

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、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、また熱水・冷湧水噴出孔から放出された還元態マンガンなどである。これら還元態マンガンが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