



地球の年齢

ロバート S ホワイト

「我々は、始めの痕跡も—また、終末の展望も—何も見出せない」ハットン
「わたしはアルファであり、オメガである。最初の者にして、最後の者。初めであり、終わりで
ある。」ヨハネによる黙示録 22:13

要旨

地球を形成する成分の年齢の、最上の概算は45億6600万年であり、それは、ほんの数100万年の誤差で正確である。宇宙はその3倍の年齢で、137億年の古さである。生物は地球の歴史のほぼ最初からずっと存在していたが、現在の人類は地球の歴史の何千分もの1しか存在していない。本論では、地質学的年代決定、地球の年齢についての歴史的及び最近の見解、そして、聖書学的、科学的証拠から導き出されるその神学的意味をいくらか論じる。

21世紀の最初に地球の年齢について書くことは奇妙に見えるかもしれない。宗教改革時代に始まり、1859年代までには広く学識者に受け入れられていた地質学的時間 (deep time) の理解は宇宙における人間の地位に関する認識にある主要な変化をもたらした。² 人間は宇宙の小さな点に過ぎないだけでなく、ほとんど想像もできないほどの長い歴史の中でごく微小な期間しか占めていない。ほとんどの期間、人間は存在さえしていなかったのだから。冒頭で挙げたハットンの言葉からの引用に強調される終わりのないと思われる多くの地質学的循環もまた、一見したところ、聖書の記述に特徴的な一方方向の歴史の過程と矛盾するように思われる。当時の多様な信仰の人々は様々な宗教学理解において、こうした新しい見方に容易に順応したが、キリスト教徒とイスラム教徒の間では、20世紀の後期以来、多大な科学的証拠にも関わらず、時計の針を戻して、地球のごく初期の年齢について論じるとの考えを擁護する試みがなされてきた。

地球の歴史についての科学的見方

地球、そして実際に太陽系全体は、大規模な衝突で離散した隕石物質が集まって形成された。地質年代測定法の最も基本的な方法は、岩石の層を用いてその形成順序を明らかにすることである。これは、層序学と言われる。この方法は、概念的には単純明快で、若い石は通常、より古い石の上にある、ということであり、殊にそれらが堆積によってできたものである場合は、後に地層が乱されていなければ、そうであると考えられる。この層序の重要な延長は、同じ年代の一群の石は、何か独自の識別子を有しているならば、世界中で相互関連しているということである。識別子は時代によって異なるからである。化石はそのような目印の優れた例である。世界中で同じ化石を持つ石はすべて、同じ年代のものであると示す印として用いることができる。この年代確定は、化石が一つの種ではなく、異なる化石の集合が用いられた場合、より確かなものとなる。異なる種は、異なる間隔の地質年代に生存していたからである。しかし重要なことだが、これは、単に地層の岩層の相対的年代について知らせてくれるものではないということである。化石を用いた年代決定は、地球の歴史の最後の10%についてのみしか有効ではない(表参照)。岩石の絶対的年代を算定する最も単純な方法は、樹木の年



著者紹介

ロバート・ホワイト (Robert White) 教授は、英国学士院フェロー、ケンブリッジ大学地球科学学部地球物理学教授であり、同学部で地球の地殻活動についての調査グループを主導している。ホワイト教授は、フェラデー科学・宗教研究所の参事、およびケンブリッジ大学 St エドマンド・コレッジフェロー、ジョン・レイ・イニシアティブ理事、地質学会フェロー。

著書に、*Christianity, Climate Change and Sustainable Living* (SPCK, 2007) などがある。

輪や地球の軌道の予測可能な変動などの周期的変化を用いることである。そのような変化は堆積する地層に影響を及ぼすので、これを用いて、周期的変化を現在から遡って計算するのである。木の年輪は、土地の気候によって個々に異なる。もし、ある地域の木すべてが同一の気候に支配された年輪を示しているなら、一本の木の年輪と年代的に十分な重なりを持つ木材を見つけ、若い木の年輪と古い木の年輪の明瞭なパターンを相互関連させて見ることによって、個々の木々の寿命をこえて遡った年代までを示すことができる。中央ドイツの木々から、紀元前8400年まで遡る比類ない年輪年代学が形成され、似た方法が他の場所でも行なわれている。

年輪層は、サンゴの成長年輪にも、湖の沈殿層にも、グリーンランドや南極の万年雪など、大陸内部に堆積している雪の層にも見られる。グリーンランドでは、20年以上古い雪まで深い標本が採掘されている。一方、南極では、3190メートル(10500フィート)の深さの円筒型標本採掘が74万年前の氷まで達している。³ 地表面に近い氷の年輪層は明確に数えられるが、より深いところでは、層が圧縮されるので、年輪層のいくつかが見落とされる可能性もあり、氷板の底が再度解けたり重なりたりして年輪層がゆがんでいることもありえる。年輪層の算定の誤差は、堅く見積もって11,000年前の層では2%だが、150,000年前では、10%に増える。

おそらくさらに驚くべきことに、地球の軌道の変化は「ミランコビッチ・サイクル」と呼ばれる気候パターンの長期周期を引き起こす。

太陽を回る地球の軌道の偏心が、100,000年から413,000年の周期を、地軸の傾きは4万年の周期を、地球の自転軸の動きが約19,000年から23,000年の周期を生み出している。古代の沈殿物に対するこれらの周期的気候的影響から識別されるこれらの周期は、300万年前までは、精密年代測定ができる。⁴

岩石の年代決定に用いることのできる不規則な周期的変化の最後の例は、その磁極性である。地球の外核部の流体の流動的な動きは地球の自転軸とほぼ一致した双極子の磁場を地球に生み出すダイナモを作っている。その電磁場は平均して100万年に2~3回の割合で両極が逆転する。磁気を帯びた鉱物はそれらが堆積した時代の磁場の方向を記録しているので、電極の逆転を見分け、17000万年前の海底火山の基盤年代決定に用いることができる。この技術は、海洋底拡大の認識の基礎となり、まもなく、1960年代に地球の歴史の地質学的解釈に大変革を起こしたプレート構造理論につながった。

放射年代測定は依然として、地上で発見される比較的古い石の年代測定の最も有益な方法である。そして、実際の地球の年齢についてもこれが最も有益である。これは、自然界に生じる多くの原子が不安定な核(「親」核種)を持っており、自然発生的により低いエネルギー状態(「娘」核種)に崩壊することと、この放射性崩壊が原子の核のみに関わり、圧力、温度、科学的拘束力などの物理的、化学的条件とは独立しているということに依拠している。このため、これらは理想的なクロノメーターとなっている。⁵

放射年代測定は、その最も単純な形では、ある同位体システムでの娘/親の比率を知られている崩壊率と測定することを含む。これは、二つの大きな想定を含んでいる。第一に、娘核種の原子は、岩石が形成されたときにはまったく存在しなかったか、あるいは、少なくとも最初の比率は分かっている、ということ。第二に、岩石が形成してから親原子も娘原子も、優先的に失われることはなかったということである。一般的には、娘原子は親原子ほど結晶格子によく適合しておらず、そのため、岩石が熱せられたりその他の形で乱されたときには優先的に逃れ出る傾向がある。それゆえ、年代決定が不正確な場合には、その誤りは、娘原子のいくつかは逃れてしまっているために生じる、より「若い」方向への誤りであることが多い。信頼できない年代決定を防ぐための最良の方法は同一の岩石の二つ以上の異なる崩壊系を用いるか、3つの異なる内的整合性を確かめられる同位体の複数の崩壊系を用いることである。

40をかなり上回る数の放射年代測定同位体系が岩石の年代測定に用いられている。通常用いられる同位体系の半減期は広範囲にわたる。例として、サマリウム147がネオディミウム143になるまでには1060億年、ルビディウム87がストロンチウム87になるまでに188億年、ポタシウム40がアルゴン40になるのに12億6千万年、ウラニウム235が鉛207になるのに7億年かかる。より短い時代の長さを調査するのにもっとも良いのは、宇宙線生成同位体を用いることである。たとえば、ベリリウム10の152万年、塩素36の30万年、そして、よく知られた炭素14の5715年などである。ほとんどの場合、崩壊率は2%以内の誤差で分かっている。そして、放射性崩壊から導き出された年代の不確かさは、同様にほんの数パーセントの大きさである。

半減期の長さは、適切な同位体崩壊系を選択することによって異なる年代の岩石の年代決定することを可能にする。測定の正確さのために信頼できる年代は最大5~6半減期に限られている。炭素14を用いた最も良く知られた技術は、考古学や最近の地質学には役立つが、恐竜の絶滅(6000万年前)や、地球の年齢などの年代決定には役立たない。地質学的岩石の年代決定に現在用いられている最も正確な方法は、ウラン・鉛法と、アルゴン40-アルゴン39法である。これらはどちらも2つの異なる崩壊系によっており、そのことを利用して、同位体の増加減少がないように内部の一貫性をチェックすることが可能となっている。

地球の年齢は、好適な長い半減期のウラン・鉛崩壊系を用いて、45億6600万年±200万年と確定されている。現在地球で見ついている鉛鉱石における娘/親の比率は鉱石が地球の親マントルから離れて以降の年代のみしか教えてくれない。それらを使って地球自体の年代測定をする巧妙な方法は、最近地上に落ちた放射性物質に見出されたウラン・鉛を測定し、それらと現在の比率を比較することである。そのような隕石は太陽系の形成時から宇宙を飛んでおり、孤立しているので、最初に地球を形成した原初の同位体の比率を記録している。それゆえ、厳密には、我々が測定している地球の年代は、太陽系を形成した物質の形成した年代なのである。

「その場測定」で信頼できる年代決定がなされた、最も古い地理的に広範囲に連続した大陸の地殻岩石は、西グリーンランドに生じており、38億600万年±200万年の古さと判断されている。これには水の沈殿物の証拠が見られるので、約39億年前の主な隕石衝突期が終わってまもない地球の歴史の初期の段階にはすでに存在していたのである。より論議がなされている40億3100万年±300万年の古さの地殻岩石の証拠がカナダから発見されている。侵食に対して弾性があるジルコン粒は、西オーストラリアでは、44億800万年±800万年の古さのものが見つかり、それは、地球自体の古さに近い。⁶ 炭素13減損グラファイトから推定された推定上最古の生体成分は、38億5000万年の古さで、明白な化石が35億年前の岩石に見出される。

ここまで私は地上の岩石など、標本にできる年代確定成分についてのみ語ってきた。地球の形成前の宇宙の歴史の最初の3分の2の期間の天文現象はいかに年代確定できるだろうか。答えは、今日我々が観察できる物理的作用を調査する通常の方法を用いて、そこから、より広い宇宙の範囲を推測する、ということである。たとえば、光の速度が一定で宇宙は拡張しているとすれば、光のドップラー効果を用いて宇宙の遠い個所(「赤色偏移」)について、それがどれくらい遠くまで離れて行ったか、それゆえ、どれくらいの古さかを計算することができる。目下確定された最も正確な宇宙の年代である127億年は、宇宙空間に充満するマイクロ波宇宙放射の強さを観察することによって得られたものである。

地球の歴史についての歴史的見解

地球の年代確定の、キリスト教以前の試みは、地球の年代を、紀元前6世紀にゾロアスターが信じた12000年から、主な古代文明の存続期間と考えられた数10万年、さらに、ローマの著述家キケロの報告によるカルデアの祭司が信じていた、地球は200万年前に混沌から出現したとの見方まで、様々な幅で見積もっていた。⁷

キリスト教時代のほとんど全期間を通して、教育を受けた人々は聖書を、地球の年代についての確かな情報源と見ていた。たとえば、1600年にシェイクスピアは、劇『お気に召すまま』の登場人物ロザリンドに、「哀れな世界はほとんど6000歳になろうとしている」と言わせている。聖書の資料を用いて真剣に計算を行なった最初の人々の一人は、アンティオケのテオフィルスである。彼は西暦169年に、聖書の年代記述を用いて、宇宙の創造を紀元前5529年と算定した。彼は、多くの人々の最初であった。アッシャー司教(1581-1656)がアダムを紀元前4004年とした年代決定の影響は後代の著述家によって誇張されているが、これは、類似の多くの計算の一つに過ぎない。17~18世紀に創世記1章を厳密に24時間とした年代を採択したのはわずかに一握りの神学者であった。

1778年までに、ビュフォンは、地球の年代を74,000年と発表していたが、未公表には200万年と見積もっていた。それゆえ、科学としての地質学の最初から、この新学問に携わる人々は、人類史よりもはるかに長い、極めて長い期間を考えていたことが明らかである。1770年から1800年の間には、主な議論は地球の年代が6~8千年

かどうかではなく、それが約10万年かあるいは何100万年もなのかであった。⁸ 1895年にダーウィンが『種の起源』⁹を書いた時までには、すでに、地球は何100万年もの古さであるとの考え(ダーウィンは世界の年代を300万年と算定していた)は十分確立していた。その強力な推進者は、オックスフォードとケンブリッジの地質学を支配していた聖職者でもある地質学者のバックランドとセドウィックであった。たとえば、1860年にはオックスフォード大学の地質学教授ジョン・フィリップは、ガンジス川の流域の沈殿物からのデータを用いて沈殿の速度を概算し、地殻の年代を9600万年と導き出した。同じような計算が他にも多数なされた。1860年代の保守的な英国国教会の見方は聖職者リチャード・メインの、「学校の教科書の中にはいまだに地球の年代は6000年だと、無知な人々に教えている本もある。…今日きちんと教育を受けた人は誰もそのような幻想を共有しはしない。」

地球の年代を計算した次の主たる人はケルヴィン卿(1824-1907)である。彼は当時の指導的な物理学者で、ちなみに、神の計画や神の秩序を固く信じるキリスト教徒であった。太陽が発生する熱についての議論から、彼は、太陽がおそらく1億年以下の年齢であると推論した。そして続いて、地球の熱喪失についての議論から、地球の年齢を2000万年から4億年の間で、9800万年との概算を導き出した。¹¹ 彼の議論は数学的に健全で、ダーウィンやフィリップらの地質学的概算よりも優れているように見える。それは、ダーウィンを揺らがせ『種の起源』の第2版で世界の年齢についての概算を2分の1~3分の1に書き改めさせ、3版からは彼の計算をすっかり削除させるに十分であった。しかし、他の地質学者たちはまだケルヴィンの計算が、いかに巧みであろうとも、ただ、自分たちが歩き土を振るう地質学的諸層をもたらずだけの十分な時間を与えていないと感じた。

この行き詰まりの解決は1896年の、アンリ・ベクレルの放射線の発見と、放射線がラジウムで熱源になるとの1903年のピエール・キュリーの認識によってもたらされた。ケルヴィンは放射線の作用については何も知らず、そのために、地球と太陽の冷却に基づく彼の見積もりは1桁以上小さすぎた。放射性成分の崩壊に起因する熱が計算に含まれるやいなや、今日の気温を説明するのに必要な地球年齢は莫大に増した。すぐに放射能の新分野で指導者のひとりとなったのはルサフォードであり、彼の目覚ましい業績は、この新たな研究分野で1904年という非常に早い時期に鉱物に封じ込められているヘリウムの崩壊が、地質学上の年代を計算する一つの道を提供することを示唆したことである。それ以来、より良い岩石標本が発見され、また、主として、より良い測定器具が使えるようになって、問題は、概算を改善してゆくことだけとなっている。1953年までに、パターンソンは地球の年齢を45億5千万年と算定し、これ以来、この値はほとんど改良されていない。¹²

1800年代初期から地球が何100万年もの古さであることは広く受け入れられており、その年齢の測定は20世紀の前半までを通じてますますその正確さを増してきていたが、20世紀後半にキリスト教原理主義者の間で地球がたったの6000年から1万年の古さであるとの考えへの逆戻りが起こった。この考えが一般に広まったのは、1961年にウィットコムとモリスが出版した『創世記の洪水』(The Genesis Flood)からであろう。彼らは、かつて世界中を覆う大洪水があり1年間で現在の地質学的諸層のほとんどができた、そして、全宇宙が文字通り、1日24時間の6日間で創造されたと主張した。彼らの立場は聖書の無謬性と創世記の最初の数章についての彼らの自己流の解釈に対する揺らがぬ自信が結びついたものにもとづいていた。

地球の年齢についての議論はしばしば進化論を拒否したいという願望と結びついており、「若い地球説」(YEC)運動を引き起こした。1963年に創造論研究協会が設立された。続いて1972年には創造科学研究所が設立され、創造論主義者のより小さな組織が多数できた。彼らは合衆国で最も強く、YECの信じることを標準にして普通教育、特に公立(つまり、州立の)学校で教

えさせようとした。この目的において、彼らは通常不成功だった。一連の法的判決が、創造論主義者や彼らに続く「知的設計による創造論」運動は性質上科学的と言うよりはむしろ宗教的なものであるとしたからである。¹⁴ けれども、彼らの影響力は強く、そのため営利目的の教科書出版社は生物学的な進化論を教えることにより慎重になり、今や合衆国の一般的な人々の間ではYECの見方が広く受け入れられている。

環境的条件が整うやいなや、地上に生命が存在するようになった

ただし、一般の間でYECの見方が驚くほど強く受け入れられていても、創造論主義者運動は、査読付きの科学文献としてはほとんど出版されておらず、専門的な地質学者の間ではYECは、まったく受け入れられていない。科学界のYECの主張への反応は、最初は、彼らを見捨てることであり、それは、多かれ少なかれ科学者たちはそのような見方がそれに対する反証となる科学的証拠にもかかわらずに主張されうろということが、信じられなかったからである。けれども、YECの勢力が増すに従って、世俗の科学的世界は、国立科学教育センターなどの非営利団体を設立することで応答し、合衆国の公立学校で進化論を教えることを擁護した。おびただしYECの主張のそれぞれがなぜ信頼性に欠けるのかを論じる紙面はここにはない。しかし、よく論じられた細部にわたる議論が、世俗的なものも¹⁵、キリスト教からのものも¹⁶、広く入手できる。

地球の年齢についての神学的見方

重要な出来事の日時を列挙した表の中で2つの出来事が目立っている。¹⁷ 第一は、環境的条件が整うやいなや、地上に生命が存在するようになったことである。そしてそれ以来、何十億年もの年月を通して、太陽の力が30%増し、地球の自転が4~5分の1に速度を落としたにもかかわらず、地上の条件は生物の存続に好適であった。¹⁸ これは、非凡なことである。なぜなら、生物が存続できる条件の範囲は比較的狭いからである。もし、地表が100°C以上の温度になれば、水はすべて沸騰して蒸発し、我々が知っているような生命は終わってしまうであろう。その対極として、もし大気中に二酸化炭素の温室効果がなかったとしたら、地表は30度以上今よりも冷たくなり、不毛な凍ったような荒地になるだろう。我々は地上の整った条件を驚くべき偶然、あるいは、キリスト教的視点からすれば、世界を生命に適するように支え保ち続ける神の摂理の例と考えることができるであろう(ヘブライの信徒への手紙1:3)。

もう一つの目立った点は、地球ができてまもなくから生物が存在し続けているにもかかわらず、人間はその最も最近の歴史の中での最もわずかな部分しか存在してこなかったことである。これを遠近法で見れば、もし、地球の歴史を1年に圧縮してみれば、現在のホモ・サピエンスは、大晦日の晩の最後の15分間しか存在しないことになる。このことは、何か神学的意味を持つだろうか。それ自体は、意味を持たない。これは、ただ事実すぎないからだ。けれども、宇宙の諸条件は地球に生命が存在できるように微調整がなされている——人類原理——との理解と結びついて、これは、無神論者に立ち止まって考え直させ、キリスト教徒たちには創造神の創造力と主権を喜ぶ理由となる。これはまた、宇宙の時間枠の中での人類の位置について我々を謙虚にさせる視点を与えてくれ、さらに、人間は神にとって特別の重要性を持つとの聖書の主張に、顕著な意味深さを加える(たとえば、創世記1:26-31、詩編8)。

地球の科学的年齢と聖書の記述を融和させる際の問題は、創世記2章以降の時代ではなく(それは、1万年ほどのうちに容易にうまく説明付けることができる)、創世記の記述に語られている6日間を、全宇宙の歴史を1日24時間の6日間で説明しているとの想定にある。一つの取り組み方は、6日を文字通りの24時間ではなく、何億年もにわたる長い期間の時間として扱う仕方である。²⁰ もう一つ

は、地球が単にずっと古く見えるだけだと主張することである。²¹ 科学はそのような示唆に向かうことはできないが、これは大きな神学的問題を提起する。なぜなら、これはもし正しければ、神が意図的に我々を欺くように宇宙を設計したということになるからである。これは、神が我々に神自身について聖書で語っているその他すべてのことと調和しない。

表: 宇宙の歴史における重要な年代

	年代
宇宙の始まり	13,7億年前
太陽系の始まり(=地球の起源)	4,56600万 ± 200万年前
既知の地上最古の鉱物(ジルコン)	44億800万 ± 800万年前
既知の地上最古の岩石	4億3100万 ± 300万年前
地上に生物が現れた最初の証拠(炭素13減損グラフアイト)	38億5000万年前
地上最古の微生物の化石	35億年前
最初の藍細胞	20億年前
最初の多細胞赤藻	12億年前
最古の多細胞動物	5億7500万年前
最初の胎盤を持つ哺乳類	1億3500万年前
最初の人類(アウstralピテクス)	約 200万年前
最初の現生人類	約 500,000年前
アダムとエバ Adam & Eve (エデンの園、新石器時代の農業)	約 12,000 -10,000年前
最初の人類月面着陸	西暦1969年

最も実り多い様々な取り組みは、6日の創造を扱った創世記の文章の文学ジャンルを真剣に考えている。専門的な科学的記述は17世紀の最初の科学雑誌の創刊まで出現しなかったため、創世記に科学的意味を押し付けるのは時代錯誤であり、いずれにしろ、アウグスティヌスやオリゲネスやその他の古代キリスト教教父たちは、すでに西暦の早い世紀に創世記を比喩的に解釈していた。²² 創世記のテキストの中心的目的は神学的である。つまり、神の創造における神の目的と、神と被造界との関係を説明することである。創世記の始めのほうの神学的物語は、宇宙が慈愛深い人格神によって秩序だって作られたこと、神が創造を喜んだこと、そして神の主な目的の一つは、被造界を、人間が実り多き人生を送り、神自身と愛しあう関係をもてる場所にするのだということを宣言している。意図的に創造された宇宙の聖書の証拠は、宇宙が何億年もにわたって進化し人間の居住にふさわしい場所になったとの科学的証拠とともに、人類が決して無意味な宇宙の偶発的産物ではないとのメッセージの説得力を増すのである。

注

1 Hutton, J. 'Theory of the Earth', *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* (1788) 1, 209-305.
 2 Roberts, M. B. 'Genesis Chapter One and Geological Time from Hugo Grotius and Marin Mersenne to William Conybeare and Thomas Chalmers (1620 to 1825)', *Myth and Geology*; Geological Society of London Special Publication (2007)所収 及び Gould, S. J. *Time's Arrow, Time's Cycle: Myth and Metaphor in the Discovery of Geological*

Time, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts (1987), 222pp.を参照。
 3 North Greenland Ice Core Project Members 'High-resolution record of northern hemisphere climate extending into the last interglacial period', *Nature* (2004) 431, 147-151. (reports ages back to 123,000); EPICA Community Members 'Eight glacial cycles from an Antarctic ice core', *Nature* (2004) 429, 623-628 (reports ice 740,000 years old sampled at the base of an Antarctic ice core).
 4 Hinno, L. A. 'Earth's orbital parameters and cycle stratigraphy', In Gradstein, F., Ogg, J., and Smith, A., (eds.) *A Geologic Time Scale 2004*, Cambridge University Press (2004), pp. 55-62.
 5 放射線測定についてのよい入門書として Wiens, Roger C. *Radiometric Dating: A Christian Perspective* available at www.asa3.org/ASA/resources/Wiens.html があり、以下のサイトで参照できる。
 6 Wilde et al. 'Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the earth 4.4 Gyr ago', *Nature* (2001) 409, 175-178.
 7 Lewis, C.L.E. & Knell, S.J. (eds.) *The Age of the Earth: from 4004 BC to AD 2002*, Geological Society of London (2001), Special Publication No. 190, 288pp. は地球の年代決定についての歴史的態度に関する優れた論文集である。for an excellent collection of articles on historical attitudes to dating the earth.
 8 M. J. S. Rudwick *Bursting the Limits of Time: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*, U. Chicago Press (2005), 840pp.
 9 Darwin, C. *On the Origin of Species*, London: Murray (1859) p. 282.
 10 Kelvin, Lord *Macmillans Magazine* vol. 5 (1862), p. 288.
 11 Thomson, William (Lord Kelvin) 'On the secular cooling of the earth', *Philosophical Magazine* (1863) (series 4) 25, no. 165, 1-14.
 12 地球の年代決定に関する更なる詳細については、Dalrymple, G. B. *The Age of the Earth*, Stanford University Press (1991), 474 pp. を参照。
 13 Whitcomb, J.C. & Morris, H.M. *The Genesis Flood: The Biblical Record and its Scientific Implications*, Philadelphia: Presbyterian & Reformed (1961).
 14 www.natcensci.org 参照。
 15 参照: the index to creationist claims on the Talk Origins web site at www.talkorigins.org/indexcc/ for a secular view of YEC claims, although responses are of variable quality due to the open nature of the postings.
 16 たとえば、注5の Roger Wiens の論文と、包括的なウェブ・サイト www.answersincreation.org を参照。
 17 表は、Alexander, D. & White, R. S. *Beyond Belief: Science, Faith and Ethical Challenges*, Oxford: Lion (2004), 219 が参照に提供しているものと、Carroll, S. B. 'Chance and necessity: the evolution of morphological complexity and diversity', *Nature* (2001) 409, 1102-1109より。
 18 古代の堆積物への潮の影響を直接計測した結果、9億年前(つまり、地球の歴史の20%の時点で)は、1年は420日あり、一日は21時間未満であったと分かっている。地球の自転はそれ以来、潮の摩擦の影響で遅くなっている。(参照: Willams, G. E. 'Precambrian tidal and glacial clastic deposits: implications for Precambrian Earth-Moon dynamics and palaeoclimate', *Sedimentary Geology* (1998) 120, 55-74) 初期の地球の自転速度の概算は地球と月の相互作用モデルに基づき、地球の極暑沖の歴史においては一日はわずか5-6時間しかなかったと示唆している。
 19 たとえば哲学者 the move from atheism to deism by the philosopher Antony Flew が無神論から有神論に移ったこととその理由が大宇宙起源論、宇宙の微調整と、宇宙に設計を見る理論から得られる科学的知識によることを以下のサイトで参照。
www.biola.edu/antonyflew/
 20 Ross, H. *A Matter of Days*, Navpress (2004), 303 pp. はこのアプローチの仕方をしている。彼は地球の古い地球説に賛同するが、大進化論 macro-evolution には批判的である。
 21 これは、すでに1857に P. Gosse が論じたことであり、その時彼が、神はアダムをへそつきで創造したと示唆したことは有名である。
 22 創世記の起源の解釈と科学的証拠についての議論については以下を参照。Kidner, D. *Genesis*. Tyndale Old Testament Commentaries, Leicester: Inter-Varsity Press (1967); Lucas, E. *Can we Believe Genesis Today?*, Leicester: Inter-Varsity Press (2001); Wilkinson, D. *The Message of Creation*, Leicester: Inter-Varsity Press (2002), 296pp.; Alexander, D. R. *Rebuilding the Matrix*, Oxford: Lion (2001).

ファラデー論集

「ファラデー論集」はファラデー科学・宗教研究所 (Faraday Institute for Science and Religion) を出版者とする。当研究所は St Edmund's College, Cambridge, CB3 0BN, UK に本部を置く教育と研究のための慈善団体 (www.faraday-institute.org) である。また、本論文集の日本語訳は本多峰子による。「ファラデー論集」に表明された意見は各著者の意見で利、必ずしも本研究所の意見を代弁しているとは限らない。「ファラデー論集」は、科学と宗教の相互作用に関する幅広い論題に取り組んでいる。現在出版されている「ファラデー論集」のリストは www.faraday-institute.org で閲覧可能であり、そこから、PDF ファイルでダウンロード出来る。

出版：2013年3月 © The Faraday Institute for Science and Religion