

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21540500

研究課題名（和文） ハンレイ岩の溶融実験から海洋地殻の分化を知る

研究課題名（英文） Evaluation of oceanic crust evolution based on melting experiments on gabbro

研究代表者

佐野貴司（SANO TAKASHI）

独立行政法人国立科学博物館地学研究部・研究主幹

研究者番号：40329579

研究成果の概要（和文）：国際深海掘削計画 1256D から採取された噴出岩、岩脈、ハンレイ岩の連続的層状は中央海嶺高速拡大軸下のマグマ分化過程を知る上で重要な情報を与えてくれる。未分化なハンレイ岩の岩石溶融実験に基づいた浅部メルトレンズでの分別結晶作用モデルにより多くの噴出岩および岩脈の全岩化学組成が説明できる。約半数の岩脈試料は噴出岩試料よりも鉄含有量が高い。これら鉄含有量が高い岩脈のマグマ密度は溶岩マグマの密度よりも少し高いという計算結果を得、この事実よりこれら岩脈試料は噴出できなかったと推定される。噴出岩層序の Mg#値 ($100 \times \text{Mg}/(\text{Fe}+\text{Mg})$) には周期的なバリエーションが見える。このバリエーションは深度が増すと共に Mg#値が徐々に増加するというものであり、これは冷却によりマグマが徐々に分化する時期と、新しいマグマが下から注入されてマグマが未分化へと一気に戻る時期が繰り返しているという考え方で説明できる。シャツキー海台は厚く (>22 km) 多様な地球化学組成の玄武岩質地殻から構成されている。地球化学データは海台には以下の4つのマグマタイプが存在することを示している：通常タイプ、低 Ti タイプ、高 Nb タイプ、U1349 タイプ。通常タイプの玄武岩は最も古いタム山塊の溶岩流層序の約 94%を構成するのに対し、より若いオリ山塊の溶岩流層序は通常ではないタイプ（低 Ti、高 Nb、U1349 タイプ）が約 57%を占める。これは海台の化学組成が時代と共に不均質になったことを示している。

研究成果の概要（英文）：A continuous section from extrusive lavas, through sheeted dikes, and uppermost gabbros recovered from Ocean Drilling Program Hole 1256D provides important information regarding magma plumbing systems beneath superfast spreading ridges. Melting experiments demonstrate that a model of fractional crystallization from a magma of composition similar to one of the more primitive gabbros in a shallow melt lens reasonably explains mineral and whole-rock compositions of many lavas and dikes. About half of the dike samples have more evolved Fe-rich compositions than the extrusive lava samples. Magma densities of the Fe-rich dikes are a little higher than those of lavas, suggesting that these dike magmas would not reach the surface. Major cyclic variations of Mg# ($100 \times \text{Mg}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ in mole) occur within the extrusive lava pile. In each cycle, Mg# increases with depth, suggesting successive episodes of fractionation caused by intermittent magma injection to the melt lens. Shatsky Rise consists of thick (>22 km) basaltic crust with various geochemical compositions. Geochemistry data indicate that four magma types exist on the plateau; namely normal, low-Ti, high-Nb, and U1349 types. The normal type basalts constitute ~94% lava units of the oldest edifice (Tamu Massif) and non-normal type (the low-Ti, high-Nb and U1349 types) basalts are ~57% on the younger Ori Massif, implying that geochemical compositions may have become heterogeneous with time.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：統合国際深海掘削計画、中央海嶺、マグマ、シャツキー海台、ハンレイ岩、巨大火成区、玄武岩、マントル

1. 研究開始当初の背景

(1) プレート拡大境界の中央海嶺下は、地球においてマグマが最も多量 (>60%) に生産されている場である。しかし海底下のマグマの生産や分化に関しては未だ明らかになっていない問題が多数存在する。中央海嶺は東太平洋海嶺のような高速拡大軸と大西洋中央海嶺のような低速拡大軸に分けられる。マグマの生産率は高速拡大軸の方が高く、この下ではマントルが部分溶融したマグマが上昇し、地表からの深さ 2~3 km の地点で浮力の中位点に達してマグマ溜まりを形成している。マグマ溜まり頂部

(1~2 km) にはマグマの液体 (=メルト) 部分が濃集したメルトレンズが存在し、ここで分化したマグマが上昇して海底に噴出したものが溶岩 (玄武岩)、上昇途中で固化したものが岩脈 (玄武岩~ドレライト)、メルトレンズおよびマッシュが固化したものがハンレイ岩となり、それぞれが海洋地殻の一部を構成していると提案されている。なお、マッシュが固化したハンレイ岩の大部分はメルトをはき出した残りの沈積岩であるのに対し、メルトレンズが固化したハンレイ岩は溶岩および岩脈の親マグマが固化した岩石と考えられる。上記の海洋地殻形成モデルに関連する未解決の問題は、(1) メルトレンズでどの程度分化したマグマが溶岩や岩脈になったのか？ (2) マグマが噴出して溶岩となる場合と噴出せずに岩脈になる場合との違いを決める要因は何か？

(3) マグマ溜まり内での分化と下からの新マグマ注入はどのように進行しているのか？などがあげられる。これら問題を解決するため、統合国際深海掘削計画 (IODP) 第309&312次航海では1256Dと名付けられた中米コスタリカ沖の東太平洋に位置する掘削孔において、高速拡大軸で生産された海洋地殻の上部 (噴出岩~ハンレイ岩) を連続的に採取することに成功した。私は

IODP 第 309 次航海に火成岩岩石学者として参加し、海洋地殻試料を持ち帰ることができたため、上記の未解決の問題を解くための研究をする機会を得た。

(2) 巨大海台は、現在の活動はないが、海洋底に存在する大火山であり、短時間に中央海嶺よりも大量のマグマが海底へ噴出した結果形成されたものである。しかし巨大海台の噴火形態、溶岩流層序、マグマの種類に関しては、ほとんど明らかになっていない。この理由は海台表面が厚い堆積物に覆われているため、ほぼ深海掘削によってしか火山岩試料を得ることができなく、実際の試料がほとんど得られていないためである (Sager et al., 2009)。そこで IODP Expedition 324 では日本に最も近い巨大海台である「シャツキー海台」を掘削し、合計5カ所で火山岩の採取を行った。シャツキー海台は噴火当時 (約1億5千万年前) は中央海嶺よりも多量のマグマを形成し、日本列島と同程度の範囲に厚さ22 kmを超える溶岩および岩脈が堆積したと推定されている (図1)。私はこの航海に共同主席研究者として参加したため (Sager et al., 2010)、海台の玄武岩試料を統合的にサンプリングすることができ、巨大海台の溶岩流層序やマグマの種類を明らかにする機会に恵まれた。

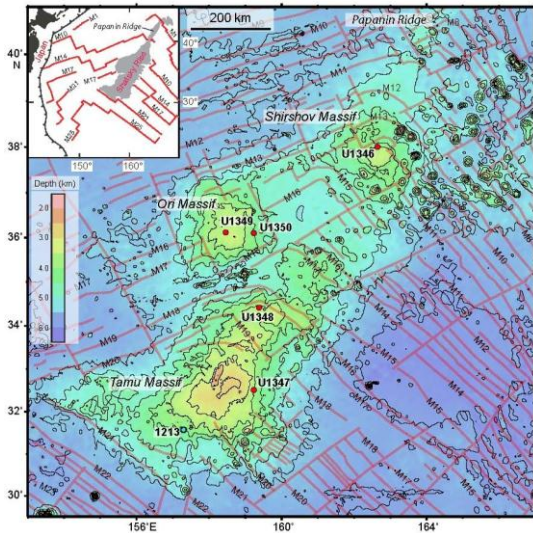


図 1. シャツキー海台の位置と古地磁気縞模様（赤線）。これまでに火成岩試料が得られている IODP 第 324 次掘削孔（赤点）と国際深海掘削計画の 1213D 孔（青点）を示した（Sager et al., 2010 を簡略化）。左上に日本とシャツキー海台の位置関係を示した。

2. 研究の目的

(1) 1256D 孔で連続的に採取された溶岩、岩脈、ハンレイ岩の全岩化学分析および鉱物化学分析を行う。そしてこれらデータを用いて、「マグマが噴出して溶岩となる場合と噴出せずに岩脈になる場合との違いを決める要因は何か?」、「マグマ溜まり内での分化と下からの新マグマ注入はどのように進行しているのか?」などの火成岩成因学的に未解決の問題に取り組んだ。さらにメルトレンズを形成していたと考えられるハンレイ岩を対象として岩石溶融実験を行った。メルトレンズが固化したハンレイ岩は溶岩や岩脈に比べて未分化な組成を持つため、溶融実験の出発物質としては適切と考えた。実験の結果得られた鉱物組合せやメルト・鉱物組成を噴出岩や貫入岩の鉱物組合せやメルト・鉱物組成と比較することにより、マグマ分化の程度や温度等を正確に見積もることを目的とした。

(2) シャツキー海台の 5 地点で掘削された溶岩を系統的に持ち帰ることができたため、これらの薄片記載や全岩化学分析を行った。また、新鮮な玄武岩ガラスを 4 地点の 120 カ所で採取することにも成功したため、これらの化学分析も行い、マグマ組成の種類やバリエーションを明らかにすると共にシャツキー海台の化学溶岩流層序

(Chemical Stratigraphy) を決定することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 1256D 孔の上部海洋地殻の研究に関しては、採取された溶岩、岩脈、ハンレイ岩について蛍光 X 線分析装置を用いた主成分および一部の微量元素分析を行った。また、全ての岩石試料について薄片を作成し、偏光顕微鏡を用いた斑晶鉱物の記載やモード組成分析を行った。そして斑晶鉱物については走査電子顕微鏡を用いた主成分元素分析を行った。これら分析に必要な消耗品を購入した。

さらに岩石溶融実験に必要な酸素雰囲気制御が可能な常圧 (100 kPa) の管状溶融炉を購入した。常圧管状溶融炉は 1300°C 以上の温度を出力できるスーパーカンタル溶融炉と酸素雰囲気制御を行うためのガス流量計をつなぎ合わせるにより作製する必要があり、市販のものがなかった。そこで電気会社に依頼して特注した。装置には二酸化炭素および水素ガスをそれぞれ注入して、各ガスの流量をコントロールすることにより、酸素雰囲気を制御できるように設計した。

(2) シャツキー海台の研究に関しては、5 箇所の掘削孔 (U1346A~U1350A : 図 1) で採取された約 100 個の玄武岩溶岩試料について薄片を作成し、斑晶組み合わせや斑晶モードの測定等の記載岩石学的特徴を明らかにした。そしてこれら試料について蛍光 X 線分析装置を用いて主成分および一部の微量元素分析を行い、さらに ICP-MS 分析装置を用いて、希土類元素等の数多くの微量元素分析を行った。また、約 120 カ所から採取された新鮮玄武岩ガラスについて走査電子顕微鏡を用いた主成分元素分析および LA-ICP-MS 分析装置を用いた微量元素分析を行った。分析にはアルゴンガスや標準試薬やフッ酸、過塩素酸、硝酸、塩酸などが必要であったため、これらを消耗品として使用した。

4. 研究成果

(1) 1256D 孔の研究において、岩石溶融実験に関しては、最も未分化なハンレイ岩試料 (1256D-223R-1, 43-51cm) を出発物質とした。溶融実験は試料を白金ワイヤー

に吊し、中央海嶺玄武岩がマグマ溜まり内で分化するような還元的な酸素雰囲気条件（Co-CoO バッファー条件）にし、1129-1218°C の温度条件範囲で行った。実験の回数は様々な温度条件で行ったため、30 回程となった。各実験時間はマグマの液体（メルト）部分と晶出鉱物との間の組成平衡が達成されるように高温条件（>1200°C）では 1 日、中温条件（1150-1200°C）では 2 日、低温条件（<1150°C）では 3 日間とした。実験の最後には溶融マグマを水中に落下させることにより急冷して回収した。この実験回収試料について走査電子顕微鏡を用いて結晶化した鉱物の鑑定および化学分析を行うと共にメルト部分（回収時には急冷ガラスとなっている）の化学分析を行った。分析の結果、部分溶融した際のメルトの MgO 量は溶融温度と良い正の相関があることが分かり（図 2）、以下の 1 次式で表されることが判明した。

$$T (^{\circ}\text{C}) = 20.42 \times \text{MgO} + 1020$$

ここで T は温度、MgO はメルトの重量パーセント（wt %）である。図 2 に示されている通り、温度と MgO との相関は良い（ $R^2=0.97$ ）。従って、この式は中央海嶺のマグマ溜まり内の温度を推定するための良い温度計として今後活用されると期待している。

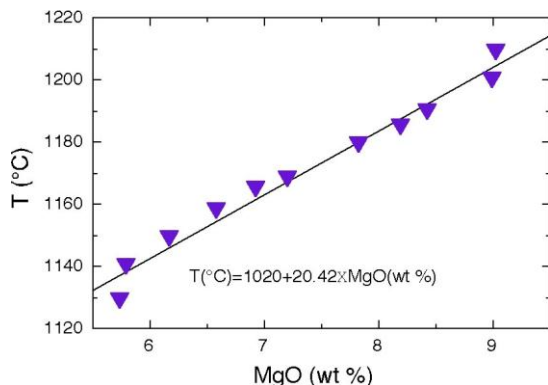


図 2. ハンレイ岩溶融実験結果。メルトの MgO に対して溶融温度をプロットした。

(2) 溶岩および岩脈の全岩化学分析、各岩石に含まれている斑晶鉱物組成、斑晶のモード組成を用いて各岩石の石基組成を計算し、これを上記の溶融実験結果のメルト組成と比較した。また、ハンレイ岩はメル

トレンズ組成と考え、これも溶融実験結果のメルト組成と比較した。図 3 を見て分かる通り、溶岩、岩脈、ハンレイ岩の化学組成バリエーションは溶融実験結果により良く再現されている。従って 1256D 孔の岩石試料は浅部に存在するメルトルズ内において比較的還元的な条件（Co-CoO バッファー条件）で 1130-1210°C 程度の温度条件で分別結晶作用を行ったと推定した。なお、メルトルズの深さを過去の研究により提案されている地質圧力計を用いて計算したところ、50-100 MPa（深さ 1.5-3 km）という低圧結果が得られたため、本研究で行っている常圧での溶融実験結果との比較は有意義であると結論した（Sano et al., 2011）。

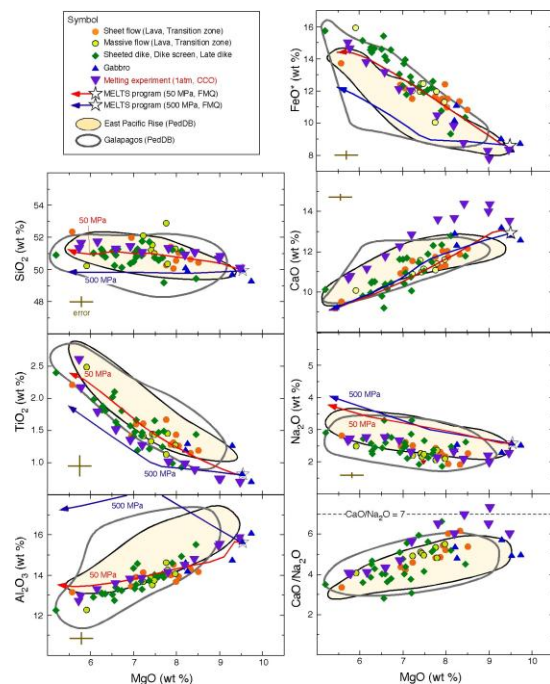


図 3. 1256D 孔から採取された溶岩（黄色およびオレンジ）、岩脈（緑）、ハンレイ岩（青）の石基組成の MgO 量に対する主成分元素組成のプロット（Sano et al., 2011）。ハンレイ岩の溶融実験結果（紫）を同時にプロットした。さらに Melts プログラムによる低圧（50 MPa：赤線）および高圧（500 MPa：青線）での分別結晶トレンドも示した。

(3) 上記の天然組成と実験結果の比較より推定された温度、圧力条件において各溶岩と岩脈がマグマ溜まり内でマグマであった時の密度を計算した。その結果、溶岩マグマは岩脈マグマよりも密度が低く、噴出しやすい条件であったことが分かった（図 4）。これにより中央海嶺でマグマが噴火するためには密度が重要な要素であることが判明した（Sano et al., 2011）。さらにマグマ溜まり内では、冷却によりマグマが徐々に分

化する時期と、新しいマグマが下から注入されてマグマが未分化へと一気に戻る時期とが繰り返していることが明らかになった (Sano et al., 2011)。

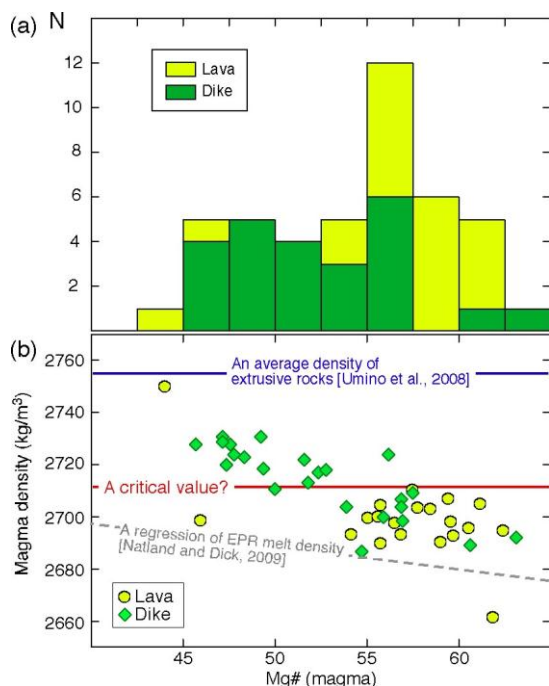


図 4. 1256D 孔から採取された溶岩マグマと岩脈マグマの MgO 量に対する密度のプロット (Sano et al., 2011)。

(4) シャツキー海台は南西から北東に向かってタム山塊、オリ山塊、シルショフ山塊と3つの高原から構成されており、最も大きなタム山塊が最も古く、北東へ行くほど新しくなっていくことが古地磁気の研究から分かっていた (図 1)。本研究で各山塊を形成する溶岩流の特徴を記載したところ、タム山塊の多くは厚い (最大 23 m) 塊状溶岩から形成されているのに対し、シルショフ山塊は大部分が枕状溶岩からつくられており、中央部のオリ山塊は薄い塊状溶岩と枕状溶岩の混合から形成されていることが明らかとなった。通常、塊状溶岩は高噴出率、枕状溶岩は低噴出率で形成されるため、海台の形成初期はマグマが高噴出率で噴出して最大のオリ山塊を形成し、時代と共に噴出活動が弱まっていったという推定を行った (Koppers et al., 2010; Sager et al., 2011)。

(5) シャツキー海台の玄武岩の化学分析の結果、海台を形成している玄武岩には多様性があり、4 種類ものマグマが存在することが明らかとなった。さらに Chemical Stratigraphy を検討したところ、タム山塊で

はマグマ組成はほぼ均質であるのに対し、オリ山塊では多様であることが判明した。つまり、マグマ組成は時代と共に多様になっていった可能性を明らかにした (Sano et al. 投稿中)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① Sager, W.W., T. Sano, J. Geldmacher, and the IODP Expedition 324 Scientists, IODP Expedition 324: Ocean Drilling at Shatsky Rise Gives Clues about Oceanic Plateau Formation, *Scientific Drilling*, 査読有, 12, 24-31, 2011, doi: 10.2204/iodp.sd.12.03.2011.
- ② Sano, T., T. Sakuyama, S. Ingle, S. Rodriguez, and T. Yamasaki, Petrological relationships among lavas, dikes, and gabbros from Integrated Ocean Drilling Program Hole 1256D: Insight into the magma plumbing system beneath the East Pacific Rise, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 査読有, 12, 2011, Q06013, doi:10.1029/2011GC003548.
- ③ Sager, W.W., T. Sano, and J. Geldmacher (2011), How Do Oceanic Plateaus Form? Clues From Drilling at Shatsky Rise, *EOS Transactions, American Geophysical Union*, 査読有, 92, 5, 2011, 37-38.
- ④ Koppers, A.A.P., T. Sano, J.H. Natland, M. Widdowson, R. Almeev, A.R. Greene, D.T. Murphy, A. Delacour, M. Miyoshi, K. Shimizu, S. Li, N. Hirano, J. Geldmacher, and the Expedition 324 Scientists, Massive basalt flows on the southern flank of Tamu Massif, Shatsky Rise: a reappraisal of ODP Site 1213 basement units, In Sager, W.W., T. Sano, J. Geldmacher (Editors), *Proceeding of the Integrated Ocean Drilling Program*, 査読有, 324: Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International Inc.), 2011, doi:10.2204/iodp.proc.324.109.2010.
- ⑤ Sager, W.W., T. Sano, and J. Geldmacher (2009), Testing plume and plate models of ocean plateau formation at Shatsky Rise, northwest Pacific Ocean, *IODP Scientific Prospectus*, 査読有, 324, doi:10.2204/iodp.sp.324.2009.

[学会発表] (計 25 件)

- ① Sano T., K. Shimizu, A. Ishikawa, R. Senda, C. Qing, J-I. Kimura, M. Widdowson, and Expedition 324 Scientists, Magma Variety and Geochemical Stratigraphy of Shatsky Rise, American Geophysical Union Fall Meeting V51D-2537, December 9, 2011, San Francisco, USA.
- ② Sager W.W., T. Sano, and J. Korenaga, The Shatsky Rise Supervolcano and the Formation of Oceanic Plateaus, American Geophysical Union Fall Meeting V54A-04, December 9, 2011, San Francisco, USA.
- ③ 佐野貴司, 清水健二, 石川晃, 仙田量子, 常青, 木村純一, シャツキー海台のマグマ組成と層序, 日本火山学会 2011 年秋季大会 : B2-01, 2011 年 10 月 3 日, 旭川市.
- ④ Almeev R., M. Portnyagin, T. Wengorsch, T. Sano, J.H. Natland, and D. Garbe-Schoenberg, Highly depleted melt inclusions in olivine from Shatsky Rise, Goldschmidt Conference Abstract 426, August 16, 2011, Prague, Czech Republic.
- ⑤ Hunsen A., R. Almeev, K. Shimizu, T. Sano, J.H. Natland, J. Koepke, and F. Holtz, Geothermobarometry of basaltic glasses from Tamu massif, Shatsky Rise oceanic plateau, Goldschmidt Conference Abstract 1073, August 16, 2011, Prague, Czech Republic.
- ⑥ Sager W.W., T. Sano, and J. Korenaga, The Shatsky Rise supervolcano, Goldschmidt Conference Abstract 1775, August 17, 2011, Prague, Czech Republic.
- ⑦ Shimizu K., J-I. Kimura, Q. Chang, and T. Sano, Geochemical study of fresh volcanic glasses from ~145Ma Shatsky Rise, Goldschmidt Conference Abstract 1861, August 16, 2011, Prague, Czech Republic.
- ⑧ Sager, W.W., T. Sano, and J. Korenaga, The Shatsky Rise supervolcano, Japan Geophysical Union Meeting 2011, SVC007-01, May 27, 2011, Makuhari, Japan.
- ⑨ Shimizu, K., T. Sano, and N. Shimizu, Uplift and subsidence of Shatsky Rise: inferred from volatiles in fresh volcanic glasses, Japan Geophysical Union Meeting 2011, SVC007-08, May 27, 2011, Makuhari, Japan.
- ⑩ Sano, T. A. Ishikawa, R. Senda, K. Shimizu, C. Qing, and J. Kimura, Magma variety and stratigraphy of Ori Massif, Shatsky Rise, Japan Geophysical Union Meeting 2011, SVC007-09, May 27, 2011, Makuhari, Japan.
- ⑪ Ishikawa, A., T. Sano, and R. Senda, Highly siderophile element geochemistry of high-Mg basalts from Pacific LIPs, Japan Geophysical Union Meeting 2011, SVC007-11, May 27, 2011, Makuhari, Japan.
- ⑫ Miyoshi, M., T. Sano, and K. Shimizu, Boron and Chlorine contents of Shatsky Rise, and their implications for the alteration of oceanic plateau, Japan Geophysical Union Meeting 2011, SVC007-12, May 27, 2011, Makuhari, Japan.
- ⑬ Shimizu K., T. Sano, W.W. Sager, J. Geldmacher, N. Shimizu, and IODP Expedition 324 Scientific Party, Major element and volatile variations of volcanic glasses from Shatsky Rise, sampled from IODP Expedition 324, American Geophysical Union Fall Meeting U51A-0019, December 17, 2010, San Francisco, USA.
- ⑭ 佐野貴司, 柵山徹也, 山崎徹, 海洋地殻を構成する噴出岩, 貫入岩, はんれい岩の比較 : 高速拡大軸下のマグマシステムの解明, 2010年度日本地球化学会年会 : 1A13 (16-01), 2010年9月7日, 立正大学 (熊谷市) .
- ⑮ Sano T., W.W. Sager, and J. Geldmacher, and IODP Expedition 324 Scientific Party, Massive magma eruption near sea level at Shatsky Rise: Preliminary results from Integrated Ocean Drilling Program Expedition 324, AGU 2010 Western Pacific Geophysics Meeting OS51B-182, June 25, 2010, Taipei, Chinese Taipei.
- ⑯ Sager W.W., T. Sano, and J. Geldmacher, and IODP Expedition 324 Scientific Party, Preliminary Results from Integrated Ocean Drilling Program Expedition 324: Coring Shatsky Rise to Test Models of Oceanic Plateau Formation (Invited) , American Geophysical Union Fall Meeting V51H-01, December 18, 2009, San Francisco, USA.
- ⑰ Sano T., W.W. Sager, J. Geldmacher, and IODP Expedition 324 Scientific Party, Geochemistry of samples cored from Shatsky Rise, IODP Expedition 324, and their implications for the formation of oceanic plateaus (Invited), American Geophysical Union

Fall Meeting V51H-02, December 18, 2009, San Francisco, USA.

- ⑱ Miyoshi M., T. Hasenaka, T. Sano, and T. Fukuoka, Along- and across-arc variations of Boron systematics of basaltic rocks from Kyushu, SW Japan, American Geophysical Union Fall Meeting T21A-1786, December 15, 2009, San Francisco, USA.
- ⑲ Tejada, M.L.G., K. Shimizu, K. Suzuki, T. Hanyu, T. Sano, and M. Nakanishi, Are Ontong Java Plateau and Lyra Basin related?, Goldschmidt 2009 Conference, June 23, 2009, Davos, Switzerland.
- ⑳ 内尾優子, 佐野貴司, セイガー・ウィル, ゲルドマッハー・ヨルグ, IODP第324航海乗船研究者一同, IODP第324次航海ジョイデス・レゾリューション号船上でのアウトリーチ活動の報告, 地球惑星科学関連学会2009年合同大会: GSC020-01, 2010年5月23日, 千葉幕張メッセ.
- (21) 佐野貴司, セイガー・ウィル, ゲルドマッハー・ヨルグ, IODP第324航海乗船研究者一同, 統合国際掘削計画324航海速報: シャツキー海台におけるブリュームモデルとプレートモデルの検証, 地球惑星科学関連学会2009年合同大会: MIS007-07, 2010年5月24日, 千葉幕張メッセ.
- (22) 三好雅也, クッパー・アンソニー, 清水健二, グリーン・アンドリュウ, レナット・アルミー, ウィドウソン・マイク, ナットランド・ジェイムス, 佐野貴司, セイガー・ウィル, ゲルドマッハー・ヨルグ, IODP第324航海乗船研究者一同, IODP北西太平洋シャツキー海台掘削航海で得られた火山岩類の船上研究結果報告, 地球惑星科学関連学会2009年合同大会: BPT013-11, 2010年5月26日, 千葉幕張メッセ.
- (23) 内尾優子, 佐野貴司, 池本誠也, 小松孝彰, 荒川史子, 熊野有祐, 阿部桜子, ピート・レスリー, 吉澤 理, 梅津 慶太, IODP最新研究活動を伝える-科学博物館を活用したアウトリーチ活動, 地球惑星科学関連学会2009年合同大会: GSC020-P02, 2010年5月23日, 千葉幕張メッセ.
- (24) 佐野貴司, 平野直人, 李 三忠, イットゥリーノ・ジェリー, IODP第324航海乗船研究者一同, シャツキー海台の構造地質および孔内計測: 統合国際深海掘削計画324航海の

結果, 地球惑星科学関連学会2009年合同大会: BPT013-P01, 2010年5月26日, 千葉幕張メッセ.

- (25) 佐野貴司, 三好雅也, 上部海洋地殻のホウ素と塩素含有量, 地球惑星科学関連学会2009年合同大会: K132-009, 2009年5月17日, 千葉幕張メッセ.

[図書] (計1件)

- ① Sager, W.W., T. Sano, J. Geldmacher, and the IODP Expedition 324 Scientists, *Proceeding of the Integrated Ocean Drilling Program Volume 324*: Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International Inc.), 2011, doi:10.2204/iodp.proc.324.2010. [産業財産権]

[その他]

ホームページ等

ホームページ: 統合国際深海掘削計画アウトリーチ深海掘削最前線「地球をほる?」ジョイデス・レゾリューション号の地球を知る旅324
http://www.kahaku.go.jp/event/2009/09jr_boring/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐野貴司 (SANO TAKASHI)

独立行政法人国立科学博物館地学研究部・研究主幹

研究者番号: 40329579