

大型放射光施設 SPring-8 での「はやぶさ2」サンプルカプセル内の粒子の Phase2 キュレーション高知チームによる分析開始について

1. 概要

東海国立大学機構 名古屋大学シンクロトロン光研究センターの櫻井 郁也 特任准教授、岡田 育夫 アドバイザーが参加する Phase2 キュレーション高知チーム（国立研究開発法人海洋研究開発機構超先鋭研究開発部門高知コア研究所の伊藤元雄主任研究員が代表）^{*1}は、6月20日（日）から「大型放射光施設 SPring-8^{*2}」で小惑星リュウグウの粒子分析を開始します。

本分析は SPring-8 長期課題「はやぶさ2 サンプルの X 線 CT を用いた初期分析：技術開発、分析手法評価と分析：代表・土 山明（立命館大学・教授）」の一環で行われます。

2. 背景

我々が住む地球は形成から現在に至るまで、加熱などによる様々な変成・変質を受けることで過去の物質を失っています。一方、小惑星探査機「はやぶさ2」が目指した小惑星リュウグウは、熱による影響が少なかったと考えられており、約 46 億年前に太陽系が形成された頃の有機物や含水鉱物を今も残している可能性があります。この太陽系最初期の物質科学的情報を得ることができれば、46 億年に渡る太陽系形成史、地球の水の起源や地球生命に至るまでの有機物進化過程などの解明が期待されることから、試料の直接採取が待ち望まれていました。

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、小惑星探査機「はやぶさ」による

小惑星イトカワの往復探査と、微量ながらその表層試料の獲得に成功した知見をもとに、より始原的な炭素質小惑星リュウグウへの科学探査を目指して「はやぶさ2」を開発しました。「はやぶさ2」は、2014年12月3日に打ち上げられ、リュウグウに到着して近接分光観測を行うとともに、惑星表面と地下からの2度の試料採取に成功しました。そして、2020年12月6日に試料を封入したカプセルがオーストラリア・南オーストラリア州のウーメラ砂漠に帰還しました。回収された試料カプセルからは、総量5.4グラム程度の黒い砂状粒子が確認されました。JAXA 地球外試料キュレーションセンター(ESCuC)では、1粒子毎の光学観察や重量測定を中心とした粒子の初期記載が行われ、6月17日、JAXA から Phase2 キュレーションの2チーム、初期分析の6チームにサンプルが引き渡されました。海洋研究開発機構を中心とした多機関連携型の Phase2 キュレーション高知チームは、JAXA ESCuC と密接に連携を取りながら、貴重な小惑星リュウグウ試料の分析に挑みます。

3. 詳細

Phase2 キュレーション高知チームは、2015年から JAXA キュレーションチームとともにサンプルリターンで得られた貴重な試料を分析するための機器間共通試料ホルダー、大気非暴露輸送容器の開発と技術の供与等を実施してきました。2017年からは、分野横断・多機関連携による分析技術、機器の整備と高度化を精力的に進めてきました。開発した分析技術や機器を駆使し、「はやぶさ2」試料の分析を JAXA キュレーションと共同で担当します。

6月20日から23日に大型放射光施設 SPring-8 の BL20XU にて、水や有機物を含むと考えられるリュウグウ試料を分析するために新規開発した X 線回折 CT^{※3} (XRD-CT) や位相コントラスト CT^{※4} など放射光 X 線を用いた複数の CT 法を組み合わせた「統合 CT 環境」を用い、リュウグウ試料の3次元形状、内部構造、および鉱物分布などの非破壊解析を実施します。また本年秋口には、同施設において nanoCT 分析法を利用し、リュウグウ試料中の有機物分布の高解像度3次元可視化を予定しています。

得られた3次元内部構造データを元に、各研究機関でリュウグウ試料の持つ鉱物学的、そして有機物の化学的情報を効率的に取り出します。JAMSTEC 高知コア研究所では微細鉱物組織や超高解像度同位体イメージング分析、国立極地研究所では主要元素組成、鉱物組成分析など、分子科学研究所・極端紫外光研究施設で有機物の分子構造解析、そして東京都立大学で元素組成分析などを連携して行う予定です。

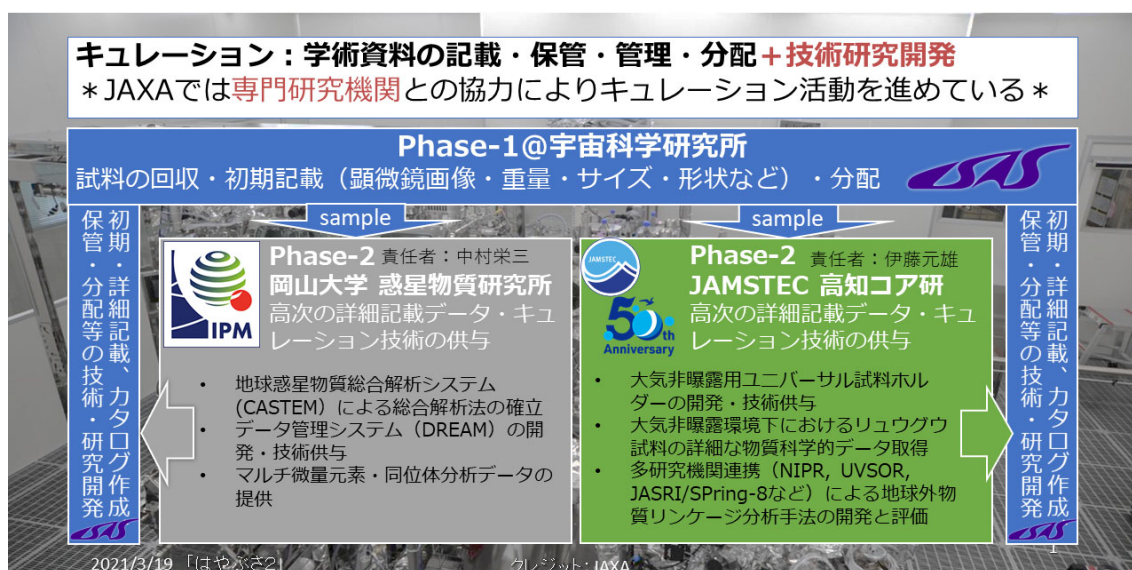
これら分析データを統合することにより、岩石・鉱物と水や有機物が共存する小惑星リュウグウ上での有機物の化学進化、既知の始原的隕石との関連性、地球の水の起源など、宇宙科学における諸問題を紐解くことが期待できます。

(用語解説)

※1 Phase2 キュレーション

JAXA 宇宙科学研究所の地球外試料キュレーションセンター (ESCuC) は、「はやぶさ」を

はじめとするサンプルリターンミッションによる地球外惑星からの帰還試料の受入れとその管理を主な目的として設立されました。「はやぶさ2」では、ESCuC と JAXA キュレーション専門委員会が選定した連携拠点機関（JAMSTEC 高知コア研究所を中心とした多研究機関、岡山大学惑星物質研究所）が Phase2 キュレーションを行うための協力体制を作っています。Phase2 キュレーションでは、ESCuC と協働でキュレーション活動に資する大気非曝露環境下での試料配分容器、輸送・搬送機器や分析技術などを開発しています。また、それぞれの機関が開発した高度分析技術により「はやぶさ2」試料の詳細な物質科学的記載を進め、小惑星リュウグウから得られる科学成果を最大化することも目的としています。



(参考) キュレーション体制図

※2 大型放射光施設 SPring-8

兵庫県の播磨科学公園都市にある世界最高性能の放射光を生み出す理化学研究所の施設で、その利用者支援等は高輝度光科学研究センターが行っています。SPring-8 の名前は Super Photon ring-8GeV に由来します。SPring-8 による電子の加速エネルギー (8GeV : 80 億電子ボルト) の場合、遠赤外から可視光線、真空紫外、軟 X 線を経て硬 X 線に至る幅広い波長域で放射光を得ることができ、国内外の研究者の共同利用施設として、物質科学・地球科学・生命科学・環境科学・産業利用など幅広い分野で利用されています。

※3 X線回折 CT (XRD-CT)

CTはComputed Tomographyの略で、被写体の多方向からの投影像から3次元情報を数値演算で再構成する手法です。従来のCTでは、試料内に含まれる複数の異なる鉱物を同定する事は難しく、DET法と呼ばれる元素ごとにエネルギーの吸収が異なる特性を利用し、限定的な鉱物の同定法を「はやぶさ」試料の分析に使用していました。「はやぶさ2」試料分析では、X線回折法(X-Ray Diffraction: XRD)とCTとを組みあわせ、試料中の構成鉱物が

未知であったとしても、多くの鉱物種とそれらの空間位置を高い解像度で同定する放射光 XRD-CT 分析法を利用します。例えば、試料中の水を含む鉱物と含まない鉱物の空間的な位置を厳密に区別することができます。

※4 位相コントラスト CT

有機物や水、気体など、岩石鉱物と比べて非常に X 線の吸収が弱い物質が岩石物質に含まれていると、コントラストがとても弱いためにそれらを区別することができません。位相コントラスト CT は X 線の吸収の低い物質の CT 画像中のコントラストを、最大 1,000 倍程度まで高めることができる手法です。この手法を使えば、岩石物質中の水、有機物、空気を区別し、試料中のどこに存在するかを調べる事ができます。