

福島県外の除去土壌の埋立処分に係る線量評価について

平成 29 年 12 月 19 日
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

福島県外において保管されている除去土壌の処分方法の検討に資すること目的に、市町村ごとの除去土壌の保管量の中央値に相当する量を埋め立てる場合と、福島県外の除去土壌の全量に相当する量を埋め立てる場合の 2 つのケースを仮定し、それに伴う被ばく評価を行った。

(1) 被ばく経路の設定除去土壌の積み下ろし

除去土壌を保管場所においてトラックに積み、埋立場所で下す積み下ろし作業中の作業者の外部被ばく、粉塵吸入、直接経口について設定した。なお、周辺居住者の外部被ばくと粉塵吸入については、埋立作業における評価に包含されるため、実施しない。

除去土壌の運搬

除去土壌を積載したトラックを運転する作業者の外部被ばくを設定した。

埋立作業

除去土壌を埋立場所において敷き均し、締固める作業を行う作業者の外部被ばくと粉塵吸入、直接経口および埋立場所の周辺に居住する公衆(成人)と公衆(子ども)に対する外部被ばくと粉塵吸入を設定した。

埋立後

除去土壌が埋立場所に埋め立てられ、覆土がなされた後、埋立場所の周辺に居住する公衆(成人)と公衆(子ども)の外部被ばくを設定した。

また、埋立完了後、管理期間中に埋立場所に立ち入る公衆(成人)と公衆(子ども)についても設定した。

地下水移行

降雨浸透により除去土壌中の放射性 Cs が地下水中へ移行した場合に、その汚染された地下水を

- ・ 飲料水として摂取した場合の公衆(成人)と公衆(子ども)の経口被ばく
- ・ 灌漑水として利用し、農耕作業を行った場合の作業者の外部被ばくと粉塵吸入
- ・ 灌漑水として利用し、生産した農作物を摂取した場合の公衆(成人)と公衆(子ども)の経口被ばく
- ・ 灌漑水として利用し、栽培した飼料を用いて飼育した家畜を摂取した場合の公衆(成人)と

公衆(子ども)の経口被ばく

- ・ 飲用水として飼育した家畜を摂取した場合の公衆(成人)と公衆(子ども)の経口被ばく
 - ・ 養殖用水として生産した淡水魚を摂取した場合の公衆(成人)と公衆(子ども)の経口被ばく
- を設定した。

設定した被ばく経路を表 1 に示す。

表 1 評価経路

No.	評価対象	線源物質	対象者	被ばく形態	
1	埋立中	積み下ろし作業	作業者	外部	
2				粉じん吸入	
3				直接経口	
4		運搬作業	除去土壌	作業者	外部
5		埋立作業	除去土壌	作業者	外部
6					粉じん吸入
7					直接経口
8		周辺居住	除去土壌	公衆(成人)	外部
9					粉じん吸入
10				公衆(子ども)	外部
11					粉じん吸入
12	埋立後	周辺居住	除去土壌	公衆(成人)	
13				公衆(子ども)	
14				立入	公衆(成人)
15				公衆(子ども)	
16	地下水移行	飲料水摂取	井戸水	公衆(成人)	
17				公衆(子ども)	
18		農耕作業	井戸水で灌漑した土壌	作業者	外部
19					粉じん吸入
20		農作物摂取	灌漑した土壌で生産された農作物	公衆(成人)	経口
21					公衆(子ども)
22		畜産物摂取	灌漑した土壌で生産された畜産物	公衆(成人)	経口
23					公衆(子ども)
24		畜産物摂取	井戸水で飼育された畜産物	公衆(成人)	経口
25					公衆(子ども)
26		養殖淡水産物摂取	井戸水で養殖された淡水産物	公衆(成人)	経口
27					公衆(子ども)

(2) 埋立場所の形状と遮へい条件

処分される除去土壌の大きさとして、市町村ごとの除去土壌の保管量の中央値(1761 m³)に相当する量を埋め立てる場合をケース 1 とした(埋立場所の形状・量を 30 m×30 m×2 m=1800 m³ と設定)。また、福島県外の除去土壌の全量に相当する量(約 33 万 m³)を埋め立てる場合をケース 2 とした(埋立場所の形状・量を 200 m×200 m×10 m = 400000 m³ と設定)。

また、除去土壌は地下に埋め立てられることを想定し、埋立終了時に 30 cm の覆土がなされるものとした。

(3) Cs の放射能濃度と ^{134}Cs と ^{137}Cs の比

除去土壌の放射能濃度は県外除去土壌の放射性 Cs の放射能濃度推計値の 95 パーセントイル値を参考に 2500 Bq/kg とした。また、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能濃度比については、発災時の放射能濃度が 1 : 1 であったとして平成 29 年 3 月時点まで減衰させた時の比である 0.158 とした。

(4) 評価位置・評価時間

埋立作業者については、埋立場所に除去土壌がすべて埋め立てられ、覆土がない状態において、中心直上高さ 1 m の地点で評価した。

ケース 1 については、搬入車両 1 台当たりの除去土壌積載量を 5 m^3 /台、1 日あたりの搬入車両台数を 10 台と仮定すると、埋立作業日数は 36 日となり、約 2 か月で処分可能となるが、ここでは保守的に埋立期間を半年間と仮定し、年間 125 日、1 日 8 時間の労働時間の半分である 500 時間を除去土壌の運搬や埋立作業に従事する時間とした。ケース 2 については、1 年以上継続して作業が実施されることを想定し、年間 250 日、1 日 8 時間の労働時間の半分である 1000 時間を除去土壌の運搬や埋立に従事する時間とした。

埋立場所の周辺に居住する公衆の外部被ばく線量は、埋立場所の一端の中央から 1 m と 50 m 離れた地点の地上高さ 1 m で評価した。また、1 年間居住するものとし、1 日のうち 20% を屋外で過ごすとして評価した。

埋立終了後の管理期間における公衆の立入りについては、中心直上高さ 1 m の地点で評価した。また、毎日 30 分立入ると想定した場合の時間である 182.5 時間を丸めた 200 時間で評価した。

図 1 に評価体系と評価位置を示す。

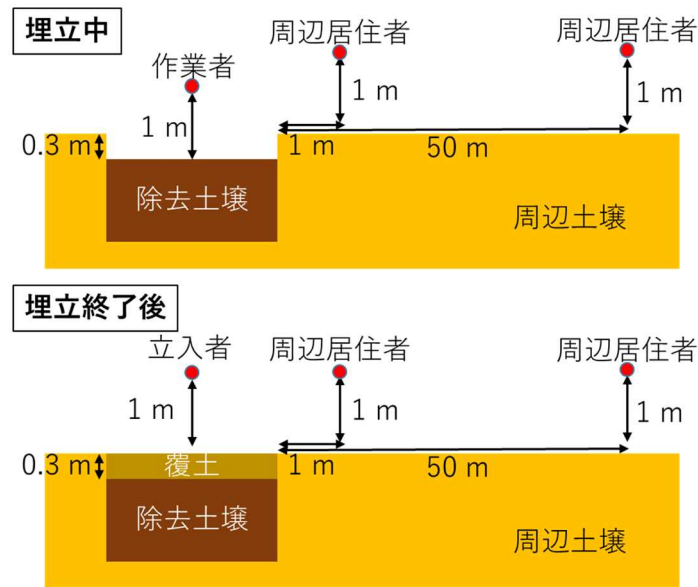


図1 埋立中と埋立終了後の評価体系と評価位置

(5) 評価パラメータ

評価に用いたパラメータを表2に示す。

表2 評価パラメータ

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
1~27	被ばく中の減衰期間	y	1	IAEA RS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間(1年)の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間(1年)中の放射能の減衰を考慮することとした。
1~27	埋立開始までの期間	y	0	保守的に、除去土壌が事故6年後すぐに埋立場所に埋め立てられることとした。
1~27	線源に対する希釈係数	-	1.0	希釈は行われぬものとした。
1,4	除去土壌幅	m	2.0	大型トラックの荷台の寸法をもとに、幅2.0m×長さ5.0m×厚さ0.6mと選定した。
	除去土壌長さ	m	5.0	
	除去土壌厚さ	m	0.6	
5-1~27-1	埋立場所の幅	m	30	市町村ごとに埋立した場合を想定し、幅30m×長さ30m×深さ2.3m(覆土の厚さを含む)とした。
	埋立場所の長さ	m	30	
	埋立場所の深さ	m	2.3	
5-2~27-2	埋立場所の幅	m	200	福島県外の除去土壌を1カ所で埋め立てた場合を想定し、幅200m×長さ200m×深さ10.3m(覆土の厚さを含む)とした。
	埋立場所の長さ	m	200	
	埋立場所の深さ	m	10.3	
1,4,5,8,10,12~27	除去土壌のかさ密度	g/cm ³	1.7	Yamano, N., JSD1000: Multi-group gross section sets for shielding materials, JAERI-M 84-038, Japan Atomic Energy Research Institute, (1984)の値を参考に外部被ばく線量換算係数が保守的な値になるよう土壌の設定値としては比較的大きい値とした。
12~15	覆土の厚さ	m	0.3	除染関係ガイドライン等に基づき除去土壌の保管等に広く採用されている覆土厚さを参考

					に 30 cmとした。
12~15	覆土のかさ密度	g/cm ³	1.5		過度な遮へい効果を有しないよう、災害廃棄物評価 ¹ における最終覆土と同じ値とした。
12~15	周辺土壌のかさ密度	g/cm ³	1.5		過度な遮へい効果を有しないよう、災害廃棄物評価 ¹ における最終覆土と同じ値とした。
5~27	埋立が完了するまでの期間	y	0		保守的な設定とした。
1~4	積み下ろし、運搬作業時における線源に対する希釈係数	-	1		作業者は、除去土壌のみを取り扱うものとし、線源に対する希釈は保守的に1とした。
1	積み下ろし作業時の遮へい係数	-	0.4		重機を使用した際の遮へい(鉄板2cm相当)を考慮する。災害廃棄物評価 ¹ で埋設作業時の重機を使用したCs-134およびCs-137に対する遮へい係数はQAD-CGGP2Rより0.4と計算され、積み下ろし作業時の遮へい係数も同様に設定した。
1-1~4-1	積み下ろし、運搬の年間作業時間	h/y	500		市町村ごとに埋め立てる場合は、1日8時間、年間125日の労働時間のうち半分の時間を除去土壌のそばで作業するとした。ここでは、除去土壌を埋立場所へ運搬するための積み下ろし、運搬の作業が対象である。
1-2~4-2	積み下ろし、運搬の年間作業時間	h/y	1,000		福島県外の除去土壌を1箇所埋め立てる場合は、1日8時間、年間250日の労働時間のうち半分の時間を除去土壌のそばで作業するとした。ここでは、除去土壌を埋立場所へ運搬するための積み下ろし、運搬の作業が対象である。
1,4	外部被ばくに対する線量換算係数(積み下ろし作業、運搬作業)	Cs-134	μSv/h per Bq/g	5.9E-02	以下の条件で、QAD-CGGP2Rコードにより算出した。 線源の形状:高さ0.6m、幅2m、長さ5mの直方体 線源のかさ密度:1.7g/cm ³ 評価点:0.6m×5.0mの中心から1.0m
		Cs-137		2.1E-02	
2,6,9,11,19	作業時の空气中ダスト濃度	g/m ³	5E-04		NUREG/CR-3585に示されたOPEN DUMP時及びIAEA-TECDOC-401に示された埋設処分場での埋め立て作業時における空气中ダスト濃度を採用した。
2,6,9,11,19	微粒子への放射性物質の濃縮係数(吸入摂取)	-	4		IAEA Safety Reports Series No.44に示された吸入可能な粒子の濃縮係数を使用した。
2,6,19	作業者の呼吸量	m ³ /h	1.2		ICRP Publ.23で示されている標準人の労働(軽作業)時の呼吸量の数値20L/minを基に算定した。
3,7	微粒子への放射性物質の濃縮係数(経口摂取)	-	2		IAEA Safety Reports Series No.44に示された経口摂取被ばくに関する粒子の濃縮係数を使用した。
3,7	ダストの経口摂取率	g/h	0.01		IAEA S.S. No.111-P-1.1に示された値を用いた。
4	運搬作業時の遮へい係数	-	0.9		車両による遮へい(鉄板3mm相当)を考慮する。災害廃棄物評価 ¹ で運搬作業時のCs-134及びCs-137に対する車両による遮へい係数はQAD-CGGP2Rより0.9と計算され、運搬作業時の遮へい係数も同様に設定した。
5	埋立作業における遮へい	-	1.0		重機を使用した作業を想定せず、保守的な設定

	係数（作業員）				とした。
5-1～7-1	埋立作業に従事する年間作業時間		h/y	500	市町村ごとに埋め立てる場合は、1日8時間、年間125日の労働時間のうち半分の時間を除去土壌の埋立作業に従事するものとした。
5-2～7-2	埋立作業に従事する年間作業時間		h/y	1,000	福島県外の除去土壌を1箇所埋め立てる場合は、1日8時間、年間250日の労働時間のうち半分の時間を除去土壌の埋立作業に従事するものとした。
5-1	外部被ばくに対する線量換算係数（埋立作業員）	Cs-134	μSv/h per Bq/g	3.5E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源の形状：厚さ2m、幅30m、長さ30mの直方体（土壌） 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：なし 評価点：図1の評価点・作業員
		Cs-137		1.3E-01	
5-2	外部被ばくに対する線量換算係数（埋立作業員）	Cs-134	μSv/h per Bq/g	4.1E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源の形状：厚さ10m、幅200m、長さ200mの直方体（土壌） 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：なし 評価点：図1の評価点・作業員
		Cs-137		1.5E-01	
8,10	居住時の遮へい係数		-	0.2	IAEA-TECDOC-401から、居住時間の20%を戸外で過ごすとして仮定した。
8-1～11-1	年間居住時間		h/y	4380	保守的に、半年間絶えず埋立場所の周辺に居住しているとした。
8-2～11-2	年間居住時間		h/y	8,760	保守的に、1年間絶えず埋立場所の周辺に居住しているとした。
8-1-1m, 10-1-1m	外部被ばくに対する線量換算係数（周辺居住者1m）	Cs-134	μSv/h per Bq/g	8.6E-02	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源の形状：厚さ2m、幅30m、長さ30mの直方体（土壌） 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：なし 評価点：図1の評価点1m・居住者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を1.3倍した。
		Cs-137		3.1E-02	
8-1-50m, 10-1-50m	外部被ばくに対する線量換算係数（周辺居住者50m）	Cs-134	μSv/h per Bq/g	1.2E-03	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源の形状：厚さ2m、幅30m、長さ30mの直方体（土壌） 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：なし 評価点：図1の評価点50m・居住者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を1.3倍した。
		Cs-137		4.5E-04	
8-2-1m, 10-2-1m	外部被ばくに対する線量換算係数（周辺居住者1m）	Cs-134	μSv/h per Bq/g	1.2E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源の形状：厚さ10m、幅200m、長さ200mの直方体（土壌） 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：なし 評価点：図1の評価点1m・居住者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を1.3倍した。
		Cs-137		4.3E-02	

8-2-50m, 10-2-50m	外部被ばくに対する線量換算係数(周辺居住者 50 m)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.4E-02	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 10 m、幅 200 m、長さ 200 m の直方体(土壌) 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：なし 評価点：図 1 の評価点 50 m・居住者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を 1.3 倍した。
		Cs-137		5.0E-03	
9	居住者の呼吸量(成人)		m ³ /h	0.96	ICRP Publ.23 で示されている標準人の 1 日の呼吸量の数値 2.3×10 ⁴ (L/d)を基に算定した。
9	吸入に対する内部被ばく線量係数(一般公衆・成人)	Cs-134	Sv/Bq	6.6E-09	ICRP publ.72 で示されている一般公衆の内部被ばく線量係数を用いた
		Cs-137		4.6E-09	
11	居住者の呼吸量(子ども)		m ³ /h	0.22	IAEA Safety Reports Series No.44 に示されていた 1~2 歳の居住者の呼吸率として示されている値を採用した。
11	吸入に対する内部被ばく線量係数(一般公衆・子ども)	Cs-134	Sv/Bq	7.3E-09	ICRP publ.72 で示されている一般公衆の内部被ばく線量係数を用いた
		Cs-137		5.4E-09	
14,15	年間立入時間		h	200	毎日 30 分立ち入るとして年間の立入時間を計算した時の値を安全側に丸めた。
12-1-1m, 13-1-1m	外部被ばくに対する線量換算係数(周辺居住者 1 m)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	2.2E-03	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 2 m、幅 30 m、長さ 30 m の直方体(土壌) 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：厚さ 0.3 m、かさ密度 1.5 g/cm ³ (土壌) 評価点：図 1 の評価点 1 m 周辺居住者
		Cs-137		7.3E-04	
12-1-50m, 13-1-50m	外部被ばくに対する線量換算係数(周辺居住者 50 m)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	5.4E-05	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 2 m、幅 30 m、長さ 30 m の直方体(土壌) 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：厚さ 0.3 m、かさ密度 1.5 g/cm ³ (土壌) 評価点：図 1 の評価点 50 m 周辺居住者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を 1.3 倍した。
		Cs-137		1.9E-05	
12-2-1m 13-2-1m	外部被ばくに対する線量換算係数(周辺居住者 1 m)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	3.5E-03	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 10 m、幅 200 m、長さ 200 m の直方体(土壌) 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：厚さ 0.3 m、かさ密度 1.5 g/cm ³ (土壌) 評価点：図 1 の評価点 1 m 周辺居住者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を 1.3 倍した。
		Cs-137		1.2E-03	

12-2-50m 13-2-50m	外部被ばくに対する線量換算係数(周辺居住者 50 m)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	5.5E-04	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 10 m、幅 200 m、長さ 200 m の直方体(土壌) 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：厚さ 0.3 m、かさ密度 1.5 g/cm ³ (土壌) 評価点：図 1 の評価点 50 m 周辺居住者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を 1.3 倍した。
		Cs-137		1.9E-04	
14-1 15-1	外部被ばくに対する線量換算係数(立入者)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.2E-02	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 2 m、幅 30 m、長さ 30 m の直方体(土壌) 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：厚さ 0.3 m、かさ密度 1.5 g/cm ³ (土壌) 評価点：図 1 の評価点中心直上 立入者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を 1.3 倍した。
		Cs-137		4.0E-03	
14-2 15-2	外部被ばくに対する線量換算係数(立入者)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.5E-02	以下の条件で、MCNP5 コードにより算出した。 線源の形状：厚さ 10 m、幅 200 m、長さ 200 m の直方体(土壌) 線源のかさ密度：1.7 g/cm ³ 覆土：厚さ 0.3 m、かさ密度 1.5 g/cm ³ (土壌) 評価点：図 1 の評価点 50 m 周辺居住者 なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は成人の計算値を 1.3 倍した。
		Cs-137		4.9E-03	
16~27	除去土壌の空隙率	-	-	0.36	除去土壌の真密度(2.6~2.7 g/cm ³)と当該除去土壌のかさ密度(1.7 g/cm ³)から導出し、0.36 とした。
16~27	Cs の除去土壌の分配係数	mL/g	-	2.7E+02	IAEA TRS No.364 (有機土壌、砂)
16~27	浸透水量	m/y	-	0.4	クリアランスレベル評価 ² で使用している、日本の浸透水量の平均値である 0.4 とした。
16~27	Cs の帯水層土壌の分配係数	mL/g	-	2.7E+02	IAEA TRS No.364 (砂)
16~27	帯水層厚さ	m	-	3	IAEA-TECDOC-401 に示された値を用いた。
16~27	地下水流速(ダルシー流速)	m/d	-	1	「新版地下水調査法」(山本 莊毅、(株)古院書院、1983 年)
16~27	帯水層空隙率	-	-	0.3	「水理公式集」(土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971 年)
16~27	帯水層土壌密度	g/cm ³	-	2.6	「土質工学ハンドブック」(土質工学会編、1982 年)
16~27	地下水流方向の分散長	m	-	0	保守的に選定した。
16~27	地下水流方向の分散係数	m ² /y	-	0	保守的に選定した。
16~27	埋立場所端から井戸までの距離	m	-	0	保守的に選定した。
16~27	井戸水の混合割合	-	-	0.33	「地下水ハンドブック」(地下水ハンドブック編集委員会編、(株)建設産業調査会、1979 年)

16	人の年間飲料水摂取量 (成人)	m ³ /y	0.61	ICRP Publ.23 の標準人の値を参考に、1日の摂取量を 1.65 L として算定した。	
17	人の年間飲料水摂取量 (子ども)	m ³ /y	0.1	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された値を用いた。	
18,19	Cs の農耕土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364 (有機土壌)	
18,19	農耕作業による年間作業時間	h/y	500	「日本の統計 2009 年版」(総務庁統計局編、2009 年)に記載されている平成 18 年度の 1 戸当たりの平均経営耕地面積 248 a (水田率 54.4%)、水稲 10 a 当たりの労働時間 29.2 時間、小麦 10 a 当たりの労働時間 5.6 時間を基に算出し、値に裕度を持って選定した。 248×0.544×2.92 + 248×(1-0.544)×0.56 = 457 (h/y)	
18	外部被ばくに対する線量換算係数(農耕作業:灌漑土壌からの外部被ばく)	Cs-134	μSv/h per Bq/g	4.7E-01	従来のクリアランスレベル評価 ² で設定されている換算係数を設定した。条件は以下の通りである。 線源の形状:高さ 10 m、半径 500 m の円柱 線源のかさ密度:2.0 g/cm ³ 以上の条件で QAD-CGGP2R コードにより算出されている。
		Cs-137		1.7E-01	
18	農耕作業時の遮へい係数	-	1	保守的に遮へいを考慮しない。	
19	農耕作業時の空気中ダスト濃度	g/m ³	5.0E-04	NUREG/CR-3585 に示された OPEN DUMP 時及び IAEA-TECDOC-401 に示された埋設処分場での埋め立て作業時における空気中ダスト濃度を採用した。	
19	農耕作業者の呼吸量	m ³ /h	1.2	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働(軽作業)時の呼吸量の数値 20 L/min を算定した。	
19	微粒子への放射性物質の濃縮係数(吸入摂取)	-	4	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された吸入可能な粒子の濃縮係数を使用した。	
20~23	灌漑水量(畑、牧草地)	m ³ /m ² /y	1.2	「日本の農業用水」(農業水利研究会編、(株)地球社、1980 年)に示された畑地に対する平均単位用水量 4 mm/d と年間灌漑日数 300 日程度に基づいて選定した。	
20~23	土壌水分飽和度(畑、牧草地)	-	0.2	JAEA 原科研敷地内(砂層)における測定結果より選定した。	
20~23	土壌実効表面密度	kg/m ²	240	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109 に示された値を用いた。	
20~23	灌漑土壌真密度	g/cm ³	2.60	「土質工学ハンドブック」(土質工学会編、1982 年)に示された砂の粒子密度を基に選定した。	
20~23	実効土壌深さ	cm	15	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109 に示された値を用いた。	
20~23	放射性核種の土壌残留係数	-	1	保守的に、全ての灌漑水中の放射性核種が土壌に残留するものとした。	
20~23	灌漑土壌空隙率	-	0.3	「水理公式集」(土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971 年)	
20~23	灌漑水年間生育期間	d	60	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に示された葉菜に関する栽培期間の値(60 d/y)を使用した。	
20~23	農作物(葉菜、牧草)の栽培密度	kg/m ²	2.3	「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」(原子力安全委員会、平成元年 3 月 27 日)	

20~23	放射性核種の農作物（葉菜、牧草）表面への沈着割合		-	1	保守的に全ての放射性核種が、農作物表面へ沈着するとした。
20~23	weathering 効果による植物表面沈着放射性核種の除去係数		1/y	18.08	「発電用軽水型原子炉施設の安全評価における一般公衆の線量評価について」に基づき、weathering half-life を 14 日として計算した。
20,21	農作物の市場係数		-	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。
20,21	農作物の輸送時間		d	0	保守的に、生産された農作物を直ちに消費する人を評価対象とした。
20,21	灌漑水量（田）		m ³ /m ² /y	2.4	「日本の農業用水」(農業水利研究会、(株)地球社、1980年)に示された水田に対する平均単位用水量 24mm/d と水田の年間湛水期間 100 日程度に基づいて選定した。
20,21	土壌水分飽和度（田）		-	1	田の土壌水分飽和度は、水田を想定しており、1 と選定した。
20,21	Cs の米への移行係数		Bq/g-wet per Bq/g	7.1E-02	IAEA TRS No.364 (シリアル)
20,21	Cs の葉菜、非葉菜、果実への移行係数		Bq/g-wet per Bq/g	5.7E-02	IAEA TRS No.364 (ジャガイモ)
20	農作物の年間摂取量（成人）	米	kg/y	71	「平成 8 年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996 年)
		葉菜		12	
		非葉菜		45	
		果実		22	
21	農作物の年間摂取量（子ども）	米	kg/y	25	「平成 9 年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997 年)
		葉菜		5	
		非葉菜		23	
		果実		22	
22~25	Cs の畜産物への移行係数	牛肉	d/kg	5.0E-02	IAEA TRS No.364 に示された値を用いた。
		豚肉		2.4E-01	
		鶏肉		1.0E+01	
		鶏卵		4.0E-01	
		牛乳	d/L	7.9E-03	
22~25	畜産物の市場係数		-	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。
22~25	畜産物の輸送時間		d	0	保守的に、生産された畜産物を直ちに消費する人を評価対象とした。
22,23	放射性核種を含む飼料の混合割合		-	1	保守的に、放射性核種を含む飼料のみで家畜を飼育するとした。
22,23	Cs の飼料への移行係数		Bq/g-dry per Bq/g	5.3E-01	IAEA TRS No.364 (牧草)

22,23	家畜の飼料摂取量	肉牛	kg-dry/d	7.2	IAEA-TRS-No.364 において示された値を使用した。
		乳牛		16.1	
		豚		2.4	
		鶏		0.07	
30,32	畜産物の年間摂取量(成人)	牛肉	kg/y	8	「平成 8 年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996 年)
		豚肉		9	
		鶏肉		7	
		鶏卵		16	
		牛乳	L/y	44	
31,33	畜産物の年間摂取量(子ども)	牛肉	kg/y	3	「平成 9 年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997 年)
		豚肉		4	
		鶏肉		5	
		鶏卵		10	
		牛乳	L/y	29	
32,33	家畜の飼育水摂取量	肉牛	L/d	50	PNL-3209 に示された値を用いた。
		乳牛		60	
		豚		10	
		鶏		0.3	
26,27	養殖淡水産物の地下水利用率	-	-	0.25	「日本の水資源(平成 19 年版)」(国土庁長官官房水資源部編、大蔵省印刷局、2008 年)より選定した。
26,27	Cs の魚類への濃縮係数	L/kg	2.0E+03	IAEA TRS No.364 に示された値を用いた。	
26,27	養殖淡水産物の市場係数	-	-	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。
26,27	養殖淡水産物の輸送時間	d	-	0	保守的に、養殖された淡水産物を直ちに消費する人を評価対象とした。
26	養殖淡水産物(魚類)の年間摂取量(成人)	kg/y	-	0.7	「日本の統計 1997 年版」に記載されている平成 6 年の内水面養殖業の生産量の内、魚類の生産量の合計値 76,579 トンを人口 1 億 2 千万人で除して算出した。
27	養殖淡水産物(魚類)の年間摂取量(子ども)	kg/y	-	0.33	全年齢の魚介類合計摂取量の平均値(96.9 g/日)と 1-6 歳の平均値(45.7 g/日)の比 (0.47)を成人の年間摂取量 0.7 kg/年に乗じた 0.33 kg/年を算出した。

1 「日本原子力研究開発機構 安全研究センター 廃棄物安全研究グループ, 福島県の浜通及び中通り地方(避難区域及び計画的避難区域を除く)の災害廃棄物の処理・処分における放射性物質による影響の評価について(平成 23 年 6 月 19 日, 平成 23 年 11 月 15 日一部修正), 災害廃棄物安全評価検討会(第 9 回)資料 11-1,(2011)

2 原子力安全委員会; 原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性廃棄物として取り扱う必要のないものの放射能濃度について(平成 16 年 12 月 16 日, 平成 17 年 3 月 17 日一

部訂正及び修正),(2004)。

文部科学省科学技術・学術政策局放射線安全規制検討会；放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルについて(平成22年11月1日,平成24年3月27日一部訂正),(2010)

なお、経路No.の-1と-2はそれぞれケース1とケース2での評価であることを示す。また、-1mと-50mはそれぞれ埋立場所端からの距離が1mと50mでの評価であることを示す。

(6) 計算コード

外部被ばく線量の計算に用いる換算係数はMCNP-5コードまたはQAD-CGGP2Rコードにより算出した。また、被ばく線量はPASCLR2コードを用いて算出した。

(7) 評価結果

表3-1と表3-2に30m×30m×2mと200m×200m×10mの除去土壌を想定した各被ばく経路における単位土壌濃度当たりの年間被ばく線量(mSv/y per Bq/g)と年間被ばく線量(mSv/y)を示す。最も年間被ばく線量が高くなったのはいずれのケースも埋立作業者の外部被ばくで、30m×30m×2mのケースでは0.18mSv/y、200m×200m×10mのケースでは0.43mSv/yであった。

表 3-1 30 m×30 m×2 m の除去土壌を処分した場合の年間被ばく線量評価結果

経路 No.	経路略称	単位土壌中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			年間被ばく線量
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	(mSv/y)
1	積み下ろし作業外部	1.0E-02	4.2E-03	4.9E-03	1.2E-02
2	積み下ろし作業吸入	9.8E-06	7.9E-06	8.2E-06	2.0E-05
3	積み下ろし作業直接経口摂取	1.6E-04	1.3E-04	1.3E-04	3.3E-04
4	運搬作業外部	2.3E-02	9.3E-03	1.1E-02	2.8E-02
5-1	埋立作業外部	1.5E-01	6.2E-02	7.4E-02	1.8E-01
6	埋立作業吸入	9.8E-06	7.9E-06	8.2E-06	2.0E-05
7	埋立作業直接経口	1.6E-04	1.3E-04	1.3E-04	3.3E-04
8-1-1m	周辺居住者(成人)外部	6.4E-02	2.7E-02	3.2E-02	7.9E-02
8-1-50m	周辺居住者(成人)外部	9.0E-04	3.9E-04	4.6E-04	1.1E-03
9	周辺居住者(成人)吸入	4.7E-05	3.8E-05	3.9E-05	9.9E-05
10-1-1m	周辺居住者(子ども)外部	8.3E-02	3.5E-02	4.1E-02	1.0E-01
10-1-50m	周辺居住者(子ども)外部	1.2E-03	5.0E-04	5.9E-04	1.5E-03
11	周辺居住者(子ども)吸入	1.2E-05	1.0E-05	1.1E-05	2.6E-05
12-1-1m	埋立後周辺居住者(成人)外部	3.3E-03	1.3E-03	1.5E-03	3.8E-03
12-1-50m	埋立後周辺居住者(成人)外部	8.0E-05	3.3E-05	3.9E-05	9.8E-05
13-1-1m	埋立後周辺居住者(子ども)外部	4.2E-03	1.6E-03	2.0E-03	5.0E-03
13-1-50m	埋立後周辺居住者(子ども)外部	1.0E-04	4.3E-05	5.1E-05	1.3E-04
14-1	埋立後立入者(成人)外部	2.1E-03	7.9E-04	9.6E-04	2.4E-03
15-1	埋立後立入者(子ども)外部	2.7E-03	1.0E-03	1.2E-03	3.1E-03
16-1	飲料水摂取(成人)	4.3E-06	4.2E-05	3.7E-05	9.2E-05
17-1	飲料水摂取(子ども)	5.9E-07	6.3E-06	5.6E-06	1.4E-05
18-1	農耕作業外部	9.2E-07	3.8E-05	3.3E-05	8.3E-05
19-1	農耕作業吸入	4.5E-11	3.6E-09	3.1E-09	7.9E-09
20-1	農作物摂取(成人)	3.1E-06	9.3E-05	8.0E-05	2.0E-04
21-1	農作物摂取(子ども)	1.1E-06	3.8E-05	3.3E-05	8.2E-05
22-1	飼料経由畜産物摂取(成人)	4.1E-06	8.9E-05	7.7E-05	1.9E-04
23-1	飼料経由畜産物摂取(子ども)	2.0E-06	4.7E-05	4.1E-05	1.0E-04
24-1	飼育水経由畜産物摂取(成人)	6.0E-07	5.9E-06	5.2E-06	1.3E-05
25-1	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	2.8E-07	3.0E-06	2.6E-06	6.5E-06
26-1	養殖淡水産物摂取(成人)	2.5E-06	2.4E-05	2.1E-05	5.3E-05
27-1	養殖淡水産物摂取(子ども)	9.8E-07	1.0E-05	9.2E-06	2.3E-05

表 3-2 200 m×200 m×10 m の除去土壌を処分した場合の年間被ばく線量評価結果

経路 No.	経路略称	単位土壌中濃度あたりの年間被ばく線量(mSv/y per Bq/g)			年間被ばく線量
		Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	(mSv/y)
1	積み下ろし作業員外部	2.0E-02	8.3E-03	9.9E-03	2.5E-02
2	積み下ろし作業員吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.6E-05	4.1E-05
3	積み下ろし作業員直接経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	2.7E-04	6.6E-04
4	運搬作業員外部	4.5E-02	1.9E-02	2.2E-02	5.5E-02
5-2	埋立作業員外部	3.5E-01	1.5E-01	1.7E-01	4.3E-01
6	埋立作業員吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.6E-05	4.1E-05
7	埋立作業員直接経口	3.2E-04	2.6E-04	2.7E-04	6.6E-04
8-2-1m	周辺居住者(成人)外部	1.8E-01	7.5E-02	8.8E-02	2.2E-01
8-2-50m	周辺居住者(成人)外部	2.0E-02	8.6E-03	1.0E-02	2.5E-02
9	周辺居住者(成人)吸入	9.4E-05	7.6E-05	7.9E-05	2.0E-04
10-2-1m	周辺居住者(子ども)外部	2.3E-01	9.7E-02	1.1E-01	2.9E-01
10-2-50m	周辺居住者(子ども)外部	2.6E-02	1.1E-02	1.3E-02	3.3E-02
11	周辺居住者(子ども)吸入	2.4E-05	2.1E-05	2.1E-05	5.3E-05
12-2-1m	埋立後周辺居住者(成人)外部	5.2E-03	2.0E-03	2.5E-03	6.1E-03
12-2-50m	埋立後周辺居住者(成人)外部	8.2E-04	3.3E-04	4.0E-04	9.9E-04
13-2-1m	埋立後周辺居住者(子ども)外部	6.8E-03	2.6E-03	3.2E-03	8.0E-03
13-2-50m	埋立後周辺居住者(子ども)外部	1.1E-03	4.3E-04	5.1E-04	1.3E-03
14-2	埋立後立入者(成人)外部	2.5E-03	9.6E-04	1.2E-03	2.9E-03
15-2	埋立後立入者(子ども)外部	3.2E-03	1.2E-03	1.5E-03	3.8E-03
16-2	飲料水摂取(成人)	4.3E-06	4.2E-05	3.7E-05	9.3E-05
17-2	飲料水摂取(子ども)	5.9E-07	6.4E-06	5.6E-06	1.4E-05
18-2	農耕作業員外部	9.2E-07	4.5E-05	3.9E-05	9.6E-05
19-2	農耕作業員吸入	4.5E-11	4.2E-09	3.6E-09	9.1E-09
20-2	農作物摂取(成人)	3.1E-06	1.0E-04	9.0E-05	2.3E-04
21-2	農作物摂取(子ども)	1.1E-06	4.3E-05	3.7E-05	9.3E-05
22-2	飼料経由畜産物摂取(成人)	4.1E-06	1.0E-04	8.8E-05	2.2E-04
23-2	飼料経由畜産物摂取(子ども)	2.0E-06	5.3E-05	4.6E-05	1.2E-04
24-2	飼育水経由畜産物摂取(成人)	6.0E-07	5.9E-06	5.2E-06	1.3E-05
25-2	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	2.8E-07	3.0E-06	2.6E-06	6.6E-06
26-2	養殖淡水産物摂取(成人)	2.5E-06	2.4E-05	2.1E-05	5.3E-05
27-2	養殖淡水産物摂取(子ども)	9.7E-07	1.1E-05	9.3E-06	2.3E-05

