

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

白井 朗<sup>1\*</sup>  
USUI, Akira<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 高知大学  
<sup>1</sup> Kochi University

海底マンガング床とはマンガングクラストやマンガング団塊など、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・マンガング酸化物資源である。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グ酸化物形成環境、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: マングング床, マングング団塊, マングングクラスト, 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<sup>1\*</sup>; 後藤 孝介<sup>2</sup>; 野崎 達生<sup>1</sup>; 柏原 輝彦<sup>1</sup>; 飯島 耕一<sup>1</sup>; 白井 朗<sup>3</sup>  
SUZUKI, Katsuhiko<sup>1\*</sup>; GOTO, Kosuke T.<sup>2</sup>; NOZAKI, Tatsuo<sup>1</sup>; KASHIWABARA, Teruhiko<sup>1</sup>; IJIMA, Koichi<sup>1</sup>; USUI, Akira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 高知大学・自然科学系理学部門  
<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>GSI, AIST, <sup>3</sup>Dept, 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 (MnO<sub>2</sub>) (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<sup>1\*</sup>  
ITO, Takashi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>茨城大学教育学部

<sup>1</sup>Faculty 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、ケイ酸塩碎屑物起源 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、ケイ酸塩碎屑物中の 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、「ケイ酸塩碎屑物起源 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<sup>1\*</sup>; 山本 裕二<sup>2</sup>; 西 圭介<sup>3</sup>; 臼井 朗<sup>4</sup>  
NOGUUCHI, Atushi<sup>1\*</sup>; YAMAMOTO, Yuhji<sup>2</sup>; NISHI, Keisuke<sup>3</sup>; USUI, Akira<sup>4</sup>

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

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

マンガ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<sup>10</sup>Be/<sup>9</sup>Be 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、<sup>10</sup>Be/<sup>9</sup>Be 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<sup>10</sup>Be/<sup>9</sup>Be 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: マングクラスト, 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<sup>1\*</sup>

OKAMOTO, Nobuyuki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

<sup>1</sup> 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