

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：13101

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05831

研究課題名(和文)元素分配から制約する核-マンツルの相互作用

研究課題名(英文)Core-mantle evolution constrained by element partitioning

研究代表者

M Satish Kumar (M, Satish-Kumar)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：50313929

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 143,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、高温高压下における金属相-ケイ酸塩相間の元素分配や軽元素同位体分別に関する基礎データを収集し、地球内部の化学的進化に核-マンツル相互作用が与えた影響の理解につなげることを目的とした。軽元素を含む鉄金属相とケイ酸塩相との間の元素分配実験・軽元素同位体分別実験、および、天然のマンツル試料・実験生成物の極微小領域同位体分析手法の開発を行った。その結果、核-マンツル境界における元素分配の詳細と、元素分配に関する鉍物・メルト相の実態がこれまでにない精度で明らかとなり、核-マンツル相互作用を元素分配に基づいて定量的に議論することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球の誕生と進化過程を解明することは、地球科学最大の目標であり、そのためには、地球内部でマンツルと核が相互にどのような影響を与え合ってきたのかを明らかにすることが必須である。本研究では、核マンツルの相互作用の実態に元素の分配という観点から迫ることで、核とマンツルの化学的な特徴と進化を定量的に理解する道を拓いた。また、本研究計画を遂行する際、多くの大学院生や若手研究者が最先端の超高压実験や微小領域精密分析技術の開発に携わることで、次世代の地球科学分野の発展に寄与することとなった。

研究成果の概要(英文)：This project aimed in understanding the elemental partitioning and light element stable isotope fractionation between Earth's silicate mantle and metallic core using high-pressure high-temperature experiments and natural observations. High precision analytical facility for stable isotopes of hydrogen, carbon, oxygen and multiple sulfur isotopes suitable for high-pressure experimental products involving Fe-C-S and silicate phases were set up and results on elemental partitioning and stable isotope fractionation suggest carbon and sulfur are potential light elements in the Earth's core. Furthermore, the interaction between core and mantle plays a significant role in modification of chemical composition of Earth.

研究分野：地球化学

キーワード：核-マンツル 元素分配 同位体分別 高温高压実験 軽元素 強親鉄性元素 炭素安定同位体 四種硫黄安定同位体

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球内部の 8 割を占めるマントルと残り 2 割を占める核との間の相互作用を解明することは、地球の誕生から現在までの進化過程を理解する上で必須である。地球史を通じた核-マントルの相互作用を理解する上で重要な鍵となるのが、軽元素と強親鉄性元素の挙動である。鉄-ニッケル合金を主成分とする地球の核は、地震波による観測から純鉄より 5~10%ほど低い密度を有することが知られており、これは、核に軽元素が相当量含まれていることを示している。軽元素の存在は、金属メルト・固体金属・珪酸塩メルト・鉱物間など、地球内部を構成する物質の物理的・化学的性質に重要な働きを示すことがわかっているが、地球内部における軽元素の存在度と分布を定量的に理解するには至っていなかった。一方、強親鉄性元素は、地球内部では核に濃集しマントル中にはごく微量しか存在しないため、マントル中の強親鉄性元素存在度は核-マントル相互作用に大きく影響される。したがって、マントル中の強親鉄性元素は、地球史を通じた核とマントルの化学的進化過程を解読するための重要な指標となり得る。マントル中の強親鉄性元素の存在度を推定するには、マントル由来のマグマ（火成岩）およびカンラン岩中の強親鉄性元素濃度が有力な手掛かりとなる。しかし、地球内部における強親鉄性元素の化学的挙動が未解明なため、マントルの強親鉄性元素存在度の推定値には大きな不確定性があった。

2. 研究の目的

本計画研究では高温高压下でのケイ酸塩-金属相間の元素分配・同位体分別の定量的理解が重要な目的である。核の軽元素は、地球形成時のマグマオーシャン中で、珪酸塩メルトと金属メルトが共存していた際に核に取り込まれたと考えられている。現在の地球においても、マントル最下部にマグマが存在し、形成初期に起こった化学的分化を、軽元素や微量元素のリザーバーとして現在まで記録している可能性がある。つまり地球内部において起こり得る化学的分化を理解するには、高压力下における珪酸塩相と金属相の固体-メルト間または金属メルト-珪酸塩メルト間（液相不混和）の元素分配係数や同位体分別係数の決定が必要である。本研究では、マントル最下部圧力条件までの相平衡実験、および天然のマントルかんらん岩試料の元素分析を行い、元素分配係数や軽元素同位体分別係数を定量化し、初期から現在までの地球化学的進化の理解につなげることを目指した。

3. 研究の方法

本研究計画では、高温高压下での元素分配・同位体分別を極微小領域で定量化し、核-マントル相互作用と共進化の解明に重要な基礎データの提供を目指した。分担者や他の計画研究班の共同研究者と連携し、さまざまな出発物質を使用した高温高压下での元素分配・同位体分別実験を行い、温度圧力の変化による分別定数、他元素の二次的効果、液相-固相間または金属メルト-珪酸塩メルト間（液相不混和）の元素分配・同位体分別係数を見積もった。

鉄-軽元素系の軽元素同位体分別実験は川井型マルチアンビル装置を用いた。硫黄を含むカンラン岩系の強親鉄性元素の分配については、天然のかんらん岩の微小領域元素分析に基づいて解析を行った。核-マントル境界の温度圧力条件下での元素分別実験はレーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルを用いて行った。代表者や分担者らの所属機関で実験生成物や天然試料を電子顕微鏡で観察し、軽元素同位体分析、EPMA 分析、集束イオンビーム(FIB)加工による断面の TEM 観察、X 線 CT による三次元観察、LA-ICPMS による微量元素精密分析を行った。

4. 研究成果

(1) 質量分析計システムの立ち上げと分析精度の評価

最新型の高精度安定同位体比質量分析計 (Thermo Fischer MAT253) を新潟大学に新規購入し (図 1a)、

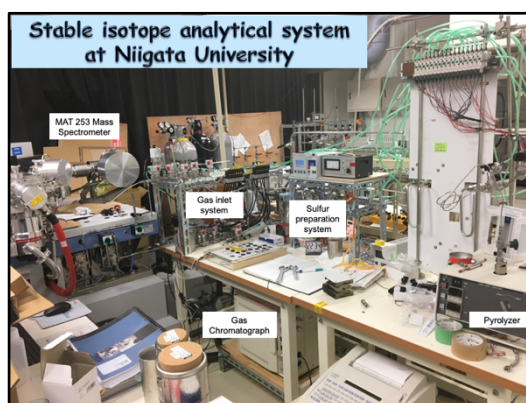


図 1a. 新潟大学に新規構築した高精度安定同位体比質量分析システム (Thermo Fischer MAT253)

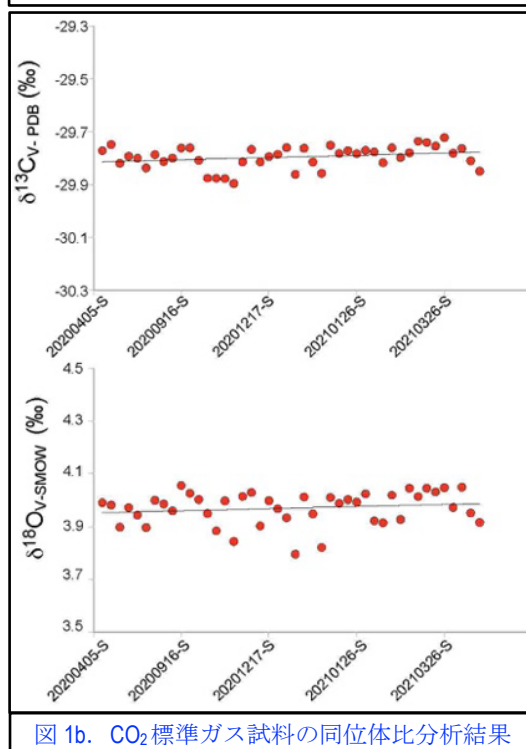


図 1b. CO₂ 標準ガス試料の同位体比分析結果

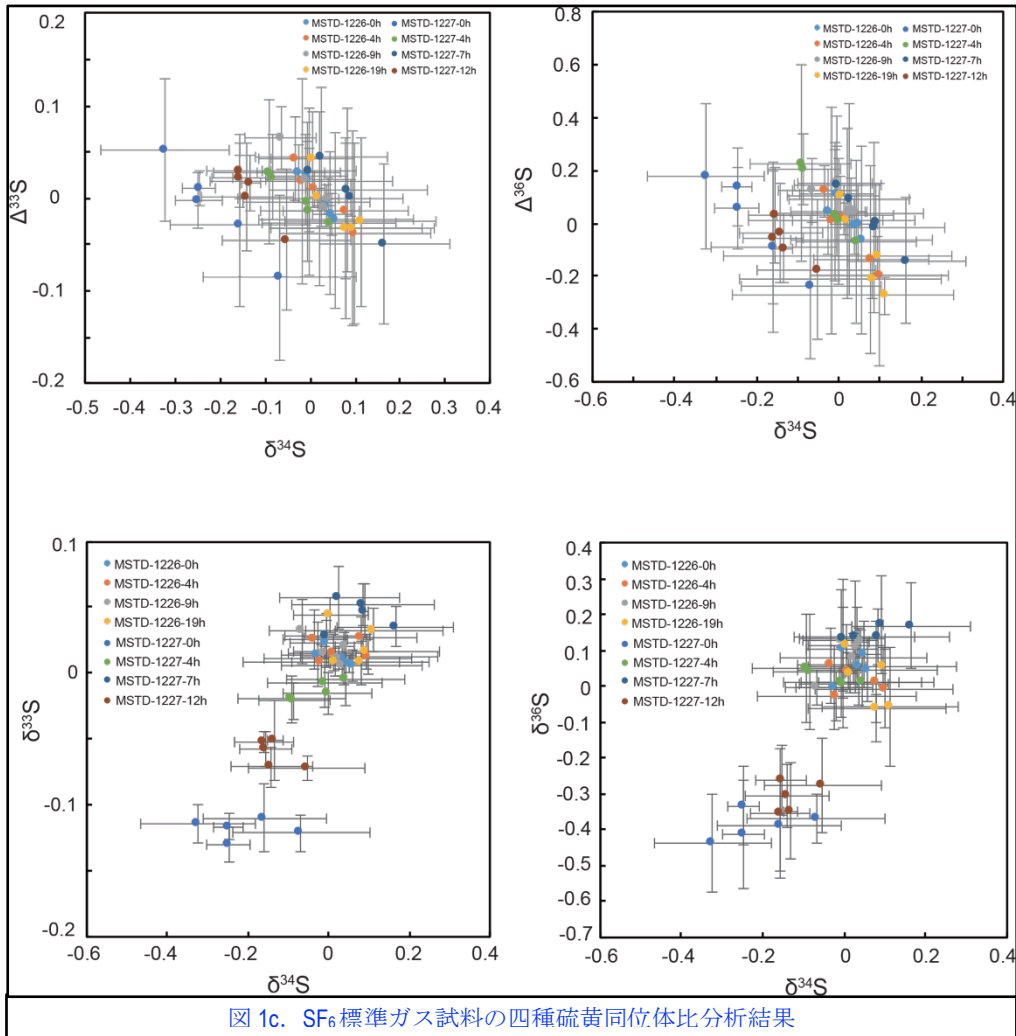


図 1c. SF₆標準ガス試料の四種硫黄同位体比分析結果

試料導入部に体積を極小にしたインターフェースを接続し、パイロライザーとガスクロマトグラフを加え、炭素・酸素・四種硫黄同位体専用のシステムを構築した。標準ガス試料を試験的に分析した結果、水素・炭素・酸素・硫黄の同位体比をそれぞれ ± 0.4 、 0.06 、 0.08 、 0.1‰ 以下の精度で測定可能となった(図 1b,c)(Satish-Kumar et al., 2021, Sci. Repts. Niigata Univ.)。これにより、本研究領域の主な目的である核-マントル境界(CMB)における元素分配と軽元素の同位体分別係数を見積るための、高温高压下における実験生成物質の微小領域の分析環境が整った。

(2) 核-マントル境界における高温高压下の元素分配実験の評価

核-マントル境界における温度・圧力条件において沈み込んだスラブ物質(MORB)を用いた実験を行い、鉄の強い分別により溶け残り物質の方がメルトよりも密度が低いことが明らかになった。この成果は、最下部マントルの超低速度層が、スラブ物質の部分融解によって説明できることを示しており、核との化学的相互作用に沈み込んだスラブ物質が寄与している可能性を示唆する(Tateno et al., 2018, J. Geophys. Res.)。

還元的な下部マントル環境下(90-120GPa、

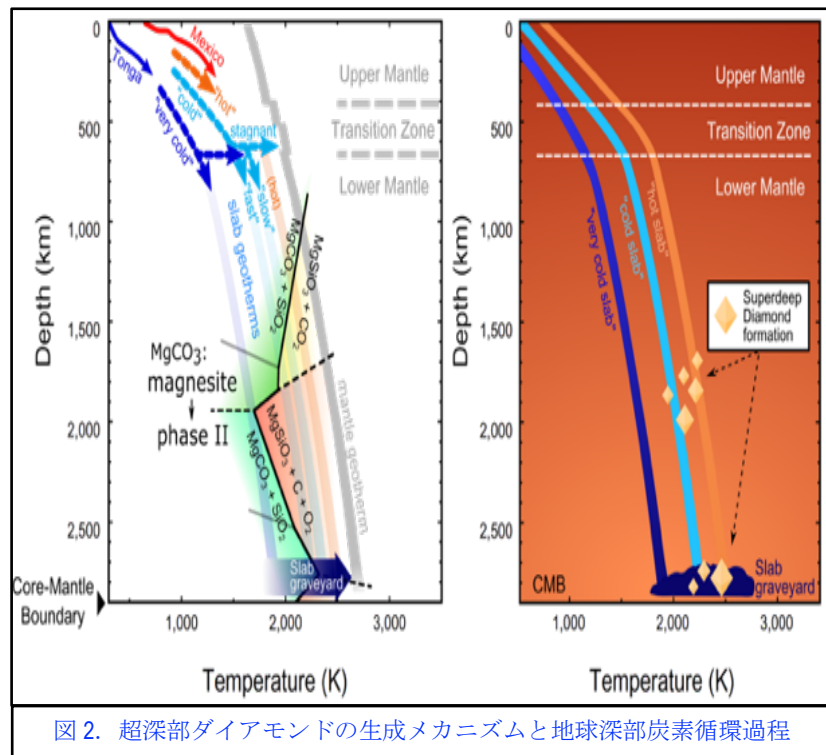


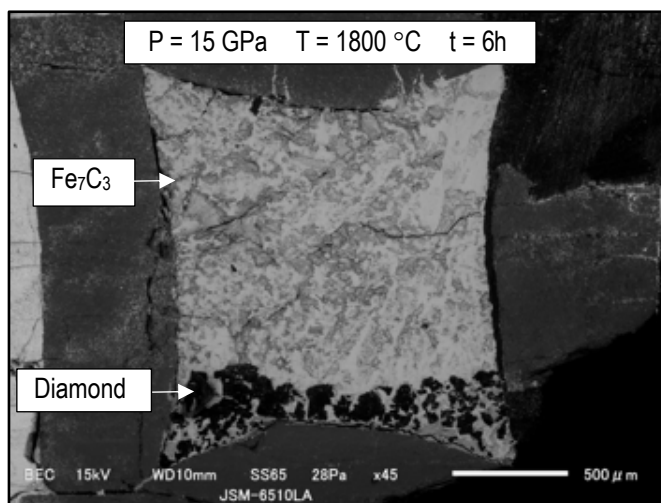
図 2. 超深部ダイヤモンドの生成メカニズムと地球深部炭素循環過程

2000-2500K)における炭酸塩鉱物の安定性を、レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセル(DAC)により調べた。実験には、 $MgCO_3$ または $(Mg,Fe)CO_3$ を封入した、鉄またはニッケル製の微小金属カプセルを用いた。実験の結果、120 GPa を超える高圧下では、還元的環境下でも炭酸塩鉱物が安定に存在する可能性が示唆された。これにより、スラブ由来炭素による超深部由来ダイヤモンドの生成メカニズムや地球深部における炭素循環過程の解明に制約を与えた (Maeda et al., 2017, *Sci. Repts.*) (図 2)。

下部マントルに 2 番目に多く含まれる鉱物であるフェロペリクレスについて、放射光 X 線粉末回折と放射光メスバウア分光法を用いた高圧その場観察実験 (0~160 GPa) を行った。その結果、フェロペリクレスは 160 GPa まで等軸晶系が安定であり、61-136 GPa の間は低スピン状態と高スピン状態が共存し、136 GPa より高い圧力では低スピン状態のみ存在することが明らかになった (Hamada et al., 2021, *Phys. Rev. B*)。また、放射光メスバウア分光法を用いた高圧実験により、高圧下における Fe_3S の磁性転移と FeO の電子状態を明らかにした。これらの実験により、核-マントル境界に安定に存在する鉱物相の実態がより詳細に解明された。

ブリッジマナイトと鉄ケイ素合金間、MORB と鉄ケイ素合金間の元素分配実験を初期地球を模擬した高温高圧条件下において、レーザー加熱 DAC を用いて行なった。初期地球の温度条件が 3000 K を超える高温環境下である場合、ケイ素が鉄中へ多く分配されることが分かった (Tateno et al., 2018, *Ame. Min.*; Kamada et al., 2018, *Ame. Min.*)。

鉄-硫黄合金とざくろ石を用いた熔融鉄-熔融シリケート間の高温高圧元素分配実験を 50-70 GPa, 4200 K で行った。硫黄を含まない系と比較すると、ケイ素が金属鉄へ分配されにくいことが分かった。現在の核とマントル中に存在するケイ素や酸素フガシティを再現するためには、ケイ素と硫黄はそれぞれ 2.1-7.4 wt%、6.1-2.3 wt% 必要であることが分かった (Mori et al., 2017, *Earth Planet. Sci. Lett.*)。Fe-S 系における核の温度圧力条件での実験結果により、 Fe_2S が外核-内核境界条件での最も安定な硫黄化合物であることが明らかになった (Tateno et al., 2019, *Geophys. Res. Lett.*)。かんらん岩に含まれる強親鉄性元素のマイクロスケールの分布を解析 (X 線 CT, TEM-EDS など) し、かんらん石中に白金族元素が包有物として濃集している産状や、カーボナタイト質メルトによって移動することが明らかとなった (Akizawa et al., 2019, *Can. Min.*)。海洋地域に産するカンラン岩捕獲岩に含まれる白金族鉱物の産状を TEM を用いて解析し、白金族鉱物が海洋リソスフェア下部で硫黄を含む炭酸塩メルトより晶出したことを明らかにした (Akizawa et al., 2019, *Lithos*)。これらの結果は、マントル中の強親鉄性元素の分布がマントル最上部で大きく乱されていることを示しており、マントルの強親鉄性元素存在度から核-マントル相互作用の程度を見積もる上での大きなバイアスとなることを示している。



(3) 高温高圧下の軽元素同位体分別の評価

核-マントル境界の軽元素同位体分別を明らかにするために、鉄-炭素系の出発物質を使用した高温・高圧下での実験を行った。実験結果より超高圧下のダイヤモンドと炭化鉄メルト間の炭素同位体分別係数を見積もることができた (図 3) (Satish-Kumar, 2018, *Rev. High Pres. Sci. Tech.*)。

高温高圧条件下でのケイ酸塩-金属間の硫黄同位体分別実験を行い、回収試料の同位体分析から、全ての実験で金属相に重い硫黄 ^{34}S が富む結果が得られた (図 4)。分別に対して、負の温度効果が見られたが、圧力効果は見られなかった。

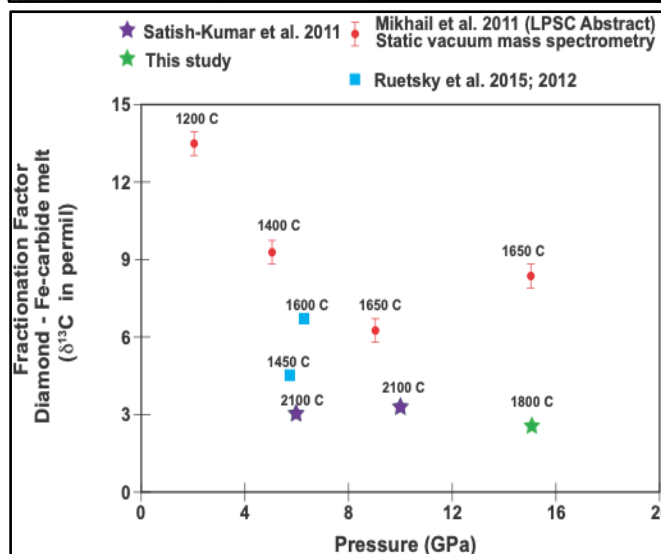


図 3a. 鉄-炭素系の出発物質を使用した高温・高圧下での実験生成物質の BSE 画像 3b.ダイヤモンドと炭化鉄メルト間の炭素同位体分別の圧力効果

地球表層から深部への有機物由来の炭素の運搬過程を明らかにするため、炭質物質の石墨化に関する高温高压実験を行って基礎データを収集し、温度圧力時間に関するカイネティックモデルを提案した (Nakamura et al., 2017, *Ame. Min.*; Nakamura et al., 2020, *Contrib. Mineral. Petrol.*)。天然のカーボナタイト岩体の炭素・酸素・硫黄同位体比と微量元素組成、および放射性同位体比を分析し、表層からマントル、マントルから表層への挙動に伴う同位体分別や、元素分配の基礎データを得た (Banerjee et al., 2021, *J. Mineral. Petrol. Sci.*; Banerjee et al., 2021, *Geochim. Cosmochim. Acta*)。

核-マントル境界を想定したメソシデライト隕石の四種硫黄同位体分析を行い、隕石母天体中での硫黄同位体分別を明らかにした。その結果、これまで報告されていた核形成メカニズムに伴う硫黄同位体分別と異なる挙動が明らかとなり、核形成時における金属メルトとケイ酸塩メルト間の軽元素の挙動に関する新たな視点を得た (Mihira et al., 2021, 地球惑星連合大会講演)。

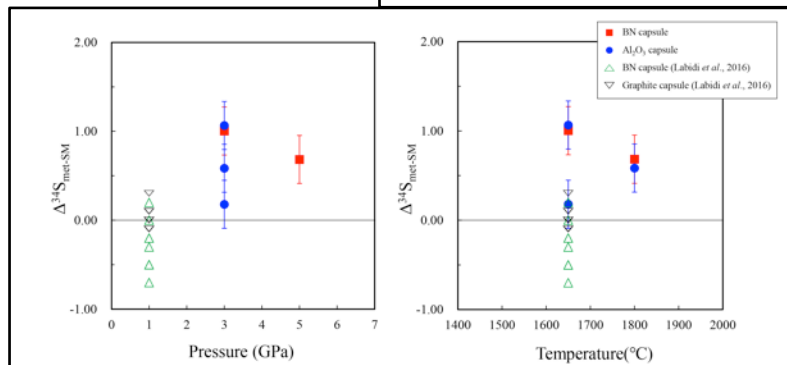
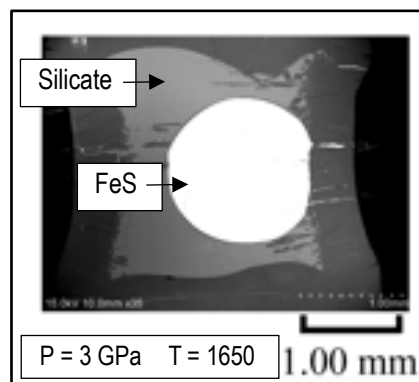


図 4a. ケイ酸塩-金属出発物質を使用した高温・高压下での実験生成物質の BSE 画像 4b,c. FeS 試料の四種硫黄同位体分析結果

(4) 「元素分配から制約する核-マントルの相互作用」のまとめ

鉄-ニッケル合金を主成分とする地球の核は、地震波による観測から、純鉄より 5~10% ほど低い密度を有することが知られており、これは、軽元素が核に存在する可能性を示している。本研究では、下部マントルや核-マントル境界における、軽元素を含む金属鉄やケイ酸塩鉱物を用いた固体間および固相-液相間の元素分配実験、マントルにおける強親鉄性元素の挙動の解析、軽元素同位体分別の高温高压実験を行った。その結果、炭素・酸素・硫黄・水素を含む複数の鉄化合物が、外核で安定して存在する可能性が示唆され、Fe-S 系では、Fe₂S が外核-内核境界条件で最も安定した硫黄化合物であることが明らかになった。また、核-マントル境界付近で安定な鉱物相や、マントルの強親鉄性元素存在度に関する新たな知見を得た。

これらの結果を考慮に入れて、軽元素を含む鉄化合物が核中で存在する可能性を探るため、鉄-軽元素合金の地震波速度と密度との関係を計算によって求めた。その結果、図 5 で示したように、Fe₃C, Fe₇C₃, Fe₃S, FeHx は磁性転移があるため、その前後で音速と密度の関係に折れ曲がりが見られるが、磁性転移終了後はいずれの物質でも直線的な関係が成り立つことが明らかとなった (Kamada & Satish-Kumar, 2018, 月刊地球)。しかし、核の軽元素の含有量を正確に見積もるためには制約条件がまだ不足しており、今後、さらなる実験的研究の推進が必要である。

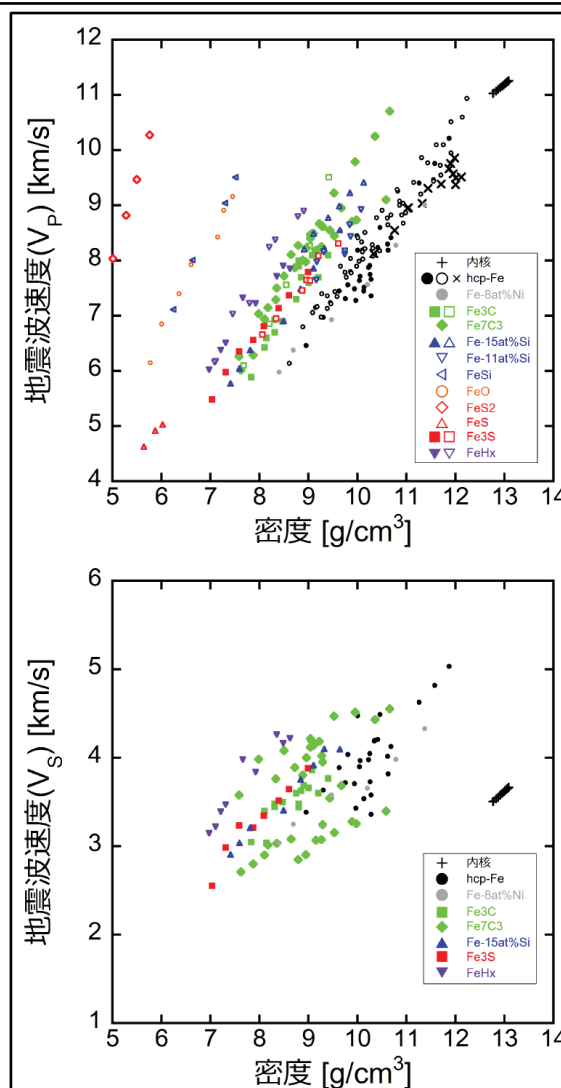


図 5. 鉄-軽元素合金の地震波速度と密度との関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計75件（うち査読付論文 73件 / うち国際共著 26件 / うちオープンアクセス 16件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 A. Banerjee, M. Satish-Kumar and R. Chakrabarti | 4. 巻 116 |
| 2. 論文標題 Sulfur, carbon and oxygen isotopic compositions of Newania carbonatites of India: implications for the mantle source characteristics | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences | 6. 最初と最後の頁 印刷中 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Banerjee Anupam, Chakrabarti Ramananda, Simonetti Antonio | 4. 巻 307 |
| 2. 論文標題 Temporal evolution of $^{44}\text{Ca}/^{40}\text{Ca}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of carbonatites: Implications for crustal recycling through time | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta | 6. 最初と最後の頁 168 ~ 191 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2021.05.046 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Hamada Maki, Kamada Seiji, Ohtani Eiji, Sakamaki Tatsuya, Mitsui Takaya, Masuda Ryo, Hirao Naohisa, Ohishi Yasuo, Akasaka Masahide | 4. 巻 103 |
| 2. 論文標題 Synchrotron Mossbauer spectroscopic and x-ray diffraction study of ferropericlaase in the high-pressure range of the lower mantle region | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review B | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.174108 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Satish-Kumar M., Kurihara T., Shishido R., Yoshida T., Takahashi T., Nohara-Imanaka R. | 4. 巻 398-399 |
| 2. 論文標題 Geochemistry and Sr-Nd isotopic composition of meta-gabbros from the Omi serpentinite m?lange, Niigata, SW Japan: Evidence for subduction erosion in an immature early Paleozoic arc-trench system in proto-Japan | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Lithos | 6. 最初と最後の頁 106260 ~ 106260 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2021.106260 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Satish-Kumar, M, Kiran, S and Abe, M. | 4. 巻 36 |
| 2. 論文標題 A new inlet system for microscale carbon and oxygen stable isotope analysis using dual inlet isotope ratio mass spectrometer at Niigata University, Japan. | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Science Reports of Niigata University (Geology) | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Satish-Kumar M., Shirakawa M., Imura A., Otsuji-Makino N., Imanaka-Nohara R., Malaviarachchi S.P.K., Fitzsimons I.C.W., Sajeev K., Grantham G.H., Windley B.F., Hokada T., Takahashi T., Shimoda G., Goto K.T. | 4. 巻 96 |
| 2. 論文標題 A geochemical and isotopic perspective on tectonic setting and depositional environment of Precambrian meta-carbonate rocks in collisional orogenic belts | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Gondwana Research | 6. 最初と最後の頁 163 ~ 204 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gr.2021.03.013 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Silpa Ammini Sasidharan, Satish-Kumar Madhusoodhan, Takahashi Toshiro | 4. 巻 388-389 |
| 2. 論文標題 Sr-Nd isotopic study of dolerite dykes in the Western Dharwar craton, southern India: Implications for the evolution of the subcontinental lithospheric mantle in late Archean | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Lithos | 6. 最初と最後の頁 106023 ~ 106023 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2021.106023 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Nambaje Claude, Williams Ian S., Satish-Kumar M., Sajeev K. | 4. 巻 350 |
| 2. 論文標題 Direct evidence for Archean crust in the Western Domain of the Karagwe Ankole Belt, Rwanda: Implications for Neoproterozoic to Paleoproterozoic crustal evolution | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Precambrian Research | 6. 最初と最後の頁 105851 ~ 105851 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.precamres.2020.105851 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Nakamura Yoshihiro, Yoshino Takashi, Satish-Kumar Madhusoodhan | 4. 巻 175 |
| 2. 論文標題 Pressure dependence of graphitization: implications for rapid recrystallization of carbonaceous material in a subduction zone | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Contributions to Mineralogy and Petrology | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00410-020-1667-2 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|------------------------|
| 1. 著者名 Akizawa Norikatsu, Kogiso Tetsu, Miyake Akira, Tsuchiyama Akira, Igami Yohei, Uesugi Masayuki | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 Formation process of sub-micrometer-sized metasomatic platinum-group element-bearing sulfides in a Tahitian harzburgite xenolith | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 The Canadian Mineralogist | 6. 最初と最後の頁 99 ~ 114 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3749/canmin.1800082 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Akizawa Norikatsu, Fruh-Green Gretchen L., Tamura Akihiro, Tamura Chiori, Morishita Tomoaki | 4. 巻 354-355 |
| 2. 論文標題 Compositional heterogeneity and melt transport in mantle beneath Mid-Atlantic Ridge constrained by peridotite, dunite, and wehrlite from Atlantis Massif | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Lithos | 6. 最初と最後の頁 105364 ~ 105364 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2019.105364 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Akizawa Norikatsu, Ishikawa Akira, Kogiso Tetsu | 4. 巻 54 |
| 2. 論文標題 A simple determination of whole-rock major- and trace-element composition for peridotite by micro-XRF spectrometer and ICP-MS using fused-glass bead | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 GEOCHEMICAL JOURNAL | 6. 最初と最後の頁 81 ~ 90 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0587 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名 Tateno Shigehiko, Ozawa Haruka, Hirose Kei, Suzuki Toshihiro, I Kawaguchi Saori, Hirao Naohisa | 4. 巻 46 |
| 2. 論文標題 Fe 2 S: The Most Fe Rich Iron Sulfide at the Earth's Inner Core Pressures | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Geophysical Research Letters | 6. 最初と最後の頁 11944 ~ 11949 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL085248 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Tateno Shigehiko, Komabayashi Tetsuya, Hirose Kei, Hirao Naohisa, Ohishi Yasuo | 4. 巻 104 |
| 2. 論文標題 Static compression of B2 KCl to 230 GPa and its P-V-T equation of state | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 American Mineralogist | 6. 最初と最後の頁 718 ~ 723 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2019-6779 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Kamada Seiji, Fukui Hiroshi, Yoneda Akira, Gomi Hitoshi, Maeda Fumiya, Tsutsui Satoshi, Uchiyama Hiroshi, Hirao Naohisa, Ishikawa Daisuke, Baron Alfred Q.R. | 4. 巻 351 |
| 2. 論文標題 Elastic constants of single-crystal Pt measured up to 20 GPa based on inelastic X-ray scattering: Implication for the establishment of an equation of state | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Comptes Rendus Geoscience | 6. 最初と最後の頁 236 ~ 242 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.crte.2018.11.003 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Satish-Kumar MADHUSOODHAN | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 High-Pressure and High-Temperature Carbon Isotope Fractionation in the Fe-C System: Implications for Carbon Dynamics in the Deep Earth | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 The Review of High Pressure Science and Technology | 6. 最初と最後の頁 278 ~ 283 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4131/jshpreview.27.278 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Kamada Seiji, Suzuki Nanami, Maeda Fumiya, Hirao Naohisa, Hamada Maki, Ohtani Eiji, Masuda Ryo, Mitsui Takaya, Ohishi Yasuo, Nakano Satoshi | 4. 巻 103 |
| 2. 論文標題 Electronic properties and compressional behavior of Fe-Si alloys at high pressure | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 American Mineralogist | 6. 最初と最後の頁 1959 ~ 1965 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2018-6425 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Tateno Shigehiko, Hirose Kei, Sinmyo Ryosuke, Morard Guillaume, Hirao Naohisa, Ohishi Yasuo | 4. 巻 103 |
| 2. 論文標題 Melting experiments on Fe-Si-S alloys to core pressures: Silicon in the core? | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 American Mineralogist | 6. 最初と最後の頁 742 ~ 748 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2018-6299 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Tateno Shigehiko, Hirose Kei, Sakata Shuhei, Yonemitsu Kyoko, Ozawa Haruka, Hirata Takafumi, Hirao Naohisa, Ohishi Yasuo | 4. 巻 123 |
| 2. 論文標題 Melting Phase Relations and Element Partitioning in MORB to Lowermost Mantle Conditions | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth | 6. 最初と最後の頁 5515 ~ 5531 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JB015790 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Aoyama Shinnosuke, Nishizawa Manabu, Miyazaki Junichi, Shibuya Takazo, Ueno Yuichiro, Takai Ken | 4. 巻 491 |
| 2. 論文標題 Recycled Archean sulfur in the mantle wedge of the Mariana Forearc and microbial sulfate reduction within an extremely alkaline serpentine seamount | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters | 6. 最初と最後の頁 109 ~ 120 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2018.03.002 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 鎌田誠司, Madhusoodhan Satish-Kumar | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 核に隠れている軽元素 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 月刊地球 | 6. 最初と最後の頁 352-359 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Satish-Kumar MADHUSOODHAN | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 High-Pressure and High-Temperature Carbon Isotope Fractionation in the Fe-C System: Implications for Carbon Dynamics in the Deep Earth | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 The Review of High Pressure Science and Technology | 6. 最初と最後の頁 278 ~ 283 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4131/jshpreview.27.278 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Chaudhuri Trisrota, Satish-Kumar Madhusoodhan, Mazumder Rajat, Biswas Sayan | 4. 巻 298 |
| 2. 論文標題 Geochemistry and Sm-Nd isotopic characteristics of the Paleoproterozoic Komatiites from Singhbhum Craton, Eastern India and their implications | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Precambrian Research | 6. 最初と最後の頁 385 ~ 402 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.precamres.2017.06.014 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Mishima Kaoru, Yamazaki Rie, Satish-Kumar Madhusoodhan, Ueno Yuichiro, Hokada Tomokazu, Toyoshima Tsuyoshi | 4. 巻 464 |
| 2. 論文標題 Multiple sulfur isotope geochemistry of Dharwar Supergroup, Southern India: Late Archean record of changing atmospheric chemistry | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters | 6. 最初と最後の頁 69 ~ 83 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2017.02.007 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Nakamura Yoshihiro, Yoshino Takashi, Satish-Kumar Madhusoodhan | 4. 巻 102 |
| 2. 論文標題 An experimental kinetic study on the structural evolution of natural carbonaceous material to graphite | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 American Mineralogist | 6. 最初と最後の頁 135 ~ 148 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2017-5733 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Aoyama Shinnosuke, Ueno Yuichiro | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Multiple sulfur isotope constraints on microbial sulfate reduction below an Archean seafloor hydrothermal system | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Geobiology | 6. 最初と最後の頁 107 ~ 120 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gbi.12268 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 KOGISO Tetsu, KONDO Nozomi | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Differentiation in the Early Earth's Interior: Constraints from Isotope Geochemistry and High-Pressure Experiments | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 The Review of High Pressure Science and Technology | 6. 最初と最後の頁 256 ~ 265 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4131/jshpreview.27.256 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Maeda Fumiya, Kamada Seiji, Ohtani Eiji, Hirao Naohisa, Mitsui Takaya, Masuda Ryo, Miyahara Masaaki, McCammon Catherine | 4. 巻 102 |
| 2. 論文標題 Spin state and electronic environment of iron in basaltic glass in the lower mantle | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 American Mineralogist | 6. 最初と最後の頁 2106 ~ 2112 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2017-6035 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Mishima, K., Yamazaki, R., Satish-Kumar, M., Ueno, Y., Hokada, T. & Toyoshima, T. | 4. 巻 464 |
| 2. 論文標題 Multiple sulfur isotope geochemistry of Dharwar Supergroup, Southern India: Late Archean record of changing atmospheric chemistry | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters | 6. 最初と最後の頁 69-83 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2017.02.007 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Nakamura, Y., Yoshino, T. and Satish-Kumar, M. | 4. 巻 102 |
| 2. 論文標題 An experimental kinetic study on the structural evolution of natural carbonaceous material to graphite | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 American Mineralogist | 6. 最初と最後の頁 135-148 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2017-5733 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Fumiya Maeda, Eiji Ohtani, Seiji Kamada, Tatsuya Sakamaki, Naohisa Hirao, Yasuo Ohishi | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Diamond formation in the deep lower mantle: a high-pressure reaction of MgCO ₃ and SiO ₂ | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 40602 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep40602 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Sakamaki, T., Ohtani, E., Fukui, H., Kamada, S., Takahashi, S., Sakairi, T., Takahata, A., Sakai, T., Tsutsui, S., Ishikawa, D., Shiraishi, R., Seto, Y., Tsuchiya, T., Baron, A.Q.R. | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Constraints on Earth's inner core composition inferred from measurements of the sound velocity of hcp-iron in extreme conditions | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 ScienceAdvances, 2(2), e1500802 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.1500802 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|--------------------|
| 1. 著者名 Nakajima, Y., Imada, S., Hirose, K., Komabayashi, T., Ozawa, H., Tateno, S., Tsutsui, S., Kuwayama, Y., Baron, AQR. | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 Carbon-depleted outer core revealed by sound velocity measurements of liquid iron-carbon alloy | 5. 発行年 2015年 |
| 3. 雑誌名 Nature Communications | 6. 最初と最後の頁 8942 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms9942 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Tateno, S., Kuwayama, Y., Hirose, K., Ohishi, Y. | 4. 巻 418 |
| 2. 論文標題 The structure of Fe-Si alloy in Earth's inner core | 5. 発行年 2015年 |
| 3. 雑誌名 Earth Planet. Sci. Lett. | 6. 最初と最後の頁 11-19 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計204件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 118件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar, M., Imura, A., Shirakawa, M., Shimoda, G., Goto, K. T., Malaviarachchi, S. P. K. |
| 2. 発表標題 C-O-Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of metacarbonate rocks in continental collision zones as proxies for estimating the sedimentation age and understanding the tectonic setting of deposition |
| 3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Banerjee, A., Satish-Kumar, M. |
| 2. 発表標題 Bulk rock Nd-Sr and multiple-sulfur isotope compositions of carbonatites from the Phalaborwa complex, South Africa |
| 3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鈴木 勝彦, 賞雅 朝子, 藤崎 涉, Tejada M. L. G., Satish-Kumar, M. |
| 2. 発表標題 182W同位体から読み解くマントル初期進化とコア - マントル相互作用 |
| 3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Silpa A. S., Satish-Kumar, M. |
| 2. 発表標題 Multiple sulfur isotope geochemistry of the Precambrian mafic dyke swarms in the Dharwar craton, South India |
| 3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 三平 舜, 山口 亮, Satish-Kumar, M. |
| 2. 発表標題 Multiple sulfur isotopic composition of mesosiderite meteorites: Implication for formation processes |
| 3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar, M. |
| 2. 発表標題 Metacarbonate rocks in continental collision zones as proxies for extinct ancient oceans. |
| 3. 学会等名 International Conference on Frontiers in Marine Science Challenges and Prospects (MARICON2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shimoda, G., Kogiso, T. |
| 2. 発表標題 Role of serpentinite dehydration and variation of pressure-temperature paths of subducting slabs on isotopic heterogeneity of the mantle |
| 3. 学会等名 American Geophysical Union 2019 Fall Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar, M. |
| 2. 発表標題 Multiple sulphur isotope evidence for oxygenation of Earth's atmosphere in Late Archean to Early Proterozoic. |
| 3. 学会等名 The 1ST Asian International Conference in Science, (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鎌田誠司, 寺崎英紀, 福井宏之, 坂巻竜也, 内山裕士, 筒井智嗣, 大谷栄治, パロン・アルフレッド |
| 2. 発表標題 高温高圧下におけるFe ₃ Sの音速 |
| 3. 学会等名 第60回高圧討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Akizawa, N., Okino, K., Ishizuka, O., Yamashita, H., Machida, S. and Ohara, Y. |
| 2. 発表標題 Petrological and geophysical implications for Mado Megamullion, Philippine Sea. |
| 3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Akizawa, N., Ozawa, K., Wallis, S.R., Ohshima, C., Tamura, A., Kawamoto, T., Yasumoto, A., Ishikawa, A. and Kogiso, T. |
| 2. 発表標題 Native iron formation during mantle metasomatism recorded in a mantle xenolith from Aitutaki Island, Cook Islands. |
| 3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 青山慎之介, M. Satish-Kumar |
| 2. 発表標題 四種硫黄同位体比迅速計測法の開発と花崗岩試料への応用. |
| 3. 学会等名 日本地球化学会第66回年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shimoda, G., Kogiso, T. |
| 2. 発表標題 Role of serpentinite dehydration for production of isotopic heterogeneity in the mantle |
| 3. 学会等名 29th Annual V.M. Goldschmidt Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar, M. and Aoyama, S. |
| 2. 発表標題 Microvolume stable isotope measurements and its application for high-pressure high-temperature experimental run products. |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Kamada, S., Terasaki, H., Fukui, H., Sakamaki,T., Uchiyama, H., Tsutsui, S., Ohtani, E., Alfred Q.R. Baron |
| 2 . 発表標題 P-wave velocity of Fe3S under high pressure and temperature |
| 3 . 学会等名 JpGU2019 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Tateno, S., Ozawa, H., Hirose, K., Suzuki, T. |
| 2 . 発表標題 Fe2S: The Most Fe-Rich Iron Sulfide at the Earth's Inner Core Pressures |
| 3 . 学会等名 JpGU2019 (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Akizawa, N., Miyake, A. and Tsuchiyama, A. |
| 2 . 発表標題 Cl-bearing aqueous fluid at crust/mantle boundary in mid-ocean ridge hydrothermal system: a case study of crustal diopside from Oman ophiolite. |
| 3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (招待講演) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Satish-Kumar M., Aoyama S. |
| 2 . 発表標題 Recent developments in stable isotope measurements on high-pressure high-temperature experimental run products and natural samples |
| 3 . 学会等名 Origin, Evolution & Dynamics of the Earth & Planetary Interiors (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tateno, S., Ozawa, H., Hirose, K., Suzuki, T. |
| 2. 発表標題 Fe ₂ S: the most iron-rich Fe-S compound at pressures of the inner core |
| 3. 学会等名 Origin, Evolution & Dynamics of the Earth & Planetary Interiors (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鎌田誠司, 前田郁也 |
| 2. 発表標題 MORB, FeO, Fe-Si合金中の鉄の電子状態 ~ 地球内部への応用 ~ |
| 3. 学会等名 第12回核共鳴散乱研究会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kamada, S., Suzuki, N., Maeda, F., Hirao, N., Masuda, R., Mitsui, T. |
| 2. 発表標題 Electronic and compressional properties of Fe-Si alloys at high pressure |
| 3. 学会等名 Workshop on properties of planetary interiors (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar M. |
| 2. 発表標題 NPD as a carbon isotope standard for in situ analysis |
| 3. 学会等名 Science and Technology of Nano-Polycrystalline Diamond 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar M., Shirakawa M., Malaviarachchi S. P. K. |
| 2. 発表標題 Tectonic evolution of Highland Complex, Sri Lanka and its bearing on Gondwana amalgamation tectonics |
| 3. 学会等名 Sri Lanka-Japan Collaborative Research (SLJCR2018) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kogiso T., Akizawa N., Terada Y., Takeuchi A., Uesugi K., Miyake A., Igami Y. |
| 2. 発表標題 Three-dimensional submicrometer-scale imaging of platinum-group elements in mantle peridotite: implications for the origin of platinum-group minerals in the mantle |
| 3. 学会等名 XXII Meeting of the International Mineralogical Association (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Aoyama S., Ueno Y., Komiya T., Iizuka T., Kamei A., Satish-Kumar M. |
| 2. 発表標題 Evidence from Archean granitoids for microbial sulfate reduction before 4.0 Ga |
| 3. 学会等名 The 28th Goldschmidt Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar M., Aoyama S., Abe M. |
| 2. 発表標題 Multiple sulfur isotope analytical system using IRMS MAT-253 for high pressure experimental run products |
| 3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Aoyama S. & Ueno Y. |
| 2. 発表標題 Multiple sulfur isotopes of Archean oceanic crust and granitoids: Implication for the anomalous sulfur budget in the mantle |
| 3. 学会等名 Integration and Coevolution of the Core and Mantle Towards Deep Earth Science International Symposium and Annual General Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shigehiko Tateno |
| 2. 発表標題 Melting experiments on Fe-Si-S alloys to core pressures |
| 3. 学会等名 Integration and Coevolution of the Core and Mantle Towards Deep Earth Science International Symposium and Annual General Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fumiya Maeda, Seiji Kamada, Tatsuya Sakamaki, Naohisa Hirao, Yasuo Ohishi, Akio Suzuki |
| 2. 発表標題 Compressibility of MgCO ₃ phase II under the lowermost mantle conditions |
| 3. 学会等名 HPMPS9th (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Fumiya Maeda, Seiji Kamada, Eiji Ohtani, Naohisa Hirao, Takaya Mitsui, Ryo Masuda, Masaaki Miyahara, and Catherine McCammon |
| 2. 発表標題 Mossbauer Study of Basaltic Glass at Lower Mantle Pressures |
| 3. 学会等名 IRTG Seminar (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yoshiki Horioka, Seiji Kamada, Shin Ozawa, Fumiya Maeda, Madhusoodhan Satish-Kumar, Akio Suzuki |
| 2. 発表標題 Sulfur distribution between basaltic magma and Fe-FeS melt |
| 3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Madhusoodhan Satish-Kumar |
| 2. 発表標題 Carbon isotope heterogeneities in deep Earth: Recycling of surface carbon or from core? |
| 3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2017 (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar, M., Yoshino, T., and Tasaka, M. |
| 2. 発表標題 Carbon isotope fractionation processes in the deep Earth |
| 3. 学会等名 2016 International Symposium on the Earth's Deep Interior (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 館野繁彦 |
| 2. 発表標題 Chemical differentiation in Earth's deep interior |
| 3. 学会等名 2016年度日本地球化学会年会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shigehiko Tateno |
| 2. 発表標題 Core mineralogy |
| 3. 学会等名 Study of the Earth's Deep Interior 2016 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar M, Tasaka M, Yoshino T & So H |
| 2. 発表標題 Pressure dependence on carbon isotope fractionation between diamond and iron carbide melt |
| 3. 学会等名 26th Goldschmidt Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shimoda, G. H. Shinjoe, T. Kogiso, O. Ishizuka, K. Yamashita, M. Yoshitake, J. Itoh, M. Ogasawara |
| 2. 発表標題 Effect of Slab Melting for the Production of EMS Isotopic Signature |
| 3. 学会等名 26th Goldschmidt Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yoshihiro Nakamura, Madhusoodhan Satish-Kumar, Tsuyoshi Toyoshima |
| 2. 発表標題 The estimation of redox state based on the fluid-deposited graphite and sulfide minerals in fault rocks |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2016年大会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kenji Mibe, Tatsuhiko Kawamoto, Shigeaki Ono |
| 2. 発表標題 On the coexistence of high-Mg andesites and ultramafic volcanic rocks |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2016年大会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tateno, S. |
| 2. 発表標題 Phase relations in the Fe-FeS system to 260 GPa |
| 3. 学会等名 MISASA VI (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tasaka, M., Zimmerman, M.E., Kohlstedt, D.L. |
| 2. 発表標題 Rheological weakening due to phase mixing of olivine + orthopyroxene rocks |
| 3. 学会等名 American Geophysical Union 2015 Fall Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2015年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鎌田誠司, 鈴木那奈美, 前田郁也, 寺崎英紀, 大谷栄治, 平尾直久, 大石泰生, 福井宏之, Alfred Q.R. Baron |
| 2. 発表標題 鉄-軽元素系の融解関係と地球核の温度構造 |
| 3. 学会等名 固体フォーラム (招待講演) |
| 4. 発表年 2015年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鎌田誠司, 坂入崇紀, 高畑明拓, 小林幸太, 高橋豪, 寺崎英紀, 大谷栄治, 平尾直久, 大石泰生 |
| 2. 発表標題 高压下における鉄 軽元素系の融解関係: 地球核の温度構造への応用 |
| 3. 学会等名 第56回高压討論会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2015年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 下田玄, 小木首哲 |
| 2. 発表標題 海洋地殻の化学組成の多様性と連続脱水: HIMU - FOZO - PREMAの成因的関連 |
| 3. 学会等名 2015年度日本地球化学会62回年会 |
| 4. 発表年 2015年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Satish-Kumar, M. |
| 2. 発表標題 A carbon isotope perspective on the geodynamic cycle of carbon |
| 3. 学会等名 The 4th International Congress on Natural Sciences (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2015年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kamada, S., Sakairi, T., Takahata, A., Kobayashi, K., Takada, H., Takahashi, S., Terasaki, H., Ohtani, E., Hirao, N., Ohishi, Y. |
| 2. 発表標題 Melting relationships of the Fe-light elements systems under high pressures |
| 3. 学会等名 Advances in high Pressure Research II: Deepest Understanding-2015 (国際学会) |
| 4. 発表年 2015年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Maeda, F., Ohtani, E., Kamada, S., Sakamaki, T., Suzuki, N., Hirao, N., Ohishi, Y., Mitsui, T., Masuda, R. |
| 2. 発表標題 Electronic environment of iron in basaltic glass at high pressure |
| 3. 学会等名 Advances in high Pressure Research II: Deepest Understanding-2015 (国際学会) |
| 4. 発表年 2015年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Mibe, K., Kono, Y. |
| 2. 発表標題 Elastic Wave Velocity of Antigorite up to 5 GPa and 500C |
| 3. 学会等名 25th Annual V.M. Goldschmidt Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2015年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|--------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 三部 賢治 (Mibe Kenji) (10372426) | 東京大学・地震研究所・助教 (12601) | |
| 研究分担者 | 舘野 繁彦 (Tateno Shigehiko) (30572903) | 東京工業大学・地球生命研究所・研究員 (12608) | |
| 研究分担者 | 鎌田 誠司 (Kamada Seiji) (30611793) | 東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教 (11301) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|--|----|
| 研究分担者 | 秋澤 紀克 (Akizawa Norikatsu) (40750013) | 東京大学・大気海洋研究所・助教 (12601) | |
| 研究分担者 | 小木曾 哲 (Kogiso Tetsu) (60359172) | 京都大学・人間・環境学研究所・教授 (14301) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 | | | |
|---------|---|--|--|--|
| | | | | |
| インド | Indian Institute of Science, Bangalore | Indian Inst. of Space Science & Tech. | | |
| オーストラリア | Australian National University, Canberra | Curtin University, Perth | | |
| 南アフリカ | University of Johannesburg | | | |
| スリランカ | Peradeniya Univeristy | | | |