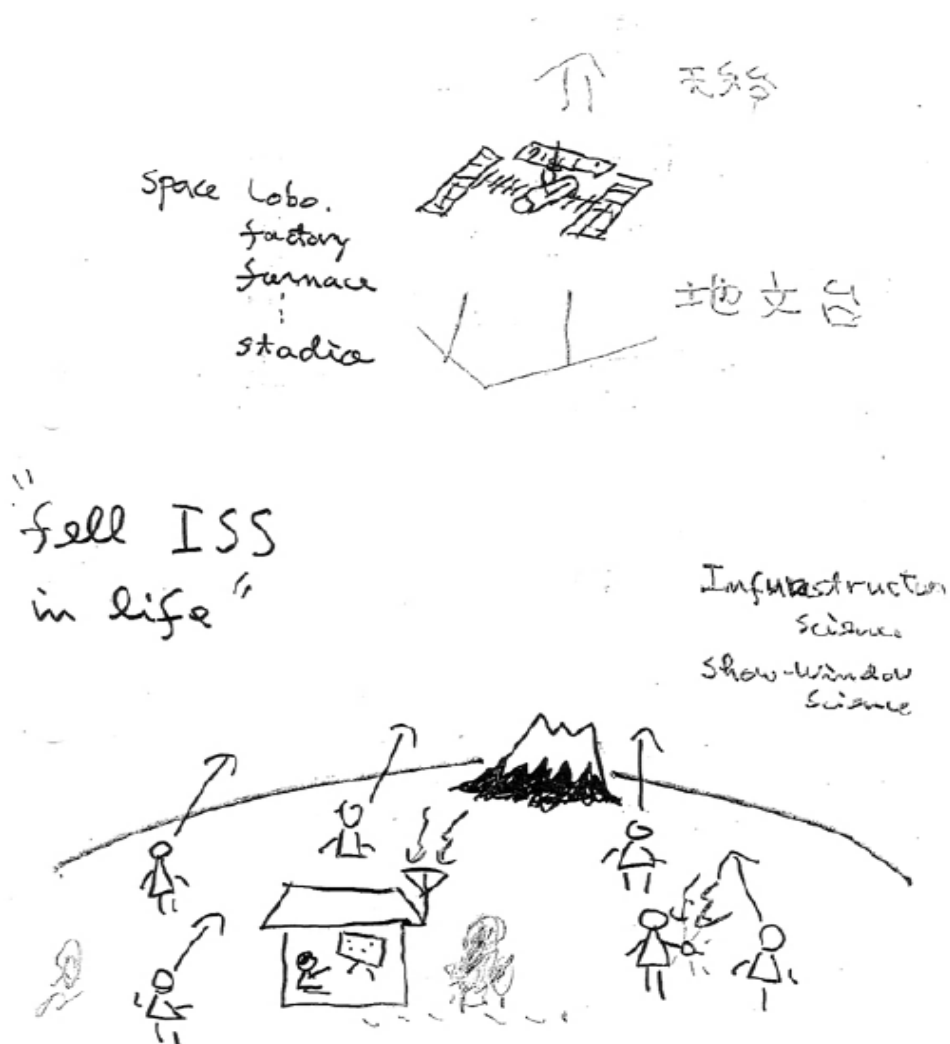


201201-03 文明・気候・宇宙

文明・気候・宇宙

「地文台」



(「ISSを文化・教育・社会インフラへ」NASDA宇宙環境利用システム研究システムアドバイザー 佐藤、2002年2月?)

いまから十数年前、私は「地文台」という言葉をつくりました。天文台なら分かるが地文台とは何かと思うでしょう。地文台と言ったのは国際宇宙ステーションの観測機能の一つとして「宇宙から地球を見る」ということですが、もっと大きな意味は「天を知ることは地を知るためである」という学問の向かうべき方向性を示したつもりでした。

数年前からこの「地文台」という言葉に魂を入れていこうという研究者で「地文台によるサイエンス」という研究会を2004年から継続して開いてきました。2011年10月31-2日には東工大で「第6回」の研究会が開かれ、丸山茂徳氏が主宰した今回は天文、太陽圏、気候変動、地質学だけでなく時節柄自然エネルギーの課題まで幅広く議論された。ここではそのうち、気候変動が宇宙的な原因かもしれないという話題を紹介する。

第6回地文台シンポジウム&東工大流動機構国際ワークショップ

軌道に至り、地を見る

地を観て、天を識る

天と地を識って、過去と未来を語る

Reach the Orbit, then Look down the Earth

Observe the Earth, then Understand the Universe

Understand the Earth and the Universe, then tell the Past and the Future

丸山茂徳

<https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiD2YqesZ7hAhXBUN4KHXnoAokQFjAAegQIABAB&url=https%3A%2F%2Fsites.google.com%2Fsite%2Fchimon6ryudows%2F&usg=AOvVaw0P1ais-VvWHmkJrAz9y6pg>

文明の動向と気候

世界史で学ぶことだが、今から約千五百年前には西欧で「ゲルマン大移動」があったという。北方から南方にヴァイキングなどの大民族移動があったのは気候の寒冷化が原因であった。それまではグリーンランドは草原で牧畜民族が豊かに暮らし、人口も増えたが、2, 3百年の時間スケールで寒冷化が進み、追いつめられて南方に移動し、そこに元々住んでいた人びとから見ると「侵入」となった。ここでの民族混交が、南方（中東）起源のキリスト教精神がヨーロッパ流に変質されて世界文明の核心になっていった。

この民族大移動の後、いまから千年前頃にかけてやや温暖化し、700年前頃から再び小氷期に入った。この地球自然に組み込まれた気候サイクルが二酸化炭素の人為的な排出で近年は急激に温暖化していると言われている。

寒冷期が文明を生む？

民族大移動のあった寒冷期からさらにさかのぼると、二千年前、日本でいえば弥生時代は温暖期であったが、その先の三千年前には平均温度が3度も低い寒冷期のピークであった。それ以前の寒冷期はというと五千年弱前、一万年前となる。これらの寒冷期には農業革命（一万年前）、都市革命（五千年弱前）、精神革命（三千年前）、民族移動（千五百年前）が対応すると丸山氏は言っている。すなわち、寒冷期に向かう中で人類は危機を感じてそれを克服しようとして様々な文明を編み出したというのである。食料生産が生存・子孫繁栄の条件を握っていた時代であり、気候はその鍵を握っていた。寒冷期が社会を不安定化し、新思想を生んだり、寒冷期で海岸線が後退して海を越えた島しょなどへの民族移動を容易にする、など物質的、精神的の両面で影響した。

生物の興亡

文明の歴史は長くても数万年前までの話しである。その一方、二足歩行や脳の大きさとかの特徴を備えた現人類が登場したのは数百万年前であり、さらに生物の起源というと約35億年、地球誕生45.5億年、ビッグバン以来137.2億年前という数字が並ぶ。ここでの「生物」のイメージは相当広い。35億年前とは最古の原核生物の化石があるという意味であり、光合成は27億年前、多細胞生物は10億年前、陸上の生物は6億年以後となる。その頃から爆発的に魚、両生類、鳥、哺乳類のような動物が2.5億年前までに爆発的に登場したが、その後、急激に大半の種が絶滅した。この原因に天文現象が絡むのかどうかは論争の的である。いったん、大絶滅後、生物種はまた増えて恐竜などの大型生物時代になるが、恐竜は数千万年前に忽然と絶滅した。寒冷化が原因と思われるが、寒冷化の原因に隕石衝突などの天体現象があったのかも争点である。

気候変動の「観測」

過ぎ去った太古の気候をどうやって「観測」するのか？この「観測」には年代順に並んでいる年輪、地層、氷床、湖底の泥層などにみられる蓄積された記憶を現在の技術で分析することもあるが、気候が文明や生物に影響するから「文明」や「生物」から逆に過去の気候を「観測」することも出来るのである。こうした研究はこれからのもので新しい話題がどんどん出てくる可能性もあるが、イメージをもって貰うために幾つかを列記してみる。短い方から列記する。

太陽活動、宇宙線	数十年
人類文明	数百年—数十万年
火山、地震、など	数十年—数万年
地球軌道・自転軸	十万年（ミランコビッチ周期）

生物種大量絶滅

数千万年

海洋大循環、成分、地磁気、大陸移動など 数万年—数億年

隕石衝突、高密星間雲突入、超新星、 ?

次には、このうち、太陽・惑星原因と太陽系外原因を見ていきます。

カンブリア紀

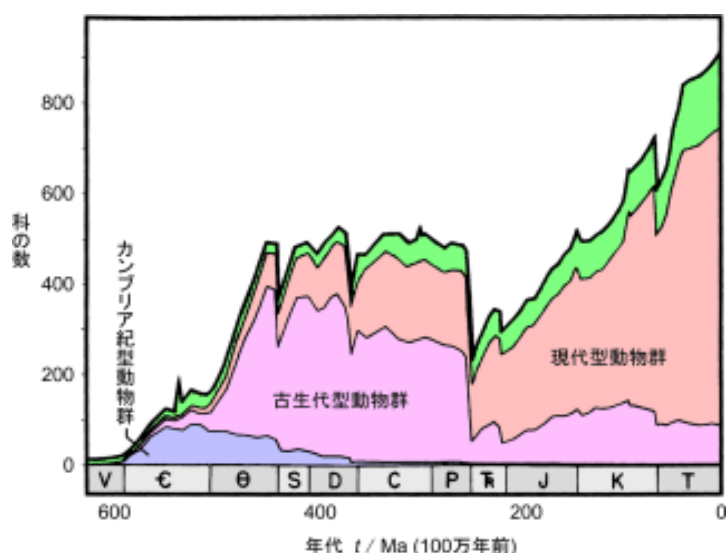
35億年前に地球が誕生して数億年も経った時期にはもう生命の起源に結びつく細胞のようなものが出来ていた様である。プランクトンのような細胞の化石と考えられる岩石には25億年と古いものがある。しかし代謝と遺伝の二つの機能を兼ね備えた真核細胞の出現は20億年前ごろといわれる。それから長い間、生物と言ってもバクテリアのような単細胞の生物であった。現在の植物や動物の様な目に見えるくらいのサイズの生物種が大量に出現したのは今から5億年程前のことである。この時期はカンブリア紀と呼ばれている。カンブリアとは英国のある地方の地名であるが、そこで18世紀頃に大量の化石が発見され、地球の過去についての地質学の研究が盛んになった。化学成分上や、顕微鏡で見ると細胞膜が見えるとかいった生物の化石でなく、肉眼で見ても明らかな化石が存在するのは、この時期以後のことである。全世界的にもそうであることが後に分ってきている。さらに現存する様々な動物の種の大きな分類枠（門）は全てこの時期に登場している。このカンブリア紀以後の生物種の進化はダーウインの進化論のメカニズムで淘汰されてきたと考えられている。

地球環境変動と生物種の激減

このシリーズで考えようとしているのは、天文学的な原因で大量の生物種が絶滅するような地球環境の激変があったかというものである。地球形成の初期は荒々しい環境であり、天文現象という小さい効果の影響が見届けることは不可能である。ところが、地球の物理的、化学的な環境がある程度安定した後に繁茂した生物種は環境の微妙な影響にも大きく左右される。様々な生物種は個々別々の物理的環境と食物連鎖の環境の元で始めて繁栄でき、その許容範囲は非常に狭いと思われる。このことは地球温暖化問題で我々は日々感じていることである。このように「種の継続」に必要な環境が非常に壊され易いということは、逆にいうと生物種の消長を見ることで天文現象もふくむ些細な天災地異もその痕跡を残している可能性があるのである。

大量絶滅

地質学の研究から、図の様に、カンブリア紀以後に生物種が大量に入れ替わった事件、大量絶滅、が少なくとも五回あったとされる。一番最後のは今から6500 万年前の恐竜絶滅である。なかでは2.5 億年前の大量絶滅が大規模なものである。図の縦軸は生物分類枠の門・綱・目・科・属・種の科の数である。ちなみに現在のネコ科は5 属 40 種という。



恐竜絶滅のきっかけは大きさが 10km もある隕石衝突であったという説は有名である。衝突自体の直接の被害は数百 km を越えないだろうが、そこで舞い上がったチリにより気温が低下して植物が不作となり、それが原因で食物連鎖の頂点にいる恐竜の食糧危機を引き起こしたというものだ。しかし他の四つの大量絶滅に相当する隕石衝突は確認されていない。確認されている大量絶滅は一億年に一回ぐらいの頻度だが、小さなものも数えると2 千万年から3 千万年ぐらいで繰り返しているという説もある。この頻度の隕石衝突は起こっていない。人類らしいものが登場してまだ百万年だから、その機会に遭遇しているかわからないかも興味あるポイントである。

大陸移動と絶滅

地上の生物は化石も含めて見かけ上は多様だがその機能は基本的には同じ仕組みである。遡ればどの種もつながっている事が示唆されている。陸上動物は海で隔てられたら繋がりが切れてしまうが、大陸移動説によれば三億年前までは大陸はパンゲア大陸一つだったとされている。漂流する大陸への分割が始まったのはこの頃であったらしい。そして、どっちが原因か不明だが、海底地下からのスーパープルームというガスと熱の吹き出しが活発にあった。このため、大

気は酸欠になった。2.5億年前の大量絶滅はこれに関係していると考えられている。

地磁気反転とミランコビッチ周期

現在のような生物種の登場以後の数千万年以後での物理的な環境変化には、地磁気の反転や地球軌道の変動などがある。地磁気の逆転は百万年ぐらいの間をおいて数回確認されている。しかし、これが生物種に大きな影響を与えたとは考えにくい。また、太陽系の最大惑星である木星の重力の影響で地球軌道や自転軸が約十万年の周期で変動しているというミランコビッチの仮説が最近確からしくなっている。これで数度のグローバルな温度変化が生じたと推定され、陸と海洋の大きな変貌を繰り返してきたといわれている。だから、人類を含む動物や植物群の地域移動があったであろうが、ゆっくり進むものだから種の大量絶滅にいたるとは考えにくい。

海・陸・大気

地球という生物の惑星の特徴は液体の水の存在だといわれる。このためにはある程度の温度と圧力の大気が必要である。大気がないと海もあり得ないのだ。また陸がなく表面全部が海というのも力学的に不安定である。だから生命に不可欠な水の惑星というのには陸と海と大気の三つが備わっていることなのである。そして、生物はある与えられた物理化学的な環境の中で生きるだけでなく、生物はこの環境の改編にも重要な役目を果たしているのである。生物はまず海の中で発生して光合成を行った。太陽エネルギーで生きていく中での排気物が酸素の放出である。この酸素が大気上空に登ってオゾン層を作り、地上の太陽紫外線を遮蔽した。そこに海中の生物が上陸して地上生物が発生したのである。海中では紫外線や宇宙からの放射線は遮蔽されているから、もともと生物が生きていける環境だった。

遺伝情報の書き換え

再生こそ生物の核心であり、その為の情報伝達を安定的に保つ仕組みがDNAである。そこに書き込まれた情報で次世代の細胞が再生される。DNAで遺伝情報が物質的に受け継がれ、その情報でタンパク質が作られ、細胞分裂で絶えず生命のユニットを新鮮な状態に保たれているのである。このサイクルの安定性にはDNAの書かれた情報が簡単に書き換えられないことが必要である。ところが紫外線を含むエネルギーの高い放射線は細胞内に活性酸素を作って、それらがDNAの情報を書き換えてしまう。この際の影響を大中小と分けると、書換えが大なら細胞の再生は不可能で、異常さは次には受け継がれない。また書換え

が「小」なら修復作用でもとに戻ることが出来る。ややこしいのは「中」の場合である。

受け継がれる突然変異

書換えが中程度だと、死滅でも元への復元でもなく、新たな機能をもった細胞として生き残る。これが突然変異である。この突然変異の新たな機能が生体に与える影響はプラスの場合もマイナスの場合もある。原発事故でばら撒かれた放射能で癌の発生が増える不安が広がっているが、これは癌化という突然変異のマイナスの効果である。癌細胞の増殖が進むのである。その一方、ネズミから人類に進化してきたのも小さな突然変異の積み重ねである。DNAが少しずつ放射能などの原因で書き換えられて来たからこそ進化があったのである。書換えが何時も元に修復されて遺伝が安定しているなら、生物進化はあり得なかった。書換えによる突然変異が自然選択の試練を受けて生物進化が行われて来たのである。自然は絶えず書き換えの冒険をして来たのである。こういう現存の地上生物の状況を考えると、放射線環境の激変が種の大量絶滅などを引き起こす可能性がある。

暗黒星雲への突入

太陽系は周囲の星間物質に対して動いており、次々と異なる環境を通過してきたと思われる。こうなると巨大分子雲や超新星星雲などに突入する可能性がある。頻度は前者の方が大きい。星形成の一手前にあるのが密度の高い巨大分子雲である。暗黒星雲とも呼ばれる。太陽系がこの雲に突入すると、太陽圏の大きさが小さく圧縮される。

太陽圏の大きさは太陽風と圏外物質の動圧のバランスできまり、現在の大きさは約百天文単位ぐらいだが、それが一天文単位ぐらいに小さくなる。これでは銀河宇宙線がもろに地球に入射する。数十万年の突入時間の間には地磁気反転も必ずあり、宇宙線にもろに晒される。低エネルギー宇宙線が窒素分子を破壊するので、窒素酸化物を増加させ、オゾン層を破壊し太陽放射線の防護壁が消滅する。また大気のイオン化増大で雲が多くなり、気温は寒冷化に向かう。これで光合成も衰え、生物の食物サイクルは大打撃をうけ、大きな動物は真っ先に消滅するだろう。

三重の防御壁の破壊

進化にとって突然変異は必要であるが、それは飽くまでも斬新的な適度な速さのDNAの書き換えである。現在の陸上には三重の放射線防護壁が存在する。太陽圏、地磁気、大気である。暗黒星雲への突入はこの防護壁を無にするだけで

なく、太陽表面活動を活性化して高速粒子の生成につながるとも考えられている。

図：他の恒星 **LL Orionis** の「太陽圏」。真ん中の明るい恒星が右に進行している。恒星からの太陽風が左後方に吹き流されている。この太陽風が吹だまっている領域が「太陽圏」である。(NASA, Hubble-telescope, <http://apod.nasa.gov/apod/ap020313.html>)

