

負ミュオン捕獲における放射性核種生成量測定の予備実験

Preliminary experiment for measurement of radioisotope production from negative muon capture

*山口 雄司¹, 原田 正英¹, 河村 成肇², 羽賀 勝洋¹

¹日本原子力研究開発機構, ²高エネルギー加速器研究機構

負ミュオン(μ^-)の原子核捕獲における放射性核種生成量の包括的なデータ取得のための測定, 解析方法の確立を目的として, J-PARC センター物質・生命科学実験施設で予備実験を実施した。標的に μ^- を照射し, 高純度ゲルマニウム検出器で核種を同定, その生成量を得た。測定方法や計算との比較等について報告する。

キーワード: 負ミュオン, 放射化, 放射性核種

1. 緒言

J-PARC センターの物質・生命科学実験施設(MLF)では, 大強度パルス負ミュオン(μ^-)を用いて, 試料の非破壊元素分析や試料中の軽イオンの運動の検出といった研究が進められている。照射試料は, μ^- の原子核捕獲によって放射化するので安全かつ適切な取扱いのため, PHITS を用いて試料の放射化量を見積もっている。PHITS による計算結果の信頼性は放射線安全に直結するため, 計算結果の実験データ再現性を確認しておくことが重要であるが, 既存の実験データ[1, 2]は特定の原子番号 Z の範囲の標的に限定されており, 包括的に計算結果を検証できない。また, PHITS の結果と既存の実験データとの間に差異があることも確認されている。本発表では, 包括的な実験データの新規取得を目的とした予備実験について報告する。

2. 実験

MLF のミュオンビームライン D2 で大気中の標的に μ^- を照射し, 標的からの γ 線とミュオン特性 X 線($K\alpha$)のエネルギースペクトルを 2 台の高純度ゲルマニウム検出器で測定して, それぞれから放射性核種の生成量と標的内で停止した μ^- 数を得た。標的には広範な Z から, 天然に安定同位体が一つとされる ^{27}Al , ^{59}Co , ^{141}Pr , ^{209}Bi を選んだ。 ^{141}Pr , ^{209}Bi での停止 μ^- 数の計数は, $K\alpha$ 線のエネルギーが 4 MeV 以上と高く効率が悪いため, 別途 C 標的からのミュオン X 線測定をおこない, これとミュオン生成標的に入射した一次陽子数から停止 μ^- 数を得た。X 線の信号のパイルアップを防ぐため, 検出器を標的から約 50 cm 離し, μ^- ビーム強度を $3 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ 程度とした。実験後, 粒子輸送計算により検出効率を求めた。

3. 結果

標的に停止した μ^- あたりの放射性核種の生成量の一例を表 1 に示す。今回の実験では表 1 の核種の他 8 核種のデータを得られた。

PHITS 3.20 による放射性核種生成量 C/E (計算/実験)

値を図 1 に示す。PHITS の結果は, 全体的に過小評価の傾向にあるが, ^{140}La に対する過大評価も見られた。

表 1 放射性核種の生成量

標的	核種	Present [$\times 10^{-2}/\mu^-$]
^{27}Al	^{24}Na	2.157 ± 0.182
^{59}Co	^{59}Fe	24.34 ± 2.02
^{141}Pr	^{140}La	0.141 ± 0.013
	$^{137\text{m}}\text{Ce}$	7.274 ± 0.679
^{209}Bi	^{208}Tl	2.517 ± 0.499

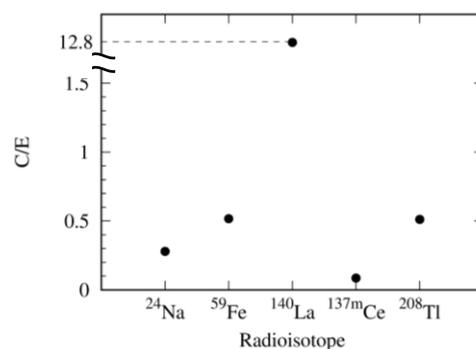


図 1 PHITS 3.20 による放射性核種生成量 C/E 値

参考文献

[1] G. Heusser, T. Kirsten, Nucl. Phys. A 195, 369-378 (1972).

[2] B. Heisinger et al., Earth and Planetary Science Lett. 200, 357-369 (2002).

*Yuji Yamaguchi¹, Masahide Harada¹, Naritoshi Kawamura² and Katsuhiro Haga¹

¹JAEA, ²KEK