

レーザー光脱離法を活用した環境試料中 ^{90}Sr の加速器質量分析 Accelerator mass spectrometry of ^{90}Sr in environmental samples utilizing laser photo-detachment

日本原子力研究開発機構¹, ウィーン大学², 筑波大学³ ○本多 真紀^{1,2}, Martin MARTSCHINI², Oscar MARCHHART², Peter STEIER², Robin GOLSER², 坂口 綾³

Japan Atomic Energy Agency¹, University of Vienna², University of Tsukuba³ ○Maki HONDA^{1,2},
Martin MARTSCHINI², Oscar MARCHHART², Peter STEIER², Robin GOLSER², Aya SAKAGUCHI³

E-mail: honda.maki@jaea.go.jp

ストロンチウム 90 (^{90}Sr) は体内に入ると骨や歯に集積し、健康障害をもたらす可能性がある。そのため、環境中に存在する ^{90}Sr の分布とその経時変化 (生物や植物への ^{90}Sr 濃縮) を知ることは、 ^{90}Sr による住民の内部被ばく線量評価において重要であり、このために多数の環境試料を効率よく分析する必要がある。 ^{90}Sr は 28.9 年の物理半減期で β^- 線のみを放出して ^{90}Y に壊変する。従来の β^- 線検出法の検出限界は数 mBq であり、 ^{90}Sr 濃度が低い一般的な環境試料を分析する場合は大量の試料 (淡水や海水 50–170L、生物や植物等 数 kg) が必要である [1]。また、大量の環境試料から Ra 同位体や ^{137}Cs 等の β^- 線放出核種を分離するための、煩雑で時間を要する化学分離の過程がある。本研究では試料量と分析手法におけるこれらの課題を解決するため、加速器質量分析 (AMS) による ^{90}Sr の高感度分析を試みた。 ^{90}Sr の場合、Sr の電子親和力は Zr (同重体 ^{90}Zr) より小さいので、化学分離と AMS における ^{90}Zr 除去に主眼を置いて分析手法を開発した。

測定はウィーン大学 VERA の 3 MV AMS 装置を利用した。Cs スパッタによってターゲット (SrF_2 と PbF_2 を重量比 1:8 で混合) から SrFn^- や ZrFn^- ($n \geq 1$) 等の様々な分子イオンを引き出し、 90° 偏向電磁石で m/q が 147 の分子イオン ($^{90}\text{SrF}_3^-$ と $^{90}\text{ZrF}_3^-$) を選択的に通過させた。このイオンビーム (200–300 nA) を ~ 30 eV まで減速した後同重体分離システム "Ion cooler" に入射した。Ion cooler は四重極を内蔵し、12W レーザー (2.33 eV) による光脱離と混合ガス (酸素+He) によって $^{90}\text{ZrF}_3^-$ を抑制する。この同重体分離システムで Zr は Sr より $>10^7$ (電流値比) 抑制され、AMS 全体の Zr 抑制は $>10^{12}$ (イオン源 $>10^5$) を達成した。また、Sr の全体の透過効率は 0.4% であった。開発したシンプルな化学分離手法：酸溶出→クラウンエーテルと陰イオン交換による 2 段階のクロマトグラフィー→ SrF_2 沈殿作製 (沈殿作製まで 2 日) で ^{90}Sr 濃度が既知の環境標準物質 (土壌、牛骨、魚肉) を化学処理し、測定した結果、 ^{90}Sr 濃度に関して AMS の測定値と公称値が誤差の範囲内で一致した。更に、Sr 担体 1 mg を環境試料と同様の化学処理をした後に測定した結果から、開発した AMS 法による ^{90}Sr の検出限界は、 β^- 線検出法の一般的な検出限界の 1/10 (< 0.1 mBq、 $^{90}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 2.5 \times 10^{-15}$) を達成した [2]。AMS による ^{90}Sr の高感度分析が可能になったことで、試料量が限定的なサンゴや小型魚類の 1 個体 (さらには 1 個体の部位別) の詳細な ^{90}Sr の分布とその経時変化 (濃縮) を調査するといった研究につながる事が期待される。

[1] ISO 13160 (2001), [2] M. Honda et al., *Anal. Methods*, **14**, 2732-2738 (2022).