物品搬出ガイドラインとクリアランス

日本原子力研究開発機構 橋本 周

管理区域で使用した物品について、法令に基づく管理基準への適合を確認する表面汚染測定の後、一般区域へ搬出することができる。この管理基準は1960年代から事実上同じ数値が使われている。この手順は、規制対象について一定の条件を満足することを確認したうえで管理対象から外す手法として運用されており、クリアランスの考え方にきわめて近いと考えられる。

(一社)日本保健物理学会放射線防護標準化委員会では、「計画被ばく状況における汚染した物の搬出のためのガイドライン」を2016年に制定し、管理区域からの物の搬出に関する放射線防護上の考え方を整理した。そこでは、現行の物品搬出管理基準については、クリアランス基準の考え方と比較しても、見劣りのしない放射線防護レベルの管理基準であることが示された。

KEYWORDS: *Surface Contamination Limit, Clearance, Planned Exposure Situation, Guideline, Exemption*

I. はじめに

(一社)日本保健物理学会放射線防護標準化委員会では、放射性物質による表面汚染を伴う物の管理区域等からの搬出に関するガイドラインを2016年に制定した。このガイドラインでは、汚染した物の搬出の可否の判断に係る線量規準を示し、その線量規準に相当する表面汚染レベルの評価を行った。計画被ばく状況における、管理区域からの汚染した物の搬出のためのガイドラインでは、物品搬出とクリアランスの関係について検討している。本稿では、その検討結果について、ガイドラインの概要とともに紹介する。

II. 「計画被ばく状況における汚染した物の搬出のためのガイドライン」について

(一社)日本保健物理学会放射線防護標準化委員会(委員長:床次真司(弘前大),副委員長:柚木彰(AIST),橋本周(JAEA))では、数々の放射線防護に係る標準やガイドラインを制定してきた。「計画被ばく状況における汚染した物の搬出のためのガイドライン」¹⁾(以下、計画搬出ガイドラインという。)もその一つで、「緊急時被ばく状況における汚染した物の搬出のためのガイドライン」²⁾、「現存被ばく状況における汚染した物の搬出のためのガイドライン」³⁾とともに、2016年に公衆審議を経

て制定した。緊急時被ばく状況および現存被ばく状況に適用するガイドラインは、それぞれ福島第一原発事故後の対応も踏まえて、原子力・放射線事故時および事故後の汚染物への対応を想定したガイドラインであるのに対し、計画搬出ガイドライン¹⁾は、管理下にある放射線・放射性物質の取扱いに伴う、管理区域からの汚染した物の搬出のための指針である。

放射線防護標準化委員会のガイドラインは「本文」、「解説」、「例題」で構成している。計画搬出ガイドラインの本文を引用する。

[適用の範囲] このガイドラインは、計画被ばく状況において、汚染した物の搬出の可否の判断に適用する。

[判断規準] 汚染した物から受ける被ばく線量が以下の線量規準を満足する場合、当該物を搬出することができる。

「年実効線量およそ0.01mSv オーダーまたはそれ以下」

なお、この線量規準は、免除やクリアランスを判断する際の現実的な被ばくシナリオに対する国際的に認知された線量規準である0.01mSv オーダーと同義であり、厳密に年実効線量が0.01mSv以下であることを求めるものではない。

計画搬出ガイドラインの「解説」では、ガイドラインの背景、参考となる考え方、ガイドラインの根拠、適用に当たっての課題の検討が示されている。また、「例題」では、計画搬出ガイドラインの適用のポイントとなる点を

Guideline for Taking Out Something Contaminated with Radioactive Materials and Concept of Clearance: Makoto Hashimoto.

(2018年10月31日 受理)

いくつか、Q&A の形で示している。

Ⅲ. 計画搬出ガイドラインの考え方

1. 物品搬出基準

計画搬出ガイドラインの考え方は「解説」で述べられている。最初に、物品搬出をとりまく状況について整理した。

計画被ばく状況とは、放射線源が意図的に導入され運用されている状況であり、国内では「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」等による管理が行われている。線源の管理のために、管理区域の設置が義務付けられており、線源に対する作業員と公衆の安全が確保されている。管理の対象には、放射線源による表面汚染が含まれており、管理区域内における表面汚染限度(α 線放出核種について $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 α 線を放出しない核種について $40\text{Bq}/\text{cm}^2$)が定められており、また、管理区域からこれらを搬出しようとする際には、表面汚染密度限度の $1/10$ を超えるものはみだりに持ち出してはならないとされている。この基準が物品搬出基準とよばれる。

物品搬出基準の設定根拠については、Dunster 等の論文⁴⁾が示されている。管理区域内の表面汚染限度については、国際放射線防護委員会(ICRP)の Publ.2⁵⁾で示された空気中最大許容濃度(^{239}Pu : $2 \times 10^{-12} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 等)を保守的な再浮遊係数($2 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$)で除することにより、 α 線放出核種: $1 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 、 α 線を放出しない核種: $1 \times 10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ が導出された。物品搬出基準については、当時の作業員と公衆の最大許容線量の比が 10 であったことから、管理区域の表面密度限度の $1/10$ に設定された。これらの値が、Bq 値に換算され、現在でも使われている。

現在では放射線防護の考え方も変わっているが、表面汚染限度と物品搬出基準については、主に実用的な理由により維持されてきた。この状況は我が国でも同様であった。この点について、我が国の放射線審議会は、2011 年までにまとめた ICRP Publ.103(2007 年勧告)⁶⁾の国内法令取入れに関する検討の中間報告^{7, 8)}において、「管理区域から持ち出す物の基準」についても検討しており、「管理区域から持ち出す物の基準については、クリアランスとの関係も含めて整理が必要」と述べている。

2. 参考となる考え方

以上のような状況を踏まえて、計画搬出ガイドラインでは、物品搬出基準との関係性を念頭において、クリアランスの考え方について整理した。

クリアランスの概念には、前提として「免除」の考え方がある。ICRP は Publ.103⁶⁾において、「制御のための努力が関連するリスクに比べて大きすぎる(規制の必要がない)と判断されるという根拠で、そのような管理が是認されないとみなされるような状況に対する、一部又は

全ての放射線防護の規制要件からの「免除」(パラグラフ 52)として「免除」の概念を示し、「法体系は、規制対策が不当であるという理由で、一部又は全ての規制要件から免除すべきものを定めるべきである」(パラグラフ 52)とした。さらに、Publ.104「放射線防護の管理方策の適用範囲」⁹⁾では、免除の根拠として「1 つは、その線源が小さな個人線量と小さな集団線量しかもたらさないことである。もう 1 つは、どのような合理的な管理手段も、個人線量および集団線量の有意な低減を達成することができないことである。」(パラグラフ 59)とし、小さな個人線量の例としては、自然バックグラウンド被ばくおよび個人に何ら懸念を生じさせないと考えられる年死亡リスクレベルを参照し、「年に数 $10 \mu\text{Sv}$ 」(パラグラフ 66)という値を示している。また、免除が規制適用の事前判断に用いられるのに対して、「すでに規制要件の対象になっているが、規制の継続が是認されないような状況についても免除が検討できる可能性がある。」(パラグラフ 88)として、このような状況が「クリアランス」とよばれている事を指摘した。

IAEA は、これらの ICRP の考え方も踏まえて、GSR Part3「放射線防護と放射線源の安全」¹⁰⁾において、「要件 8: 免除とクリアランス 政府あるいは規制当局は、どの行為あるいは行為の中の線源がこれらの基準の一部あるいは全ての要件から免除されるか決めなければならない。規制当局は、届出のあった行為あるいは許可された行為の中のどの線源(物質や物体を含めて)が規制管理から解放されてもよいか認可しなければならない」とした。引用文中、前半が免除要件を示しており、後半がクリアランスの要件である。さらにクリアランスの一般的規準として「a. クリアランスされた物質から生じる放射線リスクが規制管理を是認しないほど低いこと。そして、クリアランスのための一般的な規準を満たすことの失敗につながりうる状況が発生しそうもないこと。 b. 物質の継続した規制管理が正味の便益をもたらさず、規制管理のためのいかなる合理的な手段も個人線量あるいは健康リスクの低減の観点から価値のある収益を達成しそうもないこと。」(パラグラフ I.10)とした上で、「クリアランスレベルは、単位重量あたりの放射能濃度あるいは単位面積あたりの放射能濃度によって定められるかもしれない。」(パラグラフ I.13)と示している。これらを、物品搬出基準とクリアランスの関係について検討するにあたっての拠り所とした。

3. ガイドラインの根拠となる考え方

物品搬出基準とクリアランスの関係の検討に先立ち、我が国における物品搬出の現状について確認した。原子力発電所と研究開発機関に対する調査結果から得られた、国内の物品搬出の特徴は以下のとおりであった。

搬出される物品の数は多いものの、大きさの小さいものが圧倒的に多く、搬出先となる一般区域における再使

表1 搬出物品の表面汚染による線量評価結果

評価対象核種	表面汚染線量評価モデル	クリアランス線量規準相当の表面汚染密度(Bq/cm ²)			評価対象物
		外部被ばく	吸入摂取	経口摂取	
⁶⁰ Co	Munakata ¹³⁾	3.1	12,000	33	小型輸送物
	Ogino and Hattori ¹⁴⁾	4.0	2,100	33	手で扱う物, 近傍で扱う物
¹³⁷ Cs	Munakata ¹³⁾	11	1,800	8.5	小型輸送物
	Ogino and Hattori ¹⁴⁾	15	2,100	65	手で扱う物, 近傍で扱う物

用状況は管理されていないのが一般的であることが分かった。一方、車両のような大型の搬出物については数が少なく、汚染管理の徹底した作業環境からの搬出であることを考慮すれば、小型の物品と同様に、全面汚染の可能性は限りなく低いと考えられた。この結果から、大型搬出物が全面的に汚染している状況は想定する必要がなく、小型の搬出物に対象を絞って検討を行うことが妥当と考えられた。

そこで、小型物品の搬出について、クリアランスの概念の適用性の検討を行った。具体的には、IAEAの示したクリアランスに関する2つの規準に、物品搬出が整合するかという観点で検討した。

(1) クリアランス規準との線量的比較

クリアランスに関する規準の一つ目は、クリアランスによって生じる放射線リスクが規制管理を是認しないほど低く、さらにその規準を満たせない状況が発生しそうもないかということである。この規準は、放射線リスクの程度に置き換えると、合理的に予測される被ばく線量が年間10μSvオーダーかそれ以下とされている。一方、現行の搬出基準は1.で述べたように、管理区域内での職業被ばくを対象とした表面密度限度を単純に十分の一倍したものであり、搬出された後の物品の取扱いによって生じる公衆被ばくとクリアランス線量規準との関係を考慮して設定されたものではない。そこで、汚染した物の搬出がもたらす実効線量を評価し、クリアランス規準との比較を行った。

表面汚染による線量の評価にあたって、以下の3つのモデルを選定した。

- ・原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会が報告書「主な原子炉施設におけるクリアランスレベル」¹¹⁾の付属資料4で示したモデル〔搬出物：表面が均一に汚染した円柱状金属(R 1.27m, L 2.5m), 作業形態：運搬等, 核種数：20核種〕

- ・IAEA TECDOC-1449¹²⁾で示されたモデルを参考にしたMunakata¹³⁾の評価〔搬出物：使用済み燃料キャスク(R 2.3m, L 5.9m 円筒)および小型輸送物(S 0.3m 立方体), 作業形態：輸送, 核種数：356種類〕

- ・Ogino and Hattori¹⁴⁾が示したモデル〔搬出物：一般化した形状(手で扱う物〔表面積0.1m²〕, 近傍で扱う物〔表面積1m²〕, 遠隔で扱う物〔表面積10m²〕), 作業形態：公衆(成人, 子ども), 核種数：20核種〕

これらのモデルのうち、国内の搬出物品の状況を踏まえて、Munakataモデル¹³⁾の「小型輸送物」、Ogino and Hattoriモデル¹⁴⁾の「手で扱う物」「近傍で扱う物」の3ケースに絞り、それらについてクリアランス線量規準相当の年間10μSvの被ばくを与える表面汚染密度について検討した。評価結果を表1に示す。

⁶⁰Coのクリアランス線量規準相当の表面汚染密度の最小値は、いずれのモデルも外部被ばくが決定経路となり、それぞれ3.1Bq/cm², 4.0Bq/cm²で、対数丸めを行いいずれも10Bq/cm²と評価された。また、¹³⁷Csの場合には、Munakataモデル¹³⁾では経口摂取が決定経路で8.5Bq/cm², Ogino and Hattoriモデル¹⁴⁾では外部被ばくが決定経路で15Bq/cm²で、対数丸めを行い10Bq/cm²と評価された。

この結果は、現行の物品持出基準(α線を放出しない核種について4Bq/cm²)に相当する値である。このことから、現行の物品搬出については、クリアランス規準値と比較しても、その取扱いに矛盾するものではないとしている。

(2) クリアランス規準に基づく正当性の検討

クリアランス規準には、線量的な規準の他に、規制管理による正味の便益が期待できる観点でも設定されている。

現行の物品搬出において規制管理を維持するとするならば、例えば全ての搬出物品について再使用状況の管理を行うことが考えられる。しかしながら、国内の搬出物品の状況を調べた結果からは、搬出物品は、ほとんどが管理区域であっても汚染管理の徹底した作業環境からの搬出であると言える。また、日常的に非常に多くの量の物品が搬出されている。これらのことから、搬出物品のすべてを搬出後も継続的に規制管理を行うことが、正味の便益をもたらすとは考えられない。現行の物品搬出の法令においても搬出後の物品の取扱いについての規制はなく、それは搬出後の規制が正当化されないと判断されたためと解釈できる。

以上の考え方に基づいて、2項に示したように計画搬出ガイドラインが制定された。なお、検討に当たって特に重要なポイントについては、例題とその回答という形でガイドラインに付属して示されている。

本項に示したクリアランス規準の物品搬出との考え方の比較は、クリアランスの適用に関する議論において、参

考にしていだけるのではないかと考えている。

付記

本ガイドラインは、放射線防護標準化委員会内に設置された管理システム作業会(山本英明(JAEA, 主査), 服部隆利(電中研), 荻野晴之(電中研), 薄井利英(JAEA), ニッ川章二(JRIA), 宗像雅広(JAEA), 所属はいずれも当時)によって策定された。

－ 参考文献 －

- 1) 計画被ばく状況における汚染した物の搬出のためのガイドライン(2016年6月2日制定), http://www.jhps.or.jp/upimg/files/keikakuhibaku_guideline.pdf
- 2) 緊急時被ばく状況における汚染した物の搬出のためのガイドライン(2016年6月2日制定), http://www.jhps.or.jp/upimg/files/kinkyujihibaku_guideline.pdf
- 3) 現存被ばく状況における汚染した物の搬出のためのガイドライン(2016年6月2日制定), http://www.jhps.or.jp/upimg/files/gensonhibaku_guideline.pdf
- 4) H. J. Dunster, Surface contamination measurements as an index of control of radioactive materials, Health Phys., 8, 353-356 (1962).
- 5) International Commission on Radiological Protection, Permissible dose for internal radiation, ICRP Publication 2 (1959).
- 6) International Commission on Radiological Protection, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Annals of the ICRP, 37 (2-4) (2007).
- 7) 放射線審議会基本部会, 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に係る審議状況について－中間報告－, 平成22年1月 http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9483636/www.nsr.go.jp/archive/mext/b_menu/shingi/housha/sonota/_icsFiles/afiedfile/2010/02/16/1290219_001.pdf
- 8) 放射線審議会基本部会, 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について－第二次中間報告－, 平成23年1月 http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9483636/www.nsr.go.jp/archive/mext/b_menu/shingi/housha/toushin/_icsFiles/afiedfile/2011/03/07/1302851_1.pdf
- 9) International Commission on Radiological Protection, Scope of radiological protection control measures, ICRP Publication 104, Annals of the ICRP, 37 (5) (2007).
- 10) International Atomic Energy Agency, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3, Jointly sponsored by EC, FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO (2014).
- 11) 原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会, 主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて, 平成11年3月17日.
- 12) International Atomic Energy Agency, Radiological aspects of non-fixed contamination of packages and conveyances, Final report of a coordinated research project 2001-2002, IAEA-TECDOC-1449(2005).
- 13) M. Munakata, Applicable limits on non-fixed surface contamination for safe transport of radioactive materials, Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material, 24, 191-206(2013).
- 14) H. Ogino and T. Hattori, Calculation of isotope-specific exemption levels for surface contamination, Appl. Radiat. Isot., 67, 1282-1285(2009).

著者紹介

橋本 周 (はしもと・まこと)
日本原子力研究開発機構