

## 放射性セシウム濃度の現場迅速分析技術

放射性セシウム、迅速分析、NaI ガンマ線スペクトロメータ

国土防災技術株式会社

○氏家 亨

同上

山村 充

一般財団法人日本ガス機器検査協会 成沢 昇

国土防災技術株式会社 正会員 野口忠宏

### 1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日発生した東日本大震災に伴い、東京電力福島第一原子力発電所から大量の放射性物質が周辺環境中に放出された。中でもセシウム (Cs) は関東近県の土壌等からも検出されており、広範囲に飛散した状況がうかがえる。比較的半減期も長く (Cs<sup>134</sup> 約 2 年、Cs<sup>137</sup> 約 30 年)、長期にわたり周辺環境及び人々の健康に影響を与えると懸念され、その除染対策が進められている。

現在、土壌中の放射性 Cs 濃度測定には、ゲルマニウム (Ge) 半導体検出器が用いられている。この測定器は一般に、分解能に優れているものの、冷却に液体窒素を使用し大型のため搬出が困難で、かつ感度が低いため測定に長時間を要するといった、現場分析には不向きな特徴も有する。今後、除染を効率的に進める上でも、放射性 Cs 濃度を現場内で迅速かつ高精度に測定する手法を確立することが極めて有効であると考えられる。そこで本報では、可搬型で Ge 半導体検出器に比べ高感度という特性を持つ NaI シンチレーション検出器によるガンマ線スペクトロメータを用い、土壌中放射性セシウムの定量分析を実施し、同手法の現場迅速分析への適用性について検証した。

### 2. 分析装置及び設備

NaI ガンマ線スペクトロメータとして、3 インチ NaI(Tl)検出器を装備した EMF211 (EMF ジャパン社製) を用いた。同装置は「食品中の放射性セシウムスクリーニング法に対応可能な機種 (NaI(Tl)シンチレーション検出器)」(社団法人日本アイソトープ協会)にも掲載されている。

土壌試料は 200wet-g 程度を市販のビニル袋に採取し、試料の厚さや検出器との接地面積が一定となるよう調整した。

分析は厚さ 5cm の鉛遮蔽室内で実施した。なお、鉛遮蔽室の構造は 5cm × 10cm × 20cm の鉛レンガブロックに取っ手を取り付けたものを自作し、測定場所で組み立てる方式とすることで可搬性を確保した。



鉛遮蔽設備外観



鉛遮蔽設備内の EMF211 装置



車載での現地測定状況

### 3. 定量計算

放射性 Cs の定量計算は、EMF211 に付属のマルチチャンネル波高分析ソフトにより Cs<sup>134</sup> (0.796MeV 付近)、Cs<sup>137</sup> (0.662MeV 付近) の強度を算出し、以下の計算式により実施した。

$$C = \frac{(N - N_b)}{t \cdot p_\gamma \cdot \epsilon \cdot Q} \cdot e^{\frac{0.693 \cdot \Delta t}{T_{1/2}}}$$

C : 放射性核種濃度 (Bq/kg)    N : エネルギーのピーク計数 (counts)  
N<sub>b</sub> : エネルギーのバックグラウンド計数 (counts)  
t : 測定ライブタイム (sec)    ε : 検出器光電ピーク効率  
p<sub>γ</sub> : ガンマ線の放出確率、Q : サンプル重量 (kg)  
Δt : サンプル採取から測定までの時間 (hr)    T<sub>1/2</sub> : 半減期 (hr)

\*IAEA-TECDOC-1092 (1999)

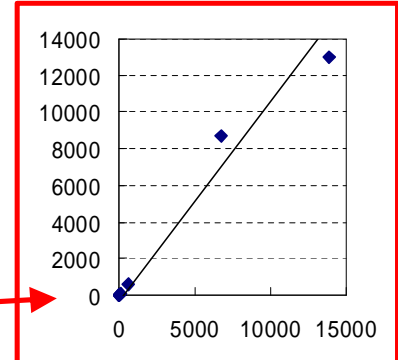
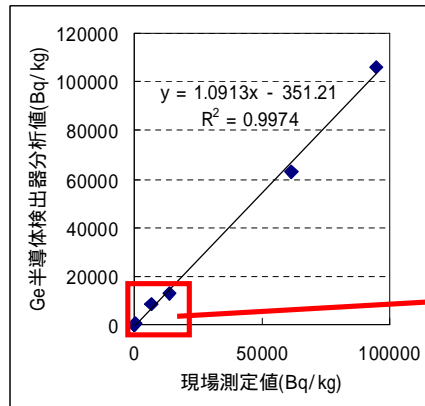
In-situ Analysis Technique of Radiocesium Level : Toru UJIIE, Mitsuru YAMAMURA(Japan Conservation Engineers & Co.,Ltd.), Noboru NARISAWA(Japan Gas Appliances Inspection Association), Tadahiro NOGUCHI(Japan Conservation Engineers & Co.,Ltd.)

#### 4. 分析精度検証結果

NaI シンチレーション検出器による放射性 Cs 測定値と分析機関に依頼して実施した Ge 半導体検出器による分析値との比較を以下に示す。

分析値の差は 10～20%程度となり、NaI と Ge 半導体検出器による分析値との間に強い正の相関関係が認められた。測定時間も低濃度で 60 分、高濃度であれば 1 分で測定が可能であり、十分現場分析に適用できることが検証できた。

No	NaI 測定値 (Bq/kg)	Ge 分析値 (Bq/kg)
1	61,000	64,000
2	95,000	110,000
3	14,000	13,000
4	6,700	8,700
5	600	600
6	130	56
7	17	20
8	18	20



- 1 現場測定時間は No.1～4 が 1min、No.5,6 が 5min、No.7,8 が 60min
- 2 No.1～3 は砂質土、No.4～8 は有機物混じり粘性土

#### 5. 適用事例

##### 5.1 放射性 Cs 濃度の深度分布調査

土壌コアから深度別に試料を採取し、各試料中の放射性 Cs 濃度を測定した。放射性 Cs の深度分布調査結果を図 1 に示す。

放射性 Cs 濃度は、表層部で約 7,000Bq/kg であるが、深度 2cm 以深では急激に低減し、深度 5cm 以深では 50Bq/kg 以下であることが確認された。

現場迅速分析を活用することで、放射性 Cs が環境中に飛散して数ヶ月経つものの、いまだ極表層部に留まっている状況を短時間で把握できた。

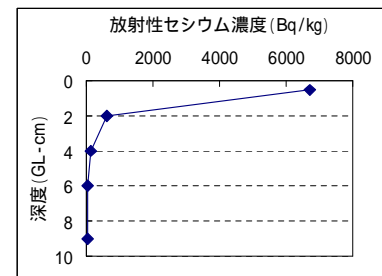


図 1 放射性 Cs の深度分布調査結果

##### 5.2 放射性 Cs 含有土壌の洗浄実験

放射性 Cs 含有土壌を対象に実施した洗浄試験の効果判定に迅速分析を用いた。土壌除染試験効果確認結果を図 2 に示す。

当初効果が高いと想定した処理、では大きな除染効果が得られないことが即座に判明した。同結果を受け、同日中に処理法を改善した処理を追加実施し、比較的高い除染効果を得ることができた。

現場迅速分析を活用することで、実施した試験の除染効果を直ちに判定し、迅速に次のステップへ移行することができた。

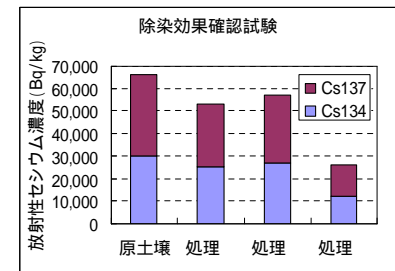


図 2 土壌除染試験効果確認結果

#### 6. おわりに

NaI シンチレーション検出器によるガンマ線スペクトロメータを用いることで、現場内で迅速かつ高精度に Ge 半導体検出器による分析値と同等の測定値を得ることができた。今後、他の型式の測定機についてもさらに検証を行いたい。

現場迅速分析技術は、重金属類や VOC による土壌・水質汚染サイトにおいて、汚染範囲の絞込み（スクリーニング）や対策工の施工効果判定に既に大いに活用され、汚染対策の効率化に大きく貢献している。放射性物質により汚染された土壌等の除染の場においても現場迅速分析技術が適用され、除染が効率的かつ確実に実行されることを強く望む。

#### 【参考文献】

- 1) 食品中の放射性セシウムスクリーニング法 (平成 23 年 10 月 4 日厚生労働省)
- 2) 食品中 (牛肉・米・麦) の放射性セシウムスクリーニング法に対応可能な機器 (NaI(Tl)シンチレーション検出器) (平成 23 年 10 月 26 日 社団法人日本アイソトープ協会)
- 3) Generic Procedures for Monitoring in a Nuclear or Radiological Emergency (1999.6、IAEA)