The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）のためのCdTe検出器を用いたSPECT装置の開発研究
Author(s)	真鍋, 正伸
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/55972
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　真鍋　正伸　　）	
論文題名	ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）のためのCdTe検出器を用いたSPECT装置の開発研究

論文内容の要旨

BNCT(ホウ素中性子捕捉療法)とは､熱中性子もしくは熱外中性子とホウ素(^{10}B)の核反応によって放出されるα粒子とリチウム粒子(^{7}Li)で腫瘍細胞を死滅させる新しい放射線治療法である。この治療法の利点は、ホウ素化合物を腫瘍細胞のみに蓄積させる薬が開発されていること、そして、α粒子とリチウム粒子の飛程が極めて短く細胞の同程度であるということである。つまり他の放射線治療法と比べて、より正常細胞を傷つけずに腫瘍細胞を死滅させることができる。

しかし、BNCTにはいくつかの未解決問題がある。その中の１つに治療効果をリアルタイムで知ることができないということがある。この問題を解決する為、核反応の結果、生成されたリチウム原子核から放出される478keVのγ線を計測し、3次元画像にするSPECT装置(BNCT-SPECT)の開発を進めている。著者は、BNCT-SPECTのγ線検出器として、検出効率が高く、エネルギー分解能が優れるCdTe(テルル化カドミウム)検出器を選択した。本論文は、これまで著者が実施してきたCdTe検出器を用いたBNCT-SPECTの内容をまとめており、全5章で構成されている。

第1章では、本研究の概要について述べている。まず、BNCTの原理、歴史、現状、課題の順番で、BNCTの治療の確立がいかに社会的に有意義なことであることを述べている。次に、本研究で開発を目指しているBNCT-SPECTの基本原理と実現に向けての課題について述べた。SPECTとPETの違いやBNCT-SPECTの設計条件など、本論文を読み進めるにあたっての基本的な内容を記載した。

第2章では、CdTe(1素子)の基礎特性について述べている。最初に、半導体検出器の原理からCdTe検出器と他の放射線計測器との違いなど、CdTe検出器に関する幅広い内容について述べた。そして、CdTe(1素子)の検出器を実際に製作し、性能を確認するため、固有効率およびエネルギー分解能の測定を行った。その結果について記載しており、BNCT-SPECTの設計条件を満たすγ線検出器であることを示した。

第3章では、BNCT-SPECT用コリメータの基本設計について述べている。MCNP5(3次元モンテカルロシミュレーションコード)を用いて実際の治療室と患者を模擬し､高強度中性子場とそれに付随して発生するγ線のノイズ影響を最大限抑え、478keVγ線の1時間当たりのカウント数およびS/N比を評価した結果について説明している。その結果、^{1}H(n,γ)^{2}H反応による2.22MeVγ線のコンプトン散乱の影響により、最適なコリメータを用いた場合でもS/N比が最大0.2程度にとどまることが分かった。このため、アレイ型CdTe検出器による非同時計数法を用いたS/N改善の効果を見積した。その結果、非同時計数によりS/N比は、0.4まで改善されることを示し、非同時計数が研究のキーポイントであることを認識したことについて述べている。

第4章では、2素子を用いたCdTe検出器による同時計数率について述べている。非同時計数の効果を、実際に求めるため、1素子を重ねたCdTe(2素子)検出器を製作した。CdTe(2素子)検出器は、ただ単純に重ねるのではなく、ノイズを減らすためのガードリングの取付けやASIC(特定用途向け集積回路)の実験が可能なように、さまざまな工夫を施した。そして、製作したCdTe(2素子)検出器を用いて、非同時計数が実際に可能か、同時計数率の実験を行った。その結果、同時計数率を求めることができ、今後のアレイ型CdTe検出器の製作に向けての道筋を見出すことができた。

そして最後に、第5章で本論文についての総括を述べている。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　真鍋　正伸　）	
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　准教授　佐藤　文信

論文審査の結果の要旨

BNCT(ホウ素中性子捕捉療法)とは、熱中性子もしくは熱外中性子とホウ素(^{10}B)の核反応によって放出されるα粒子とリチウム粒子(^{7}Li)で腫瘍細胞を死滅させる新しい放射線治療法である。BNCT は、他の放射線治療法と比べて、より正常細胞を傷つけずに腫瘍細胞を死滅させることができる。しかし、BNCT にはいくつかの未解決問題がある。その中の１つに治療効果をリアルタイムで知ることができないということがある。この問題を解決する為、核反応の結果、生成されたリチウム原子核から放出される 478keV のγ線を計測し、3 次元画像にする SPECT 装置(BNCT-SPECT)の開発を進めている。著者の研究グループでは、BNCT-SPECT のγ線検出器として、検出効率が高く、エネルギー分解能が優れる CdTe(テルル化カドミウム)検出器を選択した。本論文は、これまで著者の研究グループが実施してきた CdTe 検出器を用いた BNCT-SPECT の内容をまとめており、全５章で構成されている。

第１章では、本研究バックグラウンドについて述べている。BNCT の原理、歴史、現状、課題など、BNCT の確立がいかに社会的に重要であるかを述べている。次に、本研究で開発を目指している BNCT-SPECT の基本原理と課題を述べた。SPECT と PET の違いや BNCT-SPECT の設計条件など、本論文を読み進めるにあたっての基本的な内容を記載した。

第２章では、CdTe1 素子の基礎特性について述べている。最初に、半導体検出器の原理から CdTe 検出器と他の放射線計測器との違いなど、CdTe 検出器に関する幅広い内容について述べた。そして、CdTe1 素子の検出器を実際に製作し、性能を確認するため、固有効率およびエネルギー分解能の測定を行った。その結果について記載しており、BNCT-SPECT の設計条件を満たすγ線検出器であることを示した。

第３章では、BNCT-SPECT 用コリメータの基本設計について述べている。MCNP5(3 次元モンテカルロシミュレーションコード)を用いて実際の治療室と患者を模擬し、高強度中性子場とそれに付随して発生するγ線のノイズ影響を最大限抑え、478keVγ線の１時間当たりのカウント数および S/N 比を評価した結果について説明している。その結果、^{1}H(n, γ)^{2}H 反応による 2.22MeVγ線のコンプトン散乱の影響により、コリメータを用いても S/N 比が最大 0.2 程度にとどまることが分かったことについて示す。また、このため、アレイ型 CdTe 検出器による非同時計数法による S/N 改善の効果を調査した。その結果、非同時係数により S/N 比は、0.4 まで改善されることを示し、非同時計数が研究のキーポイントであることを認識したことについて述べている。

第４章では、2 素子を用いた CdTe 検出器による同時計数率について述べている。非同時計数の効果を、実際に求めるため、2 素子を重ねた CdTe 検出器を製作した。2 素子 CdTe 検出器は、ただ単純に重ねるのではなく、ノイズを減らすためのガードリングの取付けや ASIC(特定用途向け集積回路)の実験が可能なように、さまざまな工夫を施した。そして、製作した 2 素子 CdTe 検出器を用いて、非同時計数が実際に可能か、同時計数率の実験を行った。その結果、同時計数率を求めることができ、今後のアレイ型 CdTe 検出器の製作に向けての道筋を見出すことができた。

そして最後に、第５章で本論文についての総括を述べている。

以上のように、本論文はこれまで評価が難しかった、リアルタイムの BNCT 治療効果測定に道を開くものであり、BNCT の普及に資するものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。