

地球温暖化の問題点について（その2）

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藤井, 敬三 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025331

地球温暖化の問題点について (その2) 寄贈

5.6.22

静岡大学附属図書館

藤井敬三*

4. 気候変動の原因

第3図、第4図からも分かるとおり、地質時代の気候変動は現在よりも温暖であったり、寒冷であったり、非常に変動が激しかったことが知れる。特に氷河時代は第四紀だけでなく、原生代から幾度も繰り返して生じていることが知られていて、しかもこれらの氷河時代の特徴はただ一回の氷期を示しているのではなく、いずれの場合も氷期と間氷期とを繰り返しているのが認められる。したがって、氷河時代の気候変動の原因が解明されるならば、第3図、第4図にみられるような温度変化を生じさせている気候変動の実態解明につながるわけである。これまで、数多くの氷河時代原因説が提起され検討されてきたが、大きく二つの説に分けることができる(大嶋、1989;内嶋、1990)。

1) 宇宙的原因説

- A) 公転軌道変動説 地球の公転軌道のパラメーターである離心率、地軸の傾き、歳差運動の周期的変化により地球の受ける日射量が変化することによる。周期 10^4 - 10^5 年。
- B) 太陽放射熱変動説 太陽の放射熱がいろんな周期で変動することによる。周期 10 - 10^9 年。
- C) 宇宙塵反射率説 太陽系が宇宙塵の濃度の異なる宇宙空間を運行することによりアルベド(太陽日射量の反射率)の変化が起こり、地球に達する日射量が変化することによる。周期 10^9 年。

2) 地球的原因説

- A) プレート説 大陸漂移によって、地球表面の海陸分布が変化することによって、海洋や大気の大循環に影響することによる。周期 10^6 年。
- B) 海洋大循環説 黒潮蛇行、エルニーニョなどの海流の大循環の変化することによる。
- C) 岩石風化説 ケイ酸塩・炭酸塩の風化により CO_2 を炭酸塩として固定することによる。
- D) 火山活動説 火山噴出物の大気中拡散による大気日射量の反射率及び温室効果ガスの変化による。

さて、これらの説のうち、氷河時代の気候変動に最も関わっているのは宇宙的原因による公転軌道変動と地球的原因によるプレート運動であると考えられる。そこで公転軌道変動及びプレート運動と気候変動との関係について述べてみたい。

5. ミランコビッチ説と気候変動

第2章で述べたように、地球の温度は直接的には太陽から受ける日射量に依存する。氷河時代は太陽が放射するエネルギー量が減少することによることも考えられるが、どの氷河時代にも太陽からのエネルギー出力が減少したという証拠は全くない。しかし、地球が受ける太陽からの日射量は地球の

*静岡大学教育学部

軌道の永年変化により変化することをミランコビッチが天文学的に説明し、氷河時代の気候変動を初めて明らかにした。彼は地球の運動に関する次の3つの周期変化（第1図）を重ね合わせて生じる日射量の変化を過去にさかのぼって計算した。以下の説明及び第1図、第2図、第3図は Imbrie and Imbrie (1979) 父娘の著書（小泉訳）による。

1. 約4万年を周期とする地軸の傾きの変化

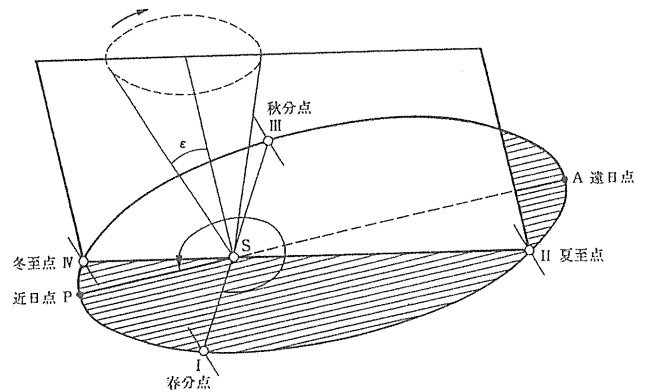
($23^{\circ}39' - 24^{\circ}36'$)。傾きが小さくなると四季の変化が曖昧となり、気候帯は明瞭となり、極地域が受ける放射量は現在よりも少なくなる。逆に、傾きが大きくなると四季の変化が著しくなって、極地域は現在以上に放射量を受ける。

2. 約10万年を周期とする地球の公転軌道の離心率の変化 (0-0.067)。

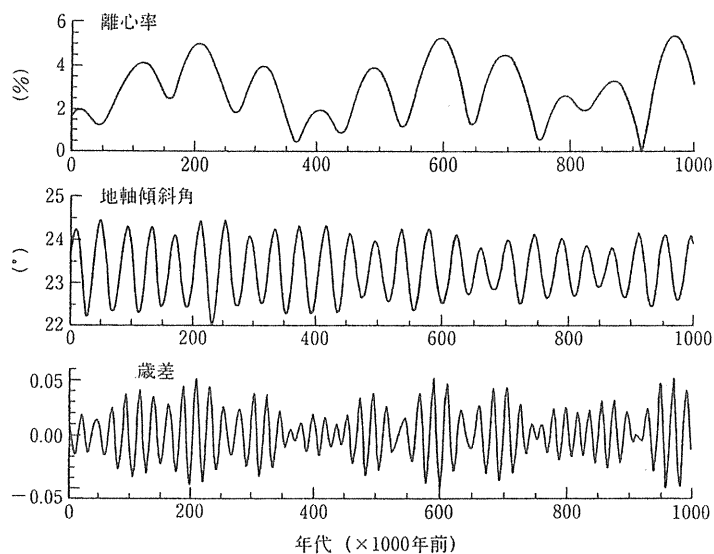
離心率が大きいたまには、日射量の差が夏冬で大きくなり冬至点が太陽近くの軌道の短軸の端にくると温暖な冬となり、太陽から遠くの軌道の長軸の端にくると寒冷な冬となる。

3. 2.1万年の周期の歳差運動。

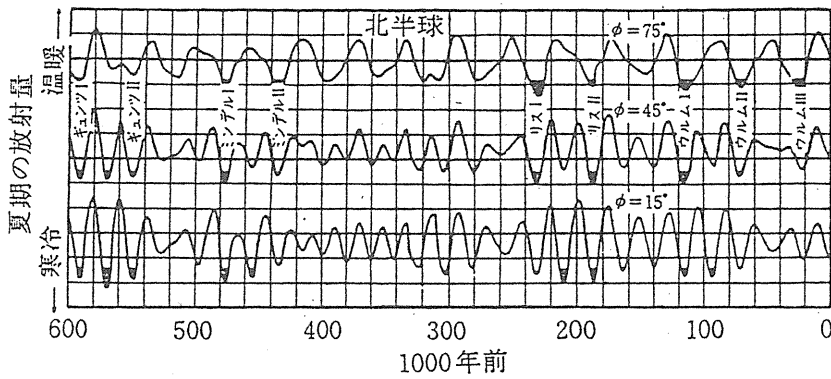
以上の2と3の組み合わせで、たとえば離心率が大きく、夏至点が近日点に一致するとき、北半球の夏の日射量は極大に、冬の日射量は極小となる。また離心率が大きくて夏至点が遠日点と一致するときには、夏の日射量は極小、冬の日射量は極大となる。夏の日射量低下が続くと氷河の発達につながる。ミランコビッチは上記の1、2、3の周期（第2図）の組み合わせによる夏と冬の日射量変化を、北半球及び南半球について緯度 10° ごとに60万年前まで計算し（第3図）、夏の著しい日射量の極小期を氷期にあてはめ、氷期の年代と周期的出現の原因の両方を説明した。



第1図 地球軌道の要素



第2図 過去100万年の離心率、地軸傾斜角と歳差の変化



第3図 ミランコビッチの計算による北緯15°、45°、75°での夏季の放射量変化図

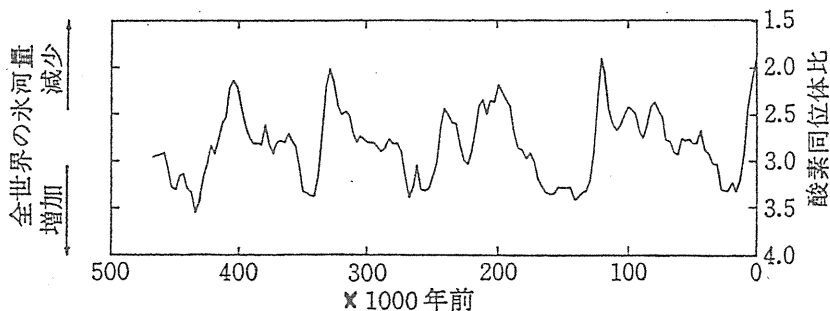
しかし、この天才的天文学者がこの説を発表した1940年代においては残念ながら氷期の周期性と年代を裏付けることができず、ウェーゲナーの大陸移動説と同様に実証されることなくこの説は葬り去られてしまった。

ミランコビッチの理論が実証されたのは、彼の死後、十数年たった1976年、クライマッパ計画でインド洋の海底堆積物を分析して過去50万年の気候変動の実態が明らかになってからであるから、驚きである。つまり、有孔虫の殻の酸素同位体が周期的に変化することがHaysら(1976)によって発見され、氷期の氷床の酸素同位体変化が判明した。氷河が拡大する際には、軽い方の酸素原子は海水から抽出されて氷床に貯えられ、氷河が溶解すると、貯えられた酸素は海水に逆戻りして海水中の酸素同位体比が変わる。この同位体比の変化を曲線にして表すと、ミランコビッチが描いた曲線に非常に似ていることが分かった(第4図)。さらに、彼らは同位体比上の小さな波動がミランコビッチにより予測された変動に相当するか確かめるため統計学的手法を用いてスペクトル解析を行った。この結果、約10万年、4万年、2万年の気候周期が存在することが分かり、ミランコビッチ説は見事に蘇ったのである。このように、太陽の日射量の変化が気候変動の主な原因であることが分かった。

しかし、太陽の日射量の変化のみでは何億年にもわたる気候変動の説明がつかないところをみると、気候変動の別の原因がありそうである。それがプレート運動である。

6. プレート運動と気候変動 (van Andel, 1985 (卯田訳))

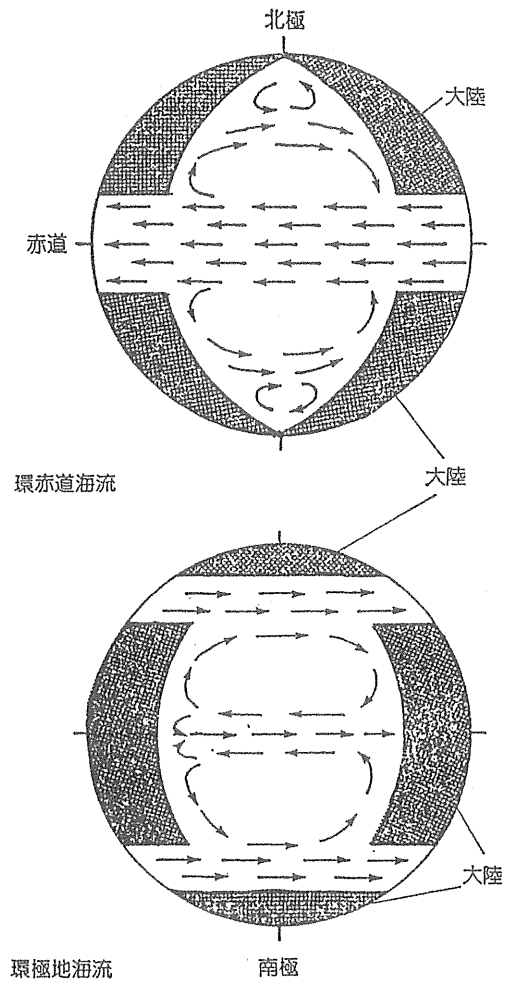
海洋は水蒸気を大量に発生させ、温室効果をもたらし、大気とともに低緯度地域より高緯度地域に太陽エネルギーを運ぶ巨大な熱機関である。したがって、海洋の地球上における配置は地球規模での



第4図 過去50万年の気候変化。クライマッパ研究グループがインド洋からのコアで行った同位対比測定グラフ (Hays ほか(1976)より引用)

気候変動をもたらす。さて、海洋の役割を十分理解するためにシンプルな海水の循環モデルを考えてみよう(第5図)。まず第一のモデル(第5図上)として、大陸は4つあり、赤道海流が地球を一回りできるようにしておく。こうすると、赤道海流はぐるぐると地球を何回も回り、常に暖め続け、その効果はとくに高緯度で大きく、地球全体として温暖で湿潤な気候が卓越する。第2のモデル(第5図下)は、大陸が南北両極にあり、海流が極地域を一周できるようにし、赤道海流は東西の大陸で阻まれて、地球を一周できないとする。こうすると、極地をめぐる海流は常に冷やされ、気温は低下し、緯度の違いによる温度較差が増大し、地球全体が寒冷化する。

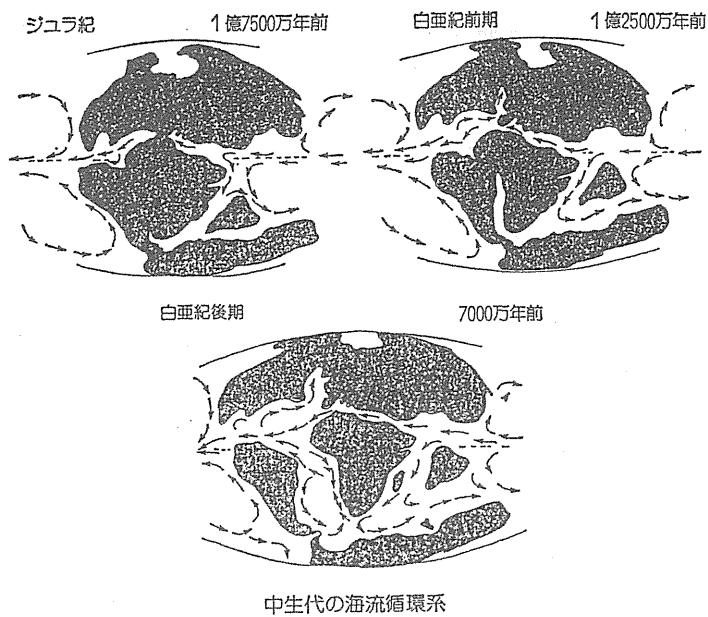
さて、約2億年前、パンゲアが分裂して以来、中生代には赤道海流が発達し、地球を暖め、恐龍たちが繁栄する舞台背景を作り、前述の第一のモデルに近い環赤道海流系が形成された(第6図)。しかし、新生代に突入し大西洋とインド洋の発達が明確となり、北大西洋を除く全ての海では低ないし中緯度と極付近を巡回する海流が形成された。南方の大陸が南極大陸より次第に離れ、漸新世のところには、テーチス海が閉じ、地中海ができ、オーストラリアが北進し、海嶺や島弧が群をなすようになり、太平洋よりインド洋への海流はほとんどブロックされてしまった。さらに、2500ないし3000万年前になるとチリー南方のドレーク水道が開き、環南極海流が完成した。また、500万年前にはパナマ海峡が隆起し、約300万年前に南北アメリカを結びつけ、南大西洋より太平洋へと流れていた赤道海流は分断された。かくして、新生代末には、前述の第二のモデルに近い環極地海流系が形成され、赤道海流が南北にむかって流れるようになり、北大西洋のメキシコ湾流が活発になり、カリブ海の暖かい海水を北方に運ぶようになった(第7図)。その結果、北大西洋北東海域とヨーロッパ北西部に多量の水蒸気を供給し、そのために降雪量が増えて、氷床の成長を促し、ミランコビッチ説による夏の太陽日射量の減少期における気温低下をより助長し、氷河時代へと突入した。



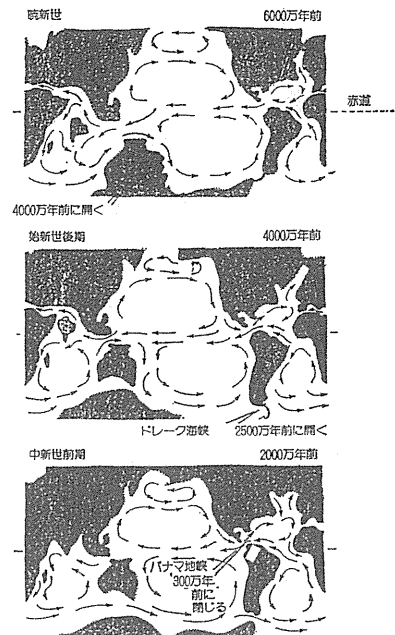
第5図 海流の循環システムのモデル
(Van Andel (1985)より引用)

7. 急変する大気環境

3.2項より、大気中の二酸化炭素濃度は長い地球の歴史の中で大きく変化してきた。その変化は少なくとも10万年~100万年以上の地質学的時間をかけて緩やかに進行してきた。しかし、3.1項で述べたごとく、今進行している大気環境の人為的变化は極めて短い期間に進行している。しかも、自然生態系に全く馴染みのない人工化合物が大量に放出されている。これでは自然の浄化能力も全然追い



第 6 図 中生代の海流循環系 (Van Andel (1985)より引用)



第 7 図 新生代の海流循環系 (Van Andel (1985)より引用)

つかず、気候変動をもたらすことになる。大気中の二酸化炭素濃度は、前号の第 1 図及び第 2 図の下の図より、産業革命前の濃度 (280 ppm) と比較して 2050 年には濃度が倍増し、2100 年には 3 倍増するという予測をよく耳にする。その結果、地球表面温度は上昇し、地球環境はいたるところで破壊し始めるというのである。

しかし、果たしてこの 100 年位の間に二酸化炭素濃度がそんなに増加するであろうか？ この予測を行うためには化石燃料の消費量、人口増、科学技術の進歩、工業の発展、経済の動向など様々な要素の将来予測に基づいて化石燃料より排出される二酸化炭素量を計算しなくてはならない。

ここでは化石燃料の埋蔵量と現在の化石燃料の消費量に基づいて二酸化炭素の濃度予測を考え、さらに人口増加に伴う化石燃料の枯渇問題を考えてみたい。

全世界の今から使える化石燃料、即ち残存究極可採埋蔵量の総量は 12 兆 4500 億 bbl である (石油以外のエネルギー量に関しては得られる熱量より石油量に換算してある。1 bbl (バーレル) は、158.987 リットルに相当する)。これから排出される二酸化炭素の総量は 5 兆 9767 億トンと計算される。大気中の二酸化炭素濃度を 100 ppm 高めるのに必要な二酸化炭素量は 1 兆 3347 億トンである。したがって、現存する化石燃料を全部燃やすと、二酸化炭素の濃度は 447 ppm 増加するので、現在 345 ppm である二酸化炭素濃度は 792 ppm となる。言い換えれば、産業革命前の二酸化炭素濃度 290 ppm に比べ 2.73 倍にしかならないのである。！ つまり、現在の調子で化石燃料を消費すると 2100 年以前に化石燃料は枯渇し、二酸化炭素濃度が 3 倍になることを心配するどころの話ではない状態が出現するのである (志鷹・遠藤、1991)。

国連人口基金によると (矢野恒太郎記念会編、1992)、現在の人口は 53 億人、2000 年には 63 億人、2020 年には 81 億人、2050 年には 100 億人になるという。さてその時に、つまり、2050 年に必要なエネルギーは全世帯で石油換算で 210 億トンになり、現在の消費量の約 2.6 倍に相当する途方もない量である。

では、2050年に石油換算で年に210億トンのエネルギー確保が可能であろうか。化石燃料の消費量が直線的に増えて2050年に至ると仮定して、2050年までにどれだけの燃料を消費するかを試算すると次のようになる（新田、1992）。

石油	2100億トン（残存究極埋蔵量の108%に相当）
天然ガス	2200億トン（残存究極埋蔵量の108%に相当）
石炭	2500億トン（残存究極埋蔵量の20%に相当）

これより、石油と天然ガスが、2050年を待たずに枯渇してしまう。残りの石炭の埋蔵量は1兆トンで、2050年の使用量のレベルで50年しかもたないのである。つまり、近未来的に二酸化炭素濃度の増加による地球温暖化問題を心配する前に、その根源である化石燃料は2100年までに枯渇してしまうのである。つまり、地球温暖化問題はむしろエネルギー問題である。したがって、省エネルギー、非化石エネルギー開発はエネルギー確保のために必要な対応であり、しかも早急に対策を講ずる必要がある。

8. まとめ

大気中の二酸化炭素の増大による地球温暖化の検討には上昇一途型のエネルギー予測に基づくことが多く、その結果、二酸化炭素濃度が急上昇し、地球表面温度が急上昇し、環境に与える影響が大変懸念されることになる。しかし、前の章で述べたとおり、化石燃料の埋蔵量に限度があるため、化石燃料の消費のシナリオとして、来世紀初頭に石油と天然ガスの年供給量のピークが来て減退し始めるであろう。その後は石炭を主とし、原子力、地熱、太陽エネルギーなどで補うが、一次エネルギー供給の総量の減退は避けられないであろう。したがって、省エネルギーと節約を徹底して、生活様式、社会構造をエネルギー的にスリムにしてゆくことを避けるわけにはいかない。

重要な事は、地球温暖化問題はエネルギー問題であり、省エネルギー・節約、非化石エネルギー開発もエネルギー確保のために必要な対応で、環境のために強いられてやるものではない。結論として、エネルギーと環境問題は表裏一体であり、一方の対策が他方の対策に歪みを作るような対応ではなく、人間の生活のために最も良い道を協調して探求することが望まれる。

文 献

- Hays, J. D., Imbrie, J. and Shackleton, N. J. (1976) : Variation in the earth's orbit : Pacemaker of the ice ages. *Science*, 194, 1121-1132.
- Imbrie, J. and Imbrie, K. P. (1979) : Ice ages, solving the mystery. Harvard Univ. Press (小泉格訳 (1982) : 氷河時代の謎をとく。岩波書店、203 p.)
- 新田義孝 (1992) : ストップザ地球破壊。ソーテック社。179 p.
- 大嶋和雄 (1989) : 地球温暖化の原因と対策について。地質ニュース、422, 34-45.
- 志鷹義明、遠藤元治 (1991) : 化石燃料の資源量と炭酸ガス問題。燃協誌、70, 50-61.
- 内嶋善兵衛 (1990) : ゆらぐ地球環境。合同出版、220 p.
- Van Andel, T. H. (1985) : New view on and old planet. Cambridge Univ. Press (卯田強訳 (1987) : さまよえる大陸と海の系譜。築地書館、325 p.)
- 矢野恒太郎記念会編 (1991) : 世界国勢図会 1992-1993。国勢社、510 p.