

## 「はやぶさ2」サンプル収納コンテナの外に小惑星リュウグウ粒子を発見！

### 1. 発表者：

中藤 亜衣子（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 研究開発員）

稲田 栞里（東京大学理学部 地球惑星環境学科 4年）

坂本 佳奈子（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 主任研究開発員）

岡崎 隆司（九州大学大学院理学研究院 准教授）

澤田 弘崇（宇宙航空研究開発機構国際探査センターMMXプロジェクト 主任研究開発員）

橘 省吾（東京大学大学院理学系研究科附属宇宙惑星科学機構 教授／宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 特任教授）

### 2. 発表のポイント：

- ◆ 小惑星リュウグウから約5グラムの試料を持ち帰った「はやぶさ2」のサンプル収納コンテナの外部、蓋とコンテナ本体の隙間に、約1ミリメートルの黒色の2粒子を発見。
- ◆ コンテナ開封前に発見された、これらの未知粒子は、その後の鉱物学的・岩石学的研究により、小惑星リュウグウ粒子であることが判明。地上の類似隕石でないことも確認。
- ◆ サンプル格納チャンバーから飛び出した粒子が、蓋とコンテナ本体に挟まれ、地球に帰還したものと考えられ、将来ミッションのサンプル採取機構設計にも活かせる新たな知見。

### 3. 発表概要：

小惑星探査機「はやぶさ2（注1）」が持ち帰った小惑星リュウグウ（注2）のサンプルはミッションの成功基準0.1グラムを大きく上回る、およそ5グラムでした。東京大学大学院理学系研究科の橘教授ら「はやぶさ2」サンプラー（注3）チーム、宇宙科学研究所地球外物質分析グループを中心とする研究グループは、2020年12月にサンプルが収納されていたコンテナ（サンプル収納コンテナ（注4））を開封する直前に、コンテナの蓋とコンテナ本体の間の隙間に発見された黒色の2粒子の組織観察や構成鉱物の元素分析をおこない、これらの粒子が小惑星リュウグウ由来であることを明らかにしました。地上ですでに発見されているリュウグウに類似した隕石ではないことも確認されました。これらの粒子は「はやぶさ2」がサンプル収納コンテナを密封する前に、宇宙空間で外に飛び出し、コンテナ蓋とコンテナ本体の間に挟まれたまま、地上に帰還した粒子であると考えられます。これらの粒子の存在は、コンテナの密封性能に影響を与える可能性もあり、今後のサンプルリターンミッションにおけるサンプル収納機構の設計にも活かすことのできる新しい知見です。

### 4. 発表内容：

小惑星探査機「はやぶさ2」は、水を含む鉱物や有機物を含み、太陽系のはじまりや地球の海や生命材料の起源を記憶していることが期待されるC型小惑星のひとつであるリュウグウを探査し、その表面の2地点で試料採取をおこないました。2020年12月6日に地球（南オーストラリア州ウーメラ立入制限区域）に帰還した再突入カプセルに収められていたサンプル収納コンテナは、12月8日に宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙科学研究所に持ち込まれ、12月15日にサンプル格納チャンバー内にリュウグウ粒子の存在が確認されました。サンプルキャッチャ（注5）の入ったコンテナを開封するための前段階の準備期間中（12月8日～12月11日）に、サンプル収納コンテナ本体と蓋の間の空間（コンテナ密封のための封止面の外側）

に暗色の粒子が2粒発見されました。これらの粒子は1 mm程度の大きさでした。ウーメラ立入制限区域のカプセル着地点付近の土壌や、カプセルを大気圏飛行時の熱から守るための耐熱素材（アブレータ）とも見た目の異なる、これらの粒子は一見、リュウグウサンプルのようにも見えるが、コンテナの外で見つかったために疑わしい（Questionable）ということで「Q粒子」と名付けられ、速やかに窒素置換デシケータに保管されました（図1）。

その後、サンプル格納チャンバーから回収された粒子に対して、クリーンチャンバーシステムの中でおこなわれた初期記載に続き、「はやぶさ2」プロジェクトや地球外物質グループによるサンプルの詳細分析がおこなわれている期間に、Q粒子に関しても、「はやぶさ2」サンプラーチームと宇宙科学研究所地球外物質分析グループが中心となり、詳細分析が進められました。

その結果、Q粒子を構成している鉱物の種類や形状、化学組成や、岩石組織など様々な点で、Q粒子とリュウグウ試料はよく似ていることが判明しました。一方、リュウグウ試料は、地上にすでに存在するある種の隕石（イブナ型炭素質コンドライト（注6））との類似が指摘されており、Q粒子がイブナ型炭素質コンドライトと異なることを示す必要もありました。これに対し、研究チームは、Q粒子の大半を構成する細粒の含水ケイ酸塩鉱物の化学組成に注目しました。Q粒子の細粒含水ケイ酸塩の元素組成は、1マイクロメートル程度の領域で平均すると、含水ケイ酸塩と硫化鉄の混合組成として説明され、これはリュウグウ試料の含水ケイ酸塩に硫化鉄微粒子が多く含まれるという事実とよく合うことがわかりました。一方、イブナ型炭素質コンドライトを同一の手法で分析すると、含水ケイ酸塩鉱物の1マイクロメートル程度の領域の平均元素組成が、含水ケイ酸塩と硫化鉄の混合ではなく、含水ケイ酸塩に対し、鉄に富む成分と硫黄やカルシウムに富む成分が加わったような組成を示すことがわかりました。これらの成分は、イブナ型炭素質コンドライトには存在し、リュウグウ試料には存在しない、含水の酸化鉄（鉄に富む成分）や硫酸塩（硫黄やカルシウムに富む成分）に対応すると考えられます。含水の酸化鉄や硫酸塩は、イブナ型炭素質コンドライトが地上に落下した後に、地球上でつくられた風化鉱物であると、リュウグウ試料の分析からも判断されており、それらを含まないQ粒子は、イブナ型炭素質コンドライトではなく、リュウグウ粒子であると結論づけられました。

Q粒子は、探査機がリュウグウを離れ、地球に帰還する前に、サンプルキャッチャーへのサンプル導入部を、コンテナ格納のために引き抜いたときに、一緒に外に飛び出した粒子であると考えられます。そして、コンテナの蓋を閉める際に、コンテナ本体との隙間に挟まれ、そのまま、地球に帰還した粒子であると結論づけられました。「はやぶさ2」サンプラーがリュウグウ表面で予定通りに動作し、センチメートルからミリメートルサイズの粒子を合計5グラム採取できたために、こぼれだす粒子もたくさんあったのではないかと考えられます。このような粒子は、コンテナ封止面の密封性に影響を与える可能性もあり、「はやぶさ2」サンプラーチームは最近、発表されたサンプル収納コンテナ内のガス成分分析の結果の解釈にも使えるものと考えています。また、今回の知見は今後検討されるサンプルリターンミッションにおいて、サンプル収納コンテナの封止性能を含むサンプル採取機構設計の検討に活かされるものです。

なお、本研究は以下のメンバーによって行われました。

中藤 亜衣子（JAXA 宇宙科学研究所 研究開発員）、稲田 栞里（東京大学理学部地球惑星環境学科 4年）、古屋 静萌（東京大学大学院理学系研究科 特任専門職員）、西村 征洋（JAXA 宇宙科学研究所 主任研究開発員）、矢田 達（JAXA 宇宙科学研究所 主任研究開発員）、安部 正真（JAXA 宇宙科学研究所 准教授）、臼井 寛裕（JAXA 宇宙科学研究所 教授）、吉田 英人（東京大学大学院理学系研究科 特任専門職員）、三河内 岳（東京大学総合研究博物館 教授）、

坂本 佳奈子 (JAXA 宇宙科学研究所 主任研究開発員)、矢野 創 (JAXA 宇宙科学研究所 助教)、三浦 弥生 (東京大学地震研究所 助教)、高野 淑識 (海洋研究開発機構 上席研究員)、山之内 真司 (九州大学大学院理学研究院 技術職員)、岡崎 隆司 (九州大学大学院理学研究院 准教授)、澤田 弘崇 (JAXA 国際宇宙探査センター 主任研究開発員)、橘 省吾 (東京大学大学院理学系研究科附属宇宙惑星科学機構 教授/JAXA 宇宙科学研究所 特任教授)

## 5. 発表雑誌 :

雑誌名 : 「*Geochemical Journal*」

論文タイトル : Ryugu particles found outside the Hayabusa2 sample container

著者 : Aiko Nakato, Shiori Inada, Shizuho Furuya, Masahiro Nishimura, Toru Yada, Masanao Abe, Tomohiro Usui, Hideto Yoshida, Takashi Mikouchi, Kanako Sakamoto, Hajime Yano, Yayoi N. Miura, Yoshinori Takano, Shinji Yamanouchi, Ryuji Okazaki, Hirotaka Sawada, and Shogo Tachibana\*

DOI 番号 : doi.org/10.2343/geochemj.GJ22017

アブストラクト URL : <https://doi.org/10.2343/geochemj.GJ22017>

## 6. 問い合わせ先 :

(研究に関すること)

東京大学大学院理学系研究科 附属宇宙惑星科学機構

教授 橘 省吾 (たちばな しょうご)

TEL : 03-5841-4430 E-mail : [tachi@eps.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:tachi@eps.s.u-tokyo.ac.jp)

(報道に関すること)

東京大学大学院理学系研究科・理学部 広報室

TEL : 03-5841-8856 E-mail : [media.s@gs.mail.u-tokyo.ac.jp](mailto:media.s@gs.mail.u-tokyo.ac.jp)

九州大学広報室

TEL : 092-802-2130 E-mail : [koho@jimu.kyushu-u.ac.jp](mailto:koho@jimu.kyushu-u.ac.jp)

海洋研究開発機構 海洋科学技術戦略部 報道室

TEL : 045-778-5690 E-mail : [press@jamstec.go.jp](mailto:press@jamstec.go.jp)

## 8. 用語解説 :

(注 1) はやぶさ 2

小惑星リュウグウの近傍探査、2 回の着地によるサンプル採取、地球へのサンプル帰還を成功させた JAXA の探査機。

(注 2) 小惑星リュウグウ

近地球軌道をもつ C 型小惑星。直径約 1 キロメートルでそろばん玉のような形状をもつ。多くの岩塊が集積した瓦礫 (ラブルパイル) 天体と考えられる。

(注 3) サンプラー

「はやぶさ 2」に搭載されたサンプル採取機構の名称。約 1 メートルの筒状構造（サンプラーホーン）が小惑星表面に接地したタイミングで、ホーン内部で弾丸を発射し、地表から舞い上がったサンプルを収納する機構。

（注 4） サンプル収納コンテナ

回収されたリュウグウ試料を密封して、地球に持ち帰るための容器。再突入カプセル内にコンテナ本体は収納されていた。

（注 5） サンプルキャッチャ

サンプラーホーン上部に設置され、サンプラーホーンを上昇するサンプルを格納する容器。3 部屋構造で、異なる地点で回収された粒子を分けて、格納することができる。

（注 6） イブナ型炭素質コンドライト

水素や希ガスなど揮発性元素を除き、太陽に非常によく似た元素存在度をもつ隕石。太陽系の化学的基準として、天文学や地球科学でよく用いられる。一方で、天体内での水との化学反応を激しく経験している。また、地上でこのタイプに分類される隕石はわずか 9 個で非常に稀少な隕石でもある。

9. 添付資料 :

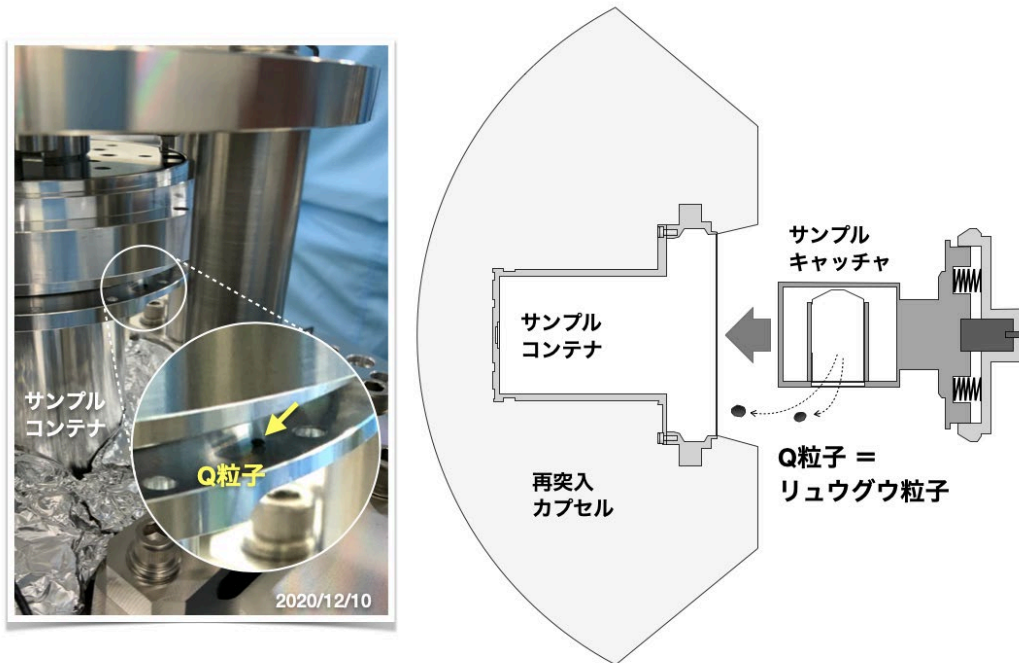


図 1：発見された Q 粒子（左）とコンテナ外部への混入のイメージ図（右）