

## 6 MV タンデム加速器質量分析装置における難測定核種 $^{41}\text{Ca}$ の 高感度検出技術の進展

Progress on Ultrasensitive Detection Techniques for Hard-to-measure Nuclide  $^{41}\text{Ca}$   
with the 6 MV Tandem Accelerator Mass Spectrometry System

\*笹 公和<sup>1</sup>, 細谷 青児<sup>1,2</sup>, 高橋 努<sup>1</sup>, 高野 健太<sup>1</sup>, 落合 悠太<sup>1</sup>, 大浦 泰嗣<sup>3</sup>, 末木 啓介<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学, <sup>2</sup>量研機構, <sup>3</sup>首都大学東京

筑波大学 6 MV タンデム加速器質量分析装置を用いて、難測定核種  $^{41}\text{Ca}$  の高感度検出手法の開発を進めている。加速電圧 6.0 MV で  $^{41}\text{Ca}^{5+}$  を 32.5 MeV まで加速して、5 枚電極型ガス電離箱で検出することにより、 $^{41}\text{Ca}$  同位体比の検出下限として  $^{41}\text{Ca}/\text{Ca} \sim 3 \times 10^{-15}$  を達成した。

**Keywords :**  $^{41}\text{Ca}$ , Accelerator Mass Spectrometry (AMS), 6 MV tandem accelerator

### 1. 緒言

長半減期放射性核種であるカルシウム 41 ( $^{41}\text{Ca}$ :  $T_{1/2} = 1.04 \times 10^5$  yr) は、宇宙線との相互作用における  $^{40}\text{Ca}(n, \gamma)^{41}\text{Ca}$  反応などにより天然に逐次生成されている。自然界同位体比は  $^{41}\text{Ca}/\text{Ca} \sim 10^{-14}$  程度であり、通常の質量分析法では同重体の  $^{41}\text{K}$  が妨害となり検出することが困難な核種である。しかし、 $^{41}\text{Ca}$  は宇宙線照射による年代測定研究に応用することができ、また、人為起源による放射性廃棄物のクリアランス評価対象核種でもある。そのため、 $^{41}\text{Ca}$  の高感度検出手法の開発が必要となっている。本研究では、6 MV タンデム加速器質量分析装置<sup>[1]</sup>における従来の検出手法の改善をおこない、 $^{41}\text{Ca}$  の検出性能の向上を図った。

### 2. 実験方法

$^{41}\text{Ca}$  の加速器質量分析(Accelerator Mass Spectrometry : AMS)では、 $\text{CaF}_2$  試料から負分子イオン  $^{41}\text{CaF}_3^-$  を引き出している。また、加速器ターミナルでの炭素薄膜 ( $4.8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) により荷電変換をおこない、加速をおこなっている。本研究では、加速電圧 6.0 MV により  $^{41}\text{Ca}$  を高エネルギーに加速して、検出器により  $^{41}\text{Ca}$  の直接検出をおこなった。検出器は、5 枚電極型ガス電離箱において、75 nm 厚の  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜を入射窓に用いてイソブタンガスを封入している。これまでは、44.5 MeV の  $^{41}\text{Ca}^{7+}$  を検出しており、 $^{41}\text{Ca}$  の検出限界として  $^{41}\text{Ca}/\text{Ca} \sim 10^{-14}$  を得ていた<sup>[2]</sup>。今回、Cu カソードに詰める  $\text{CaF}_2$  試料の添加物として Ag の割合を Ag :  $\text{CaF}_2 = 3 : 1$  として、イオン源引き出し電圧の設定を変更するなどして、 $^{41}\text{CaF}_3^-$  電流値として 500 nA を得た。また、加速電圧 6.0 MV における荷電分布の割合が高い 5 価に使用することで、ビーム透過率が 7% に向上した。検出器では 32.5 MeV の  $^{41}\text{Ca}^{5+}$  を検出して、6 MV タンデム加速器質量分析装置における  $^{41}\text{Ca}$ -AMS の測定性能について確認をおこなった。

### 3. 結論

6 MV タンデム加速器質量分析装置における  $^{41}\text{Ca}$  検出手法の改善により、 $^{41}\text{Ca}$  の検出限界として  $^{41}\text{Ca}/\text{Ca} \sim 3 \times 10^{-15}$  を得た。また、 $^{41}\text{Ca}$  の測定精度は、 $^{41}\text{Ca}$  同位体比  $9.76 \times 10^{-12}$  の標準試料に対して約 3% となっている。本研究成果により、国内で初めて難測定核種  $^{41}\text{Ca}$  の高感度直接検出を実現した。現在は、隕石の分析や地形形成における表面照射年代測定などに利用されている。

### 参考文献

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

[2] 細谷青児 他, 日本原子力学会 2016 年秋の大会.

\*Kimikazu Sasa<sup>1</sup>, Seiji Hosoya<sup>1,2</sup>, Tsutomu Takahashi<sup>1</sup>, Kenta Takano<sup>1</sup>, Yuta Ochiai<sup>1</sup>, Yasuji Oura<sup>3</sup>, Keisuke Sueki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ. Tsukuba, <sup>2</sup>QST, <sup>3</sup>Tokyo Metropolitan Univ.