

管理型最終処分場への 10 万 Bq/kg 以下の指定廃棄物の埋立処分に係る線量評価について

平成 25 年 3 月 4 日  
日本原子力研究開発機構  
安全研究センター  
廃棄物安全研究グループ

放射性物質によって汚染された指定廃棄物 (8,000~100,000 Bq/kg) を A 最終処分場 (管理型最終処分場) に処分したときにおける周辺住民に与える線量を評価するため、評価経路、パラメータを設定し、災害廃棄物に含まれる Cs-134、Cs-137、全 Cs (=Cs-134+ Cs-137) について、単位濃度 (1Bq/g) あたりの線量を計算する。

1. 評価経路

指定廃棄物を最終処分場に処分する際に考慮すべき過程、および評価の対象となる具体的な行為 (評価対象)、放射性物質に汚染された物 (線源)、放射性物質により被ばくする具体的な対象者 (対象者)、被ばく形態 (外部、吸入、経口) ※を整理し、評価経路として表 1 にまとめた。

※「福島県の浜通り及び中通り地方 (避難区域及び計画的避難区域を除く) の災害廃棄物の処理・処分における放射性物質による影響の評価について」<sup>(1)</sup> (以下、「災害廃棄物評価」) では「皮膚被ばく」の影響は他の経路に比べて相対的に小さかったことから、本評価では被ばく形態から除外することとした。

表 1 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路 (1 / 2)

No	評価対象		線源	対象者	被ばく形態	備考
1	最終処分場への運搬	運搬経路周辺居住	指定廃棄物 (コンクリート)	公衆 (子ども)	外部	
2	最終処分場 操業中	廃棄物保管場所付近への一時立入り	廃棄物保管場所にある指定廃棄物	公衆 (成人) 公衆 (子ども)	スカイシャイン外部	評価地点は、敷地境界とする。
3		廃棄物保管場所周辺居住	廃棄物保管場所にある指定廃棄物	公衆 (成人) 公衆 (子ども)	スカイシャイン外部	評価地点は、直近民家とする。
4		埋設地付近への一時立入り	埋設された指定廃棄物	公衆 (成人) 公衆 (子ども)	スカイシャイン外部	評価地点は、敷地境界とする。
5		埋設地周辺居住	埋設された指定廃棄物	公衆 (成人) 公衆 (子ども)	スカイシャイン外部	評価地点は、直近民家とする。
6		最終処分場 (セメント固型化施設、埋設地) 周辺居住	最終処分場 (セメント固型化施設、埋設地) から放出された粉塵	公衆 (成人)	粉塵吸入	評価地点は、直近民家とする
7					経口 (農作物)	
8				公衆 (子ども)	粉塵吸入	
9					経口 (農作物)	

表 1 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路（2 / 2）

No	評価対象	線源	対象者	被ばく形態	備考	
10	埋設処分後の雨水浸透による核種の漏洩（地下水移行）	井戸水	公衆（成人）	経口	評価地点は、直近民家とする	
11			公衆（子ども）	経口		
12		農耕作業	井戸水で灌漑した土壌	作業者		外部
13						粉塵吸入
14		農作物摂取	灌漑した土壌で生産された農作物	公衆（成人）		経口
15				公衆（子ども）		経口
16		畜産物摂取	灌漑した土壌で生産された畜産物	公衆（成人）		経口
17				公衆（子ども）		経口
18		畜産物摂取	井戸水で飼育された畜産物	公衆（成人）		経口
19				公衆（子ども）		経口
20		養殖淡水産物摂取	井戸水で養殖された淡水産物	公衆（成人）		経口
21	公衆（子ども）			経口		
22	埋設処分後	埋設された指定廃棄物	公衆（成人）	スカイシャイン外部	評価地点は、敷地境界とする。	
23			埋設地周辺居住	公衆（成人）		スカイシャイン外部

## 2. 評価概要

### ● 共通

- ・ Cs-134 と Cs-137 の存在割合は 0.535 : 1 とする。

福島第一原子力発電所事故直後に Cs-134（半減期 2.06 年）と Cs-137（半減期 30.0 年）の存在割合を 1 : 1 と仮定し、2 年後の存在比を計算すると Cs-134/Cs-137=0.535 となる。

- ・ 全ての経路について、評価開始時期は保守的に 0 年からとする。

### ● 最終処分場への運搬に係る被ばく

- ・ 経路 No.1（運搬経路周辺居住）

→ 指定廃棄物の運搬作業に関して、運搬経路沿いの居住者に対する外部被ばく評価を行う。線源の形状は高さ 1m、幅 1m、長さ 5m の直方体、かさ密度 : 2.0g/cm<sup>3</sup>（コンクリートを想定）とする。

→ 運搬経路沿いの居住者（子ども）は地上 1m の位置において、荷台高さ 1m のトラック側方から 3m の距離で被ばくすること、つまり 1m×5m の面の底辺中央から 3m の距離で被ばくすることを想定する。

→ 運搬経路沿いの居住者の被ばく時間は、運搬トラックが月に 1,050 台（40 台/日）走行し、そのうちの半分のトラックが赤信号により停車している時間 1 分の間に被ばくすると仮定し、105 h/y とする。

### ● 廃棄物保管に係る被ばく（スカイシャイン）

- ・ 経路 No.2,3（廃棄物保管施設付近への一時立入り & 周辺居住）

廃棄物保管施設付近への公衆の一時立入りについては、現段階で具体的なシナリオが

想定できないため、廃棄物保管庫周辺の外周ネットフェンス上から廃棄物保管庫までの最も近い距離に年間 400 時間滞在した場合における被ばく線量を評価することとする。周辺居住者については廃棄物保管場所に近い民家 2 軒を対象とする。また、当該箇所は山間にあり、起伏等による遮へい効果が考えられる。この遮へい効果の違いに関する解析ケースとして、図 1 に示すように、実際の地形図を基に廃棄物保管庫及び直近民家周辺の地形を考慮したケース（ケース 1）と、図 2 に示すように周辺の地形を考慮せず平面上の距離のみを考慮したケース（ケース 2）を実施する。ケース 1 では、廃棄物保管庫及び直近民家周辺の地形を複数の直方体の積み重ねにより近似した（図 1 参照）。なお、この直近民家は、別紙に示す廃棄物保管庫の南側に位置する 2 軒（民家 1、民家 2）を対象とした。また、保管庫の壁等による遮へい効果は考慮しない。

ケース 1：周辺の地形を考慮したケース

ケース 2：周辺の地形を考慮せず平面と仮定したケース

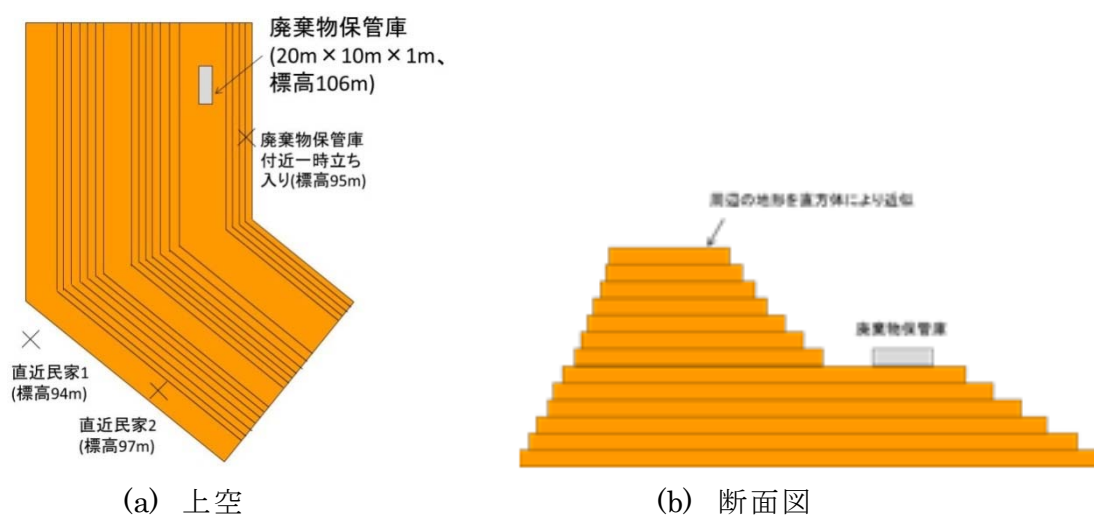


図 1 ケース 1 の計算体系に関する模式図

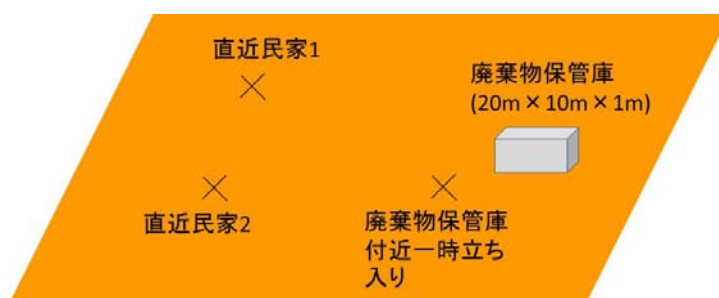


図 2 ケース 2 の計算体系に関する模式図

→保管場所中の廃棄物の形状等

倉庫（コンクリート固化体の保管場所）：倉庫に保管される廃棄物の最大量は 200 m<sup>3</sup>と想定されることから、廃棄物の形状は 20m×10m × 1m の直方体、かさ密度は 2.0 g/cm<sup>3</sup>とする。

→評価地点までの距離（敷地境界および直近民家）

敷地境界までの水平距離：17m

直近民家までの水平距離：200m（民家 1）、180m（民家 2）※別紙参照

→評価時間

敷地境界では 400 時間/年（1時間/日 = 365 日/年をまるめた値）、直近民家における

居住時間は保守的に8,760時間/年とし、遮蔽は考えない。

なお、廃棄物が一時的に貯蔵される場所としては、「飛灰等(処理前)を保管する倉庫」、および「セメント固化施設」があるが、いずれも上記倉庫(コンクリート固化体の保管場所)の貯蔵量を超えることがないことから本評価の対象からは除外することとする。

●埋設作業中における埋設地からの被ばく(スカイシャイン)

・経路No.4,5(埋設地付近への一時立入り&周辺居住)

本経路では、埋設地付近への人が一時立ち入ることが想定される場所として、処分場西側の直近民家付近の門扉及び処分場敷地境界の門扉を想定した。また、処分場の周辺の居住箇所として西側の直近民家を想定した。線源は、最終的な埋設である9段目の堰堤に対する埋設作業を想定したケースと、埋設領域の面積が最大となる6段目の堰堤に対する埋設作業を想定したケースに対する評価を行う。また、廃棄物保管に係る被ばく評価と同様に、処分場周辺の地形を考慮したケースと、地形を考慮せず平面と仮定したケースの評価を行う(図3参照)。

ケース1-A:9段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮したケース

ケース1-B:6段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮したケース

ケース2-A:9段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮しないケース

ケース2-B:6段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮しないケース

【評価条件】

・線源の面形状として、実際の埋設地の形状を台形状に模擬し、その線源厚さは1.7mとした。全体の埋設地のうち、1日当たりの埋設作業面積に相当する10m×10mの領域が、土壌等の遮へいが無い状態とし、その作業領域は処分場敷地境界門扉から最短の距離にあるものと仮定した(図3参照)。また、埋設作業が行われていない領域は、ベントナイト0.3m+土壌0.5mで常に覆われているものとした

→処分場の面積

9段目の堰堤に対する埋設作業時:18,083m<sup>2</sup>

6段目の堰堤に対する埋設作業時:22,735m<sup>2</sup>

→評価地点までの距離(敷地境界および直近民家)

処分場敷地境界門扉から処分場までの最短水平距離:28m

直近民家付近門扉から処分場までの最短水平距離:113m

直近民家から処分場までの最短水平距離:156m(直近民家3)※別紙参照

→評価時間

敷地境界では400時間/年(1時間/日=365日/年をまるめた値)、直近民家における居住時間は保守的に8,760時間/年とし、住居による遮蔽は考えない。

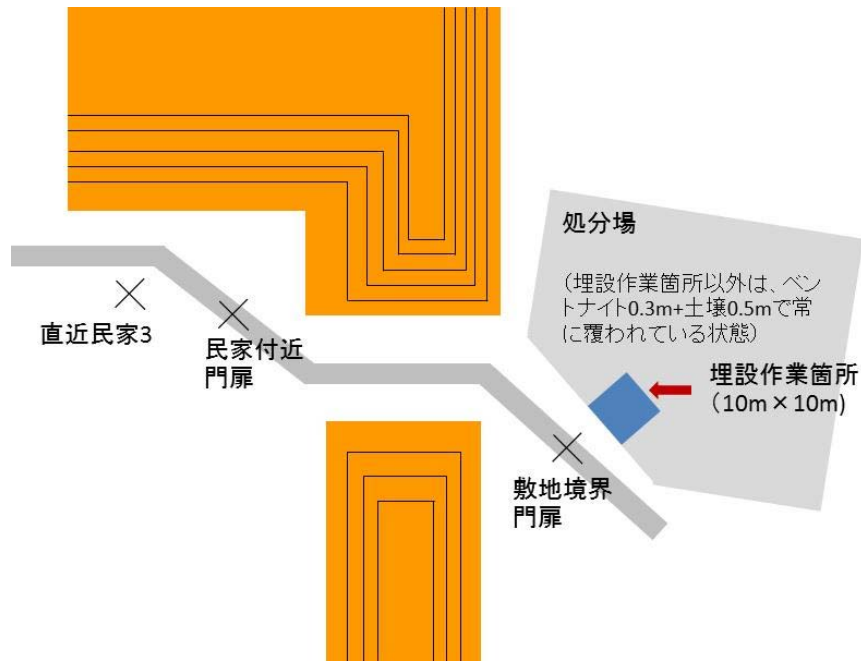


図3 ケース 1-A の計算体系に関する模式図

●セメント固型化施設&埋設地からの粉塵による被ばく

- ・経路 No.6-9 (廃棄物保管施設周辺での粉塵吸入、農作物摂取・公衆)  
→災害廃棄物評価・再利用シナリオ (コンクリート処理作業・公衆、経路 No.130-133) の評価を基本的に踏襲する。なお、経路 6,8 (廃棄物保管施設周辺居住者)、経路 7,9 (廃棄物保管施設周辺で栽培された農作物摂取) の評価において使用するダスト濃度はそれぞれ、 $2.4E-5 \text{ g/m}^3$ 、 $1.0E-4 \text{ g/m}^3$ である。

●埋設地からの地下水移行

- ・経路 No.10~21 (埋設後の周辺居住者)

【評価条件】

- ・新規埋立分のみを評価対象とする。(既に埋立分には指定廃棄物が入っていない)
- ・浸透水量は、 $0.32\text{m/y}$ とする。  
→「廃棄物関係ガイドライン」<sup>(2)</sup>では、不透水層 (ベントナイト層等) の透水係数はおおむね  $10^{-6} \text{ cm/s}$  ( $0.32 \text{ m/y}$ ) 程度であることとしており、この数値に動水勾配 1.0 (本評価では処分場付近の地形勾配より推定した最大の動水勾配 0.16 の約 10 倍であると仮定した。下記ケース 1 を参照) を掛けた値を浸透水量の設定値とした。
- ・評価地点までの距離は直近民家までの距離 125mとする。
- ・地下水流速 (ダルシー流速) は、 $2.0 \text{ m/y}$  (ケース 1)、 $365 \text{ m/y}$  (ケース 2) とする。  
ケース 1: 実データから導出した現実に近いと思われる流速値としたケース  
ケース 2: これまでの安全評価 (クリアランス評価<sup>(3)</sup>、災害廃棄物評価) で用いられた (保守的な) 流速値としたケース。

※ ケース 1 のダルシー流速の導出について

→ダルシー流速を導出するためには透水係数と動水勾配を設定する必要がある。

→透水係数については、A 最終処分場周辺の地層の直接的なデータは無いものの、同じ層準の仙台層群の砂岩、泥岩層のデータとして  $1.58E-8 \sim 2.71E-7 \text{ m/s}$  という値がある<sup>(4)</sup>。この情報から保守的に  $3E-7 \text{ m/s}$  とした。

→動水勾配については、実データが無いため、地表面の勾配と地下水流の勾配が同等であると仮定した。地形データから処分場付近で最も「標高差/距離」の値が大きくなる条件を求め、その値を動水勾配に近い値として使用した。

$$\text{動水勾配} = \text{標高差} / \text{距離} = (139 - 52) / 415 = 0.21$$

(別紙参照)

→以上の設定より、

$$\text{ダルシー流速} = \text{透水係数} \times \text{動水勾配}$$

$$= 3E-7 \text{ m/s} \times 0.21$$

$$= 6.3E-8 \text{ m/s} (= 2.0 \text{ m/y})$$

【評価体系】

- 実際の埋設形態を考慮し、評価形状は 5m の堰堤が 9 段重なった直方体 ( $120\text{m} \times 120\text{m} \times 45.5\text{m}$ ) とする。
- 廃棄物層は、評価上、全てコンクリート固化体とする。また、当該固化体中の指定廃棄物割合は保守的に 100% とする。

	量 (m <sup>3</sup> )	厚さ (m)	率 (%)	層数
ベントナイト層	77,760	0.30	11.9	18
土壌層	136,800	0.50	20.9	19
廃棄物層	440,640	1.70	67.2	18

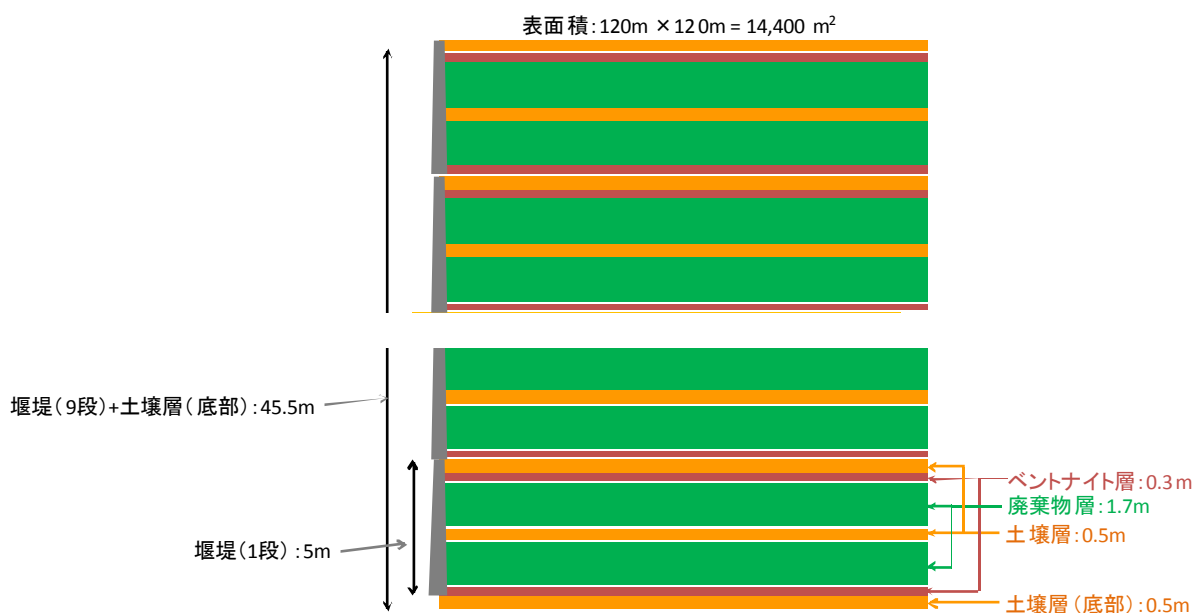


図 4 埋設形態概念図

- 埋設層（ベントナイト層 + 土壌層 + 廃棄物層）からの漏洩率  $\eta_i$  は、廃棄物層からの核種の溶出が分配平衡に基づいて起こると仮定する場合（分配係数モデル）、以下の式で表される。

$$\eta_i = \frac{P}{H_w \cdot (\varepsilon_w + \rho_w \cdot Kd_{w,i})}$$

$$\varepsilon_w + \rho_w \cdot Kd_{w,i} = \sum_j \left\{ R(j) \cdot [\varepsilon_w(j) + \rho_w(j) \cdot Kd_{w,i}(j)] \right\}$$

ここで、

$\eta_i$  : 核種  $i$  の廃棄物層からの漏洩率 (1/y)

$P$  : 埋設層への降雨浸透水量 (m/y)

$H_w$  : 埋設層の厚さ (m)

$R(j)$  : 埋設層内の媒体  $j$  の体積分率 (-)

$\varepsilon_w(j)$  : 埋設層内の媒体  $j$  の空隙率 (-)

$\rho_w(j)$  : 埋設層内の媒体  $j$  のかさ密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$Kd_{w,i}(j)$  : 埋設層内の媒体  $j$  の分配係数 (ml/g)

である。

#### ●埋設処分後における埋設地からの被ばく（スカイシャイン）

- 経路 No.22,23（埋設地付近への一時立入り & 周辺居住）

本経路に対する評価対象場所、線源サイズの条件、評価時間等は、経路 No.4,5 と同様とする。ただし、埋設処分後の評価であるから、線源は、最終的な埋設である 9 段目の堰堤に対する埋設作業が終了した状態を想定したケースを対象とし、埋設領域の全てがベントナイト 0.3m + 土壌 0.5m で覆われているものとした。また、廃棄物保管に係る被ばく評価と同様に、処分場周辺の地形を考慮したケースと、地形を考慮せず平面と仮定したケースの評価を行う。

ケース 1-A : 9 段目の堰堤に対する埋設作業が終了した状態を想定、  
周辺の地形を考慮したケース

ケース 2-A : 9 段目の堰堤に対する埋設作業が終了した状態を想定  
周辺の地形を考慮しないケース

#### 【評価条件】

- 線源の面形状として、実際の埋設地の形状を台形状に模擬し、その線源厚さは 1.7m とした。また、その表面はベントナイト 0.3m + 土壌 0.5m で常に覆われているものとした

→処分場の面積

9 段目の堰堤に対する埋設作業完了時 : 18,083m<sup>2</sup>

→評価地点までの距離（敷地境界および直近民家）

処分場敷地境界門扉から処分場までの最短水平距離 : 28m

直近民家付近門扉から処分場までの最短水平距離 : 113m

直近民家から処分場までの最短水平距離 : 156m（直近民家 3）※別紙参照

→評価時間

敷地境界では 400 時間/年（1 時間/日 = 365 日/年をまるめた値）、直近民家における居住時間は保守的に 8,760 時間/年とし、遮蔽は考えない。

### 3. 評価パラメータ

評価に用いるパラメータを表2～8に示す。

表2 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(指定廃棄物の運搬)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
1	被ばく中の減衰期間		y	1	IAEARS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間(1年)の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間(1年)中の放射能の減衰を考慮することとした。
1	外部被ばくに対する線量換算係数 (運搬経路周辺居住、子ども)	Cs-134	$\mu$ Sv/h per Bq/g	2.4E-02	以下の条件で、QAD-CGGP2Rコード <sup>※1</sup> により算出した。 線源の形状：高さ1m、幅1m、長さ5mの直方体 線源のかさ密度：2.0g/cm <sup>3</sup> 評価点：1.0m×5.0mの底辺中央から3.0m
		Cs-137		8.6E-03	
1	運搬経路沿いの居住における線源に対する希釈係数		—	1	運搬トラックには、表面に核種が付着した状態の指定廃棄物のみが積まれているものとし、線源に対する希釈は保守的に1とした。
1	運搬経路沿いの居住者の被ばく時間		h/y	105	災害廃棄物安全評価検討回(第9回)資料11-2「災害廃棄物等の処理・処分のシナリオに対する線量評価結果の整理」に示された考え方を踏襲。運搬トラックが月に1,050台走行し、そのうちの半分のトラックが赤信号により停車している時間1分間に被ばくと仮定し、105h/yとした。

※1 Yukio SAKAMOTO, Shun-ichi TANAKA, QAD-CGGP2 AND G33-GP2:REVISED VERSION OF QAD-CGGP AND G33-GP, JAERI-M 90-M-110, 1990.



表 3 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(廃棄物保管倉庫付近一時立入り & 周辺居住 1 / 2)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
2,3	被ばく中の減衰期間		y	1	IAEARS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間(1年)の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間(1年)中の放射能の減衰を考慮することとした。
2,3	指定廃棄物に対する希釈係数		—	1	廃棄物保管倉庫に保管されるものは、すべて指定廃棄物とした。
2	敷地境界までの距離		m	10	現段階で具体的なシナリオが想定できないため、廃棄物保管場所から10m離れた地点での評価とした。
3	民家1までの距離		m	200	別紙参照。
3	民家2までの距離		m	180	別紙参照。
2	廃棄物保管倉庫からの子どもの外部被ばくに対する線量換算係数(敷地境界、ケース1)	Cs-134	$\mu$ Sv/h per Bq/g	3.6E-4	<p>廃棄物保管倉庫に保管する廃棄物の形状は20m×10m、高さ1.0mの直方体とし、材質は密度2.0g/cm<sup>3</sup>のコンクリートとした。評価点は、図1に示す廃棄物保管庫から敷地境界までの距離が最小となる点とした。</p> <p>廃棄物保管庫周辺の地形に関しては、A最終処分場周辺の土質調査位置平面図及び国土地理院の基盤地図情報を参考に直方体の積み重ねにより周辺の地形を近似したケース(ケース1)と、周辺の地形を考慮せず保管庫、民家がすべて同一平面上に存在することを仮定したケース(ケース2)の2ケースを設定した。</p> <p>上記の計算条件からMCNP-4Cコード<sup>※2</sup>により線量換算係数を算出し、算出結果を1.3倍することにより子どもの換算係数とした。</p>
		Cs-137		1.3E-4	
	廃棄物保管倉庫からの子どもの外部被ばくに対する線量換算係数(敷地境界、ケース2)	Cs-134		4.8E-3	
		Cs-137		1.7E-3	
3	廃棄物保管倉庫からの外部被ばくに対する線量換算係数(直近民家1、ケース1)	Cs-134	$\mu$ Sv/h per Bq/g	1.2E-5	<p>廃棄物保管倉庫に保管する廃棄物の形状は20m×10m、高さ1.0mの直方体とし、材質は密度2.0g/cm<sup>3</sup>のコンクリートとした。廃棄物保管庫から直近民家までの水平距離は、Google Mapによる緯度、経度情報から計算することにより、直近民家1までは200m、直近民家2までは180mとした。</p> <p>標高差に関しては、A最終処分場周辺の土質調査位置平面図及び国土地理院の基盤地図情報を参考に直方体の積み重ねにより周辺の地形を近似したケース(ケース1と、周辺の地形を考慮せず保管庫、民家がすべて同一平面上に存在することを仮定したケース(標高差を考慮しないケース)の2ケースを設定した。</p> <p>上記の計算条件からMCNP-4Cコードにより線量換算係数を算出し、算出結果を1.3倍することにより子どもの換算係数とした。</p>
		Cs-137		4.5E-6	
	廃棄物保管倉庫からの外部被ばくに対する線量換算係数(直近民家2、ケース1)	Cs-134		1.3E-5	
		Cs-137		4.6E-6	
	廃棄物保管倉庫からの外部被ばくに対する線量換算係数(直近民家1、ケース2)	Cs-134		2.2E-5	
		Cs-137		7.6E-6	
	廃棄物保管倉庫からの外部被ばくに対する線量換算係数(直近民家2、ケース2)	Cs-134		2.5E-5	
		Cs-137		9.2E-6	

※2 J. F. Briesmeister, Ed., MCNP - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4C, LA-13709-M, 2000.

表 3 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
 (廃棄物保管倉庫付近一時立入り&周辺居住 2 / 2)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
2	年間滞在時間 (敷地境界)	h/y	400	1日1時間、敷地境界に滞在すると仮定すると年間365時間。この値をまるめて400時間/年とした。
3	年間居住時間	h/y	8,760	保守的に、1年間絶えず廃棄物保管倉庫周辺で居住しているとした。
2,3	遮へい係数	—	1.0	保守的な設定とした。
2,3	廃棄物保管倉庫での保管が開始されるまでの期間	y	0	保守的に、最終処分場への運搬後または固型化処理後すぐに保管されるものとした。

表 4 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(操業中における埋設地付近一時立入り & 周辺居住 1 / 2)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
4.5	被ばく中の減衰期間	y	1	IAEARS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間(1年)の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間(1年)中の放射能の減衰を考慮することとした。
4.5	指定廃棄物に対する希釈係数	—	1	埋設地に処分されるものは、すべて指定廃棄物(コンクリート固化体)とした。
4	敷地境界までの距離	m	10	現段階で具体的なシナリオが想定できないため、廃棄物保管場所から10m離れた地点での評価とした。
5	民家3までの距離	m	156	別紙参照。
4	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(民家付近門扉、子ども、ケース1-A)	Cs-134	2.1E-5	<p>埋設地付近への人が一時立ち入ることが想定される場所として、処分場西側の直近民家付近の門扉及び処分場敷地境界門扉を想定した。また、周辺の居住箇所として西側の直近民家を想定した。線源は、9段目の堰堤に対する埋設作業を想定したケースと、埋設領域の面積が最大となる6段目の堰堤に対する埋設作業を想定したケースに対する評価を行う。また、廃棄物保管に係る被ばく評価と同様に、処分場周辺の地形を考慮したケースと、地形を考慮せず平面と仮定したケースの評価を行う。</p> <p>ケース1-A: 9段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮したケース                      ケース1-B: 9段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮したケース                      ケース2-A: 6段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮しないケース                      ケース2-B: 6段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮しないケース</p> <p>線源の形状として、実際の埋設地の形状を台形状に模擬した。埋設作業領域として、処分場敷地境界門扉からの距離が最短となり、1日当たりの作業面積に相当する10m×10mの領域で常に作業が行われているものとした。作業が行われていない領域は、ベントナイト0.3m+土壌0.5mで常に覆われているものとした。周辺の地形を考慮したケースでは、周辺の地形を直方体の組み合わせとして近似した。評価地点までの距離として、敷地境界門扉から処分場までの最短水平距離を28m、民家付近門扉から処分場までの最短水平距離を113mとした。</p> <p>上記の計算条件からMCNP-4Cコードにより線量換算係数を算出し、計算結果を1.3倍することにより子どもの換算係数とした。</p>
		Cs-137	7.3E-6	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(敷地境界門扉、子ども、ケース1-A)	Cs-134	2.5E-4	
		Cs-137	9.0E-5	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(民家付近門扉、子ども、ケース1-B)	Cs-134	7.5E-6	
		Cs-137	2.6E-6	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(敷地境界門扉、子ども、ケース1-B)	Cs-134	7.5E-5	
		Cs-137	2.7E-5	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(民家付近門扉、子ども、ケース2-A)	Cs-134	2.1E-5	
		Cs-137	7.5E-6	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(敷地境界門扉、子ども、ケース2-A)	Cs-134	2.5E-4	
		Cs-137	9.0E-5	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(民家付近門扉、子ども、ケース2-B)	Cs-134	2.2E-5	
		Cs-137	7.7E-6	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(敷地境界門扉、子ども、ケース2-B)	Cs-134	2.5E-4	
		Cs-137	9.1E-5	

表 4 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(操業中における埋設地付近一時立入り & 周辺居住 2 / 2)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠			
5	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数 (直近民家 3、子ども、ケース 1-A)	Cs-134	$\mu$ Sv/h per Bq/g	8.7E-6	埋設地付近への人が一時立ち入ることが想定される場所として、処分場西側の直近民家付近の門扉及び処分場敷地境界門扉を想定した。また、周辺の居住箇所として西側の直近民家を想定した。線源は、9段目の堰堤に対する埋設作業を想定したケースと、埋設領域の面積が最大となる 6 段目の堰堤に対する埋設作業を想定したケースに対する評価を行う。また、廃棄物保管に係る被ばく評価と同様に、処分場周辺の地形を考慮したケースと、地形を考慮せず平面と仮定したケースの評価を行う。  ケース 1-A: 9 段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮したケース ケース 1-B: 9 段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮したケース ケース 2-A: 6 段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮しないケース ケース 2-B: 6 段目の堰堤に対する埋設作業を想定、周辺の地形を考慮しないケース			
		Cs-137		3.1E-6				
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数 (直近民家 3、子ども、ケース 1-B)	Cs-134		3.1E-6				
		Cs-137		1.1E-6				
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数 (直近民家 3、子ども、ケース 2-A)	Cs-134		9.8E-6				
		Cs-137		3.4E-6				
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数 (直近民家 3、子ども、ケース 2-B)	Cs-134		9.8E-6				
		Cs-137		3.4E-6				
	4	年間滞在時間 (敷地境界)		h/y		400	1 日 1 時間、敷地境界に滞在すると仮定すると年間 365 時間。この値をまとめて 400 時間/年とした。	
	5	年間居住時間		h/y		8,760	保守的に、1 年間絶えず埋設地周辺で居住しているとした。	
	4,5	遮へい係数		—		1.0	保守的な設定とした。	
	4,5	埋設地への処分が開始されるまでの期間		y		0	保守的に、固型化処理後すぐに処分されるものとした。	

表 5 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(セメント固型化施設&埋設地からの粉塵による被ばく 1 / 2)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
6-9	被ばく中の減衰期間	y	1	IAEA RS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間（1年）の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間（1年）中の放射能の減衰を考慮することとした。
6-9	指定廃棄物に対する希釈係数	—	1	セメント固型化施設で処理、埋設地で処分されるものは、すべて指定廃棄物とした。
6-9	セメント固型化施設での処理、埋設地への処分が開始されるまでの期間	y	0	保守的に、廃棄物保管倉庫への運搬後すぐに固型化処理、処分されるものとした。
6,8	年間居住時間	h/y	8,760	保守的に、1年間絶えずセメント固型化施設、埋設地周辺で居住しているとした。
6,8	最終処分場周辺空气中居住ダスト濃度	g/m <sup>3</sup>	2.4E-05	戸外及び戸内におけるダスト濃度（戸外：1E-4 (g/m <sup>3</sup> )及び戸内：5E-06 (g/m <sup>3</sup> )）より、居住者が居住時間の20%を戸外で過ごすとは定し、重みを付けて平均した。
6,8	微粒子への放射性物質の濃縮係数（吸入摂取）	—	4	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された吸入可能な粒子の濃縮係数を使用した。
6	居住者の呼吸量（成人）	m <sup>3</sup> /h	0.96	ICRP Publ.23で示されている標準人の1日の呼吸量の数値2.3×10 <sup>4</sup> (L/d)を基に算定した。
8	居住者の呼吸量（子ども）	m <sup>3</sup> /h	0.22	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された1～2歳の居住者の呼吸率として示されている値を採用した。
7,9	最終処分場周辺空气中ダスト濃度	g/m <sup>3</sup>	1E-04	環境基本法第16条の規定に基づき定められた「大気環境基準」において、浮遊粒子状物質の濃度は0.1mg/m <sup>3</sup> 以下（1時間値の1日平均値）と規定されており、これに基づき選定した。
7,9	沈着速度	m/y	3.15E+5	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」（原子力安全委員会、平成元年3月27日）において示された値（1cm/s）を基に選定した。
7,9	ダストの地表面への沈着割合	—	1	保守的に全て沈着すると設定した。
7,9	沈着した放射性核種のうち残存する割合	—	0.5	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」（原子力安全委員会、平成元年3月27日）
7,9	放射性核種の放出期間	y	5	最終処分場において指定廃棄物の処理、処分に5年程度要するものと想定した。なお、放出期間5年は、従来のクリアランス評価と同様の設定である。
7,9	土壌実効表面密度	kg/m <sup>2</sup>	240	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109
7,9	農作物（葉菜）の栽培密度	kg/m <sup>2</sup>	2.3	「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」に示された値を使用した。
7,9	放射性核種の農作物（葉菜）表面への沈着割合	—	1	保守的に全ての放射性核種が、農作物表面へ沈着するとした。
7,9	weathering 効果による植物表面沈着放射性核種の除去係数	1/y	18.08	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に基づき、weathering half-life を14日として計算した。
7,9	農作物（葉菜）の生育期間	d	60	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に示された葉菜に関する栽培期間の値を使用した。
7,9	農作物（葉菜）栽培期間年間比	—	0.5	「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」に示された値を採用した。

表 5 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメーター一覧  
 (セメント固型化施設&埋設地からの粉塵による被ばく 2 / 2)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
7,9	農作物の市場係数	—	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。
7,9	農作物の輸送時間	d	0	保守的に、生産された農作物を直ちに消費する人を評価対象とした。
7,9	調理前洗浄等による粒子状物質の残留比	—	1	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に示された値を採用した。
7	農作物（葉菜）の年間摂取量（成人）	kg/y	12	「平成 8 年版国民栄養の現状」（厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996 年）
9	農作物（葉菜）の年間摂取量（子ども）	kg/y	5	「平成 9 年版国民栄養の現状」（厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997 年）

表 6 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(地下水移行 1 / 5)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
10-21	被ばく中の減衰期間	y	1	IAEA RS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間(1年)の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間(1年)中の放射能の減衰を考慮することとした。
10-21	埋設地の幅	m	120	廃棄物量から想定される埋設地規模から設定
10-21	埋設地の長さ	m	120	廃棄物量から想定される埋設地規模から設定
10-21	埋設厚さ	m	45.5	廃棄物量から想定される埋設地規模から設定
10-21	土壌層の体積分率	—	0.209	埋設形態、廃棄物量から設定
10-21	ベントナイト層の体積分率	—	0.119	埋設形態、廃棄物量から設定
10-21	廃棄物層の体積分率	—	0.672	埋設形態、廃棄物量から設定
10-21	土壌層、ベントナイト層の空隙率	—	0.55	真密度 2.6~2.7 g/cm <sup>3</sup> とかさ密度 1.2 g/cm <sup>3</sup> から導出した。
10-21	土壌層、ベントナイト層のかさ密度	g/cm <sup>3</sup>	1.2	覆土層、土壌層のかさ密度は土質試験結果(締固め)から設定。ベントナイト層は同じとした。
10-21	廃棄物層の空隙率	—	0.19	TRU-2 レポート <sup>※3</sup> に示されたセメントモルタルに対する値を採用した
10-21	廃棄物層のかさ密度	g/cm <sup>3</sup>	2.0	コンクリート固化体を想定し、設定した。
10-21	Cs の土壌層の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364 (有機土壌、砂)
10-21	Cs のベントナイト層の分配係数	mL/g	10	ベントナイト系緩衝材への Cs の分配係数は、TRU-2 レポート <sup>※3</sup> では 50 mL/g、第 2 次取りまとめ <sup>※4</sup> レファレンスケースでは 10 mL/g と設定されている。そこでより保守的な値として 10 mL/g を設定した。なお、この値は、JAEA 報告書 <sup>※5</sup> で示された降水系地下水環境における分配係数の範囲(1~100 mL/g)内にあり、妥当な値だと考えられる。
10-21	Cs の廃棄物層の分配係数	mL/g	2.5	TRU-2 レポート <sup>※3</sup> に示されたセメントモルタルに対する Cs の分配係数の値を採用した。
10-21	Cs の帯水層土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364 (有機土壌、砂)
10-21	浸透水量(埋設地)	m/y	0.32	廃棄物関係ガイドライン(環境省、2011)では、不透水層(ベントナイト層等)の透水係数はおおむね 10 <sup>-6</sup> cm/s (0.32 m/y) 程度であることとしており、この数値に動水勾配 1.0 (本評価では処分場付近の地形勾配より推定した最大の動水勾配 0.16 の約 10 倍であると仮定した。)を掛けた値を浸透水量の設定値とした。
10-21	浸透水量(耕作地土壌)	m/y	0.4	「地下水ハンドブック」(地下水ハンドブック編集委員会編、(株)建設産業調査会、1979年)
10-21	帯水層厚さ	m	3	IAEA-TECDOC-401 に示された値を用いた。

※3 電気事業連合会、核燃料サイクル開発機構、TRU 廃棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—, JNC TY1400 2005-13 (2005)<http://www.city.shizuoka.jp/000082168.pdf>

※4 核燃料サイクル開発機構、わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—, JNC-TN1400 (1999)

※5 日本原子力研究開発機構、平成 23 年度地層処分の安全審査に向けた評価手法等の整備報告書、平成 24 年 3 月 (2012)

表 6 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(地下水移行 2 / 5)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
10-21 ケース 1 で使 用	地下水流速 (ダルシー流速)	m/y	2.0	実データから導出した現実に近いと思われる流速値として設定した。具体的には、A 最終処分場周辺の地層と同じ層準の仙台層群の砂岩、泥岩層の透水係数の範囲 (1.58E-8~2.71E-7m/s) <sup>(4)</sup> から保守的に当該層の透水係数を 3E-7m/s と設定した。また、埋設値周辺の地形データ (標高、2 地点の距離) から標高差/距離が最も大きくなる場所を探し、その値 (0.21) を動水勾配に近い値として設定した。上述した値どうしを掛け、ダルシー流速 : 6.3E-8 m/s (=2.0m/y) を導出した。
10-21 ケース 2 で使 用	地下水流速 (ダルシー流速)	m/y	365	これまでの安全評価 (クリアランス評価、災害廃棄物評価) で用いられた (保守的な) 流速値として設定した。 「新版地下水調査法」(山本 莊毅、(株)古院書院、1983年)
10-21	帯水層空隙率	—	0.3	「水理公式集」(土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971年)
10-21	帯水層土壌密度	g/cm <sup>3</sup>	2.6	「土質工学ハンドブック」(土質工学会編、1982年)
10-21	地下水流方向の分散長	m	0	保守的に選定した。
10-21	地下水流方向の分散係数	m <sup>2</sup> /y	0	保守的に選定した。
10-21	処分場下流端から井戸までの距離	m	125	直近の民家までの距離。
10-21	井戸水の混合割合	—	0.33	「地下水ハンドブック」(地下水ハンドブック編集委員会編、(株)建設産業調査会、1979年)
10	人の年間飲料水摂取量 (成人)	m <sup>3</sup> /y	0.61	ICRP Publ.23の標準人の値を参考に、1日の摂取量を 1.65L として算定した。
11	人の年間飲料水摂取量 (子ども)	m <sup>3</sup> /y	0.1	IAEA Safety Reports Series No.44に示された値を用いた。
12-17	Cs の農耕土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364 (有機土壌)
12-17	灌漑水量 (畑、牧草地)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /y	1.2	「日本の農業用水」(農業水利研究会編、(株)地球社、1980年)に示された畑地に対する平均単位用水量 4mm/d と年間灌漑日数 300 日程度に基づいて選定した。
12-17	土壌水分飽和度 (畑、牧草地)	—	0.2	IAEA 原科研敷地内 (砂層) における測定結果より選定した。
12-17	土壌実効表面密度	kg/m <sup>2</sup>	240	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109に示された値を用いた。
12-17	灌漑土壌真密度	g/cm <sup>3</sup>	2.60	「土質工学ハンドブック」(土質工学会編、1982年)に示された砂の粒子密度を基に選定した。
12-17	実効土壌深さ	cm	15	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109に示された値を用いた。
12-17	放射性核種の土壌残留係数	—	1	保守的に、全ての灌漑水中の放射性核種が土壌に残留するものとした。
12-17	灌漑土壌空隙率	—	0.3	「水理公式集」(土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971年)
12,13	農耕作業による年間作業時間	h/y	500	跡地利用シナリオの農耕作業の時間と同一に選定した。



表 6 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(地下水移行 3 / 5)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
12	外部被ばくに対する線量換算係数 (農耕作業 者：灌漑土壌 からの外部 被ばく)	Cs-134	$\mu$ Sv/h per Bq/g	4.7E-01	従来のクリアランスレベル評価で設定されている換算係数を設定した。条件は以下の通りである。 線源の形状：高さ 10m、半径 500m の円柱 線源のかさ密度：2.0g/cm <sup>3</sup> 以上の条件で QAD-CGGP2R コードにより算出されている。
		Cs-137		1.7E-01	
12	農耕作業時の遮へい係数		—	1	保守的に遮へいを考慮しない。
13	農耕作業時の空气中ダスト濃度		g/m <sup>3</sup>	5E-04	跡地利用シナリオの農耕作業時の空气中ダスト濃度と同一にした。
13	農耕作業者の呼吸量		m <sup>3</sup> /h	1.2	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働(軽作業)時の呼吸量の数値 20L/min を算定した。
13	微粒子への放射性物質の濃縮係数(吸入摂取)		—	4	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された吸入可能な粒子の濃縮係数を使用した。
14-17	灌漑水年間生育期間		d	60	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に示された葉菜に関する栽培期間の値(60d/y)を使用した。
14-17	農作物(葉菜、牧草)の栽培密度		kg/m <sup>2</sup>	2.3	「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」(原子力安全委員会、平成元年 3 月 27 日)
14-17	放射性核種の農作物(葉菜、牧草)表面への沈着割合		—	1	保守的に全ての放射性核種が、農作物表面へ沈着するとした。
14-17	weathering 効果による植物表面沈着放射性核種の除去係数		1/y	18.08	「発電用軽水型原子炉施設の安全評価における一般公衆の線量評価について」に基づき、weathering half-life を 14 日として計算した。
14,15	農作物の市場係数		—	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。
14,15	農作物の輸送時間		d	0	保守的に、生産された農作物を直ちに消費する人を評価対象とした。
14,15	灌漑水量(田)		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /y	2.4	「日本の農業用水」(農業水利研究会、(株)地球社、1980 年)に示された水田に対する平均単位用水量 24mm/d と水田の年間湛水期間 100 日程度に基づいて選定した。
14,15	土壌水分飽和度(田)		—	1	田の土壌水分飽和度は、水田を想定しており、1 と選定した。
14,15	Cs の米への移行係数		Bq/g-wet per Bq/g	7.1E-02	IAEA TRS No.364 (シリアル)
14,15	Cs の葉菜、非葉菜、果実への移行係数		Bq/g-wet per Bq/g	5.7E-02	IAEA TRS No.364 (ジャガイモ)
14	農作物の年間摂取量(成人)	米	kg/y	71	「平成 8 年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996 年)
		葉菜		12	
		非葉菜		45	
		果実		22	

表 6 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(地下水移行 4 / 5)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
15	農作物の年間摂取量 (子ども)	米	kg/y	25	「平成 9 年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997 年)
		葉菜		5	
		非葉菜		23	
		果実		22	
16-19	Cs の畜産物への移行係数	牛肉	d/kg	5.0E-02	IAEA TRS No.364 に示された値を用いた。
		豚肉		2.4E-01	
		鶏肉		1.0E+01	
		鶏卵		4.0E-01	
		牛乳	d/L	7.9E-03	
16-19	畜産物の市場係数	—	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。	
16-19	畜産物の輸送時間	d	0	保守的に、生産された畜産物を直ちに消費する人を評価対象とした。	
16-19	放射性核種を含む飼料の混合割合	—	1	保守的に、放射性核種を含む飼料のみで家畜を飼育するとした。	
16,17	Cs の飼料への移行係数		Bq/g-dry per Bq/g	5.3E-01	IAEA TRS No.364 (牧草)
16,17	家畜の飼料摂取量	肉牛	kg-dry/d	7.2	IAEA-TRS-No.364 において示された値を使用した。
		乳牛		16.1	
		豚		2.4	
		鶏		0.07	
16,17	畜産物の年間摂取量 (成人)	牛肉	kg/y	8	「平成 8 年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996 年)
		豚肉		9	
		鶏肉		7	
		鶏卵		16	
		牛乳	L/y	44	
17,19	畜産物の年間摂取量 (子ども)	牛肉	kg/y	3	「平成 9 年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997 年)
		豚肉		4	
		鶏肉		5	
		鶏卵		10	
		牛乳	L/y	29	

表 6 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(地下水移行 5 / 5)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
18,19	家畜の飼育水摂取量	肉牛	50	PNL-3209 に示された値を用いた。
		乳牛	60	
		豚	10	
		鶏	0.3	
20,21	養殖淡水産物の地下水利用率	—	0.25	「日本の水資源（平成 19 年版）」（国土庁長官官房水資源部編、大蔵省印刷局、2008 年）より選定した。
20,21	Cs の魚類への濃縮係数	L/kg	2.0E+03	IAEA TRS No.364 に示された値を用いた。
20,21	養殖淡水産物の市場係数	—	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。
20,21	養殖淡水産物の輸送時間	d	0	保守的に、養殖された淡水産物を直ちに消費する人を評価対象とした。
20	養殖淡水産物（魚類）の年間摂取量（成人）	kg/y	0.7	「日本の統計 1997 年版」に記載されている平成 6 年の内水面養殖業の生産量の内、魚類の生産量の合計値 76,579 トンを人口 1 億 2 千万人で除して算出した。
21	養殖淡水産物（魚類）の年間摂取量（子ども）	kg/y	0.33	全年齢の魚介類合計摂取量の平均値(96.9g/日)と 1-6 歳の平均値(45.7g/日)の比 (0.47)を成人の年間摂取量 0.7kg/年に乗じた 0.33kg/年を算出した。

表 7 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(埋設処分後における埋設地付近一時立入り & 周辺居住)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
22,23	被ばく中の減衰期間	y	1	IAEARS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間(1年)の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間(1年)中の放射能の減衰を考慮することとした。
22,23	指定廃棄物に対する希釈係数	—	1	埋設地に処分されるものは、すべて指定廃棄物(コンクリート固化体)とした。
22	敷地境界までの距離	m	10	現段階で具体的なシナリオが想定できないため、廃棄物保管場所から10m離れた地点での評価とした。
23	民家3までの距離	m	156	別紙参照。
22	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(民家付近門扉、子ども、ケース1-A)	Cs-134	2.2E-6	埋設地付近への人が一時立ち入ることが想定される場所として、処分場西側の直近民家付近の門扉及び処分場敷地境界門扉を想定した。また、周辺の居住箇所として西側の直近民家を想定した。線源は、埋設処分後であるため、9段目の堰堤に対する埋設が完了した状態を想定したケースに対する評価を行う。また、廃棄物保管に係る被ばく評価と同様に、処分場周辺の地形を考慮したケースと、地形を考慮せず平面と仮定したケースの評価を行う  ケース1-A: 9段目の堰堤に対する埋設作業が完了、周辺の地形を考慮したケース ケース2-A: 9段目の堰堤に対する埋設作業が完了、周辺の地形を考慮しないケース  線源の形状として、実際の埋設地の形状を台形状に模擬した。廃棄物はベントナイト0.3m+土壌0.5mで常に覆われているものとした。周辺の地形を考慮したケースでは、周辺の地形を直方体の組み合わせとして近似した。評価地点までの距離として、敷地境界門扉から処分場までの最短水平距離を28m、民家付近門扉から処分場までの最短水平距離を113m、直近民家3から処分場までの最短距離を156mとした 上記の計算条件からMCNP-4Cコードにより線量換算係数を算出し、計算結果を1.3倍することにより子どもの換算係数とした。
		Cs-137	6.2E-7	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(敷地境界門扉、子ども、ケース1-A)	Cs-134	1.4E-5	
		Cs-137	4.2E-6	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(民家付近門扉、子ども、ケース2-A)	Cs-134	2.5E-6	
		Cs-137	7.2E-7	
埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(敷地境界門扉、子ども、ケース2-A)	Cs-134	1.4E-5		
	Cs-137	4.3E-6		
23	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(直近民家3、子ども、ケース1-A)	Cs-134	1.0E-6	
		Cs-137	2.9E-7	
	埋設地からの外部被ばくに対する線量換算係数(直近民家3、子ども、ケース2-A)	Cs-134	1.2E-6	
		Cs-137	3.4E-7	
22	年間滞在時間(敷地境界)	h/y	400	1日1時間、敷地境界に滞在すると仮定すると年間365時間。この値をまとめて400時間/年とした。
23	年間居住時間	h/y	8,760	保守的に、1年間絶えず埋設地周辺で居住しているとした。
22,23	遮へい係数	—	1.0	保守的な設定とした。
22,23	埋設地への処分が開始されるまでの期間	y	0	保守的に、固型化処理後すぐに処分されるものとした。

表 8 指定廃棄物の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧  
(内部被ばく線量係数)

内部被ばく線量係数(Sv/Bq)						
	作業者(ICRP Publ.68)		一般公衆(ICRP Publ.72)			
	吸入	経口	吸入		経口	
			成人	子ども	成人	子ども
Cs-134	9.6E-09	1.9E-08	6.6E-09	7.3E-09	1.9E-08	1.6E-08
Cs-137	6.7E-09	1.3E-08	4.6E-09	5.4E-09	1.3E-08	1.2E-08

#### 4. 放射性物質による影響の評価結果

表 9～13 に、各評価経路の Cs-134 及び Cs-137 の単位濃度 (1Bq/g) あたりの影響を評価した結果を示す。また、上述した事故 2 年後の存在比 (Cs-134/Cs-137=0.535) を使用して Cs-134 と Cs-137 の和 (全 Cs) による単位濃度 (1Bq/g) あたりの線量に換算した値も併せて示すとともに、一例として指定廃棄物の放射性セシウム濃度を 5 万 Bq/kg と仮定した場合における年間被ばく線量の値も表に併せて示す。

表 9 評価結果 (指定廃棄物の運搬)

運搬に係る周辺居住者

No.	経路略称	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			廃棄物中濃度が 5 万 Bq/kg の 場合の年間被ばく量 (mSv/y)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
1	運搬経路周辺居住者外部	2.1E-03	8.9E-04	1.3E-03	1.1E-01	4.4E-02	6.6E-02

表 10 評価結果（埋設作業中における最終処分場周辺居住）

最終処分場の作業中における一時立ち入り者及び周辺居住者(スカイシャイン外部)

解析ケース	No.	経路略称	評価地点	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			廃棄物中濃度が5万Bq/kgの場合の年間被ばく量 (mSv/y)		
				Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
ケース1	2	廃棄物保管場所付近への一時立ち入り (スカイシャイン外部・子ども)	敷地境界	1.4E-04	5.2E-05	8.4E-05	7.2E-03	2.6E-03	4.2E-03
ケース2			敷地境界	1.9E-03	6.8E-04	1.1E-03	9.6E-02	3.4E-02	5.6E-02
ケース1	3	廃棄物保管場所周辺居住 (スカイシャイン外部・子ども)	直近民家1	1.1E-04	3.9E-05	6.2E-05	5.3E-03	2.0E-03	3.1E-03
			直近民家2	1.1E-04	4.0E-05	6.6E-05	5.7E-03	2.0E-03	3.3E-03
ケース2			直近民家1	1.9E-04	6.7E-05	1.1E-04	9.6E-03	3.3E-03	5.5E-03
			直近民家2	2.2E-04	8.1E-05	1.3E-04	1.1E-02	4.0E-03	6.4E-03
ケース1-A	4	埋設地付近への一時立ち入り (スカイシャイン外部・子ども)	民家付近門扉	8.4E-06	2.9E-06	4.8E-06	4.2E-04	1.5E-04	2.4E-04
			敷地境界門扉	1.0E-04	3.6E-05	5.8E-05	5.0E-03	1.8E-03	2.9E-03
ケース1-B			民家付近門扉	3.0E-06	1.0E-06	1.7E-06	1.5E-04	5.2E-05	8.5E-05
			敷地境界門扉	3.0E-05	1.1E-05	1.7E-05	1.5E-03	5.4E-04	8.7E-04
ケース2-A			民家付近門扉	8.4E-06	3.0E-06	4.9E-06	4.2E-04	1.5E-04	2.4E-04
			敷地境界門扉	1.0E-04	3.6E-05	5.8E-05	5.0E-03	1.8E-03	2.9E-03
ケース2-B			民家付近門扉	8.8E-06	3.1E-06	5.1E-06	4.4E-04	1.5E-04	2.5E-04
			敷地境界門扉	1.0E-04	3.6E-05	5.9E-05	5.0E-03	1.8E-03	2.9E-03
ケース1-A	5	埋設地周辺居住 (スカイシャイン外部・子ども)	直近民家3	7.6E-05	2.7E-05	4.4E-05	3.8E-03	1.4E-03	2.2E-03
ケース1-B			直近民家3	2.9E-05	9.6E-06	1.6E-05	1.4E-03	4.8E-04	8.2E-04
ケース2-A			直近民家3	8.6E-05	3.0E-05	4.9E-05	4.3E-03	1.5E-03	2.5E-03
			直近民家3	8.6E-05	3.0E-05	4.9E-05	4.3E-03	1.5E-03	2.5E-03

     : 周辺の地形を考慮したケース(ケース1,1-A,1-B)に対して、1mSv/y 相当濃度が最小と  
     : 周辺の地形を考慮しないケース(ケース2,2-A,2-B)に対して、1mSv/y 相当濃度が最小となる経路

ケース1: 周辺の地形を考慮したケース  
 ケース2: 周辺の地形を考慮しないケース  
 ケース1-A: 9段目の堰堤に対する埋設作業を想定し、周辺の地形を考慮したケース  
 ケース1-B: 6段目の堰堤に対する埋設作業を想定し、周辺の地形を考慮したケース  
 ケース2-A: 9段目の堰堤に対する埋設作業を想定し、周辺の地形を考慮しないケース  
 ケース2-B: 6段目の堰堤に対する埋設作業を想定し、周辺の地形を考慮しないケース

表 11 評価結果（セメント固型化施設周辺居住）

セメント固型化施設&埋設地周辺居住者（粉塵吸入に係る経路）

No.	経路略称	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			廃棄物中濃度が5万Bq/kgの 場合の年間被ばく量 (mSv/y)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
6	最終処分場周辺居住者吸入(成人)	4.5E-06	3.7E-06	4.1E-06	2.3E-04	1.8E-04	2.0E-04
7	最終処分場周辺居住者経口農作物(成人)	8.2E-05	5.7E-05	6.8E-05	4.1E-03	2.9E-03	3.4E-03
8	最終処分場周辺居住者吸入(成人)	1.1E-06	9.9E-07	1.1E-06	5.7E-05	4.9E-05	5.3E-05
9	最終処分場周辺居住者経口農作物(成人)	2.9E-05	2.2E-05	2.5E-05	1.4E-03	1.1E-03	1.3E-03

表 12 評価結果（地下水移行）

最終処分場周辺居住者（地下水移行）

解析ケース	No.	経路略称	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			廃棄物中濃度が5万Bq/kgの 場合の年間被ばく量 (mSv/y)		
			Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
ケース1	10	飲料水摂取(成人)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	11	飲料水摂取(子ども)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	12	地下水利用農耕作業外部	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	13	地下水利用農耕作業吸入	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	14	地下水利用農作物摂取(成人)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	15	地下水利用農作物摂取(子ども)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	16	飼料経由畜産物摂取(成人)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	17	飼料経由畜産物摂取(子ども)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	18	飼育水経由畜産物摂取(成人)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	19	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
	20	養殖淡水産物摂取(成人)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-
21	養殖淡水産物摂取(子ども)	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-	-	-	
ケース2	10	飲料水摂取(成人)	3.3E-30	3.4E-06	2.2E-06	1.7E-28	1.7E-04	1.1E-04
	11	飲料水摂取(子ども)	4.6E-31	5.1E-07	3.3E-07	2.3E-29	2.5E-05	1.7E-05
	12	地下水利用農耕作業外部	9.5E-31	3.7E-06	2.4E-06	4.7E-29	1.8E-04	1.2E-04
	13	地下水利用農耕作業吸入	4.7E-35	3.5E-10	2.3E-10	2.3E-33	1.7E-08	1.1E-08
	14	地下水利用農作物摂取(成人)	1.8E-30	8.3E-06	5.4E-06	8.9E-29	4.2E-04	2.7E-04
	15	地下水利用農作物摂取(子ども)	6.2E-31	3.4E-06	2.2E-06	3.1E-29	1.7E-04	1.1E-04
	16	飼料経由畜産物摂取(成人)	2.8E-30	7.9E-06	5.1E-06	1.4E-28	4.0E-04	2.6E-04
	17	飼料経由畜産物摂取(子ども)	1.4E-30	4.2E-06	2.7E-06	6.8E-29	2.1E-04	1.4E-04
	18	飼育水経由畜産物摂取(成人)	4.7E-31	4.7E-07	3.1E-07	2.3E-29	2.3E-05	1.5E-05
	19	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	2.2E-31	2.4E-07	1.6E-07	1.1E-29	1.2E-05	7.8E-06
	20	養殖淡水産物摂取(成人)	4.7E-31	1.9E-06	1.3E-06	2.3E-29	9.6E-05	6.3E-05
21	養殖淡水産物摂取(子ども)	2.2E-31	8.4E-07	5.5E-07	1.1E-29	4.2E-05	2.7E-05	

ケース1: 地下水流速(ダルシー流速)を2.0 m/yとしたケース

ケース2: 地下水流速(ダルシー流速)を365 m/yとしたケース

表 13 評価結果（埋設処分後における最終処分場周辺居住）

最終処分場への埋設後の周辺居住者（スカイシャイン外部）

解析ケース	No.	経路略称	評価地点	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			廃棄物中濃度が 5万Bq/kgの場合の年間被ばく量 (mSv/y)		
				Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
ケース1-A	22	埋設地付近への一時立入り (スカイシャイン外部・子ども)	民家付近門扉	8.8E-07	2.5E-07	4.7E-07	4.4E-05	1.2E-05	2.3E-05
			敷地境界門扉	5.6E-06	1.7E-06	3.0E-06	2.8E-04	8.4E-05	1.5E-04
ケース2-A			民家付近門扉	1.0E-06	2.9E-07	5.4E-07	5.0E-05	1.4E-05	2.7E-05
			敷地境界門扉	5.6E-06	1.7E-06	3.1E-06	2.8E-04	8.6E-05	1.5E-04
ケース1-A	23	埋設地周辺居住 (スカイシャイン外部・子ども)	直近民家3	8.8E-06	2.5E-06	4.7E-06	4.4E-04	1.3E-04	2.4E-04
ケース2-A			直近民家3	1.1E-05	3.0E-06	5.6E-06	5.3E-04	1.5E-04	2.8E-04

     : 周辺の地形を考慮したケース(ケース1-A)に対して、1mSv/y 相当濃度が最小となる経路  
     : 周辺の地形を考慮しないケース(ケース2-A)に対して、1mSv/y 相当濃度が最小となる経路

ケース1-A:9段目の堰堤に対する埋設作業が完了した状態を想定し、周辺の地形を考慮したケース  
 ケース2-A:9段目の堰堤に対する埋設作業が完了した状態を想定し、周辺の地形を考慮しないケース



#### 参考文献

- (1) 日本原子力研究開発機構安全研究センター、「福島県の浜通り及び中通り地方（避難区域及び計画的避難区域を除く）の災害廃棄物の処理・処分における放射性物質による影響の評価について」、災害廃棄物安全評価検討回（第3回）資料4、平成23年6月19日（平成23年11月15日一部訂正及び修正、災害廃棄物安全評価検討回（第9回）資料11-1）
- (2) 環境省、廃棄物関係ガイドライン、2011
- (3) 原子力安全委員会、「原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するものうち放射性廃棄物として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」、平成16年12月（平成17年3月17日一部訂正及び修正）
- (4) 富澤稔夫、トンネルと地下、仙台地下鉄南北線の施工計画、14、1、p46、1983

