特別記事

現存被ばく状況における廃棄物管理の放射線防護の枠組み

杉 山 大 輔^{*1}

(2011 年 1 月 31 日受理)

Framework Concept of Radiological Protection from Radioactive Waste Management in Existing Exposure Situations

Daisuke SUGIYAMA^{*1}

I は じ め に

東日本大震災に起因した福島第一原子力発電所事故では、原子炉内の放射性物質が環境に放出され、広域に放射性物質が存在している状況が生じた。放射能汚染が生じた地域については、環境修復が進められることになる。この取り組みでは、除染等に伴い発生することが避けられない廃棄物の管理を、放射線防護の考え方に基づいて適切に行う必要がある。

これまでの放射性廃棄物の処理処分等に関する放射線防護の考え方は、平常時の自然放射線レベル、いわゆる計画被ばく状況を前提として、公衆に対する 1 mSv/y の線量限度の遵守を基本として構築されてきた。しかしながら、広域に放射性物質が存在して現存線量のレベルが上昇した状況、いわゆる現存被ばく状況における廃棄物管理に対して、既存の放射性廃棄物の処理処分等に関する放射線防護の考え方をそのまま適用すると、経済的及び社会的な要因を考慮した最適化の観点から、必ずしも合理的ではない。場合によっては、環境修復の速やかな取り組みの障害となることも懸念される。

本論では、現存被ばく状況での廃棄物管理に関する放射線防護について、関連する ICRP 勧告に基づいてその枠組みとなる考え方を整理するとともに、福島第一原子

力発電所事故後の環境修復への適用について考察する。

II 現存被ばく状況における廃棄物管理の 放射線防護の検討

2.1 関連する ICRP 勧告

原子力事故等により放出された放射性核種の影響によって長期にわたる被ばくが生じた状況は、現存被ばく状況として認識される¹⁾。本論では、現存被ばく状況での廃棄物管理に関する放射線防護の考え方について、関連する ICRP 勧告に基づいた整理を試みる。以下に、参照した ICRP 勧告とその要点を示す。

(1) **Publication 82**「長期放射線被ばく状況における公衆の防護(自然線源および長寿命放射性残渣による制御しうる放射線被ばくへの委員会の放射線防護体系の適用)」²⁾

- ・現存年線量(個人が受けるすべての現存し、また継続する年線量)が 10 mSv/y のオーダー以上と高くなった状況では、いわゆる介入による線量低減の対策が正当化されうる。(79 項)
- ・長期被ばくの重要な原因となるような、介入を受け入れる主な種類の商品からの予測される個人年線量に対しては、およそ 1 mSv の一般介入免除レベルを勧告する。(126 項)
- ・介入に関して、利害関係者の意思決定過程への参加が非常に重要になる。(122 項)

(2) **Publication 103**「国際放射線防護委員会の 2007 年勧告」¹⁾

- ・現存被ばく状況については、線源関連の制限は参考レベルである。参考レベルの概念は、あらゆる被ばくを、

^{*1} (財) 電力中央研究所原子力技術研究所放射線安全研究センター：東京都柏江市岩戸北 2-11-1 (〒201-8511)
Radiation Safety Research Center, Nuclear Technology Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI); 2-11-1, Iwado-Kita, Komae, Tokyo 201-8511, Japan.
E-mail: daisukes@criepi.denken.or.jp

社会的・経済的要因を考慮して、合理的に達成できる限り低く保つことの保証を支援するための防護における最適化のプロセスで用いられる。(198 項)

- ・ 現存被ばく状況は、複数の被ばく経路が関与することがあり、またその被ばく状況は一般に、極めて低い線量から、稀なケースでは数十 mSv に及ぶ年間個人線量の広い分布をもたらす。(285 項)
- ・ ほとんどの現存被ばく状況では、被ばくした個人と当局者が、被ばくを“通常”と考えられるレベルに近いあるいは同等のレベルまで引き下げることが望んでいる。(288 項)

(3) **Publication 111**「原子力事故または放射線緊急事態後における長期汚染地域に居住する人々の防護に対する委員会勧告の適用」³⁾

- ・ 汚染地域内に居住する人々の防護の最適化のための参考レベルは、この被ばく状況区分に対処するために Publication 103 で勧告された 1～20 mSv の範囲の下方部分から選定すべき。(50 項)
- ・ 長期の事故後状況における最適化プロセスを制約するために用いられる代表的な値は 1 mSv/y である。(50 項)
- ・ 国の当局は、現地の一般的状況を考慮に入れ、また状況を漸進的に改善するために中間的な参考レベルを採用するよう全体の復興プログラムのタイミングをうまく使ってもよい。(50 項)

2.2 現存線量の低減と廃棄物管理の防護

放射性物質による汚染で現存被ばく状況が生じた地域では、除染により現存線量を低減する取り組みがなされる。除染を行えば、放射能を含む廃棄物が発生することは避けられない。すなわち、現存被ばく状況において環境修復を進めるにあたって、廃棄物管理（本論では、廃棄物の仮置き、処理、貯蔵、埋設処分等にわたる行為を指す）は、現存線量を低減する方策の一部として考える必要がある。さらに、除染による線量低減が、その除染で生じる廃棄物管理による潜在的な被ばくを考慮しても最適と判断される場合に、廃棄物管理は正当化されると考えられる。一方、廃棄物管理という行為に起因する被ばくは、追加線量としてとらえられるが、その放射線防護のために適用する参考レベルは、廃棄物管理の実行性を考えれば、線源関連の値として選定することが適切である。さらに、廃棄物管理が現存線量のレベルを下げるために行われるものであることを考慮すれば、廃棄物管理による被ばくの参考レベルは、現存線量の参考レベル以下の値を選定することが適切と言える。

また、廃棄物管理の最終的な目標である処分は、リス

クのレベルを考慮した上で、その後のさらなる対策の必要がないように実施するべきである。現存被ばく状況において廃棄物管理によって追加される線量制限の目標に関しては、ICRP Publication 82²⁾に示された一般介入免除レベルに相当する 1 mSv/y と同等としておくことが適切と考えられる。

ここで重要なことは、最終的な目標である 1 mSv/y に向けて、段階的に参考レベルを選定して廃棄物管理の線量を低減すべき、ということである。廃棄物管理の全てのプロセスにおいて単に 1 mSv/y を適用するのみでは、廃棄物管理に起因する線量を低く抑えようとするがために、除染に制限が生じて、その結果環境修復における線量レベルの低減の進行に遅れが生じることや、経済的あるいは技術的に実行が困難な計画となり、廃棄物管理の実行可能性を妨げることが懸念される。すなわち、廃棄物管理に対して選定する参考レベルは、被ばくがもたらす害と関連する経済的、社会的要素とのバランスを注意深く評価した結果として防護を最適化すべき¹⁾、という放射線防護の基本的原則に十分に留意して、環境修復の進行に応じて段階的に下げていく必要があることが指摘できる。

さらに、線量低減の取り組みは、現存被ばく状況にある住民等のステークホルダ（利害関係者）と、廃棄物管理を含めた環境修復の計画を共有した上で進めることが重要である。すなわち、段階的な参考レベルの選定については、除染による線量低減をその除染で生じる廃棄物管理による潜在的な被ばくとバランスをとりつつ進めるという最適化の考え方について、ステークホルダと十分に理解を共有した上で、現存線量の参考レベルと廃棄物管理の参考レベルを、環境修復の全体計画の中で、その進行に応じた段階的な値として選定するべきと考えられる。

2.3 現存被ばく状況における廃棄物管理の放射線防護の枠組みの提案

以上の考察から、現存被ばく状況における廃棄物管理に関する放射線防護の枠組みを、以下のように提案する。

- ・ 現存線量を低減する方策の一部として行う廃棄物管理による被ばくの参考レベルは、線源関連の制限として、現存線量の参考レベル以下の値を選定する。
- ・ 廃棄物の埋設処分に関する参考レベルの目標値は 1 mSv/y とする。
- ・ この目標値に至るまでの廃棄物管理の参考レベルは、環境修復の進行に応じて、技術的、経済的な実行可能性に十分に配慮してバランスのとれた段階的な値を、現存被ばく状況にあるステークホルダの関与の下で選

定する。

III 福島第一原子力発電所事故後の環境修復への適用

今回の福島第一原子力発電所の事故による広域汚染は、主に Cs-137 と Cs-134 による⁴⁾。そのため、環境の線量は、これらの核種の減衰によって 150 年で約 1/100 以下、250 年で約 1/1000 以下に低下する。福島県内（福島第一原子力発電所の敷地外）で測定されている空間線量率は、高い地点では約 100 $\mu\text{Sv/h}$ （2011/5/27 時点）⁵⁾であった。2011/3/12 から 1 年間の積算線量推定値は、除染等の線量低減手段を取らなかった場合、約 860 mSv（24 時間屋外にいた場合）となるが、数百年後には、放射能の減衰のみによっても平常時と同程度の線量レベルまで減少するものと想定される。廃棄物管理に起因する線量からの放射線防護においては、このような核種の半減期に応じた線量の低減効果も考慮すべきである。

II 章で示した提案によるならば、廃棄物管理は、その被ばくの参考レベルを現存線量の参考レベル以下の値で選定して、計画実施することが適切と考えられる。本稿では、Cs-137 と Cs-134 によって汚染した廃棄物の管理について考察する。

現存被ばく状況における廃棄物管理（management）では、土地の利用や公衆の立ち入りを制限する等の制度的な管理（control）がなされるものと考えられる。この下で、長期目標を「通常と見なせる状況に近い又はそれと同等のレベルまで被ばくを低下させること」として、参考レベルを設定した環境修復（被ばく線量低減）の取

り組みを進めることとなる。

廃棄物の仮置きや貯蔵を行っている期間で、廃棄物からの直接の放射線が被ばくの決定経路となる場合には、現存線量について設定される参考レベル以下で廃棄物管理の参考レベルを選定するとともに、廃棄物管理に起因する代表的個人⁶⁾の被ばくが選定される参考レベルを下回るように、廃棄物管理を計画・実施することが適切である（第 1 図）。この場合に、廃棄物管理の参考レベルは、線源関連の値として、個別の目標値として選定し、廃棄物管理の計画立案をはかることになる。ある参考レベルを設定して廃棄物管理を開始し、現存線量の低減が進めば、参考レベルを段階的に引き下げる、という取り組みを継続的に実施することによって、長期的に、個人の受ける追加の被ばく線量が 1 mSv/y のオーダー以下となることを目指す考え方である。

除染等、環境修復の取り組みが加速されて線量レベルが低減し、現存線量の参考レベルが早期に下げられた場合には、廃棄物管理の参考レベルも早期に引き下げる必要が生じる可能性がある。廃棄物の貯蔵や処理等の管理を行う期間においては、通常、参考レベルの引き下げに応じて、操業方法や遮蔽設計等により適切な線量低減が可能と考えられる（第 2 図）。

廃棄物を最終的に埋設処分した場合、管理が継続することでその直上の居住を禁止する等土地利用に制限が課されれば、地下水の移行により運ばれた放射性核種による被ばくが評価の対象となる。廃棄物の埋設処分後では、貯蔵等の期間とは異なり、遮蔽等の追加の措置をとるこ

第 1 図 廃棄物管理の線量評価の概念図

第2図 廃棄物管理の線量評価の概念図（環境修復の取り組みが加速された場合）

とが必ずしも可能とは限らないことを考慮すれば、線量評価結果（ピーク）が、最終的な目標である1 mSv/yを下回るように廃棄物の埋設処分を計画・実施することが適切と考えられる。

IV ま と め

本論では、現存被ばく状況における廃棄物管理の放射線防護の枠組みを、関連するICRP勧告の記述を参照して提案した。その要点は、廃棄物の埋設処分に関する参考レベルの目標値を1 mSv/yとし、これに向けて、廃棄物管理による被ばく線量の低減を、環境修復の進行に応じてバランスのとれた段階的な参考レベルを選定して達成していくことにある。また、参考レベルの選定は、技術的、経済的な実行可能性に十分に配慮するとともに、現存被ばく状況にあるステークホルダの関与の下で行うことが肝要である。

現実的かつ着実な環境修復を可能とするためには、現存被ばく状況での廃棄物管理に対して、本提案のような、最適化の考え方に基づいた放射線防護の考え方の適用を図るべきと考える。

参 考 文 献

- 1) ICRP; The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103 (2007).
- 2) ICRP; Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure, ICRP Publication 82 (2000).

- 3) ICRP; Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency, ICRP Publication 111 (2008).
- 4) 文部科学省；放射線モニタリング情報ダストサンプリング、環境試料及び土壌モニタリングの測定結果、http://radioactivity.mext.go.jp/ja/monitoring_around_FukushimaNPP_dust_sampling/, 閲覧2012年1月31日.
- 5) 文部科学省；東京電力株式会社福島第1原子力発電所20 km圏内の測定結果（空間線量率）、http://radioactivity.mext.go.jp/ja/monitoring_around_FukushimaNPP_radioactivity_level_inside_20km_dose/, 閲覧2012年1月31日.
- 6) ICRP; Assessing dose of the representative person for the purpose of radiation protection of the public, ICRP Publication 101 (2006).

杉山 大輔（すぎやま だいすけ）

1994年大阪大学大学院修士課程修了後、（財）電力中央研究所に入所。2007年東北大学大学院博士課程修了。博士（工学）。放射性廃棄物処分のリスク論的安全評価手法、社会的受容性に関する研究に従事した経験から、放射線防護体系に係る研究に取り組んでいる。

E-mail: daisukes@criepi.denken.or.jp