

令和 6 年 5 月 14 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H00723

研究課題名（和文）高温高压変形実験で探る内核のレオロジー

研究課題名（英文）Rheology in the Earth's inner core studied by high-pressure deformation experiments

研究代表者

西原 遊（Nishihara, Yu）

愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・教授

研究者番号：10397036

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 32,500,000円

研究成果の概要（和文）：内核の主要構成物質であるhcp鉄と関連物質について、変形実験と元素拡散実験によりレオロジーをミクロな素過程から解明し、内核の異方的構造のメカニズムに迫ることを目指した。変形実験によって決定されたhcp鉄のレオロジーをもとに見積もると、内核条件でのhcp鉄の粘性率は約 10^{19} Pa s以上の高い値を持つことが示唆された。また、bcc鉄はhcp鉄と比べて約5桁も低粘性であること、hcpおよびdhcp水素化鉄はhcp鉄と比べわずかに低粘性であることが明らかになった。また、fcc鉄中のFe-Ni相互拡散係数は少なくとも25 GPaまでは過去の報告と一致し、その値が尤もらしいことが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

六方最密構造鉄(hcp-Fe)の実験結果に基づいて見積もられた地球内核の粘性率の高い値は、地球内核における構造形成メカニズムとして、異方的内核成長または並進運動がもっともらしいことを示唆している。固体金属の地球内核の複雑な異方的構造の成因については、数多くの仮説が提唱されており混沌としているが、この問題を強く制約することに成功した。

研究成果の概要（英文）：In order to understand the Earth's inner core dynamics which is probably responsible for its anisotropic structure, we have conducted deformation and diffusion experiments on hcp-Fe and related materials. Rheological property of hcp-Fe determined by deformation experiments suggested that the viscosity of hcp-Fe under the inner core conditions is around 10^{19} Pa s or higher. We also determined that viscosity of bcc-Fe is 5 orders of magnitude lower than that of hcp-Fe, and hcp- and dhcp-iron hydrides are weaker than hcp-Fe only slightly. Fe-Ni interdiffusion coefficients in Fe determined by our experiments were consistent with that by previous study at least below 25 GPa.

研究分野：地球深部物質科学

キーワード：地球中心核 hcp鉄 高温高压変形実験 レオロジー

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

地球中心に位置する固体金属の内核には、南北方向に伝播する P 波が赤道方向のものに対し約 3%も高速となる大きな地震波異方性が存在することがわかっている。この内核の異方性の成因には、さまざまなメカニズムが提唱されているが、現在までに明確な結論は得られていない。内核ダイナミクスは内核の冷却速度と粘性率の値によって決定されるが (Lasbleis and Deguen, 2015)、粘性率はよく制約されていない。このため、内核を構成する物質の流動変形の性質 (レオロジー) の理解が強く求められている。

内核は主に六方最密構造 (hcp) 鉄からなるという考えが一般的であり (e.g. Tateno et al., 2010)、内核の粘性率は主として hcp 鉄の流動変形の力学的性質 (レオロジー) によって決まっていると考えられる。そのため、hcp 鉄の高温高压でのレオロジーの理解が必要とされるが、実験技術上の困難さのためよくわかっていない。このため、新たな技術に基づいてより高温高压で内核構成物質の hcp 鉄の流動強度を測定し、流動の歪速度を差応力、温度、圧力の関数として記述した“レオロジー構成方程式”を決定することが必要とされている。一部には地球の内核は bcc 鉄を主成分とするという考えもある (Belonoshko et al., 2019)。また、地球核は現実には、純粋な鉄ではなく数%程度の軽元素を含んでいる。そのため内核ダイナミクスを正確に評価するために、hcp 以外の結晶構造の鉄や鉄-軽元素系物質などの関連する物質のレオロジーの理解も重要である。

高温下での変形流動では、元素拡散が主要な役割を担っているため、hcp 鉄の元素拡散の知見は、変形実験の結果を解釈するうえで重要であるだけでなく、これをもとに内核レオロジーの理解に迫ることを可能にする。

2. 研究の目的

内核異方性形成メカニズムの鍵を握ると考えられる内核の粘性率を制約することを目的として、(1)高温高压変形実験と (2)元素拡散実験を行い地球の内核の構成物質のレオロジーの全面的な理解を目指す。(1)高温高压変形実験では、hcp 鉄を試料として D111 型高压変形装置を用いた系統的な放射光 X 線その場観察実験を行ない、hcp 鉄のレオロジー構成方程式を正確に定式化する。さらに、hcp 鉄以外の内核関連物質についても同様の高温高压変形実験を行ない、それらの物質の存在が内核のレオロジー与える影響を明らかにする。(2)元素拡散実験では、鉄と鉄ニッケル合金のペアを試料として用いた高温高压実験を行なう。これらの結果から総合的に内核物質の流動変形のレオロジーを定量的に決定し、地球内核での変形メカニズム、粘性率、歪速度に制約を与える。これに基づいて、内核異方性の形成メカニズムを特定することを目指す。

3. 研究の方法

hcp 鉄および鉄水素化物のレオロジー特性を決定するため、変形その場観察実験を D111 型装置 (西原ほか, 2020) を用いて行った。使用する D111 型装置は、高エネルギー加速器研究機構 (KEK)、PF-AR、NE7A に以前我々が設置したものと、本課題の経費により SPring-8、BL04B1 に導入したものである。D111 型装置は、川井型マルチアンビル装置を変形実験用に改良した DT-Cup 装置 (Hunt et al., 2014) を大型化したものにあたる。川井型マルチアンビル装置の持つ優れた高压発生機構がそのまま採用されていることから、D111 型装置では D-DIA 装置などの従来の装置より高压での変形実験が実現できる。より低压で安定な bcc 鉄の高温高压変形実験は、SPring-8、BL04B1 の D-DIA 型装置を用いて行なった。いずれの変形実験においても、実験中の試料の差応力は 60 keV の放射光単色 X 線を用いた 2 次元 X 線回折により、歪は X 線ラジオグラフィーにより決定した。

拡散実験は、鉄と鉄ニッケル合金のペアを試料として用いた相互拡散実験を愛媛大学設置のマルチアンビル装置を用いて行った。最高圧力の 40 GPa で行った実験には、焼結ダイヤモンドアンビルを使用した。

4. 研究成果

(1) Hcp 鉄のレオロジー

温度 423–873 K、圧力 15.1–22.6 GPa、一軸圧縮歪速度 1.5×10^{-6} – $1.1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ の範囲の様々な条件で、応力歪曲線が得られ、合計 33 の変形条件での定常流動応力が決定された (図 1)。これらの結果から総合的に判断すると、約 800 K 以上の高温とそれ以下の低温では、それぞれ異なる変形機構が卓越していることが示唆される。高温機構は応力指数が約 4 であり、格子拡散が律速する高温型べき乗則クリープであると考えられる。いっぽうで、低温機構は転位芯拡散が律速する低温型べき乗則クリープであると考えられ、また約 700 K 以下では顕著なべき乗則の

崩壊を伴っている。内核条件でべき乗則クリープが支配的変形機構であると仮定し、融点規格化に基づいた見積もりを行うと、内核条件での hcp 鉄の粘性率は約 10^{19} Pa·s 以上の高い値を持つことが示唆される。この結果は、*J. Geophysical Research Letter: Solid Earth* 誌に発表した(Nishihara et al., 2023)。

(2) Bcc 鉄のレオロジー

温度 523–823 K、圧力 2.0–6.0 GPa、一軸圧縮歪速度 $0.8\text{--}5.7 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ の範囲の合計 28 の変形条件での定常流動応力が決定された。これらの結果をもとに解析を行なった結果、約 750 K 以下の低温では、応力指数がおよそ 5、活性化エネルギーはおよそ 100 kJ/mol の低い値であった。これは転位芯拡散が律速する

べき乗則クリープが支配的であることを示している。また、この変形機構の活性化体積は約 $1 \text{ cm}^3/\text{mol}$ という小さい値が得られた。一方それ以上の高温では、より低い応力指数の値とより大きな活性化エネルギーの値を持つ変形機構の影響が示唆された。この高温での変形機構は粒子拡散クリープであるとすると過去の常圧での研究と矛盾しない(Frost and Ashby, 1982)。また、今回の高圧力での結果の常圧への外挿値は、過去の研究 (Frost and Ashby, 1982)とおおむね調和的であった。hcp 鉄のレオロジーの結果と比較すると、同一の温度、圧力、歪速度条件下では、bcc 鉄は hcp 鉄よりも約 1 桁低い応力を示すことが分かった。両者の応力指数は 5 前後なので、同一応力条件下で比較した場合の bcc 鉄の粘性率は hcp 鉄よりも約 5 桁も低いことを意味する。これが正しければ、内核が bcc 構造の鉄合金である場合、hcp 構造を想定した見積もりよりも大幅に低い粘性率を持つと考えなければいけない。

(3) 鉄水素化物のレオロジー

$x = 0.74\text{--}0.82$ 組成を持つ dhcp-FeH_x について、圧力 11.7–16.1 GPa、温度 573–823 K、歪速度 $0.28\text{--}11.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ の範囲の合計 39 の変形条件において定常流動応力が決定された。結果から総合的に判断すると、約 750 K 以上の高温とそれ以下の低温では、それぞれ異なる変形機構が卓越していることが示唆される。高温機構は応力指数が約 4 であり、格子拡散が律速する高温型べき乗則クリープと考えられる。いっぽうで、低温機構は転位芯拡散が律速する低温型べき乗則クリープであると考えられ、約 700 K 以下では顕著なべき乗則の崩壊を伴っている。hcp-Fe の応力値(Nishihara et al., 2023)と比べて同じ条件での dhcp-FeH_x の値が 0.5–0.7 倍程度であることを除けば、dhcp-FeH_x の結果は hcp-Fe と大きく変わらない。 $x = 0.18\text{--}0.41$ 組成を持つ hcp-FeH_x について決定された応力は、概ね hcp-Fe と dhcp-FeH_x の中間の値を示した。これらの結果から、水素が hcp-Fe のレオロジーに与える影響は限定的であること、hcp と dhcp では原子層の積層順序が異なるという構造的違いがあるもののレオロジーには大きな差はないことが明らかとなった。そのため、内核の粘性率への水素の影響はあまり大きくないことが示唆される。

(4) 拡散実験

鉄と鉄ニッケル合金のペアを試料として用いて、高温高圧実験を温度 1473–1673 K、圧力 16–40 GPa で行った。得られた fcc 鉄中の Fe–Ni 相互拡散係数は、25 GPa 以下では、過去の鉄およびニッケルの単体を用いた研究(Yunker and Van Orman, 2007)とよく一致した。いっぽうで、1673 K、40 GPa で行った実験で得られた拡散係数は異常に高く、これは用いた出発物質の状態に由来する可能性がある。また、鉄と鉄ニッケル合金のペアを試料として用いた高温高圧実験を水素飽和条件下で行い、鉄の拡散に与える水素の影響についての結果も得られている。

< 引用文献 >

- Belonoshko et al. (2019) *Nature Comm.*, **10**, 2483.
 Frost and Ashby (1982) *Deformation mechanism maps*, Pergamon Press.
 Hunt et al. (2014) *Rev. Sci. Inst.*, **85**, 085103.
 Lasbleis and Deguen (2015) *Phys. Earth Planet. Int.*, **247**, 80-93.
 西原ほか (2020) *高圧力の科学と技術*, **30**, 78-84.
 Nishihara et al. (2023) *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, **128**, e2022JB026165.
 Tateno et al. (2010) *Science*, **330**, 359-361.
 Yunker and Van Orman (2007) *Earth Planet. Sci. Lett.*, **254**, 203-213.

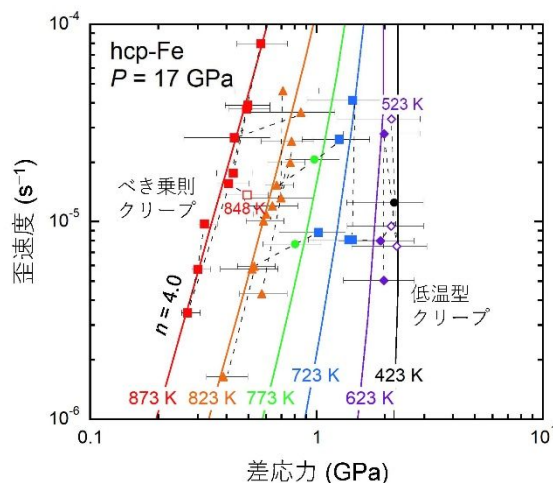


図1 hcp 鉄の応力–歪速度関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Matsukage Kyoko N., Nishihara Yu, Tange Yoshinori, Higo Yuji	4. 巻 129
2. 論文標題 Phase Relation and Equation of State of Iron Titanium Oxyhydroxides With PbO ₂ Type Crystal Structure at Deep Mantle Conditions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	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) 10.1029/2023JB027906	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 Nishihara Yu, Doi Shunta, Tsujino Noriyoshi, Yamazaki Daisuke, Matsukage Kyoko N., Tsubokawa Yumiko, Yoshino Takashi, Thomson Andrew R., Higo Yuji, Tange Yoshinori	4. 巻 128
2. 論文標題 Rheology of Hexagonal Close Packed (hcp) Iron	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	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) 10.1029/2022JB026165	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 Thomson Andrew R., Nishihara Yu, Yamazaki Daisuke, Tsujino Noriyoshi, Hunt Simon A., Tsubokawa Yumiko, Matsukage Kyoko, Yoshino Takashi, Kubo Tomoaki, Dobson David P.	4. 巻 -
2. 論文標題 Preliminary Results from the New Deformation Multi Anvil Press at the Photon Factory: Insight into the Creep Strength of Calcium Silicate Perovskite	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Core-Mantle Coevolution: A Multidisciplinary Approach, American Geophysical Union	6. 最初と最後の頁 59-73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/9781119526919.ch4	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 Yohan Park, Shintaro Azuma, Keishi Okazaki, Kentaro Uesugi, Masahiko Yasutake, Yu Nishihara, and Ryuichi Nomura	4. 巻 49
2. 論文標題 Development of lattice-preferred orientations of MgO periclase from strain rate controlled shear deformation experiments under pressure up to 120 GPa	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research 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) 10.1029/2022GL100178	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 Tsuji no Noriyoshi, Yamazaki Daisuke, Nishihara Yu, Yoshino Takashi, Higo Yuji, Tange Yoshinori	4. 巻 8
2. 論文標題 Viscosity of bridgmanite determined by in situ stress and strain measurements in uniaxial deformation experiments	5. 発行年 2022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) 10.1126/sciadv.abm1821	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, 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 -
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 NISHIHARA Yu, TSUJINO Noriyoshi, KUBO Tomoaki, YAMAZAKI Daisuke, DOI Shunta, IMAMURA Masahiro, YOSHINO Takashi	4. 巻 30
2. 論文標題 Studies of Deep Earth Rheology Based on High-Pressure Deformation Experiments Using D111-Type Apparatus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Review of High Pressure Science and Technology	6. 最初と最後の頁 78 ~ 84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4131/jshpreview.30.78	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 Nishihara Yu, Doi Shunta, Hino Hideitsu, Higo Yuji, Tange Yoshinori	4. 巻 40
2. 論文標題 Pressure effect on the electromotive force of the type R thermocouple	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Pressure Research	6. 最初と最後の頁 205 ~ 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/08957959.2019.1705296	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 Yu Nishihara, Shunta Doi, Sho Kakizawa, Yuji Higo, and Yoshinori Tange	4. 巻 298
2. 論文標題 Effect of pressure on temperature measurements using WRe thermocouple and its geophysical impact	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 106348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pepi.2019.106348	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 M. Nishi, J. Tsuchiya, Y. Kuwayama, T. Arimoto, Y. Tange, Y. Higo, T. Hatakeyama, T. Irifune	4. 巻 295
2. 論文標題 Phase relations of MgSiO ₃ -FeSiO ₃ system up to 64 GPa and 2300 K using multianvil apparatus with sintered diamond anvils	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 106297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pepi.2019.106297	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 M. Nishi, J. Tsuchiya, Y. Kuwayama, T. Arimoto, Y. Tange, Y. Higo, T. Hatakeyama, T. Irifune	4. 巻 10
2. 論文標題 Solid Solution and Compression Behavior of Hydroxides in the Lower Mantle	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 10231-10239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JB018146	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 Chaowen Xu, Masayuki Nishi, Toru Inoue	4. 巻 104
2. 論文標題 Solubility behavior of -Al ₂ O ₃ and -FeO at high pressures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 1416-1420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2019-7064	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 Masayuki Nishi, Yasuhiro Kuwayama, Jun Tsuchiya	4. 巻 338
2. 論文標題 New aluminium hydroxide at multimegabar pressures: Implications for water reservoirs in deep planetary interiors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 113539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2019.113539	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49件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Takaichi, G., Nishihara, Y., Matsukage, K.N., Nishi, M., Higo, Y., Tange, Y., Tsujino, N., Kakizawa, S.
2. 発表標題 Stability of hydrous SiO ₂ stishovite in the deep mantle
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2023 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年 ~ 2024年

1. 発表者名 Wu, W., Nishihara, Y., Tsujino, N.
2. 発表標題 Experimental study on deformation microstructure of phase D at high temperature and high pressure and implication for seismic anisotropy in the mid-mantle
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2023 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年 ~ 2024年

1. 発表者名 Nishihara, Y., Wu, W., Kunimoto, T., Takaichi, G., Kubota, T., Tsujino, N., Kakizawa, S., Higo, Y.
2. 発表標題 Effect of hydrogen on rheology of hcp-Fe
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2023 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年 ~ 2024年

1. 発表者名 櫻井萌, 辻野典秀, 西原遊
2. 発表標題 Alを固溶したブリッジマナイトの最大含水量の温度依存性
3. 学会等名 第64回高圧討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 後藤祐太, 久保友明, 本田陸人, 柴崎裕樹, 西原遊, 肥後祐司, 辻野典秀
2. 発表標題 一軸圧縮変形場における2段階のポストスピネル相転移実験
3. 学会等名 第64回高圧討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原遊, 吳文天, 國本健広, 高市合流, 久保田哲矢, 辻野典秀, 柿澤翔, 肥後祐司
2. 発表標題 hcp-Feのレオロジーへの水素の影響
3. 学会等名 第64回高圧討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本田陸人, 久保友明, 辻野典秀, 肥後祐司, 柿澤翔, 柴崎裕樹, 西原遊
2. 発表標題 準安定オリビンのレオロジー
3. 学会等名 第64回高圧討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 WU Wentian, NISHIHARA Yu
2. 発表標題 Strain-induced crystal preferred orientation of phase D and implications for seismic anisotropy in the deep mantle
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2023 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎大輔, 生田大穰, ロウカヤン, リュウカオ, 芳野極, 辻野典秀, 柿澤翔, 肥後祐司, 西原遊
2. 発表標題 Deformation experiments on NaNiF3 perovskite and post-perovskite
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2023 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原遊, 吳文天, 國本健広, 高市合流, 久保田哲矢, 辻野典秀, 柿澤翔, 肥後祐司
2. 発表標題 Effect of hydrogen on rheology of hcp-Fe
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2023 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高市合流, 西原遊, 松影香子, 西真之, 肥後祐司, 辻野典秀, 柿澤翔
2. 発表標題 The stability of hydrous SiO2 stishovite in the deep mantle
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2023 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 後藤佑太, 久保友明, 本田陸人, 柴崎裕樹, 西原遊, 肥後祐司, 丹下慶範, 宮原正明
2. 発表標題 Role of ferropericlasite and akimotoite in rheological weakening of subducting slab across the upper and lower mantle boundary
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2023 (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原遊, 丹下慶範, 肥後祐司, 辻野典秀, 柿澤翔, 國本健広, 吳文天, 高市合流, 久保田哲矢, 山崎大輔, 芳野極, 川添貴章, 山口和貴, 久保友明, 坪川祐美子, 本田陸人, 後藤佑太
2. 発表標題 dhcp-FeHx のレオロジー: SPring-8, BL04B1 におけるD111 型装置を用いた高温高压変形その場観察実験
3. 学会等名 第63回高压討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東真太郎, 岡崎啓史, 上杉健太郎, 安武正展, 西原遊, 野村龍一
2. 発表標題 MgO 多結晶体の超高压高歪変形実験から推察するD'' 層の結晶選択配向の発達
3. 学会等名 第63回高压討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若松達也, 太田健二, 奥田善之, 八木貴志, 西原遊, 廣瀬敬, 大石泰生
2. 発表標題 ピコ秒超音波法による下部マントル主要構成鉱物の音速測定
3. 学会等名 第63回高压討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高市合流, 西原遊, 松影香子, 西真之, 肥後祐司, 丹下慶範
2. 発表標題 マントル深部における含水SiO ₂ スティンヨバイトの安定性
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松影香子, 西原遊, 丹下慶範, 肥後祐司, 辻野典秀, 柿澤翔
2. 発表標題 -PbO ₂ 型構造をもつFeO ₀ H-TiO ₂ 系水酸化物の高温高圧下での相関係と状態方程式
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國本 健広, 西原 遊, 入船 徹男, 辻野 典秀, 肥後 祐司, 柿澤 翔, 坪川 祐美子, 本田 陸人
2. 発表標題 6-8-2 加圧方式を用いたD111 型装置による超高压発生
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤佑太, 久保友明, 本田陸人, 柴崎裕樹, 西原遊, 肥後祐司, 丹下慶範, 宮原正明
2. 発表標題 ポストスピネル相転移にともなう下部マントルスラブの軟化: 超塑性および弱相Ferropericlase が支配するレオロジー
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坪川祐美子, 久保友明, 肥後祐司, 丹下慶範, 西原遊、本田陸人
2. 発表標題 Uniaxial deformation and transformation of high-pressure clinoenstatite under mantle transition zone condition
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松影香子, 西原遊, 丹下慶範
2. 発表標題 マントル遷移層における -PbO_2 型鉄チタン水酸化物の安定性
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高市合流, 西原遊, 松影香子, 西真之, 肥後祐司, 丹下慶範
2. 発表標題 マントル深部における含水 SiO_2 スティショバイトの安定性
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤佑太, 久保友明, 本田陸人, 西原遊, 肥後祐司, 丹下慶範, 宮原正明
2. 発表標題 Rheological weakening of the lower-mantle slab by superplastic flow of the post-spinel assemblage
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原遊, 丹下慶範, 肥後祐司, 辻野典秀, 山崎大輔, 芳野極, 久保友明, 坪川祐美子, 本田陸人, 後藤佑太, 國本健広, 川添貴章, 山口和貴
2. 発表標題 dhcp-FeHxのレオロジー: Spring-8, BL04B1におけるD111型装置を用いた高温高圧変形その場観察実験
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高市合流, 西原遊, 西真之
2. 発表標題 下部マントルにおける地殻物質の再含水化に関する実験的検証
3. 学会等名 第62回高圧討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原遊, 安東淳一, 富岡尚敬, HUNT Simon, DOBSON David, 肥後祐司
2. 発表標題 MnGeO ₃ ペロフスカイトの変形微細組織と結晶選択配向
3. 学会等名 第62回高圧討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原遊, 肥後祐司, 丹下慶範
2. 発表標題 高温高圧下のbcc鉄のレオロジー
3. 学会等名 第61回高圧討論
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森悠一郎, 久保友明, 小泉早苗, 西原遊, 鈴木昭夫
2. 発表標題 D111型装置を用いた一軸圧縮変形場におけるMg ₂ SiO ₄ のオリビン-スピネル相転移の放射光その場観察
3. 学会等名 第61回高圧討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻野典秀, 山崎大輔, 西原遊
2. 発表標題 D111型プレス装置を用いた下部マントル物質の変形実験
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 西原遊, 肥後祐司, 丹下慶範
2. 発表標題 Rheology of bcc-iron at high-pressure and -temperature
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 奥田義之, 太田健二, 西原遊, 鍵裕之, 廣瀬敬
2. 発表標題 Electrical conductivity measurement of water-bearing bridgmanite using an externally heated diamond anvil cell
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 野村龍一, 東真太郎, 上杉健太郎, 西原遊, 入船徹男
2. 発表標題 Torsional deformation experiments at Mbar pressures toward understanding deep Earth rheology
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎大輔, 辻野典秀, 西原遊
2. 発表標題 Shear deformation on post-spinel
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (JpGU2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻野典秀, 山崎大輔, 西原遊
2. 発表標題 D111型高压発生装置を用いたブリッジマナイトの一軸変形実験
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (JpGU2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原遊, 土居峻太, 辻野典秀, 山崎大輔, 肥後祐司
2. 発表標題 六方最密構造 (hcp)鉄のレオロジー
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (JpGU2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保友明, 森山一哉, 森悠一郎, 今村公裕, 小泉早苗, 西原遊, 鈴木昭夫, 肥後祐司
2. 発表標題 In-situ X-ray observations of the olivine-spinel transformation under shear deformation: preliminary results on the reaction-induced weakening
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (JpGU2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東真太郎, 野村龍一, 上杉健太郎, 西原遊, 土居峻太, 有本岳史, 入船徹男
2. 発表標題 Development of the rotational diamond anvil cell for high-pressure deformation experiments and its measurement systems
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (JpGU2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東真太郎, 野村龍一, 上杉健太郎, 西原遊, 土居峻太, 有本岳史, 入船徹男
2. 発表標題 回転式ダイヤモンドアンビルセルの開発と下部マントル物質の大歪変形実験
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (JpGU2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wakamatsu, T., Ohta, K., Yagi, T., Nishihsra, Y., Okuda, Y., Mitsude, Y. and Hirose, K.
2. 発表標題 Sound velocity measurements on lower mantle minerals by femtosecond pulse laser pump-probe technique
3. 学会等名 Goldschmidt2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋口泰成, 小野田忍, 齋藤寛之, 西原遊, 加田渉, 大島武, 花泉修
2. 発表標題 高温高圧処理によるNVセンター形成効率
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保友明, 森山一哉, 森悠一郎, 今村公裕, 小泉早苗, 西原遊, 鈴木昭夫, 肥後祐司, 丹下慶範
2. 発表標題 せん断変形場におけるオリビン - スピネル相転移: 相転移誘起の軟化条件の探索
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会・総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東真太郎, 野村龍一, 上杉健太郎, 西原遊, 土居峻太, 有本岳史, 入船徹男
2. 発表標題 下部マントルに沈み込んだスラブ内レオロジー
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会・総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原遊, 土居峻太, 辻野典秀, 山崎大輔, 肥後祐司
2. 発表標題 六方最密構造 (hcp) 鉄のレオロジー
3. 学会等名 第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若松達也, 太田健二, 西原遊, 八木貴志, 奥田善之, 廣瀬敬
2. 発表標題 下部マントル鉱物の縦波速度測定
3. 学会等名 第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丹下慶範, 西原遊, 瀬戸雄介, 尾崎典雅, 宮西宏併, 佐藤友子, 奥地拓生, 関根利守, 藪内俊毅, 犬伏雄一
2. 発表標題 衝撃圧縮された多結晶アルミナ中の差応力時間発展
3. 学会等名 第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎大輔, 辻野典秀, 芳野極, 西原遊
2. 発表標題 ポストスピネルの剪断変形実験
3. 学会等名 第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野田忍, 樋口泰成, 齋藤寛之, 西原遊, 加田渉, 花泉修, 大島武
2. 発表標題 異方的高温高圧処理によるNVセンター形成
3. 学会等名 第33回ダイヤモンドシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Azuma, S., Uesugi, K., Nomura, R., Nishihara, Y., Arimoto, T
2. 発表標題 Deformation experiments of bridgmanite and ferropericlae; Implication for the strength of the subducted slab in the lower mantle
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Onoda, S., Higuchi, T., Saiki, S., Saitoh, H., Nishihara, Y., Kada, W., Hanaizumi, O., Ohshima, T
2. 発表標題 Nitrogen vacancy center created by anisotropic and hydrostatic high-pressure-high-temperature treatment after electron irradiation
3. 学会等名 The 2nd International Forum on Quantum Metrology and Sensing
4. 発表年 2019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	西 真之 (Nishi Masayuki) (10584120)	大阪大学・大学院理学研究科・准教授 (14401)	
研究分担者	大内 智博 (Ohuchi Tomohiro) (60570504)	愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・准教授 (16301)	

	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
研究協力者	太田 健二 (Ohta Kenji)		

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			
英国	University College London			