

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19H00725

研究課題名(和文) 彗星塵とされてきた宇宙塵は彗星起源なのか? : 分析と分光観測からのアプローチ

研究課題名(英文) Were the so-called cometary dust particles originated from comets?: An combined study of materials analysis and spectroscopic observation.

研究代表者

野口 高明 (Noguchi, Takaaki)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：40222195

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,600,000円

研究成果の概要(和文)：研究計画の約半分を占めていたはやぶさ2探査機回収試料の研究については、十分な成果を挙げることができた。Cb型に分類されていた小惑星リュウグウは、地上観測および探査機によるその場計測によって、強い加熱を受けたCMあるいはCIコンドライトとされていたが、その解釈が全く誤っていたことを明らかにした。小惑星リュウグウの試料は基本的にはCIコンドライトと同等であることを明らかにした。そして、地球での汚染を最小限にとどめた鉱物分析、同位体分析、有機分析を行った。また、小惑星のスペクトルがなぜ強い加熱を示したように見えていたかを、小惑星表面が惑星間空間で曝露される事による宇宙風化が原因である事を解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この研究の前半2年間は、特に彗星起源と考えられてきた宇宙塵の鉱物学的・有機化学的特徴を解明することを行った。後半3年間は、本研究の物質分析関係の研究者(代表者、山口、藤谷、藪田)ははやぶさ2探査機が持ち帰った試料の分析を行い成果を論文にすることをを行い、十分な成果を挙げることができた。全員が、Science, Nature Astronomy, Nature Geoscienceといったトップジャーナルに筆頭著者論文を書くことができた。また、成果をプレスリリースすると共に、専門外の学会誌に解説記事を書いたり、科学館での講演等の一般向け講演も各自行うことができ、成果を広く社会に還元することができた。

研究成果の概要(英文)：About the half of this investigation is the study of the samples returned from the Cb-type asteroid Ryugu. As for this investigation, we were able to obtain enough results. We revealed that the features of the Ryugu samples are very similar to those of CI chondrites although both the ground-based observations and the in-situ observation of the Hayabusa2 spacecraft strongly suggested that the Ryugu material had experienced very severe heating in the past. CI chondrites have been regarded as the basis of the elemental abundances of the solar system. We found that some remarkable features of CI chondrites were artifacts, in other words, terrestrial weathering products. Many new data about the mineralogy, and inorganic, isotopic, and organic chemistry, were obtained. In addition, we found the reason why the spectral observations had made a mistake. The surface of Ryugu grains were completely dehydrated by the impact heating of meteoroids during the exposure to the interplanetary space.

研究分野：隕石学, 鉱物学, 分光観測, 小惑星探査

キーワード：宇宙塵 小惑星イトカワ CIコンドライト はやぶさ2探査機 分光観測

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球外から地表にやって来る微小な粒子を宇宙塵という。宇宙塵は小惑星や彗星が放出した微粒子である。最近、天文学的な観測にもとづいて、今まで彗星が放出した塵とされてきた宇宙塵がある種の小惑星由来ではないかといわれている。本研究では、まず、今まで彗星起源の宇宙塵とされてきた物質がどのような鉱物や有機物でできているかを調べます。また、本研究では、小惑星や彗星がどのような鉱物でできているかを天文学的に測定する。分析と天文観測を比較し、どのような宇宙塵がどのような種の小惑星や彗星起源であるかを対応付ける。最終的には、太陽系初期に惑星や小天体の軌道が大きく変化したかどうかを解明したいと考えた。

### 2. 研究の目的

彗星塵とされてきた宇宙塵のカンラン石と輝石の比率は、波長 10 $\mu$ m 付近の中間赤外スペクトルから求めたある種の小惑星の場合と一致することが分かってきた。そこで、(1) 彗星塵とされてきた宇宙塵を多数分析し、それらの鉱物、有機物、安定同位体組成を解明する。また、個々の宇宙塵の反射スペクトル測定法を開発し、宇宙塵の可視域の反射スペクトルを系統的に測定する。(2) 宇宙塵に含まれるカンラン石と輝石の比率を透過電子顕微鏡分析で求める。(3) 小惑星の中間赤外観測を行い、カンラン石と輝石の比率を系統的に求める。(4) 両者の値を比較し、宇宙塵と小惑星・彗星の対応付けを行う。(5) 初期太陽系での惑星と小天体の移動についての制約条件を与えるという目的があった。さらに、本研究計画中の 2020 年に、はやぶさ 2 探査機が小惑星リュウグウから地球に持ち帰るため、2021 から 2022 年にかけてリュウグウ回収試料の分析に、本研究の物質分析を担当する全員が関わることになっていた。このため、本研究では、小惑星リュウグウ試料の分析と研究を行い、その特徴を明らかにすることも研究目的であった。

### 3. 研究の方法

#### (1) 彗星塵とされてきた宇宙塵 1 個から多くの分析を行う手順の開発とそれらの分析 (野口)

本研究においては、(走査)透過電子顕微鏡((S)TEM)観察・分析に限らない試料作成を行った。各宇宙塵は、熔融硫黄に実体顕微鏡下で包埋し超薄切片を作成した。この方法は自分たちの研究室で開発した方法である(Noguchi et al., 2020)。宇宙塵ごとに、(S)TEM による鉱物観察・分析用放射光を使った走査透過 X 線顕微鏡を使った C, N, O の K 端 X 線吸収端近傍微細構造(STXM-XANES)分析、原子力間顕微鏡-赤外分光器(AFM-IR)を行うための試料を作成することができた。(S)TEM 観察と分析は、九州大学超顕微センターの(S)TEM を使用した。STXM-XANES は研究分担者の藪田が高エネルギー加速器研究機構の放射光施設(KEK-PF)にて分析を行った。また、AFM-IR 分析は、株式会社日本サーマルコンサルティング社において、野口立ち会いの下で委託分析を行った。宇宙塵から見いだしたコンドルル様物体と関係した物質および難揮発性包有物については、ウィスコンシン大学と海洋研究開発機構高知コア研究所の二次イオン質量分析器(SIMS)を使って、酸素の安定同位体比の測定と  $^{26}\text{Al}$ - $^{26}\text{Mg}$  年代測定法による形成年代を求めた(分析はウィスコンシン大木多博士、東北大中村教授・中嶋准教授、高知コア研の牛久保博士らに行っていた)。また、(S)TEM 観察・分析用のグリッドに載っている宇宙塵試料のうち 2 個について、研究分担者の藤谷がドイツ・マインツのマックスプランク研究所に持ちこみ、ホッペ博士と二次元高分解能二次イオン質量分析器(NanoSIMS)を用いた C, N, O 同位体異常を持つプレソーラー粒子と有機物の探索を行った。

#### (2) 雪の凍結乾燥法を用いた南極宇宙塵の回収方法の開発と分析 (野口・山口)

また、本研究では、雪を融解・ろ過しフィルタ上に残留した微粒子から宇宙塵を探索するのではなく、雪を凍結乾燥し残留した微粒子から宇宙塵を探索する方法の検討・開発と試料分析も行った。雪の凍結乾燥は、研究分担者の山口が、自身の所属機関である国立極地研究所のクリーンルーム内に凍結乾燥器を設置して行った。この方法を行った理由は、彗星塵とされてきた宇宙塵にふくまれる GEMS (glass with embedded metal and sulfide) とよばれる非晶質珪酸塩とナノメートルサイズの金属鉄と硫化鉄の集合体は、水と接触すると速やかに変化する可能性があり、雪を融解・ろ過して回収した宇宙塵では GEMS の本来の性質が失われるのではないかという意見が一部の IDP 研究者から挙がっていたためである。宇宙塵と同定された試料のうち 2 試料については九州大学超顕微センターの(S)TEM を使って観察・分析を行った。

#### (3) 小惑星リュウグウ試料の分析 (野口・山口・藪田・藤谷)

3 年目から 4 年目にかけては、はやぶさ 2 探査機が持ち帰った小惑星リュウグウ試料の国際分析に、本研究の宇宙塵分析を行っていた全員(野口, 山口, 藪田, 藤谷)がそれぞれ別の分析グループの班長(野口, 藪田)あるいは班員(山口, 藤谷)として活動した。COVID-19 パンデミックの影響があったが、研究を進めることができた。

#### (4) 太陽系小天体の分光観測と分光機器開発 (大坪・臼井 上塚)

本研究の大きな目的の一つであった、宇宙塵の鉱物学的特徴と、太陽系小天体の分光観測から得られる鉱物の情報との比較ということについては、COVID-19 パンデミックの影響を非常に大きく受けることになった。観測を行おうとしたところで、渡航が不可となったのである。しかし、研究分担者の大坪貴文博士が過去のすばる望遠鏡での観測データを調べ直すことで、いくつかの成果を出すことができた。研究開始時の研究分担者の一人であった臼井文彦博士が JAXA の技術系職員として就職したため、東大理学系研究科の上塚貴史博士がその後任として参画して下さった。上塚(敬称略)らが、東大がチリ・アタカマ砂漠に建設中の TAO 望遠鏡に搭載予定の中間赤外分光器の作成は順調に進んだ。

#### 4. 研究成果

##### (1) 彗星起源とされてきた宇宙塵と小惑星起源とされてきた宇宙塵のミクロンサイズの混合物(マイクロ角礫岩)である宇宙塵の発見と研究(野口・藪田)

彗星起源とされてきた宇宙塵には GEMS が豊富に含まれる。これらには数から数十 nm 径の金属鉄と硫化鉄が含まれる。これらは Chondritic porous (CP) IDPs とよばれる。一方、無水鉱物と水が強く反応して粘土鉱物、磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、炭酸塩鉱物が多量に形成されている Chondritic smooth (CS) IDPs とよばれるものがある。これらは彗星と含水小惑星起源の塵であり、両者が混在した宇宙塵が存在するとは考えられていなかった。2010 年にドームふじ基地近傍から採集した雪から、我々は CP IDP と CS IDP の組織を持つ領域が入り交じった南極宇宙塵を世界で初めて発見し、(S)TEM, STXM-XANES, AFM-IR を使って研究した(図 1)。その結果、この宇宙塵は氷小天体表層のレゴリス層中で形成されたマイクロ角礫岩の可能性があると結論した(Noguchi et al., 2022)。

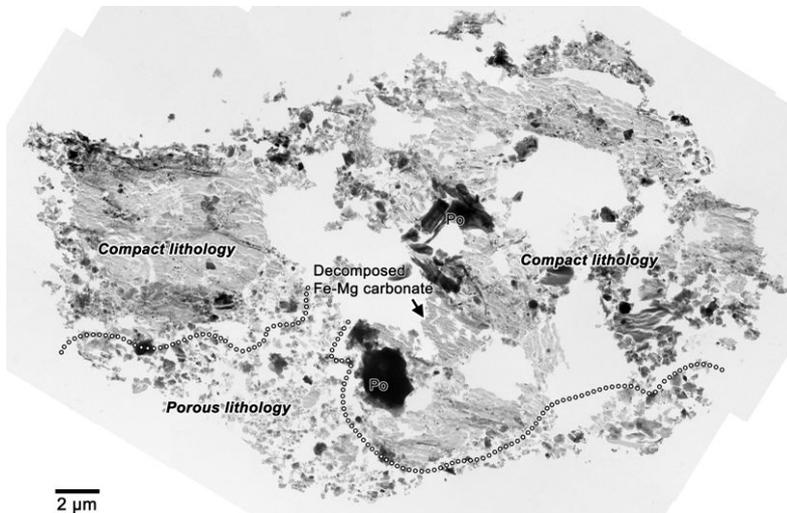


図 1 CP IDP と CS IDP 的物質からなるマイクロ角礫岩質の南極宇宙塵の超薄切片の明視野像。

##### (2) 小惑星物質を代表する物質であるコンドルール様物体と難揮発性包有物を含む、GEMS に富む宇宙塵の鉱物学・同位体科学的研究(投稿中: 野口・藤谷)

2003 年と 2005 年に回収した南極宇宙塵 3 個と CP IDP1 個から、GEMS を豊富に含む細粒マトリックス(CP IDPs や CP AMMs とほぼ同じ物質)に包含されたコンドルール様物体やその類似物質、難揮発性包有物を含むものを見だした。コンドルール様物体やその類似物質、難揮発性包有物の岩石・鉱物学特徴の記載・分析、酸素同位体比測定、難揮発性包有物については  $^{26}\text{Al}$ - $^{26}\text{Mg}$  年代測定した。また、細粒マトリックスについては鉱物学的特徴の記載・分析と 1 試料については NanoSIMS を用いてプレソーラー粒子の存在度を推測した。これらの

##### (3) 南極微隕石の年間集積率(投稿中: 野口・山口)

2003 年度から 2019 年度末まで 16 年にわたってドームふじ基地近傍で採集した総計約 1 トンの雪から 1025 個の南極宇宙塵し、南極宇宙塵の年間降下量の推定を行った。その結果は、誤差の範囲で Rojas et al. (2021) と一致した。世界の宇宙塵コレクションの現況をまとめた van Ginneken et al. (2024) において、一部のデータは報告したが、詳細なデータ解析結果は投稿中である。

##### (4) 凍結乾燥法で回収した宇宙塵と従来方法で回収した宇宙塵の比較(投稿中: 野口・山口)

2018 年度から 2019 年度にドームふじ基地近傍で採集された雪から 17 kg を用いて、雪の凍結乾燥を行い 21 個の南極宇宙塵を同定した。以前より、成層圏で回収され含まれる GEMS の化学組成は雪を融解る過して回収したものと有意な違いは見られなかった。

##### (5) 彗星起源とされてきた宇宙塵を特徴付ける物質 GEMS の性質の解明(未発表データ: 野口・藤谷・藪田・山口)

GEMS の成因については、星間ダスト説(Bradley, 2014)、原始太陽系円盤内の非平衡凝縮物説(Keller and Messenger, 2011)で論争がある。今までせいぜい数百しかなかった GEMS の化学組成

データよりも桁数の多いデータを本研究で得た。GEMS を含む宇宙塵の他の鉱物の種類、有機物の構造、プレソーラー粒子の存在度にバリエーションがあることが明らかになった。

#### (6) リュウグウの岩石鉱物学的研究(野口・山口), 炭酸塩鉱物の同位体科学的研究(藤谷)

C型小惑星リュウグウ試料は強い水質変成作用を受けており、この作用で形成された二次鉱物が主要鉱物である。量の多い順に列挙すると、含水層状珪酸塩鉱物(蛇紋石とサポナイト)、磁鉄鉱  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、ピロータイト  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ 、ペントランダイト  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ 、ドロマイト  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 、Fe を含むマグネサイト  $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{CO}_3$  である。これらの主要鉱物は CI コンドライトとほぼ同じであった。それだけでなく、微量に含まれる副成分鉱物もリュウグウと CI コンドライトでほぼ同じであることが分かった(Yamaguchi et al., 2023; Noguchi et al., 2023b)。

リュウグウ試料に含まれる炭酸塩鉱物の炭素・酸素同位体比を北海道大学の SIMS (ims 1280-HR) を用いて測定した。ドロマイトの  $\delta^{18}\text{O}$  は 31-36‰,  $\delta^{13}\text{C}$  は 67-75‰ と比較的均質なのに対し、カルサイトの  $\delta^{18}\text{O}$  は 24-46‰,  $\delta^{13}\text{C}$  は 65-108‰ と大きな変動を示すことがわかった。このことは、ドロマイトは系が平衡に近い状態で形成されたのに対し、カルサイトは水質変成過程の進行とともにリュウグウ内の水や溶存炭素の同位体比が変化していく過程で形成されたことを示している。特に、炭素同位体比の変化は、リュウグウが還元的な状態から酸化的な状態に変化していくのに伴って炭素を含むガス種が変遷していく様子を記録している可能性がある(Fujiya et al., 2023)。

#### (7) 小惑星リュウグウの宇宙風化の特徴(野口)

含水鉱物と無水鉱物で宇宙風化の様子が全く異なることが本研究によって明らかにされた。ここでは、含水層状珪酸塩の宇宙風化について報告する。研究代表者が班長を務めた「砂の物質分析班」では、まずは含水層状珪酸塩の宇宙風化に注目して研究を行った。リュウグウ試料の宇宙風化組織では、メテオロイド衝突による加熱・溶融組織が顕著であった(図 2a)。リュウグウのような直径 1km を切るようなサイズの小惑星の自己重力は地球の重力の約 8 万分の 1 程度であり、衝突溶融した物質は小惑星から容易に離脱すると考えられるため、この発見は意外であった。図 2a の FE-SEM による二次電子像から分かる様に、粒子表面が溶融し激しく発泡したことがあったことが読み取れる。我々はこれを Frothy layer (泡立っている層という意味) と名付けた(Noguchi et al., 2023a)。frothy layer の断面の超薄切片を FIB-SEM で作成し(S)TEM で詳細に観察・分析を行った(図 2b)は(S)TEM を用いて撮像された高角環状暗視野像(HAADF-STEM 像)である。Frothy layer 中には、多くの気泡(V)や円状(三次元的には球状)の輝点が存在している。これら輝点は Fe-Ni 硫化物である。この組織は、リュウグウの物質溶融時に、珪酸塩メルトと鉄ニッケル硫化物メルトが分離したことを示している。メテオロイド衝突による瞬間加熱を模擬した CM コンドライトへのレーザーパルス照射実験でも、ガラス中に多くの気泡や Fe-Ni 硫化物メルトの球状の粒が形成(Thompson et al., 2019)されていることを考慮すると、frothy layer はメテオロイド衝突による加熱・溶融層であると結論づけた。また、溶融層である frothy layer は脱ヒドロキシ化し、ほぼ無水物になっていた。もし、小惑星リュウグウの表面を覆うレゴリス物質に frothy layer を持つレゴリス粒子が多量に存在しているのならば、表面物質の反射スペクトルを観測すると、一見、小惑星リュウグウの物質は強い加熱を受けて脱水しているように見えてしまうであろう。これが地上観測やはやぶさ 2 探査機によるその場計測で、リュウグウが強い加熱を受けた CM コンドライト(あるいは CI コンドライト)に似た物質ではないかと誤認された要因になったのであろうと砂の物質分析班として判断した(Noguchi et al., 2023a)。

太陽風照射による含水層状珪酸塩鉱物の宇宙風化組織は frothy layer よりも判別しにくい、比較的平滑で 100 nm 程度の大きさの穴が点々と存在している smooth layer と我々が名付けた組織が含水層状珪酸塩の太陽風照射損傷によるものと推定した。これは、明らかに宇宙風化を受けていないリュウグウ試料に、太陽風を模擬した低エネルギー(4 keV)He<sup>+</sup>イオンを照射する照射実験を砂の物質分析班で行い、両者の組織と構造を比較した結果に基づく(Noguchi et al., 2023a)。

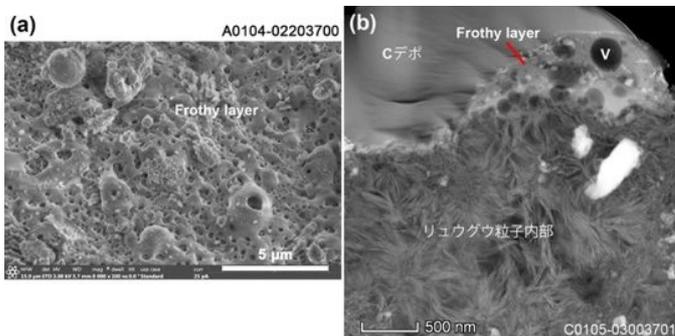


図 2 メテオロイド衝撃加熱による宇宙風化組織 (Frothy layer) (a)表面の FE-SEM による二次電子像。(b)表面断面の超薄切片の(S)TEM による HAADF-STEM 像。V は空隙(あるいは泡)。

#### (8) 枯渇彗星の彗星核の鉱物学的特徴(大坪)

この 5 年間で、すばる望遠鏡搭載の中間赤外線観測装置 COMICS の小惑星・彗星核の分光観測データの解析を大きく進めた。観測的観点から、彗星と小惑星の鉱物組成の違いが明らかになってきた。大きな成果としては、ジャコビニ・ツィナー彗星(21P)に複雑な有機物を(Ootsubo et al. 2020)、またパンスターズ彗星(460P)に含水鉱物の存在を示唆する特徴的なスペクトルフィーチ

ヤを(Ootsubo et al. 2021)世界で初めて検出した。ジャコビニ・ツィナー彗星は流星群の母天体であり、この彗星から放出された複雑な有機物を含んだダストが地上に供給された可能性は高い。また、含水鉱物は小惑星では確認されているが、彗星には液体の水がないため含水鉱物は存在しないと考えられてきた。しかし、パンスターズ彗星で含水鉱物が検出され、他の彗星核スペクトルにも含水鉱物を示唆するフィーチャが見つかってきており、COMICS の観測結果はこれまでの彗星核の進化について考え直すきっかけを与えた。これらにより、彗星核と小惑星の違いを中間赤外線観測で明らかにしていく機運がますます高まることとなった。

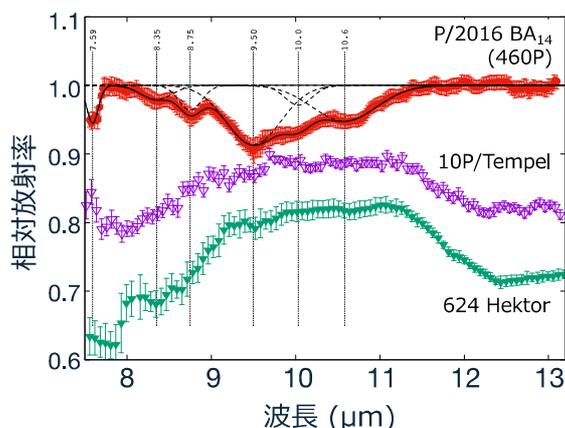


図 3：パンスターズ彗星(460P)の放射率スペクトル(赤)。10  $\mu\text{m}$  付近に含水鉱物由来と考えられるフィーチャがみられる。他の彗星核(10P)、D型小惑星(624)などにはない含水鉱物の存在を彗星核で初めて確認した(Ootsubo et al. 2021)。

### (9) 赤外分光装置 MIMIZUKU の開発 (上塚)

本研究では東京大学アタカマ天文台 (TAO) に搭載する赤外線観測装置 MIMIZUKU を完成させ、これを用いて小惑星・彗星の近・中間赤外線分光観測を実現し、分光学的特徴から宇宙塵の起源を探ることを目指した。そのための開発として、近・中間赤外線観測を実施する光学チャンネル NIR・MIR-S の整備を完了した。近赤外線観測をになう NIR チャンネルについてはその撮像性能・分光性能・装置効率といった基本性能評価を実施し、所定の性能が達成されていることを示した。本成果については国際光学会 (SPIE) の国際研究会 Astronomical Telescopes and Instrumentation 2022 において発表し、集録論文にまとめた。中間赤外線観測を担う MIR-S チャンネルについては検出器の出力信号が不安定になる現象が確認され問題となっていたが、この問題を解決するための電子回路の改良を行い、出力信号の安定化を達成することで観測性能の向上を実現した。本研究で実現する観測のためにはこれらの光学チャンネルの整備とともに、冷却チョッパーという装置の整備も必要であった。本装置は温度 30 K という極低温環境下で高速・高精度に動作する駆動鏡であり、これを搭載することで高頻度の観測視野切り替えが可能となる。MIMIZUKU のような地上赤外線観測装置ではこのような視野切り替えを行い、データを取得後に引き算をして初めて天体光の検出が可能となるため、冷却チョッパーは観測に必須の装置といえる。これまで試験機の開発を進めてきていたが、本研究では MIMIZUKU 搭載用の本番機、および、その制御則の開発を進め、MIMIZUKU に搭載したうえでの動作試験を実施した。結果、冷却チョッパーについても所定の要求性能の実現を確認することができた。本成果に関しては、SPIE の国際研究会 Astronomical Telescopes and Instrumentation 2024 において発表することが決まった。以上の開発により MIMIZUKU の近・中間赤外線観測機能の整備を大きく進めることができたが、MIMIZUKU を搭載する TAO 望遠鏡の整備が未完のため天文観測の実現には至らなかった。2023 年度末現在において TAO 観測所の建設は概ね完了した。今後望遠鏡の整備を行い、2025 年の観測実現を目指す。

コロナ禍中での研究であったにも関わらず、本研究は多様な成果を上げられたと思う。

### <引用文献>

Fujiya et al. 2023. Nat. Geosci. 16, 675–682. 10.1038/s41561-023-01226-y.  
 Kamizuka, T. et al. 2022. Proceedings of the SPIE, 12184. 10.1117/12.2628600.  
 Noguchi, T. et al. 2020. Life 10, 10.3390/life10080135.  
 Noguchi, T. et al. 2022. Meteorit. Planet. Sci. 57: 2042-2062. 10.1111/maps.13919.  
 Noguchi, T. et al. 2023a. Nat. Astron. 7, 170–181. 10.1038/s41550-022-01841-6.  
 Noguchi, T. et al. 2023b. Meteorit. Planet. Sci. 10.1111/maps.14093.  
 Ootsubo, T. et al. 2020. Icarus 338, 113450. 10.1016/j.icarus.2019.113450.  
 Ootsubo, T. et al. 2021. Icarus 363, 114425. 10.1016/j.icarus.2021.114425.  
 Rojas et al. 2021. Earth Planet. Sci. Lett. 560, 116794.  
 van Ginneken, M. et al. 2024. Phil. Trans. R. Soc. A 382: 20230195. <https://doi.org/10.1098/rsta.2023.0195>.  
 Yabuta, H. et al. 2023. Science 379, 10.1126/science.abn9057.  
 Yamaguchi, A. et al. 2023. Nat. Astron. 7, 398–405. 10.1038/s41550-023-01925-x.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計59件（うち査読付論文 59件 / うち国際共著 58件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Noguchi Takaaki、... Yabuta Hikaru	4. 巻 10
2. 論文標題 An Another Protocol to Make Sulfur Embedded Ultrathin Sections of Extraterrestrial Small Samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Life	6. 最初と最後の頁 135 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/life10080135	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 Fujiya Wataru、... Noguchi Takaaki、...、Yabuta Hikaru、 et al.	4. 巻 16
2. 論文標題 Carbonate record of temporal change in oxygen fugacity and gaseous species in asteroid Ryugu	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Geoscience	6. 最初と最後の頁 675 ~ 682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41561-023-01226-y	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 Yabuta Hikaru、... Noguchi Takaaki、... Tsuda Yuichi	4. 巻 379
2. 論文標題 Macromolecular organic matter in samples of the asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abn9057	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 Tomioka Naotaka、Yamaguchi Akira、... Noguchi Takaaki... Tsuda Yuichi	4. 巻 7
2. 論文標題 A history of mild shocks experienced by the regolith particles on hydrated asteroid Ryugu	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 669 ~ 677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-023-01947-5	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 Dobrica Elena、... Noguchi Takaaki、... Yabuta Hikaru、... Tsuda Yuichi	4. 巻 346
2. 論文標題 Nonequilibrium spherulitic magnetite in the Ryugu samples	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 65 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2023.02.003	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 Viennet J.-C.、... Noguchi T.、... Yabuta H.、... Tsuda Y.	4. 巻 25
2. 論文標題 Interaction between clay minerals and organics in asteroid Ryugu	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geochemical Perspectives Letters	6. 最初と最後の頁 8 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7185/geochemlet.2307	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 Kebukawa Yoko、... Noguchi Takaaki、... Takahashi Yoshio	4. 巻 400
2. 論文標題 Complex mixture of organic matter in a xenolithic clast from the Zag meteorite revealed by coordinated analyses using AFM-IR, NanoSIMS and STXM/XANES	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 115582 ~ 115582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2023.115582	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 Matsumoto Toru、Noguchi Takaaki、... Tsuda Yuichi	4. 巻 8
2. 論文標題 Influx of nitrogen-rich material from the outer Solar System indicated by iron nitride in Ryugu samples	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 207 ~ 215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-023-02137-z	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 Leroux Hugues、... Noguchi Takaaki、... Yabuta Hikaru、... Tsuda Yuichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Phyllosilicates with embedded Fe based nanophases in Ryugu and Orgueil	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14101	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 Noguchi Takaaki、... Yabuta Hikaru、... Tsuda Yuichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Mineralogy and petrology of fine grained samples recovered from the asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14093	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 Noguchi Takaaki et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 A dehydrated space-weathered skin cloaking the hydrated interior of Ryugu	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 170 -181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-022-01841-6	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 該当する

1. 著者名 Noguchi Takaaki、...、Yabuta Hikaru、...、Yamaguchi Akira、et al.	4. 巻 57
2. 論文標題 Antarctic micrometeorite composed of CP and CS IDP like material: A micro breccia originated from a partially ice melted comet like small body	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 2042 ~ 2062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13919	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 Yamaguchi Akira et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 nsight into multi-step geological evolution of C-type asteroids from Ryugu particles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、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 Gu Lixin, ..., Noguchi Takaaki, Li Jinhua	4. 巻 49
2. 論文標題 Space Weathering of the Chang'e 5 Lunar Sample From a Mid High Latitude Region on the Moon	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2022GL097875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL097875	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 Ootsubo Takafumi et al.	4. 巻 338
2. 論文標題 Unidentified infrared emission features in mid-infrared spectrum of comet 21P/Giacobini-Zinner	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 113450 ~ 113450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2019.113450	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 Kamizuka Takafumi et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 Development status of TAO/MIMIZUKU: performance test of the near-infrared channel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2628600	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 Noguchi Takaaki et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 Mineralogy and petrology of fine grained samples recovered from the asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14093	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 Ootsubo Takafumi, Kawakita Hideyo, Shinnaka Yoshiharu	4. 巻 363
2. 論文標題 Mid-infrared observations of the nucleus of Comet P/2016 BA14 (PANSTARRS)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114425 ~ 114425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114425	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 van Ginneken Matthias, ..., Noguchi Takaaki, et al.	4. 巻 382
2. 論文標題 Micrometeorite collections: a review and their current status	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsta.2023.0195	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 Noguchi Takaaki, ..., Yamaguchi Akira, et al.	4. 巻 29
2. 論文標題 Mineralogy of fine-grained matrix, fine-grained rim, chondrule rim, and altered mesostasis of a chondrule in Asuka 12169, one of the least altered CM chondrites	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 100727 ~ 100727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2021.100727	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 Matsumoto Toru, Noguchi Takaaki, et al.	4. 巻 8
2. 論文標題 Influx of nitrogen-rich material from the outer Solar System indicated by iron nitride in Ryugu samples	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 207 ~ 215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-023-02137-z	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 Leroux Hugues, ..., Noguchi Takaaki, et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 Phyllosilicates with embedded Fe based nanophases in Ryugu and Orgueil	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14101	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 Mouloud Bahae eddine, ..., Noguchi Takaaki, et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 Four dimensional STEM analysis of the phyllosilicate rich matrix of Ryugu samples	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14124	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 Laforet Sylvain, ..., Noguchi Takaaki, et al.	4. 巻 963
2. 論文標題 Linking Cause and Effect: Nanoscale Vibrational Spectroscopy of Space Weathering from Asteroid Ryugu	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L45 ~ L45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ad2b65	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 Phan Van T. H., ..., Noguchi Takaaki, et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 In situ investigation of an organic micro globule and its mineralogical context within a Ryugu "sand" grain	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14122	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 Nakashima Daisuke, Noguchi Takaaki, et al.	4. 巻 373
2. 論文標題 Oxygen isotope study of the Asuka-881020 CH chondrite II: Porphyritic chondrules	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 292 ~ 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2024.04.011	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 Harries Dennis, Matsumoto Toru, Langenhorst Falko, Noguchi Takaaki et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 Incipient space weathering on asteroid 162173 Ryugu recorded by pyrrhotite	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14176	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 Beniyama Jin, ..., Ootsubo Takafumi, et al.	4. 巻 75
2. 論文標題 Simultaneous multicolor photometry of the DESTINY+ target asteroid (3200) Phaethon	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 297 ~ 310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac109	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 Bonev Boncho P., ..., Ootsubo Takafumi, et al.	4. 巻 166
2. 論文標題 The Return of the Rosetta Target: Keck Near-infrared Observations of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko in 2021	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 233 ~ 233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/acee59	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 Schraeder Stefan, ..., Yabuta Hikaru, et al.	4. 巻 666
2. 論文標題 Characterization of the MASCOT landing area by Hayabusa2	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A164 ~ A164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202244059	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 Kikuchi Shota, ..., Yabuta Hikaru, et al.	4. 巻 219
2. 論文標題 Site selection for the Hayabusa2 artificial cratering and subsurface material sampling on Ryugu	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Planetary and Space Science	6. 最初と最後の頁 105519 ~ 105519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pss.2022.105519	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 Yamagishi Akihiko, ..., Yabuta Hikaru, et al.	4. 巻 21
2. 論文標題 Scientific Targets of Tanpopo: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments at the Japanese Experiment Module Exposed Facility of the International Space Station	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astrobiology	6. 最初と最後の頁 1451 ~ 1460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/ast.2020.2426	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 Kurosawa Kosuke, Moriwaki Ryota, Yabuta Hikaru, et al.	4. 巻 2
2. 論文標題 Ryugu 's observed volatile loss did not arise from impact heating alone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Earth and Environment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-021-00218-3	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 Schraeder Stefan, ..., Yabuta Hikaru, Sugita Seiji	4. 巻 2
2. 論文標題 Spectrophotometric Analysis of the Ryugu Rock Seen by MASCOT: Searching for a Carbonaceous Chondrite Analog	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Planetary Science Journal	6. 最初と最後の頁 58 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/PSJ/abbb97	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 Kikuchi Shota, Watanabe Sei-ichiro, Saiki Takanao, Yabuta Hikaru, et al.	4. 巻 216
2. 論文標題 Hayabusa2 Landing Site Selection: Surface Topography of Ryugu and Touchdown Safety	5. 発行年 2020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) 10.1007/s11214-020-00737-z	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 Chan Queenie Hoi Shan, Stroud Rhonda, Martins Zita, Yabuta Hikaru	4. 巻 216
2. 論文標題 Concerns of Organic Contamination for Sample Return Space Missions	5. 発行年 2020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) 10.1007/s11214-020-00678-7	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 該当する

1. 著者名 Martins Zita, Chan Queenie Hoi Shan, Bonal Lydie, King Ashley, Yabuta Hikaru	4. 巻 216
2. 論文標題 Organic Matter in the Solar System? Implications for Future on-Site and Sample Return Missions	5. 発行年 2020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) 10.1007/s11214-020-00679-6	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 Okada Tatsuki, ..., Yabuta Hikaru, et al.	4. 巻 579
2. 論文標題 Highly porous nature of a primitive asteroid revealed by thermal imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 518 ~ 522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-020-2102-6	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 Kurosawa Kosuke, ..., Yabuta Hikaru, Matsui Takafumi	4. 巻 46
2. 論文標題 Shock Vaporization/Devolatilization of Evaporitic Minerals, Halite and Gypsum, in an Open System Investigated by a Two Stage Light Gas Gun	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 7258 ~ 7267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL083249	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 et al.	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 該当する

1. 著者名 Kebukawa Yoko, Okudaira Kyoko, Yabuta Hikaru, et al.	4. 巻 53
2. 論文標題 STXM-XANES analyses of Murchison meteorite samples captured by aerogel after hypervelocity impacts: A potential implication of organic matter degradation for micrometeoroid collection experiments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 53 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0549	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 Kimura M., Weisberg M. K., Yamaguchi A.	4. 巻 59
2. 論文標題 Subtype 3.0 chondrites: Petrologic classification criteria	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 858 ~ 877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14129	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 Jourdan F., Kennedy T., Forman L., Mayers C., Eroglu E., Yamaguchi A.	4. 巻 365
2. 論文標題 A slowly cooled deep crust on asteroid 4 Vesta and the recent impact history of rubble pile vestoids recorded by diogenites	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 35 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2023.11.027	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 Takenouchi Atsushi, Yamaguchi Akira, et al.	4. 巻 58
2. 論文標題 Petrology and shock history of the first depleted like poikilitic shergottite Asuka 12325	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 1406 ~ 1428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.14073	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 Tonioka Naotaka, Yamaguchi Akira, ..., Noguchi Takaaki, et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 A history of mild shocks experienced by the regolith particles on hydrated asteroid Ryugu	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 669 ~ 677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-023-01947-5	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 McCain Kaitlyn A., ....., Yamaguchi Akira, et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 Early fluid activity on Ryugu inferred by isotopic analyses of carbonates and magnetite	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 309 ~ 317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-022-01863-0	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 該当する

1. 著者名 Greenwood Richard C., ....., Ito Motoo, Yamaguchi Akira, et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 Oxygen isotope evidence from Ryugu samples for early water delivery to Earth by CI chondrites	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 29 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-022-01824-7	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 該当する

1. 著者名 Liu Ming-Chang, McCain Kaitlyn A., Matsuda Nozomi, Yamaguchi Akira, et al.	4. 巻 6
2. 論文標題 Incorporation of 16O-rich anhydrous silicates in the protolith of highly hydrated asteroid Ryugu	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 1172 ~ 1177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-022-01762-4	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 該当する

1. 著者名 Ito Motoo, Tomioka Naotaka, Uesugi Masayuki, Yamaguchi Akira, et al.	4. 巻 6
2. 論文標題 A pristine record of outer Solar System materials from asteroid Ryugu ' s returned sample	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 1163 ~ 1171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-022-01745-5	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 Kimura M., Yamaguchi A.	4. 巻 32
2. 論文標題 Chondritic breccias: An optical microscopic classification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 100847 ~ 100847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2022.100847	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 Fujiya Wataru, ..., Yamaguchi Akira, et al.	4. 巻 924
2. 論文標題 Hydrothermal Activities on C-Complex Asteroids Induced by Radioactivity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L16 ~ L16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac448f	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 Kimura M., Greenwood R. C., Komatsu M., Imae N., Yamaguchi A., Sato R.	4. 巻 57
2. 論文標題 Petrology and classification of A 9003, A 09535, and Y 82094: A new type of carbonaceous chondrite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Meteoritics and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 302 ~ 316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13704	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 Fujiya Wataru, Aoki Yuto, Ushikubo Takayuki, Hashizume Ko, Yamaguchi Akira	4. 巻 274
2. 論文標題 Carbon isotopic evolution of aqueous fluids in CM chondrites: Clues from in-situ isotope analyses within calcite grains in Yamato-791198	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 246 ~ 260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2020.02.003	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 Shirai Naoki, ..., Yamaguchi Akira, et al.	4. 巻 55
2. 論文標題 The effects of possible contamination by sample holders on samples to be returned by Hayabusa2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 1665 ~ 1680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13480	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 Kitazato K., ....., Yamaguchi A., et al.	4. 巻 364
2. 論文標題 The surface composition of asteroid 162173 Ryugu from Hayabusa2 near-infrared spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 272 ~ 275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aav7432	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 Sugawara Shingo, Fujiya Wataru, ..., Yamaguchi Akira, Hashizume Ko	4. 巻 7
2. 論文標題 Heat-Induced Dolomitization of Amorphous Calcium Magnesium Carbonate in a CO <sub>2</sub> -Filled Closed System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 44670 ~ 44676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.2c03258	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 Vacher Lionel G., Fujiya Wataru	4. 巻 18
2. 論文標題 Recent Advances in our Understanding of Water and Aqueous Activity in Chondrites	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Elements	6. 最初と最後の頁 175 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/gselements.18.3.175	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 Fujiya Wataru, ..., Yamaguchi Akira, Kimura Makoto, Hashizume Ko	4. 巻 924
2. 論文標題 Hydrothermal Activities on C-Complex Asteroids Induced by Radioactivity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L16 ~ L16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac448f	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 Fujiya W., et al.	4. 巻 3
2. 論文標題 Migration of D-type asteroids from the outer Solar System inferred from carbonate in meteorites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 910 ~ 915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-019-0801-4	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 該当する

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Noguchi Takaaki et al.
2. 発表標題 Mineralogy and surface modification of small grains recovered from the asteroid 162173 Ryugu.
3. 学会等名 Hayabusa Symposium 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomimaga, T., Noguchi, T., Yoshimori, T., Yamaguchi, A.
2. 発表標題 Collection of Antarctic micrometeorites using the freeze-drying method of snow.
3. 学会等名 11th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Noguchi, T., Matsumoto, R., Yamaguchi, A., and Imae, N.
2. 発表標題 Silica-rich porous Antarctic micrometeorites: Dust from unknown types of Edgeworth-Kuiper belt objects?
3. 学会等名 JpGU 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野口高明, 光成拓也, 松本里佳子, 山口亮, 今栄直也, 松本徹, 荒木 暢, 湯澤勇人, 三宅亮
2. 発表標題 メラノフロジャイト仮晶を含む多孔質な南極微隕石: 氷衛星地下海からの放出物か, 未知の太陽系外縁天体の物質か?
3. 学会等名 日本鉱物科学会2023年度年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Noguchi Takaaki et al.
2. 発表標題 Dehydration decomposition of phyllosilicates in the C-type asteroid Ryugu material by space weathering.
3. 学会等名 85nd Meteoritical Society Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野口高明 ほか
2. 発表標題 CP IDPとCS IDP的物質の微細な角礫岩である南極微隕石
3. 学会等名 日本鉱物科学会2022年度年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木下凌太, 上塚貴史, 宮田隆志, 他
2. 発表標題 V254a TAO/MIMIZUKU用冷却チョッパーの開発: 搭載機の製作と冷却動作試験
3. 学会等名 日本天文学会2023年秋季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 R. Kinoshita, T. Kamizuka, T. Miyata et al.
2. 発表標題 Development of a cold chopper for TAO/MIMIZUKU: onboard test on MIMIZUKU
3. 学会等名 SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 J. Hort, I. Jikuya, T. Kamizuka et al.
2. 発表標題 Development of a cold chopper for TAO/MIMIZUKU: Repetitive Control
3. 学会等名 SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation (国際学会)
4. 発表年 2023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	藤谷 渉 (Fujiya Wataru) (20755615)	茨城大学・理工学研究科(理学野)・准教授  (12101)	
研究分担者	藪田 ひかる (Yabuta Hikaru) (30530844)	広島大学・先進理工系科学研究科(理)・教授  (15401)	
研究分担者	上塚 貴史 (Kamizuka Takafumi) (30613509)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・助教  (12601)	
研究分担者	大坪 貴文 (Ootsubo Takafumi) (50377925)	国立天文台・天文データセンター・特任研究員  (62616)	
研究分担者	山口 亮 (Yamaguchi Akira) (70321560)	国立極地研究所・先端研究推進系・准教授  (62611)	
研究分担者	臼井 文彦 (Usui Fumihiko) (30720669)	神戸大学・理学研究科・特命助教  (14501)	

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