

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K03722

研究課題名(和文) 微惑星における有機物進化に対する鉱物の役割の解明

研究課題名(英文) Roles of minerals during the evolution of organic matter in planetesimals

研究代表者

癸生川 陽子 (Kebukawa, Yoko)

横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70725374

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)：太陽系形成初期に小天体内部で起こった化学過程は、原始的な隕石に含まれている複雑な有機物の最終的な化学組成・構造の決定に重要な役割を果たしたと考えられる。しかし、有機物の化学過程に対する鉱物の役割はほとんど明らかになっていない。

本研究では、隕石有機物の前駆物質アナログと鉱物の加熱実験を行い、鉱物が有機物の変成に及ぼす影響を明らかにした。また、ナノ赤外分光法(AFM-IR)を世界で初めて隕石有機物分析に適用し、数十nmの空間分解能で有機物官能基と鉱物分布関係を可視化することに成功した。透過型走査X線顕微鏡(STXM)等を用いて、変成度の異なる隕石中の有機物の特徴と鉱物との共存関係を調べた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、太陽系初期の物質進化過程において、個別の鉱物が有機物に及ぼす影響を明らかにした。また、隕石中の有機物の特徴と鉱物の分布を可視化することにより、有機物・鉱物の相互作用を踏まえた物質進化過程解明へのアプローチ基盤を確立した。本研究で得られた結果及び研究手法は、2020年末に帰還が予定されているはやぶさ2ミッションなどによる小惑星からのリターンサンプル分析にも応用できると期待される。

研究成果の概要(英文)：The chemical processes that occurred inside the small bodies in the early Solar System played important roles in the final chemical structures of the complex organic matter in the primitive meteorites. However, little is known about the role of minerals during the chemical processes of organic matter.

In this study, we conducted heating experiments on minerals and the analogue of primordial organic matter in meteorites, and revealed the effect of minerals on metamorphism of organic matter. We applied nano-infrared spectroscopy (AFM-IR) for the first time to analyze organic matter in meteorite, and successfully visualized the relationship between organic functional groups and mineral distributions with a spatial resolution of tens of nm. Using a transmission scanning X-ray microscope (STXM), the characteristics of organic matter and the relationship with coexistence minerals in meteorites with various degrees of alteration were investigated.

研究分野：宇宙化学

キーワード：隕石 太陽系 有機物 鉱物

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

始原的な隕石は、太陽系形成初期に形成された微惑星の物質化学的特徴を比較的良好に保存していると考えられている。始原的な隕石には多種多様な有機物が含まれており、その大部分は決まった分子構造を持たない複雑高分子有機物である。これらの有機物は、分子雲や原始惑星系円盤、微惑星など、太陽系形成過程の様々なステージにおいて、形成・進化してきたと考えられている。さらに、地球生命の原材料物質を供給した可能性からも注目されている。特に微惑星内での水質変質や熱変成などの化学的プロセス(微惑星プロセス)は、有機物や鉱物の進化過程に大きな寄与があったことが知られている。水質変質初期段階を模擬した実験からは、ホルムアルデヒドやアンモニアなどの単純な分子から、隕石に含まれるものとよく似た高分子有機物やアミノ酸が形成されることが明らかになった[1-4]。また、有機物の分子構造は、微惑星プロセスに対して敏感に反応して変化する。研究代表者らを含め様々なグループによる、様々な変成度の隕石有機物の分析から、微惑星プロセスの進行に伴い、有機物の H/C 比の減少や、脂肪族鎖・カルボキシ基の減少等が起こることが分かった[e.g., 5-10]。

隕石の大部分の構成要素は鉱物であることから、このような有機物の形成・進化過程の理解には、有機物と鉱物の相互作用が重要な役割を果たしていると考えられる。しかし、上記の模擬実験は鉱物を含んでおらず、隕石有機物の分析は鉱物と分離精製した有機物を用いて行われたため分布の情報は失われている。隕石中でのフィロシリケートと有機物の共存関係も報告されている[e.g., 11]、変成度の異なる隕石を比較した系統的な分析は不足しているうえ、実際に鉱物がどのような役割を果たしたのかはわかっていない。このため、変成度の異なる隕石の系統的な分析及び、模擬実験に基づく研究が必須である。

### 2. 研究の目的

本研究では次の2点を明らかにする。(1)変成度の異なる数種類の隕石の顕微的手法による分析を行い、有機物の分子構造と共存鉱物及びこれらの微惑星プロセスによる変化を明らかにする。(2)微惑星プロセスを模擬した実験を行い、有機物の分子構造変化に対する鉱物の役割(触媒作用等)を明らかにする。

隕石内で有機物の分布や鉱物との共存関係に関する研究は非常に少ない。これは、有機物が微細かつ微量であり、これらをもその場分析するためのサブミクロンの空間分解能を持った顕微分析法が非常に限られていることが原因であった。近年では、国内外の研究グループによって、走査型透過 X 線顕微鏡(Scanning Transmission X-ray Microscope, STXM)を用いて、サブミクロンスケールでの有機官能基分析が行われるようになってきた[e.g., 12-14]。しかし、STXM は、鉱物の情報はほとんど得られない。一方、赤外分光法は、有機物・鉱物双方の情報を得ることができるが、赤外光の回折限界のため、空間分解能は限られていた。そこで、新規的な手法で最近実用化が進みつつある、分子間力顕微鏡を用いた赤外分光法(Atomic force microscopy-based infrared spectroscopy, AFM-IR)を用いることによりサブミクロンの空間分解能での赤外分光イメージング分析を実現する。AFM-IR は、有機物の官能基及び鉱物種の情報をサブミクロンスケールの空間分解能で得られるほぼ唯一の手法である。

さらに、実験的な手法も組み合わせることにより、「有機物と鉱物」「隕石の分析と模擬実験」といった多角的なアプローチを用いて有機物を中心とした微惑星での物質進化過程を明らかにすることが本研究の特色である。また、本研究により確立された微小な地球外試料の分析手法は、今後のはやぶさ2などのミッションリターンサンプル等への活用も期待できる。

### 3. 研究の方法

#### ・隕石の分析によるアプローチ

最新の顕微分光的手法を用いて、微惑星プロセスの程度の異なる数種類の隕石について有機物の分子構造的な特徴及び共存鉱物を系統的に調べる。

#### (A) ウルトラマイクロトームを用いた試料準備

様々な隕石について、集束イオンビーム(FIB)法またはウルトラマイクロトームによる超薄切片を作成する。隕石中の微量な有機物分析が目的のため、通常の樹脂による試料包埋ではなく、硫黄による包埋法を用いる。厚さ約 100 nm の薄片を作成し、AFM-IR 用には ZnS 基板上に、STXM 分析用には SiO<sub>2</sub> フィルムコート TEM グリッドに乗せる。その後、真空デシケーターを用いて硫黄を昇華させる。

#### (B) AFM-IR による有機物および鉱物の微小領域分析

AFM-IR を用いて(A)で作成した隕石の分析を行う(図 1)。特に、特定の鉱物と共存している有機物の分子構造の特徴に着目した分析を行う。AFM-IR は、赤外光吸収に伴う試料の熱膨張として検出することにより、サブミクロンスケールの赤外分光イメージングが可能な装置である。AFM-IR 分析には、日本サーマル・コンサルティング社に依頼し、“NanoIR2”を用いる。

#### (C) STXM による有機物の分子構造の微小領域分析

サブミクロンの空間分解能を持つ STXM を用いた X 線吸収端近傍構造(X-ray Absorption Near Edge Structure, XANES)分析は、上記の高空間分解能赤外分光法よりも確立された手法である。

#### (D) 走査型及び透過型電子顕微鏡(SEM・TEM)を用いた共存鉱物の確認

補足として、AFM-IR 及び STXM 分析に用いた試料に対して、それぞれ高分解能 SEM/EDS

及び TEM を用いて、有機物と共存が見られた鉱物種を同定する。

#### ・模擬実験によるアプローチ

下記の微惑星プロセス模擬実験を行い、有機物の構造変化を赤外分光及び STXM により分析する。これより、どのような鉱物があるとどのような有機物が形成しやすいか/壊れやすいかを調べ、有機物形成・進化に対する鉱物の役割を明らかにする。

##### (1) 「有機物の形成」微惑星での水質変質初期段階を模擬した有機物の水熱実験

Kebukawa et al. (2013)[3]の方法を応用し、超純水、ホルムアルデヒド、アンモニア、鉱物粉末（カンラン石・蛇紋石等）を、液体窒素で凍らせた状態でガラス管に真空封入する。これらの試料を、オープンで 150 °C、数日間の加熱を行う。

##### (2) 「有機物の分解」微惑星での熱変成を模擬した有機物の加熱実験

模擬隕石有機物と鉱物粉末を、オートクレーブを用い、N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub> (99:1, v/v) ガス雰囲気下で 200 ~ 400 °C、数日間の加熱を行う。

## 4. 研究成果

### ・隕石の分析によるアプローチ

AFM-IR を世界で初めて隕石有機物分析に適用し、数十 nm の空間分解能で、有機物官能基と鉱物分布関係を可視化することに成功した[15]。AFM-IR は、赤外の吸収に起因する試料の熱膨張をプローブで検出する AFM に基づいており、この手法を用いて CM2 コンドライトの Murchison 隕石と Bells 隕石を分析したところ、約 30 nm の空間分解能での有機分析が可能であることを世界で始めて確認した。AFM-IR イメージングの結果は、以前に報告されていた有機物とフィロシリケートの共存関係と調和的であるが、我々の結果ではそれよりもはるかに高い空間分解能を得られている。本成果は、赤外分光法による隕石中の有機官能基の不均一な分布の最初の観測であり、空間分解能約 30 nm で鉱物との共存関連を明らかにした。

顕著な水質変質過程を経た炭素質コンドライトに分類される Tagish Lake 隕石と 3 種の CI1 コンドライトの FIB で作成した超薄切片について、STXM による XANES スペクトル分析を行い、有機物の化学構造・組成や分布に関する情報を得た。また、同一の超薄切片を TEM/EDS でも分析し、特定の鉱物や有機物の分布と、水質変質作用の程度を調べた。フィロシリケートが支配的なエリアに分布する有機物は、芳香族に乏しい反面 C(=O)O などに富む傾向を示していた。一方で、フィロシリケートからは独立し、有機物が支配的なエリアを形成する有機物は、とりわけ芳香族に富んでいることが分かった。当結果は、Le Guillou et al. (2014) [12]が異なる種類の隕石について分析した結果とおおよそ一致しており、これが限られた隕石のみで確認される現象では無いことを示している。前者は「水質変質作用の進行に伴う酸化によって C=O が増加し、これが芳香族と比較して高い親水性を示すため、水に流された結果フィロシリケートに吸着された有機物」、後者は「とりわけ芳香族に富んでいるため、前者のように水には流されずその場に留まった有機物」であることが推察される。

また、STXM による XANES 分析と高空間分解能二次イオン質量分析法(NanoSIMS)を用いて、隕石の中に捕獲岩として含まれていた始原物質の微小領域分析を行い、有機物の構造と同位体組成をもとに有機物・水・鉱物の相互作用を考慮し、これらの有機物が D/P 型小惑星由来の極めて始原的な物質である可能性を示した[16, 17]。

### ・模擬実験によるアプローチ

水、ホルムアルデヒド、アンモニアを 100 : 7 : 1 の割合で混合し、鉱物(モンモリロナイト、蛇紋石、カンラン石)を加えて太陽系小天体の始原物質を模擬した水熱実験を行った。試料溶液を 150 °C で 24 時間および 72 時間加熱し、得られた生成物について FTIR 分析及び、酸加水分解後に液体クロマトグラフィー (HPLC) でアミノ酸分析を行った。その結果、形成されるアミノ酸量は加えた鉱物の有無や種類により異なることが分かった。特に、フィロシリケート(モンモリロナイト及び蛇紋石)を加えた場合に、アミノ酸の生成量が増加することが分かった。これらの結果から、鉱物(特にフィロシリケート)が、微惑星における水質変質中にアミノ酸前駆体を生成する触媒として機能したことを示唆している。

熱変成作用中の有機物への鉱物の影響を調べるために、分子雲アナログ有機物[18]を用いて鉱物(モンモリロナイト、カンラン石)の存在下での加熱実験(200 °C ~ 400 °C)を行った[19]。実験生成物は X 線回折 (XRD), FTIR, およびガスクロマトグラフィー質量分析 (GC/MS) により分析した。特にモンモリロナイトと共に加熱された有機物は、脱炭酸や分解による酸素を含む有機物種の分解が促進され、カンラン石と共に加熱された有機物はエステル化の促進が見られた。これらの結果は、熱変成を受けた隕石に含まれる有機物の構造多様性の一部は、異なる鉱物組成に起因する可能性があることを示している。

以上のように、個別の鉱物が有機物に及ぼす影響を明らかにし、また、隕石中の有機官能基と鉱物の分布を可視化することにより、有機物・鉱物の相互作用を踏まえた物質進化過程解明へのアプローチ基盤を確立した。

## References

- [1] Cody G. D. et al. (2011) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 19171-19176.
- [2] Kebukawa Y. et al. (2017) *Science advances*, 3, e1602093.
- [3] Kebukawa Y. et al. (2013) *The Astrophysical Journal*, 771, 19.
- [4] Kebukawa Y. and Cody G. D. (2015) *Icarus*, 248, 412-423.
- [5] Alexander C. M. O. D. et al. (2007) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 4380-4403.
- [6] Alexander C. M. O. D. et al. (2010) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74, 4417-4437.
- [7] Alexander C. M. O. D. et al. (2014) *Meteoritics & Planetary Science*, 49, 503-525.
- [8] Herd C. D. K. et al. (2011) *Science*, 332, 1304-1307.
- [9] Kebukawa Y. et al. (2010) *Meteoritics & Planetary Science*, 45, 99-113.
- [10] Kebukawa Y. et al. (2011) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75, 3530-3541.
- [11] Pearson V. K. et al. (2002) *Meteoritics & Planetary Science*, 37, 1829-1833.
- [12] Le Guillou C. et al. (2014) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 131, 368-392.
- [13] Kebukawa Y. et al. (2014) *Meteoritics & Planetary Science*, 49, 2095-2103.
- [14] Kebukawa Y. et al. (2017) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 196, 74-101.
- [15] Kebukawa Y. et al. (2019) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, 753-758.
- [16] Kebukawa Y. et al. (2019) *Scientific reports*, 9, 3169.
- [17] Kebukawa Y. et al. (2020) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 271, 61-77.
- [18] Kouchi A. et al. (2002) *The Astrophysical Journal Letters*, 566, L121.
- [19] N. Hirakawa, Y. Kebukawa et al. Effects of minerals on metamorphism of organic matter during thermal processes in meteorite parent bodies, *Icarus* 査読中

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kebukawa Yoko, Zolensky Michael E., Ito Motoo, Ogawa Nanako O., Takano Yoshinori, Ohkouchi Naohiko, Nakato Aiko, Suga Hiroki, Takeichi Yasuo, Takahashi Yoshio, Kobayashi Kensei	4. 巻 271
2. 論文標題 Primordial organic matter in the xenolithic clast in the Zag H chondrite: Possible relation to D/P asteroids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 61~77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2019.12.012	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 該当する
1. 著者名 Elmasry Walaa, Kebukawa Yoko, Kaneko Takeo, Obayashi Yumiko, Fukuda Hitoshi, Oguri Yoshiyuki, Kobayashi Kensei	4. 巻 in press
2. 論文標題 Alteration and Stability of Complex Macromolecular Amino Acid Precursors in Hydrothermal Environments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Origins of Life and Evolution of Biospheres	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) 10.1007/s11084-020-09593-x	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 Yoko Kebukawa, Hanae Kobayashi, Norio Urayama, Naoki Baden, Masashi Kondo, Michael E. Zolensky, and Kensei Kobayashi	4. 巻 116
2. 論文標題 Nanoscale infrared imaging analysis of carbonaceous chondrites to understand organic-mineral interactions during aqueous alteration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	6. 最初と最後の頁 753-758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1816265116	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 Yoko Kebukawa, Motoo Ito, Michael E. Zolensky, Richard C. Greenwood, Zia Rahman, Hiroki Suga, Aiko Nakato, Queenie H. S. Chan, Marc Fries, Yasuo Takeichi, Yoshio Takahashi, Kazuhiko Mase, Kensei Kobayashi	4. 巻 9
2. 論文標題 A novel organic-rich meteoritic clast from the outer solar system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-39357-1	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 Yuki Isono, Shogo Tachibana, Hiroshi Naraoka, Francois-Regis Orthous-Daunay, Laurette Piani, Yoko Kebukawa	4. 巻 53
2. 論文標題 Bulk chemical characteristics of soluble polar organic molecules formed through condensation of formaldehyde: Comparison with soluble organic molecules in Murchison meteorite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 41-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0551	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 Queenie H. S. Chan, Aiko Nakato, Yoko Kebukawa, Michael E. Zolensky, Tomoki Nakamura, Jessica A. Maisano, Matthew W. Colbert, James E. Martinez, A. L. David Kilcoyne, Hiroki Suga, Yoshio Takahashi, Yasuo Takeichi, Kazuhiko Mase, Ian P. Wright	4. 巻 54
2. 論文標題 Heating experiments of the Tagish Lake meteorite: Investigation of the effects of short term heating on chondritic organics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 104-125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13193	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 Satoru Nakashima, Yoko Kebukawa, Norio Kitadai, Motoko Igisu, Natsuki Matsuoka	4. 巻 8
2. 論文標題 Geochemistry and the Origin of Life: From Extraterrestrial Processes, Chemical Evolution on Earth, Fossilized Life's Records, to Natures of the Extant Life	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Life	6. 最初と最後の頁 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/life8040039	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 Kebukawa Yoko, Nakashima Satoru, Mita Hajime, Muramatsu Yasuji, Kobayashi Kensei	4. 巻 347
2. 論文標題 Molecular evolution during hydrothermal reactions from formaldehyde and ammonia simulating aqueous alteration in meteorite parent bodies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 113827 ~ 113827
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2020.113827	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 Kebukawa Yoko, Alexander Conel M. O'D., Cody George D.	4. 巻 54
2. 論文標題 Comparison of FT IR spectra of bulk and acid insoluble organic matter in chondritic meteorites: An implication for missing carbon during demineralization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 1632 ~ 1641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13302	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 Uesugi Masayuki, Ito Motoo, Yabuta Hikaru, Naraoka Hiroshi, Kitajima Fumio, Takano Yoshinori, Mita Hajime, Kebukawa Yoko, Nakato Aiko, Karouji Yuzuru	4. 巻 54
2. 論文標題 Further characterization of carbonaceous materials in Hayabusa-returned samples to understand their origin	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 638 ~ 666
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13236	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21件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Yoko Kebukawa, Norio Urayama, Hanae Kobayashi, Naoki Baden, Hans A. Bechtel, Masashi Kondo, Kensei Kobayashi
2. 発表標題 Applications of infrared nano-spectroscopy for carbonaceous chondrites: To understand organic-mineral interactions during aqueous alteration
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoko Kebukawa, Norio Urayama, Hanae Kobayashi, Naoki Baden, Hans A. Bechtel, Masashi Kondo, Kensei Kobayashi
2. 発表標題 Applications of infrared nano-spectroscopy for carbonaceous chondrites: To understand organic-mineral interactions during aqueous alteration
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Walaa Elsayed Mohamed Elmasry, Shusuke Misawa, Jun Matsukuma, Yoko Kebukawa, Kensei Kobayashi
2. 発表標題 Effect of Minerals on Amino Acids Formation in Environments Simulating Parent Bodies of Meteorites
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三澤 柁介, 癸生川 陽子, Elmasry Walaa, 依田 功, 村松 康司, 濱中 颯太, 小林 憲正
2. 発表標題 初期太陽系の微惑星におけるガンマ線によるアミノ酸前駆体の形成
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoko Kebukawa, Motoo Ito, Michael Zolensky, Richard Greenwood, Zia Rahman, Hiroki Suga, Aiko Nakato, Queenie Chan, Marc Fries, Yasuo Takeichi, Yoshio Takahashi, Kazuhiko Mase, Kensei Kobayashi
2. 発表標題 Organic Matter in Carbonaceous Chondrite-like Xenolithic Clasts: Preserving Unique Records in the Solar System
3. 学会等名 AOGS 15th Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 癸生川陽子
2. 発表標題 微惑星における多様なアミノ酸の形成
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Y. Kebukawa, S. Misawa, S. Asano, I. Yoda, H. Mita, Y. Muramatsu, S. Hamanaka, Y. Tobita, and K. Kobayashi
2. 発表標題 Possible effects of gamma-ray from short-lived radioactive nuclides on formation of organic matter during aqueous alteration
3. 学会等名 81st Annual Meeting of the Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 癸生川 陽子, 内村 絵梨花, 武市 泰男, 菅 大暉, 大東 琢治, 伊藤 元雄, 近藤 正志, 高橋 嘉夫, Michael E. Zolensky, 小林 憲正
2. 発表標題 Bells 隕石の有機物はユニークか? - 軟X線顕微鏡による微小領域分析
3. 学会等名 2018年度 日本地球化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平川尚毅, 癸生川陽子, 小林憲正, 中野英之
2. 発表標題 超臨界オートクレーブを用いたモデル星間有機物の母天体変成実験 鉱物との相互作用の解明を目指して
3. 学会等名 2018年度 日本地球化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Kebukawa
2. 発表標題 Gamma-ray induced amino acid syntheses in the Solar System aqueous environments
3. 学会等名 The 1st International Workshop for Aquaplanetology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Walaa Elmasry, Kebukawa Yoko, Kobayashi Kensei
2. 発表標題 Mineral surfaces and their catalytic effects on amino acid formation during hydrothermal alteration in environments simulating meteorite parent asteroids
3. 学会等名 The 1st International Workshop for Aquaplanetology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kento Kiryu, Yoko Kebukawa, Kensei Kobayashi
2. 発表標題 The molecular structure and distribution of organic matter depending on the lithology in the Tagish Lake meteorite
3. 学会等名 The 1st International Workshop for Aquaplanetology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Hirakawa, Yoko Kebukawa, Kensei Kobayashi
2. 発表標題 Interactions between organic matter and minerals in meteorites' parent bodies
3. 学会等名 The 1st International Workshop for Aquaplanetology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kebukawa, M. E. Zolensky, M. Ito, C. A. Goodrich, M. A. Marcus, A. L. D. Kilcoyne, T. Ohgashi, Z. Rahman, M. H. Shaddad and K. Kobayashi
2. 発表標題 Investigation of Organic Matter in Carbonaceous Chondrite Lithologies of Almahata Sitta
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 桐生健斗・癸生川陽子・小林憲正
2. 発表標題 走査型透過X線顕微鏡(STXM)を用いたTagish Lake 隕石に含まれる有機物の分析
3. 学会等名 第79回分析討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 癸生川 陽子, Michael Zolensky, Cyrena Anne Goodrich, 伊藤 元雄, 小川 奈々子, 高野 淑識, 大河内 直彦, 菅 大暉, Matthew Marcus, David Kilcoyne, 大東 琢治, Rahman Zia, Shaddad Muawia, 小林 憲正
2. 発表標題 Organic matter in carbonaceous chondrite lithologies of Almahata Sitta meteorite, a polymict ureilite
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 Walaal Elsayed Elmasry, Yoko Kebukawa, Kensei Kobayashi
2. 発表標題 Abiotic synthesis of organic matters in environments simulating asteroids and the catalytic effect of minerals on amino acid formation
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 平川 尚毅、癸生川 陽子、小林 憲正
2. 発表標題 隕石母天体での熱プロセスにおける鉱物と有機物の相互作用
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 K. Kiryu, Y. Kebukawa, M. Igisu, T. Shibuya and K. Kobayashi
2. 発表標題 KINETIC ESTIMATION OF THE THERMAL HISTORY OF ORGANIC MATTER IN CHONDRITES USING RAMAN SPECTROSCOPY
3. 学会等名 MetSoc2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Hirakawa, Y. Kebukawa, K. Kobayashi and H. Nakano
2. 発表標題 INTERACTION BETWEEN ORGANIC MATTER AND MINERALS IN METEORITE PARENT BODIES DURING THERMAL PROCESSES
3. 学会等名 MetSoc2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 癸生川陽子, Michael E. Zolensky, 大東琢治, 近藤正志, 伊藤元雄, 兒玉優, 小林憲正
2. 発表標題 Aguas Zarcas (CM2)隕石の有機物分析: Typical CM2 or not?
3. 学会等名 日本惑星科学会2019年秋季講演会
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