



除去土壌の再生利用基準(案)のポイント

2024年 11月15日

環境省環境再生・資源循環局

再生資材化した除去土壌の利用方策検討の流れ

- これまで、「**再生資材化した除去土壌の安全な利用に係る基本的考え方**」(以下「基本的考え方」という。)に従い、福島県内で実証事業を実施してきた。
- これらから得られた知見や課題(放射線等に関する安全性、土木構造物の安定性、及び管理方法を含む使用性・機能性等)の検証を行うことにより、「**再生資材化した除去土壌を適切な管理の下で利用するための方策の検討**を進めるとともに、全国的な理解醸成にも取り組む。

福島県内での実証事業等で得られた知見

【A】南相馬市仮置場における試験盛土造成実証事業 H29～R3
 【B】飯舘村長泥地区における環境再生事業 H30～
 【C】中間貯蔵施設内における道路盛土実証事業 R4～

【D】中間貯蔵事業
 ○輸送
 ○受入・分別処理、土壌貯蔵
 ○技術実証



+ 検討会及びWG等での
 これまでの検討成果
 + IAEAからの評価・助言

適切な管理の下で再生資材化した除去土壌を利用する方策の検討 (除去土壌の再生利用基準省令・技術ガイドライン(手引き))

- 「中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略検討会」の下に「中間貯蔵施設における除去土壌等の再生利用方策検討ワーキンググループ」を設置(2022年8月)。

(所掌事項)

- ・ 実証事業等で得られた知見の整理・評価
- ・ 中間貯蔵除去土壌等を再生資材化し、安全に利用する方策の検討

除去土壌の再生利用基準(案)のポイントについて

○ 基準(案)の主な内容は、以下のとおり。

1. 再生資材化した除去土壌の放射性セシウム濃度 (p.5～p.25)

※ 追加被ばく線量1mSv/年を満たすように8,000Bq/kg以下を設定

2. 飛散、流出の防止 (p.26)

3. 空間線量率の測定(施工時・維持管理時) (p.27)

4. 生活環境の保全(騒音・振動等) (p.28)

5. 再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示 (p.29)

6. 再生資材化した除去土壌の利用場所、利用量、放射能濃度等の記録・保存 (p.30)

7. 事業実施者や施設管理者等との工事及び管理における役割分担等を協議 (p.31)

※放射性物質汚染対処特措法では、除染実施者が除去土壌の処理を行うこととされており、再生資材化した除去土壌の利用・管理の責任は除染実施者(なお、福島県内除去土壌については国(環境省)、福島県外土壌については市町村等)。

※本ページ以降に示す内容は、関係機関とは未調整であり、今後の協議等の結果によって変更があり得る。

<復興再生利用のイメージ>

再生資材化した
除去土壌

飛散・流出防止のための覆い

1. 再生資材化した除去土壌の放射性セシウム濃度

事故由来放射性物質についての放射能濃度を調査した結果、除染実施者は、再生利用によって受ける一般公衆の実効線量が一年間につき一ミリシーベルトを超えない放射能濃度※の再生資材化した除去土壌を用いること。

※事故由来放射性物質であるセシウム134についての放射能濃度及び事故由来放射性物質であるセシウム137についての放射能濃度の合計が8,000Bq/kg以下とする。

【補足】

- 年間追加被ばく線量が1mSv/年を超えないように再生利用を行う。
- 事業管理の容易性及び確実性の観点から、被ばく線量を個々に計測して管理ではなく再生資材化した除去土壌の放射能濃度による管理とする。
- 周辺住民・利用者、作業者の外部・内部被ばくによる追加被ばく線量を、国際的に用いられている被ばく線量評価モデルにより算出した結果、施工時の作業者の被ばく線量が最大となり、再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの際の追加被ばく線量は約0.93mSv/年（追加被ばく1mSv/年相当濃度は約8,600Bq/kg）となった。
- 上記を踏まえ、施工時の作業者の外部被ばくが年間追加被ばく線量1mSv以下を満たすような放射能濃度として、「8,000Bq/kg以下」とする。
- なお、電離則等による放射線障害防止措置の適用外の放射能濃度（1万Bq/kg以下）となるため、施工や、万一の災害時等の復旧に当り、特別な防護措置を要することなく、通常の作業の範囲内で対応できる。

実証事業の施工実態等を踏まえた追加被ばく線量評価計算について

- 「基本的考え方」策定・改定時(平成28、29、30年)の追加被ばく線量評価においては、再生資材化した除去土壌を用いた構造物の形状・大きさや、作業時間、遮へい条件等を勘案して、保守的な条件設定の下、計算を行った(左下表)。
- 今般、IAEAや国内専門家からの評価の保守性に関する助言等を踏まえ、実証事業での施工実態等を踏まえ計算した。
- 施工規模(盛土)は、約500m×約500m×高さ約5m(過去の評価計算の最大規模)とし、施工・管理に係る作業員、周辺居住者、利用者の想定される被ばく経路について評価計算を行った。

＜実証事業での施工実態等＞

- 実証事業(農地造成事業、道路盛土実証事業)では、(運搬車両等による)飛散・流出防止、トラフィカビリティの確保等の観点から、再生資材化した除去土壌の盛土上に敷鉄板を敷設した(右下写真)。**【遮へい条件】**
- 盛土の施工方法については、再生資材化した除去土壌の盛土と並行して、側部覆土の施工を行った(次ページ)。**【遮へい条件】**
- Cs134、Cs137の存在比についても、半減期(減衰)を踏まえた設定とする(2025年3月時点)。**【放射性核種条件】**

＜「基本的考え方」策定時の再生利用可能濃度＞

用途先		年間の再生資材利用作業期間に応じた再生利用可能濃度 (Bq/kg) ※1		
		1ヶ月	9ヶ月	1年
盛土	道路・鉄道	8,000 以下	8,000 以下	6,000 以下
	防潮堤等	8,000 以下	8,000 以下	6,000 以下
	海岸防災林等	8,000 以下	7,000 以下	5,000 以下
廃棄物処分場	中間覆土材	8,000 以下	8,000 以下	8,000 以下
	最終覆土材	8,000 以下	7,000 以下	5,000 以下
	土堰堤	8,000 以下	8,000 以下	8,000 以下
土地造成 (埋立材・充填材)		7,000 以下	6,000 以下	4,000 以下
農地 (園芸作物・ 資源作物)	埋戻し	8,000 以下	6,000 以下	5,000 以下
	嵩上げ	6,000 以下	6,000 以下	5,000 以下

＜実証事業における施工の様子＞

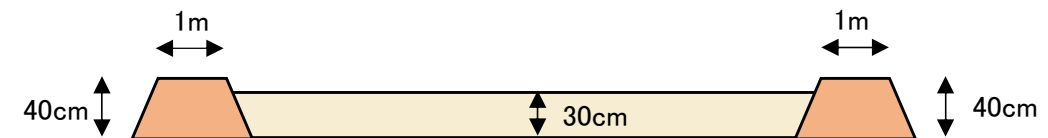


【参考】道路盛土実証事業での盛土施工方法

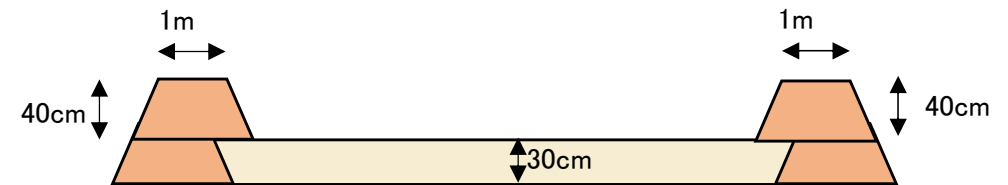
【STEP 1】
側部の覆土(高さ40cm、上部幅1m)を
施工



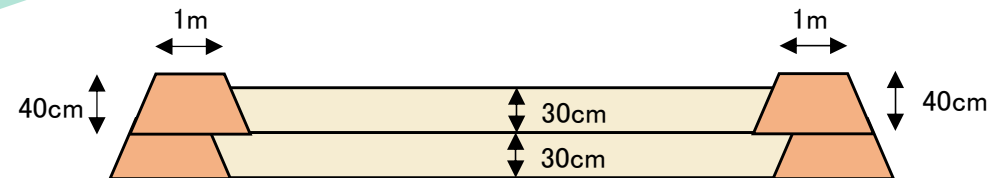
【STEP 2】
側部覆土の間に再生資材化した除去
土壌を敷き均し、締め固め(締め固め厚:
30cm)



【STEP 3】
再生資材化した除去土壌の上面を基
準として、側部の覆土(高さ40cm、上部
幅1m)を施工



【STEP 4】
側部覆土の間に再生資材化した除去
土壌を敷き均し、締め固め(締め固め厚:
30cm)



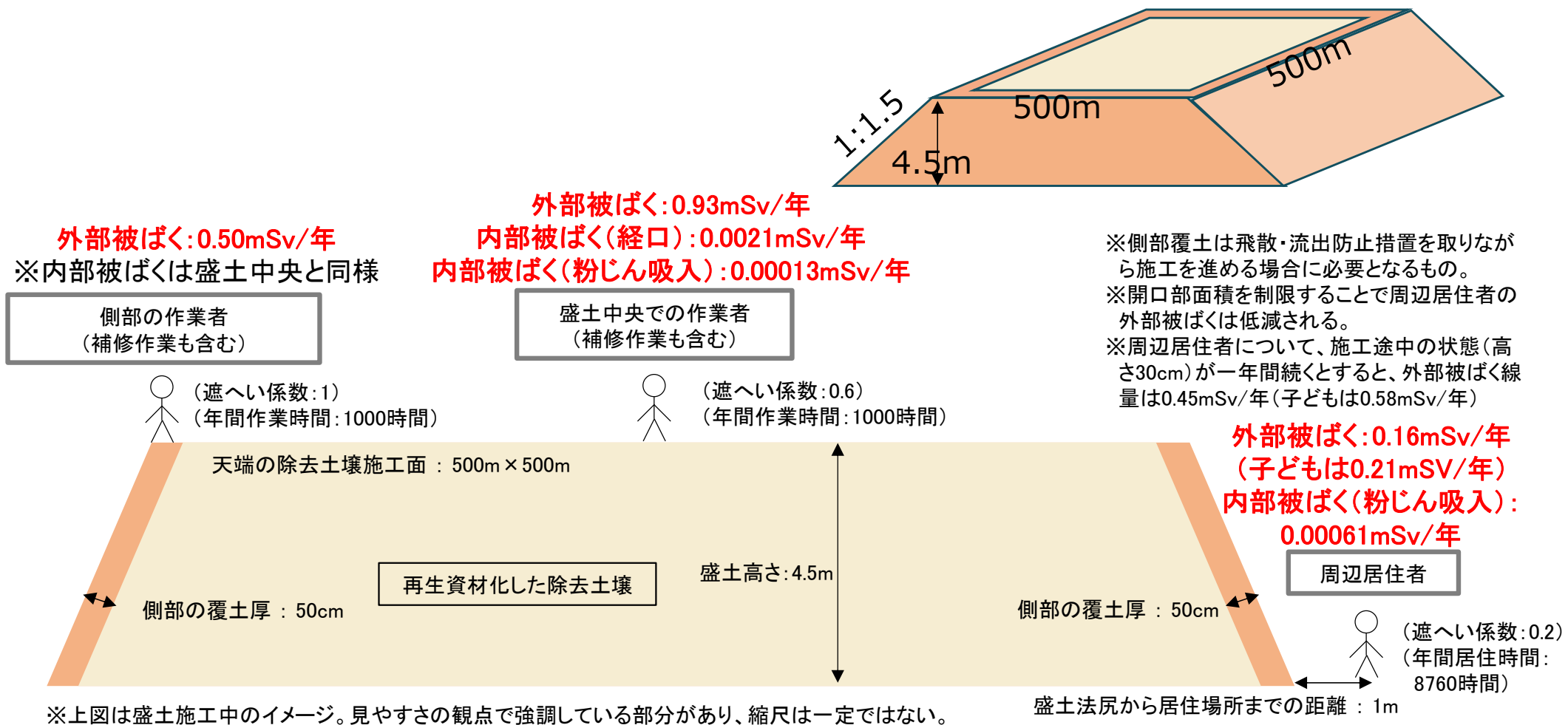
以降、この手順を繰り返して盛土を構築

※上記の施工方法は、道路盛土実証事業で実施した施工方法であり、実際の施工方法はこの限りではない。

追加被ばく評価計算について①

- 被ばく評価計算の結果、盛土上での作業者の追加被ばく線量(外部被ばく)が最も高くなり、再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの際の追加被ばく線量は約0.93mSv/年(追加被ばく1mSv/年相当濃度は約8,600Bq/kg)となった。

<追加被ばく評価計算(施工中)の結果(赤字は再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの場合の追加被ばく線量)>



追加被ばく評価計算について②

＜追加被ばく評価計算(管理中)の結果(赤字は再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの場合の追加被ばく線量)＞

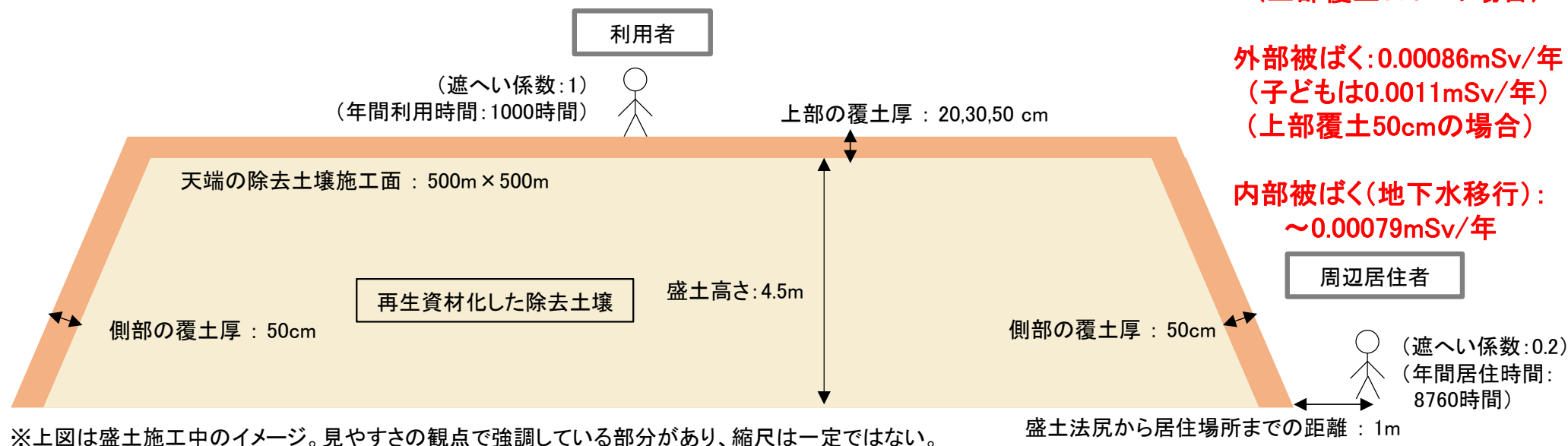
外部被ばく: 0.017mSv/年
(子どもは0.022mSv/年)
(上部覆土20cmの場合)

外部被ばく: 0.12mSv/年(子どもは0.15mSv/年)(上部覆土20cmの場合)
0.030mSv/年(子どもは0.039mSv/年)(上部覆土30cmの場合)
0.0020mSv/年(子どもは0.0026mSv/年)(上部覆土50cmの場合)

外部被ばく: 0.007mSv/年
(子どもは0.009mSv/年)
(上部覆土30cmの場合)

外部被ばく: 0.00086mSv/年
(子どもは0.0011mSv/年)
(上部覆土50cmの場合)

内部被ばく(地下水移行):
~0.00079mSv/年



※上図は盛土施工中のイメージ。見やすさの観点で強調している部分があり、縮尺は一定ではない。

*覆土30cmの線量評価は、上面覆土なし、20cm、50cmの場合の計算値から内挿により算定。

追加被ばく評価計算について③

<追加被ばく評価計算(災害時)の結果(赤字は再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの場合の追加被ばく線量)>

※この状態が1年間続くと仮定して計算

覆土が全て流出したと仮定

外部被ばく:0.93mSv/年
内部被ばく(経口):0.0021mSv/年
内部被ばく(粉じん吸入):0.00013mSv/年

復旧作業者



(遮へい係数:0.6)
(年間作業時間:1000時間)

天端の除去土壌施工面 : 500m × 500m

再生資材化した除去土壌

盛土高さ:4.5m

周辺居住者



(遮へい係数:0.2)
(年間居住時間:
8760時間)

※上図は盛土施工中のイメージ。見やすさの観点で強調している部分があり、縮尺は一定ではない。

(元々の)盛土法尻から居住場所までの距離 : 1m

外部被ばく:0.75mSv/年
(子どもは0.97mSv/年)
内部被ばく(粉じん吸入):
0.00061mSv/年

【参考】追加被ばく計算における評価経路

No	評価対象		線源	対象者	被ばく形態			
1	盛土施工	敷き均し・締め固め	盛土	作業者	外部			
2					粉塵吸入			
3					直接経口			
4	側部工(土堰堤)	側部作業(天端縁)		作業者	外部			
5	建設現場周辺居住	周辺居住		盛土	公衆(成人)	外部		
6						粉塵吸入		
7					公衆(子ども)	外部		
8						粉塵吸入		
9	盛土完成後	周辺居住			盛土	公衆(成人)	外部	
10							外部	
11		盛土上部利用				公衆(成人)	外部	
12							外部	
13	盛土への雨水浸透による核種の漏洩(地下水移行)	飲料水摂取	井戸水			公衆(成人)	経口	
14							公衆(子ども)	経口
15		農耕作業				井戸水で灌漑した土壌	作業者(公衆)	外部
16								粉塵吸入
17		農作物摂取		灌漑した土壌で生産された農作物		井戸水	公衆(成人)	経口
18								公衆(子ども)
19		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
20								公衆(子ども)
21		畜産物摂取		井戸水で飼育された畜産物	公衆(成人)		経口	
22							公衆(子ども)	経口
23		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	
24							公衆(子ども)	経口
25	盛土復旧工事	敷き均し・締め固め	盛土	作業者	外部			
26					粉塵吸入			
27					直接経口			
28	現場周辺居住	周辺居住		盛土	公衆(成人)		外部	
29						粉塵吸入		
30					公衆(子ども)	外部		
31						粉塵吸入		

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(1/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
1-24	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。
1-24	線源に対する希釈係数	—	1	再生資材化された除去土壌のみを盛土に使用するとし、線源に対する希釈は保守的に1とした。
2	作業者の呼吸量	m ³ /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 を基に算定した。
2,6,8	作業時の空气中ダスト濃度	g/m ³	5E-04	NUREG/CR-3585 に示された OPEN DUMP 時及び IAEA-TECDOC-401に示された埋設処分場での埋め立て作業時における空气中ダスト濃度を採用した。
2,6,8	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。
3	微粒子への放射性物質の濃縮係数(経口摂取)	—	2	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された経口摂取被ばくに関する粒子の濃縮係数を使用した。
3	ダストの経口摂取率	g/h	0.01	IAEA S.S. No.111-P-1.1 に示された値を用いた。

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(2/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
1-4, 9	年間作業時間		h/y	1,000	保守的に1日8時間、年間250日の労働時間の半分の時間を、当該作業に従事するとした。
1	作業時の遮へい係数		—	0.6	以下の条件で、MCNPコードにより計算した。 遮蔽条件: 敷鉄板3m×12m×2.2cmt (500m□盛土上面中央)
1,9,12 盛土施工	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土施工作业)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	5.00E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状: 放光体 高さ4.5m、底面 513.5m×513.5m、上面500m×500m、 線源のかさ密度: 2.0g/cm ³ 法面(土堰堤)覆土50cm、覆土かさ密度1.5g/cm ³ 評価点: 上面中点から高さ1m
		Cs-137		1.89E-01	
4	保護作業時(土堰堤)の遮蔽係数		—	1.0	保守的に遮へい係数を1.0に設定した。
4,13 盛土保護工	外部被ばくに対する線量換算係数 (保護作業(土堰堤))	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.56E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状: 放光体 高さ4.5m、底面 513.5m×513.5m、上面 500m×500m 線源のかさ密度: 2.0g/cm ³ 法面(土堰堤)覆土50cm、覆土かさ密度1.5g/cm ³ 評価点: 上面端高さ1m
		Cs-137		6.11E-02	
5-8	居住者の被ばく時間		h/y	8,760	盛土の建設施工期間は1年以上を想定した。
5,7,10	居住時の遮へい係数		—	0.2	IAEA-TECDOC-401 から、居住時間の20%を戸外で過ごすとは定した。
5,7 盛土施工中 周辺居住	外部被ばくに対する線量換算係数 (建設現場周辺居住)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	2.50E-02	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状: 放光体 高さ4.5m、底面 513.5m×513.5m、上面 500m×500m 線源のかさ密度: 2.0g/cm ³ 法面(土堰堤)覆土; 50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点: 底面辺の中点から1m、高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		1.13E-02	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(3/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
6	居住者の呼吸量(成人)	m ³ /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 ⁴ (L/d)を基に算定した。
8	居住者の呼吸量(子ども)	m ³ /h	0.22	IAEA Safety Reports Series No.44 に示されていた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。
9,10	居住者の遮へい係数	—	0.2	IAEA-TECDOC-401 から、居住時間の20%を戸外で過ごすとして仮定した。
9,10	年間居住時間	h/y	8,760	保守的に、1年間絶えず盛土周辺に居住しているとした。
9,10 盛土完成後	外部被ばくに対する線量換算係数(盛土周辺居住)【上部覆土厚さ20cmの場合】*	Cs-134	2.76E-03	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.7m、底面513.5m × 513.5m、上面500m × 500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 上部覆土:20cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:底面辺の midpoint から1m、高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137	1.17E-03	
9,10 盛土完成後	外部被ばくに対する線量換算係数(盛土周辺居住)【上部覆土厚さ50cmの場合】*	Cs-134	1.90E-04	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。線源(盛土)の形状:放光体 高さ5m、底面513.5m × 513.5m、上面500m × 500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 上部覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:底面辺の midpoint から1m、高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137	5.95E-04	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(4/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
10,11	年間利用時間		h/y	1,000	1日25時間、毎日対象道盛土を利用すると、約913時間/年の利用時間となる。この結果から、年間の対象盛土利用時間を1000時間に設定した。
10,11	利用時の遮へい係数		—	1.0	保守的に遮へい係数を1.0に設定した。
10,11 上部利用	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土上部利用) 【上部覆土厚さ20cmの場合】*	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	3.95E-02	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.7m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 上部覆土:20cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:上面中央から高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		1.44E-02	
10,11 上部利用	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土上部利用) 【上部覆土厚さ50cmの場合】*	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	9.63E-04	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ5m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 上部覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:上面中央から高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		2.44E-04	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメータ一覧(5/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
13-24	盛土の空隙率	—	0.25	再生資材化された除去土壌の真密度(2.6~2.7g/cm ³)と当該盛土のかさ密度(2.0g/cm ³)から導出し、0.25とした。
13-24	盛土のかさ密度	g/cm ³	2.0	日本道路公団監修 設計要領(第一集 土工・舗装・排水・造園, 1983)より、締め固めた盛土に対する密度の最大値を採用した。
13-24	Cs の盛土の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(有機土壌、砂)
13-24	Cs の帯水層土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(砂)
13-24	浸透水量(道路)	m/y	0.4	道路に使用される不透水性アスファルトでは、雨水のほとんどが表面から側部の排水溝へ排水されることから、浸透水量はほとんどないものと考えられるが、保守的に、災害廃棄物評価※1 で使用した値を採用した。
13-24	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)
13-24	帯水層厚さ	m	3	IAEA-TECDOC-401 に示された値を用いた。
13-24	地下水流速(ダルシー流速)	m/d	1	「新版地下水調査法」(山本 莊毅、(株)古院書院、1983 年)
13-24	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)
13-24	帯水層土壌密度	g/cm ³	2.6	「土質工学ハンドブック」(土質工学会編、1982年)
13-24	地下水流方向の分散長	m	0	保守的に選定した。
13-24	地下水流方向の分散係数	m ² /y	0	保守的に選定した。
13-24	盛土下流端から井戸までの距離	m	0	保守的に選定した。
13-24	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)
13	人の年間飲料水摂取量(成人)	m ³ /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。
14	人の年間飲料水摂取量(子ども)	m ³ /y	0.1	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された値を用いた。
15-20	Cs の農耕土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(有機土壌)
15-20	灌漑水量(畑、牧草地)	m ³ /m ² /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。
15-20	土壌水分飽和度(畑、牧草地)	—	0.2	JAEA 原科研敷地内(砂層)における測定結果より選定した。
15-20	土壌実効表面密度	kg/m ²	240	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109 に示された値を用いた。
15-20	灌漑土壌真密度	g/cm ³	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。
15-20	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。
15-20	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。
15-20	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)

※1 災害廃棄物安全評価検討会(第9回)資料11-1、平成23年11月15日

【参考】追加被ばく計算における評価パラメータ一覧(6/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
15,16	農耕作業による年間作業時間		h/y	500	「日本の統計 2009 年版」(総務庁統計局編、2009年)に記載されている平成 18 年度の 1 戸当たりの平均経営耕地面積 248a (水田率 54%)、水稲 10a 当たりの労働時間 29.2 時間、小麦 10a 当たりの労働時間 5.6 時間を基に算出し、値に裕度を持って選定した。 $248 \times 0.544 \times 2.92 + 248 \times (1-0.544) \times 0.56 = 457$ (h/y)
15	外部被ばくに対する線量換算係数(農耕作業:灌漑土壌からの外部被ばく)	Cs-134	μ 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 ³ 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	
15	農耕作業時の遮へい係数		—	1.0	保守的に遮へいを考慮しない。
16	農耕作業時の空气中ダスト濃度		g/m ³	5E-04	NUREG/CR-3585 に示された OPEN DUMP 時及び IAEA-TECDOC-401 に示された埋設処分場での埋め立て作業時における空气中ダスト濃度を採用した。
16	農耕作業者の呼吸量		m ³ /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。
16	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。
17-20	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。
17-20	農作物(葉菜、牧草)の栽培密度		kg/m ²	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)
17-20	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。
17-20	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。
17,18	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。
17,18	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。
17,18	灌漑水量(田)		m ³ /m ² /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。
17,18	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。

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(7/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠	
17,18	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)	
17,18	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)	
17	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	
18	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	
19-22	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	
19-22	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。	
19-22	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。	
19,20	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。	
19,20	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)	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(8/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
19,20	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	
19,21	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	
20,22	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	
21,22	家畜の飼育水摂取量	肉牛	L/d	50	PNL-3209 に示された値を用いた。
		乳牛		60	
		豚		10	
		鶏		0.3	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(9/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
23,24	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。
23,24	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。
23,24	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。
23,24	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。
23	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。
24	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。

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(10/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
25-27	復旧作業時間		h/y	1,000	保守的に1日8時間、年間250日の労働時間の半分の時間を、当該作業に従事するとした。
25	作業時の遮へい係数		—	0.6	以下の条件で、MCNPコードにより計算した。 遮蔽条件:敷鉄板3m×12m×2.2cmt (500m□盛土上面中央)
25 災害時 復旧作業	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土復旧作業)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	5.00E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.5m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m、 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 上面覆土及び法面覆土が無い状態を想定。 評価点:上面中点から高さ1m
		Cs-137		1.89E-01	
28-31	居住者の被ばく時間		h/y	8,760	盛土復旧期間は1年以上を想定した。
28,30	居住時の遮へい係数		—	0.2	IAEA-TECDOC-401から、居住時間の20%を戸外で過ごすとして仮定した。
28,30 復旧工事中 周辺居住	外部被ばくに対する線量換算係数 (建設現場周辺居住)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.30E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.5m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 上面覆土及び法面覆土が無い状態を想定。 評価点:底面辺の中点から1m、高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		5.24E-02	

内部被ばく線量係数(Sv/Bq)						
	作業者(ICRP Publ.68)		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

【参考】追加被ばく線量 評価結果まとめ

シナリオ	盛土 (500m × 5mH)		単位再生資材中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			1mSv/y 相当濃度 (Bq/kg)	8,000Bq/kgの再生 資材を使用した場 合の被ばく線量 (mSv/y)	
	No	評価経路	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)			
施工中	1	盛土施工作業者外部	3.0E-01	1.1E-01	1.2E-01	8.6E+03	9.3E-01	
	2	盛土施工作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.6E-05	6.2E+07	1.3E-04	
	3	盛土施工作業者経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	2.6E-04	3.8E+06	2.1E-03	
	4	側部作業員外部	1.6E-01	6.1E-02	6.2E-02	1.6E+04	5.0E-01	
	5	工事中周辺居住者外部(成人)	4.4E-02	2.0E-02	2.0E-02	5.0E+04	1.6E-01	
	6	工事中周辺居住者吸入(成人)	9.4E-05	7.6E-05	7.6E-05	1.3E+07	6.1E-04	
	7	工事中周辺居住者外部(子ども)	5.7E-02	2.6E-02	2.6E-02	3.8E+04	2.1E-01	
	8	工事中周辺居住者吸入(子ども)	2.4E-05	2.1E-05	2.1E-05	4.8E+07	1.7E-04	
利用中	9	周辺居住者外部(成人)	覆土20cm	4.8E-03	2.0E-03	2.1E-03	4.8E+05	1.7E-02
		覆土50cm	3.3E-04	1.0E-04	1.1E-04	9.3E+06	8.6E-04	
	10	周辺居住者外部(子ども)	覆土20cm	6.3E-03	2.7E-03	2.7E-03	3.7E+05	2.2E-02
		覆土50cm	4.3E-04	1.4E-04	1.4E-04	7.2E+06	1.1E-03	
	11	利用者外部(成人)	覆土20cm	4.0E-02	1.4E-02	1.5E-02	6.8E+04	1.2E-01
		覆土50cm	9.6E-04	2.4E-04	2.5E-04	3.9E+06	2.0E-03	
	12	利用者外部(子ども)	覆土20cm	5.1E-02	1.9E-02	1.9E-02	5.2E+04	1.5E-01
		覆土50cm	1.3E-03	3.2E-04	3.3E-04	3.0E+06	2.6E-03	
地下水移行*	13	飲料水摂取(成人)	4.3E-06	4.2E-05	4.2E-05	2.4E+07	3.3E-04	
	14	飲料水摂取(子ども)	6.0E-07	6.4E-06	6.3E-06	1.6E+08	5.1E-05	
	15	地下水利用農耕作業員外部	9.2E-07	4.4E-05	4.3E-05	2.3E+07	3.5E-04	
	16	地下水利用農耕作業員吸入	4.5E-11	4.2E-09	4.1E-09	2.4E+11	3.3E-08	
	17	地下水利用農作物摂取(成人)	3.1E-06	1.0E-04	9.9E-05	1.0E+07	7.9E-04	
	18	地下水利用農作物摂取(子ども)	1.1E-06	4.3E-05	4.2E-05	2.4E+07	3.4E-04	
	19	飼料経由畜産物摂取(成人)	4.1E-06	1.0E-04	9.9E-05	1.0E+07	7.9E-04	
	20	飼料経由畜産物摂取(子ども)	2.0E-06	5.3E-05	5.2E-05	1.9E+07	4.2E-04	
	21	飼育水経由畜産物摂取(成人)	6.0E-07	5.9E-06	5.8E-06	1.7E+08	4.7E-05	
	22	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	2.8E-07	3.0E-06	3.0E-06	3.4E+08	2.4E-05	
	23	養殖淡水産物摂取(成人)	2.5E-06	2.4E-05	2.4E-05	4.2E+07	1.9E-04	
	24	養殖淡水産物摂取(子ども)	9.8E-07	1.1E-05	1.1E-05	9.2E+07	8.7E-05	
災害復旧時	25	復旧工事作業員外部	3.0E-01	1.1E-01	1.2E-01	8.6E+03	9.3E-01	
	26	復旧工事作業員吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.6E-05	6.2E+07	1.3E-04	
	27	復旧工事作業員経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	2.6E-04	3.8E+06	2.1E-03	
	28	復旧中周辺居住者外部(成人)	2.3E-01	9.2E-02	9.4E-02	1.1E+04	7.5E-01	
	29	復旧中周辺居住者吸入(成人)	9.4E-05	7.6E-05	7.6E-05	1.3E+07	6.1E-04	
	30	復旧中周辺居住者外部(子ども)	3.0E-01	1.2E-01	1.2E-01	8.2E+03	9.7E-01	
	31	復旧中周辺居住者吸入(子ども)	2.4E-05	2.1E-05	2.1E-05	4.8E+07	1.7E-04	

* JAEA: 土地造成事業における再生資材の利用に係る線量評価について(平成29年4月26日)による。

【参考】実証事業での作業者の追加被ばく線量について

- 道路盛土実証事業における盛土上での作業者の被ばく線量について、再生資材化した除去土壌の盛土期間中（バックグラウンド線量に再生資材化した除去土壌からの追加被ばく線量が加味されたもの）と盛土期間外（バックグラウンド線量と見なす）の被ばく線量を比較し、その差から年間追加被ばく線量を推定した。
- その結果、**推定年間追加被ばく線量は最大0.3mSv/年となり、1mSv/年を下回った。**
- なお、道路盛土実証における盛土の大きさや放射能濃度（平均約6,400Bq/kg）を踏まえ、p.8と同様の追加被ばく評価計算を行ったところ、年間追加被ばく線量は0.56mSv/年と計算された。これより、被ばく評価計算の結果は実証事業での結果より高い値となっており、この結果からは**被ばく評価計算は保守的であると**考えられる。

作業者	作業種類	作業日数 (盛土期間中)	作業日数 (盛土期間外)	平均日被ばく線量 (盛土中) 【A】(μ Sv)	平均日被ばく線量 (盛土外) 【B】(μ Sv) (バックグラウンド線量)	推定年間追加被ばく線量 (A-B) × 250日 (mSv)
作業者A	重機作業	51	72	4.08	3.92	0.040
作業者B	重機作業	51	41	4.16	3.49	0.167
作業者C	盛土上での 作業者	13	69	5.92	4.72	0.300

※作業者A～Cは、道路盛土実証事業の施工現場において最も被ばく線量の高い3名であった。

1. 再生資材化した除去土壌の放射性セシウム濃度(調査方法)

除染実施者が行う再生資材化した除去土壌の事故由来放射性物質による汚染の状況の調査の方法は、次のいずれかの方法とする。

1. 試料採取による調査方法

- 調査は、その対象とする再生資材化した除去土壌を、調査単位に区分し、それぞれの調査単位ごとに行うこと。
- 調査単位のすべてについて、4以上の試料を採取すること。
- 調査単位ごとに上記により採取された試料をそれぞれおおむね同じ重量混合すること。
- 上記により混合された試料のすべてについて、セシウム134についての放射能濃度及びセシウム137についての放射能濃度を測定すること。

2. 放射能濃度を連続して測定できる装置により調査する方法(連続測定)

- 調査は、その対象とする再生資材化した除去土壌を、調査単位に区分し、それぞれの調査単位ごとに行うこと。
- 上記により区分した調査単位内の再生資材化した除去土壌すべてについて、セシウム134についての放射能濃度及びセシウム137についての放射能濃度を測定すること。

※廃棄物の事故由来放射性物質についての放射能濃度の測定方法

平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則第五条第四号及び第二十条第四号の環境大臣が定める方法は、別表に掲げる機器を用いて測定する方法とする。

別表

1 ゲルマニウム半導体検出器

2 NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ

3 LaBr₃(Ce)シンチレーションスペクトロメータ

1. 再生資材化した除去土壌の放射性セシウム濃度(調査方法) 続き

【補足】

- 「事故由来放射性物質に基づく廃棄物の調査方法」の考え方を踏まえて、再生資材化した除去土壌の放射能濃度測定方法を規定。
 - 土壌は、汚泥や焼却灰と同様に均一性が保たれていることから、調査単位毎に4以上の試料を採取し、それぞれおおむね同じ重量混合を行った上で測定。
 - 調査単位については、技術ガイドラインの検討の中で整理。
 - また、福島県内での実証事業等において、ベルトコンベヤによる連続した放射能濃度測定を実施したことを踏まえ、試料採取による測定の外、連続して測定できる装置により調査する方法を規定。
-
- 放射性セシウム以外の核種の放射能濃度を2023年度に調査した結果、福島第一原子力発電所事故前と同程度であった。
 - この結果は、2011年度の文部科学省による調査研究結果における「今後の被ばく線量評価や除染対策においては、Cs134、Cs137の沈着量に着目していくことが適切」との記載と整合的であると考えられる。
 - 上記を踏まえ、測定対象の放射性物質は、セシウム134及び137とする。

2. 飛散、流出の防止

除染実施者は、再生資材化した除去土壌が飛散し、及び流出しないよう、その表面を覆う等必要な措置を講ずること。

【補足】

- 福島県内実証事業においては、覆土を行うことで、再生資材化した除去土壌の飛散・流出が防止されていることを確認した。
- 飛散・流出防止のための覆土等の覆いは、放射線の遮へい効果も有する。
- また、再生資材化した除去土壌に覆土等の覆いが無い状態(施工中など)においては、シート養生による飛散・流出防止対策を講じ、維持できていることを確認した。

※本ページに記載の覆土等の覆いに加えて、合理的に達成可能な範囲でさらなる被ばく低減を図る「最適化」の観点も考慮の上、利用先の用途に応じて必要となる厚さを確保する旨技術ガイドラインに記載する。

※福島県内実証事業等の結果を踏まえ、遮水シート等の地下水汚染防止措置は不要とする。

参考資料3 p.9 「方策⑥ 除去土壌の放射線安全性」参照

p.15～p.16 「方策⑦ 覆土等の覆い」参照

p.17 「方策⑧ 覆土等の覆い以外の飛散・流出防止対策」参照

3. 空間線量率の測定(施工時・維持管理時)

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の利用場所において、放射線の量(空間線量率)を七日に一回以上(維持管理時は定期的に)測定し、かつ、記録すること。

※地表から50cmから1mまでの高さで、ガンマ線測定用測定器を用いて測定。

【補足】

- 放射線安全性に係るモニタリング項目は、万一の異常を把握するため、施工時・維持管理時ともに、空間線量率を測定する。
- 測定の位置や頻度は、これまでの実証事業の成果等を踏まえた以下を目安とし、関係機関との協議等を踏まえて決定する。

モニタリング項目	位置	頻度	
空間線量率	必須: 除去土壌施工箇所の上部 最低1箇所 任意: 敷地境界の数箇所 ^{注)}	施工時	1回以上/週 ^{注)} 、※ ※ 竣工時にも測定を実施
		維持管理時	定期的(1回以上/年 ^{注)} を想定)

注) 利用する土量や施工規模、モニタリングの時期(施工や維持管理段階の初期等)の他、モニタリング結果等を踏まえ、測定の位置や頻度を必要に応じて変更することができる。

- 土壌中の放射性セシウムの大部分は鉱物の層間に固定され、移動しにくい状態にあることが、これまでに科学的知見として得られている(参考資料6参照)。
- 福島県内実証事業等における盛土浸透水等についてのモニタリングの結果、放射性セシウム濃度については、検出下限値未満もしくは排水基準を下回っていた。
- 上記を踏まえ、空間線量率以外の地下水等の項目のモニタリングについては原則不要とするが、再生利用に係る理解醸成の観点等から、関係機関との協議等を踏まえ、モニタリング項目等について決定する。

4. 生活環境の保全

除染実施者は、再生利用を行う作業において、悪臭、騒音又は振動によって生活環境の保全上支障が生じないように必要な措置を講ずること。

【補足】

- 工事等に伴う周辺的生活環境への影響を抑える。
- 除去土壌の収集・運搬、保管と同様に、生活環境の保全措置を講ずる。

5. 再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示がされている場所で利用を行うこと。

【補足】

- 再生利用を行う際には、当該場所が再生資材化した除去土壌の利用場所であることを表示し、除染実施者の連絡先等を記載する。
- なお、周辺に囲いや立ち入り制限を設ける必要はない。

除染実施者は、次に掲げる事項の記録及び再生利用を行った位置を示す図面を作成し、当該再生利用が終了するまでの間、保存すること。

- 再生利用に係る工事の計画及び設計に係る情報
- 再生利用を行う除去土壌の放射能濃度及び利用量
- 再生利用に係る工事の施工年月日
- 再生利用を行う除去土壌の引渡し担当者名、引受け担当者名及び搬入車両番号
- 再生利用を行う除去土壌の管理に関して行った測定、点検、その他の措置

【補足】

- 再生利用の終了の要件については今後の検討課題であり、再生利用の終了まで適切に再生資材化した除去土壌に関する情報を保存することが必要。

7. 事業実施者や施設管理者等との工事及び管理における役割分担等を協議

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の適切な管理のため、次に掲げる者との間で協議の上、再生利用に係る施工及び管理に関する基本的な事項その他の事項※を定めること。

- ・事業実施者
- ・再生利用に係る施設等の管理者

※「再生利用に当たり、事業実施者が求める必要な処理」、
「平時及び災害における工事又は維持管理に係る役割分担及び連絡体制」

【補足】

- ・再生利用に当っては、放射線に係る安全性を確保するために、具体的な役割分担が重要であることから、「除染実施者(環境省、市町村等)」は、「公共事業等の事業実施者」、「公共施設等の管理者」との間で、適切な管理に向けて施工及び維持管理に関する基本的な事項について協議を行うことが必要。なお、「土地所有者」との間でも必要に応じて協議を行う。
- ・協議が必要な基本的な事項については、以下を例とするが、関係機関等との協議等を踏まえ決定する。

協議事項の例

- ✓ 再生利用に当っては、用途先で求められる要求品質に適合するよう、事業者と協議等の上、必要に応じて品質調整を行う。
- ✓ 平時及び災害時における施工・維持管理に係る役割分担及び連絡体制
- ✓ 事業地を所有する者等の変更時における連絡体制、手続き
- ✓ 事業地の形質変更が生じる際の事前の連絡体制、手続き