加速器質量分析法によるストロンチウム 90 の迅速定量法の開発

Development of the fast determination method for Strontium-90 by accelerator mass spectrometry

*笹 公和 [1]，細谷青児 [1]，本多真紀 [1]，高橋 努 [1]，佐藤志彦 [2]，高野健太 [1]，落合悠太 [1]，末木啓介 [1]
[1] 筑波大学，[2]JAEA

筑波大学 6 MV タンデム加速器質量分析装置を用いてストロンチウム 90 (^{90}Sr: 半減期 28.79 年)の迅速定量法の開発を進めている。現在、^{90}Sr-加速器質量分析(AMS)の検出限界として、^{90}Sr 同位体比で 10^{-13} 台を得ている。本発表では、^{90}Sr-AMS での定量的な分析性能の現状と他の ^{90}Sr 分析法との比較について報告する。

キーワード：加速器質量分析法，ストロンチウム 90，6 MV タンデム加速器

1. 緒言

^{90}Sr は、ウランやプルトニウムなどの核分裂生成物であり、原子力発電所での事故や 1950 年代に実施された大気圏内核実験により、環境中に供給された放射性核種である。しかし、純 β 線放出核種である ^{90}Sr の分析には複雑な化学操作と時間が掛かるため、迅速な定量手法の開発が求められている。本研究では、^{90}Sr を加速することで、物質（検出器内のガス）でのエネルギー損失差を利用して妨害となる同重体（同重分子や ^{90}Zr など）を分離識別して、直接的に検出する手法を開発した。

2. 実験方法

2-1. 6 MV タンデム加速器質量分析装置

筑波大学 6 MV タンデム加速器質量分析装置[1]は、2 台の Cs スパッタ型負イオン源とペレトロン型タンデム加速器(National Electrostatics Corp., USA 製, 18SDH-2)及び 5 枚電極型 ΔE-E ガス電離箱を備えた極微量核種検出ラインで構成されている。2016 年 3 月に稼働を開始してから、長寿命放射性核種の ^{10}Be, ^{14}C, ^{26}Al, ^{36}Cl, ^{41}Ca, ^{129}I について、同位体比 10^{-10} から 10^{-16} レベルの高感度 AMS が実施可能となっている。

2-2. Sr 分析用試料

Sr は電子親和力が低いために負イオンを形成し難い。そのため、フッ化ストロンチウム(SrF_2)から、負分子イオン SrF_3^-を引き出した。なお、Cs^+ビームのスパッタリングによるチャージアップを防ぐために、導電性の PbF_2 粉末を重量比 $SrF_2 : PbF_2 = 1 : 4$ で混合した。$^{88}SrF_3^-$のビーム電流として、最大で約 400 nA を得ている。相対比較検定のための標準試料は、IAEA の Proficiency Test 試料[2]を希釈したものを用いた。

2-3. AMS 測定

^{90}Sr の AMS 測定では、加速電圧 6 MV により $^{90}Sr^{8+}$を 51.8 MeV まで加速した。測定系では、5 枚電極型 ΔE-E ガス電離箱についてガス圧力等の最適測定条件を調べて、同重体の ^{90}Zr との分離識別を試みた。

3. 結論

国内初となる ^{90}Sr の AMS による直接検出に成功した。^{90}S の検出限界として $^{90}Sr/Sr \sim 5.5 \times 10^{-13}$ (~ 3 mBq) を達成した。また 30 分程度の計測時間で、測定精度~ 3% ($^{90}Sr/Sr \sim 10^{-10}$)を得た。AMS による ^{90}Sr の測定性能として世界最高感度であり、従来の β 線計測による ^{90}Sr 定量方法と同等の検出限界を得ることができた。

参考文献

[1] K. Sasa et al., *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* B, 361 (2015) 124-128.

[2] IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 29, 2013.

*Kimikazu Sasa[1], Seiji Hosoya[1], Maki Honda[1], Tsutomu Takahashi[1], Yukihiko Satou[2], Kenta Takano[1], Yuta Ochiai[1], Keisuke Sueki[1]

[1] Univ. of Tsukuba, [2] JAEA