

MUDANÇAS AMBIENTAIS DA TERRA

地球環境變動



KENITIRO SUGUIO

杉尾 憲一郎

INSTITUTO GEOLÓGICO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
São Paulo, 2008



Governo do Estado de São Paulo
José Serra – Governador

Secretaria de Estado do Meio Ambiente
Francisco Graziano Neto – Secretário

Instituto Geológico
Ricardo Vedovello - Diretor Geral

MUDANÇAS AMBIENTAIS DA TERRA
地球環境變動

KENITIRO SUGUIO
杉尾 憲一郎

1ª edição
São Paulo
INSTITUTO GEOLÓGICO
2008

Este livro é dedicado ao



Centenário da Imigração Japonesa do Brasil (1908-2008)



Ano Internacional do Planeta Terra (2007-2009)

© 2008, Instituto Geológico, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, Brasil

CORPO EDITORIAL

Editores: Alethéa Ernandes Martins Sallun e Masao Suzuki

Capa: Kaoru Ito

Projeto Gráfico: Sandra Moni de Souza, Douglas Leonardo e Bruna Lacativa

Comunicação: Nobuko Kojo

Suguio, Kenitiro.

Mudanças Ambientais da Terra / Kenitiro Suguio. – São Paulo: Instituto Geológico, 2008.

336 p.

ISBN: 978-85-87235-03-9

1. Mudanças ambientais. 2. Terra. I. Título.

CDU: 551.79

Sumário

Apresentação	07
Prefácio	09
Capítulo 1 - Água: palavra-chave do ambiente e da vida	11
Capítulo 2 - Climas do Passado	13
Capítulo 3 - Efeito Estufa e Aquecimento Global.....	17
Capítulo 4 - Como Proteger os Ambientes Naturais da Terra.....	21
Capítulo 5 - Mudanças Ambientais Naturais Provam que a Terra Está “Viva”	25
Capítulo 6 - Causas e Conseqüências da Ocorrência de Fenômenos Naturais	29
Capítulo 7 - Composição Química da Atmosfera Terrestre e os Seres Vivos	35
Capítulo 8 - Características das Águas Superficiais, Distribuições Atuais e os Seres Humanos	41
Capítulo 9 - Situação Atual do Papel do Ser Humano nos Processos Geológicos Externos (ou Exógenos).....	47
Capítulo 10 - Anomalias Climáticas e Mudanças Climáticas.....	51

Capítulo 11 - Desertos e Fenômenos de Desertificação	57
Capítulo 12 - Relevo Cárstico e Paleoclimas	61
Capítulo 13 - Intemperismo e Paleoclimas.....	67
Capítulo 14 - Razões de Isótopos Estáveis e Ambientes Naturais.....	73
Capítulo 15 - Palinomorfos e Ambientes Terrestres.....	79
Capítulo 16 - Solos e ambientes terrestres.....	85
Capítulo 17 - Grande seca de 2005 na Amazônia: anomalia climática ou mudança climática?	89
Capítulo 18 - Riscos ambientais no pantanal matogrossense	95
Capítulo 19 - Efeito-Estufa Antrópico: realidade ou fantasia?	101
Capítulo 20 - Movimentos verticais dos níveis oceânicos em consequência de mudanças climáticas.....	107
Capítulo 21 - Destruição de ambientes naturais é causa de colapso da humanidade?	113
Capítulo 22 - Ambiente oceânico profundo é um mundo desconhecido	119
Capítulo 23 - Astroblema de colônia na cidade de São Paulo	125
Capítulo 24 - Suscetibilidade do Brasil ao aquecimento climático	131
Capítulo 25 - Situação geral atual dos ambientes naturais da terra	137
Glossário	143

Apresentação

Este livro versa sobre 25 temas ambientais ligados à Terra, publicados de dezembro de 2004 a dezembro de 2006, como artigos mensais em japonês no “Jornal São Paulo Shimbun” de São Paulo (Brasil). Esta série de artigos teve o objetivo de alertar a comunidade japonesa no Brasil, pelo menos aos conhecedores dessa língua, por assuntos quase sempre alheios à preocupação cotidiana da maioria das pessoas. Considerando a importância deste conhecimento a todos “moradores da Terra” com tantos problemas, que eventualmente poderão vitimar os seres vivos em um futuro próximo, resolvemos transformá-lo em um livro. Aproveitando a efeméride, do Centenário da Imigração Japonesa ao Brasil, a ser comemorada em 2008, submetemos a idéia de publicação deste livro à comissão competente. A Comissão de Projetos da Associação para Comemoração do Centenário da Imigração Japonesa no Brasil houve por bem aprovar o pedido em 24/06/2006, que foi registrado sob número C-135 na categoria “APOIO”, com possibilidade de uso do Selo do Centenário.

As preocupações mundiais com esses temas, nos dias atuais, agigantam-se rapidamente. As decisões do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (em inglês I.P.C.C.= *Intergovernmental Panel of Climatic Change*), por exemplo, são eivadas de dissensões e as suas implementações são bastante complicadas. É de se esperar que, antes que a progressiva deterioração dos ambientes terrestres torne impossível a sobrevivência dos seres vivos (seres humanos, animais e vegetais), sejam tomadas providências decisivas. Finalmente, é oportuno lembrar-se das palavras definitivas e sábias do padre francês Teilhard de Chardin que, na década de 1950 antes da sua morte, teria declarado o seguinte: “Para a Terra o ser humano é completamente dispensável, mas para o ser humano a Terra é insubstituível”.

Além disso, o autor gostaria de aqui deixar registrados os mais sinceros agradecimentos às seguintes entidades e pessoas:

- a) Ao “Jornal São Paulo Shimbun” pela oportunidade de divulgar algumas de suas idéias em língua japonesa sobre as “Mudanças Ambientais da Terra”, bem como pelo encaminhamento para publicação do livro baseado nos artigos publicados.
- b) À “Associação para Comemoração do Centenário da Imigração Japonesa no Brasil” pela aprovação da publicação deste livro, como atividade oficial desta entidade na cate-

goria “apoio”, registrada sob nº C-135 com direito ao uso de logotipo da efeméride.

c) Ao Instituto Geológico e à Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo que tornaram possível a publicação deste livro.

d) Ao Senhor Kaoru Ito, artista publicitário, pela arte final da capa.

e) À Dra. Alethéa Ernandes Martins Sallun do IG/SMA-SP e ao Sr. Masao Suzuki do Jornal São Paulo Shimbun (sucursal de Tóquio, Japão) pela assessoria editorial dos textos em português e japonês, respectivamente.

f) ao Dr. Luís A. P. de Souza do IPT/SA, à Dra. Wânia Duleba da EACH/USP, ao Dr. William Sallun Filho do IG/SMA-SP e à mestrande Rosana S. Fernandes do CEPPE/UnG pelo fornecimento de fotografias ilustrativas do livro.

São Paulo, junho de 2008.

Kenitiro Suguio

*Professor Emérito do Instituto de Geociências da
Universidade de São Paulo*

*Professor de Pós-Graduação em Análise Geoambiental
da Universidade Guarulhos*

Prefácio

A expressão “mudanças climáticas globais” se incorpora, a cada dia que passa, no cotidiano das pessoas e da sociedade como um todo, despertando uma profunda reflexão sobre a necessidade de manutenção de condições ambientais adequadas, ou melhor, vitais ao ser humano. Na verdade, as mudanças no clima são apenas parte das transformações mais amplas que ocorrem no planeta Terra, aceleradas ou não pelo homem.

Neste livro, reuniu-se uma série de artigos do professor doutor Kenitiro Suguio, nos quais os diversos conceitos, fenômenos e impactos relacionados às transformações ambientais da Terra são transmitidos ao leitor, com linguagem acessível e sem perda da amplitude científica e da visão geológica, características da formação do emérito professor.

Oriundos de comunicações mensais publicadas no jornal “São Paulo Shimbun”, no período de dezembro de 2004 a dezembro de 2006, escritos originalmente em japonês e voltados à comunidade nipônica do Brasil, os artigos apresentam grande atualidade e favorecem a reflexão sobre o comportamento dos indivíduos e da sociedade frente à dinâmica ambiental do nosso planeta.

Face à congruência do conteúdo da obra com as ações e preocupações que balizam a agenda e a gestão ambiental paulista, o Instituto Geológico e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo tiveram imenso prazer de viabilizar o livro que ora apresentamos, oferecendo aos leitores um viés geológico das mudanças climáticas globais.

Não se trata de mera coincidência. Queremos incluir essa produção bilíngüe “português – japonês” no contexto das comemorações oficiais do Centenário da Imigração Japonesa ao Brasil. Nada mais justo homenagear a influência cultural e científica dos imigrantes japoneses e seus descendentes no conhecimento acumulado em nosso país.

Que todos tenham uma boa e produtiva leitura!

Capítulo 1

Água: Palavra-Chave do Ambiente e da Vida

A água é um recurso natural insubstituível ao ser humano e às outras formas de vida. Se a água estivesse ausente na superfície terrestre, naturalmente o Homem, mas também os microrganismos primitivos não teriam, com certeza, surgido. A falta da água, apenas por poucos dias, pode acarretar a morte do ser humano. Entretanto a falta de alimentação, até por mais de um mês, não compromete a sua sobrevivência.

Ailton Ribeiro de Souza (28 anos) caiu acidentalmente em um velho poço, que ao ser abandonado transformara-se em moradia de morcegos. No fundo ainda existia água subterrânea de cerca de 3 metros de profundidade, que evitou a sua morte apesar de algumas fraturas. Ele ouviu vozes que vinham de fora mas, nos primeiros três dias, a dor suplantava a vontade de procurar por socorro. Quando Ailton foi salvo, no 37º dia após o acidente, estava febril e com taquicardia, no momento em que foi internado em um hospital próximo. Embora do seu peso de 90 quilogramas tivesse perdido 38 quilogramas (cerca de 42%), não houve nenhuma anormalidade que afetasse a sua vida e a recuperação foi rápida. Este acontecimento “milagroso” ocorreu em Santa Cruz de Cabrália, 720 quilômetros ao sul de Salvador no Estado da Bahia.

Então, qual é a composição da água? A água é uma substância “misteriosa” formada pela combinação de dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio. O aspecto anormal (ou “misterioso”) está relacionado a dois fenômenos seguintes. Em geral as substâncias são mais densas (pesadas) no estado sólido que no líquido mas, neste caso, é o inverso. Além disso, a água exibe o menor volume a cerca de 4º centígrados e, portanto, apresenta maior densidade (ou peso específico). Conseqüentemente, a água afunda quando atinge esta temperatura. Por exemplo, o álcool (etílico) é uma substância normal e, por isso, no estado sólido é mais pesado que no líquido e, além disso, o seu volume aumenta proporcionalmente à temperatura. O fato de a água exibir essas “propriedades misteriosas” permite que os seres vivos (aquáticos) não morram em invernos polares rigorosos e que tenham sobrevivido durante estádios glaciais da Terra.

Além disso, sob que formas e onde existe a água? A nuvem que parece flutuar nos céus contém vapor d'água (água gasosa), os extensos oceanos, os longos cursos fluviais e os grandes lagos, bem como as chuvas e as neblinas são compostas de água líquida. Os gelos dos granizos ou das geleiras que recobrem as altas montanhas e as regiões polares correspondem à água sólida. Em termos quantitativos as águas oceânicas são predominantes, pois a superfície total dos oceanos é de 361 milhões de quilômetros quadrados, correspondentes a cerca de 70% da superfície terrestre.

Considerando-se uma profundidade hipotética média de 3.800 metros, o volume das águas oceânicas atinge cerca de 1,37 bilhão de quilômetros cúbicos. Infelizmente, as águas oceânicas que perfazem 97% em volume das águas superficiais da Terra contém em média 34 gramas de sal por litro e, portanto, não são utilizáveis na vida cotidiana do ser humano. As outras águas da superfície terrestre não podem ser estimadas tão facilmente como as oceânicas, mas cerca de 2% existem principalmente no hemisfério sul na forma de geleira. A água restante da Terra de 1% constitui outras geleiras, lagos, água subterrânea, etc. Apesar disso, poucas pessoas têm consciência de que, não obstante pesquisas mais detalhadas por satélites artificiais executadas até hoje, não se conhece nenhum corpo celeste com água tão abundante como na Terra.

Desde a antiguidade, as grandes civilizações surgiram, floresceram e feneceram nas margens de importantes rios. Entretanto, o relacionamento entre o ser humano e a água tem sido bastante inadequado, desde o homem primitivo ao moderno, atingindo quase sempre situação de insustentabilidade. Por exemplo, no caso do Brasil, a falta de tratamento de efluentes domésticos e de esgotos constitui um grande problema. Principalmente na Região Nordeste, por exemplo, eles são lançados nos rios praticamente sem qualquer tratamento, transformando-se na principal causa de poluição de águas na região. Mesmo no Estado de São Paulo, que detém mais de 30% de rendimento da economia, não somente na capital do estado mas até nos centros regionais, transformou-se num grande problema, levando ao grande dispêndio financeiro no tratamento de águas para transformá-las em potáveis.

Segundo prognósticos que, até podem parecer pesadelo, águas adequadas ao consumo tornar-se-ão insuficientes e, conseqüentemente, existe a possibilidade de valorizarem-se tanto que se transformarão no “ouro do século XXI”. Se isto vier a acontecer é possível que surjam até disputas armadas entre os países por este precioso líquido. Para que prognósticos tão tristes não se transformem em realidade é absolutamente necessário tratar melhor este recurso natural finito, que é imprescindível ao ambiente e à vida. Para isso é necessário adquirir e divulgar, cada vez mais os conhecimentos fundamentais sobre a água. Além disso, de maneira análoga à maioria dos outros problemas ambientais, as prevenções e remediações para combate dos acidentes relacionados às águas de qualidades anômalas ou disponíveis em quantidade excessivas ou insuficientes, devem ser encaradas mundialmente mas implementadas localmente para as suas soluções.

Capítulo 2

Climas do Passado

Até que época do passado é possível reconstituir os climas do passado, quando se presume que a idade da Terra seja de 4,6 bilhões de anos? Como seria de se esperar, a confiabilidade de um evento paleoclimático diminui em casos cada vez mais antigos. Entretanto fenômenos naturais mais conspícuos, como duradouras e extensivas glaciações e desertificações, mesmo que caracterizadas com precisões variáveis, podem ser reconhecidos desde épocas primitivas da história do planeta Terra.

Os conhecimentos sobre os paleoclimas da Terra durante o Pré-cambriano, que abrange 88% (4 bilhões de anos) da sua história são tênues. No entanto, foram reconhecidos registros representativos de pelo menos duas glaciações intensivas e extensivas em várias partes da Terra. No Brasil também foram identificadas evidências na região de Jequitaiá (MG) e na Chapada Diamantina (BA).

Em continuidade, durante 345 milhões de anos da Era Paleozóica (570 milhões a 225 milhões de anos passados) a temperatura média da Terra era superior à atual, que é de 15° centígrados. Desde cerca de 300 milhões de anos passados foram descobertas assembléias fossilíferas de vegetais representativos de climas quentes e úmidos, em diversas partes da Terra. Durante cerca de 80 a 90% da Era Paleozóica as regiões polares da Terra não se apresentaram recobertas de geleiras, mas entre os períodos Siluriano-Ordoviciano (500 milhões a 430 milhões de anos passados) ocorreram glaciações não muito intensas. Além disso, entre os períodos Permiano - Carbonífero (345 milhões a 280 milhões de anos passados) ocorreu uma glaciação mais intensa. Durante essas glaciações, especialmente as geleiras que recobriram grandes áreas do Supercontinente Gondwana estenderam-se por até 10 milhões de quilômetros quadrados e as espessuras variaram de 2.000 a 3.000 metros. Nas regiões atualmente correspondentes à Índia, Austrália, África do Sul e Brasil têm sido produzidas numerosas publicações sobre conspícuos registros geológicos relacionados, existentes nessas áreas.

Distantes cerca de 100 quilômetros da cidade de São Paulo são encontradas evidências de glaciações permocarboníferas do Supercontinente Gondwana, representadas no Parque do Varvito de Itu e no Parque de Rocha

“Moutonnée” de Salto. Ambas são evidências de estádios glaciais da Era Paleozóica e oferecem oportunidades para que, por exemplo, num fim-de-semana, passemos momentos significativos ouvindo relatos sobre paleoclimas da Terra. O varvito é uma rocha sedimentar depositada em fundo de lago formado por água de degelo acumulada em depressão do terreno. Podem ser vistos fósseis-traço constituídos por sinais de locomoção de animais invertebrados que viveram nesse lago, bem como fragmentos de rocha transportados por “icebergs” ao lago que, após o derretimento do gelo caíram ao fundo do lago. A rocha “moutonnée” corresponde à rocha granítica regional que, ao ser “cavalgado” pela geleira em deslocamento, deixou superfícies estriadas e polidas. Ambos são do Permocarbonífero.

Durante a Era Mesozóica, que durou cerca de 160 milhões de anos (225 milhões a 65 milhões de anos), a temperatura média da Terra atingiu 30 a 33° centígrados e, mesmo nas regiões polares, as temperaturas eram variáveis entre 8 a 10° centígrados. Na época a água da superfície terrestre apresentava-se em estados gasoso ou líquido. Não era um ambiente propício à vida do ser humano, que felizmente ainda estava ausente. Muitas áreas continentais da época estavam desertificadas e como animal típico da época têm-se os dinossauros, que atingiram o seu clímax de desenvolvimento.

A Era Cenozóica, que continua até os dias de hoje por 65 milhões de anos, exibia clima quente como da Era Mesozóica, nos primeiros tempos. Porém no fim do Período Terciário (2 a 3 milhões de anos) o paleoclima deteriorou-se repentinamente e, em consequência, iniciaram-se as glaciações quaternárias. Os grandes mamíferos, que existiam na época (mamutes, tigres dentes-de-sabre, bichos-preguiça gigantes, etc.) extinguíram-se em parte por deterioração climática e o restante fora vitimado por homens primitivos. As paleotemperaturas da época apresentaram mudanças temporal e espacialmente variáveis, estabelecendo-se diferenças de menos de 1° centígrado em 100 anos, mais de 10° centígrados em centenas de milhares de anos, nas temperaturas médias.

A partir daqui serão descritos especialmente os paleoclimas do Período Quaternário (cerca de 1,81 milhão de anos até hoje) relacionados aos estádios glaciais e às influências nos paleoclimas sofridas pelas regiões não-glaciadas. Essas discussões serão subdivididas em termos cronológicos, segundo mudanças climáticas nos últimos 1,5 milhão de anos, 15 mil anos e 500 anos até hoje, na história da Terra.

Segundo pesquisas realizadas na Europa Central nos últimos 1,5 milhão de anos até hoje ocorreram, no mínimo, cinco estádios glaciais (Danúbio, Günz, Mindel, Riss e Würm), intercalados por estádios interglaciais (Danúbio-Günz, Günz-Mindel, Mindel-Riss e Riss-Würm). Os últimos 10.000 anos podem ser considerados como de clima interglacial pós-Würm. Nós estamos vivendo em ambiente natural favorável muito agradável. Durante os estádios glaciais as áreas

continentais cobertas por geleiras eram bem maiores que as atuais e as temperaturas médias de áreas tropicais eram 5° a 10° centígrados mais baixas que as atuais.

Os últimos 10 mil anos até hoje são correlacionáveis à fase pós-glacial Würm, quando o clima tornou-se bem mais agradável. Na época alguma atividade agrícola já foi iniciada na Ásia Central. A seguir há 6 mil anos a temperatura média subiu 2° a 3° centígrados em regiões de latitudes médias e, em consequência, causou o degelo de parte das geleiras. Na pré-história do Japão corresponde ao período “Jômon” da Idade da Pedra, quando ocorreu a transgressão marinha em âmbito mundial que, no Japão, foi denominada de transgressão “Jômon”. Nas planícies litorâneas brasileiras, pelo menos do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte, os níveis marinhos estiveram 3 a 5 metros acima do atual há 5 mil anos.

Entre as mudanças climáticas mais recentes têm-se a Pequena Idade do Gelo, quando a temperatura média era inferior à atual, que se estendeu de 1540 até 1890. Neste intervalo de tempo o recrudescimento do frio ocorreu em três etapas: de 1540 a 1680, de 1740 a 1770 e entre 1800 a 1890. Os limites do fenômeno de resfriamento foram diferenciados de local para local, mas acredita-se que a temperatura média durante a Pequena Idade do Gelo tenha chegado a ser 2° centígrados inferior a atual. Hoje em dia, o dióxido de carbono e outros gases-estufa (como o metano) exalados por atividades industriais, como possíveis gases causadores do aquecimento global através do efeito-estufa, transformou-se num grande problema. De fato, têm sido detectadas subidas de nível relativo do mar, atribuídas ao degelo como consequência do aumento de temperatura durante o século XX. Entretanto, no momento não há testemunhos para se atribuir este aumento de temperatura à recuperação natural do clima ou às atividades industriais antrópicas.

Capítulo 3

Efeito Estufa e Aquecimento Global

As palavras supracitadas, que vem sendo empregadas em manchetes jornalísticas do mundo todo, principalmente nos últimos 30 anos, estão relacionadas a problemas ambientais de cunho global. Normalmente notícias deste tipo tendem a ser consideradas como fenômenos essencialmente antrópicos.

Na realidade o efeito-estufa é um fenômeno natural existente na superfície terrestre. Há cerca de 200 anos passados, subseqüentemente à Grande Revolução Industrial em escala mundial, o ser humano passou a exalar gases-estufa (principalmente dióxido de carbono) em grande quantidade, acompanhando a crescente industrialização e passou a intensificar o fenômeno natural. No caso do dióxido de carbono (CO_2), grande parte (cerca de 23%) corresponde à exalação dos Estados Unidos. Os combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural) representam a principal fonte de emissão deste gás e constituem cerca de 99%.

Há cerca de 4,6 bilhões de anos passados, a atmosfera primitiva dos primórdios da origem da Terra era composta de 97% de CO_2 (dióxido de carbono) sob pressão de 30 atmosferas. Entretanto, a origem do calcário e a sedimentação da matéria orgânica levaram às reduções do teor para 0,03% e de pressão para 1 atmosfera. A atmosfera terrestre atual é composta em média de 78% de nitrogênio (N_2); 21% de oxigênio (O_2); 0,9% de argônio (Ar); 0,03% de dióxido de carbono (CO_2) e vapor d'água. Em contraposição, quando a Terra foi originada ou quando os primeiros seres vivos surgiram nos oceanos, praticamente a atmosfera era desprovida de oxigênio, e quase na totalidade, foi originada mais tarde por vegetais clorofilados através da fotossíntese. Diversos tipos de seres vivos, através de trabalhos incessantes na fabricação de carapaças calcárias (como as conchas) ou na gênese da matéria orgânica (animal ou vegetal) dos corpos, eliminaram grandes quantidades de CO_2 na atmosfera terrestre. Desta maneira, o ambiente químico ótimo para sobrevivência dos seres vivos, com atmosfera terrestre composta de 21% de oxigênio (O_2) e 0,03% de dióxido de carbono (CO_2), foi formado. Conhece-se sob denominação de problema de aquecimento global devido ao efeito-estufa a consequência de atividade antrópica, que está destruindo este delicado equilíbrio estabelecido pela natureza. A existência de cerca de 0,03% de CO_2

na atmosfera terrestre provoca o fenômeno natural de efeito-estufa que tem mantido a temperatura média global em torno de 15° centígrados. Se o teor deste gás fosse de 0%, a temperatura média na superfície terrestre desceria para -18° centígrados, transformando-se em ambiente inóspito à vida da maioria dos seres vivos.

Principalmente em países desenvolvidos, os seres humanos têm consumido grandes quantidades de petróleo e carvão mineral, principalmente nos últimos 30 anos, para poder desfrutar de vida muito agradável. Tem sido exalados, anualmente pelos seres humanos na atmosfera, 20 bilhões de toneladas por queima de combustíveis fósseis, 7 bilhões de toneladas por desmatamento acompanhado de decomposição de matéria orgânica do solo e 2 bilhões de toneladas pela respiração de 6 bilhões de habitantes, de dióxido de carbono (CO₂). Presume-se que o teor deste gás, que hoje chega a cerca de 0,035%, possa quase dobrar e atingir 0,06%. O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera causará incremento de temperatura e quando atingir 0,06% a temperatura média deverá aumentar 2° centígrados e existe preocupação mundial de que isto poderá desencadear uma sequência de fatos, que poderão interferir na subsistência dos seres vivos. Em consequência disso, com a cooperação dos governos de vários países foram realizadas diversas reuniões do Painel Intergovernamental de Mudança Climática (em inglês I.P.C.C.= *Intergovernmental Panel of Climatic Change*). Apesar disso, o primeiro país do mundo em exalação de dióxido de carbono que são os Estados Unidos e também a Rússia têm tomado atitudes de desconhecimento das resoluções do Protocolo de Quioto (Japão) do I.P.C.C. em relação a este gás, de modo que a cada ano tem aumentado o seu teor. O efeito-estufa é um fenômeno natural mas pela influência de gases-estufa exalados por atividades antrópicas está ocorrendo recrudescimento artificial do processo. Acredita-se que nos próximos 100 anos esta influência torne-se mais marcante.

Há necessidade de considerações mais detalhadas sobre o efeito-estufa, que potencialmente é capaz de provocar o aparecimento deste cenário de pesadelo e conseqüente problema do aquecimento global. O efeito-estufa é o efeito térmico produzido pela interceptação de parte da energia radiante de ondas longas de baixa energia, produzida após absorção parcial pela superfície terrestre de radiações solares de ondas curtas de alta energia, que atravessaram a atmosfera terrestre com grande eficiência, por gases-estufa. Por que este fenômeno foi designado de efeito-estufa? Estufa é uma denominação usada comumente para referir-se à construção com cobertura e parede de vidro ou plástico transparentes, que é usada por agricultores no cultivo de frutas, verduras e legumes especiais. Existem as plantas de estufa cujo cultivo só é possível em estufas e outros, como o morango que, de acordo com o clima da região, pode ser cultivado mesmo fora das estufas. As radiações solares alcançam o interior da estufa após atravessar sem dificuldade coberturas transparentes, mas a maior parte das radiações produzidas por reflexão no chão da estufa não consegue retornar para a atmosfera externa e permanece no interior da estufa produzindo o

efeito térmico. Mesmo fora da estufa essas radiações podem ser absorvidas por gases-estufa da atmosfera, tais como, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), ozônio (O_3), clorofluorcarbonos (CFCs), óxido nitroso (N_2O) e vapor d'água (H_2O), podendo aumentar a temperatura da superfície terrestre. Quanto maior for o conteúdo de gases-estufa na atmosfera tanto mais intenso será o efeito-estufa. Supõe-se que na Era Mesozóica, durante a existência dos dinossauros, a temperatura média da Terra teria sido mais de 10° centígrados acima da atual, que é de 15° centígrados. Naquela época o Oceano Atlântico estava em formação pela divisão do Supercontinente Gondwana. Foi uma fase de violentos movimentos crustais, que vieram acompanhados de intensos vulcanismos e terremotos. Essas atividades exalaram grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) e vapor d'água (H_2O) na atmosfera, a temperatura superficial média da Terra chegou a 25° centígrados e, mesmo nos pólos, não havia geleiras e toda água da Terra ocorria nas formas líquida ou gasosa.

Entre os vários problemas que podem ser causados pelo aquecimento global em consequência do efeito-estufa pode-se pensar nos seguintes fatos. Acompanhando o aumento de temperatura deverá ocorrer incremento de pluviosidade provocando numerosas tempestades. Regionalmente poderá ocorrer mudança na umidade de solo e com isso áreas hoje agricultáveis podem ser transformadas em semi-desertos ou verdadeiros desertos.

Provavelmente a maioria das pessoas deve achar que o incremento de 2° centígrados na temperatura média da superfície terrestre possa ser ignorado. Entretanto, em função das peculiaridades da Terra, este fato deverá originar regiões com temperaturas muito mais altas ou muito mais baixas que a média. Simultaneamente deverão surgir mudanças nas correntes oceânicas e possivelmente os seus efeitos se estenderão por todo o planeta. As vidas dos seres humanos e de outros animais serão afetadas por seqüência de inconveniências inimagináveis atualmente e certamente ficarão incomodados.

Somente a respiração humana da atual população de mais de 6 bilhões de pessoas exalaria por ano cerca de 2 bilhões de toneladas de CO_2 e em países emergentes o aumento anual da população chega a 1 milhão de pessoas. Se este ritmo for mantido, a exalação anual de CO_2 somente pela respiração humana atingirá 4 bilhões de toneladas. Entretanto a compreensão da influência real sobre os ambientes naturais, de 2 bilhões de toneladas anuais exalados por 6 bilhões de habitantes, não é simples. Para compreender esses números, há necessidade de compará-los com as quantidades exaladas pelos vulcões e fontes termais. Supõe-se que a quantidade anual de CO_2 expelida por vulcões e fontes termais continentais e submarinos chegue a 100 milhões de toneladas e, portanto, representaria 1/20 da exalada pela respiração humana. Em consequência de comparações deste tipo, muitos compreenderão que até o CO_2 da respiração humana não é desprezível como uma das causas de destruição do delicado equilíbrio natural dos gases componentes da atmosfera.

O problema de recrudescimento do aquecimento global como consequência do efeito-estufa é, em geral, acompanhado pela subida do nível do mar devida ao degelo na Antártida e Groenlândia. Durante o Último Máximo Glacial (sigla em português = U.M.G.) do Período Quaternário, entre 15 mil e 17 mil anos passados, o volume total das geleiras era três vezes maior que o atual. Durante a Época Holoceno (últimos 10 mil anos) do Período Quaternário o aquecimento global natural causou a fusão de 2/3 das geleiras. Fala-se que o nível do mar teria atingido o atual, após subida gradativa a partir de nível mais de 100 metros abaixo, em consequência da fusão. Evidências de níveis marinhos abaixo do atual foram descobertas na plataforma continental do Rio Grande do Sul. Além disso estima-se que, caso o aquecimento global devido ao efeito-estufa seja intensificado, aumentando a temperatura da superfície terrestre a ponto de fundir as geleiras atuais, distribuídas principalmente na Antártida e Groenlândia, o nível médio do mar subiria 50 metros em todo o planeta. Se este fenômeno ocorrer, não somente no Brasil e Japão mas no mundo todo grandes cidades estão situadas alguns metros ou algumas dezenas de metros acima do nível do mar e serão submersas. Para evitar a concretização desses fatos há necessidade de maior harmonia, não somente entre os homens mas também entre os seres humanos e a natureza e, de maneira análoga a outras questões relacionadas aos ambientes terrestres, deve-se analisar em escala mundial e implementar medidas efetivas em escala regional, onde vivemos.

Capítulo 4

Como Proteger os Ambientes Naturais da Terra

A Terra é uma jóia única. Possui dimensões adequadas e ambientes naturais especialmente suaves e privilegiados, apropriados à origem e sobrevivência dos seres vivos, que após evolução sucessiva chegou à origem do ser humano. Este planeta surgiu há 4,6 bilhões de anos, graças à feliz coincidência na ocorrência de acontecimentos, e subsiste até os dias atuais. Se na criação do universo tivesse havido um atraso inferior a um segundo, a Via Láctea e o nosso planeta seriam atraídos pelo núcleo do universo e teriam sido destruídos. Por outro lado, se a expansão tivesse igualmente se antecipado em menos de um segundo, o universo teria se transformado em nuvem de pó congelado. Segundo registros fossilíferos encontrados, ambos no continente africano, os antropóides encontrados no Estreito de Olduvai (Tanzânia) seriam de 2 milhões de anos passados, mas as ocorrências do Deserto de Djourab (Chade) indicariam idade de 7 milhões de anos, como momentos de surgimento sobre a Terra.

Segundo os fósseis de antropóides supracitados a Terra não pôde descuidar-se um momento sequer, durante 99,96% a 99,85% da sua existência, dos preparativos para adquirir condições especialíssimas, que conduziram ao surgimento do Homem. Esses seres podem até ser considerados como seres vivos derradeiros na evolução dos animais vertebrados, que teriam surgido no período Devoniano há cerca de 400 milhões de anos.

O fato de ser humano necessitar de condições ambientais muito especiais, para a sua sobrevivência, advém também de sua fragilidade como ser vivo. Ao mesmo tempo, ele foi privilegiado por faculdades de modo nenhum observáveis em outros animais que, com o passar do tempo, foram aperfeiçoadas e conduzidas ao aprendizado de novos talentos.

A população humana da Terra, que hoje ultrapassa de 6 bilhões, com certeza deve atingir 10 bilhões de habitantes daqui a 50 anos. Por outro lado, os recursos naturais disponíveis na Terra não são suficientes para suprir adequadamente a população já existente. Alguns chegam a afirmar que a autossuficiência só poderia ser alcançada pela disponibilidade de, no mínimo, mais 1 ½ planeta do tipo da Terra.

Além disso nós seres humanos, em relação a outros seres vivos, somos extremamente presunçosos e estamos convencidos de que somos “os reis da Terra”. A maioria dos seres humanos está certa de que todos os outros seres vivos inferiores devem obediência e subserviência ao “Senhor Homem”. Há mesmo pessoas que ultrapassando o “magnífico mundo humano” adotam atitudes bestiais. Parcela considerável da população humana é cegada por aspirações e ambições desenfreadas e somente punições (ou proibições) impostas por religiões ou por leis humanas possibilitam a vida em comum entre os seres humanos. Como foi mencionado acima grande parcela dos seres humanos interpreta, até mesmo os fenômenos naturais, com esta visão egocêntrica ou, no mínimo, antropocêntrica.

Não há razões para que fenômenos que sustentam os ambientes naturais da superfície terrestre obedeçam a leis ou pensamentos humanos. Esses fenômenos seguem leis naturais físicas sempre quantificáveis mas, por vezes, são extremamente complexos ou violentos, de modo que só nos resta ensaiar medidas de arrefecimento ou de simplesmente aceitar e permanecer em posição passiva. Subseqüentemente nós devemos implementar medidas paliativas para remediação das conseqüências do desastre. São vários os exemplos disponíveis e, entre eles, tem-se o Grande Terremoto de Kantô (Japão), que destruiu 2/3 da cidade de Tóquio em 1923. Outro exemplo é o Grande Maremoto do Oceano Índico, que na Índia, Indonésia e Sri-Lanka produziu mais de 120 mil vítimas fatais em 2004. Nessas condições o título da manchete especial sobre o fato deveria ser “como proteger os ambientes naturais da Terra?”, ao invés de “como podemos salvar a Terra?” A razão disto é que felizmente, até o momento, o ser humano não dispõe de tecnologia suficientemente poderosa para destruir o planeta Terra. Entretanto, a Grande Revolução Industrial iniciada há cerca de 200 anos na Inglaterra e a aspiração desmesurada, peculiar ao ser humano, fermentada pela Globalização Econômica recém-inaugurada, estão deteriorando completamente os ambientes terrestres. Esta destruição da qualidade está avançando celeremente até situações irreversíveis quando comparadas à efêmera vida humana. É possível chegar-se à situação em que a recuperação dos ambientes naturais, até atingir qualidade necessária à sobrevivência humana, necessite de algumas centenas ou mesmo milhares de anos. A possibilidade de que parte da humanidade consiga sobreviver não elimina necessariamente a da extinção total.

Atualmente problemas e discussões relacionados aos ambientes naturais da Terra tornaram-se muito freqüentes. Ao mesmo tempo surgiram diversas empresas de consultoria, cursos de especialização e de pós-graduação ligados a questões ambientais. Além disso têm sido realizadas reuniões nacionais e internacionais através de órgãos governamentais e não-governamentais (ONGs). Mesmo assim, resultados objetivos têm demorado a aparecer. Como principal causa disso, pode-se pensar na complexidade dos diversos problemas ambientais. Eles são freqüentemente multidisciplinares e mesmo transdisciplinares e, desta maneira, ninguém pode arvorar-

se em ser autossuficiente e sempre é necessário realizar os trabalhos em equipe. Outras vezes, questões ambientais complexas têm sido “resolvidas” burocraticamente, fundamentadas nas leis ambientais vigentes.

Como foi citado acima, a total responsabilidade pela conservação dos ambientes naturais da Terra em condições habitáveis não somente pelos homens, mas também por outros animais e vegetais, deve ser creditada a nós seres humanos. Para isso é necessário engajar-se nos problemas ambientais em escala, no mínimo, planetária. Além disso, para almejar resultados válidos deve-se atuar regionalmente como, por exemplo, nos âmbitos de uma bacia ou de uma rede hidrográfica.

Freqüentemente os paleoclimatologistas adquirem informações geológicas sobre paleoclimas recentes como, por exemplo, do Quaternário e, em confronto com dados meteorológicos atuais, elaboram modelos computacionais ou matemáticos para tentar prognosticar climas. Infelizmente os fenômenos naturais são muito complexos e, ao mesmo tempo, são atribuíveis a várias causas, que atuam em diferentes tempos e com diferentes intensidades.

Os desastres naturais que comumente produzem conseqüências funestas, são enumeráveis os seguintes:

- a) Elevação do nível médio do mar;
- b) Deglaciação de geleiras polares;
- c) Deglaciação de geleiras alpinas;
- d) Epidemia desconhecida;
- e) Migração em massa de seres vivos;
- f) Mortandade generalizada de corais;
- g) Ondas de calor;
- h) Grandes secas e incêndios florestais;
- i) Tempestades e nevascas violentas; e
- j) Invernos extremamente curtos.

Na verdade a maioria dos desastres supracitados está relacionada direta ou indiretamente à mudança climática que, por sua vez, possui vínculo inalienável com a água. Acredita-se na necessidade de alertar a população em geral para esta mudança climática, cujos efeitos já são sentidos em toda a Terra como, por exemplo, pelos seguintes eventos:

- a) Somente em um mês do ano de 2004, o Estado de Flórida (Estados Unidos) foi atingido por quatro tufões;
- b) Há possibilidade de que 60% da Amazônia venham a converter-se em savana por intensificação da anomalia climática “El Niño” em função do aquecimento global;
- c) Cerca de 1.994 quilômetros quadrados da geleira da Antártida sofreram fusão somente em janeiro de 1995;
- d) Devem multiplicar-se crises trágicas de fome, como a da Somália no continente africano em 1992, por intensificação da seca;

e) Em 2003 dezenas de milhares de pessoas morreram na Europa e Índia em virtude de ondas de calor; e

f) Em geral temperaturas baixas das águas oceânicas evitam a formação, mas em março de 2004 o litoral sul do Brasil foi submetido aos efeitos do tufão denominado Catarina.

Vários são os fenômenos naturais cuja energia sobrepuja a capacidade de combate do ser humano e, neste caso, não há outra alternativa senão avaliar as conseqüências e ratear os prejuízos produzidos. Não houve qualquer indenização do prejuízo de 40 bilhões de dólares americanos, produzido por 13 ocorrências no mundo inteiro na década de 50 do século XX. Cerca de 20% do prejuízo de 400 bilhões de dólares americanos, provocado por 72 ocorrências na década de 90 do século XX, foram indenizados.

No passado alguns pessimistas previram a ocorrência generalizada de fome trágica na Terra devido ao aumento populacional, mas felizmente eles estavam enganados. De qualquer modo, atualmente não se dispõe de recursos para alimentar adequadamente a população de hoje, que ultrapassa 6 bilhões de habitantes.

Os dinossauros, que desapareceram da superfície terrestre no fim do Cretáceo há 65 milhões de anos, eram praticamente desprovidos de inteligência, mas sobreviveram 200 milhões de anos. Por outro lado o ser humano começou a plantar vegetais e a criar animais para sua alimentação somente há cerca de 10 mil anos, quando abandonou a vida nômade e adotou a sedentária e evoluiu de animal selvagem para racional. Se não forem adotadas medidas mais efetivas, a destruição total dos ambientes naturais da Terra causará, ao mesmo tempo, falta de recursos naturais como a comida e água e o ser humano estará caminhando para o suicídio coletivo.

A geologia histórica nos mostra que, através do fenômeno da expansão do assoalho oceânico, a Terra tem reciclado os materiais rochosos da litosfera a cada 200 milhões de anos. O ser humano também deveria urgentemente iniciar a Grande Revolução da Indústria da Reciclagem de todos os recursos naturais que ele utiliza na superfície da Terra. Somente quando o ser humano sujeitar-se às leis dos ambientes naturais, deixando de lado a atitude desafiadora e assumindo um comportamento de harmonia, será capaz de prolongar o tempo de sobrevivência sobre a superfície terrestre.

Capítulo 5

Mudanças Ambientais Naturais Provam que a Terra Está “Viva”

Como a Terra é inanimada, quando se diz que ela está “viva” o significado é diferente dos animais e vegetais e simplesmente significa que ela é dinâmica. A dinâmica interna da Terra possui íntima relação com sua estrutura e matéria de composição.

A estrutura interna da Terra é semelhante a de um ovo de galinha e, deste modo, do centro para fora é composto de núcleo (gema), manto (clara) e crosta (casca). O núcleo é rico em ferro e níquel e apresenta-se predominante em estado sólido. O manto, que ocupa a posição intermediária, ocorre a 35 quilômetros de profundidade sobre os continentes e a 10 quilômetros em fundos oceânicos e corresponde à cerca de 83% do volume da Terra. Na sua composição química predominam silício e magnésio e comporta-se como fluido de altíssima viscosidade. A crosta é sólida e composta principalmente de silício e alumínio.

O meteorologista alemão Alfred Wegener (1880-1930) teve a sua atenção atraída pela grande semelhança dos contornos das linhas costeiras do Oceano Atlântico, no NE da América do Sul e W da África e propôs a famosa Teoria da Deriva Continental. Esta teoria foi associada à Teoria da Tectônica de Placas idealizada na década de 70 do século XX e tornou-se possível a compreensão do mecanismo da dinâmica interna da Terra. Os continentes e os fundos oceânicos hoje existentes na superfície terrestre jazem sobre enormes placas (fragmentos da crosta), que são submetidas à deriva (deslocamento lateral). Essas placas litosféricas apresentam-se constantemente aquecidas e flutuam sobre rochas em fusão e migram à velocidade média anual de ± 5 centímetros. As placas litosféricas contíguas podem desenvolver entre si três tipos de movimentos, como a seguir:

- (a) Processo de deslizamento gravitacional – A placa onde se situa o Brasil afasta-se lentamente da placa africana.
- (b) Processo de acavalamento por impacto – Após choque as placas ficam acavaladas e continuam o deslizamento. O maremoto sísmico de costa afora de Sumatra no Oceano Índico, que ocorreu em dezembro de 2004, foi originado por este processo.
- (c) Processo de deslizamento transcorrente – As bordas das placas deslizam com

atrito e, dependendo da situação, como na Falha de Santo André (Estados Unidos), existe até possibilidade de produzir fortes terremotos. O comprimento desta falha é superior a 1.000 quilômetros e cruza diagonalmente as Montanhas Rochosas no Estado da Califórnia.

Na situação (a) ocorre no limite das placas da América do Sul e da África a Cadeia Mesoatlântica, onde as atividades vulcânicas submarinas estão expelindo grandes volumes de lavas vulcânicas essencialmente basálticas. O litoral brasileiro configura-se como margem continental passiva ou do tipo Atlântico.

Na situação (b), a placa submarina mergulha por baixo da continental por processo de deslizamento. O atrito leva ao desenvolvimento de rochas deformadas de orogênese, que vem acompanhada de intensa atividade vulcânica. No litoral da margem continental ativa ou do tipo Pacífico, que bordeja a Cordilheira dos Andes, são freqüentes os acidentes naturais causados por terremotos, maremotos e vulcanismos. A energia necessária à ocorrência dos desastres naturais provocados pela dinâmica interna (endógena) é fornecida pela estrutura interna e matéria constituinte da Terra. Especialmente os elementos radioativos como urânio, tório e potássio-40, contidos nos minerais componentes das rochas terrestres, representam fontes supridoras de energia geotérmica. Estima-se que a temperatura atual do núcleo da Terra seja de aproximadamente 6 mil graus centígrados. Desde que este planeta foi originado no universo já se passaram cerca de 4,6 bilhões de anos, mas acredita-se que ele se transforme em “planeta morto” como a Lua, somente daqui a 4 ou 5 bilhões de anos.

Bem diferente é a fonte de energia, necessária à dinâmica externa (exógena) da Terra, que é o Sol. Presume-se que as radiações eletromagnéticas provenientes deste corpo celeste possuam temperatura comparável ao calor geotérmico gerado no núcleo terrestre. As radiações visíveis provenientes do Sol correspondem aproximadamente à metade da energia total e o restante é composto de raios infravermelhos, além de menor quantidade de raios ultravioletas. Antes de atingir a superfície terrestre, parte do espectro de radiações solares é absorvida pelas matérias da atmosfera (nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono e poeira), além de perda pela dispersão e reflexão. Ao atingir a superfície terrestre, as diferenças relativas de áreas continentais e oceânicas dos hemisférios norte e sul ou dos relevos de áreas continentais produzem variações nas direções ou nas intensidades dos ventos. Por outro lado, mudanças nas orientações ou nas velocidades das correntes oceânicas são produzidas por variações nas intensidades das radiações solares, que atingem a superfície ou os relevos submarinos. Os padrões atuais de distribuição dos climas na superfície terrestre dependem, deste modo, das características dos ventos e das correntes oceânicas.

Como causas dos ciclos de grandes escala, de mudanças climáticas da superfície terrestre, podem ser relacionados vários fenômenos naturais como os expressos na curva de Milankovitch, que são muito conhecidos. Em 1941, isto é, há 65 anos o geofísico iugoslavo M. Milankovitch calculou as variações nas quantidades

de radiações solares, que atingem a superfície terrestre como resultado da combinação de três causas astronômicas cíclicas:

- a) Mudanças nas inclinações do eixo terrestre (obliquidade da eclíptica) com ciclo de cerca de 40 mil anos;
- b) Variações na excentricidade da órbita de translação da Terra com ciclo de cerca de 92 mil anos; e
- c) Movimentos de precessão do eixo terrestre devido à atração gravitacional exercida pelo Sol e pela Lua com ciclo de 21 mil anos.

Ele calculou variações nas intensidades de radiações solares para latitudes de 5° a 75°, a cada 10° e a intervalos de 5.000 anos, para os últimos 600 mil anos e representou os resultados em curvas de radiações versus idades para cada grau de latitude. Essas curvas mostram a existência de longos intervalos de tempo de resfriamento e aquecimento, que também coincidem com as idades dos intervalos glaciais e interglaciais, respectivamente, reconhecidos sob pontos de vista geomorfológico e geológico, as curvas de Milankovitch tornaram-se muito conhecidas.

Além disso, existem as manchas negras em redemoinho no Sol, que exibem ciclos médios de 11,1 anos e interferem nas intensidades das radiações. Quando as manchas negras são relativamente abundantes ocorrem distúrbios no campo magnético terrestre e originam o fenômeno de Dellinger, que provoca perturbações nas transmissões sem fio. Acredita-se que este fenômeno também cause mudanças climáticas.

Juntamente com as mudanças ambientais da Terra causadas por fenômenos naturais, as influências de mudanças antrópicas posteriores à Grande Revolução Industrial vem atuando cada vez mais sobre os ambientes naturais da Terra. Entretanto, somente parte da influência dos fenômenos naturais nos ambientes naturais acha-se compreendida com maior certeza. Persistem muitas dúvidas quanto às tendências do passado até chegar aos dias atuais e, além disso, o efeito-estufa gerado pela Grande Revolução Industrial veio somar-se a este fato. Simultaneamente à deterioração das qualidades dos ambientes naturais da Terra, em função da explosão demográfica mundial, é uma realidade insofismável. Porém existem, até o momento, vários aspectos ainda incompreendidos. A população humana mundial continua a aumentar incessantemente, de modo que o futuro próximo (algumas décadas) desperta muitas preocupações.

Os fenômenos naturais devidos à dinâmica interna não somente são inevitáveis, como também imprevisíveis. Enquanto isso, as conseqüências dos processos naturais relacionados à dinâmica externa, se muitas vezes são difíceis de serem evitadas pode-se, pelo menos tentar retardar ou suavizar os seus efeitos. Entre 65 milhões de anos e 230 milhões de anos passados, por cerca de 165 milhões de anos, a superfície terrestre era desprovida de água sólida (geleira)

e atualmente cerca de 2% da água constituem as geleiras, principalmente da Antártida e Groenlândia.

Graças a cerca de 0,03% de dióxido de carbono existente na atmosfera terrestre a temperatura média global é de cerca de 15° centígrados positivos mas acredita-se que, se o seu teor fosse nulo a temperatura média cairia para 18° centígrados negativos. Contrariamente, fala-se que a temperatura e o nível médio do mar tenham subido nos últimos 100 anos em consequência do aumento do gás carbônico, exalado pela Grande Revolução Industrial, chegando atualmente a cerca de 0,036%. Se o processo do aquecimento global da Terra aumentar com maior rapidez há possibilidade de que as atuais geleiras sofram fusão total. Neste caso é possível que o nível médio do mar suba de 40 a 50 metros e com isso cidades importantes do mundo (Nova York, Tóquio, Londres, Shanghai, Paris e Rio de Janeiro), que se situam somente alguns metros acima do nível atual do mar, podem ser totalmente submersas.

Capítulo 6

Causas e Consequências da Ocorrência de Fenômenos Naturais

Os terremotos são provavelmente um dos fenômenos naturais, ligados à dinâmica interna da Terra, mais impressionantes aos seres humanos. Como prova disso, para o povo do Japão, país caracterizado por grande frequência de ocorrência desde antigamente, o terremoto é o mais temido que qualquer outra coisa. Para isto as razões existentes são mais que suficientes e relacionam-se principalmente à imprevisibilidade e à freqüente e assustadora força de destruição. Entre outros fenômenos também imprevisíveis e ligados à dinâmica interna têm-se as atividades vulcânicas e os maremotos (“tsunâmis”).

Em relação ao terremoto lembro-me, quando ainda criança estudava língua japonesa com meu pai, de um capítulo do antigo livro de educação fundamental do Ministério da Educação do Japão, que tratava do grande Terremoto de Kantô. Eu me recordo que o capítulo começava do seguinte modo. “Simultaneamente a um tremor de terra acompanhado por forte barulho, centenas de milhares de casas de Tóquio sacudiram ao mesmo tempo...” Era um relato sobre um forte terremoto (magnitude $M = 7,9$), que atingiu em 1923 a região de Kantô (Japão). Presume-se que 2/3 da cidade de Tóquio da época tenham sido destruídos e que vítimas fatais tenham chegado a 143 mil pessoas. A energia liberada por metro quadrado no epicentro de um terremoto é comparável a do motor de um foguete interplanetário.

Representa movimento dinâmico produzido durante a chegada à superfície e expulsão do magma (lava) e gases vulcânicos (dióxido de carbono, vapor d’água, compostos de flúor e enxofre), provenientes do interior da Terra durante atividades vulcânicas. Dentre elas tem-se erupção tipo monte Pelée, que em 1902 e entre 1927 a 1932 produziu erupções explosivas acompanhadas de nuvens ardentes. Mesmo tipo de erupção foi verificado nos vulcões Krakatoa (1883) e Katmai (1912). Entre as tragédias provocadas por erupções vulcânicas têm-se os soterramentos de Pompéia e Herculano causados pelo vulcão Vesúvio na Itália. A erupção do vulcão Pinatubo (Filipinas) teria exalado para a atmosfera 20 milhões de toneladas de gás de ácido sulfuroso. Este gás é um dos causadores da chuva ácida e a quantidade acima supera a exalada pelos Estados Unidos em um ano.

Maremoto ou “tsunâmi”, também chamada onda sísmica, é produzido por repentina movimentação do fundo oceânico, que acompanha um terremoto. O seu comprimento de onda é muito longo em relação à profundidade de água e a altura da onda na sua área de geração é grosseiramente correspondente à movimentação vertical da crosta. Quando ele se aproxima de locais mais rasos a altura da onda aumenta repentinamente e espalha-se sobre a área emersa adjacente. No momento da geração as ondas não são numerosas, mas durante a propagação elas podem ser multiplicadas por reverberações duplicadas. Na praia chegam 5 a 6 ondas, das quais a segunda ou terceira são normalmente as maiores. O período das ondas é de dezenas de minutos a cerca de uma hora. Designando-se a escala do maremoto de “m” e a do terremoto de “M”, verifica-se a existência de uma relação linear entre ambos e quando “M” for menos que 7 não são originados “tsunâmis” remotos. Em relação a esses “tsunâmis” merecem atenção os originados nas vizinhanças do Chile. A característica do maremoto na zona costeira é fortemente influenciada pela geomorfologia local. No interior de baías a parte frontal da onda pode tornar-se fortemente verticalizada como um muro. O maremoto que ocorreu em (26/12/2004) foi provocado por um dos terremotos mais fortes em escala mundial, cujo epicentro localizava-se nas proximidades de Sumatra no Oceano Índico. O seu efeito atingiu a Indonésia, Malásia, Tailândia, Mianmar, Bangladesh e Índia, além da Somália no continente africano. O número de vítimas deste maremoto pode ser considerado um dos maiores, pois estima-se que cerca de 220.000 pessoas perderam a vida.

Os processos de dinâmica externa da Terra estão relacionados principalmente aos mecanismos de circulação da atmosfera e dos oceanos e pode originar padrões climáticos locais ou regionais. Isso está ligado às condições atmosféricas médias, que se repetem sazonalmente no clima de um local ou de uma região.

Através dos padrões maiores de circulação atmosférica são estabelecidas as zonas climáticas de grande escala, como o clima equatorial de alta pluviosidade, clima subtropical, clima árido, etc. Por sua vez, as distribuições dos oceanos e dos continentes podem originar climas oceânicos ou continentais ou pela situação em ambos lados de um continente podem ser caracterizados climas das margens ocidental e oriental. Por mudanças sazonais devidas à dinâmica atmosférica, que acompanha a altura (distância do Sol), a distribuição dos climas torna-se diversificada. As áreas abrangidas pelos climas correspondem ao alcance dos fatores climáticos e dos fenômenos meteorológicos que, por sua vez, dependem das distribuições de cordilheiras e das correntes oceânicas e podem ser diferenciados macroclimas, mesoclimas e microclimas. Entre as condições ligadas à geografia física da superfície terrestre, de caráter mais ou menos duradouro e que definem as peculiaridades locais do clima tem-se, por exemplo, as latitudes, as distribuições de áreas oceânicas e continentais, posições geográficas, geomorfologias, batimetrias e correntes oceânicas. Além disso, como condições locais, nas zonas costeiras desenvolvem-se as brisas marinhas e nos

vales fluviais os ventos de vale sopram e, também, nas zonas urbanas, florestadas e lacustres, por exemplo, existem climas peculiares.

Os climas da Terra não permanecem sempre iguais mas apresentam mudanças climáticas. Elas podem exibir diferentes escalas mas geralmente as que exibem duração de ± 10 anos não são incluídas entre mudanças climáticas. Como exemplos de mudanças climáticas naturais tem-se o clima quente e seco entre séculos VI a VIII, de tempo nublado entre séculos XII a XIV, a Pequena Idade do Gelo de 1540 a 1890 e o aquecimento de 1890 a 1940, que são famosas. As mudanças climáticas naturais, como as supracitadas, ou mesmo o fenômeno de exacerbação de aquecimento global dos últimos 100 anos, que é considerado principalmente antrópico, causam mudanças ambientais paulatinas e, portanto, não resultam em numerosas vítimas como intensos terremotos ou maremotos.

As pressões baixas originadas nos mares do sul ou no sul do Mar da China, ou furacões semelhantes do Oceano Atlântico e ciclones do Oceano Índico, são extremamente destrutivos. Eles exibem linhas isobáricas circulares sem linha frontal e a energia é suprida principalmente pelo calor latente do vapor d'água. Anualmente são gerados cerca de 30 e, no mínimo, 4 a 6 deles atingem o Japão no mesmo período.

A energia envolvida na geração do furacão Helena, que atacou o Estado da Flórida em 1985, foi comparável à toda energia elétrica consumida durante 6 meses em todos os Estados Unidos. Os tornados, formados por nuvens afuniladas em redemoinho de diâmetro pequeno, são famosos na parte oriental das Montanhas Rochosas nos Estados Unidos, no centro e sul da antiga U.R.S.S. (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas) e no sul da Austrália. Os sentidos de rotação podem ser horário ou anti-horário. As velocidades do vento nos redemoinhos nunca foram medidas diretamente, mas baseado em considerações teóricas e conforme os efeitos produzidos podem ser estimadas velocidades de 160 a 800 quilômetros por hora. Na África Ocidental os tornados são produzidos no início e fim do período chuvoso. Nos Estados Unidos acontecem entre abril e junho na bacia hidrográfica do Rio Mississippi, onde são comumente acompanhados de nuvens afuniladas e devido a ventos extremamente fortes exibem grande poder de destruição. Estima-se que o ciclone que atingiu o Paquistão e Bangladesh em 1970 tenha produzido cerca de 300 mil vítimas. Em 1991, Bangladesh foi novamente atingido por um forte ciclone, quando teriam ocorrido cerca de 140 mil mortes.

Conforme pode-se verificar no quadro abaixo, nos países em vias de desenvolvimento e com grandes densidades demográficas, como os do Sudeste Asiático, quando confrontados com países tecnicamente adiantados, ocorre comumente número maior de vítimas de desastres naturais.

Ano	Tipo de desastre natural	Local e/ou país	Número de vítimas
1887	Grandes inundações	China	1 milhão
1556	Terremoto	China	830 mil
1970	Ciclone	Paquistão e Bangladesh	300 mil
1976	Terremoto	China	255 mil
2004	Maremoto	Sumatra	220 mil
1920	Terremoto	China	200 mil
1927	Terremoto	China	200 mil
1923	Terremoto	Kantô (Japão)	143 mil
1991	Ciclone	Bangladesh	140 mil
1815	Erupção vulcânica	Indonésia	92 mil
1908	Terremoto	Messina (Itália)	70 mil
1932	Terremoto	China	70 mil
1970	Terremoto	Peru (A. do Sul)	66 mil
1755	Terremoto	Lisboa (Portugal)	60 mil
1990	Terremoto	Irã	50 mil
1883	Erupção vulcânica e maremoto	Krakatoa (Indonésia)	36 mil

Um especialista em sismologia Dr. Kelly Schear do Laboratório de Pesquisas Tecnológicas da Califórnia (Estados Unidos), prognosticou que caso a atual cidade de Los Angeles seja afetada por terremoto de intensidade $M = 7,5$ (mundialmente considerável entre os maiores) poderão ocorrer 50 mil vítimas fatais. Entretanto, na cidade de Teerã (Irã) o número de mortos poderá ser 20 vezes maior, atingindo 1 milhão de vítimas fatais.

Segundo resultados de pesquisas realizadas na Universidade do Arizona (Estados Unidos), no início da década de 60 do século passado, 100 desastres naturais no mundo inteiro foram acompanhados de vítimas em um ano. Atualmente têm sido registrados 500 por ano, quintuplicando a frequência, embora não haja evidências de que a dinâmica natural da Terra (endógena e exógena) tenha se tornado mais ativa. Por outro lado, não se verificou desenvolvimento econômico condizente com o incremento populacional explosivo da Terra. Além disso, a distribuição insuficiente de dividendos faz com que, por exemplo, a população sem-teto que leva uma vida sem esperança, seja obrigada a viver em locais completamente impróprios. Encarado sob este ponto de vista a responsabilidade, pela grande maioria das vítimas de problemas ambientais, não cabe aos caprichos da natureza mas deve ser atribuída a nós seres humanos.

Felizmente, o nosso país Brasil é bastante privilegiado em relação aos desastres naturais. De fato, algumas pessoas são vitimadas por escorregamentos,

especialmente no Rio de Janeiro e outras áreas com alta densidade populacional ou por enchentes em baixadas que margeiam cursos fluviais. Mas podem ser encarados como problemas solucionáveis com melhor distribuição de renda que permita, na maior parte dos casos, enfrentar os desastres naturais.

Entre os desastres naturais devidos à dinâmica interna da Terra, fortes terremotos ou maremotos não têm sido registrados até hoje no Brasil, tanto geológica quanto sismologicamente. Há muito tempo prevalece no território brasileiro a idéia preconcebida de estabilidade em termos geológicos. Entretanto, principalmente a partir de 1980, tornaram-se mais freqüentes pesquisas de sismotectônica acompanhando estudos neotectônicos. Atualmente estão disponíveis laboratórios de sismologia na Universidade de São Paulo e na Universidade de Brasília.

Capítulo 7

Composição Química da Atmosfera Terrestre e os Seres Vivos

A atmosfera corresponde à camada gasosa envolvente da Terra de cerca de 1.000 quilômetros de espessura, quando se considera a grande divisão tripartite em matérias sólida, líquida e gasosa, que compõem este planeta. A partir da superfície da Terra, de 0 a 10 quilômetros tem-se a troposfera, de 10 a 80 quilômetros a estratosfera e acima de 80 quilômetros a ionosfera. Entre 500 a 800 quilômetros a velocidade de movimentação das moléculas aproxima-se da velocidade de escape do campo gravitacional. A troposfera e a porção inferior da estratosfera são compostas de ar atmosférico, mas a parte superior da estratosfera e a ionosfera exibem composição química distinta do ar atmosférico. Por decomposição devida aos raios ultravioletas, por influência dos raios cósmicos ou por ação dos ventos solares devem existir átomos de hidrogênio e hélio ou oxigênio, nitrogênio e sódio ionizados.

As mudanças temporais da quantidade de atmosfera e as suas características químicas estão intimamente relacionadas à evolução do planeta e dos oceanos, além dos animais aí viventes. Entre os gases redutores da atmosfera, que se supõe terem sido emanados em épocas primitivas de formação da Terra, ocorreu expulsão de grande parte do hidrogênio e gradualmente adquiriu características oxidantes. Imagina-se que com a formação dos oceanos os gases da atmosfera, tais como ácido clorídrico e dióxido de carbono, foram dissolvidos em águas oceânicas, surgiram a vida e a fotossíntese e, conseqüentemente, a pressão parcial do oxigênio foi aumentada. A formação do calcário, levada a efeito através de fenômenos de precipitação química orgânica e inorgânica, desempenhou papel imprescindível no seqüestro da atmosfera do dióxido de carbono, que é o mais eficiente como gás-estufa.

Cerca de 87% da história da Terra correspondem à época primitiva conhecida como Idade Cósmica, quando ainda os seres vivos eram escassos e, portanto, os fósseis muito raros é também denominado de Éon Criptozóico. A atmosfera primitiva da Terra apresentava semelhança com as composições químicas das atmosferas de Vênus e Marte (dois planetas mais próximos de nós) e era muito rica em dióxido de carbono (veja Tabela 1), mas atualmente transformou-se completamente (veja Tabela 2).

A composição química da atmosfera terrestre foi modificada muito lentamente, como se vê nas tabelas abaixo, até chegar à situação atual. Embora os seres vivos mais antigos da Terra tenham surgido nos fundos oceânicos há 3,8 bilhões de anos, eram constituídos de microrganismos primitivos e praticamente não foram preservados fósseis. Esta realidade testemunha a extrema hostilidade dos ambientes naturais da Terra em épocas primitivas. Os primeiros seres vivos possuíam estrutura primitiva desprovida de núcleo celular e somente há 1 bilhão de anos surgiram, também nos fundos oceânicos, seres vivos multicelulares.

Tabela 1 – Composição química da atmosfera primitiva da Terra.

Composição química	Teores (%)
CO ₂ (dióxido de carbono)	mais de 90
N ₂ (nitrogênio)	7
H ₂ S (gás sulfídrico)	3
O ₂ (oxigênio)	Elemento-traço

Tabela 2 – Comparação entre parâmetros característicos de Vênus, Terra e Marte. O peso do Sol é de 1,99x10³³ gramas (segundo Kitano, 1995).

Parâmetros	Vênus	Terra	Marte
1. Distância do Sol (x10 ⁶ km)	107	148,8	277
2. Peso (g)	4,87x10 ²⁷	5,98x10 ²	6,4x10 ²⁷
3. Razão de peso (Terra=1) ..	0,815	1,000	0,107
4. Peso específico.....	5,21	5,52	3,94
5. Pressão atmosférica.....	90	1	1/132
6. Temp. média superficial (°C)	500	15	-60
7. Compostos químicos atm. (%)			
CO ₂ (dióxido de carbono)	96,5	0,034	95,3
N ₂ (nitrogênio)	3,5	78,1	2,7
O ₂ (oxigênio)	2x10 ⁻³	20,9	0,13
Ar (argônio)	7x10 ⁻³	0,93	1,6
H ₂ O (água)	2x10 ⁻³	(0 a 40)	3x10 ⁻²

Os seres vivos do fim do Éon Criptozóico há cerca de 700 milhões de anos estão representados na famosa assembléia fossilífera animal de Ediacara. Ela constituiu assembléia fossilífera de animais marinhos, que viveram entre o fim do Pré-cambriano e o início do Período Cambriano da Era Paleozóica, que é encontrada

na Cordilheira Ediacara, 450 quilômetros a oeste de Adelaide no sul da Austrália. São bastante diferentes dos fósseis comumente encontrados no Período Cambriano e são compostos de espécies de medusa, branquiópoda e de animais relacionados a vermes do grupo da poliqueta. Considerando-se a idade pré-cambriana acham-se preservados com rara perfeição. Assembléias fossilíferas animais semelhantes a esta foram também descobertas na África do Sul e Inglaterra.

A seguir, como outro exemplo de assembléia fossilífera animal antiga tem-se a do Folhelho de Burgess, representativo do Sistema Cambriano médio das Montanhas Rochosas do Canadá. É composta de folhelho de coloração escura (rocha sedimentar argilosa rica em matéria orgânica). Embora sejam fósseis de animais desprovidos de carapaça óssea e dura, acham-se bem preservados e foram descritas 130 espécies pertencentes a 70 gêneros. As espécies compreendem trilobita, crustáceo, medusa, pepino-do-mar, anelídeo, etc. Parece que o ambiente de sedimentação era de laguna de circulação restrita e hostil à sobrevivência de bactérias aeróbias.

Os animais e vegetais mais antigos, como os supracitados, surgiram somente nos fundos oceânicos em função da própria existência das águas oceânicas, que também ofereciam proteção contra raios ultravioletas solares. Por isso, sobreviveram e evoluíram durante cerca de 3,4 bilhões de anos nos fundos oceânicos e somente há 420 milhões de anos, quando as condições necessárias à vida sobre os continentes foram estabelecidas, iniciou-se a conquista deste novo ambiente.

As espécies de algas primitivas capazes de executar a fotossíntese, usando como matéria-prima o dióxido de carbono, surgiram entre 2,8 a 3 bilhões de anos passados. A fotossíntese representa a mais importante etapa nos ciclos biogeoquímicos do oxigênio e carbono. Ao realizarem a fotossíntese as plantas superiores providas de clorofila liberam o oxigênio para as águas oceânicas. O oxigênio gasoso, gerado deste modo no fundo oceânico, é transferido das águas oceânicas para a atmosfera. Conforme a Tabela 2, o teor atual de oxigênio na atmosfera terrestre é de cerca de 21%, porém quando este teor chegou a 2% iniciou-se a produção de ozônio e somente há 420 milhões de anos a sobrevivência dos vegetais terrestres tornou-se possível.

Em contraste com o Éon Criptozóico, quando o registro fossilífero é extremamente rarefeito o intervalo de tempo geológico relativamente curto, entre o Período Cambriano da Era Paleozóica e hoje, que representa 12,39% da história da Terra, é denominado Éon Fanerozóico. O prefixo “fanero” significa, em grego, que a presença do ser vivo é conspícua. O Éon Fanerozóico compreende as eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica.

A Era Paleozóica é a mais antiga da divisão tripartite supracitada do Éon Fanerozóico, que caracteriza o tempo geológico de fósseis animais mais abundantes e estende-se de 570 milhões a 230 milhões de anos. É possível reconhecer a metade mais antiga, dominada por animais invertebrados marinhos e a metade mais recente, quando animais e vegetais terrestres tiveram grande desenvolvimento. A primeira abrange os

períodos Cambriano, Ordoviciano e Siluriano e a segunda compreende os períodos Devoniano, Carbonífero e Permiano, cada uma comportando três divisões. Na Era Paleozóica inferior ocorreu a Orogênese (formação de montanhas) Caledoniana, que atingiu o noroeste da Europa, Groenlândia, América do Norte e norte da China. Na Era Paleozóica superior houve a Orogêneses Variscana, que afetou a Europa Central, Urais, América do Norte e China. O clima foi geralmente agradável e mundialmente homogêneo. Na parte final do Período Permiano são encontradas evidências de glaciação continental, que se estendia pela América do Norte, Índia, sul da Austrália e África do Sul. Além disso, nos Sistemas Devoniano, Siluriano e no Carbonífero superior ocorrem sedimentos glaciais e o Brasil não constituiu exceção.

A Era Mesozóica situa-se entre as eras Paleozóica e Cenozóica e estende-se desde cerca de 65 milhões de anos até 230 milhões de anos. Começando na parte mais antiga é subdividida em três períodos: Triássico, Jurássico e Cretáceo. Correspondeu à idade dos répteis e especialmente os dinossauros foram representativos dos períodos Jurássico e Cretáceo. Aves e mamíferos primitivos já existiam no Jurássico. Entre os peixes os ganóides (exemplo: esturjão) eram representativos e os peixes teleosteos apareceram no Cretáceo. Entre os animais invertebrados representativos dos cefalópodes têm-se as *Ammonites* e *Belemnites*, que se extinguíram no fim da Era Mesozóica. O mundo vegetal do fim da Era Mesozóica e da Era Cenozóica caracterizou-se pelo rápido desenvolvimento dos vegetais angiospermas. Entre o sul da Europa, norte da África e sul da Ásia estendia-se, aproximadamente na direção leste-oeste, o Mar de Tétis. O atual Mar Mediterrâneo representa o mar residual da Era Mesozóica. Em geral o clima da Era Mesozóica era quente e acredita-se que a temperatura média atual de 15° centígrados atingia quase 25° centígrados e, mesmo nas zonas frias de altas latitudes, as geleiras estavam ausentes.

A Era Cenozóica corresponde à grande divisão do tempo geológico mais recente e como animais representativos tem-se os mamíferos. Até hoje a Era Cenozóica tem sido subdividida em períodos Terciário e Quaternário e abrange desde 65 milhões, quando houve a extinção dos dinossauros, até hoje. Mais recentemente tem surgido discussões em torno da proposta de subdivisão bipartite da Era Cenozóica em períodos Paleógeno e Neógeno e, ao mesmo tempo, de eliminação das designações Terciário e Quaternário. As características mais importantes da Era Cenozóica são as glaciações do Pleistoceno, que têm continuado por cerca de 2 milhões de anos e o provável surgimento do ser humano há 7 milhões de anos, segundo descobertas recentes do deserto de Djourab (Chade) na África.

Desde o surgimento na superfície terrestre, com atmosfera composta quimicamente de cerca de 78,1% de nitrogênio, 20,9% de oxigênio e 0,034% de dióxido de carbono, nós seres humanos estamos vivendo sem estar suficientemente conscientizados da importância deste fato. No caso da água, a aparente abundância conduz à idéia de inesgotabilidade e, deste modo, chega a ser tratado até com desprezo.

Como o ar também é normalmente inodoro e insípido quase inconscientemente exercemos a respiração. Atualmente o incremento de dióxido de carbono, entre as substâncias que entram na composição química da atmosfera, aumenta o efeito-estufa e a temperatura e inversamente, a sua diminuição reduz o efeito-estufa e a temperatura.

Conforme análises químicas do ar atmosférico quaternário, fossilizado nas geleiras da Antártida, sabe-se que os conteúdos de dióxido de carbono variam de 0,020% durante os estádios glaciais a 0,028% nos estádios interglaciais. Por outro lado com teor de cerca de 0,030%, em função do efeito-estufa a temperatura média da Terra atinge 15°C, mas se este teor fosse nulo presume-se que ela abaixaria para -18° centígrados. Segundo dados de 1969, as quantidades de dióxido de carbono exaladas pelas atividades antrópicas em um ano eram de 20 bilhões de toneladas por combustíveis fósseis, 7 bilhões de toneladas por desflorestamento e 2 bilhões de toneladas por respiração humana, totalizando quase 30 bilhões de toneladas.

A contribuição do dióxido de carbono para o efeito-estufa terrestre até 1980 chegava a 66%, enquanto a influência de outros gases-estufa (metano, óxido nitroso e vapor d'água) era de 34%. Como ocorreu aumento global de teores de gases-estufa após 1980, acredita-se que tenha havido recrudescimento do efeito-estufa durante o século XX, com conseqüentes subidas de temperaturas e de níveis marinhos.



Capítulo 8

Características das Águas Superficiais, Distribuições Atuais e os Seres Humanos

As águas superficiais da Terra ocorrem sob formas muito diversificadas. As águas oceânicas, que se estendem por amplas áreas, são caracteristicamente salgadas. Sobre os continentes exibem várias formas e espécies de ocorrência e, além disso, as águas lacustres e de fontes são normalmente doces. As águas que descem rapidamente através de encostas íngremes de regiões montanhosas formam cachoeiras e corredeiras, mas os rios que fluem por planícies costeiras planas seguem cursos meandriformes. Em regiões vulcânicas pode-se admirar fontes termais intermitentes. Na atmosfera podem existir nuvens mais ou menos saturadas em vapor d'água. Este vapor pelo fenômeno da condensação pode precipitar-se sobre a superfície terrestre, na forma de garoa fina e silenciosa, como tempestade barulhenta ou como leves e delicados flocos de neve. Nas altas latitudes das regiões polares ou nas altitudes acentuadas (cota de vários milhares de metros) de regiões montanhosas formam-se geleiras. Como exemplo mais representativo da atualidade tem-se a calota glacial que recobre o continente antártico. A área total deste continente é comparável à da América do Sul. Na realidade, a Terra sem água é inimaginável e, ao mesmo tempo, a existência de quaisquer seres vivos animais e vegetais, inclusive dos seres humanos, não seria admissível.

A água existente na natureza pode ser classificada segundo diferentes critérios. Desta maneira, segundo as formas de existência têm-se as águas superficiais, subterrâneas, oceânicas e continentais. A par disso, de acordo com os conteúdos salinos tem-se as águas salgadas dos oceanos e de alguns lagos de regiões secas, águas salobras de estuários e da maioria das lagoas e águas doces da maioria das águas lacustres, subterrâneas e fluviais.

Na superfície atual da Terra as águas oceânicas são predominantes e ocupam cerca de 70,8% correspondentes a 361×10^6 quilômetros quadrados. Presumindo que a profundidade média dos oceanos seja de 3,8 quilômetros a quantidade de águas oceânicas atinge a cifra gigantesca de 1.370×10^6 quilômetros cúbicos de volume. Considerando que 1 centímetro cúbico de água oceânica tenha o peso médio de 1,03 grama, o peso total dessa água na Terra corresponderia a 1.410×10^{21} gramas.

Não é tão fácil, como nas águas oceânicas, estimar as quantidades de outras águas existentes na superfície terrestre. Segundo um cientista famoso, a quantidade total de água existente sob várias formas em 1 centímetro quadrado da superfície terrestre corresponderia a 273 litros. Através de cálculos semelhantes sabe-se que cerca de 97% são representados por águas oceânicas e que nessas águas naturais 34 gramas de sal estão dissolvidos em 1 litro de água, que correspondem a 99% de sais dissolvidos na natureza. Conseqüentemente a história das águas oceânicas coincide com a de todas as águas da natureza, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuições segundo pesos e volumes de tipos de águas superficiais da Terra.

Tipos de águas superficiais	Água oceânica	Água doce	Água continental	Vapor d'água
Número de L/cm² da superfície	268,45	0,1	4,5	0,003
Número de Kg/cm² da superfície	278,11	0,1	4,5	0,003
Pesos totais em gramas	1.413x10 ²¹	0,51x10 ²¹	22,83x10 ²¹	0,15x10 ²¹

As águas oceânicas prestam vários benefícios aos seres humanos. Em função disso, desde a remota antigüidade as linhas costeiras do mundo inteiro têm fascinado e atraído pessoas. Entretanto, substância atualmente necessária e insubstituível é água doce potável de origem continental. Ao observar este fato entende-se porque nas regiões interioranas semi-áridas, do Nordeste Brasileiro, os moradores clamem pela dadivosa chuva.

É bastante difícil compreender ainda mais os diversos tipos de água existentes na natureza conhecendo somente a evolução das águas oceânicas. Na realidade, quaisquer tipos de águas existentes na natureza mantém relações de mútuo intercâmbio através do ciclo hidrológico. As múltiplas relações de intercâmbio de água na superfície terrestre podem ser representadas da seguinte maneira:

$$\text{Água de precipitação} = \text{Água de escoamento superficial} + \text{Água de infiltração} + \text{Água de evaporação}$$

Todas as águas que caem na superfície terrestre, relacionadas às chuvas, neves, granizos e orvalhos são coletivamente conhecidas como água de precipitação. Por outro lado parte desta água, que escoar pela superfície terrestre seguindo leitos confinados ou não-confinados, formam as águas superficiais correntes. Outra parte da água de precipitação infiltra-se no solo e passa a constituir as águas subterrâneas ou após percolar certa distância, acaba por surgir na superfície como fontes. Finalmente as águas de evapotranspiração resultam da evaporação da superfície terrestre e do mecanismo de transpiração dos vegetais.

Da quantidade total de água evaporada 77% são precipitados sobre os oceanos, enquanto que sobre os continentes não passam de 23%. Por outro lado, 84% da evaporação total da Terra são provenientes das superfícies oceânicas, enquanto que somente 16% são originados dos continentes. Deste modo, a evaporação supera em 7% a precipitação sobre as superfícies oceânicas, enquanto que a precipitação supera em 7% a evaporação dos continentes. Os 7% de água não evaporados dos continentes constituirão a quantidade excedente, que poderá fluir como água corrente de rios ou infiltrar-se e transformar-se em água subterrânea e finalmente, ao atingir os oceanos, estaria concluído o ciclo hidrológico. A quantidade de água atualmente existente na Terra é estimada em $1.357.509,6 \times 10^{15}$ litros, mas 97% constituem os oceanos e sobre os continentes e na atmosfera existem apenas 3% desta água. Cerca de 75% das águas continentais representam geleiras (principalmente do continente antártico) e aproximadamente 24,5% constituem as águas subterrâneas. Portanto, supõe-se que a quantidade de água líquida e doce, que existe nos rios e lagos da superfície terrestre, corresponda a somente cerca de 0,5% a 3%.

Tendo em vista as atuais discrepâncias nas propriedades e distribuições da água sobre a superfície terrestre, é muito importante considerar o panorama geral da disponibilidade de água doce, quando comparada à distribuição populacional do Brasil. Pois a água doce é um recurso natural insubstituível para nós seres humanos, bem como para animais e vegetais. Como a subsistência humana não pode ser considerada na ausência da água, ela representa uma substância mais preciosa que o petróleo para o ser humano e, deste modo, não seria exagero dizer que ela representa o “ouro do século XXI”. Entretanto, a conscientização sobre a preciosidade deste recurso natural é incipiente e, em geral, por interpretação completamente errônea é tratada até com desprezo. Especialmente no Brasil, que aparentemente é rico neste recurso que, muitas vezes, é interpretado como inesgotável. As principais causas são atribuíveis às faltas de conhecimento e de fundamento moral.

De fato a população atual do Brasil atinge 170 milhões de pessoas, que correspondem a cerca de 3% da população mundial. Por outro lado, a disponibilidade de água doce, em termos globais, representa 14%. Este recurso de água doce está distribuído de maneira muito heterogênea, pois 80% situam-se na Amazônia e Pantanal Matogrossense, isto é, abundam em regiões de vazios demográficos.

Infelizmente, as qualidades das águas da superfície terrestre estão deteriorando-se a cada dia que passa, em consequência de atividades humanas inadequadas, colocando em situação de perigo a continuidade de sobrevivência da vida terrestre. Na realidade, o que mais falta atualmente no Brasil não é recurso de água doce, mas há necessidade de fundamentos teóricos e educacionais que conduzam o nosso país ao desenvolvimento sustentável. É necessário que se mantenha a possibilidade de vida das gerações futuras, ao mesmo tempo que se satisfaz a necessidade da geração atual. Segundo dados da ANA (Agência Nacional de Água) a demanda atual da água

atende às seguintes finalidades: água para irrigação de produtos agrícolas = 59%, água para uso doméstico = 22% e água para atividade industrial = 19%. Com o decorrer do tempo pode haver modificações nessas cifras.

Como exemplo de causa que promoveu completa reviravolta, com o decorrer do tempo, nas necessidades da água tem-se a acentuada urbanização atual da população humana. Durante a década de 40 do século passado cerca de 32% da população total do Brasil, isto é, cerca de 1/3 vivia nas cidades, mas há apenas 5 anos em 2000, cerca de 81,2% urbanizaram-se e detinham 90% do PIB (Produto Interno Bruto). Além disso a líder em demanda atual, que é a água para irrigação de produtos agrícolas é freqüentemente esquecida. Ela é também conhecida como água virtual, que representa uma média mundial de 70% da necessidade de água doce, sendo imprescindível para a produção agrícola. Enquanto nos países do primeiro mundo 37% são suficientes, em países emergentes pode atingir até 81%. Exemplificando a necessidade de água virtual estima-se que a produção de 1 quilograma de carne bovina, de cereais e de batata inglesa exija 10.000, 1.500 e 1.000 litros de água doce, respectivamente. Entre os países reconhecidos como maiores produtores e exportadores de produtos agrícolas têm-se o México, Egito e Brasil, que também representam grandes exportadores de água para irrigação de produtos agrícolas (água virtual).

Por outro lado, como já foi citado anteriormente, as águas oceânicas que recobrem cerca de 70% da superfície terrestre e representam 97% do volume da água superficial total que são salgadas e a quantidade de água doce da Terra fica reduzida a apenas 3%. Como 75% do volume total de toda a água doce forma as geleiras (água sólida), 24% representariam água subterrânea e no máximo 1% da água doce existe superficialmente na forma líquida.

Durante o século XX a população mundial foi triplicada, mas o consumo de água doce foi sextuplicado. Segundo estimativas da ONU (Organização das Nações Unidas), a população mundial atual de cerca de 6,2 bilhões pode aumentar 50% até 2050 e passar a 9,3 bilhões de habitantes. Com o incremento populacional, daqui a 20 anos já existe a possibilidade que até 3,5 bilhões de pessoas possam ser castigadas pela falta de água potável adequada. Entre os países mais suscetíveis poderiam ser incluídos países da África, Ásia Central e Oriente Médio. Além disso, pelo menos 200 sistemas fluviais atravessam fronteiras de muitos países e, ao mesmo tempo, águas doces de pelos menos 13 grandes rios e lagos são utilizadas por mais de 100 países. Por outro lado, 24% dos recursos de águas subterrâneas já estão suprimindo 1,5 bilhão de pessoas. Pode-se pensar na possibilidade de inúmeras disputas internas por recursos hídricos, que podem chegar a guerras internacionais.

Para que pesadelos supracitados não se transformem em realidade têm sido consideradas algumas medidas alternativas. Em primeiro lugar pode-se pensar na dessalinização das águas oceânicas, mas o custo seria muito alto e ficaria descartada

a possibilidade de produção de grandes quantidades de água doce. Em segundo lugar pode-se considerar o transporte de “icebergs” do continente antártico, mas esta alternativa também é muito difícil de ser colocada em prática. Atualmente, parece não existir outro caminho senão o da reciclagem em grande escala, não somente da água mas de diversos recursos naturais da Terra.

Capítulo 9

Situação Atual do Papel do Ser Humano nos Processos Geológicos Externos (ou Exógenos)

A maioria das pessoas não está conscientizada de que a composição e forma da nossa Terra acham-se em constante transformação pela atuação de inúmeros processos geológicos. Esses processos podem ser subdivididos em internos (ou endógenos) e externos (ou exógenos). A força que aciona a dinâmica interna é basicamente originária da energia térmica produzida pela desintegração, especialmente de substâncias radioativas (urânio, tório e potássio). Deste modo são originados os movimentos orogênicos, as atividades vulcânicas e os terremotos. A eficiência de energia envolvida nesses fenômenos naturais ultrapassa longinquamente o limite atualmente reproduzível pelo ser humano e, portanto, ele é, na prática, incapaz de interferir e frequentemente é difícil até de prever qualquer evento explosivo. As forças que acionam a dinâmica externa devem ser creditadas principalmente à energia potencial da gravidade e à energia térmica das radiações solares. Os processos geológicos de dinâmica externa, tais como os fenômenos de intemperismo de afloramentos rochosos ou erosão, transporte e deposição por rios, geleiras e ventos, são promovidos por essas energias. Os animais e vegetais da superfície terrestre são fortemente influenciados por processos de dinâmica externa da Terra. Ao mesmo tempo eles atuam na intensificação e aceleração de processos naturais e como resultado, principalmente nas áreas de grande densidade demográfica de regiões metropolitanas, muitas vezes transformam-se até em suas vítimas.

Atualmente acredita-se que a idade do planeta Terra onde vivemos, seja de cerca de 4,6 bilhões de anos. Esta corresponde à idade absoluta obtida de elementos radioativos, contidos em meteoritos e rochas mais antigas constituintes das áreas continentais da Terra, fundamentada em princípios físicos. O intervalo de tempo correspondente a cerca de 87% após a origem é denominado de Idade Cósmica ou Éon Criptozóico, quando a existência de animais e vegetais ainda não era conspícua. Naturalmente o único ambiente favorável à origem e sobrevivência dos seres vivos, protegida da incidência direta de raios ultravioletas, só existia no fundo oceânico. Desta maneira os continentes daquela época, desprovidos de vegetação e na total ausência de animais, certamente constituíam uma paisagem excessivamente prosaica.

A Idade Cósmica foi um tempo de intensa atividade natural de processos endógenos (movimentos orogênicos e atividades vulcânicas), acompanhados de processos exógenos (intemperismo, erosão e sedimentação). Naturalmente foi um tempo em que nem se poderia prever o surgimento de seres vivos como o Homem. A análise dos registros de ambientes naturais, na superfície terrestre da época, comprova a existência de condições mais severas que as imagináveis.

O dióxido de carbono da atmosfera terrestre foi eliminado pelo incessante processo de fotossíntese, que utiliza este gás como matéria prima, desenvolvido por algas marinhas primitivas fornecedoras de oxigênio à atmosfera desde o Pré-cambriano. Simultaneamente, grande parte do dióxido de carbono foi precipitada como calcário, em parte por processos bioquímicos e em parte por processos inorgânicos, eliminando enormes quantidades deste gás das águas oceânicas. Através do processo evolutivo terrestre como o supracitado teve início o Éon Fanerozóico, desde o Período Cambriano até hoje, que representa um intervalo de tempo relativamente curto de apenas 13% da geologia histórica. O Éon Fanerozóico iniciou-se há cerca de 570 milhões de anos e através das eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica chegou aos dias atuais.

A evolução continuou até os mamíferos que representam a Era Cenozóica, tendo iniciado com os animais vertebrados como peixes, anfíbios, répteis e aves na metade superior da Era Paleozóica superior, quando houve desenvolvimento de animais e vegetais terrestres. Nós humanos somos os seres vivos mais representativos da última etapa da história evolutiva. Imagina-se que para atingir o clímax da evolução de animais vertebrados o ser humano tenha passado pela fase de antropóide. Pensava-se até cerca de 2 anos passados, que o crânio datado em aproximadamente 2 milhões de anos passados, encontrado no Estreito de Olduvai em Tanzânia (Continente Africano), segundo resultados de estudos de paleontologia humana, representava o antropóide mais antigo. Entretanto, o fóssil de antropóide descoberto em 2003 no deserto de Djourab, também no Continente Africano parece ser mais antigo, com talvez 7 milhões de anos, isto é, da Época Miocena. Se a descoberta e a idade supracitadas forem confirmadas a história do ser humano na geologia histórica corresponderia, no mínimo, a 0,15%. Por outro lado, estima-se que o cultivo de produtos agrícolas e a criação de animais domésticos, utilizáveis na alimentação humana tenha se iniciado há cerca de 10 mil anos passados, quando o ser humano teria começado uma vida semelhante à atual. Neste alvorecer da civilização a população ainda era pequena e possuía inteligência e conhecimento suficientes para levar uma vida extremamente primitiva. Com o desenvolvimento da inteligência o conhecimento também foi ampliado e, aproveitando rochas facilmente disponíveis na natureza, na Idade da Pedra Lascada o homem partiu-as em formas adequadas e fabricou os instrumentos líticos. Em seguida passou a desgastar antes do uso, quando se iniciou a Idade da Pedra Polida. A preparação adequada de alimentos de origens animal e vegetal, mais

necessários à vida cotidiana, passou a ser executada com instrumentos líticos. Mais tarde, com a introdução da metalurgia apareceu o uso de metais como cobre, ferro e zinco, que apresentam diversas propriedades mais vantajosas que as rochas. Iniciou-se a Idade dos Metais, quando os instrumentos metálicos passaram a ser fabricados após fusão térmica.

Entre o fim do século XVIII e o século XIX, tendo a Inglaterra como país mais importante, teve início completa transformação social intitulada Grande Revolução Industrial, que foi baseada na descoberta da motomecanização. Até meados do século XX, como fonte de energia que moviam as máquinas foram utilizados combustíveis fósseis (principalmente carvão e petróleo). Nos últimos 50 anos têm sido usados principalmente petróleo e energia nuclear e, no momento, poucos são os países que empregam o carvão como fonte de energia. Quando comparada à evolução natural da Terra, os seres humanos conseguiram, concomitantemente ao avanço tecnológico em curto lapso de tempo, assustadora capacidade construtiva que é superada pela destrutiva. Não há dúvida de que a situação atual é, ao mesmo tempo, admirável e ameaçadora.

Fala-se que a população mundial atual é de 6,2 bilhões de habitantes que, em 2050, com incremento de 50% chegue a 9,3 bilhões de habitantes. Com o objetivo de fornecer adequadamente os recursos naturais necessários à população, que cresce rapidamente, os seres humanos estão realizando “cirurgia plástica” profunda, de grande escala em tempo curtíssimo, na superfície do único planeta do universo que é habitável por nós. O volume total de rocha e solo, mobilizado anualmente pelo ser humano na superfície da Terra nos dias atuais, chega ao dobro do Monte Fuji (Japão). A quantidade de sedimento movimentada nos últimos 5.000 anos passados seria suficiente, ao ser empilhada, para formar um monte de 40 quilômetros de largura, 100 quilômetros de comprimento e 4 quilômetros de altura. Isso corresponde à forte erosão vertical de 360 metros da superfície continental da Terra por todos os rios e geleiras do mundo em 1 milhão de anos.

Os cultivos agrícolas, as terraplanagens para construção e expansão urbanas, as atividades de escavação para mineração e as obras de construção de usinas elétricas ou de rodovias e portos têm atuado no completo reafeiçoamento antrópico da superfície da Terra. A grandiosidade dessas atividades antrópicas só é suplantada pela tectônica de placas, que é um processo de dinâmica interna deste planeta. Talvez seja possível que a ocorrência de fenômenos naturais freqüentemente perigosos seja neutralizada pela rapidez dos fenômenos gerados pela atividade antrópica. Os sedimentos estão sendo transportados desde 540 milhões de anos passados, através de processos de erosão natural, à velocidade capaz de erodir 30 metros da superfície continental a cada milhão de anos. Isso significa que o processo erosivo antrópico promovido desde o ano 1000 superou a velocidade do fenômeno natural.

Os recursos naturais mais necessários, em áreas de alta densidade demográfica, são água doce potável e materiais de construção (areia e cascalho). Por exemplo, nas vizinhanças de São Paulo, esses recursos já atingiram a situação limite e não existem fontes de suprimento disponíveis, que permitam aumentar a quantidade atual de produção. Já não há mais recursos de água doce nas cercanias, de modo que futuramente São Paulo terá que depender do relativamente poluído Ribeira de Iguape, que dista mais de 200 quilômetros. Os materiais de construção provenientes dos depósitos aluviais do Rio Tietê, nas cercanias de São Paulo, não têm sido suficientes e têm sido supridos também do leito e de depósitos aluviais do Rio Paraíba do Sul, a mais de 100 quilômetros de distância. Além disso, no alto Rio Tietê nas vizinhanças de Mogi das Cruzes, desde alguns anos passados, têm surgido disputas por choques de interesses entre horticultores dos arrabaldes de São Paulo e as mineradoras de areia e cascalho para material de construção dos depósitos aluviais.

A relação entre populações rural e urbana do Brasil, na década de 50 do século XX, era de 2/3 para 1/3. Conforme recenseamento nacional de 2000 houve forte urbanização e 80% constituem a população urbana. Além disso, foi possível detectar também uma tendência ao aumento de áreas (latifúndios) e para monocultura (principalmente de cultura de soja), destinada especialmente à exportação. Os processos geológicos externos deverão ser cada vez mais intensificados pela necessidade de implementar hidrovias, rodovias e ferrovias, que permitam o transporte aos portos para exportação de soja e outros produtos agropecuários. A exacerbação e deterioração, dos processos geológicos externos provocados pelo Homem, na busca de recursos em São Paulo e adjacências nos dias de hoje, deverão estender-se às regiões metropolitanas de outros estados, pela crescente urbanização da população brasileira.

A área de terras, que propiciam atividades de produção agrícola, existente atualmente sobre os continentes, que pode ser conduzida sob condições sustentáveis aos processos geológicos exógenos de origem antrópica, limita-se a aproximadamente 40%. Supõe-se que população mundial atual seja acrescida de mais 50% até o ano de 2050 e atinja a cifra de 9,3 bilhões de habitantes. Deve-se reduzir o impacto do papel desempenhado pelo ser humano nos processos geológicos externos, como medida de proteção das terras supracitadas, que devem fornecer alimentos para esta população.

Capítulo 10

Anomalias Climáticas e Mudanças Climáticas

A precipitação de chuvas ácidas, com altos conteúdos de ácidos sulfúrico e nítrico vem danificando belos bosques de pinheiro vermelho japonês e castanheira em várias partes do mundo. Além disso, no norte da Europa e Canadá existem numerosos lagos e pântanos, onde a sobrevivência de peixes tornou-se impossível.

Entre 8 e 10 mil anos passados os nossos ancestrais tornaram-se sedentários, quando passaram a cultivar produtos agrícolas e a criar animais domésticos para alimentação, no momento em que o clima era mais quente que hoje. Portanto, eles viveram em período climático privilegiado, também conhecido como de “Ótimo Climático”. Estima-se que na época a população mundial não atingia 90 milhões de pessoas. Atualmente ela ultrapassa 6 bilhões de pessoas, que ocupam todos os cantos da Terra, desde as vizinhanças dos desertos até as vertentes e os sopés de vulcões. Especula-se que, em 50 anos, a população mundial possa chegar a quase 10 bilhões de habitantes. Com incremento populacional, locais de climas e relevos adequados serão superpovoados e tornar-se-á necessário ocupar outros lugares de condições inadequadas.

Quando as condições físicas (saúde) do homem moderno ficam desreguladas, o médico realiza vários exames para diagnosticar eventuais anomalias. Para diferenciar situações de anormalidade e normalidade o médico emprega padrões baseados em equipamentos modernos, que usam física aplicada e conhecimentos científicos atualizados. De maneira análoga, realizando o diagnóstico da atmosfera terrestre, é possível discernir claramente as condições normais e anormais. Quando residimos por longo tempo num mesmo lugar, mesmo sem ser meteorologista, torna-se possível distinguir tempos normais dos anormais. Então tornam-se comuns diálogos como, “...ultimamente o tempo tem estado estranho...”, em substituição aos cumprimentos mais formais. Na realidade, a distinção entre tempos normal e anormal é estabelecida com base em experiência prévia de longo tempo. Do mesmo modo que existem valores normais na pressão sanguínea do ser humano, o tempo é também caracterizado por parâmetro climático representativo dos anos normais. Quando a temperatura for superior a normal em até 2° centígrados é comparável à pressão sanguínea normal. Mas, quando os parâmetros do tempo afastam-se muito

dos normais é referido como estranho mas, como esta referência é muito vaga, há necessidade de expressá-lo numericamente.

No caso exemplificado pela pressão sanguínea tem-se amplitudes de variações consideradas normais e, caso o excesso ou a falta sejam muito grandes, devem ser diagnosticadas como anormais. Pode-se estabelecer analogia com o clima que, quando comparado ao valor normal, situa-se em determinado intervalo considerado normal, mas quando esta amplitude é rompida, para mais ou para menos, o diagnóstico é anormal. Temperaturas médias mensais 1,5 a 2° centígrados mais altas ou mais baixas que as dos anos normais, devem ser diagnosticadas como anormais. Este valor corresponde aproximadamente ao dobro do desvio padrão.

Entre as anomalias climáticas recentes ficaram famosas as anomalias representadas por violentas ondas de frio e nevascas, que atingiram várias partes do mundo e interferiram até no eixo terrestre em janeiro de 1963 e, portanto, há mais de 40 anos. Após isso, logo no início da década de 1980, simultaneamente ao aumento anormal de temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico equatorial oriental em grande escala, ocorreu o fenômeno “El Niño”. Entre 1982 e 1983, foram constatadas temperaturas atmosféricas e precipitações pluviométricas anormais em vários locais da Terra. Foram particularmente notáveis as anomalias representadas por grandes secas e acentuadas precipitações pluviométricas em regiões de baixas latitudes (proximidades do equador), além de anomalias representadas por ondas de calor e invernos quentes em regiões de latitudes médias (proximidades dos trópicos). Tornaram-se também famosas as grandes secas em regiões normalmente muito chuvosas da Índia Oriental até Indonésia e Austrália ou as grandes inundações em regiões comumente pouco chuvosas do Peru e Equador na América do Sul. Neste intervalo de tempo a seca acentuou-se ainda mais na região do Saara na África e por vários anos as condições continuaram impossíveis de desenvolver qualquer atividade agrícola. Em consequência disso milhões de pessoas sofreram com a fome. No século XX não se registraram outras grandes secas como essas, que se repetiram por três vezes em apenas 10 anos. Na década de 1980 as mudanças climáticas globais ocorreram em somente poucos anos. Os Estados Unidos foram invadidos por grande onda de calor em 1980 e 1983 e, além disso, pequena onda de calor ocorreu em 1986. Fato mais grave houve em 1980, quando as produções de soja, milho e algodão ficaram grandemente prejudicadas. Há 39 anos não se tinha inverno tão frio com o de 1984, quando grandes nevascas ocorreram no Mar do Japão e, por outro lado, antiga União Soviética e África Oriental e Ocidental foram afetadas pela seca.

Os fenômenos de anomalias climáticas não são exclusivos dos tempos atuais, mas também ocorreram com frequência no passado e infligiram sofrimento às pessoas. Até a Groenlândia no hemisfério norte, que hoje se acha toda soterrada sob o gelo, durante quase 1.100 anos entre 794 e 1868 (correspondente à Era Heian do Japão) estava coberta por viçosa pastagem, perfeitamente de acordo com a sua

designação inglesa, quando os “Vikings” (habitantes, por exemplo, da Dinamarca na Península da Escandinávia) alcançaram grande desenvolvimento na região. Era uma época em que, ao adentrar pelo Oceano Ártico em pequena embarcação, a temperatura tornava-se amena, quando a linha de neve das Montanhas Rochosas encontrava-se 300 metros acima da atual. Como se sabe pelo estudo de amostras de anéis de crescimento anual de árvores do Alasca, quando se converte em temperatura admite-se que tenha sido 2 a 3º centígrados superior à atual.

Durante quase 350 anos, entre 1540 e 1890, na Europa e também no Japão houve diminuição de temperatura e nas cadeias montanhosas dos Alpes ocorreu avanço de geleiras, que causaram estragos em estradas de vilas piemontanas. Este período de resfriamento climático foi denominado de “Pequena Idade do Gelo”. Na França ocorreu má safra e o congelamento das águas do Rio Sena no inverno impediu o transporte fluvial e o povo enraivecido revoltou-se contra o aumento repentino do preço da farinha de trigo. Há até uma versão de que a revolução francesa estaria relacionada a esses fatos. Além disso, o exército de Napoleão em expedição à Rússia teria sido torturado por esta onda anômala de frio, que poderia ter sido uma das causas do fracasso da invasão.

Entre os fatores que provocaram este resfriamento climático pode-se admitir a ativação do vulcanismo em escala mundial como, por exemplo, a grande erupção em 1815 do Vulcão Tambora (Indonésia) que, no ano seguinte, produziu anomalias climáticas em várias partes do mundo. Por exemplo, na região de Nova Inglaterra nos Estados Unidos o clima tornou-se continuamente instável e até nevou em junho. Em pleno verão houve invasão de quatro ondas de frio que, em função de temperaturas congelantes, provocou perda quase total das culturas agrícolas. As pessoas idosas da época declaravam unanimemente, jamais ter experimentado um verão tão frio.

Como uma das causas do interesse e da grande ênfase que se atribui, nos dias atuais, às anomalias climáticas pode-se pensar, em primeiro lugar, nas flutuações repentinas do clima que, de verão frio passa, por exemplo, para calor escaldante. Além disso, pode-se imaginar um incremento muito grande do reflexo das flutuações climáticas nas tendências da economia de consumo globalizada. Com base nesses fatos as informações sobre as anomalias climáticas tornaram-se mais sensíveis e, ao mesmo tempo, as avaliações das anomalias climáticas estão sendo aperfeiçoadas e vem sendo conduzidas com maior racionalidade.

Em função da seca de alcance mundial a produção de cereais despencou em 1973 e notícias sobre o perigo da falta de alimentos chegaram a ser propaladas. Diversos países, a começar pela antiga União Soviética, disputaram a procura de alimentos junto aos Estados Unidos e, conseqüentemente, o mercado sofreu um aumento repentino de preços. Simultaneamente, para controlar a inflação, os Estados Unidos regulamentaram a exportação de alimentos, que causou aumento ainda maior

de inquietações. Deste modo houve uma época em que se tornou importante, para a sociedade e economia de cada país, tomar medidas preventivas baseadas em coletânea de informações sobre anomalias climáticas em âmbito mundial. Além disso, o conhecimento cada vez mais aperfeiçoado da natureza das anomalias climáticas fez com que medidas de prevenção passassem a ser encaradas com seriedade crescente. Não somente as grandes empresas, mas até supermercados e centros comerciais de venda de artigos da vida cotidiana (vestuários, bebidas e comidas, além de produtos de estação), começaram a atribuir maior importância às informações meteorológicas precisas.

Na comparação entre anomalia climática e mudança climática comumente há até possibilidade de confusão. Entretanto, existem diferenças fundamentais entre ambas, pois a duração da primeira não passa de cerca de um mês ou, no máximo, alguns meses. A segunda pode estender-se por mais de dez anos até dezenas de milhares de anos, constituindo fenômenos cujas flutuações podem durar tempos extremamente longos em confronto com a efêmera vida humana. Embora talvez não seja uma comparação muito adequada, ao considerar as doenças que atingem nós seres humanos, a anomalia climática corresponderia à doença aguda e a mudança climática representaria uma doença crônica. Por exemplo, flutuação de poucos graus centígrados na temperatura média mensal, em relação aos valores de anos normais, comumente desaparece em um a três meses. Porém em tendência anual de mudança climática, correspondente a 1/10 ou até menos do valor supracitado, pode prosseguir por algumas dezenas ou dezenas de milhares de anos e, se a temperatura cair em 10° centígrados em relação a atual, poderá ter início um período glacial.

Embora anomalia climática e mudança climática sejam fundamentalmente distintas, não se pode dizer que sejam completamente independentes. Entre mudanças climáticas de curta duração existem as que sofrem flutuações em algumas dezenas de anos. Mudanças climáticas com esta duração possuem íntima relação com a origem das anomalias climáticas. Além disso, anomalias climáticas e mudanças climáticas distintas podem produzir efeitos, que atuam simultaneamente com diferentes intensidades e, nós seres humanos modificamos também o clima e o tempo de várias maneiras. Conseqüentemente, torna-se difícil interpretar até que ponto as condições ambientais encontradas, em um local da superfície terrestre, durante um certo intervalo de tempo, representa anomalia e/ou mudança climática e qual é o papel do efeito antrópico no processo.

Não somente ocorre atuação simultânea de anomalia climática, mudança climática e efeito antrópico mas sabe-se, hoje em dia, da existência de fenômenos do tipo “Super El Niño” no passado geológico, semelhantes às anomalias climáticas produzidas na América do Sul, nas zonas costa-afora do Peru e Equador. Foram descobertas evidências de ocorrências, por várias vezes, há alguns milhares de anos em diversas partes do Brasil (delta do Rio Doce no Espírito Santo, margens do

Rio Xingu e Zona de Mineração da Serra dos Carajás, ambas no Estado do Pará). Os fenômenos “El Niño”, dos dias atuais, duram somente alguns meses e não podem ser designados de mudanças climáticas.

Por outro lado, as considerações sobre a influência das mudanças climáticas do século XX, do dióxido de carbono e outros gases-estufa exalados por atividades antrópicas, são baseadas em medidas instrumentais. O aquecimento global e a conseqüente subida de nível do mar durante o século passado têm sido interpretados, de modo simplista, como conseqüência da exalação de gases-estufa pela mecanização ocorrida durante a Grande Revolução Industrial. Na realidade, tanto a temperatura média da superfície terrestre quanto o nível do mar, têm subido durante os últimos 100 anos. Entretanto, no mesmo intervalo de tempo, vem ocorrendo recuperação natural da temperatura superficial da Terra após o término da Pequena Idade do Gelo, que durou cerca de 350 anos. Portanto, antes de definir o papel do ser humano no aquecimento global, há necessidade de se conhecer melhor a taxa de aquecimento natural da temperatura superficial da Terra, em função do término da Pequena Idade do Gelo.

Ao mesmo tempo, mais de 20 períodos glaciais, intercalados de períodos interglaciais, alternaram-se nos últimos 2,6 milhões de anos. O intervalo de tempo, quando o homem moderno aumentou ainda mais as atividades, até hoje tem sido considerado como pós-glacial, isto é, as glaciações teriam se encerrado. Mas o clima atual é semelhante ao dos períodos interglaciais do passado e, portanto, não se pode garantir que as glaciações não mais ocorrerão. Não está completamente descartada a possibilidade de que, nas próximas centenas de anos, a temperatura média da Terra despenque naturalmente até cerca de 10° centígrados e que se inicie um novo período glacial.

Como conclusão final pode-se dizer que há necessidade de se pesquisar, ainda mais, os diversos fatores que causam as flutuações climáticas e as mudanças climáticas.

Capítulo 11

Desertos e Fenômenos de Desertificação

Atribui-se comumente a designação de deserto a uma região caracterizada por baixa pluviosidade (200 a 300 milímetros por ano), onde se desenvolve vegetação rarefeita pertencente a poucas espécies, bem como animais pobres em espécies. Quatro tipos representativos de desertos podem ser reconhecidos. Em primeiro lugar tem-se os desertos de geleiras polares com frio intenso e recobertos por calotas glaciais. Por outro lado, por exemplo o Deserto de Gobi na China, caracterizado por baixa pluviosidade e alta temperatura no verão, situa-se em média latitude. Em terceiro lugar tem-se o deserto relacionado aos ventos alísios, que mostra baixa pluviosidade e alta amplitude térmica diária. A seguir existem os desertos litorâneos (ou costeiros) originados por influência de correntes oceânicas frias que fluem costa afora do Peru.

Em desertos polares glaciais de altas latitudes, toda a umidade acha-se congelada nas geleiras e torna-se impossível de ser utilizada para o desenvolvimento de plantas. Por outro lado, o deserto de Gobi exhibe grande amplitude térmica entre o verão e o inverno, podendo ser encarado também como um deserto frio, mas a baixa pluviosidade também é muito característica. Os desertos de ventos alísios são também designados de desertos tropicais ou de baixas latitudes. Eles ocorrem nas proximidades dos trópicos de Câncer ou de Capricórnio, entre 15° a 30° de latitudes e são caracterizados por altas temperaturas e baixas umidades. Como são dominados por correntes atmosféricas subtropicais de alta pressão, as chuvas são extremamente escassas. No Nordeste Brasileiro existe o famoso “Polígono da Seca”, que do norte do Estado de Minas Gerais adentra ao interior do Estado do Piauí. Esta região caracteriza-se por precipitação média anual superior a 500 milímetros e, então, é denominado de semideserto. Nesta região existe a caatinga (mato branco), denominação de origem tupi-guarani, referindo-se à fisionomia caracterizada por árvores e arbustos com espinhos e cactos.

Entre outros tipos de desertos tem-se os de sombras orográficas. Neste caso as correntes atmosféricas quentes são barradas pela montanha, que causa a condensação da umidade na forma de chuva, que se precipita nas vertentes e a sombra orográfica, por detrás da montanha, é atingida só por correntes atmosféricas secas.

Um exemplo real deste tipo é o deserto de Atacama do norte do Chile que, por passar até mais de 10 anos sem chuva, pode ser considerado o deserto mais seco do mundo.

Segundo a crença popular, os desertos e as dunas apresentariam relações inalienáveis. Como uma das evidências disso a designação “sabaku” (deserto, em língua japonesa) significa “extensa planície arenosa”. Recordo-me ainda, que no programa, de conhecida televisão brasileira, os campos de dunas costeiras conhecidos nos meios turísticos como “Lençóis Maranhenses” no Estado do Maranhão, foram apresentados pelo repórter como se fosse um deserto. Nesta região a pluviosidade é superior a 1.000 milímetros por ano e, portanto, não é um deserto. Como principais causas de formação de dunas têm-se a existência de grande quantidade de areia quartzosa fina e de ventos alísios incessantes e de alta velocidade. O extenso campo de dunas fósseis da margem esquerda do médio Rio São Francisco, no interior do Estado da Bahia, ocupa uma área de cerca de 7.000 quilômetros quadrados. Estende-se ao longo do Rio São Francisco por 200 quilômetros, entre as cidade de Barra e Pilão Arcado e as dunas alcançam até 50 metros de altura. Até em artigos científicos esta região é referida como deserto. A pluviosidade atual é de 600 a 800 milímetros por ano e o clima pode ser denominado de semidesértico. Além disso, estudos paleoclimáticos baseados em palinomorfs de depósitos de turfa permitiram concluir a existência no passado de paleoclimas mais frios e mais úmidos que o atual, mas não foi detectada evidência de paleoclima desértico no passado. O Rio São Francisco nasce no Estado de Minas Gerais e no seu percurso de alguns milhares de quilômetros carrega grande quantidade de areia quartzosa fina que, no interior do Estado da Bahia, foi transportada por ventos de alta velocidade no sentido noroeste. A origem do extenso campo de dunas fósseis está também ligada ao obstáculo formado por uma serra quartzítica disposta na direção norte-sul. A espessura dos depósitos arenosos eólicos junto a esta serra quartzítica chega a 100 metros. Entretanto não foram descobertas, até o momento, quaisquer evidências de que este campo de dunas fósseis tenha relação com clima desértico.

Como se pode ver acima as dunas não estão necessariamente relacionadas a desertos, mas em muitos desertos desenvolvem-se conspícuas dunas. Por outro lado existem também desertos pedregosos praticamente sem dunas. Neste caso o clima é também muito seco e praticamente não há desenvolvimento de vegetação e a superfície acha-se recoberta de fragmentos de rocha.

Entre os aforismos que se transformaram em modismo tem-se o fenômeno denominado “desertificação”. Neste caso o ambiente natural é deteriorado e a estabilidade da paisagem é rompida e, como consequência, desencadeam-se vários fenômenos. Tem-se, por exemplo, escorregamentos de vertentes íngremes, fenômeno de erosão acelerada de terras agricultáveis, além de formação súbita de dunas. Esses fenômenos naturais, que são acionados repentinamente, ocorrem comumente em regiões desérticas. Embora se designe de “desertificação”, nem sempre a pluviosidade da região é reduzida até

transformação em verdadeiros desertos. Atualmente, como o ser humano transformou-se em agente muito importante de mudanças superficiais mesmo em regiões de climas não-desérticos, como consequência de uso do espaço físico com desenvolvimento de atividades inadequadas, são originados fenômenos de “desertificação”.

Em tempos modernos, quando cerca de 70% da população humana mundial sofreu urbanização, a vida da maioria das pessoas tornou-se muito confortável. Porém, ao mesmo tempo, os ambientes naturais da Terra sofreram impacto antrópico acelerado e em grandes metrópoles como Tóquio e São Paulo, diferentemente dos climas agradáveis dos arrabaldes, reinam climas urbanos caracterizados por temperaturas altas e umidades baixas. Nos países em desenvolvimento, a explosão demográfica tem sido sustentada pela expansão de roçados queimados e pelos desmatamentos destinados à extração de madeira para lenha. Essas atividades antrópicas iniciam a expansão da “desertificação” pela degradação dos ambientes naturais, acompanhada de redução de umidade. O avanço do desmatamento propicia a brusca redução da umidade do solo e, mesmo com a aproximação de baixa pressão atmosférica, não ocorre chuva e transforma-se em causa de seca.

Segundo versão originária de Quênia (África), só a prática de reflorestamento em escala nacional poderá livrar o país do efeito de mudanças climáticas induzidas pelo desmatamento, que produz a “desertificação”.

As florestas recobrem cerca de 30% das superfícies continentais da Terra e desempenham papéis importantes na manutenção das condições climáticas. Em primeiro lugar absorvem parte das radiações solares, mas a parte refletida (não-absorvida) depende do albedo (índice de refletividade). Quanto menor for o albedo maior é a absorção e quanto maior for o índice de refletividade menor é a absorção pela superfície terrestre, de modo que diminui a temperatura atmosférica. Nos casos de florestas escuras o albedo é de 3 a 10%, nas aciculadas de 5 a 15%, nas latifoliadas de 10 a 20% e nos desertos de 25 a 30%. O valor médio do albedo na Terra é de 30% e o maior índice de refletividade corresponde à superfície da neve, que varia de 46 a 86%.

Ao mesmo tempo, as florestas desempenham também um importante papel na preservação da umidade. Na ausência de florestas a chuva escoar rapidamente pela superfície terrestre ou sofre evaporação. Os solos que encobrem o interior das florestas contêm restos vegetais, como gravetos e folhas em decomposição e conservam abundante umidade, que é evaporada lentamente. Por isso o ambiente é mantido em condição de equilíbrio estável e, ao mesmo tempo, o suprimento da umidade à atmosfera é mantido continuamente. O fornecimento de umidade atmosférica supre, simultaneamente, calor à atmosfera na forma de calor latente de água. Grande quantidade de calor é liberada também para a atmosfera em áreas continentais com florestas pluviais tropicais. Este calor é somado ao calor proveniente dos mares tropicais e, em obediência à dinâmica atmosférica de todo o planeta, constitui importante fator na determinação dos climas da Terra.

Essas importantes florestas estão em processo de desflorestamento no mundo inteiro, principalmente nas regiões tropicais. Neste processo de destruição o ser humano derruba diretamente as árvores, cujos espaços são transformados em áreas agrícolas ou, ainda mais violentamente, as florestas são queimadas antes das atividades agrícolas ou as árvores são cortadas para obtenção de madeira para carvão vegetal combustível. Não haveria outra maneira de manter a qualidade de vida da população humana crescente?

Uma vez destruídas, as florestas são dificilmente regeneradas e especialmente em regiões tropicais da Amazônia ou do Nordeste Brasileiro, onde as radiações solares são extremamente fortes ou onde existem campos nas condições naturais, o pastoreio excessivo propicia o avanço da desertificação. Pode-se admitir desertificação em função de mudanças climáticas naturais, mas quando as causas são antrópicas o ser humano poderia pensar no seu próprio futuro e adotar alguma medida alternativa.

Em relação aos climas mundiais atuais, vários países da África foram vitimados pela seca e estão enfrentando grande perigo da falta de alimentos com 1.540.000 pessoas sofrendo com a fome. Em termos regionais, até a primeira metade da década de 1970 o centro da seca situava-se a noroeste da África (borda vegetada sul do deserto do Saara) mas posteriormente expandiu-se para Etiópia e leste da Somália, além de sul da África. Quanto às causas da seca pensa-se que o fenômeno “El Niño” de 1972 e 1982, que aumentou a temperatura das águas oceânicas em relação aos anos normais na região leste do Oceano Pacífico Equatorial, tenha estendido a sua influência até a África. O avanço da desertificação na África deve-se ao efeito combinado de vários fatores, como baixa pluviosidade, política colonialista, guerras civis, além de aumento populacional. Além de um socorro emergencial, para o futuro seria desejável um socorro erradicativo e, além disso, esclarecimento das causas e mecanismos das secas.

Nas condições climáticas atuais do Brasil, onde existiriam áreas mais suscetíveis à desertificação, causada por atividades humanas inadequadas? Até o momento são raros os artigos científicos que apresentam aspectos relacionados à desertificação no Brasil. Foi apresentado um artigo sobre o avanço da desertificação em região de solo arenoso e de vegetação campestre natural, causado por pastoreio excessivo no Estado do Rio Grande do Sul, onde a pecuária é uma atividade muito intensa. Os solos arenosos do Quaternário estão distribuídos por extensas áreas da bacia hidrográfica do Rio Amazonas e no Pantanal Matogrossense. A estabilidade dos ambientes naturais dessas regiões é muito frágil e, portanto, grande é a possibilidade de que ela seja rompida por atividades antrópicas. Pode-se pensar que, em território brasileiro, o fenômeno da desertificação possa ocorrer repentina e extensivamente nas regiões supracitadas, concomitante ao aumento populacional, tornando cada vez mais complicada a recuperação.

Capítulo 12

Relevo Cárstico e Paleoclimas

Em áreas de ocorrência de rochas solúveis, como calcários, gipsos e rochas salinas, são particularmente notáveis os mecanismos de erosão cárstica. Um fenômeno importante, durante a atuação de processos erosivos fluviais ou abrasivos, é a dissolução. Ela é perpetrada pela água subterrânea e na superfície terrestre são formadas dolinas, lapiês, uvalas e poliês. Estes termos geomorfológicos foram internacionalizados, mas são denominações originárias da língua usada na Iugoslávia, que é um país caracterizado por topografias cársticas muito conspícuas. Em outros países acham-se distribuídas na França, Itália, México e Estados Unidos da América do Norte e no Japão são famosas as ocorrências de Akiyoshidai, Hiraodai e Teishakudai. No Brasil são especialmente abundantes no oeste do Estado da Bahia, vários lugares do Estado de Minas Gerais e sul do Estado de São Paulo.

As dolinas correspondem a depressões afuniladas com diâmetros de alguns centímetros até cerca de 200 metros e mais comumente de 20 metros, profundidades de alguns centímetros a 100 metros. As lapiês apresentam arestas salientes e agudas que separam inúmeras caneluras, formadas por escoamento de águas pluviais sobre calcários aflorantes na superfície da Terra. Quando duas ou mais dolinas adjacentes avançam nos seus processos erosivos podem coalescer e formar bacias irregulares de fundo raso e plano, que são chamadas de uvalas. As poliês são bacias de dissolução muito maiores que dolinas e uvalas, pois as suas áreas variam desde alguns a centenas de quilômetros quadrados. Essas feições geomorfológicas originam lagoas como as existentes na cidade de Sete Lagoas no Estado de Minas Gerais.

No subsolo de regiões com rochas solúveis ocorrem mundialmente inúmeras feições geomorfológicas conhecidas como cavernas. Constituem espaços vazios ou grutas, formados por dissolução durante dezenas ou centenas de milhares de anos, comumente de calcários. Os seus tamanhos são extremamente variáveis, as formas são grosseiramente circulares a completamente irregulares em seção transversal e são comuns as que permitem a entrada de um ser humano e estendem-se por alguns quilômetros. Parte dos homens primitivos utilizou as cavernas para abrigos do mau tempo ou do ataque de feras, e, até mesmo como locais de morada. Cerca de

40 quilômetros a sudoeste de Pequim (China) ocorrem cavernas em calcários do Período Ordoviciano, que provavelmente foram habitadas por homens primitivos do Pleistoceno médio, há cerca de 500 mil anos. Foram também descobertas ossadas de mamíferos hoje extintos como, por exemplo, bichos-preguiça gigantes e mamutes. Parte desses animais viveu nas cavernas e muitos morreram ao entrar à procura de água. Atualmente são comuns os morcegos, que preferem ambientes escuros e úmidos dos tetos de cavernas e vivem até peixes nos rios que correm no seu interior. Nas cavernas calcárias da bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, nas proximidades da cidade de Apiaí (sul do Estado de São Paulo), foram descobertos bagres cegos.

As cavernas da região de Apiaí ao sul do Estado de São Paulo e das proximidades de Belo Horizonte no Estado de Minas Gerais já são conhecidas há cerca de 100 anos. Entretanto, praticamente não havia pessoas interessadas nos aspectos científicos, como os geoespeleológicos, até cerca de 30 anos passados. No máximo eram encarados como sítios de turismo de aventura e eram desenvolvidas atividades por grupos de amantes de turismo desta natureza.

Como resultado de pesquisas geoespeleológicas dos últimos 30 anos conclui-se que existem registros detalhados de transformações fisionômicas da vegetação, que acompanharam mudanças paleoclimáticas durante algumas centenas de milhares de anos, em ambientes tão particulares da Terra.

O Dr. Ivo Karmann, pesquisador do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e seus estudantes de pós-graduação, têm realizado pesquisas por vários anos sob pontos de vista paleoclimáticos do interior e de exterior de cavernas calcárias dos estados de São Paulo e Santa Catarina. Como materiais destas pesquisas são utilizadas estalagmites (depósito colunar formado no assoalho das cavernas calcárias por precipitação), nas quais são executadas análises em anéis de crescimento circular. Foram obtidas informações que permitem inferir mudanças significativas de precipitação pluviométrica nos últimos 116 mil anos no sul e sudeste do Brasil. As grandes tempestades e as grandes secas do passado parecem estar relacionadas principalmente às variações das intensidades das radiações diretamente provenientes do Sol. Por exemplo, a inclinação do eixo de rotação terrestre tem variado com ciclos de cerca de 23 mil anos e dependendo do grau de inclinação o hemisfério norte pode ficar mais sombreado ou ocorre o fenômeno inverso.

Descobertas de mudanças paleoclimáticas deste tipo desempenham importante papel na adequação dos modelos de simulação de climas do futuro. Somente a reconstituição cada vez mais precisa dos climas do passado pode permitir prognósticos mais confiáveis de climas do futuro. No sul do Brasil, ao mesmo tempo em que nos últimos 4 mil anos se intensificaram as radiações solares diretas de verão, nas planícies costeiras de Santa Catarina aumentava a pluviosidade. A tendência

natural deverá manter-se nos próximos mil anos, caso seja ignorada a influência das atividades antrópicas.

Segundo resultados de pesquisas do grupo do Dr. Karmann, as radiações solares diretas intensificadas fortalecem a circulação dos ventos úmidos que sopram do Oceano Atlântico Oriental rumo às Florestas Pluviais Tropicais da Amazônia. Esses ventos alísios circulam pelas porções inferiores da atmosfera nas proximidades da superfície terrestre e, ao penetrar na Amazônia, mudam de orientação para o sul e transportam umidade para o sul e sudeste do Brasil. Desta maneira, ao atingir o norte da Argentina e Paraguai propicia formação de nuvens de chuva e a precipitação pluvial. Em estações de radiações solares mais enfraquecidas os ventos alísios também se aquecem e a umidade que provoca as chuvas no sul e sudeste é originária especialmente do Oceano Atlântico Sul.

Simultaneamente às pesquisas paleoclimáticas executadas nos estados de São Paulo e Santa Catarina, Dr. Augusto Auler do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais tem realizado pesquisas na região nordeste do Estado da Bahia. Como consequência sabe-se que, quando a Z.C.I.T. (Zona de Convergência Intertropical = zona limítrofe entre massas de ar dos hemisférios norte e sul) situava-se no Nordeste Brasileiro, mais ao sul que atualmente, há evidências registradas de que tenha havido desenvolvimento de Florestas Pluviais Tropicais na região. Mais tarde, quando a Z.C.I.T. tornou-se estacionária ao norte, sem se aproximar do continente, a fisionomia vegetal adquiriu características semelhantes às atuais, isto é, de caatinga semidesértica. Outros grupos de pesquisa empregaram diferentes métodos de análise e já haviam constatado a existência de fases de desenvolvimento de Florestas Pluviais Tropicais no Nordeste Brasileiro. A época em que o Nordeste Brasileiro exibia floresta pluvial, e provavelmente as florestas Amazônica e a Mata Atlântica apresentavam continuidade, deve ser recuada para cerca de 15 mil anos passados. Foram também verificadas outras épocas, quando a pluviosidade do Nordeste Brasileiro era mais alta que a atual, há 39 mil, 48 mil e 60 mil anos passados, com durações de alguns milhares de anos.

Admite-se que a região semidesértica do interior do Estado de Bahia, situada no Nordeste Brasileiro, exibia pluviosidade maior que atualmente há 21 mil anos passados. No leito de um rio atualmente efêmero ocorrem tufos calcários precipitados na época, que hoje estão em desmantelamento. Esses tufos calcários contém abundantes restos vegetais, principalmente folhas fossilizadas. Juntamente foram descobertas ossadas de bicho-preguiça gigante denominado cientificamente de *Megatherium*, além de tatu gigante chamado *Glyptodon*. Foram também encontradas ossadas de um macaco de nome científico *Caipora*, com cerca de 40 quilogramas de peso, corresponde a cerca de dobro de maior macaco vivente no Brasil, denominado muriqui. A região habitada por *Caipora* possui uma largura de mil quilômetros e antigamente representava continuação da Floresta Pluvial Tropical da Amazônia e constituía uma zona de transição para a Mata Atlântica.

Em futuro próximo, como consequência de desflorestamento, deverá ocorrer mudança na precipitação pluvial das regiões sul e sudeste do Brasil, pois haverá diminuição na umidade suprida pelo Oceano Atlântico à Floresta Pluvial Tropical da Amazônia. Por exemplo, já no verão da Amazônia entre 2004 e 2005, a umidade atmosférica suprida por esta região não atingiu as regiões sul e sudeste, distantes da zona equatorial. Atingiu os interiores dos estados de Minas Gerais e Bahia, onde ocorreu intensa precipitação pluvial. O Estado do Rio Grande do Sul, no extremo sul do Brasil, foi vítima da seca e dos estragos causados pela insuficiência de umidade da Amazônia.

Além disso, análises das razões entre os isótopos de oxigênio-18 e oxigênio-16 também foram realizadas. Essas razões correspondem às relações de abundância entre os isótopos mais pesado (18) e mais leve (16) do oxigênio, que entram na composição do mineral (carbonato de cálcio) da estalagmite. Estas razões dependem da composição química das águas pluviais da época e permitem reconstituir as mudanças paleoclimáticas dos últimos 500 mil anos.

As amostras de estalagmite coletadas no interior das cavernas foram inicialmente submetidas às medidas geocronológicas e, a seguir, foram realizadas medidas das razões entre oxigênio-18 e oxigênio-16 no sentido do seu crescimento, isto é, no rumo ascendente. Em regiões tropicais da Terra, o oxigênio mais pesado é descartado seletivamente das primeiras precipitações pluviais, com consequente concentração do teor de oxigênio mais leve nessas águas. Em conclusão, os anéis de crescimento circular dos estalagmites exibem mudanças nas razões isotópicas de oxigênio com o tempo. Essas mudanças registram flutuações nas precipitações pluviais da época e, portanto, desempenham o papel de um pluviômetro geológico.

Os ventos alísios saturados de umidade suprida da Região Amazônica são também estimulados pela umidade de origem oceânica da Zona de Convergência do Atlântico Sul e, por vezes, pode formar zona nublada, que se estende por 5 mil quilômetros de noroeste para sudeste. Quanto mais fortes as intensidades das radiações solares diretas, tanto maiores serão as temperaturas e umidades das regiões tropicais e, portanto, na Zona de Convergência do Atlântico Sul intensifica-se e avança mais para o sul, aumentando a precipitação pluvial naquela área. Neste caso, o isótopo mais pesado de oxigênio-18 é carregado pelas primeiras chuvas e o isótopo mais leve de oxigênio-16 torna-se dominante. Contrariamente, quando as intensidades das radiações solares diretas enfraquecem no hemisfério sul, diminui a influência dos ventos alísios e, praticamente, a umidade da Região Amazônica não atinge aquela área.

Por essas flutuações de umidade abaixo da linha do equador, pode-se entender também a época quando a região ocupada pela atual caatinga (bosques dominados por vegetação espinhosa de porte geralmente pequeno) transformou-se em Floresta Pluvial Tropical. Em regiões assoladas por freqüentes e violentas mudanças climáticas, como o Nordeste Brasileiro, o incremento da umidade promove expansão

imediate das florestas e campos, que se refugiaram comumente em áreas de planaltos. As florestas retraíram pelo readvento da seca porém, mesmo no interior das caatingas atuais, restaram ilhas de florestas verdes denominadas de pântanos (ou brejos).

O prognóstico confiável de mudanças climáticas, por influência de atividades antrópicas futuras, é praticamente impossível sem um conhecimento mais preciso das mudanças paleoclimáticas naturais, ocorridas nas últimas dezenas a centenas de milhares de anos.

Capítulo 13

Intemperismo e Paleoclimas

Dependendo da composição e estrutura os diversos tipos de rochas, que constituem as camadas mais superficiais da crosta terrestre, exibem diferentes suscetibilidades aos fenômenos de intemperismo. Os principais elementos químicos componentes das rochas são determinados pelas composições mineralógicas dessas rochas. São numerosos os tipos de rochas que constituem a crosta terrestre porém, a grosso modo, podem ser classificadas em rochas ígneas (ou magmáticas), metamórficas e sedimentares. As rochas ígneas podem resultar da solidificação na superfície terrestre após surgirem como lavas em condições de altas temperaturas ou formam corpos intrusivos (penetrantes) ou plutônicos, que se consolidam em profundidade. As rochas metamórficas resultam da ação de altas pressões e/ou temperaturas sobre rochas sedimentares ou magmáticas preexistentes, que se diferenciam das rochas originais não somente nas composições química e mineralógica, mas também nas estruturas, após passar por fenômenos de metamorfismo. Finalmente, as rochas sedimentares são formadas nas proximidades da superfície terrestre sob condições de pressão e temperatura comumente baixas, após passar sucessivamente por fenômenos de intemperismo, erosão, transporte e sedimentação, quando uma das forças naturais mais importantes é a gravidade.

De qualquer modo, o fenômeno do intemperismo ou meteorização corresponde à etapa na qual rochas sólidas são expostas na superfície terrestre e naturalmente transformam-se em material inconsolidado (ou solto) e geralmente hidratado. Fundamentalmente são reconhecidos os intemperismo físico e químico. Por intemperismo físico as rochas são mecanicamente fragmentadas, sem envolver reações químicas. Por intemperismo químico os minerais componentes das rochas são quimicamente transformados e dão origem a vários tipos de argilominerais. Entre os fenômenos de intemperismo promovidos por seres vivos (animais e vegetais) tem-se, por exemplo, a destruição mecânica por ação de cunha da penetração de raízes ou várias reações químicas propiciadas pela atuação de microrganismos.

A principal causa do intemperismo físico é a mudança de temperatura, que promove dilatação e contração térmicas diferenciais dos minerais componentes, expansão por congelamento da água intersticial ou cristalização de vários tipos de sais

em solução na água intersticial. Rochas graníticas, que são hipogênicas (ou plutônicas) são originadas a algumas dezenas de quilômetros de profundidade e acham-se submetidas a altíssimas pressões. Quando sofrem processos naturais epirogênicos ou orogênicos podem ser soerguidos ou podem ser expostos por atividades antrópicas em pedreiras, quando sofrem alívio de pressão e produzem esfoliação. Deste modo formam-se diaclases (ou fraturas) aproximadamente paralelas à superfície do terreno, que propicia a atuação de outros processos de intemperismo físico. Esses fenômenos naturais são particularmente notáveis em climas frios (na Antártida ou Groenlândia em altas latitudes ou na Cordilheira do Himalaia em altitudes elevadas) ou em climas secos (desertos do Saara e Gobi), caracterizados pela baixa disponibilidade de água líquida. O fenômeno é também conspicuo no Nordeste Brasileiro, que exhibe clima semidesértico. O intemperismo físico processa-se praticamente sem reações químicas e, portanto, não ocorrem transformações químicas, mineralógicas ou volumétricas. Porém, o incremento da superfície específica dos fragmentos rochosos expõe áreas maiores, de modo que se tornam mais suscetíveis às reações químicas.

Até cerca de 50 anos passados acreditava-se que os depósitos de brecha com abundante matriz distribuídos no sopé do Pico do Itatiaia, nas divisas dos estados de Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, de quase 3 mil metros de altitude e composto de rochas alcalinas, representavam o único registro de glaciações quaternárias no Brasil. A quase totalidade dos fragmentos desta brecha é composta de rochas ígneas alcalinas. Pelos dados atualmente disponíveis esses depósitos seriam do Período Terciário (épocas Eoceno ou Oligoceno) e sem qualquer relação com tills de atividade glacial. Acredita-se atualmente que sejam depósitos proximais de leques aluviais alimentados pelo Pico de Itatiaia, que representam fácies marginais da Bacia de Resende (RJ). Embora os ciclos de períodos glaciais e interglaciais, particularmente numerosos no Período Quaternário do hemisfério norte, tenham influído diretamente no Brasil, até agora não foram descobertas provas de que, naquele intervalo de tempo, alguma região tenha sido recoberta por geleiras.

Geralmente nas regiões desérticas e semidesérticas, que são muitas vezes dominados por processos de intemperismo físico, também predominam processos de erosão mecânica. Nos desertos onde atuam fortes ventos no transporte de areia quartzosa, por efeitos de impacto e atrito contra paredes rochosas, especialmente nas de natureza arenítica, dá origem a relevos residuais peculiares com formas de taça ou de cogumelo. A precipitação pluvial dessas regiões é reduzida e concentrada e, portanto, exhibe alta capacidade física de destruição. As enxurradas formadas por chuvas concentradas não são canalizadas e provocam enchentes-relâmpago, que inundam a superfície terrestre. A repetição dos fenômenos de grandes inundações torrenciais é característica de zonas secas e dá origem a peneplanos. Especialmente, quando o relevo é formado por rochas de diferentes naturezas erodidas indistintamente, pode-se empregá-lo como prova de existência de clima seco no passado.

Pelo fenômeno do intemperismo químico as rochas são decompostas através da catálise centrada na água líquida por hidratação, carbonatação, oxidação, hidrólise e dissolução. No processo de lixiviação as substâncias obedecem a seguinte ordem de decrescimento: cloreto, ácido sulfúrico, sódio, magnésio, cálcio, potássio, silício, ferro e alumínio. Quanto mais altas as taxas de reação (depende da temperatura) e de percolação (depende da pluviosidade e da drenagem) são lixiviadas até as menos suscetíveis. Entre as substâncias residuais o processo de sialitização (ou de argilização) leva ao produto de intemperismo químico de regiões temperadas. A constituição e a espessura do manto de intemperismo (além do solo abrange toda a zona de intemperismo até a mais profunda) dependem dos climas e as substâncias residuais podem recombinar-se para formação de vários tipos de argilominerais, cujas características correspondem ao clima da época. Em climas tropicais com alta pluviosidade o pH (concentração de íon hidrogênio) é ácido e pode formar depósito de caulinita como mineral residual. Em climas tropicais com baixa pluviosidade geralmente o pH é alcalino e podem ser originados argilominerais como esmectita e paligorsquita.

O argilomineral paligorsquita, contido em arenitos do Período Cretáceo (época da extinção dos dinossauros) do Grupo Bauru da Bacia do Paraná, foi originado em ambiente continental semi-árido sob condições de pH alcalino. No Período Quaternário (últimos 2 milhões de anos), o ambiente pedogenético foi de clima tropical chuvoso e o pH ácido, que propiciou a transformação daquele argilomineral em caulinita.

Como se pode compreender pelas considerações acima, nenhum processo de intemperismo químico pode ser admitido na ausência da água. A água pode participar diretamente na reação química ou, no mínimo, torna o ambiente adequado às reações químicas, entre as quais as principais são as seguintes:

- a) Hidratação, onde a água reage diretamente com outros materiais;
- b) Carbonatação, que provoca a substituição de vários minerais por carbonatos;
- c) Oxidação, que pode ocorrer natural ou artificialmente e no primeiro caso, por exemplo, ocorre por entrada de ácidos em outras rochas (exemplo: arenito) mas no segundo caso, por exemplo, pela infiltração de ácido em rochas armazenadoras para se tentar a recuperação secundária de petróleo;
- d) Hidrólise, quando os sais reagem com água e dão origem a ácidos e bases; e
- e) Dissolução, quando líquidos como as águas intersticiais e sólidos ou gases entram em harmonia e formam soluções com líquidos.

O intemperismo químico necessita de água no processo e, portanto, ocorre mais ativamente em locais de alta precipitação pluvial. No território brasileiro, geralmente, o intemperismo químico sobrepuja o físico, em termos de área de ocorrência. Na região Amazônica, por exemplo, ocorre conjunção de alta pluviosidade e temperatura média alta, de modo que o intemperismo químico torna-

se muito acentuado. Nessas regiões os argilominerais são principalmente caulínicos que, ao sofrer maior intensidade de lixiviação da sílica, como mineral residual restará a gibbsita. Este mineral é um hidróxido de alumínio, que constitui o minério deste metal denominado de bauxita. Como uma das evidências de que, na Bacia Amazônica o clima se manteve semelhante ao atual por vários milhões de anos, existem depósitos de bauxita mundialmente conhecidos. As rochas originais, que foram submetidas ao processo de bauxitização desde o Terciário inferior (vários milhões de anos), devem ser sedimentos continentais. Ao mesmo tempo os solos desta região apresentam muitos hidróxidos de ferro entre os minerais residuais. Mas eles não são usados como minério de ferro para siderurgia e o minério com esta finalidade está sendo explorado, por exemplo, no Platô de Carajás (PA). Pensa-se que as rochas originais do Pré-cambriano (alguns bilhões de anos passados) continham jaspilitos ricos em ferro que, de maneira análoga à bauxita, sofreram lixiviação de sílica em ambiente chuvoso e quente, durante alguns milhões de anos e originaram o atual minério de ferro oxidado.

Ao lado disso há cerca de 15 anos foram realizadas pesquisas sobre variações climáticas dos últimos 60 mil anos, na região do Platô de Carajás (PA). A amostra usada na pesquisa foi um testemunho de cerca de 6 metros, que foi obtida por vibrotestemunhador de depósitos de lagoas alojadas em pseudo-dolinas (as verdadeiras dolinas são depressões em áreas calcárias em formas de almofariz e diâmetros de alguns centímetros a 200 metros e mais comumente de cerca de 20 metros, profundidades de alguns centímetros a 100 metros). As datações geocronológicas foram feitas pelo método do radiocarbono em restos orgânicos vegetais contidos nos sedimentos. As mudanças climáticas foram pesquisadas especialmente com palinomorfos, que mostraram variações nas fisionomias vegetais, que estariam relacionadas às condições climáticas. Deste estudo foi concluído que, durante os últimos 60 mil anos, ocorreram cinco a seis fases de climas mais secos que os atuais 1.500 a 2.000 milímetros anuais de chuvas, que estão intercaladas com períodos de pluviosidade média anual semelhante a atual. Durante épocas mais secas a Floresta Pluvial Tropical teria adquirido caráter fragmentário separado por campos e com aumento de pluviosidade possivelmente a floresta teria se tornado contínua. Esta idéia acha-se resumida na Teoria dos Refúgios, que se tornou famosa entre especialistas, proposta pelo geólogo alemão e ornitólogo amador J. Haffer, com base na distribuição de espécies de pássaros. Durante períodos mais secos os animais mais adaptados à vida em ambiente de Floresta Pluvial Tropical teriam se refugiado nas ilhas desta floresta, cessando o intercâmbio genético e, em consequência, teriam originado novas espécies. A repetição deste fenômeno poderia explicar a biodiversidade da atual Região Amazônica. Como se sabe também por outros métodos de pesquisa, considerando-se as escalas de tempo envolvidas nas origens de novas espécies de animais e vegetais, as mudanças naturais da pluviosidade na Região Amazônica teriam ocorrido em ciclos de algumas dezenas de milhares de anos. Considerando as três variáveis astronômicas, os ciclos de 40 mil anos seriam devidos

aos graus de adernamento do eixo terrestre em relação ao plano da órbita terrestre, os de 92 mil anos seriam atribuíveis à excentricidade de órbita de translação terrestre e os movimentos de precessão do eixo terrestre devida às forças gravitacionais do Sol e da Lua, que causariam variações nas intensidades de radiações solares apresentariam ciclos de 21 mil anos.

O incessante incremento da destruição dos ambientes naturais, que não se limita à Amazônia, suscita a possibilidade de deterioração do clima em todo o planeta Terra e, infelizmente, não parece constituir apenas um pesadelo.

Capítulo 14

Razões de Isótopos Estáveis e Ambientes Naturais

Os ambientes naturais determinam a “atmosfera” circundante de todas as coisas, que interagem em conjunto na sua gênese. A abrangência do significado dessas palavras é muito variável e, em sentido amplo, a Terra apresenta os seguintes ambientes naturais:

- a) Atmosfera = corpo gasoso que envolve a porção externa da Terra e de outros planetas;
- b) Biosfera = região caracterizada por grupo característico de seres vivos;
- c) Hidrosfera = oceanos e rios relacionados às águas existentes na superfície terrestre;
- d) Litosfera = porção superficial da Terra composta de rochas;
- e) Criosfera = região glacial caracterizada por solo permanentemente congelado (“permafrost”); e
- f) Pedosfera = tipos de solo que evoluem em escala de tempo geológica.

Ao explicar em sentido restrito, na mesma Terra, existem por exemplo vários ambientes de sedimentação, que são submetidos a diversas condições geográficas, físicas, químicas e biológicas, temporal e espacialmente transformáveis. Os tipos de ambientes de sedimentação podem ser classificados, a grosso modo, em continentais, salobros e marinhos e os continentais, no sentido amplo, podem ser subdivididos em subaéreos e subaquáticos. Esses tipos de ambientes de sedimentação comportam subdivisões mais detalhadas, cada uma originando depósitos sedimentares característicos. As formações geológicas são produtos desses ambientes. As peculiaridades dessas formações como, por exemplo, as razões de isótopos estáveis permitem inferir as condições ambientais (continentais ou marinhos e climas durante a sedimentação) do passado.

O termo isótopo está relacionado aos elementos químicos e refere-se a núcleos que exibem mesmo número atômico e diferentes massas atômicas, isto é, são elementos cujo núcleo atômico exibe mesmo número de prótons mas diferentes números de nêutrons. Como ocupam o mesmo lugar, na tabela periódica de elementos químicos, tem-se a designação iso (mesmo) e topo (lugar) do grego. Além disso, os

isótopos estáveis distinguem-se dos radioativos pois não apresentam radioatividade e não se transformam em outros tipos de núcleo por desintegração radioativa. A taxa de ocorrência de um determinado isótopo na natureza é aproximadamente constante e dessa proporção obtém-se o peso atômico deste elemento químico.

Pequenas diferenças nas frequências de ocorrência de isótopos estáveis naturais de vários tipos (principalmente de oxigênio, carbono, nitrogênio e enxofre) são importantes fatores nas pesquisas de mudanças ambientais. Isso se explica pela existência de fenômeno do fracionamento isotópico, que modifica as razões isotópicas, quando ocorrem mudanças físicas e químicas. O efeito do fracionamento isotópico causado em uma etapa é geralmente pequeno. Por exemplo a razão entre oxigênio-18/oxigênio-16 da água é apenas 0,06% maior que do vapor, quando associados em equilíbrio a 25° centígrados. Mas é possível concentrar a quantidade de isótopo mais pesado (oxigênio-18) na água residual, através da eliminação progressiva do vapor d'água com manutenção do equilíbrio. Os fenômenos de fracionamento isotópico durante a evaporação e condensação (precipitações pluvial ou nívea) de águas oceânicas, que acompanham águas com hidrogênio pesado (deutério) ou com oxigênio pesado, foram muito bem pesquisados sob o ponto de vista geoquímico. Entre outros fracionamentos isotópicos têm-se os relacionados às reações de trocas isotópicas, efeitos isotópicos por processos de reações irreversíveis e por difusões. Os efeitos de fracionamentos isotópicos de elementos químicos não-metálicos, tais como, oxigênio, enxofre e carbono, durante processos geológicos podem atingir mais que alguns porcentos, mas os relacionados aos elementos químicos metálicos são pequenos e até desprezíveis.

A atmosfera terrestre alcança espessura de várias centenas de quilômetros e, de baixo para cima, pode ser subdividida em 0 a 10 quilômetros = troposfera, 10 a 80 quilômetros = estratosfera e acima de 80 quilômetros = ionosfera. A troposfera e a parte inferior da estratosfera são compostas de ar atmosférico, mas a porção superior da estratosfera e a ionosfera exibem composição química distinta do ar atmosférico. A fotólise por raios ultravioletas, raios cósmicos e ventos solares produz hidrogênio e hélio atômicos ou oxigênio, nitrogênio e sódio ionizados.

Entre os gases redutores da atmosfera primitiva da Terra, o hidrogênio foi quase totalmente perdido. Com a formação dos oceanos, os gases solúveis (gases de cloro, dióxido de carbono e enxofre) foram dissolvidos nessas águas. Com a origem da vida foi iniciada a fotossíntese, que causou o aumento da pressão parcial de oxigênio e a atual atmosfera terrestre adquiriu característica oxidante.

Os gases de escape de automóveis ligados a atividades humanas, exalam para atmosfera juntamente com o dióxido de carbono, óxidos de enxofre e de nitrogênio, que na atmosfera convertem-se em ácidos sulfúrico e nítrico e dão origem às chuvas e neblinas ácidas. Antigamente, como componente mais importante das chuvas ácidas considerava-se o ácido sulfúrico, que seria exalado pela combustão do

petróleo e carvão de indústrias. As chuvas ácidas afetaram mais de 15 mil quilômetros quadrados de zonas pantanosas da Suécia, abaixaram o pH de mais de 20% dos lagos e pântanos da Noruega e têm sido relatadas mortandades de grandes quantidades de peixes e de plâncton. No Canadá os peixes extinguíram-se em 5% dos lagos e em 15% estariam em vias de extinção. Os prejuízos produzidos pelas chuvas ácidas transformaram-se também em um problema social e 2/3 da área total da antiga Alemanha Ocidental, correspondentes à cerca de 70 mil quilômetros quadrados, foram afetados em 8% em 1982, 34% em 1983, 51% em 1984 e 55% em 1985.

Deste modo, como método para identificar as origens do material portador do óxido de enxofre, que desempenhou o papel de matéria-prima para ácido sulfúrico, pode-se medir a razão de isótopos estáveis, conforme explicações seguintes. O número atômico do enxofre é 16, isto é, os números de prótons e de elétrons, que circundam o núcleo atômico, são ambos 16. Normalmente o número de nêutrons do núcleo atômico é 16 e, portanto, o peso atômico seria 32, porém quando o número de nêutrons do núcleo atômico supera em 2 unidades, chega a 34. Dependendo das suas origens (meteoritos, gases vulcânicos, rochas vulcânicas, rochas sedimentares, combustíveis fósseis, etc.) as razões isotópicas enxofre-34/enxofre-32 serão diferentes. As medidas são feitas em espectrômetros de massa e os valores das razões isotópicas das amostras são expressos como desvios-padrão da atmosfera-padrão. Finalmente pode-se determinar se a fonte dos materiais portadores do óxido de enxofre do ácido sulfúrico que deu origem à chuva-ácida, que precipitou em um determinado local, é ligada a atividades antrópicas ou resulta de fenômenos naturais.

As relações entre os ambientes de sedimentação e as razões de isótopos estáveis podem ser exemplificadas pelos calcários, em que seria possível distinguir se são marinhos ou de água doce, pelas razões de carbono-13/carbono-12. Essas razões distinguem-se conforme os ambientes de sedimentação e os valores das razões isotópicas das amostras são expressos em desvios-padrão dos valores da amostra-padrão. Em geral, os calcários de origem marinha exibem valores de medida maiores (mais positivos) que os calcários de água doce. Além disso, em casos de conchas calcárias de moluscos, as de origem marinha exibem razões carbono-13/carbono-12 maiores que as de água doce. Este fato foi corroborado pelas medidas de razões isotópicas realizadas, em conchas coletadas ao longo do litoral brasileiro, em confronto com conchas de moluscos de água doce de lagos do interior do Brasil. Mesmo que as conchas pertençam às mesmas espécies de moluscos, dependendo dos graus de influência da continentalidade ou da oceanicidade dos ambientes de vida, podem ser observadas diferenças nas razões carbono-13/carbono-12. No extremo sul do Estado de São Paulo, nas cercanias de Cananéia, existem sambaquis até Pariqüera-Açu, afastada quase 30 quilômetros do litoral atual. Medindo-se as razões carbono-13/carbono-12 de conchas de ostras e berbigões desses sambaquis, constatou-se, que as variações dos valores das razões de isótopos estáveis de carbono

dessas conchas mostram tendências semelhantes às flutuações de níveis relativos do mar. Os sambaquis da região de Cananéia-Iguape (SP) são da época da Transgressão Santista, quando os níveis relativos do mar situavam-se mais de 4 metros acima do atual. Conforme datações feitas por radiocarbono, as idades são variáveis desde pouco mais de 6 mil anos até menos de mil anos. Em termos arqueológicos são parcialmente correlacionáveis aos sambaquis da transgressão do Período Jômon de idade neolítica da pré-história do Japão. Há mais de 100 anos, isto é, no fim do século XIX, havia notícias da ocorrência de mais de cem sambaquis na região de Cananéia-Iguape. Muitos deles já foram destruídos para fabricação de cal e como mistura em rações para avicultura. Porém, existe uma lei desde a década de 1960, que protege os sambaquis contra a destruição, pois é considerado um patrimônio cultural.

Na década de 70 do século passado, através de um projeto internacional de perfuração submarina profunda (DSDP = Deep Sea Drilling Project, em inglês), foi realizada a reconstituição das variações de temperaturas, durante glaciações pleistocenas, das águas oceânicas superficiais. Nessas pesquisas foram usadas carapaças de foraminíferos planctônicos (microrganismos unicelulares marinhos), de natureza calcária, contidas em assembléias fossilíferas de vasas sedimentadas em fundos submarinos, obtendo-se as variações de paleotemperaturas durante estádios glaciais e interglaciais. Durante os estádios glaciais ocorreu redução na evaporação das águas superficiais oceânicas e, portanto, as razões oxigênio-18/oxigênio-16 foram menores. Contrariamente, durante os estádios interglaciais, o incremento de evaporação das águas superficiais oceânicas teria aumentado as razões oxigênio-18/oxigênio-16 das águas residuais. Como essas razões isotópicas das águas oceânicas estão registradas pelos foraminíferos, da mesma maneira, as carapaças calcárias de foraminíferos planctônicos desempenham o papel de um termômetro geológico. Utilizando este método, ainda na década de 1950, foram reconstituídas paleotemperaturas das águas superficiais oceânicas para os últimos 300 mil anos e hoje esta reconstituição atinge os últimos 2 milhões de anos.

Por outro lado, as plantas verdes que vivem sobre os continentes realizam o fracionamento de isótopos estáveis de carbono, durante o ciclo fotossintético e, de acordo com isso, podem ser subdivididas em plantas arbóreas (cedros e pinheiros) e plantas não-arbóreas (arbustos e gramíneas). Os restos dessas plantas constituem a matéria orgânica dos solos que, após serem carbonizados sob influência de fatores físicos, químicos e biológicos, no interior do solo submetido a condições mais ou menos redutoras na presença de bactérias anaeróbias como, por exemplo, as metanobactérias. Ao lado de produtos de decomposição no sentido restrito, pode conter 10 a 15% de compostos com estrutura conhecida em química orgânica, em forma de produto de decomposição incipiente. Finalmente, atua no intemperismo de rochas pela decomposição de compostos inorgânicos, nas reações de substituição, na formação da estrutura dos solos e, além disso, influi positiva ou negativamente

no crescimento e desenvolvimento das plantas. Dr. Luiz C. R. Pessenda do CENA-USP (Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo) em Piracicaba (SP) tem medido razões de isótopos estáveis de carbono de matéria orgânica de solo por muitos anos. Deste modo, tem conseguido reconstituir paleoclimas de várias regiões do Brasil através da fisionomia vegetal dos últimos 10 mil anos. Foram constatadas mudanças paleoclimáticas no oeste do Estado do Amazonas, no estados de Rondônia e Minas Gerais, onde foram realizadas essas pesquisas. As idades têm sido determinadas através do radiocarbono.

Para que sejam obtidas informações cada vez mais precisas sobre as variações dos ambientes naturais da Terra, deve-se contar com vários métodos baseados em diversos princípios científicos.

Capítulo 15

Palinomorfos e Ambientes Terrestres

Os palinomorfos representam minúsculas (cerca de 20 a 200 microns) estruturas reprodutivas vegetais e compreendem principalmente polens e esporos. Os polens fósseis são encontrados em abundância em formações geológicas a partir da Era Mesozóica (após cerca de 230 milhões de anos), mas os esporos fósseis ocorrem principalmente em formações geológicas da Era Paleozóica (cerca de 570 a 230 milhões de anos), principalmente do Sistema Carbonífero. Entre os polens fósseis predominam os de árvores de folhas aciculadas e latifoliadas, mas no Sistema Quaternário predominam os de plantas herbáceas.

Os polens estão relacionados às estruturas reprodutivas de plantas fanerógamas, que constituem a maioria das plantas atuais. Os esporos são normalmente unicelulares, de dimensões muito pequenas e constituem estruturas reprodutivas assexuadas de plantas criptógamas (fungos, algas, musgos, líquens e samambaias).

As aplicações dos resultados de estudos científicos de polens e esporos são numerosas. De acordo com as aplicações distinguem-se, por exemplo, a paleopalinologia que versa sobre as formas fósseis, a aeropalinologia que se preocupa com o estudo das chuvas polínicas, a melitopalinologia que se dedica à determinação das áreas de proveniência do mel ligada à apicultura, palinologia de excremento ligada ao estudo de fezes de animais e a palinologia forense, quando aplicada em investigações criminais. Os campos de aplicação são numerosos e estão relacionados à agronomia, engenharia florestal, botânica, paleontologia, geologia (principalmente nas prospecções de petróleo e carvão) e arqueologia (nas pesquisas dos ambientes naturais da Terra na época dos homens primitivos). Em termos de tempos geológicos abrange estudos desde o Pré-cambriano ao estudo de depósitos sedimentares modernos.

As pesquisas paleopalinológicas sistemáticas no Brasil foram iniciadas em meados da década de 1950, com a fundação da Petrobrás. No início não havia especialistas no Brasil e, desta maneira, eram contratados no exterior, mas hoje são todos brasileiros. Em desenvolvimento da indústria de petróleo a paleopalinologia é especialmente empregada no estabelecimento da cronologia geológica, além da correlação e pode ser usada também na obtenção de informações paleoambientais.

Além disso, estudos paleopalinológicos têm sido desenvolvidos por vários anos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul nas pesquisas de jazidas de carvão mineral. A razão disso é que a produção nacional de carvão mineral é limitada aos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Na exploração do petróleo, de maneira semelhante a de carvão, grãos de pólen pouco numerosos são suficientes nessas pesquisas. A principal razão disso é que representam somente polens de plantas já extintas e, portanto, pode-se reconhecer bem o intervalo estratigráfico de sua existência.

As análises palinológicas do Período Quaternário, principalmente nos estudos de mudanças ambientais (essencialmente paleoclimáticas) da Terra, nas últimas dezenas de milhares de anos, começaram no Brasil em meados da década de 1970. Nos estudos palinológicos do Período Quaternário é necessário utilizar amostras de testemunhos de sedimentos argilosos depositados sob condições redutoras, como em depósitos lacustres e paludiais, nos quais são executados estudos sistemáticos contínuos, acompanhados de datações absolutas. Após a classificação de várias espécies de palinomorfos presentes em polens de plantas arbóreas e não-arbóreas, são aplicadas relações paleoclimáticas supostamente correspondentes às mudanças temporais características, isto é, a época dominada por polens de plantas arbóreas seria interpretada como de paleoclimas quentes e úmidos e por pólenes de plantas não-arbóreas a paleoclimas quentes ou frios e secos. Quando, na determinação quantitativa de tipos de polens ao longo do testemunho, forem verificadas diferenças subetende-se que tenham ocorrido mudanças paleoclimáticas. Como praticamente não ocorreram extinções de espécies de plantas por mudanças paleoclimáticas desde algumas dezenas de milhares de anos até hoje, não se pode obter as idades de sedimentação por análises palinológicas. Por isso, torna-se necessário utilizar, por exemplo, o método do radiocarbono.

Os cálculos para obtenção de quantidades estatísticas absolutas confiáveis, de espécies de polens, não dependem somente das particularidades dos palinomorfos da região de estudo, e há necessidade de se conhecer claramente as velocidades médias e os sentidos dos ventos, que promovem o transporte e a dispersão dos grãos do pólen.

Certamente a polícia científica do Brasil não emprega a análise palinológica nas investigações, mas considerando os seus tamanhos microscópicos e as distribuições geográficas de espécies características de polens como, por exemplo, de manguezais, do pinheiro brasileiro característico de regiões temperadas de alta umidade e os bosques de *Notofagus* nas proximidades do Pólo Sul, as potencialidades de utilização não são desprezíveis. Há cerca de 10 anos, tivemos oportunidade de participar na investigação de um caso de furto de equipamentos eletro-eletrônicos pertencentes a uma empresa importadora de São Paulo. Inicialmente os dois receptáculos (containers) contendo os equipamentos foram depositados no Porto

de Santos. Entretanto, após transporte para Suzano (cidade vizinha à São Paulo) descobriu-se que os equipamentos haviam sido furtados e substituídos por matações (blocos de rochas cristalinas), sacos de areia para construção civil e sacos de terra argilosa e orgânica. Com base nas análises desses materiais, o problema consistia em determinar se o furto ocorreu em Santos (proximidades do litoral) ou em Suzano (Planalto Paulistano). As composições granulométricas e em minerais pesados da areia e as análises palinológica e diatomológica da terra permitiram concluir certamente que o furto teria sido praticado em Santos e não em Suzano. No controle do tráfico ilegal de entorpecentes, principalmente da maconha (nome popular) ou *Canabis sativa* (nome científico), a polícia científica dos Estados Unidos da América do Norte introduziu com sucesso a análise palinológica.

As pesquisas paleoclimáticas iniciadas há cerca de 30 anos no Brasil, que abrangem as últimas dezenas de milhares de anos, têm apresentado resultados muito interessantes. As pesquisas paleoclimáticas com o emprego de palinomorfos, executadas até o momento, foram realizadas em seguintes tipos de ecossistemas (unidade que abrange os seres vivos e o ambiente inorgânico):

- a) Região norte próxima ao equador, que é caracterizada por temperatura e umidade altas (Região Amazônica com florestas pluviais);
- b) Região nordeste, que exhibe atualmente clima semi-árido com temperatura alta e umidade baixa (Região nordeste com bosques de caatinga);
- c) Região centro-oeste, que apresenta atualmente temperatura alta e umidade média (Região de bosques de cerrados ou savanas); e
- d) Regiões sudeste e sul, que se caracterizam atualmente por climas tropical a temperado e pluviosidade média (Região de bosques de *Araucaria*).

Como exemplo de pesquisa paleoclimática realizada no Brasil, que foi baseada em informações obtidas por análises palinológicas dos últimos 60 mil anos (Pleistoceno superior), tem-se os estudos de sedimentos lacustres do platô de Carajás (PA). O local de estudo situa-se a mais de 500 quilômetros ao sul de Belém (PA), aproximadamente em latitude 06°20' sul e longitude 50°25' oeste. No topo do platô laterítico ocorre mais de uma dezena de lagoas originadas em depressões resultantes da dissolução e colapso, de maneira semelhante às feições cársticas. O termo laterito, de onde se tem o adjetivo laterítico, refere-se a um solo muito rico em ferro e alumínio, que na Índia era cortado em forma de tijolo e usado como material de construção civil. A designação é originária do latim later = tijolo. As lagoas formam depressões limitadas, parcialmente colmatadas de sedimentos e com vertedouros.

Quando comparados aos sedimentos fluviais ou lacustres de planícies aluviais, os depósitos dessas lagoas são mais adequados para pesquisas paleoclimáticas. Em primeiro lugar, como se situam entre 700 a 800 metros de altitude, isto é, acima da planície amazônica, não são afetados por fortes atividades hidrodinâmicas. Portanto, a

maior parte dos sedimentos acumulados até nas cercanias dos vertedouros é preservada com registro de mudanças paleoclimáticas. Em segundo lugar, por se situarem em bacias hidrográficas limitadas de natureza laterítica, exibem taxas de sedimentação relativamente baixas e até em depósitos delgados torna-se possível detectar variações paleoclimáticas de tempos consideravelmente longos. Em terceiro lugar, a região das lagoas, cujos sedimentos foram submetidos a estudos paleoclimáticos, não exibe evidências de atividades crustais modernas suficientes que possam interferir nas interpretações paleoclimáticas. Finalmente, esta área localiza-se em “corredor mais seco”, onde a precipitação média local é de 1,5 mil a 2 mil milímetros anuais, enquanto a precipitação regional média é de 2 mil milímetros anuais. Assim imagine-se que seja mais suscetível às mudanças paleoclimáticas do Pleistoceno superior na Região Amazônica.

A testemunhagem do sedimento lacustre foi realizada com o uso do vibrotestemunhador, composto de tubo de alumínio acoplado com um vibrador de concreto. Esta pesquisa paleoclimática foi executada por um convênio entre o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) do Governo Federal do Brasil e o IRD (Institut de Recherche pour le Developpement) do Governo da França, cuja antiga sigla era ORSTOM. Além disso, durante a amostragem contou-se com o apoio da DOCEGEO (subsidiária da antiga Companhia de Mineração Vale do Rio Doce), para vida no campo e ajuda de um helicóptero.

O testemunho lacustre mostrou mudanças cíclicas de 60 mil anos até hoje. Ao longo de cerca de 6 metros de comprimento a amostra revelou uma alternância de dois tipos de sedimentos, isto é, argila muito orgânica e sedimento arenoso com grãos de quartzo, caulinita (argilomineral), siderita e fragmentos de laterita. Durante épocas de paleoclimas secos o abaixamento do nível d'água chegou a expor subaereamente as argilas lacustres, causando até erosão parcial. Esses momentos representam hiatos no registro sedimentar e, conforme datações ao radiocarbono, parecem ter ocorrido há 22 mil e 13 mil anos passados. As camadas arenosas pobres em matéria orgânica indicam momentos na história da sedimentação, quando as lagoas estavam muito rasas.

Pode-se depreender da composição palinológica rica em plantas arbóreas, além de fragmentos bem preservados de estruturas vegetais e algas planctônicas, que as camadas de argila orgânica representam uma época quando o paleoclima era úmido e o nível da lagoa era alto. Contrariamente, como se pode entender da composição palinológica indicativa de plantas típicas de savana e gramíneas, as camadas arenosas ricas em siderita correspondem a uma época de paleoclima mais seco e de nível lacustre mais baixo.

Os momentos subseqüentes de subida e descida dos níveis lacustres refletem a história evolutiva do paleoclima na área e segundo essas informações pode-se pensar que os períodos secos tenham acontecido há 60 mil, 45 mil, 23 mil e 11 mil anos passados. Como se pode compreender também pelos registros palinológicos, essas

épocas podem ser correlacionadas aos momentos de regressão da Floresta Amazônica. A última regressão da Floresta Amazônica há cerca de 6 mil anos passados não teria sido tão marcante, nem na sedimentação. Segundo inúmeros fragmentos de carvão vegetal encontrados no testemunho, pode-se acreditar que tenham ocorrido freqüentes incêndios florestais entre 7 mil a 4 mil anos passados. Nesta época o paleoclima de Serra Sul de Carajás era em geral úmido, mas parece ter sido afetado por paleoclimas secos com ciclos seculares. Na realidade, mesmo de 4 mil anos passados até hoje, embora o paleoclima tenha sido mais ameno que anteriormente, poderiam ter ocorrido paleoclimas mais secos com curta duração. Este fato acha-se registrado não somente no platô de Carajás, mas igualmente na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu também na Amazônia, e até fora da Amazônia na Bacia Hidrográfica do Rio Doce no Estado do Espírito Santo foram reconhecidos.

Informações científicas como as relatadas acima, ainda são escassas. Apesar de muitos debates nos últimos 30 anos, o implacável desflorestamento tem continuado de maneira incessante. Como consequência é possível que, em futuro próximo (algumas dezenas de anos), não somente o clima da Amazônia mas do Brasil e quiçá do mundo inteiro possa sofrer mudanças drásticas. Pode-se temer também pela extinção da mundialmente famosa biodiversidade. Sem informações cada vez mais precisas do passado e do presente, os prognósticos do futuro tendem a terminar simplesmente em discussões hipotéticas.

Capítulo 16

Solos e Ambientes Terrestres

São denominados de solos os materiais naturais componentes das camadas mais superficiais da crosta terrestre, mais ou menos coloridos por efeitos intempéricos e de naturezas inorgânica e/ou orgânica, capazes de sustentar plantas através da emissão de raízes. Há alguns bilhões de anos passados na Era Arqueozóica, ainda não tinham sido originados seres vivos na superfície terrestre e não existiam solos. Naturalmente mesmo naquela época as rochas sofriam fenômenos de intemperismo e transformavam-se, aos poucos em areia e argila que, sendo transportadas para lagos e mares originavam sedimentos subaquosos. Na atmosfera predominavam vapor d'água, amônia, gás metano e gases carbonosos (principalmente dióxido de carbono). Durante longo tempo essas substâncias serviram de matéria-prima, que por efeito da energia solar deram origem sucessivamente a compostos carbonosos complexos. Essas substâncias foram intermediadas por argilominerais que as protegeram por adsorção e, através de vários milhões de anos sofreram transformações sucessivas e deram origem à vida, como se conhece atualmente, após adquirirem capacidades especiais de movimentação, desenvolvimento e reprodução. Apareceria, pela primeira vez na superfície terrestre o vírus, como o organismo patogênico da gripe ou influenza, que é um ser intermediário entre a proteína e a bactéria. Iniciando com esses seres, após vários milhões de anos, nasceram seres vivos como as bactérias, que já possuem células. Elas passaram a viver sobre as rochas, atacando-as pela secreção de ácidos e com o apoio da água, ar e radiações solares promoveram o avanço do intemperismo. Até as superfícies rochosas consideradas completamente estéreis são habitadas por inúmeras bactérias, que participam dos processos pedogenéticos.

Os solos estão em incessante transformação através de atividades físicas, químicas e biológicas que atuam sobre a superfície terrestre. Na porção inferior sobre o embasamento rochoso, existem produtos residuais de intemperismo, que passam a receber influência de processos pedogenéticos. O fenômeno pedogenético mais representativo é a acumulação de materiais componentes dos solos. Com isso os materiais são lixiviados da superfície e migram para baixo causando o fenômeno da acumulação no horizonte

“B”. Por exemplo o fenômeno de podsolização, pelo qual as substâncias inorgânicas do solo, até o ferro e alumínio que migram com maior dificuldade, são lixiviadas das camadas superficiais e acumuladas nas camadas inferiores, representa um processo pedogenético importante. Os produtos de decomposição vegetal e turfas também acumulam-se nas camadas superficiais, mas no caso o processo não é acompanhado de migração e, portanto, deve-se evitar a designação acumulação.

A observação do solo no campo é realizada em seção vertical exposta na parede de uma trincheira. As características de solo mais facilmente discerníveis, durante as observações macroscópicas são cor, tamanho dos grãos (granulometria), estrutura e capacidade de adesão. Como as cores dos solos modificam-se com o teor de umidade e por efeito de iluminação (iluminação solar direta ou indireta), há necessidade que as observações sejam feitas sempre nas mesmas condições. Sobre a umidade é interessante anotar se é muito úmido, normal ou seco. Antes de mais nada deve-se distinguir entre as cores claras e escuras e a cor principal deve ser colocada no início e, deste modo, devem ser denominadas marrom amarelado claro ou cinza esverdeado escuro. Normalmente as cores modificam-se nas diferentes camadas e, de acordo com isso, pode-se inferir aproximadamente as quantidades de substâncias químicas características. Por exemplo, as cores preta, marrom e cinza escura no horizonte “A” (camada mais superficial) são atribuídas por produtos de decomposição vegetal e as cores vermelha e amarela no horizonte “B” refletem abundância de ferro e boa circulação de oxigênio. Pode-se ter uma idéia dos tamanhos dos grãos (textura) tocando-se cada camada com a ponta dos dedos, mas na prática é determinada com precisão por peneiramento ou outro método de laboratório, seguindo uma escala granulométrica. Entre as propriedades do solo definidas pela textura, tem-se, por exemplo, a argilosidade. A argila é importante no armazenamento por adsorção de substâncias nutritivas necessárias às plantas, tais como, nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio que, segundo a demanda pelas raízes, são supridas pela capacidade de troca iônica. Os solos não são simplesmente um agrupamento caótico de grãos de areia e argila, mas constituem agregados dispostos em camadas. O modo de agrupamento desses agregados forma a estrutura do solo. Através da comparação das estruturas dos solos a materiais assemelhados pode-se denominá-las de colunares (ou prismáticas) e tabulares (ou placóides), mas quando constituem blocos totalmente maciços não exibem estruturas. Entre outras características tem-se a densidade, a dureza e a plasticidade. Para se entender a gênese do solo é necessário descrever as características concretamente observáveis no campo e no laboratório.

Conforme as áreas de especialização profissional, como seria de se esperar, esses materiais naturais são enfocados sob diferentes pontos de vista. Por exemplo, em mecânica de solos na engenharia civil, os solos distinguem-se das rochas, que são materiais duros e resistentes, por serem moles e de baixa resistência. Isso significa que para o engenheiro civil os materiais naturais da superfície terrestre seriam limitados às rochas e aos solos. A maioria dos geólogos, por outro lado interessa-se quase que somente

pela história geológica, por exemplo, de dezenas de milhões de anos passados e a cobertura superficial de solos, neste caso, constituiria um obstáculo que recobre as rochas sotopostas, quando são referidas simplesmente como solos. Mas para os geólogos da Era Cenozóica, isto é, após a extinção dos dinossauros e para os especialistas particularmente interessados em solos, como os engenheiros agrônomos, florestais e geógrafos, constituem uma fonte importante de informações ligadas à história geológica desta Era.

Entre os principais fatores, que desempenham importantes papéis nos processos pedogenéticos tem-se a rocha-mãe (ou rocha matriz), vida (animal e vegetal), clima, relevo e idade, além de atividades antrópicas. Esses fatores exibem particularidades individuais e, portanto, não são mutuamente substituíveis. A rocha-mãe é um fator interno, que contribuirá com materiais inorgânicos na composição do solo. São formados por amolecimento por intemperismo e contribuem com materiais minerais. A quantidade de material eluvial formado por concentração residual é pequena e predominam grandemente os materiais de intemperismo que se deslocam através de vertentes com relativo equilíbrio entre a erosão e sedimentação (materiais de rastejo) ou que se acumulam nos sopés (materiais gravitacionais). Além disso, tem-se os materiais de ressedimentação que invadem planícies ou os materiais transportados mais para longe por água ou vento.

A infauna pedogenética desempenha papel muito importante na pedogênese através de suas atividades vitais. Por exemplo, os restos vegetais servem de alimento para nematóides, moluscos continentais e miriápodes que, após ultrapassar os seus tubos digestivos tornam-se mais suscetíveis à ação dos microrganismos. Os solos contêm grande quantidade de matéria orgânica, que constituiu fonte de energia a muitos microrganismos e, além disso, conserva quantidade apropriada de umidade e de ar atmosférico imprescindíveis à subsistência de muitas espécies desses seres. Grande parte das transformações físicas dos solos, principalmente a decomposição de restos vegetais, a origem da decomposição e as transformações do enxofre e nitrogênio em substâncias inorgânicas são promovidas por microrganismos. A grosso modo, os microrganismos compreendem bactérias, bactérias radiais (actinomorfas), algas e protozoários. Em um grama de solo podem existir alguns milhões a dezenas de milhões de bactérias, 1/10 disso de bactérias radiais e 1/100 disso de fungos filamentosos. As fezes excretadas exibem estrutura em pelota. Os cupins e os tatus constroem passagens internas nos solos e intensificam a migração da água dos vários elementos componentes do solo. As distribuições espaciais das porções sólidas, líquidas e gasosas dos solos dependem das suas características físicas (granulometria e estrutura interna), mas nos trabalhos de campo elas são representadas em conjunto pela porosidade, densidade e plasticidade dos solos.

Finalmente os solos, como produtos formados por processos de intemperismo químico, são fortemente influenciados pelo clima. Quando a temperatura é alta e a chuva abundante, como na Região Amazônica, a pedogênese avança com

facilidade e nas áreas tropicais as espessuras dos solos atingem várias dezenas de metros. Não somente as substâncias químicas mais facilmente solúveis, mas até o quartzo e silicatos comumente insolúveis podem ser lixiviados e ocorrer concentração dos minerais residuais ricos em ferro e alumínio. Normalmente os solos das regiões tropicais exibem alta acidez com pH (potencial do íon hidrogênio) inferior a 7 e o argilomineral característico é o caulínítico. Contrariamente, na região semi-árida do Nordeste Brasileiro, a espessura do solo é limitada a alguns metros ou menos e, freqüentemente, o embasamento rochoso é aflorante. As rochas calcárias normalmente mais solúveis e até minerais de baixa estabilidade química, como os feldspatos, podem ser preservados. A água que sobe por fenômeno de capilaridade através de agregados de solos ressecados possuem alto pH e causa precipitação de carbonato de cálcio nos interstícios e nas gretas do solo e formam precipitados de crostas salinas. Os argilominerais representativos dessas regiões são esmectita, sepiolita e paligorsquita, que são predominantes.

Como exemplo real do fenômeno acima tem-se a Formação Marília do Grupo Bauru, que ocorre na Sub-bacia Bauru da Bacia do Paraná. Segundo pesquisas de fósseis de dinossauros contidos nesta formação, sabe-se que na época terminal do Período Cretáceo a temperatura média da Terra teria sido cerca de 10° centígrados superior à temperatura média atual (15° centígrados) e presume-se que a pluviosidade era correspondente a um semideserto. O solo formado era rico em quartzo e as areias e cascalhos teriam sido cimentados por carbonato de cálcio precipitado sob condições climáticas secas. Localmente, como na área de Uberaba no Triângulo Mineiro, teria ocorrido precipitação de calcário lacustre de alta pureza, que permitiu até a implantação de fábrica de cimento (Companhia de Cimento Portland Ponte Alta).

O atual Planalto Ocidental Paulista ocupa uma área correspondente a cerca de metade do Estado de São Paulo. Os solos da região foram originados das rochas do Grupo Bauru e, portanto, são essencialmente arenosos. Entretanto o ambiente pedogenético, quando se compara o Período Cretáceo com o último milhão de anos, foi bem diferente pois a temperatura diminuiu e a pluviosidade aumentou. Em consequência disso o solo é avermelhado escuro e arenoso e exibe pH inferior a 7 (ácido). De acordo com isso os argilominerais típicos de ambiente alcalino (sepiolita e paligorsquita) transformaram-se em mineral mais adequado ao ambiente ácido (caulinita). Considerando-se as distribuições desses solos segundo diferentes compartimentos geomorfológicos e as idades absolutas, obtidas por luminescência (termoluminescência e luminescência opticamente estimulada), variaram desde algumas dezenas de milhares de anos até 1 milhão de anos. Presume-se que as ocorrências de depósitos de solos eluviais são limitadas e, na maioria, representam depósitos de solos coluviais, resultantes de rastejo. Como se pode depreender também das características originais os solos arenosos vermelhos escuros são muito suscetíveis à erosão. Deste modo, tanto planejamentos agrícolas quanto de expansão de cidades exigem programações adequadas, pois sem isso poderão desencadear processos de erosão acelerada, que conduzirão os empreendimentos ao fracasso.

Capítulo 17

Grande Seca de 2005 na Amazônia: Anomalia Climática ou Mudança Climática?

Embora tenha variado através dos tempos geológicos, as distribuições atuais em volume das águas superficiais terrestres são representadas por 97% em volume de águas oceânicas, cerca de 2% de geleiras e 1% sob várias formas (águas subterrânea, fluvial e lacustre, de vapor d'água, de seres vivos, etc.). Em tempos geológicos relativamente recentes, entre 15 e 20 mil anos passados, quando houve o U.M.G. (Último Máximo Glacial) durante a última glaciação do hemisfério norte, denominada *Würm* nos Alpes ou *Wisconsiniana* na América do Norte, havia três vezes mais geleiras que atualmente e, em consequência, os níveis oceânicos estiveram mundialmente cerca de 100 metros abaixo dos atuais e os climas também eram diferentes dos vigentes.

Como parte do recurso de água doce líquida atual, utilizável pelos seres humanos, cerca de 14% das águas superficiais encontram-se no Brasil, embora apenas 3% da população mundial vivam neste país. Considerando-se a população atual, a disponibilidade de água doce no Brasil chega a 38 mil metros cúbicos por ano de água superficial, além de 5 mil metros cúbicos por ano de água subterrânea. Infelizmente a distribuição do recurso de água doce é bastante heterogênea e cerca de 80% estão no norte do Brasil (Região Amazônica) e no Pantanal Matogrossense. Contrariamente a população dessas regiões chega a somente alguns porcentos.

É difícil acreditar que a Região Amazônica, tão abundantemente aquinhoadada de recursos hídricos, tenha sido vítima de uma grande seca em 2005. Seca tão acentuada como esta não se viu nos últimos 40 anos e inúmeros igarapés (nome regional para pequenos rios) da Região Amazônica e a maioria dos lagos secaram. Não somente houve grande mortandade de peixes, que constituem o principal alimento dos habitantes da região, como muitos outros animais aquáticos morreram e houve até falta de água potável, enquanto os barcos que representam os únicos meios de transporte na região ficaram sem condições de navegabilidade. Embora a

caatinga (região com desenvolvimento de bosques de árvores com muitos espinhos), que representa a fisionomia vegetal típica do Nordeste Brasileiro, habituada com certa frequência a grandes prejuízos devidos à seca, esteja ausente, a seca surgiu na Região Amazônica. Presume-se que a seca de 2005, considerada como novidade nos últimos anos, ultrapassou os rigores de baixas pluviosidades extremas experimentadas nos anos de 1969 e 1988. Cerca de 250 mil habitantes da região foram afetados não somente pela falta de alimentos e outros objetos da vida cotidiana, mas também ficaram impossibilitados até de se locomoverem. Para os habitantes do interior da Floresta Pluvial Tropical da Região Amazônica, onde praticamente inexiste infraestrutura rodoviária, a rede fluvial representa um papel insubstituível como meio de circulação. O Governo Federal socorreu os habitantes locais com helicópteros militares no transporte aéreo de gêneros alimentícios e de doentes.

Com o objetivo de pesquisar os ambientes naturais da Região Amazônica, o INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) de Manaus (AM) e o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) de São José dos Campos (SP) executam projetos de pesquisas internacionais de grande escala. Entretanto, através de medidas de isótopos estáveis de carbono e oxigênio das águas continentais, realizadas desde a década de 70 do século passado, o ciclo hidrológico natural na região achase relativamente bem pesquisado. Este estudo foi executado pelo professor Enéas Salati e sua equipe, que era na ocasião diretor do CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) da USP (Universidade de São Paulo), sediada em Piracicaba (SP). Os resultados desses estudos mostraram que 50% da precipitação anual na Região Amazônica devam estar relacionadas à água evaporada na região. Naturalmente a Floresta Pluvial da época, quando comparada com a situação atual, encontrava-se praticamente em estado virgem. Em função disso o índice de refletividade (albedo) era outro e a taxa de absorção das radiações solares, bem como as quantidades de evaporação e de precipitação não seriam comparáveis. Ao mesmo tempo, a existência ou não da cobertura vegetal interfere grandemente nas quantidades de escoamento, infiltração e evaporação das águas pluviais precipitadas. Tem sido divulgado que o desflorestamento atual da Floresta Amazônica teria atingido cerca de 15% da área total. Pode-se pensar que exista a possibilidade de que esta cifra já tenha atingido até 30%. Ainda segundo essas informações, quando o desflorestamento atingir 30%, certamente surgiriam reflexos e, na realidade, pode-se até pensar que tenha sido atingido este “misterioso” número. Seria lícito imaginar que, pelo menos parcialmente, a seca de 2005 possa ser atribuída ao incremento da área de desflorestamento da Floresta Pluvial Tropical. Presume-se também que as fumaças de queimadas florestais interfiram na formação de nuvens de chuvas. A medida que progride o desflorestamento deve ocorrer redução nas quantidades de águas infiltradas e, ao mesmo tempo, deve haver aumento das quantidades de águas de escoamento e de evaporação. Isto poderá causar completa mudança no ciclo hidrológico natural da Região Amazônica. Existe a possibilidade de

que processos de erosão acelerada dos solos e fenômenos de mudanças climáticas que deverão ocorrer, em continuidade, possam no final produzir o efeito de desertificação da região.

No mesmo ano de 2005, na América Central e do Norte ocorreram fortes tempestades de chuva e vento, como a assim denominada “Katrina” que, segundo alguns, apresentaria evidências de ter sido causada por subida anormal de temperatura das águas oceânicas das regiões tropicais do Oceano Atlântico Norte. Como consequência disso, pode-se imaginar que a circulação atmosférica sobre a Amazônia continental tenha sido modificada, com produção de perturbações por tempestades. Sabe-se que outrora ocorreram ocasionalmente fenômenos de incremento de temperatura das águas superficiais do Oceano Atlântico. Entretanto, mesmo os especialistas não entendem, até que ponto, esses fenômenos são influenciados pelo aquecimento global.

Quando se pensa no futuro de nossa Terra, uma das grandes preocupações do homem moderno seriam as mudanças climáticas em escala mundial. Ao mesmo tempo, apesar do surpreendente progresso da ciência moderna, os pesquisadores ainda não chegaram às conclusões finais sobre os papéis desempenhados por cada um dos fatores nessas mudanças e, portanto, as discussões prosseguem interminavelmente.

A atmosfera envolvente da Terra, desde sua origem, já passou por diversos paleoclimas através dos tempos geológicos. Os paleoclimas do passado remoto não foram estáveis mas, ao invés disso, passaram por constantes mudanças e, conforme o caso, coincidiram com épocas de assustadora origem de vida. Além disso, ocorreram extinções de inúmeros animais e vegetais, que acompanharam ciclos de grandes glaciações, que representam fenômenos de máxima deterioração climática. Pode-se pensar também na extinção dos dinossauros, que estaria relacionada às mudanças climáticas devidas aos impactos de grandes meteoritos. Apesar de terem ocorrido, por várias vezes, os homens modernos ainda desconhecem quais são as influências de cada um dos fatores constituintes dos climas.

Os fatores climáticos são muito dinâmicos e, portanto, é necessário diferenciar entre mudanças climáticas reais, que acontecem através dos tempos geológicos, ou se são oscilações climáticas devidas às anomalias climáticas em escala temporal relativamente curta, por exemplo, de vida humana.

A Época Holoceno do Período Quaternário iniciou-se há cerca de 10 mil anos, no fim do estágio glacial *Würm* (nome de rio dos Alpes na Alemanha). Esta época pode ser relacionada com o surgimento das culturas mais antigas do homem moderno que, em termos climáticos, é representado por clima ameno semelhante ao de um estágio interglacial. Entretanto, até o momento não foi descoberta nenhuma evidência insofismável de que as épocas glaciais do Período Quaternário tenham realmente terminado. Portanto, pode-se até admitir a possibilidade de que, daqui algumas centenas ou no máximo em mil anos, nova glaciação possa ter início.

Logo após o término da glaciação *Würm* iniciou-se um aquecimento da Terra, que entre 7 mil e 8 mil anos A.C. (Antes de Cristo) transformou-se em clima tropical quente e úmido e, na América do Norte o clima tornou-se especialmente agradável. Ao mesmo tempo, o clima intertropical adquiriu características secas e ventosas, com frio de inverno e calor de verão mais acentuados. Entre 5,6 mil e 2,5 mil anos A.C. (antes de Cristo), quando comparada à temperatura média atual de 15° centígrados, era 2 a 3° centígrados mais quente. Na época ocorreu subida de níveis oceânicos em escala mundial devida às águas de fusão de geleiras e, também no caso do Brasil, entre pelo menos estados do Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul os níveis oceânicos estiveram 3 a 5 metros acima do atual. Esta época é designada de Primeiro Ótimo Climático.

A Idade do Ferro da arqueologia (entre 2 a 2,5 mil anos A.C.) foi o período mais frio após o último estágio glacial. No norte da Europa a deterioração climática deu origem a grandes tempestades de vento e chuva, que extinguiram até matas virgens. No norte da África o clima chuvoso e agradável originou um ambiente propício ao progresso das antigas grandes civilizações.

O Segundo Ótimo Climático, que ocorreu entre 200 a mil anos D.C. (Depois de Cristo) originou clima ameno no hemisfério norte, quando os viquingues originários da atual Península da Escandinávia empreenderam a colonização da Groenlândia. Enquanto no norte da Europa o aquecimento climático propiciava numerosas condições climáticas adequadas ao assentamento de seres humanos, na região do Mar Mediterrâneo a subida de temperatura causou diminuição de pluviosidade e falta de água. Pode-se pensar na possibilidade de que a decadência do Império Romano, neste período, tenha sido influenciada por esta mudança climática.

Ao iniciar-se o século XI, começou um clima rigoroso como se tivesse retornado aos padrões climáticos glaciais. Na maior parte do hemisfério norte as temperaturas desabaram repentinamente e as grandes tempestades frias de vento e chuva causaram destruições. Os “icebergs” das regiões polares avançaram e os prósperos núcleos de colonização da Islândia e Groenlândia foram isolados pelo mar.

Após curto intervalo de tempo de melhoria climática, foi reiniciada nova fase de clima frio e, após isso, teve início a Pequena Idade do Gelo. A inatividade por resfriamento, especialmente no hemisfério norte, durou entre os séculos XVI a XIX (1540 a 1890), quando atingiu o clímax. Durante 350 anos a Europa foi invadida por frio mais rigoroso desde a ocupação pelo homem moderno. Na época a temperatura média atual de 15° centígrados era 2 a 3° mais baixa e as precipitações de neve eram fenômenos muito mais comuns que hoje em dia.

Depois de 1890 a temperatura da superfície terrestre vem subindo rápido, mas existem muitas especulações sobre as causas e ordens de grandeza deste fenômeno. As considerações sobre o aumento de temperatura da superfície terrestre, nos últimos cento e poucos anos, não podem ser interpretadas sem o conhecimento

da história evolutiva dos paleoclimas da superfície terrestre, principalmente durante o Quaternário. O fenômeno do aquecimento da Terra foi reconhecido através de medidas instrumentais de temperatura feitas no período. Como uma das causas importantes tem-se a influência de atividades destrutivas do homem moderno na superfície terrestre. Mas, como a Pequena Idade do Gelo terminou há cerca de 100 anos, a temperatura superficial da Terra apresenta também uma tendência natural de aumento. Quase simultaneamente ocorreu a Grande Revolução Industrial e as quantidades de gases-estufa expelidas pelo homem moderno, principalmente de dióxido de carbono, sofreram incremento.

Como se constata acima, atualmente não se pode afirmar com certeza, se a grande seca de 2005 da Região Amazônica constituiu uma anomalia climática ou mudança climática. Se após pesquisas detalhadas, durante no mínimo 100 anos, for constatada uma tendência de aumento numérico progressivo, pode-se inferir que represente uma mudança climática. A morte da Floresta Pluvial Tropical da Amazônia começou agora, porém ainda é difícil estabelecer qualquer prognóstico sobre a possibilidade ou não de retorno.

Capítulo 18

Riscos Ambientais no Pantanal Matogrossense

A bacia hidrográfica do Alto Rio Paraguai compreende uma área de 345 mil quilômetros quadrados e cerca de 40%, correspondentes a 135 mil quilômetros quadrados são ocupados pelo Pantanal Matogrossense. Até hoje esta é uma bacia sedimentar em vias de subsidência e situa-se em área adjacente à Bacia do Chaco situada no Paraguai. A planície com amplitude altimétrica entre 80 a 190 metros acha-se circundada por planalto. Segundo investigações sísmicas a profundidade máxima da bacia sedimentar atualmente atinge 550 metros. Para o topo predominam depósitos siliciclásticos finos e na base existem depósitos arenosos grossos ou cascalhosos. Os sedimentos avermelhados ou alaranjados, litificados por cimento ferruginoso oxidado, indicam ambientes subaquáticos oxidantes de águas muito rasas. Como até o momento não existem datações absolutas, não se sabe quando foi iniciada a sedimentação, mas pode-se afirmar que os sedimentos são pós-Cretáceos, isto é, da Era Cenozóica. Imagina-se que a bacia tenha surgido com a subsidência estrutural da região do Pantanal, que ocorreu em seqüência ao processo de soerguimento do Peneplano Sulamericano. As bacias do Pantanal e Chaco teriam sido formadas há cerca de 2,5 a 3 milhões de anos passados, em áreas adjacentes às do derradeiro soerguimento mais acentuado da Cordilheira dos Andes.

O afluente mais importante do Rio Paraguai, que deságua na atual Bacia do Pantanal em território brasileiro, é o Rio Taquari. As nascentes deste rio situam-se na área do planalto próximo à cidade de Coxim (MS), que forma um relevo de “*cuesta*” com altitudes de 700 a 800 metros. O topo deste relevo é capeado por depósitos informalmente conhecidos de Formação Cachoeirinha, que seria supostamente do Período Terciário. Abaixo desta unidade ocorrem as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, que mergulham suavemente para leste. Logo que flui para a planície pantaneira o Rio Taquari forma um leque aluvial de forma circular com diâmetro de cerca de 250 quilômetros. Como ele ocupa cerca de 40% (50 mil quilômetros quadrados) de área, poderia ser considerado como um dos maiores leques aluviais do mundo. Normalmente os afluentes despejam suas águas no rio principal e,

portanto, exercem o papel de contributários. Nos leques aluviais acontece o inverso, isto é, o fluxo principal subdivide-se em diversos fluxos menores, que atuam na dispersão da água e, deste modo, pode-se dizer que são distributários. Os rios que fluem sobre os leques aluviais possuem em geral baixo gradiente mas, ao mesmo tempo, a mudança brusca de geomorfologia propicia fornecimento de grande volume de sedimentos, que ultrapassa a capacidade de transporte das drenagens componentes. Conseqüentemente os leitos são rasos e muito instáveis com transbordamentos muito freqüentes, formando-se também inúmeras lagoas e pântanos.

Presume-se que, no caso do Pantanal Matogrossense, cerca de 40% das águas superficiais supridas através das chuvas, pelo Rio Taquari e outros rios, drene para fora da bacia. Parte da água restante é evaporada para a atmosfera. Os sedimentos siliciclásticos e matéria orgânica, além de materiais supridos ao ambiente natural pelas atividades antrópicas, juntam-se aos materiais gerados no interior da bacia, que permanecem quase totalmente retidos na bacia.

Ao tomar conhecimento dos processos naturais, atuantes em condições naturais definidas sob aspectos geológicos, geomorfológicos e climáticos, pode-se compreender como esses fenômenos são controlados por equilíbrio dinâmico transitório. Em termos climáticos constata-se a existência na região, de regimes pluviais muito chuvosos (de cheias) e pouco chuvosos (de vazantes), que possuem um vínculo inalienável com os ciclos naturais de vida no Pantanal. Durante as cheias que duram de novembro a março as planícies são inundadas por águas de extravasamento de rios. As inúmeras espécies de peixes que vivem na região espalham-se amplamente pelas áreas inundadas. Nesta época, os pintados (espécie de bagre caracterizada por pintas) e pacus (peixe gorduroso com dentes cortantes) nadam para montante (contra a correnteza) para desovar. Este fenômeno é conhecido na região como piracema. O gado do Pantanal Matogrossense é freqüentemente criado sem confinamento e, durante a época das cheias, é conduzido para refúgio nas partes mais altas. Em abril os rios retornam aos leitos principais, mas parte da água é abandonada em lagoas formadas temporariamente durante as inundações sobre as planícies e os peixes acabam transformando-se em “raro banquete” de pássaros selvagens, jacarés e lontras. A matéria orgânica transportada pelas águas fluviais revigora as gramíneas e plantas associadas das planícies, que são devoradas pelos cervos, capivaras (ratos gigantes da América do Sul) e outros animais herbívoros, além do gado bovino. Os animais herbívoros, por sua vez, servem de alimento das onças, jaguatiricas (gatos selvagens) e sucuris (cobras aquáticas), que são animais carnívoros e situam-se no topo da cadeia alimentar. Até hoje o ciclo vital natural supracitado foi pouco afetado pelo impacto antrópico e existem no Pantanal Matogrossense grandes grupos de animais selvagens mundialmente conhecidos. Estima-se que existam atualmente 32 milhões de jacarés (60 para cada habitante local), 260 espécies de peixes (número maior que de toda Europa), 2,5 milhões de capivaras e 665 espécies de aves selvagens (mais de 60% consideradas raras).

Pode-se dizer que o Pantanal Matogrossense representa um dos ecossistemas mais complexos e sensíveis da superfície da Terra. Por cerca de 200 anos ainda tem resistido à coexistência com o homem moderno, isto é, por enquanto esta região escapou ao triste destino da Mata Atlântica, que exibia composição florística exuberante no passado, mas foi reduzida a menos de 10% da área original.

Até agora esta imensa, bela e preciosa planície inundável do Brasil, denominada Pantanal Matogrossense, nunca esteve exposta a tamanhos perigos reais. Ela se estende por área comparável à Inglaterra e as diversidades faunísticas e florísticas são inferiores somente às da Região Amazônica. Fala-se na existência de 665 espécies de aves selvagens, 95 de mamíferos, 162 de répteis, 40 de anfíbios e 1.100 de borboletas, além de mais de 1.700 espécies de plantas. Esta área transformou-se em alvo de admiração não somente pelas diversidades faunísticas e florísticas, mas também pela generosidade na reposição de estoques. Mesmo os animais como a onça pintada e a arara azul, antes considerados como em risco de extinção, já são bastante numerosos.

Existem condicionamentos históricos e geográficos que esclarecem porque o Pantanal Matogrossense permaneceu até hoje em condições relativamente preservadas. Diferentemente da Mata Atlântica e da Floresta Pluvial Tropical Amazônica, que são representadas por áreas devolutas, no Pantanal Matogrossense não há terrenos sem proprietários. Por outro lado, por cerca de 200 anos, continuou em condições quase de completo isolamento. Esta barreira final foi rompida há cerca de 10 anos (década de 1990) por grupos de turistas ecológicos compostos por brasileiros e estrangeiros. Ao mesmo tempo surgiram inúmeros hotéis-fazenda, instalados em grandes fazendas especializadas em bovinocultura, que passaram a hospedar esses turistas. É provável que a indústria turística ainda seja, entre as atividades econômicas, uma das mais limpas e, a razão disso reside na preservação máxima das belezas naturais para que possa desfrutá-las. Entretanto, mesmo a indústria turística, quando ultrapassado o limite de sustentabilidade imensurável por instrumentos de medição, pode originar várias situações de perigo representadas, por exemplo, por problemas de poluição de rios e lagos. Além disso, a bovinocultura extensiva (sem confinamento) de baixo rendimento, vem sendo gradualmente substituída, também no Pantanal Matogrossense, por bovinocultura com confinamento, de alto rendimento. Isso está relacionado ao desaparecimento dos grandes latifúndios que, quando divididos entre os herdeiros, as áreas dos terrenos tendem a diminuir.

Atualmente já se pensam em planos de implantação de novas atividades produtivas, que podem provocar o desflorestamento. Se esses planos vingarem, o sensível equilíbrio dinâmico deste precioso tesouro único brindado pela natureza poderá ser afetado e, há possibilidade suficiente de se atingir uma situação irreversível, ao menos no intervalo de tempo da efêmera existência humana.

Entre os planos preocupantes de implantação de infra-estrutura produtiva destacam-se os das construções de hidrovia dos rios Paraguai e Paraná, da usina de álcool etanol, da usina siderúrgica e da indústria petroquímica usando o gás da Bolívia. Os governos de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul estão retomando o plano de construção da hidrovia dos rios Paraguai e Paraná e demonstram interesse em atingir até o Uruguai. Para isso torna-se necessário rebaixar por escavação o leito fluvial e com isso grande parte da água, que é atualmente retida na Bacia do Pantanal deverá ser drenada, causando a quase ressecção das lagoas e conseqüentemente morte dos animais vivos e a erosão dos leitos e margens será acelerada. Além disso, o governo do Estado de Mato Grosso do Sul tem tentado anular a lei que proíbe a construção de usinas de álcool no planalto circundante, onde se situam as nascentes dos principais rios que demandam a planície pantaneira. Por outro lado, em 2003 ocorreu mortandade de inúmeros peixes devida a produtos derivados contidos em efluentes provenientes de usina de álcool já em funcionamento. A construção de novas usinas deverá certamente aumentar o perigo de repetição de acidentes como os supracitados. No município de Corumbá existem também recursos minerais ricos em ferro e manganês. O governo de Mato Grosso do Sul está favorecendo atividades de construção de usinas siderúrgicas, que utilizem esses recursos minerais. Como conseqüência, como já ocorreu no Estado de Minas Gerais, a necessidade de carvão vegetal para os fornos siderúrgicos deverá acelerar o desflorestamento. Imagina-se que nos últimos 5 anos, a produção de carvão vegetal na região tenha sido duplicada e supõe-se que 17% da mata primitiva tenham sido desflorestadas. Se essas atividades continuarem no mesmo ritmo, pensa-se que em apenas 40 anos, a cobertura vegetal seja completamente extirpada. Atualmente já existem cerca de 5.000 carvoarias no Estado de Mato Grosso do Sul, das quais a maioria é clandestina e utiliza principalmente a madeira proveniente do cerrado (espécie de savana africana), que ocupa 1/3 da área do Pantanal Matogrossense.

Atividades econômicas predatórias, que ignoram os ambientes da região do Pantanal Matogrossense, apresentam suficientes probabilidades de provocar, em futuro próximo (algumas dezenas de anos), pelo menos os seguintes danos. Em primeiro lugar o abundante recurso natural de água, que representa o segundo em volume no Brasil, poderá ser comprometido por esgotos e outros materiais, tornando-o completamente poluído. A razão é que na maioria das cidades inexistente infra-estrutura de tratamento de esgotos e, então, inseticidas e herbicidas, além de outros produtos químicos agrícolas se juntam aos efluentes urbanos e são despejados diretamente nas drenagens. Em conseqüência disso ocorre excesso de matéria orgânica, que provoca falta de oxigênio dissolvido na água, causando morte dos peixes e outros seres vivos. Simultaneamente, a bovinocultura e agricultura exercidas no planalto, que ignoram os ambientes, provocam o extermínio da cobertura vegetal primitiva. Isso promove a aceleração dos processos erosivos, que causam o assoreamento das drenagens e dos

leitos fluviais, que podem levar até o desaparecimento. Atualmente são supridos 35 milhões de toneladas anuais de sedimentos, que se depositam nos fundos dos rios e lagoas. Com isso eles tornam-se cada vez mais rasos e aumentam as áreas de inundação. Nos dias atuais, a maior parte do leque aluvial natural formado pelo Rio Taquari está transfigurando-se gradualmente em um lago circundado por extenso pântano. Finalmente, as diversidades faunísticas e florísticas do Pantanal Matogrossense tendem a desaparecer. Uma notícia algo animadora é que, atualmente a deterioração ainda poderá ser interrompida. O único recurso disponível para isso consiste em desenvolver a indústria turística, que possa coexistir em máxima harmonia com a natureza protegendo os ambientes, como acontece atualmente. Simultaneamente, não há outra saída senão proibir completamente a implementação de atividades produtivas, que ignorem os ambientes naturais. Finalmente, mesmo a indústria turística deve ser mantida necessariamente dentro dos limites sustentáveis e, portanto, torna-se crucial o estabelecimento do número admissível de turistas por ano.

Capítulo 19

Efeito-Estufa Antrópico: Realidade ou Fantasia?

Na atmosfera terrestre atual, as principais substâncias químicas encontradas são: 78,1% de nitrogênio, 20,9% de oxigênio, 0,93% de argônio, 0,034% de dióxido de carbono e 0 a 40% de vapor d'água. Esta composição química da atmosfera assegura condições ambientais ótimas a seres humanos e outros animais, além dos vegetais, que vivem hoje em dia sobre a superfície terrestre. Entretanto, a atmosfera dos primórdios deste planeta era muito diferente da atual e deve-se imaginar que, pelo menos o teor de dióxido de carbono, por exemplo, era semelhante aos atuais 96,5% de Vênus e 95,3% de Marte. As temperaturas superficiais, quando comparadas à média atual da superfície terrestre, de cerca de 15° centígrados positivos, supõe-se que em Vênus seja de 500° centígrados positivos e em Marte de 60° centígrados negativos. Além disso, enquanto a pressão atmosférica é de 1 atmosfera na Terra, em Vênus seria de 90 atmosferas e em Marte de 1/132 atmosferas. As distâncias desses planetas ao Sol são de 107 milhões de quilômetros, 148,8 milhões de quilômetros e 277 milhões de quilômetros para Vênus, Terra e Marte, respectivamente.

Quando os três planetas acima são comparados, pode-se dizer que a Terra situa-se a uma distância mais adequada do Sol e, portanto, não é atingida por raios ultravioletas tão fortes que produzam a decomposição do vapor d'água. Além disso, o teor de dióxido de carbono tem permitido a manutenção do efeito-estufa natural agradável e apropriado com temperatura média superficial de 15° centígrados na superfície terrestre.

Quando se imagina que, na atmosfera primitiva da Terra, tenha existido cerca de 97% de dióxido de carbono, pode-se admitir temperatura semelhante a de Vênus atual, onde a pressão seria de cerca de 30 atmosferas. Nesta época não existia nenhum ser vivo. Porém a concentração de dióxido de carbono foi reduzida ao teor atual de cerca de 0,034%. Esta mudança extrema ocorreu pela progressiva fixação de enorme quantidade de dióxido de carbono atmosférico pela intensa atividade de

organismos marinhos (animais e vegetais) com corpos carbonosos e/ou com conchas ou esqueletos calcários.

Se a fixação de carbono da atmosfera tivesse prosseguido além do necessário, poder-se-ia pensar na possibilidade da eliminação total da atmosfera. Neste caso o efeito-estufa devido ao dióxido de carbono não existiria e a temperatura média da superfície terrestre poderia ser de 18° centígrados negativos, isto é, 33° centígrados inferior à média atual e, neste caso, o clima seria demasiadamente frio para o ser humano.

Há muito tempo sabe-se que o dióxido de carbono e o vapor d'água atuam no aquecimento da temperatura atmosférica. Eles desempenham o mesmo papel de lâminas de plástico ou de vidro transparentes, que provocam o aumento da temperatura do ambiente. Juntamente com outros gases que produzem o mesmo efeito, como metano, óxido nitroso e outras substâncias, são conhecidos coletivamente como gases-estufa. O relatório do Ministério do Meio Ambiente do Japão divulgou que, cerca de 50% do efeito estufa mundial na década de 1980, teriam sido produzidos por dióxido de carbono.

Embora ocorram pequenas diferenças segundo a matriz energética principal em uso, como fonte produtora de dióxido de carbono, os combustíveis fósseis são os mais importantes. Como médias mundiais pode-se dizer que o carvão e o petróleo participaram mais ou menos equitativamente com cerca de 80%. O gás combustível participa com menos de 20%. Entre outras fontes supridoras deste gás tem-se a respiração humana, além das atividades de fabricação de cimento “*Portland*” e do carvão de madeira. Os Estados Unidos da América do Norte, a antiga União Soviética e a China juntos exalam para a atmosfera mais de 50% de dióxido de carbono total.

Sabe-se que a concentração de gás metano na atmosfera é mais alta no hemisfério norte e mais baixa no hemisfério sul e, além disso, no inverno é mais alta que no verão. Entre as principais fontes supridoras no hemisfério norte têm-se os lagos e pântanos das glaciações pleistocenas. A concentração de gás nitroso em escala mundial era de cerca de 280×10^{-9} partes e exibiu incremento anual estável de 0,2 a 0,3%. Além disso, o tempo de residência tem sido admitido como de 120 anos. Até hoje desconhece-se a fonte supridora definida deste gás. Como possíveis fontes fornecedoras pode-se pensar em decomposição de compostos com nitrogênio dos solos de zonas temperadas e tropicais, usinas termelétricas, materiais de descarga de fornos industriais e fontes naturais marinhas. Há necessidade de se pesquisar melhor o gás nitroso, pois acredita-se que ele interfere não somente no aquecimento global pelo efeito-estufa, mas também estaria relacionado à destruição da camada de ozônio.

Conforme medidas instrumentais dos últimos 100 anos, a temperatura média da Terra teria aumentado 0,6° centígrado neste intervalo de tempo e foi comprovada a subida do nível do mar em média de 0,3 metro. Quanto às causas que

provocaram esses fenômenos naturais, os conhecimentos até agora disponíveis sobre os mecanismos de mudanças climáticas, não somente são insuficientes para uma compreensão perfeita, como não esclarecem muitos aspectos desconhecidos.

Segundo o relatório da comissão do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (em inglês I.P.C.C.= *Intergovernmental Panel of Climatic Change*), ao comparar as concentrações mundiais de gases-estufa na atmosfera antes e depois da Grande Revolução Industrial, constata-se incrementos nos seus conteúdos. Os teores de dióxido de carbono passaram de 280×10^{-6} partes para 368×10^{-6} partes (aumento de cerca de 30%), de gás metano de 700×10^{-9} para 1.750×10^{-9} partes (aumento de cerca de 150%) e de gás nitroso de 270×10^{-9} para 316×10^{-9} partes (aumento de cerca de 17%). Supõe-se que as causas mais importantes do fenômeno de aquecimento global e da conseqüente subida de nível do mar, provocadora de erosão costeira, sejam atribuíveis aos gases-estufa. Com base nessas interpretações, as manchetes jornalísticas das últimas décadas consideram que o fenômeno de aquecimento da Terra, nos últimos 100 anos, estejam ocorrendo somente devido ao efeito-estufa antrópico. Entretanto, como os fenômenos naturais da superfície terrestre são causados por vários mecanismos, pode-se pensar na existência de outros fatores importantes que, no momento, não estão completamente esclarecidos.

Sob o ponto de vista de geologia histórica são praticamente inexistentes, entre pessoas leigas, as que possuam conhecimentos prévios, por exemplo, sobre as mudanças climáticas ligadas à Pequena Idade do Gelo que, há pouco tempo, afetou os climas globais. Corresponde a uma fase de avanço glacial, que ocorreu após a glaciação *Würm* (último estágio glacial), entre os séculos XVI (1540) a XIX (1890), durante cerca de 350 anos. Corresponde no Japão ao período de resfriamento climático entre as épocas *Tokugawa* e *Meiji*, que pode ser dividido em três episódios: o primeiro entre 1540 a 1680, o segundo entre 1740 a 1770 e o terceiro entre 1800 a 1890, quando examinado em maior detalhe. Entretanto, há diferenças regionais entre os modos de manifestações desses episódios frios e, portanto, eles não são correlacionáveis nas várias regiões dos hemisférios norte e sul. O avanço glacial relacionado a este episódio de resfriamento iniciou-se logo após 1200, ainda sob condições climáticas relativamente amenas em 1300. As vezes a denominação de Pequena Idade do Gelo é empregada no sentido amplo referindo-se ao episódio de resfriamento derradeiro, que já dura cerca de 3.000 anos.

A Pequena Idade do Gelo provocou, por exemplo, fenômenos de avanço glacial, resfriamento climático, mudança de vegetação e descida do nível do mar, como evidências indicativas. Na época a população mundial era comparativamente reduzida e, além disso, os conhecimentos científicos e tecnológicos eram insuficientes. Naturalmente no extremo norte da Europa, como na Islândia, mas também na Escandinávia, Inglaterra e Groenlândia, em conseqüência da baixa produtividade

agrícola ocorreram mortes provocadas pela fome e, ao mesmo tempo, em amplas áreas ocorreram migrações e reduções populacionais. Em várias regiões da Europa tornaram-se comuns lagos congelados durante o ano todo e essas cenas foram imortalizadas eternamente por artistas da época. O impacto desta mudança climática, que teria afetado a população humana terrestre da época, pode ser vislumbrado no conteúdo do livro de cerca de 400 páginas, editado há mais de 18 anos na Inglaterra, sob o título “Pequena Idade do Gelo” (*The Little Ice Age*).

Mesmo depois de 1940 ocorreram episódios de resfriamento mas, em geral, a tendência geral tem sido de recuperação climática por aquecimento. Mesmo no mundo atual, com instrumentos de medida de precisão, não se pode afirmar com certeza, até que ponto o fenômeno do aquecimento global após a Grande Revolução Industrial é resultante do efeito-estufa antrópico pela exalação de gases-estufa ou, alternativamente, resulta da recuperação natural do clima. Em geral já se sabe que, desde a sua origem há cerca de 4,6 bilhões de anos, o clima da Terra tem-se caracterizado por inúmeras mudanças periódicas.

Simultaneamente ao fenômeno de aquecimento global, que já se acha confirmado, independentemente de sua causa (efeito-estufa antrópico ou recuperação natural do clima), pode-se prognosticar as seguintes consequências indesejáveis nos próximos anos:

- a) Poderá ocorrer fusão total das geleiras da Antártida e da Groenlândia e as geleiras de altitude próximas ao equador já estão sofrendo fusão.
- b) Deverá ocorrer intensificação crescente das tempestades de vento e chuva com incremento do volume de vapor d’água atmosférico.
- c) A água adicionada pelo degelo e o aumento do volume por aquecimento das águas oceânicas deverão causar subida de nível do mar.
- d) A retenção das radiações pela atmosfera provocará, em consequência, o resfriamento da estratosfera.
- e) Poderá ocorrer a extinção de muitas espécies de animais e plantas concomitante ao empobrecimento da diversidade biológica da Terra.
- f) A cultura e colheita de vários produtos tornar-se-ão inviáveis, com conseqüentes perdas nas safras agrícolas.
- g) Como muitas metrópoles mundiais situam-se sobre planícies costeiras, poderão ocorrer perdas materiais e muitas mortes nessas cidades.
- h) Haverá possibilidade de propagação de muitas epidemias tropicais, como cólera, malária e dengue à medida que ocorre o aquecimento climático.

Por outro lado, o fenômeno do aquecimento global tem sido confirmado simultaneamente por medidas em diversos lugares, mas ainda restam dúvidas como as seguintes:

- a) Durante quantos anos devem ser realizadas medidas até a obtenção de temperatura média local confiável?

- b) Como devem ser tratados os dados instrumentais para obtenção de temperaturas médias representativas regionais, nacionais ou do interior continental?
- c) Como devem ser encaradas as possíveis influências do clima urbano, se normalmente as estações meteorológicas situam-se nos arrabaldes de grandes metrópoles?
- d) Na ausência de padrão de comparação entre instrumentos instalados em locais diferentes ou de protocolos, que correções são necessárias para que essas comparações sejam válidas?
- e) Se as temperaturas da crosta terrestre variam segundo diversos fatores, é possível obter temperaturas superficiais precisas de águas oceânicas através de fotos de satélites artificiais?
- f) De que modo as mudanças de temperatura, produzidas por influência antrópica, podem ser comparadas às mudanças paleoclimáticas de ambientes sem seres humanos?
- g) Como os modelos teóricos (computacionais ou conceituais) podem ser comparados com informações obtidas durante investigações de campo?

Certamente, quando as questões supracitadas puderem ser respondidas com precisão, tornar-se-á possível prognosticar com maior certeza os climas do futuro durante o século XXI. Deste modo, deverão surgir possibilidades de se evitar mudanças ambientais, cujas conseqüências possam ser danosas ao ser humano, bem como a outros seres vivos.

Capítulo 20

Movimentos Verticais dos Níveis Oceânicos em Consequência de Mudanças Climáticas

Como já foi mencionado alhures, a geologia histórica remonta a 4,6 bilhões de anos até os dias atuais. As águas oceânicas ocupam cerca de 70% da superfície terrestre e correspondem aproximadamente a 97% do volume de toda água existente na Terra. Logo, a área ocupada pelos continentes perfaz apenas 30% da superfície da Terra. Cerca de 2% da água terrestre constituem as geleiras, principalmente da Antártida e Groenlândia. Cerca de 1% restante existe como água doce líquida nas formas de água subterrânea, águas fluviais, lacustres e paludiais de escalas muito variáveis.

A água encontrada na superfície terrestre originou-se supostamente do interior da Terra e passou por cinco a seis idades glaciais, quando o planeta converteu-se em verdadeira “bola de gelo”. Em cada um desses episódios processaram-se movimentos verticais dos níveis oceânicos de até algumas centenas de metros. A razão disso é que, nas idades glaciais, são retidas grandes quantidades de água congelada sobre os continentes e conseqüentemente, ocorrem abaixamentos dos níveis dos oceanos. Contrariamente, durante recuos das geleiras pelo aquecimento global, grandes volumes de águas de degelo são adicionados aos oceanos e provocam subidas de seus níveis.

Há cerca de 18 mil anos durante o U.M.G (Último Máximo Glacial) da última glaciação (Glaciação Wisconsiniana da América do Norte ou Glaciação Würm dos Alpes), a quantidade de gelo retida sobre os continentes perfazia 5 a 6% da água total da Terra, isto é, mais de dobro da quantidade atual que é de cerca de 2%. Conseqüentemente os níveis dos oceanos, em escala mundial, encontravam-se 80 a 130 metros abaixo do atual e porções mais rasas do fundo oceânico, denominadas atualmente de Plataforma Continental estavam quase totalmente emersas, pois a sua profundidade média é de 130 metros.

O fenômeno de aquecimento da Terra em função dos gases-estufa, atualmente encarado como um dos mais graves problemas ambientais em escala

global, tem sido discutido com certa frequência em notícias de jornais. Porém, não há condições de afirmar com certeza em vista dos conhecimentos científicos atuais, até onde as medidas instrumentais que acusam aumentos de temperatura e conseqüentes subidas de níveis dos oceanos, durante os últimos 100 anos, representam reflexos de atividades antrópicas ou são devidas à recuperação climática natural após o término da Pequena Idade do Gelo. Independentemente da possível explicação, as tendências de aumentos de temperaturas e subidas de níveis dos oceanos, durante os últimos 100 anos, representam uma realidade. Por exemplo, se o teor médio de um dos gases-estufa mais importante, que é o dióxido de carbono aumentasse em futuro próximo, do teor atual de cerca de 0,034% para mais de 0,060% por contribuição antrópica, pode-se admitir a possibilidade de que não somente as geleiras de altitude mas, grande parte das geleiras da Antártida e Groenlândia simplesmente desapareçam. Se este fenômeno tornar-se uma realidade pensa-se que, em escala mundial, os níveis dos oceanos ascendam no mínimo 10 metros. As cidades mais populosas do exterior (Nova York e Tóquio), bem como importantes metrópoles brasileiras (Rio de Janeiro e Recife), situam-se em planícies costeiras a altitudes de apenas poucos metros. Por isso elas podem ser submergidas no futuro por subidas dos níveis dos oceanos em função do aquecimento da Terra.

Segundo a escala atualmente usada de tempo geológico pode-se reconhecer o Período Quaternário, cuja subdivisão mais recente é chamada de Época Holoceno. Ele representa o momento em que, em termos geológicos, as atividades antrópicas tornaram-se mais conspícuas, de 10 mil anos passados até hoje. As denominações Recente ou Pós-glacial possuem aproximadamente os mesmos significados, porém a designação Época Diluvial deve ser evitada.

Em termos cronológicos a partir do fim do Pleistoceno os climas tornaram-se progressivamente mais quentes nas regiões glaciadas do hemisfério norte e as geleiras continuaram em recuo. Os níveis dos oceanos continuaram a subir, mas no início do Holoceno ocorreu rápida interrupção ou até pequeno abaixamento e novamente voltaram à tendência de subida.

No litoral do Japão, situado na área do Oceano Pacífico, geralmente a culminação do nível oceânico do Holoceno apresentou subidas de 3 a 7 metros entre 5 mil a 7 mil anos passados que, a grosso modo, coincide com o pico do Ótimo Climático.

A fauna e a flora silvestres do Holoceno foram semelhantes às atuais e, em termos de história do ser humano, ocorre a passagem do Período Neolítico ao progresso dos dias atuais. A domesticação de animais e plantas também teve início nesta época e as estratégias da vida humana modificaram-se do nomadismo ao sedentarismo. Nas denominações usuais da pré-história do Japão corresponde ao Período Jômon, quando nas cercanias da paleobaía de Tóquio na planície de Kantô ocorreu a Transgressão Jômon, no momento em que a linha costeira adentrou mais

de 50 quilômetros para o interior em relação à atual. Em decorrência disso, águas salobras atingiram até as vizinhanças de Koga (toponímia), que foi habitada por homens de sambaquis do Período Jômon.

Na década de 1960 surgiram também no Brasil pessoas com interesse nas mudanças de níveis oceânicos do Holoceno e algumas informações foram obtidas. Porém pesquisas mais sistemáticas foram iniciadas só em 1974. Essas pesquisas começaram com o mapeamento geológico da planície costeira quaternária do Estado de São Paulo e até hoje foram realizadas investigações ao longo da linha costeira entre Rio Grande do Sul e Rio Grande do Norte, que distam cerca de 4 mil quilômetros. Matérias orgânicas vegetais (principalmente madeira carbonizada) e conchas carbonáticas (predominantemente de moluscos) foram submetidas a datações absolutas pelo método do radiocarbono e obtidas quase 800 idades.

As evidências de movimentos verticais dos níveis oceânicos no Holoceno, encontradas durante as pesquisas nas planícies costeiras brasileiras, foram de três tipos seguintes. Em primeiro lugar tem-se as evidências geológico-geomorfológicas, seguidas de biológicas e arqueológicas (pré-históricas).

a) Entalhes marinhos – Pelas posições das reentrâncias, originadas em afloramentos rochosos ou em falésias marinhas, por abrasão por ondas, pode-se conhecer os níveis oceânicos do passado. Às vezes fragmentos rochosos transportados formam depósitos associados. Com o avanço do processo de afeiçoamento dos entalhes marinhos, a capa superior pode ser destruída por colapso e a morfologia do entalhe desaparece. Como o entalhe marinho é indicativo da posição de abrasão por ondas, pode-se conhecer as alturas dos níveis oceânicos passados.

b) Cavernas marinhas – São grutas formadas também por abrasão pelas ondas, iniciando-se pelas porções fragilizadas das rochas pela presença de falhas e fraturas, que são fortemente atacadas. O surgimento das reentrâncias causa maior concentração de energia, que acaba por formar grutas profundas. A gruta de Bentem (Ilha Enoshima, Japão) foi formada ao longo de falhas em rochas terciárias. Nas proximidades de Ubatuba, no litoral Norte de São Paulo, são encontradas cavernas marinhas soerguidas, que indicam fases do Quaternário quando os níveis oceânicos eram superiores ao atual na região.

c) Plataforma de abrasão marinha – Corresponde a uma superfície rochosa aplainada situada nas proximidades do nível oceânico atual, que também é formado por ondas. Os fenômenos de intemperismo não atingem abaixo da maré baixa e, portanto, as rochas do embasamento acima do nível de maré são erodidas pelas ondas e dão origem à superfície rochosa aplainada adjacente a uma falésia marinha abrupta. O processo de intemperismo progride continente adentro e a erosão pelas ondas continua o ataque do sopé da falésia e, conseqüentemente, forma ampla plataforma de abrasão marinha delimitada por falésia marinha. A plataforma de

abrasão marinha pode ser recoberta durante as marés enchentes, mas são descobertas nas marés vazantes. A sua borda externa termina em falésia que aprofunda por vários metros no fundo oceânico e na base da falésia sedimentam-se fragmentos rochosos erodidos do costão. Portanto, a plataforma de abrasão marinha refere-se à superfície afeiçãoada pela capacidade destrutiva das ondas.

d) Rochas praias – São arenitos e conglomerados com cimento carbonático formados na antepraia de idade geológica recente (alguns milhares de anos). As suas espessuras individuais variam de 1 a 60 centímetros, mas várias camadas podem ser superpostas e exibem atitudes aproximadamente paralelas às praias atuais. Os ângulos de inclinação rumo ao oceano são de 5 a 7° e podem terminar abruptamente rumo ao continente. As espessuras totais são em média de 1 metro. Podem formar duas ou mais faixas, com disposições aproximadamente paralelas às praias atuais. Embora o material cimentante seja normalmente carbonático, há casos de ocorrência de cimento ferruginoso. Como são originadas em praias de regiões tropicais e subtropicais, quando estão presentes em regiões de climas atuais mais frios, constitui um registro de paleoclima diferente do atual durante a sua formação. No Japão podem ser encontrados em Nansei-shotô (arquipélago do SW) e no Brasil ocorrem entre o norte do Estado do Rio de Janeiro até pelo menos Estado do Ceará. É possível obter as idades pela datação de fragmentos de conchas carbonáticas contidas pelo método do radiocarbono.

Os indicadores supracitados são de naturezas geológica e/ou geomorfológica, mas as evidências biológicas são predominantemente compostas por organismos sésseis aderidos aos paredões rochosos de falésias marinhas.

e) Organismos sésseis – Esses animais e vegetais convivem comumente com outros organismos de corais hermatípicos (construtores de recifes) e, em geral, são seres que aderem firmemente ao substrato e vivem em ambientes de fundo marinho. Entre os vegetais têm-se as algas calcárias e entre os animais são encontrados os corais, esponjas, crinóides e bivalves. As ostras aderem-se a outros objetos como as conchas e são sésseis, mas os mexilhões fixam-se por pedículos e podem mover-se e, portanto, mais adequado seria considerá-los vágeis. Em termos ambientais são mais abundantes em áreas de recifes rochosos e fundos cascalhosos e, portanto, possuem baixas probabilidades de fossilização.

Entre os indicadores biológicos viventes na costa brasileira mais adequados como indicadores de níveis oceânicos tem-se, por exemplo, os vermetídeos que são gastrópodes sésseis com conchas carbonáticas. Atualmente vivem desde o Cabo Frio (RJ) até o Nordeste Brasileiro mas, como fósseis ocorrem ao sul até o Cabo de Santa Marta (SC). Amostras coletadas e datadas indicam que durante a Idade Hipsitértica estavam vivos.

Por outro lado, em diversas planícies costeiras do Brasil foram encontrados inúmeros sambaquis.

f) Sambaquis – Denominação dada a sítios arqueológicos compostos principalmente de restos de conchas de moluscos, em grande parte consumidos como alimentos por habitantes pré-históricos. Foram encontrados numerosos sambaquis nas regiões costeiras da Dinamarca na Península da Escandinávia, em Honshu (Japão) no litoral do Oceano Pacífico, além de Senegal no Continente Africano. Os sambaquis mais antigos possuem idades superiores a 6 mil anos passados e na Dinamarca os mais antigos datam do Período *Littorina* da época pós-glacial. Conforme as condições ambientais dos sítios tem-se os sambaquis de águas doces (fluviais e lacustres) e marinhos (baías abrigadas e mar aberto); especialmente em baías abrigadas os sambaquis são mais conspícuos. Entre os vestígios antrópicos (como os instrumentos líticos) tem-se também ossadas de peixes, aves e mamíferos, embora haja diferenciações conforme as condições dos locais de assentamento e das fases culturais. As descobertas de ossadas humanas enterradas e vestígios de fogueira sugerem que eles não eram simplesmente locais de despejo de lixo dos habitantes primitivos.

Para considerar os sambaquis das planícies costeiras do Brasil, como evidências de variações de níveis oceânicos, foram admitidas as seguintes premissas:

a) Especialmente os sambaquis situados atualmente no interior (até cerca de 50 quilômetros da atual praia), compostos de conchas de moluscos de águas salgadas, estariam ligadas a fase de níveis oceânicos mais altos que os atuais, quando a oceanicidade (influência oceânica) penetrou mais para o interior do continente.

b) A construção dos sambaquis não foi iniciada pelo empilhamento antrópico subaquático de conchas de moluscos, isto é, os substratos dos sambaquis estavam emersos, quando os sambaquis começaram a ser empilhados.

O uso dos indicadores supracitados, principalmente das informações advindas de rochas praias, de vestígios de animais sésseis como vermetídeos e de sambaquis, além da comparação das curvas de variações dos níveis oceânicos durante o Holoceno no Brasil com Ótimo Climático e a Neoglaciação, evidenciam a importância das mudanças climáticas globais na evolução da linha costeira brasileira. Em época praticamente correspondente à Transgressão Jômon do Japão, nas regiões costeiras do Brasil a partir do Estado do Rio Grande do Sul, até no mínimo Estado do Rio Grande do Norte, os níveis oceânicos situavam-se 3 a 5 metros acima do atual, pois encontravam-se sob efeito da Transgressão Santista (ou Santos).

Capítulo 21

Destruição de Ambientes Naturais é Causa de Colapso da Humanidade?

Desde a origem da Terra são decorridos 4,6 bilhões de anos, durante os quais ocorreram pelo menos seis eventos de mudanças climáticas extremas, quando o nosso planeta passou por períodos glaciais e foi transformado em verdadeira “bola de gelo”. Contrariamente, presume-se que entre o fim do Período Permiano da Era Paleozóica após cerca de 200 milhões de anos e a parte final da Era Cenozóica até cerca de 3 milhões de anos e, especialmente, no Período Cretáceo da Era Mesozóica (durante aproximadamente 70 milhões de anos, entre cerca de 65 milhões de anos a 135 milhões de anos passados), a temperatura média da Terra teria sido quase 10° centígrados acima de 15° centígrados atuais. Os dinossauros que atingiram o seu clímax neste período viveram, na verdade, sob temperaturas naturais semelhantes às de uma sauna. Sob condições de alta temperatura e alta umidade tinha-se uma “sauna úmida” e nos desertos caracterizados por alta temperatura e baixa umidade o clima natural era o de uma “sauna seca”. Na Era Mesozóica a água da superfície terrestre ocorria nos estados líquido e gasoso e não havia nenhuma água sólida.

O homem primitivo teria surgido no Continente Africano há aproximadamente 7 milhões de anos e conseguiu sobreviver à idade do gelo do Quaternário. Somente há cerca de 10 mil anos ele teria deixado a vida nômade semelhante aos animais selvagens e adotado a vida sedentária como a do homem moderno. Como causas que modificaram radicalmente o estilo de vida podem ser considerados dois acontecimentos seguintes, que são as domesticações de animais e plantas para alimentação. Na mesma época teve início o último período pós-glacial de temperatura mais quente, quando no verão a temperatura chegava a ser 1,5 a 2° centígrados superiores aos dias de verão atuais, que também foram 15 dias mais longos, cuja duração estendeu-se de cerca de 9 mil anos até 4 mil anos passados.

Entre 4 mil anos A.C. (Antes de Cristo) até hoje, durante 6 mil anos os ambientes também têm mostrado tendências às mudanças naturais. Após a Grande Revolução Industrial, principalmente nos últimos 200 anos, puderam ser

constatadas tendências de mudanças antrópicas assustadoras dos ambientes naturais. Conseqüentemente, o homem moderno passou a enfrentar inúmeros problemas, de solução muito difícil, em escala global. Têm-se, como exemplos, o aquecimento da Terra, o esgotamento de recursos naturais não-renováveis, a deflagração de doenças epidêmicas desconhecidas que acompanham os fenômenos naturais, que se sobrepõem a estilos de vida violentos e miseráveis atribuíveis às mazelas sociais humanas ou à superpopulação, difíceis de serem solucionados. Esses problemas malignos são realçados pelo progresso atual dos meios de comunicação em massa e prontamente tornam-se assuntos de conhecimento geral. Desse modo, são cobradas reformulações das nossas atitudes em relação aos ambientes naturais, para adoção de comportamentos com possibilidades cada vez maiores de sustentabilidade.

No recinto da Convenção das Nações Unidas sobre o Panorama Geral da Biodiversidade Mundial do Planeta Terra, recentemente promovida em Curitiba (PR), foram anunciadas realidades assustadoras baseadas em relatórios de pesquisas recentes. Os recifes de corais encontram-se agonizantes, pois cerca de 50% do fundo submarino do Mar do Caribe, por exemplo, estavam recobertos de recifes de corais até 30 anos passados, mas hoje não passam de 10%. Segundo o prognóstico do Laboratório de Pesquisas Oceanográficas da Austrália, após o ano 2050 a temperatura máxima das águas superficiais oceânicas deverá ultrapassar 29° centígrados, que é a temperatura-limite das águas para sobrevivência de recifes de corais. Portanto, antes do fim do século XXI, existe a possibilidade de sua extinção nos oceanos do mundo inteiro. Após 1970, por destruição dos seus ambientes de vida, os números de animais selvagens de 3.000 espécies foram reduzidos em cerca de 40%, quando 45% das áreas continentais da Terra estavam recobertas por florestas e savanas, praticamente em condições naturais mas, segundo um mapa divulgado recentemente pela ONG “Greenpeace”, teria ocorrido redução para cerca de 9%. Nos últimos 50 anos estima-se que tenha havido redução de 60% nos estoques de atum, bacalhau e robalo do Oceano Atlântico do Norte por sobrepesca. As áreas de manguezais, consideradas ricas em biodiversidade, ficaram reduzidas em 35% em 20 anos e encontram-se parcialmente danificadas por materiais poluentes. No Nordeste Brasileiro os caranguejos e moluscos, que vinham sustentando os moradores locais pobres, além de outros animais e vegetais, estão desaparecendo pela rápida eliminação dos ambientes adequados de vida, que estão sendo substituídos por fazendas de cultura de camarões (carcinocultura) provenientes da Malásia. Estima-se que, no mundo inteiro, 600 mil hectares (cerca do dobro da Bélgica) por ano de bosques de manguezais tenham sido vitimados por motosserras, após o ano 2000 por globalização econômica.

Mesmo excluindo-se o problema do aquecimento, que constitui hoje um dos temas mais amplamente discutidos, ainda existiriam várias questões ligadas aos prognósticos dos ambientes naturais da Terra. Segundo a O.M.S. (Organização Mundial de Saúde), daqui a 20 anos mais de 300 mil pessoas por ano deverão morrer

em consequência do efeito-estufa. Segundo um economista da Universidade Israelita dos Estados Unidos da América do Norte a partir de 2010 os prejuízos materiais por anomalias climáticas deverão atingir 794 milhões de dólares americanos por década. De acordo com o Conselho Deliberativo do Pólo Norte, composto por países como a Noruega, Canadá e Rússia, as geleiras do Oceano Ártico deverão desaparecer completamente até verão e outono de 2100. Segundo estimativas da Universidade de Leeds (Inglaterra) um milhão de espécies de animais e vegetais da superfície terrestre são sensíveis ao fenômeno do aquecimento e até 2050 cerca de 15% a 35% deverão extinguir-se. Segundo pesquisas realizadas pela Universidade de Duke (Estados Unidos da América do Norte), a redução de pluviosidade nas áreas de produção agrícola da maioria das culturas da região centro-oeste brasileira estaria relacionada ao desmatamento da Região Amazônica. De acordo com os meteorologistas do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e USP (Universidade de São Paulo) as culturas de café no Estado de São Paulo e de algodão na região centro-oeste se tornarão impróprias daqui a 50 anos por fatores climáticos.

Segundo pesquisas da Universidade de Harvard (Estados Unidos da América do Norte), as mudanças climáticas ocorridas nos últimos 400 mil anos estariam diretamente relacionadas aos teores de dióxido de carbono na atmosfera. Acompanhando as subidas de temperatura ocorreram derretimentos de geleiras polares, quando os conteúdos de dióxido de carbono atmosférico eram semelhantes aos atuais. Do mesmo modo que no passado, a fusão das geleiras polares promove mudanças nas temperaturas oceânicas que, por sua vez, influem nas correntes oceânicas e produzem mudanças climáticas e, de modo semelhante ao que ocorre atualmente na Europa, o frio torna-se menos acentuado.

Felizmente, no mundo real não ocorrem mudanças bruscas na Terra em apenas uma semana e, então, estaria em princípio descartada a possibilidade de se mergulhar rapidamente na Idade do Gelo, como no filme de cinema intitulado “O dia depois de amanhã” (*The day after tomorrow*) do diretor Roland Emmerich. Segundo especialistas essas mudanças, quando comparadas à vida humana, seriam muito demoradas e, portanto, o ser humano poderia preparar-se com adoção de medidas de precaução.

A Região Amazônica, mesmo em silêncio vem suplicando indignada sem cessar por salvação, conforme detectadas por inúmeras evidências. A maior dúvida consiste em saber, até que ponto é possível promover a devastação da floresta virgem, sem causar a extinção da biodiversidade, reconhecida como a única no mundo. Na Convenção Internacional supracitada foram apresentadas informações que, entre os resultados de pesquisas até agora realizadas, fornecem os maiores detalhes sobre a situação atual e o futuro da Região Amazônica.

Em primeiro lugar pode-se imaginar o cenário prognóstico conseqüente, caso o plano de ocupação da Região Amazônica do Governo Brasileiro tenha

prosseguimento sem modificações. Amplas áreas de desflorestamento deverão ceder lugar a pastagens, áreas de cultivo agrícola e rodovias pavimentadas. Como propriedades públicas a legislação será completamente ignorada e o desflorestamento deverá ultrapassar 20% da área. Em consequência, cerca de 40% da primitiva floresta serão extirpados e, ao mesmo tempo, a influência disso deverá atingir o mundo inteiro e causarão desastres ecossistêmicos. Além do desflorestamento estima-se que cerca de 32 bilhões de toneladas de dióxido de carbono serão expelidas à atmosfera. Esta quantidade de gás é comparável à produção mundial atual de 4 anos. Em 2/3 das 12 bacias hidrográficas principais, atualmente existentes, as coberturas vegetais serão reduzidas à metade das atuais e, deste modo, deverão aparecer influências nos ciclos hidrológicos regionais. Os habitats de 1/8 dos mamíferos selvagens, distribuídos por 382 espécies, da Região Amazônica deverão desaparecer.

Em segundo lugar, se o Governo Brasileiro assumir a responsabilidade e adotar medidas necessárias, é possível que os desastres ecossistêmicos sejam evitados. Para isso é necessário reprimir com rigor o desflorestamento clandestino e, além disso, é preciso expandir as áreas de proteção ambiental. Estima-se que só a obrigatoriedade de obediência às leis atualmente em vigor, imposta pela execução de fiscalização realística, possa reduzir para metade as áreas de desflorestamento e, em consequência disso, cerca de 17% da atual floresta primitiva poderão escapar ilesos. Presume-se que no Estado do Maranhão, somente em duas bacias hidrográficas, que já perderam parte da cobertura vegetal, possam ocorrer influências na vazão hidráulica. Além disso, deverão ser expelidos para a atmosfera 17 bilhões de toneladas de dióxido de carbono. Os habitats de 1/10 de mamíferos selvagens viventes na região deverão desaparecer.

Ainda não foi encontrado um pesquisador capaz de conjecturar com precisão as condições dos ambientes naturais da Terra daqui a 50 anos ou 100 anos. Mas os resultados de algumas centenas de pesquisas realizadas sugerem que as possibilidades de aquecimento futuro são grandes. Por mais otimista ou, contrariamente, por mais pessimista que sejam os pontos de vista, a vida que sobreviver necessariamente deverá adaptar-se às novas condições. Pode-se estimar que em 100 anos a temperatura média atual da Terra, de cerca de 15° centígrados, sofra um incremento de até 6° centígrados que, em consequência, provocará a fusão de geleiras, que será acompanhada por elevação média de 80 centímetros nos níveis oceânicos. Mudanças ambientais desta escala podem vitimar dezenas de milhões de pessoas. Segundo um prognóstico, especula-se sobre o país denominado Bangladesh na Ásia, que possui quase 140 milhões de habitantes. Como este país caracteriza-se por baixa altitude e superfície muito plana, cerca de 16% do território serão invadidos pelo mar e mais de 20 milhões de pessoas terão que migrar para locais mais altos. Grandes metrópoles como Nova York, Tóquio e Rio de Janeiro também apresentam muitas áreas situadas a poucos metros acima do nível oceânico e, portanto, grande parte dessas cidades será submersa.

Mesmo que sejam utilizados supercomputadores ultramodernos, para se obter um cenário pressuposto confiável para daqui a 50 ou 100 anos em regiões repletas de problemas, talvez sejam necessários cálculos que demandem meses. Segundo informações disponíveis, deverão ocorrer aumentos de frequência e intensidade das secas, ciclones e tufões. Os cálculos são complexos mas as explicações sobre as causas são relativamente simples. A elevação de temperatura aumenta a evaporação da água e, portanto, a temperatura atmosférica sobe mais e propicia a formação de tempestades de vento e chuva. Jamais houve fatos, como os que ocorreram no ano passado, quando no Mar do Caribe aconteceram quatro tufões em seis semanas. Conforme Dr. Carlos Nobre do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), sediado em São José dos Campos (SP), é difícil afirmar que esses fatos representem consequências do efeito-estufa, porém fenômenos deste tipo fazem vislumbrar ocorrências concretas de casos semelhantes no futuro.

As apresentações públicas de notícias alarmantes sobre os ambientes naturais, feitas na Convenção das Nações Unidas em Curitiba (PR), não se limitaram à Região Amazônica. Isso não poderia ser diferente, pois não há notícias de que tenham ocorrido desflorestamentos anteriores de abrangência mundial, como os que acontecem atualmente. Nunca houve no passado devastação tão intensa e extensa de florestas nativas como as realizadas hoje em dia, que estão conduzindo inúmeros animais e vegetais a situações de perigo de extinção. O futuro do planeta Terra depende da missão, cujo fracasso é injustificável, atribuída ao homem moderno, que consiste no desafio de acelerar a reversão da tendência progressiva de fenômenos deste tipo.

Capítulo 22

Ambiente Oceânico Profundo é um Mundo Desconhecido

Cerca de 70% de toda a superfície terrestre, correspondente a 361×10^6 quilômetros quadrados são recobertos por águas oceânicas. Se for admitida uma profundidade média de 3,8 quilômetros para os oceanos, o volume total das águas oceânicas atingirá a surpreendente cifra de 1.370×10^6 quilômetros cúbicos. Além disso, atribuindo-se um peso de 1,03 grama para cada centímetro cúbico chega-se à cifra realmente astronômica de 1.410×10^{21} gramas para o peso total das águas oceânicas existentes na superfície terrestre. São encontrados 34 gramas de sal (cloreto de sódio) dissolvidos em cada litro de água oceânica atual, que corresponde a 99% do sal em solução naturalmente encontrado na superfície terrestre.

Os oceanos são caracterizados por números tão surpreendentes como os supracitados e mantém, através de suas superfícies, incessantes intercâmbios de matéria (água e substâncias em solução ou suspensão na água) e energia (principalmente calor) com a atmosfera continuamente sobrejacente. Deste modo, dá origem aos ambientes naturais da superfície terrestre, em especial ao clima. Os estágios evolutivos pelos quais passaram as águas oceânicas da superfície terrestre, desde a origem da Terra há 4,6 bilhões de anos até os dias atuais, são razoavelmente conhecidos pelas pesquisas de composições químicas e de razões de isótopos estáveis de carbono e oxigênio de conchas carbonáticas fósseis de moluscos. Com base nessas pesquisas sabe-se, por exemplo, que há cerca de 2 bilhões de anos passados as composições químicas das águas oceânicas já estavam definidas. Além disso, durante as etapas evolutivas das águas oceânicas volumes gigantescos de dióxido de carbono atmosférico foram enclausurados nas rochas carbonáticas quimicamente precipitadas. Presume-se que a composição química do ar atmosférico semelhante a atual, que possibilitasse a vida efêmera e frágil como, por exemplo, do homem moderno seria alcançada somente com a subsequente atuação de plantas verdes (com clorofila), através do processo de fotossíntese.

O papel desempenhado pelos oceanos e águas oceânicas, na superfície terrestre, é atualmente conhecido só na porção rasa, desde a linha de maré vazante

costa afora até cerca de 200 metros de profundidade, limitada à plataforma continental. Este setor determina a zona fótica, que varia segundo a área oceânica, mas até cerca de 80 metros tem-se a zona eufótica, onde as quantidades de luz são suficientes para as plantas realizarem a fotossíntese e a zona disfótica está situada a maiores profundidades. Na zona eufótica há reprodução de seres vivos, como de diatomáceas que constituem o fitoplâncton (seres vivos vegetais flutuantes) e outras algas. Por exemplo, os corais hermatípicos (construtores de recifes) vivem em simbiose com algas fotossintetizadoras e, portanto, inexistem em locais mais profundos que a zona eufótica. Na zona disfótica normalmente não ocorre reprodução efetiva de vegetais. A maioria dos recursos marinhos naturais, consumida pelos seres humanos nos dias de hoje, é coletada na área da plataforma continental.

O que significa plataforma continental, que é um termo técnico ligado à geomorfologia submarina? Corresponde ao fundo oceânico muito plano e suavemente inclinado, em geral situado a menos de 200 metros de profundidade de água com média mundial de cerca de 130 metros, que se estende nas adjacências dos continentes. Nas regiões costeiras de áreas glaciadas e recobertas por geleiras quaternárias como, por exemplo, nas adjacências do Continente Antártico, por influência do peso das geleiras continentais, exibem profundidades bem maiores. As superfícies relativamente planas das plataformas continentais inclinam-se cerca de 7 minutos rumo costa afora, mas nas proximidades dos pólos em altas latitudes podem ocorrer vales de erosão glacial e morfologias de depósitos glaciais afogados. Nas profundidades atuais superiores a 20 metros ocorrem depósitos de cascalhos com areias grossas e afloramentos rochosos que, na borda externa da plataforma continental, foram datados em 17 mil anos passados, que são interpretados como produtos de nível oceânico baixo do Estádio Glacial Wisconsiniano (último estágio glacial). A área ocupada pelas plataformas continentais atuais representa cerca de 17% da área oceânica total e, em função da fotossíntese vegetal, da mistura vertical das águas e do suprimento suficiente de sais e nutrientes originários dos continentes, formam as melhores áreas de pesca. Conhecem-se também ocorrências de recursos minerais comparáveis aos que existem sobre os continentes e, parte deles, já se acham em exploração. Como exemplos reais desses casos têm-se o da cassiterita na Tailândia e do diamante na África do Sul.

Por vários anos durante a década de 1970, vários pesquisadores ligados às entidades governamentais, tais como, D.N.P.M. (Departamento Nacional de Produção Mineral), C.P.R.M. (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), Petrobrás (Petróleo Brasileiro S/A) e D.H.N. (Diretoria de Hidrografia e Navegação) da Marinha do Brasil, desenvolveram pesquisas científicas básicas sobre a plataforma continental do Brasil. A potencialidade da produção petrolífera brasileira, que teria alcançado a autossuficiência, conta com a Bacia Submarina de Campos, situada costa afora do Estado do Rio de Janeiro, que atualmente representa cerca de 80% da produção total. Neste caso, já foi ultrapassada a borda externa da plataforma continental e, deste

modo, a prospecção petrolífera atingiu o talude continental a mais de 1.000 metros de profundidade de água.

O talude continental refere-se a um plano, que começa na borda externa da plataforma continental e cai para o fundo oceânico profundo com inclinação relativamente forte (3° a 6°). Este plano é delimitado mundialmente, na sua extremidade inferior, pela elevação continental, ou fossa submarina. A existência de terraços marinhos e vales submarinos torna a geomorfologia desta superfície muito complexa. Nas costas do Oceano Pacífico, a oeste da América do Norte e no Japão, o plano exhibe dois patamares, que são delimitados entre si por penhascos. A superfície deste plano pode ser formada por embasamento rochoso ou por espesso depósito sedimentar. No primeiro caso, acredita-se que constitua um local onde ocorreram freqüentes correntes de turbidez e escorregamentos e o embasamento é composto por rochas continentais. No segundo caso representam porções frontais de depósitos marinhos rasos de proveniência continental, que podem ser encontrados em taludes continentais suaves ou em áreas com deltas oceânicos.

Denomina-se de elevação continental a parte soerguida do fundo oceânico profundo comprida e larga, que ocorre no sopé do talude continental. Atinge larguras de 0 a 600 quilômetros, exhibe inclinações de 1/40 a 1/2.000 e ocorre em profundidades de 1.400 a 5.100 metros. No limite superior grada transicionalmente para o talude continental, mas no limite inferior passa repentinamente para montes ou planícies submarinas profundas. Na costa Norte-Americana subdivide-se em porções superior e inferior e ao sul do Cabo Hatteras transforma-se em bancadas com muitos degraus. As elevações continentais representam leques ou aventais submarinos compostos de sedimentos argilosos e sílticos carreados por correntes de fundo provenientes das plataformas continentais e, conforme a prospecção sísmica, sabe-se que exibem estruturas de prismas de sedimentos. Nas adjacências da foz do Rio Amazonas, na região norte do Brasil, existe um grande leque submarino situado a uma profundidade de cerca de 4 mil metros, que se localiza na base do talude continental e na porção terminal de um vale submarino. Sedimentologicamente é composto de areias oceânicas profundas, que contém carapaças de foraminíferos de águas oceânicas rasas, que teriam sido transportados e sedimentados por correntes de turbidez.

Os oceanos profundos, que ocupam a maior parte dos oceanos, variam desde alguns milhares de metros até cerca de 11 mil metros nas partes mais profundas. Embora existam algumas discrepâncias na subdivisão, os oceanos profundos referem-se normalmente aos fundos submarinos situados entre 4 a 5 mil metros. Ocorrem argilas oceânicas e vasas submarinas e presume-se que existam poucos organismos vivos. As cadeias (ou cordilheiras) oceânicas referem-se aos grandes relevos dos fundos oceânicos soerguidos abruptamente. Representam cadeias montanhosas dos fundos oceânicos, que freqüentemente são designadas de cadeias submarinas, cujas amplitudes altimétricas e extensões são superiores às existentes sobre os continentes.

Na porção ocidental do Oceano Pacífico muitas formam ilhas, que na porção média são compostas de basaltos (rochas vulcânicas básicas) superpostas por recifes de corais, que formam inúmeras cadeias oceânicas dispostas na direção NW-SE. No Oceano Índico ocorrem muitas cadeias oceânicas sem sismicidade de direção N-S. Especialmente a cadeia oceânica de longitude leste 90° exibe conspícuo declive acentuado no lado ocidental e estende-se em linha reta por 4.500 quilômetros, presumindo-se que seja uma estrutura semelhante a um “*horst*”. Por outro lado, em contraposição à cadeia oceânica tem-se a fossa oceânica, que constitui uma zona deprimida comprida e estreita no fundo oceânico, delimitada por planos relativamente inclinados. O comprimento pode atingir alguns milhares de quilômetros e a largura é de cerca de 100 quilômetros e, em relação ao fundo oceânico adjacente, pode apresentar alguns quilômetros de profundidade. A maioria das fossas oceânicas exibe seção transversal assimétrica em forma de letra “V”, com declive acentuado no lado continental e suave no lado oceânico. Nas vertentes das fossas oceânicas podem ser encontrados sulcos, coincidentes com falhas continentais, que as seccionam obliquamente. Nas superfícies das vertentes desenvolvem-se bancadas com vários degraus e as fossas oceânicas inclinam-se, na parte central, com vertentes muito abruptas. Os fundos das fossas submarinas apresentam-se geralmente aplainados por estarem colmatados de sedimentos e, em seção longitudinal, descem em degraus para maiores profundidades. Das 27 fossas oceânicas existentes na Terra, 22 estão no Oceano Pacífico, 4 no Oceano Atlântico e 1 no Oceano Índico. Entre as fossas oceânicas do Oceano Pacífico, as orientais são mais rasas e retilíneas e as ocidentais são mais profundas e formam arcos dirigidos para o lado oceânico. No lado continental dessas fossas oceânicas sucedem-se zonas vulcânicas e sísmicas e as zonas de anomalia gravitacional seguem as fossas oceânicas ou as suas porções internas e as intensidades de fluxo térmico crustal são também baixas nas cercanias das fossas oceânicas. Os epicentros de terremotos profundos distribuem-se em um plano inclinado de 30° a 60° rumo ao continente. A partir da estrutura geológica das vizinhanças das fossas oceânicas foi desenvolvida a seguinte teoria ligada a sua origem. O fato de anomalia gravitacional ser encontrada na maioria das fossas oceânicas significa, que o sial (denominação genérica para a matéria constituinte da metade superior da crosta terrestre) é anormalmente espesso nesta porção. Como as correntes de convecção térmica, ao colidirem com os continentes, mergulham para baixo, são aí formadas zonas de falhas inclinadas para os continentes e a crosta forma flexura para baixo para originar a fossa oceânica nesta porção.

Como foi acima citado, empregando-se vários princípios físicos, e diversos conhecimentos sobre os fundos oceânicos, ligados à geomorfologia submarina, à geologia e aos depósitos sedimentares têm sido pesquisados por métodos de prospecção gravitacionais, magnéticos, sísmicos e radioativos. A utilização de informações precisas tornou possível a descoberta e a exploração de recursos subterrâneos oceânicos de jazidas de carvão, campos de petróleo, bem como de outros minerais.

O progresso alcançado pela moderna tecnologia durante 50 e poucos últimos anos tem sido extraordinário e, na realidade, representa um fato espantoso. Quase todas as inúmeras fantasias científicas, entre tantas idealizadas pelo escritor francês Júlio Verne transformaram-se em realidade. Satélites artificiais já foram disparados ao planeta mais afastado do Sistema Solar e pesquisas em nanotecnologia também passam por avanços rápidos, mas a vida oceânica profunda ainda poderia ser considerada como um mundo desconhecido. Os conhecimentos sobre os fundos oceânicos, de uma área que corresponde a cerca de 70% da superfície terrestre, limitam-se somente à porção mais rasa e presume-se a existência de mais da metade da biodiversidade da vida oceânica em fundos oceânicos profundos. Mas, até agora estão disponíveis apenas conhecimentos insuficientes. O ambiente submarino profundo é escuro e representa um mundo inóspito submetido a condições de pressão hidráulica altíssima e não seria nenhum exagero considerar que é menos explorado que a superfície lunar.

Como resultados de pesquisas oceanográficas dos 200 anos passados, foram relatadas cerca de 230 mil espécies de seres vivos. No mesmo período, animais que vivem na atmosfera, na pedosfera, nos lagos e rios de âmbito aquáticos continentais já descritos, atingem 1,5 milhão de espécies. Embora atualmente sejam desconhecidos estima-se a possibilidade de que, em futuro próximo, 2 milhões de seres vivos de oceanos profundos sejam descobertos e imagina-se que 90% seriam representados por microrganismos.

A última fronteira da superfície terrestre, que é representada pelo fundo oceânico profundo, deverá ser reconhecido em futuro próximo e deverá ter início o dia da sua exploração. Neste caso, cada vez mais não se deve esquecer da importância da conservação ambiental. Atualmente, 1.700 pesquisadores de 70 países dedicam-se ao projeto intitulado “Levantamento da vida oceânica”. Espera-se que, até o ano 2010, estejam coletados materiais suficientes para se conhecer a vida oceânica. Os resultados de pesquisas da biodiversidade oceânica, que serão obtidos desta maneira, representam talvez a mais importante questão ligada à vida ou morte do futuro da humanidade. Sem esses conhecimentos, a possibilidade de não se atingir a autossuficiência alimentar da população mundial total, que hoje já somaria 6,5 bilhões de habitantes e estaria em constante crescimento, seria perfeitamente admissível.

Capítulo 23

Astroblema de Colônia na Cidade de São Paulo

Denomina-se de astroblema a estrutura formada pelo impacto de pequenos corpos celestes sobre a Terra. Normalmente forma crateras de impacto com diâmetros superiores a alguns quilômetros, cuja estrutura interna fica exposta pela erosão. A designação é originária de astro (corpo celeste) + blema (em grego refere-se à cicatriz devida a impacto de flecha ou pedra).

Corresponde a uma depressão formada por choque a alta velocidade (alguns quilômetros por segundo) de um pequeno corpo celeste (meteorito, pequeno planeta ou cometa). As que são encontradas sobre a superfície terrestre são chamadas de cavidades ou crateras meteoríticas. São encontradas na maioria dos corpos celestes do Sistema Solar com superfícies sólidas e os seus diâmetros variam desde menos de 1 milímetro até mais de 2.000 quilômetros. Em corpos celestes com envoltório atmosférico ocorre redução das velocidades de pequenos corpos celestes por atrito com a atmosfera. Deste modo, quando os diâmetros dos corpos celestes forem menores que alguns quilômetros em Vênus, menores que algumas dezenas de quilômetros na Terra ou menores que 1 metro em Marte, não se originam crateras de impacto. Em corpos celestes como a Lua, que é desprovida de atmosfera, formam-se crateras de impacto com diâmetro inferior a 1 milímetro. A identificação de crateras de impacto sobre a superfície terrestre é baseada na configuração em planta, nas estruturas (cone-de-impacto e estrutura de amarrotamento) e na anomalia gravimétrica, além da deformação de minerais e presença ou ausência de minerais de alta pressão (coesita, estishovita, etc.). Teria sido relatada, até o momento, a existência de 170 crateras de impacto sobre a superfície terrestre.

No início da década de 60 do século passado, E. Shoemaker e outros realizaram pesquisas geológicas detalhadas e descobriram minerais em forma de sílica (SiO_2) de alta pressão, denominados de coesita e estishovita e confirmaram, pela primeira vez no mundo, cratera de impacto de meteorito. Esta cratera de impacto

possui diâmetro de 1,3 quilômetro e profundidade de 145 metros e situa-se no Platô de Colorado, ao norte do Estado do Arizona nos Estados Unidos da América do Norte. Ela foi formada por impacto sobre Arenito *Coconino* e Calcário *Kaibab*, de atitudes praticamente horizontais e de idades permianas, cuja característica mais conspícua é a presença de estrutura de amarrotamento. A idade de impacto é de cerca de 50 mil anos, mas como a região apresenta clima árido, a forma original encontra-se bem preservada. Este fato funcionou como “gatilho” e, a seguir, diversas outras crateras foram descobertas no mundo inteiro.

Entre as crateras de impacto de meteorito, mais detalhadamente estudadas, tem-se a *Rieskessel* no sul da Alemanha (*Nördlinger*). Teria sido formada pelo impacto sobre formações geológicas compostas por calcários jurássicos e depósitos lacustres terciários de 15 milhões de anos passados. Apresenta estrutura anelar dupla com diâmetros de 11 e 25 quilômetros. Dentro do anel interno houve sedimentação lacustre e o anel externo forma uma colina com 10 a 200 metros de altura. Nas circunvizinhanças acham-se distribuídas brechas de impacto denominadas de suevitos. Os moldavitos (espécie de tectito), que são encontrados entre 260 a 400 quilômetros, na porção leste do *Checo*, também teriam sido originados durante este impacto. A cratera de *Schuteinham* com 3,5 quilômetros de diâmetro, encontrada 40 quilômetros a WSW da cratera de Ries, é interpretada como originada por fragmentação do mesmo meteorito ou como formada por impacto de meteorito composto.

Quando a cratera de impacto possui diâmetro superior a 300 quilômetros denomina-se bacia de impacto. Nas crateras com essas dimensões desenvolvem-se estruturas anelares duplas ou até triplas e, portanto, freqüentemente são chamadas de bacias multianelares e são diferenciadas das crateras de impacto com diâmetros menores que 300 quilômetros. Como causa de formação de anéis múltiplos têm-se, como primeira hipótese que, a depressão inicialmente formada tenha sofrido colapsos subseqüentes para dentro ou, como segunda hipótese, que possa refletir estrutura subterrânea composta por materiais de diferentes resistências. Na Lua são encontradas cerca de 50 bacias, a começar pela Bacia Aitken no pólo sul com cerca de 2.500 quilômetros de diâmetro e em Marte foram descobertas cerca de 30 como, por exemplo, a Bacia de Helas com 200 quilômetros de diâmetro. As idades dessas bacias são mais antigas que 3,8 bilhões de anos e, além disso, acredita-se que a formação delas tenha influído na evolução dos planetas e dos satélites posteriormente originados.

O astroblema de Colônia, na cidade de São Paulo, já era conhecido desde o início da década de 60 do século XX, por professores e estudantes do Curso de Geologia da Universidade de São Paulo. O Professor R. Kollert, que na época ensinava geofísica neste curso, estimou a profundidade deste astroblema em cerca de 200 metros pelo método de resistividade elétrica. Há cerca de 10 anos, estudantes de pós-graduação do Observatório Nacional de Astronomia e Geofísica do Rio de

Janeiro utilizaram métodos sísmico e magnetotetelúrico e concluíram que, nas porções mais profundas, atingiria 300 m.

Situa-se a aproximadamente a 50 quilômetros do centro da cidade de São Paulo após o bairro de Parelheiros, no limite da cidade. Representa uma das 6 crateras existentes em território brasileiro e uma das 11 da América Latina. Presume-se que tenha sido formada por impacto de um pequeno corpo celeste mas, até o momento, não foram encontrados minerais de alta pressão ou fragmentos de meteoritos, como na cratera do Platô de Colorado, na América do Norte. Entretanto, a cratera de impacto é circular com 3,5 quilômetros de diâmetro e exhibe relevo muito plano, que é drenado por um riacho. Ela é circundada por morros com 100 a 150 metros de altura. Até o momento não foram realizadas datações absolutas por métodos físicos sobre a idade da origem do astroblema mas, nas vizinhanças, teriam sido descobertos sedimentos da fase final de deposição da bacia de São Paulo com estruturas de amarratamento, donde se presume que tenha sido formado após cerca de 3 a 4 milhões de anos. Caso isto seja verdade, os sedimentos com espessura máxima de cerca de 300 metros teriam sido depositados após 3 milhões de anos. Se foram mantidas condições redutoras, presume-se que os palinomorfos (polens e esporos) vegetais das plantas que floresceram neste intervalo de tempo, estariam preservados nesses sedimentos.

Um testemunho de 7,8 metros de comprimento, coletado com um vibrotestemunhador, é constituído de areia lamosa de cor negra de natureza orgânica. Através de convênio de pesquisa entre França e Brasil foi realizada análise palinológica e, em consequência, foram reconstituídos os paleoclimas dos últimos 100 mil anos. Por esses dados presume-se que, sob influência de mudanças paleoclimáticas (mais quente e mais úmido ou mais frio e mais seco que hoje) no período, a Mata Atlântica teria se expandido mais que atualmente no mínimo por 8 vezes, mas também teriam ocorrido duas fases de regressão.

De 120 mil a 130 mil até 85 mil anos passados, correspondentes ao Estádio Interglacial Sangamoniano da América do Norte, foram mantidas condições ótimas ao crescimento pleno dos vegetais, pela temperatura e umidade adequadas e, deste modo, o desenvolvimento das matas foi realizado em três fases. As árvores das matas teriam absorvido luminosidade e umidade abundantes, que levaram à formação da mata bem desenvolvida, recobrimdo a atual Serra do Mar. A seguir de 85 mil a 12 mil anos passados, correspondentes ao Estádio Glacial Wisconsiniano da América do Norte, ocorreu um longo tempo de paleoclima inadequado ao desenvolvimento vegetal e animal. Neste intervalo de tempo a temperatura média teria sido no mínimo 5° centígrados inferior e os períodos de crescimento das plantas ficaram completamente desregados e sem germinação desapareceram. Florestas fechadas transformaram-se, aos poucos, em campos abertos com gramíneas e as árvores ficaram restritas às margens de rios. Consequentemente pode-se imaginar que, na época, fortes ventos teriam causado danos às árvores em matas rarefeitas.

Durante a fase subsequente de calma paleoclimática a floresta foi submetida à reorganização e recuperação. As análises de palinomorfos (polens e esporos) ao longo do testemunho sugeriram que entre 55 mil a 43 mil anos passados a floresta expandiu-se, mas entre 43 mil a 28 mil anos regrediu fortemente. Entre 28 mil a 23 mil anos ocorreu nova recuperação, mas entre 23 mil a 12 mil anos teria sido submetida à quase extinção. Este intervalo de tempo é correlacionável ao U.M.G. (Último Máximo Glacial) do último glacial (Estádio Glacial *Würm* dos Alpes), que mostrou grande desenvolvimento de geleiras, principalmente no hemisfério Norte. De 12 mil anos até hoje, sob condições climáticas mais agradáveis, ocorreram transformações para florestas fechadas e muito ricas em diversidades específicas.

Infelizmente as informações até agora disponíveis para reconstruções paleoclimáticas limitam-se aos últimos 100 mil anos, obtidas dos estudos de palinomorfos de um testemunho de cerca de 8 metros. No presente momento, as mudanças paleoclimáticas reconstituídas com base nas razões isotópicas de carbono e oxigênio, de cavernas calcárias do sul do estado de São Paulo e Santa Catarina, mostram algumas semelhanças com as informações obtidas de testemunhos de geleiras da Antártida e da Groenlândia.

Segundo a palinóloga francesa Dra. Marie Pierre Ledru, até cerca de 12 mil anos passados *Araucaria* (pinheiro-do-Paraná) e *Podocarpus* (conífera) eram muito comuns nas vizinhanças da capital paulista. Atualmente, o pinheiro-do-Paraná dessa região apresenta-se muito disperso. De acordo com esta especialista a regressão acentuada de pinheiro-do-Paraná na região não representa um fenômeno resultante de atividades antrópicas, mas estaria ligada à história evolutiva dessas coníferas. Poder-se-ia admitir que, a partir de certo momento, tenham desaparecido as condições propícias à expansão dessas plantas. Porém, a compreensão das causas só poderia ser tentada com pesquisas adicionais mais profundas.

A análise palinológica não deveria restringir-se a somente cerca de 8 metros acumulados em cerca de 100 mil anos, pois há 3 ou 4 milhões de anos a cratera meteorítica atingiria a profundidade máxima de cerca de 300 metros, que teria sido completamente colmatado por lama arenosa com matéria orgânica vegetal. Os sedimentos desta cratera apresentam-se praticamente inconsolidados e, desta maneira, ainda não se dispõe no Brasil, de um testemunhador de lama que permita recuperar sedimentos deste tipo com mínima deformação.

Durante uma visita ao Japão em 1990, o geólogo Kazuo Oshima que, na época era técnico do Serviço Geológico do Japão pertencente ao Instituto de Tecnologia Industrial do Ministério de Indústria e Comércio, relatou-me sobre a sua experiência. Há alguns anos ele teria testemunhado lama inconsolidada do fundo da Baía de Tóquio. Em função disso pensou-se na possibilidade de que as propriedades físicas de sedimentos do Astroblema de Colônia fossem semelhantes. Solicitei então colaboração do Dr. Oshima para realização de uma pesquisa conjunta, que consistiria

na testemunhagem contínua e na realização de análises palinológicas e datações mais detalhadas. O plano de pesquisa foi encaminhado ao Governo do Japão, na ocasião, através do Serviço Geológico daquele país. Na época, a presidência dos Estados Unidos da América do Norte era ocupada pelo pai do atual presidente, que empreenderia a primeira guerra do Golfo Pérsico contra o Iraque. A solicitação do Governo Americano ao Japão, na ocasião, seria atendida não pelo envio de tropas, mas com auxílio financeiro de 5 bilhões de dólares norte-americanos. Em consequência disso ocorreram cortes em verbas de pesquisas científicas do Japão e infelizmente a nossa pesquisa do astroblema também seria incluída neste rol.

As provas da origem geológica do Astroblema de Colônia em São Paulo, isto é, as evidências seguras de que seja uma cratera de impacto de pequeno corpo celeste ainda não foram encontradas. Por exemplo, fragmentos de meteoritos ou minerais silicosos interpretados como de alta pressão, designados de coesita e estishovita, não foram localizados até o momento. As declarações do Dr. E. Shoemaker, que comprovou a origem da cratera meteorítica do Platô de Colorado na América do Norte, de passagem por São Paulo teriam sido as seguintes. Certamente o Astroblema de Colônia exibe geomorfologia de uma cratera de impacto de corpo celeste. Ele retornou aos Estados Unidos após dizer que, entretanto, cabe aos geólogos brasileiros comprovar esta origem. Infelizmente ele faleceu em acidente automobilístico em 1997, durante as suas férias na Austrália. Após isso o Governo Estadual de São Paulo construiu, na borda do astroblema um presídio, que deteriorou o ambiente social da região e posteriormente ocorreu invasão dos “sem-tetos”, que construíram uma favela com mais de 30 mil habitantes. Como esta cratera de impacto possui 3,5 quilômetros de diâmetro, com terreno plano e pantanoso circundado por morros de 100 a 150 m, constitui uma bacia de captação de águas pluviais da região e, portanto, apresenta péssimas condições para um bairro residencial. A quase totalidade dos problemas ambientais do Brasil representa uma questão de origem sócio-econômica. Os excluídos do mundo sócio-econômico, compostos por pessoas analfabetas e pobres, são pressionadas, sem qualquer outra opção, para áreas de condições mais péssimas possíveis, que são comumente evitadas pelas pessoas melhor aquinhoadas.

Como alternativa, esta região apresenta vocação, por exemplo, para um parque natural para receber os moradores da capital paulista. Não se restringe aos patrimônios naturais, representados pela cratera meteorítica e pela Mata Atlântica, mas também existe uma aldeia indígena de tupis-guaranis, que constitui um patrimônio antropológico. Como parque natural poderia desempenhar importante papel na cultura e educação mas até como local de lazer, principalmente para os moradores das vizinhanças.

Capítulo 24

Suscetibilidade do Brasil ao Aquecimento Climático

Na maioria dos países a importância de pesquisas deste tipo é enfatizada mas, mesmo em países do primeiro mundo e até entre signatários de acordos internacionais, são muito raros os que tenham realizado investigações sistemáticas sobre a suscetibilidade do seu território às mudanças climáticas. Sem fugir à regra geral, o Brasil também não realizava mais que pesquisas restritas às possíveis influências das mudanças climáticas sobre algumas culturas agrícolas. Entretanto, pesquisadores da FIOCRUZ (Fundação Instituto Oswaldo Cruz), sediada no Rio de Janeiro, divulgaram em abril de 2006 uma importante contribuição relacionada ao tema, que foi executada sob os auspícios do Ministério de Ciência e Tecnologia. Consiste na metodologia de avaliação do perigo à saúde pública do aquecimento climático, que seria utilizável em qualquer país do mundo. Ela considera as informações obtidas sobre as causalidades de algumas doenças originadas em consequência de mudanças climáticas, além de, condições de vida dos moradores e utilizou o I.V.G. (Índice de Vulnerabilidade Geral), que expressa a suscetibilidade da região.

A pesquisa foi conduzida em âmbito nacional durante 3 anos, sob coordenação do Professor Ulisses Confalonieri, que é especialista em doenças epidêmicas da Fundação Oswaldo Cruz da Universidade Federal de Saúde Pública. Como conclusão mais importante obteve-se o máximo valor de I.V.G. no Nordeste Brasileiro, como resultado de complexa combinação da extrema pobreza, ocorrência de inúmeras doenças, além da deflagração de secas periódicas. Na escala de 0 a 1 o Estado de Alagoas destacou-se com índice 0,64. Em seguida apareceram os estados da Bahia com índice 0,46 e Pernambuco com 0,44. No extremo oposto situaram-se os estados do Rio Grande do Sul com 0,13; Mato Grosso do Sul com 0,14; Distrito Federal com 0,17; Paraná com 0,18; Santa Catarina com 0,19 e Goiás com 0,20. Quanto menor for o I.V.G. significa que a população desta região poderá enfrentar o aquecimento sem problemas, conforme o Dr. Confalonieri, que é membro do Painel

Intergovernamental de Mudanças Climáticas (em inglês I.P.C.C.= *Intergovernmental Panel of Climatic Change*). Esta comissão, composta por pesquisadores das Nações Unidas, tem avaliado os conhecimentos atualmente disponíveis sobre mudanças climáticas.

A fórmula proposta por pesquisadores da FIOCRUZ é baseada no I.D.H. (Índice de Desenvolvimento Humano) do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas, que utiliza como números indicadores educação, longevidade e rendimento dos países. O I.V.G. proposto pelo grupo do Dr. Confalonieri resulta da média aritmética de três números indicadores.

Em primeiro lugar tem-se o I.V.S.E. (Índice de Vulnerabilidade Sócio-Econômica) que resulta da combinação de onze números indicadores, que incluem fatores relacionados à demografia, índice de urbanização, rendimento, educação, nível de saúde e condições de higiene, usando pesos específicos diferenciados para cada fator. Neste item, em escala de 0 a 1, São Paulo com 0,10 e Santa Catarina com 0,15 corresponderam aos estados com valores mais baixos. No extremo oposto destacam-se entre os estados com valores mais altos, Alagoas com 0,76; Maranhão com 0,75 e Piauí com 0,73.

O segundo grupo de informações foi considerado no I.V.E. (Índice de Vulnerabilidade Endêmica). Neste caso, tem-se as doenças endêmicas atualmente existentes como, por exemplo, dengue, malária e cólera, que são consideradas como doenças endêmicas predominantes mais sensíveis às mudanças climáticas. Entre as doenças regionais mais representativas de ocorrência mais freqüente em regiões inundáveis tem-se, por exemplo, a leptospirose. De maneira análoga, em regiões de alta pluviosidade influem, por exemplo, na periodicidade biológica dos pernilongos transmissores de malária e dengue. Entre os estados de maior vulnerabilidade às doenças endêmicas tem-se a Bahia com 0,30 e o Pará com 0,31. Especialmente no Estado da Bahia a vulnerabilidade é mais alta em relação ao dengue, cólera, leptospirose e leishmaniose. O Estado do Pará destaca-se pela alta ocorrência de dengue e malária.

O terceiro conjunto de informações constitui o I.V.C. (Índice de Vulnerabilidade Climática). Os estados brasileiros foram classificados por mudanças nas precipitações pluviométricas nos últimos 42 anos e as conseqüentes grandes secas e grandes inundações. Em escala de 0 a 1, o Estado de Alagoas ficou com 1, pois mostrou o maior número de mudanças nas precipitações pluviométricas. Em seguida, os estados de Sergipe, Ceará e Maranhão ficaram com 0,55. Enquanto isso, os estados do Acre com 0,00; Amazonas e Pará com 0,01 sugeriram que, mesmo durante os períodos chuvosos, as mudanças climáticas de precipitações pluviométricas são muito estáveis. Conforme Dr. Confalonieri, com o avanço do aquecimento global futuro pode-se prognosticar mudanças de precipitações pluviométricas por transformações climáticas repentinas. Essas instabilidades deverão dificultar a adoção de medidas preventivas de salvamento das populações e, deste modo, aumenta a vulnerabilidade.

As razões porque o Estado de Alagoas apresenta o maior I.V.G. são as seguintes. Exibe alta densidade demográfica com pobreza extrema e, além disso, possui a pior infra-estrutura de saneamento e a maior mortalidade infantil, acompanhadas de sucessivas distribuições muito desiguais de precipitações pluviométricas.

Propala-se que nos últimos 100 anos a temperatura média da Terra tenha subido 0,6 a 0,7° centígrados. Desde 1890, quando se iniciou o atual registro de mudanças climáticas, os cinco últimos anos da última década teriam sido os mais quentes. A maioria dos pesquisadores de climas da Terra acredita, que a causa principal do aquecimento seriam os gases-estufa, que vem sendo supridos pelas fábricas e automóveis, além de queimadas em florestas. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (em inglês I.P.C.C.= *Intergovernmental Panel of Climatic Change*) está examinando situações futuras dos próximos 100 anos, com a estabilização ou com o aumento de gases-estufa na atmosfera. Em ambos casos pode-se presumir subidas de temperatura de 1 a 6° centígrados. A influência disso deverá ser realmente trágica pois, juntamente com a subida dos níveis oceânicos pensa-se que os ecossistemas se tornarão instáveis mas, até o momento, não existem modelos confiáveis, que permitam prever o tamanho do prejuízo.

Sob o ponto de vista da implantação de políticas públicas como, por exemplo, para que o governo possa tomar decisões drásticas como de mudanças de matriz energética, as pesquisas sobre suscetibilidade são fundamentais. Presume-se que a proposta de I.V.G., em consequência de mudanças climáticas, possa ser também de muita utilidade para monitoramento de doenças endêmicas. Foram discutidas as possibilidades de ocorrência de doenças regionais, mas segundo Dr. Confalonieri isto é insuficiente pois, além disso, para realizar pesquisas mais abrangentes sobre as suscetibilidades em saúde pública, há necessidade de promover investigações sobre as disponibilidades de águas potáveis e alimentos.

O Ministério de Ciência e Tecnologia do Brasil iniciou essas pesquisas pelos levantamentos das fontes de exalação de dióxido de carbono e muito recentemente iniciou as pesquisas sobre suscetibilidade. Excluindo as pesquisas do Dr. Confalonieri temas mais específicos como, por exemplo, os relacionados ao desaparecimento dos corais hermatípicos, em consequência das mudanças climáticas, têm sido considerados. A formação de recifes de corais é determinada pelas condições de vida dos corais hermatípicos. Esses corais adaptam-se melhor às águas oceânicas com temperaturas entre 18 a 36° centígrados (temperatura ótima entre 25 a 30° centígrados) e salinidades de 27 a 40 ‰.

Além disso, a associação em simbiose com algas torna imprescindível a luz e, além disso, necessita de oxigênio e de vários outros tipos de sais. Deste modo, eles se desenvolvem melhor desde o nível de maré baixa até cerca de 30 metros de profundidade, onde são mais intensas as movimentações das águas oceânicas. Na presença de argila em suspensão as águas oceânicas podem provocar a morte por

asfixia. Na região litorânea do Brasil os corais hermatípicos distribuem-se desde a área costa afora de Caravelas (BA) até o Estado do Ceará. Nas zonas costeiras dos estados do Maranhão e Pará e na desembocadura do Rio Amazonas aumenta a quantidade de materiais em suspensão e ao sul do Estado do Espírito Santo as águas oceânicas são demasiadamente frias, pois frequentemente atingem temperaturas inferiores a 25°centígrados.

Entre outros fatores limitantes há o fato de que o clima foi representado por dados meteorológicos ligados à pluviosidade de apenas 42 anos passados. Por outro lado os fenômenos climáticos são extremamente complexos e muitas vezes os climas normais são perturbados por climas anômalos. Os registros geológicos representativos de paleoclimas são especialmente relacionados aos fenômenos anômalos. Este ponto de vista foi defendido, há cerca de 200 anos passados por Dr. Cuvier, um cientista francês, através da teoria do catastrofismo ou, pelo seu sinônimo, teoria da calamidade. Pelos conhecimentos atuais, embora seja difícil representar com exatidão o cenário das mudanças climáticas regionais, já se tornou possível utilizar as conseqüências das mudanças climáticas futuras.

Esta pesquisa baseada no I.V.G. ignora completamente a importante capacidade dos seres humanos de se adaptar, até certo ponto, às influências de fenômenos naturais de mudanças climáticas. Esta característica deve-se ao fato de que fenômenos deste tipo não ocorrem instantaneamente, mas são necessárias algumas décadas ou séculos e, deste modo, são aspectos importantes nas pesquisas de suscetibilidade. Por exemplo, embora as suscetibilidades da Região Nordeste do Brasil sejam muito altas, enquanto os alimentos e as águas potáveis satisfaçam minimamente as suas necessidades, os habitantes não migram. Há muito tempo o Governo Federal tem tomado medidas para garantir a renda mínima com o objetivo de evitar a migração.

Os habitantes da Região Amazônica, onde não ocorrem fenômenos de mudanças climáticas extremas, possuem menor capacidade de adaptação. Por exemplo, o acidente relacionado à grande seca de 2005 comprovou este fato. Os barcos ficaram imobilizados pela ressecação de grande parte dos igarapés e sem poder capturar peixes para sua alimentação, 250 mil moradores ficaram completamente imobilizados sem possibilidade de tomar qualquer providência a não ser aguardar a salvação por helicópteros do Governo Federal. Os habitantes desta região resistem aos transtornos devido às intensas chuvas, mas são completamente frágeis às secas.

O Dr. Confalonieri da FIOCRUZ está planejando obter informações sobre a capacidade de adaptação dos moradores das vizinhanças de Santarém (PA), situada na porção central da Região Amazônica, com auxílio do Ministério de Ciência e Tecnologia do Brasil. Uma ONG inglesa também tem a idéia de fomentar coletas de informações e interpretações sobre a capacidade de adaptação regional dos moradores de países em desenvolvimento.

A necessidade de elaboração de mapas de I.V.G. (Índices de Vulnerabilidade Geral) do país inteiro foi um dos aspectos mais enfatizados pelos 27 especialistas reunidos, há dois anos, convidados pelo Núcleo de Assuntos Estratégicos do Governo Federal do Brasil. Nesta reunião foi também apresentada a situação atual dos conhecimentos sobre diversos tipos de perigos. Por exemplo, quando aumenta o teor de carbono na atmosfera as produtividades aumentam mas, por outro lado, intensas chuvas aceleram os processos de erosão do frágil solo. Para se interpretar adequadamente o I.V.G., com o objetivo de distinguir os moradores, mais suscetíveis, há necessidade de se investir cada vez mais em pesquisas relacionadas à agricultura, à linha costeira, ao ecossistema e à energia.

Capítulo 25

Situação Geral Atual dos Ambientes Naturais da Terra

A Terra é o terceiro planeta a partir do Sol do Sistema Solar. Se estivesse situada na primeira ou na segunda posição a temperatura atmosférica seria demasiadamente alta e toda a água poderia ser evaporada. Se contrariamente ocupasse a quarta ou quinta posição, a superfície terrestre seria demasiadamente fria e a água líquida estaria ausente. Tanto o tamanho quanto a massa são naturalmente apropriados para assegurar a sustentabilidade da vida. Se a massa fosse insuficiente a força gravitacional seria, com certeza, muito fraca para a manutenção da atmosfera. Se contrariamente a sua massa fosse demasiadamente alta, as mudanças gravitacionais devidas ao núcleo terrestre causariam a deterioração climática extrema. Além disso, fato surpreendente é que, por ocasião da origem do universo, se o fenômeno repentino de expansão produzido em seguida à grande explosão (“*big bang*”) tivesse ocorrido com atraso de um trilhonésimo de segundo, a Via Láctea e os planetas seriam então atraídos pelo núcleo cósmico e desapareceriam. Do mesmo modo, se o andamento do tempo tivesse sido acelerado o universo teria se evaporado, transformando-se em frio vapor de diminutas partículas. Deste modo, a Terra poderia ser considerada como jóia única do universo, que foi originada por coincidência extremamente favorável de condições naturais.

A situação geral atual dos ambientes naturais deste corpo celeste privilegiado está longe de ser considerado como a mais desejável. Os climas têm mudado repentinamente e têm ocorrido seqüências de modificações em toda a Terra. A exploração dos recursos naturais já chegou ao limite e o ser humano está colaborando para a derrocada natural. Cientistas do mundo inteiro têm feito várias declarações sobre as possibilidades de regeneração futura deste cenário transformado da Terra.

Sintomas de mudanças climáticas da Terra podem ser detectados em diversos locais pelo mundo afora. Se a tendência atual for mantida haveria o perigo de que $\frac{1}{4}$ das espécies de animais desapareçam. Os Estados Unidos da América do

Norte foram atingidos em 2004 por quatro tempestades em cerca de um mês e de 1980 até hoje teriam sido submetidos a um prejuízo de 350 bilhões de dólares. A anomalia climática “*El Niño*” (abreviado em inglês como ENSO = *El Niño Southern Oscillation*), por influência do fenômeno do aquecimento global, tornou-se cada vez mais acentuada, aumentando os prejuízos devidos às grandes secas e enchentes. Na América do Sul a Região Amazônica poderá ter 60% de sua área transformada em extensos campos com gramíneas. Por destruição do seu “habitat” o sapo dourado, um símbolo da Costa Rica, foi considerado extinto e na América Central mais de 300 espécies de anfíbios encontram-se em situação de perigo de extinção. Pensa-se que tenham sido derretidos 1.994 quilômetros quadrados de gelo da Antártida somente em janeiro de 1995 e com isso os pingüins estão entre as aves colocadas em condições de perigo. Em 1992 a Somália, no continente africano, foi submetida a fomes catastróficas pelo agravamento de secas e 40% das flores da África do Sul acham-se em situação de perigo. No norte da Europa, comenta-se que geleiras da Noruega recuaram 2 quilômetros nos últimos 100 anos e, ao mesmo tempo, presume-se que o degelo tenha se acelerado nessas e em outras geleiras do Círculo Polar Ártico e que ocorreram 30 mil mortes por excesso de calor no verão de 2003. No mesmo ano de 2003, a Índia foi invadida por onda de calor, que matou mais de 1.200 pessoas e provocou incêndios florestais e na China 10% dos mamíferos estão submetidos ao perigo de extinção. O sudeste da Ásia é freqüentemente coberto por nuvens de gases poluentes exalados por complexos industriais do Japão e ultimamente da China e, como provoca secas na Austrália, teme-se que 54% das espécies de borboletas percam os seus “habitats”.

O problema é que foi ultrapassada a fase de possibilidade de produção de aquecimento e já se encontra em curso. Hoje se constata evidências seguras da sua influência. Durante o Quaternário a Terra experimentou mudanças climáticas naturais, que foram denominadas de estádios glaciais e interglaciais. As mudanças naturais que ocorreram até hoje foram cíclicas e no intervalo de tempo de uma geração humana foram praticamente imperceptíveis. Entretanto, por influência de atividades antrópicas podem ser aceleradas e, neste caso, podem progredir com grande rapidez.

Na área costa afora de Santa Catarina ocorreu um tufão em março de 2003, que foi detectado por satélites meteorológicos através de imagens até agora desconhecidas na costa do Brasil. Este tufão causou alguns estragos e deixou uma grande dúvida aos meteorologistas, isto é, seria um fenômeno fortuito ou ocorrerá novamente no futuro. Meteorologistas ingleses presumem que, fenômenos como do tufão Catarina, tornem-se comuns nesta área do Oceano Atlântico daqui a 10 anos. Por outro lado, no Continente Antártico massas de gelo de dimensões inesperadas têm sido liberadas. A massa de gelo desprendida da Calota Polar Sul em 1998 apresentava uma área comparável a do Distrito Federal e a de 2002 correspondia ao triplo da cidade do Rio de Janeiro. Propala-se que, até o fim do século XXI, a região pantanosa ao sul da

cidade de Miami no Estado da Flórida (E.U.A.) desaparecerá. No Continente Asiático, áreas apropriadas ao cultivo de arroz, têm sido perdidas, tanto em Bangladesh como na China.

Mudanças ambientais devidas às transformações climáticas, como as supracitadas têm vitimado não somente animais selvagens como também os seres humanos. A década de 90 do século XX tem sido considerada como de aquecimento mundial mais intenso. Além disso acredita-se, que as 30 mil mortes ocorridas na Europa em 2003, sejam atribuíveis principalmente às altas temperaturas. Segundo pesquisas da Organização Meteorológica Mundial pode-se estimar que, no futuro, possam ocorrer 160 mil mortes por ano em consequência das mudanças climáticas. Entre as principais causas da alta taxa de mortalidade tem-se, por exemplo, a devida à falta de água potável por subida dos níveis oceânicos. No Egito, por exemplo, a invasão do mar por subida do nível oceânico provocou o aumento de salinidade, que tem interferido no suprimento de água doce. Uma febre originada na porção ocidental do Rio Nilo teria chegado aos Estado Unidos da América do Norte através de aves migratórias que, nos últimos 5 anos, teriam vitimado 500 pessoas.

A redução de 10% das geleiras, a partir de 1960, teria provocado recuos reconhecíveis. As geleiras, que recobrem as vertentes da Cordilheira do Himalaia, têm recuado 30 metros por ano. Se esta taxa se mantiver, em 2035 deverão desaparecer as geleiras das porções central e oriental desta cordilheira. Fala-se que, nos últimos 50 anos, as geleiras do Pólo Norte tenham se reduzido em 40% e os especialistas estimam que, nos verões do fim deste século, as calotas geladas tenham desaparecido. Pela diminuição de áreas de caça e conseqüente carência alimentar a época de desaleitamento de ursos polares poderá ser retardada e provocará o fenômeno do nanismo.

O homem não conseguiu subjugar a grande natureza mas aprendeu, ao menos, a ratear o encargo dos prejuízos causados por catastróficos acidentes naturais. Atualmente parte dos prejuízos é ressarcida pelo sistema de seguros. Na década de 50 do século XX teriam ocorrido 13 acidentes naturais, que teriam causado um prejuízo de 38,7 bilhões de dólares mas, segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (em inglês I.P.C.C.= *Intergovernmental Panel of Climatic Change*) toda a perda foi arcada pelas vítimas. Na década de 90 do século XX ocorreriam 72 acidentes naturais (mais de quíntuplo da década de 50) e os prejuízos teriam atingido 399 bilhões de dólares (mais de décuplo da década de 50), entretanto, 91,9 bilhões de dólares (cerca de 23% da perda total) foram gastos pelas companhias seguradoras na indenização das vítimas.

No passado os pessimistas previam a fome no planeta pelo incremento da população humana na Terra, porém felizmente eles se equivocaram. Entretanto o suprimento satisfatório da atual população de 6,5 bilhões de seres humanos terráqueos torna-se cada dia mais periclitante. Já em 1798 (207 anos passados), segundo o

economista inglês Thomas Malthus, o número de habitantes da Terra aumentava em escala superior à da produção de alimentos e, portanto, fome e guerras por comida seriam inevitáveis. Felizmente a criatividade humana evitou a confirmação do catastrofismo malthusiano. A tecnologia moderna aplicada à agricultura veio em salvação e aumentou a produção mas, em diversas partes da Terra, as mortes por fome têm continuado devidas às distribuições imperfeitas dos produtos agrícolas. As obras de produção energética e de exploração dos recursos naturais têm destruído inúmeros ecossistemas até condições praticamente irreversíveis. Várias dezenas de anos de atividades de mineração transformaram as florestas e montanhas em inúmeras crateras e, além disso, os metais pesados como chumbo e mercúrio têm poluído as águas fluviais. Essa destruição da natureza é primordialmente devida à negligência humana e remonta no mínimo a 30 mil anos passados. Segundo um paleontólogo as extinções de três espécies de mamutes e dos gigantescos bisões, que existiram na América do Norte, devem ser atribuídas aos primeiros homens primitivos que chegaram ao Continente Americano. Enquanto o homem primitivo extinguiu algumas espécies de animais, comparativamente nós, homens civilizados do século XXI, estamos submetendo mais de 15 mil espécies de animais ao perigo de extinção em toda a Terra. Só no ano de 2004, cerca de 3 mil novas espécies de animais foram acrescentadas à lista supracitada. Segundo o biólogo Adriano Paglia da ONG (Organização Não-Governamental) denominada “*Consevation International*”, após a extinção dos dinossauros ocorrida no fim do Período Cretáceo, já se acha em andamento o novo fenômeno de extinção maciça de repercussão ainda mais contundente em que, pela primeira vez, o homem é a causa principal.

O desperdício e a distribuição desigual de alimentos e de água potável fazem com que a abundância atue paradoxalmente e transforme-se em causas de disputas. O Mar de Aral da antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (U.R.S.S.) é um mar interior (ou mediterrâneo), situado a leste do Mar Cáspio a SSW da U.R.S.S., que possuía uma área de 67.000 quilômetros quadrados, correspondentes à soma das áreas dos estados do Rio de Janeiro e Alagoas. Os rios que forneciam água doce ao Mar de Aral foram desviados, através da construção de canais artificiais, para irrigação agrícola e o mar passou a sofrer constantes ressecagens. Como consequência, terras antes férteis ficaram gradualmente cobertas de sais, que os ventos transportaram do substrato submarino. Portanto, não somente a pesca mas também a agricultura chegou à situação de inviabilidade. Em 2003 o Governo do Cazaquistão anunciou a decisão de isolar o norte e o sul por meio de diques, para recuperar a porção norte. Pensava-se que a água que cobria 70% da superfície terrestre fosse ilimitada, mas esta idéia estava errada e a “morte” do Mar Aral constituiu um dos exemplos reais mais representativos do mal uso dos recursos hídricos.

Além disso, os recursos hídricos da superfície terrestre, em termos de disponibilidade, são também discrepantes. Doze países do mundo inteiro, inclusive

o Brasil, dispõem de cerca de 50% de todos os recursos hídricos. Em relação aos padrões de consumo verificam-se diferenças semelhantes. Nos Estados Unidos da América do Norte cada indivíduo dispõe de cerca de 600 litros por dia, enquanto que no Continente Africano é preciso contentar-se com cerca de 20 litros. Segundo a Organização Mundial de Saúde (O.M.S), a taxa de mortalidade anual devida ao uso de água poluída, pela inexistência de infra-estrutura de saneamento, é de 7 milhões de pessoas. O número de disputas internacionais por problemas de fronteiras delimitadas por rios chega, no mínimo, a 300 casos. É preciso utilizar a água de irrigação com o máximo aproveitamento, mas o desperdício neste caso é o maior. Já se sabe que a solução mais eficiente é a irrigação por gotejamento e, deste modo, urge que este método seja universalizado.

Entre cerca de 200 espécies que, em mercados de peixes, alcançam preços mais altos verifica-se sobrepescagem em cerca de 120 espécies. Por exemplo, o atum encontra-se exposto ao perigo de extinção. Já surgiu até uma proposta de moratória de pesca para tentar evitar o desaparecimento de grande número de espécies. A indústria pesqueira do mundo inteiro emprega 15 milhões de pessoas e movimenta 200 bilhões de dólares anuais com 100 milhões de toneladas de pescado. Na região de *Newfoundland*, no Canadá, 44 mil pescadores perderam o emprego na indústria pesqueira em 1992. A razão disso é que o governo decidiu proibir a pesca do bacalhau, que constituía a base da economia local, pois a produção baixara 90% em relação à década de 70 do século XX. Em consequência disso, algumas cidades faliram, mas esta medida drástica foi tardia, pois mesmo após 12 anos o bacalhau não reapareceu, mas o caso não é único. A sobrepescagem torna-se ainda pior quando ocorre o desperdício. Anualmente nos barcos pesqueiros são descartados 8 milhões de toneladas de pescado consumíveis, que correspondem ao sêxtuplo do pescado consumido no Brasil. Além disso, para se conseguir uma tonelada de camarão, quatro toneladas de peixes são desperdiçadas.

A quantidade de materiais descartados pela população humana mundial como lixo atinge a cifra de 30 bilhões de toneladas, que correspondem a 1.000 toneladas de lixo por segundo. Nas grandes metrópoles mundiais a sujeira originada por atividades antrópicas é escondida debaixo do tapete ou, em situações ainda piores, por falta de local para esconderijo, chega-se a quase ser soterrado sob o lixo. O transporte de lixo para mais longe onera as despesas e, ao mesmo tempo, o problema não será solucionado apenas transferindo-se o local. A reciclagem do lixo é factível até certo ponto e está sendo realizada em vários lugares, mas há dificuldade para completa solução do problema. Por exemplo, nos lixos metropolitanos cerca de 20% são representados por plásticos, que para decomposição natural demandaria mais de 400 anos e há muitos casos em que a reciclagem é difícil. O chorume, que é um líquido tóxico gerado pela decomposição de matéria orgânica do lixo, pode misturar-se com as águas pluviais que, após a infiltração no solo, há possibilidade de causar a poluição do lençol de água subterrânea.

No filme do diretor Roland Emmerich denominado “O dia depois de amanhã” (*The day after tomorrow*) o clima mundial converte-se após uma semana em glacial, porém na realidade isso não ocorre. Os cientistas têm declarado que, embora pensem que a mudança do clima repentina seja impossível, os indícios já detectáveis em várias partes do mundo não podem ser simplesmente ignorados. Por exemplo por meio de ações práticas pode-se não somente desacelerar o aquecimento global como também, a longo prazo, neutralizá-lo para impedir que catástrofes venham a ocorrer. Ninguém pode prognosticar claramente as condições ambientais do nosso planeta Terra daqui a 50 ou 100 anos. Os otimistas diriam que estariam sendo ignoradas as possibilidades de se anular as conseqüências, pelo simples progresso tecnológico. Vários cenários catastróficos prognosticados no passado teriam ignorado essas mudanças importantes.

Glossário

A

Abaixamento de nível do mar - Descida de nível relativo do mar por levantamento (ou soerguimento) da área continental adjacente, por abaixamento de nível do mar ou por movimentos relativos de ambos. Sinônimo: Descida de nível do mar.

Abaixamento de temperatura - Corresponde à diminuição de temperatura por várias causas como, por exemplo, por fatores astronômicos (variáveis de Milankovitch), por erupção vulcânica com lançamento de grande quantidade de cinza ou por fatores antrópicos em consequência de guerra atômica generalizada (guerra fria) e outras causas.

Abrasão – (1) Redução do tamanho de clastos (fragmentos rochosos) por desgaste físico. (2) Efeito de desgaste de uma superfície rochosa ou de uma partícula clástica por ação do atrito. Exemplo: abrasão marinha durante o processo de transgressão originando terraços.

Acidente natural – Desastre provocado por causas naturais como, por exemplo, erupção vulcânica ou terremoto, acompanhado ou não por maremoto (tsunâmi). Sinônimo: Desastre natural.

Acidez – Exprime a intensidade da reação química de uma solução que, em geral, é representada por pH ou concentração de íons de hidrogênio, com valores inferiores a 7.

Acidificação – Processo de injeção de ácido em calcário, dolomito ou arenito a fim de aumentar a porosidade (porcentagem de vazios) ou a permeabilidade (facilidade de percolação de fluidos) pela dissolução parcial dos minerais componentes. O objetivo principal da acidificação em rochas-reservatório de fluidos (petróleo, água ou gás) consiste em aumentar a sua produtividade.

Ácido nítrico – Ácido composto por um átomo de hidrogênio (H), um de nitrogênio (N) e três de oxigênio (O₃), de fórmula HNO₃. É um ácido muito forte, que misturado ao ácido clorídrico (HCl) forma a “água régia”, capaz de dissolver ouro.

Ácido sulfúrico – Ácido derivado de enxofre (S) em combinação com oxigênio (O), de fórmula H_2SO_4 . Como o nítrico este é também um ácido muito forte, e ambos podem estar presentes na chuva ácida.

Afloramento – Exposição subaérea do substrato rochoso cristalino ou de camadas sedimentares, que despontam acima do manto de intemperismo, solos ou coberturas superficiais. O afloramento pode surgir em leitos e margens fluviais ou artificialmente em cortes de rodovias e trincheiras.

Água continental – Água em geral doce, encontrada sobre os continentes, como em rios e lagos, como água superficial ou em aquíferos na forma de água subterrânea.

Água doce – Água praticamente sem sais de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em solução. Comumente contém compostos químicos em teor equivalente a menos de 60 miligramas por litro de carbonato de cálcio (CaCO_3), que pode atribuir dureza à água. Sinônimo: Água mole.

Água de escoamento superficial – Parte da água de precipitação, que corre pelas encostas da superfície terrestre e alimenta a drenagem (água corrente). Esta água é mais volumosa em solos naturalmente (solos argilosos) ou artificialmente (solos pavimentados) menos permeáveis.

Água de evapotranspiração – Representa o volume total de água, que é transferido da superfície da Terra para a atmosfera na forma de vapor. Corresponde à soma de água evaporada do solo, da superfície aquosa e das plantas, que pode ser expressa em milímetros por dia ou centímetros por dia. Cerca de 60% da chuva que cai em um ano, sobre todos os continentes, retorna à atmosfera na forma de vapor d'água.

Água fluvial – Água em geral doce, que escoar através de rios formados pela junção de águas de escoamento superficial, que terminam por escavar o seu leito (ou vale) fluvial. Ela pode ser suprida, parcialmente por água subterrânea.

Água freática – Veja Água subterrânea.

Água de infiltração – Parte da água de precipitação que penetra no solo, cuja velocidade depende da permeabilidade, que pode ser primária ou original e secundária ou adquirida.

Água intersticial – Água contida nos interstícios (ou vazios) de uma rocha ou de um outro meio poroso, que pode fluir com maior ou menor dificuldade em função da permeabilidade.

Água de irrigação agrícola – Água aduzida artificialmente através de aqueduto, mangueira ou tubo para ser suprida às plantas em atividades agrícolas. Representa a maior parte da água consumida pelo ser humano.

Água lacustre – Água superficial, em geral doce, acumulada em uma depressão (bacia lacustre), cuja origem é bastante variada. A ciência que estuda os lagos sob diversos aspectos (geologia, geomorfologia, física, química e biologia) é conhecida como limnologia.

Água meteórica – Veja Água de precipitação.

Água mole – Veja Água doce.

Água potável – Água com propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas ao consumo humano, sem provocar quaisquer efeitos prejudiciais.

Água de precipitação – Água originária da condensação do vapor d'água atmosférico, que cai na superfície terrestre sob as formas de chuva (água pluvial), de neve, de granizo, etc. Sinônimo: Água meteórica.

Água subterrânea – Parte da água subsuperficial contida em zonas de saturação de aquíferos, como no Aquífero Guarani na Bacia do Paraná, que se estende por vários estados brasileiros, além de parte da Argentina, Paraguai e Uruguai. Sinônimo: Água freática.

Água superficial – Água corrente (rios) ou estacionária (lagos), que ocorre na superfície da Terra em contato com a atmosfera. Em geral é água doce.

Água de uso doméstico – Água captada de origem superficial (rios e lagos) ou subterrânea (aquífero), em geral tratada, que é consumida pelo ser humano juntamente com alimento ou para higiene.

Água de uso industrial – Água captada de origem superficial ou subterrânea, que é empregada em diversas fases de atividades industriais, com as principais finalidades de arrefecimento (resfriamento), lixiviação (lavagem das partes solúveis), etc., que produzem os efluentes industriais. Eles devem ser tratados antes do descarte na natureza.

Albedo – Razão entre a quantidade da radiação eletromagnética refletida por uma superfície (neve, nuvem, geleira, etc.) e a radiação solar incidente. O albedo dos oceanos varia entre 6 e 11% entre as latitudes 40°N e 40°S, enquanto que o albedo planetário (sistema Terra/Atmosfera) seria de aproximadamente 40%, areia úmida 9% e areia seca 18%.

Alcalinidade – Corresponde à capacidade da água em aceitar prótons, isto é, íons de hidrogênio (H). Ela é expressa em forma de miliequivalentes por litro ou em forma de potencial de íon de hidrogênio ou pH, com valores superiores a 7.

Alga primitiva – Denominação sem significado taxonômico mais preciso, que se refere a vegetais foliados e geralmente clorofilados com desenvolvimento subaquático. Comumente secretam ou depositam carbonato de cálcio (CaCO₃) ou sílica (SiO₂), que são preservados como fósseis.

Aluvião – Depósito fluvial detrítico (arenoso, argiloso ou cascalhoso), de idade recente (Período Quaternário), que pode ser litificado (endurecido) e com o tempo pode transformar-se em rocha aluvial.

Ambiente natural – Ambiente que exhibe propriedades físicas, químicas e biológicas não afetadas pela interferência do ser humano.

Ambiente físico – Ambiente que apresenta propriedades físicas, tais como temperatura, pressão e umidade, determinadas naturalmente e/ou modificadas pela ação do homem.

Ambiente químico – Ambiente que é caracterizado por propriedades químicas ou físico-químicas, tais como acidez ou alcalinidade, definidas naturalmente e/ou alteradas por atividades antrópicas.

Ambiente de sedimentação – Âmbito geográfico onde ocorre a sedimentação, caracterizado por parâmetros físicos, químicos e biológicos, que dão origem a diferentes tipos de sedimentos. Ele é definido por fatores deposicionais, que podem ser agrupados em: (a) fisiográficos (relevo e meio físico de transporte e sedimentação), (b) climáticos (temperatura, pluviosidade, etc.) e (c) geológicos (litologia da área-fonte e intensidade de diastrofismo).

Análise diatomológica – Análise de sedimentos em termos de conteúdo de diatomáceas. Esta é uma alga unicelular microscópica, que vive em meio aquático naturalmente iluminado como parte do plâncton ou presa a algum tipo de substrato. Possui duas carapaças silicosas (opala) chamadas de frústulas. Muitas espécies apresentam preferências em termos de profundidade, salinidade, pH, etc. e podem ser usadas para estudos paleoambientais.

Análise palinológica – Estudo de pólen e esporo e seus padrões de dispersão, que fornecem, por exemplo, importantes informações paleoambientais, principalmente paleoclimáticos. Os principais materiais geológicos nos quais são desenvolvidos os estudos palinológicos são sedimentos pelíticos (silte + argila) e orgânicos, turfa e carvão mineral.

Anfíbio – Refere-se a animal ou planta, que vive indistintamente tanto em ambientes subaéreo como subaquático como, por exemplo, o batráquio que é animal de pele nua e sangue frio, como a rã.

Animal invertebrado aquático – Refere-se ao animal sem vértebras, que vive na água, como os moluscos de água doce ou salgada.

Animal invertebrado marinho – Relacionado ao animal sem vértebras, que vive nos mares e oceanos, isto é, em água salgada.

Animal mamífero – Classe de animais vertebrados com corpo provido de pelos e com glândulas mamárias. Apareceu no Jurássico médio (Era Mesozóica) da Europa e alcançou o seu clímax de evolução na Era Cenozóica.

Animal vertebrado – Grande divisão do reino animal que compreende todos os animais, cuja estrutura apresenta esqueleto ósseo ou cartilaginoso.

Anomalia climática – Flutuação ou oscilação climática de curta duração (alguns meses ou poucos anos), como no caso do “El Niño”. A área de influência da Corrente de Humboldt, de águas frias, é invadida periodicamente por águas quentes, que causam chuvas torrenciais e enchentes na costa do Peru, que normalmente é muito seca, como aconteceu em 1983.

Anomalia gravitacional – Refere-se à diferença entre os valores de gravidade padrão e os valores obtidos por medidas diretas ou após introdução de vários tipos de correção. As informações relacionadas à anomalia gravitacional permitem conhecer os padrões de distribuição das densidades dos materiais no interior da Terra.

Antártida – Continente situado no pólo sul, que se acha recoberto por geleiras com até 2 a 3 quilômetros de espessura. A sua área é estimada em 13 milhões de quilômetros quadrados.

Antropóide fóssil – Fóssil de macaco com forma semelhante a do ser humano.

Antropologia – Ciência que se ocupa com o estudo do ser humano e que tem por objetivo a classificação baseada nas suas características físicas, além dos aspectos culturais, sociais, crenças e instituições concebidas como fundamentos das estruturas sociais.

Aquecimento global – Termo usado para denominar aumento de temperatura média da Terra, que estaria em curso nos últimos 100 anos, como resultado da exacerbação do efeito-estufa pelo aumento da concentração de gases-estufa na atmosfera terrestre.

Argilização – Processo de intemperismo associado a regiões de clima quente, onde os minerais primários são decompostos e formarão aluminossilicatos estratificados do tipo clorita, caulinita e vermiculita, quando a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ passa de 2 para 4. Sinônimo: Sialitização.

Argilomineral – Mineral de granulação muito fina, cujas partículas exibem muitas vezes diâmetros inferiores a 2 microns, sendo composto basicamente de silício (Si), alumínio (Al), magnésio (Mg) e água (H_2O). Frequentemente exibem hábito placóide e pode ser reunido em grupos, tais como o da caulinita, da esmectita, etc.

Argônio – Elemento químico gasoso de símbolo A (ou Ar), de peso atômico 39,944 e número atômico 18. Constitui um gás raro na atmosfera.

Arqueologia – Ciência que se ocupa com a pesquisa de civilizações passadas, através de vestígios de ocupação e objetos de uso cotidiano deixados pelos seres humanos, especialmente do período pré-histórico, isto é, antes do surgimento dos primeiros documentos escritos.

Astronomia – Campo de estudo das ciências naturais, que se ocupa com a pesquisa dos corpos celestes e dos fenômenos a eles relacionados.

Assembléia fossilífera de animais marinhos – Agrupamento em vida (biocenose) ou após a morte (tanatocenose) de animais marinhos fossilizados, isto é, transformados em restos mais ou menos mineralizados desses animais.

Assembléia fossilífera vegetal – Agrupamento de vegetais fossilizados, principalmente de restos carbonizados ou petrificados (em geral silicificados) de troncos de árvores, acompanhados ou não de ramos, folhas, sementes e palinomorfos,

Atividade industrial – Ocupação que, partindo de matérias primas obtidas dos recursos naturais, leva à transformação em produtos úteis ao ser humano. Nesta atividade são empregadas máquinas que se tornaram disponíveis a partir da Grande Revolução Industrial há cerca de 200 anos.

Atividade de mineração – Conjunto de ações que conduz, desde a descoberta à extração de um recurso mineral subterrâneo, como de carvão, de ouro ou de diamante.

Atividade vulcânica – Fenômeno natural desenvolvido por um vulcão, quando lavas e gases vulcânicos são expelidos na superfície terrestre, acompanhados ou não por explosões.

Atmosfera primitiva – Refere-se à atmosfera que envolveria a Terra no início de sua origem, que a seguir seria acrescida de gases provenientes do interior, durante a evolução terrestre. Sinônimo: Atmosfera primordial ou Protoatmosfera.

Atmosfera primordial – Veja Atmosfera primitiva.

Atmosfera terrestre – A atmosfera terrestre atual é composta de cerca de 78,1% de nitrogênio (N_2), 20,9% de oxigênio (O_2), 0,93% de argônio (Ar), 0,034% de dióxido de carbono (CO_2) e 0 a 40% de vapor d'água (H_2O). Esta composição é bem diferente da atmosfera primordial, que seria constituída por mais de 90% de dióxido de carbono (CO_2), como acontece hoje em dia com as atmosferas de Vênus e Marte.

Átomo de hidrogênio – Corresponde à menor fração indivisível deste elemento químico, de símbolo H, número atômico = 1 e peso atômico = 1,0080.

Átomo de oxigênio – Representa a menor fração indivisível deste elemento químico, de símbolo O, número atômico = 8 e peso atômico = 16,000.

Avanço glacial – Movimento declive abaixo de uma geleira em geral como consequência do balanço positivo, isto é, excesso de acumulação sobre ablação de neve. A velocidade é medida em metros por ano.

B

Bacia de impacto – Esta designação é usada para crateras de impacto com diâmetros superiores a 300 quilômetros. Como desenvolve estruturas anelares duplas ou triplas é também, freqüentemente, conhecida como bacia anelar múltipla. Como causas de desenvolvimento destas bacias admite-se a hipótese de colapso para dentro de uma bacia profunda ou que representaria o reflexo da existência de rochas de diferentes resistências em subsuperfície. Na Lua são conhecidas cerca de 50 bacias de impacto, das quais a maior é a Bacia de Aitken com 2.500 quilômetros de diâmetro situado no pólo sul. Em Marte são conhecidas cerca de 30 dessas bacias. As idades de formação dessas feições são antigas e superiores a 3,8 bilhões de anos. Pensa-se que elas desempenharam importante papel na evolução dos planetas e satélites após suas formações.

Bacia sedimentar submarina – Refere-se à bacia sedimentar submersa no oceano, como as bacias costeiras ou marginais do litoral brasileiro. Algumas dessas bacias situam-se parcialmente sobre o continente, como a Bacia Sergipe-Alagoas. As bacias sedimentares submarinas de Campos (RJ) e de Santos (SP, PR, SC) apresentam-se inteiramente submersas. Cerca de 80% da produção brasileira atual de petróleo provém da Bacia de Campos. Por outro lado, a Bacia de Santos possui no seu depocentro (centro deposicional) mais de 5 quilômetros de espessura de sedimentos.

Bactéria aeróbia – Designação usada para bactérias que vivem na presença de oxigênio (O_2). O termo pode ser usado para bactérias até animais superiores, mas o seu emprego é mais freqüente referindo-se aos microrganismos.

Bactéria anaeróbia – Denominação empregada para bactérias, cuja subsistência na

presença de oxigênio molecular é difícil. Como exemplos têm-se a metanobactéria e a nitrobactéria. Especialmente a metanobactéria exige condição redutora, que é encontrada em lama de estação de tratamento de esgoto.

Basalto – Rocha ígnea (ou magmática) extrusiva (ou efusiva) de coloração cinza escura e de granulação fina (fração de milímetro), composta em geral de plagioclásio cálcico e piroxênio, com ou sem olivina. Em um poço perfurado na década de 70, no século XX, a Petrobrás encontrou cerca de 1.500 metros de espessura de basalto em Presidente Epitácio (SP) na Bacia do Paraná, correspondente a vários derrames.

Bauxitização – Tipo peculiar de intemperismo ou meteorização, quando a maior parte de óxidos de cálcio (CaO), de magnésio (MgO), de potássio (K₂O), de sódio (Na₂O) e de silício (SiO₂) da rocha é lixiviada. Com isso ocorre enriquecimento residual em alumínio (Al), ferro (Fe), manganês (Mn), titânio (Ti) e alguns silicatos. Este processo leva à formação de bauxita (minério de alumínio), que é favorecida em clima quente e úmido.

Bicho-preguiça gigante – Mamífero da superfamília Megatherium. Os fósseis ocorrem desde a Época Miocena das Américas do Sul e Central e, na Época Pleistocena são encontrados na América do Norte. O comprimento do corpo era comparável ao elefante e atingia 6m. Era herbívoro.

Biodiversidade – Refere-se à grande variedade de plantas e animais encontrada, por exemplo, na Floresta Pluvial Tropical da Amazônia. Segundo alguns pesquisadores o fato seria explicável pela Teoria dos Refúgios.

Brecha – Rocha psefítica ou rudácea (fragmentos centimétricos) composta de partículas essencialmente angulosas. Pode ter várias origens, tais como, brecha vulcânica, brecha de falha, brecha de colapso, brecha de impacto, etc.

Brecha de impacto – Designação atribuída à brecha formada por impacto de pequenos corpos celestes que caem com alta velocidade (vários quilômetros por segundo) nas superfícies da Lua e da Terra, especialmente da Lua.

C

Cadeia mesoatlântica – Denominação usada em referência à cadeia mesoceânica encontrada no Oceano Atlântico, que se estende do norte ao sul. De acordo com a Teoria de Tectônica de Placas, as cadeias mesoceânicas representam locais de adição de novos materiais crustais, isto é, constituem margens construtivas.

Cambriano (Período) – Período geológico mais antigo da Era Paleozóica, com duração de cerca de 70 milhões de anos (570 ± 50 a 500 ± 15 milhões de anos).

Campo magnético terrestre – Região que circunda a Terra, onde podem ser observados efeitos das forças magnéticas. No campo magnético terrestre são reconhecidos os campos interno e externo. A fonte principal do campo magnético terrestre é o ferro fluído do núcleo externo, que funciona pelo princípio do dínamo e muda com o tempo,

correspondente ao campo principal com mais de 90% de participação no campo magnético terrestre total.

Cânion (ou canhão) submarino – Refere-se à depressão ou vale submarino profundo com paredes mais ou menos íngremes, de origem não muito claramente conhecida.

Carbonatação – Saturação de água por ácido carbônico (H_2CO_3), ou transformação em carbonato por substituição ou ocupação de interstícios por preenchimento de uma rocha sedimentar por este mineral.

Carbonífero (Período) – Penúltimo dos seis períodos geológicos da Era Paleozóica com duração aproximada de 70 milhões de anos (entre 350 ± 10 a 280 ± 10 milhões de anos).

Carbono – Elemento químico metalóide, de símbolo C, de peso atômico 12 e número atômico 6, encontrado na natureza sob forma cristalina (grafita e diamante) ou amorfa (carvão e antracita) e entra na composição de quase todos os tecidos animais e vegetais.

Carstificação – Processo de formação da topografia cárstica através de dissolução e alguma ação mecânica da água em região de rochas solúveis como calcários, gipsita ou outro material semelhante.

Carvão – Rocha combustível gerada por atuação de processos diagenéticos, induzidos principalmente pelo calor e pressão, devidos ao soterramento profundo, acumulados em antigos ambientes paludiais.

Caulinita – Argilomineral muito comum de composição química aproximada $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, isto é, silicato de alumínio hidratado. A origem deste mineral é variada e pode formar-se por alteração hidrotermal de rochas vulcânicas ou por intemperismo de mica, feldspato ou vidro vulcânico.

Caverna calcária – Abertura subterrânea de dimensões variáveis, que pode ser formada por dissolução e/ou desabamento, quando está presente em rochas de natureza calcária (CaCO_3). Como exemplo tem-se as cavernas do vale do Rio Ribeira de Iguape (SP).

Caverna marinha – Cavidade no sopé de uma escarpa marinha, escavada pela ação de ondas que seguem preferencialmente algumas linhas de fraqueza, como planos de falhas, rochas mais moles e/ou solúveis, etc. As cavernas marinhas suspensas ou submersas indicariam fases pretéritas de níveis relativos do mar superior ou inferior ao atual, respectivamente.

Cefalópode – Invertebrado marinho caracterizado pela cabeça circundada por tentáculos e, na maioria das formas fósseis, pela presença de uma concha reta ou enrolada em espiral, de natureza calcária e subdividida em várias câmaras internas.

CFC (Clorofluorcarbonos) – Corresponde a gases etano e metano cloretados e fluoretados, que são comercialmente conhecidos como freon. É um gás sem toxicidade e estável térmica e quimicamente, mas transforma-se facilmente em líquido quando submetido à pressão. Porém, produz o efeito-estufa e atua na destruição de ozônio

(O₃) e, portanto, a produção e utilização desses gases estão proibidas desde 1987, conforme protocolo de Montreal (Canadá).

Chuva ácida – Designação empregada para chuva com pH inferior a 5,6, devida à contaminação por ácidos sulfúricos (H₂SO₄) e nítrico (HNO₃), produzidos pela queima de combustíveis fósseis (carvão e petróleo). A chuva ácida tem danificado coberturas vegetais, lagos e solos pela acidificação, além de causar estragos em objetos de arte pela dissolução do mármore e oxidação do bronze.

Chuva polínica – Quantidade total de pólen e esporos que caem sobre uma determinada área em um certo intervalo de tempo. Esta estimativa é executada pelo estudo de amostras de sedimentos e solos ou usando-se armadilhas para retenção de palinórmorfos.

Ciclo hidrológico – O ciclo hidrológico é representado pelos mecanismos de transferência contínua da água existente na Terra, dos oceanos e dos continentes para a atmosfera em forma de vapor e, em seguida, precipitando sobre oceanos e continentes. O excesso precipitado sobre os continentes retorna aos oceanos através de rios. Este ciclo envolve vários reservatórios naturais, entre os quais as partículas aquosas movem-se com o passar do tempo. Hoje em dia, os oceanos contém 97% de toda a água e as geleiras representam 2,25%. As águas subterrâneas correspondem a cerca de 0,75% e os rios e lagos a apenas 0,01%.

Ciclone – Turbilhão em que o ar desenvolve círculos espiralados para dentro de uma área de baixa pressão.

Clima continental – Clima existente no interior do continente em local afastado da zona litorânea. As amplitudes térmicas diária e anual são acentuadas e o ar apresenta-se com baixa umidade. O clima continental mais conspícuo é verificado no interior do Continente Asiático, onde o clima desértico representa a situação extrema.

Clima equatorial úmido - Clima conspícuo na região equatorial, que é caracterizado por altas temperaturas e altas umidades. A pluviosidade é alta durante o ano todo, com diferença pouco acentuada entre os períodos de estiagem e de chuva. A amplitude térmica é muito tênue e as estações são pouco distintas. A temperatura média anual é de cerca de 25°centígrados, a amplitude térmica de 5° centígrados e a pluviosidade média anual é superior a 1.500 milímetros.

Coesita – Sílica (SiO₂) de alta pressão, que foi sintetizada em 1953 por L.Coes sob temperatura de 500~800° centígrados e pressão de 3,5 GPa (Gigapascal = 1 bilhão de Pascals). Em 1960 foi descoberta coesita natural na *Meteor Crater* do Arizona (EUA). Imagina-se que tenha sido produzida por alta pressão gerada por impacto de meteorito.

Combustível fóssil – Matéria orgânica que contém energia solar armazenada e pode ser usada como fonte de energia. Os combustíveis fósseis mais importantes são o petróleo e o carvão, além do folhelho pirobetuminoso e arenito asfáltico e, finalmente, gás natural.

Cometa – Astro de cauda luminosa, que descreve órbita muito alongada em torno do Sol, formada por agregado de gelo e poeira.

Composição mineralógica das rochas – Os minerais constituintes são distintos conforme as rochas sejam ígneas (ou magmáticas), sedimentares e metamórficas, segundo as suas origens. Além disso, quaisquer que sejam as rochas, são reconhecíveis os minerais essenciais e os acessórios. Entre os essenciais tem-se, por exemplo, quartzo, feldspato, olivina, piroxênio, anfibólio e mica. Como acessórios podem ser enumerados feldspatóides e minerais silicosos, excetuando-se o quartzo, como estauroilita, granada, titanita, zircão, turmalina, espinélio, etc.

Concha – Exoesqueleto (esqueleto externo) em geral composto por carbonato de cálcio (CaCO_3), nas formas de calcita ou aragonita, de alguns invertebrados tais como os moluscos. Existem moluscos com conchas, que vivem em águas salgadas, salobra ou doce, além de ambiente terrestre. Por outro lado, algumas conchas podem ser parcial ou totalmente compostas de materiais quitinoso ou silicoso.

Condensação – Ato ou efeito de condensar, isto é, transformação de um corpo do estado gasoso em estado líquido. Exemplo: vapor d'água que se transforma em chuva.

Coral anermático – Coral que vive disperso e incapaz de construir recife que, portanto, é chamado de coral não-construtor de recife. O coral de mar profundo, que vive a mais de 100 metros de profundidade, dificilmente constrói recife.

Coral hermatípico – Designação coletiva para corais que vivem agrupados em mares com temperaturas entre 25 a 30° centígrados e salinidades entre 27 a 40‰, em profundidades comumente inferiores a 50 metros (limite máximo de cerca de 90 metros). Estes corais surgiram nos períodos Ordoviciano a Siluriano, quando formavam recifes com corais como Tabulata e Rugosa.

Corrente oceânica – Movimento das águas oceânicas sem relação com as marés e sem mudança de sentido de fluxo, que faz parte da circulação oceânica global. A corrente oceânica, em geral, não interfere diretamente na dinâmica litorânea em termos de erosão e sedimentação, mas pode influir indiretamente, por exemplo, através de modificações nas condições climáticas. Exemplos: correntes do Brasil, Humboldt, etc.

Corrente de turbidez – Corrente de alta turbulência e densidade mais alta que a água circundante, que pode conter materiais grossos (areia grossa e seixos), que se movem através do fundo de um corpo aquoso estacionário (oceano ou lago). Mais de 95% dessas correntes estão ligados ao ambiente oceânico. Origina depósitos conhecidos como turbiditos.

Cretáceo (Período) – Terceiro e último período da Era Mesozóica, com duração aproximada de 65 milhões de anos (135 ± 5 a 70 ± 3 milhões de anos).

Cristalização – Fenômeno que dá origem a cristal a partir de substâncias em estado gasoso ou líquido.

Crosta terrestre – Representada pelas rochas que compõem a porção mais superficial da estrutura interna da Terra, situada acima da descontinuidade de *Mohorovicic* que, em áreas continentais, apresenta cerca de 35 quilômetros de espessura e em áreas oceânicas diminui para aproximadamente 10 quilômetros.

Crustáceo – Qualquer artrópode pertencente à ordem Crustácea, caracterizada pela presença de antenas sobre a cabeça. Muitas formas são marinhas. Em termos de números de indivíduos, este grupo só perde para os insetos. Distribui-se do Cambriano até hoje.

D

Depósito lacustre – Sedimento acumulado no fundo de um lago, em geral mais fino que o de um canal fluvial ativo e comumente rico em matéria orgânica. Restos de fauna e flora associados são, em geral, de água doce, refletindo as características do meio ambiente.

Desastre natural – veja Acidente natural.

Descida do nível do mar – Veja Abaixamento do nível do mar.

Desertificação – Processo de deterioração ambiental resultante do rompimento da estabilidade de uma paisagem, dando origem a eventos catastróficos de erosão de vertentes, denudação de solos cultiváveis, formação de campos de dunas, etc., que são fenômenos mais comuns em um deserto. A desertificação é, hoje em dia, freqüentemente induzida pelo homem (ação antrópica), mesmo em regiões de clima não-desértico, através do uso inadequado do espaço físico, como parece ter acontecido na Antiga Grécia.

Desflorestamento – Ação de desflorestar através da derrubada sistemática de árvores, em grande escala, para se desfazer de florestas transformando-as em áreas de pastagem ou de cultivo.

Dessilicificação – Processo de intemperismo químico pelo qual as rochas perdem sílica (SiO_2), por lixiviação, quando submetidas à alteração sob condições de pH levemente alcalino e clima quente e úmido. Em casos extremos, este processo pode levar à formação de gigantescas concentrações de minerais, como aconteceu, por exemplo, no Quadrilátero Ferrífero (MG) e em Serra dos Carajás (PA), onde houve concentração de minério de ferro por dessilicificação.

Determinação de idade absoluta – Ato de definição da idade de um evento geológico em número de anos. Entre os mais difundidos para a determinação de idade, hoje em dia, tem-se os métodos radioativos.

Devoniano (Período) – Quarto período da Era Paleozóica, com duração aproximada de 50 milhões de anos (350 ± 10 a 400 ± 10 milhões de anos).

Dinâmica terrestre – Campo de pesquisa que se ocupa dos fenômenos da superfície e do interior da Terra, como processos geológicos em progresso. No interior da Terra

formam-se correntes de convecção no manto, que são devidas ao calor gerado pela desintegração radioativa. Na superfície esta energia é dissipada pela tectônica de placas e no interior do manto originam-se plumas ascensionais, que se transformam com o tempo. Esses fenômenos endógenos interferem na atmosfera, hidrosfera e criosfera e causam mudanças ambientais na Terra.

Dinossauro – Répteis da subclasse Archosauria, que se diferenciam dos outros répteis, especialmente pelas feições dos ossos pélvicos. Os dinossauros foram carnívoros ou herbívoros, bípedes ou quadrúpedes, habitantes terrestres e de tamanhos moderados a grandes. A sua distribuição temporal abrangeu desde o Triássico até o Cretáceo.

Dióxido de carbono – Gás de composição química CO_2 , sem cor nem odor e não-venenoso, que é componente normal da atmosfera. Em parte representa produto de queima de combustíveis fósseis, tais como, petróleo e carvão. Alguns pesquisadores acreditam que o aumento do seu teor na atmosfera intensifica o efeito-estufa, atuando juntamente com outros gases, como o metano (CH_4).

Dissolução – Fenômeno pelo qual uma substância colocada em contato com outra desaparece para formar um conjunto homogêneo, que toma o nome de solução. Exemplo: Dissolução de sal de cozinha (NaCl) em água (H_2O).

Dolina – Cratera formada por dissolução seguida de abatimento, que caracteriza regiões com topografia cárstica, cujos diâmetros variam de 9 a 900 metros e as profundidades situam-se entre 2 a 100 metros. Muitas vezes apresentam forma afunilada e comunica-se com um sistema de drenagem subterrânea em regiões calcárias.

Drift glacial – Termo genérico aplicado a sedimentos de várias granulações (argila, silte, areia, seixo e matacão) transportados e depositados diretamente por geleiras ou pelas águas de degelo, portanto abrange desde *tills* até sedimentos flúvio-glaciais ou glácio-lacustres de *eskers* ou *varves*.

E

Ecossistema marinho – Unidade ecológica composta pelos elementos vivos, além de fatores inorgânicos (físicos e químicos), que caracterizam um ambiente marinho.

Ecossistema terrestre – Unidade ecológica constituída pelos seres vivos, além de fatores inorgânicos (físicos e químicos), que são característicos de ambiente terrestre.

Efeito antrópico – Qualquer tipo de perturbação, nos ambientes naturais da Terra, introduzido por atividade do ser humano.

Efeito-estufa – Fenômeno de aquecimento da superfície da Terra pela radiação terrestre de grande comprimento de onda, que é absorvida e re-emitada. O gás carbônico (CO_2) e outros gases-estufa (CH_4 , CFCs, etc.) retêm essas radiações, que causam o aquecimento global.

Elemento químico – Corpo de composição química simples, como hidrogênio (H), oxigênio (O), alumínio (Al) e ferro (Fe).

Elemento radioativo – Refere-se a elemento químico dotado de radioatividade, que pode ser natural ou artificial. No sentido restrito designa somente o elemento naturalmente radioativo. Usa-se também como designação de elemento químico desprovido de isótopos estáveis como, por exemplo, rádio (Ra) e urânio (U).

Elementos maiores – Esta denominação é usada, por exemplo, para os principais elementos químicos componentes da crosta, que são: oxigênio (O), silício (Si), alumínio (Al), ferro (Fe), cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K) e magnésio (Mg).

Elementos menores – São aqueles que, excetuando-se os maiores, são os mais importantes e desempenham papel decisivo na vida dos seres vivos, tais como, zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), etc. Além disso, eles podem formar jazidas minerais, quando se apresentam anormalmente concentrados.

Elementos-traço – São elementos químicos que aparecem em teores tão baixos que, mesmo concentrados, não chegam a alterar a composição mineralógica das rochas. Mas, mesmos esses elementos, podem desempenhar papel importante, tanto na vida dos seres vivos, bem como indicadores de condições paleoambientais.

Elevação continental – Superfície “declivosa” ($1/_{40}$ a $1/_{2000}$) situada entre 1.400 a 5.100 metros de profundidade no sopé do talude continental. Frequentemente corresponde à superfície de leque submarino, formado por sedimentos siltico-argilosos transportados da plataforma continental adjacente na forma de correntes de turbidez.

Elétron – Quantidade elementar de eletricidade negativa, que entra na formação do átomo.

Enchente – Situação em que a água transborda dos leitos fluviais e canais artificiais e invade as terras baixas adjacentes. A enchente pode ser produzida por excesso de precipitação (chuva ou neve), sendo comumente anual ou ocorrendo pelo menos uma vez a cada dois ou três anos. Em bacias hidrográficas a planície de inundação (várzea) desempenha um importante papel regulador da enchente.

Energia atômica – Enorme quantidade de energia que é liberada na fissão (desintegração) de elementos químicos pesados (urânio) graças às reações em cadeia nos reatores atômicos. Sinônimo: Energia nuclear.

Energia cinética – Representa a energia do movimento. A palavra cinética vem do grego *kinema*, que quer dizer movimento. Um trem em movimento, ou um elétron em alta velocidade num tubo de televisão, manifestam energia cinética.

Energia nuclear – Veja Energia atômica.

Energia potencial – Representa a energia armazenada ou a energia correspondente a um trabalho realizado. Uma pedra no alto de um penhasco possui energia potencial que, quando rola ribanceira abaixo, converte-se em energia cinética.

Energia térmica – Relaciona-se à capacidade de produzir trabalho, que se acha armazenado na forma de calor. Como exemplo, tem-se a energia geotérmica que, entre outros usos, pode ser empregada na produção de eletricidade (energia elétrica).

Engenheiro agrônomo – Técnico de nível superior diplomado em agronomia (ciência da agricultura).

Engenheiro florestal – Técnico de nível superior versado em silvicultura (ciência que estuda a exploração da floresta).

Enxofre – Elemento químico, metalóide, de símbolo S (*sulphur*), de peso atômico 32,06 e número atômico 16.

Eon Criptozóico – Termo obsoleto do mesmo sentido que Pré-Cambriano, que se refere ao intervalo de tempo geológico anterior ao Eon Fanerozóico, isto é, mais antigo que 570 ± 20 milhões de anos. No Criptozóico os seres vivos já estavam presentes na Terra, mas eram inteiramente marinhos, isto é, não havia vida sobre os continentes.

Epidemia desconhecida – Surto de doença contagiosa, que ataca numerosas pessoas ao mesmo tempo, cuja origem e comportamento são desconhecidos.

Epirogênese – Fenômeno natural relacionado à movimentação vertical lenta da crosta terrestre, devido ao arqueamento das massas verticais, que sobem (movimento positivo) ou descem (movimento negativo) em relação ao nível médio do mar, supostamente fixo.

Época Miocena – Época mais antiga ($5,2 - 23,3$ milhões de anos) da divisão bipartite do Subperíodo Neógeno do Período Terciário, situada acima da Época Oligocena e abaixo da Época Pliocena.

Época primitiva – Designação informal referindo-se aos primórdios da geologia histórica, sem relação à tabela do tempo geológico.

Era Cenozóica – Última das quatro eras da subdivisão do tempo geológico, conforme registros encontrados nas rochas que formam a crosta terrestre, que pode ser considerada como idade dos mamíferos. A denominação provém das palavras gregas *kainos* (recente) + *zoikos* (vida). Conforme datações pelo método do K/Ar corresponde aos últimos $67 \pm 3 \times 10^6$ anos.

Era Mesozóica – Penúltima das quatro eras da subdivisão do tempo geológico, que compreende os períodos Triássico, Jurássico e Cretáceo, do mais antigo para o mais recente. Abrange o intervalo de tempo entre 245 a 67×10^6 anos. O termo é originado do grego *mesos* (meio) + *zoikos* (vida), que pode ser caracterizado como idade dos dinossauros.

Era Paleozóica – Nome atribuído a uma das eras do tempo geológico situada entre o Pré-Cambriano e o Mesozóico, que compreende os períodos Cambriano, Ordoviciano, Siluriano, Devoniano, Carbonífero e Permiano. A palavra é derivada dos termos gregos *palaio* (antigo) + *zoikos* (vida) e compreende o intervalo de tempo entre 570 a 245×10^6 anos.

Erosão – Conjunto de processos que atuam na superfície terrestre, que leva à remoção de materiais minerais e rochosos decompostos. Quando a água é o agente essencial a dissolução torna-se muito importante. Os principais agentes da remoção física e transporte durante os processos de erosão são os seguintes: eólica, fluvial, marinho e glacial, quase todos coadjuvados pela gravidade.

Erosão costeira – Processo de erosão em geral natural, que pode atuar tanto em costa rasa (praias) quanto escarpada (falésias marinhas). Por outro lado a erosão costeira, principalmente a praial, pode ser exarcebada por ação antrópica, por exemplo, através do efeito-represamento que ocorre em muitas partes do mundo. No Brasil tem-se a erosão costeira acelerada na foz do Rio São Francisco (SE/AL).

Erosão física – Refere-se à erosão provocada por agentes essencialmente físicos, tais como, água corrente, vento, geleira ou onda marinha, geralmente com participação mais ou menos importante da gravidade.

Erosão química – Denominação atribuída à erosão provocada por agentes essencialmente químicos como, por exemplo, através da dissolução, especialmente em regiões com predominância de rochas mais solúveis, como calcárias.

Esgotamento de recursos naturais – Ao reconhecer a subdivisão dos recursos naturais em renováveis e não-renováveis, a depender da demanda mas, especialmente os não-renováveis, estão mais sujeitos ao esgotamento, como no caso dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural). Os recursos renováveis, contanto que a demanda e a reposição do estoque sejam bem administradas, praticamente estariam livres do esgotamento.

Estádio glacial – Intervalo de tempo caracterizado por temperaturas mais baixas (alguns graus centígrados na temperatura média global) e por expansão das geleiras, compreendida entre dois estádios interglaciais. Exemplo: estágio glacial Wisconsiniano.

Estádio interglacial – Intervalo de tempo caracterizado por apresentar temperaturas amenas como as de hoje, compreendido entre dois estádios glaciais. Portanto, a época atual poderia representar um estágio interglacial, cuja melhoria climática ocorreu há cerca de 10 mil anos. Neste ínterim ocorreram flutuações menores, como durante a Pequena Idade do Gelo.

Estishovita – Mineral de sílica (SiO_2) de alta pressão e alta temperatura, sintetizado em 1961 sob temperatura entre 1200 a 1400° centígrados e mais de 160 kb (quilobars = 1000 bars = 986,97 atmosferas) de pressão. No ano seguinte foi encontrada estishovita natural na Cratera Barringer de Arizona (EUA), que teria sido gerada pelo impacto de um meteorito na superfície terrestre.

Estratosfera – Camada da atmosfera terrestre situada acima da troposfera entre 12 a 50 quilômetros de altura. A temperatura na estratosfera é de aproximadamente 0° centígrados (270° K). Na camada inferior da estratosfera há concentração de sulfato e amônia. A camada de concentração de ozônio é centralizada a 20 quilômetros de altitude e desempenha um importante papel na absorção de raios ultravioletas.

Expansão glacial – Aumento da superfície ocupada por uma geleira, que normalmente é acompanhada por espessamento da calota glacial. Ocorre nos estádios glaciais em consequência do resfriamento climático.

Extinção – Termo empregado para designar o fenômeno de desaparecimento de seres vivos. O tempo geológico é subdividido, em grande parte, com base no surgimento de novos grupos de animais que, em geral, foi precedido de extinção em massa de outros animais. Ao término das eras Paleozóica e Mesozóica ocorreram extinções que, em toda a história da Terra, perfazem 5 a 6 grandes extinções. Como possíveis causas das grandes extinções têm sido enumeradas as seguintes: abaixamento dos níveis oceânicos, resfriamento climático, impacto de meteoritos, desenvolvimento de anoxia nos oceanos, etc.

F

Falha – Deslocamento de camadas ao longo de fraturas, de modo que fiquem situados em níveis diferentes após o falhamento. O deslocamento, que em geologia é chamado de rejeito, pode variar desde poucos centímetros até vários quilômetros.

Falha de cavalgamento – Deslocamento de camadas ao longo de fraturas inclinadas, em geral com menos de 45° de inclinação em que a capa (bloco situado acima da fratura) sofre acavalamento sobre a lapa (bloco situado abaixo da fratura).

Falha gravitacional – Deslocamento de camadas ao longo de fraturas inclinadas, onde a capa (bloco situado acima da fratura), desloca-se para baixo da lapa (bloco situado abaixo da fratura).

Falha direcional – Deslocamento lateral de camadas ao longo de fraturas, na ausência de componente vertical, de modo que não se formam desníveis após o falhamento.

Fenômeno “El Niño” – Fenômeno de anomalia climática que ocorre uma vez em alguns anos, que é causado por aquecimento de alguns graus centígrados na temperatura superficial do Oceano Pacífico, durante o inverno, na costa setentrional do Peru e Equador. A atuação deste fenômeno causa chuvas torrenciais nas regiões costeiras desses países, caracterizadas por baixas pluviosidades. A sua influência atinge outras regiões da América do Sul, com diminuição de pluviosidade no Nordeste Brasileiro e na Região Amazônica.

Fenômeno de intemperismo – Refere-se à transformação das rochas quando submetidas às condições superficiais, através da ação mecânica das mudanças de temperatura, ação química das águas superficiais e das ações física e química de animais e plantas. Como resultado são formados os mantos de intemperismo, que são constituídos de solos. Sinônimo: Fenômeno de meteorização.

Fenômeno de meteorização – Veja Fenômeno de intemperismo.

Fissão nuclear – Explosão do núcleo de um átomo pesado, como urânio e plutônio, em dois ou mais fragmentos causada por bombardeamento de nêutrons com liberação de grande quantidade de energia.

Flúor – Elemento químico, metalóide gasoso, de símbolo F, peso atômico 19,00 e número atômico 9.

Floresta Pluvial Tropical – Floresta de região quente e úmida, como a Floresta Amazônica.

Folhelho – Rocha sedimentar de granulação fina, isto é, com predominância de silte (0,062 – 0,004 mm) e argila (menor que 0,004 mm) com fissilidade bem desenvolvida. Rochas com mesma composição mas, sem fissilidade e com grânulos e pequenos seixos dispersos, devem ser designados mais propriamente de lamitos.

Fonte termal – Fonte de água com temperatura superior a média anual da temperatura local. Para ser considerada fonte termal pelo menos uma das condições seguintes devem ser verificadas: (a) temperatura superior a 25° centígrados; (b) concentração total de solutos superior a 1grama por quilograma e (c) teor de no mínimo uma das 17 substâncias (CO₂, NHCO₃, S, etc.) deve ser superior ao teor normal local.

Foraminífero bentônico – Refere-se ao foraminífero que vive junto (na superfície ou no interior) do substrato marinho. Ele vive em diferentes profundidades, porém é mais abundante em água de costa afora de profundidade média, entre a plataforma continental e a parte superior do talude continental.

Foraminífero planctônico – Foraminífero (protozoário marinho) que vive flutuando nas águas oceânicas, principalmente entre 6 e 30 metros de profundidade. Pode depositar-se no fundo oceânico, juntamente com o foraminífero bentônico, que é muito mais numeroso e forma a vasa orgânica.

Fossa submarina – Depressão longa e relativamente estreita, com parede laterais mais ou menos abruptas, existente no assoalho submarino profundo. São todas relacionadas a arcos insulares ou jazem nas adjacências de margens continentais ativas, ligadas às zonas de subducção.

Fóssil – Resto de organismo encontrado nas rochas, principalmente nas de origem sedimentar. Pode apresentar diversas composições: carbonática, fosfática, quitinosa, silicosa, etc.

Fotossíntese – Processo de metabolismo biológico, através do qual as plantas com clorofila fabricam a matéria orgânica, com absorção de CO₂ na presença de energia radiante, especialmente da luz solar. É o processo mais importante no ciclo biogeoquímico do carbono e oxigênio na atmosfera terrestre.

Fracionamento isotópico – Processo que resulta no enriquecimento relativo de um isótopo em uma mistura. Em elementos químicos não-metálicos (carbono, oxigênio, etc.) os processos geológicos provocam fracionamento isotópico de ordem porcentual.

G

Gás metano – Hidrocarboneto formado pela combinação de um átomo de carbono e quatro de hidrogênio (CH₄). É o primeiro da série de hidrocarbonetos parafínicos. Sinônimo: Gás de pântano.

Gás natural – Designação geral de gás existente naturalmente no subsolo. Existe o gás natural incombustível composto essencialmente de gás de ácido carbônico e nitrogênio gasoso e o gás natural combustível constituído principalmente de hidrocarbonetos. No sentido restrito refere-se somente ao gás combustível.

Gás nitroso – Refere-se ao óxido nitroso de composição N_2O .

Gás de pântano - Veja Gás metano.

Gás vulcânico – Gás que acompanha as lavas durante as erupções vulcânicas. Este gás é composto principalmente de vapor d'água (até mais de 90%) mas pode também conter gases de ácidos fluorídrico (HF) e clorídrico (HCl), dióxido de carbono (CO_2), argônio (Ar), hélio (He), etc.

Geleira – Grande massa de gelo que pode ocupar áreas continentais com até 2 a 3 quilômetros de espessura. É formada em regiões onde a queda da neve sobrepuja a sua depleção por degelo.

Geleira de altitude – Tipo de geleira característica de regiões montanhosas, que flui através dos vales com velocidades superiores a 100 metros por ano. Sinônimo: Geleira de vale.

Geleira de vale – Veja Geleira de altitude.

Geleira continental – Geleira que recobre extensas áreas continentais relativamente planas, que ocorre em regiões de alta latitude, como na Antártida e Groenlândia.

Geleira de latitude – Veja Geleira continental.

Geologia histórica – Ramo da geologia que se preocupa com a história da Terra. Em sentido restrito trata da reconstituição dos eventos pretéritos ocorridos nas porções superficiais. No sentido amplo versa sobre a evolução global da Terra, na tentativa de correlacionar os fatores dinâmicos externos e internos do nosso planeta.

Gipsita – Mineral muito mole que se cristaliza no sistema monoclínico e de composição $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Glaciação Würm – Último estágio glacial dos Alpes, reconhecido nas proximidades do rio de mesmo nome em Baviera (Alemanha). É correlacionável aos estádios glaciais Wisconsiniano ou Weichseliano das calotas glaciais Laurenciana e Fenoscandiana, respectivamente.

Gliptodonte – Mamífero extinto que pertencia ao grupo dos edentados (desdentados). Os fósseis ocorrem na época Pleistocena da América do Sul. O corpo era semelhante ao de um tatu e atingia 3 metros de comprimento.

Grande Revolução Industrial – Grande revolução na estrutura sócio-econômica dos países, que ocorreu a partir do fim do século XVIII para início do século XIX, centralizado na Inglaterra e baseada na introdução da máquina industrial manufatureira.

Granito – Rocha magmática plutônica (formada em profundidade) composta essencialmente de quartzo, feldspato alcalino e mica.

Gravidade – Força que atrai para o centro da Terra todos os corpos situados nas suas proximidades.

Gravimetria – Método de prospecção geofísica que consiste em medições de aceleração da gravidade executadas na superfície terrestre que, após as correções necessárias, são utilizadas para se reconhecer estruturas de subsuperfície, a paleotopografia do embasamento, além de prováveis distribuições de recursos minerais de interesse econômico.

H

Habitat – Local onde vive um organismo ou ambiente no qual as necessidades vitais de uma planta ou animal são supridas.

Hélio – Gás raro da atmosfera de símbolo He, peso atômico 4 e número atômico 2.

Hidratação – Corresponde à incorporação de água (H_2O) na estrutura de minerais anidros. Por exemplo, a anidrita ($CaSO_4$) por hidratação transforma-se em gipsita ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), e vice-versa.

Hidrogênio – Elemento químico de símbolo H, peso atômico 1 e número atômico 1.

Hidrólise – Decomposição de um sal, que fixa os elementos da água para se desdobrar em dois ou mais compostos.

Holoceno – Época mais recente do Período Quaternário. O termo é derivado das palavras gregas *holos* (todo) e *kainos* (recente). O Holoceno abrange os últimos 10 mil anos, sendo também conhecido como Recente ou Pós-glacial.

I

Idade absoluta – Idade atribuída para um evento terrestre (geológico, geomorfológico, climático, etc.), que é expressa em número de anos. Em geral são utilizados métodos físicos baseados em substâncias radioativas.

Idade Jômon – Teve início no fim da Época Pleistocena há cerca de 12 mil anos passados e terminou há 2,4 mil anos passados na Época Holocena no Japão, quando se desenvolveu uma cultura pré-histórica de coletores e caçadores. Abrangeu grande parte da Idade Hipsitêmica ou do Ótimo Climático.

Idade Mesolítica – Época intermediária entre a Idade Paleolítica e Idade Neolítica que, na Ásia Ocidental, iniciou-se há cerca de 12 mil anos. Nesta época foram introduzidos os animais domésticos e a agricultura, diferenciando-se da fase de coletores e caçadores. As conchas tornaram-se importantes e desde o Mar Mediterrâneo até as costas do norte da Europa existem muitos sambaquis de Idade Mesolítica.

Idade Neolítica – Época subsequente à Idade Mesolítica e precedente à Idade dos Metais, que é caracterizado pela domesticação de animais e plantas. Essas atividades tornaram-se mais intensivas após cerca de 6 mil anos passados, em parte pela pressão do aumento populacional.

Idade Paleolítica – Corresponde à época mais antiga, que se iniciou no fim da Época Pliocena e continuou até cerca de 8 mil anos passados. As bases das civilizações da

Idade Paleolítica eram a coleta e a caça, na Idade Mesolítica começou o enterramento dos mortos e a seguir, surgiram as pinturas.

Idade da pedra – Refere-se à época em que os instrumentos de uso cotidiano eram fabricados de pedra (rocha ou mineral). Ela antecede à Idade dos Metais e terminou não pelo esgotamento da matéria prima mas, em função do avanço tecnológico.

Idade relativa – Corresponde à idade determinada em função das sucessões fossilíferas ou de camadas sedimentares. Basicamente esta idade determina a seqüência de eventos, que permitiu a elaboração da tabela do tempo geológico em termos de idade relativa.

Indústria de reciclagem – Nova expressão idealizada por este autor, ao imaginar uma mudança radical na postura do ser humano contemporâneo, da sociedade do consumo em voga para contínua reciclagem. Isso garantiria, por mais tempo, a sustentabilidade do suprimento de recursos naturais aos habitantes da Terra.

Ionização – Relativa à formação de íons, que pode ser propiciada pela dissolução eletrolítica ou por ação de determinadas radiações.

Ionosfera – Camada externa da atmosfera, que é caracterizada pela abundância de átomos na forma de íons livres. Costuma ser subdividida em: camada D = abaixo de 90 quilômetros, camada E = 90 a 160 quilômetros e camada F = acima de 160 quilômetros.

Isótopo – Caracteriza-se por massa atômica distinta, em função da alteração do número de nêutrons do núcleo, mas que exibe o mesmo número atômico, definido pelos números de prótons e elétrons. O carbono, por exemplo, possui os isótopos de massas atômicas 12 e 13, que são estáveis e o de massa atômica 14, que é radioativo.

Isótopo estável – Isótopo desprovido de radioatividade que, portanto, não se transforma em outro tipo de núcleo através da fissão (desintegração) nuclear. Como exemplos têm-se os isótopos 16, 17 e 18 do oxigênio (O).

Isótopo radioativo – Isótopo que apresenta radioatividade que, portanto, está sujeito à desintegração atômica e se transforma em outro tipo de núcleo. Existem isótopos radioativos naturais e artificiais que, no sentido restrito, referem-se só aos primeiros.

J

Junta – Junta ou diaclase corresponde à fratura que aparece comumente nas rochas. Quando apresenta disposição sistemática acredita-se que tenha origem tectônica, ligada a esforços de deformação das rochas, de origem interna (dinâmica endógena).

Jurássico (Período) – Período intermediário da divisão tripartite da Era Mesozóica, com duração aproximada de 55 milhões de anos (190 ± 5 a 135 ± 5 milhões de anos).

L

Laguna – Corpo aquoso costeiro de dimensões variáveis, que apresenta geralmente uma comunicação mais ou menos restrita com o oceano adjacente. No Brasil, pode-se exemplificá-la pelas lagoas dos Patos (RS) e Araruama (RJ).

Lapiá – Conjunto de caneluras que entalham a superfície mais exposta das rochas, principalmente das mais solúveis como o calcário, o dolomito, etc., que resulta da corrosão química (ou dissolução).

Lava – Matéria composta por substâncias formadoras de rochas, em estado fluído devido à alta temperatura (mais de 1.000°C). No interior da Terra esta matéria é denominada magma e quando extravasa na superfície constitui a lava.

Leque aluvial – Morfologia deposicional formada por sedimentos fluviais depositados em regiões piemontanas em forma de leque. Tanto a granulação, quanto a espessura dos sedimentos, decresce do ápice (fácies proximal) para as partes mais afastadas (fácies distal) do leque aluvial. Exemplo: Leque aluvial do Rio Taquari no Pantanal Matogossense.

Leque submarino – Topografia deposicional submarina, em forma de leque, encontrada nos fundos oceânicos. Existe o de águas rasas (130 metros) sobre a plataforma continental e o de águas mais profundas (1.000 a 4.000 metros de profundidade). O primeiro representaria antigo delta oceânico, formado sob nível oceânico correspondente ao Último Máximo Glacial, que teria sido submerso pela subida de nível relativo do mar no Holoceno.

Linha de maré alta – Linha de praia correspondente às marés enchentes, que é variável conforme a época do ano.

Linha de maré baixa – Linha de praia correspondente às marés vazantes, que apresenta mudança de acordo com a época do ano.

M

Macroclima – Clima de grande escala, reconhecível em ampla área geográfica. Exemplos: clima equatorial úmido, clima tropical árido, etc.

Magnetometria – Método de prospecção geofísica que visa a localização de jazidas minerais, especialmente as metálicas, ou o esclarecimento de estruturas geológicas subsuperficiais por levantamentos magnetométricos.

Mamute – Espécie de elefante primitivo extinto, que teria surgido há cerca de 70 mil anos. A altura chegava a cerca de 3,5 metros. O registro fóssilífero mais recente data de cerca de 4 mil anos passados.

Manto – Camada interna da Terra entre a crosta e o núcleo, limitada acima pela descontinuidade de *Mohorovicic*, a cerca de 35 quilômetros sobre os continentes e 10 quilômetros sob os oceanos; limitada abaixo pela descontinuidade de *Wiechert-Gutenberg* a aproximadamente 2.900 quilômetros da superfície terrestre. Acredita-se que seja formado de material ultrabásico.

Maremoto – Onda de grande comprimento e pequena amplitude, cuja formação é induzida por terremoto. A velocidade de propagação de maremoto (ou onda sísmica) é de 700 a 800 quilômetros por hora. Sinônimo: Tsunâmi.

Margem continental ativa – Veja Margem continental do tipo Pacífico.

Margem continental passiva – Veja Margem continental do tipo Atlântico.

Margem continental do tipo Atlântico – Margem continental originada pela divisão do continente que, em geral, não exhibe atividade vulcânica ou movimento tectônico. Sinônimo: Margem continental passiva, como a brasileira.

Margem continental do tipo Pacífico – Margem continental caracterizada por zona de subducção, falha transformante e atividade vulcânica. Sinônimo: Margem continental ativa, como a dos países andinos da América do Sul.

Marte – Quarto planeta mais próximo do Sol, cuja órbita fica situada entre a da Terra e a de Júpiter. O raio na região do equador é de cerca de 3.397 quilômetros, que representa quase a metade da Terra. A densidade média é de 3,93 gramas por centímetro cúbico, e portanto semelhante a da Lua que é de 3,34 gramas por centímetro cúbico.

Matéria orgânica – Composto carbonoso, principalmente de origem vegetal, resultante de mudanças diagenéticas de substâncias orgânicas, que transformam uma matéria orgânica imatura (rica em substâncias voláteis) em matéria orgânica madura (pobre em substâncias voláteis). Algumas substâncias componentes da parte orgânica dos seres vivos são: carboidratos, proteínas e lipídios, mas podem variar segundo a espécie de ser vivo, além de idade e condição de nutrição.

Matéria orgânica do solo – Fração carbonosa do solo, de origens vegetal e/ou animal, transformada no interior do solo por processos físicos, químicos ou biológicos. A matéria orgânica do solo é importante na retenção de umidade e nutrientes, além de atribuir outras propriedades importantes à produtividade agrícola.

Material em decomposição – Refere-se às substâncias, de origens orgânica ou inorgânica, submetidas a processos de deterioração (ou putrefação) ou à separação dos elementos componentes.

Material em solução – Designação de substâncias sólidas, líquidas ou gasosas contidas em meio líquido, que mais comumente é a água. A água oceânica, por exemplo, contém sal comum (NaCl) e outros materiais dissolvidos.

Material em suspensão – Partículas sólidas em suspensão na água, composta principalmente de fragmentos minerais de pequenas dimensões (siltico-argilosas), entre os quais predominam diversos tipos de argilominerais, além de substâncias orgânicas.

Medida instrumental – Valor numérico obtido por equipamentos, como os de parâmetros climáticos (temperatura e pluviosidade), obtidos por termômetro e pluviômetro, respectivamente.

Medusa – Espécime pelágico de celenterado (animal em forma de saco, que apresenta aparelho digestivo comunicante com o exterior por um orifício, que serve como boca e ânus), em forma de sino ou de guarda-sol, que é praticamente transparente.

Melitopalinologia – Ramo da palinologia que estuda os grãos de pólen de plantas importantes para a apicultura visando a produção de mel.

Mesoclima – Clima de uma região com 10 a 100 quilômetros quadrados, de escala intermediária entre o microclima e macroclima. A área abrangida pelo mesoclima varia em função da complexidade fisiográfica superficial e o seu estudo acha-se, em geral, atrasado em relação às pesquisas de micro e macroclima.

Meteorito – Material rochoso extraterrestre proveniente do espaço sideral. As dimensões variam desde menos de 1 grama até dezenas de toneladas. O número de meteoritos descobertos na Terra até agora chega a cerca de 18.000 unidades, das quais mais de 80% foram encontrados na Antártida (pólo sul).

Método de datação radiocarbono – Método de determinação de idade de eventos geológicos relativamente recentes (até pouco mais de 50 mil anos), baseado no radiocarbono (isótopo ^{14}C), que foi proposto por W.F. Libby entre 1947 a 1950. É o método mais usado nesta faixa de idade, tanto em geologia como em arqueologia. A idade mínima medível é de 300 anos.

Microclima – Clima restrito a uma pequena área geográfica, determinada por influência direta de alguns fatores geográficos como, por exemplo, o relevo local. Não existe uma dimensão pré-estabelecida para um microclima, que pode variar de 10 a várias dezenas de quilômetros quadrados.

Microrganismo – Organismo vivo extremamente pequeno, isto é, de fração de milímetros. No sentido restrito compreende bactérias e vírus, mas no sentido amplo inclui vários organismos primitivos e algas.

Movimento crustal – Refere-se a deformações da crosta terrestre, que provocam modificações geomorfológicas. Durante grandes terremotos, por exemplo, deslocamentos de dezenas de centímetros até alguns metros podem ser produzidos ao longo de falhas.

Movimento vertical do nível do mar – Deslocamento relativo do nível do mar em relação ao do continente, que é originado por causas globais, regionais ou locais, ao longo do tempo geológico.

N

Neógeno (Período) – Corresponde à porção mais nova da Era Cenozóica, que abrange os últimos 23,3 milhões de anos. É subdividido em épocas Miocena, Pliocena e Pleistocena.

Nêutron – Partícula nuclear sem carga elétrica, de massa igual à do próton.

Nitrogênio – Elemento químico gasoso mais abundante (cerca de 78%) na atmosfera terrestre atual, de símbolo N, peso atômico 14,008 e de número atômico 7.

O

Oceano – Corpo de água salgada que, em conjunto, abrange $\frac{2}{3}$ da superfície terrestre, correspondente a $361,059 \times 10^6$ quilômetros quadrados, com profundidade média de 3.800 metros, que comporta 97% de toda a água existente atualmente na Terra. Os fundos oceânicos estão recobertos por sedimentos de ambientes marinho raso (5%), marinho semiprofundo (15%) e marinho profundo (80%).

Ordoviciano (Período) – Segundo dos seis períodos da Era Paleozóica, que durou cerca de 60 milhões de anos (500 ± 15 a 440 ± 10 milhões de anos).

Orogênese – Do grego *oros* (montanha) + *gênese* (origem), que significa formação de montanha, usada pela primeira vez em 1890. Refere-se ao conjunto de movimentos tectônicos que levam à formação de cadeias montanhosas como, por exemplo, a Cordilheira dos Andes e as Montanhas Rochosas. Envolvem deformações das rochas por dobras e falhas.

Orogênese Caledoniana – Esta orogênese ocorreu durante o Siluriano e afetou a Caledônia (nome latino de Escócia), onde ocorreram importantes dobramentos.

Orogênese Variscaniana – Esta denominação foi proposta por Suess e provém da região conhecida como país dos Variscanos, que estava situado a NW da atual França.

Oscilações climáticas – Modificações do clima por causas passageiras (alguns meses ou poucos anos), que representam um fenômeno de flutuação climática e não de mudança climática.

Oxigênio – Elemento químico gasoso de símbolo O, peso atômico 16 e número atômico 8, que constitui cerca de 21% da atmosfera atual da Terra.

Ozônio – Gás incolor de cheiro penetrante e corrosivo, que é considerado como forma alotrópica do oxigênio, composto de três átomos deste elemento. A camada deste gás na atmosfera terrestre previne contra a penetração de raios ultravioletas provenientes do Sol.

P

Palavra-chave – Algumas palavras que permitem identificar o conteúdo de um texto, como de um artigo.

Paleobotânica – Ramo da paleontologia, que se ocupa com o estudo de fósseis vegetais.

Paleoclima – Refere-se às condições climáticas pretéritas sobre a superfície terrestre, como em termos de pluviosidade, temperatura, vento, etc. Nos últimos 30 anos tornaram-se muito freqüentes no Brasil os estudos de paleoclimas do Quaternário utilizando-se as análises de palinomorfos.

Paleógeno (Período) – Abrange a parte mais antiga da Era Cenozóica, que forma o intervalo de tempo de 65 a 23,3 milhões de anos. Compreende as épocas Paleocena, Eocena e Oligocena.

Paleontologia humana – Ramo da paleontologia dedicado ao estudo de seres humanos ancestrais fossilizados.

Paleopalinologia – Ramo da palinologia que se dedica ao estudo de palinomorfos (pólen + esporo) fossilizados, não necessariamente de plantas extintas.

Paleozoologia – Ramo da paleontologia, que se ocupa do estudo de restos fossilizados de animais, como mamíferos extintos.

Palinologia forense – Aplicação de palinologia em investigações criminais.

Palinomorfo – Microfóssil (exige o emprego de vários tipos de microscópios para os seus estudos) de origem vegetal, que abrange grãos de pólen + esporos.

Pedogênese – Refere-se ao modo de formação do solo ou ao estudo de solo sob o ponto de vista genético, considerando-se os fatores envolvidos na sua formação, tais como, litologia da rocha-matriz, clima, relevo, etc.

Pedreira – Lugar onde se retira pedra (rocha) para construções civis variadas, pavimentações de rodovias, etc.

Pequena Idade do Gelo – Último avanço glacial importante após o estágio glacial *Würm*, acompanhado de diminuição de temperatura, mudanças de cobertura vegetal e abaixamento do nível relativo do mar, de influência praticamente mundial, que ocorre entre cerca de 1.450 a 1.850 anos A.D.

Permiano (Período) – Último dos seis períodos da Era Paleozóica com duração de cerca de 50 milhões de anos (280 ± 10 a 230 ± 5 milhões de anos).

Peso específico – Razão entre o peso de uma substância e de outra substância tomada como padrão. Em substâncias líquidas e sólidas o padrão de comparação é água pura submetida a 1 atmosfera de pressão e 4° centígrados de temperatura.

Petróleo – Nome genérico usado para denominar hidrocarbonetos líquidos naturais, que podem conter teores variáveis de impurezas (enxofre, nitrogênio, etc.). Após a destilação fracionada o petróleo pode fornecer vários tipos de combustíveis (gasolina, diesel, etc.), outros produtos químicos e lubrificantes.

Planeta – Astro que gira em torno do Sol, do qual recebe luz e calor. No Sistema Solar, os planetas conhecidos são: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

Planta arbórea – Vegetal com porte de árvore, isto é, caule com algumas dezenas de metros de altura e com muitos ramos (galhos).

Planta criptógama - Plantas que não dão flores e, em geral, possuem os órgãos sexuais ocultos, como as samambaias e plantas assemelhadas.

Planta fanerógama – Plantas que dão flores e, em geral, são caracterizadas por órgãos sexuais aparentes.

Planta não-arbórea – Planta de porte bem menor que a arbórea, que constitui os arbustos e associados. Exemplos: gramíneas tropicais, milho e cana-de-açúcar.

Plataforma continental – Zona marginal dos continentes, que é caracterizada por declividade suave (menos de 1:1.000), que se estende da praia (linha de maré baixa)

até cerca de 180 metros de profundidade, quando se inicia o talude continental.

Pleistocena (Época) – Denominação da época mais antiga do Período Quaternário, compreendida entre 1,6 a 1,8 milhão de anos até cerca de 10 mil anos passados.

Poliê – Depressão isolada encontrada em regiões de topografia cárstica, de dimensão bem maior que a dolina e uvala, isto é, com alguns quilômetros quadrados ou algumas centenas de quilômetros quadrados. As paredes são abruptas e o fundo plano e, em geral, atapetado com areia e argila.

Polígono das secas – Grande região do interior do Nordeste Brasileiro, caracterizado por chuvas escassas e muitos rios efêmeros (ou temporários). O clima local é considerado semi-árido.

Poluição de água – Estado da água em que suas propriedades físico-químicas e químicas acham-se deterioradas a ponto de prejudicar o seu uso. Entre os poluentes mais comuns tem-se produtos químicos, radioativos e microrganismos, além de temperatura, introduzidos comumente por ação antrópica direta ou indireta.

Ponto-de-vista otimista – Tendência de julgar tudo com atitude otimista, isto é, achar tudo bom.

Ponto-de vista pessimista – Tendência de avaliar tudo com atitude pessimista, isto é, achar tudo péssimo.

Pós-glacial – O termo pós-glacial, como substantivo, é usado como sinônimo de Holoceno, embora nenhuma evidência segura do fim das glaciações tenha sido reconhecida. Como adjetivo refere-se ao tempo subsequente à deglaciação de uma área.

Pré-Cambriano (Período) – Intervalo de tempo anterior ao Período Cambriano, isto é, antes de aproximadamente 570 ± 20 milhões de anos. É uma designação informal mas de uso corrente.

Pressão atmosférica – Corresponde à pressão exercida pela atmosfera, em que 1 atmosfera = 760 milímetros de Hg (mercúrio) = 1.013,25 hPa (hectopascals = 100 pascals). A pressão atmosférica precisa é obtida à temperatura de 0° centígrado, em latitude de 45° e após correções de gravidade, temperatura e aceleração da gravidade.

Pressão parcial de oxigênio – Em mistura gasosa com oxigênio, a pressão parcial do oxigênio corresponde à pressão que seria exercida se o mesmo espaço fosse ocupado só por oxigênio.

Processo endogenético – Processo geológico cuja fonte de energia está situada no interior da Terra, como vulcanismo, movimentos crustais, etc.

Processo exogenético – Designação geral para processo de modificação da superfície terrestre, cuja fonte de energia é extraterrestre que, como a energia solar, propicia a circulação atmosférica.

Prospecção – Série de procedimentos desenvolvida com o objetivo de descobrir e avaliar uma jazida de minério, de petróleo, de carvão, etc.

Proteína – Designação coletiva para substâncias orgânicas nitrogenadas, de elevado peso molecular que, comumente, contém fósforo e enxofre, elementos essenciais a todas as células dos seres vivos.

Protoatmosfera – Veja Atmosfera primitiva.

Q

Quaternário (Período) – Último período da Era Cenozóica, que se iniciou há 1,81 ou 2,6 milhões de anos. Recentemente tem sido proposta a eliminação desta designação, inclusive pelo autor deste livro.

R

Radiação eletromagnética – Radiação como a solar, que é originada da ação recíproca de correntes elétricas e campos magnéticos.

Radiação solar – Radiação eletromagnética proveniente do Sol, cuja energia visível corresponde a cerca de 50%, sendo a outra metade relacionada a raios infravermelhos e ultravioletas.

Radiação terrestre – Radiação de ondas longas emitidas pela Terra, principalmente na forma de calor, como produto da radiação de ondas curtas do Sol incidente sobre a superfície terrestre.

Raios infravermelhos – Referem-se às radiações de grandes comprimentos de onda, não-visíveis no espectro de radiação solar, que tem a propriedade de produzir elevação de temperatura.

Raios ultravioletas – Relacionadas às radiações situadas imediatamente abaixo da violeta, nas quais os comprimentos de ondas das radiações, variam entre 0,2 a 0,4 μm e situam-se além do espectro visível.

Reações químicas – Ações de duas ou mais substâncias entre si, que levam à produção de novas substâncias à custa do desaparecimento das anteriores.

Recife de coral – Recife formado por acumulação de corais hermatípicos, juntamente com algas calcárias. Desenvolve-se em águas oceânicas rasas (maré baixa até 30 metros de profundidade), onde as temperaturas variam de 18 - 36° centígrados e as salinidades de 27 a 40‰.

Recife rochoso – Recife constituído principalmente de estruturas inorgânicas, como a maioria dos recifes do Nordeste Brasileiro, formadas de rochas arenosas ou conglomeráticas com cimento calcítico (rochas praias) ou com cimento ferruginoso (Formação Barreiras). Essas rochas apresentam incrustação de algas calcárias e corais.

Recurso de água doce – Água doce disponível ao uso humano de superfície (rios e lagos de água doce) e de subsuperfície (água subterrânea). Cerca de 14% da água doce líquida disponível no mundo inteiro encontra-se no Brasil, cuja população corresponde aproximadamente a 3% da mundial.

Recurso mineral – Denominação coletiva dos recursos naturais (minerais e rochas) úteis ao ser humano. Entre esses recursos tem-se os metálicos, não-metálicos, combustíveis fósseis, água subterrânea, calor geotérmico e materiais de construção.

Registro geológico – Testemunho de eventos geológicos de naturezas física, química ou biológica. Os depósitos de tilitos testemunham glaciações e fósseis de braquiópodes são sugestivos de ambientes marinhos de sedimentação.

Registro paleoclimático – Indicador de climas do passado que, como no caso de registro geológico, pode também ser de naturezas física, química ou biológica. Os calcretes são paleossolos característicos de climas áridos ou semi-áridos. Os palinomorfos contidos, por exemplo, em sedimentos lacustres são bons indicadores paleoclimáticos.

Réptil – Refere-se à classe de vertebrados ovíparos com o corpo revestido de escamas e patas curtas ou ausentes.

Rocha – Agregado natural individualizado de um ou mais minerais, que constitui parte essencial da crosta terrestre. Conforme a origem têm-se as rochas ígneas (ou magmáticas), metamórficas e sedimentares.

Rocha calcária – Designação genérica de rochas constituídas essencialmente carbonato de cálcio (CaCO_3), de origem principalmente sedimentar e comumente orgânica.

Rocha extrusiva – Rocha ígnea (ou magmática) formada por extrusão (expulsão) do magma na forma de derrame vulcânico.

Rocha intrusiva – Rocha ígnea (ou magmática) consolidada após intrusão (penetração) do magma em outra rocha, freqüentemente nas formas de dique (discordantemente) ou soleiras (concordantemente) nas rochas hospedeiras.

Rocha matriz – Rocha fonte ou mãe, que fornece os detritos minerais para as rochas sedimentares clásticas (detriticas ou terrígenas), após passar por processos de intemperismo.

Rocha moutonnée – Afloramento de rocha cristalina (ígnea ou metamórfica) que, ao ser cavalgado por uma geleira em deslocamento, tem a superfície polida e/ou estriada pela ação de fragmento rochoso contido na geleira.

S

Salgema – Sal de cozinha ou cloreto de sódio (NaCl) extraído de minas terrestres. A espessura do seu depósito pode ser superior a 1.000 metros e ser acompanhada de anidrita (CaSO_4), gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e outros sais.

Salinidade – Medida do teor de sais dissolvidos na água, representada pelo peso em grama de sais contidos em 1 quilograma de água, isto é, em partes por 1.000 (‰). A salinidade normal dos oceanos situa-se entre 33 a 37‰.

Sambaqui – Monte artificial de conchas de moluscos construído pelos antigos habitantes de regiões costeiras, com até algumas dezenas de metros de altura e

algumas centenas de metros de diâmetro. Pode também conter instrumentos líticos, ossadas humanas, adornos e fragmentos cerâmicos, além de ossos de outros animais (pequenos mamíferos, peixes, etc.).

Savanização – Refere-se à transformação de uma área em termos climáticos (estações bem demarcadas em termos de pluviosidade, mas pouco distintas em amplitudes térmicas anuais) com fisionomia vegetacional característica de uma savana (ou cerrado).

Sedimentação – Deposição de partículas inorgânicas (minerais) e orgânicas (de origem vegetal) em meio subaquoso ou subaéreo sob condições físico-químicas próximas às da superfície terrestre.

Sedimentologia – Estudo de sedimentos em termos granulométricos, mineralógicos e químicos com os objetivos de classificá-los e de compreender suas origens.

Semideserto – Área caracterizada climaticamente entre um deserto verdadeiro e um campo de gramíneas, que se acha freqüentemente situado entre ambos.

Sialitização – Veja Argilização.

Siderita – Mineral de cor marrom escura a amarelada e de brilho vítreo, que se cristaliza em romboedros com composição de carbonato de ferro (FeCO_3). A dureza é de 3,5 a 4 e a densidade entre 3,8 a 3,9 gramas por centímetro cúbico. É relativamente comum em sedimentos lacustres, como ocorre na Serra dos Carajás (PA).

Silício – Elemento químico metalóide de símbolo Si, peso atômico 28,06 e número atômico 14.

Siluriano (Período) – Terceiro dos seis períodos da Era Paleozóica, que durou aproximadamente 40 milhões de anos (440 ± 10 a 400 ± 10 milhões de anos). Foi neste período que surgiram as plantas terrestres.

Sísmica – Método de prospecção geofísica, que utiliza a propagação, reflexão e refração de ondas sísmicas (tremores), provocados artificialmente por explosivos, para pesquisar as estruturas geológicas subsuperficiais. É um dos métodos geofísicos mais importantes na prospecção de petróleo.

Sistema Solar – Conjunto harmônico de planetas e seus satélites, planetóides e cometas que, sob influência do seu campo gravitacional, giram em torno do Sol.

Sobrepesca – Atividade pesqueira exercida em tal intensidade que ultrapassa a taxa de reposição do estoque e, portanto, pode conduzir à extinção de uma determinada espécie de peixe.

Soerguimento – Levantamento de uma extensa área da crosta terrestre, quando comparada às áreas adjacentes, em geral por causas tectônicas. Área submetida às glaciações quaternárias como, por exemplo, a Península da Escandinávia foi soerguida várias centenas de metros nos últimos milhares de anos, após o desaparecimento das geleiras.

Sólido – Estado da matéria caracterizado por possuir rigidez e forma como, por exemplo, gelo (água em estado sólido).

Solo – Cobertura mais superficial da crosta terrestre, em geral pouco coesiva, composta por partículas de substâncias inorgânicas (minerais) e orgânicas (restos vegetais), formada por meteorização de rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas.

Solo ácido – Solo caracterizado por pH baixo (inferior a 7). Esta propriedade é determinada por íon de hidrogênio dissociado à umidade do solo. Estima-se que 4,6 bilhões de hectares de solo no mundo sejam ácidos. A acidez de solos é corrigida com adição de calcário (CaCO_3) pulverizado.

Solo alcalino – Solo fortemente alcalino pode apresentar pH superior a 8,5, quando pode conter mais de 15% de sódio (Na^+) trocável e torna-se inadequado para agricultura. É típico de baixadas continentais tropicais em clima árido.

Subsidência – Efeito de afundamento de parte da crosta terrestre por movimentos tectônicos verticais ou até por simples efeito da compactação diferencial, como ocorre por extração de fluidos intersticiais em algumas áreas do Japão.

Supercontinente *Gondwana* - Supercontinente da Era Paleozóica, que existia no hemisfério sul. A sua existência é comprovada por seqüências litológicas e fósseis semelhantes desta era encontradas em todos os continentes atuais deste hemisfério. A sua fragmentação na Era Mesozóica promoveu a formação do Oceano Atlântico.

T

Talude continental – Porção da margem continental com gradiente superior a 1:40, delimitada entre a parte externa da plataforma continental e o sopé continental, de declive mais suave, que se inicia entre 1.373 e 3.050 metros. O talude continental é também chamado de talude submarino.

Tectito – É também conhecido como vidro de impacto. É uma substância vítrea semelhante à obsidiana com fratura conchoidal. Na Austrália conhece-se o australito de cor negra e, em Checo o moldavito de cor verde. Acredita-se que o tectito seja originado após o impacto de um grande meteorito na superfície terrestre. Nesta ocasião materiais terrestres seriam volatilizados e, por resfriamento repentino, formariam o material vítreo do tectito.

Tempo de residência – Tempo médio durante o qual uma substância é retida no interior de um sistema como, por exemplo, o tempo necessário para que uma laguna ou mar interior renove todo o seu estoque de água.

Teoria da deriva continental – Teoria proposta por A. Wegener em 1924, segundo a qual os continentes já estiveram unidos em massas bem maiores, que teriam sofrido fragmentação e migração, de modo que com o tempo adquiriram as formas e as posições atuais.

Teoria dos refúgios – Teoria apresentada por J. Haffer em 1969, que admite a ocorrência de flutuações climáticas na Região Amazônica, constituída por alternância de climas secos e úmidos. Sob clima seco ocorreria expansão das savanas e fragmentação das

florestas, quando, cessariam intercâmbios genéticos entre plantas e animais e dariam origem a novas espécies. Esta teoria explicaria as diversidades faunísticas e florísticas encontradas na região.

Teoria de tectônica de placas – Esta teoria admite a existência na crosta terrestre de numerosas placas litosféricas rígidas, separadas entre si por junções que são de três tipos: (a) divergente, (b) convergente e (c) direcional. Essas placas movem-se, umas em relação às outras, carreadas por lentas correntes de convecção da astenosfera (parte do manto terrestre).

Terciário (Período) – Período geológico mais antigo da Era Cenozóica, com duração de cerca de 70 milhões de anos (70 ± 3 a $1,8 \pm 0,5$ milhões de anos).

Termômetro geológico – Espécie ou associação mineral, de temperatura de formação bem conhecida, que permite inferir temperaturas pretéritas. Há casos em que se usam isótopos ou substâncias carbonosas, como no caso da petrologia do carvão.

Terremoto – Súbito tremor da Terra, ocasionado pelo alívio repentino de esforço lentamente acumulado, associado freqüentemente a falhamento ou atividade vulcânica.

Testemunho – Amostra de sedimento inconsolidado ou de uma rocha, de forma cilíndrica e obtida mais ou menos perpendicularmente à estratificação, com o uso de equipamentos chamados testemunhadores.

Tigre dente-de-sabre – Mamífero pleistoceno extinto, caracterizado por apresentar dente canino em forma de sabre. Deveria ser um animal carnívoro.

Tório – Elemento químico radioativo, de símbolo Th, peso atômico 232,1 e número atômico 90.

Tornado – Vento muito forte em redemoinho, que ocorre no início e no fim de período chuvoso na África Ocidental e na América do Norte entre abril e junho, freqüentemente acompanhado de tempestades.

Transgressão Jômon – Nível oceânico acima do atual, que ocorreu na idade Jômon do Japão, entre o fim do Pleistoceno e Holoceno.

Travertino – Calcário poroso e celular, sedimentado quimicamente a partir de água de uma fonte ou de um lago ou, ainda, da água subterrânea percolante.

Triássico (Período) – Período mais antigo da Era Mesozóica, que durou cerca de 40 milhões de anos (230 ± 5 a 190 ± 5 milhões de anos).

Trilobita – Classe de artrópode extinta, com esqueleto dorsal composto de céfalo, tórax e pigídio, dividido longitudinalmente com um eixo central e exibindo duas regiões pleurais. O corpo possuía comumente 3 a 5 centímetros, mas alguns atingiam até 70 centímetros.

Trópico de câncer – Paralelo geográfico que dista $23^{\circ}27'$ acima do equador.

Trópico de capricórnio – Paralelo geográfico que dista $23^{\circ}27'$ abaixo do equador.

Troposfera – Camada mais inferior da divisão tripartite da atmosfera terrestre, que atinge 16 quilômetros nas regiões tropicais e 8 quilômetros nas regiões polares. A

temperatura média é de 15° centígrados na superfície terrestre e de -60° centígrados a 12 quilômetros de altitude.

Tsunâmi – Veja Maremoto.

Turfa – Sedimento orgânico residual, de cor castanha escura ou preta, produzido pela decomposição parcial de plantas de áreas pantanosas, tais como, musgos, ciperáceas, juncáceas e, às vezes, restos de coníferas. Típica de pântanos de água doce, onde o crescimento vegetal é rápido e a acidez dos produtos húmicos inibe a decomposição microbiana aeróbia.

U

Último estágio glacial – Veja Glaciação *Würm*.

Último Máximo Glacial (UMG) – Última fase de resfriamento climático mais intenso, durante o último estágio glacial do hemisfério norte, cuja clímax ocorreu entre 17 a 20 mil anos passados.

Urânio – Elemento químico radioativo, de símbolo U, peso atômico 238,14 e número atômico 92.

Uvala – Bacia (região deprimida) de forma irregular, de fundo plano e raso, formada pela coalescência de dolinas adjacentes pelo avanço de processos de erosão cárstica.

V

Varvito – Depósito lacustre periglacial, finamente laminado, constituído por alternância de lâminas siltico-arenosa (cinza clara) e siltico-argilosa (cinza escura), com matéria orgânica carbonosa. No Brasil tem-se o exemplo do Varvito de Itu (SP).

Vento solar – A coroa solar exhibe temperatura muito alta e os gases contidos expandem-se e, fluem continuamente para o exterior. Este fluxo de gases (H^+ , He^{2+} , O^{6+} , C^{3+} , etc.), nas vizinhanças da órbita terrestre, atinge a velocidade média de 450 quilômetros por segundo.

Vento alísio – Vento que sopra da zona de alta pressão dos trópicos para a zona de baixa pressão do equador. Muitas vezes este vento é de SE no hemisfério sul e de NE no hemisfério norte.

Vênus – Percorre a órbita intermediária entre o Mercúrio e a Terra. É um planeta cujo raio na região do equador é de 6.052 quilômetros e a densidade média é de 5,24 gramas por centímetro cúbico. A sua atmosfera é composta predominantemente de dióxido de carbono (CO_2) e a temperatura superficial média é de 480° centígrados.

Via-Láctea – Constitui uma imensa faixa luminosa, vista de noite no céu. É composta de estrelas tão distantes que não podem ser vistas a olho-nu. Alguns acreditam que elas exibam estruturas em espiral.

Vibrotestemunhador – Equipamento de amostragem de testemunho adequado para sedimentos areno-argilosos com matéria orgânica, pouco consolidados. É composto

de tubo de alumínio com 6 metros de comprimento de cerca de 7 centímetros de diâmetro, ao qual se conecta um vibrador de concreto acoplado a um motor à gasolina. A retirada do tubo é feita com tripé e roldana.

Z

Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) – Limite de massas de ar dos hemisférios norte e sul que, às vezes, é também chamada de frente equatorial ou frente tropical. Porém, a inexistência de descontinuidades de pressão e temperatura tornam essas designações impróprias, pois não há uma verdadeira frente.



Foto 1: Iceberg (Foto: Luís Antônio Pereira de Souza).
写真1 冰山 (L・A・P・デ・ソウザ撮影)



Foto 2: Geleira (Foto: Luís Antônio Pereira de Souza).
写真2 氷河 (L・A・P・デ・ソウザ撮影)



Foto 3: Dunas eólicas ao norte de Salvador (BA) (Foto: Luís Antônio Pereira de Souza).
 写真3 バイーア州サウヴァドル市北部地方の砂丘（L・A・P・デ・ソウザ撮影）



Foto 4: Mineração de calcário na região de Ribeirão Grande (SP)
 (Foto: William Sallun Filho).
 写真4 サンパウロ州リベイロン・グランデ地方の石灰岩の鉱山
 （W・サルーン・フィーリョ撮影）

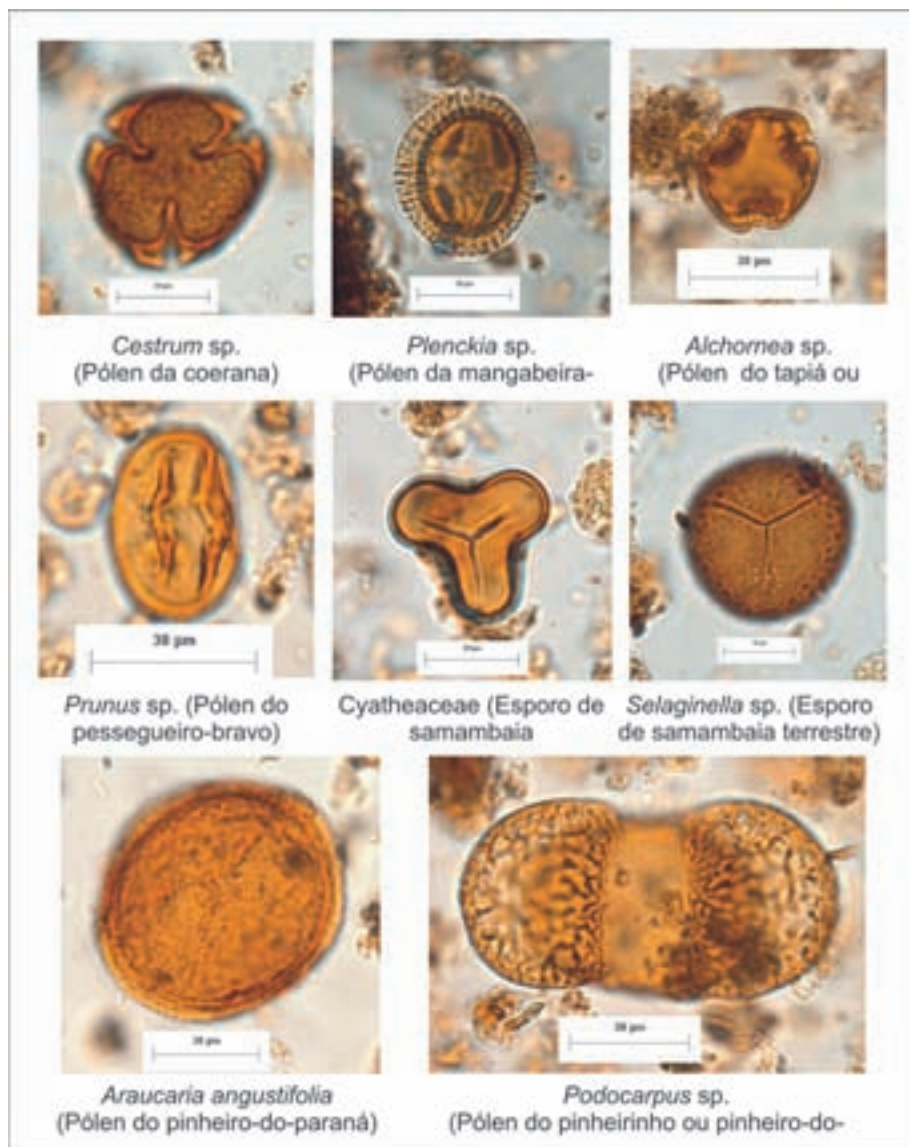


Foto 5: Pólens e esporos de idade quaternária, coletados no município de Jussara (PR) (Fotos: Rosana Saraiva Fernandes).

写真5 パラナ州ジュサーラ町付近で採集された第四紀の花粉と孢子
(R・S・フェルナンデス撮影)

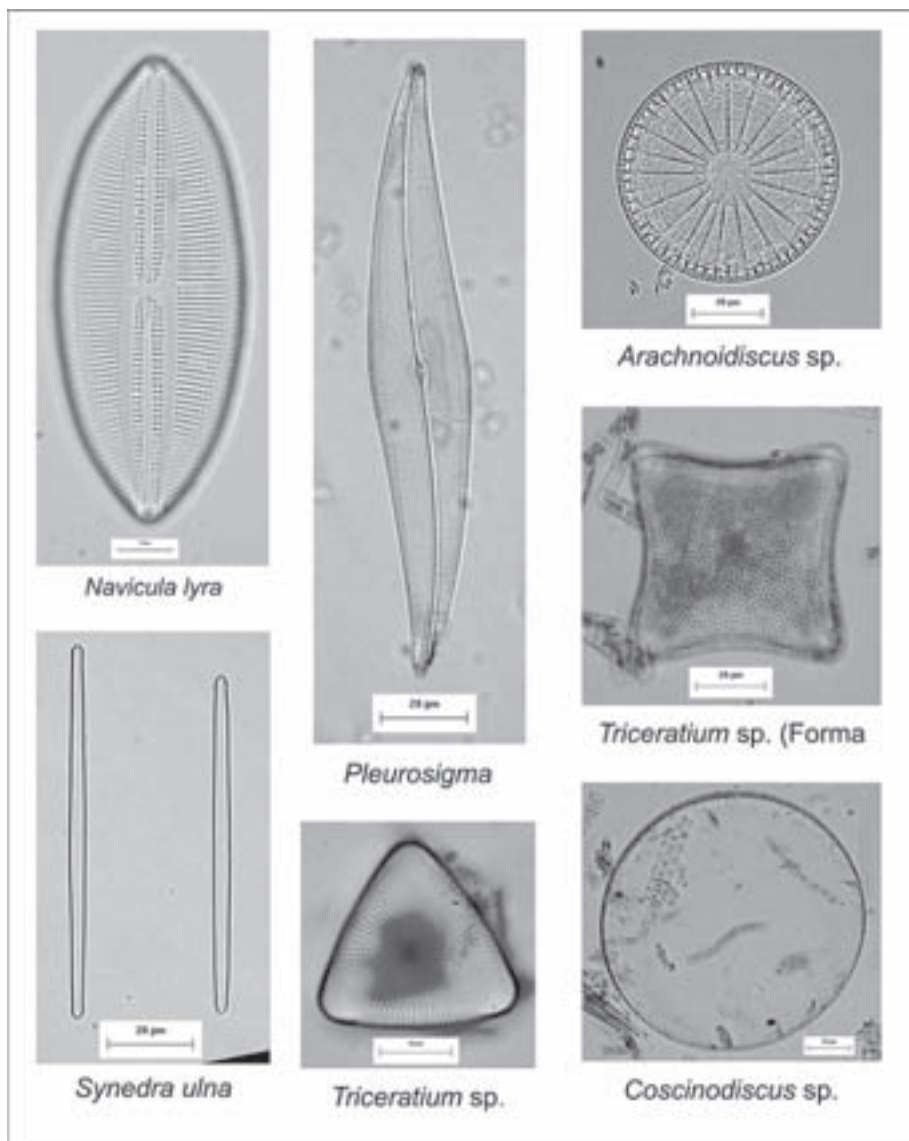


Foto 6: Diatomáceas (algas) de diversas formas e habitats (Fotos: Wânia Duleba).
 写真6 異なった形と生息環境の珪素類 (R・S・フェルナンデス撮影)

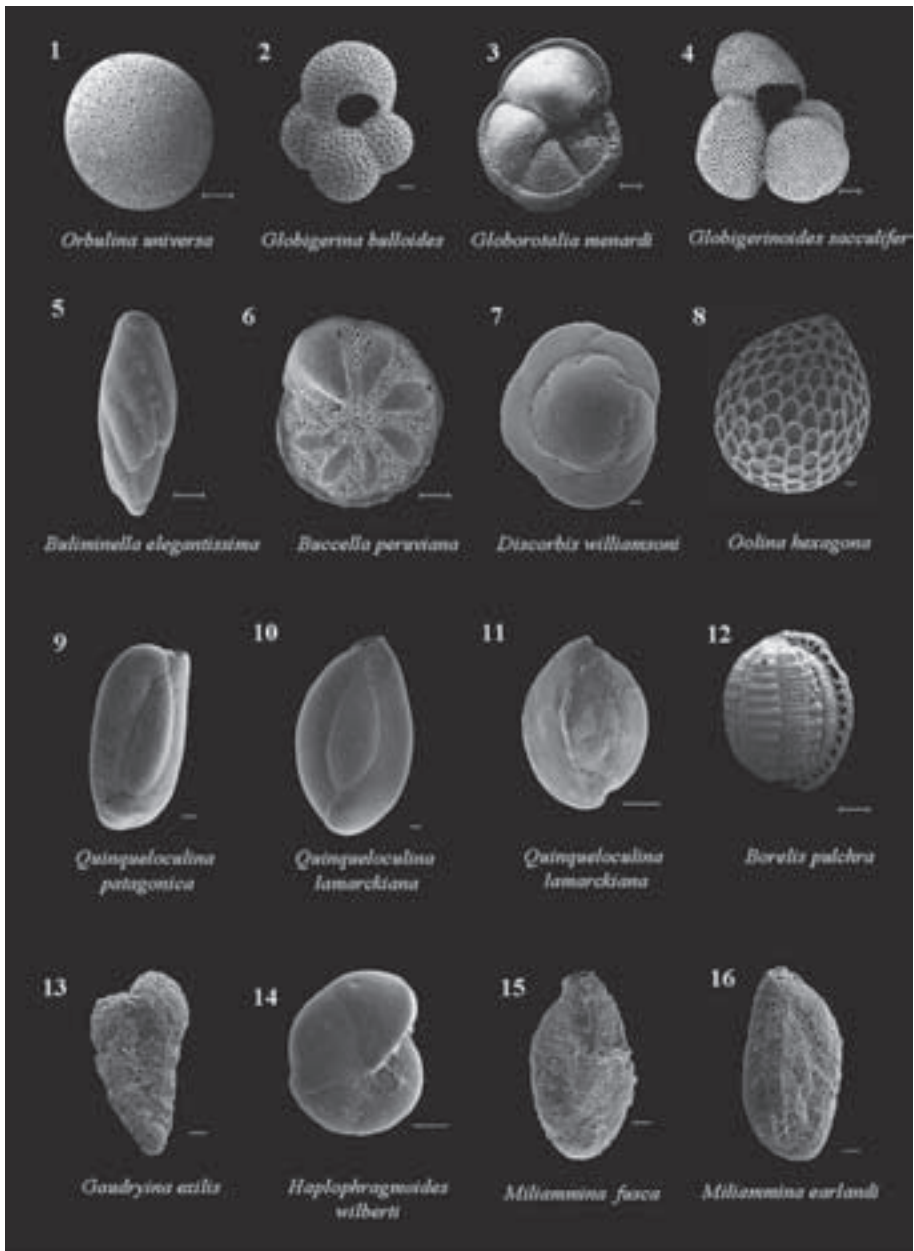


Foto 7: Foraminíferos de diversas formas e habitats (Fotos: Wânia Duleba).
 写真7 異なった形と生息環境の有孔虫類 (W・ヅレーバ撮影)

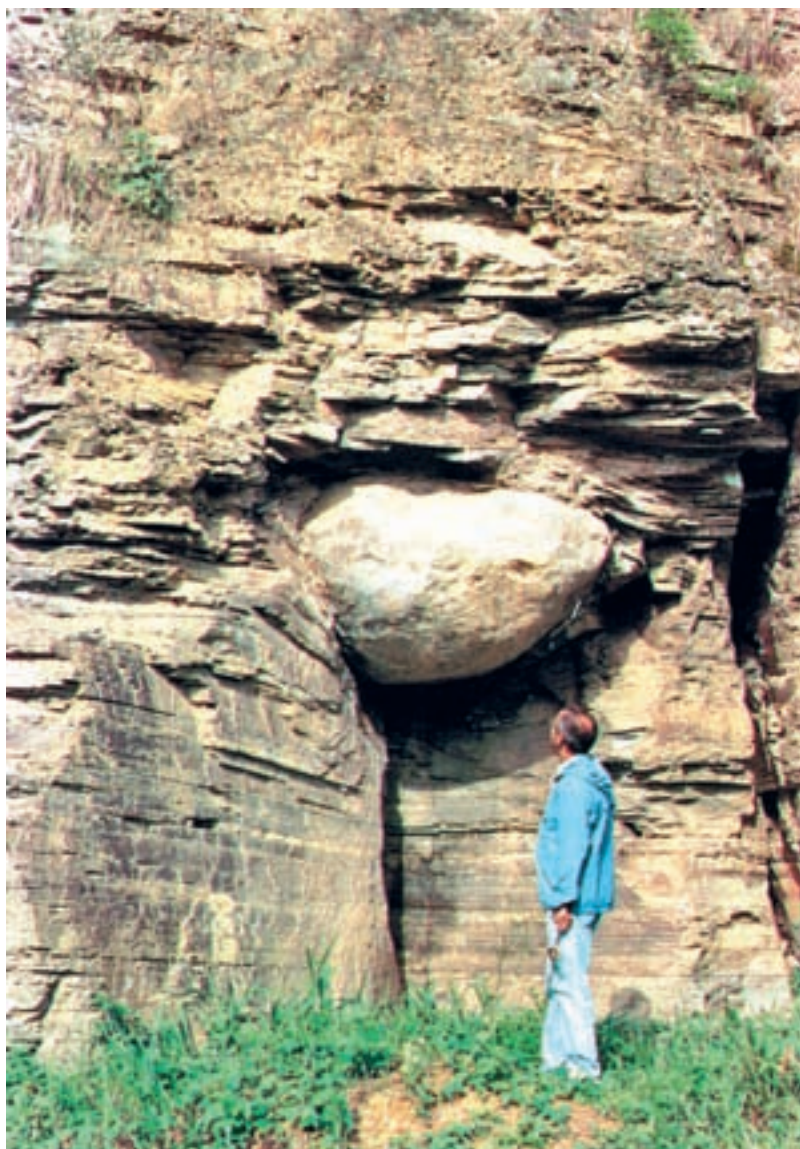


Foto 8: Fragmento de rocha transportado por “iceberg” a um antigo lago que, após o derretimento do gelo caiu ao fundo do lago, em Mafra (SC)

(Foto: William Sallun Filho).

写真8 サンタ・カタリーナ州のマフラ市付近で見られる過去の湖に浮かんだ氷山に運搬され、氷の溶解後に湖底に落ちた巨礫（W・サルーン・フィーリョ撮影）



Foto 9: Pegadas de dinossauros em Sousa (PB) (Foto: William Sallun Filho).
写真9 パライバ州のソウザ市付近で見られる恐竜の足跡 (W・サル
ーン・フィーリョ撮影)



Foto 10: Gruta do Lago Azul, Bonito (MS) (Foto: William Sallun Filho).
 写真 10 南マット・グロッソ州ボニート市付近のラーゴ・アズール（
 青い湖）の洞窟（W・サルーン・フィーリョ撮影）



Foto 11: Erosão em Monte Alto (SP) (Foto: Luís Antônio Pereira de Souza).
 写真 11 サンパウロ州モンテ・アウト市内で地崩れの侵食現象に破壊
 された民家（L・A・P・デ・ソウザ撮影）



Foto 12: Pinturas rupestres na Lapa do Sol, Chapada Diamantina (BA)
(Foto: William Sallun Filho).

写真 1 2 バイアーア州ヂアマンチーナ高原のラッパ・ド・ソール洞窟の
壁画 (W・サルーン・フィーリョ撮影)



Foto 13: Estação Ecológica Juréia-Itatins, Peruíbe (SP) (Foto: William Sallun Filho).
 写真 1 3 サンパウロ州ペルイベ市南部に存在するジュレーヤ・イタチ
 ンス州立自然環境保護地域を流れるコンプリード川 (W・サルーン・フ
 ィーリョ撮影)



Foto 14: Remanescentes de Mata Atlântica na região do Vale do Rio Ribeira (SP)
 (Foto: William Sallun Filho).
 写真 1 4 サンパウロ州リベイラ・デ・イグワッペ川原付近に残された
 アトランチカ雨林残留地域 (W・サルーン・フィーリョ撮影)



Foto 15: Sondagem com vibrotestemunhador na Estação Ecológica Juréia-Itatins (EEJI), Peruíbe (SP) (Foto: Alethéa Ernandes Martins Sallun).

写真 1 5 サンパウロ州ペルイベ市南部に存在するジュレーヤ・イタチ
ンス州立自然環境保護地域にて振動柱状資料採泥器でボーリング調査を
実施する場面（A・E・M・サルーン撮影）

地球環境変動

杉尾 憲一郎

187

INSTITUTO GEOLÓGICO
2008

目 次

序言	
巻頭言	191
第一章 水は生命と環境のキーワード	195
第二章 過去の気候	197
第三章 温室効果と地球温暖化問題	201
第四章 地球自然環境を護る手段は？	205
第五章 自然環境変動は地球が生きてる証拠	209
第六章 自然現象発生の要因とその効果	213
第七章 地球気圏（大気）の化学組成と生物	217
第八章 地表水の性質及びその文布相違の現状と人類	221
第九章 外因的地質作用に果たす人類の役割の現状	225
第十章 異常気象と気候変動	229
第十一章 砂漠と砂漠化現象	233
第十二章 カルスト地形と古気候	237
第十三章 風化作用と古気候	241
第十四章 安定同位対比と自然環境	245
第十五章 花粉型物質と地球環境	249
第十六章 土壌と地球環境	253
第十七章 アマゾン地方は二〇〇五年の大減・・・は異常気象または気候変動？	257
第十八章 パンタナール（沼地）、マット・グロッセンセ環境的危	261
第十九章 人工的温室効果は事実か推論か？	265
第二十章 気候変動による海水面の上下運動	269
第二十一章 自然環境破壊は人類滅亡を招く？	273
第二十二章 深海底生命は未知の世界	277
第二十三章 サンパウロ市コロニア区アストロブレム	281
第二十四章 伯国の温暖化に対する感受性	285
第二十五章 地球の自然環境の総体的現状	289
術語小辞典	293
著者略歴	329
追加読書提案	335

巻頭言

当書は西暦二〇〇四年十二月から二〇〇六年十二月まで、ブラジル国サンパウロ市で発行中のサンパウロ新聞に日本語で連載された二十五の地球環境問題に関連した記事に基づく。この記事のシリーズはブラジルの日系社会、少なくとも十分な日本語知識所有者に、大部分の人たちの日常生活での心配ごととは全く異なる問題について警戒して頂く目的があった。近い将来に全生物界が犠牲になる可能性があるので、我々地球の全居住者にとって、このような知識の重要性を考慮して一冊の本にまとめることを決意した。ブラジル日本移民百周年記念の機会を活用し、当日伯両語書籍発行の計画を適性委員会に委ねた。当協会のプロジェクト委員会は二〇〇六年六月二十四日に計画を支援プロジェクトとして認めると同時にC-135番として登録し、百周年印章利用可能性の権限を与えた。

現在、このような問題に関しての心配は世界中で巨大化しつつある。例えばIPCC（政府間気候変動パネル）会議などの決断は異論が多くて、その具体化は非常に困難である。人類や動植物の住める環境が益々悪化されて、その生存が不可能になる前に決定的な処置が望ましい。

フランスの神父ティヤール・デ・シャルダン氏是一九五〇年代に次の最終的で賢明な発言を残してこの世を去った。彼によると《人類は地球が免除できる生物であるが、人間に対して地球は掛け替えがないのである》。

終りに至り、著者は次の機関や人物にに対して、真実なる感謝の意を表する。

- a) 地球環境変動に関連する諸問題につき、多少の著者の予感を日本語で公表する機会、また引き続いて発表終了後の記事に基づいた単行本出版につき御指導を与えて頂いたサンパウロ新聞社。
- b) 当単行本日伯両語出版物を移民百周年記念事業プロジェクトC-135番として登録すると同時に協会のマーク使用可能性も認めて頂いたブラジル日本移民百周年記念協会。
- c) 当書物の発行を可能にして頂いたサンパウロ州政府環境局所属地質研究所。
- d) 表紙レイアウト責任者、商業デザイナー伊藤薫様。

e) ポルトガル語と日本語、また編集補佐役を各自努めて頂いたサンパウロ州政府環境局地質研究所所属アレテーラ・エルナンデス・マルチンス・サルン博士とサンパウロ新聞社所属東京支社長鈴木雅夫様。

f) 当書物図解写真集を供給して頂いたサンパウロ州科学技術研究所のルイス・アントニオ・ペレイラ・デ・ソウザ博士、サンパウロ州立総合大学芸術及び人文科学学校所属ワーニア・ヅレーバ博士、サンパウロ州政府環境局地質研究所所属ウィリアン・サルン・フィーリョ博士とグアルーリョス大学大学院研究及びサービスセンター所属修士課程生ロザーナ・サライヴァ・フェルナンデス。

西暦二〇〇八年六月

サンパウロ州立総合大学地質学部名誉教授

グアルーリョス大学地球環境考察大学院教授

杉尾 憲一郎

序言

日毎に『地球気候変動』と称する表現は国民の一人一人に限らず、社会人全体の日常生活中に具体化され、適切な環境を保つ必要性、又更に善く、人類の生命に関係する深い考察に目覚める。事実に、気候変動は地球上で起きている、より無限的で人類に加速される可能性を有する変動の単の一部に過ぎない。

杉尾憲一郎教授の当書中の記事シリーズは環境変動に対する読者たちに分かり易い言葉を利用しながらも、科学的包含性と地質学的見解を見損なわずに地球環境変動のあらゆる概念、現象や衝撃が伝えられている。

二〇〇四年十二月から二〇〇六年十二月の二十五か月中にサンパウロ新聞紙上を通じて日本語で連載された伯国日本人社会向けの記事集に基づいた各記事は非常に現代的で我が惑星の環境的動力について我々各自又社会人が持つべき考察を引き立てる。

サンパウロ州政府環境局付属地質研究所の当州環境管理メモ帳の境界の標識の活動や専念を表明する、当書の内容の適合性に基づく限りない満足感を抱きつつ、地質学的バイアスの地球気候変動の単行本を読者の皆様に提供する。

サンパウロ州環境局局長
フランシスコ・グラジアーノ・ネット

地質研究所総所長
リカルド・ヴェドヴェロ

第一章 水は生命と環境のキーワード

人類と他の生命に対して水は代わりの効かない自然資源である。もし地球上に水がなかったなら人間は勿論、原始的な微生物までが出現しなかったであろう。単に水が数日間不足しただけで人間は死に至る。しかしながら、食料を一か月与えなくてもその残存は保たれる。

アイウトン・リベイロ・デ・ソウザ（二八歳）は二十二メートルの深さの、放棄されたこうもりの住家になった古い水井戸に落ち込んだ。その底には三メートル程度の深さの地下水があり、肋骨を骨折したが幸いに命は助かった。外部からの話し声が聞こえたが、最初の三日間は痛さのあまりに助けを求めることさえ出来なかった。事故が起きてから三十七日目に助けられた時は高体温と心悸亢進状態で近所の病院に運ばれた。体重は九〇キログラムもあったアイウトンが三八キログラムも痩せたが、命に別状はなく間もなく回復した。この奇跡的な出来事はバイーア州の首都サルヴァドール市より七二〇キロメートル南部のサンタ・クルーズ・デ・カブラーリャ郡で起きた。

さて、水は何で出来ているのだろうか？ 水は二個の水素原子と一個の酸素原子の結合による、世にも不思議な物質である。その不思議さは、二つの現象が物語っている。普通は固体の方がその液体より重いが、この場合は全く逆である。その二つ目は、水は温度が四度で最も小さい体積を有するので、その比重は最も大きくなる。結果的に四度に達した水は水底に沈む。例えばアルコールは普通な物質で、固体のほうがその液体より重く、又、その体積は温度上昇と共に大きくなる。水がこのような不思議な特徴を有するので生物は寒い極地でも冬が越せ、また地球の氷河期にも生き延びられたのであろう。

又、水は如何なる形で何処に存在するのだろうか？ 空の彼方に漂う雲は水蒸気（気体）であり、広大な大洋、蜿蜒と続く河、広い湖、または雨や霧は液体の水である。雹や高く聳える山又は極地を覆う氷河は、固体の水に対応する。量的には現在の地球上で海洋水が最も多く、海洋に覆われた全面積は約三・六一億平方キロメートルに達し、地球の約七割を占める。仮に海

洋の平均水深を三千八百メートルにすると、海洋水の体積は十三・七億立方キロメートルになる。残念ながら地球上の水の九七パーセントを占める海洋水は平均一リットルに対して三十四グラムの塩分を含むので人間の日常生活には使えない。他の地球上の水は海洋水のように容易に計算できないが約二パーセントは現在固体状の氷河として主に南極に存在する。残る一パーセントは世界中の河水、湖水や地下水の形で見られる。ところが人工衛星を通じてかなり詳細的に調査された現在でさえ、豊富な水の存在は地球外の他の天体に承認できない事を自覚している人は少ない。

大昔から世界の大文明は巨大な河岸で出現し、栄え、崩壊に至った。ところで、人類と水の交わりは古代人から現代人まで完全に不適切であり、遅かれ早かれ支持不可能な状態に追い迫られた。例えばブラジルの場合には、家庭放散水や下水の処理不足が大問題である。特に東北地方では、殆ど無処理状態で河に流され、その地域の川の水汚染の一番大きな原因である。ブラジル全国の三割以上の収益を所有するサンパウロ州でさえ、川水汚染はサンパウロ市の首都に限らず、地方都市にまで及び大問題になっていて、飲用水に適応化するには莫大な処理費が使用されている。

悪夢のような予言によると、適当な水は不十分になり、結果的に価格のつり上げにより「二十一世紀の黄金」にも等しくなる可能性があるとのことである。もしこのような時代が実現したならば、国々同士で貴重な水の戦争までも予想される。このような悲しい予言が実現しないために生命と環境に絶対に必要なこの限られた資源を出来る限り大切にすべきである。今まで以上に水についての一般知識を獲得し普及すべきである。又、異常水質や水量公害防止や救済も大部分の他の環境問題と同様に、世界的に考えながら局所的に実施しなければ解決されない。

第二章 過去の気候

もし地球の年齢を四十六億年としたら、何時の時代迄その過去の気候を復元することができるか？ 当然の事ながら、古気候の事件は年を経ているほどその確実さを減少する。けれども広大で長期間に及んだ氷河期とか砂漠化のように顕著な自然現象は異なった精密程度でありながら、殆ど地球史の原始時代から知ることが可能である。

地球の総年代の八八%にも及ぶ四〇億年間も続いた先カンブリア期と称する期間の古気候についての知識は浅薄である。しかし、少なくとも二回の広大で強烈な氷河期を証拠づける地質学的記録が世界各地に存在し、ブラジルにもミナス・ジェライス州のジェキタイ地方やバイーア州西部のデアマンチーナ高原で発見された。

引き続き約三・四五億年間も続いた古生代（過去五・七億から二・二五億年前）に地球上の気温は現在の平均湿度（約摂氏十五度）を上回った。そして約三億年前から世界各地で高温高湿の代表的な今日では絶滅して見られない植物化石群が発見された。古生代の八〇%から九〇%の期間中の地球極地は氷河に覆われて居なかったが、シルル紀、オルドビス紀（過去五億年前から四・三億年前）とデボン紀にはそれほど強烈でない氷河期が起きた。また、ペルム紀、石炭紀（過去三・四五億から二・八億年前）には更に強烈な氷河期が出現した。このような氷河期、特にその頃に存在したゴンドワナ超大陸の大部分を覆った氷河は一〇〇〇万平方キロにも及びその厚さは二〇〇〇から三〇〇〇メートル近くに達した。現在のインド、オーストラリア、南アフリカやブラジル等では著しくその地方に存在する地質学的証拠に関連した論文が数多く公表されている。

サンパウロ市から約一〇〇キロの地点にはゴンドワナ超大陸時代の氷河期を立証するイツー市のヴァルヴィット（氷縞粘土層）公園とサウト市のロッシャ・ムトンネー（羊背岩）公園がある。両者とも古生代の氷河時代の証拠であり、週末等に地球の過去の話聞きながら有意義に時を過ごす機会を我々に与えてくれる。ヴァルヴィットは氷河の溶け水がくぼみに蓄積して出来た池の湖底堆積物である。当時の湖に住んだ水生無脊椎動物が沈積即時に、はい歩いた足跡や湖に流入した流水が溶けて湖底に落ちた小石等も見ら

れる。ロッシヤ・ムトンネーは氷河が乗り越えたときに出来た地方の花崗岩に刻まれた堅凹線や磨かれた岩石の面である。いずれもペルム紀、石炭紀のものである。

一・六億年間も続いた中世期（過去二・二五億から〇・六五億年前）に地球の熱帯地方の平均気温は摂氏三〇度から三十三度にも達し、極地でさえ摂氏八度から一〇度の高温であった。もちろんその頃の地球上の水は気体か液体になっていた。幸いいまだに出現していなかった人類が住める環境ではなかった。当時の大部分の大陸は砂漠化して居たが典型的な動物としては恐竜の大発展（クライマックス）時代であった。

約〇・六五億年も続いている新生代（今日に至る）は最初中生代の高温環境の続きであった。にもかかわらず、第三期の終わり頃（二〇〇～三〇〇万年前）には気候が突然悪化して結果的には第四期の氷河時代が始まった。その頃の大哺乳類動物（マンモス、サーベル犬歯虎、大なまけもの等）の一部は気候の悪化、または残りは原始人の被害を受けて絶滅した。当時の温度は空間的又は時間的スケールの差異に応じて変化を見せるが、一〇〇年間の平均温度差は摂氏一度以下でも数十万年間には摂氏一〇度も変わった。

これから特に、第四期中（一八一万年前より現在まで）に起きた氷河時代や無氷河地域への気候的な影響について述べる。当議論は地球上の最後の一五〇万年、一万五〇〇〇年または五〇〇年から現在迄の異なった時間的スケールの気候的变化に分ける。

ヨーロッパ中央部で行われた研究の結果では一五〇万年から現在までに少なくとも五回の氷河期（ドナウ、ギンズ、ミンデル、リスとヴィルム期）とそれらの間に挟まる間氷期（ドナウ・ギンズ、ギンズ・ミンデル・ミンデル・リスとリス・ヴィルム期）が認められた。約一万年から現在まではヴィルム氷期以後の間氷期の気候と考えてよい。このように優しい恵まれた自然環境で我々は生かされている。氷河期中に氷に覆われた大陸地域は現在よりは広範囲に至り熱帯地方の平均気温迄も現在より摂氏五度から一〇度も低かった。

一・五万から現在はヴィルム氷河期後に対応し気候的にもすでに温和になった。当時のアジア大陸中央部で少ないながら農業が開始された。引き続き六〇〇〇年前には中間緯度地域で平均温度が現在よりも摂氏二度から三度も高くなり、結果的に氷河の一部が溶けた。日本の考古学で石器時代の縄文紀に対応するので当時の世界的海面上昇を縄文海進とも呼んでいる。ブラジルでは少なくとも南リオグランデから北リオグランデ州の海岸で海面が五千年前には現在より三メートルから五メートルも高かった。ごく最近の気候変動では小氷期（ペケーナ・イダーデ・ド・ジェーロ）と称する気温

の低い時代が西暦一五四〇年から一八九〇年まで続いた。その期間に寒さの増大は一五四〇から一六八〇、一七四〇から一七七〇年及び一八〇〇から一八九〇年に発生した。冷却事件の限界は場所によって少々異なるが、小氷期には現在の世界平均気温より少々異なるが、小氷期中は現在の世界平均気温より摂氏二度ほど低かった。人間の工業活動の二酸化炭素や他のガス（メタン等）の排出に基づき、温室効果による地球温暖化が現在の大問題になっている。実際に二〇世紀中に気温上昇で氷河が溶け、海面上昇も確かに測定されている。しかしながら、今の段階では当現象が如何に自然的な気候の回復によるものなのか、また工業活動の人工的な気候上昇なのか確実に断言できる証拠は今のところでは見つかっていない。

第三章

温室効果と地球温暖化問題

この言葉は、特に、近ごろ三〇年間世界中の新聞紙上でしばしば取り上げられているが、環境に関連した世界的問題である。

普通このようなニュースでは両者とも単に人工的現象に混同されがちである。

実質上、温室効果は地球表面に存在する自然現象に他ならないのである。人間は二百年余り前の世界的工業革命以後に温室効果を起こす原因になるガス（主に二酸化炭素）を工業活動の益々の活発化に伴って大量に放出するようになり、自然的現象を強化しつつあるに過ぎないのである。二酸化炭素（ CO_2 ）の場合、大部分（約二三％）が米国の排出による。このガスの主な発生源として化石燃料（石油、石炭と天然ガス）が約九九％を占める。

今から約四十六億年前、地球のできた頃の原始大気中には、三〇気圧下で九七％を構成していた CO_2 が石灰岩生成と有機物の堆積に伴い、一気圧下〇・〇三％にまで激減された。現在の地球大気は七八％の窒素（ N_2 ）、二一％の酸素、〇・九％のアルゴン（Ar）と〇・〇三％の二酸化炭素（ CO_2 ）と水蒸気（ H_2O ）で構成されている。逆に地球ができた、または生物が初めて海水中で出現した頃の大気にはほとんど酸素はなく、全ての酸素ガスはそれ以後に緑色植物が光合成反応を通じて作ってくれた。いろいろな生物がせっせと石灰石の殻（例えば貝殻類）をつくり、有機物（例えば動植物類）の身体を作ったので大量の CO_2 が大気中から除かれた。そして生物生存に最も好適な酸素ガス（ O_2 ）濃度二一％と二酸化炭素（ CO_2 ）〇・〇三％の地球大気の科学環境が出来上がった。その自然の微妙なバランスを今、崩しつつある人間活動の結果を温室効果による地球温暖化問題と称する。約〇・〇三％の CO_2 が地球大気中に存在するので、自然的現象としての温室効果が発生して世界中の平均的気温は摂氏十五度とされている。もし、このガスの濃度が〇％であつたら、地球表面の平均温度は氷点下一八度に下がり、大分部の生物が生活できない環境になってしまう。

特に先進国の人間は、この三十年間石油や石炭を大量に消費して快適な生活を楽しんできた。地球上の人間は、化石燃料消費を CO_2 の形で一年間に二〇〇億トン、森林伐採とそれに伴う土壌有機物分解をも含め一年間に

約七十億トン、そして六十億人の人間の呼吸だけで一年間に二十億トンの二酸化炭素が大気に放出されている。合計三五〇億トンということになる。

百年以内にこのガスの濃度は現在の〇・〇三五%の約二倍の〇・〇六になるだろうと推測されている。大気中の CO_2 の濃度の増加は、温度を上昇させ、〇・〇六%になる時点では平均気温は摂氏二度上昇し、生物生存には不都合なことが続出するであろう、と国際的に大変心配されている。それ故、世界中の協力で数回にわたって IPCC = *Intergovernmental Panel of Climatic Change*、つまり気候変動国際パネルと称する会議も行われた。それにもかかわらず、世界一の二酸化炭素排出国である米国やロシア等も数年前に京都の当ガスに対する問題で打ち合わせられた IPCC 会議議定書を完全に無視した態度をとっているので、その量は毎年増加する一方である。温室効果は自然的現象であるが、人間活動による温室効果ガス排出の影響で人工的に激化されつつある。将来、百年間にその影響は著しくなると推定される。

このような悪夢的風景を出現させる可能性を持つ温室効果とその結果として起きる地球温暖化問題について、詳細に考慮する必要がある。温室効果とは比較的短い波長の高エネルギー太陽放射線は大気中を能率的に貫通し、その一部は地球表面に吸収されて生じた比較的長い波長の低エネルギー地球放射線の一部が温室効果ガスに遮られて生じる熱性効果である。なぜ、この現象を温室効果と称するか？ 温室とは通常農家で特殊な果物か野菜栽培に応用される透明なガラスかプラスチック張り屋根の建物のことである。温室植物と称する温室でのみ育つ植物と苺のように地方の気候に応じて野外でも栽培可能な植物もある。温室内でも上記のように透明な屋根は太陽放射線は貫通するが、温室内の地面に反射して生じた地球放射線の大部分は再び温室外の大気に引き返すことができず、熱性効果として温室内に保持される。温室外でもいろいろな大気中の温室効果ガス、例えば二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4)、オゾン (O_3)、フロン (CFC)、亜酸化窒素 (N_2O) や水蒸気 (H_2O) に吸収されて、地球表面の温度は上昇する。温室効果ガスの濃度が高ければその温室効果も強烈になるのである。中生代 (Era Mesozóica) の恐竜生存時代には、地球の平均気温が現在の摂氏十五度より摂氏十度近くも上回っていたと考えられる。この頃、ゴンドワナ (Gondwana) 超大陸の移動により大西洋が形成されつつあった。地殻変動の最も烈しい時代で、火山活動や地震も盛んに起きていた。それに伴い二酸化炭素 (CO_2) や水蒸気 (H_2O) も大量に大気中に放出されたので、地球上には摂氏二十五度近くの平均温度で、極地でさえ氷床は存在せず全ての水は液体か水蒸気になっていた、と言われている。

温室効果による地球温暖化の主な問題点として次のことが考えられる。気温上昇に伴って雨量が増大し、大多数の豪雨が起きると思われる。地域的には土壌の温度にも変化が起こり、今では耕作可能な地方も半砂漠が完全に砂漠化する。地球表面の平均気温が摂氏二度程度上昇しても無視できる、と多数の人は思うだろう。しかし、地球の独特な性質により、非常に高温か非常に低温の地域ができる。同時に海流にも変化があらわれ、その影響は地球全体に到達する可能性がある。人間や他の動物の生活も、今では想像しがたい不都合が次々と起き、きっと、うろたえる事だろう。

現在の六十億人の人間の呼吸でさえ一年間には二十億トン近くの CO_2 が放出されて、先進途上国では人口が一年間に百万人も増加している。このリズムが続くと、五十年後の世界の人口の呼吸だけで放出される CO_2 は、一年間で四十億トンに達する。現在の六十億人の世界人口が、呼吸のみで一年間に二十億トン近くの CO_2 を放出する自然環境への事実に影響の理解は決して容易ではない。

当数字を理解するに当たって、火山や温泉から放出される量と比較する必要がある。陸上と海底から火山や温泉を通じて放出される CO_2 の量は、一年間で一億トンに及ぶと推定されているので、人間の呼吸による放出量の二十分の一である。このような比較の結果として、大部分の人は人間の呼吸による CO_2 の放出でさえ自然の微妙な大気中の各ガスのバランスを崩す原因として無視できないことが理解できる。

温室効果の結果として、地球温暖化問題が悪化し、それに伴い南極大陸やグリーンランドの氷床の大部分の溶解によって海面上昇が起きる。最終氷期の第四期の完新世（約一万年前から現在）の自然的地球温暖化作用により氷床の約三分の二が溶解した。その結果として今日より一〇〇メートル以上低かった海水面が徐々に上昇して現在の位地に及んだといわれている。海水面が低かった頃の証拠はブラジルでも南リオグランデ州の大陸棚ですでに発見されている。また、温室効果により地球温暖化が更に強化した時点では地球表面温度が増加し、もし現在主に南極大陸とグリーンランドに分布している氷床が全体的に溶解したら、世界中の海水面は平均約五十メートル上昇すると評価されている。このような現象が実現したら、ブラジルや日本だけでなく世界中の最大都市は通常海拔数メートルの高さのところにあるので、ほとんどが水没する。このような事の実現を防ぐには、人間同士とまた人類と自然が調和して他の地球環境問題同様に世界的スケールで考察し、我々が住む地方で必然的な処置をとることである。

第四章

地球自然環境を護る手段は？

地球は唯一の宝石である。生物の誕生と生存に全く適応した温和な恵まれた独特な自然環境と適切なサイズを有し、連続的進化の末には人類の誕生に達した。当惑星は約四十六億年前に起きた幸運な事件発生的一致のお陰で出現して今日まで存在する。ただし、宇宙の創造に一秒以下の後れが生じていたならば銀河や惑星は宇宙核に引き寄せられ破壊されていたはずである。

また、その膨張が同じく一秒以下早まっていたならば宇宙は凍りつく粉状雲化していた。最古の類人動物化石によると、タンザニアのオルドバイ峡谷では約二百万年前か、またはチャドのジューラブ砂漠では約七百万年前に地球上に出現したことになるが、両方ともアフリカ大陸に存在する。上記の類人動物化石によると、地球はその存在期間の九九・九六%～九九・八五%中に人間誕生に必要とする非常に独特な条件に達する準備を免れなかった。我々人類は、デボン紀、四億年昔に開始した脊椎動物進化過程の最終の生き物と考えるべきである。

人類は独特な環境条件を生存に必要とするので、そこに生き物としてのほかなさがある。それと同時に、以前の動物では全然見当たらなかった機能に恵まれ、それは時間の経過と同時に完成され新しい才能も習得されていた。

現在の世界中の人口は六十億人以上に達するが、確実に五十年先には百億人に達するであろう。その傍ら、地球上に存在する自然資源は、現在の全人口へ適当に供給することは既に不可能である。人によると、自己満足させるのには地球同様の惑星を少なくとも一つ半プラスする必要がある。また、我々人類は、他の動物と比較するとずっと優れており、『地球上の君主』と思い込んでいる。人類の大部分の考えでは他の下等生物の全ては支配され『人間様』に仕えるべき、と思い込んでいる。

人によると雄大な人間界を超越した行為を施す者がいるが、またほとんど畜生同様の行動をとる者さえいる。大部分の人間はブレーキなしの野心と我欲に目を眩れているので、宗教的または法律によって確立されたとがめによってこそ人間同士の共存生活が可能になる。上記のように我々人類の大

部分は利己主義的、または少なくとも人間中心的に自然現象までを解釈する。

ところで、地球上の自然環境を支持する現象は、人間の法律や人間の思想に従うわけではない。このような現象は、常に定量可能な物理学的自然法則に従うが、最極端的に複雑か、または強力的なので、消極的抵抗を施すか、ただ無抵抗に受け入れることになる。引き続き災害の結果の救済作業に取り掛かることである。これについての例は多いが、その中で一九二三年に当時の東京の三分の二を破壊した関東大震災や、昨年十二月にインド洋地方で起きた大地震に引き続いた強烈な津波がある。既にインド、インドネシアや、スリランカで十五万人以上の死者があり、今もなお、その人数の再検討中であり確実な数字を知らないままに終わる可能性がある。

このような状況においては、「如何なる手段で地球を救えるか？」ではなく「如何なる手段で地球自然環境は護れるか？」のほうが、より適応しているように考えられる。その理由として、幸い我々人類は今のところ地球という惑星を破壊できるような強烈な技術は所有しないからである。しかし、二百年近く前にイギリスで開発した大産業革命は、近年開幕された世界的規模経営が我々人類特有の満々たる野心がベーキングパウダーの役割を果たして、地球上自然環境は完全に改悪されつつある。その環境性質の崩壊は、人生の短さと比較すると、ほとんど取り返しのつかないレベルまで急激的に進化しつつある。

再び人間が永住できる程度の地球自然環境の回復にいたるには少なくとも数百年または数千年の月日が必要かも知れない。たとえ当時の人類の一部が生き残ったとしても、最終的には絶滅に達する可能性さえ免れない。

現在では地球自然環境に関する問題や議論は、大変なブームになった。それと同時に多数の専門課程や大学院、または数多い環境問題に関するコンサルタント会社もできた。その傍ら、政府やNGO団体を通じて国内的または国際的科学ミーティングが開催されている。にも関わらず、具体的結果は手間取っている。その第一の原因としては、環境諸問題解決の複雑さと利得配分論争と関連していると考えられる。環境問題は通常に多訓練または超訓練的であるので、一人勝負は不可能で常にチームワークを必要とする。また場合によっては有効環境法律に従い、非常に複雑な問題を単に官僚的に解決してしまう場合も少なくない。

上記のように人類または他の動植物が生存できる地球自然環境保全の全責任は我々人類に帰する。それには環境問題と少なくとも惑星規模で取り組む必要がある。また、最効果の結果を獲得するには、局所的、例えば盆地または流域内で活躍することである。

通常、古気候学者は地質学的にあまり古くない時代（例えば第四紀中）のデータを集め、現在の同地域の気象学的データと結合し、コンピューターから数学的モデルを通じて将来の気候を予想する。残念ながら自然現象は非常に複雑であると同時にさまざまな原因が時間的また空間的に異なった強烈さで作用する

偶々悲劇結果を及ぼす自然災害として次のものが記載できる

- a) 平均海面上昇
- b) 極地氷河溶け
- c) 山岳地帯氷河溶け
- d) 不明流行病
- e) 生物種群集的移动
- f) 珊瑚の大規模な死亡
- g) 高温波
- h) 旱魃と山火事
- i) 豪雨と大雪
- j) 非常に短い冬

実際にこれらの大部分の自然災害は直接か間接的に気候の変化と関係しており、またこれは水と切り離すことのできない関連性を持っている。

当週刊誌によると、すでに地球全体が感じられる気候変化により、一般民衆に呼び掛ける必要がある。気候変化に帰すべき主なイベントとして次の例がある。

- a) アメリカ合衆国のフロリダ州では二〇〇四年だけで約一か月以内に四回の台風に見舞われた。
- b) 異常気象のエルニーニョ現象が地球温暖化作用で激化され、結果としてアマゾン地方の六〇％がサバンナ化する可能性がある。
- c) 一九九五年の一月だけで南極大陸氷河の千九百九十四平方キロメートルが溶けた。
- d) 一九九二年にアフリカ大陸のソマリアで起きたような悲劇的飢餓が旱魃の増大とともに数多くなる。
- e) 二〇〇三年にヨーロッパやインドで数万人の人が高温波のために死亡した。
- f) 海水の温度が非常に低いので通常生じないが二〇〇四年の三月にはカタリーナと称された台風がブラジルの南部海岸線を襲った。

我々人間の力では克服できない自然現象が数多く存在するが、その場合は災害の結果として生じた損害を分割するより他に処置の方法はない。二十世紀の五〇年代には世界中でこのような災害が十三件起きて四百億米ドル

相当の損害は全然賠償されなかった。二十世紀の九〇年代には七十二件起きて、四千億米ドル相当の損害の約二〇％は賠償された。

過去に人口増大に伴って、地球上で悲劇的飢餓が一般化すると予言した悲観論者たちは幸運にして間違っていた。いずれにせよ現在の六十億人以上の人口を適当に養うことは残念ながらすでに不可能である。

白亜紀の末の約〇・六五億年程前にまったく地球上から姿を消した恐竜は、理性なしの動物でありながら二億年間生存した。その傍ら人間は約一万年前にようやく食料用の植物を住居近くに植え、また動物を飼い始め、本能的放浪者の野生動物から、より理性のある動物に進化したのである。もし、より効果的手段を取らなかったら、我々人類は近い将来に完全な地球自然環境崩壊に伴う食料や飲料水のような自然資源不足の集団的自殺の道をたどっているのと同様である。

地球の歴史（地史）によると、各二億年毎にリソスフェアの岩石物質は、海洋底拡大現象によりサイクリング（再生）されている。地球の年齢が四十六億年とすると、現在までに二十三回再生作用が起きたことになる。我々人間も地球上で利用している全ての自然資源再生産業革命を大至急開始すべきである。人間が常に自然環境の法則に従い、挑戦的でなく理性的に調和した態度であってこそ地球上での生存期間が延ばせるのである。

第五章

自然環境変動は地球が生きている証拠

生きていると言っても地球は無生物なるがゆえに植物や動物とは異なり、単に活動的である意味を示す。地球内部活動は当惑星の内部構造および構成物質と密接な関係を有する。

地球内部構造は鶏の卵と類似していて、中心から外部へ向かい地核（黄身）、マントル（白身）と地殻（外皮）で構成されている。地核は鉄とニッケル成分に富み固体状である。中間のマントルは陸域では三十五軒、また海域では十軒程度の深度に存在し、体積は地球の約八三%を占める。化学成分的には珪素とマグネシウムに富み粘性の高い流動体である。表面の地殻は主に珪素とアルミニウムで形成され固体状である。

イッ人気象学者アルフレッド・L・ヴェゲナー（一八八〇～一九三〇）は南米東部とアフリカ西部の大西洋海岸線のプロファイルが非常に類似していることから有名な大陸移動説を提案した。当学説と前世紀の七〇年代以降に生じたプレートテクトニクス学説を通じて地球内部活動機構の説明が可能になった。

現在地球上に存在する大陸や海底は移動性地殻大破片上に横たわっている。その移動性地殻大破片上は絶えず熱せられ、結果として液化化された岩石面に浮きながら年毎約五センチメートルの速度で移動している。隣接したプレートは相対的に次の三種類の運動を起こす。

- a) 重力滑動作用により、例えば南米大陸が存在するプレートは割合に静かにアフリカ・プレートから遠ざかりつつある。
- b) 衝上滑動作用によって、プレートどうしが衝突して押し上がり滑り合う。昨年十二月に発生したインド洋のスマトラ沖合の地震津波はこのような現象に基づいて生じた。
- c) 横運動滑走作用の場合はプレートの周辺が摩擦されつつ滑り、場合によってはアメリカ合衆国のサンアンドレアス断層のように大地震を発生する可能性さえある。長さは千軒以上におよびカリフォルニア州海岸山脈を斜めに横切る。

a の場合、南米とアフリカ・プレートの境界では中部大西洋海嶺沿いの活発な海底火山活動を通じて主に玄武岩質の熔岩が多量に流出さ

れている。ブラジル海岸線は大西洋型の不活動的大陸縁辺を形成する。

b の場合には海洋底プレートが大陸プレート下に滑動作用を起こす。摩擦によって岩石は変形されて造山運動を発生し、ともなう火山活動も盛んになる。アンデス山脈沿いの太平洋型大陸縁辺は活動的で地震・津波や火山活動または、それらにともなう発生する自然災害が数多い。

上記のような地球内部活動によって起きる自然災害に必要なエネルギーは、地球の内部構造と構成物質が産する。特に地球の岩石構成鉱物に含まれたウラン、トリウムやポタシウム-14のような放射能性元素は、是非とも必要な地熱の供給源であり、現在の地球の中心部の地熱は摂氏約六千度と推定されている。

地球が宇宙に出現して約四十六億年はすでに過ぎたが、当惑星が月のような「死の世界」に至るには今から四十億から五十億年先の事であろう。それとは違って地球表面活動に必要とするエネルギーの供給源は、太陽なのである。当天体から放射される電磁放射は地球中心部の地熱に等しく摂氏約六千度であると推定されている。可視光線が全エネルギーの約半分で残りの半分は赤外線さらには少量の紫外線を含む。地球表面に到達するまえに太陽放射のスペクトルには大気中の物質（窒素、酸素、二酸化炭素や埃など）の吸収によるくぼみがあり、また散乱や反射による減光を生じる。

地球表面に到達すると、現在の北半球と南半球での大陸と海洋の相対的面積の差異または大陸地域の地形によって風向きや風速などの差異を生ずる。海流の方向性やその速度は地球表面に到達する太陽放射量の変化または海底の地形にともなう今日の地球上の気候型分布が決定される。

地球表面の大規模な循環的気候変化の原因として、いろいろな自然現象が考えられるが、その中でもミランコビッチ曲線は非常に有名である。ユーゴスラビア地球物理学者M・ミランコビッチは西暦一九四一年、つまり今から六十七年前に次の三つの天文学的要因の周期的変化の組み合わせによる地球表面の受け取る太陽放射量の変化を計算した。

- 一・周期約四万年の地軸の傾き（黄道傾角）の変化。
- 二・周期約九・二万年の地球の公転軌道の離心率の変化。
- 三・周期約二・一万年の太陽および月の引力による地軸の歳差運動。

彼はこれを緯度五度から七十五度の間の十度毎に、五千年間隔で過去六十万年前まで計算して、その結果を緯度毎に放射量対年代曲線として表した。この曲線はいくつかの長期間にわたる寒冷期の存在を現わし、しかもそれが地形と地質学的に知らせた氷期と亜氷期（間氷期）の年代とよ

く一致することから、ミランコビッチの曲線として一躍有名になった。

また平均十一・一年の周期で増減する渦巻性の太陽黒点がある。相対黒点数の多い時は地球磁場が乱され、無線通信も阻害されるデリンジャー現象が多発するが、この減少も気候変化と関連すると思われる。

上記のような自然現象による地球自然環境変動にともない過去二百年間世界的産業革命の結果として我々人類が地球自然環境におよぼす影響はますます激しくなっている。

確実的には地球自然環境に及ぼす自然現象の影響は一部しか理解されていなく、また過去にいかなる傾向を示して今日まで到達したのか疑問な点は数多いが、それに産業大革命による温室効果などが重なり合っている。同時に世界中の人口の増加にしたがって起きる地球自然環境性質悪化は明らかな事実である。にもかかわらず現在の地点では理解されていないことがたくさん残されている。同時に世界人口の増加は絶え間なく行われているので我々人類の近い将来（数十年？）が非常に思い詰められる。

地球内部活動による自然現象は通常不可避だけでなく予言さえできない。地球表面活動の結果として生じる自然現象は時によると、その影響を避けることは難しくとも和らげるか遅らすことは可能である。中世代（約〇・六五億年前から約二・三億年前にいたる約一・六五億年前）に地球上に固体状の水は存在しなかったが、現在では約二％が主に南極大陸とグリーンランド上にて氷河をなす。

約〇・〇三％の大気中の二酸化炭素のお陰で世界中の平均温度は摂氏十五度で、完全にこのガスが不在の場合の温度は摂氏マイナス十八度であったと推定されている。逆に産業大革命による二酸化炭素の大気中への放出により過去百年間に含有料は〇・〇三六％に増加し、平均温度もそれにもなって海水面も上昇したといわれている。

もし地球温暖化作用が急激に進化したならば、現在の氷河が全体的に溶ける可能性は充分にある。その場合の海水面は世界的に四十から五十米上昇する可能性はある。全世界の主な都市（ニューヨーク、東京、ロンドン、上海、パリやリオデジャネイロなど）は海面上わずか数米の高度にあるので埋没都市になってしまう恐れがある。

第六章 自然現象発生の要因とその効果

地球内部活動現象で我々にもっとも強い印象を与えるのは地震である。その証拠として昔から地震の多い日本でも国民に一番恐がられてきた。それには充分道理があり、主に予言し得ないことと、たびたび見られる驚くべき破壊力である。同じく地球内部活動に基づき、同様に予言し得ない自然現象でほかに火山活動や津波がある。

地震に関しては、小生が子供の頃に父から習った昔の文部省の小学国語読本にあった「関東大震災」のことを思い出す。「どどっ・・という地響きとともに東京の数十万の家は一度に震動した・・」と書いてあったように思う。

西暦一九二三年に関東地方を襲ったマグニチュード最大級（M＝七・九）の強烈な地震の物語であった。当時の東京の三分の二の建物は破壊されて、十四・三万人の犠牲者があったと推定されている。

サンパウロの週刊誌の記事によると、地震の場では一平方米で放出されるエネルギーは宇宙ロケットのエンジンのそれに等しいとのことである。

火山活動中には地下のマグマ（熔岩）や火山ガス（二酸化炭素、水蒸気、弗素や硫黄の化合物）が地表に達し、地上に放出される折に生じる動的作用である。なかにはペレー式噴火があるが、この火山は一九〇二年と一九二七年から一九三二年まで爆発的で熱雲をともなう形式の噴火を起こしたが、同じ式の噴火はクラカタウ火山（一八八三年）や、カチマイ火山（一九一二年）でも見出された。火山噴火にともなう悲劇では、イタリアのベスビオ火山によるポンペイとエルコラーノの町の埋没があった。

サンパウロの週刊誌の記事によると、フィリピンのピナツボ火山は一九九一年の噴火で〇・二億トンの亜硫酸ガスを空气中に放出した。このガスは酸性雨の原因であるが、上記の量は現在のアメリカ合衆国の一年間の放出量を上回る。

津波または地震津波とは地震にともなう急激な海底の地殻変動によっておこる水の波である。その波長は水深に比較して極めて長く、波源での波高は鉛直の地殻変動量に略等しい。海岸近くの浅所に来ると急激に波高を増して陸上に溢流する。発生時の波の数は多くないが伝搬途中に大陸棚や海岸

で重複反射して波の数を増し、海岸で波が五～六波到達し、そのうち第二から第三波が最大になるのが普通である。

波の周期は十数分から一時間程度である。津波の規模『 m 』と地震の規模『 M 』との間には、ほぼ線型の関係があり、『 M 』が七以下の場合、それほど大きな津波は発生しない。紀元一六〇〇年以降、日本近海では『 m 』が三か、それ以上の大津波は十三回記録されている。日本近海以外で起こって日本沿岸に影響をおよぼす津波を遠地津波と称するが、特に南米チリ付近で起こる津波に注意を要する。海岸での津波の様相には、その海岸付近の局地的な地形が大きく影響する。湾奥では波の前面が陰しく、壁のようになることもある。 昨年十二月二十六日には、震央インド洋のスマトラ付近で世界史最大級の地震にともなって起きた津波はインドネシア、マレーシア、タイ国、ミャンマー、バングラデッシュとインドやアフリカ大陸のソマリアまで、その影響を及ぼした。当津波による犠牲者の数は世界中の自然災害でも最大級で二十二万人と推定されている。

地球表面活動現象は、主に大気と大洋の循環機構に関連しており、一地的または局地的特有な気候型を形成する。これはある場所や地域に関して、各季節に年々くり返される天候をつうじて帰納された大気の平均的な総合状態のことである。 大気大循環によって赤道多雨気候、亜熱帯乾燥気候などの大規模な気候帯が形成され、それが海陸の配置によって海洋性気候または大陸性気候、また大陸の両側に西岸気候と東岸気候とが特徴づけられる。太陽の高度にともなう大気運動の季節的变化によって気候の分布は多彩化され、山脈の配置や海流によって、さらにこれらの諸気候の地域的なスケールは気象現象や気候因子の広がり的大小に対応し、大気候、中気候と小気候に区別できる。

地球上のある場所の気候の地域的な特性を支配する比較的永続的な要因は、地表面の地理的な物理条件、例えば緯度、海陸分布、位置、地形、海拔や海流などにある。また、小規模なものとしては海岸に海陸風、河谷に山谷風が発達し、また都市、森林、湖沼などそれぞれに独自の気候がある。

地球の気候は永続的に同様ではなく気候変化を起こす。この変化は種々な規模で認められるが、一般に気候変化という場合、十年前後以内のものは含めない。自然的気候変化の例としては六～八世紀の温暖乾燥、十二～十四世紀の悪天、一五五〇～一八五〇年の小氷期、一八五〇～一九四〇年の温暖化が有名である。 上記のような自然的要因に帰すべきまたは過去百年間の主に人工的と思われる激化的地球温暖化作用は、徐々に環境が変化するもので、強烈な地震とか津波のような多数の犠牲者は出ない。

南洋および南シナ海で発生する熱帯低気圧または同種の大西洋ハリケーン、インド洋のサイクロンは非常に破壊的である。円形の等圧線をもち、前線をとまわずエネルギー源は主として水蒸気の潜熱である。年に平均約三十個発生し、四～六個が日本にも上陸する。サンパウロの週刊誌の記事によると、一九八五年にフロリダ州を襲ったエレナと称されたハリケーンが発生したエネルギーは、全アメリカ合衆国で六か月間に消費されている電力にいとしい。

大旋風またはトルネードは回転的小直径漏斗状雲で、米国のロッキー山脈東部、以前のソビエト連邦国中部と南部や、南オーストラリアで有名である。回転方向は時計式か反時計式である。渦巻きの風速を直接に計ったことはないが、その効果による理論的考察に基づき、時速百六十から八百キロメートルと予想できる。

特に西アフリカで雨季の始めおよび終わり頃に起きるが、米国では四月から六月の間にミシシッピ川流域で起こり、通例斗状雲をとめない風勢猛烈をきわめ恐ろしい破壊力を有する。

一九七〇年にパキスタンとバングラデッシュを襲ったサイクロンは、約三十万人の犠牲者を出したと推定されている。一九九一年にも同じくバングラデッシュで強烈なサイクロンにより十四万人の死者があったと推定されている。

東南アジア地方のように人口が密集していて技術的に後れた途上国地域では先進国に比較して自然災害の犠牲者が多いのが普通である（次の表を見る）。

一八八七年＝大洪水（中国、犠牲者百万人）。一五五六年＝地震（シャンシ・中国、同八十三万人）。一九七〇年＝サイクロン（パキスタン、バングラデッシュ、同三十万人）。一九七六年＝地震（タンシャン、同二十五万五千人）。二〇〇四年＝津波（スマトラ、同二十二万人）。一九二〇＝地震（ガンス・中国、同二十万人）。一九二七年＝地震（キンハイ・支那、同二十万人）。一九二三年＝地震（関東・日本、同十四万三千人）。一九九一年＝サイクロン（バングラデッシュ・十四万人）。一八一五年＝火山噴火（タンボラ山、インドネシア、九万二千人）。一九〇八年＝地震（メシーナ、イタリー、七万人）。一九三二年＝地震（ガンス、中国、七万人）。一九七〇年＝地震（ペルー、南米、六万六千人）。一七五五年＝地震（リスボン、ポルトガル、六万人）。一九九〇年＝地震（バン、イラン、五万人）。一八八三年＝火山噴火と津波（クラカタウ、インドネシア、三万六千人）。

アメリカ人地震学者ケリーシェー博士（カリフォルニア技術研究所）の予想では、現在のロスアンゼルス市がM＝七・五（世界最大級）の地震に

襲われてから五万人の死者が出る。ただし、同じ勢力の地震がテヘラン市（イラン）で起きたら犠牲者数は二十倍の百万人に達する可能性がある」と推定している。

米国アリゾナ大学調査結果によると、前世紀の六〇年代の始まりには、世界中で犠牲者のあった自然災害は一年間に百件に達した。現在では同じような災害は五倍増加して、一年間に五百件が記録されている。近年になって地球自然活動（内部および表面的）が、より活発化した証拠はない。世界中の爆発的人口増加にともなうべき経済成長はなかった。

そのうえ、不十分な収入配給で絶望的生涯を送るホームレスらは完全に不適當な所に住むより方法はない。このような角度から見ると、環境問題の犠牲者の大部分は自然の所為ではなく、我々人類の責任に帰すべきであろう。

幸い我々の国ブラジルは、自然災害に関しては非常に恵まれている。単に地滑り（特にリオ市や他の山が多い人口密集地帯）や洪水（川沿い低地）で少々の犠牲者は出ているが、その大部分は自然災害的ではなく、十分な収入配給によって解決可能な問題のように思える。

地球内部活動に強烈な地震も津波も、地質学的また地震学的には少なくとも現在までは記録されていない。元来、ブラジル国土の地質学的安定性の認識論が優勢である。にもかかわらず、一九八〇年以降はブラジルでも新期構造学にともなって地震構造学の研究が行われるようになった。現在では、サンパウロ州立総合大学とブラジリア国立大学に地震学研究所も設けられた。

第七章 地球気圏(大気)の化学組成と生物

地球を大きく固体、液体、気体の三部分に分けた一つで地球を取巻く厚さ千キロメートル程の気体層の事である。地表から〇～十キロメートルの対流圏(トロポスフェーラ)、十～八十キロメートルの成層圏(エストラトスフェーラ)と八十キロメートル以上の電離圏(イオノスフェーラ)に分けられる。五百～八百キロメートルでは分子の運動速度が重力圏からの脱出速度に近づく。対流圏および成層圏下部は空気からなるが、成層圏上部及び電離圏では、化学組成は空気と異なり、紫外線による光分解、宇宙線の影響、太陽風などにより、水素やヘリウム原子状或いはイオン化された酸素、窒素やナトリウムイオンなどが存在する。

大気の量及び化学的性質の時間的変化は惑星そのものの進化及び海洋とそこに住む動物の進化と密接に関係する。現在の大気は地球形成の原始時代に内部から放出されたと考えられる還元的な気体のうち、水素は大部分が逃失する結果徐々に酸化的になり、海洋が形成されると可溶性の気体(塩素酸や二酸化炭素など)が海水に溶け込み生命が誕生して光合成を行うようになってから酸素分圧が上がった結果出来たものと考えられている。温室効果ガスとして最も有効な二酸化炭素を大気から取り除くのに掛け替えの無い役割を果たしたのは生化学的又は無生化学的沈殿作用によって施された石灰岩の形成である。

地球の歴史の約八十七%を占める先地質時代は宇宙時代とも称され、数少ない生物しか存在していなかったのが化石はまれで陰生代とも呼ばれる。当時の地球の原始大気は我々の惑星に最も近い金星と火星の化学組成に類似して非常に二酸化炭素に富み次のような合成成分であった(図表一参照)が、現在では完全に変わった(図表二参照)。

図表 1—原始時代の地球大気化学組成

化学組成 (パーセント)	%
CO ₂ (二酸化炭素ガス)	90以上
N ₂ (窒素ガス)	7
H ₂ S (亜硫酸ガス)	3
O ₂ (酸素ガス)	微量成分

図表2—金星、地球と火星の独特なパラメーターの比較表。
太陽の重量は 1.99×10^{33} グラムである（北野・1995による）

独特なパラメーター	金星	地球	火星
1. 太陽からの距離（ $\times 10^6$ 軒）	107	148,8	277
2. 重量（グラム）	$,87 \times 10^{27}$	$5,98 \times 10^{27}$	$6,4 \times 10^{27}$
3. 重量比（地球は1）	0,815	1,000	0,107
4. 比重	5,21	5,52	3,94
5. 気圧	90	1	1/132
6. 平均表面気温（摂氏）	500	15	-60
7. 化学組成（パーセント）			
CO ₂ （二酸化炭素）	96,5	0,034	95,3
N ₂ （窒素）	3,5	78,1	2,7
O ₂ （酸素）	2×10^{-3}	20,9	0,13
Ar（アルゴン）	7×10^{-3}	0,93	1,6
H ₂ O（水）	2×10^{-3}	(0 a 40)	3×10^{-2}

上記のような地球気圏の化学組成は非常に長い月日を費やして徐々に変化しながら今日に至った。地球上に存在する最古の生物は既に三十八億年前に海底にて誕生したが主に太古代の微生物で殆ど化石は保存されていない。此の事実は原始時代の地球上の自然環境の厳しさを証明している。最初の生物は細胞核なしの原始的な構造を有し、漸く十億年前に同じく海底にて多細胞質生物が出現した。

陰生代の終わりの約七億年前に生存していた動物化石は有名なエディアカラ動物群にて代表されている。南オーストラリアのアデレード北方四百五十キロメートルのエディアカラ山脈に産出する先カンブリア末期か古生代カンブリア紀最初期の海生動物化石群である。通常のカンブリア紀動物と著しく異なり、クラゲ類のウミエラ類、環虫類らしいクラゲに似た特異な物からなり、且つ先カンブリア時代のものとしては珍しいほど保存が良い。当動物群と類似の化石は南アフリカや英国でも発見されている。

次に古い動物化石群の例としてカナダ国ロッキー山脈中部カンブリア系を代表するバージェス頁岩層がある。暗色の頁岩（炭素質粘土質堆積岩）より成る。堅い殻骨格等を欠く動物化石が良く保存され、七十属、百三十種類の記載がされた。種類は三葉虫、甲殻類、海綿、クラゲ、ナマコ、環

形動物、蠕形動物等である。好気性バクテリアの生息不可能な閉じた潟のような環境に体積した物らしい。

上記のような最古の動物や植物が海底にしか誕生しない理由は海水の存在と海水に覆われた場所にしかない太陽の紫外線から防護された環境は海底の他に無いからである。生物は直射紫外線下では発育が不可能である。それ故、三十四億年海底で生存し進化を続けて四・二億年前に陸上に必要な条件が整い、上陸を開始した。

二酸化炭素と水を原料として光合成を施す原始的藻類は二十八億年から三十億年前に現れた。光合成は酸素と炭素の地球生化学的循環の最も重要な過程である。高等緑色植物は光合成に伴って酸素を海水中に放出する。海底で生じられた気体酸素は海水から空気中へと脱出する。図表二によると現在の地球の大気中の酸素の含有量は約二十一％であるが、既に約二％に達した時代からオゾンが産出されるようになり陸上植物が生存可能になったのは四・二億年前であった。

化石のまれな長期間続いた陰生代とは異なって古生代の最初の地質時代カンブリア紀より現在迄の比較的短期間の地球の歴史の十二、三九％を占める時代を顕生代と総称する。ギリシャ語で生物が顕著な期間を意味している。顕生代は古生代、中生代と新生代に大きく三分される。

古生代とは顕生代を動物化石の変化を元にして三分した最初の地質時代で約五億七千万年前から二億三千万年前に至る。無脊椎海生動物の栄えた前半の旧古生代と陸上の動植物の繁栄した後半の新古生代とに分けられる。前者はカンブリア紀、オルドビス紀、シルル紀に、また後者はデボン紀、石炭紀、二畳紀にそれぞれ三分される。旧古生代には北西ヨーロッパ、グリーンランド、北米、中国北部等を舞台にカレドニア造山運動が、新古生代は中部ヨーロッパ、ウラル、北米、中国などでパリスカン造山運動が起きた。気候は一般的に温暖で全世界はほぼ一様であった。二畳末期には北米、インド、南オーストラリア、南アフリカ等に大陸氷河が広がった証拠が存在するほか、オルドビス系、シルル系、デボン系、上部石炭系中には氷河成層が見られ、ブラジルも例外ではない。

中生代は古生代と新生代との間で、約〇・六五億年前から約二億三千万年前に至り、約一億六千五百万年間続いた。古い方から三畳紀、ジュラ紀と白亜紀に三大別される。爬虫類の全盛時代で特に恐竜類がジュラ紀、白亜紀に代表的であった。鳥類や原始的な哺乳類もジュラ紀頃から生存していた。魚類では光鱗魚類が代表的で硬骨類が白亜紀に出現した。頭足類のアモナイトとベレムナイトは代表的な無脊椎動物で、いずれも中生代末期には絶滅した。植物界では白亜紀後半に新生代を特徴付ける被子植物が急に繁茂

し始めた。南ヨーロッパ、北アフリカから南アジアにかけてテチス海がほぼ東西に延びていた。現在の地中海は中生代の残留海である。一般的に中生代には気候が暖かく現在摂氏十五度の平均温度が摂氏二十五度近くに達し、当時の高緯度の寒帯にさえ氷河は存在しなかったと考えられている。

新生代は地質時代区分の大分けで最近の時代の代表的な動物として哺乳類がある。新生代は今日迄第三紀と第四紀に分けられ〇・六五億年前の爬虫類の絶滅時代から現在に至っている。近年になって新生代を古第三紀と新第三紀に大きく二分すると共に第三紀と第四紀という名称を廃止する提案が議論されている。新生代を最も特徴づけるのは更新世の二百万年以上続いている新氷河時代と最近アフリカのチャッド国のデューラビ砂漠の発見による七百万年前起きたと思われる人類誕生である。

我々人間は最適した平均的窒素七十八．一％、酸素二十．九％と二酸化炭素〇．〇三四％の大気の化学組成条件の地上に出現して以来何気なく生かされて居る有難さを十分に認識していない。水の場合は外見上の豊富さに伴う尽きない資源とさえ考えられ軽蔑的に取り扱われている。空気も普通は無臭で無味なので殆んど無意識的に呼吸をするだけである。現在の地球大気の科学組成物質中の二酸化炭素の増加は温室効果を強め気温を上げるが逆にその減少は効果を弱め気温を下げる。

南極の氷に化石化された第四紀の大気化学組成分析の結果によると二酸化炭素含有量は氷期中に〇．〇二〇％で間氷期中は〇．〇二八％であった事が解っている。又現在の約〇．〇三〇％に温室効果で地球の平均気温は摂氏十五度若し此のガスの含有量が完全にゼロの場合地球の温度はマイナス十八度に下がると推定されている。西暦一九六九年現在のデータによると人間活動の大気への二酸化炭素の放出量は一年間に化石燃料から二百億トン、森林伐採から七十億トン、人間の呼吸から二十億トンの約三百億トンであった。

西暦一九八〇年以前の二酸化炭素の地球温暖化への役割は六十六％に達し他の温室効果ガス（メタン、亜酸化窒素や水蒸気等）の影響は三十四％であった。一九八〇年以降温室効果ガスの含有量は全面的に増加したので地球温暖化は一層強化されて過ぎた二十世紀中に地球平均気温やそれに伴う世界的海面上昇が測定されている。

第八章

地表水の性質及びその分布相違の現状と人類

現在の地表水は非常に異なった形で存在する。広大な海洋水は特徴的に塩気質である。陸上では多種多様の存在形式を見せ、その傍ら湖水や温泉水は通常淡水質である。山岳地方の急斜面を敏速に流れ去る水は瀑布や早瀬を成すが穏やかで平坦な海岸平野を流れる河は曲折進路を辿る。火山活動地帯では間欠温泉を観賞できるし、大気中には水蒸気に多少満たされた雲が存在するが其の水蒸気は凝縮作用により静かな霧雨か騒々しい大暴雨又は極めて軽くデリケートな雪薄片として地上に降り注ぐ。高緯度の極地や高い山岳地方（数千米の高度）には氷河が存在するが、現在最も典型的な例として南極大陸を覆う氷河キャップがある。当大陸の面積は南米全土に比較できる。実質上、水不在の地球は想像にも及ばないと同時に如何なる生物（動植物）又は人類の存在も考えられない。

自然に存在する水は色々な標準に基いて分類可能で有る。従って、存在形により地上水、地下水、海水、陸水等が有る。その傍ら水の塩分濃度に従って海水や数少ない乾燥地域湖水のような塩気性水又は河口や大部分の潟のようにやや塩からい水や大部分の湖水、地下水や河水のような淡水等も有る。

現在の地球上では海水が量的に最も優勢で有り約70.8パーセントの361×10（6乗）平方キロメートルの面積を占める。若し海底平均深度を3.8キロメートルと推定すると海水量は実に巨大な1370×10（6乗）立方キロメートルの体積に達する。海水の一立方センチメートルが1.03グラムの平均比重を認めると地球全体に存在する海水の重量は1410×10（21乗）グラムに相応する。

地球上に存在する他の水の量は海水量同様に容易に推定するのは不可能である。有名な科学者によると様々な形で地球上に存在する全水量は一平方センチメートルに当り273リットルとなる。このような計算の結果として地表水全量の約97パーセントが海水で、当自然水には平均的に1リットル当り34グラムの塩類が溶けて居り、自然水溶解塩類の実質上99パーセントを占める。結果として海水史は全自然水の生い立ちを物語って居る（次表参照）。

水質類型	地表面の各平方センチメートル 当りのリットル数	地表面の各平方センチメートル 当りのキログラム数	全重量（単位 はグラム数）
海水	268.45	278.11	1.413×10^{21}
淡水	0.1	0.1	0.51×10^{21}
陸水	4.5	4.5	22.83×10^{21}
水蒸気	0.003	0.003	0.15×10^{21}

図表—地表水質類型に従った容積的は重量的分布

海水は人類に対して無数の恩恵を施してくれる。其れ故遠い過去から世界中の海岸線は魅惑的に人々を引き付けた。しかしながら現在是非ない必要物質は陸成淡水質適応飲料水である。此れを見ると北東ブラジルの奥地の様な半砂漠気候地方では恵み多き降雨を求めての住民の嘆願も十分に理解できる。

単に海水の進化を認識して居て、自然に存在する数々の異なった水を更に理解する事は非常に困難で有る。実在的に自然に存在する如何なる水も水文学的循環を通じて相互的交換関係を保持する。幾多の水の地表での交換的關係を次のように現す事が出来る。

沈降水＝地表流水＋浸透水＋蒸散水

雨、雪、雹や露の様に地表に沈降する全ての凝縮作用によって生じた水を沈降水と称する。又、沈降水の一部で地上を制限的又は無制限的に川床沿いの流れは地表流水を形成する。一部の沈降水は土壤に吸収され地下水として残留するか又は或る距離間に浸透した後泉として湧き出る。遂に蒸散水は地表からの蒸発と植物からの発散作用による水で有る。

合計的蒸発水の 77 パーセントは海上に沈降するが陸上の沈降水量は僅かに 23 パーセントに過ぎない。一方では地球の総蒸発量 84 パーセントは海面から供給され陸上からののは僅かに 16 パーセントで有る。この様にして、海面からの蒸発水量はその沈降量よりも 7 パーセント上回って居り陸上からの蒸発水量はその沈降水よりも 7 パーセント下回る。陸上に残る不蒸発の 7 パーセントの超過量地表流水として河川水又は浸透水になり地下水に変わり最終的には海に達して水文学的循環作用が終了する訳で有る。現在地球に存在する全水量は $1,357,509.6 \times 10^{10}$ (15 乗) リッターと推定されて居るが其の 97 パーセントは海水で陸上や大気中には僅かに 3 パーセントの水が存在する。陸上水の約 75 パーセントは氷河（主に南極大陸）を形成し 24.5 パーセントは地下水で有ると思われて居る。従って液体の淡

水として地表に存在する川や湖の水量は僅かに0.5から3パーセント程度と推定されて居る。

此の様な地表水性質及びその分布相違の地球上の現状の中でブラジルの淡水有効性とその人口分布の一般的なパノラマを考察する事は非常に重要で有る。我々人類又他の動植物に対して淡水は掛替えのない自然資源で有る。水が無くては残存は考えられないので石油よりも水は人類にとって貴重な物質であり二十一世紀の黄金と偽名されても決して過言ではない。それなのに此の自然資源に対しての価値観は非常に薄くしばしば輕蔑的にさえ取り扱われている理由は完全に誤解した見方に有る。特にブラジルの場合は外見上の豊富さに伴う尽きない資源とさえ考えられて居るがその主な原因として知識や道德意識の不足などが考えられる。

事実上現在のブラジル全人口は一億七千万人で世界の人口の約3パーセントに相当するが国土に存在する淡水有効性は地球全体の14パーセントに相応出来る。当淡水資源は非常に不規則的に分布して居り、其の80パーセントは伯国アマゾン地方やマットグロッソ州湿地帯の様な民勢空虚地域に優先的に分布して居る。

残念ながら地表水性質は不適當な人類活動の結果として日々に悪化して居り地球上の生命の連続性を危機的な状況に陥れて居る。事実上、現在ブラジルで一番不足して居るのは淡水資源ではなく、我が国を支持可能な発展に導く教養的又倫理的準備が必要で有る。現在の世代の必要性を満たすと同時に将来の世代の生活可能性を維持するべきで有る。連邦水理融庁（ポルトガル語略字でANA）のデータではブラジルの現在の水の要求は次の通りの用途に従い、農産物灌漑用水が59パーセント、家庭用水が22パーセントで産業用水が19パーセントで有る。時代の移り変わりによって此の用途の割当ては変化するので有る。

時代に従って用途の要求の割当てを一変させる原因の例として現今の必然的人口の都会化が掲げられる。前世紀の四十年代にはブラジル総人口の32パーセント、つまり約三分の一が都会生活を営んで居たが五年前の西暦二〇〇〇年には全人口の81.2パーセントが都会化して国内全量収益（ポルトガル語略字でPIB）の90パーセントを所有して居た。更に淡水使用量で先頭に立つ農産物灌漑用水は往々忘れられ勝ちである。此れは実質的用水とも称される農産物生産には欠くことのできない水であるが世界的に淡水消費量の約70パーセントを占める。先進国では37パーセントで十分で有るが途上国では81パーセントに達する。実質的用水の必要性を例証すると一キログラムの牛肉、穀類又は馬鈴薯を生産するのに各々10.000、1.500と1.000リットルの淡水が必要である。農産物生産国又輸出国

として有名なメキシコ、エジプトやブラジル等は農産物灌漑用水の大輸出国でもある。

其の傍らもう既に述べた様に地表面の約 70 パーセントを覆う海水は容量的に 97 パーセントの地表水を塩気質にするので地球上の淡水量は僅かに 3 パーセントで有る。淡水全体積の 75 パーセントは固体の氷河を形成し、約 24 パーセントが地下水で精々 1 パーセントが淡水の液体状で存在する。

二十世紀中に世界の人口は三倍化したが生きて淡水の消費量は六倍化したので有る。国連総会（ポルトガル語略字の ONU）の推定で現在の六十二億の世界の人口は西暦二〇五〇年には約 50 パーセント増加して九十三億人になる。人口増加により僅かに今日から二十年後には三十五億人が飲料水に適応した淡水不足に悩まされる可能性が有る。最も其の実現性が高い国々はアフリカ、中央アジアや中近東に配置されて居ると思われて居る。尚、少なくとも二百の河川系は数多くの国境を横断すると同時に十三の世界的に大スケールの河や湖の淡水は百か国以上で分け合って使われて居る。その傍ら 24 パーセントの淡水資源に相当する地下水は既に十五億人に支給されて居る。水資源の争いは数多くの国内闘争から国際的戦争に成る可能性は十分に考えられる。

上記の様な悲慘的悪夢が現実化しない様に幾つかの交替的手段も考察されて来た。その一番目は海水の塩分を除く事で有るが此れは非常に費用がかかり多量的に必要な淡水生産は不可能である。又二番目は南極大陸から流水を運ぶ事で有るが此の手段は後方業務的問題で具体化させるのは困難で有る。現在考えられるのは水だけでなくあらゆる地球の自然資源の巨的な規模の再生産業の外に方法はない。

第九章

外因的地質作用に果たす人類の役割の現状

数多い地質作用によって我々の地球はひっきりなしに変質と変形されている事に大部分の人間は気がついていない。これらの作用は概して内因的と外因的に分けることが出来る。内部活動力は特に放射性物質（ウラン、トリウムやカリウム）の核分裂を通じて生ずる熱エネルギーに基づく。そして造山運動、火山活動や地震を起こす。この様な自然現象を伴うエネルギー効率は我々人間の現状複写可能性限度を超越しているので人間が如何なる影響を及ぼすことも出来ず大部分の場合はその爆発的作用の予知さえ困難である。また、外部活動力は正に重力による潜在エネルギーと太陽放射による熱エネルギー等である。この様なエネルギーに伴い外因的地質作用、例えば地表に出現した露頭の風化作用、またはその風化物の河川、氷河や風等による浸食、運搬や堆積作用なども施されている。地球上の動植物も地球の外因的地質作用の大きな影響を相互に施し合いながら、自然作用を強化したり加速して結果的に、特に大都会の人口密集地では、度々それらの犠牲者にもなる。

我々が住む惑星、地球の年齢は約四十六億年と現在は推定されている。この年齢は地球の大陸を形成最古の岩石や隕石の放射性元素を物理的原理に基づいて測定された絶対年代に相応する。誕生後の約八七パーセントの期間中は宇宙時代または陰生代と称され、顕著な動植物の存在は見出されなかった。当然ながら、生物が誕生して生存出来る環境は直射紫外線から護られた海底にしか存在しなかった。そして当時大陸は植物なしの丸裸で如何なる動物も見当たらず、甚殺風景な眺めであったに違いない。宇宙時代は自然的に発生する内因的地質作用（造山運動や火山活動）に伴って起きる外因的地質作用（風化、浸食や体積作用等）は非常に活発な時代であった。もちろん、人間の様な生物の存在は予想にも及ばない時代であり、地球表面の自然環境の記録を分析すると、想像以上に厳しい条件であった事が証明出来る。

先カンブリア時代から止め処なく続いた二酸化炭素を原料とする光合成を施す原始的海生藻類の働きにより当ガスは地球の大気から取り除かれて、気体酸素が補給された。同時に大部分の二酸化炭素は生化学的また一部

は無生化学的に石灰岩として沈殿して、多量の当ガスを海水から脱出した。上記の様な地球進化により、古生代カンブリア紀より現在に至るまで比較的短い、僅か地球歴史の一三パーセントを占める顕生代が開始した。顕生代は約五・七億年前に始まり、古生代、中生代と新生代を通じて今日に至った。

陸上動植物の繁栄した新古生代後半中に脊椎動物は魚類、両生類、爬虫類、鳥類と新生代を代表する哺乳類まで進化を続けた。進化的過程の最後の段階の一番代表的な生物は我々人間である。脊椎動物進化の絶頂に人類は類人猿の段階を通じて進化し続けたと推定されている。人類化石学の調査の結果で二年程前まではアフリカ大陸のタンザニアのオルズヴァイ峡谷で発見されたと考えられて居た。しかし、西暦二〇〇三年に同じアフリカ大陸のジュラビ砂漠で発見された人類化石は更に古く、七百万年前のものと推定され、古第三紀中新世頃のものと考えられている。上記の最後の発見と其の年代が事実であれば人類の誕生は地球の歴史の少なくとも〇・一五パーセントの時代に相応する。其の傍ら、食料になる作物栽培や家畜動物飼育を人類が開始して現在に最も類似した生活を始めたのは僅かに約一万年前の事とされている。その文明の初心期は人口も少ないし、極原始主義的な生活を送る知恵や知識しか持たなかった。知能が発達すると共に知識も拡大化して人間は色々な自然的に地上で手に入る石を割って適当な形にして石器を作った時代が旧石器時代と称される。引き続きその石器を磨いて使うようになり新石器時代を迎えた。石器を使って日常生活で最も必要な動植物産の食物を適当に食べられる様に準備した。後で石よりは有利的な色々な性質を所有する金属（銅、鉄、亜鉛等）を熱で溶かす冶金術が発見されて金属細工が出来て金属器時代が開始した。

十八世紀末から十九世紀にかけて英国を中心として、機械、動力等の発明を契機として起こった社会組織上の一大変革が始まった。二十世紀の半ば頃までは機械を動かすエネルギー源として化石燃料（主に石炭と石油）が利用された。最近五十年間には主に石油と原子力が利用される様になり、今では石炭をエネルギー源として使っている国は少ない。地球の自然進化に比較すると我々人間は、束の間に技術の発展に伴い驚異的建設力とそれに勝る破壊力を獲得したのである。実に感歎すると同時に恐ろしい現状に違いない。

全世界の人口は現在六十二億人と言われているが西暦二〇五〇年には五〇パーセント増加して九十三億人になると推定されている。急激に膨張する人口に必要な自然資源を適切に供給する目的で人類は驚くべき高スピードと大スケールで我々が住む事の出来る宇宙唯一の惑星の面に深い整形手術を施している。毎年地球上で人工的に移動される岩石と土壌の体積は現在で日

本の富士山の二倍にも達する。過ぎ去った最後の五千年間に移動された体積の量は幅四十キロメートルで長さ百キロメートルと高さ四キロメートルの山を盛り上げる事が出来る。全世界の河川や氷河より強烈で百万年に地球の大陸面を鉛直に三百六十メートル削減するのに相応する。

僅か一万年前から実施されている作物の栽培、都市建設または拡張を目指しての地均し、鉱山発掘作業、発電所または道路や港等の建設工事は地球表面の彫刻家の役割を果たし、その巨大さは当惑星の内因的地質作用のプレートテクトニクスに劣るだけである。時によると人間の活動が発生する現象敏速で危険性の多い自然現象は存在しないかも知れない。自然的浸食作用は五・四億年前から現在までの各百万年間毎に全地球の大陸面を三十メートル削減可能な速度で堆積物は移動している。西暦千年以降に人工的に行われた浸食作用は自然的現象の速度を超越した事になる。

人口密集地区で最も多量に必要な自然資源は飲料水として利用出来る淡水と建築材料（砂と砂利）である。例えばサンパウロ近郊ではこのような資源は臨界点に到達し現在の生産量を増加できる供給源は近辺に見当たらない。既に周辺に淡水資源はなく、将来はサンパウロ市に必要な水は二百キロメートル以上も離れた比較的無汚染のリベイラ・デ・イグワッペ川に頼るより仕方はないようである。建築材料はサンパウロ市近郊のチエテー川の沖積層で間に合わず百キロメートル以上離れたパライーバ川床とその沖積層から補給されている。また、チエテー川上流のモジ・ダス・クルーゼス市付近では数年前から沖積層建築材料砂利採り場と野菜栽培農家やサンパウロ市周囲住民との闘争（利害の衝突）が数多く起きている。

二十世紀の五十年代迄のブラジルの人口分布比率は農家三分の二で都市住民三分の一であった。西暦二〇〇〇年国勢調査では人口が強制的に都市化して八〇パーセントが都市人口になった。また、農作地は特に輸出用の単式農法（特に大豆栽培）に変わり面積も拡大化する傾向が著しいことが解った。大豆や他の輸出用農業牧畜産物を外国へ積み出しの港まで運搬する水路、道路や鉄道を整備する必要が生ずると共に外因的地質作用は益々強化される。ブラジルの人口の都市化により、サンパウロ市近郊の現在の資源供給問題に伴う我々人間の外因的地質作用の悪化はこの国の他の州の主な都市にも達するであろう。

人類の外因的地質作用を持続可能状態に導くには大陸上に存在する農作物栽培可能な面積は四〇パーセントに限られている。西暦二〇五〇年の世界中の人口は現在より五〇パーセント増加して九十三億人に達すると推定されるのでこの人口の食料を作る上記の様な土地を保護するため、人類の外因的地質作用に果たす役割を減少するべきである。

第十章 異常気象と気候変動

空から硫酸や硝酸を多量に含んだ高酸度の降雨により赤松や樅等で構成された世界の美林が蝕まれ、北欧やカナダの湖沼には魚が住めなくなった所も数多く存在する。もはや雨を自然の恵みとばかり言えない。

我々の先祖が定住して食料用の農産物の栽培を実施し家畜を飼い始めた約八千年から一万年前には気温緩和な気候最良時代で地球の自然環境の恵みを十二分に受けて暮らしていた。当時の世界人口は九千万人足らずであったが現在では六十億人以上の人間が地球の隅々、砂漠の付近や火山の斜面や麓に迄住む様になった。五十年後の世界人口は約百億人に達する可能性があると予測され、益々に従い悪条件の所にも住まなければならないのである。

現代人が身体条件の調子が狂った時に医者は色々な検査を行い異常があるかないか診断をしてくれる。医学も身体が正常か異常かの判定に物理を応用した現代設備と近代科学の知識にもとづいた基準を利用する。同様に地球大気の診断を行うと正常な時と異常な時が明白に差別される。長い間同じ所に住み慣れると天気が正常か異常かの判定が気象学者でなくても可能になり「近頃の天気は変だ」と挨拶代わりの言葉をかわす事が普通になる。従って、永い間経験した天気を基準にして正常か異常かを定めるのである。人間の血圧にも正常値がある様に、気象にも標準的な天候を表わす気候平年値と称する数値がある。気温が平年より摂氏二度迄高い時の値が血圧の平常値に相当し、これが普通の天気のことである。しかし乍ら、平年値から大きく遠ざかった天気を変な天気と称しても漠然的であるので量的に表現する必要がある。

血圧値で例示した場合も正常な条件に幅があり、此の幅から外れ過度が大き過ぎても又小さ過ぎても異常と診断される。気候でも同じ様に平年値と比較して場合に或る一定の幅に入る値は正常、文化の幅を超越すれば大きくても小さくても異常と診断される。月平均気温なら平年の月平均気温より摂氏一、五から二度以上高いか低い場合はどちら側も異常と診断される。此の値は標準偏差の約二倍に相当する。

最近の異常気象として四十数年前の西暦一九六三年一月に世界各地にて寒波や豪雪等の様な異常気象が発生し地軸を揺がす気象異変が有名になっ

た。それ以降一九八〇年代に入って間もなく最も大規模な赤道東太平洋の海水異常昇温に伴って発生するエルニーニョ現象が起きた。西暦一九八二年から一九八三年には世界各地で気温や降水量の異常が観測された。特徴として低緯度地方（赤道付近）では干魃や大豪雨等降水量の異常、中緯度（回帰線付近）では暖冬や熱波等気温の異常が特に目立った。例年なら雨の多いインド東部からインドネシア及びオーストラリアの干魃又は例年なら雨の少ない南米ペルーやエクアドール等の乾燥地域の大雨洪水が目立った。此の期間はアフリカのサヘル地方を中心とした干魃は厳しさを一層増し、数年間植え付け不可能な状態が続いた。結果的に数百万人の人々が飢餓に苦しんだ。単に十年間に三回も発生した記録的な大干魃が二十世紀では他になかった。一九八〇年代には僅か数年前に世界的に天候変動が大きかった。アメリカでは一九八〇年、一九八三年に大熱波、又一九八六年に小熱波が発生したが特に最悪の事態は一九八〇年で大豆、とうもろこしや綿花は不作であった。一九八四年は三十九年ぶりの大寒冬に見舞われ、日本海では大豪雪になり、一方当時のソ連や西アフリカや東アフリカは干魃に襲われた。

異常気象現象は最近だけに限らず昔も頻度に発生して人々を苦しめた。今は氷に埋もれている北半球のグリーンランドも日本の平安時代（西暦七九四年から一八六八年の約千百年間）には牧草が茂り、其の名称にも相応しい緑の島でバイキング（スカンジナビア半島やデンマークに住んで居たノルマン人）が当地で栄えた時代でもある。小船で北極海の奥深く迄行けた程気温は暖かい時代でロッキー山脈の雪線も現在より三百メートル高い所にあった。アラスカの樹氷成長年輪資料からも解っている様に気温に換算すると今より摂氏二から三度高温だったと推定されている。西暦一五四一年から一八九〇年頃までの三百年間はヨーロッパや日本も気温が下がり、アルプス山脈では山岳氷河が増進して麓の村道に損害を与えた。この寒冷期は小氷期と称された。フランスでは凶作やセーヌ河等の河水が冬に結氷して船による輸送が出来なくなり小麦粉の値段は暴騰したので怒った民衆はデモを起こした。此のような事件がフランス革命と関連していると言う説もある。又、ナポレオンのロシア遠征の失敗の一因として此の時代の異常寒波に苦しめられた事も考えられる。

この寒冷な気候の背景には世界的に活発化した火山噴火が有り、特にインドネシアのタンボラ火山の西暦一八一五年の大噴火は翌年に世界各地で異常気象を発生した。例えばアメリカのニューイングランド地方では春から不順な天候の連続で、六月には雪が降った。夏でありながら寒波が四回も襲い、凍る様に冷たい気温のため作物は事実上全滅に近い被害を受けた。その

頃の老人達はこのような寒い夏を経験した事はないと口を揃えて言ったそうである。

近頃は異常気象への関心が非常に強調されている原因として第一に冷夏に続いて起きる猛暑等の様な突然に変化する天候の動揺を考える事が出来る。それと共にグローバル化された消費経済の動向が天候の変化に左右される割合が非常に大きくなった事にもある。この様な要因に基づき異常気象の情報に敏感になると同時により冷静に異常気象を評価する様になったが此の評価は時代と共に改良されている。

世界的な干魃のため、西暦一九七三年の穀物生産は不作となり、食糧不足危機説が巷に溢れた事があった。旧ソ連を始め各国は競ってアメリカに食料を求めたので相場は急騰した。同時アメリカはインフレ抑制の為に食料輸出を規制したので不安は一段と高まり、世界の異常気象の情報を収集して事前に対策を取る事が各国の社会と経済に取って如何に重要かを知らされた時代でもあった。又、異常気象の実態がより良く認識されるにつれ対策を真剣に考える様になった事は当然である。大手企業だけでなく日常生活品（衣料、飲料、食料や色々な季節商品）を売るショッピングセンターやスーパー迄が積極的に正確な気象情報を重視する様になった。

異常気象と気候変動を比較するとしばしば混同される可能性がある。しかし乍ら異常気象と気候変動は本質的な差異が有り、前者は持続する期間が一月前後から長くて数か月程度で後者は十年以上から数万年と人間の儂い命に対すると極端的に長期間に渡って変化する現象の事を言う。我々人間の病気と比較すると、余り適切な表現ではないが、異常気象は急性で気候変動は慢性の病気である。例えば月平均気温が平年値より摂氏数度の変化は一から三か月もすれば解消するのが普通である。ところが気候変動は年にその十分の一以下の小さな傾向を示し乍ら数十年か数万年も続き現在より摂氏十度も気温が下がれば氷期が開始する。

異常気象と気候変動は本質的な差異を提示するが全く無関係とは言えない。短期間の気候変動中には数十年程度の時間を費やして変化するものがあり、この程度の寿命を有する気候変動は異常気象の起原と密接な関係を持っている。その上、異なった異常気象と気候変動が様々な強烈さで同時にその影響を及ぼし又我々人間も色々な形で気象や気候を変化する。結果的に地球上の空間的又は時間的限定された場所に存在する環境条件が如何に異常気象、気候変動が両者が重り合い又人間効果を受けているかを解釈するのは困難である。

異常気象、気候変動及び人間効果が相互的に重なり合うだけでなく現在は異常気象とされている南米ペルーとエクアドール沖合で発生する超エル

ニーニョ類似現象の存在が解っている。数千年前にブラジルの数か所（エスピリット・サント州リオドーセ河口三角州、パラ州シングレー河畔及びカラジャース鉱山地域）で数回繰り返して発生した証拠が発見されている。現在のエルニーニョ現象は単に数か月しか続かないので気候変動とは言えない。

その傍ら、二酸化炭素や他の温室効果ガスの人工的放出による気候変動への影響の考察は、二十世紀の機械的測定に基づく。その間の地球の平均気温上昇とそれに伴う海面上昇率を対象に前世紀に活発化した世界的大産業革命による機械化の温室効果ガス放出の結果として簡単に解釈されている。確実的に、地表の平均温度も又海面も過去百年間には上昇している。けれども同じ期間に三百年間続いた小氷期終了の影響は自然的な地表温度回復に向かっている。それだから地球温暖化の人間の役割を決定する前に地球の小氷期終了に伴う自然的気温上昇率を知る必要がある。

同時に二百六十万年前から今日迄に二十回以上の氷期とそれに挿入された間氷期が繰り返されている。そして現代人のより活発に活躍する様になった時代を氷期以後、要するに氷期は終わった事になっている。けれども現在の気候は過去の間氷期に似ているし氷期が終了した事さえ断言出来ないのので将来数百年中に地表平均温度が摂氏十度近く自然的に減少して新氷期に突入する可能性は無視出来ない。最終的結論として異常気象と気候変動の原因やそれに伴う諸問題点を詳細に今迄以上に研究する必要がある。

第十一章 砂漠と砂漠化現象

特徴的に低降水量（年間雨量が二百から三百ミリメートル）を見せ、希薄で限られた種類の植物のみが育ち動物群の種類数にも貧しい地域を通常に砂漠と称する。典型的な砂漠は四種に分類する事が出来る。先づ最初に厳寒で万年氷河に覆われた極地氷河砂漠に続いて、低降水量と夏の高気温の特殊性を有する中国のゴビ砂漠等は中緯度内に存在する。三番目には日々に高気温振幅と低降水量を見せる貿易風砂漠、引き続いてペルー沖合を流れる寒流の影響で発生する沿岸砂漠もある。

高緯度の極地氷河砂漠では地方の全湿気が氷河に凝結されているので植物の発育等には利用不可能である。またゴビ砂漠では夏と冬の湿度相違が激烈で寒い砂漠ともみなす事が出来るが低降水量も典型的である。貿易風砂漠は熱帯性砂漠または低緯度性砂漠とも称され、北回帰線か南回帰線付近の十五度から三十度の緯度に存在するが高湿度低湿度的である。高気圧の亜熱帯気流が優勢的で雨は極端的に少ない。ブラジルの北東地方には有名な多角形乾燥地帯（ポリゴノ・ダ・セッカ）がミナス・ジェライス州北部からピアウイー州内部まで達する。当地域では年間降水量が平均的の五百ミリメートル以上なので半砂漠地帯と称される。この地方の植物は主に刺の非常に多い小さな木やサボテン科に構成された地方の原住民の言葉に起因するカアチンガ（白色林地）がある。

他の種類の砂漠として山陰砂漠がある。この場合は高い山の後にあるので高湿度の大洋気流は山に遮られ凝結して雨になり山腹に降り注ぐので山陰には乾燥した気流しか到達しない。有名なチリ北端のアタカマ砂漠がその実例であり、十年以上も雨が降らない事もあるので世界で最も乾燥した砂漠と言えよう。

一般の民衆の迷信で砂漠と砂丘は切り離せない関係を持っていると思われる。その証拠として日本語の砂漠も近似的に「広大な砂原」の意味を持つ。ブラジルで有名なテレビ局のと称する番組で伯国のマラニョン州の国内観光地としても有名な「レンソイス・マラニエンセス」の沿岸砂丘地帯が砂漠として紹介された事が記憶に今でも残っている。当地域で年間雨量が千ミリメートル以上に達し砂漠とは異なる。砂丘が形成される主な原因として多

量に存在する細粒石英砂と絶え間なく吹く高風速貿易風を考えるべきである。パイア州内地の中部サンフランシスコ左河岸に約七千平方キロメートルの面積に分布する「広大な古砂丘原」がある。バーラ町とピロン・アルカード町間の二百キロメートルに延長するがその砂丘の高さは五十メートルに達する。学術的出版物にさえ当地方は砂漠として紹介されている。現在の年間降水量は六百から八百ミリメートルなので半砂漠気候と言える。又過去一万一千年から現在までの当地の古気候を泥炭の花粉分析で考察した結果で今日より低気温と高湿度の時期は見出されたが砂漠気候の証拠は発見されていない。ミナスジェライス州に水源を有するサンフランシスコ河は多量の細粒石英砂を数千キロメートル間運搬してパイア州内地の高速の風に北西方向に運ばれる。南北方向に延びた石英変成砂岩山に遮られ「広大な古砂丘原」を形成した。この山と接触する所の砂質堆積層の厚さは百メートルに達する。しかし現在まで当砂丘原が砂漠気候と関連していた証拠は発見されていない。

上記の様に砂丘は必ずしも砂漠と関係していないが多数の砂漠には壮大な砂丘が発達している。同時にほとんど砂丘が不在の石だらけの砂漠も存在する。この場合、気候は非常に乾燥していて、生物はほとんど繁殖せず、表面は碎石や岩石破片で覆われている。

近頃ブームになった格言語で砂漠化と称される現象がある。これは自然環境が悪化して景色の安定性が破壊された結果として数多い現象が起きる。例えば急斜面の地滑り、耕作可能な土壌の加速侵食作用や砂丘等が激変的に発生するのである。このような急激に活動する自然現象は砂漠地帯でしばしば起きる。砂漠化と称されるが本物の砂漠通りに低降水地域になるとは限らない。人間が地表変動に大変重要な原動力になった現在では砂漠気候と異なった地方でも、人間活動の不適切な自然空間の利用の結果として砂漠化現象が発生する。

世界中の人口の約七〇パーセントが都会で暮らす今日では大部分の人に生活は非常に便利になった。それと同時に地球の自然環境は人工化され、サンパウロや東京の様な大都会ではその郊外の気持ちの良い所とは違った高温で乾燥した都市気候に変わった。発展途上国では人口爆発を支えるために焼畑を広げたり、燃料用の薪を取るために森林は破壊されている。このような人間活動はやがて砂漠化の拡大につながり干魃を招き自然環境の悪化を発生する。例えば森林伐採が進むと土壌水分が急激に減少し、低気圧が近づいても雨が降らなくなり干魃の原因になる。

アフリカのケニア国から寄せられた見解によると「森林破壊と砂漠化に対抗し、天候の変動を縮小するには、全国的な植林の実施が期待される」

。緑の破壊は荒々しい天候を作る原因になると心配されている。

森林は地球陸地表面の約三〇パーセントを覆い、現在の地球の気候条件を維持する為に幾つかの重要な役割を果たしている。まず太陽の光線の一部を吸収するが、反射するので吸収されない部分をアルベド（反射率）と称する。アルベドが小さい程吸収される率が高い。またアルベドが大きい程、地表面に吸収される熱は減るので気温は下る。森林の場合は黒い森林で三から一〇パーセント、針葉樹で五から一五パーセント、広葉樹で一〇から二〇パーセント、または砂漠で二五から三〇パーセントである。地球全体のアルベドの平均値は三〇パーセントであり、自然陸地表面で最大の反射率は白い雪の表面に存在し、四六から八六パーセントに達する。

同時に森林は水分を保存する重要な役割を果たす。若し森林が不在の場合降った雨はただちに地表面伝いに流れ去るか蒸発する。樹木それ自体や枯れ葉などに形成された腐植物に覆われた森林内の土壌は、水分を多量に保ち、ゆっくり蒸発させる。このために、環境を穏やかな均衡状態に保持すると同時に、大気への水分の供給を持続的に行う。大気への水分の供給は、同時に水の潜熱の形で大気中に熱を供給する。陸地でも熱帯雨林から多量の熱が大気に放出される。そして熱帯の海洋から供給される熱と一緒に地球全体の大気の運動、従って地球全体の気候を決める一つの大きな要因となる。

この様に重要な森林が、現在では世界的に、特に熱帯地方で伐採されている。この破壊は人間が直接木を切り倒し、その後を農地にする、また更に乱暴的には森林を焼き払って農地にするか、あるいは燃料として薪炭を得るために樹木は切られる。これらは人口の増大に対し、生活水準を維持するために他の方法はないのだろうか？

森林が一端破壊されると、その再生は難しく、特にブラジルのアマゾンや北東地方の様に日射の強過ぎる熱帯地方、または自然状態で草原である所に、放牧を過剰に行う事によって砂漠化は進化する。砂漠化の原因には気候変化による自然的な現象も考えられるが、先に述べた人工的原因は人間が是正出来るので人類の将来を考え、何らかの対応策を講ずるべきでなかろうか。

近頃では世界の気候に関してはアフリカの国々を襲う干魃で深刻な食料不足危機に直面し、一億五十四万人が飢に苦しんでいる。地域的に見ると、一九七〇年代前半までは干魃の中心がアフリカ北西部のサヘル地方（サハラ砂漠の南縁地域）であったが、その後はエチオピアやソマリアなどの東部、さらにアフリカ南部にまで広がった。干魃の原因については一九七二年と一九八二年頃に太平洋東部赤道海域で海水温が平年に比べて異常に高くな

るエルニーニョ現象がアフリカにまで影響を及ぼしたと考えられる。少雨、植民地政策や内乱、またそれに人口増加など多くの要因が複合して起こっている、アフリカの砂漠化の進行であり、応急的な援助とともに、将来に向かっての抜本的な援助、さらには干魃の原因や機構の解明などが望まれる。

現在のブラジルの気候条件または不適切な人間活動の結果として、砂漠化現象が発生する可能性は何処にあるか？国内の砂漠化現象に関して公開された論文は今のところ数少ない。牧畜業が非常に盛んな南リオ・グランデ州で自然的草原状態の砂質土壌地方で過剰的放牧の結果として砂漠化現象の進行について論文が発表された。未固結第四紀砂質土壌は特にアマゾン河流域やパンタナール、マットグロセンセに広面積に分布する。この様な地方の自然環境の安定性は非常に脆いので人間活動によって破壊される可能性は大きい。ブラジル国内の砂漠化現象は人口増加に伴い上記の様な地方で急激的に拡大してその再生はますます困難になるであろう。

第十二章 カルスト地形と古気候

石灰岩、石膏や岩塩等可溶性岩石の分布地域では主としてカルスト侵食作用が目立つ。河食や磨食等の侵食営力中に最も主要なのは溶食で有る。溶食は主として地下水を通じて実施され、地表にはドリーネ、ラピエ、ウバーレやポリエ等が形成される。この様な地形用語は国際化して居るが、元来は最もカルスト地形が著しいユーゴスラビア語で有る。他国にはフランス、イタリア、メキシコ、アメリカ等にも分布して居るが、日本では秋吉台、平尾台や帝釈台が有名で有る。ブラジルでは特にバイア州西部、ミナス・ジェライス州各地やサンパウロ州南部に多い。

ドリーネは直径数センチメートルから二百メートル、通常二十メートル内外、深さ数センチメートルから百メートルの漏斗状の穴を示す。ラピエとは地表に露出した石灰岩上を雨水が流下し、溶食によって多くの小溝を生じた時に小溝間に鋭い稜として残された突出部の事で有る。隣接する幾つかのドリーネが浸食作用の進行により互いに連続して生じた、浅くて底の平らな不規則な形の盆地をウバーレと称する。ポリエとはドリーネやウバーレより更に大きく、面積数平方キロメートルから数百キロメートルに達する溶食盆地で有る。この様な地形はミナス・ジェライス州のセッテ・ラゴアス市の様に発生後は湖を形成する。

地下には世界的に可溶性岩石の分布地域に多数分布する地形で鍾乳洞が存在する。要するに石灰岩が数万年から数十万年費やして溶かされて出来た空洞又は洞窟で有る。そのスケールは非常に区々で有るが予め円形が完全に不規則な切断面を見せ通常人間が内部に入り込め大きさが数キロメートルの長さを持つものも多い。悪天候に限らず猛獣の襲撃等を避けるのに役立つので原始人の一部は洞窟に住み着いて居た。中国北京市南西四十キロメートルの房山県周口店に存在するオルドビス紀石灰岩中の洞窟に五十万年昔住んで居たと思われる中部更新統の原始人がその例で有る。今では絶滅に達した哺乳類で大懶け者やマンモス等の骸骨も発見された。この様な動物は洞窟に住んで居たものも有り主に水を求めて入り、死んだと思われる。現在では湿気の多い暗い環境を好む蝙蝠が鍾乳洞の天井に住み、洞窟内を流れる川には

魚が居る。サンパウロ州南部のアピアイ町付近のリベイラ・デ・イグアッペ流域の鍾乳洞では盲の鯰が発見された。

サンパウロ州南部のアピアイ町付近やミナス・ジェライス州首府のペロオリゾンテ市付近の鍾乳洞は百年以前から名高い所で有る。然し鍾乳洞に科学的、特に地質学的関心を持つ者は約三十年以前迄はブラジルに殆んど居なかった。冒険観光の選択場と見なされるのが精々であったが、この様な変わった観光愛好者達が集まりクラブ活動を実施した。

約三十年に達する鍾乳洞地質学研究の成果として、地球のこの様な独特な環境に長期間（数十万年間）の古気候の変更とそれに伴う同地方の植物特色変化が詳細に記録されて居る事が解った。

サンパウロ州立総合大学地質学研究所の堆積学と環境地質学部門の研究者イヴォ・カルマン博士と彼が指導して居る大学院生達は数年間サンパウロ州とサンタ・カタリーナ州の鍾乳洞内部と外部を古気候の観点から考察した。此の様な研究の材料として石筍（鍾乳洞の床に沈殿して形成される柱状点滴石）の環状成長薄板層の分析を行い十一万六千年間にブラジル南部及び南東部で雨量に著しい変化が有った事を推定した。過去の大豪雨とその逆の大干魃は主に太陽直射日光強度に関係して居る。地球の自転軸の傾きに従い約二万三千年の周期で変化するが其の傾き程度により北半球がもっと陰になるか又はその逆の現象が生ずる。

この様な古気候変動の発見は将来の気候の模擬モデルを適合させる重大な役割を果たす。過去をより正確に復元する事でもっと信頼出来る将来の気候が推測可能になる。ブラジル南部では過去四千年に夏季太陽直射日光強度が増大すると同時にサンタ・カタリーナ州海岸平野では雨量が増加して居る。人間活動の影響を無視した場合、将来一千年間の自然的傾向は支持されがちで有る。

カルマン博士のサンパウロ州立総合大学の研究グループの調査結果によると強烈化された太陽直射日光強度は東部の大西洋からアマゾン熱帯雨林に向けて吹く湿気多量の風の循環を強める。此の貿易風は地球表面近くの大気の低い部分を循環してアマゾン地域に突入すると南方へ向きを転向してブラジル南部と南東部へ湿気を運ぶ。そしてアルゼンチンやパラグアイ北部へ達して雨や雨雲の形成を容易にする。日光強度がもっと弱い季節には貿易風も静まり南部と南東部で雨を降らす湿気は特に南大西洋で生じる。

サンパウロ州やサンタ・カタリーナ州で実施されて居る古気候の調査と同時にバイーア州北東部でミナス・ジェライス州国立総合大学地質学研究所に所属するアウグスト・アウレル博士も研究を行って居る。その成果として熱帯内収束帯（南北両半球の気団の境界）はブラジル北東部で現在より

もっと南に有った時代に熱帯雨林を育てた証拠が記録されて居る。それ以後、熱帯内収束帯が北部で留まり余り大陸に接近しなかった時代には現在に類似した植物風景（半砂漠地帯カアチンガ）が観察出来た。他の研究グループも異なった分析法を利用してブラジル北東部に熱帯雨林が発育した時代を既に推測して居た。北東部地方に緑色の雨林が育ち確かにアマゾンとマツタ・アトランチカ原始林が連続的に存在して居たのは今から約一万五千年過去の事で有る。他にも現在より降水量がブラジル北東部で高かった三万九千年、四万八千年又は六万年前に数千年間続いた時代が観察されて居る。

ブラジル北東部に分布するバイア州内地の半砂漠地方は過去二十一万年前は現在より降水量が高かったと推定されて居る。現在は一時的しか流れない川床にその頃に沈殿した石灰華が破壊されて居り、その石灰岩は植物の葉の化石を産出する。それに伴ない科学名メガテリウムと称する大懶け者やグリプトドンと呼ばれる巨大アルマジロの骸骨も発見された。ブラジルで生存中の猿で一番大きいムリキーの約二倍で体重四十キログラムに達した科学名カイポラと称された猿の骸骨も産する。カイポラが住んだ地域は三千キロメートルの幅を有し、現在は半砂漠気候で有るが二十一万年昔はアマゾン熱帯雨林の続きでマツタ・アトランチカへの転移地域で有った。

近い将来に伐採の結果としてアマゾン地方熱帯雨林へ大西洋から供給されて居る湿度は減少し、ブラジル南部や南東部の降水量に変化が起きる。例えば昨年（二〇〇四）から今年（二〇〇五）にかけての夏にはアマゾン地方から供給される湿った空気が赤道から離れた南部迄到達しなかった。バイア州やミナス・ジェライス州内地迄は達してこの地方で激しい雨が降った。ブラジル最南端の南リオ・グランデ州はアマゾンからの湿気不足で干魃の被害で悩まされた。

又、石筍（鍾乳洞の床に沈殿して形成される柱状点滴石）の分析で酸素 18 と 16 の同位体（原子番号が同じで、質量数の異なる核種）比も測定された。是は石筍の鉱物を構成する、塩化石灰の重い酸素原子（O—18）と軽い酸素原子（O—16）の存在比率で有る。此の値は当時の雨水の化学組成次第で五十万年過去に及ぶ気候変動を記録して居る。

洞窟内で採取された石筍の資料は年代測定の終了後に時間的長方向、つまり上部へ向かって、酸素 18 と 16 の同位体比が測定された。地球の熱帯地域では最初の雨水に選択的に重い酸素が取除かれ、軽い酸素の含有量が濃縮する。結論として石筍の環状成長薄板層の酸素同位体比は時間的な変動を見せるが、是は当時の降水量の変化を記録して居るので、地質的雨量計の役割を果たす。

アマゾン地域から供給される湿気に満ちた貿易風は海洋起源の南大西洋収束帯の湿気に尚刺激され、時により五千キロメートルにも達する北西から南東に伸びた雲の集合体を形成する。直射日光強度が高い程、暑さと湿気が熱帯地域に存在するので南大西洋収束帯は強烈化してより南へ進行しては最初に降る雨に取り除かれ、軽い酸素同位体が優性的になる。逆に直射日光強度が南半球で弱い時は暑さと貿易風の影響は減少するので殆どアマゾン地方の湿気は到達しない。

此の湿気の赤道下での動揺により、現在存在するカアチंगा（小さい刺の多い植物が優性的な林地）地方が熱帯雨林に変化した時代も理解出来る。ブラジル北東部の様に強烈な気候変化が度々起きる地域では、湿気の増大は直ちに通常高原地方に避難して居た森林や大草原の拡張を促進する。干魘の再出現に伴ない森林は縮小するが、現在のカアチंगा内にも沼地（ブレイジョ）と称される緑の密林が島状に残って居る。

数万年から数十万年過去に自然的に発生した古気候の変化を精密に調査しなければ、将来の人間活動によって及ぼされる気候変動についての信頼できる推測は完全に不可能である。

第十三章 風化作用と古気候

地殻最表層を構成する様々な岩石はその組成と構造に従い風化作用に対して異なった感受性を見せる。岩石の化学的主要成分は鉱物的構成によって限定される。地殻に存在する岩石の種類は数多いが粗雑に火成岩、變成岩と堆積岩に分けられる。火成岩は高熱条件で溶岩の様に地表で凝固するか貫入岩やプルトンの様に地下で形成され深成岩体をなす。變成岩は堆積岩か火成岩が特に高压又は場合によっては高熱条件も伴って以前の岩石とは化学及び鉱物組成的だけでなく構造的に變成作用を受けて生じる岩石で有る。最後の堆積岩は地球表面の通常低熱条件で風化作用を受けた後侵食、運搬、堆積作用の過程を通して生じるが、此处で最も重大な自然力は重力で有る。

何れにせよ、固体をなす岩体が地表に露出して自然的にルーズな含水物質に変化する過程を風化作用又は露天化作用と称えた。基本として岩石が機械的に碎片化して物理的風化と岩石組成鉱物が変質して色々な粘土鉱物を生成する化学的風化に分けられる。生物が施す風化作用で例えば植物の地下の根の貫入する物理的力による破壊とか又は微生物による数多い化学的作用等が有る。

物理的風化作用の主な原因は湿度変化と関連して居り、岩石組成鉱物の差別的膨縮と水の凍結膨張や岩石の間隙水に溶解された様々の塩化物の結晶作用効力等が考えられる。花崗岩の様な深成岩体は数十キロメートルの深さで生じ、巨大な圧力に屈服されて居るから自然的造陸運動か造山運動による隆起か採石場での人工的発掘で露出されて圧力が軽減するとシーティングと言う現象を生じる。地表面にはほぼ平行な緩傾斜の節理を生じるので湿度変化で物理的風化作用を受け易くなる。此の自然作用は特に液体水に乏しい寒冷地（高緯度の南極大陸やグリーンランド又は高度のヒマラヤ山脈等）や乾燥地（サハラやゴビ砂漠等）で目立つ。ブラジル国内では北東部の半砂漠地帯で特に著しい。物理的風化は殆ど化学的反應なしに施されるので化学的變化は勿論、鉱物的又は体積的變化も発生しない。しかし、有効原面、即ち各岩石碎片的の外部露出面が増大するので化学的反應を容易に受ける様になる。

約五十年程前迄は、リオ・デ・ジャネイロ州とミーナス・ジェライス州とサンパウロ州との境界が接する所に有る海拔約三千メートルに達するア

ルカリ性貫入岩のイタチアヤ山頂の麓に分布する、基質豊富な角礫岩層がブラジル唯一の第四紀氷河時代を代表する証拠と見なされて居た。当体積層の角礫の殆んどがアルカリ性火成岩で有る。現在有効な知識によると年代的には第四期以前の古第三期（始新世か鮮新世層）で氷河活動の漂礫土とは無関係で有り、実際はレゼンデ体積盆地周辺の扇状地の供給源（イタチアヤ山頂）に近い地域の部分的層相で有ると解釈されて居る。従って、第四期中に数多く、特に北半球で起った氷期～間氷期の繰返しの間接的影響はブラジルにも到達したが、此の期間に氷河に覆われた証拠が残って居る所は今迄発見されて居ない。

一般的に物理的風化作用に支配され勝ちな砂漠又は半砂漠地方で優性的に施こされる同じく物理的侵食作用が有る。砂漠では強い風に運搬される石英砂の発射と摩擦の影響で岩壁、特に砂質の場合は独特なさかずき状又はきのこ状の侵食残留物を形成する。当地方の降水量は僅少で集中的なので物理的破壊力に富む。集中豪雨の激流は河床なしの稲妻状大洪水で地表を満たす。急流質大洪水現象の繰返しは特別に乾燥地帯を特色づける広い準平野を形成し、特に異なった岩石が無差別に侵食されて居る地形を認識出来れば過去の乾燥的気候存在の証拠として利用出来る。

化学的風化作用の場合、岩石組成鉱物の水和、炭酸化、酸化、加水分解や溶解等で液体水を中心とした接触反応を通じて岩石は分解される。洗脱成分として塩素、硫酸、ナトリウム、マグネシウム、カルシウム、カリウム、珪素、鉄とアルミニウムの順で減少する。反応速度（気温）とその浸透速度（雨量、排水量）が大きい程洗脱順位のより小さいもの迄が洗脱される。残留成分側ではシアリット化作用（又は粘土化作用）は温帯における化学的風化作用型がこれに対応する。気候に応じて風化殻（土壌体だけに限らず、深層風化の及ぶ範囲迄含めた風化帯の総称）の組成や厚さは異なり、残留成分は再結合して様々な粘土鉱物を形成するが、その性質も当時の気候に相応する。降水量の多い熱帯気候では土壌のピーエイチ（水素イオン濃度）は酸性でカウリナイトが風化残留物鉱床として産する。雨量が少ない熱帯気候では一般的に土壌のピーエイチがアルカリ性でスメクタイトかパリゴルスカイトが生成される。パラナー堆積盆地の白亜紀（恐竜類の臨終の残喘時代）に堆積したパウルー層群砂岩層内の粘土鉱物パリゴルスカイトは第四紀（最終的二百万年間）の熱帯高雨量気候下の酸性土壌生成環境でカウリナイトに変質して居る。

上記の考察で解る様に、如何なる化学的風化作用も水不在では考えられない。水は直接反応に参加するか、少なくとも反応環境を適応化するが、主な化学反応は次の通りである。

- a) 水和作用により水が他の物質と直接反応を起こす。
- b) 炭酸化作用では色々な鉱物が炭酸塩と交換される。
- c) 酸化作用は自然的と人工的に発生し、前者の場合は他の岩石（例えば砂岩）に酸が導入して起きるが、石油開発企業等では貯留岩に酸を注入させて浸透性を増加して二次回収を試みる。
- d) 加水分解作用は塩類が水と反応して酸と塩基を生成する。
- e) 溶解作用では液体（普通は間隙水）と固体か気体が調和して液体に溶ける。

水の必要性に従い、化学的風化作用は降水量の高い地域でより活発に行われる。ブラジル国土では一般的に化学的風化の方が物理的風化より広範囲で実現する。アマゾン地方の様に高雨量と平均的高温が接合するとなお一層化学的風化作用は強烈的になる。此の様な地方では粘土鉱物は特に白陶土（カウリナイト）が優勢的でそれ以上に珪素洗脱作用が続くと残留鉱物として、ギブサイトが生成する。この鉱物はアルミニウムの含水酸化物で有り又この金属の原鉱石ボーキサイトの主要構成鉱物でもある。アマゾン流域で数百万年間現在と類似した気候が続いた証拠として世界的にも有名なボーキサイト鉱床が存在する。ボーキサイト化作用を受けた原石は古第三紀（数百万年以前）の陸成堆積物と考えるべきである。同時に当地方の土壌は他の残留鉱物として鉄の含水酸化が多量に存在する。しかしこれは製鉄用原鉱石としては作用せず、金属性鉄の原鉱石は例えばカラジャス高原で発掘されている。これの原石は先カンブリア時代（数十億年前）の高鉄含有碧玉石がボーキサイト成因同様に少くとも数十万年に雨の多い湿度の高い環境で珪素洗脱作用を受けて現在の酸化金属性鉄原鉱石が出現したと思われる。

その傍ら、約十五年以前に六万年昔から現在までのカラジャス高原地方での気候変動の調査を試みた。研究試料として長さ約六メートルの南カラジャス高原産の仮ドリネ（本物は石灰岩地域に存在する直径数センチメートル～二百メートル、通常二十メートル内外、深さ数センチメートル～百メートルの播鉢形の落ち込み穴）地形に存在する湖底堆積物をヴァイブロ柱状試料採泥器で取った。試料の年代測定は体積中に含まれた植物性有機質残留物に放射性炭素法で行った。気候変動の研究は特に花粉分析法で当時の地方の植物特色性と気候の関連を応用した。その結果として約六万年間に五～六回に渡って現在の年間平均約千五百～二千ミリメートルの雨量より乾燥していた時代と稍現在同様の平均降水量の期間が交互したと推定された。より乾燥した時期には大草原中に不連続的に熱帯雨林が散乱したが、降水量の増加に従い連続的になった可能性が観察出来た。ドイツ人の地質学者ハッフア博士が彼のホビーの野鳥研究の成果として提案した、ブラジルの専門家達の

中では有名な「逃避説」が作用すると思える。つまり乾燥期間中には熱帯雨林環境を好む動物は隔離された雨林に避難して遺伝的交換が停止するので結果的には種の分化により新種の動植物が誕生する。この様な現象の繰返しで現在のアマゾン地域の種類多様性が説明出来る。他の研究方法でも解っているのは若し短期間的に、例えば動植物の新種誕生の時間的スケールで考察すると、アマゾン地域の降水量変化は自然に数万年の周期で変化している。例えば三つの天文学的要因で地軸の傾きの変化の約四万年、地球の公転軌道の離心率変化の約九・二万年と太陽及び月の引力による地軸の歳差運動の約二・一万年の周期的太陽放射量の変化が考えられる。

絶え間なく増加する人間の自然環境破壊力によりアマゾン地方に限らず、全地球の気候が近い将来に悪化する可能性は残念ながらもっぱら単の悪夢ではない。

第十四章

安定同位対比と自然環境

自然環境はある物を取り囲む雰囲気を作り、其の生成の相互的作用に影響を及ぼす。此の言葉の意味の範囲は非常に変化に富んで居り、広義に解すると地球は例えば次の様な自然環境を展示する。

- a) 大気圏・地球や他の惑星の外側を取り巻く気体。
- b) 生活圏・特徴的な生物群集をもつ地域。
- c) 水圏・地球表面の水界と関連する海洋や河川。
- d) 岩石圏・岩石に構成されたる地球の表層部。
- e) 氷河圏・永久凍土層をもった周氷河地域。
- f) 土壌圏・地質学的尺度で進行する土壌型。

狭義に解すると、同じ地球に例えば多数の堆積環境が存在するが、それは地理的、物理的、化学的又生物的諸条件に支配され、時間的又空間的に変化する。堆積環境の型を区分すれば陸上、汽水域、海水域に大別され、陸上（広義）は更に陸上域（狭義）と陸水域に分けられる。これらの堆積環境型は更に細分され、それぞれに応じて特徴ある堆積物が形成される。地層はすべて、これら何れかの環境における生成物で有る。地表の色々な特質、例えば安定同位体比によって生成した過去の環境条件（陸成か海成、又は体積気候等）の推定が可能で有る。

同位体とは化学元素に関連した言葉で原子番号が同じで、質量数の異なる核種、つまり原子核の陽子の数が同じで、中性子の数が異なる元素を示す。化学元素周期表の同じ場所に入れられることから、ギリシャ語の同じ場所（アイゾ+トプス）に因んで命名された。又、安定同位体は放射性同位体とは異なり、放射能を持たず、放射壊変により他の核種に変化しない同位体の事で有る。或る元素の安定同位体の天然に於ける存在比は略々一定で、その割合から当元素の原子量が決まる。

天然の各種安定同位体（主に酸素、炭素、窒素と硫黄等）の存在の微小な差異は環境変化を探る重要な因子である。その理由は物理的、化学的変化によって同位体比に変更をもたらす同位体分別作用である。単一過程で起きる分別効果は一般に僅かで有り、例えば摂氏二十五度で平衡に有る水と水蒸気では水は後者より酸素十八と酸素十六の比が約〇．〇六パーセントと大

きいに過ぎない。しかし平衡を保ちながら水蒸気を次々と除き残留水中に重い同位体（酸素十八）を著しく濃縮できる。海中の蒸発、凝集（降雨、雪）に伴う重水素水や重酸素水の分別査証は地球科学的によく研究されて居る。その外の分別作用には同位体交換反応、非可逆過程での同位体効果や拡散によるものが有る。地質学的過程での酸素、硫黄や炭素等の非金属元素の同位体分別効果は数パーセント以上になるが、金属元素のそれは無視できる程小さい。

地球の大気は数百キロメートルの厚さに達し、下から〇～十キロメートルは対流圏、十～八十キロメートルは成層圏と八十キロメートル以上は電離圏に分けられる。対流圏及び成層圏下部は空気からなるが、成層圏上部と電離圏では科学的組成は空気と異なり、紫外線による光分解、宇宙線の影響、太陽風により水素、ヘリウム原子状或いはイオン化された酸素、窒素やナトリウム等が有る。現在の地球の大気は地球形成の初期に内部から放出された還元的な気体のうち、水素は大部分が逃失する結果、徐々に酸化的になり、海洋が形成されると、可溶性な気体（塩素ガス、二酸化炭素や硫黄のガス）は海水に溶解込み、生命が発生して光合成を行うようになってから酸素の分圧が上がった結果として出来たものと考えられて居る。

人間活動による自動車の排気ガスは二酸化炭素と共に硫黄酸化物や窒素酸化物を空気中に放出し、これが大気で銘々硫酸や硝酸となって酸性雨や酸性霧を生成する。かつて酸性雨の本体は硫酸と考えられ、それは工場での石油や石炭の燃焼によるものとされた。酸性雨はスウェーデンでは一、五万平方キロメートル以上の湖沼、ノルウェーでは二十パーセント以上の湖沼のピーエイチ値を低下し、大量の魚類やプランクトンの死滅が報告されている。カナダでも魚類の絶滅した湖沼は五パーセントで死滅に近い湖沼は十五パーセントになると言われる。酸性雨による森林被害も大きな社会問題になっており、旧西ドイツでは全国土の三分の二を占める約七万平方キロメートルの被害面積が西暦一九八二年に八パーセント、一九八三年に三十四パーセント、一九八四年に五十一パーセント、一九八五年に五十五パーセントと急速な拡大が報告されている。

それ故、硫酸の原料となった硫黄酸化物の起源を見分ける有効な手段の一つはその安定同位体比を測定する事で有り、その方法は次の様に説明出来る。硫黄の原子番号は十六で有る。即ち、原子核中の陽子の数及び原子核を取り巻く電子の数は共に十六個で有る。普通は原子核中の中性子の数は十六個で、従って原子量は三十二で有るが、原子核中の中性子の数が二個多いので三十四になる。その供給源（隕石、火山ガス、火山岩、堆積岩、化石燃料等）により、それぞれ異なった硫黄三十四：硫黄三十二の比を示す。此の

測定は質量分析計で行い、試料中の同位元素比の値は標準物質のこれからのずれの値で表示する。最終的には或る場所で降る酸性雨の硫酸中の硫黄酸化物の供給源が人間活動によるものか自然現象によるものか判定出来るので有る。

安定同位体比と堆積環境の関係に対しては例えば石灰岩層の炭素十三：炭素十二の比に従い海水成か淡水成の差別をする可能性が有る。その体積環境により異なった炭素十三：炭素十二の比を示すが、試料中の同位体元素比の値は標準物質のこれからのずれの値で示す。一般に海水成の石灰岩の方が淡水成よりこの比の測定値が大きい。又軟体動物の石灰質貝殻の場合は海水成の方が淡水成より比較的炭素十三：炭素十二の比の値が大きい。此の事はブラジル海岸線で採集された海水成貝殻と陸奥の湖の淡水成貝殻の同位対比の比較でも明らかになった。同種軟体動物の貝殻で有っても、その生存環境の大陸度又は海洋度の影響度合いは炭素十三：炭素十二の比にも観察出来る。サンパウロ州最南端のカナネーヤ町付近で現在の海岸線近くから三十キロメートル近く陸奥のパリクエーラ・アスー町付近迄貝塚が分布して居る。此の様な海岸線から陸奥迄の貝塚で産出するかきとしじみ類の一種の貝殻の炭素十三：炭素十二の同位体比を測定した。結果として当同位対比の増大と減少は同じ地域の海面の上昇と下降と同様の傾向を示した。カナネーヤやイグワッペ地方の貝塚は当地方で海面より四メートル以上も高かったサントス海進当時のもので有る。年代的には六千年以上から一千年以下を放射性炭素法が示した。考古学的には日本の新石器時代の縄文海進に対比出来る。今から百年以上前の十九世紀の終わり頃には、此の地方に百以上の貝塚が存在したという情報が有る。数多くの貝塚は石灰製造や鶏飼料混合物の採掘で破壊された。西暦一九六〇年頃から国家遺産として法律上保護されて居る。

前世紀の西暦七十年代に深海底試錐国際プロジェクトにより更新世氷河時代の海面温度変動の回復が行われた。当研究には浮遊性有孔虫（海成単細胞微生物）が大洋底に堆積した軟泥中の化石群集の石灰質甲殻から氷期～間氷期の古水温の変化が測定された。氷期には海面からの水の蒸発量が減少したので残留海水の酸素十八：酸素十六比が小さく、間氷期には逆に海面から水の蒸発量が増大して残留海水の同位体比が大きくなる。この様な海水の同位対比が浮遊性有孔虫の石灰質甲殻に同様に記録されて居るのでこれは一種の地質温度計の役割を果たす。この方法を利用して西暦一九五〇年代には過去三十万年間の海水面の古気温を復元し現在では二百万年迄達した。

又緑色の陸上植物はその光合成輪廻により安定同位体炭素の分別作用を行い、それに伴い最小限に樹質植物（杉や松）と無樹質植物（灌木や芝草）に分けられる。この様な植物の残留物が土壌中のやや還元嫌気性細菌

（例えばメタン細菌）の生物学的、科学的又は物理的因子の影響で炭化され、土壤有機物を形成する。狭義の腐植以外に有機化学的に構造既知の化合物（非腐植成分）を十～十五パーセント含み、ある物は腐植質形成の出発物質となり、又岩石の風化、無機成分の分解、置換反応、土壤構造の形成等に関与し、更に植物の生長、発育にも積極的あるいは阻害的作用を及ぼす。サンパウロ州ピラシカーバ市に設置された、サンパウロ州立総合大学「農業応用核エネルギー研究所」のペセンダ博士は長期にわたって土壤有機物安定同位体炭素比の測定を実施した。約一万年以前から現在迄の数か所の植物組成を当同位体比を復元して古気候の研究を実施して居る。今迄此の様な研究が行われた西部アマゾン州、 Rondônia州やミナス・ジェライス州では気候変動が推察された。年代測定は放射性炭素法で土壤有機物上に行われた。

更に詳しくて正確な地球自然環境の変化についての情報を獲得する為、現在使用可能な多種多様な科学的原理に基づく方法を実施するべきである。

第十五章 花粉型物質と地球環境

花粉型物質は縮小的（約二十～二百ミクロン）植物の生殖構造で、主に花粉と胞子を包む。花粉化石は中生代以降（約二・三億年以降）の地層中に多いが胞子化石は古生代（約五・七億年から二・三億年）の地層中、特に石炭系中によく見いだされる。花粉化石は針葉樹や広葉樹の物が多いが第四系中には草本類のものが優勢的である。

花粉は顕生花植物（現代的植物大部分）の性的生殖構造の事で有り、胞子は隠生花植物（菌類、藻類、蘚苔類、地衣類や羊歯類）の通常単細胞で同じく縮小的サイズの無性的生殖構造の名称である。

花粉や胞子の科学的研究成果の用途は数多い。その適応性に従って、化石を扱う古花粉学、花粉雨の如く空中に飛ぶ花粉を研究する空中花粉学、養蜂に関係して例えば蜜の原産地を限定する蜜花粉学、動物の排せつ物に関連する糞花粉学や犯罪捜査に応用した法廷花粉学等に分かれる。その応用分野は広く農、林、植物、古生物、地質（特に石油と石炭探査）や考古学（原始人時代の地球自然環境）等に関連して居る。地質時代的には先カンブリア時代から現世堆積物迄が研究対象となる。

ブラジルで最初に古花粉分析法が組織的に行われるようになったのは西暦一九五〇年代の半ば頃の石油公団（ペトロブラス）創立以降である。開始当時は専門家が国内に不在で外国人を雇ったが現在では全員ブラジル人である。石油開発では特に地質学的編年と対比又は古環境情報としても利用される。又花粉分析法は、例えば南リオ・グランデ州の国立大学で長年石炭鉱床研究に実施されて来た。その理由はブラジル国内の石炭全生産は殆ど南リオ・グランデ州とサンタ・カタリーナ州に限られている。石油開発の場合も利用法は石炭研究同様に少数の花粒しか存在しなくても役立つのである。その第一の理由は大部分が既に絶滅した植物の花化石であり、その層位学的生存期間が明白に認識されて居るからである。

花粉分析法が第四紀、特に過去数万年間の地球環境変化（主に古気候変化）の研究に利用されるようになったのは前世紀の七十年代の半ば頃からである。この様に新地質時代（第四紀）の花粉分析法の場合は還元条件で生成された泥質体積物（湖底層又は泥炭層）の柱状試料を使い連続的花粉分析と

絶対年代測定を行う必要がある。各種花粉は樹木性植物と無樹木性植物に分別後に時間的固有振動数と推定された古気候関係を応用する。つまり、樹木性植物花粉が多い時代には古気候が高温、高湿度で、無樹木性植物花粉に富んだ時代の古気候は高温、乾燥的か低温、乾燥的で有ったと解釈される。柱状試料全長にわたって花粉種の定量的な差が観察されたら古気候が変化したことになる。数万年前から現在迄に植物種類が気候変化により絶滅したのは殆どないので堆積年代は花粉分析では求められない。それ故に例えば放射性炭素法に基づく必要がある。信頼できる花粉種の統計的絶対数量の計算は研究地域の花の固有性質に限らず、花粉の運搬や拡散をする平均的方向や速度を明白に知る必要がある。

ブラジルの科学警察は捜査に花粉分析を確かに利用して居ないが、その顕微鏡的サイズや特種な植物花粉類（例えばマングローブ帯の紅樹林、高湿度温帯林固有のブラジル松や南極周辺のノトファグス林等）の分布を考慮すると、その応用的可能性は決して無視出来ない。著者も約十年前にサンパウロ市の輸入会社の電気製品盗難事件の調査に参加した。一時はサントス港の倉庫に置かれた後にサンパウロ近郊のスザノ市に移動された二個のコンテナ中には品質岩石巨礫、土木工事用石英砂と有機粘土質土壌が発見された。問題は上記の様な物質の分析結果を対象に、サントス（海岸線周辺）又はスザノ（サンパウロ高原）で犯罪が犯された場所を決定するのである。砂の粒度組成と重鉍物組成や土壌の花の分析と珪藻組成で確定的にサントスで盗まれた事が解った。アメリカ合衆国の科学警察は麻酔剤、特にマコニヤ（大衆名称）又はカナービス、サチヴァ（科学名）の不正取引制止に好結果的に花粉分析を導入している。

約三十年以前から開始された過去数万年間のブラジルの古気候調査は非常に興味深い成果を呈示して居る。現在迄に行われた花粉型物質を応用した古気候調査地方は次の様な各生態系（生物及び無機的環境を含む物質の単位）で実施された。

- a) 赤道周辺の現在は高温及び高湿度の北部地域（アマゾン熱帯雨林地方）。
- b) 現在半砂漠気候の高温及び低湿度の北東部地域（北東部カアチング林地方）。
- c) 現在高温及び中間湿度の中央西部地域（サバンナ林又はセラード林地方）。
- d) 現在温帯及び中間湿度的（穏やかな気候）の南東地域（ブラジル松又はパラナ松森林地方）。

花粉分析の情報に従ってブラジルで行われた古気候研究の実例とし

て、上部更新世（約六万年以前より）のカラジャース台地湖底堆積物の調査がある。パラ州首都から五百キロメートル以上南部の南緯六度二十分、西経五十度二十五分に位置するカラジャースのラテライト状（主として鉄とアルミニウムの水酸化物からなる土壌のことでインドでは煉瓦状に切って建築材料に用いていたのでラテン語のラテル、つまり煉瓦から命名）台地の頂上には十個以上の小さな湖が分布している。この湖は鍾乳洞類似の溶解と陥没を伴った作用によって生じたと思われ、限られた排水道を有する限定的な窪みに溜まり、一部は殆んど堆積物で充満されたもので有る。

この様な湖は、河成堆積物又は沖積平野に存在する湖等に比較して、古気候を対象に研究を行うには最適の場所である。その理由は第一に七百から八百メートルのアマゾン平野よりは遥かに高い台地にあるために河流の強烈な動水力的活動からは免がれ、少なくとも各湖の排水道口付近に溜った堆積物は保存された古気候の変化を記録している。第二に、限られたラテライト状の流域を有するので、各湖の堆積速度は比較的遅く薄い体積層中にもかなり長期間の古気候の変化を見いだす可能性がある。第三に、この地域では調査された湖底堆積物の古気候的解釈に影響を与えるような現世地殻変動はいまだに見いだされていない。最終的に、この地域は「乾燥通路」にあたり、年間平均雨量はアマゾン地方の二〇〇〇ミリメートル以上より少し下回る、一五〇〇から二〇〇〇ミリメートル程度である。その結果として生じた可能性の高い上部更新世中の古気候変化の影響を受け易かった地域と思われる。

湖底堆積物の採取はアルミニウム管にコンクリート振動機を取りつけたヴァイブロ柱状試料装置を利用して行った。この古気候研究はフランス政府組織IRD（旧略名ORSTOM）とブラジル連邦政府研究評議会（CNPq）の研究協定のもとに行われた。更に、野外調査中にはブラジルの当時の採掘公団DOCEGEOの現場生活とサンプリングにおけるヘリコプター利用の後方援助があった。

湖で得られた柱状試料は六万年以前から現在迄の周期的な変化を見せた。長さが六メートル以上の試料に沿って二種の堆積物が交替的に、一方は有機物に富んだ粘土層からなり、他方はラテライト破片と豊富な菱鉄鉱に石英や粘土鉱物のカオリナイトがまれに伴う砂質堆積物である。乾燥的古気候時代に水面は次第に下がり、その場合には湖底粘土層が露出して上面は一部侵食されたようである。体積記録中のこの様な間隙は放射性炭素年代測定の一・二万年と一・三万年以前の年代間に示されている様である。有機物が非常に乏しい砂質層はその堆積時代に湖水が極めて浅かったことを物語っている。

樹木性に富んだ花粉組成でも解る様に、良く保存された植物組織の破片や浮遊藻類からなる有機質粘土層は、古気候が湿っぽく湖の水面が高かった時代を示す。それとは逆に稲類とサバンナ独特の植物に豊富な花粉の組成でも理解できるように、菱鉄鉱に富んだ砂質層は湖の水面が低い乾燥した古気候の時代を示す。

引き続いて起きた湖水面の上昇と沈降は当地域の古気候の進化を物語っており、これによると乾燥期は六万、四・五万、二・三万から一・一万年以前に起きたと思われる。このような時代は花粉記録でも解るようにアマゾン平野熱帯森林の退去の時期に対比できる。最終期の約六千年以前に起きた原森林退去はそれほど著しい体積作用の変化を伴って居ない。柱状試料中に大量に検出された木炭破片によると、七千年から四千年以前には山火事がしばしば起きて居たようである。この頃の南カラジャース台地の古気候は、一般的に湿っぽくて、数百年の周期性の乾燥古気候によく遮られたようである。実際には四千年以前から現在迄の間も以前より緩やかで有りながら、短期間の乾燥古気候の時期が有った。このことは南カラジャース台地だけでなく、同じアマゾン地域のシンガー河流域、又はアマゾン地域外のエスピーリト・サント州のドーセ河流域でも認められている。

上記のような学術的な情報はまだ限られて居る。過去三十年間に色々と議論されながらも絶え間ない冷酷な森林伐採は続いている。結果として近い将来（数十年間）にアマゾン地方の気候だけでなくブラジル或いは地球全体の気候は一変するであろう。そして世界的に名高い動植物多様性も消滅する恐れがある。精密な過去と現在の情報なしでは、将来の予想も単に仮定的な論争に終わり勝ちである。

第十六章 土壌と地球環境

地殻最表層生成物で腐食により多少着色された無機・有機質で根を張る植物を支持する能力を持った自然物質を土壌と称する。数千億年以前の原始時代には地球上にまだ生物が発生していなかった頃で土壌もまだ存在していなかった。勿論、当時でも岩石は少しずつ風化作用により変質して砂や粘土になり、湖や海に運ばれて水成堆積物を生成した。空気中には水蒸気、アンモニア、メタンガスや炭酸ガス（特に二酸化炭素）が優勢的で有った。長い間これらを原料として、太陽エネルギーの作用で次第に複雑な炭素化合物が作られた。それらは、粘土鉱物が仲立ちになって、吸着して保護されては、何百万年という長い間、色々な変化を繰り返しながら、今迄見られなかった新しい物質（蛋白質）に進行して行つた。蛋白質は、少しずつ合体を形成し、最終的には運動能力を持ち、生長して数を増やしたりする特別な才能を獲得して今日の生命が現われた。今日の風邪やインフルエンザの病原体になって居るヴァイルスと言う、蛋白質とバクテリアの中間の半生物が、地表に初めて発生した。この様な物から数百万年経過して細胞を持つ生物、例えばバクテリアが誕生した。これは岩石の上に住み、酸を分泌して岩石を犯し、水や空気と太陽を支持して風化作用を進行させた。如何に不毛と思われる岩石上にも無数のバクテリアが住み土壌生成作用に参加している。

地球の物理的、化学的又は生物的表面活動に絶え間なしに土壌は変質されている。下部には岩盤上に乗る風化残留物が存在している場合も多いので、これが更に土壌生成作用を受けた物質と考えるべきである。土壌生成作用の最も代表的な現象は土壌構成物質の集積である。それにより土壌の構成物質が表層から洗脱され、下部へ向かって移動してある層位（層位記号はB）に集積する現象である。例えばポドソル化作用（土壌の無機成分、特に最も移動しにくい鉄やアルミニウム迄が表層から溶脱し、下層に集積する基礎的土壌生成作用）は重要な過程を代表する。腐植物や泥炭が表層部に蓄積するが、この場合は移動を伴わないので集積と言う名称は避けるべきである。

土壌の野外観察は深さ約一・五〇メートルの穴の壁の土壌断面で実施する。肉眼で観察中に容易に見分ける事の出来る特徴は色、粒の粗さ（粒度

組成)、構造や粘着力等である。土壌の色はその湿気又は照明効果(直接か間接的日光)等によって変化するので、常に同じ様な条件で観察する必要がある。湿り工合は多湿、湿、普通か乾と記して置かねばならない。第一に濃淡明暗の区別をつけ、主な色を最後にして、淡黄褐色又は暗青灰色と称するべきである。通常に各層位で色が変化し、それに従って特徴的な化学成分の量の多少を推定できる。例えばA層(最表面層位)が黒、褐、黒灰色を示すのは腐植によるし、B層が赤、黄色なのは鉄分に富み、酸素の流通がいい事をしめす。粒の粗さ(土性)は各層位を指先で摩擦するだけで解るが、一定の規約(粒度区分尺度)に従って名前をつけて、厳密的には篩分けとか他の室内分析法で決める。土性で分る主な土壌の特徴として、例えば粘土量が決まるがこれは植物に必要な養分(窒素、磷酸、加里、石灰等)を吸着して貯えて置き、植物の根の要求に応じて供給する塩基置換作用を持って居る。土壌は自然的に単に砂や粘土の粒がばらばら集まっているだけでなく、集合体を形成し、これらが集まって土壌の各層位を形作っている。集合体の集まり工合のことを土壌の構造と称する。土壌の構造を類似系の物質と比較して胡桃状、骰子状、柱状や板状等と称するが、全体がべったりした塊状のものは無構造である。その他の特徴として粗い密度、土塊の固さや可塑性等がある。土壌の生成作用を掴むには具体的に野外と室内で観察可能な特徴を記載する必要がある。

この様な自然物質は、職業上に触れ合う専門分野によって、当然ながら土壌は異なった角度から考察される。例えば、土木工学部の土質力学的に直面した場合、土壌は岩石のような堅くて抵抗力が強い自然物質とは異なり、逆に柔弱で抵抗力が非常に弱いものを指す。つまり、土木技師には地上の自然物質は岩石と土壌だけに限られる。大部分の地質学者は古代的(例えば数千万年以前)の地史のみに興味を抱き最表層の土壌はその下部の岩相を覆う邪魔物扱いにされ勝ちで普通は単に土とか土壌と称される。しかし、新生代(恐竜絶滅以降)の地質学者や特別に土壌学に関心を抱いている農学技師、林学技師や地理学者には代りのきかない新生代地史に関する重要な情報の供給源とも言えよう。

土壌生成環境の主な因子として、母岩、生物、気候、地形、年代及び人為が指示できる。これらの各因子は相対的独自性を持ち、相互に代替できない。母岩は無機土壌物質の材料を作る内的因子である。母岩が風化を受けて柔らかく、粗鬆になった物質で、土壌に対し、無機素材を提供する土壌生成因子である。母岩がその場で風化して出来る残積成母材は少なく、風化物が斜面沿いに移動しつつ、侵食と体積がほぼ平行を保つ匍行成母材や、斜面下に重力の作用で溜って出来る崩積母材が圧倒的多い。山裾に続く平

地に流入した再積母材、更に遠くまで水や風に運ばれた運積成母材がある。

土壌内生動物はその生存活動力を通じて土壌生成に極めて重要な役割を果たしている。例えば植物遺体は線虫、陸成軟体動物や多足類に食われ、それらの消化管を通過後は微生物に分解され易くなる。土壌は微生物のエネルギー源になる有機物を多量に含み、生育に必要な水分や空気を適当に保持しているので各種の微生物群が多数生息し、土壌中の多くの物質的変化（特に植物遺体の分解、腐植の生成、硫黄や窒素等の無機化等）に関与している。細菌、放射状菌、藻類や原生動物に大別され、土壌—グラム中の微生物数は最近は数百万～数千万、放射状菌はその十分の一又糸状菌は百分の一程度である。排泄された糞は団粒構造を形成する。白蟻やアルマジロは土壌中に通路を作り水や土壌成分の移動を増大する。土壌の固相、液相や気相の空間的配置はその物理的特長（粒経組織や内部構造等）に基づくが野外調査中には土壌孔隙率、土壌粗密度などを組み合わせて表現する。

最終的に土壌は化学的風化作用の生成物として強い気候の影響を受ける。気温が高くて雨の多いアマゾン地域では土壌生成作用は進行し易く熱帯地方では厚さが数十メートルに達する。最も洗脱され易い化学成分だけでなく普通は不溶性の石英や珪酸塩までが洗脱されて鉄やアルミニウムの残留鉱物が濃縮する。通常熱帯地方の土壌は酸性度が高くペーハーが七以下で特徴的な粘土鉱物は白陶土質である。それとは逆に、ブラジル北東部の半砂漠地帯の土壌の厚さは数メートルかそれ以下で限られ、又、数か所では岩盤が露出している。普通は溶け易い石灰岩や化学的抵抗力の弱い長石のような鉱物でも保存される。乾燥した土の集合体を通じて毛管現象で上昇した水はアルカリ性度が高くペーハーは七以上で炭酸カルシウム塩が土壌の隙間や割れ目に塩類皮殻質沈殿物を形成する。このような地方の特徴的な粘土鉱物はスメクタイトや海泡石、パリゴルスカイトが優性的である。

上記のような現象の実例として、バラナー堆積盆地内のバウルー副堆積盆地に存在するバウルー層群中のマリリア層の場合がある。当地層から産出される恐竜化石の研究によると、白亜紀も臨終当時の気候は高気温で現在の地球上の平均的気温（摂氏十五度）を十度近くも超過し、雨量は半砂漠同様であったと推定される。生成された土壌は石英に富み、砂や礫が乾燥気候で沈殿した炭酸カルシウム塩で接合されていた。局部的（三角ミーナス・ジェライス州のウベラバ市付近）で一時的存在した湖に高純粋な石灰岩も堆積し、セメント工場も設置された。

現在のサンパウロ州西部高原は当州の約半分の面積を占める。地方の土壌も本来バウルー層群産で主に砂質である。しかし乍ら土壌生成環境は白亜紀と現世の約百万年以降と比較すると非常に異なり、平均的気温は減少し

雨量は増大した。結果的に土壌は暗赤色砂質土で平均的pHは七以下（酸性）である。これに従い粘土鉱物も以前のアルカリ性（海泡石、パリゴルスカイト）から酸性（カオリナイト）に変化した。この土壌の地形的分布と熱ルミネセンス法による絶対年代測定の結果によると数万年から約百万年の年代を示し、残積性土壌は僅少的で重力の作用で溜って出来た崩積性土壌が圧倒的に多いと推定される。土壌の起源に従う性質からも解るように、この暗赤色砂質土は侵食作用に微弱な傾向を見せるので、適切な実施計画なしでは農業政策も都市拡大も加速的侵食作用の為に失敗に終わる可能性がある。

第十七章

アマゾン地方の二〇〇五年の大旱魃は 異常気象または気候変動？

地質年代を通じて変化しているが、現在の地球上にある水の分布は体積にして海洋水が九七パーセント、氷河水が約二パーセントと残りの約一パーセントが幾多の形（地下水、河水、湖水、水蒸気や生物水等）として存在する。地質年代的には比較的最近にあたる過去一・五万から二万年頃の北半球最終氷期中（ドイツのヴィルム氷期か北アメリカのウイスコンシン氷期）の最高寒冷期には氷河が現在の約三倍に増大したので結果的に世界中の海水面は今日に対し百メートル以上沈下して、気候も現在とは異なっていた。

我々人類に使用可能な淡水資源の一部として世界中の地上水の約十四パーセントがブラジル国土に存在するが、当国には世界人口の単に三パーセントが住んでいる。現在の人口でブラジルの淡水資源の個人的使用可能量は地上水で年に三・八万立方メートル及び地下水で五千立方メートルにも達する。残念乍ら、淡水資源の分布は非常に不平等で、その約八十パーセントはブラジルの北部（アマゾン地方）とマツトグロッソのパンタナール（大沼地）に存在する。逆にその地方の人口はブラジル人口の数パーセントにしか及ばない。

上記のように淡水資源の豊富なアマゾン地方が今年の様な大旱魃に襲われようとは信じ難い事件である。過去には少なくとも四十年間は見るものの出来なかった猛烈な旱魃で、北伯のアマゾン地方の無数のイガラペー（小川の地方名）や湖の大部分は乾燥した。地方住民は主食である淡水魚類や他の水生動物の多数の滅亡に限らず、飲用水不足にまで悩まされ、通常唯一の輸送船も座礁してしまった。しばしば旱魃による大損害を受けている北伯の風景が、カアチンガ（とげの多い植物が成長する林地）は不在ながらも、アマゾン地方にも出現した。今年の旱魃は近年では珍しいと言われた。一九六九年及び一九九八年の極端的小雨量現象を超過したと思われる。地方の住民の約二十五万人は食料や他の日常生活品不足に苦しめられるだけでなく、移動さえ不可能状態で困った。道路が完備されていないアマゾン地方の熱帯雨林内住民に対して水路網は代替りのきかない通路の役割を果たしてい

る。連邦政府は軍隊のヘリコプター等で食料品や病人を空輸して住民を助けた。

アマゾン地方の自然環境を調査する目的で、現在でもマナウス市に所在地を有する国家アマゾン研究所（INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia）やサンパウロ州サン・ジョゼー・ドス・カンポス市に所在地を持つ国家宇宙研究所（INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais）を通じて大規模な国際的研究プロジェクトが実施されている。しかし乍ら、前世紀の七十年代頃から行われた陸上水の酸素や炭素の安定同位体比の測定により、通常の水理学的自然周期性は比較的詳しく調べられた。この研究は当時サンパウロ州のピラシカーバ市に所在地を有するサンパウロ州立総合大学付属農業適応化核エネルギー研究所の所長を勤めていたエネーアス・サラッチ教授の研究グループの成果である。それによると通常アマゾン地方で降る雨量の約五十パーセントは同地方から蒸発した水に直接関係していると言う結果が出ている。当然ながら、その頃のアマゾン地方の熱帯雨林は現在と比較すると殆ど処女林状態であった。それ故、当時の地表反射率（albedo）も現在とは非常に異なり太陽熱の吸収作用も違うので蒸発量も降雨量も比較できないはずである。同時に植物表層の有無は降雨水の排出、浸透及び蒸発量に大きな影響を及ぼす。現在でアマゾン地方の原始林伐採は全面積の約十五パーセントに達したと発表されている。その二倍近くの三十パーセントに及んでいる可能性は十分にありそうに考えられる。同じ情報によると三十パーセントに伐採が達すると、必ずその影響が現れると言うことで、実際はその不思議な数字に及んだとも考えられる。少なくとも旱魃の原因の一部は熱帯雨林伐採面積の増加によるものと思われ、森林の焼き払いの煙は雨雲の形成を妨害すると考えられる。漸進的に森林伐採が進むに従い、浸透水量は縮小すると同時に排出水と蒸発水量は増大するので、アマゾン地方の水理学的自然周期性は完全に変化するであろう。続いて起こる加速的土壌侵食作用と気候変化作用は最終的には地方の砂漠化を昇進させる可能性がある。

同じく二〇〇五年に中米や北米地方では連続的に発生したカトリーナやリタと称された強烈な大暴風雨は熱帯地方の北大西洋の異常海水温上昇による証拠があると発言する者もあり、その結果としてアマゾン地方上空の大気循環が変化して降雨被害が起きたとさえ考えられている。偶発的に大西洋海水温上昇現象は以前にも起きたことは解っているが、如何にその現象が地球温暖化による影響を受けているかは専門家達にも理解されていない。

我が地球の将来の運命について、現代人の最大的心配事の一つは世界規模の気候変動である。同時に当問題は現代科学の驚異的進歩にもかかわらず

ず、その変動に各要因が及ぼす影響の役割に関して、科学者達は最終的な結論に到達していないので論争は限りなく続く。

地球を包む大気が生成以来に地質年代を通じて色々と異なった古気候に見舞われた。遠く離れた過去の気候は不変性を保つどころか、絶え間なく変化したので、場合によっては驚くべき生命の起源を迎えた時代もあった。又繰返して起きた気候悪化最大限減少の大氷河時代に伴って発生した数多い動植物の消滅や巨大な隕石の衝突の結果の気候変動に関係している恐竜の絶滅等が考えられる。他にも色々な動植物の死滅は数回起きたにもかかわらず、我々現代人は気候構成要素が生命に及ぼす反響に対して途方に暮れる。

気候構成要素は非常に変動的なのでその変化が永続的に地球時代に伴う事実上の気候変動なのか、又比較的短期間に例えば人間の寿命スケールで起きる気候動揺を起こす異常気象を区別する必要がある。

第四紀の完新世は今から一万年前の最終ヴィルム（ドイツのアルプス山脈中の川の名）氷期の終りに開始した。この時代は現代人の最古文明出現と対比出来るが、気候的に穏やかな間氷期同様の気候が代表的で有る。第四紀の氷河時代の終わりを確実に示す異論なしの証拠は今まで発見されていない。それ故、数百年か一千年以内に新氷期が再開する可能性は十分に推定できる。

ヴィルム氷期退却と同時に地球温暖化が始まり、キリスト前七千から八千年頃には高温度、高湿度質の大陸気候になり、特に北アメリカ大陸は非常に気持ちよい気候になった。同時に熱帯気候は乾燥した強い風の吹く環境となり、冬の寒さも夏の暑さも現在よりきびしかった。キリスト前五六〇〇から二五〇〇年頃には現在の地球平均気温摂氏十五度と比較すると二～三度高温であった。当時は氷河の氷解水で世界中の海面が上昇したがブラジルの海岸線でも北リオ・グランデから南リオ・グランデ州迄海面が現在より三～五メートル高かった。この時代は第一気候最適期と称される。

考古学の鉄文明時代（キリスト前二〇〇〇から二五〇〇年）は最終氷期以後の最も寒い期間であった。北ヨーロッパでは気候が悪化して大暴風雨で大処女林等も消滅した。北アフリカ等では温和な雨の多い涼しい気候が古代大文明の発展に有利な環境を作った。

第二気候最適期はキリスト後二〇〇～一〇〇〇年に北半球では温和な気候下で現在のスカンジナビア半島出身のバイキングによるグリーンランドの植民地開拓が実施された。ヨーロッパ北部では気候温暖化が人間定着に数多く有利な条件を引き起こしたが地中海地方では気温上昇が水不足に関連して降水量が減少した。当期間中のローマ帝国の衰退にも上記の気候変動が影響した可能性が考えられる。

十一世紀が始めると同時に、まるで氷期気候標準に帰還した様なきびしい気候になった。北半球の大部分では急激に気温が退歩して寒い大暴風雨に破壊された。極地流氷は前進して、アイスランドやグリーンランドの繁栄的な植民地は大暴風雨の海に隔離されてしまった。

短期間の気候改善後は寒気が再開し、それ以降は小氷期に突入した。不活発な冷却は特に北半球で十六世紀から十九世紀（西暦一五五〇から一八五〇年）にその絶頂を迎えた。三百年間ヨーロッパは人類占有後の一番厳格な寒さに見舞われた。当時は現地の世界的平均気温摂氏十五度より二～三度低く降雪も現在よりありふれた現象であった。

それ以後（西暦一八五〇年以降）地球上の気温は急速に上昇しつつあるが、その原因と範囲（スケール）については数多い推論がある。過去百数十年間の気温上昇の考察は地球上の特に第四紀の古気候の進化史の知識を無視しては解釈できない。当期間の器械的気温測定で地球温暖化現象が認められる。原因として現代の地球表面の破壊的活動の影響が大きい。しかし乍ら約百年前には小氷期が終了したので自然的にも地球表面温度は上昇に向かっている。殆ど同時に起きた大工業革命で現代人が温室効果ガス、特に二酸化炭素の人工的放出量が増加した。

上記の様にアマゾン地方の二〇〇五年の大旱魃が異常気象または気候変動なのか現在では断言できない。少なくとも百年間詳細的な考察後、漸進的に多数に起きている傾向が認められた場合には気候変動が起きていると推定できる。二〇〇五年十二月二十八日発行サンパウロの週刊誌によると、アマゾン熱帯雨林の死は現今を以て始まったとも言えるが、今の所変改不可能宣言とは言い難い。

第十八章 パンタナール（沼地）、マット・グロッ センセ環境的危機

パラグワイ河上流域は三十四、五万平方キロメートルの面積を所有するが、その四割に当る十三、五万平方キロメートルはパンタナール、マット・グロッセンセに占められている。同時に当大沼地は、唯今も尚活発に沈降中の堆積盆地としてパラグワイ国のチャッコ堆積盆地と隣接している。高度差異的に八十から百九十メートルにしか達しない平野は高原に取り巻かれている。地震探査の結果によると現在の堆積盆地の最深度は五百五十メートルに達する。上部に向かい細粒状珪質堆積物に満たされ、下部には粗粒砂質か礫質堆積物が存在する。酸化鉄性結合物で岩石化された堆積物は赤色やオレンジ色を帯び酸化的な浅い水底の堆積環境を示す。現在では絶対年代測定は実施されていないのでいつの時代に堆積作用が開始したかは未解決であるが、新生代即ち白亜紀以降とは確実である。南米準平野隆起運動の結果の破壊作用に引続いたパンタナール地方構造的沈降と同時に開始したと思われる。今から僅か二百五十万か三百万年以前のアンデス山脈最終的大隆起に伴って隣接地域を占めるパンタナール盆地とチャッコ盆地が形成された。

現在パンタナール盆地に流入するパラグワイ川の支流の中で伯国で最も重要なのはタクワリー川と称する。この川の水源地はコシン市周辺にあたる高原で海拔七百から八百メートルのクエスタ状地形を形成する。当地形の最上部は不正式名カショエイリンニヤ層に覆われるが、第三紀層と推定されている。その下部には緩やかに東へ向かって傾いたパラナー盆地の堆積岩がある。パンタナール平野に流れ込み直ちにタクワリー川は直径約二百五十キロメートルの円形状の扇状地を形成する。パンタナール平野約四割（五万平方キロメートル）の面積を有するので世界最大級の扇状地をなす。通常支流は本流に水を注ぐので協力的な役割を果すが扇状地では逆に本流が無数の支流に細分して水を散布するので非協力的とも言えよう。扇状地を流れる川はその傾斜が非常に緩やかであると共に急激な地形の変化により、莫大な組成河線運搬能力を超過した堆積物量が供給される。結果として川床が浅く非常に不安定で氾濫は普通な現象であり大小無数の湖や沼地が形成される。

パンタナール、マット・グロッセンセの場合は降雨水やタクワリー川や他の川を通じて流入した地上水の約四割は盆地外へ流出すると推定されている。残る水の一部は蒸発して大気へと逃げ去る。外部から流れ込んだ固体珪質堆積物や有機物又は人工的に自然環境に貯えられた物質は盆地内で生産された物質と一緒に殆んど全部が残留物として盆地内に止まる。

上記のような地質学的、地形学的又気候的に限定された自然環境条件と自然的作用を認識すると如何にはかない動的均衡に支配されているかと言うことが理解出来る。気候的に当地方の雨量制度は雨の多い増水期（又は大水期）と雨の少ない減水期（又は小水期）に区別され、それはパンタナールの自然生命周期と切り離せない関係を持っている。十一月から三月迄続く大水期には河川は氾濫して平野は浸水する。地方に住む数多い種類の魚は浸水された場所一杯に散乱するが、この時期にピンタード（斑点が特徴的な大なまず類）やパクー（肥脂性でよく切れる歯を持つ魚）は流れに向かって泳ぎ上流に産卵する。当現象は地方でピラセーマと称される。パンタナール、マット・グロッセンセの通常放し飼いの牛は浸水しない少々高い場所に避難させて雨季を過ごす。四月になると河川はそれぞれの川床に戻るので大部分の魚は本流へ移るが一部は氾濫期に一時的に形成された平野上の湖に取り残されるので、野鳥、鰐や川獺に取っては得難きご馳走になる。河川水に運ばれて来た有機物に再生された平野の芝生は繁り、又それは牛だけでなく、鹿、カピヴァーラ（南米産大鼠）や他の草食動物の御馳走になる。又、草食動物はパンタナール食生活レベルの頂上に相応する肉食動物の豹、山猫（ジャグワチリッカ）やスクリー（大水蛇）が集まる。現今でも上記の自然生命周期性は余り人工的公害に侵されず、パンタナール、マット・グロッセンセには世界的有数な動物群集が存在する。三千二百万匹の鰐（地方住民一人に対して六十匹）、二百六十種類の魚（全ヨーロッパより多い）、二百五十万匹のカピヴァーラ及び六百六十五種の野鳥（少なくとも六十%は珍奇）が現在存在すると推定されている。

パンタナール、マット・グロッセンセは地球上で最も複雑と同時に脆い生態系とも言えよう。既に二百年以上所謂文明人との共同生活にどうにか耐えて来た。つまり当地方はマツタ・アトランチカ（アトランチカ森林）のような悲しい運命から現在迄は免れてきた。ブラジル海岸線沿いに伸びていたマツタ・アトランチカの過去の非常に豊かな原始的植物構成も今では面積にして十%以下しか残っていない。

ところでパンタナール、マット・グロッセンセのような美しくて貴重なブラジルの浸水しやすい平野が現在のように巨大で現実的危機に曝されたことは、かつて嘗てなかった。

英国と比較できる面積を有するが、アマゾン地方にしか劣らない動植物多様性が宿っている。六百六十五種類の野鳥、九十五の哺乳類、百六十二の爬虫類、四十の水陸両性動物、一千百の蝶類と一千七百以上の植物類が存在すると言われている。動植物の多様性に限らずそのストック（貯え）の寛大さでも世界中の驚異の的になっている。小紋状豹や青色ブラジル産コンゴウインコ（アララ・アズル）のように絶滅危機にあるとも言われた動物さえ数多く住んでいる。

パンタナール、マット・グロッセンセの現在迄の比較的保存された状態は歴史的又地理的条件による。アトランチカ森林やアマゾン熱帯雨林のような所有者なし空き地とは異なり、主なしの土地は存在しない。同時に約二百年間は完全に隔離された状態で存続して、この最後の障壁を取り除いたのは前の十年間（一九九〇年代）に当地方を目指したブラジル人や外国人に形成された環境の観光団である。それに従って牧畜専門の無数の大牧場に農場ホテルと称する施設が設けられ観光客を受け入れるようになった。観光業は経済的事業では多分最も清潔かも知れない。理由は出来るだけ自然美を保存してそれを楽しむことにある。しかしながら観光業でさえ器械で測れない支持可能な境界を超越すると無数の危機な状態が出現し例えば河川水や湖水の汚染問題が現れる。又、他の地方の牧場通りにパンタナール、マット・グロッセンセで低能率の放し飼いから伝統的で高能率の閉じ込め飼いに変更されつつある。それは大地主時代は過ぎて大牧場が消え去り、相続者が受継ぐ土地の面積の縮小とも関係する。

現今では数多い新産業建設計画や結果的な森林伐採が考えられている。このような計画が実現すればブラジル唯一の最も貴重な大自然が与えくれた宝物の微妙な動的均衡は犯され、少なくとも我々人間の時間的スケールではとても取り返しの付かない状態になる可能性は十分にある。心配になる産業建設計画としてパラクワイ、パラナー河川水路建設、エタノール、アルコール工場、製鉄工場やボリビア国ガス応用石油化学工場等がある。マット・グロッソ州と南マット・グロッソ州の政府はパラグワイ、パラナー河川水路建設の計画を取りもどし、ウルグワイ国迄貫通する意向を示している。それを実施するには川床を掘り下げる必要があり、同時に現在のパンタナール盆地内に止まる水の大部分は排水して殆どの湖は乾燥して其処に住む動植物は死滅し、川床や河岸の侵食は加速される。又、南マット・グロッソ州政府はパンタナール平野へ流れ込む主な河川の水源地である、取り囲む高原にアルコール工場建設禁止法令廃止を試みた。ところが二〇〇三年にはもう既に運転されているアルコール工場から流出した副産物により無数の魚が死んだ。新工場建設により同じような事故が繰返される危険性は確かに増加

する。コルンバー郡内には鉄とマンガンに富んだ鉱物資源が存在する。南マツト・グロッソ州政府はこの資源を利用する製鉄工場建設事業を優遇している。結果的には、既にミナス・ジェライス州であったように製鉄炉に必要な木炭生産は森林の伐採を加速するであろう。パンタナールでは最近五年間に地方の木炭生産は二倍に増加したと考えられ、原始林の十七％が伐採されたと推定されている。今と同じリズムで森林伐採が継続すれば単の約四十年間で植物被覆は完全に取り去られてしまうと考えられている。現在でも南マツト・グロッソ州に五千近くの製炭所が存在するが、大部分は違法的な営業であると共に、主にパンタナール、マツト・グロッセンセの三分の一の面積を占めるセラード（アフリカのサバーナ森林の一種）産の材木を使っている。

パンタナール、マツト・グロッセンセ地方の環境を無視した略奪的経済活動は少なくとも次のような大公害を近い将来（数十年）に引き起こす可能性は十分にある。第一にブラジルで二番目に豊富な水資源が下水や他の汚物で汚水することである。その原因は大部分の都市に下水処理施設がないので下水は農場用殺虫剤や殺雑草剤や他の農薬又は都市汚物と一緒に河川に流入する。結果として有機物超過で水中酸素が不足して魚や他の生物は滅亡に到る。同時に環境を無視した高原の牧畜業や農業の原始植物被覆根絶で土壌の侵食作用が加速するので地方の河川の川床は埋もれて、最終的に消滅する。現在でさえ年に三百五十万トンの堆積物が川床や湖底に供給されている。これにより河川や湖は益々浅くなり浸水された面積は増大化される。既に大扇状地を自然的に形成するタクワリー川の大部分は広大な沼地に囲まれた湖に変形されつつある。最終的にはパンタナール、マツト・グロッセンセの現在の動植物多様性も消滅する。少々激励するニュースは現在なら最悪化は中断できるということである。その唯一の手段は現今通りに自然と出来る限り調和した環境を保護する観光業を営むことにある。同時に環境を無視した産業計画は徹底的に差し止めるより他に方法はない。しかも観光業でも支持可能な限界に従う必要がある。それに対して、一年間に訪問できる観光客数を厳格的に制限することが重要な問題である。

第十九章

人工的温室効果は事実か推論か？

現在の地球の大気中に存在する主要化学成分に七八．一パーセントの窒素、二〇．九パーセントの酸素、〇．九三パーセントのアルゴンと〇．〇三四パーセントの二酸化炭素とゼロから四〇パーセントの水蒸気が観察された。この様な大気化学的構成は現在地球上に生存する動植物、又我々人類に取って最適な環境条件を保ってくれる。しかし、当惑星の進化段階の極初期に保持した大気は現在のものと非常に異なり、少なくとも二酸化炭素の濃度では今の金星の九六．五パーセントと火星の九五．三パーセントに類似していたと考えるべきである。表面気温は今日の地球上の平均摂氏十五度に比較し、金星では約五百度と火星では零下六十度と推定されている。又、気圧は地球上の一気圧に対し、金星では九十気圧と火星では百三十二分の一気圧である。太陽からの距離は金星、地球と火星、それぞれが百七×一〇の六乗キロメートル、百四十八．八×一〇の六乗キロメートルと二百七十七×一〇の六乗キロメートル離れている。

上記の三つの惑星を比較した場合に地球は太陽から最適な距離を保つので水蒸気の分解を生ずるような強烈な紫外線は到達しない。又地球表面の平均摂氏十五度の気温も適正な二酸化炭素濃度によって温和な自然的温室効果が保たれてきた。

地球の原始時代の大気に約九七パーセントの二酸化炭素が存在していたと考えれば、約三十気圧下で気温も現在の金星並みであったと推定されている。その頃には如何なる生物も存在しなかった。しかし、二酸化炭素濃度は今の約〇．〇三四パーセントに縮小したのである。この様な極端な変化は石灰質貝殻（又は残骸）と炭素質身体海洋生物（動植物）の強力的な活動により、多量の大気中炭素定着を促進した。若し大気中炭素定着が必要以上に進行していたら、炭素は完全に大気から取り除かれた可能性は考えられる。その場合、二酸化炭素による自然的温室効果は無く、地球上平均気温は零下十八度迄下がり、今日の平均気温より摂氏三十三度低くて人類にとっては余りにも寒い気候になっていたと思われる。

古くから二酸化炭素と水蒸気は気温上昇作用を引起こすと知られていた。温室の透明なプラスチック・シートが板状透明ガラスの役割を果たし、

室内温度を上げる。同じ結果を現わすメタンや亜硝酸ガスや他の物質を総体的に温室効果ガスと称する。日本国環境省報告書では西暦一九八〇年代の世界中の温室効果の約五〇パーセントは二酸化炭素によったと発表されている。

各国の主要エネルギーに伴って少々の相違はあるが、二酸化炭素発生源は化石燃料が最優勢的である。世界的平均値として石炭と石油がやや公平に約八〇パーセントで参加する。燃料ガスによるものは二〇パーセント以下にしか達しない。他の当ガスの供給源として人間の呼吸によるものとポートランド、セメント工場活動や木炭燃焼行事等がある。現在ではアメリカ合衆国、旧ソビエト連合共和国と中国で五〇パーセント以上の二酸化炭素を大気中に発散している。

大気中メタンガス濃度は北半球で高く、南半球で低いことが解っており、又冬の方が夏より高い。主な供給源として北半球に存在する氷河時代の湖や沼地等が考えられる。西暦一九七五年以前の亜硝酸ガス濃度は世界的スケールで約二百八十×一〇のマイナス九乗分率で年間〇．二か〇．三パーセントの増加で安定していた。又、平均的滞留時間は百二十年と考えられている。今日迄当ガスの決定的な供給源は解っていない。温帯や熱帯地方の土壌中の窒素含有化合物の分解や火力発電所や工業用炉排出物や海洋自然供給源によると考えられている。亜硝酸ガスは温室効果による地球温暖化に限らずオゾン層破壊にも関連していると思われるので、より詳しく研究する必要がある。

過去百年間の器械的測定の結果では、地球の平均気温は同期間に摂氏〇．六度増加し、海面は平均〇．三メートル上昇したと確認された。このような自然現象を引起こした原因については、今まで得られた気候変動機構の知識では完全に理解できるところか未知の点が数多い。

気候変動国際パネル（IPCC）と称する委員会の報告書では温室効果ガスの大気中濃度は世界的産業革命以前と以後を比較すると二酸化炭素は二百八十×一〇のマイナス六乗から三百六十八×一〇のマイナス六乗分率（約三〇パーセント）、メタンガスは七百×一〇のマイナス九乗から千七百五十×一〇のマイナス九乗分率（約一五〇パーセント）と亜硝酸ガスは二百七十×一〇のマイナス九乗から三百十六×一〇のマイナス九乗分率（約一七パーセント）増大した事が解っている。二十世紀中に測定された全地球温暖化現象とそれに伴う海面上昇や海岸侵食作用の最重要要因は温室効果ガスと推定されている。

この様な判断に従い、最近数十年間の新聞記事等では過去百年間の地球温暖化は単に人工的温室効果と解釈されている。しかし、地球上の自然現

象は通常多数の原因に基づくので、他にも重要な原因があると考えるべきであるが今の所では完全に理解されていない。

例えば地球史年代的観点では極最近、世界中にその影響を及ぼした小氷期と名称された気候変動についての予備知識を持っている一般人は先ず存在しないと断言できよう。略十六世紀（西暦千五百年）から十九世紀（西暦千九百三十年）の約四百三十年間連続的に起きた、ビルム期（最終氷期）以降にあった氷河進出期である。日本では徳川時代から明治年間に当たる寒冷期で、この中を詳しく見ると、西暦千五百四十年から千六百八十年頃の第一期、千七百四十年から千七百七十年頃の第二期、更には千八百年から千八百九十年頃の第三期に大別できる。しかし、低温の現われ具合は地域によって違いがあり、北半球又は南半球でも全ての地域にあてはまるものではない。当気温寒冷期に関連した氷河拡張は比較的温暖な西暦千二百年直後の西暦千三百年に既に開始した。小氷期という名称は時々広義に最終的三千年間続いている寒冷期を意味することもある。

小氷期を証拠づける現象として氷河進出、気温低下、植生変化、海面沈降等を起こした。現在とは比較出来ない少数人口であったにもかかわらず、科学的又技術的知識も不十分であった。ヨーロッパ最北部のアイスランドは勿論、スカンデナヴィアや英国又はグリーンランドで農産物不作の結果で餓死する者も出現すると同時に広範囲内で移動による人口減少が起きた。ヨーロッパの有らゆる所で一年中氷結した湖は多くなり、その風景は当時の画家に永遠に不滅化された。小氷期が当時の地球上の人類に与えた衝撃は約十七年前に英国で発行された、約五百ページの「小氷期」と表題される単行本の内容でも推察できる。

それ以後、西暦一九四〇年以降にも寒冷期はあったが一般的に温暖化の気候回復期に向かう傾向を示している。現在のような精密測定器の世の中でも過去百年間に記録された温暖化現象がどの位世界的産業革命以後の温室効果ガス発散の人工的温室効果の影響なのか、又は自然的気候回復の結果なのか完全に断言できない。一般的に地球の気候は数々の周期性に特徴づけられた原因により四十六億年前に誕生以後変化していることは既に分かり切ったことである。

現在確定されている地球温暖化現象の強化に伴い、その原因（人工的温室効果又は自然的気候回復）とは関係なく、次のような望ましくない結果が予測される。

- a) 南極大陸とグリーンランド氷河の全体的溶解が起きるが、赤道近くの山岳地帯の氷河はもう既に氷解されつつある。
- b) 大気中の水蒸気量の増加により、暴風雨が尚一層強烈化するであろう。

- c) 雪解け水供給と加熱による海水の膨長により海面は上昇する。
- d) 放射線が気圏で停滞し、結果的に成層圏の寒冷化が生ずる。
- e) 地球上生物相貧窮化に伴い多数動植物種の絶滅の可能性が考えられる。
- f) 農業損害を生じ、多数種作物の栽培が不可能になる。
- g) 世界中で大都市は海岸平野に分布しているが、このような大都市では物質的大損害や多数の死亡者もでるであろう。
- h) 暑さが増すに従い、コレラ、マラリアやデング熱の熱帯流行病が多発する可能性もある。

同時に地球温暖化現象は無数の所で測定された平均値を対象に確定したので数多い疑問点が残っている。

- a) 信頼できる局所的平均気温を得るには何年間測定する必要があるか？
- b) 代表的地方、国内又は大陸内平均温度を得るには、如何に測定情報を考量する必要があるか？
- c) 測候所は通常大都市郊外に存在するが、如何に都市気候の影響を考慮すべきか？
- d) 異なる場所に配置された測定器又は議定書の標準は不在で、得られた情報の比較には訂正が必要か？
- e) 地殻の温度は多数の原因で変化するが、人工衛星写真から正確な海面水温を得ることは可能か？
- f) 人工的影響で生じた気温変化を如何に古気候的人類不在環境のそれと比較できるか？
- g) 理論的（コンピューター又は判断に基づいた）模擬モデルが如何に野外調査情報と比較できるか？

上記のような疑問点が精密に説明できた段階でこそ、二十一世紀をかけて将来の気候も確信的に推測できるはずである。それによって人類又は他の生物に有害な環境変動の結果を避ける可能性が現われるであろう。

第二十章 気候変動による海水面の上下運動

以前にも述べた様に地球の歴史は四六億年の歳月を経過して今日に至った。海洋水は地球表面の約七〇パーセントを占め、全水量の九七パーセントに相応する。面積にして現在の大陸は単に三〇パーセントに過ぎない。地球に存在する水量の約二パーセントは南極大陸とグリーンランドの氷河を形成する。残りの約一パーセントの水は液状淡水として世界中の地下水や多様性規模河川、湖沼水として存在する。

四〇億年以前の過去に内部より出現したと思われる地球上の水は少なくとも五回か六回にわたって我々の惑星が「雪のボール」になった大氷河時代を経験した。その度に海水面は数一〇〇メートルの上下運動を生じた。理由は氷河時代に水が凍って多量に陸上に残され、結果的には海水面沈下が発生する。逆に地球温暖化により氷河収縮と同時に氷解水が豊富に付け加えられて、海面上昇が引き起こされる。

約一八〇〇〇年以前に第四紀最終氷期（北米のウィスコンシン氷期又は北アルプスビーム氷期）の最厳寒氷期当時に蓄積された氷の量が現在の約二パーセントを超過して約三倍の五パーセントから六パーセント迄貯蓄されていた。結果として当時の海水面は世界的に八〇メートルから一三〇メートル沈下したので、今日の海底浅水部の大陸棚（平均水深約一三〇メートル）は殆ど全面的に離水したと思われる。

今では世界的環境問題として重要とされている温室効果ガスによる地球温暖化はしばしば新聞紙上で論じられている。現今の科学的知識上、過去一〇〇年間の器械的測定値による気温増加と海面上昇が如何に人類活動によるものか、如何に小氷期終了後の自然的気温回復に帰すべきか断言できない。いづれにしても過去一〇〇年間の気温増加と海面上昇傾向は事実である。例えば大気中でもっとも重要な温室効果ガスとされている二酸化炭素ガス含有量が今日の約〇・〇三四パーセントから近い将来に人工的追加により〇・〇六〇パーセント以上に増加したならば、高度氷河に限らず高緯度の南極大陸やグリーンランド氷河の大部分も消失する可能性はあると考えられる。若しこのような現象が現実になれば、世界的に海面は少なくとも数一〇メートル上昇すると考えられている。現在外国で最も人口が多い都市（ニューヨークや

東京) 又伯国で重要な都市 (リオ・デ・ジャネイロやレシッフェ) は単に数メートルの高度の海岸平野に分布している。結果的には将来の地球温暖化現象による海面上昇により浸水するであろう。

地質年代有効区分通りにみなすと地球史最後の第四紀を認めるべきである。それを二分した時の新期を完新世と称する。地質時代的には最も人類活動が著しくなった約一〇〇〇〇年以前から現在迄の時期を示す。現世や後氷期のような名称は大体同義であるが、沖積世を同義に用いるのは望ましくない。

年代的に古い更新世末期以後は次第に気候も温暖化して、その頃の北半球の氷河地域では氷河が衰退を続けた。海水準は更新世末期から既に上昇傾向を示しているが、完新世に入る頃に一時停滞ないし小下降期を挟んで更に上昇する。

日本海岸線のような太平洋海域での完新世最高海水準は一般に三メートルから七メートル上昇した時期が五〇〇〇年から七〇〇〇年前に起きたので、気候最良期とほぼ一致する。

完新世時代の野生動植物相は、殆ど現在と同様で人類史的には新石器時代から現在の繁栄に至る。野性動植物の飼いならしも此の当時に開始されたので人類生活手段も放浪性から定住性に変化した。日本の考古学的名称では縄文時代に対応するが関東平野の古東京湾付近では当時に縄文海進が起きて海岸線が現在より五〇メートル以上も陸奥まで侵入した。結果的には半塩半淡水が関東平野の現在の古賀 (地名) 付近まで達して貝塚縄文人が住み着いていた。

西暦一九六〇頃には伯国でも完新世期の海水面変動について論ずる者が現われ、少々の情報も出現したが、組織的研究が開始されたのは三二年以前の一九七四年からである。先ずサンパウロ州海岸平野第四紀地質図から始めて、現在では、南リオ・グランデ州から北リオ・グランデ州迄伸びる四〇〇〇キロメートル以上の海岸線の調査が実施された。植物性有機物 (主に木片炭化物) や石炭質貝殻 (主に軟体動物) の試料を利用して放射性炭素法絶対年代測定を行ない、合計八〇〇近くの年代が得られた。

伯国海岸平野の完新世期中の海水面上下運動の調査に応用された証拠は大きく次の3種に分けられる。第一に地質学的又は地形学的証拠があり、第二に生物学的証拠。最後に考古学的証拠がある。

ノッチとは波の浸食によって岩石の露出した海岸や海食崖の基部に作られる凹みの位置によって過去の海水面を知ることができる。その中には運ばれた岩屑が堆積していることがある。ノッチの形成が進行して、上部の懸崖が支え切れなくなると崩壊して、ノッチの地形は消える。ノッチは波食の

位置を示すので、それによって過去の海面の高さを知ることができる。ノッチは刻み目又は切込みの意味を有する。

海食洞とは海の波浪の侵食によって作られた洞穴で、波浪が海食崖を作る際、崖の一部に断層や割れ目等の弱い部分があると水は激しくその部分を削る。一旦凹みが出来ると波浪はそこに集り侵食を逞し、深い洞穴を作るに至る。江ノ島の弁天窟は第三紀の断層に沿って生じた海食洞である。サンパウロ州海岸線北部のウバツバ市付近には離水した海食洞があるので第四紀に当地方で海面が現在より高かった時代を指示している。

波食台とは波食によって作られた海面近くの平坦な岩棚のことである。風化作用は低潮面下に及ばないので、低潮面より上の岩盤表層は波浪によって侵食され、平坦な岩盤台地と急な海食崖を作る。風化作用は内陸に進み、波浪は海食崖の根元を更に攻撃する。結果、海食崖の下に広い岩盤台地ができる。これが波食台又は波食棚である。波食台は満潮時に水没し、干潮時に現われる。その外縁は急崖で数メートルの深さの海底に下りるが、崖下には海岸が削られた岩屑が堆積する。波食台とは波の破壊的能力によって形成された台地を指す。

ビーチロックとは砂浜の干上り帯で生成する地質学的に新しい（数千年）固結した石灰質砂岩のことである。厚さは1から60センチメートル程度の層が何層か重なり、走向は殆ど現在の浜の方向と同一で、海に向かって5度か7度の傾斜をなし、陸側に急傾斜面を持つ場合がある。全体としての厚さは1メートル前後である。二つ以上の帯に分かれ大抵現在の浜と平行に配置する。セメント物質は通常石灰質で鉄粉を含む場合もある。熱帯や亜熱帯の海岸で形成されるので、現在は気候的に寒い地方に存在する場合は生成当時の古気候は今と異なっていた事を記録する。日本では南西諸島に見られるが、伯国でリオ・デ・ジャネイロ州の北部より少なくともセアラ州迄は分布している。石灰質貝殻の破片等を含んでいるので放射性炭素法を利用して当時の絶対年代測定が可能である。

上記の現象は地質学的又は地形学的証拠であるが、生物学的証拠は主に海食崖の岩などに固く付着する性質を持つ物が多い。

固着性動植物とは特に造礁珊瑚と生存し、基盤上に固く付着する性質を持つ生物を指し、海底環境に特に多い。植物では海藻類、動物では珊瑚、海線、海百合や二枚貝類等がある。貝殻に他物に固着する牡蠣類等があるが足糸で着生するミチルス等は移動可能なので、付着性と言った方が適切である。環境的には岩礁や礫底の所に多いので、化石として保存する可能性は低い。

伯国海岸線で生存する生物学的最適海水準変動指示者として、例えばヴェルメチージと称する虫状腹足類固着性動物の石灰質の殻が存在する。リオ・デ・ジャネイロ州のカーボ・フリーオ岬から東北の海岸では生存しているが、それから南方のサンタマルタ岬迄は化石化した試料が収取された。年代測定の結果では完新世高温期には生存していたと解った。伯国海岸平野に数多い貝塚が発見された。

貝塚は原住民が食料として捕食した貝殻（残物）が人工的に積もって出来た遺跡を指す。スカンジナビア半島のデンマーク沿岸や日本の本州太平洋海岸だけでなくアフリカ大陸のセネガル等にも数多く発見された。古いものは日本の縄文時代（6,000年以上前）又はデンマークの後氷期のリトリナ期の物が最古的である。立地条件としては淡水系（河川や湖）の貝塚と海岸系（内湾から外洋に至る）が存在し、特に内湾系は規模的にも著しい。貝塚中の人工遺物（石器等）や魚鳥獣類の骨が含まれ、立地条件、文化的段階に従って質量は異なる。埋葬人骨、炉址も発見され貝塚が単なる原住民の廃物の捨て場ではなかったことを示す。

伯国海岸平野の貝塚を海水準変動証拠として利用するに当り下記の仮定を承諾した。

* 現在は陸奥（海岸線より約50メートル程度）に存在する貝塚に限って、形成する貝が塩水環境である以上、海水面が高くて海洋度が内部に侵入したことを示す。

* 貝塚は人工的に水底に貝が積もり始めたのではなく立地条件は既に離水して海面上にあったと考えるべきである。

上記のような証拠、特にビーチロック、固着性動物ヴェルメチージと貝塚の情報等により完新世中伯国海水準変動曲線と高温期や新氷河時代を比較すると如何に世界的気候変動が伯国海岸進化にも影響したか推察できる。縄文海進と殆ど同時に南リオ・グランデ州から少なくとも北リオ・グランデ州の海岸でも現在より海面が3メートルから5メートル近くまで上昇したサントス海進に襲われた。

第二十一章 自然環境破壊は人類滅亡を招く？

我々の地球は起源以降四十六億年間に、少なくとも六回に渡って極度的気候変動により、惑星が完全な雪のボールに変化した厳しい寒さの氷河時代を通過した。それとは逆に、古生代の二畳紀の終り頃の二億年以降より新第三紀の約三〇〇〇万年迄、特に中生代の白亜紀（約六五〇〇万年前から一・三五億年に至る約七〇〇〇万年間の時代）に現在の地球表面の平均気温摂氏一五度を一〇度近く上回っていたと推定されている。当時に最も繁栄した恐竜は事実的にサウナ風呂同様の気温の自然環境で暮らしていた。高気温高湿度の場合は湿気性サウナ風呂、又は高気温高乾燥度の砂漠地方では乾燥性サウナ風呂の自然気候で生活した。中生代には地球上の水は液体か蒸気としてとして存在していて、固体状の氷河は全く見当らなかった。

約七〇〇万年前にアフリカ大陸で起源を迎えた原始人は第四紀中の氷河時代に生き延びて約一万年前に初めて野性動物的な放浪生活から現代人的な蟄居的生活を始めた。人類の生活スタイルを一変化した原因として次のような二つの出来事が考えられる。それは食料用の植物栽培と動物飼養である。同時に最終間氷期が開始してやがて現在の夏気温よりも摂氏一・五度から二・五度も平均気温が高く、夏日が十五日長かったと言われる高温期が約九〇〇〇年から四〇〇〇年前迄続いた。

そしてキリスト前四〇〇〇年前から現在迄の四〇〇〇年間に環境は自然的変動傾向を示している。産業革命以降、特に過去二〇〇年間で驚異的な自然環境の人工的变化傾向が推察出来る。結果的に現代人は数多い世界的規模の解決が非常に困難な問題と直面している。例えば地球温暖化、復活不可能自然資源の取り尽くし、未知伝染病発生のような自然的現象に伴い、主に人工過剰の結果と言える。扱い難い人間社会制度怠慢に帰すべき暴力主義や貧困生活のような現象に重なる。このような悪質な問題は現今のマス・コミュニケーション進歩により強調されて、即時的に公衆認識され、自然環境に対する我々の態度は益々支持可能的に改善される事が要求される。

数日前までパラナ州の州都クリチーバ市で開催された世界生物多様性全景に関して連合国団体協定場で地球生命について、最近の調査結果に基づく次のような驚報的事実が発表された。世界中の珊瑚礁は苦闘しており、例

えば三十年前までカリブ海の海底地形の約五〇パーセントは珊瑚礁で覆われていたが、現在では一〇パーセントに過ぎない。オーストラリアの海洋科学研究所が発表した予想では、海面最高水温が西暦二〇五〇年以降には摂氏二九度（珊瑚礁残存制限水温）を超過して二十一世紀終了前に世界中の海で絶滅する可能性がある。三千種の野性動物数は西暦一九七〇年以降の各自住居環境破壊により約四〇パーセント減少した。世界中の殆ど無疵森林やサバンナ（草原）は自然状態で地球表面陸地面積の約四五パーセントを覆っていたが、グリーンピースと称するNGO団体が最近発表した地図によると、今では約九パーセントになっている。過度漁獲により北大西洋の鮪、鰹や鱈の数は最近五十年間に六〇パーセント縮小したと推定されている生物多様性に富むと言われているマングローブ林の面積は最近二十年間に約三五パーセント減少し、又一部は汚染物質に犯されている。北伯地域で現地の貧困住民を長期的に支え続けてきた蟹、軟体動物や他の動植物に適当な住居環境は急速に除去されて、広大な外来海老（マレーシア産）飼養所有地に代わっている。世界中で西暦二〇〇〇年以降のグローバル化経済の鋸器械の犠牲になった密林面積にして一年間に六〇〇万ヘクタール（ベルギーの約二倍）と推定されている。

現在では最大的に議論されている温暖化問題を除いても地球自然環境予想に関しては他にも色々ある。世界衛生団体によると、二十年後には温室効果の結果として一年間に三十万人以上の死亡者が出る。アメリカのイエール大学の経済学者達は西暦二〇一〇年以降には異常気候による物質的損害は各十年毎に七千九百四十億米ドルに達する。北極周辺のノルウェー、カナダやロシアに形成された北極評議会によると、西暦二一〇〇年迄に夏と秋の始めには北極洋の氷は完全に不在となる。

イギリスのイージス大学の推定では、地球上の動植物の一〇〇万種は温暖化現象に敏感であり西暦二〇五〇年までに一五パーセントから三五パーセントは絶滅する。アメリカのデューキ大学の調査によると、当国中央西部地方の農産物生産地の雨量減少はアマゾン地方の樹木伐採と関連している。伯国宇宙研究所とサンパウロ大学の気象学者達の予想では今から五十年先にはサンパウロ州のコーヒー栽培や中央西部地方の綿の植付けに気候が不適切になる。又、アメリカのハーバード大学の研究者達によると、過去四十年間に起きた気候変動は大気中二酸化炭素の含有量と直接関係があった。気温上昇に伴い、極地氷河溶解が引き起こされる度に大気中の二酸化炭素含有量は現在と似ていた。過去同様に、極地氷河溶解は海水温変化を通じて海流に影響を及ぼすので気候は世界的に変化して、現在のヨーロッパ同様に寒さが和らぐ。

幸い現実の世界ではローラン・エメリヒ監督の「明日の翌日」と称する映画の様に、一週間だけで地球の気候が一変して氷河期に突入する可能性は先ずない。研究者達によると、此れのような変動は人間の寿命と比較すると手間取るので人類が予防策を準備することが出来る。

無口ながらも、アマゾン地方が絶え間なく憤慨しつつ、助けを求めている証拠は数多く認識されている。最大の疑惑は世界唯一と認められている生物多様性の絶滅を防ぐには、どの程度まで密林の荒廃が可能かということである。上記の国際会議では今まで実施された中では極微細的なアマゾン地方の実現とその将来についての調査結果による情報が公表された。

第一番目は現在のブラジル政府によるアマゾン地方の占領政略が不変化的に続けられた場合の結果的予想風景である。広大な樹木伐採地域は牧場、農作地や舗装道路に場所を譲るであろう。私的所有地として法律は完全に無視され、樹木伐採は面積の二〇パーセント以上に達するであろう。結果的に約四〇パーセントの原始林は排除されると同時に、全世界に迄その影響は及び、生態系的災害の原因になるであろう。樹木伐採だけでも約三二〇億トンの二酸化炭素は大気中に放出されると考える。ガスの放出量は現在の世界中の四年間の生産量に対応する。現在存在する十二の河川流域中の三分の二は植物被覆がその半分に減少して必ず地方水理学的流出に影響が現われる。アマゾン地方に存在する三百八十二種の野性哺乳類動物の四分の一が住居環境を失う。

第二番目は、若しブラジル政府がその責任を果たして必要手段を取った場合は生態系的災害を避ける可能性がある。それには先ず秘密樹木伐採を嚴重に取締まり、又環境保護区域を増大すべきである。若し現在有効な法律を適当に守らせ、現実的な監視が従事されただけで伐採地域は半分に縮小すると考えられ、結果的に現在の原始林の約一七パーセントが排除される。マラニョン州で現在も植物被覆の一部を既に失った二つの流域に限り水理学的流出に影響が出ると推定される。又、大気中に一七〇億トンの二酸化炭素が放出されない事になる。地方に存在する野性哺乳類動物の十分の一が住居環境を失う。

五十年か百年後の地球自然環境状態について正確な推測が出来る科学者は今の所いない。しかし、既に実施された数百の研究の成果として気温が将来上昇する可能性は間違いなく断言できる。最楽天的又は最悲観的見解であっても、いずれにせよ地球上の残存生命は新条件に適応する必要がある。一〇〇年先に現在の平均気温摂氏十五度から六度も高くなり、結果的には氷河溶解に伴い海面が八〇センチメートル上昇することが想像出来る。このような自然環境変化は世界中で数千万人の犠牲者を出す。例えば、ある予想で

人口一億四千万人の小さなアジアの国バングラディッシュでは、普通平坦な道が多いので国土の約一六パーセントが海に奪われ、二〇〇万人が更に高い場所へと移動する必要がある。大都会のニューヨーク、東京やリオ・デ・ジャネイロ市も海面上わずか数メートルの所が多いので、同様な問題が出現して都市の大部分が浸水する。

五十年か百年後の疑問に多い予想的風景に達成するには、最新式スーパーコンピューターを利用しても数ヶ月の計算を要求する。既に発表された情報によると旱魃、旋風や暴風の回数や強度も増加する。計算は複雑であるが、その理由の説明は比較的簡単である。気温上昇は水の蒸発量、結果的には大気の湿度が増加し暴風雨の生成を容易にする。昨年のようにカリブ海で六週間に四回の暴風が発生したことは今迄なかった。サン・ジョゼ・ドス・カンポス市に所在地を有する伯国宇宙研究所の天気予報部のカルロス・ノーブレ博士によると、これが温室効果の結果とはいいかねるが、このような現象は将来気象の類似した実例を想像させる。

パラナ州のクリチーバ市で行なわれた国際会議中の驚報的自然環境の対する公表は単にアマゾン地方に限られなかった。其れもその筈、現在では世界的に実施されている樹木伐採は以前に行なわれた情報のない事件である。原始林の荒廃が現今のように強烈的に広範囲に達し、幾多数の動植物が絶滅の危機状態に追いやられた事はない。我々が住む地球と称する惑星の未来はこの様な現在の進行方向復帰を促進させる挑戦は現代人に与えられた弁解なしの任務である。

第二十二章 深海底生命は未知の世界

地球表面全体の約七〇パーセントは海水に覆われているがその面積は三六一×一〇の六乗平方キロメートルに達する。若し海洋の平均水深を三千八百メートルと仮定すると、海洋水の体積は驚くべき一三七〇×一〇の六乗立方キロメートルになる。又、海水の平均比重を一立方センチメートル当り一・〇三グラムと仮定すると、地球上に存在する海水の総重量は一四一〇×一〇の二十一乗グラムで、実際に天文学的数字に達する。現在の海水塩分濃度は海水一リットルに対し、平均的に三十四グラム融け込んでいるので、それは地球上で自然的に存続する溶解状塩分の九九パーセントに相当する。

上記の様な驚異的数字に特徴づけられた海洋はその表面に接する大気と連続的に物質（水とそれの溶解物又は懸濁物）とエネルギー（主に熱）の交換を行ないつつ、地球上の自然環境特に気候を形成する。今から四十六億年前に誕生後は地球上の海水が如何なる進化過程を通じて現在に至ったかは、軟体動物の石灰質貝殻化石の科学的組成や、その炭素と酸素の安定同位体比等の研究で予め理解されている。この様な研究により約二十億年前から海水の化学組成は限定していったこと、又海水の進化過程で大気中の二酸化炭素が沈澱物の石灰岩中に莫大的に閉じ込められ、引続いて起きた光合成作用を施す緑色植物の働きにより、現代人のような、はかない寿命の生物でも生存可能な大気の化学的組成が形成されたと思われる。

既に認識されている海洋やその海水が地球上で果たす役割は浅海の部分では大体に干潮線から沖合へ向かい水深約二〇〇メートルの大陸棚上に限られている。当地区は透光帯と称し、海域や季節次第で異なるが、水深八〇メートル迄の植物が光合成を行なうのに充分な光量のある多光帯と、それ以下の少光帯に分けられる。多光帯では珪藻等の植物プランクトン（植物性浮遊生物）や海藻等が生産され、生物が多い。例えば造礁珊瑚は光合成を営む海藻と双利共生関係を有するので多光帯より深い所には存在しない。少光帯では普通植物の効果的な増殖は不可能である。人類が現在消費している海産自然資源の大部分は大陸棚部分で獲得される。

海底科学術語中に属する大陸棚とは何か？大陸の周縁に広がる極めて勾配の小さい、世界的平均が一三〇メートルで通常二〇〇メートルより浅

い平らな海底を示す。第四紀の氷床に覆われた地域の海岸で、例えば南極大陸表面では大陸上の氷河の重みの影響で更に深い。陸棚表面の傾斜は七分程度でかなり平らであり、高緯度の極地近くの氷食域では氷食谷や氷成体積地形の沈水したものがある。水深二〇メートル以深に却って荒い砂礫や岩盤の露出が見られ、年代測定では大陸棚外縁部で一万七千年を示し、ビルム氷期（最終氷期？）の海面低下の際の産物と言われている。大陸棚は全海洋面積の一七パーセントを占めて、植物光合成、海水の鉛直混合、陸地からの栄養塩等の供給が充分であるので好漁所を形成する。陸地同様の鉱物資源の存在も知られ、一部では既に開発が進められている。その実例としてタイ国の錫石や南アフリカのダイヤモンドの海底谷開発等がある。

一九七〇年代以降数年間、ブラジル連邦政府関係の鉱山局、地質調査所、公団石油会社や海軍省水路及び航海部の研究者達が参加して伯国全土（アマパー州から南リオ・グランデ州）の大陸棚の基礎的海底調査が実施された。やがて自己満足状態に達しようとしている伯国石油生産能力は主にリオ・デ・ジャネイロ州沖合いのカンボス海底堆積盆地に頼り全生産量の約八〇パーセントの石油が当盆地産である。この場合は既に大陸外縁部を超過して、現在では水深一〇〇〇メートル以上の大陸棚斜面底で油田開発を行なっている。

大陸斜面とは大陸棚外縁から稍急勾配（三度から六度）で深海底に下りる斜面を指す。当斜面は汎世界的で下端はコンチネンタル・ライズ（大陸隆起部）又は海溝に移る。斜面には海段や海底谷があるのでかなり複雑な地形を示す。北米東岸や日本の太平洋岸の斜面は、上下二段に分かれ、その間に急崖がある。斜面は基盤からなることも、厚い堆積物からなることもある。前者は混濁流や地滑りの多い所に見られ、基盤は通常大陸性の岩石である。後者は陸源浅海堆積物からなる前置層で、三角州沖や緩やかな大陸斜面に見られる。

コンチネンタル・ライズは大陸斜面の基部にある、長くて幅の広い深海底隆起部を称する。勾配は一／四〇から一／二〇〇〇、広さは〇から六〇〇キロメートルで深さは一四〇〇メートルから五一〇〇メートルに達する。上限は大陸斜面と漸多するが、下限の境は深海丘又は深海平原としばしば急変することがある。アメリカ東岸では上部と下部に分れ、ハッテラス岬の南では多数の階段状のベンチに変わる。コンチネンタル・ライズは大陸棚から底流によって運ばれてきたシルト（沈泥又は遊泥）や粘土の堆積物のつくる海底扇状地又あるいはエプロンで、地震探査による構造は堆積物のプリズムであることを示している。伯国北部のアマゾン河口の稍四〇〇〇メートルの水深に大海底扇状地が発達しているが、大陸棚斜面の基部に存在し、海底谷

の末端にある。その堆積物中には深海砂、浅海生有孔虫殻等が含まれ、混濁流によって運搬、堆積されている。

深海は数千メートルから世界最深部で一〇〇〇メートルに及び、海洋の大部分を占め、区分には少々の混乱はあるが深海帯は普通四〇〇〇メートルから五〇〇〇メートル以上の深さの海底を指す。遠洋性粘土や軟泥が分布しており、生物は少ないと考えられている。海嶺は急斜した起伏の大きい深海底の隆起部のことである。海底の山脈で、しばしば大洋底山脈と呼ばれるが、その比高や延長においては陸上の物より遙かに大きい。太平洋の西部では弧状をなすものが多く、中部には玄武岩（塩基性火山岩）からなり、その上に珊瑚礁をのせて北西～南東方向に並ぶ多数の海嶺がある。インド洋には地震を伴わない南北方向に多数の海嶺がある。特に東経九十度海嶺は西側に著しい急斜面を有し、延長四五〇〇キロメートルに達する直線状の海嶺で、地塁のような構造と推定されている。又、海嶺とは逆に海溝とは比較的急斜した斜面によって囲まれた、細長い深海底の凹地のことである。長さは数千キロメートル、幅約一〇〇キロメートルで付近の大洋底から数キロメートル深い。大部分の海溝は非対称V字断面を示し、急斜面は陸側に、緩斜面は海側にあるが、海溝斜面にしばしばこれを斜めに切る陸上断層と一致した溝がある。海溝の両側斜面には数段のベンチがあり、海溝はその中央部で急斜した斜面によって落ち込んでいる。海溝底は一般に堆積物で満たされて平らであり、縦断面は階段的に最深所に下りる。地球上には二十七の海溝があるが、インド洋に一、大西洋に四、あと二十二は太平洋に分布する。太平洋の海溝では東側の海溝が浅く直線的であり、西側の海溝がより深く大洋側に向かって弧状をなす。これらの海溝の大陸側には火山帯、地震帯が連なり、重力の負異常帯は海溝又はその内側に沿い、地殻熱流量も海溝付近で低い。深発地震の震源は海溝から大陸に向かって三十度から六十度の傾斜をもって深くなる面状に分布する。このような海溝付近の地質構造から、海溝の成因に関しては次のような説がある。大部分の海溝において重力異常が負であるのは、この部分でシアル層（大陸地殻の上半部を作っている物質の総称）が異常に厚いことを示し、地球内部における熱対流が大陸に当たって下方にもぐるため、そこに大陸の方に傾く断層帯が生じ、その部分で地殻が下方撓曲を起こして海溝を形成したと言われている。

上記のように数多い物理学の原理を海底で使用可能な重力探査法、磁気探査法、地震探索法や放射能探索法を通じて海底の地形、地質や堆積物についての知識は数多く得られた。精密な情報を応用することによって、海底地下資源として埋蔵されている石炭や石油又は金属鉱床の発見と発掘も可能になった。

過去五十年間余りに起きた途方もない現代応用科学の進歩は実に驚異的な出来事であった。フランス人作家ジュレ・ヴェルネ氏が想像した数々の科学的空想は殆ど現実化した。太陽系最遠方に存在する惑星を向けて探求用人工衛星は発射されたし、超微技術（ナノテクノロジー）研究も急速に増進しているが、深海底生命は今の所未知の世界とも言えよう。地球表面の約七〇パーセントを占める海洋底生命の知識は極浅水部に達しているが、海洋底生命多様性の半数以上は深海底に存在すると推定されている。現在では不十分な知識しか得られていない。深海底環境は暗がりでは超高水圧条件の厳しい世界で月の表面より未踏査と言っても決して過言ではない。

過去二百年の海洋調査の結果として約二十三万種の生物が報告されている。同期間中に気圏や土壌圏又は陸上水域の湖や河川に生存する既に記載された動物は約百五十万種に達する。現在は未知でも近い将来発見される可能性のある深海底生物数は二百万種と推定されているが、その九〇パーセントは微生物と考えられている。

地球上最終的境界深海底も近い将来に認識され開発開始の日を迎えるであろうが、この場合も環境保全の必要性は尚一層忘れてはならない。七十か国の一千七百人の専門家の研究者が「海洋生命調査」と称するプロジェクトを実施中である。西暦二〇一〇年に海洋生命の将来の予測に十分な研究資料を収取する予定である。それによる海洋生命多様性研究結果は人類の将来に対して最も重要な死活問題とも言える。このような知識なしでは現在六十五億人に達したといわれる世界総人口の日々に増大する食料要求の満足は実行不可能に陥る可能性は充分にある。

第二十三章 サンパウロ市コロニア区アストロブレム

小天体の地球への衝突によって形成された構造をアストロブレムと称する。普通は直径数キロメートル以上の衝突クレーターで、侵食によって内部構造が露出しているものを言う。アストロ（星）＋ブレム（ギリシア語で矢や石等の衝突によって出来た傷）に由来して名称された。

小天体（隕石、小惑星、彗星）が高速（一秒に数キロメートル）で衝突することによってできる凹地の事である。地球上に存在するものは隕石孔、隕石クレーターとも呼ばれる。太陽系で固体表面を持つ大部分の天体に見られ、直径一ミリメートル以下から二〇〇〇キロメートル以上のものもある。大気に包まれた天体では大気との摩擦により小天体が減速されるので、衝突天体の直径が金星で数キロメートル以下、地球で数十キロメートル以下、火星で一メートル以下の場合は衝突クレーターが出来ない。月のような大気をもたない天体では一ミリメートル以下の衝突クレーターまで出来る。地球上の衝突クレーターの認定は平面形、構造（シャッターコーン、捲れ上がり構造）、重力異常、及び鉱物の変形、高圧鉱物（コーサイト、ステイショヴァイト等）の有無等から判断される。地球上には約百七十の衝突クレーターが報告されている。

前世紀の一九六〇年代初頭に、E・SHOEMAKER等が詳細なる地質調査を行い、シリカ（珪酸）の高圧相であるコーサイト・ステイショヴァイトという鉱物を発見して、世界ではじめて衝突クレーターである隕石孔を立証した。これが引金となってその後続々と衝突クレーターが世界中で発見された。この隕石孔は米国アリゾナ州北部のコロラド高原にある直径一・三キロメートル、深さ一四五メートルの衝突クレーターである。殆ど平らなペルム系のココニノ砂岩層とカイバブ石灰岩層への衝突によって出来たため、衝突クレーター独特の捲れ上がり構造が明瞭である。衝突年代は約五万年前で、乾燥地である為クレーターの原形が良く保たれている。

ドイツ南部の北西九〇キロメートルの地点にある衝突構造で、詳細に研究された衝突クレーターはリース隕石孔と称される。一千五百万年前の第三紀の湖成層とジュラ紀の石灰岩等からなる地層に衝突して形成した。直系一キロメートルと二五キロメートルの二重リング状構造を持ち、内側リングの内部には湖成層が蓄積しており、外側リングは比高数十メートルから二

〇〇メートルの丘陵からなる。周囲にはスエバイトと呼ばれる衝突角礫岩が広く分布している。二六〇～四〇〇キロメートル東方のチェッコ南部に産するモルダヴァイト（テクタイトの一種）は、この衝突時に生成されたものである。リース隕石孔の西南西四〇キロメートルにある、直径三・五キロメートルのシュタインハイムクレーターも同一隕石の分裂片であるいは二重小惑星の衝突によるものと考えられている。

衝突クレーターのうち、直径三〇〇キロメートル以上のものを衝突盆地、またはインパクトベースンと呼ぶ。直径三〇〇キロメートル以上になると二重又は三重以上のリング構造が発達するので多重リングベースンと呼ばれることが多く、この直径以下の衝突クレーターと区別される。多重リング生成要因としては、一時的に出来た深い凹地が内側に崩壊したとする説と、強度の異なる地下の層構造を反映したとする説がある。月では最大の直径二五〇〇メートルの南極エイトケンベースンを始めとして、約五十の火星でヘラスベースン（直径二〇〇キロメートル）イシダスベースン（直径一五〇〇キロメートル）等の約三十のベースンが見つかっている。いずれの形成年代も三十八億年よりも古く、ベースン形成はその後の惑星や衛星の進化に大きな影響を与えたと考えられる。

サンパウロ市コロニア区のアストロブレムも西暦一九六〇年代初頭からサンパウロ州立総合大学地質学科の一部の教授や学生には既に認識されていた。当時の地球物理学教授R・KOLLERT氏は電気抵抗力による物理探査法でアストロブレムの深さは約二〇〇メートルと推定された。十年程前には地震探査法とMT磁気探査法でリオ・デ・ジャネイロ市所在の伯国天文学と地球物理観測所の大学院生の観測では最深部が三〇〇メートルに達すると解った。

サンパウロ市中心部から五〇キロメートル離れたパレリエイロス区を過ぎた都市境界近くに存在する。ラテン・アメリカで十一か所、伯国内の六つの内の一つの衝突孔である。小天体の衝突によって形成されたと考えられているが、米国のコロラド高原の隕石孔のように高圧性鉱物や隕石の分裂片は今の所発見されていない。けれど、直径三・五キロメートルの衝突孔は円形で、その地形は非常に平らで小川によって排水されている。周囲には高度一〇〇メートルから一五〇メートルの小山に取り巻かれている。現在まではアストロブレムの起原の物理学的絶対年代測定は行われていないが、周辺でサンパウロ堆積盆地末期堆積層が捲れ上がり類似構造が発見されているので、凡そ三百万年から四百万年以降に形成されたと推定できる。この年代が事実ならば三〇〇メートル余りの堆積物は三百万年以後に溜まったことになる。同期間中に近くで繁殖した植物の花粉や孢子化石は、若し還元条件が保たれたならば堆積物中に保存されていると推定できる。

振動採泥器を用いて得られた長さ七・八メートルの柱状試料は砂泥質の黒色で有機物を含んでいる。伯沸共同研究プログラムを通じ花粉分析が実施された。結果として過去約十万年間の古気候を復元する事が出来た。その情報によると、地方のマツタ・アトランチカ（大西洋森林）は当期間中に古気候変動（更に高温、高湿度的又は更に低温、低湿度的）の影響で八回にわたって、現在より拡張したが二回は今より退却した事が解った。

十二～十三万年から八・五万年前（北米のサンガモン間氷期）には温度も湿度も植物の繁殖に最良条件が保たれた森林成長は三周期を通じて行われた。森林樹木は豊富に光と水分を吸収して現在の海岸山脈を覆うような閉じ籠もった原始林が形成された。引き続いて八・五万年前から一・二万年前（北米のウィスコンシン氷期）には非常に長くて動植物に不適当な古気候が続いた。その期間中には平均気温は少なくとも摂氏五度程下がったので植物の繁殖周期性は完全に不規則化されしばしば生殖せずに消滅した。閉じ籠もった原始林は少しずつ空間の多い草原に代わって樹木は河川沿いにだけ残された。結果的に当時は強風で数少ない樹木は損傷を受けたと考えられる。

引き続いた温和な古気候中に森林は再組織化され復活した。柱状試料沿いの堆積物中の花粉や孢子化石分析に結果によると五・五万年か四・三万年前に森林は拡張したが四・三万年から二・八万年前には激的に退却した。二・八万年から二・三万年前には又回復したが、二・三万年から一・二万年間には殆ど消滅しそうになった。当期間は主に北半球で発達した最終氷期（アルプス山脈氷河のビルム氷期）最終拡張時代に対比できる。一・二万年前から現在迄は気持の良い気候条件の基で多様性に富んだ閉じ籠もった原始林に変わっていった。

上記の柱状試料の堆積物の花粉や孢子化石の分析による古気候復元の結果は残念ながら現在では長さ約八メートルの過去約十万年から得た情報に限られている。現在の地点ではサンパウロ州南部とサンタカタリーナ州の鍾乳洞で主に炭素や酸素の安定同位体比を利用して復元した古気候変動と南極大陸やグリーンランド氷河の柱状試料から得られた情報とやや類似している。

フランスの花粉学者マリー・ピエル・レドルー博士によるとサンパウロ州首都付近では一・二万年前まではアラウカリア（パラナ松）やポドカルプスと称する針葉樹類（CONIFERA）が盛んな時代であった。現在では当地方のパラナ松は散乱して存在する。レドルー博士の証言でパラナ松の激的な退却現象は人工的活動の結果ではなく針葉樹類の進化歴史と関係しており、ある時期からこの植物に拡張に最適な条件が消失したと推定できる。当現象の原因について考察するには更に深く調べる必要がある。

単に約八メートルだけで大体十萬年前からの花粉分析に限らず、従って三百萬年又は四百萬年を費やして植物性有機物を含んだ砂質泥層は三〇〇メートル近くの最高深度に達した衝突クレーターは完全に埋め満たされたのである。当クレーターの堆積物は殆ど未固結状態なので、最低的変形しか及ぼさない柱状採泥器は今の所ではブラジルで利用されていない。

西暦一九九〇年頃に訪日中に通産省工業技術院地質調査所で当時勤務中の大嶋和夫氏（地質学者）の話聞いた。彼は数年前に東京湾底ボーリングに経験を持っていたし、サンパウロ市コロニア区のアストロブレムの堆積物もやや類似な物理的性質のものではないかと考えた。それで大嶋氏にお願いし日本地質調査所と共同研究で柱状試料を連続的に得り、更に詳しい花粉分析や年代測定を企てた。その計画案は地質調査所を通じて日本政府に提出された。当時米国では現大統領の父は同じ任務を抱き、第一イラク対湾岸戦争を開始した。当時の日本政府にも援助が求められ、この度のように軍隊は送らず五十億米ドルの金銭的支持をした。結果的に日本政府支持のいくつかの学術研究費は削られ、残念ながら我々のアストロブレム研究費も消え去った。

サンパウロ市コロニア区のアストロブレムの地質学的起原の証拠、つまり小天体衝突孔であるという正確な証明は成り立たない。例えば隕石の分裂片や珪酸の高圧相と解釈されるコーサイト・ステイショヴァイトと称される鉱物も未発見である。数年前に米国のコロラド高原の衝突孔を立証した地質学者E・SHOEMAKER氏が来聖した折の発言は次の通りである。確かにコロニア区のアストロブレムは天体衝突孔の地形を提示する。ともかくもブラジル人地質学者達はその起原を証拠づける必要があると言い残して帰国した。残念ながら彼は一九九七年休暇中に自動車事故犠牲者になりオーストラリアで死亡した。それ以後アストロブレム周辺に州政府が刑務所を建設以後に地方の社会的雰囲気は益々悪化すると同時に現在ではホームレス住民に侵略され三万人以上の人口の貧民窟街になった。当衝突孔は直径約三・五キロメートルの平坦な沼地で高度一〇〇メートルから一五〇メートルの小山に取り巻かれているので地方降水の集合盆地であり、住宅街には最悪な条件が揃っている。伯国の殆どの環境問題は大部分が社会経済的現象に帰する。除外的社会経済界は普通人が避ける最悪な場所に無学で貧乏な国民を追い遣る。

選択的宜しきを得るに当地区はサンパウロ州首都全域の人口を応対できる自然公園に再適応性を有する。単なる自然的遺産（隕石孔及び海岸山脈森林）に限らず、人類学的遺産（ツピー、グワラニー族土人部落）もある。自然公園として特に地方住民の教化、修養又は娯楽の場として重要な役割を果たすはずである。

第二十四章 伯国の温暖化に対する感受性

大部分の国はこのような調査の重要性を強調する国際的条約署名国でありながら、先進国でさえ国土の気候変動に対する感受性を組織的に研究しているところは非常に珍しい。伯国も通則に従い、例えば幾つかの農作物や海成又は陸成生態系に対して気候的変動が及ぼす影響について絶縁的研究を行うに過ぎなかった。しかし、今年の四月にリオ・デ・ジャネイロ市のオズヴァルド、クルース財団法人の研究者達は伯国科学技術省の援助による当分野に関する重要な貢献を発表した。世界中の如何なる国でも応用出来る気候温暖化が及ぼす公衆衛生的危険性の評価方法である。これは気候変動の結果として発生する幾つかの病気の偶発性又は住民生活条件等の情報を考慮して得られた地域的感受性を示す相対的敏感度（葡語省略 I V G）が利用された。

オズヴァルド、クルース財団法人公衆衛生国立大学の流行病専門家ウリツセス・コンファロニエリ教授の指導で当調査は行なわれ、伯国全土に達し、三年間で終了した。極度的貧困さ、数多い病気発生、並びに周期的旱魃等の複雑的な組合わせで、主要な結論として伯国北東地方で総体的敏感度が最も高いことが解り、○から一迄の階級でアラゴアス州が○・六四を提示して特に目立った。引き続いて、バイーア州（○・四六）やペルナブコ州（○・四四）等が出現する。逆の末端では南リオ・グランデ州（○・一三）、南マット・グロッソ州（○・一四）、連邦府（○・一七）、パラナー州（○・一八）、サンタ・カタリーナ州（○・一九）やゴヤース州（○・二〇）等がある。総体的敏感度が低い程、その地域の住民は問題なく温暖化と対決できると、国際的政府間気候変動討論会（英語省略 I P C C）の衛生課委員コンファロニエリ博士は告白する。当討論会は連合国の研究者達によって形成され、気候変動に関しての現存知識の評価を行っている。

オズヴァルド、クルース財団法人の研究者達に提案された方程式は連合国発展プログラムの人類発展度（葡語省略 I D H）の方法に基づき、各国の教育、長寿や所得等を指示数として用いる。総体的敏感度はコンファロニエリ博士グループに提案された三つの支持数の相加平均値として計算される。

第一番目には人口学、都市化程度、所得、教育、健康度や衛生状態等を含めた各自差別的比重を用い、十一種の指示数を組合わせた社会経済的敏感度（葡語省略 I V S E）が利用された。当項目では〇から一迄の階級でサンパウロ州（〇・一〇）とサンタ・カタリーナ州（〇・一五）が最下級値を示した。逆の末端では最上級値を示したアラゴアス州（〇・七六）、マラニョン州（〇・七五）やピアウイー（〇・七三）等が目立った。

第二番目の情報グループは流行病的敏感度（葡語省略 I V E）が考察される。この場合は現在発生する流行病で例えばデング熱、マラリアやコーレラ等の様に伯国で優勢的な気候変動に敏感な風土病としてレピトスピローゼ等がある。相似的に強度的降雨量地方ではマラリアやデング熱を伝染する蚊の生物学的周期性等にも影響を及ぼす。最も流行病的敏感度が高い地方ではバイーア州（〇・三〇）とパラ州（〇・三一）であった。バイーア州は特別にデング熱、コーレラ、レピトスピローゼとライシマニオーゼに対して敏感度が高かった。パラ州は特にデング熱とマラリアの発生の高いのが目立った。

第三番目の情報グループは気候的敏感度（葡語省略 I V C）を形成し、全国で起きた四十二年間の降水量変動と結果的大旱魃や大洪水に従い各州を分類した。〇から一迄の階級でアラゴアス州は一を示し最多数の極度的降水量変動を見せ、引き続いてセルジッペ州、セアラ州や、マラニョン州は敏感度が〇・五五、アクレ州（〇・〇）、アマゾン州（〇・〇一）とパラ州（〇・〇一）は降水量変動が雨期にでも非常に安定している所である。コンファロニエリ博士の発言では将来に地球温暖化が進化するに従い急激な気候変動による降水量変化が推定される。このような不安定性は住民援助の警戒手段を取り難くするので敏感度を最も強力的にする。

アラゴアス州が最も高い総体的敏感度を示す理由は次の通りである。高度的人口密度を見せ、極端的貧困又最低の衛生設備と伯国一の幼児死亡率に伴い非常に差別的な降水量変化が相次いでいる。

過去百年間に地球の平均温度は摂氏〇・六から〇・七度上昇したと言われている。西暦一八九〇年に現代気候変動記録が開始されて以来、過去十年間の最後の五年間が一番気温が高かった。地球気候の研究者達の大部分によると温暖化の主な原因は工場又自動車の排気ガスや山焼きに供給される温室効果ガスに帰すると信じられている。国際政府間気候変動討論会では将来百年間に大気中に温室効果ガスが安定されるか又は上昇状態を検討中である。両者とも摂氏一度から六度の気温上昇を推定させる。その影響は実に悲惨的で海面上昇に伴い生態系不安定化等が起きると考えられているが、現在ではその損害の大きさを推測させる確信的なモデルは存在しない。

公共政治制定の観点からは、例えばエネルギー源変更の様な厳しい決断を政府が決定する為に、感受性の研究は基本的である。総体的敏感度の提案は気候変動の結果として現れそうな風土病の管理にも非常に役立つと推定されている。地方病発生可能性については論じられたが、それだけでは不十分で、飲料水や食糧の有効性を調査する必要があると、コンファロニエリ博士は告白する。

伯国科学技術省は最初に国内の二酸化炭素放出源の調査を進めて、極最近になって感受性の研究を開始した。コンファロニエリ博士の研究を除くと、例えば気候変動による珊瑚礁消滅に関する特定な課題も取り組まれている。珊瑚礁の形成は造礁珊瑚の育成条件によって規定される。造礁珊瑚は海水温度が摂氏十八～三十六度（最適温二十五～三十度）、塩分は二十七～四十パーミルの海水を好み、共生する藻類が光りを必要とするから、主として低潮線と深さ三十メートルの間の海底に又酸素と種々塩類を必要とするから、海水の運動の盛んな所に生育する。海水中に泥が懸濁する場合は窒息死することがある。伯国海岸線ではバイア州のカラヴェラス沖合よりセアラ州迄造礁珊瑚は分布している。マラニョン州やパラ州の海水にはアマゾン河口の懸濁物が増加するし、エスピリット・サント州より南の海水温度は度々摂氏二十五度以下に達するので水が冷たすぎる。

他の限定的な点は気候を代表して単に過去四十二年間の雨量だけを気象情報として利用した事にある。その傍ら気候的現象は大変複雑で通常気象が異常気象によって絶え間なく妨害されるのが普通である。地球の過去を代表する地質学的記録は特に異常現象を表現している。当観念は今から約二百年前にフランス人科学者キュエビー博士が主張した激変説又は同義の天変地異説がそれである。今日の知識の現状では地域的気候変動風景を厳密に現わす事は無理でも、かなり精密な数学的模型を利用して将来の気候変動の結果を表現するのは可能である。

この調査の総体的敏感度を用いた研究は重要な人類が自然的気候変動現象の影響にある程度適応出来る能力も完全に無視している。この特徴は気候変動のような現象が束の間に起きるのではなく、数十年か数百年を必要とするので感受性の研究には重要な項目である。例えば伯国の北東地域の感受性は非常に高いが住民は食料や飲料水が少なくとも、間に合っていれば移動しない。昔から連邦政府は移住を避ける目的で農民に幾らかの所得を与える手段も取っている。

極端的な気候変動現象が存在しないアマゾン地方の住民は適応性能力に乏しい。例えば二〇〇五年に大旱魃を引き起こした災害はこれを証明した。大部分の河川は乾いたので舟で移動も出来ず、主食の魚も捕れず、完全

な立往生状態の二十五万の住民は、連邦政府のヘリコプターの助けを待つより他に処置なしの条件になった。当地方の住民は多量の雨による災害には抵抗するのが早魑には完全に無気力になる。

同じくオズヴァルド・クルーズ財団法人のコンファロニエリ博士は伯国科学技術省の援助でアマゾン地域の中央部のパラ州のサンタレン市付近で地方住民の適応性能力について情報を得る計画である。英国のNGOグループも途上国で住民の地域的適応性能力について情報収集やその解釈を後援する予定である。

伯国連邦政府の計略的問題本部（NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS）の招待で二年間前にブラジリアに集合した二十七人の専門家の推薦で最も強調されたのは全国総体的敏感度地図の作成である。当会合で色々な危険性について知識の現状が発表された。例えば農業では大気中の炭素の濃度が増加すると農産物生産力は増大するが、その傍ら多量の雨は脆い土壌の侵食作用を加速する。相対的敏感度住民を見分ける目的で農業、海岸線、生態系やエネルギー調査に益々投資する必要がある。

第二十五章

地球の自然環境の総体的現状

地球は太陽系の三番目の惑星である。若し一番目か二番目であつたら気温が高過ぎて水は全部蒸発していたであらう。逆に四番目か五番目であつたら、その表面は冷た過ぎて、液体水は間違いなく不在であつたらう。地球の大きさと質量も生命を維持できるように自然に適応された。若し質量が不足していたら、その引力は大気を保つのに不十分であつたに違いない。逆に質量が超過していた場合は地核に帰する重力的変動により気候は極悪化したであらう。更に驚異的なのは若し宇宙起源の際にビックバンに引き続いて発生した突然な膨張現象に一秒の一兆分の一の遅れが出ていたら銀河系や惑星は宇宙核に引き付けられて消滅したであらう。同一的に時間の進行が加速されていたら宇宙は蒸発して冷たい小粒子の蒸気になっていた。地球はこのように自然条件が好都合に一致して発生した宇宙唯一の宝石とも言えよう。

このような恵まれた天体の環境の総体的現状は決して好ましいとはいえない兼ねる。気候は急激に変動して、全地球で色々な変化が相次いで起きている。自然資源開発は限界に達し、人類は自然崩壊を協力している。この変化された地球の風景を将来に改善できる可能性について世界中の科学者は色々な発言をしている。

地球気候変動の特徴は世界中至る所で捕むことができる。現在の傾向が続けば西暦二〇五〇年迄に動物種の四分の一は絶滅する危険性がある。米国は二〇〇四年に約一ヶ月間に四回も大暴風に襲われ、一九八〇年から現在迄に三五〇〇億米ドルの損害を受けた。地球温暖化作用によりエルニーニョ南方振動異常気象（英語省略ENSO）は益々強力化し、旱魃や大洪水の損害は増加して、南米ではアマゾン地方の六〇パーセントは大草原化する可能性がある。異常旱魃がその棲息地を破壊したので、コスタ・リッカ象徴の黄金色蛙は絶滅したと考えられており、中米では三百種以上の水陸両性動物が消滅危険状態になっている。西暦一九九五年の一月だけで南極大陸では千九百九十四平方キロメートルの氷河が溶けたと考えるが、南極氷河溶解で最も危い条件に置かれるのはペンギン鳥類である。西暦一九九二年にアフリカ大陸のソマリ国で起きたような激変的飢餓は大旱魃の悪化で通常現実化し、南アフリカの花類の四〇パーセントは危険状態にある。欧州北部のノルウェー国では過去四百年間に氷河が二キロメートルも退却したと言われ、同時に北

極一体の氷河の溶解も加速したと考えられ、二〇〇三年の夏には暑さで三万人が死亡した。同じく西暦二〇〇三年にはインド国が熱波に襲われ千二百人以上の死人を出し、山火事も発生したが、中国では一〇パーセントの哺乳類が絶滅危機に至っている。アジア南東部では日本や近年は中国の工業地域から発散されるガス類や他の汚染物質煙塵に始終覆われて例えばオーストラリアの旱魃を生じるので同国の五四パーセントの蝶類の棲息地が消滅する恐れがある。

問題は温暖化発生可能性の段階は超越して、既に進行中であるが、現在証明できるのはその確からしい影響である。第四紀中に地球は自然的に氷期、間氷期と称する気候変動を経験した。現在迄の自然的変化は周期的に起こり、人類一代の期間で殆んど変化は感じられなかった。しかし、人工的活動の影響で更に加速化されると高速度で発生する場合がある。

西暦二〇〇四年三月にサンタ・カタリーナ州沖合の台風は今迄ブラジル海岸線で未知の肖像が気象観測人工衛星で観察された。このカタリーナと称された台風は少々な災害を生じたが気象学者に残した疑問は偶然の現象なのか又は将来も繰返して起きるのかと言う大きな問題である。英国の気象学者達の推定によると、大西洋の当地域で十年後はカタリーナ同一の台風は普通な現象になる。又南極大陸では思いがけない大サイズの氷塊が解放されている。例えば西暦一九九八年には連邦府の面積をもった肥大な氷塊と二〇〇二年にはリオ・デ・ジャネイロ市の三倍の氷塊が南極氷冠から釈放された。米国のフロリダ州マイアミ市南部の沼地帯は二十一世紀の終り迄に失すると言われている。稲作に適応した土地がアジア大陸のバングラディッシュや中国でも失われている。

上記のような気候変動による環境変化は野性動物のみならず人類にも被害を及ぼす。西暦一九九〇年代十年間は世界的に最高気温とされ、尚二〇〇三年の西部ヨーロッパの三万人の死亡者は主に高気温によるものと推定されている。世界気象団体調査で将来は気候変動の結果で毎年約十六万人が死亡すると見積もっている。死亡率の主な原因では海面上昇による飲料水不足等がある。エジプトでは既に海面上昇による海進でナイル川の水が塩分を増して淡水の供給を害している。ナイル川西部で発生した熱病が渡り鳥によって米国に上陸して過去五年間で五百人の犠牲者を出した。

西暦一九六〇年以降は氷河の十パーセントの縮小により表示すべき退却も認められた。例えばヒマラヤ山脈を覆っている万年雪は一年間に三〇メートル後ずさり中で若し同じリズムが保たれば二〇三五年に山脈中部や東部地方の氷河は不在になる。過去五十年間に北極の氷河は約四〇パーセント減少したと言われ、専門家は現世紀終末の夏に凍った覆は消失すると推定している。獲物を追う地域の縮小による食料不足で北極熊は次第に乳離れが遅れて矮生現象が発生するであろう。

人類は大自然を征服出来なかったが、少くとも激变的災害が引き起こす損害を割り当てることを覚えた。現在では一部の損害は保険制度で支払われている。西暦一九五〇年度に十三件の災害が発生して損害は三百八十七億ドルに達したが、国際政府間気候変動討論会（英語省略 IPCC）によると全金額損失は泣き寝入りで終わった。西暦一九九〇年度には七十二件（一九五〇年の五倍以上）の自然災害が発生して損害は三千九百九十億米ドル（一九五〇年の十倍以上）に到達したが九百十九億米ドル（全額の約二三パーセント）は保険会社が犠牲者を弁償した。

過去に悲観論者は地球人類増加による飢饉を推測したが、幸い彼等は誤っていた。しかし現在の六十五億人の地球人に自然資源を充分に供給するには益々危機状態に陥るばかりである。既に西暦一七九八年（二〇七年前）に英国人の経済学者トーマス・マルツス氏によると地球人口増加は食糧生産量増進を上回っているので飢饉や戦争は将来避けられないと言う説を発表した。幸い人間の工夫力でマルツス氏の激変説は実現しなかった。農産物生産に応用された近代技術に助けられて生産力は増大したが、地球の至る所で不完全な農産物分配による餓死が続いている。エネルギー減生産自然資源開発作業で多数の生態系は取りもどしが出来ない程に破壊されている。数十年の炭鉱作業で原始林や山岳地帯は大きな無数の孔に変わり、鉛や水銀のような重金属は河川水を汚染した。このような自然破壊は主として人類の怠慢さによるもので少なくとも三万年も過去に遡る。或る化石学者によると米国に存在した三種類のマンモスや巨大バイゾンの絶滅は最初に米国大陸に上陸した原始人に帰すべきである。原始人が幾種かの動物を消滅したが、それに比較して二十一世紀の我々文明人は地球全体で一・五万種以上の動物を絶滅の危機に追い遣っている。西暦二〇〇四年だけで新しい三千種の動物が上記のリストに付け加えられた。国際保全（CONSERVATION INTERNATIONAL）と称するNGO団体のアドリアーノ・パーリヤ生物学者によると白亜紀終末の恐竜絶滅以降でそれ以上の反響を及ぼす、始めて人間が主な原因になる新集団絶滅現象が既に進行中である。浪費と不平等配給により食料や飲料水の豊富さが逆説的に争いの原因になる。昔のソビエト連邦共和国のアラル海（ソ連南西部カスピオ海の東方にある内海）は面積が六・七万キロメートル（リオ・デ・ジャネイロとアラゴラス州の合計）もあった。アラル海に淡水を供給していた河川は農業用に人工的水路が作られ逸脱したので海は次第に乾いて、その海底から風に吹き飛ばされる塩が以前肥えた土地を覆った。結果的に漁獲も農業も同時に実行不能の状態になった。西暦二〇〇三年にカザキスタン政府は既に失われた南と北を堤防で分離して北部を回復する計画を発表した。地球上の約七〇パーセントを覆う水は無限と考えられていたがそれは間違いでアラル海の死は悪質な最も典型的な水資源利用の実例かも知れない。

地球上での水資源の有効性も相違的である。ブラジルを含む十二の国は世界中の水資源の約五〇パーセントを所有する。消費標準に対して同じような差異が窺える。米国では平均的に一日に一人で六〇〇リットル利用できるがアフリカ大陸では約二〇リットルで満足しなければならない。国際衛生団体（葡語省略OMS）によると衛生施設不在と汚染使用による一年間の死亡率は七〇〇万人に達する。河川に限定された国境問題による国際闘争は少なくとも三〇〇に達する。農業灌漑用水が最高容量を必要とするが、その浪費も一番大きい。これに対する最も能率的な解決は滴下灌漑と解っているの、その方法を大至急採用すべきである。魚市場で高く値直されている約二〇〇種の内一二〇種は超過的漁獲が行われている。例えば鮪は絶滅の危機に曝されている。多数種の消滅を避ける為に漁獲モラトリウム迄提案された。世界中の漁業界は一千五百万人を雇って毎年海や川から一億トンの魚と二千億米ドルの収入を得ている。カナダのニューファウンドランド地域では西暦一九九二年に四・四万人の漁業失業者が出た。理由は政府が地方の主要経済土台になっている鱈の捕獲を一九七〇年度に対して約九〇パーセント減少したからである。結果として幾つかの町は破産したが、この様な厳しい決心は既に遅過ぎた。十二年後にも鱈は再出現しなかったが、他にもこの様な例はある。超過的漁獲は尚更浪費に悪化される。一年間に漁船上で放棄される消費可能な漁獲物は八百万トンに達し伯国漁獲物消費量の六倍である。尚一トンの海老を得るのに四トンの魚が放棄される。

世界の人類が毎年塵として放棄する屑の量は三百億トン、つまり一秒に千トンに当る。地球上の主な大都市では人類活動が産出した不潔を絨毯の下に隠すが、最悪状態では隠せる場所不在で殆んど塵の下敷になる。更に遠い所に塵を運ぶにはもっと経費を要すると同時に、問題は解決されず、唯場所を移動するだけである。塵の再生は或る程度可能であり、至る所で実施されているが完全にこの問題を解決するのは無理である。例えば都市廃棄物中に約二〇パーセントはプラスチックで自然分解には四〇〇年以上もかかり再生も困難な場合が多い。塵の有機物腐敗から産出する有毒液体は雨水と混合して、土壤に侵入して地下水を汚染する可能性がある。

ローランド・エメリヒ監督の映画「明日後の一日」(The Day After Tomorrow)では地球気候が一週間後に氷期に変わるが事実上有りえない。科学者達は急激な気候変動は不可能と考えながらも、世界中至る所で捕める環境変動の証拠は無視出来ないと発言している。例えば実用的な手段を取り地球温暖化にもブレーキを掛け、長期間的にはその結果を無効にして災害を防ぐことさえ考えられる。今から五十年か百年先に我々の惑星地球の環境条件を明確に推定出来る者はいない。楽天的な観点では五十年か百年先の予測は技術的進歩により結果を無効にする可能性を無視していると言える。過去に予言された大異変風を略画する場合に此のような重要な変化を考察しなかったとも思われる。

術語小辞典

(ア)

あしょうさんちっそ (亜硝酸窒素) -

歯科用の麻酔剤に用いられる、笑気ガスである。二酸化炭素・オゾン・メタン・フロン11及び12同様に亜硝酸窒素も温室効果ガスとされる。

アルカリせいど (アルカリ性度) -

水がプロトン (つまり水素イオン) を受け入れる度量に相応する。これは水素イオン可能性又は水素イオン濃度で示され、その値は7以上である。

アルゴン -

空気中に存在する気体元素であり、化学記号はA又はAr、原子量は39・994で原子番号は18である。

あんていどういたい (安定同位体) -

放射能をもたず、放射壊変により他の核種に変化しない同位体である。天然の各種安定同位体 (主に酸素、炭素、窒素や硫黄など) の存在比の微小な変化は環境変化を探る重要な因子である。安定同位体だけからなる上記のような元素を利用して、特定同位体を濃縮してトレーサーとして利用できる。

(イ)

いおう (硫黄) -

非金属元素の一つで化学記号はS、原子量は32・066と原子番号は16である。

イオンか (イオン化) -

溶液中または気体中で原子がイオンに分解される現象のことである。

いじょうきしょう (異常気象) -

例外気候のことで、数か月または数年続いても、気候変動のように数百年か数千年の連続性は有しない気候の変化を示す。

いんせいかしよくぶつ (陰性花植物) -

花を咲かせず生殖機能が隠された植物のことである。一例としてシダ類がある。

いんせいだい (陰性代) -

先カンブリア時代と同義語で顕生代に対する語である。すでに地球上に生物が出現していたが顕著でなかった時代という意味である。ほとんど使われていない。

いんせき (隕石) -

地球外から飛来する固体物質の一つで大きさは数ミクログラムの超微粒子から数十トンの巨大な隕石がある。隕石は原始太陽系惑星の起源と惑星初期進

化を記録する唯一の固体物質である。現在までに地球上で発見、回収された隕石の総数は約一八、〇〇〇個に達し、約八〇%以上は南極大陸産である。

いんりょうすい（飲料水） -

飲める、要するに飲用に適する淡水である。pH（水素イオン濃度）も約7で通常溶解物や浮遊物もごく少なく、また健康を害する微生物を含まない澄んだ水である。

（ウ）

うちゅう（宇宙） -

昔のギリシャでは、より小さい原子からより離れた天体まで、すべての天地創造物を含めて宇宙と呼称した。昔のギリシャ人に地球、太陽と惑星に形成された宇宙は最も秩序正しい調和された組織とされた。

うちゅうせん（宇宙線） -

宇宙線は高エネルギー粒子に構成され、全太陽系やその外部空間にまで達する。その粒子の一部は地球大気を貫通して地上に達し地殻奥深くまで侵入する。宇宙線は各種化学元素原子核や原子核以下粒子に形成され、光線類似速度で拡張するといわれる。

ウラン（ウラニウム） -

放射性元素の一つで化学記号はU、原子量は238・07で原子番号は92である。同位体U-235及びU-238は核分裂を行い核エネルギーの発生に利用される。

ウルムひょうき（ウルム氷期） -

ヨーロッパのアルプス北部前地のウルム湖及びウルム川付近に設定された第四紀の最終氷期の名称である。北欧のバイクゼル氷期又は北米でويسconsin氷期に対比できる。

（エ）

えきじょうたんすい（液状淡水） -

大部分の湖水や河川水又は雪解け水のように塩分を含まない真水のことである。ほとんど飲料水として適応する。

えきたい（液体） -

流動する物質の状態を示す。例えば水の場合は約摂氏零度で凍結して約摂氏一〇〇度で蒸発するが当温度間隔では液体である。

えんぶん（塩分） -

海水中の塩の総濃度を表す。直接測定はきわめて難しいが、現在は海水の電気伝導度に対して定義されている。単位も最初はg/kg又はo/oで示していたが、今ではpsu (practical salinity unit)で表す。

えんそガス（塩素ガス） -

通常ガス状態の化学元素で化学記号はCl、原子量は35・457で原子番号は17である。

エルニーニョげんしょう（エルニーニョ現象） -

当異常気象は元来南米のエクアドール、ペルー国北部の沿岸で冬季に海面水温が摂氏数度上昇する現象を指す。結果的に通常乾燥した沿岸地域で大雨が降る。この現象はブラジルのアマゾン地方や北伯地方にも影響を及ぼす。

エムティーじきたんさ（MT磁気探査） -

時間によって変動する地磁気とそれによって誘導される地雷流を測定し、地下の比抵抗分布を求める電磁物理探査法である。サンパウロ市コロニア区アストロブレム（隕石孔）

の深さは他の物理探査法やこの方法でも求められた。

（オ）

オルドビス紀（オルドビス紀） -

古生代で二番目に古い期間で六千万年(500±15から440±10×10の6乗年)続いた。

おきかえはんのう（置換反応） -

地質学では交代作用とも称される当地球化学的現象により珪化作用を通じて材木の有機物が珪質化され珪化木が生成される。置換反応は低温低圧条件の続成作用中又は高温高圧条件の変成作用中に起きる可能性がある。

おおなまけもの（大怠けもの） -

すでに絶滅した哺乳類で地上性怠けものは代表的である。学名はmegas（巨大な）+therium（野獣）に由来してつけられた。中新世から中南米に分布し、更新世には北米にも侵入した。ゾウなみの体格で体長は六米にも及んだ。葉を主食とした植食性であった。

おせんもんだい（汚染問題） -

人間活動により排出された有害物質により地球上の自然環境は取り返し不可能な状態近くまで汚染されている。主な問題は水質、大気や土壌汚染に関連する。

オゾン-

融点摂氏-193度と沸点摂氏-112度の酸素の同位体である。地表ちかくのO₃、放電（雷）や硫黄酸化物などの大気汚染物質に太陽光が作用して発生するほかに、紫外光の作用でO₂から生成する。オゾン層は、有害紫外線のフィルターとして生物を保護しているが、フロンなどによる破壊が進行している。

おんしつこうか（温室効果） -

地表面から放出される波長4～100マイクロメートルの熱放射を大気成分ガスが一部分吸収し、下方の地表面に再び放出することを温室効果と称する。その効果能を有するガスが温室を覆うプラスチックかガラス板の役割を果たす。

おんしつこうかガス（温室効果ガス） -

大気成分ガスで温室効果能を有するのは水蒸気、二酸化炭素、オゾン、メタン、フロン11および12や亜酸化窒素などであるが人間活動によって排出された部分も決して無視できない。

おんせん（温泉） -

科学的には、その地方の年平均気温より高い水温をもつ湧水と定義された。次の条件のいずれか一つを満たすものとされる。（a）水温が摂氏25度以上、（b）溶存成分の総量が1 g / k g以上と（c） $\text{CO}_2 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot \text{H}^+$ ・硫黄など十七成分のいずれかが所定の含有量を超える。

（力）

かすい（河水） -

通常淡水で川床の傾斜に従い異なった速度で流れる水である。河水に運搬されるイオン化分解物質や固体状浮遊又は牽引物質積載量も流れの速さによって変化する。

かいすい（海水） -

海洋にある水で、地球上の水の97%は海水として存在する。その量は $1 \cdot 37 \times 10^{21}$ 乗リットルであり、海の平均水深は3,795メートルある。海水は35 g/kg前後の塩分を含み、それは塩化イオン、ナトリウムイオン、硫黄イオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオンとカリウムイオンを主成分とする。

かいよう（海洋） -

海水を含有する地球上の凹所である。その面積は3・6億平方キロメートルで地球総面積の71%を占める。

かいりゅう（海流） -

周期的に方向を変えない海水の運動である。海流の構造は近似的に、海中の圧力の水平傾度力が地球自転の偏向力と釣り合うとして計算される地衡流から推定することが出来る。

かいこう（海溝） -

大陸または島弧と大洋底の間にある、急斜面で囲まれた細長い凹地を指す。陸地・島列と平行にのび、周辺の大洋底より2キロメートル程度深い。長さは大規模なもので数千キロメートルに達する。地球上に二十七の海溝が存在するが、そのうち二十二は太平洋にある。

かいていこく（海底谷） -

海底にある陸上の谷地形に似た細長い凹地のことを示す。陸棚を浅く刻むものと、陸棚から陸棚斜面を深く刻んで深海底に向かうものに大別される。深さ数百から一、〇〇〇メートルのU字谷で、多少蛇行しながら樹枝状の支谷を集め、水深二、〇〇〇から三、〇〇〇メートルで終わるものが多い。成因としては、陸上河川の沈水、混濁流による下刻、あるいは両者の組み合わせが考えられる。

かいていちかしげん（海底地下資源） -

主なものは海底油田、海底石炭鉱床やさまざまな海底熱水鉱床などが考えられる。現在のブラジルの原油生産量の約80%はリオ、デ・ジャネイロ州沖合のカンポス海底盆地産である。また海底熱水鉱床で海底火山活動に伴って湧出する熱水から沈殿した重金属に富む鉱床が発見されている。

かいていせんじょうち（海底扇状地） -

海底に見られる扇状の地形で、大陸棚上のものと深海底のものと二種ある。前者は河口沖または陸棚谷末端にあり、成因的には氷期の海面低下の時期の陸上の三角州として形成されたと考えられる。後者は一〇〇〇メートル～四〇〇〇メートルの陸棚斜面の基部にあつて深海扇状地とも呼ばれ、通常海底谷の末端にある。

かいていたいせきぼんち（海底堆積盆地） -

大部分が海面下にある堆積盆地のことを指す。例えばブラジルの沖合には北のアマゾン河口堆積盆地から南のペロタス堆積盆地に至る十四の海底堆積盆地がある。これはジュラ紀に開始したゴンドワナ超大陸の分裂に引き続いて起きた大西洋の起源と同時に生成された盆地である。リオ・デ・ジャネイロ州沖合の現在は原油で有名なカンポス盆地もその中の一つである。

かいせいせいたいけい（海成生態系） -

海水に覆われた生態系のことである。当生態系では海成生物群集と無機的環境とが、物質の循環によって安定な系をつくっている。

かいしょくどう（海食洞） -

波浪の浸食によって海岸近くに作られた洞穴で、波浪が海食崖をつくる際、崖の一部に断層や割れ目等の弱い部分があると、水は選択的にその部分を削り、それが進行して深い洞穴をつくる。南リオ・グランデ州のトーレス市の海岸では波浪が玄武岩を削って海食洞を作っている。

かいめんじょうしょう（海面上昇） -

沈降海岸または氷解の結果として起きる相対的的海水面上昇を示す。過去百年間の温室効果が地球温暖化を引き起こし、氷解による海面上昇があつた。

かいめんちんか（海面沈下） -

隆起海岸または氷河拡張の結果で起きる相対的的海水面沈下を示す。最終氷期極相期（平均一八、〇〇〇年B P）には氷河拡張があり世界中で100メートル以上の海面沈下があつた。

かいがんしんしょくさよう（海岸浸食作用） -

海岸を構成する物質（主に石英の砂）が波などの作用で浸食され、海岸線が後退する現象である。砂浜海岸では沿岸流などによる砂の供給量が波浪による浸食量を下回ると海岸浸食が起こる。世界中の河川での砂利採取やダム建設などによって海岸への供給量が減少して、各地で海岸浸食が問題になっている。

かいせいどうぶつかせきぐん（海生動物化石群） -

海生動物は細菌のような微生物から哺乳類まで種類、固体数が非常に多い。海生生物化石群は各時代の地層から知られ、珪藻類、有孔虫類、サンゴ類、軟体動物、コケムシ類、腕足類、甲殻類、ウニ類、魚類、哺乳類などがある。

かいがら（貝殻） -

通常は軟体動物や腕足動物を保護する外骨格を貝殻と称するが有孔虫やウニの殻、卵殻などに対して用いられることもある。

かいづか（貝塚） -

主に食料とした貝類の殻が堆積されてできた遺跡のことである。貝塚中には各種の人工遺物と魚、鳥や獣類の骨が含まれている。また、埋葬人骨、石器や土器なども発見され、貝塚は単なる廃物の捨て場ではなかったと考えられる。

かふんぶんせき（花粉分析） -

花粉や孢子化石を混合物（堆積物など）中から分離して、同定し、統計処理を経て解析する方法である。古植生、古環境解析、堆積機構の解析、地層対比、石炭や石油層の探査や品位判定などの燃料資源開発、農耕発達史などに広く応用されている。

かざんガス（火山ガス） -

地表に噴出しているマグマ中揮発成分を示す。一般に水が最も多く含まれ九〇％以上である。水以外にはフッ素酸、塩素酸、二酸化硫黄、二酸化炭素、窒素、水素、アルゴン、ヘリウムや一酸化炭素などが主な成分である。その組み合わせは、温度や化学種間の反応、流路での岩石との反応、地下に堆積した硫黄や有機物殻の成分供給などによって異なる。

かざんふんか（火山噴火） -

地下のマグマや火山ガスが地表に達して、放出される際に生ずる動的作用を火山噴火または火山活動と称する。火山灰の噴出、溶岩の流出、火山体の形成、火砕物の堆積などのほか、噴火現象、噴気作用、火山地震や火山性地殻変動なども含まれる。

かざんがん（火山岩） -

地表あるいは地下浅所でマグマが急冷することによって生成される細粒もしくはガラス質の岩石を示す。爆発的噴火によって形成された火砕岩、穏やかな噴火によって経営された溶岩などを含む。

かがくてきふうかさよう（化学的風化作用） -

化学的風化作用では岩石が水和、炭酸化、酸化、加水分解や溶解などで水を中心とした接触反応で分解し、洗脱される成分と残留物とに分かれる。この風化作用は高温度熱帯地方で著しい。

かこうがん（花崗岩） -

カリ長石、石英、斜長石（ほぼオリゴクレース）及び有色鉱物を主成分とする珪長質素粒完晶質火成岩である。有色鉱物はふつう黒雲母で、ときに角閃石や白雲母またはざくろ石を含む。大衆言語で御影石と称される。

かせき（化石） -

過去の生物（動物か植物）の遺体または遺跡が地層中に埋没、保存されたものを示す。化石とは石化した生物の意味であるが石化は化石の必要条件ではない。化石の多くは生物遺体がそのまま、あるいは鉱物質に置換されるか、または印象として残ったものが生痕化石である。

かせい（火星） -

地球軌道のすぐ外側を回る惑星で、地球型惑星に属する。赤道半径は3,397キロメートルで地球の約半分、質量は地球の1/10、平均密度は $3 \cdot 93 \text{g/cm}^3$ で

地球よりもかなり低く、月の平均 $3 \cdot 34\text{g/cm}^3$ に近い。現在の火星表面は平均大気圧 6hPa で液体の水は存在できないが、過去には濃い大気があり、流水も十分存在可能と考えられている。

かていようすい（家庭用水） -

主に衛生一般と炊事に各家庭で使用される淡水のことである。

かく（核） -

地球を構成する成層構造のうちの一の内側の層を指す。

かくぶんれつ（核分裂） -

ある原子核が中性子の衝撃を受けると同時により小さい原子核粒子と同時に高エネルギーを放散する現象を核分裂と称する。このような現象はウラニウムやプルトニウムのような重い原子核に限って起きる。

かくれきがん（角礫岩） -

角礫からなる堆積岩で、例えば海食崖又は珊瑚礁の崩壊から生ずることもある。また、断層付近の断層角礫岩や火砕岩で角礫の多い火山角礫岩は堆積岩とは称されない。

かすいぶんかい（加水分解） -

水が作用して起こる分解反応である。元来、塩が水と反応して酸と塩基に分解する反応を指したが、一般には酸又は塩基としての性格をもつ分子とイオンの間のプロトン移動反応である。

かどぎょかく（過度漁獲） -

自然的ストック供給可能性を超越した漁獲により自然資源である漁を取り尽くす。

かた（潟） -

a) 海に近接又は連続した水塊が、砂州などの低くて、狭長な土地によって海と部分的に隔てられたもの。一般に海岸線と平行で、しばしば停滞的な環境を示す。（b）大きな湖もしくは河川の近く、またはそれに連続した浅い淡水の池や湖。（c）環礁のなかの閉鎖的な浅い水塊。（d）その他、海水が流れ込む入り江、沼沢地、湖、干潟などに広く用いられる。

かんきょうもんだい（環境問題） -

人間生活と地質圏（気圏、水圏、土壌圏）との相互作用を対象とした折に出現する問題点のことである。例えば大気、水質や土壌汚染などは現在はいくつ普通な問題である。

かんぴょうき（間氷期） -

二つの氷期の間にあって現在と同程度またはそれ以上に温暖だった時期のことである。間氷期の認定は動植物化石の変遷、堆積物中の古土壌とその特性、海面上昇期堆積物、深海底柱状試料、氷床柱状試料の同位体比などで行われる。

かんしんせい（完新世） -

第四紀を二分したときの、現在を含む地質時代最新の期間を示す。現世とか沖積世とも称され約一万年前から今日までの期間である。

かんとうだいしんさい（関東大震災） -

西暦一九二三年に現在の東京都地方を襲った大地震のことである。当時の東京の六割以上は破壊され十四万人以上の犠牲者がでた。

かんげんてき（還元的） -

還元的とは酸素に乏しい環境のことで、例えば原子価＝3の酸化鉄も原子価＝2に還元されて黄鉄鉱を生成する。還元度は酸化還元電位（陽極で酸又は陰極で還元を起こる電位）で測定できる。

カンブリアき（カンブリア期） -

古生代の一番古い時代で七千万年(570±20から500±15×10の6乗年)続いた。

がんせき（岩石） -

地球上層部（地殻及び少なくとも上部マントル）を構成する物質のことである。数種（まれに一種）の鉱物の集合体である。火成岩、堆積岩と変成岩に分類される。

がんえん（岩塩） -

通常塩化ナトリウム（九九%以上）で構成され、微量含有物として CaSO_4 や MgSO_4 などの存在がみられる集散的に蒸発岩と称される化石の堆積岩のことである。海水の蒸発でできるが、しばしば厚さ数百米の膨大な岩塩層として産出する。

かにゅうがん（貫入岩） -

マグマが既存の地殻岩中に貫入して生成した火成岩を示す。生成された場によって半深成岩から深成岩にわたる。

かんげきすい（間隙水） -

未固結堆積物や土壌の粒子間の間隙を満たしている水である。粒子表面に電気化学的に付着し移動性に乏しい吸着水と、重力の作用だけに移動する重力水に代表される自由水とに区分される。通常重力水は地下水として扱われる。

がんしょう（岩礁） -

通常は航海術語で航路に存在する障害物のことである。ブラジルの海岸線では一般的には砂洲、浅瀬や暗礁などがある。特に伯国北東部ではビーチロック（完新世）や鉄質鉱物セメントで接合された砂岩や礫岩（第三紀）の岩礁が頻繁に見られる。

がんせきこうせいこうぶつ（岩石構成鉱物） -

岩石を形成する鉱物のことで火成岩、堆積岩と変成岩を比較すると非常に異なる。一般的には本質的と類質的又は微量質的鉱物によって構成されている。

かんじゅせい（感受性） -

影響（印象）を受けやすいことを示す。例えば、貧困さと気候の不順さ又は基礎的衛生設備の乏しさに従い伯国北東部アラゴアス州が見せる地球温暖化感受性などがある。

カレドニアぞうざんうんどう（カレドニア造山運動） -

狭義にはシルル〜デボン紀の境のころ、広義にはカンブリア紀からデボン紀までの間の世界のすべての地域で起きた造山運動を指す。代表的にはスコッ

トランドからノルウェーにかけて起きた。

カルストしんしょくさよう（カルスト侵食作用） -

石灰岩や苦灰岩のような岩酸塩岩の分布する地域の地表と地下に形成される地形を作る、主に溶解作用と崩壊による現象である。

（キ）

きあつ（気圧） -

大気の流れを意味する。単位面積上の空気の質量に重力の加速度を乗じたものに等しいのである。1気圧は水銀760mm又は1,013・25hPaである。正しい気圧は温度摂氏0度、緯度45度の重力加速度を採用し、温度更正と重力更正を行って得られる。

きよくち（極地） -

地球自転の軸が地球表面と交わる点のことで、地球の北極と南極は、赤道及び他の緯度圏の極である。磁力の集まる点を磁極という。

キーワード -

主要単語、つまり問題の解決または句、文の意味解明上のかぎとなる単語のことである。

きこうへんか（気候変化） -

ある場所や地域に関して、各季節に年々繰り返される天候、特に雨量と温度が変更することを指す。気候変化には短期性、中期性と長期性があるが、極短期性（数か月か数年）の気候変化は異常気象と称した方が適当である。その原因もいろいろあるが、地球自己発生的と外因性が考えられ、また自然的と人為的原因がある。気候変動と同義である。

きこうてきびんかんど（気候的敏感度） -

気候変化（特に雨量と温度の変化）の影響の感受率を示す。

きょうりゅう（恐竜） -

中生代に繁栄し、絶滅した主に陸上爬虫類で二足歩行の肉食性と四足歩行の草食性がいた。恐竜絶滅原因については巨大隕石衝突説などが論議されている。恐竜という用語は、ギリシャ語のdeinos（恐ろしい）+sauros（トカゲ）に由来する。伯国で白亜紀のサンパウロ、ミナスジェライス、マラニョンやパライーバ州で恐竜の化石が発見された。

きゅうせっきじだい（旧石器時代） -

考古学上は最も古い時代を指す。当時の文化は狩猟採集経済を基盤とし、中期には埋葬、後期には絵画が出現した。

きょうきゅうげん（供給源） -

砕屑性堆積物の原産地に関する概念で当地域を決定するには、例えば砂質堆積岩の付属鉱物（副成分鉱物）である重鉱物組成の分析を実施すると同時に同じ砂岩層の古流向を測定する必要がある。

ぎょうしゅくさよう（凝縮作用） -

水文学では気体水が液体水に直進する現象を凝縮作用と称する。凝集と縮合は同義の意味を示す。

きかいてきそくてい（器械的測定） -

花粉分析または安定性炭素同位体比を利用して古気候的条件を間接的に推定するのはと違い、過去の雨量や温度の器械的測定情報が直接使用できる場合を示す。

きんぞくきじだい（金属器時代） -

新石器時代（約七、〇〇〇～五、〇〇〇年前）以降に金属（鉄や銅）を武器また日常生活必要品の製造に使い始めた文化的時代を意味する。

きんせい（金星） -

地球軌道のすぐ内側を回る内惑星で、赤道半径は6、052キロメートルで平均密度は 5.24 g/cm^3 でともに地球よりもやや小さい程度である。表面温度は平均摂氏480度もあり、大気の大酸化炭素による温室効果の結果であると解釈される。

ぎんが（銀河） -

銀河は星雲の一つであり、これは星、粉末やガスの引力による集合体である。星雲は宇宙全体に散乱しているが大きいので一兆または小さいので十億以下の星で構成されている。望遠鏡なしで、地球から眺めることができるのは銀河より他に三つの星雲しかない。

（ク）

くうちゅうかふんがく（空中花粉学） -

花粉学の分野で空中を浮動する花粉（広義にシダ植物やコケ植物の胞子を含む花粉と胞子に関するすべての研究分野を含む学問）の分析のことである。

グリピトドン -

貧齒類、グリピトドン上科に属する絶滅した哺乳類である。学名はギリシャ語の *glyptos*（彫刻された）+ *odontos*（歯）に由来している。更新世の南米に分布していたがピアウイー州のセーラ・ダ・カピバーラでも化石が発見された。体長は3・3メートルに達し、アルマジロのように丸くなれず、堅い甲で覆われていた。

グリーンランド -

北アメリカ大陸北東部の島で世界最大の島であり、デンマークの支配下にある。人口は二五、〇〇〇人で面積は二一七万五千六百平方キロメートルに達する。

クラゲ -

刺胞動物門に含まれる硬組織を欠く動物グループの一般名である。形は放射相称の傘状で、その縁に多くの触手を持ち、浮遊生活を営む。軟体部のみからなるため、化石の記録は乏しいが印象化石として残ることがある。

（ケ）

けいそ（珪素） -

非金属元素の一つで化学符号 *Si* で原子量は 28.06 また原子番号は 14 である。

けいそせんだつさよう（珪素洗脱作用） -

岩石あるいは鉱体の珪素が化学的風作用中に選択的に珪素が洗脱作用を受ける現象である。ブラジル国、パラ州のカラジャース鉱山の鉄鉱石は鉄含有量に富んだ、ジャスピライトと称する原石が珪素洗脱作用により生成したと考えられている。

けいそうぶんせき（珪藻分析） -

堆積物中から珪藻を検出し、種類や化石群から堆積環境、地層の対比などを考察する研究法である。試料としては泥岩や珪藻土などが最適である。湖沼、海岸平野や沿岸水域の第四紀の古環境復元に応用されている。

けっしょうさよう（結晶作用） -

気相や液相（ガラス質固体も含む）中から結晶が形成する作用を指す。これに対し、結晶相互の反応などにより岩石中に新しい結晶が生ずる作用を再結晶作用という。

けつがん（頁岩） -

剥離性の良く発達した泥質堆積岩を指す。その性質は堆積時の葉理に起因するものと、続成過程で圧密により粘土鉱物が層理に平行に再配列したもの、脂質有機物の働きによるものがある。ブラジル国サンパウロ州のトレメンベ一頁岩（南パラíba盆地）は油頁岩でこの特徴が非常に発達している。

げんしりょく（原子力） -

原子核の核分裂により発散するエネルギーのことで、これを利用して発電が、近年の化石燃料の二酸化炭素放出を避ける意味で重要視されている。

げんしてき（原始的） -

極最初の条件で原始人、原始時代と原始的状態などに利用され初期の在り方を表現する。

げんしじん（原始人） -

人類出現の最初のころの人間で野生動物とほとんど差のない原始的な狩猟と採集の生活を営んでいた。

げんしたいき（原始大気） -

地球進化の初期に存在していたと考えられる。地球形成時にすでに地表に存在していたと思われ一次大気や、地球核形成や地球進化の際に、地球内部からの脱ガスにより形成された二次大気を含む。

けんせいだい（顕生代） -

古生代のカンブリア紀から現世までの名称で、地球上で多くの生物が生存し、化石として地層中にたくさん残されている時代の意味である。ギリシャ語で *phanoeros* は顕著な *zoicos* は動物の意味である。

けんかしょくぶつ（顕花植物） -

花を咲かせて生殖機能が表面的な植物のことである。

けんたくぶつ（懸濁物） -

気体や液体中に分散して懸濁状態にある物質を示す。前者の例としては黄砂や広域火山灰などがある。液体中で浮流物質（河川）と浮遊物質（海水）を区別することがある。

げんぶがん（玄武岩） -

苦鉄質火山岩の総称である。広義には、アルカリかんらん石玄武岩とアルカリ玄武岩を含める。ブラジル国パラナ堆積盆地のセーラ・ジェラール層は主に白亜紀の玄武岩で構成された大西洋形成当時の溶岩である。

（コ）

こたい（固体） -

堅さと外形を特徴とする物体の状態である。ほとんどの物質の場合は固体の比重がその液体より重い、水の場合は固体がより軽いので氷は水に浮くのである。

こせいだい（古生代） -

顕生代を動物化石の変遷をもとに三分した最初の地質時代で、約五・七億から二・四五億年前を指す。無脊椎海成動物が最も栄えた旧古生代と、陸上の動植物の繁栄した新古生代とに分けられ、前者はカンブリア紀、オルドビス紀、シルル紀に、後者はデボン紀、石炭紀、ペルム紀にそれぞれ三分される。

こきこう（古気候） -

過去の生物や地質学的証拠（堆積構造や生成物）により求められる。一般にある場所における温度や湿度とその他の気象条件を基に論じられる。

こすい（湖水） -

湖の水を示すが通常淡水である。半砂漠や砂漠地方の湖水は塩水の場合がある。例えば米国のイウター州のグレート・ソート・レークは塩水湖である。

こしょうたいせきぶつ（湖沼堆積物） -

湖や沼の堆積物でその性格は降水量と蒸発量、風化の性格、流域の土壌、植生などを決定する気候によって異なる。化学的湖沼堆積物と碎屑性湖沼堆積物に大別される。また、湖底堆積物はその組成から沿岸部に堆積している無機・成分を主とするものと、深底部に堆積している有機成分を多く含むものに大別される。

こうこがく（考古学） -

遺跡や遺物に基づいて人類が登場して以降、現代に至るまでの歴史を解明する科学である。また人そのものの形質を知るために年代学、地質学、古生物や人類学など自然科学の諸分野との連携も欠かせない。

こうごうせいはんのう（光合成反応） -

太陽の光線と大気中の二酸化炭素を吸収して有機物を合成する緑色植物の性質である。この反応により緑色植物は大気中に酸素を発散する。

こうかくるい（甲殻類） -

節足動物部門に属する。体は約二十に分節し、キチン質（菌類や細胞膜を構成する含窒素多糖類）または石灰質の甲殻で覆われ、しばしば背甲を有する。主に水生で肉食。カンブリア紀から完新。甲殻類の例として十脚目のカニ類やエビ類がいる。

こうきせい（好気性） -

酸素を利用して成育する生物の性質である。または生物が利用可能な酸素が存在する状態を指す。好気性生物中にはバクテリアから高等動物までを含む。

こうとうりょくしょくしょくぶつ（高等緑色植物） -

緑色で葉緑素を有するので光合成反応が可能で、上位がく（子房）の植物のことである。

こだいさんき（古第三紀） -

第三紀前半の暁新世から漸新世を合わせた時代のことである。陸上動物では新生代は哺乳類時代といわれるように、中生代に出現した小型の哺乳類がしだいに大型化していく。年代的には六、五〇〇万年から二、三三〇万年の期間を示す。

こうしんせい（更新世） -

第四紀を二分する古いほうの世のことである。最新世または洪積世ともいう。軟体動物化石種の九〇～九五％が現世種で占められた時期のことである。年代的には約一八〇万年から約一万年前のことである。

こかふんがく（古花粉学） -

花粉学の分野で化石を対象とする研究は古花粉学と呼ばれる。当分野で絶滅した植物の花粉化石の場合は古環境情報より年代測定に利用される。

こうぶつしげん（鉱物資源） -

人類が利用する天然資源のうち鉱物からなるものの総称である。広義に地下資源又は地球資源とほぼ同じで、金属、非金属、化石燃料、地下水、地熱、石材などの資源を含む。

こうどひょうが（高度氷河） -

主に山岳地域に発達するので山岳氷河とも称される。地形に支配された氷河を指す。代表的なタイプとして氷原と谷氷河や山腹氷河がある。高度氷河の末端位置の変動は気候変化のよい指標になると考えられている。 - こういど

ひょうが（高緯度氷河）

大陸氷床または大陸氷河と同義である。現在主な高緯度氷河の例として地球上に南極氷床と北半球にはグリーンランド氷床が存在する。更新世には他にスカンジナビア・ローレンタイド氷床が発達したが古生代には Gondwana 超大陸氷床が存在した。

こうひょうき（後氷期） -

完新世（約一万年以前以降）と同義に用いられている。アルプスのウルム氷期または北米の Wisconsin 氷期が最終氷期としての確実な証拠は今まで未発見であり、数百年先に新氷期に突入する可能性は無視できない。結果的に現在は後氷期でなく間氷期かも知れない。

こんだくりゅう（混濁流） -

堆積物重力流の一種で碎屑粒子を主に乱流の上方支持力で浮遊させながら流動する流れのことである。懸濁流と同義である。

コンチネンタルライズ -

大陸斜面の基部にある滑らかな斜面で勾配は $1/40$ から $1/2$ 、 0.00 で

水深は1、400から5、100メートルである。上限は大陸斜面と漸多するが下限の境は深海海丘または深海平原としばしば急変する。

コーサイト -

珪酸鉱物の高压相で、温度摂氏五〇〇から八〇〇度と圧力3・5 GPaの条件で人工的に合成された。米国のアリゾナ州の隕石衝突孔で天然コーサイトが発見され、衝突の際の衝撃波による高压のために岩石中の石英がコーサイトに相転移したと考えられる。

(サ)

さばくか (砂漠化) -

人為インパクトによって生じた土地の荒廃や植生の退行現象である。砂漠化の具体的な現象は土壌や河川水の塩性化、土壌浸食、あるいは飛砂(砂丘の再活動)などとして発現し、食料問題や土砂災害、環境悪化などを引き起こす。

サバンナか (サバンナ化) -

熱帯気候の一つで、熱帯雨林気候の外側に続くが原始林伐採などにより、熱帯雨林がサバンナの熱帯草原と散在する低木植生に変化する現象である。サバンナ気候で気温の年較差は熱帯雨林気候よりは大きい、四季の区別は認められない。

サイクロン -

周辺より気圧が相対的に低く、等圧線で示した場合に閉曲線で示される部分のことである。この中心部には周辺部から地球自転の影響を受けた気流が、北半球では反時計回りに回りながら吹き込む。収束した気流は上昇気流となり雲や降水の原因となるので低気圧内は一般に悪天候となる。

さいぼう (細胞) -

生物の体をつくる最も基本的な構成単位で最も単純な生物でも一つの細胞からなる。細胞は原核細胞と真核細胞に分けられる。原核細胞の化石は始生代初期の三十五億から三十一億年前の地層から発見され、真核細胞からなる藻類化石は、原生代中期の十四億から十二億年前の地層から発見され、原核細胞生物から真核細胞生物の進化がその間に起きたと考えられている。

さいせいさんぎょう (再生産業) -

十八世紀から十九世紀の初めに起きた世界産業革命同様に現代社会で活用されているすべての物質の世界的再生産業革命なしでは、自然資源のすべてが取り尽くし状態になるであろう。

さいせきば (採石場) -

建築や土木またその他の用途に利用するために岩石を採掘する場所のことである。岩石種は主に花崗岩、玄武岩、石灰岩や粘土で主に露天採掘方法で行う。

さいしゅうひょうき (最終氷期) -

第四紀更新世の最後の氷期で約七万から一万年前まで続いた。北欧のバイクゼル、北米のウイスコンシンとアルプスのウルム期に対比される。

さいらくてんてきけんかい（最楽天的見解） -

最善観的解釈の仕方である。例えば人類が近い将来の環境悪化に対する挑戦に関しては人間の知性によっていかなる困難も必ず克服できるという見方である。

さいひかんできけんかい（最悲観的見解） -

最落胆的解釈の仕方である。例えば人類が近い将来に直面せざるを免れない地球環境墮落に立ち向かう余地はすでに尽きて人類は絶望に至るという見方である。

サーベルけんしとら（サーベル犬齒虎） -

更新世末期の絶滅した肉食哺乳動物である。ブラジル北東部でも化石が発見された。

さんそ（酸素） -

化学元素で記号はOである。その原子量は16、000で原子番号は8である。

さんせいう（酸性雨） -

化石燃料の燃焼に伴って大気中に放出された硫黄酸化物、窒素酸化物、フッ化物が、複雑な化学反応によって硫酸イオン、硝酸イオン、塩化物イオン、フッ化物イオンに変化し、これらを大気中で取り込んだ酸性度（pH5・0以下）の高い降水（雨滴や雪）のことを指す。

さんせいど（酸性度） -

水素イオン濃度で、溶液の酸性の強さを示す指数である。

さんそぶんあつ（酸素分圧） -

一定体積の容器に酸素を含む気体混合物を入れたときに、酸素が及ぼす圧力のことである。

さんせいどじょう（酸性土壌） -

水素イオン濃度が6・5以下、あるいは交換酸度Y1が1・1以上の土壌の総称である。土壌溶液中に存在する水素イオンはpHメーターによって測定される。世界の酸性土壌の面積は四六億ヘクタールと見積もられている。酸性度の矯正は粉末状石灰岩を使って実行される。

さんぎょうだいかくめい（産業大革命） -

十八世紀の終りから十九世紀初期にかけて、イギリスを中心として世界で行われた機械化による生産業の激変である。

さんようちゅう（三葉虫） -

多くは底生性の海成節足動物に属する。背甲は石灰化しているが、腹面は上唇など頭部の一部の腹板を除いて石灰化しない。ふつうの体長は二から一〇センチメートルで最大は約七五センチメートルに達した。カンブリア紀に出現し、カンブリア紀後期からオルドビス紀に最盛期を迎え、オルドビス紀末に激滅し、ペルム紀末に絶滅した。ブラジルで北部のパルナイーバ盆地や南部のパラナー盆地の堆積物中で多数発見された。

さんじょうき（三畳紀） -

中生代を三分した最初の時代でジュラ紀前である。三五〇〇万年（二・四三

億から二・〇八億年)間続いた。

さんごしょう (珊瑚礁) -

造礁珊瑚や石灰藻類などが集積して形成された礁のことである。珊瑚礁は珊瑚の幼虫が岩盤などの固体物に付着して広がる。造礁珊瑚は適温摂氏二五度から三〇度で塩分二七から四〇‰の条件を好む。ブラジル最南端の珊瑚礁はバイア州南部のカラヴェラス沖合のアブローリョス諸島に存在する。

ざんりゅうせいぶん (残留成分) -

例えば岩石の科学的風化作用中に溶解度の高い成分は先に浸出され、あとに残った物質の総称である。

(シ)

しぜんかんきょう (自然環境) -

人間活動による人工的作用の影響を受けていない環境の総称であるが、現在で完全な自然環境はほとんど存在しない。

しぜんげんしょう (自然現象) -

自然法則に従って起きる出来事を指す。このような事件には洪水のようにある程度人口的に変更できるものと、全然修正のきかない地震や津波などがある。

しぜんさいがい (自然災害) -

自然現象中で死人や物質的損害をひき起こす出来事である。日本では自然災害が多数起きるが逆にブラジルはその点恵まれた環境に存在する。 -

しぜんしげん (自然資源) -

天然資源の同義語で自然が与えてくれる重要産物である。燃料の場合は回収可能なエチルアルコールがあり、また回収不可能な化石燃料 (石油と石炭) がある。

しぜんしげんとりつくし (資源資源取り尽し) -

回収不可能な自然資源の場合は消耗品なので、使い過ぎると消滅してしまう。

しょくぶつかせきぐん (植物化石群) -

化石植物群と同義語で、ある一つの地層から産した植物化石の全体を示す。過去のある時代に、産地付近に成育した植物相の一部を代表する。

シルルキ (シルル紀) -

古生代の三番目の時代である。名称は古く英国ウェールズの模式地地方に住んでいたシルル族に由来する。当紀の後期はカレドニア造山運動の造山期に相当する。シルル紀は約三一〇〇万年間 (四・三九億から四・〇八億年前) 続いた。

しょうひょうき (小氷期) -

ほぼ十六世紀から十九世紀間における最終氷期以降の氷河の前進期である。ほとんど全世界的に氷河進出、気温低下、植生変化や海面低下が知られている。ブラジルにもその影響は及んでいると思われるがほとんど情報は得られていない。

シリカ－

科学組成 SiO_2 の結晶質、非結晶質または隠微晶質の物質である。天然に産する代表的な物は石英と玉髄がある。水や酸にはほとんど溶けないが、アルカリ溶融、炭酸溶融すると可溶性となる。フッカ水素には溶ける。

しがいせん（紫外線）－

波長は約 0.0004 から 0.0001 ミリメートルの目に見えない放射線であり、太陽放射線を構成する。強烈なイオン化能力を有するので、その特徴を活用して紫外線の強度を測定できる。人間の皮膚癌の原因になる。

しゅうきてきへんか（周期的変化）－

ある期間中に変わる特徴性は自然現象の大部分が有する。例えば第四紀の氷期と間氷期の繰り返しも過去一八〇万年に少なくとも数回起き、同時に周期的海面上下運動が行われた。

しょうさん（硝酸）－

窒素を含んだ強烈な酸で、塩酸と混合すると金も溶かせる反作用を示す。

しょくせいへんか（植生変化）－

一地域に成育している植物の集団及びその状態が、例えば気候の変化の影響により、熱帯雨林からサバンナにまたは逆方向に変る現象を示す。

しょくぶつせいゆうきぶつ（植物性有機物）－

主に植物性の未熟有機物（気化しやすい物質に富む）が時間と熱の影響で成熟有機物（気化しやすい物質に乏しい）に続成作用や土壌化作用で変化して植物性有機物になる。このような有機物は還元環境（酸素に乏しい）の堆積物か土壤に多少含まれている。

しょうとつこう（衝突孔）－

小天体（隕石、小惑星や彗星）が高速（数 km/s ）で衝突することによってできた凹地。太陽系の固体表面をもつ大部分の天体に見られ、直径一ミリメートル以下から二〇〇〇キロメートル以上のものまである。地球上には約百五十の衝突孔があり、多分サンパウロ市コロニア区のクレーターもそのうちの一つである。

しょうとつぼんち（衝突盆地）－

衝突孔または衝突クレーターの内、直径三〇〇キロメートル以上のものを衝突盆地、またはインパクトベースンと呼ぶ。

しょうとつクレーター（衝突クレーター）－

衝突孔と同義語である。

しょうげきかくれきがん（衝撃角礫岩）－

隕石の衝突により地表の岩石が破碎されてできた角礫状岩片が集積固結して生成した岩石である。通常、隕石孔の周辺より孔内に堆積していることが多い。角礫岩を構成する粒子の大きさはまちまちで、ほとんど淘汰されていないのが特徴である。

しょうにゅうどう（鍾乳洞）－

炭酸塩岩からなる岩石の割れ目や層理面などに沿って地下水が流下し、溶解が進行して形成される洞窟である。海水面の変化や地下水の基準面の変化に

よって、レベルの異なる複数の鍾乳洞が形成される。ブラジルではミナス・ジェライス州、バイア州やサンパウロ州の原生代石炭岩地域に多数の鍾乳洞が存在する。

しゅうだんぜつめつげんしょう（集団絶滅現象） -

先カンブリア時代、古生代や中生代末期に起きた無数の生物（動植物）の絶滅事件が地球史の重要な区分基準になった。このような事件を集団絶滅現象と称する。

シアリットかさよう（シアリット化作用） -

湿潤温帯における化学的風化作用の型である。地表条件下で不安定な造岩鉱物の大半は分解して珪素やアルミニウムの非晶質含水酸化物になり、それらが地表で安定な構造をもった粘土鉱物（層状アルミ珪酸塩鉱物）を生成する作用である。

しゅるいたようせい（種類多様性） -

動植物の種類が非常に多い、特にアマゾン地方の熱帯雨林で目立つ現象である。これを解釈するため避難所の学説が提案された。当原理によると最終氷期極相期に地方は現在より乾燥した気候になり、熱帯雨林面積が縮小すると同時にサバンナ地域が拡大した。熱帯雨林は連続性を失って数多い熱帯雨林の島（避難所）がサバンナ内に形成された。各避難所は隣接避難所と遺伝学的交換が中止して動植物種類多様性が生じたという説である。

しんどうちゅうじょうさいでいき（振動柱状採泥器） -

長さ六メートルに直径約二インチのアルミニウム管に鉄筋コンクリート振動機を付着し、ガソリン発動機で振動させて垂直に湖底堆積物や泥炭層などに入り込ませて試料を取る方法である。引き抜く折には三脚を立てて、滑車の手助けで行う。試料がほとんど乱されないので適切なサンプリング法である。

じゅうりょく（重力） -

地球が地上の物体をその中心を向けて引っ張る力のことである。この力は、その物体と全地球との間に働く万有引力と地球の引力と地球の自転で生ずる遠心力との合力である。地球の質量を M 、加速度を g とすれば、この力の大きさは $M \cdot g$ で得られる。

じゅうりょくたんさ（重力探査） -

地球表面で測定した重力加速度を重力変化に対する補正を行い、地下の密度分布による重力異常（ブーゲー異常）を求め、地下の構造、基盤岩の分布、特殊物質（岩石、鉱物、ガス）の存在や分布を推定する物理探査手法である。

じゅうりょくいじょう（重力異常） -

実測重力値またはそれに各種の補正をした値と標準動力との差のことである。補う補正の種類により、高度異常、ブーゲー異常、均衡異常などの重力異常が定義される。これらの各種の重力異常はどういう問題を扱うのかによって使い分けられる。重力異常から得られる情報は地球内の物質の密度分布に関する知識である。

しんせいだい（新生代） -

地質時代（生代）区分の大分けでの最近の時代を指す。哺乳類の時代でそのトップに人間が存在する。年数にして六五〇〇万年以後のことである。

しんとうすい（浸透水） -

河川水などの地表水が地表面から地中に侵入した水のことである。浸透水は地下水面に到達する以前に流出することもあり、これは中間流とよば

れ、地下水流出とは区別される。しんしょくさよう（浸食作用） -

地球の表面が雨、風、波や氷河などの外因的営力で削られる作用のことである。それぞれの営力に対して雨浸、風浸、波浸や氷食という。これは主に機械的作用であるが溶解作用による浸食の場合は化学的作用であり、鍾乳洞などの成因に重要である。

しんせいがんたい（深成岩体） -

火成岩の二大分類の一つで各種の小規模な貫入岩体を含む。その出現は造山帯に限られ、造山運動に伴って、シアルの再熔融により形成される。

しんりんばっさい（森林伐採） -

森や林の樹木を倒して材木を家具製作か建設材料として売るか単に牧場や農場の拡張を実施する。

しょうきこう（小気候） -

狭く限られた地域の気候で、地表の影響を直接受ける気層によって形成される。地形が複雑なほど小気候も細分化され小気候の範囲は固定的ではない。水平的には数十メートルから十キロメートルに及び、高さは数メートルから100メートル単位に及ぶ。

しんせっきじだい（新石器時代） -

中石器時代に後続し、金属器時代に先行する考古学的時代を指す。特徴としては農耕と牧畜が実施されていた。新石器時代の到来により、人類は肉体的により華奢になり、または大規模な集団生活に適応していった。

じょうもんかいしん（縄文海進） -

約一万年前に始まり七、〇〇〇から五、〇〇〇年前に最盛期を迎えた日本海岸海進のことである。海水準の最高頂期は約、六、〇〇〇年前に起き海面は約二メートル高かった。ブラジルのサントス海進に対比できる。

ジュラキ（ジュラ紀） -

中生代を三分したうちの第二番目の地質時代で、三疊紀より新しく白亜紀より古い。約二・〇八億から一・四五六億年の約六二四〇万年間を指す。この名称はフランスとスイス国境のジュラ山脈に由来する。

じょうはつさん（蒸発散） -

水面や土壌面などからの蒸発と、植物による蒸散を組み合わせた語で、地表面から大気中へ運ばれる水の総量あるいはその過程を指す。全陸地の年降水量の六〇%弱が蒸散によって大気中へ戻る。

じんるいかせきがく（人類化石学） -

古生物学または化石学の一分野で化石化した人類、つまり先史時代の人類化石の研究を行う。

じきたんさ（磁器探査） -

地下に存在する強磁性物質の分布や岩石磁性の差に着目した、地下構造解明を目的として実施される物理探査法である。

（ス）

すいそ（水素） -

化学元素で記号はHである。その原子量は1・000で原子番号は1である。地球の引力が不十分なため、水素は原子量が軽すぎて遊離性天然ガスとして大気中に存在しない。

すいわ（水和） -

（a）鉱物または非晶質物質の構造に流体相から水が付加する反応で風化作用、熱水変質作用や変成作用などに伴う。（b）溶液中の溶質粒子が水分子と結合するか、または相互作用の状態にある現象である。

すいじょうき（水蒸気） -

臨界点以下で水が気化した物質で、通俗には湯気や煙霧などとも称する。

すいもんてきじゅんかん（水文的循環） -

雨や雪（降水）として大気から地表に落下した水が河川水や地下水などとして、その地理的な位置や状態の変化を続けながら、再び大気に戻る一連の現象を水文的循環という。

すいせい（彗星） -

太陽系の天体の一種で氷と塵の集合体と考えられ、ほうき星とも称する。周期二百年以内の短周期彗星とそれ以上の長周期彗星がある。

ステイショヴァイト -

コーサイト同様に高压相のシリカ鉱物である。人工的には温度摂氏一、二〇〇から一、四〇〇度と一六〇k b以上の圧力で合成され、天然のステイショヴァイトは米国のアリゾナ州の隕石孔で発見された。比重は四・二八から四・三五でコーサイトより四六%重い。

（セ）

せいさんぎょうようすい（生産業用水） -

各種の生産工場（金属品、食料品、化粧品、飲み物）や工業動力発生熱電気発電所（石炭、燃料油や核燃料利用）また金属や石油精練工場などはいくつかの過程及びいろいろな目的で生産業用水を多少使用する。

せっき（石器） -

石で作られた生活道具の総称である。石器には打製と磨製の区別があり、時代や地方により形態や材質に著しい差が見られる。しかし、用途（機能）と製作法、形態や石材には一定の関係が見られる。石材として黒曜石・珪岩や珪質頁岩が主に利用された。

せっきじだい（石器時代） -

金属器時代に先行する、人類が主要な道具の素材に（鉱物や岩石）を使用した時代で旧石器、中石器と新石器の三区分が使われている。旧石器時代は約

二百五十万から一千万年前で狩猟採集文化時代で、一万年から農耕牧畜を伴う新石器時代を迎えた。

せきゆ（石油） -

天然の石油は地表条件で液状の炭化水素類の混合物である。少量の硫黄、窒素と酸の化合物をも含む。産地、産出層準により組成は多種多様である。ブラジルは世界でも珍しい自給自足の国で生産量の八〇%はリオ・デ・ジャネイロ州沖合のカンポス海底盆地産で、年代的には白亜紀と第三紀である。

せきたん（石炭） -

陸生や淡水生植物の残留物が湿地の還元環境で堆積し、埋没後続成作用を受け、加圧され変質して生じた可燃性の岩石を指す。ブラジルの石炭資源は特に最南端の南リオ・グランデ州と二番目にサンタ・カタリーナ州で生産されるが年代的にはパラナー盆地の石炭紀、ペルム紀の堆積岩である。

せきたんき（石炭紀） -

古生代後期の初め（三・六三億から二・九億年前）の地質時代を指す。北米では下半のミシシッペ系と上半のペンシルバニア系に分けられる。ブラジルのパラナー盆地の石炭紀上半、ペルム紀にはゴンドワナ超大陸を襲った氷河期の記録が数か所で見られる。

せっかいがん（石灰岩） -

方解石とあられ石を主成分（五〇%以上）とする堆積岩のことである。全堆積岩の約二〇%を占めるといわれ、暖かい気候の浅海環境を現す生物化石が多く含まれる。ブラジルの石灰岩は原生代の温和な変成作用に支配された石灰岩が大部分を占めている。

せきがいせん（赤外線） -

赤外線は発光性または電磁性放射線で、その波長は可視的範囲（臨終赤色）からヘルツ波を含める。

せつり（節理） -

地質学的成因による岩石または岩盤中の明瞭かつ平滑な割れ目で、割れ目の面に平行な方向への相対的変位がみられないか、あってもごくわずかなものをいう。

せんじょうち（扇状地） -

河川が形成した谷口を扇頂とする半円錐状の堆積地形を指し、沖積扇状地ともいう。扇状地上の河流は洪水時に扇頂から放射状に分流し、各分流は網状流路を描く。ブラジルに南マットグロッソ州のパンタナール、マットグロッセンセにタクゥリー川の五万平方キロメートル以上の面積の扇状地が発達している。

せっこう（石膏） -

化学組成は $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ のガラス光沢に近い、無色透明、白、灰、帯褐色の鉱物である。加熱により脱水して硬石膏（ CaSO_4 ）になる。

せきついどうぶつ（脊椎動物） -

体の中軸骨格として、背索の周囲に軟骨ないし骨の椎骨を形成する新口動物の門である。カンブリア紀後期に海に出現して以来今日まで顎の形成、水中

から陸上へ移行、温血性と胎生の獲得、直立など、段階的に個体体制が変化したことから、古生物学において重要な研究対象になっている。

せいそくち（生息地） -

（a）ある生物の生存地。（b）ある動物か植物の生命を支えるのに必要な条件が揃った所。

せんカンブリアじだい（先カンブリア時代） -

古生代の始まりよりも古い地質時代で、地球の生成（約四六億年前）から五・六四億年までの約四〇億年を指す。現在では生命の原始型は三五億年以上前に存在し、生命体は先カンブリア時代のほとんどに存在したことが解っている。

せいそうけん（成層圏） -

対流圏上にあり、気温が高度と共に上昇する高度約一二から五〇キロメートル間の気層のことである。空気が成層しやすいので、この名がある。高度二〇キロメートルを中心にオゾンを高濃度に含む層がみられる。オゾンは O_2 が太陽紫外線を吸収して生成するが、自身も紫外線（少し長い波長の）を吸収する。

せっかい（石灰華） -

鍾乳洞内や鉱泉にできる $CaCO_3$ からなるシンター（科学的沈殿物）である。多孔質の軟らかいものはトゥファ、緻密で硬いものはトラバーチンという。ブラジルのバイア州にあるサンフランシスコ川の支流のジャカレーやサリットレ川床に最終氷期極相期（約二万年前）のトゥファが発見された。

せんざいエネルギー（潜在エネルギー） -

しばしば貯蔵エネルギーとも称され、すでに行われた働きを表わす。例えば崖の上に置かれた岩屑は潜在エネルギーを有するが、もしこれが崖から転がり落ちたら潜在エネルギーが運動エネルギーに変わる。

ぜつめつ（絶滅） -

生物（動植物）の系統が子孫を残すことなく消え去ることをいう。地質時代区分の多くは、新動物群の出現により定義されている。絶滅現象の期間は、短い例で約六十万年、長い例では四百万年程度と見積もられている。

ぜったいねんだい（絶対年代） -

年代の前後関係のみを示す相対年代に対し、数値で表現した年代のことである。年代測定で得られた数値が地質学的に有するか否かはまったく別の問題であり、それぞれの場合に応じて十分な吟味が必要である。大部分の絶対年代は物理学の原理に従い放射性同位体を使って測定する。

（ソ）

ぞうりくうんどう（造陸運動） -

大陸の全体またはそのかなりの部分にわたり、穏やかな隆起または沈降をする運動の意味に用いられるのが普通である。ギリシャ語で *epeiros* は大陸の意味である。

ぞうしょうさんご（造礁珊瑚） -

珊瑚類の生態的な区分の呼び名で、基本構造の礁をつくる。現世の造礁珊瑚は水温摂氏十八度以上、五十メートル以浅の海に繁栄し、石灰藻、コケムシや有孔虫などと共に礁を形成する。ブラジル海岸線の最南端造礁珊瑚の存在はバイア州のカラヴェーラス町付近で見られる。

ぞうざんうんどう（造山運動） -

褶曲や断層を生じる地殻内因運動により地層が変形されて山脈や地塊山地を形成する。プレートテクトニクス説ではプレート同志の衝突や沈み込みによって断層や褶曲帯を形成する作用を造山運動といわれ、南米大陸では顕著にアンデス山脈で見られる。

（タ）

たいせき（体積） -

物体の立体的容積または容量に等しい。例えば太陽の体積は地球の百二十万倍にあたる。**たいせきがく（堆積学）**

堆積または沈積物質の起源、運搬、堆積、続成作用、石化の堆積過程にかかわる諸問題を研究する科学の総称である。広義には母岩の風化、浸食過程、堆積物の構成、構造、性質や堆積作用と堆積物の性質が人間生活にかかわる諸問題などを対象に含む。

たいせきがん（堆積岩） -

堆積物が累積して、圧密作用と膠結作用からなる続成作用を受けることにより固結して形成された岩石である。例えば砂は固結して砂岩になり泥は泥岩か頁岩になる。

たいようふう（太陽風） -

太陽の半径の数倍離れたコロナと呼ばれる領域からプラズマのガス圧が高く太陽の重力を超えて、外の空間に向かって高速に吹き出しているもののことである。

たいようほうしゃせん（太陽放射線） -

太陽から放射される電磁放射の総称である。全エネルギーの約半分は可視光線が占め、残りの半分は赤外線、さらに少量の紫外線が占める。

たいせきかんきょう（堆積環境） -

地上で堆積作用が行われている場所の物理的、科学的、生物的、地理的及び構造的諸条件の総体を指す。これらの諸条件の違いに対応して、それぞれの堆積環境下で特有の堆積作用が進行して異なった堆積物が生成される。

たいりくだな（大陸棚） -

海岸線と大陸斜面の頂部（大陸棚外縁、通常一三〇から一四〇メートル）の間で、きわめて緩傾斜（約0・1度）の海底を指す。約一七、〇〇〇年前のウルム氷期最盛期の海面低下によって大陸棚は形成されたと考えられている。

たいりくしゃめん（大陸斜面） -

大陸棚外縁からやや急勾配（三度から六度）の傾斜で深海底におりる斜面である。大陸斜面は汎世界的で、下端はコンチネンタルライズ（非活動的縁辺

の場合)、または海溝(活動的縁辺の場合)に移る。斜面には小海盆や海底谷などがあり、かなり複雑な地形を示す。

たいりくいどうせつ(大陸移動説) -

シアル質の大陸塊(大陸地殻)がシマ中に浮かび、相互に位置を変えて移動するという説である。今日ではリソスフェアがアセノスフェアの上を移動すると考えられている。海洋底拡大説やプレートテクトニクス説などの出現によって多くの支持を得て、今日に至っている。

たいりくきこう(大陸気候) -

海岸から離れた大陸内部に現れる気候を示す。地表面温度は太陽高度に遅れることなく変化し、気候の日較差は大きい。年較差も大きく、その極値の現れる時期は海洋に比べると早い。水蒸気の量が少なく、空気は乾燥しており、年降水量は少ない。

たいせいようちゅうおうかいれい(大西洋中央海嶺) -

大西洋のほぼ中央部を、北はアイスランドから南緯五五度のブーベ島付近まで南北にS字形に存在する中央海嶺である。水深は約三、〇〇〇メートル、中軸谷の深さは二、〇〇〇メートルで幅は一三キロメートルから五〇キロメートルに至る。地殻構造的にはモホ面が深く、玄武岩層とマントルの中間の速度の中間層が見られる。

たいりゅうけん(対流圏) -

地球の大気圏を細分したとき、最も下層の部分で地表から、熱帯で十六キロメートルと寒帯では八キロメートルである。地球が太陽で暖められ、軽くなった空気が上昇する。逆に上空では赤外線として熱を放出する方が大きいので温度が下がり、対流が起こる。平均温度は地表で摂氏十五度または十二キロメートル上空でマイナス六十度である。

たんそ(炭素) -

非金属元素の一つで化学記号はC、原子量は12・000と原子番号は6。天然には非結晶質の石炭、結晶質のダイヤモンドや植物を形成する。

たんすい(淡水) -

ほとんどCaとMgの塩分を含まない水のことである。しかしながら炭酸カルシウムを60mg/L以下含む場合は多い。

たんこうさぎょう(探鉱作業) -

有用地下資源を採掘して市場に提供する連の作業のことであるが採掘のみの場合にも用いる。

たんぱくしつ(蛋白質) -

すべての細胞中の原形質に主成分として含まれる含窒素有機化合物の総称である。生細胞の構物質としての、またその活性物質(酵素)として、生命現象の基本となる物質ともいえる。

だいさんき(第三紀) -

地質時代最新の新生代のうち、氷河時代より前の時代のことである。古いほうから暁新世、始新世、漸新世、中新世、鮮新世に区分し、前三者を古第三紀、後二者を新第三紀という。年代は〇・六五億から約一八〇万年前間を示

す。

だいしき（第四紀） -

地質時代最後の紀で更新世と完新世に区分で一般に用いられている第四紀の期間はイタリアのブリカを模式地とするおよそ一八〇万年以降を意味する。

だいきこう（大気候） -

水平的に広範囲に認められる大スケールの気候のことである。それは地球の自転や大陸、大洋、大山脈などによって影響された大気大循環の形をとっている。

だいこうずい（大洪水） -

大豪雨による大水のことである。聖書のノアの大洪水は大体に気候最良期と対比できる。

だんそう（断層） -

岩石の破壊によって生ずる不連続面のうち、面に平行な変位のあるものを指す。力学的には岩石の剪断破壊を表すこの不連続面を断層面といい、その向きを走向と傾斜（または倒角）で表現する。

（チ）

ちかく（地殻） -

地球を形成する成層構造のうち、一番外側の層を指す。花崗岩と玄武岩層とからなる大陸地殻の部分と、玄武岩層からなる海洋地殻の部分とに分けられる。大陸地域での厚さは三〇から四〇キロメートルで深海では海水を除くと一〇キロメートル未満の地域が大部分である。

ちきゅうきけん（地球気圏） -

地球を取り巻く大気の部分で対流圏、成層圏、中間圏と電離圏（熱圏）に区分される。その総量は $1 \text{ kg} / \text{cm}^2$ （水銀柱 760 mm）程度しかないが、動きが速いので変化がすぐ現れるので、人間生活にとって重要である。

ちかくへんどう（地殻変動） -

測量によって認められる現在の地殻の変位や変形のことである。瞬間的に大地震により数十センチメートルから数メートルの変位が生ずることもある。これらの変位や変形が累積されて、古い時代の地層や岩石ほど複雑な構造を呈することになる。

ちきゅうじば（地球磁場） -

地球で生成される磁場のことで、地表より下に起原を持つ内部磁場と地表より高い所に起原を持つ外部磁場とがある。

ちきゅうおんだんか（地球温暖化） -

地表面から放出される波長 4 から 100 マイクロメートルの熱放射を大気成分ガスが一部吸収し、下方の地表面に再び放出することを温室効果という。これによる地球の、主に過去百年間の平均気温上昇を地球温暖化と称する。

ちきゅうぶつりたんさ（地球物理探査） -

物理学的手法により地球の内部を調べることである。地震波の速度構造を調べる地震探査や質量の分布を調べる重力探査や磁性物質の分布を調べる磁気

探査などがある。

ちきゅうかがくたんさ（地球化学探査） -

金属、石油、石炭や地熱資源、活構造の存在及び活動度に関連する元素、化合物の濃度や組成異常をあらゆる物資の化学や同位体組成分析から検出する手法を指す。

ちかすい（地下水） -

広義には、岩石圏の飽和帯中にある水を地下水と称する。成因的には処女水、化石水、循環水、空隙水、裂隙水や空洞水に分類される。

ちっそ（窒素） -

気体元素の一つで化学記号はN、原子量は 14.008 で原子番号は7である。

ちゅうしんせい（中新世） -

新生代新第三紀の前半の時期であり、海進の時代又地殻変動の激しかった時代でもあった。気候は前半が温暖湿潤、後半は乾燥の傾があった。ブラジルでも最も代表的なのはパラ州海岸平野のピラーバス層である。

ちゅうせいだい（中生代） -

古生代と新生代の間で、約二・五一億年から約六、五〇〇万年に至る約一・八六億年間を指す。古い方から三畳紀、ジュラ紀と白亜紀に三大別される。

ちゅうせきそう（沖積層） -

現在の水系に沿う作用で堆積した泥、砂、礫や泥炭などのことである。現在の河岸や海岸平野を最終的な堆積面とする堆積物を指す。

ちしがく（地史学） -

地球の歴史を研究対象とする地質学の分野である。狭義には岩石や地層についてのあらゆる地質学的事実を総合し、地球の表面付近における過去の歴史を考究すること。

ちかがくおんどけい（地科学温度計） -

温泉水や地熱水または噴気ガスの化学成分濃度や同位体比、または鉱物の同位体比などのデータから、化学平衡や同位体交換平衡の温度依存性を利用して地熱水の温度や鉱物の生成温度を求める方法である。

ちゅうせいし（中性子） -

原子核の構成要素で、電荷量なしでその質量は陽子と同じである。

ちゅうじょうしりょう（柱状試料） -

普通は未固結あるいは半固結堆積物を地層に垂直に柱状に採取するサンプルを指す。石油発掘では確固たる岩石の同じく柱状の試料も回復可能である。

ちゅうきこう（中気候） -

大気候と小気候との中間スケールの気候のことで、広さは10から100キロメートル程度であるが地形の状態の複雑さにより、その広さは異なる。両者に比べて研究が立ち遅れている。

ちんでんさよう（沈殿作用） -

水溶液中の可溶性成分が物理化学的条件の変化あるいは蒸発による飽和に伴い沈殿する現象のことである。例えば塩田で岩塩が沈殿する作用を指す。

(ツ)

つなみ（津波） -

地震、火山噴火や地すべりなどのような突発的原因に伴って起こる水中の大規模重力波の総称である。地震が直接原因とする津波が最も多い。

(テ)

ていあつたい（低圧帯） -

平均天気図上において気圧の低い帯状の地域を示す。主として東西にのびる場合に用いられる。

ていじゅうせいせいかつ（定住性生活） -

無活動的定住した生活で、現代人が特徴的である。原始人の放浪生活に対立する。

テクタイト-

衝撃ガラス（インパクトイト）に類縁の地球起原物質とされ、黒曜石に似たガラス状の物質である。産地によって、それぞれ形や色に特徴がある。巨大隕石が地球に衝突した折に、蒸発、気化した大量の地球物質が空中に放出され、それが急冷しガラス化したものと考えられる。

てんねんガス（天然ガス） -

広義には天然に地下に存在し、地表で気体状の物質のことである。不燃性（炭酸ガスや窒素ガスが主成分）と可燃性（炭化水素が主成分）に分けられ、狭義の天然ガスは後者に限る。

てんもんがく（天文学） -

天体とその現象を対象とした自然科学の一分野である。比較的古くから発達した位置天文学をはじめ、天体力学、天体物理、電波天文学や宇宙論など、きわめて多様な部門に細分される。

でいたん（泥炭） -

湖沼、河川の後背湿地など排水不良地に生育する草木、樹木類およびコケ類などの遺体が還元状態で堆積した未分解の有機物質である。ブラジルでは例えばサンパウロ州のパライバ河畔で見られる。

でんし（電子） -

素粒子の一つで、原子や分子の構成要素の一つである。十九世紀の終りに真空放電中に初めてその実在が確かめられた。

でんりけん（電離圏） -

地表大気の外層で遊離の電子が多く存在する。九十キロメートル以下のD層、九〇から一六〇キロメートルのE層とそれ以上のF層に分かれる。熱圏（Termosfera）とほぼ同じ範囲である。

でんじほうしゃ（電磁放射） -

電磁放射は電力と磁力によって発生されておよそ光の速度（約三〇万 km/s）で伝わる。当放射線スペクトルは超短波ガンマ線から、X線、紫外線と可視線を通じて赤外線から超長波ラジオ電波まで達する。

デボンキ（デボン紀） -

中期古生代の後期にあたり、四・〇九億から三・六三億年前の四、六〇〇万年間を指す。魚類が世界的に大発展したので魚類時代とも称される。

（ト）

トリウム -

放射性金属元素の一つで化学記号はTh、原子量232・1で原子番号は90。モナズ石砂鉱床の重要な構成鉱物である。ブラジルのリオ・デ・ジャネイロ州からバイア州などの海岸に砂鉱床が分布している。

とうそく りい（頭足類） -

軟体動物門の一綱で、体部は前方に向かって内臓塊・頭と足からなり、頭部に足がつく特徴のためこの名がある。現生種は約七三〇種ですべて純海生で生活様式は遊泳性、浮遊性と底生遊泳性である。化石種は一万種以上が記載されている。

どじょう（土壌） -

多少腐食によって着色されている無機と有機の化合した地殻最表層生成物である。動植物とその遺体、母材、気候及び地形などの要因の総合的な作用として歴史的に形成され、絶えず変化している自然体で、その生成過程は土壌断面の形態や組成、性質に反映されている。

どじょうせいせいさよう（土壌生成作用） -

土壌生成様式または土壌生成過程の研究に関連し、母材、気候や地形などの要因を総合的に考慮する。

どじょうゆうきぶつ（土壌有機物） -

土壌中に含まれる植物、動物および微生物遺体と、それらが物理的、化学的または生化学的に分解や合成して形成された腐植物質の総称である。

どういたい（同位体） -

同一の元素で、原子物質の異なるものを示す。同一の元素では陽子の数が一定なので同位体の間では中性子の数が異なる。例えば¹⁶Oと¹⁸Oでは陽子数は8、中性子数は各8と10である。

ドリーネ -

カルスト地形地域に見られる溶食によって生じた漏斗状凹地形を示す。底にはシンクホール（吸い込み穴）がある。ドリーネはセルヴォクロアチア語で谷のドリーナ（dolina）を意味する。直径は通常数メートルから数百メートルで深さ数メートルから百メートル余である。ブラジルのミナス・ジェライス州のセッテ・ラゴアスの名前は当市に存在するドリーネと関係した湖に由来。

（ナ）

なんきょくたいりく（南極大陸） -

南極に存在する面積約一、三〇〇万平方キロメートルの巨大な大陸のことである。そのほとんどが厚さ平均二、六三八メートル（最厚部四、五〇〇メー

トル)の氷床で覆われている。氷の堆積は $(30 \cdot 1 \pm 2 \cdot 5) \times 10^6$ 立方キロメートルで全地球に現在ある氷の約九〇%を占める。

ないいてきちしつさよう (内因的地質作用) -

地表付近でみられる諸作用のうち、その原因が地球内部にあるものの総称である。外因的地質作用の対語で、火成作用、変成作用、構造的諸作用のすべてを包含する。

ないりくきこう (内陸気候) -

海洋の直接的影響を受けない内陸地域の気候で海岸気候の対語である。大陸気候と同義に用いられることがあるが、一般にはより小規模の地域について用いられる。

ないりくさきゅう (内陸砂丘) -

大陸内部の乾燥地帯に分布する砂丘のことである。ブラジルではその例としてバイア州のサンフランシスコ川の左側の川岸に分布する河川砂丘がある。その高さは五〇メートルに達し、ピロンアルカード村からバーラ村まで約七〇〇〇平方キロメートルの面積を占める。

(二)

にさんかたんそ (二酸化炭素) -

炭酸ガスと同義の不燃性ガスで分子式は CO_2 である。天然のものは無機起因ガス (大部分が火山性) と有機超因ガス (炭化水素に伴う例が多い) に区分される。

にんげんこうか (人間効果) -

人間活動による自然の法則を無視した妨害によって犯される自然環境の損傷を指す。現実的な人間効果の結果として砂漠化やサバンナ化現象があげられる。

(ネ)

ねつエネルギー (熱エネルギー) -

熱エネルギーは自然的 (例えば地熱) と人為的 (例えば化石燃料を用いた) に区分されるが、両者とも発電用に利用できる。

ねつせいこうか (熱性効果) -

温度の強度やそれを伴う圧力または巻き込まれた物の性質に従って熱性効果は異なる。例えば泥炭のような有機質の堆積物は無機質の泥に比較すると熱性効果を顕著に現わす。

ねったいちほう (熱帯地方) -

赤道を挟む低緯度地帯を指す。気候学的又は地理学的にこの地域を確定する試みは数多いが、いずれも不十分といえる。それは例えば温度的に定義されても、降水量の多少の地域差は大で年変化があり、植生景観に反映している。

ねったいうりん (熱帯雨林) -

雨の作用による植生を公開する地域で、主に熱帯地方で見られる。

ねったいないしゅうそくたい（熱帯内収束帯） -

南北両半球の気団の境界を指し、両半球からの貿易風が収束する部分で、主に夏半球の側に位置する。赤道前線あるいは熱帯前線とも称される。

ねんどかさよう（粘土化作用） -

熱水溶液と反応して岩石が粘土鉱物に交代される作用で、カオリン化作用や緑泥石化作用などが存在する。

ねんどこうぶつ（粘土鉱物） -

含水珪酸塩鉱物で、普通層状結晶構造を有する。大きなサイズの結晶は一般に存在しない。

（ノ）

のうさんぶつかんがいようすい（農産物灌漑用水） -

不規則な分布を示す天然の降水制度を補うために農産物の順調な成育に必要な水のことである。家庭用水や工業用水より遥かにこの用水は多量に利用される。普通は灌水法を利用するが浪費が解りきっており、最も速く効果的な滴下方式に取り替えるべきである。

（ハ）

はちゅうるい（爬虫類） -

卵生で主要部分が鱗で覆われ、完全に不在か非常に短い足の脊椎動物を指す。普通は冷血動物である。

はくあき（白亜紀） -

中生代を三分したうちの最後の地質年代で、約一・四五六億から六五〇〇万年の約八〇六〇万年間を示す。白亜紀には生物群（動植物）に大きな変革があり、例えば恐竜の絶滅があった。

はんしゃりつ（反射率） -

太陽系の天体（惑星や衛星など）の太陽からの入射光に対する反射光の強さの比率を示す。小数または百分率で表す。全体を厚い雲で包まれている金星は 0.78 （ 78% ）もあるが大気のない月はわずか 0.07 （ 7% ）に過ぎない。アルベドともいう。

はんさばく（半砂漠） -

気候的に本当の砂漠と草原地帯の間にある地方のことである。ブラジル北東部のカアチンガは半砂漠と称される。

パリスカンぞうざんうんどう（パリスカン造山運動） -

古生代後期、特に石炭紀を中心として起こった造山運動のことで、標準地はヨーロッパでは、アルデンヌ・ライン頁岩山地を形成し、カレドニア山地とアルプス山地との間を占める。

（ヒ）

ひょうしょくさよう（氷食作用） -

氷河の浸食作用で氷体の中に挟まれた岩塊が研磨剤となって基盤の突出部を

削り取ったり、すり磨く現象である。同一降水量のもとでは水食に比較してはるかに大きい。

ひょうしょくこく（氷食谷） -

発達した氷河が下方の河谷に流入した谷氷河が浸食してつくる地形のことである。河谷はV字形の横断面を見せるが、氷食作用に形を改められたU字形に変わる。

ひょうが（氷河） -

地球表面に存在し、継続して流動する氷体を示す。現在の最大の氷河は南極大陸を覆いその体積は地球の氷河の九〇%を占める。

ひょうがじだい（氷河時代） -

地質時代で大規模な氷床が存在した時期を指す。一般に氷河時代といえば第四紀を意味するが、石炭紀からペルム紀や先カンブリア時代にも数回にわたって氷河時代があった。

ひょうがかくちょう（氷河拡張） -

地球上の氷床の厚さと面積が増大する現象を示し、通常氷期にこの傾向が見られる。氷河進出が起きる。

ひょうがしゅうしゅく（氷河収縮） -

地球上に存在する氷床の厚さと面積が減少するが、普通この傾向は間氷期に対応する。

ひししょくぶつ（被子植物） -

種子植物を二大別する分類で、裸子植物に対し、胚珠が心皮に包まれており、重複受精を行う分類群を指す。種子は子房に包まれ果実を形成する。陸上植物中では最も多く、二十四万種が知られている。

ひょうれきがん（氷礫岩） -

氷体中に挟まれた岩塊や同時に運ばれる砂や泥が氷解と共に堆積し団結してできた岩である。英語ではテイライトと呼ばれる。

ひなんせつ（避難説） -

種類多様性を参照。

ひしてっこう（菱鉄鉱） -

黄、黄褐、灰色の半透明、ガラス光沢の堆積性鉄鉱物である。化学式は FeCO_3 で硬度4と比重は 3.96 である。ブラジルのパラ州カラジャース高原上の湖底堆積物でも発見された。英語ではシデライトと称し、ギリシャ語の鉄（*sideros*）に由来。

ひぞうしょうさんご（非造礁珊瑚） -

礁をつくらない珊瑚類のことである。普通、深海珊瑚は水深一〇〇メートル以上の所に住み礁をつくらない。

ひじゅう（比重） -

ある体積をもつ物体の質量と、それと同等体積の基準物体の質量との比率である。固体や液体の場合は普通摂氏4度、圧力1気圧下の純水を基準とする。

びせいぶつ（微生物） -

肉眼で見ることでできない微小な生物を指す。狭義には細菌、菌類やウイルス

スなどをいい、広義には原生動物、藻類も含める。いずれも地球上に広く分布し、人間を含む地球環境に大きくかかわっている。

びりょうせいぶん（微量成分） -

地殻を構成する元素は主に酸素、珪素などの八種の主成分元素であるが、この他にもウラニウムまでの全元素がさまざまな割合（存在比）で含まれる。微量成分とは鉱物、マグマ、海水や鉱液などの溶液または固溶体に少量含まれる成分のことである。

（フ）

ふっそ（弗素） -

非金属質気体元素で化学記号はF、原子量は19・00で原子番号は9である。

フロン-

塩素化、弗素化されたメタンやエタンの慣用名である。商品名はフレオンである。温室効果ガスとして作用することが解り、またオゾン層を破壊していることが判明したので、一九八七年にフロン生産や消費の全廃に向けて国際協定（モントリオール議定書）が締結された。

ふうかさよう（風化作用） -

岩石が地表にさらされて、ルーズな含水物質に変化する過程のことである。物理的と化学的風化作用が認められる。前者は液体状の水が不足する環境で有効であり、後者は液体状の水なしの環境では効果がないことが解っている。ブラジルでは雨は多いし気温も高いので化学的風化作用が顕著である。

ふゆうせいゆうこうちゅう（浮遊性有孔虫） -

外洋の表層水中に終生浮遊生活をする有孔虫のことである。珪藻やナンノプランクトンなどの有力な植物性プランクトンの出現に合わせてジュラ紀後期に現われ、白亜紀末にほとんど絶滅した。地質時代判定に役立つとして白亜紀や古第三紀に関して古くから応用されている。

プレートテクトニクス -

地球の表層部が幾つかの硬い板（プレート）に分かれており、それらがほとんど変形することなしに相互に水平運動（球面上の回転）をしているという考えに基づく理論である。

（ヘ）

ペルムキ（ペルム紀） -

古生代最後の紀で二・九億から二・四五億年前の四、五〇〇万年間続いた地質時代を指す。古生代特有の生物は異常進化と衰亡の傾向をたどり、裸子植物の急増のような中生代特有の生物群の発生を促した。

ヘリウム -

大気中の希ガス（化学作用に抵抗する）で化学記号はHe、原子量は4・000で原子番号は2である。

へんせいがん（変成岩） -

多少高熱高压の変成作用を受けた岩石を称する。変成作用の種によって、広域変成岩（千枚岩、結晶片岩、片麻岩など）接触変成岩（点紋粘板岩）や動力変成岩（カタクラサイトやマイロナイトなど）に分類される。

（木）

ほにゅうるい（哺乳類） -

脊椎動物門の一綱で、子を乳で育てる特徴を有する。ヨーロッパのジュラ紀中期で初めて出現した。学名はラテン語の *mamma*（乳房または乳首）に由来。

ほうしゃせいげんそ（放射性元素） -

放射能力を有する天然放射性元素と人工放射性元素があるが、狭義には前者だけを指す。また安定同位体を全くもたない元素（ラジウムやウラニウム）の意味にも利用される。

ほうしゃせいたんそねんだいそくていほう（放射性炭素年代測定法） -

主に動植物遺体中の放射性炭素 ^{14}C 濃度が、生物の死後、時間と共に減少することを利用した年代測定法である。現在は最低三百年から五万年か六万年までの年代測定法として広く利用されている。測定値の年数の *B P*（西暦一九五〇年の基準年前）をつけて例えば三、六八〇±六〇〇年 *B P* と表記する。

ほうしゃのうたんさ（放射能探査） -

天然または人工放射能を利用する探査法で受動的探査と能動的探査に大きく二分される。前者は岩石中の天然放射性元素（ウラニウムやトリウム）が放出する放射線をシンチレーションスペクトロメーターなどで測定し、その強度やエネルギーの分布からこれらの存在を定量的に推定する。後者は人工放射線（例えば中性子線）と岩石構成元素との相互作用によって二次放射線を測定し、水分や元素の存在を推定する。

ほうていかふんがく（法廷花粉学） -

犯罪の調査に証拠の追究に花粉学を応用する分野である。著者も数年前にサンパウロの電気製品輸入会社が約三十万米ドルの盗難にあった。数か月間サントス港の倉庫に保管された三つのコンテナがサンパウロ近郊のスザノ市の倉庫へ運ばれた。その時にはコンテナ内にも単に黒色土の塊、建設用砂利か巨礫が入っていた。盗難がサントスまたはスザノで犯されたかを決定するのに花粉分析と同時に珪藻分析を行い、結果的にサントスで起きた犯罪であることが解った。

ほうろうせいかつ（放浪生活） -

野生の動物の生活のように水と食料を求めて移動する安定性のない生活を指す。

ほうえきふう（貿易風） -

亜熱帯高压帯と赤道低压帯の間に卓越する偏東風である。南半球では南東風、北半球では北東風となることが多いので、それぞれ南東貿易風、北東貿

易風と呼ばれる。地球上で最も安定した地上風系である。ブラジル北東海岸の典型的な風である。

ボーキサイト化作用 -

ラテライト化作用中で特有な化学的風化作用によりアルミニウムに富んだ残留鉱床を形成する作用である。アルミニウムは主にギブサイトやベーマイトとして存在する。

ぼがん（母岩） -

鉱床または普通の岩体を形成する鉱物を供給する岩体を指す。母岩は化学組成、鉱物組成、固結度の相違により、成分の洗脱による化学的風化や、ひずみの解放に伴う破断による物理的風化が異なった形で現われる。

ポリエー

カルスト地形地域で見出される溶食盆地を指す。ドリーネやウバーレよりさらに大きく、面積数平方キロメートルから数百平方キロメートルに達する。盆地の側壁は一般に急峻で底は平坦で常に砂や粘土で覆われる。

ポタシウム -

アルカリ金属性化学元素で化学記号はK、原子量は39・104で原子番号は19である。

（マ）

マングローブ -

熱帯及び亜熱帯の海岸や河口の潮間帯泥地に成育する常緑低木や常緑高木からなる植生である。支柱根、呼吸根、脂生の果実をもつ植物が多い。現在ブラジルの海岸線沿いにはアマパー州からサンタカタリーナ州のラグーナ市付近までマングローブ林が存在する。

マンモスぞう（マンモス象） -

長鼻目象科マムサス属の一種である。通常マンモス象といえは約七万年前ごろから出現する本種を指す。最も新しい生息の記録は約四〇〇〇年前のものである。ブラジルの北東地方でもマンモス象の化石が発見されている。

マントル -

地殻の下に存在する深さ約二九〇〇キロメートルまでの固体層を示す。地球の全体積の八三%を占める。

（ム）

むじゅしつしょくぶつ（無樹質植物） -

花粉分析の結果を処理する段階で樹質植物花粉と無樹質植物花粉の二つのグループに分けられる。前者は高温で高湿条件また後者は高温か低温で低湿条件を指す。無樹質植物花粉は主に灌木や草原に富んだ植生に特徴づけられる。

（メ）

メタン -

パラフィン質炭化水素系の第一番目の気体で、炭素原子一つと水素原子四つの化合物である。沼気（沼地のガス）とも称される。

（ヨ）

ようはいがん（羊背岩） -

氷食で研磨された基盤岩の小起伏の波状の円滑な瘤状突起群を指す。表面には溝型や擦痕が刻まれる。上流側に緩、下流側に急の断面は氷河流動の方向を示す。ブラジルのサンパウロ州のサルト町ではコンドワナ古大陸の石炭紀からペルム紀の氷河時代に形成された羊背岩が当地の先カンブリア時代の花崗岩上に残っている。

ようがん（溶岩） -

岩石を構成する物質が熔融状態にあるものを指す。マグマとほぼ同義だが、マグマは地下に存在するが、溶岩は地表に噴出した物である。主として珪酸塩の熔融体からなる物が多い。

ようしょくさよう（溶食作用） -

広義には、岩石や土壌が天然水に接触したとき、溶解、加水、分解、水和などによって化学的におかされる作用の総称である。石灰岩、石膏や岩塩などの易可溶性物質に対して顕著に働く。溶食作用は風化作用と浸食作用を同時に含むとの解釈も可能である。

（ラ）

ラピエー

炭酸塩岩が二酸化炭素を含んだ水によって溶解されて生じた溝状の凸地である。車のわだちを意味するドイツ語カレンまたはフランス語の溝状の凹地と凹地間の稜部も含めてラピエに由来する。

（リ）

りくじょうたいせきぶつ（陸上堆積物） -

陸上で形成された堆積物を示し、非海成堆積物または陸成層とほぼ同義である。狭義の陸成層と陸水成層または淡水成層に分けられる。より広義には、残留堆積物を含む。狭義の陸成層は、風成層および氷河成層に分けられる。陸水成層には、河成層、湖成層及び沼成層、洞穴成層などがある。

りゅうき（隆起） - 地殻が広い範囲にわたって上がる運動を示す。変位は主として、鉛直方向で、水平方向変位は伴わない。沈降運動と対照をなす。

りょうせいるい（両生類） -

最も原始的な四足動物の一綱で、水中と陸上の両方に生活する動物という意味である。デボン紀後期に総鰭類から進化し、石炭紀からペルム紀には迷歯亜綱や空椎亜綱が繁栄した。いずれも体表は鱗で覆われていた。空椎類はペルム紀、迷歯類は白亜紀に絶滅した。現在のアシナシイモリ類、サンショウオ類やカエル類の三目はジュラ紀に出現した。ブラジルの最南端の南リオグ

ランデ州のサンタ・マリア市付近の三畳紀の陸上堆積物からは多数の両生類の化石が産出された。

(ル)

るいじんどうぶつかせき（類人動物化石） -

類人猿のように人間に似た猿の遺体で地層中に埋没して保存されている。例としてアフリカ大陸のシャッド国の砂漠で西暦二〇〇三年に発掘された約七〇〇万年前のものと推定される類人動物化石がある。

(ロ)

ろてんかさよう（露天化作用） -

数多い浸食作用（雨食、河食、風食、氷食など）により自然的にまたは露天採掘により人工的に地下の地層が露天化する現象である。

ろとう（露頭） -

鍵層、地層、岩脈などが自然的または人工的に地表に現われる部分をこのように称する。（ワ）

わいせいげんしょう（矮生現象） -

例えば気候条件（温度または湿度）の悪化による食料補給不足で動植物の成長が不十分で生ずる現象である。ブラジル北東地方内陸部の住民はこの現象を見せる場合がある。

わくせい（惑星） -

太陽系の天体のうち、水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星と海王星の総称である。惑星は太陽光を反射して輝き、恒星のように自らは輝かない。地球軌道を基準に、その内側の水星と金星を内惑星、外側の火星から海王星を外惑星と称する。

Currículo Resumido

KENITIRO SUGUIO é bacharel em geologia pela Universidade de São Paulo, onde se formou na 3ª turma em 1962. Trabalhou na Petrobrás (Região de Produção do Nordeste-RPNE) em Maceió (AL) entre 1963 e 1965. Transferiu-se para a USP, atendendo ao convite do Professor Setembrino Petri, com o objetivo de lecionar e realizar pesquisas geocientíficas, onde permaneceu entre 1966 e 1996 e aposentou-se como professor titular do Instituto de Geociências. O autor tem trabalhos publicados em periódicos nacionais e estrangeiros e participou de vários eventos, tanto no Brasil como no exterior. A sua produção bibliográfica ultrapassa 400 títulos. Foi orientador principal de mais de 30 dissertações de mestrado e teses de doutorado, não só no Instituto de Geociências da USP mas também do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (Campus de Rio Claro, SP). É sócio efetivo da Sociedade Brasileira de Geologia (SBGeo) desde 1963 e sócio honorário e fundador da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA) desde 1984. Foi eleito membro titular da Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP) em 1980, onde ocupou cargos na diretoria. Desde 1990 é membro titular da Academia Brasileira de Ciências (ABC). Recebeu vários prêmios e condecorações, tais como a Medalha de Mérito Científico do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em 1981, o Prêmio Jabuti da Câmara Brasileira de Livro em 1993, a Comenda da Ordem Nacional do Mérito Científico do Ministério de Ciência e Tecnologia em 1998, o título de Professor Emérito do Instituto de Geociências da USP em 2003 e a medalha de ouro de Mérito Científico José Bonifácio de Andrada e Silva em 2006 da SBGeo. Desde 1996 permanece como professor voluntário no Instituto de Geociências da USP onde orienta pós-graduandos e ministra disciplinas de graduação e pós-graduação. A partir de 2004 é professor titular da Universidade Guarulhos no Centro de Pesquisa, Pós-graduação e Extensão (CEPPE).

著者略歴

一九六二年サンパウロ州立総合大学で第三回目の卒業生として地質学士号を取得。

一九六三年より約三年間、ブラジル北東部アラゴアス州のマセイヨ一市で石油公団ペトロプラス（北東部生産地域）に勤務。

一九六五年の末、ペートリ教授の招待に応じ母校へ移転して教職及び学術研究専念の道に従事。

一九六五年の末から教練士として採用される。

一九六八年に博士号を獲得して助手に昇進。

一九六九年十二月から一年間、東京大学海洋学研究所と通商産業省工業技術院地質調査所化石燃料科で各六か月博士課程終了後の研修に携わる。当時の東京大学教授奈須紀幸氏と地質調査所課長徳永重元博士のお世話になる。

一九八六年に教授試験に合格、引退するまで約十年間は地質学部教授として勤務。数多くの国内、国際学会で研究成果を発表すると同時に数百の論文を専門誌に公表する。また約十冊の教科書を発行。約四十名の修士課程と博士課程大学院生をサンパウロ大学地質学部に限らず、海洋学部や他の公立、私立大学で指導した。一九六三年からブラジル地質学会正会員、当学会の理事第一会計も八年間務めた。ブラジル第四紀学会創立者及び名誉会員。

一九八〇年にサンパウロ科学アカデミー、一九九〇年にブラジル科学アカデミーの正会員に選出される。

一九九三年にブラジル書籍議院のジャブチー賞受賞。

一九九八年に学術功労国家勲位章受賞。

二〇〇三年、サンパウロ大学地質学部名誉教授学位受賞。

二〇〇六年、ブラジル地質学会学術功労最高賞ジョゼー・ボニファシヨ勲章受賞。

一九九六年サンパウロ州立大学引退、その後も同大学地質学部志願者として大学院生指導や講義を続けながら、グァルーリョス大学地球環境考察大学院教授として勤務、現在に至る。

Sugestões Para Leitura Complementar

- SUGUIO, K. 1999. Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais: Passado+Presente=Futuro? (em português). São Paulo (Brasil): Paulo's Editora, 336 p.
- SUGUIO, K. 2006. Água (em português). Ribeirão Preto (Brasil): Holos Editora Limitada, 241 p.
- SUGUIO, K. & SUZUKI, U. 2003. A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida (em português). São Paulo (Brasil): E. Blücher Editora Limitada, 164 p.
- SUZUKI, U. 1996. O que é a Terra? (em japonês). Tóquio (Japão): Diamond Editora, 222 p.

追加読書提案

- 鈴木・U・1996、「地球って何だろう？」（日本語判）、東京都（日本国）
：ダイヤモンド社、二二二頁。
- 杉尾・K・1999、「第四紀地質学と環境変動。過去＋現在＝将来？」（ポルトガル語判）、サンパウロ（ブラジル国）：パウロ出版社、三六六頁。
- 杉尾・K・&鈴木・U・2003、「地球の進化と生命のはかなさ」（ポルトガル語判）、サンパウロ（ブラジル国）：E Blucher出版社。
- 杉尾・K・2006、「水」（ポルトガル語判）、サンパウロ（ブラジル国）
：Holos出版社、二四一頁。

editoração, ctp, impressão e acabamento

imprensaoficial

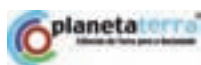
Rua da Mooca, 1921 São Paulo SP
Fones: 2799-9800 - 0800 0123401
www.imprensaoficial.com.br

杉尾 憲一郎



地球環境変動

TIKYU KANKYO HENDO



SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE

