

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04860

研究課題名(和文) 高圧マグマ学から探る初期から現在に至るマグマの変遷

研究課題名(英文) The transition of magma from the early days to the present inferred from high-pressure magma science

研究代表者

坂巻 竜也 (Sakamaki, Tatsuya)

東北大学・理学研究科・助教

研究者番号：30630769

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,800,000円

研究成果の概要(和文)：地球形成初期から現在に至るまで、地球の内部に存在し続けてきたマグマ(融体岩石)の挙動を高圧実験に基づいて明らかにすることができた。特にマグマやケイ酸塩ガラスの構造物性や化学組成依存性に関して系統的な実験データを多く収集することができた。さらに現在の地球深部における岩石の熔融条件を実験的に決定し、地球物理学的探査データをうまく解釈できる地球内部モデルを提案することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「どのような過程を経て、現在の地球の内部構造が形成されたのか？そして、現在の地球内部の活動はどのようなものなのか？」は地球の成り立ちに関する根源的な問いになります。その問いに答えるため・近づくためには、高温高圧下でのマグマの実験的研究データが決定的に不足している状況であったが、本研究成果によってマグマの構造物性に関する新しい情報を提供することができた。

研究成果の概要(英文)：Based on high-pressure experiments, I succeeded in clarifying the behavior of magma (molten rock) that has existed inside the Earth from the early stages of Earth formation to the present. In particular, I was able to collect a large amount of systematic experimental data regarding the structural properties and chemical composition dependence of magma and silicate glass. Furthermore, I could experimentally determine the melting conditions of the deep part of the Earth and propose an internal model of the Earth that can interpret geophysical exploration data.

研究分野：高圧地球科学

キーワード：magma high pressure silicate glass

## 1. 研究開始当初の背景

『マグマ』で覆われていた状態から地球の進化は始まった。つまり、初期地球におけるマグマオーシャンから現在の地球への進化過程を解明する上で、高圧下でのマグマの振る舞い(組成・物性など)を正しく理解することは最も根幹となる研究である。

現在においてもマグマの活動は地球が見せるユニークな一面でである。日本のような島弧で見られる多くの火山を含め、地球表面では様々な場所で火山活動が観察され、地下におけるマグマの存在を感じることができる。マグマは熔融した岩石であり、マグマを生成するような融解現象は浅部だけでなく、より深部まで及んでいるおり、地震波観測などの地球物理的な探査により地殻から最下部マントルまでの広範囲(様々な深さ)におけるマグマの存在が示唆されている。

かつての地球内部構造の区分は、地殻、マントル、核といった1次元的なものであったが、地震波の観測・解析技術の進歩に伴い、地球内部の描像が2次元、さらに3次元へと発展し、より鮮明な地球内部構造が提案されている。つまり、地球内部の構造を解明するためには普遍性に加えて、その多様性(不均質性)を明らかにすることが重要となってくる。その中で特に地球に多様性をもたらしているものがマグマの存在である。地殻などで生成されるマグマは火山学などの観点から多くの研究がなされているが、マントルのマグマ学(高圧マグマ学)に関しては、未解決な点が多い。マグマの組成は生成される条件によって異なるため、各条件下でのマグマの組成を明らかにし、マグマの組成を支配しているパラメータを明らかにすることは極めて重要である。さらにどのような物質・元素が選択的に液相に濃集するのかを明らかにし、地球内部に潜在的に貯蔵されている物質の特定を目指すことも有意義な研究対象である。

## 2. 研究の目的

地球の進化は『マグマ』の海に覆われていた時代から始まったといっても過言ではない。つまり、初期地球から現在の地球に至るまで、マグマの存在は地球の進化に深く関わっている。特に「岩石(固体)より効率的な物質・元素の輸送」や「揮発性成分などの液相濃集性の高い物質・元素の貯蔵」といった重要な役割を担ってきた。そこで初期地球のマグマオーシャンから現在の地球でのマグマ活動を解明すべく、マルチアンビルプレス装置・ダイヤモンドアンビル装置などの高温高圧発生装置を駆使して地球の全マントル条件下でマグマを生成することで、各条件下でのマグマの組成を明らかにし、組成を支配するパラメータを明らかにする。さらに、全マントル条件下でマグマの物性の測定を実現し、初期地球から現在に至るまでのマグマの変遷を解き明かす。

## 3. 研究の方法

高温高圧発生にはマルチアンビルプレス装置もしくはダイヤモンドアンビルセル装置を用いた。マグマの熔融実験・相平衡実験における回収試料の観察・分析には東北大学に設置している電子顕微鏡を利用した。また、マグマ・ケイ酸塩ガラスの物性測定は大型放射光施設であるSPring-8の様々なビームラインを利用して実施した。また、マグマの構造解析には高エネルギー加速器研究機構KEK内のPF-APでのX線回折実験、大強度陽子加速器施設J-PARC内のMLFでの中性子回折を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 高圧下におけるマグマの構造物性に関するレビュー

図書の中の1章に関して、マグマ・ケイ酸塩ガラスの構造物性の内容を執筆した。また、高圧マグマ学に関連する最新の研究をレビューし、*Reviews in Mineralogy and Geochemistry* で発表される。

<発表論文>

**Sakamaki, T.**, Structure and properties of silicate magmas, 2018, *Magma Under Pressure*, 323-341.

**Sakamaki, T.**, Ohtani, E., High pressure melts, in press, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*.

## (2) 地球深部での溶融現象の実験的再現

地震波低速度異常が報告されている下部マントル最上部に着目し、含水かんらん岩の溶融関係を明らかにした。平均的なマントル温度で含水かんらん岩が溶融することを実証するとともに、発生したメルトの組成やその挙動を決定した。部分溶融メルトの組成が非常にマグネシウムに富むことが分かり、滞留メルトの上下でマグネシウム量に差異が生じる可能性を示した（図1）。得られた成果は *Scientific Reports* で発表した。

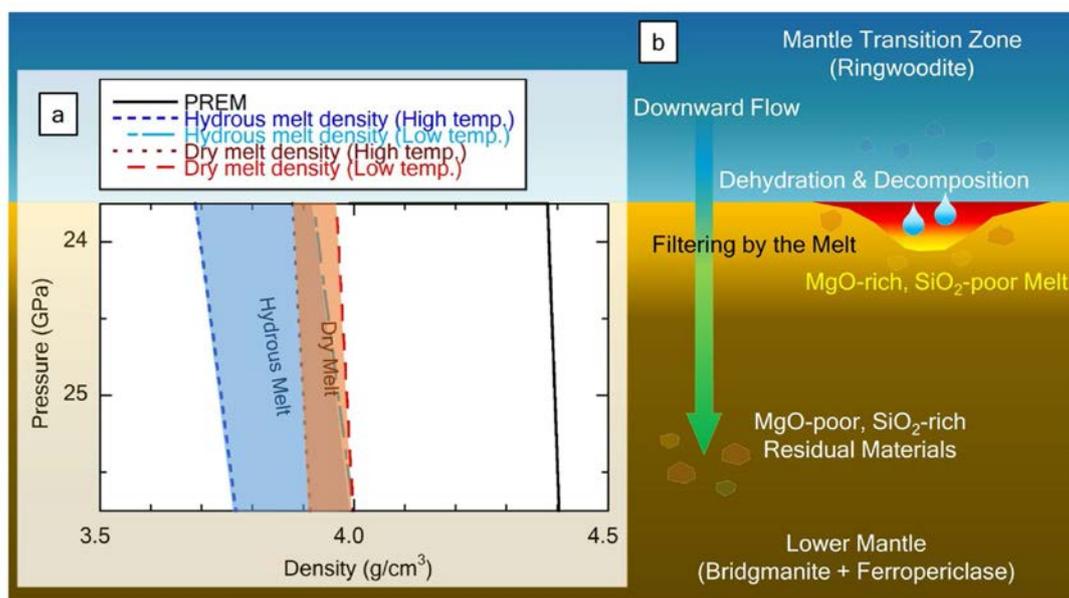


図 1. 深さ 660km におけるマグマ生成・分離モデル

<発表論文>

Nakajima, A., **Sakamaki, T.**, Kawazoe, T., Suzuki, A., Hydrous magnesium-rich magma genesis at the top of the lower mantle, 2019, *Scientific reports* 9:7420.

## (3) 高压下でのケイ酸塩ガラスの構造物性に関する研究

地球内部におけるマグマの挙動を理解する上で、その模擬物質であるケイ酸塩ガラスの構造物性を高温高压条件下で調べることは重要である。玄武岩組成のガラスに対して X 線回折実験に基づき、高压下での構造変化を明らかにし（図 2）、*Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* で発表した。さらに中性子回折も組み合わせることで精密構造解析を行い、構造の短距離・中距離周期性の圧力依存性を解明することに成功した。この研究成果は *American Mineralogist* で発表される。

<発表論文>

Ohashi, T., **Sakamaki, T.**, Funakoshi, K., Suzuki, A., Pressure-induced structural changes of basaltic glass, 2018, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 113, 286-292.

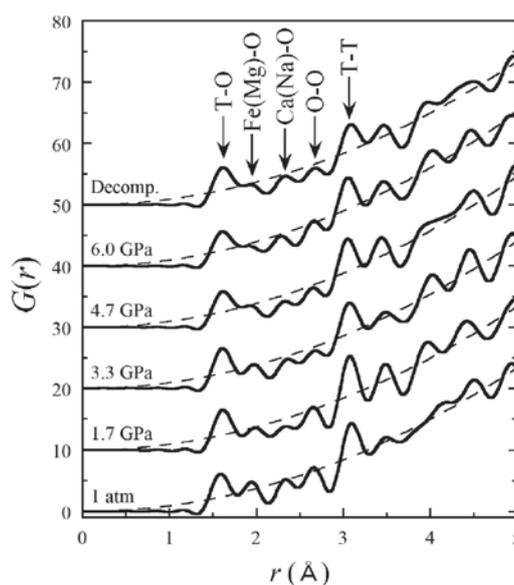


図 2. 玄武岩ガラスの動径分布関数の圧力依存性

Ohashi, T., **Sakamaki, T.**, Funakoshi, K., Hattori, T., Hisano, N., Abe, J., Suzuki, A., Structure of basaltic glass at pressures of up to 18 GPa, in press, *American Mineralogist*.

#### (4) 高圧下でのケイ酸塩ガラスの構造物性に関する研究

地球内部におけるマグマの挙動を理解する上で、その模擬物質であるケイ酸塩ガラスの構造物性を高温高圧条件下で調べることは重要である。パイロープ組成のガラスに対して、超音波法による音速測定と X 線回折法に基づく構造解析を行い、弾性特性の特異な挙動を構造変化の観点から解明することに成功できた。この研究成果は *American Mineralogist* で発表した。また、金属陽イオンがケイ酸塩ガラスの弾性特性に及ぼす効果を系統的に調べ、各イオンの性質を明らかにすることに成功した。この研究成果は *Physics and Chemistry of Minerals* で発表した。

<発表論文>

Aoki, K., **Sakamaki, T.**, Ohashi, T., Ikeda, O., Suzuki, A. Effects of alkali and alkaline-earth cations on the high-pressure sound velocities of aluminosilicate glasses, 2020, *Physics and Chemistry of Minerals* 47, 1-10.

Hisano, N., **Sakamaki, T.**, Ohashi, T., Funakoshi, K., Higo, Y., Shibasaki, Y., Suzuki, A., Elastic properties and structures of pyrope glass under high pressures, 2021, *American Mineralogist* 106(1) 7-14.

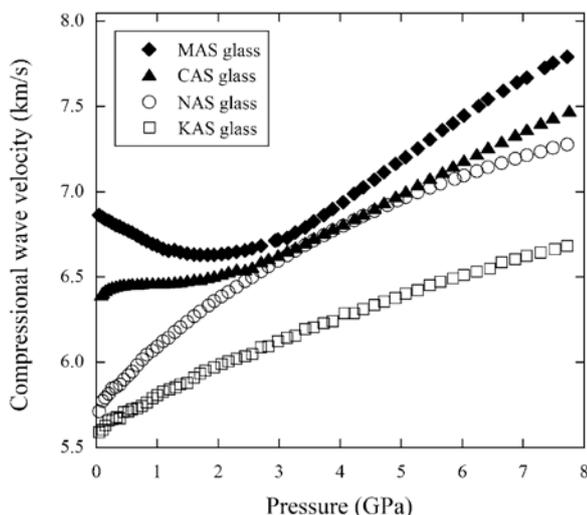


図3. アルミノケイ酸塩ガラスの縦波速度の圧力依存性

#### (5) 地球内部物質の弾性特性測定

含水鉱物  $\epsilon$ -FeOOH は、高圧下で水素結合の対称化、鉄のスピン転移が報告されており、その弾性特性が注目されていた。そこで約 20 GPa までの圧力領域では SPring-8 の BL04B1 においてマルチアンビル高圧発生装置+超音波法、約 70 GPa までは BL35XU でダイヤモンドアンビル高圧発生装置と X 線非弾性散乱を組み合わせることで、 $\epsilon$ -FeOOH の音速測定を実現した。さらにラマン分光法で  $\epsilon$ -FeOOH の結晶構造由来のスペクトルの圧力依存性も調べており、包括的に高圧下での  $\epsilon$ -FeOOH の振る舞いを解明することに成功した。研究の一部は、*Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* で発表した。

また、核マントル境界での存在が示唆されている wüstite (FeO) の音速を高温高圧下で測定することに成功した。地震学的の報告されている地震波の超低速度域の存在は wüstite に富むことで説明できることを実験的に示すことができた(図4)。本研究成果は *Progress in Earth and Planetary Science* で発表した。

<発表論文>

Ikeda, O., **Sakamaki, T.**, Ohashi, T., Goto, M., Higo, Y., Suzuki, A. Sound velocity measurements of  $\epsilon$ -FeOOH up to 24 GPa, 2019, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 114(3) 155-160.

Tanaka, R., **Sakamaki, T.**, Ohtani, E., Fukui, H., Kamada, S., Suzuki, A., Tsutsui, S., Uchiyama, H., Baron, A.Q.R., The sound velocity of wüstite at high pressures: implications for low-velocity anomalies at the base of the lower mantle, 2020, *Progress in Earth and Planetary Science* 7(1) 1-7.

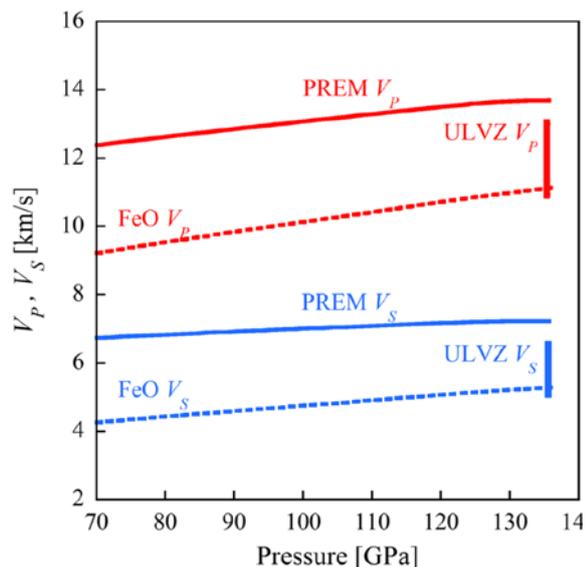


図4. 縦波・横波速度の圧力依存性  
PREM: 地球内部モデル  
ULVZ: 超低速度域

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30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 25件）

1. 著者名 Nakajima, A., Sakamaki, T., Kawazoe, T., Suzuki, A.	4. 巻 9:7420
2. 論文標題 Hydrous magnesium-rich magma genesis at the top of the lower mantle	5. 発行年 2019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/s41598-019-43949-2	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 Ikeda, O., Sakamaki, T., Ohashi, T., Goto, M., Suzuki, A.	4. 巻 114
2. 論文標題 Sound velocity measurements of $\text{FeOOH}$ up to 24 GPa	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 155-160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.181115b	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 Terasaki, H., Rivoldini, A., Shimoyama, Y., Nishida, K., Urakawa, S., Maki, M., Kurokawa, F., Takubo, Y., Shibasaki, Y., Sakamaki, T., Machida, A., Higo, Y., Uesugi, K., Takeuchi, A., Watanuki, T., Kondo, T.	4. 巻 124
2. 論文標題 Pressure and composition effects on sound velocity and density of core-forming liquids: Implication to core compositions of terrestrial planets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research Planets	6. 最初と最後の頁 2272-2293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JE005936	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 Takahashi, S., Ohtani, E., Sakai, T., Kamada, S., Ozawa, S., Sakamaki, T., Miyahara, M., Ito, Y., Hirao, N., Ohishi, Y.	4. 巻 249
2. 論文標題 Phase and melting relations of $\text{Fe}_3\text{C}$ to 300 GPa and carbon in the core	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Carbon in Earth's Interior, Geophysical Monograph	6. 最初と最後の頁 25-36
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 Ohashi, T., Sakamaki, T., Funakoshi, K., Suzuki, A.	4. 巻 113
2. 論文標題 Pressure-induced structural changes of basaltic glass	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 286-292
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 -

1. 著者名 Takahashi, S., Ohtani, E., Sakamaki, T., Kamada, S., Fukui, H., Tsutsui, S., Uchiyama, H., Ishikawa, D., Hirao, N., Ohishi, Y., Baron, A.Q.R.	4. 巻 -
2. 論文標題 Sound velocity of Fe3C at high pressure and high temperature determined by inelastic X-ray scattering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Comptes Rendus Geoscience	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岸本俊八, 浦川啓, 寺崎英紀, 桑原荘馬, 西田圭佑, 坂巻竜也, 竹内晃久, 上杉健太郎	4. 巻 25
2. 論文標題 形成期の惑星内部における鉄合金メルトとケイ酸塩の分離過程	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPring-8/SACLA利用研究成果集	6. 最初と最後の頁 208-211
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 -

1. 著者名 坂巻竜也, 大橋智典, 池田理, 後藤雅久, 肥後祐司, 鈴木昭夫	4. 巻 -
2. 論文標題 炭酸塩マグマの弾性波速度測定: プチスポット火山のマグマソースへの適応	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大谷栄治、坂巻竜也、生田大穰、福井宏之、鎌田誠司、Yuan Liang、Baron Alfred	4. 巻 -
2. 論文標題 高圧下における鉄 - 軽元素合金の音速測定と密度の測定から見た核および核マントル境界の構造の解明	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPring-9 Experimental Summary Report	6. 最初と最後の頁 7
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 奥村聡、坂巻竜也、後藤章夫	4. 巻 -
2. 論文標題 爆発的火山噴火の誘発要因であるマグマ粉碎メカニズムの解明：破壊のその場観察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPring-10 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大谷栄治、生田大穰、鎌田誠司、坂巻竜也、Yuan Liang、鈴木昭夫、Koemets Egor	4. 巻 -
2. 論文標題 放射光メスパウア分光とX線回折実験による鉄軽元素系の相平衡と物性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPring-11 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 坂巻竜也、鈴木昭夫、大橋智典、池田理、後藤雅久、肥後祐司	4. 巻 -
2. 論文標題 部分溶融岩石の弾性波速度測定：上部マントル底部の地震波低速度異常への適用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SPring-12 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakamaki Tatsuya	4. 巻 475
2. 論文標題 Density of hydrous magma	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 135 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2017.11.012	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 Tatsuya	4. 巻 112
2. 論文標題 Density of jadeite melts under high pressure and high temperature conditions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 300 ~ 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.170128	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 Sakairi Takanori, Sakamaki Tatsuya, Ohtani Eiji, Fukui Hiroshi, Kamada Seiji, Tsutsui Satoshi, Uchiyama Hiroshi, Baron Alfred Q.R.	4. 巻 103
2. 論文標題 Sound velocity measurements of hcp Fe-Si alloy at high pressure and high temperature by inelastic X-ray scattering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 85 ~ 90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2018-6072	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 坂巻竜也	4. 巻 46
2. 論文標題 高压下でのマグマ物性：地球深部でのマグマの挙動解明	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 岩石鉱物科学	6. 最初と最後の頁 30-34
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 Sakamaki, T., Ohtani, E., Fukui, H., Baron, A.Q.R.	4. 巻 -
2. 論文標題 Compressional sound velocity of hexagonal close-packed iron up to 163 GPa and 3000 K	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Reseach Frontiers 2016	6. 最初と最後の頁 92-93
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 坂巻竜也	4. 巻 81
2. 論文標題 地球で一番深い場所 - 高圧実験から探る地球の中心核の化学組成 -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 まなびの杜	6. 最初と最後の頁 3-4
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 坂巻竜也	4. 巻 23
2. 論文標題 放射光X線で探る地球深部：地球の核組成の制約に向けて	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8/SACLA利用者情報	6. 最初と最後の頁 14-17
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 坂巻竜也、大谷栄治、福井宏之、鎌田誠司、田中遼介、生田大穰、アルフレッドバロン、五島賢一	4. 巻 -
2. 論文標題 X線非弾性散乱を利用した高温高圧条件下での鉄合金の音速測定と地球内核組成の制約への適用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 坂巻竜也、寺崎英紀、柴崎裕樹、鈴木昭夫、戸邊宙、肥後祐司、西田圭佑、大橋智典	4. 巻 -
2. 論文標題 20GPaまでの鉄 - 珪素合金の弾性波速度測定	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 寺崎英紀、坂巻竜也、柴崎裕樹、西田圭佑、肥後祐司、下山裕太、神谷朝香、山田伊織、丹下義範	4. 巻 -
2. 論文標題 15 GPaまでのFe-Ni融体の音速と密度に与える硫黄の効果	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 西田圭佑、寺崎英紀、肥後祐司、柴崎裕樹、坂巻竜也、下山裕太	4. 巻 -
2. 論文標題 20GPaまでの鉄メルトの音速測定	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大谷栄治、坂巻竜也、福井宏之、鎌田誠司、田中遼祐、寺崎英紀、生田大穰、アルフレッドバロン	4. 巻 -
2. 論文標題 高温高圧下における鉄・軽元素系化合物の相転移にともなう音速変化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 坂巻竜也、大谷栄治、福井宏之、田中遼介、生田大穰、アルフレッドバロン、袁亮	4. 巻 -
2. 論文標題 高温高圧下での地球核物質の音速-密度同時決定	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 坂巻竜也、柴崎裕樹、鈴木昭夫、大橋智典、肥後祐司、久野直毅	4. 巻 -
2. 論文標題 部分溶融メルトの弾性波速度測定と地震波低速度異常域への適用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 奥村聡、上杉健太郎、坂巻竜也	4. 巻 -
2. 論文標題 流紋岩マグマの破碎その場観察: 4Dトモグラフィーと構造解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 柴崎裕樹、寺崎英紀、坂巻竜也、久野直毅、大橋智典	4. 巻 -
2. 論文標題 高温高圧下での超音波法によるfcc-Feの弾性波速度測定	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 西田圭佑、寺崎英紀、肥後祐司、柴崎裕樹、山田伊織、坂巻竜也	4. 巻 -
2. 論文標題 20GPaまでのFe-Sメルトの音速に及ぼす硫黄の効果の解明	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大谷栄治、坂巻竜也、生田大穰、福井宏之、鎌田誠司、田中遼祐、寺崎英紀、生田大穰、袁亮、アルフレッドパロン、イゴールコーメツ	4. 巻 -
2. 論文標題 高温高圧下における鉄-軽元素合金の音速測定と内核の不均質性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPring-8 Experimental Summary Report	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計61件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 46件)

1. 発表者名 Sakamaki, T., Kono, Y.
2. 発表標題 Formation of highly pure anorthite crust on the low-volatile astral bodies by low-viscous magma ocean
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakajima, A., Sakamaki, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 The effect of water and redox state on melting at the top of the lower mantle
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohashi, T., Sakamaki, T., Funakoshi, K., Muranushi, M., Shito, C., Shibazaki, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 High-pressure structural investigations for hydrous sodium silicate melts
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hisano, N., Sakamaki, T., Ohashi, T., Funakoshi, K., Higo, Y., Shibazaki, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 Elastic property and structure of pyrope glass at high pressure
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikeda, O., Sakamaki, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 In-situ Raman spectroscopy of $\text{-FeOOH}$ under high pressures
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikeda, O., Sakamaki, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 Raman spectroscopic measurements of $\text{-FeOOH}$ at high pressures
3. 学会等名 JSPS Japan-German graduate externship International Workshop on "Volatile Cycles" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakajima, A., Sakamaki, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 The effect of redox state on the hydrous melt in the deep mantle
3. 学会等名 JSPS Japan-German graduate externship International Workshop on "Volatile Cycles" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohashi, T., Sakamaki, T., Funakoshi, K., Muranushi, M., Shito, C., Shibasaki, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 High-pressure structures of hydrous sodium silicate melts
3. 学会等名 JSPS Japan-German graduate externship International Workshop on "Volatile Cycles" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikeda, O., Sakamaki, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 High-pressure behavior of $\text{-FeOOH}$ inferred from experimental study
3. 学会等名 57th EHPRG Meeting on High Pressure Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohashi, T., Funakoshi, K., Sakamaki, T.
2. 発表標題 Structural study of hydrous sodium silicate melts under high pressure
3. 学会等名 57th EHPRG Meeting on High Pressure Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohashi, T., Sakamaki, T., Funakoshi, K., Hattori, T., Muranushi, M., Shito, C., Shibasaki, Y., Sano-Furukawa, A., Suzuki, A.
2. 発表標題 Structures of dry and hydrous silicate glasses and melts under pressure
3. 学会等名 The 10th workshop for extreme materials science "Silicate Melts and Glass" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大橋智典、坂巻竜也、舟越賢一、服部高典、佐野亜沙美、村主樹、市東力、池田理、伊東義章、柴崎裕樹、鈴木昭夫
2. 発表標題 高压力下における含水非晶質ナトリウム珪酸塩の構造
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂巻竜也、大谷栄治、福井宏之、鎌田誠司、Baron Alfred
2. 発表標題 高温高压条件下におけるFe-Ni合金の音速-密度関係
3. 学会等名 第60回高压討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田理、坂巻竜也、福井宏之、内山裕士、Baron Alfred、鈴木昭夫
2. 発表標題 Vibrational properties of $\gamma$ -FeOOH under high pressures
3. 学会等名 第60回高压討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakamaki, T.
2. 発表標題 Viscosity of magmas at high pressure
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 Sakamaki, T., Terasaki, H., Shibazaki, Y., Tobe, H., Shimoyama, Y., Higo, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 Elastic wave velocity of Fe-Si alloy at high pressure
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 Nakajima, A., Sakamaki, T., Kawazoe, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 Melting phenomeon at the top of the lower mantle
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 Ohashi, T., Sakamaki, T., Hisano, N., Higo, Y., Shibazaki, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 Understanding of low velocity anomaly in the asthenosphere inferred from elastic wave velocity measurement of partially molten rocks
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 Hisano, N., Sakamaki, T., Ohashi, T., Funakoshi, K., Higo, Y., Shibazaki, Y., Suzuki, A.
2 . 発表標題 Correlation between structure and elastic wave velocity of pyrope glass at high pressure
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 Ohashi, T., Sakamaki, T., Hattori, T., Sano, A., Funakoshi, K., Suzuki, A.
2 . 発表標題 Structural investigations of basaltic glass under high pressure using X-ray and neutron diffraction techniques
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 Ohtani, E., Sakairi, T., Sakamaki, T., Fukui, H., Kamada, S., Tsutsui, S., Uchiyama, H., Baron, A.Q.R.
2 . 発表標題 Compressional velocity of hcp Fe-Si alloy by inelastic X-ray scattering and composition of the inner core
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 Yamada, I., Terasaki, H., Kamiya, A., Nishida, K., Sakamaki, T., Higo, Y., Tange, Y., Kondo, T.
2 . 発表標題 Sound velocity of liquid Fe-Ni-S-Si at mercury outer core condition
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 Terasaki, H., Rivoldini, A., Shimoyama, Y., Nishida, K., Urakawa, S., Kurokawa, F., Takubo, Y., Shibasaki, Y., Sakamaki, T., Machida, A., Higo, Y., Tange, Y., Kondo, T.
2. 発表標題 Core composition of Mercury estimated from elastic properties of liquid Fe-Ni-alloy
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 Maeda, F., Kamada, S., Miyajima, N., Petitgiard, S., Hirao, N., McCammon, C., Frost, D., Sakamaki, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 Stability of MgCO <sub>3</sub> in Fe-rich hydrous lower mantle
3. 学会等名 Earth, Sea and Sky III: International Joint Graduate Program Workshop in Earth and Environmental Sciences (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohashi, T., Sakamaki, T., Hattori, T., Sano, A., Funakoshi, K., Suzuki, A.
2. 発表標題 Structure of basaltic glass under high pressure by in-situ x-ray and neutron diffraction investigations
3. 学会等名 Earth, Sea and Sky III: International Joint Graduate Program Workshop in Earth and Environmental Sciences (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakamaki, T.
2. 発表標題 Sound velocity Measurement of iron-nickel alloy: Implications for a unified Earth's inner core model consistent with geophysical and geochemical observations
3. 学会等名 Asia Oceania Geoscience Society 15th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maeda, F., Kamada, S., Miyajima, N., Petitgiard, S., Hirao, N., Sakamaki, T., McCammon, C., Frost, D., Ohishi, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 Reaction of MgCO <sub>3</sub> high-pressure carbonate and metallic iron in the deep lower mantle
3. 学会等名 56th EHPRG meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakajima, A., Sakamaki, T., Kawazoe, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 Water effect on the mantle melting at the top of the lower mantle
3. 学会等名 56th EHPRG meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohashi, T., Sakamaki, T., Funakoshi, K., Muranushi, M., Shito, C., Shibasaki, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 Structures of hydrous sodium silicate melts under high pressure and high temperature
3. 学会等名 Joint symposium of Misasa 2019 & Core-Mantle Coevolution (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂巻竜也、河野義生、Wang Yanbin
2. 発表標題 月玄武岩の弾性波速度測定：月マントル底部で低速度異常への適用
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田理、坂巻竜也、大橋智典、後藤雅久、肥後祐司、鈴木昭夫
2. 発表標題 高压下での FeOの弾性波速度測定
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前田郁也、鎌田誠司、宮島延吉、平尾直久、河口沙織、Petitgirard Sylvain、McCammon Catherine、Frost Daniel、坂巻竜也、鈴木昭夫
2. 発表標題 H <sub>2</sub> OとFeに富んだ下部マントル環境下におけるMgCO <sub>3</sub> の安定性
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大橋智典、坂巻竜也、舟越賢一、服部高典、佐野亜沙美、鈴木昭夫
2. 発表標題 X線・中性子回折による玄武岩質ガラスの圧力誘起構造変化
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 生田大穰、大谷栄治、坂巻竜也、福井宏之、石川大介、Baron Alfred
2. 発表標題 Sound velocity measurement of rhenium at extreme pressure conditions by inelastic X-ray scattering
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakamaki, T., Fukui, H., Ohtani, E., Tanaka, R., Baron, A.Q.R.
2. 発表標題 Sound velocity of hcp-Fe at multi-megabar pressures
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 Tanaka, R., Sakamaki, T., Fukui, H., Ohtani, E., Kamada, S., Sato, S., Tsutsui, S., Uchiyama, H., Baron, A.Q.R., Suzuki, A.
2. 発表標題 The sound velocity measurements of FeO at high pressure and temperature: Implications for the low velocity anomaly around the core-mantle boundary
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 Tobe, H., Shibazaki, Y., Sakamaki, T., Hiroi, Y., Abe, R., Suzuki, A.
2. 発表標題 Phase relations in the Fe-FeSi system at 10 GPa : Implications for Mercury 's core
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 Igarashi, M., Shibazaki, Y., Shiraishi, R., Sakamaki, T., Suzuki, A.
2. 発表標題 Experimental investigation into the cause of a high attenuation zone of the lunar seismic waves: A possible partialy molten layer at the lowest lunar mantle
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 Ohtani, E., Sakairi, T., Sakamaki, T., Kamada, S., Tanaka, R., Fukui, H., Baron, A.Q.R.
2. 発表標題 Composition of the core: Geochemical and mineral physics constraints
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 Ohtani, E., Igarashi, M., Sakamaki, T., Zhao, D.
2. 発表標題 The heterogeneities in Lunar interior: Role of High Titanium materials
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 Maeda, F., Ohtani, E., Kamada, S., Sakamaki, T., Hirao, N., Ohishi, Y.
2. 発表標題 Phase relation in MgCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> system up to the lowermost mantle
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 Maeda, F., Kamada, S., Sakamaki, T., Hirao, N., Ohishi, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 High-pressure phase transitions of MgCO <sub>3</sub> under the lower mantle conditions
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 Terasaki, H., Shimoyama, Y., Maki, M., Kurokawa, F., Urakawa, S., Nishida, K., Saito, R., Takubo, Y., Shibasaki, Y., Sakamaki, T., Machida, A., Higo, Y., Kondo, T.
2. 発表標題 Interior structure of Mars estimated from elastic properties of liquid Fe-Ni-S
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 Sakamaki, T., Hattori, T., Sano-Furukawa, A.
2. 発表標題 Basaltic glass structure by time-of-flight neutron diffraction
3. 学会等名 Goldschmidt 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ohtani, E., Sakamaki, T., Sakairi, T., Tanaka, R., Kamada, S., Fukui, H., Barao, A.Q.R.
2. 発表標題 Geochemical and mineral physics constraints on the composition of the inner core
3. 学会等名 Goldschmidt 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nakajima, A., Sakamaki, T., Hisano, N., Horioka, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 Densification of calcium-aluminum-silicate glass at the pressure of ~5.5 GPa
3. 学会等名 55th EHPRG Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Maeda, F., Kamada, S., Sakamaki, T., Miyajima, N., Hirao, N., Ohishi, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 Phase relations of MgCO <sub>3</sub> high-pressure carbonate under the lower mantle conditions
3. 学会等名 55th EHPRG Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sakamaki, T.
2. 発表標題 Structure measurement of basaltic glass using neutron diffraction
3. 学会等名 High-Pressure Mineral Physics Seminar (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ohtani, E., Sakamaki, T., Kamada, S., Ikuta, D., Tanaka, R., Fukui, H., Baron, A.Q.R.
2. 発表標題 Sound velocity of iron-light element compounds and composition of the inner core
3. 学会等名 High-Pressure Mineral Physics Seminar (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Maeda, F., Kamada, S., Sakamaki, T., Hirao, N., Ohishi, Y., Suzuki, A.
2. 発表標題 Compressibility of MgCO <sub>3</sub> phase II under the lowermost mantle conditions
3. 学会等名 High-Pressure Mineral Physics Seminar (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Terasaki, H., Maki, M., Shimoyama, Y., Nishida, K., Urakawa, S., Takubo, Y., Shibasaki, Y., Sakamaki, T., Higo, Y., Machida, A., Kondo, T.
2 . 発表標題 Sound velocity and elastic properties of liquid Fe-Ni-Si at high pressure
3 . 学会等名 High-Pressure Mineral Physics Seminar (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Ohashi, T., Sakamaki, T., Hattori, T., Sano-Furukawa, A., Funakoshi, K., Suzuki, A.
2 . 発表標題 Structure measurements of basaltic glass at high pressure using X-ray and neutron diffraction techniques
3 . 学会等名 The 5th Workshop for Extreme Materials Science "Silicate Melt/Glass" (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Ohashi, T., Sakamaki, T., Hattori, T., Sano-Furukawa, A., Funakoshi, K., Suzuki, A.
2 . 発表標題 Structures of basaltic glass under high pressure by in-situ X-ray and neutron diffraction investigations
3 . 学会等名 Interaction and Coevolution of the Core and Mantle Toward Integrated Deep Earth Science International Symposium Annual General Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Nakajima, A., Sakamaki, T., Kawazoe, T., Suzuki, A.
2 . 発表標題 Melting experiments of hydrous peridotite under the top of the lower mantle conditions
3 . 学会等名 Interaction and Coevolution of the Core and Mantle Toward Integrated Deep Earth Science International Symposium Annual General Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 坂巻竜也
2. 発表標題 放射光X線で探る地球深部：地球の核組成の制約に向けて
3. 学会等名 SPring-8シンポジウム2017（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂巻竜也、寺崎英紀、柴崎裕樹、戸邊宙、下山裕太、肥後祐司、鈴木昭夫
2. 発表標題 高温高圧下での鉄-珪素合金の弾性波速度測定
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 大谷栄治、坂巻竜也、生田大穰、田中遼介、福井宏之、パロンアルフレッド
2. 発表標題 音速測定と固液分配実験から測定する内核の組成
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 大橋智典、坂巻竜也、服部高典、佐野亜沙美、小澤信、舟越賢一、鈴木昭夫
2. 発表標題 圧力起因の玄武岩質ガラスの構造変化
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 坂巻竜也
2. 発表標題 高温高圧実験によるアノーサイトメルトの粘度と月玄武岩の弾性波速度の測定
3. 学会等名 第13回月地殻研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久野直毅、坂巻竜也、堀岡祥生、大橋智典、鈴木昭夫
2. 発表標題 パイロップガラスの圧力起因の構造変化
3. 学会等名 第58回高圧討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寺崎英紀、下山裕太、西田圭佑、坂巻竜也、柴崎裕樹、肥後祐司
2. 発表標題 川井型プレスを用いたX線イメージング吸収法による固体鉄の密度測定
3. 学会等名 第58回高圧討論会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Takahashi, S., Ohtani, E., Sakai, T., Kamada, S., Ozawa, S., Sakamaki, T., Miyahara, M., Ito, Y., Hirao, N., Ohishi, Y.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 John Wiley & Sons, Inc.	5. 総ページ数 356
3. 書名 Carbon in Earth's Interior, Geophysical Monograph	

1. 著者名 Tatsuya Sakamaki	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 19
3. 書名 Structure and propertiers of silicate magmas	

〔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
---------	---------