

除染作業以外のインフラ整備、復旧作業における放射線管理について

原子力機構 古田定昭

1. 放射線管理の考え方

通常の放射線管理は、線源が存在しそれを管理することにより、作業者の被ばく管理や、作業場以外への汚染の防止を行っている。そのため、事故後の除染作業についても除染によって集められた線源を管理することにより行われている。しかし、除染作業以外のインフラ整備、復旧作業については、除染を目的としていないため、周囲に降下したセシウムからの外部被ばくがメインであり、線源が特定できず、自然放射線による被ばく状況に類似している。そのため、このような現存被ばく状況では線源管理ではなく、被ばく経路の管理により被ばくを低減することが、ICRP から勧告されている。具体的な管理としては、線源の隔離や除去ではなく、作業時間の短縮や作業者と線源との距離をおく遠隔作業などがこれに当たる。

以上のことから、除染作業以外のインフラ整備、復旧作業については、作業場所の線量率を把握した上で、作業時間の短縮や、重機の活用による遠隔作業などの被ばく低減策を取り入れ、作業者の被ばく管理に重点を置いた放射線管理が必要である。

なお、作業に付随して側溝に堆積した土砂などを扱う作業（おそらく除去が目的）については、線源が特定できるため除染作業と定義するか、特記事項として別途除染作業と同様な管理が必要である。

2. 土壌測定の問題点

セシウムが地表面に蓄積していることから、土木作業によって生ずる土砂も一般には掘削により、表面付近の放射能濃度よりも低減すると予想されることから、現場での簡易測定による土壌中セシウム濃度の測定は困難と考えられる。たとえば1万 Bq/kg の土壌を V5 容器に封入して簡易測定する場合、容器表面で $0.4\mu\text{ Sv/h}$ 程度の測定値が得られることになるが、除染をしていない周辺の線量は $2\sim 3\mu\text{ Sv/h}$ 以上と予想され、バックグラウンドの低い場所に移動しないと測定ができないことになる。また、土嚢による簡易測定についても V5 容器と比較すると測定がしやすいと考えられるが、周囲のバックグラウンドが高いという同様な問題点がある。

3. 汚染拡大防止の考え方

汚染の拡大防止については、セシウムは土壌中の粘土鉱物と一体化しており、かつ作業に伴って土壌中濃度が希釈される傾向にあるため 2.5 μ Sv/h 程度を超える場所からそれよりも線量が低い場所へ退出する場合に実施することで十分と考える。

これは 3.8 μ Sv/h 以下の場所では居住が可能であり、居住者は日常的な草取りや家庭菜園を行っても汚染管理が義務付けられていないため、それより大幅に線量が低い場所で土壌測定や汚染管理を義務付けることについて説明が困難であること、車両サーベイや一時帰宅者のサーベイからは汚染の検出例は非常に少ないこと、2.5 μ Sv/h の線量率が約1万 Bq/g であること(添付資料-1 参照)などから妥当と考えられる。

4. 結論

以上のように除染を目的としないインフラ整備、復旧作業では、線源が特定できないことから、放射線防護の観点からは、線源管理ではなく被ばく経路の管理による被ばく低減化を基本とする。具体的には、除染電離則の改正に際して、「特定線量業務」のみを規定し、線源管理である「特定汚染土壌等取扱業務」を規定しないこととする。ただし、汚染管理については拡大防止の観点から 2.5 μ Sv/h を超える場所では義務付けるものとする。

なお、一部の側溝清掃や表土除去などセシウムが濃縮される作業については、線源が特定できることから、別途除染則の適用や特記事項として集積された土壌濃度の測定などの規制をかけることなどが必要と考える。

以上

地上高 1m で 2.5 μ Sv/h における土壤中セシウム濃度

航空機サーベイでは、文科省マニュアル¹⁾に基づいて以下の換算係数を用いている。

$$C_{s-134}: 4.44E-3 \text{ (}\mu \text{ Gy/h)} / (\text{kBq/m}^2)$$

$$C_{s-137}: 1.73E-3 \text{ (}\mu \text{ Gy/h)} / (\text{kBq/m}^2)$$

また、空気吸収線量の Gy 単位から、サーベイメータで用いられている 1cm 線量当量の Sv 単位への変換は約 1.2(Sv/Gy)²⁾であることから、上記換算係数は以下のように表される。

$$C_{s-134}: 5.33E-3 \text{ (}\mu \text{ Sv/h)} / (\text{kBq/m}^2)$$

$$C_{s-137}: 2.08E-3 \text{ (}\mu \text{ Sv/h)} / (\text{kBq/m}^2)$$

これより、Cs-134 と Cs-137 の放射エネルギーを同量と仮定して、 μ Sv/h 当たりの換算係数は以下のようになる。

$$2 \div (5.33E-3 + 2.08E-3) = 270 \text{ (kBq/m}^2) / (\mu \text{ Sv/h)}$$

また、地表面汚染密度と土壤中濃度との関係は土壤密度 = 1.3 と深さ 5cm を用いて、換算係数 65(Bq/m²) / (Bq/kg) が得られていることから、上記換算係数は以下のようになる。

$$270 \div 65 = 4.15(\text{kBq/kg}) / (\mu \text{ Sv/h}) = 4150(\text{Bq/kg}) / (\mu \text{ Sv/h})$$

よって 2.5 μ Sv/h では、

$$4150 \times 2.5 = 10375 \text{ Bq/kg} \text{ となり、2桁で丸めると約 } 10000 \text{ Bq/kg} \text{ となる。}$$

<参考文献>

- 1) 文部科学省ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法、放射能測定シリーズ 33 より放射性物質の土壤中における鉛直分布を表すパラメータ $\beta = 1$ を利用
- 2) ICRP74「表 A.21 光子フルエンス自由空气中カーマから周辺線量当量 $H^*(10)$ 及び方向性線量当量 $H'(0.07, 0^\circ)$ への換算係数」より Cs-134、Cs-137 の γ 線エネルギーを考慮して 1.2 を利用

汚染検査スクリーニングレベル 40Bq/cm² との関係

参考資料-1 より、1 μ Sv/h における地表面汚染密度が 270kBq/m² であることから、2.5 μ Sv/h では、675kBq/m² が導出される。これは地表面汚染＝作業者の汚染という仮定であるため、このうち半分が作業者等への汚染として移行すると仮定すれば 338kBq/m² (=33.8Bq/cm²) となり、スクリーニングレベルである 40Bq/cm² を下回る。

なお、現実にはセシウムは土壌に取り込まれており、1万 Bq/kg の土壌が厚さ 1cm 付着したと仮定しても、一般的な GM サーベイメータの窓面積は 60cm² であることから、土壌中 60cm³ (60cm×1.3 密度=78g) に含まれるセシウム量は 780Bq となり、これを汚染密度で表すと 780Bq÷60cm²=13Bq/cm² となる。よって、スクリーニングレベルの 40Bq/cm² に達するためには約 3 万 Bq/kg 以上の濃度を持つ土壌が必要となる。(実際には土壌自体による遮へいによりそれ以上必要)

以上のことから、1 万 Bq/kg 程度の土壌、すなわち 2.5 μ Sv/h 程度の場所では、汚染検査よりも、むしろ土壌の付着を防止することの方が効果的と考えられる。

以 上

計画被ばく状況と現存被ばく状況

ICRP 勧告における被ばく状況のタイプ (Pub.103 para176、para229)

- ・ 計画被ばく状況 : 放射線源の意図的な導入と運用を伴う状況
「線量限度、線量拘束値を適用」
- ・ 緊急時被ばく状況 : 計画された状況を運用する間に、若しくは悪意ある行動、あるいは他の予想しない状況から発生する可能性がある好ましくない結果を避けたり減らしたりするために緊急の対策を必要とする状況
「参考レベルを適用、線量限度を適用しない」
- ・ 現存被ばく状況 : 管理についての決定をしなければならない時に既に存在する、緊急事態の後の長期被ばく状況を含む被ばく状況
「参考レベルを適用、線量限度を適用しない。長期的な改善作業や影響を受けた場所での長期的な雇用によって生じる被ばくは、たとえその線源が“現存する”としても計画職業被ばくの一部として扱うべきである」

職業人に対して線量限度として年間 50mSv、5年間で 100mSv を適用

第 41 回放射線審議会基本部会資料 (平成 23 年 10 月 6 日)

国際放射線防護委員会 (ICRP) 2007 年勧告 (Pub. 103) の国内制度等への取入れ (現存被ばく状況関連) に係る論点整理をベースに「 」とアンダーラインは追記。

上記のように、計画被ばく状況では放射線源の意図的な導入と運用がされていることから線源管理が可能であるが、事故後の現存被ばく状況下では個々の線源が特定できない (集積された線源を除く) こと、長期的な改善作業や影響を受けた場所での長期的な雇用が予想されることから、計画的職業被ばくとして線量限度を採用し、放射線防護の手法は線源管理ではなく被ばく経路の管理により被ばくの低減化を図ることが必要である。

以上