

NaI(Tl)シンチレーション検出器を用いた 濁水中の放射性セシウム排出の連続モニタリング解析法の検討 Analytical procedures of monitoring for radiocesium emission in muddy water using a NaI(Tl) scintillation detector

○吉本周平・今泉眞之・石田聡・塩野隆弘・奥島修二・中達雄
YOSHIMOTO Shuhei, IMAIZUMI Masayuki, ISHIDA Satoshi, SHIONO Takahiro,
OKUSHIMA Shuji and NAKA Tatsuo

1. はじめに

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、福島県を中心に広範囲の農地が放射性セシウム (^{134}Cs および ^{137}Cs) をはじめとする放射性物質によって汚染された。食料生産基盤である農地から放射性物質を除去するために、農林水産省を中心とした取り組みによって農地土壌等の除染技術が開発されている (農林水産省, 2012)。

これらの除染技術のうち、「水による土壌攪拌・除去」は、水田土壌を水により攪拌 (浅代掻き) した後に放射性セシウム含有量の高い細粒分を排出する手法であり、除染効果の評価のためには、濁水として排出される放射性セシウムの評価が不可欠である。本研究では、計画的避難区域 (事故発生から1年間の積算線量が 20 mSv に達するおそれのある区域) に位置する福島県飯舘村で実施された「水による土壌攪拌・除去」の実証試験において、NaI(Tl)シンチレーション検出器を用いて濁水中の放射能を連続モニタリングし、放射性セシウム排出を評価するための解析方法を検討した。

2. 研究方法

試験は、飯舘村伊丹沢地区の水田を対象として8月24日に実施した。圃場内には2つの試験区 (C1 および C2 ; それぞれ幅 14 m, 長さ 30 m) を設けた。C1, C2 ともに、42 m³ の用水を投入してドライバローにより浅代掻きした後、4台の水中ポンプで濁水を排出した。濁水の排出量はC1, C2 それぞれ 12, 17.6 m³ であった。浅代掻きは1回掛けで、1試験区あたり15分を要した。C2 ではこれらに加えて、ポンプ排水時に長さ 8 m の塩ビ管を人力により水平移動させて濁水を攪乱した。

4台のうち1台のポンプの吐出口に検出器を設置して、排出される濁水中の放射性セシウムを連続的に観測した。検出器は直径 5 インチの NaI(Tl) 結晶および光電子増倍管で、底面から 30.5 cm より上部に穴を開鑿した容量約 78 L のポリバケツの中に底面から 10 cm 離して設置した (図 1)。

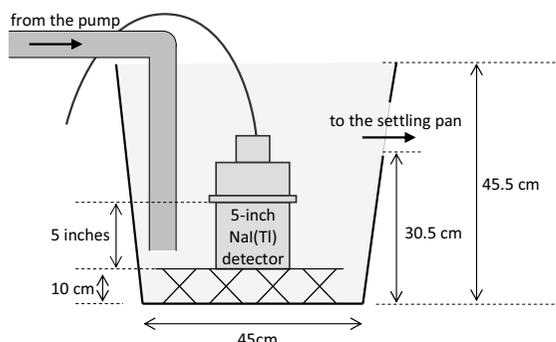


図 1 : 濁水放射能モニタリング装置の構造

Structure of the monitoring equipment for radioactivity in muddy water

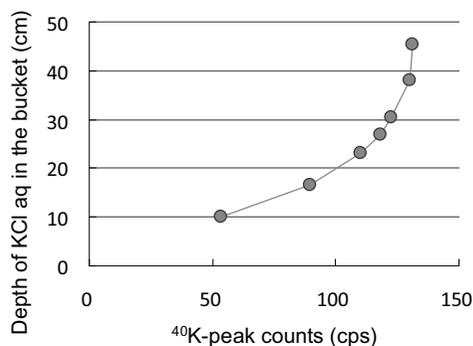


図 2 : バケツ水深と ⁴⁰K ピークカウントの関係

Change in ⁴⁰K-peak counts to water depth in the bucket

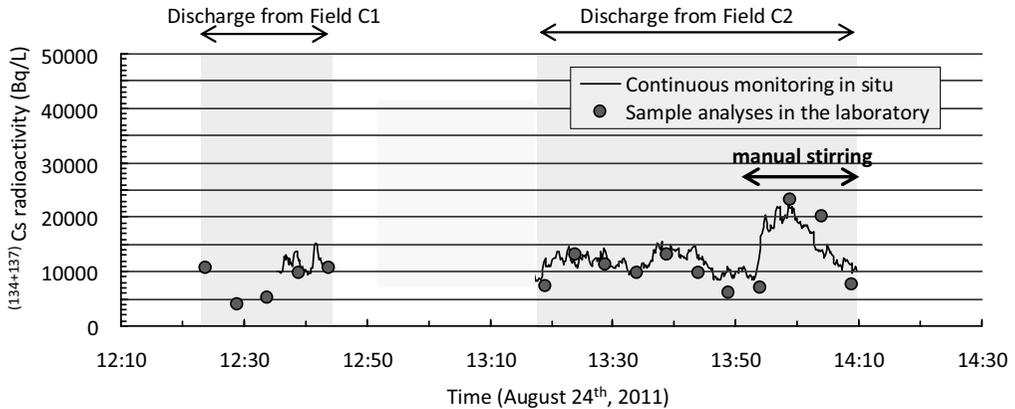


図3：濁水放射能モニタリング装置による濁水中の放射性セシウム濃度の観測結果と採取試料の測定結果
Results of the in-situ continuous monitoring of radiocesium in muddy water and those in samples measured in the laboratory

検出器のエネルギー分解能は約7%で、光電子増倍管より得られた電気信号は、増幅されて1,024チャンネル波高分析器に送信される。対象エネルギーの範囲は0–2,048 keVで、10秒間の測定を繰り返した。対象核種から放出されるガンマ線本数と該当するエネルギーピークのカウント数の比率を、ここでは検出係数と呼ぶ。この観測装置の検出係数は、水深30.5 cmにおいて3.0M塩化カリウム水溶液(3,700 Bq L⁻¹)の⁴⁰K(1,460 keV; 放出率10.7%)ピークカウントが123 cpsであったので、3.2 L⁻¹とした(図2)。濁水中の放射性セシウム濃度は、得られた603 keV(¹³⁴Cs; 97.6%)と662 keV(¹³⁷Cs; 85.1%)のピークカウントに検出係数を乗じて求めた。また、多数の観測データを効率的に処理することを目的に、上述の2ピークを含むエネルギー範囲(520–720 keV; 261–360チャンネル)の総計数値と計算されたセシウム濃度を比較した。さらに、排出された濁水は、5分おきにサンプリングし、持ち帰り後NaI(Tl)検出器によって放射性セシウム濃度が測定した。

3. 結果と考察

連続モニタリングによって得られたガンマ線エネルギースペクトルのピークカウントから放射性セシウム濃度を算定した結果を図3に示す。ポンプで排出された濁水の濃度は概ね5,000–10,000 Bq L⁻¹であったが、人力攪乱の間は20,000 Bq L⁻¹以上に達した。連続モニタリングで得られた結果は、持ち帰った濁水試料の測定結果の変化傾向とよく一致していた。

520–720 keVの総計数値と放射性セシウム濃度の計算値はよく相関している(図4)。ピークカウントの計算は煩雑なので、連続観測では総計数値を用いて解析する方法が効率的であると考えられる。

4. おわりに

今後、既耕耘水田で「水による土壌攪拌・除去」の適用が検討されることや、農業地域からの放射性物質の流出実態解明の観点からも、放射性セシウムのモニタリング手法の開発は重要である。

謝辞 本研究は、平成23年度科学技術戦略推進費「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」の一部として実施された。本研究の実施にあたって飯舘村、農村工学研究所の関係各位の協力を受けた。記して謝意を表す。

引用文献 1) 農林水産省(2012) 農地土壌の放射性物質除去技術(除染技術)作業の手引き 第1版, 75pp.

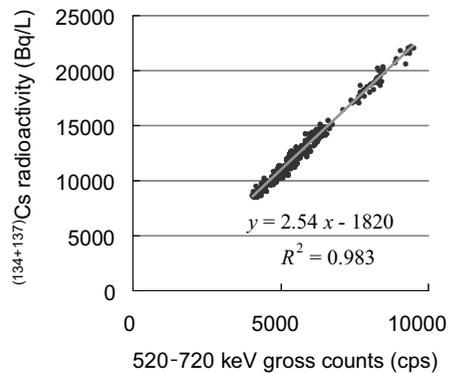


図4：520–720 keV 総計数値と放射性セシウム濃度の計算値の関係

Relationship between gross counts in 520–720 keV and calculated radiocesium radioactivity