

カナダ・ガンフリント層に記録された19億年前の層状海洋の中での極端な窒素と硫黄循環

Enhanced nitrogen and sulfur cycles in the stratified 1.9 Ga Gunflint oceans

石田 章純^{1*}, 橋爪光², 大庭雅寛¹, 掛川 武¹

Akizumi Ishida^{1*}, Ko Hashizume², Masahiro Oba¹, Takeshi Kakegawa¹

¹東北大学大学院理学研究科地学専攻, ²大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

¹Graduate School of Science, Tohoku Univ., ²Graduate School of Science, Osaka Univ.

初期原生代における海洋環境と微生物生態系を復元するために地質調査ならびに岩石試料の地球化学的分析を、カナダ・ガンフリント層を対象に行った。ガンフリント層は約19億年前の海洋堆積層である。本研究では層中の堆積物を岩相に応じて浅海性堆積物(ウーライトやストロマトライト、砂岩など)と深海性堆積物(縞状鉄鉱層や黒色頁岩など)にわけた。その結果、特に鉄鉱物の産状に注目すると、浅海部では酸化鉄、深海部では菱鉄鉱や黄鉄鉱として存在しており、堆積時の海洋が深度に応じて酸化還元環境が異なっていたことがわかった。

岩石中の残留有機物(=ケロジェン)の炭素安定同位体比値は-33.6 - -25.1‰であった。また、浅海性から深海性を示す堆積物から抽出した可溶性有機物のGC-MSによる分析の結果、シアノバクテリアの膜脂質に由来する2アルファメチルホパンが残されていることがわかった。これらの結果は当時の海洋の第一次生産者がシアノバクテリアであり、それらが生態系の根幹をなしていたことを示している。

岩石中の有機炭素含有量と黄鉄鉱としての硫黄の含有量を測定しその相関を調べた(S/Cプロット)ところ、その傾きは過去の研究で提唱されているものより大きくなることがわかった。また、黄鉄鉱の硫黄安定同位体比値は-1.1 - +26.9‰と幅を持った値となった。これらの結果は、当時の海洋が過去の研究で言われているより硫酸塩に富んだ海洋であった可能性を示している。ケロジェンの軽元素含有量のうち、窒素と水素の含有量を炭素の含有量で規格化したN/C-H/Cの相関を調べた。その結果、窒素の含有量に差異のある2つのグループが存在し、それらは堆積環境の酸化還元状態の違いを反映していることがわかった。

ケロジェンの窒素安定同位体比を測定した結果、その値は+1.4 - +8.1‰になることがわかった。このような重い窒素の同位体比は、当時の海洋の微生物マット内で硝化・脱窒のプロセスを含む窒素循環が存在していたことを示している。さらに、連続した炭酸塩岩の露頭から採取した試料から抽出したケロジェンにおける、窒素安定同位体比、硫黄安定同位体比、有機炭素含有量の値がそれぞれ同様に増減することがわかった。その一方で炭素安定同位体比値は-33‰前後で一定であった。このことは、ある特定の微生物生態系の繁茂/衰退が生態系内での窒素循環や硫酸イオンの消費を支配し、その結果として有機炭素含有量、窒素、硫黄の同位体比値の増減傾向が同様になったことを示している。

本研究の成果は、19億年前のガンフリント層堆積時の海洋では浅海部の微生物生態系(=シアノバクテリア)が海洋の化学組成や元素の循環と密接に関係しており、ガンフリント層に見られる特異な鉄物の産状や炭素・硫黄・窒素の同位体比を生み出していた可能性があることを示している。

キーワード:ガンフリント,初期原生代,微生物活動,窒素安定同位体比

Keywords: Gunflint Formation, Paleoproterozoic, microbial activity, nitroge isotope ratio