

難測定核種の加速器質量分析による高感度検出手法の開発

Development of the Ultrasensitive Detection Method for Hard-to-measure Nuclides by means of Accelerator Mass Spectrometry

筑波大数物¹, °笹 公和¹

Univ. Tsukuba¹, °Kimikazu Sasa¹

E-mail: ksasa@tac.tsukuba.ac.jp

加速器質量分析 (Accelerator Mass Spectrometry : AMS) は、自然界に存在する極微量の放射性核種検出法として、その利用が急速に進展している分析手法である。通常の質量分析法では妨害となる同重体の影響により検出が困難となる、フェムト同位体レベル(10^{-15})までの難測定核種の検出を得意としている。AMS の測定対象核種は、 ^{14}C (半減期 $T_{1/2} = 5,730$ yr) が最もよく知られているが、その他にも ^{10}Be (1.36×10^6 yr), ^{26}Al (7.17×10^5 yr), ^{36}Cl (3.01×10^5 yr), ^{41}Ca (1.03×10^5 yr), ^{129}I (1.57×10^7 yr) などが一般的な測定対象核種となっている。

AMS では装置の小型化が進展しており、現在は 500 kV 程度のタンデム加速器や 200 KV 台のシングルステージ型加速器により ^{14}C を検出する小型 AMS 装置が普及している。一方で、5 MV 以上のタンデム加速器を用いた多核種測定用 AMS 装置の開発も進展している。2012 年以降には、最新鋭の 6 MV の加速電圧を有する加速器質量分析装置が開発され、現在、世界では 5 台が稼働している。筑波大学では、2016 年より 6 MV タンデム加速器質量分析装置^[1]が稼働しており、一般的な AMS による全測定対象核種の高感度検出が可能となっている。

筑波大学 6 MV タンデム加速器質量分析装置では、難測定核種である ^{41}Ca の高感度検出に国内で初めて成功している。 ^{41}Ca -AMS では、 CaF_2 試料から負分子イオンの $^{41}\text{CaF}_3^-$ を引き出しており、ビーム電流値として 500 nA を得ている。加速電圧 6 MV により、 $^{41}\text{Ca}^{5+}$ を 32.5 MeV まで加速して、5 枚電極型ガス電離箱で検出している。 ^{41}Ca の検出下限として $^{41}\text{Ca}/\text{Ca} \sim 3 \times 10^{-15}$ を得ており、測定精度は同位体比 9.76×10^{-12} の標準試料に対して約 3% となっている。 ^{41}Ca は隕石などの宇宙線照射年代測定などに利用されている。また開発中の ^{90}Sr の AMS では、加速電圧 6 MV により $^{90}\text{Sr}^{8+}$ を 51.8 MeV まで加速して試験測定を実施している。 ^{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。現在、 ^{90}Sr -AMS の検出限界として $^{90}\text{Sr}/\text{Sr} \sim 6 \times 10^{-13}$ (~ 3 mBq) を達成している。30 分程度の計測時間で、測定精度は約 3% ($^{90}\text{Sr}/\text{Sr} \sim 10^{-10}$) となっている。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ている。

本発表では、最新の多核種測定用 AMS 装置として筑波大学 6 MV タンデム加速器質量分析装置の紹介をおこない、難測定核種の検出技術に関する進展とその研究展望について報告する。

[1] K. Sasa *et al.*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 361, 124 (2015).