

東部インド洋深海底堆積物の地球化学的特徴: インド洋レアアース泥の発見 Geochemical features of deep-sea sediment in the eastern Indian Ocean: the first report of the Indian REY-rich mud.

安川 和孝^{1*}, 劉 漢捷¹, 藤永 公一郎¹, 原口 悟¹, 加藤 泰浩², 石井 輝秋³
Kazutaka Yasukawa^{1*}, LIU, Hanjie¹, Koichiro Fujinaga¹, Satoru Haraguchi¹, Yasuhiro Kato², Teruaki Ishii³

¹ 東大・工・システム創成, ² 東大・資源エネルギーフロンティアセンター, ³ 深田地質研究所
¹ Sys. Innovation, Univ. of Tokyo, ² FRCER, Univ. of Tokyo, ³ Fukada Geological Institute

近年, 深海底堆積物の全岩化学分析により, 南東太平洋および中央太平洋の海底に高濃度のレアアースを含む堆積物が存在することが明らかとなった [1]. この「レアアース泥」は, 極めて有望な新規レアアース鉱床として注目されている. しかしながら, 太平洋以外の海域についてはこれまで, レアアース泥の存在の報告事例はない.

本研究では, Deep Sea Drilling Project により掘削された東部インド洋の深海底堆積物コア試料の全岩化学分析結果から, インド洋においても最大 1,100 ppm を超える総レアアース濃度をもつ堆積物が存在することを確認した. 本発表は, このインド洋レアアース泥の地球化学的特徴について初めて報告するものである.

[1] Kato et al. (2011) Nat. Geosci., 4, 535-539.

キーワード: 深海底堆積物, インド洋, レアアース

Keywords: deep-sea sediment, Indian Ocean, rare-earth elements

南鳥島沖 EEZ 内で発見されたマンガンノジュール密集域：ノジュールの産状と化学組成

Mn nodule field discovered in the EEZ around the Minami-torishima Island: occurrence and geochemistry of nodules

町田 嗣樹^{1*}, 中村 謙太郎², 藤永 公一郎³, 加藤 泰浩³, 石井 輝秋⁴, 平野 直人⁵

Shiki Machida^{1*}, Kentaro Nakamura², Koichiro Fujinaga³, Yasuhiro Kato³, Teruaki Ishii⁴, Naoto Hirano⁵

¹ 早稲田大学創造理工学部, ² 海洋研究開発機構, ³ 東京大学院工学系, ⁴ 深田地質, ⁵ 東北大学東北アジア研

¹School Creative Sci. Engineering, Waseda Univ., ²JAMSTEC, ³Graduate School of Engineering, Univ. of Tokyo, ⁴Fukada Geol. Inst., ⁵Center for NE Asian Studies, Tohoku Univ.

海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の深海潜水調査船支援母船「よこすか」による YK10-05 航海において行われた、有人潜水調査船「しんかい 6500」を用いた潜航調査 (第 1207 潜航: 観察者、石井) によって、南鳥島の東約 300 km の排他的経済水域 (EEZ) 内にマンガンノジュールが高密度に分布する場所を発見した。そこは、比高約 400 m、直径約 5000 m の小海山であり、山頂から北西へ延びる尾根の頂部、さらには山腹の比較的平坦な部分にまで達する広範囲かつ高密度にマンガンノジュールが分布していた。「しんかい 6500」によって観察した場所は、事前のマルチビーム音響探査により非常に強い音響後方散乱強度を示した場所に当たる。同様な音響データを示す場所は、南鳥島 EEZ 内に他にも複数発見されており、これらも広大なマンガンノジュールフィールドである可能性がある。本発表では、上記の「しんかい 6500」第 1207 潜航で観察されたマンガンノジュールの分布範囲と形態に加え、ノジュールの全岩化学組成分析結果について報告する。

キーワード: 南鳥島 EEZ, マンガンノジュール

Keywords: EEZ around the Minami-torishima Island, Mn nodule

赤色粘土の磁気特性とレアアース含有量の関係について

Possible relationship between magnetic properties and rare-earth content of pelagic red clay

山崎 俊嗣^{1*}Toshitsugu Yamazaki^{1*}¹ 東京大学大気海洋研究所¹ AORI, University of Tokyo

炭酸カルシウム及びシリカ（オパール）をほとんど含まない遠洋性粘土（pelagic clay）は、生物生産量が大きい沿岸域や赤道域・高緯度域を除く外洋域で、かつ水深が CCD より深い海域に分布している。その色から赤色粘土（red clay）とも呼ばれ、その分布は海洋底の約 40 % を占め広大である。石灰質・珪質微化石をほとんど含まず年代決定が容易ではないことや、堆積速度が数 mm/1000 年と極めて遅いことなどから、これまで古海洋学や古地磁気学の研究対象とされることは少なかった。ところが、Kato et al. (2011) により、レアアース含有量が極めて高い遠洋性粘土が太平洋に広く分布していることが示され、資源ポテンシャルの観点から注目されるようになった。本発表では、レアアース資源泥の成因解明や探査指針の一助とすることを目的として、遠洋性粘土について、岩石磁気的特性を中心にレビューする。

堆積物中のレアアース含有量が高くなるための必要条件の一つは、堆積速度が極めて遅いことと考えられるが、遠洋性粘土の年代推定は、石灰質・珪質微化石をほとんど含まないことから容易ではない。そこで、年代推定手法として古地磁気層序が期待されるが、2?3 Ma より古い遠洋性粘土では、明瞭な古地磁気逆転パターンが得られない場合が多いことが以前より知られている (Kent and Lowrie, 1974; Yamazaki and Katsura, 1990, Yamazaki and Ioka, 1997)。その原因としては、極端に堆積速度が遅いため多数の地磁気逆転が堆積物の短い深度幅の中に記録されることになり、見かけ上不安定な磁化のように見える可能性もあるが、遠洋性粘土に特有の何らかの二次的磁化を獲得している可能性もある。2?3 Ma という年代は、北半球に氷床が発達し全球的に寒冷化が進んだ時期であり、太平洋の堆積物においては風成塵のフラックスが急激に増加したことが知られていて、遠洋性粘土でも風成塵起源と思われるヘマタイトの増加が報告されている (Yamazaki and Ioka, 1997)。遠洋性粘土の残留磁気安定 / 不安定境界がこの年代に対応するよう見えることは、安定な古地磁気記録を担う強磁性鉱物を風成塵が供給している可能性を示唆している。レアアース含有量の観点からは風成塵は希釈成分であり、含有量を下げることになる。従って、遠洋性粘土では、古地磁気層序の上では磁化が不安定に見える場合にレアアース含有量が高い、という関係にある可能性がある。

Kato et al. (2011) にレアアース含有量の分析結果が報告されている ODP のコアのうち、磁化率測定値が報告されているものについて比較を行ったところ、レアアース含有量と磁化率のコア深度方向の変化パターンは非常に良く似ていて、レアアース含有量が多い部分では磁化率が大きいことが判明した。磁化率は、第一近似としては堆積物中に含まれる強磁性鉱物の量を反映し、遠洋性粘土の場合、主要な強磁性鉱物はマグネタイトまたはそれが酸化したマグヘマイトである。外洋域の堆積物においては、磁性鉱物の起源は、生物（走磁性バクテリア）起源と陸源に大別され、生物源マグネタイトが主要な部分を担っていることが最近明らかになってきた (Roberts et al., 2012; Yamazaki and Ikehara, 2012)。磁化率とレアアース含有量が同調した変化をする理由は明らかでない。一つの可能性として、炭酸カルシウムやシリカによりレアアースと強磁性鉱物の両方が希釈されることにより、同調した変化を示すことが考えられるが、そもそも遠洋性粘土は石灰質・珪質微化石をほとんど含まないため、磁化率の変化は希釈効果で説明するには大きすぎる。詳細な堆積速度変化が求められている遠洋性粘土コアは少ないが、堆積量変化と磁化率変化の相関は必ずしも良くないようであり、これは磁化率変化は希釈効果だけでは説明できないことを支持している。別の可能性として、もし熱水活動起源の強磁性鉱物が堆積物中の強磁性鉱物の主要な部分を占めていれば、熱水起源の鉄質懸濁物質に吸着されるレアアース含有量と磁化率の相関が良くなることが考えられる。熱水活動起源の強磁性鉱物のフラックスは不明であり、現時点では堆積物中の強磁性鉱物の主要な割合を占めているとは考えられていないが、極端に堆積速度が遅い場合には主要である可能性もある。今後、遠洋性粘土に含まれる強磁性鉱物についての詳細な岩石磁気学的研究が必要である。

(引用文献は、英文要旨をご参照下さい)

キーワード: 赤色粘土, 遠洋性粘土, 古地磁気, 岩石磁気, 磁化率, 風成塵

Keywords: red clay, pelagic clay, paleomagnetism, rock magnetism, magnetic susceptibility, eolian dust

南鳥島沖 EEZ 内におけるサブボトムプロファイラを用いたレアアース泥の広域探査 Areal survey of rare-earth mud using sub-bottom profiler in the Minami-torishima EEZ

中村 謙太郎^{1*}, 町田 嗣樹³, 飯島 耕一¹, 西尾 嘉朗¹, 町山 栄章¹, 鈴木 勝彦¹, 加藤 泰浩², 藤永 公一郎², 原口 悟², 安川 和孝², 大田 隼一郎², 野崎 達生¹, KR13-02 乗船者一同¹

Kentaro Nakamura^{1*}, Shiki Machida³, Koichi Iijima¹, Yoshiro Nishio¹, Hideaki Machiyama¹, Katsuhiko Suzuki¹, Yasuhiro Kato², Koichiro Fujinaga², Satoru Haraguchi², Kazutaka Yasukawa², Junichiro Ohta², Tatsuo Nozaki¹, KR13-02 cruise members¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学院工学系, ³ 早稲田大学創造理工学部

¹JAMSTEC, ²Graduate School of Engineering, Univ. of Tokyo, ³School Creative Sci. Engineering, Waseda Univ.

レアアース泥は、太平洋の海底に広く分布する、レアアースに富んだ深海底堆積物である (Kato et al., 2011)。この泥は、(1) 膨大な存在量が期待されること、(2) 特に Dy, Tb などの重レアアースを多く含むこと、(3) 放射性元素 (U, Th など) をほとんど含まないこと、そして (4) 希酸で容易にレアアースを抽出できること、などレアアース資源として有利な特長をいくつも兼ね備えていることから、新たなレアアース資源として注目されている。

昨年、このレアアース泥が我が国の南鳥島沖 EEZ 内にも存在することが確認されたことから、その開発への期待は一段と高まっている。この、南鳥島沖 EEZ 内のレアアース泥は、過去の国際深海掘削計画によって採取された二本のコア (DSDP Hole198A, ODP Hole 800A) において確認されたものである。しかし現在まで、南鳥島沖 EEZ 内では、その他の掘削およびピストンコア観測は行われていないことから、レアアース泥の詳細な分布 (深度、層厚、分布) はわかっていない。また、そもそもレアアース泥は新しく発見された海底鉱物資源であり、その探査法そのものも、確立されていない。有効な広域探査手法が確立されれば、有望海域の絞り込みや資源量の把握を効率的に進めることが可能となり、この新たな資源の実態解明と開発に向けて重要な貢献をすることになると考えられる。

発表者らは、南鳥島沖 EEZ 内においてサブボトムプロファイラを用いたレアアース泥の探査を行い、有望な結果を得た。本発表では、その調査の結果について報告する。

キーワード: レアアース, 資源, 泥, 南鳥島, 深海, サブボトムプロファイラー

Keywords: Rare earth elements, Seafloor resources, mud, Minami-Tori-Shima island, deep-sea, sub bottom profiler

南鳥島 EEZ 内に分布するレアアース泥の地球化学的特徴とその成因 Geochemical features and origin of REY-rich mud in the Minami-torishima EEZ

藤永 公一郎^{1*}, 加藤 泰浩², 中村 謙太郎³, 鈴木 勝彦³, 町田 嗣樹⁴, 原口 悟¹, 安川 和孝¹, 大田 隼一郎¹, 飯島 耕一³, 町山 栄章³, 西尾 嘉朗³, 野崎 達生³, KR13-02 乗船者一同³

Koichiro Fujinaga^{1*}, Yasuhiro Kato², Kentaro Nakamura³, Katsuhiko Suzuki³, Shiki Machida⁴, Satoru Haraguchi¹, Kazutaka Yasukawa¹, Junichiro Ohta¹, Koichi Iijima³, Hideaki Machiyama³, Yoshiro Nishio³, Tatsuo Nozaki³, KR13-02 cruise members³

¹ 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻, ² 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, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科

¹Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, ²Frontier Research Center for Energy and Resources, University of Tokyo, ³JAMSTEC, ⁴Department of Resources and Environmental Engineering, Waseda University

We report the distribution, bulk chemistry, mineral composition, origin, and chemical features of the rare-earth elements and yttrium-rich mud (REY-rich mud) in the exclusive economic zone (EEZ) around Minami-torishima.

Keywords: rare earth elements (REEs), REY-rich mud, deep-sea mineral resource

南鳥島周辺における深海底レアアース泥の調査航海 (KR13-02) 速報

Reports from KR13-02 cruise on spacial discription of REY-rich mud on deep-sea floor around Minami-Tori-Shima Island

鈴木 勝彦^{1*}, 加藤 泰浩², 飯島 耕一¹, 中村 謙太郎¹, 西尾 嘉朗¹, 町山 栄章¹, 藤永 公一郎², 町田 嗣樹³, 原口 悟², 安川 和孝², 大田 隼一郎², 野崎 達生¹, KR13-02 乗船者一同¹

Katsuhiko Suzuki^{1*}, Yasuhiro Kato², Koichi Iijima¹, Kentaro Nakamura¹, Yoshiro Nishio¹, Hideaki Machiyama¹, Koichiro Fujinaga², Shiki Machida³, Satoru Haraguchi², Kazutaka Yasukawa², Junichiro Ohta², Tatsuo Nozaki¹, KR13-02 cruise members¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学院工学系, ³ 早稲田大学創造理工学部

¹JAMSTEC, ²Graduate School of Engineering, Univ. of Tokyo, ³School Creative Sci. Engineering, Waseda Univ.

太平洋の深海底には、海嶺の熱水活動によって供給された鉄-マンガンが、酸化的な海水と触れることによって酸化されて堆積した鉄-マンガン酸化物が存在する。この鉄-マンガンに富む深海底堆積物に高濃度のレアアースが含まれていることが 2011 年 7 月に報告された (Kato et al., Nature Geosci., 2011)。太平洋中央海嶺で生成した太平洋プレート上には、同様のレアアースに富む堆積物が存在することが予測される。

我々は、日本の排他的経済水域内で唯一、太平洋プレート上にある南鳥島周辺を、本年 1 月海洋研究開発機構の研究船がいろいろによって調査航海を行い (KR13-02)、サブボトムプロファイラーで堆積物と基盤岩の構造を観察すると共に、ピストンコーラーによって海底泥を採取した。本発表では、今回の研究航海で得られた成果について報告する。

キーワード: レアアース, 資源, 泥, 南鳥島, 深海

Keywords: Rare earth elements, Seafloor resources, mud, Minami-Tori-Shima Island, deep-sea

南鳥島レアアース泥 -総括-

REY-rich deposits around Minamitorishima -General overview-

加藤 泰浩^{1*}, 鈴木 勝彦², 藤永 公一郎³, 中村 謙太郎², 町田 嗣樹⁴, 原口 悟³, 安川 和孝³, 大田 隼一郎³, 飯島 耕一², 町山 栄章², 西尾 嘉朗², 野崎 達生², 岩森 光⁵, KR13-02 乗船者一同²

Yasuhiro Kato^{1*}, Katsuhiko Suzuki², Koichiro Fujinaga³, Kentaro Nakamura², Shiki Machida⁴, Satoru Haraguchi³, Kazutaka Yasukawa³, Junichiro Ohta³, Koichi Iijima², Hideaki Machiyama², Yoshiro Nishio², Tatsuo Nozaki², Hikaru Iwamori⁵, KR13-02 cruise members²

¹ 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, ² 海洋研究開発機構, ³ 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻, ⁴ 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科, ⁵ 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻
¹Frontier Research Center for Energy and Resources, University of Tokyo, ²JAMSTEC, ³Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, ⁴Department of Resources and Environmental Engineering, Waseda University, ⁵Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

We report general overview of REY-rich deposits in the EEZ (Exclusive Economic Zone) around Minamitorishima.

Keywords: rare-earth elements (REEs), REY-rich mud, deep-sea mineral resource

キンバーライトとその捕獲岩中の I/Br 比とそれらの産出地域による系統的分類 Systematic differences of I/Br ratios in kimberlites and their xenoliths related to their origin

遠山 知亜紀^{1*}, 村松康行¹, 角野 浩史², 山本 順司³, 中井 俊一⁴, 兼岡 一郎⁴

Chiaki Toyama^{1*}, Yasuyuki Muramatsu¹, Hirochika Sumino², Junji Yamamoto³, Shun'ichi Nakai⁴, Ichiro Kaneoka⁴

¹ 学習院大・理・化学, ² 東大院理・地殻化学, ³ 北大・総合博物館, ⁴ 東大・地震研

¹ Dep. Chemistry, Gakushuin Univ., ² GCRC, Univ. of Tokyo, ³ HoUM, Hokkaido University, ⁴ ERI, Univ. of Tokyo

キンバーライトはマントル起源の火山岩で、超塩基性でありながら H₂O や CO₂ などの揮発性成分に富む特異的な特徴を持つ。また、希ガス同位体組成の研究から、キンバーライトは深部マントル由来の希ガスを保持していることが報告されている (e.g., Sumino et al., 2006)。ハロゲン元素は水に選択的に取り込まれ易く、また、岩石の溶融やメルトの脱ガスなどの過程において元素間で異なる挙動を示す。これにより、ハロゲン元素は海水や間隙水、堆積物等で異なる元素比を示すため、海洋や海底堆積物に関連した地下流体の起源や挙動を調べるトレーサーとして用いられている (Fehn et al., 2003)。最近では、流体を含むプレートの沈み込みなどの物質循環を探るトレーサーとしても利用が期待されている (Sumino et al., 2010)。このことから、キンバーライトのハロゲン元素組成とその特徴を調べ、産出地や噴出年代と比較することで、キンバーライトマグマが生成するマントルでのハロゲン元素の分布やその起源に関する知見を得られる可能性がある。

そこで、我々は 6 地域のキンバーライトとマントル橄欖岩捕獲岩の Cl, Br, I を測定し、各産出地域の特徴やその起源を考察した。試料は南アフリカ産キンバーライトとその捕獲岩 12 個と、中国産キンバーライト 10 個、グリーンランド産キンバーライト 8 個、ブラジル産キンバーライト 2 個、ロシア産キンバーライトとその捕獲岩 6 個、カナダ産キンバーライト 1 個の計 39 個である。試料からハロゲンを分離する方法は Pyrohydrolysis 法 (Muramatsu et al., 2008) を改良したものをを用いた。分離後、捕集溶液中の Br, I 濃度を ICP-MS (Agilent 7500, 7700) で、Cl 濃度をイオンクロマトグラフィー (ISC-1500) で測定した。

分析の結果、キンバーライトは I/Br 比において 2 つのグループに分類できることが分かった。そこで、本研究では南アフリカ (South Africa) のように I/Br 比が高いキンバーライトを Group S (I/Br 比: 1×10^{-1})、中国 (China) のように I/Br 比が低いものを Group C (I/Br 比: 6×10^{-3}) と分類した。これらの結果と様々な物質の I/Br 比を比較したところ、前者の Group S は、玄武岩や橄欖岩などのマントルを構成する岩石と同様の I/Br 比を持っていることが分かった。南アフリカ産キンバーライトの捕獲岩の I/Br 比も Group S に分類された。このことから、Group S の I/Br 比は一般的なマントルの値を示していると考えられる。また、南アフリカ、グリーンランド、ブラジル、カナダ産のキンバーライトが地域や噴出年代が異なるにも関わらず似た I/Br 比を示し、さらに、ロシア産キンバーライトの捕獲岩の 1 つも Group S に分類されることから、マントルの I/Br 比は均一で、これらのキンバーライトが噴出した数億年の間は変化していないと考えられる。また、Group S の I/Br 比は CI コンドライトの値 (I/Br 比: 1×10^{-1} [Anders and Ebihara, 1982]) とほぼ一致することから、地球形成時に保持された始源的な I や Br がマントルに存在する可能性が考えられる。

一方、後者の Group C は I/Br 比の低い物質との mixing の可能性が考えられる。同様の I/Br 比は海水の影響を受けているとされるエクロジャイト中の流体包有物 (Svensen et al., 2001) で見られ、海水を蒸発させた時の海水の I/Br 比が似た変動トレンドを示すことが報告されている (Zherebtsova and Volkova, 1996)。このことから、これらのキンバーライトは分別した海水起源のハロゲン元素の影響を受けていると考えられる。

また、ロシア産試料 R-1 のオリビンの包有物中のハロゲン分析を行った結果、Group S と C の中間の I/Br 比を示した (角野 他、未公表データ)。これはキンバーライトマグマの上昇過程の早期に晶出したオリビンの組成が Group S、または、それに近かった可能性を示す。さらに、ロシア産キンバーライトの捕獲岩の 3 つの内 1 つは Group S、残りの 2 つは Group C に分類されたことから、ロシアの大陸下マントルがキンバーライトの噴出時には既に海水起源のハロゲン元素の影響を受け、部分的に Group C の組成になっていたと考えられる。

以上から、Group S の組成を持ったキンバーライトマグマが上昇する過程で、周辺のマントル物質を取り込んだ結果、ロシア産キンバーライトそのものは Group C の組成を示すようになったと考えられる。

キーワード: キンバーライト, ハロゲン元素, I/Br 比, 南アフリカ, 中国, ロシア

Keywords: Kimberlite, halogen, I/Br ratio, South Africa, China, Russia

キンバーライト中のオリビン斑晶中に含まれる複数の希ガス成分：いかにして起源マントルの組成を読み取るか？

Intrinsic and secondary noble gas components in olivine in kimberlites: how to reveal their source compositions?

北村 文彦^{1*}, 角野 浩史¹, 松藤 京介¹, 長尾 敬介¹, 兼岡 一郎², KAMENETSKY, Vladimir S.³, KAMENETSKY, Maya B.³, GAFFNEY, Amy M.⁴, DONATTI-FILHO, Jose P.⁵

Fumihiko Kitamura^{1*}, Hirochika Sumino¹, MATSUFUJI, Kyosuke¹, Keisuke Nagao¹, Ichiro Kaneoka², KAMENETSKY, Vladimir S.³, KAMENETSKY, Maya B.³, GAFFNEY, Amy M.⁴, DONATTI-FILHO, Jose P.⁵

¹ 東大院理地殻化学, ² 東大地震研, ³ オーストラリア・タスマニア大学, ⁴ アメリカ・ローレンス・リバモア国立研究所, ⁵ ブラジル、カンピーナス州立大学

¹Geochemical Research Center, Grad. School Sci., Univ. Tokyo, ²Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo, ³ARC Centre of Excellence in Ore Deposits and School of Earth Sciences, Univ. Tasmania, Australia, ⁴Lawrence Livermore National Laboratory, USA, ⁵Institute of Geosciences, Univ. of Campinas, Brazil

キンバーライトはダイヤモンドを地表にもたらした火山岩であり、その起源はダイヤモンドが安定に存在しうる地下150km以深と考えられているが [1]、十分明らかにされていない [2]。

我々はキンバーライト中のオリビンに含まれる希ガスの同位体分析を通してその起源に迫ることを試みてきた。Sumino et al. (2006) [3] はロシア・シベリア地方のウダチナヤキンバーライト [4] に含まれるオリビン斑晶に、ブルーム起源のネオンが含まれることを報告した。このことはウダチナヤキンバーライトの起源がマントル深部、おそらく下部マントルかコア・マントル境界であることを強く示唆する。すなわちキンバーライトには地球深部を探る情報源としての可能性があり、その一般性の検証が望まれる。

本研究では同地に加え、西グリーンランド [5] およびブラジル・ブラウナ地方 [6] で産出したキンバーライト中に含まれるオリビン斑晶の希ガスを分析した。希ガス抽出には、流体包有物中に濃集しているマグマ起源希ガスを選択的に抽出する破砕法を主として用いた。

ウダチナヤキンバーライト中の³He/⁴He比は多くの試料で6Ra (Raは大気Heの同位体比) 前後の値を示した。これは同地の大陸下マントル由来の捕獲岩の値(3Ra)に比べて2倍ほど高く、角野ほか(2012)[7]で報告されたウダチナヤダイヤモンドの値と一致する。また、ネオンおよびアルゴンの同位体比が示す傾向は、ブルームの痕跡を有するものと大陸下マントルの影響を強く受けているものに分かれた。さらに、サイズの小さな斑晶ほどより大陸下マントルの影響を強く受けていた。このことは、上昇してきたブルームが大陸下マントルの下部で滞留している間にダイヤモンドを形成した後、キンバーライトマグマを生成して地表に噴出するという角野ほか(2012)で示されたモデルを追認するものである。また、キンバーライトマグマの上昇過程でマグマの希ガス組成が周囲の大陸下マントルの希ガスによって書き換えられ、変化する過程を示していると考えられる。このことは、キンバーライトマグマがその上昇過程で、周囲のマントルを取り込みその組成を変化させていくモデル [8] と整合的である。

一方、西グリーンランドの試料はヘリウム同位体比が1.5 Ra前後のグループと0.5 Ra前後のグループに分かれた。ネオン同位体比も前者がシベリア大陸下マントルに近い傾向を示したのに対し、後者は核反応起源成分の寄与がさらに強い同位体比を示した。後者に見られる核反応起源成分にはフッ素起源の²²Neの付加も認められるため、オリビンに含まれるフッ素に富むメルトないし鉱物の包有物中で、噴出後に生成したものと考えられる。西グリーンランドキンバーライトのオリビン中に含まれる、マグマ起源と考えられる³Heの平均濃度はウダチナヤキンバーライトの約三分の一であり、マグマ起源の希ガス含有量が少なかったか、もしくは現在までに失われたことを示唆する。加えて西グリーンランドキンバーライトは噴出年代が約600 Ma [9] とウダチナヤキンバーライト (約347 Ma, [10]) より古いため、噴出以後に蓄積した放射壊変起源・核反応起源成分によって希ガス組成が支配されており、マントルに関する情報をほとんど失っているのだと考えられる。

ブラウナキンバーライトにはこの傾向がさらに顕著であり、³He/⁴He比が0.02Ra前後と、ほぼ放射壊変起源の⁴Heのみが含まれる。ネオンの組成も核反応起源成分の強い影響のみが観測され、マグマ成分の寄与は全くみられなかった。

以上の結果は、キンバーライトはマグマ起源の希ガス成分を保持しうるかどうか、個々の試料がおかれた環境やたどってきた歴史によって大いに異なることを示している。また、ウダチナヤの試料のようにマントル由来の成分を保持している場合でも、上昇の過程で周囲の大陸下マントルの汚染を受け、組成が変化していくことが明らかになった。従って、キンバーライトからより深部の情報を読み取るためには、注意深い試料の選別や分析が求められるとともに、含まれるダイヤモンドなどを合わせた総合的な研究が必要になると考えられる。

参考文献

[1] Haggerty (1994) EPSL 122, 57-69.

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SGC54-09

会場:201A

時間:5月20日 11:15-11:30

- [2] Smith (1983) Nature 304, 51-54.
- [3] Sumino et al. (2006) GRL 33, L16318.
- [4] Kamenetsky et al. (2008) J. Petrol. 49, 823-839.
- [5] Gaffney et al. (2007) GCA 71, 2820-2836.
- [6] Donatti-Filho et al. (2012) Chemical Geology, in press.
- [7] 角野ほか (2012) JpGU 2012 Meeting, SGC55-04.
- [8] Russel et al. (2012) Nature 481, 352-356.
- [9] Larsen et al. (1983) Lithos 16, 215-221.
- [10] Maas et al. (2005) Geology 33, 549-552.

キーワード: キンバーライト, 希ガス, オリビン, シベリア・ウダチナヤ, グリーンランド, ブラジル・ブラウナ
Keywords: kimberlite, noble gas, olivine, Udachnaya, Siberia, Greenland, Brauna, Brazil

ピトケアン島の Os 同位体比と PGE 存在度 - EM-1 成分の起源についての考察 Highly siderophile elements and Os isotope systematics of EM-1 basalts from Pitcairn Island

仙田 量子^{1*}, 羽生 毅¹, 石川 晃², 川畑 博¹, 高橋 俊郎¹, 鈴木 勝彦¹

Ryoko Senda^{1*}, Takeshi Hanyu¹, Akira Ishikawa², Hiroshi Kawabata¹, Toshiro Takahashi¹, Katsuhiko Suzuki¹

¹IFREE, JAMSTEC, ² 東京大学・総合文化研究科

¹IFREE, JAMSTEC, ²The University of Tokyo

It is well known that recycled materials are involved in producing the chemical and isotopic heterogeneities observed in oceanic island basalts (OIB). The type of recycled material present in the Enriched Mantle 1 (EM-1) source has been widely debated. Oceanic crust with pelagic sediment, delaminated subcontinental lithospheric mantle (SCLM), subducted oceanic plateaus, continental lower crust, and just single melting process involving pristine mantle have all been invoked as contributing to EM-1 flavor source (e.g., Chauvel et al., 1992; Hauri and Hart, 1993; Gasperini et al., 2000; Ishikawa et al., 2007; Collerson et al., 2010). The chemical composition of EM-1 is characterized by, for example, radiogenic Sr, unradiogenic Nd, unradiogenic Pb and radiogenic Os isotope compositions compared to the depleted mantle.

We have measured Os isotope ratios and PGE abundances in basalts from Pitcairn Island, south Pacific, which represent strong EM-1 flavor to identify the possible source components of these magmas. The range of the Os isotope ratios (0.138-0.161) have a similar to or slightly higher than those measured in previous studies on EM-1-type basalts (-0.150). The highly siderophile elements (HSE) patterns are characterized by fractionation between IPGE (Os, Ir, Ru) and PPGE (Pt, Pd). Among IPGE, Ir abundances of some basalts show depleted pattern compared to Os and Ru. The HSE patterns of the basalts from Pitcairn Island are clearly different from the HSE pattern of MORB (Rehkamper et al., 1999; Bezos et al., 2005). We will discuss the components of the source mantle of EM-1 and the magma genesis of Pitcairn Island basalts combining our data with previous studies.

キーワード: Os 同位体組成, EM-1, 海洋島玄武岩, 白金族元素存在度

Keywords: Os isotope ratio, EM-1, OIB, HSE abundance

Geochemical characterization of lavas from the Oku Volcanic Group, Cameroon Volcanic Line, West Africa Geochemical characterization of lavas from the Oku Volcanic Group, Cameroon Volcanic Line, West Africa

Asobo Nkengmatia Asaah^{1*}, Tetsuya Yokoyama¹, Festus Tongwa Aka², Tomohiro Usui¹, Mengnjo Jude Wirmvem³, Boris Chako Tchamabe³, Takeshi Ohba³, Gregory Tanyileke², Joseph Victor Hell²

Asobo Nkengmatia Asaah^{1*}, Tetsuya Yokoyama¹, Festus Tongwa Aka², Tomohiro Usui¹, Mengnjo Jude Wirmvem³, Boris Chako Tchamabe³, Takeshi Ohba³, Gregory Tanyileke², Joseph Victor Hell²

¹Department of Earth and Planetary Science, Tokyo Institute of Technology, Japan, ²IRGM Yaounde, Cameroon, ³Tokai University, Japan

¹Department of Earth and Planetary Science, Tokyo Institute of Technology, Japan, ²IRGM Yaounde, Cameroon, ³Tokai University, Japan

Understanding the origin and evolution of magma along the Cameroon Volcanic Line (CVL) has been a fundamental issue within the last 4 decades. The CVL is broadly divided into the oceanic, ocean continent boundary (OCB), and continental sectors, based on its lead and helium isotopic compositions. Mantle geochemistry using isotopes has been intensively studied in the oceanic islands and the OCB zones. On the contrary, very few isotopic data exist on the other volcanic centres of the continental CVL. As a result, most conclusions on this sector are drawn based on major and trace element data. In order to complement the understanding of the entire CVL, we are carrying out a detailed geochemical study of rocks from the Oku Volcanic Group (OKVG) located in the north eastern part of the CVL. As the first stage of the investigation, we here report preliminary geochemical data for eight volcanic rocks, alongside high quality literature data for rocks from the same area. Oku Volcanic Group lavas range from primitive mafic to highly differentiated felsic lavas. Major element compositions (wt. %) are; SiO₂ = 35-78.7; Al₂O₃ = 10.1-27.2; MgO = 0.005-11.9; CaO = 0.09-11.15; Fe₂O₃t = 1.8-13.85. This compositional variation favours a fractional crystallisation model for the continuous evolution from a parent mafic magma to the more evolved felsic lavas. The high (La/Yb)_N ratio (mean of 14.1) in most samples is an indication of melting in the presence of residual garnet. The low (< 66.5) Mg # of most mafic lavas of the OKVG confirms that they solidified from fractionated melts. Based on K₂O/Na₂O ratios, mafic rocks with Mg# = 47.7-66.3 in this area are further classified as sodic alkali basalts (K₂O/Na₂O < 1, dominant species), with one sample from the Lake Nyos area as potassic alkali basalt (K₂O/Na₂O = 1.30). The latter class is very rare and is reported for the first time along the CVL. Some three sodic alkali lavas in this range (Ba, Rb, K relative to Th) are classified as tholeiites (K₂O/Na₂O = 0.11-0.15; La/Yb = 3-4.6). These properties coupled with the high Ba/Th ratio could result from modification of the melts by processes such as meteoric alteration, metasomatism and/or crust contamination. Isotopic ratios of Sr, Nd and Pb of these samples will throw more constraints on the petrogenesis of these lavas. Existing data for radiogenic isotopes in the OKVG ranges for ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.70334-0.70382 and ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd = 0.5128460-0.512983. This is higher compared to the average ratio (0.7034 and 0.512867 respectively) of CVL lavas and thus in agreement with crustal contamination by the granitic basement rocks.

キーワード: geochemical characterisation, Oku Volcanic Group, Cameroon Volcanic Line, Sodic alkali lava, Potassic alkali lava, Tholeiites

Keywords: geochemical characterisation, Oku Volcanic Group, Cameroon Volcanic Line, Sodic alkali lava, Potassic alkali lava, Tholeiites

マグマ固結過程の指標としての apatite の有用性：納沙布岬貫入岩体を例にして Utility of apatite as a proxy for solidification processes of magma revealed in the Nosap- pumisaki intrusion

久岡 由実^{1*}, 飯塚 毅¹, 高畑 直人², 小澤 一仁¹, 永原 裕子¹, 佐野 有司²
Yumi Hisaoka^{1*}, Tsuyoshi Iizuka¹, Naoto Takahata², Kazuhito Ozawa¹, Hiroko Nagahara¹, Yuji Sano²

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 東京大学大気海洋研究所

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

本研究では、結晶分化・固結過程がよく分かっている納沙布岬貫入岩体を研究例とし、地殻内でのマグマの分化・固結過程で揮発性元素の挙動を apatite の微細構造と化学組成・水素同位体に基づいて検討した。

納沙布岬貫入岩体は、北海道根室半島に、厚さ 110-130m、水平 1.5km の規模で海岸線に沿って露出する板上貫入岩体である。貫入前から存在していた結晶の急速な沈積により、下部の結晶集積層と上部の結晶のない液層ができ (Simura & Ozawa, 2006)、その後、組成対流により閉鎖系で分化が進み、最終的にこの岩体の基本構造である優黒質の下部集積層と優白質の上部モンゾナイト層が形成されたとされている (Simura & Ozawa, 2011)。

納沙布岬貫入岩体では、急冷部を除き、短柱状・針状の自形 apatite が普遍的に出現する。Apatite のアスペクト比と数密度は、下部の集積層から上部の急冷部に向かって増大し、上面からの冷却がより効率的であったことを示している。

初期に固結した部分と後期に固結した部分の 2 層準の apatite の含水量と水素同位体比を NanoSIMS 分析により求めた。各層準 3~6 個、1 個の結晶につきそれぞれ 1~3 点を分析した結果、apatite の水素同位体比と含水量は、初期に固結した部分ではそれぞれ -109 ‰, 1.26wt%、後期に固結した部分では 18.2 ‰, 1.29wt% であり、後期の apatite の水素同位体比は初期の apatite より高い値をもつ一方、含水量には有意な変化は認められなかった。

Apatite の Cl と F の含有量を EPMA により測定した。岩体の全層準で、それぞれ 10~20 個の apatite 結晶につき 1~3 点の分析を行った。Cl 含有量は、初期に固結したモンゾナイト層上部と沈積層下部ではほぼ同じで、最も後期に固結した沈積層上部とモンゾナイト層下部に向かって減少するのに対し、F 含有量は、Cl と逆相関を示す。また、累帯構造を示している apatite も見出され、Cl 含有量は中心で多く、縁に向かって振動しながら減少する。Apatite 中の Cl が極端に少ない部分には、メルトと流体包有物が累帯構造と調和的に分布している。

岩体全体の分化と固結が進むにつれ、apatite の含水量はあまり変化せず、F/Cl と D/H が増加する要因を考察した。Apatite と同時に結晶化している鉱物は、メルトに比して Cl より F を多く取り込んだ biotite ($Mg/(Mg+Fe) \sim 60$) (Icenhower and London, 1997) と無水鉱物であるから、結晶分化が Simura and Ozawa (2011) が主張するように、水を含む全成分について閉鎖系で進んだのなら、水素同位体比は一定のまま、メルト中の F/Cl 含有量は減少するはずである。しかし F/Cl と D/H は逆に増大しており、apatite の F/Cl の変化は、結晶分別によるのではなく、別の過程でメルトの F/Cl と D/H が変化したためであると考えられる。F は Cl よりガスに比してメルトに分配されやすい (Signorelli and Carroll, 2000; Webster, 1990) ことから、D/H が変化している事とも合わせ、発泡脱ガスが起きたと考えると説明することができる。Apatite 結晶中の Cl に乏しい部分に流体包有物が選択的に分布することも、発泡による Cl の減少を示唆している。さらに、分化にともないメルト中の D/H が増加することは、発泡・脱ガスが H₂O としてではなく CH₄ または H₂ として進行したことを示す (Kyser and O'Neil, 1983)。すなわち、納沙布岬貫入岩体では、メルト組成は還元的で、分化が進行しても H₂O に飽和することはなかったと推察される。還元的事であることは、cpx が分化によりほぼ純粋な hedenbergite まで組成変化することからも支持される。

以上のように、apatite の F/Cl と D/H を用いることにより、発泡・脱ガスがあったこと、そのガス分子種や、マグマの酸化還元状態についての情報を与えることができ、apatite の元素・同位体組成はマグマ結晶過程における揮発性成分挙動の指標として有益であるといえる。

カナダアカスタ片麻岩体に存在する初期太古代角閃岩の岩石学的・地球化学的研究 Petrology and geochemistry of amphibolite blocks in the earliest Archean orthogneisses, the Acasta Gneiss Complex

越田 溪子^{1*}, 小宮剛¹, 岩森光²

Keiko Koshida^{1*}, TSUYOSHI, komiya¹, HIKARU, iwamori²

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 東京工業大学理学部地球惑星科学科

¹Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ²Department of Earth and Planetary Science, Tokyo institute of technology

The Hadean from 4.567 to 4.03 Ga is the earliest period of the history of the earth, and defined by no preservation of rock records in the earth. Although it is suggested that the earth underwent the whole earth differentiation related to the magma ocean, core formation and early crustal formation in the period, the details are not revealed yet. Many Hadean, >4.0 Ga, zircons, including a 4.4 Ga detrital zircon from the Narryer Complex, Western Australia are found, and their geochemistry and mineral inclusions implies that the mantle had been already differentiated to make felsic continental crusts in the Hadean. But, the interpretation of the zircon geochemistry and inclusions is still controversial because the zircons occur as detrital or inherited in the middle to Early Archean sedimentary rocks and orthogneisses and the host rocks are still unknown. Therefore, it is quite significant to study the Early Archean rocks and geologic bodies to understand the early evolution of the earth.

Acasta Gneiss Complex (AGC), located along the Acasta River in the westernmost part of the Slave Province, northwestern Canadian Shield, is one of the Early Archean complexes, and contains the oldest rock in the world. Bowring et al. (1999) reported the oldest, 4.03 Ga, zircon from a granodioritic gneiss. The AGC is divided into two main domains by a northeast-trending fault. The Eastern area is dominated by ca. 3.6-4.0 Ga white gneiss suites whereas ca. 3.9-4.0 Ga layered gneiss suites are predominant in the Western area. Gray gneisses, defined by geological evidence for intrusive structures by the white and layered gneisses, exist in the both areas. Iizuka et al. (2006) found a 4.2 Ga inherited core within a 3.9 Ga magmatic zircon. Furthermore, Hf model ages of zircons from the ca. 3.7-3.9 Ga granitic gneisses indicate the source materials were formed at ca. 4.2-4.0 Ga. The line of evidence suggests that the gray gneiss suites are older than the white and layered gneisses, and possibly goes back to the Hadean age. This paper presents field occurrence, metamorphic petrology and geochemistry of the gray gneisses to reveal the origin of the gray gneiss and early evolution of the solid earth.

The gray gneisses consist of hornblende + plagioclase + quartz ± chlorite ± epidote ± biotite ± apatite ± sphene ± garnet ± clinopyroxene ± opaque. The mineral assemblages indicate that these rocks were suffered from amphibolite to upper amphibolite facies metamorphism. Based on the mineral paragenesis, we classified the gray gneisses into three groups: (1) a garnet-amphibolite, (2) a hornblendite with over 95 % modal abundance of hornblende, and (3) amphibolite, respectively. The hornblendites occur ubiquitously, whereas the garnet-amphibolites occur only in the northern part of the eastern area.

We analyzed whole rock major element compositions of two garnet-amphibolites, four hornblendites and twenty amphibolites with XRF at Tokyo Institute of Technology. The compositions are basaltic, and are correlated with their petrography. The garnet-amphibolites have relatively lower SiO₂ (43 %) and higher FeO (18-19 %) contents, consistent with expansion of garnet stability field increasing FeO contents. The hornblendites have relatively lower Al₂O₃ (3-5 %) and higher MgO (14-19 %) contents.

Some compositional trends are distinguished with MgO versus major element variation diagrams: for example, increase, constant and decrease trends in SiO₂ contents in increasing MgO contents, respectively. Secondary elemental movement accounts for the increase and decrease in SiO₂ contents because SiO₂ contents of magmas change a little compared with MgO, FeO and Al₂O₃ contents during fractional crystallization of basaltic magmas.

Except for the altered rocks with quite higher or lower SiO₂ contents, the compositional variations are similar to those of modern abyssal basalts, consistent with geological evidence for supracrustal remnants within the earliest Archean orthogneisses.

Basal Magma Oceanの化学進化と初期地球マントル成層構造 Chemical evolution of basal magma ocean and mantle structure of the early Earth

野村 龍一^{1*}, 廣瀬 敬²
Ryuichi Nomura^{1*}, Kei Hirose²

¹ 東京工業大学, ² 東京工業大学 地球生命研究所, JAMSTEC

¹Tokyo Institute of Technology, ²ELSI, Tokyo Institute of Technology, JAMSTEC

Our recent study showed the experimental evidence on the gravitational stability of basal magma ocean against crystallized solid silicate at >76 GPa conditions (Nomura et al., 2011 Nature). This dense, incompatible element-rich reservoir should be crystallized to form the stable layered structure at the base of the mantle in the early Earth.

To elucidate the chemical structure of the crystallized basal magma ocean, we performed silicate melting (crystallizing) experiments at ~70 GPa and ~135 GPa (correspond to core-mantle boundary condition) as follows. (1) Melting experiments of pyrolytic silicate at high PT, (2) The identification of the liquidus phases and partition coefficients between silicate melt and liquidus phases using field emission-type electron microprobe. (3) Calculation of the composition of fractionally crystallized basal magma ocean (4) Synthesis of the starting material with calculated (3) composition, and back to (1).

In this presentation, we will show the results of (1) pressure and compositional dependence of the partition coefficients (Fe, Al, Ca, K, Na) between silicate melt and solid, (2) liquidus phase relations at ~70 GPa and ~135 GPa in evolving basal magma ocean, and we will propose (3) the chemical layering structure of the early Earth.

Keywords: basal magma ocean, early Earth, high pressure experiments, laser-heated diamond anvil cell, silicate solid-liquid partitioning

土星氷衛星エンセラダスにおけるアルカリ性熱水活動：室内実験による示唆 Alkaline hydrothermal systems on Enceladus inferred from laboratory experiments

関根 康人^{1*}, 渋谷 岳造², 鈴木 勝彦³, 桑谷 立¹, 正木 裕香³, 橘 省吾⁴

Yasuhito Sekine^{1*}, Takazo Shibuya², Katsuhiko Suzuki³, Tatsu Kuwatani¹, Yuka Masaki³, Shogo Tachibana⁴

¹ 東大・新領域, ²JAMSTEC・PEL, ³JAMSTEC・IFREE, ⁴ 北海道大学・理

¹Dept. Complexity Sci. & Engr., Univ. Tokyo, ²PEL, JAMSTEC, ³IFREE, JAMSTEC, ⁴Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ.

The discovery of water-rich plumes with sodium salts erupting from warm fractures near the south pole of Enceladus suggest the presence of an interior ocean interacting with the rock components. The recent findings of silica nano-particles in Saturn's E-ring derived from the plumes imply the possibility of active geochemistry in the ocean. It is however highly uncertain the particular conditions of temperature, pH, and mineral compositions under which the reactions occur in the ocean. Here we report laboratory experiments of hydrothermal reactions between aqueous solution containing primordial volatiles with cometary compositions and primitive minerals simulating Enceladus' interior. Our results indicate that redox reactions of primordial volatiles, such as NH₃ dissociation and conversion of CO₂ to CH₄, are highly inhibited kinetically even at high temperatures. These volatiles in turn would keep pH of the solution alkaline (i.e., pH 8-11). To generate silica nano-particles in Enceladus, we suggest that temperature should be at least ~100 degree in C or above with the presence of secondary minerals of serpentine and talc. These secondary mineral assemblages imply that the initial rock compositions of building block of Enceladus were CI chondritic. Our experimental results together with the findings of silica particles in Saturn E-ring suggest the presence of hydrothermal activities (temperature > 100 degree in C) with alkaline fluids in Enceladus' ocean in the recent past or even today.

キーワード: 氷衛星, 熱水活動, アストロバイオロジー, 惑星科学

Keywords: icy satellite, hydrothermal activity, astrobiology, planetary science

FeNi 合金 - 硫化物メルト間の元素分配に対する圧力効果 Pressure effect on element partitioning between Fe-Ni Alloy and sulfide melt

鈴木 敏弘^{1*}, 平田 岳史², 今井 崇暢³, 横山 隆臣²

Toshihiro Suzuki^{1*}, Takafumi Hirata², Takamasa Imai³, YOKOYAMA, Takaomi D.²

¹ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス, ² 京都大学地球惑星科学専攻, ³ 東京工業大学地球惑星科学専攻

¹IFREE/JAMSTEC, ²Earth and Planetary Sciences, Kyoto Univ., ³Earth and Planetary Sciences, Tokyo Inst. Tech.

金属の固相 - 液相間の元素分配挙動は、地球型惑星の核の進化を解明するために必要な情報である。常圧での元素分配挙動から鉄隕石の結晶分化課程について研究が行われてきたが、より大型の惑星について議論するためには、高圧下における元素分配挙動の情報が必要である。既にいくつかの高圧下における実験報告があるが、まだ情報は十分ではない。今回は Fe-Ni-S 系の高圧融解実験を 10、15GPa で行い、元素分配係数を測定した。

14 元素 (Co, Cu, Ge, Mo, Ru, Ph, Pd, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Pb) をそれぞれ約 150ppm 添加した Fe-Ni(95:5) 合金を、アーク放電法を用いて合成した。この合金を少量の FeS 粉末とともに MgO カプセルに入れ、東京工業大学の川井型マルチアンビルを用いて高圧融解実験を行った。回収した試料の主成分元素組成は EPMA で測定した。微量元素濃度は、京都大学のセクター型 ICP-MS にフェムト秒レーザーを組み合わせた装置で測定した。

今回得られた結果は、おおむね過去の研究結果 (例えば Hayashi et al. 2009, Chabot et al. 2011) と同様の傾向を示している。Cu, Ge, Pd, Au の分配係数は圧力とともに上昇する傾向を示唆しており、逆に Mo, Ru, W は減少傾向が見られた。また、Re, Os, Ir, Pt については、圧力を変えても分配係数に明瞭な変化は認められなかった。しかし、いくつかの元素については、過去の研究結果とはやや異なる結果が得られた。Ni, Co の分配係数は圧力とともにやや上昇する傾向が報告されているが、今回の結果では Co の分配係数への圧力効果は殆ど無く、Ni についてはやや上昇していた。このため、高圧下における分配挙動を明らかにするには、さらなる研究が必要である。

参考文献

Hayashi et al. (2009), *Geochim. Cosmochim. Acta* 73, 4836-4842.

Chabot et al. (2011), *Earth Planet. Sci. Lett.*, 305, 425-434.

キーワード: 元素分配, 金属, 硫化物, 高圧

Keywords: element partitioning, metal, sulfide, high pressure

レーザー駆動超高压下の鉄に関するその場 X 線構造解析 In-situ X-ray structural analysis on laser-shock compressed iron

近藤 良彦^{1*}, 尾崎典雅¹, 浦西宏幸¹, Alessandra Ravasio², Alessandra Bennuzi-mounaix², Adrien Denound², Eriik Brambrink², Michel Koenig², David Riley³, 兒玉了祐¹
Yoshihiko Kondo^{1*}, OZAKI, Norimasa¹, URANISHI, Hiroyuki¹, RAVASIO, Alessandra², BENNUZZI-MOUNAIX, Alessandra², DENOUND, Adrien², BRAMBRINK, Eriik², KOENIG, Michel², RILEY David³, KODAMA, Ryosuke¹

¹ 大阪大学 大学院 工学研究科, ² エコールポリテクニク LULI 研, ³ クイーンズ大学ベルファスト
¹Graduate school of Engineering, Osaka University, ²Laboratory LULI, Ecole Polytechnique, ³Queen's University Belfast

The knowledge of high pressures ($P > 1$ Mbar) behavior of materials as iron is crucial for modeling the planetary interiors. Despite important progress obtained in the last decade on macroscopic characterization including equation of state (EOS), microscopic studies are necessary to investigate finely the structure changes. Here we present recent studies to obtain information on solid-solid phase transformation of iron under laser-driven shock compression using picosecond time-resolved x-ray diffraction technique. BCC-HCP phase transformation was observed at dynamic high pressure of ~ 180 GPa.

This work was performed under the joint research project of the LULI, Ecole Polytechnique.
This work was partially supported by grants from the Core-to-Core Program of the JSPS, the Global COE Program CEDI of the MEXT, and the CREST of the JST.

XAFS 法によるテクタイトと天然ガラス中の Zr 局所構造解析 XAFS study on Zr local structure in natural glasses and tektite

鳥羽瀬 翼^{1*}

Tsubasa Tobase^{1*}

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, ² 熊本大学大学院自然科学研究科, ³ 東京工業大学院応セラ研究, ⁴ 熊本大学大学院自然科学研究科, ⁵ 熊本大学大学院自然科学研究科

¹Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ²Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ³Materials and Structures Laboratory, Tokyo institute of technology, ⁴Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ⁵Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

テクタイトと自然ガラスの局所構造は Zr k 端 XANES と EXAFS を研究することで配位数と原子間距離の量的データを得ることが出来る。XAFS 法は KEK の (筑波, 日本)PF-AR の BL-NW10A ビームラインで行われた。テクタイト中の Zr⁴⁺イオンは形成する鉱物ごとに異なる配位環境を持つ。様々な自然ガラスは異なる物理環境下で形成されている。衝撃関連性ガラス、断層ガラス、閃電ガラス、火山ガラスは典型的な自然ガラスである。テクタイトと自然ガラスは見た目と化学組成が似ていることから区別することが困難である。しかし、局所構造解析を行いそれらの構造を比較することで区別することが可能である。テクタイトは衝撃関連性シリカガラスの一種である。ガラス構造はガラス形成とアニール時に受けた圧力、温度条件からの影響を受ける。この研究では自然ガラスの異なる形成過程が陽イオンの異なる局所構造を与えると指し示している。

Zr XANES スペクトルを解釈するために参照鉱物と自然ガラスの結晶構造を比較がなされた。他の自然ガラスとの比較を行うとプレエッジの高さと shoulder の幅が異なっている。テクタイトは衝突イベント形成され、高い温度と高い急冷を経験して、低い配位数環境と他の自然ガラスより短い結合距離を持つと現れている。

テクタイトの Zr XANES スペクトルは異なる高さで高温ガラスと似た形の二つのポストエッジピークを持つ。偽玄武岩は断層ガラス、閃電ガラス、火山ガラスと他の impactite のような衝撃関連性ガラスはもっとシンプルな局所構造を持っている。テクタイトはとても乾燥した岩の中にあり、平均含水量は 0.005% 程度である。Zr⁴⁺の平均配位数は 6 と 7 の間である。8 配位の Zr⁴⁺は自然ガラス中で異なる XAFS スペクトルパターンを示す。

キーワード: Zr 局所構造, 自然ガラス, テクタイト, XANES, EXAFS

Keywords: local structure of Zr, natural glass, tektite, XANES, EXAFS

LA-MC-ICPMS による Sr 同位体測定の新しいバイアス補正法 A new analytical bias correction for in-situ Sr isotope analysis of plagioclase crystals using LA-MC-ICPMS

木村 純一^{1*}, 高橋 俊郎¹, 常 青¹

Jun-Ichi Kimura^{1*}, Toshiro Takahashi¹, Qing Chang¹

¹ 海洋研究開発機構

¹IFREE/JAMSTEC

A new analytical protocol was developed for correcting baseline-induced biases during the analysis of Sr isotope ratios in plagioclase using excimer laser-ablation Aridus-dual-intake-system multiple-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS). Residual analytical biases of $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ were observed after applying on-peak background subtractions and mass-fractionation corrections using the conventional $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ exponential internal normalization. The residual biases occurred only for samples analysed with LA and not for solution analyses using Aridus with the same instrumental setup. Based on observations from the ablation of NaCl and olivine crystals, we concluded that this was due to suppression and enhancement of the Kr baseline by loading of the LA sample aerosols and by the introduction of Kr from the samples, respectively. We also found that both the $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope ratios were affected proportionally by the baseline biases of the LA analyses of an isotopically/compositionally homogeneous anorthite plagioclase (MkAn) from Miyakejima, Japan, and similar results were seen in theoretical calculations. Therefore, the bias correction for the target $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios was available using the shift in the simultaneously measured $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ from the natural ratio. We then determined the correlation factors between $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ by analyzing MkAn, which reproduced the theoretical factors obtained from numerical simulations. By applying the new correction protocol, the accurate measurement of unknown plagioclase samples was possible. This was confirmed by comparisons with the results of micro-milling thermal ionization mass spectrometry (MM-TIMS) of the same plagioclase crystals with various compositions. The new correction technique improved reproducibility by a factor five, providing a basis for an accurate Sr isotope analysis using LA-MC-ICP-MS.

キーワード: Sr 同位体, レーザーアブレーション, MC-ICPMS, バイアス補正

Keywords: Sr isotope, laser ablation, MC-ICPMS, bias correction

セリウム・ネオジムの同位体分別と地球化学への応用

Mass-dependent isotopic fractionation of cerium and neodymium in geochemical samples

大野 剛^{1*}

Takeshi Ohno^{1*}

¹ 学習院大学理学部

¹Gakushuin university

We have developed a new analytical method to determine the mass-dependent isotopic fractionations on Ce and Nd in geochemical samples. Mass discrimination effects on Ce and Nd were externally corrected by normalizing $^{149}\text{Sm}/^{147}\text{Sm}$ and $^{153}\text{Eu}/^{151}\text{Eu}$, being 0.92124 and 1.0916, respectively based on an exponential law. The reproducibility of the isotopic ratio measurements on $^{142}\text{Ce}/^{140}\text{Ce}$, $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ and $^{148}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ were 0.008% (2SD, n=25), 0.006% (2SD, n=39) and 0.012% (2SD, n=39), respectively. The present technique was applied to determine the variations of the Ce and Nd isotopic ratios for five geochemical reference materials (igneous rocks, JB-1a and JA-2; sedimentary rocks, JMn-1, JCh-1 and JDo-1). The resulting ratios for two igneous rocks (JB-1a and JA-2) and two sedimentary rocks (JMn-1 and JCh-1) did not vary significantly among the samples, whereas the Ce and Nd isotope ratios for the carbonate samples (JDo-1) were significantly higher than those for igneous and sedimentary rock samples. The 1:1 simple correlation between δCe and δNd indicates that there were no significant difference in the degree of isotopic fractionation between the Ce and Nd. This suggests that the isotopic fractionation for Ce found in the JDo-1 could be induced by geochemical or physicochemical processes without changing the oxidation status of Ce, since the redox-reaction can produce larger isotopic fractionation than the reactions without changing the oxidation state. The variations in the Ce and Nd isotope ratios for geochemical samples could provide new information concerning the physicochemical processes of the sample formation.

キーワード: 同位体分別, セリウム, ネオジウム

Keywords: isotopic fractionation, cerium, neodymium