

土中の放射線強度の鉛直分布測定装置

濵田 康治 Hamada Koji (農研機構 農村工学研究所 企画管理部)



1 はじめに

東日本大震災に伴う東京電力(株)福島第一原子力 発電所の事故で放出された放射性物質により汚染さ れた土壌等において,放射性物質を除去又は低減す るための取組が進められている。その際,汚染状況 を把握するために,放射性物質の表面分布や鉛直分 布を測定する必要がある。

表土の面的な汚染状況を短時間で測定する技術と して Plastic Scintillation Fiber (PSF)が提案されて おり,福島県内での調査に適用されている¹⁾が,土 中の深さ方向の汚染状況を短時間で測定する技術は なく,未攪乱柱状サンプルを採取し実験室にて放射 性物質濃度を測定しているため,多くの時間と労力 を要している。このため,放射性物質濃度の鉛直分 布を短時間で測定する手法が求められている。

開発した装置は、土中等に挿入することで深さ別 の放射性物質分布を現地にて測定・確認できる。こ のため、対策が必要となる範囲の効率的な特定が可 能となり適切な対策手法の選定につながる他、放 射性物質汚染に対するリスクコミュニケーションの ツールとして利用することも考えられる。

2 装置の概要

2.1 放射線測定装置

図1に開発した放射線測定装置の概要を示す。装置のセンサー先端部は外径24 mm,長さ約500 mm であり。その内部に25 mm 間隔で10 mm×10 mm×10 mm × 10 mmのヨウ化 Cs(CsI)シンチレータが20 個一列に組み込まれている。このセンサー先端部を土中等に挿入すると、各検出器が挿入深さごとの放射線(全 γ 線)量を計測できる。





図1 放射線測定装置の概要

本装置には圧力センサーを利用した挿入量測定装 置が装備されており,センサー先端部の挿入量を測 定できるため,ため池底質のように対象が水中で あっても測定可能である。

2.2 放射性物質分布の解析

放射線測定装置で測定した深さ毎の放射線量は, 検出器の挿入深さと同じ深さにある放射性物質だけ でなく,異なる深さにある放射性物質の影響を受け る。この周辺の影響による余分な放射線量をカット し,検出器と同じ深さにある放射性物質の影響だけ による放射線量を求める。なお,この逆解析では検 出器が影響を受ける範囲の土層(汚染)が水平に成 層されていると仮定し,検出器と放射性物質の距離 とその間にある土等の密度により放射線の減衰を考 慮し,検出器の測定値に影響する距離(R)内にあ る放射線源から到達する線量を積分することで検出 器に入射する放射線量(ΣN)とした。

$$\sum N = \int_0^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \int_0^R N(r, \theta, \phi) e^{-\mu m \rho r} \cdot r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi \qquad (1)$$

ここで、N:減衰後の放射線量(検出器に到達する 放射線量, cps), $N(r, \theta, \phi)$:検出器を原点とした極 座標 (r, θ, ϕ) にある放射線源による点 (r, θ, ϕ) に おける放射線量 (cps), μ m:質量減衰係数 (cm^2/g) , ρ :底質の密度 (g/cm^3) , r:放射線源と検出器の距 離(cm)である。ここで、 μ m は物質に依存せず一 定、 ρ も一定とした。

3 現地測定による本手法と従来法の比較

3.1 鉛直分布測定結果の比較

本装置を用いて放射性 Cs 汚染が確認されたため 池の底質を対象とした現地測定を実施した。また、 同時に同地点において採取した未攪乱柱状底質サン プルを 5cm 深さ毎にカットした後、放射性 Cs 濃度 (¹³⁷Cs)の測定(以降,従来法と記述)を実施した。 なお、従来法による¹³⁷Cs 濃度測定は深さ 35cm ま で実施した。

図2(a) に検出した放射線強度の鉛直分布と解析 した推定値の鉛直分布(2.5 cm 刻み), 図2(b) に 解析後の推定値(図2(a))を5 cm 刻みに整理した 結果,図2(c)に従来法により測定した¹³⁷Cs 濃度 の鉛直分布を示す。なお,本測定では計測時間が3 分,解析時間が数秒程度であった。

図2(b)と図2(c)を比較することで、本装置に よる推定値の鉛直分布特性と従来法により測定した 鉛直分布特性を比較することができる。比較結果 は、概ね同様の傾向を示しており、本装置により底 泥中の鉛直分布の状況を簡易的に評価することが可 能であることが示された。

3.2 本手法と従来法による結果の相関

3.1 項で示した測定と同様の測定を5地点のため 池底質に対して実施し、本装置による推定結果を従 来法により測定した¹³⁷Cs濃度と比較した。図3に 結果を示す。結果は5地点での測定結果であり、各 地点で深さ方向に数箇所の測定をしているため、総 比較点数が22個となっている。図に示したとおり、 本手法による解析結果と従来法による分析結果には 一定の相関がみられ、直線で近似した場合の決定係 数は R²=0.81 と高い値が得られた。

図3に示した様に、本手法による推定値が従来法 による放射性物質濃度と相関があるため、予め相関 関係を評価しておくことで、本手法による推定値か ら放射性物質濃度に換算することも可能である。

3.3 本装置の活用について

本手法により得られる結果は、従来法による





¹³⁷Cs 濃度測定による結果と良好な相関を示してい るが、本手法を従来法に代替させるのではなく、従 来法と組み合わせて活用することが望ましいと考え ている。これは、本手法による解析結果が、詳細に は環境因子(密度など)に影響を受けるためであ り、より信頼性のあるデータを得るためには対象と する地点の環境毎に従来法による結果と比較・確 認・校正を行っておくことが重要であると考えられ るためである。

4 おわりに

現地でセンサーを土中等に挿入し,その場で内部 の放射性物質鉛直分布を測定可能な装置を開発し た。また,現地測定例としてため池底質を対象とし た測定結果を示した。

本装置による測定・解析結果と従来法である未攪 乱柱状サンプル採取による放射性物質濃度測定結果 には良好な相関が見られ,現地での迅速な測定に活 用できることが示された。しかしながら,データの 信頼性確保のためには,環境に応じた従来法による 結果との比較・確認・校正作業も重要であり,従来 法と併用することで,より広範囲または密度の高い 調査結果の取得が期待される。

現在,土壌密度の設定法 y 線の散乱の影響評価, 最適化手法の再検討を通じた解析の精度の向上と, より精度の高い校正手法の開発などを視野に改良を 進めている。

引用文献

1) 鳥居建男, 眞田幸尚, Isotope News, **714**, 25-29 (2013)