資料第３２－４号

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

（案）

平成２２年９月

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

文部科学省
科学技術・学術政策局

目　次

１．はじめに　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

２．クリアランスレベルの検討に係る国内外の動向　・・・・・・・・・・・・・・・ 3
２．１　IAEA におけるクリアランスレベルの検討　・・・・・・・・・・・・・・・ 3
２．２　クリアランスレベルの検討に係る我が国の動向　・・・・・・・・・・・・・ 3

３．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について　・・ 5
３．１　第２次中間報告書の取りまとめの概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
３．２　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　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
３．２．１　設定方針　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
３．２．２　クリアランスレベルの設定手順　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
３．３　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流れ・・・・ 8

４．クリアランスレベルの設定に係る検討　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
４．１　クリアランス対象物の物量について　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
４．１．１　RI 汚染物について　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
４．１．１．１　RI 汚染物のうちクリアランス対象物の物量の考え方　・・・・・ 10
４．１．１．２　RI 汚染物に係るクリアランス対象物とその物量　・・・・・・・ 11
４．１．２　放射化物について　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
４．１．２．１　放射化物のうちクリアランス対象物の物量の考え方　・・・・・・ 12
４．１．２．２　放射化物に係るクリアランス対象物とその物量　・・・・・・・・ 13
４．２　クリアランスレベルの算出について　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
４．２．１　クリアランスレベルを算出する対象核種の選定　・・・・・・・・・・ 20
４．２．１．１　RI 汚染物に係る対象核種の選定　・・・・・・・・・・・・・・・ 20
４．２．１．２　放射化物に係る対象核種の選定　・・・・・・・・・・・・・・・ 21
４．２．１．３　クリアランスレベルを算出する対象核種の選定結果　・・・・・・ 22
４．２．１．４　対象核種の選定に係る留意事項　・・・・・・・・・・・・・・・ 22
４．２．２　クリアランスレベルの算出に係る評価経路について　・・・・・・・・ 24
４．２．２．１　埋設処分の評価経路　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
４．２．２．２　再利用・再使用の評価経路　・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
４．２．２．３　焼却処理の評価経路　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
４．２．３　クリアランスレベルの算出に係る計算モデルについて　・・・・・・・ 45
４．２．３．１　埋設処分の計算モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46
４．２．３．２　再利用・再使用の計算モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・ 53
４．２．３．３　焼却処理の計算モデル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 60
４．２．４　クリアランスレベルの算出に用いる評価パラメータについて　・・・・ 71
４．２．５　クリアランスレベルの暫定値の算出結果　・・・・・・・・・・・・・・ 127

５．クリアランスレベルの暫定値の算出に用いたシナリオの妥当性評価について
（確率論的解析） ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 132
５．１ シナリオの妥当性評価の目的及び方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 132
５．２ 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 ・・・・・・・・ 135
５．２．１ 確率論的解析を行う対象核種の選定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 135
５．２．２ 確率論的解析の対象経路の抽出 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 135
５．２．３ 確率論的解析によりばらつきの影響を確認すべき評価パラメータ
について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 139
５．２．４ 確率論的解析に用いる評価パラメータの分布幅及び分布型の
設定について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 139
５．２．５ RI 汚染物を対象とした核種の確率論的解析の結果 ・・・・・・・・・ 163
５．２．５．１ 評価パラメータのばらつき評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・ 163
５．２．５．２ シナリオの妥当性評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 164
５．２．６ 放射化物を対象とした核種の確率論的解析の結果 ・・・・・・・・・・ 164
５．２．６．１ 評価パラメータのばらつき評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・ 164
５．２．６．２ シナリオの妥当性評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 165
５．２．７ 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 ・・・・・ 185
５．３ 確率論的解析の結果について整理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 185

６． 国際的なクリアランスレベルとの比較 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 186
６．１ 国際的なクリアランスレベル ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 186
６．２ SRS No.44 の考え方に基づいたクリアランスに係る放射能濃度の算出 ・・ 188
６．２．１ SRS No.44 で用いられている被ばくシナリオ ・・・・・・・・・・・・ 188
６．２．２ 被ばくモデル ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 190
６．２．２．１ 外部被ばくに係るモデル（WL, WF, WO, RH, RP シナリオ） ・・ 190
６．２．２．２ 吸入による被ばくに係るモデル
（WL, WF, RL, RF, RP シナリオ） ・・・・・・・・・・・・・・・ 190
６．２．２．３ 経口摂取による被ばくに係るモデル
（WL, WF, RP, RL シナリオ） ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 190
６．２．２．４ 地下水移行シナリオを考慮した被ばくに係るモデル
（RW シナリオ） ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 191
６．２．２．５ 皮膚被ばくに係るモデル（SKIN シナリオ） ・・・・・・・・・・ 195
６．２．３ SRS No.44 で用いられた評価パラメータ ・・・・・・・・・・・・・・ 196
６．２．３．１ 元素・核種に依存しない評価パラメータ ・・・・・・・・・・・・ 196
６．２．３．２ 元素及び核種に依存する評価パラメータ ・・・・・・・・・・・・ 196
６．２．４ SRS No.44 の考え方に基づいた放射能濃度の算出結果 ・・・・・・・・ 204
６．３． 国際的なクリアランスレベルとの比較 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 206
６．３．１ SRS No.44 の放射能濃度値との比較の結果に係る考察 ・・・・・・・ 210
６．３．２ 今回のクリアランスレベルの暫定値の算出結果が SRS No.44 の
放射能濃度値より小さくなった核種について ・・・・・・・・・・・・ 210
６．３．３ 今回のクリアランスレベルの暫定値の算出結果が SRS No.44 の
放射能濃度値より 2 桁以上大きくなった核種について ・・・・・・・ 212

６．３．４　国際的なクリアランスレベルとの比較の結果　・・・・・・・・・・・ 214

７．放射線障害防止法に規定するクリアランスレベル　・・・・・・・・・・・・・ 215

８．おわりに　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 220

本文中の参考文献　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 222
放射線安全規制検討会の委員名簿・開催日　・・・・・・・・・・・・・・・・・ 224
クリアランス技術検討ワーキンググループの委員名簿・開催日　・・・・・・・・・ 225
付録１　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 227
付録２　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 235
付録３　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 249
付録４　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 253

１． はじめに

ある物質に含まれる微量の放射性物質に起因する線量が、自然界の放射線レベルに比較しても十分小さく、人の健康への影響が無視できるものであるならば、その物質を放射性物質として扱う必要がないものとして、放射線防護に係る規制の枠組みから外すという考え方を「クリアランス」という[(1)]。

我が国では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下、「原子炉等規制法」という。）で規制されてい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」に係る制度の検討が、経済産業省の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（以下、「廃棄物安全小委員会」という。）においては平成 15 年 11 月に、また、文部科学省の研究炉等安全規制検討会においては平成 16 年 8 月に開始された[(2), (3)]。これらの検討結果を踏まえて、平成 17 年 5 月 20 日に原子炉等規制法が改正され、クリアランス制度が導入された。その後、具体的なクリアランスレベルや技術基準等を規定した関係政省令が整備され、平成 17 年 12 月 1 日に施行された。これまでに、日本原子力発電株式会社東海発電所において、国による約 400 トンの金属のクリアランスの確認が行われ、その一部がベンチ等として再利用されている。また、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。）においても、国による約 377 トンのコンクリートのクリアランスの確認が行われており、今後、路盤材等として再利用される見通しである。

一方、「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（以下、「放射線障害防止法」という。）」へのクリアランス制度の導入に係る検討を、文部科学省の放射線安全規制検討会において平成 16 年 10 月から開始し、まず、放射性同位元素の使用等に伴って発生する廃棄物や放射線発生装置の解体等に伴って発生する廃棄物のそれぞれの物量、廃棄物に含まれている放射性同位元素の種類及びその放射能濃度等の実態調査を行ってきた。その後、放射線障害防止法へのクリアランス制度の導入に向けた技術的な検討の充実を図る目的から、平成 17 年 8 月 8 日に放射線安全規制検討会の下に「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。）を設置した。これにより、放射線安全規制検討会ではクリアランス制度の枠組みに係る事項について、クリアランス WG ではクリアランスレベル以下であることの測定・判断方法等のクリアランス制度化に係る技術的事項について、それぞれ検討することとした。

クリアランス WG においては、放射線障害防止法におけるクリアランス制度の導入にあたって解決すべき技術的事項や技術的成立性について検討を行い、特に放射線発生装置の解体等に伴って発生する廃棄物及び短半減期核種のみを取り扱う場合の減衰保管廃棄に係る事項について、平成 18 年 6 月に「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）」（以下、「平成 18 年度中間報告書」という。）として取りまとめた。これに対して、放射線安全規制検討会においては、平成 18 年度中間報告書に示された課題やクリアランス制度に対する事業者のニーズ、経済的なメリット等、また、クリアランス制度の検討にあたって整理が必要な放射線発生装置の使用に伴って発生する放射化物の取扱い及び廃止措置に関する事項について、必要な情報を取りまとめ、今後の進め方について審議することとした。

平成 18 年度中間報告書の取りまとめ以降、文部科学省では、関係事業者の協力を得ながら、放射化の程度が低い放射線発生装置を主な対象として放射化状況の調査を進めており、特に国内設置台数の多い医療用電子直線加速器の施設構造物の放射化の有無等について確認してきた。また、短半減期核種のみによって汚染された物のクリアランス制度における減衰保管廃棄については、

平成 18 年度中間報告書において、技術的成立性はあるものの、事業者のニーズを確認し、制度としての成立性を含めた検討が必要であるとされたことから、非密封放射性同位元素の使用者等を対象としたクリアランス制度に関するニーズ調査を行ってきた。

さらに、放射線障害防止法によって規制されている放射性廃棄物についても埋設処分の計画が進展しており、放射性廃棄物処分に関係する制度全体を整備することが求められていることから、放射線障害防止法を改正してクリアランス制度を導入するための具体的な検討を放射線安全規制検討会において進めることとなった。

このような状況を踏まえ、平成 21 年 4 月からは放射線安全規制検討会において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再開し、平成 21 年 6 月からはクリアランス WG においてクリアランス制度導入に係る技術的事項に係る検討を再開し、これらの検討結果について平成 22 年 1 月に放射線安全規制検討会が、「放射線障害防止法へのクリアランス制度の導入に向けた技術的検討結果について（第２次中間報告書)」（以下、「第２次中間報告書」という。）を取りまとめた。

文部科学省では、放射線安全規制検討会等における平成 16 年 10 月から第２次中間報告書の取りまとめまでの検討を踏まえたクリアランス制度の導入や放射線発生装置の使用に伴って発生する放射化物の安全規制等に係る改正法律案**※1**を、平成 22 年 3 月 5 日に第 174 回通常国会に提出した。同改正法律案は第 174 回通常国会で審議され、4 月 28 日に国会で可決された。同改正法については、平成 22 年 5 月 10 日に公布しており、現在は、関係する政省令・告示の改正に向けた検討を進めている。

以上のような状況のもと、本報告書は、放射線障害防止法におけるクリアランス制度の運用開始に向けて行ったクリアランスレベルの導出に係る技術的検討結果を踏まえて、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取りまとめたものである。

※1：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の一部を改正する法律案
（文部科学省ホームページ：http://www.mext.go.jp/b_menu/houan/an/06030110/1291489.htm）

２． クリアランスレベルの検討に係る国内外の動向

２．１ IAEA におけるクリアランスレベルの検討

国際原子力機関（IAEA：International Atomic Energy Agency）（以下、「IAEA」という。）は、平成 8 年（1996 年）1 月に、「クリアランスレベル」という用語を使用して、原子炉施設等における比較的多量の廃棄物及び再利用可能なものの固体状物質を主に念頭に置いて、その考え方、導出の方法等を初めて記載した技術文書「IAEA 技術文書 855：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※2」（以下、「TECDOC-855」という。）を出版した。また、同年 2 月には、「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※3」（以下、「BSS」という。）において、クリアランスの概念を整理した(4)。

さらに、IAEA は、TECDOC-855 に示したクリアランスレベルについて、見直しを行うための検討を開始し、平成 16 年（2004 年）8 月に「IAEA 安全指針 RS-G-1.7：規制除外、規制免除及びクリアランス概念の適用※4」（以下、「RS-G-1.7」という。）を出版している。この中で、免除、クリアランス及び除外の定義が以下のように示されている(5)。

○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。

また、RS-G-1.7 では、天然起源及び人工起源の放射性核種（以下、「核種」という。）ごとに、大量の物質に対する規制除外又は規制免除が適用できる放射能濃度が示されており、これらの濃度がクリアランスに対して適用の根拠となり得るとしている(6)。

２．２ クリアランスレベルの検討に係る我が国の動向

我が国におけるクリアランスレベルに係る議論については、昭和 59 年 8 月に原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会が取りまとめた「放射性廃棄物対策専門部会中間報告書／放射性廃棄物処理処分方策について」において、放射性廃棄物と「放射性廃棄物として扱う必要のないもの」を区分する「一般区分値」という概念が初めて提案され、我が国としてその必要性が指摘された。また、これを受けて原子力安全委員会においても昭和 60 年 10 月に放射性廃棄物安全規制専門部会により「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本的考え方について」が

※2：“Clearance levels for radionuclides in solid materials”

※3：“International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources”

※4：“Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance”

取りまとめられ、「無拘束限界値」という用語を用いた「放射性廃棄物としての特殊性を考慮する必要がないもの」の基本的考え方が示された[(4)]。

この無拘束限界値に相当する線量については、放射線審議会により昭和 62 年 12 月に基本部会報告「放射性固体廃棄物の浅地中処分における規制除外線量について」（以下、「昭和 62 年基本部会報告」という。）が取りまとめられ、そのなかで「原子炉の解体等に伴って発生する金属等の放射性廃棄物を一般社会に還元し、再利用する場合」の基準の設定に当たっては、「規制除外線量(注：昭和 62 年基本部会報告では 10 マイクロシーベルト／年を用いることが妥当としている)と同様の考え方が適用できるものと考える。」とされた。

その後、平成 8 年（1996 年）に IAEA において TECDOC-855 が出版されたことを踏まえて、原子力安全委員会委員長より当時の放射性廃棄物安全基準専門部会に対して、原子力利用に伴い発生する廃棄物の安全かつ合理的な処理、処分及び再利用に資するためにクリアランスレベル設定に関する調査審議に係る指示が出された[(4)]。それ以降、原子力安全委員会では以下のようなクリアランスレベルに係る報告書が取りまとめられている。

- **「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）」（以下「原子炉クリアランス報告書」という。）**
- **「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）」（以下、「検認のあり方報告書」という。）**
- **「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）」（以下、「重水炉等クリアランス報告書」という。）**
- **「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）」（以下、「核燃施設クリアランス報告書」という。）**
- **「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 月一部訂正及び修正））」（以下、「再評価報告書」という。）**
- **「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）」（以下、「ウランクリアランス報告書」という。）**

また、放射線審議会基本部会が取りまとめた報告書「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）」においても、「クリアランスレベルの導出に係る個人線量の基準(10 マイクロシーベルト／年)は、我が国が進めているクリアランス制度に今後も適用されるものと考える。」と述べられている[(7)]。

３． 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について

３．１ 第２次中間報告書の取りまとめの概要

平成21年4月に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が放射線安全規制検討会において再開された後、平成 21 年 7 月に「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」（付録 1 「第 28 回放射線安全規制検討会資料第 28-5 号」参照）が承認された。この基本方針を踏まえ、クリアランス WG においては、クリアランスレベルの設定に係る技術的検討が平成 22 年 1 月まで行われ、その検討結果を踏まえて、放射線安全規制検討会が第２次中間報告書を取りまとめた。

クリアランス WG における主な検討としては、まず、放射性同位元素の使用等に伴って発生する放射性同位元素によって汚染された物（以下、「RI 汚染物」という。）及び放射線発生装置の使用に伴って発生する汚染物（以下、「放射化物※5」という。）のうち、クリアランス対象物となる想定物量を算出した。その後、原子力安全委員会が行った原子力施設のクリアランスレベルの算出の考え方[(4), (6)] を参考に、放射線障害防止法にクリアランスレベルを定める放射性核種（以下、「核種」という。）を選定し、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った。この検討結果を踏まえ、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の暫定値を算出した。この暫定値については、国際的なクリアランスレベルとの比較を行った。比較の対象とした国際的な値としては、IAEA が RS-G-1.7 でクリアランス等の判断に用いる放射能濃度の基準値を示す際に、その根拠とした IAEA Safety Reports Series No.44（以下、「SRS No.44」という。）における放射能濃度の計算値（以下、「SRS No.44 の放射能濃度値」という。）を用いた。比較の結果、SRS No.44 に放射能濃度値が示されている核種については、第２次中間報告書において、算出したクリアランスレベルの暫定値と SRS No.44 の放射能濃度値とに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る。」との方向性を示した。

３．２ 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

「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」については、第 28 回の放射線安全規制検討会において承認されており、クリアランス WG では、この基本方針に基づいてクリアランスレベルの算出に係る検討が行われてきている。ここでは、放射線安全規制検討会で承認されたこの基本方針の内容を示す。

３．２．１ 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に

※5：第 174 回通常国会で可決した改正法では、「放射線発生装置から発生した放射線によつて汚染された物」としている。

おける検討によると、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 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した。計算から設定までの手順は、「３．２．２項」のとおりである。

３．２．２ 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を参考にし[(4), (6), (8)-(10)]、BSS、RS-G-1.7、その他文献[(6), (11)-(13)]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こととした。

（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、以下のとおりとした。

（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能量を調査した後、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 汚染物及び放射化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こととした。

なお、放射線障害防止法におけるクリアランス制度では、RI 汚染物に対するクリアランス適用ニーズ等を踏まえ、クリアランス対象物としては固体の RI 汚染物の種類について制限は設けないことを基本方針とし、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た。具体的には、原子炉施設においてクリアランスの対象としていない可燃物等について、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も対象とするとともに、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ととした。

（２）評価経路及び計算モデルの設定

対象とする RI 汚染物及び放射化物に起因して、現実に起こり得る埋設処分、再利用・再使用[※6]に

※6：本報告書におけるクリアランスレベルの算出において、「再利用」の経路は、クリアランスされた物が、前処理、溶融等の過程を経ることにより新たな製品として利用される経路とし、「再使用」の経路は、クリアランスされた物が、溶融等の過程を経ることなく、そのままの用途で使用

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にクリアランスされる場合（以下、「個別クリアランス」という。）と廃棄業者が集荷して一括でクリアランスされる場合（以下、「一括クリアランス」という。）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た。また、原子炉施設において評価対象としていない可燃物等もクリアランス対象物に含めたことから、その主要経路として想定される焼却処理に関する経路も新たに抽出することとした。

さらに、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こととした。

（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こととした。

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

適切な計算モデルと評価パラメータを使用し、各核種について評価経路毎の基準線量相当濃度（実効線量 10μSv/年又は皮膚の等価線量 50mSv/年に相当する各核種の放射能濃度）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 汚染物及び放射化物のクリアランスレベルの暫定値とすることとした。

（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 汚染物及び放射化物のクリアランスレベルの妥当性を評価することとした。

（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、RI 汚染物及び放射化物について（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。

される経路とする。

RI 汚染物及び放射化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した。

3．3 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流れ

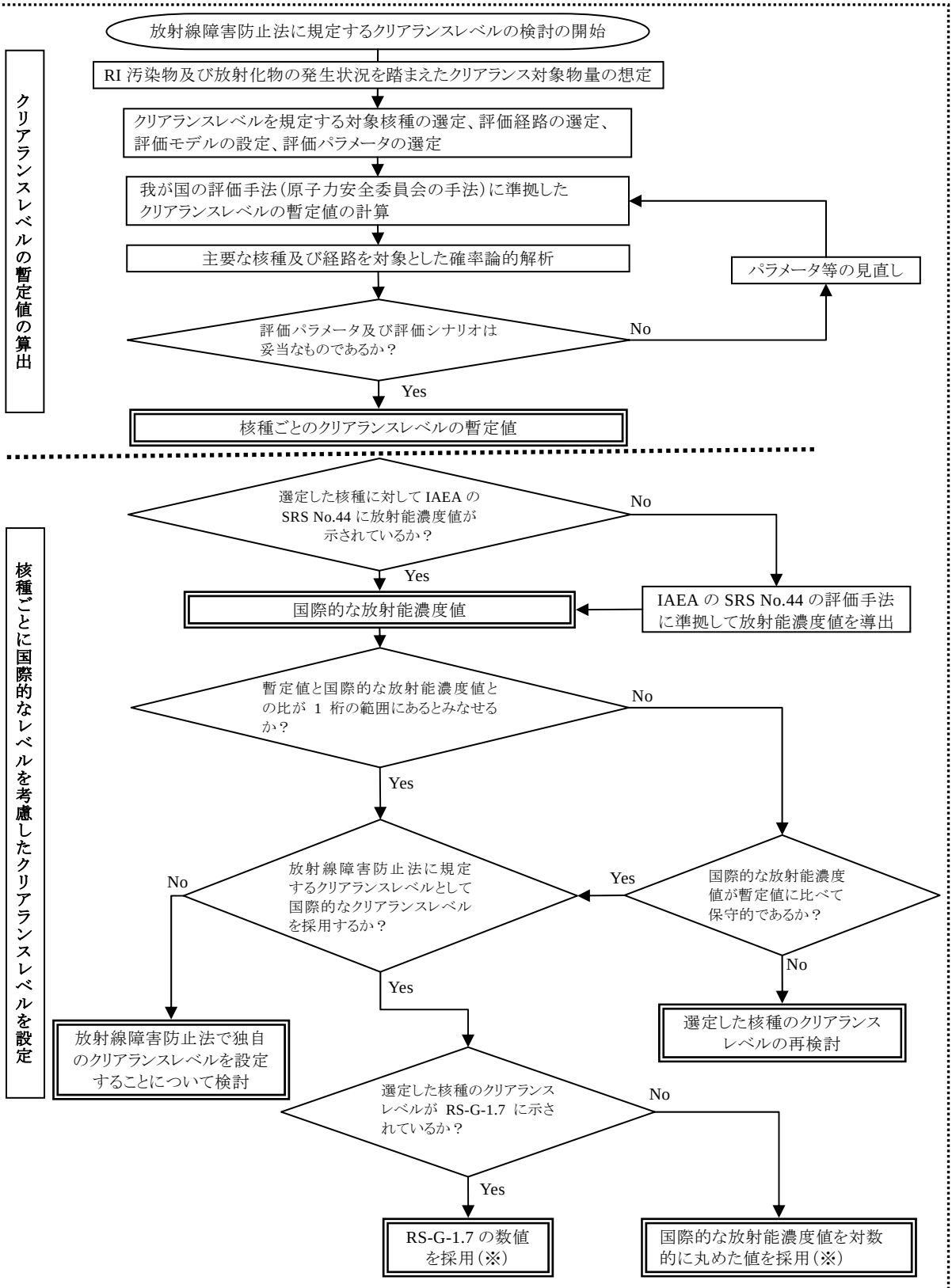
第２次中間報告書の取りまとめを踏まえた放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの設定に関する検討の全体の流れを図 3.1 に示す。

今回のクリアランスレベルの設定については、前述の「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」に基づいて検討を進めることとした。すなわち、始めに、クリアランスレベルの設定手順の（1）～（5）に準じてクリアランスレベルの暫定値の算出及び暫定値の算出に用いたシナリオ等の妥当性の評価を行うこととした。次に、算出した暫定値について、設定手順の（6）に示すように、国際的なクリアランスレベル（放射能濃度値）との比較の結果を踏まえた上で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した。また、暫定値と比較する国際的な放射能濃度値については、SRS No.44 の放射能濃度値を用いることを基本とすることとした。なお、原子力施設のクリアランスレベルの検討が原子力安全委員会において行われた際にも、同様に、国際的な放射能濃度値として IAEA の SRS No.44 の放射能濃度値との比較が行われている。

さらに、放射線障害防止法にクリアランスレベルを規定する対象核種として選定された核種の中で、SRS No.44 に放射能濃度値の記載がない核種については、第２次中間報告書の取りまとめ以降に行われたクリアランスレベルの設定に係る検討の結果、SRS No.44 に示された放射能濃度の算出の考え方・方法に基づいて国際的な放射能濃度値に相当する値を算出し、暫定値との比較・検討を行うこととした。

クリアランスレベルの設定手順の（6）にも示したように、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルは、基本方針として、原子炉等規制法との整合性や国際的動向を踏まえ設定することとした。

国際的な IAEA の安全指針である RS-G-1.7 におけるクリアランスレベルの導出においては、個人に対する実効線量の基準を 10μSv/年のオーダー以下であるとし、その値の厳密性よりも評価の保守性に重きがおかれている。このような導出の背景から、IAEA では、RS-G-1.7 のクリアランスレベルについては、必ずしも厳密に踏襲する必要はなく、一桁程度の違いは同等のものとして扱ってさしつかいないとしている。そこで、図 3.1 に示す国際的な放射能濃度値との比較をとおして、暫定値と国際的な放射能濃度値との比が一桁以内であるかを判断基準としたうえで両方の値が同等と見なすことができる場合、及び同等と見なすことができない時でも国際的な放射能濃度値が暫定値に比べて保守的である場合においては、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルとして国際的なクリアランスレベルを採用するかどうかも検討したうえで RS-G-1.7 に示された放射能濃度の値又は国際的な放射能濃度値を対数的に丸めた値を採用することとした。また、両方の値の比が一桁を超え、放射線障害防止法で独自のクリアランスレベルを設定する必要がある場合には、核種ごとに値の保守性等について検討したうえでクリアランスレベルを設定することとした。なお、核種ごとに国際的な放射能濃度値を考慮したクリアランスレベルの設定に係る検討結果の詳細は第６章に示す。



「対数的な丸め」: 3×10^{x}～$3\times10^{x+1}$ の範囲にある場合、$1\times10^{x+1}$ とする方法。さらに、その値が BSS 免除レベルを上回る場合は BSS 免除レベルと同じ値とする。

図 3.1　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の流れ

４． クリアランスレベルの設定に係る検討

クリアランス WG においては、クリアランスレベルの算出について、上述の「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」に基づいた検討を行った。

クリアランス WG におけるクリアランスレベルの算出に係る主な検討項目は、以下に示すとおりであり、本章では、これらの項目に関する検討結果を示す。

○ クリアランス対象物の物量について
○ クリアランスレベルを算出する対象核種の選定について
○ 算出に係る評価経路について
○ 算出に係る計算モデルについて
○ 算出に用いる評価パラメータについて
○ 算出結果について

４．１ クリアランス対象物の物量について

放射線障害防止法にクリアランス制度を導入した場合に、クリアランスの対象となる物は、RI 汚染物及び放射化物である。

４．１．１ RI 汚染物について

クリアランスの対象と考えられる RI 汚染物には、放射性同位元素の使用等の許可・届出事業者（以下、「RI 事業者」という。）（医療機関、研究機関、教育機関、民間企業等）の RI 使用施設等から発生するもの、及び社団法人日本アイソトープ協会（以下、「RI 協会」という。）がこれまでに集荷し保管しているもの、並びに原子力機構における放射性同位元素の使用等により発生するものがある。

４．１．１．１ RI 汚染物のうちクリアランス対象物の物量の考え方

国内には、医療機関、研究機関、教育機関、民間企業等の RI 事業者が管理する RI 使用施設等が全国各地に存在し、これらの各施設で RI 汚染物が発生している。また、上述のように、これらの RI 汚染物は、現状では RI 協会により集荷され、保管されている。

このような状況を踏まえ、クリアランス制度導入後、様々な RI 事業者が様々な物量に対して独自にクリアランスを実施することも想定されるため、どのような場合にも安全が確保されるように、一括クリアランス及び個別クリアランスが行われる場合を想定して各々の評価に用いるクリアランス対象物の物量（医療関係法令によって規制されている事業所から発生する物を含む）を算出した。

（1）一括クリアランスを想定した場合のクリアランス対象物とその物量

一括クリアランスについては、全国各地の RI 使用施設等から 1 年間に発生し集荷された RI 汚染物、RI 協会が既に保管している RI 汚染物、及び原子力機構から発生する RI 汚染物がまとめて一括クリアランスされた後に、1 箇所の処分場に埋設されるか、あるいは再利用等のために 1 箇所のリサイクル施設に運び込まれることを想定してクリアランス対象物の物量の算出を行った。

RI 協会及び原子力機構の調査結果に基づいた一括クリアランスを想定した場合のクリアランス対象物の物量の算出結果を表 4.1 に示す。まず、RI 使用施設等から 1 年間に発生するクリアランス対象物の物量については、RI 協会のここ 5 年間（平成 16 年～平成 20 年）の集荷データをもとに算出を行った。RI 協会では、集荷において RI 事業者より提出された「RI 廃棄物記録票」に記載された収納容器ごとの RI 汚染物の種類、核種、放射能量の数値をもとに核種の放射能濃度を算出し、さらに、RS-G-1.7 で示されたそれぞれの核種の放射能濃度との比較が行われ、RS-G-1.7 で示された放射能濃度以下になるものの物量をクリアランス対象物の物量としている。

また、RI 協会がすでに保管している RI 汚染物から発生するクリアランス対象物の物量については、現在保管されている RI 汚染物の収納容器約 13 万本のうち、放射能濃度の高い RI 汚染物を除いた 10,650 トンについて、約 10 年間かけてクリアランスが行われることを想定して物量が算出されており、これに基づいて、1 年間に発生するクリアランス対象物の物量としている。

原子力機構では、ここ 5 年間（平成 16 年～平成 20 年）に発生した RI 汚染物について、RS-G-1.7 に示されたそれぞれの核種の放射能濃度を参考にしてクリアランス対象物の物量が検討され、1 年間の平均物量が算出されるとともに、過去からこれまでに発生した RI 汚染物の保管物量を 20 年で平均化した物量が算出されており、これらの物量を合計して 1 年間に発生するクリアランス対象物の物量としている。

（2）個別クリアランスを想定した場合のクリアランス対象物とその物量

個別クリアランスについては、RI 使用施設等で発生する RI 汚染物が各 RI 事業者によって個別クリアランスされた後に、1 箇所の処分場に埋設されるか、あるいは再利用等のために 1 箇所のリサイクル施設に運び込まれることを想定してクリアランス対象物の物量の算出を行った。その結果を表 4.2 に示す。

RI 協会では、上記（1）と同様の考え方で、まず、ここ 5 年間（平成 16 年～平成 20 年）の集荷データをもとに、1 年間に発生すると考えられるクリアランス対象物の物量が算出されている。なお、RI 協会のここ 5 年間の集荷量は、減少傾向にあり（付録２「第 29 回放射線安全規制検討会 参考資料2 」参照）、上記のような考え方に基づいて 1 年間に発生する物量を算出することは、妥当であると考える。また、各 RI 事業者が RI 協会へ排出する物量にばらつきがあることを考慮し、発生した RI 汚染物を事業者が自らの施設で最長 5 年間保管した後に、排出すると想定して、1 年間に発生することが考えられるクリアランス対象物の物量の 5 倍の値をクリアランス対象物の物量とすることとした。ただし、クリアランスの対象となっている土砂については、事業所の汚染土壌であること、廃止措置等で不定期に排出されること、年間の集荷量と関連が認められないことから、これまでの 1 事業所における最大発生量の 2 倍の値を物量としている。

４．１．１．２ RI 汚染物に係るクリアランス対象物とその物量

クリアランス対象物のうち、RI 汚染物について、埋設処分、再利用及び焼却処理の対象になるものとその物量を表 4.3 に示す。

現在行われている産業廃棄物の処分においてプラスチック類、フィルタ材料、コンクリート及び金属塊は、埋設処分の対象となっており、埋設処分の評価経路に相当するクリアランス対象物量が 1,428.8 トン／年であることから、一括クリアランスに係るクリアランスレベルの算出に用いる物量を 1,500 トン／年とすることとした。

また、個別クリアランスについては、クリアランス対象物量は 9.298 トン／年であることから、

クリアランスレベルの算出に用いる物量を 10 トン／年とすることとした。

次に、焼却処理の評価経路に相当する物量のうち、一括クリアランスについては、1,001.53 トン／年であることから、クリアランスレベルの算出に用いる物量を 1,000 トン／年とすることとした。また、個別クリアランスについては、1.083 トン／年であることから、クリアランスレベルの算出に用いる物量を 1.1 トン／年とすることとした。

４．１．２ 放射化物について

放射線発生装置は、放射性同位元素と同様に、医療機関、研究機関、教育機関、民間企業等で使用されている。これらの放射線発生装置は、使用する荷電粒子の加速エネルギーの大きさによって、装置が使用される施設の態様が異なる。すなわち、加速エネルギーの小さな治療用電子直線加速装置や PET 核種製造用小型サイクロトロンは、医療機関等のような小規模施設で使用され、加速エネルギーの大きなサイクロトロン、シンクロトロンは、教育機関、研究機関、民間企業等のような大規模施設で使用される傾向にある。さらに、使用する荷電粒子の加速エネルギーの大きさやビーム強度等によって、構成機器、設備及び収納室の構成部材において発生する放射化物の放射化の程度が異なってくる。

これらのことから、放射線発生装置及び放射線発生装置使用施設の解体等に伴って発生するクリアランス対象物の物量は、放射線発生装置の種類により大きく異なる。

４．１．２．１ 放射化物のうちクリアランス対象物の物量の考え方

上述のように、発生するクリアランス対象物の物量は、装置の加速エネルギーの大きさやビーム強度等によって異なる。そこで、表 4.4 に示す「国内の代表的な医療機関、研究機関等の放射線発生装置使用施設から発生する廃棄物等の物量に関するアンケート調査の結果（大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（以下、「高エネ研」という。）が、大学等放射線施設協議会等の協力を得て行った調査の結果)」に基づき、表 4.5 に示すように装置の加速エネルギーの加速粒子の種類や加速エネルギーの大きさにより区別し、代表的な施設を対象として施設の解体等に伴って発生することが予想されるクリアランス対象物の物量を算出した。

その結果、医療機関のような小規模施設で発生する物量と研究機関、教育機関のような大規模施設で発生する物量では大きく異なり、それぞれの施設で個別にクリアランスを実施する場合が想定されることなどから、いずれの場合にも安全が確保されるように、大規模施設及び小規模施設のそれぞれに対してクリアランスレベルの算出に用いるクリアランス対象物等の物量を求めた。

ここで、小規模施設については、表 4.5 の A から D の施設に係る調査結果を参考に、鉄、ステンレス鋼、アルミニウム、銅、コンクリートからなる各物品の最大物量の合計をクリアランス対象物の物量とし、同様に、大規模施設については、表 4.5 の E から K の施設に係る調査結果を参考に、鉄、ステンレス鋼、アルミニウム、銅、コンクリートからなる各物品の最大物量の合計をクリアランス対象物の物量とした。

また、対象物の種類毎のクリアランスレベルを比較検討するため、大規模施設及び小規模施設にそれぞれの金属類の最大物量の合計及びコンクリートの最大物量をクリアランスレベル算出のための物量とした。

４．１．２．２ 放射化物に係るクリアランス対象物とその物量

産業廃棄物の処分において、埋設処分の対象となっているものの情報を参考に、鉄、ステンレス鋼、アルミニウム、銅、コンクリートが埋設処分されるものとして対象物の物量を算出した。なお、「４．１．２．１項」で述べたとおり、放射線発生装置使用施設は、医療機関のような小規模施設から研究・教育機関のような大規模施設まであり、施設毎のクリアランス対象物の物量が大きく異なると予想されることから、クリアランスレベルの算出においては、大規模施設及び小規模施設それぞれに対して物量を算出した。その結果、表 4.6 に示すように、大規模施設については、表 4.5 の E から K の施設に係る調査結果によると、鉄、ステンレス鋼、アルミニウム、銅、コンクリートの最大物量の合計が 42,489 トンとなることから、クリアランスレベルの算出に用いる物量を 42,000 トンとすることとした。また、小規模施設については、表 4.5 の A から D の施設に係る調査結果によると、鉄、ステンレス鋼、アルミニウム、銅、コンクリートの最大物量の合計が 259.31 トンとなることから、クリアランスレベルの算出に用いる物量を 300 トンとすることとした。

表 4.1　放射性同位元素の使用等に伴って発生する RI 汚染物の一括クリアランスを想定した場合のクリアランス対象物の物量について

クリアランス対象物の物量[推定] (ton/year)							
区分	クリアランスの対象となる種別名称		RI 協会（年間あたりの集荷量）		RI 協会（保管中のうち年間のクリアランス対象）		原子力機構（年間あたりのクリアランス対象）	合計
			研究 RI 汚染物	医療 RI 汚染物	研究 RI 汚染物	医療 RI 汚染物		
RI 汚染物（可燃物）	紙類・布類・木片		7.0	3.0	50	3	7.8	70.8
	プラスチック類		30	89	205	14	3.4	341.4
	動物死体		0.83	—	18	—	—	18.83
	フィルタ	HEPA/PRE	81	55	50	3	—	189
		チャコール	23	19	89	30	—	161
	小　計		141.83	166	412	50	11.2	781.03
RI 汚染物（不燃物）	ガラス・薄肉金属等		20	44	178	136	3.5	381.5
	コンクリート		17	0.5	136	4	8.3	165.8
	金属塊		16	0.5	129	4	23.6	173.1
	土砂		2	—	15	—	—	17
	小　計		55	45	458	144	35.4	737.4
合　　計			196.83	211	870	194	46.6	1518.43

表 4.2　放射性同位元素の使用等に伴って発生する RI 汚染物の個別クリアランスを想定した場合のクリアランス対象物の物量について

クリアランス対象物［推定］					
区分	クリアランスの対象となる種別名称		年間あたりの物量(ton/year)*		
			研究 RI 汚染物（研究施設等 684 事業所平均）	医療 RI 汚染物（医療機関等 839 事業所平均）	RI 汚染物（1523 事業所平均）
RI 汚染物（可燃物）	紙類・布類・木片		0.051	0.018	0.032
	プラスチック類		0.219	0.530	0.390
	動物死体		0.006	—	0.003
	フィルタ	HEPA/PRE	0.592	0.328	0.449
		チャコール	0.168	0.113	0.138
	小　　計		1.036	0.989	1.012
RI 汚染物（不燃物）	ガラス・薄肉金属等		0.146	0.262	0.210
	コンクリート		0.124	0.003	0.057
	金属塊		0.117	0.003	0.054
	土砂**		8	—	8
	小　　計		8.387	0.268	8.321
合　　計			9.423	1.257	9.333

*　RI 協会が集荷した RI 廃棄物より算出した事業所当りの年間平均クリアランス対象物量に 5 年間分の保管量を一度にクリアランスすることを想定して 5 倍の物量とした。（この物量は、全事業所の 96%を包含する。）

**　土砂については、土壌汚染等によって突発的に活性することから、平均値ではなく、これまでの事例から 1 件当り 4 ton 程度の発生量があったため、2 倍の尤度をとって 8 ton とした。

表 4.3　RI 汚染物のクリアランス対象物のうち埋設処分、再利用、焼却処理の対象になるものとその物量について

クリアランス対象物[推定]					評価経路			
区分	クリアランスの対象となる種別名称		汚染物量(ton/year)		埋設処分	再利用	焼却処理	
			一括*1	個別*2				
RI 汚染物（可燃物）	紙類・布類・木片		70.8	0.032	—	—	○	・焼却灰の埋設処分*4 ・溶融固化物の再利用*4 ・焼却灰の溶融固化物の埋設処分
	プラスチック類		341.4	0.390	○	—	○	
	動物死体		18.83	0.003	—	—	○	
	フィルタ	HEPA/PRE	189	0.449	○	—	○	
		チャコール	161	0.138	○	—	—	
RI 汚染物（不燃物）	ガラス・薄肉金属等		381.5	0.210	○	—	○	・ガラス等医療廃棄物は加熱処理後埋設処分
	コンクリート		165.8	0.057	○	○	—	
	金属塊		173.1	0.054	○	○	—	
	土砂		17	8*3	○	—	—	
合 計 (ton/year)			1518.43	9.333	一括 ：1428.8 個別 ：9.298		一括 ：1001.53 個別 ：1.083	

*1　RI 協会が集荷した RI 廃棄物のクリアランス対象物量について（平成 21 年 6 月 10 日）から引用

*2　RI 協会が集荷した RI 廃棄物より試算した事業所当りの年間平均クリアランス対象物量に 5 年間分の保管量を一度にクリアランスすることを想定して 5 倍の物量とした。（この物量は、全事業所の 96%を包含する。）

*3　土砂については、土壌汚染等によって突発的に発生することから、平均値ではなく、これまでの事例から 1 件当り 4ton 程度の発生量があったため、2 倍の尤度をとって 8ton とした。

*4　平成 12 年 6 月 16 日　原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会　「核燃料使用施設、RI 法対象施設等におけるクリアランスレベルについて」における評価シナリオにおいて、焼却灰の埋設処分及び焼却灰の溶融固化物の再利用は検討が行われている。

表 4.4 国内の代表的な医療機関、研究機関等の放射線発生装置使用施設から発生する廃棄物の物量に関するアンケート調査の結果

			物量（ton）					種類別発生量（ton）															建屋物量（ton）		
								低レベル廃棄物					クリアランスレベル以下の廃棄物					放射性廃棄物でない廃棄物					コンクリート量		
			鉄	ステンレス鋼	アルミニウム	銅	鉛	鉄	ステンレス鋼	アルミニウム	銅	鉛	鉄	ステンレス鋼	アルミニウム	銅	鉛	鉄	ステンレス鋼	アルミニウム	銅	鉛	低レベル廃棄物	クリアランスレベル以下の廃棄物	放射性廃棄物でない廃棄物
医療機関	直線加速装置	A 施設 6MeV 加速粒子：電子	7.49	0	0	0.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.49	0	0	0.49	0	0	0	0
		B 施設 10MeV 加速粒子：電子	4.205	0.001	0.2	0.671	0.4	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0.006	0	4.205	0	0.2	0.665	0.4	0	0	0
		C 施設 15MeV 加速粒子：電子	4.205	0.001	0.2	0.67	0.4	0.35	0.001	0	0.005	0	3.855	0	0.2	0.665	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
	サイクロトロン	D 施設 7.5～18Mev 加速粒子：粒子	8.7	0.01	0.3	1.75	0	0.7	0	0.2	0.65	0	8	0.01	0.1	1.1	0	0	0	0	1.2	0	70	250	300
研究機関	シンクロトロン	E 施設 8Gev 加速粒子：電子	4166	54.2	0	162.1	13	658.4	0.12	0	0.21	0	3166.6	2.08	0	61.89	0	341	52	0	100	13	0	0	145788
		F 施設 12Gev 加速粒子：粒子	12298.5	555.3	0	1288.5	1.3	6799	221	0	496	0	4140	314	0	729	0	1359.5	5.3	0	3.5	1.3	36230	36380	73850
	サイクロトロン	G 施設 400Mev 加速粒子：粒子	18040	1450	4.2	825	0	7940	1240	0.5	293	0	4300	87	1.5	361	0	5800	123	2.2	171	0	4340	6182	233896
	プラズマ発生装置	H 施設	5233	671	35.5	1112	0	0	9	0	0	0	3316	662	35	1112	0	1917	0	0.5	0.035	0	0	0	72900
教育機関	サイクロトロン	I 施設 400Mev 加速粒子：粒子	2889	2.26	0	40	0	1075	0.9	0	5	0	850	0.7	0	7	0	964	0.66	0	28	0	4960	30740	87860
	サイクロトロン	J 施設 90Mev 加速粒子：粒子	1077.65	8.071	0.4	2.379	0	217.6	3.3	0.08	0.9	0	79.57	3.73	0.32	1.47	0	20	1	0	0	0	556.7	2003.5	6825.5
民間企業	サイクロトロン	K 施設 30MeV 加速粒子：粒子	147	0.9	8	26	4	147	0.9	8	26	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1322	2046	6796

表 4.5　放射線発生装置の使用等に伴い発生する放射化物のうち施設の解体時に生ずるクリアランス対象物の物量について

クリアランス対象物の想定物量（ton）													
区分	クリアランスの対象となる主な物品名		小規模施設				大規模施設						
			医療機関				研究機関				教育機関		民間企業
			直線加速装置			サイクロトロン	シンクロトロン		サイクロトロン	プラズマ発生装置	サイクロトロン	サイクロトロン	サイクロトロン
			A施設 6MeV 電子加速	B施設 10MeV 電子加速	C施設 15MeV 電子加速	D施設 7.5～18MeV 粒子加速	E施設 8GeV 電子加速	F施設 12GeV 粒子加速	G施設 400MeV 粒子加速	H施設	I施設 400MeV 粒子加速	J施設 90MeV 粒子加速	K施設 30MeV 粒子加速
金属	鉄	電磁石、鉄遮へい、加速管、電源等	0	0	3.855	8	3166.6	4140	4300	3316	850	79.57	0
	ステンレス鋼	真空ダクト、真空ポンプ、冷却水配管、支持構造部等	0	0.001	0	0.01	2.08	314	87	662	0.7	3.73	0
	アルミニウム	真空箱、配管、ケーブルトレー等	0	0	0.2	0.1	0	0	1.5	35	0	0.32	0
	銅	電磁石コイル、ケーブル等	0	0.006	0.665	1.1	61.89	729	361	1112	7	1.47	0
	鉛	鉛遮へい	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
コンクリート			0	0	0	250	0	36380	6182	0	30740	2003.5	2046

＊集計結果から、各材質でクリアランス対象汚染物の物量が最も大きい施設は、大規模施設においては研究機関の F 施設、G 施設及び H 施設で、小規模施設においては医療機関の C 施設及び D 施設でそれぞれ包含される。

表 4.6　放射化物のクリアランス対象物のうち埋設処分、再利用、再使用の対象となるものとその物量について

クリアランス対象物					評　価　経　路		
区分	クリアランスの対象となる主な物品名		汚染物量 (ton)		埋設処分	再利用	再使用
			大規模施設*	小規模施設**			
金属	鉄	電磁石、鉄遮へい、加速管、電源等	4300	8	○（電磁石、鉄遮へい、加速管他の一部）	○	○（電源）
	ステンレス鋼	真空ダクト、真空ポンプ、冷却水配管、支持構造部等	662	0.01	○（真空ダクト、冷却水配管の一部）	○	○（真空ポンプ）
	アルミニウム	真空箱、配管、ケーブルトレー等	35	0.2	○（配管の一部）	○	—
	銅	電磁石コイル、ケーブル等	1112	1.1	○（ケーブルの一部）	○	○（ケーブル）
	鉛	鉛遮へい	0	0.4	—	○	—
	小　計（ton）		6109	9.71			
コンクリート			36380	250	○（一部）	○	—
合　　計（ton）			42489	259.71	大規模施設：42489 小規模施設：259.31		

＊　：研究機関等施設の推定量（最大）

＊＊：　医療機関施設の推定量（最大）

４．２ クリアランスレベルの算出について

４．２．１ クリアランスレベルを算出する対象核種の選定

４．２．１．１ RI 汚染物に係る対象核種の選定

クリアランスレベルを算出する対象核種の選定については、RI 協会及び原子力機構により示された情報を基本として考え方を取りまとめた（付録２「第 29 回放射線安全規制検討会 参考資料 3」参照）。対象核種の選定においては、RI 使用施設等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することが必要である。そのため、RI 協会が RI 使用者等に供給している主な核種、RI 協会が現在保管している RI 汚染物に含まれている核種、原子力機構が使用・保管している核種の中から、クリアランスレベルを算出する対象核種を選定した。

対象核種の選定では、RS-G-1.7 に示された核種の放射能濃度（Bq/g）の最大値と最小値の間には、6 桁の差があることを参考に、RI 協会から供給されている放射能量又は RI 汚染物中に含まれる放射能量が最大となる核種の放射能量を 1 として他の核種の放射能量を規格化し、相対比が 6 桁以内の核種を算出の対象核種として選定した。なお、クリアランスの対象物は、RI 使用施設等から発生する固体状の RI 汚染物であるため、希ガスの核種については選定の対象としないこととした。

（１）RI 協会から RI 使用者に供給されている主な核種

平成 16 年度から平成 20 年度に RI 協会が RI 使用者等に供給した非密封の研究用の核種及び医薬品用の核種※7で、「アイソトープ等流通統計(2009)」に核種名が記載されている研究用の核種のうち 33 核種及び医薬品用の核種のうち 14 核種について、放射能量が最大となる核種の放射能量を 1 として、他の核種の放射能量を規格化して相対比の評価を行った。その結果、選定した核種のうち、研究用の核種では H-3 の放射能量が、また、医薬品用の核種では Tc-99m の放射能量が最大であるため、これらの核種で規格化すると、それぞれ残りの 32 核種と 13 核種の全てが相対比 6 桁以内に含まれている。以上のことから、クリアランスレベルを算出する対象核種として、研究用の核種で 33 核種及び医薬品用の核種で 14 核種を選定した（付録２「第 29 回放射線安全規制検討会 参考資料 3」参照）。なお、ここで選定する 33 核種と 14 核種の放射能量の合計は、RI 協会が国内の RI 使用者等に供給している全核種の総放射能量の約 99.8%となっている。

（２）RI 協会において保管されている RI 汚染物に含まれる核種

RI 協会が国内の RI 使用施設等から集荷し、保管している RI 汚染物に含まれる 166 核種については、平成 20 年度現在の記録に基づいて、放射能量が最大となる C-14 の放射能量を 1 として、他の核種の放射能量の相対比が評価されている。この評価結果に基づき、放射能量の相対比が 6 桁以内となる核種のうち、当該核種に汚染されたものを収納している容器の数が、現在保管されている容器全数量（約 34 万個）と比べて、非常に少ない 100 個以下の容器のみにしか含まれていない核種は、比較的容易に当該核種を区分することが可能であるため、これら極めて稀な核種（133 核種）を除き、残りの 33 核種を評価対象として選定した。

なお、半減期が 1 日未満の核種については短期間に放射能が減衰することから対象から除外し

※7：「アイソトープ等流通統計(2009)」では、「放射性医薬品核種」と記載。

た。

（3）原子力機構における RI 汚染物に含まれる核種

原子力機構の RI 使用施設等において平成 16 年度から平成 20 年度までに使用及び保管されている RI 汚染物及び放射化物に含まれる 146 核種について、放射能量が最大となる Ir-192 の放射能量を 1 として、他の核種の放射能量の相対比が評価されている。この評価結果に基づき、相対比が 6 桁以内となる核種として 23 核種を評価対象として選定した。

なお、上記（2）と同様に、半減期が 1 日未満の核種については対象から除外した。

４．２．１．２ 放射化物に係る対象核種の選定

放射化物の生成の主要な原因が原子炉と同様に中性子によるものであることから、クリアランスレベルを算出する対象核種の選定については、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と考えられる（付録２「第 29 回放射線安全規制検討会参考資料 4」参照）。さらに、選定においては、クリアランス WG が平成 18 年 6 月に取りまとめた平成 18 年度中間報告書、及び「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」（平成 18 年 3 月、日本原子力研究開発機構）（以下、「基礎調査報告書」という。）の計算結果も参考にした。

（1）放射線発生装置の使用に伴う装置本体や周辺機器・構造物の放射化の考え方

平成 18 年度中間報告の中で、放射線発生装置の使用に伴う装置本体及びその周辺機器や構造物の放射化のメカニズムについて考察している。放射線発生装置の使用に伴って生じる発生装置本体や周辺構造物の放射化は、加速する荷電粒子と発生装置本体を構成する物質との相互作用によって生じる放射化（一次粒子による放射化）と、この相互作用に伴って発生する二次粒子（中性子）と発生装置本体や周辺機器、遮へいコンクリート、建屋構造物等に含まれる構成元素との相互作用によって生じる放射化（中性子による放射化）に分けることができる。このため、基本的には原子炉施設のクリアランスレベルの算出に係る核種の選定手順を参考にすることができるものと考える。ただし、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[※8,※9]のみならず、速中性子反応[※10]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うこととした。

また、原子炉等規制法で原子炉施設に係るクリアランスレベルとして既に規定されている核種の中からも今回のクリアランスレベルの算出を行う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った。

（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

平成 18 年度中間報告では、放射線発生装置及びその使用施設を構成する主要な材質は、鉄、ス

※8：「熱中性子」は、周囲の媒質と熱平衡にある中性子[JIS Z 4001 より]。例えば、カドミウムやホウ素などは熱中性子の吸収断面積が非常に大きく、熱中性子の吸収材として用いられる。

※9：「中性子捕獲」は、原子核による中性子の捕獲[JIS Z 4001 より]。

※10：「速中性子」は、ある特定の値より大きい運動エネルギーをもつ中性子[JIS Z4001 より]。エネルギーの高い（高速で移動する）中性子で、核反応（例えば、核分裂）によって発生する中性子はこのエネルギー領域のものである。原子核と衝突を繰り返すことで減速し、熱外中性子、熱中性子となる。

テンレス鋼、銅、アルミニウム、鉛及びコンクリートであることから、これらの材質に含まれる成分（元素）を基に、放射線発生装置の使用に伴い生成する核種の種類と放射能について検討が行われている。なお、施設の解体を行った場合の放射化物のクリアランスレベルの評価過程を考慮して冷却期間は 1 年、半減期は 1 月を超える核種を対象として検討が行われている。

評価対象核種の選定に当たっては、核種の生成量(D)及び RS-G-1.7 の値(C)をもとに、得られる主要核種の D/C の、最大値を与える核種の(D/C)max に対する比［(D/C)／(D/C)max］を求め、これを指標に選定した。その結果、コンクリートについては平成 18 年度中間報告書の表 6 に示された核種のうち、高エネ研の陽子加速器（12GeV 陽子加速器施設）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 桁目までに含まれる核種が評価対象として選定されている。コンクリート以外の材質については、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 桁目までの核種が評価対象として選定されている。

上述の考え方に基づいて、放射化物に係るクリアランスレベルの算出を行う対象核種を選定することした（付録２「第 29 回放射線安全規制検討会 参考資料 4 及び第 19 回クリアランスＷＧ資料第 19-2 号より抜粋」参照）。さらに、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考えられる核種についても評価対象の核種として追加することとした。

４．２．１．３ クリアランスレベルを算出する対象核種の選定結果

上述の検討結果を踏まえ、表 4.7 に示すとおり、放射線障害防止法でクリアランスレベルを算出する核種として、RI 汚染物に関連しては 53 核種、放射化物に関連しては 37 核種を選定することとした。

４．２．１．４ 対象核種の選定に係る留意事項

国内の RI 使用施設では、今回 RI 汚染物に係る対象核種として選定した 53 核種以外の核種がこれまでに取り扱われている。また、今後新たな放射性同位元素の利用ニーズが想定される。さらに、放射線発生装置の高性能化や新しい機器構造材料を導入した放射線発生装置本体及び周辺構造物の放射化により、今回放射化物に係る対象核種として選定した 37 核種以外の核種の発生が考えられる。これらを考慮すると、対象核種の選定に係る留意事項として、本検討で選定した対象核種以外の核種については、今後も必要に応じてクリアランスレベルの設定に係る検討を行うこととする。

表 4.7　RI 汚染物及び放射化物に係るクリアランスレベルを設定する対象核種

核種	RI 汚染物に係る選定核種（53 核種）	放射化物に係る選定核種（37 核種）	【参考】IAEA RS-G-1.7 (Bq/g)	核種	RI 汚染物に係る選定核種（53 核種）	放射化物に係る選定核種（37 核種）	【参考】IAEA RS-G-1.7 (Bq/g)
H-3	○	○	100	Mo-99	○		10
Be-7		○	10	Tc-99	○		1
C-14	○	○	1	Tc-99m	○		100
F-18	○		10	Ag-108m		○	－
Na-22	○	○	0.1	Ag-110m		○	0.1
P-32	○		1000	Cd-109	○		1
P-33	○		1000	In-111	○		10
S-35	○		100	Sn-113		○	1
Cl-36	○	○	1	Sb-124		○	1
Ca-41		○	－	Sb-125	○	○	0.1
Ca-45	○	○	100	Te-123m		○	1
Sc-46		○	0.1	I-123	○		100
Ti-44		○	－	I-125	○		100
V-49	○		－	I-131	○		10
Cr-51	○		100	Cs-134	○	○	0.1
Mn-54	○	○	0.1	Cs-137	○	○	0.1
Fe-55	○	○	1000	Ba-133	○	○	－
Fe-59	○	○	1	Ce-139		○	1
Co-56		○	0.1	Ce-141	○		100
Co-57	○	○	1	Pm-147	○		1000
Co-58	○	○	1	Eu-152	○	○	0.1
Co-60	○	○	0.1	Eu-154		○	0.1
Ni-59		○	100	Gd-153	○		10
Ni-63	○	○	100	Tb-160		○	1
Zn-65	○	○	0.1	Yb-169	○		－
Ga-67	○		－	Ta-182		○	0.1
Ge-68	○		－	W-188	○		－
Se-75	○		1	Re-186	○		1000
Rb-81	○		－	Ir-192	○		1
Rb-86	○		100	Au-195		○	－
Sr-85	○		1	Au-198	○		10
Sr-89	○		1000	Hg-203		○	10
Sr-90	○		1	Tl-201	○		100
Y-90	○		1000	Tl-204	○		1
Nb-93m		○	10	Am-241	○		0.1
Nb-94		○	0.1	Cm-244	○		1

４．２．２ クリアランスレベルの算出に係る評価経路について

RI 汚染物及び放射化物の埋設処分及び再利用・再使用に係る評価経路については、原子炉クリアランス報告書で示された評価経路及びその選定の考え方を参考にすることとした。なお、原子力安全委員会が実施した再評価報告書において、他の評価経路に比べて線量が十分小さいと判断された評価経路については、検討の対象とされていないことを踏まえ、今回のクリアランスレベルの算出においてもこれと同様に検討の対象としないこととした。

また、評価経路に関しては、RI 事業者の実態を踏まえ、埋設処分、再利用・再使用に係る評価経路に加えて、新たに RI 汚染物の焼却処理に係る評価経路について検討を行った。なお、埋設処分、再利用・再使用に係る評価経路に対する評価の考え方と同様に、他の評価経路に比べて線量が十分小さいと判断された評価経路については、焼却処理についても検討の対象としないこととした。

４．２．２．１ 埋設処分の評価経路

埋設処分に係る評価経路を図 4.1 に示すとともに、その選定の考え方を表 4.8 に示す。クリアランスレベルを算出する対象となる評価経路は、網羅的に選定された 125 経路の中から、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及び他の経路の評価結果に包含される経路を除いた 27 経路とした。

４．２．２．２ 再利用・再使用の評価経路

再利用・再使用に係る評価経路を図 4.2 に示すとともに、その選定の考え方を表 4.9 に示す。クリアランスレベルを算出する対象となる評価経路は、網羅的に選定された 78 経路の中から、埋設処分の評価経路も考慮したうえで、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及び他の経路の評価結果に包含される経路を除いた 28 経路とした。

また、放射化物の再使用の評価経路においては、真空ポンプ、電源、ケーブルを再使用される対象物とすることとした[※11]。これらの対象物の中で被ばくの影響が最大となることが想定される電源が再使用される場合の評価を行うことにより、再使用の対象物についての評価を包含できるものと考える。

４．２．２．３ 焼却処理の評価経路

今回のクリアランスレベルの算出では、原子炉等規制法で採用されている埋設処分、再利用・再使用に係る評価経路に加えて、RI 汚染物の焼却処理に係る評価経路について新たに検討を行った。

その結果を図 4.3 に示すとともに、その選定の考え方を表 4.10 に示す。クリアランスレベルを算出する対象となる評価経路は、網羅的に選定された 73 経路の中から、埋設処分や再利用・再使用の評価経路も考慮したうえで、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及び他

※11：放射線発生装置で使用されている電磁石については、クリアランス WG における検討の結果、現状では、管理区域における再使用に限定されることから、今回の再使用の評価経路の対象物とはしないこととした。

の経路の評価結果に包含される経路を除いた 31 経路とした。

なお、可燃性の 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検認においては RI 汚染物等が収納された容器内での複数核種の混在、汚染の局在化、内容物の不均一性等により実効性のある合理的な測定方法等に課題が想定される。そのため、可燃性の RI 汚染物が事業所内で焼却処理された後に、その焼却灰をクリアランスの対象物として検認することも想定されるため、これらの行為も念頭において検討を行うこととした。

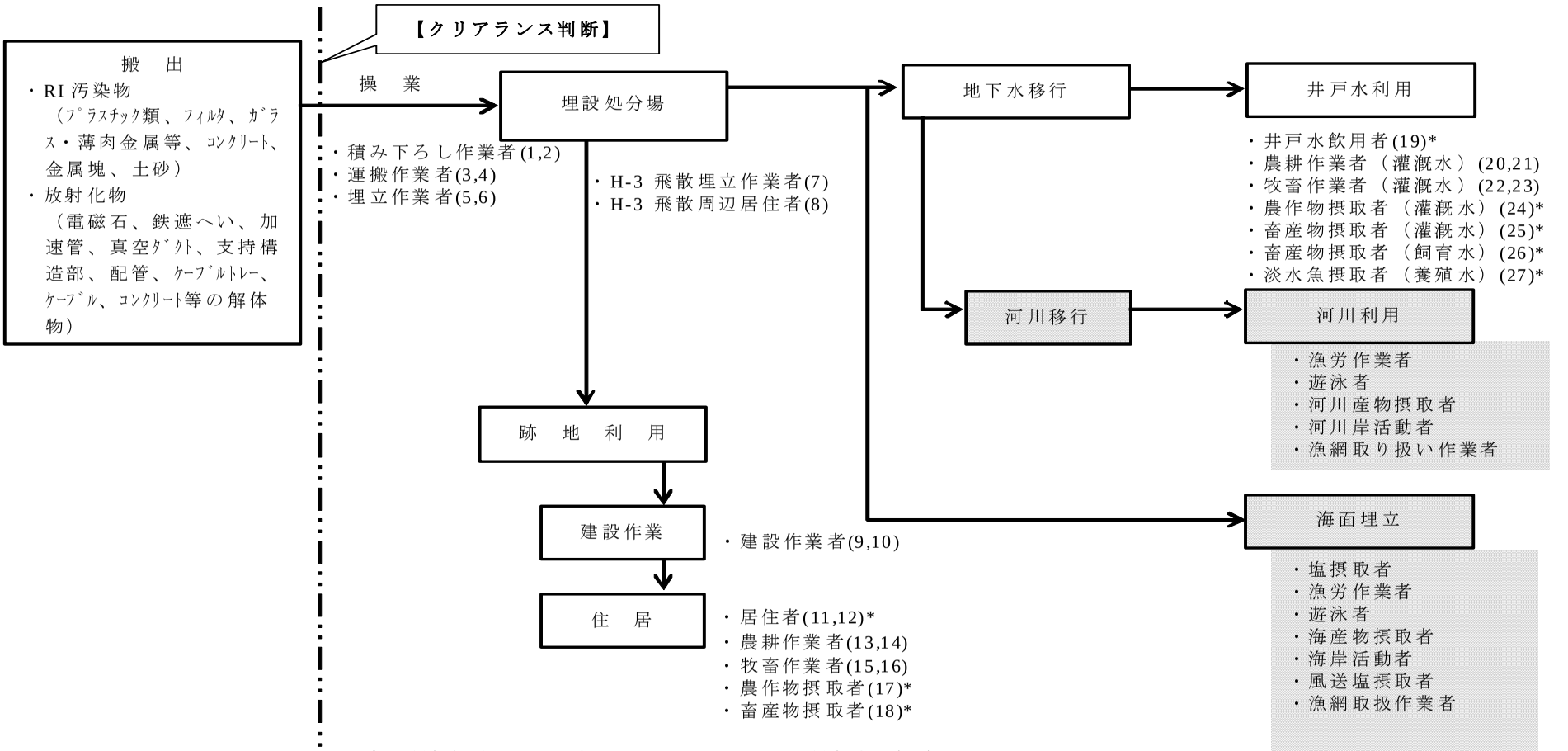


図 4.1　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に埋設処分される場合の評価経路

評価経路　表 4.8　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される場合の評価経路の選定（1／5）

「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）」 付属資料を参照

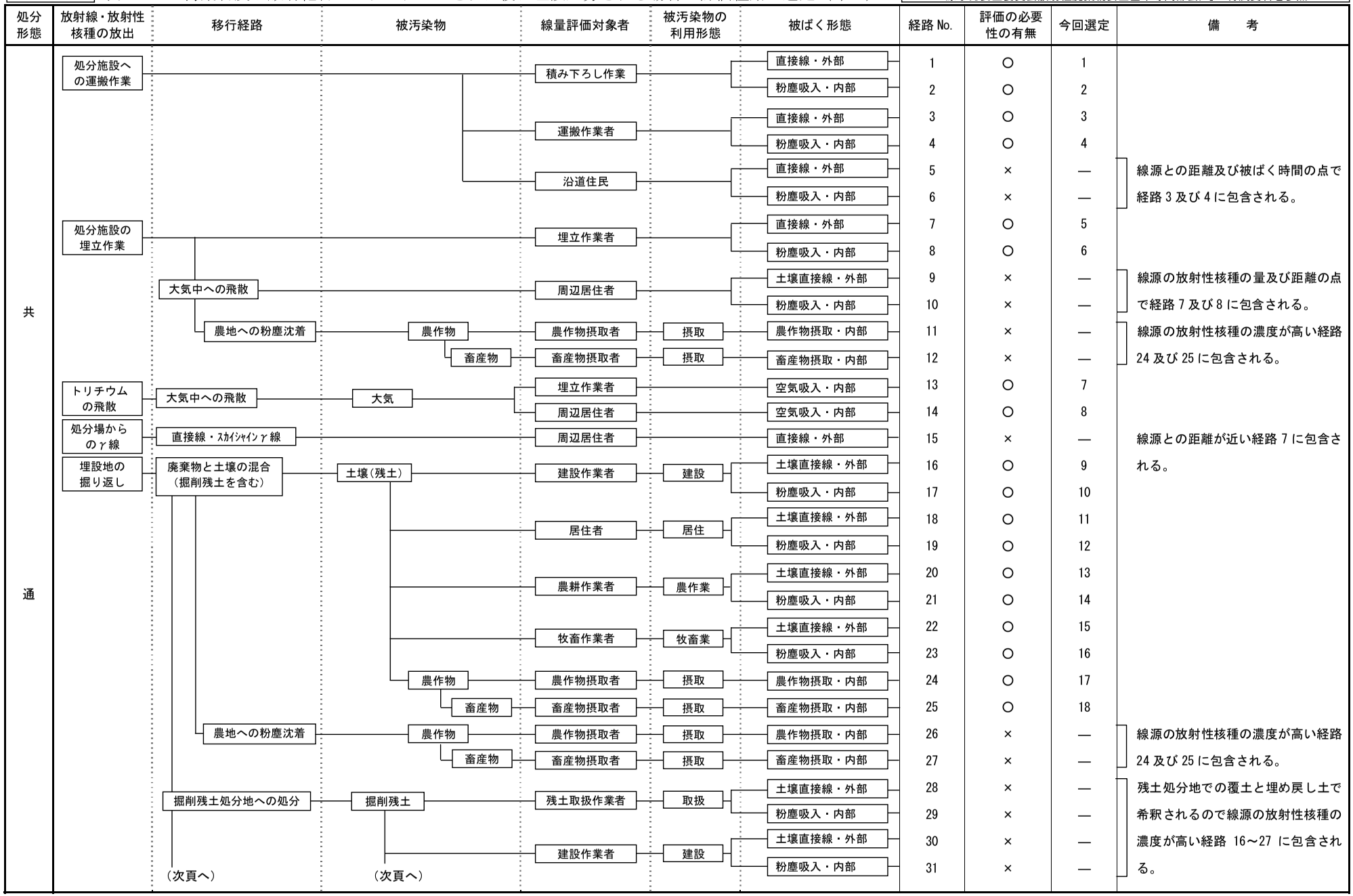


表 4.8　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に埋設処分される場合の評価経路の選定（2／5）

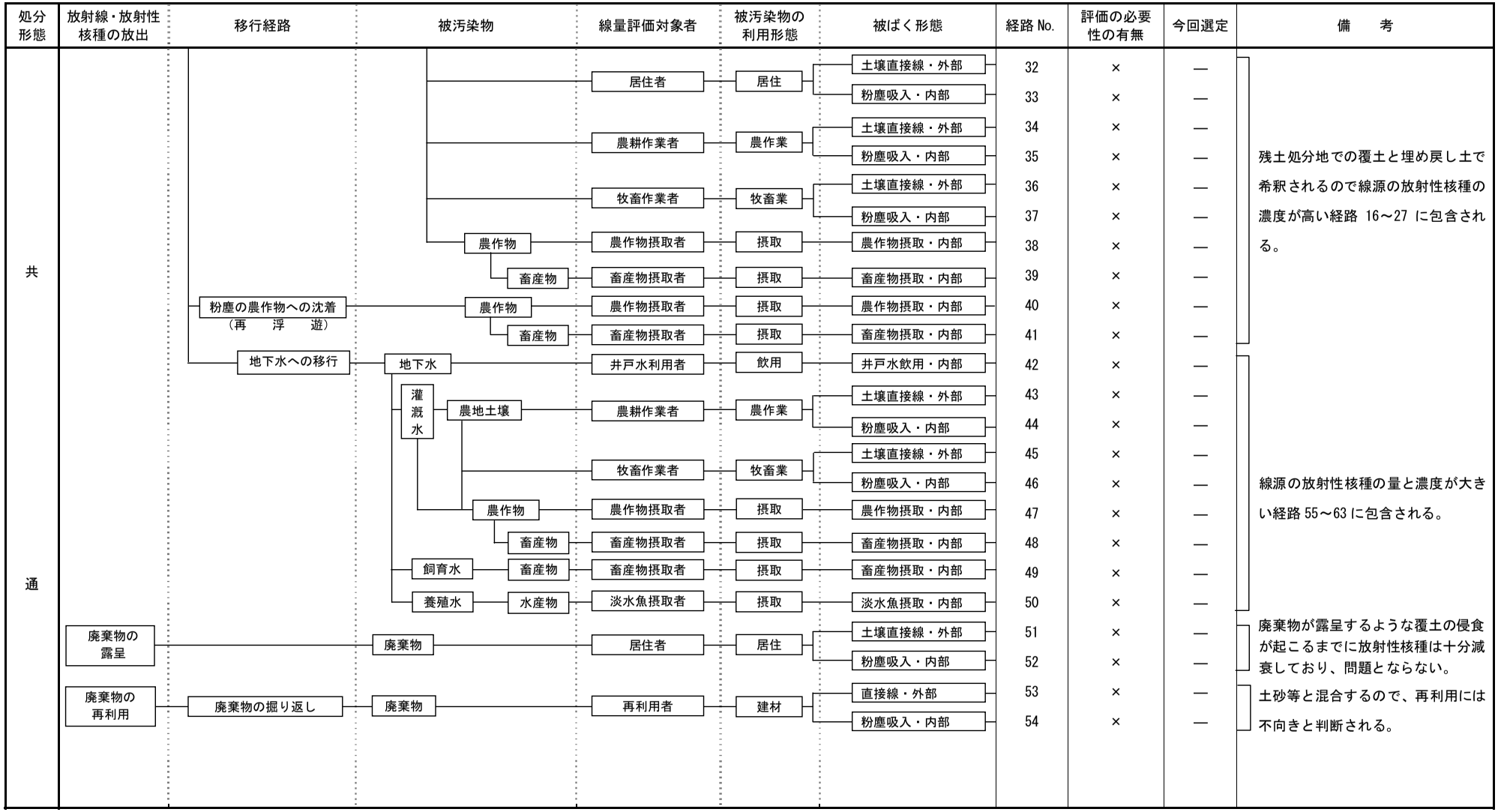


表 4.8　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に埋設処分される場合の評価経路の選定（3／5）

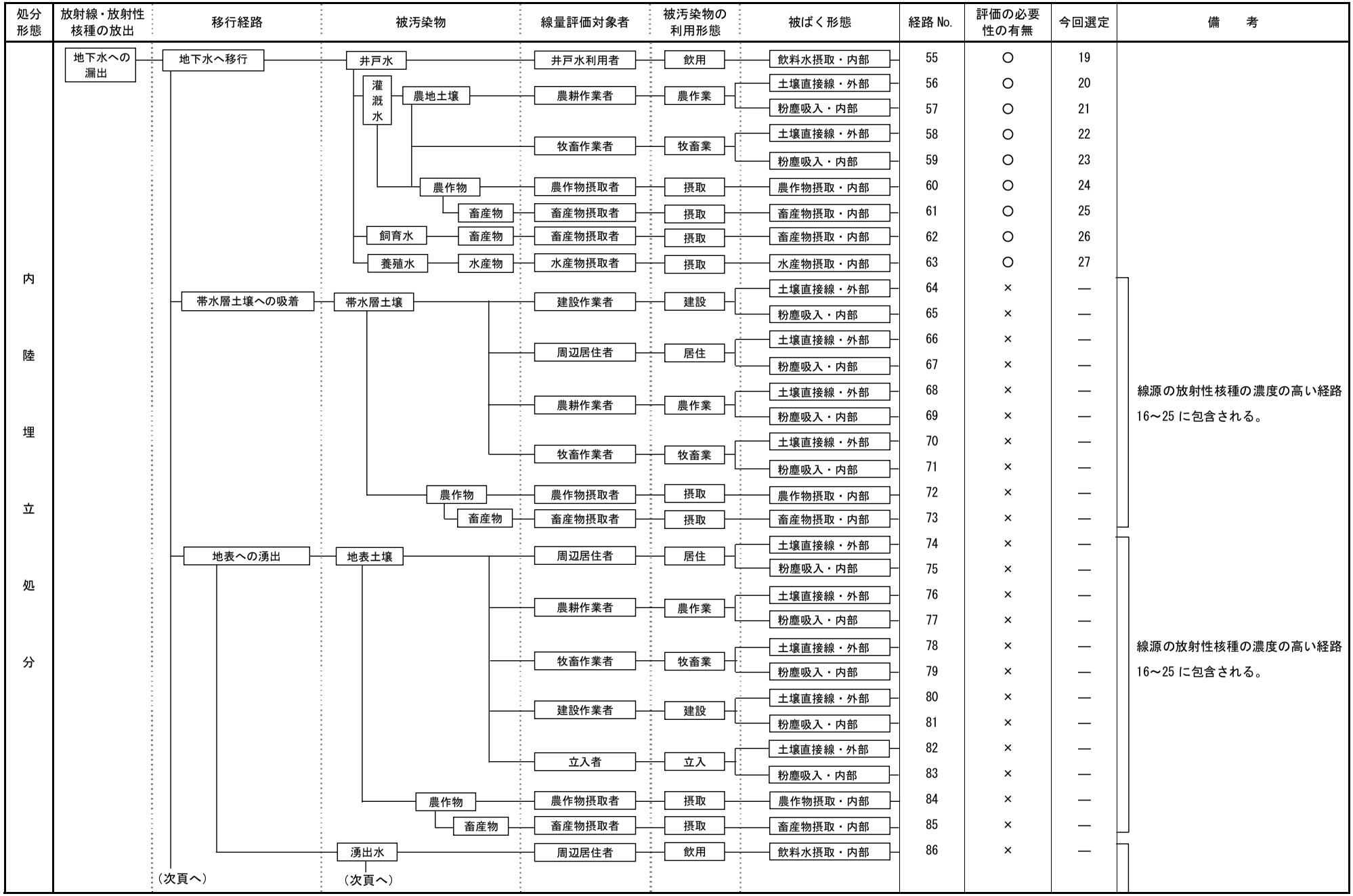


表 4.8　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に埋設処分される場合の評価経路の選定（4／5）

処分形態	放射線・放射性核種の放出	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	経路 No.	評価の必要性の有無	今回選定	備　考
内陸埋立処分		河川への流入	灌漑水 農地土壌	農耕作業者	農作業	土壌直接線・外部	87	×	—	線源の放射性核種の濃度が高い経路 55～63 に包含される。
						粉塵吸入・内部	88	×	—	
				牧畜作業者	牧畜業	土壌直接線・外部	89	×	—	
						粉塵吸入・内部	90	×	—	
			農作物	農作物摂取者	摂取	農作物摂取・内部	91	×	—	
			畜産物	畜産物摂取者	摂取	畜産物摂取・内部	92	×	—	
			飼育水 畜産物	畜産物摂取者	摂取	畜産物摂取・内部	93	×	—	
			養殖水 水産物	水産物摂取者	摂取	水産物摂取・内部	94	×	—	
			河川水	河川水利用者	飲用	飲料水摂取・内部	95	×	—	線源の放射性核種の濃度が高い経路 55 に包含される。
				河川水面活動者	漁労	河川面直接線・外部	96	×	—	核燃施設クリアランス報告書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である。
					遊泳	河川水ｻﾌﾞﾏｰｼﾞｮﾝ・外部	97	×	—	
			河川産物	河川産物摂取者	摂取	河川産物摂取・内部	98	×	—	
			河川岸砂	河川岸活動者	活動	河川岸直接線・外部	99	×	—	
						再浮遊砂吸入・内部	100	×	—	
			魚網	漁労作業者	漁労	魚網直接線・外部	101	×	—	
			灌漑水 農地土壌	農耕作業者	農作業	土壌直接線・外部	102	×	—	線源の放射性核種の濃度が高い経路 56～63 に包含される。
						粉塵吸入・内部	103	×	—	
				牧畜作業者	牧畜業	土壌直接線・外部	104	×	—	
						粉塵吸入・内部	105	×	—	
			農作物	農作物摂取者	摂取	農作物摂取・内部	106	×	—	
			畜産物	畜産物摂取者	摂取	畜産物摂取・内部	107	×	—	
			飼育水 畜産物	畜産物摂取者	摂取	畜産物摂取・内部	108	×	—	
			養殖水 水産物	水産物摂取者	摂取	水産物摂取・内部	109	×	—	
		海への流入	海水	海水利用者	製塩	塩摂取・内部	110	×	—	海に直接流入する経路 118～125 に包含される。
				海水面活動者	漁労	海面直接線・外部	111	×	—	
					遊泳	海水ｻﾌﾞﾏｰｼﾞｮﾝ・外部	112	×	—	
			海産物	海産物摂取者	摂取	海産物摂取・内部	113	×	—	
			海岸砂	海岸活動者	活動	海岸砂直接線・外部	114	×	—	
						再浮遊砂吸入・内部	115	×	—	
			風送塩	周辺居住者	居住	風送塩吸入・内部	116	×	—	
			魚網	漁労作業者	漁労	魚網直接線・外部	117	×	—	

表 4.8　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される場合の評価経路の選定（5／5）

処分形態	放射線・放射性核種の放出	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	経路 No.	評価の必要性の有無	今回選定	備　考
海水面埋立処分	海水面埋立	海への流入	海水	海水利用者	製塩	塩摂取・内部	118	×	—	核燃施設クリアランス報告書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である。
				海水面活動者	漁労	海面直接線・外部	119	×	—	
					遊泳	海水ｻﾌﾞﾏｰｼﾞｮﾝ・外部	120	×	—	
			海産物	海産物摂取者	摂取	海産物摂取・内部	121	×	—	
			海岸砂	海岸活動者	活動	海岸砂直接線・外部	122	×	—	
						再浮遊砂吸入・内部	123	×	—	
			風送塩	周辺居住者	居住	風送塩吸入・内部	124	×	—	
			魚網	漁労作業者	漁労	魚網直接線・外部	125	×	—	

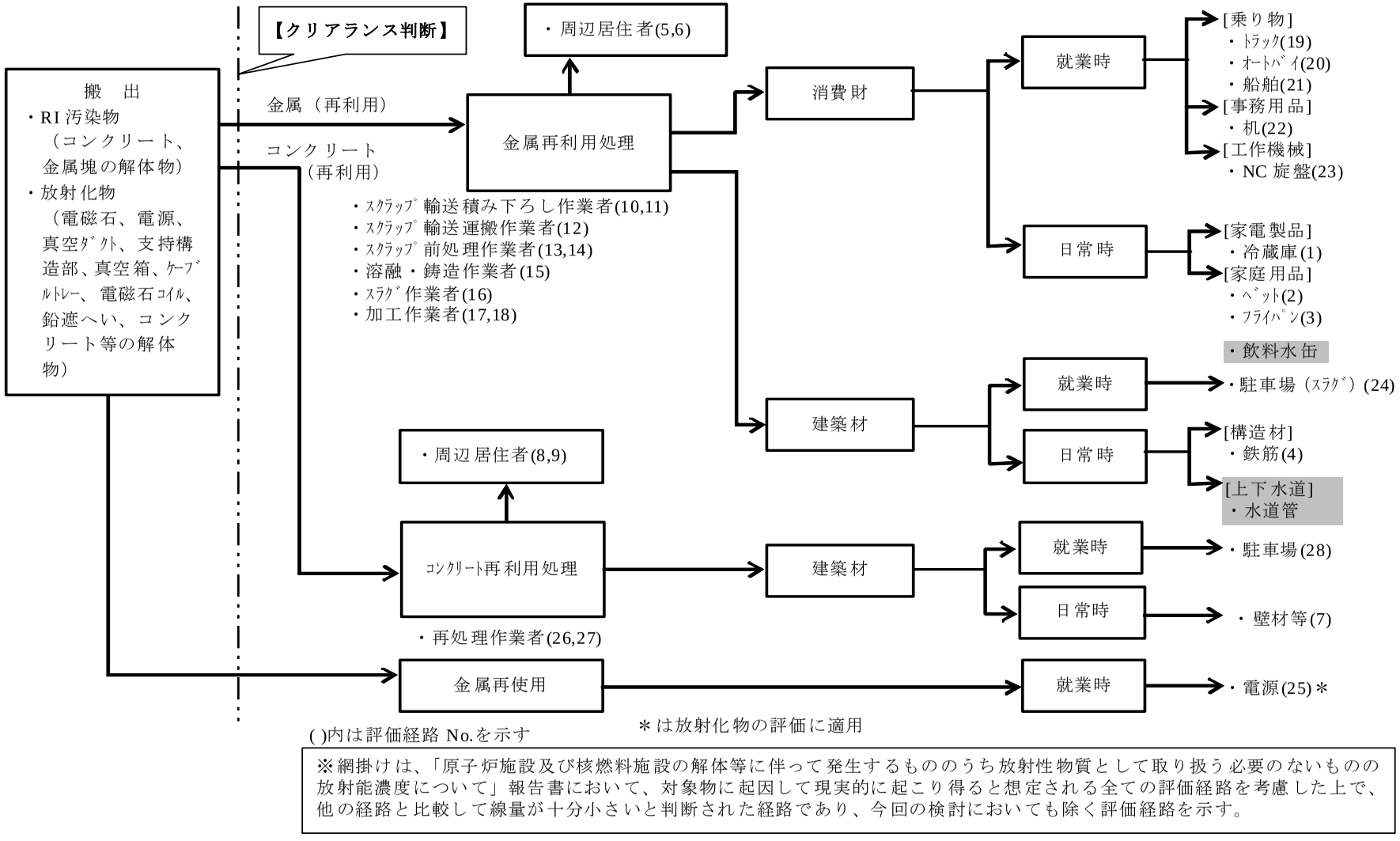


図 4.2　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に再利用・再使用される場合の評価経路

評価経路　表 4.9　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に再利用・再使用される場合の評価経路の選定（1／6）

「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）」 付属資料を参照

評価対象	再利用形態	再利用品分類	再利用処理工場	再利用品、再利用処理作業等	被ばく形態	形態 No.	評価の必要性	今回選定	備　考
日常生活時	金属再利用用途	消費財		乗り物					
				自動車	外部被ばく（閉空間内）	1	×	—	乗車時間の長い就業時の 46 に包含される。
				ｵｰﾄﾊﾞｲ	外部被ばく	2	×	—	乗車時間の長い就業時の 47 に包含される。
				自転車等	外部被ばく	3	×	—	乗車時間の長い就業時の 48 に包含される。
				電車	外部被ばく（閉空間内）	4	×	—	乗車時間の長い就業時の 51 に包含される。
				バス	外部被ばく（閉空間内）	5	×	—	乗車時間の長い就業時の 52 に包含される。
				ｴﾚﾍﾞｰﾀ等	外部被ばく（閉空間内）	6	×	—	乗車時間の長い就業時の 53 に包含される。
				家電製品					
				冷蔵庫	外部被ばく	7	○	1	
				洗濯機	外部被ばく	8	×	—	線源の幾何学的形状の大きい 7 に包含される。
				電子ﾚﾝｼﾞ	外部被ばく	9	×	—	線源の幾何学的形状の大きい 7 に包含される。
				湯沸器	外部被ばく	10	×	—	線源の幾何学的形状の大きい 7 に包含される。
				掃除機	外部被ばく	11	×	—	線源の幾何学的形状の大きい 7 に包含される。
				エアコン	外部被ばく	12	×	—	線源の幾何学的形状の大きい 7 に包含される。
				ステレオ	外部被ばく	13	×	—	線源の幾何学的形状の大きい 7 に包含される。
				テレビ等	外部被ばく	14	×	—	線源の幾何学的形状の大きい 7 に包含される。
				家庭用品					
				ベッド	外部被ばく	15	○	2	
	（次頁へ）	（次頁へ）		（次頁へ）					

表 4.9　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に再利用・再使用される場合の評価経路の選定（2／6）

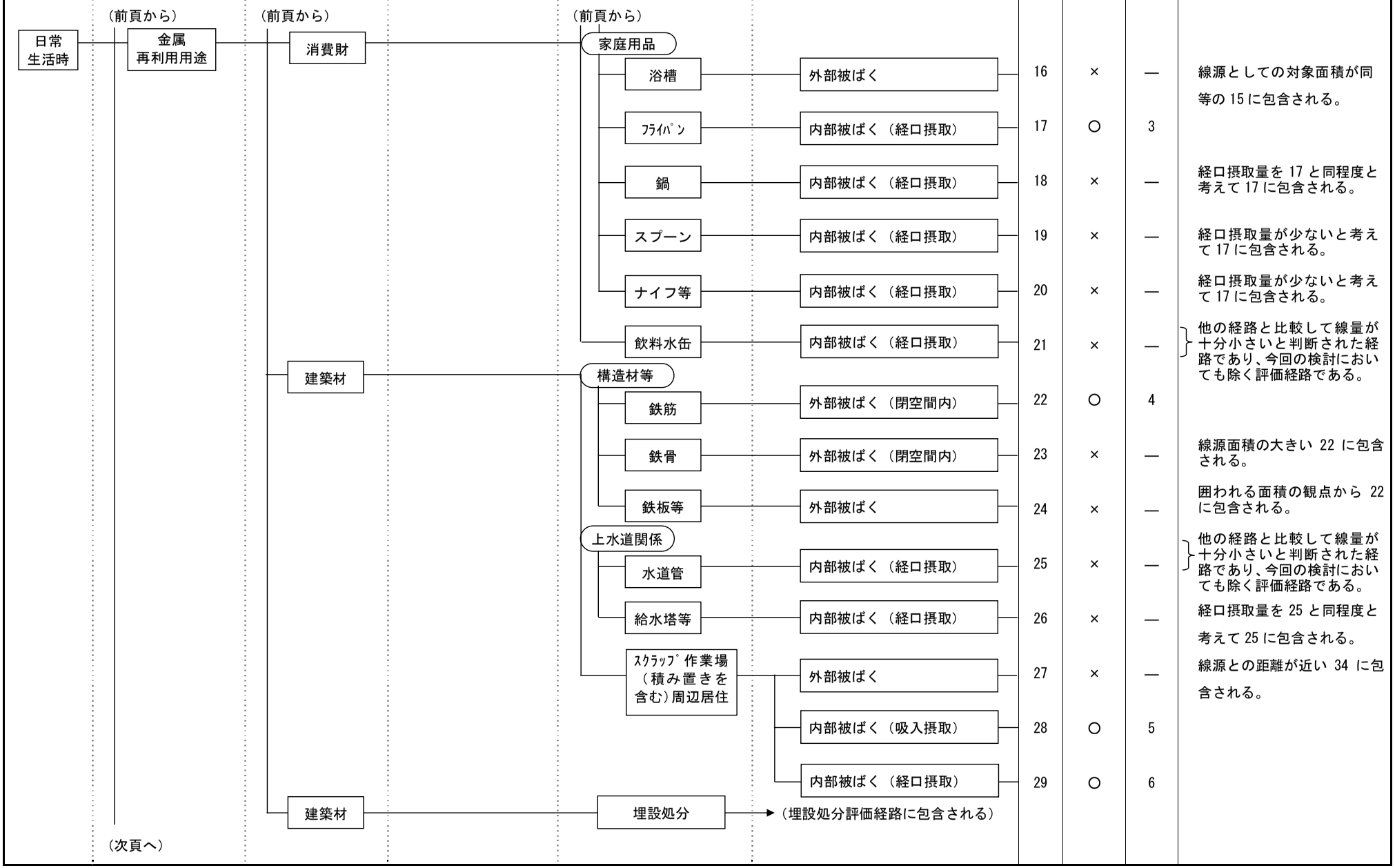


表 4.9　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に再利用・再使用される場合の評価経路の選定（3／6）

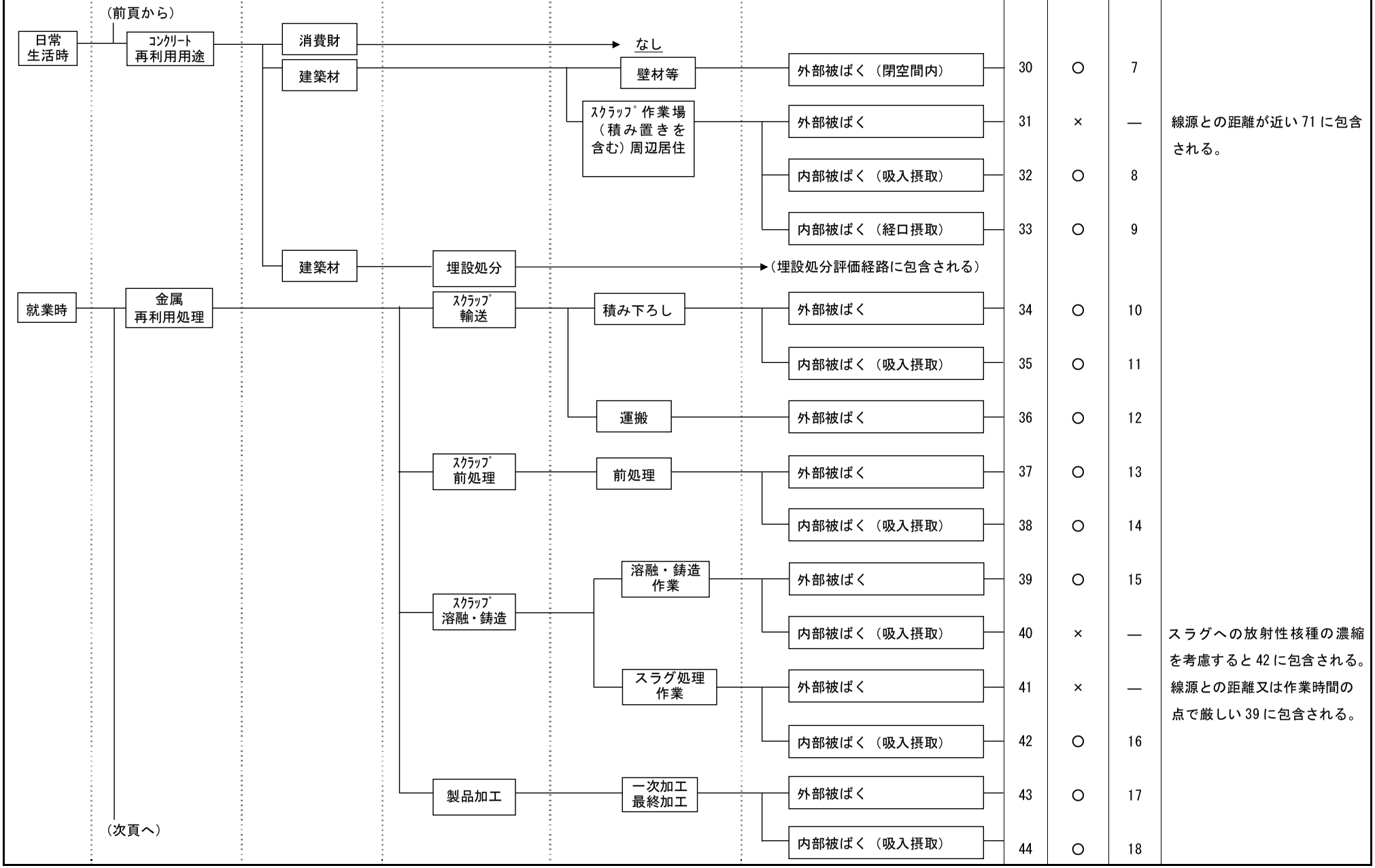


表 4.9　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に再利用・再使用される場合の評価経路の選定（4／6）　　＊は放射化物としての評価を適用

評価対象	再利用形態	再利用品分類	再利用処理工場	再利用品、再利用処理作業等	被ばく形態	形態No.	評価の必要性	今回選定	備　考
就業時	（前頁から）金属再利用用途	消費財		乗り物					
				トラック	外部被ばく（閉空間内）	45	○	19	
				乗用車等	外部被ばく（閉空間内）	46	×	—	閉空間容積の大きい 45 に包含される。
				ｵｰﾄﾊﾞｲ	外部被ばく	47	○	20	
				自転車等	外部被ばく	48	×	—	鉄使用量の多い 47 に包含される。
				船舶	外部被ばく（閉空間内）	49	○	21	
				自動車の鉛蓄電池＊	外部被ばく（閉空間内）	50	×	—＊	他の再利用に係る評価経路に包含される。
				電車	外部被ばく（閉空間内）	51	×	—	構造壁厚の厚い 49 に包含される。
				バス	外部被ばく（閉空間内）	52	×	—	構造壁厚の厚い 49 に包含される。
				ｴﾚﾍﾞｰﾀ等	外部被ばく（閉空間内）	53	×	—	構造壁厚の厚い 49 に包含される。
				事務用品					
				机	外部被ばく	54	○	22	
				椅子	外部被ばく	55	×	—	線源対象面積の大きい 54 に包含される。
				ロッカ	外部被ばく	56	×	—	線源との距離が近い 54 に包含される。
				書架等	外部被ばく	57	×	—	線源との距離が近い 54 に包含される。
				工作機械					「工作機械」として代表する。
				ＮＣ旋盤	外部被ばく	58	○	23	
				ﾌﾟﾚｽ機等	外部被ばく	59	×	—	線源対象面積の大きい 58 に包含される。
	（次頁へ）	（次頁へ）		（次頁へ）					

表 4.9　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に再利用・再使用される場合の評価経路の選定（5／6）　　＊は放射化物としての評価を適用

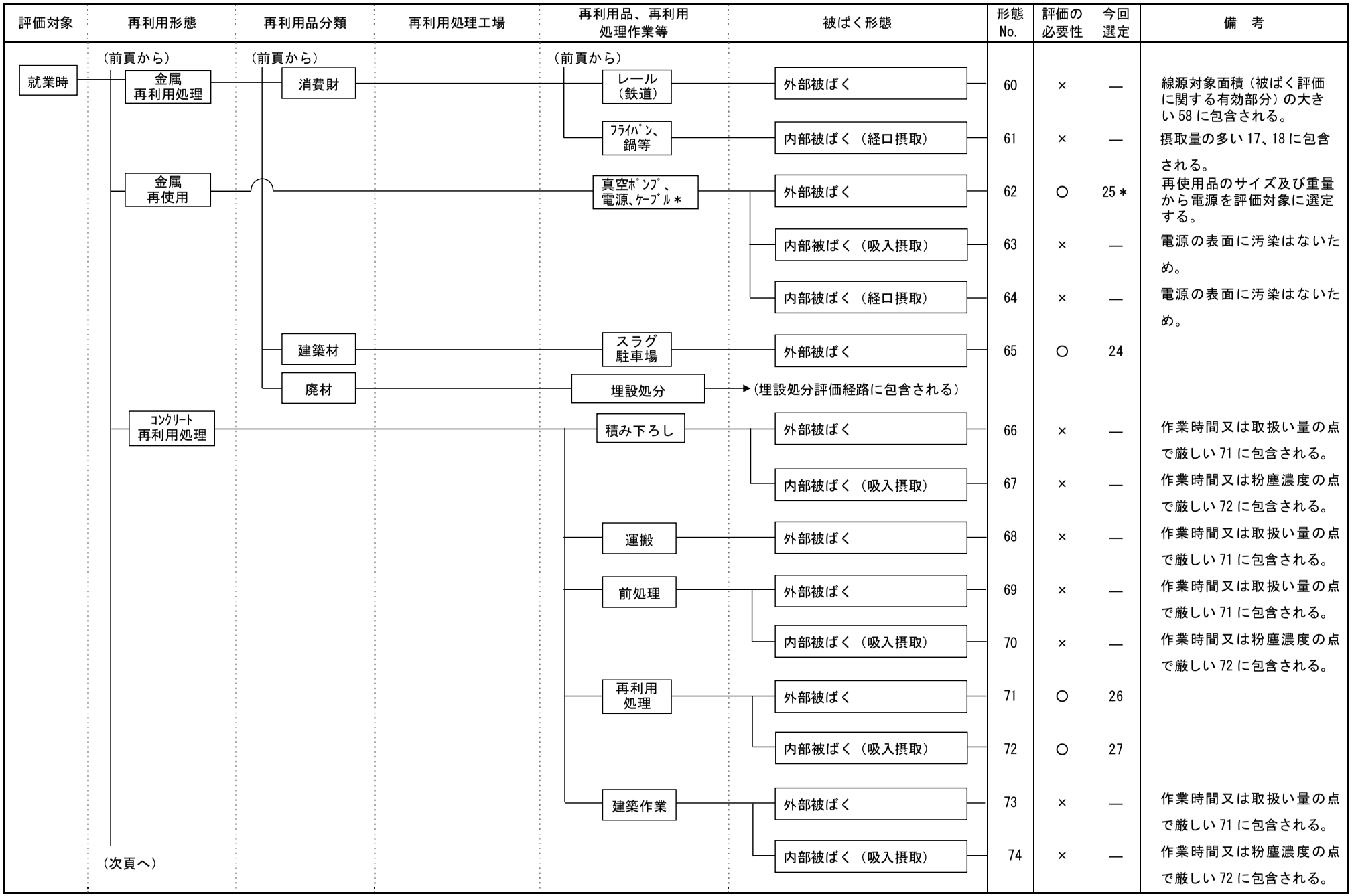


表 4.9　RI 汚染物及び放射化物がクリアランスされた後に再利用・再使用される場合の評価経路の選定（6／6）

評価対象	再利用形態	再利用品分類	再利用処理工場	再利用品、再利用処理作業等	被ばく形態	形態No.	評価の必要性	今回選定	備　考
就業時	（前頁から） コンクリート再利用処理	消費財		なし					
		建築材		駐車場	外部被ばく	75	○	28	
				路盤材等	外部被ばく	76	×	—	管理人としての滞在時間が長い 75 に包含される。
				壁材 床材等	外部被ばく（閉空間内）	77	×	—	居住者としての滞在時間が長い 30 に包含される。
				建物の再使用	外部被ばく（閉空間内）	78	×	—	解体撤去するため、評価対象外。
		廃材		埋設処分	（埋設処分評価経路に包含される）				

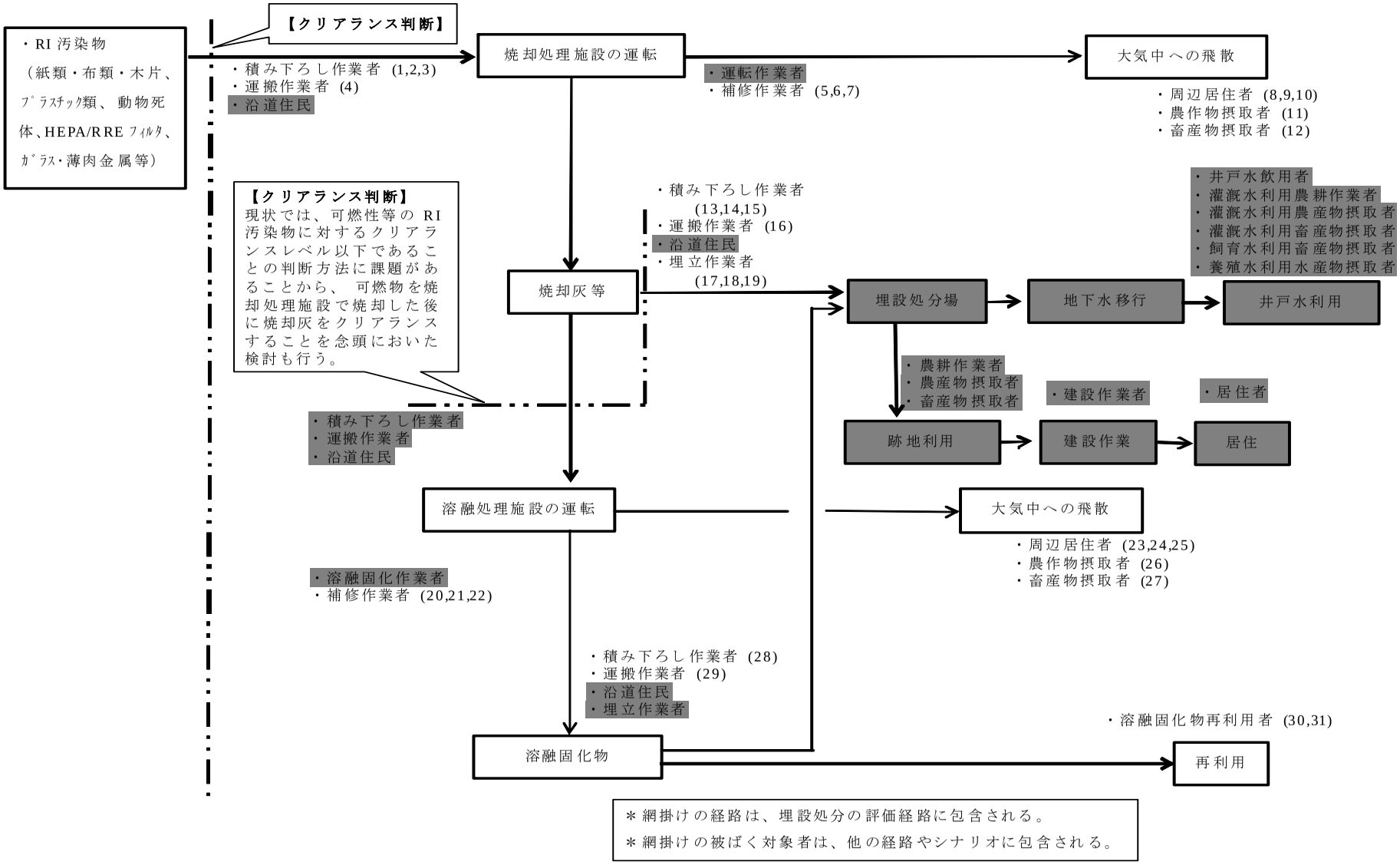


図 4.3　RI 汚染物の焼却処理に関するクリアランスレベルの算出に係る評価経路

表 4.10　RI 汚染物がクリアランスされた後に焼却処理される場合の評価経路の選定（1／5）

「核燃料使用施設、RI 法対象施設等におけるクリアランスレベルについて（平成 12 年 6 月 16 日 原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会）」 添付資料を参照

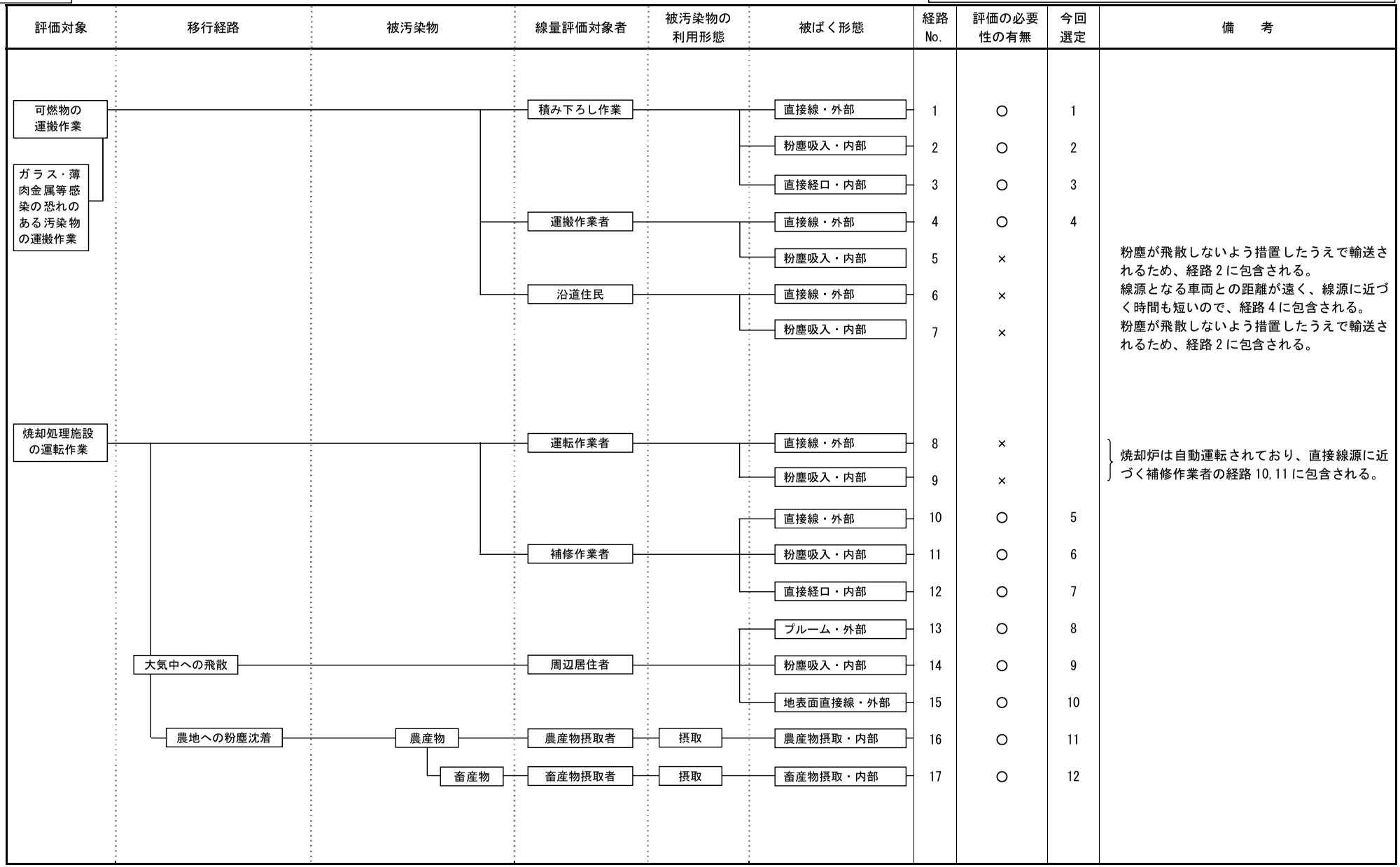


表 4.10　RI 汚染物がクリアランスされた後に焼却処理される場合の評価経路の選定（2／5）

評価対象	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	経路 No.	評価の必要性の有無	今回選定	備　考
焼却灰の埋立作業		焼却灰	積み下ろし作業		直接線・外部	18	○	13	
					粉塵吸入・内部	19	○	14	
					直接経口・内部	20	○	15	
			運搬作業者		直接線・外部	21	○	16	
					粉塵吸入・内部	22	×		粉塵が飛散しないよう措置したうえで輸送されるため、経路 19 に包含される。
			沿道住民		直接線・外部	23	×		線源となる車両との距離が遠く、線源に近づく時間も短いので、経路 21 に包含される。
					粉塵吸入・内部	24	×		粉塵が飛散しないよう措置したうえで輸送されるため、経路 19 に包含される。
			埋立作業者		直接線・外部	25	○	17	
					粉塵吸入・内部	26	○	18	
					直接経口・内部	27	○	19	
焼却灰の溶融処理施設の運転作業		焼却灰	積み下ろし作業		直接線・外部	28	×		経路 18 から 24 と同等の評価となることから、経路 18 から 24 に包含される。
					粉塵吸入・内部	29	×		
					直接経口・内部	30	×		
			運搬作業者		直接線・外部	31	×		
					粉塵吸入・内部	32	×		
			沿道住民		直接線・外部	33	×		
					粉塵吸入・内部	34	×		
（次頁へ）		（次頁へ）							

表 4.10　RI 汚染物がクリアランスされた後に焼却処理される場合の評価経路の選定（3／5）

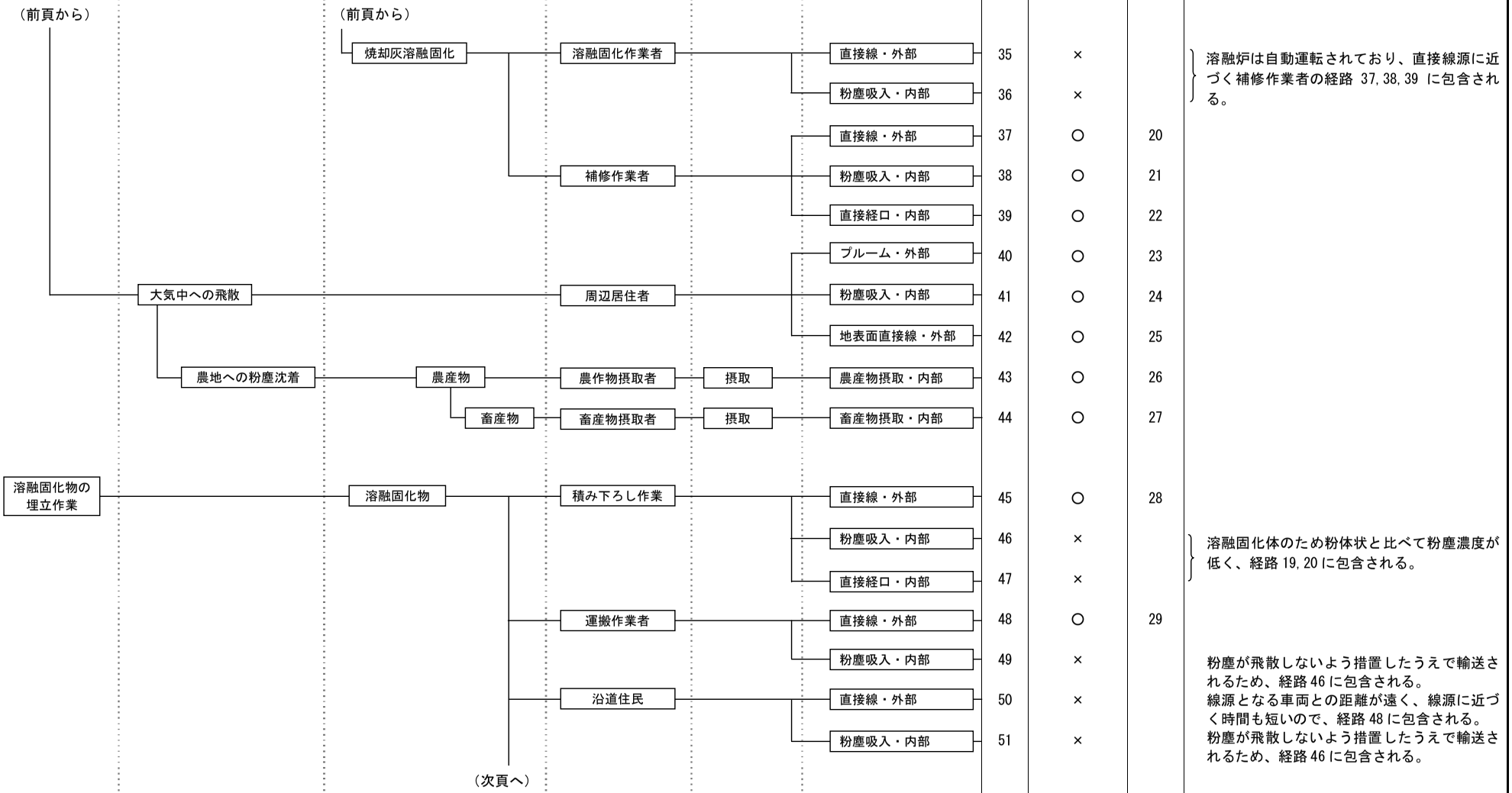


表 4.10　RI 汚染物がクリアランスされた後に焼却処理される場合の評価経路の選定（4／5）

評価対象	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	経路No.	評価の必要性の有無	今回選定	備　考
		（前頁から）	埋立作業者		直接線・外部	52	×		焼却灰を直接埋立する場合と比べて放射能量が増えることはないので、経路 25 に包含される。
					粉塵吸入・内部	53	×		飛散しにくい性状のため、経路 26,27 に包含される。
					直接経口・内部	54	×		
処分場からの漏出	地下水へ移行	井戸水	井戸水利用者	飲用	飲料水摂取・内部	55	×		焼却処理の総放射能量に比べ埋設処分の総放射能量が多いため、埋設処分の評価結果に包含される。（なお、焼却灰は管理型処分場に埋立られる。）
		灌漑水 農地土壌	農耕作業者	農作業	地表面直接線・外部	56	×		
					粉塵吸入・内部	57	×		
		農産物	農産物摂取者	摂取	農産物摂取・内部	58	×		
		畜産物	畜産物摂取者	摂取	畜産物摂取・内部	59	×		
		飼育水 畜産物	畜産物摂取者	摂取	畜産物摂取・内部	60	×		
		養殖水 水産物	水産物摂取者	摂取	水産物摂取・内部	61	×		
埋設地の掘り返し	廃棄物と土壌の混合（掘削残土を含む）	土壌（残土）	建設作業者	建設	地表面直接線・外部	62	×		焼却処理の総放射能量に比べ埋設処分の総放射能量が多いため、埋設処分の評価結果に包含される。
					粉塵吸入・内部	63	×		
					直接経口・内部	64	×		
			居住者	居住	地表面直接線・外部	65	×		
		（次頁へ）			粉塵吸入・内部	66	×		

表 4.10　RI 汚染物がクリアランスされた後に焼却処理される場合の評価経路の選定（5／5）

評価対象	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	経路No.	評価の必要性の有無	今回選定	備　考
		（前頁から）							
			農耕作業者	農作業	地表面直接線・外部	67	×		焼却処理の総放射能量に比べ埋設処分の総放射能量が多いため、埋設処分の評価結果に包含される。
					粉塵吸入・内部	68	×		
		農産物	農産物摂取者	摂取	農作物摂取・内部	69	×		
		畜産物	畜産物摂取者	摂取	畜産物摂取・内部	70	×		
溶融固化物の再利用		溶融固化物	再利用者	駐車場	直接線・外部	71	○	30	駐車場では就業中常駐する管理人が評価対象となるのに対して、路盤材等では滞在時間が短い一般の通行者が評価対象となることから、経路 71 に包含される。
				路盤材等	直接線・外部	72	×		
				壁材，床材等	直接線・外部	73	○	31	

４．２．３ クリアランスレベルの算出に係る計算モデルについて

RI 汚染物及び放射化物の埋設処分及び再利用・再使用の評価経路に係るクリアランスレベルの算出に用いる計算モデルは、原子炉クリアランス報告書において使用された計算モデルに係る被ばく線量評価式を用いることを基本とし、さらに、再評価報告書において修正された被ばく線量評価式を用いるとともに、新たに追加された評価経路も考慮してクリアランスレベルの算出を行った。

クリアランスレベルの算出に用いた主な計算モデル※12について、以下に示す。

また、焼却処理の評価経路に対して用いた計算モデルは、上述の埋設処分及び再利用・再使用の計算モデルに係る被ばく線量評価式を参考にするとともに、原子炉クリアランス報告書及び再評価報告書では検討されていない焼却処理及び溶融処理の評価経路に係る被ばく線量評価式を設定した。

※12：各核種のクリアランスレベルは、計算モデルに基づき算出される単位放射能濃度（1Bq/g）を含んだクリアランス対象物からの作業者又は一般公衆の受ける年間線量に対する基準線量（実効線量 10μSv/年又は皮膚の等価線量 50mSv/年）との比を用い、基準線量に相当する放射能濃度値に換算したものである。なお、クリアランス制度の運用において、事業者によるクリアランス測定から国等による確認までに、現実的に 1 日以上の期間を要することから、今回の換算にあたっては、作業者又は一般公衆の受ける年間線量に対して 1 日の放射性崩壊による減衰を考慮することとした。

４．２．３．１ 埋設処分の計算モデル

クリアランスレベルの算出に当たって、RI 汚染物及び放射化物をクリアランスした後に埋設処分する場合の評価経路に対して用いる線量評価式は、原子力安全委員会の原子炉クリアランス報告書において用いられた線量評価式を使用する。ただし、原子炉クリアランス報告書で取りまとめられた線量評価式については、原子力安全委員会の再評価報告書において見直しが行われ、以下の①～④に示すような線量評価式の修正及び被ばく形態（皮膚汚染による皮膚被ばく、直接経口摂取による内部被ばく）の追加が行われている。このため、RI 汚染物及び放射化物のクリアランスレベルの算出にあたっては再評価報告書において修正された線量評価式を用いた。

① 操業の評価経路と跡地利用の外部被ばく経路､内部被ばく経路に対して被ばく期間中の放射能の減衰を考慮
② 粉塵の吸入摂取による内部被ばくの線量評価式に、IAEA RS-G-1.7 の評価を参考とした吸入する粉塵への核種の濃縮係数を採用
③ 皮膚汚染による皮膚被ばくを考慮
④ 汚染物質の直接経口摂取による内部被ばくを考慮

以下に、埋設処分に係る評価経路に対して用いる主な線量評価式を示す。

【操業の評価経路】

この評価経路では、廃棄物そのものが評価上の線源となるので、被ばく評価にあたっては廃棄物中の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[(1), (14)]」と混合されるものとする。

ここでは､クリアランス後の廃棄物の運搬作業者及び埋立作業者の被ばく線量を式(1)から式(4)を用いて評価する。これらの式において、線量換算係数については、線源の幾何形状を模擬し、点減衰核積分法による遮へい計算コード QAD-CGGP2R により算出する。

（１）クリアランス後の廃棄物の運搬作業者（直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(i)=C_W(i)\cdot S_O\cdot t_O\cdot DF_{ext}(i)\cdot\frac{1-\exp(-\lambda_i\cdot t_i)}{\lambda_i\cdot t_i} \quad \cdots\cdots(1)$$

ここで、

$D_{ext}(i)$ ： 作業時における核種 i による外部被ばく線量 （μ 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を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）

$C_W(i)=C_{WO}(i)\cdot F_{WC}$

$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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_O ： 外部被ばくに対する遮へい係数（－）

t_O ： 年間作業時間（h/y）

$DF_{ext}(i)$ ： 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数（μ Sv/h per Bq/g）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

$\lambda_i=\ln 2/T_{1/2}(i)$

$T_{1/2}(i)$：核種 i の半減期（y）（以下同様）

t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

（2）クリアランス後の廃棄物の埋立作業者（直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(i)=C_W(i)\cdot S_O\cdot t_O\cdot DF_{ext}(i)\cdot\frac{1-\exp(-\lambda_i\cdot t_i)}{\lambda_i\cdot t_i} \quad \cdots\cdots(2)$$

ここで、

$D_{ext}(i)$ ： 作業時における核種 i による外部被ばく線量 （μ 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を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）
$C_W(i)=C_{WO}(i)\cdot F_{WC}$
$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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_O ： 外部被ばくに対する遮へい係数（－）

t_O ： 年間作業時間（h/y）

$DF_{ext}(i)$ ： 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数（μ Sv/h per Bq/g）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）
$\lambda_i=\ln 2/T_{1/2}(i)$
$T_{1/2}(i)$：核種 i の半減期（y）（以下同様）

t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

（3）クリアランス後の廃棄物の埋立作業者（粉塵吸入による内部被ばく）

$$D_{inh}(i)=C_W(i)\cdot C_{dust}\cdot f_{dust,inh}\cdot B_O\cdot t_O\cdot DF_{inh}(i)\cdot\frac{1-\exp(-\lambda_i\cdot t_i)}{\lambda_i\cdot t_i} \quad \cdots\cdots(3)$$

ここで、

$D_{inh}(i)$ ： 作業時における核種 i による吸入被ばく線量（μ 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を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）
$C_W(i)=C_{WO}(i)\cdot F_{WC}$
$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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（－）

C_{dust} ： 作業時の空気中粉塵濃度（g/m^3）

$f_{dust,inh}$ ： 微粒子への放射性物質の濃縮係数（吸入摂取）（－）

B_O ： 作業者の呼吸量（m^3/h）

t_O ： 年間作業時間（h/y）

$DF_{inh}(i)$ ： 核種 i の吸入被ばくに対する線量係数（μ Sv/Bq）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

（4）クリアランス後の廃棄物の埋立作業者（直接経口摂取による内部被ばく）

$$D_{direct}(i) = C_W(i) \cdot f_{C,ing} \cdot q \cdot t_O \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \cdots\cdots(4)$$

ここで、

$D_{direct}(i)$ ： 作業者における核種 i による直接経口摂取被ばく線量（μ 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を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）

$C_W(i) = C_{WO}(i) \cdot F_{WC}$

$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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（－）

$f_{C,ing}$ ： 微粒子への放射性物質の濃縮係数（経口摂取）（－）

q ： 粉塵の経口摂取率（g/h）

t_O ： 年間作業時間（h/y）

$DF_{ing}(i)$ ： 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数（μ Sv/Bq）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

【跡地利用の評価経路】

この評価経路では、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。跡地利用に関連しては、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、農耕作業者又は牧畜作業による跡地の掘り返しに伴う被ばく、また、処分場跡地直上で栽培された農作物を摂取する者又は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。

ここでは、特に、処分場跡地直上で栽培された農作物を摂取した者の被ばく線量を式(5)、(6)で評価する。なお、この経路は子どもについても評価する。

（1）農作物摂取者

(1-1) 農作物中の核種の濃度

農作物栽培は処分場の跡地の直上で行われるとし、跡地における核種の量の減衰は崩壊によるもののみとする。核種は、根を経由して、農作物に移行するものとする。なお、農業用水には放射性物質が含まれていないものとする。

$$C_{vk}(i) = T_k(i) \cdot K_N \cdot C_W(i) \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \quad \cdots\cdots(5)$$

ここで、

$C_{vk}(i)$ ： 農作物 k 中の核種 i の濃度（Bq/g）

$T_k(i)$ ： 土壌から農作物 k への核種 i の移行係数（Bq/g-wet per Bq/g-dry）

K_N ： 根からの核種の吸収割合（－）

$C_W(i)$ ： 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）

$C_W(i)=C_{WO}(i)\cdot F_{WC}$

$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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（－）

W ： 廃棄物の総量（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/cm^3）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

t_{dist} ： 処分場閉鎖後から評価時点までの期間（y）

(1-2) 農作物摂取者（経口摂取による内部被ばく）（成人、子ども）

$$D_{ing,v}(i)=\sum_k C_{vk}(i)\cdot 10^3\cdot Q_k\cdot G_k\cdot\exp\left(-\frac{\lambda_i\cdot t_{vk}}{365}\right)\cdot DF_{ing}(i)\cdot\frac{1-\exp(-\lambda_i\cdot t_i)}{\lambda_i\cdot t_i} \quad \text{.....(6)}$$

ここで、

$D_{ing,v}(i)$ ： 農作物の摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量（μSv/y）

$C_{vk}(i)$ ： 農作物 k 中の核種 i の濃度（Bq/g）

Q_k ： 農作物 k の年間摂取量（kg-wet/y）

G_k ： 農作物 k の市場係数（－）

t_{vk} ： 農作物 k の輸送時間（d）

$DF_{ing}(i)$ ： 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数（μSv/Bq）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているので、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,v}(i)=\sum_k C_{vk}(i)\cdot 10^3\cdot Q_k\cdot DF_{ing}(i)\cdot\frac{1-\exp(-\lambda_i\cdot t_i)}{\lambda_i\cdot t_i} \quad \text{.....(6')}$$

【地下水移行の評価経路】

この評価経路では、埋設された廃棄物から核種が浸透水中に漏出し、帯水層へ移行するものとする。この核種を含む地下水を飲用、灌漑、飼育及び養殖に利用することを考慮する。なお、各経路において被ばく線量が最大となる時点の線量を評価するものとする。

ここでは放射性物質を含む井戸水を養殖水として飼育された水産物を摂取した者に対する評価式を示し、養殖淡水産物摂取者の被ばく線量は(11)式で求める。なお、この経路は子どもについ

ても評価する。

（1）処分場からの漏出モデル

IAEA 技術文書「TECDOC-401」における放出係数モデルを用いた。

$$J(t,i) = \eta_i \cdot C_W(i) \cdot W \cdot \exp\{-(\lambda_i + \eta_i) \cdot t\} \quad \text{.....(7)}$$

ここで、

$J(t,i)$ ： 時間 t における核種 i の漏出量（Bq/y）

η_i ： 核種 i の漏出率（y^{-1}）

$$\eta_i = \frac{R_{IN}}{H_D} \cdot R_c(i)$$

R_{IN} ： 浸透水量（m/y）

$R_c(i)$ ： 放出係数（－）

H_D ： 処分場の深さ（m）

$C_W(i)$ ： 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）

$C_W(i) = C_{WO}(i) \cdot F_{WC}$

$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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（－）

W ： 廃棄物の総量（g）
（クリアランス対象物量＋放射性廃棄物でない廃棄物量）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

（2）帯水層中の核種の移動

処分場から漏洩した核種は、処分場と同一の幅を有する帯水層に流入するものとする。帯水層の厚さ（h_s）は一定で、土壌の空隙率、密度は一様とし、x 方向のみに一定速度で流れているものとする。基礎式は次式で表される。

$$\frac{\partial}{\partial t} R_s(i) \cdot C_{GW}(x,t,i) = D_x \cdot \frac{\partial^2 C_{GW}(x,t,i)}{\partial x^2} - U_s \cdot \frac{\partial C_{GW}(x,t,i)}{\partial x} - R_s(i) \cdot \lambda_i \cdot C_{GW}(x,t,i) \quad \text{.....(8)}$$

ここで、

$C_{GW}(x,t,i)$ ： 地下水中の核種 i の濃度（Bq/m^3）

U_s ： 地下水流速（m/y）

$R_s(i)$ ： 帯水層遅延係数（－）

$$R_s(i) = 1 + \frac{1 - f_s}{f_s} \cdot Kd_s(i) \cdot \rho_s$$

f_s ： 帯水層空隙率（－）

ρ_s ： 帯水層土壌真密度（g/cm^3）

$Kd_s(i)$ ： 帯水層土壌に対する核種 i の分配係数（mL/g）

D_x ： 地下水流方向の分散係数（m^2/y）

$$D_x = D_{mx}|U_s| + D_d$$

D_{mx} : 地下水流方向の分散長（m）

D_d : 分子拡散係数（3.15×10^{-2} m^2/y）

λ_i : 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

なお、以降の計算では、(8)式の$-L_D \leqq x \leqq 0$（L_Dは処分場の長さ）の範囲における境界条件として、(7)式により計算した$J(t,i)$を、処分場の幅（W_D）、帯水層の厚さ（h_s）及び地下水流速（U_S）の積で割った値を与えた場合の解を使用する。

（３）井戸水中の核種の濃度

井戸水中の核種濃度は､井戸の汲み上げによる周囲の核種を含まない地下水の流入を考慮した。

$$C_{WW}(t,i) = C_{GW}(x_w,t,i)\cdot R_w \quad \cdots\cdots(9)$$

ここで、

$C_{WW}(t,i)$: 時間 t における井戸水の核種 i の濃度（Bq/m^3）

$C_{GW}(x_w,t,i)$: 地下水中の核種 i の濃度（Bq/m^3）

x_w : 処分場下流端から井戸までの距離（m）

R_w : 井戸水の混合割合（－）

（４）養殖淡水産物中の核種の濃度

養殖淡水産物中の核種の濃度は、養殖水中の核種の濃度に依存し、両者の濃度の間に平衡関係が成立しているものとする濃縮係数法によって求める。なお、養殖水中の核種の濃度は、井戸水中の核種の濃度と養殖淡水産物の地下水利用率を考慮した。

$$C_{Sm}(t,i) = C_{WW}(t,i)\cdot R_{SW}\cdot 10^{-3}\cdot T_{Sm}(i) \quad \cdots\cdots(10)$$

ここで、

$C_{Sm}(t,i)$: 時間 t における養殖淡水産物 m 中の核種 i の濃度（Bq/kg）

$C_{WW}(t,i)$: 時間 t における井戸水の核種 i の濃度（Bq/m^3）

R_{SW} : 養殖淡水産物の地下水利用率（－）

$T_{Sm}(i)$: 核種 i の養殖淡水産物 m への濃縮係数（L/kg）

（５）養殖淡水産物摂取者（養殖淡水産物摂取による内部被ばく）（成人、子ども）

$$D_{ING}(t,i) = \sum_m C_{Sm}(t,i)\cdot Q_m \cdot G_m \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Sm}}{365}\right)\cdot DF_{ing}(i) \quad \cdots\cdots(11)$$

ここで、

$D_{ING}(t,i)$: 時間 t における養殖淡水産物摂取による内部被ばく線量（μ Sv/y）

$C_{Sm}(t,i)$: 時間 t における養殖淡水産物 m 中の核種 i の濃度（Bq/kg）

Q_m : 養殖淡水産物 m の摂取量（kg/y）

G_m : 養殖淡水産物 m の市場係数（－）

λ_i : 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

t_{Sm} : 養殖淡水産物 m の輸送時間（d）

$DF_{ing}(i)$: 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数（μ Sv/Bq）

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているので、上式は以下のようになる。

$$D_{ING}(t,i) = \sum_m C_{Sm}(t,i) \cdot Q_m \cdot DF_{ing}(i) \quad \cdots\cdots (11')$$

４．２．３．２ 再利用・再使用の計算モデル

RI 汚染物及び放射化物をクリアランスした後に再利用・再使用する場合の評価経路に係るクリアランスレベルの算出に用いる線量評価式は、埋設処分に係る評価と同様に原子炉クリアランス報告書において用いられた線量評価式を使用する。ただし、原子炉クリアランス報告書の線量評価式については、再評価報告書において見直しが行われ、以下の①～④に示すような線量評価式の変更及び被ばく形態の追加が行われている。そのため、今回行う RI 汚染物及び放射化物のクリアランスレベルの算出にあたっては再評価報告書において見直された線量評価式を用いる。

① 日常生活時と就業時の内部被ばく経路に対して被ばく期間中の放射能の減衰を考慮
② 粉塵の吸入摂取による内部被ばくの線量評価式に、IAEA RS-G-1.7 の評価を参考とした吸入する粉塵への核種の濃縮係数を採用
③ 就業時の金属再利用処理の運搬作業を除く経路とコンクリート再利用処理の経路について皮膚汚染による皮膚被ばくを考慮
④ 就業時の金属再利用処理の運搬作業を除く経路とコンクリート再利用処理の経路について、汚染物質の直接経口摂取による内部被ばくを考慮

以下に、再利用・再使用に係る評価経路に対して用いる主な線量評価式を示す。

【コンクリート再利用】

この評価経路は、コンクリートの再利用製品の使用に伴う外部被ばく線量と、再利用のための処理に伴う作業場周辺に居住する人の内部被ばく線量を評価する。また、この経路は子どもについても評価する。

ここでは、再利用コンクリート製品の使用に伴う外部被ばく線量の評価式を示す。

（1）建築材料中の核種の濃度

$$C_{Cp}(i) = C_{Cw}(i) \cdot G_G \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{pd}) \cdot F_{CC} \cdot F_{rc} \cdot \frac{F_g}{\rho_c} \quad \cdots\cdots (12)$$

ここで、

$C_{Cp}(i)$ ： 建築材料中の核種iの濃度(Bq/g)
$C_{Cw}(i)$ ： 再利用されるクリアランス対象コンクリート中の核種iの濃度(Bq/g)
G_G ： 再生粗骨材の市場係数（－）
λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）
t_{pd} ： クリアランスされた後から再利用されるまでの時間（y）
F_{CC} ： 再利用されるコンクリート中のクリアランス対象物割合（－）
F_{rc} ： 再生粗骨材使用割合（－）
F_g ： 建築材料中に占める粗骨材の量（g/cm^3）
ρ_c ： 建築材料の密度（g/cm^3）

（2）再利用コンクリート製品の使用に伴う外部被ばく

$$D_{ext,Cp}(i) = C_{Cp}(i) \cdot t_p \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \text{.....(13)}$$

ここで、

$D_{ext,Cp}(i)$ ： 再利用コンクリート製品の使用に伴う核種 i による外部被ばく線量（μ Sv/y）

$C_{Cp}(i)$ ： 建築材料中の核種iの濃度(Bq/g)

t_p ： 再利用製品年間使用時間（h/y）

$DF_{ext}(i)$ ： 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数（μ Sv/h per Bq/g）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1 年）

【金属再利用処理】

この評価経路では、金属を再利用するために必要な処理を行う作業者の被ばく線量と再利用された物品を職業上で使用することによる被ばく線量について計算を行う。

ここでは、スクラップ輸送作業の積み下ろし作業者における汚染物質の直接経口摂取による内部被ばく線量の評価式と、金属の溶融過程で生じたスラグをアスファルト用の粗骨材に用いた駐車場での労働者の外部被ばく線量の評価式を示す。

（1）スクラップ輸送作業（積み下ろし）に伴う汚染物質の直接経口摂取による内部被ばく線量

$$D_{direct}(i) = C_{Mw}(i) \cdot F'_{MC} \cdot f_{C,ing} \cdot q \cdot t_O \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \text{.....(14)}$$

ここで、

$D_{direct}(i)$ ： 作業における核種iによる直接経口摂取被ばく線量（μ Sv/y）

$C_{Mw}(i)$ ： 再利用されるクリアランス対象金属中の核種 i の濃度（Bq/g）

F'_{MC} ： 再利用される金属中のクリアランス対象物割合（スクラップ輸送作業）（－）

$f_{C,ing}$ ： 微粒子への放射性物質の濃縮係数（経口摂取）（－）

q ： 粉塵の経口摂取率（g/h）

t_O ： 年間作業時間（h/y）

$DF_{ing}(i)$ ： 核種iの経口摂取に対する線量係数（μ Sv/Bq）

λ_i ： 核種iの崩壊定数（y^{-1}）

t_i ： 被ばく中の減衰時間（y）

（2）スラグの再利用に伴う外部被ばく

金属の溶融過程で生じたスラグをアスファルト用の粗骨材に用いた駐車場での労働者の外部被ばく線量を求める。

(2-1) 溶融作業時に発生するスラグ中の核種の濃度

$$C_{Ms}(i) = C_{Mw}(i) \cdot F_{MC} \cdot T_s(i) \cdot G_M \cdot C_{fs} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{pd}) \quad \cdots\cdots (15)$$

ここで、

$C_{Ms}(i)$: スラグ中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
$C_{Mw}(i)$: 再利用されるクリアランス対象金属中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
F_{MC} : 再利用される金属中のクリアランス対象物割合（スクラップ輸送作業以外）（－）
$T_s(i)$: 核種 *i* が溶融過程でスラグ中に移行する割合（－）
G_M : 再利用金属の市場係数（－）
C_{fs} : スラグへの核種の見かけ上の濃縮係数（－）
λ_i : 核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）
t_{pd} : クリアランスされた後から再利用されるまでの時間（y）

(2-2) 金属の溶融過程で生じたスラグを粗骨材としたアスファルト中の核種 *i* の濃度

$$C_A(i) = C_{Ms}(i) \cdot F_{As} \quad \cdots\cdots (16)$$

ここで、

$C_A(i)$: アスファルト中の核種*i*の濃度（Bq/g）
$C_{Ms}(i)$: スラグ中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
F_{As} : アスファルトへのスラグの混合割合（－）

(2-3) 金属の溶融過程で生じたスラグを粗骨材としたアスファルトを用いた駐車場での労働者の外部被ばく

$$D_{ext,O}(i) = C_A(i) \cdot t_u \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \cdots\cdots (17)$$

ここで、

$D_{ext,O}(i)$: 作業時における核種*i*による外部被ばく線量（μ Sv/y）
$C_A(i)$: アスファルト中の核種*i*の濃度（Bq/g）
t_u : 年間作業時間(h/y)
$DF_{ext}(i)$: 核種 *i* の外部被ばくに対する線量換算係数（μ Sv/h per Bq/g）
λ_i : 核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）
t_i : 被ばく中の減衰期間（y）（1 年）

【金属再利用用途】

この評価経路では、スクラップ作業場周辺に居住する周辺居住者が、工場から排出される粉塵によって汚染された農作物（葉菜）を摂取することによる内部被ばく線量の評価式を示す。周辺居住者の農作物摂取による内部被ばく線量については子どもについても評価する。

（1）スクラップ作業場からの排気による周辺居住者の経口摂取による内部被ばく線量

(1-1)溶融作業時に発生する粉塵中の核種の濃度

$$C_{Md}(i) = C_{Mw}(i) \cdot F_{MC} \cdot T_d(i) \cdot G_M \cdot C_{fd} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{pd}) \quad \text{.....(18)}$$

ここで、

$C_{Md}(i)$	:	粉塵中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
$C_{Mw}(i)$	:	再利用されるクリアランス対象金属中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
F_{MC}	:	再利用される金属中のクリアランス対象物割合（スクラップ輸送作業以外）（－）
$T_d(i)$	:	核種 *i* が溶融過程で粉塵中に移行する割合（－）
G_M	:	再利用金属の市場係数（－）
C_{fd}	:	粉塵への核種の見かけ上の濃縮係数（－）
λ_i	:	核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）
t_{pd}	:	クリアランスされた後から再利用されるまでの時間（y）(0 年)

(1-2) 農作物中の核種の濃度

$$C_S(i) = \left\{ V_g \cdot f_R \cdot C_{Md}(i) \cdot f_s \cdot f_r \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot T_O)}{\lambda_i} \right\} \Big/ P \quad \text{.....(19)}$$

ここで、

$C_S(i)$	:	核種 *i* の土壌中濃度（Bq/kg）
V_g	:	沈着速度（m/y）
f_R	:	スクラップ作業場周辺の空気中粉塵濃度（g/m^3）
$C_{Md}(i)$	:	粉塵中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
f_s	:	粉塵の地表面への沈着割合（－）
f_r	:	沈着した核種のうち残存する割合（－）
λ_i	:	核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）
T_O	:	核種の放出期間（y）
P	:	土壌実効表面密度（kg/m^2）

(1-2) 農作物中の核種の濃度

$$C_{Vk}(i) = \left[C_S(i) \cdot T_k(i) + V_g \cdot f_R \cdot C_{Md}(i) \cdot \frac{f_v}{Y_{Bk}} \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_{ei} \cdot T_E)}{\lambda_{ei}} \right] \cdot f_t \cdot f_d \quad \text{.....(20)}$$

ここで、

$C_{Vk}(i)$	:	農作物 *k* 中における核種 *i* の濃度（Bq/kg）
$C_S(i)$	:	核種 *i* の土壌中濃度（Bq/kg）
$T_k(i)$	:	土壌から農作物 *k* への核種 *i* の移行係数 （Bq/kg-農作物 per Bq/kg-土壌）

V_g : 沈着速度（m/y）

f_R : スクラップ作業場周辺の空気中粉塵濃度（g/m^3）

$C_{Md}(i)$: 粉塵中の核種 *i* の濃度（Bq/g）

f_v : 核種の農作物表面への沈着割合（－）

Y_{Bk} : 農作物 *k* の栽培密度（kg/m^2）

λ_{ei} : 沈着した核種 *i* の実効減衰係数（y^{-1}）

$\lambda_{ei} = \lambda_i + \lambda_{iw}$

ただし、

λ_{iw} ：weathering 効果による植物表面沈着核種の除去係数（y^{-1}）

T_E : 農作物の成育時間（y）

f_t : 農作物の栽培期間年間比（－）

f_d : 調理前洗浄等による粒子状物質の残留比（－）

(1-3) 農作物を摂取することによる内部被ばく線量

$$D_{ing,v}(i) = \sum_k C_{Vk}(i) \cdot Q_k \cdot G_k \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{vk}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \quad \text{.....(21)}$$

ここで、

$D_{ing,v}(i)$: 農作物の経口摂取に伴う核種 *i* による内部被ばく線量（μ Sv/y）

$C_{Vk}(i)$: 農作物 *k* 中における核種 *i* の濃度（Bq/kg）

Q_k : 農作物 *k* の年間摂取量（kg/y）

G_k : 農作物 *k* の市場係数（－）

λ_i : 核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）

t_{vk} : 農作物 *k* の輸送時間（d）

$DF_{ing}(i)$: 核種 *i* の経口摂取に対する線量係数（μ Sv/Bq）

なお、市場係数と輸送時間は、埋設処分に係る線量計算と同様に、それぞれ保守的に１及び０と選定すると、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,v}(i) = \sum_k C_{Vk}(i) \cdot Q_k \cdot DF_{ing}(i) \quad \text{.....(21')}$$

【コンクリート再利用処理】

この評価経路では、コンクリートを再利用するために必要な処理を行う作業者の被ばく線量について計算を行う。

ここでは、コンクリートの再利用処理を行う作業者の外部被ばく線量及び皮膚被ばく線量の評価式を(22)式と(23)式に示す。なお、(22)式において外部被ばくに対する線量換算係数は、再利用されるコンクリート（線源）の形状を作業形態に応じてモデル化し、点減衰核積分法による遮へい計算コード QAD-CGGP2R により計算する。

（1）コンクリートを再利用する際の作業に伴う外部被ばく線量

$$D_{ext,O}(i) = C_{Cw}(i) \cdot G_B \cdot F_{CC} \cdot S_O \cdot t_O \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \cdots\cdots (22)$$

ここで、

$D_{ext,O}(i)$ ： 作業時における核種iによる外部被ばく線量（μ Sv/y）
$C_{Cw}(i)$ ： 再利用されるクリアランス対象コンクリート中の核種 i の濃度（Bq/g）
G_B ： 再利用コンクリート塊の市場係数（－）
F_{CC} ： 再利用されるコンクリート中のクリアランス対象物割合（－）
S_O ： 作業時の外部被ばくに対する遮へい係数（－）
t_O ： 作業に伴う年間被ばく時間（h/y）
$DF_{ext}(i)$ ： 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数（μ Sv/h per Bq/g）
λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）
t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1 年）

（2）コンクリートを再利用する際の作業における皮膚汚染による作業者の皮膚被ばく線量

$$D_{skin}(i) = C_{Cw}(i) \cdot G_B \cdot F_{CC} \cdot L_{dust} \cdot f_{dust,skin} \cdot \rho \cdot t_O \cdot DF_{skin}(i) \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \cdots\cdots (23)$$

ここで、

$D_{skin}(i)$ ： 核種 i による皮膚汚染による皮膚被ばく線量（μ Sv/y）
$C_{Cw}(i)$ ： 再利用されるクリアランス対象コンクリート中の核種 i の濃度（Bq/g）
G_B ： 再利用コンクリート塊の市場係数（－）
F_{CC} ： 再利用されるコンクリート中のクリアランス対象物割合（－）
L_{dust} ： 皮膚に堆積した粉塵の厚み（cm）
$f_{dust,skin}$ ： 微粒子への放射性物質の濃縮係数（皮膚被ばく）（－）
ρ ： 皮膚に堆積した粉塵の密度（g/cm^3）
t_O ： 年間作業時間（h/y）
$DF_{skin}(i)$ ： 核種iの皮膚汚染による皮膚被ばく線量換算係数
（β 線、γ 線に対する換算係数の和）（μ Sv/h per Bq/cm^2）
λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）
t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1 年）

【金属再使用】

この評価経路では、放射線発生装置使用施設で使用していた電源等を別事業所等で再使用する際の被ばく線量を評価する。

ここでは、再使用品使用時の外部被ばく線量の評価式を(24)式に示す。

（1）再使用に伴う外部被ばく

$$D_{ext,u}(i) = C_{Mr}(i) \cdot t_u \cdot DF'_{ext}(i) \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \cdots\cdots (24)$$

ここで、

$D_{ext,u}(i)$ ： 再使用に伴う核種 *i* による外部被ばく線量（μ Sv/y）

$C_{Mr}(i)$ ： 再使用品の核種*i*の濃度（Bq/g）

t_u ： 年間作業時間（h/y）

$DF'_{ext}(i)$ ： 再使用品からの核種 *i* の外部被ばく線量換算係数（μ Sv/h per Bq/g）

λ_i ： 核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）

t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1 年）

４．２．３．３ 焼却処理の計算モデル

RI 汚染物のうち、可燃物等としてクリアランスを行った場合、及び可燃物等を焼却したのちに焼却灰としてクリアランスを行った場合に想定される評価経路に対するクリアランスレベルの算出に用いた主な線量評価式を以下に示す。

【可燃物の運搬作業に伴う評価経路】

この評価経路では、RI 汚染物となる可燃物等が線源となるので、被ばく評価にあたっては RI 汚染物中に含まれる核種の濃度をそのまま用いる。ただし、クリアランス対象物は、「放射性廃棄物でない廃棄物」と混合することも想定する。

ここでは、クリアランス後の可燃物の運搬作業者の被ばく線量を式(25)を用いて評価する。これらの式において、線量換算係数については、線源の幾何形状を模擬し、点減衰核積分法による遮へい計算コード QAD-CGGP2R により算出する。

（1）クリアランス後の可燃物の運搬作業者（直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(i)=C_W(i)\cdot S_O\cdot t_O\cdot DF_{ext}(i)\cdot\frac{1-\exp(-\lambda_i\cdot t_i)}{\lambda_i\cdot t_i} \quad \cdots\cdots(25)$$

ここで、

$D_{ext}(i)$ ： 作業時における核種 i による外部被ばく線量（μ 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を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）

$C_W(i)=C_{WO}(i)\cdot F_{WC}$

$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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_O ： 外部被ばくに対する遮へい係数（－）

t_O ： 年間作業時間（h/y）

$DF_{ext}(i)$ ： 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数（μ Sv/h per Bq/g）

λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

$\lambda_i=\ln 2/T_{1/2}(i)$

$T_{1/2}(i)$ ：核種 i の半減期（y）（以下同様）

t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

【焼却処理施設の運転作業に伴う評価経路】

この評価経路では、焼却処理施設の補修作業者が、焼却炉壁の表面に付着した核種からの外部被ばく、焼却灰を吸入することによる内部被ばく、焼却灰を直接経口摂取することによる内部被ばく及び皮膚被ばくについて被ばく線量と、焼却炉から排出された核種が付着した農作物（飼料）を摂取した畜産物を摂取することによる被ばく線量を評価する。

ここでは、特に、焼却炉の補修作業者の外部被ばく及び粉塵吸入による内部被ばくに係る線量評価式を式(27)及び式(29)に示す。

（1）焼却処理施設の補修作業者（直接線・外部被ばく）

焼却炉の補修作業者の外部被ばく線量は、焼却炉壁の表面汚染密度に基づいて求める。

(1-1) 焼却炉壁の表面汚染密度

焼却炉壁の表面汚染密度の評価式は、炉壁に付着した焼却灰の放射能による作業者の被ばく線量を評価するうえで必要な、焼却炉壁の核種の表面汚染密度を求めるための式であり、以下の点を考慮している。

・「クリアランス対象廃棄物中の核種 *i* の濃度」と「1 年間に焼却処理されるクリアランス対象廃棄物（可燃物等）の重量」から、焼却炉に 1 年間に投入される核種量を求める。
・1 から「核種 *i* が排気に移行する割合」を引いた値を乗じることにより、焼却過程で焼却灰に残存する核種の放射能量を求める。
・「焼却炉壁に付着する割合」を乗じることにより、焼却炉から焼却灰を取り出した後に、焼却炉壁に付着している焼却灰中の核種の放射能量を求める。
・上記の核種の放射能量を、焼却炉壁の表面積で割ることにより、焼却炉壁の表面汚染密度を計算する。

$$C_I(i) = \frac{C_{WO}(i) \cdot W_I \cdot 10^3 \cdot (1 - f_I(i)) \cdot f_{dw}}{S \cdot 10^4} \quad \cdots\cdots(26)$$

ここで、

$C_I(i)$	:	焼却炉壁の核種 *i* の表面汚染密度（Bq/cm^2）
$C_{WO}(i)$	:	クリアランス対象廃棄物中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
W_I	:	1 年間に焼却処理されるクリアランス対象廃棄物の重量（kg）
$f_I(i)$	:	核種 *i* が排気に移行する割合（－）
f_{dw}	:	焼却炉壁に付着する割合（－）
S	:	焼却炉壁の表面積（m^2）

(1-2) 焼却炉の補修作業者（直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(i) = C_I(i) \cdot S_O \cdot t_O \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \cdots\cdots(27)$$

ここで、

$D_{ext}(i)$	:	作業時における核種 *i* による外部被ばく線量（μ Sv/y）
$C_I(i)$	:	焼却炉壁の核種 *i* の表面汚染密度（Bq/cm^2）
S_O	:	外部被ばくに対する遮へい係数（－）
t_O	:	年間作業時間（h/y）
$DF_{ext}(i)$	:	核種 *i* の外部被ばくに対する線量換算係数（μ Sv/h per Bq/cm^2）
λ_i	:	核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）
t_i	:	被ばく中の減衰期間（y）（1年）

（2）焼却炉の補修作業者（粉塵吸入による内部被ばく）

焼却炉の補修作業に従事する作業者の粉塵吸入による内部被ばく線量は、焼却灰中の核種濃度

に基づいて求める。

(2-1) 焼却灰中の核種濃度

焼却灰中の核種濃度の評価式は、焼却処理により発生する焼却灰に含まれる核種の放射能濃度を求めるものであり、以下の点を考慮している。

・焼却炉に投入される過程での他の廃棄物（対象施設以外から持ち込まれた可燃物等）との混合を考慮する。
・焼却処理で減重比（可燃物が灰となった際に重量が減少する割合）を考慮する。
・1 から「核種 i が排気に移行する割合」を引いた値を乗じることにより、焼却過程で焼却灰に残存する割合を考慮する。

$$C_A(i) = C_W(i) \cdot V_I \cdot F_{CI} \cdot (1 - f_I(i)) \quad \text{.....(28)}$$

ここで、

$C_A(i)$: 焼却灰中の核種 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を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）
$C_W(i) = C_{WO}(i) \cdot F_{WC}$
$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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（－）

V_I : 焼却処理に伴う廃棄物の減重比（－）

F_{CI} : 焼却炉での他の廃棄物との混合割合（－）

$f_I(i)$: 核種 i が排気に移行する割合（－）

(2-2) 焼却炉の補修作業者（粉塵吸入による内部被ばく）

$$D_{inh}(i) = C_A(i) \cdot C_{dust} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_O \cdot t_O \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \text{.....(29)}$$

ここで、

$D_{inh}(i)$: 作業時における核種 i による吸入被ばく線量（μSv/y）

$C_A(i)$: 焼却灰中の核種 i の濃度（Bq/g）

C_{dust} : 作業時の空気中粉塵濃度（g/m^3）

$f_{dust,inh}$: 微粒子への放射性物質の濃縮係数（吸入摂取）（－）

B_O : 作業者の呼吸量（m^3/h）

t_O : 年間作業時間（h/y）

$DF_{inh}(i)$: 核種 i の吸入被ばくに対する線量係数（μSv/Bq）

λ_i : 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

t_i : 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

（3）畜産物摂取者（経口摂取による内部被ばく）

農業用水及び飼育に使われる用水には核種が含まれていないものとする。この経路は子どもについても評価する。

(3-1) 空気中の核種濃度

空気中の核種濃度は次式により求める。この評価式は、廃棄物中の核種が焼却処理により排気に移行し、煙突から大気中に放出された時の大気中の放射能濃度を考慮するものであり、以下の点を考慮している。

・焼却炉に投入される過程での他の廃棄物（対象施設以外から持ち込まれた可燃物等）との混合を考慮する。
・「核種 *i* が排気に移行する割合」を乗じることにより、焼却過程で排気中に移行する割合を考慮する。
・「焼却処理能力」を乗じることにより、単位時間あたりに大気中に放出する核種量を求める。
・単位時間あたりに放出される核種量 (Bq/s)と、線量影響を及ぼす地点における空気中の濃度 (Bq/m^3)の比である「大気中での分散係数」を乗じることにより、大気中における分散過程を考慮する。

$$C_{Air}(i) = \chi \cdot f_I(i) \cdot R \cdot F_{CI} \cdot C_W(i) \quad \cdots\cdots(30)$$

ここで、

$C_{Air}(i)$ ： 空気中の核種 *i* の濃度（Bq/m^3）
χ ： 大気中での分散係数（s/m^3）
$f_I(i)$ ： 核種 *i* が排気に移行する割合（－）
R ： 焼却処理能力（g/s）
F_{CI} ： 焼却炉での他の廃棄物との混合割合（－）
$C_W(i)$ ： 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物を混合した廃棄物中の核種 *i* の濃度（Bq/g）

$C_W(i) = C_{WO}(i) \cdot F_{WC}$

$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 *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（－）

(3-2) 土壌中の核種濃度

$$C_S(i) = \left\{ V_g \cdot C_{Air}(i) \cdot f_s \cdot f_r \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot T_O)}{\lambda_i} \right\} \Big/ P \quad \cdots\cdots(31)$$

ここで、

$C_S(i)$ ： 核種 *i* の土壌中の濃度（Bq/kg）
V_g ： 沈着速度（m/y）
$C_{Air}(i)$ ： 空気中の核種 *i* の濃度（Bq/m^3）
f_s ： 粉塵の地表面への沈着割合（－）
f_r ： 沈着した核種のうち残存する割合（－）
λ_i ： 核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）
T_O ： 核種の放出期間（y）
P ： 土壌実効表面密度（kg/m^2）

(3-3) 飼料中の核種濃度

$$C_{VF}(i)=\left[C_S(i)\cdot T_F(i)+V_g\cdot C_{Air}(i)\cdot\frac{f_v}{Y_B}\cdot\frac{1-\exp(-\lambda_{ei}\cdot T_E)}{\lambda_{ei}}\right]\cdot f_t \quad \text{.....(32)}$$

ここで、

$C_{VF}(i)$ ： 農作物（飼料）中における核種 *i* の濃度（Bq/kg）

$C_S(i)$ ： 核種 *i* の土壌中の濃度（Bq/kg）

$T_F(i)$ ： 土壌から農作物への核種 *i* の移行係数（Bq/kg-農作物 per Bq/kg-土壌）

V_g ： 沈着速度（m/y）

$C_{Air}(i)$ ： 空気中の核種 *i* の濃度（Bq/m^3）

f_v ： 核種の農作物表面への沈着割合（－）

Y_B ： 農作物の栽培密度（kg/m^2）

λ_{ei} ： 沈着した核種 *i* の実効減衰係数（y^{-1}）

$\lambda_{ei}=\lambda_i+\lambda_{iw}$

ただし、

λ_i ：核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）

λ_{iw} ：weathering 効果による植物表面沈着核種の除去係数（y^{-1}）

T_E ： 農作物の生育期間（y）

f_t ： 農作物の栽培期間年間比（－）

(3-4) 畜産物中の核種濃度

農作物（飼料）を摂取することによる畜産物中の核種の濃度の計算では、農業用水及び飼育に使われる用水には核種が含まれていないものとする。畜産物の種類としては鶏卵、牛乳、牛肉、豚肉及び鶏肉を想定する。

$$C_{Fn}(i)=T_n(i)\cdot M_F\cdot C_{VF}(i)\cdot Q_{vn} \quad \text{.....(33)}$$

ここで、

$C_{Fn}(i)$ ： 畜産物 *n* 中の核種 *i* の濃度 (Bq/kg 又は Bq/L)

$T_n(i)$ ： 飼料から畜産物 *n* 中への核種 *i* の移行係数 (d/kg 又は d/L)

M_F ： 核種を含む飼料の混合割合（－）

$C_{VF}(i)$ ： 飼料中の核種 *i* の濃度 (Bq/kg)

Q_{vn} ： 畜産物 *n* を生産する家畜の飼料摂取量（kg-dry/d）

(3-5) 焼却炉周辺の畜産物摂取者（経口摂取による内部被ばく）

$$D_{ing,F}(i)=\sum_n C_{Fn}(i)\cdot Q_n\cdot G_n\cdot\exp\left(-\frac{\lambda_i\cdot t_{Fn}}{365}\right)\cdot DF_{ing}(i) \quad \text{.....(34)}$$

ここで、

$D_{ing,F}(i)$ ： 畜産物摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量 (μ Sv/y)

$C_{Fn}(i)$ ： 畜産物 *n* 中の核種 *i* の濃度 (Bq/kg 又は Bq/L)

Q_n : 畜産物 *n* の摂取量 (kg/y 又は L/y)
G_n : 畜産物 *n* の市場係数
λ_i : 核種 *i* の崩壊定数 (y^{-1})
t_{Fn} : 畜産物 *n* の輸送時間 (d)
$D_{ing,F}(i)$: 核種 *i* の経口摂取の内部被ばく線量係数 (μSv/Bq)

【焼却灰の埋立作業に伴う評価経路】

この評価経路では、可燃物等がクリアランスされた後に焼却処理されて生成した焼却灰、若しくは可燃物等が焼却処理された後にクリアランスされた焼却灰を埋設処分場に埋設するまでの作業者（積み下ろし作業者、運搬作業者、埋立作業者）の被ばく線量を評価する。

（1）焼却灰中の核種濃度

可燃物等のクリアランスを想定した場合、焼却灰中の核種濃度は、式(35)により求める。

$$C_A(i) = C_W(i) \cdot V_I \cdot F_{CI} \cdot (1 - f_I(i)) \quad \cdots\cdots (35)$$

ここで、

$C_A(i)$: 焼却灰中の核種 *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を混合した廃棄物中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
$C_W(i) = C_{WO}(i) \cdot F_{WC}$
$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 *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（－）
V_I : 焼却処理に伴う廃棄物の減重比（－）
F_{CI} : 焼却炉での他の廃棄物との混合割合（－）
$f_I(i)$: 核種 *i* が排気に移行する割合（－）

一方、焼却灰のクリアランスを想定した場合、焼却灰中の核種濃度は次式により求める。

$$C_A(i) = C_W(i) \quad \cdots\cdots (35')$$

ここで、

$C_A(i)$: 焼却灰中の核種 *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を混合した廃棄物中の核種 *i* の濃度（Bq/g）
$C_W(i) = C_{WO}(i) \cdot F_{WC}$
$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 *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（－）

（2）焼却灰の積み下ろし作業者及び埋立作業者（直接経口による内部被ばく）

$$D_{direct}(i) = C_A(i) \cdot f_{C,ing} \cdot q \cdot t_O \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \cdots\cdots (36)$$

ここで、

$D_{direct}(i)$ ： 作業時における核種 i による直接経口摂取被ばく線量（μ Sv/y）
$C_A(i)$ ： 焼却灰中の核種 i の濃度（Bq/g）
$f_{C,ing}$ ： 微粒子への放射性物質の濃縮係数（経口摂取）（－）
q ： 粉塵の経口摂取率（g/h）
t_O ： 年間作業時間（h/y）
$DF_{ing}(i)$ ： 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数（μ Sv/Bq）
λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）
t_i ： 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

【焼却灰の溶融処理施設の運転に伴う評価経路】

この評価経路では、溶融炉からの排気に伴い放出された核種が付着した農作物及びその農作物を飼料とする畜産物を摂取した溶融炉周辺居住者の内部被ばく線量評価式を示す。これらの経路は子どもについても評価する。

（1）溶融炉周辺の農作物摂取者（経口摂取による内部被ばく）

(1-1) 焼却灰中の核種濃度

$$C_A(i) = C_W(i) \cdot V_I \cdot F_{CI} \cdot (1 - f_I(i)) \quad \text{.....(37)}$$

ここで、

$C_A(i)$ ： 焼却灰中の核種 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を混合した廃棄物中の核種 i の濃度（Bq/g）
$C_W(i)=C_{WO}(i)\cdot F_{WC}$
$C_{WO}(i)$ ：クリアランス対象廃棄物中の核種 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（－）
V_I ： 焼却処理に伴う廃棄物の減重比（－）
F_{CI} ： 焼却炉での他の廃棄物との混合割合（－）
$f_I(i)$ ： 核種 i が排気に移行する割合（－）

(1-2) 空気中の核種濃度

$$C_{Air}(i) = \chi \cdot f_{AM}(i) \cdot R_{AM} \cdot F_{AM} \cdot C_A(i) \quad \text{.....(38)}$$

ここで、

$C_{Air}(i)$ ： 空気中の核種 i の濃度（Bq/m^3）
χ ： 大気中での分散係数（s/m^3）
$f_{AM}(i)$ ： 溶融処理において核種 i が排気に移行する割合（－）
R_{AM} ： 溶融処理能力（g/s）
F_{AM} ： 溶融炉での他の焼却灰との混合割合（－）
$C_A(i)$ ： 焼却灰中の核種 i の濃度（Bq/g）

(1-3) 土壌中の核種濃度

$$C_S(i) = \left\{ V_g \cdot C_{Air}(i) \cdot f_s \cdot f_r \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_i \cdot T_O)}{\lambda_i} \right\} \Big/ P \quad \text{.....(39)}$$

ここで、

$C_S(i)$: 核種 i の土壌中の濃度（Bq/kg）

V_g : 沈着速度（m/y）

$C_{Air}(i)$: 空気中の核種 i の濃度（Bq/m^3）

f_s : 粉塵の地表面への沈着割合（－）

f_r : 沈着した核種のうち残存する割合（－）

λ_i : 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

T_O : 核種の放出期間（y）

P : 土壌実効表面密度（kg/m^2）

(1-4) 農作物中の核種濃度

$$C_V(i) = \left[C_S(i) \cdot T_V(i) + V_g \cdot C_{Air}(i) \cdot \frac{f_v}{Y_B} \cdot \frac{1-\exp(-\lambda_{ei} \cdot T_E)}{\lambda_{ei}} \right] \cdot f_t \cdot f_d \quad \text{.....(40)}$$

ここで、

$C_V(i)$: 農作物（葉菜）中における核種 i の濃度（Bq/kg）

$C_S(i)$: 核種 i の土壌中の濃度（Bq/kg）

$T_V(i)$: 土壌から農作物（葉菜）への核種 i の移行係数（Bq/kg-農作物 per Bq/kg-土壌）

V_g : 沈着速度（m/y）

$C_{Air}(i)$: 空気中の核種 i の濃度（Bq/m^3）

f_v : 核種の農作物表面への沈着割合（－）

Y_B : 農作物（葉菜）の栽培密度（kg/m^2）

λ_{ei} : 沈着した核種 i の実効減衰係数（y^{-1}）

$$\lambda_{ei} = \lambda_i + \lambda_{iw}$$

ただし、

λ_i ：核種 i の崩壊定数（y^{-1}）

λ_{iw} ：weathering 効果による植物表面沈着核種の除去係数（y^{-1}）

T_E : 農作物の生育期間（y）

f_t : 農作物の栽培期間年間比（－）

f_d : 調理前洗浄等による粒子状物質の残留比（－）

(1-5) 溶融炉周辺の農作物摂取者（経口摂取による内部被ばく）

$$D_{ing}(i) = C_V(i) \cdot Q_V \cdot G_V \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_v}{365} \right) \cdot DF_{ing}(i) \quad \text{.....(41)}$$

ここで、

$D_{ing}(i)$: 農作物摂取に伴う核種 i の経口摂取による内部被ばく線量（μSv/y）

$C_V(i)$ ： 農作物（葉菜）中における核種 i の濃度（Bq/kg）
Q_V ： 農作物（葉菜）の年間摂取量（kg/y）
G_V ： 農作物（葉菜）の市場係数（－）
λ_i ： 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）
t_v ： 農作物（葉菜）の輸送時間（d）
$DF_{ing}(i)$ ： 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数（μ Sv/Bq）

（２）溶融炉周辺の畜産物摂取者（経口摂取による内部被ばく）

溶融炉から排出された核種が付着した農作物（飼料）を摂取した畜産物を摂取することによる被ばく線量を評価する。

(2-1) 空気中の核種濃度

空気中の核種濃度の評価式は、溶融処理により排気に移行し、煙突から大気中に放出された時の大気中の放射能濃度を考慮するものである。

$$C_{Air}(i) = \chi \cdot f_{AM}(i) \cdot R_{AM} \cdot F_{AM} \cdot C_A(i) \quad \text{.....(42)}$$

ここで、
$C_{Air}(i)$ ： 空気中の核種 i の濃度（Bq/m^3）
χ ： 大気中での分散係数（s/m^3）
$f_{AM}(i)$ ： 溶融処理において核種 i が排気に移行する割合（－）
R_{AM} ： 溶融処理能力（g/s）
F_{AM} ： 溶融炉での他の焼却灰との混合割合（－）
$C_A(i)$ ： 焼却灰中の核種 i の濃度（Bq/g）

(2-2) 飼料中の核種濃度

$$C_{VF}(i) = \left[C_S(i) \cdot T_F(i) + V_g \cdot C_{Air}(i) \cdot \frac{f_v}{Y_B} \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_{ei} \cdot T_E)}{\lambda_{ei}} \right] \cdot f_t \quad \text{.....(43)}$$

ここで、
$C_{VF}(i)$ ： 農作物（飼料）中における核種 i の濃度（Bq/kg）
$C_S(i)$ ： 核種 i の土壌中の濃度（Bq/kg）
$T_F(i)$ ： 土壌から農作物への核種 i の移行係数（Bq/kg-農作物 per Bq/kg-土壌）
V_g ： 沈着速度（m/y）
$C_{Air}(i)$ ： 空気中の核種 i の濃度（Bq/m^3）
f_v ： 核種の農作物表面への沈着割合（－）
Y_B ： 農作物の栽培密度（kg/m^2）
λ_{ei} ： 沈着した核種 i の実効減衰係数（y^{-1}）

$$\lambda_{ei} = \lambda_i + \lambda_{iw}$$

ただし、

λ_i ：核種 *i* の崩壊定数（y^{-1}）

λ_{iw} ：weathering 効果による植物表面沈着核種の除去係数（y^{-1}）

T_E ： 農作物の生育期間（y）

f_t ： 農作物の栽培期間年間比（－）

(2-3) 畜産物中の核種濃度

$$C_{Fn}(i) = T_n(i) \cdot M_F \cdot C_{VF}(i) \cdot Q_{vn} \quad \cdots\cdots(44)$$

ここで、

$C_{Fn}(i)$ ： 畜産物 *n* 中の核種 *i* の濃度 (Bq/kg 又は Bq/L)

$T_n(i)$ ： 飼料から畜産物 *n* 中への核種 *i* の移行係数 (d/kg 又は d/L)

M_F ： 核種を含む飼料の混合割合 （－）

$C_{VF}(i)$ ： 飼料中の核種 *i* の濃度 (Bq/kg)

Q_{vn} ： 畜産物 *n* を生産する家畜の飼料摂取量（kg-dry/d）

(2-4) 溶融炉周辺の畜産物摂取者（経口摂取による内部被ばく）

$$D_{ing,F}(i) = \sum_n C_{Fn}(i) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Fn}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \quad \cdots\cdots(45)$$

ここで、

$D_{ing,F}(i)$ ： 畜産物摂取に伴う核種 *i* による内部被ばく線量 (μSv/y)

$C_{Fn}(i)$ ： 畜産物 *n* 中の核種 *i* の濃度 (Bq/kg 又は Bq/L)

Q_n ： 畜産物 *n* の摂取量 (kg/y 又は L/y)

G_n ： 畜産物 *n* の市場係数 （－）

λ_i ： 核種 *i* の崩壊定数 (y^{-1})

$\lambda_i = \ln 2 / T_{1/2}(i)$

$T_{1/2}(i)$ ：核種 *i* の半減期 (y)

t_{Fn} ： 畜産物 *n* の輸送時間 (d)

$DF_{ing}(i)$ ： 核種 *i* の経口摂取の内部被ばく線量換算係数 (μSv/Bq)

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に１及び０と選定しているので、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,F}(i) = \sum_n C_{Fn}(i) \cdot Q_n \cdot DF_{ing}(i) \quad \cdots\cdots(45')$$

【溶融固化物の埋立作業に伴う評価経路】

この評価経路では、焼却灰の溶融処理により生成した溶融固化物を埋設処分場へ埋設するまでの作業者（積み下ろし作業者、運搬作業者）の被ばく線量を評価する。

（1）溶融固化物中の核種濃度

$$C_{AM}(i) = C_A(i) \cdot V_{AM} \cdot F_{AM} \cdot (1 - f_{AM}(i)) \quad \text{.....(46)}$$

ここで、

$C_{AM}(i)$: 溶融固化物中の核種 i の濃度（Bq/g）
$C_A(i)$: 焼却灰中の核種 i の濃度（Bq/g）
V_{AM} : 溶融処理に伴う廃棄物の減重比（－）
F_{AM} : 溶融炉での他の焼却灰との混合割合（－）
$f_{AM}(i)$: 溶融処理において核種 i が排気に移行する割合（－）

（2）溶融固化物の積み下ろし作業者及び運搬作業者（直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(i) = C_{AM}(i) \cdot S_O \cdot t_O \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \quad \text{.....(47)}$$

ここで、

$D_{ext}(i)$: 作業時における核種 i による外部被ばく線量（μSv/y）
$C_{AM}(i)$: 溶融固化物中の核種 i の濃度（Bq/g）
S_O : 外部被ばくに対する遮へい係数（－）
t_O : 年間作業時間（h/y）
$DF_{ext}(i)$: 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数（μSv/h per Bq/g）
λ_i : 核種 i の崩壊定数（y^{-1}）
t_i : 被ばく中の減衰期間（y）（1年）

４．２．４ クリアランスレベルの算出に用いる評価パラメータについて

放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルの算出に用いる評価パラメータは、基本的には、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等で使用された値を用いることとしており、今回のクリアランスレベルの算出で使用した元素・核種に依存しない評価パラメータを以下のとおり各表に示す。ただし、パラメータの中で、クリアランス対象物の物量に係る評価パラメータについては､今回の RI 汚染物や放射化物に係るデータをもとに設定し、焼却処理の評価経路に係る評価パラメータについては、今回新たに設定した。

○埋設処分の評価経路に係る元素・核種に依存しない評価パラメータ：表 4.11

○再利用・再使用の評価経路に係る元素・核種に依存しない評価パラメータ：表 4.12

○焼却処理の評価経路に係る元素・核種に依存しない評価パラメータ：表 4.13

また、埋設処分、再利用・再使用及び焼却処理の評価経路に係る元素依存及び核種依存の評価パラメータを以下のとおり各表に示す。線量換算係数については、線源の幾何形状を考慮し、点減衰核積分法による遮へい計算コード QAD-CGGP2R により算出した。また、焼却処理に係る評価パラメータについては、元素及び核種に依存しない評価パラメータと同様に今回新たに設定したパラメータがある。

○元素依存の評価パラメータ：表 4.14

○核種依存の評価パラメータ：表 4.15