

日本原子力学会 2013年度バックエンド週末基礎講座

福島の環境修復に伴って発生する 廃棄物等の管理・取り扱いの現状と課題

2013年10月26日 石川県四高記念文化交流館
一般社団法人 原子力安全推進協会
技術支援部 吉原 恒一
(日本原子力学会 クリーンアップ分科会委員)

この講座の主な内容

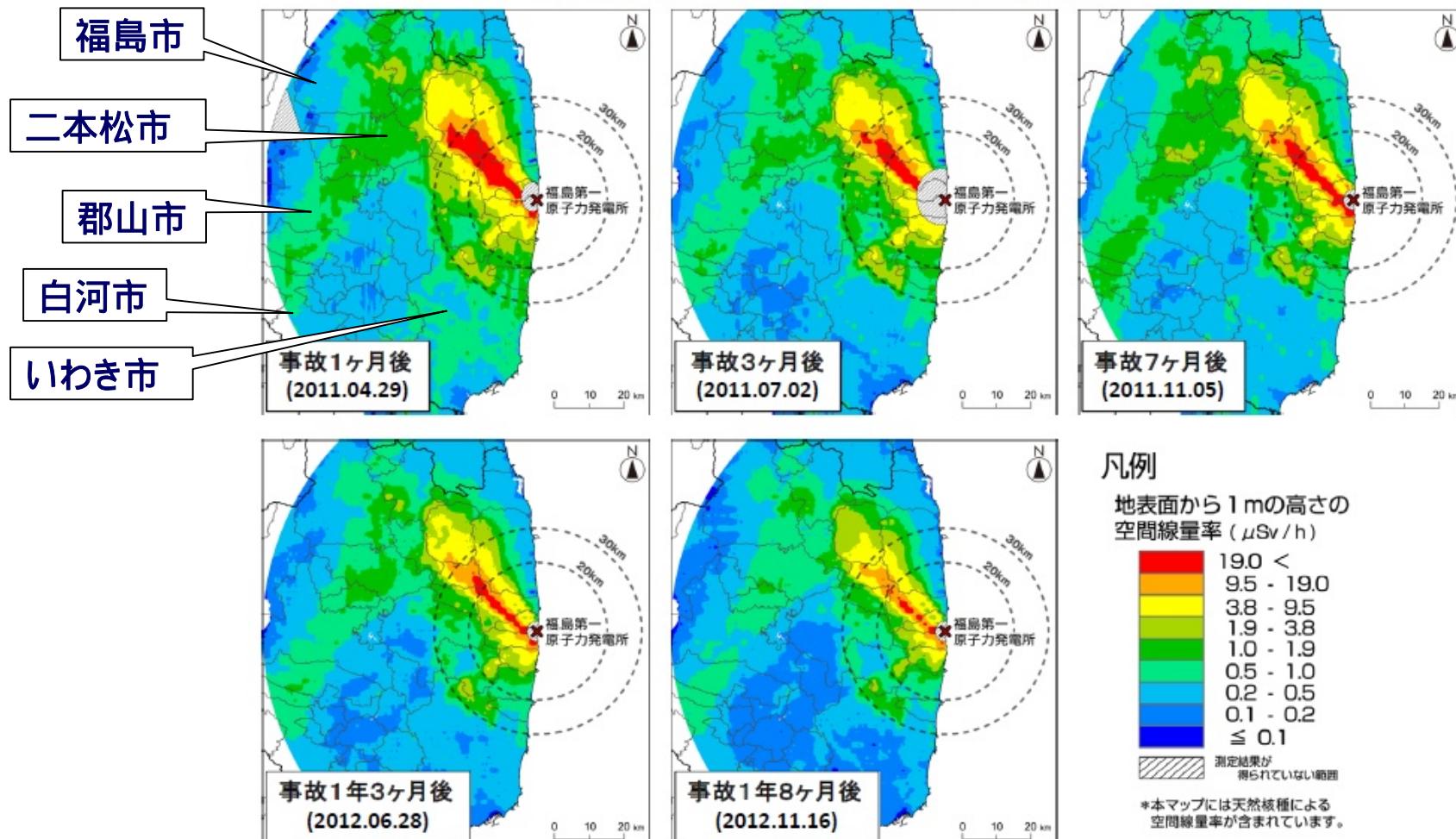
1. 福島第一発電所の事故による放射能汚染地域における環境修復の現況
2. 環境修復に伴って発生する除染廃棄物等の保管について
3. 除染廃棄物等の発生量・処分量の抑制方策とその方策の安全性の評価について
4. まとめと環境修復における今後の課題

1. 福島第一発電所の事故による放射能汚染地域における環境修復の現況

- ・国が直轄で除染を実施する「除染特別地域」の福島県内11市町村の除染進捗状況
- ・福島県内・県外の市町村が国の支援を受けて除染を実施する「汚染状況重点調査地域」の除染進捗状況

1.1 福島第一発電所より80Km圏内における汚染状況の推移

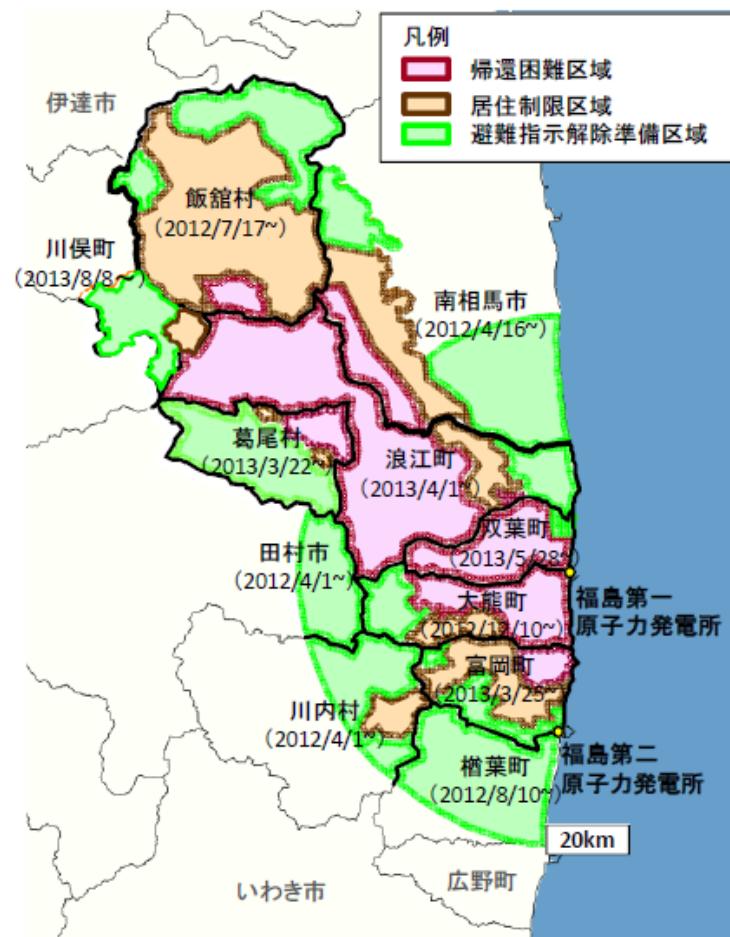
80km圏内における空間線量率マップ



出典：原子力規制委員会、第1回帰還に向けた安全・安心対策に関する検討チーム関係省庁持込資料別紙3 福島県内の放射線量等の現状 2013.9.17空間線量率の推移

1.2 避難指示区域の概念

避難指示区域の概念図 (2013年8月8日現在)



帰還困難区域
約320km²

※1. 1F近傍半径3kmについては測定して
いないため、面積から除外

居住制限区域
約300km²

避難指示解除準備区域
約480km²

※2. 航空機モニタリングの際、積雪等が確
認された地点は面積から除外

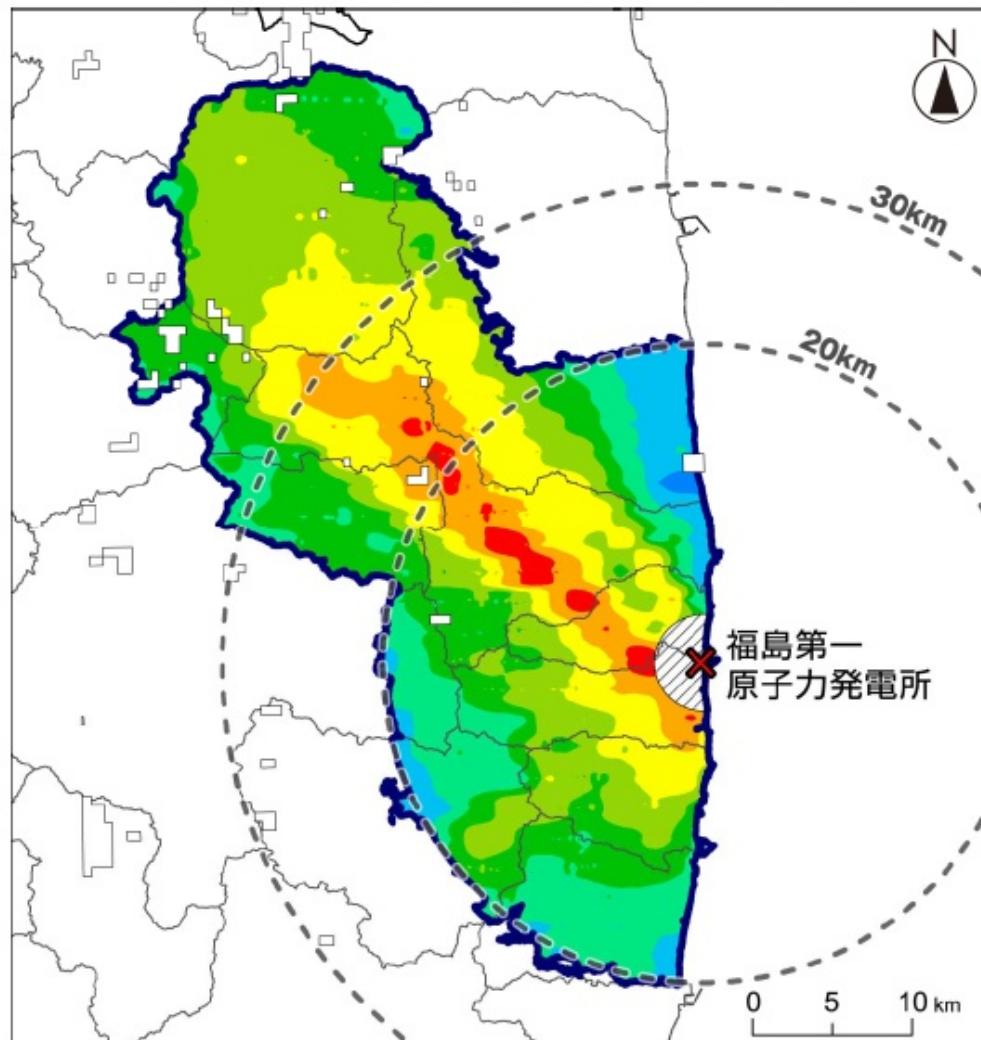
出典:原子力災害対策本部「川俣町における避難指示
区域の見直しについて」を改変

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku/dai31/siryou1.pdf>

出典:原子力規制委員会, 第1回帰還に向けた安全・安心対策に関する検討チーム 関係
省庁持込資料別紙3 福島県内の放射線量等の現状 2013.9.17空間線量率の推移

1.3 避難指示区域における汚染の現状(1)

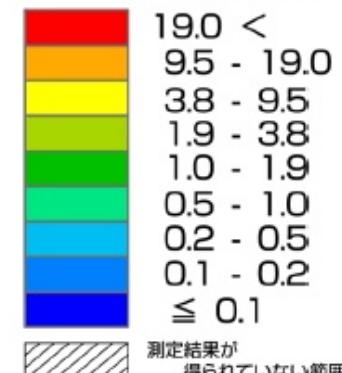
避難指示区域における空間線量率マップ



(2013年3月11日時点)

凡例

地表面から1mの高さの
空間線量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)



測定結果が得られていない範囲

*本マップには天然核種による
空間線量率が含まれています。

※1. 測定結果は、避難指示区域の
測定の最終日の時点(2013年3
月11日)の値に減衰補正

※2. 実線で囲われた白色の領域は
積雪等のあった箇所

1.4 避難指示区域における汚染の現状(2)

避難指示区域における土壤濃度マップ

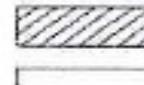
凡例

セシウム134及びセシウム137の合計の沈着量 (Bq/m^2)

[2013年3月11日現在の値に換算]



3000k <
1000k - 3000k
600k - 1000k
300k - 600k
100k - 300k
60k - 100k
30k - 60k
10k - 30k
 $\leq 10k$



測定結果が得られていない地域
横盤分布
(2013年3月4日～3月11日)
測定結果未収集

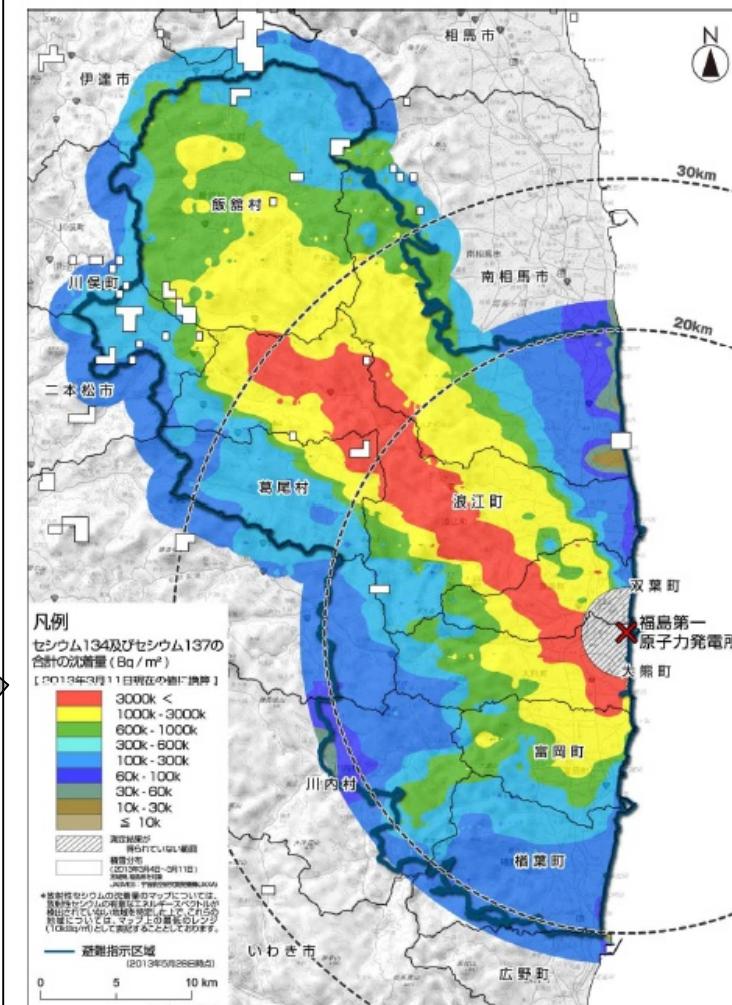
*放射性セシウムの沈着量のマップについては、放射性セシウムの有するエネルギースペクトルが検出されていない地域を特定した上で、これらの地域については、マップ上の最低のレンジ($10\text{ kBq}/\text{m}^2$)として表記することとしております。

避難指示区域

(2013年5月28日時点)

拡大

避難指示区域における土壤濃度マップ
(地表面へのセシウム134、137の沈着量の合計)
(平成25年3月11日時点)



出典:避難指示区域における航空機モニタリングの測定結果について,原子力規制庁監視情報課内閣府原子力被災者生活支援チーム,
2013年5月13日

1.5 除染特別地域とは

除染特別地域の指定(特措法第二十五条)

- ➡ 警戒区域、計画的避難区域であったことのある
福島県内の福島県内の11市町村
- ➡ 環境大臣は、その地域及びその周辺の地域において
検出された放射線量等からみて、その地域内の事故
由来放射性物質による環境の汚染が著しいと認められ
ることその他の事情から国が土壤等の除染等の措置
並びに除去土壤の収集、運搬、保管及び処分を実施
する必要がある地域として環境省令で定める要件に
該当する地域を、**除染特別地域**として指定するこ
とができる。

1.6 福島県の除染特別区域の除染進捗状況(1)

市町村名 (公表日)	除染対象 区域人口	除染対象 区域面積	仮置場	除染進捗状況(%)			
				宅地	農地	森林	道路
田村市 (H25.6.30)	約400人	約500ha	確保済み	100	100	100	100
楓葉町 (H25.9.5)	約7,700人	約20,00ha	確保済み	58	69	70	41
川内村 (H25.9.2)	約400人	約500ha	確保済み	100	10	76	100
飯舘村 (H25.8.31)	約6,000人	約5,100ha	約2割 確保	4	2	3	0.6
南相馬市 (H25.8.30)	約13,300 人	約6,100ha	約2割 確保	準備中	準備中	準備中	準備中

出典:環境省除染情報サイト公開資料より抜粋・編集, 2013.10.15

1.7 福島県の除染特別区域の除染進捗状況(2)

市町村名 (公表日)	除染対象 区域人口	除染対象 区域面積	仮置場	除染進捗状況(%)			
				宅地	農地	森林	道路
川俣村 (H25.8.30)	約1,200人	約1,300ha	約8割 確保	4	0.1	33	1
葛尾村 (H25.8.31)	約1,400人	約1,700ha	約2割 確保	1	7	8	0
大熊町 (H25.8.31)	約400人	約400ha	約5割 確保	3	11	11	6
浪江町 (H25.8.30)	約18,800人	約3,200ha	調整中	準備中	準備中	準備中	準備中
富岡町 (H25.8.30)	約11,300人	約2,800ha	約3割 確保	準備中	準備中	準備中	準備中
双葉町	約300人	約200ha	調整中	調整中	調整中	調整中	調整中

出典:環境省除染情報サイト公開資料より抜粋・編集, 2013.10.15

1.8 福島県の除染特別区域の除染進捗状況(3) 進捗率100%を達成した田村市の除染状況 その1

計画に基づき、以下の除染を実施

- 工期: 平成24年7月5日～平成25年6月28日
- 作業員数: 1日最大約1,300人(延べ約12万人日)
- 数量(建物228,249m²(121世帯)、道路95.6km、農地1,274,021m²、森林(建物等近隣)1,921,546m²)

<除染作業の様子>



屋根・壁の拭き取り



草刈・堆積物の除去



舗装面の高圧水洗浄



庭碎石の除去・被覆

<除染前後の状況>



除染前



除染後



除染前



除染後

(平成25年6月23日 田村市住民説明会資料より抜粋)

出典:原子力規制委員会, 第1回帰還に向けた安全・安心対策に関する検討チーム,
環境省 放射性物質汚染対策参事官 説明資料 2013年9月17日

1.9 福島県の除染特別区域の除染進捗状況(4) 進捗率100%を達成した田村市の除染状況 その2

	除染前の線量帶($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	測定点数	除染前平均値($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	除染後平均値($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	低減率
宅地	1.0以上	383	1.24	0.54	56%
	0.75~1.0	1,107	0.86	0.50	42%
	0.5~0.75	2,789	0.62	0.41	35%
	0.5未満	2,179	0.42	0.32	24%
農地	1.0以上	93	1.14	0.76	33%
	0.75~1.0	565	0.86	0.60	30%
	0.5~0.75	1,654	0.63	0.48	24%
	0.5未満	685	0.45	0.37	17%
森林	1.0以上	505	1.23	0.84	32%
	0.75~1.0	1,176	0.87	0.67	23%
	0.5~0.75	1,800	0.64	0.54	16%
	0.5未満	482	0.45	0.41	8%
道路	1.0以上	189	1.24	0.89	28%
	0.75~1.0	591	0.85	0.63	27%
	0.5~0.75	1,871	0.62	0.46	27%
	0.5未満	1,526	0.42	0.33	21%



出典:原子力規制委員会, 第1回帰還に向けた安全・安心対策に関する検討チーム,
環境省 放射性物質汚染対策参事官 説明資料 2013年9月17日

1.10 汚染状況重点調査地域の除染進捗状況(1)

汚染状況重点調査地域とは

汚染状況重点調査地域(非直轄地域)の指定

(特措法第三十二条)

環境大臣は、その地域及びその周辺の地域において検出された放射線量等からみて、その地域内の事故由来放射性物質による環境の汚染状態が環境省令で定める要件に適合しないと認められ、又はそのおそれがあると認められる場合には、その地域をその地域内の事故由来放射性物質による環境の汚染の状況について重点的に調査測定をすることが必要な地域(除染特別地域を除く。以下、「**汚染状況重点調査地域**」といふ。)として指定するものとする。

1.11 汚染状況重点調査地域の除染進捗状況(2)

環境省除染情報サイト公開データ(2013年9月10日)

による福島県外・県内の除染進捗状況 その1 全域概況



岩手県	一関市 奥州市 平泉町
宮城県	白石市 角田市 栗原市 七ヶ宿町 大河原町 丸森町 亘理町 山元町
福島県	福島市 郡山市 いわき市 白河市 須賀川市 相馬市 二本松市 伊達市 本宮市 桑折町 国見町 大玉村 鐘石町 天栄村 会津坂下町 湯川村 三島町 会津美里町 西郷村 泉崎村 中島村 矢吹町 棚倉町 塙町 鮫川村 石川町 玉川村 平田村 浅川町 古殿町 三春町 小野町 広野町 新地町 田村市 南相馬市 川俣町 川内村
茨城県	日立市 土浦市 龍ヶ崎市 常総市 常陸太田市 高萩市 北茨城市 取手市 牛久市 つくば市 ひたちなか市 鹿嶋市 守谷市 稲敷市 つくばみらい市 東海村 美浦村 阿見町 利根町
栃木県	佐野市 鹿沼市 日光市 大田原市 矢板市 那須塩原市 塩谷町 那須町
群馬県	桐生市 沼田市 渋川市 みどり市 下仁田町 中之条町 高山村 東吾妻町 川場村
埼玉県	三郷市 吉川市
千葉県	松戸市 野田市 佐倉市 柏市 流山市 我孫子市 鎌ヶ谷市 印西市 白井市

1.12 汚染状況重点調査地域の除染進捗状況(3)

環境省除染情報サイト公開データ(2013年9月10日) による福島県外の市町村の除染進捗状況 その2 施設等別

福島県外 (平成25年6月末現在)	発注割合 (発注数/予定数)	実績割合 (実績数/予定数)
学校・保育園等	ほぼ発注済み	ほぼ終了
公園・スポーツ施設	約8割	約8割
住宅	約6割	約3割
その他の施設	約3割	約3割
道路	約3割	約3割
農地・牧草地	約8割	約6割
森林(生活圏)	一部	一部

福島県内※ (平成25年7月末現在)	発注割合 (発注数/計画数)	実績割合 (実績数/計画数)
公共施設等	約8割	約6割
住宅	約5割	約2割
道路	約5割	約3割
農地・牧草地	約9割	約8割
森林(生活圏)	約3割	約1割

※福島県内については、福島県が行った調査結果を基に作成

1.13 汚染状況重点調査地域の除染進捗状況(4)

環境省除染情報サイト公開データ(2013年9月10日)

による市町村除染における総点検の結果

●現時点で利用可能な重点調査地域の除染対象地域におけるデータを用いて、放射性物質汚染対処特措法に基づく基本方針の平成25年8月末までの目標に関して暫定評価を行ったところ、目標を満たすレベルであった。

	一般公衆の年間追加被ばく線量	子どもの年間追加被ばく線量
放射性物質汚染対処特措法に基づく基本方針(平成23年11月閣議決定)における目標	平成25年8月末までに、平成23年8月末と比べて、物理減衰等を含めて約50%減少した状態を実現。	平成25年8月末までに、平成23年8月末と比べて、物理減衰等を含めて約60%減少した状態を実現。
暫定評価※	約61%減少	約64%減少

※1)現時点で利用可能な平成25年3月までのデータを用いて、除染を実施した地域のみにおいて空間線量率を用いて評価。除染実施前の空間線量率の測定値を用いて評価始点の平成23年8月末を、実施後の空間線量率の測定値を用いて評価終点の平成25年8月末の空間線量率を推計し、評価を実施

※2)目標は人の追加被ばく線量であるが、直接測定できないため、平均の空間線量率に比例すると仮定して評価

注) 特措法基本方針上、平成25年8月末までの目標とは別に、「**長期的な目標として追加被ばく線量が年間にリシーベルト以下となること。**」と定めている。モニタリング、食品の出荷制限、健康診断などによる放射線リスクの適切な管理や生活圏を中心とした除染などの総合的な対策を行い、長期間の着実かつ継続的な放射線防護によって段階的に被ばく線量を低減させることとしている。

1.14 住民の被ばく放射線量の低減について(1) 線量水準に応じた避難指示区域の見直し (2011年12月～2013年8月)

(1) 帰還困難区域

- 年間積算線量…50mSv超
(事故後6年を経過してもなお、年間20mSvを下回らないおそれのある区域)
- 立入り原則禁止、宿泊禁止

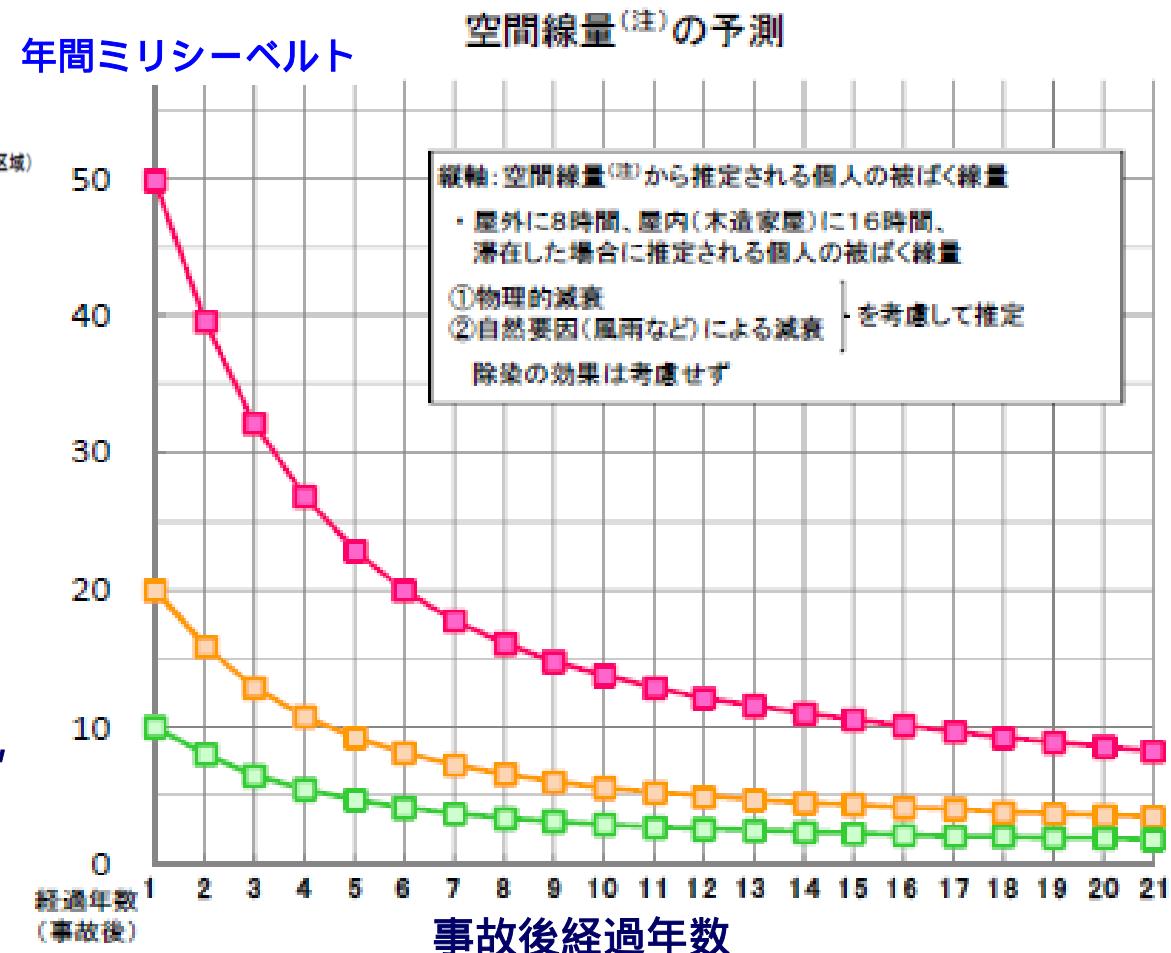
(2) 居住制限区域

- 年間積算線量…20mSv～50mSvの区域
- 立入り可、一部事業活動可、宿泊原則禁止

(3) 避難指示解除準備区域

- 年間積算線量…20mSv以下の区域
- 立入り可、事業活動可、宿泊原則禁止

出典:原子力規制委員会,
第1回帰還に向けた安全・安心対策に関する検討チーム,
内閣府原子力被災者
生活支援チーム説明資料
2013年9月17日



1.15 住民の被ばく放射線量の低減について(2) 最近(2013年10月上～中旬)の空間線量率データ

福一発電所と の位置関係	測定地点名	空間線量率 $\mu\text{Sv/y}$	線量計/ 備考
20km圏内			
北北西19km	南相馬市小高区大富	1.2	NaI
北西 20km	双葉郡浪江町昼曾根	16.6	同
西 2.4km	双葉郡大熊町大字夫沢	27.3	同
西南西 3.0km	双葉郡大熊町字夫沢	33.6	同
南 9.4km	双葉郡富岡町大字小浜	0.2	同
西北西10km	双葉郡浪江町昼曾根	8.9	同
20km以遠			
北西 33km	相馬郡飯舘村比曽	6.7	同
北西 40km	相馬郡飯舘村飯樋大火	1.6	同
北西 44km	相馬郡飯舘村飯樋二枚橋	0.5	同
西北西38km	伊達郡川俣村山木屋大洪	1.1	同
北西 60km	福島市中心部	0.11	講師実測 (2013.10.14)

出典:原子力規制委員会 放射線モニタリング情報 2013年10月上旬測定値

1.16 住民の被ばく放射線量の低減について(3) ホールボーディカウンタによる内部ひばく検査結果

平成25年7月分 検査人数 6,153人	
検査結果	預託実効線量 1mSv未満 6,153人(全員)
実施機関別	県(直営) 4,520人 日本原子力研究開発機構(委託) 1,598人 南相馬市立総合病院(委託) 4人 新潟県放射線検査室(委託) 9人 弘前大学医学部附属病院(委託) 9人 広島大学病院(委託) 3人 長崎大学病院(委託) 10人
平成23年6月～平成25年7月 検査人数 145,306人	
検査結果	預託実効線量 1mSv未満 145,280人 1mSv 14人 2mSv 10人 3mSv 2人

検査結果について

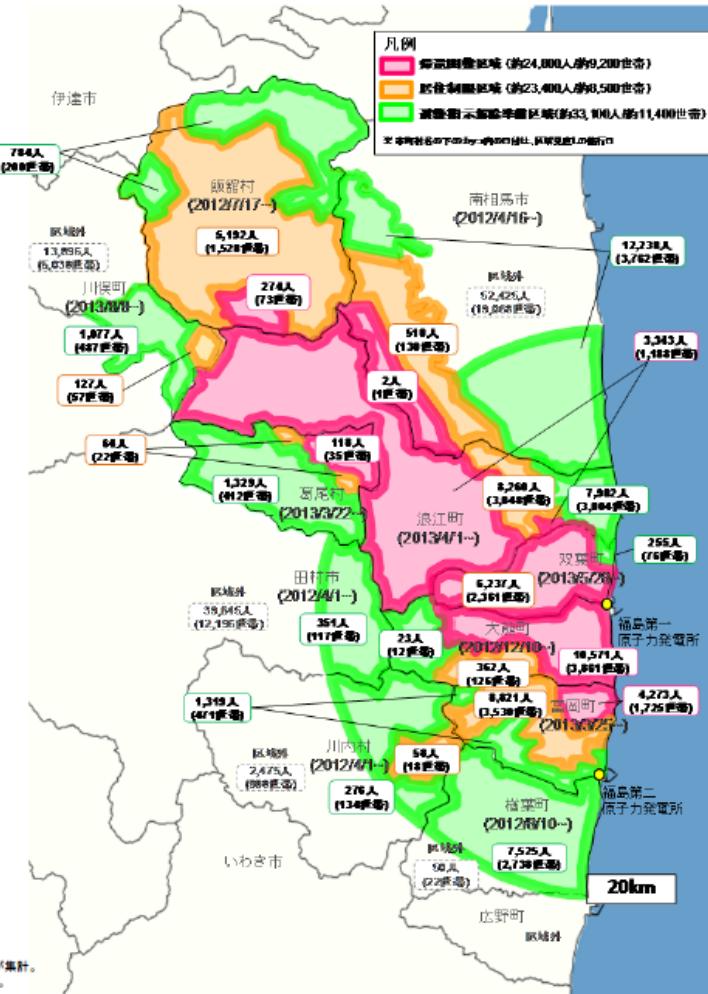
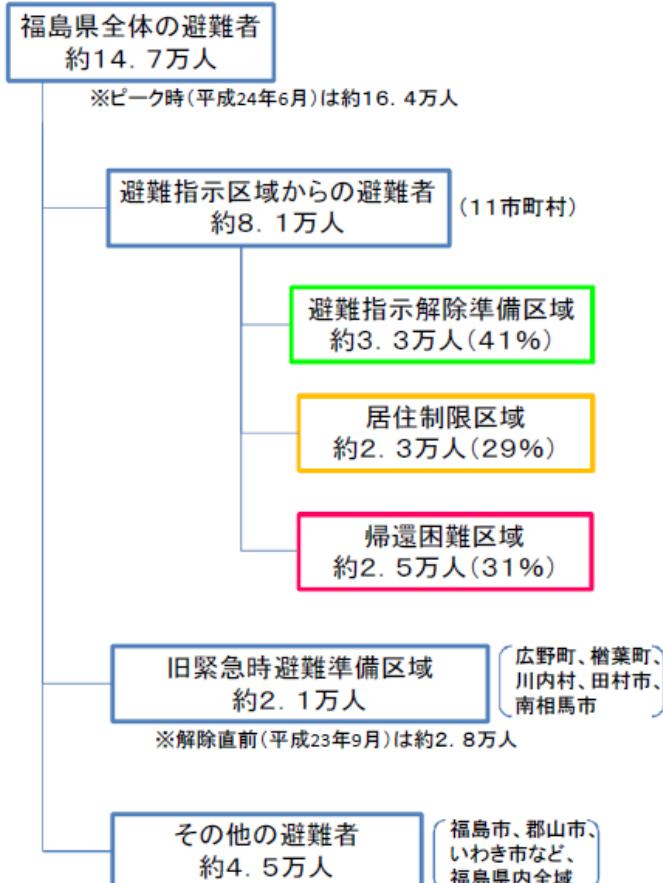
- 平成25年7月分の県が実施している内部被ばく検査は左表のとおりで、全員、健康に影響が及ぶ数値ではありませんでした。
- 検査は、18歳以下の子ども、妊婦を優先に実施しています。

出典:福島県HP「ホールボディカウンターによる内部被ばく検査について」2013年7月

1.17 福島県の避難者の現状

避難指示区域等からの避難者数(平成25年8月時点)

(参考)



出典: 第1回帰還に向けた安全・安心対策に関する検討チーム、帰還に向けた安全・安心対策を依頼するに当っての問題意識、参考資料 2013年9月17日



2. 除染等の環境修復に伴って発生する 除染廃棄物等の保管について

2.1 除染等の環境修復に伴って発生する除染廃棄物等の保管

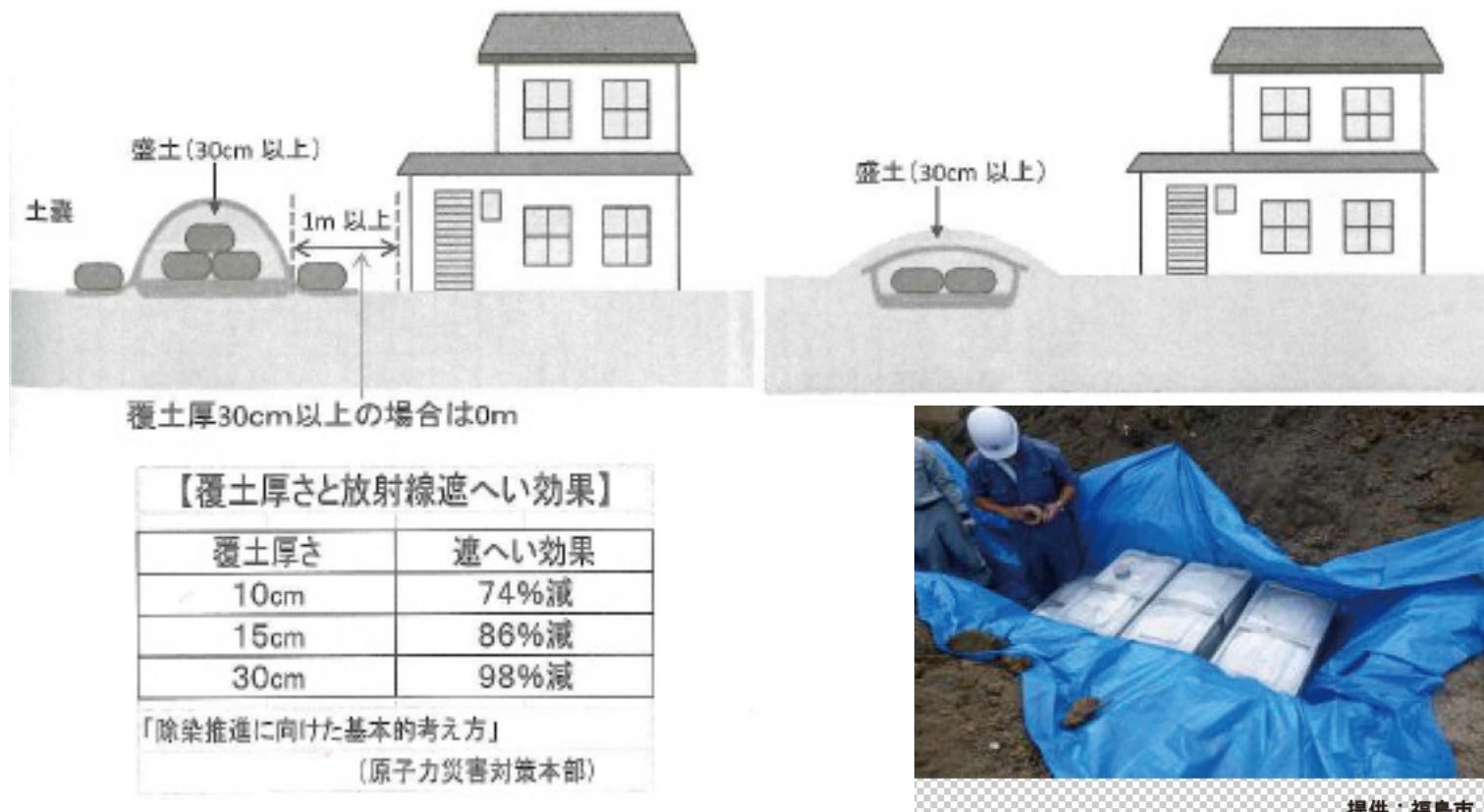
環境修復によって発生する除染廃棄物等には、除去土壤、草木類、がれき及びこれらの内の可燃物や下水汚泥を焼却処分した焼却灰などがある。これらの除染廃棄物等は最終処分するまで公衆の被ばくを極力低減する方法によって、安全に保管しておく必要がある。

国の方針として、環境省の除染関係ガイドライン(第2版2013年5月)では、これらの保管方法として以下の3つの方法が定められている。

- 現場保管：小規模の除去土壤等を除染現場で一時保管する。
- 仮置場保管：市町村単位で設けられる仮置場に集荷して、約3年間保管する。
- 中間貯蔵：福島県内に建設される予定の中間貯蔵施設において、約30年間保管する。

2.2 除染等の現場保管の状況

宅地内等の「現場保管」



出典: RADIEX2013 国際フォーラム, 福島市政策推進部危機管理室公表資料

2.3 除染廃棄物等の現場保管箇所数の現況

- 福島の除染で発生した除去土壤の仮置き場と現場保管の箇所数は4月末現在、**1万3550力所**となり、2012年12月末の調査に比べ、8264力所増加。仮置き場を確保できず、住宅敷地内などの現場で保管している数は、**1万3082箇所**で8271箇所増加。

主な福島県内市町村の除去土壤等の現場保管状況(2013年4月30日現在)

市町村	住宅、事業所等の除染を実施した場所で保管	学校、幼稚園などの敷地内で保管	その他(公園等)で保管
福島	5,359	217	318
二本松	1,729	73	61
伊達	0	42	60
本宮	2	47	78
郡山	2,783	206	361
須賀川	94	55	38
白河	32	61	70
相馬	258	28	0
いわき	6	111	62

2.4 現場保管の課題

現場保管に係る重要な政策課題

・汚染度が比較的低い地域($0.5 \sim 1 \mu \text{Sv/h}$ 程度)の表層土を剥ぎ取って現場保管する場合(これには、天地返しなどの環境修復によって下層に汚染土を一時的に埋設する場合も含む)は、半減期が2年程度のCs-134の減衰が寄与して、数年間の現場保管中に、空間線量率は、 $0.23 \mu \text{Sv/h}$ (1mSv/y に相当)以下に低下する場合もあると考えられる。

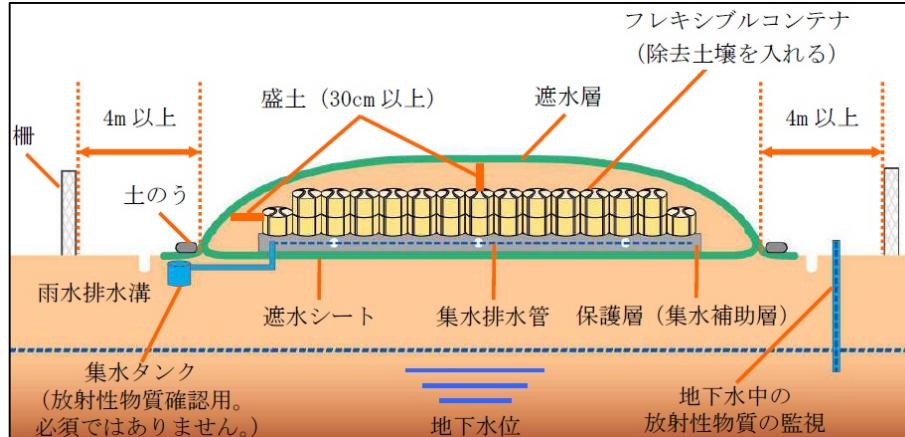
その場合でも、現場保管 仮置場 中間貯蔵 最終処分という廃棄物を3回も移動させる管理プロセスを踏む必要があるのかどうか、合理的な保管・処分方策の検討が必要と思われる。

2.5 除染廃棄物等の仮置き場保管とは

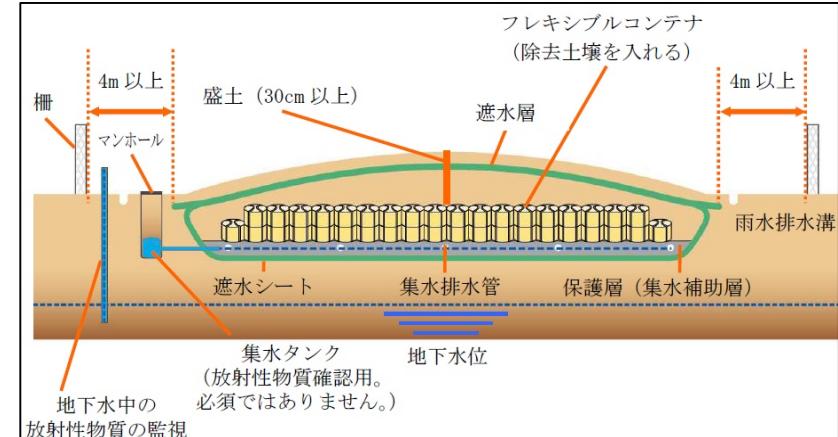
仮置き場の定義と安全確保対策

- 仮置き場とは、除染で除去された土壤・廃棄物を、一時的に置く施設であり、福島県の場合は、中間貯蔵施設が供用可能になれば、徐々に搬出して施設を解消し、跡地は元の状態に復旧する。
- 仮置き場における保管期間は約3年間を目処としている。
- 仮置き場の安全確保対策として、特措法では、保管中の除去土壤の飛散・防止流出(覆土・容器に収納)、雨水等の流入防止(雨水浸透防止シート等)、地下汚染防止措置(遮水シート等)、放射線防護措置(立入防止等)、火災防止対策(可燃性廃棄物の保管時)などが義務付けられている。

2.6 除染廃棄物等の仮置き場保管の事例



地上設置式の仮置き場の例



地下設置式の仮置き場の例



出典：上の2図；環境省の除染関係ガイドライン(第2版2013年5月)より引用

下の2写真は、除染モデル実証事業等の成果報告会資料(内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構 平成24年3月26日) 27

2.7 除染廃棄物等の仮置き場設置の現況

- 福島の除染で発生した除去土壤等の仮置き場の設置箇所数は、468箇所であり、設置を進めてはいるが、住民の同意を得るために時間を使い、設置が遅れている自治体もある。除染を円滑に進める上で不可欠な仮置き場の設置を迅速に進めるには、周辺住民の理解と協力を得ることが重要な課題となる。

主な福島県内市町村の仮置き場設置状況(2013年4月30日現在)

市町村	除去土壤等の搬入が完了した仮置き場	除去土壤等を搬入中の仮置き場	場所は決定しているがまだ搬入されていない仮置き場	その他の仮置き場
福島	0	1	5	1
二本松	99	4	33	5
伊達	4	75	1	42
田村	0	0	39	0
郡山	0	0	0	0
須賀川	0	1	6	25
南相馬	2	4	2	0
いわき	0	2	13	0

出典:2013年8月29日福島県発表(2013/08/30 福島民報記事)

2.8 仮置き場設置に関する課題

仮置き場の設置は、一部の市町村を除いて、円滑には進められていない。それが除染の実施が遅れている一つの要因。

仮置き場の設置が難航している要因としては、生活圏の近くに仮置き場が設置されることに対して周辺住民の同意が得られにくいことが挙げられ、設置を進めるためには、住民の理解と協力が不可欠である。

- 市町村あるいはコミュニティ毎に確保することが基本
 - 地元調整は、困難な場合が多い
 - 中間貯蔵の見通しが不明で、最終処分場となる不安
 - 安全性、信頼性に不安 ←→ (過剰な設備は対応できない)
 - 場所選定の理由(「他に場所はないのか?」「なぜここか?」、「国有林等はダメなのか?」)
 - 地権者の連絡困難、借地料以上の見返り
 - 水系、運搬等における影響(下流域への影響、交通混雑、道路汚染)
- 確保難ゆえ、除染の際の土壤・廃棄物の発生抑制が重要
 - 汚染状況等に応じた除染手法の採用
 - 仮設焼却炉等の設置・運用による減容化(焼却して灰に)の促進

2.9 中間貯蔵施設の概念

(1) 中間貯蔵施設の位置付け

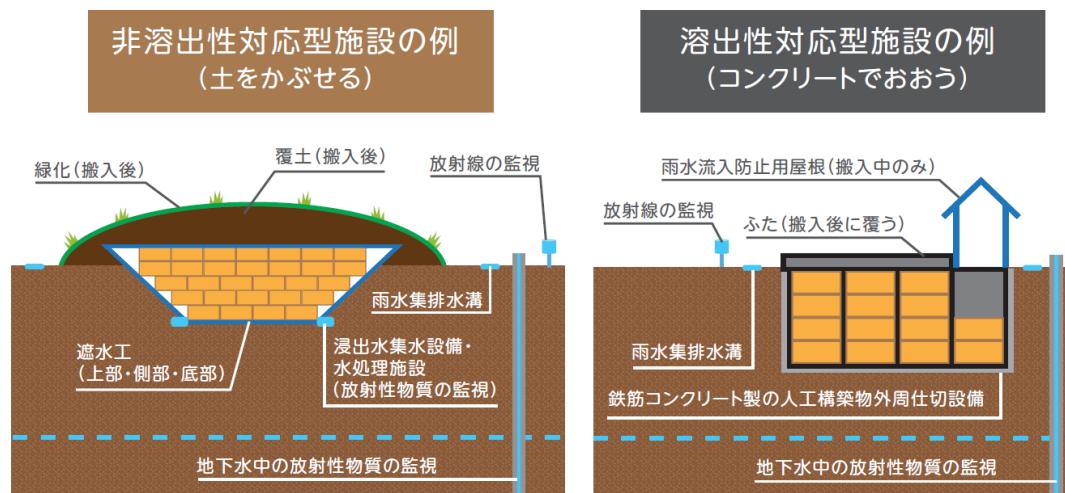
- 除染に伴う土壌・廃棄物、及び一定程度以上に汚染されている指定廃棄物は、今後の除染活動の進展に伴って大量に発生してくるもと思われる。このような大量の除去土壌等の取扱いについては、国の方針では、量が膨大であって、現時点では明確な最終処分の方向性が定まっていないことから、これを一定の期間、安全に集中的に管理・保管することとし、そのための施設を、**中間貯蔵施設**と位置付け、福島県内にのみ複数基設置して、その運用を行うこととしている。

注) 指定廃棄物: 放射能濃度が8,000Bq/kgを超える除染廃棄物等で通常の管理型処分場における処分はできないもの

2.10 中間貯蔵施設の概念 (1) 中間貯蔵施設のイメージ

現在計画されている中間貯蔵施設のイメージを下図に示す。図右の「溶出性対応型施設」は、焼却灰・飛灰等のように焼却処分により放射性物質が濃縮され、放射能濃度が高く、かつ放射性セシウムが溶出する可能性がある除染廃棄物等を中間貯蔵するための施設であり、コンクリート製のピット(人工構築物外周仕切設備)により、敷地境界において法令で定められた空間線量率以下を維持するために必要な放射線の遮蔽を達成するとともに、保管期間中は放射性物質を施設内に閉じ込め、施設の外へ漏出させないための機能を有する施設である。

図左の「非溶出性対応型施設」は、比較的汚染度の低い地域の除染によって生じた除去土壌等を中間貯蔵する施設であり、施設の地表露出部を覆土して覆うことにより放射線の遮へいを達成するとともに、除去土壌等が雨水や地下水と接触して放射性物質が漏出することを防止あるいは極力低減するために遮水工(遮水シートを含む)などを施工した施設である。



2.11 国の中間貯蔵施設の設置計画及び進捗状況

(1) 候補選定の要件

- 設置候補地として、
 - ① 除染に伴う土壤や廃棄物の搬入、分別、減容化、貯蔵等に必要な敷地面積を確保すること
 - ② 各地から除染土壤や指定廃棄物等を効率的に搬入するため、これらが大量に発生する地域になるべく近いこと
 - ③ 主要幹線道路(国道6号線、常磐道)へのアクセスが容易であること。
 - ④ 地震や津波、地滑りなどの自然災害に備えるため、断層や浸水域、
地滑り地、軟弱地盤を避けること
 - ⑤ 河川の流れの変更等を最小限とすること

の他、設置自治体の負担を軽減することや搬入車両による交通渋滞を防止することも踏まえ、

 - ① 双葉町の福島第一原子力発電所北側
 - ② 大熊町の福島第一原子力発電所南側
 - ③ 楢葉町の福島第二原子力発電所南側

を選定。
- この中から以下の要件を考慮し、現段階における調査候補地としている。
 - ① 谷地形や台地・丘陵地などの原地形の有効活用
 - ② 既存施設の利活用
 - ③ 防災にも資する箇所の活用

2.12 国の中間貯蔵施設の設置計画及び進捗状況 (2) 中間貯蔵施設立地に向けた最近の動き

平成23年10月 環境省が中間貯蔵施設等の基本的考え方(ロードマップ)を策定・公表し、県内市町村長に説明

※ 主な内容

- ・ 中間貯蔵施設の確保及び維持管理は国が行う
- ・ 仮置場の本格搬入開始から3年程度(平成27年1月)を目途として施設の供用を開始するよう政府として最大限の努力を行う
- ・ 福島県内の土壤・廃棄物のみを貯蔵対象とする

平成23年12月 双葉郡内での施設設置について、福島県及び双葉郡8町村に検討を要請

平成24年 3月 福島県及び双葉郡8町村に対し、3つの町(双葉町、大熊町、楢葉町)に分散設置する考え方を説明し、検討を要請

平成24年 8月 福島県及び双葉郡8町村に対し、中間貯蔵施設に関する調査について説明し、検討を要請

平成24年11月 福島県及び双葉郡町村長の協議の場において、福島県知事から、地元への丁寧な説明等を条件として、調査の受入表明

平成25年 4月 現地踏査開始(楢葉町、大熊町)

平成25年 5月 ポーリング調査開始(大熊町)

平成25年 6月 中間貯蔵施設の調査について町長及び町議会に説明(双葉町)

平成25年 7月 ポーリング調査開始(楢葉町)

平成25年 8月 中間貯蔵施設の調査について関係行政区住民に説明(双葉町)

平成25年6~9月 中間貯蔵施設安全対策検討会及び同環境保全対策検討会における検討

出典: RADIEX2013 国際フォーラム,環境省顧問南川秀樹氏「福島における除染事業及びそれに関する諸対策の展開」講演資料 2013.9.25 33



3. 除染廃棄物等の発生量・処分量 の抑制方策とその方策の安全性の 評価について

3.1 福島の環境修復に関する様々な重要課題の中で、除染廃棄物等の発生量抑制も重要な課題

除染の円滑な実施や仮置場設置等には住民の理解と協力を得ることが不可欠。

一方、住民の方々が連携して自主的・積極的に除染活動等に参加することも有効

自治体等の粘り強い対話活動 / 地域コミュニティの形成

原子力学会等の関連する専門家集団の協力・支援

農地、学校等公共施設、道路、市街地、宅地周辺森林等の除染の実施及び現場保管/仮置場保管等による安全な一時保管の遂行

環境修復の進展に伴って出てくる重要課題

福島の環境修復で発生し、中間貯蔵施設で、約30年間保管することになる除染廃棄物等の量は、**国の試算¹⁾**では、1,500万m³～2,800万m³にも達するとの予測。●**発生量の抑制(発生させないことも含む)**も重要な課題

1)の出典：中間貯蔵施設安全対策検討会(第1回)，資料4「中間貯蔵施設の概要」(環境省 平成25年6月28日)

3.2 福島における環境修復の課題を理解する参考資料

1500万m³～2800万m³に及ぶ除染廃棄物等の埋設処分がいかに困難な事業であるかを示す低レベル放射性廃棄物の処分事例

・左側1号埋設施設
設計容量20万本
(200 ドラム缶相当)
受入開始1992年
2013年9月末埋設量
147,187千本(約2.94万m³)

・右側2号埋設施設
設計容量20万本
(200 ドラム缶相当)
受入開始2000年
2013年9月末埋設量
109,432本(約2.19万m³)

1号2号合計(約5.13万m³)



JNFL 六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター
(2010年撮影、同社ホームページ公開資料)

3.3 除染廃棄物等の発生量の低減化という課題に対する要件

- ・迅速・効果的に空間線量率を下げると同時に除染廃棄物等の発生量を抑制できる(あるいは発生させない)環境修復技術の探索・開発・推奨及び採用促進へ向けた取り組み
- ・上記修復法の採用時に短期的には遮蔽や距離の確保において国基準 1mSv/y をクリアできること、中長期的にみても、公衆の被ばく線量は国基準や国際基準等に照らして十分に低くなることを住民によく説明し、理解してもらうこと。
- ・上記修復法採用の場合の安全性を説明する資料の整備

3.4 課題解決へ向けたJANSIの取り組み

JANSI内に平成23年に設置した福島環境修復有識者検討委員会を平成24年度は4回開催し、以下の調査・検討結果を審議して成果を取りまとめ、JANSIのホームページに掲載。

国内外の環境修復技術を安全性と合理性の観点から比較検討し、福島への適用性(廃棄物発生量の低減化を含む)が高いと考えられる環境修復法の事例を選定

環境修復後の土地において、生活や農業を営む場合の安全性を確認(被ばく線量が基準以下に抑えられること)するための安全評価手法の調査・検討

の安全評価手法の有効性を調べるため、で選定した合理的な修復法を採用した修復地において、居住、農耕、農産物摂取等が行われることを想定した被ばく線量評価の予察的な解析の実施

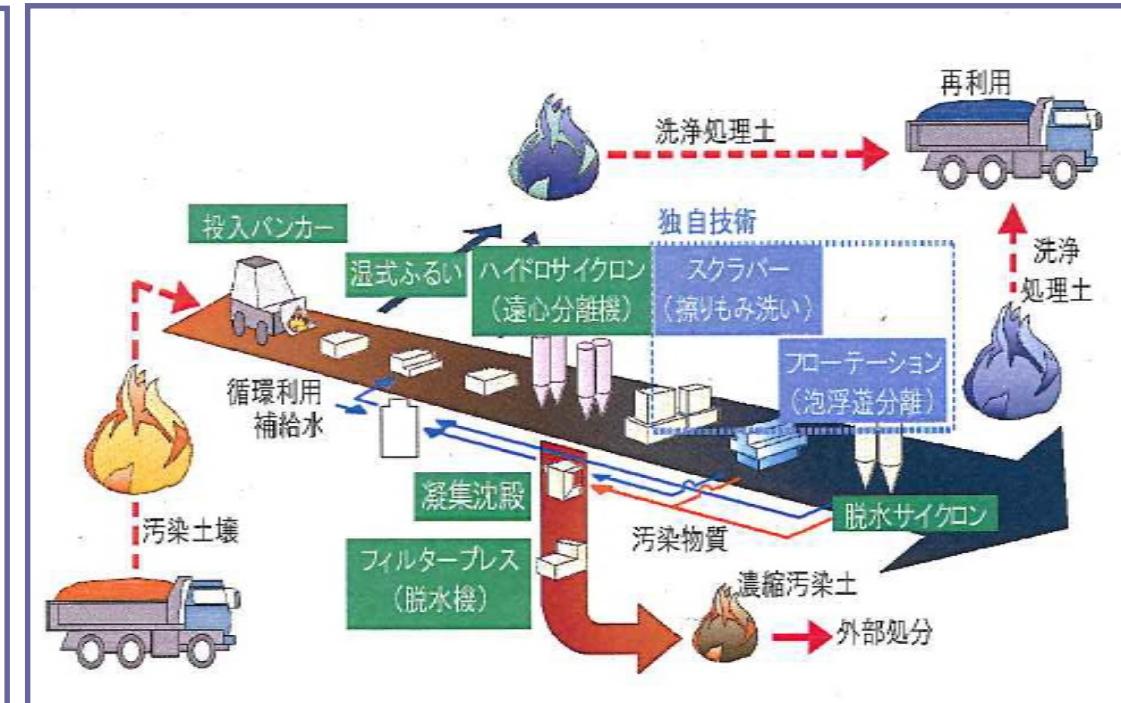
3.5 福島の低濃度汚染地への適用性が高い修復技術の選定例

修復方法	環境修復技術名称	具体的な技術の例
土壤汚染の除去	表土の削り取り	トラクタによる碎土の後、バックホーで掘削 固化剤を用いた表層除去工法
	荒かき(水による土壤搅拌・除去、 水田にのみ適用)	バーチカルハローによる表層搅拌 二次処理として汚染水のセシウム除去技術
	土壤洗浄(表土の削り取り後の土木・鉱山技術による処理)	洗浄・分級 土壤の希酸洗浄とCsの吸着除去
被ばく経路の遮断	天地返し(入換)	バックホーで掘削、埋め戻し(汚染土壤を下層に、 クリーン土壤を表層に埋め戻す)
	反転耕(搅拌・入換)	プラウ反転耕(30 ~ 60cm)
	深耕(搅拌・希釗)	ロータリーにより深耕(作土層の倍程度まで深掘り)
移行低減栽培技術	施肥	カリウムが不足している場合にカリウム施肥
	吸着性の物質の投与	セシウムの吸着性の高い粘土分が少ない場合に ゼオライトを投与
休耕田での措置	覆土	バックホーでの覆土(10 ~ 30cm)
	土壤の入換え	休耕田と他の耕地との土壤の入換え
	ファイトレメディエーション	高セシウム吸収作物栽培、汚染植物の処理技術
汚染の流入・拡大防止	吸着性の物質の投与	取水口付近でゼオライトを投与
	畦道、用水路の除染	表土の削り取り、底泥の除去等

3.6 除去した汚染土壤を減容化し、処分量を抑制する事例 土壌洗浄法¹⁾(表土の削り取り後に土木・鉱山技術により処理)

・第1段のハイドロサイクロンを用いる洗浄分級により、放射性Cs濃度の高い細粒分を除去する。

・次に擦りもみ洗い機(スクラバー)により、粗粒土壤に頑固に付着しているCsを剥ぎ取り、それを浮遊選別法により浮上分離し、Csの濃縮残渣として回収する。

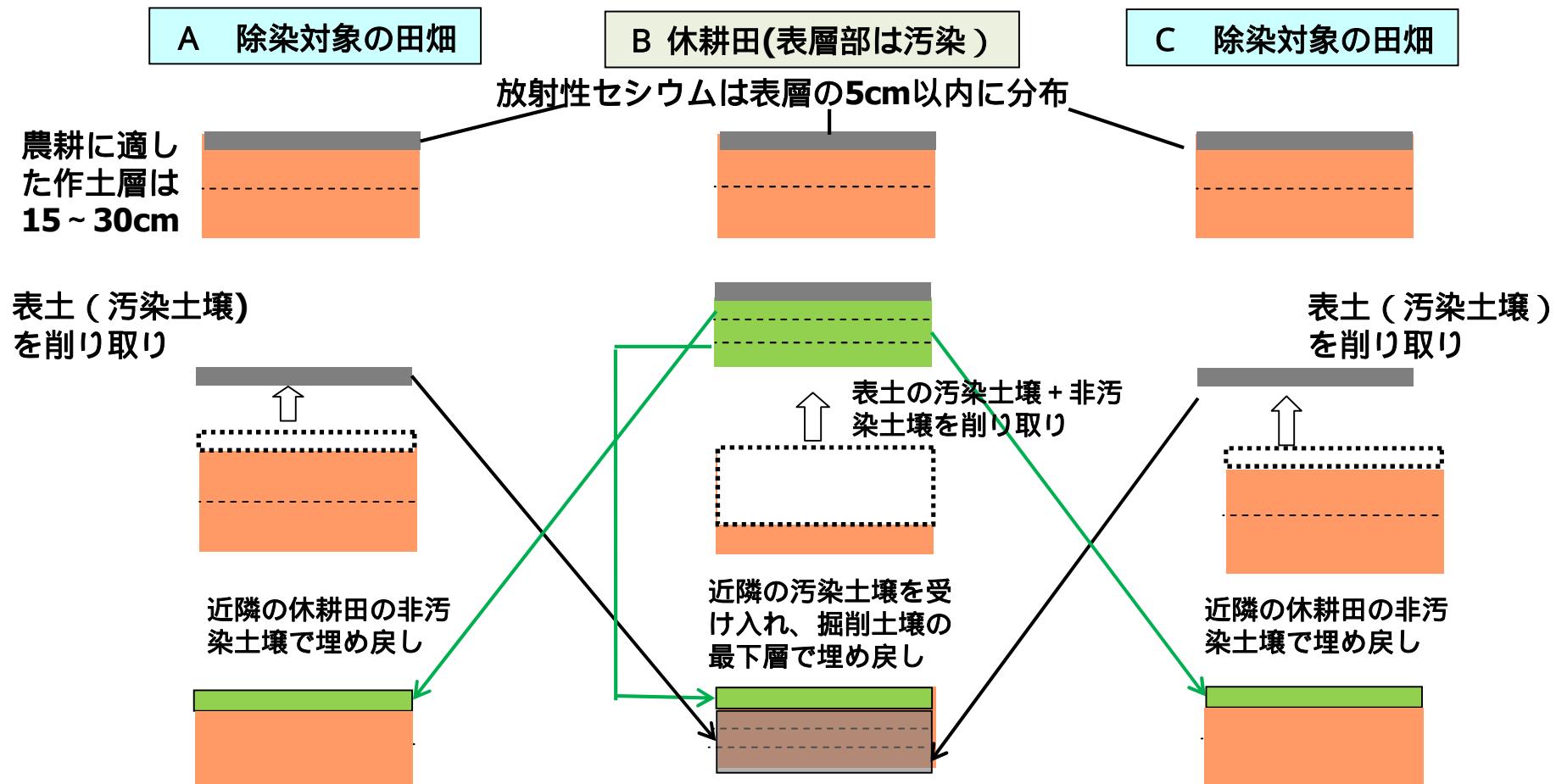


・この方法で最終処分する廃棄物を1/3～1/4に減容し、洗浄済み土壤は、埋立材などへの再利用化を図る方策を検討する。

出典 1):平成23年度 環境省 除染技術実証事業成果報告より(清水建設(株)が福島県広野町で実施)

3.7 休耕田を活用する汚染土壤を発生させない修復法の事例

汚染した休耕田等の下層部(汚染のない層)の土壤を耕作中の田畠の表層汚染部と交換し、そこで農耕を可能にすると同時に全体の表層部を除染する修復法(“天地返し”と“客土法”的合わせ技)



3.8 除去土壤の減容化による修復廃棄物量抑制の試算

除去土壤の汚染度 による区分 放射能濃度/ 土量/減容化方策等	汚染度が低い 除去土壤	汚染度がやや 低い除去土壤	汚染度がやや高 い除去土壤	汚染度が高い 除去土壤
	~8千Bq/kg	8千Bq/kg ~3万Bq/kg	3万Bq/kg ~10万Bq/kg	10万Bq/kg ~
特措法施行時 (H23.1.1)の濃度	~3千Bq/kg	3千Bq/kg ~8千Bq/kg	8千Bq/kg ~3万Bq/kg	3万Bq/kg ~
中間貯蔵の開始から 30年後(H57.1.1)の濃度	除染時の除去土壤発生量を低減			
減容化の方策		最終処分の対象とする除去土壤の量を低減		
減容化の技術	天地返し、 土壤の入れ替え	時間経過に伴う濃度の減衰を管理	分級・洗浄法等	熱・化学処理等
対象 土量	福島県外	1,300万m ³	-	-
	福島県内	800万m ³	1,500万m ³	250万m ³
減容化の対象土量 (この検討での仮定)	可能な範囲	全量を対象	対象 200万m ³ 対象外 50万m ³	対象 200万m ³ 対象外 50万m ³
減容化後の最終処分 の対象土量	福島県外は少量の 管理型処分 福島県内は少量	0m ³	90万m ³ (内, 減容化後の高濃度残渣40万m ³)	60万m ³ (内, 減容化後の高濃度残渣10万m ³)
課題	除去しない場合の 安全性の確認とそ の説明	減衰後の低濃度土 壤の扱い	減容化後の低濃度土壤の扱い 高濃度残渣の扱い 残された150万m ³ のさらなる低減	

3.9 環境修復における安全評価手法の検討(1)

●修復後の安全性の評価方法の参考となる評価の事例

■クリアランスレベル導出時の評価手法

- 埋立処分シナリオ
- 再利用シナリオ

■浅地中トレンチ処分の安全評価手法

- 操業シナリオ
- 地下水移行シナリオ
- 土地利用シナリオ(跡地利用シナリオ)

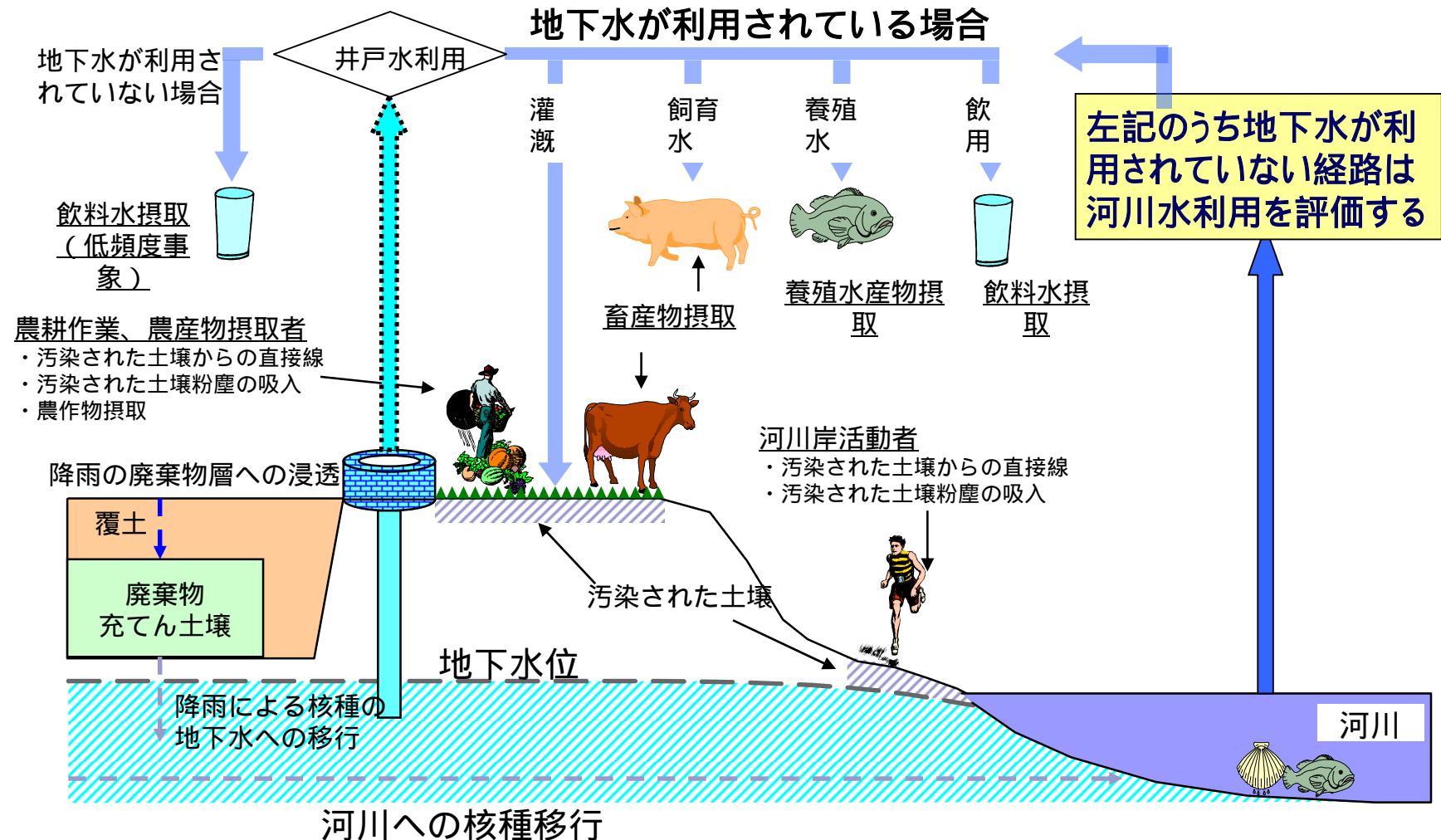
■災害廃棄物の処理処分における評価シナリオ

- 解体・分別シナリオ
- 再利用シナリオ
- 埋立処分シナリオ
- 焼却処理シナリオ

■放射性物質が生活環境に近い状態にあることを想定した安全評価事例

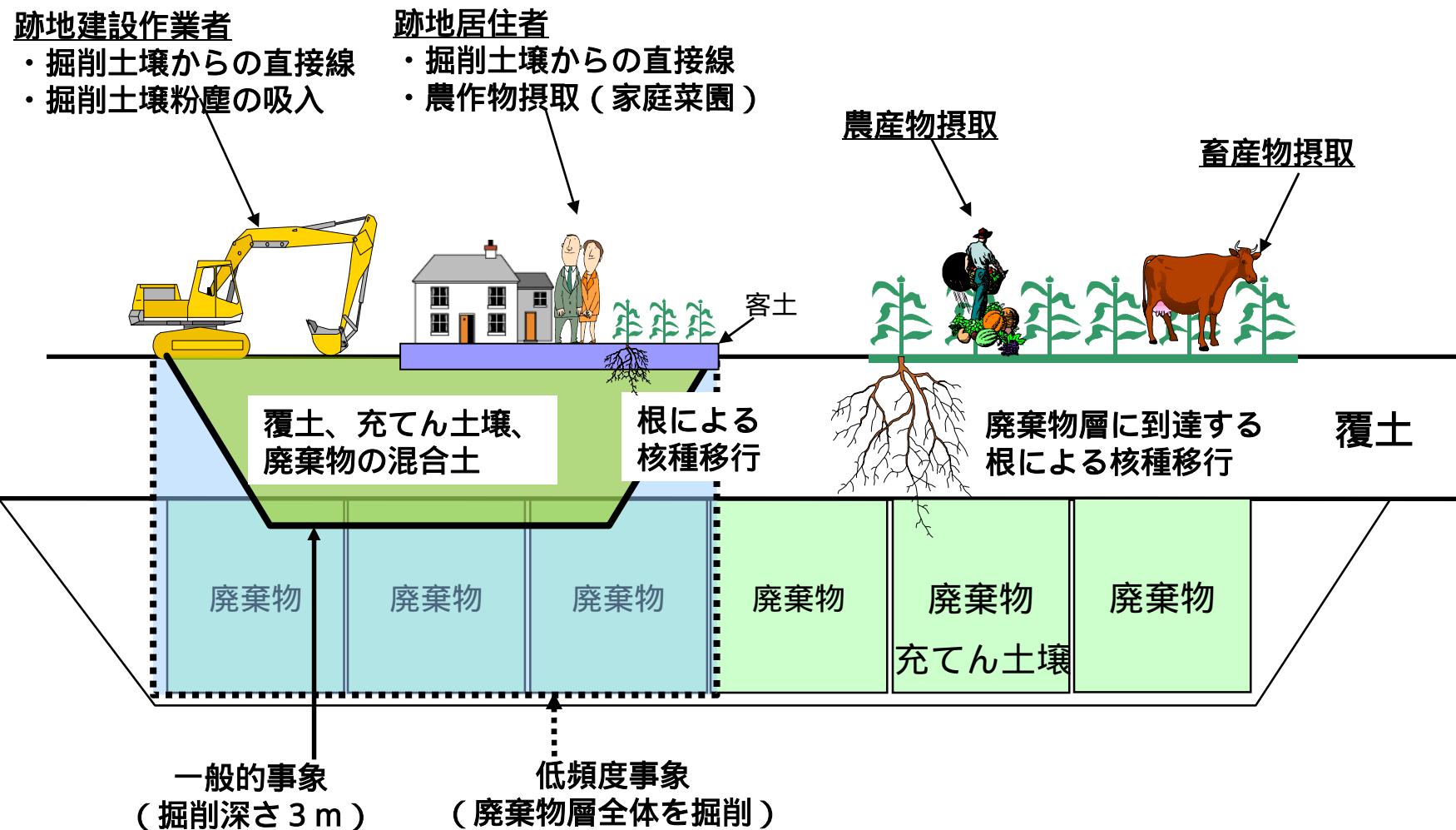
3.10 環境修復における安全評価手法の検討(2)

●低レベル放射性廃棄物の浅地中トレーンチ処分の地下水移行シナリオにおける被ばく経路の参考例



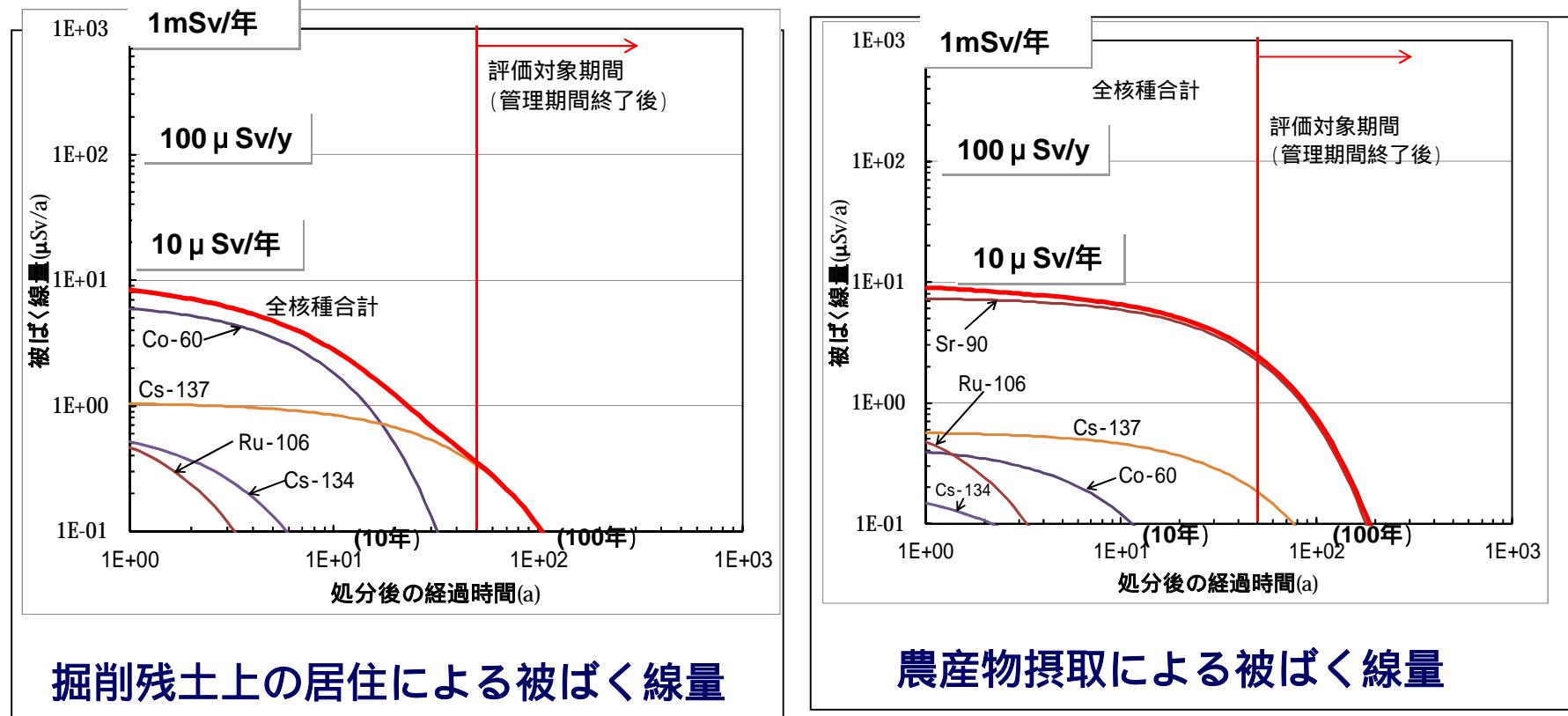
3.11 環境修復における安全評価手法の検討(3)

・浅地中トレーンチ処分の跡地利用シナリオにおける被ばく経路の参考例



3.12 環境修復における安全評価手法の検討(4)

➡ トレンチ処分の安全評価事例



基本土地利用シナリオにおける被ばく線量¹⁾

出典1): 原子力学会標準「トレンチ処分の安全評価手法:2013」附属書J(参考)
土地利用シナリオの線量評価例 (2013年9月20日制定)

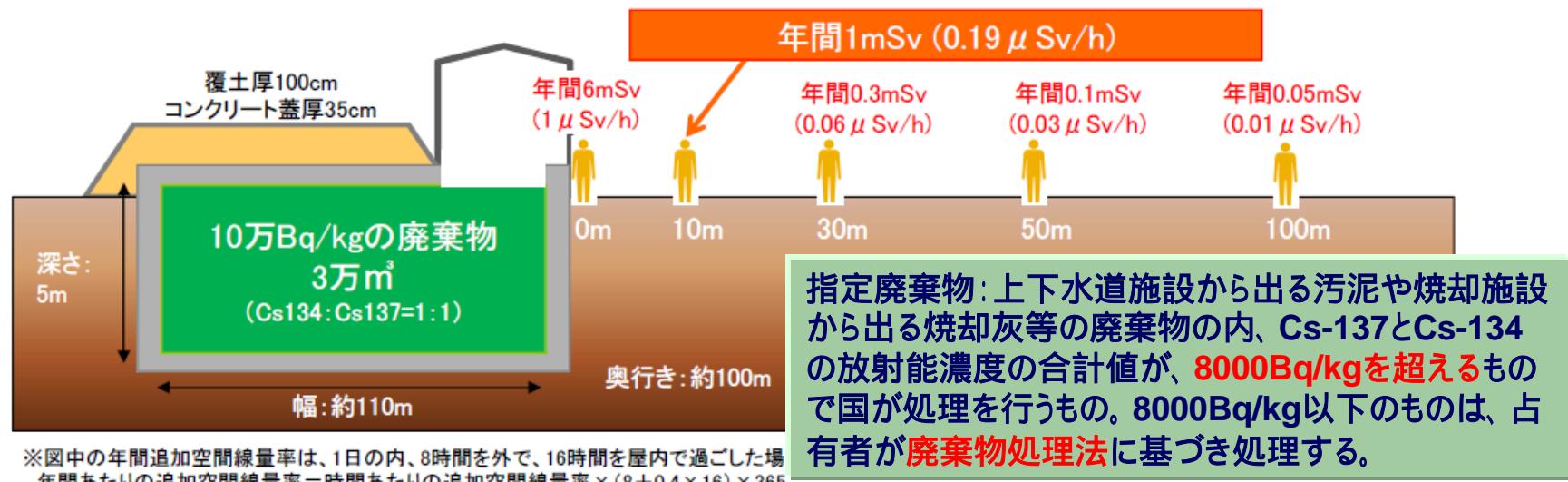
3.13 環境修復における安全評価手法の検討(5)

◆指定廃棄物の処分場操業中のひばく線量評価の例¹⁾

- ◆以下の図は、「埋立中」における、埋立区画端からの距離毎の空間線量率のシミュレーションの結果です。
- ◆埋立中においては、敷地境界で周辺公衆の追加被ばく線量が年間1mSv(0.19 μ Sv/h)を超えないようにすることとされています。敷地境界線を埋立区画端から10m以上することによって、周辺公衆の追加被ばく線量の年間1mSvを下回ります。

■シミュレーション計算条件の設定

- ・10万Bq/kgを3万m³埋立(Cs₁₃₄:Cs₁₃₇=1:1と仮定)
- ・廃棄物の上には、厚さ35cmのコンクリート蓋、厚さ100cmの土壌の覆い
- ・建屋を設置(幅3000cm×奥行き3600cm×高さ1250cm、屋根の厚さ:0.1cm、壁の厚さ:0.035cm、材質:鉄7.9 g/cm³)



3.14 環境修復における安全評価手法の検討(6)

環境修復作業前後の汚染土壤の状態とひばく経路

1. 汚染土壤が元の場所に残留する場合

- ・現汚染の状態又は除染作業実施後に汚染の一部が残留する状態
- ・天地返し完了後の状態
- ・深耕完了後の状態
- ・地下への埋設を完了した状態

2. 上記1の状態において想定される被ばく経路

- ・自然状態及び除去後とも表面近傍の濃度は高いと考えられるが深度方向分布はばらつきが考えられる。
- ・外部被ばく
 - 地表数cmに放射性物質が存在する場合の無限平板からの外部被ばく
 - 地表15cmに放射性物質が存在する場合の無限平板からの外部被ばく
(農地の場合)
- ・内部被ばく経口摂取被ばく
 - 吸入被ばく
 - ダスト浮遊時の吸入被ばく
- 経口摂取被ばく
 - 農作物に経根吸収された場合の被ばく
 - 近傍河川に流入した場合の河川水飲用、水産物摂取による被ばく

3.15 安全評価手法の有効性を確認するための事例解析

➡当面、予察的な解析を行うこととし、以下の条件を設定

(1) 安全評価の対象となる環境修復地のモデルとしては、汚染土壤を移動させない以下の比較的簡便な修復法が採用された農地とした。

- ・天地返し完了後の跡地
- ・反転耕完了跡の跡地
- ・深耕完了後の跡地

➡農地選定の理由：農地においては、居住、農耕、農産物自給摂取、畜産物自給摂取などの代表的な被ばくシナリオが想定される。

2)想定される被ばく経路としては、以下を設定

- ・外部被ばく：地表数cm又は地表15cm(農地)の土壤層に放射性物質が存在する場合の無限平板からの外部被ばく
- ・内部被ばく(吸入被ばく)：ダスト浮遊時の吸入被ばく
- ・経口摂取被ばく：農作物に経根吸収されたものを食用にした場合の内部被ばく、及び近傍河川に流入した場合の河川水飲用、水産物摂取による内部被ばく

3.16 天地返し・深耕・反転耕における外部被ばくと内部被ばく



・天地返し
外部被ばく

数10cmの天地返しでは、下層の線源からの寄与が2桁程度低下するので、表面での残存汚染が支配的に成る可能性が高い。

吸入被ばく

下層の線源からの寄与がないので、表面での残存汚染で決まる。

両方とも修復後の表面近傍の土壤濃度が支配的

・深耕

外部被ばく

深耕による表面近傍の濃度の低下にはほぼ比例して
外部被ばく線量が低下する。

吸入被ばく

平均化された後の表面での残存汚染で決まる。

両方とも修復後の表面近傍の土壤濃度が支配的

・反転耕

天地返しと深耕の中間的な位置付けの修復法。地表部に汚染土の一部が残る。



表層部に汚染なし



表層部に1割程度
の汚染土が混入



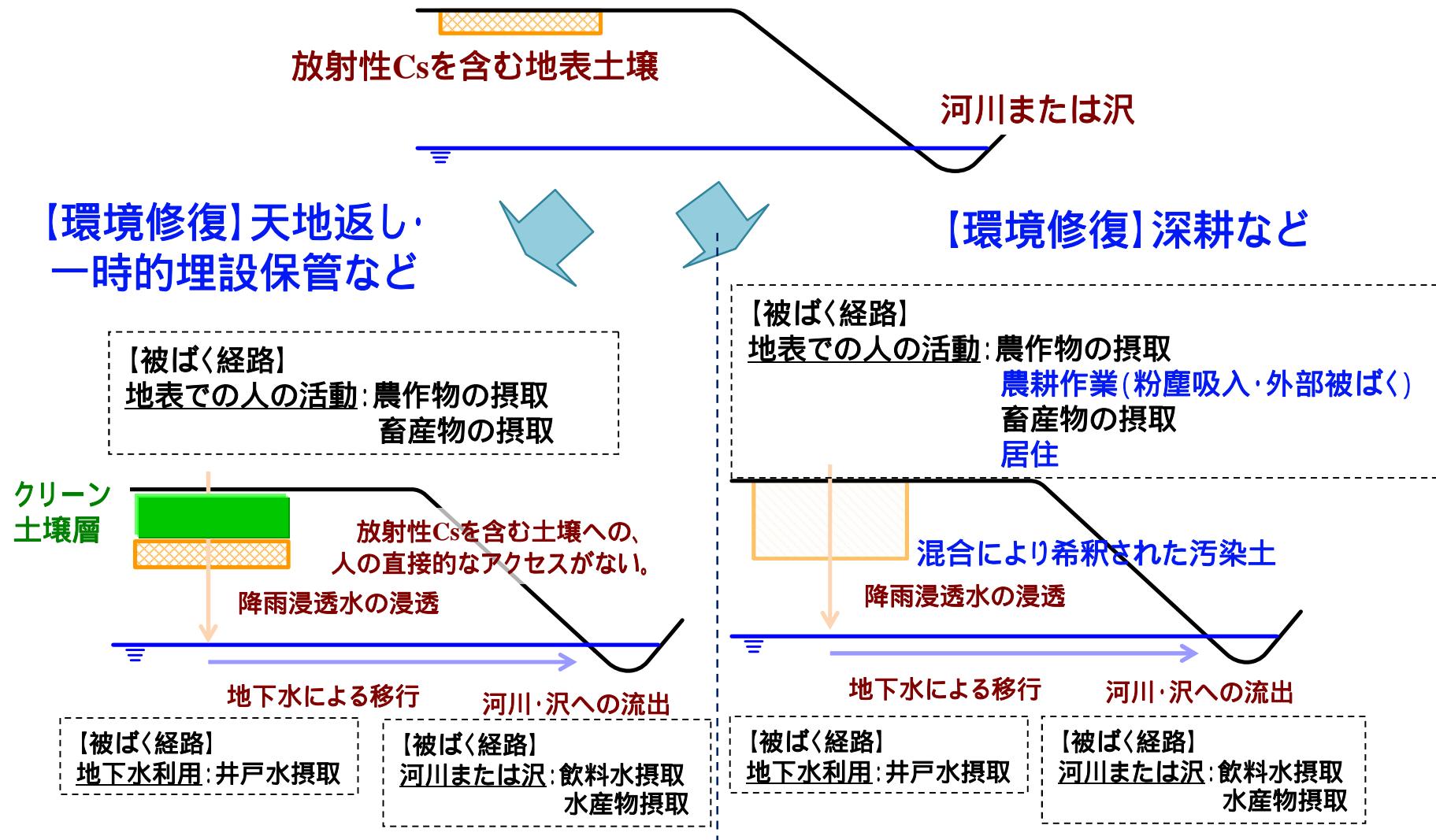
希釈された汚染土
壤が全体に分布



プラウによる反転耕

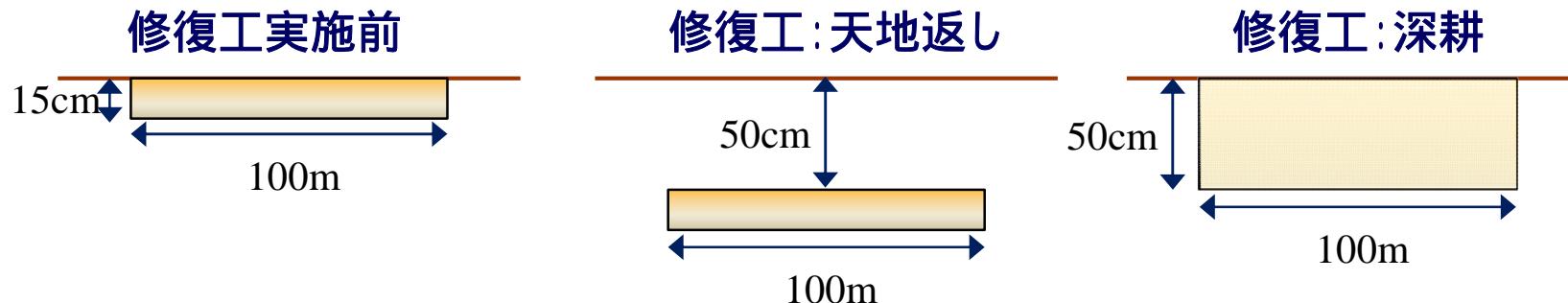
3.17 環境修復法別の被ばく経路の検討

➡ 地表面に汚染土壌が残存しない場合と残存する場合の比較



3.18 評価事例モデルの修復方法(規模)と評価パラメータの設定

【修復工の概念図】



【主な評価パラメータの設定】

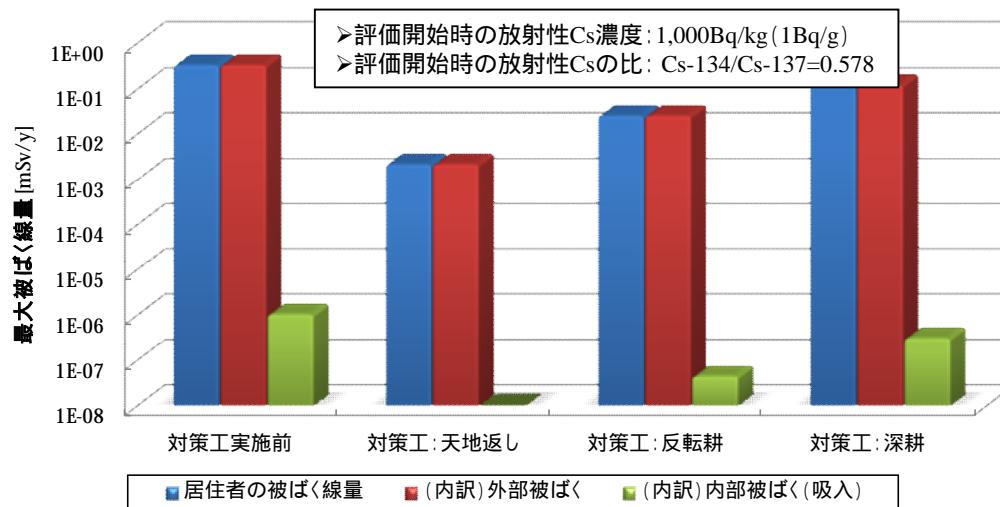
- 対策対象地の規模: $100\text{m} \times 100\text{m} \times 0.15\text{m}$ (Csの分布深さ15cm)
- 対宅対象地でのCs濃度: 1Bq/g。ただし、 $\text{Cs-134}/\text{Cs-137}=0.578$ 。
(有識者検討委員会での検討を参考に、H25.1.1の濃度比を設定。)
- 「修復工: 天地返し」の深さ(覆土厚さ): 50cm
- 「修復工: 深耕」の深さ(掘削深さ): 50cm
(修復工実施前、実施後ともに、Csは土壤内に均一に分布していると想定。)
- Csの放出率: 0.01
- Csの土壤の分配係数: $0.27\text{m}^3/\text{kg}$ 、降雨浸透水量: $0.4\text{m}^3/\text{m}^2/\text{y}$ 、
- 地下水流速: 1m/day

3.19 3種類の修復工を実施した場合の修復地におけるひばく線量の解析結果例（その1：居住シナリオ）

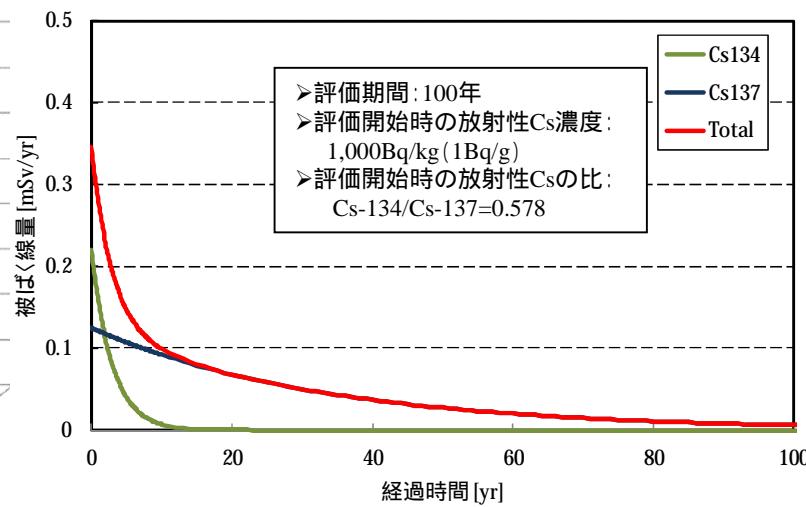
汚染土壤及びその修復地に居住する居住者の被ばく [mSv/y]				
被ばく経路	対策工実施前	天地返し	反転耕	深耕
居住者の被ばく線量の比	1	0.0066	0.075	0.37
居住者の被ばく線量	3.5E-1 (3.5×10^{-1})	2.3E-3 (2.3×10^{-3})	2.6E-2 (2.6×10^{-2})	1.3E-1 (1.3×10^{-1})
(内訳) 直接線による外部被ばく線量	3.5E-1	2.3E-3	2.6E-2	1.3E-1
(内訳) 土壤粒子の吸入による内部被ばく線量	1.1E-6	0	4.6E-8	3.2E-7

- 評価開始時の放射性Cs濃度: 1,000Bq/kg (1Bq/g)
- 評価開始時の放射性Csの比: Cs-134/Cs-137=0.578
- 「居住者の被ばく」 = 「直接線による外部被ばく」と「土壤粒子の吸入による内部被ばく」の合計

3.20 3種類の修復工を実施した場合の修復地におけるひばく線量の解析結果例（その1：居住シナリオ-続き）



対策工ごとの被ばく線量との被ばく線量の内訳
(居住者の被ばく線量)



被ばく線量の経時変化(居住者の被ばく線量)
(対策を実施しない場合の経年変化)

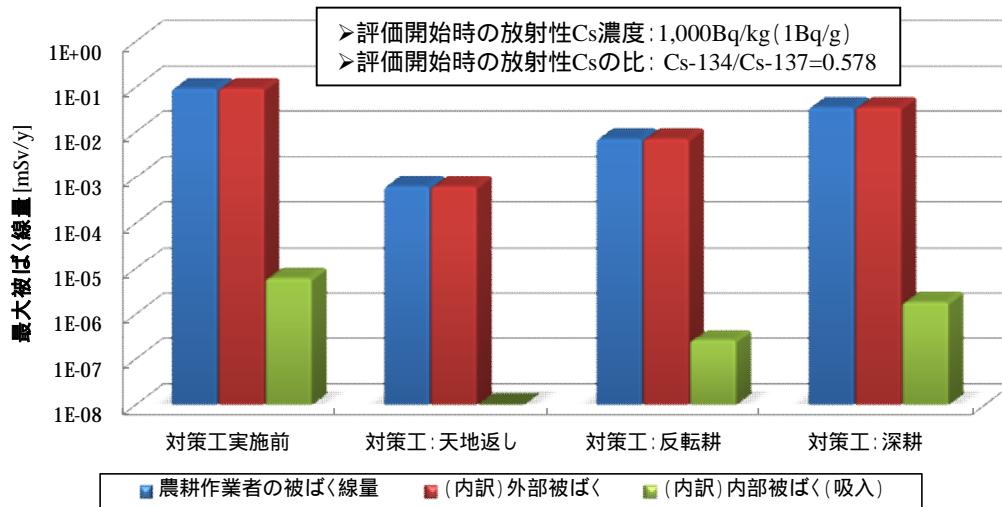
居住者の被ばく = 居住による外部被ばく線量 + 土壌粒子の吸入による内部被ばく

- 被ばく線量は外部被ばく線量が支配的である。
- 放射性Csの減衰により、時間が経過するほど被ばく線量は小さくなる。
- 天地返しでは、地表土壤に放射性Csが存在しないことから、吸入による被ばくは発生しない。
- 反転耕では、地表に放射性Cs濃度の小さい土壤が存在するため、被ばく線量が天地返しよりは高く、深耕よりは低くなる。

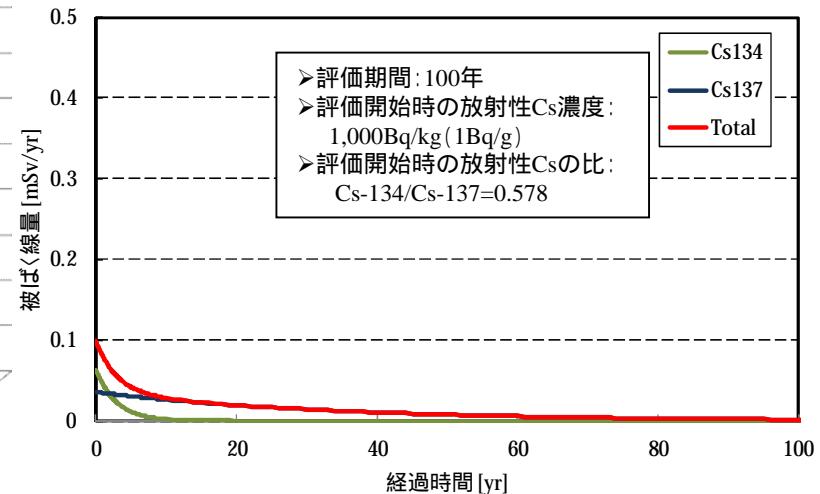
3.21 3種類の修復工を実施した場合の修復地におけるひばく線量の解析事例（その2：農耕シナリオ）

汚染土壤及びその修復地での農耕による農耕作業者の被ばく [mSv/y]				
被ばく経路	対策工実施前	天地返し	反転耕	深耕
農耕作業者の被ばく線量の比	1	0.0066	0.075	0.37
農耕作業者の被ばく	9.9E-2	6.5E-4	7.4E-3	3.6E-2
(内訳) 直接線による外部被ばく	9.9E-2	6.5E-4	7.4E-3	3.6E-2
(内訳) 土壤粒子の吸入による内部被ばく	6.4E-6	0	2.7E-7	1.9E-6
➤評価開始時の放射性Cs濃度: 1,000Bq/kg (1Bq/g) ➤評価開始時の放射性のCs比: Cs-134/Cs-137=0.578 ➤「農耕作業者の被ばく」 = 「直接線による外部被ばく」と「土壤粒子の吸入による内部被ばく」の合計				

3.22 3種類の修復工を実施した場合の修復地におけるひばく線量の解析事例（その2：農耕シナリオ-続き）



対策工ごとの被ばく線量と被ばく線量の内訳
(農耕作業者の被ばく線量)



被ばく線量の経時変化(農耕作業者の被ばく線量)
(対策実施前)

農耕作業者の被ばく = 農耕作業による外部被ばく線量 + 土壌粒子の吸入による内部被ばく

- 被ばく線量は外部被ばく線量が支配的である。
- 放射性Csの減衰により、時間が経過するほど被ばく線量は小さくなる。
- 天地返しでは、地表土壤に放射性Csが存在しないことから、吸入による被ばくは発生しない。
- 反転耕では地表に放射性Cs濃度の小さい土壤が存在するため、被ばく線量が天地返しよりは高く、深耕よりは低くなる。

3.23 3種類の修復工を実施した場合の修復地における ひばく線量の解析事例（その3：農産物摂取シナリオ）

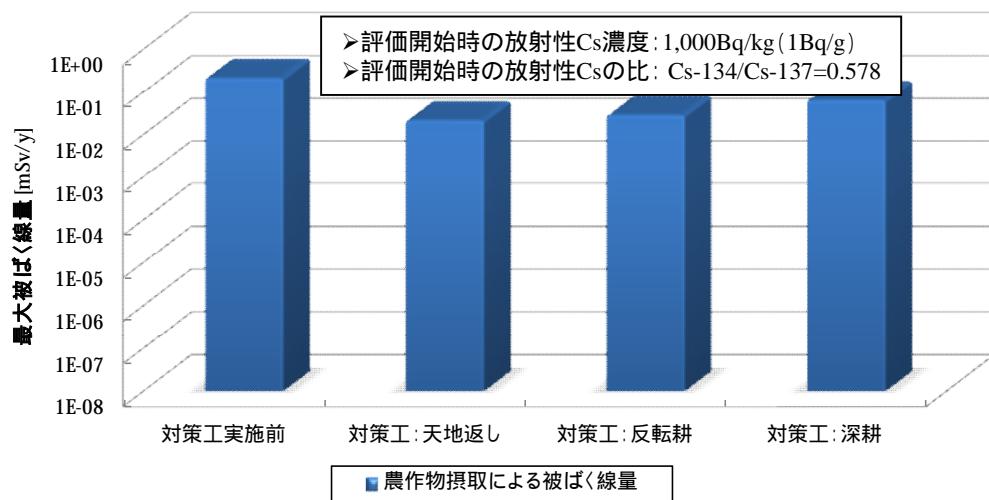
汚染土壌及びその修復地で栽培された農作物を摂取することによる被ばく [mSv/y]				
被ばく経路	対策工実施前	天地返し	反転耕	深耕
農作物の摂取による 内部被ばく線量の比	1	0.10	0.13	0.30
農作物の摂取による 内部被ばく線量	2.2E-1	2.2E-2	2.9E-2	6.6E-2

▶評価開始時の放射性Cs濃度: 1,000Bq/kg (1Bq/g)
 ▶評価開始時の放射性Csの比: Cs-134/Cs-137=0.578
 ▶『農作物』 = 汚染土壌またはその修復地で栽培された農作物

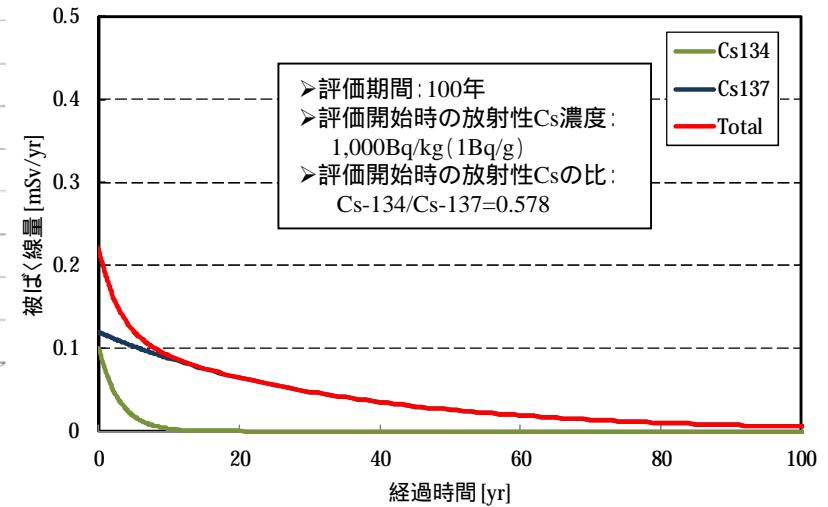
農作物のCsの経根吸収割合について、以下の様に設定する。

- ▶対策工実施前: 根は全て汚染土壌に分布していると想定する。設定値 = 1。
- ▶天地返し: 1割の根が深度50cm以深にある汚染土壌に分布すると想定する。
設定値 = 0.1。
- ▶反転耕: 全Cs量の9割のCsを多く含む深い土壌層に1割、1割のCsを含む浅い土壌層に9割の根が分布すると想定する。設定値 = 深い層で0.1、浅い層で0.9。
- ▶深耕: Csを含む混合された土壌に根が全て分布すると想定する。設定値 = 1

3.24 3種類の修復工を実施した場合の修復地におけるひばく線量の解析事例（その3：農産物摂取シナリオ-続き）



対策工ごとの被ばく線量の内訳
(農作物摂取による被ばく線量)



被ばく線量の経時変化(農作物摂取による被ばく線量)
(対策実施前)

農作物摂取による被ばく = 汚染土壌またはその修復地で栽培された農作物の摂取による内部被ばく

- ▶ 放射性Csの減衰により、時間が経過するほど被ばく線量は小さくなる。
- ▶ 被ばく線量は土壌中の放射性Cs濃度と農作物の経根摂取割合が影響する。
- ▶ 天地返しでは、汚染土壌中に根の1割が分布すると想定したことから、被ばく線量は対策工実施前の1/10。
- ▶ 深耕では、深耕による土壌の混合により放射性Cs濃度の小さい土壌層全体に根が分布すると想定したことから、Csの希釈に応じた被ばく線量になる（ここでは対策工実施前の3/10）。
- ▶ 反転耕では、放射性Cs濃度が深耕よりも小さい上部層と天地返しよりも小さい下部層で構成さる。下部層に根の1割が分布すると想定していることから、被ばく線量は両対策工の間の値となる。

3.25 3種類の修復工を実施した場合の修復地におけるひばく線量の解析事例（その4：畜産物摂取シナリオ）

●汚染地で栽培された飼料を与えて生産した畜産物の摂取

(4)汚染土壤及びその修復地で栽培された飼料を用いて生産した畜産物を摂取することによる被ばく [mSv/y]

被ばく経路	対策工実施前	天地返し	反転耕	深耕
畜産物の摂取による内部被ばく線量の比	1	0.10	0.13	0.30
畜産物の摂取による内部被ばく	1.5E-1	1.5E-2	2.1E-2	4.6E-2

➢評価開始時の放射性Cs濃度: 1,000Bq/kg (1Bq/g)

➢評価開始時の放射性Csの比: Cs-134/Cs-137=0.578

➢『畜産物』 = 汚染土壤またはその修復地で栽培された飼料を用いて生産した畜産物

飼料のCsの経根吸収割合について、以下の様に設定する。

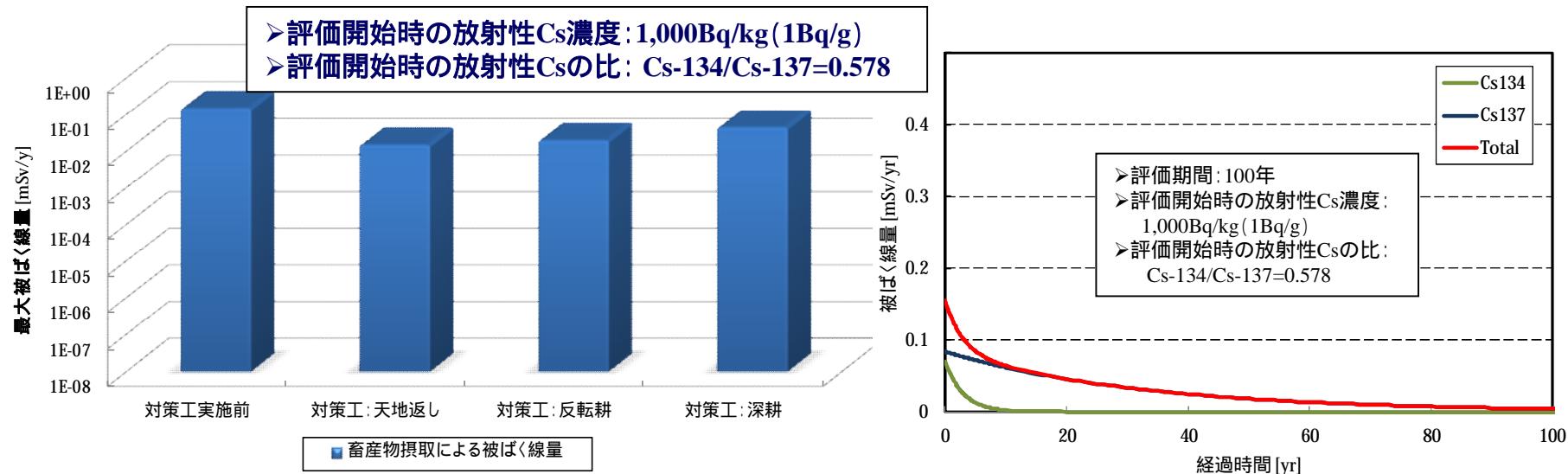
➢対策工実施前: 根は全て汚染土壤に分布していると想定する。設定値 = 1。

➢天地返し: 1割の根が深度50cm以深にある汚染土壤に分布すると想定する。設定値 = 0.1。

➢反転耕: 全Cs量の9割のCsを多く含む深い土壤層に1割、1割のCsを含む浅い土壤層に9割の根が分布すると想定する。設定値 = 深い層で0.1、浅い層で0.9。

➢深耕: Csを含む混合された土壤に根が全て分布すると想定する。設定値 = 1。

3.26 3種類の修復工を実施した場合の修復地におけるひばく線量の解析事例（その4：畜産物摂取シナリオ-続き）



畜産物摂取による被ばく = 汚染土壌またはその修復地で栽培された飼料を用いて生産した畜産物の摂取による内部被ばく

- 放射性Csの減衰により、時間が経過するほど被ばく線量は小さくなる。
- 被ばく線量は土壌中の放射性Cs濃度と飼料の経根摂取割合が影響する。
- 天地返しでは、汚染土壌中に根の1割が分布すると想定したことから、被ばく線量は対策工実施前の1/10。
- 深耕では、深耕による土壌の混合により放射性Cs濃度の小さい土壌層全体に根が分布すると想定したことから、Csの希釈に応じた被ばく線量になる（ここでは対策工実施前の3/10）。
- 反転耕では、放射性Cs濃度が深耕よりも小さい上部層と天地返しよりも小さい下部層で構成される。下部層に根の1割が分布すると想定していることから、被ばく線量は両対策工の間の値となる。

3.27 被ばく線量評価事例に基づく合理的環境修復 実施後の安全性確保に係る留意点

■ 土壌等を除去しない場合

- 掘り返し等による土壌の移動を防止する措置が必要。
- 地下水への移行，移動を促進する有機物，塩類の濃度に留意する。
- 外部被ばくに対して地表面の濃度をできるだけ低減する。
- 跡地利用の制限

■ 土壌等を除去する場合

- 除去土壌の貯蔵場，処分場の確保
- 移動中，定置中の外部被ばく及び飛散防止
- 地下水への漏出防止



4.まとめと環境修復における今後の課題

4.1 まとめと環境修復における今後の課題(1)

環境修復を迅速に進めるためには住民の理解と協力を得ること及び住民の自主的参加も必要であるが、そのためには国と自治体の粘り強い対話活動、及び原子力関係機関などの積極的な支援が必要。

環境修復によって発生する除去土壤等の廃棄物は膨大な量になり、適切な対策を講じなければ、この大量の廃棄物を処分せざるを得なくなるので、安全かつ合理的な修復法や大量の土壤を効率よく減容化できる技術が求められる。

比較的低汚染地域の合理的な修復法として、環境省のガイドラインで推奨している天地返しや除去土壤の洗浄による減容化などの修復技術は、安全性の面でも福島への適用性が高いものであるが、修復を円滑・迅速に進めるためには、そのことを住民にわかりやすく説明することが重要である。

4.2 まとめと環境修復における今後の課題(2)

天地返しのような除染廃棄物を発生させない合理的な環境修復法を採用する場合は、当該場所及び周辺地域における将来的な安全性の評価を行い、その結果を住民によく説明して納得してもらう必要がある。

その説明に際しては、放射性廃棄物の処分(レンチ処分等)の安全評価などで実績のある安全評価手法を用いて、科学的に信頼できる評価を行ったことを示すことが肝要である。

このような安全評価手法を用いて、天地返しなどの環境修復が実施された修復地をモデル化して被ばく線量評価の試計算解析を行った結果、今回設定した条件(入力パラメータの文献値等)限りの結果ではあるが、合理的な修復法を採用した場合でも、一定期間の農耕の制限などの適切な制度的管理を行うことにより、修復完了以降の安全性は確保できることが予見され、同時にこのような安全評価手法を用いる評価の有効性が確認された。