

# 小学校の理科の教材としての地球史

伊 藤 稔 明\*

## 1. はじめに

生命の歴史を含む地球史は一般の関心も高い科学分野である。主だったNHKスペシャル（NHK特集）をたどっても、1980年代半ばに放映された『地球大紀行』を始めとして、1990年代半ばの『生命－40億年はるかな旅－』、2005年放映の『地球大進化46億年・人類への旅』、さらにその後の『恐竜vsほ乳類1億5千万年の戦い』、『恐竜絶滅ほ乳類の戦い』、今年放映された『生命大躍進』など数多くのシリーズもののスペシャル番組が放映されている。同じ自然科学でも物理学を主としたシリーズのスペシャル番組などは数少ないことからみても生命史、地球史には一般の関心が高いことが見て取れる。

NHK特集『地球大紀行』は1987年放映された全12回のシリーズである。その構成は、

- 第1集「水の惑星奇跡の旅立ち」
- 第2集「引き裂かれる大地」
- 第3集「残されていた原始の海」
- 第4集「奇岩にひそむ大気の謎」
- 第5集「巨大山脈の誕生」
- 第6集「巨木の森大地を覆う」
- 第7集「恐竜の谷の大異変」
- 第8集「氷河期襲来」
- 第9集「移動する大砂漠」
- 第10集「資源を産んだマグマ噴出」
- 第11集「多重バリアーが守る生命の星」
- 第12集「太陽系第三惑星46億年目の危機」

となっている。『地球大紀行』は、いまから30年ほ

ど前の番組である。そのため、CG技術などは現在のものと比較にならない未熟なものである。けれども、当時まだ“新参”の理論であったプレートテクトニクスを大胆に用いた解説を行ったり、また、恐竜絶滅では、これも“新参”理論であった隕石衝突説を紹介したり、その内容は緻密さもさることながら、大胆で意欲的なものであった。また、地球温暖化や砂漠化といった地球環境問題にも目を向けており、その後の地球史を扱う科学番組のベースを築いたとも評価し得るものとなっている。

NHKスペシャル『生命－40億年はるかな旅－』は1994年度に放映された全10回のシリーズである。その構成は、

- 第1集「海からの創世」
- 第2集「進化の不思議な大爆発」
- 第3集「魚たちの上陸作戦」
- 第4集「花に追われた恐竜」
- 第5集「大空への挑戦者」
- 第6集「奇跡のシステム“性”」
- 第7集「昆虫たちの情報戦略」
- 第8集「ヒトがサルと別れた日」
- 第9集「ヒトは何処へいくのか」
- 最終回「地球と共に歩んで」

となっている。第4集「花に追われた恐竜」では、『科学朝日』にその内容を批判する論説が掲載されて話題となった<sup>1)</sup>。また、第5集「大空への挑戦者」では、鳥の起源について小型爬虫類とする説と恐竜とする説を同等に扱っていたけれども、放映の直後に羽毛恐竜

が中国で発見され、タイミングとしても不運であった。この『生命－40億年はるかな旅－』以降、地球史をテーマとするNHKスペシャルでは、10回を超える大型シリーズは作成されていない。

NHKスペシャル『地球大進化46億年・人類への旅』は2005年に放映された全6回のシリーズである。その構成は、

- 第1回「生命の星大衝突からの始まり」
- 第2回「全球凍結大型生物の誕生の謎」
- 第3回「大海からの離脱そして手が生まれた」
- 第4回「大量絶滅巨大噴火が哺乳類を生んだ」
- 第5回「大陸大分裂目に秘められた物語」
- 第6回「ヒト果てしなき冒険者」

となっている。第2回の「全球凍結」は最新の仮説である全地球凍結による生物大型化を扱ったものである。このシリーズの大きな特徴は、いわゆる“ガイア仮説”に反対する立場を鮮明にして構成されていることである。ガイア仮説とは、ジェームス・ラブロックによって提唱された仮説で、地球と生命がお互いに関係しあって、巨大な“地球生命体”ともいべきシステムを構成しているというものである。この考えから、「地球は生命にやさしく、また、生命も地球にやさしい」というのが本来の姿であるとする発想が生まれてくる。こうした発想は、研究者よりもマスコミ受けが良かったとされていて、そうしたスタンスの番組がこれまで多く放映されてきた。『地球大進化46億年・人類への旅』はそこからの脱却を図ったのであろう。

NHKスペシャル『恐竜vsほ乳類1億5千万年の戦い』は2006年に放映された全2回シリーズであり、

- 第1回「巨大恐竜繁栄のかげで」
- 第2回「迫りくる羽毛恐竜の脅威」

で構成されている。哺乳類の誕生は恐竜の誕生とほぼ同時期であり、哺乳類の全時代の3分の2ほどは恐竜とともに生きていたことになる。恐竜時代の哺乳類は基本的に夜行性を強いられ、そのために脳が進化したとされている。このシリーズは恐竜時代の哺乳類の進化にスポットを当てたものとなっている。

NHKスペシャル『恐竜絶滅ほ乳類の戦い』は2010年に放映された全2回シリーズであり、

- 前編「新たな強敵」
- 後編「運命の逆転劇」

で構成されている。このシリーズは『恐竜vsほ乳類1億5千万年の戦い』の続編的なものであり、恐竜時代を終わらせた巨大隕石の衝突から新生代における哺乳類の進化を取り扱っている。

そして、今年放映されたNHKスペシャル『生命大躍進』は全3回シリーズで、

- 第1集「そして“目”が生まれた」
- 第2集「こうして“母の愛”が生まれた」
- 第3集「ついに“知性”が生まれた」

で構成されている。人類に至る進化の道筋で節目となった出来事をとらえたものである。これまでのシリーズと比較して特徴的なことは、それぞれの進化の出来事をDNA変異中心に解説していることである。

このように多くのシリーズがNHKにおいて作成されること自体が、地球と生命の歴史に関して、人々の関心が高いことを示している。こうした一般的傾向は、当然のことながら、子どもたちにも一定の影響を与えることが想定し得るので、これを理科の教材として活用する可能性を探ることは、理科教育研究にとって有意義のことと考えられる。本論の目的は、地球と生命の歴史を理科教育の教材として構築する可能性を考察することにある。もちろん、地球と生命の歴史といっても46億年の歴史は膨大な出来事を含んでおり、その総てを網羅して考察することは不可能であろう。そこで本論では、一般的にも関心が高いと考えられる以下の事象を取り上げる。

- ・地球と生命の誕生
- ・中生代における恐竜と哺乳類
- ・人類の誕生と進化

これらの出来事について、それぞれ1節を用いて取り上げるとともに、最後に考察を与えて、本論の構成とする。

## 2. 地球と生命の誕生<sup>2)</sup>

地球は太陽系第3惑星である。太陽系には8つの惑星があり、このうち内側の4つの惑星、すなわち、水星、金星、地球、火星は「地球型惑星」と呼ばれる岩石

の星で、外側の4つのうち木星と土星は「木星型惑星」と呼ばれるガスの星である。さらに外側の天王星と海王星は「海王星型惑星」と呼ばれる氷の星である<sup>3)</sup>。

1930年の発見後、長らく惑星としての位置付けを与えられていた冥王星は、2006年の国際天文学連合の総会で、惑星としての位置付けを外され準惑星とされた。冥王星発見から半世紀以上が経った1990年代になって、冥王星の軌道近くに多くの天体が発見された。エリスと名付けられた天体は冥王星より大きいものであった。こうした天体はその数を増加させ、1000個以上が確認されるに至った。そこで「これらすべてが惑星なのか？」と疑義が生じ、上記の国際天文学連合の総会で、これらの天体を惑星ではない準惑星とすることが決められ、長らく惑星として親しまれた冥王星も惑星ではなくなってしまった。2015年7月、アメリカの探査機ニューホライズンズが冥王星に接近したけれども、この探査機は、冥王星が準惑星に“格下げ”される前に打ち上げられたものである。

ちなみに、2006年に国際天文学連合によって定められた惑星の定義とは以下の3つの条件を満たすものである。

- ① 太陽の周りを回っていること
- ② 十分に大きな質量を持つために自己重力が固体としての力よりも勝る結果、重力平衡形状（ほぼ球形）をしていること
- ③ その軌道近くから他の天体を排除した天体であること

この③の条件から冥王星は惑星から外されたのである。

さて、地球の誕生を探究することは、太陽系の惑星の誕生を探究することと同じである。当然のことながら、太陽系の惑星のなかで地球だけが特別な誕生をしたわけではない。他の惑星と同じように生まれてきたのである。

太陽系は宇宙に漂うダストが凝縮して誕生した。ダストの90%以上が中心に集まって太陽ができる。中心部に集まった物質は重力によって凝縮し、高温・高圧となって、やがて水素の核融合反応が起こり太陽となって輝き始める。そして、周辺に残された残りのダストから惑星が生まれるのである。このダストの重元素は、太陽の前世代の恒星がその終焉を迎えたとき、宇宙に放出した元素である。まさに“星屑”で構成さ

れているのである。

惑星の形成過程は、次の3過程からなっている。第1段階はダストから微惑星の形成である。第2段階は微惑星から原始惑星の形成である。そして、最終の第3段階は原始惑星から惑星の形成である。

第1段階では、ダストから直径1～10km程度の微惑星が形成されたと考えられている。形成過程の詳細は不明な部分もあり、研究者のあいだで議論が続いているものの、この第1段階の結果として、太陽系を無数の微惑星が回っている状況が生まれたことになる。

第2段階では、微惑星から地球の10分の1程度の大きさの原始惑星が形成される。現在の太陽から火星までの軌道半径に、原始惑星が20個程度形成され、原始惑星と原始惑星に取り込まれなかった微惑星が太陽の周りを回っている状況が作られた。

第2段階終了時点では、まだ、原始惑星はガス雲に囲まれている。このガス雲が散逸するに至って重力のバランスが崩れ、原始惑星は互いに衝突していくことになる。そして、金星と地球は原始惑星がおおよそ10個衝突して形成され、水星と火星は原始惑星の生き残りであると考えられている。

地球形成に至る原始惑星の衝突のなかで、月も誕生する。いわゆるジャイアント・インパクト説である。筆者が小学生の頃、月の生成にはいくつかの説が共存していて、どれも“決定打”を持ち合わせていなかった。有力とされていたのは、地球の惑星形成と同じように形成されたとする「兄弟説」、地球の一部が抉り取られて月となったとする「分離説」、たまたま地球のそばにやってきた天体が地球の重力にとらわれたとする「捕獲説」である。月の生成に関する探究は、アポロが月に行って、石を持ち帰るなど月の成分を直接分析できるようになって更に混迷を深めていった。直接分析した月の成分を説明できる生成説が上記の3つにはなかったのである。この状況を解決したのがジャイアント・インパクト説であった。原始の地球に火星と同じくらいの原始惑星が衝突することによって月が誕生したと仮定した。これによって、月の組成をほぼ説明できるようになり、ジャイアント・インパクト説は、月の生成に関して、いきなり「通説」の位置を獲得した。

こうした段階を経て46億年前に地球は誕生した。地球の構成物質のうち、気体成分は大気を構成し、H<sub>2</sub>Oは液体の海をつくった。ただ、この当時の海には、硫酸や硝酸が含まれていて、現在とはかなり異なる海

だった。この海を舞台に生命が誕生するのである。そもそも、生命を誕生させた有機物はどのようにして地球にもたらされたのであろうか。地球内での化学反応で生成されるという実験があり、また、隕石や彗星によって宇宙からもたらされたという事実も指摘されている。どちらかの起源なのか、あるいは、その両方が用いられたのか、まだまだ解らないけれども、大半の研究者の指摘しているところは、その誕生の現場は深海の熱水が噴出している箇所であろうということである。生命誕生の現場を深海とする理由は、ひとつには熱水のエネルギーを化学反応に利用したであろうとの類推がある。さらに、この段階の地球では太陽から降り注ぐ強烈な紫外線によって地表や海面近くの海中では生命誕生に至る安定的な化学反応が継続することは不可能であると考えられている。誕生直後の地球には酸素はまったく存在せず<sup>4)</sup>、現在の地球のようなオゾン層は存在しない。水は紫外線を吸収するので海中であれば有害な紫外線から守られるのであるけれども、当時の強烈な紫外線のもとでは海水面から10m以上深く潜らなければ安全ではなかった。そこで、そうした海のなかで有機物が外部エネルギーを得ることができる深海の熱水噴出地帯が生命誕生の場と考えられている。

そうした深海では巨大な水圧のもとで細胞膜のようなものが形成され、そのなかに有機物が取り込まれ、長い年月のあいだに化学反応がすすみ、自己複製の能力をもった高分子が誕生したと考えられている。このような長い時間をかけてすすむ化学反応が可能になるためには、太陽からの有害な紫外線の影響がない場所が必要不可欠となる。つまり、地表面のように太陽から降り注ぐ強烈な紫外線にさらされている場所では、たとえ一時的に高分子が構成されても、紫外線によって瞬時に破壊されてしまうからである。こうしたことから、紫外線の影響のない深海が生命誕生の場として考えられるのである。

さらに、熱水の噴出地域である理由は、その熱エネルギーを活用していたと考えられるからである。化学反応がすすむためには恒常的に供給されるエネルギーが必要となる。深海において、そうしたエネルギーを得ることのできる場所は熱水噴出地帯しかないだろう。以上のことから、深海の熱水噴出地帯が生命誕生の場と考えられている。

さて、それでは生命誕生はいつごろのことなのであろうか。これについてもはっきりとしたことは分かっ

ていない。ただ、グリーンランドにある38億年前の“地球最古の岩石”のなかに生命の痕跡があることから、40億年前あるいはそれ以上前のことだとされている。つまり、地球の誕生からそれほど時間が経過していない頃に生命は生まれたことになる。

こうして誕生した生命は、およそ20億年前に核をもち酸素で呼吸する真核生物となり、10億年前には動物が生まれ、5億年前になると脊椎動物につながる脊索動物が登場する。そして、およそ2億年前に次節で展開される恐竜と哺乳類がほぼ同じ時期に登場することになるのである。

### 3. 中生代における恐竜と哺乳類<sup>5)</sup>

このテーマについての地球史の物語をどこから始めるかと問われれば、やはり、哺乳類型爬虫類の大進化から始めることになるかと答えることになるだろう。古生代の終わりに後に哺乳類となっていく爬虫類が繁栄していた。話をここから始める。

まず、“哺乳類型爬虫類”という聞きなれないものは何であろうか？それは、別の表現の仕方であれば“爬虫綱単弓亜綱”と言うことのできる爬虫類の1グループである。

爬虫類の頭蓋骨を横からみると、目と鼻の穴以外に別の穴が開いている。これが1つ開いているものを単弓亜綱、2つ開いているものを双弓亜綱、1つも開いていないものを無弓亜綱と呼んでいる。双弓亜綱には、トカゲ、ヘビ、ワニ、ムカシトカゲといった現存爬虫類のほとんどが属しており、恐竜や翼竜などもこのグループに属している。無弓亜綱に属する現存爬虫類はカメである。ただし、化石爬虫類の無弓亜綱とカメとのあいだは、系統的に遠いことが指摘されていることもあり、最近では「無弓亜綱」という分類はあまり使われていないようである。そして、単弓亜綱には現存爬虫類はいない。このグループは哺乳類に進化したものだけが生き残っている。

哺乳類は単弓亜綱の爬虫類が進化したものである。われわれの頭蓋骨にも爬虫類時代に開いていた目と鼻以外の1つの穴が開いている。哺乳類の頭蓋骨は頭蓋の「壁」からアーチ型に張り出している骨があり、そのアーチと頭蓋の壁のあいだが爬虫類時代からもっている穴である。その穴に下から顎の骨が入り込んで、そこに筋肉が付いて咀嚼ができるようになっている。ヒトもイヌもネコもネズミもゾウもライオンもクジラも哺乳類はすべてこの構造をもっている。哺乳類のす

べてが単弓亜綱から進化してきた証である。それ以外の骨格構造においても単弓亜綱は現在の哺乳類に類似の箇所が多く、それゆえに“哺乳類型爬虫類”と呼ばれている。

単弓亜綱はさらに盤竜目と獣弓目とに分類される。前者が古いタイプの単弓亜綱、後者が新しいタイプの単弓亜綱である。盤竜目に属しているもののなかで最もポピュラーなものは、おそらく、ディメトロドンであろう。“背中に帆の生えたトカゲ”という表現が相応しい生き物である。人気のある爬虫類で、子ども向けの恐竜のおもちゃにはディメトロドンが含まれていることもあるそうである。しかし、ディメトロドンは恐竜ではない。恐竜時代より遙か以前に生きていたまったく別の爬虫類である。ディメトロドンは我々の直系の先祖ではないけれども、祖先の“親戚”のような存在である。

こうした盤竜目のなかから新しい哺乳類型爬虫類である獣弓目が進化してくる。盤竜目は獣弓目に進化したものだけが生き残り、その他は絶滅への道をすすんだ。獣弓目は2つの亜目に分類されることが多い。獣歯亜目と異歯亜目である。獣歯亜目は基本的に肉食であり、異歯亜目は基本的に植物食である。ここから哺乳類が誕生することになる。すなわち、単弓亜綱獣弓目異歯亜目キノドン下目から哺乳類への進化が起こる。

さて、哺乳類誕生の前に述べておくべき出来事がある。それは、哺乳類型爬虫類が大繁栄していた地球に起こった地球史上最大の大量絶滅事件である。およそ2億5000万年前のことである。

当時、地球にはパンゲアという超大陸が1つだけあり、地球表面の約半分をパンゲアが覆っている状況であった。こうした特異な大陸配置がスーパーブルームという現象を引き起こした。地球内部の核で熱せられた大量のマントルがパンゲアを突き破り大噴火を起こした。地球史上例をみないような巨大噴火によって地球環境は一変し、9割以上の動植物の種が絶滅したと考えられている。この大量絶滅事件をキノドン下目は偶然にも生き延びることができた。

この大量絶滅事件の後、哺乳類型爬虫類の相対的繁栄は継続していた。我々の祖先である哺乳類型爬虫類の繁栄に止めを刺したのは、2億1500万年前の巨大隕石の衝突である。この事件によって哺乳類型爬虫類の繁栄は消し飛ばされ、代わって双弓亜綱の一部すなわち恐竜たちの時代が始まるのである。

恐竜とは何であろうか？「大きな爬虫類」を恐竜と呼ぶと思っている人も少なからずいる。空を飛んだ翼竜や海にいた首長竜も「大きな爬虫類」であったけれども恐竜ではない。また、恐竜のなかには現在のニワトリ程度の大きさのものもいる。「大きさ」が恐竜を定義するわけではない。

恐竜（恐竜上目）とは爬虫綱竜盤目および鳥盤目に属するものをいう。恐竜とは、胴体からまっすぐ下に向かって脚がついている爬虫類である。これが現存の爬虫類と異なるところである。トカゲやワニは胴体の横から脚が出ている。これに対して哺乳類では胴体からまっすぐ下に脚が出ている。恐竜とは哺乳類と同じような脚の付き方をしている爬虫類であった。

竜盤目と鳥盤目の違いは骨盤の形の違いである。竜盤目はさらに肉食恐竜である獣脚亜目とアバトサウルスなどの巨大恐竜である竜脚型亜目に分類される。鳥盤目にはステゴサウルスやトリケラトプスなど様々なタイプが含まれている。そして、竜盤目はすべて同じ形の骨盤を持っており、鳥盤目もやはりすべて同じ形の骨盤を持っている。つまり、多くの種が存在している恐竜でありながら、骨盤はたった2種類しかないということである。逆に言えば、この2種類の骨盤をもつ爬虫類を恐竜と呼ぶのである。

こうした恐竜たちが、中生代という時代の1億数千万年という長い時間にわたって繁栄を極めていた。その時代、哺乳類はどのように歩んでいたのであろうか。一言で言えば、“恐竜のいない夜の世界でネズミのような小さな体で過ごしていた”である。まさに隠れ住んでいたのである。しかし、この夜行性が脳新皮質を生んだと考えられている。夜の世界では、目はほとんど役に立たない。そこで、哺乳類は耳を進化させていった。この「音に依る状況判断」が脳を大型化させたと考えられているのである。その進化が哺乳類だけがもつ脳新皮質を生んだ。

さらに、恐竜時代に哺乳類が起こった大きな進化に胎生の獲得がある。当然のことながら、爬虫類から進化した哺乳類はもともと卵を産む（卵生）動物であった。いまでも、カモノハシとハリモグラという哺乳綱原獣亜綱単孔目の動物たちは卵で子孫を残す。我々と同じような胎盤を持つ哺乳類は恐竜時代の中ごろに現れたと考えられている。恐竜時代を通じて哺乳類は、その体を大きくせず、外見上ではさしたる変化を見せていなかったけれども、その体のなかでは革新的な変革を遂げていたのであった。

そして、およそ6500万年前に直系約10kmの巨大隕石が、現在の中米ユカタン半島の位置（当時は海）に落下し、その影響ですべての恐竜や翼竜など巨大爬虫類たちが絶滅したとされている。この巨大隕石衝突による恐竜絶滅説は、1980年にルイス・ウォルター・アルバレスを筆頭とする4人の研究者の共著論文で唱えられた。アルバレスは素粒子論の研究で1968年にノーベル物理学賞を受賞した研究者である。論文発表時には、この隕石衝突で生成されたクレーターは発見されていなかったけれども、その後、現在のユカタン半島の地下に直系約200kmものクレーターが発見され、地層の分析から恐竜絶滅の時代のもものと判明した。その他にも巨大隕石衝突で生じた高さ300mを超える巨大津波の痕跡など、様々な隕石衝突の証拠が見出されていて、約6500万年前の地球に巨大隕石が落下したことは否定しがたい事実と考えられ、そのことで恐竜が絶滅したとする説は、もっとも通説に近い説となっている。

隕石衝突による恐竜絶滅説は、その発表当時から激しい反論にさらされた。当時はクレーターも発見されておらず、直接的根拠に乏しいと思われた。そこで、アルバレスらは、以下の15の根拠を示して隕石衝突説を展開した。

- ①イリジウム（Iridium；原子番号77；Ir）層は世界的にみられること
- ②直径10km程度の隕石が6500万年に一度地球と衝突することがあってもよいこと
- ③イリジウムの濃集という現象は極めて稀であること
- ④イリジウム濃集層は世界的に同時に形成されたこと
- ⑤イリジウム濃集層は大衝突で生じた塵からであるから海成層にも陸成層にもあること
- ⑥衝突の影響は動物だけではなく植物にもみられること
- ⑦白亜紀と第三紀との境界粘土層の化学組成は上下のそれとは異なること
- ⑧境界粘土層の化学組成は成因が同じであるから世界的に同じであること
- ⑨隕石起源の親鉄元素オスミウム（Osmium；原子番号76；Os）が含まれること
- ⑩境界粘土岩中の新鉄元素の諸特徴は隕石のそれと同じであること

- ⑪衝突時の高温を示す根拠があること
- ⑫激しい衝突があったことを示す衝突石英があること
- ⑬大量の動植物が燃焼したことを示す煤があること
- ⑭地層中で最上部の恐竜化石の産出位置より上にイリジウム層があること
- ⑮隕石衝突による環境破壊はほとんど生存し得る種が存在しないほど大規模なものであったこと

アルバレスらは、これら15の根拠がすでに示されているとした。しかし、最後については少し“勇み足”的であったのかもしれない。実際には、小型の爬虫類や鳥や哺乳類は生き残っているのです、アルバレスらが想像したような大量絶滅ではなかったようだ。

恐竜がいなくなった地球で哺乳類は昼の世界に戻り様々な方向へ進化した。陸上はもちろんのこと空にも海にも哺乳類は繁栄の場をつくっている。そして、やがてヒトが登場するのである。

#### 4. 人類の誕生と進化<sup>6)</sup>

人類の進化を考察するときに、そもそも“人類”をどのように定義するのが問われる。本論ではヒト科に属するサルを人類とし、ヒト上科にテナガザル科とオランウータン科が属するとする「伝統的な」分類を採用する。テナガザル科が小型類人猿、オランウータン科が大型類人猿である。ちなみに、オランウータン科には、オランウータン、ゴリラ、そして、チンパンジーが属している。つまり、この分類ではチンパンジーはヒト科ではない。したがって、人類の誕生とは、チンパンジーとヒトとの共通の祖先から、それぞれが分離したときのこととなる。

この分離、つまり人類誕生がいつのことだったのかはわかっていない。20年ほど前、日本の研究者がミトコンドリアDNAの解析からチンパンジーとヒトとの分離が $490 \pm 10$ 万年前であると結論付けたことがあった<sup>7)</sup>。この解析は、ミトコンドリアのなかのDNAについてチンパンジーとヒトとがどれ程変異しているのかという情報から、それがどの程度の時間で成し遂げられたのかを評価したものであった。その結果が上記の年代であった。

しかし、我々がDNAというものを知り得て、まだ、100年も経過していない。DNAの変異がどのくらいの年月でどのくらい進むのかはまだ未知の領域であ

り、上記の解析ではかなりの部分推論に依拠せざるを得なかった。したがって現在では「 $490 \pm 10$  万年前」という数値はあまり重視されていないようである。現在、チンパンジーとヒトとが分離したのは約700年前とされているけれども、それは、現在のところ「最古のヒト」とされる“トゥーマイ（サヘラントロプス・チャデンシスの1個体）”がその年代であることに基づいている。だから、より古いヒトの化石が発見されれば人類誕生の年代はさらに古くなる。

では、ヒトと他のサルとを別ける特徴とは何か。それは直立二足歩行であるとされている。いま生きている動物はもちろん化石が発見されている過去の動物たちのなかでも、背骨を地面に垂直に立てて歩行している動物は我々ヒトだけである。二本の足で歩行した動物はいた。たとえば、肉食恐竜たちは後ろ足のみで歩行していた。けれども、彼らの歩き方は背骨を地面に平行にして、上半身と尾を腰で天秤のように釣り合わせて歩行していた。地面に垂直に背骨を立てて歩行するのはヒトだけである。つまり、ヒト科とは、直立二足歩行する“サル”である。

何故、ヒトが直立二足歩行を始めたのかについては、まだ、よく分かっていない。20年ほど前には、アフリカ大地溝帯に伴う山脈の形成がヒトの直立二足歩行を生んだとする説が有力で、ほぼ「定説」とも言えるような状態にあった。南北に伸びる山脈ができることによって、山脈の東側では西風が遮られ、そのために雨量が減り、森林が草原になっていった。その結果、ヒトの祖先は樹上生活から大地に降りることになり、直立二足歩行が生まれたとするものである。しかし、その後、山脈の西側でも初期人類の化石が発見されるに至って、現在ではこの説を唱える研究者はほぼいなくなっている。

現在ヒト科には、サヘラントロプス属、オロリン属、アルディピテクス属、ケニアントロプス属、アウストラロピテクス属、パレントロプス属、そして、ホモ属が確認されている。このうち、サヘラントロプス属、オルロリン属、ケニアントロプス属はそれぞれ1種のみが確認されていて、アルディピテクス属、アウストラロピテクス属とパレントロプス属はそれぞれ2～6種、ホモ属は10種近くが確認されている。我々もホモ属の1種である。通常、日本ではホモ属以外の人類たちは「猿人」と呼ばれる。アルディピテクス・ラムダスであればラムダス猿人、アウストラロピテクス・アファレンシスであればアファール猿人という具合であ

る。

サヘラントロプス・チャデンシスが直立二足歩行をしていた直接的な証拠は確認されていないので、サヘラントロプスはヒトではない可能性も残されている。ただ、サヘラントロプスがヒトであると確認されれば人類の歴史は少なくとも700万年に及ぶことになる。

その700万年のあいだ、ヒトに現れたもっとも特徴的な変化は何であろうか。もちろん、それは巨大な脳に基づく高度な知性の獲得であろう。かつて、ヨーロッパの人類学者のなかにはヒトがサルと別れたときに最初の現れた特徴を巨大な脳であると考えたものが多かった。ヒトは脳の巨大化によってサルと別れたと信じていたのである。しかし、実際に発見されている猿人たちの化石には巨大な脳は確認されていない。このような「信念」と現実のギャップからとピルトダウン贋作事件のような科学史上の恥ずべき事件も起こってしまう<sup>8)</sup>。

ヒトとチンパンジーの共通の祖先から分離してアルディピテクスなどを経てアウストラロピテクスに至るあいだヒトの脳は類人猿と比較して大きくはなっていない。ヒトの脳が巨大化していくのはホモ属になってからである。ホモ属の登場はいまから約200万年前のことなので、人類の歴史のうち実に3分の2は類人猿と同じ程度の脳のままで生きてきたことになる。巨大な脳は人類進化の最後にもたらされたことになる。

また、人類進化は脳の巨大化が“定まった方向”でもない。それは、ホモ・フロレシエンシスの発見で示された。ホモ・エレクトスから進化したと考えられている彼らはホモ属でありながら、驚くことにアウストラロピテクス並みの大きさの脳しかもっていなかった。しかも彼らは1.7万年前まで生きていた。1.7万年前といえば、日本ではそろそろ縄文時代が始まる頃である。そんな“つい最近”まで猿人並みの大きさの脳のホモ属がいたのである。

さらに、脳の巨大化のみが知性の進歩と“比例”するわけでもない。我々ホモ・サピエンスに最も近いヒトであるネアンデルタール人（ホモ・ネアンデルターレンシス）は、我々より1割ほど脳が大きかった。しかし、遺跡から発掘される石器などから判断する限り、彼らがホモ・サピエンスより優れた知性を持っていたとは考えられない。それでは、脳の小さい我々がネアンデルタール人より優れた石器をなぜ作成できたのか？ 様々な考えが出されているので今後の研究の進展に期待したい。

## 5. 考察

ここでは、地球史を理科の教材として取り上げる可能性について考察したい。本論では、理科の目的を「子どもの発達段階を踏まえて、科学の法則や知識を体系的に理解する」とする。ここで、大切なことは「体系的」というところである。どんな難しい法則や知識も、断片的に暗記しているだけであれば、使い物にならないし、その“記憶”は遠からず剥落する。しかし、体系的な理解といっても、物理学や化学の分野では微分や積分という少なくとも高等学校程度の数学を用いなくては、理解し得ないものが多い。そこで、着目したいのが本論で取り上げた地球史である。

現在の学習指導要領では、小学校理科で地球史を正面から取り上げるようにはなっていない。しかし、冒頭で述べたように、地球史についての社会的な関心は高く、恐竜が好きな子どもはとても多い。恐竜という非日常の絶滅生物に惹かれるのである。そうした子どもたちの興味関心のたかい題材を用いた理科単元が望まれる。

さらに、ここでは本論では小学校教員免許取得のための「教科に関する科目（理科）」において、地球史をとりあげることにについて論じたいと思う。小学校教員養成の課程認定を受けるためには、小学校における9教科の「教科に関する科目」を設置しなくてはならない。通常、認定を受ける学科は、それぞれの教科について最低2単位の授業設定をするのが普通であろう。つまり、理科についての「教科に関する科目」も2単位設定ということになる。2単位ということは、半期（前科あるいは後期）の15回（30時間）の授業ということになる。

通常の大学の授業において、自然科学のすべての分野を半期の授業で網羅することなど不可能である。そこで、地球史を取り上げることを検討してみたい。地球の誕生から人類進化までの地球史の基本を学ぶなかで、物理学などの知見も取り入れた授業にできるのではないか。たとえば、2節で取り上げた地球誕生のところでは重力に関することを取り上げられるし、また、3節での恐竜絶滅では隕石衝突のことからエネルギーに関わる内容を取り上げることができる。そして何よりも、学んだ学生が1つのテーマであっても一貫した体系的な理解を得ることができるのが最も重要な点である。

最後に恐竜のことを取り上げて本論の締めくくりとしたい。子どもに恐竜好きは多い。恐竜という現在には生きていない非日常の生き物、いまの生物では考えられない巨大な（小さいものもいるけど）体の生き物というところが、多くの子ども興味を引くのであろう。

いまの学習指導要領には小学校理科で恐竜のことを正面から取り上げた単元はない。しかし、小学校の教師には恐竜についての基本的な知識や理解を求めたい。

以前、筆者がある自然史博物館を訪れたとき、偶然、小学校の遠足の集団も来館していたことがあった。その団体には学芸員が付き添って説明をしていた。そうした状況のなかで、ある小学生が若い教師に恐竜についてのある質問をした。それに対する教師の答えが残念ながら全くの的外れなものであった。もちろん、その若い教師も多忙のなかにおかれているのであろうから、一概に責めることはできないであろう。しかし、そうしたことの積み重ねがいずれは子ども科学への関心をしばせてしまうことも事実である。子どもの科学への関心をより発展させるためにも、小学校の教師には子どもの関心のあるようなことについては基本的な知識と理解を得てほしいものである。そうした希望を述べて本論を終わりにする。

## 注

\* 愛知県立大学教育福祉学部教授

- 1) 「花に追われた恐竜」に非難沸騰！—NHKスペシャル「生命 40億年はるかな旅」、『科学朝日』, 54(11), 1994年, pp.35-39.
- 2) この節については、渡部潤一、井田茂、佐々木昌編『シリーズ現代の天文学9 太陽系と惑星』, 2008年, 日本評論社、日本物理学会編『宇宙の物質はどのようにできたのか 素粒子から生命へ』, 2015年, 日本評論社を参考に執筆した。
- 3) かつては、その大きさから木星、土星、天王星、海王星を「木星型惑星」と読んでいたけど、いまは、組成成分によってこのように分類されるのが主である。
- 4) 厳密には、水H<sub>2</sub>Oの化学分解によって生成された酸素が極僅か存在していた。
- 5) この節については、平野弘道『地球を丸ごと考える7 繰り返す大量絶滅』, 1993年, 岩波書店、丸山茂徳、磯崎行雄『生命と地球の歴史』, 1998年, 岩波書店、金子隆一『哺乳類型爬虫類 ヒトの知られざる祖先』, 1998年, 朝日新聞社を参考に執筆した。
- 6) この節については、河合信和『ヒトの進化 七〇〇万年史』, 2010年, 筑摩書房を参考に執筆した。
- 7) 宝来聡『DNA人類進化学』, 1997年, 岩波書店。
- 8) 例えば、フランク・スペンサー著（山口敏訳）『ピルトダウン 化石人類捏造事件』, 1996年, みすず書房に詳しい。