

( 続紙 1 )

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	高橋 佳之
論文題目	Research and Development of Anti-personnel Landmine Detection System for Humanitarian Demining by Measurement of Gamma-rays and Neutrons with Neutron Irradiation (中性子照射によるガンマ線および中性子測定に基づく人道的対人地雷探知システムの研究開発)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、原子力分野において開発された放射線計測技術の応用として、中性子を対人地雷が埋設された土壤に照射し、中性子と地雷中の爆薬成分との核反応の結果として放出される中性子及びガンマ線 (以下、<math>\gamma</math>線) を検出することによって地雷を探知する新しい装置の研究と開発を行うことを目的とし、そのための測定装置の開発と実験的検証について論じた結果をまとめたものであり、5章からなっている。</p> <p>第1章は序論で、人道的な対人地雷探知を行うことの意義と問題点、これまでの世界各国で行われてきた地雷探知装置に関する研究についてまとめ、それに基づき本論文の目的と概要について述べている。</p> <p>第2章では、地雷中の爆薬と中性子との核反応により発生する捕獲<math>\gamma</math>線を測定するために新しく開発した検出器とその測定システムについて述べている。本研究では爆薬中に高密度で存在する窒素から放出される10.83 MeVと5.27 MeVの捕獲<math>\gamma</math>線、および爆薬中の水素からの2.22 MeVの捕獲<math>\gamma</math>線を測定する捕獲<math>\gamma</math>線測定法 (以下、<math>\gamma</math>線測定法) により地雷を探知する手法に着目した。本研究では高エネルギー<math>\gamma</math>線を効率良く測定し、しかも遮蔽材も含めた検出器系の重量を減らすことができる新しい検出器として、2種類の検出器 (BGO及びNaI) を組み合わせた複合<math>\gamma</math>線検出器を開発し、周囲からのバックグラウンドを低減するための逆同時計数測定法と、検出効率を向上させるための同時計数測定法を組み合わせた新しい測定手法を考案している。さらに回路系調整と解析の簡素化のために、検出器からの波高信号と検出時刻情報を同時に取り込むことができるデータ収集装置とそのデータ解析プログラムを開発している。組成が爆薬成分に近いメラミンを対象として中性子照射実験を行った結果、地雷探知に向けた複合<math>\gamma</math>線検出器とその測定手法の有効性を確認している。</p> <p>第3章では、爆薬中の水素と中性子との散乱反応に着目し、この散乱中性子を測定する後方散乱中性子測定法 (以下、中性子測定法) と前章の<math>\gamma</math>線測定法を併せて用いた複合測定方法についての研究結果について述べている。中性子と地雷との反応率および検出効率は土壤中の水分量に大きく依存し、その影響を解析により調べた結果、中性子測定法では水分量が低い場合には地雷探知が容易であるが、水分量の上昇に伴って地雷の判別が困難となること、その一方で<math>\gamma</math>線測定法は水分量が低い場合は中性子測定法に比べて地雷探知性能が劣るが、水分量が増加した場合においては地雷探知に有効であることを明らかにした。さらに定常中性子源ではなくパルス状に発生する中性子を用いて時間依存の測定を行った場合、両手法とも判別の精度を数倍以上向上</p>			

させることができることが判った。この研究結果から、地雷の探知においては中性子測定法と $\gamma$ 線測定法という複数の測定手法を組み合わせる行うことが有効であることを明らかにした。

第4章では前章までの研究成果に基づき、D-D中性子源と3台の複合 $\gamma$ 線検出器、および中性子検出器を統合した新しい地雷探知のための装置の製作と、その性能評価実験の結果について述べている。装置の設計においては予備実験における知見を元に、 $\gamma$ 線検出器の中性子遮蔽、検出器の設置位置と設置方向、D-D中性子源の形状変更等の最適化が行われている。地雷有無の判別のために統計的手法に基づいて考案した評価基準を用いて、窒素と水素からの捕獲 $\gamma$ 線、および後方散乱中性子の測定結果を複合的に判断するプログラムを作成し、爆発しないように処理した爆薬（RDX、TNT）を用いて、土壌中の水分量、埋設深さ、地雷重量を変更した様々な条件下において測定実験を行い、本地雷探知装置の性能評価を行った。その結果、本装置により実際の爆薬を高効率で探知でき、D-D中性子源と $\gamma$ 線測定法・中性子測定法を組み合わせた複合的測定手法による地雷探知装置の有効性を確認するとともに、今後の対人地雷探知システムの実用化の可能性が示されている。

第5章は結論として、本研究を通じて得られた新しい地雷探知装置の実験と解析の結果についてまとめ、実用化に向けての本測定手法の課題について述べている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、原子力分野において開発された放射線計測技術の応用として、中性子を対人地雷が埋設された土壌に照射し、地雷中の爆薬成分との核反応の結果として放出される $\gamma$ 線と中性子を検出することによって地雷を探知する技術の研究と開発を行うことを目的とし、そのための測定装置の開発と実験的検証結果について論じたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 地雷中の爆薬に含まれる窒素・水素と中性子との核反応により発生する高エネルギーの捕獲 $\gamma$ 線を測定するために、新たに2種類の検出器を組み合わせた複合 $\gamma$ 線検出器とその測定システムを開発し、予備実験を実施した結果、地雷探知に向けてこの検出器とその測定手法の有効性を実証した。また、地雷が埋設された土壌中の水分量の変化に対応するために、捕獲 $\gamma$ 線と後方散乱中性子を併せて測定することが有効であることを明らかにした。

2. この複合 $\gamma$ 線検出器を用いた測定システムに関する研究成果に基づき、D-D中性子源と3台の複合 $\gamma$ 線検出器、および中性子検出器を統合した新しい地雷探知のための装置を製作した。爆発しないように処理した爆薬を用い、爆薬重量、土壌中の水分量、埋設深さ等を変更した様々な条件下において測定実験を行い本地雷探知装置の性能評価を行った。その結果、本装置により実際の爆薬を高効率で探知できることを実証した。

以上、本研究は、放射線計測技術を応用した高効率の地雷探知装置の開発とその実験的検証を行ったもので、新しい放射線測定技術の進展と将来の対人地雷探知システムの実用化に大きく貢献し、ここで得られた知見は学術上、また実用上寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(エネルギー科学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年2月25日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日以降