

生物進化論と地球温暖化説、論争としての類似構造

森 幸 也

はじめに

私は科学史研究者として、進化論の歴史にかかわる諸々のテーマについて、探究してきた⁽¹⁾。また、科学論争史にも関心を持ち、その延長上の問題として、地球温暖化をめぐる論争に関しても、追跡してきた⁽²⁾。

生物進化論には、ダーウィンの学説以前から論争があった。ダーウィンの時代には進化論は大論争となった。ダーウィン以降現在に至っても、未だにいくつかの争点が燻っている。

もう一方の地球温暖化説も、自然科学の学説としてみると、通説に対する批判や、通説に対する異説があり、論争中と見るのが適切であろう。

これら両者の論争に研究者として深く関わってきた私は、この二つの学説にいくつかの共通点があることに気付いた。それも、表層的な相似ではなく、構造的な類似性が見いだされるのである。

この小論では、その論争としての類似構造を提示してみたい。そして、科学論争の本質的特性や、論争が科学の歴史に対して担う意味について、考察を巡らせてみたい⁽³⁾。

§ 1. 事実問題と要因論を分けて考察する必要があること

生物進化論の妥当性を検討する際、議論の出発点として、「事実問題」と「要因論」とを切り分けることが肝要である。

長い地質学的年代を通して、単純な生き物が多様化・複雑化してきたこと、たいいていの生物分類群は、共通祖先から分岐してきたこと、多くの生き物は、その生存環境に適応しているようにみえること。こうした事柄が、生物進化の「事実問題」を構成する。それに対して、生物進化がどのようなメカニズムで進行してきたかを推測するのが、「要因論」である。

1859年にダーウィンは『種の起源』において、適応現象や多様化・複雑化といった生物の形態や機能の変化の要因として、「自然選択説（自然淘汰説）」を提起した⁽⁴⁾。

それは概略、次のような学説である。

同種内の多様な個体変異のうち、たまたま環境条件によりよく適応していたグループが生存競争に勝ち残る。環境が長期的に変化していくと、それにつれて生物の形態・機能も変化していく（例えば、キリンがなぜ長い首を持つようになったのか、という問いに対しては、ウマ程度の首であった祖先の時代に、高いところにある木の葉を食べざるを得ない環境条件下、遺伝的により長い首を発現させるグループがたまたま生存競争を生き延びてきた、と説明される）。そして、地理的隔離などの要因が作用すると、新種が形成されることがある。

ところが、自然選択説に批判的な学説も存在する。その異説は、「要因論」レベルでの批判的見解となる。

このように、生物進化論が正当な学説であるか否かを議論する場合、二段構えで、まずは「事実問題」について吟味し、その上でさまざまな「要因論」を比較検討する、という順序を踏まなくてはならない⁵⁾。

それと同様に、地球温暖化説の妥当性を吟味する場合も、事実問題と要因論とを区別して検討する必要がある。

20世紀の地球の平均気温が上昇傾向にあったのかどうか、もしそうだとすればそれはどの程度であったのか、また、19世紀以前の地球の気候変動はどのような傾向があったのか。こうした事柄が、地球温暖化説における「事実問題」を構成する。それに対して、20世紀の温暖化傾向が事実であるならば、それをもたらした主原因は何なのか、を探究するのが「要因論」である。

現在、その要因論として、「CO₂温暖化説」が通説として流通しているが、それに対する批判・異説も存在する。代表的な異説に、「太陽活動主原因説」がある。このレベルでの議論は、「要因論」における論争となっている。

このように、地球温暖化説の正しさを見極めようとする場合も、二段構えで、まずは「事実問題」について吟味し、その上でさまざまな「要因論」を比較検討する、という順序を踏むのが筋であろう。

例えば、「地球温暖化説は間違っている」という主張をする場合、それが「事実問題」に関する言明なのか、「要因論」に関する考察なのかを判別しなければ、意味をなさない。

日常会話のレベルでは、「猛暑の夏が多くなったから、やはりCO₂が温暖化の原因だろう」といった、事実問題と要因論との混同がしばしばみられる。そもそも「猛暑の夏」というのは地球の中の日本という局地的気候の傾向であり、さらに都市化による上昇も加味されているため、事実問題としては特殊事例である。そして、仮にそのあまり適切でない事例が温暖化の事実を補強するとしても、要因論の議論とはかみ合わない。温暖化の傾向を事実とみなした場合でも、その温暖化をもたらす可能性があ

る様々な要因が考えられるからである。

なお、科学哲学の観点から言えば、「事実が理論を実証する」ことは論理構造上不可能である。「事実は理論を反証する」ことがあるだけである⁽⁶⁾。

事実問題と要因論とを区別して検討する、という自然科学的議論の基本が、地球温暖化をめぐる巷間の議論では、往々にして無視されているのが現状である。

さて、事実問題については、科学的データ・証拠に基づいて判断ができる。

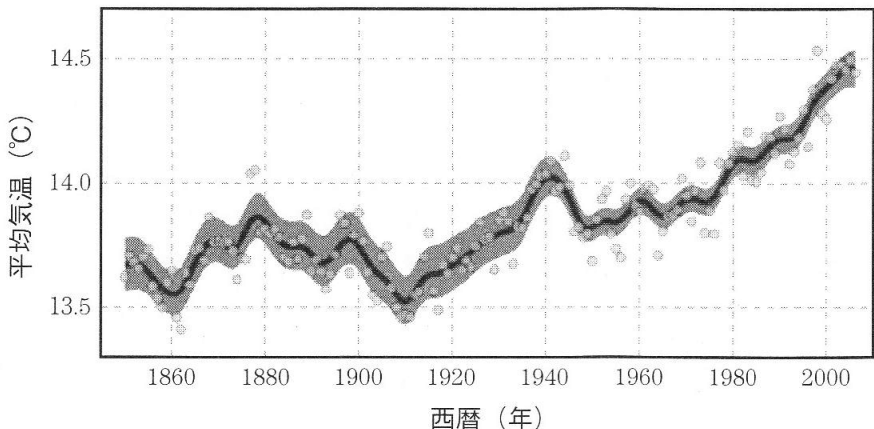
事実問題レベルでは、生物進化の証拠は多くの個別分野から蓄積されてきた。

地層から掘り出された化石と放射年代測定により、地質学的年代と対応する生物形態の多様化・複雑化の歴史の細部が、少しずつ精度を増して描かれるようになってきている。また、DNAの類似性の解析によって、共通祖先からの分岐パターンが推測できるようになった。あるいは、例えばオーストラリアの有袋類の適応放散現象、フクロモモンガやフクロモグラなどの存在は、多様な環境への適応による形態変化の好例となっている。さらに、動物や植物の細胞の共通性や、遺伝システムの共通性など、共通祖先からの分岐を強く示唆する生物学的証拠が豊富に存在する。

それゆえ、生物進化論の「事実問題」に関しては、疑義をさしはさむ必要はないであろう。

では、20世紀の地球温暖化の「事実」は、どの程度妥当なのであろうか。

基礎データとして、IPCCの報告による過去150年間の地球の平均気温の推移グラフがある⁽⁷⁾。ところが、こうしたグラフを描くには、全地球上からバランスよくデータを集めなければならない。それには困難が伴う。なぜなら、観測地点には偏りがあるからである。



20世紀前半からデータが豊富に存在しているのは、先進国の都市部であり、南半球や田舎の地方の観測地点は限られていた。また、海上のデータや、極地の気温変動の信頼度の高いデータは、20世紀の後半になってからのものである。

したがって、データを単純に平均するわけにはいかず、重みづけをしたうえで、データ処理をしなければならない。それゆえ、そこには研究者の判断が入り込むことになる。そのため、20世紀前半の平均気温を再構成するにあたっては、ある程度の推測幅を持たせることになる。上昇幅は、先進国の都市部の方が、途上国よりも大きい傾向にあるため、その重みづけのさじ加減で、20世紀の温暖化の程度が少々変わりうる。

しかしながら、気温の変動のパターンが世界中で似ていたり、気温以外の様々な気候変動の指標（放射性同位体など）が、同様の傾向を示したりすることから、大まかには20世紀に温暖化の傾向があったことは疑いないであろう。また、1940年頃から1970年頃にかけて、横ばいなし下降期があったことも確からしい。

総合的に判断すれば、20世紀の地球温暖化は、提示された上昇幅の精度は保証できないものの、トレンドは確定できるため、「事実問題」として妥当である、と判断してよいであろう。

生物進化論にしても地球温暖化説にしても、科学的な議論の中心となるのは「要因論」レベルの問題である。

§ 2 . 再現実験が困難であること、そのため、複数の要因論が併存可能となること

自然科学の中でも、物理や化学の理論的内容に関しては、再現実験を繰り返し行うことができる。

たとえば、ガリレオが行った、緩やかな斜面での金属球の降下運動実験などは、同じ条件を設定した上での再現実験により、検証することが可能である。また、理論的予測をもとにした実験を行い、「もし予測と実験結果に齟齬が生じれば、その理論は誤りと判定される」という形で、「反証可能性」が担保されうる。

このような準拠枠が成立する理論的内容を、科学哲学者カール・ポパーは「真真正科学」と呼んだ。学説の正しさの判定基準が明確で、データに基づく判定が可能だからである⁽⁸⁾。

さて、生物進化論の要因論に関しては、「真真正科学」とはいえない。再現実験が、事実上できないからである。

何千万年、何億年にも及ぶ生物進化の歴史を、その時々々の環境条件などを吟味した上で追試する、などということはできるはずがない。生物進化の「事実」は確実であ

るが、その進化がどのようなメカニズムによって進行してきたか、という「要因論」に関しては、推論の域を出ない。

確かに、部分的な実験ならば可能であるが（環境条件の変化によって遺伝子の発現の仕方がどのように変わるかなど）、進化のトータルな過程に関しての実験は不可能である。

ただし、もちろん自然科学の学説である以上、進化に関する様々な証拠や、現在の自然科学の関連領域における様々な知見と矛盾があってはならない。それらを踏まえたうえで、整合性のあるストーリーを組み立てられれば、科学的仮説を提起できることになる。

それゆえ、生物進化論の要因論に関しては、実証性の程度が低く、「真正な科学」とはいえないのである。進化論が、進化「学」ではなく、進化「論」と称されているのは、そのあたりの事情が大きく作用していると考えられる。

このことは、生命の起源論や、宇宙の起源論においても同様であろう。

その帰結として、要因論に関しては、複数の学説が並存可能となる。現在の自然科学における様々な事実や知見と矛盾しない範囲で理論が構築できれば、その理論を否定するわけにはいなくなるからである。

過去の地球史的事象に関して、二つ以上の要因論が併存する場合、どれが正しいかを判別する決定実験を設定するのは困難である。それゆえ、結局は「説得力」の勝負となるであろう。進化のいくつかのターニング・ポイントを、納得の行く形で説得的に説明できるかどうか、理論の優劣を決定することになる。

その意味で、現在の主流である、ネオ・ダーウィニズムにおける要因論、「自然選択説」は、定説であるとはいえない。まず、各種の対抗学説が存在する⁽⁹⁾。また、大進化のいくつかの局面では、自然選択説の説得力が十分ではないからである⁽¹⁰⁾。

そもそも、自然選択というひとつの鍵のみで、生物進化におけるいくつもの事件をすべて説明できるかどうかは、保証の限りではない。事例ごとに、異なる主要因が作用していた可能性も捨てきれないであろう。

このように、生物進化の要因論に関しては、構造的・必然的に、百家争鳴となる。

さて、もう一方の地球温暖化の要因論についても、上記の生物進化の要因論についての考察がほぼ同様に当てはまる。

地球温暖化も、要因論レベルでは、「真正な科学」とはいえない。過去の地球の100年単位での気候変動を、諸条件を吟味した上で追試する、といった再現実験ができないからである。

確かに、部分的な実験ならば可能である。たとえば、二酸化炭素という気体の温室効果がどの程度かを、小規模ならば実験的なデータをとって検証することはできるであろう。しかしながら、地球規模でのほかの様々な要因との相互作用を考慮したうえ

での実験は、不可能といわざるを得ない。そのため、実験の代用としてのコンピューター・シミュレーションが活用されているのである。

したがって、地球温暖化における要因論についても、現在の地球科学や気象学などの関連諸分野のデータや知見を踏まえたうえで、整合的な理論を提起できればよい。

その帰結として、当然のことながら、こちらの要因論においても、複数の学説が併存可能となる。現在の自然科学の諸見解と矛盾なく、過去の気候変動のデータをある程度説明できるならば、対立学説を否定するわけにはいかないからである。

地球温暖化の要因論も、過去の地球史的現象にかかわる要因論である。複数の対立する要因論が、現在併存している。どれが正しいかを判別する検証実験を設定するのが困難である以上、こちらの場合も、「説得力」の勝負となるであろう。気候変動のいくつかのターニング・ポイントを、納得の行く形で説得的に説明できるかどうか、理論の優劣を決定することになる。

その意味で、現在の通説らしい「CO₂主原因説」は、定説とはいえない。まず、「太陽活動主原因説」という強力な対抗学説が存在するからである⁽¹¹⁾。また、CO₂主原因説では、1940～70年代ころの横ばいなし下降傾向や、21世紀の最初の10年ほどの横ばいの時期を、説得力をもって説明できていないからである⁽¹²⁾。

そもそも、ひとつの主原因だけで、地球の気候という複雑系が一方的に変化していく、という考え方に、無理があるかもしれない。時期ごとに、あるいは期間の長さによって、主原因が違っている可能性も十分考えられる。

このように、「真正な科学」とはいえない地球温暖化の要因論においては、複数の学説が登場してくるのは構造的な必然といえる。

この節の観点から、両論争の要因論についての小括をしておく。

生物進化論と地球温暖化説の要因論はともに、再現実験が困難なため、「真正な科学」とはいえない。その結果、どちらも、現在の自然科学の諸見解と矛盾しない範囲で、複数の要因論が併存し得ることになる。また、ひとつの要因論のみで、個別事例をことごとく説明するには無理がある性質の課題でもある。

したがって、適切な科学的吟味をしたうえで定説を確定するのは、容易なことではない。科学史研究者として私は、どちらの要因論も「論争中」と判断している。

§ 3 . イデオロギーの介入

この節での考察の前提として、「イデオロギー」という用語を、「科学的には十分な根拠を伴わない理念・信念・固定観念や科学外の価値観」の意味で用いることにする。

さて、生物進化論が登場した19世紀半ばにおいては、「事実問題」をめぐる論争にも、「要因論」をめぐる論争にも、宗教的信念の影響がみられた。

まず、進化の「事実」を頑なに認めようとしなかった人々がいた。『創世記』の記述に基づくキリスト教の創造論を疑わない信者たちである。動物も植物も、神が現在の生き物の形に創造した、という宗教的信念が、生物進化の事実の受容を妨げてきた。

また、科学的根拠に基づいて生物進化の事実を疑うわけにはいかないと了解したキリスト教徒でも、「進化は神の導きによるものだ」として、科学的な要因論の議論を受け付けず、という場合もあった。つまり、「要因論争」のレベルでも、キリスト教的信念の影響力があったのである。

このように、生物進化論の論争展開期において、キリスト教的信念という「イデオロギー」が、科学的な議論を妨げる方向に介入していた。

次に、もう一方の地球温暖化説では、「要因論」をめぐる論争に、初期のころから「環境保護思想」が関与している。

通説といえる「CO₂主原因説」が一般に流布し始めたのは、1988年のハンセン博士によるアメリカ議会上院の公聴会での説明がきっかけであった。地球温暖化の主要原因は人為的に排出されたCO₂の可能性が高いと見做され、地球温暖化が「環境問題」であると認知されるようになる。

遡ると、気象学者によるデータに基づくCO₂主原因説は、1960年頃にすでに登場していた。1950年代の後半から大気中のCO₂濃度の継続測定が開始され、その濃度上昇と人間の産業活動との関連が疑われた。1963年には、気象学者キーリングらにより、大気中のCO₂濃度の増大により将来の地球の気温の上昇が懸念される、との内容の報告が、民間の自然保護財団主催の会合でなされる。これが、データに基づくCO₂主原因説が登場した最初期の一場面である。

そして、この学説を支持する研究者たちは初期の段階から、研究費獲得の目的とも絡んで、環境保護の問題と結びついていった⁽¹³⁾。

つまり、この通説は、学説の細部にいたる丁寧な検証が進行するかなり前の段階から、「環境保護思想」という「イデオロギーの介入」を許容していたのである⁽¹⁴⁾。

現在でも、科学者集団内部はともかく、マスコミや政策決定の局面で登場する一般向けの通説では、環境保護の観点を絡めて学説の正当性を説明するのがごく当たり前となっている。

第2節で検討したように、CO₂主原因説は定説とは言えない。必ずしも科学的根拠が十分ではないCO₂主原因説が、科学者集団内部でも優勢な学説になっているのはおそらく、世論の圧倒的な支持が大きく作用しているからであろう。

ではなぜ多くの人々が支持したのだろうか。私は、「政治家や経済界やマスコミや

気象学者や一般市民らの思惑がたまたま一致し、批判的視点が形成されず、通説が一方的に受容されやすい状況となっていたから」との見解に達した。

CO₂主原因説を支持する政治家や経済界にとって、原子力発電推進の大義名分が得られ、国際的には開発途上国の発展をコントロールする政治的カードとしても使うことができる。近年では、自動車産業の覇権争いの切り札としても使われている。多くの市民やマスコミは、化石燃料の浪費や過去の森林破壊に対する罪悪感が多少ともあるため、CO₂主原因説を批判することなく受容し、正義の側に回っていったのであろう。

また、CO₂主原因説を批判することは、環境保護に反する、と短絡的に誤解されてしまいがちなため、批判しづらいという側面がある。さらに気象学者を中心とする関連分野の科学者は、CO₂主原因説を支持することにより、研究費や発表の場を確保しやすくなるであろう。逆に批判的立場に立つと、学者生命が脅かされたり、出世の妨げになったりする場合もあるかもしれない（かつて反原発派の学者がそうであったように）。

こうした各人の思惑が同一方向を向いたため、通説は世論の圧倒的支持を得たのではないだろうか。

さらに日本の場合、同調圧力や、雰囲気呑まれやすいことも作用していた（作用している）可能性がありそうである。

論争への「環境保護思想」という「イデオロギーの介入」には、このような内容が総合的に含まれている。こうした内容が、冷静・客観的な議論を妨げ、考察を歪曲してきた可能性がある、というのが私の見解である。

それは、生物進化の論争において、キリスト教的世界観が介入してきた事態とよく似ている。『聖書』の記述を絶対視するキリスト教信者が、自分たちの信仰を脅かしかねない進化の事実を拒絶したように、環境保護論者や学説への同調者たちは、根拠や異説をきちんと吟味することなく、自分たちの目的に叶った科学理論を支持した、と科学史研究者の私には思われる。

「環境保護思想」の介入によって、研究が促進されたり学説の普及が早められたりするようなプラスの影響もあったかもしれない。しかしながら、冷静な科学的議論を歪め、自由な発想や客観的立場からの視点を困難にしかねないマイナスの影響の方が多大であったのではないだろうか。

§ 4 . 固定的自然観の影響

過去の代表的な科学論争の中には、論争の一方の陣営において、強固な信念である「固定的自然観」が大きな影響力を持っていた事例がいくつかある。

「固定的自然観」とは、「根柢なく、宇宙・地球・自然界・生物界を時間的・空間的に、不変・不動の存在と思ひ込む観念」という意味あいである。この観念は、常識的・日常的自然観に根差しているため、自覚しにくい暗黙の了解でもある。

生物進化が、地球の歴史における事実であることは、ダーウィンの時代、19世紀にはなかなか受容されなかった。その大きな理由が、よく知られるように、キリスト教の創造論が介入していたからである。確かにこの論争では、科学に対する宗教の介入、という図式のみが注目されがちだが、事情はもう少し込み入っている。

進化論が登場する直前の18世紀、啓蒙主義の時代、キリスト教の信仰から解放された啓蒙思想家たちの間でも、「種の不変性」という固定的生物観が依然としてある程度共有されていた。

日常的な常識では、動物や植物の種は、変化しない。トンビが鷹を産むことはなく、カエルの産んだオタマジャクシは、やがてカエルになる。「種の不変性」とは、そうした生き物に対する素朴で日常的な理解に根差している生命観である。

18世紀は、近代的分類学が成立した時代でもある。「種の不変性」を疑っては、分類は成立しない。しばしば、進化論は分類学から誕生した、と語られるが、それは一つの側面にすぎない。

確かに、分類学によって動植物の類縁関係が提示されたため、その由来を考察することにより、進化論的思考は育まれた。しかしその一方で、近代分類学の成立によって、「種の不変性」が強調され、常識的・日常の見方に根差した「固定的自然観」を後押ししたことを見逃してはならないだろう。

M. フーコーは、18世紀の啓蒙主義の時代を、「タブロー」の時代と評している⁽¹⁵⁾。知識の一覧表(タブロー)を作ることが、当時の学問の最優先課題であった時代動向を、彼はこの言葉に込めているのである。ディドロやダランベールらによって編纂された『百科全書』(1751-80)や、ビュフォンの『博物誌』(1749-88)は、その代表的成果であった。

近代分類学がこの時代に確立したのも、その時代思潮と連動していたとみることができる。啓蒙思想には、「進歩の思想」や「神離れ」の傾向があったため、一方では進化論的思考を促したが、啓蒙思想の「秩序の提示」への志向性という側面は、進化論的発想を抑圧する方向に作用していた。

つまり、固定的な知識の秩序体系への強い指向性が、常識的・日常の見方に根差した「固定的自然観」を後押ししていたといえる。

このように、生物進化論の発想が育まれていた時代に後向きに作用していた「固定的自然観」の内実を吟味してみると、キリスト教的世界像に加えて、近代分類学の確立に伴う「種の不変性」と、啓蒙思想における「秩序の提示」への指向性も、無視

できない負の役割を演じていた、と考えられる。

さて、もう一方の地球温暖化の問題でも、「固定的自然観」の影響が、冷静な科学的議論を歪める方向に作用していたであろうと、私は考えている。

20世紀に地球の平均気温が上昇してきたという事実が、重大な問題だ、と認識されている理由の一つは、そのままの傾向がもし続けば人類の文明社会に多大なる悪影響が懸念されるから、である（脅しに近いと思われるが）。

しかしながら、理由はそれだけではない。本来、地球の平均気温は、長期的にもほぼ一定に保たれているのが正常なはずである、といった、地球の気候に対する根拠なき思い込みがある。それがもう一つの理由である。

毎年毎年、春夏秋冬が訪れ、1年のサイクルで季節が進行し、気候が移り変わっていく。そして1年後には再び、前の年と同様な季節が戻ってくる。その繰り返しに慣れている私たちは、気候というものは毎年同様な周期が繰り返される、と素朴な日常的感觉として思い込んでいる。

それが、「固定的自然観」である。「種の不変性」の思い込みに倣って、「気候の不変性」と呼んでおこう。

無意識のうちに形成されている「正常な気候のリズム」から、20世紀後半は逸脱していたように思われた。それゆえ、きっと我々人類が、地球に対して何か良くないことをしてしまったに違いない、といった思考の流れを促進し、地球温暖化問題と環境保護思想とのリンクを訝しく思わなくなったのではないか。

ところが、古気候学の成果をみると、数百年、数千年の単位では、地球の平均気温は周期的に大きく変動してきたことがわかる。

ヨーロッパの中世や日本の平安・鎌倉時代は、現代よりも若干温かい「温暖期」であったようである。その後、近代、あるいは日本の江戸時代は、「小氷期」と呼ばれる寒冷期であった。20世紀の温暖化は、百年単位での揺れ戻し、中世温暖期への復帰に相当する自然的変動として理解できる、という見方もある⁽¹⁶⁾。

また、千年単位では、8000年前から4000年前頃に、現在よりもかなり温暖な時期（ヒブシサーマル期）があったことが知られている。さらに、十万年単位では、氷期と間氷期の周期も存在する。

これらを踏まえると、「気候の不変性」は根拠なき信念の類といえよう。

日常的な「固定的自然観」の無自覚な影響のもと、20世紀の気候変動を「正常ではない」と早合点してしまい、自然的変動が主原因である可能性に対する考慮が十分になされなかったのではないか、そのため、問題を大げさに考えてしまいがちになってしまったのではないか。私はそのように認識している（人為的な要因の作用がない、と言っているわけではない。念のため）。

20世紀の地球温暖化の事実については、科学的に確定可能だが、それが正常か異常か、という判定を下すのは困難であろう。ところが、無自覚な「気候の不変性」という固定観念のもと、一方的に、20世紀は「異常」な気温上昇があった、と速断してしまったのではないだろうか。

進化の事実問題における論争では、「固定的自然観」が、宗教的信念や時代思潮とも連動し、科学的考察を歪めていた。それと同様に、地球温暖化の問題では、「固定的自然観」の影響により、根拠なく「大問題」と認知され、重大な環境問題と了解されてしまったのである（自然的変動が主要因であるならば、環境問題という色彩は薄くなる）。

「固定的自然観」は、人間のもつ無自覚な思考の傾向性だが、自然科学の歴史の歩みにつれて、この自然観は部分的に少しずつ克服されてきた。地動説や、大陸移動説の受容などが、代表的事例である⁽¹⁷⁾。

その意味で、「気候の不変性」という無自覚な「固定的自然観」に対しても、根拠なき思い込みである可能性を認知して、人類の知的水準を、また一歩先へと進めていきたいものである。

§ 5. まとめと考察

ここまで検討してきたように、生物進化論と地球温暖化に関する論争には、構造的な類似性がいくつか確認された。

どちらも、事実問題と要因論とを区別して議論すべき性質の問題であったこと。また、再現実験が両者とも困難であり、そのため、複数の要因論が論理的に併存しうること。そして、両者ともに、「イデオロギーの介入」と捉えることのできる負の影響を被ったこと。さらに、両論争に対して、日常的・常識的な「固定的自然観」の影響が暗黙のうちに作用していたであろうこと。

これらの類似性は、地球史的規模の事象にかかわる科学論争においては、出現しやすい事柄のようである。天動説・地動説論争にも、該当する類似性がある、また、大陸移動説にかかわる論争にも、共通点が確認される。

科学論争の過程は、それを通じて人類の知的水準を1ランク高めていく道程とみなせる。その意味で、大規模な科学論争にいくつかの類似点がみられることは、それらが人類にとっての“通過儀礼”のごとき性質を帯びているのではないかと考えてしまう。こうした過程を踏むことは、人間という種のもつ性質上、不可避なステップなのかもしれない。

定説が確定する以前の論争期においては、イデオロギーや自然観の影響が顕著に表れやすい、という面が確かにある。対立する科学的仮説が、イデオロギーや自然観の

代理戦争の役割をしばしば果たすことになるからである。定説が確立すると、価値観同士の対立は背後に後退する。

この小論で取り上げた二つの論争は、現在進行中の論争のため、予断を許さないが、その両者の構造的類似性に関しては、科学論争の一般的なパターンにある程度収まっているとみなすことができる。

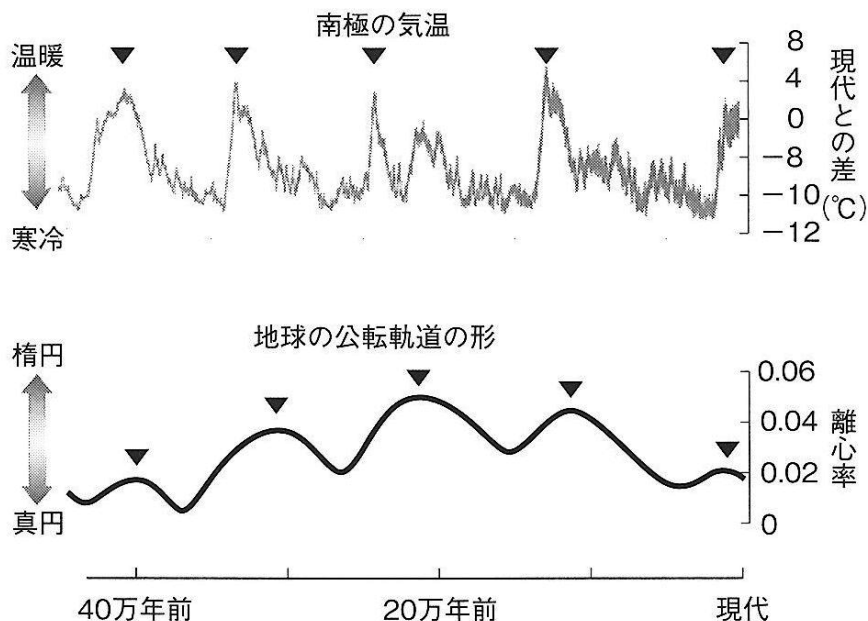
その意味で、複数の科学論争を比較考察することは、人類の知的歴史の歩みに対する何らかの示唆を提供できるのではないかと私は考えている。

〔付論〕 氷期と間氷期の気候変動と、離心率変化、CO₂濃度変化

およそ40万年前から現在に至るまで、氷期と間氷期が周期的に訪れてきた。その気候変動の周期と、太陽を回る地球の公転軌道の離心率変化には、明瞭な相関がある。また、その時期における気候変動と、CO₂濃度の変動の間にも、細部にいたるまでの相関がみられる。これら三者の関係を、どのように理解したらよいだろうか。

下のグラフは、過去40万年の間の、地球公転軌道の離心率変化と、地球の気温変化の推測グラフである⁽¹⁸⁾。

気温の変化は、南極の氷床コア中の酸素18同位体の存在比率から推測したもので、



グリーンランドの氷床からのデータや、花粉分析などのその他の代替指標と、トレンドの傾向がよく似ているため、信頼度は高いといえる。

もう一方の離心率の変化とは、太陽の周りをまわる地球の楕円形の公転軌道が、約10万年の周期で、円に近づいたり、やや細長くなったりする、という変動のことである（下図を参照）。その主原因は、外惑星、木星や土星の引力の作用によると理解されている。

離心率変化と、地軸の傾きの変化、地軸の歳差運動は、数万年から数十万年の単位で、周期的に起こっている現象である。これら周期的変動を、ミランコビッチ・サイクルという。

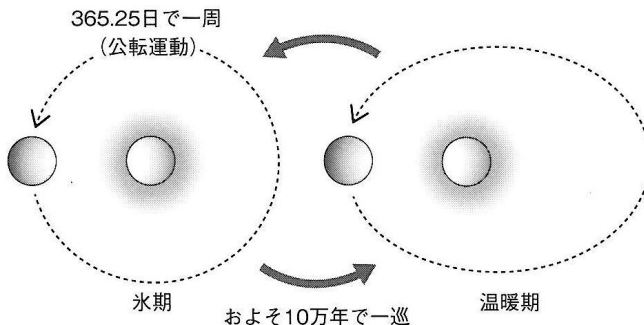
そのミランコビッチ・サイクルのひとつ、離心率変化が極値をとる時期と、氷期と間氷期の周期における気温が極値をとる時期とが、かなり良い対応をしていることが確認できる。どちらも、およそ10万年の周期である。

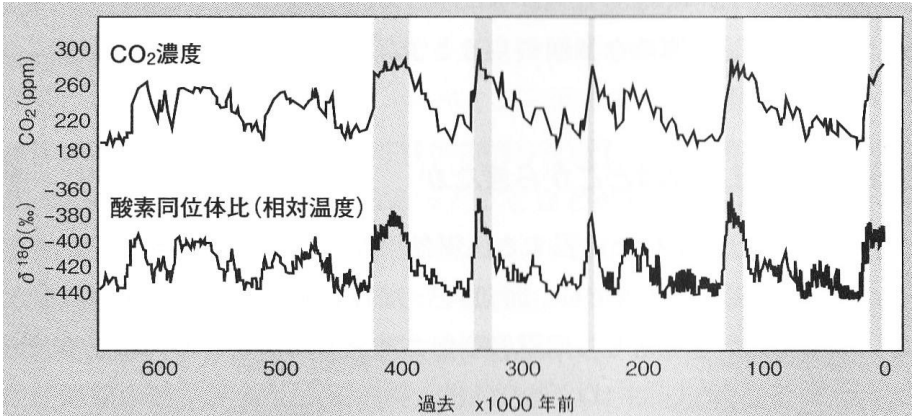
グラフ全体の形は似ていないが、ピークの時期が近いということは、離心率の変化が、氷期から間氷期へ、間氷期から氷期への移行の引き金、あるいは誘因となっていると考えられる。逆の因果関係、すなわち、氷期と間氷期の変動が、地球の公転軌道に影響を及ぼす、という因果関係は理論的に考えられない。

離心率が変動することで、太陽から地球への光エネルギーの放射量も、地球の地域ごとに条件は異なるものの、周期的に変動することとなる。その結果、円軌道に近づいていく時期に、高緯度地方の氷床が発達しやすくなると推定される⁽¹⁹⁾。

そして、地球の表面積に占める氷床の割合がある水準を超えると、太陽光をより反射しやすくなるため、受け取る放射量がさらに少なくなる、という正のフィードバックが作用し、急速に氷期に突入するのであろう。

（10万年周期と対応していない、もっと短い時間単位の気温の変動に関しては、ミランコビッチ・サイクルのほかのふたつの効果や、太陽活動の千年単位の周期的変動や、突発的な巨大火山噴火などの諸要因が考えられる）





さて、上記の相関以外に、氷期と間氷期の気候変動と極めて良い相関を示すデータに、CO₂濃度の変動がある。上のグラフを参照していただきたい（単位は千年。65万年前から。南極の氷床コア中に封じ込められていた、昔の空気中のCO₂の濃度の変動との相関）⁽²⁰⁾。

かなりの細部まで、千年単位の時間で相関関係を見て取ることができる。それとともに、CO₂濃度の変動にも、大きな10万年単位の周期があることが確認される。

その10万年単位の周期的変動に着目すると、3種の変数の間に相関があることになる。

離心率の変化 (A)、気温の変動 (B)、CO₂濃度の変動 (C)。これらの間には、何らかの因果関係があると考えるのが自然であろう。

(A) ⇒ (B) の影響関係は確実である。それらと相関のある (C) は、地球内部での物質循環にかかわる事柄であるから、(A) に影響を及ぼしたり、(A) を直接の原因とする結果であったりすることはないはずである。

したがって、(C) は、(B) の変化と連動し、(B) を原因とする結果である、と理解するのが適切と思われる。よって、因果連鎖は次のように推測される。

(A) ⇒ (B) ⇒ (C)

(B) ⇒ (C) の因果関係は、理論的にも、近藤邦明氏や植田敦氏が提案したように、海水温の変化に伴うCO₂の溶解度変化で説明ができる。海水温が上昇すると、気体の溶解度が低下し（ヘンリーの法則）、海水中に大量に溶存しているCO₂が大気中に放出されやすくなる、というメカニズムである⁽²¹⁾。

また、(B) ⇒ (C) の因果関係に関しては、地球規模での海洋深層水の大循環の変化が関与している、との示唆もなされている⁽²²⁾。

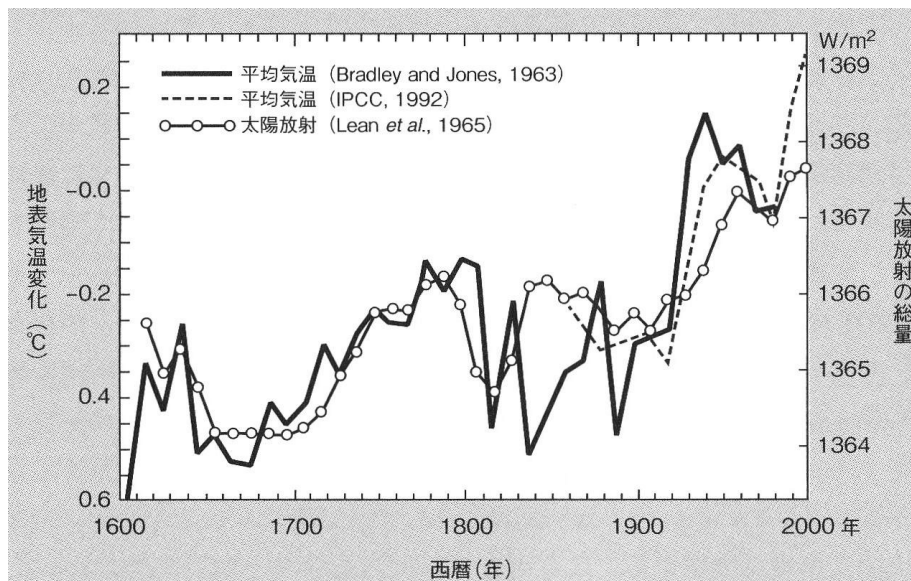
ところで、気温の変動 (B) と CO₂濃度の変動 (C) との因果関係を、上記のように、(B) ⇒ (C) と判定するのが妥当であるならば、20世紀の地球温暖化を説明する「CO₂主原因説」の根拠のひとつが揺らいでくる。

時間的スケールは異なるものの、20世紀においても、(B) と (C) の相関関係が認められた。両者とも、上昇傾向があった。しかしながら、相関関係があるだけでは、どちらが原因でどちらが結果であるかは、すぐさま判定できるわけではない。理論的には、どちらを原因とする説明も、可能である。そして、少なくとも過去数十万年の氷期と間氷期の変動期における CO₂濃度の変化は、気温の変化の結果であった可能性が高い。

したがって、20世紀における相関についても、(B) ⇒ (C) の因果関係をすぐさま排除してしまうわけにはいかない。むしろ、その因果関係が20世紀においても作用していた、と推定する方が理にかなっているのではないか。

20世紀での CO₂濃度の上昇には、人間の活動由来の CO₂が上乘せされているのは間違いなさであろうが、因果連鎖の大勢が (B) ⇒ (C) であるならば、上乘せ分の CO₂によって気温上昇が起こるか、あるいはどの程度上昇するかは、判断できない。よって、「人間の活動が主原因で地球が温暖化した」という命題は説得力を失う。

一方、20世紀においても、気温の変動 (B) をもたらした主原因の候補が存在する。太陽活動の変動 (D) である。



太陽の黒点数の変動や、黒点周期の変化などの太陽活動の指標と、過去400年の気候変動との相関は、前ページのグラフのように、極めて良いことがわかっている⁽²³⁾。

(D) を、20世紀の気候変動の主原因と仮定すると、因果連鎖は次のようになる。

(D) ⇒ (B) ⇒ (C)

このように、20世紀の温暖化を説明する仮説としては、「太陽活動主原因説」の方が、「CO₂主原因説」よりも説得力があり、地球軌道の周期的変化とも整合的に理解できる、と私は判断している。

少なくとも、地球温暖化の要因論に関しては、現在流通している通説は定説ではなく、「複数の仮説の間で論争中」と見るべきである、と、科学史研究者の私は考えている。

〔付論〕 のまとめ

地球の気候変動の主原因として、数千年から数万年の時間スケールでは、ミランコビッチ・サイクルが考えられる。数十年から数百年単位では、太陽活動の変動が主原因であろう。

二酸化炭素濃度の変動と気候変動との相関は、それらの主原因による変動の結果、と捉えると、(A) から (D) の間の相関関係を矛盾なく説明できる。

20世紀の地球温暖化に対する要因論は複数あり、論争中、と見るべきである。

地球に気候変動をもたらす要因は複数あり、どれが主要因であるかは、時間的スケールの取り方によって変わってくる、と理解するのが科学的には妥当と思われる。

注

(1) 私の進化論史探究の中核は、ラマルクに関する研究であった。次の論文が、ラマルク研究の最初の論文である。

森幸也「ラマルクの目指したこと」(『科学史研究』第Ⅱ期第33巻 (No.189) 1994、34-42)

(2) 森幸也「IPCC レポート (2007) における論理構成上の問題点—科学哲学の観点から—」(エントロピー学会誌『えんとろぴー』63号、2008年、29-34)、など。

(3) この小論と同様の問題意識のもとに編まれた、次の論集が、代表的な先行研究である。

Peter Machamer et al eds., *Scientific Controversies, Philosophical and Historical Perspectives* (New York, 2000).

また、科学論争の解決・収束が、それほど単純・容易ではないことが、科学史研究の蓄積により明らかにされている。次の論集を参照。

H.T.Engelhardt Jr., and A.L.Caplan, eds., *Scientific Controversies, Case Studies in the Resolution and Closure of Disputes in Science and Technology* (Cambridge, 1987).

- (4) チャールズ・ダーウィン、渡辺政隆訳『種の起源〈上〉』『種の起源〈下〉』（光文社、2009年）
- (5) 生物進化論をめぐる論争では、「事実問題」レベルのものと、「要因論」にかかわるものの、争点の異なる2タイプの論争があった。次の論考を参照。
松永俊男『ダーウィン前夜の進化論争』（名古屋大学出版会、2005年）
- (6) カール・ポパーの「反証主義」の考え方に基づく。
K.ポパー、大内義一・森博訳『科学的発見の論理』（恒星社厚生閣、1972年）。
- (7) IPCC、気象庁訳「IPCC第4次評価報告書第1作業部会報告書」政策決定者向け要約、p.6より。
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_spm_Jpn.pdf
- (8) ポパー、前掲書、pp.96-s102。
- (9) 自然選択説以外の要因論には、用・不用説（現代版もあり）や、定向進化説、血縁淘汰説、棲み分け説、形態変化先行説などがある。生物進化の個別的事例に関してならば、どの学説も、自然選択説よりも説得力がある場合がある。
かつて、ラマルクの進化学説の一部であった「獲得形質の遺伝」説については、20世紀の遺伝学により否定されていたが、21世紀に発展を遂げている新分野、エピジェネティクスによって、見直しがなされつつある。環境への適応をめぐる「獲得形質の遺伝」現象は、特定の条件下では否定されない可能性が出てきているのである。それゆえ、高校生物の教科書では長らく否定的にしか扱われていなかったラマルクの進化学説も、部分的には復活する余地がある。
分子生物学者ネッサ・キャリーは、次のように述べている。「異端視されているラマルクの遺伝モデルが、ある場合に限っては起こりうるということを示した」
ネッサ・キャリー、中山潤一訳『エピジェネティクス革命—世代を超える遺伝子の記憶—』（丸善出版、2015年）、p.116。
- (10) 例えば、「脊椎動物の出現」や「鳥類の誕生」といった大進化に関しては、ネオ・ダーウィニズムによる解釈には説得力が十分あるとは思われない。また、「真核生物の出現」という生物進化史上最大級の事象については、ダーウィン流の「分岐」ではなく、「共生」により事態が進行していった、と考えられている（マーギュリスの共生説）。
- (11) 太陽活動主要原因説の主な論者としては、スベンスマルク、丸山茂徳氏、桜井邦朋氏らがいる。それぞれの著作を挙げておく。
N.スベンスマルク、青山洋訳『不機嫌な太陽』（恒星社厚生閣、2010年）
丸山茂徳『21世紀地球寒冷化と国際変動予測』（東信堂、2015年）
桜井邦朋『移り気な太陽』（恒星社厚生閣、2010年）
- (12) CO₂濃度との相関があまりよくないこれらの期間においても、太陽活動の指標と気候変動とは良い相関を保っている。
- (13) S.R.ワート、増田耕一ほか訳『温暖化の＜発見＞とは何か』（みすず書房、2005年）、p.59。
- (14) 環境保護の理念それ自体は、非難される筋合いのものではないが、あくまで科学外の価値

値観であり、科学的議論を歪める方向に影響を及ぼしてきた可能性がある。「環境を守るべきである」という価値観自体は、科学的に導き出せないし、正しい考え方であると証明できるものでもない。建前上、科学は価値中立であるべきであり、環境保護思想との結びつきは、科学外の価値観である「イデオロギーの介入」と捉えるべきであろう。

- (15) ミッシェル・フォーコー、渡辺一民・佐々木明訳『言葉と物—人文科学の考古学—』（新潮社、1974年）、p.100。
- (16) 「近年の温暖化は300年前の小氷河期からの回復過程」
深井有『地球はもう温暖化していない—科学と政治の大転換へ—』（平凡社、2015年）、p.94。
- (17) 森幸也「科学論争における固定的自然観の影響—常識的・日常的自然観の呪縛—」（山梨学院大学『経営情報学論集』第16号、2010年、57-67）
- (18) 中川毅『人類と気候の10万年史』（講談社、2017年）、p.60より。
- (19) 同書、p.35より。
- (20) 丸山茂徳、前掲書、p.20より。
- (21) 近藤邦明『温暖化は憂うべきことだろうか』（不知火書房、2006年）pp.70-76。
- (22) 多田隆治『気候変動を理學する』（みすず書房、2013年）、pp.136-147。
- (23) 丸山茂徳、前掲書、p.53より。