

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、硫酸還元バクテリア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

西オーストラリア・クリーバービル層のジルコンを用いた U-Pb 年代測定 U-Pb zircon dating of Creaverville Formation, Pilbara, Australia

相原 悠平^{1*}, 清川 昌一¹, 堀江 憲路², 竹原 真美¹

AIHARA, Yuhei^{1*}, KIYOKAWA, Shoichi¹, HORIE, Kenji², TAKEHARA, Mami¹

¹九州大学大学院理学研究院地球惑星科学 専攻, ²国立極地研究所

¹Earth and Planetary Science, Kyushu University, ²The National Institute of Polar Research

西オーストラリア・ピルバラ海岸グリーンストーン帯に見られるクリーバービル層群は、厚い枕状溶岩、酸性凝灰岩、層状チャート、縞状鉄鉱層からなる一連のシークエンスが3回繰り返す層序を持つ。またクリーバービル層群は下位からラグーン層、ラグーン枕状玄武岩、デキソンアイランド層、デキソン枕状玄武岩、スナッパービーチ(クリーバービル)層と呼び、層序の繰り返し、パイモダルな火山活動、陸源堆積物の欠如などの特徴から海洋性島弧の海洋底表層部で形成した地質体である(Kiyokawa and Taira, 1998; Kiyokawa et al., 2002)。

クリーバービル層群には、黒色頁岩から縞状鉄鉱層への遷移や活発な熱水活動の痕跡などが見られ、当時の海洋底環境を復元する上で重要な情報を数多く持つ。ここに年代の情報を加えることで、当時の海洋底における堆積作用やその形成過程に制約を与えることが可能である。しかしながら、先行研究において報告されているのは、デキソンアイランド層中の珪長質凝灰岩に存在するジルコンの U-Pb 年代による $3195 \pm 14\text{Ma}$ (Kiyokawa et al., 2002) のみであり、形成過程の復元を行うにはより多くの層準の年代を決定する必要がある。そこで本発表では、将来的なクリーバービル層群の形成過程復元に必要となるスナッパービーチ層の年代測定を行った結果を報告する。

試料はスナッパービーチ層に挟在する凝灰岩である。今回の測定のため約 80kg の試料を、大きさ約 $100\text{?}150 \mu\text{m}$ の粉末状にした。粉末試料は水ひ、鉱物分離を経て重鉱物を集め、顕微鏡下でジルコンをピックアップした。

得られた 46 粒のジルコンについて U-Pb 同位体測定を行った。測定には、国立極地研究所 SHRIMP を用いた。ジルコンの大きさは約 $70\text{-}100 \mu\text{m}$ であり、形状は自形の結晶が残っているもの、円磨されているもの、一部が裂開しているものなどがあつた。また BSE 像による内部構造はメタミクトによって累帯構造が見られるものがあつた。そのため測定する際は、BSE 像によってメタミクトの影響が少ないと考えられるポイントについて測定した。

測定したジルコンのうちコンコダントな値は 19 粒あり、そのうち最も若い年代を示す 9 粒に年代の集中が見られおおよそ 3100Ma であつた。その他の 10 粒のジルコンは、3200-3700Ma という古い年代値を持ち、それらのジルコンの BSE 像では多くが円磨されているという特徴を持っていた。

スナッパービーチ層中の凝灰岩層はすべて火山性堆積物からなっており、その堆積物中のジルコンのうち最も若い年代を持つものが堆積年代に近いと考えられる。これらの若い年代値をもつ 9 粒のジルコンからこの凝灰岩層の年代は $3108(+13/-7)\text{Ma}$ とした。また 3200-3700Ma という古い値を持つジルコンはその形状からしても再堆積の可能性があつた。

今回の成果により、将来的に本地域に存在する堆積岩層の堆積速度を、従来よりも高い精度で見積もる事が出来る可能性があつた。また、凝灰岩のみならず、他の堆積岩中に含まれる碎屑性ジルコン粒子の年代も考慮することで、堆積過程だけでなく本地域の変動史を統合的に解釈することが可能になると思われる。

キーワード: 太古代, ウラン-鉛年代測定

Keywords: U-Pb dating, Archean

南アフリカ・バーバートン帯の縞状鉄鉱層の地球化学：希土類元素組成から復元する約32億年前の海洋環境 REE in 3.2 Ga BIF from Barberton, South Africa : An interplay of Fe oxidation and hydrothermal activity

矢作 智隆^{1*}, 山口 耕生², 原口 悟³, 佐野 良太⁴, 寺司 周平⁵, 清川 昌一⁵, 池原 実⁶, 伊藤 孝⁷

YAHAGI, Tomotaka^{1*}, YAMAGUCHI, Kosei E.², HARAGUCHI, Satoru³, Ryota Sano⁴, TERAJI, Shuhei⁵, KIYOKAWA, Shoichi⁵, IKEHARA, Minoru⁶, ITO, Takashi⁷

¹ 東邦大学大学院理学研究科, ² 東邦大学大学院理学研究科, NASA Astrobiology Institute, ³ 東京大学大気海洋研究所, ⁴ 財団法人日本分析センター, ⁵ 九州大学大学院理学研究院, ⁶ 九州大学大学院理学研究院, ⁷ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁸ 茨城大学教育学部理科教育教室

¹Toho University, ²Toho University, NASA Astrobiology Institute, ³AORI, University of Tokyo, ⁴Japan Chemical Analysis Center, ⁵Kyushu University, ⁶Kyushu University, ⁷CMCR, Kochi University, ⁸Ibaraki University

縞状鉄鉱層 (BIF : Banded Iron Formation) は鉄とシリカが互層する化学堆積物であり、地球史の初期に特徴的に存在する。BIFの形成メカニズムとして、シアノバクテリアの光合成により作られた酸素が当時の海底熱水由来の溶存Fe²⁺を酸化して沈殿した、というものがある。鉄酸化物が沈殿する際、その表面にリンや希土類元素 (REE) が吸着する。REE組成は、海底の熱水活動の寄与の程度や海水の酸化還元状態等の、堆積当時の海洋環境の情報を持つ。本研究では、南アフリカ共和国北東部のバーバートン緑色岩帯で約32億年前に堆積したBIFのREE組成から、堆積当時の海洋環境を推定することを目的とした。

試料は、Swaziland超層群のFig Tree層群最下部・Mapepe層の露頭から採取されたものを用いた。37個の岩石試料を粉末化した後、東京大学の蛍光X線分析装置 (XRF) を用いて主要元素 (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ など10種類) 組成を測定した後、(財)日本分析センターの誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS) を使用してREE組成を測定した。

SiO₂量と全Fe₂O₃量が高い負の相関 (R² = 0.99) を示し、かつSiO₂量 + 全Fe₂O₃量が約100%なので、試料はシリカと鉄酸化物の2成分系からなる化学堆積物である。大陸起源物質であるAl₂O₃量が1.0 wt.%未満である試料は、海洋の溶存成分の沈殿物であると見なし、以下にREEに関する議論を行う。

REEのC1コンドライト規格化プロットにおいて、軽希土類の左上がりの傾きとEuの正異常は海底熱水の特徴なので、BIF試料には海底熱水の影響があると考えられる。地球化学的な挙動が酷似したY-Hoのディカップリングは、鉄酸化物への吸着能の差異に起因すると考えられるので、鉄酸化物の沈殿を示唆する。Y/Ho比はEu異常と全Fe₂O₃量とそれぞれで正の相関を示すことから、海底熱水起源のFe²⁺が何らかのメカニズムにより酸化されて鉄酸化物として沈降し、その際にYとHoを吸着していったと考えられる。一方で、現在の酸化的な海洋で見られる顕著な負のCe異常は見られなかった。この解釈として、BIF形成時の熱水/海水の混合比が大きかったために、海水のCe負異常が (Ce異常のない) 熱水により希釈されたか、そもそも海水にはCe負異常が無かったか、の2つが考えられる。今後はこの海水-熱水の混合比に関する情報を得るため、鉄酸化物とシリカの酸素同位体比の分析を行う予定である。

キーワード: 希土類元素, 縞状鉄鉱層

Keywords: REE, BIF

マペペ層における 帯磁率および炭素同位体比を用いた 32 億年前の海洋底環境復元 Reconstruction of 3.2Ga Ocean Floor Environment Using Magnetic Susceptibility and Carbon Isotope, from Mapepe Formation

寺司 周平^{1*}, 清川 昌一², 伊藤 孝³, 山口 耕生⁴, 池原 実⁵

TERAJI, Shuhei^{1*}, KIYOKAWA, Shoichi², ITO, Takashi³, YAMAGUCHI, Kosei E.⁴, IKEHARA, Minoru⁵

¹九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻, ²九州大学大学院理学研究院地球惑星部門, ³茨城大学教育学部, ⁴東邦大学, NASA Astrobiology Institute., ⁵高知大学海洋コア総合研究センター

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, 33 Kyushu University, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, 33 Kyushu University, ³Faculty of Education, Ibaraki University, ⁴Toho University and NASA Astrobiology Institute, ⁵Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

序論

マペペ層 (Heinrich, 1980) はバーバートン・グリーンストーン帯のフィグツリー層群の最下部に位置し、堆積年代はジルコンのウラン 鉛年代より 3260Ma から 3230Ma を示す (Kroner et al. 1991)。本研究の調査地はコマチ川沿いのスワジランドとの国境付近に位置する河川沿いの 300m にわたる連続露頭であり、有機物に富む頁岩とチャートおよび縞状鉄鉱層からなる。100 分の 1 のスケールでマッピングおよび柱状図をもとに、層序区分、顔相変化、岩石の有機物分析、および帯磁率変化を測定し、当時の堆積物の特徴を詳細に調べた。本地域は断層によって境された 6 つのユニット (B1, B2, C, D1, D2, E) からなり、各ユニットの層厚はそれぞれ 6.8m, 45m, 22.8m, 19m, 5.7m and 23m で、全体で合計が 128m に達する。

岩相

岩相は大きく 4 つに区分できる。1) 白色チャート (塊状); 2) 赤色チャート: 鮮やかな赤色を呈する層状型と、ポッド状で下位から上位に赤色から白色にシャープな境界で色を変えるポッド型よりなる。; 3) 黒色頁岩: シルトサイズの石英粒子のラミナを有する層状型と、それを有さない塊状型、漸移的に下位から上位に黒色から褐色灰色になる漸位変化型よりなる。塊状型に観察されるアパタイトは層状型には観察されない。; 4) 褐色灰色 (鉄質)。全ユニットで各岩相の頻度は平均して、赤色頁岩は 62 % に、白色チャートは 17 % に、褐色灰色頁岩は 12 % に、黒色頁岩は 9 % に達する。赤色チャートは各ユニットの上位に向かって増加傾向にある。

炭素同位体分析

黒色頁岩の全有機炭素 Corg は全ユニットで 0.10w % - 16.12 w % で平均は 2.54 w % である (n=201)。褐色灰色頁岩は 0.23 - 0.96 w % で平均 0.61 w % (n=6)、白色チャートは 0.01 - 0.06 w % で平均が 0.12 w % (n=5) である。黒色頁岩の有機炭素同位体比 $\delta^{13}C$ は全ユニットで -38.84 ‰ - -20.54 ‰ で平均が 26.84 ‰ (n=201)、褐色灰色頁岩は -35.36 ‰ - -23.7 ‰ で平均が -30.88 ‰ (n=6)、白色チャートは -24.96 ‰ - -19.58 ‰ で平均が -23.25 ‰ である。

$\delta^{13}C$ は狭い分別幅で層序に従って正の方向と負の方向を行き来していたのが、D1 ユニットの上部から分別幅が広がる。同時に平均的な $\delta^{13}C$ は負の方向にシフトし、B ブロックは -25.10 ‰ (n=40)、C ユニットでは -26.59 ‰ (n=60)、D ユニットでは -26.03 ‰ (n=44)、E ユニットでは -28.81 ‰ (n=56) である。

岩相と比較すると、黒色頁岩のうち塊状型黒色頁岩の $\delta^{13}C$ は平均して -24.11 ‰ (n=10) で、層状型黒色頁岩の $\delta^{13}C$ は平均して -28.01 ‰ (n=25) である。

帯磁率測定

マグネタイトや磁性鉱物の分布および変化を調べるため 2 種類の測定を行った。1) 層序位に対して垂直方向の測定: 層序に従った帯磁率の変化を調べることを目的として、全層厚 128m を 3 間隔で、2 回の測定を行った。2) 層序に対して側方方向の測定: 各々の単層中の変化を調べるために 83 の地層を、それぞれ 4m を 5 間隔で測定をおこなった。

黒色頁岩と白色チャートの帯磁率は相対的に低く ($\sim 1.0 \times 10^{-3}$ (SI)), 赤色チャートと褐色灰色 (鉄質) 頁岩の帯磁率は 1.0×10^{-3} (SI) から 420×10^{-3} (SI) の間で幅を持つ。層序の中では D1 ブロックの最上部に 9m 連続しての層状型赤色チャートとマグネタイトの互層が分布し、帯磁率は 100×10^{-3} (SI) という値を取る。また各ブロック内でポッド型赤色チャートの帯磁率は上位に向かって増加傾向にある。

結論

1) 上下判定: 単層中の上下で漸移的に黒色から赤色に変化する頁岩が見られる。これは全ユニットにおいて全て同方向を持つ。また、ポッド型赤色チャートにおいても下位が赤色で上位が白色チャートになっている。すべてのユニットが全て東上位であると考えられる。

2) 岩石中のラミナの頻度が上がるほど有機炭素同位体比が下がる。これはラミナに挟まれた薄い層の黒色頁岩の有機炭素同位体比が低いことを示す。

3) 各ブロックの中で上位に向かって赤色チャートの増加する傾向と、ポッド型赤色チャートの帯磁率の増加する傾向を見出した。これは、各ユニット内で上位に向かって鉄の沈澱が増加し、その上部では D1 で見られるようなマグネタイト

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



BPT25-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 17:15-18:30

トが堆積する可能性が示唆された。

キーワード: バーバートン帯, 帯磁率, 有機炭素同位体

Keywords: Barberton, magnetic susceptibility, organic carbon isotope

シンクロトロン、コンピューター断層撮影による澄江動物化石観察 Observations of internal structures of the Chengjiang macrofossils with a synchrotron-CT technique at SPring-8

小宮 剛^{1*}, 中尾 泰斗¹, 韓 健², 岡田 吉弘³, 佐藤 友彦¹, 上杉 健太郎⁴, 星野 真人⁴

KOMIYA, Tsuyoshi^{1*}, NAKAO, Taito¹, Jian Han², Yoshihiro Okada³, SATO, Tomohiko¹, Kentaro Uesugi⁴, Masato Hoshino⁴

¹ 東京大学駒場・総合文化研究科, ² 西北大学、中国, ³ 東京工業大学, ⁴ (財)高輝度光科学研究センター (JASRI)

¹Dept. Earth Science & Astronomy, Komaba, The University of Tokyo, ²Northwest University, China, ³Tokyo Institute of Technology, ⁴Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)

Earth is the unique planet, which is filled with a large variety and number of life. Recent active planetary expeditions and telescopic observations of extrasolar planets suggest allow us to expect possibility of life in other planets. But, presence of metazoan distinguishes biosphere of the earth from others. Conventional idea suggests that Metazoa suddenly appeared and drastically evolved in early Cambrian around 530 Ma, so-called Cambrian explosion. But, recent paleontological investigations in the Neoproterozoic showed some metazoan of sponges and cnidarian already appeared in the Ediacaran, and support cryptic emergence and early evolution of Metazoa in the Ediacaran. But, presence of such as the Chengjiang Lagerstätten provides the opportunity of well-preserved, various fossils, and constrains timing and rate of biological evolution.

The Chengjiang fauna comprises sponges, arthropods, cnidarian, echinoderms, molluscs, chordates and others, and is a key milestone to study early evolution of Metazoa. Some fossils still preserve biological tissue including eyes, gats, gills, notochords and others (e.g. Shu, 2008, Gondwana Research). But, most Chengjiang fossils are severely compressed so that their thickness is less than millimeters. In addition, key fossils are too few to observe internal cutting planes of the fossils. As a result, the internal structures are still obscure.

Recent X-ray micro-CT analyses of the microfossils yielded new methods to observe the internal structures (e.g. Donoghue et al., 2006, Nature). Compared with microscopic and SEM observations, this technique has two advantages of nondestructive analyses on any cross-sections of internal structures. We obtained preliminary observations of three-dimensional structures of the Chengjiang fossils including an echinoderm, a fish, arthropods with/without eggs, a mollusk, and a brachiopod with Synchrotron X-ray micro-CT at SPring-8 (beam line: BL20B2). The fossils range from 5 mm to 3 cm across in their sizes, whereas the host rocks ranges from ca. 5mm to 1.5 cm thick. The fossils are exposed on the surface of pale-brownish shales. The synchrotron CT observations shows it is possible to identify the fossils on the rocks with the CT images possibly because the fossils have higher density than the mother rocks. The thickness of the fossils is less than millimeters. It is easier to observe the fossils on thinner rocks compared with their sizes. Although preliminary, the three dimensional observation of the echinoderm, which possesses gill-like structures, shows a relict of internal cavity. Because the thickness of host rocks is thin, we could observe the structures of the arthropod, named as Isoxys, and the brachiopod, too. The synchrotron micro-CT technique provides a convenient and effective observation of internal structures for even completely compressed fossils.

キーワード: 澄江化石, カンブリア紀, SPring-8, コンピューター断層撮影

Keywords: Chengjiang fossils, Cambrian explosion, SPring-8, micro-CT

溶存鉄に富んだエディアカラ紀海洋

The ferruginous ocean in the Ediacaran; evidence from iron isotope ratios in pyrite.

澤木 佑介^{1*}, 田畑 美幸¹, 西澤 学², 小宮 剛³, 平田 岳史⁴, 丸山 茂徳¹

SAWAKI, Yusuke^{1*}, TAHATA, Miyuki¹, NISHIZAWA, Manabu², KOMIYA, Tsuyoshi³, HIRATA, Takafumi⁴, MARUYAMA, Shigenori¹

¹ 東京工業大学, ² 海洋研究開発機構, ³ 東京大学, ⁴ 京都大学

¹Tokyo Institute of Technology, ²JAMSTEC, ³The University of Tokyo, ⁴Kyoto University

The Latest Proterozoic records some important events through the Earth history. Large multi-cellular animal first appeared and some severe glaciation (Snowball Earth) occurred during this period. Recent geological studies (e. g. Hoffman and Schrag, 2002) focus on re-appearances of BIF in the strata during the Latest Proterozoic. Iron is one of the essential elements for the life and sensitive to redox condition in seawater. Therefore, decoding iron cycle provide important information when discussing biological evolutions and ocean environments. The paleo-oceanic iron cycle is revealed by iron isotope ratios of iron-bearing minerals (e.g. Rouxel et al., 2005; Nishizawa et al., 2010).

South China is one of the best places for decoding surface environments during the Ediacaran, the last period of the Latest Proterozoic. The Ediacaran to Cambrian successions are widely distributed and contain many fossils. We carried out on-land drilling of the Ediacaran to Cambrian sedimentary succession in Three Gorges, South China. The drill-sampling allows us to minimize the effect of secondary alteration and oxidation on the surface and to make a very continuous chemostratigraphy at intervals of centimeters. We analyzed iron isotope ratios ($^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$) of sulfide minerals (pyrite) in the drill cores, using fs-LA-MC-ICP-MS at Kyoto University.

The results show large variations in iron isotope ratios, from -1.3 to +1.0 permil, through the Ediacaran. These high values, over +0.5 permil, require a partial oxidation of ferrous iron in the seawater, which indicates that the Ediacaran seawater had been ferruginous (ferrous iron-rich). Previously, most researchers have thought that iron was depleted in the seawater after 1.8 Ga. However, our results show opposite consideration to traditional recognition. Iron concentration locally changes according to water depth and tectonic setting. Therefore, it is future task to demonstrate that the ferruginous condition acquired in Three Gorges reflect global ocean environment.

キーワード: エディアカラ紀, 鉄同位体比

Keywords: Ediacaran, Iron isotope ratios

約 32 億年前の黒色頁岩中の硫黄の存在形態別同位体分析から明らかにする海洋の硫黄循環

Sulfur cycling constrained from speciation and isotope analyses of 3.2 Ga black shale recovered by DXCL-DP

小林 友里^{1*}, 山口 耕生², 坂本 亮³, 奈良岡 浩³, 清川 昌一³, 池原 実⁴, 伊藤 孝⁵

KOBAYASHI, Yuri^{1*}, YAMAGUCHI, Kosei E.², SAKAMOTO, Ryo³, NARAOKA, Hiroshi³, KIYOKAWA, Shoichi³, Ikehara, Minoru⁴, ITO, Takashi⁵

¹ 東邦大学大学院理学研究科化学専攻, ² 東邦大学大学院理学研究科化学専攻, NASA Astrobiology Institute, ³ 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学専攻, ⁴ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁵ 茨城大学教育学部理科教育教室

¹Toho University, ²Toho University, NASA Astrobiology Institute, ³Kyushu University, ⁴Kochi University, ⁵Ibaraki University

生命の誕生と進化、大気と海洋の化学進化、特にその酸化還元状態の変遷など、地球史初期の表層環境と生命の共進化は極めて重要である。大気中の酸素濃度の急上昇があったとされるのは約 23?24 億年前だが、それよりも数億年も古い時代に、大気や海洋が酸化していたとする地球化学的・地質学的証拠も発表されている。これらの進化の謎を解明すべく、西オーストラリア・ピルバラ地域にて約 32 億年前の変成度の低い陸上掘削コアが得られた (DXCL-DP ; Dixon Island-Cleaverville Drilling Project)。この試料を用いた先行研究によると、当時の海洋では、有機炭素の同位体組成から光合成生物による生物生産が盛んであった可能性や (細井他, 2011)、有機物の窒素同位体組成から窒素固定菌の活動が盛んであった可能性や (山田他, 2011)、物理的に分離した黄鉄鉱の硫黄同位体組成から硫酸供給の限られた環境で硫酸還元菌の活動が活発であった可能性 (Sakamoto et al., 2011) が示されている。

硫黄は、主に酸揮発性硫黄 (Acid Volatile Sulfur; AVS)・黄鉄鉱 (FeS₂)・硫酸塩・有機態硫黄 (Sorg)・元素状硫黄 (S₀) の形態で堆積物中に存在する。これらの存在比および硫黄同位体比は、海洋中の酸化還元状態や、微生物活動といった堆積環境によって異なる。本研究では、約 32 億年前の黒色頁岩中の硫黄化合物を 5 つの形態に分別し、各形態中の硫黄の存在量および安定同位体比から、堆積当時の海洋環境と硫黄循環を考察する。

試料の各形態別硫黄含有量の平均は、S = 2.56 wt. %、AVS = 0.02 wt. %、黄鉄鉱 = 1.61 wt. %、硫酸塩 = 0.57 wt. % で、黄鉄鉱が大部分を占めていることが分かった。また、黄鉄鉱中の硫黄と有機炭素の存在量に正の相関が見られ、回帰曲線の傾き (Spy/Corg) の 2.2 は現代の海洋堆積物の場合の 0.37 より大きい値となった。これらのことから、当時の堆積環境は黒海に近いものであり、深層海洋は嫌氣的でありながらも酸化的な表層海洋から限定的な硫酸の供給がある閉鎖的な系であり、嫌氣的水塊中で硫酸還元菌による硫酸還元が活発であった可能性が示唆される。硫酸塩の生成の起源は、海底熱水活動によるものと黄鉄鉱の酸化によるものが考えられるが、その硫黄同位体組成から制約が可能である。本発表では、各形態の硫黄同位体比のデータをもとに各存在形態の硫黄の起源を明らかにし、堆積当時の海洋における硫黄循環について議論を行う。

キーワード: 硫黄, 形態別, 同位体

Keywords: Sulfur, speciation, isotope

顕微 FT-IR および顕微 Laser Raman 法による約 32 億年前の黒色頁岩中の有機物の起源の制約

Origin of organic matter in 3.2 Ga black shale revealed by infrared and laser Raman microspectroscopy

中村 智博^{1*}, 山口 耕生², 池原 実³, 清川 昌一⁴, 伊藤 孝⁵

NAKAMURA, Tomohiro^{1*}, YAMAGUCHI, Kosei E.², IKEHARA, Minoru³, KIYOKAWA, Shoichi⁴, ITO, Takashi⁵

¹ 東邦大学大学院理学研究科化学専攻, ² 東邦大学大学院理学研究科化学専攻, NASA Astrobiology Institute, ³ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁴ 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学専攻, ⁵ 茨城大学教育学部

¹Toho University, ²Toho University, NASA Astrobiology Institute, ³Kochi University, ⁴Kyushu University, ⁵Ibaraki University

地球史初期における生命進化を探る上で、堆積岩に残された有機物は極めて重要な情報を持つ。オーストラリア北西部 Pilbara 地方で行われた DXCL-DP(Dixon Island-Cleaverville Drilling Project; Yamaguchi et al., 2009) により約 32 億年前の黒色頁岩が 3 か所の層 (CL1, CL2, DX) で得られたが、その黒色頁岩中の有機物の起源を、受けた熱変成の程度と合わせて明らかにすることを目的に、抽出した kerogen について分光学的研究を行った。高知大学海洋コア総合研究センターの顕微 Laser Raman 分光装置と顕微 FT-IR 分光計を用いて、前者では 64 試料 (CL1: 22 個、CL2: 19 個、DX: 23 個)、後者では 9 試料 (CL1: 5 個、CL2: 4 個) の kerogen を測定した。Raman スペクトルからは有機物に特徴的なピークである D バンドと G バンドの中心波数および半値幅を求め、IR スペクトルからは脂肪酸炭化水素の CH₃ 基と CH₂ 基の非対称伸縮振動ピーク高の比を求めた。

Raman スペクトルの D・G バンドの中心波数は CL1, CL2, DX それぞれでわずかにシフトしているが、深度方向での差が小さいことから、有機物は層全体で一様に弱い熱変成を受けたと考えられる。一方、CL1, CL2 の半値幅が DX のそれより小さいので、上位の CL 層は下位の DX 層と比べて、より熱変成を受けたと考えられる。IR スペクトルの ν_{as} CH₃ と ν_{as} CH₂ のピーク高の比から、有機物を真核生物由来、バクテリア由来、アーキア由来の 3 種に分類できるとした研究がある (Igisu et al., 2009)。この方法を本研究の結果に適用すると、DXCL の約 32 億年前の黒色頁岩中の有機物の起源として、バクテリアや真核生物が候補として挙げられることになる。有機溶媒や酸に不溶である (つまり岩石中を液相で移動することのない) kerogen を生物起源とすることに関しては、産状および上記データのみならず炭素および窒素同位体組成に関する先行研究 (細井他, 2011、山田他, 2011、小林他, 2012) から何の矛盾もないが、とりわけ真核生物を起源とすることに関しては、現状ではその出現時期とされる年代を大いに遡ることになる約 32 億年前という DXCL 黒色頁岩の堆積年代からして、慎重な議論が必要となる。さらに、熱変成の際の有機物の変質 (Raman および IR スペクトルの変動) を定量的に考慮せねばならず、系統的な室内実験が必要となる。詳細な検討を重ねる必要があるが、もし本試料の熱変成の際の有機物の変質が極めて小さく、かつ Igisu et al. (2009) が有効であるならば、約 32 億年前の有機物の起源は既に極めて多様であった可能性がある。

キーワード: オーストラリア, 黒色頁岩, ケロジェン, レーザラマン, フーリエ変換赤外, 太古代

Keywords: Australia, Black Shales, Kerogen, Laser Raman, Fourier Transform Infrared, Archean

南インド・Chitradurga 片岩帯に分布する後期太古代成岩の層序学 Stratigraphy of the Late Archean supracrustal rocks in the Chitradurga Schist Belt, South India

三島 郁^{1*}, Madhusoodhan Satish-Kumar², 外田 智千³, 上野 雄一郎¹
MISHIMA, Kaoru^{1*}, MADHUSOODHAN, Satish-Kumar², HOKADA, Tomokazu³, UENO, Yuichiro¹

¹ 東京工業大学, ² 静岡大学, ³ 国立極地研究所

¹Department of Earth & Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, ²Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, ³National Institute of Polar Research

In the Late Archean (3.0 to 2.5 Ga), Earth tectonic and climatic systems may have changed fundamentally. The earliest known glaciation (~2.9Ga) is recorded in the Mozaan Group of South Africa (Pongola glaciation; Young et al., 1998). Also, in the earliest Proterozoic, Snowball Earth event is recorded in the Huronian Supergroup of Ontario, Canada (~2.4Ga; Young et al., 2001). On the other hand, rise of atmospheric oxygen have been reported (~2.3Ga) based on several geological evidences such as deposition of banded iron formation, and mass independent isotopic fractionation of sulfur isotopes (S-MIF) and its disappearance (Farquahr et al., 2000). These changes may reflect redox perturbation of atmosphere and ocean. However, almost the Late Archean S-MIF record so far came from Pilbara and Kaapvaal cratons, that may have been a single continent (Vaalbara) at that time (de Kock et al., 2009). Thus the observed S-MIF and glaciation event may possibly reflect local environment. It is important to test the globalism of these climatic signatures.

We studied late Archean volcano-sedimentary sequence of the Dharwar Supergroup, occurred in the Chitradurga schist belt, Western Dharwar craton. The Chitradurga schist belt consists of >3.0Ga green stones (Sargur Group) and overlying 2.9-2.6Ga volcano-sedimentary sequence (Dharwar Super Group), which are surrounded by 3.2~3.0 Ga TTG (tonalitic-trondhjemitic-granodioritic) gneiss (Chadwick et al., 2000; Jayananda et al., 2006). The Supergroup is classified into two major groups (lower Bababudan Group and the upper Chitradurga Group).

Our new field mapping and zircon U-Pb dating allows us to reconstruct detailed lithostratigraphy of the Dharwar Supergroup. The lower unit (post-3.0 Ga) consists of basal conglomerate, stromatolitic carbonate, silici-clastics with diamictite (Talya conglomerate), chert/BIF and pillowed basalt in ascending order, all of which are older than 2676 Ma magmatic zircon ages from dacite dyke intruded into the topmost pillowed basalt. The upper unit unconformably overlies the pillow lava, and consists of conglomerate/sandstone with ~2633 Ma detrital zircons, komatiite lava, BIF and silici-clastic sequence with mafic volcanics.

Talya conglomerate has been considered to be a basal conglomerate defining the boundary between Bababudan and Chitradurga Groups. Based on our field observation, however, The Talya conglomerate occurs as lens within thick pelite unit and show diamictite texture possibly glacial in origin. Detrital zircon from Bababudan Group shows 3137Ma for the youngest protolith magmatic ages. Thus, if the Talya diamictite represents glaciation event, this may possibly correspond to the Pongola glaciation.

キーワード: 南インド, ダルワール超層群, 後期太古代, 層序学, 氷期

Keywords: South India, Dharwar Super Group, Late Archean, Stratigraphy, glaciation