

平成 27 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 4 回)

平成 28 年 2 月 24 日(水)
11:00 ~ 14:00
於:JAEA 東京事務所(富国生命ビル)

議事次第

1. 開会

2. 議題

- (1) 前回の議事および第 3 回 WG 以降の委員ご意見の確認
- (2) 再生利用が可能となる浄化物の放射能濃度の検討結果整理
- (3) 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結果のまとめ
- (4) その他

3. 閉会

配布資料一覧

WG4 - 1 第 3 回 WG 議事録(案)

WG4 - 1 添付 第 3 回 WG までの議論の整理

WG4 - 2 第 3 回 WG 以降の委員ご意見について

WG4 - 3 除去土壌等の再生利用に対する被ばく線量評価

WG4 - 4 「平成 27 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」取りまとめ案について

参考資料 汚染された土壌(砂利、砂など)の道路路盤材への再利用に係る
線量評価について

参考資料 道路・鉄道盛土への除去土壌の再利用

参考資料 防潮堤への除去土壌の再利用

参考資料 除去土壌の海岸防災林盛土材への再利用に係る線量評価について

参考資料 除去土壌の道路・鉄道盛土への再利用に係る線量評価について
(災害時)

参考資料 除去土壌の防潮堤への再利用に係る線量評価について(災害時)

参考資料 除去土壌の海岸防災林盛土材への再利用に係る線量評価について
(災害時)

参考資料 再生利用の基本的考え方(案)

平成 27 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)議事録(案)

【取扱注意】

1. 日 時: 平成 28 年 2 月 16 日(火) 10:00~12:15
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、飯本委員、木村委員、田上委員、新堀委員、山本委員
 環境省:中間貯蔵チーム 小野、山田、合田、金子、除染チーム:河原、島田
 事務局(JAEA):油井、武田、浅妻、岡田、加藤、中間、中澤、倉知、梅澤
4. 資 料:
 席次表
 WG3 - 1 第 2 回WG議事録(案)
 WG3 - 1 添付 これまでの議論の整理
 WG3 - 2 除去土壌等の再生利用に係る追加被ばく線量について(放安 WG2-2 修正版)
 WG3 - 3 除去土壌の再生利用に対する被ばく線量評価について
 WG3 - 4 「平成 27 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」取りまとめ案について
 参考資料 再生利用 WG3 - 4「再生利用を進めるために」(一部追加、抜粋)
 参考資料 汚染された土壌(砂利、砂など)の道路路盤材への再利用に係る線量評価について
 参考資料 道路・鉄道盛土への除去土壌の再利用
5. 議事等
 事務局より資料WG3-1 添付～参考資料 の説明を行った。参考資料 、 についてはWG3 - 3 の計算確認用として必要に応じて参照いただくことにして説明を省略した。

資料 WG3-1 添付

新堀委員:「適切な管理の下」とは具体的にどんな管理をしていくかということが今後の論点になるか。

資料 WG3 - 2 及び参考資料

飯本委員:内容について、大筋は賛成だが、言葉の使い方として、P4、P5 で限度という表現を用いているが、1mSv/y は様々な背景を持った数値であり、限度を使うと制限されると捉えられる懸念がある。そのため、「線量の限度等の適切な値」とあるが、「線量を制限するための適切な値」などとした方が良い。「線量限度等」も同様。

事務局(梅澤):ご意見により検討し表現を見直したい。

新堀委員:目標値を 0.01mSv/y に設定すると、管理の方法も変わってくる。放射線モニタリングをしなくてもよいという管理の前提にも影響が出る。「代表的な条件の下で」の「代表的」と言うのは分かり難いが、現実的なパラメータを使い代表的なシナリオを想定して評価したと言うことで理解している。施工時から供用時に管理が移る段階で、放射線モニタリングなどの何らかの確認が必要ではないか。0.01mSv/y は測定できない、検認できないことを目標にするということを言っているので奇異に感じる。目標と管理要件はセットになる。供用時の放射線モニタリングはやらないのが現実的。特措法を全面に出すなら 8,000Bq/kg より低ければよいという議論もできるのではないか。その場合、特措法

が30年後どうなるのかといったことも考慮すべき。

事務局(油井):0.01mSv/yというのは、福島県内のみならず県外での再生利用を考慮して、目標値、目安値として設定しようとするもの。もちろん、管理の仕方を考えながらではある。

環境省:施工中はモニタリングし、シナリオ通り施工しているかを確認すれば供用中はモニタリング不要かと思う。なお、目標値を満たしていることを確認できなくとも、住民の安全安心のためにモニタリングすることはあり得る。

新堀委員:実質的には施工管理で担保するということか。

環境省:その通り。

環境省:*1の「計画被ばく状況における線量拘束値の上方値」について、上方ではなく、もっと下にして欲しいという意見が想定される。一般向けにもっと良い説明ができないかご検討いただきたい。あと、*4の上限値10,000Bq/kgについては、少し余裕をみて指定廃棄物の8,000Bq/kgと同じ値の方が理解を得られやすいかもしれない。

佐藤委員長:8,000Bq/kgが妥当と思うが、どうか。

飯本委員:決めだと思ふ。

木村委員:10 μ Sv/yを目標とすると、大体WG3-3で示しているような値になる。パラメータが現実的か保守的かということではなく、施工場所の近くに居住するということが決定経路になる。10 μ Sv/yで再生利用するという心づもりならこのような濃度になるという復習のような感じがする。

環境省:遮へい厚をきちんと確保すればそれなりの濃度で再生利用できる、ちゃんと確保しなくてはならない、ということも読み取れるのではないか。子供が簡単に掘り返すような遮へい厚では再生利用は理解を得られない。

木村委員:P4の「5)施工、供用」については、その段階で何をやるのかを記載すべき。

佐藤委員長:P5の*5の上限値は8,000Bq/kgでよしいか。(賛同)では、*4も併せて記載を見直すように。

*1の「上方値」の表現についてはいかがか。

山本委員:ここの「上方値」というのは、最適化の原則を入れ込むために、1mSv/y決め打ちではなく線量拘束値の範囲で選択するという意図があっての表現と思われる。現存被ばく状況を考慮しないでいいのなら、1mSv/y以下で選択すればよいが、現存被ばく状況も考慮しなくてはならないので、線量拘束値と現存被ばく状況の接点として1mSv/yとしていると考えられる。

事務局(油井):福島県内・県外の両方で再生利用することを考慮して1mSv/yを着地点としている。1mSv/yが妥当でないとなれば、福島県内・県外で基準を分けるしか方法はない。

環境省:1mSv/yは了解した上で、一般の人向けの説明上、表現を工夫して欲しいだけである。

飯本委員、新堀委員:「~の上方値とする」「~も満足する」などとしてはどうか。最適化を前面に出さないにせよ考慮していることを含ませたい。

佐藤委員長:これを軸に事務局で検討するように。

WG3-3

新堀委員:井戸水の混合割合や、その根拠は?

事務局(武田):「地下水ハンドブック」を参照して0.33に設定している。既往のクリアランスの評価と同じ数値を採用している。

新堀委員:0.1より大きいならよい。

佐藤委員長:300 μ Sv/yのケーススタディを見ると、1mSv/yとさほど変わらないようだが、だとしたら300 μ Sv/yはあまり意味がないのか。

事務局(武田):300 μ Sv/yと1mSv/yであまり濃度が変わらないのは、だいたい6,000Bq/kgくらいで各経路の濃度が頭打ちになっていて、300 μ Sv/yと1mSv/yで決定経路が異なっている、濃度とし

て近いところで置き換わっているということである。

新堀委員:結論として目標値 $10 \mu\text{Sv/y}$ はダメということになるのか。線量ベースで議論するにしても、この $10 \mu\text{Sv/y}$ 相当の濃度だと物量的に難しい。

環境省:2cm、10cm というような深さではなく埋める深さを適切に確保すれば $10 \mu\text{Sv/y}$ でも、それなりの濃度が使えるのではないかと。

事務局(武田):なぜ保護工 2cm、10cm で評価したかという、盛土と保護工を区別し盛土を再生資材とした際に、保護工自体はそれくらいの厚さだという土木的な面から設定した。遮へい厚さを増すには、盛土の中で再生資材を使う領域、通常の土を使う領域を分ける必要があり、工程が増えることになる。土木施工者がそれを受け入れられるかは確認して評価にフィードバックする必要がある。

また、今回の評価は、再生利用がどこで行われるか分からないという前提があるため、周辺居住者の評価位置を施工場所のすぐ近傍にするなどかなり保守的にしている。もう少し調整してもいいかもしれない。

新堀委員:道路路盤材の評価で、上層路盤材の方が下層路盤材より線源サイズが小さく線量が低いという説明があったが、土木的な面から厚さを考慮したのか。

事務局(武田):その通りである。とはいっても、下層と上層でそれほど違いがあるわけではない。周辺居住者の被ばく線量を重視するなら下層路盤材の方が用途として現実的である。

木村委員:1mSv/y で濃度を誘導し、 $10 \mu\text{Sv/y}$ の評価は、実際の施工段階で必要に応じて提示するだけにしたらどうか。

新堀委員:濃度とセットにすることで線量が見えてくる。

木村委員:P11の線量パターン のグラフで決定経路の濃度2,600Bq/kgとあるが、既往の下層路盤材の評価で決定経路の濃度2,700Bq/kgより低いのはなぜか。

事務局(武田):パターン は、施工時公衆を $10 \mu\text{Sv/y}$ で評価しているが、既往の評価は、パターン に相当し、施工時公衆は 1mSv/y で評価している。既往の評価と比較するなら と比較するのではなく との比較になる。

事務局(梅澤):既往の評価2,700Bq/kgに対応するのはパターン 、 で同じだが4,700Bq/kg周辺居住者・子どもの外部被ばく、が該当する。

環境省:なぜ2,700Bq/kgより変わったのか。

事務局(武田):Cs-134と137の存在比が変化し、Cs134の減衰が主に寄与している。評価の考え方が変わったわけではない。

環境省:今回の評価では、Csの分配係数をIAEAの文献を根拠に設定しているが、事故後の研究によれば、放射性Csは土壌に強く吸着しており、溶出しにくいとされている。最新の研究成果の分配係数で評価した場合、より低い線量になるのではないかと。

事務局(武田):地下水移行のパラメータ設定は、移行しにくいという現実的なパラメータをこの評価では用いておらず保守的なパラメータで評価している。地下水移行のシナリオの中の決定経路である農作物摂取(成人)を資料に記載しているが、他の被ばく経路を比べると桁で異なっており、地下水移行での線量は低い。現状の評価のままでも地下水移行に関しては問題がないと考えている。

新堀委員:実際のデータを使って評価してもいいのでは。

佐藤委員長:それは将来的にやればよいことと考える。

佐藤委員長:300 $\mu\text{Sv/y}$ は考えなくてよいか。

山本委員:考えなくてよいかもかもしれない。

事務局(油井):当面の考え方では $10 \mu\text{Sv/y}$ を出している。限度 1mSv/y 、目標 $10 \mu\text{Sv/y}$ としておけばよく、基準を増やすと混乱する。

佐藤委員長:親委員会である戦略検討会へWGの結論の出し方も考えなくてはならない。

環境省:検討会は公開の議論なので出し方に注意が必要。放射線審議会への諮問も考慮する必要がある。

ある。

佐藤委員長:土木学会とのやり取りなど短期間で武田さんの評価にフィードバックできるか。

事務局(浅妻):今年度の土木学会 WG は終了したので、個別に何うことになる。

環境省:原子力規制庁の事務方と相談したところ、やはりどう管理していくかがポイントになるという意見であった。

佐藤委員長:土木的な面での条件など、設定の仕方が間違っていると、5,000Bq/kg とか 6,000Bq/kg も使えないということになる。そうならないようにすること。

事務局(油井):一般論だけで話をしても進まない。たとえば道路を用途にするなら道路の行政担当部局と協議しなくてはならない。

環境省:管理要件が WG3-2 の P9 に示す 3 点程度にできればよいのだが。

事務局(岡田):放射線防護上、必要な管理要件を整理して、それを土木の専門家に見せて意見を伺う必要がある。

佐藤委員長:地盤工学会のガイドラインにも管理要件の記載はないのか。

事務局(岡田):記載はない。

環境省:濃度を遵守することで土木面での管理が放射線防護上の管理を代替できるか検討すべき。

佐藤委員長:現状、お互い相手に投げかけあっている状況と思われる。

事務局(岡田):放射線管理側として放射線防護上必要な管理要件の考えをまとめ土木側と議論できるようにする。

新堀委員:参考資料 の再生利用 WG3-4 の P5。「受動的な管理」というのは違和感がある。管理というのはいずれにしても能動的に行うものである。

佐藤委員長:議論は尽きないが、ご意見があれば、事務局に出していただきたい。

WG3-4

環境省:1.4 で濃度は 1mSv/y から誘導とあるが、供用時は 10 μ Sv/y から誘導するのではないのか。

事務局(油井):木村委員のご意見のとおり、1mSv/y から誘導し、努力して 10 μ Sv/y になるように方策を検討すればよいと考えている。

新堀委員:線量からではなく濃度から議論してはどうか。

事務局(油井):いま、再生利用に係る基準が何もないので、まず ICRP から説き起こし、線量規準を定めて、そこから検討を始めようとしている。

環境省:説明の仕方の問題だと思うので、他の用途の評価結果も見て考えたい。

新堀委員:参考資料 の再生利用 WG3-4 の P5 で、「再生資材の流出」とあるが飛散防止ということも考慮されているのか。

事務局(浅妻):閉じ込め機能について、想定としてレベルはいろいろあるが、フレコンバック単位の量の流出から、泥水の排水といったことを考えている。供用時の(粉じん)拡散までは考慮していない。(評価上、作業者の経口摂取シナリオ(粉じんの飛散)は評価している。)

新堀委員:「流出」の定義をはっきりさせた方がよい。

飯本委員:再生利用 WG のコメントは有用で、環境アセスに関しては、ガイドラインがあるので、用語など、参照するとよい。

山本委員:1mSv/y で管理するなら、再生利用開始する時点では濃度が守られていればよく、放射線モニタリングの原理に基づけば決定経路で代表的個人をモニタリングできればよい。今回の評価では、決定経路は外部被ばくなので、その決定経路について外部被ばくモニタリングすればよい、ということを入れたらどうか。

事務局(浅妻):拝承。そのようにしたい。

田上委員:事務局武田さんの説明で、平地の盛土とは違って山地の盛土は注意が必要というような説

明があったかと思うが、安全評価を行う上で、懸案事項があれば記載しておいたらどうか。

事務局(武田):山地の盛土というのは土木学会のコメントで、WG3-3 では自然災害による盛土破損が想定されないということを記載したが、盛土はいろいろな使われ方をしている、たとえば山地の盛土など、災害事象側から整理すると、壊れるようなケースもある、というご指摘であった。

佐藤委員長:WG3-4 は、土木学会とやり取りするたたき台なのか。

事務局(武田):まだ事務局でもそこまで考えていない。

事務局(油井):いろいろなコメントをいただいたので、戦略検討会に報告することを整理し、積み残しをどうするかは環境省さんと協議することだが継続審議ということも考えないといけない。WG3-4 には本 WG で合意されたことだけ記載し、あとは課題としたい。

環境省:防災林、防潮堤など最も有望と考えられる用途の評価結果を見た上で説明ぶりを検討したい。

事務局(武田):海岸防災林の通常時の評価はだいたいできている。災害時については、盛土と防災林で評価中である。

佐藤委員長:次回、評価結果を提示すること。

事務局(岡田):土木的な管理要件について、こちらが考える放射線防護のための管理要件とマッチするか、土木の専門家が判断できる材料を出すのでコメントいただきたい。

佐藤委員長:8,000Bq/kg を再生利用することはどうか。

環境省:8,000Bq/kg は災害廃棄物の埋め立て処分時の被ばく評価から(作業者の外部被ばく線量1 m Sv/yからの誘導で)出てきたもの。

事務局(武田):その時の評価で再生利用は入っていない。

佐藤委員長:出し方、説明の問題と思われる。

佐藤委員長:被ばく評価のシナリオの考え方についてコンセンサスは得られたものとする。評価の詳細は参考資料 を参照いただきたい。評価内容・詳細部分で、コメント・気づき点あれば、個別事務局までお願いする。

以上

課題事項

WG3 - 2

1. P4「線量の限度等の適切な値」を「線量を制限するための適切な値」などとした方が良い。

P5「線量限度等」も同様。

2. P4 の「5)施工、供用」については、その段階で何をやるのかを記載すべき。

3. P5 の*5 の上限値は8,000Bq/kg に修正し*4 も併せて記載を見直すように。

4. P5*1「~の上方値とする」「~の範囲を満足する」、「双方を満足する」などに修正

WG3 - 3

5. 土木施工者がそれを受け入れられるかは土木の専門家に確認して評価にフィードバックする。

6. たとえば道路を用途にするなら道路の行政担当部局と協議しなくてはならない

7. 参考資料 の再生利用 WG3-4 の P5.「受動的な管理」というのは違和感がある。

WG3 - 4

8. 「流出」の定義をはっきりさせた方がよい。

9. 決定経路について外部被ばくモニタリングすればよい、ということを入れたらどうか。

10. まとめ方としては、本 WG で決まったことだけ記載し、あとは課題とすること。

11. 次回の WG で、災害時の評価結果で出せるものを提示すること。

12. 土木的な管理要件について、こちらが考える放射線防護のための管理要件とマッチするか、

土木の専門家が判断できる材料を出す。

第3回WGまでの議論の整理

	第1回、第2回の論点(主なコメント等)、第3回の論点(主なコメント)	これまでのまとめ
再生利用の位置付け	再生利用は処分の一形態とすると、再生利用=処分と捉えられ、イメージがよくない。 特措法上の処分は、特措法第41条の「処理」の中に位置付け、再生利用も、処分の一形態。炉規法上の放射性廃棄物の処分とは異なる。 復旧、復興のためのプロセスの一環として日本全体での便益、再生利用に協力が必要であることを示す。	除去土壌等の再生利用は、放射性物質汚染対処特措法(以下、「特措法」という。)の処分の一形態として処分基準(未制定)の適用を受け、安全性の確保と地元を理解を大前提として、適切な管理の下で供用される公共事業等の用途に限定して実施する。
追加被ばく線量の基準	現存被ばく状況と計画被ばく状況を分けるのか。 福島県を現存被ばく状況として表現することはできるだけ避けたい。再生資材の濃度に応じて覆土厚を変える等、遮へいなどにより全国一律な基準としたい。 施工中と供用後以降の線量基準は分けることは困難。 1mSv/yは様々な背景を持った数値であり、限度を使うと制限されると捉えられる懸念がある。そのため、「線量の限度等の適切な値」とあるが、「線量を制限するための適切な値」などとした方がよい。「線量限度等」も同様。 「計画被ばく状況における線量拘束値の上方値」について、上方ではなく、もっと下にして欲しいという意見が想定される。一般向けにもっと良い説明ができないか。	再生利用は全国を対象とすることから、再生利用により追加的に受ける線量の限度は、現存被ばく状況における参考レベルの下方値であり、同時に計画被ばく状況における線量拘束値の上方値でもある年間実効線量のレベルから設定する。 ○ 追加被ばく線量の基準は、線量を制限するための適切な値で年間1mSvを超えない値とする。 ○ 「~」の上方値とする。「~も満足する」などとしてはどうか。最適化を前面に出さないにせよ考慮していることを含ませる。
放射能濃度限度(被ばく線量評価等)	再生資材の濃度は1mSv/yから誘導し、放射線防護管理上は0.3mSv/yを目標にする、という2重の説明も可能。 計画被ばくの線量拘束値があってもよいが、10μSv/yは、炉規法の最終処分やクリアランスと混同される恐れがある。 再生資材の線量規準を、例えば0.01mSv/y、0.3mSv/yとした場合、利用可能な再生資材の物量的相場観等を参考として示すこと。 再生資材の放射能濃度を誘導する際に、線量限度を使うか、線量拘束値を使うかは選択肢である。線量拘束値としての0.3mSv/yで濃度を誘導する議論もあるが、線量規準とする1mSv/yからの誘導でよいのではないか。 0.01mSv/yの見せ方は要注意。 福島県外の処分基準は、すでに現存被ばくを経験した地域に適用されるものだが、再生利用は、現存被ばくを経験していない地域にも適用されることにも要注意。 上限値10,000Bq/kgについては、少し余裕をみて指定廃棄物の8,000Bq/kgと同じ値の方が理解を得られやすい。 300μSv/yと1mSv/yであまり濃度が変わらないのは、だいたい16,000Bq/kgくらいで各経路の濃度が頭打ちになっていて、300μSv/yと1mSv/yで決定経路が異なっている。濃度として近いところで置き換わっているということである。 濃度は1mSv/yから誘導とあるが、供用時は10μSv/yから誘導するのではないのか。 濃度は1mSv/yから誘導し、努力して10μSv/yになるように方策を検討すればよいと考えている。 濃度とセットにすることで線量が見えてくる。線量からではなく濃度から議論してはどうか。 事故後の研究によれば、放射性Csは土壌に強く吸着しており、溶出しにくいとされている。最新の研究成果の分配係数で評価した場合、より低い線量になるのではないか。	放射線防護における再生利用の正当化及び最適化の考えを整理するとともに、利用可能な再生資材の物量的相場観等も考慮し、再生利用の目標(目安)線量や放射能濃度を提案できるようにする。 ○濃度の上限は指定廃棄物の8,000Bq/kgと同じ値とする。 ○300μSv/yからの濃度誘導の検討は今後不要とする。 ・濃度は1mSv/yから誘導し、遮へい等の方策で10μSv/yになるようにする。 ○保守的なパラメータで評価している。地下水移行のシナリオの中の決定経路である農作物摂取(成人)を資料に記載しているが、他の被ばく経路を比べると桁で異なっており、地下水移行での線量は低い。現状の評価のままでも地下水移行に関しては問題がない。
管理方法	除去土壌の再生利用場所での卒業基準のようなものはないが、将来検討する。 土木構造物の耐用年数を超えても、十分に線量が減衰されるまでは無拘束としなさい。 管理要件、管理期間等については、土木の専門家の意見を反映する。 施工時から供用時に管理が移る段階で、放射線モニタリングなどの何らかの確認が必要ではないか。 0.01mSv/yは測定できない、検認できないことを目標にするということを言っているので奇異に感じる。目標と管理要件はセットになる。供用時の放射線モニタリングはやらないのが現実的。 施工中はモニタリングし、シナリオ通り施工しているかを確認すれば供用中はモニタリング不要かと思う。住民の安全安心のためにモニタリングすることはあり得る。 原子力規制庁の事務方と相談したところ、やはりどう管理していくかがポイント。	・管理要件、管理期間等については、土木の専門家の意見を反映する。 ・10μSv/yは測定ができず、管理項目として不適切であるため、実際に管理(測定)が可能なものとして、放射能濃度や構造物の遮へい厚等を管理項目とする。 ・放射線防護上、必要な管理要件を整理し、その後土木の専門家と議論し、管理要件をまとめる。 ・1mSv/yで管理するなら、再生利用開始する時点では濃度が守られていればよく、放射線モニタリングの原理に基づけば決定経路で代表的個人をモニタリングできればよい。今回の評価では、決定経路は外部被ばくなので、その決定経路について外部被ばくモニタリングすればよい。
関係法令	再生利用に関わる他法令等、事例を整理し、齟齬のないように要注意。	○「国内法令、線量基準やその考え方の整理」 ○「再生利用の線量規準に参照すべき既基準等」

質問対象	委員	コメント	回答
再生利用における放射線防護上のモニタリングの考え方(案)について	田上委員	<p>過日のWGで外部被ばくが重要な経路になることが分かりましたので、現場で行えるのは作業中、作業後(作業を終了して適当かどうかの目安として)の空間線量率測定程度だと考えます。</p> <p>環境測定の経験から、 -真剣に何かを定期的にモニタリングしなければならないような状況は、付近の住民の不安をあおる。 -住民の安全・安心の確保のためには、住民にも理解されやすいもので、現地ですぐに結果を示すことができる測定法が有効ではないか。</p>	放安WG「取りまとめ資料」の管理項目(案)に反映
	新堀委員	<p>施工管理で進めるとして、3頁目の放射線モニタリングを土木構造物の通常管理で代替する考え方(案)の図に前回いろいろ議論した目標値を入れることはできませんでしょうか？</p>	放安WG「取りまとめ資料」のp.14で図の修正を実施
		<p>3頁目の放射線モニタリングを土木構造物の通常管理で代替する考え方(案)図面におきまして、立体を意識され遠近を描いているように見えますが、土木構造物((インフラ) = 遮蔽材)の位置関係がわかるとより直感的に理解できると存じます。</p>	放安WG「取りまとめ資料」のp.14で図の修正を実施
	佐藤委員長	<p>放射線モニタリングを土木構造物の通常管理で代替する考え方(案)については、基本的には放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されるケースしかないと思われる。放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されないケースの場合が想定されても、追加的なモニタリングというのは現実的とは思われない。だとすると、設計・施工で考慮する、用途としてのぞかれる、となるが、そうであれば、放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されるケースと同じになるので、追加的なモニタリングを除くのであれば、放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されるケースのみになる。問題は、この設定で多くの用途が望めるか否かだと考える。</p>	放射線モニタリングを土木構造物の通常管理で代替する考え方(案)については、放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されるケースを基本にすることは拝承、放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されないケースについては土木の専門家の意見も踏まえて検討
	久田委員	<p>モニタリングについては、いつまで実施するか、エラーが出た場合にどう対処するか、モニタリング装置自体が故障したらどう取り替えるか、など、現実には、やはり困難かと思えます。そういう意味では、放射線モニタリングを土木構造物の通常管理で代替する考え方(案)については、放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されるケースが基本かと思えますので、放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されないケースは削除、ということも考えられますが、もし放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されないケースを残すなら、これだけの留意が必要になる、といった補足をしておいてはどうでしょうか？</p>	放射線モニタリングを土木構造物の通常管理で代替する考え方(案)については、放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されるケースを基本にすることは拝承、放射線防護上必要な覆土等の厚さ(遮へい厚さ)が土木構造物の管理で担保されないケースについては土木の専門家の意見も踏まえて検討
土壌以外の再生資材を用いる際の注意	佐藤委員長	<p>土壌をそのまま使用すれば再生利用における放射線防護上の管理要件の整理のような前提(放射性Csは土壌に強く吸着している 土壌の流出を防止する状態で供用)は成り立つかもしれませんが、セメントやコンクリート内あるいはその近傍であれば、セメント物質からのアルカリ溶液で粘土鉱物が溶解して溶出する可能性がある。アルカリ溶液で溶出しても保持される学術的担保が必要。これは、土木WGでも課題になっていたはず。</p>	<p>(久田委員回答) 「セメント物質からのアルカリ溶液で粘土鉱物が溶解して溶出する可能性」について言及がありましたが、これについては、バックエンドでのベントナイト使用における場面ではないかと思いました。反面、通常の土木工事で一般的に使用される土砂中でも、同様の現象が生じるか否かについては、不明ではないかと思しますので「このような現象を考慮した上で」というニュアンスの表現がよろしいかと思いました。この他、盛土構造物中に、コンクリート製の導水管(円筒)などを埋設して、その接合部から漏水などが生じ、そこで土砂が流出する、といった場面は、要注意かな、と思いました。これについては、そもそも接合部を設けない構造とすると、徹底的な漏水防止対策を施す、などと喚起してはどうかと思います。</p> <p>(久田委員回答に対する佐藤委員長回答) 「セメント物質からのアルカリ溶液で粘土鉱物が溶解して溶出する可能性」は確かにバックエンドでのベントナイトの使用時でも問題になっておりますが、この度のセシウムも風化雲母やパーミキュライト等の粘土鉱物に固定化されているので、実のところ問題はそんなに変わりません。 粘土鉱物はケイ酸塩鉱物で、ケイ酸塩鉱物はシリカの溶解度のpH依存性と同じく、アルカリで解けてしまいます。しっかり固定化されていても、その骨格が解けてしまえばセシウムも溶出してしまうということです。溶出しても、アルカリ環境でシリカやアルミニウムがあれば二次鉱物を作る可能性は大なのですが、それに関する知見が少ないということです。バックエンドのベントナイトに含まれるモンモリロナイトは、アルカリ条件で溶解してゼオライトになることが知られています。おそらく、上記の風化雲母やパーミキュライトは、モンモリロナイトに比べて耐アルカリ性が強いかもしれませんが、そのデータも十分ではないです。</p> <p>佐藤委員長コメントを踏まえ、アルカリ環境下で再生利用する際の溶出対策については別途検討。</p>

被ばく経路、パラメータ設定について	田上委員	(1) 環境省金子さんから関連の質問があったのですが、盛土の場合、暗渠排水として側面から天水を逃がす構造があると思います。この場合、地下水浸透 井戸水利用ではなくります。盛土に触れた水が直接排水されることとなります(覆土も通貫して排水溝が設置されるように思います)。この排水による移行経路が抜けていないでしょうか？ 評価結果に影響しないと思いますが、念のため。	基本は懸念されるような排水(Csを含む土壌粒子の排水への混入)は生じないと考えます。(添付ワード資料をご参照願います) 仮に水に移行(溶存)したセシウムの影響については、保守的な移行を想定した地下水移行の評価で対応しています。
		(2) 暗渠排水をもし考慮するのであれば、排出先として池等と想定し、その魚等を採取一摂食の経路を考える必要があるのか、ご検討ください。希釈倍率を高めれば問題ありませんが、海水魚よりも高い濃縮係数(IAEA TRS-472では3000、日本のコイでは240程度の値になり、水中濃度が0.5Bq/Lだとしても、摂取基準を超えます(毎日食べるわけでもないのに、これも問題外)。 また、住民感情としては、恐らく、線量に効かない些細なことが気になるのではないかと考えます。	上記のように、暗渠排水としてのCsの移行は基本生じないため、この評価対象としません。なお、淡水魚の評価は、井戸水の評価の中で考慮しております。
		(3) 盛土側面に生えた草の処分について: 洗わないので、牧草と同程度の移行係数(0.53)を使うとそこそこ高くなる可能性があります(ただし、覆土層が厚いので、気にする必要はないですが、覆土層が薄い(5cm以下)だと問題あり)。 野焼きは無くなりましたが、枯れると8000 Bq/kgを超える事もあり得ます。もう少し現実味のあるパラメータを置いた方が良く、という提案にも繋がります。	盛土法面の保護工(植生工)(2cm、10cm)については、福島県 土木設計マニュアル[道路編](平成27年3月) https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/112039.pdf (第2編 設計編、第2章 のり面工)にもとづき決めております。 2cmは遮蔽(被ばく)の観点から使ってはだめと言うことになるかと思えます。 基本は、法面の植栽によりCsが移行することを避ける必要があるとし、ガイドラインにおいて10cm以上の保護工において、植栽を施す場合、芝等の望ましい植栽の種類を挙げることを考えております。もちろん、コンクリート等による保護工の方が、遮蔽や後の管理の観点からも良いと言うことになるかと思えます。よって、評価の対象にはしない方針です。
		(4) TFについて。地下水移行経路で、灌漑水として利用される経路について、TFが高めに設定されすぎていると思います。2011の米のTFは、私が収集した 範囲でも幾何平均値0.01で、その後はさらに下がっています。	基本保守的なので変更は必要ないと考えていますが、今後、農耕地への再利用を対象としたときに、より現実的に農作物への移行係数を設定することは考えております。
		(5) Kdについて。Sorption KdよりもDesorption Kdの方が高い傾向にあります。したがって、再生土壌からの溶出と溶出Csを受ける下層材のKdが異なっています。ただし、設定された値がかなり保守的ではありますので、問題ないとは考えます。Kdが保守的すぎないか？	問題ないと考えています。
		(6) 海岸防災林(マツ)への移行係数(防災林管理において発生する植物廃棄物の灰化や利用を念頭)についても、ご配慮ください。	防災林(マツ等)へのCs移行は評価において考慮しております。その際に、移行した伐採木の取り扱い(管理を含む)ことが大事になってくるかと思えます。 そのための検討として、 伐採木を焼却しても焼却灰が8000Bq/kgを超えないような再生資材の濃度とする。 伐採木に対するモニタリングを行う。 また、現状かなり大きな移行係数(組織培養したクロマツ、スギ、ヒノキの苗木に対するセシウムの移行係数データより0.2)を設定しており、できれば成長後のマツへの移行係数を現実的に設定できればと考えております。 マツへの移行係数(現実的な値)のデータをお持ちでしたら、ご提供お願いいたします。 (田上委員回答) 現実的かつ長期的なマツへのTFについては、葉菜類のデータで代表できるはず(根拠論文: Tagami2010)。
		(7) 海岸人工物は、地震や津波などの頻度の低い事象がなくとも、台風等で流亡することがあり得るとの認識です。その際、海産物への影響にもご配慮ください。	現在、評価中です。

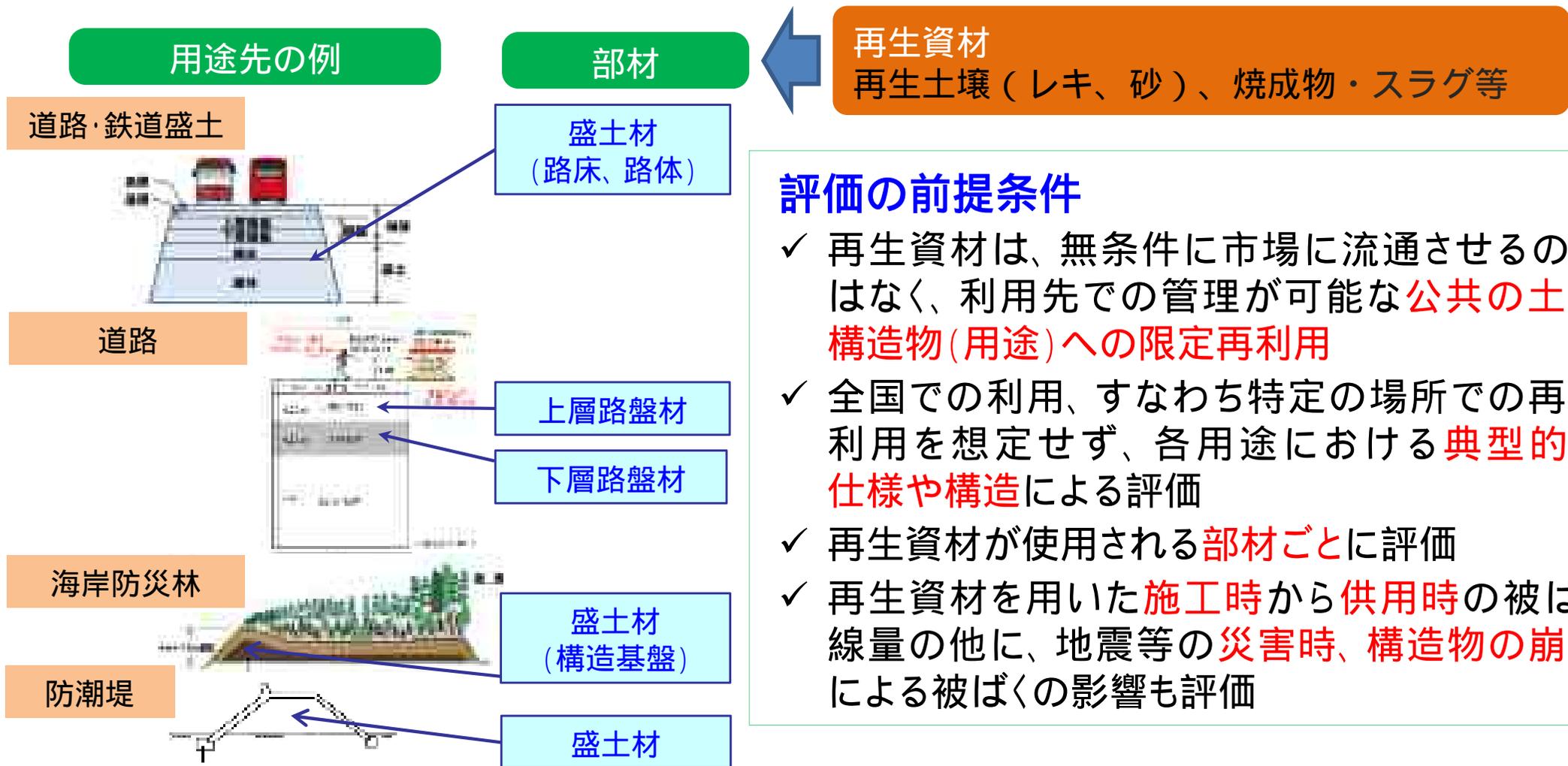
除去土壌等の再生利用に対する被ばく線量評価

平成28年2月24日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

被ばく線量評価の目的

除去土壌を減容処理した再生資材を土木構造物に利用した場合に対し、施工作业等の作業者と施工時および構造物完成後(供用時)における周辺住民の被ばく線量を評価し、**線量規準***との比較から、**規準を満たす再生資材中の放射性セシウム (^{134}Cs , ^{137}Cs)の濃度を算出する。**



評価の前提条件

- ✓ 再生資材は、無条件に市場に流通させるのではなく、利用先での管理が可能な**公共の土木構造物(用途)への限定再利用**
- ✓ 全国での利用、すなわち特定の場所での再生利用を想定せず、各用途における**典型的な仕様や構造**による評価
- ✓ 再生資材が使用される**部材ごと**に評価
- ✓ 再生資材を用いた**施工時から供用時**の被ばく線量の他に、地震等の**災害時、構造物の崩壊**による被ばくの影響も評価

(*)放射線影響安全性評価検討 WGにおける線量規準設定の考え方の議論の結果を反映

施工時から供用時の作業員及び一般公衆の被ばく経路に対する線量評価から、**1mSv/yを超えない条件**での再生資材中の放射性セシウム (^{134}Cs , ^{137}Cs) の濃度 (1mSv/y相当濃度) を算出する。

- 1mSv/y相当濃度条件での線量評価から、通常の供用時の一般公衆に対する追加的な被ばく線量が**0.01mSv/yとなる設計(遮へい厚さ)**や住宅までの距離に関する条件の検討を行う。
- 1mSv/y相当濃度条件で仮に地震等の**災害による建造物の破損が生じた場合の被ばく線量**を評価し、**1mSv/yを超えていないことの確認**を行う。

条項		特措法 第41条 除去土壌の処理の基準等	
対象プロセス		収集・運搬・保管	処分(再生利用)
			施工時 供用時 (補修・改修工事や災害時の対応、 二次的な土地利用用途を含む)
追加的な被ばく の適切な値 を制限する	作業員	1mSv/yを超えないようにする (当面の考え方)	1mSv/y*1を超えないようにする(【公衆被ばく】*2扱い)。
	一般公衆	1mSv/yを超えないようにする (特措法基本方針)	1mSv/y*1を超えないようにする。 なお、損壊時等を除く通常の供用時において、現実的・代表的な条件の下で 0.01mSv/y*3になるように遮へい等の措置を講ずることとする。
濃度レベル		-	上記の線量に基づき用途に応じて対象者別・再生利用状況別に行った被ばく評価計算 から誘導された濃度のうち、最も低い値を下回るように設定する。なお、被ばく評価計算 においてはセシウム134,137の存在比を考慮する。ただし、上限を8,000Bq/kg*4とする。

*1: 全国が再生利用の対象となることから、現存被ばく状況における参考レベルのバンド(1~20mSv/y)の下方値であり、同時に計画被ばく状況における線量拘束値(最大1mSv/年)も満足する値とする。

*2: 作業員も一般公衆と同じ【公衆被ばく】として1mSv/yとするが、電離則また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100mSvかつ1年間につき50mSvとする。

*3: ICRPの勧告に掲げる、「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」であり、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。

*4: 損壊時に土壌濃度を測定しなくとも速やかに復旧作業が実施できるよう、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、特措法における指定廃棄物の指定基準(8,000Bq/kg)との整合も考慮して設定。

:「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)

再生資材を取扱う際の作業に関する特別な制限、および供用時の周辺住民の利用制限を設けない条件のもとでシナリオ・被ばく経路を選定

- 現実的・代表的な作業工程や作業時間、構造物の利用の情報に基づいた評価
- 1mSv/y相当濃度を計算し、供用時に一般公衆0.01mSv/yを満足する遮へいの程度を検討

施工時

施工時シナリオ

- ✓ 再生資材の運搬、各種構造物の施工時における作業員およ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、具体的なシナリオ・被ばく経路を選定する

供用時

供用時シナリオ

- ✓ 供用時の構造物の利用者、周辺住民の被ばく
- ✓ 通常の点検・補修作業時の被ばく
- ✓ 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、ならびに通常の供用時の一般公衆を対象に、具体的なシナリオ・被ばく経路を選定する

災害時シナリオ

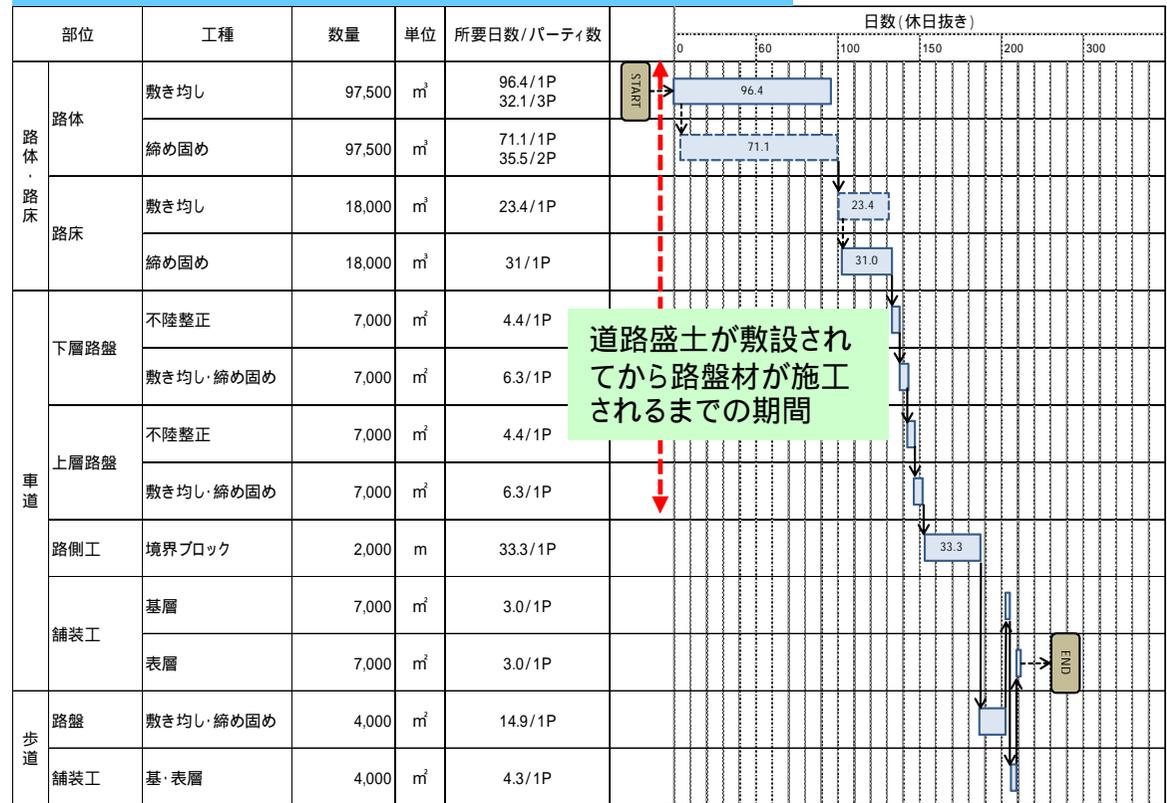
- ✓ 地震、豪雨等の自然災害の発生に伴い土木構造物が破損した場合を想定
- ✓ 復旧時の際の作業員および周辺住民の被ばく

自然災害による破損事例および復旧方法を調べ、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シナリオ・被ばく経路を選定する

- ✓ 対象とする土木構造物は、建設される具体的な場所を特定しないため、典型的な構造体、サイズ、構成材料、密度などの条件を設定する。現実的なパラメータ設定を基本とするが、いくつもバリエーションや不確実性の大きいパラメータは保守的な値を設定する。
- ✓ 外部被ばくの線量換算係数は、直接線が卓越する線源体系では実績のある遮蔽計算コードQAD-CGGP2Rを使用し、さらにスカイシャインによる効果を考慮する必要がある場合は3次元輸送計算コードMCNP5を使用。
- ✓ 施工時の作業員に対し、重機による遮蔽係数、ダスト濃度、呼吸率、ダストの経口摂取率などは、既往のクリアランスレベル評価の設定を踏襲。
- ✓ 施工時シナリオにおける周辺居住者の被ばく時間は、国土交通省土木工事積算基準に基づき、建設体系の主要工種工程表を作成し、一連の作業開始から完了までの時間を設定(右図)。
- ✓ 施工時の作業員の被ばく時間は、ある工程を年間に繰り返し行うことも想定されるため上記の方法ではなく、作業種によらず、1日8時間、250日の労働時間のうち半分を再生資材(線源)を直接扱う作業とした。
- ✓ 井戸水利用の評価に必要な地下水による移行等のパラメータは、既往のクリアランスレベル評価の設定を踏襲

施工時シナリオにおける周辺居住者の被ばく時間の設定

道路盛土の建設体系に対する主要工種工程表の作成



道路盛土が敷設されてから路盤材が施工されるまでの期間

評価対象の盛土のサイズに応じた作業日数の補正、休日数の追加
 → 作業開始から完了までの期間を、施工時の周辺居住者の被ばく時間に設定

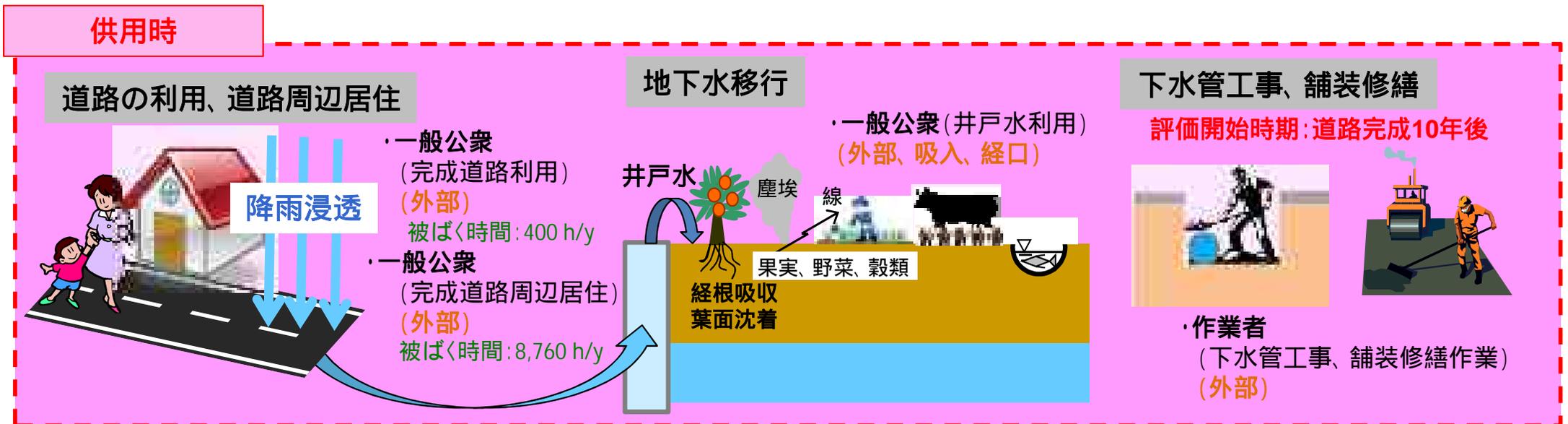
濃度レベル算出のための被ばく線量評価
(道路路盤材、道路・鉄道盛土、防潮堤、海岸防災林)

再生資材を道路の**下層路盤材**または**上層路盤材**に再生利用する際に考慮すべき過程、評価の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)を整理し、評価経路を決定した。

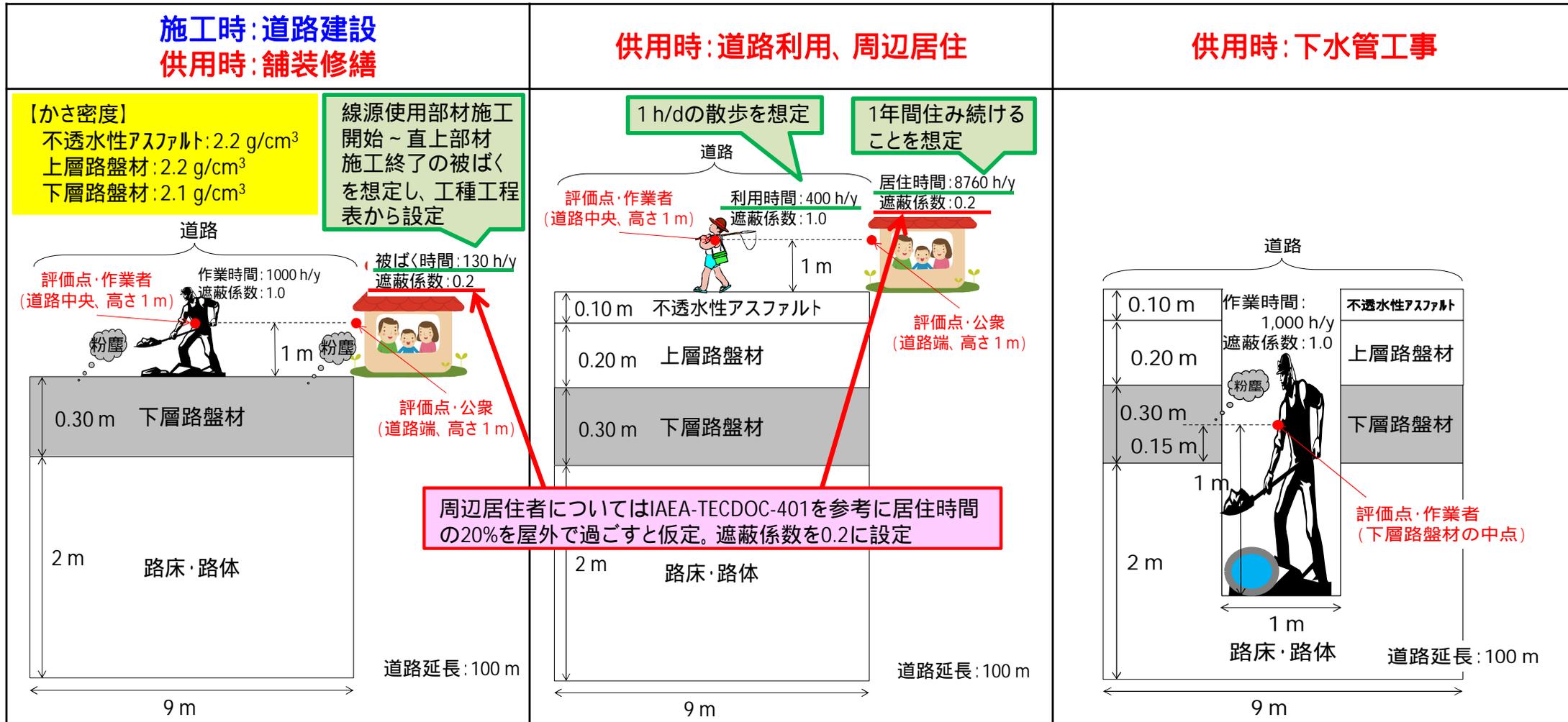


評価対象核種:
Cs-134、Cs-137 (存在比 0.209:1)
(平成28年3月時点)

処理に伴う**希釈は考慮しない**。
作業者の被ばく時間は**1,000 h/y**
公衆の被ばく時間は**現実的な値**を設定
災害時の評価については、**具体的事例**が想定されないため、**実施しない**。
(地震等によるひび割れの補修は、**舗装修繕経路**に包含)



再生資材を下層路盤材に使用した場合



施工時: 運搬

- 線源の形状: 高さ0.5 m × 幅2 m × 長さ5 mの直方体、かさ密度2.0g/cm³ (レキを想定)
- 周辺居住者の被ばく時間: 450 h/y (4500台/月のトラックが走行。その半が赤信号で停止する1分間に被ばくすることを想定)

	積み下ろし作業者	運搬作業者	周辺居住者子ども
遮蔽係数	0.4	0.9	1.0
線源からの距離	1 m	1 m	3 m

供用時: 地下水移行

- 再生資材を使用する部材のみをソースタームとした。(路床、路体等中での移行・収着は無視)
- 道路への浸透水量: 0.4 m/y (保守的な設定。不透水性アスファルトの透水係数を1 × 10⁻⁷cm/s、動水勾配を1としたときの浸透水量は0.032m/y)
- 路盤材の空隙率: 0.10
- 路盤材の収着分配係数: 270 mL/g (IAEA TRS No.364, 土壌、砂)
- 完成道路下流端から井戸までの距離: 0 m

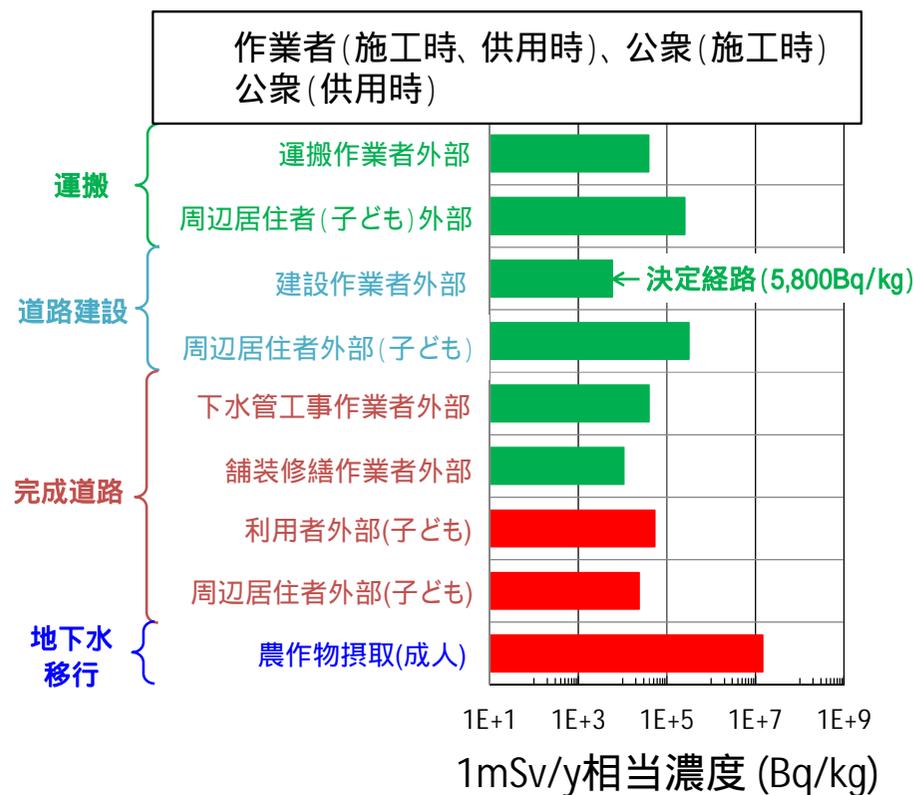
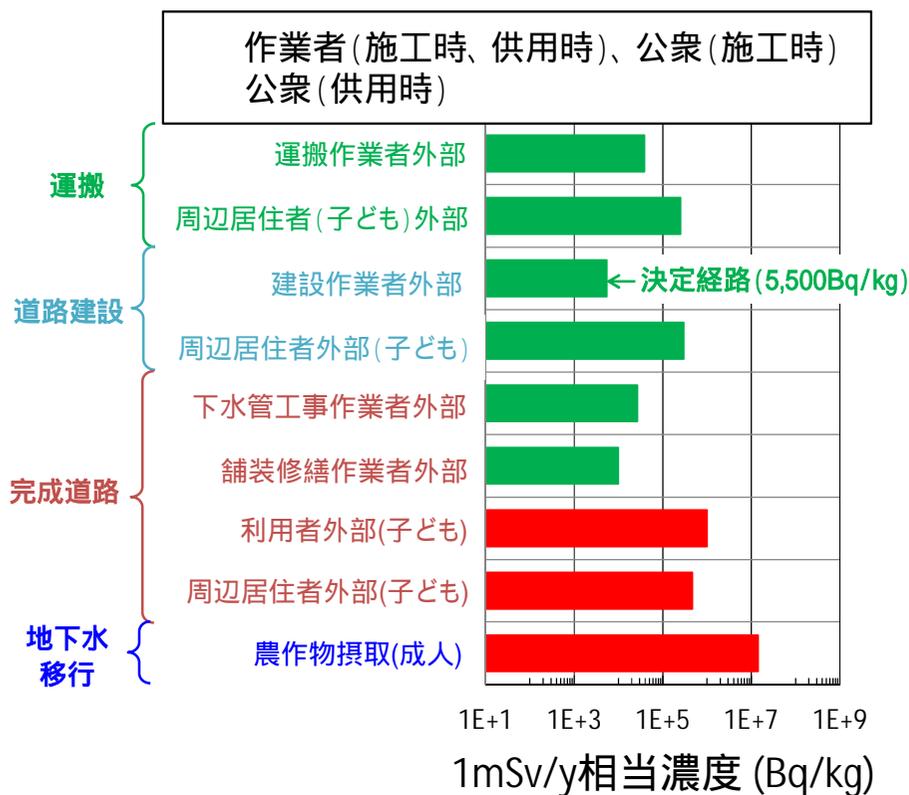
被ばく線量結果から、線量規準1mSv/y(施工時、供用時)を満たす放射性セシウムの濃度を算出した。決定経路となる1mSv/y相当濃度は、

➤ ケース1(下層路盤材) : 5,500Bq/kg

➤ ケース2(上層路盤材) : 5,800Bq/kg

ケース1 再生資材を下層路盤に使用

ケース2 再生資材を上層路盤に使用



汚染された土壌を道路・鉄道の盛土に再利用する際に考慮すべき過程、評価の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)を整理し、評価経路を決定した。

道路盛土に対する評価経路



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。

作業者の被ばく時間は1,000 h/y

公衆の被ばく時間は現実的な値を設定(図に記載、設定根拠については後述)

災害時の被ばくについては、追加で評価を実施(後述)

道路盛土に対する評価体系

- 道路盛土の評価体系は、福島県土木設計マニュアルに基づき、一般道路・高速道路に対して設定
(盛土高さ・法面勾配については基準がないため、感度解析を実施し、影響が収束する体系を決定)
- 保護工(植生工)の厚さは、上記マニュアルに基づき2cm(ケース1:草本類播種工)と10cm(ケース2:木本類播種工)の2つを設定
- さらに覆土が施工されることを想定して、保護工の厚さが30cm(ケース3)と50cm(ケース4)の場合についても評価を実施

	一般道路	盛土～路盤材施工終了までの被ばくを想定し、工種工程表から設定	高速道路
施工時: 盛土建設			
供用時: 道路利用 周辺居住			
供用時: 地下水移行	<ul style="list-style-type: none"> 再生資材を使用する部材のみをソースタムに設定 道路盛土への浸透水量: 0.4 m/y (保守的な設定) (不透水性アスファルト: 1×10^{-7} cm/s、動水勾配: 1 → 浸透水量: 0.032 m/y) 		<ul style="list-style-type: none"> 盛土の空隙率: 0.25 盛土の収着分配係数: 270 mL/g (IAEA TRS No.364, 土壌、砂) 完成道路盛土端から井戸までの距離: 0 m

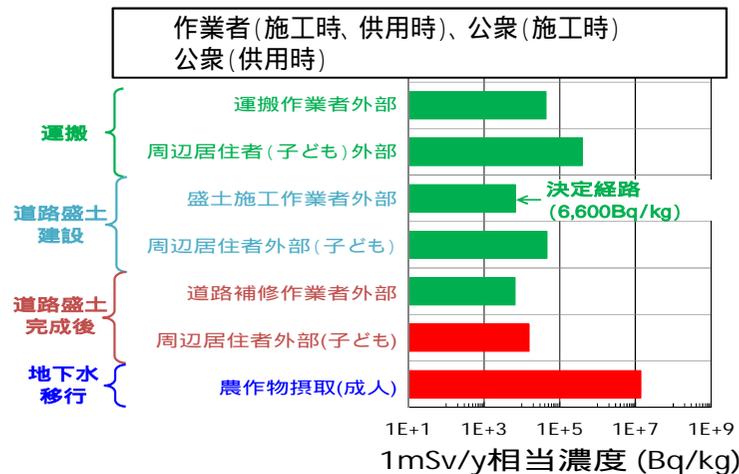
鉄道盛土に対する評価体系

鉄道盛土と道路盛土の施工基準が同等である(日本道路公団資料)ことから、一般道路と同様の評価体系を設定
(鉄道盛土では、供用時の鉄道保線作業者の被ばくについても評価(評価点:道路利用者と同位置))

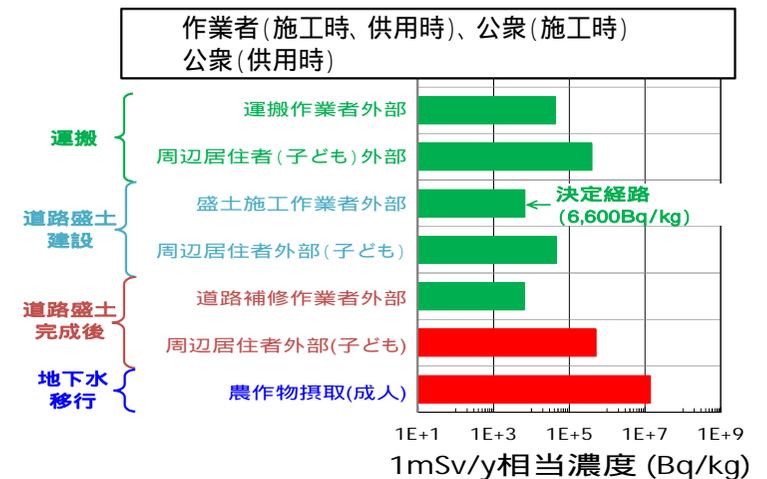
被ばく線量結果から、線量規準1mSv/y(施工時、供用時)を満たす放射性セシウムの相当濃度を算出した。一般道路の道路盛土(ケース1~4)において決定経路となる1mSv/y相当濃度は、

- ケース1(保護工厚さ 2cm) : 6,600Bq/kg
- ケース2(保護工厚さ 10cm) : 6,600Bq/kg
- ケース3(保護工厚さ 30cm) : 6,600Bq/kg
- ケース4(保護工厚さ 50cm) : 6,600Bq/kg

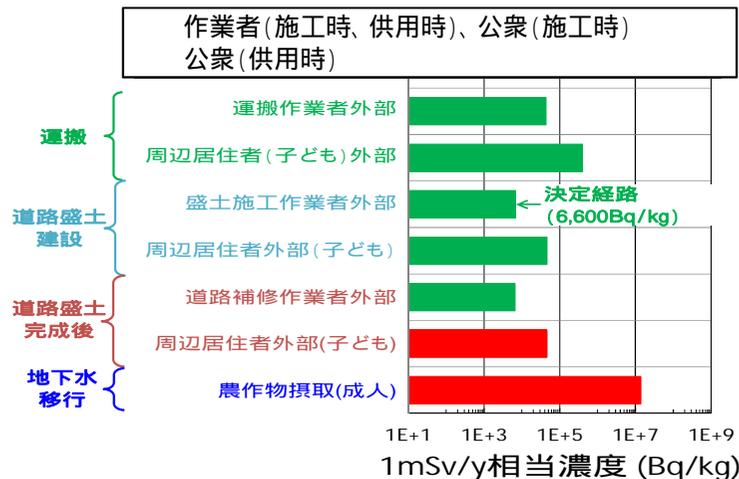
一般道路 : ケース1 保護工厚さ 2cm



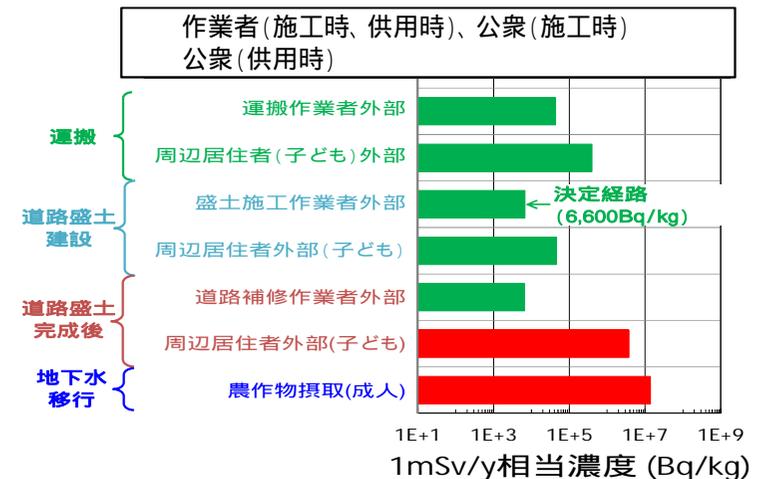
一般道路 : ケース3 保護工厚さ 30cm



一般道路 : ケース2 保護工厚さ 10cm



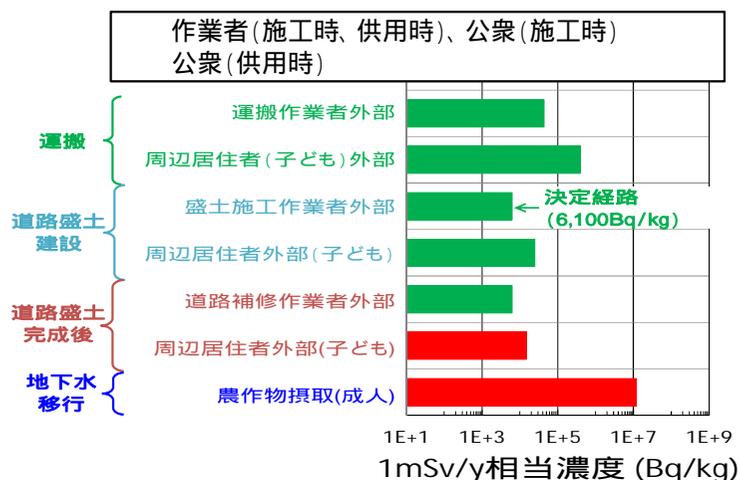
一般道路 : ケース4 保護工厚さ 50cm



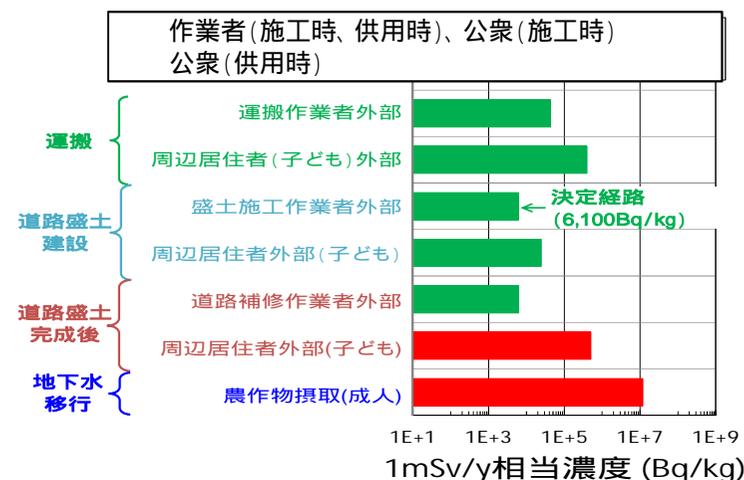
被ばく線量結果から、線量規準1mSv/y(施工時、供用時)を満たす放射性セシウムの濃度を算出した。
 高速道路の道路盛土(ケース1~4)において決定経路となる1mSv/y相当濃度は、

- ケース1(保護工厚さ 2cm) : 6,100Bq/kg
- ケース2(保護工厚さ 10cm) : 6,100Bq/kg
- ケース3(保護工厚さ 30cm) : 6,100Bq/kg
- ケース4(保護工厚さ 50cm) : 6,100Bq/kg

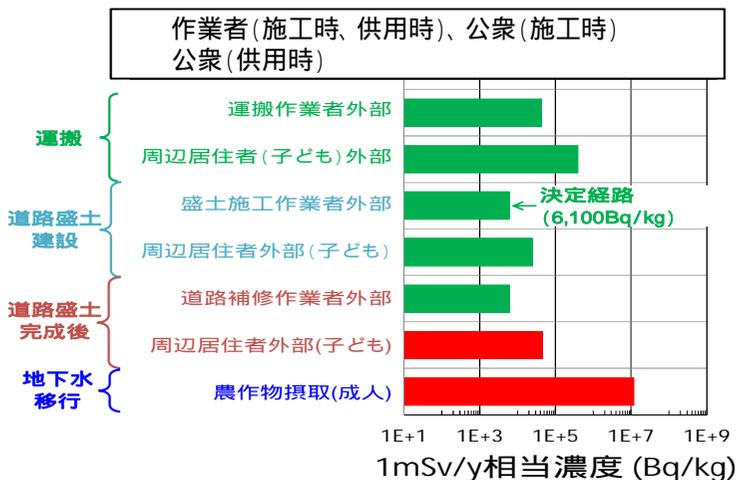
高速道路 : ケース1 保護工厚さ 2cm



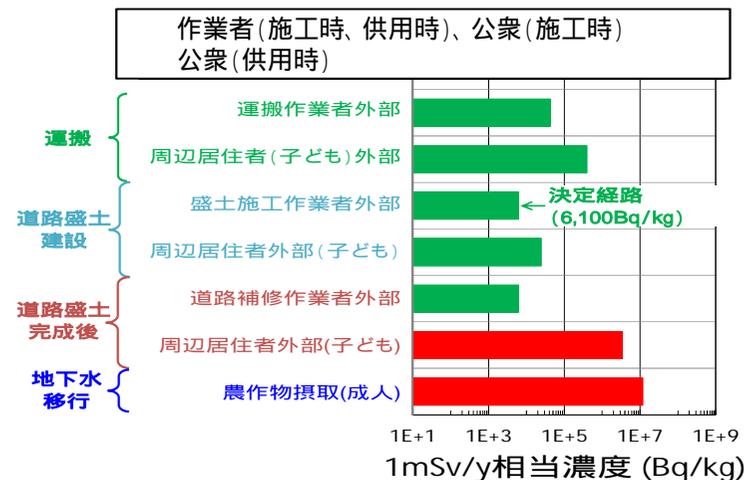
高速道路 : ケース3 保護工厚さ 30cm



高速道路 : ケース2 保護工厚さ 10cm



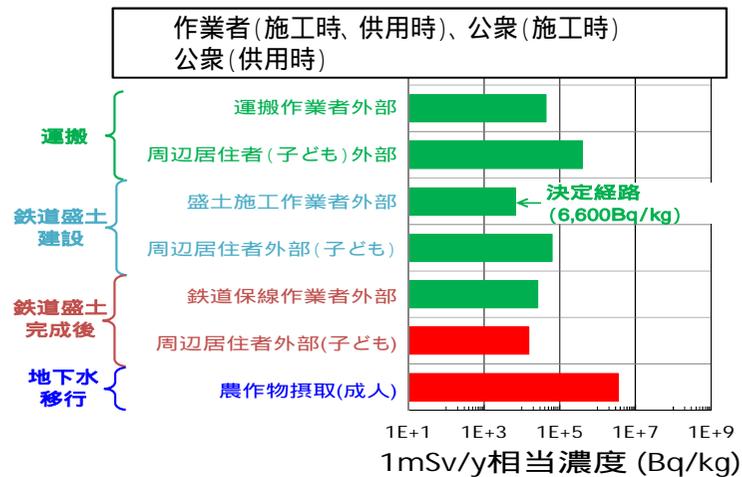
高速道路 : ケース4 保護工厚さ 50cm



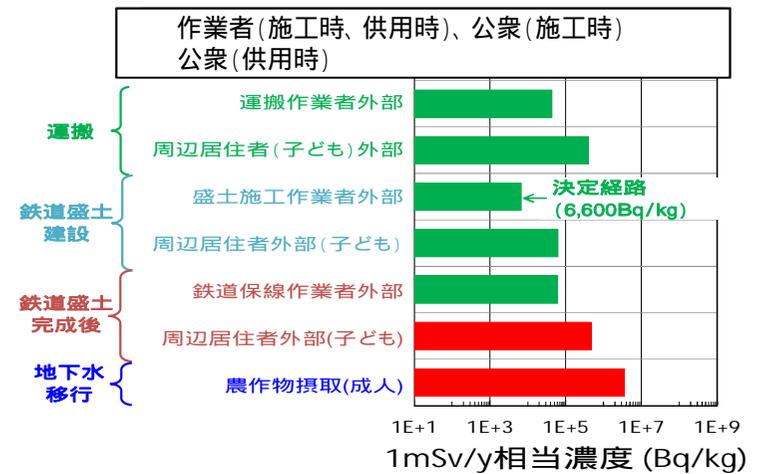
被ばく線量結果から、線量規準1mSv/y(施工時、供用時)を満たす放射性セシウムの相当濃度を算出した。鉄道盛土(ケース1~4)において決定経路となる1mSv/y相当濃度は、

- ケース1(保護工厚さ 2cm) : 6,600Bq/kg
- ケース2(保護工厚さ 10cm) : 6,600Bq/kg
- ケース3(保護工厚さ 30cm) : 6,600Bq/kg
- ケース4(保護工厚さ 50cm) : 6,600Bq/kg

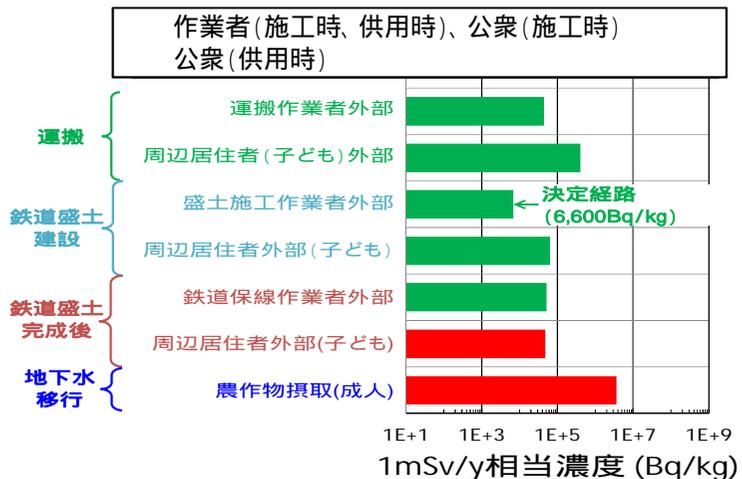
ケース1 保護工厚さ 2cm



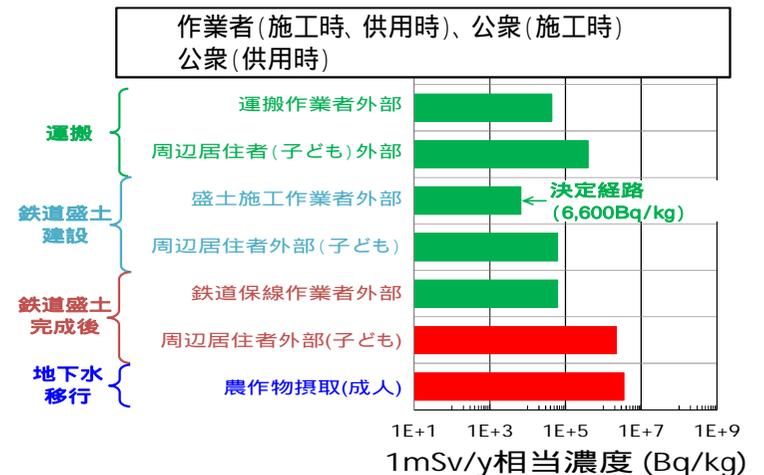
ケース3 保護工厚さ 30cm



ケース2 保護工厚さ 10cm



ケース4 保護工厚さ 50cm



汚染された土壌を**防潮堤の盛土**に再利用する際に考慮すべき過程、評価の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)を整理し、評価経路を決定した。



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**。
作業者の被ばく時間は**1,000 h/y**
公衆の被ばく時間は、**施工期間が長いことから、8,760h/y (=年間を通じて被ばくする)**と想定

防潮堤の点検・補修作業はあるが、被ばく時間が施工作業に比べ短く、遮へいされた状態であることから、評価対象から除外

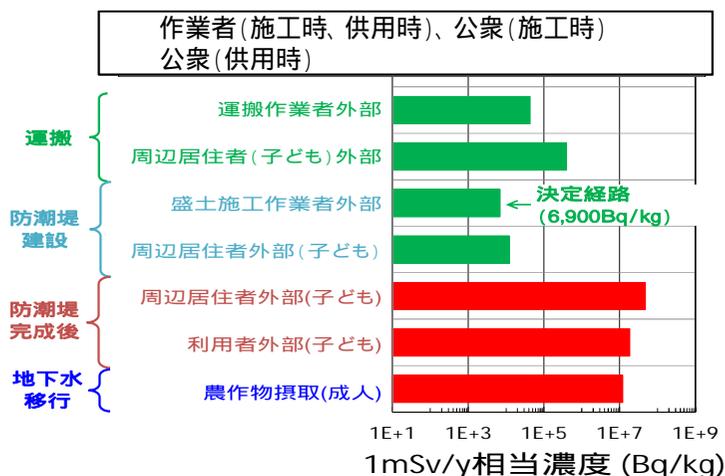
- ・防潮堤は、「傾斜堤」と「直立堤」の2つを想定し、宮城県土木設計マニュアルに基づき天端幅、法面勾配、覆工コンクリート厚さ等を設定
- ・防潮堤の高さは、施工仕様の情報を参考に8m(ケース1)と15m(ケース2)の2つを想定

	傾斜堤	直立堤
施工時: 防潮堤建設	<p>【かさ密度】 盛土: 2.0 g/cm³</p>	
供用時: 防潮堤利用 周辺居住	<p>1 h/dの散歩を想定</p> <p>1年間住み続けることを想定</p>	
供用時: 地下水移行	<ul style="list-style-type: none"> ・再生資材を使用する部材のみをソースタームに設定 ・防潮堤への浸透水量: 0.4 m/y (保守的な設定) (不透水性アスファルト: 1×10^{-7} cm/s、動水勾配: 1 → 浸透水量: 0.032 m/y) 	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土の空隙率: 0.25 ・盛土の収着分配係数: 270 mL/g (IAEA TRS No.364, 土壌、砂) ・完成道路盛土端から井戸までの距離: 0 m

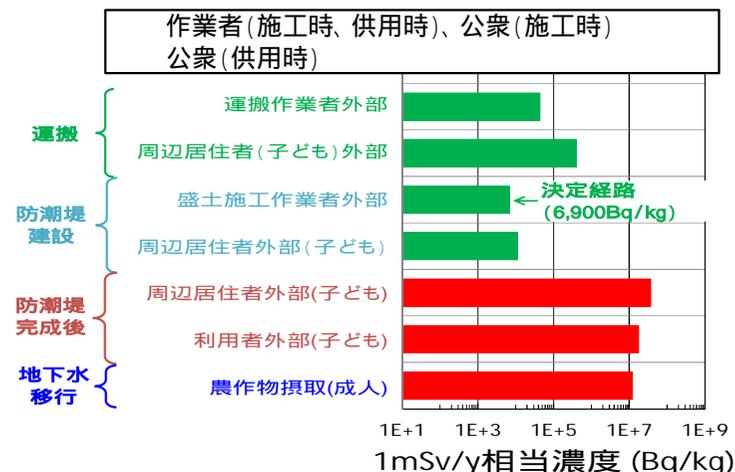
被ばく線量結果から、線量規準1mSv/y(施工時、供用時)を満たす放射性セシウムの相当濃度を算出した。直立堤/傾斜堤(ケース1・2)において決定経路となる1mSv/y相当濃度は、

- 傾斜堤・ケース1(高さ 8m) : 6,900Bq/kg
- 傾斜堤・ケース2(高さ 15m) : 6,900Bq/kg
- 直立堤・ケース1(高さ 8m) : 8,600Bq/kg
- 直立堤・ケース2(高さ 15m) : 7,500Bq/kg

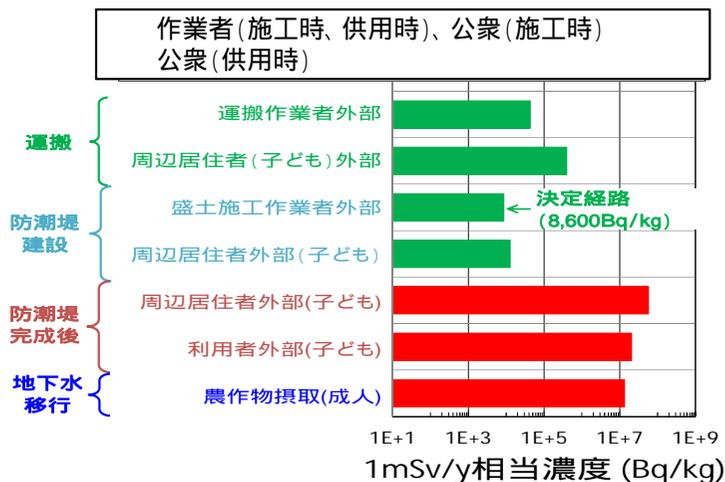
傾斜堤 : ケース1 盛土高さ 8m



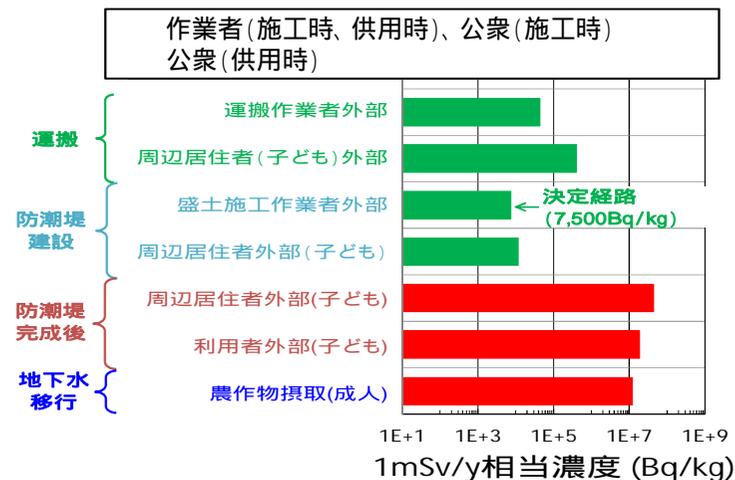
傾斜堤 : ケース2 盛土高さ 15m



直立堤 : ケース1 盛土高さ 8m



直立堤 : ケース2 盛土高さ 15m



汚染された土壌を**海岸防災林の盛土**に再利用する際に考慮すべき過程、評価の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)を整理し、評価経路を決定した。



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**。
 作業者の被ばく時間は**1,000 h/y**
 公衆の被ばく時間は、**施工期間が長いことから、8,760h/y**(=年間を通じて被ばくする)と想定



- 再生資材は厚さ2mの盛土に用いられ、盛土の上部に厚さ1mの覆土(植栽基盤として非汚染の腐植土を想定)が敷設された構造とする。
- 既往の海岸防災林のサイズから、最も大きな評価体系(林帯幅 = 盛土幅: 200m)を設定。

施工時

- ・建設作業
- ・植栽作業
- ・周辺居住

【かさ密度】 盛土: 2.0 g/cm³, 覆土: 1.5 g/cm³

建設作業・周辺居住

盛土施工後はすぐに覆土が施工されると想定 (盛土露出時間: 4日間)

植栽作業

供用時

- ・施設点検
- ・伐採作業
- ・周辺居住

- ・ 海岸防災林完成後の被ばくは、盛土からの放射線の他に最初の伐採以後の成長した樹木と、伐採木が地面へ堆積されている状態からの両者の放射線の影響を、経時的に考慮する。
- ・ 樹木への核種の移行は、根系の伸長速度(4cm/月)より、植栽後2年で起こると仮定。

評価時期	線源
0年・植栽前	盛土のみ
植栽後0年	盛土 + 樹木
植栽後2年	
植栽後7年・伐採前	
植栽後7年・伐採後	盛土 + 樹木 + 伐採木
植栽後17, 27, 37, 47年 (伐採前・後)	

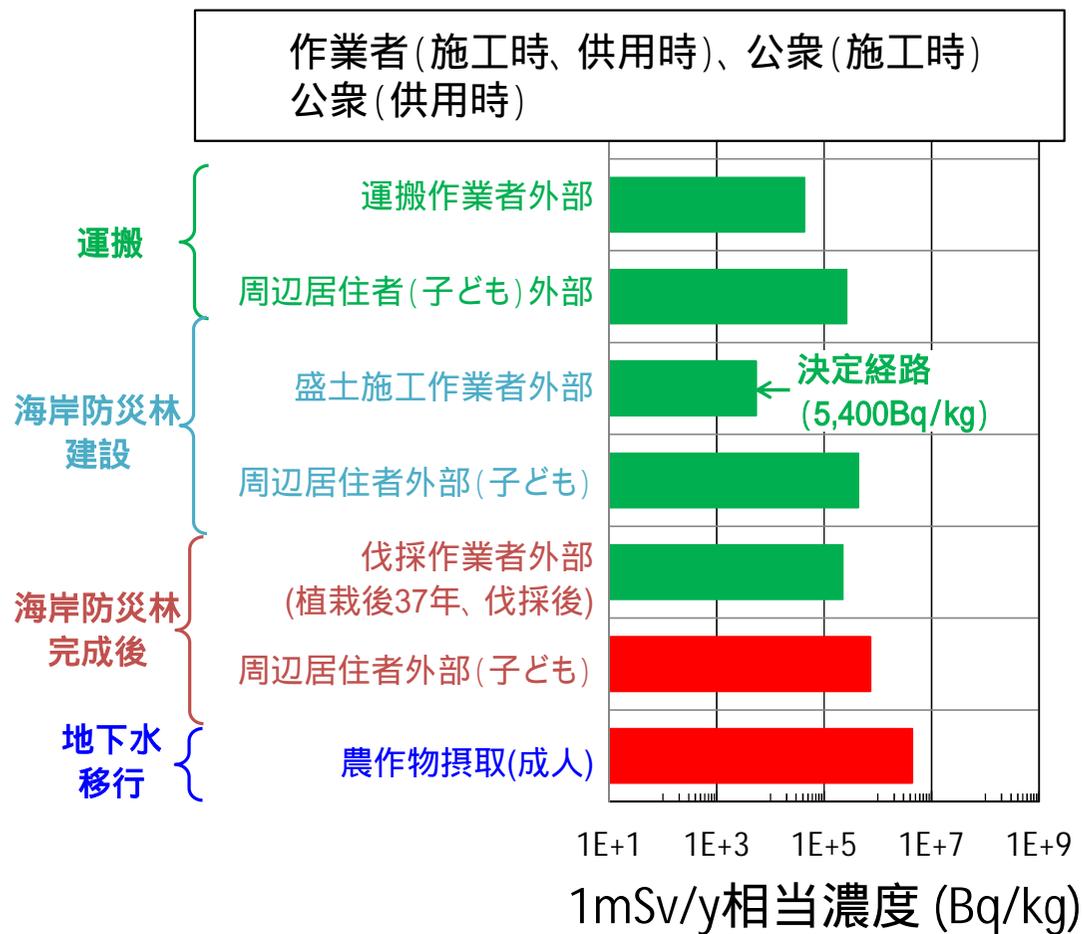
供用時

地下水移行

- ・再生資材を使用する部材のみをソースタームに設定
- ・盛土への浸透水量: 1.6 m/y (福島県浜通り沿岸の平年雨量の最大値)

- ・盛土の空隙率: 0.3
- ・盛土の収着分配係数: 270 ml/g (IAEA TRS No.364, 土壌、砂)
- ・完成道路盛土端から海 / 井戸までの距離: 0 m

海岸防災林に対する被ばく線量結果から、線量規準1mSv/y(施工時、供用時)を満たす放射性セシウムの濃度を算出した。
 決定経路に対する1mSv/y相当濃度は**5,400Bq/kg**となる。



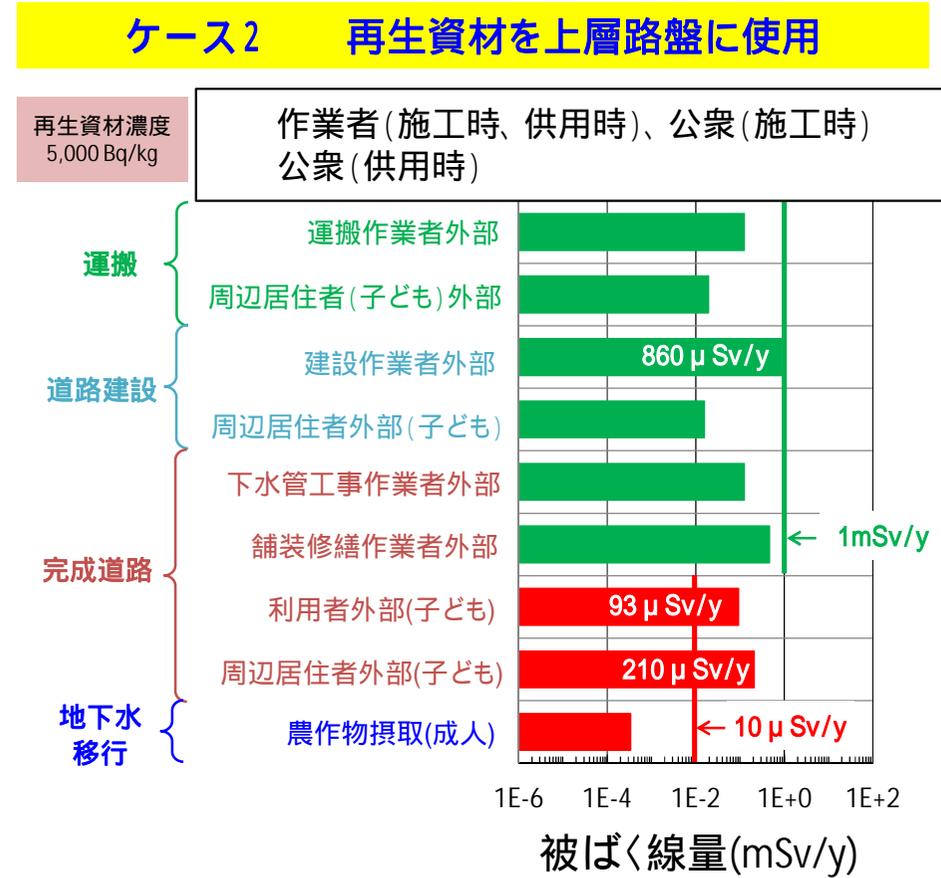
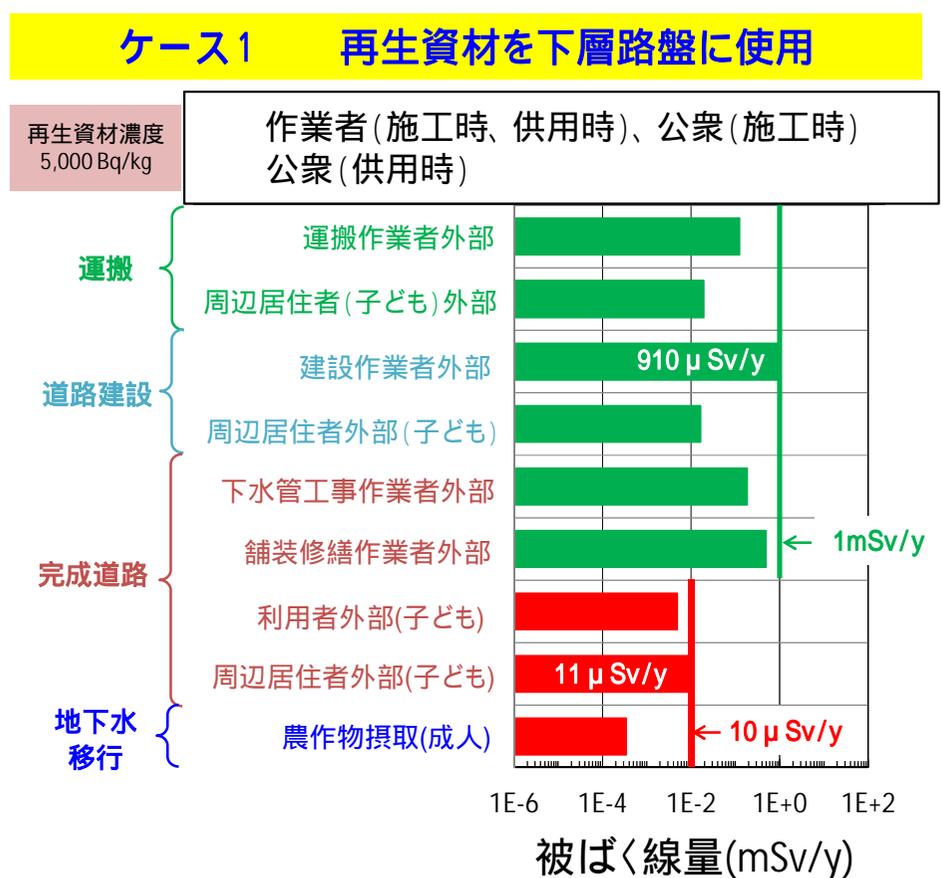
再生資材を4種類の土木構造物(道路路盤材、道路・鉄道盛土、防潮堤、海岸防災林)に再利用することを想定し、施工時の作業員あるいは周辺居住者に対する外部被ばくの決定経路から計算される1mSv/y相当濃度は5,400Bq/kg～8,600Bq/kgとなり、5,000Bq/kgを超える濃度となった。これらの土木構造物すべてに対し1mSv/yを満足する濃度は5,000Bq/kgである。

土木構造物	部材*1	遮へい条件	1mSv/y相当濃度(決定経路)
道路路盤材	下層路盤材 (厚さ30cm)	アスファルト10cm + 上層路盤材20cm	5,500Bq/kg(道路建設作業員-外部被ばく)
	上層路盤材 (厚さ20cm)	アスファルト10cm	5,800Bq/kg(道路建設作業員-外部被ばく)
道路盛土	盛土	法面保護工 (土壌、厚さ2cm)	一般道路:6,600Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく) 高速道路:6,100Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく)
		法面保護工 (土壌、厚さ10cm)	一般道路:6,600Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく) 高速道路:6,100Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく)
		法面保護工 (土壌、厚さ30cm)	一般道路:6,600Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく) 高速道路:6,100Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく)
		法面保護工 (土壌、厚さ50cm)	一般道路:6,600Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく) 高速道路:6,100Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく)
鉄道盛土	盛土	法面保護工(土壌、厚さ2cm～50cm)	6,600Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく)
防潮堤	盛土 (傾斜堤)	覆工コンクリート (厚さ50cm)	防潮堤高さ8m:6,900Bq/kg(施工時周辺居住者-外部被ばく) 防潮堤高さ15m:6,900Bq/kg(施工時周辺居住者-外部被ばく)
	盛土 (直立堤)		防潮堤高さ8m:8,600Bq/kg(施工時周辺居住者-外部被ばく) 防潮堤高さ15m:7,500Bq/kg(施工時周辺居住者-外部被ばく)
海岸防災林	盛土	覆土(厚さ1m)	5,400Bq/kg(盛土施工作業員-外部被ばく)

(*1)「部材」は、再生資材(線源)を再利用する構造部材を示している。

1mSv/y相当濃度（5,000Bq/kgで代表）による線量評価

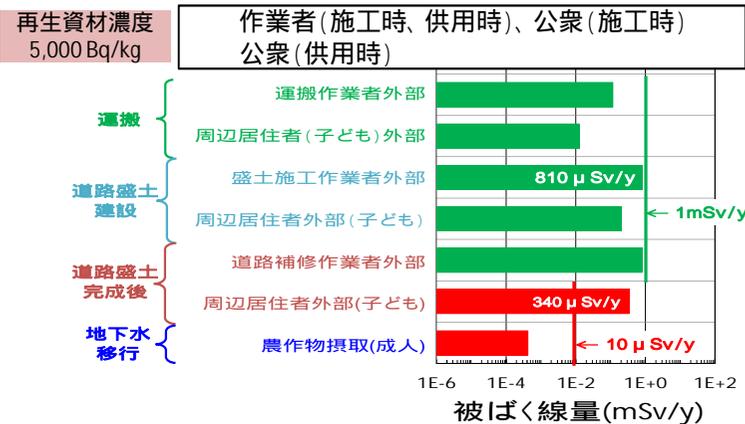
- 線量規準1mSv/yを満足する放射性セシウム濃度5,000Bq/kgとして、供用時の公衆の被ばく線量が0.01mSv/y (10 μsv/y)となる設計(遮へい厚さ)等の条件を検討する。
- 5,000Bq/kgの再生資材を使用する場合、ケース1(下層路盤材)では供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/y程度となるが、ケース2(上層路盤材)では10 μ Sv/yを超えてしまう。



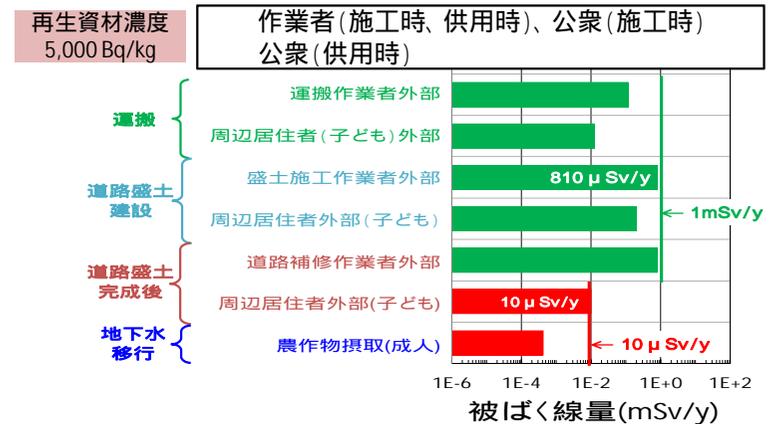
- 5,000Bq/kgを下層路盤材に再利用する場合、アスファルト及び上層路盤材が厚さ30cmの遮へい材として機能し、供用時の公衆の被ばく線量は0.01mSv/y(10 μ Sv/y)を満足する。
- 一方、上層路盤材への再利用において、アスファルト厚さ10cmの遮へい材の条件では、供用時の公衆が受ける被ばく線量が0.01mSv/y(10 μ Sv/y)を超える。

➤ 5,000Bq/kgの再生資材を道路盛土に使用する場合、ケース1(保護工厚さ2cm)、ケース2(保護工厚さ10cm)ともに、供用時の公衆が受ける被ばく線量は0.01mSv/y(10 μ Sv/y)を上回るが、ケース3(保護工厚さ30cm)では10 μ Sv/y、ケース4(保護工厚さ50cm)では1.5 μ Sv/yとなり、保護工厚さ30cm以上であれば供用後の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを満足する。

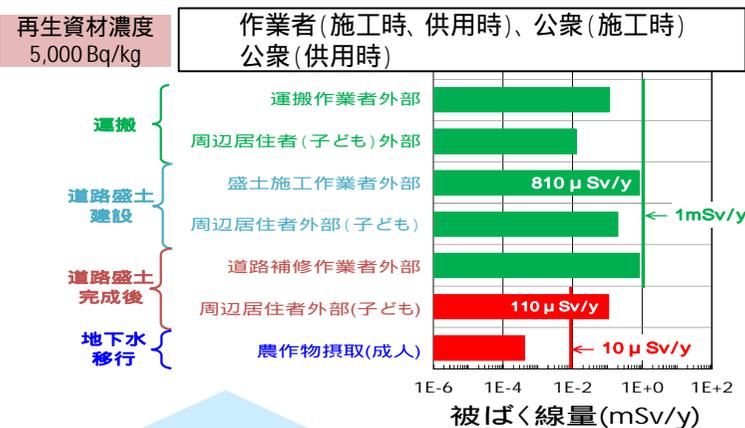
高速道路 : ケース1 保護工厚さ 2cm



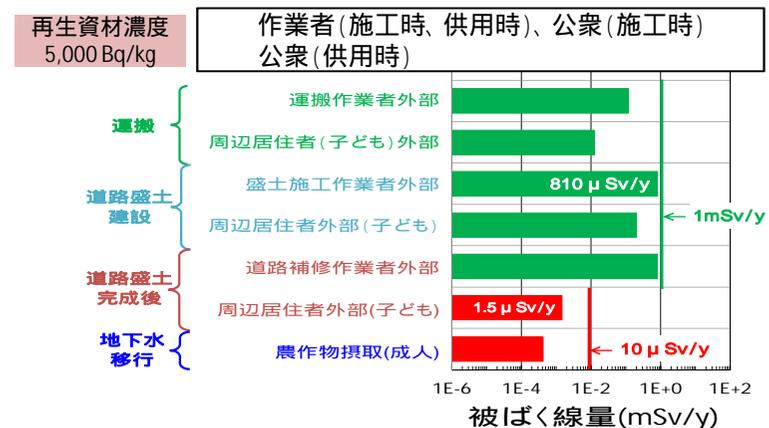
高速道路 : ケース3 保護工厚さ 30cm



高速道路 : ケース2 保護工厚さ 10cm

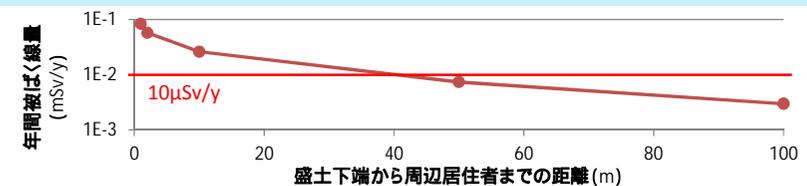


高速道路 : ケース4 保護工厚さ 50cm



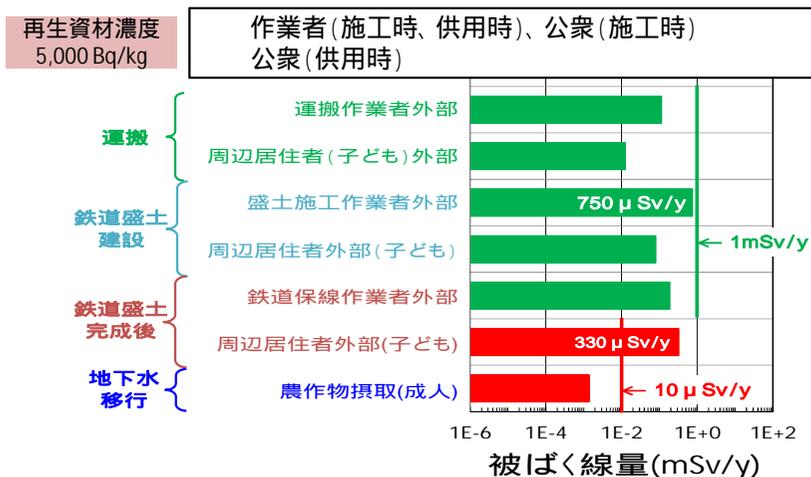
● 周辺居住地と盛土との距離を確保した場合

ケース2(保護工厚さ10cm)の場合、盛土下端から周辺居住地までの距離を40m以上離すと、周辺居住者の被ばく線量は10 μ Sv/y以下となる。

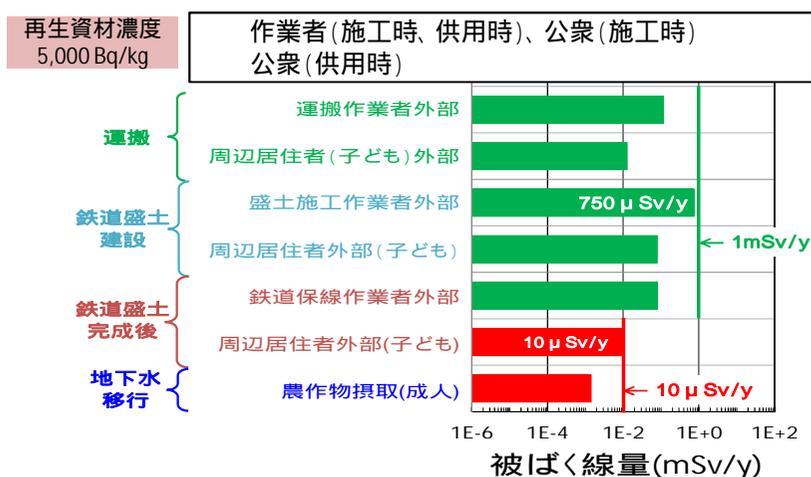


➤ 5,000Bq/kgの再生資材を鉄道盛土に使用する場合、ケース1(保護工厚さ2cm)、ケース2(保護工厚さ10cm)ともに、供用時の公衆が受ける被ばく線量は0.01mSv/y(10μSv/y)を上回るが、ケース3(保護工厚さ30cm)では10μSv/y、ケース4(保護工厚さ50cm)では2.3μSv/yとなり、保護工厚さ30cm以上であれば供用後の公衆の被ばく線量は10μSv/yを満足する。

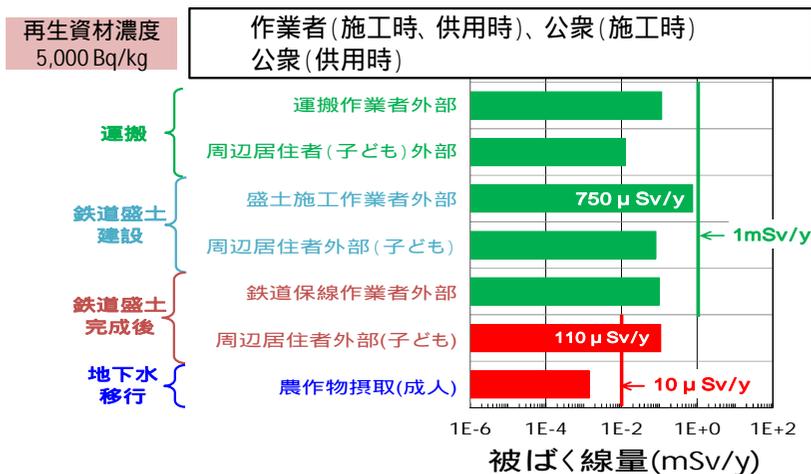
ケース1 保護工厚さ 2cm



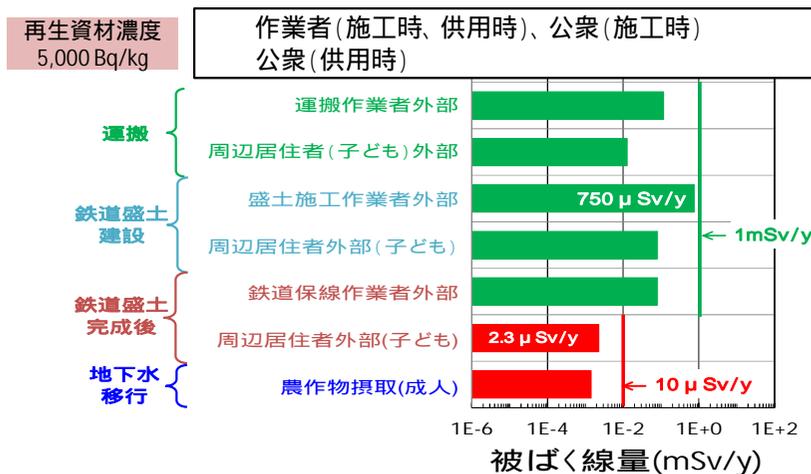
ケース3 保護工厚さ 30cm



ケース2 保護工厚さ 10cm



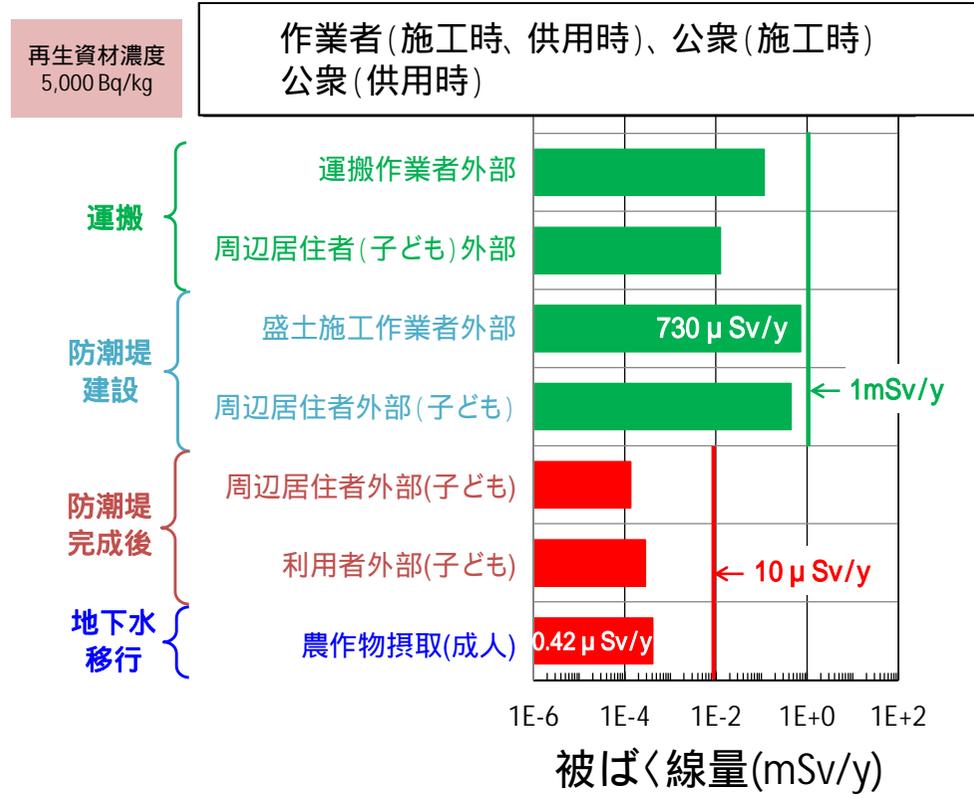
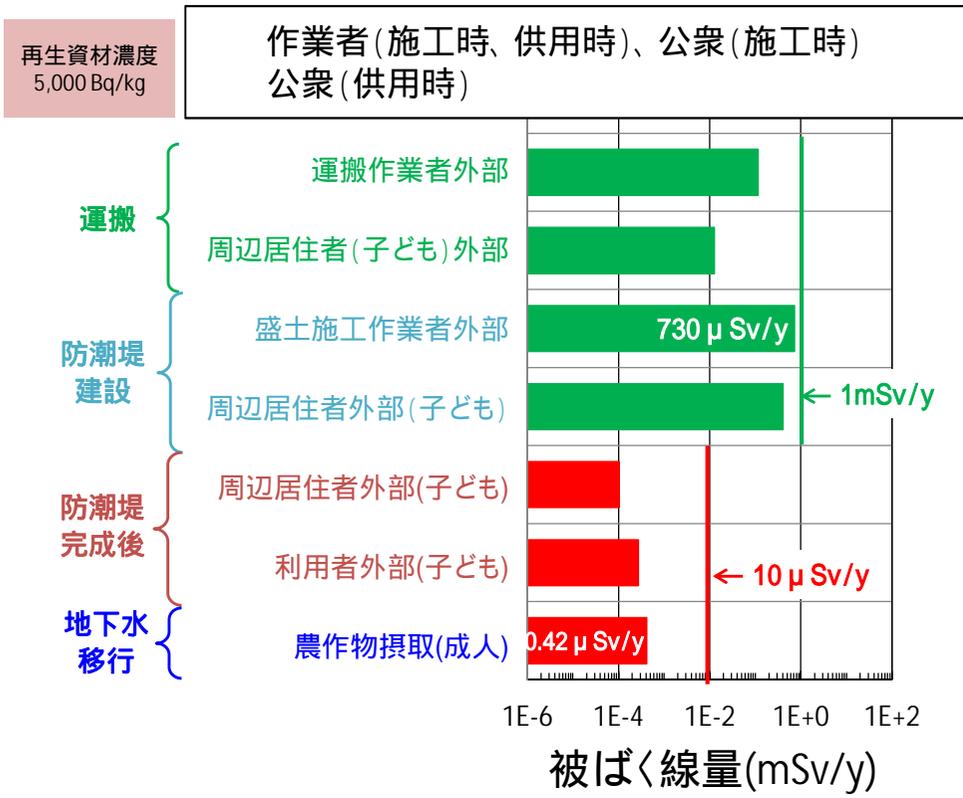
ケース4 保護工厚さ 50cm



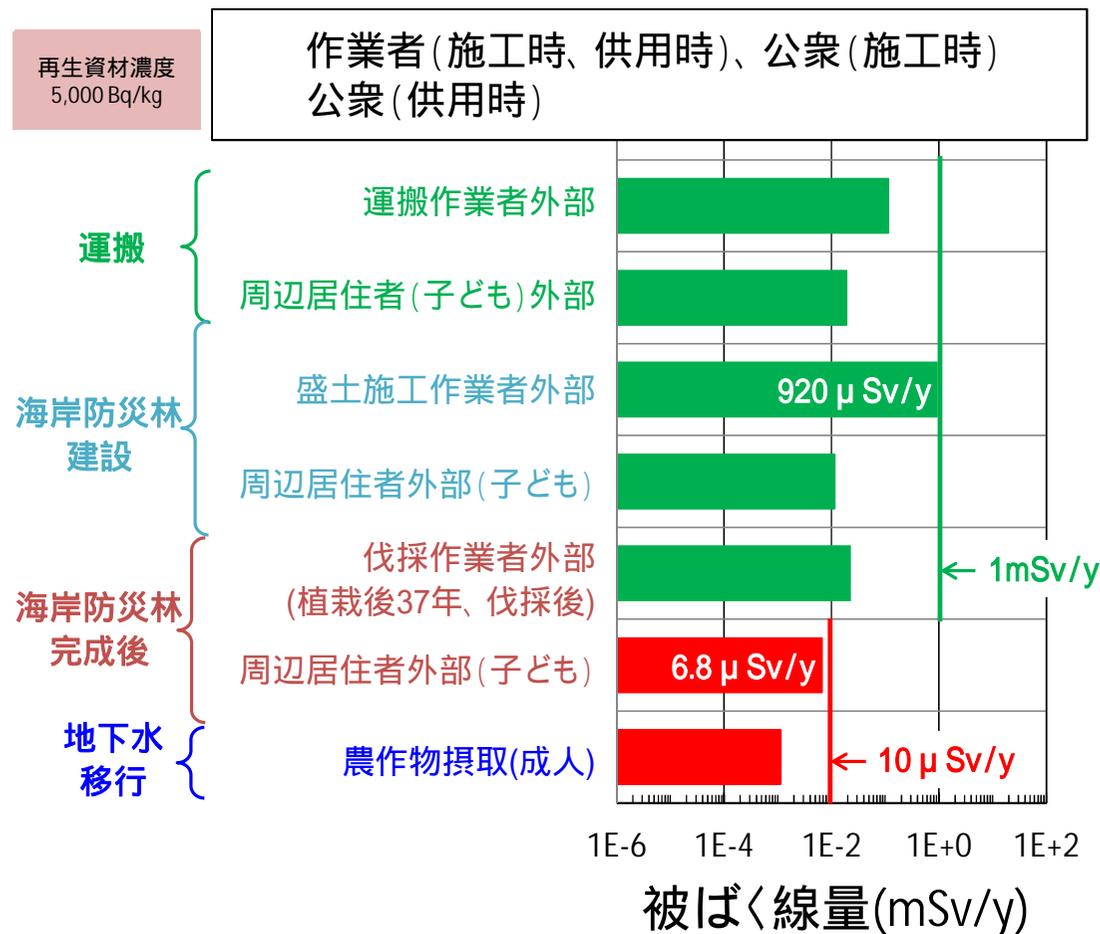
➤ 5,000Bq/kgの再生資材を防潮堤に使用する場合、ケース1(盛土高さ8m)、ケース2(盛土高さ15m)ともに供用時において公衆が受ける被ばく線量は0.42 μSv/yとなり、供用時の公衆の被ばく線量は0.01mSv/y(10 μSv/y)を大きく下回る。

傾斜堤 : ケース1 盛土高さ 8m

傾斜堤 : ケース2 盛土高さ 15m



➤ 5,000Bq/kgの再生資材を防潮堤に使用する場合、供用時において公衆が受ける被ばく線量は6.8 μ Sv/yとなり、供用時の公衆の被ばく線量は0.01mSv/y (10 μ Sv/y)を下回ることができる。



土木構造物	主な設計仕様	5,000Bq/kgに対する線量評価結果	再生資材の利用に関する留意点
道路路盤材	下層路盤材への利用、遮へい厚さ30cm	施工時:0.91mSv/y(道路建設作業者) 供用時:11 μ Sv/y(周辺居住者)	供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/y程度となる。
	上層路盤材への利用、遮へい厚さ10cm	施工時:0.86mSv/y(道路建設作業者) 供用時:210 μ Sv/y(周辺居住者)	供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを超えるものの、地域のバックグラウンド線量率との比較により再利用の導入が検討可能なケースである。
道路盛土(高速道路の盛土)	法面保護工(土壌、厚さ2cm~10cm)	施工時:0.81mSv/y(道路建設作業者) 供用時:340 μ Sv/y(厚さ2cm,周辺居住者) 供用時:110 μ Sv/y(厚さ10cm,周辺居住者)	供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを超えるものの、地域のバックグラウンド線量率との比較により再利用の導入が検討可能なケースである。なお、厚さ10cmの場合、住居までの距離40m以上であれば供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを満足する。
	法面保護工(土壌、厚さ30cm)	施工時:0.81mSv/y(道路建設作業者) 供用時:10 μ Sv/y(周辺居住者)	供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを満足する。
	法面保護工(土壌、厚さ50cm)	施工時:0.81mSv/y(道路建設作業者) 供用時:1.5 μ Sv/y(周辺居住者)	
鉄道盛土	法面保護工(土壌、厚さ2cm~10cm)	施工時:0.75mSv/y(鉄道建設作業者) 供用時:330 μ Sv/y(厚さ2cm,周辺居住者) 供用時:110 μ Sv/y(厚さ10cm,周辺居住者)	供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを超えるものの、地域のバックグラウンド線量率との比較により再利用の導入が検討可能なケースである。なお、厚さ10cmの場合、住居までの距離40m以上であれば供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを満足する。
	法面保護工(土壌、厚さ30cm)	施工時:0.75mSv/y(鉄道建設作業者) 供用時:10 μ Sv/y(周辺居住者)	供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを満足する。
	法面保護工(土壌、厚さ50cm)	施工時:0.75mSv/y(鉄道建設作業者) 供用時:2.3 μ Sv/y(周辺居住者)	
防潮堤(傾斜堤の盛土)	盛土高さ8m、覆工コンクリート厚さ50cm	施工時:0.73mSv/y(盛土施工作業者) 供用時:0.42 μ Sv/y(農作物摂取)	供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを満足する。
	盛土高さ15m、覆工コンクリート厚さ50cm	施工時:0.73mSv/y(盛土施工作業者) 供用時:0.42 μ Sv/y(農作物摂取)	
海岸防災林(盛土)	盛土高さ2m、覆土厚さ1m	施工時:0.92mSv/y(道路建設作業者) 供用時:6.8 μ Sv/y(周辺居住者)	供用時の公衆の被ばく線量は10 μ Sv/yを満足する。

災害時シナリオに対する線量評価

災害時シナリオの線量評価フロー

1. 自然災害の要因と考えられる事象として地震、津波、火災、暴風・竜巻、異常降雨(豪雨)を選定し、各土木構造物において変状・崩壊をもたらす可能性のある要因を予察的に検討する(下表参照)。
2. 1.の検討結果を踏まえ、土木構造物に対する自然災害の要因や変状・崩壊の現象の検討例、災害事例などの文献を調査し、線量評価の観点から各土木構造物において評価対象とする災害要因と変状・崩壊の関係を整理する。
3. 線量評価のために災害後の再生資材(線源)の状態の変化をイメージ化するとともに、復旧方法の情報を基に復旧時における再生資材の状態変化もイメージ化する。
4. 上記2.及び3.を踏まえ、作業員、周辺住民の被ばくに関する災害時シナリオ・被ばく経路を具体化する。1mSv/y相当濃度条件で仮に自然災害による構造物の破損が生じた場合の被ばく線量を評価し、1mSv/yを超えていないことの確認を行う。

変状・崩壊をもたらす可能性のある自然災害の要因の予察的検討

災害の要因	道路・鉄道盛土	防潮堤	海岸防災林
地震	地震動による盛土の変状・崩壊の可能性が考えられる	地震動による防潮堤の変状・崩壊の可能性が考えられる	地震動による海岸防災林の変状・崩壊の可能性が考えられる
津波	津波が到達しない内陸部にあるとして検討から除外	決壊などの堤防の崩壊の可能性が考えられる	津波による海岸防災林の流出の可能性が考えられる
火災	車両等の火災は考えられるが、変状・崩壊までは想定されないため対象外	車両等の火災は考えられるが、変状・崩壊までは想定されないため対象外	防災林樹木の火災の可能性が考えられる
暴風・竜巻	暴風等により破損する恐れは考えられないため対象外	暴風等により破損する恐れは考えられないため対象外	暴風等により防災林樹木の倒木の可能性が考えられる
異常降雨(豪雨)	豪雨により盛土内の含水状態が変化し、盛土の変状・崩壊の可能性が考えられる	全面に不透水被覆があるため豪雨より防潮堤が変状・崩壊する恐れは考えられないため対象外	豪雨により盛土内の含水状態が変化し、盛土の変状・崩壊の可能性が考えられる

(注) 災害要因による道路路盤材の変状・崩壊の可能性は考えられないため、道路路盤材に対する災害シナリオは評価の対象外

➤ 盛土の破損形態に対する調査結果に基づき、災害時の道路・鉄道盛土の破損形態として、
すべり崩壊、**法面崩壊**、**分断崩壊**の3つを評価。

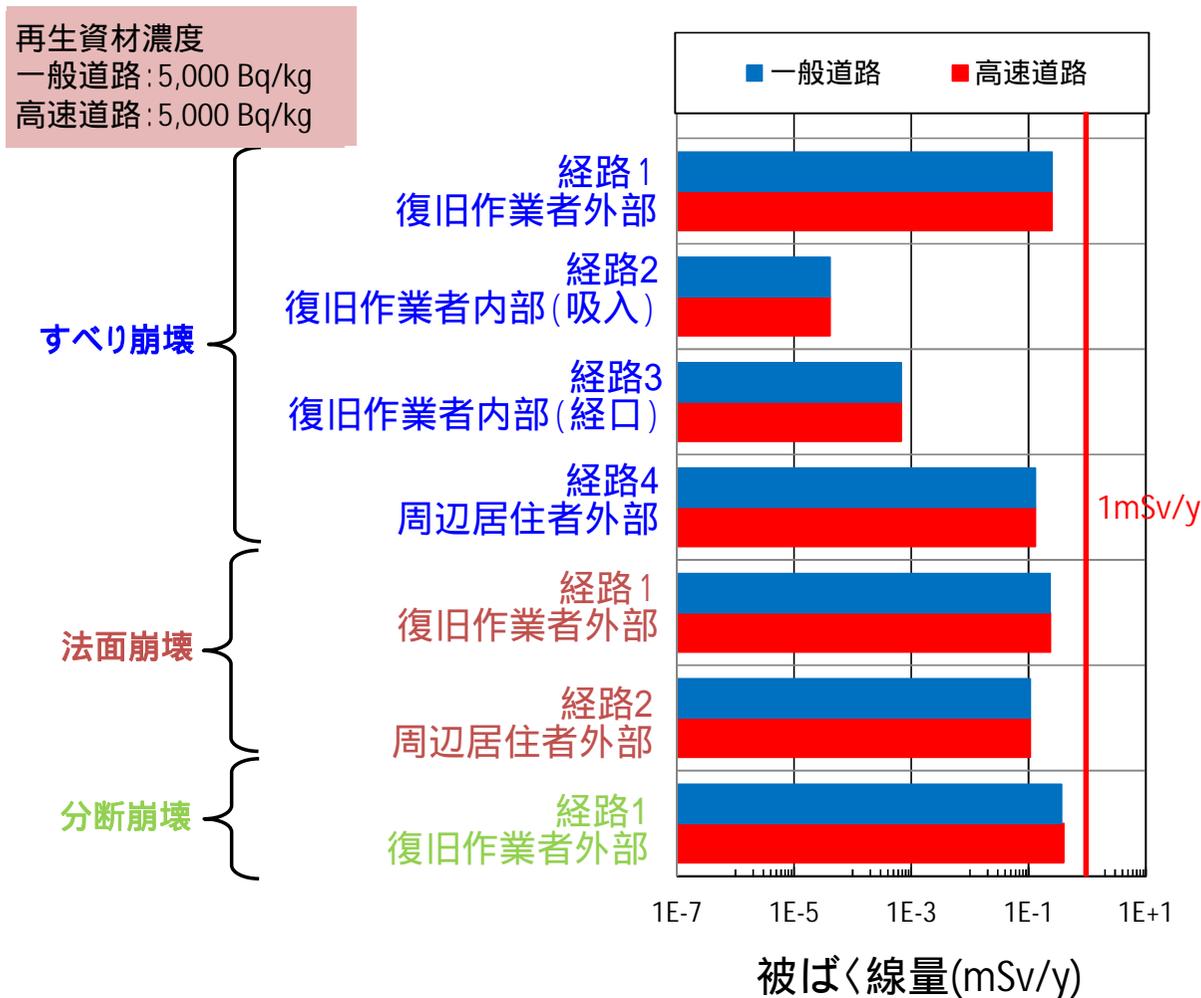
盛土の破損形態、イメージ	盛土の変状・崩壊現象	復旧方法	シナリオ・被ばく経路
<p>すべり崩壊</p>  <ul style="list-style-type: none"> 盛土内部より断面が円弧を描く円弧すべりにより大規模に崩落するケース。 再生土の露出面としては「法面崩壊」と同様。に比べてより規模が大きく再生土を含む崩壊土が近隣住居付近まで移動し、その線源からの線量寄与も考えられる。 	<p>A1: 軟弱層上での円弧すべり・沈下変形 A3: 地すべり地帯での大崩壊 B3: 表面水による洗掘・崩壊 B4: 地盤と盛土との境界面に沿った崩壊 B6: 土石流による法面崩壊 C1: 間隙水圧作用による崩壊 D1: 間隙水圧上昇による大規模な流動的崩壊 D2: 不安定な基礎地盤とともに崩壊</p>	<ul style="list-style-type: none"> 崩落土を撤去した後、崩落面の地質調査を行う。 地質自体に問題が無ければ、再度盛土を成型する。成形の際、土砂を詰めたフレコンバックを積み上げ、支持工を打ち込み固定させる手法が多く用いられる。 	<p>収集・保管した崩落土と残存盛土部を線源とし、復旧時の壊面整地作業、盛土敷設、支保工打ち込み等の作業（外部、粉塵吸入、直接経口摂取）及び周辺住民（外部）の被ばくを評価。</p>
<p>法面崩壊</p>  <ul style="list-style-type: none"> 盛土法面の表層が流出、崩壊するケース。 法面覆工材部のみが崩落し、内部の再生土が露出する状態を想定。 	<p>B1: 雨水の表面侵食によるガリ（掘れ溝）の発生 B2: 雨水の浸透による表層すべり D4: 表層すべり・腹付盛土の変形</p>	<ul style="list-style-type: none"> 崩落土を撤去した後、崩落面の地質調査を行う。 地質自体に大きな問題が無ければ、崩落防止の為支持工を打ち込む盛土を固定し、再度、法面保護工を行う。 	<p>盛土法面の覆土のみが崩落し線源が露出した状態での支持工打ち込み作業及び法面保護作業における作業員及びその周辺住民の被ばくを評価。</p>
<p>分断崩壊</p>  <ul style="list-style-type: none"> 基礎地盤の液状化等により盛土が沈下をはじめ、その沈下量が大きい場合に盛土の形状が保てず全体的に分断しながら崩壊するケース。 天端部は分断により部分的に遮蔽能力が失われているが、法面については崩壊に至らず変位に留まり、遮蔽能力は失われていないものと考えられる。 	<p>D3: 基礎地盤の液状化による崩壊</p>	<ul style="list-style-type: none"> 盛土上部の分断している箇所については天端構造物の撤去後、再度盛土の敷設となる。 法面についてはこれ以上の崩壊を防ぐため、支持工打ち込みや法面保護工を行う。 	<p>盛土上部の分断している箇所に対し盛土上部の撤去・整地が行われるため、盛土上部が撤去・整地され、再生土が上面でオープンになっている状態を想定する。この状態での盛土敷設、支保工打ち込み等の作業員及び周辺住民の被ばくを評価。</p>

- 代表的に、道路盛土に対して評価を実施する(鉄道盛土:一般道路の体系と同様)。
- 被ばく期間は、事例調査による復旧期間の最大値3ヶ月に基づき、その間の労働時間60日間と仮定する。

<p>すべり崩壊</p>	<p>評価対象: すべり崩壊により崩壊した盛土および回収土からの被ばく</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 崩壊面の勾配: 1:2.1 (事例調査¹⁾による崩壊後の傾斜角24~26°より設定) ➤ 回収土体系: 20m四方×2m (フレコンバックを2段積み上げた場合を想定)
<p>法面崩壊</p>	<p>評価対象: 法面崩壊により露呈した盛土からの被ばく</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 崩壊面の勾配 1:1.5 (保守的に保護工のみが崩壊した場合を想定) ➤ 崩壊した保護工は線源を含まないことから、回収土による被ばくは評価しない。
<p>分断崩壊</p>	<p>評価対象: 分断崩壊により露呈した盛土からの被ばく</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 崩壊後の盛土形態: 道路部分を全て剥がした状態 (保守的に盛土上面が全て露呈している状態を想定) ➤ 崩壊した道路部分の多くは道路部材(非線源)であることから、回収土による被ばくは評価しない。

1) 土木学会、「2007年能登半島地震による能登有料道路の大規模盛土斜面崩壊原因の分析」

➤ 5,000Bq/kgの再生資材を使用した場合、被ばく線量は最大で0.40mSv/y程度(分断崩壊:復旧作業者・外部)である。



➔ 災害時において作業者・公衆が受ける被ばく線量は、1mSv/yを下回る。

- 地震動による防潮堤の亀裂の発生、基礎地盤の液状化による防潮堤の沈下は考えられるが、遮へい機能は維持されるため、地震による災害シナリオは評価対象から除外。
- 自然災害による防潮堤の破損に対する文献調査^{1)~5)}を実施し、代表的な破損形態を整理。
- 防潮堤の破損として、**決壊・流出**、**法面崩壊**の2つを評価対象として選定。

防潮堤の破損形態、イメージ	災害事例(発生場所、破損規模)	復旧方法	シナリオ・被ばく経路
<p>決壊・流出</p>  <ul style="list-style-type: none"> 津波により堤防の一区間が決壊・流出するケース。 堤防が切り取られた形状と成り、決壊面に再生資材が露出する状態を想定。 	<p>【津波】 東日本大震災(2011)</p> <ul style="list-style-type: none"> 大船渡市(岩手) : 570m 山田町(岩手) : 412m 田老海岸(岩手) : 200m 野田海岸(岩手) : 120m 金浜地区(岩手) : 35m 御伊勢浜海岸(宮城) : 265m 松崎尾崎の海岸(宮城) : 350m 	<ul style="list-style-type: none"> 現地盤の調査・地盤改良(安定化等)を行う。 地質自体に大きな問題が無ければ、破損部分への再盛土により再構築を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 復旧作業者(線源:決壊により露呈した盛土、流出し広範囲に分布した盛土) 決壊面付近での調査・現地盤改良作業者、および、決壊によって流出し広範囲に分布した盛土の回収作業者の被ばくを評価。 (周辺居住者は、大規模な津波発生時には避難しているとし、評価対象から除外。) 海へ流出した盛土により汚染された海産物を摂取する公衆(成人・子ども)
<p>法面崩壊</p>  <ul style="list-style-type: none"> 津波による洗掘により法面基部が破壊され、法面覆工が破壊されるケース。 法面覆工コンクリートのみが崩落し内部の再生資材が露出するモデルを想定。 	<p>【津波】 東日本大震災(2011)</p> <ul style="list-style-type: none"> 市川海岸(青森) : 1km 横道海岸(青森) : 1km 百石海岸(青森) : 1km 三沢海岸(青森) : 180m 長浜海岸(宮城) : 50m 南浜町(宮城) : 20m 	<ul style="list-style-type: none"> 盛土破損面の調査および改良を行う。 大きな問題がなければ、法面覆工コンクリートの再設置を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 復旧作業者(線源:洗掘により露呈した盛土) 崩壊面付近での法面覆工コンクリートの施工作業者に対する被ばく(外部)を評価。 (内部被ばくについては、決壊・流出で評価するため、評価対象から除外。)
<p>倒壊(パラペット)</p>  <ul style="list-style-type: none"> 津波到達時の衝撃によって、堤防のパラペット部(堤防上部に設置される胸壁)が倒壊するケース。 	<p>【高波】 台風23号(2004)</p> <ul style="list-style-type: none"> 菜生海岸(高知) : パラペット部(高さ1m) 	<ul style="list-style-type: none"> 倒壊したパラペット部を撤去し、新たなパラペットの設置・固定を行う。 	<p>破損部分はパラペットのみであり、線源である盛土の露呈・流出等は想定されないため、評価対象から除外する。</p>
<p>ひび割れ・沈下</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震動による亀裂の発生 / 地盤沈下により、堤防全体が沈下するケース 	<p>【地震】 新潟県中越沖地震(2007)</p> <ul style="list-style-type: none"> 観音岬(新潟) : 30m 	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れ箇所 のモルタル充填 基礎補強工事 	<p>堤防盛土の被覆そのものには重大な損傷が無く、遮へい能力は失われることは無いとして評価対象から除外</p>

1) 地盤工学ジャーナル、「青森県・岩手県北部における地震と津波による複合地盤災害」(2012)
 2) 土木学会論文集、「2011年東北地方太平洋沖地震津波による岩手県宮古市の津波被害調査」(2012)
 3) 地盤工学会、「2011年東北地方太平洋沖地震調査 宮城県北部の地盤災害調査速報」(2011)

4) 岩手県農林水産部、「希望郷いわて農業・農村復興への歩み」(2014)
 5) 国土技術研究センター、「高知県菜生海岸における被災事例調査」(2005)

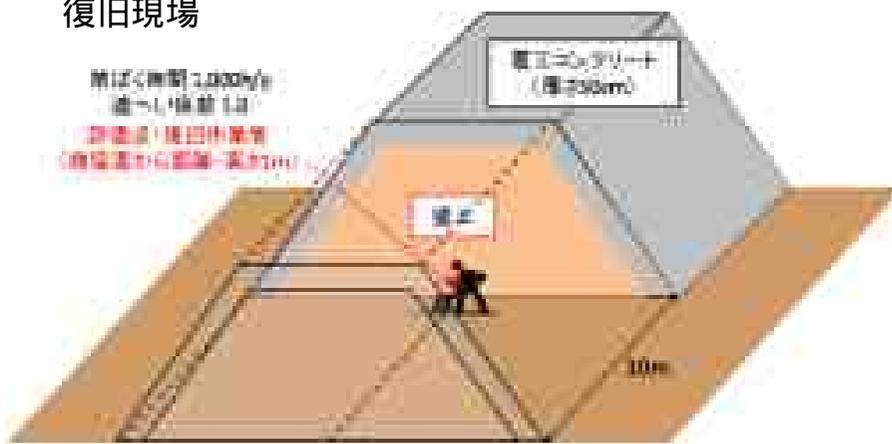
- 代表的に、傾斜堤に対して評価を実施する。
- 防潮堤の津波による災害の場合、復旧作業は長期に及ぶケースも考えられるため、作業者の被ばく期間は保守的に施工時と同じ1,000h/yと仮定する。

評価対象：決壊により露呈した盛土(2面)および流出により発生した津波堆積土からの被ばく

決壊・流出

復旧現場

被ばく時間: 1,000h/y
 土壌汚染係数: 1.0
 (建設時) 盛土作業
 (復旧時) 盛土作業 (100m)



- 決壊延長距離: 30m
 (事例調査結果における決壊延長距離の最小値)

崩壊土回収現場

被ばく時間: 1,000h/y
 土壌汚染係数: 1.0
 (建設時) 盛土作業
 (復旧時) 崩壊土回収 (500m)



- 津波堆積土の分布範囲: 500m四方
 (外部被ばく線量が収束する程度の範囲)
- 津波堆積土の厚さ: 30cm
 (津波による堆積土に対する事例調査における堆積土厚さの最大値)
- 保守的に津波堆積土に対する希釈は考慮しない。

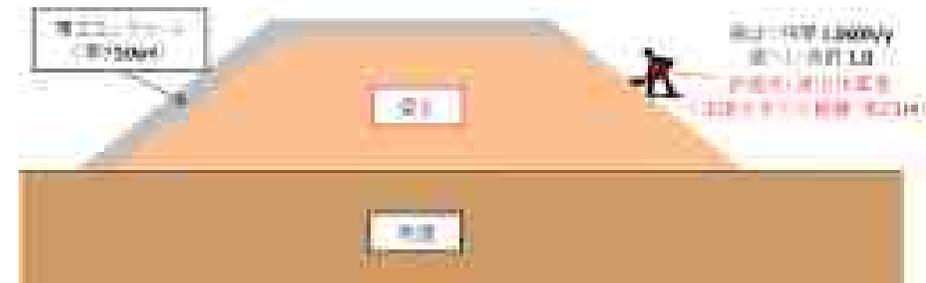
評価対象：海への盛土の流出により汚染した海産物摂取による被ばく

- 盛土の流出量: 延長500mの防潮堤にある盛土全量
 (事例調査¹⁾の最大値570mより設定)
- 海水交換水量: 8.0E+09 m³/y (国内平均大潮期における潮流最小値0.255m/sと安全側に仮定した混合面積1,000m²より設定)

法面崩壊

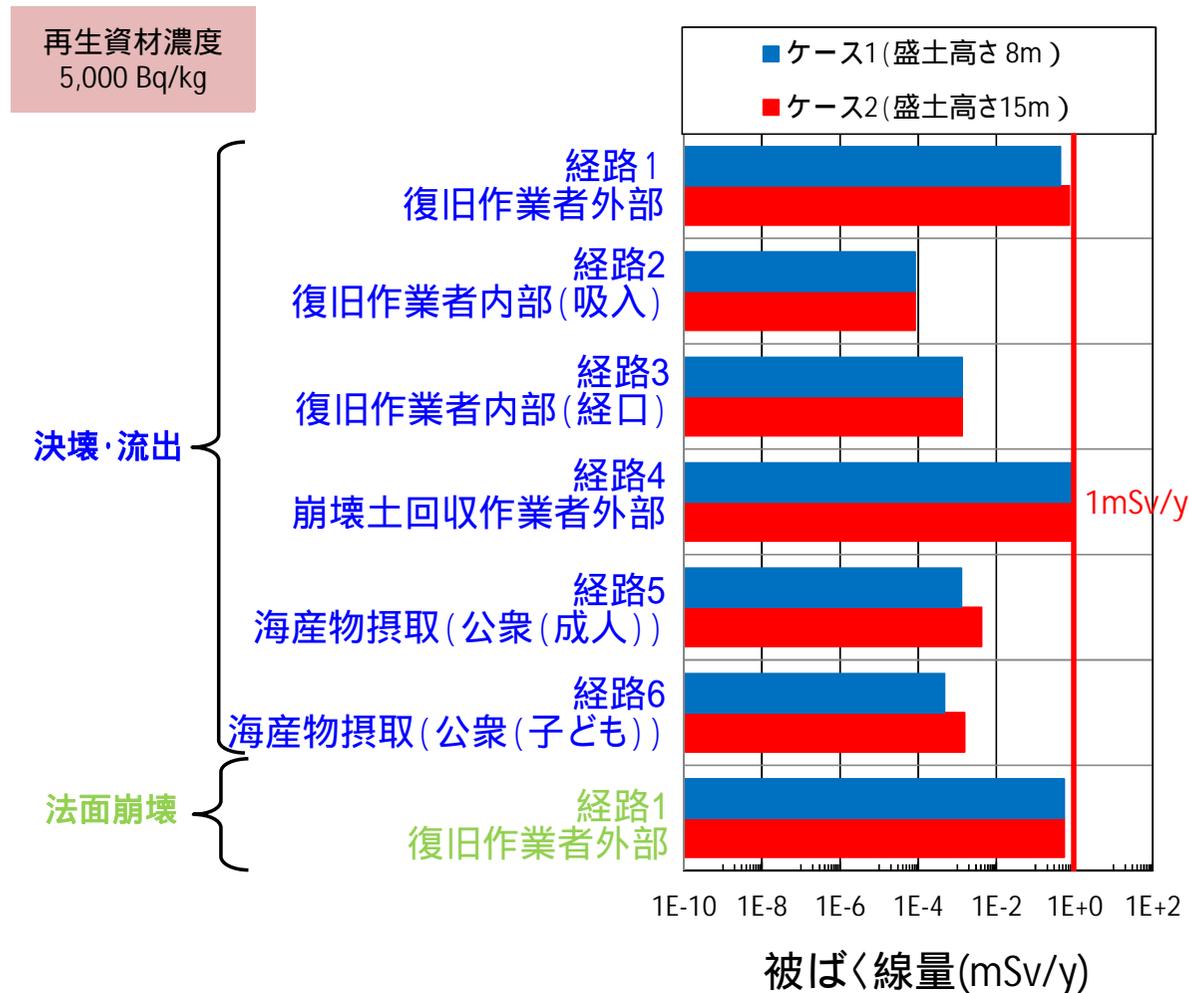
評価対象：法面崩壊により露呈した盛土からの被ばく

- 保守的に法面に施工された覆工コンクリートの全てが洗掘による法面崩壊で流出したと想定する。
- 決壊延長距離: 500m
 (建設時と同じ距離(外部被ばく線量が収束する程度の距離)とした)



1) 常田 賢一、Rakhmadyah Bayu、谷本隆介、中山義久、「2011年東北地方太平洋沖地震の津波による堆積土の堆積特性に関する調査」

➤ 5,000Bq/kgの再生資材を使用した場合、被ばく線量は最大で0.98mSv/y程度(決壊・流出:崩壊土回収作業者・外部)である。



➡ 災害時において作業者・公衆が受ける被ばく線量は、最大でも1mSv/y程度である。

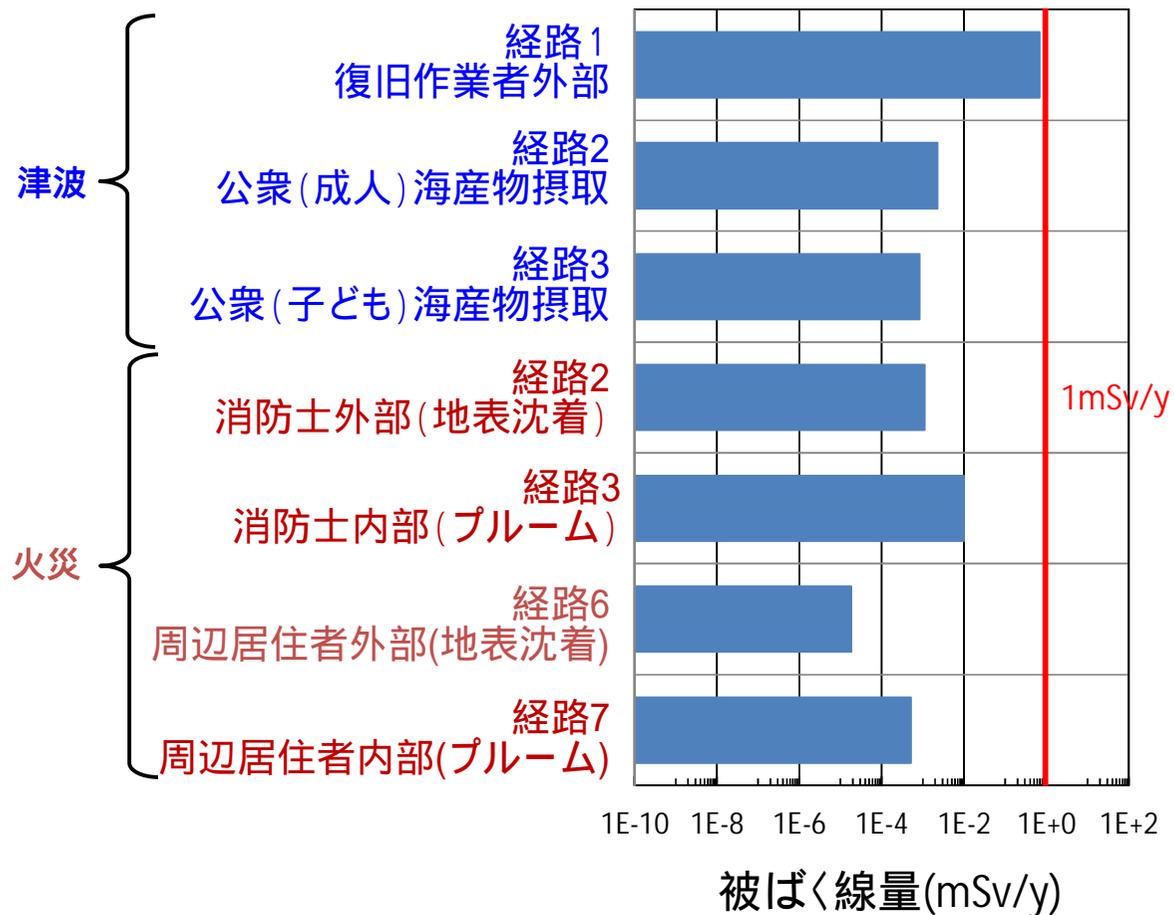
- 海岸防災林において想定される災害(津波、火災、暴風・竜巻、地震、豪雨)について、文献調査に基づき、各災害に対する評価シナリオを整理。
- 海岸防災林で評価対象とする災害として、**津波**と**火災**の2つを選定。

自然災害	災害事例(発生場所、規模)	想定される被ばく	シナリオ・被ばく経路
津波	東日本大震災(2011) ・宮城、岩手、福島他 ・幅50~800m、高さ1.0~5.5m	・大規模な津波による破壊で発生した津波堆積土からの被ばく ・海へ流出した盛土により汚染した海産物摂取による被ばく	・復旧作業者 (周辺居住者は大規模な津波発生時には避難しているとし、評価対象から除外) ・海産物を摂取する公衆(成人、子ども)
火災	秋田県能代市(1943):21ha消失 【参考】福島県における一般の森林火災 ・鹿嶋町(1977)、204.90ha ・川内村(1982)、63.00ha ・埴町、鮫川村(1987)、204.80ha ・船引町(1996)、78.99ha ・浪江町(1999)、24.80ha ・いわき市(2005)、36.40ha ・保原町(2005)、14.00ha	火災により発生したプルーム由来の被ばく	消防士、周辺居住者に対する ・外部被ばく(クラウド、地表沈着したCsからの被ばく) ・内部被ばく(クラウド、再浮遊したCsの吸入による被ばく)
暴風・竜巻	海岸防災林での事例はなし 【参考】過去20年間の主な風倒木被害 ・台風7号災(2000) 大阪・奈良・和歌山、計4,552ha ・台風18号災(2001) 熊本・大分・鹿児島、計3,858ha	倒木した樹木からの被ばく	伐採作業者において同様の被ばくを評価しているため、評価対象から除外
		倒木した樹木の根返りにより露呈した盛土からの被ばく	本評価の設定(覆土1m)では盛土が露呈する可能性は低いため、評価対象から除外
地震	海岸防災林での事例はなし	崩壊により露呈した盛土からの被ばく	再生資材を覆う覆土の厚さが1mである場合、盛土のすべり崩壊・法面崩壊・分断破壊のいずれにおいても再生土壌が露出する可能性が低いため、評価対象から除外
豪雨	海岸防災林での事例はなし		

海岸防災林の盛土材として除去土壌を再利用した場合に、火災・津波により何らかの損壊が発生した場合の追加被ばく線量について評価を行う。評価は、各自然災害に特有な損壊により生じる公衆・作業者の被ばくに対して実施する。

自然災害	火災	津波
評価対象	火災により発生したプルームからの被ばく	<ul style="list-style-type: none"> 津波により広範囲に分布した津波堆積土からの被ばく 海へ流出した盛土により汚染された海産物摂取による被ばく
評価経路	周辺居住者・消防士に対する ・外部被ばく(クラウド、地表沈着したCsからの被ばく) ・内部被ばく(クラウド、再浮遊したCsの吸入による被ばく)	・復旧作業者に対する外部被ばく ・海産物を摂取する公衆(成人・子ども)に対する内部被ばく
評価体系	<ul style="list-style-type: none"> 想定する火災の規模: 延焼面積20ha、延焼期間1日 (既往の森林火災評価¹⁾での最大値) 評価時期:37年後 (海岸防災林樹木中のCs濃度が最も高くなる時期) 評価条件 既往の森林火災評価¹⁾を踏襲し様々な大気の状態に対して計算を行い、最も影響が大きくなる条件を導出。 <ul style="list-style-type: none"> ・大気安定度:A型(不安定)、D型(中立)、F型(安定) ・プルーム上昇高さ: 100,200,500m <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border-left: 1px dashed black; padding-left: 5px;"> <p>・周辺居住者</p>  <p>遠距離の住民: 大気が安定で遠距離まで影響が及ぶ条件で評価</p> </div> <div style="border-left: 1px dashed black; padding-left: 5px;"> <p>・消防士</p>  <p>近距離の一時立ち入り者: 大気が不安定で近距離で影響が大きくなる条件で評価</p> </div> </div> <p>1)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</p>	<ul style="list-style-type: none"> 復旧作業者 <ul style="list-style-type: none"> 線源:津波堆積土 (盛土と覆土が均質に混合すると仮定) ・厚さ → 津波堆積物に対する調査結果²⁾の最大値 ・半径 → 被ばく線量の値が収束する程度の値 被ばく時間:1,000h/y 年間労働時間のうち半分の時間を、復旧作業に費やすと仮定 ・公衆(海産物摂取) <ul style="list-style-type: none"> 盛土の流出範囲:海岸防災林(幅200m、延長500m)内にある盛土の全量が流出すると仮定 海水交換水量:8.0E+09 m³/y(国内の平均大潮期における潮流最小値0.255m/sと安全側に仮定した混合面積1,000m²より設定) <div style="text-align: center;">  </div> <p>2)常田 賢一、Rakhmadyah Bayu、谷本隆介、中山義久、「2011年東北地方太平洋沖地震の津波による堆積土の堆積特性に関する調査」</p>

➤ 5,000Bq/kgの再生資材を使用する場合、災害時の被ばく線量は最大で0.69mSv/y(津波:復旧作業者・外部)である。



➡ 災害時において作業員・公衆が受ける被ばく線量は、1mSv/y程度の結果となった。

土木構造物	評価対象として選定した災害の要因	5,000Bq/kgに対する線量評価結果 (決定経路)	自然災害に対する留意点
道路盛土・ 鉄道盛土	地震及び異常降雨 (豪雨)による「すべり崩壊」、「法面崩壊」、 「分断崩壊」	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時-作業員:0.40mSv/y (分断崩壊、復旧作業員外部) ・災害時-公衆:0.23mSv/y (すべり崩壊、周辺居住者外部) 	<p>道路・鉄道盛土の災害時の復旧作業員及びその周辺住民に対する被ばく線量はともに1mSv/yを超えることはない結果となった。</p> <p>山間部の谷間などでの盛土では、豪雨による浸透水が集水すること起因した本評価よりも大規模な崩壊が生じる可能性があるため、豪雨により含水率が高くなるような場所での再生資材の盛土への利用を制限する必要がある。</p>
防潮堤	津波による「決壊・流出」と「法面崩壊」	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時-作業員:0.98mSv/y (決壊・流出、復旧作業員(崩壊土回収)外部) ・災害時-公衆: 1.3μSv/y(ケース1:盛土高さ8m) 4.2μSv/y(ケース2:盛土高さ15m) (決壊・流出、海産物摂取(成人)) 	<p>津波による防潮堤の災害時の復旧作業員に対する被ばく線量は、最大でも1mSv/y程度の結果となった。また、津波による決壊・流出による公衆への影響は、1mSv/yを大きく下回る結果となった。</p>
海岸防災林	津波 火災	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時-作業員:0.69mSv/y (津波、復旧作業員外部) ・災害時-公衆:2.3μSv/y (津波、海産物摂取(成人)) 	<p>津波による海岸防災林の災害時の復旧作業員に対する被ばく線量は、1mSv/yを超えることはない結果となった。また、津波による決壊・流出による公衆への影響は、1mSv/yを大きく下回る結果となった。</p>

- ✓ 再生資材を4種類の土木構造物(道路路盤材、道路・鉄道盛土、防潮堤、海岸防災林)に再利用することを想定し、施工時から供用時の作業員及び公衆に対し線量規準1mSv/yを適用した線量評価を行った。その評価から、再生資材中の放射性セシウム(^{134}Cs , ^{137}Cs)の濃度(1mSv/y相当濃度)を計算し、その中の最小値を1mSv/yを満足する濃度として算出した。この評価結果から、4種類の土木構造物に対する1mSv/yを満足する濃度は5,400Bq/kg ~ 8,600Bq/kgとなり、**これらの土木構造物すべてに対し1mSv/yを満足する濃度は5,000Bq/kg**である。
- ✓ 次に、1mSv/yを満足する濃度5,000Bq/kgの条件による線量評価から、供用時の一般公衆に対する被ばく線量0.01mSv/y(10 $\mu\text{Sv/y}$)となる設計(遮へい材として働く構造部材の厚さ)や住宅までの距離に関する条件の検討を行った。土木構造物の通常的设计条件のもと、住居までの距離を最も保守的に設定した条件において、線量評価結果は以下になる。
 - **供用時の公衆の被ばく線量が10 $\mu\text{Sv/y}$ を満足するケース:**
 - ➡ 道路路盤材(下層路盤材)、道路盛土(一般道, 高速道)と鉄道盛土(法面保護工厚さ30cm以上)、防潮堤(傾斜堤、直立堤)、海岸防災林
 - **供用時の公衆の被ばく線量が10 $\mu\text{Sv/y}$ を超えるケース:**
 - ➡ 道路路盤材(上部路盤材)、道路盛土と鉄道盛土(ともに法面保護工厚さ10cm以下)。なお、厚さ10cmの場合、住居までの距離40m以上であれば10 $\mu\text{Sv/y}$ を満足する。これらの利用形態は、10 $\mu\text{Sv/y}$ を超えていても、地域のバックグラウンド線量率との比較により再利用の導入が検討可能と考えられる。
- ✓ さらに、各土木構造物に対し、地震等の災害による構造物の変状・崩壊をもたらす可能性を検討し、その可能性が残るシナリオ(災害時シナリオ)に対して、濃度5,000Bq/kgの条件のもと災害・復旧時の作業員及び住民の被ばく線量を評価し、1mSv/yを超えていないことの確認を行った。その結果、**4種類の土木構造物において、作業員及び一般公衆の被ばく線量はともに1mSv/yを超えない結果となった。**

参考資料

土木構造物	主な設計仕様	8,000Bq/kgに対する線量評価結果	再生資材の利用に関する留意点
道路路盤材	下層路盤材への利用、遮へい厚さ30cm	施工時-作業者: 1.5 mSv/y(建設・外部) 施工時-公衆: 0.031 mSv/y(運搬周辺居住・外部) 供用時-作業者: 0.80 mSv/y(舗装修繕・外部) 供用時-公衆: 17 μSv/y(道路周辺居住・外部)	施工時の作業者の線量が1mSv/yを超えるため、放射線業務従事者としての管理が必要になると考えられる。その他の被ばく対象者は1mSv/yを超えない線量であり、供用時の公衆に対しては、10μSv/y程度を確保可能である。
	上層路盤材への利用、遮へい厚さ10cm	施工時-作業者: 1.4 mSv/y(建設作業・外部) 施工時-公衆: 0.031 mSv/y(運搬周辺居住・外部) 供用時-作業者: 0.74 mSv/y(舗装修繕・外部) 供用時-公衆: 340 μSv/y(道路周辺居住・外部)	施工時の作業者の線量が1mSv/yを超えるため、放射線業務従事者としての管理が必要になると考えられる。供用時の公衆の線量は10μSv/yを超えるものの、地域のバックグラウンド線量率との比較により再利用の導入が検討可能なケースである。
道路盛土(高速道路の盛土)	法面保護工(土壌、厚さ10cm)	施工時-作業者: 1.3mSv/y(盛土施工作业・外部) 施工時-公衆: 0.32mSv/y(建設現場周辺居住・外部) 供用時-作業者: 1.3mSv/y(道路補修作業・外部) 供用時-公衆: 180μSv/y(道路盛土周辺居住・外部) 災害時-作業者: 0.64mSv/y(分断崩壊・外部) 災害時-公衆: 0.21mSv/y(すべり崩壊・外部)	施工時及び供用時の作業者の線量が1mSv/yを超えるため、放射線業務従事者としての管理が必要になると考えられる。供用時の公衆の被ばく線量が10μSv/yを超えるものの、地域のバックグラウンド線量率との比較により再利用の導入が検討可能なケースである。災害時の作業者及び公衆ともに、線量は1mSv/yを超えない結果である。
	法面保護工(土壌、厚さ30cm)	施工時-作業者: 1.3mSv/y(盛土施工作业・外部) 施工時-公衆: 0.32mSv/y(建設現場周辺居住・外部) 供用時-作業者: 1.3mSv/y(道路補修作業・外部) 供用時-公衆: 16μSv/y(道路盛土周辺居住・外部) 災害時-作業者: 0.64mSv/y(分断崩壊・外部)*1 災害時-公衆: 0.21mSv/y(すべり崩壊・外部)*1	施工時及び供用時の作業者の線量が1mSv/yを超えるため、放射線業務従事者としての管理が必要になると考えられる。供用時の公衆の線量は10μSv/yを確保可能である。災害時の作業者及び公衆ともに、線量は1mSv/yを超えない結果である。
	法面保護工(土壌、厚さ50cm)	施工時-作業者: 1.3mSv/y(盛土施工作业・外部) 施工時-公衆: 0.32mSv/y(建設現場周辺居住・外部) 供用時-作業者: 1.3mSv/y(道路補修作業・外部) 供用時-公衆: 2.3μSv/y(道路盛土周辺居住・外部) 災害時-作業者: 0.64mSv/y(分断崩壊・外部)*1 災害時-公衆: 0.21mSv/y(すべり崩壊・外部)*1	(*1)道路盛土(高速道路)に対する災害シナリオの評価結果は、高速道路・保護工10cmのケースで代表させて記載している。
鉄道盛土	法面保護工(土壌、厚さ10cm)	施工時-作業者: 1.2mSv/y(盛土施工作业・外部) 施工時-公衆: 0.13mSv/y(建設現場周辺居住・外部) 供用時-作業者: 0.77mSv/y(保護工補修作業・外部) 供用時-公衆: 170μSv/y(線路盛土周辺居住・外部) 災害時-作業者: 0.59mSv/y(分断崩壊・外部)*2 災害時-公衆: 0.21mSv/y(すべり崩壊・外部)*2	施工時の作業者の線量が1mSv/yを超えるため、放射線業務従事者としての管理が必要になると考えられる。供用時の公衆の線量は10μSv/yを超えるものの、地域のバックグラウンド線量率との比較により再利用の導入が検討可能なケースである。 (*2)鉄道盛土に対する災害シナリオの評価結果は、一般道路・保護工10cmのケースで代表させて記載している。

土木構造物	主な設計仕様	8,000Bq/kgに対する線量評価結果	再生資材の利用に関する留意点
鉄道盛土	法面保護工(土壌、厚さ30cm)	施工時-作業者:1.2mSv/y(盛土施工作業・外部) 施工時-公衆:0.13mSv/y(建設現場周辺居住・外部) 供用時-作業者:0.77mSv/y(保護工補修作業・外部) 供用時-公衆:17μSv/y(線路盛土周辺居住・外部) 災害時-作業者:0.59mSv/y(分断崩壊・外部)*2 災害時-公衆:0.21mSv/y(すべり崩壊・外部)*2	施工時の作業者の線量が1mSv/yを超えるため、放射線業務従事者としての管理が必要になると考えられる。供用時の公衆の線量は10μSv/y程度を確保可能である。災害時の作業者及び公衆ともに、線量は1mSv/yを超えない結果である。 (*2)鉄道盛土に対する災害シナリオの評価結果は、一般道路・保護工10cmのケースで代表させて記載している。
	法面保護工(土壌、厚さ50cm)	施工時-作業者:1.2mSv/y(盛土施工作業・外部) 施工時-公衆:0.13mSv/y(建設現場周辺居住・外部) 供用時-作業者:0.77mSv/y(保護工補修作業・外部) 供用時-公衆:3.6μSv/y(線路盛土周辺居住・外部) 災害時-作業者:0.59mSv/y(分断崩壊・外部)*2 災害時-公衆:0.21mSv/y(すべり崩壊・外部)*2	
防潮堤 (傾斜堤の盛土)	盛土高さ8m、覆工コンクリート厚さ50cm	施工時-作業者:1.2mSv/y(盛土施工作業・外部) 施工時-公衆:0.65mSv/y(建設現場周辺居住・外部) 供用時-作業者:なし 供用時-公衆:0.67μSv/y(農作物摂取) 災害時-作業者:1.6mSv/y(決壊・流出・外部) 災害時-公衆: 2.0×10^{-3} mSv/y(決壊・流出・海産物摂取)	施工時及び災害時の作業者の線量が1mSv/yを超えるため、放射線業務従事者としての管理が必要になると考えられる。供用時の公衆の線量は10μSv/yを確保可能である。災害時の公衆に対する被ばくについては、1mSv/yを大きく下回る線量である。
	盛土高さ15m、覆工コンクリート厚さ50cm	施工時-作業者:1.2mSv/y(盛土施工作業・外部) 施工時-公衆:0.71mSv/y(建設現場周辺居住・外部) 供用時-作業者:なし 供用時-公衆:0.67μSv/y(農作物摂取) 災害時-作業者:1.6mSv/y(決壊・流出・外部) 災害時-公衆: 6.7×10^{-3} mSv/y(決壊・流出・海産物摂取)	
海岸防災林(盛土)	盛土高さ2m、覆土厚さ1m	施工時-作業者:1.5mSv/y(建設作業・外部) 施工時-公衆:0.031mSv/y(運搬経路周辺居住・外部) 供用時-作業者:0.036mSv/y(伐採作業・外部) 供用時-公衆:11μSv/y(海岸防災林周辺居住・外部) 災害時-作業者:1.1mSv/y(津波・外部) 災害時-公衆: 3.7×10^{-3} mSv/y(津波・海産物摂取)	施工時及び災害時の作業者の線量が1mSv/yを超えるため、放射線業務従事者としての管理が必要になると考えられる。供用時の公衆の線量は10μSv/yを確保可能である。災害時の公衆に対する被ばくについては、1mSv/yを大きく下回る線量である。

**「平成27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」**

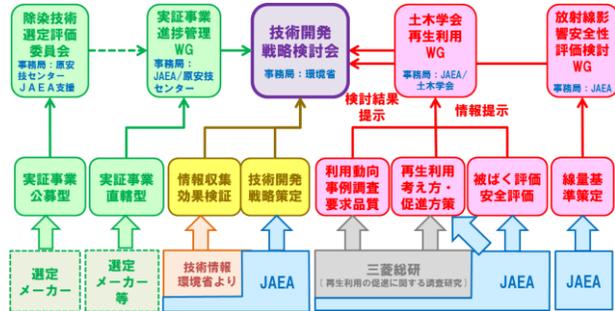
取りまとめ案について

平成28年 2月24日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

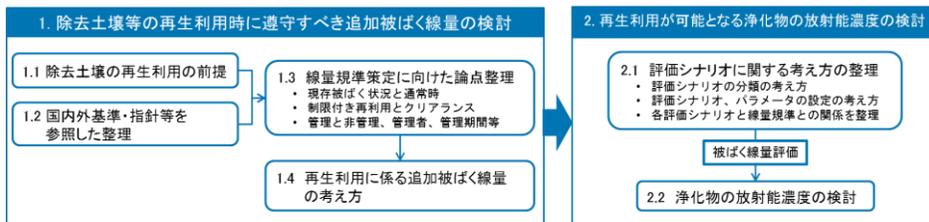
1. 設置目的

除去土壌等の減容処理等により放射能濃度を低減させた浄化物の再生利用を行うためには、法令や規制体系等の環境整備が必要である。そのため「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」の下に放射線防護等の専門家で構成される「平成27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、「放射線影響安全性評価検討WG」という。〔事務局：JAEA〕）を設置し、放射線防護に関する国際的な線量規準の考え方を基本に、国内の原子力施設由来の廃棄物及び災害廃棄物等の処理・処分等に係る国内の既往の法令や線量規準との関係性を踏まえつつ、**除去土壌等の再生利用における追加被ばく線量の基準**等について検討を行う。



2. 検討項目

- 除去土壌等の再生利用時に遵守すべき**追加被ばく線量**
- 再生利用が可能となる**浄化物の放射能濃度**



検討フロー

3. WG委員

○: 委員長

氏名	機関・所属・役職
明石 真言	放射線医学総合研究所 理事
飯本 武志	東京大学 環境安全本部 准教授
木村 英雄	日本原子力研究開発機構 安全研究センター 環境影響評価研究グループ
○ 佐藤 努	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
田上 恵子	放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター 廃棄物技術開発研究チーム 主任研究員
新堀 雄一	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
久田 真	東北大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 教授
山本 英明	日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門 福島環境安全センター 研究主席

4. スケジュール

開催日	議題
第1回 (1/12)	国内外基準・指針等を参照した本件の整理、論点の提示
第2回 (1/27)	線量基準策定に向けた論点整理、再生利用時に遵守すべき追加被ばく線量の検討
第3回 (2/16)	評価シナリオに関する考え方の整理
第4回 (2/24)	評価シナリオを用途ごとに設定、被ばく経路を抽出 線量評価、浄化物の放射能濃度を検討

- 除染活動に伴い発生する除去土壌等は、最大約2200万m³と推計されている。これら除去土壌等を減容化（資源化）し放射能濃度の比較的低いものと高いものとに分け、低いものを再生資材として利用することにより最終処分量の低減を図る。
- 放射性物質汚染対処特措法（以下、特措法という）における除去土壌の再生利用は、広く無限定に流通が認められているクリアランスレベルの考え方とは異なり、被ばく線量を低減するための措置が講じられた用途に限定して再利用する。
- 減容化等により汚染の程度を低減化した除去土壌は、通常の補修等では交換されることのない盛土材、路盤材等の構造基盤の部材として、覆土等により遮へいされた状態で長期間にわたり管理下で供用される公共事業等の用途に限定し再利用する。
（例 廃棄物処分場の中間覆土材、土堰堤、道路・鉄道盛土、海岸防災林、防潮堤、土地造成・水面埋立て等）
- 除去土壌の再生利用は、施工時・供用時を通じて、特措法に位置付ける。また、関係する他法令との調整を図る。
- 再生利用の基準は、日本全国を適用範囲とする。
- 遮へい等の措置を講じなくとも、一般公衆及び作業者の追加的被ばく線量が0.01mSv/yとなる場合は、特措法に基づく規制の免除を別途検討する。

特措法における再生利用の位置付け

第四十一条 除去土壌の収集、運搬、保管又は処分を行う者は、環境省令で定める基準に従い、当該除去土壌の収集、運搬、保管又は処分を行わなければならない。

特措法 基本方針（閣議決定、平成23年11月11日）
 除去土壌の収集、運搬、保管及び処分の実施に当たっては、飛散流出防止の措置、モニタリングの実施、除去土壌の量・運搬先等の記録等、周辺住民の健康の保護及び生活環境の保全への配慮に関し必要な措置をとるものとする。また、安全な運搬、保管等のため、「当面の考え方について」において示された考え方を踏まえ、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年間1ミリシーベルトを超えないようにするものとする。
 （中略）
 また、仮置場等の確保等の観点から、除去土壌について、技術の進展を踏まえつつ、保管又は処分の際に可能な限り減容化を図るとともに、減容化の結果分離されたもの等汚染の程度が低い除去土壌について、安全性を確保しつつ、再生利用等を検討する必要がある。

【国際線量規準】

■規制

50mSv/y

回復作業(ICRP Pub.96)を含む職業被ばく(ICRP Pub.60,68,75)の個人線量限度(1年間)

20mSv/y

同上(職業被ばく)の個人線量限度(5年間の平均)

1mSv/y

公衆被ばく:公衆の個々の構成員に対する線量(当量)限度(ICRP Pub.26,60)

<1mSv/y及び0.3mSv/yを超えない

公衆被ばく:長期被ばく(ICRP Pub.77,81,82)

≤0.3mSv/y

公衆被ばく:放射性廃棄物処分(ICRP Pub.77,81,82)

■規制免除

1mSv/y

公衆被ばく:低確率事象による実効線量(IAEA指針RS-G-1.7)

0.01mSv/y~0.1mSv/y

公衆被ばく:些細な被ばく線量(ICRP Pub.104)

0.01mSv/y

公衆被ばく:現在又は将来において複数の規制免除された線源からの被ばく(ICRP Pub.46)

公衆被ばく:規制免除された行為又は線源による被ばく(IAEA指針RS-G-1.7)

【再生利用に係る事項】

- 対象者:
 - ・ 作業者
 - ・ 一般公衆
- 対象プロセス:
 - ・ 運搬・施工時
 - ・ 供用時 (補修等を含む)
 - ・ 災害時
- 対象核種:
 - ・ Cs-134, Cs-137

【参照すべき国内基準】

100mSv/5yかつ50mSv/y

[線源] ○ : 障防法、電離則及び除染電離則

5mSv/y

[線源] ◎ 2.5 μSv/h【除染特別地域等内】: 除染電離則(特定線量下業務)

[線源] ◎5000 Bq/kg【原発被災地】: 稲の作付に関する考え方 (水田土壌: 玄米への放射性セシウムの移行を前提)

1mSv/y

生産された米については食品の基準を超えないよう管理されている

[線源] ○ 周辺監視区域外の水中の濃度限度
 [線源] ○ 廃棄物処理施設周辺の公共の水域の水中濃度限度
 [線源] ○ 廃棄物処理施設周辺の大気中の濃度限度
 [構造物] ◎8000 Bq/kg: 指定廃棄物の指定基準(通常の処理方法で処理する場合の作業者)
 [構造物] ◎10万 Bq/kg: 指定廃棄物の指定基準(最終処分場周辺居住の一般公衆)

[線源] ○1万Bq/kg及び(数量1万Bq)超*: 障防法、電離則(事故時)

0.01mSv/y

[線源] ○100 Bq/kg: 原子炉等規制法に基づくクリアランス基準
 [線源] ◎100 Bq/kg: 脱水污泥等を利用した副次産物の利用
 [線源] ◎100 Bq/kg: 碎石及び砂利の出荷基準
 [構造物] ◎3000 Bq/kg: 災害廃棄物(コンクリートくず等)の再生利用(道路端に1年間居住)
 [構造物] ◎3000Bq/kg(例: 下層路盤材): 福島県における公共事業における建設副産物の再生利用等に関する当面の取扱いに関する基本的考え方

[構造物] ◎8000 Bq/kg: 指定廃棄物の指定基準(埋立処分場の管理期間終了後の周辺住民)
 [構造物] ◎8000超~10万以下Bq/kg: 8000Bq/kgを超え10万Bq/kg以下の焼却灰等の処分方法に関する方針(埋立て処分した跡地からの周辺住民への一般公衆)

[線源] ○1万Bq/kg及び(数量1万Bq)超*: 障防法、電離則(通常の使用)

放射線作業に係る基準

処分に係る基準

◎: 福島第一原発事故後に策定されたもの

再生利用に係る基準

参考基準

○: 事故以前からの規制

・濃度基準についての対象核種: セシウム134,137

○ 正当化の原則

「放射線被ばくの状況を変化させるいかなる決定も、害より便益を大きくすべきである。この原則は、新たな放射線源を導入することにより、現存被ばくを減じる、あるいは潜在被ばくのリスクを減じることによって、それがもたらす損害を相殺するのに十分な個人的あるいは社会的便益を達成すべきである、ということの意味している。」(Publ.103(203))。



○ 再生利用の意義及び妥当性

東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質による環境汚染が人の健康又は生活環境に及ぼす影響を速やかに低減するため、国、関係自治体等は除染を精力的に進めている。

福島県内の除染で発生する除去土壌等は、中間貯蔵施設に保管し、30年以内に県外で最終処分することとなっている。これを実現し、福島復興を果たす上で、本来貴重な資源である土壌を土木建築資材等として有効利用すると同時に最終処分量を可能な限り低減するため、減容処理等によって生成した浄化物の再生利用を進めることが不可欠である。

このような趣旨にかんがみると、浄化物の再生利用は、安全性の確保と地元の理解を大前提として、可能な限り幅広く行われることが必要となる。他方、再生利用が実施される場所の近隣住民等にとっては、福島復興のための除染の推進や最終処分量の削減という社会的意義を十分理解したとしても、低濃度とはいえ放射性物質を含む浄化物を身近に利用することには抵抗感があることも想定される。このため、再生利用対象とする浄化物の放射性物質濃度は、一般公衆の追加的に受ける線量が、損壊時等を除く通常の供用時において、ICRPの勧告に掲げる、「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、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」であり、放射線による障害の防止のための措置を必要としないレベルとなるように設定するとともに、その安全性に関し、住民等に対する情報提供、説明等を丁寧に行うこととする。

○ 最適化の原則

「経済的及び社会的要因を考慮して、被ばくの発生確率、被ばくする人の数、及び個人線量の大きさのいずれをも合理的に達成できる限り低く抑えるための線源関連のプロセス」と定義されている(Publ.103(212))。

○ 最適化の作業

1)被ばく状況の評価、2)拘束値又は参考レベルの適切な値の選定、3)考えられる防護選択肢の確認、4)一般的な事情における最善の選択肢の選定、5)選択された選択肢の履行、のプロセスを通じて行われる(Publ.103(214))。



○ 公共事業等で再生利用を行う場合の最適化の考え方

上記の「最適化の作業」に従えば、個々の事業ごとに、

- 1) 放射線影響が及ぶ可能性のある人口や被ばく経路を調査しつつ、再生利用の用途を選定
 - 2) 追加的な被ばく線量を制限するための適切な値を設定
 - 3) 放射線遮へいや放射性物質の漏洩防止を考慮した施設構造、利用する再生資材の放射能濃度や量、施工・供用時の管理方法等を設計
 - 4) 3)に基づく被ばく評価(追加的な被ばく線量を制限するための適切な値の達成状況等の評価等)を経て、最適な施設の設計と再生資材の選択
 - 5) 施工、供用の間、必要な管理を実施
- というプロセスを実施することが想定される。

○ 具体的な方法

公共事業等の実施主体に対して、事業ごとに上記のプロセスの実施を求めることは過重な負担となる懸念がある。このため、国(環境省)が事例検討を行い、再生利用方法を手引きで示すとともに、再生利用の事例を積み重ねながら手引きを改善していくことで最適化を図る。なお、手引きによらず、個々の事業の実情に応じて、ステークホルダーの参加の下で上記1)~5)のプロセスを実施することにより最適化を図ることも可能である。

- 除去土壌等の再生利用は、特措法の適用を受け、安全性の確保と地元の理解を大前提として、適切な管理の下で供用される公共事業等の用途に限定して実施する。
- 再生利用は全国を対象とすることから、再生利用による追加的な被ばく線量を制限するための適切な値は、現存被ばく状況における参考レベルの下方値であり、同時に計画被ばく状況における線量拘束値も満足する年間実効線量のレベルから設定する。
- 具体的には、施工時及び供用時(補修・改修工事や災害時の対応、二次的な土地利用用途を含む。)を通じて、作業員及び一般公衆の追加的に受ける線量は年間1mSvを超えないようにする。ただし、作業員については、電離則又は除染電離則の対象となる作業の場合、当該規則を適用し、5年間で100mSvかつ1年間で50mSvを限度とする。
- なお、損壊時等を除く通常の供用時においては、一般公衆の追加的に受ける線量については、現実的・代表的な条件の下で、ICRPの勧告に掲げる、「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」であり、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である年間0.01mSvになるように適切な遮へい等の措置を講じることとする。
- 再生利用に用いる除去土壌等の放射能濃度は、追加的な被ばく線量を制限するための適切な値に基づき用途に応じて対象者別・対象プロセス別に行った被ばく評価計算から誘導された濃度のうち、最も低い値を下回るようにする。なお、被ばく評価計算においてはセシウム134,137の存在比を考慮する。また、損壊時に土壌濃度を測定しなくとも速やかに復旧作業が実施できるよう、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、特措法における指定廃棄物の指定基準(8,000Bq/kg)との整合も考慮して設定する。

条項		特措法 第41条 除去土壌の処理の基準等	
対象プロセス	収集・運搬・保管	処分(再生利用)	
		施工時	供用時 (補修・改修工事や災害時の対応、二次的な土地利用用途を含む)
追加的な被ばく線量を制限するため の適切な値	作業者	1mSv/yを超えないようにする(当面の考え方※)	1mSv/y*1を超えないようにする(【公衆被ばく】*2扱い)。
	一般公衆	1mSv/yを超えないようにする(特措法基本方針)	1mSv/y*1を超えないようにする。 なお、損壊時等を除く通常の供用時において、現実的・代表的な条件の下で0.01mSv/y*3になるように遮へい等の措置を講じることとする。
濃度レベル	—	上記の線量に基づき用途に応じて対象者別・再生利用状況別に行った被ばく評価計算から誘導された濃度のうち、最も低い値を下回るように設定する。なお、被ばく評価計算においてはセシウム134,137の存在比を考慮する。ただし、上限を8,000Bq/kg*4とする。	
管理項目	p.12~14に記載		

*1: 全国が再生利用の対象となることから、現存被ばく状況における参考レベルのバンド(1~20mSv/y)の下方値であり、同時に計画被ばく状況における線量拘束値(最大1mSv/年)も満足する値とする。

*2: 作業者も一般公衆と同じ【公衆被ばく】として1mSv/yとするが、電離則また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100mSvかつ1年間につき50mSvとする。

*3: ICRPの勧告に掲げる、「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」であり、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。

*4: 損壊時に土壌濃度を測定しなくとも速やかに復旧作業が実施できるよう、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、特措法における指定廃棄物の指定基準(8,000Bq/kg)との整合も考慮して設定。

※:「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)

再生資材を取扱う際の作業に関する特別な制限、および供用時の周辺住民の利用制限を設けない条件のもとでシナリオ・被ばく経路を選定

- 現実的・代表的な作業工程や作業時間、構造物の利用の情報に基づいた評価
- 1mSv/y相当濃度を計算し、供用時に一般公衆0.01mSv/yを満足する遮への程度を検討

施工時

施工時シナリオ

- ✓ 再生資材の運搬、各種構造物の施工時における作業員およ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、具体的なシナリオ・被ばく経路を選定する

供用時

供用時シナリオ

- ✓ 供用時の構造物の利用者、周辺住民の被ばく
- ✓ 通常の点検・補修作業時の被ばく
- ✓ 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、ならびに通常の供用時の一般公衆を対象に、具体的なシナリオ・被ばく経路を選定する

災害時シナリオ

- ✓ 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および周辺住民の被ばく

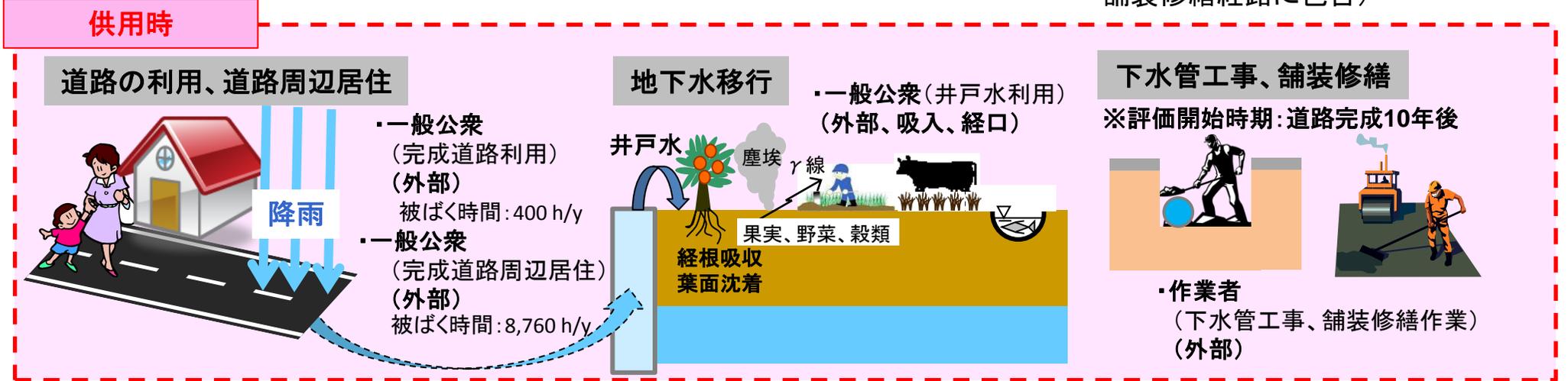
自然災害による破損事例および復旧方法を調べ、要因と破損形態を分析し、線量評価の観点から復旧時の具体的なシナリオ・被ばく経路を選定する

通常の供用時における一般公衆に対する被ばく経路

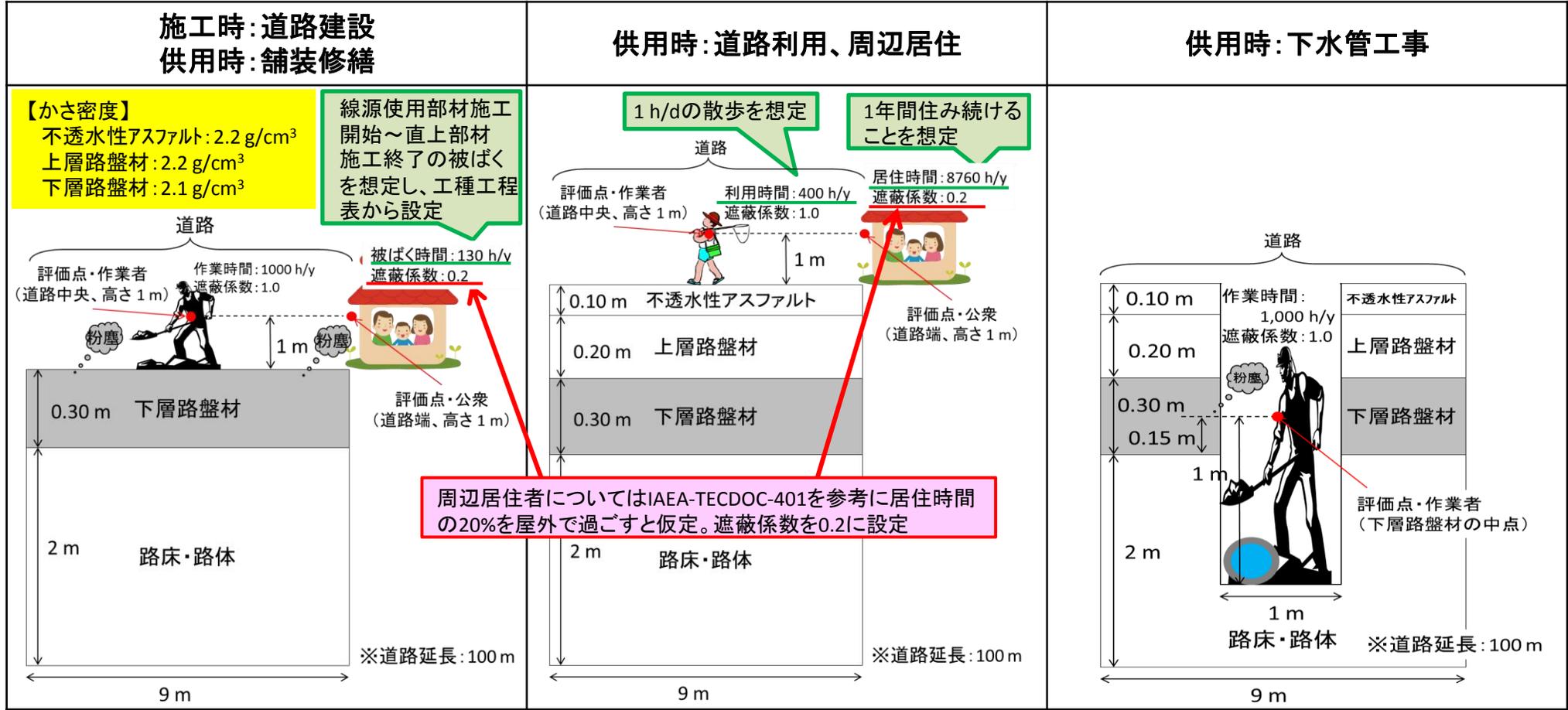
- ✓ 道路完成後の周辺居住者と道路利用者(ともに外部被ばく経路)
- ✓ 路盤材内の降雨浸透に伴い再生資材から溶出した放射性Csが地下水に流れ込むという仮定で、下流側での井戸水の利用に伴う被ばくを想定(飲料水、農作物、畜産物摂取等)

点検・補修作業、改修・追加工事の作業員に対する被ばく経路

- ✓ 供用時の下水管工事、舗装の修繕作業による被ばく



再生資材を下層路盤材に使用した場合



施工時: 運搬

- 線源の形状: 高さ0.5 m × 幅2 m × 長さ5 mの直方体、かさ密度2.0g/cm³ (レキを想定)
- 周辺居住者の被ばく時間: 450 h/y (4500台/月のトラックが走行。その半分が赤信号で停止する1分間に被ばくすることを想定)

	積み下ろし作業者	運搬作業者	周辺居住者子ども
遮蔽係数	0.4	0.9	1.0
線源からの距離	1 m	1 m	3 m

供用時: 地下水移行

- 再生資材を使用する部材のみをソースタームとした。(路床、路体等中での移行・収着は無視)
- 道路への浸透水量: 0.4 m/y (保守的な設定。不透水性アスファルトの透水係数を1 × 10⁻⁷ cm/s、動水勾配を1としたときの浸透水量は0.032 m/y)
- 路盤材の空隙率: 0.10
- 路盤材の収着分配係数: 270 mL/g (IAEA TRS No.364, 土壌、砂)
- 完成道路下流端から井戸までの距離: 0 m

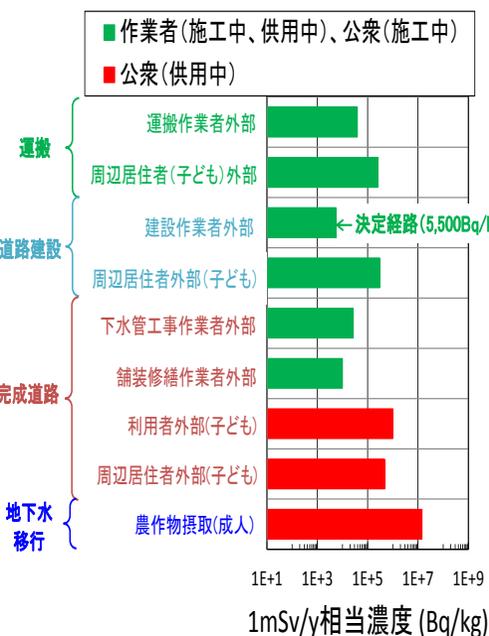
被ばく線量結果から、線量規準1mSv/y(施工時、供用時)を満たす放射性セシウムの濃度を算出した。
 決定経路となる1mSv/y相当濃度:

- ケース1(下層路盤材): 5,500Bq/kg
- ケース2(上層路盤材): 5,800Bq/kg

- 線量規準1mSv/yを満足する放射性セシウム濃度5,000Bq/kgを下層路盤材に再利用する場合、アスファルト及び上層路盤材が厚さ30cmの遮へい材として機能し、供用時の公衆の被ばく線量は0.01mSv/y(10 μ Sv/y)程度となる。
- 一方、上層路盤材への再利用において、アスファルト厚さ10cmの遮へい材の条件では、供用時の公衆が受ける被ばく線量が0.01mSv/y(10 μ Sv/y)を超える。

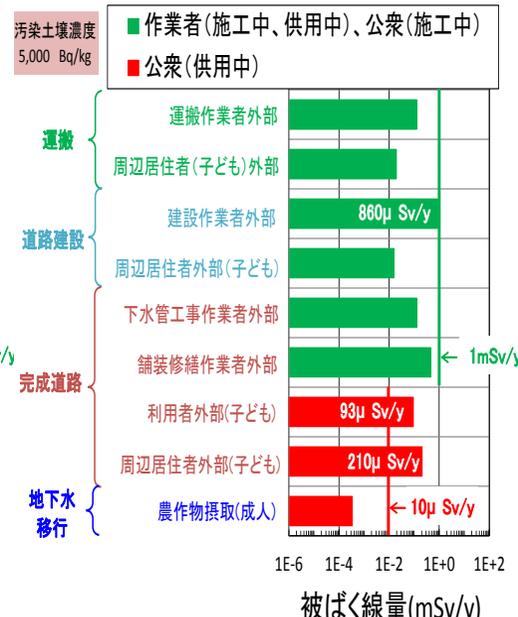
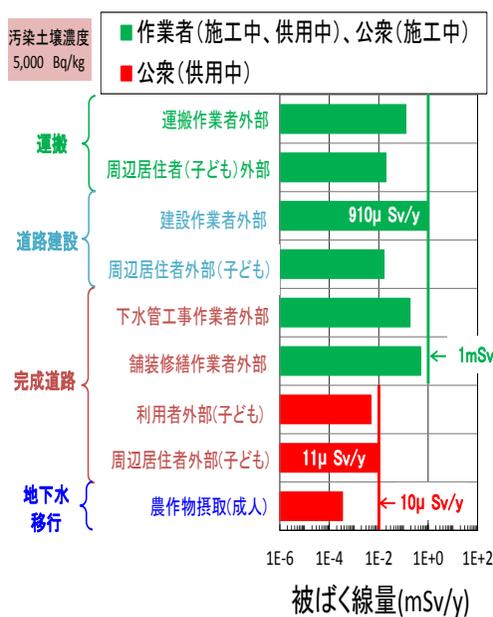
ケース1 再生資材を下層路盤に使用

ケース2 再生資材を上層路盤に使用



ケース1 再生資材を下層路盤に使用

ケース2 再生資材を上層路盤に使用



現在実施中の評価結果をまとめて作成予定。

■ 除染電離則での管理項目を参考に管理項目(案)を抽出。今後、土木の専門家とも議論して内容を精査する。

管理項目 *1		目的・内容	運搬 (納品)	施工	供用中			備考
					供用	補修時 *2	災害時 *3	
教育		・作業内容の周知、作業エリア内での行為に関する注意事項	○	○	—	○	○	—
記録管理	出荷(検査・物量等)	・再生資材の放射能濃度(Bq/kg)検査、払出量(m ³)を管理する。	○	—	—	—	—	実証試験等で確認
	検収	・再生資材検査記録及び受理記録を管理する。	—	○	—	—	—	—
	持出・廃棄の制限	・再生資材を用途外の場所へ持ち出す際は、持出先や用途を記録管理する。	—	○	○	○	○	—
	出来形	・再生資材が設計通りに使用されていることを記録管理する。	—	○	—	○	○	—
	各種測定記録	・再生資材管理	◎	—	—	—	—	—
作業エリアの設定		エリア区分の設定 ・再生資材の場所を区画設定する。	—	○	×	○	○	—
表示		注意事項の周知 ・放射性物質汚染対処特措法施行規則第23条第1項第4号に基づく表示をする。	◎	—	—	—	—	—

*1除染電離則での管理項目を参考

・対象物に核物質又は、核物質で汚染されたものが含まれないこと放射性同位元素としての基準以下(濃度・数量)であること。
 ・また、使用時における被ばく量:1mSv/y、表面汚染密度:13000cpm、空气中濃度:Cs-134 2E-3,Cs-137 3E-3 排気濃度:Cs-134 2E-5,Cs-137 3E-5、排水濃度Cs-134 6E-2,Cs-137 9E-2 (Bq/cm³) を超えることはないことから原子力施設等の法令・規則で適用するものはない。(ただし、再利用先に適用がある場合を除く。)

*2再生資材が露出しない補修等

*3再生資材が露出する災害等

◎ 放射線管理上必要な項目
 ○ 土木管理で代替可と思われる項目
 △ 安心の観点での提案項目
 × 管理不要と思われる項目

管理項目 *1		目的・内容	運搬 (納品)	施工	供用中			備考
					供用時	補修時 *2	災害時 *3	
作業環境 (作業エリア内、 作業区域境界、 人が居住する区域)	空間線量率(μ Sv/h)	作業環境管理 内部被ばく・外部被ばくの評価(作業前確認、施工後等の確認) ・放射線測定装置(Naシンチレーションサーベイメータ等)を用いて作業場所、作業敷地境界の空間線量率を適宜測定する。 ・ダストサンプラ等を用いて作業場所、作業敷地境界のダスト試料の採取(連続・バッチ毎)測定(連続・詳細)を適宜実施する。	—	◎	△	◎	◎	—
	空气中放射性物質濃度 (Bq/cm ³)		—	×	×	×	×	実証試験等で確認
排水中放射性物質濃度 (Bq/cm ³)		地下水・浸出水・液体廃棄物の評価(排水口) ・浸出水や土壌等の洗浄水を適宜、回収して廃棄物関係ガイドラインに従って管理・排水する。 ・地下水は採取・測定して管理する。	—	○	△	△	◎	実証試験等で確認
退出者及び持出し物品の汚染検査 (表面汚染密度) (cpm)		使用した物品の汚染検査 (13000cpmを超えるおそれがある場合) ・作業エリアから物品を持ち出す時、表面汚染検査(直接法・間接法)を実施する。	◎	○	×	○	○	実証試験等で確認
		作業員等の汚染検査 (13000cpmを超えるおそれがある場合) ・作業エリアから退出する時、作業員の表面汚染検査(直接法・間接法)を実施する。	—	○	×	○	○	○
廃棄物の管理		作業エリア内で使用した物品等の処理や汚染検査(13000cpmを超えるおそれがある場合) ・廃棄物は可燃・不燃に分別して指定の容器に保管管理する。	—	○	×	×	○	実証試験等で確認
事故(災害)時の措置・連絡		事故、浸水、地震、火災その他の災害時の点検・措置 ・再生資材の取扱い作業における事故(災害)時等の点検及びその結果を関係機関への連絡する。	○	○	○	○	○	—
防護措置	盗取・妨害・破壊行為・侵入防止	現場管理(エリア管理) ・作業エリアの入出管理をして現場管理を実施する。	—	○	○	○	○	—
施設(構造物)の点検		遮へい閉じ込め確認 ・土木構造物の維持管理をもって遮へい閉じ込めを確認する。	—	—	○	—	—	—

*1除染電離則での管理項目を参考

・対象物に核物質又は、核物質で汚染されたものが含まれないこと放射性同位元素としての基準以下(濃度・数量)であること。
 ・また、使用時における被ばく量:1mSv/y、表面汚染密度:13000cpm、空气中濃度:Cs-134 2E-3, Cs-137 3E-3 排気濃度:Cs-134 2E-5, Cs-137 3E-5、排水濃度Cs-134 6E-2, Cs-137 9E-2 (Bq/cm³) を超えることはないことから原子力施設等の法令・規則で適用するものはない。(ただし、再利用先に適用がかかる場合を除く。)

*2再生資材が露出しない補修等

*3再生資材が露出する災害等

◎	放射線管理上必要な項目
○	土木管理で代替可と思われる項目
△	安心の観点での提案項目
×	管理不要と思われる項目

■土木構造物の管理を通じた放射線防護

- 土木構造物を適切に管理することにより、再生利用における追加的な被ばく線量を制限するための適切な値(1mSv/y)を超えないようにする。

■土木構造物の管理による放射線防護としての管理の代替(案)

- 被ばく線量を制限するための適切な値を守るための遮へい厚(覆土厚)*を、土木構造物としての修復措置がなされる目安の内側になるように土木構造物を設計する。
- 放射線防護としての管理は土木構造物の管理で代替され、通常の土木構造物ごとに定められる点検頻度を基本とする。

* 用途ごとに定められた放射能濃度の再生資材を使用した際、1mSv/yを超えない遮へい厚

道路盛土における再生資材の使用例

土木構造物としての修復措置がなされる目安と被ばく線量を制限するための適切な値(1mSv/y)を守るための遮へい厚との関係(イメージ)

