HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Production cross sections of medical radioisotopes 52gMn and 198gAu via charged-particle-induced reactions [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	DAMDINSUREN, Gantumur
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医理工学)
Dissertation Number	甲第15579号
Issue Date	2023-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90396
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Damdinsuren_Gantumur_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　Gantumur Damdinsuren

審査担当者	主査	教授　合川　正幸
	副査	教授　久下　裕司
	副査	助教　水野　雄貴
	副査	准教授　Erdene Norov
	副査	准教授　Tegshjargal Khishigjargal

学 位 論 文 題 名

Production cross sections of medical radioisotopes ^{52g}Mg and ^{198g}Au via charged-particle-induced reactions
(荷電粒子入射反応による医療用放射性同位体 ^{52g}Mn 及び ^{198g}Au の生成反応断面積)

放射性核種は様々な分野で利用されており、医療分野においては、核医学診断及び治療などで使用されている。診断には壊変時に放出されるガンマ線や陽電子の対消滅ガンマ線などが、治療には壊変時に放出されるベータ線やオージェ電子などが用いられる。多数存在する放射性核種の中から適切な性質を持つ核種を選択し、医療で応用するためには、半減期や放出粒子のエネルギーなどのほか、目的核種を生成する際の核反応やその効率などが重要となる。核種生成核反応のうち、陽子、重陽子、アルファ粒子などの荷電粒子入射反応では、目的核種が標的とは異なる元素になるため、化学分離技術により比放射能の高い目的核種を得ることが期待できる。核種の生成効率に関しては、反応断面積と呼ばれる、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。しかし、未だ個々の核反応に関する断面積データは十分に揃っていない。また、一部の断面積データは信頼性が低く、かつ誤差が大きいなどの問題も残っている。

このような状況のもと、本論文では、陽電子放出断層法（Positron Emission Tomography: PET）で使用可能な核種である基底状態のマンガン 52（^{52g}Mn）及び治療で使用可能な基底状態の金 198（^{198g}Au）に着目した。^{52g}Mn は約 5.6 日の半減期を持ち、壊変時に 29.4%の確率で陽電子を放出するため、PET で使用可能である。^{198g}Au は約 2.7 日の半減期を持ち、崩壊時にベータ線を放出するため、治療に用いることが可能である。それぞれの核種を生成する核反応は複数あるものの、本論文ではそれぞれバナジウム標的へのアルファ粒子入射反応とプラチナ標的への陽子入射反応について研究を行った。それぞれの核反応に関する先行研究は複数あるものの、結果のずれが大きく、信頼性が高いとは言えない状況であった。そのため、信頼できるデータの取得を目的とした実験を行った。実験は、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用い、理化学研究所周回変動磁場型サイクロトロンで行った。それぞれの実験により、目的核種である ^{52g}Mn 及び ^{198g}Au のほか、不純物となる副生成物について、信頼性の高い生成核反応断面積を得ることができた。これらの成果についてはそれぞれ学術論文として発表されている。

審査にあたり、副査の久下教授から、理論計算の結果である TENDL と実験結果が大きく異なる理由について質問があった。申請者からは、厳密には不明であるものの、現時点での理論計算の限界であると考えられるとの説明があった。また、生成核種の分離手法についての質問につい

ては、共同研究者と議論中であるとの回答があった。次に副査の水野助教から、標的とした金属箔の枚数と、実験で得られたデータ点の数に違いがある理由について質問があった。その理由として、入射粒子のエネルギー減衰により、低いエネルギー部分の標的箔は一部データが得られないとの回答があった。副査の Erdene 准教授からは、^{52g}Mn の実験結果において、一件の先行研究とだけ結果が一致している理由について質問があった。回答として、先行研究では異なるモニター反応を使用している場合があること、酸化物など標的の状態が異なる点があることなどが考えられるとの説明があった。また、金標的への中性子入射反応ではなくプラチナ標的への荷電粒子入射反応を用いた利点について質問があった。回答としては、プラチナ標的への荷電粒子入射反応の場合、化学分離を用いることで比放射能が大きくなることが期待できる点が利点としてあげられた。副査の Tegshjargal 准教授からは、放出ベータ線のエネルギーに関して質問があった。回答としては親核種と娘核種の質量差や娘核種の励起状態が影響するとの回答があった。主査の合川教授からは、モニター反応で二つの推奨値と比較した結果、古い推奨値の方がより再現性が高くなっている点について質問があった。それぞれの推奨値は異なる手法で導出されており、今回用いたモニター反応及びエネルギー領域では古い推奨値の方がより再現性が高くなったと考えられるとの回答があった。

この論文は、核医学治療及び診断で利用可能な放射性核種 ^{52g}Mn 及び ^{198g}Au 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充分な資格を有するものと判定した。