

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	創傷部アクチニド汚染迅速評価のための蛍光X線測定法の開発
Title(English)	Development of X-ray Fluorescence Measurement Method for Rapid Evaluation of Actinide Deposited on Wound
著者(和文)	伊豆本幸恵
Author(English)	Yukie Izumoto
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11515号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小栗 慶之,林崎 規託,松本 義久,長谷川 純,片淵 竜也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11515号, Conferred date:2020/3/26, 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

博士論文要約

環境・社会理工学院 融合理工学系

原子核工学コース

伊豆本 幸恵

(指導教員：小栗 慶之 教授)

論文題目：

「創傷部アクチノイド汚染迅速評価のための蛍光 X 線測定法の開発」

(Development of X-ray Fluorescence Measurement Method for Rapid Evaluation of Actinide Deposited on Wound)

ウラン (U), プルトニウム (Pu) は傷口から体内に入ると徐々に骨等に沈着し、長期に渡りアルファ線を放出し続け、重篤な内部被ばくの原因となる。緊急被ばく医療では早期の治療方針策定のために迅速な汚染の定量評価が求められるが、現行のアルファ線計測による方法では組織や血液等によりアルファ線が遮蔽され、特に深い刺し傷の場合は測定が困難となる。そこで、本研究では、より透過力の大きい X 線を活用した蛍光 X 線分析法 (X-ray Fluorescence Analysis ; XRF) を用いて創傷部の U, Pu を迅速に定量する手法を提案した。しかし、分析に伴う一次 X 線照射は放射線被ばくのリスクを伴うため、まず創傷部の血液を捕集して XRF によるスクリーニング検査を行い (捕集法)、次にこの検査で汚染が確認された場合のみ創傷部を直接 X 線で照射して定量分析を行う (直接法) ことを提案した。創傷部 U, Pu 汚染の定量に XRF を用いた例は過去になく、医療介入推奨レベルの U, Pu の検出可能性、体内他元素の影響、一次 X 線による被ばく線量等、未解明の点がある。そこで、実験に必要な模擬試料の開発や U, Pu の検出効率を向上させる技術の開発を行い、さらに測定に伴う X 線による被ばく線量の推定を行って緊急被ばく医療における汚染検査スキームとしての実現可能性を評価することを研究の目的とした。

まず、捕集法のモデル実験及び XRF 分析実験を行った。同じ重元素である非放射性の鉛を用いた実験による最適な捕集素材の選定と具体的な捕集方法について考察し、次に U のみを血液または蒸留水と混合した二種類の U 汚染血液捕集ろ紙模擬試料を作製し、XRF 分析を行って分析性能への共存元素の影響を調査した。これらの結果を踏まえ、溶媒を蒸留水とした Pu 及び U・Pu 混在汚染模擬血液捕集ろ紙試料を作製し、XRF 分析を行った。

直接法のモデル実験体系及び XRF 装置に必要な諸条件の検討も行った。まず、U, Pu 汚染を伴う刺し傷を模したモデルを作製し、これらの XRF 分析結果とピークフィッティングを用いたスペクトルデータ解析を行った。また信号強度は U, Pu の放射能だけでなく体表面からの深さにも依存するため、試料の前面に皮膚を模擬したポリスチレン板を置いて汚染が深い位置にある状況を模擬し、その深さを変化させて測定を行った。その結果、エネルギー

ギーの異なる $L\alpha$ -X 線と $L\beta$ -X 線のカウンtr比が深さによりわずかに変化し、 $L\alpha$ -X 線と $L\beta$ -X 線のカウンtr比の誤差が十分小さければ、この比を基に汚染の深さを大まかに決定できる可能性があることを明らかにした。一方、市販の XRF 装置に付属の一次 X 線フィルターは U や Pu の測定に最適化されていないため、目標の検出下限を得るためにはこのフィルターを最適化する必要がある。このためにフィルターの厚さを変化させ、Pu の検出下限値が最も低くなる条件を探索することで最適化を行った。

捕集法の実現可能性については、実験で求めた検出下限値をアルファ線測定に基づく従来の手法と比較することで評価した。一方、直接法については U、Pu 及び U・Pu 混在汚染いずれの場合も医療介入推奨レベルの汚染を検出できたことを示し、その有用性を明らかにした。さらに、ガフクロミック線量計を用いることで一次 X 線被ばく線量の評価を行い、皮膚の急性障害に対応するしきい線量や放射線を用いた一般的な既存の医療用診断手法に伴う被ばく線量と比較することで、本汚染評価スキームが創傷部に与える線量が十分受容できるレベルであることを示した。

以上により、本手法は針刺し事象等に伴う創傷部 U、Pu 汚染事故の際の緊急被ばく医療において、実現可能性が高く、今後の原子力利用における一層の安全確保の観点からも検討に値する手法であることを示した。