HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	地球の進化と人類の位置づけ
Author(s)	藤井, 義明; 石本, さやか
Citation	資源・素材学会平成23年度春季大会講演集 素材編, 47-48
Issue Date	2011-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/45108
Type	proceedings (author version)
File Information	Fujii2011EarthAndHuman.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

地球の進化と人類の位置づけ

北大工　藤井義明・石本さやか

人類がいかに生きていくべきかについて考える、あるいは、それほど大げさでなくても、自分の研究や仕事を進める上で、地球の進化と人類の位置づけについて理解しておくことは悪いことではないと思われる。以下に示すことはほとんどが科学啓蒙書やインターネットで得られる程度の知識であるが、学問が細分化・先端化して、却って全体の見通しが難しくなっている現在の状況では、全体を整理してまとめて示すことには多少の意義があると考える。興味を持たれた読者には、各自詳しく調査されることをお勧めする。

地球は、太陽風で天の川銀河に満ち溢れている宇宙線がブロックされている太陽圏の中で 45.5 億年前に誕生した。誕生時は微惑星の衝突等により、マグマオーシャンと呼ばれる、煮えたぎった状態であった。微惑星の衝突も一段落し、宇宙空間への熱放射により徐々に温度が低下してくると、表面近くのマグマは固化し地殻が形成され、水蒸気が水となり雨が降るようになった。雨が降るようになると陸地の浸食が生じ、海洋も形成され、各種の物質循環が生じるようになった。

あるとき、どこかで、何かの原因で、二酸化炭素、硫化水素、窒素、水などを原料として有機物が合成された。おそらく有機物を原料として偶然に自己複製子ができた。自己複製子は複製時に突然変異を起こし、自然淘汰を生き残った変異体が多数となった（遺伝子の進化）。自己複製子は進化を続け、いつしか DNA を材料とするようになり、36 億年程前には地磁気により生命にとって致命的な太陽風がブロックされ、この頃に嫌気性従属栄養細菌が誕生した。なお、このときの地球大気の主成分は二酸化炭素である。

20 億年ほど前になるとシアノバクテリアが誕生し、二酸化炭素と水から光合成のエネルギーによって炭水化物を合成し、当時の他の生物にとっては猛毒である酸素を排出し始めた。酸素濃度が増えてくると、αプロテア細菌を細胞内にミトコンドリアとして取り込んだ有酸素エネルギーを用いる生物が海中に多数現れた。さらに葉緑体としてシアノバクテリアを取り込んだ植物も海中で繁殖した。このときはオゾン層がなかったので陸上に上がると太陽の紫外線が致命的だった。

生物は様々に進化し海中で繁栄し、カンブリア紀近くになると硬い骨や殻を持った生物が現れ、以降の地層は化石によって比較的簡単に分類できるようになった。なお、この頃の大陸は、超大陸ロディニアが分裂した状態である。オルドビス紀にようやく植物が上陸した。デボン紀に入ると酸素濃度の増加により上空に形成されたオゾン層が紫外線を遮るようになったため、脊椎動物は陸上にもその生息地を広げた。ある種の植物は、石炭紀以降に大繁栄し埋没して石炭となった。二畳紀になると超大陸パンゲアが形成され、白亜紀には恐竜が繁栄した。K-T 境界にはおそらくユカタン半島への巨大な隕石落下の影響による寒冷化で恐竜が絶滅し、そのニッチを哺乳類が埋めた。この頃は、現在のレイアウトに向けて大陸が移動中であり、生物はそれぞれの大陸で独自の進化を続けた。特にユニークなのはオーストラリア大陸で進化した有袋類であり、不運にも絶滅したのは南極大陸の動物である。

ある説では、200 万年ほど前にヒトの祖先が現れた。地球の気温は、ごく大雑把に言って、大気中の二酸化炭素濃度減少等の原因によりカンブリア紀からこの頃まで冷え続けているが、チンパンジーの一部が寒冷化の影響により樹上の生活をあきらめ直立歩行し手を器用に使い始めたことがヒトへと進化した理由とも言われている。約 80 万年前からの気温は、ミランコビッチサイクルにより約 10 万年周期で約 10 度の振幅で急激に上がって（間氷期）緩やかに下がる（氷期）ことを繰り返している。

いつ頃からかはわからないが、ヒトはしゃべるようになった。ヒトの喉周辺の構造は独特であり、この構造を有するがためにしゃべることができる。これは、うまくしゃべることができるヒトが「しゃべると便利だ」と言うミーム（文化的遺伝子）を多数のヒトに広め、また、しゃべることが繁殖に有利で、遺伝子のコピーを多数残すことにつながったため（遺伝子とミームの共進化）とも考えられる。

ある説では、20 万年ほど前に現在のヒトの直接の先祖であるホモサピエンスが現れた。7 万 4000 年前にインドネシア・トバ火山の破局噴火による寒冷化で世界の人口は 15000 人ほどまで減少し、これが肌の色の違いから直感的に予想されるよりもはるかに人間の遺伝子の多様性が小さい理由ともいわれている。氷期の海退により大陸間を歩いて移動できるようなった時期にアフリカからヨーロッパへ、また、アジアさらにはインドネシア、オーストラリアへ、あるいは、ベーリング海峡の陸橋を渡って北アメリカさらには南アメリカへとヒトは生息地を広げ、各地域で進化を続け、現在のように様々な人種が見られるようになった。なお、ここまでの人類は狩猟・採集生活を営んでおり、獲物を求めて常に移動していたものと思われる。

11500 年前に急激な温暖化が生じ、巨大哺乳類が絶滅し、ヒトは天敵が少なくなった。同時にそれ以降現在まで続く異常に安定した気候の下で定住できるようになり、牧畜や農耕を営めるようになった。それまでの人類はほとんど繁殖するためだけに生存していたが、生活に余裕ができ、文明が勃興した。石器社会から現代の情報化社会までの社会の進化はミームの進化として説明することもできる。なお、この異常に安定した気候は 8000 年前からの農耕による二酸化炭素濃度増加と 5000 年前からの牧畜によるメタン排出のおかげであるとする意見もある。

可採年数から単純に計算すると高速増殖炉を実用化しない場合、ウラン鉱石と主要な化石エネルギー（メタンハイドレート・オイルシェール・シェールガス含む）の埋蔵量は 153 年後に枯渇することになる。もちろん、埋蔵量の枯渇が資源の枯渇を意味するものではないし、可採年数自体が新たな鉱床の発見

等により増加したり、人口増加や経済発展による消費エネルギーの増加で減少したりするが、不正確な目安と承知の上で用いる分には多少の意義があると思われる。その後は、核兵器への転用が難しいという欠点があるために今まであまり用いられなかったトリウム（トルコ・オーストラリア・インド（既に使用中）・ノルウェー・アメリカ・カナダなどに賦存）が全ての一次エネルギーを賄って 58 年分、海水ウランが 1000 年分（インドネシア・フィリピン・台湾・沖縄～土佐湾、フロリダ、アフリカ東岸などの大陸棚で捕集可能と思われ、高速増殖炉で 18 億年分）あるので、これらを活用して生き延びながら、新しいエネルギー獲得方法を開発する時間が十分にある。

主にミランコビッチサイクルにより、5 万年後に氷期に向けて気温低下が開始し、10 万年後に氷期のピークを迎えると予想されている。最終氷期を参考にすれば、ヨーロッパ北部、カナダなどが氷床に覆われる。これらの地域でも海獣の狩猟などにより人類は生きていけないことはないのだろうが、少なくとも養える人口は大幅に減少するので、大部分の住人は、暖かい地方への移住を余儀なくされるだろう。このときまで持ちこたえていたとしても現在の国家体制は相当程度に修正を余儀なくされると思われる。海水温の低下と海水面の大陸棚までの後退により、海水ウランの捕集にもかなりの工夫が必要となるだろう。ディクソン&アダムス（2004）はこの寒さにより人類は絶滅すると予想している。

氷期のピークから数万年後の間氷期に、人類は氷床の消失した地域に再度移住するかもしれないが、地域によっては、氷河による地表の剥削で、地層処分された核廃棄物が地表に現れている可能性がある。ミランコビッチサイクルはいくつかの周期変動の重ね合わせなので、気温への影響の仕方は徐々に変っていくが、変動そのものは 63 億年後に太陽が赤色巨星になるまではずっと続くと考えられる。

現在のプレートテクトニクス運動がそのまま継続すると仮定すると、500 万年後には九州が朝鮮半島もろとも中国の下に沈み、5000 万年もすると日本列島は中国の下に沈んで跡形もなくなる。2 億 5 千万年後には超大陸パンゲアウルティマが現れると予想されている。大陸の分裂・集合に伴う気候変動は億年単位でプレート運動が止まるまで続き、その度に気候や生態系が大きく変動する。なお、億年スケールの気候変動には、太陽が天の川銀河を 3 億年で 1 周していることに起因する宇宙線密度の変動によるものもある。

太陽からのエネルギーは核融合の進行により 1 億年に 1%の割合で増加している。したがって、ステファンボルツマンの法則を用いて計算すると、たとえば、30 億年後には 20 度気温が上昇する。極風により水素が 3 kg/s の割合で散逸しているので、このときまでには水の存在が極域に限定されると予想されている。もちろん人類は今が最終形というわけではなく進化を続けているが、30 億年後の人類の形態と機能が現在と類似しているとすれば、海水ウランの次のエネルギーをみつけていたとしても、その存続はこのあたりが限界と予想される。

時期は定かではないが、30 億年と 63 億年の間くらいにプレートテクトニクスが止まる、また、残り少なくなった海水もマントルに吸収されてなくなると予想されている。このときおそらく地磁気が消失し太陽風に直撃される地球は煮えたぎるであろう。

63 億年後には太陽が赤色巨星となり、水星と金星を飲み込むと予想されている。地球は太陽からの噴出物により押し出されて軌道を変えるために飲み込まれはしないと考えられているが、誕生時と同様に再びマグマオーシャンになり、生物は全滅するであろう。その後太陽は白色矮星となり地球は太陽とともに 109 億年後までゆっくりと冷えていく。この過程でまた生命が誕生する可能性はもちろんあるが、冷え切った段階でまた生物は絶滅すると思われる。なお、その後太陽系は惑星を少しづつ失い、数兆年後には太陽は裸の冷え切った恒星になると予想されている。宇宙の未来については様々な議論がされているようである。ある説では、宇宙は永遠に加速しながらお互いから遠ざかる素粒子だけになる。

実績で 45.5 億年のうち 5 億年、将来的にも 109 億年のうち最大で 35 億年だけが緑の地球であるのに対し、不毛であった／ある期間は 109 億年のうち少なく見積もっても 74 億年であり、全体として不毛である期間のほうがずっと多いので、地球は「不毛の惑星」と呼んだほうが妥当ではないかと私は思う。

109 億年の中で現在の人類の分布（国家体制）は次の氷期のピーク（10 万年）以前に大きく変り、現在と類似形態の人類の存在は長くて 30 億年程度である。

この他に、絶滅には至らないまでも人類文明にかなりの打撃が予想される危機として首都直下型地震（M7 クラスの地震が 30 年以内に発生する確率が 70%程度）、彗星衝突（スペースガード計画が進行中）、破局噴火（噴出物 1000 km^3 超が 100 万年以内に起こる確率 75%）などが挙げられる。

ウィル・デュラントが「文明というものは、予告なしに変化するという条件つきの大地の承認を得て存在している」と述べているように、地球の進化は止めることができず、現在の生物・気温・国家体制・文明などを未来永劫維持しようとしても無理である。宇宙や地球の進化を把握し、人類の位置づけを理解することは、人生において何かの役に立つかもしれないと考える。

参考文献

サイモン・ウインチェスター（2004）、クラカトアの大噴火、早川書房
ガブリエル・ウオーカー（2004）、スノーボールアース、早川書房:
桜井邦朋（2010）、移り気な太陽、恒星社厚生閣
在田一則ら（2010）、地球惑星科学入門、北海道大学出版会
ジャレド・ダイアモンド（2000）、銃・病原菌・鉄、草思社
高橋正樹（2010）、破局噴火、JGL, Vol. 6, No. 3
ドゥーガル・ディクソン，ジョン・アダムス（2004）、フューチャー・イズ・ワイルド、ダイヤモンド社
リチャード・ドーキンス（2006）、利己的な遺伝子、紀伊国屋書店
リチャード・ドーキンス（2006）、祖先の物語、小学館
内閣府防災情報ウェブサイト
中嶋悟（1991）、地球の資源と環境、鉱物学雑誌、Vol. 20, No. 4, pp. 233-241
リチャード・フォーティ（2008）、地球 46 億年全史、草思社
リチャード・フォーティ（2003）、生命 40 億年全史、草思社
石本さやか（2011）、海水ウランで人類の未来はバラ色か？、2010 年度北海道大学工学部資源開発工学コース卒業論文
スーザン・ブラックモア（2000）、ミームマシンとしての私、草思社
デービッド・J.C.マッケイ（2010）、持続可能なエネルギー、産業図書
Earth History, http://www.scotese.com/earth.htm