

平成 28 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(第 3 回)

平成 29 年 2 月 24 日 (金)
13 : 00 ~ 15 : 00
於: JAEA 東京事務所 (富国生命ビル)

議事次第

1. 開会
2. 議題
 - (1) 土地造成に係る追加被ばく線量評価について
 - (2) その他
3. 閉会

配布資料一覧

WG3-1 平成 28 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(第2回)議事録

WG3-2 追加被ばく線量評価について(土地造成)

参考資料① 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
(環境省、平成 28 年6月 30 日)

参考資料② 追加被ばく線量が 0.01mSv/y を超えないための覆工コンクリートおよび覆土の厚さに係る検討について

参考資料③ 土地造成の線量評価に係る補足資料

平成 28 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(第 2 回)議事録

【取扱注意】

1. 日 時: 平成 28 年 5 月 17 日(火) 13:00~15:10
2. 場 所: JAEA 東京事務所(富国生命ビル)19 階第 5 会議室
3. 出席者(敬称略):
委員:佐藤委員長、明石委員、木村委員、田上委員、久田委員、山本委員
環境省:中間貯蔵チーム 小野、合田、金子
事務局(JAEA):油井、浅妻、武田、岡田、加藤、梅澤、中間、中澤、倉知
オブザーバ:JAEA 吉川
4. 資 料:
WG2-1 平成 28 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(第 1 回)議事メモ
WG2-2 減容処理後の安全な再生利用に係る基本的考え方について(案)
WG2-3 追加被ばく線量評価について
5. 議事等
環境省及び事務局より資料 WG2-1~WG2-3 の説明を行った。

○資料 WG2-1

佐藤委員長:確認していると思うので追記がある場合は、事務局と調整すること。

○資料 WG2-1

久田委員:P7 の下から 2 行目の「体験」とはどのようなことか。また、例として災害ガレキの資材化を検討した際、地盤工学会で資材として使えることを確認して県から各自治体に使用するよう働きかけをしたが、地元自治体からは使用したくないといわれた事例があった。公共事業で使用する場合、地域住民もそうだが自治体の理解も必要である。また、地域住民の理解が重要であるが、その際そのプロセス(廃棄物の発生場所と再利用先)の提示も大事であり、その辺の理解を得ることも重要である。

環境省:体験とは実証試験等で行ったときに実際にそこ(その地点)の放射線量を測ったりして紙(資料)で書かれていることを実際に現場で見て(直に確認して)もらうことが大事だと思っている。また、自治体の理解の表現に関しては、地域住民・関係者に自治体も追記して修文する。最後に「プロセス」に関しては、現在のところは区別せず(全国を対象として、特に限定しないで)進めていく予定であるが、地域住民・関係者、当該自治体の理解を得ながら段階を踏んで進めていきたいと考えている。

木村委員:8,000Bq/kg を基準とするロジックが分からない。通常は管理が煩雑にならないように、設定した濃度を基準にそれを遵守することとしている。時間管理で 8,000Bq/kg まで使用するということは、それを担保する管理方法が必要で、また証明できなければならず、これまでに例の無い管理方法を新たに考えなくてはならない。個人線量管理して作業を行うのであればそのような管理もできるが。本来、特別な追加の管理を不要にするように濃度で管理するということであった。8,000Bq/kg を使えるように時間管理するというのはチャレンジングである。

環境省:綿密な放射線管理は行わないが、大規模工事では 1 年間という工期もあるが、小規模の工事

のため工期が短期間であるケースや、再生資材の利用とバージン材を半分ずつ使うなどのケースを考えたとき、年間の作業、評価をすべて一律に規制すると安全側に規制しすぎになるのではないかと考える。その一方、実際の利用時は基準値より低い値で再利用されると考えると、初めの段階で低い値にしてしまうと何処までも低くなってしまおうという懸念が考えられる。計算上(評価上)はこの様な値となる、ということを出していきたい。

佐藤委員長:例えば植栽覆土では 1mSv/y相当濃度が 5,400Bq/kg を使用する等の説明があつて、上限値が 8,000Bq/kg であり、1mSv/y相当濃度が 13,000Bq/kg の構造物であっても 8,000Bq/kg で使用すると記載して欲しい。どのようなときでも 8,000Bq/kg を使うと取られないようにすること。

環境省:P4～5 の「7.再生資材の放射能濃度の制限」、資料2-3 P13 等に佐藤委員長の指摘事項を追記していく。

木村委員:国が用途ごとに濃度基準値を決めるという考え方はこれまでにはない、通常は被ばく線量が一番高くなる経路の値以下が基準値となる。コンクリートがれきの 3,000Bq/kg や指定廃棄物の 8,000Bq/kg の時もそのような考え方で決めた。ただし、6,000Bq/kg 以下であればこれまでの考え方と比較しても問題ないように思う。

佐藤委員長:数値の丸め方はどのような考え方が良いか

山本委員:クリアランスでは 0.3～3 までは 1 にする。ログスケールで数値を決めている。測定や検認の仕方やしやすさで変わってくると思う。どのような方法で評価するかで変わる。

田上委員:食品の基準を決めた時も議論になったが、切り下げの方が説明の時に理解されやすいのではないか。

山本委員:被ばくのシナリオの妥当性や数値の丸め方について、考えられる一番厳しいシナリオで計算して放射線を防護する選択肢と、平均的なシナリオで放射線を防護する 2 つの選択肢でどちらが正当化されるのかを説明してはどうか。また数値の選び方も平均値か丸めた結果の最低値をとるのかの 2 つの選択肢の中でどちらが最適で正当化される放射線防護なのか、言うところから説明してはどうか。

事務局(油井):「はじめに」のところに特措法で行うということを書いた方が良い。

環境省:追記する。

○資料 WG2-3

久田委員:P15 の構造物は壊れないということを書いていると思うが最近の震災等で壊れているという事実がある。しかし新しい構造物は、災害の経験を活かし、新たな基準で構築されるため、より壊れにくくなっていくというメッセージ性を記載してはどうか。

木村委員:P15 の「稀頻度な」という記載があるが定量性があるものではないので「万が一」等にしたらどうか。

田上委員:P13 の法面保護工厚さ 2～50cm の一般公衆の決定経路と濃度の欄で 15,000Bq/kg と記載されているが厚さによって変わってくるので、P14 の一般公衆の追加被ばく線量と覆土等の厚さの関係との整合性も踏まえ、厚さと濃度の関係性がわかるように表記した方がよい。

事務局:整合性をとった表現にする。

佐藤委員長:P14 は何を伝えたいのかわからない。

事務局:覆土等が 50cm ならどの用途でも 0.01mSv/y を満たすということで、50cm が必須という意図ではないので、それがわかるように修文する。

佐藤委員長:P18、19、20 のグラフの目盛り幅を誰が見ても見やすいように検討すること。

事務局:わかりやすいように修正する。

事務局(油井):参考資料 P17 は必要あるのか。

事務局:削除する。

環境省：災害時のスライドのボリュームが多いので参考資料に移動できるものは参考資料とする。

佐藤委員長：P21 の一般公衆で単位が $\mu\text{Sv/y}$ を mSv/y にすること。

事務局：単位を統一する。

佐藤委員長：参考資料に被ばく評価の計算方法(使用した計算コードの説明など)について記載しておくこと。

事務局：追記する。

以 上

追加被ばく線量評価について（土地造成）

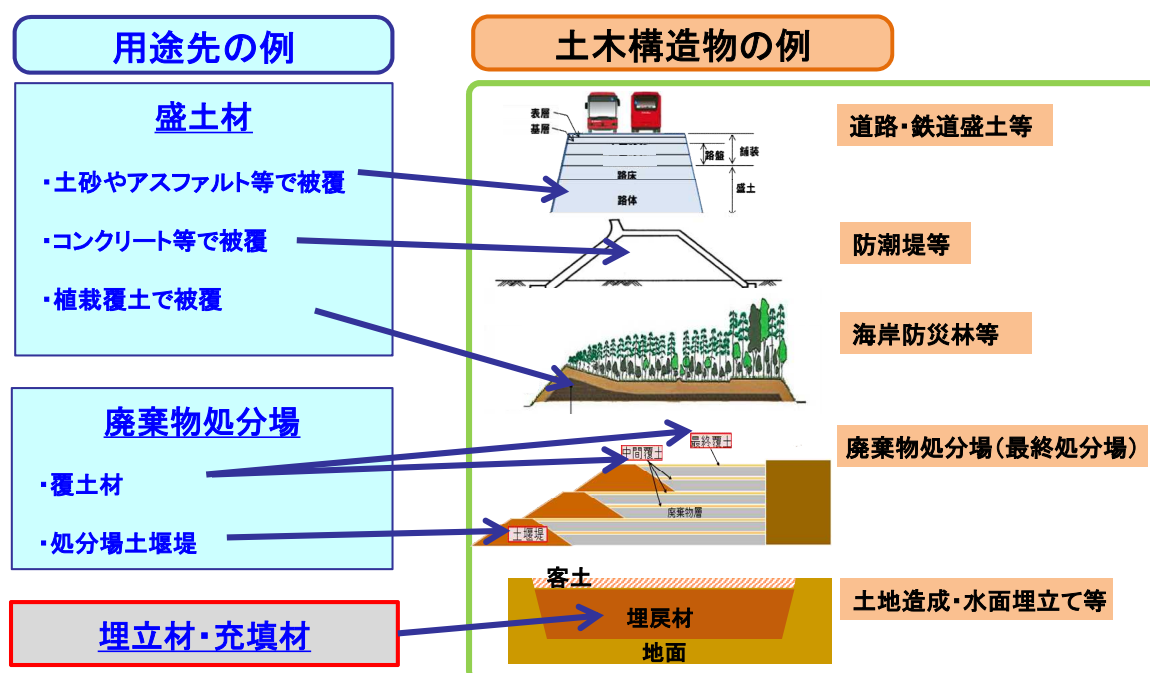
平成29年2月24日

JAEA

1. 再生利用の用途先の例

基本的な方針

- 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人為的な形質変更が想定されない盛土材等の構造基盤の部材に限定した上で、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限定的に利用する。
(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(抜粋))



2. 再生利用に係る追加被ばく線量評価に当たっての考え方

- 一般公衆及び作業員に対する追加被ばく線量が1 mSv/yを超えないことを条件として、再生資材中の放射性セシウム (¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs) の放射能濃度レベルを算出する。
- 算出した濃度レベルに基づき、供用時の一般公衆に対する追加的な被ばく線量の更なる低減のための遮へい厚等の施設の設計に関する条件の検討を行う。

対象プロセス		減容化・運搬・保管等	施工・供用（補修・改修工事の対応、二次的な土地利用等を含む）
濃度レベルを算出するための目安値	作業員	1 mSv/yを超えないようにする（当面の考え方※1） ただし、電離則又は除染電離則の対象となる場合は、当該規則を適用し、5年で100 mSvかつ1年間につき50 mSvとする。	1 mSv/yを超えないようにする（作業員も一般公衆と同じ【公衆被ばく】扱い）
	一般公衆	1 mSv/yを超えないようにする（特措法※2基本方針）	1 mSv/yを超えないようにする。
再生資材の濃度レベル		—	万一の場合も速やかに補修等の作業を実施できるよう、確実に電離則及び除染電離則の適用対象外となる濃度として、特措法の規制体系における斉一性も考慮して、8,000 Bq/kg以下を原則とする。なお、用途ごとの被ばく評価計算から誘導された濃度（1 mSv/y相当濃度）がこれ以下の場合は、その濃度以下とする。
施設の設計による追加被ばく線量のさらなる低減		—	破損時等を除く供用時における一般公衆の追加的な被ばく線量が、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（0.01 mSv/y※1）になるように適切な遮へい等の措置を講じる。

※1：ICRP勧告において「年に0.01～0.1 mSvの大きさのオーダー」は、「個人に何ら懸念を生じさせないと見なされる」リスクに相当し、かつ、「自然バックグラウンド放射線の変動と比べて小さい線量レベル」にも相当するとされている（ICRP Pub.104）。0.01 mSv/yはこのオーダーの下方に相当し、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に相当する値。

※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）
※2「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」

出典：環境省 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（第4回）資料4「追加被ばく線量評価について」（平成28年6月）

3. 用途ごとの再生資材として利用可能な放射能濃度

用途先		遮へい条件	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に必要な覆土等の厚さ（cm）
			6か月※2	9か月※2	1年※2	
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
		コンクリート等で被覆	8,000以下	8,000以下	6,000以下	50 cm以上※3
		植栽覆土で被覆	8,000以下	7,000以下	5,000以下	100 cm以上※3
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※4
	最終覆土材		8,000以下	7,000以下	5,000以下	30 cm以上※3
	土堰堤		8,000以下	8,000以下	8,000以下	30 cm以上

※1：用途先ごとの被ばく評価計算により算出された1mSv/年相当濃度の100Bq/kg以下の位を切り捨てて表記した。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、作業員の労務時間管理等により、作業員が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：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、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である（詳細については参考資料②を参照）。

※4：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

4. 放射能濃度を設定するための被ばく経路設定の考え方

- 再生利用先として想定される代表的な用途ごとに被ばく経路を設定し、被ばく評価計算により、1 mSv/y相当の放射性セシウムの放射能濃度レベルを算出する。
- 以下のような条件の下で被ばく経路を設定し、施工時・供用時を通じて作業員への特別な防護措置や施設利用・周辺居住の制限を設けずに再生利用が可能となるような再生資材の放射能濃度レベルを算出する。
 - (1)用途ごとの作業工程及び施設利用の情報に基づいた評価
(既往のクリアランスレベル評価の際の設定を参照し、現実的なシナリオ・パラメータを設定)
 - (2)不確実性の大きいパラメータについては、安全側に立った値を設定
 - (3)利用開始時の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の存在比を考慮

施工時

施工時の条件設定

- ✓ 再生資材の運搬、各種構造物の施工時における作業員及びその周辺住民の被ばく

通常の作業工程を調査し、再生資材（線源）からの被ばくを受けやすい工程、作業条件を抽出し、具体的な被ばく経路を選定する

供用時

供用時の条件設定

- ✓ 供用時の構造物の利用者、周辺住民の被ばく
- ✓ 通常の点検・補修作業時、改修・追加工事における作業員の被ばく

各用途の点検・補修作業、改修・追加工事の情報に基づく供用時の作業員、並びに通常の供用時の一般公衆を対象に、具体的な被ばく経路を選定する

災害・復旧時の条件設定

- ✓ 地震、豪雨等の自然災害の発生に伴い土木構造物が破損した場合を想定
- ✓ 復旧時の際の作業員及び周辺住民の被ばく

自然災害による破損事例及び復旧方法を調査し、要因と破損形態を分析し、線量評価の観点から復旧時の具体的な被ばく経路を選定する

出典：環境省 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（第4回）資料4「追加被ばく線量評価について」（平成28年6月）

4

5-1. 土地造成を想定した場合の検討事項

出典：環境省 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（第5回）資料2「低濃度土壌を用いた再生利用実証事業等について」（平成28年12月）

土地造成を用途として想定する場合、以下の2点について検討を進める。

①追加被ばく線量評価

これまで評価してきた盛土等と施工方法等が異なるため、土地造成に応じた検討が必要

□ パラメータ等の整合

- ✓ これまで評価してきた盛土等で用いた追加被ばく線量評価とパラメータ等の整合を取りつつ、評価を行う

②上部利用

土地造成により整備された土地の利用については、多様な上部利用が想定できるが、追加被ばく線量を評価するに当たっては一定の仮定を置いた検討が必要

□ 管理の継続性

- ✓ 管理の継続性を確保するための適切な記録保存・管理方法等の検討

□ 拡散防止対策

- ✓ 埋立後の工事（掘起し等）による再生資材の拡散を防止できる上部利用、対策等

5

5-2. 土地造成において想定する再生資材の利用形態

土地造成とは

土地利用目的にしたがって、土地の一部に土木工事を施し、新たに土地を作ること。

再生資材は埋立材として利用。

再生資材の多量の利用が想定される「土取場等の埋戻し」での土地造成を想定した。

<前提>再生利用の基本的な方針

- 管理主体や責任体制が明確
- 人為的な形質変更が想定されない

造成地の利用形態

農地
住宅地
工業用地
空港用地
緑地公園
森林 等

上記方針を
満たす利用形態

土取場等:

土地利用にあたっては埋戻し等による環境回復が必要な窪地状の土地

環境回復:

土地の復元または整備(本件では埋戻し・緑地化)

『土地造成』

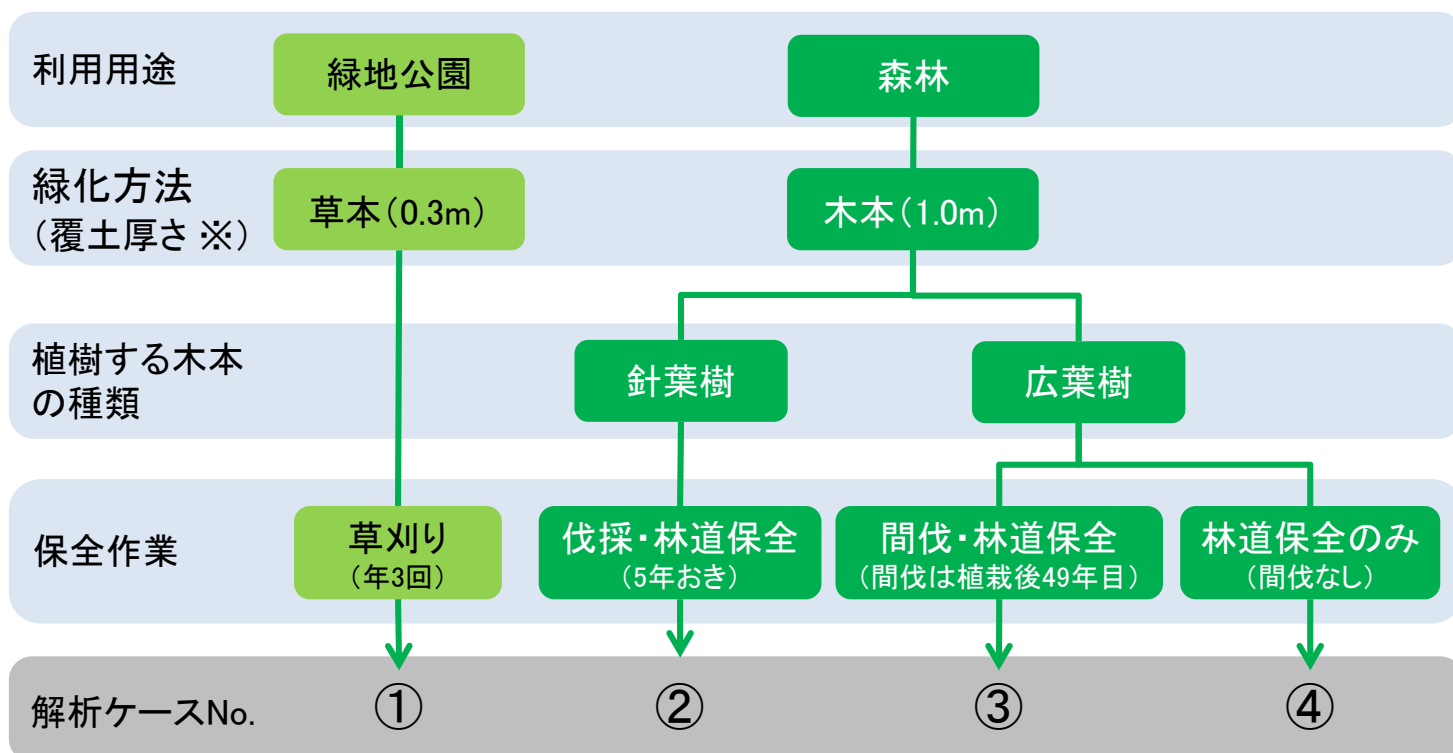
土取場(窪地等)を埋戻し・緑地化した造成地を、
管理主体等が明確で、
人為的な形質変更が想定されない

緑地公園
森林

として利用することを想定した。

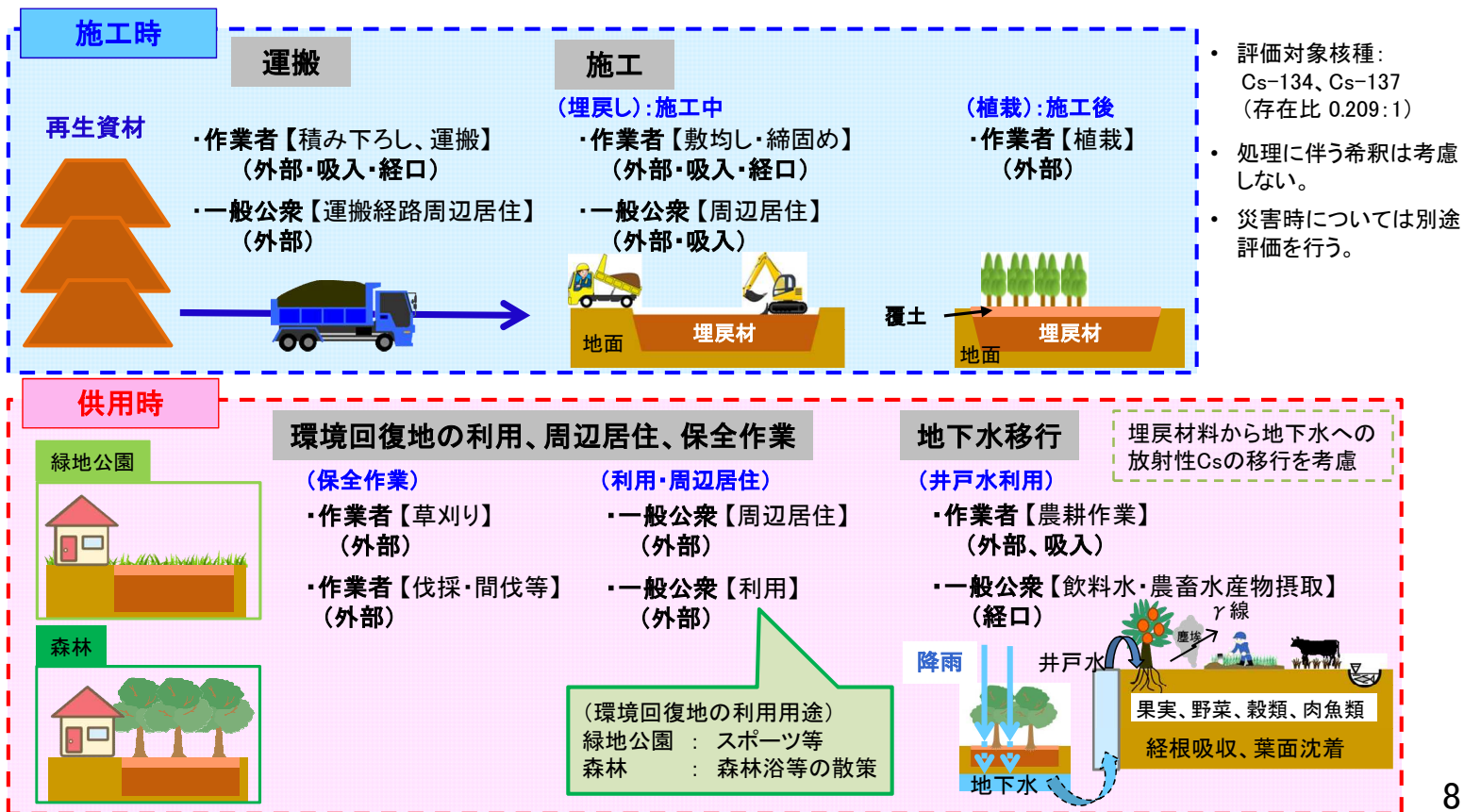
5-3. 造成地の利用用途による評価ケース

利用用途ごとに緑化方法、植樹の種類及び保全作業に応じて4ケースを設定



5-4. 土地造成における被ばく経路の設定

再生資材を埋戻材として、土取場等の環境回復に利用し、植栽用の客土で被覆した場合を想定し、検討対象となる具体的な行為、対象者、被ばく形態(外部、吸入、経口)を整理、被ばく経路を設定。



5-5. 土地造成における条件設定（施工時）

500 m×500 m×高さ 5 mの床堀型の土取場等の環境回復に再生資材を埋戻材として利用し、植生に合わせた客土で被覆(覆土厚；草本類:0.3 m、木本類:1.0 m)後、植栽による緑地化を行った場合を想定。

	草本植栽	木本植栽(針葉樹・広葉樹)
運搬作業	● 積み下ろし作業員(外部・吸入・経口) ・評価点：大型トラックに積み込んだ線源の側面中央から1m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 0.4	● 運搬作業員(外部) ・評価点：大型トラックに積み込んだ線源の側面中央から1m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 0.9 ● 運搬経路周辺居住者(外部) ・評価点：大型トラックに積み込んだ線源の側面の底辺中央から1 m ・被ばく時間 450 h/y ・遮へい係数 1.0 線源：高さ0.6m×幅2.0m×長さ5.0mの直方体
敷均し・締固め作業	覆土による遮へいなし ● 敷均し・締固め作業員(外部・吸入・経口) ・評価点：回復地中央、高さ1 m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 1.0 【かさ密度】埋戻材：2.0 g/cm³、地面：1.7 g/cm³	● 周辺居住者(外部・吸入) ・評価点：回復地端から1m、高さ1 m ・被ばく時間 8,760 h/y ・遮へい係数 0.2 掘削穴の深さは一律に5.0 mとし、そこから育成に必要な覆土厚を除いたものを埋戻材厚とした。 草本植栽：4.7 m 木本植栽：4.0 m
植栽作業	覆土(0.3 m)による遮へいあり ● 植栽作業員(外部) ・評価点：回復地中央、高さ1 m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 1.0 【かさ密度】埋戻材：2.0g/cm³、地面：1.7g/cm³、覆土：1.5g/cm³	覆土(1.0 m)による遮へいあり ● 植栽作業員(外部) ・評価点：回復地中央、高さ0.5m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 1.0

5-6. 土地造成における条件設定（供用時）

草本と木本による植栽を設定。木本による植栽については、針葉樹および広葉樹を植栽した場合をそれぞれ想定。広葉樹では、間伐を行う場合と無間伐の場合を想定。

	草本植栽	木本植栽（針葉樹・広葉樹）
草刈・伐採等作業、環境回復地利用、周辺居住	覆土（0.3m）による遮へいあり ● 利用者（外部） ・評価点：回復地中央、高さ1m ・被ばく時間 400 h/y ・遮へい係数 1.0 ● 草刈作業（外部） ・評価点：回復地中央、高さ1m ・被ばく時間 250 h/y ・遮へい係数 1.0 1h/dの散歩を想定 年3回草刈を実施 1年間住み続けることを想定 埋戻材 地面 覆土0.3m ● 周辺居住者（外部） ・評価点：回復地端から1m、高さ1m ・被ばく時間 8,760 h/y ・遮へい係数 0.2 【かさ密度】埋戻材：2.0g/cm³、地面：1.7g/cm³、覆土：1.5g/cm³	覆土（1.0m）による遮へいあり ● 利用者（外部） ・評価点：回復地中央、高さ1m ・被ばく時間 400 h/y ・遮へい係数 1.0 ● 周辺居住者（外部） ・評価点：回復地端から1m、高さ1m ・被ばく時間 8,760 h/y ・遮へい係数 0.2 1h/dの散歩を想定 1年間住み続けることを想定 ● 保全作業（外部） ・評価点：回復地中央、高さ1m ・被ばく時間 1,000 h/y ・遮へい係数 1.0 植栽2年後から、樹木にCsが移行 地面 覆土1.0m ● 針葉樹 ・植栽後7年目から5年毎に伐採（保全作業） ● 広葉樹（間伐） ・年間437.2 g/m²のリターフォール等 ・植栽後9年目から10年毎に林道の保全作業を実施 ・植栽後49年目に間伐（保全作業） ● 広葉樹（無間伐） ・年間437.2 g/m²のリターフォール等 ・植栽後9年目から10年毎に林道の保全作業を実施 ・間伐は行わない
地下水移行	・再生資材を使用する部材のみをソースタムに設定 ・埋戻材への浸透水量：0.4m/y（日本の浸透水量平均値）	・盛土の空隙率：0.25 ・盛土の収着分配係数：270 mL/g（IAEA TRS No.364、有機土壌、砂） ・環境回復地端から井戸までの距離：0 m

10

5-7. 評価時期ごとの線源の設定

草本植栽

- ・埋戻材のみを線源とした。
- ・環境回復直後の0年のみ評価を行った。

評価時期	線源
0年	埋戻材のみ

木本植栽

- ・環境回復直後は、埋戻材のみを線源とした。
- ・根系の伸長速度（4 cm/月）より、植栽後2年で根が埋戻材に達するとし、経根吸収により放射性Csがとりこまれた樹木も線源として設定した。

針葉樹

- ・植栽後7年目から5年毎に伐採を行うこととし、地表に均一に分布した伐採木も線源として設定する。なお、評価は5年ごと47年までとし、伐採の前後で評価した。

広葉樹（間伐）

- ・Csを含むリターフォール等で形成される堆積有機物層も線源として設定した。
- ・植栽後49年目に間伐を行うこととし、地表に均一に分布した間伐木も線源として設定した。

広葉樹（無間伐）

- ・Csを含むリターフォール等で形成される堆積有機物層も線源として設定した。

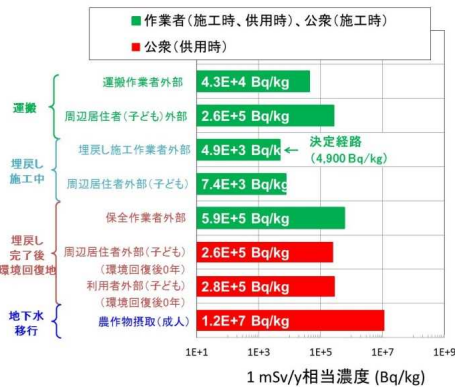
評価時期	線源	評価時期	線源	評価時期	線源
0年	埋戻材のみ	0年	埋戻材のみ	0年	埋戻材のみ
植栽後2年	埋戻材＋樹木	植栽後2年	埋戻材＋樹木	植栽後2年	埋戻材＋樹木
植栽後7年・伐採前		植栽後9,19,29,39,49年（間伐前）	埋戻材＋樹木＋堆積有機物層	植栽後9,19,29,39,49,59,69,79年	埋戻材＋樹木＋堆積有機物層
植栽後7年・伐採後	埋戻材＋樹木＋伐採木	植栽後49,59,69,79年（間伐後）	埋戻材＋樹木＋堆積有機物層＋間伐木		
植栽後12,17,22,27,32,37,42,47年（伐採前・後）					

11

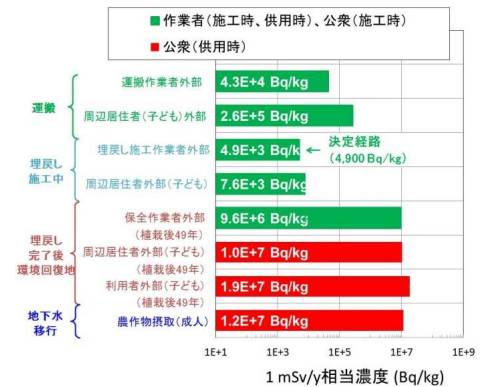
5-8. 植栽覆土で被覆された造成地における 1 mSv/y相当濃度の評価

- 1 mSv/y(施工時、供用時)を超えない放射性セシウムの放射能濃度レベルを算出。主要な被ばく経路における1 mSv/y相当濃度及び決定経路(最も影響が大きい被ばく経路)は、すべてのケースで埋戻し施工中の埋戻し施工作業員における外部被ばくで4,900 Bq/kgとなった。

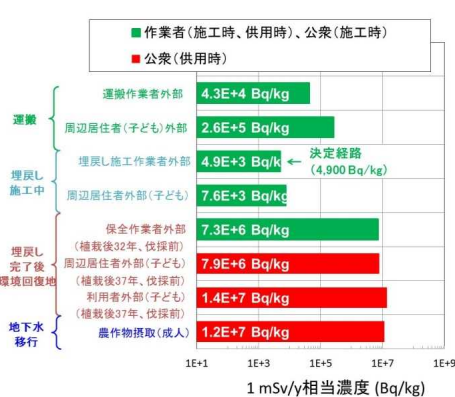
ケース① 緑地公園 (草本植栽)



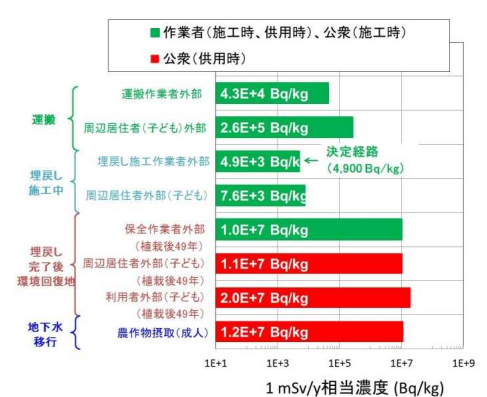
ケース③ 森林 (木本植栽) 広葉樹 間伐



ケース② 森林 (木本植栽) 針葉樹



ケース④ 森林 (木本植栽) 広葉樹 無間伐



＜使用した計算コード＞

- ◆ MCNP5コード
- ◆ QAD-CGGP2Rコード
- ◆ クリアランスレベル評価コードPASCLR2

5-9. 算出される放射能濃度レベル 及び 施設設計（覆土等の厚さ）による追加被ばく線量の更なる低減

- 追加被ばく評価計算から算出される1 mSv/y相当濃度は下表のとおりである。

用途先	緑化方法	決定経路と1 mSv/y相当の放射能濃度レベル					
		一般公衆	1年間の放射能濃度レベル (Bq/kg)	作業者	作業期間限定に応じた放射能濃度レベル (Bq/kg)		
					6か月	9か月	1年
埋立材	草本類	埋戻し施工中周辺居住者 子ども-外部被ばく	7,400	埋戻し施工作業者-外部被ばく	9,700	6,500	4,900
	木本類		7,600				

- 評価対象は、供用時における一般公衆の決定経路となる周辺居住の子どもとした。
- 1mSv/y相当の放射能濃度レベル 4,000 Bq/kg 及び 7,000 Bq/kgとした結果を下表に示す。
- 草本類の評価では、保守的に覆土厚を30 cmに設定をした。さらに覆土厚を40 cm、50 cmとした評価を行い、供用時の一般公衆の被ばく線量低減のための覆土厚を検討した。
- 覆土厚を40 cm以上とすると、外部被ばく線量が10 μ Sv/yを下回ることが確認できた。

経路	用途先	覆土等	再生資材の放射能濃度	覆土等の厚さに応じた一般公衆の追加被ばく線量 (外部被ばく) [mSv/y]			
			[Bq/kg]	30 cm	40 cm	50 cm	100 cm
一般公衆の外部被ばく	埋立材	草本類	4,000	0.016	< 0.01	< 0.01	< 0.01
			7,000	0.027	< 0.01	< 0.01	< 0.01
		木本類	4,000	—	—	—	< 0.01
			7,000	—	—	—	< 0.01

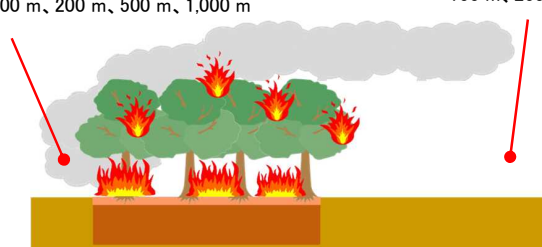
6-1. 災害・復旧時における検討条件の概要

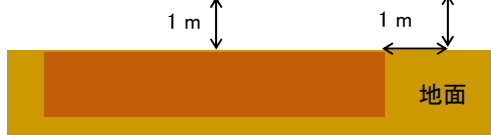
自然災害	検討結果
地震	地震動に伴う液状化等による形質の変状が考えられるが、下記の理由から評価の対象から外した。 <草本植栽> 平地に対する埋戻しであるため、崩壊の発生は考えられない。 また、補修工事等が考えられるが、供用時における土取場等の敷均し・締固めで代表可能。 <木本植栽> 覆土厚を1mとしており、露出の可能性は低いと想定される。
津波	津波が到達しない内陸にあると想定されることから評価の対象から外した。
火災	植栽した樹木の火災の可能性が考えられる。 <草本植栽> 草本への放射性核種の移行は考慮していないことから、評価の対象から外した。 <木本植栽> 木本への放射性核種の移行を考慮しているため、 評価の対象とした。
暴風・竜巻	暴風・竜巻による倒木で寝返りが発生することが考えられるが、下記の理由から評価の対象から外した。 <草本植栽> 草本のみのため倒木が発生しない。 <木本植栽> 倒木による寝返りの発生は考えられるが、覆土厚を1mとしており、露出の可能性は低いと想定される。倒れた樹木からの被ばくについては、伐採作業員において同様の評価をしている。
異常降雨(豪雨)	平地であることから含水状態の変化による形状変化により露出する可能性は低いと考えられるが、表層水による表面侵食で地表面が削られ露出する可能性が考えられる。 <草本植栽> 覆土厚を0.3mとしており、露出の可能性はある。 <木本植栽> 覆土厚を1mとしており、露出の可能性は低いと想定される。

草本植栽のケースで異常降雨の評価を代表するものとした。

14

6-2. 土地造成における条件設定（災害時）

火災				
植栽した樹木が全焼した場合を想定。 延焼面積: 20 ha 風速: 1.0 m/s ●消防士(外部・吸入) 被ばく時間 24.0 h ブルームからの被ばく → 半無限線源(サブマージョンモデル) 地表からの被ばく → 無限平板線源 線源の高さ方向の広がりが → 100 m、200 m、500 m、1,000 m ●周辺公衆(外部・吸入) 被ばく時間 24.0 h ブルーム、地表からの被ばく → ガウスブルームモデル <大気安定度> → A型、D型、F型 火災ブルームの上昇高さ → 100 m、200 m、500 m 				
火災は、植栽された樹木中の放射性セシウムの総量が最も多くなる時期に発生したものとした。				
		針葉樹	広葉樹 (間伐)	広葉樹 (無間伐)
発生年(評価時期)		42	59	59
樹木中の総 Bq数	Cs-134	4.5E+1	6.3E-2	6.5E-2
	Cs-137	2.3E+7	6.7E+6	7.0E+6
(単位再生資材中濃度あたり)				

異常降雨(豪雨)	
【かさ密度】埋戻材: 2.0 g/cm³、地面: 1.7 g/cm³ ●復旧作業員(外部・吸入・経口) 評価点: 環境回復地中央、高さ1 m 被ばく時間 500 h/y 遮へい係数 1.0 ●周辺居住者(外部) 評価点: 埋戻材上端から1.0 m、高さ1.0 m 被ばく時間 2,160 h/y 遮へい係数 0.2 	
木本植栽の場合にも表面侵食による覆土の減少は考えられるが、覆土が1.0mと厚く、線源の露出の可能性が低いこと、また、より線源が大きくなることから、草本植栽の評価で代表するものとした。	
復旧に要する期間は、道路鉄道盛土等を参考に3ヶ月とした。	
作業員が、復旧期間3ヶ月のうち、1日8時間・60日を当該作業に従事すると被ばく時間は480h/yとなる。この結果から500h/yと設定した。 周辺居住者の被ばく時間は復旧期間の3ヶ月とした。	
●評価対象核種: Cs-134、Cs-137(存在比 0.209:1) ●処理に伴う希釈は考慮しない。	

(単位再生資材中濃度あたり)

15

6-3. 土地造成における災害・復旧時の被ばく線量の検討（火災）

- 火災時の被ばく線量の検討経路は以下のとおり。
- 再生資材濃度7,000 Bq/kgで試算した結果を示す。伐採木の燃焼も考慮した。
- 被ばく線量が最大となる経路は、消防士のプルームによる内部被ばくであるが、3ケースとも1mSv/yを下回った。

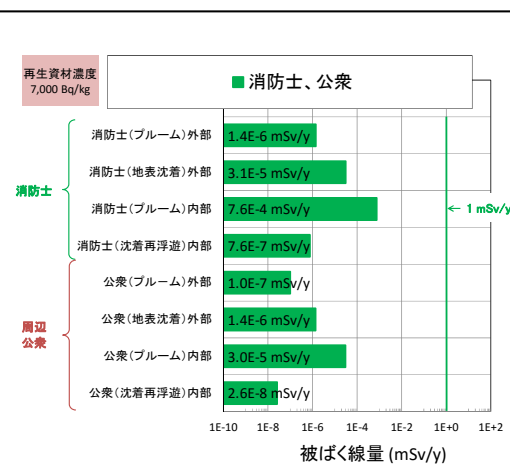
①消防士の経路

経路	対象者	線源	被ばく形態
1	消防士	放出されたプルーム	外部
2		地表沈着したCs	外部
3		放出されたプルーム	粉塵吸入
4		地表沈着したCs	粉塵吸入

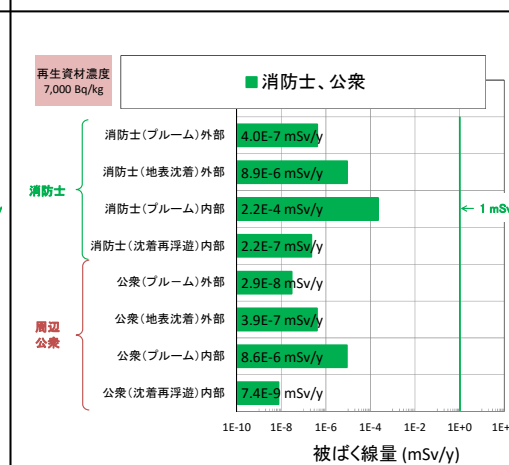
②周辺公衆の経路

経路	対象者	線源	被ばく形態
5	周辺公衆	放出されたプルーム	外部
6		地表沈着したCs	外部
7		放出されたプルーム	粉塵吸入
8		地表沈着したCs	粉塵吸入

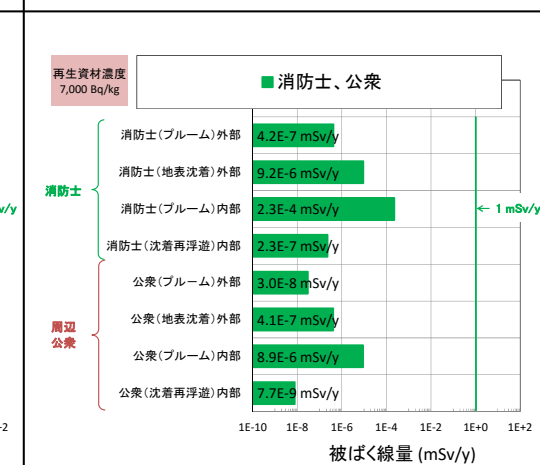
針葉樹(42年目)



広葉樹・間伐(59年目)



広葉樹・無間伐(59年目)



16

6-4. 土地造成における災害・復旧時の被ばく線量の検討（異常降雨（豪雨））

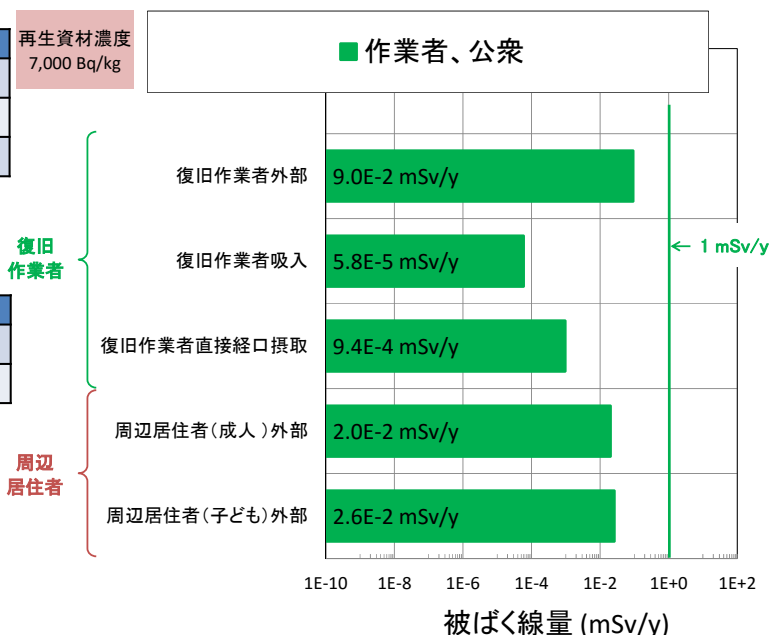
- 異常降雨(豪雨)時の被ばく線量の検討経路は以下のとおり。
- 再生資材濃度7,000 Bq/kgで試算した結果を示す。
- 被ばく線量が最大となる経路は、復旧作業時の外部被ばくであるが、1mSv/yを下回った。

①復旧作業者の経路

経路	対象者	線源	被ばく形態
1	復旧作業者	露出した埋戻材	外部
2			粉塵吸入
3			直接経口

②周辺居住者の経路

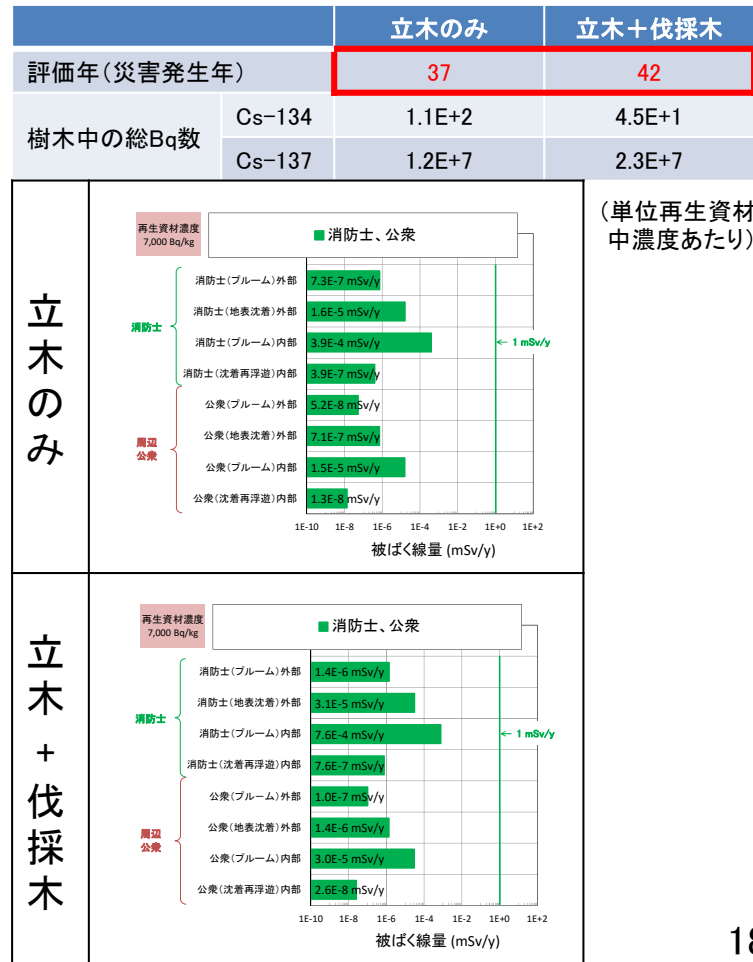
経路	対象者	線源	被ばく形態
4	周辺居住者(成人)	露出した埋戻材	外部
5	周辺居住者(子ども)		外部



17

6-5. 火災評価における伐採木考慮の有無による 評価結果比較（針葉樹）

- 既往の海岸防災林の火災評価では、立木の燃焼のみを想定し、伐採木の燃焼は考慮していない。
- 本評価では、伐採木も燃えたとした評価を行った。
- 対象は伐採木の材積が多く、最も影響が大きい針葉樹とした。
- 火災は対象の樹木中の総Bq数が最大となる時期に発生するとした。
- 表に単位再生資材濃度の場合に樹木中の総Bq数が最大となる時期とその時のBq数を示す。
- より保守的に伐採木を考慮したケースの被ばく線量は、立木だけのケースに比べて約2倍高くなる結果となった。
- ただし、どちらのケースにおいても、最大となる消防士のブルームによる内部被ばくの線量は、十分に1 mSv/y を下回ることが確認できた。



18

参考資料1 土地造成を例とした供用時の検討経路(1/2)

経路	検討対象		線源	対象者	被ばく形態	備考
1	建設現場への運搬	積み下ろし作業	再生資材	作業者	外部	※経路No.14～19は草本植栽の場合（○-1）と木本植栽の場合（○-2）の2通りを評価する。 ※木本植栽の場合（○-2）は、さらに樹木の種類及び保全方法により、針葉樹・広葉樹・間伐、広葉樹・無間伐の3通りを評価する。（計4ケース） ※木本植栽の場合（○-2）は、樹木成長等を考慮し、経時変化を評価する。
2					粉塵吸入	
3					直接経口	
4		運搬作業		作業者	外部	
5		運搬経路		一般公衆（成人）	外部	
6		周辺居住		一般公衆（子ども）	外部	
7	土取場等の埋戻し	敷均し・締固め作業	埋戻材料	作業者	外部	
8					粉塵吸入	
9					直接経口	
10		周辺居住（埋戻し中）		一般公衆（成人）	外部	
11				粉塵吸入		
12				一般公衆（子ども）	外部	
13		粉塵吸入				
14-1	植栽作業（埋戻し後）	草本の植付	作業者	外部		
14-2		木本の植付	作業者	外部		
15-1	土取場等の環境回復後（緑地公園または森林）	保全作業（緑地公園・草刈り）	埋戻材料	作業者	外部	
15-2		保全作業（森林・伐採等）	埋戻材料、樹木、伐採木（伐採前・後）、堆積有機物層（広葉樹のみ）	作業者	外部	
16-1		周辺居住（緑地公園）	埋戻材料	一般公衆（成人）	外部	
16-2		周辺居住（森林）	埋戻材料、樹木、伐採木（伐採前・後）、堆積有機物層（広葉樹のみ）	一般公衆（成人）	外部	
17-1		周辺居住（緑地公園）	埋戻材料	一般公衆（子ども）	外部	
17-2		周辺居住（森林）	埋戻材料、樹木、伐採木（伐採前・後）、堆積有機物層（広葉樹のみ）	一般公衆（子ども）	外部	

19

参考資料1 土地造成を例とした供用時の検討経路 (2/2)

経路	検討対象		線源	対象者	被ばく形態	備考
18-1	土取場等の環境回復後 (緑地公園 または 森林)	環境回復地利用 (緑地公園)	埋戻材料	一般公衆(成人)	外部	※経路No.14～19は草本植 栽の場合(○-1)と木本 植栽の場合(○-2)の2通 りを評価する。 ※木本植栽の場合(○-2) は、さらに樹木の種類及 び保全方法により、針葉 樹、広葉樹・間伐、広葉 樹・無間伐の3通りを評価 する。(計4ケース) ※木本植栽の場合(○-2) は、樹木成長等を考慮し、 経時変化を評価する。
18-2		環境回復地利用 (森林)	埋戻材料、樹木、 伐採木(伐採前・後)、 堆積有機物層(広葉樹のみ)	一般公衆(成人)	外部	
19-1		環境回復地利用 (緑地公園)	埋戻材料	一般公衆(子ども)	外部	
19-2		環境回復地利用 (森林)	埋戻材料、樹木、 伐採木(伐採前・後)、 堆積有機物層(広葉樹のみ)	一般公衆(子ども)	外部	
20	土取場等の環境回復後 の 地下水移行 (井戸水利用)	飲料水摂取	井戸水	一般公衆(成人)	経口	
21				一般公衆(子ども)	経口	
22		農耕作業	井戸水で 灌漑した土壌	作業者	外部	
23					粉塵吸入	
24		農作物摂取	灌漑した土壌で生産された 農作物	一般公衆(成人)	経口	
25				一般公衆(子ども)	経口	
26		畜産物摂取	灌漑した土壌で生産された 畜産物	一般公衆(成人)	経口	
27				一般公衆(子ども)	経口	
28		畜産物摂取	井戸水で飼育された畜産物	一般公衆(成人)	経口	
29				一般公衆(子ども)	経口	
30		養殖淡水産物 摂取	井戸水で養殖された 淡水産物	一般公衆(成人)	経口	
31				一般公衆(子ども)	経口	

20

参考資料2 土地造成における災害時の検討経路

<火災時>

経路	評価対象	線源	対象者	被ばく形態	備考
1	消火作業	ブルームに含まれるCs	消防士	外部	森林の火災を想定。 対象は、供用時と同様に、 以下の3ケースとした。
2		地表面沈着したCs		外部	
3		ブルームに含まれるCs		粉塵吸入	
4		地表面沈着したCsの再浮遊		粉塵吸入	
5	周辺居住	ブルームに含まれるCs	公衆	外部	①針葉樹 ②広葉樹・間伐 ③広葉樹・無間伐
6		地表面沈着したCs		外部	
7		ブルームに含まれるCs		粉塵吸入	
8		地表面沈着したCsの再浮遊		粉塵吸入	

<異常降雨(豪雨)時>

経路	評価対象	線源	対象者	被ばく形態	備考
1	復旧作業	土壌浸食により 露出した 埋戻材	作業者	外部	降雨により発生した洪水で 地面の表層30 cmが流出し、 埋戻材が露出した場合を想定した。
2				粉塵吸入	
3				直接経口	
4	周辺居住		公衆(成人)	外部	
5				粉塵吸入	
6			公衆(子ども)	外部	
7				粉塵吸入	

21

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

環境省

1. 目的及び適用範囲

福島県内における除染等の措置に伴い生じた土壌及び廃棄物（以下、「除去土壌等」という。）について、中間貯蔵開始後 30 年以内の福島県外における最終処分の完了に向けて、環境省は、平成 28 年 4 月に「中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略」（以下、「技術開発戦略」という。）を策定した。この技術開発戦略においては、周辺住民や作業者に対する放射線に関する安全性を確保することを大前提として、減容処理等を行った上で除去土壌を再生資材化し、適切な管理の下での利用を実現するための基本的考え方（以下「本基本的考え方」という。）を示すこととされている。

本基本的考え方における「再生資材」とは、除去土壌を適切な前処理や汚染の程度を低減させる分級などの物理処理をした後、用途先で用いられる部材の条件に適合するよう品質調整等の工程を経て利用可能となったものをいう。また、「再生利用」とは、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人為的な形質変更が想定されない盛土材等の構造基盤の部材に限定した上で、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、再生資材を限定的に利用することをいう。この「再生利用」は、クリアランス制度*のように放射線防護に係る規制の枠組みから除外し再生資材の制約のない自由な流通を認めるものとは異なり、「平成 23 年 3 月 11 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」（平成 23 年法律第 110 号、以下「特措法」という。）の基準等に従い、適切な管理の下で行うことを想定している。なお、除去土壌を化学処理や熱処理等した後の生成物や、焼却灰等の廃棄物については、現在のところ、減容処理前後の性状や再生資材としての品質・用途が必ずしも明らかになっていないことから、本基本的考え方の対象としていない。

本基本的考え方は、関係者の理解・信頼を醸成しつつ、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の基本的な考え方を示すものである。再生利用の本格化に向けた環境整備として、今後、本基本的考え方を指針として、放射線防護・規制、土木施工・管理等に関するノウハウを有する関係機関からの協力を得ながら、実証事業、モデル事業等を実施し、放射線に関する安全性の確認や具体的な管理の方法の検証を行うものとする。

*原子力施設等の解体等で発生する金属くず、コンクリート破片、ガラスくず（ロックウール及びグラスウールに限る）のうち、放射性物質として取り扱う必要のないものについて、放射線防護に係る規制の枠組みから除外して制約なく利用可能とする制度。

2. 関連する ICRP 勧告及び国内の基準・指針

国際放射線防護委員会（ICRP）では、放射線による被ばくを制御することにより、放射線から人体を防護することを目的とし、被ばく状況を計画被ばく、緊急時被ばく、現存被ばくの3つに分類して、防護の基準を定めている。このうち、平常時（計画被ばく状況）では、公衆の線量限度は年間 1 mSv を勧告（Pub. 60）しており、現存被ばく状況においては、年間 1～20 mSv の範囲の下方部分から適切な参考レベルを選択することとし、長期目標としては参考レベルを年間 1 mSv とすることを勧告している（Pub. 103）。また、ICRP 勧告（Pub. 104）においては、放射線防護に係る規制から除外する際の考え方として、「年に 0.01～0.1 mSv の大きさのオーダー」は、「個人に何ら懸念を生じさせないと見なされる」リスクに相当し、かつ、「自然バックグラウンド放射線の変動と比べて小さい線量レベル」にも相当するとされており、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に相当する値であるとしている。

特措法基本方針（平成 23 年 11 月閣議決定）においては、除染等の措置による長期的な目標として追加被ばく線量が 1 mSv/年以下となることを目指すこととしており、追加被ばく線量が 1 mSv/年以上となる区域において除染実施計画を定める区域を指定することとしている。また、除去土壌の減容化、運搬、保管等に伴い周辺住民が追加的に受ける線量が 1 mSv/年を超えないようにすることとしている。

事故由来の放射性物質の影響を受けた廃棄物の再利用については、平成 23 年 6 月 3 日付け原子力安全委員会「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」において、クリアランスレベルを準用した再利用の考え方は、一般環境そのものに事故の影響が認められるという今回の特殊性を踏まえ、リサイクル施設等で再利用に供されるものの放射性物質の濃度等が適切に管理され、かつ、クリアランスレベルの設定に用いた基準（10 μ Sv/年）以下となることが確認される場合に限り、その適用を認めるとされている。

3. 基本的な方針

中間貯蔵に搬入される除去土壌等は最大 2,200 万 m^3 と推計され、全量をそのまま最終処分することは、必要な規模の最終処分場の確保等の観点から実現性が乏しいと考えざるを得ない。土壌は本来貴重な資源であるが、放射性物質を含む除去土壌はそのままでは利用が難しいことから、放射能濃度を用途に応じて適切に制限した再生資材を、安全性を確保しつつ地元の理解を得て利用することを目指す。具体的には、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、追加被ばく線量評価に基づき、追加被ばく線量を制限するための放射能濃度の設定や覆土等の遮へい措置を講じた上で、特措法に基づく基準に従って適切な管理の下で限定的に利用することとする。これにより、土壌資源の有効利用による土砂の新規採取量の抑制を図るとともに、最終処分必要量を減少させ、最終処分場の施設規模を縮小することにより、県外最終処分の実現

をより容易にする。

再生資材の利用を円滑に進めるためには、放射線に関する安全性を確認しつつ、関係者の理解・信頼を得て社会的受容性を醸成する取組を段階的に進める必要がある。このため、本基本的考え方で示した管理の妥当性を検証するとともに、地元の理解や社会的受容性を向上させること等を目的として、実証事業やモデル事業等を実施し、再生利用の本格化に向けた環境整備を行う。

4. 再生資材に要求される放射能以外の品質

再生資材に要求される放射能以外の品質については、構造上及び耐力上の安全性、放射能以外の環境安全性等、用途に応じて、通常の土木構造物に求められる要求品質を満足するものとする。例えば、「建設発生土利用技術マニュアル（土木研究所編著）」、「災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン（地盤工学会）」等に、土質区分別の適用用途標準、粒度、強度、含水比、有害物質等の要求品質がまとめられている。

5. 追加被ばく線量を制限するための考え方

特措法基本方針において減容化、運搬、保管等に伴い周辺住民が追加的に受ける線量が1mSv/年を超えないようにすることとされていることを踏まえ、再生利用に係る周辺住民・施設利用者及び作業者の追加被ばく線量については、1 mSv/年を超えないようにする。ただし、周辺環境が一定程度汚染されており電離放射線障害防止規則（以下、「電離則」という。）又は東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則（以下、「除染電離則」という。）の対象となる場合は、当該規則を適用し、作業者の追加被ばく線量は5年で100 mSv かつ1年間につき50 mSvを超えないものとする。さらに、破損時等を除く供用時においては、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（0.01 mSv/年）[†]になるように適切な遮へい厚を確保する等の措置を講じる。

周辺住民・施設利用者及び作業者における追加被ばく線量が1 mSv/年を超えないようにするための措置としては、再生資材の出荷元が限定されていること、公共事業等においては施工・維持管理の体制が整備されていること等から、①計画・設計時における使用する場所、事業種、部位の限定、②計画・設計に応じた減容処理・出荷時における再生資材の放射能濃度の制限、③施設の施工・供用時における使用・保管場所及び持ち出しの管理、遮へい及び飛散・流出の防止措置を講じることにより、追加被ばく線量を制限する。

計画・設計時の条件については6. で、再生資材の放射能濃度の制限については7. で、

[†] ICRP 勧告において「年に0.01～0.1 mSvの大きさのオーダー」は、「個人に何ら懸念を生じさせないと見なされる」リスクに相当し、かつ、「自然バックグラウンド放射線の変動と比べて小さい線量レベル」にも相当するとされており、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に相当する値である。

施工・供用時における管理方法については8. で詳述する。

6. 計画・設計時の条件

施設は、その構造形式、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する。再生資材の利用に当たっては、施設本来の使用目的との適合性、施設の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の確実性及び容易さを考慮する。また、施設の設計は、理論的で妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づいて行う。設計に当たっては、その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必要がある。

その上で、再生資材は、長期間にわたって人為的な形質変更が想定されない盛土等の構造基盤に限定して使用する。具体的には、今回の検討対象とした土砂やアスファルトで被覆された盛土（例：道路、鉄道等）、コンクリート等で被覆された盛土（例：防潮堤等）、植栽覆土で被覆された盛土（例：海岸防災林等）、廃棄物処分場の覆土、土堰堤等については、用途先として妥当であると考えられる。なお、他の用途先についても必要に応じて今後順次検討を行い、妥当であると考えられるものは対象に加えることとする。

破損時等を除く供用時において周辺住民及び施設利用者に対する追加的な被ばく線量が0.01 mSv/年以下になるようにするための覆土等の厚さ（具体的には7. を参照）に加えて、土木構造物に小規模な陥没や法面崩れが起きた場合に修復措置がなされる深さを踏まえたかぶり厚が確保されるように余裕を持って設計する。

7. 再生資材の放射能濃度の制限

（1）基本的な考え方

再生資材を利用する施設を施工する際には、被ばく線量を個々に計測して管理することは現実的でないことから、作業者が放射線防護のための特別な措置を講じることなく施工でき、供用中には施設利用者が特別な制限なく施設を利用し、また、問題なく周辺に居住できるよう、周辺住民、施設利用者及び作業者に対する追加被ばく線量が1 mSv/年を超えないことを条件として、用途ごとの追加被ばく評価計算から再生資材中の放射性セシウム（ $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ ）の放射能濃度レベル（Bq/kg）（以下、「1 mSv/年相当濃度」という。）を算出し、再生資材の放射能濃度をこの濃度以下に制限する。

なお、追加被ばく評価計算では、再生資材の放射能濃度は均一と仮定し、算出された1 mSv/年相当濃度については、ある施設に使用する再生資材の平均的な濃度レベルとして評価している。

（2）被ばく経路設定の考え方

被ばく経路に係るシナリオやパラメータの設定に当たっては、用途ごとの作業工程や施設利用の情報に基づき、既往のクリアランスレベル評価の際の設定を参照し、現実的なシナリオやパラメータを設定し、不確実性の大きいパラメータは安全側に立った値を設定している。なお、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、発災直後(平成 23 年 3 月)と現在では 1 mSv/年相当濃度が異なることから、現時点(平成 28 年 3 月)の¹³⁴Csと¹³⁷Csの存在比により評価している。

(3) 再生資材として利用可能な放射能濃度レベル

再生資材の放射能濃度は、万一の場合も速やかに補修等の作業を実施できるよう、確実に電離則又は除染電離則の適用対象外となる濃度^{*}として、特措法の規制体系における斉一性も考慮して、8,000 Bq/kg 以下を原則とし、用途ごとの追加被ばく評価計算から算出される 1 mSv/年相当濃度がこれ以下の場合は、その濃度とする。

用途ごとの再生資材として利用可能な放射能濃度(以下、「再生利用可能濃度」という。)を下表に示す[§]。なお、周辺環境が一定程度汚染されており、電離則又は除染電離則に従って作業者の被ばく線量管理を行う場合については、1 mSv/年相当濃度は 8,000 Bq/kg を超えるが、再生利用可能濃度は原則に従い 8,000 Bq/kg 以下とする。また、用途に応じて下表に示す覆土等の厚さを確保することにより、破損時等を除く通常の供用時における周辺住民・施設利用者への追加被ばく線量が 0.01 mSv/年を超えないようにすることが可能と評価された。

^{*} 電離則及び除染電離則においては、10,000 Bq/kg を超える土壌を取り扱う場合は、濃度測定、線量管理等が必要であること等の労働者の放射線障害の防止措置について規定されており、労働者の被ばく線量限度は、5 年間で 100 mSv かつ 1 年間で 50 mSv を超えないように管理する必要がある。

[§] 万一、津波等の大規模災害により構造物の大規模な破損等が生じた場合を仮定し、放射線に関する安全性を評価したところ、周辺住民及び作業者の追加被ばく線量はいずれも 1 mSv/年以下となる結果が得られている。

用途先		遮へい条件	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に必要な覆土等の厚さ (cm)
			6 か月 ※2	9 か月 ※2	1 年 ※2	
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
		コンクリート等で被覆	8,000 以下	8,000 以下	6,000 以下	50 cm以上
		植栽覆土で被覆	8,000 以下	7,000 以下	5,000 以下	100 cm以上 ※3
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 ※4
	最終覆土材		8,000 以下	7,000 以下	5,000 以下	30 cm以上 ※3
	土堰堤		8,000 以下	8,000 以下	8,000 以下	30 cm以上

※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計算結果については、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）。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1 mSv/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、作業員の労務時間管理等により、作業員が1年間のうち再生資材に直接接する作業（重機を用いた作業を除く）に従事する期間

※3：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

※4：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

（4）出荷時における放射能濃度の確認

施工現場ごとに再生資材の放射能濃度を確認する必要があるように、再生資材の出荷時に、再生資材の平均濃度が（3）の放射能濃度以下となっていることを確認し、出荷伝票に出荷量及び放射能濃度を記載する。再生資材の運搬時においては、特措法に基づく運搬基準を遵守する。

8. 施工・供用時における管理方法

作業者が放射線防護のための特別な措置を講じることなく施工できるように、7. で示したとおり、減容処理施設からの出荷時に再生資材の放射能濃度の確認を行うこととする一方、利用時においても、再生資材の紛失や目的外使用を防止するために、再生資材の検収時、保管時において、受入量の管理、分別保管、持ち出しの管理等を行う。

施工は、設計において定めた条件が満たされるように行う。施工時においては、再生資材の使用場所、使用量、放射能濃度等に関する記録を作成し、保管する。また、粉じん発生防止等により再生資材の飛散・流出を防止する。供用時においては、施設ごとの特徴・要求性能を踏まえ、計画・設計時に考慮した条件に合致するよう維持管理方法を定め、適切な維持管理・補修を行うとともに、記録の作成・保管、形質変更の管理等を行う。

追加被ばく線量評価の結果によると、1 mSv/年相当濃度を決定する被ばく経路は、施工時の作業者の外部被ばくであり、この経路における1 mSv/年相当濃度以下の再生資材を利用した場合、内部被ばく線量や施工時の敷地外での外部被ばく線量等の他の経路は十分に追加被ばく線量が低いと評価された。しかしながら、安全性に万全を期す観点から、実証試験等において、敷地境界における空間線量率や、地下水等の放射能濃度の測定の必要性を検証することとする。

9. 再生利用の段階的な進め方

本基本的考え方を踏まえ、可能な限り早期の再生利用の本格化を目指して、それぞれの取組で得られた知見を他の関連する取組にフィードバックしながら、放射線防護の最適化や社会的受容性の向上を図り、以下の取組をそれぞれ段階的に進める。また、それぞれの取組において、技術開発戦略で示した全国民的な理解の醸成等のための取組を行う。

(1) 実証事業・モデル事業の実施

本基本的考え方で示した追加被ばく線量を制限するための管理の妥当性を検証すること等を目的として実証事業を実施する。また、事業実施者や地域住民等関係者の理解醸成や社会的受容性を向上させること等を目的としてモデル事業を実施する。これらの事業を通じて、放射線に関する安全性、具体的な管理の方法を検証する。

(2) 適切な管理の仕組みの検討及び手引きの作成

環境省及び再生利用先の施設の施工・管理等の責任主体の適切な役割分担の下で管理が実施されるよう、特措法に基づく管理の仕組み作りの検討を行う。また、既存の公共事業等に係る環境関連法令等も含め、再生資材を用いた工事の計画・設計、施工、供用の一連のプロセスにおける留意点を整理した「再生利用の手引き（仮称）」を作成する。手引きの作成に当たっては、このプロセスが長期間にわたり、かつ、多様な主体が関与することから、「いつ、どこで、誰が」が明確になるように留意する。

（３）理解・信頼を得るための取組及び必要な環境整備

再生利用の必要性や放射線に係る安全性に関する知見を幅広い国民と共有し、さらには実証事業やモデル事業の結果を地域住民・地元自治体等の関係者と共有するための啓発、対話、体験のための取組を進める。また、社会的・経済的・制度的側面から再生資材の利用促進方策やその実施方針等の検討を行う。これらの取組を通じて、再生利用の本格化に向けた環境整備を進めていく。

追加被ばく線量が 0.01 mSv/y を超えないための
覆工コンクリートおよび覆土の厚さに係る検討について

平成 29 年 2 月 24 日
日本原子力研究開発機構

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（第 4 回）（平成 28 年 6 月 7 日）資料 4「追加被ばく線量評価について」の参考資料⁽¹⁾⁽²⁾では、汚染した再生資材を防潮堤および海岸防災林の盛土材として再利用した場合における作業員および公衆が受ける被ばく線量を評価した。その際、防潮堤の覆工コンクリートおよび海岸防災林の覆土の厚さはそれぞれ 50 cm、100 cm と設定して評価された。本資料では、これら厚さを変動させた場合の被ばく線量評価を行い、公衆の追加被ばく線量が 0.01 mSv/y を超えないための厚さ条件について検討した。

1. 防潮堤の覆工コンクリート厚さに係る検討

1.1 評価概要

防潮堤に係る既往の評価⁽¹⁾において覆工コンクリート厚さの影響を受ける被ばく経路は、防潮堤完成後の経路 14「周辺居住者（子ども）、外部」および経路 15「防潮堤利用者（子ども）、外部」である。本評価では、これら経路における覆工コンクリート厚さの設定を 10, 20, 30, 40 cm にした場合の線量評価を追加で行った。また、評価ケースは、既往の評価と同様に、傾斜堤および直立堤に対して、防潮堤の高さを 8m（ケース 1）および 15m（ケース 2）の 4 ケースとした。評価概念図を図 1、2 に示す。

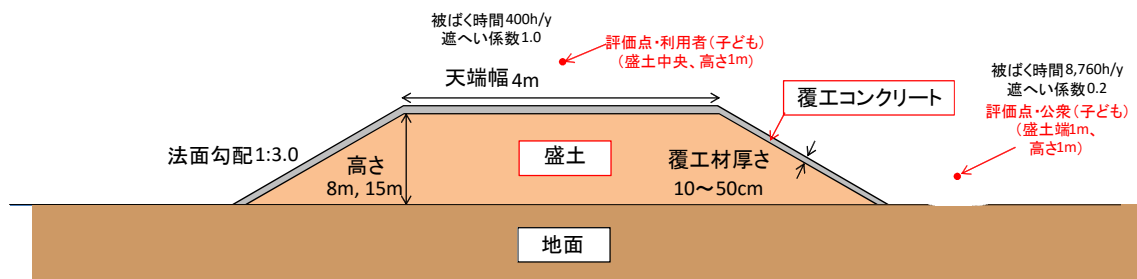


図 1 防潮堤の評価体系（傾斜堤）

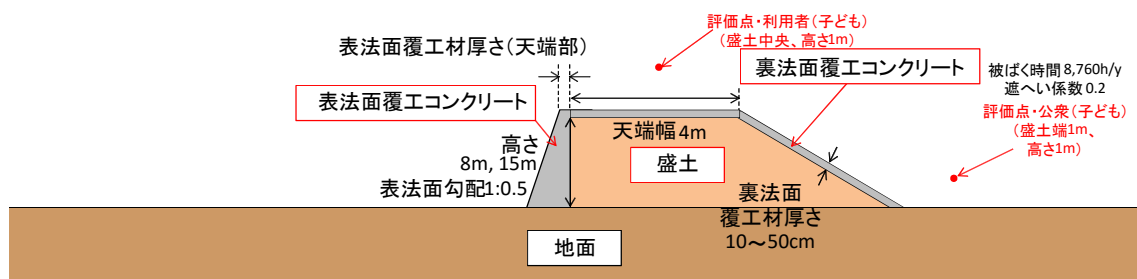


図 2 防潮堤の評価体系（直立堤）

1.2 評価パラメータ

本評価で新たに設定したパラメータは上記対象者の外部被ばく線量換算係数である。これらパラメータを表 1 に示す。その他のパラメータについては、既往の評価⁽¹⁾と同様とした。

表 1 再生資材の防潮堤への利用に係る評価パラメータ一覧（1／2）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
14 傾斜堤 ケース 1 で使用	外部被ばくに対する線量換算係数（防潮堤周辺居住、子ども）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	別表 1 参照	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：放光体 高さ 8m、底面 51.8m×500m、上面 3.8m×500m 線源のかさ密度：2.0g/cm ³ 覆工：上面に厚さ 10～40cm の覆工コンクリート（密度 2.0g/cm ³ ） 評価点：底面 500m の辺の midpoint から 1m、高さ 1m
		Cs-137			
14 傾斜堤 ケース 2 で使用	外部被ばくに対する線量換算係数（防潮堤周辺居住、子ども）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	別表 1 参照	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：放光体 高さ 15m、底面 93.8m×500m、上面 3.8m×500m 線源のかさ密度：2.0g/cm ³ 覆工：上面に厚さ 10～40cm の覆工コンクリート（密度 2.0g/cm ³ ） 評価点：底面 500m の辺の midpoint から 1m、高さ 1m
		Cs-137			
14 直立堤 ケース 1 で使用	外部被ばくに対する線量換算係数（防潮堤周辺居住、子ども）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	別表 1 参照	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：放光体 高さ 8m、底面 27.9m×500m、上面 3.9m×500m 線源のかさ密度：2.0g/cm ³ 覆工：上面に厚さ 10～40cm の覆工コンクリート（密度 2.0g/cm ³ ） 評価点：底面 500m の辺の midpoint から 1m、高さ 1m
		Cs-137			
14 直立堤 ケース 2 で使用	外部被ばくに対する線量換算係数（防潮堤周辺居住、子ども）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	別表 1 参照	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：放光体 高さ 15m、底面 48.9m×500m、上面 3.9m×500m 線源のかさ密度：2.0g/cm ³ 覆工：上面に厚さ 10～40cm の覆工コンクリート（密度 2.0g/cm ³ ） 評価点：底面 500m の辺の midpoint から 1m、高さ 1m
		Cs-137			

別表 1 経路 14（防潮堤周辺居住、子ども）に対する外部被ばく線量換算係数 [$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$]

覆工 コンクリート 厚さ [cm]	傾斜堤 ケース 1		傾斜堤 ケース 2		直立堤 ケース 1		直立堤 ケース 2	
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137
10	9.9E-03	3.4E-03	1.1E-02	4.3E-03	9.4E-03	3.3E-03	1.1E-02	3.7E-03
20	2.0E-03	6.6E-04	2.2E-03	7.6E-04	1.8E-03	5.9E-04	2.0E-03	7.1E-04
30	4.2E-04	1.3E-04	4.4E-04	1.5E-04	3.5E-04	1.2E-04	3.9E-04	1.4E-04
40	9.5E-05	3.0E-05	1.7E-04	4.7E-05	7.6E-05	2.8E-05	1.1E-04	3.0E-05
50*	3.1E-05	9.0E-06	3.9E-05	1.2E-05	2.6E-05	7.5E-06	3.4E-05	1.0E-05

ケース 1：高さ 8m、ケース 2：高さ 15m

*覆工コンクリート厚さ 50cm の当該換算係数は既往の評価で使用了した値である。

表 1 再生資材の防潮堤への利用に係る評価パラメーター一覧（2／2）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
15 傾斜堤 ケース 1 で使用	外部被ばくに対 する線量換算係 数(防潮堤利用、 子ども)	Cs-134	$\mu\text{ Sv/h}$ per Bq/g	別表 2 参照	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：放光体 高さ 8m、底面 51.8m×500m、上面 3.8m×500m 線源のかさ密度：2.0g/cm ³ 覆工：上面に厚さ 10～40cm の覆工コンクリート(密 度 2.0g/cm ³) 評価点：防潮堤上面中央から高さ 1m
		Cs-137			
15 傾斜堤 ケース 2 で使用	外部被ばくに対 する線量換算係 数(防潮堤利用、 子ども)	Cs-134	$\mu\text{ Sv/h}$ per Bq/g	別表 2 参照	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：放光体 高さ 15m、底面 93.8m×500m、上面 3.8m×500m 線源のかさ密度：2.0g/cm ³ 覆工：上面に厚さ 10～40cm の覆工コンクリート(密 度 2.0g/cm ³) 評価点：防潮堤上面中央から高さ 1m
		Cs-137			
15 直立堤 ケース 1 で使用	外部被ばくに対 する線量換算係 数(防潮堤利用、 子ども)	Cs-134	$\mu\text{ Sv/h}$ per Bq/g	別表 2 参照	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：放光体 高さ 8m、底面 27.9m×500m、上面 3.9m×500m 線源のかさ密度：2.0g/cm ³ 覆工：上面に厚さ 10～40cm の覆工コンクリート(密 度 2.0g/cm ³) 評価点：防潮堤上面中央から高さ 1m
		Cs-137			
15 直立堤 ケース 2 で使用	外部被ばくに対 する線量換算係 数(防潮堤利用、 子ども)	Cs-134	$\mu\text{ Sv/h}$ per Bq/g	別表 2 参照	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：放光体 高さ 15m、底面 48.9m×500m、上面 3.9m×500m 線源のかさ密度：2.0g/cm ³ 覆工：上面に厚さ 10～40cm の覆工コンクリート(密 度 2.0g/cm ³) 評価点：防潮堤上面中央から高さ 1m
		Cs-137			

別表 2 経路 15（防潮堤利用、子ども）に対する外部被ばく線量換算係数 [$\mu\text{ Sv/h per Bq/g}$]

覆工 コンクリート 厚さ [cm]	傾斜堤 ケース 1		傾斜堤 ケース 2		直立堤 ケース 1		直立堤 ケース 2	
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137
10	6.8E-02	2.3E-02	7.1E-02	2.3E-02	6.3E-02	2.1E-02	6.5E-02	2.1E-02
20	1.6E-02	5.5E-03	1.7E-02	6.1E-03	1.5E-02	4.9E-03	1.6E-02	5.3E-03
30	4.1E-03	1.4E-03	4.3E-03	1.4E-03	3.8E-03	1.2E-03	3.9E-03	1.4E-03
40	1.1E-03	2.5E-04	1.1E-03	3.5E-04	1.0E-03	2.8E-04	1.1E-03	3.1E-04
50*	3.8E-04	9.9E-05	3.9E-04	1.0E-04	3.4E-04	8.8E-05	3.8E-04	9.5E-05

ケース 1：高さ 8m、ケース 2：高さ 15m

*覆工コンクリート厚さ 50cm の当該換算係数は既往の評価で使用した値である。

1.3 評価結果

表 2 に、各評価経路の Cs-134 および Cs-137 の単位濃度 (1 Bq/g) あたりの影響を評価した結果を示す。また、Cs-134 と Cs-137 の比は $Cs-134/Cs-137=0.209$ と仮定*し、Cs-134 と Cs-137 の和 (全 Cs) による単位濃度 (1 Bq/g) あたりの線量に換算した値も併せて示す。また、5,000Bq/kg、8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の被ばく線量も併せて示す。

※ 再生資材の利用開始時期は福島第一原子力発電所事故から 5 年後、事故直後の 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 と仮定する。

表 2 評価結果 (再生資材の防潮堤への利用)

経路No.	対象	覆工 コンクリート 厚さ(cm)	単位濃度あたりの外部被ばく線量 mSv/y per Bq/g			5000Bq/kgの再生資材 を使用した場合の 外部被ばく線量 mSv/y	8000Bq/kgの再生資材 を使用した場合の 外部被ばく線量 mSv/y
			Cs-134	Cs-137	全Cs		
傾斜堤 ケース1	14 周辺居住者 (子ども)	10	1.5E-02	5.9E-03	7.5E-03	3.7E-02	6.0E-02
		20	2.9E-03	1.1E-03	1.4E-03	7.2E-03	1.2E-02
		30	6.3E-04	2.3E-04	3.0E-04	1.5E-03	2.4E-03
		40	1.4E-04	5.2E-05	6.8E-05	3.4E-04	5.4E-04
		50	4.6E-05	1.6E-05	2.1E-05	1.0E-04	1.7E-04
	15 防潮堤利用者 (子ども)	10	2.3E-02	9.0E-03	1.1E-02	5.7E-02	9.1E-02
		20	5.6E-03	2.2E-03	2.8E-03	1.4E-02	2.2E-02
		30	1.4E-03	5.4E-04	6.9E-04	3.4E-03	5.5E-03
		40	3.8E-04	9.7E-05	1.5E-04	7.3E-04	1.2E-03
		50	1.3E-04	3.9E-05	5.4E-05	2.7E-04	4.4E-04
傾斜堤 ケース2	14 周辺居住者 (子ども)	10	1.7E-02	7.4E-03	9.0E-03	4.5E-02	7.2E-02
		20	3.3E-03	1.3E-03	1.7E-03	8.3E-03	1.3E-02
		30	6.6E-04	2.5E-04	3.2E-04	1.6E-03	2.6E-03
		40	2.5E-04	8.2E-05	1.1E-04	5.6E-04	8.9E-04
		50	5.8E-05	2.1E-05	2.7E-05	1.4E-04	2.2E-04
	15 防潮堤利用者 (子ども)	10	2.4E-02	9.1E-03	1.2E-02	5.8E-02	9.3E-02
		20	5.9E-03	2.4E-03	3.0E-03	1.5E-02	2.4E-02
		30	1.5E-03	5.6E-04	7.2E-04	3.6E-03	5.7E-03
		40	3.8E-04	1.4E-04	1.8E-04	9.0E-04	1.4E-03
		50	1.3E-04	4.1E-05	5.7E-05	2.8E-04	4.6E-04
直立堤 ケース1	14 周辺居住者 (子ども)	10	1.4E-02	5.7E-03	7.2E-03	3.6E-02	5.7E-02
		20	2.6E-03	1.0E-03	1.3E-03	6.5E-03	1.0E-02
		30	5.3E-04	2.1E-04	2.6E-04	1.3E-03	2.1E-03
		40	1.1E-04	4.8E-05	5.9E-05	3.0E-04	4.8E-04
		50	3.9E-05	1.3E-05	1.7E-05	8.7E-05	1.4E-04
	15 防潮堤利用者 (子ども)	10	2.1E-02	8.3E-03	1.1E-02	5.3E-02	8.4E-02
		20	5.2E-03	1.9E-03	2.5E-03	1.2E-02	2.0E-02
		30	1.3E-03	4.7E-04	6.2E-04	3.1E-03	4.9E-03
		40	3.4E-04	1.1E-04	1.5E-04	7.5E-04	1.2E-03
		50	1.1E-04	3.5E-05	4.9E-05	2.4E-04	3.9E-04
直立堤 ケース2	14 周辺居住者 (子ども)	10	1.6E-02	6.4E-03	8.1E-03	4.1E-02	6.5E-02
		20	3.0E-03	1.2E-03	1.5E-03	7.7E-03	1.2E-02
		30	5.8E-04	2.5E-04	3.1E-04	1.5E-03	2.4E-03
		40	1.7E-04	5.3E-05	7.3E-05	3.6E-04	5.8E-04
		50	5.0E-05	1.7E-05	2.3E-05	1.2E-04	1.8E-04
	15 防潮堤利用者 (子ども)	10	2.2E-02	8.5E-03	1.1E-02	5.4E-02	8.6E-02
		20	5.3E-03	2.1E-03	2.7E-03	1.3E-02	2.1E-02
		30	1.3E-03	5.5E-04	6.8E-04	3.4E-03	5.5E-03
		40	3.9E-04	1.2E-04	1.7E-04	8.5E-04	1.4E-03
		50	1.3E-04	3.8E-05	5.3E-05	2.7E-04	4.3E-04

周辺居住者 (子ども) および防潮堤利用者 (子ども) の追加被ばく線量が 0.01 mSv/y を超えないための覆工コンクリート厚さ (0.01mSv/y 相当厚さ) を把握するため、表 2 に示した「覆工コンクリート厚さ」に対する「5,000Bq/kg および 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量」を図 3～10 に整理した。また、各図のプロットから得られた関係式から 0.01mSv/y 相当厚さを導出し、表 3 に整理した。

この結果より、5,000Bq/kg および 8,000Bq/kg の再生資材を防潮堤の盛土に使用する場合、傾斜堤では 23cm (高さ 8m)、27cm (高さ 15m)、直立堤では 23cm (高さ 8m)、26cm (高さ 15m) 以上の覆工コンクリート厚さがそれぞれ確保できれば、公衆が受ける追加被ばく線量は 0.01 mSv/y を超えないことが分かった。

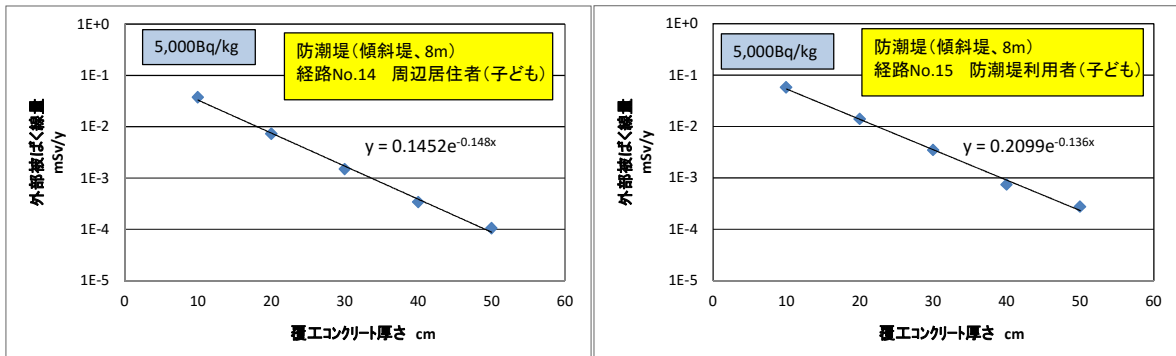


図 3 5,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量（傾斜堤、ケース 1）

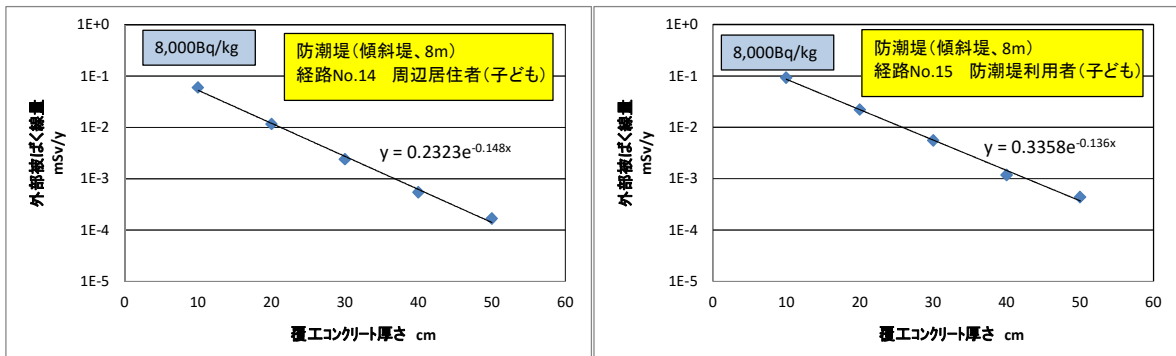


図 4 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量（傾斜堤、ケース 1）

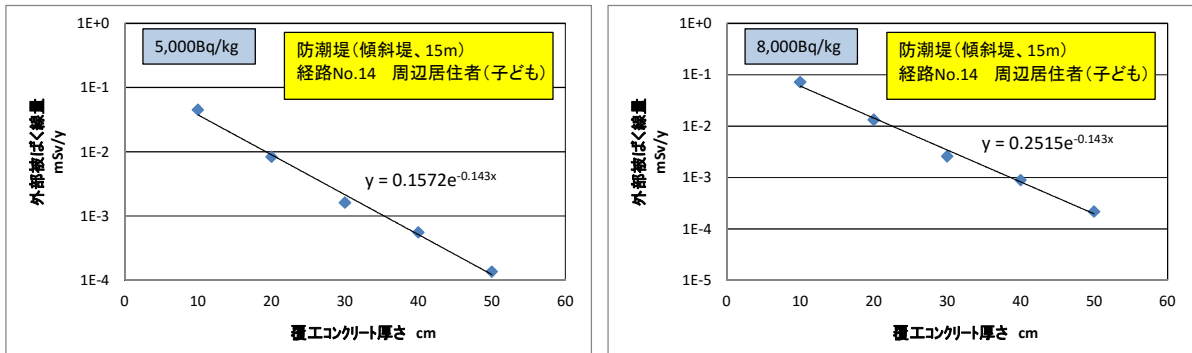


図 5 5,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量（傾斜堤、ケース 2）

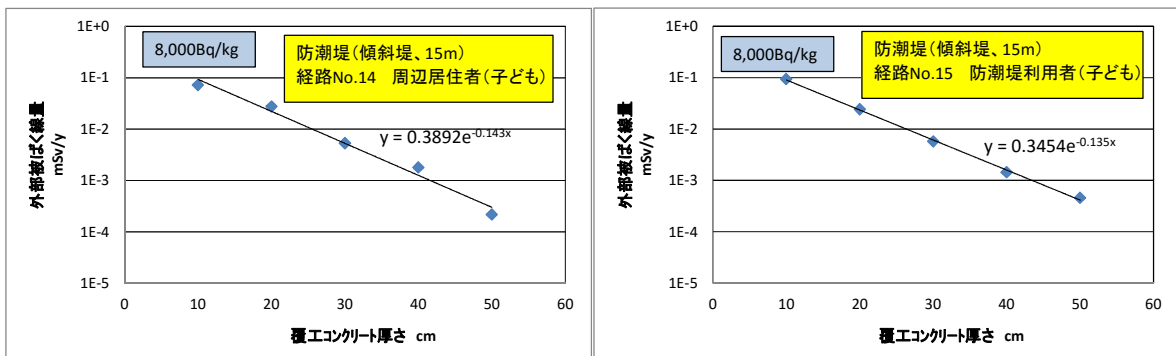


図 6 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量（傾斜堤、ケース 2）

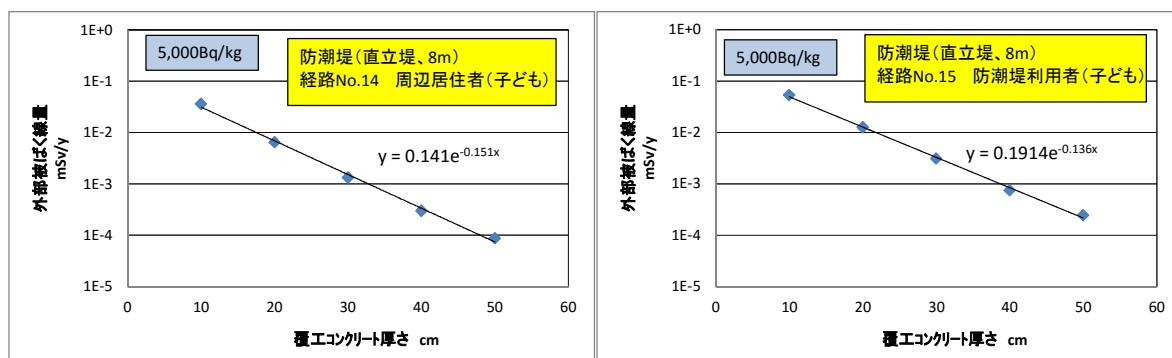


図 7 5,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量（直立堤、ケース 1）

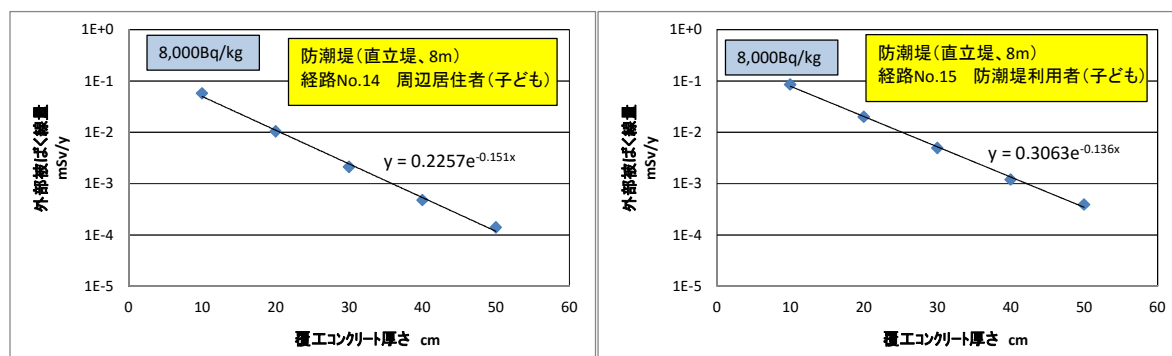


図 8 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量（直立堤、ケース 1）

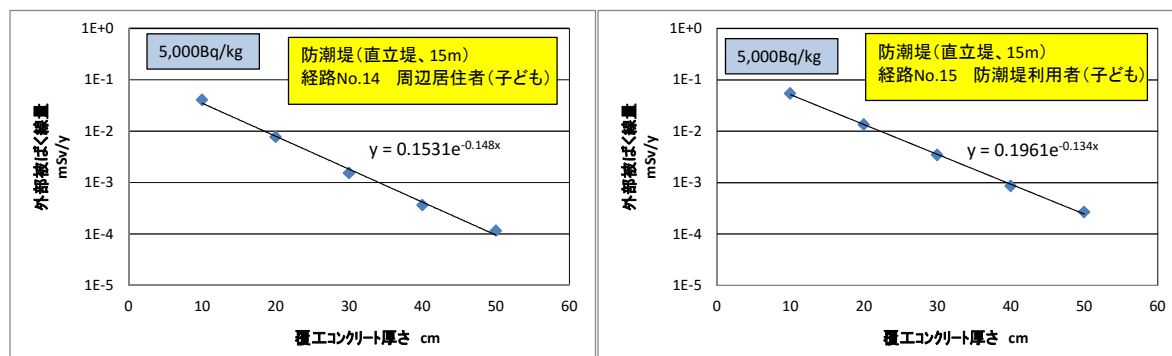


図 9 5,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量（直立堤、ケース 2）

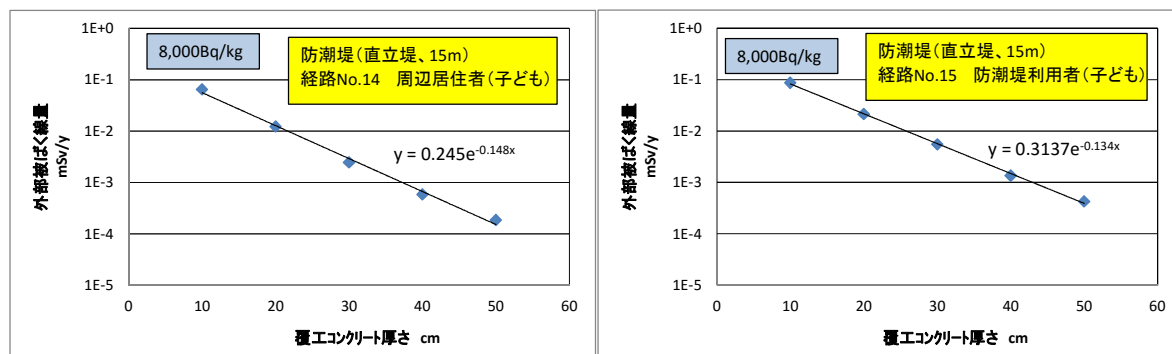


図 10 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量（直立堤、ケース 2）

表 3 追加被ばく線量が 0.01 mSv/y を超えないための覆工コンクリート厚さ (0.01mSv/y 相当厚さ)

経路No.	対象	0.01mSv/y相当厚さ cm	
		5,000Bq/kg	8,000Bq/kg
傾斜堤 ケース1	14 周辺居住者(子ども)	18.1	21.3
	15 防潮堤利用者(子ども)	22.4	25.8
傾斜堤 ケース2	14 周辺居住者(子ども)	19.3	22.6
	15 防潮堤利用者(子ども)	22.8	26.2
直立堤 ケース1	14 周辺居住者(子ども)	17.5	20.6
	15 防潮堤利用者(子ども)	21.7	25.2
直立堤 ケース2	14 周辺居住者(子ども)	18.4	21.6
	15 防潮堤利用者(子ども)	22.2	25.7

2. 海岸防災林の覆土厚さに係る検討

2.1 評価概要

海岸防災林に係る既往の評価^②において覆土厚さの影響を受ける被ばく経路は、海岸防災林造成中の経路 13「植栽等作業、外部」、および海岸防災林完成後の経路 14「伐採作業、外部」、経路 15「周辺居住者(成人)、外部」、経路 16「周辺居住者(子ども)、外部」である。本評価では、これら経路について覆土厚さの設定を 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90cm にした場合の線量評価を追加で行った。上述したとおり、本評価は、公衆の追加被ばく線量が 0.01 mSv/y を超えないための覆土厚さ (0.01mSv/y 相当厚さ) についての検討だが、経路 13, 14 の作業員に対しての評価を実施するのは、上記 0.01mSv/y 相当厚さとした場合、被ばく線量がめやす値 (1mSv/y) を超えないかどうかを確認するためである。評価概念図を図 11、12 に示す。

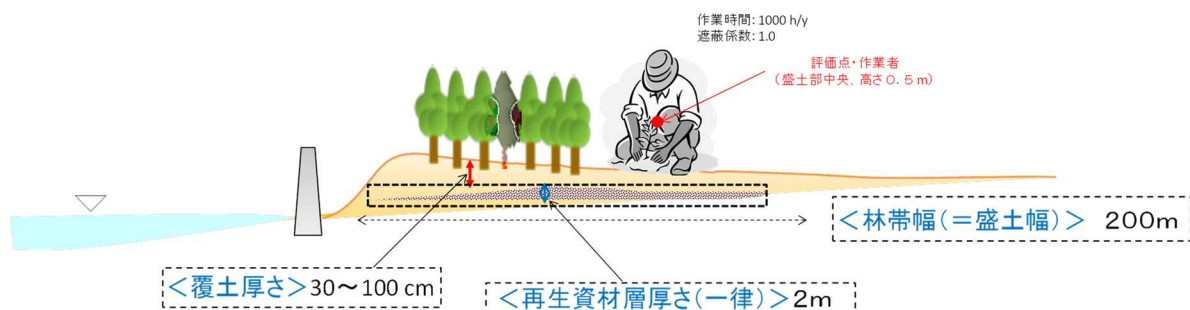


図 11 海岸防災林の評価体系 (経路 13: 植栽等作業員)

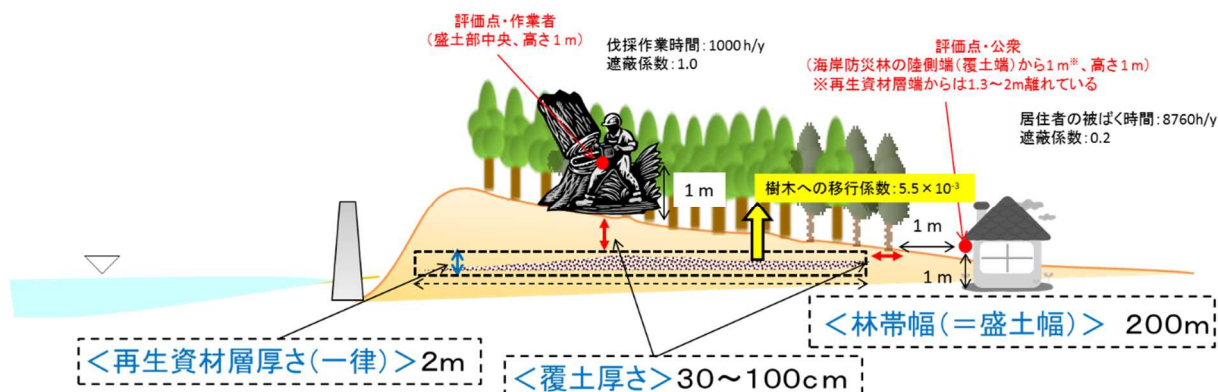


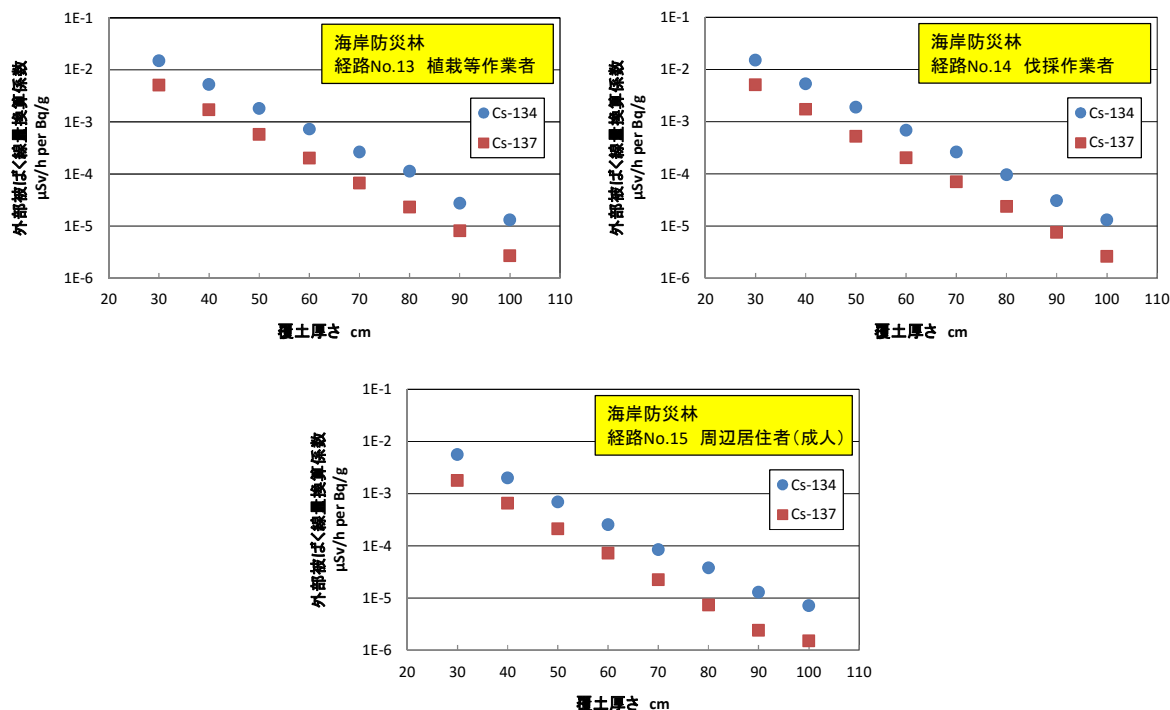
図 12 海岸防災林の評価体系
(経路 14: 伐採作業員、経路 15, 16: 周辺居住者(成人、子ども))

2.2 評価パラメータ

本評価で新たに設定したパラメータは上記対象者の外部被ばく換算係数である。これらパラメータを表4に示す。その他のパラメータについては、既往の評価⁽²⁾と同様とした。

表4 再生資材の海岸防災林への利用に係る評価パラメータ一覧

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
13	再生資材からの外部被ばくに対する線量換算係数(植栽等作業者)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	別図1参照
		Cs-137		
14	再生資材からの外部被ばくに対する線量換算係数(伐採作業者)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	別図1参照
		Cs-137		
15,16	再生資材からの外部被ばくに対する線量換算係数(海岸防災林周辺居住者)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$	別図1参照
		Cs-137		



別図1 経路13, 14, 15に対する再生資材からの外部被ばく線量換算係数 [$\mu\text{Sv/h per Bq/g}$]

*覆土厚さ100cmの当該換算係数は既往の評価で使用した値である。

2.3 評価結果

表5に、経路13（植栽等作業）のCs-134およびCs-137の単位濃度（1 Bq/g）あたりの影響を評価した結果を示す。また、1.3の防潮堤の評価と同様、Cs-134/Cs-137=0.209とし、Cs-134とCs-137の和（全Cs）による単位濃度（1 Bq/g）あたりの線量に換算した値も併せて示す。また、5,000Bq/kg、8,000Bq/kgの再生資材を使用した場合の被ばく線量も併せて示す。樹木の成長、伐採を考慮した経路14～16についても同様の整理を行った。図13～15には、その一例として5,000Bq/kgの再生資材を使用した場合の被ばく線量を示す。

表5 評価結果（再生資材の海岸防災林への利用、経路13、植栽等作業）

海岸防災林造成・植栽等作業者

No.	経路略称	覆土厚さ cm	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			5000Bq/kgの再生資材 を使用した場合の 外部被ばく線量 mSv/y	8000Bq/kgの再生資材 を使用した場合の 外部被ばく線量 mSv/y
			Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)		
13	植栽等作業 外部	30	1.3E-02	5.0E-03	6.3E-03	3.16E-02	5.05E-02
		40	4.4E-03	1.7E-03	2.2E-03	1.08E-02	1.73E-02
		50	1.5E-03	5.7E-04	7.4E-04	3.68E-03	5.88E-03
		60	6.2E-04	2.0E-04	2.7E-04	1.35E-03	2.16E-03
		70	2.2E-04	6.5E-05	9.3E-05	4.63E-04	7.42E-04
		80	9.5E-05	2.3E-05	3.6E-05	1.78E-04	2.84E-04
		90	2.3E-05	8.0E-06	1.1E-05	5.3E-05	8.5E-05
		100	1.1E-05	2.7E-06	4.1E-06	2.1E-05	3.3E-05

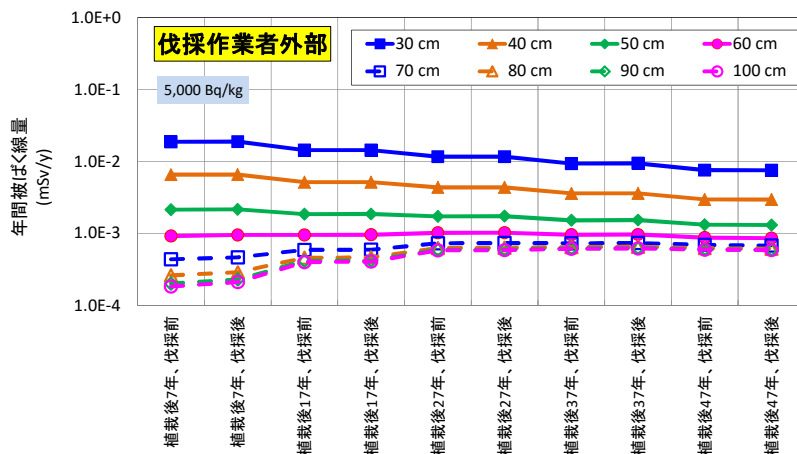


図13 評価結果（経路14、伐採作業）

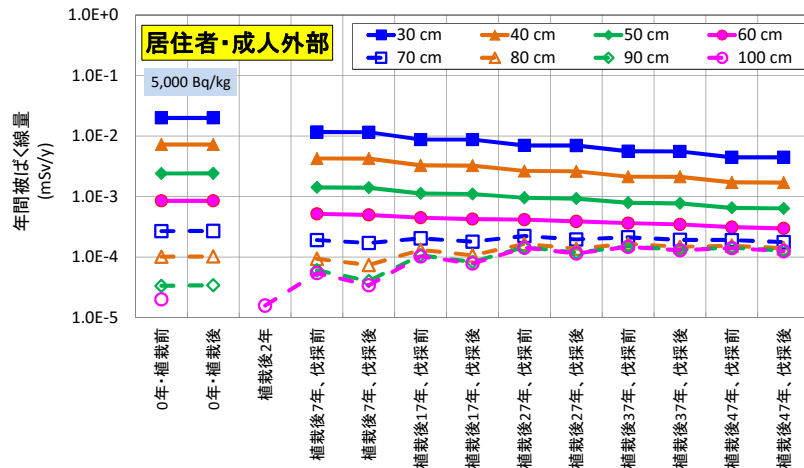


図 14 評価結果（経路 15、周辺居住者成人）

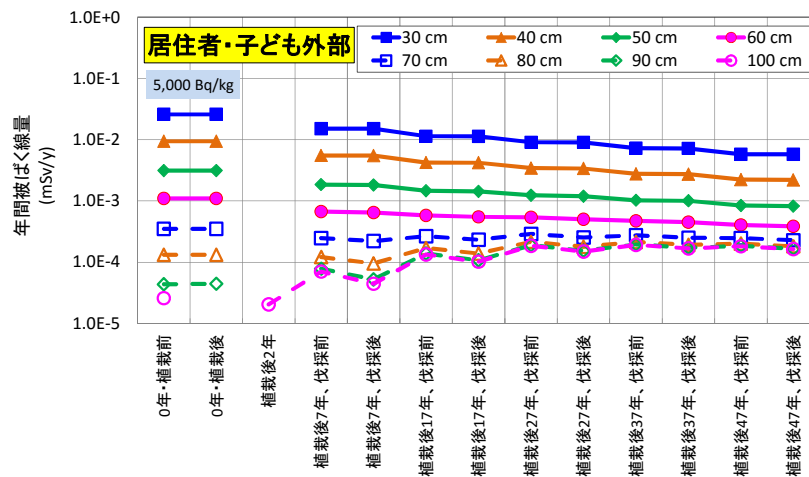


図 15 評価結果（経路 16、周辺居住者子ども）

上記結果を用いて「覆土厚さ」に対する「5,000Bq/kg および 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量」を図 16～19 に整理した。また、各図のプロットから得られた関係式※から、経路 13, 14 に対しては線量のめやす値 1mSv/y を超えない覆土厚さ（1 mSv/y 相当厚さ）を、経路 15, 16 に対しては 0.01mSv/y 相当厚さを導出し、表 6 に整理した。

この結果より、5,000Bq/kg および 8,000Bq/kg の再生資材を海岸防災林の盛土に使用する場合、それぞれ 39cm、44cm 以上の覆土厚さが確保できれば、公衆が受ける追加被ばく線量は 0.01 mSv/y を超えないことが分かった。また、その場合、植栽等作業員および伐採作業員が受ける被ばくは 1 mSv/y を超えない。

※ 図 17～19 に記した経路 14～16 の関係式は、1mSv/y または 0.01mSv/y を満たす覆土厚さが最も厚くなる時点（経路 14 は 7 年伐採後、経路 15, 16 は 0 年伐採後）における線量評価結果から得られた関係式である。

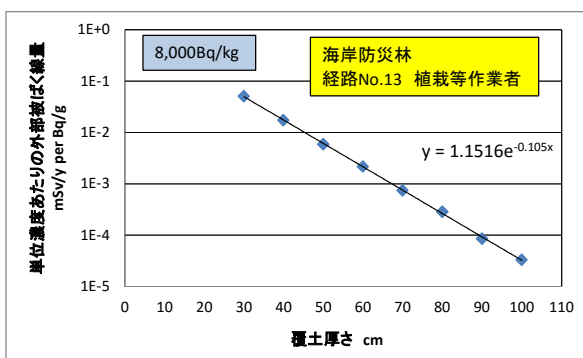
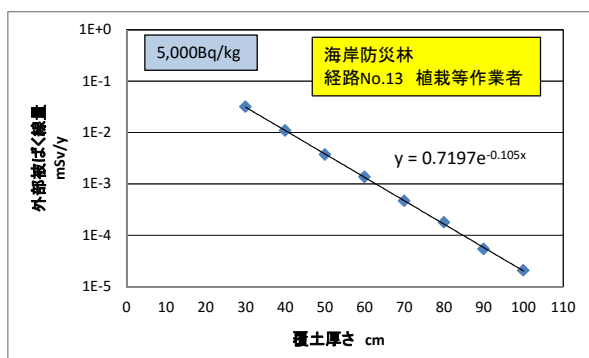


図 16 5,000 および 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量
(経路 13、植栽等作業者)

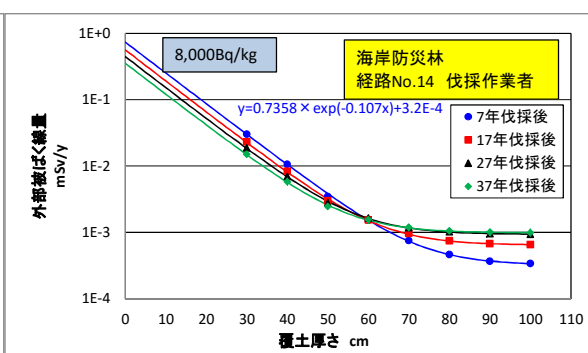
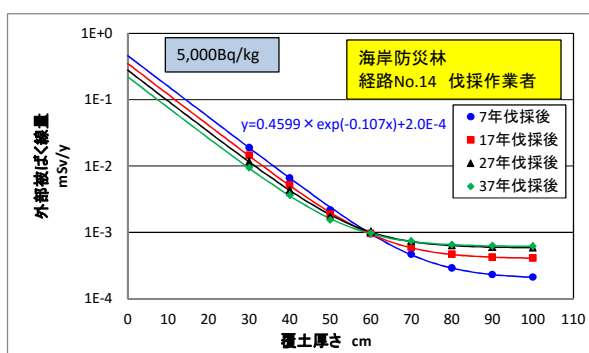


図 17 5,000 および 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量
(経路 14、伐採作業者)

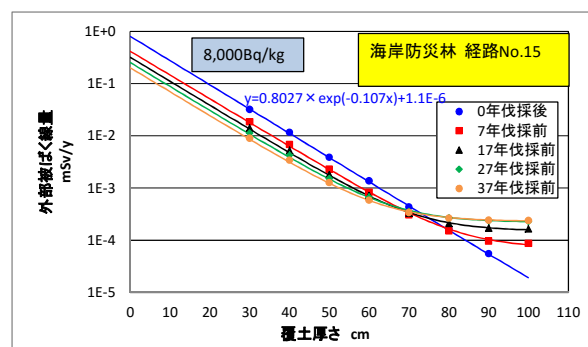
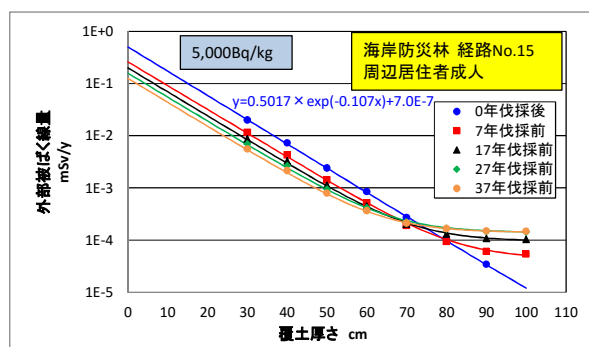


図 18 5,000 および 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量
(経路 15、周辺居住者成人)

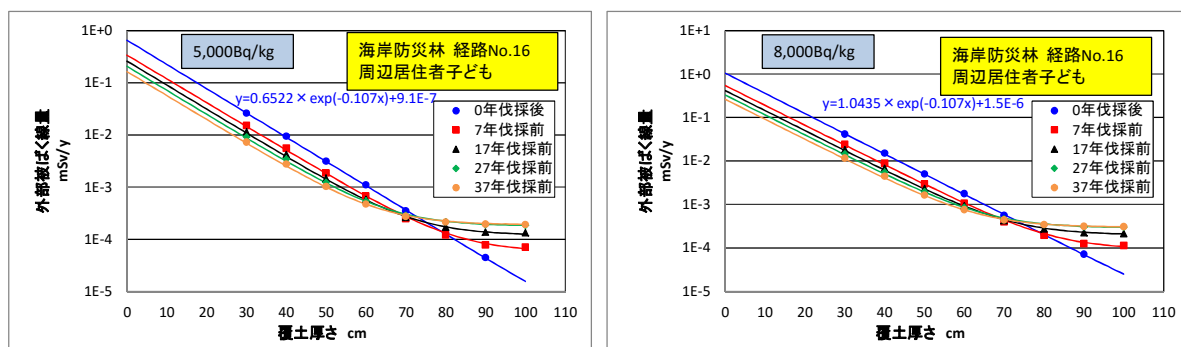


図 19 5,000 および 8,000Bq/kg の再生資材を使用した場合の外部被ばく線量
(経路 16、周辺居住者子ども)

表 3 追加被ばく線量が 1 mSv/y または 0.01 mSv/y を超えないための覆土厚さ

経路No.	対象	1mSv/y相当厚さ cm		0.01mSv/y相当厚さ cm	
		5,000Bq/kg	8,000Bq/kg	5,000Bq/kg	8,000Bq/kg
13	植栽等作業員	—*	1.3		
14	伐採作業員	—*	—*		
15	周辺居住者(成人)			36.6	41.0
16	周辺居住者(子ども)			39.0	43.4

* 覆土厚さ0cmでも1mSv/y以下となった。

参考資料

- (1) 日本原子力研究開発機構、コンクリート等で被覆された盛土（例：防潮堤等）への再生資材の利用に係る線量評価について、平成 28 年 6 月 10 日、
http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/proceedings_160607_05.pdf
- (2) 日本原子力研究開発機構、植栽覆土で被覆された盛土（例：海岸防災林等）への再生資材の利用に係る線量評価について、平成 28 年 6 月 10 日、
http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/proceedings_160607_05.pdf

土地造成事業における再生資材の利用に係る線量評価の補足資料

1. 施工時・供用時

● 評価条件の設定

表 1 土取場の規模に関する事例

No	場所	面積 (m ²)	体積（容量） (m ³)	深さ (m)	出典
1	宮城県	200,000	—	—	東日本大震災復旧・復興事業に伴う盛土材確保に係るガイドライン(案) 公設土取場の面積は 20 万 m ² 未満と記載
2	福島県	490,000	約 3,460,000	—	相双管内公設土取場(相馬)の運用を開始します (福島県土木部、2015.4.6)
3	北海道	22,500	—	—	東亜建材工業株式会社 美沢土取場 面積は Google マップからの概算（150m×150m）
4	熊本県	13,000	140,000	15	大牟田地区(昭和開北部第二地区)農用地土壌汚染対策計画書(案) 5 農用地土壌汚染対策計画の内容 (2) 昭和開北部第二地区に係る事業に関する事項 イ 事業の種類 (ウ) 土取場採取可能量及び客土材の化学的性質
5	長野県須坂市	17,500	— (処分場容積 180,000)	— (10)	市長への公開質問状の回答に対する意見書(市へ提出) 「最終処分場建設候補地についての公開質問状」の回答に対する意見書（仁礼町旧土取場）

表 2 土取場の掘削深さに関する条例

No	場所	掘削深さ	保安距離	出典
1	千葉県	—	2m 以上	土採取計画認可申請書類作成要領マニュアル
2	静岡県	原則 5m 以下 最大 8m	公共施設、工作物等の敷地に隣接する場合：5m 以上 その他：2m 以上	土採取に関する技術基準
3	奈良県	5m	2m 以上	土石類採取の手引き
4	—	—	5m 以上	採石技術指導基準
5	—	—	2m 以上	砂利採取法（別添 砂利採取計画認可準則）

表 3 緑地化方法による線源体系の違い

解析ケース No.	緑地化方法	覆土厚さ(m)※	線源厚さ(m)	体系
1	草本	0.3	4.7	直方体
2,3,4	木本	1.0	4.0	直方体

※ 国土交通省都市局公園緑地・景観課の植栽基盤の整備手順(案)等を参考とした。

表 4 草刈り実行回数に関する事例

No	場所	回数	出典
1	境川遊水地公園	人の出入りの多い 場所：6回 その他：1～3回	境川遊水地公園維持管理基準書
2	県立座間谷戸山公園	1～3回	県立座間谷戸山公園 平成24年度事業計画書
3	柏市	4、5回	公園の維持と管理（柏市）
4	川崎市	3回	公園緑地の維持管理（川崎市）
5	塚山公園	3回	塚山公園維持管理基準
6	柏市	1～2回	柏市パークマネジメントプラン

表 5 草刈り作業時間に関する事例

No	場所	期間	時間	公園 面積 (m ²)	出典
1	亀戸中央公園	3日	7.5時間	103026	東京都東部7公園 草刈作業のお知らせ
2	東京都立東京 港野鳥公園	16日 ※1 ※2	7.5時間 ※1	249000	環境管理作業のお知らせ ※1 複数回に分けて実施していたため、おおよその 合計を記載。 ※2 1か所に対する作業期間の最長は5日。
3	宇喜田公園	6日	8.0時間	53699	東京都東部7公園 草刈作業のお知らせ

● 評価パラメータ

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメータ一覧（1 / 11）

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
1~31	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。
1~17	土取場等の環境回復作業が開始されるまでの期間	y	0	保守的に、再生資材が事故 5 年後すぐに再生資源化され、土取場等の環境回復造成に使用されるものとした。
1~31	線源に対する希釈係数	—	1.0	土取場の埋戻材として利用されるものは、すべて再生資材であるとした。
1~6	再生資材幅	m	2.0	大型トラックの荷台の寸法をもとに選定した。
1~6	再生資材長さ	m	5.0	大型トラックの荷台の寸法をもとに選定した。
1~6	再生資材厚さ	m	0.6	大型トラックの荷台の寸法をもとに選定した。
1~6	再生資材のかさ密度	g/cm ³	1.7	自然地盤でのおおよその平均値 1.7 g/cm ³ とした。
1~31	埋戻し幅	m	500	大規模な土採取場を想定し、500m×500m の床掘り部に対し、一様に再生資材を埋戻材として利用した場合を想定した。
1~31	埋戻し長さ	m	500	大規模な土採取場を想定し、500m×500m の床掘り部に対し、一様に再生資材を埋戻材として利用した場合を想定した。
7-1~ 31-1	埋戻材の厚さ（草本）	m	4.7	表 3 に示した通り、草本による緑地化を行う場合は掘削深度 5m のうち、0.3m を覆土、4.7m を埋戻材とした。
7-2~ 31-2	埋戻材の厚さ（木本）	m	4.0	表 3 に示した通り、木本による緑地化を行う場合は掘削深度 5m のうち、1.0m を覆土、4.0m を埋戻材とした。
7~31	埋戻材のかさ密度	g/cm ³	2.0	土壌を締め固めた場合の密度の最大値 2.0 g/cm ³ とした。
14-1~ 19-1	覆土の厚さ（草本）	m	0.3	表 3 に示した通り、草本による緑地化を行う場合は掘削深度 5m のうち、0.3m を覆土、4.7m を埋戻材とした。
14-2~ 19-2	覆土の厚さ（木本）	m	1.0	表 3 に示した通り、木本による緑地化を行う場合は掘削深度 5m のうち、1.0m を覆土、4.0m を埋戻材とした。
14~19	覆土のかさ密度	g/cm ³	1.5	日本道路公団 設計要領 第一集(1983)に示されている道路の盛土材の単位体積重量を参考に、保守的な値 1.5g/cm ³ を設定した。
14~31	土取場等の環境回復が終了するまでの期間	y	0	保守的な設定とした。

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメーター一覧（2／11）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
1~4	積み下ろし、運搬作業時における線源に対する希釈係数		—	1	作業者は、再生資材のみを取り扱うものとし、線源に対する希釈は保守的に 1 とした。
1	積み下ろし作業時の遮へい係数		—	0.4	重機を使用した際の遮へい（鉄板 2cm 相当）を考慮する。災害廃棄物評価 ^{※1} で埋設作業時の重機を使用した Cs-134 および Cs-137 に対する遮へい係数は QAD-CGGP2R より 0.4 と計算され、積み下ろし作業時の遮へい係数も同様に設定した。
1~4	再生資材の積み下ろし、運搬の年間作業時間		h/y	1,000	1 日 8 時間、年間 250 日の労働時間のうち半分の時間を再生資材のそばで作業するとした。ここでは、再生資材を土取場造成現場へ運搬するための積み下ろし、運搬の作業が対象である。
1,4	外部被ばくに対する線量換算係数（積み下ろし作業、運搬作業）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	5.9E-02	以下の条件で、QAD-CGGP2R コードにより算出した。 線源の形状：高さ 0.6m、幅 2m、長さ 5m の直方体 線源のかさ密度：1.7g/cm ³ 評価点：0.6m×5.0m の中心から 1.0m
		Cs-137		2.1E-02	
2,8,11,13	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。
2,8,11,13	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。
2,8	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。
3,9	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。
3,9	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。

※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

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメーター一覧（3／11）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
4	運搬作業時の遮へい係数		—	0.9	車両による遮へい（鉄板 3mm 相当）を考慮する。災害廃棄物評価 ^{※1} で埋設作業時の Cs-134 及び Cs-137 に対する車両による遮へい係数は QAD-CGGP2R より 0.9 と計算され、運搬作業時の遮へい係数も同様に設定した。
5,6	運搬経路沿いの居住における線源に対する希釈係数		—	1	運搬の大型トラックには、再生資材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。
5,6	運搬経路周辺居住時の遮へい係数		—	1	保守的に 1 と設定した。
5,6	運搬経路沿いの居住者の被ばく時間		h/y	450	災害廃棄物安全評価検討会（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」に示された値を踏襲した。当該資料では、運搬トラックが月に 4,500 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、450h/y としている。
5,6	外部被ばくに対する線量換算係数（運搬経路周辺居住、成人）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.5E-2	以下の条件で、QAD-CGGP2R コードにより算出した。 線源の形状：高さ 0.6m、幅 2m、長さ 5m の直方体 線源のかさ密度：1.7g/cm ³ 評価点：0.6m×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。
		Cs-137		5.2E-3	
7	土取場等の環境回復時における遮へい係数（作業員）		—	1.0	保守的な設定とした。
7-9, 14	土取場等の環境回復作業（建設作業、植栽等作業）に従事する年間作業時間		h/y	1,000	1 日 8 時間、年間 250 日の労働時間のうち半分の時間を土取場等の環境回復作業に従事するものとした。
7-1	外部被ばくに対する線量換算係数（土取場等の環境回復作業員）（草本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	4.4E-01	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.7 m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：なし 評価点：作業員
		Cs-137		1.7E-01	
7-2	外部被ばくに対する線量換算係数（土取場等の環境回復作業員）（木本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	4.4E-01	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4 m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：なし 評価点：作業員
		Cs-137		1.7E-01	

※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

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメーター一覧（4／11）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
10,12	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 と仮定した。
10~13	年間居住時間		h/y	8,760	保守的に、1 年間絶えず環境回復を行った土取場周辺に居住しているとした。
10-1,12-1	外部被ばくに対する線量換算係数（土取場等の環境回復現場周辺居住者）（草本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.3E-01	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.7m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：なし 評価点：居住者 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。
		Cs-137		5.0E-02	
10-2,12-2	外部被ばくに対する線量換算係数（土取場等の環境回復現場周辺居住者）（木本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.2E-01	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：なし 評価点：居住者 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。
		Cs-137		4.9E-02	
11	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。
13	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。
14	植栽作業時における遮へい係数		—	1.0	保守的な設定とした。
14-1	外部被ばくに対する線量換算係数（植栽作業者）（草本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.5E-02	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.7m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：厚さ 0.3m、かさ密度 1.5g/cm ³ （土壌） 評価点：作業者
		Cs-137		5.1E-03	
14-2	外部被ばくに対する線量換算係数（植栽作業者）（木本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.4E-05	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.0m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：厚さ 1.0m、かさ密度 1.5g/cm ³ （土壌） 評価点：作業者
		Cs-137		3.3E-06	

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメーター一覧（5／11）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
15-2～ 19-2	土壌から樹木への移行係数（木本）		—	5.5E-03	Tagami & Uchida(2010) ^{※2} は、葉菜類中と樹葉（アカマツ、スギ、ヒノキ等）中の元素濃度の相関係数は高いこと（ $R>0.90$ 、 $p<0.001$ ）、また、樹葉中の元素濃度の幾何平均値のほとんどは葉菜類中のデータ範囲内にあることから、葉菜類中の濃度データに由来する移行係数は、樹葉中の移行係数にも適用できる可能性を示している。さらに葉菜類に対するセシウムの移行係数（ $3.3E-4\sim7.7E-2$ 、18 データ）を整理し、幾何平均値 5.5E-3 を導出している。本評価では、この値を採用した。
15	保全作業時（草刈り・伐採等）における遮へい係数		—	1.0	保守的な設定とした。
15-1	土取場等の環境回復後の保全作業（草刈り）に従事する年間作業時時間（草本）		h/y	250	1 回の草刈りの期間を 10 日、1 日 8 時間、年 3 回として設定するものとした。草刈り作業者の年間作業時間は、250 h/y とした。
15-2	土取場等の環境回復後の保全作業（伐採等）に従事する年間作業時時間（木本）		h/y	1000	1 日 8 時間、年間 250 日の労働時間のうち半分の時間を伐採作業するものとした。
15-1	外部被ばくに対する線量換算係数（草刈り作業・跡地利用者）（草本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.5E-02	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.7m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度： 2.0 g/cm^3 遮蔽体：厚さ 0.3m、かさ密度 1.5 g/cm^3 （土壌） 評価点：作業者
		Cs-137		5.1E-03	

※2 K. Tagami and S. Uchida, Radiation and Environmental Biophysics, 49, 583-590 (2010).

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメーター一覧（6 / 11）

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
15-2~ 19-2	樹木、伐採木からの外部被ばくに対する線量換算係数 （伐採業者・跡地利用者） （木本）	μSv/h per Bq/g	別表 2 参照	幅 500m×長さ 500m の再生資材、覆土の上に樹木が植生しているものとして、以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状： （樹木） 樹木の高さからなる直方体の線源とし、別表 1 に示した各評価時期における樹木の重量、高さ、単位面積あたりの樹木の本数（伐採による経時変化）、および樹木の密度（0.98g/cm³）から、樹木中の単位濃度 1Bq/g に相当する直方体線源の総 Bq 数を設定した。直方体線源の材質は、保守的に遮へい効果が小さくなる空気とした。但し、伐採業者に対しては、伐採業者を中心とした 20m×20m の範囲に対しては、樹木を線源として別途模擬し、この範囲に植生する樹木の本数及び高さは、各評価年に対する ha 当たりの植生本数、高さから設定した。 （伐採木・針葉樹林の場合） 林帯に密度 0.98g/cm³ の伐採木が一様に分布するものとした。伐採木の厚さは、別表 1 に示した各評価年に対する ha 当たりの伐採木の重量から算出した。 （間伐木・広葉樹林の場合） 1ha 当たりの間伐木の幹材積は 26m³ であることから、全材積は 1.5 倍して 39m³ であるとし、高さ 0.39cm を算出した。これが環境回復地全体に存在すると設定した。 （堆積有機物層・広葉樹林の場合） 除染の効果の実証実験（日本原子力研究開発機構：平成 23 年度 福島第一原子力発電所事故に係る福島県除染ガイドライン作成調査業務報告書（2012） https://www.jaea.go.jp/fukushima/kankyoanzen/guideline_report.html）より、約 3cm の腐葉土等の除去を行っていることから、堆積有機物層の厚さは 3cm とし、環境回復地全体に存在すると設定した。また、密度については枯死木の分解による材密度関係式（酒井佳美 他：材密度変化による主要な針葉樹人工林における枯死木の分解速度推定, Jpn. J. For. Environment, 50(2), 153-165 (2008)）から経過年数 15 年の倒木と根株と 25 年の立枯木の材密度を算出した平均値である 0.24g/cm³ を設定した。 評価点： （伐採業者） 500m×500m の中央、覆土表面からの高さ 1m を評価点とした。 （周辺居住者） 盛土の上端から 1m、地表面からの高さ 1m を評価点とした。 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。 （環境回復地利用者） 500m×500m の中央、覆土表面からの高さ 1m を評価点とした。

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメーター一覧（7 / 11）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
16,17	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 と仮定した。
16,17	年間居住時間		h/y	8,760	保守的に、1 年間絶えず環境回復を行った土取 場周辺に居住しているとした。
16-1, 17-1	埋戻材からの外 部被ばくに対す る線量換算係数 （環境回復地周 辺居住者）（草 本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	3.2E-03	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.7m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：厚さ 0.3m、かさ密度 1.5g/cm ³ （土 壌） 評価点：居住者 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。
		Cs-137		1.3E-03	
18,19	環境回復地利用時の遮へい 係数		—	1.0	保守的な設定とした。
18,19	環境回復地の年間利用時間		h/y	400	毎日 1 時間、年間で 400 時間とした。
18-1, 19-1	埋戻材からの外 部被ばくに対す る線量換算係数 （環境回復地利 用者）（草本）	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.5E-02	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.7m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：厚さ 0.3m、かさ密度 1.5g/cm ³ （土 壌） 評価点：利用者 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。
		Cs-137		5.1E-03	

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメーター一覧（8 / 11）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
20~31	埋戻材の空隙率		—	0.25	再生資材の真密度 (2.6~2.7g/cm ³) と当該盛土のかさ密度 (2.0 g/cm ³) から導出し、0.25 とした。
20~31	Cs の埋戻材の分配係数		mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364（有機土壌、砂）
20~31	浸透水量		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。
20~31	Cs の帯水層土壌の分配係数		mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364（砂）
20~31	帯水層厚さ		m	3	IAEA-TECDOC-401 に示された値を用いた。
20~31	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）
20~31	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）
20~31	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）
20~31	地下水流方向の分散長		m	0	保守的に選定した。
20~31	地下水流方向の分散係数		m ² /y	0	保守的に選定した。
20~31	環境回復した土取場（埋戻材）の上端から井戸までの距離		m	0	保守的に選定した。
20~31	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）
20	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。
21	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。
22~23	Cs の農耕土壌の分配係数		mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364（有機土壌）
22~23	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 54.4%）、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。 248×0.544×2.92+248×(1-0.544)×0.56=457 (h/y)
22	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	μSv/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	
22	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。

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメーター一覧（9 / 11）

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
23	農耕作業時の空气中ダスト濃度	g/m ³	5.0E-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。
23	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。
23	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。
24~27	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。
24~29	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。
24~29	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。
24~29	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。
24~29	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。
24~29	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。
24~29	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）
24~27	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。
24~27	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）
24~27	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ものとした。
24~27	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。
24,25	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。
24,25	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。
24,25	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。
24,25	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。

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメータ一覧（10／11）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
24,25	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）
24,25	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）
24	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	
25	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	
26~29	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	
26~29	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。
26~29	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。
26,27	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。
26,27	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）
26,27	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	

表 6 土取場等の環境回復への再生資材利用に係る評価経路パラメータ一覧（11／11）

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
26,29	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	
27,29	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	
28,29	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	
30,31	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。
30,31	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。
30,31	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。
30,31	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。
30	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。
31	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。

別表 1-1 各評価年における単位面積当たりの樹木の本数、高さおよび伐採木の材積
(針葉樹)

	評価年	0		2		7		12		17		22		27		32		37		42		47	
		評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	評価年	
																							8
樹木	1ha当たりの樹木の総数(本/ha)	10,000	10,000	10,000	4,000	4,000	3,300	3,300	2,200	2,200	1,512	1,512	1,110	1,100	890	890	744	744	643	643	557	557	
	樹木1本当たりの材積(m ³ /本)	4.0E-05	5.5E-04	5.3E-03	1.5E-02	1.5E-02	3.7E-02	7.1E-02	7.6E-02	1.4E-01	2.1E-01	3.0E-01	3.9E-01	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-01	
	樹木の直径(m)	0.5	1.2	3.1	5.2	5.2	7.1	9.0	10.6	12.2	13.4	14.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	
	1ha当たりの伐採木の材積(m ³ /ha)	32	32	42	42	42	83	83	135	135	190	190	236	236	279	279	319	319	319	319	361	361	

※1 伐採作業開始前

※林野庁 東北森林管理局「第五次国有林野施業実施計画書（宮城南部森林計画区）（計画期間：平成28年4月1日-平成33年3月31日）のアカマツに対する収穫予想表より設定。

別表 1-2 各評価年における単位面積当たりの樹木の本数、高さおよび伐採木の材積
(広葉樹)

評価年	0	2	9	19	29	39	49	59	69	79				
林齢(年)	1	3	10	20	30	40	50	60	70	80				
1ha当たりの樹木の 本数(本/ha)	2666	2615	2439	2187	1944	1674	1439	899	1234	784	1049	689	899	609
	1.2E-02	1.3E-02	1.8E-02	2.9E-02	4.6E-02	8.1E-02	1.3E-01	1.7E-01	2.0E-01	2.6E-01	2.9E-01	3.8E-01	4.0E-01	5.1E-01
		0.6	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	11.7	11.8	13.3	13.4	14.6	14.8	15.7

※林野庁 東北森林管理局「第五次国有林野施業実施計画書（秋田県子吉川森林計画区）
（計画期間：平成 28 年 4 月 1 日-平成 33 年 3 月 31 日）のブナに対する収穫予想表より設定。

別表 2-1 経路 No.15～19 で使用した樹木、伐採木からの外部被ばくに対する外部被ばく
換算係数
(針葉樹)

外部被ばく線量換算係数(針葉樹): $\mu\text{Sv/h per Bq/g}$

		評価年													
		2		7		17		27		37		47			
		林齢	3	8	18	28	38	48							
作業者 利用者	134Cs	伐採前	伐採後	伐採前	伐採後	伐採前	伐採後	伐採前	伐採後	伐採前	伐採後	伐採前	伐採後		
		樹木	1.1E-04	2.5E-02	1.0E-02	4.7E-02	3.1E-02	7.2E-02	5.6E-02	8.6E-02	7.0E-02	9.4E-02	9.1E-02		
	137Cs	伐採木			1.9E-02	2.4E-02	4.3E-02	6.4E-02	8.3E-02	9.8E-02	1.1E-01	1.2E-01	1.3E-01		
		樹木	4.38E-05	9.7E-03	3.9E-03	1.8E-02	1.2E-02	2.8E-02	2.1E-02	3.3E-02	2.7E-02	3.6E-02	3.5E-02		
	周辺居住 者	134Cs	伐採木			7.2E-03	9.3E-03	1.7E-02	2.5E-02	3.2E-02	3.8E-02	4.3E-02	4.7E-02	5.2E-02	
			樹木	4.29E-05	1.0E-02	4.0E-03	2.1E-02	1.4E-02	3.3E-02	2.4E-02	4.0E-02	3.4E-02	4.7E-02	4.1E-02	
137Cs		伐採木			7.4E-03	9.4E-03	1.6E-02	2.4E-02	3.0E-02	3.5E-02	3.9E-02	4.3E-02	4.6E-02		
		樹木	1.65E-05	3.9E-03	1.5E-03	8.1E-03	5.4E-03	1.3E-02	9.4E-03	1.5E-02	1.3E-02	1.8E-02	1.6E-02		
		伐採木			2.8E-03	3.6E-03	6.3E-03	9.1E-03	1.2E-02	1.4E-02	1.5E-02	1.6E-02	1.8E-02		

別表 2-2 経路 No.15～19 で使用した樹木、伐採木からの外部被ばくに対する外部被ばく
換算係数（広葉樹）

外部被ばく線量換算係数(広葉樹): $\mu\text{Sv/h per Bq/g}$																			
		評価年																	
		3		10		20		30		40		50		60		70		80	
		林 齢		無間伐	間伐	無間伐	間伐	無間伐	間伐	無間伐	間伐	無間伐	間伐	無間伐	間伐	無間伐	間伐	無間伐	間伐
作業者 利用者	134Cs	樹木	1.6E-02	2.1E-02	2.7E-02	3.5E-02	4.9E-02	6.4E-02	5.1E-02	8.1E-02	6.5E-02	9.5E-02	8.0E-02	1.1E-01	9.2E-02				
		有機堆積物層	1.7E-02	4.0E-02	6.4E-02	8.8E-02	1.1E-01	1.3E-01	1.6E-01	2.3E-02	3.6E-02	4.1E-02	3.5E-02						
		間伐木	6.1E-03	8.0E-03	1.0E-02	1.4E-02	1.9E-02	2.5E-02	1.9E-02	3.1E-02	2.5E-02	3.6E-02	3.1E-02	4.1E-02	3.5E-02				
	137Cs	樹木	6.1E-03	8.0E-03	1.0E-02	1.4E-02	1.9E-02	2.5E-02	1.9E-02	3.1E-02	2.5E-02	3.6E-02	3.1E-02	4.1E-02	3.5E-02				
		有機堆積物層	6.4E-03	8.5E-03	1.0E-02	1.4E-02	1.9E-02	2.5E-02	1.9E-02	3.1E-02	2.5E-02	3.6E-02	3.1E-02	4.1E-02	3.5E-02				
		間伐木	6.4E-03	8.5E-03	1.0E-02	1.4E-02	1.9E-02	2.5E-02	1.9E-02	3.1E-02	2.5E-02	3.6E-02	3.1E-02	4.1E-02	3.5E-02				
周辺居住者	134Cs	樹木	6.4E-03	8.5E-03	1.2E-02	1.6E-02	2.3E-02	3.1E-02	2.4E-02	3.9E-02	3.1E-02	4.7E-02	3.9E-02	5.3E-02	4.6E-02				
		有機堆積物層	6.4E-03	8.5E-03	1.2E-02	1.6E-02	2.3E-02	3.1E-02	2.4E-02	3.9E-02	3.1E-02	4.7E-02	3.9E-02	5.3E-02	4.6E-02				
		間伐木	6.4E-03	8.5E-03	1.2E-02	1.6E-02	2.3E-02	3.1E-02	2.4E-02	3.9E-02	3.1E-02	4.7E-02	3.9E-02	5.3E-02	4.6E-02				
	137Cs	樹木	2.5E-03	3.3E-03	4.5E-03	6.1E-03	8.8E-03	1.2E-02	9.0E-03	1.5E-02	1.2E-02	1.8E-02	1.5E-02	2.0E-02	1.8E-02				
		有機堆積物層	2.4E-03	5.9E-03	9.4E-03	1.3E-02	1.6E-02	1.6E-02	2.0E-02	2.0E-02	2.3E-02	2.3E-02	2.7E-02	2.7E-02					
		間伐木	2.4E-03	5.9E-03	9.4E-03	1.3E-02	1.6E-02	1.6E-02	2.0E-02	2.0E-02	2.3E-02	2.3E-02	2.7E-02	2.7E-02					

別表 3 土取場等の環境回復埋戻材への再生資材利用に係る評価経路パラメータ一覧
（内部被ばく線量係数）

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

●評価結果

表 7 評価結果（運搬）

No.	経路略称	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)
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	
1	積み下ろし作業者外部	2.0E-02	8.3E-03	1.0E-02	9.7E+04
2	積み下ろし作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.7E-05	6.0E+07
3	積み下ろし作業者直接経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	2.7E-04	3.7E+06
4	運搬作業者外部	4.5E-02	1.9E-02	2.3E-02	4.3E+04
5	運搬経路周辺居住者(成人)外部	5.9E-03	2.3E-03	2.9E-03	3.4E+05
6	運搬経路周辺居住者(子ども)外部	7.6E-03	3.0E-03	3.8E-03	2.6E+05

表 8 評価結果（土取場の環境回復中）

No.	経路略称	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)
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	
7	建設作業者外部	3.8E-01	1.7E-01	2.1E-01	4.9E+03
8	建設作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.7E-05	6.0E+07
9	建設作業者直接経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	2.7E-04	3.7E+06
10	周辺居住者外部(成人)	1.9E-01	8.5E-02	1.0E-01	9.7E+03
11	周辺居住者吸入(成人)	9.4E-05	7.6E-05	8.0E-05	1.3E+07
12	周辺居住者外部(子ども)	2.5E-01	1.1E-01	1.3E-01	7.4E+03
13	周辺居住者吸入(子ども)	2.4E-05	2.1E-05	2.1E-05	4.7E+07
14-1	植栽等作業者外部(草本)	1.3E-02	5.4E-03	6.8E-03	1.5E+05
14-2	植栽等作業者外部(木本)	1.2E-05	3.2E-06	4.7E-06	2.1E+08

表 9-1 評価結果（土取場の環境回復後）
（草本）

No.	経路略称	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)
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	
15-1	保全作業者外部	3.3E-03	1.4E-03	1.7E-03	5.9E+05
16-1	居住者・成人外部	5.7E-03	2.5E-03	3.0E-03	3.3E+05
17-1	居住者・子ども外部	7.4E-03	3.2E-03	3.9E-03	2.6E+05
18-1	利用者・成人外部	5.4E-03	2.2E-03	2.7E-03	3.7E+05
19-1	利用者・子ども外部	7.0E-03	2.8E-03	3.5E-03	2.8E+05

表 9-2 評価結果（土取場の環境回復後）
（木本：針葉樹）※

No.	経路略称	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)
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	
15-2	保全作業者外部(32年目・伐採前)	1.7E-08	1.7E-04	1.4E-04	7.3E+06
16-2	周辺居住者外部(成人)(37年目・伐採前)	2.4E-09	1.2E-04	9.8E-05	1.0E+07
17-2	周辺居住者外部(子ども)(37年目・伐採前)	3.2E-09	1.5E-04	1.3E-04	7.9E+06
18-2	利用者外部(成人)(32年目・伐採前)	6.6E-09	6.7E-05	5.5E-05	1.8E+07
19-2	利用者外部(子ども)(32年目・伐採前)	8.6E-09	8.7E-05	7.2E-05	1.4E+07

※経路 No.14～16 では、最も被ばく線量が高くなった経路（樹齢年数）のみを表に記載した。

表 9-3 評価結果（土取場の環境回復後）

（木本：広葉樹（間伐））※

No.	経路略称	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)
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	
15-2	保全作業者外部(49年目)	6.0E-11	1.3E-04	1.0E-04	9.6E+06
16-2	周辺居住者外部(成人)(49年目)	4.3E-11	8.9E-05	7.3E-05	1.4E+07
17-2	周辺居住者外部(子ども)(49年目)	5.6E-11	1.2E-04	9.5E-05	1.0E+07
18-2	利用者外部(成人)(49年目)	2.4E-11	5.0E-05	4.2E-05	2.4E+07
19-2	利用者外部(子ども)(49年目)	3.1E-11	6.5E-05	5.4E-05	1.9E+07

※経路 No.14～16 では、最も被ばく線量が高くなった経路（樹齢年数）のみを表に記載した。

表 9-4 評価結果（土取場の環境回復後）

（木本：広葉樹（無間伐））※

No.	経路略称	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)
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	
15-2	保全作業者外部(49年目)	5.7E-11	1.2E-04	9.9E-05	1.0E+07
16-2	周辺居住者外部(成人)(49年目)	4.2E-11	8.7E-05	7.2E-05	1.4E+07
17-2	周辺居住者外部(子ども)(49年目)	5.4E-11	1.1E-04	9.3E-05	1.1E+07
18-2	利用者外部(成人)(49年目)	2.3E-11	4.8E-05	3.9E-05	2.5E+07
19-2	利用者外部(子ども)(49年目)	3.0E-11	6.2E-05	5.1E-05	2.0E+07

※経路 No.14～16 では、最も被ばく線量が高くなった経路（樹齢年数）のみを表に記載した。

表 10-1 評価結果（地下水移行）

（草本：埋立材厚さ 4.7m）

No.	経路略称	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)
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	
20	飲料水摂取(成人)	4.3E-06	4.2E-05	3.6E-05	2.8E+07
21	飲料水摂取(子ども)	6.0E-07	6.4E-06	5.4E-06	1.9E+08
22	地下水利用農耕作業者外部	9.2E-07	4.4E-05	3.7E-05	2.7E+07
23	地下水利用農耕作業者吸入	4.5E-11	4.2E-09	3.5E-09	2.9E+11
24	地下水利用農作物摂取(成人)	3.1E-06	1.0E-04	8.7E-05	1.2E+07
25	地下水利用農作物摂取(子ども)	1.1E-06	4.3E-05	3.6E-05	2.8E+07
26	飼料經由畜産物摂取(成人)	4.1E-06	1.0E-04	8.4E-05	1.2E+07
27	飼料經由畜産物摂取(子ども)	2.0E-06	5.3E-05	4.4E-05	2.3E+07
28	飼育水經由畜産物摂取(成人)	6.0E-07	5.9E-06	5.0E-06	2.0E+08
29	飼育水經由畜産物摂取(子ども)	2.8E-07	3.0E-06	2.5E-06	3.9E+08
30	養殖淡水産物摂取(成人)	2.5E-06	2.4E-05	2.1E-05	4.9E+07
31	養殖淡水産物摂取(子ども)	9.8E-07	1.1E-05	8.9E-06	1.1E+08

表 10-2 評価結果（地下水移行）

（木本：埋立材厚さ 4.0m）

No.	経路略称	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)
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	
20	飲料水摂取(成人)	4.3E-06	4.2E-05	3.6E-05	2.8E+07
21	飲料水摂取(子ども)	6.0E-07	6.4E-06	5.4E-06	1.9E+08
22	地下水利用農耕作業外部	9.2E-07	4.4E-05	3.7E-05	2.7E+07
23	地下水利用農耕作業吸入	4.5E-11	4.2E-09	3.5E-09	2.9E+11
24	地下水利用農作物摂取(成人)	3.1E-06	1.0E-04	8.6E-05	1.2E+07
25	地下水利用農作物摂取(子ども)	1.1E-06	4.3E-05	3.6E-05	2.8E+07
26	飼料経由畜産物摂取(成人)	4.1E-06	1.0E-04	8.4E-05	1.2E+07
27	飼料経由畜産物摂取(子ども)	2.0E-06	5.3E-05	4.4E-05	2.3E+07
28	飼育水経由畜産物摂取(成人)	6.0E-07	5.9E-06	5.0E-06	2.0E+08
29	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	2.8E-07	3.0E-06	2.5E-06	3.9E+08
30	養殖淡水産物摂取(成人)	2.5E-06	2.4E-05	2.1E-05	4.9E+07
31	養殖淡水産物摂取(子ども)	9.8E-07	1.1E-05	8.9E-06	1.1E+08

主要な経路における、1mSv/y 相当濃度を図 1 に整理した。各ケースに対する決定経路および 1mSv/y 相当濃度は、表 11 の通りである。

表 11 決定経路および 1mSv/y 相当濃度 (Bq/kg)

決定経路			1mSv/y相当濃度 (Bq/kg)
ケースNo.※	経路番号	経路	
1	7	建設作業外部	4,900
2	7	建設作業外部	4,900
3	7	建設作業外部	4,900
4	7	建設作業外部	4,900

※ケース 1：草本植栽、線源厚さ 4.7 m、客土厚さ 0.3 m

ケース 2：木本植栽、針葉樹、線源厚さ 4.0 m、客土厚さ 1.0 m、5 年毎に伐採

ケース 3：木本植栽、広葉樹（間伐）、線源厚さ 4.0 m、客土厚さ 1.0 m、49 年目に間伐

ケース 4：木本植栽、広葉樹（無間伐）、線源厚さ 4.0 m、客土厚さ 1.0 m、間伐なし

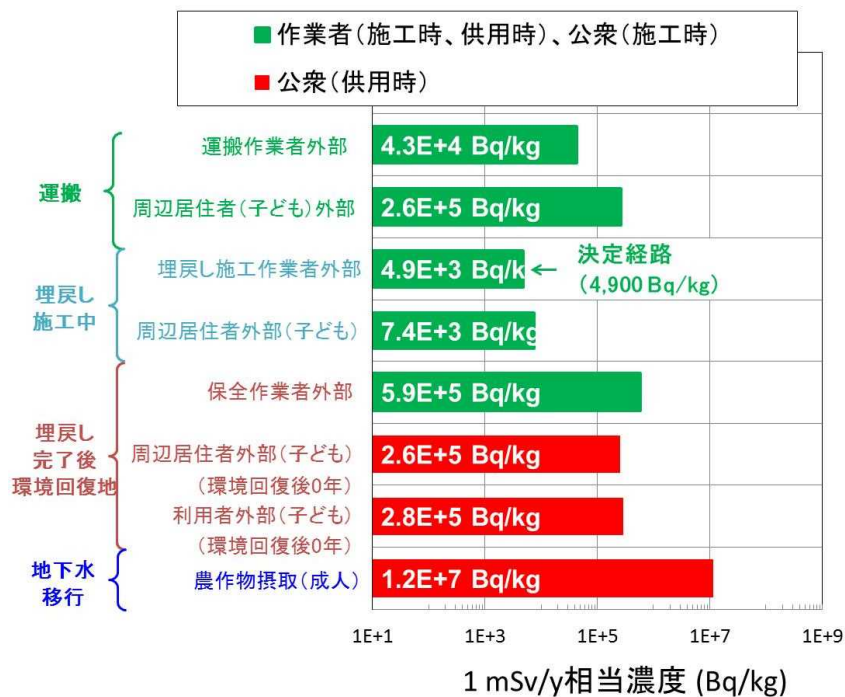


図 1-1 主要な経路の 1mSv/y 相当濃度
(草本)

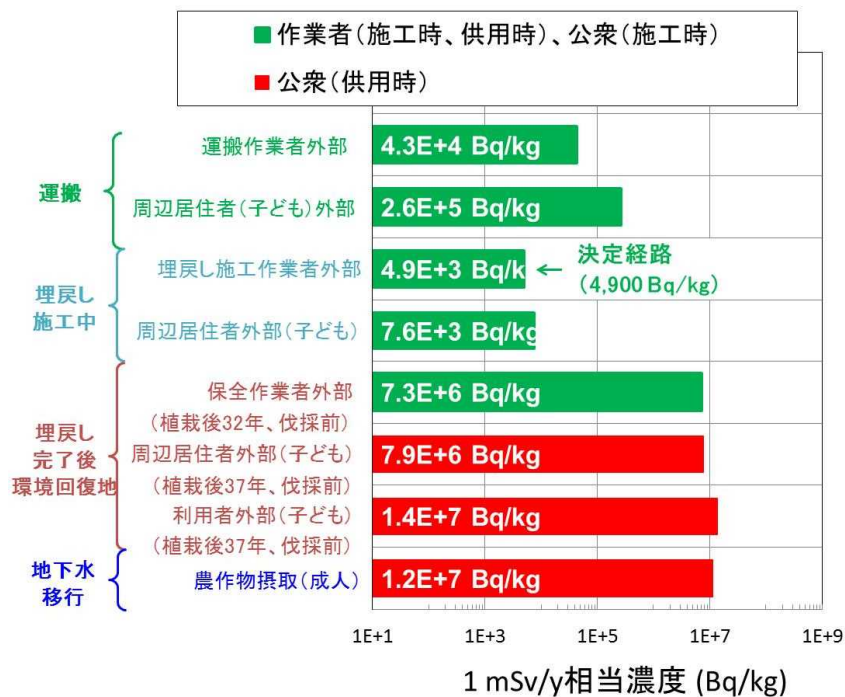


図 1-2 主要な経路の 1mSv/y 相当濃度
(木本：針葉樹)

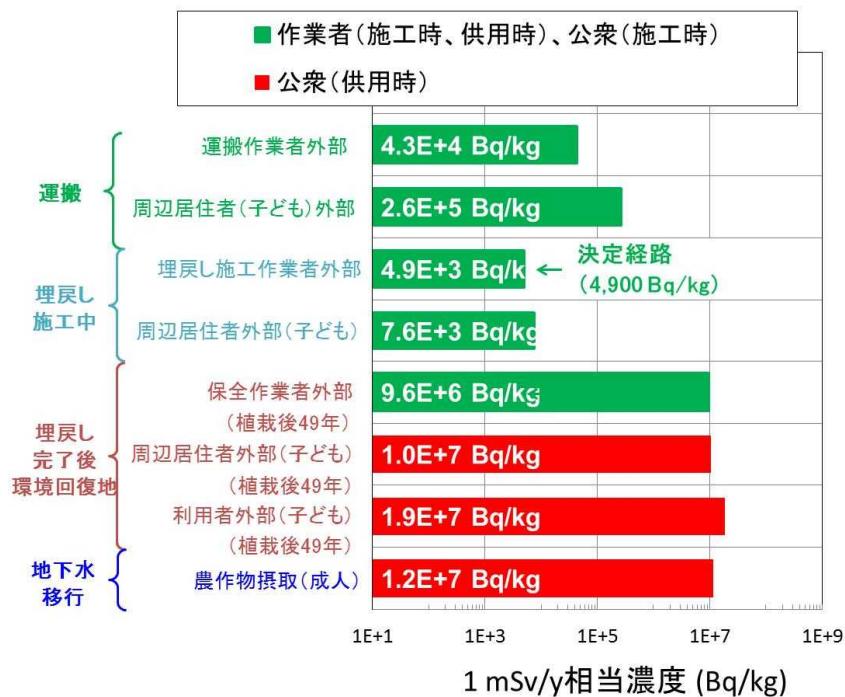


図 1-3 主要な経路の 1mSv/y 相当濃度
(木本：広葉樹（間伐））

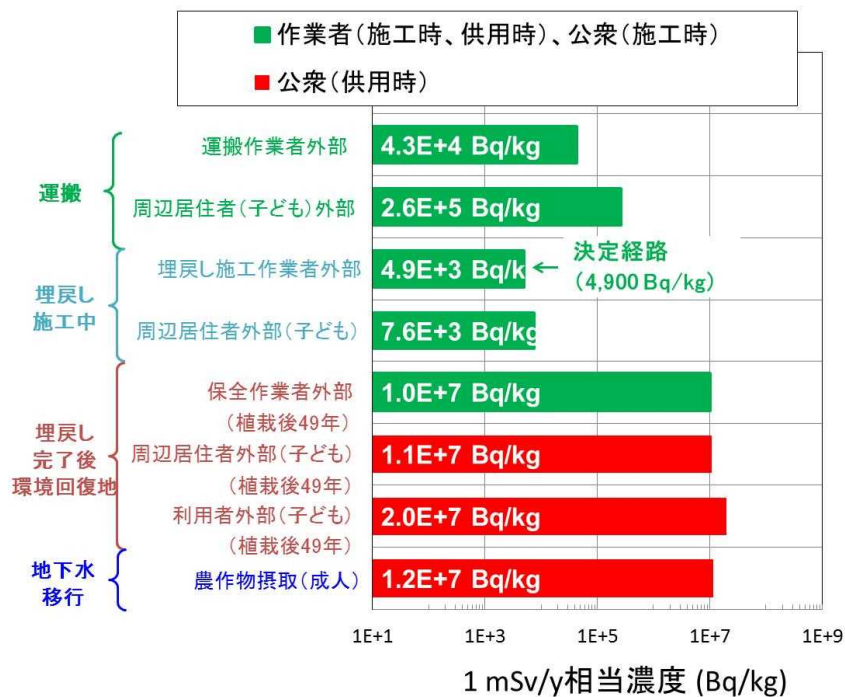


図 1-4 主要な経路の 1mSv/y 相当濃度
(木本：広葉樹（無間伐））

2. 災害・復旧時

● 評価パラメータ

表 12 再生資材の土地造成への利用（災害時：火災）に係る評価経路パラメータ

パラメータ	数値	出典
半無限体積に対する線量係数 (Sv/s per Bq/m ³)	Cs-134 : 6.8E-14	FGR-12 (EPA-402-R-93-081) ⁽⁶⁾
	Cs-137 : 2.4E-14	
無限平板に対する線量係数 (Sv/s per Bq/m ²)	Cs-134 : 1.4E-15	
	Cs-137 : 5.3E-16	
内部被ばく線量換算係数（成人） (mSv/Bq)	Cs-134 : 2.0E-05	環境放射線モニタリング指針 ⁽⁷⁾
	Cs-137 : 3.9E-05	
延焼速度と風速の比（－）	0.1	
線源の拡がり	半径 252m、 高さ 100 m、200 m、500 m	20ha 相当の円の半径
空気カーマから実効線量への換算係数 (Sv/Gy)	1	
γ 線実効エネルギー (MeV)	Cs-134 : 1.56	一般公衆線量評価 ⁽⁸⁾
	Cs-137 : 0.60	
地表沈着による実効線量係数（成人） (Sv/s per Bq/m ³)	Cs-134 : 1.4E-15	FGR-12(EPA-402-R-93-081)
	Cs-137 : 5.3E-16	
相対濃度 (s/m ³)	評価位置に応じて設定	JAERI-M-90-206 ⁽⁹⁾
沈着速度 (m/s)	0.01	一般公衆線量評価
残存割合（－）	1.0	保守的に設定
呼吸率（成人）(m ³ /d)	22.2	安全評価指針 ⁽¹⁰⁾
再浮遊率 (m ⁻¹)	1.0E-06	一般公衆線量評価

表 13 環境回復地の補修への利用（災害時：異常降雨）に係る評価経路パラメータ

名称		単位	選定値	選定根拠
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。
復旧作業が開始されるまでの期間		y	0	保守的に、再生資材が事故 5 年後すぐに再生資源化され、土取場等の環境回復造成に使用された直後に災害が発生するものとした。
埋戻し幅		m	500	大規模な土採取場を想定し、500m×500m の床掘り部に対し、一様に再生資材を埋戻材として利用した場合を想定した。
埋戻し長さ		m	500	大規模な土採取場を想定し、500m×500m の床掘り部に対し、一様に再生資材を埋戻材として利用した場合を想定した。
埋戻材の厚さ		m	4.7	草本類による緑地化を行った緑地公園で災害が発生した場合を想定し、埋戻材の厚さは 4.7m を埋戻材とした。
埋戻材のかさ密度		g/cm ³	2.0	土壌を締め固めた場合の密度の最大値 2.0 g/cm ³ とした。
復旧作業時における遮へい係数（作業員）		—	1.0	重機を使用した作業を想定せず、保守的な設定とした。
復旧作業に従事する年間作業時間		h/y	500	復旧期間 3 ヶ月のうち、1 日 8 時間・60 日の労働時間を、当該作業に従事すると 480h/y となる。この結果から 500h/y と設定した。
外部被ばくに対する線量換算係数（復旧作業員）	Cs-134	μ Sv/h per Bq/g	5.9E-2	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.7 m、幅 500 m、長さ 500 m の直方体（土壌） 線源のかさ密度：2.0 g/cm ³ 遮蔽体：なし 評価点：作業員
	Cs-137		2.1E-2	
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。
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。
作業員の呼吸量		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。
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。
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。
居住時の遮へい係数		—	1.0	保守的な設定とした。
居住者の年間被ばく時間		h/y	500	保守的に作業員と同じだけ線源のそばで過ごすことを想定した。
外部被ばくに対する線量換算係数（復旧作業地）	Cs-134	μ Sv/h per Bq/g	1.5E-2	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 4.7m、幅 500 m、長さ 500

周辺居住者)	Cs-137		5.2E-3	m の直方体 (土壌) 線源のかさ密度 : 2.0 g/cm ³ 遮蔽体 : なし 評価点 : 居住者 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。
--------	--------	--	--------	--

● 評価結果

表 14 評価結果 (土取場等の環境回復、針葉樹 (災害時 : 火災))

No.	経路略称	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)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
1	消防士(ブルーム)外部	1.3E-12	2.4E-07	2.0E-07
2	消防士(地表沈着)外部	2.7E-11	5.3E-06	4.4E-06
3	消防士(ブルーム)内部	1.3E-10	1.3E-04	1.1E-04
4	消防士(沈着再浮遊)内部	1.3E-13	1.3E-07	1.1E-07
5	公衆(ブルーム)外部	8.6E-14	1.7E-08	1.4E-08
6	公衆(地表沈着)外部	1.2E-12	2.3E-07	1.9E-07
7	公衆(ブルーム)内部	5.1E-12	5.1E-06	4.2E-06
8	公衆(沈着再浮遊)内部	4.4E-15	4.4E-09	3.7E-09

表 15 評価結果 (土取場等の環境回復、広葉樹・間伐 (災害時 : 火災))

No.	経路略称	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)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
1	消防士(ブルーム)外部	1.8E-15	6.9E-08	5.7E-08
2	消防士(地表沈着)外部	3.8E-14	1.5E-06	1.3E-06
3	消防士(ブルーム)内部	1.8E-13	3.8E-05	3.1E-05
4	消防士(沈着再浮遊)内部	1.8E-16	3.8E-08	3.1E-08
5	公衆(ブルーム)外部	1.2E-16	5.0E-09	4.1E-09
6	公衆(地表沈着)外部	1.7E-15	6.8E-08	5.6E-08
7	公衆(ブルーム)内部	7.1E-15	1.5E-06	1.2E-06
8	公衆(沈着再浮遊)内部	6.1E-18	1.3E-09	1.1E-09

表 16 評価結果（土取場等の環境回復、広葉樹・無間伐（災害時：火災））

No.	経路略称	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)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
1	消防士(ブルーム)外部	1.9E-15	7.2E-08	6.0E-08
2	消防士(地表沈着)外部	3.9E-14	1.6E-06	1.3E-06
3	消防士(ブルーム)内部	1.9E-13	3.9E-05	3.2E-05
4	消防士(沈着再浮遊)内部	1.9E-16	3.9E-08	3.2E-08
5	公衆(ブルーム)外部	1.3E-16	5.1E-09	4.3E-09
6	公衆(地表沈着)外部	1.7E-15	7.0E-08	5.8E-08
7	公衆(ブルーム)内部	7.4E-15	1.5E-06	1.3E-06
8	公衆(沈着再浮遊)内部	6.4E-18	1.3E-09	1.1E-09

表 17 評価結果（土取場等の環境回復（災害時：異常降雨））

No.	経路略称	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)		
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
1	復旧作業員外部	2.5E-02	1.0E-02	1.3E-02
2	復旧作業員吸入	9.8E-06	7.9E-06	8.3E-06
3	復旧作業員直接経口摂取	1.6E-04	1.3E-04	1.3E-04
4	周辺居住者(成人)外部	5.6E-03	2.2E-03	2.8E-03
5	周辺居住者(子ども)外部	7.3E-03	2.9E-03	3.7E-03

<参考文献>

- (1) 武田聖司、菅野光大、佐々木利久、水無瀬直史、木村英雄，“ウラン及び TRU 核種を含む放射性廃棄物に対するクリアランスレベル評価コードシステム PASCLR 第 2 版の開発”，JAEA-Data/Code2006-003(2006)
- (2) Yukio SAKAMOTO and Shun-ichi TANAKA, “QAD-CGGP2 and G33-GP2: Revised Versions of QAD-CGGP AND G33-GP”. JAERI-M90-110(1990)
- (3) X-5 Monte Carlo Team, MCNP-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5, LA-UR-03-1987
- (4) 建設物価調査会、国土交通省土木工事積算基準、平成 28 年度版
- (5) 国土交通省都市局公園緑地・景観課の植栽基盤の整備手順(案)等
- (6) 東日本大震災復旧・復興事業に伴う盛土材確保に係るガイドライン(案) (宮城県)、
(<https://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/118000.pdf>)
- (7) 相双管内公設土取場(相馬)の運用を開始します (福島県土木部、2015.4.6)、
(<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/110415.pdf>)
- (8) 東亜建材工業株式会社 美沢土取場、Google マップから、
(<http://toakenzai.com/profile/map.html>)
- (9) 大牟田地区(昭和開北部第二地区)農用地土壌汚染対策計画書(案)、
(http://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/226333_52014222_misc.pdf)
- (10) 市長への公開質問状の回答に対する意見書(市へ提出)、「最終処分場建設候補地についての公開質問状」の回答に対する意見書、
([http://suzaka-gomikangaeru.jimdo.com/_「市長への公開質問状の回答に対する意見書\(市へ提出\).pdf」](http://suzaka-gomikangaeru.jimdo.com/_「市長への公開質問状の回答に対する意見書(市へ提出).pdf」))

- (1 1) 土採取計画認可申請書類作成要領マニュアル、
(<https://www.pref.chiba.lg.jp/sanshin/tetsuzuki/documents/tuchi-sakuseimannual-1.pdf>)
- (1 2) 土採取に関する技術基準、
(<https://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-520/documents/tutisaisyugijutukijun.pdf>)
- (1 3) 土石類採取の手引き、(<http://www.pref.nara.jp/13015.htm>)
- (1 4) 日本道路協会、「道路橋示方書（Ⅰ 共通編）・同解説」、平成 2 年
- (1 5) 境川遊水地公園維持管理基準書、
(<http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/682318.pdf>)
- (1 6) 県立座間谷戸山公園 平成 24 年度事業計画書、
(<http://www.kanagawa-park.or.jp/pdf/h24/zamayato.pdf>)
- (1 7) 公園の維持と管理（柏市）、
(http://www.city.kashiwa.lg.jp/soshiki/020300/p007263_d/fil/220815-45.pdf)
- (1 8) 公園緑地の維持管理（川崎市）、
(<http://www.city.kawasaki.jp/530/cmsfiles/contents/0000021/21486/ijikanri.pdf>)
- (1 9) 塚山公園維持管理基準、(<http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/682135.pdf>)
- (2 0) 柏市パークマネジメントプラン、
(http://www.city.kashiwa.lg.jp/soshiki/110900/p010591_d/fil/kashiwa-pmp-kanrimanual.pdf)
- (2 1) 亀戸中央公園、東京都東部 7 公園、草刈作業のお知らせ、
(<http://tokyo-eastpark.com/kameido/%E8%8D%89%E5%88%88%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E3%81%AE%E3%81%8A%E7%9F%A5%E3%82%89%E3%81%9B-2/>)
- (2 2) 東京都立東京港野鳥公園、環境管理作業のお知らせ、
(<http://www.wildbirdpark.jp/information.html>)
- (2 3) 宇喜田公園、東京都東部 7 公園、草刈作業のお知らせ、
(<http://tokyo-eastpark.com/ukita/%E8%8D%89%E5%88%88%E3%82%8A%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E3%81%AE%E3%81%8A%E7%9F%A5%E3%82%89%E3%81%9B/>)
- (2 4) 東北森林局(宮城南部森林計画区) 第五次国有林野施業実施計画書(計画期間 自 平成 27 年 4 月 1 日 至 平成 32 年 3 月 31 日) 別表 収穫予想表 施業群：アカマツ施業群
- (2 5) 澤口拓磨、武田聖司、木村英雄、田中 忠夫、「汚染された災害廃棄物等の再利用に向けた取り組み,1; 海岸防災林の盛土材への再利用にかかわる線量評価」、日本原子力学会バックエンド部会第 29 回バックエンド夏期セミナー資料集、H25 年 8 月 7-8 日
- (2 6) 東北森林局(雄物川森林計画区) 第五次国有林野施業実施計画書 (計画期間 自 平成 27 年 4 月 1 日 至 平成 32 年 3 月 31 日) 別表 「参考」施業群：ブナ二次林収穫予想表(ブナ成立本数 50% 以上の林分に適用)
- (2 7) (日本原子力研究開発機構：平成 23 年度 福島第一原子力発電所事故に係る福島県除染ガイドライン作成調査業務 報告書(2012) 、
(https://www.jaea.go.jp/fukushima/kankyoanzen/guideline_report.html)
- (2 8) 河原輝彦、森林生態系における炭素の循環 - リターフォール量とその分解速度を中心として - 、
林試研報 Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. No.334, 1985
- (2 9) 独立行政法人原子力安全基盤機構、「警戒区域及び計画的避難区域内での大規模火災の影響評価
に関する調査報告書」、JNES-RE-2011-0004、平成 24 年 2 月
- (3 0) 林野庁東北森林管理局、「別紙 能代の街を飛砂から守る海岸防災林造成事業(風の松原)」
- (3 1) 消防防災博物館ホームページ、「2 風水害の種別別の基礎知識 風倒木被害」、
(http://www.bousaihaku.com/cgi-bin/hp/index2.cgi?ac1=B102&ac2=&ac3=4938&Page=hpd2_view)
- (3 2) 気象庁ホームページ、「災害をもたらした気象事例（平成元年～本年）」、
(http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html)
- (3 3) Environmental Protection Agency, “External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil”,
Federal Guidance Report No.12, EPA 402-R-93-001, 1993
- (3 4) 原子力安全委員会、「環境放射線モニタリング指針」、平成 20 年 3 月、平成 22 年 4 月一部改訂

- (35) 原子力安全委員会、一般公衆線量評価「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」、平成元年3月27日了承、平成13年3月29日一部改訂
- (36) 滝光成、小林英雄、鈴木隆、清水勇、「排気筒から放出される放射性雲の等濃度分布図および放射性雲からの等 γ 線量率分布図(Ⅱ)」、JAERI-M-90-206、平成2年11月、(<http://jolisrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/pdfdata/JAERI-M-90-206.pdf>)
- (37) 原子力安全委員会、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」、昭和56年7月20日決定、平成13年3月29日一部改訂