

200910-12 ダーウィンと地球・宇宙

ダーウィンと地球・宇宙の年齢



生誕200年

世界天文年の2009年は同時にダーウィン生誕200年・『種の起源』出版150周年の記念の年でもある。稲盛財団の京都賞が「ダーウィン・フィンチ」の研究で名高いアメリカのグラント夫妻に贈られたように、世界のサイエンス界ではダーウィンで盛り上がっている。たぶん、ガリレオとダーウィンは自然界での人間の位置の考え方に根本的な影響を与えた科学者である。ガリレオは天と地の差を取り払い、地動説で人間中心宇宙を解体した。またダーウィンはこの「高等な」人間性の起源を自然選択に放り出した。人間を宇宙の中心から外す見方は今では常識となったが、「人間性」を神のデザインから取り上げる考え方には、今でも、アメリカのキリスト教原理主義者中心に拒否反応が強く、「クリエーション」というダーウィンを描いた英国の映画のアメリカでの上映が取り消されたという報道が流れている。ガリレオ裁判は遠い昔だが、ダーウィンではいまでも科学の知見と社会意識との対立が炎上中なのである。

『種の起源』と地球の起源

チャールス・ダーウィン(1809-1882年)は生物の種の起源だから「物化生地」

の理科の分類で言うと生物の話だといえる。しかし、現在の生物＝「バイオ」のイメージは、現存している生物の構造や機能の話であり、そうした構造や機能が「なぜそうなったか？」を問う起源の問題は生物を育んだ地球と生態系の課題である。「物化生地」でいうと地学の話が重要な要素である。とくに若きダーウインを『種の起源』に導いていった関心は地球の起源をめぐる論争であった。

18世紀から19世紀にかけて、ヨーロッパとくに英国では、化石や新世界の動植物の蒐集や分類といった博物学が富裕層に流行した。また人口が増えて鉱山や土木的な大規模工事が盛んになると、地層の存在やその形状、化石の出土、などが相次ぎ、さらに、アルプス探検で海の貝殻が山頂に発見されたりした。こうして地上の山河は永遠ではなく、様ざまな変化を経て現在の姿になったと考えられるようになった。地表が隆起して鉱山になるのなら、かつての海の底が山頂になっていてもよく、アルプス山頂の貝殻も説明がつく。19世紀、英国での庶民のサイエンスへの関心の広がりはこの地質学からはじまり、市民のサークルが出来たりもしたようだ。

サンゴ礁の石灰岩は生物起源であり、生物の繁殖も地表の姿に影響してきたことが分かる。さらに、噴火や地震の動因は地球の奥深いところにあるのかも知れないと暗示している。生命のもろさから思うと、むしろ地球表面の変動に翻弄されて生物種の消長が決まっているのかもしれない。

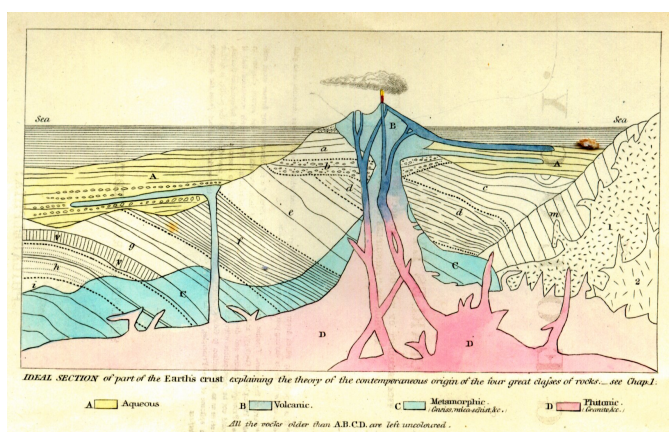
激変説と斉一説

ヨーロッパでは海や山は変化するということが容易に受け入れる下地があった。一つは旧約聖書に書かれた7日の創造物語である。さらに二つ目にはノアの洪水伝説で生物を含む地表環境には激変があったことが長く語られていた。市民の間での地質学ブームも実証的な科学データを蒐集しているという意味というよりはこうした昔からの語り伝えの中に位置づける動きもあった。こうした中で、多くの実証的データから科学的な地球進化のシナリオを作る試みも始まった。科学的方法を掲げて登場したのがライエルであり、ダーウインはチャールス・ライエル（1797-1875年）の『地質学原理』から学問の世界に旅たったのである。

この本の正式タイトルは『地質学原理、地球表面における過去の変化を、現在活動している原因で説明する試み』であり、そこに指導原理が述べられている。大事なポイントは「現在活動している原因」であり、この実証性が科学だという見解である。現にある確かな変化のプロセス以外のものを持ち込んだりしない、というある意味では面白くないストイックな態度である。こんな風には手を縛ってしまうと時間の長い地球の変化は説明できないと思うかもしれない。

い。しかし千年、数百年という歴史記録が残っていることを併用すると地表隆起、地層堆積、岩石の浸食などの長時間にわたるゆっくりしたプロセスをある程度定量的に議論できたのである。そしてそれを使って様々な地質学的時間が推定された。こうしたライエルの考えは斉一説と呼ばれ、それに対し二度と起こらないような大きな変化を仮定する説は激変説と呼ばれた。

図はライエル『地質学原理』の挿絵



地質年代

地質学者のライエルがダーウィンに影響を与えた考え方は非常に長い時間をかけてゆっくりした変化が自然のなかで起こっているという事実である。“科学的”地質学は地表の構造変化をこれで説明する。地下の成層構造、噴火にともなう隆起や陥没、川や海岸での土地の浸食や岩石の摩耗、氷河の移動、などである。歴史の記録のある数千年で認められる変化からその緩やかなスピードを計算して、地質年代を推定する。するとそれまで歴史を語る際に登場する年代とは桁はずれに違う大きな時間の数字が登場した。

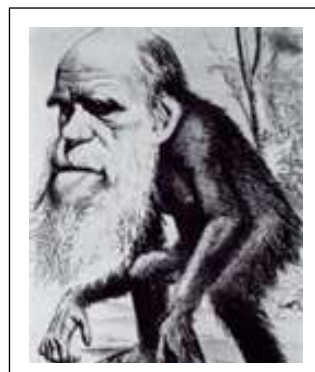
ここで歴史年代というのはせいぜい五千年ぐらいであった。これは旧約聖書の古代エジプト文明にさかのぼるモーゼの年代記の長さである。それ以前はノアの洪水などの激変で断絶されていて別世界であるという話もあった。地質年代の推定は定量計算としては大雑把になりやすいが数億年よりは長い年数が示唆されていた。モーゼ年代の十万倍以上大きい数字である。

ダーウィンの勇み足

実は150年前に『種の起源』が出版された直後に出された批判意見は、この本の本筋とは直接関係ない、地質時代の年数計算についてだった。『種の起源』はそれこそ人間をおサル仲間へ格下げするような内容で(図参照)、人間の

価値観と倫理の基礎まで揺さぶる根源的なものであった。確かにそういう認識はじょじょに広がっていくのだが、初版の書評で批判されたのは3億年という数字についてであった。この数字はダーウィン自身が次の様に計算したものであった。英国南部のウールド地方では広い陥没したような森林地帯がある。この谷あいの膨大な土砂が海の波によって浸食されたと想定して、谷が形成されるに最低必要な年数を計算したものである。定量計算の能力をみせた勇み足だった。

図：「人間はおサル仲間か！」と
当時の人々はダーウィンに
反発した。



「想像を絶するほどに長いのだ！」

種の起源が自然選択にあるというのが彼の議論の核心部分であり、それには膨大な数の世代交代が必要である。そこでライエルの地質学の斉一説の考えを引用した。「想像を絶するほどに長いのだ！」というための例示的な数字だった。ところが、大きな主張への批評と違って、数字にはすぐにケチがつけられるのである。また、この彼の主張の核心でなく、ただ「長い」ことの例示に出したに過ぎないこの数字に興味を示した物理学者が現われ、これが公表された最初の批判であった。賢いダーウィンは本筋でないところでの論争を避けるために、『種の起源』第三版からこの数字を削除した。しかしこの物理学者は後に大英帝国随一の科学者のケルビンだったから、『種の起源』は科学とは言えない朦朧とした主張の本だというイメージを作ることになった、という。そしてケルビンが根拠とした議論は太陽のエネルギー問題に関係した天文学の課題なのである。

定常宇宙とビッグバン

たしかに生物進化の本に出て来た地質の話だから、ダーウィンは単にライエルか誰かの計算した数字を引用しただけなのではないかと思う。ところが英国学界で主流になりつつあったライエル一派は具体的数字を出さずに「想像を絶するほどに長いのだ！」といった言い方に終始していた。これは単に個々の事象からの推定がバラバラな数字だというだけでなく、ライエルの斉一説の主張には「はじまり」についての明快な立場が欠けていたからでもある。すなわち、同じプロセスが延々とつながっているというのは、始まりがないという主張でも

いいわけである。この場合には時間に原点がない。ダーウインは、少なくとも生物の起源を有限の過去において、種の変異を膨大な数の世代交代を繰り返す中での自然選択に求めるというものである。「始まりがない」ではない。この違いはちょうど星の宇宙の定常説とビッグバン説に対比される。定常宇宙を主張したホイルは恒星が生成・進化して元素を合成するとい「星の一生のプロセス」を解明した大功労者である。しかしこの「プロセス」が斉一的に延々と起こっていて、宇宙膨張と新鮮な物質創生があれば、「始まり」はなしでいいのだと主張したのである。

地質的プロセス

19世紀初頭の地質学に戻る。キリスト教文明のもとでは過去の時間スケールとしてはまず初めに創生記、モーゼの年代記、ノアの洪水がある。この年代と地質年代を絡めるのか絡めないのかが問われる。「絡める」のにはキリスト教年代記をその中に収めるものから、別物だという中間派、積極的に排除する派の三つがある。ライエルは中間派のスタンスだった。始まりなしの斉一説ならそれでもいいのである。サイクル的な期を持ち込めば両立する。ところがダーウインのように原点を持つ時間の斉一説ではキリスト教年代記と全面衝突になる。ダーウインはライエルに魅せられてその先までいっていたのである。火や水や生物（石灰岩は生物起源）を原因とする地質過程に着目して地形や地層や化石を見るという地学探索は、当時、アマチュアを巻き込む人気のサイエンスであった。しかしそれがみな反キリスト教というわけではなかった。聖書の記述を地学でたどるといふ気分もあった。この頃、フランス革命の凄惨な結果を見たヨーロッパ社会には、理性の啓蒙主義・合理主義一辺倒が引き起こす危機に気づいて、精神界ではやや復古調のムードもあった時代である。

ケルビンの熱力学的時間

1859年の『種の起源』でダーウインが勇み足で書いた3億年という地質時間にケルビンがすぐに反応したのは彼が別の流儀でやはり地球や太陽の年齢を以前に考察していたからであった。ダーウインがいう「3億年」はある海岸の浸食時間として出した数字だから、地球や太陽はこれよりずっと長いはずである。地球の全歴史では隆起や浸食を何回も繰り返すかもしれないから、地球そのものの年限は「3億年よりも桁違いに長い」ということである。ところがケルビンが最新の熱の物理理論をつかった推定では地球や太陽の全年限がこの3億年よりも小さかったのである。ともに不確定さはあるが、ケルビンの上限値よりもダーウインの下限值が大きい。ケルビンがダーウインの数字は「あり得ない」と直ちに反応したのはこのためである。そして、これがきつ

かけで地球と太陽の熱力学的時間へのケルビンの関心が再燃し、厳密科学を謳う物理学の威光によって地球と太陽の時間問題の主導権は物理学が担うことになった。地質学は物理学＝ケルビンの威光に逆らうことを憚って口をむすんでしまった。

冷える時間

時間がいって来る熱の理論は熱が拡散してモノが冷える熱伝導理論である。1840年代にフランスのフーリエが熱伝導の解析理論を出し、若いケルビンの研究はこの辺りから研究を出発した。この理論の応用問題として彼は地球の内部の温度分布や冷却時間を計算した。もちろん岩石や土壌の熱伝導率が必要になるが、実験的測定や地表下での温度分布の実測などを組み合わせて最大値、最小値を推測するものだった。

この地球時間に対する興味はどうぜん太陽の熱の考察にも拡大した。まず気付いたことは、太陽が固体だと表面があのような高温でおれるのは短時間に過ぎないことである。これはドイツのヘルムホルツも示しており、そこで彼は太陽が気体球であって、熱の輸送は伝導ではなく対流によるとした。ケルビンは内部からの熱の輸送が不可能なら上から表面に物体が落下して絶えず過熱をしているとした。最近の X 線星の降着説である。1854年にケルビンはこうした地球と太陽の熱問題を広範に論じ、この時の年齢の数字は数千万年、いくら長くても 5 億年といった数字をあげていた。

ケルビン・ヘルムホルツ収縮(web200807-09K-H 収縮も参照)

現在、恒星の天文学においてケルビン・ヘルムホルツ収縮という概念が重要である。それは気体球である恒星が表面からの放射で重力エネルギーを解放しつつ収縮する、主系列以前の恒星形成の収縮期を指している。しかし現在のかたちに理解されるようになったのは後の事で、当初はケルビンもヘルムホルツも太陽の周りの隕石群の落下降着説から始まった。しかし、水星の近日点移動のルベリエによる詳細な観測から太陽周辺の物質分布に制限が与えられて、降着説から全体の収縮説に代わって行ったのである。これが太陽放射エネルギーの重力エネルギー説である。

また恒星のケルビン・ヘルムホルツ (K-H) 収縮期に大きな修正を加えたのが日本のハヤシ・フェーズである。原子分子の放射係数などが分からなくても K-H 期を 19 世紀に議論できたのは表面層のエネルギー輸送が対流だからである。しかし、対流で内部から運ばれてきた熱でも表面から外に放り出すには放射に変換する物理過程が存在せねばならない。このためあまり低温にはなれないのである。林忠四郎がこの論文を発表したのは私がこの研究室に大学院生

として入った翌年の1961年のことである。

短い年齢の矛盾

K-H収縮のように太陽熱の源は重力エネルギー源だとすると、現在のような姿の太陽は数千万年しか持続しないとなる。したがって、地質学や進化論が要求している時間スケールとは明確な矛盾があったのである。この状態は物理学の中で原子核エネルギーの発見があつて解決するまで続いた。地質学のほうが現実をとらえていたのである。

この年齢問題での物理学の革命は放射線の発見に続く原子核エネルギーの発見であった。とくに20世紀にはいって、キュリーらラザフォードがラジウムの崩壊熱や崩壊年齢などの定量的な実測をするにつれて明確になった。とくに地球の冷却時間の議論は放射性元素という熱源があり、冷めるだけでないことが分かっている。日本のニュートリノ検出機カムランドがこのことの実証を与えている。



太陽エネルギーについては、原子核の物理が明確になる1930年代にまで、核融合の詳細説明は遅れるが、放射線がらみの原子核エネルギーであろうという認識は同じ頃に芽生えていた。

ケルビン対ラザフォード

ケルビンの晩年にあたるが、ケルビンの出ている会合で、ラザフォードは地球の年齢は放射性元素の発見で「短い地球年齢」から解放されたと宣言したことがあったようだ。次の本に詳しく書かれている。1904年春のことである。

J.D.Burchfield “Lord Kelvin and The Age of the Earth”, The University of Chicago Press.

放射性元素に関するラザフォードの業績はノーベル化学賞に輝いたが、研究の性格からいっても、ラザフォードと地球の科学とは一見無関係のように見える。だから「短い地球年齢」の問題は、広い科学者の間で共有されていたこと

が分かる。

ケルビンの名は現在は絶対温度の単位名として現代の
科学技術の中に組み込まれている。

図： 晩年のケルビン

