



Title	荷電粒子入射反応における医療用放射性核種 ^{169}Yb の生成断面積測定 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	花田, 萌美
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医理工学)
Dissertation Number	甲第14118号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78120
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Moemi_Hanada_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医理工学） 氏 名 花田 萌美

	主査	教授	合川	正幸
審査担当者	副査	教授	久下	裕司
	副査	准教授	平田	雄一

学 位 論 文 題 名

荷電粒子入射反応における医療用放射性核種 ^{169}Yb の生成断面積測定
(Cross section measurements of charged-particle induced reactions to produce medical radionuclide ^{169}Yb)

放射性核種は、工学や医学など様々な分野で広く利用されている。中でも核医学では、治療及び診断に放射性核種が使われている。しかし、放射性核種を生成している研究用原子炉の廃炉や建て替えなどに加え、燃料が高濃縮ウランから低濃縮ウランに変更されることから、これまでの生産量や価格を維持することが難しくなると予測されている。しかも、原子炉では長寿命核分裂生成物、いわゆる核のゴミが問題となる。そこで、これらの問題を少しでも軽減するため、原子炉以外による生成手法の検討が進められている。

そのような生成手法の一つに加速器を用いた荷電粒子入射反応がある。陽子、重陽子、アルファ粒子などの荷電粒子入射反応では、原材料が目的核種とは異なる元素であるため、化学分離による比放射能の高い目的核種を得ることができる。また、国内においては、今まで海外輸入に頼っていた放射性核種の自主生産が可能となる利点がある。そこで、加速器を用いた医療用放射性核種の生成及び利用に関する研究が進められている。

利用に際しては、放射性核種を生成する手法の効率性が判断基準の一つとなっている。この効率性の検討には、断面積と呼ばれる、原子核反応が起こる確率に関するデータが不可欠である。現在、このような断面積データは十分に揃っていない。あるいは、断面積データがある場合でも、信頼性が低い、誤差が大きいなどの問題が存在する。

このような現状を踏まえ、本論文では、小線源治療や画像診断に用いられることが期待されているイッテルビウム-169 (^{169}Yb) とその生成断面積に着目した。 ^{169}Yb は、半減期 32.02 日をもつ放射性核種である。その崩壊時に放出されるガンマ線が治療に適していることから、小線源治療への利用の検討がされている。また、放出するガンマ線の中でも比較的高強度の 177.21 keV ($I_\gamma = 22.16\%$) と 197.96 keV ($I_\gamma = 35.8\%$) は、検出に適していることから診断技術への応用も検討されている。

この医療用放射性核種 ^{169}Yb を生成する荷電粒子入射反応には、ツリウムへの陽子、重陽子、アルファ粒子入射反応及びエルビウムへのアルファ粒子入射反応が考えられる。これらの反応による ^{169}Yb の生成核反応データは少なく、医療応用には不十分であるため、断面積データの系統的な測定実験を行った。これにより、医療用放射性核種である ^{169}Yb の生成核反応データの充実、及び信頼性を高めることで、医療分野へ貢献することが本論文の目的である。

このうち、ツリウムへの重陽子入射反応については、すでに実験を行い、結果を学術論文として発表している。本論文では、ツリウムへのアルファ粒子入射反応及びエルビウムへのアルファ粒子入射反応実験について報告している。全ての実験は、確立された手法である放射化積層箔法と高純度ゲルマニウム検出器を用いたガンマ線分光法を適用し、理化学研究所周回変動磁場型サイクロトロンにて実施した。それぞれの実験において、 ^{169}Yb 及び放射性副生成物についての生成断面積を得た。さらに、 ^{169}Yb 生成に関する複数の荷電粒子入射反応実験を比較するため、実験で得られた断面積を用いて生成量を算出した。その結果を先行研究によるツリウムへの陽子入射反応実験の生成量と比較したところ、ツリウムへの重陽子入射反応が低いエネルギーで最も多くの ^{169}Yb を生成できることがわかった。このことから、荷電粒子入射反応による ^{169}Yb 生成の中ではツリウムへの重陽子入射反応が最も効率の良い反応であると結論づけた。

審査にあたり、まず副査の平田准教授から、 ^{169}Yb に着目した理由について質問があり、申請者から、医療応用の研究が進められている核種であるにも関わらず生成手法を最適化するためのデータが不足しているためとの回答があった。また、先行研究との不一致の理由について質問があり、最近のデータとは比較的一致することから、古いデータの実験手法に疑問があるとの回答があった。次に久下教授から、 ^{169}Yb の実用に不可欠な、生成時に伴う不純物の生成量評価や、化学分離による除去について質問があり、核反応ごとの不純物の生成量については現在解析中であること、化学分離については専門外であるため、必要に応じて専門家である共同研究者に依頼すると回答があった。また、不純物の生成量も含めどの反応が最も良いと言えるのかについては、ツリウムへの重陽子入射反応が、効率的にも不純物の少なさからも最良であると判断できるとの回答があった。

この論文は、医療への応用が期待されている放射性核種 ^{169}Yb の生成に関する新たな知見を与えている。審査員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（医理工学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。