

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26287139

研究課題名(和文) 微細包有物のマルチ揮発性元素トレーサー分析によるマントル内水循環の解明

研究課題名(英文) Tracing water cycling in the mantle by volatile tracers in micro-inclusions in mantle-derived minerals

研究代表者

角野 浩史 (SUMINO, Hirochika)

東京大学・総合文化研究科・准教授

研究者番号：90332593

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：原子炉を用いた中性子照射による同位体変換と、超高感度希ガス質量分析を組み合わせ、沈み込み帯のマントルかんらん岩、大陸下マントルかんらん岩、過去に沈み込んだスラブ物質、そしてダイヤモンドについて、希ガスとハロゲン及びその他の元素(Ca, K, Ba, U)の多元素同時分析を行った。その結果をもとに、沈み込む直前のプレートの屈曲に伴う、堆積物中間隙水のマントル最上部への侵入と蛇紋石形成が重要な役割を果たしているとする、新たな水の沈み込みモデルを提案した。またプレートの沈み込みの影響が現在には及んでいない大陸下マントルにも、かつて沈み込んだハロゲンや希ガスの影響が残されていることを示した。

研究成果の概要(英文)：Noble gases, halogens, calcium, potassium, barium, uranium in mantle peridotites from subduction zones and continental regions, exhumed metamorphic rocks derived from subducted slabs, and diamonds were simultaneously determined by using a combination of neutron-irradiation and high-sensitive noble gas mass spectrometry. The ubiquitous occurrence of sedimentary-pore-fluid-like subduction fluids associated with a small contribution of components of sediment or altered oceanic crust is best explained by a model where water with a pore-fluid signature is incorporated into subducting oceanic lithosphere as serpentine along fracture zones developed at the outer rise without significant modification in the halogen and noble gas compositions. The halogen and noble gas compositions of mantle peridotites from continental regions demonstrate that the influence of subduction driven metasomatism still remains beneath former subduction zones.

研究分野：同位体地球化学

キーワード：ハロゲン 希ガス 水 沈み込み マントル スラブ流体 質量分析 中性子照射

1. 研究開始当初の背景

沈み込み帯のマントルウェッジでは、沈み込むプレートから放出される水がかんらん岩の融点を下げ、島弧火成活動を引き起こしている。現在一般的なモデルでは、スラブ上の海洋地殻や堆積物中の含水鉱物が、沈み込む過程で脱水分解し水を供給していると考えられている(例えば[])。一方堆積物や海洋地殻の中の間隙水は、沈み込む水の総量の60%以上を占めるが、付加帯の下で絞り出され表層へ戻り、より深部へ沈み込むことはないとされている。このような間隙水の寄与を除外した、言わば a priori な前提のもと、高温高压実験によって求められた鉱物の安定領域と最大含水量に基づき、含水鉱物を介した水の輸送プロセスが精力的にモデル化されてきた。しかし具体的にどのような起源の水が、それぞれどの程度の量でマントルウェッジに供給されているかについて、天然試料の分析に基づく定量的な研究は進んでいない。

希ガス(He, Ne, Ar, Kr, Xe)は大気(海水)・地殻・マントルで大きく異なる同位体組成を示し、流体相に選択的に分配されるため、マントル中の水の起源について強い制約を与える。ハロゲン(ここでは Cl, Br, I)も水に取り込まれやすいが、Cl が含水鉱物に比較的入りやすく、堆積物・海洋地殻・海水そして間隙水で元素比が大きく異なるため、希ガスと相補的な情報を与える。すなわち希ガスとハロゲンを組み合わせることで、マントル中の水の起源と挙動について重要な知見が得られる。しかし火山岩や火山ガスからは、マグマの分化や脱ガス、地殻物質や大気・地下水の混入などのために、起源を反映した情報は得られにくい。これに対し、マントル捕獲岩と貫入型かんらん岩体からは、より直接的なマントルの情報が得られる。特に近年、水に富む流体や含水鉱物を、数 μm 程度の微細包有物として含むマントル捕獲岩やかんらん岩体が沈み込み帯で報告されている[]ことから、これらのような試料から、マントルに沈み込んだ水の起源に関する情報が得られると期待される。

Holland and Ballentine []は、海水と非常に近い元素比を持つ希ガスが、全地球的に対流しているマントルに含まれていることを示した。含水鉱物が輸送プロセスに介在すると、希ガスの元素比は大きく変化してしまう。従ってマントル中の海水起源希ガスは、地球史を通じて継続的にマントルに沈み込んだ海水が、マントル中の始原的希ガスに匹敵する量の希ガスを供給した結果と解釈されているが、海水起源希ガスをマントルへ輸送するプロセスは不明であった。また含水鉱物として沈み込む水の量は、島弧火山で放出される水の量に比べて一桁足りないとする見積もりもある[]。これらの問題を明らかにするには、沈み込み帯のマントルに由来する天然試料の分析に基づいて水の起源と輸

送プロセス、そして収支を明らかにする必要がある。

このような状況において申請者は、四国の三波川変成帯に産する東赤石かんらん岩の希ガス・ハロゲン分析を行い、かつて深さ100 km のマントルウェッジに存在した水の痕跡である蛇紋石包有物[]に、間隙水起源の希ガスとハロゲンが含まれていることを見出した[]。また沈み込み帯の火山フロントで採取されたマントル捕獲岩中に、やはり同様の希ガスとハロゲンが含まれることが明らかになっている[]。これによってマントルウェッジの深部まで間隙水起源の水が到達していることが示されたが、そこに到るまでどのような過程を経たか、またその後いかにして全マントル対流に巻き込まれるのかなど、未だ不明な点は多い。特に沈み込んだ間隙水の寄与の定量的な見積もりが難しいことが問題となっている。

2. 研究の目的

そこで本研究ではまず、沈み込み帯の火山フロント直下に由来するマントルかんらん岩と、より背弧域に産するマントルかんらん岩のハロゲン・希ガス組成の元素及び同位体組成を求め、マントルウェッジのどの程度の範囲まで、沈み込んだ水の影響が及んでいるかを明らかにすることを目的とした。また MORB 源以外にほとんど組成が分かっていない、マントル中のハロゲンについて、全マントル的にどの様な組成的不均一があるか調べるために、プレート内火山やキンパーライトによって地表にもたらされたマントル捕獲岩も研究対象とした。

三波川帯に代表される沈み込み帯の高压変成帯には、過去に沈み込んだスラブ物質である変泥質岩やエクログャイトに加え、マントル物質そのものであるかんらん岩や、それがスラブからの水の付加により含水化した蛇紋岩も分布している。これらについてもハロゲン・希ガス組成を求め、間隙水の沈み込むメカニズムについて知見を得ることを目指した。

またマントル遷移層や下部マントルでのみ安定な鉱物を包有物として含むことから、このような超深部マントルに由来することが示されているダイヤモンド、いわゆる超深部起源ダイヤモンドには、その炭素同位体比や包有物の組成から沈み込んだスラブ起源と考えられているものもある(例えば[])。このような試料からは沈み込んだ希ガスやハロゲン、水について最も深部の情報が得られると期待されたため、やはり研究対象とした。

こうして得られた、マントル中に存在する流体の地球化学的データから、沈み込む希ガス・ハロゲン・水の起源と量を明らかにし、マントルへの水の沈み込み過程を明らかにすることを目標とした。

3. 研究の方法

本研究ではまず、マントルに沈み込んだ水をはじめとした揮発性成分（流体）の痕跡が遺されている試料について、岩石学・鉱物学的研究によりその流体の特徴や取り込み機構を明らかにすることを重視して、どの様な変成過程（温度・圧力履歴）を経験しているか等を調べた。この際、水の痕跡である流体包有物ないし含水鉱物の包有物が含まれているか否か、また含まれている場合はその形態（ホスト鉱物と同時期に包有された初生的包有物か、岩石の変形時に二次的に包有されたものかなど）に特に留意した。

そしてこれまでの研究と、上記の岩石学・鉱物学的記載に基づいて選定した試料について、希ガスとハロゲンの多元素同時分析を行った。本研究では、原子炉内で試料に中性子を照射し、ハロゲンと Ca, K, Ba そして U の同位体を中性子捕獲反応により希ガス同位体に変換した後、希ガス質量分析計で検出することで、試料に本来含まれていた希ガス同位体とともに上記の元素を極めて高感度かつ同時に定量できる手法を用いた。

得られたデータの解析からマントルウェッジに沈み込んだ水の起源と量を求め、マントルウェッジにおける水の輸送過程と収支に関するモデルを構築した。

4. 研究成果

四国・三波川変成帯の東赤石岩体において、温度・圧力・変形履歴に応じたスピネルの変化を調べた結果、蛇紋石が生成し始める条件で、化学組成、レオロジカルな挙動に劇的な変化があり、産状から水に富むと推定される流体包有物が、同時に多量に生成したことが明らかとなった。また同じく四国・三波川変成帯の西五良津岩体中の斜方輝石に、プレート沈み込みの開始期と成熟期それぞれにおいてマントルウェッジの前弧域に供給された水の痕跡が見出された。さらに白髪山蛇紋岩体に含まれるブルース石の分布と蛇紋岩の化学組成を詳細に調べた結果、ブルース石が前弧マントルウェッジへの水の供給量のよい指標となることが示された。これらの試料のうち西五良津岩体のエクログャイトと白髪山の蛇紋岩、さらに同地域に産する泥質片岩について、希ガス・ハロゲン分析を行った結果、既に同地域のかんらん岩体に見出されている間隙水起源の希ガス・ハロゲン[]が、これら全ての試料に含まれていることが明らかとなった。これはマントルへ沈み込んだ間隙水起源の水が、マントルウェッジの広い範囲に供給されており、マントルウェッジ内の水の収支において支配的であることを示唆している。

フィリピン・イラヤ火山で採取したかんらん岩捕獲岩に多量に含まれる流体およびメルト包有物の観察及び解析から、 H_2O 流体が優勢でしばしば炭酸塩鉱物と共存していることが明らかとなった。また流体包有物の塩

濃度は試料によらずほぼ均質で、流体がかんらん石を置換する斜方輝石の形成に関与し、複数回にわたってシリカに富む H_2O (+ CO_2) 流体や珪酸塩メルトによる交代作用を被っていることが明らかとなった。同様に水に富む流体を包有物として含む、カムチャツカやフィリピンといった沈み込み帯のかんらん岩捕獲岩の希ガス・ハロゲン組成のデータをもとに、沈み込む直前のプレートの屈曲に伴う、堆積物中間隙水のマントル最上部への侵入と蛇紋石形成が、マントルへの水の沈み込みにおいて重要な役割を果たしているとする、新たなモデルを論文[]で提案した。

また沈み込みの影響を受けていない地域に産するマントル捕獲岩の希ガス・ハロゲン分析を行い、沈み込み帯で見出されている間隙水的なハロゲンの影響とは異なる、典型的なマントル組成から塩素が選択的に取り去られるような分別が大陸下マントルで起きていることを明らかにした。同様に大陸下起源マントルに起源を持つと考えられている、シベリア産キンバーライトに含まれるマントル捕獲岩とダイヤモンドの希ガス・ハロゲン分析を行い、高い塩素濃度と、エクログャイトと似たハロゲン組成を持つことを明らかにした。また南米・パタゴニア地域のマントル捕獲岩の希ガス同位体比を分析し、大気起源希ガスと核反応起源成分に富むネオンを見出した。これらの結果は、プレートの沈み込みの影響が現在及んでいない大陸下マントルにも、かつて沈み込んだハロゲンや希ガスの影響が遺されていることを示している。

上記のマントル起源物質の分析と並行して、マントルへの水の運び手として重要視される、海水により変質した海洋地殻も分析した。その結果、海洋地殻は変質により主に塩素のみが富むようなハロゲン組成の変化をしており、また同時に加わった海水起源希ガスは、その沈み込みがマントルの組成に十分影響しうる量であることが分かった。

また特種な多結晶ダイヤモンドであるカルボナドが、マントルに沈み込んだ海洋地殻起源である可能性を、Re-Os 同位体組成から示した。この試料にはスラブとともにマントル最深部に沈み込んだ希ガスとハロゲンの情報が保持されていると期待されたが、現在までに得られている希ガス分析の結果からは、U・Th の放射壊変や自発核分裂に由来する成分が異常に多く、マントルの情報は引き出せていない。しかし一方で、カルボナドには現在 U・Th そのものは検出されないことから、U・Th に富む海洋地殻にその起源を持つことが、希ガスにのみ残っている U・Th の痕跡から示すことができたと言える。他にはブラジル・Sao Luiz 地域に産するダイヤモンドを様々な分光法で調べ、内包される鉱物の包有物が下部マントル・マントル遷移層 上部マントルへと至る間に相転移してきた履歴が残っていることを示した。これはこのダ

イヤモンドが下部マントルから上昇してきた証拠であり、この試料から、下部マントルにおける希ガスとハロゲンの組成を明らかにできる可能性がある。しかし希ガス・ハロゲン分析はダイヤモンド試料を完全に破壊してしまうため、このような貴重な試料についてはその前になすべき分析を全て完了させておく必要があり、現在慎重に検討を進めている。

<引用文献>

- Peacock, S.M. (1990) Fluid processes in subduction zones. *Science* 248, 329-337.
- Mizukami, T., Wallis, S.R. and Yamamoto, J. (2004) Natural examples of olivine lattice preferred orientation patterns with a flow-normal a-axis maximum. *Nature* 427, 432-436.
- Ishimaru, S., Arai, S., Ishida, Y., Shirasaka, M. and Okrugin, V. (2007) Melting and multi-stage metasomatism in the mantle wedge beneath a frontal arc inferred from highly depleted peridotite xenoliths from the Avacha volcano, southern Kamchatka. *Journal of Petrology* 48, 395-433.
- Holland, G. and Ballentine, C.J. (2006) Seawater subduction controls the heavy noble gas composition of the mantle. *Nature* 441, 186-191.
- Hilton, D.R., Fischer, T.P. and Marty, B. (2002) Noble gases and volatile recycling at subduction zones. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 47, 319-370.
- Sumino, H., Burgess, R., Mizukami, T., Wallis, S.R., Holland, G. and Ballentine, C.J. (2010) Seawater-derived noble gases and halogens preserved in exhumed mantle wedge peridotite. *Earth Planet. Sci. Lett.* 294, 163-172.
- Sumino H., Kobayashi M., Chavrit D., Jepson L., Shimizu A., Kimura J.-I., Burgess R. and Ballentine C.J. (2013) Noble gas and halogen recycling at subduction zones. *Mineralogical Magazine*, 77, 2285.
- Walter, M.J., Kohn, S.C., Araujo, D., Bulanova, G.P., Smith, C.B., Gaillou, E., Wang, J., Steele, A. and Shirey, S.B. (2011) Deep mantle cycling of oceanic crust: evidence from diamonds and their mineral inclusions. *Science* 334, 54-57.
- Kobayashi, M., Sumino, H., Nagao, K., Ishimaru, S., Arai, S., Yoshikawa, M., Kawamoto, T., Kumagai, Y., Kobayashi, T., Burgess, R. and Ballentine, C.J. (2017) Slab-derived halogens and noble gases illuminate closed system

processes controlling volatile element transport into the mantle wedge. *Earth Planet. Sci. Lett.* 457, 106-116.

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20件)

- Kobayashi M., Sumino H., Nagao K., Ishimaru S., Arai S., Yoshikawa M., Kawamoto T., Kumagai Y., Kobayashi T., Burgess R. and Ballentine C.J. (2017) Slab-derived halogens and noble gases illuminate closed system processes controlling volatile element transport into the mantle wedge, *Earth and Planetary Science Letters*, 457, 106-116, 査読有, doi: 10.1016/j.epsl.2016.10.012
- Ishibashi H., Kagi H., Odake S., Ohfuji H. and Kitawaki H. (2016) Relationship between textural and photoluminescence spectral features of natural polycrystalline diamonds, carbonado and implication for its origin, *Geochemistry International*, 54, 882-889, 査読有, doi: 10.1134/s0016702916100050
- Kagi H., Zedgenizov D.A., Ohfuji H. and Ishibashi H. (2016) Micro- and nano-inclusions in a superdeep diamond from Sao Luiz, Brazil, *Geochemistry International*, 54, 834-838, 査読有, doi: 10.1134/s0016702916100062
- Zedgenizov D.A., Ragozin A.L., Kalinina V.V. and Kagi H. (2016) The mineralogy of Ca-rich inclusions in sublithospheric diamonds, *Geochemistry International*, 54, 919-930, 査読有, doi: 10.1134/s0016702916100116
- Kawahara H., Endo S., Wallis S.R., Nagaya T., Mori H. and Asahara Y. (2016) Brucite as an important phase of the shallow mantle wedge: Evidence from the Shiraga unit of the Sanbagawa subduction zone, SW Japan, *Lithos*, 254-255, 53-66, 査読有, doi: 10.1016/j.lithos.2016.02.022
- Kim D., Wallis S., Endo S. and Ree J.-H. (2016) Seismic properties of lawsonite eclogites from the southern Motagua fault zone, Guatemala, *Tectonophysics*, 677-678, 88-98, 査読有, doi: 10.1016/j.tecto.2016.04.012
- Zedgenizov D.A., Shatsky V.S., Panin A.V., Evtushenko O.V., Ragozin A.L. and Kagi H. (2015) Evidence for phase transitions in mineral inclusions in

superdeep diamonds of the Sao Luiz deposit (Brazil), *Russian Geology and Geophysics*, 56, 296-305, 査読有, doi: 10.1016/j.rgg.2015.01.021
Yuryeva O.P., Rakhmanova M.I., Nadolinny V.A., Zedgenizov D.A., Shatsky V.S., Kagi H. and Komarovskikh (2015) The characteristic photoluminescence and EPR features of super deep diamonds (Sao-Luis, Brazil), *Physics and Chemistry of Minerals*, 42, 707-722, 査読有, doi: 10.1007/s00269-015-0756-7
Mironov V.P., Rakevich A.L., Stepanov F.A., Emel'yanova A.S., Zedgenizov D.A., Shatsky V.S., Kagi H. and Martynovich E.F. (2015) Luminescence in diamonds of the Sao Luiz placer (Brazil), *Russian Geology and Geophysics*, 56, 729-736, 査読有, doi: 10.1016/j.rgg.2015.04.004
小林真大, 角野浩史, 遠山知亜紀 (2015) マントル物質のハロゲン組成にみられるスラブ起源流体の痕跡, *地学雑誌*, 124, 445-471, 査読有, doi:10.5026/jgeography.124.445
角野浩史 (2015) 希ガス同位体質量分析の温故知新, *質量分析*, 63, 1-30, 査読有, doi: 10.5702/massspec.14-63
Jalowitzki T., Sumino H., Conceicao R.V., Orihashi Y., Nagao K., Bertotto G.W., Balbinot E., Schilling M. and Gervasoni F. (2016) Noble gas composition of subcontinental lithospheric mantle: an extensively degassed reservoir beneath Southern Patagonia, *Earth and Planetary Science Letters*, 450, 263-273, 査読有, doi: 10.1016/j.epsl.2016.06.034
Chavrit D., Burgess R., Sumino H., Teagle D.A.H., Droop G., Shimizu A. and Ballentine C.J. (2016) The contribution of the hydrothermal alteration of the ocean crust on the deep halogen and noble gas cycles, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 183, 106-124, 査読有, doi: 10.1016/j.gca.2016.03.014
Weller O.M., Wallis S.R., Aoya M. and Nagaya T. (2015) Phase equilibria modelling of blueschist and eclogite from the Sanbagawa metamorphic belt of southwest Japan reveals along-strike consistency in tectonothermal architecture, *Journal of Metamorphic Geology*, 33, 579-596, 査読有, doi: 10.1111/jmg.12134
Furuichi H., Ujiie K., Kouketsu Y., Saito T., Tsutsumi A. and Wallis S. (2015) Vitrinite reflectance and Raman spectra of carbonaceous material as

indicators of frictional heating on faults: Constraints from friction experiments, *Earth and Planetary Science Letters*, 424, 191-200, 査読有, doi: 10.1016/j.epsl.2015.05.037
Endo S., Mizukami T., Wallis S.R., Tamura A. and Arai S. (2015) Orthopyroxene-rich Rocks from the Sanbagawa Belt (SW Japan) Fluid Rock Interaction in the Forearc Slab Mantle Wedge Interface, *Journal of Petrology*, 56, 1113-1137, 査読有, doi: 10.1093/petrology/egv031
Mori N., Wallis S. and Mori H. (2015) Graphitization of carbonaceous material in sedimentary rocks on short geologic time-scales: An example from the Kinsho-zan area, central Japan, *Island Arc* 24, 119-130, 査読有, doi: 10.1111/iar.12093
Mizukami T., Yokoyama H., Hiramatsu Y., Arai S., Kawahara H., Nagaya T. and Wallis S.R. (2014) Two types of antigorite serpentinite controlling heterogeneous slow-slip behaviours of slab-mantle interface. *Earth and Planetary Science Letters*, 401, 148-158, 査読有, doi: 10.1016/j.epsl.2014.06.009

[学会発表](計19件)

石丸聡子, Borisova, Y.A., 田村明弘, 荒井章司, マントルウェッジでの流体による白金族元素の運搬, 日本鉱物科学会 2016 年年会 2016 年 9 月 23 日 ~ 25 日, 金沢大学 (石川県金沢市)

Kobayashi M., Sumino H., Burgess R., Iizuka T., Nagao J., Nakamura M., Takahashi E. and Ballentine C., Halogen and Noble Gas Systematics within Mantle Xenoliths from Intraplate Settings, *Goldschmidt 2016*, 2016 年 6 月 26 ~ 7 月 1 日, パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)
Sumino H., Kobayashi M., Burgess R., Jepson L., Machida S., Shimizu A., Hahn D., Hilton D. and Ballentine C., Noble Gas and Halogen Variation of Volcanic Rocks from the Izu-Mariana Subduction Zone, *Goldschmidt 2016*, 2016 年 6 月 26 ~ 7 月 1 日, パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)

小林真大, 角野浩史, 長尾敬介, Burgess, R., 石丸聡子, 荒井章司, 芳川雅子, 川本竜彦, 熊谷仁孝, 小林哲夫, 中村美千彦, 高橋栄一, Ar-Ar および I-Xe 年代測定法を応用したマントル捕獲岩のハロゲン分析, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月 24 日 ~ 28 日, 幕張メッセ国際会議場 (千葉県千葉市)

小林真大, 角野浩史, 長尾敬介, 石丸聡子, 荒井章司, 芳川雅子, 川本竜彦, 熊谷仁孝, 小林哲夫, 中村美千彦, 高橋栄一, マントル捕獲岩のハロゲン組成にみられるマントルメタソマティズムの影響, 2015年度日本地球化学会第62回年会, 2015年9月16日~18日, 横浜国立大学(神奈川県横浜市)

小林真大, 角野浩史, 長尾敬介, Burgess, R., 石丸聡子, 荒井章司, 芳川雅子, 川本竜彦, 熊谷仁孝, 小林哲夫, 中村美千彦, 沈み込み帯で産出したマントル捕獲岩のハロゲン組成にみられるスラブ起源流体の影響, 日本鉱物科学会年会2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京都文京区)

福光李奈, 石丸聡子, 荒井章司, Payot, B.D., イラヤ火山かんらん岩捕獲岩に見られる交代作用と流体包有物との関係, 日本鉱物科学会2015年年会, 2015年9月25日~27日, 東京大学(東京都文京区)
Sumino H., Burgess R., Jepsen L., Chavrit D., Shimizu A., Machida S., and Ballentine C., Across-Arc Noble Gas and Halogen Variation of Volcanic Rocks from the Izu-Ogasawara Subduction Zone, Goldschmidt 2015, 2015年8月16日~21日, プラハ(チェコ共和国)

Kobayashi M., Sumino H., Nagao K., Burgess R., Ishimaru S., Arai S., Yoshikawa M., Kawamoto T., Kumagai Y., Kobayashi T., Nakamura M., Takahashi E. and Ballentine C., Mantle Metasomatism in Subduction Zone and Intraplate Settings Based on Halogen and Noble Gas Systematics, Goldschmidt 2015, 2015年8月16日~21日, プラハ(チェコ共和国)
Kagi H., Shiraishi N., Sumino H., Senda R., Suzuki K., Asano N. and Ohfuji H., Mantle Process Inferred from Os Isotopic Signatures and Micro Textures in Carbonado Diamonds, Goldschmidt 2015, 2015年8月16日~21日, プラハ(チェコ共和国)

角野浩史, 小林真大, 齋藤健彦, 長尾敬介, Ar-Ar 及び I-Xe 年代測定法の拡張による極微量ハロゲン・希ガス多元素同時分析, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月29日~5月2日, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)

白石智子, 仙田量子, 鍵裕之, 角野浩史, 鈴木勝彦, 天然多結晶ダイヤモンド(カルボナド)のオスミウム同位体比測定の試み, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月29日~5月2日, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)

小林真大, 角野浩史, 長尾敬介, 石丸聡子, 荒井章司, 芳川雅子, 川本竜彦, 熊谷仁孝, 小林哲夫, ハロゲンと希ガスから明らかになった堆積物中間隙水起源の

マントルウェッジ中流体, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月29日~5月2日, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.igcl.c.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

角野 浩史 (SUMINO, Hirochika)
東京大学・大学院総合文化研究科・准教授
研究者番号: 90332593

(2) 研究分担者

水上 知行 (MIZUKAMI, Tomoyuki)
金沢大学・理工学域自然システム学類・助教
研究者番号: 80396811

ウォリス サイモン (WALLIS, R.Simon)
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
研究者番号: 30263065

鍵 浩之 (KAGI, Hiroyuki)
東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号: 70233666

石丸 聡子 (ISHIMARU, Satoko)
熊本大学・大学院先端科学研究部・助教
研究者番号: 60464046