

廃止措置終了確認のための被ばく線量評価方法の開発 (2) $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比を用いた放射性 Cs の起源特定

Development of dose evaluation method for confirmation of completion of decommissioning

(2) Identification of radiocesium origin using $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ isotope ratio

*島田 亜佐子¹, 塚原 剛彦², 野村 雅夫², キム ミヌソク²,

島田 太郎¹, 武田 聖司¹, 山口 徹治¹

¹原子力機構, ²東工大

0.1 Bq/g の廃止措置施設起源の ^{137}Cs を $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比により推定する場合の標準偏差について、福島第一原子力発電所事故起源と廃止措置施設起源の同位体比の差と評価対象エリアでの ^{137}Cs 濃度を指標として推定し、同位体比による起源推定の適用範囲を検討した。

キーワード：福島第一原子力発電所事故, $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比, 廃止措置終了確認

1. 緒言

廃止措置終了では、残存放射能によって敷地を利用する公衆の線量が基準値以下であることの確認が必要である。敷地内で測定された ^{137}Cs のうち福島第一原子力発電所(1F)事故由来の ^{137}Cs はバックグラウンドとして差し引くことが可能であり、そのために ^{137}Cs の起源識別に関する技術的な知見を整備する必要がある。敷地内で 1F 事故起源と廃止措置対象施設起源の放射性セシウムが混合している場合に、 ^{137}Cs が均一に分布した時の 10 $\mu\text{Sv/y}$ 相当濃度を試算した結果に基づき 0.1 Bq/g の廃止措置施設起源の ^{137}Cs を $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比から定量する場合の標準偏差を推定し、現状の測定技術における適用範囲を検討した。

2. 評価方法

BG として 1F を想定し、1F 近傍で採取した土壌試料(n=10)を化学分離した後 TIMS (Finnigan MAT-261, Thermo Fisher Scientific, Inc. USA) によって測定した $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比(0.3628 \pm 0.0005、2011/3/11 換算)を BG 起源の同位体比 γ_{bg} と標準偏差 σ_{bg} として設定した。一方、廃止措置施設起源の同位体比 γ_n は対象施設や廃止措置終了確認の時期に応じて変動するため、BG 起源の同位体比よりも 0.01~0.2 大きい値とした。これは原子炉停止時に同位体比が同じと仮定した場合、1F 事故との時間差が約 1~19 年に相当する。また、その標準偏差 σ_n は高濃度の試料から取得できると仮定して 1F 周辺土壌と同じ設定とした。廃止措置施設起源の ^{137}Cs 濃度を 0.1 Bq/g、評価対象エリアの ^{137}Cs 濃度を 0.15~20 Bq/g で振り、上述の想定から評価対象エリアの同位体比 γ_{total} を算出した。TIMS による同位体比測定では、放射性セシウム濃度が低下すると環境中の安定同位体である ^{133}Cs 濃度が相対的に大きくなり、そのテーリングの影響で精度が低下した。低濃度領域での ^{137}Cs 濃度と同位体比測定の標準偏差の相関に関する経験式($y=0.0535x^{-1.21}$)を取得し、この式に基づいて評価対象エリアの同位体比の標準偏差 σ_{total} を推定した。以上により設定した各同位体比と標準偏差を(1)式に導入することで廃止措置施設起源の ^{137}Cs 濃度の標準偏差を求めた。

$$\sigma_{x,n}^2 = \frac{1}{(\gamma_n - \gamma_{bg})^2} \left\{ (\gamma_{bg} - \gamma_{total})^2 \times x_{total}^2 \times \sigma_{\gamma,n}^2 + (\gamma_n - \gamma_{bg})^2 \times x_{total}^2 \times \sigma_{\gamma,total}^2 + (\gamma_{total} - \gamma_n)^2 \times x_{total}^2 \times \sigma_{\gamma,bg}^2 + (\gamma_{bg} - \gamma_{total})^2 \times (\gamma_n - \gamma_{bg})^2 \times \sigma_{x,total}^2 \right\} \quad (1)$$

3. 結論

表に評価対象エリアの廃止措置施設起源の ^{137}Cs 濃度 0.1 Bq/g に対する標準偏差をまとめた。この条件では、0.1 Bq/g に対して標準偏差が大きく、十分な精度で 0.1 Bq/g を定量できないことが分かった。ただし、95%片側信

表 廃止措置施設起源の ^{137}Cs 濃度 0.1 Bq/g に対する標準偏差

1F 起源と廃止措置施設起源の同位体比差	評価対象エリアの土壌中 ^{137}Cs 濃度 x_{total} (Bq/g)						
	0.15	0.5	1	2	5	10	20
0.01	8.0	6.2	5.4	4.6	3.8	3.3	3.0
0.05	1.6	1.2	1.1	0.93	0.76	0.67	0.60
0.1	0.80	0.62	0.54	0.46	0.38	0.33	0.30
0.2	0.40	0.31	0.27	0.23	0.19	0.17	0.15

頼区間上限値として $\mu + 1.645\sigma$ の値で評価するとした場合、例えば、同位体比差が 0.2、評価対象エリアの ^{137}Cs 濃度が 2 Bq/g のところでは $0.1 + 1.645 \times 0.23 = 0.478$ Bq/g を廃止措置施設起源とするなど、安全側の評価をすることはできる。このように評価もできない範囲は灰色でハッチングした。ただし、測定器の性能向上により低濃度領域の同位体比測定の精度が上がった場合には、0.1 Bq/g を定量できる可能性はある。

*Asako Shimada¹, Takehiko Tsukahara², Masao Nomura², Min Soek Kim², Taro Shimada¹, Seiji Takeda¹, Tetsuji Yamaguchi¹

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Tokyo Institute of Technology

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁「平成 31 年度廃止措置・クリアランスに関する検討」として実施したものである。