

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	BNCT用中性子源陽子 リチウム反応中性子源からのガンマ線発生に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	齋藤辰宏
Author(English)	Tatsuhiko Saito
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10493号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:井頭 政之,小栗 慶之,千葉 敏,林崎 規託,片淵 竜也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10493号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

論文要約

浸潤性がんの治療に有効なホウ素中性子捕捉療法(BNCT: Boron Neutron Capture Therapy)の中性子源として小型加速器中性子源が注目されている。 ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応を利用した加速器中性子源も有力な候補の一つとなっているが、リチウム標的に陽子ビームを照射すると中性子だけでなく、 ${}^7\text{Li}(p, p')\gamma{}^7\text{Li}$ 及び ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Be}$ 反応により γ 線が発生するため、これらの γ 線が BNCT 治療時に患者の被曝線量に大きく影響する可能性があり、その被曝線量を評価することが重要である。しかし、 γ 線発生反応の核反応データが質・量ともに乏しく、評価が難しいのが現状である。そこで本研究では、本学の 3UH-HC 型ペレトロン加速器を用いて起こさせた ${}^7\text{Li}(p, p')\gamma{}^7\text{Li}$ および ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Be}$ 反応からの γ 線をコンプトン抑止型 NaI(Tl) 検出器で測定し、 γ 線発生量及び角分布を求めた。さらに、得られた測定値を用いて γ 線発生反応の BNCT 患者線量への寄与をモンテカルロシミュレーションにより評価した。

まず、BNCT 治療時の患者位置と想定されている陽子ビーム軸方向に対して 0° 方向に NaI(Tl) 検出器を設置し、 γ 線波高スペクトルを観測した。 ${}^7\text{Li}(p, p')\gamma{}^7\text{Li}$ 反応の γ 線発生量は、観測された γ 線ピークにガウシアンフィットを行い得られた 478 keV γ 線計数をピーク検出効率で除することによって求めた。得られた結果は p-Li 中性子源を用いた BNCT 線量評価の論文で定義していた値よりも 30-50%程度低い値となった。 ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Be}$ 反応の γ 線発生量は、NaI(Tl) 検出器の応答関数を計算して応答行列を求め、これを用いたアンフォールディングによって波高スペクトルから γ 線スペクトルを得た後に、対応するピークに関してガウシアンフィットを行うことによって求めた。得られた結果は、以前に測定されたこの反応の断面積測定データから算出した値と比較すると 30%低い値となった。

過去の測定データと比較すると、過去の測定した角度によって γ 線発生量に大きな違いが見られた。このことから、角分布を考慮した γ 線発生量を求めるために γ 線角分布を測定した。測定によって得られた角分布を考慮した γ 線発生量と角分布をもとに、現在提案されている BNCT の照射体系を模擬して、中性子源から発生する γ 線が患者の吸収線量にどの程度影響があるかをモンテカルロシミュレーションによって評価した。その結果、 ${}^7\text{Li}(p, p')\gamma{}^7\text{Li}$ 反応及び ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Be}$ 反応による γ 線の吸収線量は、 ${}^{10}\text{B}(n, \alpha){}^7\text{Li}$ 反応による吸収線量と比較して 1 桁以上小さいことが分かった。また、生体中の水素によって起こる中性子捕獲ガンマ線による線量と比べても 1 桁から 2 桁小さくなることが分かった。さらに、 ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Be}$ 反応による γ 線の吸収線量は ${}^7\text{Li}(p, p')\gamma{}^7\text{Li}$ 反応による γ 線より 2 倍程度大きくなることが分かった。過去の線量評価では ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Be}$ 反応による γ 線の吸収線量は無視できるとしていたが、今回の研究からそれは間違いであることが分かった。

結論として、本研究で得られた ${}^7\text{Li}(p, p')\gamma{}^7\text{Li}$ 反応及び ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Be}$ 反応の核反応データを用いることで、 ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応中性子源を用いた BNCT における線量評価が可能となった。

また、本研究で行った線量評価から、陽子 - リチウム中性子源からの γ 線による吸収線量への影響は十分小さいことが分かり、この陽子 - リチウム中性子源は BNCT 用として有望であることが分かった。