

## 宇宙地球フロンティア実地研修 報告書

## Report for Onsite Training in Earth-Space Frontier Science

氏名/Name	古川聡一郎/Soichiro Furukawaa
所属部局/ Affiliation	理学系研究科 化学専攻 Department of Science, Graduate School of Chemistry
研究機関・企業名 /Hosting Institution	1. Institut d' Astrophysique Spatiale (IAS), Université Paris-Saclay, CNRS, 91400 Orsay, France 2. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻・佐々木晶研究室、JAXA 宇宙科学研究所 3. National Institute of Polar Research (NIPR) (国立極地研究所)
期間/Period	1. 10/25/2022 ~ 11/1/2022 2. 8/20/2024, 9/2/2024 ~ 9/6/2024 3. 12/7/2022 ~ 12/14/2022

## 1. 近赤外ハイパースペクトル顕微鏡 MicrOmega を用いた地球外物質の非破壊分析と国際共同研究の展開

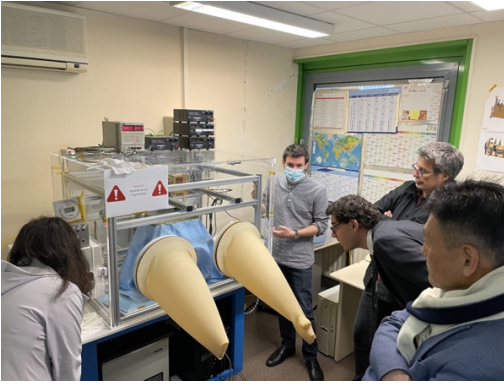
私は、2022年10月25日から11月1日までの8日間、フランスのIAS (Institut d'Astrophysique Spatiale) にて、JAXA 宇宙科学研究所 (ISAS) のキュレーション施設に設置されている地球外物質分析装置の一つ、近赤外ハイパースペクトル顕微鏡「MicrOmega」に関する研修を受ける機会を得た。

MicrOmega はIASによって開発された装置であり、 $22.5 \mu\text{m}$ /ピクセルの空間分解能と  $5 \times 5 \text{ mm}^2$  の視野 (FOV) を備えている。主に、小惑星リュウグウなどから回収された帰還試料の非破壊・非汚染測定に用いられている。MicrOmega の観測波長域は近赤外域であり、この特性により、鉱物中の水や水酸基を含む鉱物 (含水鉱物・水酸化鉱物)、有機物、その他の微細成分の検出が可能である。そのため、地球外物質の高精度かつ非破壊な分析において重要な役割を担っている。

研修期間中は、IAS の研究者から MicrOmega の構造、原理、特徴、そして実際の使用方法について直接指導を受けた。特に、観測波長域が近赤外であるという点が、上記のような物質の検出に有効であるという特徴を深く学んだ。

また、MicrOmega の特性を活かした研究を行っていたIASの学生の研究 (すでに論文化済み [Le Pivert-Jolivet, T. et al. Space weathering record and pristine state of Ryugu samples from MicrOmega spectral analysis. Nat Astron (2023) doi:10.1038/s41550-023-02092-9]) を参考にしながら、今後の自らの研究テーマの検討も行った。その結果、IASの研究者らと議論を重ねて新たな研究テーマを創出し、現在は同研究者らを共著者に迎えて研究を継続している。すでに本研究は論文化まで進んでおり、先日アクセプトされた。加えて、以下の国際学会においても成果を発表した[Furukawa, S. et al. (2025). *Evidence of space weathering by short-duration solar UV-ray exposure in Ryugu samples measured by MicrOmega*. Lunar and Planetary Science Conference (LPSC) 2025, #1902, The Woodlands, TX.]。

このように、本研修は国際共同研究の出発点となり、非常に貴重な経験となった。なお、IAS訪問時の様子 (MicrOmega がグローブボックス内に設置されている写真など) は、ISAS公式ウェブサイトに掲載されている ([https://www.isas.jaxa.jp/gallery/feature/isas/isas\\_20221107.html](https://www.isas.jaxa.jp/gallery/feature/isas/isas_20221107.html)) 。



## 2. 大気非暴露での隕石試料に対する太陽紫外線照射模擬実験

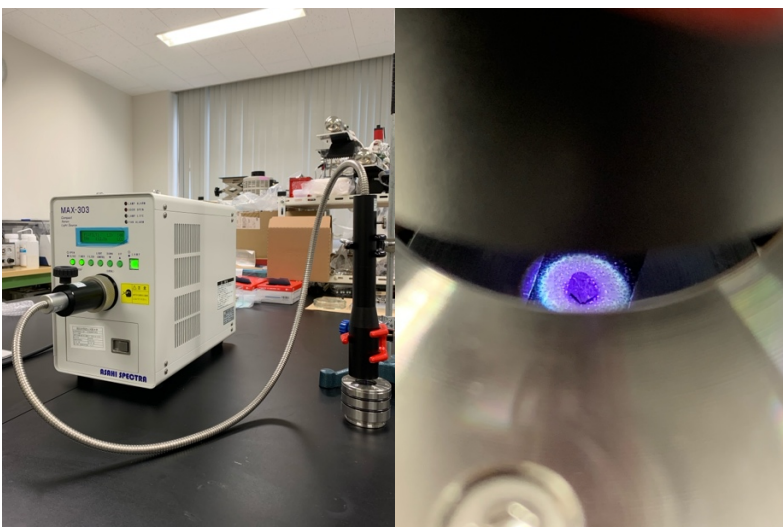
私は、2024年8月20日に大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻・佐々木晶研究室を訪問し、鉱物・岩石・隕石試料に対する太陽紫外線照射模擬実験の見学を行うとともに、新たな実験計画について同大学の研究者らと議論を行った。太陽紫外線照射は、大気を持たない天体表面が宇宙空間にさらされることによって引き起こされる宇宙風化の一種と考えられており、地上での模擬実験によってその効果を検証することは、惑星物質の進化的理解にとって重要である。

この議論を通じて、試料の取り扱いや分光分析において大気非暴露条件を維持することの重要性が再確認され、JAXA宇宙科学研究所（ISAS）のクリーンルーム設備を活用し、照射前後の分光分析を含むすべての工程を非汚染かつ非暴露状態で実施する実験計画を策定した。

本計画に基づき、大阪大学の研究者に加え、分光分析や宇宙風化に精通したブラウン大学の廣井先生および国立極地研究所の海田先生らを共同研究者として迎え、2024年9月2日～9月6日の5日間にわたりISASにて共同実験を実施した。実験では、隕石試料を対象に太陽紫外線照射の模擬実験を行い、照射前後の分光特性の変化を赤外分光分析（FTIR）によって精密に観測した。

得られた結果は現在論文化が進められており、既に学術誌にアクセプトされている。また、本成果は国際学会でも発表されている [Furukawa, S. et al. (2025). Evidence of space weathering by short-duration solar UV-ray exposure in Ryugu samples measured by MicrOmega. Lunar and Planetary Science Conference (LPSC) 2025, #1902, The Woodlands, TX.]。

実験の様子を下図に示す。左図は照射時の様子で、左側に光源、右側にランプと試料が入った密閉容器が配置されている。右図は、試料に紫外線が照射されている様子を示している。



## 3. 国立極地研究所における南極隕石の赤外分光分析と分類調査

私は、2022年12月7日、9日、14日の3日間にわたり、東京都立川市にある国立極地研究所を訪れ、南極隕石試料に対する赤外分光分析を実施した。隕石は母天体の組成や熱変成の履歴に基づいて多様な分類がなされており、本調査では200点を超える試料を対象に、それぞれの反射スペクトルを取得・比較することで、隕石種別ごとの分光特性の違いを体系的に整理することを目的とした。

得られた分光データをもとに、組成や変成度の違いがスペクトルに与える影響を詳細に解析し、惑星物質の分光リモートセンシングにおける基礎データとして重要な知見を得た。本成果は、すでに国際学会にて発表を行っており [Furukawa, S. et al. (2025). Investigation of Mid-IR spectral features reflecting metamorphic degree, 86th Annual Meeting of the Meteoritical Society 2024, #6250, The Palace of the Academies, Brussels, Belgium]、現在はさらなる測定や科学的検討を加えながら、論文文化に向けて準備を進めている。

本調査は、国立極地研究所の山口亮准教授、今栄直也助教、JAXA 宇宙科学研究所 (ISAS) の小嶋智子研究員、指導教員である岡田准教授、ならびに岡田研究室所属の李氏らと連携して実施した。以下に、(左) 国立極地研究所における隕石試料の写真、(中央) 実体顕微鏡で撮影した隕石画像、(右) 使用した FTIR 装置の外観写真を示す。

