

15.1 地質学的年代は化石記録に基づいている

地質年代は代、紀、世によって区分される。代（古生代、中生代、新生代）は最も長期の時間を規定し、紀はそれより短い時間を示す。世により区分されるのは新生代のみである。これは、哺乳類と顕花植物の進化がそれ以前の生物進化以上に注目を浴びてきたことの反映である。

15.4 大量絶滅が生命の歴史に影響を与えてきた

Figure 15.4 と Table 15.1 に示すように、生命の歴史の中でオルドビス紀、デボン紀、ペルム紀、三畳紀ならびに白亜紀の少なくとも 5 度の大量絶滅があった。大量絶滅の要因として、以下のような事象を挙げることができる。

隕石

大型の隕石の衝突は、核爆弾の爆発と同様の結果をもたらす。塵の雲が大気を覆い、太陽光を遮断し植物の死滅を招くとともに、動物をも死へ追いやる。1977 年、物理学者ルイス・アルバレス（ノーベル物理学賞受賞者）と地質学者ウォルター・アルバレスの父子は隕石による大量絶滅を初めて提案した。彼らは、地殻には非常に低濃度でしか見出されないが隕石には普遍的に含まれるイリジウムが白亜紀の土壤に含まれることを発見し、中生代終期の大量絶滅を隕石の地球への衝突によるものであるとした。後に、この年代にできたと考えられるクレーターがユカタン半島の先端付近で発見された。同様に、カナダに存在する大型の隕石によるクレーターはデボン紀の大量絶滅と時期を同じくする。

気候変動

大規模な気候変動が生物の絶滅を引き起こすことがある。例えば、南極大陸が難局へ移動した時、寒冷のために大陸上の有袋類が死滅した。ペルム紀の終期の大量絶滅は深刻であり、海洋生物の 90%、陸上生物の 70%が死滅した。地球上の陸塊がパンゲア（超大陸）を形成した時、パンゲアは南北両極にまたがり、両極での氷河形成が著しい気候変動を引き起こし生物の絶滅を招いた可能性がある。ただし、パンゲアが形成されたのはペルム紀の中期であった。ペルム紀の終期には活発な火山の噴火が生じたことが知られている。火山灰による太陽光の遮断が気温低下をもたらし、氷河形成と海面の低下を促進したと考えられる。二酸化炭素やメタンといった温室効果ガスも火山活動により放出されただろう。これらのガスにより地球温暖化などの気候変動が生じ、大量絶滅に至った可能性もある。

人為活動

現在人類は、我々自身の活動によって生物種の大量絶滅に直面していると考えられる科学者も存在する。イアン・ウェストによれば、現代的農法などの環境改変によって絶滅への圧力が強まり、エネルギーを大規模に利用し地球温暖化を促進する工業化によって絶滅が加速化すると考えられる。

15.5 生物は分類可能である

リンネ式分類法では、絶滅種ならびに現生種をドメイン (domain)、界 (kingdom)、門 (phylum)、綱 (class)、目 (order)、科 (family)、属 (genus)、種 (species) のカテゴリーに分類する。分類群とは、ある分類カテゴリーを満たすグループである。属はいくつかの種から構成され、科はいくつかの属から構成されるという具合にして、高次のカテゴリーに向かうほどより多くの低次分類群を含む。ある分類カテゴリーを構成する生物群は、何らかの共有形質により他のカテゴリ

一に属する生物群と区別される。形質とは、形態、分子、繁殖、行動に関する特性である。

分類学は、種の命名に関する学問である。学名は生物を分類する上で有用なので、分類学は生物分類の一部であるといえる。18世紀中頃、分類学の創始者であるカール・リンネにより二名法が考案された。二名法による学名の最初の部分は属名であり、2番目の部分は種小名である。

15.6 リンネの分類は系統発生を反映している

分類は、生物の多様性に関する学問である系統学の一部である。系統学の目的は、系統関係すなわち生物群の間の進化的関係を明らかにすることである。系統関係は、共通祖先とその子孫の関係を示す図である系統樹によって表現される。系統樹の各分岐点は共通祖先からの分岐を示す。例えば、以下の部分系統樹はサルと類人猿が共通祖先を共有することを示す。サルと類人猿はそれぞれ特有の形質（派生形質）を有しているため、互いに分岐しているとみなされる。共通祖先は、サルと類人猿と共に祖先形質を共有している。

15.7 系統発生の再構築に用いられるデータ

系統学者は、生物種間の進化的関係を見出すためにあらゆる種類のデータを利用する。特に、化石記録、相同形質、分子データが重要視される。

15.8 系統分岐学と進化系統学は同一のデータを異なる方法で利用する

分岐学は、共通祖先から派生した共有形質に基づいて進化的関係を決定する方法である。ウィリ・ヘニックの業績に端を発するこの手法は、共有派生形質に基づき分類群間の関係を分岐図として構成する。分岐図を構築するためには、まず分類群の形質をまとめた表を作成する（Fig. 15.8A）。対象とする生物群（内群）から系統的に遠い分類群を外群として少なくとも1種、可能であれば複数含める。この例ではナメクジウオ（lancelet）が外群である。外群と内群により共有される形質（この例では脊索）は共有原始形質である。単一の分類群のみに見られる形質は固有形質と呼ばれ、系統推定には寄与しない。また、他の形質が支持する系統仮説と合致しない形質は、採択された系統関係上で分断された系統上で独立に生じることになる（long cylindrical body と four bony limbs）。このような形質もまた結果として系統推定に寄与しない。系統関係の構築に有効である形質は、共有派生形質である。分岐図では、祖先を共有する生物群をクレードとよぶ。

分岐学では、ここでの例よりもずっと多くの形質を用いる。分岐図は仮説であり、データを追加することによって検証され、その結果より強く支持されたり反駁されたりする。このような論理的枠組みによって、分岐学は進化の歴史を解明する手法として今日受け入れられている。

進化系統学

進化系統学の起こりは、ダーウィンによる「種の起源」が出版されてすぐのことである。進化系統学は、形質を利用して生物を分類し進化史を決定する古典的な手法である。進化系統学者は、生体構造のデータを主に用いてリンネ式の分類を行い、系統樹を構築する。進化系統学においては、祖先の共通性と形態学的差異の双方を強調する。そのため、新たな環境に適応し、大幅な進化を遂げたグループは必ずしもその祖先と同一のグループに分類されない。すなわち進化系統学

では、共通祖先を共有する種が必ずしも単一の分類群に含まれない。

15.9 本書は生物分類の3ドメイン体系を採用する

1970年代の終わり頃、微生物学者のカール・ウーズは原核生物の中に2つの異なるグループがあると主張した。さらに、細菌および古細菌とよばれるこれらのグループのリボゾーマル RNA の配列が互いに大きく異なっており、これらを界より高次の分類カテゴリーであるドメインで区別するべきであると唱えた。

細菌ドメイン

細菌は高度に多様化した原核生物のグループであり、地球上のいたる領域において多数観察される。藍色植物は光合成能力があるが、ほとんどの細菌は従属栄養性である。従属栄養細菌は、有機物を分解し植物による無機養分の利用を可能とすることによって、生態系における物質循環を促す。

古細菌ドメイン

細菌と同様、古細菌も無性生殖を行う単細胞原核生物である。古細菌は顕微鏡下では細菌と見分けがつかず、その多くの種は極限環境に生息するため培養が困難である。例えば、メタン生成古細菌 (metanogen) は湿地や動物の胃などの無酸素環境に生息する。好塩古細菌は、ユタ州のグレートソルトレイクのような高塩濃度の水域に生育する。好熱好酸古細菌は、温泉や間欠泉などの極度に高温で酸性度の高い環境に見られる。

真核生物ドメイン

真核生物は、膜に覆われた核を有する細胞から成る単細胞ないし多細胞生物である。有性生殖が普遍的であり様々なタイプの生活環が見られる。本書の後章で、真核生物ドメインに属する4つの門すなわち原核生物、菌類、植物、動物について学ぶ。ここでは、原核生物はきわめて多様な生物を含むグループであり分類が困難であるということを描きおきたい。原核生物はおおむね単細胞製であるが、糸状体、コロニーないし多細胞性の薄膜構造を形成するものもある。栄養条件は多様であり、従属栄養性のものと光合成を行うものがある。藻類、ゾウリムシ、細胞性粘菌は代表的な原生生物である。

菌類は孢子を形成し、繊毛を持たず、キチンを含む細胞壁を有する真核生物である。ほとんどの菌類は多細胞性である。菌類は従属栄養性であり、消化酵素を分泌して有機物を分解し、養分を吸収する。外見とは異なり、菌類と動物がそれらと植物よりも互いに近縁であることが分子データから示唆される。

植物は、運動能力を持たない多細胞真核生物である。植物は独立栄養性であり光合成を行う。動物は運動性の多細胞真核生物である。動物は従属栄養性である。