

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：84502

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14572

研究課題名（和文）地球内部条件における鉄水素化物の安定性および水素量の解明

研究課題名（英文）Stability and hydrogen content of iron hydrides under Earth's interior conditions

研究代表者

柿澤 翔（Kakizawa, Sho）

公益財団法人高輝度光科学研究センター・回折・散乱推進室・テニユアトラック研究員

研究者番号：10846819

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：地球内部には鉄水素化物の存在が示唆されており、地球内部の水（素）の循環をよく理解するためには、鉄水素化物の安定性や水素量を理解することが重要である。本研究では、中性子回折や放射光X線回折を用いることで高温高圧下における鉄水素化物の安定相や水素位置、水素誘起体積膨張係数を明らかにするための実験を行った。その結果、hcp相の鉄水素化物中の水素は鉄がつくる八面体中に位置することが明らかになり、水素誘起体積膨張係数は温度と共に上昇す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

本研究では、高圧力下における鉄水素化物の安定性や水素位置を明らかにした。この成果は、地球内部における水の存在や水素貯蔵合金の研究の基礎データになることが期待される。また、本研究で開発した高温高圧下における中性子回折実験の技術は、地球科学の発展につながると共に高圧力を利用した物質科学や材料科学研究に使用されることで研究が促進されることが期待される。

研究成果の概要（英文）：The presence of iron hydrides in the Earth's interior has been proposed, and it is important to understand the stability and hydrogen content of iron hydrides in order to better understand the water (hydrogen) cycle in the Earth's interior. In this study, neutron diffraction and synchrotron radiation X-ray diffraction experiments under high pressure and high temperature were conducted to clarify the stable phase, hydrogen position, and hydrogen-induced volume expansion coefficient of iron hydrides. As a result, it was found that hydrogen in the hcp phase of iron hydrides is located in the octahedron formed by iron atoms, and that the hydrogen-induced volume expansion coefficient increases with temperature.

研究分野：地球内部物質学

キーワード：鉄水素化物 高温高圧 中性子回折 放射光X線回折 水素位置

1. 研究開始当初の背景

地球深部には、高圧実験や天然の試料から金属鉄や水の存在が示唆されている。地球深部に多量に存在することが示唆されている。金属鉄の多くが、「金属鉄は水によって供給される水素を含んで、鉄水素化物になっているのではないか？」とする仮説が提唱されている。しかし、天然での発見の困難さや観測に制約があることから、その存在や水素量の決定に至っていない。さらに、鉄水素化物の安定性・水素の最大固溶量など基礎的な情報が全く明らかになっていない状況である。このため、地球深部において存在すると考えられる鉄水素化物はどの結晶構造で存在し、どのくらいの水素量を固溶可能か明らかになっていない。

2. 研究の目的

- (1) マルチアンビル型高圧装置を用いた高温高圧下における中性子回折実験の実験可能な温度圧力領域を拡大する。
- (2) 高温高圧下における中性子回折実験によって、鉄水素化物中の水素位置や水素誘起体積膨張係数を明らかにする。
- (3) 高温高圧下における放射光 X 線回折実験によって、鉄水素化物の安定性や水素量を明らかにする。

3. 研究の方法

- (1) これまでマルチアンビル型高圧発生装置による高温高圧中性子回折実験は、MA6-6 加圧方式と呼ばれる方法で行われてきた。MA6-6 加圧方式は、回折強度の弱い回折中性子を効率よく検出できるように大きな開口があるが、発生可能な圧力は 10 GPa に限られている。本研究ではより高圧力が発生可能な MA6-8 加圧方式を中性子回折実験に適用し、実験可能な温度圧力範囲の拡大を目指した。
- (2) 本研究で開発を行った MA6-8 加圧方式を用いて高温高圧下における鉄水素化物の中性子回折実験を行った。実験は茨城県東海村にある J-PARC MLF の BL11 で行った。高圧装置は大型の 6 軸プレス「圧姫」を使用した。実験条件は 10-17 GPa, 300-1100 K で行い、hcp 相の鉄水素化物の回折データを取得した。得られた回折データに対しリートベルト解析を行うことで水素位置や水素量を決定し、水素誘起体積膨張係数を求めた。
- (3) 大型放射光施設 SPring-8 BL04B1 において高温高圧下における放射光 X 線回折実験を行った。実験条件は 15-20 GPa, 300-1200 K で行い、それぞれの温度圧力領域での安定相の確認を行った。また、中性子回折実験によって求めた水素誘起体積膨張係数により、水素量を推定し安定相への水素量の影響も検証した。

4. 研究成果

- (1) MA6-8 加圧方式を中性子回折実験に適用するにあたり、より効率よく回折中性子を検出するために、加圧体にテーパ加工・ガスケットサイズや焼成温度の最適化を行った。また、より高圧力を発生可能なように加圧体の大型化を行った。その結果 20 GPa 以上の発生を確認し従来の 12 GPa から発生可能圧力の拡大に成功した。また、得られた回折パターンから結晶構造解析を行うためには高圧セルによる中性子散乱強度の減衰を補正する必要がある。補正方法として加圧後の高圧セルを再現したアセンブリを作成し、常圧下で測定する方法が取られている。二段目アンビルのアンビルギャップが分かれば計算上、高圧アセンブリを再現可能である。中性子イメージングにより高圧下のアンビルギャップをその場観察し、従来の方法よりもより正確なガスケット厚みの推定を行った。これらの開発手法は共同研究としてすでに使用されている(Mori et al., 2021, 2024)。

- (2) MA6-8 加圧方式を中性子回折実験に適応することで hcp 相の鉄水素化物の回折パターンの取得に成功した。また、鉄と水素源の量を調整することで hcp 相単体の合成に成功し良質なデータの取得に至った。得られた回折データに対してリートベルト解析を行った。結晶構造モデルとして、鉄がつくる八面体に水素が位置するモデル (O モデル) と八面体と四面体に位置するモデル (OT モデル) の 2 パターンで解析を行った。その結果、O モデルが適当だと判断した。得られたすべてのデータに対して O モデルで解析を行い、純鉄との体積の差を示す水素誘起体積膨張係数を求めた。その結果、水素体積膨張係数は温度の上昇と共に増加することが明らかになった。これまで鉄中の水素量を決定する際に温度や圧力が異なっても一定の値が採用されていたが、それらの結果は水素量を多く見積もっていた可能性がある。本結果については、国際誌への論文投稿を予定している。

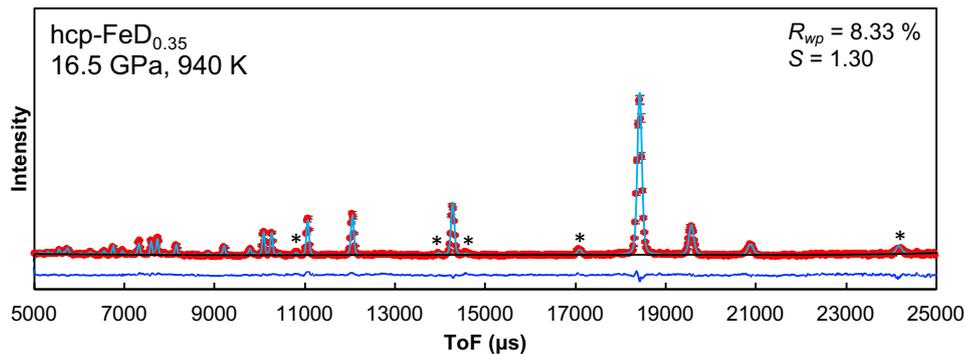


図 1 : 16.5 GPa, 940 K における hcp 相鉄水素化物の中性子回折パターンとリートベルト解析結果。赤丸がデータ点、水色線が解析結果、青線がデータと解析の差を示している。*はカプセル材の NaCl のピークである。

- (3) 大型放射光施設 SPring-8 BL04B1 において高温高圧下における放射光 X 線回折実験を行い、鉄水素化物の安定相の決定を行った。鉄水素化物の相図は水素飽和での実験から決定されており、低温低圧では bcc 相、低温高圧では dhcp 相、高温では fcc 相が安定であると報告されている。近年の研究から hcp 相は低水素条件で出現することが明らかになった (Machida et al., 2019)。本研究では、温度圧力や水素量を変更して実験を行うことで hcp 相の安定条件を探索した。その結果、hcp 相の最大水素量は FeH_x , $x = 0.5$ であり、それ以上の水素量では dhcp 相が出現することが明らかになった。また、両者の間には共存領域があることも明らかになった。また、温度圧力に関しては dhcp 相とほぼ同じであることも明らかになった。鉄水素化物の水素量は、水素誘起体積膨張係数から推定しているが、中性子回折実験から水素誘起体積膨張係数には温度圧力依存性があることが明らかになった。正確な Fe-FeH 系の相図を作成するためには広い温度圧力での中性子回折実験が必要である。

〈引用文献〉

- Y. Mori, H. Kagi, S. Kakizawa, K. Komatsu, C. Shito, R. Iizuka-Oku, K. Aoki, T. Hattori, A. Sano-Furukawa, K. Funakoshi, and H. Saitoh (2021), Neutron diffraction study of hydrogen site occupancy in $\text{Fe}_{0.95}\text{Si}_{0.05}$ at 14.7 GPa and 800 K, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 116(6), 309-313. doi: <https://doi.org/10.2465/jmps.210825>
- Y. Mori, H. Kagi, K. Aoki, M. Takano, S. Kakizawa, A. Sano-Furukawa, and K. Funakoshi (2024), Hydrogenation of silicon-bearing hexagonal close-packed iron and its implications for density deficits in the inner core, *Earth and Planetary Science Letters*, 634, 118673. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2024.118673>
- M. Takano, H. Kagi, Y. Mori, K. Aoki, S. Kakizawa, A. Sano-Furukawa, R. Iizuka-Oku, T. Tsuchiya (2024), Low reactivity of stoichiometric FeS with hydrogen at high-pressure and high-temperature conditions, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. doi: <https://doi.org/10.2465/jmps.240122>
- A. Machida, H. Saitoh, T. Hattori, A. Sano-Furukawa, K. Funakoshi, T. Sato, S. Orimo, and K. Aoki (2019) Close-packed Iron Hydride behind the Conventional Phase Diagram, *Scientific Reports*, 9, 12290. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48817-7>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Mori Yuichiro, Kagi Hiroyuki, Aoki Katsutoshi, Takano Masahiro, Kakizawa Sho, Sano-Furukawa Asami, Funakoshi Ken-ichi	4. 巻 634
2. 論文標題 Hydrogenation of silicon-bearing hexagonal close-packed iron and its implications for density deficits in the inner core	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 118673 ~ 118673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2024.118673	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 Takano Masahiro, Kagi Hiroyuki, Mori Yuichiro, Aoki Katsutoshi, Kakizawa Sho, Sano-Furukawa Asami, Iizuka-Oku Riko, Tsuchiya Taku	4. 巻 -
2. 論文標題 Low reactivity of stoichiometric FeS with hydrogen at high-pressure and high-temperature conditions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	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 Nishi M., Kaneko A., Ohgidani H., Dekura H., Kakizawa S., Kawaguchi S., Kobayashi S., Sakaiya T., Kondo T.	4. 巻 49
2. 論文標題 Bridgmanite Freezing in Shocked Meteorites Due To Amorphization Induced Stress	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2022GL098231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL098231	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 Kubo Yusuke, Ishimatsu Naoki, Kitamura Naoto, Kawamura Naomi, Kakizawa Sho, Mizumaki Masaichiro, Nomura Ryuichi, Irifune Tetsuo, Sumiya Hitoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Visualization of the disordered structure of Fe-Ni Invar alloys by reverse monte carlo calculations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Materials	6. 最初と最後の頁 954110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmats.2022.954110	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 Fukuyama Ko, Kagi Hiroyuki, Inoue Toru, Kakizawa Sho, Shinmei Toru, Sano Yuji, Deligny Cecile, Furi Evelyn	4. 巻 13
2. 論文標題 Temperature dependence of nitrogen solubility in bridgmanite and evolution of nitrogen storage capacity in the lower mantle	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-30556-5	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 Shito Chikara, Kagi Hiroyuki, Kakizawa Sho, Aoki Katsutoshi, Komatsu Kazuki, Iizuka-Oku Riko, Abe Jun, Saitoh Hiroyuki, Sano-Furukawa Asami, Hattori Takanori	4. 巻 108
2. 論文標題 Hydrogen occupation and hydrogen-induced volume expansion in Fe _{0.9} Ni _{0.1} Dx at high P-T conditions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 659 ~ 666
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2022-8348	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 MORI Yuichiro, KAGI Hiroyuki, KAKIZAWA Sho, KOMATSU Kazuki, SHITO Chikara, IIZUKA-OKU Riko, AOKI Katsutoshi, HATTORI Takanori, SANO-FURUKAWA Asami, FUNAKOSHI Ken-ichi, SAITOH Hiroyuki	4. 巻 116
2. 論文標題 Neutron diffraction study of hydrogen site occupancy in Fe _{0.95} Si _{0.05} at 14.7 GPa and 800 K	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 309 ~ 313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.210825	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 Kakizawa Sho, Shito Chikara, Mori Yuichiro, Saitoh Hiroyuki, Aoki Katsutoshi, Kagi Hiroyuki	4. 巻 340
2. 論文標題 Revised / - phase boundaries for the Fe-H system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solid State Communications	6. 最初と最後の頁 114542 ~ 114542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssc.2021.114542	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 Xu Chaowen, Kakizawa Sho, Greaux Steeve, Inoue Toru, Li Ying, Gao Jing	4. 巻 48
2. 論文標題 Al partitioning between phase D and bridgmanite at the uppermost lower mantle pressure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Minerals	6. 最初と最後の頁 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00269-021-01163-5	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 Xu Chaowen, Inoue Toru, Kakizawa Sho, Noda Masamichi, Gao Jing	4. 巻 48
2. 論文標題 Effect of Al on the stability of dense hydrous magnesium silicate phases to the uppermost lower mantle: implications for water transportation into the deep mantle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Minerals	6. 最初と最後の頁 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00269-021-01156-4	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 Kakizawa Sho, Inoue Toru, Kuribayashi Takahiro	4. 巻 48
2. 論文標題 Single-crystal X-ray structure refinement of Al-bearing superhydrous phase B	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Minerals	6. 最初と最後の頁 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00269-021-01152-8	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 Fukuyama Ko, Kagi Hiroyuki, Inoue Toru, Kakizawa Sho, Shinmei Toru, Hishita Shunichi, Takahata Naoto, Sano Yuji	4. 巻 10
2. 論文標題 High nitrogen solubility in stishovite (SiO ₂) under lower mantle conditions	5. 発行年 2020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/s41598-020-67621-2	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 Sano-Furukawa Asami, Kakizawa Sho, Shito Chikara, Hattori Takanori, Machida Shinichi, Abe Jun, Funakoshi Ken-ichi, Kagi Hiroyuki	4. 巻 41
2. 論文標題 High-pressure and high-temperature neutron-diffraction experiments using Kawai-type multi-anvil assemblies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 High Pressure Research	6. 最初と最後の頁 65 ~ 74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/08957959.2020.1867723	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 -

〔学会発表〕 計27件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Y. Mori, H. Kagi, K. Aoki, S. Kakizawa, A. Sano-Furukawa, and K. Funakoshi
2. 発表標題 In-situ X-ray and neutron diffraction study on Fe _{0.95} Si _{0.05} hydride
3. 学会等名 5th International Seminar on High-Pressure Mineralogy (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Okumura, T. Inoue, T. Kawazoe, S. Kakizawa, M. Noda, T. Irifune, and T. Shinmei
2. 発表標題 Melting relations from the mantle transition zone to the uppermost lower mantle in the MgO-SiO ₂ -H ₂ O system
3. 学会等名 5th International Seminar on High-Pressure Mineralogy (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Ueno, T. Inoue, T. Kawazoe, S. Kakizawa, K. Ohara, M. Noda, T. Shinmei, and T. Irifune
2. 発表標題 The effect of water on the phase transition in pyroxene - garnet system
3. 学会等名 5th International Seminar on High-Pressure Mineralogy (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Mori, H. Kagi, K. Aoki, S. Kakizawa, Y. Higo, Y. Tange, A. Sano-Furukawa, and T. Hattori
2. 発表標題 Effect of silicon dissolution on hydrogenation of iron
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 K. Kawano, M. Nishi, S. Kakizawa, T. Inoue, T. Irifune, and T. Kondo
2. 発表標題 Reaction mechanism between hydrous bridgmanite and metallic iron: implications for the origin of ultralow-velocity zones
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 M. Nishi, A. Kaneko, H. Ohgidani, H. Dekura, S. Kakizawa, S. Kawaguchi, S. Kobayashi, T. Sakaiya, and T. Kondo
2. 発表標題 Amorphization kinetics of bridgmanite at high temperatures
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 柿澤翔, 佐野亜沙美, 鍵裕之, 森悠一郎, 阿部淳, 服部高典
2. 発表標題 6-8 加圧方式を用いた高温高压下における中性子回折実験の技術開発
3. 学会等名 第63回高压討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 肥後祐司, 丹下慶範, 大内智博, 柿澤翔, 辻野典秀
2. 発表標題 SPring-8における大容量高圧実験の現状と将来構想
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥村晃太, 井上徹, 川添貴章, 柿澤翔, 野田昌道, 入船徹男, 新名亨
2. 発表標題 MgO-SiO ₂ -H ₂ O系におけるマントル遷移層～下部マントル最上部での溶融関係について
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西真之, 金子晃大, 扇谷碩, 出倉春彦, 柿澤翔, 河口彰吾, 小林慎太郎, 境家達弘, 近藤忠
2. 発表標題 アモルファス化カインेटクスに基づく隕石中のブリッジマナイトの残存条件
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上徹, 太田明緒, 川添貴章, 野田昌道, 柿澤翔
2. 発表標題 深部マントル鉱物中へのAl置換の影響
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野克俊, 西真之, 柿澤翔, 井上徹, 入船徹男, 近藤忠
2. 発表標題 核-マントル境界における水と鉄の交換反応
3. 学会等名 第63回高圧討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柿澤翔, 佐野亜沙美, 鍵裕之, 森悠一郎, 阿部淳, 服部高典
2. 発表標題 マントル遷移層条件下での高温高圧中性子回折実験の開発
3. 学会等名 日本鉱物科学会2022年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森悠一郎, 鍵裕之, 青木勝敏, 柿澤翔, 佐野亜沙美, 舟越賢一
2. 発表標題 Siの固溶がhcp鉄の水素化による体積膨張へ与える効果の探索
3. 学会等名 日本鉱物科学会2022年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高野将大, 鍵裕之, 森悠一郎, 柿澤翔
2. 発表標題 高温高圧条件下でのFeSの水素化挙動
3. 学会等名 日本鉱物科学会2022年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柿澤翔, 市東力, 森悠一郎, 齋藤寛之, 青木勝敏, 鍵裕之
2. 発表標題 Fe-H 系における bcc/dhcp-fcc 相転移境界の再決定
3. 学会等名 第62回高圧討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森悠一郎, 鍵裕之, 柿澤翔, 市東力, 青木勝敏, 舟越賢一, 佐野亜沙美, 服部高典, 丹下慶範, 肥後祐司
2. 発表標題 高圧高温下中性子・X 線回折実験によるhcp相Fe _{0.95} Si _{0.05} 水素化物の水素誘起体積膨張率の推定
3. 学会等名 第62回高圧討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鍵裕之, 市東力, 柿澤翔, 青木勝敏, 小松一生, 飯塚理子, 阿部淳, 齋藤寛之, 佐野亜沙美, 服部高典
2. 発表標題 高温高圧下でのFe _{0.9} Ni _{0.1} 合金への水素原子の取り込みと体積膨張
3. 学会等名 日本地球化学会第68回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chikara Shito, Hiroyuki Kagi, Sho Kakizawa, Katsutoshi Aoki, Riko Iizuka, Yuichiro Mori, Kazuki Komatsu, Hiroyuki Saitoh, Jun Abe, Asami Sano-Furukawa, Takanori Hattori
2. 発表標題 Effects of nickel on hydrogenation of iron: High-PT neutron diffraction measurements on Fe _{0.9} Ni _{0.1} Dx
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Yuichiro Mori, Hiroyuki Kagi, Sho Kakizawa, Chikara Shito, Riko Iizuka-Oku, Katsutoshi Aoki , Takanori Hattori, Asami Sano-Furukawa, Ken-ichi Funakoshi, Hirouyuki Saitoh
2 . 発表標題 Interstitial site occupancy of deuterium in a Fe-Si binary system at high-pressure and high-temperature conditions using a large volume press
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 S. Kakizawa, H. Kagi, C. Shito, H. Saitoh, Y. Higo, Y. Tange, A. Sano-Furukawa, T. Hattori, and K. Aoki
2 . 発表標題 In situ X-ray and neutron diffraction studies of hcp iron hydride
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (JpGU2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 K. Fukuyama, H. Kagi, T. Inoue, S. Kakizawa, T. Shinmei, S. Hishita, N. Takahata, and Y. Sano
2 . 発表標題 Temperature dependence on nitrogen solubility in bridgmanite under lower mantle conditions: its role in formation of deep nitrogen reservoir through solidification of magma ocean
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (JpGU2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 C. Shito, H. Kagi, A. Sano-Furukawa, S. Kakizawa, K. Komatsu, K. Aoki, R. Iizuka-Oku, S. Machida, N. Furukawa, and A. Suzuki
2 . 発表標題 High-PT neutron diffraction experiments on guyanaitite: Pressure-temperature dependence of hydrogen bonding in hydrous minerals
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会 (JpGU2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 柿澤翔, 鍵裕之, 市東力, 佐野亜沙美, 服部高典, 青木勝敏
2. 発表標題 高温高圧中性子回折による hcp-FeHx の水素位置の検討
3. 学会等名 第61回高圧討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 市東力, 鍵裕之, 柿澤翔, 森悠一郎, 飯塚理子, 青木勝敏, 齋藤寛之, 阿部淳, 佐野亜沙美, 服部高典
2. 発表標題 高温高圧中性子回折による fcc Fe _{0.9} Ni _{0.1} 水素化物の結晶構造解析
3. 学会等名 第61回高圧討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柿澤翔, 鍵裕之, 佐野亜沙美, 小松一生, 市東力, 服部高典, 西真之, 井上徹
2. 発表標題 高圧下における Phase Egg の水素位置の決定
3. 学会等名 日本鉱物科学会2020年
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福山鴻, 鍵裕之, 井上徹, 柿澤翔, 新名亨, 三河内岳, 佐野有司, Ccile Deligny, Evelyn Furi
2. 発表標題 下部マントル条件下における bridgmanite (MgSiO ₃) 中の窒素取り込み量への温度依存性および鉄固溶量の影響
3. 学会等名 日本鉱物科学会2020年
4. 発表年 2020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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------