

令和 3 年 5 月 16 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2020

課題番号：19K21890

研究課題名（和文）氷衛星内部海と氷火山活動解明に向けた塩水溶液の物性測定技術の開発

研究課題名（英文）Development of the technique for the viscosity measurement of brine in the icy satellites

研究代表者

鈴木 昭夫（Suzuki, Akio）

東北大学・理学研究科・准教授

研究者番号：20281975

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：我々は氷衛星内部海の進化および氷火山活動の解明に重要な、塩水溶液の粘度を高圧力下で測定するための技術開発に取り組んだ。まず、高圧セルを搭載して上下反転できる回転ステージを高速化し、1秒以内で上下反転できるようにした。これにより、低粘度の液体であっても繰り返し落球測定できるようになった。また、冷却水循環装置を高圧セルに取り付け、試料を氷点下に冷却できるようにした。これにより、本研究課題で作り上げた装置を使用して、氷衛星内部の温度・圧力環境下で実際に塩水溶液の粘度測定に取り組むことができるようになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

木星以遠の外惑星に存在する氷衛星の内部には溶けた領域があり、内部海と呼ばれている。内部海は地球以外で液体の水が存在する領域であり、水は生命活動に不可欠であるため、内部海では原始的な生命体が発生している可能性がある。このため、内部海の解明は生命起源にも関係しているため学術的意義や社会的意義は大きい。本研究によって、内部海の形成・進化に重要な、海の粘度を実際の内部海環境で測定できるようになった。

研究成果の概要（英文）：We developed an experimental system to measure the viscosity of brine in the icy satellite. Viscosity was measured by the falling sphere method. To measure the viscosity with changing the pressure and the temperature, we installed a rotation stage on which a high-pressure cell is loaded. After a sphere falls to the bottom end, we observe the falling sphere again by turning over the cell on the rotation stage. We also assembled a cooling-unit to cool the sample in the chamber. By developing this system, we are now ready to measure the viscosity of the brine under the pressure and the temperature conditions of the icy satellites.

研究分野：量子ビーム地球科学

キーワード：衛星内部海 氷火山 塩水溶液 高圧力 粘度

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

木星以遠の外惑星の衛星には氷を主成分とするものがあり、氷衛星と呼ばれている。温度と圧力を変数とした H_2O の相平衡状態図を見ると、低圧側で安定な ice Ih の融解曲線は負の dP/dT 勾配を持つ。一方、高圧相である VI 相や VII 相の融解曲線は正の dP/dT 勾配を持つ。このため、氷衛星には、内部に氷が溶けた領域を持つものが存在する。このように、衛星内部にある液体の水の領域を内部海という。内部海は低圧氷からなる厚い氷地殻よりも衛星の内部にあるため高圧力状態である。また、衛星全体の水・岩石比に依存して、内部海の下には氷の高圧相がある場合と岩石質のマントルがある場合とがある。氷衛星が形成されてから現在までの間に、放射性元素の崩壊熱や公転による潮汐加熱を熱源として内部は分化してきたが、この分化プロセスは内部海の物性が大きな影響を与えてきたと考えられる。太陽からの距離に応じて原始太陽系星雲からの凝縮物は異なるが、snow line よりも外側では氷と岩石（鉱物）の集合体ができる。これが集積して惑星・衛星が形成され、その後内部は岩石や金属を中心核に持つ層構造へと分化してきた。このとき、特に粘度は内部海の大対流をコントロールするので、極めて重要な物理量である。また、水が岩石層を抜けて衛星上層へと染み出したり、内部海水が岩石層に染み込んで内部海へと戻る熱水循環でも、水の粘度は流速をコントロールする。さらに、人工衛星による探査で、氷衛星から水が噴き上がる様子が観測されている。このような活動は氷火山と呼ばれているが、地球の火山と同様に噴出のプロセスには液の粘度が大きく関与している。以上のように、氷衛星内部には液体の水を保持する物があるが、この水は純粋な水ではなく、様々な塩類が溶けた水溶液だと考えられる。しかしながら、氷衛星内部の温度・圧力環境下における塩水溶液の粘度はほとんど調べられていない。そこで本研究では、氷衛星内部海の塩水溶液の粘度測定を可能にする実験技術を開発することを計画した。

2. 研究の目的

氷衛星内部海の分化と氷火山活動の解明に向けて、内部海物質である塩水溶液の粘度測定を氷衛星内部の温度・圧力環境下で行うことができるよう、実験技術を開発することを目的として本研究課題に取り組んだ。これまで、研究代表者はマグマの粘度を高温高圧力下で測定してきた。マグマの粘度測定には、放射光を使用した X 線ラジオグラフィー落球法を採用し、様々な改良を加えて研究を進めてきた。ラジオグラフィー落球法では、まずマルチアンビル型高圧発生装置の試料容器に、白金やレニウムなどの金属球とケイ酸塩粉末を入れておく。この際、金属球は試料容器の上端付近に装填する。ケイ酸塩と金属との X 線吸収コントラストによって、ラジオグラフィーで球の位置が分かる。高圧力下でケイ酸塩試料を融解させ、動画像から球が落下する終端速度を測定して粘度を決定した。ところが、この落球法では、一度の高圧実験で 1 回の粘度測定しかできない。つまり、球が試料容器の下端まで落下してしまうと、再度測定することはできない。本研究課題で研究対象とする氷衛星内部海は地球のマグマよりも遙かに低温環境だが、内部進化や氷火山活動の解明のためには粘度の温度・組成・圧力依存性を正確に知る必要があるため、多くの測定点を得ることが不可欠である。そこで本研究課題では、一度試料をセットした高圧セルで温度・圧力を様々に変化させて繰り返し粘度測定を行うことを可能にするを目標とした。また、氷衛星内部海の温度を実現するために 0 以下に試料を冷やして測定できるようにすることを目指した。

3. 研究の方法

圧力の発生には外熱式のダイヤモンドアンビルセルを使用した。マグマと異なり、氷衛星内部海物質は融点が低いため、マルチアンビルを必要としない。また、ダイヤモンドを通して試料を可視光で観察できるため、実験の際に放射光を必要としないというメリットがある。加えて、外熱式という名称ではあるが、本研究で導入した Almax 社製のダイヤモンドアンビルセルには、冷却水を循環させる水路が内蔵されているため、チラーで冷却した不凍液を循環させることによって試料を冷やすことができるのも利点である。さらに、繰り返し測定を可能にするため、高圧セルを上下反転できる回転ステージを導入した。

ダイヤモンドアンビルセル内の試料の観察にはニコン製の小型顕微鏡と長焦点対物レンズを使用した。また、動画像の記録にはフル HD サイズの動画が記録できる CMOS カメラを使用し、小型顕微鏡に取り付けた。

4. 研究成果

ダイヤモンドアンビルセルの試料室は、対向するダイヤモンドのキュレット面と金属ガスケットで囲まれている。有限サイズの試料室を落下する金属球は壁面の影響で落下速度が遅くなるため、粘度既知の液体で壁面の影響を補正する必要がある。補正には粘度計校正用標準液を使用した。これまで研究代表者は、高圧セルを上下反転できる粘度測定システムを開発したが、これまで使用してきた回転ステージでは、反転に 6 秒かかった。このステージを使用して塩水溶液の落球粘度測定を行うと、ダイヤモンドアンビルセルが上下反転を終了する前に球が落下を始め

てしまうことが分かった。そこで、本研究課題の予算で高速回転が可能なステージを新たに導入し、PC からのコントロールで 1 秒以内に上下反転できるようにした。その結果、内部の球が落下を開始するまでに上下反転を完了させることができるようになった。また、球が液中を落下する際、ダイヤモンドのキュレット面付近を落下すると、壁面から受ける摩擦で落下速度が落ちてしまい、見かけの粘度が高くなる。粘度を正しく得るには、球は向かい合う 2 つのキュレット面の中央を落下する必要があるため、同じ温度圧力条件で繰り返し球の落下を観察し、落下速度が最も大きくなった時のデータを用いる必要がある。このことも、繰り返し測定が不可欠となる理由である。ところで、氷衛星内部海の物質は純粋な水ではなく塩類が溶けていると考えられている。塩類が溶けていることで凝固点が下がるため、氷衛星内部海水の粘度測定は 0 以下まで行う必要がある。そこで本研究課題では、チラーで冷却した不凍液をダイヤモンドアンビルセル内の冷却水循環水路に送って、セル全体の温度を下げることを目指した。その結果、-20 までの冷却を実現することに成功した。本申請課題で構築した実験システムを用いることで、氷衛星内部海および氷火山噴出物を構成する様々な組成の塩水溶液の粘度を低温・高圧力で測定できるようになった。この装置を使用して、10%硫酸マグネシウム水溶液の粘度を高圧力で測定した。その結果、液の粘度は純水の粘度と比べて同じ温度圧力条件でおよそ 1 桁高くなることを明らかにした。例えば内部海水の粘度が 1 桁高くなると、海水中を沈降する鉱物粒子の落下速度が 1/10 になり、氷衛星内部の分化が大きな影響を受けることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 SUZUKI Akio	4. 巻 114
2. 論文標題 Viscosity of melt of soda melilite composition at high pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 41 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.180710	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 Shito Chikara, Okamoto Keitaro, Sato Yuki, Watanabe Ryuji, Ohashi Tomonori, Fuchizaki Kazuhiro, Kuribayashi Takahiro, Suzuki Akio	4. 巻 39
2. 論文標題 In-situ X-ray diffraction study on -CrOOH at high pressure and high-temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 High Pressure Research	6. 最初と最後の頁 499 ~ 508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/08957959.2019.1642884	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 IKEDA Osamu, SAKAMAKI Tatsuya, OHASHI Tomonori, GOTO Masahisa, HIGO Yuji, SUZUKI Akio	4. 巻 114
2. 論文標題 Sound velocity measurements of -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 Ohira Itaru, Jackson Jennifer M., Solomatova Natalia V., Sturhahn Wolfgang, Finkelstein Gregory J., Kamada Seiji, Kawazoe Takaaki, Maeda Fumiya, Hirao Naohisa, Nakano Satoshi, Toellner Thomas S., Suzuki Akio, Ohtani Eiji	4. 巻 104
2. 論文標題 Compressional behavior and spin state of -(Al,Fe)OOH at high pressures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 1273 ~ 1284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2019-6913	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 Nakajima Ayano, Sakamaki Tatsuya, Kawazoe Takaaki, Suzuki Akio	4. 巻 9
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 7420
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 該当する

1. 著者名 SUZUKI Akio	4. 巻 114
2. 論文標題 Viscosity of K2TiS4O11 melt at high pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 280 ~ 283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.190730	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 Naruta Hiroki, Fuchizaki Kazuhiro, Wakabayashi Daisuke, Suzuki Akio, Ohmura Ayako, Saitoh Hiroyuki	4. 巻 32
2. 論文標題 Do SnI4 molecules deform on heating and pressurization in the low-pressure crystalline phase?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 055401 ~ 055401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab4cbc	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 Nishida Keisuke, Shibasaki Yuki, Terasaki Hidenori, Higo Yuji, Suzuki Akio, Funamori Nobumasa, Hirose Kei	4. 巻 11
2. 論文標題 Effect of sulfur on sound velocity of liquid iron under Martian core conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1954
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15755-2	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 Aoki Koji, Sakamaki Tatsuya, Ohashi Tomonori, Ikeda Osamu, Suzuki Akio	4. 巻 47
2. 論文標題 Effects of alkali and alkaline-earth cations on the high-pressure sound velocities of aluminosilicate glasses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Minerals	6. 最初と最後の頁 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00269-020-01098-3	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 Tanaka Ryosuke, Sakamaki Tatsuya, Ohtani Eiji, Fukui Hiroshi, Kamada Seiji, Suzuki Akio, Tsutsui Satoshi, Uchiyama Hiroshi, Baron Alfred Q. R.	4. 巻 7
2. 論文標題 The sound velocity of wustite at high pressures: implications for low-velocity anomalies at the base of the lower mantle	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-020-00333-3	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 該当する

1. 著者名 Yuan Liang, Steinle Neumann Gerd, Suzuki Akio	4. 巻 125
2. 論文標題 Structure and Density of H ₂ O Rich Mg ₂ SiO ₄ Melts at High Pressure From Ab Initio Simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 e2020JB020365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JB020365	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 Hisano Naoki, Sakamaki Tatsuya, Ohashi Tomonori, Funakoshi Ken-ichi, Higo Yuji, Shibazaki Yuki, Suzuki Akio	4. 巻 106
2. 論文標題 Elastic properties and structures of pyrope glass under high pressures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 7~14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2020-7410	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 Fuchizaki Kazuhiro, Wada Tomoyuki, Naruta Hiroki, Suzuki Akio, Irino Kazuo	4. 巻 92
2. 論文標題 A unique multianvil 6-6 assembly for a cubic-type multianvil apparatus	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 025117 ~ 025117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0039306	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 Tomonori, Sakamaki Tatsuya, Funakoshi Ken-ichi, Hattori Takanori, Hisano Naoki, Abe Jun, Suzuki Akio	4. 巻 in press
2. 論文標題 Structure of basaltic glass at pressures of up to 18 GPa	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2021-7742	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 24件)

1. 発表者名 Hisano, N., Sakamaki, T., Ohashi, T., Funakoshi, K., Higo, Y., Shibazaki, Y., and 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 Nakajima, A., Sakamaki, T., and 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., Shibasaki, Y., and 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 Suzuki, A.
2. 発表標題 Viscosity of potassium titanosilicate melt 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 Kubo, T., Moriyama, K., Mori, Y., Imamura, M., Koizumi, S., Nishihara, Y., Suzuki, A., and Higo, Y.
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 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiraishi, R., Muto, J., Tsunoda, A., Sawa, S., and Suzuki, A.
2. 発表標題 Rheology and frictional instability of lawsonite in high pressure deformation experiments
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., Shibasaki, Y., and Suzuki, A.
2. 発表標題 High-pressure structures of hydrous sodium silicate melts
3. 学会等名 JSPS Japanese-German graduate externship International Workshop on "Volatile Cycles" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fuchizaki, K., Wada, T., Naruta, H., Suzuki, A., and Irino, K.
2. 発表標題 A unique multianvil 6-6 assembly for a cubic-type multianvil apparatus
3. 学会等名 57th The European High Pressure Research Group (EHPRG) Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikeda, O., Sakamaki, T., and Suzuki, A.
2. 発表標題 High-pressure behavior of -FeOOH inferred from experimental study
3. 学会等名 57th The European High Pressure Research Group (EHPRG) Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Iizuka-Oku, R., Gotou, H., Shito, C., Kagi, H., and Suzuki, A.
2. 発表標題 Light elements in iron-hydrous silicate system: Searching for core formation process using in-situ high-pressure and high-temperature neutron and X-ray observations
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 Ban, R., Sakamaki, T., and Suzuki, A.
2. 発表標題 Density of Fe ³⁺ -bearing magma at high pressure
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 Ozawa, S., Kayama, M., Sakamaki, T., Ohashi, T., and Suzuki, A.
2. 発表標題 Phase boundary and kinetics of moganite-coesite phase transition at high-pressure and high-temperature: implications for an impact event and trace of water on the Moon
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 Muranushi, M., Kayama, M., Miyamoto, T., Kamada, S., Nagaoka, H., and Suzuki, A.
2. 発表標題 High-pressure and -temperature experiments simulating the lunar KREEP layer and constraint on its water content
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 Steinle-Neumann, G., Yuan, L., and Suzuki, A.
2. 発表標題 Structure and density of H ₂ O-rich Mg ₂ SiO ₄ melts at high pressure from ab initio simulations
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 Shiraishi, R., Muto, J., Tsunoda, A., Sawa, S., and Suzuki, A.
2. 発表標題 Semi-brittle behavior of lawsonite in high pressure deformation experiments
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 Ohashi, T., Sakamaki, T., Funakoshi, K., Muranushi, M., Shito, C., Ikeda, O., Shibazaki, Y., and Suzuki, A.
2. 発表標題 Effect of water on the structure of sodium silicate melts under pressure
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 Shito, C., Kagi, H., Sano-Furukawa, A., Kakizawa, S., Komatsu, K., Aoki, K., Iizuka-Oku, R., Machida, S., Furukawa, N., and Suzuki, A.
2. 発表標題 High-PT neutron diffraction experiments on guyanaite: Pressure-temperature dependence of hydrogen bonding in hydrous minerals
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 Suzuki, A.
2. 発表標題 Density measurement of magmas under high pressure by the sink/float method
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 池田理, 坂巻竜也, 鈴木昭夫
2. 発表標題 In-situ Raman spectroscopy of -FeOOH under high pressures
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村主樹, 鈴木昭夫, 鹿山雅裕, 宮本毅
2. 発表標題 Evaluation of the influence of alkali elements on hydrogen solubility of clinopyroxene for estimating water content of lunar mantle
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 市東力, 鍵裕之, 佐野亜沙美, 柿澤翔, 小松一生, 青木勝敏, 飯塚理子, 町田真一, 古川登, 鈴木昭夫
2. 発表標題 地球深部における含水鉱物の水素結合対称化: 高温高压下における -CrO_2 の中性子回折実験
3. 学会等名 日本地球化学会第66回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯塚理子, 後藤弘匡, 鈴木昭夫, 鍵裕之
2. 発表標題 鉄-含水シリケートの高温高压X線イメージングによる地球進化過程の解明
3. 学会等名 日本地球化学会第66回年会
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(古川)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 高圧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年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川添貴章, 大平格, 石井貴之, 鈴木昭夫, 大谷栄治
2. 発表標題 -(Al, Fe)OOH単結晶の高圧合成
3. 学会等名 日本鉱物科学会 2019年年会
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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊東義章, 池田理, 窪田平海, 坂巻竜也, 栗林貴弘, 鈴木昭夫
2. 発表標題 高圧力下におけるScOOHの相転移
3. 学会等名 日本鉱物科学会 2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 窪田平海, 伊東義章, 渡邊隆二, 鎌田誠司, 栗林貴弘, 鈴木昭夫
2. 発表標題 -Al ₂ O ₃ のP-V-T状態方程式
3. 学会等名 日本鉱物科学会 2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木昭夫
2. 発表標題 高温高圧下におけるSoda meliliteメルトの粘度に及ぼすCO ₂ の効果
3. 学会等名 日本鉱物科学会 2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森悠一郎, 久保友明, 今村公裕, 山内幸子, 小泉早苗, 西原遊, 鈴木昭夫, 肥後祐司, 丹下慶範
2. 発表標題 軸圧縮変形場におけるオリビン - スピネル相転移実験 剪断不安定化条件の解明へ向けて
3. 学会等名 日本鉱物科学会 2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴崎裕樹, 西田圭佑, 戸邊宙, 寺崎英紀, 鈴木昭夫, 肥後祐司
2. 発表標題 超音波法を用いたfcc-Feの弾性波速度測定
3. 学会等名 第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田理, 坂巻竜也, 福井宏之, 内山裕士, Baron A.Q.R., 鈴木昭夫
2. 発表標題 Vibrational properties of -FeOOH under high pressures
3. 学会等名 第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 市東力, 鍵裕之, 佐野亜沙美, 柿澤翔, 小松一生, 青木勝敏, 飯塚理子, 町田真一, 古川登, 鈴木昭夫
2. 発表標題 $\text{-CrOO}(\text{guyanaitite})$ の高温高圧中性子回折測定と水素結合の温度圧力依存性
3. 学会等名 第60回高圧討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木昭夫
2. 発表標題 Phase transitions of ScOOH under high pressure
3. 学会等名 A01-2, A02, A03-1合同班会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木昭夫
2. 発表標題 Elucidation of the melting phenomenon at the top of the lower mantle under the reproduced redox and hydrous environment
3. 学会等名 A01-2, A02, A03-1合同班会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Melai, C., Frost, D.J., Furukawa, Y., Ishida, A. and Suzuki, A.
2. 発表標題 Nitrogen contents and nitrogen isotope fractionation in subduction zones
3. 学会等名 Goldschmidt Virtual 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sakamaki, T., Aoki, K., Ikeda, O., Katayama, H., Higo, Y. and Suzuki, A.
2. 発表標題 Longitudinal wave velocity of sodium aluminosilicate melt at high pressure
3. 学会等名 Goldschmidt Virtual 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ohashi, T., Sakamaki, T., Funakoshi, K., Hattori, T., Hisano, N., Abe, J. and Suzuki, A.
2. 発表標題 Pressure-induced structural change of basaltic glass up to 18 GPa
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ban, R., Sakamaki, T. and Suzuki, A.
2. 発表標題 Density of Fe ₂ O ₃ -bearing magma under high pressure
3. 学会等名 JpGU Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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 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 野崎舜介, 鎌田誠司, 鈴木昭夫
2. 発表標題 Viscosity of aqueous MgSO ₄ solutions at high-pressure and low-temperature: implications for icy satellites
3. 学会等名 第22回月惑星研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野崎舜介, 鎌田誠司, 鈴木昭夫
2. 発表標題 Viscosity of aqueous MgSO ₄ solutions at high-pressure and low-temperature: implications for icy satellites
3. 学会等名 第4回水惑星学全体会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊隆二, 後藤章夫, 鈴木昭夫
2. 発表標題 月の溶岩の粘度
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野崎舜介, 鎌田誠司, 鈴木昭夫
2. 発表標題 硫酸マグネシウム水溶液の低温高圧における粘性測定：氷衛星内部流体に関する考察
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 市東力, 鍵裕之, 佐野亜沙美, 柿澤翔, 小松一生, 飯塚理子, 青木勝敏, 阿部淳, 町田真一, 齊藤高志, 神山崇, 古川登, 鈴木昭夫
2. 発表標題 -CrO0Dの水素結合配置の温度圧力依存性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021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 -Fe00Hの弾性波速度に対する圧力誘起鉄スピン転移の影響
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木昭夫
2. 発表標題 Density measurement of silicate melt by the buoyancy test under high pressure
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木昭夫
2. 発表標題 Phase transition of M3+OOH-type oxyhydroxides under high pressure
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 浦川啓、鈴木昭夫	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 664
3. 書名 鉱物・宝石の科学事典 045 マグマの構造・物性 pp.137-139	

〔産業財産権〕

〔その他〕

量子ビーム地球科学研究室 http://epms.es.tohoku.ac.jp/QuEST/

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