

同位体顕微鏡による生命の原材料物質の探索

坂本直哉
北海道大学 創成研究機構

2020年11月、「同位体顕微鏡の自動化・クライオ化」と題し、第2回R026研究会で発表する機会を頂いた。同位体顕微鏡は、固体表面の同位元素分布を3次的に可視化するために、投影型二次イオン質量分析計と二次元イオン検出器を組み合わせた装置である。翌12月、宇宙探査機「はやぶさ2」が、地球に小惑星リュウグウのかけらを持ち帰った。本発表では、自動化・クライオ化の進捗状況と、同位体顕微鏡によるリュウグウ試料の分析結果について報告する。

クライオ化は、2021年3月までに、凍結した試料表面に導電膜を塗布する高真空コーティング装置(Leica EM ACE600)、真空クライオトランスファーシステム(Leica EM VCT500)、ローディングステーション(Leica EM VCM)、及びウルトラマイクロームの凍結切片作製システム(Leica EM FC7)が導入され、クライオ同位体顕微鏡による分析を日常的に行うために必要なクライオ試料前処理環境が整った。同年12月、第19回ABiS電子顕微鏡トレーニングVCT-Linkワークショップ「凍結試料の調製から同位体顕微鏡による観察へ」を開催し、デモンストレーションの一環として、クライオ前処理装置群で作製した凍結肝臓ブロック試料について、クライオ同位体顕微鏡による水動態の観察を行った。また、2021年採択の特別推進研究「超高温実験による地球コアの軽元素組成の解明」において、極低温下では物質中の元素の動きを制限できるため、クライオ同位体顕微鏡による超高温超高温実験試料の分析が目玉となっている。さらに、2021年より最長10年間サポートされるJST創発的研究支援事業「クライオ同位体顕微鏡による太陽系水進化の解明」が採択され、隕石や宇宙探査機を持ち帰る地球外物質中の水の同位体組成を決定するために必要な装置群と分析手法の開発に着手した。

2021年11月から12月にかけて、同位体顕微鏡で小惑星リュウグウ試料を分析した。岩石などの絶縁物は、分析時にイオンビームで導電膜を剥がすため、分析領域を重ねることができない。一次イオン光学系は、ラスターストリークでは表面電場の乱れにより二次イオン像の空間分解能が悪化するため、アパチャ形状を投影するコーラー照明が望ましいが、従来の丸形アパチャでは、モザイクイメージを取得する場合に無駄な部分が多くなる。そのため、レーザー加工で四角い形状のアパチャを作成し、コーラー照明を用いた場合でもデッドスペースを最小限とした。自動化した同位体顕微鏡を用いて、リュウグウ試料から生命の原材料物質を探索した所、¹³Cや¹⁵Nに富む特異的な炭素質物質を発見した。この発見は、自動計測でなければ成し得なかったものであり、今後のデータ解析技術の進展により、さらなる知見が得られるものと期待される。