

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2010～2014

課題番号：22226015

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Comprehensive research on deep-sea metalliferous sediments as a new mineral resource

研究代表者

加藤 泰浩 (Yasuhiro, Kato)

東京大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40221882

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 121,300,000円

研究成果の概要(和文)：研究代表者らは、最先端産業にとって不可欠なレアアースを高濃度で含む「レアアース泥」が太平洋の広域とインド洋の東部に分布していることを発見した。全岩化学分析、放射光による微小領域分析および独立成分分析による統計解析の結果、レアアース泥は堆積速度が非常に遅い海域において、熱水性の鉄質懸濁物質と生物源アパタイトがレアアースを濃集して生成することが明らかとなった。さらに、南鳥島EEZにおいても総レアアース濃度が中国の陸上鉱床の約20倍に達する「超高濃度レアアース泥」の存在を確認した。レアアース泥は2013年に閣議決定された新しい海洋基本計画にも組み込まれ、実開発に向けた取り組みが産学官で進展中である。

研究成果の概要(英文)：We discovered a deep-sea sediment with high concentration of rare-earth elements and yttrium (REY), termed as "REY-rich mud", is widely distributed in the Pacific and Indian Oceans. The REY-rich mud constitutes a new resource for REY, essential for modern high-tech products. Our results of bulk sediment geochemistry, synchrotron X-ray radiation analysis, and statistical multivariate analysis demonstrated that the REY-rich mud occurs via accumulation processes of REY in hydrothermal Fe-Mn particulates and biogenic apatite with very low sedimentation rates. In the Japanese exclusive economic zone around Minamitorishima Island, we also discovered "extremely REY-rich mud" containing ~20 times higher REY contents compared to on-shore Chinese deposits. The future development of REY-rich mud has been included in the latest Japanese "Basic Plan on Ocean Policy". We are now deploying various efforts to develop the mud through collaboration among government, industry, and academia.

研究分野：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、様々なハイテク機器や低環境負荷技術に用いられる Nd-Fe-B 磁石や蛍光体などの原料として、我が国の最先端技術産業に不可欠な元素である。その需要は世界的に急増しており、今後もさらなる需要増加が見込まれていることから、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)』が太平洋に広範囲に分布していることを見いだした。このレアアース泥の資源量は、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と予想される。さらに、レアアース濃度が非常に高い、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、分布が層状かつ広範囲にわたって一様であるために探査が容易、開発の障害となるウラン、トリウムなどの放射性元素をほとんど含まない、希酸によりほとんどのレアアースを容易に回収できるなど、資源として有利な特長を数多く備えており、まさに『夢の資源』と言えるものである。レアアース泥は主に公海上に存在しているが、国際海底機構 (ISA) への鉱区申請を経ることで我が国がこの資源を開発することは可能である。さらに、もし日本の領海や排他的経済水域 (EEZ) 内でレアアース泥を発見することができれば、ISA への鉱区申請を経ること無く我が国が独自に開発を進めることも可能となる。いずれにしても、この新資源は我が国の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

本研究では、この新規資源「レアアース泥」について、(1) 太平洋全域における分布状況と、レアアースの含有量および存在状態についての包括的な把握、(2) レアアース泥の資源ポテンシャル評価と実開発に向けた有望海域の選定、および (3) レアアース泥の開発へ向けた積極的な政策提言、を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、以下の方法を用いて研究を遂行した。

(1) 試料採取：テキサス A&M 大学および高知コアセンターに保管されている、太平洋およびインド洋から得られた Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program (DSDP/ODP) のボーリングコア 56 本から総計 5,446 個の堆積物コア試料を採取した。これに研究代表者らが既に確保していた太平洋のコア 37 本 (3,472 試料) を合わせて、総計 93 本 (総試料数 8,918 個) を研究に供した。さらに、国立研究開発法人海洋研究開発機構

(JAMSTEC) と共同で、日本の EEZ である南鳥島周辺海域の航海調査を行い、新たに採取されたピストンコア 25 本から得られた総計 1,470 個の試料も本研究に用いた。

(2) 基礎的記載：実体顕微鏡およびスミアスライドによる基礎的記載を行った。また、粉末 X 線回折 (XRD) を行い、構成鉱物の同定を行った。

(3) 全岩化学組成分析：蛍光 X 線分析装置 (XRF) による主成分元素分析 (10 元素) 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 (33 元素) を行った。これにより、後述の統計解析および資源ポテンシャル評価に用いる堆積物コア試料の大規模な地球化学データセットを構築した。

(4) リーチング実験：選別したレアアース泥試料を用いて、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、詳細な情報を取得した。また、酸の種類とリーチング条件 (時間、温度、溶媒) を様々に変えた実験を行うことで、実開発を念頭に置いた、リーチング条件の最適化を行った。

(5) 統計解析：(3) によって得られた膨大な地球化学データセットを用いて、独立成分分析による統計解析を行った。独立成分分析は「データ構造の非正規性」を利用する比較的新しい多変量解析方法であり、従来の手法 (主成分分析など) では得られない統計学的に独立な起源成分を抽出することができる。これにより、レアアース泥の起源物質と生成プロセスについて検討した。

(6) 資源ポテンシャル評価：(3) によって得られた全岩化学分析結果から、太平洋およびインド洋におけるレアアース泥の 3 次元分布状況を詳細に把握した。また、それをもとにレアアース泥開発に向けた有望海域を選定し、資源ポテンシャル評価を行った。

4. 研究成果

本研究による主要な成果は以下の通りである。

(1) 太平洋のレアアース泥

太平洋から得られたボーリングコア 74 本 (総試料数 6,726 個) について、基礎的記載および全岩化学分析を行った結果、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 (Kato et al., 2011 *Nature Geoscience*)。

太平洋のレアアース泥は、南東太平洋および中央太平洋に広く分布しており (図 1)、南東太平洋のレアアース泥は総レアアース濃度が 1,000 - 2,230 ppm と非常に高く、特に産業上重要な重レアアースを 200 - 430 ppm 含有している。ただし、層厚は 2 - 10 m 程度と薄い。一方、中央太平洋のレアアース泥の

濃度は 400 – 1,000 ppm 程度 (重レアース濃度: 70 – 180 ppm) であるが、層厚は 30 – 70 m と厚いことが特長である。これらの分布域にレアース泥が一樣に分布すると仮定すると、その資源量は陸上レアース鉱床埋蔵量の 1,000 倍を超える莫大なものとなる。

また、独立成分分析を用いた解析を行った結果、レアース泥は堆積速度が非常に遅い海域において、熱水性の鉄質懸濁物質と生物源アパタイトがレアースを濃集して生成することが明らかとなった。さらに、放射光 X 線を用いた XAFS や μ -XRF による微小領域分析の結果、堆積物中のレアースの現在のホスト相はアパタイトであることも分かった (Kashiwabara et al., 2014)

リーチング実験の結果、レアース泥は、希酸 (0.5 mol/L HCl など) に室温で ~1 時間浸けるだけでレアースの 90% 以上を容易に回収できることが明らかとなった (高谷ほか, 2014; Takaya et al., 印刷中)。また、リーチング溶液と残渣の双方とも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んでおらず、レアース泥が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ース資源であることが確認された。

この研究成果については、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。

(2) 南鳥島 EEZ のレアース泥

研究代表者らが太平洋やインド洋で発見したレアース泥は、いずれも公海上 (一部は他国の EEZ 内) の資源である。もし日本の領海や EEZ 内でレアース泥を発見することができれば、我が国が独自に開発を進めることも可能となる。我が国の領海・EEZ のうち、南東太平洋や中央北太平洋と同様のレアース泥が分布している可能性が高いのは、我が国の領土で唯一太平洋プレート上にある南鳥島周辺の海域である。プレートテクトニクスにより、南鳥島は過去にレアース泥が堆積した海域を通過してきたため、堆積層内に高品位のレアース泥が存在すると推

定される。そこで、DSDP/ODP コア試料のうち、南鳥島周辺海域で得られた 4 本のコア (Site 199, 800, 801, 878) について検討を行った。その結果、南鳥島周辺海域には総レアース濃度が 1,000 ppm を超える高品位のレアース泥が分布しており、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 (加藤ほか, 2012)。この研究成果については、2012 年 6 月 28 日に発表し、国内の新聞・テレビで大きく取り上げられた。

しかし、南鳥島の DSDP/ODP コア試料は回収率が悪く、掘削地点数も少ないため、詳細なレアース泥の分布把握は困難であるという問題点があった。そこで、研究代表者らは JAMSTEC と共同で南鳥島周辺海域の航海調査 (KR13-02 航海, 2013 年 1 月 21 日 ~ 31 日) を行い、南鳥島の南方 250 km 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、総レアース含有量 6,600 ppm に達する世界最高品位の『超高濃度レアース泥』が発見された (図 2)。この超高濃度レアース泥のレアース含有量は、中国の陸上鉱床の約 20 倍にも達する。さらに、この超高濃度層は海底面下 2 – 4 m の浅い深度に存在していることも明らかとなった (Kato et al., 2013; Fujinaga et al., 2013)。また、船上からの音波探査 (サブボトムプロファイラー) により観測された地下構造イメージは、ピストンコア試料のレアース濃度の深度分布や岩相の変化とよく対応しており、レアース泥の出現深度や厚さについての情報を船上から効率的に取得できることが分かった (Nakamura et al., 2013)。これらの成果については 2013 年 3 月 21 日に JAMSTEC と東京大学で共同記者会見を行い、これも国内外で大きく報道された。

さらに研究代表者らは、2013 年度、2014 年度も引き続き南鳥島の航海調査を行った (MR13-E02 Leg2, KR14-02, MR14-E02, MR15-E01 Leg2)。これらの航海により採取されたピストンコア 25 本、総計 1,470 個の試料の全岩化学組成を検討した結果、南鳥島南方海域に超高濃度レアース泥が広範囲に分布しており、この海域が実開発を行う上で最も有望であることが示された (藤永ほか, 2015)。この海域におけるレアース資源量を計算すると、日本の年間消費量の ~2000 年分をまかなえる莫大な量の資源が眠っていることも明らかになった (大矢ほか, 2015)。一方、南鳥島の北方海域には超高濃度レアース泥の分布は認められなかった。

南鳥島の超高濃度レアース泥の特徴の一つとして、生物源アパタイトを多量に含むことが挙げられる (大田ほか, 2014)。これらのアパタイトは粒径が 20 – 100 μ m 程度と比較的粗粒であり (大田ほか, 2015)、10,000 – 20,000 ppm に達する非常に高いレアース濃度を持つことが報告されている (Kon et al., 2014)。独立成分分析を用いた多元素デー

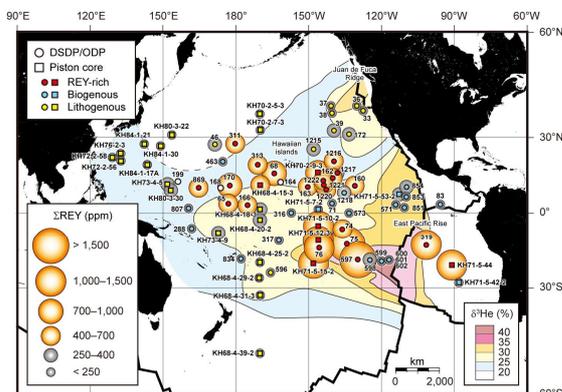


図 1 太平洋におけるレアース泥の水平分布 (< 2 m の表層) (Kato et al., 2011 Nature Geoscience)

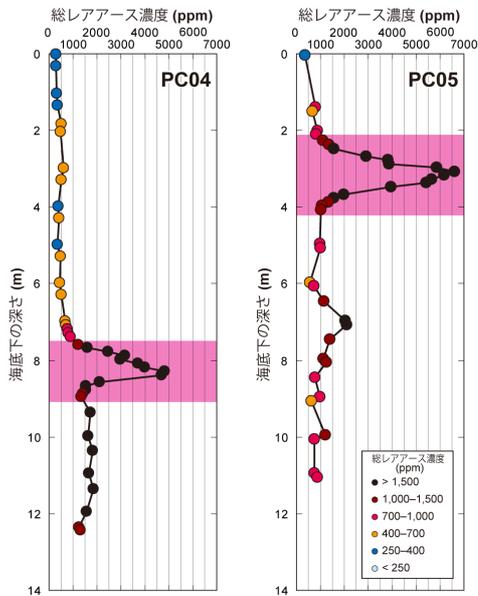


図2 南鳥島の超高濃度レアアース泥 (Kato et al., 2013)

タセットの統計解析においても、超高濃度レアアース泥の特徴としてリン、カルシウム、レアアースが強い正相関を示す独立成分が抽出されており、超高濃度泥中のレアアース濃集はこのアパタイトによるものであると考えられる(安川ほか, 2015)。

これら南鳥島レアアース泥に関する研究成果については、現在発表準備を進めており、Takaya et al. (印刷中) ほか5編の論文が公表される予定である。

(3) インド洋のレアアース泥

インド洋におけるレアアース泥の分布を確認すべく、ボーリングコア19本(総試料数2,192個)について太平洋と同様の検討を行った。その結果、東部インド洋において、総レアアース濃度が最大で1,100 ppmに達し、層厚が50 mにおよぶレアアース泥の存在を世界で初めて確認した(Yasukawa et al., 2014; Yasukawa et al., 印刷中)。ただし、これらは海底面下75 - 120 mの深部に分布しているため、現時点での開発は難しいと考えられる。

この研究成果は Journal of Asian Earth Sciences 誌に掲載され、産経新聞や日本経済新聞でも報道された。

(4) レアアース泥開発に向けた政策提言

以上の研究成果は、Nature Geoscience 誌の公表直後から経済産業省、文部科学省、国土交通省などの関係官庁や、東京都庁、小笠原村などの地方自治体が強い関心を示しているほか、自由民主党、民主党、共産党、公明党などの主要政党からも注目されている。特に自由民主党は2012年の衆議院および2013年の参議院選挙でレアアース泥開発に向けた探査・技術開発を選挙公約に掲げているなど、本研究成果は世の中に強いインパク

トを与えた。このような状況の中、以下のような産学官によるレアアース泥開発に向けた様々な取り組みがはじまっており、研究代表者はこれに積極的に関与し、提言を行っている。

南鳥島 EEZ 内での超高濃度レアアース泥が発見されたことで、レアアース泥は2013年4月に閣議決定された新たな海洋基本計画に組み込まれ、『将来のレアアース資源としてのポテンシャルを検討するための基礎的な科学調査・研究を行う』ことが明記された。また、平成25年度以降3年間程度で、レアアース泥の概略資源量・賦存状況調査を行い、将来の開発・生産を念頭に広範な技術分野の調査・研究を実施するという、国による政策的な取り組み方針・位置づけが提示された。また、それを受けて独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)主催の「南鳥島のレアアース泥に関する勉強会」(全4回、2013年2~6月)が開催され、2013年11月にはその結果に基づいてレアアース泥開発に向けた長期研究・開発計画が策定された。また、独立行政法人海上技術安全研究所主催の「レアアース泥に関する勉強会」(全5回、2014年1~7月)も開催され、商業生産を念頭に置いた課題の抽出を行うとともに、現存機材を活用した揚泥試験方法が提案された。このように、レアアース泥の実開発に向けた取り組みは現在急ピッチで進行中である。

また、産業界からの強い要請も受け、研究代表者らは2014年11月に「東京大学レアアース泥開発推進コンソーシアム」を民間企業11社と共同で設立し、将来的なレアアース泥の開発に向けて、採泥・揚泥、製錬、残泥処理など具体的な開発システムの検討を開始している。レアアース泥の開発システムについては、海洋石油生産で多く用いられている Floating Production, Storage and Offloading system (FPSO: 浮体式海洋石油・ガス生産貯蔵積出設備)を応用したシステムを提案している。海底からレアアース泥を引き上げる揚泥システムに関しては、国内の海洋石油開発会社と共同で研究を進めており、圧縮空気を送り込んで泥に空気を混ぜ、密度を軽くして引き揚げる「エアリフト」を大水深に適用するために改良した「加圧型エアリフト」という技術手法が検討されている。さらに、超高濃度レアアース泥に含まれるアパタイトは粒径が20 - 100 μm程度と比較的粗粒であることから、海底で粒径選別を行うことにより、揚泥の効率とレアアース泥開発の経済性を劇的に引き上げることができると考えられる。揚泥されたレアアース泥中のレアアースはHClを用いてリーチングされることが計画されている。リーチング溶液については、支援船による陸上工場への輸送後、既存の製錬手法によりレアアースを沈殿・回収することが想定されている。また、レアアース抽出後の残泥については、国内の海洋土

木会社やセメント会社と共同で処理方法について検討しており、適切な処理を加えることで埋め立てや建設用の資材としての「資源化」の目途が立ちつつある。

以上のように、本研究の目的である「レアアース泥の分布状況と、レアアースの含有量および存在条件の包括的把握」、「資源ポテンシャル評価と実開発に向けた有望海域の選定」、「開発へ向けた積極的な政策提言」については、当初の目標をはるかに超えた大きな成果を上げることができたと自負している。今後は本研究で得られた資源情報を政府機関や企業と共有しつつ、南鳥島レアアース泥開発の実現を目指していきたいと考えている。

<引用文献>

- Kato et al., *Nature Geoscience*, vol. 4, 2011, 535-539.
Kashiwabara et al., *Chemistry Letters*, vol. 43, 2014, 199-200.
高谷ほか, *Journal of MMIJ*, vol. 130, 2014, 104-114.
Takaya et al., *Geochemical Journal* (印刷中).
加藤ほか, 資源地質学会, 2012.6.27-29, 東京都文京区.
Kato et al., 日本地球惑星科学連合, 2013.5.19-24, 千葉県千葉市.
Fujinaga et al., 日本地球惑星科学連合, 2013.5.19-24, 千葉県千葉市.
Nakamura et al., 日本地球惑星科学連合, 2013.5.19-24, 千葉県千葉市.
藤永ほか, 日本地球惑星科学連合, 2015.5.24-28, 千葉県千葉市.
大矢ほか, 日本地球惑星科学連合, 2015.5.24-28, 千葉県千葉市.
大田ほか, 日本地質学会, 2014.9.13-15, 鹿児島県鹿児島市.
大田ほか, 日本地球惑星科学連合, 2015.5.24-28, 千葉県千葉市.
Kon et al., *Resource Geology*, vol.64, 2014, 47-57.
安川ほか, 日本地球惑星科学連合, 2015.5.24-28, 千葉県千葉市.
Yasukawa et al., *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 93, 2014, 25-36.
Yasukawa et al., *Geochemical Journal* (印刷中).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計41件)

- Takaya, Y., Fujinaga, K., Yamagata, N., Araki, S., Maki, R., Nakamura, K., Iijima, K. and Kato, Y., Chemical leaching of rare earth elements from highly REY-rich mud, *Geochemical Journal*, 査読有 (印刷中)
Yasukawa, K., Nakamura, K., Fujinaga,

K., Machida, S., Ohta, J., Takaya, Y. and Kato, Y., Geochemistry of deep-sea sediments in the Indian Ocean: Implications for the potential distribution of REY-rich mud in the Indian Ocean, *Geochemical Journal*, 査読有 (印刷中)

Nakamura, K., Fujinaga, K., Yasukawa, K., Takaya, Y., Ohta, J., Machida, S., Haraguchi S. and Kato, Y., REY-Rich Mud: A Deep-Sea Mineral Resource for Rare Earths and Yttrium, *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths*, 査読無, vol. 46, 2015, 79-127.

Iwamori, H. and Nakamura, H., Isotopic heterogeneity of oceanic, arc and continental basalts and its implications on mantle dynamics. *Gondwana Research*, 査読有, 2014, DOI: 10.1016/j.gr.2014.09.003. (印刷中)

Yasukawa, K., Liu, H., Fujinaga, K., Machida, S., Haraguchi, S., Ishii, T., Nakamura, K. and Kato, Y.: Geochemistry and mineralogy of REY-rich mud in the eastern Indian Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences*, 査読有, vol.93, 2014, 25-36.

Nozaki, T., Kato, Y. and Suzuki, K., Re-Os geochronology on the Hitachi volcanogenic massive sulfide deposit: The oldest ore deposit in Japan. *Economic Geology*, 査読有, vol. 109, 2014, 2023-2034.

高谷雄太郎・平出隆志・藤永公一郎・中村謙太郎・加藤泰浩, 化学リーチングによるレアアース泥からのレアアース回収方法の検討 - レアアース泥の開発と工学的利用に向けて -, *Journal of the Mining and Materials Processing Institute of Japan*, 査読有, vol.130, 2014, 104-114.

Kashiwabara, T., Toda, R., Kato, Y., Fujinaga, K., Takahashi, Y. and Honma, T., Determination of host phase of lanthanum in deep-sea REY-rich mud by XAFS and μ -XRF using high-energy synchrotron radiation. *Chemistry Letters*, 査読有 vol.43, 2014, 199-200.

Sato, H., Onoue, T., Nozaki, T. and Suzuki, K., Osmium isotope evidence for a large impact event in the Late Triassic. *Nature Communications*, 査読有, vol. 4, 2013, 2455. DOI: 10.1038/ncomms3455
Nozaki, T., Kato, Y. and Suzuki, K.: Late Jurassic ocean anoxic event: evidence from voluminous sulphide deposition and preservation in the Panthalassa. *Scientific Reports*, 査読有, vol.3, 2013, 1889. DOI: 10.1038/srep01889

Nakamura, K., Toki, T., Mochizuki, N., Asada, M., Ishibashi, J., Nogi, Y.,

Yoshikawa, S., Miyazaki, J. and Okino, K., Discovery of a new hydrothermal vent based on an underwater, high-resolution geophysical survey. *Deep-Sea Research Part I*, 査読有, vol. 74, 2013, 1-10.

Kawagucci, S., Nozaki, T., Kato, Y. (他 15 名), Post-drilling changes of fluid discharge and mineral deposition patterns and fluid chemistry in seafloor hydrothermal activity of the Iheya-North hydrothermal field, Okinawa Trough. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 査読有, vol. 14, 2013, 4774-4790.

Nakamura, K., Watanabe, H., Miyazaki, J., Takai, K. (他17名), Discovery of new hydrothermal activity and chemosynthetic fauna on the Central Indian Ridge at 18°-20°S. *PLoS ONE*, 査読有, vol.7, 2012, e32965. DOI:10.1371/journal.pone.0032965

大田隼一郎・藤永公一郎・高谷雄太郎・加藤泰浩, 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*, 査読有, vol. 62, 2012, 197-209.

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. 査読有, *Nature Geoscience*, vol. 4, 2011, 535-539.

[学会発表](計 68 件)

加藤泰浩, レアアース開発推進コンソーシアムは何を目指すべきか - 最新の研究成果を踏まえて -, 東京大学レアアース泥開発推進コンソーシアム キックオフ・シンポジウム, 2014.11.7, 東京都文京区 (Keynote)

Kato, Y., Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a new mineral resource for rare-earth elements. International Conference on Rare Earth Materials, 2013.4.26-28, Wroclaw, Poland.(Invited)

Kato, Y., Deep sea mud in the Pacific Ocean as a new mineral resource for rare-earth elements (REE), The Pacific Economic Cooperation Council (PECC) International Project 2011-2012: Sustainable Management of Marine Resources, 2012.12.4-5, Auckland, New Zealand. (Invited)

Kato, Y., Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a new mineral resource for rare-earth elements, 8th International Conference on f-Elements, 2012.8.26-31, Udine, Italy. (Keynote)

Kato, Y., 太平洋のレアアース泥が日本を

救う, 日本希土類学会・30周年記念国際シンポジウム, 2012.11.7-9, 沖縄県那覇市. (Invited)

[図書](計 1 件)

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

[その他]

研究室ホームページ

<http://egeo1.geosys.t.u-tokyo.ac.jp/kato>
東京大学レアアース泥開発推進コンソーシアム

<http://www.ducr.u-tokyo.ac.jp/jp/research/rare-conso/index.html>

東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター主催シンポジウム「レアアースのすべてを語る - 海底レアアース泥の探査・開発から削減技術、製錬、リサイクルまで」(2012.7.20, 参加者数 330 名)

<https://www.t.u-tokyo.ac.jp/tpage/topics/2012/12071002.html>

東京大学プレスリリース「全く新しいタイプのレアアースの大鉱床を太平洋で発見」(2011.7.4)

<http://www.t.u-tokyo.ac.jp/tpage/release/2011/070401.html>

東京大学プレスリリース「南鳥島沖で世界最高濃度のレアアース泥を発見 - 海底面下 2~4 m の浅い深度に、6,600 ppm に達する超高濃度レアアース泥が分布 - 」(2013.3.21)

<http://www.t.u-tokyo.ac.jp/epage/release/2013/2013032101.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 泰浩 (KATO, Yasuhiro)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号: 4 0 2 2 1 8 8 2

(2) 研究分担者

岩森 光 (IWAMORI, Hikaru)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野・分野長
研究者番号: 8 0 2 2 1 7 9 5
中村 謙太郎 (NAKAMURA, Kentaro)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授
研究者番号: 4 0 5 1 2 0 8 3

(3) 連携研究者

藤永 公一郎 (FUJINAGA, Koichiro)
東京大学・大学院工学系研究科・特任研究員
研究者番号: 9 0 4 0 9 6 7 3
野崎 達生 (NOZAKI, Tatsuo)
独立行政法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター・研究員
研究者番号: 1 0 5 5 3 0 6 8