

労災疾病臨床研究事業費補助金「創傷部アクチニド汚染の迅速定量分析法に関する研究」
研究結果の概要

研究代表者 吉井裕（国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構）

事故により創傷部が放射性物質で汚染された時、汚染の検出と定量は治療計画策定の上で欠くことができない。一般に、 γ 線の放出割合が低い α 核種は α 線計測により検出されるが、創傷部では α 線が血液によって遮蔽されるため、 α 線計測による定量は困難である。本研究では、蛍光X線（XRF）分析法によるピンポイントでの汚染の定量とカドミウムテルル（CdTe）検出器による汚染イメージングを組み合わせた、創傷部アクチニド汚染の迅速な検出・定量法を提案する。このような手法は我々が初めて提案している独創的な手法である。本法により、創傷部アクチニド汚染の迅速な検出と定量が可能となり、緊急被ばく医療における治療計画策定に資することとなるので、本法は標準的な創傷部汚染の検出・定量法として、労災補償行政の施策等への活用が期待される。この方法により得られた被ばく線量の知見は、汚染作業従事者の労災認定の参考資料となりうるとともに、今後増加する廃炉作業などで起こりうる創傷部汚染による内部被ばくへの労災補償行政の施策等への活用が期待される。

本研究で提案している創傷部アクチニド汚染の定量分析法を図1に示す。創傷部プルトニウム汚染が疑われる創傷事故において、まず、創傷部から微量の血液を採取してXRF分析を行い（捕集法）、アクチニドが検出されたら創傷部の一点を直接XRF分析する（直接法）。さらに、CdTe検出器による創傷部全体のアメリカシウム（Am）のイメージング結果をもとに創傷部におけるプルトニウムの分布を推定する（Amイメージング）。これらを組み合わせて、創傷部に付着しているプルトニウムの全量を把握する。



図1 本研究で提案している創傷部アクチニド汚染の定量分析法

本研究の成果を以下に示す。捕集法について、平成 27 年度の研究で、濾紙小片で汚染血液を吸い取りマイラと粘着フィルムで挟むことで、汚染を拡大せずに分析できる手法を確立していたので、今年度はこれをプルトニウムに適用した。濾紙小片に硝酸プルトニウム溶液を各種濃度で滴下し、その上からラット血液を滴下したうえでマイラと粘着フィルムで挟み卓上型 XRF 装置で分析したところ、Pu La 線の信号強度はプルトニウム濃度に比例し、検出下限値として 37 Bq を得た(図 2)。次に、直接法の実験系について検討した。ヒト皮膚

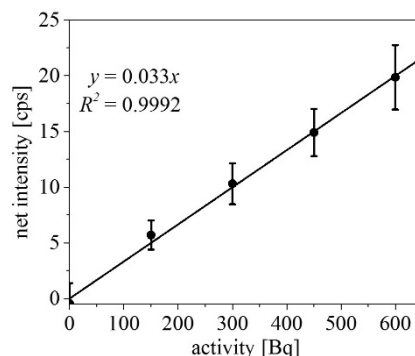


図2 プルトニウム汚染血液の捕集法による検量線

に近い表面構造を持つユカタンピッグ皮膚を用いて、深さ 1mm の刺し傷、切り傷ならびに角質除去による擦り傷を作成した。硝酸プルトニウム溶液で約 50Bq 相当の汚染とし、ZnS(Ag)サーベイメータによる検出効率を検討した。血液が無い状態でも、皮膚状態変化による α 線検出効率の低下が認められ、従来法での定量化は難しいことが示唆された。直接法における皮膚の被ばく線量の評価をポリマーゲル線量計で行うため、その製作方法などを検討した。平成 27 年度に購入したハンドヘルド XRF 装置 S1 Tracer III-SD (BRUKER) において、ウランの分析感度が最高となる一次フィルター構成を探索し、Ni 80 μ m が最適であるという結果を得た。また、広照射野 XRF 装置の開発では、基礎的検討のために装置内での X 線管、試料、検出器等の配置を自由に変更できるシステムを構築した。傷をつけたポリエチレンブロックに 750 Bq の硝酸プルトニウム溶液を滴下した針刺し傷モデルを構築した。これを用いて、高空間線量率環境下における HPGe による特性 X 線測定と XRF 測定を比較し、XRF は高空間線量率環境下でも適用可能であることを示した。CdTe イメージング装置の開発においては、広視野用、または、狭視野高解像度用(MGC1500、アクロラド)をそれぞれ開発・評価をしている。前者はセンサ調整のための試験ジグの製造が完了した。後者はセンサ調整が完了し、データ解析および可視化アルゴリズムとそのソフトウェアを開発した。アメリシウム線源およびプルトニウム線源のイメージングの評価をし、60 秒計測での検出限界として、約 3 Bq (241Am)を得た。プルトニウム (241Am40Bq 相当)のイメージングに成功した(図 3)。

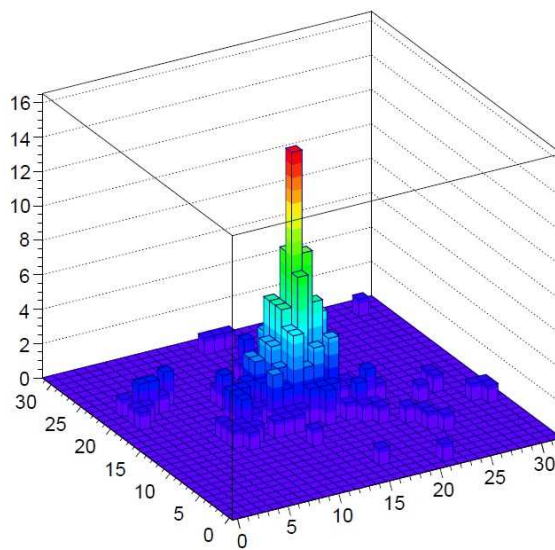


図 3 ²⁴¹Am 計測から得たプルトニウムの二次元ヒストグラム