

いわゆる雑固体などが埋設されつつある。施設全体の容量は、200L ドラム缶換算で 100 万本と見込まれている。また管理期間は一応およそ 300 年とされている。

また、原研では動力実験炉 JPDR を解体したさいに発生した極低レベルのコンクリート塊を、粉塵を防ぐために袋に入れ、それを素掘りのトレンチ中に埋設した。この作業は実験と位置づけられており、周辺の地下水のモニタリングがその後も行われている。

これらの事業所において埋設されている廃棄物の放射能濃度は、原子炉等規制法の施行令にそれぞれの種類の廃棄体について定められた濃度上限値を満足することはもちろん、埋設を予定されている廃棄物の量、サイトの地質条件、地下水の状況等の実際のデータにもとづいて計算された濃度値を上回ることはできない。

2.6 R I 廃棄物処分の検討状況

放射線障害防止法には廃棄の業の規定はあるが、処分についてはまだ規定がない（保管廃棄は処分ではなく、処分に先立つ保管と解釈される）。処分を法制化するための作業が原子力安全委員会の場で開始されているが、省庁再編などの影響で検討はしばらく止まっているようである。次に述べるクリアランスについても同様である。

しかし、基本的には規制法廃棄物ととくに大きく異なるところはないので、規制法廃棄物の先例に倣ったやり方が採用されるものと思われる。

R I 廃棄物の処分は R I ・研究所等廃棄物というカテゴリーで一括して検討されており、そのための実施主体が最近決められた。しかし、研究所等廃棄物というのは研究炉を所有する事業所からの廃棄物であり、そのなかには当然、規制法廃棄物も含まれる。（ちなみに、日本原子力研究所では、R I 製造部門からの廃棄物を R I 廃棄物、その他の部門からの廃棄物を規制法廃棄物に分類している。）したがって、場合によっては 2 つ（医療廃棄物も含めれば 5 つの法律にまたがる埋設施設が誕生することになる。

3. クリアランス

3.1 規制除外 (exclusion)、規制免除 (exemption)、及びクリアランス (clearance)

これらの 3 つの用語は、いずれも放射性物質を規制から外す内容をもっているが、それぞれ下に示す意味で使われている：

- －規制除外：人が通常居住する場所における宇宙線、体内に存在する K-40、C-14 などの放射性物質は、これらによる被ばくが實際上制御できず、規制になじまないという理由で規制から外す；
- －規制免除：ごく微量の放射性物質は、通常のやり方で取り扱っても人に無視できるほどの線量しか与えない。したがって、このような取扱を規制することは無意味であり、最初から規制の下に置かない。カリ肥料の製造や使用、微量の放射性物質を含む密封線源の利用などがこの例である。
- －クリアランス：放射性物質を規制のもとに使用し、発生した廃棄物（将来再利用又は再使用される予定のものも含む）のうち、放射能がごくわずかしか含まれていないものの規制を外し、自由に処置してよいようにする。通常の廃棄物処分場に捨て、あるいはコンクリート廃材を建物の基礎に使用する、などがこれにあたる。

3.2 規制免除レベルとクリアランスレベル

規制免除又はクリアランスを行うためには、基準となる放射能のレベルをあらかじめ定めておくど都合がよい。規制免除レベル(わが国の場合は、放射性同位元素の定義量と定義濃度、すなわち、それ以下であれば法令上の放射性同位元素と見なさないレベル)は各国の法令に古くから定められており、わが国の例を含めて、各核種の空気中濃度限度値をおよその尺度とした4群あるいは5群の区分にそれぞれ0.1から100又は1000 μ Ciの放射能の値を割り当てていた。また、放射能濃度については、わが国の場合、一律に 74Bq/g (天然核種で固体状のものについては 370Bq/g) となっている。

国際原子力機関(IAEA)は 1996 年に基本安全基準(BSS)を刊行し、その中で規制免除レベルの新しい値を勧告した。これは、小規模の取扱施設を想定したいろいろなシナリオについて被ばく線量を計算し、それが 10 μ Sv/y に等しくなるような放射能と放射能濃度の値である。この規制免除値は欧州連合(EU)にも採用され、EU 加盟国はこの値を採用することになっている。

一方、クリアランスレベルについては、IAEA は比較的大規模の廃棄又は再利用・再使用を想定した場合について、1996 年に TECDOC-855 を、また 1998 年に医療や研究などにおける小規模使用(廃棄物の発生量として、施設あたり年 3 トン)を想定した TECDOC-1000 を刊行している。TECDOC 文書は技術的検討のための資料であって、IAEA の方策を示したものではないが、検討資料としては有用であろうと思われる。

どちらの文書も、廃棄又は再利用・再使用についての多くのシナリオと着目すべき核種を定め、被ばく線量の計算結果が 10 μ Sv/y となるようにクリアランスレベルを放射能濃度で定めている。被ばく評価上は放射能の濃度ばかりでなく放射能の総量の値も必要であるが、これはクリアされる物質の全質量をあらかじめ想定することで考慮されている。

3.3 規制免除レベルとクリアランスレベルとの関係

クリアランスレベルは一般に規制免除レベルを上回ることにはできない、といわれている。前に述べたように、規制免除レベルは小規模取扱施設を想定して定められており、それに対してクリアランスレベルは集めた大量の廃棄物を一カ所にまとめて捨てる、といったシナリオで評価されているので、クリアされたものを入手した人がそのために規制の下に置かれる、という矛盾が起こらないようにするためである。

クリアランスレベルが規制免除レベルを下回っていると、規制免除レベル以下のものを扱っている通常の事業所は廃棄物を捨てられなくなるというケースが理屈の上ではおこりうるが、この事業所はもともと規制の下にいないので、仮にクリアランスレベルを上回る放射能濃度を持った廃棄物を通常の処分場に捨てても罰せられることはない。

3.4 わが国におけるクリアランスレベルの検討状況

原子力施設については、初期に建設された原子力発電所の使用廃止(デコミッションング)が遠からず行われる、という事情がある。使用廃止に当たってはコンクリート廃材などクリアランス対象物が大量に発生するので、原子力安全委員会の放射性廃棄物安全基準専門部会ではかねてから原子炉施設におけるクリアランスレベルの検討を始めており、平成 11 年 3 月に報告書を決定して、委員会に提出した。クリアランス自身はまだ法制化さ

れていないが、この報告書は廃炉の計画策定に役立つと思われる。

一方、医療施設などの小規模事業所に対するクリアランスレベルの検討も原子力安全委員会において一昨年開始されたが、別に放射線審議会基本部会において改訂が検討されている規制免除レベル（放射性同位元素の定義量、定義濃度）との関連、放射性物質以外の有害物質の考慮、などの問題があり、あまり進捗していない。

4. 使用済線源の処分

2.2 に述べたように、現在わが国で先行している原子力施設からの廃棄物の処分は、均質固化体、大型金属、コンクリート廃材といった廃棄物のカテゴリ別に政令において濃度上限値を Bq/ton の単位で定めている。これに対して、通常の密封線源は一般に放射エネルギーが大きいばかりでなく、非常に小型に作られているため、その放射能濃度はこれらの濃度上限値にくらべてはるかに高い。

一方、原子炉施設からの廃棄物であっても、たとえば炉内構造物などは現在定められている濃度上限値を上回っており、いわゆる浅地中埋設よりもいくらか深い場所（たとえば深度 100m）に埋設することが提案されている。この種の廃棄物は密封線源と類似しており、同じような処分形態が考えられるかもしれない。

5. 廃棄物処分の国際基準と諸外国における現状

IAEA は放射性廃棄物の安全に関して、原則(Fundamentals)、要件(Requirements)、指針(Guides)という階層構造を持った安全基準を作成中であり、これを RADWASS(Radioactive Waste Safety Standards)プログラムと呼んでいる。浅地中処分については 1999 年に要件(No.WS-R-1)と指針(No.WS-G-1.1)が刊行されている。

低レベル固体廃棄物の浅地中処分は諸外国ではかなり以前から実施され、手順もほぼ固まっている。しかし、廃棄物にはいろいろな性状と放射能レベルがあり、またサイトの条件もまちまちで、それらに応じて埋設の条件も変わるので、判断はケースバイケースで行われるのがふつうである。

クリアランスは、これまでは規制免除レベルがそのままクリアランスレベルとして使われている例が多かったが、規制免除レベルの見直しにつづいてクリアランスレベルを見直している国々があり、また前に述べたように IAEA も国際基準化を目指している。しかし、こちらも、廃棄物の種類と量のほか、再利用・再使用の有無と、その場合の条件にいろいろあり、クリアランスレベルを一概に決めることは容易ではない。

D. 考察

1. 医療放射性固体廃棄物の現状

1.1 日本アイソトープ協会における固体廃棄物の集荷と処理

原子炉等規制法事業所以外の事業所から発生する放射性固体廃棄物は、RI 協会が集荷し、圧縮などの減容処理の後、保管している。このうち、医療施設からのものは、岩手県の滝沢研究所に運搬され、可燃物と難燃物（その多くは、インピトロテストに用いられるプラスチック製テストチューブである）は焼却により減容され、焼却灰として保管される。

1.2 バイオハザード及び他の有害物質に対する配慮

バイオハザードのおそれのある廃棄物は厚生省の指針に従ってあらかじめ滅菌されており、またとくに可燃性、難燃性の廃棄物は焼却されるので、バイオハザードの危険性はない。

放射性物質以外の有害物質のうち混入の可能性の考えられるのは放射線の遮へいに使用される鉛のみであるが、これも量的には少なく、また焼却のさいフィルタの目詰まりなどを生じるおそれがあるので、焼却に先立ってX線検査を行っている。

1.3 使用済線源の処置

医療に用いられる密封線源の多くは γ 線源であり、金属製のカプセルに封入されている。内蔵する放射能の量はまちまちで、遠隔 γ 線照射治療に使用される Co-60 の 100TBq 程度のものから、小線源治療の 100MBq のオーダーにまでわたっている。

これらの密封線源はほぼ半減期が経過すると交換されるのが通常である。したがって、Ir-192（半減期 74d）のような比較的半減期の短い線源は頻繁に交換する必要があり、使用済線源の個数もかなり多い。これらの使用済密封線源は R I 協会に保管されている。

2. 医療廃棄物の特殊性

2.1 診療用放射性同位元素

わが国においては、原子力発電所の運転に伴って発生する低レベル固体廃棄物の処分がすでに実施されている。これらの廃棄物は、核分裂及び中性子放射化により生成する多種類の放射性核種が含まれ、その中には低エネルギーベータ線のみを放出する長半減期核種（たとえば ^{14}C 、半減期 5730 年）が少なからず存在する。これらの核種は、測定が一般に困難であるばかりでなく、長期間の後に環境へ漏出した場合の公衆に対する線量寄与は無視できない。

一方、医療廃棄物に含まれる核種は、密封線源を除いて、半減期が短く、またその大多数はガンマ線を放出するので、測定が比較的容易である。さらに、医療機関における核種と使用量は確実に把握されている。

以上の理由から、医療廃棄物の処分は他分野の廃棄物に比べて問題は少ないと言える。

2.2 密封線源

医療に用いられる密封線源は主として治療用であるが、そのサイズ及び含まれる放射能はまちまちであるため、その性状とくに半減期に応じて処分方法を選択することが適切である。

比較的半減期の短い核種である ^{198}Au （半減期 2.7 日）、 ^{125}I （59 日）、 ^{192}Ir （74 日）などは、数年間の保管によって他の低レベル廃棄物とともに浅地中埋設が可能と考えられる。

一方、 ^{90}Sr （28.7 年）、 ^{137}Cs （30 年）及びとくに ^{226}Ra （1600 年）のような長半減期核種はかなり長期間にわたる保管を必要とし、またその比放射能（単位質量あたりの放射能）も高い。従って、すでに述べたように、原子炉規制法廃棄物中のいわゆる高ベータ・ガンマ廃棄物に準じ、やや深い地中処分が必要となるかもしれない。しかし、その体積はわずかであるので、技術的な困難は少ないであろう。

3. 埋設に関する確認申請

事業者は廃棄体の埋設にあたって廃棄体が技術上の基準を満たしていることの説明書を添付した確認申請書を規制当局に提出する。説明書に書かれる項目は規則に定められているが、そのうち最も容易でないのが廃棄体に内蔵される核種と放射エネルギーの決定である。

原子力発電所の運転廃棄物の場合、含まれる放射性核種は核分裂生成核種と中性子放射化生成核種に大別されるが、その核種数は合計で100を超え、その中には低エネルギーベータ放射性の長半減期核種（たとえば C-14）も存在し、それらが管理期間終了後の公衆被ばく評価値に大きな寄与を占める。これらの核種をすべて測定の対象とすることは実際上不可能なので、生成の機構によって核種群を分類し、それぞれのグループの中で比較的測定しやすいガンマ線放出核種（Co-60 及び Cs-137）を選んで測定を行い、その結果から同じグループに属する他の核種の放射能を推定する、いわゆるスケーリング法などが利用されている。

R I 廃棄物の場合はこのような方法はおそらく利用できないが、使用核種をすべて購入に頼っている R I 事業所では、購入された核種と数量が確実にわかっているため、それと測定とを組み合わせることで推定することが可能である。

医療廃棄物の場合も上と同じである。とくに医療に用いられる核種のほとんどはガンマ放射体であるため、測定は比較的容易と考えられる。また、放射性医薬品に用いられる放射性核種の半減期は一般に短いので、放射能がまだ高いうちに測定を行い、その後処分までの期間における放射能を減衰を考慮に入れることができる、という利点がある。

4. クリアランスのメリットとデメリット

現在、放射性廃棄物は集荷され、処理され、保管されているが、そのための費用はかなりの額である。また、廃棄業者はたまる一方の集荷廃棄物のために、倉庫の確保に迫られている。クリアランスが適用できそうな廃棄物を抱える利用者は、クリアランスが実施されればそれらを自由に捨て、あるいは再使用・再利用することができるようになることを考え、早期の実施を望んでいるのがおおかたの現状である。

廃炉で発生するコンクリート廃材のように、炉一基で50万トンにも達するようなケースでは、確かにクリアランスが実施できるかできないかの経済的な影響は非常に大きい。一方、小規模施設ではどの程度のメリットがあるか、冷静に評価してみる必要がある。

クリアランスを実行するには、まず対象物の核種と数量（放射能）を調べ、それがクリアランスレベルを下回っていることを実証する必要がある。TECDOC-855、TECDOC-1000、及びわが国の報告書に示されている数値（表3）を見ればわかるように、クリアランスレベルの値は一般に非常に低く、これを十分な精度で測定することは決して容易ではない。

また、通常不均一な固体廃棄物について測定を行おうとする場合、代表試料をどのように選ぶかの問題もある。代表試料が選びにくければ、結局全量を測定にかけなければならず、測定の労力は莫大なものになる。このように、いわゆる廃棄物の確認（検認と呼ばれる）に手間をかけるよりは、放射性廃棄物として集荷してもらったほうがかえって安上がり、ということもありうるわけで、将来クリアランスが実現しても、そのメリットとデメリットを十分比べた上で、実行するかしないかを定めることが必要である。

このように、クリアランスは必ずしもメリットばかりではない。しかし、放射性医薬品に含まれる核種の大部分がガンマ放出体で、かつ短半減期ということ を考慮すると、検認のデメリットは大幅に減少することは確かである。

表3 クリアランスレベルの比較 (Bq/g)

放射性核種	原子力安全委*	TECDOC-855*	TECDOC-1000**
H-3	200	3000	1×10^6
C-14	5	300	1×10^4
Cl-36	2	300	1×10^4
Ca-41	80		
Mn-54	1	0.3	
Fe-55	3000	300	
Co-60	0.4	0.3	
Ni-59	600		
Ni-63	2000	3000	
Zn-65	1	0.3	
Ga-67			1×10^2
Sr-90	1	3	1×10^3
Nb-94	0.2	0.3	
Tc-99m			1×10^2
Tc-99	0.3	300	
I-125			1×10^3
I-129	0.7	30	
Sr-89			1×10^3
Cs-134	0.5	0.3	
Cs-137	1	0.3	
Eu-152	0.4	0.3	
Eu-154	0.4	0.3	
Tl-201			1×10^2
Pu-239	0.2	0.3	
Am-241	0.2	0.3	

* 動力炉施設の解体に適用。

** 医療、産業、研究利用からの廃棄物に適用。数値はBSSの規制免除値に等しい。

E. 結論

医療放射性廃棄物の処理と処分の合理的規制方法を近い将来において策定するに当たり、先行する原子炉廃棄物の例、国際基準及び諸外国の例を参考にしつつ、わが国におけ

る医療放射性廃棄物（使用済線源を含む）の将来の処分方法を考察した。

医療放射性廃棄物は、現在埋設が実施されている原子炉廃棄物とは核種、数量、性状などで異なる点はあるが、処分基本的な考え方を変える理由はないと思われる。とくに医療廃棄物の場合は、使用核種の多くが短半減期でかつガンマ放出体であるため、核種・数量の決定が容易であるという利点がある。この性質はクリアランスにも有利である。

クリアランスは上の理由から医療廃棄物に適した処分方法ということができるが、微弱放射能の測定に要する労力と費用というデメリットを十分考慮する必要がある。

使用済線源の処分は、その核種、半減期及び放射エネルギーにもよるが、長半減期でかつ放射エネルギーの大きなものは、現在原子炉廃棄物に関連して検討中のいわゆる「高ベータガンマ廃棄物」と同様の取扱いが可能と考えられる。

F. 研究発表

特になし。

G. 知的所有権の取得状況

特になし。

Clearance of materials resulting from the use of radionuclides
in medicine, industry and research

医療、産業及び研究における放射性核種の
使用によって生じる物質のクリアランス

本資料は IAEA-TECDOC-1000(1998) "Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research" の全訳である。

国際原子力機関 (IAEA) は 1996 年に、TECDOC-855 「固体物質中の放射性核種に対するクリアランスレベル：規制免除の原則の適用」と題する、意見募集のための中間報告を刊行した。同書は原子力発電所などの施設の解体のような大規模のクリアランスについて、これまでの文献を調査・検討し、この場合に主要な核種についてのクリアランスレベルを放射能濃度の数値として提案したものである。

その後 1998 年に本報告 TECDOC-1000 が刊行され、医療機関を含む小規模施設におけるクリアランスレベルについての検討結果が公表された。この場合のクリアランスレベルは放射性核種が上と異なるほか、クリアされる物質の総量、廃棄 (再利用を含む) の方法なども大規模施設の解体とは異なっているため、医療機関からの廃棄物のクリアランスにはこちらのほうが適していると考えられる。

TECDOC 文書は技術的検討のための資料であって、IAEA としての方策を示すものではないが、参考としてここに訳出した。

本報告書には固体廃棄物のほか、気体、液体廃棄物についても考察されている。将来は現在のわが国の法令のように、排気・排水を摂取するという評価シナリオ以外の検討が行われており、こちらも参考になると思われる。

まえがき

長い間、放射線源の利用は規制されるべきであると認識されてきた。勧告された規制のアプローチは、「電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための IAEA 国際基本安全規準(BSS)」に示された一連の届出と認可のシステムに基づいている。しかしながら、いくつかのタイプの放射線源は、取るに足らない放射線の危険性しか生じないため、規制上の管理に従う必要はない。このような放射線源は、規制管理の要件から免除またはクリアされてもよい。規制免除は規制管理の制度に入らない放射線源に適用されるが、一方、クリアランスは、規制管理の範囲にあったが、健康に取るに足らない危険性しか与えないために、規制から解放されうる放射線源に関連するものである。後者の状況がこの刊行物の主題である。医療、産業及び研究における放射性核種の利用から生じる物質に関連したクリアランスレベルを導入するために、放射線源と行為の規制管理からの免除及びクリアランスに関する国際的に合意された原則を適用することについてのガイダンスが示されている。

この報告書は、適宜サイト固有の因子を考慮して、クリアランスのプロセス及びクリアランスレベルを決定する方法に関するガイダンスを提供することに重点を置く一方で、一連の保守的に導出された一般的なクリアランスレベルも示している。これらは、研究所や病院における少量の放射性核種の使用者とそれを規制する人々にとって、かなり有益であると予想される。それらは、関連する注意書きも当然考慮に入れた上、どのようなときにクリアランスが物質の処分に適切な選択肢であるかを決定するための参考レベルとして使用することができる。

この報告書は、コンサルタントグループ、諮問グループ、及び技術委員会の一連の会合を通して作成された。ドラフト文書は1992年4月に準備されたが、文書の更なる仕上げは、「固体物質中の放射性核種に対するクリアランスレベル：規制免除原則の適用」と題された関連した報告書の刊行まで延期された。1996年1月 IAEA-TECDOC-855 として後者が刊行されるとともに、この報告書は BSS や、「除外、免除及びクリアランスの概念の適用：放射性物質の管理に対する影響(1997年6月)」に関する専門家会議の結果などを考慮して、さらに仕上げと改訂がなされた。

IAEA はこの報告書を作成するあたり、参加した専門家の作業、特にベルギーの L. Baekelandt 氏及び英国の J. Simmonds 氏の貢献に感謝する。草案の作成と検討に貢献した人々のリストは、この報告書の最後に記されている。IAEA の担当職員は放射線及び廃棄物安全局の R. Rastogi 及び G. Linsley であった。

目次

1. 序論	4
1.1. 背景	4
1.2. 目標	5
1.3. 範囲	5
1.4. 構成	5
2. 放射性廃棄物の種類と処分のやり方	6
2.1. 廃棄物のタイプ	6
2.2. 廃棄物の処分	6
3. 規制免除とクリアランスの原則とその適用	9
3.1. 規制管理のシステム	9
3.2. 規制管理からの解放－クリアランスの概念	9
3.3. 誘導量の必要性	11
3.4. 規制上の考慮	11
3.5. クリアランスの許可	12
3.6. クリアランスレベルの検証	13
4. 放射線量の評価	14
4.1. 廃棄物の放射線学的特性	15
4.2. 放射線被ばくの評価	15
4.2.1. 気体状の放出	16
4.2.2. 液体の放出	17
4.2.3. 固体廃棄物	18
5. クリアランスレベルの導出	21
5.1. 大気放出に対する一般的なクリアランスレベル	21
5.2. 水系への放出に対する一般的なクリアランスレベル	22
5.3. 固体廃棄物の一般的なクリアランスレベル	22
5.4. 一般的なクリアランス値の適用の可能性	23
5.5. 集団線量	24
5.6. 放射性核種の混合物の考察	24
付録 A：平均化の手順	29
付録 B：気体状及び液体の放出に対する一般的なクリアランス値の推定	30
付録 C：気体及び液体の放出に対するクリアランス値に対応する集団 線量の推定	47
引用文献	49

1. 序論

1.1. 背景

放射性物質の多くの利用、例えば、産業、研究、ガン治療や医学上の診断などにおける利用は、人類にとって有益である。しかしながら、放射性物質は、また潜在的に健康に有害であり、それゆえその使用は規制されなければならない。受け入れられてきた規制のアプローチは、電離放射線に対する防護及び放射線源の安全性のための国際基本安全規準 (BSS) [1]に述べられているように、届出と認可のシステムに基づいている。

電離放射線によるいくつかのタイプの被ばくはこのような管理になじまず (例えば宇宙線)、規制のプロセスに従わないので、規制管理の対象にはならない。また、いくつかの放射線源は、健康に極めて小さいリスクしか与えないので、通常、これらに対する規制プロセスによる管理は諸資材の浪費であろうと考えられている。

このような小さいリスクしか与えない線源に対し、次の2つの状況が区別される：

- (1) 線源が規制管理の体制内に入らない。すなわち、管理を課せられることがない；
- (2) 線源が規制管理から解放される。すなわち、管理がもはや行われぬ。

第 1 の状況は、「規制免除」と言われ、その線源は規制管理から免除されている、といわれる。免除される線源には、一般に、研究で用いられるトレーサ、校正用線源及び少量の線源又は低い単位質量あたりの放射能を含む消費材のような低放射能の線源が含まれる。対応する放射能または放射能濃度のレベルは規制免除レベルと呼ばれる。

放射線源が規制管理体制から除かれる第 2 の状況は「クリアランス」と呼ばれる。対応する放射能または放射能濃度のレベルはクリアランスレベルと呼ばれる。クリアされる線源には、廃棄物と再利用または再使用できそうな物質が含まれる。クリアされた物質は、再び規制管理の対象になるべきではなく、それゆえ、クリアランスレベルは、規制免除レベルを超えることはないであろう。

解放された物質からの予想される被ばくが取るに足らないことが確実ではない場合、それらの処分は認可を受けなければならないことに留意しなければならない。このような認可された処分のもとでは、安全を確保するために必要なかぎり適切な規制要件が守られる。

規制免除とクリアランスのための一般的な原則と規準は、BSS の中で詳述されている。それらは、1988 年に決定された規制免除の原則[2]及び ICRP の 1990 年勧告[3]に基づいている。この勧告は、「線源の免除は規制機能の重要な構成要素である」ことを認め、基本的な規準、すなわち、平常時及び事故時の両方において、線源がわずかな個人線量と集団線量しか生じず、かつ、どんな合理的管理手順も個人線量と集団線量の有意な低減を達成できない、という規準を繰り返している。

この報告書で提示されているクリアランスレベルは、固体物質のクリアランス[4]及び

物質の再利用と再使用に対するクリアランスレベル[5]を導出するのに用いられたものと同じ放射線学的な原則と規準[2]に基づいている。

1.2. 目標

この報告書の目標は、医療、研究及び産業における放射性核種の利用から発生する廃棄物の関連で、規制管理からの免除の原則を実際に移すための指針を提供することである。報告書には、クリアランスの許可における規制上の考慮、及び、クリアランスレベルを導出する際に実施しなければならない放射線量の計算の種類と範囲に関するガイダンスが与えられている。

更なる目標は、この種の廃棄物に適用するための一般的なクリアランスレベルを策定することである。これらは、環境への放射性核種の放出率又は固体物質中の放射能濃度で表現され、その値より下では、それ以上の規制管理を必要としない値である。

1.3. 範囲

この報告書は、核燃料サイクルとリンクしていない病院、研究機関、及び産業施設で発生する極低レベルの非密封放射性物質を含む気体、液体及び固体廃棄物の規制管理からのクリアランスを扱う。使用済の密封線源と、天然放射性核種が天然のまままたは濃縮されて存在する活動や行為から生じる廃棄物は、この報告書では考察しない。

1.4. 構成

序論に続いて、第 2 章では医学、研究、及び産業における放射性核種の利用から生じる廃棄物の種類と可能性のある処分経路が検討されている。第 3 章では、関連する放射線防護の原則とその適用を提示し、クリアランスの許可とその検証に関する規制上の問題を論じる。第 4 章では、解析されなければならない被ばくシナリオと線量評価のモデル化が検討され、議論されている。第 5 章は、気体及び液体の放出と固体廃棄物に対する一般的なクリアランスレベルの導出を扱う。

この報告書の補足として、以下のことを記述した付録がある：廃棄物パッケージの平均化手順；気体及び液体の放出と固体廃棄物の処分に対する一般的なクリアランス値の推定；及び、気体と液体の放出のクリアランスレベルに関連した集団線量の推定。

2. 放射性廃棄物の種類と処分のやり方

2.1. 廃棄物のタイプ

医療分野での研究のみならず診断と治療のため、病院での非密封放射性物質の使用は、結果的に種々の放射性廃棄物の発生をもたらす。これらには、紙、プラスチック製の手袋やカバー、テストチューブ、ガラス器具、洗浄液、治療又は診断のために放射性同位元素を投与された患者からの排泄物といった、放射性物質で汚染されているものが含まれる。

いろいろな放射性同位元素が、産業利用や農業、生物学、物理学、化学などの分野の研究に利用されている。このような利用から発生する廃棄物は、汚染された水溶液や可燃物のようなより簡単に扱える物質から、有機液体（例えば液体シンチレータ）、大型動物の死体、及び汚染された大型装置のような、より扱いにくい汚染物質にまでわたっている。

病院や研究施設で使用されている放射性核種の多くは比較的短半減期である。適切であれば、それらは、害のないレベルまで減衰するように保管した後に処分されるべきである。したがって、それらは一般的に長半減期の放射性核種とは分離される。

病院、研究施設、及び産業で発生する固体放射性廃棄物の多くは、汚染された紙やプラスチックから成る。これらの廃棄物は、焼却または埋立処分場にそのまま処分されることがある。ある種の施設では、固体廃棄物の一部が動物の死体である。これらは可燃物として取り扱われるか、分解して液体廃棄物と共に処分されるか、あるいは集めて埋設される。

液体廃棄物は一般に、水溶液と有機液体に分離される。液体シンチレータは有機液体のかなりの部分を占める。

病院や研究施設から出る気体廃棄物は、一般に固体廃棄物や液体廃棄物よりも重要ではない。しかしながら、吸入する可能性が重要なことがあり、考慮する必要がある。

表 I に、医療、研究、産業における放射性核種の利用によって発生する廃棄物中に存在するいくつかの重要な放射性核種の概要を示す。

2.2. 廃棄物の処分

病院、産業及び研究施設から出る廃棄物の処分に通常用いられる経路は以下のとおりである：

(a) 気体放流物

直接あるいはフィルタシステムを通して大気中に放出；

(b) 液体放流物

下水系、浄化槽、貯留槽、または、河川、湖及び海洋環境のような種々の水系への直接放出；

(c) 有機液体（液体シンチレータを含む）

通常、オフガスの浄化なしに大気中へ放出する焼却。液体シンチレータは、通常プラ

スチックのバイアルビンに入ったまま焼却される。時には、そのバイアルビンがガラス製の場合、液体を焼却前にビンから出す。

(d) 固体廃棄物

紙、プラスチック、木及びガラスビンのような固体廃棄物は、通常埋立処分場に一般ゴミと共に処分される。可燃性廃棄物は一般のゴミと共に焼却されることがあり、結果として気体及び微粒子を含む流出物と、埋立処分場に処分される灰を発生する。

例えば I-131 がガンや甲状腺障害の治療に使用されたとき、放射性核種を含む患者の排泄物の処分は、時には特別な配慮が必要となる。通常、治療に利用される大量の放射能 (10GBq に達する) のため、患者を一般に、放射性核種が適切なレベルに減衰するまでタンクに排泄物を保管し、その後に放出して、下水系に分散させる別のトイレ設備のある特別室に収容すべきである。あるいは、放射線学的評価に基づいて、もし特別に認可されれば、排泄物を直接下水に放出してもよい。廃棄物を収集し、減衰のため保管することは、放射線または他の危険に病院のスタッフをさらす結果になりうる手作業を含むことがある。

通常病院や研究施設で発生する放射性廃棄物の大部分は、比放射能が非常に低く、それゆえ規制管理からのクリアランスの候補と考えられるかもしれない。上記のすべての処分経路は、クリアされた廃棄物の処分にも使用することができる。液体または固体状の短半減期の放射性廃棄物に対しては、クリアランスレベル以下まで減衰させるため保管するのが通常のやり方である。一般のゴミと共に処分するためにクリアされず、また焼却もされない放射性固体廃棄物は、通常認可された放射性廃棄物処分場またはその他の特別な処分施設に埋設される。

表 I 医療、産業及び研究で利用されるいくつかの重要な放射性核種の概要

放射性核種	物理的半減期	主な用途	廃棄物特性	処分方法
H-3	12.3a	臨床検査、研究、標識、自発光機器	固体、液体、有機溶媒、HTO、HT	埋設、分散、焼却
C-14	5.73E+3a	研究、標識、臨床検査	固体、液体、溶媒、呼息中CO ₂	埋設、分散、焼却
Na-22	2.6a	臨床検査、研究	液体	分散
Na-24	15.0h	臨床検査	液体	分散、減衰保管
P-32	14.3d	治療、研究、標識	固体、液体	埋設、分散、減衰保管
S-35	87.4d	研究	固体、液体	埋設、分散、減衰保管
Cl-36	3.01E+5a	研究	固体、液体	規制に従い希釈分散
K-42	12.4h	生物学研究	主に固体	減衰保管
Ca-45	163d	研究	主に固体、時に液体	埋設、分散、減衰保管
Ca-47	4.53d	臨床検査	主に固体、時に液体	埋設、分散、減衰保管
Cr-51	27.7d	臨床検査、研究	主に液体	分散
Fe-59	44.5d	臨床検査、研究	主に液体	分散、減衰保管
Co-57	271d	臨床検査、研究	固体、液体	埋設、分散、減衰保管
Co-58	70.8d	臨床検査、研究	固体、液体	埋設、分散、減衰保管
Ga-67	3.26h	臨床検査	液体	分散、減衰保管
Se-75	120d	臨床検査、研究	主に液体	分散、減衰保管
Sr-89	50.5d	治療	主に液体	埋設、分散、減衰保管
Y-90	2.67d	治療	主に液体	埋設、分散
Mo-99	2.75d	Tc-99mの抽出	主に液体	減衰保管
Tc-99m	6.02h	臨床検査、研究	固片、液体	減衰保管
In-111	2.83d	臨床検査、研究	固体、液体	埋設、分散
I-123	13.2h	臨床検査	固体、液体	減衰保管
I-125	60.1d	臨床検査、研究、標識	固体、液体、時に蒸気	埋設、分散、遅延減衰、活性炭吸着
I-131	8.04d	臨床検査、研究、治療	固体、液体、時に蒸気	埋設、分散、減衰保管、活性炭吸着
Xe-127	36.4d	臨床検査	気体、液体	活性炭吸着、大気分散
Xe-133	5.24d	臨床検査	気体、液体	活性炭吸着、大気分散
Pm-147	2.62a	自発光機器	固体、液体	埋設、分散、焼却
Er-169	9.4d	生物学研究	主に固体	減衰保管
Au-198	2.69d	治療	液体	減衰保管
Hg-197	2.67d	臨床検査	液体、固体	減衰保管
Hg-203	46.6d	生物学研究	固体、液体	埋設、分散、減衰保管
Tl-201	3.04d	臨床検査	主に液体	埋設、減衰保管、分散
Th-232	1.40E+10a	白熱ガス灯	固体、液体	埋設、分散

a: 年, d: 日, h: 時間

3. 規制免除とクリアランスの原則及びその適用

3.1. 規制管理のシステム

人々に電離放射線の被ばくをもたらす線源と行為は、BSS[1]で例示されているように、届出と認可のシステムによって通常管理されている。一般に、放射性物質の使用に先立って、操業者は規制当局にその意図を通知し、登録又は許可という形で認可を申請することが要求される。このような認可には、通常公衆の構成員に対する線量が合理的に達成できる限り低く、かつ、適切な線量限度や拘束値以下であることを保証するような放射性廃棄物の処分及び放射性物質の再利用と再使用に関する条件が含まれる。これらの認可は、通常、操業者が従わなければならない条件として、種々の廃棄物形態に対する処分経路と放射能濃度及び／又は総放射能で表した限度を規定している。

放射性物質の条件付き再利用あるいは固体廃棄物の処分の認可の場合、量及び／又は今後の使用もしくは行く先（例えば、管理された埋立、焼却炉、再利用経路など）で書かれた条件が許可証に添付されることがある。検査は、物質が元の施設から移送されるさい、元の施設または最終の行く先で行われる。

液体及び気体放流物の放出の場合、認可には放出限度（すなわち、総放射エネルギー、濃度）及び放出を管理する規定（例えば、放出率）が含まれることがある。放出の時点で検査がなされ、環境中で監視が行われる。放射性核種の環境放出に関する BSS の実行は文献[6]に記述されている。

3.2. 規制管理からの解放 — クリアランスの概念

線源や行為は、もしこれらが規制管理システムから除かれた後の放射線学的影響が、それ以上の管理を保証する必要がないほど十分低ければ、そのシステムから除いてよい。このように線源や行為を規制管理システムから除くことを「クリアランス」という。

規制管理システム内の線源や行為がもはや規制管理に従うべきでないかどうかを決定するための基本的な規準は、BSS に定められた規制免除の規準と同一であり、以下の通りである：

- (a) 行為又は線源によって生じる個人の放射線リスクが、規制が関与する必要がないほど十分低いものであること；
- (b) 行為又は線源の総合された放射線学的影響が、一般の環境下で、規制管理を正当化しないほど十分低いものであること；

(c) 行為及び線源が本質的に安全であり、(a) 及び (b) の規準を満足しないようなシナリオが起りそうにないこと。

ある行為あるいは行為の中のある線源は、あらゆる実現可能な状況で以下の規準を満足するならば、さらなる考慮なしに規制免除（あるいはクリア）してよい。

- (i) ある行為又は線源によって生じる公衆構成員が被ると考えられる実効線量が、年間 $10 \mu\text{Sv}$ のオーダーかそれ以下であること、及び、
- (ii) その行為を 1 年間実行することによって預託される集団実効線量が約 1manSv を超えないか、あるいは防護の最適化の評価によって規制免除が最適の選択肢であることが示されるかのどちらかであること。

放出された物質からの予測される被ばくがとるに足らないことが確実でない時、それらの処分、放出、あるいは利用は認可を受けなければならないことに留意しなければならない。そのような認可された活動の下では、安全を確保するため必要なかぎり、適切な規制要件が守られる。

人が放射線被ばくするかもしれない経路を考察するさい、被ばくが起るかもしれないが確実ではないような状況を思い浮かべることが常に可能であろう。このような被ばくは「潜在被ばく」と呼ばれる。それらを予測し、その発生確率を推定することはできるかもしれないが、決して正確には予測できない。潜在被ばくは評価プロセスの一部として考慮されるべきである。しかしながら、線量¹⁾限度は直接的には潜在的被ばくに適用されず、理想的には、線量を受ける確率とその線量を受けた時の損害の両方を考慮した等価なリスクに置き換えられるべきである。ICRP60[3]では、事象が生じてもその線量が線量限度より小さければ、もっと簡単なアプローチを採用するとができると示唆されている。このような場合、予想される線量と発生確率の積を、これが確かに生じる線量であるかのように用いることが適切である。このアプローチは、発生確率は低い、 $10 \mu\text{Sv}$ を超えかつ関連する線量限度を下回るような年間の個人線量をもたらすようなシナリオに適用される。このアプローチの困難な点は、そのシナリオの発生確率の推定にある。

もっと実際的なアプローチは、合理的な発生の可能性をもつシナリオのみを選択し、それに 1 の確率を割り当てることである。このアプローチを使えば、通常のシナリオの場合のように線量限度を適用することができる。このアプローチは通常保守的であろうが、解析のためのシナリオの選定における良い判断が頼りである。

¹⁾ とくに断らない限り、「線量」という用語は、ある期間中の外部被ばくからの実効線量と、同じ期間中に体内に摂取された放射性核種からの預託実効線量の合計をいう。

3.3. 誘導量の必要性

クリアランスのためのガイドとなる放射線学的規準は線量で表現されており、実際に適用するためには、それらを質量放射能濃度 (Bq/g)、表面汚染密度 (Bq/cm²)、単位時間あたりの総放射能 (Bq/y)、あるいは単位時間あたりの総質量 (t/y) の単位で誘導された量に変換する必要がある。これらの量の導出には、提案されているクリアされた物質からの放射線に人が被ばくするかもしれない、合理的に可能な経路について徹底的な検討を行うことが要求される。各被ばく経路及び対象とする各放射性核種について放射線量が評価されなければならない。これらの評価に基づいて、Bq/g、Bq/cm²、Bq/y、t/y、あるいは、それらの組み合わせで、クリアランス規準を満足する量を計算することができる。

3.4. 規制上の考慮

規制当局と申請者の双方がクリアされる行為の範囲について共通の理解を持てるように、クリアランスという用語を定義することは重要である。これはまた、最適化解析を実行するためにも必要である。「行為²⁾」は、IAEA 安全シリーズ No. 89[2]において、規制管理からのあらゆるタイプの免除に適用できる一般的な用語として定義されている。病院、産業、及び研究施設からの廃棄物の処分に対して、あらゆる可能な状況に適切な「行為」の定義をさらに明確にすることはできない。しかしながら、クリアランスとの関連での行為の定義は、よくある状況を代表する例を挙げることで説明することができる。気体状及び液体の廃棄物の場合、行為は、与えられた場所から、大気中あるいは水系環境への低レベル放射性放流物の放出としてしばしば定義できる。もし、2つ以上の施設が同一の環境（一般的な地理上の同一エリア）へ放流物を放出するならば、これらの施設から放出されたものの組み合わせも考慮に入れるべきである。一般に、考慮される地理的エリアが増加するにつれて、同一エリアの複数の施設の影響の組み合わせにより、集団線量も増加するであろう。固体廃棄物に対する同様の例では、「行為」は 1 つまたは複数の施設からのクリアされた廃棄物の処分であろう。

この報告書の関連では、処分のプロセスは操業者が廃棄物の管理を放棄した時点で始まる。多くの場合、操業者がある理由でその後も廃棄物の管理を続けるのでなければ、それは廃棄物が操業者の構内を離れた時である。例えば、固体廃棄物の処分は、ごみ箱や廃棄物容器が他人の管理下に渡る時、あるいは操業者の従業員がそれを処分施設に届けた時に始まるかもしれない。液体廃棄物の場合には、処分は、操業者の構内にある流しあるいは排水設備に流

された時に始まると考える。気体廃棄物については、処分はフードで始まると考える。

放射線影響の評価は、クリアランスの認可前に行われる必要がある。このような放射線影響の評価は、クリアランスを正当化し、支持すべきである。その評価は、クリアランスについて考察中の行為から生じうるあらゆる可能な被ばく経路をカバーすべきである。ある種の状況においては、この報告書に提示されるような標準的な評価条件が妥当であり、したがって、一般的なクリアランスレベルが適用できることの決定を再検討するだけかもしれない。一般に、この評価は処分の時点以降に被ばくするかもしれない作業者と公衆構成員の線量の推定値を提供すべきである。平常時及び事故時の被ばく状況もカバーされるべきである。規制当局は、クリアランスを妨げるほど重大な結果を招くかもしれないような、クリアされた行為から起こりうる廃棄物の誤使用のような、発生確率の低い被ばく状況を考慮して判断を行うべきである。

もしクリアランスレベルを超えたとしても、より詳細な最適化解析に基づき、あるいは、もし正当化されれば、放射線防護に関する以外の理由でクリアランスはそれでも適切であることがある。一方、両方の規準に合致していても、例えば適切な品質保証システムが整っていない場合といった、クリアランスを許さない他の放射線以外の理由があるかもしれない。

3.5. クリアランスの許可

クリアランスは、個々の機関が実施する特定の活動又はすべての活動に対して許可される。クリアランスはまた、特定の物質（例えば、コンクリート、鉄、プラスチックなど）に対しても許可されることもある。さらに一般的には、ある物質のあらゆる可能なその後の使用を考慮に入れても、クリアランスの線量規準を超えないことが先験的に確実であるような形態にあるという条件で、その物質の放出が可能かもしれない。このような規制管理からの免除は、条件付クリアランスと呼ばれる。もしクリアランス規準の遵守を確認するために、例えば最終到達点の検証といった検証あるいはモニタリングが求められるならば、その物質は条件付クリアランスで放出することを許されず、認可された処分を通して処置されなければならないことを注意しなければならない。

クリアランスの策定に当たっては、廃棄物の希釈や分別のような手段によって、さもなければ適用される管理を逃れるようなことを許容すべきでない。環境における希釈は、公衆の構成員への線量を低減する重要な因子であると認識されているが、比較的比放射能の高い物質をとり、クリアランス規準に合致させるために故意に希釈するのは適切でない。この種の問題を避ける一つの方法は、濃度限度のみに頼るのではなく、クリアランスの下で処分できる

あらゆる種類の廃棄物に対して総放射能を制限することである。

規制当局は、放射線学的考察と解析が引き続き妥当であるということ、すなわち、クリアランスの条件を決定する関連パラメータが、有意に変わっていないことを確認するために、クリアランスについて定期的に再検討すべきである。この再検討はまた、クリアランスに対する基本的な放射線学的規準が引き続き守られているかどうかを決定するものであるべきである。適切な国の点検プログラムおよび記録保持要件によって、操業者がクリアランスの条件にずっと従っていることを検証する手段も確立すべきである。

規制当局は、クリアランスが他の放射線と無関係な危険な特性をもつ廃棄物の処分をカバーする他の関係法令の要件の遵守に対する操業者の責任を軽減することがないことを確実にすべきである。

3.6. クリアランスレベルの検証

クリアされた物質は、適切なクリアランスレベルに適合していることを検証する必要がある。一般に、確立されたクリアランスレベルの遵守を検証することを要求される全ての活動は、関連する承認された品質保証要件に従って設けられた適切な品質管理システムの枠内で実施されるべきである。このようなシステムは、クリアされる物質の潜在量、最終行く先、及び、その行為の複雑性を考慮すべきである。そのシステムは適宜、放射性物質のインベントリーの維持、クリアされた物質の量、関連する放射能濃度、処分手順に関する訓練と点検の維持に対する取決めに関する記録の保持をカバーすべきである。

クリアランスレベルの検証は、クリアされる物質の直接測定、代表試料の実験室測定、正しく誘導された相関の利用、あるいは国の規制当局によって承認された他の方法により行うことができる。

経済的及び実用的な考慮がなされている産業またはその他の日常行為においては、測定方法や適切な測定装置の選択が重要な因子となる。存在する放射性核種にもよるが、適切に選定された試料の実験室分析でその物質の直接測定を補う必要があるかもしれない。

測定方法を決定する際には、次のような段階が考慮されるべきである：

- 物質や起源（つまりこの放射性核種のスペクトル）の両方に関してできる限り均質になるように、クリアされる物質を分類すること。
- その物質の使用履歴についてのあらゆる適切な情報を考慮に入れて、試料分析によってクリアされる物質の放射性核種のスペクトルを評価すること。

この情報に基づいて、測定方法を選択し、適切な装置を選び、適切に校正することができ