

「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(案)」に
基づく評価経路や計算モデルの設定及び評価パラメータの整備について

平成 21 年 7 月 24 日
放射線規制室

1. はじめに

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(案)については、放射線安全規制検討会での検討状況を踏まえたうえで、第 7 回クリアランス技術検討ワーキンググループ(以下、「クリアランス WG」という。)における資料第 7-6 号で示したところである。同資料で示したとおり、クリアランスレベルの設定については、放射線安全規制検討会において、本年 12 月頃を目処に放射線障害防止法の改正作業に資するための主要な核種の試算値をとりまとめ、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う予定となっている。このような状況から、クリアランス WG においては、クリアランスレベルに係る具体的な検討として、資料第 8-2 号「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベル設定に係る試算値のとりまとめについて」に基づいたクリアランスレベル設定に係る主要な核種の試算値の算出及びとりまとめに係る作業を開始することとしたい。

試算値の算出に係る作業の開始に向けて、本資料では、資料第 8-3-1 号及び資料第 8-3-2 号に示された放射性同位元素使用施設から発生する RI 汚染物に係る評価経路及び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)に係る評価経路に基づき、これらの RI 汚染物に関するクリアランスレベルに係る評価経路について検討を行う。なお、検討にあたっては、原子力安全委員会がとりまとめた報告書「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)(以下、「原子炉クリアランス報告書」という。)、 「原子炉施設及び核燃料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 16 日(平成 17 年 3 月 17 日一部訂正及び修正))(以下、「再評価報告書」という。)を参考にするとともに、RI 汚染物に特有の評価経路についても抽出し検討を行うこととする。

2. クリアランスレベルの設定手順について

資料第 7-6 号及び資料第 8-2 号に示したクリアランスレベルの設定手順は、下記(1)~(6)の通りであり、設定手順に係る考え方を図 1 に示す。

- (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導入すべきクリアランスレベル(濃度基準値)の設定

(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 汚染物の中で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。

これらの RI 汚染物（放射化物を含む）の種類と物量については、資料第 8-3-1 号及び資料第 8-3-2 号で示されたところであり、今後は、これらの RI 汚染物の種類と物量に基づいて、クリアランスレベルの設定について検討を進める。

(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。

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

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 μ Sv / 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(濃度基準値)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、放射線発生装置の使用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(濃度基準値)を設定する。

なお、RI 汚染物の実態を踏まえると、このクリアランスレベル(濃度基準値)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(濃度基準値)設定の選択肢を狭めないよう多様な計算をベースとして幅広く行うこととする。

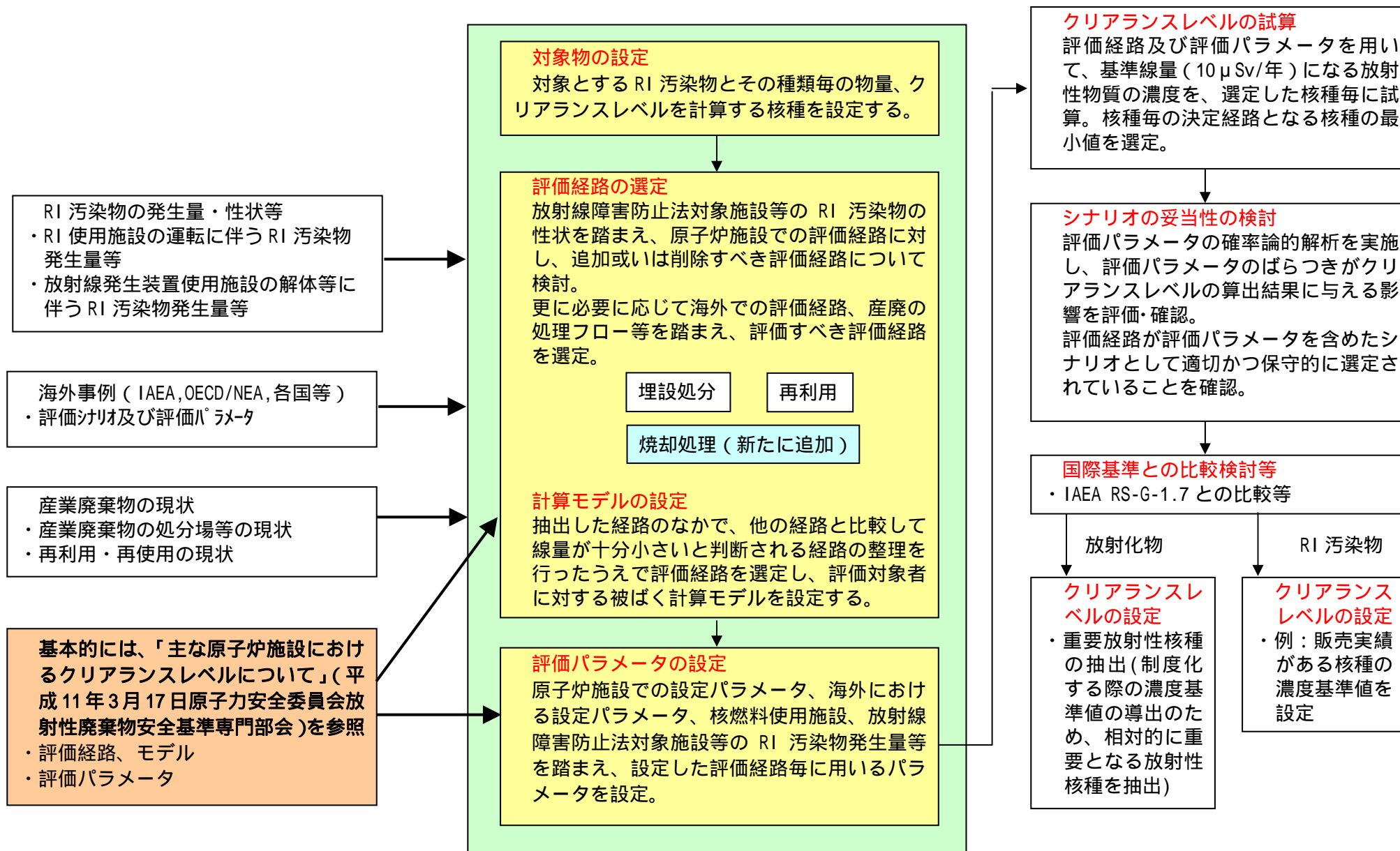


図 1 放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定手順に係る考え方

2．評価経路の設定

2．1 評価経路の設定に係る基本的考え方

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、処分に関する適切な評価経路を抽出する。評価経路の抽出にあたっては、各事業所単位で個別にクリアランスを行う場合と廃棄業者が集荷して一括してクリアランスを行う場合など RI 汚染物における実態を踏まえ、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、原子力安全委員会において原子炉施設等に係るクリアランスレベルを計算したときの考え方を踏まえるとともに、原子炉施設等に係る計算において含めていない焼却処理も考慮した評価経路についても検討に含めることとする。

2．2 評価経路の設定に係る検討について

放射線障害防止法に係るクリアランスレベルの設定においては、クリアランスの対象となる RI 汚染物として、主に、放射線発生装置の使用等に伴い発生する RI 汚染物（放射化物）及び放射性同位元素の使用等に伴い発生する RI 汚染物に分類することができ、これらについては、種類及び物量が著しく異なることから、今回設定する評価経路については、これら二つの RI 汚染物について分けて検討することとする。

(1) 放射線発生装置の使用等に伴い発生する RI 汚染物（放射化物）の評価経路

放射線発生装置の使用等に伴い発生する RI 汚染物（放射化物）については、その種類が原子力安全委員会が取りまとめた再評価報告書において取り扱った廃棄物の種類（金属及びコンクリート）と同様に金属とコンクリートである。したがって、このような RI 汚染物（放射化物）におけるクリアランスレベルに係る評価経路については、原子炉施設等におけるクリアランスレベルを算出する際に選定された評価経路と同じ評価経路を選定することとする。ただし、今回クリアランスの対象となる金属としては、鉄やステンレスを構成材料とする機器以外に、銅を構成材料とする電磁石コイルが比較的多く発生することが考えられることから、電磁石コイルの銅に着目した再利用（再使用を含む）を含めた一連の評価経路についても検討することとする。

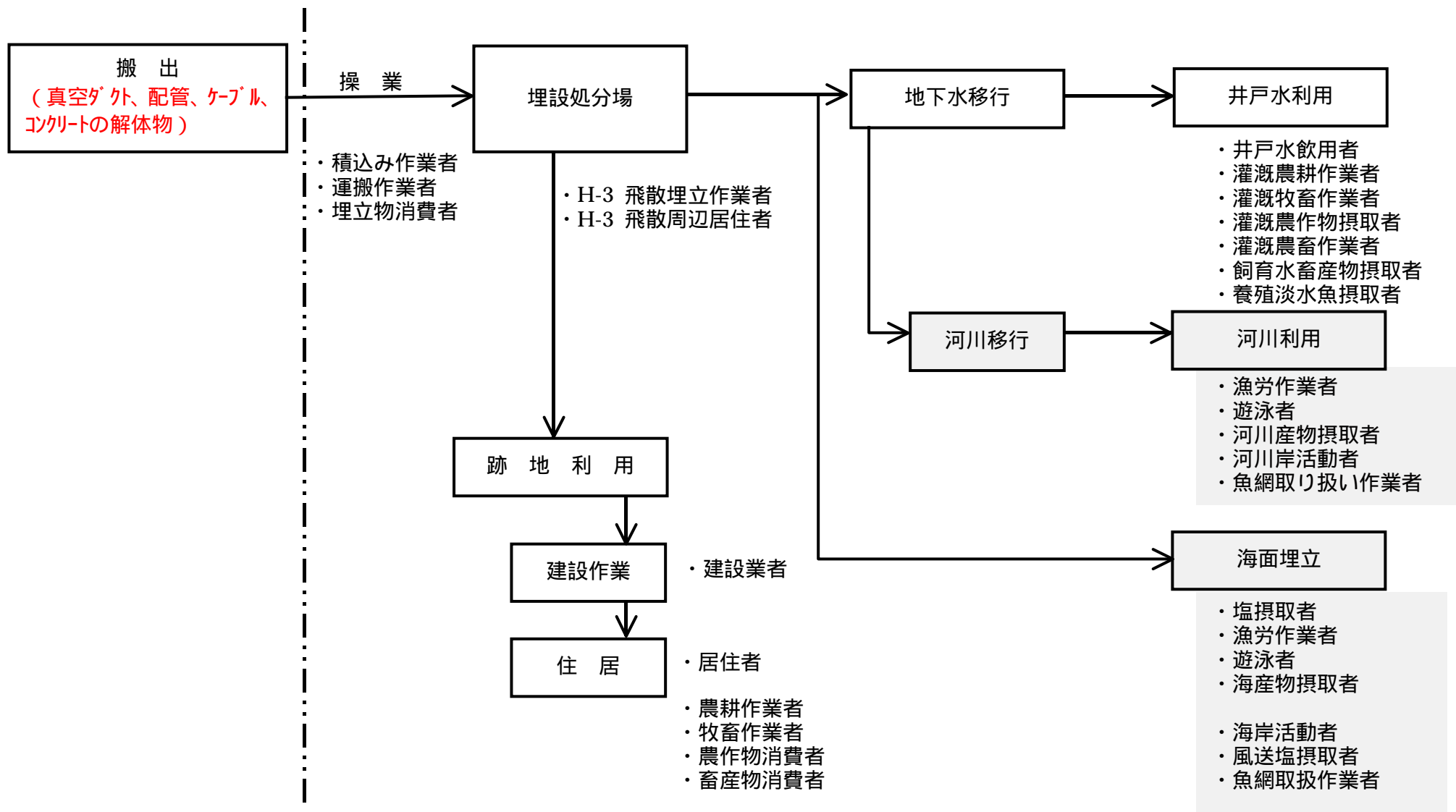
これらのことを考慮して選定する評価経路を図 2（埋設処分）及び図 3（再利用）に示す。

(2) 放射性同位元素の使用等に伴い発生する RI 汚染物の評価経路

放射性同位元素の使用等に伴い発生する RI 汚染物については、その種類が(1)の放射線発生装置の使用等に伴い発生する RI 汚染物（放射化物）とは異なり、可燃性固体廃棄物が多く、また、不燃性固体廃棄物として土砂が含まれる。したがって、放射性同位元素の使用等に伴い発生する RI 汚染物におけるクリアランスレベルに係る評価経路については原子炉施設に係るクリアランスレベルの検討で選定された評価経路以外に可燃性 RI 汚染物の焼却処理に係る経路（焼却灰の埋設処分、熔融固化物の

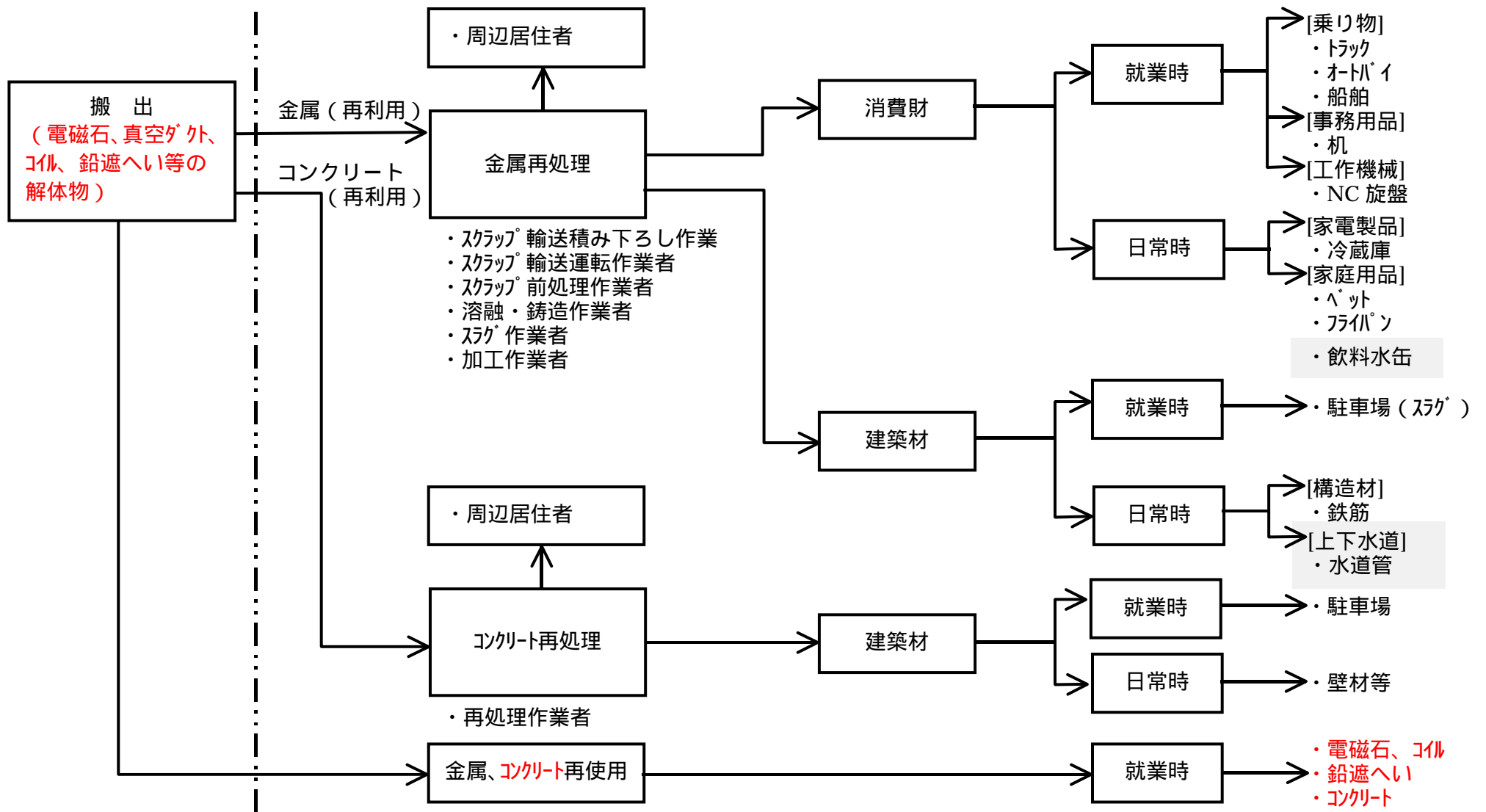
再利用、溶融固化物の埋設処分)及び土砂の埋設処分に係る評価経路についても検討を行うこととする。また、不燃性 RI 汚染物のうち、ガラス、薄肉金属等は医療 RI 汚染物も含まれることから、加熱処理後の埋設処分を追加して検討することとする。

これらのことを考慮して選定した評価経路を図 4 (埋設処分)、図 5 (再利用)及び図 6 (焼却処理)に示す。



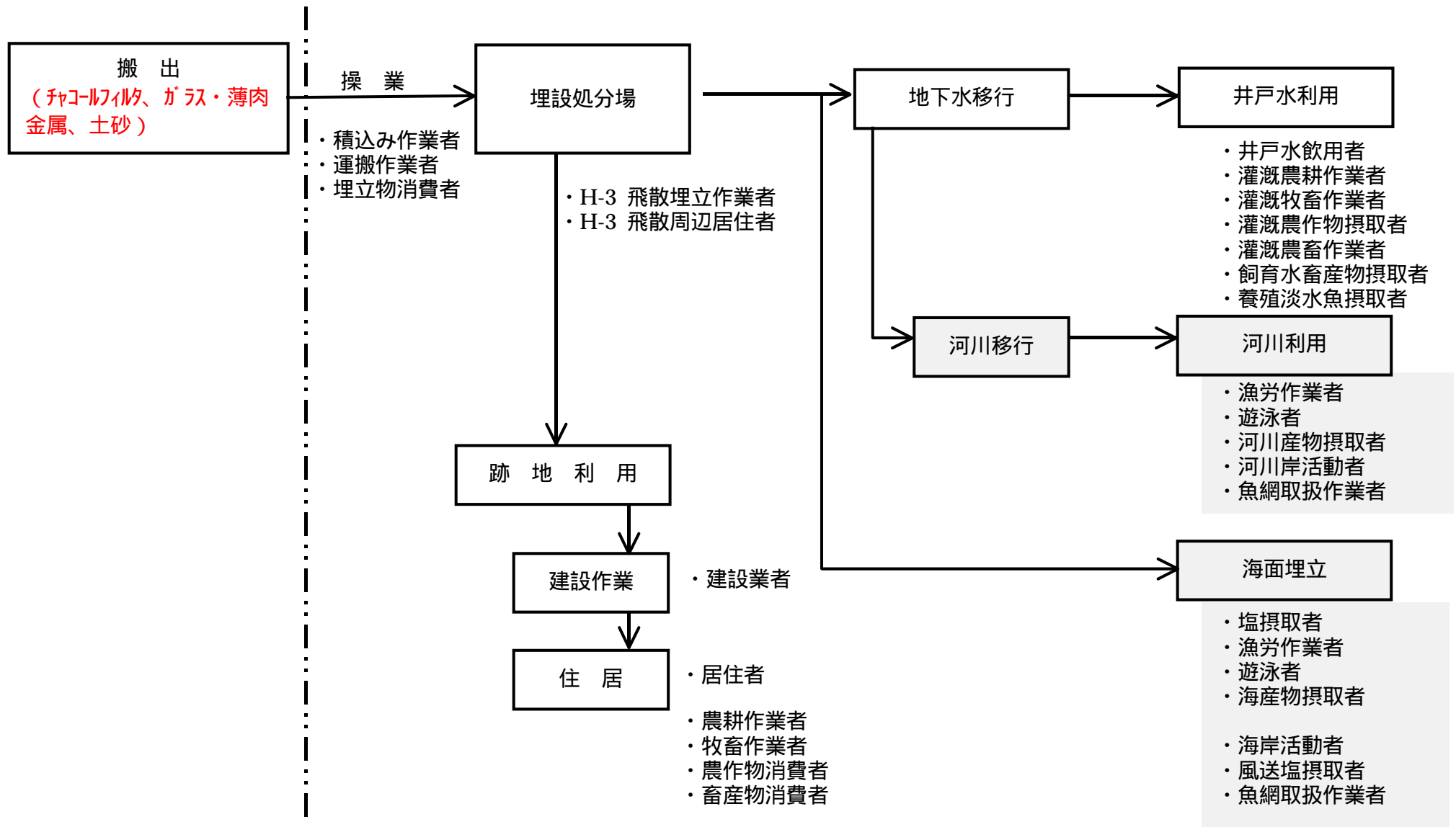
網掛けは、「原子炉施設及び核燃料施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」報告書において、対象物に起因して現実的に起こり得ると想定される全ての評価経路を考慮した上で、他の経路と比較して線量が十分小さいと判断された経路であり、今回の検討においても除く評価経路を示す。

図2 放射線発生装置の使用等に伴い発生するRI汚染物(放射化物)に関するクリアランスレベル(埋設処分)に係る評価経路



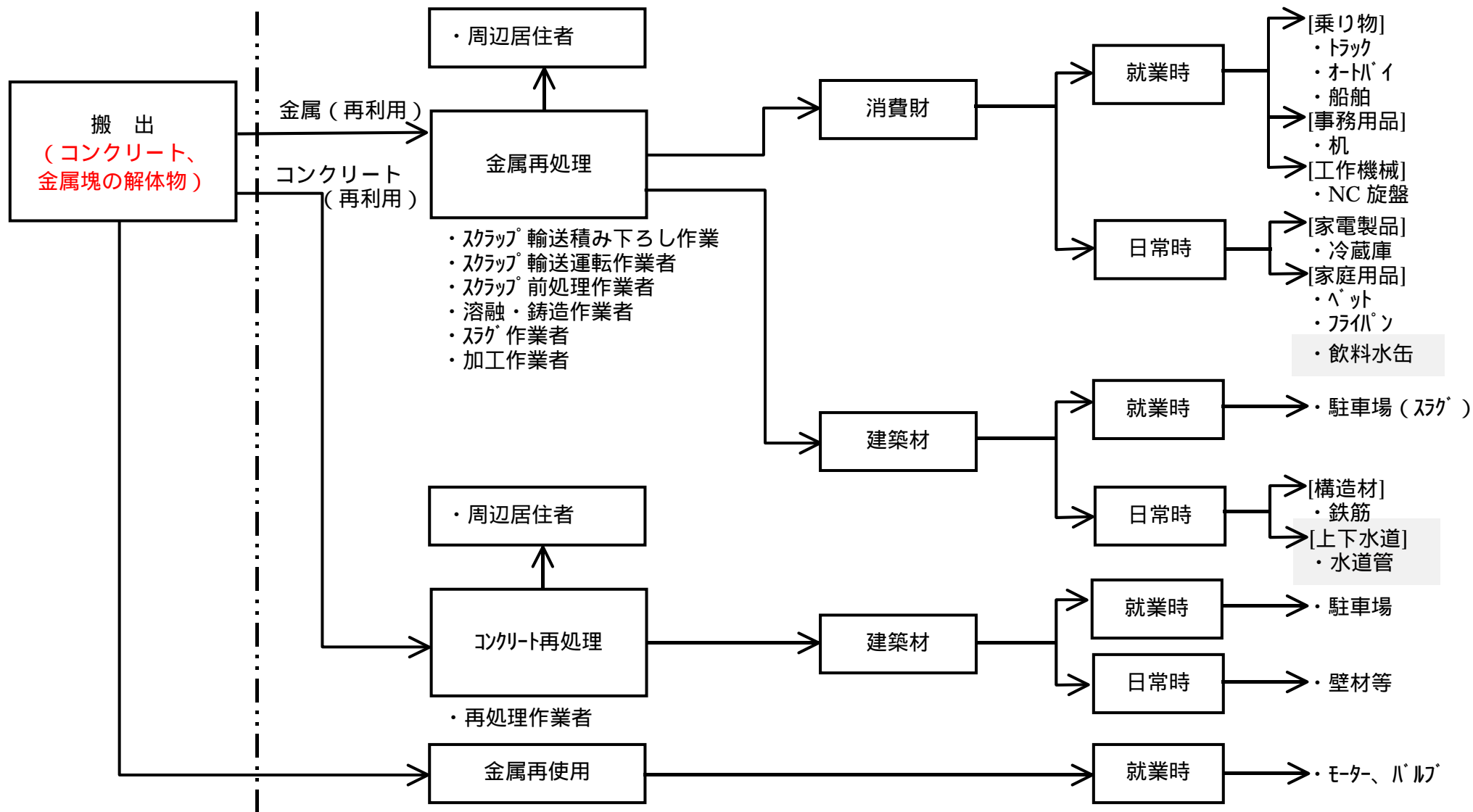
網掛けは、「原子炉施設及び核燃料施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」報告書において、対象物に起因して現実的に起こり得ると想定される全ての評価経路を考慮した上で、他の経路と比較して線量が十分小さいと判断された経路であり、今回の検討においても除く評価経路を示す。

図3 放射線発生装置の使用等に伴い発生する RI 汚染物 (放射化物) に関するクリアランスレベル (再利用) に係る評価経路



網掛けは、「原子炉施設及び核燃料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」報告書において、対象物に起因して現実的に起こり得ると想定される全ての評価経路を考慮した上で、他の経路と比較して線量が十分小さいと判断された経路であり、今回の検討においても除く評価経路を示す。

図4 放射性同位元素の使用等に伴い発生するRI汚染物に関するクリアランスレベル(埋設処分)評価経路



網掛けは、「原子炉施設及び核燃料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」報告書において、対象物に起因して現実的に起こり得ると想定される全ての評価経路を考慮した上で、他の経路と比較して線量が十分小さいと判断された経路であり、今回の検討においても除く評価経路を示す。

図5 放射性同位元素の使用等に伴い発生するRI汚染物に関するクリアランスレベル(再利用)評価経路

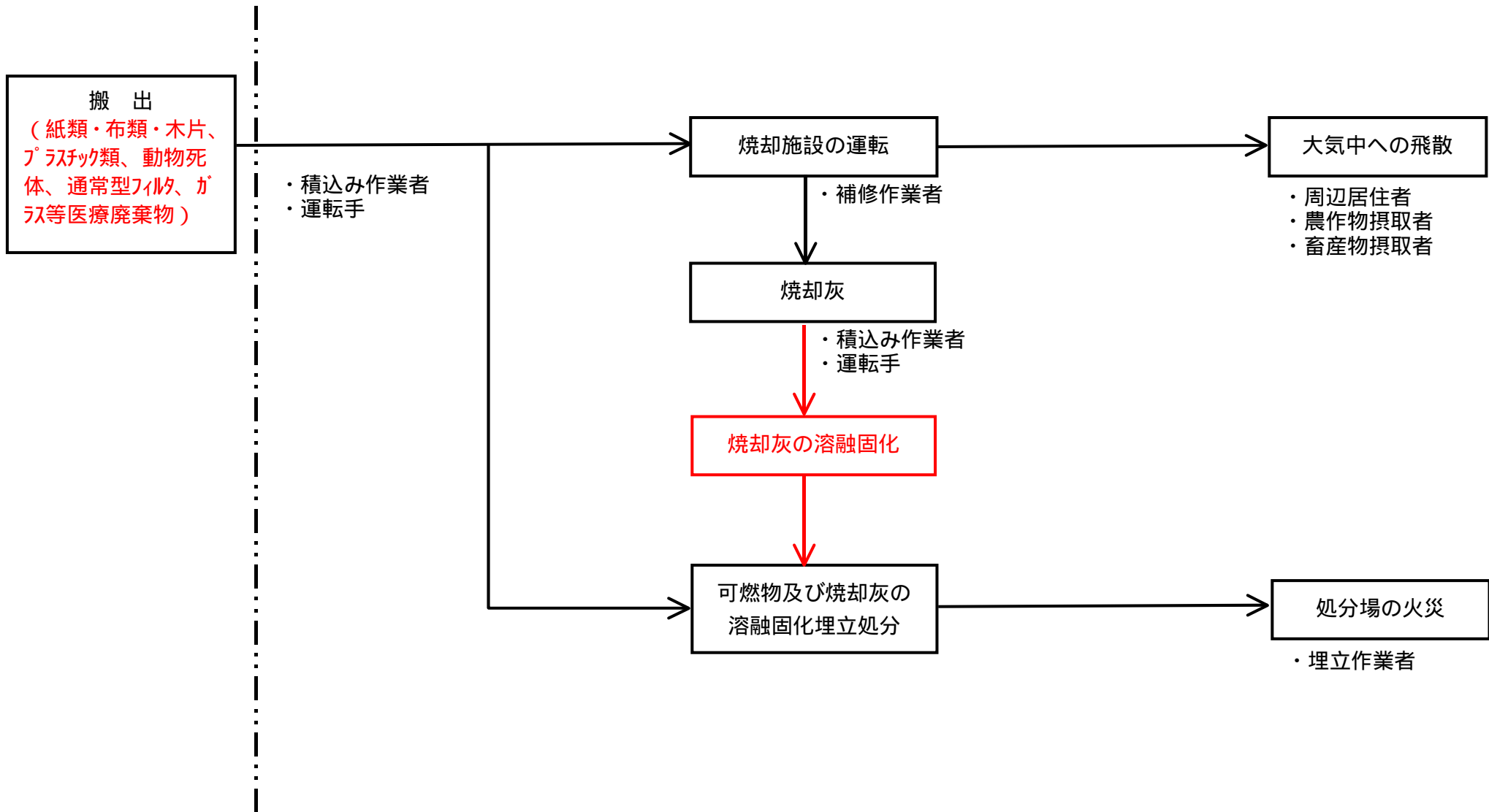


図6 放射性同位元素の使用等に伴い発生するRI汚染物に関するクリアランスレベル(焼却処理)評価経路

3．計算モデルの設定

3．1 計算モデルの設定に係る基本的考え方

2．で抽出した評価経路の中で、他の経路と比較して線量が十分小さいと判断される評価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こととする。

3．2 計算モデルの設定に係る検討について

放射化汚染物及び RI 汚染物に関するクリアランスレベルの評価経路に対する評価モデルは、埋設処分及び再利用（再使用も含む）については「クリアランスレベル報告書」で設定された評価モデルを使用することとし、放射化汚染物である電磁石等の再使用や焼却処理については新たに評価モデルを設定することとする。

4．評価パラメータの整備

4．1 評価パラメータの整備に係る基本的考え方

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。

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

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)

4．2 評価パラメータの整備に係る検討について

評価パラメータの選定は、原子炉施設に係るパラメータの選定と同様に、社会環境、日常生活の態様等を考慮して標準的である人を対象として現実的であると考えられる値を選定することとする。図6に再評価報告書に示された原子炉施設に係るクリアランスレベル(埋設処分)の算出のための評価対象者及び評価パラメータ選定の基本的考え方を示す。これらは、対象施設に依存しないと考えられることから、今回の評価についてもそのまま適用する。

なお、埋設処分及び再利用（再使用も含む）に係る評価パラメータについては、クリアランス対象物の物量等が異なるので再評価報告書の設定値を見直すこととするとともに、同報告書に無いクリアランス対象物については、追加することとする。

また、焼却処理に係るパラメータについては、我が国における産業廃棄物の焼却処理の状況を踏まえながら、パラメータを設定することとする。

添付 - 1 に原子炉施設に関する埋設処分に係る評価経路によるクリアランスレベル算出の例を Co-60 について示す。この例から、埋設処分に係る基準線量(10 μ Sv/年)になる Co-60 の濃度の最小値は、0.4Bq/g となり、その決定経路は、積込作業時の外部被ばくとなる。同様な方法で、再利用及び焼却処理についても計算し、これらの最小値を Co-60 のクリアランスレベルとする。これを対象核種ごとに算出する。

なお、評価に用いる物量は、下記の例に示すように、跡地利用の場合作業員や居住者に対する土壌の線源濃度となり、重要なパラメータである。

なお、評価に用いる物量は、クリアランス対象物を処分場に埋めた後に係る評価経路（跡地利用シナリオ、地下水移行シナリオ他）での作業員や居住者に対する評価における線源濃度の算定に係わるパラメータである。添付 - 2 に、跡地利用の評価の線源である土壤中放射性核種濃度の算出式を示す。

5 . 次回以降の予定

放射線障害防止法に規定するクリアランスレベル設定に係る試算値のとりまとめに向けて、まず最初に、原子力安全委員会が取りまとめた原子炉クリアランス報告書及び再評価報告書に示された評価経路、計算モデル、評価パラメータを適用可能であると考えられる放射線発生装置の使用等に伴い発生する RI 汚染物（放射化物）の埋設処分及び再利用について、主要な核種、例えば、H-3, Co-60, Eu-152 等の試算値の算出に取りかかりたい。そして、特有な評価経路、評価パラメータ等の考慮が必要な RI 汚染物についても、今後クリアランス WG で妥当性の確認を随時受けながら主要核種の試算値の算出を進めたい。

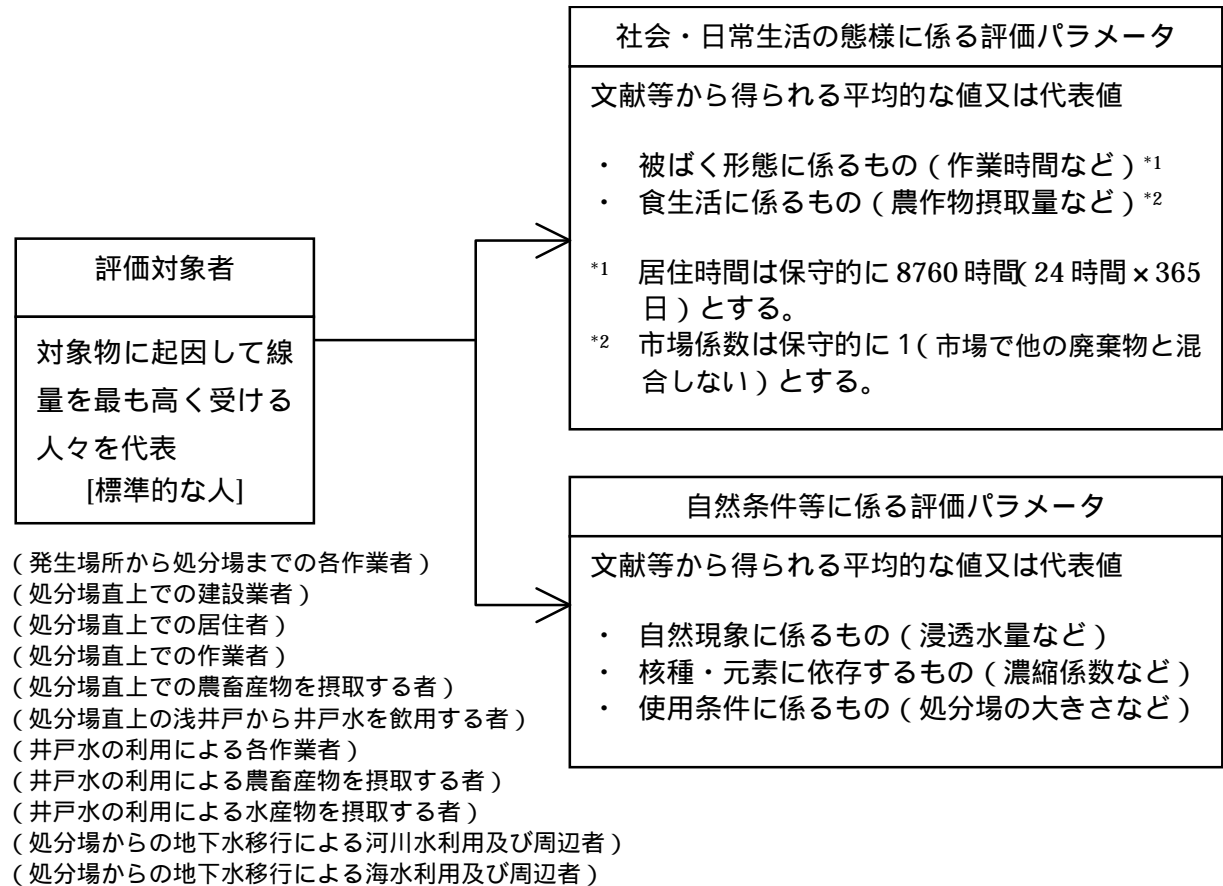


図6 クリアランスレベル(埋設処分)の算出のための評価対象者及び評価パラメータ選定の基本的考え方
 主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて(平成11年3月17日 原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会)を引用

埋設処分に係る評価経路での被ばく線量評価例（原子炉施設の場合）

『『主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて（付属資料）』平成 11 年 3 月 17 日、原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会』より引用

評価モデル

1. 操業の評価経路

この評価経路では、廃棄物そのものが線源となるので、被ばく評価にあたっては廃棄物の放射性核種の濃度をそのまま用いる。ただし、クリアランス対象廃棄物は「放射性廃棄物でない廃棄物」と混合されるものとする。

1.1 積み込み作業、運搬作業及び埋立作業

操業シナリオにおいて想定する被ばく評価の対象者は、積み込み・運搬作業、埋立作業、周辺居住者であるが、ここでは例として、埋立作業の外部被ばく線量およびダストの吸入による内部被ばく線量について示す。クリアランス後の積み込み作業から埋立作業までの作業者の外部被ばくは(1)式で、ダストの吸入による内部被ばくは(2)式で与えられる。

$$D_{EXT}(i) = C_w(i) \cdot S_0 \cdot t_0 \cdot D_{CF,EXT}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i t_i)}{\lambda_i t_i} \dots\dots\dots (1)$$

$$D_{INH}(i) = C_w(i) \cdot f_0 \cdot B_0 \cdot t_0 \cdot D_{CF,INH}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i t_i)}{\lambda_i t_i} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

- $D_{EXT}(i)$: 放射性核種 i による外部被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
- $D_{INH}(i)$: 放射性核種 i による吸入被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
- $C_w(i)$: 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物が混合した廃棄物中の放射性核種 i の濃度 (Bq/g)
 $C_w(i) = C_{w0}(i) \cdot F_{WC}$
 $C_{w0}(i)$: クリアランス対象廃棄物中の放射性核種 i の濃度 (Bq/g)
 F_{WC} : 廃棄物中に占められるクリアランス対象廃棄物の割合 (-)
- S_0 : 外部被ばくに対する遮へい係数 (-)
- f_0 : 作業時の空気中ダスト濃度 (g/m^3)
- B_0 : 作業者の呼吸量 (m^3/h)
- t_0 : 年間作業時間 (h/y)
- $D_{CF,EXT}(i)$: 放射性核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数 ($\mu\text{Sv/h per Bq/g}$)
- $D_{CF,INH}(i)$: 放射性核種 i の吸入被ばくに対する線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$)
- λ_i : 核種 i の崩壊定数 ($1/\text{y}$)
- t_i : 被ばく中の減衰期間 (y)

なお、外部被ばくに対する線量換算係数については、作業時に想定される線源の幾何形状に応じて、点減衰核積分法QAD-CGGP2計算コードもしくはSn法一次元輸送計算コードANISN-JRを用いて求める。埋立作業については、線源の幾何形状を無限平板とし、ANISN-JRを用いて線量換算係数を計算する。

評価例

上に示した式(1)、(2)と、表 1に示すパラメータを用いて、クリアランス対象廃棄物中の濃度1(Bq/g)の核種Co-60に対して、1年間あたりの埋立作業者の外部被ばく線量と吸入被ばく

線量を評価すると次のようになる。

$$\text{外部被ばく線量 } D_{\text{EXT}}(i) = 0.1 \times 0.4 \times 1000 \times 6.8\text{E-}01 \times 9.37\text{E-}01 = 25 (\mu\text{Sv/y})$$

$$\text{吸入被ばく線量 } D_{\text{INH}}(i) = 0.1 \times 5\text{E-}4 \times 1.2 \times 1000 \times 1.7\text{E-}02 \times 9.37\text{E-}01 = 9.6\text{E-}04$$

($\mu\text{Sv/y}$)

なお、吸入被ばく線量に関しては、クリアランス報告書の別添文書に、RS-G-1.7を参考とした「吸入するダストへの放射性核種の濃縮係数 (= 4) を取入れることとしたとの記述があるため、上記で求めた値の4倍の値を吸入被ばく線量とする。同じクリアランス対象廃棄物中の放射性核種 i の濃度 $1(\text{Bq/g})$ に対する上の2つの評価で、線量の大きい方である外部被ばく線量について $10(\mu\text{Sv/y})$ となる放射性核種 (Co-60) の濃度 $C_{\text{WO}}(i)$ を求めると、次のようになる。

$$10 (\mu\text{Sv/y}) / 25 \times 1 (\text{Bq/g}) = 0.4 (\text{Bq/g})$$

上記のように、各核種の評価経路毎に $10 \mu\text{Sv/y}$ に相当するレベルを算出し、その中で最も小さな値をその核種のクリアランスレベルとする (表 2)。

表 1 評価例に使用したパラメータの値

変数	値と単位	出典No.
$C_w(i)$	$C_w(i) = C_{\text{WO}}(i) * F_{\text{WC}}$ から $C_w(i) = 1 \times 0.1 = 0.1 (\text{Bq/g})$	
$C_{\text{WO}}(i)$	$1 (\text{Bq/g})$	
F_{WC}	$0.1 (-)$	1
S_0	$0.4 (-)$	2
f_0	$5\text{E-}4 (\text{g/m}^3)$	3
B_0	$1.2 (\text{m}^3/\text{h})$	4
t_0	$1000 (\text{h/y})$	5
$D_{\text{CF,EXT}}(i)$	$6.8\text{E-}01 (\mu\text{Sv/h}) / (\text{Bq/g})$	6
$D_{\text{CF,INH}}(i)$	$1.7\text{E-}02 (\mu\text{Sv/Bq})$	7
i	$1.32\text{E-}01 (1/\text{y})$	8
t_i	$1 (\text{y})$	
$\frac{1 - \exp(-\lambda_i t_i)}{\lambda_i t_i}$	$9.37\text{E-}01$	

出典：

- 1：原子炉 1 基の廃止措置に伴って発生する廃棄物 (クリアランス対象廃棄物及び「放射性廃棄物でない廃棄物」) が同一の処分場において処分されるものとし、解体廃棄物発生量推定結果に基づいて混合率を計算すると以下ようになり、保守的に 0.1 と選定した。(表 3 参照)
- 2：IAEA-TECDOC-401
- 3：IAEA-TECDOC-401、NUREG/CR-3585
- 4：ICRP Pub.23 で示されている標準人の労働 (軽作業) 時の呼吸量の数値 $20\text{L}/\text{min}$ を基に算定した。
- 5：1 日 8 時間労働で、週 5 日、年間 50 週働くものとし、このうち半分の時間を廃棄物の側で作業するものとした。 $8(\text{h}/\text{d}) \times 5(\text{d}/\text{w}) \times 50(\text{w}/\text{y}) \times 0.5 = 1,000(\text{h}/\text{y})$
- 6：「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 16 日 原子力安全委員会) で用いた値。Sn 法一次元輸送計算コード ANISN-JR を用いて求められた。
- 7：ICRP.Publ.68
- 8：Co-60 の半減期 $T=5.270\text{E+}00 (\text{y})$ から $=\ln 2/T$ より導出。半減期データは放射線データブック (地人書館) から。

表 2 成人に対する埋設処分経路の 10 μSv/y 相当濃度 (Bq/g) (1/2)

被ばく線源	操業								跡地利用									
	積み込み作業		輸送作業		埋設作業		³ Hの飛散		建設作業		跡地での居住		跡地での農作業		跡地での牧畜作業		跡地で収穫された食物の摂取	
	廃棄物								廃棄物混合土壌									
	外部	内部	外部	内部	外部	内部	内部		外部	内部	外部	内部	外部	内部	外部	内部	内部	
直接線	粉塵吸入	直接線	粉塵吸入	直接線	粉塵吸入	粉塵吸入	粉塵吸入	直接線	粉塵吸入	直接線	粉塵吸入	直接線	粉塵吸入	直接線	粉塵吸入	直接線	粉塵吸入	摂取
被ばく者	作業者		運転手		作業者		周辺居住者	作業者		居住者		農作業者		牧畜作業者		消費者		
核種/経路No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H-3	---	1.0E+05	---	---	---	1.0E+05	7.3E+02	9.6E+02	---	7.1E+05	---	3.8E+07	---	1.2E+06	---	1.2E+06	9.2E+01	7.9E+02
2 C-14	---	7.1E+04	---	---	---	7.1E+04	---	---	---	2.8E+05	---	4.7E+05	---	4.6E+05	---	4.6E+05	3.3E+01	7.5E+01
...																		
8 Fe-59	1.1E+01	7.5E+04	5.1E+00	---	4.2E+00	7.5E+04	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9 Co-58	7.9E+00	9.0E+04	3.5E+00	---	3.3E+00	9.0E+04	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10 Co-60	1.1E+00	2.6E+03	4.8E-01	---	4.0E-01	2.6E+03	---	---	4.4E+00	3.8E+04	6.3E-01	3.8E+05	3.7E+00	6.4E+04	3.7E+00	6.4E+04	8.8E+02	1.4E+03
11 Ni-59	---	1.9E+05	---	---	9.5E+03	1.9E+05	---	---	3.0E+04	7.3E+05	4.2E+03	7.3E+06	2.5E+04	1.2E+06	2.5E+04	1.2E+06	9.9E+02	4.2E+03
12 Ni-63	---	8.1E+04	---	---	---	8.1E+04	---	---	---	3.4E+05	---	2.1E+06	---	5.5E+05	---	5.5E+05	4.5E+02	1.9E+03
...																		

表中の「---」は、1.0E+10(Bq/g)以上又は影響なしを意味する。

出典：「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うち放射性物質として取扱う必要のないものの放射能濃度について」報告書 p.30 より

添-3

表 2 成人に対する埋設処分経路の 10 μSv/y 相当濃度 (Bq/g) (2/2)

被ばく線源	地下水移行										経路No.	成人、埋設の評価経路に係る決定経路	決定経路の評価結果(10 μSv/y相当濃度)
	地下水利用												
	井戸水		灌漑水				飼育水		養殖水				
	飲料水	汚染水を灌漑した農地	汚染水を灌漑した牧場	農作物	畜産物	淡水産物	内部	内部	内部	内部			
被ばく者	摂取	直接線	粉塵吸入	直接線	粉塵吸入	摂取	摂取	摂取	摂取				
核種/経路No.	19	20	21	22	23	24	25	26	27				
1 H-3	1.2E+02	---	2.2E+08	---	2.2E+08	1.8E+02	1.6E+02	1.0E+03	3.1E+05	17	跡地利用(農産物摂取)	9.2E+01	
2 C-14	9.7E+01	---	2.8E+07	---	2.8E+07	1.2E+02	1.3E+02	1.0E+03	4.9E+00	27	地下水利用(淡水産物摂取)	4.9E+00	
...													
8 Fe-59	7.1E+05	4.2E+06	---	4.2E+06	---	1.7E+06	6.2E+06	2.6E+07	9.2E+06	5	操業(埋立作業者外部)	4.2E+00	
9 Co-58	2.2E+05	4.2E+05	---	4.2E+05	---	4.8E+05	4.3E+06	2.5E+07	1.9E+06	5	操業(埋立作業者外部)	3.3E+00	
10 Co-60	1.1E+03	2.0E+02	4.3E+06	2.0E+02	4.3E+06	1.8E+03	1.1E+04	1.4E+05	1.0E+04	5	操業(埋立作業者外部)	4.0E-01	
11 Ni-59	3.6E+03	6.9E+03	7.2E+05	6.9E+03	7.2E+05	1.1E+02	4.8E+02	4.8E+04	9.4E+04	24	地下水利用(農産物摂取)	1.1E+02	
12 Ni-63	1.0E+04	---	4.3E+06	---	4.3E+06	6.4E+02	2.6E+03	1.4E+05	2.6E+05	17	跡地利用(農産物摂取)	4.5E+02	
...													

表中の「---」は、1.0E+10(Bq/g)以上又は影響なしを意味する。

出典：「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うち放射性物質として取扱う必要のないものの放射能濃度について」報告書 p.32 より

表 3 原子炉施設のクリアランス評価（以下全て）

シナリオ	全シナリオ	経路名	全経路																
パラメータ名	混合率	単位	(-)																
選定値	0.1	分布型	一様分布																
最小値	0.02	最大値	0.1																
<p>選定値根拠：</p> <p>原子炉 1 基の廃止措置に伴って発生する廃棄物(クリアランス対象廃棄物及び「放射性廃棄物でない廃棄物」)が同一の処分場において処分されるものとし、解体廃棄物発生量推定結果に基づいて混合率を計算すると以下ようになり、保守的に 0.1 と選定した。</p> <p>なお、IAEA-TECDOC-401 において提案されている非放射性廃棄物による放射性廃棄物の混合率についても 0.1 を採用している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>BWR110 万 kWe 級</th> <th>PWR110 万 kWe 級</th> <th>GCR16 万 kWe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>クリアランス対象廃棄物量</td> <td>29,000ton</td> <td>12,000ton</td> <td>11,000ton</td> </tr> <tr> <td>非放射性廃棄物量 *</td> <td>495,000ton</td> <td>477,000ton</td> <td>121,000ton</td> </tr> <tr> <td>混合率</td> <td>0.055</td> <td>0.024</td> <td>0.084</td> </tr> </tbody> </table> <p>*：原子力安全委員会「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第 2 次中間報告）」で示された「放射性廃棄物でない廃棄物の考え方」に基づき選定して試算した値。</p> <p>IAEA：Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control, TECDOC-401, 1987</p>					BWR110 万 kWe 級	PWR110 万 kWe 級	GCR16 万 kWe	クリアランス対象廃棄物量	29,000ton	12,000ton	11,000ton	非放射性廃棄物量 *	495,000ton	477,000ton	121,000ton	混合率	0.055	0.024	0.084
	BWR110 万 kWe 級	PWR110 万 kWe 級	GCR16 万 kWe																
クリアランス対象廃棄物量	29,000ton	12,000ton	11,000ton																
非放射性廃棄物量 *	495,000ton	477,000ton	121,000ton																
混合率	0.055	0.024	0.084																
<p>分布幅選定根拠：</p> <p>上記の推定結果で、BWR:0.055、PWR:0.024、GCR:0.084 とされており、0.02～0.1 と選定した。</p>																			

シナリオ	操業	経路名	No.5 埋立作業								
パラメータ名	埋立作業時の遮へい係数	単位	(-)								
選定値	0.4	分布型	一様分布								
最小値	0.25	最大値	0.45								
<p>選定値根拠：</p> <p>IAEA-TECDOC-401 に示された、重機による遮へい係数（鉄板 2cm）を考慮。その場合に、放射性核種別の遮へい係数は以下ようになるが、保守的に遮へい係数の最も大きな Co-60 の値を採用した。</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Co-60</td> <td>: 0.4</td> </tr> <tr> <td>Cs-137</td> <td>: 0.3</td> </tr> <tr> <td>Am-241</td> <td>: 0.02</td> </tr> <tr> <td>Sr-90、H-3、C-14 等</td> <td>: 0.0</td> </tr> </tbody> </table>				Co-60	: 0.4	Cs-137	: 0.3	Am-241	: 0.02	Sr-90、H-3、C-14 等	: 0.0
Co-60	: 0.4										
Cs-137	: 0.3										
Am-241	: 0.02										
Sr-90、H-3、C-14 等	: 0.0										
<p>分布幅選定根拠：</p> <p>埋立作業場での作業者に対し、建設機械（小型ブルドーザ～大型ブルドーザ）の重量、形状を考慮した遮へい係数を基に選定した。</p>											

シナリオ	操業	経路名	No.6 埋立作業
パラメータ名	埋立作業時のダスト濃度	単位	g/m ³
選定値	5E-4	分布型	対数正規分布
最小値	1E-4	最大値	1E-3
<p>選定値根拠： NUREG/CR-3585 に示された処分場への Open Dump 時及び IAEA-TECDOC-401 に示された埋設処分場での埋立作業時における空气中ダスト濃度を採用した。 O.L. Oztunali and G.W. Roles: “De Minimis Waste Impacts Analysis Methodology”, NUREG/CR-3585, 1984</p>			
<p>分布幅選定根拠： IAEA-TECDOC-401 の範囲 (1E-4 ~ 1E-3 g/m³) を用いる。</p>			

シナリオ	操業	経路名	積み込み・運搬・埋立作業
パラメータ名	作業者の呼吸量	単位	m ³ /h
選定値	1.2	分布型	一定値
最小値	-	最大値	-
<p>選定値根拠： ICRP Pub.23 で示されている標準人 (Reference man) の労働 (軽作業) 時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。 $20(\text{L}/\text{min}) \div 10^3(\text{m}^3/\text{L}) \times 60(\text{min}/\text{h}) = 1.2(\text{m}^3/\text{h})$</p>			
<p>分布幅選定根拠： (考慮しない。)</p>			

シナリオ	操業	経路名	No.5,6 埋立作業
パラメータ名	埋立年間作業時間	単位	h/y
選定値	1000	分布型	一様分布
最小値	100	最大値	2000
<p>選定値根拠： 1日8時間労働で、週5日、年間50週働くものとし、このうち半分の時間を廃棄物の側で作業するものとした。 $8(\text{h}/\text{d}) \times 5(\text{d}/\text{w}) \times 50(\text{w}/\text{y}) \times 0.5 = 1,000(\text{h}/\text{y})$</p>			
<p>分布幅選定根拠： IAEA-TECDOC-401 の範囲 (100 ~ 2000h/y) を用いる。</p>			

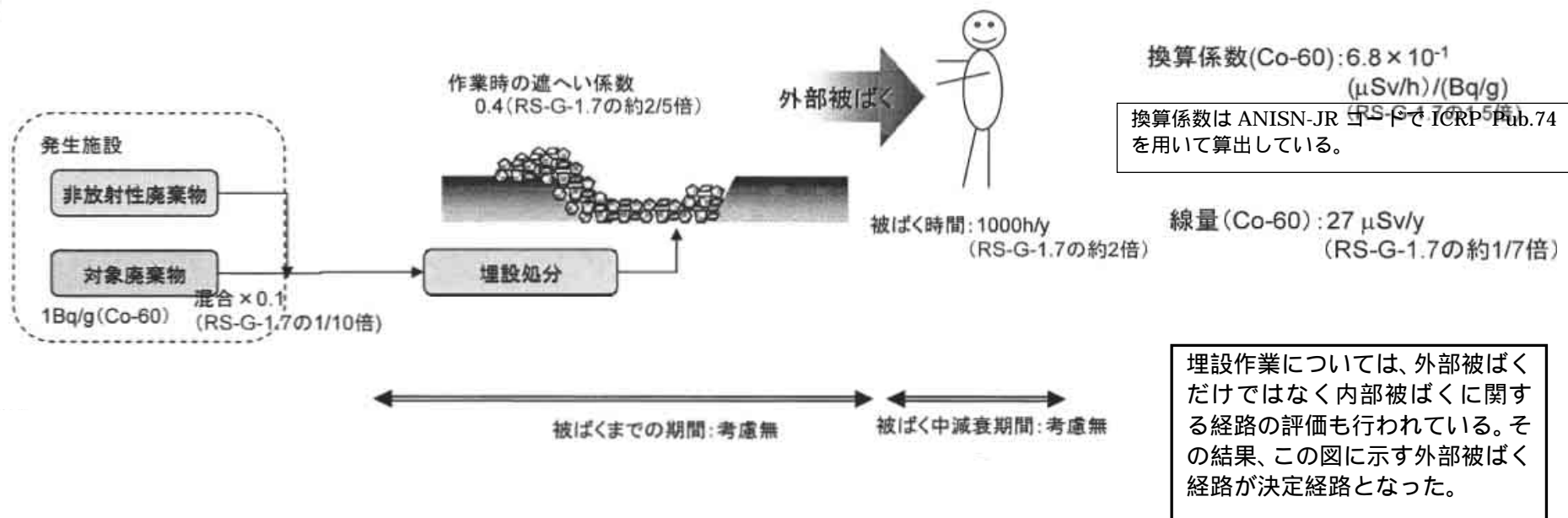


図1 埋設作業における外部被ばく経路の評価例（原子炉施設の場合）

物量を考慮した場合の評価モデルの一例

跡地利用の評価経路では、廃棄物処分場に廃棄物が定置され、隙間に埋め戻しがなされ、さらに覆土された状態が出発点となる。この評価経路では、処分場跡地における建設作業に従事する者の被ばく、建設作業に伴って発生した残土の上で居住する者の被ばくを評価する。また、農耕作業又は牧畜作業による跡地の掘り返しに伴う被ばく、処分場跡地直上で栽培された農作物を摂取する者、さらにその農作物で飼育された畜産物を摂取する者の被ばくを評価する。

これらの評価で、建設作業や農耕作業者、牧畜作業に対する経路の線源となる、掘削土壌中の放射性核種 i の濃度は次式¹⁾で求められる $C_M(i)$ である。また、変数 W が、埋設されるクリアランス対象物と放射性廃棄物でない廃棄物の合計量である。クリアランス対象物は、放射性廃棄物でない廃棄物と共に埋設されるが、この式よりクリアランス対象物量が多量になると、土壌中の放射性核種濃度が高くなり、続いて評価される被ばく線量が高くなることが分かる。

$$C_M(i) = C_w(i) \cdot \frac{T_U - T_C}{T_U} \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_K)$$

ここで、

- $C_M(i)$: 掘削土壌中の放射性核種 i の濃度(Bq/g)
- $C_w(i)$: 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物が混合した廃棄物中の放射性核種 i の濃度(Bq/g)
- T_U : 覆土厚さ(m)
- T_C : 建設掘削深さ(m)
- W : 廃棄物の総重量(g)(クリアランス対象物量 + 放射性廃棄物でない廃棄物量)
- L_D : 処分場の長さ(m)
- W_D : 処分場の幅(m)
- H_D : 処分場の深さ(m)
- ρ_D : 処分場嵩密度(g/cm³)
- λ_i : 放射性核種 i の崩壊定数(1/y)
- t_K : 処分場閉鎖後から評価時点までの期間(y)

¹⁾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 資料-2 クリアランスレベル(埋設処分)の計算モデル及び評価パラメータ選定根拠 p.8