

北西太平洋における鉄マンガクラストの形成史：オスミウム同位体比・微量元素分析より得られた知見
Growth history of Fe-Mn crusts in the northwest Pacific Ocean: Insights from trace element and Os isotope geochemistry

後藤 孝介^{1*}, 野崎 達生², 鈴木 勝彦², 得丸 絢加³, 臼井 朗⁴, 常 青², 木村 純一², 浦辺 徹郎³

Kosuke T. Goto^{1*}, Tatsuo Nozaki², Katsuhiko Suzuki², Ayaka Tokumaru³, Akira Usui⁴, Qing Chang², Jun-Ichi Kimura², Teturo Urabe³

¹産総研・地質情報, ²JAMSTEC/IFREE, ³東大・地惑, ⁴高知大・理

¹GSJ/AIST, ²IFREE/JAMSTEC, ³Dept. Earth Planet. Sci., Univ., Tokyo, ⁴Natural Sciences Cluster, Kochi Univ.

A ferromanganese crust (hereafter called Fe-Mn crust) is a chemical sediment widely occurring on the slope of seamounts and known as a versatile material for deciphering the paleocean environmental changes throughout the Cenozoic period (e.g., Hein et al., 1992; Klemm et al., 2005; Burton, 2006). Here we report trace element and Os isotope compositions of Fe-Mn crusts in the northwest Pacific Ocean determined by ICP-QMS and MC-ICP-MS analyses. Based on our results together with previous geochemical data, we discuss the growth history of the Fe-Mn crusts and its relationship between genesis and paleocean environmental changes.

キーワード: 古海洋学, 新生代, 鉄マンガクラスト, 形成史, オスミウム同位体, 地球化学

Keywords: paleoceanography, Cenozoic, ferromanganese crust, growth history, Os isotope, geochemistry

北西太平洋のマンガンクラストに記録されたミランコビッチ周期と環境変動 Milankovich cycle and environmental changes recorded in a ferromanganese crust from northwestern Pacific

小田 啓邦^{1*}, 宮城 磯治¹, 白井 朗²
Hirokuni Oda^{1*}, Isoji MIYAGI¹, Akira Usui²

¹ 産業技術総合研究所, ² 高知大学

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ²Kochi University

A ferromanganese crust D96-m4, which was developed on the surface of basement rock, was taken from Shotoku seamount in the northwest Pacific. The magnetic fields of the thin sections were measured with the SQUID microscope. By correlating the polarity boundaries of the magnetic images (zero crossing lines) with the standard geomagnetic reversal timescale, the age of each zero crossing line was estimated and the growth rate was calculated as 5.1mm per million years (Oda et al., 2011). The beryllium isotope analysis of the same ferromanganese crust provided the growth rate estimate of 6.0 mm per million years, which is almost consistent with the estimate based on the magnetic method. Close investigation on the growth layers revealed the presence of Milankovich cycle for the last two million years including eccentricity (~100kyr) and obliquity (~40kyr). The identification of Milankovich cycle may provide high resolution age models of ferromanganese crusts. In the presentation, we will show the results of geochemical record as environmental changes measured by electron probe micro-analyzer on the crust based on the high resolution age model.

キーワード: 鉄マンガンクラスト, 北西太平洋, 古地磁気層序, ミランコビッチ周期, 成長縞, 化学組成変動

Keywords: ferromanganese crust, northwestern Pacific, magnetostratigraphy, Milankovich cycle, growth layer, geochemical variability

北西太平洋海底の海水起源マンガクラストの微生物の存在量、多様性とその空間的分布 Diversity, abundance and spatial distribution of microbes on hydrogenetic ferro-manganese crusts of northwest Pacific

仁田原 翔太^{1*}, 加藤 真悟², 山岸 明彦¹
Shota Nitahara^{1*}, Shingo Kato², Akihiko Yamagishi¹

¹ 東京薬科大学 極限環境生物学研究室, ² 理研バイオリソースセンター

¹Tokyo University of Pharmacy and Life Science, Molecular Biochemistry Laboratory, ²RIKEN BioResource Center

背景、目的

海洋底には、鉄とマンガンの酸化物を主成分とした沈殿物がしばしば見られる。この鉄とマンガン酸化物に覆われた基盤岩あるいは転石はマンガクラストもしくはマンガノジュールと呼ばれている。マンガクラストには鉄とマンガン以外にも様々な金属元素（コバルト、ニッケル、白金などのレアメタルや希土類元素）が含まれている。マンガクラストは堆積物が少ない海山や海台の露岩域に、マンガノジュールは深海盆に広く分布し、海底面の大部分を覆っている（臼井、2010）。マンガクラストおよびマンガノジュールの分布範囲を考慮すると、そこに生育する微生物の活動は深海底での物質循環（炭素、窒素や金属元素など）に大きく寄与している可能性がある。

我々の研究グループは、これまでに拓洋第5海山の水深2991m地点から採取したマンガクラスト表面の微生物群集解析を行い、マンガクラスト表面には、(1)非常に多様な微生物が豊富に存在していること、(2)周辺堆積物や海水とは異なる微生物群集が存在することを示した(Nitahara et al., 2011)。しかしながら、このマンガクラスト微生物群集の特徴が、海域や水深の異なるマンガクラストでも一般的かどうかは不明である。本研究では、水深方向、地理ごとのマンガクラストの微生物群集の特徴を明らかにすることを目的とした。

実験方法

拓洋第5海山(水深2991m~1200m)と流星海山(水深2209m~1194m)のマンガクラスト、周辺堆積物および周辺海水を採取した。各サンプルからDNAを抽出し、原核生物すべてを標的としたプライマーセット(Uni516F-Uni1407R)を用いて16S rRNA遺伝子をPCR増幅した。そのPCR産物をもとにクローンライブラリー解析を行った。得られた配列データを元に、主座標分析による微生物群集の比較とサンプル間の共通する種の数の推定を行った。また定量PCRにより微生物存在量を推定した。

結果、考察

定量PCRの結果から、マンガクラスト中には107 cells/g程度の微生物が存在することがわかった。それに対し堆積物中には108~109 cells/g、海水中には104 cells/ml程度の微生物が存在することがわかった。BacteriaとArchaeaの比率に着目すると、4つのマンガクラストのうち3つでは古細菌の存在比率が高いことが示された(50-83%)。水深ごとのマンガクラスト中の微生物存在量の差は見られなかった。

16S rRNA遺伝子クローンライブラリー解析の結果、どの水深のマンガクラストのクローンライブラリー中でもProteobacteriaとArchaeaが優占していた。これらのArchaeaのほとんどがアンモニア酸化古細菌であるMarine Group I(MGI)に属する系統型であった。MGIは海水中からも検出されたが、系統解析によりマンガクラストと海水中のMGIはそれぞれ別々のクラスターに属することが示された。この結果は、マンガクラストと海水中のMGIは、それぞれの環境に適応した分類群である可能性を示している。またアンモニア酸化細菌であるNitrospiraや亜硝酸酸化菌であるNitrospiraに属する系統型も共通して検出された。このことからマンガクラストの微生物群集では普遍的に硝化が起きている可能性が示された。

マンガクラストの微生物群集間での共通する種の数を推定すると、拓洋第5海山のマンガクラスト間では11~24%が共通した種であることが示された。ほぼ同じ水深から採取した拓洋第5海山と流星海山のマンガクラスト同士では、16~28%が共通した種であることが示された。主座標分析により拓洋第5海山のマンガクラスト、堆積物、海水の微生物群集構造をそれぞれ比較したところ、それぞれが別のグループになり、各環境において別々の微生物群集が形成されていることが示された。この比較解析に流星海山のマンガクラストを加えると、拓洋第5海山と流星海山のマンガクラストはそれぞれ別のグループに分けられ、水深ごとにグループ分けされるような傾向は見られなかった。これらのことから、たとえ同じ水深であっても海山(地質学的な背景)が異なる場合には異なる微生物群集が形成されることが示唆された。

キーワード: 鉄マンガクラスト, 16S rRNA 遺伝子, 古細菌, アンモニア酸化菌

Keywords: Ferro-manganese crust, 16S rRNA gene, Archaea, Ammonia oxidizing bacteria and archaea

鉄マンガングラスト・団塊中に対するスペシエーション分析から分かる海洋中の様々な元素が受ける化学プロセス Chemical processes in marine system of various elements in ferromanganese crusts and nodules based on speciation by XAFS

高橋 嘉夫^{1*}, 柏原輝彦³, 有賀大輔¹, 坂口綾¹, 井上美南¹, 臼井朗²

Yoshio Takahashi^{1*}, TERUHIKO KASHIWABARA³, DAISUKE ARIGA¹, AYA SAKAGUCHI¹, MINAMI INOUE¹, AKIRA USUI²

¹ 広島大学, ² 高知大学, ³ 海洋研究開発機構

¹Hiroshima University, ²Kochi University, ³JAMSTEC

We have conducted speciation of various elements in ferromanganese crusts and nodules by X-ray absorption spectroscopy such as X-ray absorption near-edge structure (XANES) and extended X-ray absorption fine structure (EXAFS). In the presentation, we would like to introduce geochemical information we can get through the speciation of various elements in the ferromanganese oxides.

Cerium (Ce) anomaly has been suggested to include redox condition of the depositional environment where the crust or nodule grows. It is true that the degree of Ce anomaly varies from positive to negative for ferromanganese nodules with three main origins: hydrogenetic, diagenetic, and hydrothermal nodules have positive, medium and negative anomalies if their REE patterns are normalized by shale. However, XANES results showed that more than 90% of Ce in any crust and nodule samples are tetravalent, suggesting that Ce is completely oxidized to Ce(IV) when adsorbed on ferromanganese oxides, or in particular by manganese oxides. This oxidation is unique to Ce(III) among all REE, which results in the anomalous behavior of Ce. If we assume that the adsorption of trace elements on manganese oxide is terminated once after certain layer of manganese oxide is closed from the oxide-seawater interface by the growth, the degree of Ce anomaly can be regulated by the growth rate, because enrichment of Ce relative to other REE must increase as adsorption reaction proceeds for longer time. Thus, as has been suggested in the case of Co, the degree of Ce anomaly can be a signature of growth rate ferromanganese oxides.

A series of speciation and adsorption studies for oxyanions on ferromanganese oxides showed that some ions forms outer-sphere complexes (selenate and chromate), but other inner-sphere complexes (selenite and molybdate). When they form inner-sphere complex, most of them take bidentate-binuclear surface complex. It has been suggested that the affinity of oxyanions to ferromanganese oxides ($= \log K_{sc}$; K_{sc} : surface complex stability constant) is proportional to second dissociation constant of the oxyacids (pK_{a2}). The order of pK_{a2} is also correlated with the structure of surface complex: oxyanions with lower and higher pK_{a2} form outer and inner surface complexes, respectively. In this relationship, however, we could not explain low affinity of chromate by pK_{a2} . Similar shortcomings are also found if we employ pK_{a1} for this discussion. We here found that average of pK_{a1} and pK_{a2} ($= (pK_{a1} + pK_{a2})/2$) can explain explicitly the variation of the affinities and surface structures. This is reinforced by the fact that the inner-sphere complex is mainly bidentate formed via two OH groups in the oxyanions, which must be related to the pK_a of the two proton dissociation reactions. Systematic understanding of the affinities by $(pK_{a1} + pK_{a2})/2$ will be useful to predict the solid-water distributions of these ions in ocean.

More studies on the speciation of other elements such as zirconium and implications obtained will be given in the presentation.

ミクロネシア連邦及びマーシャル諸島共和国の排他的経済水域の海山に分布するコバルト鉄 - マンガンクラストの分布的特徴について

Features of distribution pattern of cobalt-rich ferromanganese crusts on the Micronesian and Marshall Islands seamounts

岡本 信行^{1*}, 臼井 朗²

Nobuyuki Okamoto^{1*}, Akira Usui²

¹ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構, ² 高知大学

¹ Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, ² Kochi University

北西太平洋の海山に分布するコバルトリッチ鉄 - マンガンクラスト (以下「コバルトクラスト」という。) は、コバルト、ニッケル、白金及びレアアース資源としての可能性を有している。特に、マーシャル諸島共和国及びミクロネシア連邦海域の海山上のコバルトクラストは、太平洋の中で最もポテンシャルが高いと言われている。1997年から2005年にかけて、海洋資源調査船「第2白嶺丸」を用いたコバルトリッチクラストの探査が、日本とSOPAC (南太平洋応用地球科学委員会) との間の資源開発協力基礎調査の一環として、両国の経済水域で行われた。これらの調査航海を通じて、膨大な物理探査、地質、海底映像、環境データが取得された。今回の発表では、これらの海山での調査結果を踏まえて、コバルトクラストの分布的特徴について述べたい。

キーワード: コバルトリッチ鉄 - マンガンクラスト, コバルトクラスト, 海山, マーシャル諸島共和国, ミクロネシア連邦, 南太平洋応用地球科学委員会

Keywords: cobalt-rich ferromanganese crusts, cobalt crusts, seamount, Republic of the Marshall Islands, FSM, SOPAC

地質時代におけるマンガン鉱床の生成モデル Manganese Deposits Formation through the Earth History

伊藤 孝^{1*}

Takashi Ito^{1*}

¹ 茨城大学教育学部

¹ Faculty of Education, Ibaraki University

地球史を通し、垂直循環という視点で海洋環境を分類すれば「垂直循環が活発な海洋」と「成層化した海洋」の二つに大別できるであろう。実は、マンガン鉱床はそのどちらの状況下においても「鉱床」として生成しうる。ただし、生成メカニズム・生成場所は大きく異なる。ここでは、それぞれの環境下におけるマンガン鉱床の生成メカニズム・生成場について論ずる。

「垂直循環が活発な海洋」は、まさに現在の海洋の状況であり、両極付近で生成された冷たく、溶存酸素に富む海水により海洋深層部が充たされている状態である。このような状況下では、非常に広範囲で、極めてゆっくりとマンガン酸化物の生成が進行する。

「垂直循環が活発な海洋」における「マンガン鉱液」は、海洋の沈降粒子中の微小環境中で生成された還元態マンガンを、表層堆積物の酸化還元境界以深で再生・生成された還元態マンガンを、また熱水・冷湧水噴出孔から放出された還元態マンガンをなどである。これら還元態マンガンを海水中の溶存酸素により酸化され、マンガン酸化物として沈殿する。このメカニズムで生成されたマンガン鉱床は、深海盆、海山、海嶺斜面などに広く薄く分布し、それぞれマンガンノジュール、マンガンクラスト、熱水性マンガン鉱床に対応する。地質時代におけるこの種のマンガン鉱床は、酸化的な堆積物中に数 cm 程度の厚さで含まれることが多い。

「成層化した海洋」は現在の海洋の状況とは大きく異なるが、堆積学的・地球化学的な解析により、過去の様々な時代において海洋の成層化が識別されている。例えば、全球凍結時のように大気と完全に切り離された状況、また、温暖期のように冷たく重い海水が生成されない状況がその代表例である。さらに、全地球的には寒冷期であっても、地形的に閉塞された海況下では、海洋が成層化することが知られている。

「成層化した海洋」においては、まさに成層化した海洋の無酸素海水部分が丸ごと「マンガン鉱液」となる。この「マンガン鉱液」が富酸素環境下に運ばれ、酸化・沈殿したのが、いわゆる層状マンガン鉱床である。そういう意味では、「成層化した海洋」は先に述べた「垂直循環が活発な海洋」よりも、マンガン鉱床の生成ポテンシャルが大きい環境と見なせるであろう。現に、世界的には、鉱物資源として採掘されているマンガン鉱床の多くは「成層化した海洋」の周辺で形成された層状マンガン鉱床である。このような環境下では「マンガン鉱液」自体は、大量に存在しているので、大規模鉱床ができるか否かは、富酸素的かつ碎屑物の供給量が限られた堆積盆に「マンガン鉱液」が継続的に湧昇するメカニズム、かつマンガン酸化物生成後にそれが埋没保存されるメカニズムが決めてなのだろう。

キーワード: マンガン鉱床, 地球史, 地球表層環境

Keywords: manganese deposit, Earth history, surficial environment

海底マンガン鉱床の生成環境と元素濃集プロセスの解明に向けて：北西太平洋域をフィールドとした総合調査と微細スケール解析 Growth Process and Metal Accumulation of Hydrogenetic Ferromanganese Crusts: Joint Study in the NW Pacific Seamounts

臼井 朗^{1*}, 佐藤久晃¹, 西圭介¹, 坂口 綾², 井上美南², 高橋 嘉夫², プレア・ソントン³, 得丸綾香³, 浦辺徹郎³, 仁田原翔太⁴, 後藤孝介⁵, 小田啓邦⁵, 森下祐一⁵, 山岡香子⁴, 柏原 輝彦⁶, 野崎 達生⁶, 鈴木 勝彦⁶, 伊藤 孝⁷, 加藤 真悟⁸
Akira Usui^{1*}, Hisaaki, Sato¹, Keisuke Nishi¹, Aya Sakaguchi², Minami, Inoue², Yoshio Takahashi², Blair Thornton³, Ayaka Tokumaru³, Teturo Urabe³, Shota Nitahara⁴, Kosuke Goto⁵, Hirokuni Oda⁵, Yuichi Morishita⁵, Kyoko Yamaoka⁴, Teruhiko Kashiwabara⁶, Tatsuo Nozaki⁶, Katsuhiko Suzuki⁶, Takashi Ito⁷, Shingo Kato⁸

¹ 高知大学理学部門, ² 広島大学理学研究科, ³ 東京大学, ⁴ 東京薬科大学, ⁵ 産業技術総合研究所, ⁶ 海洋研究開発機構, ⁷ 茨城大学, ⁸ 理化学研究所

¹Geology Dept., Kochi Univ., ²Geological & Planetary Science, Hiroshima Univ., ³Univ. Tokyo, ⁴Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences, ⁵Agency of Industrial Science & Technology, ⁶JAMSTEC, ⁷Ibaraki Univ., ⁸RIKEN

鉄・マンガン酸化物は、遠洋域の海山や海台、深海盆などにおいて、マンガクラストや団塊として、広く分布する。また、種々の希少金属元素 (Co, Ni, Cu, Pt, REE など) を含有することから資源的価値が注目されている。一方、その成長速度は非常に遅い (数百万年に 1cm 程度) 連続成長するため、ある種の圧縮された堆積物コアのごとく、長レンジの海洋環境変動を記録する化学堆積岩としての展開も期待されている。さて、我が国周辺、北西太平洋域での系統的な調査は殆ど実施されてこなかったが、今から 3 年ほど前より、拓洋第 5 海山、九州パラオ海嶺、大東海嶺、四国海盆域などにおいて、マンガクラストを対象として、3 年ほど前から、ROV (ハイパードルフィン 3K) を用いたマッピングとサンプリングを実施している。その分析・解析に基づいて、1) マングクラストの詳細分布の実態解明、2) 現世海洋環境とクラスト生成との関連、3) 過去数千年に遡った海洋環境変動の復元解析、4) 有用金属元素の鉱物化学形態の把握を目的として共同研究チームを立ち上げ、遅疑のような研究課題を実施中である。

- 表層から基盤までのクラスト断面の微細構造・鉱物組成の変化
- ベリリウム、オスミウム同位体による年代測定
- 表層 1mm 部分の化学組成の水深方向変化
- マングクラストを鉱床、鉱石と見なし、資源経済的データを収集 (高知大学)
- 基盤岩の生成年代、金属フラックスの算定、残留磁化測定など

いままでに、酸化物や鉱物組成変動プロファイルの広域的対応、水深 3000-6000m に及ぶ深海域での分布パターン、特定元素の微小スケール時代変動の明かな相関関係などが明らかとなってきた。ここでは知見を整理して今後の課題を指摘したい。

キーワード: マングクラスト, マンガン団塊, マンガン鉱床, 海山, 北西太平洋, レアメタル

Keywords: hydrogenetic, ferromanganese crust, manganese nodule, seamount, NW Pacific, rare metal

海底鉄マンガン酸化物の鉄同位体組成 Iron isotopic composition of marine ferromanganese deposits

山岡 香子^{1*}, デイビッド ボロック², 臼井 朗³
Kyoko Yamaoka^{1*}, David Borrok², Akira Usui³

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ² ルイジアナ大学地球科学科, ³ 高知大学地球科学コース

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²School of Geosciences, Univ. of Louisiana, ³Earth Science Department, Kochi Univ.

Iron isotopic composition of marine ferromanganese deposits could be a useful tool to understand the cycling of iron in the ocean. Beard et al. (2003) proposed that the iron delivered to the ocean is essentially controlled by the atmospheric particulate flux ($\delta\text{-}^{56}\text{Fe} = 0$ permil) and the mid-ocean ridge hydrothermal flux ($\delta\text{-}^{56}\text{Fe} = -0.5$ permil). However, the global dataset of iron isotopic composition for hydrogenetic ferromanganese deposits demonstrated large variations on local scale and no systematic difference between ocean basins (Levasseur et al., 2004). Thus, further studies are needed in order to determine source and precipitation process of iron in marine ferromanganese deposits. In this study, we preliminary analyzed the iron isotopic compositions of hydrothermal ferromanganese crusts, hydrogenetic ferromanganese crusts, and hydrogenetic/diagenetic ferromanganese nodules.

キーワード: 海底鉄マンガン酸化物, 鉄同位体

Keywords: marine ferromanganese deposit, iron isotope

マンガンクラスト直上の浮遊性粒子とクラスト表面の化学組成の関係 Chemical Relationship between spatially coupled suspended particles and the crust surface

新山 智也¹, 得丸 絢加¹, 浦辺 徹郎¹, Blair Thornton³, 臼井 朗², 鈴木 庸平^{1*}

Tomoya Niiyama¹, Ayaka Tokumaru¹, Tetsuro Urabe¹, Blair Thornton³, Akira Usui², Yohey Suzuki^{1*}

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 高知大学理学部地球科学コース, ³ 東京大学生産技術研究所
¹Dept Earth & Planet Sci, Univ Tokyo, ²Geology Dept, Kochi Univ, ³Institute of Industrial Science, Univ Tokyo

Objective:

It is considered that the formation of ferromanganese crusts is mediated partly by sedimentation of Mn-bearing particles from seawater. However, the extremely slow rate of crust formation (~ 2 mm/ Ma) remains to be poorly explained mainly due to the lack of characterizations for suspended particles in seawater in contact with the crust surface. Although suspended particles have been conventionally collected by water samplers deployed from the ship, it is difficult to collect seawater closely located to the seafloor. Recently, submersibles, which are capable of collecting water samples by observing the seafloor outcrops, provide us opportunities to collect suspended particles above the ferromanganese crusts. The main purpose of this study is (1) to evaluate suspended particles adjacent to the crust surface collected by a submersible, (2) to correlate chemical compositions of collected particles to those of the corresponding crust surface and (3) to validate the submersible-based sampling method to study the formation process of ferromanganese crusts.

Method and samples:

By using a remotely operated vehicle called Hyper Dolphin, deep seawater and crust samples were collected at water depths of 1460-1838 m from Tobu Seamount on the Daito Ridge, Western Pacific. Immediately after retrieval, suspended particles were collected on a filter with 200 nm pore diameter. Thin sections were prepared for crust samples, which were embedded in LR-White resin. Suspended particles on the filter and thin sections of a crust sample at a depth of 1460 m were observed by backscatter electron imaging (BEI) of scanning electron microscopy (SEM) and analyzed by energy-dispersive spectroscopy (EDS) for chemical composition.

Results and discussion:

Among filter samples at seven depths, 1460-m and 1545-m deep samples were abundantly associated with Fe- and Mn-bearing particles. In contrast to the similar size range (average sizes of 1800 and 1600 nm), the Mn/Fe ratio was heterogeneous for the 1460-m deep (0.6-2.5; n=11) and homogeneous for the 1545-m deep sample (0.6-1.1; n=7). Two filter samples at depths of 1614 m and 1753 m were mainly associated with Fe- and Cr-bearing particles. The remaining three samples at depths of 1480 m, 1586 m and 1838 m were not associated with Fe- or Mn-bearing particles but Ca- and C-bearing particles. As for a crust sample at a depth of 1460 m, the homogeneous range of Mn/Fe ratio of ~ 0.8 at the crust surface was shifted to 1.4 towards the inside. The discrepancy in Mn/Fe ratio between suspended particles and the crust surface might be resulted from the contamination of previously collected crust samples in the sample basket. On the other hand, a good agreement in Mn/Fe ratio between the 1460-m deep crust surface (~ 0.8) and the 1545-m deep suspended particles (0.6-1.1) might suggest the natural occurrence of the suspended particles in the vicinity of the crust surface. The Ca- and C-bearing particles are considered to be originally present, while the Fe- and Cr-bearing particles were probably supplied from the metal alloy material used for Hyper Dolphin. It is also known that the dissolution of CaCO₃ particles produced by surface bioproductivity and transported through deep-sea circulation is a major process to provide Fe to the ferromanganese crusts. Hence, the major formation processes are potentially clarified by our sampling method and chemical analysis.

中部・北西太平洋域のマンガクラストに見られる二重構造の意義：資源形成と海洋環境変動

Dual Structure of Ferromanganese Crusts in the Pacific Seamounts: Significance as Resources and Paleoceanographic Record

西圭介^{1*}, 臼井 朗¹, 中里 佳央¹, イアン グラハム²
Keisuke Nishi^{1*}, Akira Usui¹, Nakasato Yoshio¹, Ian Graham²

¹ 高知大学, ² ニュージーランド核研

¹Kochi University, ²Geological and Nuclear science

マンガクラスト(以下クラスト)は鉄・マンガン酸化物を主成分とする化学堆積岩であり、海山などの海底の露岩を平板状(厚さ数 cm から 10cm)に被覆する。多くの有用金属元素(Co, Ni, Pt, REE など)を副成分として含有するため、将来の資源として期待されている。単一の鉄・マンガン酸化鉱物(vernadite)から成っているため、化学組成変動は比較的小さく、Mn/Fe比は1-2, Co, Niなどの副成分は0.5-1.0%の範囲内で変動する(Hein et al., 1987)。近年、北西太平洋にも広範囲にわたり分布することが確認され、100万年に数 mm 程度の非常に遅い速度で成長しているため、長期の環境記録としての可能性が指摘されている(臼井ほか, 1995)。

中部・北西太平洋域(南北3000km, 東西5000km)の複数地点で採取されたクラストの肉眼・顕微鏡観察、鉱物・化学組成分析、年代測定を行った結果、厚いクラスト(概ね10cm以上)の下位には決まって、緻密・硬質で燐酸塩化した構造を持ち、上位とは化学組成も大きく異なる部分(便宜上、下位層と呼ぶ)が共通して認められる。このような異常な組成を示すクラストは、臼井ほか(1987)、Kochinsky(1996)などで報告されているが詳しい記載は少ない。本研究では、二重構造が見られるクラストの詳細な記載を行い、特異的な鉱物・化学組成を示す下位層の形成環境を考察する。

下位層は、Ca, Pの含有率が高く(上位層の約10倍)、燐灰石に富んでいる。主要な構成鉱物は典型的なvernaditeである。燐酸塩化は基盤岩まで達しており、特に石灰岩を基盤岩とするものに多く見られる。一部は玄武岩等の基盤岩の割れ目を石灰質軟泥が埋めており、燐酸塩に置換されたものもある。年代測定(10/9Be)の結果(I. Graham)、二重構造の境界は、誤差を大きいものの概ね12-15Maに集中する。上位層の間隙率が平均18%であるのに対し、下位層は平均9%と非常に低い。下位層で低い値を示すのは、間隙を燐酸塩鉱物が埋めているためである。化学組成の結果(カナダ地質調査所委託)、下位層は、P>Ca>Y>S>Sc>Ni, Zn>Ba>Ce, Srの順で高く、Nb > Ti, Al>Fe>Co>Pbの順で低い。またMn/Fe比が顕著に高く(平均3.3, 最大8.6)、比率は水深規制を受けている。XRFを使用し、二重構造の境界部の元素マッピングを行った結果、燐酸塩化の境界は成長縞に概ね一致する。下位層では粘土鉱物、などの碎屑成分が少なく(低Al)、塊状、成層など上位に認められない特徴的な構造を呈することが多い。緻密な下位層は常に上位層に覆われ、現世の海水に接するクラスト表面には認められない。

このことから、中期中新世(12-15Ma)以前の中層域(現在の水深1000-4000m)は燐酸カルシウムが大量に沈殿しやすい環境だったと推測できる。その環境は現世よりもやや還元的な環境が広がっており、例えば、海洋大循環の衰退などが原因である可能性がある。同時に高Mn, 低Si, Alのほか副成分組成も異なる。現世でも石灰質軟泥の上で燐酸カルシウムが沈殿していることが確認されているため(Baturin, 1978)、燐酸塩化は炭酸塩の存在と関係していた可能性もある。以上のことからクラストに見られる燐酸塩化は前記の両方を満たすときのみ起こったと考えられる。しかし、構造が不明なため、さらに詳細スケールでの分析を行い、鉱物・化学形態明らかにしていく必要がある。

キーワード: マングクラスト, 鉱物資源, 北西太平洋, 海洋環境, 海山

Keywords: ferromanganese crust, mineral resource, NW pacific, marine environment, seamount

マンガンクラスト及び海底熱水鉱床に存在する原核生物の群集構造の特異性と共通性
Uniqueness and commonality of prokaryotic community structures between ferromanganese crusts and hydrothermal polymetall

加藤 真悟^{1*}, 仁田原 翔太², 山岸 明彦²
Shingo Kato^{1*}, Shota Nitahara², Akihiko Yamagishi²

¹ 理化学研究所バイオリソースセンター, ² 東京薬科大学生命科学部

¹RIKEN BioResource Center, ²Tokyo University of Pharmacy and Life Science, Department of Molecular Biology

Approximately 70% of the surface of Earth is the seafloor. Metal deposits have been found on the seafloor in various areas. Sulfide deposits containing metals such as Fe, Cu and Zn, like chimneys or mounds, and iron-silica-rich deposits occur in the present and past hydrothermal fields (e.g., Kato et al., 2009; Hannington et al., 2011). Ferromanganese deposits rich in Co, Cu, Ni and Zn, in addition to Fe and Mn, are found on the deep seafloor of both hydrothermal and non-hydrothermal fields (e.g., Usui and Someya, 1997; Hein et al. 2000). Previous studies have revealed that diverse prokaryotes (Bacteria and Archaea) are present on and within the seafloor metal deposits (e.g., Kato et al., 2010; Nitahara et al., 2011). Considering the wide distribution of the metal deposits on the deep seafloor and the amount of metals concentrated in the deposits, the activities of prokaryotes in the metal deposits potentially contribute to elemental cycling and maintenance of ecosystems in the global ocean. However, our knowledge of prokaryotes (abundance, diversity, distribution, activity and productivity) on the seafloor metal deposits is still poor. Here, we summarize the recent data of diversity and composition of prokaryotic communities in a variety of metal deposits on the deep seafloor using the latest bioinformatics tools. This provides novel insights into the characteristics of prokaryotic communities on the deep seafloor metal deposits. In particular, we discuss the commonality and difference between ferromanganese crusts and other metal deposits on the deep-seafloor.

キーワード: マンガンクラスト, 海底熱水鉱床, 微生物群集

Keywords: ferromanganese crust, hydrothermal polymetallic ores, microbial community