

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、まず、創傷部の血液を捕集する手法の開発を行った。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、これを劣化ウランに適用した。劣化ウラン溶液を混合させたラット血液を滴下した濾紙小片を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、U L α 線の信号強度はウラン濃度に比例し、検出下限値として 1.9 ± 0.5 ppm を得た (図 2)。これ

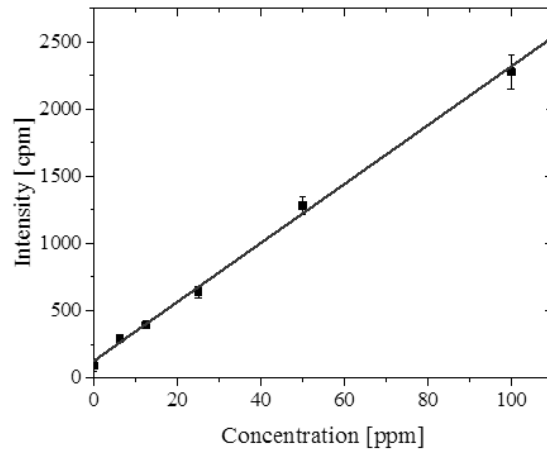


図 2 劣化ウラン含有血液の捕集法による検量線

を放射能に換算すると、 160 ± 40 μ Bq となり、極めて高感度で血液中のウランを検出できることが明らかになった。次に、直接法の実験系について検討した。ヒト皮膚に近い表面構造を持つユカタンピッグ皮膚を用いて、非放射性鉛を用いて針刺し事故を想定した豚皮モデル試料を作成し卓上型 XRF 装置で分析した。これにより、豚皮モデル試料作成のための技術を確立した。また、ユカタンピッグ皮膚の表面に Pu 硝酸溶液または Am 硝酸溶液 10 μ L を滴下した。この試料に対し、XRF 分析及び従来法である α 線計測を適用したところ、XRF において Pu L α 線の信号を確認するとともに、 α 線計測における汚染検出率が酸性度や核種、滴下からの経過時間に依存することを明らかにした。ラット傷汚染モデルとして、硝酸 Pu、硝酸 U ならびに硝酸 Pu・硝酸 U 混合液いずれも 20 μ L を筋肉内投与する系を確立した。捕集法と直接法に用いるハンドヘルド XRF 装置について様々な装置を比較検討し、一次フィルターの構成を自由に変更できるハンドヘルド型装置が市販されていることが明らかとなった。そこで、一次フィルターの構成が可変であることを条件として入札を行い、BRUKER 社の Tracer-III-SD を購入した。広照射野 XRF 装置の開発では、ウラン検出に最適なフィルター構成の探索を行い、ポリキャピラリーで入射 X 線を平行化する機構を持つ XRF 装置においては 60 μ m 厚の Ni 箔と 20 μ m 厚の Pt 箔を重ねたフィルターが最適であることを示した。CdTe イメージング装置の開発では、既存の装置を使用して Am の検出試験を実施し、CdTe イメージング装置開発に予想される問題点の洗い出し、改良への検討を進めた。

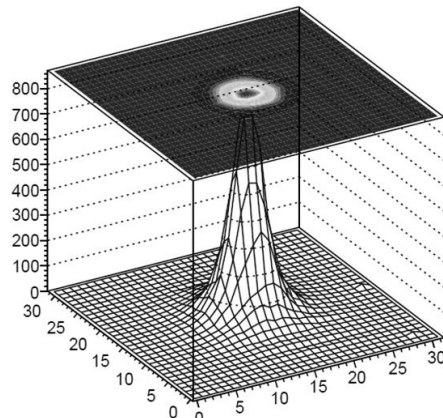


図 3 MGC1500 で取得した Am241 のイメージング画像