

画期的な海底鉱物資源としての含金属堆積物の包括的研究

Comprehensive Research on deep-sea metalliferous
sediments as a new mineral resource

加藤 泰浩 (KATO YASUHIRO)

東京大学・大学院工学系研究科・教授



研究の概要

研究代表者らは最先端技術産業にとって不可欠な資源であるレアアースを豊富に含有する『レアアース泥』が太平洋の広い範囲に存在することを発見した。本研究は (a) 太平洋全域における分布状況、レアアース含有量および存在状態の包括的把握、(b) 資源ポテンシャル評価と有望海域の選定、(c) 海底資源開発へ向けた積極的な政策提言、を行うことを目的とする。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・地球・システム工学

キーワード：海底鉱物資源、資源探査、グローバル物質循環

1. 研究開始当初の背景

レアアースは、Nd-Fe-B 磁石、蛍光体など我が国の最先端技術産業に不可欠な元素であり、その需要の急増により新たな供給源の確保が火急の国家的課題となっている。こうした状況の中、我々は、レアアースを豊富に含有した『深海底含金属堆積物（レアアース泥）』が太平洋に広範に分布していることを発見した。この新規資源は、従来の海底鉱物資源（マンガンノジュール・クラスト鉱床、海底熱水性硫化物鉱床）の総資源量を3桁も上回る膨大なものである。レアアース泥は①レアアース濃度が非常に高い、②層厚がおそらく数十メートルの堆積物であり、資源量が膨大かつ探査が容易、③開発の障害となるウラン、トリウムなどの放射性元素の含有量が低い、④希酸によりほとんど全ての有用元素が容易に回収できるなど、資源としてまさに理想的な特長を有している。この新発見の資源は主に公海上に存在しているが、国際海底機構への鉱区申請を経て我が国が開発できる可能性がある資源であり、国家的課題であるレアアース資源の安定確保へ向けた切り札となることが期待される。

2. 研究の目的

本研究は、この新規資源「レアアース泥」について、(a) 太平洋全域における分布状況、レアアースの含有量および存在状態の包括的把握、(b) 資源ポテンシャル評価と有望海域の選定、(c) 海底資源開発へ向けた積極的な政策提言、を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、北中南米沖から日本近海までの太平洋全域からすでに採取されている Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program (DSDP/ODP) のボーリングコア65本（分析予定総試料数4,746個）の堆積物コア試料を研究対象とする。採取した試料は、まず実体顕微鏡およびスミアスライドによる基礎的記載、粉末X線回折装置（XRD）による構成鉱物の同定を行う。そして、蛍光X線分析装置（XRF）による主成分元素分析と誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）によるレアアース・微量元素分析を行い、堆積物の地球化学データの収集に努める。また、レアアースおよび他のレアメタルの酸・アルカリによるリーチング実験を行い、ホスト相毎のレアアース含有量と存在状態について、より詳細な情報を得る。

分析によって得られた大量の化学組成データについては、独立成分分析により解析を行う。独立成分分析は比較的新しい多変量解析方法であり、統計学的に独立な起源成分を抽出することができる。全岩化学組成やリーチングの結果と組み合わせることで、レアアース泥の起源物質と生成プロセスが完全に解明されるはずである。さらに、ボーリングコアに含まれる過去数千万年間分のレアアース泥形成の記録とテクトニクスから読み解く海嶺熱水活動の変遷を対比することで、ボーリングコアが存在しない空白域での資源量の高精度予測が可能となり、より確度の高い有望海域の選定ができると期待される。

これらの重要な基礎情報については、資源エネルギー庁やJOGMECなどの関係機関と十分な意見交換を行い、最終的には海底資源開発のための具体的な政策提言を行うことを目指す。

4. これまでの成果

研究代表者らは、平成22年度までに確保した堆積物コア78本（総試料数2,037個）の全岩化学分析を行い、太平洋全域の資源ポテンシャルマッピングをとりまとめた。その結果、レアアースを高濃度で含有する「レアアース泥」が太平洋の広い範囲に分布していることが明らかになった。

レアアース泥は南東太平洋および中央太平洋に広く分布しており、南東太平洋のレアアース泥は総レアアース濃度が1,000～2,230ppmと非常に高く、特に最先端技術産業に重要な重レアアースを200～430ppm含有している。ただし、層厚は2～10m程度と薄い。一方、中央太平洋のレアアース泥の濃度は400～1,000ppm程度（重レアアース濃度：70～180ppm）であるが、層厚は30m～70mと厚いことが特長である。これらの分布域にレアアース泥が一様に分布すると仮定すると、その資源量は陸上レアアース鉱床埋蔵量の1,000倍を超える莫大なものである。独立成分分析を用いた解析を行った結果、レアアースを濃集させたメカニズムは鉄質懸濁物質とフィリップサイトによる海水中のレアアースの吸着であることが明らかとなった。また、希酸（0.5mol/L HClなど）に室温で1～3時間浸けるだけでレアアースの97%以上を容易に回収できることや、開発や製錬の際に大きな問題となるトリウムやウランなどの放射性元素をほとんど含まないことなども確認され、資源として有利な特長を数多く備えた極めて有望な新規レアアース資源であることが明らかとなった。この研究成果は2011年7月4日にNature Geoscience誌に発表し、国内のみならず国外のメディアから繰り返し報道され、大変な反響を呼んだ。

また、平成23年度には、日本EEZ内である南鳥島周辺海域にレアアース泥が存在することを確認した（2012年6月28日に発表）。南鳥島EEZ内で採取されたDSDP/ODPコア試料のデータによると、南鳥島のレアアース泥の総レアアース濃度は1,000ppmを超え、その資源量はSite 800周辺だけでも日本の年間消費量の約230倍に相当する量であると推定される。しかし、南鳥島のDSDP/ODPコア試料は回収率が悪く、本数も少ないという問題点があったため、研究代表者らはJAMSTECと共同で南鳥島周辺海域の航海調査（2013年1月21日～31日）を行い、南鳥島南東250kmの海域で7本のピストンコア試料を採取した。これらのコアからは、こ

れまでの常識を覆すような総レアアース含有量6,600ppmに達する超高濃度レアアース泥が発見され、さらに超高濃度泥は海底面下2～4mの浅い深度に存在していることが明らかとなった。この成果については2013年3月21日にJAMSTECと東京大学で共同記者会見を行い、これも大きく報道された。

こうした研究成果については自由民主党や東京都庁が強い関心を示しており、2013年2月20日には経済産業省・JOGMEC主催の「南鳥島海域のレアアース泥に関する勉強会」が開催された。また、研究代表者らは三井海洋開発や東亜建設工業、太平洋セメント、IHIなどの企業とも実開発に向けた共同研究を展開しつつある。

5. 今後の計画

平成25年度以降は、テキサスA&M大学や高知コアセンター、南鳥島航海で得られたコアなどを用いて、更なる地球化学データの蓄積・解析を行っていく。これらのデータを堆積物の堆積年代データと組み合わせることで、太平洋全域における過去数千万年の元素の分布や物質循環を復元することができ、最終的にはレアアース泥を生み出す地球のダイナミクスを明らかにすることができるかと期待される。それにより、コア試料の存在しないデータの空白域が補完され、太平洋全域の資源量の高精度予測と確度の高い有望海域の選定が可能になると予想される。そしてこれらの成果をもとに海底レアアース開発を実現させ、我が国を“資源立国”へ導きたいと考えている。

6. これまでの発表論文等（受賞等も含む）

Kato, Y., Fujinaga, K., Nakamura, K., Takaya, Y., Kitamura, K., Ohta, J., Toda, R., Nakashima, T. and Iwamori, H.: Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements, *Nature Geoscience*, vol.4, 535-539, 2011

Kato, Y., Fujinaga, K. and Suzuki, K.: Marine Os isotopic fluctuations in the early Eocene greenhouse interval as recorded by metalliferous umbers from a Tertiary ophiolite in Japan. *Gondwana Research*, vol.20, 594-607, 2011

大田隼一郎・藤永公一郎・高谷雄太郎・加藤泰造: ハワイ南東方沖におけるレアアース泥の資源ポテンシャル評価, *資源地質*, vol. 62, 197-209, 2012

加藤泰造: 太平洋のレアアース泥が日本を救う, PHP新書, 253p, 2012

ホームページ等

http://egeol.geosys.t.u-tokyo.ac.jp/kato_ykato@sys.t.u-tokyo.ac.jp