

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00716

研究課題名（和文）地球外核・内核の伝導特性の実験的制約による地球熱進化の理解

研究課題名（英文）Understanding Thermal Evolution through Experimental Constraints on Conduction Properties in the Earth's Outer and Inner Core

研究代表者

太田 健二（Kenji, Ohta）

東京工業大学・理学院・准教授

研究者番号：20727218

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、地球の液体外核・固体内核の輸送特性を高圧実験から明らかにし、地球の熱進化過程の解明を推進することを目的としている。4年間の研究によって、核を構成する鉄合金の電気・熱伝導率、自己拡散係数を高圧下で決定する手法を確立した。その結果、液体鉄の電気抵抗率、固体鉄の熱伝導率を実際の地球中心核条件で決定することに成功し、大きなブレークスルーを達成した。鉄-軽元素合金内でのNiの拡散係数決定から地球内核の粘性率にも新たな制約を与えることが出来た。本研究の開始時に論争となっていた地球中心核の伝導度の大きさには研究者間のコンセンサスが得られてきたと言える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球中心核を構成する物質の輸送特性は内核の年齢など地球の構造進化史を解明する上で重要な物性値である。しかし、地球中心核に相当する条件での物質の輸送特性（電気・熱伝導率、粘性率）は実験による制約が難しい物性であった。本研究の結果から結論付けられる重要な知見は、地球中心核の伝導度がこれまでの予想の上限値に近く、内核は10億歳以下の年齢で、熱対流を起こさないということである。このことを実証するような地球物理学的観測と古地磁気観測結果が今後更に展開されていくだろう。本研究の成果から新たに湧き上がる疑問は今後の別の課題として提案されていく。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to clarify the transport properties of the Earth's core from high-pressure experiments and to promote the understanding of the thermal evolution process of the Earth. 4 years of research have established several methods to determine the electrical and thermal conductivity and self-diffusion coefficient of the iron alloy that makes up the core under high-pressure conditions. As a result, we succeeded in determining the electrical resistivity of liquid iron and the thermal conductivity of solid iron under actual Earth's core conditions, achieving a major breakthrough. The determination of the diffusion coefficient of Ni in iron-light element alloys has also provided new constraints on the viscosity of the Earth's inner core. It can be said that a consensus among researchers has been reached on the magnitude of the conductivity of the Earth's core, which was disputed at the beginning of this study.

研究分野：高圧地球惑星科学

キーワード：地球中心核 電気抵抗率 熱伝導率 粘性率 鉄合金 ダイヤモンドアンビルセル 二次イオン質量分析法 自己拡散係数

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。

1. 研究開始当初の背景

高温高压の極限環境である地球中心から地表へと向かう大きな熱流は、外核とマントルの対流を誘起することにより、40 億年近く続くと思われる地球ダイナモやプレート運動などのダイナミクスの原動力となる。熱伝導率と電気伝導度、粘性率の総称である輸送特性は地球内部の温度構造と熱進化、ダイナミクスを探るための基礎的な物理量だが、地球核の温度圧力条件での測定例は極めて少なかった。本研究期間(2019~2022 年度)以前の 2012 年に第一原理計算が提唱した地球中心核の電気・熱伝導率の上方修正によって、地球中心核の伝導特性と熱進化に関する研究が活発化した(例えば、de Koker et al., 2012 *Proceedings of National Academy of Science*; Pozzo et al., 2012 *Nature*; Gomi et al., 2013 *Physics of Earth and Planetary Interiors*)。研究代表者は 2016 年に世界で初めて地球中心核条件での固体純鉄の電気伝導度測定に成功し、当時提案され始めた核の高い熱伝導度と若い内核年齢を支持する結果を得た(Ohta et al., 2016 *Nature*)。しかし、その論文と同時に発表された他の研究グループの結果は、代表者が提唱する核の伝導度の 1/3 以下の値であったため(Konôpková et al., 2016 *Nature*)。高压実験での鉄の伝導度測定に対する問題点が浮き上がってきていたのが研究開始当初の状況であった。また、地球外核は液体鉄合金で構成されているにも関わらず、実験的な困難さから地球核条件での液体鉄の伝導度の決定がなされた例は一度もなく、測定手法すらも確立されていない状況にあった。

更に、地球中心核の構造進化を考える上では、誕生後の内核の成長様式にも興味を持たれていた。固体鉄合金からなる内核の粘性率は、内核の対流の有無や地震波速度異方性の起源の解明にとって重要な物理量であるため、その実験的な制約も課題であった。

2. 研究の目的

本研究は地球中心核の構造進化過程とダイナミクスのさらなる理解の深化を目指した。そのための課題となっていたのは、1) 研究グループ間での固体鉄の伝導度の見積りサイズの大きな差異の原因究明、2) 外核を構成する液体状態の鉄合金の伝導度測定、3) 固体内核の粘性率を見積もるための基礎物性(拡散係数)の決定の3つである。本研究は、この3つの課題を克服するための手法開発と、その手法による液体・固体鉄合金の輸送特性解明が目的であった。

3. 研究の方法

1) の課題において、代表者らの先行研究(Ohta et al., 2016 *Nature*)は高温高压実験で測定した電気伝導度を経験的な物理式(Wiedemann-Franz 則)から熱伝導率に変換するアプローチを取る。一方、対象的な結果となっていた Konôpková et al. (2016 *Nature*)の研究は熱伝導率を直接測定する新規手法であった。代表者らが独自開発してきたパルス光加熱サーモリフレクタンス法という熱伝導率計測手法を地球中心核の温度圧力条件で実現することで、Nature 誌上の 2 編の論文の結果の不一致の原因究明を目指した。

2) については、電気伝導度測定時に鉄合金試料が融解すると、激しい試料変形や周囲の物質との化学反応が起き、電気伝導度を正確に決定できなくなることが問題であった。そのため、融解時にも試料が変形・反応しないようにサファイア製のカプセルに試料を埋め込む手法(サファイアカプセル法)を考案した。当時、放射光施設 SPring-8 に導入されたばかりの高速 X 線検出器にも着目し、この装置を組み合わせたミリ秒スケールの超高速の XRD、電気抵抗、温度同時測定実験から、鉄試料が融解した直後の未変形、未反応の状態での鉄の電気伝導度を決定する手法(瞬間抵抗検出法)も開発を進めた。

3) は、固体鉄合金中の鉄原子の自己拡散係数を得ることで流動則から粘性率の決定が可能となる。そこで、鉄同位体をトレーサーとして、高温高压下で拡散を進行させた鉄試料の同位体分布測定を二次イオン質量分析法で行う手法を開発した。また、それと並行して、鉄・ニッケル軽元素合金中の鉄・ニッケル相互拡散係数の決定のための手法開発も進めた。

以上の3テーマに関して、高压の発生にはダイヤモンドアンビルセル装置を用い、高温の発生には実験の性質に応じて赤外レーザー加熱、内部抵抗加熱の2手法を使用した。

4. 研究成果

本研究で実施した技術開発によって、パルス光加熱サーモリフレクタンス法とレーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセル技術を組み合わせることで、地球内部に相当する高温高压条件下での物質の熱伝導率測定が可能となった。本手法は既存の熱伝導率測定手法(Konôpková et al., 2016 *Nature*)よりも広い温度範囲において物質の熱伝導率を小さい温度誤差で測定できるメリットがある。この手法を用いることで得られた成果を 4 編の論文として出版した(Hasegawa et al., 2019 *Review of Scientific Instruments*, 2023 *High Pressure Research*; Okuda et al., 2021 *Earth and Planetary Science Letters*; Zhang et al., 2021 *Physical Review B*)。また、本研究の1つ目の課題であった固体純鉄の熱伝導率も最高 150 GPa、3200 K までの条件で測定することに成功し、代表者らが提唱しつづけてきた高い地球コアの熱伝導率を裏付ける結果を得た(Hasegawa et al., submitted to *Nature Communications*)。

高圧液体の電気伝導度測定にも大きな進展があった。上述した、サファイアカプセル法と瞬間抵抗検出法の開発が完了することで、これまで 52 GPa が最高かつ誤差も大きかった液体純鉄の電気抵抗率を地球中心核圧力に達する 140 GPa まで精密決定することに成功した (Ohta et al., 2023 *Physical Review Letters*)。この研究で確立した手法は今後、鉄-軽元素合金に対する実験のみならずマグマや水素流体など地球惑星科学の諸問題を解決することに貢献していこう。

内部抵抗加熱式ダイヤモンドアンビルセル技術による鉄同位体の自己拡散実験と、その回収試料の二次イオン質量分析は開発が難航したものの、最終的には 25 GPa で拡散させた鉄同位体のマッピングを得ることが出来た (Park 2021 PhD. Thesis)。同時並行で行った、鉄-ニッケル相互拡散実験からはケイ素が固溶することによる鉄-ニッケル相互拡散の影響を明らかにすることが出来、その結果から内核の粘性率に新たな制約を与えた (Park et al., 2023 *American Mineralogist*)。

以上をまとめると、本研究が当初計画した地球中心核の電気・熱伝導特性の解明には技術的な大きなブレイクスルーとともに十分な成果が得られた。本研究によって、地球中心核条件での固体・液体物質の電気・熱伝導の物理機構がより理解出来るようになった。二次イオン質量分析法と高温高圧実験を組み合わせる実験も実現可能であることを実証し、今後高圧同位体科学がさらなる発展を見せると期待できる。地球中心核の構造進化とダイナミクスに関しては、論争となっていた内核の誕生年代に約 10 億年というコンセンサスが得られてきたことに加えて、内核に対流が生じるためのメカニズムの解明が進んだ点で本研究の遂行には非常に意義があったと総括することができる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Kenji Ohta, Sho Suehiro, Saori I. Kawaguchi, Yoshiyuki Okuda, Tatsuya Wakamatsu, Kei Hirose, Yasuo Ohishi, Manabu Kodama, Shuichiro Hirai, Shintaro Azuma	4. 巻 -
2. 論文標題 Measuring the Electrical Resistivity of Liquid Iron to 1.4 Mbar	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	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 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 Nagaya Yoshihiro, Gomi Hitoshi, Ohta Kenji, Hirose Kei	4. 巻 -
2. 論文標題 Equations of state for B2 and bcc Fe1-Si	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 107046 ~ 107046
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.pepi.2023.107046	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 Hasegawa Akira, Ohta Kenji, Yagi Takashi, Hirose Kei	4. 巻 43
2. 論文標題 Thermal conductivity of platinum and periclase under extreme conditions of pressure and temperature	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 High Pressure Research	6. 最初と最後の頁 68 ~ 80
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/08957959.2023.2193892	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 Wakamatsu Tatsuya, Ohta Kenji, Tagawa Shoh, Yagi Takashi, Hirose Kei, Ohishi Yasuo	4. 巻 49
2. 論文標題 Compressional wave velocity for iron hydrides to 100 gigapascals via picosecond acoustics	5. 発行年 2022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/s00269-022-01192-8	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 -

1. 著者名 Okuda Yoshiyuki, Ohta Kenji, Nishihara Yu, Hirao Naohisa, Wakamatsu Tatsuya, Suehiro Sho, Kawaguchi Saori I., Ohishi Yasuo	4. 巻 11
2. 論文標題 Low-spin ferric iron in primordial bridgmanite crystallized from a deep magma ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-98991-w	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 Sakuraba Haruka, Kurokawa Hiroyuki, Genda Hidenori, Ohta Kenji	4. 巻 11
2. 論文標題 Numerous chondritic impactors and oxidized magma ocean set Earth's volatile depletion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-99240-w	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 Zhang Zhen, Zhang Dong-Bo, Onga Kotaro, Hasegawa Akira, Ohta Kenji, Hirose Kei, Wentzcovitch Renata M.	4. 巻 104
2. 論文標題 Thermal conductivity of CaSiO ₃ perovskite at lower mantle conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 184101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.184101	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 Aoyama Takuya, Ohta Kenji, Shimizu Katsuya, Ohgushi Kenya	4. 巻 91
2. 論文標題 Persistent Spin-Orbit Mott Insulating State in Highly Compressed Post-Perovskite CaIrO ₃	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 45003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.045003	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 Ohta Kenji, Hirose Kei	4. 巻 8
2. 論文標題 The thermal conductivity of the Earth's core and implications for its thermal and compositional evolution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 National Science Review	6. 最初と最後の頁 nwaa303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/nsr/nwaa303	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 Okuda Yoshiyuki, Kimura Seiji, Ohta Kenji, Park Yohan, Wakamatsu Tatsuya, Mashino Izumi, Hirose Kei	4. 巻 92
2. 論文標題 A cylindrical SiC heater for an externally heated diamond anvil cell to 1500 K	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 015119 ~ 015119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0036551	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 Okuda Yoshiyuki, Ohta Kenji, Hasegawa Akira, Yagi Takashi, Hirose Kei, Kawaguchi Saori I., Ohishi Yasuo	4. 巻 547
2. 論文標題 Thermal conductivity of Fe-bearing post-perovskite in the Earth's lowermost mantle	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 116466 ~ 116466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2020.116466	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 Ohta Kenji, Wakamatsu Tatsuya, Kodama Manabu, Kawamura Katsuyuki, Hirai Shuichiro	4. 巻 91
2. 論文標題 Laboratory-based x-ray computed tomography for 3D imaging of samples in a diamond anvil cell in situ at high pressures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 093703 ~ 093703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0014486	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 Okuda Yoshiyuki, Ohta Kenji, Sinmyo Ryosuke, Hirose Kei, Ohishi Yasuo	4. 巻 47
2. 論文標題 Anomalous compressibility in (Fe,Al)-bearing bridgmanite: implications for the spin state of iron	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Minerals	6. 最初と最後の頁 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00269-020-01109-3	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 Inoue Hayato, Suehiro Sho, Ohta Kenji, Hirose Kei, Ohishi Yasuo	4. 巻 543
2. 論文標題 Resistivity saturation of hcp Fe-Si alloys in an internally heated diamond anvil cell: A key to assessing the Earth's core conductivity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 116357 ~ 116357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2020.116357	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 Suehiro Sho, Wakamatsu Tatsuya, Ohta Kenji, Hirose Kei, Ohishi Yasuo	4. 巻 39
2. 論文標題 High-temperature electrical resistivity measurements of hcp iron to Mbar pressure in an internally resistive heated diamond anvil cell	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 High Pressure Research	6. 最初と最後の頁 579 ~ 587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/08957959.2019.1692008	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 Matsuoka Takahiro, Muraoka Shu, Ishikawa Takahiro, Niwa Ken, Ohta Kenji, Hirao Naohisa, Kawaguchi Saori, Ohishi Yasuo, Shimizu Katsuya, Sasaki Shigeo	4. 巻 123
2. 論文標題 Hydrogen-Storing Salt NaCl(H ₂) Synthesized at High Pressure and High Temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 25074 ~ 25080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b06639	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 Hasegawa Akira, Yagi Takashi, Ohta Kenji	4. 巻 90
2. 論文標題 Combination of pulsed light heating thermoreflectance and laser-heated diamond anvil cell for in-situ high pressure-temperature thermal diffusivity measurements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 74901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5093343	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 -

[学会発表] 計11件(うち招待講演 2件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Kenji Ohta
2. 発表標題 Inversion of the temperature dependence of thermal conductivity of hcp iron under high pressure
3. 学会等名 AIRAPT2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kenji Ohta
2. 発表標題 Measuring the electrical resistivity of liquid iron at the pressures of planetary cores
3. 学会等名 Study of Earth's Deep Interior 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川暉、太田健二、八木貴志、廣瀬敬、大石泰生
2. 発表標題 地球コア相当の高圧力条件における鉄の熱伝導率とローレンツ数
3. 学会等名 第62回高圧討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田健二、末廣翔、河口沙織、奥田善之、若松達也、廣瀬敬、大石泰生
2. 発表標題 高压熔融鉄の電気抵抗率
3. 学会等名 第62回高压討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenji Ohta, Sho Suehiro, Hayato Inoue, Akira Hasegawa
2. 発表標題 Advances in a high pressure-temperature experiment for understanding thermal transport property of the Earth's core
3. 学会等名 Japan Geophysical Union Annual Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yohan Park, Kenji Ohta, Shoichi Itoh, Kei Hirose
2. 発表標題 Evaluating self-diffusion coefficient of iron under high pressure by a combination of resistive-heated diamond anvil cell and secondary ion mass spectrometry
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Ohta, Manabu Kodama, Yutaro Matsuki, Katsuyuki Kawamura, Shuichiro Hirai
2. 発表標題 In-situ high-pressure geometry observation on sample in a diamond anvil cell using X-ray CT technique
3. 学会等名 日本高压力学会第60回高压討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuya Wakamatsu, Kenji Ohta, Shoh Tagawa, Takashi Yagi, Kei Hirose, Yasuo Ohishi
2. 発表標題 Sound velocity measurements on hcp-FeHx (x<1) under high pressures by femtosecond pulse laser pump-probe technique
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Ohta, Sho Suehiro, Kei Hirose, Yasuo Ohishi
2. 発表標題 Electrical resistivity of fcc phase of iron hydrides at high pressures and temperatures
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Inoue, Sho Suehiro, Kenji Ohta, Kei Hirose, Yasuo Ohishi
2. 発表標題 Electrical resistivity saturation in Fe-Si alloys at high P-T conditions
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sho Suehiro, Tatsuya Wakamatsu, Kenji Ohta, Kei Hirose, Yasuo Ohishi
2. 発表標題 Measurement of electrical resistivity of melting iron at high P-T conditions
3. 学会等名 日本高圧力学会第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 日本高圧力学会	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 500
3. 書名 高圧力の科学・技術事典	

1. 著者名 Takashi Nakagawa (Editor), Taku Tsuchiya (Editor), Madhusoodhan Satish-Kumar (Editor), George Helffrich (Editor)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 American Geophysical Union	5. 総ページ数 272
3. 書名 Core-Mantle Co-Evolution: An Interdisciplinary Approach	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>太田健二のホームページ https://sites.google.com/view/kenji-ohata 東京工業大学理学院地球惑星科学系太田研究室のホームページ http://www.geo.titech.ac.jp/lab/ohata/Ohta_Lab._HP/Ohta_Lab_Home.html Kenji Ohta's Homepage https://sites.google.com/view/kenji-ohata 東京工業大学理学院地球惑星科学系太田研究室ホームページ http://www.geo.titech.ac.jp/lab/ohata/Ohta_Lab._HP/Ohta_Lab_Home.html 太田健二 個人ホームページ https://sites.google.com/view/kenji-ohata/home?authuser=0 京都大学大学院理学研究科 地球惑星科学専攻 宇宙地球化学分科 宇宙地球化学講座 http://www.kueps.kyoto-u.ac.jp/~web-geochem/</p>
--

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	伊藤 正一 (Itoh Shoichi) (60397023)	京都大学・理学研究科・准教授 (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
---------	---------