

Title	ホウ素中性子捕捉療法のための液体減速型中性子スペクトロメータの開発
Author(s)	玉置, 真悟
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69590
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (玉置真悟)

論文題名

ホウ素中性子捕捉療法のための液体減速型中性子スペクトロメータの開発

論文内容の要旨

近年、頭頸部腫瘍に対する放射線治療として、ホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy, BNCT) が大きな注目を集めている。現在は原子炉を用いたBNCTの臨床例のみが報告されているが、近年ではBNCT用の加速器中性子源 (Accelerator Based Neutron Source, ABNS) の開発が盛んに行われており、大阪大学においても産学で連携してBNCT用加速器中性子源装置の開発を行うプロジェクトが進められている。しかしABNSは照射中性子場の特性、が装置設計に依存して大きく変動するため、その特性を測定、評価することがBNCT用加速器中性子源装置の開発において極めて重要である。特に照射場の中性子が持つエネルギーはBNCT患者への実効線量に対する影響が大きく、人体への影響を評価するうえで極めて重要であるため、BNCT用中性子場のエネルギースペクトルを正確に評価するための装置が強く求められている。本論文は、中性子場のエネルギースペクトルを測定するための装置である、液体減速型中性子スペクトロメータの開発及び実用化のための研究を実施し、その特性や実用化のための条件に付いて検証した結果を報告するものである。

第1章では日本国におけるがん治療の背景やその中でのBNCTの占める位置、BNCTの歴史、BNCT用加速器中性子源装置開発の現状と課題について議論し、それを基に本研究の目的について述べた。

第2章では液体減速型中性子スペクトロメータの基本原理の実現可能性を数値的に検証し、液体減速型中性子スペクトロメータの実現可能性を確認した。その結果、液体減速材が ^{10}B 等の高い中性子吸収能を持つ原子を多く含むことで中性子スペクトルの測定性能が上昇することを明らかにした。

第3章では、液体減速型中性子スペクトロメータのプロトタイプ的设计・開発を行い、それを用いた実験的研究を実施した。その結果、検出器の応答関数を適切な条件下で評価することで、少なくとも1 MeV以下のエネルギー領域において中性子スペクトルを正確に測定可能であることを確認した。また、検出器の応答関数を適切に評価するためには実験で照射される中性子場の空間分布や角度分布などの特性が極めて重要であり、あらゆる中性子場で使用可能な中性子スペクトロメータを開発するためには中性子場特性に対する依存性の低い基礎設計を検討する必要があると結論した。

第4章では、第3章で得られた知見を基に改良型中性子スペクトロメータ的设计を行い、測定シミュレーションを通してその性能を確認した。結果は、照射中性子場の中性子入射角 θ を考慮すれば、 $\cos\theta > 0.9995$ を満たす前方中性子束のエネルギースペクトルを測定可能であり、1 MeV以下の中性子に対して特に優れた測定能力を持っていることを確認した。

第5章では結言として以上までの成果を総括し、本装置の特性と有用性、そして実用化までの課題について述べた。結論としては、本研究で設計・開発を進めた装置は、その使用方法を十分に検討することであらゆる中性子場に対する適用可能性があるとした。

今後は本装置を用いた前方中性子束スペクトルの測定可能性を実験的に確認した後、二重微分中性子束強度の測定可能性について検証を進める方針である。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (玉置 真悟)			
論文審査担当者		(職)	氏 名
	主 査	教授	村田 勲
	副 査	教授	北田 孝典
	副 査	教授	乗松 孝好
	副 査	准教授	佐藤 文信

論文審査の結果の要旨

近年、頭頸部腫瘍に対する放射線治療として、ホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy, BNCT) が大きな注目を集めている。現在は原子炉を用いたBNCTの臨床例のみが報告されているが、近年ではBNCT用の加速器中性子源 (Accelerator Based Neutron Source, ABNS) の開発が盛んに行われており、大阪大学においても産学で連携してBNCT用加速器中性子源装置の開発を行うプロジェクトが進められている。しかしABNSは照射中性子場の特性が装置設計に依存して大きく変動するため、その特性を測定・評価することがBNCT用加速器中性子源装置の開発において極めて重要である。特に照射場の中性子が持つエネルギーはBNCT患者への実効線量に与える影響が大きく、人体への影響を評価するうえで極めて重要であるため、BNCT用中性子場のエネルギースペクトルを正確に評価する装置開発が強く求められている。本論文は、中性子場のエネルギースペクトルを、BNCTで使用される熱外領域も含め、幅広いエネルギー範囲で測定するための装置の開発について取りまとめたものである。具体的には、液体減速型中性子スペクトロメータの開発及び実用化のための研究を実施し、その特性や実用化のための条件について検証した結果を報告する。

第1章では日本国におけるがん治療の背景やその中でのBNCTの占める位置、BNCTの歴史、BNCT用加速器中性子源装置開発の現状と課題について議論し、それを基に本研究の目的について述べている。

第2章では液体減速型中性子スペクトロメータの基本原理の実現可能性を数値的に検証し、液体減速型中性子スペクトロメータの実現可能性を確認している。その結果、液体減速材が ^{10}B 等の高い中性子吸収能を持つ原子を多く含むことで応答関数の特性が変化し、中性子スペクトルの測定性能が上昇することを明らかにしている。

第3章では、液体減速型中性子スペクトロメータのプロトタイプ的设计・製作を行い、それを用いた実験的研究を実施した。その結果、検出器の応答関数を適切な条件下で評価することで、少なくとも1 MeV以下のエネルギー領域において中性子スペクトルを正確に測定可能であることを確認している。また、検出器の応答関数を適切に評価するためには実験で照射される中性子場の空間分布や角度分布などの特性が極めて重要であり、あらゆる中性子場で使用可能な中性子スペクトロメータを開発するためには中性子場特性に対する依存性の低い設計とする必要があると結論している。

第4章では、第3章で得られた知見を基に改良型中性子スペクトロメータ的设计を行い、測定シミュレーションを通してその性能を確認している。結果は、照射中性子場の中性子入射角 θ を考慮すれば、コリメータ孔内に入射する、 $\cos\theta > 0.9995$ を満たす前方中性子束のエネルギースペクトルを測定可能であり、1 MeV以下の中性子に対して特に優れた測定能力を持っていることを確認している。

第5章では結言として以上までの成果を総括し、本装置の特性と有用性、そして実用化までの課題について述べた。最終的には、本研究で設計・開発を進めた装置は、前方中性子フラックスを測定可能な装置であり、その特性を応用して測定対象となる中性子場の角度・エネルギー微分中性子エネルギースペクトル、すなわち二重微分中性子束強度を測定するための手法を検討・実用化することであらゆる特性の中性子場に対する適用可能性があるかと結論している。

今後は本装置を用いた前方中性子束スペクトルの測定可能性を実験的に確認した後、二重微分中性子束強度の測定可能性について検証を進める方針である。

以上のように、本論文は、これまで計測ができなかったBNCTなどの熱外中性子領域を含む熱から高速までの10
ケタに亘る広いエネルギー範囲を1つの検出器で測定するスペクトロメータであり、放射線計測分野において役立つ
と言える。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。