

西オーストラリア・ピルバラでのDXCL掘削計画における黒色頁岩層からみた32億年前の嫌氣的堆積環境 Euxinic environment inferred from 3.2Ga black shale sequence in DXCL, Pilbara, Western Australia.

坂本 亮^{1*}, 清川 昌一¹, 奈良岡 浩¹, 池原 実², 佐野 有司³, 高畑 直人³, 伊藤 孝⁴, 山口 耕生⁵
SAKAMOTO, Ryo^{1*}, KIYOKAWA, Shoichi¹, NARAOKA, Hiroshi¹, IKEHARA, Minoru², SANNO, Yuji³, TAKAHATA, Naoto³, ITO, Takashi⁴, YAMAGUCHI, Kosei E.⁵

¹九州大学, ²高知大学, ³東京大学, ⁴茨城大学, ⁵東邦大学・NASA

¹Kyushu University, ²Kochi University, ³The University of Tokyo, ⁴Ibaraki University, ⁵Toho University and NASA

西オーストラリアのピルバラ緑色岩帯沿岸部には、約32億年前に形成された低変成度のDixon Island層及びCleaverville層が分布している。本地域において、太古代中期の深海底堆積環境を高精度・高分解能で復元する事を目的として、DXCL掘削(Dixon Island-Cleaverville Drilling Project)が行われ、層序的下部より上部にかけて、DX, CL2, CL1の計3本の未風化石試料を取得した。本研究では、これらの掘削試料について詳細な岩相・層序の記載と硫黄の地球化学的特徴から当時の地球表層環境を推察する。

これらの掘削試料は主に有機炭素に富む堆積岩で構成される。Dixon Island層上部に該当するDXコアには、粘土サイズの非常に細粒な黒色頁岩と灰色チャート及び薄層状の黄鉄鉱からなる葉理構造が見られる。一方、Cleaverville層の下部に該当するCL1及びCL2コアはDXコアとは対照的にシルト粒子からなる比較的粗粒で塊状の黒色頁岩からなり、部分的に黄鉄鉱の薄層が認められる。またCL1・2コアには斜交葉理構造を示す火山性砕屑物からなる厚さ数cm程の薄い砂岩層がしばしば見られる。層序的下部のDXコアから上部のCL1コアにかけて、全体的に黒色頁岩の上方厚層化及び上方粗粒化の傾向が見られる。また火山砕屑性の砂岩層もCL2コアからCL1コアにかけて厚層化し頻度も増している。

元素分析による黒色頁岩中の全硫黄量は、下部(DX)から上部(CL1)にかけて平均0.9 wt.%~1.8 wt.%と増加している。一方、有機炭素量は平均1.21 wt.%~0.6 wt.%と減少していた。これらの値から得られたC/S比は各コア平均0.5~1.7の範囲をとり、幾つかの層準で2.0を超えるものが見られるものの、分析を行った殆どの層準にて1.0以下の値を示した。

EA-IRMSによる薄層状黄鉄鉱及び黒色頁岩中の細粒黄鉄鉱の硫黄同位体組成(^{34}S)は、DXコア中で $+10.1$ から $+23.5$ ‰、CL2コア中で $+4.4$ から $+26.8$ ‰、CL1コア中で $+1.7$ から $+24.9$ ‰と、層準に依存せず全てのセクションで広い分別幅を示す。全体的に ^{34}S に富む値をとるものが多く、幾つかの層準においては $+20$ ‰を超える値が確認された。

細粒黄鉄鉱結晶に対して予察的な局所同位体分析を行った。測定は東京大学大気海洋研究所設置のCAMECA社製NanoSIMSを用い、全11結晶中の33測線において、直径 $1\ \mu\text{m}$ のスポット分析を $1\sim 2\ \mu\text{m}$ 間隔で行った。この結果、それぞれの結晶における同一測線中の数 μm 間で最大45‰に及び顕著な同位体分別幅と不均一性を確認した。

岩相の層序変化より、Dixon Island層及びCleaverville層の堆積場が深海性の静穏な堆積場から火山活動の影響を受ける比較的浅い堆積場へ移り変わった事が考えられる。また全硫黄量及び有機炭素量の関係より、堆積場は現在の黒海に見られる様な嫌氣的な滞留環境だった事が示唆される。 ^{34}S に富む黄鉄鉱は、このような嫌氣的環境において、硫酸還元細菌がレイリー分別を伴う非常に活発かつ高速の硫酸還元を行っていたことを示すと考えられる。更に、数 μm の微小領域内における同位体組成の不均一性は、黄鉄鉱晶出時にその周囲に生息していた微生物群集の高い活動度に起因する還元速度の差を反映している可能性がある。

キーワード: 太古代, 堆積環境, 黄鉄鉱, 硫黄同位体, NanoSIMSを用いた局所分析, 硫酸還元菌

Keywords: Archean, sedimentary environment, pyrite, sulfur isotope, in situ analysis by NanoSIMS, sulfate reducing bacteria