

本田財団レポート No.116

「異説、地球温暖化」 — 生命と地球の進化論 —

東京工業大学 大学院理工学研究科
地球惑星科学専攻 教授

丸 山 茂 徳

財団法人 本田財団

講師略歴

丸 山 茂 徳 (まるやま しげのり)

東京工業大学 大学院理工学研究科
地球惑星科学専攻 教授・理学博士・地質学者



《略 歴》

1949年12月 徳島県生まれ
1974年 3月 金沢大学大学院理学研究科修士課程地学修了
1977年 9月 名古屋大学大学院理学研究科博士課程地球科学修了
1977年10月 富山大学教育学部助手
1981年 7月 米国スタンフォード大学客員研究員
1989年 4月 東京大学教養学部助教授
1993年 1月 東京工業大学理学部教授
1998年10月 東京工業大学大学院理工学研究科教授
2000年 4月 アリゾナ大学・ミネソタ大学招聘研究員
2000年10月 スタンフォード大学 アラン・コックス基金招待教授、客員教授併任
現在にいたる

《所属団体》

日本地質学会
アメリカ地球物理学連合学会・アメリカ地質学会

《主な叙勲・受賞歴》

1978年 4月 日本地質学界研究奨励賞
1982年 4月 第1回富山賞
1995年 4月 日本地質学会論文賞
1998年 4月 日本地質学会論文賞
2000年 2月 AAAS (アメリカ科学技術振興学会) フェロー
2002年 9月 日本地質学会賞
2006年 4月 紫綬褒章

《主な著書》

1987年 『Very Low-Grade Metamorphism』 Liou J.G., Maruyama S. and Cho M. Blackie Published Co
1989年 『The Evolution of the Pacific Ocean Margins』 Liou J.G. and Seno T. Oxford Univ. Press
1993年 7月 『46億年地球は何をしてきたか』 岩波書店
1998年 1月 『生命と地球の歴史』 磯崎行雄氏と共著 岩波新書
2002年 4月 『プルームテクトニクスと全地球史解説』 熊澤峰夫氏と共著 岩波書店
2002年 『Geochemistry and the Origin of Life』 Isozaki Y., Nakashima S and Windley F.B. Universal Academy Press
2006年 5月 『ココロにのこる科学のおはなし』 数研出版

このレポートは平成18年8月25日パレスホテルにおいて行われた第99回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。

はじめまして。東京工業大学の丸山と申します。今日は1時間ですが、出来るだけこの時間を皆さんと一緒に共有して、豊かな時間になればと思っています。よろしくお願いします。「異説」というタイトルをつけて話して下さいと言うことで、僕は異説と言われればそうかなと思います。私自身は異説ではないと思っていますが、今日はそういう訳でリラックスして、途中、質問もウェルカムですから、楽しい時間にしたいと思います。

今日の話は基本的には三つです。一つ目は世間では地球温暖化と言われています。その温暖化の問題と二酸化炭素にどういう関係があるかということが最初の話題です。二つ目はいつ寒冷化が始まるかというのは、実はもう何度も科学者がこういう問題を過去に提起しています。これに対して正確に何十年先に起きるかということが我々に問われている一番重要な問題で、そういう提案の話をしたいと思います。

三つ目に温暖化と二酸化炭素、特に二酸化炭素の問題の影に隠れている一番重大な問題は、空気と水の化学的な汚染です。これは生命の歴史を振り返ると最も重要な問題だと気付きます。生命が海の中で、ある短い間に急激に進化した節目が地球の歴史に何回かあります。その時、海水の化学組成が急激に変わったことが一番重要な本質的原因です。そういう意味で今は、人間が人工的にそういう場を作ろうとしている。これが一番深刻な問題です。そういう三つの話題を今日はお話したいと思っています。

地球の気候は変化することこそ本質

最初はCO₂と温暖化の問題です。まず温暖化していると言う観測のデータの話をも最初に紹介します。その後、その原因についてどう考えるか、100年ぐらいの間はずっと温暖化するのか、あるいは100年の間に寒冷化が始まるのかという問題をその次に議論したい。もし始まるとしたら、それはいつからかと言うお話をします。

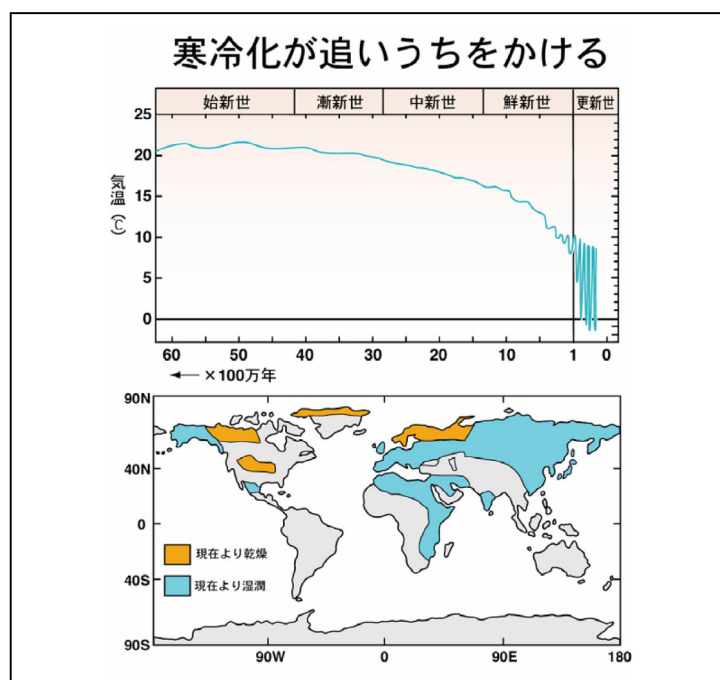
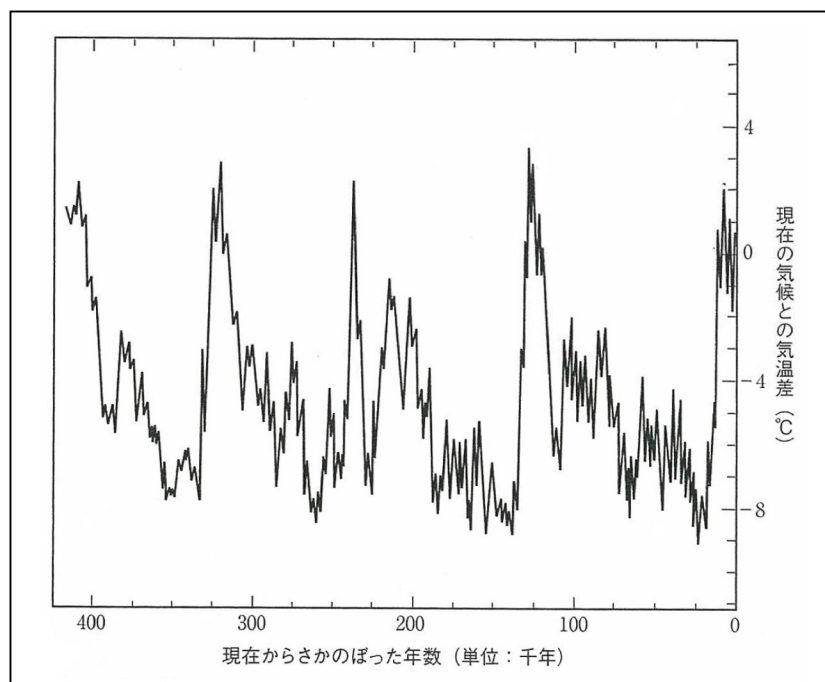


図-1

〈図－1〉最初はもう少し長いタイムスケールの話です。図－1の上の絵は縦軸が気温です。横軸は今から6000万年前。現在は右端の0です。もう少し長いタイムスパンの中で、地球の平均気温がどうなっているかということを書いているのがこの絵です。こういう長いタイムスパンでは地球は非常に温暖だった白亜紀の終わりから、新生代に入ってからだんだんと寒くなって来て、今から100万年前、あるいは200万年前ぐらいから地球の両極に巨大な氷河が発達し始め、ギュンツ、ミンデル、リス、ヴュルムという4回の大きな氷期があり、最後、1万年前にポコンと温かくなって人間はこの間に文明を創った。そういう歴史です。

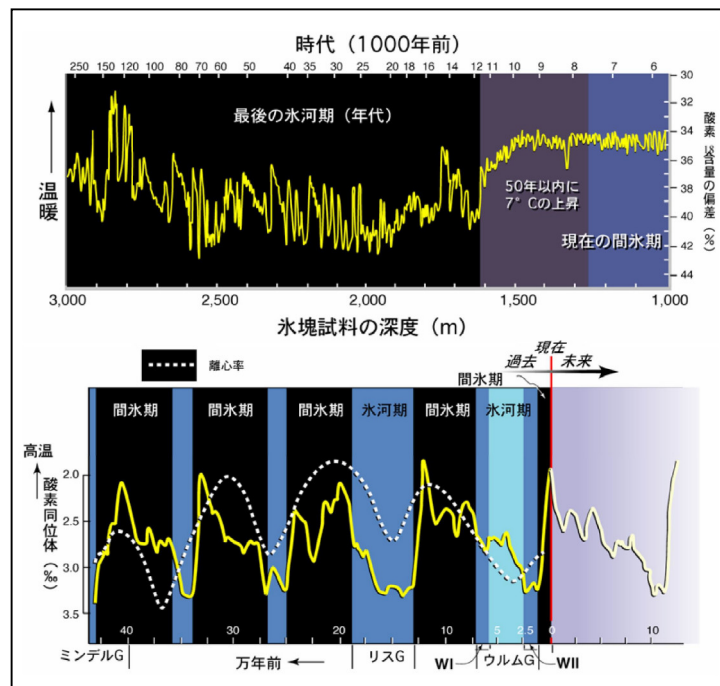
大雑把に言うと地球はどんどん冷えて行く。これは避けられない。1万年前にちょっと間氷期に入った。しかしまだ両極に氷がある。それが現代の気候の本質です。暖かくなると寒くなること。それをトータルで見た時にどういう違いがあるか。例えば計算機を使ってスーパーコンピュータでいろいろな人が実験します。例えば2℃ぐらい暖かくしてやると（図－1の下図）、これは定性的には当たり前の話なのですが、暖かくなると海水の蒸発が激しくなるので、その水分を含んだ蒸気が大陸の内部まで届きます。寒くなると届かなくなる。だから温暖化すれば現在よりも湿潤な地域（水色の面積）が増えます。だから農業の生産性を考えると、温暖化するのは地球にとって圧倒的にトータルではプラスなのです。しかし世の中はそのことをウェルカムとは言わない。



図－2

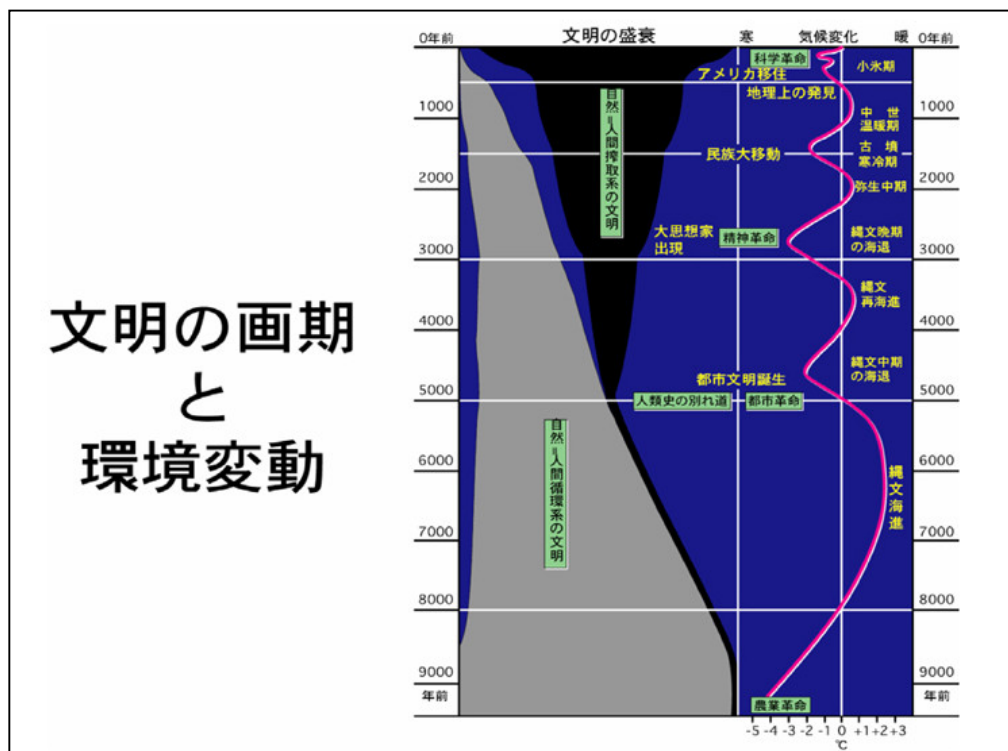
〈図－2〉もう少し時間の精度を虫眼鏡で拡大します。右端が現在で、単位が1000年ですから10万年前、20万年前、30万年前、40万年前です。縦軸はやはり温度です。このパターンを見ると皆さん、誰しもお気づきになるのは同じようなのこぎりの歯のようなパターンが4回繰り返している。例えば32万年余りに急激に温度が上がり、そして10万年かけて下がりて行く。また上がって下がりて行く。また上がって下がりて行く。そうして1万年前にポコンと上がって、

そのピークを少し過ぎた辺りにいる。これが 10 万年周期の地球が持つ、あるリズムです。
 一番重要な問題はここです。その後どうなるか。過去の記録がもっとも正確に残っているのが



図－3

この図です。〈図－3〉これは過去の堆積物を対象に、酸素同位体を使って相対的な温度変化を測ります（下図）。未来はどうなるかと言った時、過去のパターンをそのまま持って来れば良い。現在はちょうどこのピークから下がり始めた辺りにいます。



図－4

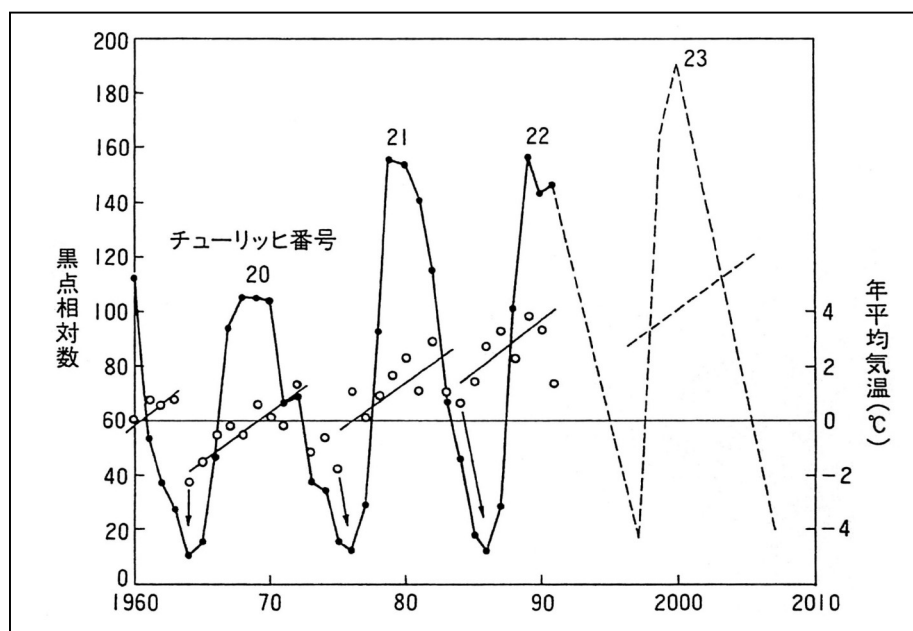
〈図－4〉もう少し細かく見ます。一番右側のピンクのカーブだけに注目して下さい。ちょうどこの0が現在の地球の平均気温。それに対して左側はマイナスで、 -5°C ぐらいがここです。右側が $+3^{\circ}\text{C}$ となっています。これが約1万年前で、急激にポコッと暖かくなったという時期に対応します。その後、次第に温度は上昇し、6000年前までに 7°C も上昇しました。これが縄文海進です。それから現在までに何回か上がったったり下がったりしています。

人間が文明を創って、化石燃料をたき CO_2 を出すようになった時代は、過去300年ぐらいからです。このわずかな変化に今ナーバスになっている訳ですが、人間の文明とは無関係に、地球というのはこれぐらい ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) を平気でやっています。

そこまでのことを簡単に要約すると、地球の気候は変化することこそが本質であると言うことが一つです。その温度幅を考えた時、今の 1°C 、 2°C は驚くなかれ、人類の文明以前に非常に大きな温度変化があった。だから現在我々がナーバスになっている 1°C 、 2°C の変化は驚くべきものでも何でもない。

もう一つ、温暖化とは総合的にはプラスで、もう少し広い時間と空間の視野で歴史を眺めようというのが二つ目。三つ目はこれから話しますが、温暖化と地球の水と空気のケミカルな汚染を混同してはいけない。一番怖いのは寒冷化という話をこれからしていきます。

太陽の活動が温暖化に影響する



図－5

〈図－5〉さらに短く時間を区切ります。横軸は西暦2010年、2000年、1990年、1960年です。左側（たて軸）は黒点相対数と書いてありますが、それが黒い点のカーブです。縦軸は太陽がどれぐらい元気であったか、という意味で黒点がたくさんあるのは太陽の表面で爆発が次々に起き、太陽の膨大なエネルギーが地球に飛んで来るといことです。だからこのカーブで高くなっている所は、そういう太陽の活動が活発になり、地球にたくさんエネルギーを送り込むので地球が暖かくなる。

その後、彼はここでこついう予言をしている。11 年周期でこついうふうになるというのは、太陽の活動と大体比例している。次に 11 年の平均を取る。その次の 11 年の平均を取る。最近のデータはまだこれからですが、全体をならすと地球は約 3℃、過去 30 年ぐらいの間に上がっています。これは少なくとも観測地点（ハワイ）が温暖化しているということです。

これまでのデータを見ると過去 100 年は温暖化している。しかし、いつ寒冷化が始まってもおかしくない時期に到達している。日本でも名古屋大学の水研の樋口さんとか何人かの方が、1960 年代にもう寒冷化が始まるとおっしゃった時期があります。200 年ぐらい前にイギリスでも似たようなことがあり、寒冷化すると大変だと科学者が騒ぎ立てたこともあります。しかし、幸いにもそうならなかった。問題は、いつそれがやって来るのかということです。もう一つは二酸化炭素が温暖化の原因かという問題です。

太陽放射を 100 とする

宇宙線

大気・雲などからの反射 4

地表面へ 50

大気・雲への吸収 20

対流・伝導 30

直接放射 10

H₂O・CO₂

地球からの放射（赤外線）

60

105

95

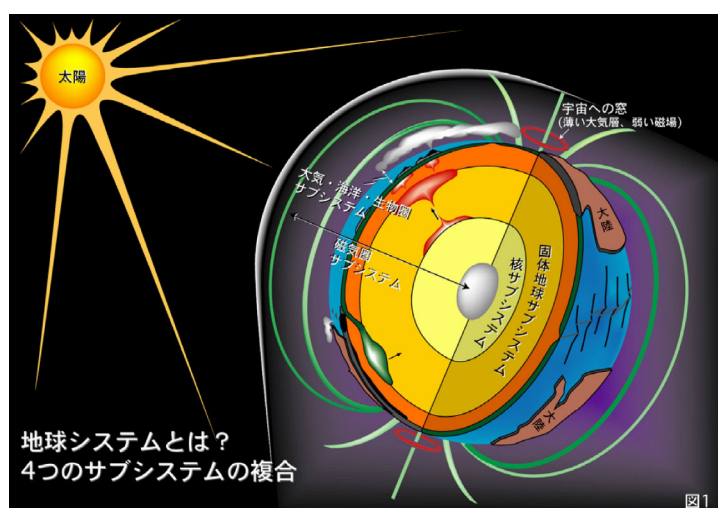
地球

大気の平均温度 -18℃

〈図－6〉その他にアルベド（反射率）という問題があります。これはどういうことかと言うと、太陽からやって来るエネルギーを 100 とすると、地球の中に入って来るのは大体 70 ぐらい

です。大雑把に残りの 30 は地球から外に出て行きます。そのうち 26 は雲に反射される。太陽から見ると雲は白く見えます。その雲は平均的に地球の半分を覆っています。その雲によって太陽エネルギーが跳ね返される。残りの 4 は地表で反射される。この雲がどれくらい出来るかというのは実は一番良く判っていない気象学の問題です。

雲の量を増やしたり減らしたりするのは何で決まるかと言うと、意外に思われるかも知れませんが実は地球の核。核には地球の磁場をつくる対流がありますから、磁場が非常に強いと宇宙からやって来る宇宙線が大気の中に入れなくなります。逆に磁場が弱くなると宇宙線がたくさん入って来る。そうするとこの宇宙線が原因になり、雲を増やす。宇宙線が凝結核の役割をすると昔から言われています。意外に思われるかも知れませんが、実は地球の核も地球の表面の温度を決める原因になっているのです。地球磁場がアルベドをコントロールしている。そういうことを指摘しておきたいと思います。



図ー7

〈図ー7〉太陽の活動度、温室効果ガス、地球磁場、更に4番目の効果として、固体地球による火山活動変化があります。地球の表面の大気、海洋、生物圏は太陽が駆動するので、太陽が決めている。しかしもう一方で、固体地球はずいぶん長い時間がかかりますが、大量にマグマを噴出して、そのマグマが火山灰になって地球の表面をおおいます。すると寒冷化します。非常に長い周期で地球の表層の温度の変化を考える時、この4番目を無視出来ない。

二酸化炭素の増加は温暖化の結果であって原因ではない

さて CO₂の問題です。〈図ー6〉で地球の大気をもう一回復習しておきます。ここに毛布があると思って下さい。太陽からやってきた熱が地球の表面に反射されて、またここに出て行きますが、熱が出て行かないように包んでくれる。そして毛布自体も温かくなる。それは毛布と言っても空気で目に見えませんが、実際は物質で出来ていますから、その物質自体が温かくなる。それが温暖化ガスの効果です。

表 1 地球大気の主成分

気 体			質量比(%)
窒 素	N ₂		75.35
酸 素	O ₂		23.07
アルゴン	Ar		1.283
水 蒸 気	H ₂ O		0.330
オ ゾ ン	O ₃		0.00064
二酸化炭素	CO ₂		0.00054

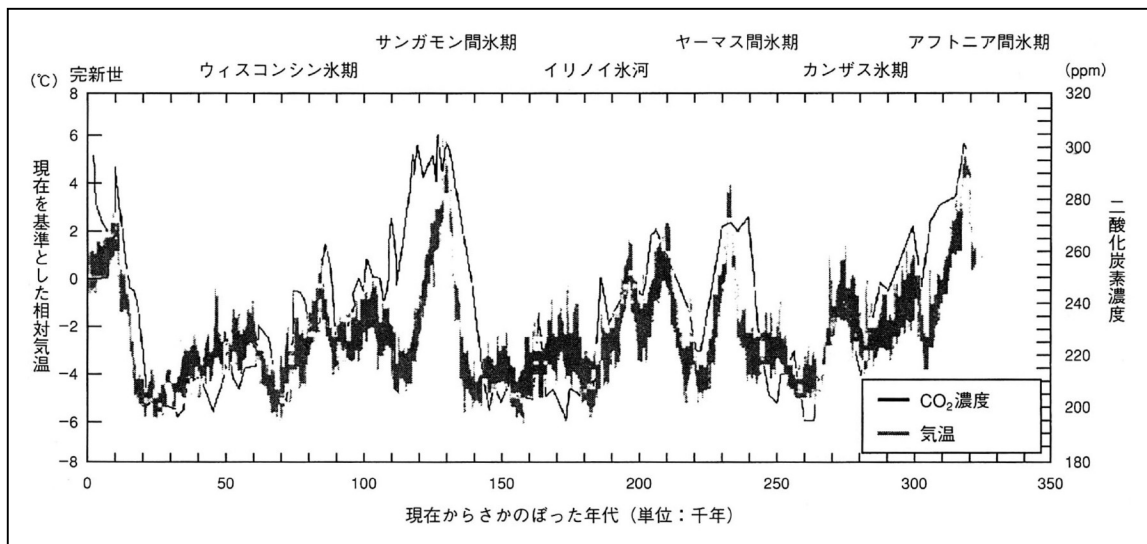
体積比では、窒素が 78.08%、酸素が 20.95%、二酸化炭素が 0.04%となる。

CO₂の増加はコーラと同じ

図－8

〈図－8〉その実体は何かと言うと、ここに書いてありますが窒素と酸素の他にアルゴン、水蒸気、オゾン、二酸化炭素です。この表は質量で書いてあります。体積で書くともう少し違うのですが、一番重要なことは、二酸化炭素は 400ppm、実際は 360 ぐらいですが、それしかない。この図の出典は教科書ですが、たぶん桁が二つ間違っていると思います。高校の教科書も結構間違っている。しかし、これに 100 をかけても 0.05wt% ぐらいです。今 1 万個の分子があった時に二酸化炭素は 4 個しかない。4 個が 5 個になろうが 6 個になろうが、温暖化に効くはずがないだろうというのは直感的に普通の科学者が思うことです。温暖化ガスの主体是水蒸気です。まずこれが最初の問題です。

CO₂ はほんのわずかしかな。しかし観測としては地球が温暖化した時、その大気の中にある CO₂ は増えているという 1 対 1 の関係があります。それは例えば次の図です。



図－9

〈図－9〉横軸は現在からさかのぼった年代。左端が現在です。これは先ほどのものと右と左がひっくり返っています。約 1 万年前にポコッと温度が高くなってガラガラと寒くなり、ポコッ

と温かくなった所が左端に近い 10 の付近です。右側に CO₂ の濃度を黒く書いてあります。温度曲線とこの黒いカーブは大体シンクロしている。平行に動いている。だから暖かくなったことと大気中の CO₂ が高くなったことは 1 対 1 に対応しています。

ただ、これをもって原因が CO₂ と考える人と、もう一つは暖かくなったのは別の理由であって、結果として大気中の CO₂ が増えたと考える、この二通りの考えがあります。どちらが正しいかという問題です。図-8 に CO₂ はコーラと同じだと書いてあります。コーラの栓を抜くと CO₂ が出て来ます。出て来なくなってもさらに CO₂ を出そうと思ったら温めてやればいいのです。温度が上がると溶解度の関係で海の中の CO₂ は仕方なく追い出されます。CO₂ は結果なのです。では観測でそうになっているか。その次に観測のデータの話をしします。

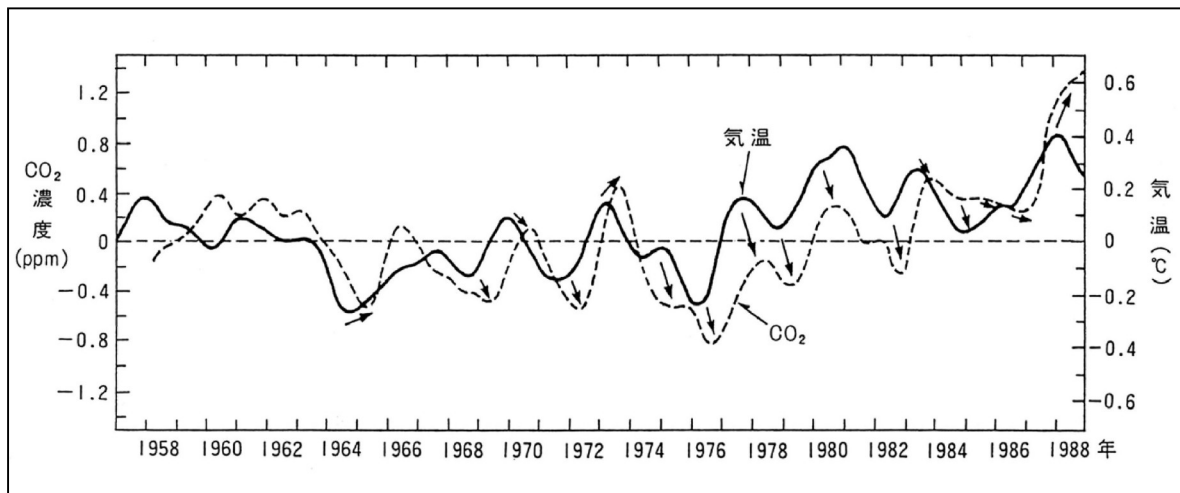


図-10

〈図-10〉どちらが先か。これは 1958 年から 1988 年までのハワイのデータです。ハワイは広い海の中にボツンと観測点がありますから、地球の平均を代表する可能性が非常に高い。縦軸の左側に CO₂ の濃度が書いてあり、右側に気温が実線で書いてあります。最近になるほどデータの精度がどんどん上がって来ている。1 年に 1 回暑くなったり寒くなったりします。夏と冬です。気温と CO₂ を比較してみましょう。気温のピークが CO₂ のピークに比べて 2 カ月ぐらい右にずれる。常に気温が先に上がります。

太陽が地球を熱するので北半球は夏、温度が上がります。CO₂ が必ず 2 カ月ぐらい遅れてついて来ます。この矢印のずれる向きは全部こういうふうになっています。このパターンが崩れる時があります。それはピナツボ火山が噴いた 1985 年です。ピナツボ火山が噴いて気温のパターンが元に戻るまでに大体 2 年かかっています。ピナツボ火山が火山灰を対流圏から成層圏に巻き上げると、それが凝結核になって雲が出来るといことです。雲が出来ると太陽のエネルギーを全部地球に届かせないように邪魔をする訳です。だから寒くなるのです。

全体としてこれを見ると、常に温度が先で CO₂ が結果だということを示しています。二酸化炭素の増加とは温暖化の結果であって原因ではない。観測がそれを示しているということです。温暖化の原因は太陽の活動度が効いている。もう一つ気にしなければいけないのは磁場とか、もっと別の要素もあり得るということです。

温暖化の原因は太陽

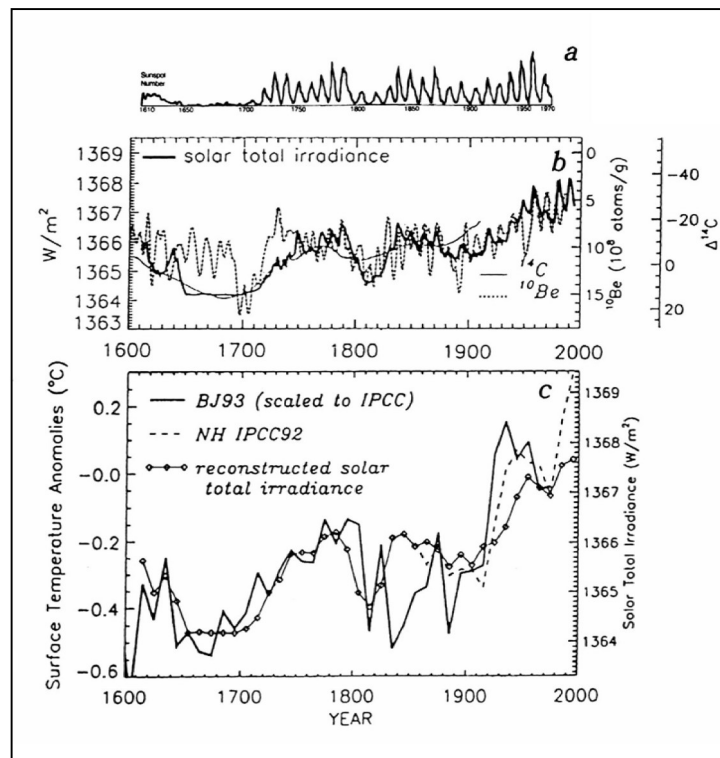
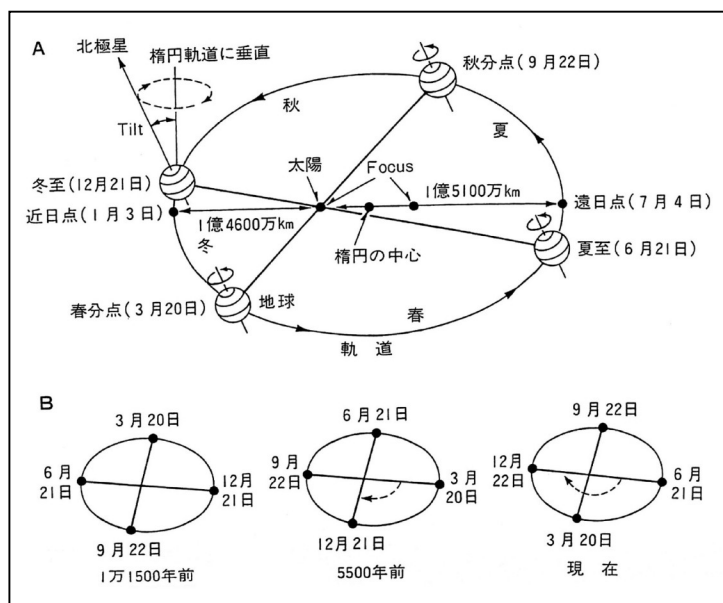


図-11

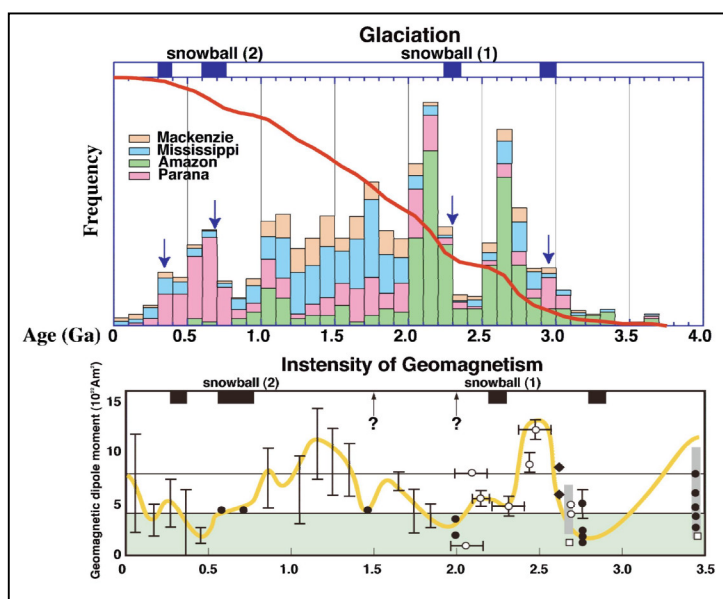
〈図-11〉次に温暖化の原因となっている太陽の活動の変化をみてみましょう。太陽がどれ位活発になっているかという過去 400 年の変化曲線を示す図 (Pang & Yau, 2002) がこれです。これは関が原、秀吉がいた頃、それから現在までをカバーしています。太陽の相対黒点数を縦軸に書いてあります。太陽に黒点がなかった時代は関が原の直後から江戸時代的前半にありました (図-11-a)。この時は日本で東北がえらい飢饉になったり、地球的規模で寒くなりました。テムズ川が凍ったりしました。この時イギリスでは寒冷化、氷河期がやって来たと大騒ぎした時代です。日本はまだ近代的な文明がありませんでした。そういう近代科学がなかった時代なのでそういう論争はありませんでしたが、これが約 100 年にわたって太陽が弱くなった時代です。

その後を見ると山が 100 年周期でくり返し、今は 3 回目の山の後半のこの辺りにいます。もう一つ別のデータがここに書いてあります。これは炭素の 14 の同位体やベリリウム 10 を木の年輪を使って測ります (図-11-b)。これも太陽、あるいは宇宙線の相対的な強度を知る役に立ちます。重要なことは 2 つのグラフの同じ所が、へこんでいる。この山とこの山が合っている。その次も合っている。これは相対強度なのではっきりしませんが、このデータを見ると太陽の活動度が少しずつ上がって来ていることを意味します。一番下の図 (図-11-c) は、表層の温度変化と太陽の活動度を比較したのですが、過去 400 年の気温変化が太陽の活動度の変化だけで説明できることを示しています。



図－12

〈図－12〉地球の気候に影響を及ぼす要素としては、今までのものの他にミランコビッチさんが言った天体力学があります。『太陽と地球の距離は常に一定ではありません。地球の外側に木星や土星のような大きな惑星が地球を外側に引っ張る。そのために太陽から周期的に遠ざかるので地球は寒くなる』ということがあります。それからもう少し細かく見ると、実は地球の自転軸はある周期でコマ振り運動をしています。そうすると地球の大陸はほとんど北半球に片寄っていますから、北半球が非常に太陽に効果的に温暖される時代とそうでない時代がある周期で訪れ、先ほどの10万年周期、あるいはもう少し小さな2万年周期の気温変化ということが起きます。これは第5番目のコントロールのファクターです。これも避けられない周期です。



図－13

〈図－13〉この絵は少し複雑なので中の話は省略しますが、もう少し長い時間、40億年という

レベルで地球の気温変化を見ます。これは 40 億年前（右）から現在（左）の温度変化の図です。地球の表面は実は全球凍りついた時代があります。最近だと 6 億年前に地球は赤道も凍りついた時代があり、それがこの水色の部分です（上の図の最上部）。最初に全球が凍りついたのは 23 億年前です。しかし最初に地球に氷河が出来たのは 30 億年前です。地球の磁場は現在 8（図-13 下図、単位は省略）という数字で、これは相対強度ですが、強くなったり弱くなったりしている。

実は 10 億年という周期で見ると地球の磁場は 25 億年前と 12 億年前にピークを持っています。4 億年前の弱いピーク後から次第に強くなりつつあるのが今現在です。地球の磁場が弱くなって現在の半分（4）以下になると、この線から下のうす緑の部分です。この時地球は全球凍結しています。これは地球の磁場、核が地球の表面の温度にある程度貢献しているということを意味しています。ただしこれは非常に長い周期です。

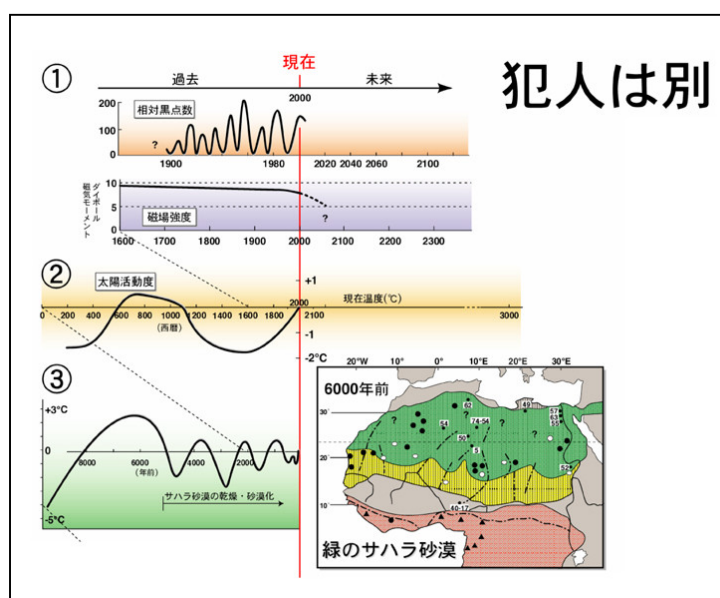


図-14

〈図-14〉今までの話をまとめましょう。過去 400 年、地球の磁場はどんどん弱くなり始めて、今この辺りまで来ています（図-14-①）。太陽の活動を見ると 11 年周期のピークと 100 年周期の波があり、現在はピークから少し落ちているぐらいです。太陽は活動が強くなると地球を温める。磁場は強度が弱くなると雲をつくる。たぶん磁場が弱って来ると今年の夏のように、非常にきれいな青空が見えなくて、何となく曇ったような、おそらくそういう気候が増えて来るのだらうと思います。磁場の弱化は地球が寒くなる要因、太陽の過去 100 年の活動は地球を温かくするような要因です。

太陽の活動をもう少しまとめると、今度は横幅が違っていますが、過去 2000 年（図-14-②）を見ると、太陽の活動は 1400 年周期で強くなったり弱くなったりしています。今ここまで来ていますが、もう少し強くなってあと終わりかも知れない。〈図-14-③〉は先ほどの過去 1 万年の地球の平均気温が書いてあります。先ほどの縄文時代（6000 年前）のように非常に暖かかった時代からこういうフラクチュエーションを起こし、今ここにいる（右端）ということです。これが未来を考える時の重要な観測事実です。

温暖化と寒冷化、どっちが大変？

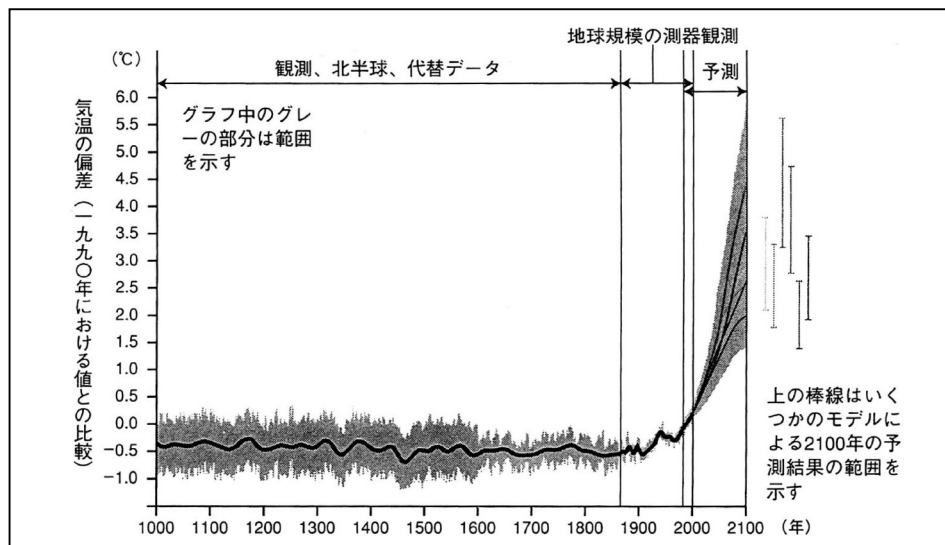


図-15

〈図-15〉問題はいつから寒冷化が始まるのかということです。これは IPCC、他のいろいろな研究所がスーパーコンピュータを使って未来予測しようということで、過去 1000 年のデータでモデルを検証しつつ予測しています。これは先述したような複雑なパラメータが計算の中にほとんど入っていない予測ですから、こういうふうに一方的に上昇することになります。現在に比べて西暦 2100 年に地球の平均気温が 2℃上がるという人から、あるいは 4℃近い上昇が起きるということを予測しています。地球は一方的に暖かくなるというわけです。これが世界の主流といえば主流でしょうか。

2 年前にアメリカでペンローズ会議が開催され、私が日本から招待され、ドイツからはバイザーさんという人が招待されました。バイザーさんは過去 6 億年間の気候データを基に地球温暖化 CO₂ 犯人説がまったくナンセンスな議論だと断定しました。僕も別の視点から同様な議論をして、お互いに握手したことがあります。その時にバイザーさんは僕に対して「君は気をつけなさい。こういうことを言って科学の業界で生き延びるのは困難である」と。バイザーさんはもうドイツで定年退職してカナダに移ったので、「おれはもう問題ない。君はまだ若いから大変だ」と。

過去 100 年間、確かに温暖化しています。しかし二酸化炭素がその原因かという点と違う。CO₂ の効果の計算はブラックボックスになっていて中味が見えない。CO₂ の効果はそのコンピュータの中にどういう数式を組み込むかに依存します。もし CO₂ の濃度変化が桁が二桁ぐらい違えば CO₂ は効くかも知れないが、観測のレベルの変化では効かないでしょう。

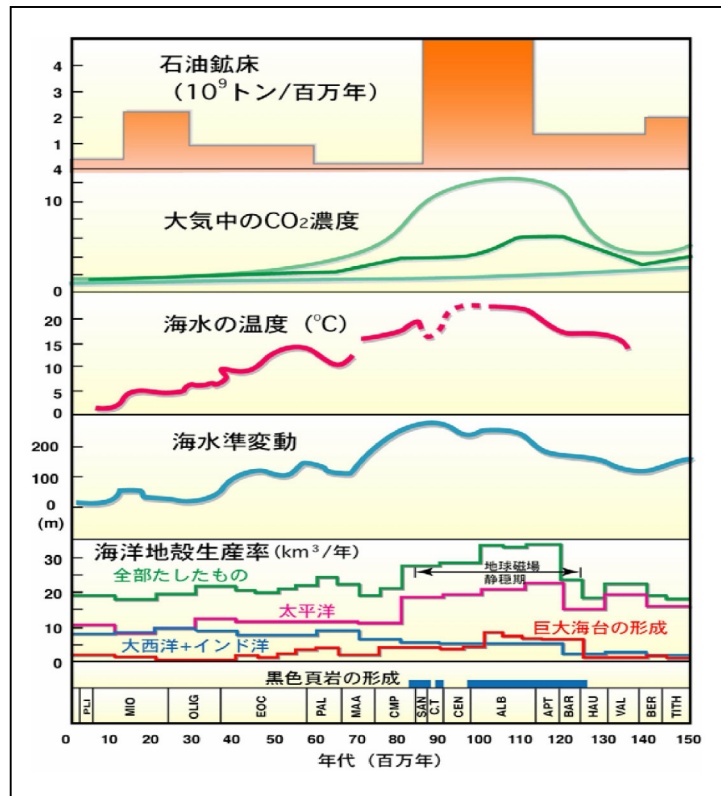


図-16

〈図-16〉 その次に 1 億年前に起きた地球の温暖化と CO_2 の推定の議論をします。この図は 1 億 5000 万年前から現在までの変化です。約 1 億年前に火山活動が現在の 150% も増加し、地球のいたる所で非常に活発な火山活動がありました（上から 5 番目の図）。そのために CO_2 が大量に地球の中から大気にもグマとして移動して増えたという定性的なことが言われています。一方、化石の同位体記録をスーパーコンピュータを使って大気の CO_2 を計算すると何の影響もないというカーブと、ある程度効くと、ものすごく効くという三つの結果が出ています。これには論争があって、どれが正しいのかは良く判らない。コンピュータモデルに依存する。それが研究の現状であることをご理解下さい。

その次は、温暖化と寒冷化のどちらが大変かということです。一番暖かくなった 6000 年前と、一番寒くなった約 1 万年前の現象を比較しましょう。次の二つの図を紹介します。

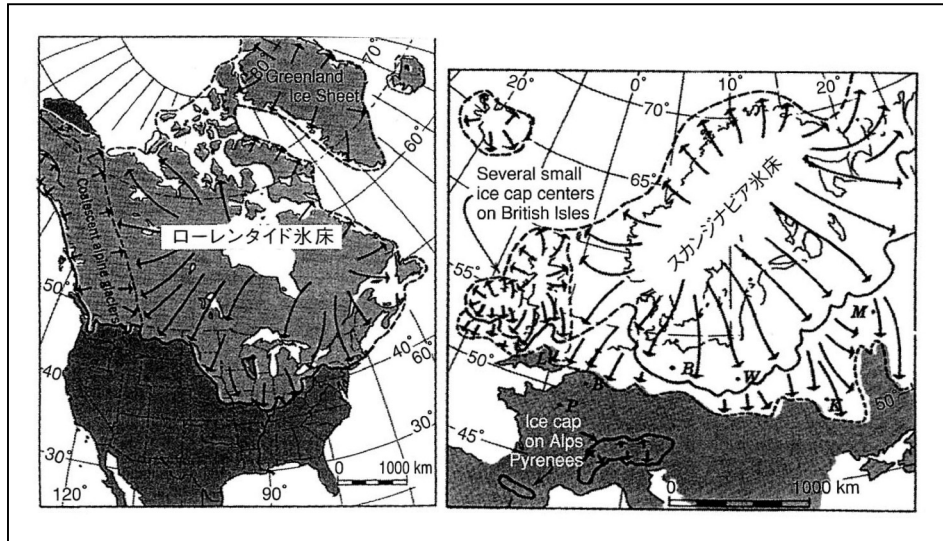


図-17

〈図-17〉左側は北アメリカ大陸で、ニューヨークが北緯 40° 付近です。大体ニューヨークとロンドンを結んだ線よりも北側の北半球が全部氷に覆われている。この氷河の最前線では人間はもちろん生活出来ません。動物もほとんど生活出来ない。そういう時代が一番寒くなった 1 万年前の世界です。

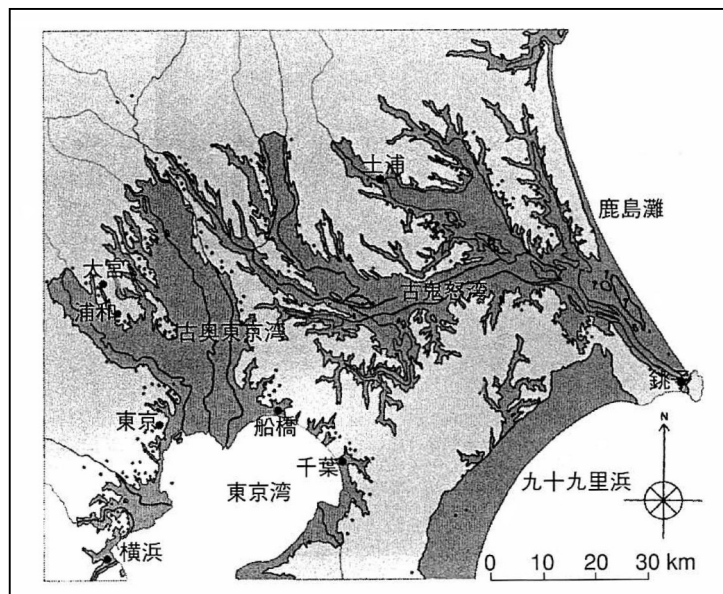


図-18

〈図-18〉一方、6000 年前の縄文海進の時代は現在よりも約 2°C 暖くなった時代です。東京の現在の気温が大体青森県の辺りの気候になります。その時は数 m から海水準が上がり、東京駅付近が海岸線になってその東側を奥深く古東京湾が大宮付近まで入り、複雑な形をした入江がたくさん出来た。これら 2 つがその両極端です。

そんな極端に行かないまでも 4 世紀の頃に地球はちょっと寒冷化した。その時に何が起きたのかということを次の絵で示します。

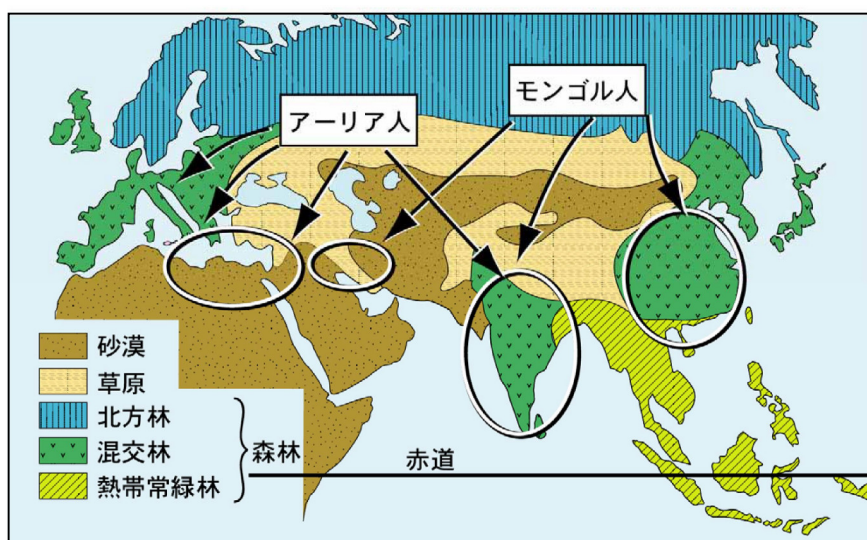


図-19

〈図-19〉4世紀の頃はゲルマン民族の大移動が起きた時代です。なぜそういう民族の大移動が玉突き現象として起きたのかを説明しましょう。アジアの中心からアフリカにかけての所は半砂漠、もしくは草原です。地球が少し温暖化すると中央アジアに緑がたくさん増えます。そうするとそこで人間の数が増えます。彼等は遊牧その他で生計をたてていたモンゴル人やアーリア人です。彼らの人口が増える訳です。

少し寒くなると何が起きるかと言うと、中央アジアが砂漠になります。そうすると中央アジアの遊牧民は生活出来ないで、鍋釜を持って家族を連れて南下するという大民族移動が起きます。アーリア人はヒマラヤの西端の切れ端の所から下りて来て、インドを征服しカースト制度をその少し前の寒冷化の時に創った。それからアーリア人に玉突きで西方に押し出されてゲルマン人はドイツという国に移動する。アングロサクソンは英国に行く。

東アジアでも聖徳太子の時代に大量の帰化人がやって来た。この中にも服部さんとか秦さんという姓を持たれている方がいますが、その時の末裔の方達です。その時は現在で言えば帰化人はスーパーコンピュータを提げて来たようなものです。服を作るテクノロジーやいろいろなものを持って来たので、聖徳太子は大変喜んで非常に重要なスポンサーになってもらって、京都の太秦（うずまさ）に彼らを住まわせて優遇しました。

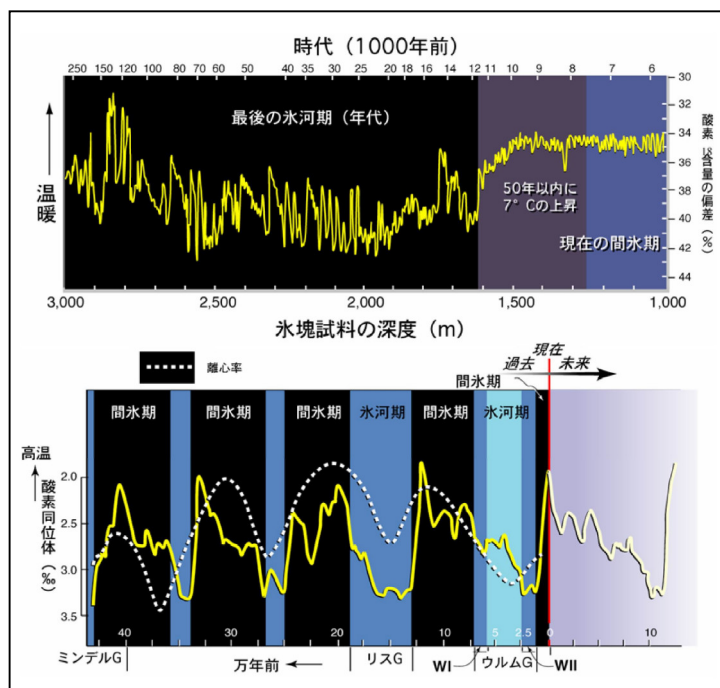
しかし京都だけでも1万人来たのです。古事記に書いてある話ですが、当時、聖徳太子の時代は世界人口がたった3億人です。今65億人います。次に寒冷化した時に日本に何人来て、何人収容出来るのかというのが問題の本質です。ちょっとした寒冷化でもこれぐらいの影響をアジアは受ける。

京都宣言は人類史最大の知的汚点と言うと嫌われるでしょうが、少なくともCO₂の問題と温暖化を切り離して考えるべきです。その裏に隠れているのは環境の化学的な汚染です。これがはるかに深刻な問題です。

いつ寒冷化が始まってもおかしくない

その次に近未来の予測、具体的にいつから寒冷化が始まるかという問題に関して我々科学者は

答えなくてはならない。過去の堆積物を使って過去の気温のデータが次々に出ていますが、これをそのまま測って行っただけで寒冷化が予想出来るかということそうではありません。作戦が必要です。地球は過去同じパターンを 10 万年周期で繰り返しています。



図－20

〈図－20〉 これは〈図－3〉で既に紹介したデータですが、北大西洋の海底堆積物を非常に精度よく測ったデータで、酸素同位体に基づく温度変化です。

一番精度が良いのは過去 12 万年ぐらいのこのデータです (図－20 の下図)。私の意見は約 12 万年前の頂点からどれぐらいの時間が経った時、急激な温度降下が始まるのかを解読することです。今はこの崖っぷちの所です。〈図－2〉も参照下さい。1 万余年前に突然高温になったピークは、その後、2 回の降下の後でやや上昇して現在に至ります。一方、12 万年前の最大のピークは、その後 2 回の降下の後でやや上昇した後、大きく降下します。6℃も急激に下がっている。

この落ち幅は大体 50 年で 7℃位のペースです。今はこの崖っぷちなのです。この急激な降下が今から 100 年以内に起きるかどうかです。100 年だとここにいるほとんどの方はもういないと思いますから、どうと言うことはないと思う人はたくさんいるでしょう。しかし 100 年以内に起きるかどうか、我々は数字を出さなければいけない。そこがポイントです。

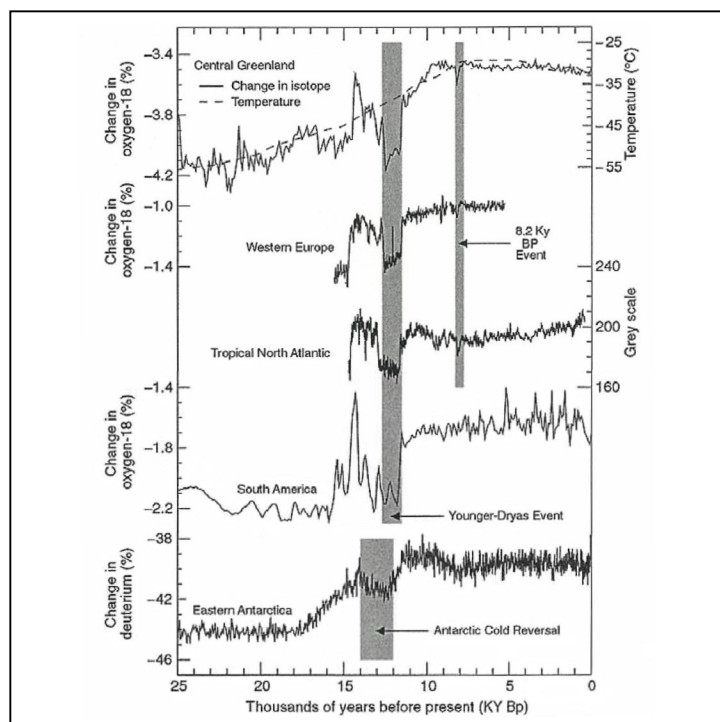


図-21

〈図-21〉どうすれば±10年の測定誤差で“その時”を予測できるか？一番上のデータはグリーンランドの記録です。次は西ヨーロッパ。その下は北大西洋ですが赤道地域。次は南米で、一番下は南極です。地域をとわず、約1.4万年前付近に共通の最大のピークがある。その頂点から何年後に急激な気温の降下が始まるのかを約12万年前の試料の精密年代解析によって決める。〈図-21〉の例は過去2.5万年のデータですが、場所によってパターンがかなり違う。なぜかと言うと、例えばメキシコ湾流が暖かい海水をイギリスに運ぶ為に他とは違う地域性が表れるのです。

こういう地域性を念頭に置いて取り組まないと、今から何年先にガタガタと寒くなるかという議論は収束しない。今我々は10年という精度で過去の温度を測ることが出来ます。例えば琵琶湖の堆積物に焦点を絞り込んで、12万年のピークから何年後に寒冷化が始まるかと言うことを正確に決める。

結論から言うと、今現在我々が言えることは、いつ寒冷化が始まるかと言うことに対してまだ数字を皆さんにお伝え出来ませんが、方法論としては今言った方法で攻めれば判る。今解っていることは、いつ寒冷化が始まってもおかしくない所にいることだけは事実です。気候の変化というのは多元成因論なのでCO₂だけという今までの決めつけ方は根本的に間違っている。太陽光度、宇宙線、地球磁場、それから温暖化ガス。この四つは非常に重要だが、それぞれの重みを定量化しなければいけない。

二酸化炭素ですでに解っていることは、桁が数桁違えば効果があります。例えば30億年前頃の地球。しかしppmレベルの変化は気温に影響を与えることはない。ところでCO₂が増えるということはその他の成分が減っている。例えば酸素が減る。オゾンとCO₂はほぼ等量存在する。酸素やオゾンも温暖化ガスの効果を持っていますから、それを全部足さなければいけない。そういう所まで計算が進んでいない。

過去の10万年周期の気候変動の精密解析で未来予測が出来るだろうというのは私の主張点で

す。そのことによって寒冷化がいつ始まるかということに対して数年以内に具体的なお答えを出せるとしています。

温暖化で生物が多様化する

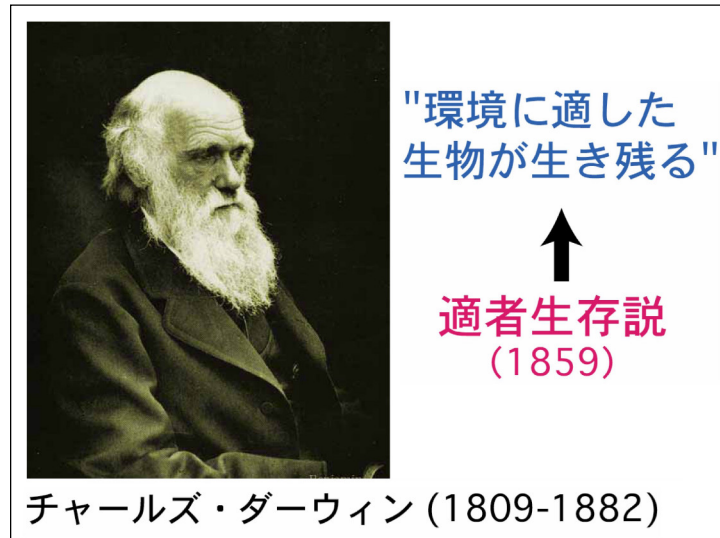


図-22

〈図-22〉今度は生物多様性の話をします。生命進化論のエッセンスの所だけを簡単に紹介します。環境に適した生物が生き残る。これがダーウィンの適者生存説ですが、環境がゆっくり変わって行くと、それに応じて生物もゆっくり進化して、それに適した生物が生存するというのをダーウィンが言った。ダーウィン以降の一番大きな進歩は何かというと大量絶滅です。ダーウィンは大型の生物が非常に短い間に96%も死ぬ等ということをやっと否定し続けた人です。当時はデータが無かったからです。

現在から6億年前までの間で生物が大量に短期間に死ぬということが何回か起きています(図-23)。中でも6億年前の直後の、これは小さい変化なのですが、ここにたぶん最初の大量絶滅が起きている。その後、4回の大絶滅が起きたが、最大のものは25億年前に起きた。さて、地球は生まれてから40億年は本当に退屈な惑星だったのです。それは生物がいたと言っても顕微鏡で見ないと判らないくらい小さなものだったからです。ところが6億年前に皆さんの先祖、脊椎動物が現れた。非常に大型で多細胞化した。1個の細胞だけでは大きくなれませんから多細胞化が起きた訳です。

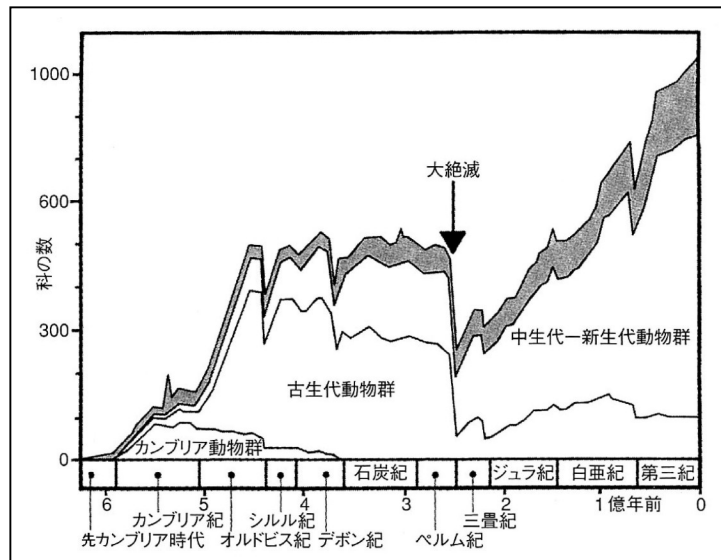


図-23

〈図-23〉なぜそうなったのか？ その時に何が起きたのかと言うと、環境が大きく変わった。ゲノムから見ると生物は40億年ぐらい前から少しずつ進化したが、時々重要な節目、生物が短期間に大進化している。

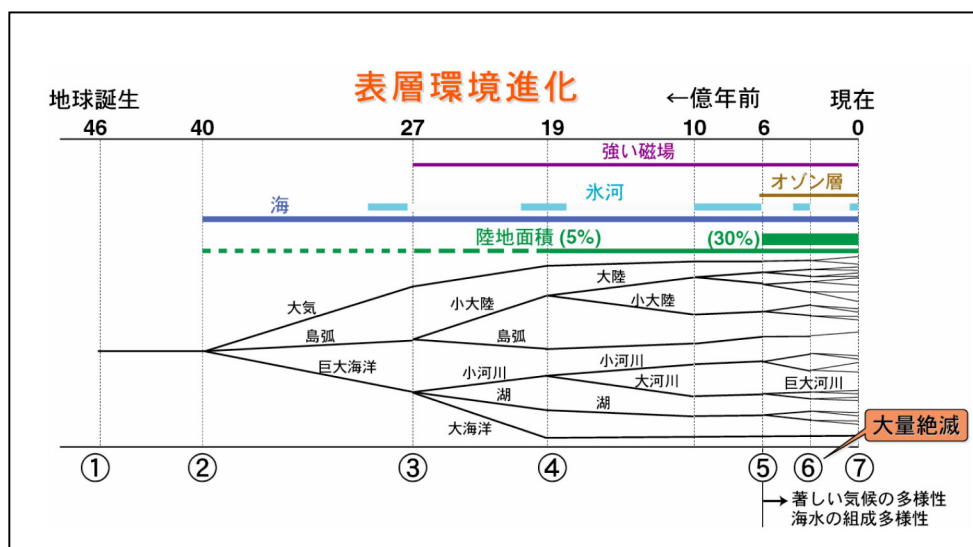


図-24

〈図-24〉約6億年前に生物が爆発的に多様化し、大型の生物がいっせいに出現する。それと同じ時期に地球の表層環境が非常に多様になった。そこが重要なポイントで新発見です。

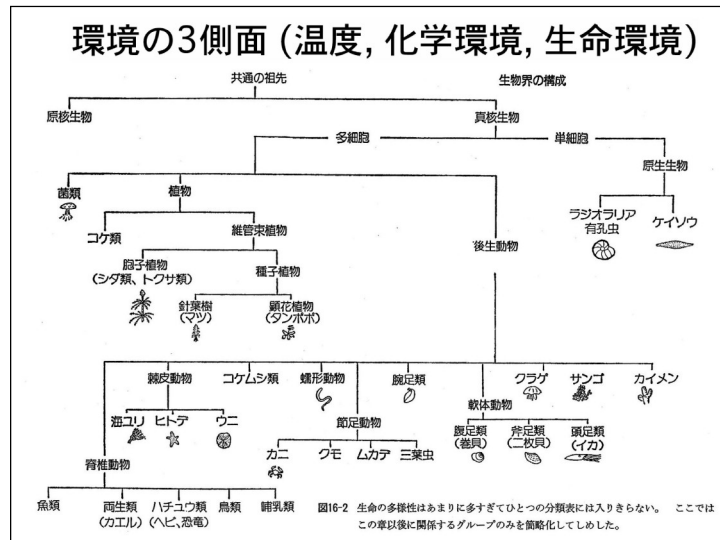


図-25

〈図-25〉既にお話ししたように生物の生存にとって地球の温度も非常に重要ですが、それと同時に海の化学組成も重要で、それは昔から一定だったのではないのです。海水の組成が極端に変わった節目がある。生物の進化を決めるのは生物同士がお互いに殺したり食われたりすることがある。環境はこの三つの側面がありますが、とりわけ6億年前に起きた変化は、化学組成が重要だった。非常に小さな微生物がここで突然多細胞化し、あれよあれよという間にキノコ、植物、動物の分化が起きて、動物はあっという間にさらに進化し、最後に脊椎動物が生まれます。これは7億年ぐらい前に始まって、6億年前ぐらいまでに大型化した。さらに魚、両生類、爬虫類、鳥、哺乳類というふうに、2.5億年前まで駆け足で我々のような哺乳類まで進化しました。

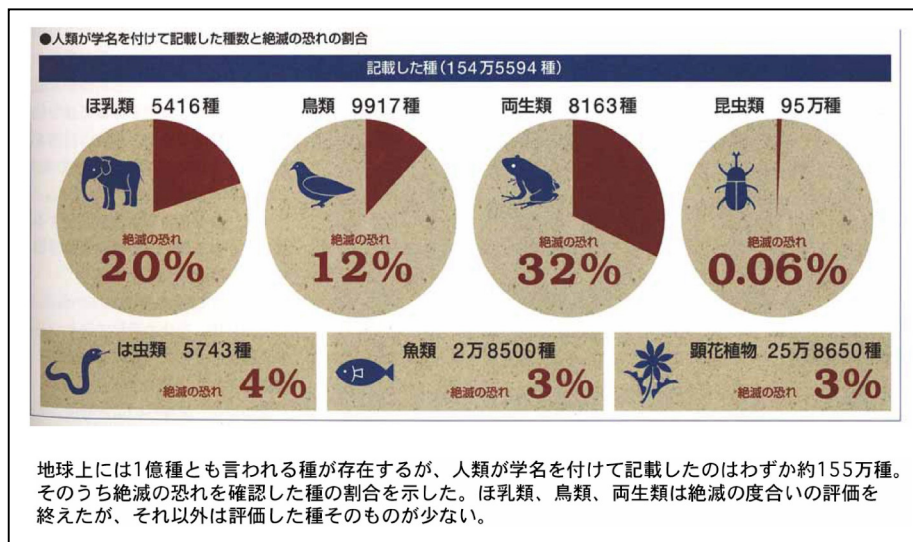
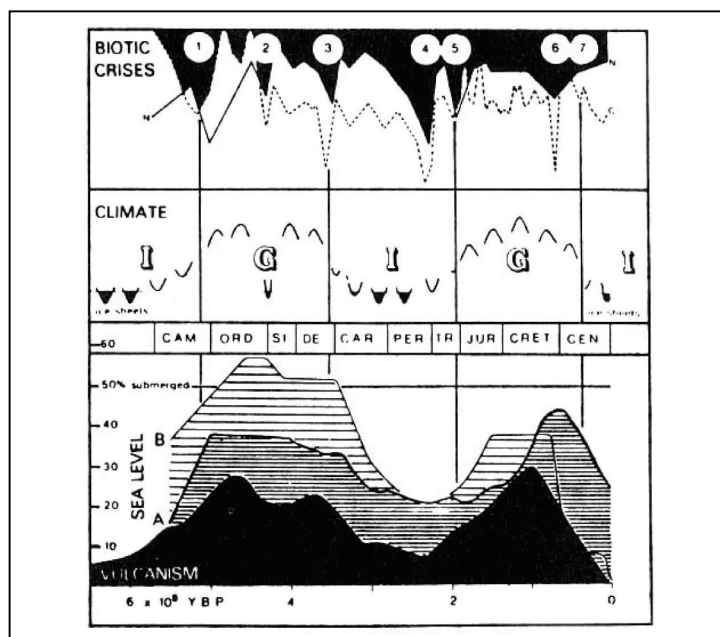


図-26

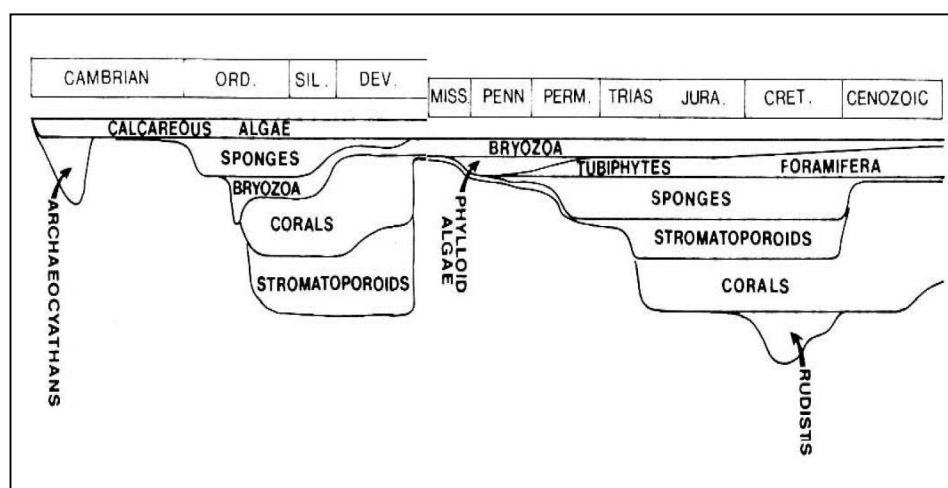
〈図-26〉問題はなぜそういうことが6億年前の地球上で起きたのかという理由です。さて、我々が知っている生物はほとんどが大型のものです。生物それぞれに名前をつけ、判って記載されているのは現在155万種類ぐらいです。それでも全体の1割、もしくは1%という極論を言う人もいますが、それぐらいしか我々は生物の多様性を理解していない。



図－27

〈図－27〉 もう一回生物の環境に話を戻します。白亜紀の頃、今から1億年前に地球は非常に暖かくなった。地球から氷が消えた(図－27の中半の図)。海水準は現在より300m上がった。海水の温度も平均で20℃まで上がった。北極も南極も暖かくなり大森林が生まれた。すごいですね。生物が大量に爆発的に増えた。その化石が石油と石炭です。石油のほとんどがこの時に出来ています。

一番言いたいことは、温暖化は大変結構なことで生物多様性が一気に爆発的に増えるということです(図－28)。



図－28

〈図－28〉 これは生物の多様性を描いた絵で、左端が6億年前で右端が現在です。先ほど言った白亜紀(CRET)の頃は生物多様性が非常に大きくなった時代です。それよりも前、5～3億年前(ORD, SIL, DEV)にも暖かくなり生物の多様性はピークに達している(図－28の縦軸)。温暖化というのは生物の多様性を減らすのではなく、増やすのです。

化学環境の汚染は生命進化を加速する

温暖化と化学環境の汚染を区別して考えなければいけない。温暖化すると生物の多様性が減少するのではなく、増加するのです。これが重要な問題で、それを加速する化学的な汚染の話をします。

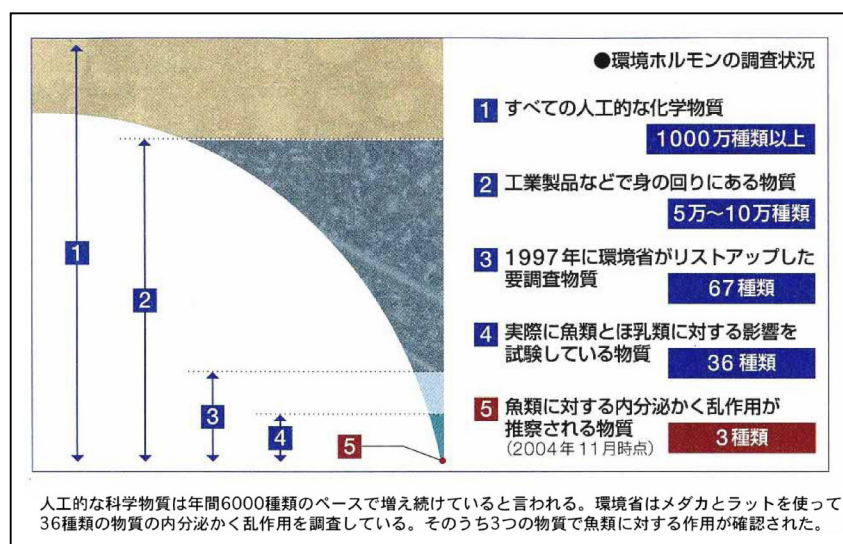


図-29

〈図-29〉今現在、新素材を作るために人間は自然界に存在しない人工的な物質を、年間 6000 種類のペースで増やしている。元素の数は大体 100 あります。100 の元素を二つ組み合わせて合金を造る。三つ組み合わせる。四つ組み合わせる。あるいは 100 全部を混ぜる。さらに混ぜる比率を変える。原理的には無限の新物質が出来ます。

それを今トライ・アンド・エラーで、とにかく世界中のいろいろな所が競争して造っています。なぜかと言うと、それは経済につながるからです。儲かるのです。例えば鉄よりも軽い炭素を中心にした新素材を作り飛行機を作る。そうすると燃費が 80% になる。これはものすごいプラスアルファで新素材はお金に換わりますから、先進国は全部この種の研究に投資している。

しかし、もう一つ重要な問題は、こういう物質は地球の歴史の中でかつて生まれたことがないということです。水は何でも溶かしますから、それが水の中に溶け込むと何が起きるか。これはまったく新しい実験を今人間がやっているということです。この規制はわずかしかなかかっていません。これにものすごく大きな歯止めをかけるというのは、その国の将来の経済を決めることとリンクしますから、非常にナイーブな問題をはらんでいる訳です。1g の角砂糖 1 個の中に人間の世界人口の数と同じ種類の数のバクテリアがいます。60 億個のバクテリアが棲んでいるのです。だからわずかな水の中に漏れ出した、こういう新しい物質が生命にどう影響を与えるのかは、我々は誰も知らない。

水と空気は生物がもっとも大量に食べる食糧ですが、これらの化学的な汚染は生命進化を加速する。これは過去の地球の記録を見ると自明です。我々のような大型の生物が生まれたのはなぜかという話を次にしますが、それは海水の化学組成が短期間に急激に変わったことです。

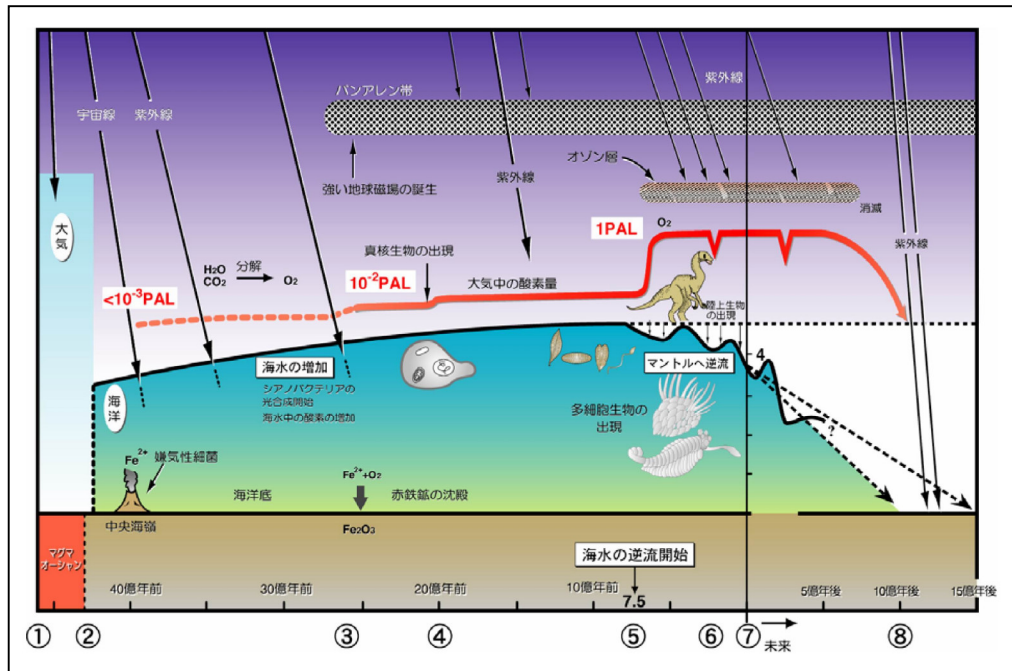


図-30

〈図-30〉 46 億年の歴史の中で 6 億年前に地球の環境が急速に変わった。そのことによって初めて小さな生物が突然大型化し、大気中の酸素が増えて脊椎動物、我々の祖先を生んだ。我々のグループは今この問題に焦点を当てて研究しています。

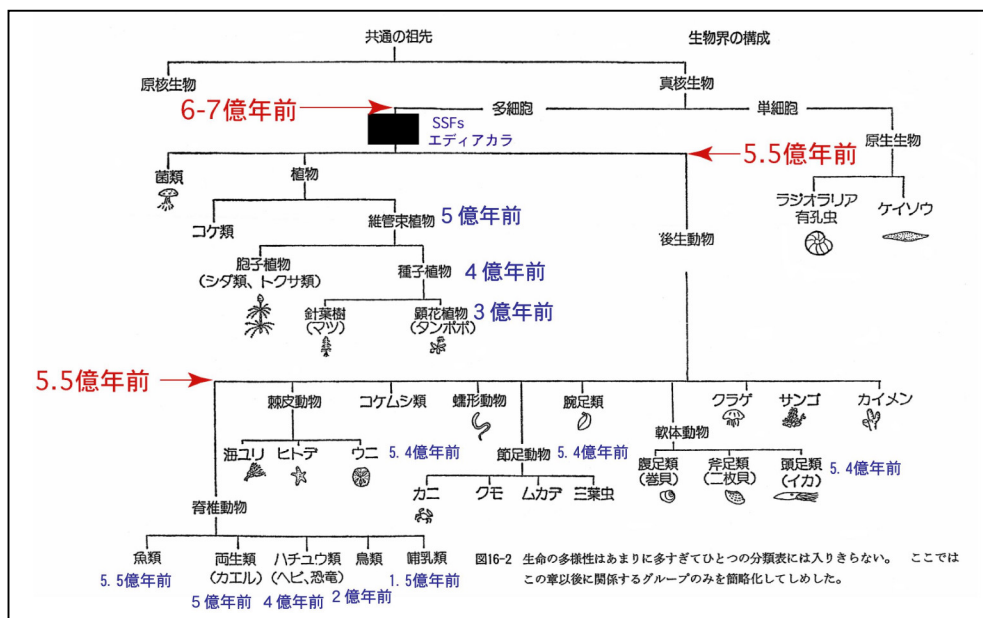
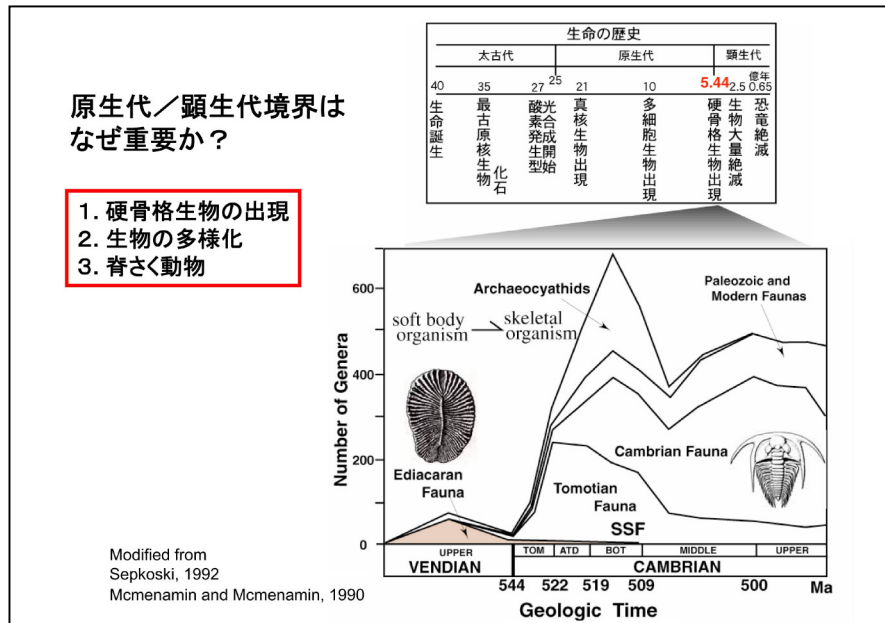


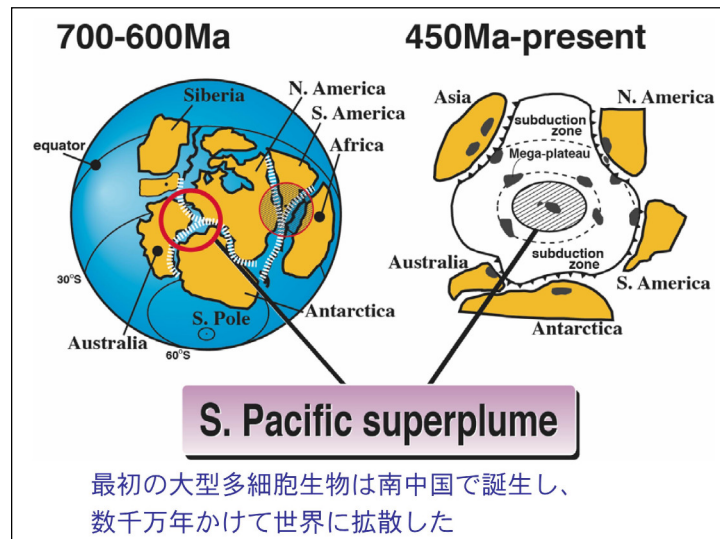
図-31

〈図-31〉 この 6 億年前の変化は生物の進化史上大変重要なイベントです。生物が多細胞化し、大型化し、あれよあれよという間に魚が 5.5 億年、それから哺乳類が出てくる 2.5 億年前まで駆け足で進んだ。これは生命史最大のイベントです。



図－32

〈図－32〉これは生物の多様化を描いた絵ですが、最初の動物の化石が6億年前に出現し、5.44億年前から突然、大量の、しかも多様化した動物が出現する。その最初の動物が地球上のどこで誕生したのか、というお話を次にしましょう。



図－33

〈図－33〉先ほど6億年前に著しく多様になった地球の環境、とりわけ海水の化学組成、そこから我々の祖先が生まれたと説明しました。その海が6、7億年前に南中国にあった。簡単に当時の古地理を紹介します。〈図－33〉の右図の中心が現在の太平洋です。北アメリカが右上にあります。ところが7～6億年前は北アメリカが太平洋の中心にあった（左図）。アジアは今ここにあります、6億年前は太平洋の中心にいた。オーストラリアと南極は今ここにあります、昔は太平洋の中心にあった。南米もそうです。太平洋が今は大きな海ですが、昔は全部陸ですっぱり

覆われていた時期がある（左図）。地球の中心から上昇してきた太平洋スーパープルームがこの大陸をいくつかに割り、北米を北東に押しやり、アジアを北西に押しやり、オーストラリア、南極を南に押しやった。その隙間に生まれた最初の小さな海。周りは全部花崗岩の大陸です。花崗岩が熱水でグツグツ煮られて、外洋の海と化学組成がまったく違った海が出来た。これが誕生直後の太平洋です。

地球の石は 3 種類あると思って下さい。かんらん岩は最初の石で、これに水をかけてやると水素が出て来ます。今も水素がブクブク出ている所がインド洋の中にありますが、その周りに棲んでいる生物が一番原始的なゲノムを持っています。ゲノムから見るとそういう生物がいる。現在の海はほとんど玄武岩で出来ているのですが、その玄武岩の隙間から出て来るブラックスモーカーにも生物が棲んでいて、それがその次に進化した生物です。

さて、花崗岩は大陸を造っている白い石です。これが 3 番目の石です。我々の骨、脊椎動物を造るカルシウム、リンがたっぷり入っている石がこれです。名水百選と言うのがありますが、我々が感じる一番うまい水を作る石でもあります。ハワイの天然の水は玄武岩の水です。ハワイの水をうまいと言う人は誰もいない。とりわけ、かんらん岩の水は飲めません。pH がものすごく低いです。

なぜ我々は今でも花崗岩が大好きかというと、我々は花崗岩の中から生まれた生物だからです。ところで、生物学者は今まで生物を形態で分けてきた。分子生物学で今はゲノムで分類していますが、私の提案は生物を化学組成で分けようと言うことです。生物の形態の分類と化学組成の分類と対応があり、それは歴史を反映しているに違いない。とりわけ 7~6 億年前にこういう環境が生まれ、その環境の中で我々の先祖が生まれたらしい。

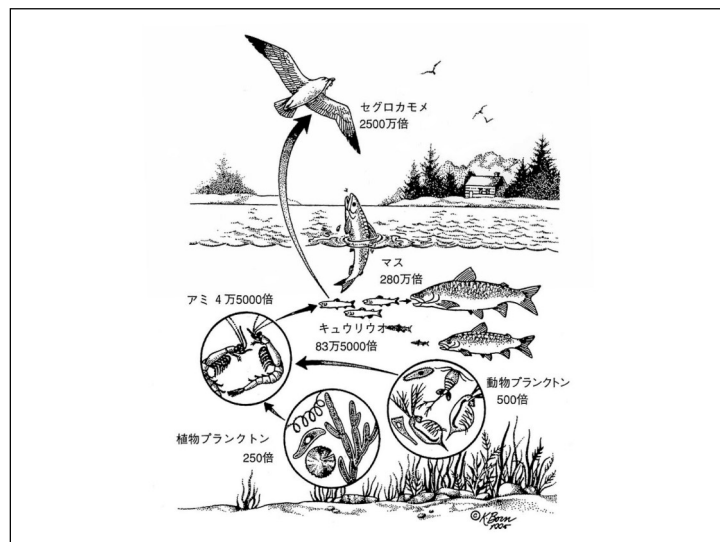


図-34

〈図-34〉さて、人間は年間 6000 種類のペースで新物質をつくり、それが地球の水環境を変えています。影響が小さな生物に及ぶだけであれば良いという訳ではなく、それが食物連鎖によって大きな生物の個体に入り込んで行って、やがて大型の生物もその影響を受ける。



図－35

〈図－35〉話はかわりますが、人間は孤独ではありません。多くの人は孤独だと青年時代に思いますが、実は我々の体の中に 400 種類のバクテリアを飼っている。その中には現在の地球の表層では棲めない、地下生物圏に生棲する総数、6 兆個をこえると言われている、メタンガスを出すバクテリアを初めいろいろな微生物が身体の中に共生しています。

我々がかむことによって物理的に小さくした食物をバクテリアが連携プレーでどんどん分子を小さくして行って、アミノ酸レベルまで小さくして最後は血管の中に送り込む訳です。我々は多生物共生体なのです。そういう意味で人間は実は腹の中に大量の微生物を飼っているのです。だからケミカルな汚染が非常に重大な影響を与えるはずです。〈図－35〉には「腹の中は外」と書いてありますが、それは人間が持つ、こういう生物学的な宿命を表現しています。

現在、我々は生命進化の速度と方向を変え、サイエンスとテクノロジーの力で微生物大爆発の科学環境を用意した。これが現在の科学の最前線だと思います。我々は壮大な人体実験を始めている。もう 1 つ、中国問題の本質の一つは地球規模の化学汚染の中心が中国にあり、これは人類の未来をコントロールする巨大な爆弾になっているということです。もう時間がないので、ここでストップしましょう。どうもありがとうございました。（拍手）

追記 ここで引用させて頂いた図の出典を記すスペースと時間的余裕がありません。

もし興味のある方は、御連絡頂ければ対応致しますので、よろしく御配慮お願い致します。

発 行 者 伴 俊 夫

発 行 所 **財団法人本田財団**

104-0028 東京都中央区八重洲2-6-20 ホンダ八重洲ビル

Tel.03-3274-5125 Fax.03-3274-5103

<http://www.hondafoundation.jp>