除去土壌等の再生利用に係る放射線影響に関する

安全性評価検討ワーキンググループ(平成30年度第1回)

平成 31 年 1 月 28 日 (月) 17:00~19:00

於:株式会社三菱総合研究所

議事次第

- 1. 開会
- 2. 議題
 - (1) 除去土壌再生利用実証事業及び再生利用の手引き(案)等について
 - (2) 最終処分場に要求される施設構造等の要件の整理について
 - (3) その他
- 3. 閉会

配付資料一覧

放安 WG1 「平成 30 年度除去土壌等の再生利用に係る放射線影響に関する安全性評価検討ワーキンググループ」の設置について(案)

放安 WG2-1 除去土壌再生利用実証事業について

放安 WG2-2 再生利用の手引き(案)について

放安 WG2-3 粘土の溶解による影響について(案)

放安 WG3 最終処分場に要求される施設構造等の要件の整理について(案)

参考資料 1 管理型最終処分場への埋立処分に係る線量評価について(案)

「平成30年度除去土壌等の再生利用に係る放射線影響に関する安全性評価 検討ワーキンググループ」の設置について(案)

1. 目的

中間貯蔵開始後30年以内の県外最終処分の実現に向け、除去土壌を処理し再生利用を行う際の放射線安全に関する評価・検討、及び県外最終処分場における放射線安全に関する評価・検討が必要不可欠である。

これらの放射線安全に関する評価・検討を客観的かつ専門的な視点から検討を行うため、「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」(以下「検討会」という。)設置要綱 3 (5) 号*に基づき、「平成 30 年度除去土壌等の再生利用に係る放射線影響に関する安全性評価検討ワーキンググループ」(以下「安全性評価WG」という。)を設置する。

2. 検討事項等

安全性評価WGの検討事項は次のとおりとする。

- (1) 国際的な放射線防護の基準や考え方及び放射線防護に係る国内法令等の基準や 考え方を参照し、除去土壌等の再生利用における追加被ばく線量基準の検討を行い、放射線安全に関する評価・検討を行うとともに、安全な再生利用のため、利 用者側の実態等も踏まえた管理方策等について検討を行う。
- (2)併せて、県外最終処分場における追加被ばく線量基準の検討を行い、放射線安全に関する評価・検討を行う。

3. 事務

安全性評価WGの事務は、環境省から受託した株式会社三菱総合研究所が行う。

4. その他

- ・安全性評価WGにおいて取りまとめた結果は、検討会に報告し、その検討に資するものとする。
- ・安全性評価WGは必要に応じ関係者から意見聴取を行うことができる。
- ※ 「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」設置要綱
 - 3 検討会の構成
 - (5) 専門の事項を検討するため必要があるときは、検討会にワーキンググループ 又は臨時委員を置くことができる。

以上

(別表) 平成30年度除去土壌等の再生利用に係る放射線影響に関する 安全性評価検討ワーキンググループ委員名簿

(五十音順 敬称略)

	氏 名	機関・所属・役職	出席(予定)
委員	あかし まこと 明石 真言	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構執行役	出席
IJ	いいもと たけし 飯本 武志	国立大学法人 東京大学 環境安全本部 教授	出席
"	^{きむら ひでお} 木村 英雄	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 安全研究センター 環境安全研究ディビジョン 環境影響評価研究グループ	出席
委員長	さとう つとむ 佐藤 努	国立大学法人 北海道大学 大学院工学研究院 環境循環システム部門 資源循環工学分野 教授	出席
委員	たがみ けいこ 田上 恵子	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 福島再生支援本部 環境移行パラメータ研究チーム チームリーダー	出席
"	にいぼり ゆういち 新堀 雄一	国立大学法人 東北大学大学院 工学研究科量子エネルギー工学専攻 教授	出席
IJ	ひさだ まこと 久田 真	国立大学法人 東北大学 大学院工学研究科 土木工学専攻 教授	

除去土壌再生利用実証事業について

平成31年1月28日 環境省

目次

南相馬市における除去土壌再生利用実証事業

- 1. 概要
- 2. 技術的確認項目
- 3. 再生資材化
- 4.環境モニタリング結果について
 - 4.1 周辺環境モニタリング結果
 - 4.2 作業環境モニタリング結果

参考 飯舘村における除去土壌再生利用実証事業

南相馬市における除去土壌再生利用実証事業

1. 概要

【目的】

中間貯蔵開始後30年以内の県外での最終処分に向けて、再生資材化した除去土壌の安全な利用を段階的に進めるため、再生資材化を行う工程上の具体的な放射線に関する取扱方法及び土木資材としての品質を確保するためのあり方の検討を進めることを目的とする。

実証事業で得られた知見を「再生利用の手引き(仮称)」の作成等に活かす

【盛土実証試験概要】

● 業務名称: 平成28年度除去土壌再生利用実証事業

● 発 注 者:環境省 福島地方環境事務所

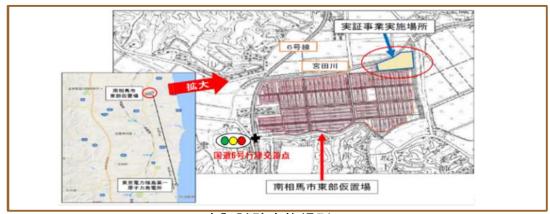
● 受 託 者:除去土壌等減容化•再生利用技術研究組合

● 業務期間:平成28年12月2日~

● 実施場所:南相馬市小高区耳谷字南谷地120~129-3地内(東部仮置場内)

● 概 要:

- 福島県南相馬市の仮置場内で、再生資源化実証試験および試験盛土を施工
- ・必要な飛散・流出防止対策を講じながら、再生資源化した除去土壌等を用いた盛土構造物を造成し、その後、
 - 一定期間盛土構造物のモニタリングを実施(なお、盛土構造物はモニタリング終了後、撤去)



実証試験実施場所

1. 概要

1. 再生資材化の実証(平成29年4月~)

① 土のう袋の開封・大きい異物の除去

大型土のう袋を開封し、 大きな異物を分別・除去。

② 小さな異物の除去

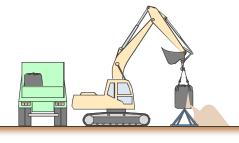
ふるいでより小さな異物を分別・除去。

③ 濃度分別

放射能濃度を測定し、土壌を分別。

④ 品質調整

盛土に利用する土壌の品質を調整。(水分、粒度など)



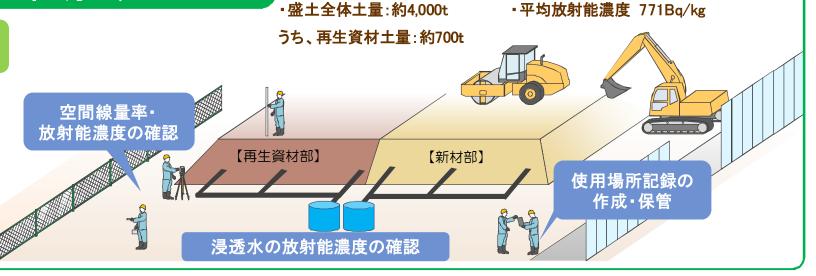






2. 盛土の実証(平成29年5月~)

- ⑤ 試験盛土の施工・モニタリング
- ・試験盛土を施工。 (全体を新材で50cm覆土)
- ・空間線量などの測定を継続。



2. 技術的確認項目

技	術的確認項目	美証事業工程	(資材化処理 品質調整) -	□程	試験盛	土工程	評価内容 (手引きへ 活用)
	確認項目	確認方法	受入れ	破袋	分別処理	品質調整	造成中	造成後	,,,,,,
	ス ク リ ー ニ ン グ 方 法 (受入時)	・表面線量測定 (タグ情報と比較)・放射能濃度測定 (タグ情報と比較)	•		_				有効な受入時の スクリーニング方 法
再生資材	ス ク リ ー ニ ン グ 方 法 (分別・品質調整後)	• 放射能濃度連続測定	_		•	•		_	妥当性のある検 査ロット、頻度、 手法
化試験	土木資材としての 品質・適用性	・土質試験・溶出試験(各種添加剤によるCs等溶出への影響)	_	● 土質	●土質、溶出	● 土質、溶出	_	_	要求品質の確認 方法
	設備等の処理性能	・稼動状況の記録 (トラブル事例含む)・添加剤投入前後の変化を目視	_	•	● 添加剤等 性能	● 添加剤等 濃度分別機 性能		_	大規模化の際の 必要事項等

本WGにおける検討対象項目

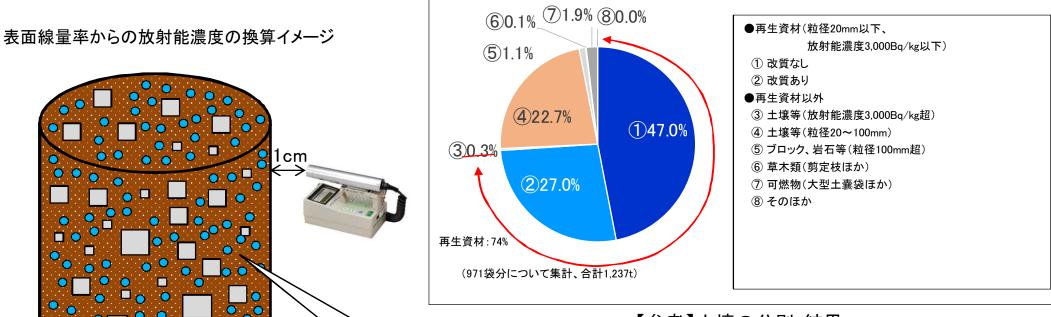
2.技術的確認項目

技	術的確認項目	ミ証事業工程	(資材化処理 品質調整) :	工程	試験盛	土工程	評価内容(手引きへ
	確認項目	確認方法	受入れ	破袋	分別処理	品質調整	造成中	造成後	活用)
	土質性状判断	目視確認 (タグ情報と封入物)表面線量測定 (タグ情報と対比)	_	•	_	_	_	_	実測値とタグ情報の差異
試	再生資材のトレーサビリティ	• 施工情報の記録	_	_	_	_	•	•	再生資材利用の 記録・保存方法
験盛土	盛土の出来形	造成計画·実績確認目視確認 (形質変更有無)測量 (盛土安定性等)	_	_	_	_	•	•	施設管理方法
	放射能収支	• 放射能量測定	•	•	•	•	•	•	放射能収支
放射線	作業上の放射線安全	個人被ばく線量測定作業場所の放射能 濃度、雰囲気測定	•	•	•	•	•	•	作業者の安全性 被ばく管理のあ り方
理	周辺環境の安全	空間線量率測定粉じん測定浸出水等放射能濃度測定	•	•	•	•	•	•	再生利用の安全 性

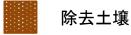
本WGにおける検討対象項目

3.再生資材化

フレコンバッグからの放射線測定結果から放射能濃度を推定する場合、細粒分、小石、礫、コンクリート塊等径の比較的 大きな異物の混入率、含水率によりサンプリング測定(Ge半導体検出器による測定)結果と差が生じる。



【参考】土壌の分別 結果



____ 小石、礫、コンクリート塊等異物 ____ ※表面汚染物と考えられる

/ 水分

サンプリング試料

※U8容器のため、小石、礫、コンクリート塊は除去し、 放射能濃度を測定。含水率が変わっている可能性がある。

3.再生資材化

■分別·改質·改良工程

分別等による改質・改良の有効性(土壌の分別機通過率、締固め度、セシウム溶出率等)が確認された改質・改良材の主成分、配合比等

- ✓土壌の改質、改良は、実証試験において安全性が確認された主成分の改質材、添加率の範囲で行う旨を記載する。
- ✓改質、改良材の主成分、配合比による分別機通過率、セシウム溶出量等の例示

【参考】改質後における土質及び放射性物質溶出量

(「原土+ペントナイト7.5%」の元試料に各改費材を添加した試料を供試体とした。)

	添加量	20㎜通過率	10㎜通過率	На		1時間後			7日後			質溶出量 1/L)
改質材	(kg/t)	(%)	(%)	当日	コーン指数 (kN/mf)	含水比(%)	乾燥密度ρt (g/cml)	コーン指数 (kN/mf)	含水比(%)	乾燥密度ρt (g/cml)	Os134	Cs1 37
原土				8.44							<0.5	<0.5
原土	ペントナイト7.5%	17.5	9.1	8.57	12	53.6	1.098	_	_	-	<0.5	<0.5
	20	80.8	36.1	-	139	45.8	1.152	157	41.2	1.195	_	-
	30	90.8	63.4	_	167	45.2	1.135	170	42.9	1.163	_	_
A	40	98.8	80.0	8.87	157	44.2	1.138	182	41.9	1.199	<0.4	<0.5
	30 (6 <u>島</u>)	99.0	73.5	_	120	42.5	1.168	_	_	_	<0.5	<0.6
	10	58.7	18.9	_	102	44.5	1.170	253	38.4	1.278	_	-
E	20	96.9	72.2	-	284	43.4	1.181	485	38.0	1.259	_	-
	30	99.8	86.4	8.01	327	44.5	1.165	728	3 7.8	1.258	<0.6	<0.6
	30	62.5	25.0	-	160	36.4	1_254	444	36.2	1.291	_	-
生石灰	40	66.7	30.1	_	191	39.3	1.233	478	37.0	1.298	_	-
	50	79.2	43.1	13.07	216	39.5	1.247	509	37.8	1.280	<0.5	<0.6

※原土の放射能濃度:約1,700Bg/kg

※測定時間を1時間とした時の当該試料におけるCs134、Cs137濃度で"く"は定量下限値未満を示す。

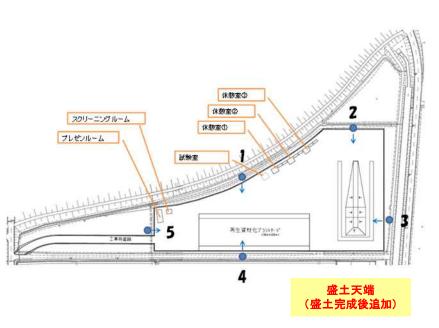
【参考】改質材及び改良材の特徴、主成分等

桃洺	性状	特徴	主成分	備考	材料
改質材A		●材自体が中性 ●材料自体に基準を超過する指定物質は含まれて いない。また、溶出量を増加させる効果もない	吸州继社金额有機系高分子	・30kg/t添加時の20mm網 の通過率:99.0%	改良材
改質材E		●環境影響値をすべて満足する天然鉱石石膏を主 材とする ●材自体が沖性	天然石膏 酸化鉄 高分子凝集剤	・30kg/t添加時の20mm網 の通過率:99.8%	改良材(中性固作

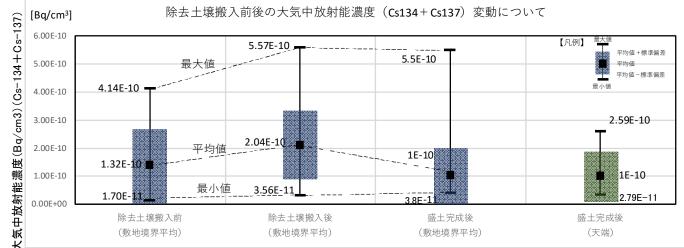
ı	材料名	性状	特徴	主成分	備考
	改良材①		セメントを含まない独自の生石灰系固化材高含水比のヘドロから各種土質の軟弱地盤の 固化に効果を発揮する幅広い土質に改良効果を発揮する	主要原料:生石灰、石膏 CaO 75.0~80.0	高含水比の土へ対応可能
	改良材② (中性固化材)	125 15 20	● 中性域での土質固化に優れた固化材● 石膏系の中性固化材に比べ強度発現に優れており、低添加量での改良が可能	主要原料:酸化マグネシウム 副原料:金属硫酸塩 (p H調整剤)	除染工事での使用実績あり

【周辺環境における大気中放射能濃度】

- ダストサンプラにより吸引・捕集したダストを、Ge半導体検出器分析により放射能濃度測定。
- 基本的に1週間連続吸引したダストを1検体とし、概ね検出下限値が5E-11Bq/cm3程度以下となるよう、Ge半導体検出器による分析時間数を設定。
- 片付工終了後の2017年10月以降は、測定を1ヶ月1検体とし、また、採取場所に盛土天端の再生材エリア中央(図中赤丸)を追加。
- 大気中放射能濃度は除去土壌搬入前から盛土完成以降、2018年10月末までは大きくは変動していない。
- 盛土天端では敷地境界における測定結果と同程度である。



大気中放射能濃度用ダスト採取位置及び吸引方向 (図は2017年8月までの実証ヤート・平面図)



測定箇所	時期	Cs-134濃度 [Bq/cm³]	Cs-137濃度 [Bq/cm³]
	搬入前 (平成29年4月以前)	2.25E-11 ~ 4.70E-11	1.70E-11 ~ 3.67E-11
敷地境界	搬入後盛土完成前 (平成29年5月~8月)	2.80E-11 ~ 6.27E-11	3.65E−11 ~ 4.98E−11
	搬入後盛土完成後	3E-11 ∼5E-11	4E-11 ∼ 5E-11
盛土天端	(平成29年9月以降)	4.52E-11	2.79E-11 ~ 2.59E-10

大気中放射能濃度の測定結果(検出下限値を超える測定値の範囲)

【実証試験結果】

保守的に盛土施工前の最小濃度と盛土施工中の最大濃度を再生資材寄与の上昇と考えた場合の内部被ばく線量計算結果を示す。

盛土施工前及び施工中の大気中放射能濃度の測定結果

	測定地点	Cs-134濃度	Cs-137 濃度
盛土施工前の最小濃度	測定地点1	ND (2.55E-12Bq/cm3※)	1.70E-11Bq/cm3
盛土施工中の最大濃度	測定地点5	5.90E-11Bq/cm3	4.98E-10Bq/cm3
施工前と施工中の差		5.65E-11Bq/cm3	4.81E-10Bq/cm3

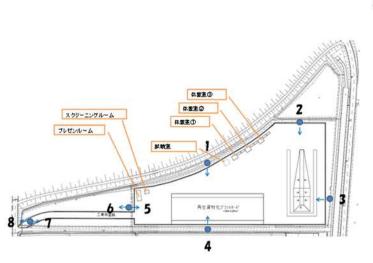
【結論】

仮に盛土施工前の最小濃度と盛土施工中の最大濃度の差を再生資材寄与の上昇と考えた場合、作業員、成人及び子どもの吸入による内部被ばく線量は、10⁻³~10⁻²μSv/年オーダーとなり、施工中の作業員及び公衆被ばく限度となる1mSv/年と比べ、十分低いと評価される。

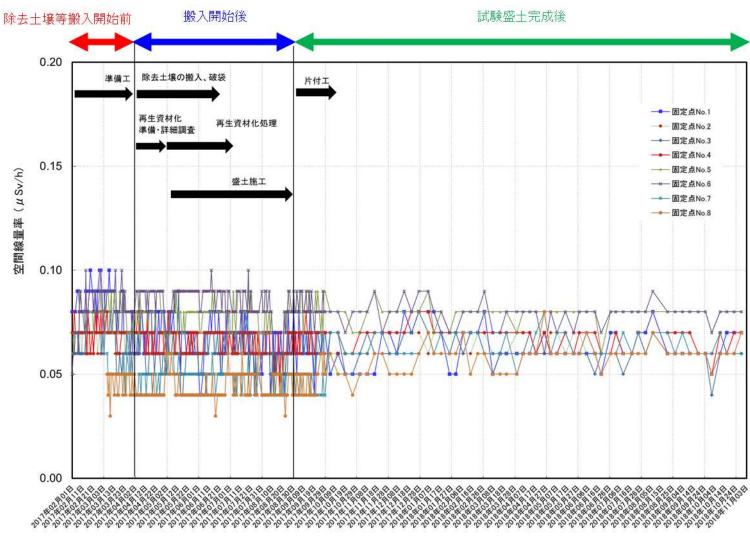
※2017年8月までの盛土施工中の濃度比をCs-137:Cs-134=1:0.15(事故後約6年)と仮定した場合、Cs-137濃度より算出

【空間線量率】

- NaIシンチサーベイメータにより、6地点(のべ8方向)での測定を実施。
- 片付工を完了した2017年10月以降は、測定頻度を週1度程度として測定を実施(測定位置は変更なし)。
- 除去土壌搬入・破袋開始前から、空間線量率は概ね0.04~0.09 μ Sv/h程度であり、大きくは変動していない。



空間線量率の測定位置及び測定方向 (図は平成29年8月までの実証ヤー)・平面図)



【敷地排水中放射能濃度】

- 降雨等により発生した水等の排水を処理するため、排水処理設備を設置。
- 凝縮沈殿処理、pH調整及び砂ろ過を実施後、南相馬市関連の排水基準に従い、公共水域へ放流。



計	則管理項目	単位	管理值	計測機器・方法	備考
1	放射能濃度 (セシウム 134) 放射能濃度 (セシウム 137)	Bq/L	60以下*	Ge 半導体検出器 (月 1 回以上)、NaIシンチレーション検出財線 γ線放射線モニタ(放流の都度)	環境省発行「第五部 放射能濃度測定方法ガイドライン」平成 25 年 3 月第 2 版第 5 章に準じる。 セシウム 134 及びセシウム 137 の合計割合 (Cs134/60+ Cs137/90)が3か月の平均で1以下となるよう管理する
2	水素イオン濃度(pH)	= 0	5.8~8.6	ガラス電極法	ポータブルpH計を使用 南相馬市排水基準を準 用
3	浮遊物質量(SS 量)	mg/L	50 以下	90 度散乱光測 定方式による 濁度測定より 換算	ポータブル濁度計を使用 用南相馬市排水基準を準用

【敷地排水中放射能濃度】

処理水の放射能濃度等の測定結果

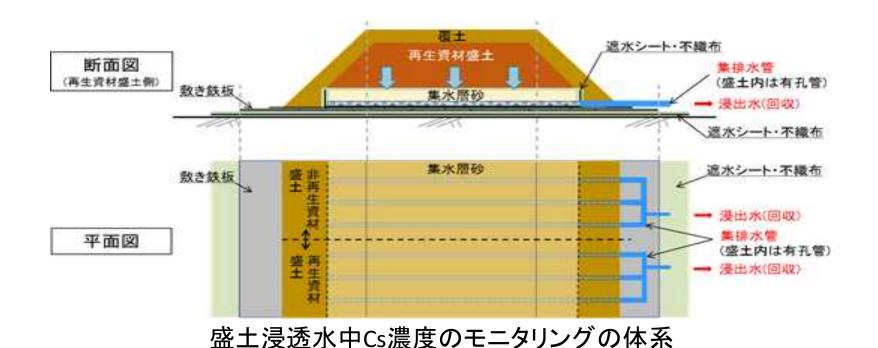
2017年度

項	El .			4月					5月								6月				
久	. 🛱	7日	14日	19日	26日	28日	13日	15日	16日	25日	30日	1日	2日	7日	12日	14日	19日	20日	22日	23日	28日
放射能濃度(Bq/L)		ND																			
灰射 舵痕及(DQ/L)	検出下限値	4.97	5.44	5.55	5.30	5.43	6.76	7.13	6.62	8.47	5.63	5.57	5.93	5.46	5.50	5.50	5.50	5.57	5.36	5.36	5.63
水素イオン濃度(pH)	7.69	7.94	7.99	7.85	8.02	7.83	8.56	8.28	7.45	7.29	7.66	8.15	7.56	7.7	7.66	7.86	8.38	8.26	7.92	7.59
浮遊物重量(SS量)		10.2	8.7	4.6	0.7	3.0	1.6	5.5	4.9	4.4	1.3	7.0	17.9	0.2	0.0	7.4	7.9	11.4	11.4	13.3	3.7

項目					7	月							8月					9月				10月		12月		3,	月	
一切	3日	4日	5日	18日	19日	24日	25日	26日	28日	31日	2日	8日	9日	21日	31日	7日	19日	20日	28日	29日	20日	30日	31日	22日	7日	9日	15日	27日
放射能達度(Ra/I)	ND	N D	N D	ΝD	N D	N D																						
放射能濃度(Bq/L) 検出下限値	5.53	5.32	5.53	5.99	5.46	5.77	5.57	5.54	5.39	4.48	5.48	5.79	6.48	5.92	5.86	6.03	6.00	6.07	5.98	5.80	5.96	5.90	5.96	6.05	5.90	6.02	5.93	6.02
水素イオン濃度(pH)	7.46	7.18	7.29	7.74	7.53	7.67	7.52	7.47	8.04	7.64	7.17	7.51	7.30	7.70	7.70	7.71	7.82	7.53	7.63	7.29	7.56	7.85	7.36	7.59	8.18	7.93	8.04	8.13
浮遊物重量(SS量)	6.8	8.9	14.3	5.7	4.7	3.6	3.7	4.4	0.8	4.4	0.4	6.8	10.5	4.9	1.0	1.2	0.1	1.9	3.2	1.2	4.8	1.5	2.1	0.0	2.5	5.3	3.8	2.2

2018年度

項目	3	4月		5月			6月		7)	1			8月				9	月		10	月
- 現日	=	27日	10日	22日	31日	12日	19日	22日	6日	9日	7日	8日	9日	10日	13日	4日	7日	20日	28日	2日	4日
放射能濃度(Bq/L)		ND																			
	検出下限値	5.99	5.77	6.05	5.90	5.83	5.99	5.99	5.90	5.93	6.02	5.80	5.90	5.93	5.96	5.90	6.05	6.05	5.90	6.02	5.99
水素イオン濃度(pH)		8.35	8.43	8.33	8.22	7.42	7.69	7.69	7.45	7.36	7,53	7.33	7.13	7.13	7.14	8.01	7.17	7.27	6.93	6.87	7.31
浮遊物重量(SS量)		2.5	0.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0



【盛土中再生資材のCs濃度】

▪平均771Bg/kg

【盛土浸透水の集水方法】

- 浸透水集水設備により、試験盛土の内部を浸透する雨水等を、再生資材部分と新材部分に分けて盛土底部で集水
- 集水層に溜まった浸透水を、ポンプを用いてタンクに集水・採取

【浸透水の放射能濃度(概要)】

- 2017年8月末に盛土が完成し、その後2017年9月から2018年10月末までの浸透水の放射能濃度の測定結果は、すべて 検出下限値未満(検出下限値 Cs-134:0.2~0.293Bq/L、Cs-137:0.2~0.331Bq/L)
- 再生資材を利用した盛土の浸透水中に含まれる放射性物質の濃度が、検出下限値未満であることを確認した。

【盛土施工に係る作業者及び建設現場周辺居住に係る外部被ばく線量換算係数評価結果】

基本的考え方に示す再生利用可能濃度限度を遵守することで、施工中の追加被ばく線量を1mSv/年以下に抑えられることを確認 外部被ばく線量換算係数に係る実証試験結果と計算評価の比較結果【暫定】

安証試験にもける破割項目	単位	実証試験	計算評価結果			実証/計算	
実証試験における確認項目	中位	結果		評価体系	計算結果	天証/司昇	
	Cs-134	3.41E-01※1		線源形状:高さ5m、底面25.8m×500m、上面10.8m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm3 評価点:上面中点から高さ1m	4.05E-01※2	0.84	
盛土施工作業に係る外部被ばく 線量換算係数	μ Sv/h per Bq/g	3.41L 01X1		線源形状:高さ1.5m、底面16.7m×11m、上面12.2m×11m 線源のかさ密度:1.964g/cm3 評価点:上面中点から高さ1m	3.70E-01※3	0.92	
W 至 1大井 N 奴	Cs-137 μ Sv/h per	1.26E-01※1	安全評価体系	線源体系等は、上記の <u>安全評価体系と同じ</u> 評価点:上面中点から高さ1m	1.45E-01 ※ 2	0.87	
	βq/g	1.20L 01%1	実証体系	線源体系等は、上記の <u>実証体系と同じ</u> 評価点:上面中点から高さ1m	1.33E-01 ※ 3	0.95	
	Cs-134 μ Sv/h per	2.16E-01※1	安全評価体系	線源体系等は、上記の <u>安全評価体系と同じ</u> 評価点:法面中央から高さ1m	3.94E-01 ※ 2	0.55	
保護工作業に係る外部被ばく線	βq/g	2.100 01%1	実証体系	線源体系等は、上記の <u>実証体系と同じ</u> 評価点:法面中央から高さ1m	2.86E-01※3	0.76	
量換算係数	Cs-137 μ Sv/h per	7.99E-02 ※ 1	安全評価体系	線源体系等は、上記の <u>安全評価体系と同じ</u> 評価点:法面中央から高さ1m	1.41E-01※2	0.57	
	βq/g	7.99E-02%1	実証体系	線源体系等は、上記の <u>実証体系と同じ</u> 評価点:法面中央から高さ1m	1.03E-01※3	0.78	
	Cs-134 μ Sv/h per	3.53E-02 ※ 1	安全評価体系	線源体系等は、上記の <u>安全評価体系と同じ</u> 評価点:底面500mの辺の中点から1m、高さ1m	1.74E-01 ※ 2	0.20	
建設現場周辺居住に係る外部	βq/g	0.00L 02%1	実証体系	線源体系等は、上記の <u>実証体系と同じ</u> 評価点:底面11mの辺の中点から1m、高さ1m	1.19E-01 ※ 3	0.30	
被ばく線量換算係数	Cs-137 μ Sv/h per	1.31E-02 ※ 1	安全評価体系	線源体系等は、上記の <u>安全評価体系と同じ</u> 評価点:底面500mの辺の中点から1m、高さ1m	6.17E-02※2	0.21	
	βq/g	1.311 02次1	実証体系	線源体系等は、上記の <u>実証体系と同じ</u> 評価点:底面11mの辺の中点から1m、高さ1m	4.27E-02※3	0.31	

※1:実証試験結果は、1cm線量当量により測定・評価

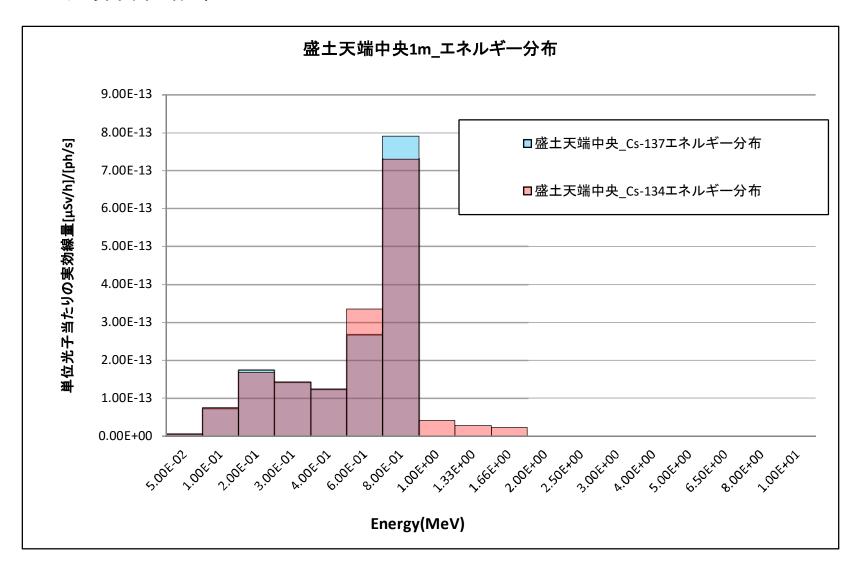
※2:安全評価は、実効線量により実施(MCNP5により計算)

実証試験結果との比較のため上表では既往 の安全評価結果に

エネルギー分布に応じたAP照射(前方照射)条件又はISO照射(等方照射)条件による換算係数を乗じ、1cm線 量当量による外部被ばく線量換算係数に換算し、比較した。次頁参照。

※3: 実証体系での計算評価は、1cm線量当量により実施

MCNP5による計算評価結果



【盛土施工に係る作業者及び建設現場周辺居住に係る外部被ばく線量評価結果】

既往の安全評価結果に基づく外部被ばく線量と実測に基づく外部被ばく線量の比較結果

外部被ばく線量(mSv) (1cm線量当量)	外部被ばく線量(mSv) (実効線量)
約8.7E-01	約7.4E-01
約9.9E-01	約8.4E-01
	(1cm線量当量) 約8.7E-01

【確認結果】

基本的考え方に示される放射能濃度制限値を遵守することで、盛土施工中の外部被ばく線量を年間1mSV以下に抑えられることを確認

【盛土施工に係る作業者の外部被ばく線量_実測値について(暫定)】

以下の表の被ばく線量は、自然由来の放射線による外部被ばく線量を含む

2017年5月 場内整備・盛土業務被ばく線量(自然由来含む)

2017年6月 場内整備・盛土業務被ばく線量(自然由来含む)

順位	No.	被ばく線量μSv
1	作業員C	13.9
2	作業員F	13.7
3	作業員G	13.7
4	作業員H	13.6
5	作業員I	13.6

順位	No.	被ばく線量μSv
1	作業員Q	16.1
2	作業員R	15.7
3	作業員F	15.5
4	作業員G	15.2
5	作業員I	15.1

- 実証事業ヤードのバックグラウンドの空間線量率は 0.07μSv/h程度であり、典型的な作業時間を1日8時間とすると1日あたり0.56μSv
- ▶ 一方、日本国内における自然放射線による被ばくの うち外部被ばく分は年間0.63mSvであり(右表)、典 型的な作業時間を1日8時間とすると1日あたり 0.575µSvと計算され、実証事業ヤードのバックグラ ウンドの空間線量率とほぼ同等
- ➤ これを差し引いたものが再生資材中のCsからの追加被ばく線量

【参考】日本国内における年間の自然放射線

種別	被ばく線量	被ばくの種類
宇宙線から	0.30mSv	外部被ばく
大地から	0.33mSv	外部被ばく
空気中ラドンから	0.48mSv	内部被ばく
食物から	0.99mSv	内部被ばく
合計	2.10mSv	_

出典:原子力安全研究協会,「生活環境放射線」2011

- ▶ 以下の表は、自然由来の放射線からの外部被ばく線量を差し引いた被ばく線量及び安全評価によりシミュレーション計算から算出した外部被ばく線量との比較結果である。
- ▶ 2017年5月、6月の作業日数はそれぞれ21日間、26日間である。
- ▶ 計算による被ばく線量評価は、以下の条件で行った。
 - ・盛土土壌の放射能濃度:771Bq/kg(盛土サンプリング測定結果の平均値)
 - •Cs-134: Cs-137の存在比は、0.14:1(盛土施工時の存在比)
 - ・外部被ばく線量換算係数は、

 $Cs-134:0.405[\mu Sv/h per Bq/g]$

 $Cs-137:0.145[\mu Sv/h per Bq/g]$

2017年5月 場内整備・盛土業務被ばく線量

2017年6月 場内整備・盛土業務被ばく線量

順位	No.	被ばく線量μSv	計算値	実測/計算値
1	作業員C	1.82		
2	作業員F	1.62		
3	作業員G	1.62	11.4	<u>0.16</u>
4	作業員H	1.52		
5	作業員I	1.52		

順位	No.	被ばく線量μSv	計算値	実測/計算値
1	作業員Q	1.14		
2	作業員R	0.74		
3	作業員F	0.54	14.0	<u>0.08</u>
4	作業員G	0.24		
5	作業員I	0.14		

以上の結果から、南相馬市における除去土壌再生利用実証事業における被ばく線量の実測値は、安全評価における被ばく線量評価結果(計算値)を下回ることが確認された。 20

参考

飯舘村における除去土壌再生利用実証事業

飯舘村 特定復興再生拠点区域復興再生計画概要

■計画の意義・目標

飯舘村長泥地区において、「改正・福島復興再生特別措置法(平成29年5月19日施行)」により新たに設けられた「特定復興再生拠点区域復興再生計画制度」を活用し、村の掲げる「ネットワーク型の新しいむらづくり」の理念のもと、特定復興再生拠点区域(約186ha)を定め、「地域住民が生き生きとくらし、絆をつなげる拠点」「次世代に長泥の歴史をつなげる拠点」を目指す。

■計画の概要

計画の期間	平成35年5月まで
解除目標	平成35年春頃 (整備ができた箇所から先行解除)
居住人口目標	約180人

■事業内容

〇居住促進ゾーン

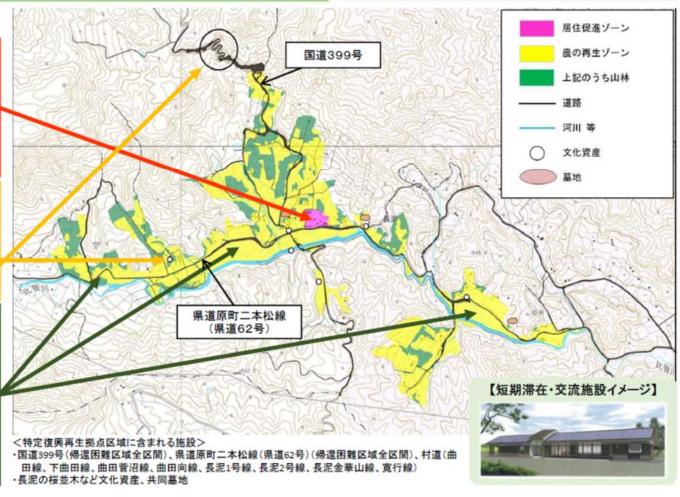
- ▶ 村営住宅、短期滞在・交流施設を整備 し、住民の帰還・居住に向けた活動拠 点とする。
- ▶ 多目的広場を整備し、地区住民間及び 世代間の交流の場とする。

O文化·交流拠点

▶ 白鳥神社周辺や桜並木など、区域内の 文化資産を整備・再生し、地域の歴史・ 文化の保存と、地域コミュニティの維持・継承に繋げる。

〇農の再生ゾーン

- ▶ 農用地等の利用環境を整備し、「農」に よる生きがいの再生、なりわいの再生 を推進する。
- ▶ 安全性を実証し、再生資材及び覆土を 活用した農用地等の造成を行う。
- ▶ 村振興公社が農用地等を活用して、新たな作物への転換や大規模化を図る。



環境再生事業概要

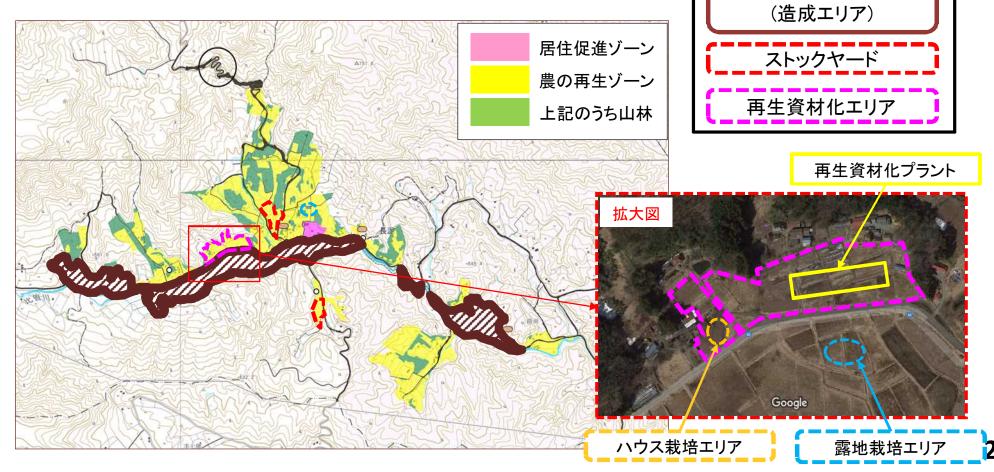
【整備内容】

環境再生事業として資材のストックヤード及び除去土壌の再生資材化施設エリアを整備後、農の再生ゾーンにおいて、再生資材を利用して造成を行う。

【全体整備規模】

候補地:34ha(今後変更となる場合がある)

※盛土量等については、今後の計画により具体化する。



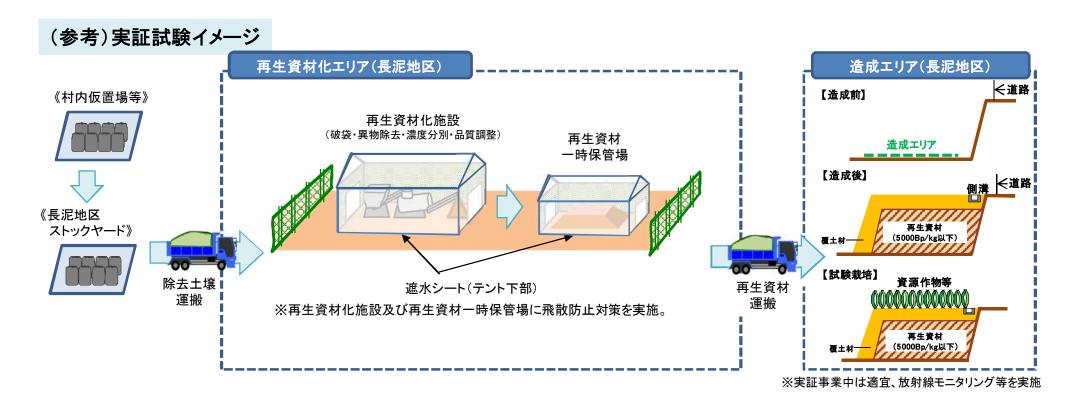
凡例

環境再生事業候補地

除去土壌再生利用技術等実証事業概要

村内仮置場等に保管されている除去土壌を再生資材化し、造成を行い、資源作物等の試験栽培を行う。

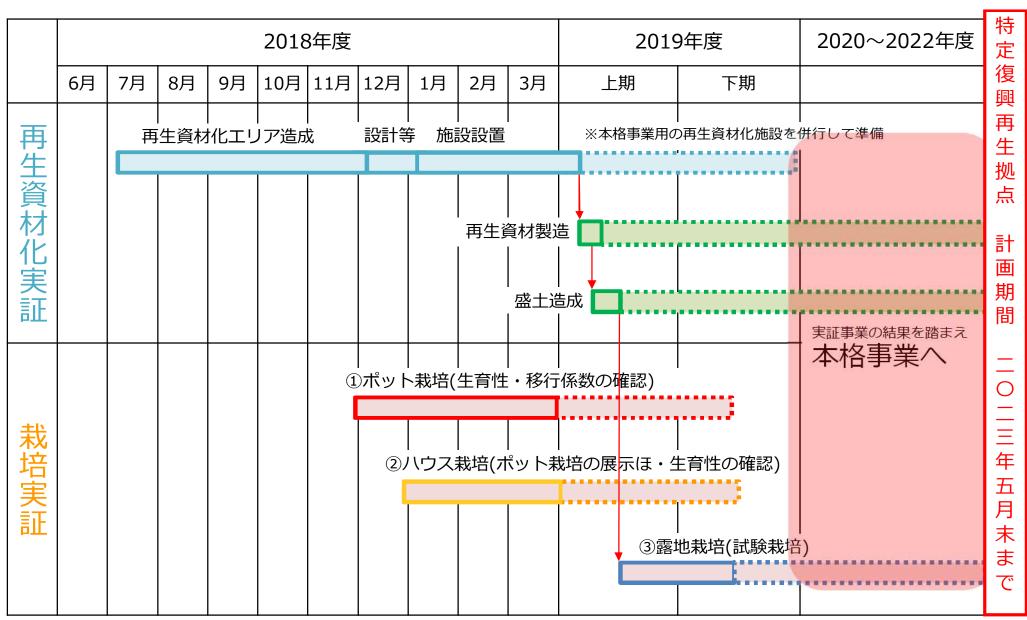
- 1) 村内の仮置場等から、除去土壌をストックヤードに運搬
- 2) 再生資材化施設を設置し、除去土壌から異物等の除去、濃度分別、品質調整し、再生資材化をする
- 3) 実証事業場所において、再生資材、覆土材を用いて造成
- 4) 造成地において、<u>露地栽培(試験栽培)</u>を実施
- 5) これに先立ち、ポット栽培による生育性及び移行係数の確認を行い、ハウス栽培エリアにこれらの展示ほを設置するとともに、ハウス内で試験栽培を行う。



試験栽培の目的、実施内容等(案)

	主な目的	栽培イメージ	栽培作目候補						
ポット栽培	● 生育性の確認 ● 放射性セシウム移行係数 の確認	・再生資材 ・再生資材+覆土材(遮へい土) 等	● 資源作物(ジャイアントミスカンサス、ソルガム、アマランサス) ジャイアントミスカンサス ジャイアントミスカンサス アマランサス						
ハウス栽培	 ポット栽培の展示ほ 覆土材(遮へい土)に堆肥を加えたうえで生育性を確認 地区住民との協働 	ポット栽培の 展示を実施 覆土材(遊へい土)+堆肥	 ● 資源作物(ジャイアントミスカンサス、ソルガム、アマランサス) ● 花卉類 ジャイアントミスカンサス 						
露地栽培	 再生資材を嵩上げ材として 用いたセシウムの移行や 周辺環境の放射線の安全 性等の確認 地区住民との協働 	覆土材(遊へい土)+堆肥 覆土材(遊へい土)のみ 電土材(返へい土)のみ	 ● 資源作物(ジャイアントミスカンサス、ソルガム、アマランサス) ● ヘアリーベッチ(緑肥として) 						

環境再生事業工程表(案)



※本格事業の準備として、測量・設計を進めている。

環境再生事業の進め方について

環境再生事業は、『飯舘村長泥地区環境再生事業運営協議会』等を設置し、住民の方々、学識経験者等のご意見を伺い進めていく。協議の内容は、必要に応じて「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」へ報告予定。

【飯舘村長泥地区環境再生事業運営協議会】

(設置目的)

環境省及び飯舘村が安全・安心に配慮しながら環境再生事業等を効果的かつ効率的に実施するため、飯舘村長泥地区における除去土壌の再生利用を含む同事業等を実施する上で課題となる事項について、専門的・実務的見地から意見を聴取することを目的として、飯舘村長泥地区環境再生事業運営協議会を設置する。

(協議事項)

- (1)除去土壌の再生資材化、造成に関すること
- (2) 造成地における栽培等に関すること
- (3)その他、環境再生事業等の推進に関すること

(委員構成) 飯舘村:副村長他7名、学識経験者:5名

※開催実績

平成30年8月27日 : 第1回 飯舘村長泥地区環境再生事業運営協議会(場所:飯舘村役場)

平成30年12月21日: 第2回 飯舘村長泥地区環境再生事業運営協議会(場所:飯舘村役場)

平成31年1月24日 : 第3回 飯舘村長泥地区環境再生事業運営協議会(場所:飯舘村役場)

環境省ホームページ参照 (URL)http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/recycling/iitate.html

再生利用の手引き(案)について

平成31年1月28日 環境省

検討状況

- 第8回検討会(平成30年3月29日開催)資料6「再生利用の手引き骨子(案)」に基づき、「再生利用の手引き(案)」を検討中。
- 検討にあたっての方針
 - ●「再生利用の手引き(案)」の対象
 - 福島県内における除染等の措置に伴い生じた土壌を対象とする。
 - 再生資材を取扱うことによって、再生資材を取扱わない場合に対して追加的に考慮することが必要となる技術的な留意事項を示す。
 - 除去土壌の再生利用に係る安全性確保の観点から、主に再生資材化、 再生資材の利用及び維持管理等に係る技術的な留意事項を示す。
 - 「再生利用の手引き(案)」の利用者、適用場面
 - 再生資材化及び再生資材の運搬時に、再生資材化を実施した者(再生 資材化実施者)が留意事項を参照することを想定。
 - 再生資材の利用時及び維持管理中において、再生資材を利用する者 (再生資材利用者)、再生資材を使用した施設の管理者(施設管理者) 及び再生資材化実施者が留意事項を参照することを想定。

今後の主たる検討課題

- 再生利用にあたっての除去土壌及び再生資材の処理フロー、ならびに具体的な作業フローに沿って、複数のシナリオを想定し、検討事項に不足等がないかを確認
- 再生資材を使用した施設(再生資材使用施設)の維持管理時における安全性 の確認方法
- 災害等に起因する異常時の対応方法 等

本日の報告事項及びとりまとめに向けて

- ●次回の検討会(平成31年3月頃を想定)での議論を経て、再生利用の手引き(案)をとりまとめる予定
- ●本日は、再生利用の手引き(案)のポイントを報告。今後の検討により、変更される可能性があるものの、再生利用の手引き(案)のとりまとめに向けて、議論・助言をいただきたい。

本WGにおいて特に御議論いただきたい論点(案)

管理項目(案)

管理			安全の観点			
目的	管理要件	再生 資材化	再生資材の 利用	維持管理	管理項目案	
使用の限	保管場所・ 使用施設の 管理	-	0	-	・使用場所は、人為的形質変更がなされるおそれのない場所とする。 ・地域の周辺地形、地質、気象、その他状況を勘案し、再生資材使用施設の破損の可能性が高 いと考えられる場所は避ける。	
定			0	・再生資材の保管場所、再生資材使用施設、持ち出しを管理するとともに記録を作成・保管する。		
	放射能濃度 の管理	0	X	×	・線量評価に基づき、用途別に設定した放射能濃度を再生資材化時に確認し、安全を担保す る。	
追加	遮へい厚 の管理	_	0	0	・施工においては、出来形検査により、設定した遮へい厚以上であることを確認する。 ・維持管理においては、巡視等により、再生資材使用施設の遮へい厚が損なわれるような異常 がないことを確認する。	
被ば くの 制限	空間線量率 等の測定	0	×	×	・再生資材化実施者においては、取扱う原料土等の放射能濃度により電離則に基づく被ばく管 理が必要であるため、空間線量率等の測定を行う。	
محا دما	飛散、流出 の管理	0	0	_	・飛散、流出管理については、保管基準(現場保管等)に準拠し、管理する。	
	溶出量の 管理	0	×	×	・Cs溶出量の管理	

再生資材化等の作業環境においては、電離則、労働安全衛生法等、関係法令を遵守し、必要な管理を行う。

本WGにおいて特に御議論いただきたい論点(案)

南相馬市における除去土壌再生利用実証事業による確認結果と課題

- 再生資材化した除去土壌等を用いた盛土構造物を造成し、その後一定期間、盛土構造物のモニタリングを実施
- 複数のスクリーニング方法等を比較検証し、一定の精度で測定可能なことを確認
- 除去土壌中に混入している岩石、コンクリート塊等の分別、再生利用方法について要検討
- 改質材、改良材の添加によりセシウムの溶出に変化がないことを確認
- タグ情報(地目)により、土質(細粒分比率)の推定はある程度可能であることを確認。ただし、限定的なデータであるため、地目と土質の関係についてデータの蓄積が必要
- 管理目標値を上回る締め固めが可能であることを確認。
- 外部被ばく線量は、外部被ばく線量評価の範囲内に収まることを確認
- ◆ 大気中放射能濃度、空間線量率は施工前、施行中において大きな変動がないことを確認 ※青文字は課題

飯舘村における除去土壌再生利用実証事業において今後確認する事項

- 再生資材を農地造成の埋立材・充填材として利用する場合の土木的適用性の確認、放射 線安全性の確認
- 園芸作物、資源作物による再生資材からのセシウム移行係数の確認

本WGにおいて特に御議論いただきたい論点(案)

表 再生資材の利用に係る遮蔽条件、放射能濃度限度、覆土等の厚さについて

用途先		遮蔽条件	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			追加被ばく線量の 更なる低減のため
			6ヶ月※2	9ヶ月※2	1年※2	に必要な覆土等の 厚さ(cm)※3
盛土		土砂やアスファル ト等で被覆	8,000以下	8,000以下	6,000以下	50 cm以上
			8,000以下	8,000以下	6,000以下	50 cm以上※4
		植栽覆土で被覆	8,000以下	7,000以下	5,000以下	100 cm以上※4
廃棄物処分場	中間覆土材	保護工(客土等)	8,000以下	8,000以下	8,000以下	10 cm以上※5
	最終覆土材		8,000以下	7,000以下	5,000以下	30 cm以上※4
	土堰堤		8,000以下	8,000以下	8,000以下	30 cm以上
埋立材·充填材		植栽覆土で被覆 ※6	7,000以下	6,000以下	4,000以下	40 cm以上(草本類) 100 cm以上(木本 類)※4
農地(園芸作物・資源作物)		土砂等で被覆 (埋戻し用途)※7	8,000以下	6,000以下	5,000以下	50 cm以上※9
		土砂等で被覆 (嵩上げ用途)※8	6,000以下	6,000以下	5,000以下	50 cm以上※9

※1:用途先ごとの被ばく評価計算により算出された1 mSv/年相当濃度の 100Bq/kg以下の位を切り捨てて表記した(具体的な被ばく評価結果については、以下リンク先の資料を参照

http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/proceedings_160607_05.pdf,

 $http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/proceedings_170327_08.pdf,$

http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/proceedings_180329_08.pdf)。なお、この再生利用可能濃度は、平成28年3月時点の134Csと137Csの存在比を基に算出しており、今後、時間経過とともに空間線量率への寄与が小さい137Csが大部分を占めるようになり1mSv/年相当濃度が変化するとともに、再生資材中の放射性セシウムが物理減衰するため、再生利用に伴う追加被ばくは、時間経過とともに低減する方向で推移する

※2: 工事そのものの規模、再生資材の利用量、作業者の労務時間管理等により、作業者が1年間のうち再生資材に直接接触する作業(重機を用いた作業を除く)に従事する期間

※3:維持管理時において、周辺住民・施設利用者に対する追加的な被ばく線量をさらに低減する観点から、放射線による障害防止のための措置を必要としないレベル(0.01mSv/年)になる遮へい厚

※4:用途先の構造上、一定の植栽基盤の厚さや覆土の厚さが必要とされる場合、追加被ばく線量の更なる低減のために必要な覆土等の厚さは、当該構造上必要とされる覆土等の厚さも含めた必要な厚さである。なお、追加被ばく線量の更なる低減のために必要な覆土等の厚さとしては、盛土におけるコンクリートで被覆した場合は30cm、植栽覆土で被覆した場合は50cm埋立材・充填材における植栽覆土で被覆した場合は40cmである

※5:中間覆土材は廃棄物処分場の構造上、土堰堤、廃棄物層、最終覆土により遮へいされているため、中間覆土のためだけの覆土等は不要

※6:土取場・窪地等を埋戻し・緑地化した造成地を想定

※7:窪地等を埋戻しした造成地を作土等の土砂で遮へいすることを想定

※8:土地を嵩上げした造成地を作土等の土砂で遮へいすることを想定

※9: 覆土の耕うんあるいは天地返し等を行うことが想定されるため、安全裕度をもった覆土厚が必要

「農地(園芸作物、資源作物)」については、飯舘村の除去土壌再生利用実証事業における作物への放射性セシウムの移行の検証結果を踏まえ、今後、記載を検討する予定。

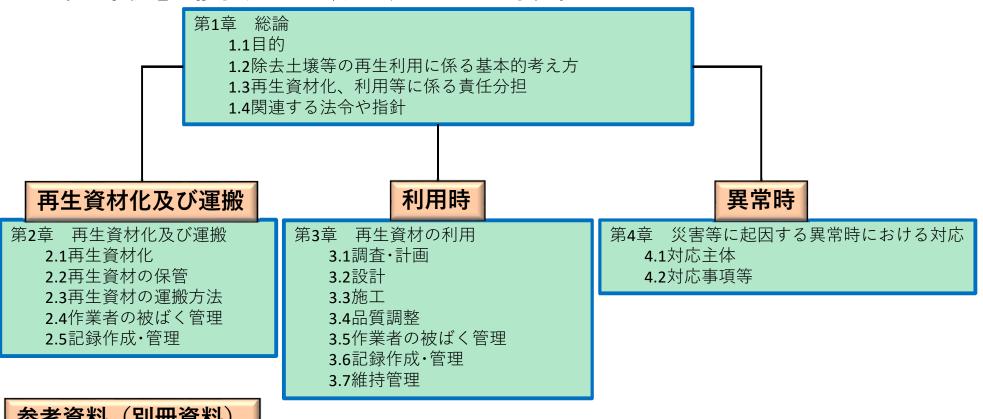
本WGにおいて特に御議論いただきたい論点(案)

本資料に後掲の再生利用の手引き(案)のポイント

- 2. 1 再生資材化(14~15スライド目)
- 2.2 再生資材の保管(16スライド目)
- 2.3 再生資材の運搬(16スライド目)
- 2.4 作業員の被ばく管理(17スライド目)
- 3.1 調査・計画(18スライド目)
- 3.2 設計(19スライド目)
- 3.3 施工(20スライド目)
- 3.4 品質調整(21スライド目)
- 3.5 作業員の被ばく管理(22スライド目) など

再生利用の手引き(案)の構成

- 再生利用の手引きの記載内容は、資材中に放射性物質を含むことによる取扱い時の留意事項とする。
- 土工一般の留意事項等は、既存のガイドライン、専門書等の参照を促すこととする。(各項目について1~ 2頁程度の記載量:全体40頁前後)
- 参考資料(別冊資料)では、これまでに環境省が中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略検 討会等において検討してきた安全評価の概要や、環境省が実施した除去土壌の再生利用に係る実証事 業の事例を進捗状況に応じ、適宜追加していく予定。



参考資料(別冊資料)

除去十壌等の再生利用に係り実施した安全評価の概要、実証事業の事例等について、適宜追加する。 (安全評価 例)道路盛土、海岸防災林、防潮堤、土地造成等に係る安全評価の概要。今後、新たに検討したものを適宜追加する。 (実証事業 例) 南相馬実証事業。今後、飯舘村農地造成、大熊分級実証等の例を追加。

再生利用の手引き(案)のポイント

1.1 目的

本手引きは、福島県内における除染等の措置に伴い生じた土壌から異物等を除去するとともに、放射能濃度を用途に応じて制限する等により資材化し、適切な管理の下での再生利用を推進するにあたり、再生資材を安全に取扱う上で追加的に考慮することが必要となる技術的な留意事項を示すことを目的とする。

■ 本手引きの目的

- 除去土壌の再生利用に係る安全性確保の観点から、主に再生資材化、再 生資材の利用及び維持管理等に係る技術的な留意事項を示すもの。
- 再生資材を取扱うことによって、再生資材を取扱わない場合に対して追加的に考慮することが必要となる技術的な留意事項を示すものであり、再生資材を取扱わない場合の留意事項等については既往の法令や技術指針等によることを前提とする。
- 再生資材化及び再生資材の運搬時に再生資材化を実施した者(再生資材化実施者)が留意事項を参照することを想定。
- また、再生資材の利用時及び維持管理中において、再生資材を利用する者(再生資材利用者)、再生資材を使用した施設(再生資材使用施設)の管理者(施設管理者)及び再生資材化実施者が留意事項を参照することを想定。

1.1 目的

- 再生資材化施設への運搬までのプロセスについては、放射性物質汚染対処特措法等に基づき実施するものとし、本手引きでは、再生資材化施設における再生資材化等や、再生資材化施設から利用先への運搬、利用先における施工・維持管理等について取扱う。
- パターン①、②のように、中間貯蔵施設の受入・分別施設において分別処理を行った除去土壌については、再生資材化実施者として基本的な品質調整を行ったものとみなすことができるが、再生資材利用者が、実際の利用用途に応じて、土木構造物等の基準類に従い品質調整を行うことも想定される。

放射性物質汚染対処特措法等に基づき実施※1

本手引きにおいて取扱う範囲

パターン①:

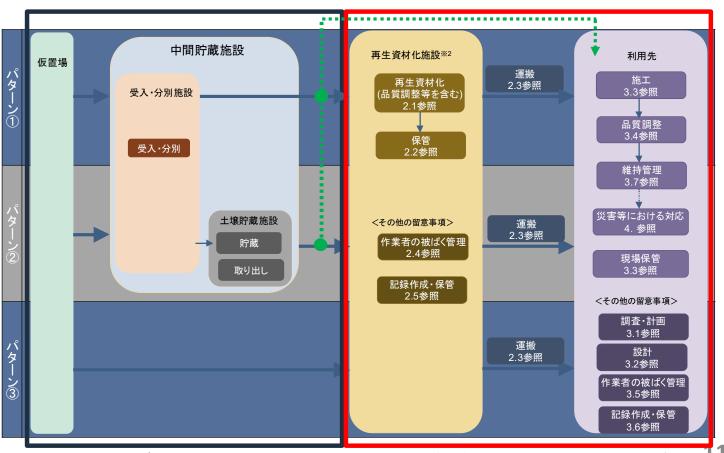
中間貯蔵施設で分別後に再生資材化する場合

パターン②:

中間貯蔵施設の土壌貯蔵施設からの取り出し後に 再生資材化する場合

パターン③:

中間貯蔵施設へ搬入せずに再生資材化する場合



※1 再生資材化施設への運搬までのプロセスについては、放射性物質汚染対処特措法等、中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る実施計画、中間貯蔵施設に係る指針等に基づき実施。
※2 再生溶材化施設は、中間貯蔵施設内に設置する場合は根空される。

※2 再生資材化施設は、中間貯蔵施設内に設置する場合も想定される。

1.2 除去土壌の再生利用に係る基本的考え方

利用先を管理主体や責任体制が明確となっている公共事業等における盛土材等の構造基盤の部材に限定し、追加被ばく線量を制限するための放射能濃度の設定、覆土等の遮へい、飛散・流出の防止、記録の作成・保管等の適切な管理の下で、再生資材を利用する。

- 現行の「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(平成28年6月、平成29年4月一部追加、平成30年6月1日一部追加)」を「再生利用の手引き」に統合する。
- 広く一般に公開されることを考慮し、理解のために必要な内容については、解説を加える。
 - ▶ 基本的考え方(「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について (平成28年6月30日(平成29年4月26日一部追加、平成30年6月1日一部追加)より)
 - (1)施設の構造形式、設置される地域の周辺の地形、地質、気象その他の状況を勘案し、施設に影響する作用及びこれらの組合せに対して十分安全なものとなるよう計画
 - (2)管理主体や責任体制が明確となっている公共事業等における人為的な形質変更が想定されない土工構造物の部材に 限定
 - (3)通常の土木構造物に求められる品質(構造上、耐力上の安全性)、環境安全性等(特定有害物質等)
 - (4)用途に応じた追加被ばく線量を制限するための放射能濃度に設定施工中:作業者、周辺住民・施設利用者 <u>1mSv/年以下</u> 供用中(更に低減):周辺住民・施設利用者 <u>0.01mSv/年</u>
 - (5)施工中及び供用中に一定の管理を行いつつ、放射線防護のための特別な管理を講ずる必要がないよう製造者の責任において、放射能濃度等の品質を管理及び保証

1.3 再生資材化、利用等に係る責任分担

再生資材化、再生資材の利用及び維持管理等において安全性を確保することが重要であることを踏まえ、再生資材化実施者、再生資材利用者及び施設管理者の責任分担を明確化する。

再生資材化実施者の責任(再生資材中の放射性物質及び再生資材の品質に係る責任全般を負う)

- 〇再生資材の利用方法
- 〇再生資材の利用に係る説明(対関係省庁、自治体、地元住民)
- 〇再生資材化、品質管理
 - ・放射能濃度検査、土質試験、特定有害物質試験、運搬等
- 〇再生資材流出等の災害時の再生資材に対する対応
- 〇再生資材の利用に係る情報共有及び開示
 - ・利用場所、点検結果等の情報の共有及び開示

再生資材利用者及び施設管理者の責任(公共工事等に係る責任全般を負う)

- 〇公共工事等に係る計画(都市計画等)
- 〇公共工事等に係る説明(対関係省庁、自治体、地元住民)
- ○維持管理(日常、定期、災害時点検等の実施)
- 〇災害時の対応
- 〇再生資材化実施者への情報提供(再生資材の利用に係る情報等)

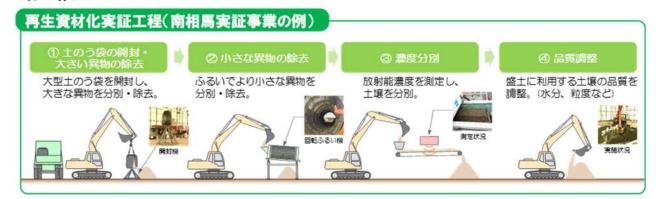
2.1 再生資材化

再生資材化実施者は、再生資材化にあたり、作業者、周辺住民及び周辺環境への安全性を確保する。また、各利用用途に応じた土木資材としての品質調整や検査に加え、放射線安全性の観点から求められる品質を満たすことを確認するとともに、再生資材化に関する記録を作成する。

- 再生資材化工程
 - 一般的な再生資材化工程について記載

<一般的な再生資材化工程>

- ・ 土壌の取り出し
- 異物除去
- ・ 放射能濃度による分別
- 品質調整



- 処理対象とする除去土壌の土質や異物の混入状況、また再生資材として要求される品質等に応じて、合理的な実施内容及び使用する設備・装置の仕様等を検討することが重要。
- 処理対象とする1ロットの除去土壌あるいは大型土のう袋の組合せや再生資材化工程の設備の特性によっては、再生資材の品質にばらつきが発生することに配慮し、再生資材化を実施することが必要。

2.1 再生資材化

- 再生資材化工程において講じる措置
 - 飛散・流出防止
 - 事故由来放射性物質による公共の水域及び地下水の汚染の防止
 - 雨水または地下水の侵入防止
 - 悪臭の発散防止
 - 放射線障害防止(離隔、遮へい)
 - 放射線量の測定・記録 等
- 再生資材の品質、品質検査の方法
 - 各利用用途に応じた土木資材としての品質
 - 放射線安全性に係る品質
 - ・ 放射能濃度の検査
 - ・ 再生資材からの放射性物質の溶出の抑制
 - 環境安全性(特定有害物質)に係る品質

2.2 再生資材の保管

再生資材化実施者は、再生資材の保管にあたり、作業者、周辺住民及び周辺環境への安全性を確保する。また、保管に関する記録を作成する。

- 再生資材の保管において講じる措置
 - 保管場所の要件
 - 飛散・流出防止
 - 他の物との混合防止
 - 放射線障害防止(離隔、遮へい)
 - 放射線量の測定・記録 等

2.3 再生資材の運搬

再生資材化実施者は、再生資材の運搬にあたり、作業者、周辺住民及び周辺環境への安全性を確保する。また、再生資材の運搬に関する記録を作成する。

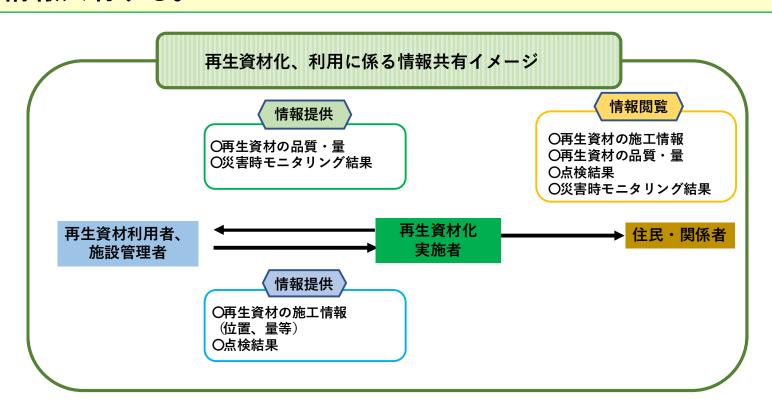
- 再生資材の運搬において講じる措置
 - 健康被害及び生活環境に係る被害の防止
 - 飛散・流出防止
 - 悪臭・騒音・振動による生活環境保全上の支障の防止
 - 他の物との区分
 - 運搬車の表示及び書面の備え付け 等

2.4 作業者の被ばく管理

再生資材化実施者は、再生資材や再生資材化に伴い発生する廃棄物等の放射能濃度に応じて、適用される法令に基づき、作業者の被ばく管理を実施する。

2.5 記録作成・管理

再生資材化実施者は、再生資材の利用に係るトレーサビリティ確保の観点から、再生資材に係る品質記録及び運搬記録を作成、管理するとともに、再生資材利用者及び施設管理者へ情報共有する。



3.1 調査・計画

再生資材利用者は、公共事業等における盛土材等の構造基盤の部材に限定して、再生資材を使用する。再生資材利用者は、再生資材使用施設の計画にあたり、設置される地域の周辺の地形、地質、気象その他の状況を勘案し安全性を確保し得る設置場所を選定する。

- これまでに環境省が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等において検討してきた安全評価では、災害等に起因する再生資材流出時においても、再生資材利用施設の復旧工事にかかる作業者、周辺住民、施設利用者の追加被ばく線量が1mSv/年を超えないことが確認されている。
- しかしながら、放射性物質を含む再生資材が流出するおそれを増大させないよう、再生資材利用者は、再生資材利用施設の設置にあたり注意が必要となる立地場所を、調査・計画段階において基本的に避けるべきである。

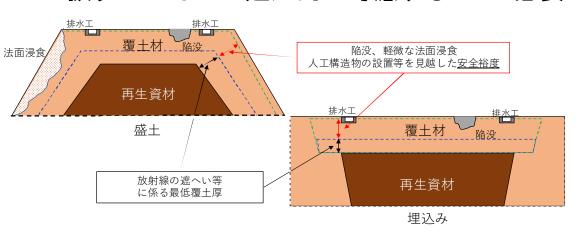
<再生資材の利用先として注意が必要であり、調査・計画段階において基本的に避ける場所の例>

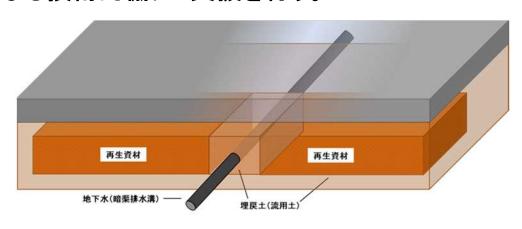
- ・ 人為的な形質変更が想定される場所
- 地域周辺の地形、地質、気象等において注意が必要な場所
- なお、調査・計画にあたり、必要に応じて、再生資材化実施者は、再生資材利用者に対して、再 生資材を取扱うことによって追加的に考慮することが必要となる技術的協力・支援を行う。

3.2 設計

再生資材利用者は、再生資材使用施設の使用目的との適合性及び構造物の安全性について、作用及びこれらの組合せ、ならびに要求性能を満たすことにより、設計する。また、再生資材利用者は、設計にあたり、施工の条件を定めるとともに、維持管理の方法を考慮する。

- 再生資材利用者は、再生資材の用途に応じて、既存の指針、ガイドライン等に基づき、技術的に確立された方法により、再生資材使用施設の設計を行う。
- ただし、陥没、軽微な法面浸食が想定される場合や人工構造物の設置等が予定されている場合には、再生資材利用者は、安全裕度を見込んだ覆土等厚を確保する設計を行うとともに、施設の安定性やメンテナンスに配慮した施工方法を検討することが必要である。
- 設計にあたり、必要に応じて、再生資材化実施者は、再生資材利用者に対して、再生資材を取扱うことによって追加的に考慮することが必要となる技術的協力・支援を行う。

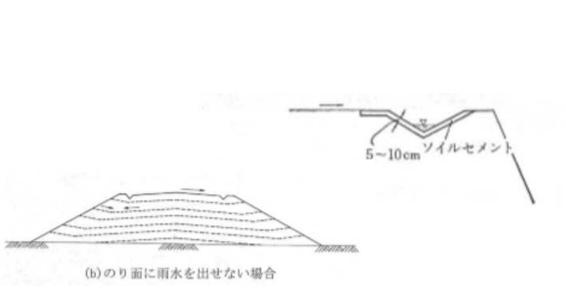




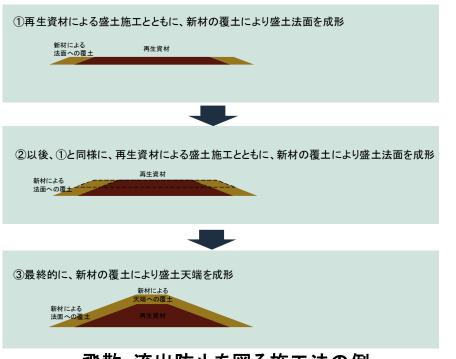
3.3 施工

再生資材利用者は、再生資材使用施設の性能を満たすよう施工を行うとともに、作業者、周辺住民及び周辺環境への安全性を確保する。また、再生資材利用者は、施工に関する記録を作成・管理し、再生資材化実施者及び施設管理者へ情報共有する。

- 再生資材利用者は、施工にあたり、再生資材の飛散・流出防止を講じるとともに、安全裕度を見込んだ上で、用途に応じて必要な覆土等の遮へい厚を確保する。
- 施工にあたり、必要に応じて、再生資材化実施者は、再生資材利用者に対して、再生資材を取扱うことによって追加的に考慮することが必要となる技術的協力・支援を行う。



大規模な土木工事で取られる一般的な降雨対策の例で、再生資材使用施設の施工時に適用可能と考えられるもの



飛散・流出防止を図る施工法の例

3.4 品質調整

再生資材利用者が品質調整を行う必要が生じた場合には、再生資材利用者は安全性を確認するとともに、品質調整に係る記録を作成し再生資材化実施者へ情報共有する。

- 原則として、再生資材化実施者が用途に応じた要求品質を満たす再生資材を供給するため、再生資材利用者が品質調整を行う必要がないよう再生資材化が実施されることが求められるが、再生資材利用者が品質調整を行う必要が生じた場合には、放射線安全性や環境安全性に対するトレーサビリティ確保の観点から、再生資材利用者が品質調整に係る記録を作成・管理するとともに、再生資材化実施者へ情報共有する。
- 品質調整にあたり、必要に応じて、再生資材化実施者は、再生資材利用者に対して、再生資材 を取扱うことによって追加的に考慮することが必要となる技術的協力・支援を行う。

3.5 作業員の被ばく管理

再生資材利用者及び施設管理者は、再生資材の利用あるいは維持管理にあたり、適用される法令に基づき、作業者の被ばく管理を実施する。

- 再生資材の放射能濃度は制限されており、また除染電離則に定められる除染等業務には該当しないことから、再生資材利用者による作業者の被ばく管理は不要である。
- ただし、再生資材の利用場所の空間線量率に応じて、除染電離則に定められる特定線量下業務(除染特別地域等内の空間線量率が事故由来放射性物質により2.5 µ Sv/hを超える場所において行う「除染等業務」以外の業務)の対象となる場合は、再生資材利用者は当該規則を適用し、作業者の被ばく管理を実施する。

3.6 記録作成•管理

再生資材利用者は、再生資材の利用に係る記録を竣工図書等として適切に管理する。 また、施設管理者は、点検・管理記録を作成・管理する。これらの記録は、速やかに再 生資材利用者、施設管理者及び再生資材化実施者間で情報共有を図る。

- 再生資材利用者は、再生資材の放射能能濃度に関する情報(再生資材化実施者による提供情報)、品質調整記録、施工記録(再生資材を使用した箇所、量等)等を整理し、竣工図書等として適切に管理する。
- また、施設管理者は、再生資材を使用した箇所、量等に加え、施設の点検・管理記録について、 原則として関係法令、指針、ガイドライン等で定められている既往の点検・管理方法に従い、点 検・管理記録を作成し、施設を廃止するまで、その記録を管理する。
- これらの記録は、災害時に再生資材に関する事項について対応主体となる再生資材化実施者が、予め把握しておくことが災害時における円滑な対応に繋がるため、速やかに再生資材利用者、施設管理者及び再生資材化実施者間で情報共有を図る。

3.7 維持管理

施設管理者が実施する通常の維持管理に加え、再生資材化実施者は、遮蔽性能の劣化等を把握する目的で点検を実施し、必要に応じて施設管理者とともに補修等の対策を講じる。

- 施設管理者は、原則として現行の法令、指針、ガイドライン等に定められている点検内容及び頻度に基づき日常点検や定期点検において確認することにより、構造物としての異常・損傷等を把握し、維持管理を行う。
- 施設管理者が実施する現行の法令、指針、ガイドライン等に定められている点検とは別に、再生 資材化実施者は、遮蔽性能の劣化等を把握することを目的として点検を実施し、必要に応じて 施設管理者とともに補修等の対策を講じる。

第4章 災害等に起因する異常時における対応

4. 1 対応主体

災害等に起因する異常が発生し、再生資材に影響が及ぶような損傷が再生資材使用施設に生じた場合や再生資材が流出した場合等に迅速かつ円滑に対応できるよう、施設管理者と再生資材化実施者は対応主体を明確化する。

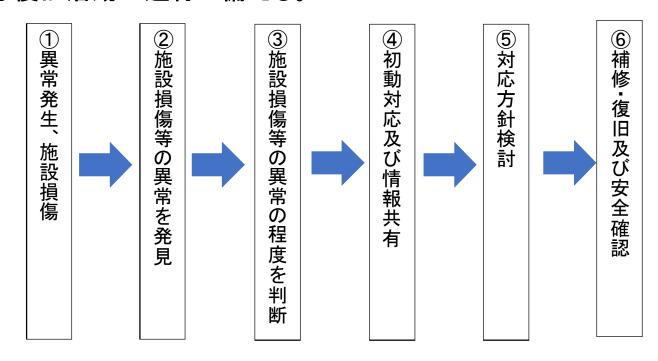
- 異常時に必要な対応は、個々の再生資材使用施設毎に異なるため、施設管理者と再生資材化 実施者が、役割分担、対応事項等を事前に明確にしておく。また、再生資材化実施者は、現場 での対応に対する助言、協力等を得るために、測定機関、専門機関、研究機関等と事前に連絡 体制や対応体制、実施事項を調整し、災害発生等に備える。
- 再生資材が流出するような損傷等が施設に生じた場合は、再生資材化実施者が流出した再生 資材に関する事項についての対応主体となり、必要に応じて現場に放射線等の専門家を派遣 する。

第4章 災害等に起因する異常時における対応

4.2 対応事項等

施設管理者と再生資材化実施者は、再生資材の流出等に至る事態に備え、具体的な役割分担、対応事項等を検討し、迅速かつ円滑な対応に備える。

● 再生資材が流出するような異常時を想定し、施設管理者及び再生資材化実施者は、事前に、作業計画及び情報連絡体制等に係る具体的な役割分担、対応事項等を検討し、迅速な現場対応の開始及び円滑な復旧活動の遂行に備える。



再生資材の流出等が想定される異常時の対応の流れ

粘土の溶解による影響について

2019年1月28日株式会社三菱総合研究所

1. 目的

道路盛土等を対象にした除去土壌等の再生利用時において、再生資材化した土壌が高アルカリ環境下では、粘土成分が溶解することが知られている。セシウム(Cs)は、土壌等の粘土成分に強く結合していることから、高アルカリ環境下では、再生資材から放射性セシウムが溶出して、周辺環境に影響を及ぼすことが懸念されることから、当該減少による被ばく線量の推計を行う。

2. 評価モデル。

再生資材を道路盛土に利用したケースを想定する。想定する形状を図 1 に示す。再生資材が高アルカリ環境下で粘土成分が溶解し、溶解粘土中の Cs が浸透水とともに、そのまま下方に移動するものとした。また、溶解粘土中の Cs は、盛土基盤面に濃集していくものとした。なお、Cs の地下水への移行については既存の安全性評価において別途扱われていることから、本試算においては対象外とする。

被ばく線量を評価する位置は、盛土の近傍に居住する住民を対象とし、盛土ののり尻から 1m離れた地上高さ 1mを評価位置とした。

評価に用いた考え方および主なパラメータ等はまとめて表1に示す。

表1 計算の主なパラメータ等

区分		概要
1.		● 再生資材 (再生資材化した除去土壌) 中の平均放射能濃度を
基礎的なパラ	1.01	定義。
メータの計算		放射性セシウム(Cs-134+Cs-137 の合計)で <u>8,000Bq/kg</u> 。
		● Cs-134 と Cs-137 の存在比を定義。
	1.00	平成 28 年 3 月時点で Cs-134:Cs-137=0.209:1。
	1.02	(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における
		安全評価と同様)
		● 道路盛土の幾何学的条件の定義(図1)及び再生資材のかさ
		密度を 2.0g/cm³ と仮定。
	1.03	(供用中の被ばく線量が厳しくなる代表的な形状として、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における安全評価のう
		ち、高速道路用の道路盛土を選定)
	1.04	● 再生資材中の粘土分に Cs が全てトラップされているとし
	1.04	て、南相馬実証事業での結果に基づき、再生資材中の粘土分

区分			概要				
			の重量比を 5%	と仮定。			
		•	温度及び pH の	D関数として実効反応	芸面積当たりの溶解速		
			度(mol/sec per m²)を計算(図 2)。				
			(モンモリロナ	イト (SiO ₂) の溶解	速度)		
			【引用】横山信吾,	佐藤努, 他, 低レベル放	収射性廃棄物処分施設におけ		
			る人工バリアの耐	久性評価 -アルカリ環	境下でのベントナイト系材		
	1.05		料中のモンモリロ	ナイト溶解に関する研究	三,電力中央研究所報告,平		
			成 19年 11月				
			Cs は、雲母 (バ	ーミキュライト) にゅ	吸着しているが、今回モ		
			ンモリロナイト	の溶解速度で評価す	るのは、モンモリロナイ		
			トはバーミキュ	ライトよりも表面積	が大きく、Cs の溶出量		
			としては保守的	な評価になることが	期待されるからである。		
		•	再生資材中の S	iO2の実効反応表面積	責 (m²) を計算。		
			実効反応表面積	$10^8 \mathrm{m}^2$ $^{\circ}$			
	1.06	原環センターの <u>実効反応比端面積のモデル式</u> (図3)に、					
	1.06	相馬実証事業での <u>平均乾燥密度(1.4864g/cm³)</u> を代					
			実効反応比端面積 0.04m²/g と評価。この実効反応比端面積				
		に <u>再生資材中の粘土分の重量 8.2×10°g</u> を掛けて算出。					
		•	透水係数を 10-4	<u>m/sec</u> と仮定。			
			「セメント系固化剤による地盤改良マニュアル第 4 版」(社団法人セ				
			メント協会) 及び	「建設汚泥再生利用マニ	ュアル」(独立行政法人土木		
			研究所) での「砂質	[土,粉体添加] 及びセメン	ノト系固化剤 60kg/t (pH12)		
			を参考に設定。				
			pH14 相当になる	ためには添加量をより多	くするため、透水係数は更		
			に小さくなると考	えられる。			
	1.07		「道路土工 盛土	工指針(平成 22 年度版	(日本道路協会)によれ		
	1.07		ば、代表的な土の	透水係数の概略値として			
			代表的な土	透水係数(cm/sec)	透水性		
			礫	0.1 以上	透水性が高い		
			砂	0.1~1×10 ⁻³	中位の透水性		
			砂質土	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$	透水性が低い		
			粘性土	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-7}$	非常に透水性が低い		
			粘土	1×10-7以下	不透水性		

区分		概要
		● 再生資材中の <u>水の移行速度を 10⁻⁴m/sec</u> と仮定。(<u>動水勾配</u>
		<u>を1と仮定</u>)
	1.08	$10^{-4} \text{m/sec} = 3153.6 \text{m/year}_{\circ}$
		(参考)既存の安全評価においては、地下水流速(ダルシー流
		速)1m/day=1.2×10 ⁻⁵ m/sec=365m/year を採用。
2.		● 盛土の幾何条件と再生資材のかさ密度 (g/cm³)【1.03】と再
Cs 溶出量の	2.01	生資材中の Cs 放射能濃度(Bq/kg)【1.01】から、再生資材
計算		中の Cs 放射能量(Bq)を計算。
(再生資材中	2.02	● 再生資材中の粘土分の重量比【1.04】から、粘土中の Cs 放
の粘土分の溶	2.02	射能濃度(Bq/kg)を計算。
出量の計算)		● SiO ₂ の実効反応表面積 (m ²)【1.06】と SiO ₂ の実効反応表面
	2.03	積当たりの溶解速度 (mol/m²/sec)【1.05】の積をとり、再
	2.03	生資材中の単位時間あたりの SiO2 の溶出量(mol/sec) を計
		算。
	2.04	● SiO ₂ の溶出量 (mol/sec) 【2.03】から、単位時間あたりの SiO ₂
	2.04	の溶出量(kg/sec)に換算。(SiO2の分子量は 60.1g/mol)
		● モンモリロナイト (SiO ₂) の溶出量 (kg/sec)【2.04】が <u>再生</u>
		<u>資材中の粘土の溶出量と同じと仮定</u> して、粘土中の Cs 放射
		能濃度 (Bq/kg) 【2.02】で換算して、単位時間当たりに再生
	2.05	資材から溶解した Cs 放射能量(Bq/sec)を計算。
		なお、一例として、再生資材からの Cs 放射能量としての溶
		解速度は、pH14、温度 30 度の条件で 1.0×10 ¹ Bq/sec(3.3
		×10 ⁸ Bq/year)。
3.		● 再生資材から溶解した粘土中の放射能量(Bq/sec)【2.05】は、
Cs 溶出量か	3.01	再吸着せずに垂直に全て移行して基盤面に集積するとして、
らの被ばく線		基盤面での Cs 放射能濃度分布を計算。
量への換算		● 再生資材部の基盤面に集積する Cs 放射能量(Bq/sec)【3.01】
	3.02	に対して、経過年数を乗じることにより、ある年数が経過し
	0.02	た段階での盛土の基盤面に集積する Cs 放射能量 (Bq) を計
		算。
		● 盛土の基盤面に集積する Cs 放射能量 (Bq)【3.02】に対し
		て、Cs-134 と Cs-137 の存在比【1.02】に基づく経過年数に
	3.03	応じた放射性壊変による減衰の項を乗じ、ある年数が経過し
		た段階での盛土の基盤面に集積した Cs 放射能量 (Bq) を計
		算。(図 4)

区分			概要				
		•	盛土の基盤面に集積した Cs の放射能量 (Bq) 【3.03】 に外部				
	3.04		被ばく線量換算係数(mSv/y per Bq)(表 2、基盤面と評価点				
			についての体系は図 5) を乗じて、年間の被ばく線量(mSv/y)				
			を計算。				

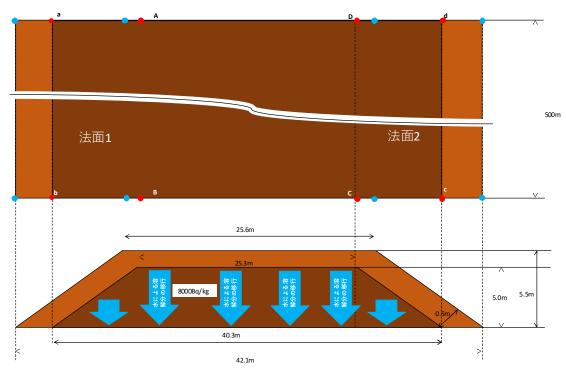


図1 粘土の溶解による影響を評価する形状

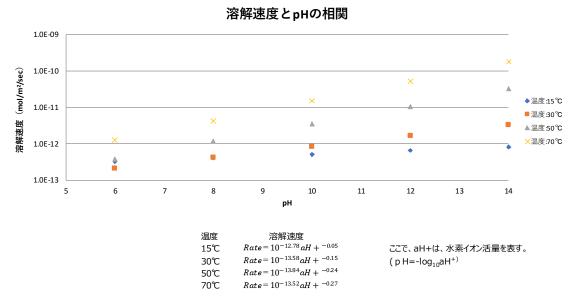
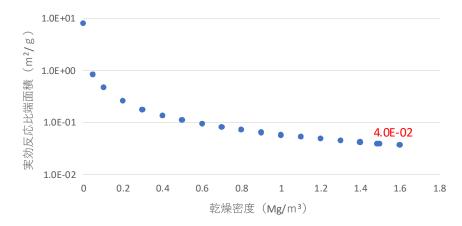


図2 溶解速度とpHとの関係

【引用】横山信吾, 佐藤努, 他, 低レベル放射性廃棄物処分施設における人工バリアの耐久性評価 -アルカリ環境下でのベントナイト系材料中のモンモリロナイト溶解に関する研究-,電力中央研究所報告, 平成 19 年 11 月

実効反応比端面積

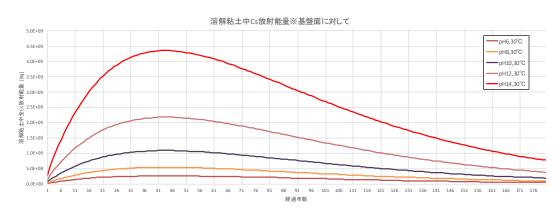


実効反応比端面積は以下の式により与えられる。 参考文献:平成29年度高レベル放射性廃棄物等の地蔵処分に関する技術開発事業 TRU廃棄物処理展処分技術高度化開発報告書(第4分冊) 人工パリア材料長期挙動評価・人工パリア評価の初期条件の設定 平成30年3月 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター

$$(\text{Effective ESA}) = \begin{cases} \frac{\text{ESA}_0}{\text{ESA}_0} & (0 \le \rho_b \le \rho_{bo}) \\ \frac{\text{ESA}_0}{\left(\rho_b^{-1}\right)^{\frac{1}{3}} + \left(\frac{\rho_b}{\rho_b^{-1}}\right)} & (\rho_{bo} \le \rho_b) \end{cases}$$

図3 実効反応比端面積

【引用】原環センター報告書(実効反応比端面積のモデル式)



- ※土壌 pH14 かつ盛土内温度 30℃の場合、溶解粘土中の放射性 Cs 量が最大を迎える経過年数 43 年では、Cs-134 が 1.3×10³Bq、Cs-137 が 4.4×109°Bq である。
- ※温度に比例して溶解速度も大きくなるが、50°C、70°C条件については、環境省研究総合推進費補助金循環型社会形成推進研究事業,災害廃棄物分別土砂・篩下残渣の物性評価と、戦略的有効利用に向けた基準化,勝見武(京都大学),遠藤和人(国立環境研究所),保高徹生(産業技術総合研究所)et.al.で示された盛土内温度測定結果から本検討では除外した。(年間を通して盛土内の温度は 30°C以下であったことが示されているため。)

図 4 溶解粘土中 Cs 量の経時的変化

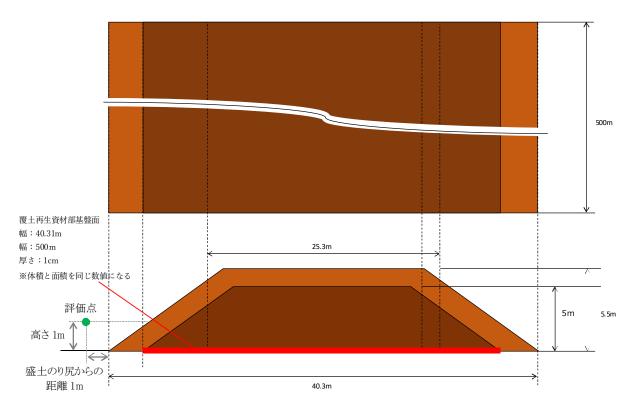


図5 被ばく線量の評価形状

表 2 溶解粘土中の Cs が盛土基盤面に濃集するとした場合の外部被ばく線量換算係数

線源形状		線量換	算係数		
	[<i>μ</i> Sv/h	per Bq]	[mSv/y per Bq]		
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	
case10	1.07E-16	3.38E-17	1.59E-16	5.85E-17	

※線量の単位時間あたりから単位年あたりへの換算

- ① $1 \text{ y} \Leftrightarrow 8760 \text{ h}$ (365 d/y × 24 h/d \updownarrow ϑ)
- ② 家屋の遮へいの効果を 0.2 とし、かつ、常時屋内に滞在とする
- ③ 1年間での放射性セシウムの物理減衰分を考慮

3. 被ばく線量の算定

盛土の基盤面での Cs の放射能量が最大となる場合の被ばく線量を評価する。図4より、土壌のpHが14かつ盛土内温度30°Cの場合、溶解粘土中の放射性 Cs 量が最大になるのは、経過年数43年で、その時の放射能量は Cs-134が1.3×10³Bq、Cs-137が4.4×10°Bqである。溶解粘土中の放射性 Cs が全量、基盤面に集積するとして被ばく線量を評価した結果を表3に示す。

表 3 放射性物質が再生資材の基盤面に集積した場合の被ばく線量の算定結果

線源形状	放射能	量 [Bq]	被ばく線量 [mSv/y]			
	Cs-134 Cs-137		Cs-134 Cs-137		全 Cs	
case10	1.32E+03 4.35E+09		2.10E-13	2.55E-07	2.55E-07	

なお、安全側に評価するため、例えば、再生資材中に溶解した放射性セシウムが、基盤面に集積するまでに、評価点方向に一律 10 cm 移動すると仮定した場合、その線量換算係数および被ばく線量を表 4 及び表 5 に示す。は以下のようになる。このような場合でも $10 \mu \text{ Sv/y}$ の基準を十分下回ることが確認された。

参考として、表 6 に再生資材の放射能濃度が 8000Bq/kg の場合の直接線による被ばく線量を示す。

表 4 溶解粘土中の Cs が盛土基盤面に濃集するとした場合の外部被ばく線量換算係数 (Cs が水平方向に評価位置の方向に一律 10cm 移動して濃集すると仮定)

線源形状	線量換算係数						
	[<i>μ</i> Sv/h	per Bq]	[mSv/y per Bq]				
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137			
case10a	2.42E-16	7.97E-17	3.60E-16	1.38E-16			

表 5 放射性物質が再生資材の基盤面に 10cm 評価点側に移動して集積した場合の 被ばく線量の算定結果

線源形状	放射能	量 [Bq]	被ばく線量 [mSv/y]			
	Cs-134 Cs-137		Cs-134	Cs-137	全 Cs	
case10a	1.32E+03	4.35E+09	4.76E-13	6.01E-07	6.01E-07	

表 6 8,000Bq/kg の再生資材からの直接線による被ばく線量の評価結果 (利用開始直後、最大)

被ばく線量 [mSv/y]					
Cs-134 Cs-137 全Cs					
2.73E-04	6.77E-04	9.50E-04			

4. まとめ

高アルカリ環境下において、有意な粘土融解が発生しても、溶解した粘土中の Cs が盛土の基盤面に濃集したことによる評価点での被ばく線量は、 $2.55 \times 10^{-7} mSv/year$ となり、十分低いことが確認された。

なお、溶解した粘土中の Cs がのり尻やのり面に濃集するような状況が発生した場合は、 盛土の安定性を保てない状態にあると判断される。そのような場合には、異常時の措置とし て、盛土の修復する必要がでてくると想定される。そのため、盛土の健全性を定期に確認等 することともに、空間線量率等のモニタリングにより、有意な変化がないことを確認するこ とが望ましい。

以上

最終処分場に要求される施設構造等の 要件の整理について(案)

平成31年1月28日 環境省

減容・再生利用技術の現状把握・評価

■ 除去土壌

			1			
技術区分	除染率^{※1} 【%】〈件数〉	濃縮率^{※2} 【倍】〈件数〉	処理コスト^{※3} 【万円/t 【<件数>	メリット	デメリット	
分級処理	10~98 (平均74) 〈35〉	1.3~34 (平均6.1) <15>	0.4~3 (平均1.2) 〈21〉	重金属除去で実績あり。実用化 段階の技術が多い。大量かつ比 較的安価に処理が可能。	除染率が化学処理や熱処理よりも低い。 粘土分の割合が高い土壌は濃縮物量が多くなるた 果的な分級が難しい。	
化学処理	33 ~ 98 <7>	-	6~31 <4>	砂質土に適用できるほか、粘性 土にも効果が期待される。	セシウムの吸着材が必要。 再生資材中に残留する溶媒等の処 理や排水処理が必要。	土壌の性状や組成が変化するため、再生利
熱処理	94~99.8 <5>	9 ~ 20 <5>	10~22 <3>	粘性土や砂質土などの性状に係 わらず適用でき、除染率も高い。	相当量の反応促進剤が必要なため、 再生資材もその分増加。処理コスト が高い。排気処理等が必要。	用先の用途開 拓が必要。

■ 焼却灰

技術区分	除染率^{※1} 【%】〈件数〉	濃縮率^{※2} 【倍】<件数>	処理コスト^{※3} 【万円/t 】<件数>	メリット	デメリット
洗浄処理	55 ~ 92 <7>	460~1690 <2>	5~7 <4>	飛灰に付着しているセシウムは水に溶けや すく、高い除染率が得られる。	セシウムの吸着材が必要。 排水処理が必要。
熱処理	99 <1>	7 ~ 17 <3>	-	除染率が洗浄処理より高い。 安定した溶融スラグ等が得られる。	反応促進剤が必要。処理コストが高 い。排気処理等が必要。

平成23-29年度除染技術実証事業(内閣府、環境省、JESCO)、除染・中間貯蔵関連技術探索サイト、平成26年度除去土壌等の最終処分に向けた減容化等に関する技術調査業 務報告書(環境省)等より整理

- ※1 除染率(%) = (1-再生資材の放射能濃度÷処理対象物の放射能濃度)×100
- ※2 濃縮率(倍) =分離濃縮物の放射能濃度:処理対象物の放射能濃度
 - 除染率及び濃縮率は、各試験に用いた試料(土壌、焼却灰)の放射能濃度及び性状等が異なるため参考値
- ※3 処理コストは、排水処理等付帯設備の範囲やコスト評価項目(設備費、運転費、資材費、労務費等)が異なるため参考値

除去土壌等の放射能濃度区分や物量の見直しの考え方

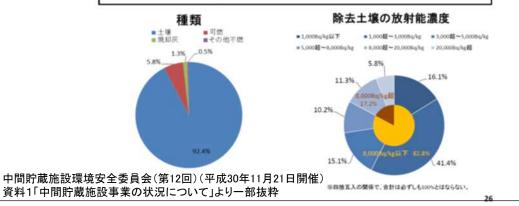
■輸送対象物量 約1,400万m³

・中間貯蔵施設への搬入済量(国直轄除染市町村:2018年8月末、市町村除染市町村:2018年6月末時点、両者 混在市町村(南相馬市、川内村、田村市、川俣町):2018年8月末)及び輸送待機量(焼却前の可燃物を含む仮 置場等で保管している量(国直轄除染:2018年8月末時点、市町村除染:2018年6月末時点)及び仮設焼却施設 等で減容化し保管されている量(国直轄除染:2018年8月末時点、市町村除染:2018年6月末時点))の合計量。 ・10万Bq/kg超の廃棄物、その他現時点で定量的な推計が困難な帰還困難区域の除染等で発生した(発生する ことが見込まれる)除去土壌等は含まれていません。

■輸送対象物量の種類及び除去土壌の放射能濃度

中間貯蔵施設に搬入した除去土壌等の種類と濃度の分布

- 2018年10月末までに搬入した除去土壌等約155万㎡(輸送対象物量約1,400万㎡の約11%)のうち、土壌が92.4%(約143万㎡)であり、可燃物は5.8%、焼却灰1.3%である。
- 除去土壌について、搬出時に仮置場等で測定した表面線量率及び重量によって換算した放射能濃度の分布を見ると、8,000Ba/kg以下が82.8%を占めている。





①中間貯蔵施設環境安全委員会(第12回)資料1の 26ページ目の左側の円グラフに基づき、輸送対象物 量約1,400万m³の内訳を、以下のとおり推定。

土壌 1,293.6万m³ 可燃 81.2万m³ 焼却灰 18.2万m³ その他不燃 7.0万m³ 合計 1,400万m³



②減容・再生利用にあたっての除去土壌等の放射能濃度区分や物量を、以下の考え方により見直し。

●土壌

- 土壌A~Dの総量は1,293.6万m³にその他不燃7.0万m³を加え、1,300.6万m³とした。
- 放射能濃度階層別の物量(土壌A~Dの内訳)は、中間貯蔵施設環境安全委員会(第12回)資料1の26ページ目の右側の円グラフに基づき、按分して設定。
- ・ 但し、中間貯蔵施設環境安全委員会(第12回)資料1の26ページ目の右側の円グラフの放射能濃度はあくまでも輸送時点であり、測定時点がそろっていないが、「2018年 10月末時点での推計」(実際にはそれ以前に測定されたデータも含むが、放射能濃度の物理減衰を考慮し、保守的に推計)とした。
- ・ 土壌A~Dの砂質土と粘性土の比率は、放射能濃度区分ごとに、第2回検討会(平成27年12月21日開催)資料3「減容処理技術の開発課題及び目標について」と同じであ ると仮定。

●焼却灰

可燃物81.2万m³を中間貯蔵施設内で焼却し発生する焼却灰16.2万m³ (20%になると仮定)と、焼却灰として中間貯蔵施設へ輸送されてくる18.2万m³の合計である34.4万m³。 (但し、土壌1.293.6万m³から異物除去される異物(有機物等)を、中間貯蔵施設内で焼却し発生する焼却灰について含まない。)

除去土壌等の放射能濃度区分や物量の見直し

● 土壌A~Dを以下のとおり再定義

土壌A: 放射能濃度評価時点で8,000Bg/kg以下であり、再生利用可能な土壌

土壌B:中間貯蔵施設への搬入開始30年後(2045年)までに8,000Bg/kg以下までに物理減衰し、再生利用可能な土壌

土壌C:中間貯蔵施設への搬入開始30年後(2045年)までの物理減衰に加え、現時点の高度分級技術(分級+摩砕等)等により 再生利用可能な8,000Bq/kg以下の砂質土を得ることが可能な土壌

土壌D:土壌Cよりも高濃度である土壌

- 中間貯蔵施設事業の進捗に伴い、第2回検討会(平成27年12月21日開催)資料3「減容処理技術の開発課題及び目標について」に示した除去 土壌等の放射能濃度区分や物量の見直しを実施。ただし、今後の中間貯蔵施設事業の進捗等によっては、除去土壌等の放射能濃度区分や 物量を再度見直しする可能性があることに留意。
- 下表中の放射能濃度区分ごとの物量の推計値については、2018年10月末時点での推計であり、実際にはそれ以前に測定されたデータも含むが、物理減衰を考慮し保守的に推計。

		+ 会 M n	放身	対能濃度(Bq/kg)	区分	平成30年10月末時点での物量の推計				
			į	放射能濃度評価		**	平成30年10月末時点での物重の推計			
種類	分類	定義	2015(H27) 3月	2018(H30) 10月	2024(H36) 3月	砂質土 (万m³)	粘性土 (万m³)	物量 (万m³)	物量の 割合	
	土壌A	放射能濃度評価時点で 8,000Bq/kg以下	≦8,000	≦8,000	≦8,000	655.0	416.1	1,071.1	80.2%	
	土壌B	中間貯蔵施設への搬入 開始30年後(2045年)に 8,000Bq/kg以下	8,000 < ~ ≦20,000	8,000 ~ ≦15,000	8,000 ~ ≦12,000	35.2	50.0	85.3	6.4%	
土壌	土壌C	高度分級技術により得られた生成物が中間貯蔵施設への搬入開始30年後(2045年)に 8,000Bq/kg以下	20,000 <	15,000 < ~ ≦62,000	12,000 < ~ ~ ≦51,000	20.8	112.9	133.7	10.0%	
	土壌D	土壌Cより高濃度	>80,000	>62,000	>51,000	0.7	9.8	10.6	0.8%	
焼却 灰	_	_	_	_	_	_	_	34.4	2.6%	
			計		711.7	588.9	1,335.0	100.0%		

減容処理ケースの設定

ケース	ケースゼロ	ケース I	ケースⅡ	ケースⅢ	ケースⅣ
減容等技術	・異物除去 〇	・異物除去 〇	·異物除去 〇	・異物除去 〇	・異物除去 〇
	•分級/高度分級 ×	·分級/高度分級 ×	・分級/高度分級 〇	·分級/高度分級 ○ ·高度処理 ○、溶融飛灰等洗浄× ·熱処理○、溶融飛灰等洗浄×	・分級/高度分級 〇 ・高度処理 〇、溶融飛灰等洗浄〇 ・熱処理 〇、溶融飛灰等洗浄〇
土壌等区分	・高度処理 × ・熱処理〇、溶融飛灰等洗浄×	・高度処理 × ・熱処理〇、溶融飛灰等洗浄×	·高度処理 × ·熱処理〇、溶融飛灰等洗浄×		
土壌A		異物除去	異物除去	異物除去	再生利用
土壌B			关切水丛	A JOHN A	34.1016X-24
土壌C	最終処分		分級/ 高度分級	分級/ 高度分級	分級/ 高度分級
		最終処分		高度処理※	高度処理※
土壌D			最終処分	最終処分	+ 洗浄
焼却灰	最終処分	最終処分	最終処分	最終処分	熱処理+洗浄 最終処分

※高度処理とは、化学処理、熱処理、及び新技術を指す

減容処理ケースごとの最終処分量及び再生資材量の試算見直しの考え方

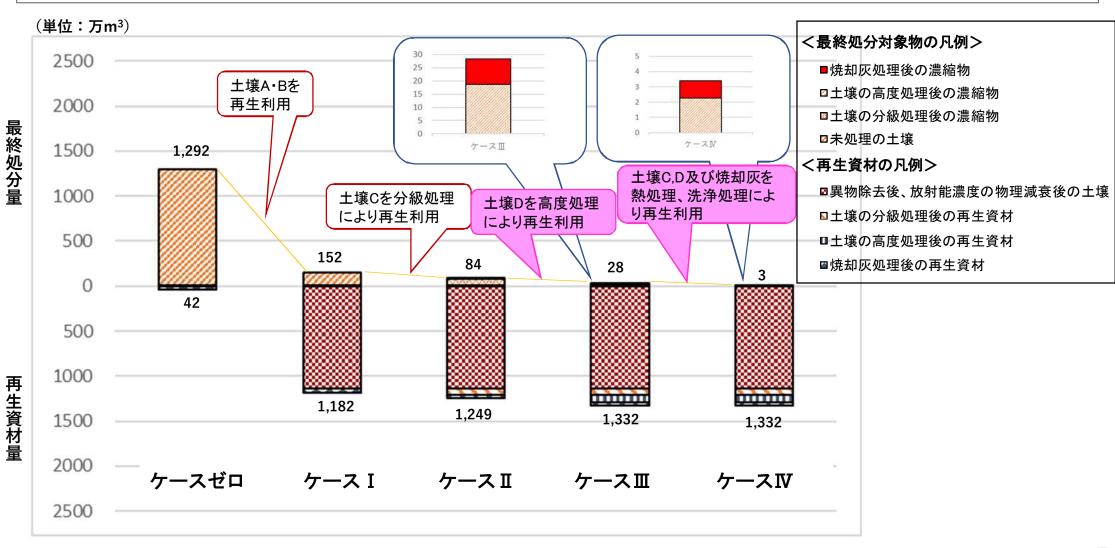
- 中間貯蔵施設事業における受入・分別施設の状況を踏まえ、ケースゼロにおいても土壌からの異物除去を実施するケース設定とするとともに、土壌A~Dに含まれる異物割合を1.4%へ見直し
 - ※第2回検討会(平成27年12月21日開催)資料3「減容処理技術の開発課題及び目標について」では10%と仮定
- 双葉町減容化施設(中間貯蔵施設)における廃棄物処理その1及びその2業務の発注を行ったことから、ケースゼロ~ケースⅣ の全てにおいて、焼却灰を対象とした熱処理を実施するケース設定へ見直し
 - ※第2回検討会(平成27年12月21日開催)資料3「減容処理技術の開発課題及び目標について」では、 ケースIVのみにおいて焼却灰を対象とした熱処理を実施するケース設定
- 物質収支の試算に必要な再生資材と濃縮物の量等は、これまでの実証試験等のデータを参照して設定 。

対象物	処理技術	再生資材と濃縮物※1	備考	
	異物除去	土壌(98.6%) / 異物(1.4%)	・物質収支試算のために、砂質土の性状を細粒分11.0wt%、粗粒分87.6wt%、異物	
	分 級	粗粒分 / 細粒分	1.4wt%(容器残渣を含む)、 粘性土の性状を、細粒分54.8wt%、粗粒分43.8wt%、異物1.4wt%(容器残渣を含む) と設定	
土壌	高度分級	粗粒分(元の粒度割合-20%:摩砕分) / 細粒分(元の粒度割合+摩砕分)		
	高度処理 (熱処理) +洗浄処理	スラグ等(110% 反応促進剤含む) / セシウム固形物(3%)	・高度処理技術については、今回の物質収支試算では熱処理を適用。さらに、熱処理後の溶融飛灰等を洗浄処理することを想定。 ・熱処理により、スラグ等は110%、濃縮物は25%になると設定(双葉町減容化施設(中間貯蔵施設)廃棄物処理その1及びその2業務における想定による) ・洗浄処理により、濃縮物は12%になると設定(除染・廃棄物技術協議会第4回シンポジウム資料6-1を参照) ・これらより、熱処理+洗浄処理により濃縮物は3%になると設定	
焼却灰	熱処理	スラグ等(110% 反応促進剤含む) / セシウム固形物(25%)	・物質収支試算のために、放射能濃度を主灰:2万Bq/kg、飛灰:10万Bq/kgと設定 ・再生資材と濃縮物の体積比は、上記の土壌を対象とした熱処理+洗浄処理と同様	
	熱処理+ 洗浄処理	スラグ等(110% 反応促進剤含む) / セシウム固形物(3%)		
可燃物	焼却	- / 焼却灰(20%)	可燃物を焼却することにより、嵩が20%に減ると設定	

^{※1} パーセンテージは処理前の体積に対する体積比を想定

減容処理ケースごとの最終処分量及び再生資材量の試算見直し

● 再生資材の濃度を8,000Bq/kg以下とした場合には、ケースゼロと比較して、特にケース I において最終処分量の低減への寄与が大きく、ケース II、III、IVの減容処理を行うことにより、更に最終処分量を低減することが可能。(但し、あくまでも技術的な可能性を試算したものであることに留意)



最終処分の方向性の検討に係る検討課題

本年度

土壌からの放射性セシウムは容易には水に溶出しないこと*、ならびに核種が 134C s 及び 137C s に限定されることを踏まえ、最終処分場に要求される施設構造等の要件の絞り込みを実施する。

※ 除去土壌から異物を除去した再生資材からの放射性セシウムの溶出特性

「中間貯蔵施設安全対策検討会及び環境保全対策検討会の検討結果取りまとめ」(平成25年10月、環境省)において、純水環境下での溶出試験の結果、放射性セシウムの溶出はほとんどすべての試料において検出されず、土壌中の放射性セシウムの溶出特性は極めて低いこと、また、環境影響を考慮した試験の結果、一部の陽イオンが共存する環境下では、溶出が増加する傾向が見られたが、酸・アルカリ、農地等の除染の際に使用されることがある土壌改良剤、温度変化の溶出特性への影響はほとんど見られないことが示されている。

また、「農地土壌の放射性物質除去技術(除染技術)について」(平成23年9月、農林水産省)においても、放射性セシウムは農地土壌中の粘土粒子等と強く結合しており、容易には水に溶出しないことが示されている。

なお、南相馬市における除去土壌再生利用実証事業では、浸透水集水設備により、試験盛土の内部を浸透する雨水等を、再生資材部分と新材部分に分けて盛土底部で集水し、集水層に溜まった浸透水を、ポンプを用いてタンクに集水・採取し、盛土浸透水の放射能濃度をGe半導体分析器により分析している。

2017年8月末に盛土が完成し、その後、2017年9月から2018年10月末までの分析 結果はすべて検出下限値未満(検出下限値 Cs-134:0.2~0.293Bq/L、Cs-137:0.2 ~0.331Bq/L)であり、再生資材を利用した盛土の浸透水中に含まれる放射性物質 の濃度が、検出下限値未満であることを確認している。



浸透水の集水設備の概観

最終処分の基準や参考になる事例

廃棄物: 特措法施行規則における特定廃棄物の埋立処分基準

土壌 : 以下の2つの基準を参照

- 特措法施行規則における特定廃棄物の埋立処分基準
- 原子炉等規制法における第二種廃棄物埋設施設の規制基準 (低レベル放射性廃棄物の最終処分基準)

最終処分場に廃棄物を埋立する場合に要求される施設構造等の要件

~特措法施行規則における特定廃棄物の埋立処分基準~

		F8	F~10万Bq/kgのもの【第25	頁】	基準適合特定廃棄物		
放射能濃度等 (Cs-134 +Cs-137)	(Cs-134 TU/DBq/kgを超えるも 公共		公共の水域及び地下 水と遮断されている場 所以外の場所【第2号】	溶出量が少ないもの 【第2号ホ】	(特定廃棄物のうち、 セシウム137とセシウ ム134についての放射 能濃度の合計が8千 Bq/kg以下と認められ るもの)【第3項】	基準適合特定廃棄物であって、公共の水域及び地下水の汚染を生じさせるおそれのないもの【第4項】	
構造等	環境大臣が定める要件を備えた 外周仕切設備※1が設けられ、 かつ、公共の水域及び地下水と 遮断されていること	(遮断型相当)	(管理型相当)	(管理型相当)	(管理型相当)	(安定型相当)	
埋立位置			一定の場所で、分散し	ないように埋め立てる			
埋立物の前処理	特定廃棄物の種類に応じて前処 理(破砕、焼却、固型化等)	特定廃棄物の種類に応じて前処 理(破砕、焼却、固型化等)			特定廃棄物の種類に応じて前処 理(破砕、焼却、固型化等)	特定廃棄物の種類に応じて前処 理(破砕、焼却、固型化等)	
下部土壌層	-	-	、廃棄物層の下に、おおむね厚 廃棄物層の下に、おおむ - さ50cm以上の土壌層を敷設、加 えて不透水性土壌層を敷設		m以上の土壌層を敷設	-	
埋立物表面及び側 面	_	-	不透水性土壌層を設置	-	-	-	
層状埋立て	_	-	_	一層の厚さをおおむね3m以下とし、一層ごとに表面に不透水性 土壌層を設置	ー層の厚さをおおむね3m以下とし、一層ごとに表面をおおむね 50cmの土壌で覆う	-	
特定ばいじんの埋 立	-	-	-	-	雨水浸入防止措置	-	
埋立物の収納	_	-	埋立物は損傷しにくい容器に収 納	_	_	-	
一日の埋立作業終 了時	遮へい物を設ける等により放射 線障害防止	表面を土壌で覆う等により放射 線障害防止	表面を土壌で覆う等により放射線障害防止、加えて表面に不透水性土 壌層を設けるまでの間、表面を遮水シートで覆う等により雨水浸入防 止		_	-	
埋立終了時の措置	放射線障害防止の効果を持った 覆いにより開口部を閉鎖すること、 その他の環境大臣が定める措 置※2	環境大臣が定める要件を備えた 覆いにより閉鎖すること、その他 の環境大臣が定める措置※2	しいにより閉鎖すること、その他 その他の環境大臣が定める措置※2、雨水を有効に排水できる勾配を			る覆い等で開口部を閉鎖	
地下水		水質検査の実施					
浸出液/放流水/浸 透水	_	-	浸出液による汚染防止措置、放流	水の維持、水質検査		浸透水の水質検査	

^{※1} 特定廃棄物の埋立処分の場所に係る外周仕切設備の要件(平成25 年2月28 日環境省告示第15 号)

※2 特定廃棄物の埋立処分を終了する場合の措置(平成25 年2月28 日環境省告示第16 号)

最終処分場に廃棄物を埋立する場合に要求される施設構造等の要件(続

~特措法施行規則における特定廃棄物の埋立処分基準~

※1特定廃棄物の埋立処分の場所に係る外周仕切設備の要件(平成25 年2月28 日環境省告示第15 号)

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(以下「規則」という。)第二十六条第一項第一号二の環境大臣が定める要件は、次のとおりとする。

- ー 日本工業規格Aーー〇八(コンクリートの圧縮強度試験方法)により測定した一軸圧縮強度が一平方ミリメートルにつき二十五ニュートン以上で、水密性を有する鉄筋コンクリートで造られ、かつ、その厚さが三十五センチメートル以上であること又はこれと同等以上の遮断の効力を有すること。
- 二 自重、土圧、水圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。
- 三 埋め立てた特定廃棄物(規則第二十六条第一項に規定する特定廃棄物をいう。)と接する面が遮水の効力及び腐食防止の効力を有する材料で十分に覆われていること。
- 四 地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。
- 五 目視等により損壊の有無を点検できる構造であること。ただし、長期的に安全を確保するために必要な措置を講じた場合には、この限りではない。
- 六 その他放射線障害防止のために必要な放射線の遮蔽の効力を有すること。

※2 特定廃棄物の埋立処分を終了する場合の措置(平成25 年2月28 日環境省告示第16 号)

(放射能濃度の合計が十万ベクレル毎キログラムを超える特定廃棄物の埋立処分を終了する場合の措置)

第一条 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(以下「規則」という。) 第二十六条第一項第七号の環境大臣が定める措置は、次に掲げる要件を備えた覆いにより開口部(埋立地を区画して埋立処分を行う場合には、埋立処分が終了した区画に係る開口部に限る。以下同じ。) を閉鎖することとする。

- ー 日本工業規格A ーー〇八(コンクリートの圧縮強度試験方法) により測定した一軸圧縮強度が一平方ミリメートルにつき二十五ニュートン以上で、水密性を有する鉄筋 コンクリートで造られ、かつ、その厚さが三十五センチメートル以上であること又はこれと同等以上の遮断の効力を有すること。
- 二 自重、土圧、水圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。
- 三 埋め立てた特定廃棄物と接する面が遮水の効力及び腐食防止の効力を有する材料で十分に覆われていること。
- 四 地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。
- 五 放射線障害防止のために必要な放射線の遮蔽の効力を有すること。

(公共の水域及び地下水と遮断されている場所以外の場所において放射能濃度の合計が十万ベクレル毎キログラム以下である特定廃棄物の埋立処分を終了する場合の 措置)

- 第二条 規則第二十六条第二項第七号イ本文の環境大臣が定める措置は、次に掲げる要件を備えた覆いにより開口部を閉鎖することとする。
- ー 厚さがおおむね五十センチメートル以上の土壌その他これに類するものであること。
- 二 放射線障害防止のために必要な放射線の遮蔽の効力を有すること。

第三条 規則第二十六条第三項第一号及び第四項第一号の規定によりその例によることとされる規則第二十六条第二項第七号イ本文の環境大臣が定める措置は、前条 第一号に掲げる要件を備えた覆いにより開口部を閉鎖することとする。

(公共の水域及び地下水と遮断されている場所において放射能濃度の合計が十万ベクレル毎キログラム以下である特定廃棄物の埋立処分を終了する場合の措置) 第四条 規則第二十六条第二項第七号イただし書の環境大臣が定める措置は、第一条各号に掲げる要件を備えた覆いにより開口部を閉鎖することとする。 第五条 規則第二十六条第三項第一号及び第四項第一号の規定によりその例によることとされる規則第二十六条第二項第七号イただし書の環境大臣が定める措置は、

第五宋 税則第二十八宋第三項第一号及び第四項第一号の規定によりての例によることされる規則第二十八宋第二項第七号1/にだし書の環境人臣が定める指直は 第一条第一号から第四号までに掲げる要件を備えた覆いにより開口部を閉鎖することとする。

最終処分場に土壌を埋立する場合に要求される施設構造等の要件(案)

en. me	基本安全		管理措置	· 管理項目	
段階	機能	区分	目的	官埋圾日	
	遮蔽	遮蔽その他適切な措置	施設に起因する外部被ばく線量が線量限度を超えないようにする こと。※1	・覆土の巡視・点検(異常がないことの確認) ・覆土の位置・構造・遮へい部材厚・遮へい部材密度(線量評価条件を逸 脱しないことを施設検査で確認) ・受け入れ検査など(土壌が施設の受け入れ条件を満足することの確認) ・施設の操業条件の遵守	
	飛散防止	飛散防止のための措置	放射性物質を含む粉じんの大気中への飛散を防止すること。	・土壌を容器などに収納することにより飛散防止措置を講ずる場合は、作業手順遵守などによる損傷防止の措置 ・テントなどで飛散防止措置を講ずる場合は、それらの設備に異常がないことの確認 ・作業手順の遵守などによる落下防止の措置	
埋立 段階	埋立地に係る保全 埋立地の閉じ込めを維持すること。 閉じ込め ※2		埋立地の閉じ込めを維持すること。	・埋立施設への立ち入り制限・埋立施設の巡視・点検・監視設備及び測定設備の維持管理・埋立施設の巡視・点検	
		監視	閉じ込めが設計どおり機能していること(バックグラウンドに対して 優位な漏出のないこと)。	・近傍地下水中の放射能濃度の測定	
		陥没のような大きな変形が生じる原因となる空隙が残らないこと。	・覆土材の選定方法 ・覆土の施工方法		
	移行抑制	覆土の施工移行抑制	埋立した土壌が用意に露出しないこと。	・覆土材の選定方法 ・覆土の施工方法 ・覆土の厚さ	
		埋立地に係る保全	埋立地の移行抑制を維持すること。	・埋立施設への立ち入り制限 ・監視設備及び測定設備の維持管理 ・埋立施設の巡視・点検	
	監視		移行抑制が適切に機能していること(生活環境への移行を監視)。	・近傍地下水中の放射能濃度の測定	
	遮蔽	遮蔽その他適切な措置 施設に起因する外部被ばく線量が線量限度を超えないようにす こと。※1		・覆土の巡視・点検(異常がないことの確認)	
維持 管理 段階	管理	埋立地に係る保全	埋立地の移行抑制を維持すること。	・監視設備及び測定設備の維持管理 ・埋立施設の巡視・点検 ・特定行為の禁止、制約に係る立札などの設置及び維持管理	
		監視	移行抑制が適切に機能していること(生活環境への移行を監視)。	・近傍地下水中の放射能濃度の測定	

^{※1 「}東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等に関する安全確保の当面の考え方について」(平成23年6月3日、原子力安全委員会)に基づき、除去土壌の処理等に伴い周辺住民の受ける線量が1mSv/年を超えないようにすることが必要。なお、採用された処分方法に応じたシナリオ評価の結果が「第二種廃棄物埋設の考え方」に示されたそれぞれのシナリオに対する「めやす」を満足していることが示された。管理を終了しても安全が確保といることについてお学的根拠があると判断できる。

^{※2} 当該最終処分場固有の立地条件に基づき安全評価を実施し、内部被ばく線量が線量限度を超えるおそれがある場合には、遮水構造などの閉じ込め機能を要するものとする。

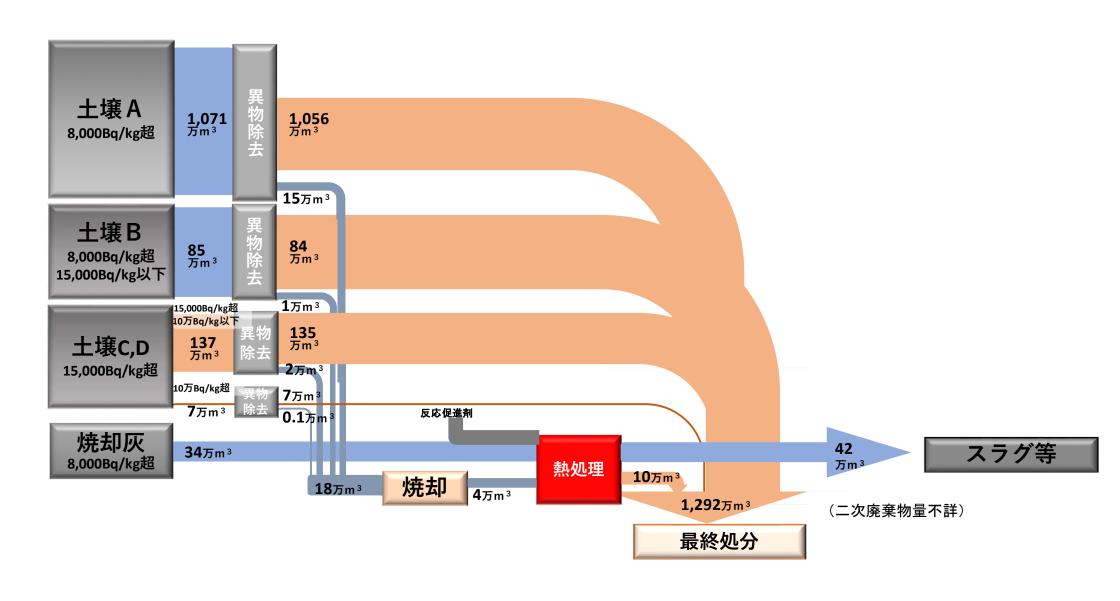
最終処分の方向性の検討に係る今後の検討課題

平成31年度以降

- 減容処理技術の有効性、適用範囲等を見極めることにより、減容処理技術の絞り込みを行う。
- 最終処分の方式に係る検討を行うとともに、最終処分場の構造や必要面積等に 係る選択肢を検討する。

参考資料

ケースゼロの物質収支の詳細



※図中の放射能濃度は2018年10月末時点での評価。 また、図中の物量は、四捨五入し、整数値で表記。 但し、計算にあたっては小数点以下も考慮しているため、 図中に記載した整数値のみの計算とは必ずしも一致しない。

ケースゼロの物質収支試算条件

【土壌A】

- · 当初の物量: 1,071.1万m3
- ·異物除去後の土壌: 1,056.1万m³ = 1,071.1万m³ × 98.6%…①
- •異物: $15.0万m^3 = 1.071.1万m^3 \times 1.4\% \cdots 2$

【土壌B】

- · 当初の物量: 85.3万m3
- ·異物除去後の土壌:84.1万m³ = 85.3万m³ × 98.6%…③
- ·異物:1.2万m³ = 85.3万m³ × 1.4%····④

【土壌C,D】

(1.5万Bq/kg超、10万Bq/kg以下)

- · 当初の物量: 136.9万m³ = 133.7万m³ + 3.2万m³
- ·異物除去後の土壌: 135.0万m³ = 136.9万m³ × 98.6%…⑤
- •**異物:1.9万m³** = 136.9万m³ × 1.4%···⑥

(10万Bq/kg超)

- · 当初の物量: 7.3万m³
- •異物除去後の土壌: **7.2万m³** = 7.3万m³ × 98.6%・・・⑦
- •異物: $0.1万m^3 = 7.3万m^3 \times 1.4\% \cdots (8)$

【焼却灰】

· 当初の物量: 34.4万m³… 9

(除去異物の焼却)

- ・除去異物の物量: 18.2万m³ = 15.0万m³ (上記②)+1.2万m³ (上記④)+1.9万m³ (上記⑥)+0.1万m³ (上記⑧)
- ・焼却後の物量:3.6万m³ = 18.2万m³ × 20%…⑩

(熱処理)

- ·熱処理対象の物量: 38.1万m³ = 34.4万m³ (上記⑨) + 3.6万m³ (上記⑩) · · · ⑪
- 熱処理して得られる再生資材:41.9万m³ = 38.1万m³ (上記⑪) × 110%…⑫
- ・熱処理して得られる濃縮物: 9.5万m³ = 38.1万m³ (上記①) × 25% · · · ③

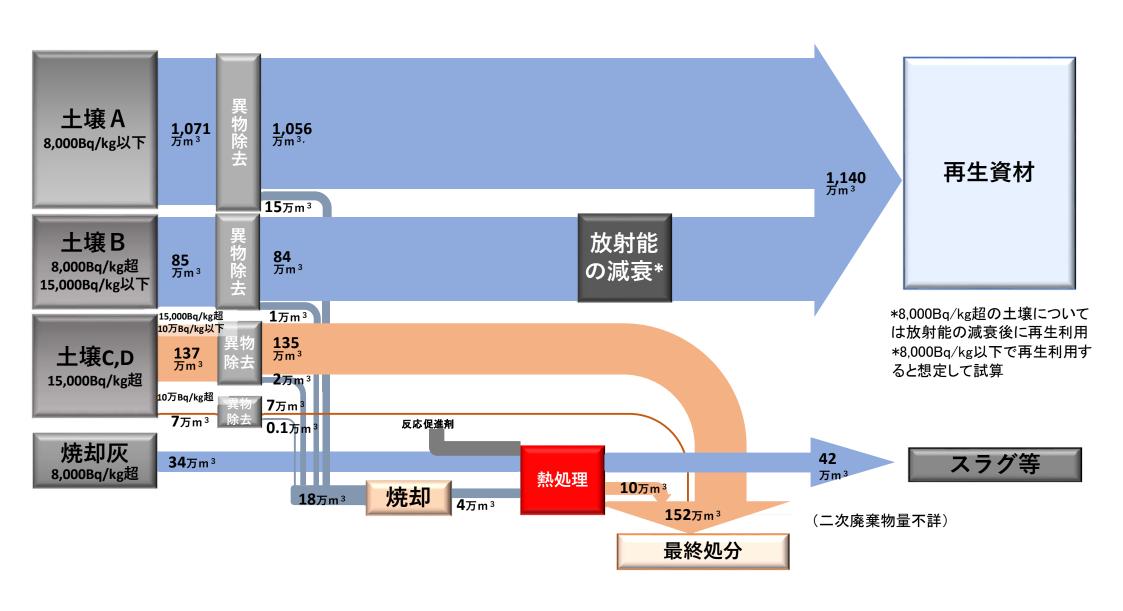
【スラグ等】

·スラグ等の物量: 41.9万m³(上記①)

【最終処分】

·最終処分の物量:1,291.9万m³=1,056.1万m³(上記①)+84.1万m³(上記③)+135.0万m³(上記⑤)+7.2万m³(上記⑦)+9.5万m³(上記⑬)

ケースIの物質収支の詳細



※図中の放射能濃度は2018年10月末時点での評価。 また、図中の物量は、四捨五入し、整数値で表記。 但し、計算にあたっては小数点以下も考慮しているため、 図中に記載した整数値のみの計算とは必ずしも一致しない。

ケースIの物質収支試算条件

【土壌A】

- · 当初の物量: 1,071.1万m3
- ·異物除去後の再生資材:1,056.1万m³ = 1,071.1万m³ × 98.6%…①
- ·異物:15.0万m³ = 1,071.1万m³ × 1.4%····②

【土壌B】

- · 当初の物量: 85.3万m3
- ·異物除去後の再生資材:84.1万m³ =85.3万m³ × 98.6%…③
- •異物:1.2万 $m^3 = 85.3$ 万 $m^3 \times 1.4\% \cdots$ 4

【土壌C,D】

(1.5万Bq/kg超、10万Bq/kg以下)

- · 当初の物量: 136.9万m³ = 133.7万m³ + 3.2万m³
- ·異物除去後の土壌: 135.0万m³ = 136.9万m³ × 98.6%…⑤
- •**異物:1.9万m³** = 136.9万m³ × 1.4%···⑥

(10万Bq/kg超)

- · 当初の物量: 7.3万m3
- •異物除去後の土壌: **7.2万m³** = 7.3万m³ × 98.6%・・・⑦
- ·異物: $0.1万m^3 = 7.3万m^3 \times 1.4\% \cdots (8)$

【焼却灰】

· 当初の物量: 34.4万m³···9

(除去異物の焼却)

- ・除去異物の物量: 18.2万m³ = 15.0万m³ (上記②)+1.2万m³ (上記④)+1.9万m³ (上記⑥)+0.1万m³ (上記⑧)
- •焼却後の物量:3.6万m³ = 18.2万m³ × 20% · · · ⑩

(熱処理)

- ·熱処理対象の物量: 38.1万m³ = 34.4万m³ (上記⑨) + 3.6万m³ (上記⑩) · · · ⑪
- 熱処理して得られる再生資材:41.9万m³ = 38.1万m³ (上記⑪) × 110%…⑫
- ·熱処理して得られる濃縮物: 9.5万m³ = 38.1万m³ (上記①) × 25%…③

【再生資材】

·再生資材の物量:1,140.2万m³=1,056.1万m³(上記①)+84.1万m³(上記③)

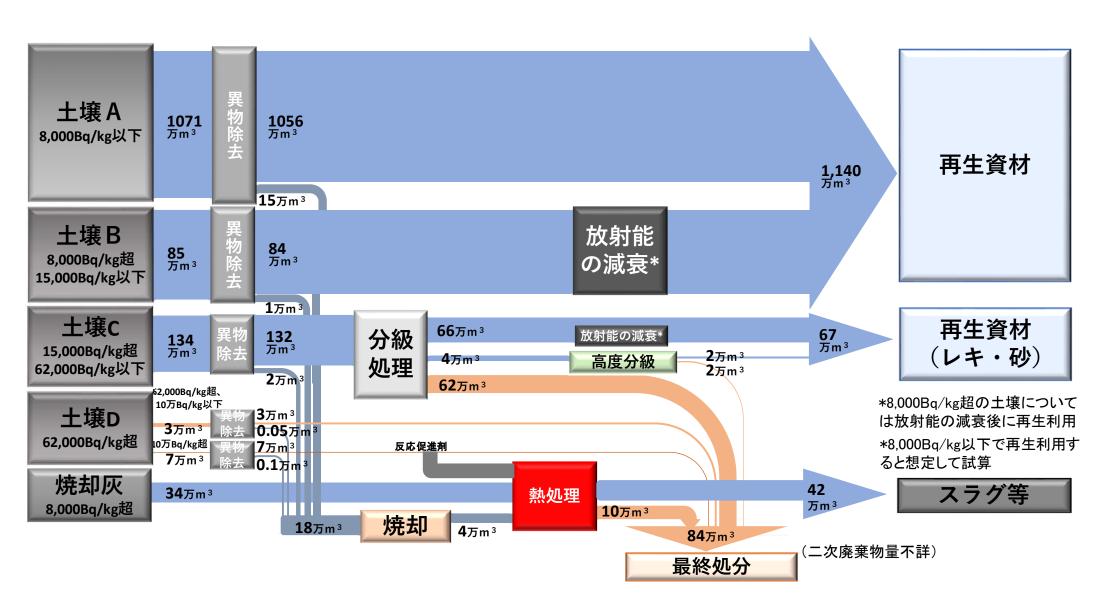
【スラグ等】

·スラグ等の物量: 41.9万m³(上記①)

【最終処分】

·最終処分の物量:151.7万m³=135.0万m³(上記⑤)+7.2万m³(上記⑦)+9.5万m³(上記③)

ケースⅡの物質収支の詳細



※図中の放射能濃度は2018年10月末時点での評価。 また、図中の物量は、四捨五入し、整数値で表記。 但し、計算にあたっては小数点以下も考慮しているため、 図中に記載した整数値のみの計算とは必ずしも一致しない。

ケースⅡの物質収支試算条件

【土壌A】

- ·当初の物量: 1,071.1万m³
- ·異物除去後の再生資材:1,056.1万m³ = 1,071.1万m³ × 98.6%・・・①
- ·異物:15.0万 $m^3 = 1.071.1$ 万 $m^3 \times 1.4\% \cdots 2$

【土壌B】

- · 当初の物量: 85.3万m3
- ·異物除去後の再生資材:84.1万m³=85.3万m³×98.6%···③
- •異物:1.2万 $m^3 = 85.3$ 万 $m^3 \times 1.4\% \cdots 4$

【土壌C】

· 当初の物量: 133.7万m3

(内訳)

- ・分級対象の砂質土:20.4万m³・・・⑤
- ·分級対象の粘性土:109.3万m3···⑥
- ·高度分級対象の砂質土:0.4万m³ = 20.8万m³ 20.4万m³ (上記⑤)…⑦
- ·高度分級対象の粘性土:3.6万m³ = 112.9万m³ 109.3万m³ (上記⑥)・・・⑧
- ·異物除去後の土壌:131.8万m³ = 133.7万m³ × 98.6%
- •**異物:1.9万m³** = 133.7万m³ × 1.4%····9

(分級処理)

- ·砂質土を分級処理して得られる再生資材:17.9万m3 = 20.4万m3 (上記⑤)×87.6%···⑩
- ·砂質土を分級処理して得られる濃縮物:2.2万m3 = 20.4万m3 (上記⑤)×11.0%···⑪
- ·粘性土を分級処理して得られる再生資材:47.9万m³ = 109.3万m³ (上記⑥)×43.8%・・・①
- ·粘性土を分級処理して得られる濃縮物:59.9万m³ = 109.3万m³ (上記⑥)×54.8%・・・③
- ·分級処理して得られる再生資材:65.8万m³ = 17.9万m³ (上記⑩) +47.9万m³ (上記⑫)···⑭
- ·分級処理して得られる濃縮物:62.1万m³ = 2.2万m³ (上記⑪) +59.9万m³ (上記⑬)···⑮

(高度分級処理)

- ·高度分級対象の土壌: 3.9万m³ ={0.4万m³(上記⑦)+3.6万m³(上記⑧)}×98.6%
- ・砂質土を高度分級した際の塵砕分:0.06万m³ = 0.4万m³ (上記⑦)×87.6%×20%・・・⑥
- ・砂質土を高度分級処理して得られる再生資材: 0.3万m³ = 0.4万m³ (上記⑦) × 87.6% − 0.06万m³ (上 記⑥の摩砕分を引く)・・・①
- 砂質土を高度分級処理して得られる濃縮物:0.1万m³ = 0.4万m³(上記⑦)×11.0%+0.06万m³(上記⑥
 の摩砕分を足す)・・・・®

- ·粘性土を高度分級した際の摩砕分:0.3万m³ = 3.6万m³ (上記⑧)×43.8%×20%・・・⑩
- ・粘性土を高度分級処理して得られる再生資材: 1.3万m³ = 3.6万m³ (上記®)×43.8% 0.3万m³
 (上記®の摩砕分を引く)・・・2回
- ・粘性土を高度分級処理して得られる濃縮物:2.3万m³ = 3.6万m³ (上記⑧)×54.8% + 0.3万m³ (上記⑨の摩砕分を足す)・・・②
- ·高度分級して得られる再生資材:1.5万m³ = 0.3万m³ (上記⑪) + 1.3万m³ (上記⑩) · · · ⑫
- ·高度分級して得られる濃縮物:2.4万m³ = 0.1万m³ (上記®) + 2.3万m³ (上記②) · · · ③

【土壌D】

(6.2万Bq/kg超、10万Bq/kg以下)

- · 当初の物量: 3.2万m³
- •異物除去後の土壤:3.2万m³ = 3.2万m³ × 98.6%···②
- •**異物:0.05万m³**=3.2万m³×1.4%···②

(10万Bq/kg超)

- · 当初の物量: 7.3万m³
- •**異物除去後の土壤:7.2万m³**=7.3万m³×98.6%・・・②6
- ·**異物:0.1万m³**=7.3万m³×1.4%···②

【焼却灰】

·当初の物量:34.4万m³···28

(除去異物の焼却)

- ・除去異物の物量:18.2万m³ = 15.0万m³ (上記②) +1.2万m³ (上記④) +1.9万m³ (上記⑨) +0.05 万m³ (上記⑤) +0.1万m³ (上記⑦)
- ·焼却後の物量:3.6万m³ = 18.2万m³ × 20% ···②

(熱処理)

- ·熱処理対象の物量:38.1万m³ = 34.4万m³ (上記②) + 3.6万m³ (上記②) · · · ③
- 熱処理して得られる再生資材:41.9万m³ = 38.1万m³ (上記③)×110%…③
- ·熱処理して得られる濃縮物: 9.5m³ = 38.1万m³ (上記③) × 25%···③

【再生資材】

・再生資材の物量:1,140.2万m³ = 1,056.1万m³ (上記①) +84.1万m³ (上記③) 【再生資材(レキ・砂)】

•再生資材(レキ•砂)の物量:67.3万m³ = 65.8万m³ (上記⑭) + 1.5万m³ (上記⑫) 【スラグ等】

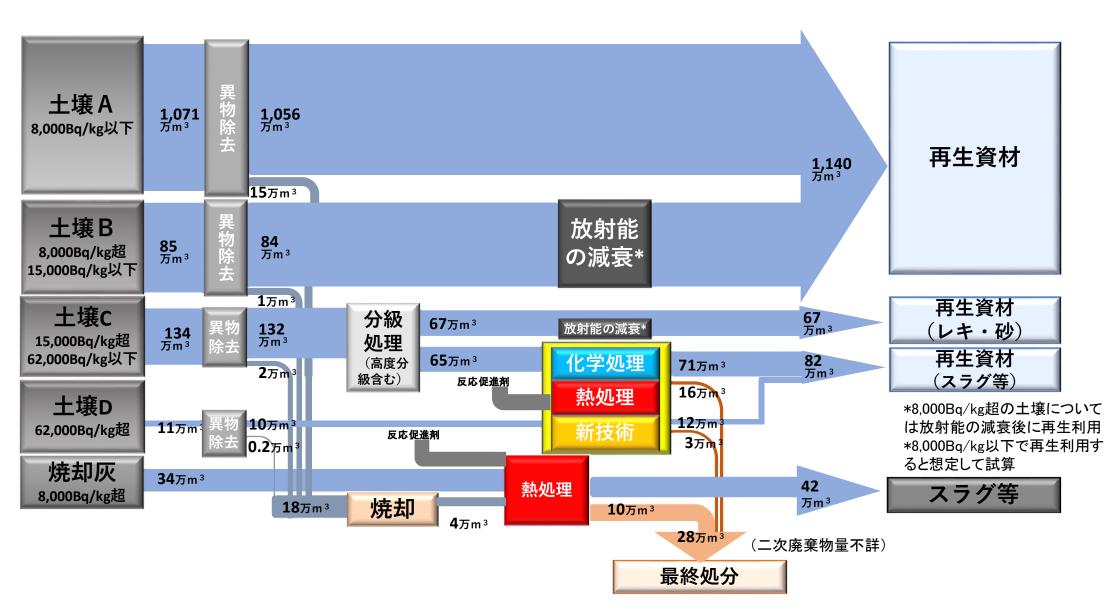
·スラグ等の物量:41.9万m3(上記③)

【最終処分】

・最終処分の物量:84.4万m³ =62.1万m³ (上記⑤)+2.4万m³ (上記③)+3.2万m³ (上記④)+7.2 万m³(上記⑥)+9.5万m³ (上記②)

※上記では、四捨五入し、小数点以下1桁の数値を表記。 但し、計算にあたっては小数点以下2桁目以降も考慮しているため、 小数点以下1桁のみの計算とは必ずしも一致しない。

ケース皿の物質収支の詳細



※図中の放射能濃度は2018年10月末時点での評価。 また、図中の物量は、四捨五入し、整数値で表記。 但し、計算にあたっては小数点以下も考慮しているため、 図中に記載した整数値のみの計算とは必ずしも一致しない。

ケースⅢの物質収支試算条件

【土壌A】

- ·当初の物量:1,071.1万m³
- ·異物除去後の再生資材: 1056.1万m³ = 1,071.1万m³ × 98.6%…①
- ·異物:15.1万 m^3 = 1.071.1万 m^3 × 1.4%····②

【土壌B】

- · 当初の物量: 85.3万m³
- ·異物除去後の再生資材:84.1万m³ = 85.3万m³ × 98.6%…③
- •異物:1.2万 $m^3 = 85.3$ 万 $m^3 \times 1.4\% \cdots$ ④

【土壌C】

- · 当初の物量: 133.7万m3
- ·異物除去後の土壤: 131.8万m³ = 133.7万m³ × 98.6%
- ·異物:1.9万m³ = 133.7万m³ × 1.4%····⑤

(分級処理/高度分級を含む)

- ・分級処理/高度分級して得られる再生資材:**67.3万m³** = 65.8万m³ (ケース II (4)) + 1.5 万m³ (ケース II (2)) · · · ⑥
- ・分級処理/高度分級して得られる濃縮物(高度処理対象物):64.5万m³ = 62.1万m³ (ケースⅡ(⑤)+2.4万m³ (ケースⅡ(②)···⑦

(高度処理(熱処理))

- ·高度処理して得られる再生資材:70.9万m³ =64.5万m³ (上記⑦)×110%···⑧
- ・高度処理して得られる濃縮物: 16.1万m³ = 64.5万m³ (上記⑦) × 25%・・・⑨

【土壌D】

- ·当初の物量 : 10.6万m³ · · · ⑩
- ·異物除去後の土壌: 10.4万m³ = 10.6万m³ (上記⑩) × 98.6%・・・⑪
- ·**異物:0.15万m**³ = 10.6万m³ (上記⑩) × 1.4%····⑫

(高度処理(熱処理))

- ·高度処理して得られる再生資材:11.5万m³ = 10.4万m³ (上記⑪)×110%···⑬
- ·高度処理して得られる濃縮物: 2.6万m³ = 10.4万m³ (上記⑴) × 25%····⑷

【焼却灰】

·当初の物量:34.4万m³···①

(除去異物の焼却)

- ・除去異物の物量:18.2万m³ =15.1万m³ (上記②) +1.2万m³ (上記④) +1.9万m³ (上記 ⑤) +0.15万m³ (上記②) ···⑥
- ·焼却後の物量:3.6万m³ = 18.2万m³ × 20% ···①

(熱処理)

- ·熱処理対象の物量: 38.1万m³ = 34.4万m³ (上記⑤) + 3.6万m³ (上記⑥) · · · ®
- ·熱処理して得られる再生資材: 41.9万m³ = 38.1万m³ (上記®) × 110%…®
- ・熱処理して得られる濃縮物:9.5万m³ = 38.1万m³ (上記®)×25%···②

【再生資材】

- •**再生資材の物量:1,140.2万m³** = 1,056.1万m³ (上記①) +84.1万m³ (上記③) 【再生資材(レキ•砂)】
 - ·再生資材(レキ・砂)の物量:67.3万m3(上記⑥)

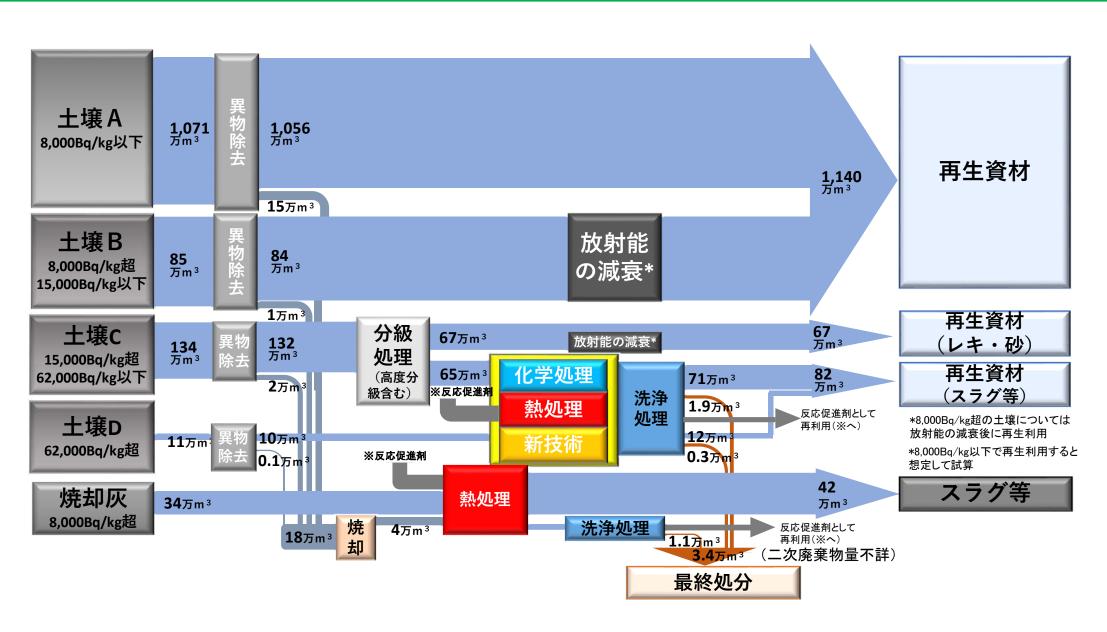
【再生資材(焼成物・スラグ)】

- ・再生資材(スラグ等)の物量:82.4万m³ = 70.9万m³ (上記®)+11.5万m³ (上記®) 【スラグ等】
- ·スラグ等の物量:41.9万m³(上記⑩)

【最終処分】

·最終処分の物量:28.2万m³ = 16.1万m³ (上記⑨) + 2.6万m³ (上記⑭) + 9.5万m³ (上記⑩)

ケースⅣの物質収支の詳細



※図中の放射能濃度は2018年10月末時点での評価。 また、図中の物量は、四捨五入し、整数値で表記。 但し、計算にあたっては小数点以下も考慮しているため、 図中に記載した整数値のみの計算とは必ずしも一致しない。

ケースⅣの物質収支試算条件

【土壌A】

- ·当初の物量:1,071.1万m3
- •異物除去後の再生資材: 1056.1万m³ = 1,071.1万m³ × 98.6%…①
- •**異物:15.1万m³** = 1.071.1万m³ × 1.4%····②

【土壌B】

- ·当初の物量:85.3万m3
- ·異物除去後の再生資材:84.1万m³ =85.3万m³ × 98.6%···③
- ·異物:1.2万m³ =85.3万m³ × 1.4%···④

【土壌C】

- · 当初の物量: 133.7万m3
- ·異物除去後の土壤: 131.8万m³ = 133.7万m³ × 98.6%
- •異物: 1.9万 $m^3 = 133.7$ 万 $m^3 \times 1.4\% \cdots (5)$

(分級処理/高度分級を含む)

- ·分級処理/高度分級して得られる再生資材:67.3万m³ = 65.8万m³ (ケース II (4)) + 1.5万m³ (ケース II (22))···⑥
- ・分級処理/高度分級して得られる濃縮物(高度処理対象物):64.5万m³ = 62.1万m³ (ケースⅡ⑤)+2.4万m³ (ケースⅡ③)···⑦

(高度処理(熱処理))

- ·高度処理して得られる再生資材:70.9万m³ =64.5万m³ (上記⑦) × 110%····⑧
- ·高度処理して得られる濃縮物: 1.9万m³ = 64.5万m³ (上記⑦) ×3%···⑨

【土壌D】

- · 当初の物量: 10.6万m³ ··· ⑩
- ·異物除去後の土壌: 10.4万m³ = 10.6万m³ (上記⑩)×98.6%・・・⑪
- •**異物:0.15万m**³ = 10.6万m³ (上記⑩) × 1.4%···①

(高度処理(熱処理)+洗浄処理)

- ·高度処理して得られる再生資材:11.5万m³ = 10.4万m³ (上記⑪) × 110%···⑬
- ·高度処理して得られる濃縮物: 0.3万m³ = 10.4万m³ (上記⑪) ×3%···⑭

【焼却灰】

· 当初の物量 : 34.4万m³ · · · ①

(除去異物の焼却)

- ・除去異物の物量: **18.2万m³** = 15.1万m³ (上記②) + 1.2万m³ (上記④) + 1.9万m³ (上記⑤) + 0.15万m³ (上記②) · · · ⑥
- ·焼却後の物量: 3.6万m³ = 18.2万m³ × 20% ···①

(熱処理)

- ·熱処理対象の物量: 38.1万m³ = 34.4万m³ (上記⑤) + 3.6万m³ (上記⑥) · · ®
- ·熱処理して得られる再生資材: 41.9万m³ = 38.1万m³ (上記®) × 110%…⑨ (洗浄処理)
- ·洗浄処理して得られる濃縮物: 1.1万m³ = 38.1万m³ (上記®) × 3%···②

【再生資材】

- ・再生資材の物量: 1,140.2万m³ = 1,056.1万m³ (上記①) + 84.1万m³ (上記③) 【再生資材(レキ・砂)】
- ·再生資材(レキ·砂)の物量:67.3万m³(上記⑥)

【再生資材(焼成物・スラグ)】

- ·再生資材(焼スラグ等)の物量:82.4万m³=70.9万m³(上記⑧)+11.5万m³(上記⑬) 【スラグ等】
- ·スラグ等の物量:41.9万m3(上記⑨)

【最終処分】

・最終処分の物量:3.4万m³ = 1.9万m³ (上記⑨) + 0.3万m³ (上記⑭) + 1.1万m³ (上記⑩)

最終処分の対象物及び物量等

- 最終処分の対象物のうち、溶融飛灰、洗浄処理後の廃吸着材等については、廃棄物であることから、特措法施行規則における特定廃棄物の埋立処分基準に基づき最終処分が実施されることと想定。
- 最終処分の対象物のうち、土壌については、ケースゼロで1,282万m3、ケース I で142万m3、ケース II で75万m3。

最終処分の対象物 (廃棄物、土壌)

ケース	最終処分の対象物	性状	処分量
ケースゼロ	土壌A	土壌	1,056.1万m³
	土壌B	土壌	84.1万m³
	土壌C	土壌	131.8万m³
	土壌D	土壌	10.4万m³
	焼却灰を熱処理して得られる濃縮物	溶融飛灰等	9.5万m³
ケース I	土壌C	土壌	131.8万m³
	土壌D	土壌	10.4万m³
	焼却灰を熱処理して得られる濃縮物	溶融飛灰等	9.5万m³
ケースⅡ	土壌Cを分級処理・高度分級して得られる濃縮物	脱水ケーキ	64.5万m³
	土壌D	土壌	10.4万m³
	焼却灰を熱処理して得られる濃縮物	溶融飛灰等	9.5万m³
ケースⅢ	土壌Cを高度処理して得られる濃縮物	溶融飛灰等	16.1万m³
	土壌Dを高度処理して得られる濃縮物	溶融飛灰等	2.6万m³
	焼却灰を熱処理して得られる濃縮物	溶融飛灰等	9.5万m³
ケースⅣ	土壌Cを高度処理+洗浄処理して得られる濃縮物	洗浄処理後の廃吸着材等	1.9万m³
	土壌Dを高度処理+洗浄処理して得られる濃縮物	洗浄処理後の廃吸着材等	0.3万m³
	焼却灰を洗浄処理して得られる濃縮物	洗浄処理後の廃吸着材等	1.1万m³

最終処分の対象物 (土壌のみ)

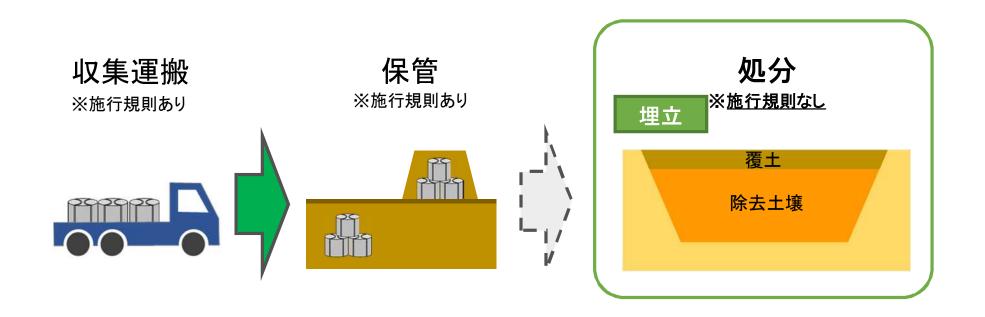
- -7	加八号の合計(土壌のな)	平均放射能濃度		
ケース	処分量の合計(土壌のみ)	2018年10月末時点	最終処分完了日(2045年3月)時点	
ケースゼロ	1,282万m³	約8,200Bq/kg	約4,100Bq/kg	
ケース I	142万m³	約54,000Bq/kg	約27,000Bq/kg	
ケースⅡ	75万m³	約99,000Bq/kg	約49,000Bq/kg	

原子炉等規制法における第二種廃棄物埋設施設の規制基準

	トレンチ型処分場	ピット型処分場
放射能濃度の上限 (Cs−137)	10万 Bq/kg	1,000億 Bq/kg
施設構造等 イメ ー ジ	上部覆土	表層土壌 「ベントナイト混合土 コンクリートピット 排水管 点検路
埋立・管理方法	 ・ 浅地層(浅地中)に適切な覆土又はシート掛け ・ 最終覆土(飛散・流出防止、外部被ばく防止、雨水浸透抑制) ・ 環境モニタリング(施設周縁の空間線量率及び地下水中放射能濃度管理) ・ 放射能レベルの減衰に応じて段階的な管理 	 浅地層(浅地中)に人工構築物(コンクリートピット)を設けて埋設 環境モニタリング(施設周縁の空間線量率及び地下水中放射能濃度管理) 放射能レベルの減衰に応じて段階的な管理

福島県外における除去土壌の処分

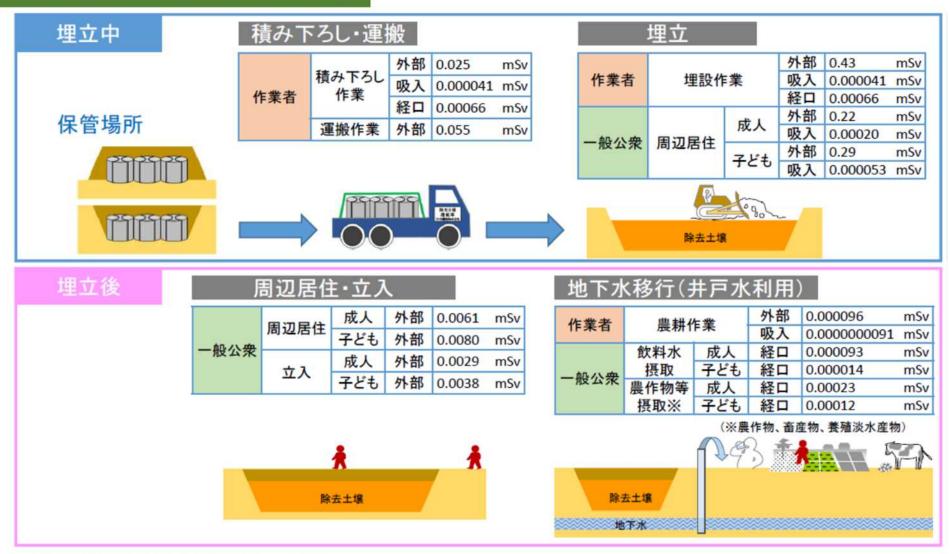
- 福島県外の自治体における面的除染は2018年3月までに完了。
- 除染に伴う除去土壌は、市町村等において、国が定めた保管方法等に基づき安全に保管されているところ。
- 福島県外の市町村が、適切に保管されている除去土壌を集約して埋立処分を行うことを選択 する場合には、国が定める処分方法に従って行う必要がある。
- 〇 処分方法について、環境回復検討会の下に「除去土壌の処分に関する検討チーム」を設置し、 専門的見地から検討を実施中。
- ※ 福島県外において保管されている除去土壌の放射性セシウム濃度を推計した結果、中央値は800Bq/kg程度、約95%は 2,500Bq/kg以下。



福島県外における除去土壌の処分に係る年間追加被ばく線量の評価結果

評価結果(年間追加被ばく線量)

(※最も保守的なケースにおける評価結果を掲載)



<主な計算の条件(最も保守的なケース)>

放射性セシウム濃度を2,500Bq/kg(福島県外における除去土壌の放射性セシウム濃度の95パーセンタイル値)、除去土壌の量を40万m³(福島県外で保管されている全量に相当する量)、覆土厚さを30cmとし、埋立作業中の作業者については年間1,000時間従事する、埋立後の公衆の立入については年間200時間立入るなどの条件で計算を実施。

管理型最終処分場への埋立処分に係る線量評価について

2019年1月28日 株式会社三菱総合研究所

1. 目的

除去土壌を最終処分場(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、既存の災害廃棄物を最終処分するときに評価した手法等を参考にして、評価経路、パラメータを設定し、除去土壌等に含まれる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とともに、除去土壌等の処理ケースに応じた線量を計算する。

2. 処分する土壌の物量と処分場の形状

現時点で具体的な最終処分場の設置場所、条件が定まっていない。そのため、本検討では、 最終処分する土壌の物量等は、以下の場合を想定する。

	処分する土壌の容積	最終開始時の土壌の平
	[万m³]	均放射能濃度 ^注
		[Bq/kg]
ケースA	1, 282	8,000
ケースB	75	50,000

注 中間貯蔵施設への運搬開始から30年の2045年4月の時点での濃度として設定。最終処分場への埋設作業が終了する時点である。

また、当該検討においては、土壌を4.7m厚さで埋設して処分すると想定する。その場合、それぞれの処分ケースにおいて、以下のような埋設地の面積が必要となり、埋設の形状を矩形状とした場合の形状は以下のようになる。

	埋設地面積[万m²]	埋設地の形状
ケースA	273	$1,700 \text{m} \times 1,700 \text{m}$
ケースB	16	$500 \mathrm{m} \times 500 \mathrm{m}$

3. 評価経路

土壌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。

表1 土壌の最終処分に係る評価経路

No	評価	対象	線源	対象者	被ばく形態	備考
1	最終処分場へ	運搬経路周辺	土壌	公衆 (成人)	外部	
2	の運搬	居住		公衆 (子ども)	外部	
3	最終処分場操	埋設地周辺居	埋設された土壌	公衆 (成人)	外部	評価地点は、直近民
4	業中	住			粉塵吸入	家とする。
5				公衆(子ども)	外部	
6					粉塵吸入	
10	埋設処分後	飲料水摂取	井戸水	公衆 (成人)	経口	
11	の雨水浸透 による核種			公衆 (子ども)	経口	
12	の漏洩(地	農耕作業	井戸水で 灌漑した	作業者	外部	
13	下水移行)		土壌		粉塵吸入	
14		農作物摂取	灌漑した土壌で生	公衆 (成人)	経口	
15			産された農作物	公衆(子ども)	経口	
16		畜産物摂取	灌漑した土壌で生	公衆 (成人)	経口	
17			産された畜産物	公衆 (子ども)	経口	
18		畜産物摂取	井戸水で飼育され	公衆 (成人)	経口	
19			た畜産物	公衆 (子ども)	経口	
20		養殖淡水産物	井戸水で養殖され	公衆 (成人)	経口	
21		摂取	た淡水産物	公衆(子ども)	経口	
30	埋設処分後	埋設地周辺居	埋設された土壌	公衆 (成人)	外部	評価地点は、直近民
31		住		公衆(子ども)	外部	家とする。
32		埋設地への一	埋設された土壌	公衆 (成人)	外部	評価地点は、埋設地
33		時立入り		公衆 (子ども)	外部	中央とする。

4. 評価概要

●共通

- ・Cs-134とCs-137の存在割合は2.42×10⁻⁵:1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、2045年(2015年の30年後)の存在比を計算。
- ・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.1,2(運搬経路周辺居住)
 - →土壌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(フレコン5袋分相当)、かさ密 度:1.6g/cm³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、105h/yとする。
- ●埋設作業中における埋設地からの被ばく
 - ·経路 No.3,5 (埋設地周辺居住)

本経路では、処分場の周辺の居住箇所として直近民家を想定する。線源は、埋設作業が終了し、覆土をする前の状態を想定したケースに対する評価を行う。また、処分場周辺の地形を考慮しない平面と仮定して評価を行う。

【評価条件】

- ・線源の面形状として、埋設地の形状を矩形状に模擬し、その線源厚さは4.7mとする。 全体の埋設地のうち、土壌等の遮へいが無い状態とする。
 - →評価地点までの距離(敷地境界および直近民家) 直近民家から処分場までの最短水平距離: 施設に起因する外部被ばく線量が線量限度(埋立段階において年間1mSv)を超 えない距離
 - →評価時間

直近民家における居住時間は保守的に8,760 時間/年とし、住居による遮蔽による効果は0.2とする。

- ●埋設地からの粉塵による被ばく
 - ・経路No.4,6,13 (埋設地周辺での粉塵吸入、農作物摂取)
 - →経路4,6(埋設地周辺での粉塵吸入)および経路13(埋設地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、 $2.4E-5g/m^3$ 、 $1.0E-4g/m^3$ とする。
- ●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。
- 浸透水量は、0.4m/yとする。

→クリアランスレベル評価で使用している日本の浸透水量の平均値。

- ・埋設地の下端から井戸までの距離は保守的に0mとする。
- ・地下水流速(ダルシー流速)は、1 m/yとする

【評価体系】

・埋設材からの漏洩率 η は、埋設材からの核種の溶出が分配平衡に基づいて起こると仮定し、以下の式で算出する。

$$\eta = \frac{P}{H_w \times (\varepsilon_w + \rho_w \times Kd_w)}$$

ここで、

η : 埋設材からの漏洩率 (1/y) P : 埋設材への降雨浸透水量 (m/y)

 H_{w} : 埋設材の厚さ (m) ε_{w} : 埋設材の空隙率 (-)

 H_w : 埋設材のかさ密度 (g/cm³) H_w : 埋設材の分配係数 (mL/g)

である。

●埋設処分後における埋設地からの被ばく

・経路 No.30-33 (埋設地付近への一時立入り&周辺居住)

本経路に対する線源サイズの条件、評価時間等は、経路No.3,5と同様とする。ただし、埋設処分後の評価であるから、埋設作業が終了した状態を想定したケースを対象とし、埋設領域が全て埋まり、さらに、その上を土壌1.3mで覆われているものとした。また、処分場周辺の地形を考慮せず平面と仮定して評価を行った。

【評価条件】

- ・線源の面形状として、埋設地の形状を矩形状で模擬し、その線源厚さは4.7mとした。 また、その表面は土壌1.3m で常に覆われているものとした
 - →評価地点までの距離(敷地境界および直近民家) 直近民家から処分場までの最短水平距離:

施設に起因する外部被ばく線量が線量限度(維持管理段階において年間 1mSv)を超えない距離

→評価時間

埋設地には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。

4. 評価パラメータ 評価に用いるパラメータを表2~7に示す。

表2 土壌の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧 (土壌の運搬)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
1,2	被ばく中の減衰期間		у	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。
	外部被ばくに対する	Cs-134	Q . 9	2.4E-02	以下の条件で、QAD-CGGP2R コード※1により 算出した。 線源の形状:高さ1m、幅1m、長さ5mの直方
1,2	(連搬経路周辺居	(運搬経路周辺居	μ Sv/h per Bq/g	8.6E-03	体 線源のかさ密度:2.0g/cm³ 評価点:1.0m×5.0mの底辺中央から3.0m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人 の計算値を1.3倍した。
1,2	運搬経路沿いの居住に 源に対する希釈係数	こおける線	-	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。
1,2	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分の間に被ばくすると仮定し、 105h/y とした。

 $[\]mbox{\%}\ 1$ Yukio SAKAMOTO, Shun-ichi TANAK A, QAD-CGGP2 AND G33-GP2 : REVISED VERSION OF QAD-CGGP AND G33-GP, JAERI-M 90-M-110, 1990.

表3 土壌の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧 (埋設作業中における埋設地周辺居住)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
3-6	被ばく中の減衰期間		у	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。
3-6	土壌に対する	希釈係数	_	1	埋設地に処分されるものは、すべて土壌とした。
3-6	住居までの)距離	m	300	
3,5	埋設地からの 外部被ばくに 対する線量換 算係数	Cs-134	μ Sv/h per	1.2E-02	以下の条件からEGS4コードにより算出した。 線源の形状:厚さ4.7m、幅1,700m、長さ1,700m の直方体(土壌) 線源のかさ密度: 2.0g/cm ³
	(ケースA、 現場周辺住 居)	スA、 辺住 Cs-137	Bq/g	3.2E-03	遮へい体なし 評価点:住居 なお、子どもの外被ばく線量換算係数は、成人の 計算値を1.3 倍した。
	埋設地からの 外部被ばくに 対する線量換	Cs-134	μ Sv/h	1.4E-02	以下の条件からEGS4コードにより算出した。 線源の形状:厚さ4.7m、幅500m、長さ500mの直 方体(土壌) 線源のかさ密度: 2.0g/cm ³
3,5	算係数 (ケースB、現 場周辺住居)	Cs-137	per Bq/g	3.8E-03	遮へい体なし 評価点:住居 なお、子どもの外被ばく線量換算係数は、成人の 計算値を1.3 倍した。
3-6	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。
3,5	遮へいも	系数	_	0.2	IAEA-TECDOC-401から、居住時間の20%を戸外で 過ごすと仮定した。

表4 土壌の最終処分に係る評価経路パラメータ一覧 (埋設地からの粉塵による被ばく)

1-1-1			I	
経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
4,6	最終処分場周辺空気中居住 ダスト濃度	g/m³	2.4E-05	戸外及び戸内におけるダスト濃度(戸外:1E-4 (g/m3) 及び戸内:5E-06 (g/m3))より、居住 者が居住時間の20%を戸外で過ごすと仮定し、重 みを付けて平均した。
4,6	微粒子への放射性物質の濃 縮係数 (吸入摂取)	ĺ	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。
4	居住者の呼吸量(成人)	m³/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。
6	居住者の呼吸量(子ども)	m³/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。
4,6	最終処分場周辺空気中ダスト濃度	g/m³	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 埋立作業時における空気中ダスト濃度を採用した。
4.6	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。
4.6	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。
4.6	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)

表5 土壌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	у	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(ケースA)	m	1,700	想定される埋設地規模から設定
10-21	埋設地の幅(ケースB)	m	500	想定される埋設地規模から設定
10-21	埋設地の長さ (ケースA)	m	1,700	想定される埋設地規模から設定
10-21	埋設地の長さ (ケースB)	m	500	想定される埋設地規模から設定
10-21	埋設厚さ(ケースA)	m	4.7	想定される埋設地規模から設定
10-21	埋設厚さ(ケースB)	m	4.7	想定される埋設地規模から設定
10-21	埋設材の空隙率	-	0.25	土壌の真密度($2.5\sim2.6$ g/cm³)と当該埋設材のかさ密度(2.0 g/cm³)から導出。
10-21	埋設材のかさ密度	g/cm ³	2.0	土壌を締め固めた場合の密度の最大値2.0g/cm³ とした。
10-21	Cs の埋設材の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(有機土壤、砂)
10-21	Cs の帯水層土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(砂)
10-21	浸透水量 (埋設地)	m/y	0.4	クリアランスレベル評価で使用している。日本 の浸透水量の平均値である0.4とした。
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 開発取りまとめー, 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5 土壌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	地下水流速 (ダルシー流速)	m/y	1	「新版地下水調査法」(山本荘毅、古院書院 1983)		
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 ³	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 ² /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	0	保守的に選定した。		
10-21	井戸水の混合割合	1	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 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。		
11	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。		
12-17	Cs の農耕土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(有機土壤)		
12-17	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。		
12-17	土壤水分飽和度(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。		
12-17	土壤実効表面密度	kg/m ²	240	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109に示された値を 用いた。		
12-17	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。		
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5 土壌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 44. 34. 34. 34. 34. 34. 34. 34. 34. 34.								
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	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。条件は以下のとおりである。 線源の形状:高さ10m、半径500mの円柱				
12	者:灌漑土壌 からの外部被 ばく) Cs-137		1.7E-01	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 した。				
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	農耕作業時の空気中ダスト 濃度	g/m³	5E-04	NUREG/CR-3585に示されたOPEN DUMF 及びIAEA-TECDOC-401に示された埋設処分 での埋立作業時における空気中ダスト濃度を 用した。				
13	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。				
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る一般公衆の線量評価について」に示され 葉菜に関する栽培期間の値(60d/y)を使用 た。				
14-17	農作物(葉菜、牧草)の栽培 密度	kg/m²	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 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 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。				
14,15	土壤水分飽和度(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)				
	米	kg/y	71					
14	農作物の年間摂 葉菜		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				
14	取量(成人) 非葉菜		45	年)				
	果実		22					

表5 土壌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	
				25		
	農作物の年間摂	葉菜	kg/y	5	「平成9年版国民栄養の現状」(厚生省保健医	
15	取量 (子ども)	非葉菜		23	療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997年)	
		果実		22		
		牛肉		5.0E-02		
		豚肉		2.4E-01		
16-19	Cs の畜産物への 移行係数	鶏肉	d/kg	1.0E+01	IAEA TRS No.364に示された値を用いた。	
	15 13 Nr.3X	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)	
	家畜の飼料摂取 量	肉牛	kg-dry/d	7.2		
		乳牛		16.1	IAEA-TRS-No.364において示された値を使用し	
16,17		豚		2.4	た。	
		鶏		0.07		
	畜産物の年間摂 取量(成人)	牛肉		8		
		豚肉		9	「平成8年版国民栄養の現状」(厚生省保健医	
16,17		鶏肉	kg/y	7	療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996	
		鶏卵		16	年)	
		牛乳	L/y	44		
	畜産物の年間摂 取量 (子ども)	牛肉	kg/y	3		
17,19		豚肉		4	「平成9年版国民栄養の現状」(厚生省保健医	
		鶏肉		5	療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997	
		鶏卵		10	年)	
		牛乳	L/y	29		

表5 土壌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		
	家畜の飼育水摂 取量	肉牛	L/d	50			
10.10		乳牛		60	PNL-3209に示された値を用いた。		
18,19		豚		10	FINL-3209(こかさ4じ/ご胆を用い/こ。		
		鶏		0.3			
20,21	養殖淡水産物の地下水利用率		ı	0.25	「日本の水資源(平成19年版)」(国土庁長軍 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6 土壌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一時立入り&周辺居住)

経路	名称		単位	選定値	選定根
No. 30-33	被ばく中の減衰期間		У	1	拠 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。
30-33	土壌に対する希釈係数			1	埋設地に処分されるものは、すべて土壌とし た。
30,31	住居までの距離		m	1	
30,31	埋設地からの外部 被ばくに対する線 量換算係数	Cs-134	μ Sv/h per Bq/g	1.2E-09	埋設地への人が一時立ち入ることが想定される場所として、埋設地の中央を想定した。また、周辺の居住箇所として埋設地から1m離れた位置直近民家を想定した。線源は、1 段目の堰堤に対する埋
50,51	単次学派数 (ケースA、埋設 地周辺)	Cs-137		3.4E-10	家を恋庭した。縁続は、F校日の優姫に対する 設作業を想定したケースに対する評価を行う。 た、処分場周辺の地形を考慮せず平面と仮定し 評価を行う。
	埋設地からの外部 被ばくに対する線 量換算係数 (ケースA、埋設 地中央)	Cs-134		3.6E-09	線源の形状として、埋設地の形状を矩形状 (500m×500m×4.7m) に模擬した。覆土厚は1.3m とした。
30,31		Cs-137		8.9E-10	上記の計算条件からEGS4コードにより線量換係数を算出し、計算結果を1.3倍することによりどもの換算係数とした。
	埋設地からの外部 被ばくに対する線 量換算係数 (ケースB、埋設 地周辺)	Cs-134		2.0E-08	埋設地への人が一時立ち入ることが想定される場所として、埋設地の中央を想定した。また、周辺の居住箇所として埋設地から1m離れた位置直近民
32,33		Cs-137		2.9E-10	家を想定した。線源は、1 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、処分場周辺の地形を考慮せず平面と仮定した
	埋設地からの外部 被ばくに対する線	Cs-134		3.0E-08	評価を行う。 線源の形状として、埋設地の形状を矩形状 (1700m×1700m×4.7m) に模擬した。覆土厚は
32,33	量換算係数 (ケースB、埋設 地中央)	Cs-137		6.6E-10	1.3mとした。 上記の計算条件からEGS4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。
32,33	年間滞在時間(埋設地中	h/y	400	1日1時間、埋設地中央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。
30,31	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。
30,31	遮へい係数		_	1.0	保守的な設定とした。
30-33	埋設地への処分が開始され るまでの期間		у	0	最終処分が終了する時期を2045年4月として、こ の時期を基準とした。

表7 土壌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(ICR	P P ubl.68)	一般公衆(ICRP P ubl.72)					
	吸入	経口	吸入		経口			
	"汉八	性口	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) 冨澤稔夫、トンネルと地下、仙台地下鉄南北線の施工計画、14、1、p46、198