

海底マンガン鉱床の地球科学：現状・課題・展望 Marine manganese deposits: Status, subjects, and perspectives.

白井 朗^{1*}
USUI, Akira^{1*}

¹ 高知大学
¹ Kochi University

海底マンガン鉱床とはマンガークラストやマンガン団塊など、およそ水深 1000m 以深の深海底に分布する、有用金属元素を含有する、鉄・マンガン酸化物資源である。北西太平洋域の本格的な調査は主に 2000 年以降に始まり、近年ようやく分布実態が明らかにされつつある。ここでは、起源の異なる（海水起源、初期続成起源、熱水起源）酸化物が、多様な、形態、分布、構造を示す団塊、クラストを形成し、変化に富む”鉱床”を形作っている様子を概観する。さらに我が国の研究調査の歴史、研究手法の進歩、資源評価、偏在の実態と規制要因、元素濃集のメカニズムなどについての知見と課題を整理する。重要な課題としては、1) 海水中での存在形態と沈着のメカニズム、2) レアメタルといわれる有用元素の濃集プロセス、3) 海洋地質、水理環境、生物活動などの海洋環境と資源形成史との関連性、4) ナノ物質としての特徴付け、5) 微生物活動とマンガン酸化物形成環境、6) 陸上鉱床との対比などの課題の大半は未解決である。現代の高精度、高効率の各種分析装置、海洋調査に用いられる新技術、装備、観測装置を用いて、その起源、生成プロセス、資源実態の解明に向けて、多分野の研究者の共同研究体制が必要であり、我が国は非常に有利な状況にある。本講演では、現場調査の具体的成果を踏まえて、進行中の研究の概要、研究課題について解説する。

キーワード: マンガン鉱床, マンガン団塊, マンガークラスト, 北西太平洋, 海山, 地球科学

Keywords: marine manganese deposit, manganese nodule, manganese crust, Northwest Pacific, seamount, geoscience

マンガンクラストの地球化学：これまでにわかったことと今後の調査・研究 Geochemistry of ferromanganese crust: recent scientific results

鈴木 勝彦^{1*}; 後藤 孝介²; 野崎 達生¹; 柏原 輝彦¹; 飯島 耕一¹; 白井 朗³
SUZUKI, Katsuhiko^{1*}; GOTO, Kosuke T.²; NOZAKI, Tatsuo¹; KASHIWABARA, Teruhiko¹; IJIMA, Koichi¹; USUI, Akira³

¹ 海洋研究開発機構, ² 産業技術総合研究所, ³ 高知大学・自然科学系理学部門

¹JAMSTEC, ²GSI, AIST, ³Dept, Natural Science, Kochi Univ.

Ferromanganese crusts (Fe-Mn crusts) are a kind of marine chemical sediment composed of iron and manganese oxides occurring on the surface of seamounts and oceanic plateaus at depths from 400 to 4000 meters below sea level (mbsl) (Hein et al., 2000). Fe-Mn crusts possess especially high concentrations of rare metals such as cobalt, tellurium, and rare earth elements, and are expected as submarine mineral resources. Occurrence, chemical compositions and growth patterns of Fe-Mn crusts are locally variable, and their genesis, growth rates and enrichment processes of elements are required to evaluate Fe-Mn crusts as mineral resources. Therefore, we have been conducting scientific research on genesis of Fe-Mn crusts.

The depositional ages of sublayers in a Fe-Mn crust sample have been determined by the Be-10 isotope system and ultrafine-scale magnetostratigraphy (Oda et al., 2011). Though these methods can provide precise age data of the young part of Fe-Mn crusts (up to 10 million years), development of the method to determine the age of the whole layers is required. Klemm et al. (2005) applied osmium (Os) isotope stratigraphy in which the Os isotopic composition of each Fe-Mn crust layer is measured and matched to the well-known marine Os isotope evolution of the past 80 Ma. We analyzed the Os isotope of the Fe-Mn crusts collected from the Takuyo-Daigo, Ryusei and MC10 (Micronesia) seamounts. The obtained results indicate that the Fe-Mn crusts from Takuyo-Daigo and Ryusei seamounts have the growth rate of approximately 3 mm/million years in the past 15 million years. Also, it is proposed that, though the Fe-Mn crust from MC10 seamount is likely to have grown continuously, those from the Takuyo-Daigo seamount encountered significant changes in growth rates, possibly a growth hiatus, between ca. 15 and 30 million years ago.

We have revealed through speciation of elements by synchrotron X-ray that element concentration in Fe-Mn crusts are well constrained by mode of adsorption on iron (ferrihydrite) and manganese oxides (MnO₂) (Kashiwabara et al., 2008, 2011, 2013, 2014). As for homologous tungsten and molybdenum, for example, Fe-Mn crusts are distinctly more enriched with tungsten than molybdenum. Kashiwabara et al. (2013) conducted EXFS analyses and proposed its mechanism based on the chemical speciation data as follows: Tungsten forms an inner-sphere complex both on iron and manganese oxides, while molybdenum forms an inner-sphere complex on iron oxide and forms an outer-sphere complex on manganese oxide. Such difference in mode of adsorption leads to difference in concentrations of tungsten and molybdenum in Fe-Mn crusts. On the other hand, tungsten abundance of seawater is suggested to be low due to removal of tungsten in seawater driven by its adsorption on Fe-Mn crusts and other Fe-Mn oxides on the seafloor.

キーワード: 鉄マンガンクラスト, 海山, オスミウム同位体層序年代, レアメタル, 錯体

Keywords: ferromanganese crust, seamount, osmium isotope stratigraphy dating, rare metal, coordination complex

再検討：海底マンガニ鉄床の Sr 同位体組成 Sr isotope composition of marine manganese deposits

伊藤 孝^{1*}
ITO, Takashi^{1*}

¹茨城大学教育学部
¹Faculty of Education, Ibaraki University

海水の Sr 同位体比の変動は 1980 年代以降、積極的に復元されており、その成果は、Sr 同位体層序学的な年代決定法としてツールとして、また地球表層における物質循環の評価等、多岐に利用されている。

Sr 同位体層序学をマンガニ鉄床へ適用する試みは、Futa et al. (1988) に端を発する。また、それに続き、Ingram et al. (1990) が二段階抽出法を適用し、成長年代を見積もった。これらの年代に基づき、Hein et al. (1992) は鉄床の層序を記載し、それに基づき古環境の復元を行っている。一方、VonderHaar et al. (1995) は、マンガニ鉄床に対して、様々な溶出法を試み、成長時に取り込んだ Sr の抽出の可能性を探った。しかし、残念ながら成長後に新しい海水 Sr によって一部置換されている、という結論に至っている。本研究では、原点に戻り、より基礎的なデータを得るため、溶出実験を行った。特に、ケイ酸塩砕屑物起源 Sr の影響を最小化するという視点で条件設定を試みた。

使用したサンプルは、均質な粉末を大量に確保できたマンガニ鉄床である。特に、ケイ酸塩砕屑物中の Sr が海水よりも遙かに高い試料に対して、二段階溶出法を試み、ケイ酸塩起源の Sr の溶出についてトレースした。

以下、二段階抽出法における結果のみ述べる。二度目の溶出の際、塩酸を使用すると、その濃度に抛らず、ケイ酸塩起源 Sr の溶出が確認できた。本研究の結果、「ケイ酸塩砕屑物起源 Sr の影響を最小化」という意味においては、一度目、二度目の溶出いずれにおいても、酢酸を用いるのがよい、ということが確認できた。

ここで得られた抽出法を、実際のマンガニ鉄床に適用した結果、あまりにも若い年代が得られた。これは本手法では、初生的な Sr を抽出するに至っていない、もしくは、VonderHaar et al. (1990) の主張のように、後世の海水 Sr によって置換している、の二つの可能性が残された。

キーワード: マンガニ鉄床, マンガニ鉄床, マンガニ鉄床, ストロンチウム, 同位体, 成長速度
Keywords: manganese deposits, manganese crusts, manganese nodules, strontium, isotope, growth rate

北西太平洋に分布するマンガンクラストの古地磁気学的研究 Paleomagnetic study on the ferromanganese crusts recovered from northwest Pacific

野口 敦史^{1*}; 山本 裕二²; 西 圭介³; 臼井 朗⁴
NOGUUCHI, Atushi^{1*}; YAMAMOTO, Yuhji²; NISHI, Keisuke³; USUI, Akira⁴

¹ 高知大学大学院総合人間自然科学研究科, ² 高知大学 海洋コア総合研究センター, ³ 高知大学大学院総合人間自然科学研究科, ⁴ 高知大学理学部門

¹Graduate School Of Integrated Arts and Sciences, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ³Kochi University, ⁴Geology Dept., Kochi Univ.

マンガンクラストには数千万年にわたる海洋環境の記録が残されており、正確な形成年代を決定することで過去の地球環境変動の復元が可能になるのではないかと期待されている。いくつかの先行研究によって、成長速度推定に古地磁気学的手法も適用可能ではないかということが示されつつある。Chan et al. (1985) では、北太平洋 (30°N, 140°W) から採取されたマンガンクラストを厚さ 1 mm の薄板状試料群に整形し、古地磁気学的手法を用いて測定を行い、13 枚の試料に 6 回の極性反転の記録を確認した。Linkova and Ivanov (1993) では、天皇海山列の雄略海山 (32°N, 172°E) から採取されたマンガンクラストを厚さ 2~4 mm の試料群に整形し、測定を行い、10 枚の試料に 6 回の極性反転の記録を確認した。Joshima and Usui (1998) では、西七島海嶺 (31-32°N, 138-139°E) から採取されたマンガンクラストを厚さ 2.5 mm の試料群に整形し、測定を行い、19~29 枚の試料に 7-10 回の極性反転の記録を確認した。Oda et al. (2011) では、SQUID 顕微鏡を用い、85 μm という高分解能での磁気測定の結果を地磁気極性年代表と矛盾なく対比することに成功し、独立に¹⁰Be/⁹Be 法で推定された成長速度 (6.0 ± 0.2 mm/Ma) と整合的な結果 (5.1 ± 0.2 mm/Ma) を得た。

本研究では、北西太平洋 5 地点 (琉球海溝・流星海山・半沢海山・拓洋第 5 海山・ノサップ断裂帯) から採取されたマンガンクラスト試料を対象とし、普遍的に地磁気逆転が記録されているか検証を行った。逆転が記録されているならば、試料の古地磁気極性層序が古地磁気極性年代表と対比可能か検討し、成長速度の推定を試みて、¹⁰Be/⁹Be 法によって独立に推定されている成長速度との比較を行った。具体的には、採取された試料から成長縞に平行に 0.5~1.0 mm 厚の薄板状試料 (各 15~27 枚) を切り出し、自然残留磁化の段階交流消磁および測定を行い、初生磁化方位の分析結果に基づき、古地磁気極性を判定した。

測定・分析の結果、全地点の試料の最表層部に共通して正帯磁層がみられ、さらに表層から深部にかけて 2~8 回の極性反転が確認できた。先行研究の結果も合わせると、北西太平洋に分布するマンガンクラストは普遍的に地磁気逆転を記録していると判断できる。各試料に共通して確認できた最表層部の正帯磁層がブルーン正磁極期 (0~0.78 Ma) に対応すると考え、最表層の年代をゼロと仮定して、試料ごとに最表層部の成長速度を算出すると、成長速度は 2.1-5.0 (mm/Ma) となった。成長速度を一定だと仮定して、推定成長速度から Matuyama/Gauss 境界 (2.58 Ma) ・ Gauss/Gilbert 境界 (3.596 Ma) に対応する深度を算出し、古地磁気極性年代表と比較した結果、2 試料は整合的な対比が可能であった。一方、その他の試料では整合的な対比は不可能であった。このことから、マンガンクラストの成長速度は最表層部とそれ以深では変化しているものが多い可能性が高いことが示された。さらに、本研究によって推定した成長速度を¹⁰Be/⁹Be 法による推定成長速度と比較したところ、4 地点において整合性がみられた。古地磁気学的手法が成長速度推定に潜在的に適用可能である事が改めて示されたといえる。

キーワード: マンガンクラスト, 古地磁気極性, 成長速度

Keywords: ferromanganese crust, paleomagnetic polarity, growth rate

北西太平洋のコバルトリッチクラストの分布と海山の進化について Distribution of Co-rich ferromanganese crusts and evolution of the seamounts in the NW pacific

岡本 信行^{1*}

OKAMOTO, Nobuyuki^{1*}

¹ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

¹ Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

Marine hydrogenetic ferromanganese crusts are known as potential mineral deposits for cobalt, nickel, platinum, rare earths and other metals of emerging economic interest.

The crusts show particularly high concentrations of rare metals for high-technology and green technology and usually cover stable rock outcrops in large areas of crests and slopes of seamounts where pelagic sedimentation is generally low or often lacking, thus the Northwest (NW) Pacific seamount provinces are most promising sites for future deep-sea mining.

The ferromanganese crusts have been studied in this area by a number of scientific researchers from several countries.

Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC) commenced survey cruises for the crusts in 1987. In 2014, JOGMEC also obtained an exclusive license from the International Seabed Authority for the crusts in the high sea of NW Pacific. The area located approximately 600 km offshore of south-east of Minami-tori-shima island in the EEZ of Japan.

However, our scientific knowledge for understanding the origin, nature, environments and economic potentiality is still limited.

The patterns of distribution, resource potential and the relationship to geological parameters were found to be characterized by the potentiality for the ferromanganese crusts little by little. In this presentation, the relationship between crust abundance and diversity in the geological evolution of the seamounts in the NW Pacific is discussed on the basis of bathymetric, geological, geophysical and environmental data.

Keywords: cobalt-rich, ferromanganese crust, northwest Pacific, seamount

鉄マンガン団塊への微量元素の濃集機構：ヒ素及びアンチモン Concentration mechanisms of trace elements on ferromanganese nodule : Arsenic(As) and Antimony(Sb)

上杉 宗一郎^{1*}; 田中 雅人¹; 横山 由佳²; 柏原 輝彦³; 白井 朗⁴; 高橋 嘉夫¹
UESUGI, Soichiro^{1*}; TANAKA, Masato¹; YOKOYAMA, Yuka²; KASHIWABARA, Teruhiko³; USUI, Akira⁴; TAKAHASHI, Yoshio¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 広島大学大学院理学系研究科地球惑星システム学専攻, ³ 独立行政法人海洋研究開発機構, ⁴ 高知大学自然科学系理学部門

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ²Department of Earth and Planetary System Science, Graduate School of Science, Hiroshima University, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁴Natural Science Cluster, Kochi University

Ferromanganese nodules and crusts (marine manganese deposits) are typical chemical deposition at sea floor, and has been focused as metal resource in the world. Marine manganese deposit was known to grow after adsorption and formation of surface complex with trace or useful elements. Thus, marine manganese deposit was considered as a key to reveal geochemical environment since they retain information of the environment when they have formed. Genetic process of marine manganese deposit can be divided into three origins, which are hydrogenetic, diagenetic, and hydrothermal origins.

In this study, we focused on the mechanism of enrichment of arsenic (As) and antimony (Sb) of the trace elements in marine manganese deposit. Antimony has been used as the products such as flame retardant agents of textiles and plastic products, catalysts, and pigments. However, Sb has very high supply risk all over the world (British Geological Survey, 2012). Arsenic and Sb belong to same group in the periodic table. However, it is possible that chemical processes of their incorporation into marine manganese deposit are different, because coordination environment of As and Sb can be very different: As prefers tetrahedral symmetry, while Sb octahedral. Thus, it is possible to clarify the enrichment mechanism of trace elements to the marine manganese deposits based on the the coordination number and surface complex structure for Sb and As.

Therefore, we studied distributions of As and Sb to natural marine manganese deposits and also to synthetic iron hydroxides and manganese oxides in laboratory experiments via adsorption or coprecipitation process. Moreover, extraction rates of As and Sb by phosphoric acid after their adsorption/coprecipitation into iron hydroxides or manganese oxides. Similar experiments were also conducted for natural Fe-Mn nodules. The concentration of As and Sb in natural marine manganese deposits were also measured by ICP-MS after acid decomposition.

From these results, the macroscopic distribution of As and Sb on iron hydroxides and manganese oxides were determined. In addition, X-ray absorption fine structure (XAFS) of these samples were measured at SPring-8 to clarify the chemical species of As and Sb on the surface of the marine manganese deposit. Furthermore, the adsorption forms of As and Sb to marine manganese deposit were also estimated by quantum chemical calculation. From these results, we discuss the enrichment mechanism of As and Sb into marine manganese deposits.

キーワード: 鉄マンガン酸化物, アンチモン, ヒ素, 濃集機構, X線吸収微細構造法

Keywords: marine manganese deposits, antimony, arsenic, concentration mechanism, X-ray absorption fine structure

伊豆・小笠原弧の海底火山活動に伴う現世の鉄・マンガン酸化物の沈殿プロセス Depositional process of Fe-Mn oxide minerals at an active submarine volcano, in the Izu-Bonin Arc

日野 ひかり^{1*}; 臼井 朗¹; 岡村 慶¹; 西 圭介¹
HINO, Hikari^{1*}; USUI, Akira¹; OKAMURA, Kei¹; NISHI, Keisuke¹

¹ 高知大学
¹ Kochi University

Ferromanganese crusts (hereafter called Fe-Mn crusts) consist mainly of Fe and Mn oxides and often cover the hard-rock substrates on the flank and summit of seamounts. Because of a very slow rate of growth (<1-15mm/m.y.), Fe-Mn crusts are considered as condensed stratigraphic record of oceanographic and geologic conditions of the surrounding environment during accretion of the successive laminae at the seafloor (Hein et al., 1992). Even though Fe-Mn crusts form basically by hydrogenetic precipitation, the exact mechanisms of growth and metal enrichments are poorly understood.

We carried out an experimental approach to investigate on-site metal-oxide precipitation on artificial substrates. Mn-free (plastic, glass, ceramic) substrates were deployed for 12 years on the Bayonaise Knoll of a possible hydrothermal area in the Izu-Bonin arc, at depths of 918-920 m. The mineralogical and chemical characterization to the experimental surfaces were documented by field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS).

FE-SEM observations of the surfaces revealed the presence of ball-, doughnut- and rod- shaped structure contain substantial amount of Fe-Mn oxides. These size and shape of the precipitates looks like microorganisms or bacterial mats. The average growth rate of the objects is calculated ave. 0.05-2.79 mm/m.y. The X-ray element mapping of the precipitate showed Mn-Fe enrichment with Si and Ca (without sediments or calcareous planktons) and may be associated with coprecipitation.

This finding was the first evidence of modern active precipitation of initial Fe-Mn oxides from hydrothermal/ normal sea waters in the ocean floors. The Fe-Mn oxides are probably hydrogenetic precipitate of ferruginous vernadite, a major constituent of Fe-Mn crusts. Ferruginous vernadite is the only one major iron-hosting marine authigenic manganese mineral (Usui & Terashima, 1997) and is characterized by low crystallinity caused by randomly-stacked sheets of manganese and iron hydroxides (Ostwarld, 1984). Thus, our data suggests that the precipitation initiates from the formation of Fe-Mn oxide even in hydrothermal areas.

キーワード: マンガンクラスト, 低温熱水活動, ベヨネース海丘, マンガン鉱物, バーナダイト, バイオミネラリゼーション
Keywords: ferromanganese crust, low-temperature hydrothermal activity, bayonaise knoll, manganese mineral, vernadite, biomineralization

九州パラオ海嶺, 流星海山に産する海水起源マンガンクラストの微細層序学的記載 Microstratigraphic description of ferromanganese crusts from the Ryusei Seamount, Kyusyu-Palau Ridge

西 圭介^{1*}; 白井 朗¹; イアン グラハム²
NISHI, Keisuke^{1*}; USUI, Akira¹; IAN, Graham²

¹ 高知大学理学部, ² ニュージーランド地質・核科学研究所
¹Geology Dept., Kochi Univ., ²Institute of Geological and Nuclear Science

海水起源のマンガンクラスト(以下, クラスト)は世界の全海洋で確認されており, 特に北西太平洋域に広く分布している. 本研究では, フィリピン海プレート上, 九州パラオ海嶺周辺に位置する流星海山から採取されたクラストの微細層序, 鉱物・化学組成, Be 同位体の分析を行なった. 流星海山(25° 33' N, 153° 36' E)はフィリピン海プレート上の九州パラオ海嶺付近に位置する大きな火山体の一部を成す円錐形海底海山である. 2011年の調査航海(KY11-02航海)では, ROV ハイパードルフィンを用いて水深 2200-1000m の潜航調査が行なわれ, 計 29 個の試料が採取された.

流星海山のクラストは太平洋プレート上のクラストに比べて石英や斜長石などの碎屑物起源の粒子に富み, 高 Al, Fe, 低 Mn, Co, Ni 濃度を示す. ¹⁰Be/⁹Be 比を試料表層に外挿した年代は測定誤差の範囲内でほぼ 0Ma を示す. 成長速度は 1.7-8.9mm/Myr の範囲で変動しており, Hein et al. (2000) で報告されている中央太平洋のクラストの成長速度より明らかに早い. 鉱物・化学組成分析の結果は, 流星海山のクラストが太平洋プレートのクラストに比べて風成塵や粘土鉱物といった大陸から供給された碎屑物の混入を強く受けていることを示している. クラストに含まれている碎屑物は地質学的な地形や海洋環境とともに, クラストの成長速度や内部構造を規制している可能性が高い.

キーワード: マンガンクラスト, 北西太平洋, 九州パラオ海嶺, 微細層序
Keywords: ferromanganese crust, NW Pacific, Kyusyu-Palau Ridge, stratigraphy

海水起源マンガングラストの新たな記載法 The new method of description in hydrogenetic ferromanganese crusts

中里 佳央^{1*}; 白井 朗¹; 西 圭介¹; 日野 ひかり¹; 田中 雄一郎¹; 安田 尚登¹; 後藤 孝介²;
イアン J. グラハム³
NAKASATO, Yoshio^{1*}; USUI, Akira¹; NISHI, Keisuke¹; HINO, Hikari¹; TANAKA, Yuitiro¹;
YASUDA, Hisato¹; GOTO, Kosuke T.²; IAN J., Graham³

¹ 高知大学, ² 産業技術総合研究所, ³ ニュージーランド地質・核科学研究所

¹Kochi University, ²Geological Survey of Japan, ³Institute of Geological and Nuclear Sciences

Hydrogenetic ferromanganese crusts (hereafter called crusts) on the Pacific seamounts are formed by precipitation of iron-manganese oxides from ambient seawater on volcanic and biogenic substrate rocks. Crusts have been used as potential as record of the Neogene paleoceanographic and paleoclimatic conditions, because of their very slow and continuous growth rates 1 to 10 mm/m.y. . In the paper, the crust has been observed as compressed sediment cores which have incorporated part of the weathered product of the substrate, biogenic, volcanogenic, terrestrial particles such as eolian dust during its growth.

In this study, a selective leaching experiment were applied on the ferromanganese crust from Federated States of Micronesia at water depth of 2262 m.

The leaching procedures used by Koschinsky and Halbach (1995) was modified and optimized a part of sequential leaching experiments. Their work, known selective dissolution procedures were adapted to the treatment of ferromanganese crusts and combined into a leaching sequence that allows for the effective separation of the major mineral phases of crusts from associated metallic components. This study concentrates to observe residual fraction after leaching experiments.

As a result, the polygenetic particles was extracted and clearly observed from the crust. These particles are of different origins such as volcanogenic, biogenic, terrestrial and extraterrestrial materials. In addition, we could observe various morphologies of fossil bacterial magnetites (magnetofossils) in residual fraction. These particles seem to reflect regional and local oceanographic environment. This extraction method will improve mineral and structural description the growth history of Hydrogenetic crusts.

キーワード: マングングラスト, 古海洋環境

Keywords: Ferromanganese crusts, Paleoceanography

北西太平洋の鉄マンガン酸化物資源形成の地域的・年代的普遍性 A wide and abundant distribution of hydrogenetic ferromanganese oxide deposits over the NW Pacific

白井 朗^{1*}; 岸本 清行²; 西村 昭³; 内藤 和也³; 岡本 信行³
USUI, Akira^{1*}; KISIMOTO, Kiyoyuki²; NISHIMURA, Akira³; NAITO, Kazuya³; OKAMOTO, Nobuyuki³

¹ 高知大学, ² 産業技術総合研究所, ³ 石油天然ガス金属資源機構
¹Kochi University, ²AIST, ³JOGMEC

鉄マンガン酸化物はその地域分布の普遍性と組成の多様性の特徴から、レアメタルの低品位大規模鉱床と特徴付けることができる。北西太平洋は、世界的にみて、クラストの豊富な分布が認められている海域であり、我が国がコバルトリッチクラストの探査鉱区を取得した海域を含み、世界各国のマンガンクラストの研究航海や探査活動が集中している。これは、白亜紀に形成された多数の海山群が分布するため、長期間安定な露岩域が普遍的に広がっていることが大きな要因の一つである。しかし、この海域の多様性の概要は未だに不明瞭である。例えば、安定な露岩域がありさえすれば、あらゆる水深で地質時代を通じて生成し続けているのか、という問題などあきらかになっていない。筆者らは、白井ほか(1994)が出版した海底鉱物資源図(1970年代から1994年までの約20000点の試料採取点に基づく)を基にして、それ以降の様々な機関による航海調査成果を追加し、同じ区画(北緯15-50°、統計120-160°)について、マンガン酸化物(団塊とクラスト)の概要分布図を描く。

さらに、未公表の成長年代データを統合して、形成年代とマンガン酸化物の産状・分布を検討した。予察的とりまとめによると、北西太平洋のほぼ全域にわたり、中新世あるいはそれ以前から現在まで、広い水深帯(現在水深で、最深6100mから最浅900mまで)において、成長を続けていることが示唆される。このことは、レアメタル資源としての経済価値の評価、新鉱床の探査手法、古海洋学的環境の復元などの考察において、非常に重要な基礎データとなり、同時に、地球科学情報の記録者およびレアメタルの将来資源としての価値を高めている。

キーワード: 北西太平洋, マンガン, 海水起源, クラスト, レアメタル, 団塊
Keywords: NW Pacific, manganese, hydrogenetic, crust, nodule, rare metal

マンガンクラスト表層の微細成長構造と第四紀の氷期・間氷期サイクルとの対比 Comparison of the microscopic growth structure of the ferromanganese crusts with the glacial-interglacial cycles

高橋 浩規^{1*}; 白井 朗¹; 伊藤 孝²
TAKAHASHI, Hironori^{1*}; USUI, Akira¹; ITO, Takashi²

¹ 高知大学理学部, ² 茨城大学教育学部

¹Faculty of Science, Kochi University, ²Faculty of Education, Ibaraki University

マンガンクラスト(以下クラスト)は、海底の露岩を平板状に被覆する鉄・マンガン酸化物を主成分とした化学堆積岩であり、微細構造に長いレンジの海洋環境の変遷やイベントが記録されている可能性が指摘されている(Sorem and Foster, 1972; 白井, 1998)。一例として、北西太平洋フィリピン海プレート上に位置する正徳海山から採取されたクラスト(D96?m4)では、古地磁気層序による成長速度(Oda et al., 2011)が求められ、さらにEPMA分析の結果によるミランコビッチサイクルとの対応(小田ほか, 2013: JpGU)が指摘されている。

本研究では、上記試料について表層の微細成長構造及び化学組成に注目し、氷期・間氷期サイクルとの対比を試みた。また、北西太平洋域の複数点で採取されたクラストに関して同様の周期的な組成・構造の変化が見られないか検討した。

D96?m4 試料では、枕の形を呈する差し渡し80~100 μ mの枕状構造の出現頻度に応じ縞が観察される。中心部が空隙、周囲がSiを主成分とする粒子で覆われているこの構造により、試料断面において約500 μ m間隔の周期性が形成されることが確認できた。また、D96?m4 試料の断面に見られる互層の周期は、平均成長速度4.9 mm/m.y.を仮定すると約10万年である。これは現世~100万年前に認められる10万年周期の氷期・間氷期サイクルとよい対応を示す。正徳海山周辺の2試料にも、不明瞭ではあるものの枕状構造の発達による10万年周期の縞が確認できるため、この縞は海峡の局地的なものではなく、正徳海山周辺の海洋・地質の周期的な変動によるものであることが示唆される。

したがって、クラストの微細成長構造は氷期・間氷期サイクルを反映する可能性を示すデータである。

キーワード: 鉄マンガンクラスト, 北西太平洋, 成長縞

Keywords: ferromanganese crust, northwestern Pacific, growth layer