

## (西暦) 2017 年度 博士前期課程学位論文要旨

## 学位論文題名

Tm 添加 CaSO<sub>4</sub> 熱蛍光素子を用いた中性子線・γ 線混在場での  
弁別測定法の検討

学位の種類： 修士 (放射線学)

首都大学東京大学院

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 16897601

氏名： 相澤 若奈

(指導教員名：眞正 浄光)

ホウ素中性子捕捉療法(Boron neutron capture therapy=BNCT)は腫瘍細胞内に取り込まれた<sup>10</sup>Bと中性子線との<sup>10</sup>B(n,α)<sup>7</sup>Li核反応によって生じる高エネルギーのα粒子と<sup>7</sup>Liを利用した治療法である。α粒子と<sup>7</sup>Liは飛程が細胞のほぼ一個分の大きさに相当するため、腫瘍細胞を選択的に破壊できる。BNCTは放射線治療後に再発した癌も対象になり、個別臓器全体に広がった癌や浸潤癌など治療が難しい癌にも効果が期待でき、注目されている治療法のひとつである。BNCT照射場は、速中性子、熱外中性子、熱中性子と減速体系中の核反応によって生成されたγ線が含まれ、BNCTに用いられる熱外中性子と熱中性子、及び混在するγ線はそれぞれ生物学的効果比が異なるため、分離測定が不可欠である。現在行われている分離測定法は、時間がかかることや、素子の入手が困難であるなどの問題があり、中性子線・γ線混在場において利用できる簡便な分離測定手法が求められている。

新たな中性子線・γ線分離測定法の候補として、中性子線用の市販されている熱蛍光素子にUD-136N(CaSO<sub>4</sub>:Tm,<sup>6</sup>Li)とUD-137N(CaSO<sub>4</sub>:Tm,<sup>7</sup>Li)がある。これらは<sup>6</sup>Liと<sup>7</sup>Liの熱中性子捕獲断面積の違いを利用して中性子線・γ線の弁別測定が可能である。しかし、個人被ばく線量計としての利用であったため、治療線量域などの高線量の基礎特性が明らかにされていない。本論文では、これまでに未検討の課題について、遅い昇温速度を用い、グロー曲線を精密に測定することで、熱蛍光特性の詳細な解析を行った。

一つ目に、個人被ばく線量計として用いられてきた中性子線用熱蛍光素子UD-136NとUD-137Nに対して高線量の中性子線とγ線の混在照射を行い、熱中性子束が $1.6 \times 10^{11}$  cm<sup>2</sup>まで直線性を有することや、UD-136NとUD-137Nはグロー曲線の形状が異なることを明らかにした。両素子の相違は熱中性子感度となる<sup>6</sup>Li(n,α)<sup>3</sup>H反応によるα線の有無であるため、観測されたグロー曲線の違いは、この核反応によるα線と照射場に混在するγ線の線質の違いに起因することが示唆された。また、このような高線量場では使用を繰り返していくうちに照射履歴の影響を受け、再現性が低下することも明らかになった。

二つ目に、市販の熱蛍光素子は耐熱温度の低いガラス管に封入されているため、高温でアニールを行うことが不可能であり、α線に対する基礎特性も明らかにされていなかった。そこで、CaSO<sub>4</sub>:Tmを新たに合成しそのまま粉体として用い、繰り返し使用の中で生じる再現性の低下について、アニール温度の最適化を行った。アニール温度を700°Cの高温とすることで再現性が向上することが明らかになった。また、700°Cでアニールを行ったCaSO<sub>4</sub>:Tmは、<sup>241</sup>Am線源(4 MBq)の5.486 MeV-α線については線量に変換できていないが、1260 min照射まで直線性を有し、59.5 keV, 16.1 keV-γ線については約2.5 Gyまで直線性を有していた。今後、直線性から外れる線量域の熱蛍光特性を調査し、線量とTLの変換効率及び必要とされる補正法を検討することで広い線量域の測定に対応し得ることが示唆された。

三つ目に、CaSO<sub>4</sub>:Tm はこれまで線質による特性の違いについて言及されていなかったが、今回、α線・γ線量比の変化によりグロー曲線のピーク強度比が変化することを明らかにした。この線質に起因したピーク強度比の変化は、α線・γ線混在場でのそれぞれの割合を簡易的に測定できる可能性があり、すなわち、CaSO<sub>4</sub>:Tm に<sup>6</sup>LiFを混合させると中性子線・γ線混在場での分離測定が簡易的に行える可能性があることが示唆された。

本論文では CaSO<sub>4</sub>:Tm について 700°Cの高温のアニールにより再現性が改善することや、α線とγ線それぞれに対する基礎特性、及びα線とγ線の線質に依存したグロー曲線の変化を明らかにした。このような CaSO<sub>4</sub>:Tm の熱蛍光特性を利用し、遅い昇温速度でグロー曲線を精密に測定する手法は、1回の測定で中性子線・γ線を分離測定できることが示唆され、従来法に比べ短時間、かつ簡便に分離測定が行える新たな手法として期待できる。

今後は、再現性を担保できる 700°Cのアニールを行った CaSO<sub>4</sub>:Tm について、<sup>6</sup>Li(n, α)<sup>3</sup>H 反応における中性子とα線の変換効率と、熱蛍光体 CaSO<sub>4</sub>:Tm のα線捕獲効率の調査、また、CaSO<sub>4</sub>:Tm と<sup>6</sup>LiFの混合比や粒径による感度変化の解析を行い、本手法の BNCT での利用を目指す。