

# 除去土壌等の処分方法に関する 論点の再整理

令和5年12月22日  
環境省 環境再生・資源循環局  
環境再生事業担当参事官室

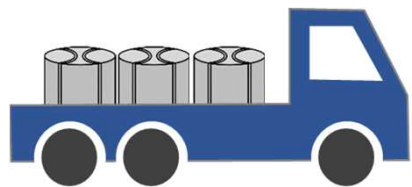
# 処分方法検討の経緯

# 除去土壌の埋立の処分方法の検討について

福島県外の市町村が、適切な方法により安全に保管されている除去土壌を集約して埋立の処分を行うことを選択する場合には、国が定める処分方法に従って行う必要があるが、処分基準が策定されていない状況が続いている。  
本検討チームでは、管理が市町村等によって適切に行われる埋立の処分方法について検討。(再生利用については別のWGにおいて検討)

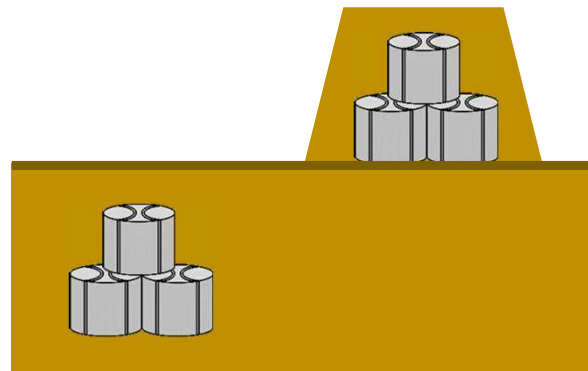
## 収集運搬

※施行規則あり



## 保管

※施行規則あり



仮置場又は現地で保管

## 処分

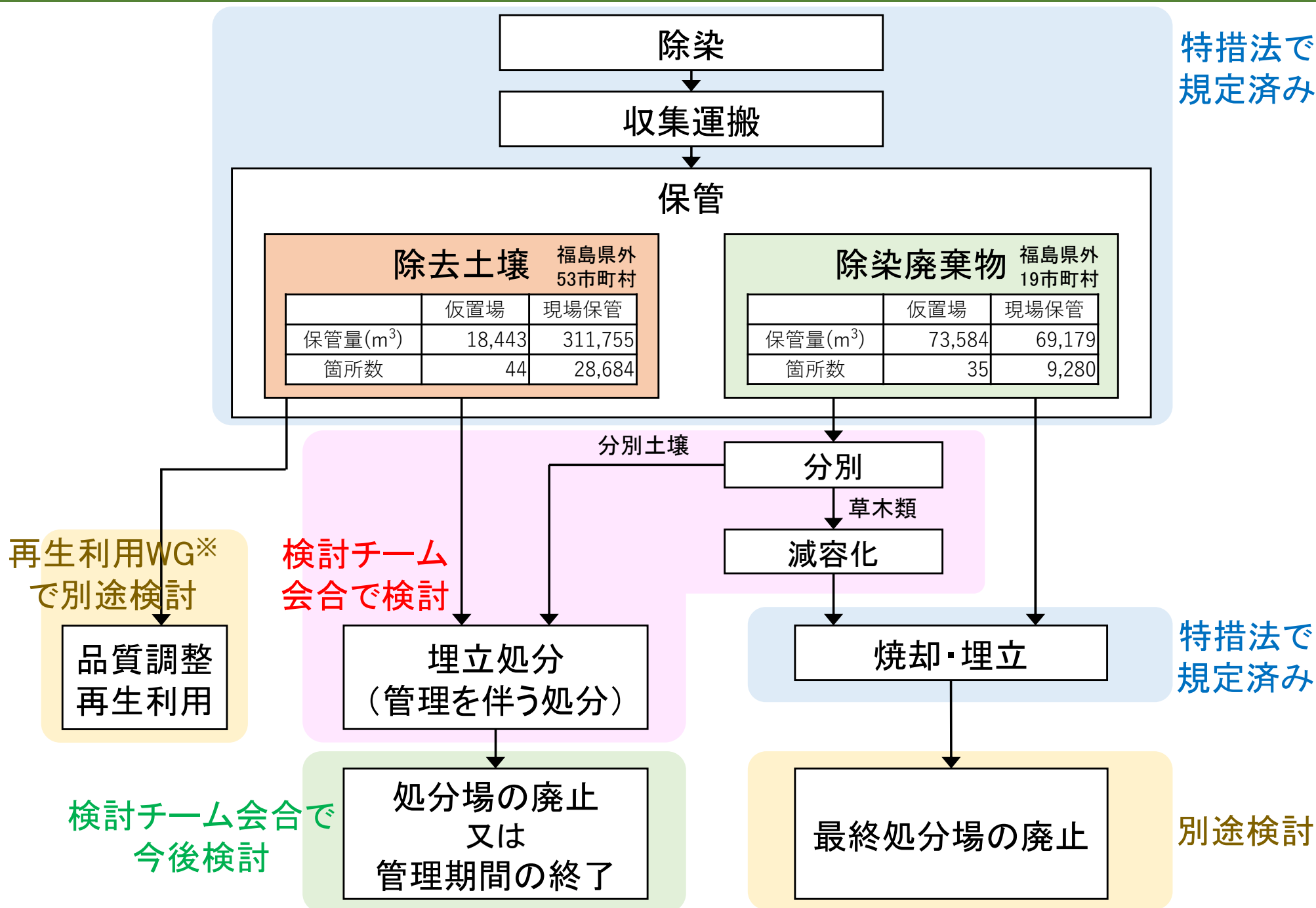
※~~施行規則なし~~

### 埋立

新たに土壌のための  
埋立処分場所を確保

※廃棄物最終処分場での中間覆土としての利用等は別途検討。

# 県外における除去土壌等の処分等に関する検討の全体像



※ 中間貯蔵施設における除去土壌等の再生利用方策検討WG。この他、中間貯蔵施設における除去土壌等の減容化技術等検討WGにおいて福島県内の除去土壌等の最終処分等に向けた検討を実施中

# 検討対象とする処分方法について

管理が市町村等によって適切に行われる埋立の処分方法を検討する

放射性物質汚染対処 特措法	収集運搬	保管	処分	処分場の廃止 又は 管理期間の終了
			管理を伴う処分 (埋立等)	
「当面の考え方」※	管理期間中 (処理、輸送、保管、処分)			

※「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）。以下同じ。

## <処分場の廃止又は管理期間の終了について>

埋立処分後の廃止又は管理を伴う処分の終了等の要件については、除去土壌の処分状況、管理の状態、敷地境界等の線量の変化、放射性物質の減衰状況、特定一般廃棄物・産業廃棄物等の処分動向なども踏まえて、継続的に整理・検討を行う。

# これまでの検討チーム会合での議論の経緯

## 検討チームの設置(2017年9月)

【目的】 福島県外の除染等の措置により生じた除去土壌を念頭に、除去土壌の処分(埋設)に関する安全確保の考え方や基準等について検討すること。(再生利用については別途検討)

## 除去土壌の処分に関する安全確保に関する方針を確認(第1回)

### ○安全確保の考え方

- ・「当面の考え方」に基づき、管理期間中は周辺住民及び作業者の受ける線量を1mSv/y以下とする。
- ・濃度により取扱いを分けることはしないが、1万Bq/kg超の除去土壌の処分は電離放射線障害防止規則を遵守する。

### ○安全確保の要素

- ・ ①飛散・流出防止、②地下水汚染の防止、③生活環境の保全、④周囲の囲い及び表示、⑤開口部の閉鎖、⑥放射線量の測定及び記録、⑦記録の保存

## 実証事業(東海村・那須町)による埋立処分の安全性等の確認(第2回～)

⇒ 作業上の放射線安全、周辺環境の安全(覆土による遮蔽、飛散・流出防止、地下水汚染防止)を確認。これまでの知見とも整合。

## 中間とりまとめ(第4回) → 2019年3月の第20回環境回復検討会でも議論し、公表

- ・実証事業中間とりまとめ(参考資料5)

## 追加論点

### ○追加実証事業(丸森町)(第5回～)

- ・除染廃棄物から分別された土壌の埋立処分の安全性

### ○ガイドラインに含める技術的留意事項の検討(第5回～)

### ○自治体からの意見整理(第6、7回)

## 第9回(2023年12月)

- ・実証事業のとりまとめ
- ・県外除去土壌処分の論点の再整理

# 実証事業の目的・概要・確認項目

■目的：除去土壌の埋立処分に伴う作業や周辺環境への影響等を確認すること

## ■実証事業の概要

	茨城県 東海村				栃木県 那須町	宮城県 丸森町	
	第1区		第2区	第3区		ピット1	ピット2
	区画①	区画②					
処理対象	除去土壌			除染廃棄物から 分別した土壌	除去土壌	除去土壌から 分別した土壌	除去土壌・除染廃棄物から 分別した土壌
実証事業実施場所	日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所敷地内				伊王野 山村広場内	上滝仮置場内	
埋立量(実績値)	351 m <sup>3</sup>	290 m <sup>3</sup>	787 m <sup>3</sup>	(計画中)	217 m <sup>3</sup>	88.7m <sup>3</sup>	88.6m <sup>3</sup>

## ■確認項目

技術的確認項目		事業の段階と主な作業				評価内容
		受入～埋立中			埋立終了後	
確認項目	確認方法	受入	取り出し・分別	埋立	モニタリング	
除去土壌の 放射能濃度	・表面線量率測定 ・放射能濃度測定(抽出調査)	●	●	—	—	受入管理のあり方 分別した土壌の取扱
作業上の 放射線安全	・個人被ばく線量測定 ・大気中放射能濃度測定	●	●	●	●	作業者の安全性、 被ばく管理のあり方
周辺環境の 安全	・空間線量率測定	●	●	●	●	埋立処分の安全性
	・大気中放射能濃度測定	●	●	●	●	
	・浸透水中放射能濃度測定	—	—	●※	●	

※丸森町では埋立中は浸透水の流出が見られなかったため、浸透水中の放射能濃度測定は実施せず

# 実証事業の主な成果①

## ■作業上の放射線安全

- 埋立作業や分別作業に従事する作業者の安全を確認するため、作業者の個人被ばく線量を測定したところ、年間被ばく線量は1mSvを下回ることを確認した。
- 作業者の被ばく線量(外部被ばく)を予測するため、シミュレーションとの比較を行ったところ、被ばく線量はシミュレーションによる推計値と同程度以下であったことから、シミュレーションの想定どおり作業者の安全性が確認できた。
- 作業者の吸入による内部被ばく線量(吸入)を評価したところ、極めて小さかった。また、大気中放射能濃度は総浮遊粉じんと相関があったことから、粉じんの飛散防止措置を講ずることで吸入による追加被ばく線量を抑えることができると考えられる。

## ■周辺環境の安全

- 周辺環境の安全を確認するため敷地境界の空間線量率等を測定したところ、除去土壌の埋立前後で大きな変化はなかった。適切な厚さの覆土により放射線を遮へいすることで、周辺環境の外部被ばくを抑えることができると考えられる。
- 地下水を経由した被ばくが懸念されることから浸透水中の放射能濃度を測定したところ、全ての検体で検出下限値未満であった。これまでの科学的知見(セシウムは土壌に強く固定・保持される)とも整合することから、除去土壌の埋立処分に伴う地下水への影響はないものと考えられる。



既存の知見に基づき想定した安全な埋立方法の有効性が確認された。



### ■分別土壌の埋立処分

- 除染廃棄物から分別した土壌(分別土壌)は除去土壌とは性状が異なる(有機物が多く、放射性セシウムを固定する機能が比較的弱い)ことから、土壌の吸着効果を期待し、除去土壌と分別土壌を層状に埋め立てるなど埋立方法を工夫した上で、分別土壌の埋立処分による影響を確認したところ、**除去土壌だけを埋め立てた場合と大きな違いは見られなかった。**



除染廃棄物から分別した土壌も、適切な方法をとることで安全に埋立処分できることが確認された。

### ■受入管理(放射能濃度の推計)

- 除去土壌の受入管理にあたり、地域毎に表面線量率と除去土壌の放射能濃度の関係を確認したところ、実証事業ごと(東海村、那須町、丸森町)に、その関係性には違いがあり、地域毎に推計式が異なっていた。
- 既存の推計式である除染電離則推計式については実測値と比較したところ、安全側に余裕をもった推計式であり、地域毎の表面線量率と放射能濃度の回帰式と比較しても放射能濃度が大きく推計された。



安全側に余裕をもった推計式である除染電離則推計式をスクリーニングに活用することや、サンプリングによる地域毎の推計式を設定することなどを適切に組み合わせることにより、受入の際の放射能濃度の管理を簡潔に行うことができると考えられる。

- 作業者の個人被ばく線量については、埋立作業に伴う個人被ばく線量の測定結果と除去土壌の埋立処分に関してこれまでに実施したシミュレーション評価結果を比較し、個人被ばく線量測定結果はすべてシミュレーション評価結果を下回ることを確認。
- 上記のシミュレーションの方法により、除去土壌の放射性Cs濃度を2,500Bq/kgとし、400,000m<sup>3</sup>を処分するなどの仮定の下、年間の被ばく線量の推計を行ったところ、作業者の年間追加被ばく線量は0.4mSvとなった。
- 埋立作業中の空間線量率は、埋立作業開始前までの変動幅の範囲に収まっており、適切な厚さで覆土を行い、その後も管理することで、安全に埋立処分を実施することが可能であることを確認。
- 飛散防止措置を講ずることなどにより、粉じんの発生を抑えることが可能であり、吸入による追加被ばく線量は極めて小さく抑えられることを確認。
- セシウムは土壌に強く固定・保持されることがわかっており、実証事業においても浸透水の放射能濃度は全ての検体で検出下限値未満であったことから、地下水汚染防止のためのシート等を用いず、安全に処分することが可能と考えられる。

# 埋立処分方法に関する論点

# 除去土壌の埋立処分に関する基本的な考え方

除去土壌の埋立の処分方法は、既に策定されている除去土壌の収集・運搬、保管の保管基準及び特定廃棄物等の処分基準と同様の安全確保の考え方を踏まえて検討を行う。特に、放射線に関する安全確保については、平成23年6月に原子力安全委員会が示した「当面の考え方」を参考に検討する。

- 人の健康及び生活環境への影響を防止する観点から、除去土壌の埋立処分の安全確保については、廃棄物処理法における廃棄物の埋立処分基準、特定廃棄物の処分基準及び除去土壌等の収集・運搬、保管基準と同様の安全確保の要素を基本とし、放射性物質の特徴、除去土壌の性質を踏まえて要素を修正する。具体的な項目は以下のとおり。
  - 飛散、流出の防止
  - 地下水汚染の防止
  - 生活環境の保全(悪臭、騒音及び振動)
  - 周囲の囲い及び表示
  - 開口部の閉鎖
  - 放射線量の測定及び記録
  - 記録の保存
  - 構造、場所の要件
- 「当面の考え方」に基づけば、埋立処分の実施に当たっては、管理期間中に周辺住民の年間追加被ばく線量が1mSv/年を超えないことが必要。作業者の受ける線量についても可能な限り1mSv/年を超えないことが望ましい。

## 論点① 飛散、流出の防止

- 除去土壌の飛散、流出を防止するための措置を講ずることとしてはどうか。
  - 埋立処分を行う際に、除去土壌が大気中に飛散しないように、散水など必要な措置を講ずることが考えられる。
  - 埋め立てた除去土壌が埋立地の外に飛散し、及び流出しないように、その表面を土砂で覆う等必要な措置を講ずることが考えられる。
  - 実証事業では、散水など飛散防止措置を講ずることなどにより、粉じんの発生を抑えることができ、作業者の吸入による追加被ばく線量は極めて小さく抑えることができた。また、覆土を行うことにより、埋立後の除去土壌の飛散は確認されなかった。
  - 容器を用いて埋立処分を行うことも、飛散防止には有効である。
  - 立地により多量の雨水又は地下水が浸入し除去土壌が飛散、流出するおそれがある場合は、雨水又は地下水の浸入を防止する措置を講ずることが考えられる。

## 論点② 地下水汚染の防止

- 除去土壌の埋立処分においては、地下水を汚染することを防止するための特別な措置(遮水シートの敷設、容器の利用等)は要しないこととしてはどうか。
- 土壌中の放射性セシウムの大部分は鉱物の層間に固定され、移動しにくい状態にあることが、これまでに科学的知見として得られている。
- 地下水移行の数値シミュレーションにおいても、安全性は確認されている。

仮に 100,000 Bq/kg の除去土壌の埋立処分を想定して保守的な計算を実施した結果、10 cm 下方の間隙水中の放射性セシウム濃度は、100年間を通じて 1 Bq/L を下回った(参考資料4)。また、埋立時のセシウム下方への移行特性を確認した結果、短期的には土壌及び土壌水からセシウムは検出されず、また100年後の長期予測においても除去土壌の下方30cmの土壌中の放射能濃度は埋設時の除去土壌の初期濃度の1/10,000になるという結果が得られた。

- 実証事業において浸透水中の放射性物質濃度の測定を実施したところ、全ての検体で検出下限値(1 Bq/L 程度)未満であった(3箇所の実証事業で計 1,498 検体を測定)。
- 上記の知見のとおり、一般的な土壌であれば放射性セシウムは土壌に吸着・固定されるため、浸透水には出てこないと考えられるが、立地などに応じて更なる安全・安心のための対策として、埋立層の下部に一定の厚さの土壌層を設けることや雨水流入防止措置、災害時におけるモニタリング体制の構築等も有効と考えられる。

## 論点③ 生活環境の保全

- 埋立処分に伴う悪臭、騒音又は振動によって生活環境の保全上支障が生じない措置を講ずることが必要ではないか。
- 埋立処分の工事等に伴う周辺的生活環境への影響を抑える必要がある。
- 除去土壌の収集・運搬、保管と同様に、生活環境の保全措置が必要と考えられる。

## 論点④ 周囲の囲い及び表示

- 埋立作業は、周囲に囲いが設けられている場所で行うことが必要ではないか。
  - 埋立後は、埋立地の範囲を明らかにすることができる囲い、杭その他の設備及び除去土壌の処分の場所であることの表示を設けることが必要ではないか。
- 
- 埋立作業中においては、除去土壌の埋立処分の場所に周辺住民等がみだりに立入らないようにするため、周囲に囲いを設ける必要があると考えられる。
  - 埋立作業から埋立後の管理を通して、当該場所は除去土壌の埋立処分の場所であることを表示するとともに、埋立処分の場所の管理全般について責任を持って対応する者の氏名、住所、電話番号等を記載する必要があると考えられる。
  - 埋立終了後においても、埋立処分の場所の管理は必要であり、埋立地の範囲を明確にしておく必要がある。



## 論点⑤ 開口部の閉鎖

- 埋立処分を終了する場合には、一定の厚さ以上の覆土等により開口部を閉鎖することが必要ではないか。
- 放射性物質を土などで覆うことで放射線を遮ることができ、結果として空間線量や被ばく線量を下げることができる。例えば、厚さ30cmの覆土は放射線を98%遮る。
- 埋立終了時に土壌等によって開口部を閉鎖(覆土)することは、除去土壌からの放射線の遮へいに有効であると考えられる。
- 除去土壌の保管基準においても、放射線の遮へいを目的として覆土を行うことが規定されている(「除去土壌の保管に係るガイドライン」では覆土30cm以上)。
- 実証事業においても、30～50cmの覆土を行うことにより、埋立場所上部や敷地境界の空間線量率は埋立作業前の変動幅と同程度となることが確認された。
- 埋立終了後も遮へい効果を保つため、覆土の管理は適切に行われる必要がある。

- 例えば、動物等による覆土の掘り返しが行われた場合は、速やかに覆土を補修することが必要となる。そのような場所では、合理的に管理ができるよう、その影響を加味して覆土の厚さを決定することも考えられる。
- 除去土壌や基礎地盤の沈下が想定される場合は、沈下に備えて必要な余盛りを行うことも有効である。
- 管理期間終了以後において、埋立場所の近傍に周辺住民が居住している場合や埋立場所の上部利用者が多い場合には、ALARA※の考えを踏まえて、経済的要因を考慮に入れながら合理的に可能な範囲で覆土の厚さを決定することも考えられる。

※ALARA(as low as reasonably achievable):国際放射線防護委員会が1977年勧告で示した放射線防護の基本的考え方を示す概念。放射線防護の最適化として「すべての被ばくは社会的、経済的要因を考慮に入れながら合理的に達成可能な限り低く抑えるべきである」という基本精神に則り被ばく線量を制限することを意味する。

## 論点⑥ 放射線量の測定及び記録

- 埋立地の敷地の境界において、放射線量を定期的に測定し、かつ、記録することが必要ではないか。
- 除去土壌の埋立処分の場所が安全に保たれていることを確認するため、埋立地の敷地境界において空間線量率を定期的に測定し、以下を確認する必要がある。
  - 除去土壌による追加被ばく線量が年間 1 mSv を超えないこと。
  - 空間線量率が埋立終了後に概ね周辺環境と同程度となること。
- 測定した結果は記録することが必要となる。


## 論点⑦ 記録の保存

- 除去土壌の収集・運搬、保管と同様に、記録の保存が必要ではないか。
- 加えて、管理を伴う処分の終了を見据えると、埋立処分された除去土壌の放射能濃度についても記録の保存が必要ではないか。

### <記録の保存>

次の事項を記録し、保存すること。

- 埋立処分された除去土壌の量
- 埋立処分された除去土壌の放射能濃度
- 埋立処分を行った年月日
- 引渡し担当者名、引受け担当者名及び搬入車両番号
- 当該埋立処分の場所の維持管理に当たって行った測定、点検、検査その他の措置
- 埋立位置の図面

- 
- 管理を伴う処分の終了の要件については今後の検討課題であり、管理期間の終了まで適切に除去土壌に関する情報を引き継ぐ必要がある。
  - 管理終了までの期間の概算には除去土壌の放射能濃度の情報が必要である。

## 論点⑧ 対象とする除去土壌

- 除去土壌の埋立の処分方法について、放射性物質濃度により取扱いを分けることなく、安全に埋立処分を行うことが可能と考えられるのではないか。
  - 除染廃棄物から分別された土壌も同様に処分することが可能ではないか。
- 
- 埋立処分を行った場合の作業員、周辺住民等の追加被ばく線量について、被ばく経路等を設定し、最も保守的に条件を設定して安全性評価を行った結果、最大でも 0.43 mSv/年（埋立を行う作業員の外部被ばく線量）であった。
  - 福島県外の除去土壌については、様々な濃度、特性の除去土壌で行った実証試験の結果、作業員の個人被ばく線量結果は十分に低い値であり、埋立後の空間線量率、浸透水の放射能濃度も問題のない値であったことから、一般的な土壌であれば安全に埋立処分ができると考えられる。
  - 分別後土壌についても、実証試験により性状の違いに留意して適切な方法をとることであわせて安全に処分できることが確認されている。
  - 1万 Bq/kg超の除去土壌の処分は電離放射線障害防止規則を遵守する必要がある。ただし、そのような放射能濃度の除去土壌は福島県外ではほとんどないと考えられる。

# 自治体における埋立処分の課題と対応

	課題	対応方針
①	処分場所周辺の住民の理解を得ることが難しい。(地下水汚染の心配が大きく、遮水設備の無い構造は受け入れられ難い。)	科学的根拠を基に丁寧に説明すること、事例を積み重ねて共有していくことにより、 <u>安心を伝えていくとともに、立地に応じた安全のための措置も検討する</u>
②	用地を探すのが困難。(未利用地は災害等のリスクが高い。)。公有地での現地保管については、 <u>基準策定後にはその場での処分(原位置処分)を行いたい。</u>	<u>既存用地の活用も視野に、上部利用、再生資材としての活用も含めた様々なオプションが選択できるように基準を検討していく。(再生利用については別のWGにおいて検討)</u>
③	除染廃棄物を一緒に保管しているため除去土壌と同じタイミングで処分したいが、除染廃棄物は現状では焼却炉等へ受け入れられず、 <u>処分先の確保が困難。</u>	除染廃棄物の減容化に貢献するため、R3年12月より丸森町において、除染廃棄物から土壌を分別し、埋立処分を行う実証事業を行い、 <u>減容化の効果を確認した。分別された土壌はあわせて埋立処分可能であることを確認した。</u>
④	除去土壌に落葉等が混在している場合の取扱いについて、混在の定義が曖昧で分別も容易ではない。	基本的には除染時に分別済み(除染ガイドラインで規定)。目視で確認できるものは取り除くとともに、混在が多い場合は除染廃棄物の分別に準じた対応が可能( <u>分別の効果は実証事業で検証済み</u> )。
⑤	埋立処分後の管理期間や管理が不要となる要件が示されなければ住民に説明できない。	除去土壌の埋立処分後の管理の在り方について、除去土壌の処分状況なども踏まえて、引き続き整理・検討を行う。
⑥	除去土壌の濃度の推計は簡易にできないか。	<u>安全側に余裕をもった推計式である除染電離則推計式をスクリーニングに活用することや、サンプリングによる地域毎の推計式を設定することなどを適切に組み合わせた簡易な濃度推計作業の手順整理とより正確な濃度の推計のためにデータの蓄積を進める。</u>

# 參考資料



# (参考)「当面の考え方」〔平成23年6月3日、原子力安全委員会〕概要

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ものであり、かつ、廃棄しようとするもの(注:除染活動に伴い発生する土壌を含む)の処理処分等に関する安全確保について、これまでに原子力安全委員会が策定した指針類や今回の事故で行われてきた助言等を踏まえて、当面適用すべき考え方。

- 今回の事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等は、現存被ばく状況において周辺住民の生活環境を改善するための重要な活動のひとつであること
- これらの活動を行うに当たっては、東京電力株式会社、国(関係省庁)の責任及び役割を明確にし、地元自治体、地元住民、関連事業者等との情報交換、意見交換及び協議を十分に行い、適切な処分等の実施体制と安全確認体制を構築することが重要であること

等を示しつつ、①再利用、②処理・輸送・保管、③処分について考え方が示されている。

## ①再利用

市場に流通する前にクリアランスレベルの設定に用いた基準(10 $\mu$ Sv/年)以下になるように、放射性物質の濃度が適切に管理されていることを確認する必要がある。

## ②処理・輸送・保管

周辺住民及び処理等に携わる作業者の放射線被ばくが、合理的に達成できる限り低くなるよう対策が講じられることが重要である。

- ・周辺住民の受ける線量が1mSv/年を超えないようにする。
- ・作業者の受ける線量についても、可能な限り1mSv/年を超えないことが望ましい。

## ③処分

処分方法に応じたシナリオを設定し、適切な評価を行い、その結果が「第二種放射性廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方に示されたそれぞれのシナリオに対する「めやす」を満足していることが示されれば、管理を終了しても安全が確保されることについての科学的根拠があると判断できる。

【評価結果の妥当性を判断するための「めやす」】

- ・周辺住民の受ける線量：基本シナリオ・・・ 10 $\mu$ Sv/年以下であること。  
変動シナリオ・・・ 300 $\mu$ Sv/年以下であること。

# (参考)除去土壌の収集運搬・保管の方法

除去土壌の収集運搬及び保管については、国が定めた方法に従って行っている。

## 収集運搬

- 飛散、流出、漏れ出し防止
- 雨水浸入防止
- 悪臭、騒音、振動防止
- 混合防止
- 表示
- 遮蔽
- 記録の保存

等

## 保管

- 飛散、流出防止
- 地下水等汚染防止
- 雨水等浸入防止
- 悪臭防止
- 混合防止
- 囲い
- 掲示板
- 遮蔽、離隔
- 空間線量率及び地下水の定期的な測定
- 記録の保存

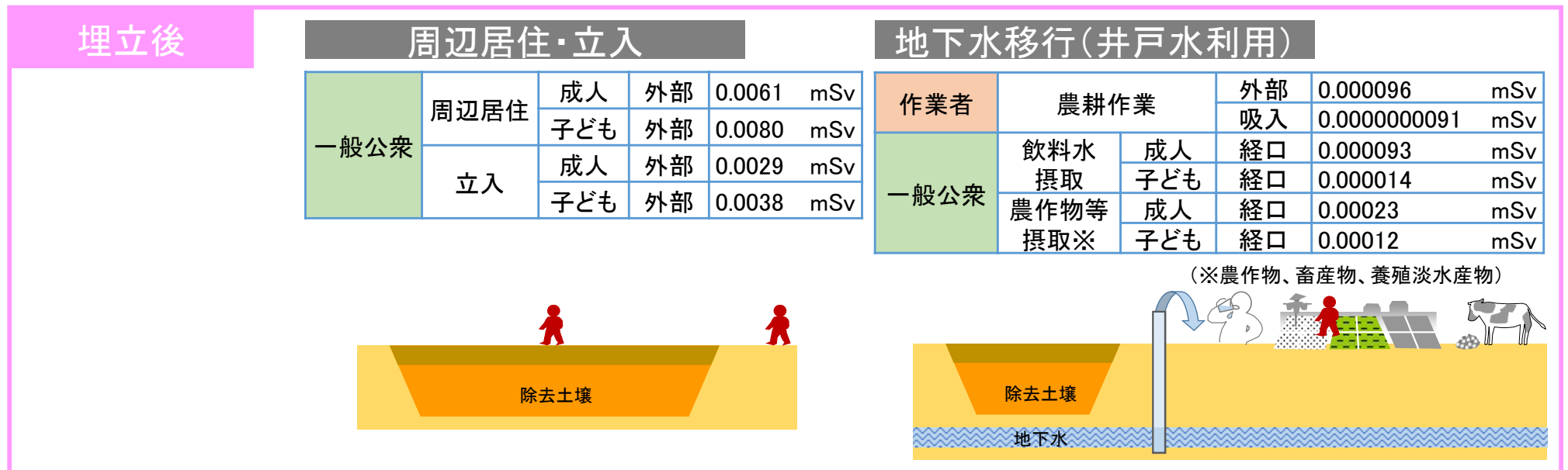
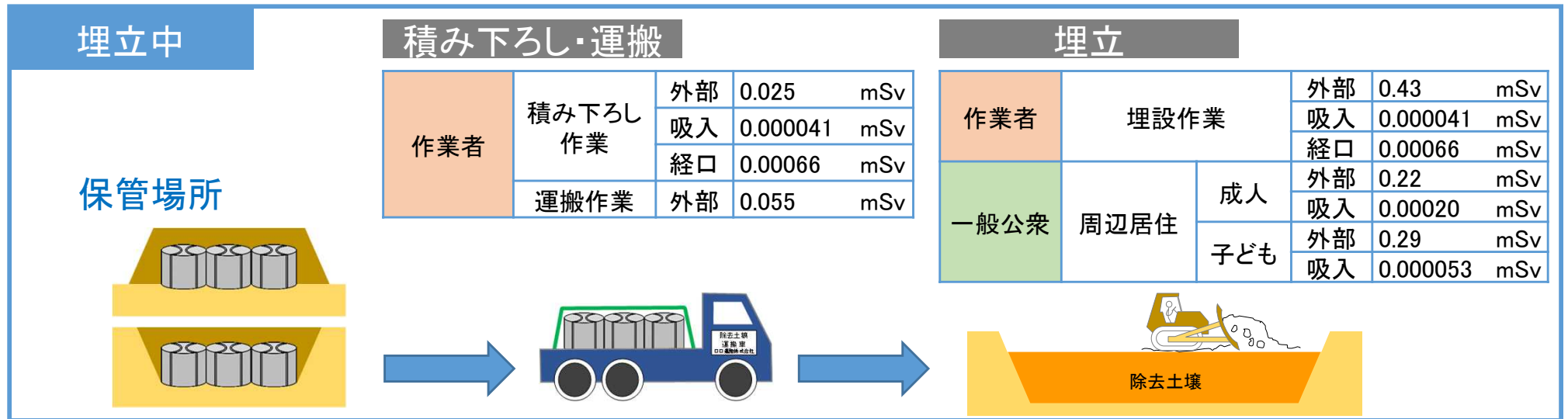
等



# (参考)年間追加被ばく線量の評価結果

除去土壌の処分に係る検討チーム会合(第2回)資料2-2抜粋

## 評価結果(年間追加被ばく線量) (※最も保守的なケースにおける評価結果を掲載)



<主な計算の条件(最も保守的なケース)>

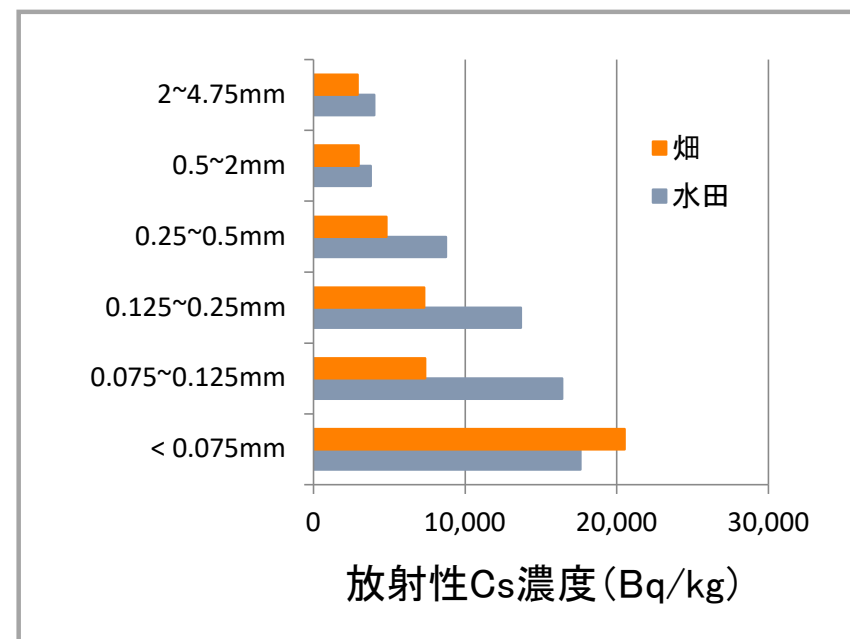
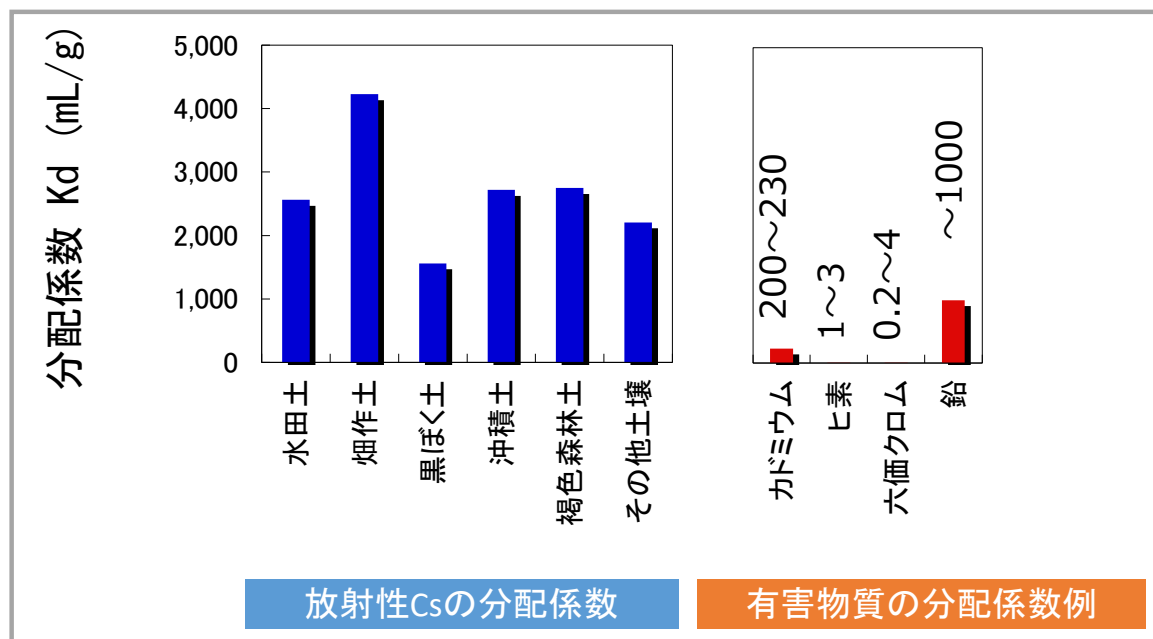
放射性セシウム濃度を2,500Bq/kg(福島県外における除去土壌の放射性セシウム濃度の95パーセンタイル値)、除去土壌の量を40万m<sup>3</sup>(福島県外で保管されている全量に相当する量)、覆土厚さを30cmとし、埋立作業中の作業者については年間1,000時間従事する、埋立後の公衆の立入については年間200時間立入るなどの条件で計算を実施。

# 5: 放射性Csの吸着能力は土壌によって異なるのか?

- 分配係数は、放射性Csなど物質の土壌への吸着しやすさを表す指標であり、値が大きいほど吸着能力が高いこと意味する。
- 放射性Csに対する国内の土壌の分配係数は、土壌の種類や放射性Cs濃度により異なるが、ほとんどが1000 mL/g以上である(図5-1)。なかでも土壌中の細かい粒子が放射性Csをよく吸着する(図5-2)。
- 放射性Csの分配係数は、カドミウム等の多くの有害物質と比較して大きな値である(図5-1)。したがって、放射性Csは多くの有害物質と比較して土壌に吸着しやすいと言える。

図5-1 国内土壌の放射性Csと有害物質の分配係数<sup>1)-4)</sup>

図5-2 土壌分級画分と放射性Cs濃度の関係<sup>5)</sup>



(出典) 1)青木ら(2012):日本原子力学会2012年秋の大会。 2)内田ら(2011):日本原子力学会誌, 53(9), 623-627。 3)Nakamaru, Y. et al. (2007): Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 306, 111-117。 4)建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル改訂準備会(監), 土木研究所(編)(2012): 建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル。 5)伊藤健一ら(2012):日本原子力学会和文論文誌, Vol.11, No.4, pp.255-271。

# 8: 放射性Csは、時間が経つとどの程度移動するか？

- 汚染土壤中に僅かに存在する水溶態放射性Csは、水の移動に伴い下部土壤に浸透するが、速やかに下部土壤に吸着される。
- 自然地盤中での100,000 Bq/kgの放射性Cs含有土壤に対して移動予測解析を行った結果、年間移動距離は1.2 mmとなった(分配係数が1,000 mL/gの時のピーク濃度)。
- 100,000 Bq/kgの汚染土壤の埋設を想定して保守的な計算を実施した結果、10 cm下方の間隙水中の放射性Cs濃度は、100年を通じて1 Bq/Lを下回った。

図8-1 予測解析の設定

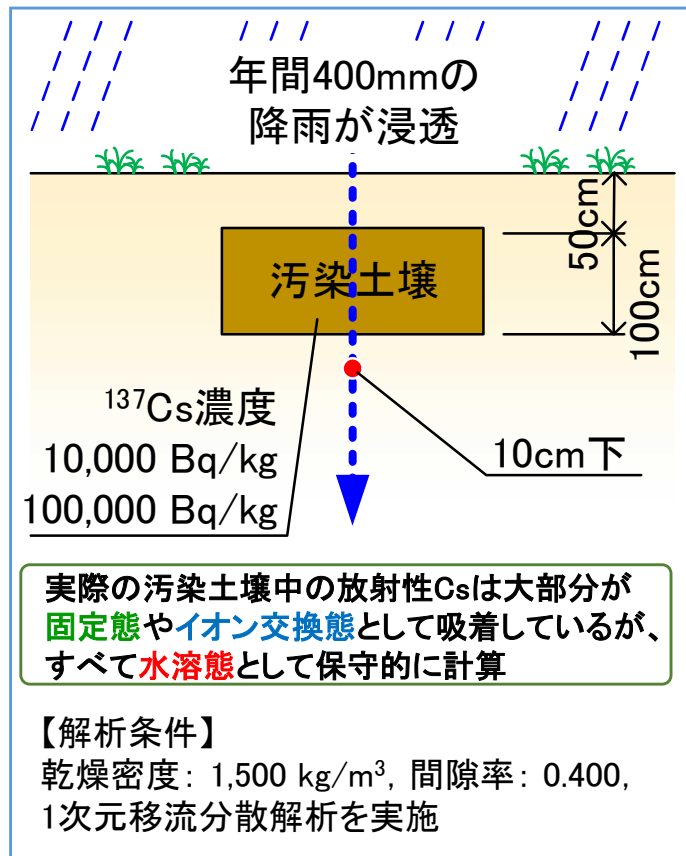
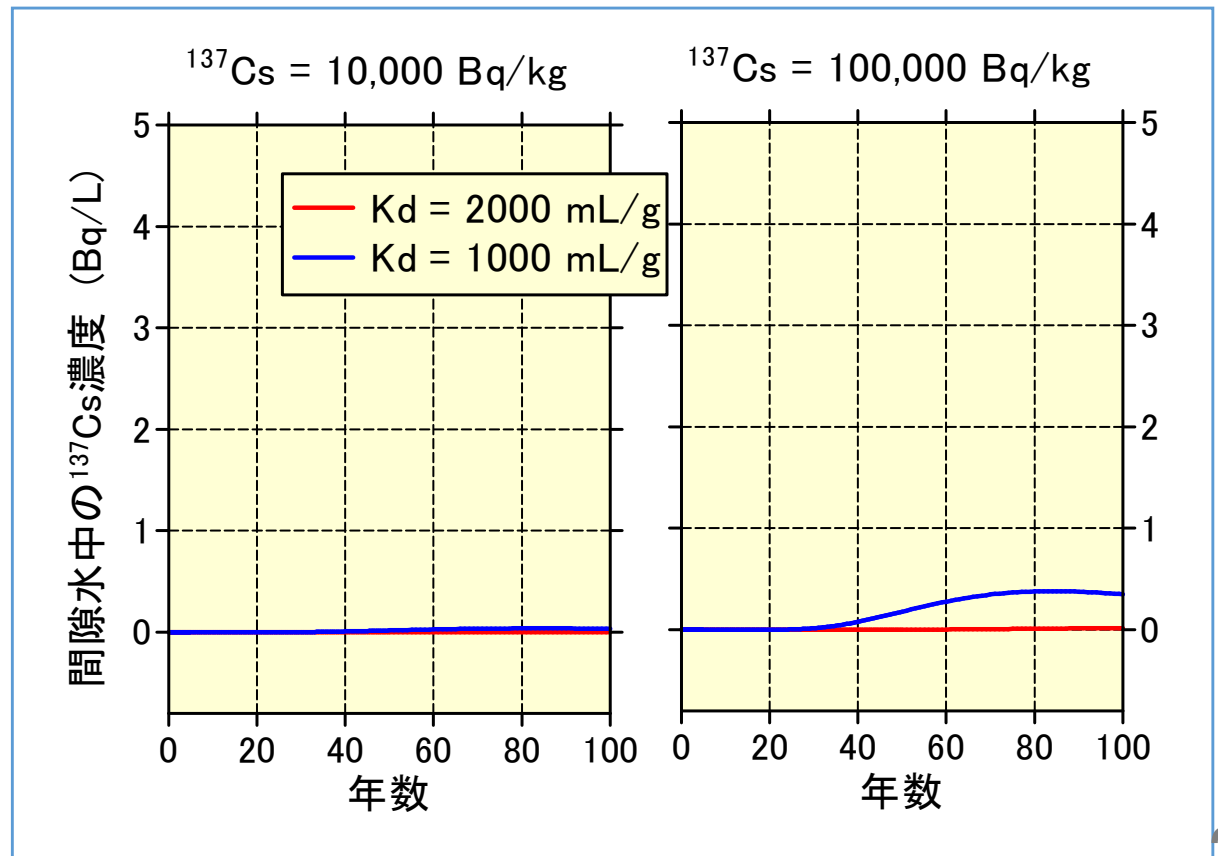


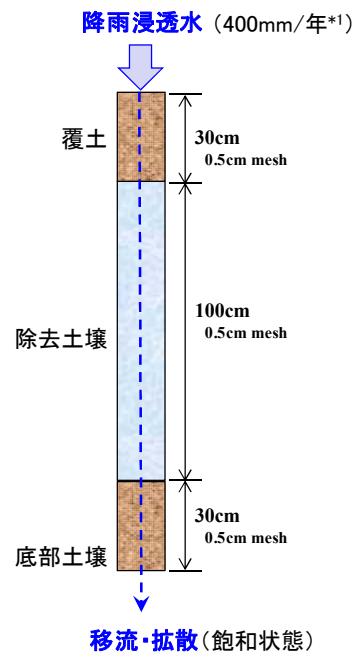
図8-2 分配係数の違いによる放射性Csの移動



現場試験及びラボ試験の時間枠を超える長期間(100年間;セシウム-137が1/10程度に減衰)の移行について、収着分配係数を除去土壌の多様性、環境影響(共存陽イオン)を保守的に考慮し1,000mL/gとして数値解析により予測を行った。

- ・除去土壌中の放射性セシウムは半減期に従い100年間で1/10程度に低下する。
- ・土壌から溶け出して移行する範囲は境界から数10cm程度である。
- ・底部土壌に移行する範囲における最大の濃度は、埋設時の除去土壌の初期濃度と比較して、10cm程度で約1/100、30cm程度で約1/10,000である。

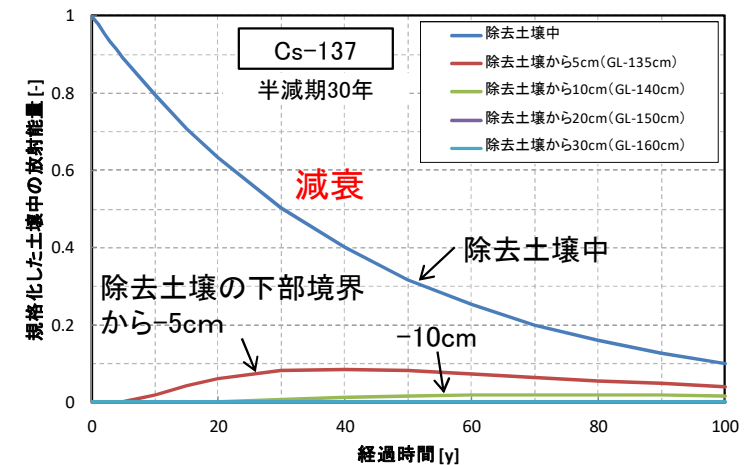
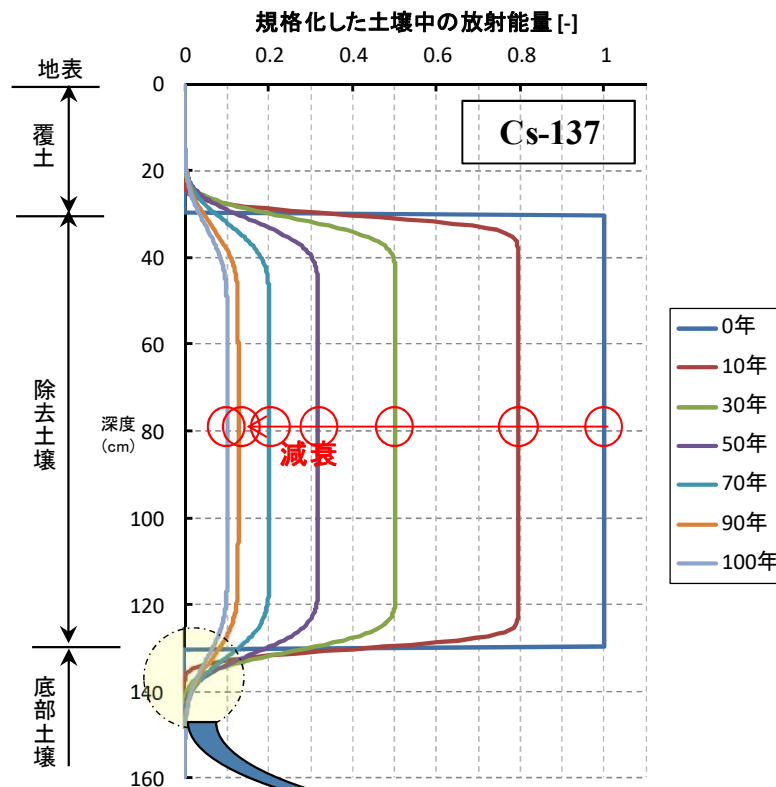
## 解析モデル



収着分配係数(mL/g): 1,000  
 間隙率(-): 0.5  
 乾燥密度(kg/m<sup>3</sup>): 1,350  
 拡散係数(m<sup>2</sup>/s):  $2 \times 10^{-9}$   
 分散長(m): 0.01 \*2

※1 「地下水ハンドブック」、建設産業調査会、1998  
 ※2 「地下水シミュレーション」、日本地下水学会、2010

## 数値解析結果



## 底部土壌の濃度変化