

令和 2 年 9 月 11 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05721

研究課題名(和文)クヌーセンセルを用いたコンドリュール再現実験生成物のMg,Fe,Si同位体比分析

研究課題名(英文)Analyses of stable isotopes (Mg,Fe,Si) of synthesized chondrules from Knudsen cell technique

研究代表者

今栄 直也 (Imae, Naoya)

国立極地研究所・研究教育系・助教

研究者番号：60271037

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：始原物質はコンドリュールとマトリックスから構成される。その起源は、太陽系の起源を探る上で、最重要テーマと位置付けられる。研究代表者らは、減圧制御炉を用い、コンドリュールの再現実験に成功した。再現実験の解析結果は、コンドリュールとマトリックスの同時形成を示唆している。本研究課題では、試料を用いた同位体分析を計画した。測定手法を確立したが、現段階では、データ取得に至ってない。予測される実験結果を用いたモデル化を行なった。コンドリュールとマトリックスを生成した熱源については、原始太陽風の衝撃加熱が考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新たな実験装置を用いてコンドリュールの合成に成功した。この結果に基づき、新規なコンドリュール形成モデルを提出した。この内容は、国際誌に発表するとともに隕石学会の実験関連のワークショップや国際シンポジウムで講演を行い、国内外で積極的に成果を示した。同位体分析については引き続き今後の課題となったが、こうした研究に重要であることを示した。太陽系の起源に関する物質化学的研究の重要性を示したことは社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Primitive materials of the solar system consist of chondrules and matrices. Their origins are the most important theme for clarifying the early solar system. We synthesized chondrules using the controlled furnace at the solar nebular pressure, temperature, and cooling rate under the reducing conditions. The analytical results of synthetic chondrules suggest that chondrules and matrices formed contemporaneously. Using the experimental results, the formation of chondrule and matrices has been modeled. The source may be shock heating produced from the flare activity of the early sun. We further planned the isotopic analyses of the synthesized chondrules in the present study to clarify the formation of chondrules. The analytical procedures for isotopic analyses was established, although the analyses for the syntheses and chondrules have not been carried out yet.

研究分野：惑星物質科学

キーワード：隕石 コンドリュール マトリックス 再現実験 同位体分別 原始太陽系

1. 研究開始当初の背景

本研究課題に先行する、基盤研究(B)「圧力制御システムを用いたコンドリュールの凝縮反応に関する実験的研究」(平成 23 年度~平成 26 年度:今柴直也:代表)では原始太陽系環境を再現する減圧制御炉を導入し、コンドリュールの再現実験に成功した。この実験環境では、コンドリュールは、凝縮・蒸発を伴う高温環境で生成するが、小さなオリフィスを持つ容器内部での挙動であるために、造岩鉱物を構成する主要元素(Mg, Fe, および Si)に関しては大規模な同位体分別は生じないことが予想される。実際、天然のコンドリュールでは、こうした元素に関して大規模な同位体変動は生じていないことが示されている(Hezel et al. 2010; Dauphas et al. 2015)。したがって、実験生成物に対してこうした元素の同位体比を実際に測定することにより、本再現実験生成物が実際のコンドリュール形成環境を再現しているかどうかを確認する上で重要と考えた。

2. 研究の目的

国立極地研究所に有する 2 次イオン質量分析計を用い、コンドリュール再現実験生成物の Mg, Si, および Fe の同位体測定を実施することが本研究課題の主目的である。同時期(平成 25 年度)に導入した X 線回折装置をコンドリュールおよびマトリックスの解析に活用することも新たに研究目的に拡張した。

3. 実験の方法

3.1. 同位体分析

平成 25 年度に国立極地研究所に新たに導入した 2 次イオン質量分析計(SHRIMP II)の運用状況に依り、研究期間内においては、標準試料(NBS=28)、Hamersley BIF、Dharwar BIF、Dharwar quartzite、および Napier quartzite を用い、質量数 30 の Si の測定を実施した。

3.2. X 線回折実験

当該研究期間中、X 線回折装置(SmartLab, RIGAKU)を用いて、様々な地球外物質を測定した。試料は、粉末だけでなく、薄片やサブ mm サイズの小さな粒子にも適用できる。これらの試料を系統的に調べた。特に化学グループ CO の炭素質コンドライトに焦点を当てた。

4. 研究成果

4.1. 同位体分析

質量数 30 の Si の測定は 0.1 パーミルでの高精度測定が可能になった。これにより Si 同位体測定の実験技術の確立に至った。

4.2. コンドリュール再現実験の成果の発表とモデル化の考察

本研究課題期間に再現実験の結果の論文発表を行った(Imae and Isobe, 2017)。また、モスクワで行われた隕石学会のワークショップで発表した(Imae et al., 2018)。ここでは、新たなコンドリュール形成モデルを提出した(図 1)。原始太陽系星雲で形成したダストアグリゲイトや微惑星が太陽フレアによる衝撃加熱により、コンドリュールが生成する。この際の加熱時に、前駆物質であるダストアグリゲイトや微惑星成分の蒸発が起きるとともに周囲に存在するガスとも反応する環境におかれる。ガス圧は水素圧にほぼ等しく、星雲で標準的とされる 100 Pa (0.001 気圧)程度である。最大加熱温度は 1600°C 前後で、100°C/h の冷却速度で、コンドリュールとよく類似する組織が形成する(図 2 および図 3)。エレクトロン・プローブ・マイクロ・アナライザーによる化学組成を求めたところ、図 2 は Mg に富むかんらん石から構成されるタイプ IA コンドリュールに相当する。図 3 は低 Ca 輝石から構成されるタイプ IB コンドリュールに相当する。それぞれは天然のコンドリュール組成とよく一致した。

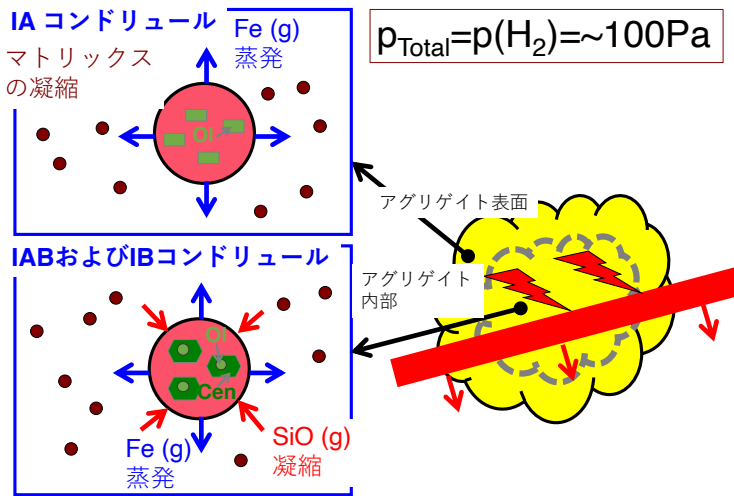


図 1. 提案したコンドリユール形成モデル。ダストアグリゲイトや微惑星の太陽フレアによる衝撃加熱が考えられる。

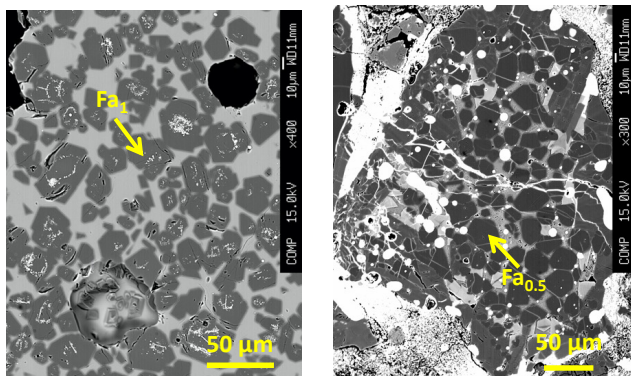


図 2. 再現実験生成物(A3NS-3)と天然のコンドリユール(Yamato-81020 CO3.05 の IA コンドリユール)との比較。

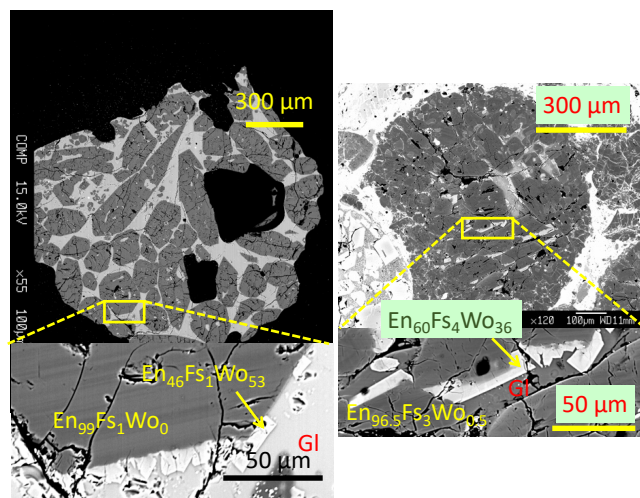


図 3. 再現実験生成物(A3S-2)と天然のコンドリユール(Yamato-790448 LL3.2 の IB コンドリユール)との比較。

コンドリュールとマトリックスの系統的な差異が CO3 コンドリュールから明らかになった(Imae and Nakamuta, 2018)(図 4)。分析を行った試料のうち最も始原始的な隕石は ALH-77307 CO3.03 および Yamato 81020 CO3.05 であり、それぞれのマトリックスにはアモルファス珪酸塩を多く含む。マトリックスは星間塵の生き残りか原始太陽系星雲内でのガスからの凝縮物であるかを明らかにすることはコンドリュールの起源を明らかにする上でも重要な鍵である。再現実験結果は、後者を意味しており、始原始的なコンドリュールはマトリックス形成と同時に凝縮・蒸発を含む相互作用を経て形成したことを示唆した。

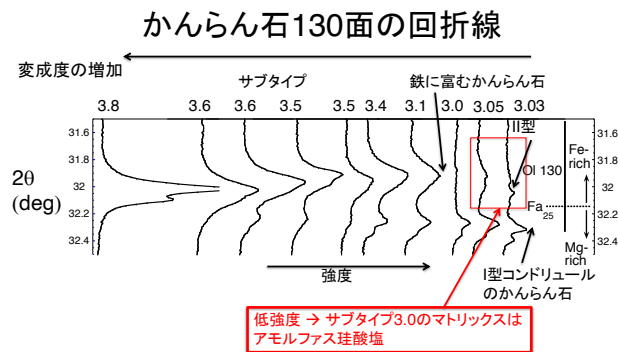


図 4. CO3 コンドライトのかんらん石の 130 面に着目した X 線回折パターン。

<引用文献>

Dauphas, N., Poitrasson, F., Burkhardt, C., Kobayashi, H., Kurosawa, K., 2015. Planetary and meteoritic Mg/Si and $\delta^{30}\text{Si}$ variations inherited from solar nebula chemistry. *Earth and Planetary Science Letters* 427: 236–248.

Hezel, D.C., Needham, A.W., Armytage, R., Georg, B., Abel, R.L., Kurahashi, E., Coles, B.J., Rehkämper, M., Russell, S.S., 2010. A nebula setting as the origin for bulk chondrule Fe isotope variations in CV chondrites. *Earth and Planetary Science Letters* 296:423–433.

Imae N. and Isobe H. 2017. An experimental study of chondrule formation from chondritic precursors via evaporation and condensation in Knudsen cell: Shock heating model of dust aggregates. *Earth and Planetary Science Letters* 473:256-268.

Imae N. and Nakamuta Y. 2018. A new mineralogical approach for CO3 chondrite characterization by X-ray diffraction: Identification of primordial phases and thermal history. *Meteoritics and Planetary Science* 53:232-248.

Imae N., Horie K., Isobe H. 2018. Reproduction of type I chondrules and the implications. Workshop "Experiments and modelling in investigation of extraterrestrial material" at 81th Annual Meeting of Meteoritical Society, Moscow.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 N. Imae and M. Kimura	4. 巻 55
2. 論文標題 New measurement technique for characterizing small extraterrestrial materials by X ray diffraction using the Gandolfi attachment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	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) https://doi.org/10.1111/maps.13491	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 N. Imae, M. Kimura, A. Yamaguchi, and H. Kojima	4. 巻 54
2. 論文標題 Primordial, thermal, and shock features of ordinary chondrites: Emulating bulk X-ray diffraction using in-plane rotation of polished thin sections	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 919-937
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13257	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 N. Imae and Y. Nakamuta	4. 巻 53
2. 論文標題 A new mineralogical approach for CO3 chondrite characterization by X-ray diffraction: Identification of primordial phases and thermal history	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 232-248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.12996	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 N. Imae and H. Isobe	4. 巻 473
2. 論文標題 An experimental study of chondrule formation from chondritic precursors via evaporation and condensation in Knudsen cell: Shock heating model of dust aggregates	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 256-268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2017.05.040	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. Kimura, N. Imae, A. Yamaguchi, H. Haramura, and H. Kojima	4. 巻 15
2. 論文標題 Bulk Chemical Compositions of Antarctic Meteorites in the NIPR Collection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 24-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.polar.2017.12.001	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 T. Noguchi, H. Yabuta, S. Itoh, N. Sakamoto, T. Mitsunari, A. Okubo, R. Okazaki, T. Nakamura, S. Tachibana, K. Terada, M. Ebihara, N. Imae, M. Kimura, and H. Nagahara	4. 巻 208
2. 論文標題 Variation of mineralogy and organic material during the early stages of aqueous activity recorded in Antarctic micrometeorites	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 119-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.03.034	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. Matsuoka, T. Nakamura, T. Osawa, T. Iwata, K. Kitazato, M. Abe, Y. Nakauchi, T. Arai, M. Komatsu, T. Hiroi, N. Imae, A. Yamaguchi, and H. Kojima	4. 巻 69
2. 論文標題 An evaluation method of reflectance spectra to be obtained by Hayabusa2 Near Infrared Spectrometer (NIRS3) based on laboratory measurements of carbonaceous chondrites	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) https://doi.org/10.1186/s40623-017-0705-4	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 -

1. 著者名 T. Iwata, K. Kitazato, M. Abe, M. Ohtake, T. Arai, T. Arai, N. Hirata, T. Hiroi, C. Honda, N. Imae, M. Komatsu, T. Matsunaga, M. Matsuoka, S. Matsuura, T. Nakamura, A. Nakato, Y. Nakauchi, T. Osawa, H. Senshu, Y. Takagi, K. Tsumura, N. Takato, S. Watanabe, M. Antonietta Barucci, E. Palomba, and M. Ozaki	4. 巻 -
2. 論文標題 NIRS3: the The Near Infrared Spectrometer on Hayabusa2	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Space Science Reviews	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) DOI 10.1007/s11214-017-0341-0	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51件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 35件）

1. 発表者名 野口 高明, 大橋 憲昭, ブラッドレー ジョン, 中島 大輔, 中村 智樹, 木村 眞, 牛久保 孝行, 木多 紀子, 今栄 直也
2. 発表標題 GEMSを産する微隕石と惑星間塵に含まれるコンドルールと難揮発性包有物について
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今栄直也, 木村眞
2. 発表標題 ガンドルフィ・アタッチメントを用いたX線回折実験：微小地球外物質への適用
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤 元雄, 富岡 尚敬, 上相 真之, 上杉 健太郎, 大東 琢治, 山口 亮, 今栄 直也, 唐牛 譲, 白井 直樹, 矢田 達, 安部 正真
2. 発表標題 Analysis of the grain from the asteroid Ryugu proposed by the Phase 2 curation "Team KOCHI "
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松岡 萌, 中村 智樹, 廣井 孝弘, 宮島 延吉, 今栄 直也, 山口 亮, 小島 秀康
2. 発表標題 Spectral and mineralogical properties of naturally-heated carbonaceous chondrites; implication to heating processes on the surface of hydrous asteroids
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金丸 礼, 今栄 直也, 山口 亮, 西戸 敏嗣
2. 発表標題 Evaluation of shock metamorphism of eucrites by X-ray diffraction analysis
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ito M., Tomioka N., Uesugi M., Ohigashi T., Yamaguchi A., Imae N., Karouji Y., Shirai N., Yada T., Abe M.
2. 発表標題 The Ryugu grain analysis: Approach by the phase 2 curation "Team Kochi"
3. 学会等名 82nd Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanemaru R., Imae N., Yamaguchi A., Nishido H.
2. 発表標題 Shock metamorphic degree of eucrites based on the textural and XRD analyses
3. 学会等名 82nd Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Uesugi M., Uesugi K., Ito M., Tomioka N., Ohigaashi T., Yamaguchi A., Imae N., Karouji Y., Shirai N., Yada T., Abe M.
2. 発表標題 Preparation for the analysis of Hayabusa2 returned samples
3. 学会等名 82nd Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamaguchi A., Imae N., Kimura M., Noguchi T.
2. 発表標題 Japanese Antarctic meteorites: Past, current, and future
3. 学会等名 82nd Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimura M., Imae N., Yamaguchi A., Greenwood R.C., Komatsu M.
2. 発表標題 A new carbonaceous grouplet, "CA"
3. 学会等名 82nd Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimura M., Imae N., Yamaguchi A., Greenwood R.C., Komatsu M., Noguchi T.
2. 発表標題 Primitive CM-related chondrites: their characteristic features and classification
3. 学会等名 82nd Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ji L., Hu S., Lin Y. T., Zhou Q., Xiao Y., Imae N., and Kimura M.
2. 発表標題 Shock metamorphism of the new fall ordinary chondrite Mangui in China
3. 学会等名 82nd Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Imae N. and Kimura M.
2. 発表標題 X-ray diffraction of stony meteorites using the Gandolfi attachment
3. 学会等名 82nd Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimura M., Komatsu M., Ushikubo T., Imae N.
2. 発表標題 Early condensation history from two ultrarefractory inclusions
3. 学会等名 Goldschmidt conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今栄直也
2. 発表標題 X線回折法によるL6普通コンドライトの鉱物歪みの解析
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 金丸 礼, 山口 亮, 今栄 直也, 西戸 裕嗣
2. 発表標題 ユークライト隕石に産するシリカ多形の成因
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 Sugiura N., Imae N., Arai T., and Matsui T.
2. 発表標題 An attempt to reproduce petrographic features of mesosiderites
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Imae N.
2. 発表標題 Lattice strain analyses for the L6 ordinary chondrites by the X-ray diffraction method
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimura M., Imae N., Komatsu M., Yamaguchi A., Noguchi T.
2. 発表標題 Petrologic subtypes of CM chondrites: Reinvestigation and proposal of subtypes 3.0 to 2.8
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanemaru R., Imae N., Yamaguchi A., Nishido H.
2. 発表標題 Cathodoluminescence imaging and X-ray diffraction analysis of shocked eucrites
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zekollari H., Goderis S., Debaille V., van Ginneken M., Gattacceca J., Timothy Jull A. J., Lenaerts J., Yamaguchi A, Imae N., Huybrechts P., Tollenaar V., Lhermitte S. and Claeys P.
2. 発表標題 Why do we find so many meteorites on the Nansen blue ice field and where else could we look?
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Kanemaru, N. Imae, A. Yamaguchi, and H. Nishido
2. 発表標題 XRD analyses of basaltic and cumulate eucrites: Implication for shock metamorphism
3. 学会等名 50th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Noguchi, N. Ohashi, J. P. Bradley, D. Nakashima, T. Nakamura, M. Kimura, T. Ushikubo, N. T. Kita, and N. Imae
2. 発表標題 Chondrule-like objects and a refractory inclusion in GEMS-bearing Antarctic micrometeorites and interplanetary dust particles
3. 学会等名 50th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Ito, N. Tomioka, M. Uesugi, K. Uesugi, T. Ohigashi, A. Yamaguchi, N. Imae, Y. Karouji, N. Shirai, T. Yada and M. Abe
2. 発表標題 Phase 2 curation “team Kochi” for HAYABUSA2 returned sample: In-depth analysis of a single grain utilizing linkage microanalytical instruments
3. 学会等名 50th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Matsuoka, et al.
2 . 発表標題 Infrared spectra of asteroid Ryugu: Comparison to laboratory-measured carbonaceous chondrites
3 . 学会等名 50th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Nakamura et al.
2 . 発表標題 Possible interpretations of visible/near-infrared spectra of asteroid Ryugu obtained by the Hayabusa2 mission
3 . 学会等名 50th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Ito, N. Tomioka, M. Uesugi, K. Uesugi, T. Ohigashi, A. Yamaguchi, N. Imae, Y. Karouji, N. Shirai, T. Yada and M. Abe
2 . 発表標題 A Perspective of Phase 2 Curation “Team Kochi ” for Hayabusa2 Returned Sample: In-depth Analysis of a Single Grain Utilizing Linkage Microanalytical Instruments
3 . 学会等名 Hayabusa 2018/Symposium on Antarctic meteorites 41 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 N. Sugiura, N. Imae, M. Kimura, T. Arai, and T. Matsui
2 . 発表標題 A summary on recent petrographic investigation of a metal nodule in the Bondoc mesosiderite
3 . 学会等名 Symposium on Antarctic meteorites 41/Hayabusa 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Shirai, Y. Karouji, K. Kumagai, M. Uesugi, K. Hirahara, M. Ito, N. Tomioka, K. Uesugi, A. Yamaguchi, N. Imae, T. Ohigashi, T. Yada, M. Abe
2. 発表標題 The effect of possible contamination from sample holders on samples returned by Hayabusa2
3. 学会等名 Hayabusa 2018/Symposium on Antarctic meteorites 41 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Kimura, Akira Yamaguchi, and Naoya Imae
2. 発表標題 Two unusual carbonaceous chondrites, Asuka-9003 and Asuka 09535: Preliminary results on their classification in comparison with Yamato-82094
3. 学会等名 Symposium on Antarctic meteorites 41/Hayabusa 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Imae, M. Kimura, A. Yamaguchi, and H. Kojima
2. 発表標題 Bulk X-ray random diffraction patterns using polished thin sections of ordinary chondrites: primordial, thermal, and shock features
3. 学会等名 Symposium on Antarctic meteorites 41/Hayabusa 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村 眞、小松睦美、山口 亮、今栄直也
2. 発表標題 特異な難揮発性包有物の形成過程
3. 学会等名 日本鉱物科学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今栄直也、木村眞、山口亮、小島秀康
2. 発表標題 普通コンドライト薄片のバルクX線ランダム回折パターン：熱変成と衝撃変成作用
3. 学会等名 日本鉱物科学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Imae, K. Horie, and H. Isobe
2. 発表標題 Reproduction of type I chondrules and the implications
3. 学会等名 Workshop "Experiments and modelling in investigation of extraterrestrial material" at 81th Annual Meeting of Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Kimura, M. K. Weisberg, A. Takaki, and N. Imae
2. 発表標題 An Almahata Sitta EL3 clast: unique thermal history
3. 学会等名 81th Annual Meeting of Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Yoneda, A. Yamaguchi, R. Okazaki, N. Imae, M. Kimura, R. Kataoka, K. Iwahashi, T. Mori, and M. Komatsu
2. 発表標題 Classification of the Hachi-oji meteorite and comparison with the Sone meteorite
3. 学会等名 81th Annual Meeting of Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Imae, M. Kimura, A. Yamaguchi, and H. Kojima
2. 発表標題 Thermal and shock metamorphism for ordinary chondrites: A quantitative study using X-ray diffractions
3. 学会等名 81th Annual Meeting of Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akira Yamaguchi, Shigekazu Yoneda, Ryuji Okazaki, Naoya Imae, Makoto Kimura, Ryuho Kataoka, Kiyomi Iwahashi, Toru Mori, Mutsumi Komatsu
2. 発表標題 The Hachioji meteorite: Petrological and noble gas study and classification
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上棺 真之、伊藤 元雄、富岡 尚敬、大東 琢治、上杉 健太郎、唐牛 譲、白井 直樹、山口 亮、今栄 直也、矢田 達、安部 正真
2. 発表標題 「はやぶさ2」帰還試料分析に向けた、揮発性物質を含む地球外試料の多 機関連携による非汚染総合分析手法の開発
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口 亮、米田 成一、岡崎 隆司、今栄 直也、木村 真、片岡 龍峰、岩橋 清美、森 融、小松 睦美
2. 発表標題 八王子隕石の希ガス・岩石学的研究と分類
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 N. Sugiura, N. Imae, M. Kimura, T. Arai, and T. Matsui
2 . 発表標題 An additional petrographic study of a metal nodule in the Bondoc mesosiderite
3 . 学会等名 JpGU
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Uesugi, M. Ito, N. Tomioka, K. Uesugi, A. Yamaguchi, N. Imae, T. Ohigashi, Y. Karouji, T. Yada, and M. Abe
2 . 発表標題 Current status of developments by the collaboration team with ESCuC/JAXA for curation works and analysis of Hayabusa2 returned samples
3 . 学会等名 HAYABUSA 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 N. Imae, K. Horie, and H. Isobe
2 . 発表標題 The reproduction of type I chondrules and the implications
3 . 学会等名 8th Symposium on Polar Science (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 A. Yamaguchi, M. Kimura, and N. Imae
2 . 発表標題 Classification of Antarctic meteorites using polished thick sections
3 . 学会等名 8th Symposium on Polar Science (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kikuchi, T. Nakamura, D. Nakashima, K. Nagao, N. Imae, A. Yamaguchi, and H. Kojima
2. 発表標題 Yamato-980115: CI chondrite experienced incomplete dehydration deduced from mineralogy and noble gas signatures
3. 学会等名 8th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Matsuoka, T. Nakamura, N. Miyajima, N. Imae, A. Yamaguchi, and H. Kojima
2. 発表標題 Spectral and mineralogical properties of dehydrated carbonaceous chondrites
3. 学会等名 8th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村眞、今栄直也、山口亮、原村寛、小島秀康
2. 発表標題 隕石の全岩化学組成
3. 学会等名 日本鉱物科学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 今栄直也、中牟田 義博
2. 発表標題 C03コンドライト薄片のバルクX線ランダム回折パターンからの知見：アモルファス相と熱史
3. 学会等名 日本鉱物科学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 N. Imae, A. Yamaguchi, T. Ojima, and M. Kimura
2. 発表標題 Characterization of tiny fragments of stony meteorites by X-ray diffraction using Gandolfi attachment
3. 学会等名 80th Annual Meeting of the Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 N. Imae, Y. Nakamura
2. 発表標題 A New Mineralogical Approach of the CO3 Chondrites for the Identification of primordial phases and the thermal history
3. 学会等名 80th Annual Meeting of the Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 今栄 直也、中牟田 義博
2. 発表標題 X線回折パルク分析法によるCO3コンドライトの鉱物学と熱史解析
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2017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	堀江 憲路 (Horie Kenji) (00571093)	国立極地研究所・研究教育系・助教 (62611)	

