

提 案 者 鈴木祐太（同志社大学）
テ ー マ 名 レゴリスシミュラント系融体の熱物性計測

○研究の背景

将来的な月面上での有人宇宙活動を実現するために、月面上での“その場資源利用（ISRU: in-situ Resource Utilization）”技術として、月レゴリス融体からの電解による金属・酸素の抽出プロセスが注目を集めている。提案者らは、レゴリスシミュラントおよびハロゲン化物塩（ CaF_2 等）の混合融体が月レゴリスの電解に適した融体系であることを発見・実証（ラボスケール）し、月レゴリスからの Si、Al、Fe、Ti および O_2 等の資源調達プロセスを提唱している（図 1）。本成果の一部は、JAXA 宇宙探査イノベーションハブにおける共同研究（FY2023～FY2024）によるものである。同研究により、レゴリスシミュラント融体は、単体では粘度が高く融体中イオンの拡散を駆動するのに極めて大きな電圧を必要とし、また電極上に粘着するという問題点が見つかった。一方で、 CaF_2 を混合することで、粘度が低下してこの問題が解消されることも発見した（図 2）。この CaF_2 も月面上にフッ素燐灰石の形で存在するその場利用可能な資源である。本混合融体系は提案者らが実証・提唱している独自の反応系であり、今後我が国独自の月面 ISRU 技術として発展する可能性を秘めている。しかしながら、現時点では同融体系の熱物性値は不明であり、電極界面現象との関係性を定量的に議論できない。非接触で浮遊させて非真空下で対流の影響を受けない ISS での宇宙実験が、複合金属酸化物で非導電性であるレゴリスシミュラント系融体の精確な熱物性値の計測を実現可能とする。

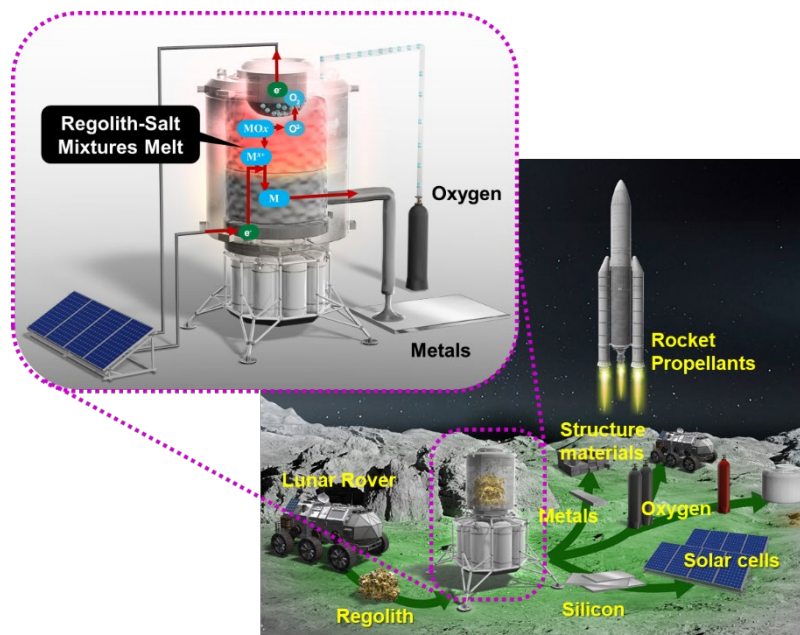


図 1. レゴリス-ハロゲン化物塩融体の電解プロセスを利用した月面 ISRU

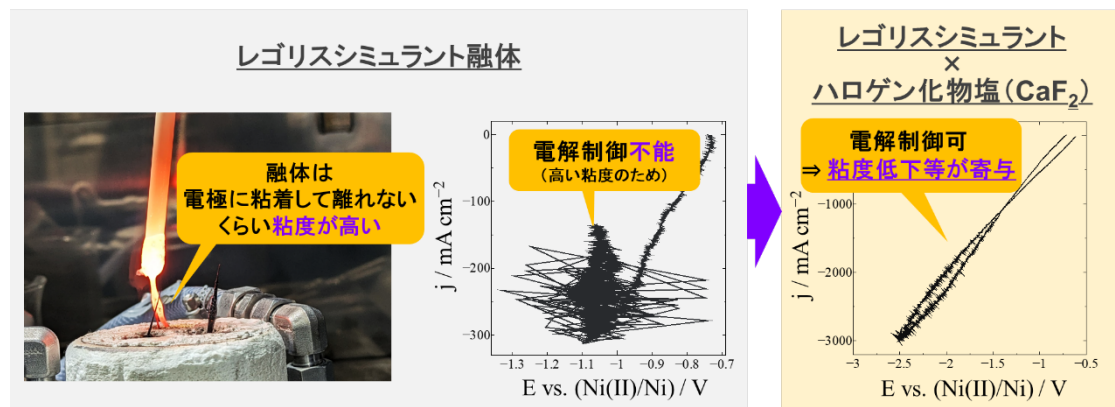


図 2. レゴリスシミュラント-CaF₂ 混合融体系での地上での電気化学実験

○研究の目的

本研究では、レゴリスシミュラント-ハロゲン化物塩 (CaF₂) 混合融体系を対象に、「きぼう」の静電浮遊炉 (ELF) にて熱物性計測および地上での電解実験を行う。レゴリスシミュラント系融体の熱物性値、特に粘性、表面張力、密度の温度依存性および組成依存性から、電解に適した浴温と融体組成を予測可能とし、さらに熱物性値と電極界面現象との関係性を明らかにする。地上の電解実験結果と組み合わせて ISRU 電解技術に資する物理化学的知見を得ることを目的とする。

○研究の意義

本研究でレゴリスシミュラント系融体の粘性、表面張力、密度を得ることで、レゴリス融体からの金属や酸素の電気化学的な生成速度の予測・制御が可能となり、月面での ISRU 電解デバイスを設計する上で重要な知見を得ることができる。マクロな熱物性値と、ミクロな電極界面現象との関係性は、高温材料科学分野において新たな知見をもたらし、新たな ISRU 技術にも繋がる。また、提案者らが ISRU 電解に適していることを発見したレゴリスシミュラント-ハロゲン化物塩の混合融体系の基礎熱物性を計測すること自体に高い独自性がある。さらに、ELF で取得した熱物性値と地上電解実験の結果との関係性を“その場資源利用研究”とリンクさせた形で成果公表をすることで、ELF 取得データの工学的利用価値を拡張する。「ELF 熱物性計測」×「電解プロセス」を組み合わせた本研究は、学術領域横断的な研究であり、ELF の利用分野を新たに開拓する。