

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05749

研究課題名(和文) 新世代の超微量惑星有機化合物研究：感度・分離と質量・空間分解の超高度化

研究課題名(英文) Advanced Trace Organic Compound Study in Planetary Materials: Development of High Sensitivity and High Resolution

研究代表者

奈良岡 浩(Naraoka, Hiroshi)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：20198386

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 154,800,000円

研究成果の概要(和文)：新世代の分析技術を駆使して、惑星物質中の超微量有機化合物の構造や分布を明らかにした。(1)汚染を避けるためにクリーンルーム環境を整え、(2)超高質量分解能クロマトグラフィー分析による有機化合物の構造決定、(3)ナノクロマトグラフィーによる高感度検出、(4)多次元クロマトグラフィーによるアミノ酸の光学異性体分離、(5)有機化合物のその場局所分析、について高感度化・高分離化を行うとともに高分解能質量分析・有機分子イメージングを行った。これらの手法により地球外有機分子の生成メカニズムと化学進化を探究するとともに、近く小惑星サンプルリターンによってもたらされる微量試料の有機化合物の分析技術確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

宇宙・太陽惑星系には遍く有機分子が存在して、生命誕生への関与も示唆されているが、地球外有機物は非常に複雑で、その存在状態・生成メカニズムは解明されていない。本研究の学術的意義は地球外有機物の化学進化の一端を理解できたことであり、宇宙での普遍的な有機分子の進化を洞察できたことである。また、日米で実施中の炭素質小惑星からのサンプルリターン計画でもたらされる試料の分析体制が整ったことである。開発した分析法は宇宙・地球化学のみにとらわれず、医療・食品などの分野にも使用され、人間生活への貢献という社会的意義もある。

研究成果の概要(英文)：Advanced instrumental development and analyses are performed in order to study the trace organic compounds of extraterrestrial materials: (1) a clean room environment to avoid organic contamination during analysis; (2) highmass resolution analysis coupled with high-performance liquid chromatography (HPLC) to determine the elemental composition using exact mass for inferring the chemical structure; (3) nano-liquid chromatography (nanoLC) to enhance the sensitivity; (4) superior chromatographic separation using a multi dimensional system to determine the optical isomers of amino acids; and (5) in situ organic compound analysis and molecular imaging of the sample surface. This approach revealed a higher complexity of organic compounds with a heterogeneous distribution in meteorites. The developed methods can be applied to study the chemical evolution of meteoritic organic compounds as well as molecular occurrence in low mass extraterrestrial materials such as asteroid-returned samples.

研究分野：有機宇宙地球化学

キーワード：地球外物質 イメージング 惑星微量有機化合物 サンプルリターン 炭素質隕石 化学進化 超高質量分解能 高分離クロマトグラフィー 分子イ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

有機化合物は炭素(C)を骨格として、水素(H)・窒素(N)・酸素(O)・イオウ(S)を結合することにより、非常に多種多様な構造をとり、我々生命を構成して機能させている。有機化合物は宇宙環境にも多く存在し、近年の超高分解能質量分析では隕石抽出物から十万余の CHNOS からなる有機化合物のイオン質量を検出している。一つのイオン質量ピークは様々な構造異性体・光学異性体からなるので、隕石中には少なくとも百万種以上の有機化合物が存在していると考えられる。今までの地球外有機物研究で同定された化合物は全体の1%未満である。地球外での化学反応を理解するためには様々な分子構造を明らかにする必要がある。しかし、現在の地球外有機化合物の研究には最低でも数十 mg の試料量が必要であり、宇宙塵や「はやぶさ2」探査機などで得られる極微量試料において、現在の技術のみでは分析対象となる化合物は非常に限定される。一方で、最近の分析技術の進歩は著しく、数年前のそれとは全く異なった様相を呈している。高分離液体クロマトグラフィーにより、複雑混合化合物の分析が可能となった。オービトラップ (Orbitrap) 質量分析計の開発により、ベンチトップ型で超高質量分解能分析が可能になった。さらに、検出限界もフェムトモル( $10^{-15}$  mol)からアットモル( $10^{-18}$  mol)、zeptoモル( $10^{-21}$  mol)領域に達している。「はやぶさ」微粒子の分析時に蛍光試薬を用いて、地球外アミノ酸の DL 体分析を世界最高感度で行ったが、検出感度が高くなるにつれて分析のバックグラウンドが問題となった。惑星物質の無機分析のためのクリーンルームは多く存在するが、有機物分析のクリーンルームは全くないため、バックグラウンドが高いのが現状である。また、惑星試料表面の有機物の空間分析は二段階レーザー質量分析(L<sup>2</sup>MS)などによって行われたが、これらの方法では試料を真空下に置く必要があり、比較的揮発性のある多環芳香族炭化水素(PAH)のみしか検出されなかった。さらに、レーザーやイオンビームで試料表面を照射するために、分析後の試料を他の分析にそのまま利用するのは難しい状況がある。

### 2. 研究の目的

本研究の目的はこれまでのレベルとは全く異なる新世代の分析技術を駆使して、惑星物質中の有機化合物を極低バックグラウンド条件下で超高感度および超高分解能で解析することである。特に、超微量惑星試料中に含まれる有機化合物の化学構造の多様性を明らかにし、地球外有機化合物の地球への寄与の見積りと反応過程を明らかにすることである。最終的に、2020年に地球帰還する「はやぶさ2」やその数年後の NASA・OSIRIS-REx などのサンプルリターン計画でもたらされる微小惑星物質の有機化合物分析を成功させる技術を確立することである。

上記を達成するため研究期間内に次の 1)~5)を行う。1)分析感度において、現在のフェムトモル( $10^{-15}$  mol)から、アットモル( $10^{-18}$  mol)およびzeptoモル( $10^{-21}$  mol)まで高度化する。そのためには、2)化合物のイオン化効率の上昇のみならず分析バックグラウンドを極低減化する必要がある。有機化合物分析専用のクリーンルームの設置と汚染防止技術も確立する。3)分離はシリカモノリスカラムやナノ LC などにより超高分離を通常化するほかに、カラムを複数用いることで分離を多次元化する。4)質量分析における分解能も超高度化(分解能 ~ 400,000)を計り、測定イオン質量から一義的に組成式を決定する方法を確立する。多段階イオン化質量分析(MS<sup>n</sup>)も行って化学構造を推定する。超高分離カラムと多次元クロマトグラフィーとも合わせて構造異性体や光学異性体も決定する。さらに、5)惑星試料表面の有機化合物分布をマイクロスケールで非破壊局所分析する手法を確立する。惑星物質中の粘土鉱物と強く相互作用を形成している有機化合物分析には溶媒抽出が必須である。近年に開発されたイオン化溶媒を吹き付ける脱離エレクトロスプレーイオン化法(DESI)と加熱を組み合わせ、その場局所有有機化合物分析を実現するとともに空間分解能を向上させる。これら新世代の手法により、研究期間内に現在の分析技術では最低でも数十 mg の惑星物質が必要な有機化合物研究で得られる以上の成果(化学構造の多さや定量性)を数マイクログラムの試料で達成する。

### 3. 研究の方法

九州大学に有機物専用クリーンルームを設置し、「微量惑星有機化合物研究センター」を立ち上げる。分析環境のバックグラウンドを極限まで下げて、クリーンルーム中に本研究で新たに導入する超高感度・超高質量分解能を持つ質量分析計でアットモル( $10^{-18}$  mol)・zeptoモル( $10^{-21}$  mol)の有機化合物を検出する技術を確立する。微量惑星物質(微隕石・惑星間塵)中の有機物を超高分離および多次元のクロマトグラフィー技術で分析し、地球外での構造異性体や光学異性体の分布を明らかにする。さらに非破壊で微量惑星物質表面に存在する有機分子のマイクロスケールでの空間分布を明らかにする技術を開発する。

### 4. 研究成果

5年間の研究期間に、当初予定した目的のほとんど全てを達成することができ、多くの論文および学会発表をすることができた。分解能・感度の高度化に関しては導入装置に依存するところもあったが、当初の目的以外の有機化合物と鉱物の相互作用に関して新たな発見もあった。また、小惑星サンプルリターン計画でもたらされる微量試料の有機化合物分析を行うことも可能になった。これらの研究成果は自己の予想を超えるものであった。個々の分析結果を以下に示す。

### (1)クリーンルームとバックグラウンド低減

九州大学に有機化合物分析専用のステンレス製のクリーンルーム(クラス1000)を設置した(図1)。その中は1マイクロメートル以下の粒子は数十個以下の空気清浄度に保たれている。さらに微粒子試料を調製するために、クリーンルーム中にクラス100のクリーンベンチを設置し、実体顕微鏡下で試料の分析前後での観察も行った。設置した主要分析機器である超高分解能質量分析計のバックグラウンドとして、若干のイオンが検出されたが、バックグラウンド低減はフェムトモル程度の試料濃度に対応する。



図1 本研究で設置したクリーンルームとクリーンベンチ及び超高分解能質量分析計

### (2)超高分解能分析

隕石中に見出される地球外有機化合物は多くの未知化合物の混合物であるので、その分子式を決定するためには高い質量分解能が必要になる。分子量200付近で質量分解能( $m/\Delta m$ )約30万を実現し、測定精密質量は多くの場合約1ppm程度の誤差で計算値と一致している(図2)。質量分解能については最大約30万に達している。電子質量を考慮して化学組成式を決定できた。

マーチソン炭素質隕石のメタノール抽出物について、約650個の $C_nH_mN$ と $C_nH_mN_2$ からなる組成式を決め、クロマトグラフィーによる保持時間とMS/MS解析により、これらは含窒素環状アルキル同族体化合物(アルキルピリジンやアルキルイミダゾール)であると同一化した。これら一連のアルキル含窒素同族体化合物は炭素数1個のホルムアルデヒド(HCHO)とアンモニア( $NH_3$ )から生成することが実験的にも示され、地球外有機化合物の重要な生成メカニズムの一つであることを示した(図3)。さらに還元的な炭素質隕石ではこれらの化合物が水素化された脂肪族環状アルキル含窒素同族体が優位に存在し、隕石母天体での酸化還元状態が有機分子の構造を支配していることが明らかとなった。

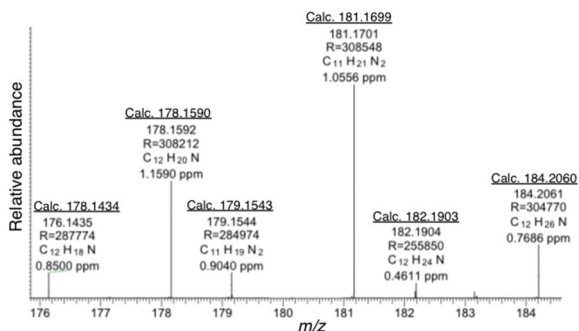


図2 マーチソン隕石のメタノール抽出物の質量分解能のマススペクトルの一部 (Calc.は精密質量の計算値,Rは質量分解能)

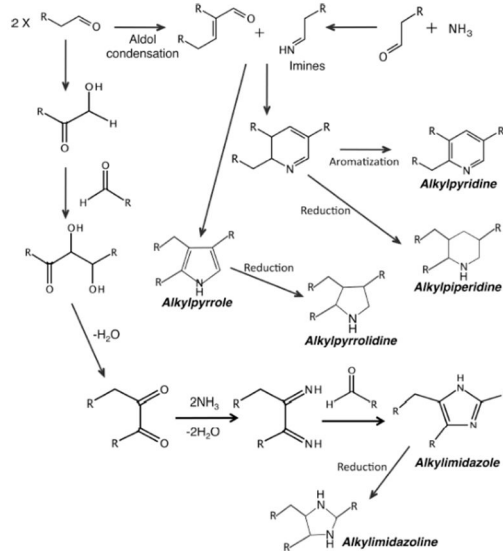


図3 簡単なアルデヒドとアンモニアからのアルキル含窒素同族体化合物の生成

### (3)分析の超高感度化

マーチソン炭素質隕石を試料として、含まれている有機化合物のイオン化法をエレクトロスプレーイオン化(ESI)とナノエレクトロスプレーイオン化(nanoESI)、および大気圧化学イオン化(APCI)による感度を比較・検討した。生成する正イオン(+)と負イオン(-)の同時検出を目指したが、イオン検出モードの切り換えにより、測定イオン質量精度が悪くなることが判明した。マーチソン隕石中に含まれるイオン化効率が高い極性有機化合物(CHN化合物など)について、ESIを用いてフェムトモル( $10^{-15}$  mol)程度、nanoESI/nanoLCを用いてアットモル( $10^{-18}$  mol)からサブアットモルオーダーの化合物を同一化することができた。感度向上に伴い、少量の試料で分析することが可能になり、種々の隕石試料より星間分子と惑星円盤を繋ぐ今まで未発見の新しい化合物も同一化・定量することができた。

### (4)高分離クロマトグラフィーによるアミノ酸分析

隕石中の溶存有機化合物は非常に複雑な混合物であり、同じ組成式に対しても多くの構造異性体および光学異性体が存在するので、正確な同一化・定量にはクロマトグラフィー分離が必須である。特に地球外物質での光学異性体の存在比は生命の起原とも関連して非常に興味を持たれている。



本研究では分離カラムを3本用いた3次元クロマトグラフィーにより、フェムトモルの隕石アミノ酸の光学対象体を分離する手法を確立した。さらに、3次元クロマトグラフィーを用いてバックグラウンドを低減し、蛍光検出器を用いたより高感度でのアミノ酸やヒドロキシ酸の光学対象体分離を検討し、マーチソン隕石中のフェムトモル量の $\alpha$ -水素アミノ酸がタンパク性のアラニン以外はDL体等量混合物のラセミ体として存在することを明らかにした(図4)。

また、マーチソン隕石落下後、過去約50年間の研究によって、隕石アミノ酸は約90種が発見され、地球外アミノ酸は調査し尽くされた感があったが、高分離シリカキャピラリーカラムを用いたガスクロマトグラフィー質量分析により、新たにヒドロキシアミノ酸9種を含む

10種のアミノ酸を発見した(図5)。OH基を持つことで鉱物との相互作用が強く、隕石を直接、酸加水分解した画分に比較的多く存在していた。これらのアミノ酸は宇宙空間にも比較的多く存在する簡単なアルデヒド(ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド)とアンモニアを水中で加熱することによって生成することが実験でも確かめられた。隕石中のアミノ酸は主にストレッカー反応によって合成されたと考えられてきたが、今まで考慮されていないアミノ酸の生成経路があることを明らかにした。これらの非タンパク性アミノ酸もほとんどラセミ体として存在することも明らかにした。

#### (5) その場分析による有機分子イメージング

炭素質隕石は高温鉱物と低温で生成する粘土鉱物との混合物であり、岩石組織的に非常に不均一である。地球外有機物は低温成分である粘土鉱物部分に存在するが、有機化合物レベルでどのように分布しているか全くわかっていなかった。本研究で隕石表面にメタノールを用いて脱離エレクトロスプレーイオン化(DESI)することにより、世界で初めて極性有機化合物の隕石表面でのその場分析に成功した。当初の研究計画では、極性有機化合物が粘土鉱物と密接に相互作用しているためにDESIのみではイオン化されないことを想定し、赤外レーザーでの加熱も考えていたが、荷電した100%メタノールの荷電スプレーのみでイオン化することができた。クリーンルーム中で新鮮な隕石表面を調製し、DESI/超高分解質量イメージング分析を行った結果、1mm程度の炭素質隕石の内部において、CHNとCHN<sub>2</sub>化合物レベルで非常に不均一に分布していることを明らかにした(図6)。さらに、同じ化合物同族体は同じ空間分布を持つのに対して、異なる化合物同族体は別な空間分布を示した。このことは異なる化合物群がそれぞれ起源が異なるか、鉱物との相互作用により分離した(小惑星内でのクロマトグラフィー)可能性を示している。さらに発展的に隕石の主要鉱物であるカンラン石からなる分離カラムを作成し、水を流したところ、CHNとCHN<sub>2</sub>化合物間で分離が見られ、隕石母天体上での流体と有機化合物の分布が関連していることを明らかにした。有機化合物と鉱物の相互作用に関して新たな発展が期待される。この新しく開発した方法では分析の前で試料表面がほとんどダメージを受けず、同じ試料について赤外スペクトル測定や電子顕微鏡観察など異なる別な分析も可能になった。

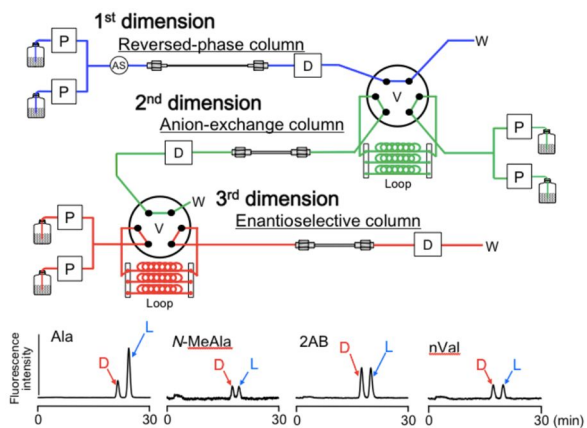


図4 3次元クロマトグラフィーによるマーチソン隕石中の $\alpha$ -水素アミノ酸の光学対象体(DL体)の分離

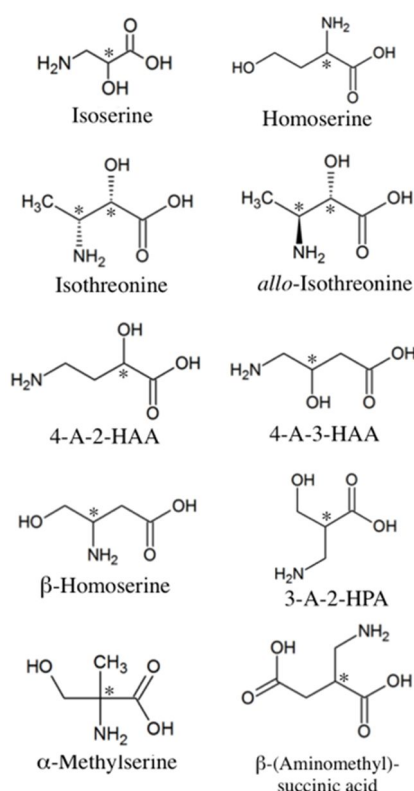


図5 マーチソン隕石中に新たに発見したヒドロキシアミノ酸類

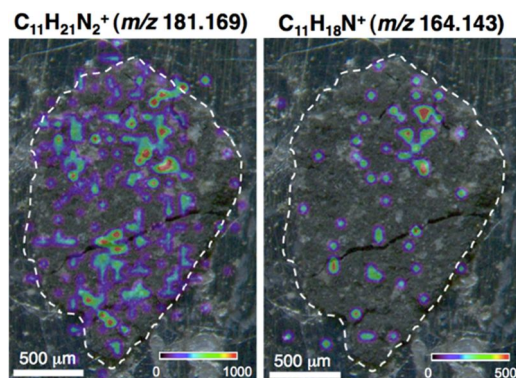


図6 DESIによるマレー炭素質隕石でのCHN化合物の異なる空間分布

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Furusho A., Akita T., Mita M., Naraoka H., Hamase K.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Three-dimensional high-performance liquid chromatographic analysis of chiral amino acids in carbonaceous chondrites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Chromatography A	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) 10.1016/j.chroma.2020.461255	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 Nakano Hideyuki, Hirakawa Naoki, Matsubara Yasuhiro, Yamashita Shigeru, Okuchi Takuo, Asahina Kenta, Tanaka Ryo, Suzuki Noriyuki, Naraoka Hiroshi, Takano Yoshinori, Tachibana Shogo, Hama Tetsuya, Oba Yasuhiro, Kimura Yuki, Watanabe Naoki, Kouchi Akira	4. 巻 10
2. 論文標題 Precometary organic matter: A hidden reservoir of water inside the snow line	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7755 (13pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-64815-6	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 Naraoka H. Hashiguchi M., Sato Y., Hamase K.	4. 巻 9
2. 論文標題 New Applications of High-Resolution Analytical Methods to Study Trace Organic Compounds in Extraterrestrial Materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Life	6. 最初と最後の頁 62 (11pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/life9030062	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 Oba Yasuhiro, Takano Yoshinori, Naraoka Hiroshi, Watanabe Naoki, Kouchi Akira	4. 巻 10
2. 論文標題 Nucleobase synthesis in interstellar ices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4413 (8pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-12404-1	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 -

1. 著者名 Hertzog Jasmine, Naraoka Hiroshi, Schmitt-Kopplin Philippe	4. 巻 9
2. 論文標題 Profiling Murchison Soluble Organic Matter for New Organic Compounds with APPI- and ESI-FT-ICR MS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Life	6. 最初と最後の頁 48 (14pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/life9020048	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 Hashiguchi Minako, Naraoka Hiroshi	4. 巻 54
2. 論文標題 High mass resolution molecular imaging of organic compounds on the surface of Murchison meteorite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 452 ~ 468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 110.1111/maps.13211	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 Naraoka Hiroshi, Hashiguchi Minako	4. 巻 53
2. 論文標題 Distinct distribution of soluble N-heterocyclic compounds between CM and CR chondrites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 GEOCHEMICAL JOURNAL	6. 最初と最後の頁 33 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0546	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 Horai Shunsuke, Yamauchi Noriaki, Naraoka Hiroshi	4. 巻 33
2. 論文標題 Simultaneous total analysis of core and polar membrane lipids in archaea by high performance liquid chromatography/high resolution mass spectrometry coupled with heated electrospray ionization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Rapid Communications in Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 1571 ~ 1577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rcm.8506	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 Isono Yuki, Tachibana Shogo, Naraoka Hiroshi, Orthous-Daunay Francois-Regis, Piani Laurette, Kebukawa Yoko	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 Orthous-Daunay Francois-Regis, Piani Laurette, Flandinet Laurene, Thissen Roland, Wolters Cedric, Vuitton Veronique, Poch Olivier, Moynier Frederic, Sugawara Iyo, Naraoka Hiroshi, Tachibana Shogo	4. 巻 53
2. 論文標題 Ultraviolet-photon fingerprints on chondritic large organic molecules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 GEOCHEMICAL JOURNAL	6. 最初と最後の頁 21 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0544	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 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 -

1. 著者名 SEREEKITTIKUL Nutchaya, KOGA Reiko, AKITA Takeyuki, FURUSHO Aogu, REISCHL Roland, MITA Masashi, FUJII Akira, HASHIGUCHI Kazunori, NAGANO Masanobu, LINDNER Wolfgang, HAMASE Kenji	4. 巻 39
2. 論文標題 Multi-Dimensional HPLC Analysis of Serine Containing Chiral Dipeptides in Japanese Traditional Amber Rice Vinegar	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 59 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2018.002	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 FURUSHO Aogu, KOGA Reiko, AKITA Takeyuki, MIYOSHI Yurika, MITA Masashi, HAMASE Kenji	4. 巻 39
2. 論文標題 Development of a Highly-Sensitive Two-Dimensional HPLC System with Narrowbore Reversed-Phase and Microbore Enantioselective Columns and Application to the Chiral Amino Acid Analysis of the Mammalian Brain	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 83 ~ 90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2018.007	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 Ishii Chiharu, Akita Takeyuki, Mita Masashi, Ide Tomomi, Hamase Kenji	4. 巻 1570
2. 論文標題 Development of an online two-dimensional high-performance liquid chromatographic system in combination with tandem mass spectrometric detection for enantiomeric analysis of free amino acids in human physiological fluid	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Chromatography A	6. 最初と最後の頁 91 ~ 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chroma.2018.07.076	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 HSIEH Chin-Ling, LIN Po-Yeh, AKITA Takeyuki, MITA Masashi, IDE Tomomi, LEE Jen-Ai, HAMASE Kenji	4. 巻 40
2. 論文標題 Development of a Three-Dimensional HPLC System for the Simultaneous Determination of Lactate and 3-Hydroxybutyrate Enantiomers in Mammalian Urine	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 25 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2018.021	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 Naraoka H., Hashiguchi M.	4. 巻 32
2. 論文標題 In situ organic compound analysis on a meteorite surface by desorption electrospray ionization coupled with an Orbitrap mass spectrometer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Rapid Communications in Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 959-964
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rcm.8121	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 Hsieh C.-L., Koga R., Furusho A., Akita T., Mita M., Ide T., Lee J.-A., Hamase K.	4. 巻 41
2. 論文標題 Enantioselective and simultaneous determination of lactate and 3-hydroxybutyrate in human plasma and urine using a narrow-bore online two-dimensional high-performance liquid chromatography system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Separation Science	6. 最初と最後の頁 1298-1306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jssc.201701283	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 Naraoka H., Yamashita Y., Yamaguchi M., Orthous-Daunay F. R.	4. 巻 1
2. 論文標題 Molecular evolution of N-containing cyclic compounds in the parent body of the Murchison meteorite	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 540-550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.7b00058	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 Oba Yasuhiro, Takano Yoshinori, Naraoka Hiroshi, Kouchi Akira, Watanabe Naoki	4. 巻 849
2. 論文標題 Deuterium Fractionation upon the Formation of Hexamethylenetetramines through Photochemical Reactions of Interstellar Ice Analogs Containing Deuterated Methanol Isotopologues	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 122 (9pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa8ea5	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 Ishii C., Miyamoto T., Ishigo S., Miyoshi Y., Mita M., Homma H., Ueda T., Hamase K.	4. 巻 38
2. 論文標題 Two-dimensional HPLC-MS/MS determination of multiple D-amino acid residues in the proteins stored under various pH conditions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chromatography	6. 最初と最後の頁 65-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2017.009	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 Koga, T. and Naraoka, H.	4. 巻 7
2. 論文標題 A new family of extraterrestrial amino acids in the Murchison meteorite	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-00693-9	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 Fuchida, S., Naraoka, H. and Masuda, H.	4. 巻 47
2. 論文標題 Formation of diastereoisomeric piperazine-2,5-dione from DL-alanine in the presence of olivine and water	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Origins of Life and Evolution of Biospheres	6. 最初と最後の頁 83-92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11084-016-9500-7	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 Naraoka, H., Aoki, D., Fukushima, K., Uesugi, M., Ito, M., Kitajima, F., Mita, H., Yabuta, H., Takano, Y., Yada, T., Ishibashi, Y., Karouji, Y., Okada, T. and Abe, M.	4. 巻 67
2. 論文標題 ToF-SIMS analysis of carbonaceous particles in the sample catcher of the Hayabusa mission	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1186/s40623-015-0224-0	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 奈良岡 浩	4. 巻 78
2. 論文標題 隕石中の有機化合物の起源と生成機構	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 低温科学	6. 最初と最後の頁 265-275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14943/lowtemsci.78.265	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 -

[学会発表] 計95件(うち招待講演 20件/うち国際学会 37件)

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Organic sulfur chemistry of carbonaceous chondrites
3. 学会等名 Solar System Symposium in Sapporo 2020, Feb 17-19, Hokkaido
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Horai S. Naraoka H.
2. 発表標題 Microbial intact polar and core lipids in hydrothermal chimneys of the Iheya North Hydrothermal Field in the Mid-Okinawa Trough
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2020, Feb 16-21, U.S.A. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Organosulfur compounds in carbonaceous chondrites: Implications for organic reaction pathways in the meteorite parent bodies
3. 学会等名 The 42nd Antarctic Meteorite Symposium, Dec 5, Tokyo
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Furusho A., Akita T., Mita M., Naraoka H., Hamase K.
2. 発表標題 Enantioselective three-dimensional HPLC determination of amino acids in carbonaceous meteorites
3. 学会等名 49th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, Dec 4, Kyoto (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀 俊貴, 奈良岡 浩
2. 発表標題 炭素質コンドライト中のヒドロキシアミノ酸の生成機構
3. 学会等名 2019年度アストロバイオロジーワークショップ, 11月30日 - 12月1日, 福岡
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古庄 仰, 秋田 健行, 三田 真史, 奈良岡 浩, 浜瀬 健司
2. 発表標題 高選択的三次元HPLC法の開発と炭素質隕石中のキラルアミノ酸分析
3. 学会等名 2019年度アストロバイオロジーワークショップ, 11月30日 - 12月1日, 福岡
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 始原隕石中の炭素クラスターの存在について
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会第66回年会, 9月17-19日, 東京
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀 俊貴, McLain H. L., Aponte J. C., Parker E. T., Elsila J. E., Dworkin J. P., Glavin, D. P., 奈良岡 浩
2. 発表標題 CM・CR コンドライト中のヒドロキシアミノ酸分布
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会第66回年会, 9月17-19日, 東京
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬渡 大輝, 伊佐 純子, 奈良岡 浩
2. 発表標題 ヘキサメチレンテトラミン生成時の同位体分別に関する実験及び理論的研究
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会第66回年会, 9月17-19日, 東京
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田 智也, 奈良岡 浩
2. 発表標題 炭素質隕石中の核酸塩基の分析法開発
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会第66回年会, 9月17-19日, 東京
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮崎 惇也, 奈良岡 浩
2. 発表標題 有機化合物反応時におけるカンラン石の効果
3. 学会等名 第37回有機地球化学シンポジウム, 8月28-29日, 石川
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hamase K., Furusho A. Hsieh C.-L., Koga R., Akita T., Mita M., Naraoka H., Lindner W.
2. 発表標題 Multi-dimensional HPLC analysis of chiral $\alpha$ -amino acids and carboxylic acids in extraterrestrial materials.
3. 学会等名 The 31st International Symposium on Chirality, July 16, France (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naraoka H., Takano Y., Dworkin J. P., SOM analysis team
2. 発表標題 Soluble organic matter (SOM) analysis plan of the Hayabusa2-returned samples
3. 学会等名 The 82nd Annual Meeting of the Meteoritical Society, July 7-12, Hokkaido (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hashiguchi M., Naraoka H.
2. 発表標題 In-situ Analysis of Soluble Organic Compounds for Hayabusa Category 3 Particles
3. 学会等名 The 82nd Annual Meeting of the Meteoritical Society, July 7-12, Hokkaido (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koga T., McLain H. L., Aponte J. C., Parker E. T., Elsila J. E., Dworkin J. P., Glavin D. P., Naraoka, H.
2. 発表標題 Hydroxy Amino Acids in Carbonaceous Chondrites
3. 学会等名 The 82nd Annual Meeting of the Meteoritical Society, July 7-12, Hokkaido (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Furusho A., Akita T., Mita M., Naraoka H., Hamase K.
2. 発表標題 Three-dimensional chiral HPLC analysis of extraterrestrial amino acids in carbonaceous chondrites
3. 学会等名 The 48th International Symposium on High-Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, June 19, Italy (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Naraoka H., Takano Y., Dworkin J. P., SOM analysis team
2. 発表標題 Initial analysis plan of soluble organic compounds for the Hayabusa2 sample from asteroid Ryugu
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2019, 5月26-30日, 千葉
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sengoku T., Hashiguchi M., Naraoka H.
2. 発表標題 Relationship between spatial distribution of organic compounds and minerals in the Murchison meteorite
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2019, 5月26-30日, 千葉
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宝来俊育・奈良岡浩
2. 発表標題 順相HPLC/ESI-MSによる古細菌コア脂質・極性脂質の一斉分析法
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2019, 5月26-30日, 千葉
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hashiguchi M., Naraoka H.
2. 発表標題 High-mass resolution molecular imaging of organic compounds on the surface of Murchison meteorite
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2019, 5月26-30日, 千葉 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古庄 仰, 秋田 健行, 三田 真史, 奈良岡 浩, 浜瀬 健司
2. 発表標題 三次元HPLCを用いる地球外試料中のキラルアミノ酸分析
3. 学会等名 第79回分析化学討論会, 5月19日, 福岡
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 宇宙有機分子の超高分解能質量分析と同位体
3. 学会等名 第17回同位体科学研究会, 3月8日, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hashiguchi M., Naraoka H.
2. 発表標題 Abundant Magnesium-Containing Organic Compounds in the Tagish Lake Meteorite
3. 学会等名 The 50th Lunar and Planetary Science Conference, March 18-20, U.S.A. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hamase K.
2. 発表標題 Enantioselective multi-dimensional HPLC analysis of amino acids and related compounds in complex matrices; Application to food and extraterrestrial samples
3. 学会等名 The 35th International Annual Meeting in Pharmaceutical Sciences (IAMPS35) and CU-MPU International Collaborative Research Conference, March 8, Thailand (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Formation mechanism of Soluble Organic Compounds in carbonaceous meteorites
3. 学会等名 American Geophysical Union 2018 Fall Meeting, Dec 10-14, U.S.A. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Isa J., Naraoka H.
2. 発表標題 On the variety of soluble organic compounds in chondritic meteorites
3. 学会等名 American Geophysical Union 2018 Fall Meeting, Dec 10-14, U.S.A. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Ultrahigh-Resolution Orbitrap Mass Spectral Analyses of Meteoritic Organic Compounds
3. 学会等名 The 3rd Korea-Japan Workshop on Isotope-Ratio Mass Spectrometry, Nov 7-8, South Korea (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋口 未奈子, 奈良岡 浩
2. 発表標題 脱離エレクトロスプレーイオン化法を用いた始原的隕石中の可溶性有機物の高分解能イメージング質量分析
3. 学会等名 生命関連分子地球外運搬説ワークショップ, 10月22日, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 炭素質隕石中の可溶性有機化合物の生成過程
3. 学会等名 2018年度日本地球化学会年会, 9月11-13日, 沖縄
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 多田 浩紀, 奈良岡 浩
2. 発表標題 炭素質隕石中に未知の光学異性体化合物を探す
3. 学会等名 2018年度日本地球化学会年会, 9月11-13日, 沖縄
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋口 未奈子, 奈良岡 浩
2. 発表標題 タギッシュレイク隕石中のMg含有可溶性有機化合物
3. 学会等名 2018年度日本地球化学会年会, 9月11-13日, 沖縄
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宝来 俊育, 奈良岡 浩
2. 発表標題 高速液体クロマトグラフィー/加熱エレクトロスプレー高分解能質量分析法による古細菌のコア脂質・極性脂質の一斉分析
3. 学会等名 第36回有機地球化学シンポジウム, 8月30-31日, 東京
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奈良岡 浩, Orthous-Daunay F.-R.
2. 発表標題 隕石中の有機金属化合物の存在
3. 学会等名 2018年度日本地球惑星連合大会, 5月20-24日, 千葉
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 超高分解能質量分析による宇宙・地球有機化合物の解析
3. 学会等名 2018年度日本地球惑星連合大会, 5月20-24日, 千葉
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋口 未奈子、奈良岡 浩
2. 発表標題 脱離エレクトロスプレーイオン化法を用いたマーチソン隕石の高分解能イメージング質量分析
3. 学会等名 2018年度日本地球惑星連合大会, 5月20-24日, 千葉 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Horai S., Naraoka H., Miyazaki J.
2. 発表標題 Analysis of archaeal intact polar membrane lipids in hydrothermal chimneys from Okinawa Trough
3. 学会等名 2018年度日本地球惑星連合大会, 5月20-24日, 千葉
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊佐 純子, 奈良岡 浩
2. 発表標題 Equilibrium Nitrogen Isotope Fractionation of Hexamethylenetetramine (C6H12N4) in Ammonium Solution
3. 学会等名 2018年度日本地球惑星連合大会, 5月20-24日, 千葉 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hamase K.
2. 発表標題 Multi-dimensional HPLC with fluorescence detection as a promising method for trace analysis of chiral amino acids and hydroxy acids in clinical, food and extraterrestrial samples
3. 学会等名 XVIII International Symposium on Luminescence Spectrometry, June 20, France (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hsieh C.-L., Mita M., Ide T., Lee J.-A., Hamase K.
2. 発表標題 Development of a three-dimensional HPLC system with fluorescence detection for the simultaneous determination of lactate and 3-hydroxybutyrate enantiomers in human clinical samples
3. 学会等名 XVIII International Symposium on Luminescence Spectrometry, June 20, France (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hashiguchi M., Naraoka H.
2. 発表標題 DESI-MS imaging of soluble organic compounds in the Murchison meteorite
3. 学会等名 Solar System Symposium in Sapporo 2018, Feb 26-28, Hokkaido
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Koga T., Naraoka H., Miyazaki J.
2. 発表標題 Investigation of amino acid precursors using HPLC/OrbitrapMS: Attempts to reveal the detailed formation pathways of meteoritic amino acids
3. 学会等名 Solar System Symposium in Sapporo 2018, Feb 26-28, Hokkaido
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hamase K., Koga R., Miyoshi Y., Mita M., Lee J.-A., Lindner W.
2. 発表標題 Multi-dimensional HPLC analysis of D-amino acids and related compounds in complicated biological matrices and its clinical applications
3. 学会等名 The 3rd International Conference of D-Amino Acid Research, Varese, July 11, Italy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koga R., Sato Y., Mita M., Naraoka H., Hamase K.
2. 発表標題 Multi-dimensional HPLC analysis of extraterrestrial amino acid enantiomers in various cosmic samples
3. 学会等名 The 3rd International Conference of D-Amino Acid Research, July 10, Italy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hsieh C.-L., Furusho A., Mita M., Ide T., Lee J.-A., Hamase K.
2. 発表標題 Enantioselective and simultaneous determination of lactate and 3-hydroxybutyrate in human clinical samples using a narrowbore two-dimensional HPLC system
3. 学会等名 The 3rd International Conference of D-Amino Acid Research, July 10, Italy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Organic compound distribution in asteroidal materials revealed by ultrahigh-resolution mass spectroscopy
3. 学会等名 Astrobiology Science Conference 2017, April 24, U.S.A. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naraoka H., Hashiguchi M.
2. 発表標題 Isotopic and molecular analysis of Antarctic CR chondrites
3. 学会等名 The 40th Antarctic Meteorite Symposium, Dec 6, Tokyo
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naraoka H., Hashiguchi M.
2. 発表標題 Soluble high molecular N-heterocycles in the CM and CR chondrites
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2017, Aug 14-17, France (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hashiguchi M., Naraoka H.
2. 発表標題 Chemical imaging of organic compounds in the Murchison meteorite by desorption electrospray ionization coupled with Orbitrap MS
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2017, Aug 14-17, France (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Molecular evolution of meteoritic organics revealed by Orbitrap mass spectrometry coupled with chromatography
3. 学会等名 Fourier Transform Mass Spectrometry Workshop: Mixture Complexity, Data Interpretation, Aug 13, France (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hashiguchi M., Naraoka H.
2. 発表標題 DESI mapping coupled with Orbitrap-MS
3. 学会等名 Fourier Transform Mass Spectrometry Workshop: Mixture Complexity, Data Interpretation, Aug 13, France (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Formose reactions with NH <sub>3</sub> prevailing for the synthesis of meteoritic soluble organic matter
3. 学会等名 XVIIIth International Conference on the Origin of Life, July 16-21, U.S.A. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koga T., Naraoka H.
2. 発表標題 The discovery of new meteoritic amino acids in the Murchison meteorite: Implication for new formation mechanisms of meteoritic amino acids
3. 学会等名 XVIIIth International Conference on the Origin of Life, July 16-21, U.S.A. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Molecular evolution of N-containing cyclic compounds in carbonaceous asteroids
3. 学会等名 International Symposium on Molecular Evolution in Space, June 27-29, Hokkaido (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hamase K., Koga R., Miyoshi Y., Mita M., Lindner W.
2. 発表標題 Three-dimensional HPLC analysis of amino acid enantiomers in complicated real world samples
3. 学会等名 45th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, June 20, Czech Republic (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ueki K., Akita T., Kadota Y., Nishio Y., Miyoshi Y., Mita M., Ojida A., Hamase K.
2. 発表標題 Development of high resolution Pirkle-type chiral stationary phases and application to D-amino acid analysis in biological matrices
3. 学会等名 45th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, June 20, Czech Republic (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奈良岡 浩, 横山 築, 山本 五秋
2. 発表標題 隕石可溶性有機物の化学熱分解 / ガスクロマトグラフィー超高分解能質量分析
3. 学会等名 2017年度日本地球化学会第62回年会, 9月15日, 東京
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋口 未奈子, 奈良岡 浩
2. 発表標題 脱離エレクトロスプレーを用いたMurchison隕石中の極性有機化合物の高分解能質量イメージング
3. 学会等名 2017年度日本地球化学会第62回年会, 9月15日, 東京
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奈良岡 浩, 宝来 俊育, 山内 敬明
2. 発表標題 古細菌膜脂質のオービトラップ超高分解能質量分析
3. 学会等名 第35回有機地球化学シンポジウム, 8月30日, 高知
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宝来 俊育, 奈良岡 浩, 宮崎淳一, 眞壁明子
2. 発表標題 沖縄トラフ熱水チムニーのテトラエーテル脂質分布
3. 学会等名 第35回有機地球化学シンポジウム, 8月30日, 高知
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koga T., Naraoka H.
2. 発表標題 New formation mechanisms of meteoritic amino acids based on the discovery of hydroxy amino acids identified in the Murchison meteorite
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017, May 20-25, Chiba
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小池 総司, 奈良岡 浩
2. 発表標題 隕石有機化合物のナノ液体クロマトグラフィー質量分析
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2017, 5月20-25日, 千葉
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮崎 惇也, 奈良岡 浩, 土山 明
2. 発表標題 アルデヒド。ケトンとアンモニアからの含窒素複素環化合物合成：隕石母天体での模擬有機反応
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2017, 5月20-25日, 千葉
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hashiguch M., Naraoka H.
2. 発表標題 Organic compound imaging on the surface of CM2 carbonaceous chondrites using desorption electrospray ionization (DESI) with high-resolution mass spectrometer
3. 学会等名 The 48th Lunar and Planetary Science Conference, March 20-24, U.S.A. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hamase, K.
2. 発表標題 Multi-dimensional HPLC analysis of chiral amino acids for drug discovery and diagnosis
3. 学会等名 The JSPS-NRCT Follow-Up Seminar 2017 and 33rd International Annual Meeting in Pharmaceutical Sciences, March 2-3, Thailand (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Naraoka H., Hashiguchi M.
2. 発表標題 Introduction to the Research Center for Planetary Trace Organic Compounds
3. 学会等名 Solar-System Symposium in Sapporo 2017, Feb 13-15, Hokkaido
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koga T., Naraoka H.
2. 発表標題 New amino acids identified in the Murchison meteorite: A suggestion of new formation mechanisms of meteoritic amino acids
3. 学会等名 Solar-System Symposium in Sapporo 2017, Feb 13-15, Hokkaido
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 宇宙有機物の化学進化
3. 学会等名 平成28年度福岡県理科・化学教育懇談会, 2月4日, 福岡 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Trace organic compound analyses of micrometer-sized asteroidal materials
3. 学会等名 The 39th Antarctic Meteorite Symposium and 4th Symposium of the Solar System Materials, Nov 29-Dec 2, Tokyo (招待講演)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 Koga, T. and Naraoka, H.
2 . 発表標題 Hydroxy amino acids identified in the Murchison meteorite and their plausible formation pathways
3 . 学会等名 The 39th Antarctic Meteorite Symposium and 4th Symposium of the Solar System Materials, Nov 29-Dec 2, Tokyo
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Hamase, K., Koga, R., Akita, T., Miyoshi, Y., Mita, M.,Naraoka, H., Lindner, W.
2 . 発表標題 Chiral amino acid metabolomics using multi-dimensional HPLC
3 . 学会等名 XVII International Symposium on Luminescence Spectrometry, Nov 24, Taiwan (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Koga R., Sato Y., Ueki K., Kadota Y., Nishio Y.,Mita M., Ide T., Hamase K.
2 . 発表標題 Design and development of an enantioselective three-dimensional HPLC system for the highly selective fluorescence determination of chiral amino acids
3 . 学会等名 XVII International Symposium on Luminescence Spectrometry, Nov 23, Taiwan (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Sato Y., Koga R., Mita M., Naraoka H., Hamase K.
2 . 発表標題 Enantioselective two-dimensional HPLC determination of $\alpha$ -amino acids in extraterrestrial samples
3 . 学会等名 XVII International Symposium on Luminescence Spectrometry, Nov 23, Taiwan (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 古賀 鈴依子, 佐藤 裕, 植木 健治, 門田 靖彦, 西尾 康弘, 三田 真史, 井手 友美, 浜瀬 健司
2. 発表標題 三次元HPLCを用いる生体内微量キラルアミノ酸の高選択的分析法開発
3. 学会等名 第27回クロマトグラフィー科学会議, 11月17日, 東京
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 裕, 中内 佑亮, 古賀 鈴依子, 三次 百合香, 三田 真史, 奈良岡 浩, 浜瀬 健司
2. 発表標題 二次元キラルHPLCによる宇宙アミノ酸の分析
3. 学会等名 新アミノ酸分析研究会第6回学術講演会, 11月4日, 東京
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 惑星微量有機化合物の超高分解能・超感度分析
3. 学会等名 2016年度日本地球化学会第63回年会, 9月14-16日, 大阪
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 古賀 俊貴, 奈良岡 浩
2. 発表標題 Murchison隕石中の新種アミノ酸の同定とその生成機構
3. 学会等名 2016年度日本地球化学会第63回年会, 9月14-16日, 大阪
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 橋口 未奈子, 奈良岡 浩
2. 発表標題 脱離エレクトロスプレーイオン化と高質量分解能イメージングを用いたその場分析:地球外有機化合物の空間分布の解明にむけて
3. 学会等名 2016年度日本地球化学会第63回年会, 9月14-16日, 大阪
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Ultrahigh-Resolution Analyses of Trace Organic Compounds for Planetary Materials
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2016, June 25-July 1, Yokohama (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Naraoka H.
2. 発表標題 Recent technical advances in organic geochemistry: High-resolution mass spectral, chromatographic and spatial analyses
3. 学会等名 Workshop on Biomarkers and Molecular Isotopes, July 4-5, Osaka (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Naraoka H., Hashiguchi M.
2. 発表標題 In-situ organic compound analysis of the meteorite surface by desorption electrospray ionization coupled with an Orbitrap mass spectrometer
3. 学会等名 The 79th Annual Meeting of Meteoritical Society, Aug 7-12, Germany (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 浜瀬 健司, 古賀 依子, 三次 百合香, 三田 真史, 奈良岡 浩
2. 発表標題 多次元分析による生体・食品・宇宙試料中のキラルアミノ酸精密定量
3. 学会等名 第12回D-アミノ酸学会学術講演会, 9月14日, 高知
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 裕, 古賀 鈴依子, 三田 真史, 奈良岡 浩, 浜瀬 健司
2. 発表標題 二次元キラルHPLCを用いる地球外試料中の D-アミノ酸分析法開発
3. 学会等名 第12回D-アミノ酸学会学術講演会, 9月14日, 高知
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Koga T., Naraoka H.
2. 発表標題 Olivine promotes amino acid synthesis under alkaline conditions at 60
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2016, June 25-July 1, Yokohama (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 石郷 翔人, 佐藤 裕, 三次 百合香, 三田 真史, 植田 正, 浜瀬 健司
2. 発表標題 D-アミノ酸残基網羅的定量を目的とした重塩酸加水分解・二次元HPLC-MS/MS分析法の開発
3. 学会等名 第23回クロマトグラフィーシンポジウム, 6月17日, 山梨
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 植木 健治, 佐藤 裕, 三次 百合香, 門田 靖彦, 西尾 康弘, 三田 真史, 王子田 彰夫, 浜瀬 健司
2. 発表標題 高分離能を有する新規パークル型キラル固定相の作製とNBD-アミノ酸の光学分割
3. 学会等名 第23回クロマトグラフィーシンポジウム, 6月17日, 山梨
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 石井 千晴, 石郷 翔人, 三次 百合香, 宮本 哲也, 三田 真史, 本間 浩, 植田 正, 浜瀬 健司
2. 発表標題 種々の条件で保存したOvalbuminにおけるD-アミノ酸残基の生成解析
3. 学会等名 第23回クロマトグラフィーシンポジウム, 6月17日, 山梨
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 地球外有機化合物の超高分解能HPLC-MSによる解析
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2016, 5月22-26日, 千葉
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 古賀 俊貴, 奈良岡 浩
2. 発表標題 カンラン石存在下におけるアルデヒド・アンモニアからのアミノ酸合成
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2016, 5月22-26日, 千葉
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Naraoka, H., Yamashita, Y. and Yamaguchi, M.
2. 発表標題 Extensive alkylated N-containing cyclic compounds in the Murchison meteorite
3. 学会等名 Solar System Symposium in Sapporo 2016, Feb 17, Hokkaido
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 浜瀬 健司
2. 発表標題 キラルアミノ酸分析が生み出す新たな世界 - 医療・食品・宇宙への展開 -
3. 学会等名 日本薬学会近畿支部平成28年新春特別講演会, 1月8日, 京都 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 隕石有機物におけるアルキル化環状同族体化合物
3. 学会等名 2015年度日本地球化学会第62回年会, 9月18日, 神奈川
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 地球外物質中の有機化合物の分子および同位体組成
3. 学会等名 地球化学研究協会, 12月5日, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Naraoka H., Yamashita Y., Koga T., Ishibashi Y. and Mita, H.
2. 発表標題 Meteoritic organic matter synthesis inferred from aldehydes and ammonia with olivine
3. 学会等名 Astrobiology Science Conference 2015, June 15, U.S.A. (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 奈良岡浩, 山下陽平
2. 発表標題 隕石有機化合物生成におけるオリビン触媒の効果
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2015, 5月24-28日, 千葉
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 奈良岡 浩
2. 発表標題 宇宙における有機物とその進化
3. 学会等名 日本分析化学会九州支部 九州分析化学若手の会 春の講演会, 5月16日, 福岡 (招待講演)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州大学「惑星微量有機化合物研究センター」科研費基盤S紹介 <a href="http://www.planetaryorganics.jp/kaken.html">http://www.planetaryorganics.jp/kaken.html</a>
--



## 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	濱瀬 健司  (Hamase Kenji)  (10284522)	九州大学・薬学研究院・教授    (17102)	
研究 協 力 者	橋口 未奈子  (Hashiguchi Minako)	九州大学・惑星微量有機化合物研究センター・特任助教(学 術研究員)    (17102)	