

空間線量率測定における効率的な遮へい具の開発

放射線量 遮へい具 除染

株式会社オオスミ 正会員 高羽 泰久
同 上 正会員 ○岩崎 伸治
いであ株式会社 鈴木 幹夫

1. はじめに

除染工事の効果を適切に評価するためには、除染対象となる土壌の表面汚染密度、ならびに表面線量率を除染工事の前後で測定し評価する必要がある。表面線量率は、地表面からの高さ 1cm での単位時間当たりの放射線量を測定するものであり、通常、エネルギー補償型のシンチレーションサーベイメータを用いて γ 線を測定する。

表面線量率を測定する場合、バックグラウンドの放射線の影響を受けないようにする必要があり、「除染等の措置に関するガイドライン」では鉛ブロックなどで遮へいした条件での測定¹⁾が示されている。しかし、鉛ブロックを使用した場合、重量が非常に重く、作業性が損なわれるという問題がある。本論文は、鉛ブロックの代替材として鉛、タングステン等重金属を主材料とした新素材を加工し、表面線量率測定時の遮へい材として活用した場合の性能と効果を検証した実証試験結果について報告するものである。

2. 遮へい材

遮へい材は、鉛、タングステン等重金属を主材料とする新素材バイオラバー-RSM(以降、「RSM」という。)を用いた。RSM は、厚さ 4~6mm のシート状の素材で放射線の遮へい服として開発されているため、比重が鉛の 43.5%と軽量な上、可塑性に富み、裁断等の加工も容易な材料である。図-1 に RSM の遮へい性能²⁾を示すが、厚さ 6mm の RSM(WP-16)の場合、1層で 20.8%、5層で使用した場合には約 70%の γ 線(Cs₁₃₇ 由来)遮へい率が得られている。遮へい具は、厚さ 15 mm 程度の鉛遮へい具と同等の遮へい性能が得られるとともに、作業性が確保できるよう 3kg 以下を目標に RSM をシンチレーション検出器の形状に応じて加工した試作品を製作した。

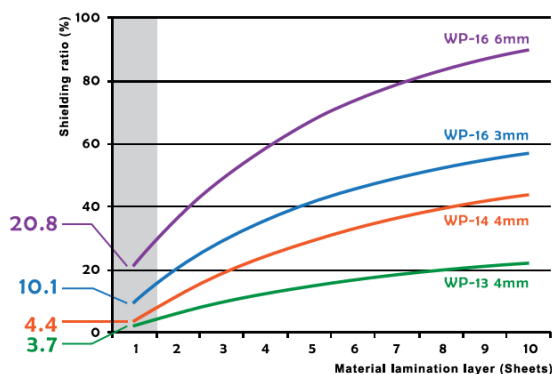


図-1 バイオラバーRSM の遮へい性能

3. 実証試験①

(1)試験概要

図-2 は、汚染状況重点調査区域に指定されている区域において除染試験施工を実施した際、RSM 遮へい具を用いた場合と用いない場合の表面線量率(地表面から 1cm)及び GM 管式サーベイメータによる表面汚染密度(地表面から 1cm)を比較したものである。RSM 遮へい具は、6mm の RSM を2層にしたものを使用し、プローブ全体を覆う形状で加工した。なお、RSM 遮へい具の重量は約 2.3kg であり、対象地の空間線量率は地表面から 1.0mの高さで 0.4 μ Sv/h 程度であった。試験は、不陸のない 1m \times 1m の範囲を選定し、中心点で空間線量率と表面線量率及び表面汚染密度を測定した。次に、草刈及び草の根を除去し、その後 1~2cm づつ表面土壌を削り取り、それぞれの除染段階で同様に空間線量率と表面線量率、及び表面汚染密度を測定した。測定にあたっては地表面からの高さを測定し、その高さで測定機器を 30 秒間保持したのち、平均的な測定値の読み取りを行った。

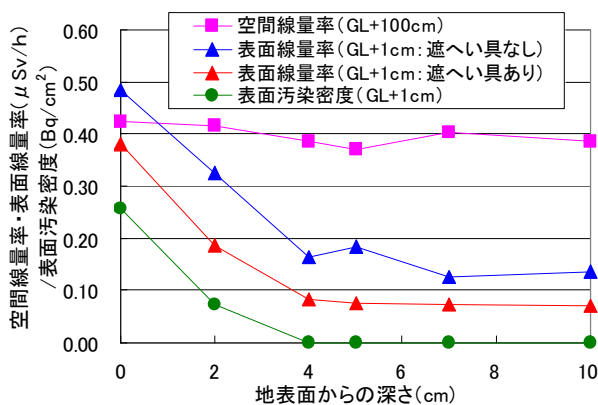


図-2 深度別の表面線量率と表面汚染密度



図-3 RSM 遮へい具を用いた表面線量率測定状況

(2)試験結果及び考察

表面線量率は、図-2 に示すように表面土壌を 4cm 以上削り取った場合、表面汚染密度がゼロ Bq/cm² を示していることから表面線量率の測定値はバックグラウンドのみと考えられる。したがって、RSM 遮へい具の遮へい率は、40.8～57.5%であり平均で 49.9%となった。本実証試験において一定の遮へい性能は確認できたものの、遮へい率を向上させるためには RSM の厚さ(層数)を増やす必要があり、目標とする 3kg を越えてしまうという課題が得られた。

4. 実証試験②

(1)試験概要

遮へい性能の向上と軽量化を図るために RSM 遮へい具の改良を加えたいえ、鉛遮へい具との比較試験を福島県内の警戒区域にて実施した。RSM 遮へい具は、6mm の RSM を 5 層使用とし、シンチレーションサーベイメータの検出器がプローブ先端の 25.4mm であることに着目して検出器部分のみを覆う形状に改良した。試作品は、プローブ先端から 60mm(H-60)、80mm(H-80)を覆う2種類を製作した。比較した鉛遮へい具は、図-4 に示すように厚さ 15mm、外寸 255mm×89mm×129mm、重量 10.8kg でプローブを全て覆う形状のものがある。実証試験は、空間線量率が比較的高い 2.5～10μSv/h の地点1と非常に高い 10μSv/h 以上の地点2との2ヶ所において、RSM 遮へい具を用いた場合と鉛遮へい具を用いた場合、及び遮へい具を用いない場合の表面線量率を測定した。測定は、地表面からの高さ 1cm で測定機器を 30 秒間保持したのち、平均的な測定値を5回ずつ読み取った。



図-4 鉛遮へい具を用いた表面線量率測定状況

(2)試験結果及び考察

表-1 は、各検討ケースにおける測定結果を比較したものである。鉛遮へい具を用いた平均表面線量率を 100 とした場合、RSM 遮へい具は、地点1で H-60 が 70、H-80 では 96 となり、H-80 ではほぼ同等の遮へい性能が得られると判断する。一方、地点2ではいずれも 90 未満となり、10μSv/h以上の高線量率区域での遮へい性能に課題を残した。この要因としては、RSM 遮へい具がプローブ先端のみ覆う形状のため、プローブ全体を覆う鉛遮へい具に比べて検出器上方からのγ線の遮へい効率が悪くなるためと考えられる。今回使用した RSM 遮へい具の重量は、H-80 で 2.5kg あり、鉛遮へい具の 1/4 程度に低減できるため作業性の向上が期待できる。



図-5 RSM 遮へい具(H-80)

表-1 鉛遮へい具と RSM 遮へい具の表面線量率比較試験結果

検討ケース	地点1 (2.5～10 μSv/h)							地点2 (10 μSv/h以上)						
	①	②	③	④	⑤	平均値	変動係数	①	②	③	④	⑤	平均値	変動係数
	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	%	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	%
遮へい具なし	6.98	7.00	7.04	7.03	6.99	7.01	0.37	13.50	13.50	13.50	13.50	13.40	13.48	0.33
鉛遮へい具	2.15	2.05	2.11	2.10	2.12	2.11 (100)	1.73	4.83	4.90	4.94	4.81	4.82	4.86 (100)	1.17
RSM遮へい具 H-60	2.85	3.00	3.05	3.12	3.12	3.03 (70)	3.69	6.35	6.50	6.53	6.60	6.45	6.49 (75)	1.44
RSM遮へい具 H-80	2.20	2.17	2.15	2.21	2.19	2.18 (96)	1.10	5.45	5.41	5.49	5.50	5.45	5.46 (89)	0.66

注) ()内は、鉛遮へい具を100とした場合の遮へい効率を示す。

5.おわりに

今回の実証試験により、RSM 遮へい具は、10μSv/h以下の地域においてプローブ先端の検知器部分を 80mm 以上覆えば鉛遮へい具とほぼ同等の遮へい性能が得られことがわかった。重量は 2.5kg と鉛遮へい具の 1/4 程度に低減できるため、除染工事の効果を検証する際の大量測定において作業性の向上が期待できる。

「除染等の措置に係るガイドライン」では、表面線量率を測定する方法として鉛ブロックなどで周囲を囲んで外部からのγ線を遮へいする方法が示されているものの、どの程度の遮へい性能を必要とするか定量的な規定は示されていない。したがって、RSM 遮へい具の開発にあたっては、厚さ 15mm の鉛遮へい具と比較により性能を検証したが、今後は様々な条件下で検証を行い、除染工事の効率化に貢献していきたい。

<参考文献>

- 1) 環境省, 除染等の措置に係るガイドライン, 第1版, 平成23年12月
- 2) "Development and utilization of gamma-ray shielding suit excellent easy-to-wear" Atomic Energy Research Institute, Kinki University, Yamamoto Corporation, March 14th 2012