

32-31 億年前の海底環境復元: DXCL 掘削コアに含まれる微小球殻状黄鉄鉱の硫黄同位体局所分析

Restoration of the 3.2-3.1 Ga sea floor: Local analysis of S isotope of micro-scale spherical shell pyrite in DXCL core.

三木 翼^{1*}, 清川 昌一¹, 高畑 直人², 伊藤 孝³, 池原 実⁴, 山口 耕生⁵, 坂本 亮⁶, 佐野 有司²

Tsubasa Miki^{1*}, Shoichi Kiyokawa¹, Naoto Takahata², Takashi Ito³, Minoru Ikehara⁴, Kosei E. Yamaguchi⁵, Ryo Sakamoto⁶, Yuji Sano²

¹九州大学, ²東京大学, ³茨城大学, ⁴高知大学, ⁵東邦大学, ⁶三井石油開発株式会社

¹Kyushu University, ²Tokyo University, ³Ibaraki University, ⁴Kochi University, ⁵Toho University, ⁶Mitsui Oil Exploration Co.,Ltd.

西オーストラリア・ピルバラ海岸グリーンストーン帯には 32~30 億年前の低変成度のデキソンアイランド層及びクリバービル層が露出している。この堆積岩中には初期地球の地質・生物学的進化を読み解く上で非常に重要な太古代の地球表層環境の情報と初期生命の痕跡が残されている。

デキソンアイランド層はクリバービル海岸とデキソンアイランドの北西に位置する。下位からコマチアイト・流紋岩質凝灰岩部層(約 250m), 黒色チャート部層(7~20m), 多色チャート部層(約 150m) からなり, 約 400m の層厚を持つ。多色チャート部層上部には黒色頁岩の層があり, 非常に細かなラミネーションを持つ黄鉄鉱を含む。デキソンアイランド層の南側には層序的上位のデキソン枕状溶岩が整合的に接し, さらにその南側にはクリバービル層が整合している。クリバービル層は下部の黒色頁岩部層(約 130m) 及び上部の BIF(約 300m) からなり, 約 430m の層厚を持つ。

本地域において過去の堆積環境の変化の高解像度復元を目的として 2007 年と 2011 年に DXCL 陸上掘削 (Kiyokawa et al., 2012) が行われ, 岩石コア試料 DX, CL1, CL2, CL3 の 4 本が取得された。

DX, CL1, CL2 については岩相の分類分けや生物源の痕跡を解読するための炭素, 硫黄の同位体測定がなされているが, ^{34}S は非常に重い値 ($-1.9\sim+26.8\%$; 坂本, MS2010) が出ており, 通常見られるような生物源の負の方向の同位体分別の様子とは異なる。特に DX コアでは値の変動が大きかった。DX の鏡下観察の結果, 数十~数百 μm の黄鉄鉱の自形結晶の層や直径約 10 μm で中がシリカなどで充填されている微小球殻状黄鉄鉱の層があることが分かった。自形のもは他の層を切った産状が見られることから, 微小球殻状黄鉄鉱が最も初期に形成したことが明らかになっている。

本研究ではこの微小球殻状黄鉄鉱を対象に, 空間的にどの程度細かく分別が起きているのか, またその成長のし方を類推することを目的として面的に硫黄同位体測定を行い, その局所変動の観察を行なった。

(微小球殻状黄鉄鉱の分類) 測定した黄鉄鉱はその形態により, A タイプ(1 サンプル): 球殻の中にシリカのみが充填しているもの, B タイプ(7 サンプル): 球殻の中にシリカが充填し, 中心部に黄鉄鉱球を含むもの, C タイプ(3 サンプル): 中が黄鉄鉱で充填しているもの, の 3 つに分類した。A, B タイプの球殻の厚さはいずれも 1~3 μm ほどであった。この形態分けから, A B C と球殻が成長していったことを推測している。

(方法) 球殻状黄鉄鉱を含む DX124.34 の薄片とスタンダードを共に包埋した樹脂を用意し, 東京大学大気海洋研究所所有の NanoSIMS を用いてイメージング分析を行なった。A タイプは内部が全てシリカなので, 測定時間の無駄を省くために球殻の一部を拡大して約 3x3 μm の範囲を測定した。B, C タイプは粒子全体が収まるように約 10x10 μm の範囲を測定した。領域によって測定時間が異なるが, 表示 pixel 数を 4x4, 8x8, 16x16 のいずれかに調整してどれも同じ精度で比べられるようにした。

(測定結果) スタンダード: 均質な組成を持つスタンダードの測定で同位体比の絶対値は安定しなかったが, 一度の分析領域内での値のばらつきは小さく, 均質性は十分に見ることができた。そのため今回のマッピングでは, 同位体比の絶対値がどうであるかというのに特別な意味はなく, かわりに分析領域内での同位体比の差を見るのが非常に重要になる。

微小球殻状黄鉄鉱: 一つの領域内で 20~50% ほどの大きな同位体比の差が見られた。A タイプは球殻の内部で斑のような分布を示し, 数 μm の差で 10% もの値の差が見られた。B タイプでは全体的に外殻の内縁部の方が外縁部よりも 10~20% ほど高く, 同心円のような構造が見られた。しかし一部 A タイプのような斑も見られた。また中心部が外殻よりも 4~12% ほど重いことが分かった。C タイプでは, リング状に周りより 10% ほど重い領域が見られた。

(まとめ) A タイプでは 1 つの球殻の中で同位体比は斑な分布をしていた。

B タイプでは大部分で外殻の内縁部が外縁部より重くなっていた。これは球殻が形成して閉じられた空間の中でさらに重い方向に同位体分別が進み, 球殻が内側に成長したためと考えられる。また中心部に重い黄鉄鉱が存在するのも同様の理由によると考えられる。外殻に A タイプのような斑部分も見られたことは, A B と成長した可能性を示唆している。

C タイプでは中心部と外縁部が軽く, その間を埋めるリング状に重い値を示す部分が見られた。これは外殻の内縁部と中心部の双方から重い値の黄鉄鉱が成長し, ついには最も重い黄鉄鉱が球殻の内部の空間を充填してしまうためと考えられる。このことから B C と成長した可能性が示唆される。

以上 ~ をまとめた結果, 微小球殻状黄鉄鉱はその形成の後, A B C と成長していったことが推測される。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SGL40-09

会場:201A

時間:5月19日 16:30-16:45

キーワード: 微小球殻状黄鉄鉱, 硫黄同位体, 局所分析, 硫酸還元菌, 太古代, ピルバラ

Keywords: micro-scale spherical shell pyrite(=MSSP), sulfur isotope, local analysis, sulfate reduction bacteria, Archean, Pilbara