

原生代後期の地球環境変動と多細胞動物の出現

Environmental changes during Neoproterozoic and the emergence of metazoa

川上 紳一 [1], 大野 照文 [2]

Shin-ichi Kawakami [1], Terufumi Ohno [2]

[1] 岐阜大・教育, [2] 京大総博

[1] Fac. Educ. Gifu Univ., [2] The Kyoto Univ. Museum

原生代後期は、地球史の中でも最も激しい環境変動のあった時代である。この時代

には、超大陸ロディニアの形成・分裂があり、地球表層環境も大きく変化した。生物圏でもこの時期になって多様なbody planをもつ多細胞動物が一斉に出現している。ここでは、多細胞動物の発生遺伝学、body planの形成をつかさどるHOX遺伝子の系統進化、化石の記録を総合して、多細胞動物の出現と多様化とその時期に関するシナリオを示す。これらの地球表層環境の復元や超大陸の形成・分裂史の復元を照らし合わせ、生物進化と地球環境との関連性を考察する。

原生代後期は、地球史の中でも最も激しい環境変動のあった時代である。この時代には、超大陸ロディニアの形成・分裂があり、地球表層環境も大きく変化した。生物圏でもこの時期になって多様なbody planをもつ多細胞動物が一斉に出現している。

1. 大陸の水面上への露出が多細胞動物の出現を招いたか？

単細胞生物が多細胞生物に進化するには、細胞間の接着をつかさどる分子の形成、細胞間の情報伝達、細胞分化のための遺伝子発現の調節の仕組みの獲得などが必要である。コラーゲンは、多細胞動物に固有でかつ普遍的にみられる分子であり、その構築には高い酸素分圧が要求される。このことから、大気・海洋中の酸素分圧の増加が多細胞動物の出現のトリガーになったとする考えがある。原生代後期の炭酸塩岩の炭素同位体比は、大きく正にシフトしており、単位時間当たりの堆積物の堆積量が増加した結果、有機物の埋没率が増加し、酸素分圧が増加したことが示唆されている。有機物の埋没率が増加した原因としては、超大陸ロディニアの形成とその水面上への露出が考えられている。しかし、大気・海洋中の酸素分圧は、光合成によって生成された分子状酸素が固体地球から供給される還元的な物質の酸化によって消費された場合には、低いレベルに保たれるので、この時代に酸素分圧が増加したかは、いまだ推論の域を出ない。

2. 氷河期の到来と多細胞動物の出現

多細胞動物化石とされるエディアカラ化石は、約6億年前のバランガー氷河期の終焉とともに多産するようになる。これらの化石には左右相称に近い体制をもっているものがある。また、随伴する生痕化石は、堆積物中に孔を掘って食物を確保するような体制を獲得していたと考えられており、環形動物あるいは節足動物レベルの体制を持っていたと考えられている。左右相称の体制をもつ動物は、放射相称の体制をもつ海綿動物や刺胞動物と異なり、移動して食物を確保するような動物であり、氷河期の終焉とエディアカラ化石の出現に時間的対応関係があるとすると、氷河期になって海洋生物の一次生産が低下したことが原因となって、堆積物中あるいは堆積物表面の有機物を確保する必要性が左右相称の体制をもつ動物の出現を招いたことが考えられるのではなかろうか。原生代後期の氷河期は超大陸にリフトが形成された時期に対応しているという指摘があるが、関連性は今後の課題である。

3. 大陸からの栄養塩類の供給が食物連鎖を複雑化したか

カンブリア紀にはいと様々な体制の多細胞動物が一斉に出現しており、カンブリア大爆発と呼ばれている。このイベントに対応する地球表層環境の変化を示唆する堆積物に大規模なリン鉱床がある。この時期には、炭酸塩岩のSr同位体比の急激な増加からも示唆されるように、ゴンドワナ大陸の形成に関連した造山運動があり、大陸地殻の侵食が進行したらしい。それに伴い栄養塩類が海洋に供給された結果、海洋生物の一次生産が活発化し、生態系が複雑化して多様な体制をもつ動物が出現したことが考えられる。

4. 原生代後期の地球表層環境の変化に関する仮説の検証へ向けて

多細胞動物の出現については、原生代後期の激しい環境変動と関連づける様々な作業仮説が提示されている。中でも原生代後期の氷河期は、低緯度地域にまで氷床が拡大したとされ、全球凍結仮説や海洋安定成層崩壊仮説が提示されている。固体地球の変動と地球環境の変化、および生物圏の変動の関連性を研究するには、検証可能な作業仮説を提示して、物証に基づいて仮説の検証を行う必要がある。我々は、これらの仮説の検証の材料として当時世界各地で堆積した縞状炭酸塩岩に注目している。海洋安定成層崩壊仮説によると、縞状炭酸塩岩はanoxicな深層海水の沸きだした時期に短期間に堆積したはずである。これは、縞状炭酸塩岩の縞の計測とその周期性の解析によって、検証できる可能性がある。一方、全球凍結仮説では、縞状炭酸塩岩は氷床の融解直後の一時的な高温期に堆積したとされる。原生代後期の氷河堆積物を覆う縞状炭酸塩岩は、この時代の氷河期の到来に象徴され

る環境変動を解読する重要な手がかりであり、筆者らは、ナミビアに分布する原生代後期の氷河堆積物を覆う縞状炭

酸塩岩の連続サンプルの確保を行っている。