

小惑星探査機「はやぶさ2」 記者説明会

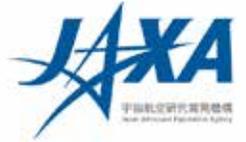
2021年6月17日

JAXA はやぶさ2プロジェクト 初期分析チーム
宇宙科学研究所 地球外物質研究グループ

試料輸送コンテナ
(画像クレジット：JAXA)



記者会見の概要と目次

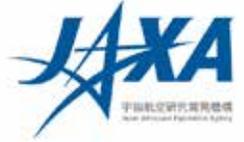


概要

- 昨年12月のサンプル帰還より、サンプルの初期観察となるキュレーション活動を行ってきた
- キュレーション活動では、**サンプルの科学的価値を損なうことなくカタログ化し、その後のより詳細な科学分析に資する情報を提供することを目的とする**
- 本日、一部、カタログ化された試料の引き渡し準備が整ったので報告する

目次

1. キュレーションチームからの報告（臼井・中村・伊藤）
2. 初期分析チームからの報告（橘・塚本・中村・野口・岡崎・藪田・奈良岡）



キュレーションのチームからの報告

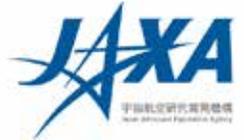
臼井寛裕 (JAXA)

中村栄三 (岡山大学)

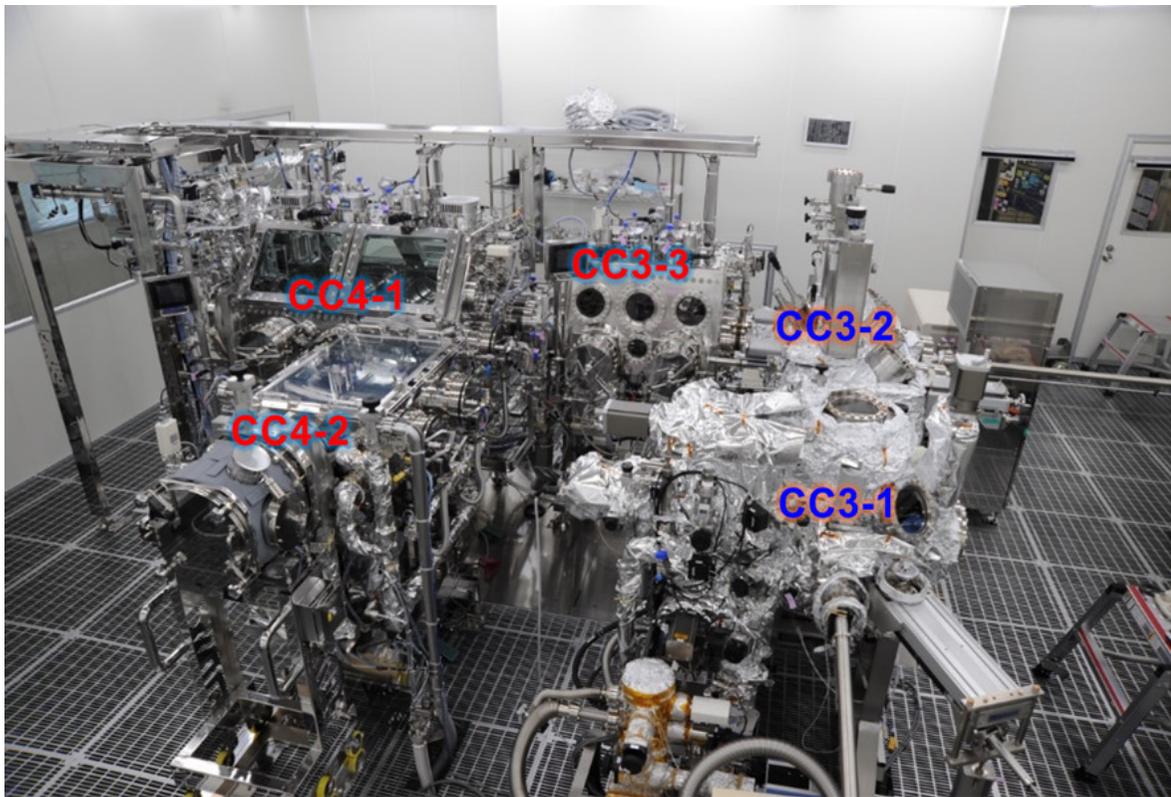
伊藤元雄 (JAMSTEC)



リュウグウ試料のキュレーション作業の方針



地球環境からの汚染を避けるため、クリーンチャンバーから出すことなく、リュウグウ試料の初期記載作業が行われた



CC3-1 :

- ・ 真空下でのサンプルコンテナの開封

CC3-2 :

- ・ 真空下でのサンプル採取

CC3-3 :

- ・ 真空から窒素環境への移行

CC4-1 :

- ・ サブミリサイズ粒子の処理

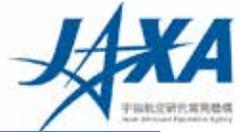
CC4-2 :

- ・ 比較的大きな粒子 (> mm) の処理・観察・選別
- ・ 粉体試料の観察

*CC = クリーンチャンバー



世界初、真空下で小惑星試料の試料分取・保管を達成



2020年12月15日に真空下で採取された試料は、今回の分配対象ではなく、真空下（CC3-2）で将来にわたり保管する予定



真空保管試料の採取に成功した瞬間(クリーンルーム内に設置したカメラの映像)



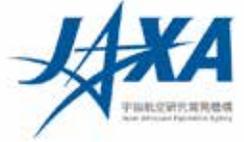
↑真空採取の様子

↓真空採取した粒子



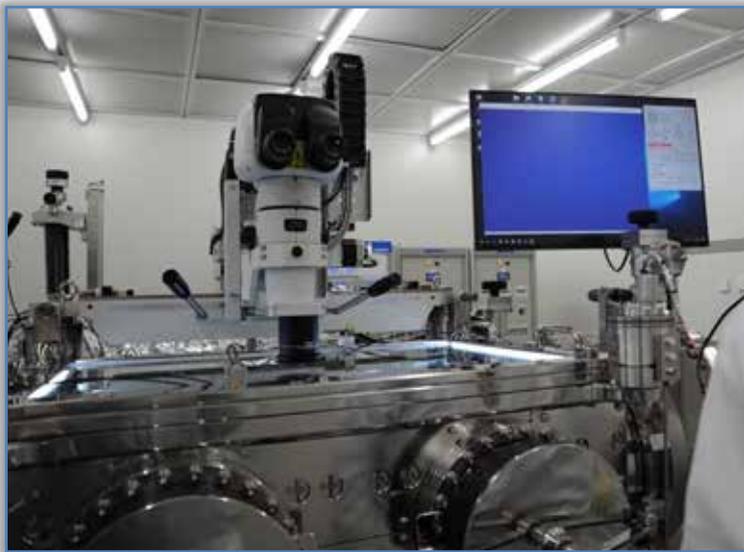


キュレーションによる初期記載



初期分析・高次キュレーション用の選別に必要な情報の取得
光学顕微鏡像（色・形・大きさ）・分光データ（鉱物種）・重さ

CC3-3 およびCC4-2にある初期記載用の装置群



光学顕微鏡



秤量計



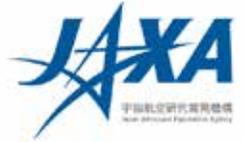
赤外分光計



赤外分光顕微鏡



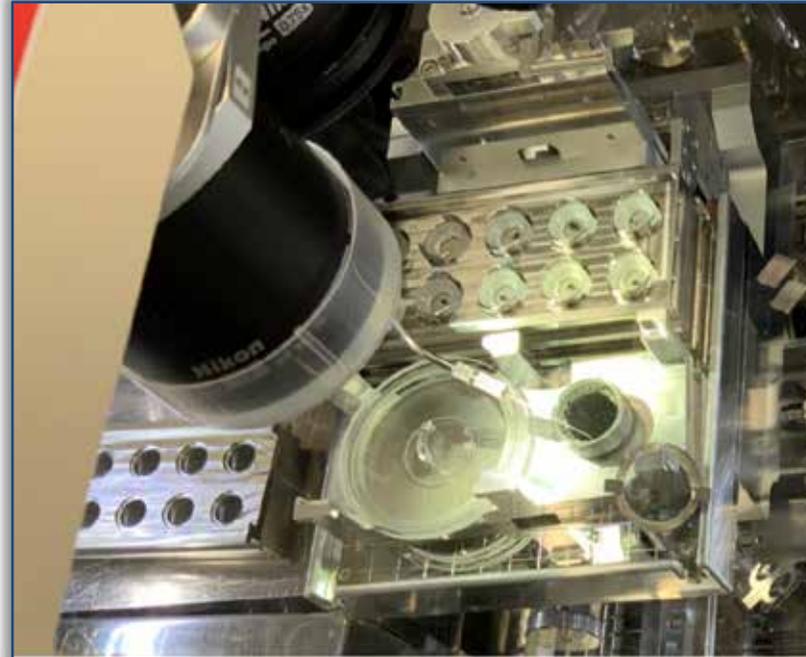
集合体試料と個別試料の選別



- A・C室から大きな粒子(203個)を選別し、**個別に記載**
- 集合体試料(7つの容器に分取)は、**容器ごとに記載**



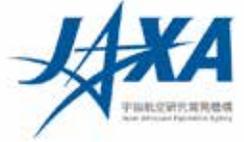
A室試料の光学顕微鏡像(個別粒子選別前)



試料選別の様子(チャンバー外部から撮影)

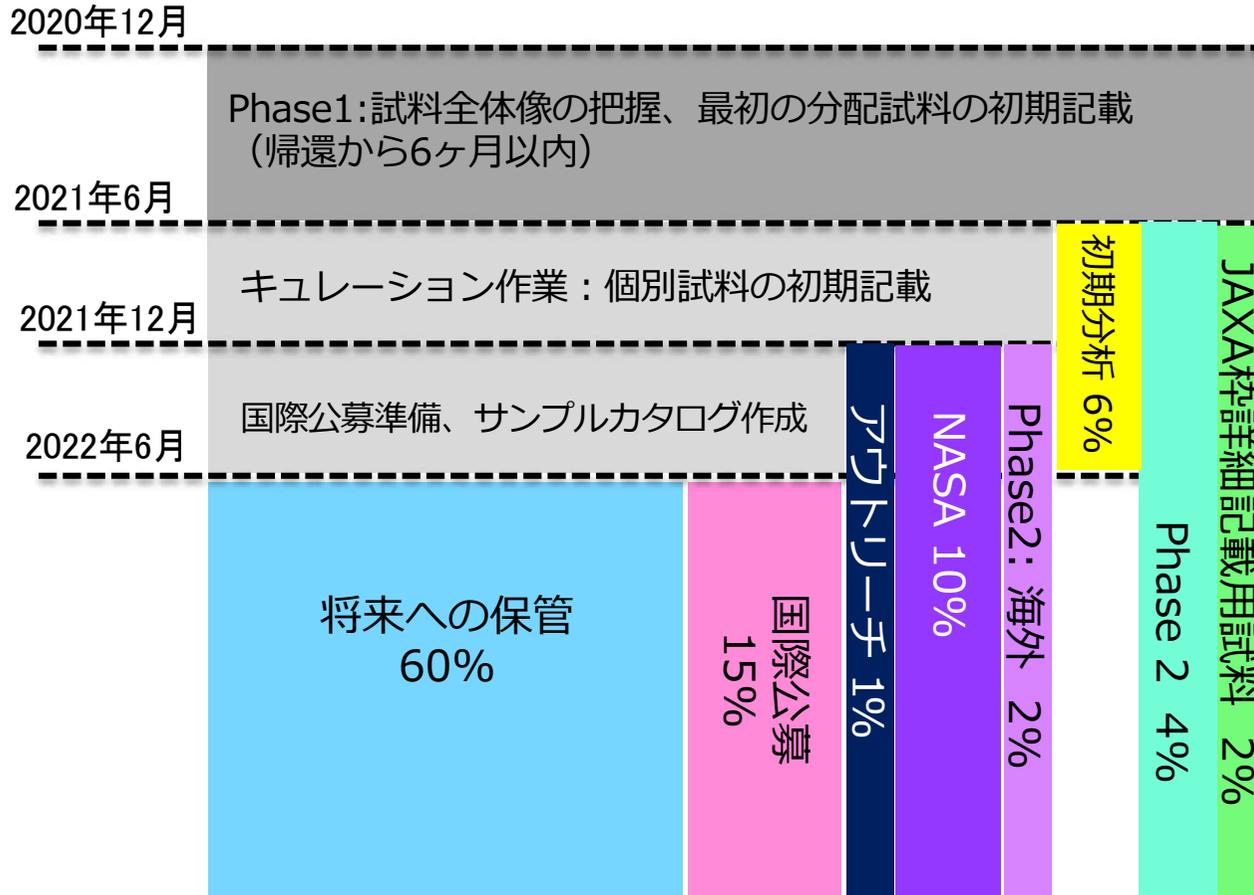


個別粒子の写真



試料の量・分配比率・分配スケジュール

(Hayabusa-2 Sample Allocation Committeeにより承認)



試料総量：約5.4 g

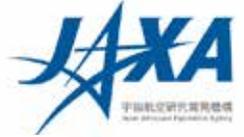
- A室：3.2 g
- B室：<0.1 g
- C室：2.0 g
- その他：~0.2 g

今回の試料分配量
 初期分析：~0.3 g
 Phase 2：~0.2 g

*配分比率は全て重量%



試料分配の様子



5/31～6/28にかけて、初期分析チーム・Phase2チームに試料を分配



6月1日 石の物質分析チーム
中村智樹（東北大学）（写真左）



6月2日 化学分析チーム
塚本尚義（北海道大学）（写真右）



6月2日 Phase2キュレーション三朝チーム
中村栄三（岡山大学）（写真右）



6月3日 砂の物質分析チーム
野口高明（京都大学/九州大学）（写真右）



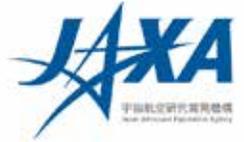
6月7日 固体有機物分析チーム
藪田ひかる（広島大学）代理受取:橘(右)



6月15日 可溶性有機物分析チーム
奈良岡 浩（九州大学）（写真右）



キュレーションチームの紹介



キュレーション：学術資料の記載・保管・管理・分配 + 技術研究開発

* JAXAでは**専門研究機関**との協力によりキュレーション活動を進めている*

Phase-1@宇宙科学研究所

試料の回収・初期記載（顕微鏡画像・重量・サイズ・形状など）・分配



sample

sample

初期・詳細記載、カタログ作成
分配等の技術・研究開発
保管



Phase-2 責任者: 中村栄三
岡山大学 惑星物質研究所
高次の詳細記載データ・キュレーション技術の供与

- 地球惑星物質総合解析システム (CASTEM) による総合解析法の確立
- データ管理システム (DREAM) の開発・技術供与
- マルチ微量元素・同位体分析データの提供



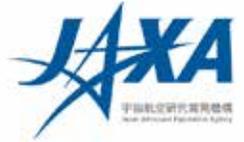
Phase-2 責任者: 伊藤元雄
JAMSTEC 高知コア研
高次の詳細記載データ・キュレーション技術の供与

- 大気非曝露用ユニバーサル試料ホルダーの開発・技術供与
- 大気非曝露環境下におけるリュウグウ試料の詳細な物質科学的データ取得
- 多研究機関連携 (NIPR, UVSOR, JASRI/Spring-8など) による地球外物質リンケージ分析手法の開発と評価

初期・詳細記載、カタログ作成
分配等の技術・研究開発
保管



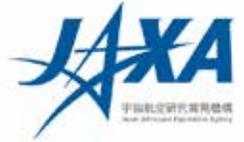
JAXAのサンプルリターン探査・キュレーションの将来



- はやぶさ・はやぶさ2で獲得した優位性のもと、NASA他とのパートナーシップを結び、2020年代のSR探査およびキュレーション活動で世界をリード
- サンプルリターン探査での優位性を死守するため、**火星衛星探査計画MMXを2024年度に打ち上げ**、2020年代中に**火星圏から世界初のSRを成し遂げる**。

火星圏から世界初のSR

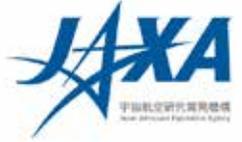




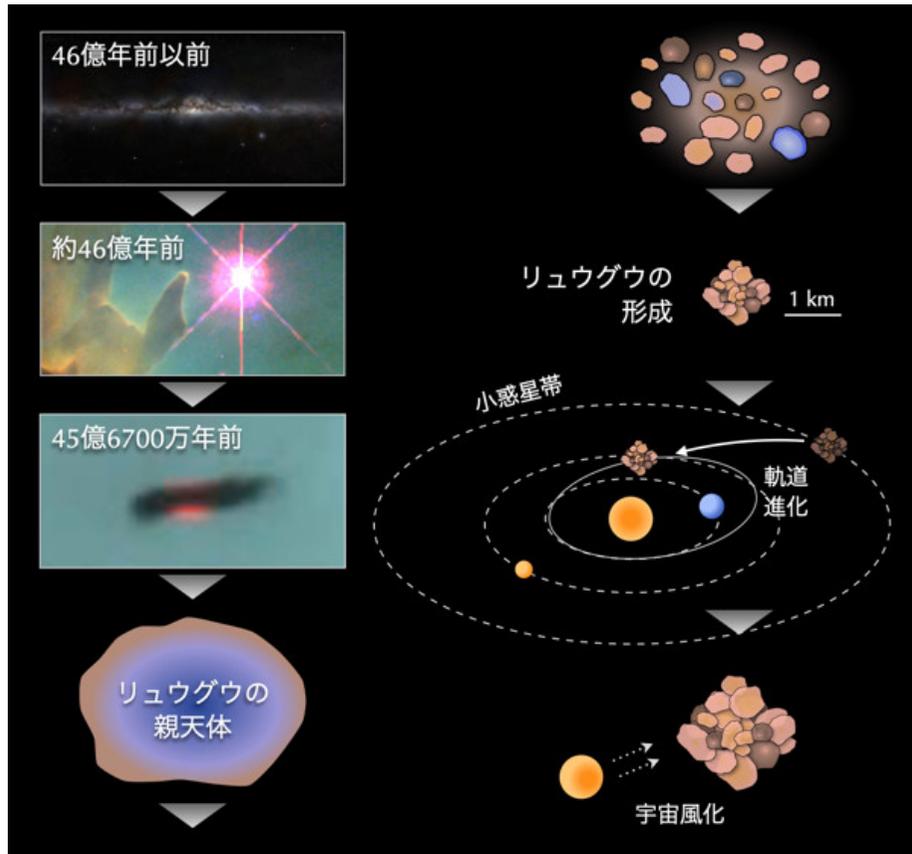
初期分析チームからの報告

橋省吾（東大／JAXA）

坂本尚義（北海道大）・中村智樹（東北大）・野口高明（京都大）・岡崎隆司（九州大）・藪田ひかる（広島大）・奈良岡浩（九州大）

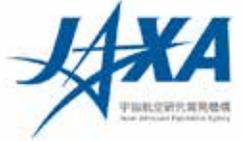


初期分析概要

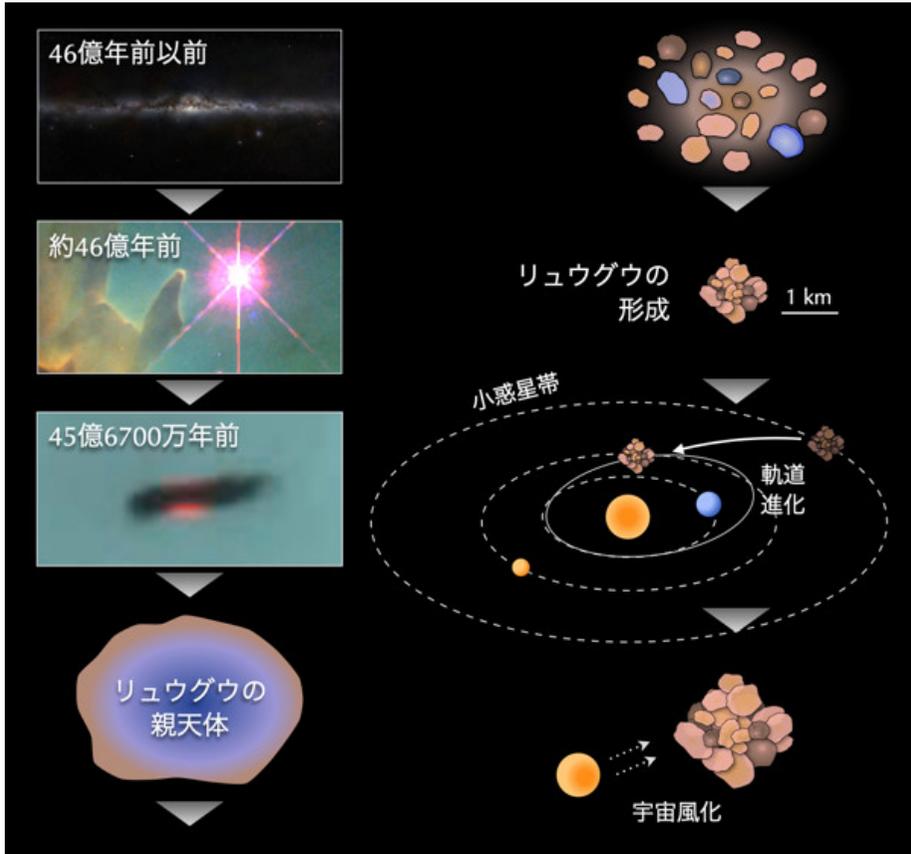


(画像クレジット: 橘省吾)

「はやぶさ2」プロジェクト初期分析チームが一年間分析をおこない、プロジェクトの科学目標である太陽系の起源と進化、地球の海や生命の原材料物質に関する成果をあげることがめざす。



初期分析概要



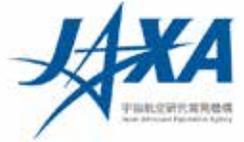
- ・統括 橘 省吾 (東京大学)
- ・化学分析チーム 塚本 尚義 (北海道大学)
- ・石の物質分析チーム 中村 智樹 (東北大学)
- ・砂の物質分析チーム 野口 高明 (京都大学/九州大学)
- ・揮発性成分分析チーム 岡崎 隆司 (九州大学)
- ・固体有機物分析チーム 藪田 ひかる (広島大学)
- ・可溶性有機物分析チーム 奈良岡 浩 (九州大学)

14カ国・109の大学と研究機関・269名

(画像クレジット: 橘省吾)



初期分析チーム紹介



化学分析チーム

「はやぶさ2」が持ち帰ったリュウグウ試料の化学的特徴を明らかにする。そのため平均的な化学組成と元素の同位体組成を分析する。また、試料構成要素の同位体組成変動と形成年代を求める。

これらの結果から、小惑星リュウグウと地球に降り注ぐ隕石の種類との関係を明らかにし、リュウグウの起源と成因を探る。

化学組成分析を行う蛍光X線分析装置(©リガク, ホリバ)



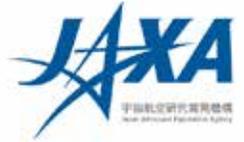
同位体分析・年代分析を行う精密質量分析装置(©東工大)



元素分布・同位体分布を観察する同位体顕微鏡(©北大)



初期分析チーム紹介



石の物質分析チーム

粗粒な回収試料の光の反射スペクトルを取得し、小惑星リュウグウ表面の物質分布を推定する。放射光高エネルギービームを使った非破壊の物質分析を行い、回収試料の3次元の内部構造や元素分布を求める。高分解能電子顕微鏡を用いた微細組織観察を行う。熱伝導率などの物性測定も行う。

すべてのデータを統合し、小惑星リュウグウの形成過程をモデル化する。



World-wide synchrotron network

Team Stone

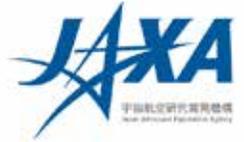
石サイズのリュウグウサンプル解析

物質分析とリュウグウ形成シミュレーション

(画像クレジットは各機関)



初期分析チーム紹介



砂の物質分析チーム

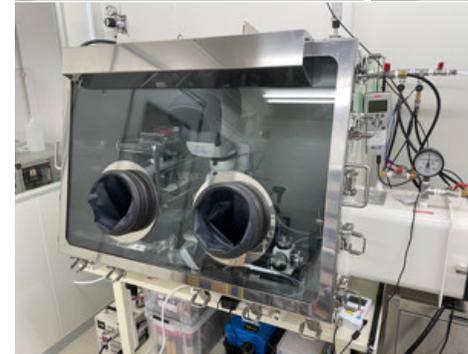
大気のない天体の表面はじかに宇宙空間にさらされている。太陽からは太陽風というプラズマの流れが常に吹き出しており、リュウグウの表面はそれをずっと浴び続けている。また、とても小さな隕石がライフル銃よりもずっと速い速度で衝突してきていたりしている。

砂の物質分析チームでは、そのような厳しい環境にさらされてリュウグウを作っている物質の表面がどのように変化しているかということに特に注目して研究を行う。

試料の加工は九大と京大で行い、自ら試料の透過電子顕微鏡観察を行うと共に、国内外の研究者に試料を配付し、研究を進めていく。



左：最新型のプラズマFIB試料加工観察装置。小惑星試料を観察・分析・加工する。
右：リュウグウの物質がどのような物質からできているかを調べるために用いる走査透過型電子顕微鏡。
両装置共、大気に触れることなく試料を出し入れすることができる。

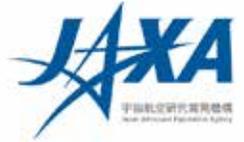


大気に直接試料を触れさせずに取り扱うためのグローブボックス。純化した窒素ガスを満たして使用する。

© 野口(京大/九大)



初期分析チーム紹介



揮発性成分分析チーム

「はやぶさ2」キャッチャコンテナに封入された揮発性物質とリュウグウ固体試料中の揮発性物質の元素組成と同位体組成を分析する。水素、窒素、酸素、希ガスなど様々な揮発性物質を分析して、リュウグウの材料物質の起源や地質学的年代情報を得ることを目標としている。

リュウグウ固体試料は大気非暴露での分析を国内外の研究所で行い、リュウグウの「生」の情報を得ることを目指す。これに加えて、京都大学・複合原子力科学研究所で中性子照射を行う事でイリジウムなどの微量元素分析とAr-Ar年代など、様々な物質科学情報を貴重な試料から同時に取得する計画である。

中性子照射・微量元素分析
(©京大・複合原子力)



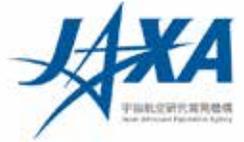
軽元素同位体分析
(©東大・海洋研)



希ガス同位体分析
(©九大・理)



初期分析チーム紹介



固体有機物分析チーム

初期太陽系の歴史における生命材料物質の形成過程を解明するために、さまざまな顕微分光法(赤外、ラマン、放射光軟X線)、電子顕微鏡、同位体顕微鏡を複合して、小惑星リュウグウ試料中の固体有機物の分子・同位体組成と形態およびそれらの分布を明らかにする。

未加工の試料からは固体有機物の化学組成の不均一性を明らかにし、地球外有機物の起源と進化の多様性の理解を目指す。

酸処理により分離・精製される不溶性有機物の分析からは固体有機物の平均組成を明らかにし、小惑星リュウグウがどのような天体であるかを特徴づける。



炭素質隕石の酸処理により分離精製された固体有機物。有機物総量の主要な割合を占める。黒色で複雑な分子構造に、初期太陽系の歴史が記録されている。(撮影: 藪田)

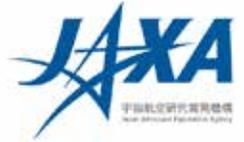


放射光軟X線顕微鏡 (BL19A, Photon Factory, KEK, 茨城県つくば市)

約30ナノメートルの高い空間分解能を持ち、微小領域中の有機物の化学状態を明らかにすることができる。(撮影: 藪田)



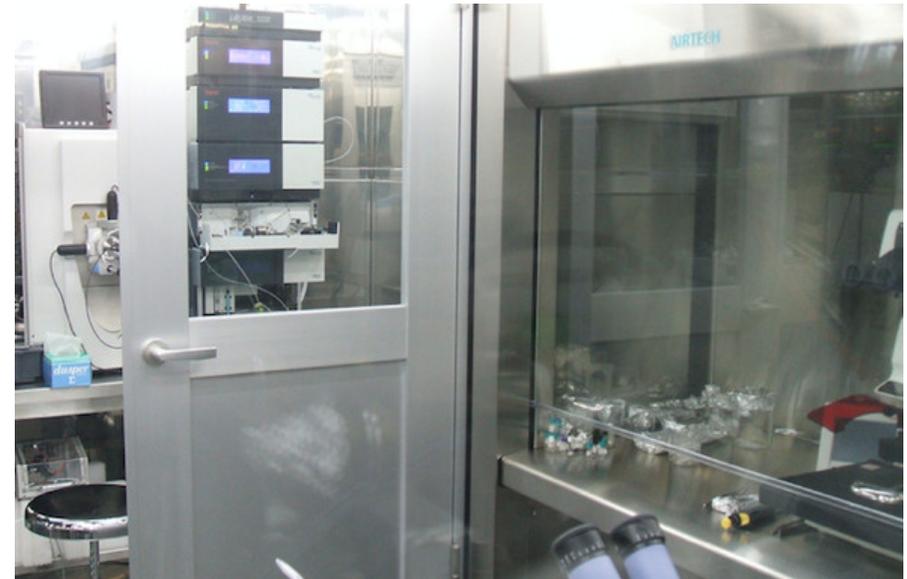
初期分析チーム紹介



可溶性有機物分析チーム

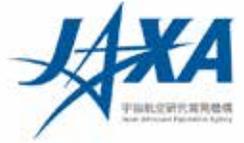
小惑星リュウグウにどのような有機化合物が含まれているかを明らかにする。

試料を種々の溶媒を用いて抽出し、主にクロマトグラフィー質量分析によって有機分子を同定・定量する。主な対象化合物はアミノ酸や含窒素環状化合物などであるが、検出可能な分子を超高分解能質量分析によって網羅的に解析する。また可溶性有機化合物の空間分布や炭素・窒素・イオウなどの存在量・同位体比分析も行う。日本・アメリカ・ドイツ・フランスの国際共同研究チームで実施する。



分析を行う九州大学のクリーンルームと液体クロマトグラフ高分解能質量分析計(上)およびリハーサル分析の様子(下)

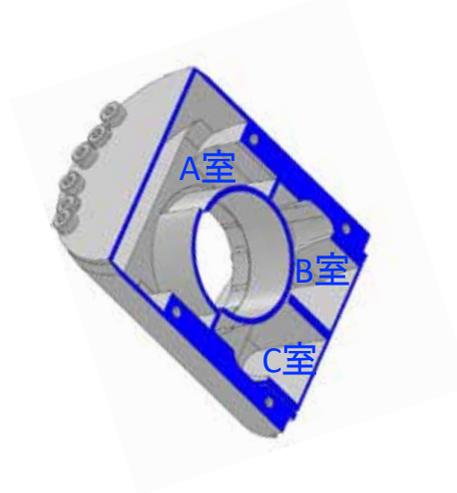
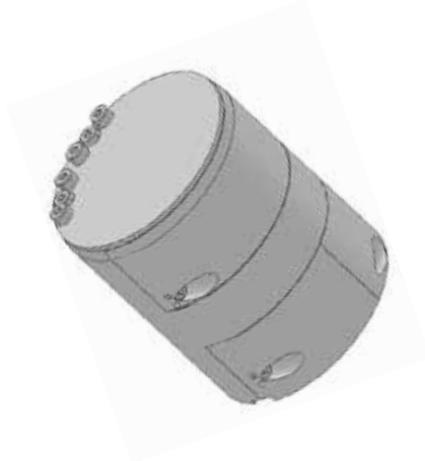
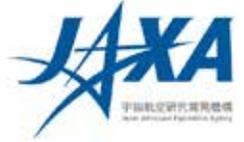
(画像クレジット: 九州大学)



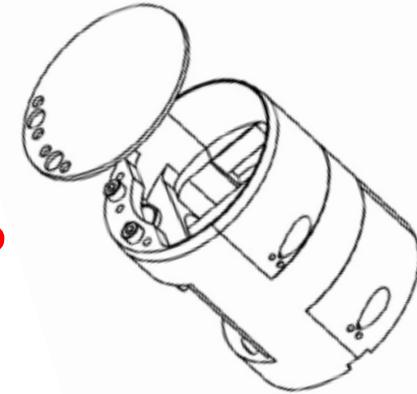
参考資料



キャッチャー開封作業



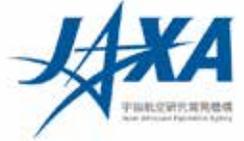
↓
A室上方から
粒子を確認



- サンプルキャッチャーをクリーンチャンバーCC3-2室に移動し、サンプルキャッチャーA室の蓋を真空中で開封。
- A室内に多数の粒子を確認。タッチダウン#1で採取したリュウグウのサンプルと考えられる。
- A室からいくつかのサンプルをピックアップ。そのまま真空中で保管。
- その後、CC3-3室に移動し、CC4-1室(窒素環境下)での開封を行った。



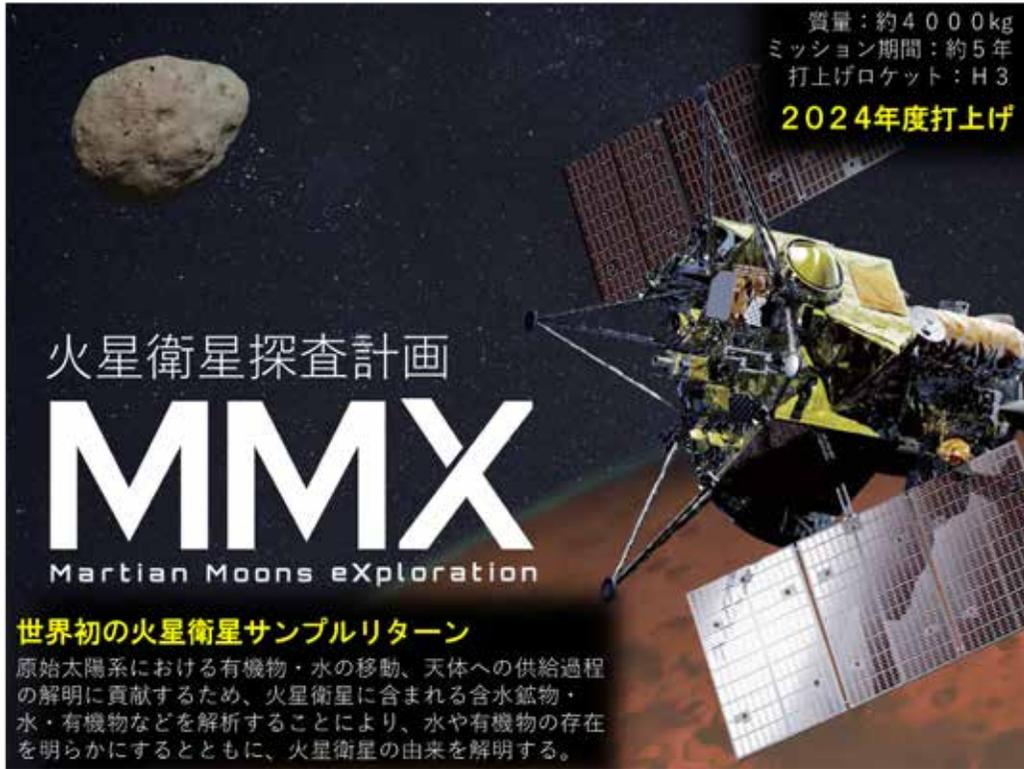
MMX計画 <<https://www.mmx.jaxa.jp/>>



質量：約4000kg
ミッション期間：約5年
打上げロケット：H3
2024年度打上げ

火星衛星探査計画
MMX
Martian Moons eXploration

世界初の火星衛星サンプルリターン
原始太陽系における有機物・水の移動、天体への供給過程の解明に貢献するため、火星衛星に含まれる含水鉱物・水・有機物などを解析することにより、水や有機物の存在を明らかにするとともに、火星衛星の由来を解明する。



はやぶさ2からの発展 生命の起源に迫るMMX
火星衛星探査計画MMXは、はやぶさ、はやぶさ2に続く、JAXAの小天体探査戦略の中核を担うミッションです。火星の衛星フォボスのサンプルを採取し、太陽系の中で水・有機物が、どのようにして惑星に供給され、生命が誕生・居住可能な環境ができたのかを明らかにします。

NASAパーサヴィアランスより早く 火星サンプルを持ち帰るMMX
フォボス表面には、隕石衝突により火星表面から吹き飛ばされたサンプルが、かなりの量、降り積もっていると考えられています。MMXはフォボス自身のサンプルに加えて、火星表層からのサンプルを、NASAの計画よりも早く、2029年度に地球に持ち帰ります。

フォボスは火星への橋頭堡 有人火星探査の先陣を切るMMX
MMXは、有人火星探査では必須となる火星圏への往復を果たします。また、有人火星探査の重要拠点と目されるフォボスの表面地形、地盤情報、表面・周辺環境を世界で初めて詳細に観測して、天然の宇宙ステーションとしての利用可能性を探ります。

