

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H06023

研究課題名(和文)地球深部マンツルの酸化還元状態とその進化の解明

研究課題名(英文)Redox state and the evolution of the Earth's deep mantle

研究代表者

新名 良介(Sinmyo, Ryosuke)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・特任准教授

研究者番号：00769812

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,200,000円

研究成果の概要(和文)：地球が酸素や炭素、水素といった揮発性物質を獲得するメカニズムを知るには、地球深部の酸化還元状態を理解することが欠かせない。地球深部の温度圧力状態を再現するために、高温高圧実験システムを構築し、地球構成物質の性質を実験的に研究した。温度勾配を大幅に低減できる新しい実験方法、抵抗加熱式ダイヤモンドアンビルセル法を改良し、これまでになく高い圧力において実験を行うことができた。実験結果から、酸化還元状態異常が、地球深部物質の融けやすさや、物性に大きな影響を与えることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

酸素は天体物質を普遍的に構成する根源的に重要な元素であるが、地球深部の酸素雰囲気(概ね酸素量に相当)は未だによくわかっていない。地球深部の酸素雰囲気は、遷移金属の酸化数を通しマンツルの性質を支配しており、深部マンツルの構造やダイナミクスを決定付ける重要なパラメータである。同時に深部酸素雰囲気の変動は、表層環境の酸化還元状態を激変させ、酸素を必要とする全生命の持続性に大きな影響を与えうる。本研究では、地球深部酸化還元状態とその進化を明らかにするために、実験的なアプローチで研究を進めた。得られた成果から、地球深部酸化還元状態と物理・化学特定との、これまで知られていなかった関係が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The redox state of the Earth's deep interior is important information to understand the evolution of the volatile elements of the Earth. In this study, I have developed a high-pressure and -temperature experimental system to reproduce the Earth's internal conditions. The developed new experimental system, including resistivity-heated diamond anvil cell, can generate very high-pressure and high-temperature with better homogeneity and stability. The results showed that the redox state has a strong effect on the physical and chemical properties, such as the melting point of the Earth's interior.

研究分野：地球深部物質研究

キーワード：下部マンツル 酸化還元状態 ダイヤモンドアンビルセル 高温高圧 地球内部

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

酸素は天体物質を普遍的に構成する根源的に重要な元素であるが、地球深部の酸素雰囲気(概ね酸素量に相当)は未だによくわかっていない。地球深部の酸素雰囲気は、遷移金属の酸化数を通しマントルの性質を支配しており、深部マントルの構造やダイナミクスを決定付ける重要なパラメータである。同時に深部酸素雰囲気の変動は、表層環境の酸化還元状態を激変させ、酸素を必要とする全生命の持続性に大きな影響を与えうる。申請者は下部マントル鉱物の様々な性質を注力的に研究してきたが、世界中の研究者がそうであるように、酸素雰囲気は「典型的」な条件に固定しているのが現状である。地球最大層下部マントルは、おおむね Fe と FeO が共存する酸素雰囲気であるという見込みが受け入れられているが、実は積極的な支持証拠は少なく、より多様な可能性も示唆されている。しかし、超深部における酸素雰囲気異常に関する実験や観測からの知見は、不幸にしてごく限られているのが開始当初の状態であった。

2. 研究の目的

従来手法では制御困難であった酸素雰囲気を、温度圧力に次ぐ第 3 のパラメータとして様々な変えながら、マントル深部鉱物の相関係、結晶構造、鉄電子状態、物性を決定し、それらが相互にどう影響しあっているかを統合的に理解する。また、マントル物性を支配する重要なパラメータである鉱物間鉄分配係数を、超深部において取り得る温度-圧力-酸素雰囲気全範囲において完全に決定し、物性への影響を明らかにする。最終的に得られた相境界や物性を観測と比較し、現在のマントル超深部がどのような酸素雰囲気にあるかを制約する。

また、始源的隕石の固液間親鉄性元素分配係数を温度-圧力-酸素雰囲気を関数にして無外挿に決定し、還元的物質が集積した後、酸化的物質が集積するという初期地球形成モデルを検証する。検証結果に基づき、地球初期集積過程から現在にかけてのマントル酸化還元状態進化を理解する。

最近の地震学的研究から下部マントルの最上部と最下部に融体が存在するという報告がある。一方で、比較的低圧力領域において、酸化還元反応が固化融解現象を誘起するという報告がある。下部マントルは酸化的な上部マントルと、還元的な核と接する境界領域であり、酸素雰囲気コントラスト領域が存在する事には疑いがない。電気伝導度を測定することで下部マントルに酸化還元反応に誘起された融体が存在するかどうかを検証する。

3. 研究の方法

まず目標達成に向け技術開発を行う。超微細加工技術を応用し、内熱式 DAC を用いた 135 万気圧領域での汎用安定高温加熱を達成する。現状では良伝導体しか扱えない内部抵抗加熱式ダイヤモンドアンビルセル(内熱式 DAC)を改良し、135 万気圧、5000 ケルビンを超える領域で、どんな試料も安定加熱できる手法を開発する。試料形状と材質を最適化し、ルーチン化や技術普及も同時に計る。その後構成を更に改良し、酸素雰囲気定量 / 制御手法を確立する。技術開発が完了し次第、高 / 低酸素雰囲気下で、マントル鉱物の高温高圧下における性質を決定する。放射光 XRD 測定と放射光メスbauer分光法を組み合わせ、結晶構造、鉄の電子状態、弾性定数を決定する。更に回収した試料を薄膜化し TEM-EDS、TEM-EELS を用いて元素分配係数を決定する。東工大にインピーダンスアナライザを応用した電気伝導度測定システムを新たに立ち上げ、電気伝導度を決定する。電気伝導度測定を応用し、融点と部分融解時の電気伝導度異常も並行して決定する。

4. 研究成果

(1) 高温高圧実験の高度化

地球内部の高温高圧状態を再現するには、地球中心に相当する温度圧力を発生可能なレーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルが広く用いられているが、レーザー加熱時に発生する温度の空間的不均質性や時間的不安定性が問題視されており、本計画ではそのような温度不均質を低減することを第一歩目の重要な課題としていた。計画の順調な進展により、レーザー加熱法よりも格段に安定性の良い内部抵抗加熱式ダイヤモンドアンビルセルを改良することで、発生可能温度圧力領域を飛躍的に向上させた。薄膜スパッタリング技術や、収束イオンビーム装置といったナノ技術を活用した結果、従来の圧力温度到達世界記録である約 100 万気圧、2600 ケルビン(下部マントルの下部領域に相当)に比べてはるかに高い、290 万気圧 5500 ケルビンという温度圧力を発生させることに成功した(Sinmyo et al., 2019)。この技術を応用し、地球核を形成する純鉄の融点を内核外核境界に相当する条件において決定した。核の温度構造やマントル底部の温度をこれまでよりも高い信頼性で推定することができるようになった。さらに、当初の計画の計画に含まれているイリジウム、レニウム、プラチナ、鉄といった金属ヒーターに加え、半導体ダイヤモンドヒーターも 50 万気圧程度領域において実用化できた。

(2) 金属鉄の固相・液相相図決定

鉄は地球内部の酸化還元状態を支配する元素であり、マントルにも微量の金属鉄が含まれている可能性が高いとされている。そのため、鉄の高圧下での状態図を作成することは、地球深部酸化還元状態を理解する上で根源的に重要な情報である。従来の内部抵抗加熱装置では 100 万気圧、2600 ケルビン(下部マントル下部領域に相当)程度までしか実験が行えなかったが、技術開発の結果、290 万気圧 5500 ケルビンという非常に高い温度圧力下で鉄の融解実験

を行うことに成功した。これはほぼ地球内核外核境界（ICB）に相当する温度圧力である。得られた実験データから地球のICBと核マントル境界の温度を制約することができた。ICBの温度は5120ケルビン以下と制約され、従来核の温度は高く見積もられすぎていたことが明らかになった。同時に核マントル境界の温度も推定され、3760ケルビンとなった(Sinmyo et al., 2019)。最近見積もられた核冷却速度を考えると、15億年前から今日まで、マントル最下部においてマントル物質のグローバルな溶融は起こっていないだろうことが示唆される。また、様々な元素（炭素、ケイ素、窒素、硫黄、酸素、ニッケル）がわずかに含まれる系においても実験を行い、地球核条件下で相関係を明らかにした(Mori et al., 2017; Mashino et al., 2019 など)。どの系においても、これまで行われたことのない高い圧力において実験を行うことができた。本年度得られた結果から、軽元素候補のどれも単独では核中に存在していないであろうことが強く示唆された。長年の謎である地球核内の軽元素と、マントルの酸化還元状態は密接に関係していることが知られており、得られた結果は、マントルと核、両方の進化を理解する上で重要な情報となる。

(3) 酸化還元状態がマントル深部物質の物理・化学的性質に与える影響の決定

地球内部酸化還元状態が下部マントルにおける融解現象に与える影響を明らかにするため、従来考えられてこなかった三価鉄、 Fe^{3+} が固相・液相相関係に与える影響を実験的に決定した。得られた結果から、下部マントル最上部において高酸素雰囲気異常が存在すると融点が大きく下がり、部分融解を起こす可能性が明らかになった。高酸素雰囲気物質に富むメルトが上昇し、下部マントルへ高酸素雰囲気物質が沈み込むことを妨げるようなプロセスが示唆された(Sinmyo et al., 2020)。

また、高酸素雰囲気状態におけるマントル物質の相関係や、物性値を決定した。下部マントル主要構成相であるブリッジマナイトは Fe^{3+} を多く含む可能性が指摘されている。しかし Fe^{3+} を多く含むブリッジマナイトの結晶化学状態や物性はあまり研究が進んでいなかった。本計画では、高圧力下において Fe^{3+} を多く含むブリッジマナイトの電子状態や物性を測定した。 Fe^{3+} を多く含むほど高圧力下で鉄中の電子が高スピン状態から低スピン状態へとクロスオーバーすることがわかった(Sinmyo et al., 2017)。このスピン状態の変化にともなって、熱伝導度に大きな影響を与えることが示された(Okuda et al., 2017)。

これまでに知られていなかったストイキオメトリーを持つ酸化鉄の高圧力下安定相関係を決定した。常圧力下で酸化鉄は FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 の3つの化学式しかもたないが、高圧力下では様々なバリエーションを持ちうるということが報告されている。 Fe_7O_9 がおよそ26万気圧において安定であることを発見した(Sinmyo et al., 2016)。また、 Fe_5O_6 と Fe_4O_5 の安定相関係を高温高圧下で決定し、 Fe_5O_6 と比べると Fe_4O_5 の方が幅広い安定領域をもつことや、 Fe_5O_6 と Fe_4O_5 のどちらも40-50万気圧以上の高圧力下では安定ではなくなることが明らかになった(Hikosaka et al., 2019)。天然のダイヤモンド包有物中に発見されている謎の酸化鉄中微細構造はこれらの高圧酸化鉄の痕跡である可能性があり、地球深部の酸化還元状態異常をひも解く手がかりとなり得る。期間中の研究成果としては、国際学術誌に19本の査読付き論文が公開された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 17件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ozawa Keisuke, Anzai Miyuki, Hirose Kei, Sinmyo Ryosuke, Tateno Shigehiko	4. 巻 45
2. 論文標題 Experimental Determination of Eutectic Liquid Compositions in the MgO-SiO ₂ System to the Lowermost Mantle Pressures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 9552 ~ 9558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1029/2018GL079313	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 Komabayashi Tetsuya, Pesce Giacomo, Morard Guillaume, Antonangeli Daniele, Sinmyo Ryosuke, Mezouar Mohamed	4. 巻 104
2. 論文標題 Phase transition boundary between fcc and hcp structures in Fe-Si alloy and its implications for terrestrial planetary cores	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 94 ~ 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2138/am-2019-6636	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 Sinmyo Ryosuke, Hirose Kei, Ohishi Yasuo	4. 巻 510
2. 論文標題 Melting curve of iron to 290 GPa determined in a resistance-heated diamond-anvil cell	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 45 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2019.01.006	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 Komabayashi Tetsuya, Pesce Giacomo, Sinmyo Ryosuke, Kawazoe Takaaki, Breton Helene, Shimoyama Yuta, Glazyrin Konstantin, Konopkova Zuzana, Mezouar Mohamed	4. 巻 512
2. 論文標題 Phase relations in the system Fe-Ni-Si to 200 GPa and 3900 K and implications for Earth's core	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 83 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2019.01.056	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 Kusakabe Mayu, Hirose Kei, Sinmyo Ryosuke, Kuwayama Yasuhiro, Ohishi Yasuo, Helffrich George	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Melting Curve and Equation of State of Fe7N3: Nitrogen in the Core?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	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) 10.1029/2018JB015823	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 Mashino Izumi, Miozzi Francesca, Hirose Kei, Morard Guillaume, Sinmyo Ryosuke	4. 巻 515
2. 論文標題 Melting experiments on the Fe-C binary system up to 255 GPa: Constraints on the carbon content in the Earth's core	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 135 ~ 144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2019.03.020	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 Shunpei Yokoo, Hirose Kei, Sinmyo Ryosuke	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Melting experiments on liquidus phase relations in the Fe-S-O ternary system under core pressures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	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 新名良介、廣瀬敬、大石泰生	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 内部抵抗加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた鉄融点の決定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 高圧力の科学と技術	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 新名良介	4. 巻 48
2. 論文標題 高温高圧実験を用いたマントル深部鉱物の物理・化学的性質の研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 岩石鉱物科学	6. 最初と最後の頁 36 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2165/gkk.190107	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 Mori Yuko, Ozawa Haruka, Hirose Kei, Sinmyo Ryosuke, Tateno Shigehiko, Morard Guillaume, Ohishi Yasuo	4. 巻 464
2. 論文標題 Melting experiments on Fe-Fe3S system to 254 GPa	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 135 ~ 141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2017.02.021	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 Glazyrin Konstantin, Sinmyo Ryosuke, Bykova Elena, Bykov Maxim, Cerantola Valerio, Longo Micaela, McCammon Catherine, Prakapenka Vitali, Dubrovinsky Leonid	4. 巻 95
2. 論文標題 Critical behavior of Mg1-xFexO at the pressure-induced iron spin-state crossover	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.95.214412	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 Sinmyo Ryosuke, McCammon Catherine, Dubrovinsky Leonid	4. 巻 102
2. 論文標題 The spin state of Fe3+in lower mantle bridgmanite	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 1263 ~ 1269
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2017-5917	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 Ishii Takayuki, Sinmyo Ryosuke, Komabayashi Tetsuya, Ballaran Tiziana Boffa, Kawazoe Takaaki, Miyajima Nobuyoshi, Hirose Kei, Katsura Tomoo	4. 巻 102
2. 論文標題 Synthesis and crystal structure of LiNbO ₃ -type Mg ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂ : A possible indicator of shock conditions of meteorites	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 1947 ~ 1952
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2017-6027	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 Okuda Yoshiyuki, Ohta Kenji, Yagi Takashi, Sinmyo Ryosuke, Wakamatsu Tatsuya, Hirose Kei, Ohishi Yasuo	4. 巻 474
2. 論文標題 The effect of iron and aluminum incorporation on lattice thermal conductivity of bridgmanite at the Earth's lower mantle	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 25 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2017.06.022	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 Hirose Kei, Sinmyo Ryosuke, Hernlund John	4. 巻 358
2. 論文標題 Perovskite in Earth's deep interior	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 734 ~ 738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aam8561	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 Vasiukov D. M., Ismailova L., Kuppenko I., Cerantola V., Sinmyo R., Glazyrin K., McCammon C., Chumakov A. I., Dubrovinsky L., Dubrovinskaia N.	4. 巻 -
2. 論文標題 Sound velocities of skiaigite?iron?majorite solid solution to 56?GPa probed by nuclear inelastic scattering	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Minerals	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/s00269-017-0928-8	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, Sinmyo Ryosuke, Morard Guillaume, Hirao Naohisa, Ohishi Yasuo	4. 巻 印刷中
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 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 McCammon C., Caracas R., Glazyrin K., Potapkin V., Kantor A., Sinmyo R., Prescher C., Kuppenko I., Chumakov A., Dubrovinsky L.	4. 巻 3
2. 論文標題 Sound velocities of bridgmanite from density of states determined by nuclear inelastic scattering and first principles calculations	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	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) DOI: 10.1186/s40645-016-0089-2	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 該当する

1. 著者名 Ismailova L., Bykova E., Bykov M., Cerantola V., McCammon C., Boffa Balaran T., Bobrov A., Sinmyo R., Dubrovinskaja N., Glazyrin K., Liermann H.-P., Kuppenko I., Hanfland M., Prescher C., Prakashenka V., Svitlyk V., Dubrovinsky L.	4. 巻 2
2. 論文標題 Stability of Fe,Al-bearing bridgmanite in the lower mantle and synthesis of pure Fe-bridgmanite	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Science Advances	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) DOI: 10.1126/sciadv.1600427	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 Sinmyo R., Bykova E., Ovsyannikov S.V., McCammon C., Kuppenko I., Ismailova L., Dubrovinsky L.	4. 巻 6
2. 論文標題 Discovery of Fe7O9: a new iron oxide with a complex monoclinic structure	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) doi: 10.1038/srep32852	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 Sinmyo R., Keppler H.	4. 巻 172
2. 論文標題 Electrical conductivity of NaCl-bearing aqueous fluids to 600 and 1 GPa	5. 発行年 2017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) doi:10.1007/s00410-016-1323-z	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 Sinmyo R., McCammon C., Dubrovinsky L.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 The spin state of Fe ³⁺ in lower mantle bridgmanite	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Am. Mineral.	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) doi:10.2138/am-2017-5917	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 Hirose K., Morard G., Sinmyo R., Umemoto K., Hernlund J., Helffrich G., Labrosse S.	4. 巻 543
2. 論文標題 Crystallization of silicon dioxide and compositional evolution of the Earth's core	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 99-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1038/nature21367	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 Mori Y., Ozawa H., Hirose K., Sinmyo R., Tateno S., Morard G., Ohishi Y.	4. 巻 464
2. 論文標題 Melting experiments on Fe-Fe ₃ S system to 254 GPa	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth Planet. Sci. Lett	6. 最初と最後の頁 135-141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1016/j.epsl.2017.02.021	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

[学会発表] 計18件(うち招待講演 3件/うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Shunpei Yokoo, Kei Hirose and Ryosuke Sinmyo
2. 発表標題 Crystallization of Liquid Fe-S-O at ICB Conditions
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koutaro Hikosaka, Ryosuke Sinmyo, Kei Hirose, Takayuki Ishii and Yasuo Ohishi
2. 発表標題 Stability of Fe506 at High Pressure and Temperature
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Izumi Mashino, Francesca Miozzi, Kei Hirose, Guillaume Morard and Ryosuke Sinmyo
2. 発表標題 Melting experiments on the Fe-C binary system up to 255 GPa: Constraints on the carbon content in the Earth's core
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuya Komabayashi, Giacomo Pesce, Ryosuke Sinmyo, Takaaki Kawazoe, Helene Breton, Yuta Shimoyama, Konstantin Glazyrin, Zuzana Konopkova and Mohamed Mezouar
2. 発表標題 Internally resistive heated diamond anvil cell experiments on Fe-Ni-Si alloy to 200 GPa and 3900 K and its implications for Earth's core
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keisuke Ozawa, Miyuki Anzai, Kei Hirose, Ryosuke Sinmyo and Shigehiko Tateno
2. 発表標題 Experimental Determination of Eutectic Liquid Compositions in the MgO-SiO ₂ System to the Lowermost Mantle Pressures
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryosuke Sinmyo, Kei Hirose and Yasuo Ohishi
2. 発表標題 Melting curve of iron to 290 GPa determined in a resistance-heated diamond-anvil cell: implications for the Earth and planetary core
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新名良介、廣瀬敬、大石泰生
2. 発表標題 内部抵抗加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた290GPaまでの鉄の融点決定
3. 学会等名 SPring-8シンポジウム2018サテライト研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新名良介、廣瀬敬、大石泰生
2. 発表標題 高温高圧実験から探る地球核とマントル最下部の温度構造
3. 学会等名 日本地球化学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新名良介
2. 発表標題 高温高压実験を用いたマントル深部鉱物の物理・化学的性質の研究
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryosuke Sinmyo
2. 発表標題 Technical development toward understanding the melting temperature of the materials at high pressure using ultra-fast spectroradiometry
3. 学会等名 Interaction and Coevolution of the Core and Mantle International Symposium Annual General Meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryosuke Sinmyo, Yoichi Nakajima, Catherine McCammon, Nobuyoshi Miyajima, Sylvain Petitgirard, Robert Myhill, Daniel Frost
2. 発表標題 Effect of Fe ³⁺ on the subsolidus and melting phase relations under lower mantle conditions
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2017（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 新名良介, 中島陽一, Catherine McCammon, 宮島延吉, Sylvain Petitgirard, Robert Myhill, Daniel Frost
2. 発表標題 下部マントル条件においてFe ³⁺ がサブソリダスおよび融解相関係に与える影響
3. 学会等名 日本鉱物科学会2017年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 新名良介, 廣瀬敬, 大石泰生
2. 発表標題 Melting of Iron at High Pressure
3. 学会等名 第58回高压討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryosuke Sinmyo, Kei Hirose, Yasuo Ohishi
2. 発表標題 Melting of Iron to 290 Gigapascals
3. 学会等名 2017 American Geophysical Union Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sinmyo R. and Kepler H.
2. 発表標題 Electrical conductivity of H ₂ O-NaCl fluids to 10 kbar
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sinmyo R., McCammon C., Dubrovinsky L.
2. 発表標題 The spin state of Fe ³⁺ in lower mantle bridgmanite
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sinmyo R. and Kepler H.
2. 発表標題 Electrical conductivity of H ₂ O-NaCl fluids to 10 kbar
3. 学会等名 Fifteenth International Symposium on Experimental Mineralogy, Petrology and Geochemistry (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sinmyo R. and Kepler H.
2. 発表標題 Electrical conductivity of NaCl-bearing aqueous fluids to 600 and 1 GPa
3. 学会等名 第57回高圧討論会
4. 発表年 2016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