

# 荷電粒子入射反応による医療用放射性核種生成断面積測定

## Cross section measurements of charged-particle-induced reactions for medical radioisotope production

北海道大学大学院理学研究院  
合川 正幸、ダグワドルジ イチンホルロー  
北海道大学大学院医理工学院  
齋藤 萌美、ツォードル ゾルバドラル、村田 朋大  
北海道大学理学部  
坂口 理哉

AIKAWA Masayuki, DAGVADORJ Ichinkhorloo  
Faculty of Science, Hokkaido University  
SAITO Moemi, ZOLBADRAL Tsoodol, MURATA Tomohiro  
Graduate School of Biomedical Science and Engineering, Hokkaido University  
SAKAGUCHI Michiya  
School of Science, Hokkaido University

### Abstract

We systematically study production cross sections of medical radioisotopes by charged-particle-induced reactions. The experiments were conducted at the RIKEN AVF cyclotron under the international collaboration with researchers in RIKEN and ATOMKI. Our experimental activity in Japanese fiscal year 2018 is presented in this report.

## 1 はじめに

原子核反応実験で得られる反応断面積など各種の情報（核データ）は、原子力分野のみならず、理学、工学、医学などの多くの分野で応用されている。このような応用分野においては、地球上に存在している安定核に関する核データが非常に重要な役割を果たしている。しかし、安定核の核データは、これまでに広く取得されてきてはいるものの、基礎科学にとっての興味は薄れつつあり、未だ取得されていないエネルギー領域なども存在する。

近年、様々な核種が診断や治療に用いられている。診断は、陽電子対消滅光子を用いたポジトロン断層法（PET）や単一光子による放射断層撮影（SPECT）などで、主にガンマ線が用いられる。一方、治療には、ガンマ線に限らず、ベータ線やアルファ線なども利用されている。このような診断や

治療に関しては、半減期、放射線の種類やそのエネルギーが異なるため、用途に応じた適切な核種の選択が重要となる。また、現在利用されている核種以外にも、より患者の負担が軽く、効果の高い手法の研究が絶えず進められており、それぞれの手法に最も適した核種に関する研究が必要である。

そこで我々のグループでは、医療用放射性核種及びその親核の生成に関する断面積の系統的な測定を実施してきた。本稿では、2018年度に実施した実験について報告する。

## 2 実験の概要

生成反応断面積測定に際しては、実験手法として実績のある、積層箔法、放射化法、ガンマ線分光法を用いた。積層箔法は、複数の金属箔を重ねることで、一度の荷電粒子ビーム照射により、複数のエネルギーに関する断面積を取得する方法である。放射化法は、荷電粒子ビーム照射により金属箔を放射化させる手法である。さらに、ガンマ線分光法は、放射化した金属箔中で生成した放射性核種が崩壊時に放出するガンマ線のエネルギーを測定し、時間当たりの崩壊数を計測することで放射性核種の生成量を見積もる手法である。これらの手法を組み合わせることで、一度の照射で、複数の放射性核種に関する反応断面積を取得することができる。

2018年度は、理化学研究所の AVF サイクロトロンを用い、生成反応断面積測定実験を計 7 件実施した (表 1)。これらの実験の解析は継続的に進めており、RIKEN Accelerator Progress Report での報告 [1-3] や、学術論文として発表 [4] している。

表 1: 2018 年度に実施した実験一覧

実施年月	標的	入射粒子	生成可能な医療用放射性核種	参考文献
2018 年 6 月	$^{93}\text{Nb}$	$\alpha$	$^{93\text{m}}\text{Mo}$	[1, 4]
2018 年 9 月	$^{\text{nat}}\text{Er}$	$\alpha$	$^{169}\text{Yb}$	[2]
	$^{89}\text{Y}$	d	$^{89}\text{Zr}$	[3]
2019 年 2 月	$^{169}\text{Tm}$	$\alpha$	$^{169}\text{Yb}$	
	$^{\text{nat}}\text{W}$	$\alpha$	$^{186,188}\text{Re}$	
2019 年 3 月	$^{159}\text{Tb}$	d	$^{159}\text{Dy}$	
	$^{\text{nat}}\text{Zn}$	d	$^{68}\text{Ga}$	

## 3 まとめ

近年、様々な核種が診断や治療に用いられており、それらの多様な生成反応についてさらなる研究が必要である。そこで、我々のグループでは、荷電粒子入射反応による様々な核種の生成反応断面積を系統的に取得している。2018年度は、理化学研究所において計 7 件の実験を行った。ここで得られたデータを用いることで、医療用放射性核種の効率的かつ不要な同位体の少ない生成過程を調べることが可能になる。今後も継続して系統的な断面積測定を行うことで、医療分野に貢献していく。

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 17K07004 による助成を受けています。

## 参考文献

- [1] M. Aikawa, Y. Komori, H. Haba, “Activation cross sections of deuteron-induced reactions on niobium up to 24 MeV”, RIKEN Accel. Prog. Rep. **52**, (2019) in press.
- [2] M. Saito, M. Aikawa, M. Sakaguchi, N. Ukon, Y. Komori, H. Haba, “Cross-section measurement of  $\alpha$ -induced reactions on  $^{\text{nat}}\text{Er}$  for  $^{169}\text{Yb}$  production”, RIKEN Accel. Prog. Rep. **52**, (2019) in press.
- [3] T. Murata, M. Aikawa, M. Saito, N. Ukon, Y. Komori, H. Haba, S. Takacs, “Cross section measurement of the deuteron-induced reaction on  $^{89}\text{Y}$  to produce  $^{89}\text{Zr}$ ”, RIKEN Accel. Prog. Rep. **52**, (2019) in press.
- [4] M. Aikawa, Y. Komori, H. Haba, “Activation cross sections of deuteron-induced reactions on niobium up to 24 MeV”, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **436**, 217 (2018)