

(西暦) 2020 年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名

Cr 添加 Al_2O_3 熱蛍光板と Cd コンバータを用いた熱中性子束測定法の検討

学位の種類： 修士 (放射線学)

東京都立大学大学院

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻 放射線科学域

学修番号 19897705

氏名： 王 良健

(指導教員名：真正 浄光)

近年注目されているホウ素中性子補足療法 (Boron Neutron Capture Therapy : BNCT) は、中性子に対する核反応断面積が大きい ^{10}B を腫瘍細胞のみに集積させ、中性子線を照射する放射線治療である。中性子と ^{10}B 腫瘍細胞の核反応により生じる α 粒子と ^7Li 粒子は飛程が非常に短く、腫瘍細胞のみを選択的に治療できるため、次世代型治療法として期待が大きく、多くの機関で研究が進められている。しかし、BNCT 照射装置の定期点検や治療計画の際に照射場の中性子束を正しく測定する技術が十分ではない。現在、金の放射化法が一般的に用いられているが、高コスト且つ分布測定に不向きなどの問題がある。従って、低コストで分布測定も可能な BNCT における新たな中性子束測定法のニーズが高まっている。これまでに、中性子捕獲断面積の大きい材料や中性子コンバータなどを用いて様々な中性子検出法の研究が進められているが、中性子照射場においては、照射時に中性子線のみならず、 γ 線も混在し、ほぼすべての検出器が中性子線と γ 線の双方に感度を有するため、中性子線のみを選択的に測定することは容易ではない。 γ 線の影響が極力小さく、BNCT で求められる精度を持ち合わせた中性子検出器の開発が喫緊の課題となっている。

そこで、本研究では安価で且つ二次元イメージングが可能な熱蛍光線量計 (Thermoluminescence Dosimeter : TLD) である Cr 添加 Al_2O_3 熱蛍光板 ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$) と Cd コンバータを用いた中性子束測定法について検討した。 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ は光子に対して優れた線量応答性を示すが、中性子の核反応断面積は小さく、単体で中性子束測定を行うことはできない。そこで本研究では、熱中性子のみに対して大きな核反応断面積を持ち、 (n,γ) 反応により熱中性子を γ 線に変換する Cd をコンバータとして使い、変換後の γ 線線量を $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ で測定することにより、熱中性子束を算出する方法の検討を行った。

本論文では、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ と Cd コンバータを用いた中性子束測定法の基礎研究として、この測定体系のモンテカルロシミュレーション結果及び京都大学研究用原子炉を利用した実測

結果について検討した。その結果、Cdコンバータの設置により、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ の熱蛍光(TL)量は30分照射において熱中性子及び熱外中性子を多く含むMixモードで約101倍、熱外中性子モードで約12.6倍と大幅に増加した。また、各モードにおける照射時間に対するTL量は優れた直線性を示した。この結果から、Cdコンバータが熱中性子を γ 線に変換し、変換後の γ 線を $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ が捕獲していることが明らかになった。また、照射時間に対するTL応答性が優れており、BNCTにおける十分な測定域を有していた。さらにMixモードでは、TL量が約101倍に増加したことから、中性子照射場に混在する γ 線の影響が1%以下であることも明らかになった。本手法を用いると γ 線を弁別することなく、熱中性子束のみを選択的に測定できる可能性が示唆された。

今後の展望として、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ のTL量から熱中性子束を算出する計算方法を最適化し、BNCTにおける中性子束測定法を確立させたい。また、本技術を基に $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ とCdコンバータによる二次元の中性子束分布測定法についても研究を進めたい。