

3. 3 国際的なクリアランスレベルとの比較及び考察

3. 3. 1 国際的なクリアランスレベルとの比較

本検討で算出した RI 汚染物及び放射化物のクリアランスレベルについては、RS-G-1.7 をとりまとめた際にクリアランス等の判断に用いる放射能濃度の基準値の算出根拠として提示されている IAEA Safety Report Series No. 44（以下、「SRS No. 44」という。）で算出されている計算値（以下、「RS-G-1.7 の計算値」という。）との比較を行った。

まず、RI 汚染物のクリアランスレベルについて比較を行ったところ、一括クリアランスを想定して算出した各核種のクリアランスレベルのうち、RS-G-1.7 の計算値より低くなった核種は I-125 であり、RS-G-1.7 の計算値との比率は約 0.1 となった。一方、RS-G-1.7 の計算値との比率が 100 を超える結果となった核種は F-18、Ca-45、Y-90、Tc-99m 及び Cd-109 であり、それぞれの比率は、60000^{※11}、170、160、130 及び 140 となった。また、個別クリアランスを想定して算出した全ての核種のクリアランスレベルは、RS-G-1.7 の計算値との比率が 10 を超える結果となった。

次に、放射化物のクリアランスレベルについて比較を行ったところ、大規模施設において発生する放射化物を対象として算出した各核種のクリアランスレベルのうち、Cl-36、Ni-59 及び Hg-203 については RS-G-1.7 の計算値より低くなり、それぞれの RS-G-1.7 の計算値との比率が 0.73、0.25 及び 0.80 となったものの、これらを含めたすべての核種は RS-G-1.7 の計算値との比率が 0.1 から 10 の範囲に収まる結果となった。一方で、小規模施設において発生する放射化物を対象として算出したすべての核種のクリアランスレベルは、RS-G-1.7 の計算値との比率が 10 を超える結果となった。

3. 3. 2 RS-G-1.7 の計算値との比較の結果に係る考察

3. 3. 1 に示した RS-G-1.7 の計算値との比較において、RI 汚染物の一括クリアランスを想定して算出したクリアランスレベル、及び大規模施設において発生する放射化物を対象として算出したクリアランスレベルでは、ほとんどの核種のクリアランスレベルが RS-G-1.7 の計算値と同等となる結果が得られた。しかしながら、これらの RI 汚染物及び放射化物に関するクリアランスレベルの算出結果において、RS-G-1.7 の計算値を下回った核種と、逆に 2 桁以上大きくなった核種もあるため、その理由について考察を行った。

※11：F-18 は、半減期が約 1.8 時間であり、今回のクリアランスレベルを算出する対象核種として選定した核種の中で、最も半減期が短い核種である。今回のクリアランスレベルの算出では、被ばく開始であるクリアランスまでの期間（1日）の減衰と、被ばく期間中（1年間）の減衰を考慮している。一方、RS-G-1.7 における決定経路である皮膚被ばくを想定した経路では、クリアランスまでの期間及び被ばく期間中の両方の減衰を考慮していない。このように、被ばくに係る期間の設定の違いにより、F-18 については、RS-G-1.7 の計算値との比率が極端に大きくなっている。

3. 3. 2. 1 今回の算出結果がRS-G-1.7の計算値より低くなった核種について

本検討で得られた算出結果（放射能濃度（Bq/g））が、RS-G-1.7の計算値（Bq/g）より低くなった核種は、RI 汚染物（一括クリアランス）ではI-125であり、一方、放射化物（大規模施設）ではCl-36、Ni-59、Hg-203の計4核種である。その理由の考察を以下に示す。

（1）I-125について

本検討におけるI-125の決定経路は、可燃物等の焼却処理に係る評価経路の熔融炉周辺における畜産物摂取経路である。RS-G-1.7では、鋳物工場の周辺居住者の吸入による被ばくは想定しているものの、畜産物摂取による被ばくは想定していない。また、決定経路が同様となる核種（Cl-36、I-131）について、崩壊形式、元素・核種に依存するパラメータを比較したところ、I-125については、Cl-36と比べて焼却灰の熔融時の排気への移行割合が大きく、経口摂取内部被ばく線量係数も大きいなどの特徴がある。さらに、I-131と比べた場合には、その半減期がI-125よりも短いために物理的減衰の効果により畜産物中の核種濃度がI-125よりも低くなる。このようなことから、これらの3つの核種の中で、I-125だけがRS-G-1.7の計算値を下回ったものとする。

（2）Cl-36について

Cl-36の本検討における決定経路は、地下水移行シナリオ^{※12}の畜産物摂取経路である。RS-G-1.7では、このような畜産物を摂取する経路は選定されていない。さらに、Cl（塩素）の飼料作物への移行係数は、他の核種と比べて大きくなっている。これらの点が、Cl-36の算出結果がRS-G-1.7の計算値を下回る理由であると考えられる。

（3）Ni-59について

Ni-59の本検討における決定経路は、地下水移行シナリオの農作物摂取経路であり、RS-G-1.7でも同様の被ばく経路（地下水移行経路からの一般公衆の被ばく経路）が考慮されている。この経路について、井戸水飲用経路の評価パラメータ等を比較したところ、本検討の方が、核種が移行しやすい条件を設定していた（RS-G-1.7の約60倍の移行量）。このため、本検討におけるNi-59の算出結果がRS-G-1.7の計算値を下回ったと考えられる。

（4）Hg-203について

Hg-203については、RS-G-1.7の決定シナリオである「処分場又は鋳物工場以外の施設の作業員の被ばく」に含まれる経路のうち、外部被ばく経路が支配的であり、本検討の決定経路と類似している。これらの経路の評価パラメータ等について着目したところ、Hg-203の算出結果がRS-G-1.7の計算値を下回る理由は、比較的半減期が短いために被ばく開始までの期間の違い（本検討では1日の減衰、RS-G-1.7では1年の減衰を考慮）

※12：原子炉クリアランス報告書では、「評価経路及び評価パラメータを組み合わせたものを「シナリオ」と呼ぶ。」としている。

が影響しているためと考えられる。

(5) まとめ

以上の検討をまとめると、いずれの核種についても、本検討と RS-G-1.7 とのシナリオの考え方や評価パラメータの設定の違いが顕著に現れたものと考えられる。

これらの核種に関する本検討の算出結果と RS-G-1.7 の計算値の比は、概ね 1 桁以内の範囲にある。

原子力施設から発生する放射性廃棄物を対象にしたクリアランスレベルの算出結果の値と RS-G-1.7 の計算値との乖離については、「再評価報告書」における以下の記述がある。

- (5) 概して言えば、対象物を特に限定しない一般的なレベルは、考慮すべきシナリオに、一般性、すなわち国際間の流通等のきわめて多様なシナリオを包絡することが特段に要求されるため、核種組成などの対象物に固有の性質に着目しつつそれぞれに対応したシナリオを想定した上で算出されるレベルに比べ、その値は低くなる。実際、RS-G-1.7 の規制免除レベルの導出にあたっては、そのようなシナリオの包絡性が特に考慮されており、原子炉等の解体廃棄物に固有の性質に着目した再評価と RS-G-1.7 の一般的な規制免除レベルの計算値を比較すると、概して再評価の方が高いことが、確認されている。一部、逆に RS-G-1.7 の規制免除レベルの計算値の方が高い核種もあるが、その違いのほとんどは数倍以下の範囲内にある。
- (6) 推定年線量が $10 \mu\text{Sv/y}$ のオーダー以下であるという、評価の保守性の観点からみれば、再評価値と RS-G-1.7 の規制免除レベルの計算値との間には有意の差はないものと見なすことができ、その意味では、RS-G-1.7 の規制免除レベルを我が国における原子炉等解体廃棄物のクリアランスレベルにも採用することに不都合はないものと考えられ、したがって、国際的整合性などの立場からは、RS-G-1.7 の規制免除レベルを採用することは適切と考えられる。

【再評価報告書より抜粋 (P. 22 の 9~24 行目)】

上述の考え方を参考に、今回の、一括クリアランスを想定して算出した値及び大規模施設において発生する放射化物を対象として算出した値と RS-G-1.7 の計算値との乖離についても、設定した評価経路や評価モデルの保守性からみて、RS-G-1.7 の規制免除レベルと異なる数値を敢えて放射線障害防止法に係る RI 汚染物や放射化物のクリアランスレベルとして設定することを正当化できるほどの大きさであるとは考えがたい。

3. 3. 2. 2 今回の算出結果が RS-G-1.7 の計算値より 2 桁以上大きくなった核種について

表 3.19 に示すとおり、F-18、Ca-45、Y-90、Tc-99m 及び Cd-109 の 5 核種については、RI 汚染物の一括クリアランスを想定した算出結果の値（放射能濃度、単位：Bq/g）が

RS-G-1.7の数値に対して2桁以上大きくなる結果が得られた。これらの核種の算出結果に関する考察を以下に示す。

(1) F-18、Y-90について

これらの核種は、今回の対象核種の中でも半減期が短い（F-18：約1.8時間、Y-90：約64時間）核種である。そのため、被ばく開始までの期間や被ばく期間中の減衰の設定の影響が大きい核種である。

今回のクリアランスレベルの算出では、クリアランスまで（被ばく開始まで）の期間である1日の減衰と、被ばく期間中の減衰（1年間の被ばく期間中の核種濃度の減衰）を考慮している。

一方、これらの核種のRS-G-1.7における決定経路である皮膚被ばくを想定した経路では、クリアランスまでの期間及び被ばく期間中の両方の減衰を考慮していない。そのため、目安線量の違い（本検討の決定経路となった外部及び内部被ばく経路では $10\mu\text{Sv}/\text{年}$ 、RS-G-1.7の皮膚被ばく経路では $50\text{mSv}/\text{年}$ ）の影響以上に、これらの減衰の効果が大きく、今回の算出結果の方がRS-G-1.7の計算値に比べて値が大きくなったものと考えられる。

(2) Tc-99mについて

Tc-99mも、今回の対象核種の中では半減期が短い（約6.1時間）核種である。そのため、上記と同様、被ばく開始までの期間や被ばく期間中の減衰の設定の影響が大きい核種である。

RS-G-1.7におけるTc-99mの決定経路である（処分場又は鋳物工場以外の施設の作業者の被ばく）では、低頻度シナリオを想定した場合、被ばく開始までの期間を1日としており、本検討と同様に設定しているものの、被ばく期間中の減衰は考慮していない。そのため、目安線量の違い（本検討では $10\mu\text{Sv}/\text{年}$ 、RS-G-1.7の低頻度シナリオでは $1\text{mSv}/\text{年}$ ）の影響以上に被ばく期間中の減衰の影響が大きく、本検討の算出結果の方がRS-G-1.7の計算値に比べて値が大きくなったものと考えられる。

(3) Ca-45について

RS-G-1.7におけるCa-45の決定シナリオは、処分場周辺における子どもの吸入及び農作物摂取による被ばく経路であり、そのうち農作物摂取経路の被ばく線量が支配的である（吸入： $3.5\times 10^{-12}\text{Sv}/\text{年}$ 、農作物摂取： $1.3\times 10^{-7}\text{Sv}/\text{年}$ ）。本検討のクリアランスレベルの算出における類似経路として処分場跡地における子どもの農作物摂取経路を対象に、評価パラメータ等を比較したところ、Ca-45も半減期が約0.45年と比較的短いため、被ばくが起こるまでの期間の違い（本検討では10年、RS-G-1.7では1年）が土壌及び農作物中の濃度に及ぼす影響が大きく、本検討の算出結果の方がRS-G-1.7の計算値に比べて値が大きくなったものと考えられる。

(4) Cd-109について

Cd-109は本検討のクリアランスレベルの算出の対象核種のうち、RS-G-1.7の決定経路

が地下水移行経路からの一般公衆の被ばくとなっている数少ない核種である(他にはH-3とC-14のみ)。RS-G-1.7では、分配係数モデルを使用し、Cd-109に対して、核種移行過程における全ての媒体の分配係数を0と保守的に設定している(土壌への収着がなく全て液層に存在するとしている)。

一方、今回の算出では、土壌中の核種移行に関するパラメータについては現実的な選定値を用いている。すなわち、RS-G-1.7の設定よりも核種が移行しにくく、また、土壌に吸着しやすいために、水中のCd-109の核種濃度がRS-G-1.7よりも低くなる条件となっている。さらに、処分場に埋設される対象物の量もRS-G-1.7に比べて小さいため、本検討の算出結果の方がRS-G-1.7の計算値に比べて値が大きくなったものと考えられる。

(5) まとめ

本検討におけるクリアランスレベルの算出結果で、上述の5核種について、その値がRS-G-1.7の計算値よりも2桁以上大きくなった理由は、以下のとおりまとめられる。

- ・ 本検討とRS-G-1.7が想定している被ばく開始までの期間や被ばく期間中の減衰に対する考え方が異なるため、半減期の短い核種は、特に減衰の効果が大きく影響している。
- ・ Cd-109については、RS-G-1.7に比べて本検討の方が地下水移行に係るパラメータの設定がより現実的なものとなっている。

3. 4 決定論的な方法による算出結果を踏まえたクリアランスレベルの設定について

今回、放射線障害防止法へのクリアランス制度の導入に伴い、告示に定めるクリアランスレベルの設定に係る検討として、RI 汚染物及び放射化物に含まれる核種を選定し、原子力安全委員会が原子炉施設や核燃料使用施設に係るクリアランスレベルを算出するために用いた埋設処分、再利用・再使用の評価経路、計算モデル及び評価パラメータを参考にするとともに、新たに焼却処理に係る評価経路、計算モデル及び評価パラメータを検討してクリアランスレベルを算出した。また、算出に当たっては、RI 汚染物及び放射化物に起因して現実的に起こりえる評価経路を抽出し、さらに我が国において現実的なパラメータを用いて、決定論的な方法により RI 汚染物及び放射化物を対象とした核種のクリアランスレベルを求めた。

算出したクリアランスレベルのうち、RI 汚染物の一括クリアランスを想定して算出したクリアランスレベル及び大規模施設において発生する放射化物を対象として算出したクリアランスレベルと、RS-G-1.7 の計算値を比較すると、核種によっては値の大小関係はあるが、大部分の核種について概ね 1 桁以内となっており、両者の値はほぼ同等であると言える。また、RI 汚染物において、一括クリアランスの方が個別クリアランスに比べてクリアランスレベルの値が常に低く、放射化物においても、同様に大規模施設の方が小規模施設に比べてクリアランスレベルの値が常に低くなっていることを確認した。このことから、告示に定めるクリアランスレベルの選択に当たっては、一括クリアランスを想定して算出した計算値及び大規模施設で発生する放射化物を対象とした計算値と RS-G-1.7 の計算値とを比較検討することとする。両者の乖離は RS-G-1.7 に示された値と異なる値を放射線障害防止法のクリアランスレベルとして採用することを正当化するほど大きいとは考えられない。

さらに、今回のクリアランスレベルの算出結果では、クリアランスの対象物となるコンクリート、金属、可燃物について、クリアランスレベルを対象物ごとに設定するほどの有意な差が生じているとは考えられない。

以上の結果を踏まえ、クリアランスされた物の国際的な流れにおける影響や原子炉等規制法に基づきクリアランスされた物との取扱実務の整合性を考慮すると、IAEA において示されている RS-G-1.7 に示された値を放射線障害防止法に係る RI 汚染物や放射化物のクリアランスレベルとして採用することが適切であると考ええる。

なお、本検討で選定された核種のうち、RS-G-1.7 に放射能濃度の値が示されていない核種（表 3.7 を参照）については、今回のクリアランスレベルの算出結果を基に原子力安全委員会^{(2), (4), (7)-(9)}や IAEA^{(3), (10)-(11)}の考え方を参考にしつつ値を定めることが適切であると考ええる。

4. 放射線障害防止法へのクリアランス制度の導入に伴う政省令・告示等の制定に向けた今後の技術的検討事項

4. 1 クリアランスレベルの設定に係る検討事項

4. 1. 1 クリアランスレベルの算出に用いたシナリオの妥当性評価

クリアランス WG では、「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に係る基本方針」に基づいて、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に係る検討を行ってきた。

その結果、クリアランスレベルは、3章に示したとおり、RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に埋設処分、再利用・再使用及び焼却処理される場合の評価経路、評価モデルに対して、現実的と考えられる評価パラメータを用いて算出した。

告示に規定するクリアランスレベルを設定するためには、原子力安全委員会がクリアランスレベルに係る報告書を取りまとめる際に行ったパラメータ、シナリオ等の妥当性評価を行う必要があるため、シナリオ等の妥当性評価の手順に関して、今後のクリアランス WG における検討の進め方を以下に示す。

4. 1. 1. 1 シナリオの妥当性評価の目的及び方法について

告示に規定すべきクリアランスレベルの設定に向けて、「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に係る基本方針」に示した手順に従った決定論的な方法によるクリアランスレベルの算出に用いたシナリオ等について、その妥当性の評価として、次のような確率論的解析による評価を行う。

(1) 評価パラメータのばらつき評価

この評価は、評価パラメータのばらつきが、決定論的な方法によるクリアランスレベルの算出結果に与える影響を評価・確認するものであり、その方法として、評価パラメータの確率論的解析を行う。ここで、確率論的解析については、原子力安全委員会がとりまとめた原子炉クリアランス報告書や核燃料使用施設クリアランス報告書に示された方法に基づいて行う。

○ 評価の目的

決定論的な方法によるクリアランスレベルの算出に用いるために選定した評価パラメータが適切で、かつ、現実的な範囲で保守的な選定となっていることを確認する。

○ 評価の方法

図 4.1 に示すように、確率論的解析から求めた放射能濃度の累積分布を用いて、決定論的な方法により算出した $10 \mu\text{Sv/年}$ に相当する放射能濃度が累積分布の確率

の中央値 (P=0.5) から 97.5%片側信頼区間下限値^{※13} (以下、「97.5%下限値」)
(P=0.025) の間の範囲にあるかどうかを確認する。

(2) シナリオの妥当性評価

○ 評価の目的

決定論的な方法によるクリアランスレベルの算出に用いた評価パラメータには本来、ばらつきが考えられることから、この評価では、評価経路及び評価パラメータを組み合わせて設定したシナリオが適切、かつ、保守的に選定されていることを確認する。

○ 評価の方法

上述の 97.5%下限値に相当する評価パラメータの組み合わせを、発生頻度が小さいと考えられるシナリオとして扱い、その数値 (97.5%下限値) が $10\mu\text{Sv}/\text{年}$ を著しく超えないことを確認する。

具体的には、原子力安全委員会により行われたクリアランスレベル評価では、「 $10\mu\text{Sv}/\text{年}$ を著しく超えないめやす線量」として「 $100\mu\text{Sv}/\text{年}$ 」が用いられていることから、今回の評価では、97.5%下限値の最小値の濃度を 10 倍した $100\mu\text{Sv}/\text{年}$ 相当濃度と決定論的な方法により求めたクリアランスレベル ($10\mu\text{Sv}/\text{年}$ 相当濃度) とを比較し、クリアランスレベル ($10\mu\text{Sv}/\text{年}$ 相当濃度) の方が $100\mu\text{Sv}/\text{年}$ 相当濃度 (97.5%下限値の最小値の 10 倍) よりも常に低くなっていることを確認する。

4. 1. 1. 2 クリアランスレベルの算出に用いたシナリオの妥当性評価に係る手順

(1) 確率論的解析を行う対象とする核種の選定

今回、確率論的解析の対象とする核種の選定は、以下に示す点を考慮して行う。

○ 放射化物に係る核種

「3. 2. 1. 2 の (2) 放射線発生装置の使用に伴い生成する核種のうちクリアランスの対象となる核種について」を参照し、確率論的解析の対象とする核種の選定を行う。

選定にあたっては、放射線発生装置及びその使用施設で用いられている構成材料の成分を基に評価された放射化に伴う核種の放射能濃度 (D) と決定論的な方法により算出したクリアランスレベル (C) との比 (D/C) を求め、最大値 (D/C)_{max} となる核種を主要核種とし、その他の核種の (D/C) と主要核種の (D/C)_{max} の比 [(D/C) / (D/C)_{max}] の値が小数点以下 2 桁目までの範囲に含まれる核種の中から確率論的解析の対象とする核種を選定する。

※13：統計上の信頼区間としては、一般的に 90%、95%、99%信頼区間が用いられている。原子力安全委員会における原子炉施設等を対象としたクリアランスレベルの検討では大気汚染等を測定観測する環境影響評価で用いられている 95%信頼区間を参考に、検討対象となる片側信頼区間 97.5%下限値 (P=0.025) を用いており、クリアランス報告書においても、同様の考え方が採用されている。

○ RI 汚染物に係る核種

確率論的解析の対象とする核種は、我が国における販売量が上位になる核種の中から、核種の特性を考慮して選定する。

(2) 確率論的解析を行う対象経路の抽出

確率論的解析の対象として選定したそれぞれの核種に対して、決定論的な方法により算出した $10\mu\text{Sv/年}$ の被ばく線量に相当する各評価経路の放射能濃度結果を基に、それらの放射能濃度の中で小さい方より3つの評価経路を確率論的解析の対象経路として抽出する。また、確率論的解析の対象として選定したいずれかの核種に対して抽出した評価経路は、他の核種の評価経路として加えることとする。

なお、原子力安全委員会によるクリアランスレベルに係る検討においては、確率論的解析を行う対象経路が以下のように抽出されている。

○ 原子炉クリアランス報告書

確率論的解析を行う対象経路として、埋設処分シナリオの全41経路のうち11経路が抽出され、再利用シナリオの全32経路のうち14経路が抽出されている。(表4.1を参照)

○ 核燃施設クリアランス報告書

確率論的解析を行う対象経路として、埋設処分シナリオの全41経路のうち12経路が抽出され、再利用シナリオの全31経路のうち14経路が抽出されている。(表4.1を参照)

(3) 評価パラメータの分布型・分布幅の設定

(2) で抽出した評価経路に係るクリアランスレベルの算出に用いた評価パラメータの分布型・分布幅を決定する。基本的なパラメータについては、原子力安全委員会が取りまとめたクリアランスレベルに係る報告書に示された評価パラメータの分布型や分布幅を参考とする。

ただし、以下に示す評価パラメータについては、原子力安全委員会の報告書に示された選定根拠や手順を参考に、今回の検討で新たに設定する。

- ・ RI 汚染物及び放射化物に係るクリアランス対象物の物量に依存するパラメータ
- ・ 原子力安全委員会におけるクリアランスレベルの算出において評価されていない核種や元素に係る核種依存及び元素依存の評価パラメータ
- ・ 焼却処理の評価経路で新たに使用した評価パラメータ

(4) 確率論的解析の結果を踏まえた評価パラメータ等の見直し

確率論的解析を行い、決定論的な方法により算出したクリアランスレベルの妥当性について評価した結果、以下の2つの項目を満足することを確認する。

① 評価パラメータのばらつきに係る確認

算出したクリアランスレベルが累積分布の確率の中央値から97.5%下限値の間の範囲にあるかどうかを確認する。

② シナリオの妥当性に係る確認

前述の(2)で抽出した3つの評価経路の中で、97.5%下限値が最も小さくなる評価経路に対して、再度めやす線量を $100\mu\text{Sv/年}$ として累積分布を求め、その97.5%下限値における放射能濃度に対して、めやす線量を $10\mu\text{Sv/年}$ として決定論的な方法により算出した放射能濃度が常に下回ることを確認する。

これらの項目を確認した後に、必要に応じて、

○ 決定論的な方法によるクリアランスレベルの算出に用いる評価パラメータの再検討。

○ 確率論的解析に用いる評価パラメータの分布型、分布幅について再検討。

を行い、決定論的な方法によるクリアランスレベルの算出、又は確率論的解析を再び行う。

(5) 確率論的解析結果についての整理

確率論的解析の対象として選定した全ての核種及び抽出した全ての重要な評価経路について、決定論的な方法によるクリアランスレベルの算出に用いた評価パラメータの妥当性確認を行う。

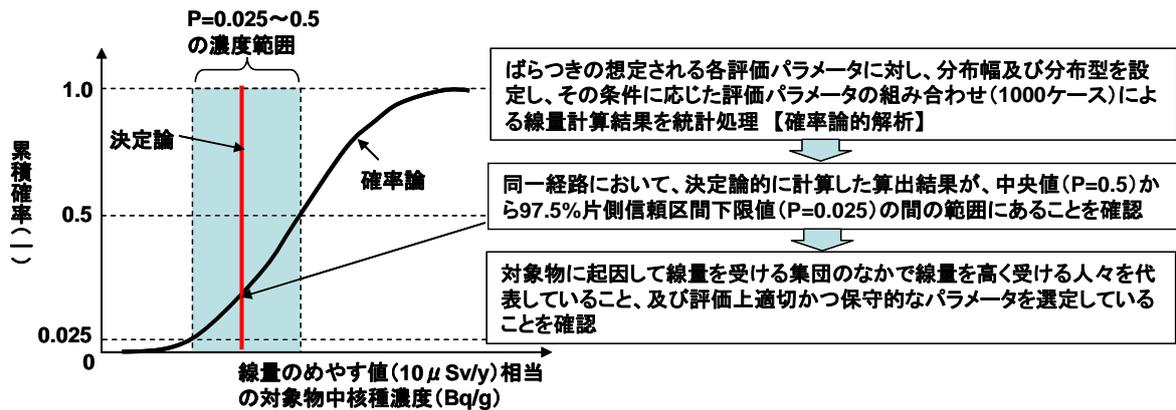


図4.1 評価パラメータのばらつき評価の方法

※原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会ウラン廃棄物埋設検討小委員会（第6回）会合配付資料ウ検第6-1号の図1を参照

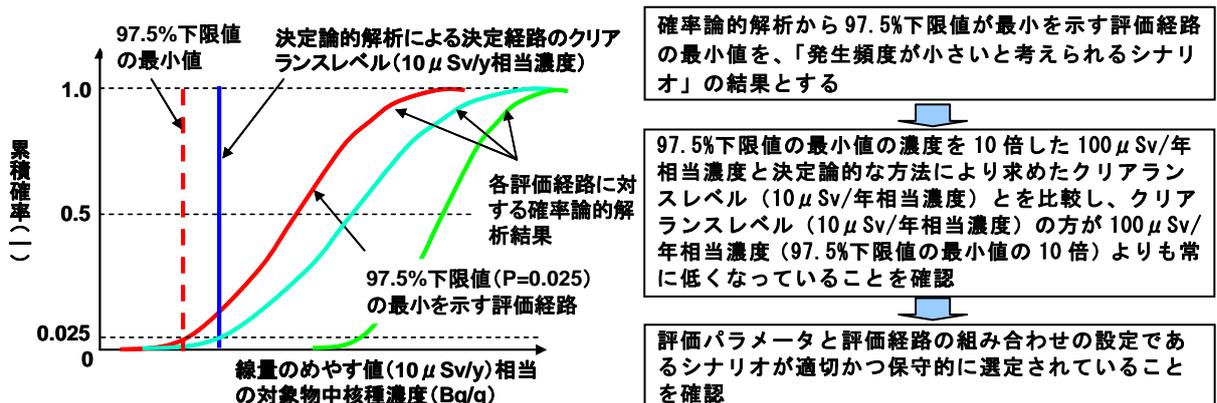


図4.2 シナリオ（評価パラメータ及び評価経路）の妥当性評価の方法

※原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会ウラン廃棄物埋設検討小委員会（第6回）会合配付資料ウ検第6-1号の図1を参照

表 4.1 原子炉施設及び核燃料使用施設のクリアランスレベル評価における
確率論的解析の対象経路

シナリオ	選択数	経路	経路名
埋設処分	1	No. 3	操業（運搬作業員・外部）※
	2	No. 5	操業（埋立作業員・外部）
	3	No. 6	操業（埋立作業員・吸入）
	4	No. 11	跡地利用（居住者・外部）
	5	No. 12	跡地利用（居住者・吸入）
	6	No. 13	跡地利用（農作物摂取）
	7	No. 14	跡地利用（畜産物摂取）
	8	No. 19	地下水利用（飲料水摂取）
	9	No. 24	地下水利用（灌漑水農作物摂取）
	10	No. 25	地下水利用（灌漑水畜産物摂取）
	11	No. 26	地下水利用（飼育水畜産物摂取）
	12	No. 27	地下水利用（養殖水淡水産物摂取）
再利用	1	No. 2	金属再利用用途（ベッド・外部）
	2	No. 5	金属再利用処理（スクラップ作業場周辺居住者・吸入）
	3	No. 6	金属再利用処理 （スクラップ作業場周辺居住者・農作物摂取）
	4	No. 7	コンクリート再利用用途（壁材等・外部）
	5	No. 10	金属再利用処理（積み下ろし・外部）
	6	No. 11	金属再利用処理（積み下ろし・吸入）
	7	No. 15	金属再利用処理（溶融・鋳造作業・外部）
	8	No. 16	金属再利用処理（スラグ処理作業・吸入）
	9	No. 24	金属再利用処理（NC 旋盤・外部）
	10	No. 25	再使用・外部
	11	No. 26	再使用・吸入
	12	No. 27	再使用・直接経口
	13	No. 28	金属再利用用途（スラグ駐車場・外部）
	14	No. 30	コンクリート再利用処理 （コンクリート処理作業員・吸入）

※核燃料使用施設クリアランス報告書における評価で追加された確率論的解析の対象経路

4. 2 放射化物に係る現状及び検討事項

4. 2. 1 放射化物としての規制を必要としない放射線発生装置の種類に係る検討

クリアランス WG においては、放射化物としての規制を必要としない放射線発生装置の種類等に係る検討を行い、政省令・告示を制定するために必要な検討事項をとりまとめることとした。そのため、医療用の放射線発生装置の使用に伴う放射化の状況等を把握することを目的として、高エネ研より文部科学省の委託調査として実施した放射線発生装置の放射化の状況に関する調査の結果⁽¹²⁾、⁽¹³⁾、⁽¹⁴⁾について聴取を行った。また、社団法人放射線技術学会からも関連する情報について聴取を行った。

本節では、高エネ研からの聴取の結果に基づく放射化の状況を取りまとめたうえで、今後、政省令・告示を制定するために必要な検討事項を示す。

4. 2. 2 医療用の放射線発生装置の放射化の状況等について

4. 2. 2. 1 国内における放射線発生装置の設置状況

放射線利用統計(2008年)によれば、表4.2に示すように、我が国に設置されている放射線発生装置は1,400台を超える状況にある。このうち、医療機関に設置されているものが約1,000台(約7割)を占めており、主な医療用の放射線発生装置としては、放射線治療を目的とした直線加速装置が890台(このうち数台だけが陽子などの粒子を加速するものであり、ほとんどは電子を加速するものである。)、PET核種製造用小型サイクロトロンが130台となっている。これらの装置は使用方法が定式化されているため、典型的な施設を抽出し、その装置で発生する放射化の状況の把握が可能であると考えられる。このため、国内に設置されている放射線発生装置の放射化の状況等を把握することを目的に放射線発生装置使用者に対してアンケート調査及び中性子線等の線量測定を実施し、その結果等を踏まえ、放射線治療用電子直線加速装置及びPET核種製造用小型サイクロトロン等の使用に伴って発生する放射化物に関する検討を行った。

4. 2. 2. 2 放射線治療用直線加速装置について

(1) アンケート調査の結果

放射線治療用直線加速装置使用施設については、アンケート調査の結果740施設(装置数874台)から回答が得られ、発生X線の最大エネルギーで分類した設置台数を図4.3に示す。X線のエネルギーが10MeVの放射線発生装置の台数が最も多く、全体の65%を占めている。次に10MeV未満の放射線発生装置が31%を占め、10MeVを超えるものは4%を占めていた。また、アンケート調査結果によると、図4.4に示すように各施設の実際の運転時間は許可時間の20~30%程度であることから、放射線発生装置の使用に伴って発生する放射化に関する評価にあたっては実際の運転時間の考慮の必要性について今後検討が必要である。なお、放射線治療用直線加速装置は治療の高精度化のための技術が進

んでおり、平均 10 年程度で装置が更新されているが、建家は継続して使用されることが多い。

(2) 現地調査の結果

現地調査では、実際の放射線治療で汎用されている 6、10、15 及び 18MeV の装置に着目し、放射化の発生の主な原因となる中性子及び X 線の線量についての実測及び計算による評価を実施した。

放射線治療用直線加速装置について、空間線量率の測定結果及び中性子発生量の測定結果を X 線最大エネルギー毎に分類して、表 4.3 及び表 4.4 にそれぞれまとめた。

空間線量率については、6MeV の装置では運転終了直後において室内、発生装置ともにバックグラウンドレベルであった。

一方、10MeV の装置では運転終了直後においてビーム取り出し用照射窓の近くで空間線量率を測定した結果、ターゲットの放射化の影響によりバックグラウンドレベルの 3 倍程度であった。また、ターゲット直下の床面においても空間線量率を測定した結果、バックグラウンドレベルの 2 倍程度となった。ただし、これらの空間線量率は、約半日後にはバックグラウンドレベルまで減少した。

さらに、15MeV の装置では運転終了直後においてリニアック室内の空間線量率が高くなっており、ターゲット直下で $1.1 \mu\text{Sv/h}$ 程度であり、約 1 日経過後において半分に減少したが、バックグラウンドレベルと比較した場合には高い値となった。

中性子発生量については、6MeV の装置では金箔を用いた放射化法では中性子発生は検出できなかった。また、10MeV の装置では運転時に熱中性子が $10^3\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、熱外中性子^{※14}が $10^2\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ オーダーで発生した。さらに、15MeV、18MeV の装置では更に 1 桁以上の中性子が発生する事が明らかとなった。しかし、国内の 15MeV、18MeV の装置のほとんどが 6MeV 又は 10MeV のエネルギーでの照射も行える装置であり、治療対象に応じてエネルギーが選択されており、6MeV 又は 10MeV として使用される時間に比べて、15MeV 又は 18MeV として使用される時間は少ないことが明らかとなった。これらのことから、15MeV 及び 18MeV の装置では、これらのエネルギーでの運転時間を考慮して放射化量を評価する必要があると考える。

次に、X 線の最大エネルギー 6MeV、10MeV、15MeV および 18MeV での放射化物の発生状況を表 4.5 に示す。6MeV の装置では放射化は認められなかった。10MeV の装置では、運転終了直後のターゲットにおいて放射化が認められたが、長期に保管したターゲットでは放射能は検出されなかった。また、ターゲット直下のステンレス製ビスにおいてごく微量の Co-60 が検出されたが、その濃度は RS-G-1.7 の値の 1/6 程度であった。なお、床及び壁のコンクリートについては、放射化は認められなかった。

さらに、15MeV および 18MeV の装置ではターゲットやその周辺部であるコリメータなどにも放射化が広がっていることが確認された。18MeV での実測結果は、実際の運転記録や、X 線発生ターゲット周辺部の遮へい構造の詳細な実測値を用いることにより、モンテカルロ法によっても再現できることが確認されている。この計算結果では、ターゲ

※14：「熱外中性子」は、熱中性子よりもやや高いエネルギーをもつ中性子[JIS Z 4001 より]。
例えば、ユーロピウムや金などは熱外中性子の吸収断面積が非常に大きい。

ット周辺部において RS-G-1.7 の値を超える可能性があることが明らかになった。一方、18MeV の装置のターゲット直下の床面のコンクリートでは、実測及び計算結果ともに、Co-60、Eu-152 で 10^{-3} Bq/g 程度であり、最大で RS-G-1.7 の 1/50 以下となっていることが明らかになった。

平成 10 年度放射化物課長通知では、最大加速エネルギーが 6MeV 未満の電子直線加速器を使用する施設では、放射化物はほとんど生成されないため、当該通知の対象外として扱ってきたが、今回の検討によってその妥当性が検証された。今後は、実測による結果も参考にしながら、クリアランスレベルを超える放射化が起こる X 線最大エネルギーの設定とその放射化の範囲を確定するための評価判断方法について検討を行う必要があると考える。

(3) まとめ

以上の結果、放射線治療用直線加速装置の発生 X 線の最大エネルギーによる放射化の状況については、以下のようにまとめることができる。

- ① 6MeV 以下の放射線治療用直線加速装置は、放射化が発生しないものとして区分する。
- ② 10MeV の放射線治療用直線加速装置では、有意な放射化が認められたのはターゲット等ごく一部だけであった。このことから、6MeV を超え 10MeV 以下の放射線治療用直線加速装置では、ターゲット等を分離し、分離したものをクリアランス対象物又は放射性廃棄物として扱うこととする。
- ③ 15MeV や 18MeV のように、10MeV を超える X 線最大エネルギーを発生させる放射線治療用直線加速装置（マイクロトロンを含む）については、ターゲット周辺部では明らかに RS-G-1.7 を超える放射化物が発生する可能性がある。

4. 2. 2. 3 PET 核種製造用小型サイクロトロンについて

(1) PET 核種製造用小型サイクロトロンの放射化の状況

PET 診断に用いる核種の製造に使用されているサイクロトロンは、2003 年以降急速に普及したものであるが、現在は増加傾向にはない。新しい装置は、負イオン加速のものになっており、ターゲット周辺部以外の放射化の程度は少なくなっている。しかし、運転時の中性子発生量は、主に核種の製造数量に依存しており、加速エネルギーや装置による差異は殆ど無いといえる。最近では、図 4.5 に示すように自己遮へい体を設置した装置が増加しており、自己遮へい体の有無によって、周辺部の放射化状況に大きな差があることが明らかとなった。自己遮へい体の遮へい能力について調査した結果、遮へい体の外側では、中性子はほとんど検出されず、遮へい体で十分な遮へいが達成されていることが確認された。

一方、自己遮へい体の内部及び自己遮へい体の無いサイクロトロンの使用室内は、二次的に発生する中性子によって RS-G-1.7 を超える放射化が発生していることが確認された。また、運転時の中性子発生量は、ターゲットの近傍で $10^7 \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ であり、自己遮へい体の内部及び自己遮へい体の無いサイクロトロンの使用室内で $10^5 \sim 10^6 \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ のオーダーであった。このため、これらのデータを踏まえた解析により、設置してから廃止す

るまでの使用期間を考慮して、生成する放射化物の核種濃度(Bq/g)を見積もると、サイクロトロン電磁石表層、使用室の床、壁、天井部のコンクリートの表層部では、RS-G-1.7で定められた放射能濃度を超える可能性がある。

(2) まとめ

以上の結果、PET 核種製造用小型サイクロトロンの放射化の状況については、以下のようによまとめることができる。

- ① 自己遮へい体の外側での放射化は RS-G-1.7 と比較して、十分無視できるレベルであることから、自己遮へい体を設置した装置の外側では放射化はないと判断できる。
- ② 自己遮へい体の内部及び自己遮へい体の無いサイクロトロンについては、RS-G-1.7 と比較して無視できない放射化が発生すると判断されるため、放射化物としての対象範囲を確定するための評価判断方法について検討を進める必要があると考える。

4. 2. 3 政省令・告示等を制定するために必要な検討事項

医療用の放射線発生装置の放射化の状況に関する上述の調査結果を踏まえ、今後、放射化物を規制の対象として法令に位置付けることから、その具体的な基準を政省令・告示等へ制定するために必要となる検討事項を以下に示す。

(1) 放射線治療用直線加速装置

平成 10 年度放射化物課長通知で、6MeV 未満の電子加速器については、放射化は考慮の対象外として扱ってきたが、その妥当性が確認できた。

今後は、放射線治療直線加速装置のうち、6MeV を超える X 線最大エネルギーを発生させる装置に関して、使用されている材料や核反応の閾エネルギー等も考慮して、クリアランスレベルを超える放射化が起こると想定される X 線最大エネルギーの新たな設定とその放射化の範囲を確定するための評価判断方法に係る検討を行う。

また、6MeV を超え 10MeV 以下の X 線最大エネルギーを発生させる装置に関して、ターゲット等以外の金属部品やコンクリートについては放射化が発生していないものとして区分することについて検討を行う。

さらに、10MeV を超える X 線最大エネルギーを発生させる装置に関して、ターゲット周辺部での放射化領域を測定評価し、放射化物として取り扱うべき範囲について検討を行うとともに、金属部品以外のコンクリートについては放射化が発生していないものとして区分することについて検討を行う。

(2) PET 核種製造用小型サイクロトロン

PET 核種製造用小型サイクロトロンについては、自己遮へい体の内部及び自己遮へい体の無いサイクロトロンについて、放射化物としての対象範囲を確定するための評価判断方法に係る検討を行う。

(3) その他の放射線発生装置

粒子線治療用の加速装置の使用施設、放射光発生用の電子シンクロトロンの使用施設、分析用等のファン・デ・グラーフ型加速装置などにおける放射化の発生状況に係る調査・検討を行う。

表 4.2 放射線発生装置の設置状況

放射線利用統計（2008年、日本アイソトープ協会）

	機関総数	医療機関	教育機関	研究機関	民間企業	その他
総数 (構成比%)	1,433 (100%)	1,039 (72.5%)	66 (4.6%)	141 (9.8%)	146 (10.2%)	41 (2.9%)
サイクロトロン	198	131	2	22	39	4
シンクロトロン	28	3	3	17	4	1
シンクロサイクロトロン	2	1	—	—	1	—
直線加速装置	1,042	890	22	39	55	36
ベータトロン	4	1	1	2	—	—
ファン・デ・グラーフ加速装置	40	—	16	23	1	—
コッククロフト・ワルトン加速装置	82	—	20	26	36	—
変圧器型加速装置	17	—	—	10	7	—
マイクロトロン	19	13	2	1	3	—
プラズマ発生装置	1	—	—	1	—	—

表 4.3 放射線治療用直線加速装置における X 線最大エネルギー毎の空間線量率の測定結果

X 線最大エネルギー	空間線量率
6 MeV	バックグラウンドレベル
10 MeV	運転直後、バックグラウンドの 2 倍程度、 照射窓で 3 倍程度、 半日でバックグラウンドレベルまで減衰
15 MeV	運転直後： ターゲット直下 → 1.1 μ Sv/h 壁面 → 0.2~0.3 μ Sv/h 17 時間後： ターゲット直下 → 0.6 μ Sv/h (ターゲットからの線量寄与) 壁面 → 0.1~0.2 μ Sv/h (半減)

表 4.4 放射線治療用直線加速装置における X 線最大エネルギー毎の中性子発生量の測定結果

X 線最大エネルギー	中性子発生量
6 MeV	放射化法で検出できず
10 MeV	運転時：熱中性子 $1 \times 10^3 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、熱外中性子 $1 \times 10^2 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 熱中性子 $10^6 \text{cm}^{-2} / \text{d}$ 、10 年で 10^{10}cm^{-2} 程度
15 MeV	運転時：熱中性子 $2 \times 10^4 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、熱外中性子 $2 \times 10^3 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 熱中性子 $10^7 \sim 10^8 \text{cm}^{-2} / \text{d}$ 、10 年で 10^{11}cm^{-2} 程度
18 MeV	運転時：熱中性子 $5 \times 10^4 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、熱外中性子 $4 \times 10^3 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 熱中性子 $10^8 \text{cm}^{-2} / \text{d}$ 、10 年で 10^{11}cm^{-2} 程度

表 4.5 放射線治療用直線加速装置における X 線最大エネルギー毎の放射化状況

X 線最大エネルギー	空間線量率
6 MeV	放射化物は検出できない。
10 MeV	ターゲット (<1kg) の放射化の可能性はある。 Ge 半導体検出器による測定で、直下の床部分のビスで僅かな放射能 (Zn-65:<0.11Bq/g, Co-60:0.016Bq/g) を検出したが、壁コンセントのビスでは検出できなかった。 放射化した金属は最大でも数 100kg。
15 MeV 18 MeV	ターゲット (<1kg) やコリメータ (<100kg) 等加速器本体で放射化の可能性はあるが、放射化した金属は 1 トン以下。 床コンクリートの放射化の可能性はあるが、濃度は Co-60、Eu-152 で 10^{-3}Bq/g 程度で最大で RS-G-1.7 の 1/50 以下。

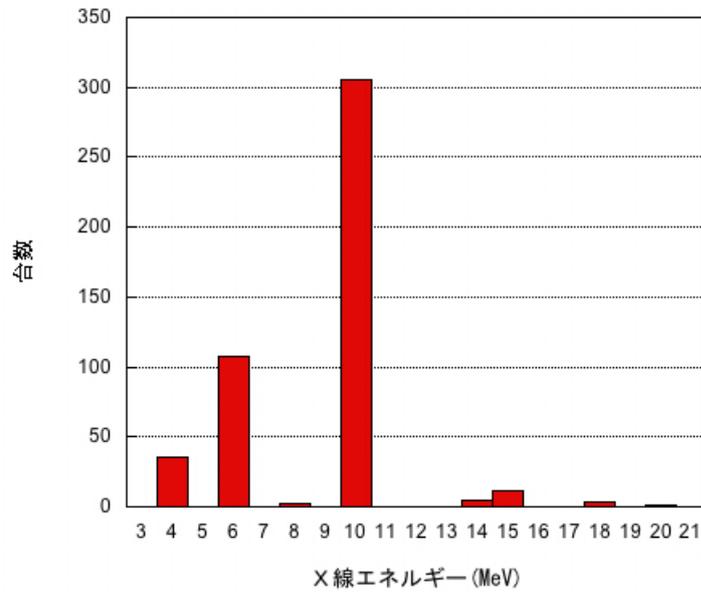


図 4.3 放射線治療用直線加速装置の X 線最大エネルギー

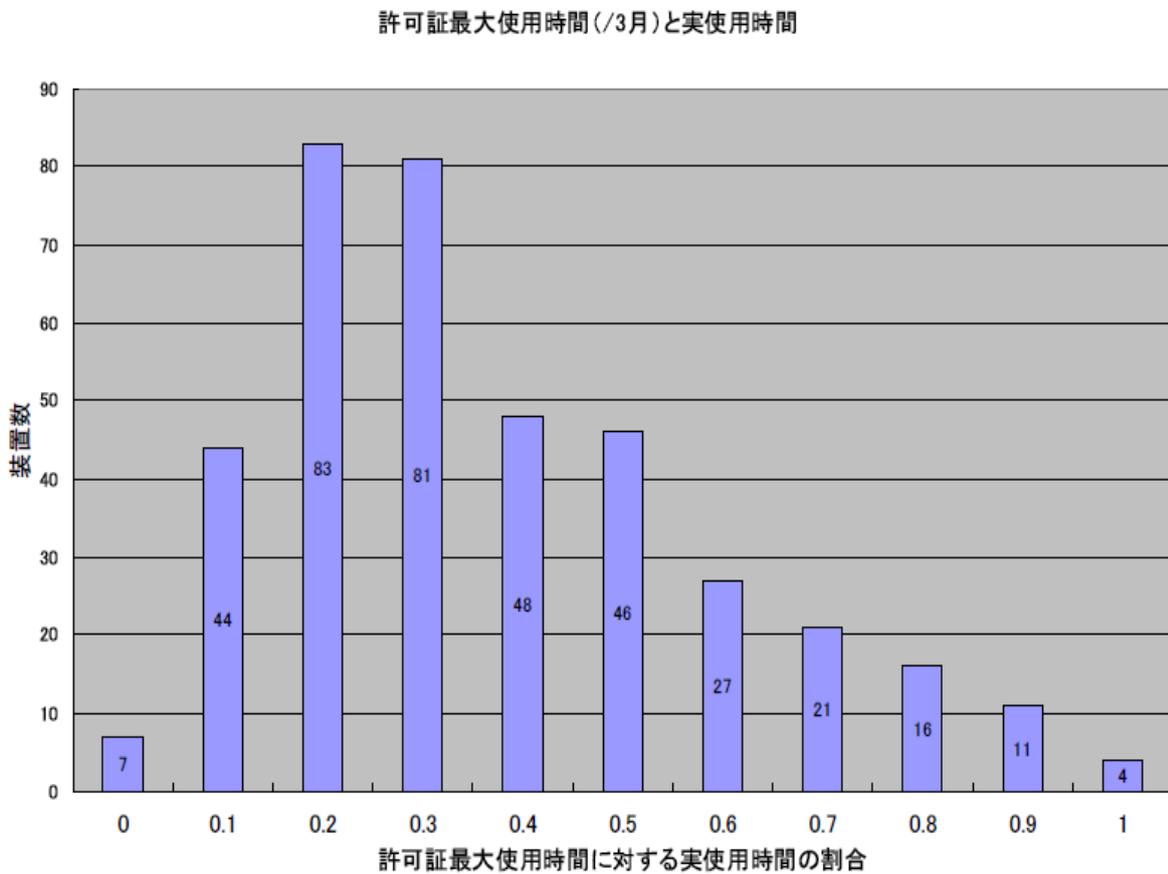


図 4.4 放射線治療用直線加速装置における
許容最大時間に対する実使用時間の割合

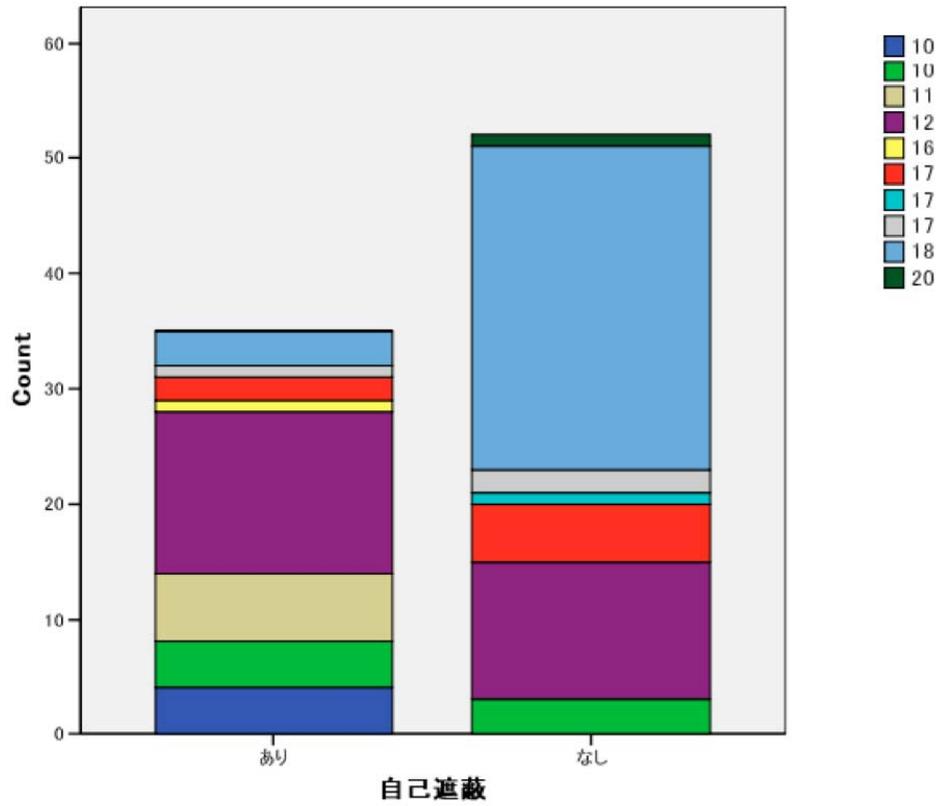


図 4.5 PET 核種製造用サイクロトロンにおける
自己遮蔽の有無と陽子加速エネルギー
(凡例最上の 10 は 10MeV 未満、最下の 20 は 20MeV 以上を意味する。)

4. 3 クリアランス判断方法に係る検討事項

4. 3. 1 検討の状況

放射線障害防止法へのクリアランス制度の導入に係る検討を進めるうえで、第28回の放射線安全規制検討会でとりまとめた「クリアランス制度導入等に係る制度設計の基本方針」において、「クリアランス対象物の判断方法については、放射性同位元素や放射線発生装置の使用状況、RI汚染物や放射化物の発生実態等を踏まえ、原子炉等規制法における判断方法に加え、放射線障害防止法独自の判断方法も検討し、採用していくこととする。」ということを確認した。

放射線障害防止法におけるクリアランス対象物としては、放射線発生装置やその使用施設の解体等に伴い発生する金属やコンクリート、また、放射性同位元素の使用等や放射性同位元素使用施設の解体に伴い発生する金属、コンクリート、可燃物（焼却灰を含む）等が考えられる。このうち、金属及びコンクリートに対するクリアランス検認（放射能濃度の測定・評価方法）の考え方については、原子炉等規制法へクリアランス制度を導入する時点において検討された考え方を参考にすることが可能である。原子炉施設等における放射化物や核燃料物質による汚染が生じた金属及びコンクリートに対するクリアランス検認のために必要な技術要件に関する基本的事項については、原子力安全委員会の報告書⁽¹⁵⁾を踏まえて、廃棄物安全小委員会がとりまとめており⁽¹⁶⁾、原子炉等規制法におけるクリアランス制度の適切な運用に用いられている。

原子炉等規制法におけるクリアランス制度の導入に伴い、社団法人日本原子力学会ではクリアランスにおける評価対象核種濃度の測定・評価方法及びクリアランス判断に係る学会標準⁽¹⁷⁾が平成17年にとりまとめられている。これにより、原子炉施設を対象としたクリアランスを行う事業者は国に対して放射能濃度の測定・判断方法の認可を申請する場合に、必要に応じてこの学会標準を参考に測定・判断方法の検討を行っている。

また、独立行政法人原子力安全基盤機構では、事業者が国によって認可された測定及び判断の方法でクリアランスを行っていることを確認するため、確認方法の整備が行われている⁽¹⁸⁾。これら学会標準等は、研究炉を含む原子炉施設の運転及び廃止措置に伴い発生する廃棄物等のうち固体状物質（金属、コンクリート等）について、クリアランスレベル以下であることを判断する方法を述べているものであり、その考え方は、放射線障害防止法において放射線発生装置使用施設で発生する金属、コンクリートの放射化物に対しても適用することが可能であると考えられる。

さらに、原子力安全・保安院は、平成18年1月30日に、原子炉等規制法に基づき定められている放射能濃度確認規則^{※15}の適用にあたって留意すべき点を示している。この中で、「放射能濃度の分布の均一性」について触れられており、放射能濃度確認においては、「測定単位として測定されたそれぞれの測定単位ごとの放射能濃度に著しい偏りが無いことを確認すること。」とされている。放射能濃度の分布の均一性については、原子力

※15：核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第61条の2第4項に規定する製錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則（平成17年11月22日）

安全委員会においてとりまとめられた再評価報告書においても、「クリアランスレベルの制度化にあたっての留意事項」として、クリアランス対象物の平均放射能濃度及び放射能濃度のばらつきに係る考え方が示されている。これらの留意事項を踏まえたうえで、RI 汚染物の放射能濃度確認におけるクリアランス対象物の放射能濃度分布の取扱いについても十分な検討を進める必要がある。

放射線障害防止法における独自のクリアランス判断方法については、平成 18 年度中間報告書において、減衰保管廃棄の技術的な成立性を確認している。ただし、半減期の長い核種を念頭においたクリアランス判断については、クリアランス制度として適用可能であるが、測定が困難な核種が含まれる場合、現実的な判断方法の現時点での確立は難しいと考えられることから、半減期の短い核種を念頭においた減衰に基づくクリアランス判断に係る検討を優先することとしている。

以上のように、クリアランスの判断方法については、既に原子炉等規制法で用いられている方法や、これまでのクリアランス WG で確認できている方法もあるが、放射線障害防止法で特有の技術的な検討事項が残っており、今後検討を行わなければならない技術的事項として以下にとりまとめた。ただし、それぞれの技術的事項については、技術基準として政省令・告示等に規定すべき事項、又は標準として関連学協会の規格等に定めるべき事項に区別して検討を行う必要があると考える。

4. 3. 2 検討しなければならない技術的事項

放射線障害防止法における RI 汚染物や放射化物のクリアランス判断にあたっては、事業者は、事前評価による対象物の分類、クリアランスレベル以下であることの判断、クリアランスレベル以下と判断した物への異物や汚染の混入を防止するための厳格な保管・管理、判断の妥当性を示す根拠の記録やその保存等を適切に行うことが重要である。また、これらが一連の業務として高い信頼性をもって機能するための管理体制・品質保証体制を確立することが必要となると考えられる。これらを踏まえ、今後検討しなければならない技術的事項を以下のようにとりまとめた。

4. 3. 2. 1 RI 汚染物及び放射化物の放射能濃度確認

各種測定機器を用いた RI 汚染物の放射能濃度確認の考え方は、原則として、原子炉等規制法の下で運用されている放射能濃度確認の手順に準ずるものとする。

ただし、放射化物の放射能濃度確認が原子炉等規制法の放射能濃度確認と同様の考え方を適用できる一方で、RI 汚染物の放射能濃度確認においては、測定単位ごとの放射能濃度の分布の均一性の確保、及び放射化物の放射能濃度評価の際に用いることのできる核種組成比を考慮した主要核種測定法の適用が困難であるなど、検討を行わなければならない技術的事項がある。そのため、今後、政省令・告示等の規定に向けて、以下に示すような技術的事項について検討を行う必要があると考える。

○放射能濃度の測定対象物の性状に対する考慮

- ・クリアランス対象物の性状に応じた測定方法、評価単位の検討

(可燃物、焼却灰等)

○放射能濃度の測定方法に係る検討

- ・ RI 汚染物、放射化物の特徴を考慮した測定方法
- ・ サンプルング [標本抽出・抜き取り] の考え方・基準の整備
(国内外の基準等を参照)

- ・ 測定方法の規格化・標準化
- ・ 測定項目の設定 (総量、濃度、線量)
- ・ クリアランスレベルに応じた測定のあり方の検討
- ・ RI 汚染物の特徴を考慮した測定機器の選択

(使用する測定機器の測定下限値・精度、測定機器の校正、核種に応じた測定機器の選択)

- ・ 実測によらない放射能濃度評価の可能性の検討
(使用や保管の記録からの計算で検認することができるか検討。)

○放射能濃度の評価単位に係る検討

- ・ クリアランス対象物の性状、クリアランス対象施設の規模に応じた評価単位の設定

○放射能濃度分布の均一性の確保に係る検討

- ・ 放射能濃度分布の均一性に係る考え方の検討
- ・ 分布の均一性確保の必要性を要求する評価単位の区分

(クリアランス対象物の申請物量が少量の場合に「均一性」を要求する必要があるかどうか検討)

○測定対象核種の選定方法に係る検討

- ・ RI 使用施設の特徴に応じた区分のモデル化
- ・ 測定における重要核種の抽出
- ・ 使用履歴に基づく測定対象核種の選定
- ・ 放射性発生装置の仕様、同使用施設の規模に応じた測定対象核種の選定

○測定の記録

- ・ 記録項目、記録の保存期間に関する規定

4. 3. 2. 2 核種の半減期を考慮した減衰に基づく RI 汚染物のクリアランス判断

平成 18 年度中間報告書において、RI 汚染物のうち、半減期の短い核種のみによって汚染された RI 汚染物については、一定期間保管し、かつ、半減期の短い核種以外の核種の混入を防止するように適切に管理すれば、RI 汚染物に含まれる半減期の短い核種の放射能が減衰し、放射性物質として扱う必要のないレベルになるとの検討結果がとりまとめられた。すなわち、クリアランスの対象となる RI 汚染物に含まれる核種が限定でき、告示等に規定することとなるクリアランスレベル以下になるように、保管を開始する時点における RI 汚染物の放射能濃度を一定濃度以下に確実に管理することができ、一定期間保管させることができれば、これらの RI 汚染物は一定期間保管された後に放射性物質によって汚染された物でないものとして扱うことが可能となる。しかしながら、半減期に基づきこの判断を適用できる核種の選定、及び他の核種の混入を防止する管理体制の

確立など検討を行わなければならない事項は多い。今後、政省令・告示等の規定に向けて、以下に示すような技術的事項について検討を行う必要があると考える。

○この手法を適用する対象核種の選定の考え方

- ・選定する核種の半減期の上限の設定

（平成 18 年度中間報告書における議論に基づき、半減期が 30 日以下、60 日以下又は 90 日以下の条件を選択）

- ・核種の使用（流通）の実態を考慮した設定

○クリアランス対象として選定した核種がクリアランスレベル以下になるために必要な減衰期間の設定

- ・それぞれの核種の測定の容易さ等と保管期間の兼ね合いから保管期間を設定

○評価対象物の放射能濃度がクリアランスレベル以下になっていることを担保するための放射能濃度測定

- ・保管開始時点におけるクリアランス対象物の放射能濃度測定
- ・クリアランス判断時における抜き取りによる測定
- ・実測によらない放射能濃度評価

（使用や保管の記録からの計算による検認の可能性について検討）

○核種の使用実態を踏まえ、他核種との混在を防ぐための適切な管理体制

【ハード面】

- ・半減期の短い核種のための許可事業者
- ・半減期の短い核種、長い核種それぞれを使用する施設の分類
- ・半減期の短い核種を使用する専用施設の設置
- ・半減期の短い核種を使用する専用の作業室の設置 等

【ソフト面】

- ・クリアランスを念頭においた使用記録の手法と保管
- ・予防規程の整備 等

○クリアランス判断に係る審査、確認の項目

- ・クリアランス対象となる核種、その保管期間に係る情報

（核種の使用記録等に基づく）

- ・クリアランスレベル以下であることを検認する方法
- ・認可された方法に従った検認が実施されたことを証明する記録

また、「クリアランス判断方法の検討に関する基本方針」にも示したとおり、半減期の長い核種を念頭においた減衰に基づくクリアランス判断の検討については、クリアランス対象物に技術的に測定が困難な核種が含まれ、現実的な判断方法の現時点での確立は難しいと考えられることから、半減期の短い核種を念頭においたクリアランス判断の検討を優先しながら、適用可能な判断方法について適宜検討を進める。

5. おわりに

放射線安全規制検討会では、放射線障害防止法へのクリアランス制度の導入に係る検討を平成21年4月に再開し、「クリアランス制度導入等に係る制度設計の基本方針」、「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に係る基本方針」、「クリアランス判断方法の検討に関する基本方針」を平成21年7月にとりまとめた。

クリアランスWGでは、放射線障害防止法へのクリアランス制度の導入に係る技術的事項についての検討を平成21年6月に再開し、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベル、クリアランス判断の方法、及び放射化物としての規制を必要としない放射線発生装置の種類に係る検討を行ってきた。特に、クリアランスレベルの設定及びクリアランス判断の方法に係る検討は、放射線安全規制検討会でとりまとめられた基本方針を踏まえて行った。

クリアランスレベルの設定に関しては、RI汚染物及び放射化物が埋設処分、再利用・再使用、焼却処理される場合の評価経路、計算モデル及び評価パラメータに係る詳細な検討を行い、RI汚染物及び放射化物に対して現実的に起こりえると考えられる評価経路を抽出し、さらに我が国における現実的なパラメータを用いて、決定論的な方法によりRI汚染物及び放射化物を対象とした核種のクリアランスレベルを算出した。算出したクリアランスレベルについては、RS-G-1.7の計算値と有意な差がないものと認められたことから、放射線障害防止法へクリアランス制度を導入するために告示に定めるクリアランスレベルとしてRS-G-1.7の値を採用することが適切であると考えられる。また、本検討で選定された核種のうち、RS-G-1.7に放射能濃度の値が示されていない核種については、今回のクリアランスレベルの算出結果を基に原子力安全委員会やIAEAの考え方を参考にしつつ値を定めることが適切であると考えられる。ただし、告示を定めるためには、今回のクリアランスレベルの算出に用いたシナリオや評価パラメータの妥当性について今後十分に確認しておく必要がある。

放射化物としての規制を必要としない放射線発生装置の種類に関しては、現状での国内の放射線発生装置使用施設における放射化物の発生状況について高エネ研及び医療関係機関等からのヒアリングを行い、放射化物のクリアランス等に向けて安全規制上必要となる今後の検討事項をとりまとめた。

クリアランス判断方法に関しては、既に運用されている原子炉等規制法の金属、コンクリート等を対象としたクリアランスの検認（放射能濃度の測定・評価方法）の考え方が、放射線障害防止法におけるクリアランス対象物に対しても基本的に適用することが可能であると考えられる。しかしながら、放射線障害防止法においては、金属、コンクリートとともに、新たに可燃物（焼却灰）等も加えてクリアランスの対象物としていること、また、半減期が短い核種を念頭においた放射能の減衰に基づく運用を検討していることから、今後、告示にクリアランスレベルを定めるまでに必要な技術的事項をとりまとめた。

以上の検討結果を踏まえ、今後、政省令・告示を制定するために必要なクリアランスレベルの設定、クリアランス判断に係る技術基準、放射化物の区分範囲などに関する検討を引き続きクリアランスWGにおいて進めることとする。

参考文献

- (1) : 放射線安全規制検討会クリアランス技術検討ワーキンググループ、「放射線障害防止法におけるクリアランス制度の整備に係る技術的検討について（中間報告書）」、平成 18 年 6 月
- (2) : 原子力安全委員会、「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
- (3) : International Atomic Energy Agency, Application of the Concept of Exclusion, Exemption and Clearance (規制除外、規制免除及びクリアランス概念の適用), Safety Guide No. RS-G-1.7, (2004)
- (4) : 原子力安全委員会、「原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」、平成 16 年 12 月 (平成 17 年 3 月 17 日一部訂正及び修正)
- (5) : 放射線審議会基本部会、「放射性固体廃棄物埋設処分及びクリアランスに係る放射線防護に関する基本的考え方について」、平成 22 年 1 月
- (6) : International Atomic Energy Agency, Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Report Series No. 44, (2005)
- (7) : 原子力安全委員会、「重水炉、高速炉等におけるクリアランスレベルについて」、平成 13 年 7 月
- (8) : 原子力安全委員会、「核燃料使用施設（照射済燃料及び材料を取り扱う施設）におけるクリアランスレベルについて」、平成 15 年 4 月
- (9) : 原子力安全委員会、「ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて」、平成 21 年 10 月
- (10) : International Atomic Energy Agency, Clearance levels for radionuclides in solid materials (固体状物質に含まれる放射性核種のクリアランスレベル), IAEA-TECDOC-855, (1996)
- (11) : International Atomic Energy Agency, Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine (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), IAEA-TECDOC-1000, (1998)
- (12) : 高エネルギー加速器研究機構、「小規模放射線発生装置使用施設における放射化状況に関する調査報告書」、平成 19 年 3 月
- (13) : 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、「小規模医療用放射線発生装置使用施設におけるクリアランス制度導入に向けた適切な放射化物の取扱いに関する調査報告書」、平成 20 年 3 月
- (14) : 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、「放射線治療用直線加速装置使用施設及び PET 診断薬製造用サイクロトロン使用施設等における放射化評価手法並びに放射化物の発生状況取扱いに関する調査」、平成 21 年 3 月
- (15) : 原子力安全委員会、「原子炉施設におけるクリアランスレベル検認のあり方について」、平成 13 年 7 月

- (16) : 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会、「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について、平成 16 年 9 月 14 日（平成 16 年 12 月 13 日改訂）
- (17) : 社団法人 日本原子力学会、「クリアランスの判断方法：2005（日本原子力学会標準）」、平成 17 年 7 月
- (18) : 独立行政法人原子力安全基盤機構、「平成 17 年度クリアランス制度の整備に係る調査に関する報告書」、06 基廃報—0006、平成 18 年 7 月

放射線安全規制検討会 委員名簿

(平成 22 年 1 月 現在)

- | | |
|----------|----------------------------------------------------|
| 大森 佐與子 | 大妻女子大学社会情報学部 教授 |
| 長見 萬里野 | (財)日本消費者協会 参与 |
| 木村 英雄 | (独)日本原子力研究開発機構 安全研究センター
廃棄物・廃止措置安全評価グループ 研究主幹 |
| 日下部 きよ子 | 東京女子医科大学画像診断学・核医学講座 教授 |
| 草間 朋子 | 大分県立看護科学大学 学長 |
| ◎ 小佐古 敏荘 | 東京大学大学院工学系研究科 教授 |
| ○ 近藤 健次郎 | 高エネルギー加速器研究機構 名誉教授 |
| 田中 勝 | 鳥取環境大学 教授 |
| 反保 浩一 | 第一三共(株) 品川研究開発センター 研究開発総務部
総務労務品川グループ 主査 |
| 蜂谷 みさを | (独)放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究センター
被ばく医療部主任研究員 |
| 東 泰彦 | 富士電機システムズ(株) オートメーション事業本部 東京工場
放射線機器部 主席 |
| 古川 修 | (社)日本アイソトープ協会 環境整備部 部長 |
| 山口 一郎 | 国立保健医療科学院生活環境部 主任研究官 |
| 山本 幸佳 | 大阪大学 名誉教授 |
| 山本 英明 | (独)日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
原子力科学研究所 放射線管理部 技術主席 |
| 米原 英典 | (独)放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター
規制科学総合研究グループ グループリーダー |

◎ : 座長

○ : 座長代理

(敬称略、50 音順)

開催日

- | | |
|--------|------------------|
| 第 25 回 | 平成 21 年 4 月 21 日 |
| 第 26 回 | 平成 21 年 5 月 21 日 |
| 第 27 回 | 平成 21 年 6 月 22 日 |
| 第 28 回 | 平成 21 年 7 月 30 日 |
| 第 29 回 | 平成 21 年 12 月 7 日 |
| 第 30 回 | 平成 22 年 1 月 20 日 |

クリアランス技術検討ワーキンググループ 委員名簿

(平成 22 年 1 月 現在)

- | | |
|------------|----------------------------------------------------|
| 飯本 武志 | 東京大学 環境安全本部 准教授 |
| 石田 正美 | (財) 原子力安全技術センター 理事 |
| 上叢 義朋 | (独) 理化学研究所 仁科加速器研究センター 安全業務室長 |
| 木村 英雄 * | (独) 日本原子力研究開発機構 安全研究センター
廃棄物・廃止措置安全評価グループ 研究主幹 |
| ◎ 近藤 健次郎 * | 高エネルギー加速器研究機構 名誉教授 |
| 反保 浩一 * | 第一三共(株) 品川研究開発センター 研究開発総務部
総務労務品川グループ 主査 |
| 服部 隆利 | (財) 電力中央研究所 原子力技術研究所 上席研究員 |
| 古川 修 * | (社) 日本アイソトープ協会 環境整備部 部長 |
| 森本 隆夫 | (財) 日本分析センター 事務局 参事 |
| 山本 英明 * | (独) 日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
原子力科学研究所 放射線管理部 技術主席 |

◎主査

* 放射線安全規制検討会の委員

(敬称略、50 音順)

開催日

- | | |
|--------|-------------------|
| 第 7 回 | 平成 21 年 6 月 10 日 |
| 第 8 回 | 平成 21 年 7 月 24 日 |
| 第 9 回 | 平成 21 年 8 月 25 日 |
| 第 10 回 | 平成 21 年 9 月 15 日 |
| 第 11 回 | 平成 21 年 10 月 2 日 |
| 第 12 回 | 平成 21 年 10 月 21 日 |
| 第 13 回 | 平成 21 年 11 月 6 日 |
| 第 14 回 | 平成 21 年 11 月 25 日 |
| 第 15 回 | 平成 21 年 12 月 16 日 |
| 第 16 回 | 平成 22 年 1 月 8 日 |

第 28 回 放射線安全規制検討会 配布資料
(平成 21 年 7 月 30 日)

- 資料第 28-3 号 クリアランス制度導入等に係る制度設計の基本方針
- 資料第 28-4 号 クリアランス判断方法の検討に関する基本方針
- 資料第 28-5 号 放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に係る
基本方針

クリアランス制度導入等に係る制度設計の基本方針

平成21年7月30日
放射線規制室

クリアランス制度導入等に係る制度設計にあたり、次のような基本方針で検討を進めたい。

1. 原子炉等規制法*¹に準じたクリアランス制度の導入
 2. 放射化物に対する安全規制の導入
 3. 廃止措置計画の届出化
- 等

基本方針の内容は以下のとおりである。この内容について放射線安全規制検討会の議論を経て、放射線障害防止法*²改正の準備を進めたい。また、政省令・告示等に定める具体的な内容は、引き続き放射線安全規制検討会及びクリアランスWG*³で検討を進め、本年12月頃までに法改正作業に資するためのとりまとめ、さらに平成22年11月頃までに政省令・告示等整備に資するためのとりまとめをそれぞれ行う。

1. 原子炉等規制法に準じたクリアランス制度の導入

今回の放射線障害防止法の改正では、原子炉等規制法に準じたクリアランス制度を導入する。但し、具体的なクリアランス対象物の判断方法については、放射性同位元素や放射線発生装置の使用状況、RI汚染物の発生実態等を踏まえ、原子炉等規制法における判断方法に加え、放射線障害防止法独自の判断方法も検討し、採用していくこととする。また、設定するクリアランスレベルについても、対象物(コンクリート、金属、可燃物[焼却灰]等)によって有意な差が生じ、クリアランス判断時に実効性のある分類・判断が可能と考えられる場合、放射線障害防止法において対象物の種類に応じたクリアランスレベルを設定することを必要に応じて考慮する。

法律で規定する主な内容は、次のとおり。

- ・使用者等が行う放射能濃度の評価方法等に認可をすること。
- ・認可された方法に基づいて使用者が評価した放射能濃度等について、国又は登録機関が確認をすること。
- ・クリアランスされた物は、関係法令において放射性物質によって汚染された物ではないものとして扱うこと。
- ・登録機関の登録基準及び登録機関に課する義務に関すること。

*¹ 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

*² 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

*³ クリアランス技術検討ワーキンググループ

2. 放射化物に対する安全規制の導入

放射線障害防止法に位置付けられていない放射線発生装置の使用に伴い生じる放射化物について、安全規制体系に取り込み、さらにクリアランス制度も適用可能とするため、放射線障害防止法に位置付ける。なお、現状では、平成10年10月に当時の科学技術庁が「放射線発生装置使用施設における放射化物の取扱いについて」(原子力安全局放射線安全課長通知。以下、「平成10年度放射化物課長通知」という。)をとりまとめ、関係事業者に対して装置本体及び実験機器を対象に放射化物の取扱いにおける安全管理上の留意事項を周知、徹底している。

放射化物に対する安全規制の導入方針は、次のとおりである。

- (1) 「放射性同位元素によって汚染された物(放射線発生装置の使用に伴い生じた放射線を放出する同位元素によって汚染された物を含む。)」として、放射化物を放射線障害防止法に位置付ける。
- (2) 省令・告示等に定める具体的な基準については、実態を踏まえて策定することが重要である。そこで、クリアランスWG(必要に応じて別途ワーキンググループを設置)において、事業者の意見を聴取しながら検討を進めることとする。クリアランスWGにおいて検討する主な事項は、次のとおりとする。
 - ・ 放射化物の判断基準
放射化物の判断基準(放射化の有無、その程度に応じた取扱い区分)を、放射化物の管理実態、平成10年度放射化物課長通知におけるカテゴリー区分、「原子力施設における「放射性廃棄物でない廃棄物」の取扱いに関する報告書」(平成19年10月 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会)等を考慮して検討する。
 - ・ 放射化物の取扱い
使用・再使用・保管・廃棄等、放射化物の取扱い実態(液体・気体を含む)や放射線発生装置の規模・仕様を踏まえた検討を行う。

3. 廃止措置計画の届出化

放射線障害防止法では、放射性同位元素の使用等を廃止したときは、廃止措置報告を30日以内に行うよう求めているが、廃止する施設の大規模化やクリアランス判断に必要な期間等を考慮し、30日以内に廃止措置報告を求めることを変更する。今後は、廃止届とともに廃止措置計画書を提出させることとし、廃止措置が終了した後に、その措置を報告させることとする。

クリアランス判断方法の検討に関する基本方針

平成21年7月30日
放射線規制室

放射線安全規制検討会では、クリアランス判断方法に係ることとして、次の1)、2)の事項についてクリアランスWGを中心とした検討を行い、「放射線障害防止法におけるクリアランス制度の整備に係る技術的検討について(中間報告書)」(平成18年6月。以下、「平成18年度中間報告書」という。)をまとめている。

- 1) 放射線発生装置の解体等に伴って発生するRI汚染物に対するクリアランスレベル以下であることの測定・判断方法
- 2) 短半減期核種のみによって汚染されたRI汚染物に対する減衰保管廃棄の考え方

今回、放射線障害防止法にクリアランス制度を導入するにあたっては、クリアランス判断を実際に行うことが可能と考えられる当面の対象物を整理して、具体化を進める必要があり、判断方法に係る検討の基本方針を以下のとおりとする。なお、放射線障害防止法におけるクリアランス制度の基本的な考え方として、放射線発生装置及び放射性同位元素の使用状況、並びにRI汚染物の発生実態等を踏まえ、原子炉等規制法において既に適用されているクリアランス判断方法に加え、放射線障害防止法では対象物を限定的とはしない等の特性を踏まえた独自の判断方法の適用についても検討することとする。さらに、クリアランス判断方法の検討においては、クリアランス対象物を大きく「放射線発生装置の使用等に伴って発生するRI汚染物(放射化物)」と「放射性同位元素の使用等に伴って発生するRI汚染物」の2つに種別し行うこととする。

ところで、クリアランス判断にあたっては、当該事業者は、事前評価による対象物の分類、クリアランスレベル以下であることの判断、クリアランスレベル以下と判断した物への異物や汚染の混入を防止するための厳格な保管・管理、判断の妥当性を示す根拠の記録やその保存等を適切に行うとともに、これらが一連の業務として高い信頼性をもって機能するための管理体制(品質保証体制)を確立することが必要となると考えられる。その管理体制に関する検討の基本的考え方を別添に示す。

1. 放射線発生装置の解体等に伴って発生するRI汚染物(放射化物)

平成18年度中間報告書に示された課題等を踏まえ、次のような検討を行う。

(1) 検討内容

- ①: 合理的なクリアランスの判断を行うため、まず放射化物の生成範囲に着目して放射線発生装置を以下の「②放射化の程度が小さい装置(医療用電子

直線加速器等)」及び「③放射化の程度が大きい装置（研究機関の大型加速器）」の2つに分類する。

- ②：放射化の程度が小さい装置(医療用電子直線加速器等)について、装置及び施設構造物が放射化していないことやクリアランス適用可能であることが明らかであると判断できる技術基準の成立性を評価する。なお、技術基準の成立性の評価においては、装置や施設を仕様(加速粒子の種類、加速エネルギー、出力、放射化する部位等)に基づき分類し、仕様ごとに個別の評価(特に実測)を伴わずに一括して判断可能かどうかを検討するとともに、放射化物がクリアランスレベル以下であることの評価に用いる重要核種をその分類に基づいて選定可能かどうか等について検討する。
- ③：②の対象とならない比較的放射化の程度が大きい装置については、施設毎に放射化状況が異なるため、クリアランス判断が必要とされる際に個別に評価されるものと考えられるが、必要に応じて汎用性のある事前評価から測定・判断に至るまでの方法の標準化等の検討を行う。

(2)検討の進め方

- ①,②：当面の検討対象とし、技術的事項であることからクリアランス WG において、
- ・放射線発生装置の分類とその妥当性
 - ・放射化物がクリアランスレベル以下であることの評価のために選定すべき重要核種、及びその選定の妥当性
 - ・装置及び施設構造物が放射化しないことやクリアランス適用可能であることが明らかである放射線発生装置の分類とその妥当性等について検討を進める。本年12月頃までに法改正作業に資するためのとりまとめを行い、さらに平成22年11月頃までに省令・告示等整備に資するためのとりまとめを行う。
- ③：高エネルギー加速器研究機構等の比較的大きな加速器施設における解体計画の具体化等により、事業者からデータ提供を受けられる状況となることを前提として、必要に応じて技術的検討を行う。

2. 放射性同位元素の使用等に伴って発生する RI 汚染物

2.1 半減期の短い放射性核種を念頭においた減衰に基づくクリアランス判断

平成18年度中間報告書において減衰保管廃棄の技術的な成立性を確認しており、ニーズ調査の結果を踏まえて実際に制度化するための検討を次のとおり行う。

(1)検討内容

平成18年度中間報告書に示された内容を踏まえ、減衰に基づくクリアランス

適用の考え方について、次の点に着目してより具体的な検討を進める。

- ・ 対象核種の半減期、必要な減衰期間
- ・ 短半減期核種のみによって汚染された廃棄物とする要件
- ・ 長半減期核種等との混在可能性に応じた管理体制(品質保証体制)

(2)検討の進め方

当面の検討対象とし、技術的事項であることからクリアランス WG において、

- ・ 半減期に基づきこの手法を適用する対象核種の選定
- ・ クリアランス対象として選定した放射性核種がクリアランスレベル以下になるために必要な減衰期間に係る検討
- ・ 放射性核種の使用実態を踏まえ、他核種との混在を防ぐための適切な管理体制の検討
- ・ 放射エネルギーを評価する補助的な測定手法の検討 等

を行う。検討の結果については、本年 12 月頃までに法改正作業に資するためのとりまとめを行い、さらに平成 22 年 11 月頃までに省令・告示等整備に資するためのとりまとめを行う。

2.2 半減期の長い放射性核種を念頭においたクリアランス判断

クリアランス制度は適用可能であるが、測定が困難な核種が含まれる場合、現実的な判断方法の現時点での確立は難しいと考えられることから、2.1 の検討を優先しながら、適用可能な判断方法(例えば、RI 汚染物を発生する施設の種別分類等に基づき放射性核種間の相関関係を得て代表核種の測定により放射能濃度を決定する方法等)について適宜検討を進める。

(1)検討内容

- ・ RI 汚染物を発生する施設の種別分類(製薬系、生物系等)や発生状況(使用、解体等)などに基づき放射性核種間の相関関係を評価
- ・ クリアランスレベル以下であることを判断するための評価を行うべき代表核種の選定方法の検討

(2)検討の進め方

2.1 の判断方法に係る検討結果を考慮した上で、クリアランス WG において、

- ・ RI 汚染物を発生する施設の種別分類や発生状況に基づく放射性核種間の相関関係に係る検討
- ・ 代表核種の選定手法の検討
- ・ クリアランスレベル以下であることの判断の妥当性の検討 等

を行う。

クリアランス判断に係る管理体制に関する検討の基本的考え方

1. 原子炉等規制法での状況

原子炉等規制法下でクリアランスを実施する事業者は、工業標準化法に基づく「JIS Q9001(2000,2008) 品質マネジメントシステム—要求事項」及び「JEAC4111—2003,2009 原子力発電所における安全のための品質保証規程」等を参考にして、管理体制としてクリアランス判断の一連の業務に係る品質マネジメントシステムを確立している。それらは、文書化されたうえで、実施され、かつ維持されるとともに、その品質マネジメントシステムの有効性を継続的に改善することで、一連の業務に関する事業者としての説明責任を果たし信頼性を確保している。想定されている品質マネジメント項目の例を次に示す。

(1)クリアランス判断の責任者

クリアランス判断及び対象物の取扱いに関する業務を統一的に管理する者の責任と義務

(2)教育・訓練

クリアランス判断及び対象物の取扱いに関する業務に必要な知識・技術に関する定期的な教育・訓練等

(3)放射線測定装置の点検・校正

各種放射線測定装置の点検・校正

(4)誤差の取扱い

測定値や放射化計算に伴う誤差要因、放射性核種の濃度の決定に伴う保守的な設定の妥当性

(5)保管・管理

解体工事、運搬、保管の際の異物や汚染の混入等の防止

(6)記録

クリアランス判断の妥当性を示す根拠に関する記録や保存

2. 放射線障害防止法における検討の考え方

放射線障害防止法における他の規定との整合に十分配慮し、原子炉等規制法におけるクリアランス判断における実施例等も参考にしながら、クリアランスWGにおけるクリアランス判断に係る検討のなかで管理体制(品質保証体制)に関する基本的な整理を行うこととしたい。検討の際には、極めて小さい放射化しか生じない放射線発生装置使用施設が多数存在することや短半減期核種の減衰保管廃棄における長半減期核種との混在可能性等を考慮して施設状況に応じた適切な管理体制のあり方を考える必要がある。

放射線障害防止法に規定するクリアランス レベルの設定に係る基本方針

平成21年7月30日
放射線規制室

1. 設定方針

放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルについては、第18回放射線安全規制検討会の資料第18-4-1号によると、平成18年度中間報告書までは、原子力安全委員会における検討結果を踏まえて、原子炉等規制法、BSS*1に示された値との整合性等を考慮しながら検討することとしていた。

今回のクリアランス制度導入に向けた検討においては、文部科学省において、関係機関の協力を得て新たに計算を行うこととし、その計算結果に基づき放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定を行うこととする。計算から設定までの手順は、2. のとおりである。

この基本方針について、放射線安全規制検討会の議論を得て、クリアランスレベルの具体的な検討をクリアランスWGにおいて行うこととする。その後、クリアランスWGにおける検討状況を随時確認しながら放射線安全規制検討会において本年12月頃を目標としてまず試算値をとりまとめ、さらに平成22年11月頃までに省令・告示等の整備に資するためのとりまとめを行いたいと考えている。

2. クリアランスレベルの設定手順

放射線障害防止法におけるクリアランスレベルは、先行してクリアランス制度を導入している原子炉施設等におけるクリアランスレベルを原子力安全委員会において検討したときの手順*2を参考にし、BSSやRS-G-1.7*3その他文献*4等に示された考え方も適宜取り入れて設定することとする。

具体的には、放射線発生装置の解体等や放射性同位元素の使用等に伴って発生するRI汚染物に対するクリアランスレベルを下記(1)～(5)に従ってそれぞれ計算し、その後、(6)に従って放射線障害防止法において導入すべきクリアランスレベルを設定する。

*1 国際原子力機関(IAEA)安全シリーズ No.115「電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準」(1996年)

*2 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月原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会)

*3 IAEA RS-G-1.7「Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance」(2004)

*4 IAEA SRS No.44「Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance」(2005)、「原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」(平成16年12月原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会)等

- (1)対象物の設定
- (2)評価経路及び計算モデルの設定
- (3)評価パラメータの整備
- (4)核種毎のクリアランスレベル計算
- (5)クリアランスレベルの妥当性評価
- (6)放射線障害防止法に規定すべきクリアランスレベルの設定

(1)～(6)の各手順の概要は、以下のとおりである。

(1)対象物の設定

廃棄業者、放射線発生装置や放射性同位元素の使用者等からの情報及び関係する文献等を参考にして、発生する RI 汚染物、含まれる核種及び放射エネルギーを調査した後、クリアランスレベル計算における包絡性や必要性を検討して対象とする RI 汚染物とその種類毎の物量、クリアランスレベルを計算する核種を設定する。

なお、放射線障害防止法におけるクリアランス制度では、固体の RI 汚染物の種類について制限は設けない方針であり、発生する RI 汚染物を調査する際には、使用・解体等の多様な状況で発生するものを網羅的に含めることとし、現状では実際にクリアランス判断が困難であることが予想される短半減期核種以外の核種を含むものや原子炉施設での計算時に対象としていない可燃物や難燃物等も考慮する。また、医療関係法令によって規制された施設における RI 汚染物も考慮する。

(2)評価経路及び計算モデルの設定

対象とする RI 汚染物に起因して、現実には起こり得る再生利用・再使用・処分に関する経路を抽出する。評価経路の抽出にあたっては、各事業所単位で個別クリアランスする場合と廃棄業者が集荷して一括クリアランスする場合など RI 汚染物の実態を踏まえ、少量から大量までの物量による多様な評価経路を網羅的に含めることとし、原子炉施設での計算時に含めていない焼却処理も考慮する。

抽出した経路のなかで、他の経路と比較して線量が十分小さいと判断される経路の整理を行ったうえで評価経路を選定し、評価対象者に対する被ばく計算モデルを設定する。

(3)評価パラメータの整備

被ばく計算モデルに用いられる評価パラメータ(社会・日常生活の態様に係るもの、自然条件等に係るもの)について、関係する文献等を参考にして現実的と考えられる値を整備する。

①社会・日常生活の態様に係る評価パラメータ

- ・ 被ばく形態(作業時間等)・食生活(農作物摂取量等)・使用条件(製品重量等)に係るもの

②自然条件等に係る評価パラメータ

- ・ 自然現象(浸透水量等)・使用条件(処分場の大きさ等)に係るもの
- ・ 元素・核種に依存するもの(濃縮及び移行係数等)

(4)核種毎のクリアランスレベル計算

適切な計算コード等を使用し、各核種について評価経路毎の基準線量相当濃度(線量評価 $10 \mu \text{Sv}/\text{年}$ に相当する放射性核種濃度)の導出を行う。その後、評価経路毎の基準線量相当濃度を比較して、最小濃度となる経路を決定経路とし、その濃度を対象とする RI 汚染物のクリアランスレベルとする。

(5)クリアランスレベルの妥当性評価

クリアランスレベル評価において重要と考えられる核種及び評価経路を抽出し、評価経路の蓋然性評価や評価パラメータのばらつき評価を行い、計算した RI 汚染物のクリアランスレベルの妥当性を評価する。

(6)放射線障害防止法に規定すべきクリアランスレベルの設定

原子炉等規制法との整合性や国際的動向(RS-G-1.7、BSS、諸外国の基準等)、さらに医療法等の関係法令によって規制された RI 汚染物の状況を踏まえたうえで、放射線発生装置の解体や放射性同位元素の使用等に伴って発生する RI 汚染物について(1)～(5)に従ってそれぞれ導出したクリアランスレベルを比較検討し、放射線障害防止法において規定すべきクリアランスレベルを設定する。なお、対象物(コンクリート、金属、可燃物[焼却灰]等)によって有意な差が生じ、クリアランス判断時に実効性のある分類・判断が可能と考えられる場合、対象物の種類に応じてクリアランスレベルを設定することを必要に応じて考慮する。

RI 汚染物の実態を踏まえると、このクリアランスレベルの設定では、物量や評価経路等に基づいた多様な選択肢による幅広い比較検討が必要になると考えられる。したがって、(1)～(5)の検討では、(6)におけるクリアランスレベル設定の選択肢を狭めないよう多様な計算を幅広く行うこととする。

3. BSS と RS-G-1.7 における免除レベル(クリアランスレベル)の比較

放射線障害防止法におけるクリアランスレベルの設定では、原子炉施設を対象とした場合との相違点として、小規模な事業所で発生する RI 汚染物を個別にクリアランスする場合等を想定したときの小さい物量に基づく計算も行うことが挙げられる。

そこで、設定物量の大小の相違による導出事例として、BSS と RS-G-1.7 における免除レベル(クリアランスレベル)の比較を下表に示す。また、免除とクリア

ランスの概念整理を別添に示す。

	BSS	RS-G-1.7
適用範囲	中位(多くても 1 トン)の量への適用に限定した免除レベル	大量のものを想定した免除レベルであり、クリアランスレベルとしても適用可能
示された値	放射エネルギー(Bq)、放射能濃度(Bq/g)	放射能濃度(Bq/g)
評価シナリオの前提条件	少量の放射性物質の産業利用及び教育、研究並びに病院などの施設での小規模使用	放射性物質を含む大量の物品の使用、処分等
評価経路	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通常使用及び事故時の作業員被ばく ・ 処分場での公衆被ばく 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処分場、鋳物工場などの施設における作業員被ばく、並びにこれらの施設周辺の居住者被ばく ・ 汚染材料で建設した家の居住者被ばく及び建設した施設周辺の居住者被ばく
計算モデルにおける線量基準	通常時：10 μ Sv/年 事故時：1mSv/年 (事故発生確率：0.01)	現実的なパラメータ値の場合 ：10 μ Sv/年 保守的なパラメータ値の場合 ：1mSv/年
導出値の例 (Co-60)	放射能濃度：10Bq/g 放射エネルギー：1.0 \times 10 ⁵ Bq	放射能濃度：0.1Bq/g

免除及びクリアランスの概念の整理*1

1. 免除とクリアランス

RS-G-1.7によれば、免除、クリアランス及び除外は、次のように定義されている。

・免除(exemption)

線源又は行為に起因する被ばく(潜在被ばくを含む)が非常に小さく、規制機関による管理事項の一部又は全部を適用することが正当とは見なされないということを根拠に、その線源又は行為は、そのような管理事項に従う必要がないと規制機関が決定すること。

・クリアランス(clearance)

法的に許されている行為の中で扱われている放射性物質又は放射性の物体を、その時点以降、規制機関による一切の管理から外すこと。

・除外(exclusion)

ある特定の種類の被ばくを、規制機関による管理の仕組みを使った管理によっては律することができないと考えられるという理由で、その管理の仕組みの適用範囲から意図的に除外すること。

なお、これらの定義の中で使われている線源及び放射性物質の IAEA による定義は以下のとおりである。

・線源(source)

放射線被ばくをもたらす可能性のあるあらゆるもので、防護と安全の目的で一体の物(a single entity)と見なせるもの

・放射性物質(radioactive material)

その放射能のため、国の法令又は規制機関によって、規制機関による管理に従うべきものと指定されたもの

2. 免除レベルとクリアランスレベル

免除レベルは、法的な規制を適用しない範囲をあらかじめ設定するための数値基準であるのに対して、クリアランスレベルは、法的な規制の適用を既に受けているものを、その適用から外すための数値基準である。

BSS では、免除レベルとクリアランスレベルとの関係について、次のように記載されている。

*1 平成 18 年度中間報告書 4-2 より引用。

クリアランスレベルは、(BSS の)付則 I に示されている免除規準(線量基準)を斟酌したものでなければならず、また、規制当局により別途承認されない限り、付則 I に示された免除レベル又は付則 I に示されている(線量) 規準に基づいて規制当局が定める免除レベルよりも高いものであってはならない。【2.19 節】

即ち、免除レベルもクリアランスレベルも、その適用を受けたものに起因する放射線のリスクや影響が管理を必要としないほど十分小さいという根拠に基づいて導出されるものである。そして、導出されたクリアランスレベルの数値(濃度)は、免除レベルの数値を超えてはならないとしている。

これは、仮にクリアランスレベルが免除レベルより高いものであるとすると、クリアランスレベルに適合して規制対象から一旦外れた物(クリアランスされた物)が、その物に含まれる放射性同位元素の濃度が免除レベルより高いという理由で、再び規制対象になってしまう、という矛盾が生じるからである。

第 29 回 放射線安全規制検討会 配布資料
(平成 21 年 12 月 7 日)

- 参考資料 2 RI 汚染物の発生量についての補足
((社) 日本アイソトープ協会)
[第 9 回クリアランス技術検討ワーキンググループ 資料第 9-6 号添付資料 1-2 より引用]
- 参考資料 3 RI 汚染物に係るクリアランスレベル値の試算対象核種について
((社) 日本アイソトープ協会、(独) 日本原子力研究開発機構)
[第 9 回クリアランス技術検討ワーキンググループ 資料第 9-6 号添付資料 2 より引用]
- 参考資料 4 放射線発生装置の解体等に伴って発生する RI 汚染物中の核種の
選定について
(高エネルギー加速器研究機構)
[第 9 回クリアランス技術検討ワーキンググループ 資料第 9-6 号添付資料 3-1、3-2
より引用]

RI 汚染物の発生量についての補足

平成 21 年 8 月 25 日

(社) 日本アイソトープ協会

1. RI 汚染物の集荷数量の推移

RI 汚染物は、放射線障害防止法及び医療関連法令によって規制される RI 使用施設等より発生している。RI 協会では、RI 使用施設等において発生した RI 汚染物を、集荷スケジュールに基づき、集荷希望事業所より 1 年に 1 回以上の集荷を実施している。RI 協会が平成 16 年度から平成 20 年度に集荷した RI 汚染物の集荷量を図 1 に示す。

過去 5 年間集荷量の推移では、放射線障害防止法によって規制される事業所からの集荷量の減少が著しい状況である。これは、非密封放射性同位元素のトレーサー利用が減少していることを反映している。また、医療関連法令によって規制される事業所からの集荷量についても減少傾向にある。特に、臨床検査分野における放射性医薬品について、代替検査方法が普及したことにより、利用が減少している。

総じて、RI 使用施設等における RI 汚染物の発生は減少傾向にあり、5 年間の平均値を基に設定した RI 汚染物の発生量は、今後 (将来) 発生すると予測される量を大きく上回るおそれは少なく、クリアランスレベル算出における対象物量として用いることは適切であると考えられる。

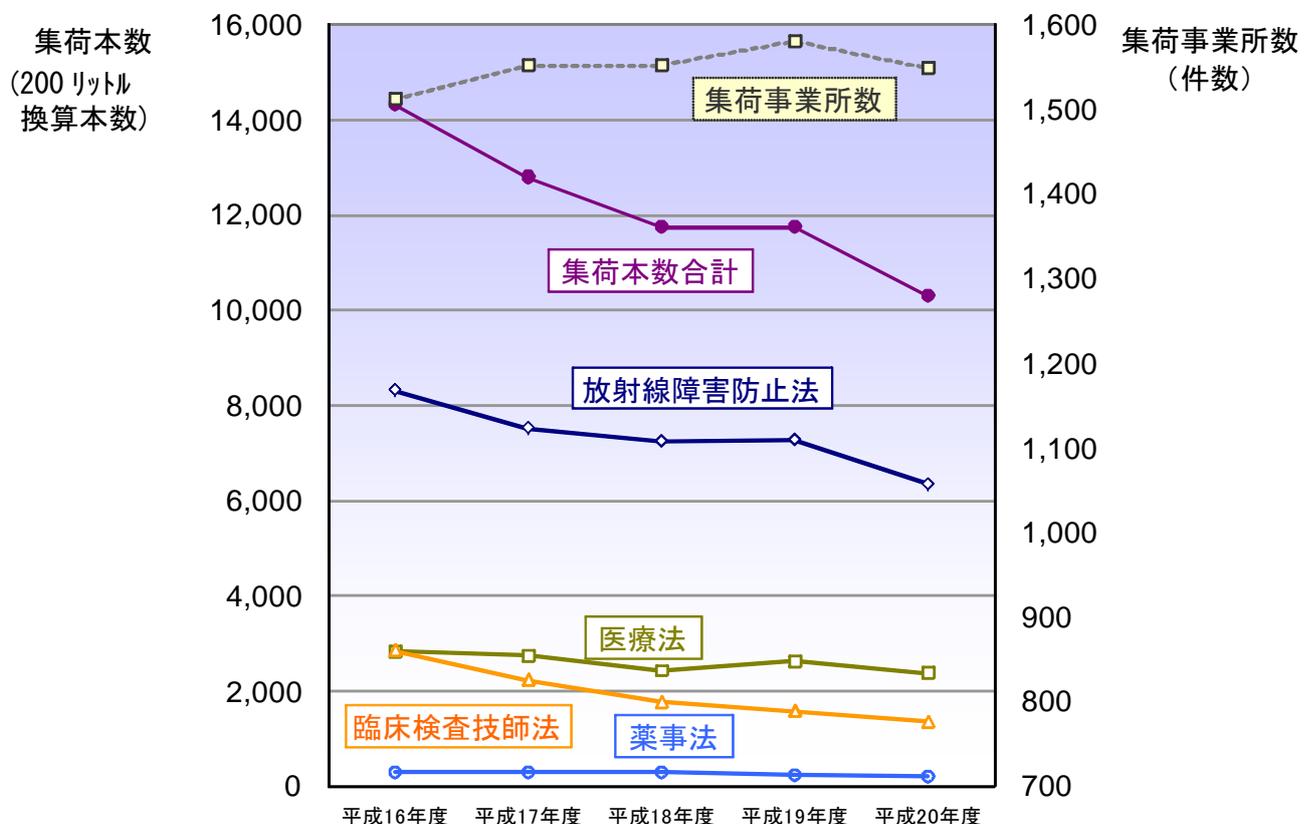


図 1 RI 汚染物集荷数量の推移

2. RI 汚染物の集荷物量の分布について

平成 16 年から平成 20 年度に集荷した RI 汚染物について、RI 使用施設等の一事業所あたりの RI 汚染物の集荷重量（5 年間平均）の分布を図 2 に示す。個別クリアランスにおける土砂を除くクリアランス対象物量である年間約 1,300kg 以下の発生事業所数は約 1,460 事業所となり、全体 1,520 事業所中の約 96%が個別クリアランスにおけるクリアランス対象物量を下回ることとなる。したがって、個別クリアランスにおいて設定した対象物量は RI 使用施設等の大部分を網羅することとなり、クリアランスレベル算出における対象物量として用いることは適切であると考えられる。

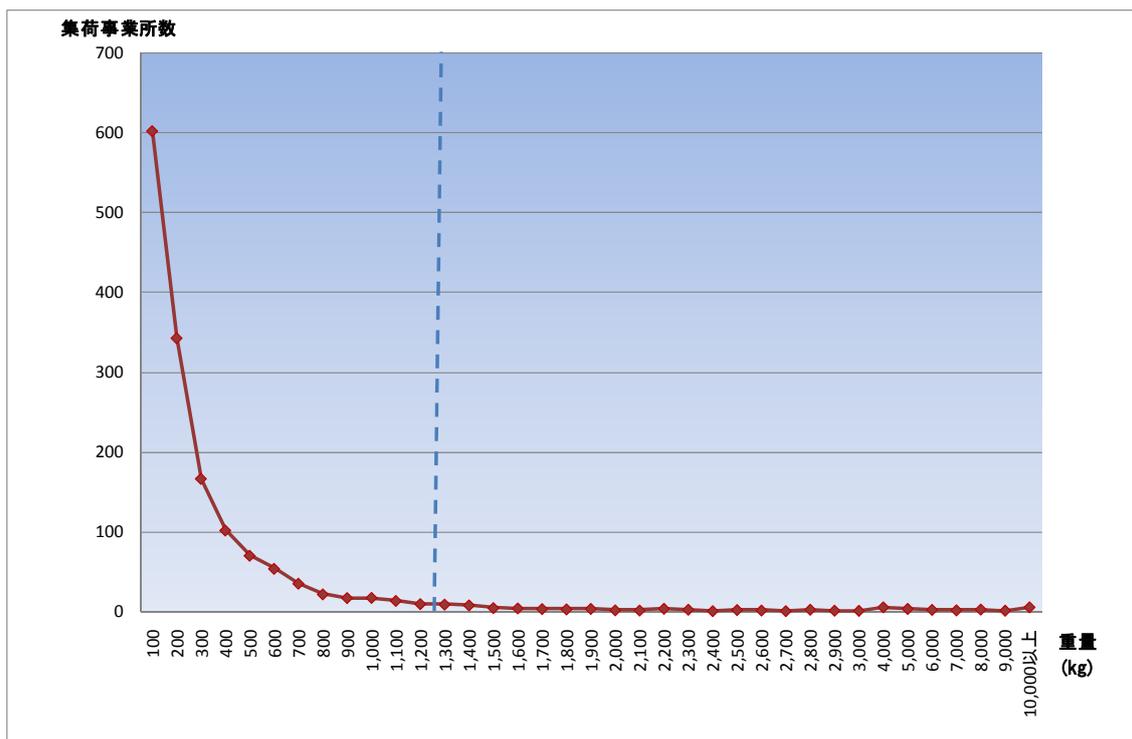


図 2 RI 汚染物集荷量の分布
(平成 16 年度～平成 20 年度の平均)

RI 汚染物に係るクリアランスレベル値の試算対象核種について

平成 21 年 8 月 25 日

(社)日本アイソトープ協会

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

1. はじめに

前回の第 8 回クリアランス技術検討WGにおいて、放射性同位元素使用施設(以下、「RI 使用施設」という。)等から発生する RI 汚染物の種類と物量等について報告した。

本資料では、クリアランスレベルの試算のため、対象物に含まれる核種から、試算対象とする核種選定方法について説明する。

2. 試算対象核種

RI 汚染物に係るクリアランスレベル値の試算対象核種の選定にあたっては、RI 使用施設において使用されている核種や保管されている RI 汚染物に含まれている核種を網羅的に対象とする必要がある。そのため、下記に示す RI 使用施設に供給されている主な核種、社団法人日本アイソトープ協会(以下、「RI 協会」という。)において保管されている RI 汚染物に含まれている核種、独立行政法人日本原子力研究開発機構(以下、「原子力機構」という。)において使用・保管されている核種から試算対象核種を選定する。選定に際しては、リスク評価の観点から核種の放射能を規格化し、上位 6 桁に該当する核種を試算の対象とする。

なお、今回、試算の対象としている RI 汚染物は RI 使用施設等から発生する固体状廃棄物であるため、希ガスである放射性核種については対象外とする。

2. 1 RI 使用事業所に供給されている主な核種

RI 協会が平成 16 年度から平成 20 年度に供給した「アイソトープ等流通統計(2009)」に核種名が記載されている非密封の放射性同位元素 33 核種及び放射性医薬品核種 14 核種を試算対象とした。なお、供給量が最大値となる核種の放射能を 1 として、他の核種の放射能を規格化したところ、相対比が 6 桁以内の範囲に全て対象核種が入ることとなった。

2. 2 RI 協会が保管している RI 汚染物に含まれる放射性核種

RI 協会が全国の RI 使用施設から集荷し、平成 20 年度末に保管している RI 汚染物に含まれる放射性核種 166 種について、放射エネルギーが最大値となる核種の放射能を 1 として、他の核種の放射能を規格化した。規格化された相対比が 6 桁の範囲に入る核種のうち、核種を含有する容器が 100 個以下の放射性核種については、対象核種から除外し、33 核種を評価対象とした。

なお、保管記録から半減期が 1 日未満の核種については対象から除外した。

2. 3 原子力機構における主な試算対象核種

原子力機構の RI 使用施設において平成 16 年度から平成 20 年度に使用及び保管されている RI 汚染物等に含まれる放射性核種 146 種について、放射エネルギーが最大値となる核種の放射能を 1 とし

て、他の核種の放射能を規格化した。規格化された相対比が6桁の範囲に入る放射性同位元素 23 核種を評価対象とした。

なお、放射エネルギーについては、減衰補正はしていない。また、保管記録から半減期が1日未満の核種については対象から除外した。

3. まとめ

RI 使用事業所に供給されている主な核種、RI 協会が保管している RI 汚染物に含まれる放射性核種及び原子力機構における主な試算対象核種を表1に示す。核種の重なりなどを考慮すると、クリアランスレベル値の試算対象核種は表2に示すように 53 核種となる。

表1 クリアランス対象核種の放射エネルギーの相対比評価結果

規格化	主な非密封放射性同位元素供給核種	放射性医薬品供給核種	RI 協会 RI 汚染物保管核種	原子力機構 RI 汚染物使用・保管核種	備考
放射エネルギー最大核種	H-3	Tc-99m	C-14	Ir-192	
1桁目	P-32,C-14, I-125	Mo-99	H-3,Ni-63, Cs-137, Pm-147	H-3	
2桁目	S-35,Ni-63, Mo-99,Cr-51, I-131,P-33, Tc-99m,F-18	I-123,Tl-201, F-18,I-131, Ga-67	Co-60		
3桁目	Re-186,Y-90, I-123,Ca-45, In-111,Fe-59, Tl-201,Ge-68	Rb-81	S-35,Sr-90, Ba-133	Sr-90,Fe-55, Au-198,Cs-137, Yb-169,Co-60	
4桁目	Rb-86,Fe-55, Ga-67,Cs-137, Co-57,Se-75, Na-22,Mn-54	In-111,Y-90, Sr-89,I-125	Na-22,P-32, Cl-36,Mn-54, Fe-55,Co-57, Zn-65,Te-99, Cd-109,I-125, Eu-152	Co-58,Re-186, Cm-244,Fe-59, Cr-51	
5桁目	Zn-65,Sr-85, Cd-109,Co-60, Ce-141	Cr-51	P-33,Ca-45, Cr-51,Sb-125, Ir-192,Tl-204, Am-241	C-14,Mn-54, Am-241,Tc-99	
6桁目		Fe-59	Fe-59,Ge-68, Se-75,I-131, Cs-134, Gd-153	V-49,Y-90, Ni-63,Sb-125, Co-57,W-188	
核種数	33	14	33	23	

表2. クリアランスレベル試算対象核種について

区分 核種			主な非密封放射性同位元素	放射性医薬品核種	RI協会 RI汚染物	原子力機構 RI汚染物
			供給核種 33核種	供給核種 14核種	保管記録 33核種	使用・保管記録 23核種
No.	核種	半減期 (y)				
1	H-3	1.20E+01	○		○	○
2	C-14	5.70E+03	○		○	○
3	F-18	2.10E-04	○	○		
4	Na-22	2.60E+00	○		○	
5	P-32	3.90E-02	○		○	
6	P-33	7.00E-02	○		○	
7	S-35	2.40E-01	○		○	
8	Cl-36	3.00E+05			○	
9	Ca-45	4.50E-01	○		○	
10	V-49	9.26E-01				○
11	Cr-51	7.60E-02	○	○	○	○
12	Mn-54	8.60E-01	○		○	○
13	Fe-55	2.70E+00	○		○	○
14	Fe-59	1.20E-01	○	○	○	○
15	Co-57	7.40E-01	○		○	○
16	Co-58	1.90E-01				○
17	Co-60	5.30E+00	○		○	○
18	Ni-63	9.60E+01	○		○	○
19	Zn-65	6.70E-01	○		○	
20	Ga-67	8.93E-03	○	○		
21	Ge-68	7.42E-01	○		○	
22	Se-75	3.30E-01	○		○	
23	Rb-81	5.22E-04		○		
24	Rb-86	5.10E-02	○			
25	Sr-85	1.80E-01	○			
26	Sr-89	1.40E-01		○		
27	Sr-90	2.90E+01			○	○
28	Y-90	7.30E-03	○	○		○
29	Mo-99	7.50E-03	○	○		
30	Tc-99	2.10E+05			○	○
31	Tc-99m	6.90E-04	○	○		
32	Cd-109	1.30E+00	○		○	
33	In-111	7.70E-03	○	○		
34	Sb-125	2.80E+00			○	○
35	I-123	1.50E-03	○	○		
36	I-125	1.63E-01	○	○	○	
37	I-131	2.20E-02	○	○	○	
38	Cs-134	2.10E+00			○	
39	Cs-137	3.00E+01	○		○	○
40	Ba-133	1.07E+01			○	
41	Ce-141	8.90E-02	○			
42	Pm-147	2.60E+00			○	
43	Eu-152	1.30E+01			○	
44	Gd-153	6.60E-01			○	
45	Yb-169	8.78E-02				○
46	W-188	1.90E-01				○
47	Re-186	1.00E-02	○			○
48	Ir-192	2.00E-01			○	○
49	Au-198	7.40E-03				○
50	Tl-201	8.30E-03	○	○		
51	Tl-204	3.80E+00			○	
52	Am-241	4.30E+02			○	○
53	Cm-244	1.80E+01				○

放射線発生装置の解体等に伴って発生する RI 汚染物中の核種の選定について

平成 21 年 8 月 25 日

高エネルギー加速器研究機構

1. はじめに

前回の第 8 回クリアランス技術検討WGにおいて、放射線発生装置使用施設から発生する RI 汚染物の種類と物量等について報告した。本資料ではクリアランスレベル値の試算のため、対象物に含まれる核種から、試算対象とする核種選定方法について説明する。

放射線発生装置で発生する RI 汚染物（放射化物）生成の主要な原因は、原子炉と同様に中性子によるものであることが先の中間報告で示されている。このため、基本的には原子炉で検討された核種の選定手順を参考にすることができる。

核種の選定に当たっては、「放射線障害防止法におけるクリアランス制度の整備に係わる技術的検討について」（中間報告書、平成 18 年、安全規制検討会クリアランス技術検討ワーキンググループ）における評価結果、及び電子加速器である JAEA の LINAC や高エネ研の粒子加速器施設をモデルとして行ったクリアランスの対象となる金属やコンクリート等の放射化計算の結果を参考にした。また、高エネルギーの放射線発生装置の場合、発生する中性子のエネルギーが高く、原子炉で見られる熱中性子捕獲反応のみならず、速中性子反応も考慮に入れておく必要があるため、それぞれの材料毎に数核種の追加を行った。

2. 物質組成について

評価対象となる材質は、鉄、ステンレス、銅、アルミニウム、鉛およびコンクリートである。鉄や銅は放射線発生装置の電磁石で主に使用されており、純度は高い。しかし、純鉄ではしばしばコバルトが不純物として含まれる。計算では炭素鋼の成分 (NUREG/CR3474) を用いている。ステンレスは配管材料などであり、SUS304 が代表的であることから、その NUREG/CR3474 の成分表を使用している。アルミニウムも低放射化を目的とした真空容器、配管材料、として用いられており、押し出し加工に優れた JIS の 6063 番がよく使用されていることから、JIS6063 番の成分表を用いている。鉛の不純物としては JT-60 の構造材分析値のデータを用いている。コンクリートは、セメントに粗骨材や細骨材として岩石が含まれている。主要成分の組成は変動が少ないが、微量に含まれる成分の濃度にはばらつきがある。そこで、一般には米国で用いられている NUREG/CR3474 のデータ、およびその他国内放射線発生装置使用施設などでのコンクリート分析結果を参考にしている。

3. 主要核種について

鉄、SUS、銅、アルミニウム、鉛及びコンクリート中の生成核種を検討するにあたり、解体時の放射化物の評価過程を考慮して冷却期間は 1 年、半減期は 1 月を超える核種とした。評価対象核種の選定に当たっては、核種の生成量 (D) 及び現在使用されている RS-G-1.7 の値 (C) をもとに、主要核種の (D/C) max に対し、その核種の D/C 値の比 $[(D/C) / (D/C) \max]$ をとることとした。コンクリートについては表 1 (18 年度中間報告書の表 6 を引用) に示された核種のうち、KEK 陽子加速器では $[(D/C) / (D/C) \max]$ 値が 4 桁目まで、その他の発生装置では 3 桁目までを選んだ。その他の材質については、「平成 17 年度 放射線発生装置、放射性同位元素使用施

設及びウラン取扱施設等から発生する廃棄物のクリアランスレベル設定に係る基礎調査」報告書の計算結果を参考にし、 $[(D/C) / (D/C)_{max}]$ 値が4桁目までの核種を選定した。

以上により、クリアランス計算を行うために選定した核種を表2の「放射線発生装置の使用に伴い放射化することが想定される核種」の欄に挙げた。材質毎に核種を示したが、▲印は高エネルギー粒子で照射された場合に検出される可能性があると思われるために追加した核種である。

表1 放射化コンクリートの放射能濃度に係る放射化計算結果と分析・測定結果に基づく評価対象核種の選定（18年度中間報告の表6を引用）

(D/C) / (D/C) _{max} *1	KEK 陽子加速器施設	JAEA LINAC	RI 協会 仁科記念サイクロトロンセンター
	装置停止1年後 (コンクリート表面から100cm深さ*2)	装置停止1年後 (コンクリート表面から80cm深さ*2)	装置停止1年後 (コンクリート表面*2)
最重要核種	Na-22	Co-60	Co-60
1桁目 (最重要核種の(D/C) _{max} との比が1.0~1.0E-1)	Mn-54	Mn-54 Sb-125 Cs-134 Eu-152 Eu-154	Mn-54 Eu-152
2桁目 (最重要核種の(D/C) _{max} との比が1.0E-1~1.0E-2)	Co-60	Na-22 Sc-46 Zn-65 Ba-133 Ta-182	H-3 Sc-46 Zn-65 Sb-125 Ba-133 Cs-134 Eu-154
3桁目 (最重要核種の(D/C) _{max} との比が1.0E-2~1.0E-3)	H-3 Sc-46 Fe-55 Zn-65 Sb-125 Cs-134 Ba-133 Eu-152	H-3 Ag-110m Sn-113 Te-123m	Ca-45 Fe-55 Te-123m Ta-182
4桁目 (最重要核種の(D/C) _{max} との比が1.0E-3~1.0E-4)	C-14 Co-57 Te-123m Cs-137 Ce-139 Eu-154 Ta-182	C-14 Ca-45 Fe-55 Fe-59 Sb-124 Te-127m Eu-155 Tb-160 Tl-204 Pu-239	C-14 Fe-59 Ag-110m Sn-113 Eu-155 Tl-204
5桁目 (最重要核種の(D/C) _{max} との比が1.0E-4~1.0E-5)	Ca-45 Co-58 Sr-85 Ag-110m Sn-113 Te-127m Eu-150	Cl-36 Ca-41 Co-57 Co-58 Se-75 Sr-85 Nb-93m Nb-94 Zr-95 Ce-139 Gd-153	Cl-36 Ca-41 Co-58 Se-75 Sr-85 Nb-94 Te-127m Gd-153 Tb-160 Pu-239

*1: D:放射能濃度の計算値(Bq/g) C:RS-G-1.7の放射能濃度(Bq/g)

各放射性核種のD/Cの値を最重要核種(D/Cの値の最大となる核種)のD/Cの値で除して、その値の桁で分類した。また、半減期が1ヶ月未満、放射性希ガス及び天然起源の放射性核種を除外した。

*2: 放射能濃度の測定部位の位置(深さ)を考慮し、放射化計算結果に基づいたクリアランス対象部位の近傍位置(深さ)

表2 放射化物に係るクリアランスレベル値の試算対象核種

核種	IAEA RS-G-1.7 (Bq/g)	放射線発生装置の使用に伴い放射化することが想定される核種						原子炉等規制 法に規定され ている原子炉 施設のクリア ランスレベル
		放射化コンク リート中の評 価対象核種	放射化金属中の評価対象核種					
			ステンレス鋼	炭素鋼	銅	アルミ ニウム	鉛	
		23 核種	15 核種	10 核種	6 核種	8 核種	10 核種	33 核種
H-3	100	○				▲	▲	○
Be-7	10	▲				▲		
C-14	1	○						○
Na-22	0.1	○				○		
Cl-36	1	▲						○
Ca-41 (放射化)	-							○
Ca-45	100	○						
Sc-46	0.1	○	▲	▲		○		○
Ti-44	-		▲	▲				
Mn-54	0.1	○	○	○		○	○	○
Fe-55	1000	○	○	○				○
Fe-59	1		○	○		○		○
Co-56	0.1		▲	▲	▲			
Co-57	1	○	○	○	▲			
Co-58	1		○	○	▲			○
Co-60	0.1	○	○	○	○	○	○	○
Ni-59 (放射化)	100							○
Ni-63	100				○			○
Zn-65	0.1	○	○	○	▲	○	○	○
Sr-90 (FP)	1							○
Nb-94 (FP)	0.1							○
Nb-95 (FP)	1							○
Tc-99 (FP)	1							○
Ru-106 (FP)	0.1							○
Ag-108m (放射化)	-							○
Ag-110m	0.1	○	○					○
Sn-113	1	○					○	○
Sb-124	1		○				○	○
Sb-125	0.1	○					○	
Te-123m	1	○						○
I-129 (FP)	0.01							○
Cs-134	0.1	○	○					○
Cs-137	0.1	○						○
Ba-133	-	○						○
Ce-139	1	○						
Eu-152	0.1	○	○					○
Eu-154	0.1	○						○
Tb-160	1		○					○
Ta-182	0.1	○						○
Au-195	-						▲	
Hg-203	10						○	
Pu-239 (放射化)	0.1							○
Pu-241 (放射化)	0.1							○
Am-241 (放射化)	0.1							○

※黄色の欄の核種については、クリアランスレベルを算出する対象核種として選定する必要があるものについて検討を行う。

【更新履歴 1：平成 24 年 3 月 27 日】

○報告書の一部訂正

- ・表 3.19 及び表 3.20 を差し換える。
- ・138 ページの 11 行目の記述「比率は、60000^{*11}、170、160、130 及び 130 となった。」を「比率は、60000^{*11}、170、160、130 及び 140 となった。」に修正する。

○理由

「RI 汚染物の焼却処理評価経路」に関するクリアランスレベル暫定値の算出過程の中で、計算プログラム上、全ての対象 53 核種に係る外部被ばく線量換算係数のうち「溶融固化物再利用－駐車場」経路と「溶融固化物再利用－壁材等」経路との値が相互に入れ替わって設定されていたことが判明したため、当該経路の外部被ばく線量換算係数を正しく設定して再計算を行ったものである。

この結果、12 核種のクリアランスレベル暫定値が再計算前より増加し、SRS No. 44 の放射能濃度値に対する比率も増大したことから、上述の表の差し換えを行ったものである。なお、最終的に採用したクリアランスレベルには、保守的な値を採用しているため、上記差し換え等による影響はない。

○参考資料

- ・放射線審議会第 120 回総会 資料第 120-3 号：「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルに関する放射線審議会への諮問に用いた説明資料の差し換えについて【報告】」