

放射能濃度評価のためのシンチレーションファイバーによる測定方法の検討

Study on radiation measurement by plastic scintillation fiber for evaluation of radioactive concentration of contaminated rubbles

*島田 太郎¹、行川 正和¹、高井 静霞¹、武田 聖司¹

¹ 日本原子力研究開発機構 安全研究センター

東京電力福島第一原子力発電所で発生した低濃度がれきの限定再利用に向け、多点数の測定データが取得可能なシンチレーションファイバーを用いた測定方法を検討した。

キーワード：シンチレーションファイバー、福島第一原子力発電所、がれき、再利用、放射能濃度

1. 緒言：福島第一原子力発電所敷地内に保管される低濃度汚染がれき類を資源化して敷地内のある特定用途に限定して再利用することが検討されている。再利用にあたり、資源化物がめやす濃度^[1]を超えないこと、及び、濃度のばらつきが小さいことを測定によって確認する必要がある。そこで本研究では、多点数の測定データを取得可能なプラスチックシンチレーションファイバー (PSF) を用いた放射線測定と逆解析手法により対象物の放射能濃度とその分布を評価できる方法の整備を目指し、PSF による資源化物を対象とした測定方法の検討を行った。なお、PSF は全ガンマ線測定であるが、測定対象とする核種は Cs-137 とし、資源化物中でのガンマ線の非弾性散乱を想定して、低エネルギーガンマ線も考慮することとした。

2. PSF の特性：PSF にはテクノエーピー社製 D-phod の 10m 長さファイバーバンドル 7 本タイプを使用した。コイン型 Cs-137 密封線源を PSF に密着させて計数したところ、線源位置に計数ピークが現れ、飛行時間法による位置検出であることからピークの半値幅は 95cm となった。また、エネルギー校正用の密封線源を用いて同様に測定した結果、ガンマ線エネルギーが 320keV 以下で低下するにつれて、検出効率が減少した。このとき、計数ピーク位置が線源位置よりも PSF 長さ方向でプラス側に移動した。低エネルギーで発光量の少ないガンマ線に対し、Cs-137 で校正された D-phod の適用範囲を超えたものと考えられる。

3. 測定体系の構築：資源化したがれきを模擬した碎石中に Cs-137 密封線源を配置した 50cm×50cm×40cm 高さの亚克力容器内の模擬資源化物周囲を、図 1 のように、らせん状に取り囲む形で 10m 長さの PSF を設置し、容器を水平移動及び回転させ 6 面全ての放射線測定を実施した。碎石は 10cm 角の亚克力ボックスに密度が 1.63g/cm³ になるように詰め、密封線源を収納するボックスにはその中心に線源を配置した。

4. 測定シミュレーション：同体系を対象にモンテカルロシミュレーションコード MCNP5 によって PSF 各検出位置におけるガンマ線エネルギー別のフラックスを解析した。PSF 検出位置はレーザー計測により 3 次元座標を取得し、長さ 10cm 直径 2cm の体積検出器として設定した。本解析結果に対し、長さ方向については計数ピークを半値幅 95cm としたガウス関数補正するとともに、ガンマ線エネルギーに応じた検出効率と位置ずれについて補正を行った。また、PSF 計数率測定結果と比較して、検量線 $y=0.07468x$ を設定した。

5. 結果：図 2 に (x, y, z)=(5, 15, 35)位置に 1.04MBq の Cs-137 線源を配置した場合の容器位置 No.1~3 の測定結果と解析結果の比較を示す。各位置での測定時間は 10 分とした。ピーク位置で最大 30% 程度の差が現れる場合もあるが、測定結果と解析結果がおおむね一致した。解析によって得られた単位線源に対する PSF 応答関数ライブラリと PSF 測定結果に基づいて ML-EM 法を用いた逆解析を試行したところ、容器全体の放射能濃度及びその分布がほぼ一致した。以上の結果から、PSF による多点数測定により、資源化物の放射能濃度を推定できる可能性が示された。

参考文献：[1] 三輪ほか、原子力学会秋の大会 2016, 1108

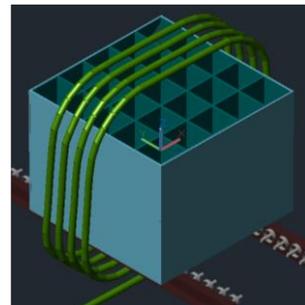


図 1 PSF を用いた測定体系の例 (位置 No.2)

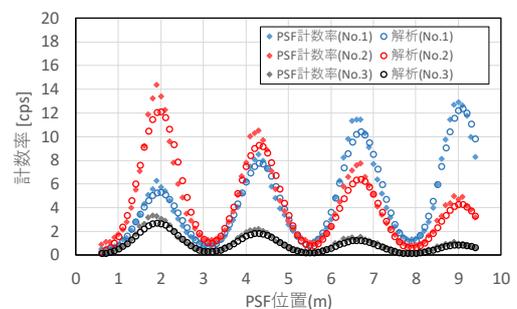


図 2 測定結果と解析結果の比較

*Taro Shimada¹, Masakazu Namekawa¹, Shizuka Takai¹ and Seiji Takada¹

¹ Nuclear Safety Research Center, Japan Atomic Energy Agency,

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁「平成 29 年度廃棄物の限定再利用に関する検討」として実施したものである。