

遺伝子進化系統から微生物の生態進化を読む

やまもと ひろゆき

山本 啓之

聖マリアンナ医科大学微生物学教室

微生物は太古から現在に至るまで地球生態系の見えない主役として存在し続けてきた。生物進化の歴史において微生物が地球上に残した痕跡は少なく、進化系統が不明確な生物群とされてきた。現在、原核生物では 16S rRNA が、真核生物では 18S rRNA が分子進化系統の基準として広く使われている。ひとつの遺伝子の塩基配列から決定された系統が生物進化の序列を反映しているか、化石証拠に乏しい微生物の進化と地球史の関係はどこまで明確にできるのかを考えてみたい。

およそ 46 億年前に地球は誕生した、38-40 億年前ごろには今と同じような海が広がり、最初の生物が海底で繁栄を始めたと考えられる。最古の生命活動は 38 億年前の堆積岩のなかに残された炭素の同位体比率から、また 35 億年から 32 億年前の堆積岩からは微化石が発見されている。この微化石は、水素や硫黄などをエネルギー源とする好熱性の化学合成無機栄養細菌と考えられている。有機物分解、光合成のグループが好熱性細菌において出現し、太陽光を安定して獲得できる環境が出現すると、光合成細菌が繁栄を始め、生み出された高分子有機物を消費する分解者が登場して、生態系の中に物質循環が生まれたと考えられる。

光合成細菌シアノバクテリア cyanobacteria が酸素発生型光合成を獲得して増殖した結果、27 億年前頃の堆積層にはストロマライト化石と酸化鉄が残された。酸素を放出するシアノバクテリアが進めた惑星改造は、生物進化と生態系の基本構造に大きな転換をもたらしたはずである。これにより、地球生態系の生物量は飛躍的に増大したと考えられる。巨大なストロマライト化石の存在は、光合成による一次生産の高さを示唆している。また、オゾン層形成により地球表面にまで拡大した生息環境を活動の場所として占有したであろう。

分子化石の分析から、現在の真核生物と類似のステロイド骨格を含有する祖先型真核細胞がすでに 27 億年前後に出現したと推定されている。ミトコンドリアは、好気性細菌が嫌気性の真核生物の細胞内に共生し、進化の歴史の中で小器官へと姿を変えたものである。やがて真核生物は多細胞生物という複雑な体節構造を持つことに成功する。次いで多細胞生物の体表面や消化管を生息場所として利用する共生あるいは寄生性の微生物が出現した。

生物の進化と生態を考えるうえで遺伝子による系統樹は優れた指標であるが、これは現生の生物種から推定された進化系統樹である。進化の道筋と生態系の変遷を正しく理解するためには、地球史に残された出来事を知る必要がある。また、微生物生態系を理解するためには、地表から水圏さらに地下圏へと広がる微生物圏の現状を把握して、その成立過程を明らかにすることが必要である。