

## 読者の広場

研究室だより

# 北海道大学大学院医理工学院における核データ研究

北海道大学大学院理学研究院／大学院医理工学院

合川 正幸

[aikawa@sci.hokudai.ac.jp](mailto:aikawa@sci.hokudai.ac.jp)

---

## 1. はじめに

北海道大学大学院医理工学院は、2017年4月に発足した新しい大学院です。医学、工学、保健学、理学など、専門分野が大きく異なる教員が所属する教育組織で、修士課程及び博士後期課程の大学院生教育を行っています。この大学院の特徴の一つは、医学物理士の養成を主要な目的としている点です。その目的を達成するため、医学物理士認定機構に認定された医学物理士養成コース「医学物理士プログラム」を設置しています。医学物理士は、医学物理士認定機構で、「物理学に関連する科学的知識を医療の分野に応用する職業」に相当すると紹介されています。このプログラムの修了には、学部レベル以上の物理学関連科目の単位が必須となっており、学部在学中に必要な単位を取得しておくか、大学院入学後に改めて取得する必要があります。そのため、物理学関連教員の協力が必要だということで、我々のグループが参加することになりました。

我々のグループには、本稿執筆時点（2021年1月）で、博士後期課程2名（内留学生2名）、修士課程3名（内留学生1名）が所属しています。また、これまでに、博士後期課程1名、修士課程1名が修了しています。

学生の研究テーマは、「医療で利用可能な放射性同位元素に関する生成反応断面積測定」です。医療で利用される放射性同位体（RI）の生成量を正確に見積もり、かつ不要なRIの量を最小限に押さえるためには、様々な核反応の断面積を系統的に調べる必要があります。我々のグループでは特に、加速器を利用した荷電粒子入射反応に着目し、医療用RI生成反応断面積を実験的に測定しています。

## 2. 研究内容

反応断面積などの核データは、医療分野においても利用されています。核医学においては、がんなどの診断や治療に RI が利用されていますし、診断と治療を同時に実施するための新たな RI の研究などが行われています。このような RI の生成反応断面積や収量は重要な核データです。

生成反応断面積は、入射粒子、エネルギー、核反応過程などの違いより、大きく異なる挙動を示すため、様々な用途に対応するためには、データを広く網羅する必要があります。また、医療での応用に際しては、新たなデータの取得だけでなく、精度向上が重要になります。未だ誤差が大きいデータや測定が不十分な核反応も多く存在しているため、より誤差の小さい、信頼性の高いデータが必要です。加速器や検出器など、原子核反応実験に係わる技術が大きく進展しており、より精密かつ確度が高い測定をすることが可能になっています。

RI の生成方法としては、入射粒子で大きく 2 種類に分類できます。一つは中性子入射反応で、もう一つは荷電粒子入射反応です。前者は主に研究用原子炉を、後者は加速器を用いています。中性子入射反応では、標的と生成核の原子番号が変わらないため、質量に対する放射能比である比放射能が小さくなりますが、入射する中性子の透過力を活かし、標的を大きくすることができます。一方、荷電粒子入射反応は、原子番号が異なる元素が生成されるため、化学的な手法を用いて必要な元素だけを取り出すことで、比放射能が大きくなります。ただし、物質中ではエネルギー減衰が大きく、止まりやすいため、標的は小さくなります。それぞれ長所と短所がありますが、我々のグループでは、荷電粒子入射反応に着目しています。

これまでに、陽子、重陽子、 $\alpha$  粒子入射による RI 生成反応断面積取得実験を系統的に行ってきました。実験は、理化学研究所、ハンガリー原子核研究所 (ATOMKI)、放射線医学総合研究所で実施しています。生成反応の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、 $\gamma$  線分光法を用いています。積層箔法は、複数の箔状標的を重ねて粒子線を照射する手法で、放射化法は、粒子線の照射で箔状標的を放射化させる手法です。さらに、 $\gamma$  線分光法は、放射化した個々の箔中で作られた RI が崩壊時に放出する特定のエネルギーを持った  $\gamma$  線を測定し、時間当たりの崩壊数を計測する手法です。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入射エネルギーに対する生成反応断面積を測定することができます。

一例として、2020 年 3 月に博士号を取得した学生を中心に我々のグループが行った、小線源治療で利用可能なイッテルビウム 169 ( $^{169}\text{Yb}$ ) の生成反応断面積に関する研究をご紹介します。 $^{169}\text{Yb}$  は、半減期 32 日で、X 線やオージェ電子を放出します。これらの放出粒子が治療に利用可能です。 $^{169}\text{Yb}$  は、単核種元素であるツリウム ( $^{169}\text{Tm}$ ) への陽子、重陽子、 $\alpha$  粒子入射反応と、エルビウム ( $^{169}\text{Er}$ ) への  $\alpha$  粒子入射反応で生成可能で

す。我々のグループでは、これら4つの反応に関する実験を行い、生成反応断面積を導出しました(図1)。これらの断面積から収量を導出し、比較することで(図2)、どの反応が最適かについて議論しました。その結果、重陽子入射反応が最も効率が良いことが分かりました。

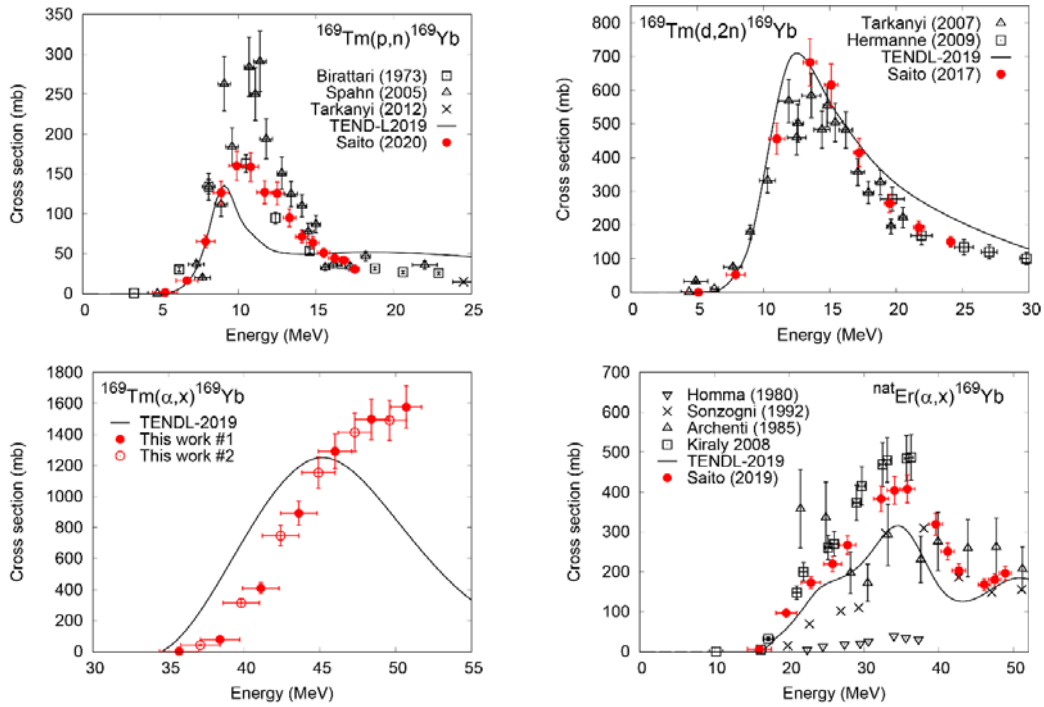


図1  $^{169}\text{Yb}$  生成反応断面積。それぞれ、ツリウムへの陽子入射反応(左上)、重陽子入射反応(右上)、 $\alpha$ 粒子入射反応(左下)、エルビウムへの $\alpha$ 粒子入射反応(右下)の実験結果と、先行研究及び理論計算(TENDL-2019)との比較。

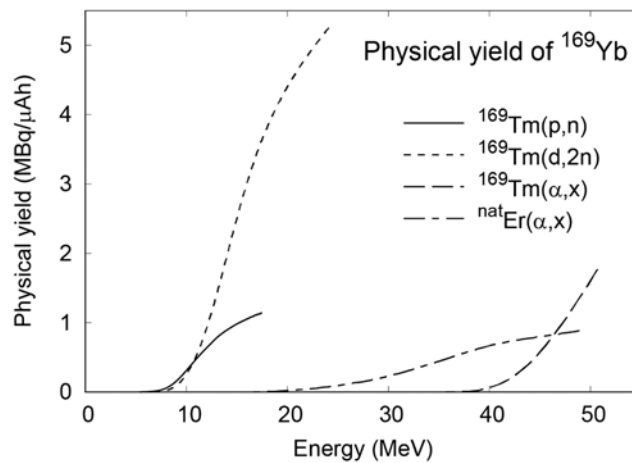


図2 それぞれの反応による収量の比較。

このように、医療用 RI の生成反応断面積の取得実験を行うことで、その成果が医療の発展に役立つことを期待しています。

### 3. 国際連携

我々のグループでは、いくつかの国際連携を行っています。研究においては、ATOMKI の研究者と国際共同研究を行っています。その一環として、二国間交流事業「核医学診断治療のための式放射性同位体 Sc-47 と Cu-67 の加速器製造法の探索」（日本側代表者：羽場宏光・理化学研究所核化学研究チーム・チームリーダー）に参加しています。この事業では、若手研究者養成が重要なポイントになっていますので、2019 年度には、学生 2 名とともにハンガリーを訪れ、実験することができました。

また、教育においては、モンゴル国立大学（モンゴル）とアルファラビ・カザフ国立大学（カザフスタン）の 2 大学と、それぞれコチュテルプログラムを締結しています。このプログラムは、一方の大学の博士後期課程に在籍する学生に対し、他方の大学の教員が共同で研究指導を行うというものです。

さらに、モンゴル工学系高等教育支援事業（M-JEED）という、モンゴルにおける技術者の養成、工学系教育の国際水準化、教員の能力強化、工学系教育環境の改善及び質の向上を図るプロジェクトに参加しています。このプロジェクトは、モンゴル国立大学及びモンゴル科学技術大学の教員、研究者、学生、合計 1,000 人を日本の大学、研究機関、国立高等専門学校へ留学させるというものです。現在このプログラムのもとで 2 名のモンゴル人留学生を受け入れています。

### 3. おわりに

本稿では、北海道大学大学院医理工学院の研究室紹介をいたしました。この研究室では、「医療で利用可能な放射性同位元素に関する生成反応断面積測定」をテーマとして、医療応用に向けた核データ取得実験を行っています。基礎物理学及び核データの視点から、医療で必要となる知見を得るための研究を行うと同時に、社会に貢献できる人材育成を目指しています。

2020 年度は、コロナウイルス感染症の拡大により、教育及び研究が十分にできているとはいえない状況です。実際に、学生のテーマに関する実験が満足にできませんでした。今しばらく自粛の継続が必要な状況ですが、近い将来、過日と同様あるいはそれ以上に教育及び研究活動を発展させていきたいと考えています。