

放射線障害防止法におけるクリアランスレベルの設定に係る検討
(放射化物に係る確率論的解析の結果)
(案)

平成22年6月30日
放射線規制室

1. はじめに

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向けて、放射線安全規制検討会では、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。）における技術的検討の結果を踏まえ、「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。）を平成22年1月に取りまとめた。

第2次中間報告書では、クリアランスレベルの設定に係る検討として、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から発生した放射線によって汚染された物（以下、「放射化物」という。）が埋設処分、再利用・再使用及び焼却処理された場合の一般公衆や関連作業者の実効線量 $10 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 又は皮膚の等価線量 $50\text{mSv}/\text{年}$ に相当する各核種のクリアランスレベルとなる放射能濃度の暫定値の算出結果を示した。また、政省令・告示を制定するための技術的検討事項として、暫定値の算出に用いたシナリオ（評価経路及び評価パラメータを組み合わせたもの）の妥当性を評価するための確率論的解析に係る検討を、クリアランス WG で進めることとした。

このような状況を踏まえ、前回（第17回）のクリアランス WG においては、以下の2章及び3章に示すとおり、RI 汚染物及び放射化物のそれぞれについて確率論的解析を行う対象核種の選定及び対象経路の抽出に係る検討を行った。

今回（第18回）のクリアランス WG においては、前回の対象核種の選定結果及び対象経路の抽出結果を踏まえ、先行して得られた放射化物に係る確率論的解析の結果について検討を行う。

2. 対象核種の選定

確率論的解析を行う対象核種として、RI 汚染物に係る対象核種を表1に示し、放射化物に係る対象核種を表2に示す。

まず、RI 汚染物に係る対象核種の選定については、第2次中間報告書において「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。」としている。このことから、社団法人日本アイソトープ協会（以下、「RI 協会」という。）が平成16年から平成20年までの5年間に供給した非密封の放射性同位元素供給33核種及び放射性医薬品供給14核種のうち、それぞれ供給量が最大値となる核種の放射能を1として他の核種を規格化した場合に1桁の範囲に入る核種は、H-3、P-32、C-14、I-125、Tc-99m 及び Mo-99 の6核種であり、RI 汚染物として今後も継続的に発生することを考慮して、これらの6核種を対象核種として選定した。なお、確率論的解析を行う対象核種の選定にあたっては、RI 協会及び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。）が既に保管している RI

汚染物の発生状況についても確認を行った。

表 1 RI 汚染物に係る確率論的解析の対象核種 (RI 協会による供給核種)

No.	核種
1	H-3
2	C-14
3	P-32
4	Mo-99
5	Tc-99m
6	I-125

次に、放射化物に係る対象核種の選定については、第 2 次中間報告書において「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。」としている。このことから、RI 汚染物における対象核種の選定の考え方を踏まえ、 $[(D/C) / (D/C)max]$ の値が小数点以下 1 桁目に含まれる 7 核種を放射化物に係る確率論的解析の対象核種として選定した。

表 2 放射化物に係る確率論的解析の対象核種

No.	核種
1	Na-22
2	Mn-54
3	Co-60
4	Sb-125
5	Cs-134
6	Eu-152
7	Eu-154

3. 対象経路の抽出

対象核種の選定の結果を踏まえ、RI 汚染物及び放射化物に係る確率論的解析を行う対象経路を表 3 及び表 4 に示す。対象経路の抽出については、第 2 次中間報告書において「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 10μ 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。」としている。このことから、RI 汚染物については、確率論的

解析の対象核種を表 1 に示す 6 核種とした場合には、対象経路は 13 経路となり、放射化物については、対象核種を表 2 に示す 7 核種とした場合には、対象経路は 4 経路となった。

表 3 確率論的解析を行う RI 汚染物に係る対象経路

No.	評価経路名	評価経路記号 ¹⁾
1	操業（埋立-外部）	d05
2	跡地利用（農作物，成人）	d17
3	跡地利用（農作物，子ども）	d17c
4	地下水（養殖淡水産物，成人）	d27
5	地下水（養殖淡水産物，子ども）	d27c
6	再利用（金属スクラップ周辺居住-農作物，成人）	r06
7	再利用（金属スクラップ周辺居住-農作物，子ども）	r06c
8	可燃物（可燃物運搬-外部）	b04
9	可燃物（焼却炉補修-外部）	b05
10	可燃物（焼却炉周辺-畜産物，子ども）	b12c
11	可燃物（溶融炉周辺-農作物，子ども）	b26c
12	可燃物（溶融炉周辺-畜産物，成人）	b27
13	可燃物（溶融炉周辺-畜産物，子ども）	b27c

表 4 確率論的解析を行う放射化物に係る対象経路

No.	評価経路名	評価経路記号 ¹⁾
1	操業（運搬-外部）	d03
2	操業（埋立-外部）	d05
3	再利用（壁材等-外部，成人）	r07
4	再利用（壁材等-外部，子ども）	r07c

4. 放射化物に係る確率論的解析

前述の確率論的解析を行う対象核種の選定結果及び対象経路の抽出結果を踏まえ、ここでは、放射化物に係る確率論的解析及びその結果を、以下のように取りまとめる。

4. 1 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

クリアランスレベルの暫定値の算出に用いた評価経路の中で、放射化物に係る確率論的解析を行う対象経路として抽出したのは、表 4 に示す 4 つの評価経路であり、これらの評価経路に関連するクリアランスレベルの算出で用いた計算モデルは、次に示す(1)式から(4)式である。

1) 操業（運搬-外部）（経路記号 d03）

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

¹⁾ : 評価経路記号のうち、「d」が埋設処分に係る評価経路、「r」が再利用・再使用に係る評価経路、「b」が焼却処理に係る評価経路を示している。また、「c」は子どもを対象とした評価経路であることを示している。

核種の濃度をそのまま用いた。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した。これにより、廃棄物運搬作業者の外部被ばく線量は、(1)式により求めた。

$$D_{ext}(i) = C_w(i) \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、この外部被ばく線量の評価に用いたパラメータは、次のとおりである。

- $D_{ext}(i)$: 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)

これらのパラメータの中で、下線で示したパラメータが分布 (分布幅、分布型) を考慮する必要のあるものである。

2) 操業 (埋立-外部) (経路記号 d05)

廃棄物埋立作業者の直接線の外部被ばく線量は、(2)式により求めた。

$$D_{ext}(i) = C_w(i) \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、この外部被ばく線量の評価に用いたパラメータは、次のとおりである。

- $D_{ext}(i)$: 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 ($\mu\text{Sv/h per Bq/g}$)
 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)

これらのパラメータの中で、下線で示したパラメータが分布（分布幅、分布型）を考慮する必要があるものである。

3) 再利用（壁材等—外部、成人、子ども）（経路記号 r07（成人）、r07c（子ども））

クリアランスされたコンクリート破片を住居等の建築物の壁の建築材料として再利用した場合の成人及び子どもの外部被ばく線量を評価するための計算モデルは、次の①と②に示すとおりである。

① 建築材料中の核種の濃度

まず、壁材等の建築材料となったコンクリート製品中の核種 i の濃度は、(3)式により求めた。

$$C_{Cp}(i) = C_{Cw}(i) \cdot G_G \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{pd}) \cdot F_{CC} \cdot F_{rc} \cdot \frac{F_g}{\rho_c} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、この建築材料中の核種の濃度の評価に用いたパラメータは、次のとおりである。

- $C_{Cp}(i)$: 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

また、再利用コンクリート製品の使用に伴う外部被ばく線量は、(4)式により求めた。

$$D_{ext,Cp}(i) = C_{Cp}(i) \cdot t_p \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、この外部被ばく線量の評価に用いたパラメータは、次のとおりである。

- $D_{ext,Cp}(i)$: 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

	($\mu\text{Sv/y}$)
$C_{cp}(i)$: 建築材料中の核種 i の濃度 (Bq/g)
t_p	: <u>再利用製品年間使用時間 (h/y)</u>
$DF_{ext}(i)$: <u>核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数 ($\mu\text{Sv/h per Bq/g}$)</u>
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)

上記の①と②に示したパラメータの中で、下線で示したパラメータが分布（分布幅、分布型）を考慮する必要のあるものである。ただし、「核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数」については、成人と子どもでは分布幅が異なるものとする。

4. 2 評価パラメータの分布幅及び分布型の設定について

放射化物に係る確率論的解析を行う上で、評価パラメータの分布幅及び分布型についての設定を表 6 から表 8 に示す。

また、分布幅及び分布型の選定の考え方を添付資料 1 に示す。この考え方は、原子炉クリアランス他、既往の評価で用いられている考え方と同じものである。

表5 元素や核種に依存しないパラメータの分布に関する設定（放射化物）（1/2）

No.	パラメータ	決定論	選定値	単位	決定論選定値根拠	分布型	最小値	最大値	分布幅選定根拠	使用経路
1	混合率	大規模施設	0.4	-	クリアランス対象物量と「放射性廃棄物でない廃棄物」の量の推定値から0.4と設定した。	一様分布	0.04	0.4	最大値は、選定値と同様に、第2次中間報告書の表3.4に示した物量を基に、混合率の最大値(0.33)を上方にまるめた値である0.4とした。最小値は、最大値(選定値)の1/10である0.04とした。なお、第2次中間報告書に記載した「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(高エネ研が大学等放射線施設協議会等の協力を得て行った調査)」では、混合率の最小として0.01になる結果が得られていたことから、0.04はアンケート調査の結果に保守性を考慮した値となっている。分布型は一様分布とする。	d03, d05
2	運搬作業時の遮へい係数		0.9	-	NUREG/CR-0134 (Co-60)	一様分布	0.8	1	最小値は鉄板5mmによる遮へいを想定した場合のCo-60の遮へい係数を基に設定した。最大値は遮へいが全くないことを想定した。分布型は一様分布とした。	d03
3	運搬年間作業時間	大規模施設	1000	h/y	放射線発生装置使用施設の大規模施設については、作業量から計算される作業時間は年間の労働時間を超えるため、年間労働時間の半分の時間を廃棄物の側で作業するものとした。 $8(h/d) \times 5(d/w) \times 50(w/y) \times 0.5 = 1000(h/y)$	一様分布	20	2000	最小値は放射線発生装置使用施設の小規模施設に対する作業時間の選定値とした。最大値は年間労働時間のすべてを廃棄物の側で作業するものとした。分布型は一様分布とする。	d03
4	外部被ばく線量換算係数(操業-運搬)		核種依存	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	表6を参照	一様分布	核種依存	核種依存	値は表6を、算出方法は表7を参照。分布型は一様分布とする。	d03
5	埋立年間作業時間	大規模施設	1000	h/y	国土交通省土木工事積算基準に示された標準作業量を参考に1日当たりの作業量を100ton、1日8時間労働、うち半分の時間をクリアランスされた廃棄物の側で作業するものとして、対象物量に応じて以下の通り計算し、その結果を丸めて選定した。ただし、放射線発生装置使用施設の大規模施設については、作業量から計算される作業時間は年間の労働時間を超えるため、年間労働時間の半分の時間を廃棄物の側で作業するものとした。 $8(h/d) \times 5(d/w) \times 50(w/y) \times 0.5 = 1000(h/y)$	一様分布	20	2000	最小値は放射線発生装置使用施設の小規模施設に対する作業時間の選定値とした。最大値は年間労働時間のすべてを廃棄物の側で作業するものとした。分布型は一様分布とする。	d05
6	埋立作業時の遮へい係数		0.4	-	IAEA-TECDOC-401 (Co-60)	一様分布	0.25	0.45	埋立作業場での作業員に対し、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計算を基に選定した。分布型は一様分布とする。	d05

表5 元素や核種に依存しないパラメータの分布に関する設定（放射化物）（2/2）

No.	パラメータ	決定論	選定値	単位	決定論選定値根拠	分布型	最小値	最大値	分布幅選定根拠	使用経路
7	外部被ばく線量換算係数（操業一埋立作業）		核種依存	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	無限平板を模擬した半径500m、高さ2mの円柱体系	*				d05
8	市場係数（再生粗骨材）		1	-	保守的に、市場で他の多量のスクラップと混合することを考慮せず、1と選定した。	対数一様分布	0.01	1	クリアランスレベル以下のコンクリートから再生された粗骨材が、流通過程においてその他の粗骨材により100倍に混合される場合から、全く混合されない場合までを考慮して範囲を選定した。分布型は、分布幅が広いので対数一様分布とする。	r07, r07c
9	クリアランスされた後から再利用されるまでの期間		1	y	保守的に1年に選定した。	一様分布	1	5	最大値は、放射線発生装置使用施設の大規模施設の解体撤去作業期間（約3～4年）及び再利用されるまでの期間を考慮して5年とした。分布型は一様分布とする。	r07, r07c
10	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	大規模施設	0.4	-	発生するコンクリートについては、1施設あたりの処理量を超える対象施設もあることから、非放射性廃棄物との混合のみを考慮して対象施設の最大値から求められる0.33から0.4と選定した。	一様分布	0.04	0.4	最大値は、第2次中間報告書表3.4から推定される混合率の最大値(0.33)を上方にまらめた値とした。最小値は同表から得られる最小値(0.01)に保守性を考慮して選定値の1/10の値とした。分布型は一様分布とする。	r07, r07c
11	再生粗骨材使用割合		0.15	-	「再生粗骨材を用いるコンクリートの基準(案)」(建設省建築研究所 1986年11月)を基に選定した。	一様分布	0	0.3	最小値は、再生粗骨材が全く用いられない場合を想定した。最大値は「再生粗骨材を用いるコンクリートの基準(案)」をもとに選定した。分布型は一様分布とする。	r07, r07c
12	粗骨材使用量		1	g/cm^3	「コンクリート工学ハンドブック」より選定した。	正規分布	0.63	1	「コンクリート工学ハンドブック」によると ・粗骨材の容積割合は0.41～0.62（骨材最大寸法が10～20mmの場合） ・粗骨材（碎石）の密度は1.53～1.68 g/cm^3 となっており、最小値は0.63 g/cm^3 (=0.41×1.53 g/cm^3)、最大値は1.0 g/cm^3 (=0.62×1.68 g/cm^3)と選定した。 粗骨材密度は自然現象的であると想定されるため分布型は正規分布とする。	r07, r07c
13	建築材密度		2.3	g/cm^3	「コンクリート工学ハンドブック」より選定した。	正規分布	2.2	2.4	「コンクリート工学ハンドブック」に記載されている、普通コンクリートの密度の範囲（2.2～2.4 g/cm^3 ）から選定した。 分布型は、建築材密度は中央値付近の値となる確率が高いと想定されるので正規分布とする。	r07, r07c
14	年間居住時間		6000	h/y	IAEA S. S. No. 111-P-1.1	正規分布	3000	8760	最小値は、睡眠時間（8h/d×365d/y=2920 h/y）をもとに選定した。最大値は1年間屋内にいたとした。 分布型は、中央値付近の値となる確率が高いと想定されるため正規分布とする。	r07, r07c
15	外部被ばく線量換算係数（再利用一壁材等）		核種依存	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	表6を参照	一様分布	核種依存	核種依存	値は表6を、算出方法は表8を参照。 分布型は一様分布とする。	r07, r07c

表6 外部被ばく線量換算係数（確率論）

経路名	核種	選定値	分布型	最小値	最大値
作業（運搬－外部） （表7に示す条件から算出）	Na-22	1.7E-1	一様	1.2E-1	3.2E-1
	Mn-54	6.4E-2		4.6E-2	1.2E-1
	Co-60	1.9E-1		1.3E-1	3.5E-1
	Sb-125	3.3E-2		2.4E-2	6.2E-2
	Cs-134	1.2E-1		8.7E-2	2.3E-1
	Eu-152	8.6E-2		6.1E-2	1.6E-1
	Eu-154	9.3E-2		6.6E-2	1.7E-1
再利用（壁材等－外部、成人） （表8に示す条件から算出）	Na-22	7.0E-1	一様	4.6E-1	7.5E-1
	Mn-54	2.6E-1		1.8E-1	2.8E-1
	Co-60	8.2E-1		5.2E-1	9.0E-1
	Sb-125	1.2E-1		8.8E-2	1.3E-1
	Cs-134	4.9E-1		3.3E-1	5.1E-1
	Eu-152	3.5E-1		2.3E-1	3.8E-1
	Eu-154	3.9E-1		2.5E-1	4.2E-1
再利用（壁材等－外部、子ども） （成人の値の1.3倍）	Na-22	9.1E-01	一様	6.0E-01	9.8E-01
	Mn-54	3.4E-01		2.3E-01	3.6E-01
	Co-60	1.1E+00		6.8E-01	1.2E+00
	Sb-125	1.6E-01		1.1E-01	1.7E-01
	Cs-134	6.4E-01		4.3E-01	6.6E-01
	Eu-152	4.6E-01		3.0E-01	4.9E-01
	Eu-154	5.1E-01		3.3E-01	5.5E-01

※単位：μSv/h per Bq/g

表7 操業—運搬（放射化物）

シナリオ	操業	経路名	No.1 積み下ろし、No.3 運搬作業																				
パラメータ名	線量率	単位	(μ Sv/h) per (Bq/g)																				
選定値	核種依存	分布型	一様分布																				
最小値	核種依存	最大値	核種依存																				
<p>選定値根拠： 線源は、JAERI-Data/Code 2008-001 に示された埋設処分シナリオの積み込み・運搬経路に対する密度 2.0g/cm³ の均質に汚染したコンクリートで、形状は1m×5m×1mの直方体を設定した。線源と評価点との距離は1mとした。</p>																							
<p>分布幅選定根拠：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>選定値</th> <th>ケース1</th> <th>ケース2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>放射化物等の寸法</td> <td>長さ5m×幅1m ×高さ1m</td> <td>長さ2m×幅0.5m ×高さ1m</td> <td>長さ4m×幅2.5m ×高さ1m</td> </tr> <tr> <td>評価点</td> <td>5m×1mの面の 表面から1m</td> <td>2m×1mの面の 表面から1m</td> <td>4m×1mの面の 表面から1m</td> </tr> <tr> <td>放射化物等密度(g/cm³)</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>放射化物等重量(ton)</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ケース1、ケース2は重水炉・高速炉等のクリアランスの時の設定値である。</p>					選定値	ケース1	ケース2	放射化物等の寸法	長さ5m×幅1m ×高さ1m	長さ2m×幅0.5m ×高さ1m	長さ4m×幅2.5m ×高さ1m	評価点	5m×1mの面の 表面から1m	2m×1mの面の 表面から1m	4m×1mの面の 表面から1m	放射化物等密度(g/cm ³)	2.0	2.0	2.0	放射化物等重量(ton)	5	2	20
	選定値	ケース1	ケース2																				
放射化物等の寸法	長さ5m×幅1m ×高さ1m	長さ2m×幅0.5m ×高さ1m	長さ4m×幅2.5m ×高さ1m																				
評価点	5m×1mの面の 表面から1m	2m×1mの面の 表面から1m	4m×1mの面の 表面から1m																				
放射化物等密度(g/cm ³)	2.0	2.0	2.0																				
放射化物等重量(ton)	5	2	20																				

表 8 コンクリート再利用—壁材等（放射化物）

評価対象	No. 7 壁材等																																		
パラメータ名	線量率	単位	(μ Sv/h) per (Bq/g)																																
選定値	核種依存	分布型	一様分布																																
最小値	核種依存	最大値	核種依存																																
<p>選定値根拠：</p> <p>建物の寸法については、『「優良な住宅」の指針の運用に係る方針（共同住宅）』（建設省住生第 21 号、平成 4 年 3 月）の以下の記載に基づき選定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1 住戸当たりの床面積を概ね 80m² 以上（共有部分を除く）とする。 ・ 居室の床面から天井面までの高さは、原則として 2.4m 以上とする。 <p>評価に当たっては、壁の面数は窓を考慮して 3 面とし、床及び天井の影響を考慮する。</p> <p>壁厚さは、『「優良な住宅」の指針の運用に係る方針（共同住宅）』（建設省住生第 21 号、平成 4 年 3 月）の以下の記載に基づき選定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 遮音性の観点から、戸境床の厚さは、普通コンクリートで 20cm 以上とする。 ・ 遮音性の観点から、戸境壁の厚さは、普通コンクリートで 15cm 以上とする。 <p>評価点は、床上 1m で部屋の中心と選定した。</p> <p>粗骨材使用量については、「コンクリート工学ハンドブック」（1981）に示された下記の標準配合に基づき選定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 粗骨材（碎石）の最大寸法は 20mm、この場合の粗骨材の容積割合は 62% ・ 粗骨材（碎石）の密度は、1.53~1.68 (g/cm³) <p>したがって、コンクリートの単位体積当たりの粗骨材重量は以下のようになる。</p> $0.62 \times 1.6 (\text{g/cm}^3) = 1 (\text{g/cm}^3)$																																			
<p>分布幅選定根拠：</p> <p>6 畳間相当の部屋（約 10m²）と比較的広い建物（約 120m²）を想定し、各々のケースについての線量率計算結果から選定した。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>選定値</th> <th>ケース 1</th> <th>ケース 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>建物の寸法</td> <td>9m × 9m × 2.4mH (約 80m²)</td> <td>3m × 3m × 2mH (約 10m²)</td> <td>11m × 11m × 3mH (約 120m²)</td> </tr> <tr> <td>床、天井の厚さ</td> <td>20cm</td> <td>10cm</td> <td>30cm</td> </tr> <tr> <td>壁の厚さ</td> <td>15cm</td> <td>10cm</td> <td>30cm</td> </tr> <tr> <td>壁の面数</td> <td>3 面</td> <td>3 面</td> <td>3 面</td> </tr> <tr> <td>評価点</td> <td>床上 1m, 部屋の中心</td> <td>床上 1m, 部屋の中心</td> <td>床上 1m, 部屋の中心</td> </tr> <tr> <td>コンクリート密度 (g/cm³)</td> <td>2.3</td> <td>2.3</td> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td>粗骨材使用量</td> <td>1 g/cm³</td> <td>1 g/cm³</td> <td>1 g/cm³</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ケース 1、ケース 2 のサイズは原子炉クリアランスのときの設定値である。</p>					選定値	ケース 1	ケース 2	建物の寸法	9m × 9m × 2.4mH (約 80m ²)	3m × 3m × 2mH (約 10m ²)	11m × 11m × 3mH (約 120m ²)	床、天井の厚さ	20cm	10cm	30cm	壁の厚さ	15cm	10cm	30cm	壁の面数	3 面	3 面	3 面	評価点	床上 1m, 部屋の中心	床上 1m, 部屋の中心	床上 1m, 部屋の中心	コンクリート密度 (g/cm ³)	2.3	2.3	2.3	粗骨材使用量	1 g/cm ³	1 g/cm ³	1 g/cm ³
	選定値	ケース 1	ケース 2																																
建物の寸法	9m × 9m × 2.4mH (約 80m ²)	3m × 3m × 2mH (約 10m ²)	11m × 11m × 3mH (約 120m ²)																																
床、天井の厚さ	20cm	10cm	30cm																																
壁の厚さ	15cm	10cm	30cm																																
壁の面数	3 面	3 面	3 面																																
評価点	床上 1m, 部屋の中心	床上 1m, 部屋の中心	床上 1m, 部屋の中心																																
コンクリート密度 (g/cm ³)	2.3	2.3	2.3																																
粗骨材使用量	1 g/cm ³	1 g/cm ³	1 g/cm ³																																

5. 放射化物を対象とした核種の確率論的解析の結果

確率論的解析の結果一覧を表 9 に、核種ごとの目安線量相当濃度の累積分布関数を図 1 から図 7 に、シナリオの妥当性についての確認結果を図 8 から図 14 に示す。

5. 1 評価パラメータのばらつき評価

この評価は、決定論的な方法によるクリアランスレベルの暫定値の算出に用いるために選定した評価パラメータの値が適切で、かつ、現実的な範囲で保守的な選定となっていることの確認を目的としている。

この確認は、確率論的解析から求めた放射能濃度の累積分布関数を用いて、決定論的な方法により求めた $10 \mu\text{Sv}/\text{年}$ に相当する放射能濃度（図中の垂直な直線）が累積分布関数の確率の中央値（ $P=0.5$ に対する濃度）から 97.5% 片側信頼区間下限値（以下、「97.5% 下限値」という。図で累積分布関数が $P=0.025$ の破線と交わる点の濃度）の間の範囲にあるかどうかを確認することで行う。実質的には中央値を下回ることのみを確認することにより、決定論的解析の評価パラメータが保守的であることのみを確認している。

図 1 から図 7 に示すように、放射能濃度の累積分布関数を用いた評価の結果、対象とした全ての核種（Na-22、Mn-54、Co-60、Sb-125、Cs-134、EU-152、Eu-154）で、決定論的解析の結果は、確率論的解析結果による累積分布関数の中央値より十分に低く、97.5% 下限値の近傍に位置している。このことは、評価パラメータが適切かつ保守的に選定されていることを示している。

5. 2 シナリオの妥当性評価

この評価は、評価経路及び評価パラメータを組み合わせ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の確認を目的としている。

この確認は、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、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ことで行う。具体的には、 $10 \mu\text{Sv}/\text{年}$ を著しく超えないめやす線量である $100 \mu\text{Sv}/\text{年}$ ²⁾ 相当濃度（97.5% 下限値の最小値の 10 倍で与える）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の方が $100 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 相当濃度よりも常に低くなっていることを確認する。この条件を満たす時、決定論的解析による算出結果に基づくクリアランスレベルを適用した場合に、発生頻度が小さいと考えられるシナリオの線量が $100 \mu\text{Sv}/\text{年}$ を超えないことを示している。

表 9 及び図 8 から図 14 に示すとおり、対象とした 7 核種すべてについて決定論的解析で求めたクリアランスレベルが $100 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 相当濃度よりも常に低くなっていることを確認した。

²⁾ : このめやす線量は、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においても用いられている。

表9 決定論的解析による試算結果と97.5%下限値の比較

核種	決定論的解析 による試算結果		97.5%下限値の最小値		確認 (A/B<10)
	決定経路名	線量目安 相当濃度 (Bq/g) (A)	97.5%下限値が最小 となる経路名	最小値 (Bq/g) (B)	
Na-22	再利用(壁材-外部) (子ども)	0.10	操業(埋立-外部)	0.075	○
Mn-54	操業(埋立-外部)	0.37	操業(埋立-外部)	0.25	○
Co-60	再利用(壁材-外部) (子ども)	0.073	操業(埋立-外部)	0.063	○
Sb-125	操業(埋立-外部)	0.56	操業(埋立-外部)	0.38	○
Cs-134	操業(埋立-外部)	0.16	操業(埋立-外部)	0.11	○
Eu-152	再利用(壁材-外部) (子ども)	0.15	操業(埋立-外部)	0.13	○
Eu-154	再利用(壁材-外部) (子ども)	0.14	操業(埋立-外部)	0.12	○

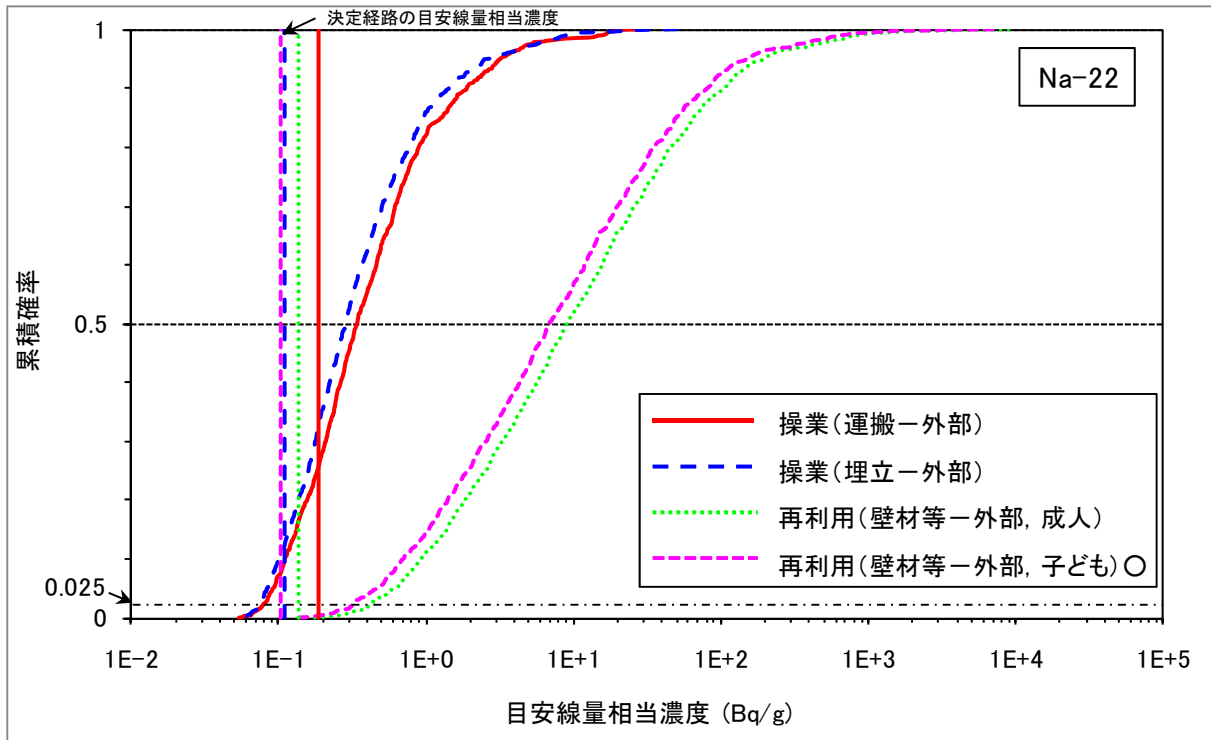


図 1 目安線量相当濃度の累積分布関数 (Na-22)

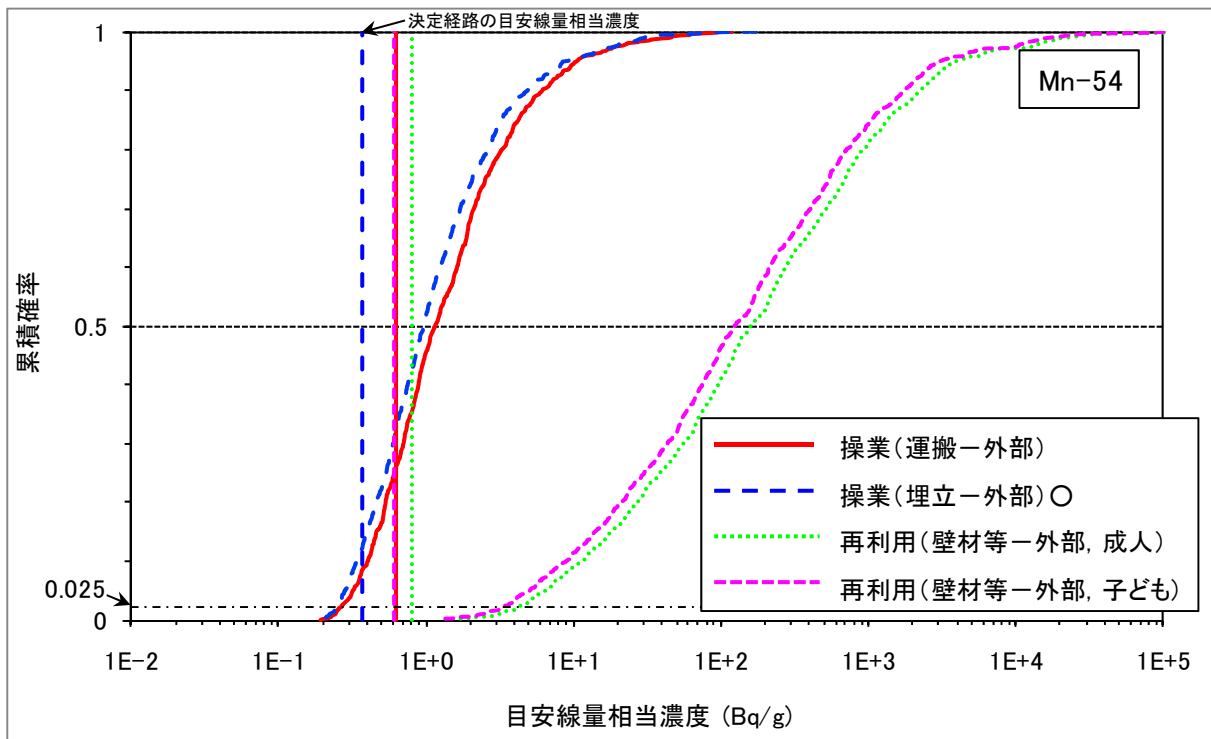


図 2 目安線量相当濃度の累積分布関数 (Mn-54)

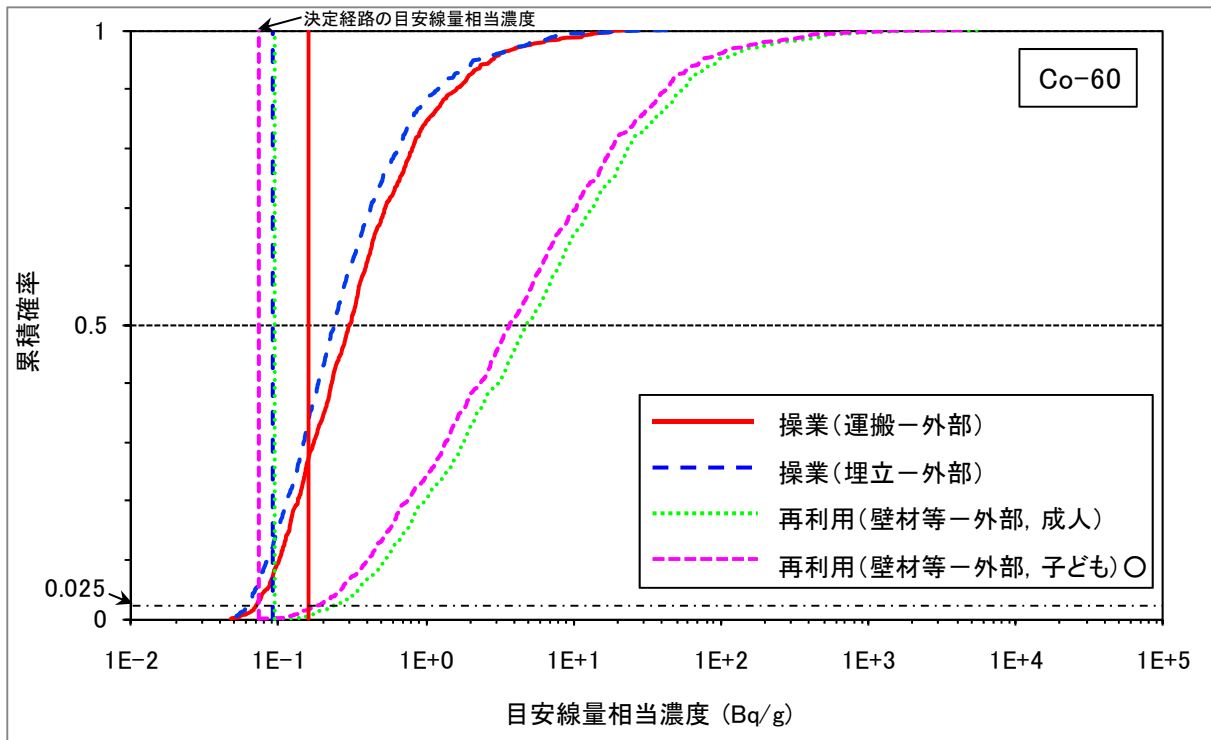


図 3 目安線量相当濃度の累積分布関数 (Co-60)

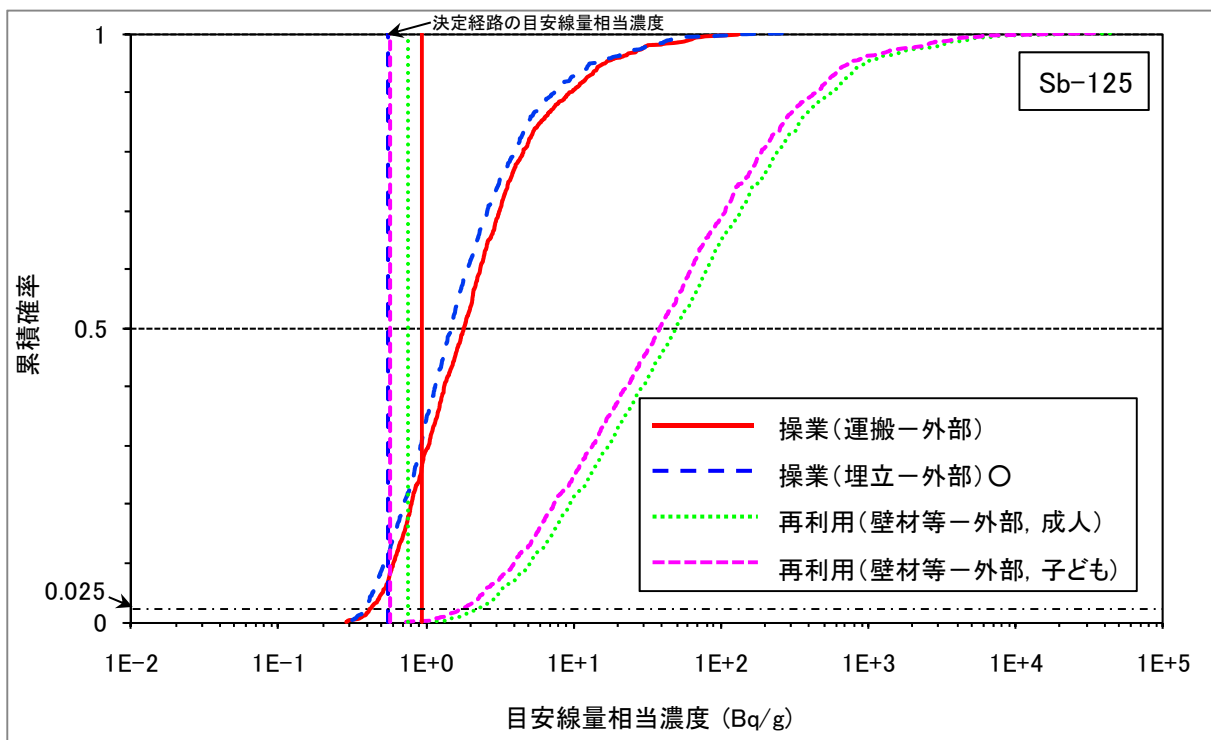


図 4 目安線量相当濃度の累積分布関数 (Sb-125)

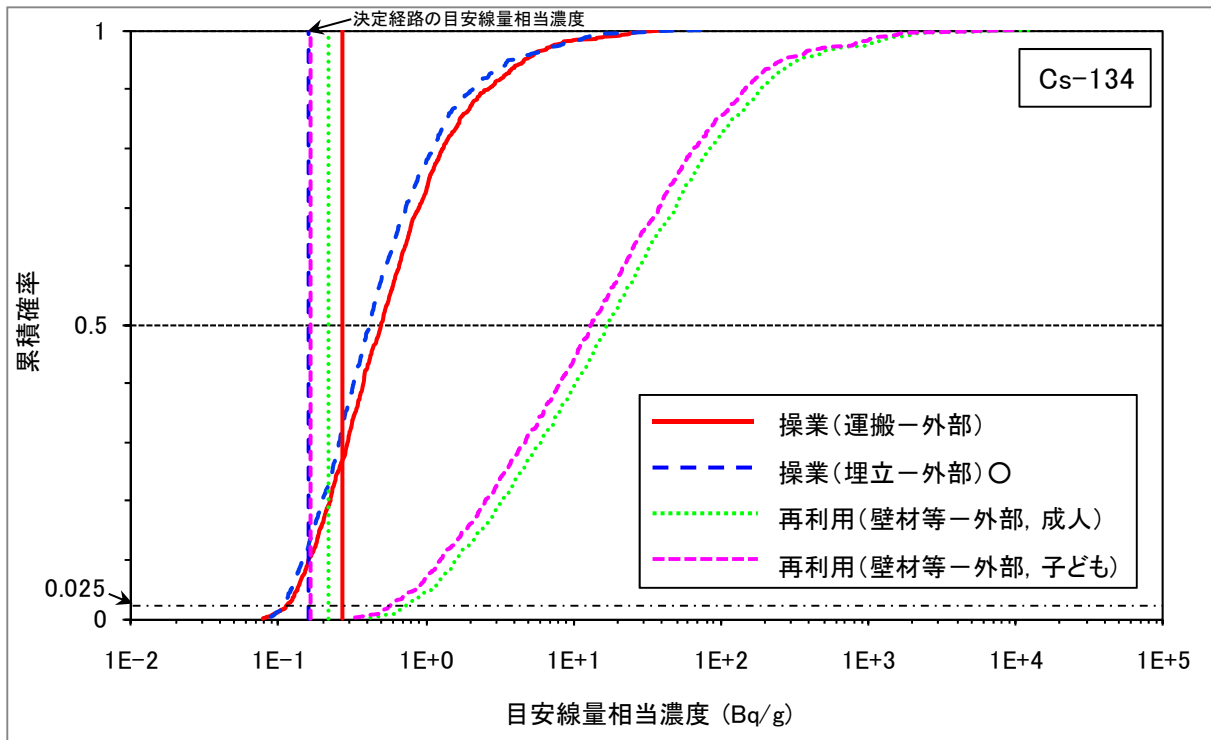


図 5 目安線量相当濃度の累積分布関数 (Cs-134)

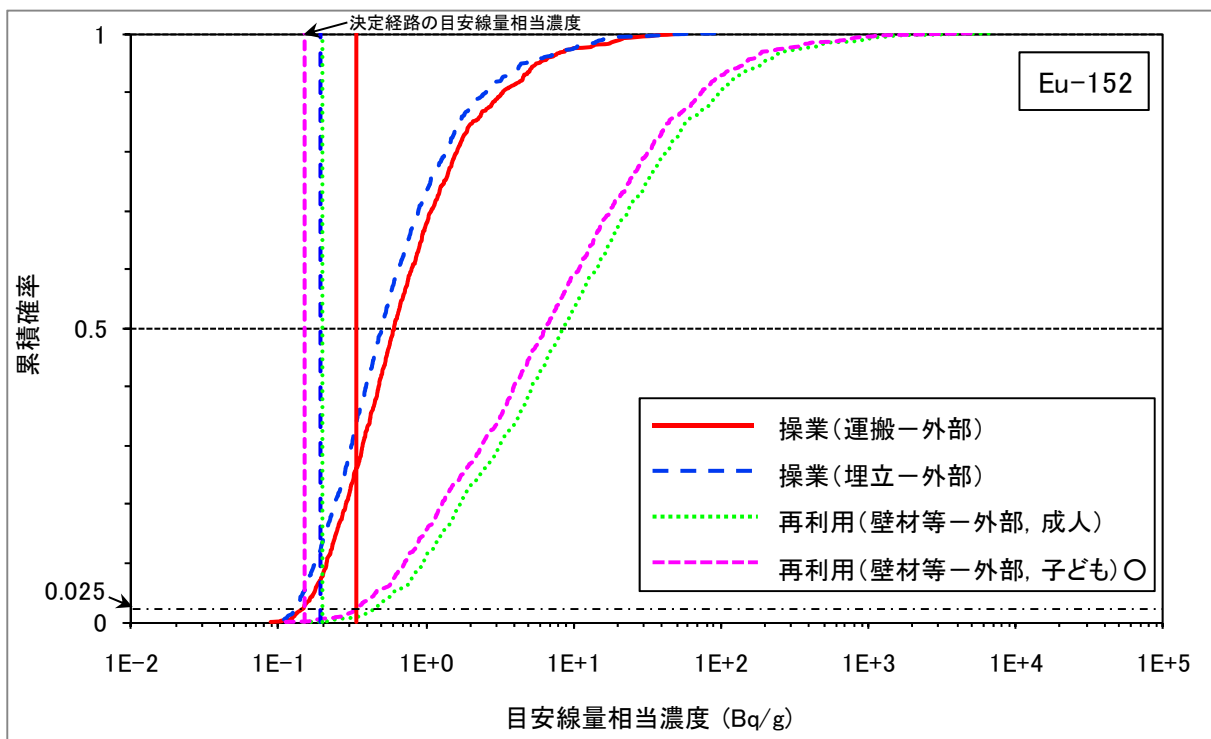


図 6 目安線量相当濃度の累積分布関数 (Eu-152)

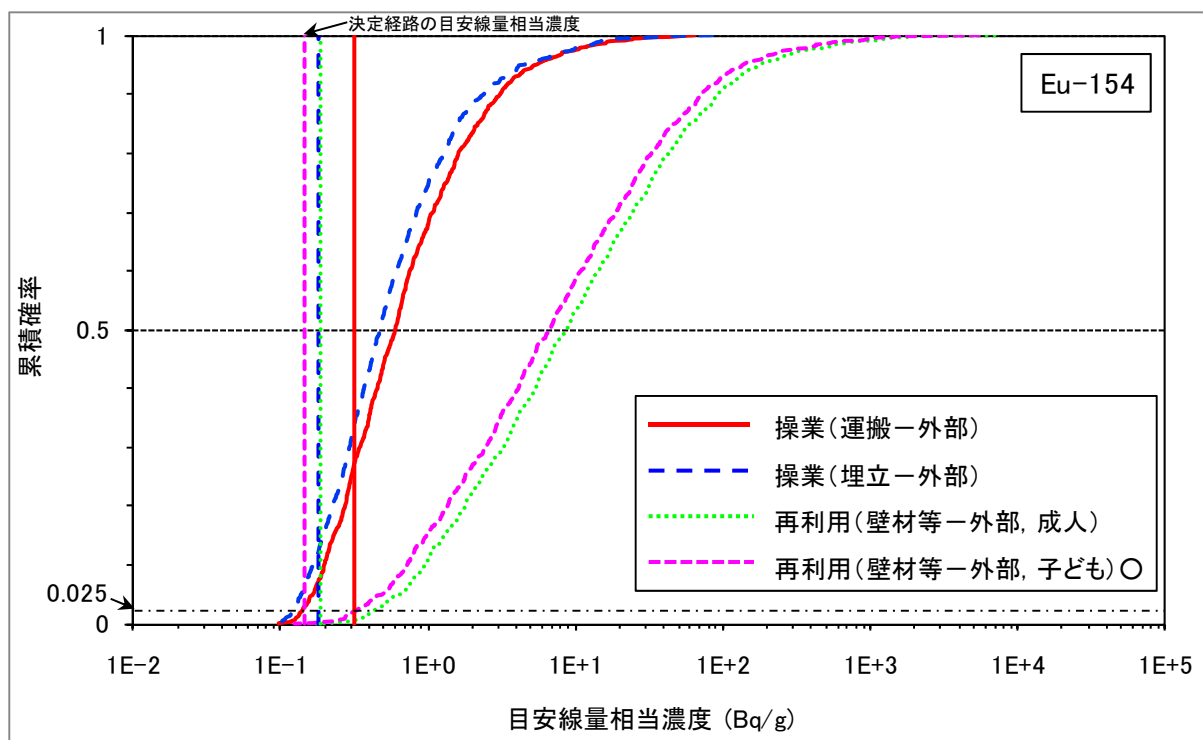


図 7 目安線量相当濃度の累積分布関数 (Eu-154)

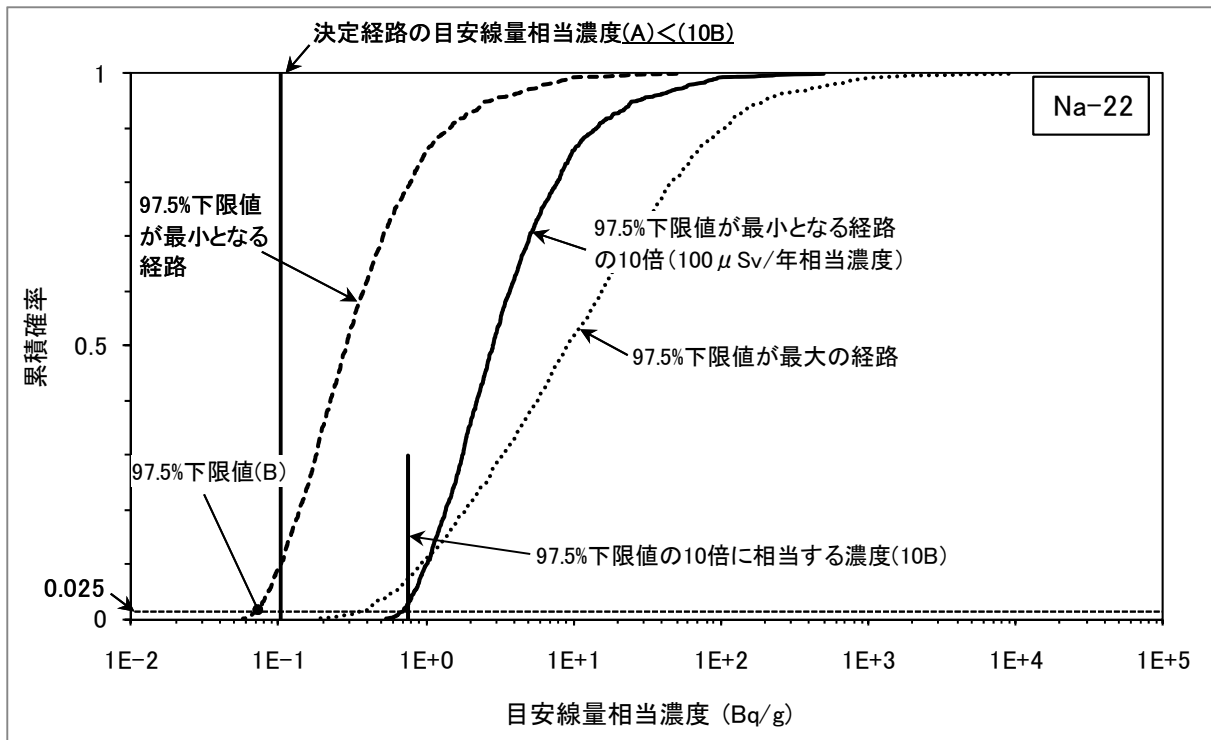


図 8 シナリオ妥当性評価結果 (Na-22)

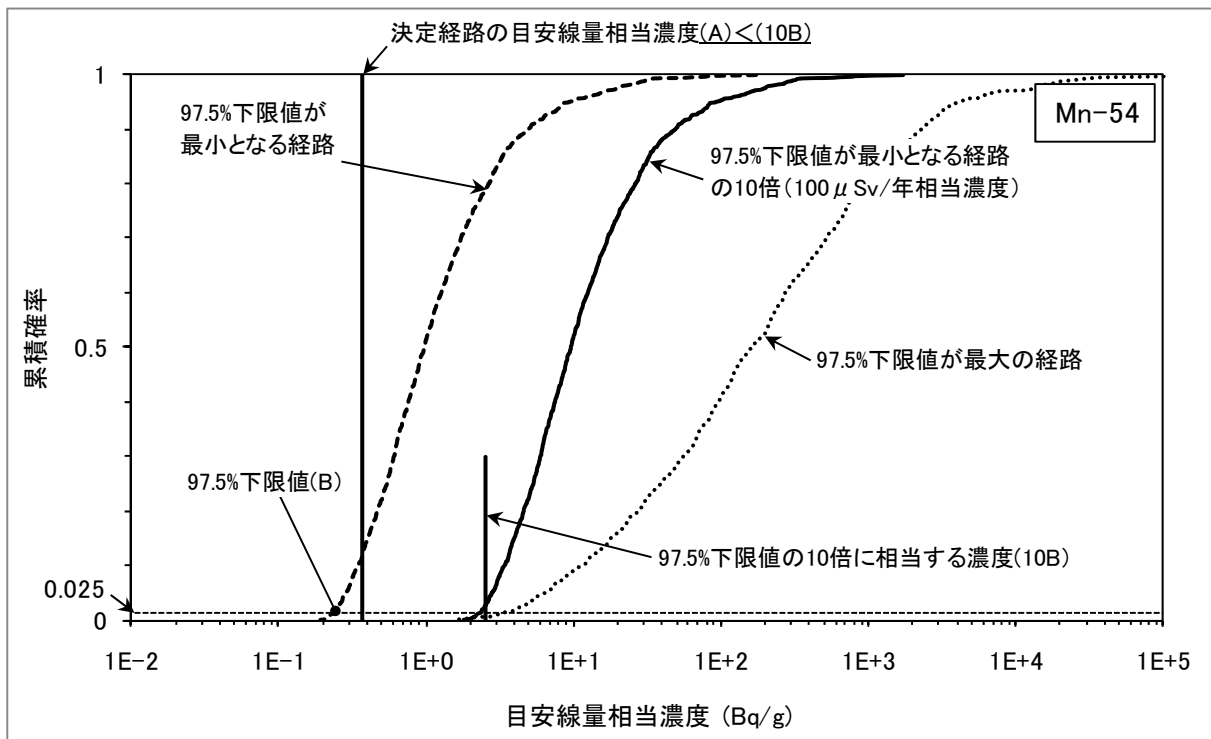


図 9 シナリオ妥当性評価結果 (Mn-54)

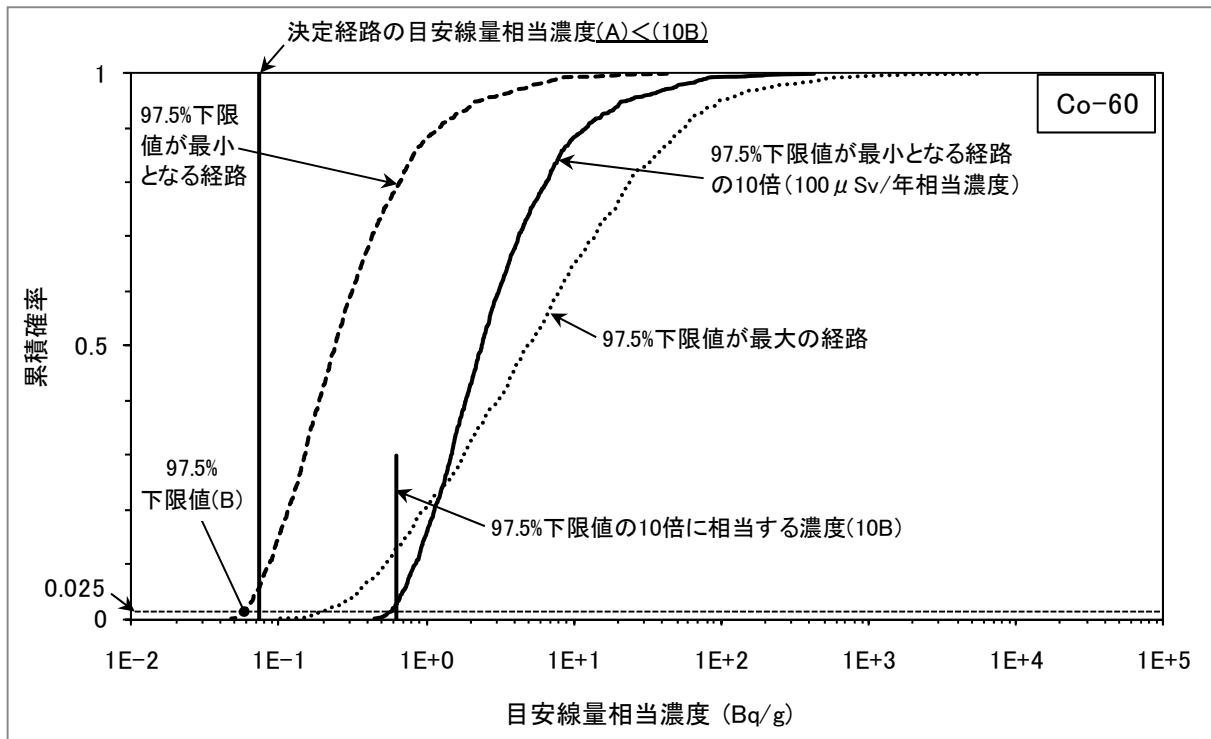


図 10 シナリオ妥当性評価結果 (Co-60)

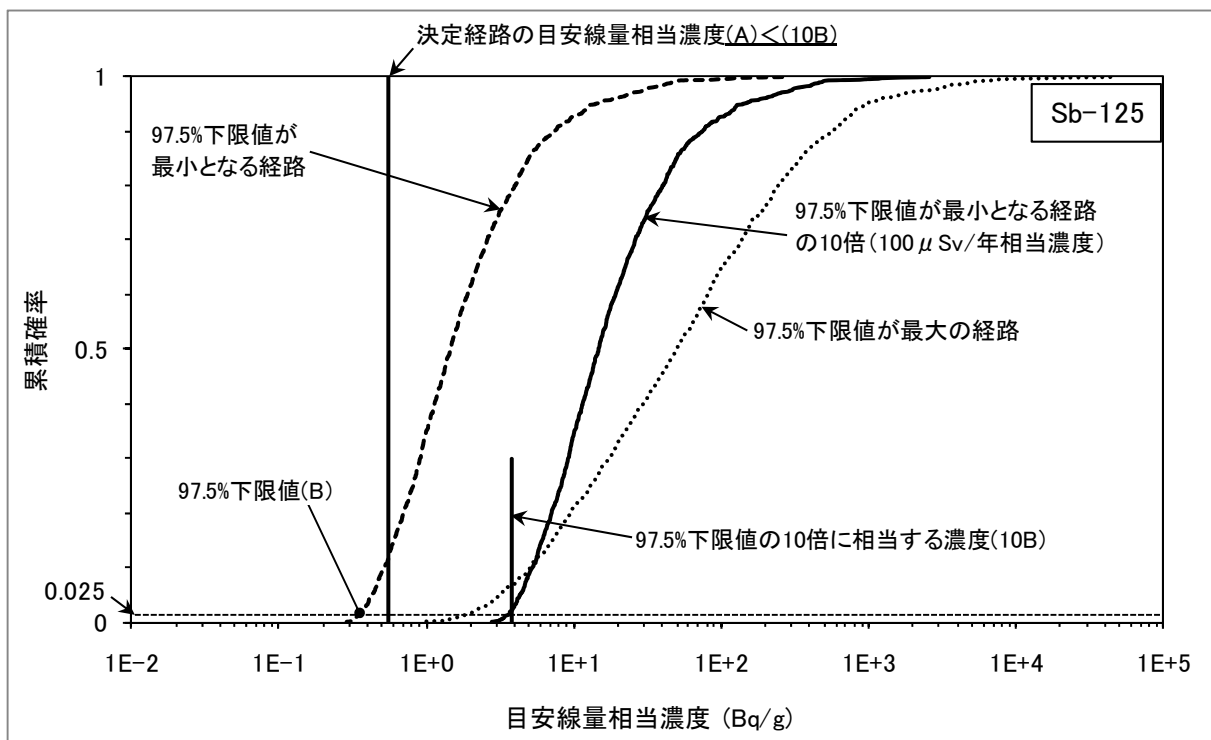


図 11 シナリオ妥当性評価結果 (Sb-125)

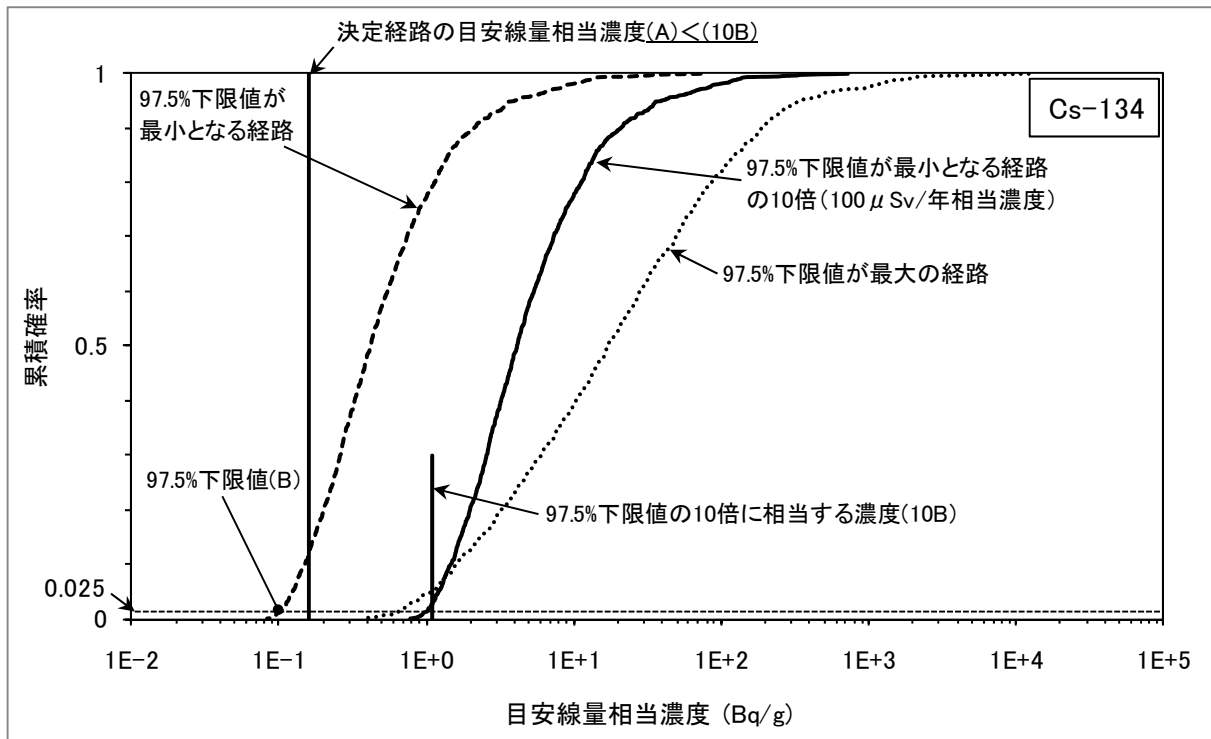


図 12 シナリオ妥当性評価結果 (Cs-134)

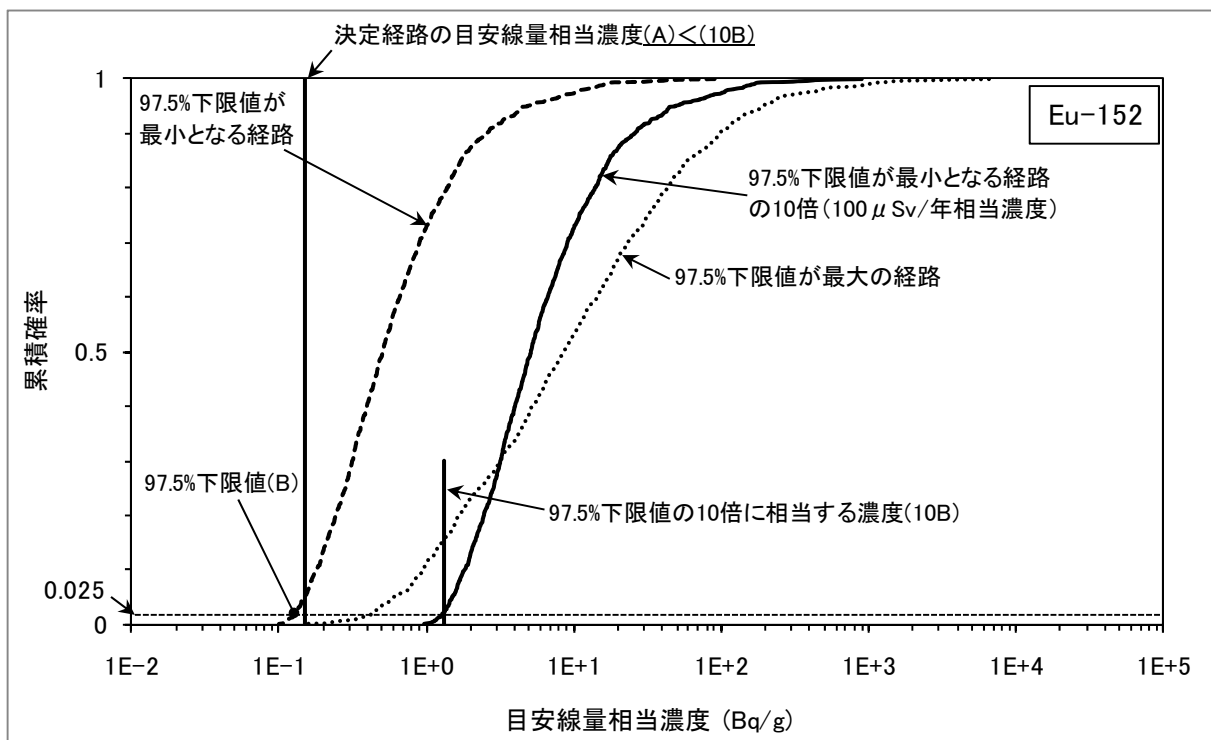


図 13 シナリオ妥当性評価結果 (Eu-152)

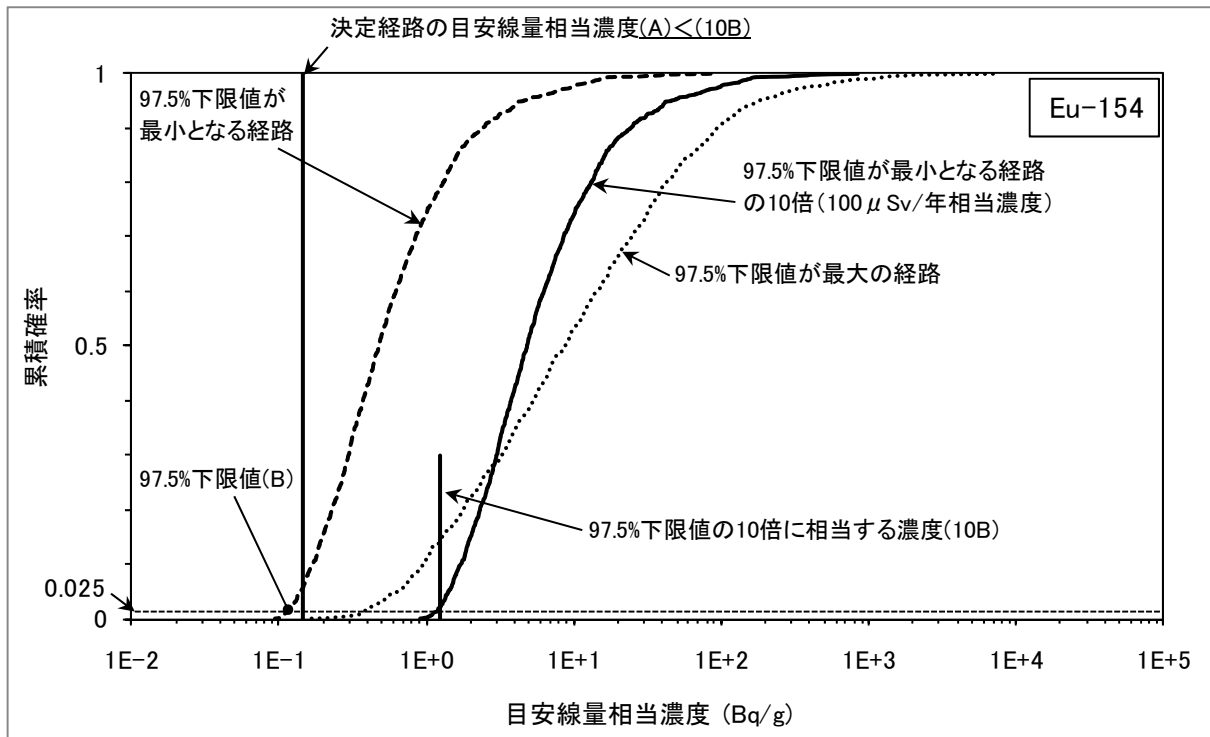


図 14 シナリオ妥当性評価結果 (Eu-154)

6. まとめ

今回は、前回のクリアランス WG で取りまとめた RI 汚染物及び放射化物に係る確率論的解析の対象核種の選定結果及び対象経路の抽出結果を踏まえ、先行して、放射化物に係る確率論的解析を行った。その結果、決定論的な方法によるクリアランスレベルの暫定値の算出のために選定した評価パラメータが保守的な選定となっていること、評価経路及び評価パラメータを組み合わせ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ことができた。

引き続き、RI 汚染物に係る確率論的解析を実施し、放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルを取りまとめる。

表 評価パラメータの分布幅及び分布型の選定の考え方

分布	選 定 の 方 法
分 布 幅	<p>以下の優先順位で変動幅を選定する。</p> <p>(1) 実態調査、文献からデータが得られているもの。</p> <p>(2) 評価経路から想定して変動幅を判断できるもの。</p> <p>(3) (1) 及び(2) 以外のものは、中央値の位置、分布の広がり（±n%、n倍、1/n倍）を想定して判断する。</p>
分 布 型	<p>基本的に一様分布とするが、以下の優先順位で分布型を選定する。</p> <p>(1) 既存の研究により正規分布あるいは対数正規分布であることが明らかである評価パラメータは、正規分布あるいは対数正規分布とする。（たとえば、分配係数、移行係数など）</p> <p>(2) 文献調査等により、正規分布、対数正規分布であることが統計的に想定される評価パラメータは、正規分布あるいは対数正規分布とする。（たとえば、処分場の大きさなど）</p> <p>(3) 分布幅の判断において、選定値を中心にn倍、1/n倍と想定した場合は、対数一様分布または対数正規分布とする。その中で、最小値付近の値の確率が高いと想定される場合は、対数一様分布とする。</p> <p>(4) 自然現象と考えられる事象で、中央値付近の値が最大値、最小値付近の値より確率が高いことが合理的に想定される評価パラメータは正規分布あるいは対数正規分布とする。（たとえば、土壌の真密度など）</p> <p>(5) 社会的な評価パラメータであっても、経験的に中央値付近の値が最大値、最小値付近の値より確率が高いことが想定される評価パラメータは、正規分布あるいは対数正規分布とする。（たとえば、農畜産物摂取量など）</p>

※この選定の考え方については、「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）」を参照