

カナダ・ガンフリント層にみられる19億年前の海洋環境と特異的な微生物活動

Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks of the Gunflint Formation, Canada: Oceanic environments and unique biological activities

石田 章純 [1]; 大庭 雅寛 [2]; 掛川 武 [3]

Akizumi Ishida[1]; Masahiro Oba[2]; Takeshi Kakegawa[3]

[1] 東北大・理・地学専攻; [2] 東北大院; [3] 東北大・理・地球物質

[1] Inst. Min. Pet. Econ. Geol. Tohoku Univ.; [2] Tohoku University; [3] IMPE., Tohoku Univ.

地球表層部の酸化は太古代後期から急激に起こったと一般的に考えられている。海洋中溶存酸素の増加によって、初期原生代に海洋環境が、特に海洋深部の酸化還元状態が著しく変化したことが言われている。そして海洋の酸化還元状態の変化は微生物活動にも影響を及ぼしたことが予想される。しかしながら、初期原生代の微生物活動やそれに関連した元素の循環についての議論は意外にも極めて少ないのが現状である。本研究では初期原生代海洋における微生物生態系を復元するため19億年前の海洋堆積層であるカナダ・ガンフリント層を研究対象とし、地質調査を行った。

採取した試料は地質調査や岩相に応じて“浅海部”、“深海部”堆積物に分類した。浅海部堆積物に特徴的な堆積物として赤鉄鉱を含むウーライトが観察され、深海部堆積物としては菱鉄鉱を含む縞状鉄鉱層や黄鉄鉱を含む黒色頁岩が観察された。このような鉄鉱物の産状の違いはガンフリント層堆積時に海洋の浅海部、深海部によって酸化還元状態のコントラストがあった可能性を示唆している。炭酸塩岩の連続的な露頭の中に局所的なリン酸塩鉄物の濃集帯があり、当時の生物生産性の高さがうかがわれた。このリン酸塩鉄物の周辺では、ヒ素を微量元素として含むフランボイダル黄鉄鉱が観察された。このような特徴的な鉄物の局所的な産状は、湧昇流によるリン酸塩やヒ素の一時的な供給によって形成されたと考えられる。ケイ酸塩鉄物に富む炭酸塩岩の産状も同様にシリカ成分に富む湧昇流によってもたらされたものと考えられる。

本研究における岩石のS(pyr)/C(org)の値は、過去の研究で報告されているよりも大きな値をとることがわかった。また黄鉄鉱の硫黄安定同位体比($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$)は-1.1から+26.9パーミルの値をとることがわかった。これらの結果は19億年前の海洋が過去の研究で示唆されているのとは対照的に、硫酸イオンに富んだ海洋であったことを示している。

ガンフリント層の浅海部から深海部を示す代表的な試料、および比較のためにガンフリント層の直後の時代の深海性堆積物であるローブ層の試料から、ケロジェンを抽出した。それらの炭素安定同位体比を測定したところ-33.6から-25.1パーミルの値をとり、ほとんどが-33パーミル前後の値をとることがわかった。炭酸塩岩の、浅海部から深海部までの連続した堆積物のうち代表的な試料から抽出した脂質バイオマーカーの分析の結果、2-メチルホパンを検出することができた。これらの結果は19億年前の海洋ではシアノバクテリアが海洋全体の生態系の基礎となる主要な第一次生産者であったことを示している。シアノバクテリアの炭素固定量は現在よりも多く、特異的な微生物マットを形成し、その中で独自の炭素循環も行われていたと考えられる。

抽出したケロジェンの水素、炭素、窒素の含有量を測定し、それらをもとにH/C、N/Cの原子比を比較した。その結果浅海部堆積物主体のケロジェンは深海部堆積物主体のケロジェンより窒素の固定量が高くなることがわかった。このことは当時の海洋で、海洋の浅部・深部による酸化還元環境の違いによって微生物の窒素固定量が異なっていたことを意味している。

以上、本研究で得られた結果は、19億年前の生態系が、(1)ローカルなテクトニック環境(リフト帯)、(2)大気化学(二酸化炭素濃度)、(3)利用可能な元素の種類(鉄やリン酸の供給)、(4)海洋の酸化還元状態に強く影響されていることを示唆している。