

共同研究成果報告書

低濃度放射能測定の定量化に関する研究

原子力規制委員会 原子力規制庁

学校法人五島育英会東京都市大学

令和6年7月

1. 研究目的

従来のクリアランスにおける放射能測定では、測定対象物の密度を均一とみなして放射能濃度を評価する手法が採られていた。今後発生が予想される測定対象物（金属及び有機物（プラスチック等）から構成される配電盤等。以下「新規クリアランス対象物」という。）に対する放射能濃度の評価においては、対象物を構成する材料が異なるため、自己遮蔽のばらつきの影響により従来の評価手法では必ずしも保守的な評価結果が得られるとは限らない。このような事態を避ける手段として、各材料の密度及び放射能の分布を考慮し、自己遮蔽の影響をより詳細に評価する方法が事業者によって採用されることが予想される。

そこで、本研究では、放射線測定の結果から放射能濃度を評価する一連の方法（以下「放射能測定値の定量化」という。）を念頭に、事業者によって得られる放射能濃度の値が、十分な信頼性をもって算出されているか否かを規制側が確認するために必要な手法の考案と知見の蓄積を目的とする。

2. 研究内容

2.1 放射能測定値の定量化における信頼性確保に係る検討

低い放射能濃度の測定結果及びその不確かさの信頼性を確保する手段に関連する、最新の国内外の放射能濃度測定技術の開発動向並びに計量及び校正制度の運用動向を調査した。特に、規則の改正並びに審査基準の制定及び改正を受け、新規クリアランス対象物の種類が増えることが予想される。このような予想を踏まえて、事業者の採用する可能性のある放射線検出器及び測定手法を新規クリアランス対象物に適用した場合に、事業者による評価結果が信頼性を確保しているか否かの妥当性を規制側が確認するための係る知見を蓄積した。

2.2 混合物の放射能測定値の定量化に係る検討

金属及び有機物（プラスチック等）から構成される組成・形状が複雑な測定対象物の放射線の測定結果から放射能濃度を評価する場合に、自己遮蔽のばらつきの影響を考慮しながら評価する手法について実験及びモンテカルロ計算により検討した。また、モンテカルロ計算により測定対象物の放射能濃度の値を不確かさとともに適切に導出する方法について知見を蓄積した。以上より、事業者による評価方法の妥当性の判断において規制側が留意すべき点について知見を蓄積した。

3. 実施方法

3.1 放射能測定値の定量化における信頼性確保に係る検討

放射能測定値の定量化における信頼性確保に係る最新の国際規格などの基準文書、放射線検出技術の研究開発動向を調査した。調査の結果を基に、新規クリアランス対象物の放射能濃度評価において想定される測定体系などの条件を設定し、放射能測定に係る模擬体系をシミュレーション上及び実測環境上で構築した。その結果を用いてデータ処理の流れを

明確化した上で、放射線検出器及び測定手法の適用条件の評価を行った。評価においては、バックグラウンドの統計的変動が測定値に有意な影響を与える条件等、実際の低い放射能濃度の測定に近い条件となるようなパラメータを選定して行った。

本研究は、測定対象の模擬体系構築、実際の測定及びデータ処理からなる。その後、検討結果を反映して対象範囲を拡大して適用条件の検討・評価を進めた。

3.2 混合物の放射能測定値の定量化に係る検討

想定される測定対象物（金属、有機物等が混合した混合物）として配電盤及びケーブルを主な候補としつつ、測定対象物を容器に収納した場合を想定し、非破壊検査により密度の分布の把握がどの程度可能か検討した。また、密度の分布が放射能濃度の評価に及ぼす影響についてモンテカルロ計算により検討するとともに、不確かさの評価方法について検討した。以上から、非破壊検査から得られた密度の分布に関する情報と放射能濃度の評価結果について検討し、保守的な放射能濃度の評価に必要な条件について整理した。

さらに、イメージング技術等による放射能の分布情報の取得及びエネルギースペクトルの活用により、測定対象物の密度の影響も考慮しつつ放射能濃度の算出が可能か否かについても併せて検討した。

あわせて、配電盤及びケーブル以外に測定対象物としてどのようなものがあるかについて調査し、必要に応じて放射能測定定の定量化に係る検討に含めた。

4. 研究実施分担

項目	A	B
(1)放射能測定値の定量化における信頼性確保に係る検討	◎	○
(2)混合物の放射能測定値の定量化に係る検討	○	◎

A：原子力規制庁、B：学校法人五島育英会東京都市大学

◎：主実施者、○：実施者

5. 共同研究参加者

区分	氏名	所属部局・職名	本研究における役割
原子力規制庁	酒井宏隆	放射線・廃棄物研究部門 上席技術研究調査官	研究の統括並びにケーススタディに基づく測定法及びデータ処理法の妥当性を確認するための手法の検証
	吉居大樹	放射線・廃棄物研究部門 副主任技術研究調査官	ケーススタディに基づく測定法及びデータ処理法の妥当性

	片山二郎	放射線・廃棄物研究部門 核燃料廃棄物政策研究官	を確認するための手法の検証 研究内容及び進捗に関する助言、レビュー及び関連技術文書の査読
	澁谷憲悟	放射線・廃棄物研究部門 主任技術研究調査官	ケーススタディに基づく測定法及びデータ処理法の妥当性を確認するための手法の検証及び関連技術文書の査読
	仲宗根峻也	放射線・廃棄物研究部門 技術研究調査官	模擬体系の構築並びにデータの取得及び評価
学校法人五島育英会東京都市大学	河原林順	理工学部原子力安全工学科 教授	研究の統括、模擬体系の構築及びデータ処理技術の開発

6. 研究実施工程

項目	令和3年度		令和4年度		令和5年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
(1)放射能測定値の定量化における信頼性確保に係る検討	典型的な模擬体系の構築・動作確認					
	測定・評価及び検証、対象の拡大					
(2)混合物の放射能測定値の定量化に係る検討	模擬体系の構築・動作確認					
	測定・評価及び検証					

7. 成果概要

原子力規制庁は、事業者による新規クリアランス対象物の放射能濃度の評価結果が十分な信頼性をもって算出されていることを規制側が確認するための手法の考案と知見の蓄積を目的に、放射能のイメージングを含む放射線測定に係る実験及びデータ処理技術の開発に関わる実績をもつ学校法人五島育英会東京都市大学と共同研究を実施し、以下の成果を得た。

- 放射能測定値の定量化における信頼性確保の妥当性確認に係る検討について、最新の国内外の技術並びに計量及び校正制度を調査した。また、模擬体系の構築及び測定実験を通して、事業者の採用する可能性のある放射線検出器及び測定手法を適用した場合に、事業者による評価結果及びその信頼性の妥当性を規制側が確認するための知見を蓄積した。具体的には、新規クリアランス対象物のような自己遮蔽の影響の異なる、種々の材料から構成される対象物に対してその内部の状況（密度分布）を X 線 CT により可視化するために必要な条件について調査及び検討し、取りまとめた^(1,4,5)。
- 混合物の放射能測定値の定量化に係る検討については、イメージング技術等により求めた測定対象物の内部構造を活用することで、自己遮蔽の影響を評価する方法について実験及びモンテカルロ計算を用いて知見を蓄積した。得られた成果より、放射能濃度の評価結果に影響を及ぼす事項を整理し、放射能濃度を安全側に評価するために必要な条件及び不確かさの算出方法について取りまとめた^(2,3,6)。以上より、規制側が留意すべき点について知見を蓄積した。

8. 公表成果一覧

- 1 Tagawa, H., Kawarabayashi, J., Yoshii, T., Hagura, N., “Improvement of clearance reliability for plastic and metal mixture waste using CT”, virtual IEEE nuclear science symposium and medical imaging conference, 2021.
- 2 Yoshii, T., Sakai, H., Tagawa, H., Kawarabayashi, J., “Study on the effects of heterogeneity of objects placed in storage containers on simple radioactivity evaluation”, *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 177, p. 109313, 2022. doi:10.1016/j.anucene.2022.109313.
- 3 Yoshii, T., Sakai, H., Kawarabayashi, J., “Basic Study on the Radioactivity Evaluation of Control Panels”, 12th International Symposium “Release of Radioactive Materials Provisions for Clearance and Exemption”, 2022.
- 4 仲宗根峻也、吉居大樹、澁谷憲悟、酒井宏隆、藤原健、河原林順、「新規クリアランス対象物を想定した X 線 CT の画像再構成条件に関する検討」、日本原子力学会 2023 春の年会、令和 5 年
- 5 澁谷憲悟、仲宗根峻也、吉居大樹、酒井宏隆、藤原健、河原林順、「CdTe 検出器を用いた X 線 CT 撮像におけるエネルギーしきい値を利用した金属元素の弁別」、第 60 回アイソトープ・放射線研究発表会、令和 5 年
- 6 Yoshii, T., Sakai, H., Kawarabayashi, J., “Influence of conversion factors on the radioactivity evaluation of clearance objects consisting of several materials”, *Applied Radiation and Isotopes*, Vol. 200, p. 110984, 2022. doi:10.1016/j.apradiso.2023.110984.