

図 6 目安線量相当濃度の累積分布関数 (I-125)

以下の経路では、半減期が短いために評価結果が図の範囲に入らない。
跡地利用 (農作物、成人)、跡地利用 (農作物、子ども)

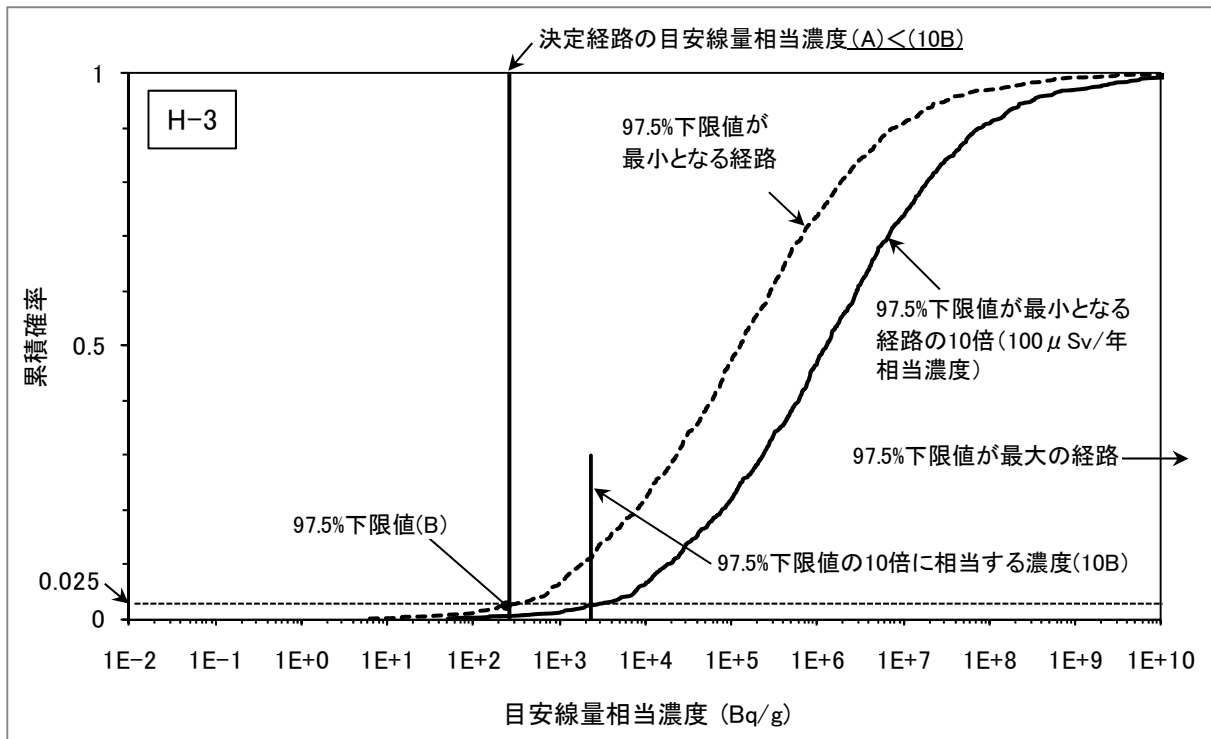


図 7 シナリオ妥当性評価結果 (H-3)

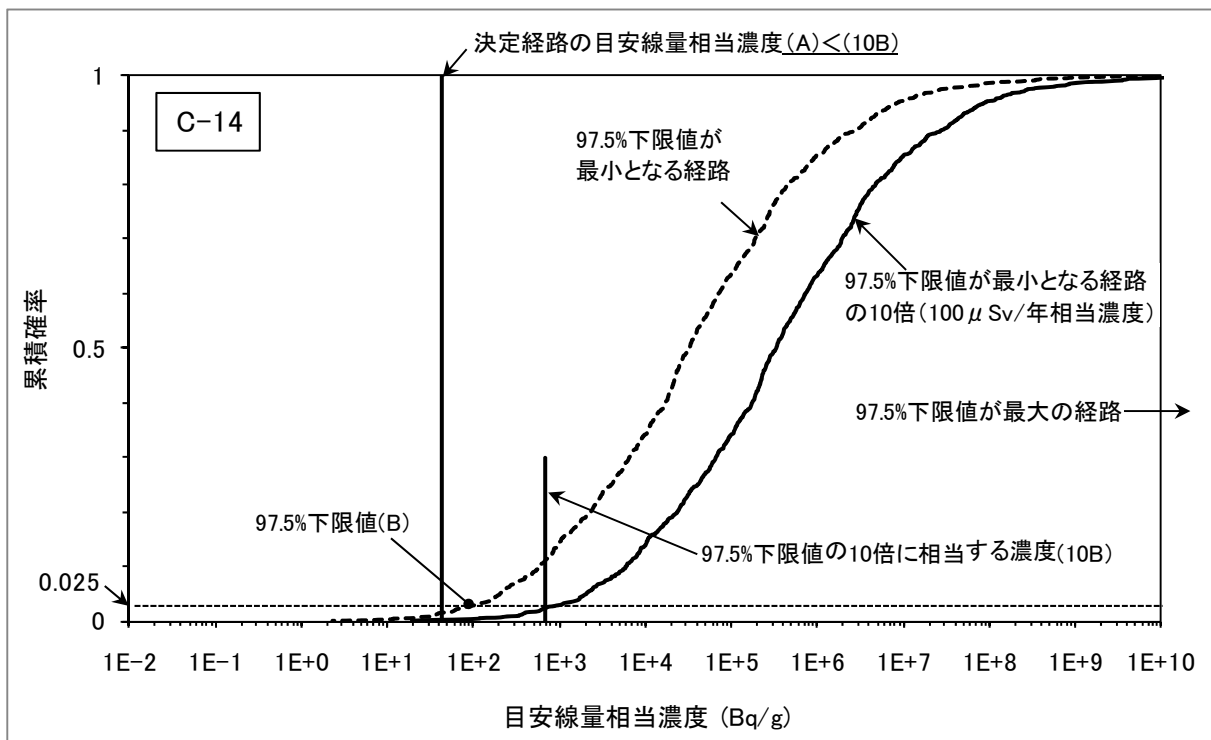


図 8 シナリオ妥当性評価結果 (C-14)

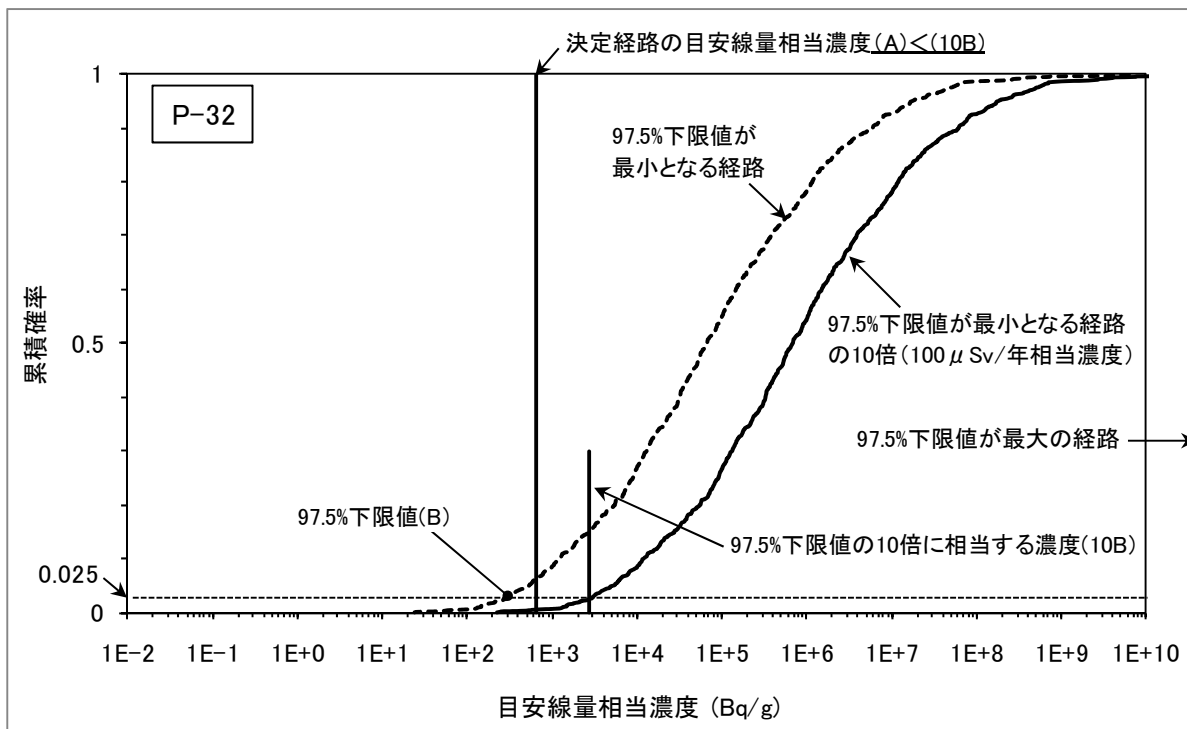


図 9 シナリオ妥当性評価結果 (P-32)

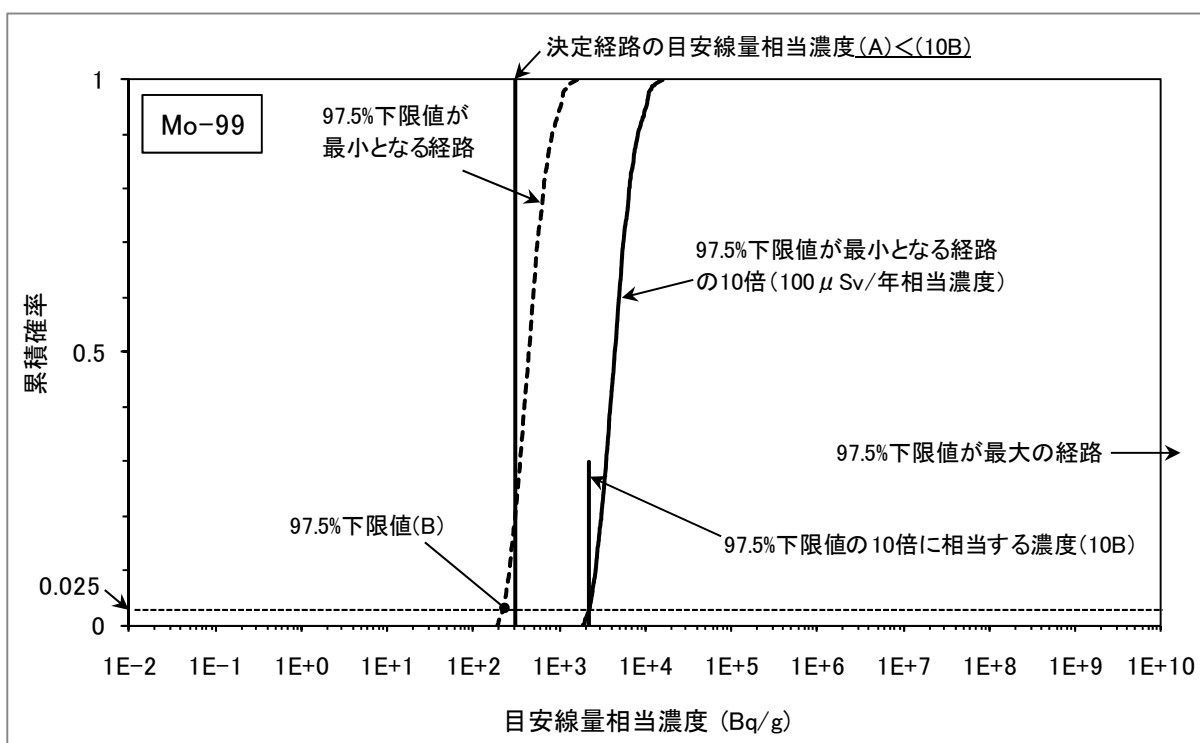


図 10 シナリオ妥当性評価結果 (Mo-99)

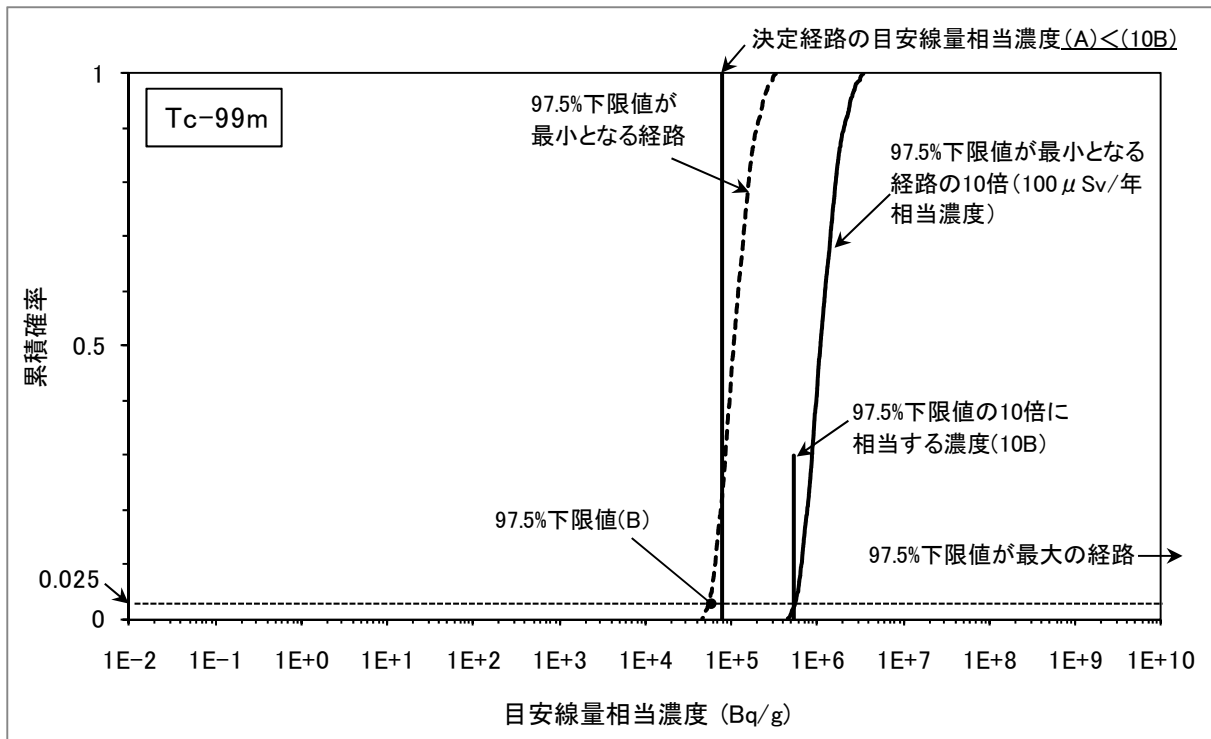


図 11 シナリオ妥当性評価結果 (Tc-99m)

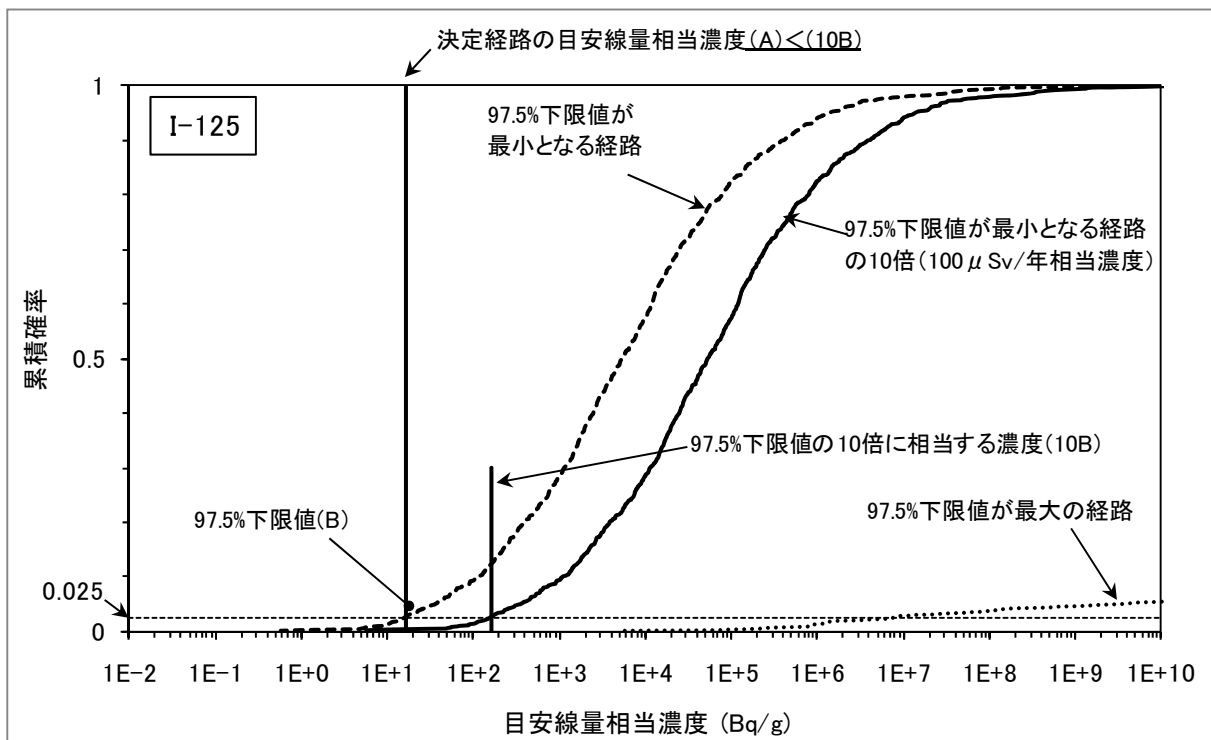


図 12 シナリオ妥当性評価結果 (I-125)

6. 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。

6. 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 (29) 式から (32) 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、(29) 式により求めた。

$$D_{ext}(i) = C_w(i) \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (29)$$

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 ($\mu\text{Sv/y}$)
- $C_w(i)$: 「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、(30) 式により求めた。

$$D_{ext}(i) = C_w(i) \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots \dots \dots (30)$$

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。

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、(31) 式により求めた。

$$C_{cp}(i) = C_{cw}(i) \cdot G_G \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{pd}) \cdot F_{cc} \cdot F_{rc} \cdot \frac{F_g}{\rho_c} \dots \dots \dots (31)$$

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 (—)

$\frac{F_{rc}}{\quad}$:	<u>再生粗骨材使用割合 (—)</u>
$\frac{F_g}{\quad}$:	<u>建築材料中に占める粗骨材の量 (g/cm³)</u>
$\frac{\rho_c}{\quad}$:	<u>建築材料の密度 (g/cm³)</u>

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、(32)式により求めた。

$$D_{ext,Cp}(i) = C_{Cp}(i) \cdot t_p \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (32)$$

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 (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)
$\frac{DF_{ext}(i)}{\quad}$:	<u>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)</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、成人と子どもで分布幅が異なるものとする。

6. 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 24 から表 27 に示す。

また、分布幅および分布型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である。

表 24 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)を上方にまらめた値である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	$\mu Sv/h$ per Bq/g	表25を参照	一様分布	核種依存	核種依存	値は表25を、算出方法は表26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 24 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	*			原子炉クリアランスの評価に倣い、分布幅等は選定しない。	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=2920h/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25を参照	一様分布	核種依存	核種依存	値は表25を、算出方法は表27を参照。 分布型は一様分布とする。	r07, r07c

表 25 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 26 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 27 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 26 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" 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>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>10</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)	10	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)	10	2	20																				

表 27 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。 ・ 居住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																																