

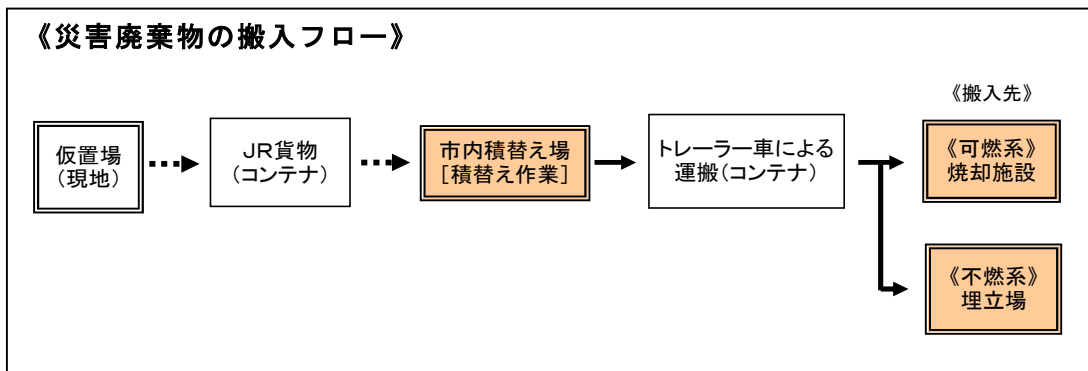
第3章 安全評価

金沢市の実態に応じた災害廃棄物の処理・処分のシナリオを設定し、周辺住民や作業者が受ける放射線量を試算し、安全性を評価する。

1. 処理・処分方法の設定

(1) 災害廃棄物の搬入方法

搬入方法は、被災地で災害廃棄物を可燃系（焼却施設行き）と不燃系（埋立場行き）に分別し、可燃系災害廃棄物は直接ダンプ方式のコンテナに積込み（写真④）、不燃系災害廃棄物はフレコンバッグ詰めにしたものをコンテナに積込み（写真⑤）、J R貨物で金沢市内の積替え場まで輸送する。金沢市が関わる作業は、市内積替え場でトレーラーにコンテナを載せ替える作業からで、ここから各処理施設へ運搬・搬入するフローとする。



① J R貨物によるコンテナ輸送



② トレーラーによる運搬



③コンテナ積み下ろし方式



④ダンプ方式



⑤フレコンバッグ積み方式



⑥廃棄物の分別作業（仮置場）

図 3-1 コンテナ輸送

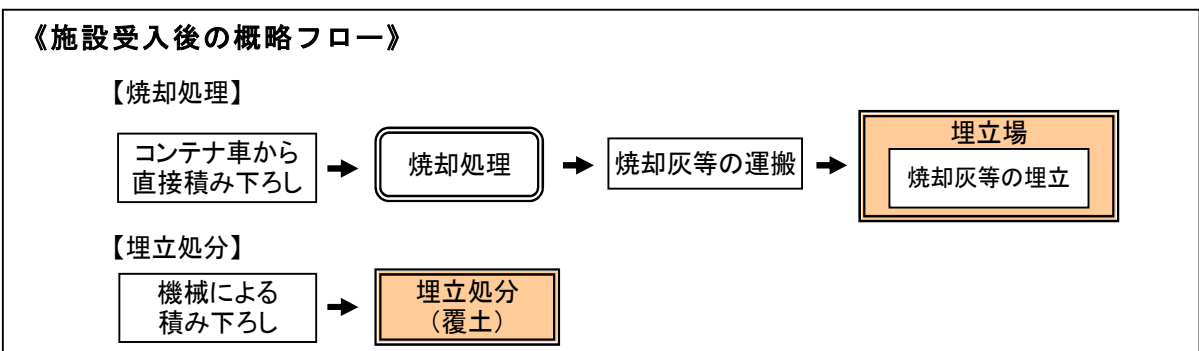
※①②東京都災害廃棄物処理フロー、③④⑤ J R 貨物 HP、⑥大阪府域における東日本大震災の災害廃棄物処理に関する指針より

(2) 処理・処分方法

災害廃棄物の処理・処分施設は、焼却処理は西部環境エネルギーセンター及び東部環境エネルギーセンターとし、埋立処分は戸室新保埋立場とする。

焼却施設では、焼却対象廃棄物をダンプ方式のコンテナで直接プラットフォームからごみピットに投入し、普通ごみと攪拌後、焼却炉に投入する。焼却処理によって発生した焼却灰等は灰運搬車で埋立場へ運搬し埋立処分する。

埋立場では、フレコンバッグ詰めされた埋立対象廃棄物をコンテナ内からフォークリフトで積み下ろし、指定された区域に埋立処分する。



2. シナリオ設定の考え方

(1) 評価シナリオ

評価シナリオは、「福島県の浜通り及び中通り地方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）で評価されている内容を前提に、「表 3-1 処理・処分作業と被ばく影響」のとおり設定した。また、埋立場の跡地利用時における評価として、公園利用者と居住利用者を評価シナリオに含めた。

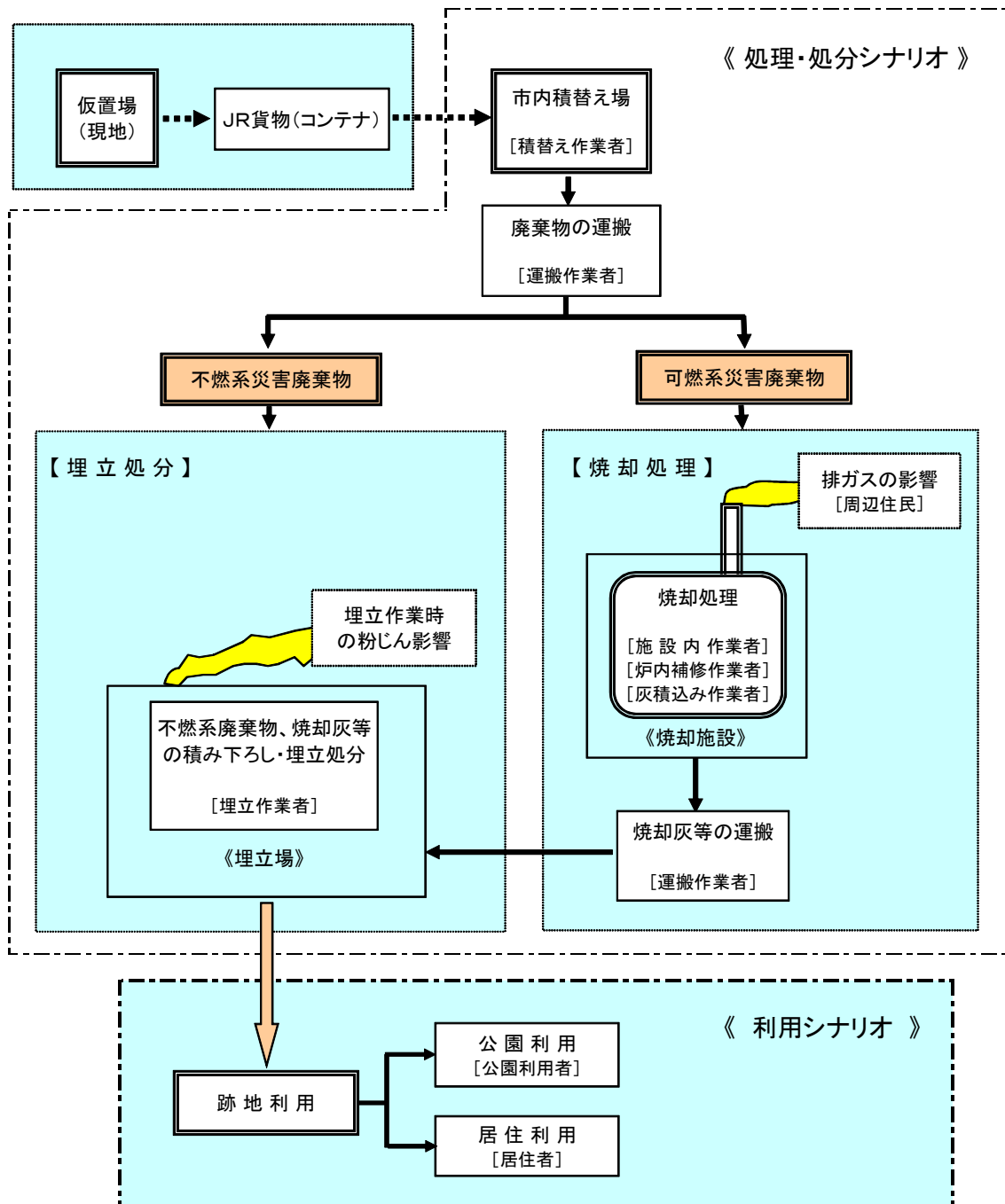


図 3-2 災害廃棄物の処理・処分に係る評価シナリオ

表 3-1 処理・処分作業と被ばく影響

	作業者			周辺住民		
	被ばく形態	評価	評価しない理由	被ばく形態	評価	評価しない理由
(1) 積替え作業 (市内積替え場)	外部	○		外部 粉じん吸入	×	コンテナのみの積替えで粉じん発生がないなど、影響が無視できる
(2) 運搬作業(施設まで)	外部	○		外部 粉じん吸入	×	コンテナ輸送及び通過時間が短く、影響が無視できる
(3) ごみピット投入作業	外部 粉じん吸入 経口	×	ダンプ方式で直接ごみピットに投入するため、影響が無視できる	外部 粉じん吸入	×	屋内作業であり、外部への影響が無視できる
(4) 廃棄物の焼却 (排ガスの影響)	外部(ブルーム) 粉じん吸入	×	施設内への影響なし	外部(ブルーム) 粉じん吸入 外部(土壌)	○	
(5) 施設内作業	粉じん吸入	○		粉じん吸入	×	屋内作業であり、外部への影響が無視できる
(6) 焼却炉内の補修作業	外部 粉じん吸入	○		外部 粉じん吸入	×	同上
(7) 積み込み作業(焼却灰等)	外部 粉じん吸入 経口	○		外部 粉じん吸入	×	同上
(8) 運搬作業(焼却灰等)	外部	○		外部	×	運搬台数が少なく、通過時間が短いため影響が無視できる
(9) 埋立作業(焼却灰等)	外部 粉じん吸入 経口	○		粉じん吸入	○	

※焼却処理の場合は(1)～(9)、直接埋立処分の場合は(1)、(2)、(9)を評価の対象とする。

(2) 評価の基準

作業者に対する安全評価の基準は、国際放射線防護委員会（ICRP）が 2007 年に勧告した「一般公衆の年間線量限度である追加的線量：1 ミリシーベルト／年」とする。

また、周辺住民に対する基準は、その場所に長期間居住することから、国際原子力機関（IAEA）が定めるクリアランス基準である「自然界の放射線レベルに比較して十分小さく、人の健康に対するリスクが無視できる線量：10 マイクロシーベルト／年」とする。

評価にあたっての安全基準

作業者 : 1 ミリシーベルト／年

周辺住民 : 10 マイクロシーベルト／年

(3) 評価方法

評価は、「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）及び「福島県の浜通り及び中通り地方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）を用いた。

(4) 評価パラメータ

評価に用いたパラメータは、「福島県の浜通り及び中通り地方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）で使用されたパラメータを用いるが、金沢市処理施設の性能等に係るものについては独自にパラメータ値を設定した。

《設定の考え方》

- (a) 施設規模、処理能力、性能及び作業時間に関するパラメータは金沢市の現状値を用いる。
- (b) 廃棄物の焼却によって飛灰に移行する放射性物質の割合設定は、評価に大きく影響するため「岩手・宮城県における焼却施設の放射性セシウム測定結果（環境省資料）」から、75%を設定する。
- (c) 評価に用いるパラメータは、周辺住民及び作業者の安全側に立って厳しく設定する。

表 3-2 主な変更設定パラメータ値

	国の評価 パラメータ	採用 パラメータ	根拠
①集じん装置の除去性能	99 %	99.9 %	金沢市の集じん装置 (バグフィルター)の性能
②核種が飛灰に移行する割合	50 %	75 %	岩手・宮城県の焼却 施設の測定結果より
③埋立作業時の重機における 遮へい係数	0.4	1.0	機械を使用せず、人 が直接作業する
④居住時における遮へい係数	0.2	0.4	追加被ばく線量年間 1 mSv の考え方より
⑤燃えがらの放射能濃度 (ベクレル/kg)	混合灰	固化灰 (飛灰)	飛灰を分離して処分 するため
⑥年間作業時間(時) ・焼却灰等運搬作業	1,000	1,760	220 日×8 時間
・埋立作業(不燃系廃棄物) ・埋立作業(焼却灰等)	1,000	1,920	240 日×8 時間

(5) 試算条件及び設定値

評価の試算は、次の試算条件及び設定値で行う。

(a) 共通条件

- ① 対象とする放射性物質は、セシウム 134 とセシウム 137 とし、その比率をセシウム 134=50%、セシウム 137=50%とする。
※文部科学省による福島第一原子力発電所の概ね 100 km 圏内の土壌調査における核種分析で、プルトニウムや放射性ストロンチウムの 50 年間積算実効線量（50 年間滞在した場合に生じる、土壌からの再浮遊に由来する吸入被ばく、及び土壌からの外部被ばく線量の積算値）が、セシウム 134、137 に比べ、非常に小さいことが確認されていることから、放射性セシウムのみを対象とする。
- ② 災害廃棄物の放射能濃度は、240 ベクレル/kg、100 ベクレル/kg 及び現地調査の測定値を使用する。

240 ベクレル/kg・・・国の受入れ基準（環境省告示）に基づく値

100 ベクレル/kg・・・多くの自治体が採用している災害廃棄物の受入れ基準で、クリアランスレベル（10 マイクロシーベルト/年）に相当する値として原子炉等規制法で定められている放射性セシウムの基準値。また、食品衛生法で定められている一般食品中の放射性物質の基準値

67 ベクレル/kg・・・現地調査による可燃系災害廃棄物の放射能濃度の最大値

12 ベクレル/kg・・・現地調査による不燃系災害廃棄物の放射能濃度の最大値

(b) 焼却施設

① 焼却施設の運転条件

- ・ 普通ごみ焼却量 280 t/日
- ・ 作業者の勤務日数 240 日
- ・ 焼却炉運転日作業日数 220 日

② 焼却灰・固化灰（飛灰）の残渣率

焼却灰：8% 固化灰（飛灰）：3%

③ 固化灰（飛灰）の放射能濃度の設定

金沢市の普通ごみの焼却による固化灰（飛灰）の放射能濃度 15 ベクレル/kg として加算する。

④ 比較方法

焼却施設に搬入される災害廃棄物の受入割合は、普通ごみ搬入量に対して、20%、10%、5%に設定する。

	設定の理由
20 %	金沢市の焼却施設で災害廃棄物を焼却できる最大焼却能力 災害廃棄物受入量：15,000t/年
10 %	多くの自治体で行われている混焼割合 災害廃棄物受入量：11,000t/年
5 %	受入可能な最小の割合 災害廃棄物受入量：6,000t/年

(c) 埋立場

- ① 埋立場の勤務日数 240 日
- ② 埋立場における最終覆土高は、2.0m の計画であるが、最低覆土高の 0.5m で試算する。

(6) 線量評価の試算例

放射能濃度 240 ベクレル/kg の災害廃棄物を金沢市内の積替え場から、焼却施設へ運搬するまでの運搬作業者が受ける線量（表 3-3 の (2) の値）を求める場合の評価式とパラメータは以下のとおりである。

【評価式及びパラメータ】

災害廃棄物の運搬業者（直接線・外部被ばく：放射能濃度240ベクレル/kgの可燃系廃棄物の運搬作業）

$$D_{\text{ext}}(i) = C_w(i) \cdot S_o \cdot t_o \cdot DF_{\text{ext}}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i}$$

	[セシウム134]	[セシウム137]	[放射性セシウム合計]
$D_{\text{ext}}(i)$: 核種 <i>i</i> による外部被ばく線量(マイクロシーベルト/年)	11.9	5.1	17.0
$C_w(i)$: 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物を混合した廃棄物中の核種 <i>i</i> の濃度(ベクレル/g) $C_w(i) = C_{wO}(i) \cdot F_{WC}$	0.12	0.12	
$C_{wO}(i)$: クリアランス対象廃棄物中の核種 <i>i</i> の濃度(ベクレル/g)	0.12	0.12	
F_{WC} : 廃棄物中に占められるクリアランス対象廃棄物の割合(-)	1	1	
S_o : 外部被ばくに対する遮へい係数(-)	0.9	0.9	
t_o : 年間作業時間(時/年)	1,000	1,000	
$DF_{\text{ext}}(i)$: 核種 <i>i</i> の外部被ばくに対する線量換算係数 (マイクロシーベルト/時 per ベクレル/g)	0.13	0.048	
λ_i : 核種 <i>i</i> の崩壊定数(y^{-1})	0.3364	0.0230	
t_i : 被ばく中の減衰期間(y) (1 年)	1	1	

これにより、運搬に係る作業者の試算線量は、17 マイクロシーベルト/年（0.017 ミリシーベルト/年）となる。

3. 線量評価結果

災害廃棄物を処理・処分するにあたって、各処理工程から作業実態に合わせて周辺住民や作業者が受ける放射線量を試算した。試算は、対象となる廃棄物から受ける外部被ばくだけでなく、粉じんを吸入することや廃棄物等を直接口から摂取してしまうことによる内部被ばくも考慮したものである。

3-1 焼却処理における試算結果

可燃系災害廃棄物の焼却方法は、普通ごみとの混焼であることから、3段階の受入割合と3段階の放射能濃度を組み合わせた9ケースについて試算した。

表 3-3 焼却処理における試算結果（受入割合 20%）

	放射能濃度 240ベクレル/kg		放射能濃度 100ベクレル/kg		放射能濃度 67ベクレル/kg	
	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)
(1) 積替え作業 (市内積替え場)	0.0076		0.0032		0.0021	
(2) 運搬作業(焼却施設まで)	0.017		0.0071		0.0048	
(3) 廃棄物の焼却 (排ガスの影響)		0.010		0.0045		0.0031
(4) 施設内作業	0.000076		0.000032		0.000022	
(5) 焼却炉内の補修作業	0.0029		0.0012		0.00082	
(6) 積み作業(焼却灰等)	0.14		0.060		0.041	
(7) 運搬作業(焼却灰等)	0.095		0.040		0.027	
(8) 埋立作業(焼却灰等)	0.50	0.0017	0.21	0.00073	0.14	0.00050
(9) 埋立地跡地利用:公園利用 (覆土50cm)		0.22		0.093		0.063
(10) 埋立地跡地利用:居住利用 (覆土50cm)		3.8		1.6		1.1
※最終覆土を2mまで行うことで、覆土30cmごとに更に98%程度の遮蔽効果が見込まれ、線量は大幅に低減される。						

表 3-4 焼却処理における試算結果（受入割合 10%）

	放射能濃度 240ベクレル/kg		放射能濃度 100ベクレル/kg		放射能濃度 67ベクレル/kg	
	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)
(1) 積替え作業 (市内積替え場)	0.0076		0.0032		0.0021	
(2) 運搬作業(焼却施設まで)	0.017		0.0071		0.0048	
(3) 廃棄物の焼却 (排ガスの影響)		0.0054		0.0024		0.0015
(4) 施設内作業	0.000042		0.000018		0.000012	
(5) 焼却炉内の補修作業	0.0014		0.00062		0.00043	
(6) 積み込み作業(焼却灰等)	0.078		0.034		0.023	
(7) 運搬作業(焼却灰等)	0.052		0.023		0.016	
(8) 埋立作業(焼却灰等)	0.28	0.00095	0.12	0.00041	0.082	0.00028
(9) 埋立地跡地利用:公園利用 (覆土50cm)		0.12		0.052		0.036
(10) 埋立地跡地利用:居住利用 (覆土50cm)		2.1		0.91		0.63
※最終覆土を2mまで行うことで、覆土30cmごとに更に98%程度の遮蔽効果が見込まれ、線量は大幅に低減される。						

表 3-5 焼却処理における試算結果（受入割合 5%）

	放射能濃度 240ベクレル/kg		放射能濃度 100ベクレル/kg		放射能濃度 67ベクレル/kg	
	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)
(1) 積替え作業 (市内積替え場)	0.0076		0.0032		0.0021	
(2) 運搬作業(焼却施設まで)	0.017		0.0071		0.0048	
(3) 廃棄物の焼却 (排ガスの影響)		0.0028		0.0012		0.00087
(4) 施設内作業	0.000022		0.000010		0.0000071	
(5) 焼却炉内の補修作業	0.00074		0.00033		0.00023	
(6) 積み込み作業(焼却灰等)	0.042		0.019		0.013	
(7) 運搬作業(焼却灰等)	0.028		0.013		0.0088	
(8) 埋立作業(焼却灰等)	0.15	0.00052	0.066	0.00023	0.047	0.00016
(9) 埋立地跡地利用:公園利用 (覆土50cm)		0.065		0.029		0.020
(10) 埋立地跡地利用:居住利用 (覆土50cm)		1.1		0.51		0.36
※最終覆土を2mまで行うことで、覆土30cmごとに更に98%程度の遮蔽効果が見込まれ、線量は大幅に低減される。						

作業者が受ける線量の試算結果では、焼却施設で受け入れ可能な最大の受入割合 20%、放射能濃度を最も高く想定した 240 ベクレル/kg の場合を含め、全作業工程で安全基準の 1 ミリシーベルト/年を大きく下回っている。最も高い試算結果は、焼却灰等の埋立作業(放射能濃度 240 ベクレル/kg・受入割合 20%)の 0.50 ミリシーベルト/年である。また、周辺住民が受ける線量の試算結果では、全て安全基準の 10 マイクロシーベルト/年を下回っている。

なお、埋立作業時(放射能濃度 240 ベクレル/kg・受入割合 20%)に周辺住民が受ける線量 0.0017 マイクロシーベルト/年は、埋立箇所から 100 m の地点での試算であるが、近隣にある居住地(埋立箇所から 450 m)で試算すると、0.00038 マイクロシーベルト/年となる。

表 3-6 は、試算線量が最も高くなった焼却灰埋立作業者と埋立場跡地居住利用者における試算結果である。放射能濃度 240 ベクレル/kg での試算結果では、固化灰（飛灰）の放射能濃度は表 3-7 に示すとおり 1,013 ベクレル/kg となり、これによる焼却灰埋立作業者の受ける線量が最大 0.50 ミリシーベルト/年と安全基準の 1 ミリシーベルト/年を下回っている。これは、1,013 ベクレル/kg の約 2 倍の 2,000 ベクレル/kg 以下であれば埋め立てても作業者が受ける線量が 1 ミリシーベルト/年以下となることになる。

また、埋立場跡地居住利用者が受ける線量は最大 3.8 マイクロシーベルト/年であり安全基準の 10 マイクロシーベルト/年を下回っている。

表 3-6 各作業等における試算線量の最高値

	放射能濃度 240ベクレル/kg		放射能濃度 100ベクレル/kg		放射能濃度 67ベクレル/kg	
	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)
受入割合 20%	0.50	3.8	0.21	1.6	0.14	1.1
受入割合 10%	0.28	2.1	0.12	0.91	0.082	0.63
受入割合 5%	0.15	1.1	0.066	0.51	0.047	0.36
安全基準	1ミリシーベルト/年	10マイクロシーベルト/年	1ミリシーベルト/年	10マイクロシーベルト/年	1ミリシーベルト/年	10マイクロシーベルト/年

(1) 固化灰（飛灰）の放射能濃度

災害廃棄物に含まれる放射性物質は焼却処理することによって、固化灰（飛灰）へ高濃度に濃縮される。固化灰（飛灰）に含まれる放射能濃度は、災害廃棄物の受入割合と放射能濃度によって決まる。すべてのケースで試算した結果、放射能濃度 240 ベクレル/kg で、受入割合が 20%の場合には、固化灰（飛灰）の放射能濃度が 1,013 ベクレル/kg となった。また、放射能濃度 67 ベクレル/kg で、受入割合が 5%以下の場合には、固化灰（飛灰）の放射能濃度が 100 ベクレル/kg 以下となった。

表 3-7 受入割合と固化灰（飛灰）の放射能濃度の関係 【単位：ベクレル/kg】

	放射能濃度 240ベクレル/kg	放射能濃度 100ベクレル/kg	放射能濃度 67ベクレル/kg
受入割合 20% (搬入量 15,000t)	1,013	429	292
受入割合 10% (搬入量 11,000t)	559	241	166
受入割合 5% (搬入量 6,000t)	300	133	94

(2) 焼却施設からの排ガスによる周辺土壌への沈着量

災害廃棄物の焼却処理の期間は、広域処理の目標期間である平成 26 年 3 月末までであるが、表 3-8 は安全側を見て 10 年間焼却した場合に土壌へ沈着する放射性物質の量を表したものである。もっとも影響がある放射能濃度 240 ベクレル/kg、受入割合 20%での沈着量は 0.015 ベクレル/kg で、市内の定点観測地点（石川県保健環境センター）での土壌中放射能濃度（セシウム 137）24 ベクレル/kg（乾ベース：平成 21 年度）と比較しても極わずかである。

よって、焼却施設からの排ガスによる土壌への影響はほとんどないと考えられる。

表 3-8 焼却割合と 10 年間での土壌沈着量の関係 【単位：ベクレル/kg】

	放射能濃度 240 ベクレル/kg	放射能濃度 100 ベクレル/kg	放射能濃度 67 ベクレル/kg
受入割合 20%	0.015	0.0062	0.0042
受入割合 10%	0.0074	0.0032	0.0022
受入割合 5%	0.0038	0.0017	0.0012

3-2 埋立処分における試算結果

不燃系災害廃棄物の埋立は、災害廃棄物を直接埋立処分するもので、設定した 3 ケースの放射能濃度について試算した。埋立場に直接搬入される放射能濃度を最も高く設定した 240 ベクレル/kg で線量を試算した結果においても、全作業工程で安全基準の 1 ミリシーベルト/年を大きく下回っている。最も高くなった作業は、災害廃棄物の埋立作業で 0.12 ミリシーベルト/年と試算された。

周辺住民が受ける線量の試算結果において、240 ベクレル/kg で最も高い試算結果となったのは、跡地利用における居住利用時の 0.91 マイクロシーベルト/年であり、安全基準の 10 マイクロシーベルト/年を大きく下回っている。

なお、埋立作業時の周辺住民が受ける線量 0.00021 マイクロシーベルト/年は、240 ベクレル/kg の災害廃棄物を直接埋立する際の、埋立箇所から 100 m の地点での試算であるが、近隣にある居住地（埋立箇所から 450 m）で試算すると、0.000047 マイクロシーベルト/年となる。

表 3-9 埋立処分における試算結果

	放射能濃度 240ベクレル/kg		放射能濃度 100ベクレル/kg		放射能濃度 67ベクレル/kg	
	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)	作業者 (ミリシーベルト/年)	周辺住民 (マイクロシーベルト/年)
(1) 積替え作業 (市内積替え場)	0.0069		0.0029		0.00034	
(2) 運搬作業(埋立場まで)	0.014		0.0058		0.00069	
(8) 埋立作業(不燃系廃棄物)	0.12	0.00021	0.049	0.000085	0.0059	0.000011
(9) 埋立跡地利用:公園利用 (覆土50cm)		0.052		0.022		0.0026
(10) 埋立跡地利用:居住利用 (覆土50cm)		0.91		0.38		0.046
※最終覆土を2mまで行うことで、覆土30cmごとに更に98%程度の遮蔽効果が見込まれ、線量は大幅に低減される。						

● 焼却処理に対する評価結果

放射能濃度を最も高く想定した 240 ベクレル/kg を含め 9 ケースで試算した結果、すべてのケースで周辺住民及び作業員に対する評価の安全基準を下回っている。

- ・ 災害廃棄物を運搬・焼却処理する作業員が受ける線量を試算したところ、0.0000071～0.50 ミリシーベルト/年と安全基準の 1 ミリシーベルト/年を下回っている。
- ・ 周辺住民が受ける線量を試算したところ、各作業による影響は 0.00016～0.010 マイクロシーベルト/年で、焼却灰埋立後の跡地利用においても 0.020～3.8 マイクロシーベルト/年といずれも安全基準の 10 マイクロシーベルト/年を下回っている。

● 直接埋立処分に対する評価結果

放射能濃度を最も高く想定した 240 ベクレル/kg を含め 3 ケースで試算した結果、すべてのケースで周辺住民及び作業員に対する評価の安全基準を下回っている。

- ・ 災害廃棄物を運搬・埋立処分する作業員が受ける線量を試算したところ、0.00034～0.12 ミリシーベルト/年と安全基準の 1 ミリシーベルト/年を下回っている。
- ・ 周辺住民が受ける線量を試算したところ、埋立作業時で 0.000011～0.00021 マイクロシーベルト/年、廃棄物等直接埋立後の跡地利用においても 0.0026～0.91 マイクロシーベルト/年といずれも安全基準の 10 マイクロシーベルト/年を下回っている。

● 以上の試算は、周辺住民や作業員の安全側に立った厳しい条件（作業時間や覆土高等）で試算しているため、実際に処理・処分を行う際に受ける線量は、試算結果よりも更に小さくなり、住民の健康に影響がないと評価できる。