

J-PARC(MUSE) ミュオンビームを用いた軽元素の深度プロファイル分析 ?地球惑星 試料分析の実用化に向けて?

Depth profile analysis of light elements using J-PARC MUSE

寺田 健太郎^{1*}, 大澤崇人², 橋 省吾³, 上相 真之⁴, 二宮和彦², 三宅康博⁵, 久保謙哉⁶, 河村成肇⁵, 髭本亘², 土山 明⁷, 海老原 充⁸

TERADA, Kentaro^{1*}, Takahito Osawa², TACHIBANA, Shogo³, UESUGI, Masayuki⁴, Kazuhiko Ninomiya², Yasuhiro Miyake⁵, Kenya Kubo⁶, Naritoshi Kawamura⁵, Wataru Higemoto², TSUCHIYAMA, Akira⁷, EBIHARA, Mitsuru⁸

¹ 大阪大学, ² 日本原子力研究開発機構, ³ 東京大学, ⁴ 宇宙航空研究開発機構, ⁵ 高エネルギー加速器研究機構, ⁶ 国際基督教大学, ⁷ 京都大学, ⁸ 首都大学東京

¹Osaka University, ²Japan Atomic Energy Agency, ³University of Tokyo, ⁴Japan Aerospace Exploration Agency, ⁵High Energy Accelerator Research Organization, ⁶International Christian University, ⁷Kyoto University, ⁸Tokyo Metropolitan University

負ミュオン (μ^- 粒子) は、電荷-1、質量が電子の約 200 倍の不安定素粒子である。近年、大強度陽子加速器施設 J-PARC MUSE(MUon Science Establishment) では、世界最高強度の Pulsed Muon Beam を生成する事に成功し、様々な分野への応用が期待されている (Miyake et al. 2009 ほか)。

ミュオンビーム分析の最大の特徴は、測定試料内で μ^- 粒子が重い電子として振る舞う事である。そのため、 μ^- 粒子は電子よりも原子核に近い軌道を周回し、結果として、EPMA のような電子プローブ分析に比べ、約 200 倍のエネルギーをもつ特性 X 線を発生する (例えば、 μ^- -C K 線=75keV、 μ^- -N K 線=102keV、 μ^- -O K 線=133keV)。このような高いエネルギーの X 線は、厚み数 mm のケイ酸塩の透過が可能であり、さらには cm オーダーの物質内部の化学組成の情報を得るポテンシャルを有する。

本研究では、J-PARC MLF 施設の負ミュオンビームを SiO₂, C(グラファイト), BN(窒化ボロン)、SiO₂ の 4 層 (各 1mm、計 4mm) からなる試料に照射した結果について報告する。 μ^- 粒子の運動量を 37.5MeV/c から 57.5MeV/c まで段階的に変化させ、発生する X 線を 2 台の Ge 半導体検出器でモニターしたところ、SiO₂ 越しに、B, C, N, O の有意なシグナルを随時検出することに成功した。従来の電子プローブ分析では、試料の自己吸収や検出器の入射窓による遮蔽効果により、Na よりも軽い元素の定性分析は困難とされてきたが、本結果は、軽元素の非破壊 3 次元定量分析への可能性を示すものである。今後、堆積岩中の有機物を含む層の位置の特定や、はやぶさ 2 が目指す C 型小惑星からのリターンサンプルの非破壊分析 (真空容器に封入したままでの測定、リターン試料内部の軽元素分布解析) への実用化が期待される。

キーワード: ミュオン, J-PARC, 特性 X 線, 非破壊分析, 深度プロファイル分析

Keywords: Muon, J-PARC, Characteristic X-ray, Non-destructive measurement, depth profile analysis