

難測定核種 ^{41}Ca の加速器質量分析法による超高感度測定

An ultra sensitive method for hard-to-measure nuclide ^{41}Ca

by Accelerator Mass Spectrometry

*細谷 青児¹, 笹 公和¹, 高橋 努¹, 松中 哲也¹, 松村 宏², 松村 万寿美¹, 末木 啓介¹

¹筑波大学, ²KEK 放射線科学センター

6MV タンデム加速器を用いて加速器質量分析法(Accelerator Mass Spectrometry ; 以下 AMS)での ^{41}Ca の測定を行い, PHITS によるシミュレーションによってガス検出器の最適なガス圧を求め実際の結果と比較した.

キーワード: 加速器質量分析法, ^{41}Ca , タンデム加速器, ΔE -E 検出器

1. 緒言

AMS は同位体比 10^{-16} オーダーまでの放射性核種の測定が可能な超高感度な質量分析法である. 筑波大学 AMS グループでは 6MV タンデム加速器を用いて多核種 AMS(^{10}Be , ^{14}C , ^{26}Al , ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{129}I)の開発を行っている. ^{41}Ca も他の核種と同様に長半減期(半減期: 1.04×10^5 年)であり, 主に $^{40}\text{Ca}(n,\gamma)^{41}\text{Ca}$ の中性子捕獲反応で主に生成される. そのため, 生物学的, 環境学的研究のみならず原子力施設等における放射性廃棄物のクリアランス評価対象核種としても重要な核種である. しかし, その測定において障害となるのが同重体 ^{41}K である. この ^{41}K の影響を少なくするために, 本研究では ^{41}Ca の AMS 測定における検出器の最適化を PHITS[1]シミュレーションを用いて行った.

2. 実験

CaF_2 の試料をイオン源でスパッタさせ CaF_3 ビームを加速器に入射させる. 6MV のターミナル電圧で加速させ, 加速器中央の炭素膜ストリッパ($4.8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$)でストリップさせた後, 加速後の分析電磁石で $^{41}\text{Ca}^{7+}$ を選択し, 44.5 MeV のビームエネルギーで検出器へと入射させる. 検出器にはイソブタンガスを封入し, 入射窓には 75 nm の窒化シリコン膜を用いている. 4 種類の標準試料についての測定と 2 種類の市販試薬を用いてバックグラウンド測定を行った. シミュレーションでは 5 枚電極形ガス ΔE -E 検出器を入射窓まで再現しその中で粒子輸送計算を行った. 目的核種(^{41}Ca)と妨害核種(^{41}K)の分離をスペクトルのピークトップのエネルギー差で評価し, 最も分離する条件(検出器ガス圧, ガス種, 入射窓の材質など)を最適条件とした. また, 計算結果と同じ条件での測定結果を比較し PHITS シミュレーションの再現性を確認した.

3. 結果・考察

シミュレーションによって最適なガス圧は 26-30 Torr であることが分かった. 実際の測定においても 28-30 Torr で ^{41}Ca と ^{41}K の分離差が最大 2.9 MeV となり, バックグラウンド $^{41}\text{Ca}/^{40}\text{Ca} \sim 6 \times 10^{-14}$ が得られた. また, これによって ^{41}K が豊富に含まれるような実際に試料の測定に対しても ^{41}K を十分に分離して ^{41}Ca の測定が行える可能性を見出した. 更に, 実際にガス圧を変えた際の ^{41}Ca と ^{41}K の分離がシミュレーションと一致する結果を得た. つまり, 各施設の装置において PHITS を使用してガス検出器の最適条件を求めることが可能であることが分かった.

参考文献

[1] T. Sato *et al.* J. Nucl. Sci. Technol. 50:9, 913-923 (2013)

*Seiji Hosoya¹, Kimikazu Sasa¹, Tsutomu Takahashi¹, Tetsuya Matsunaka¹, Hiroshi Matsumura², Masumi Matsumura¹ and Keisuke Sueki¹

¹University of Tsukuba, ²Radiation Science Center, KEK