

災害廃棄物の広域処理の推進について

(東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理の推進に係るガイドライン)

平成 23 年 8 月 11 日
一部改訂 平成 23 年 10 月 11 日
一部改訂 平成 23 年 11 月 18 日
一部改訂 平成 24 年 1 月 11 日
環 境 省

はじめに

災害廃棄物の放射性物質による汚染に対する受入側の危惧等を背景に、広域処理の具体化が遅れていたため、平成 23 年 8 月 10 日に開催した第 6 回災害廃棄物安全評価検討会（以下「検討会」という。）において、災害廃棄物の広域処理における安全性の考え方、搬出側における安全性の確認方法等について検討を行い、本ガイドラインとして取りまとめた。

これを受けて、山形県が県内への受入に関する考え方をいち早く示すことで広域処理を進めており、また、9 月 30 日には東京都による岩手県との災害廃棄物の処理基本協定が締結され、本格的な災害廃棄物の広域処理が動き出したところである。

本ガイドラインについては、検討会における検討をいただきつつ、放射性物質に係る追加的な調査等の測定結果が増えてきたことを受けて実測データの充実を図るとともに、焼却処理に加えて再生利用等の考え方を追加するなど、10 月、11 月にその一部改定を行い、逐次内容の充実を図ってきている。

これらと並行して、東京都による宮城県女川町の災害廃棄物の受入公表（11 月 24 日）と試験焼却のための搬出開始（12 月 7 日）、東京都による岩手県宮古市の災害廃棄物の先行事業分 1 千 t の処理の完了（11 月末）と本格事業の開始（12 月）、青森県八戸市の受入表明（11 月 24 日）、静岡県市長会・町村会による災害廃棄物の受入に係る共同声明（11 月 10 日）、神奈川県受入表明（12 月 21 日）、秋田県の受入表明（12 月 8 日）、大阪府災害廃棄物の処理指針に係る検討会議における検討結果のとりまとめ（12 月 14 日）等、広域処理の受入の動きが広がりつつある。

今般、12 月 2 日開催の第 10 回検討会において、本ガイドラインへの追加が了承された「災害廃棄物の広域処理における熔融処理の考え方について」の内容を反映するとともに、新たな実測データを盛り込む等により、その内容のさらなる充実を図るものである。

目次

I 広域処理における安全性の考え方について	1
1. 広域処理の対象となる災害廃棄物の放射能濃度レベル	1
2. 広域処理における安全性の考え方	1
II 災害廃棄物の再生利用に関する評価	7
1. 燃焼を伴わない再生利用	7
2. 燃焼を伴う再生利用	7
3. 溶融スラグの再生利用	8
III 災害廃棄物の焼却処理に関する評価	10
1. 評価方針	10
2. 災害廃棄物を焼却した際に発生する飛灰中の放射能濃度の算定方法	10
3. 算定結果	11
4. 災害廃棄物等の焼却灰中の放射能濃度測定結果	12
5. 評価	16
IV 災害廃棄物の広域処理における搬出側での確認方法等	17
1. 搬出側での確認方法	17
2. 受入側でのモニタリング	19
3. 東京都の先行事業（宮古市）におけるモニタリング結果の概要	20
4. 災害廃棄物の測定等に係る留意事項	20
別添 1 岩手県・宮城県における災害廃棄物の放射性物質測定結果	22
別添 2 放射性物質を含む廃棄物の焼却処理における排ガスの安全性について	26
別添 3 災害廃棄物等の処理・処分のシナリオに対する線量評価結果の整理	32
別添 4 災害廃棄物の広域処理における溶融処理の考え方について	44
別添 5 東京都による岩手県宮古市の災害廃棄物の広域処理スキーム &放射能管理マニュアル	52

I 広域処理における安全性の考え方について

1. 広域処理の対象となる災害廃棄物の放射能濃度レベル

岩手県及び宮城県の被災地においては、平成 23 年 6 月以降、広域処理も念頭に、災害廃棄物の放射能濃度の測定及び組成調査が実施されている。その結果^{1,2,3,4}（別添 1 参照）によれば、宮城県の一部地域を除いて沿岸部の災害廃棄物の放射性セシウム濃度（セシウム 134 とセシウム 137 の合計値。以下「放射能濃度」という。）は不検出から低いレベルにとどまっており、廃棄物の処理・再生利用において、十分な安全性を確保し得るレベルと考えられる。

具体的には、別添 1 に示すように、災害廃棄物の放射能濃度は、岩手県の場合、可燃物全体では不検出～104Bq/kg、不燃物では不検出～590Bq/kg、宮城県の場合、可燃物全体では 68～240Bq/kg、不燃物では不検出～390Bq/kg の範囲となっている。

なお、福島県の災害廃棄物については、「福島県内の災害廃棄物の処理の方針（平成 23 年 6 月 23 日、環境省）」（以下「処理方針」という。）において、「クリアランスレベルと同程度以下のものを別として、当面の間、福島県内で処理を行いつつ、関係者間の調整を進めるものとする」との基本的な考え方が示されており、本ガイドラインの対象としていない。

2. 広域処理における安全性の考え方

東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）（平成 23 年 5 月、環境省）によれば、災害廃棄物は被災地にて可能な限りの分別を行うこととなっており、広域処理の対象となる災害廃棄物は、一定の分別がなされているものが主と考えられる。また、再生利用が可能なものは極力再生利用するとの方針となっており、これを踏まえた処理を行う必要がある。特に、津波堆積物が混ざった災害廃棄物については、不純物の混入に対しても適応性の高いセメント焼成による再生利用が有効であり、このことも考慮する必要がある。

(1) 再生利用におけるクリアランスレベルの考え方

再生利用については、原子力安全委員会の示す考え方を踏まえて整理された処理方針により、「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（0.01mSv/年）以下になるよう、放射性物質の濃度が適切に管理されていれば再生利用が可能」との考え方が示されている。さらに、「クリアランスレベルを超える場合であっても、被ばく線量を 0.01mSv/年以下に低くするための対策を講じつつ、管理された状態で利用することは可能」との考え方が示されている。

この場合のクリアランスレベルの考え方については、原子力安全委員会の報告書⁵に基づき、次のように整理できる。

¹ 災害廃棄物仮置場放射能等調査業務委託報告書（平成 23 年 7 月、岩手県）

² 災害廃棄物の燃焼試験に関する報告書（平成 23 年 8 月、廃棄物資源循環学会）

³ 宮城県内における災害廃棄物の放射能濃度測定の結果について（平成 23 年 11 月 25 日、宮城県）

⁴ 放射能管理マニュアル（宮城県女川町試験焼却用）（平成 23 年 11 月、東京都）

⁵ 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うち放射性物質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（平成 17 年 3 月一部修正）、原子力安全委員会）

- ① クリアランスレベルを算出するための線量の目安値 0.01mSv/年は、「自然界の放射線レベルに比較して十分小さく、また、人の健康に対するリスクが無視できる」線量として定められており、この目安値に相当する放射能濃度をクリアランスレベルとしている。
- ② クリアランスレベルは、「放射性物質として扱う必要がないもの」として定められるものであり、我が国では、原子炉施設等の解体等に伴って大量に発生する金属、コンクリート等について定められ、放射性セシウム濃度で 100Bq/kg とされている。
- ③ この数値は、IAEA 安全指針 RS-G-1.7 (2004 年 8 月)⁶の規制免除レベルの数値を採用しており、IAEA 安全指針は、対象物を特に限定しない一般的なものとして設定されているので、これを金属、コンクリート等以外の木質等に適用しても差し支えないものと考えられる。
- ④ 国際的整合性などの立場から、我が国のクリアランスレベルは、IAEA 安全指針の規制免除レベルを採用しているものの、原子力安全委員会における検討に当たっては、原子炉の解体に伴って生じる金属及びコンクリート等について、現実的に起こりうる想定される全ての評価経路（埋設処分、再利用）を考慮した上で、詳細な評価を行っており、その結果算定されたクリアランスレベルは、セシウム 134 で 500 Bq/kg、セシウム 137 で 800 Bq/kg である。
- ⑤ IAEA 安全指針の規制免除レベルは、それぞれの国が規制免除レベルを決める際の参考値として示されたものであり、この値の 10 倍を超えない範囲であれば、国によって、規制対象行為や線源の特徴に応じてクリアランスレベルを別途定めることができるという性格のものであることから、我が国で実際に採用された 100 Bq/kg という値は相当程度保守的であり、安全側の値であると言える。
- ⑥ クリアランスレベルは、大量に発生するものを対象としており、上記の詳細な評価においても、少なくとも 10t 程度の物量ごとに平均化された放射能濃度として算出、評価されていることから、少量の部分的な濃度により評価すべきではないことに留意が必要である。

以上の考え方を踏まえ、以下の安全性の検討においては、木質等を含む災害廃棄物を再生利用した製品の放射性セシウム濃度のクリアランスレベルを、100Bq/kg と考えるものとする。ただし、この値は一種の「目安」であり、この値を上回る場合でも桁が同じであれば、放射線防護上の安全性について必ずしも大きく異なることはないと考えられる。⁷

⁶ International Atomic Energy Agency, Application of the Concept of Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Guide No. RS-G-1.7 (2004)

⁷ 放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方(平成 23 年 6 月 16 日、原子力災害対策本部)

(2) 処理プロセス全体での安全性の確保

広域処理の受入側では、再生利用が可能なものは再生利用、再生利用困難な不燃物等は埋立処分、可燃物は焼却処分の上、焼却灰を埋立処分することが想定され、上記の放射能濃度レベルを念頭に、これらの一連のプロセスにおける安全性の確保が必要である。

① 受入までの運搬過程

1. で整理した広域処理の対象となる災害廃棄物の放射能濃度レベルは、特段の制限なく市中での流通が認められているクリアランスレベル（100Bq/kg 以下）や、食品中の放射性物質に係る基準値（暫定規制値）（飲料水等 200 Bq/kg 以下、野菜類、穀類、肉等 500 Bq/kg 以下）のレベルと同等又はそれ以下であり、被災地から受入地までの運搬過程において、災害廃棄物を取り扱うことによる被ばくの問題は生じないと考えられる。

また、運搬に当たっては、廃棄物処理法に基づく規制を遵守することにより、災害廃棄物の飛散等を防止することは可能と考えられる。

② 再生利用

前述のとおり、クリアランスレベルを超える場合であっても、管理された状態での利用は可能であり、例えばコンクリートくず等を破砕して土木資材として利用する場合の考え方については、別途整理がなされているが⁸、本ガイドラインでは、当面の間、製品として広く市場に流通しても問題が生じないように、原則として、再生利用される製品がクリアランスレベルを満足するように再生利用を行う場合について整理することとする。また、この場合のクリアランスレベルは、(1)の整理を踏まえ、木質等を含めて、100Bq/kg として評価するものとする。

なお、前述のように、クリアランスレベルは、大量に発生する対象物に適用されるものであり、また、相当程度保守的（安全側）に設定されていることから、一部の製品のロットがクリアランスレベルの数値を満足しない場合でも、混合等により全体としてクリアランスレベルを満足する場合には、製品としての安全性は確保されていると考えることができる。また、この数値は再生利用される製品に適用するものであり、原料として用いる災害廃棄物そのものについて 100Bq/kg を満足することを求めるものではない。

③ 不燃物等の埋立処分

不燃物等の埋立処分については、前記の処理方針により、8,000Bq/kg^{*1}であ

⁸ 管理された状態での災害廃棄物(コンクリートくず等)の再生利用について(平成 23 年 12 月 27 日、環境省)

れば「不燃物等の災害廃棄物をそのまま又は破砕して安全に埋立処分することが可能」とされており、別添 1 の測定結果から、災害廃棄物のうち不燃物の放射能濃度は不検出～590Bq/kg であり、問題なく管理型最終処分場における埋立処分が可能と考えられる。

④ 可燃物の焼却処理及び焼却灰の埋立処分

可燃物については、前記の処理方針により、放射性物質に汚染されたおそれのある災害廃棄物であっても、「木くず等の可燃物について、十分な能力を有する排ガス処理装置が設置されている施設で焼却処理が行われる場合には、安全に処理を行うことが可能」とされており、別添 1 の測定結果から、災害廃棄物のうち可燃物の放射能濃度は不検出～240Bq/kg であり、問題なく焼却処理が可能と考えられる。

また、処理により生じる焼却灰については、受入側の埋立処分に係る追加的な措置が必要とならないよう、配慮する必要があるが、上記の災害廃棄物の放射能濃度測定結果に照らし、焼却灰の放射能濃度も 8,000Bq/kg^{※1}を下回ることが見込まれ、特段の問題は生じないと考えられる。

なお、焼却処理の排ガスの安全性については、原子力安全委員会の示す考え方により、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示」等で示された濃度限度（3月間の平均で、放射性物質ごとにそれぞれの放射性物質ごとに定められた濃度（セシウム 134 で 20Bq/m³、セシウム 137 で 30Bq/m³）に対する割合の和が 1 となる濃度。）を下回ることが確認することが重要とされているが、別添 2 に示すように、排ガス処理に伴う飛灰の放射性セシウム濃度が 8,000Bq/kg 超～数万 Bq/kg 程度となる焼却処理の場合であっても、処理後の排ガス実測データは大半の施設が不検出であり、一部検出されている場合でもこの濃度限度を大きく下回っており、安全に処理できていることが確認されている。

※1 8,000Bq/kg の設定の考え方

検討会において、原子力安全委員会が 6 月 3 日に定めた「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」に示された次の目安を満足するよう適切な処理方法を検討した結果、埋立処分の際の目安として示された焼却灰等の濃度。

- ① 処理に伴って周辺住民の受ける追加被ばく線量が 1 mSv/年を超えないようにする。
- ② 処理を行う作業者が受ける追加被ばく線量についても可能な限り 1 mSv/年を超えないことが望ましい。比較的高い放射能濃度の物を取り扱う工程では、「電離放射線障害防止規則」（昭和 47 年労働省令第 41 号）を遵守する等により、適切に作業者の受ける放射線の量の管理を行う。
- ③ 処分施設の管理期間終了以後、周辺住民の受ける追加被ばく線量が 0.01mSv/年

以下とする。

別添3に示すシナリオ計算等に基づき、安全評価を実施し、廃棄物処理の各工程における追加被ばく線量が1mSv/年（公衆被ばくの線量限度と同値）となる放射能濃度と、最終処分場の管理期間終了後、一般公衆の追加被ばく線量が0.01mSv/年（人の健康に対する影響が無視できる線量）となる放射能濃度を確認したところ、表I-1に示すように、8,000Bq/kg以下の廃棄物については、周辺住民、作業員のいずれにとってもこれらの追加被ばく線量を満足し、安全に処理することが可能であることが確認されている。

なお、IAEAのミッションにおいても「放射性セシウム8,000Bq/kg以下のものについて、追加的な措置なく管理型処分場で埋立てをすることについて、既存の国際的な方法論と完全に整合性がとれている」と評価されており⁹、国際的にみても適切な手法であると考えられる。

表 I - 1 廃棄物処理の各シナリオ^{※1}における許容放射能濃度の算出

シナリオ	評価対象	処理に伴う被ばく量が1mSv/yとなる放射能濃度	
保管	廃棄物積み下ろし作業 ^{※2}	作業員 8時間/日、250日のうち半分、作業(1000時間/年)	12,000Bq/kg
	保管場所周辺居住 ^{※2}	一般公衆 居住時間の20%を屋外で過ごす	100,000Bq/kg
運搬	廃棄物運搬作業	作業員 8時間/日、250日のうち半分、作業(1000時間/年)	10,000Bq/kg
	運搬経路周辺居住	一般公衆 赤信号での停車時間(450時間/年)	160,000Bq/kg
中間処理	焼却炉補修作業	作業員 実態から900時間/年	30,000Bq/kg
	焼却施設周辺居住	一般公衆 居住時間の20%を屋外で過ごす	5,500,000Bq/kg
埋立処分	焼却灰埋立作業 ^{※3}	作業員 ^{※4} 8時間/日、250日のうち半分、作業(1000時間/年)	10,000Bq/kg
	脱水污泥等埋立作業 ^{※5}	作業員 ^{※4} 8時間/日、250日のうち半分、作業(1000時間/年)	8,000Bq/kg
	最終処分場周辺居住 ^{※6}	一般公衆 居住時間の20%を屋外で過ごす	100,000Bq/kg
シナリオ	評価対象	被ばく量を10μSv/y以下となる放射能濃度	
埋立処分	埋立地跡地公園利用	一般公衆 実態から200時間/年	170,000Bq/kg
	地下水利用農作物摂取	一般公衆	46,000Bq/kg ^{※7}

※1 廃棄物の処理においては、可燃物については焼却後に埋立処分、不燃物については埋立処分されることが一般的であり、このような処理の実態を踏まえてシナリオ設定を行った。また、福島県内の廃棄物処理施設の実態等を参考にして、評価に用いるパラメータの設定を行った。

※2 保管は200m×200mの敷地にテント（15m×30m×高さ2m）を50個設置と想定。敷地内の複数のテントから周辺居住者の被ばくについて、居住場所は保管場所から適切な距離を取るものとして評価した。例えば、100,000Bq/kgの廃棄物を保管した場合、保管場所からの適切な距離は約70m、8,000Bq/kgの廃棄物を保管した場合、保管場所からの適切な距離は約2mとなる。

※3 焼却灰等埋立では、外部被ばく評価の線源条件として、福島県内の廃棄物処理施設

⁹ 福島第一原子力発電所外の広範囲に汚染された地域の除染に関するIAEAミッション（平成23年10月7日～15日）最終報告書（平成23年11月15日、IAEA）

の実態等を参考にして 200m×200m×深さ 10m の大きさ、かさ密度 1.6g/cm³ と想定。

- ※4 既往のクリアランスレベル評価に倣い、安全側に見て、作業者は1日8時間・年間250日の労働時間のうち半分の時間を処分場内で重機を使用して埋立作業を行っているものとした。なお、重機の遮蔽係数を0.4とした。
- ※5 脱水汚泥埋立処分では、外部被ばく評価の線源条件として、既往のクリアランスレベル評価に倣って半径500m×深さ10mの大きさ、かさ密度2.0g/cm³と想定。本項目については「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方」（平成23年6月16日原子力災害対策本部）を参照している。
- ※6 居住場所は埋立場所から適切な距離を取るものとして評価している。例えば、埋立処分場（200m×200m×深さ10m）で即日覆土を毎日15cm行う条件で、作業中の露出面積を15m×15mとした場合は、100,000Bq/kgの廃棄物では8m、8,000Bq/kgの廃棄物では2mとなる。本項目については「福島県の浜通り及び中通り地方（避難区域及び計画的避難区域を除く）の災害廃棄物の埋設処分における一般廃棄物最終処分場周辺の直接線及びスカイシャイン線による影響の評価について」（平成23年7月14日原子力安全・保安院放射性廃棄物規制課）を参照している。
- ※7 この結果を受け、8,000Bq/kg超の焼却灰等については、遮水工が設置されている管理型処分場等において、焼却灰の周囲に隔離層を配置するなど、十分な安全対策を講ずることとしている。なお、シナリオ評価においては、遮水工のない安定型処分場を想定しており、地下水流方向の分散長、地下水流方向の分散係数、処分場下流端から井戸までの距離を全て0として評価をしている等、保守的な設定をしている。

II 災害廃棄物の再生利用に関する評価

被災地における災害廃棄物の放射能濃度の測定及び組成調査の結果（別添 1 参照）を用いて、これを再生利用する場合の評価を行った。

1. 燃焼を伴わない再生利用

木くず等をボード原料として利用する場合など、燃焼を伴わない再生利用については、災害廃棄物の組成別の放射能濃度の測定結果があれば、最終的な製品中の災害廃棄物の割合等から容易に製品中の放射能濃度が算定できる。

製品の放射能濃度 = 災害廃棄物の放射能濃度

- × 原料(木くず等)に占める当該災害廃棄物の割合
- × 製品に占める原料(木くず等)の割合

これがクリアランスレベル（100Bq/kg）を満足すれば、広く一般に再生利用できることになるが、例えばボード原料として木くずを用いる場合、別添 1 の測定結果から、岩手県及び宮城県の災害廃棄物の木質の放射能濃度は、それぞれ不検出～135Bq/kg、不検出～84Bq/kg であり、原料としての災害廃棄物の混合割合を安全側に管理することにより、問題なく再生利用が可能と考えられる。

ただし、再生利用を行う事業者は、災害廃棄物の性状にはある程度のばらつきが見込まれることも踏まえてクリアランスレベルを満足するよう品質管理を行うことになるので、受入可能となる放射能濃度の目安は、製品の品質に責任を負う事業者の判断に基づき適切に設定されるべきものと考えられる。

2. 燃焼を伴う再生利用

津波堆積物の混ざった木くず等をセメント焼成する場合や、木くず等を燃料利用し、その灰をセメント原料として利用する場合など、燃焼後の焼却灰を再生利用する場合については、同様に災害廃棄物の組成別の放射能濃度の測定結果があれば、燃焼に伴い放射性物質が灰に濃縮されることを考慮することにより、最終的な製品中の災害廃棄物由来の灰の割合等から製品中の放射能濃度が算定できる。

製品の放射能濃度 = 災害廃棄物の放射能濃度

- × 燃料に占める災害廃棄物の割合
- × 燃焼による灰の濃縮倍率
- × 製品に占める当該灰の割合

再生利用した製品が市場に流通する前にクリアランスレベル（100Bq/kg）を満足すれば、広く一般に再生利用できることになるが、例えばセメント原料として木くずを燃焼した灰を用いる場合、別添1の測定結果から、岩手県及び宮城県の災害廃棄物の木質の放射能濃度は不検出～135Bq/kg、不検出～84Bq/kgであり、燃料としての災害廃棄物の混合割合及び原料としての災害廃棄物由来の灰の混合割合を安全側に管理すれば、問題なく再生利用が可能と考えられる。

また、この場合、燃焼後の灰の放射能濃度も8,000Bq/kgを大きく下回ることが見込まれ、燃焼を行う設備に適切な排ガス処理設備が備えられていれば、燃焼を行うこと、及びその後の灰の取扱いには、特段の問題は生じないと考えられる。

ただし、1.と同様に、受入可能となる放射能濃度の目安は、製品の品質に責任を負う事業者の判断に基づき適切に設定されるべきものと考えられる。例えばセメント焼成の場合、当該災害廃棄物以外にも様々な種類、性状の廃棄物を受け入れている場合が多く、これら全体の処理を考慮して、品質管理が行われることから、上記の考え方で受入の濃度を単純に算定できるものではないことに留意が必要である。

3. 溶融スラグの再生利用

通常の焼却処理ではなく、溶融処理により廃棄物を処理する場合は、処理後に溶融スラグと溶融飛灰が生じることになる。溶融スラグは、プレキャストコンクリート製品の細骨材やアスファルト混合物等として再生利用されており、このような場合には、溶融によるスラグの濃縮倍率と放射性セシウムのスラグへの分配率を考慮することにより、最終的な製品中の災害廃棄物由来の溶融スラグの割合等から製品中の放射能濃度が算定できる。

製品の放射能濃度 = 災害廃棄物の放射能濃度

- × 溶融対象に占める災害廃棄物の割合
- × 1 / 溶融によるスラグの発生割合
- × 溶融によるスラグへの分配率
- × 製品に占める当該スラグの割合

溶融の場合、災害廃棄物中の放射性セシウムの溶融スラグへの分配率は、別添4に示すように、流動床式で約8%、シャフト式で約3%となっている。また、溶融スラグの発生割合は、流動床式で約5%、シャフト式で約10%となっている。

別添1の測定結果から、岩手県及び宮城県の災害廃棄物の可燃物の放射能濃度はそれぞれ不検出～104Bq/kg、68～240Bq/kgであり、例えばシャフト式の場合、約10%の溶融スラグに約3%の放射性セシウムが分配されることになるので、スラグ中の放射性セシウム濃度はもとの災害廃棄物の平均濃度の1 / 3以下に

なると見込まれる。したがって、全量災害廃棄物であっても、熔融スラグはクリアランスレベルを満足できるものと考えられ、問題なく再生利用が可能と考えられる。また、流動床式の場合、スラグ中の放射性セシウム濃度はもとの災害廃棄物の平均濃度より多少増加すると見込まれるが、災害廃棄物の放射性セシウム濃度に応じて適切な災害廃棄物の混合割合を設定すればクリアランスレベルを満足できるものと考えられる。

III 災害廃棄物の焼却処理に関する評価

被災地における災害廃棄物の放射能濃度の測定及び組成調査の結果（別添1参照）を用いて、これを焼却処理（熔融処理を含む。以下同じ。）する場合の評価を行った。

1. 評価方針

- ① 調査が行われた地域のうち、岩手県南部の陸前高田市と中部の宮古市の災害廃棄物の放射能濃度測定結果及び組成調査結果¹を用いる。
- ② 焼却処理の対象となる可燃物の混合物を評価対象とする。
- ③ 安全側での評価とするため、他の廃棄物（生活ごみなど）との混焼ではなく、全量災害廃棄物を焼却したものと仮定する。
- ④ さらに、安全側での評価とするため、焼却処理において、焼却灰のうち放射性セシウムが濃縮されやすい飛灰に放射性物質がすべて移行するものと仮定し、飛灰中の放射能濃度を算定する。
- ⑤ 災害廃棄物の種類ごとの放射能濃度が検出下限値を下回っている場合は、安全側にみて、当該種類の放射能濃度はゼロではなく検出下限値であると仮定する。

2. 災害廃棄物を焼却した際に発生する飛灰中の放射能濃度の算定方法

災害廃棄物を焼却した際に発生する飛灰中の放射能濃度は、以下のとおり算定される。

$$\text{飛灰中の放射能濃度} = \text{災害廃棄物の放射能濃度 } \alpha \times \text{飛灰への濃縮率 } \beta$$

この場合の災害廃棄物中の放射能濃度は廃棄物の種類ごとの組成比に応じた加重平均とする。

$$\begin{aligned} \text{災害廃棄物の放射能濃度 } \alpha = & \text{木質の放射能濃度 } \alpha_1 \times \text{木質の組成比 } \theta_1 \\ & + \text{紙類の放射能濃度 } \alpha_2 \times \text{紙類の組成比 } \theta_2 \\ & + \text{繊維の放射能濃度 } \alpha_3 \times \text{繊維の組成比 } \theta_3 \\ & + \dots \end{aligned}$$

- ・ 災害廃棄物の放射能濃度 α : 災害廃棄物の種類ごとの放射能濃度を用いて、組成比に応じ加重平均をした値。
- ・ 飛灰への濃縮率 β : 放射性セシウムが全量飛灰にすべて移行すると仮定した場合の濃縮率であり、濃縮率が高いストーカ式の焼却炉では、焼却量に対す

る飛灰の発生量は3%¹⁰程度であることから、濃縮率は33.3倍と仮定。溶融飛灰についても、別添4の表2に示すように、どの種類の炉でも飛灰の発生量は3%を超えていることから、濃縮率は安全側で3%の場合の33.3倍と仮定。

(なお、流動床式の焼却炉であれば、飛灰の発生量は6~7%⁷程度であることから、濃縮率は安全側で6%の場合の16.7倍と仮定。)

3. 算定結果

上記の評価方針と算定方法により、岩手県内の災害廃棄物の放射能濃度の測定結果を用いて、これらを焼却した際に発生する飛灰中の放射能濃度を算定した。陸前高田市と宮古市の結果は以下のとおり(その他の地域の結果は別添1参照)。

表Ⅲ-1 災害廃棄物(可燃物)種類別の放射能濃度(陸前高田市での調査結果)

種類	木質	紙類	繊維類	プラスチック	わら
放射能濃度 (Bq/kg)	69	38	1,480	510	177

表Ⅲ-2 災害廃棄物(可燃物)種類別の放射能濃度(宮古市での調査結果)

種類	木質	紙類	繊維類	プラスチック	わら
放射能濃度 (Bq/kg)	70.7 ^{※1}	22.8 ^{※2}	41.0 ^{※2}	42.0	39.0 ^{※2}

※1 データの一部が検出下限値以下であったため、検出下限値と仮定して平均値を算出した。

※2……データの全部が検出下限値以下であったため、検出下限値と仮定した。

表Ⅲ-3 災害廃棄物の組成(陸前高田市での調査結果)

種類	木質	紙類	繊維類	プラスチック	わら	細塵 (<5mm)	その他 不燃物
組成比	27.0%	0.1%	0.4%	0.9%	0.2%	43.4%	28.0%

¹⁰ 特別管理一般廃棄物ばいじん処理マニュアル(1993、化学工業日報社)

表Ⅲ－４ 災害廃棄物の組成(宮古市での調査結果)

種類	木質	紙類	繊維類	プラスチック	わら	細塵 (<5mm)	その他 不燃物
組成比	40.0%	0.5%	0.4%	1.6%	0.3%	36.0%	21.2%

表Ⅲ－５ 災害廃棄物(可燃物)の放射能濃度(算定結果)

地域	陸前高田市	宮古市
放射能濃度 (Bq/kg)	104 ^{※3}	69 ^{※3}

※3 焼却対象となる可燃物の濃度として、組成比から細塵及び不燃物分を差し引いて算出した。

表Ⅲ－６ 災害廃棄物を焼却した際に発生する飛灰の放射能濃度(算定結果)

地域	陸前高田市	宮古市
放射能濃度 (Bq/kg)	3,450	2,281
(参考)流動床式の場合 (Bq/kg)	1,730	1,144

4. 災害廃棄物等の焼却灰中の放射能濃度測定結果

(1) 岩手県宮古市における災害廃棄物の焼却実証試験

広域処理を進める上で必要なデータを取得するため、平成23年9月に宮古市が市内の清掃工場において、災害廃棄物の焼却実証試験を行ったところ、結果は以下のとおりであった。

表Ⅲ－７ 宮古市の災害廃棄物の焼却実証試験結果¹¹

災害廃棄物	採取年月日	平成23年7月13日	
	放射能濃度	68.6Bq/kg	
焼却施設	宮古清掃センター (岩手県宮古市大字小山田第二地割岩ヶ沢110番地)		
	施設概要	処理能力: 186t/日(93t×2炉) 焼却方式: 流動床式焼却炉	
焼却灰	採取年月日	平成23年9月14日	平成23年9月9日
	混合燃焼率	27%	0%(通常時)
	放射能濃度(飛灰)	133 Bq/kg	151 Bq/kg
	放射能濃度(主灰)	10 Bq/kg	不検出

¹¹ 東京都報道発表資料(平成23年9月)

実証試験を行った焼却炉の焼却方式が流動床式であるため、流動床式を想定して算定した表Ⅲ－6の宮古市の値（1,144Bq/kg）と比較すると、実際の測定結果は大幅に低い値であった。このことは、本ガイドラインで用いた評価方法が、実際に安全側に評価できていることを示すものと言える。

また、この結果では、生活ごみだけを焼却している通常時と災害廃棄物の混焼時では、混焼時の方が放射能濃度が若干低くなっており、災害廃棄物を混焼することによる放射能濃度の上昇は認められなかった。したがって、災害廃棄物と生活ごみの放射能濃度は大きく変わらない可能性があり、被災地の市町村等の一般廃棄物焼却施設における焼却灰の放射能濃度の測定値が、災害廃棄物を焼却した場合の放射能濃度の参考となる可能性があると考えられる。

(2)宮城県仙台市における災害廃棄物の焼却灰の測定結果

仙台市では、災害廃棄物の処理を行う仮設焼却炉の建設が進んでおり、平成23年10月から試運転を開始し、11月より稼働している。仮設焼却炉に搬入されるのは全量震災により生じた災害廃棄物であるが、焼却により発生する焼却灰の放射能濃度の測定結果は以下のとおりであった。

表Ⅲ－8 仙台市災害廃棄物搬入場仮設焼却炉における焼却灰測定結果

測定施設名	炉形式	試料採取日	測定内容	放射能濃度 (Bq/kg)
蒲生搬入場 仮設焼却炉	ロータリ キルン	10月20日	主灰	156
		10月20日	飛灰	740
		11月17日	主灰	152
		11月17日	飛灰	730
井土搬入場 仮設焼却炉	チェーン ストーカ	10月20日	主灰	212
		10月20日	飛灰	300
		11月17日	主灰	250
		11月17日	飛灰	440

焼却灰の放射能濃度は、飛灰でも1,000Bq/kgを下回っており、実際に災害廃棄物から生じる焼却灰は8,000Bq/kgを大きく下回っていることが確認された。

(3)宮城県女川町の災害廃棄物の焼却実証試験

広域処理を進める上で必要なデータを取得するため、平成23年9月に石巻市内の清掃工場において、女川町の災害廃棄物の焼却実証試験を行ったところ、結果は以下のとおりであった。

表Ⅲ－9 女川町の災害廃棄物の焼却実証試験結果¹²

災害廃棄物	採取年月日	平成23年8月3日	
	放射能濃度	133Bq/kg	
焼却施設	石巻広域クリーンセンター (宮城県石巻市重吉町8-20)		
	施設概要	処理能力:230t/日(115t×2炉) 焼却方式:流動床式ガス化熔融炉	
焼却灰	採取年月日	平成23年9月8日	平成23年9月1日
	混合燃焼率	20%	0%(通常時)
	放射能濃度(飛灰)	2300 Bq/kg	2200 Bq/kg
	放射能濃度(スラグ)	141 Bq/kg	134 Bq/kg

この結果でも、宮古市の場合と同様、生活ごみだけを焼却している通常時と災害廃棄物の混焼時では放射能濃度はほとんど変わらず、災害廃棄物と生活ごみの放射能濃度は大きく変わらない可能性があると考えられる。

(4)大船渡市における災害廃棄物の焼却灰の測定結果

太平洋セメント(株)大船渡工場では、大船渡市で発生した災害廃棄物を他の廃棄物とは混ぜずに焼却処理しており、環境省に報告のあった焼却灰の放射能濃度の測定結果は以下のとおりであった。

表Ⅲ－10 太平洋セメント(株)大船渡工場における焼却灰測定結果

焼却施設	太平洋セメント(株)大船渡工場 (岩手県大船渡市赤崎町字跡浜21-6)	
	施設概要	処理能力:1,000t/日 焼却方式:ロータリーキルン炉 (セメント焼成用)
焼却灰	採取年月日	平成23年6月30日
	混合燃焼率	100%
	放射能濃度(飛灰)	905 Bq/kg
	放射能濃度(主灰)	194 Bq/kg

大船渡市と隣接している表Ⅲ－6の陸前高田市の算定結果(3,450Bq/kg)と比較すると、実際の測定結果は大幅に低い値であった。このことも、(1)と同様、本ガイドラインで用いた評価方法が、実際に安全側に評価できていることを示すものと言える。

(5)沿岸市町村の一般廃棄物焼却施設における焼却灰の測定結果

環境省では、東北地方及び関東地方等の16都県に対し、一般廃棄物焼却施設における焼却灰の放射能濃度測定を要請しており、その測定結果を取りまとめている(平成23年8月29日付け「一般廃棄物処理施設における放射

¹² 東京都報道発表資料(平成23年11月)

性物質に汚染されたおそれのある廃棄物の処理について」。そのうち岩手県、宮城県の沿岸市町村における測定結果は以下のとおりであった。

表Ⅲ－11 岩手県沿岸市町村一般廃棄物焼却施設における焼却灰測定結果(8月24日時点)

所在地	測定施設名	測定日	測定内容	放射能濃度(Bq/kg)
釜石市	岩手沿岸南部クリーンセンター	7月5日	飛灰	1,128
		7月5日	スラグ	30
宮古市	宮古清掃センター	7月21日	飛灰	240
		7月21日	主灰	40
久慈市	久慈広域連合久慈地区ごみ焼却場	6月30日	飛灰	604
		6月30日	主灰	31

表Ⅲ－12 宮城県沿岸市町村一般廃棄物焼却施設における焼却灰測定結果(8月24日時点)

所在地	測定施設名	測定日	測定内容	放射能濃度(Bq/kg)
仙台市	今泉工場	7月7日	主灰飛灰混合	1,790
		7月25日	主灰飛灰混合	1,830
	葛岡工場	7月7日	主灰飛灰混合	1,675
		7月25日	主灰飛灰混合	1,410
	松森工場	7月7日	主灰	1,437
		7月7日	飛灰	2,581
		7月25日	主灰	560
名取市	名取クリーンセンター	7月27日	飛灰(1号炉)	1,988
		7月27日	飛灰(2号炉)	1,600
塩竈市	清掃工場	7月27日	飛灰	1,317
利府町	衛生処理センター	7月27日	飛灰(3号炉)	1,955
		7月27日	飛灰(4号炉)	1,902
石巻市	石巻広域クリーンセンター	7月27日	飛灰	994
		7月27日	脱塩残渣	不検出
	石巻市牡鹿クリーンセンター	7月27日	飛灰(A系)	616
		7月27日	飛灰(B系)	311
気仙沼市	気仙沼市クリーンヒルセンター	7月27日	飛灰	2,078
南三陸町	草木沢粗大ごみ焼却施設	7月27日	飛灰	324

岩手県、宮城県の沿岸市町村の一般廃棄物焼却施設で発生した焼却灰中の放射能濃度は、いずれも 8,000Bq/kg を大きく下回っていることから、これら沿岸市町村の災害廃棄物の焼却灰も、同様に 8,000Bq/kg を大きく下回る可能性が高いと考えられる。

5. 評価

災害廃棄物を焼却した際に発生する飛灰の放射能濃度に関する算定の結果は、表Ⅲ－6 に示すとおりで、これまで岩手県内で行われた災害廃棄物の放射能濃度の調査結果のうち、最も高い測定結果が得られた陸前高田市の調査結果を用いた場合であっても、3,450Bq/kg にとどまった。これは 8,000Bq/kg を大きく下回っており、前提としてかなり安全側に仮定を置いた結果であることから、広域処理を行った場合、受入側が安全な処分のための追加的な措置を必要とすることなく、埋立処分ができるものと評価できる。

また、4. の災害廃棄物等の焼却灰中の放射能濃度測定結果より、本ガイドラインで用いた評価方法が、実際に安全側に評価できていることを示す結果が得られており、また、いずれの測定結果においても災害廃棄物の焼却灰中の放射能濃度は 8,000Bq/kg を大きく下回っている。

ここでは、相当保守的な（安全側での）仮定を置いたシナリオにより評価を行っているが、これをベースラインとして、今後のデータの蓄積に応じ、変動要因を適切に考慮した、より合理的なシナリオによる評価も行っていくことが望ましい。

IV 災害廃棄物の広域処理における搬出側での確認方法等

広域処理を実際に進めるためには、受入側の理解（安心の観点）を得ることが不可欠であることから、本ガイドラインでは、まず搬出側の確認方法について整理した。その上で、Iの1.で示したように、広域処理対象となる災害廃棄物の放射能濃度は低いので、搬出側での確認が適切に行われれば、受入側での災害廃棄物の処理・再生利用にあたり問題が生じることはないと考えられるため、特に県外処理を念頭に確認的なものとして、受入側でのモニタリングの考え方を整理した。

本ガイドラインを踏まえて進められている東京都の広域処理（別添5参照）では、受入側の理解を得るため、最初の事業となる宮古市の先行事業において、本ガイドラインよりさらに厳しい確認を行っている。その結果の概要を3.に示すが、詳細な測定により処理の安全性に係る実測データの蓄積が図られており、引き続き実施されている宮古市の本格事業や、今後予定されている宮城県女川町の事業においても更なるデータの蓄積が見込まれている。これらは処理の安全性を実際の処理において確認するという意味で貴重なデータであるが、この水準でモニタリングを継続することは、本ガイドラインに照らし合理的とはいえないため、今後広域処理を拡大していく段階では、より合理的な内容としていくことが必要である。

1. 搬出側での確認方法

ここでの整理は、まず広域処理の実績を上げることが重要との立場から、当初はきめ細かな確認を行う方向で整理をしたものである。このような搬出側での確認及び受入側におけるモニタリングのデータの蓄積に応じて、確認方法の合理化を随時検討し、適宜合理的な内容に見直すこととする。そのためにも、広域処理対象となる災害廃棄物の由来等を把握しておくことが重要である。

(1) 災害廃棄物の搬出側での確認方法の基本的な考え方

- ① 放射性物質の拡散は、原発からの距離に応じて一様ではなく、地域差が大きいことから、広域処理を希望する自治体の一次仮置場において災害廃棄物の放射能濃度の確認を行うことを基本とする。
- ② 加えて、港湾エリアの二次仮置場から災害廃棄物を県外に搬出する際に、線量計で当該災害廃棄物全体を対象に周辺の空間線量率を測定し、バックグラウンドの空間線量率より有意に高くなるものがないことを確認する。
- ③ なお、バックグラウンドの空間線量率に比べ、有意に高いことが認められた場合¹³は、当該災害廃棄物の搬出は行わず、城内処理を行うものとする。

¹³ 参考として、「港湾における輸出コンテナの放射線測定のためのガイドライン」（平成23年4月、国土交通省港湾局総務課危機管理室）では、放射線量率の測定により、コンテナの除染が必要であると判断する基準値として、コンテナ測定場所のバックグラウンド放射線量率の値の3倍値が採用されている。

(2)一次仮置場における災害廃棄物の放射能濃度等の測定方法

- ① 一次仮置場における災害廃棄物の放射能濃度の確認手段として、災害廃棄物の種類ごとの放射能濃度測定を行う。
 - ② また、地域や被災の状況により必要に応じて組成分析を行うこととし、活用可能な組成データがあればそれを用いることとしても良いものとする。
 - ③ なお、広域処理のための搬出が予定される一次仮置場を対象とするが、既に先行して実施された測定結果により、ほとんど放射能濃度が検出されていない地域の一次仮置場にあつては、この測定を行わず、二次仮置場から搬出する際の確認を行うこととして良いものとする。
 - ④ また、地域内に複数の一次仮置場がある場合は、当該地域で一箇所の一二次仮置場を選定して放射能濃度の確認を行うこととしても良いものとする。
 - ⑤ 測定対象とする仮置場の選定に当たっては、一方で県内の空間放射線量率等の知見が蓄積されてきているので、今後、これらのデータも活用し、対象地域の絞り込みなど、より合理的な考え方としていくことが望ましい。
 - ⑥ 具体的なサンプリング方法としては、「災害廃棄物仮置場放射能等調査業務委託報告書（平成23年7月、岩手県）」を参考として、下記のポイントを満たした上で試料の採取を行うこととする。
 - イ) 災害廃棄物の山の表面のみを採取しないよう、あらかじめ重機等で災害廃棄物の掘削・攪拌等を行い、表面以外の採取が可能な状態にしておく。
 - ロ) 試料採取は、災害廃棄物のうち、可燃物を対象とし、「木質」、「細塵(<5mm)」、「紙類」、「繊維」、「プラスチック」、「わら」等の種類別に行う。
 - ハ) 災害廃棄物の平均的な放射能濃度を測定するため、1つの集合体（災害廃棄物の種類別）を10箇所以上で採取する。
- ニ) 採取位置は災害廃棄物の山の中でなるべく均一に分散するように選定することとする。

(3)再生利用を行う場合の測定結果の評価方法

個別の再生利用の条件に応じて、Ⅱで示した考え方に沿って、製品の品質に責任を負う個別の事業者の判断に基づき、受入可能となる放射能濃度の目安が設定されることとなる。これに対して、(2)によって測定された仮置場中の災害廃棄物の種類別の放射能濃度のうち、再生利用の対象となる種類の測定結果がこれを満足することが目安となる。

その際、最終的な製品として、クリアランスレベル（放射性セシウム濃度で100Bq/kg）を確保する場合でも、製品の製造過程での混合割合を調整することにより、製品中の放射能濃度は管理できることから、受入に際しての放射能濃度を厳密に評価する必要はなく、後述の受入側でのモニタリングと併せて事業者の判断により柔軟に評価することが適当と考えられる。

(4) 焼却処理を行う場合の測定結果の評価方法

(2)によって測定された仮置場中の災害廃棄物の放射能濃度については、Ⅲで行った評価に準じて評価するものとする。具体的には、災害廃棄物の焼却により発生する焼却灰の放射性セシウム濃度について 8,000Bq/kg 以下であることが一つの目安となる。

ただし、前述のとおり、Ⅲで行った評価は、相当保守的な（安全側での）仮定を置いたシナリオによるものであるため、今後のデータの蓄積に応じ、より合理的なシナリオによる評価も行っていくことが望ましい。

なお、受入側での混合焼却の割合及び飛灰の放射能濃度が分かっている場合は、Ⅲで示した評価方法の他、下記の算定方法によって評価することもできる。

$$\begin{aligned} \text{飛灰中の放射能濃度} &= \text{災害廃棄物の放射能濃度 } \alpha \times \text{飛灰への濃縮率 } \beta \\ &\times \text{混合焼却率 } \delta + \text{受入施設の飛灰の放射能濃度 } \theta \\ &\times (1 - \text{混合焼却率 } \delta) \end{aligned}$$

- ・ 混合焼却率 δ : 受入側で通常の廃棄物(家庭ごみ等)と混合焼却する場合における焼却ごみ中の災害廃棄物の割合
- ・ 受入施設の飛灰の放射能濃度 θ : 受入施設における通常の廃棄物(家庭ごみ等)の焼却に伴い発生する飛灰の放射能濃度

2. 受入側でのモニタリング

災害廃棄物の放射能濃度は、搬出側で測定しており、また、搬出時に災害廃棄物全体の空間線量率の確認も行っているため、受入時に改めてこれらを測定する必要はなく、その後の処理・再生利用の方法に応じて、当面の間は、次のような確認的なモニタリングを行うものとする。

① 再生利用

実際の再生利用を行う前に、木質チップのように、再生利用のために加工され、均質化された段階で、放射能濃度の測定を行うこととし、これをもとに、製品への混合割合を安全側に設定する。測定の頻度は、月 1 回程度とする。また、製品についても同様の頻度で、確認的に放射能濃度の測定を行い、クリアランスレベルが満足されていることを確認する。

燃焼を伴う再生利用の場合は、排ガス中の放射能濃度の測定を行うとともに、燃焼後の灰について、放射能濃度の測定を行うこととし、これをもとに、製品への混合割合を安全側に設定する。測定の頻度は、同様に月 1 回程度とし、製品についても同様とする。

② 不燃物等の埋立

埋立前の分別、破碎等により、均質化された段階で、放射能濃度の測定を行い、埋立に支障がないことを確認する。測定の頻度は、月 1 回程度とする。

③ 焼却処理

排ガス中の放射能濃度の測定を行うとともに、焼却灰について、放射能濃度の測定を行うこととする。測定の頻度は、月 1 回程度とする。

3. 東京都の先行事業(宮古市)におけるモニタリング結果の概要

平成 23 年 11 月末に順調に終了した、東京都による先行事業(宮古市)では、約 1 千 t の混合廃棄物を、被災地で粗選別して、鉄道コンテナに積み込み、都内に搬入して民間処理業者による選別破碎処理と焼却処理を行った。その際に行われた各種モニタリング結果の概要を以下に示す(詳細については別添 5 参照)。

(1) 搬出側でのモニタリング

- ① 処理対象となる災害廃棄物の放射性物質濃度は、一次仮置場 2 カ所で組成別に測定し、加重平均で 68.6Bq/kg、37.3Bq/kg。
- ② 粗選別エリアでの空間線量率は、バックグラウンド 0.13~0.15 μ Sv/h に対して、測定値は 0.14~0.16 μ Sv/h でバックグラウンドと同等。
- ③ スtockヤードでの遮蔽線量率は、0.000~0.002 μ Sv/h。
- ④ コンテナ積込後の空間線量率は、0.08~0.11 μ Sv/h で、コンテナ中心(地上高約 2.5m)のため、バックグラウンド(地上高 1m)よりも低い値。

(2) 受入側でのモニタリング

- ① 敷地境界の空間線量率は、選別破碎施設で、バックグラウンド 0.52~0.78 μ Sv/h に対して、測定値は 0.26~0.76 μ Sv/h で影響なし。焼却施設で、バックグラウンド 0.62~0.67 μ Sv/h に対して、測定値は 0.56~0.71 μ Sv/h で影響なし。
- ② 破碎選別後の可燃物、不燃物の放射性物質濃度は、可燃物が不検出~111Bq/kg、不燃物がすべて不検出。ただし、災害廃棄物のみを分けて処理した施設では可燃物も不検出で、検出された施設は他の廃棄物との混合処理。これらの遮蔽線量率は 0.000~0.002 μ Sv/h。
- ③ 焼却施設における排ガス、焼却残渣、スラグはいずれも不検出で、飛灰のみ 920Bq/kg を検出。ただし、他の廃棄物との混合処理。

4. 災害廃棄物の測定等に係る留意事項

災害廃棄物の受入に際して、放射性セシウムが検出されないことを求められたり、その濃度測定に際して、より低い濃度の検出下限を求められたりする場

合がみられるが、前述のように、放射性セシウムの100 Bq/kgというクリアランスレベルが、相当程度保守的な（安全側での）値であることを考えれば、災害廃棄物について、受入の際にこれを下回る濃度を求めることは適当ではなく、また、濃度の測定に際してこれを大きく下回る濃度を検出する必要はないものと考えられる。

これまでの災害廃棄物の測定では、例えば木質の放射性セシウム濃度の検出下限は40～50Bq/kg程度となっており、1,500～2,000秒程度の計測時間が用いられている場合が多いが、これは、災害廃棄物の処理・再生利用の評価には十分なレベルと考えられる。これ以上、計測時間を伸ばしてより低い検出下限とすることは、合理的とは言えないと考えられる。

岩手県における災害廃棄物の放射性物質測定結果

表1 岩手県沿岸市町村の災害廃棄物の放射能濃度測定結果一覧

市町村名	種類	測定結果(Bq/kg)				組成(%)	災害廃棄物 (可燃物)
		¹³⁴ Cs	検出下限	¹³⁷ Cs	検出下限		
野田村	紙類	ND(<21)	21	ND(<26)	26	0.6	73 (全てND)
	繊維	ND(<22)	22	ND(<20)	20	3.8	
	プラスチック	ND(<48)	48	ND(<36)	36	1.4	
	建築木材	ND(<53)	53	ND(<41)	41	38.2	
	生木	ND(<33)	33	ND(<38)	38	37.1	
	木の皮	ND(<26)	26	ND(<24)	24	1.4	
	わら	ND(<27)	27	ND(<25)	25	16.1	
	金属・ガラス・陶器	ND(<5)	5	ND(<6)	6	0.8	
5mm未満細塵	16	10	17	13	0.6		
田野畑村	紙類	ND(<15)	15	ND(<14)	14	0.23	46 (全てND)
	繊維	ND(<19)	19	ND(<15)	15	0	
	プラスチック	ND(<22)	22	ND(<18)	18	0.3	
	わら	ND(<15)	15	ND(<19)	19	0	
	木質①	ND(<24)	24	ND(<24)	24	24.2	
	木質②	ND(<25)	25	ND(<21)	21		
	木質③	ND(<21)	21	ND(<23)	23		
	5mm未満細塵①	ND(<8.8)	8.8	ND(<9.3)	9.3	2.3	
	5mm未満細塵②	ND(<13)	13	ND(<8.1)	8.1		
	5mm未満細塵③	ND(<8.7)	8.7	ND(<9.2)	9.2		
その他					72.9		
大槌町	紙類	ND(<21)	21	40	20	0.3	80 (一部ND)
	繊維	79	23	77	18	0.2	
	プラスチック	86	19	96	16	0.9	
	わら	35	19	48	16	0.2	
	木質①	ND(<19)	19	ND(<22)	22	21.5	
	木質②	63	25	68	21		
	木質③	ND(<28)	28	ND(<27)	27		
	5mm未満細塵①	250	11	270	13	51.8	
	5mm未満細塵②	190	13	240	14		
	5mm未満細塵③	280	15	310	15		
その他					25.1		

市町村名	種類	測定結果 (Bq/kg)				組成 (%)	災害廃棄物 (可燃物)	
		¹³⁴ Cs	検出下限	¹³⁷ Cs	検出下限			
陸前高田市	紙類	20	12	18	12	0.1	104	
	繊維	700	39	780	36	0.4		
	プラスチック	240	27	270	26	0.9		
	わら	80	38	97	34	0.2		
	木質①	58	19	45	23	27		
	木質②	30	18	24	21			
	木質③	24	17	26	16			
	5mm未満細塵①	58	12	67	10	43.4	/	
	5mm未満細塵②	69	11	87	12			
	5mm未満細塵③	57	12	64	12			
	その他					28		
宮古市	紙類	ND(<8.8)	8.8	ND(<14)	14	0.5		69 (一部ND)
	繊維	ND(<21)	21	ND(<20)	20	0.4		
	プラスチック	22	15	20	20	1.6		
	わら	ND(<20)	20	ND(<19)	19	0.3		
	木質①	68	17	67	23	40		
	木質②	ND(<18)	18	ND(<23)	23			
	木質③	ND(<19)	19	ND(<17)	17			
	5mm未満細塵①	23	11	38	12	36	/	
	5mm未満細塵②	14	8	25	11			
	5mm未満細塵③	9.1	6.9	9.7	9			
	その他					21.2		
山田町	紙類	51	18	49	22	0.6		46 (一部ND)
	繊維	130	21	160	20	0.4		
	プラスチック	48	32	49	23	2.2		
	わら	120	23	170	22	0.4		
	木質①	ND(<19)	19	ND(<23)	23	40.8		
	木質②	ND(<17)	17	ND(<15)	15			
	木質③	ND(<20)	20	ND(<20)	20			
	5mm未満細塵①	100	15	91	13	30.1	/	
	5mm未満細塵②	40	8.8	47	7.6			
	5mm未満細塵③	37	10	31	10			
	その他					25.7		

宮城県における災害廃棄物の放射性物質測定結果

表2 宮城県沿岸市町村の災害廃棄物の放射能濃度測定結果一覧

市町名	種類	測定結果(Bq/kg)				組成(%)	災害廃棄物 (可燃物)
		¹³⁴ Cs	検出下限	¹³⁷ Cs	検出下限		
気仙沼市	木質	26	18	22	16	37.9	107 (一部ND)
	紙類	ND(<17)	17	23	16	0.2	
	繊維類	110	21	150	14	9.9	
	プラスチック	62	18	93	19	6.3	
	わら	89	14	110	15	4.6	
	細じん(<5mm)	140	18	170	13	18.8	
	その他不燃物	ND(<12)	12	ND(<18)	18	22.3	
南三陸町	木質	ND(<17)	17	ND(<23)	23	32.5	96 (一部ND)
	紙類	23	13	23	13	2.3	
	繊維類	80	13	91	14	19.6	
	プラスチック	64	8.9	83	7.2	8.5	
	わら	32	14	69	16	6.2	
	細じん(<5mm)	78	13	110	13	16.5	
	その他不燃物	ND(<15)	15	24	13	14.3	
石巻市	木質	ND(<18)	18	17	14	24.2	101 (一部ND)
	紙類	35	17	37	19	1.4	
	繊維類	99	18	110	18	13.6	
	プラスチック	49	21	77	26	11.5	
	わら	27	22	24	23	2.6	
	細じん(<5mm)	87	12	120	15	28.4	
	その他不燃物	ND(<7.5)	7.5	ND(<12)	12	18.3	
石巻市 (牡鹿半島部)	木質	41	19	43	22	43.8	171
	紙類	49	15	53	11	0.6	
	繊維類	490	27	650	22	4.1	
	プラスチック	72	27	62	26	4.2	
	わら	66	14	83	15	1.1	
	細じん(<5mm)	150	15	210	15	33.2	
	その他不燃物	22	9.9	28	11	12.9	
東松島市	木質	ND(<18)	18	ND(<18)	18	39.4	103 (一部ND)
	紙類	31	17	39	13	1.1	
	繊維類	250	20	260	20	3.0	
	プラスチック	210	22	240	23	3.1	
	わら	180	21	220	24	1.3	
	細じん(<5mm)	64	12	82	10	39.2	
	その他不燃物	ND(<11)	11	19	11	12.9	

市町名	種類	測定結果(Bq/kg)				組成(%)	災害廃棄物 (可燃物)
		¹³⁴ Cs	検出下限	¹³⁷ Cs	検出下限		
塩竈市	木質	ND(<15)	15	16	14	46.4	68 (一部ND)
	紙類	47	17	50	17	3.1	
	繊維類	72	19	120	15	8.6	
	プラスチック	51	27	83	23	9.9	
	わら	ND(<22)	22	ND(<24)	24	3.8	
	細じん(<5mm)	110	15	140	16	13.8	
	その他不燃物	31	11	32	9.0	14.4	
多賀城市	木質	ND(<22)	22	24	18	18.5	159 (一部ND)
	紙類	44	15	60	16	3.6	
	繊維類	240	21	300	30	7.8	
	プラスチック	81	25	100	25	11.5	
	わら	18	13	29	14	8.4	
	細じん(<5mm)	170	16	220	12	36.6	
	その他不燃物	48	15	61	14	13.7	
七ヶ浜町	木質	23	20	33	20	30.3	123
	紙類	78	18	87	15	0.5	
	繊維類	220	23	230	23	4.0	
	プラスチック	220	21	230	26	2.4	
	わら	42	20	54	19	3.9	
	細じん(<5mm)	110	14	120	12	40.3	
	その他不燃物	17	9.7	27	11	18.5	
名取市	木質	30	17	36	18	26.2	170
	紙類	57	12	78	14	3.1	
	繊維類	150	22	190	17	21.0	
	プラスチック	53	20	81	22	17.3	
	わら	33	14	28	19	1.1	
	細じん(<5mm)	120	11	140	15	22.5	
	その他不燃物	35	14	51	15	8.7	
岩沼市	木質	ND(<18)	18	23	18	25.5	240 (一部ND)
	紙類	38	19	68	14	0.6	
	繊維類	630	22	700	21	5.1	
	プラスチック	290	28	370	24	1.6	
	わら	29	26	49	17	6.2	
	細じん(<5mm)	140	24	170	19	43.2	
	その他不燃物	27	23	35	22	17.9	
女川町	木質	31.5	29.5	37.5	28	54.0	132
	紙類	32	24	45	25	9.6	
	繊維類	195	23	245	25.5	14.4	
	プラスチック	49.5	25.5	50.5	23.5	15.5	
	わら	100	21	120	16	0.2	
	細じん(<5mm)	63.5	13.5	75.5	12.5	6.3	

放射性物質を含む廃棄物の焼却処理における排ガスの安全性について

1. 可燃物の焼却による放射性セシウムの挙動について

災害廃棄物安全評価検討会では、当初、放射性物質に汚染されたおそれのある廃棄物を焼却した際の放射性セシウムの挙動に関して、以下に示す実証試験等の結果をもとに、焼却処理の安全性について検討を行った。

- ① 廃棄物焼却炉の実証試験で、バグフィルターにより99.9%以上のセシウム137が除去されることが確認されている¹⁴。
- ② 別の廃棄物焼却炉の実証試験で、バグフィルター、湿式ガス洗浄装置、触媒脱硝装置という組み合わせにより、99.99%の除去効率があることが確認されている¹⁵。
- ③ 放射性物質が汚泥から検出されている焼却施設（汚泥処理施設）において、排ガスの放射能濃度を測定したところ不検出という結果が得られている¹⁶。

2. 放射性物質に汚染されたおそれのある廃棄物の焼却処理の方針について

検討会では、1. に示した知見を踏まえ、放射性物質に汚染されたおそれのある廃棄物の焼却処理の方針を取りまとめ、「福島県内の災害廃棄物の処理の方針」（平成23年6月23日 環境省）において、下記のとおり具体的な考え方が示された。

- ▶ 木くず等の可燃物について、十分な能力を有する排ガス処理装置が設置されている施設で焼却処理が行われる場合には、安全に処理を行うことが可能である。
- ▶ 具体的には、排ガス処理装置としてバグフィルター及び排ガス吸着能力を有している施設では焼却可能である。また、電気集塵機など他の排ガス処理装置を設置している施設については、試験的に災害廃棄物を焼却して排ガス中の放射性物質の濃度を測定するなどによって、安全性を検討することとする。

次に、福島県内焼却施設の協力の下で得られた測定結果（表1）を踏まえて、電気集塵機の安全性について検討を行い、「福島県内の災害廃棄物の処理における焼却施設及びモニタリング」（平成23年8月9日 環境省）において、下記の考え方が示された。

- ▶ 電気集塵機を設置している焼却施設について、併せて活性炭吹込装置などの排ガス吸着能力を有する設備を設置しているものは、排ガス濃度のモニタリングにより安全性を確認しつつ災害廃棄物の焼却を行うことが可能である。

¹⁴ 災害廃棄物安全評価検討会（第2回）資料9

¹⁵ 災害廃棄物安全評価検討会（第3回）資料6-3

¹⁶ 災害廃棄物安全評価検討会（第3回）資料6-2

3. 排ガス中の放射能濃度測定について

環境省では、福島県内の焼却施設の協力の下、一般廃棄物焼却施設の排ガス中の放射性セシウムの放射能濃度等を測定し、逐次その結果を検討会に報告してきており、これらのデータからも、十分な能力を有する排ガス処理装置が設置されている施設では、安全に焼却できることが確認されている（表1）。

4. 16 都県の一般廃棄物焼却施設における排ガスのモニタリング結果について

環境省では、「一般廃棄物処理施設における放射性物質に汚染されたおそれのある廃棄物の処理について」（平成23年8月29日 環境省）において、一般廃棄物処理施設における放射性物質のモニタリングの方針を示している。この方針の中で、8,000Bq/kgを超えた、もしくは8,000Bq/kgに近い焼却灰が確認された施設はモニタリングの対象としており、また8,000Bq/kgを下回る施設であっても自主的にモニタリングを行っている施設もある。これら一般廃棄物焼却施設の排ガスに関するモニタリング結果について、11月14日時点で11都県42施設から報告を受けている（表2）。

これらの施設の排ガスについて、放射性セシウムの放射能濃度は、42施設中40施設で不検出となっており、最大でも2.9Bq/m³（Cs134とC137の合計）であった。これは、モニタリングの目安としている「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示」別表第二で定められた濃度限度（三月間の平均濃度について、放射性物質ごとにそれぞれの放射性物質ごとに定められた濃度（セシウム134で20Bq/m³、セシウム137で30Bq/m³）に対する割合の和が1となる）を大きく下回っており、実態として、一般廃棄物焼却施設の排ガス処理装置が十分機能していることが確認されている。

表1 環境省による放射能測定結果

【第4回災害廃棄物安全評価検討会資料3】

＜電気集塵機＋活性炭吹込＞

(主灰及び飛灰の放射能濃度測定結果)

測定結果 単位：Bq/kg

試料名	採取場所	試料採取日	測定日	γ線スペクトロメトリー						
				¹³¹ I	¹³² I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁶ Cs	^{129m} Te	^{110m} Ag
主灰	伊達地方衛生処理組合 清掃センター	23. 7. 5	23. 7. 11	** (33)	** (23)	6100 ± 50	6900 ± 50	** (18)	** (660)	** (23)
		23. 7. 6	23. 7. 11	** (25)	** (15)	4700 ± 30	5200 ± 30	** (12)	** (460)	** (12)
飛灰		23. 7. 5	23. 7. 11	** (110)	** (68)	36000 ± 200	39000 ± 100	** (53)	4200 ± 340	100 ± 23
		23. 7. 6	23. 7. 11	** (78)	** (56)	36000 ± 100	39000 ± 100	** (36)	3900 ± 560	94 ± 19
主灰	須賀川地方保健環境組合 須賀川地方衛生センター	23. 7. 7	23. 7. 11	** (29)	** (19)	2200 ± 30	2500 ± 30	** (14)	** (540)	** (19)
		23. 7. 8	23. 7. 11	** (25)	** (16)	2500 ± 30	2800 ± 30	** (12)	** (430)	** (16)
飛灰		23. 7. 7	23. 7. 11	** (24)	** (19)	3900 ± 40	4300 ± 30	** (17)	1500 ± 200	39 ± 7.2
		23. 7. 8	23. 7. 11	** (66)	** (44)	15000 ± 100	16000 ± 90	** (34)	1900 ± 380	** (45)

- 注) 1. 分析結果は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについては有効数字2桁で表し、それ以下のものについては**で示した。()内は、検出下限値である。
 2. 誤差は計数誤差のみを示した。
 3. 測定結果については、減衰補正を行っていない結果である。
 4. 上記核種の他、人工放射性核種は検出されなかった。

(排ガスの放射能濃度測定結果)

測定結果 単位：Bq/m³

試料名	採取場所	試料採取日	測定日	γ線スペクトロメトリー						
				¹³¹ I	¹³² I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁶ Cs	^{129m} Te	^{110m} Ag
排ガス分析用試料	伊達地方衛生処理組合 清掃センター	23. 7. 5	23. 7. 11	** (0.022)	** (0.028)	0.83 ± 0.026	0.89 ± 0.022	** (0.022)	** (0.70)	** (0.029)
		23. 7. 6	23. 7. 11	** (0.021)	** (0.018)	1.4 ± 0.03	1.5 ± 0.02	** (0.016)	** (0.56)	** (0.023)
	須賀川地方保健環境組合 須賀川地方衛生センター	23. 7. 7	23. 7. 11	** (0.021)	** (0.020)	0.34 ± 0.016	0.35 ± 0.013	** (0.017)	** (0.62)	** (0.027)
		23. 7. 8	23. 7. 11	** (0.018)	** (0.021)	0.36 ± 0.015	0.35 ± 0.011	** (0.016)	** (0.57)	** (0.021)

- 注) 1. 分析結果は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについては有効数字2桁で表し、それ以下のものについては**で示した。()内は、検出下限値である。
 2. 誤差は計数誤差のみを示した。
 3. 測定結果については、減衰補正を行っていない結果である。
 4. 上記核種の他、人工放射性核種は検出されなかった。

【第5回災害廃棄物安全評価検討会資料4】

＜バグフィルター＋活性炭吹込＞

(主灰及び飛灰の放射能濃度測定結果)

測定結果

単位：Bq/kg

試料名	採取場所	試料採取日	測定日	γ線スペクトロメトリー						
				¹³¹ I	¹³² I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁶ Cs	^{129m} Te	^{110m} Ag
主灰	福島市あらかわ クリーンセンター	23. 7. 13	23. 7. 19	** (51)	** (34)	8500 ± 70	9400 ± 60	** (24)	** (920)	** (31)
		23. 7. 14	23. 7. 19	** (58)	** (39)	9800 ± 80	11000 ± 70	** (28)	** (1100)	** (36)
23. 7. 13		23. 7. 19	** (98)	** (65)	37000 ± 100	41000 ± 100	** (50)	3400 ± 630	73 ± 20	
23. 7. 14		23. 7. 19	** (93)	** (62)	35000 ± 100	38000 ± 100	** (45)	4100 ± 580	85 ± 18	

- 注) 1. 分析結果は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについては有効数字2桁で表し、それ以下のものについては**で示した。()内は、検出下限値である。
 2. 誤差は計数誤差のみを示した。
 3. 測定結果については、減衰補正を行っていない結果である。
 4. 上記核種の他、人工放射性核種は検出されなかった。

(排ガスの放射能濃度測定結果)

測定結果

単位：Bq/m³

試料名	採取場所	試料採取日	測定日	γ線スペクトロメトリー						
				¹³¹ I	¹³² I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁶ Cs	^{129m} Te	^{110m} Ag
排ガス分析用試料	福島市あらかわ クリーンセンター	23. 7. 13	23. 7. 19	** (0.019)	** (0.024)	** (0.045)	** (0.030)	** (0.022)	** (0.81)	** (0.028)
		23. 7. 14	23. 7. 19	** (0.018)	** (0.018)	** (0.038)	** (0.025)	** (0.016)	** (0.70)	** (0.026)

- 注) 1. 分析結果は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについては有効数字2桁で表し、それ以下のものについては**で示した。()内は、検出下限値である。
 2. 誤差は計数誤差のみを示した。
 3. 測定結果については、減衰補正を行っていない結果である。
 4. 上記核種の他、人工放射性核種は検出されなかった。

【第9回災害廃棄物安全評価検討会資料5】

<電気集じん器>

測定位置	Cs-134 (Bq/m ³)	Cs-137 (Bq/m ³)	Cs合計 (Bq/m ³)	除去率 (%)
電気集じん器 入口	33	42	75	99.47
煙突	0.2	0.2	0.4	

<バグフィルター>

測定位置	Cs-134 (Bq/m ³)	Cs-137 (Bq/m ³)	Cs合計 (Bq/m ³)	除去率 (%)
バグフィルター 入口	78	96	174	99.99
煙突	<0.008	0.007	0.015	

備考：Cs-134は検出下限値未満であるため、検出下限値を用いてCs合計及び除去率を算定した。

災害廃棄物等の処理・処分のシナリオに対する線量評価結果の整理

平成 23 年 11 月 15 日
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

本資料では、災害廃棄物の処理・処分のシナリオに対する線量計算の結果から、年間被ばく線量が作業員及び一般公衆の線量限度(実効線量:1mSv/y)に相当するときの災害廃棄物、または、それらの中間処理において発生する焼却灰や溶融固化物に含まれる Cs-134、Cs-137 及び全 Cs (=Cs-134+Cs-137、存在割合は 0.806:1)の濃度を計算した。ただし、埋設処分後の跡地利用及び地下水移行に関する被ばく経路については、 $10\mu\text{Sv/y}$ に相当するときの各濃度を求めた。

また、放射性物質を含む汚泥、廃棄物等の集積場の周辺居住者が受ける直接線及びスカイシャイン線による被ばくが考えられ、その影響を解析し、直接線及びスカイシャイン線による年間の被ばく線量が 1mSv を超える範囲を推定した。

さらに、放射性物質を含む土壌等の運搬作業に関して、運搬経路沿いの居住者及びその運搬作業員に対する外部被ばく経路を追加し、それらの経路の線量計算を行った。

1. 災害廃棄物の線量評価

(1) 評価シナリオ

放射性物質による影響の評価は、原子力安全委員会⁽¹⁾および放射線安全規制検討会⁽²⁾のクリアランスレベルの決定に用いたものと同じ方法で行った。評価シナリオについては、災害廃棄物の処理処分を対象とすることから、従来のクリアランスレベル評価^{(1),(2)}に用いたシナリオに加え、新たに災害廃棄物の解体・分別作業に係るシナリオの評価を行うこととした。その結果、評価シナリオは、解体・分別シナリオ、焼却処理シナリオ、埋設処分シナリオ、再利用シナリオの4つとなった(図1参照)。再利用以外の各シナリオの被ばく経路の一覧を表1～表3に示す。

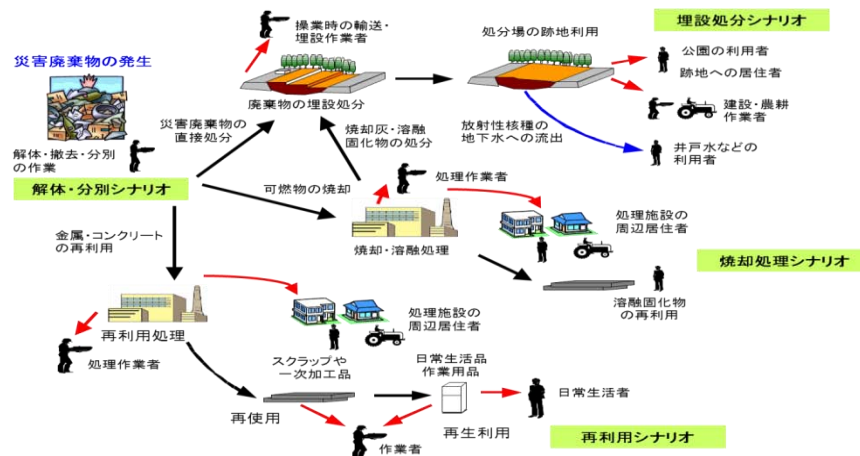


図1 災害廃棄物の処理・処分に係る評価シナリオの概念図

- ① 解体・分別シナリオ: 震災後に発生した災害廃棄物の解体・分別に従事する作業員への影響を想定したシナリオ。
- ② 焼却処理シナリオ: 木材などの可燃物である災害廃棄物を焼却・溶融施設にて処理する際の作業員への影響、処理施設の周辺居住者への影響、溶融固化物を再利用した場合の一般公衆への影響を想定したシナリオ。また、災害廃棄物を焼却処理することによって生じた焼却灰が埋設処分される過程における焼却灰の埋設・操業に係る作業員への影響や、埋設処分後の跡地利用や処分場周辺の地下水利用による一般公衆への影響を評価する。
- ③ 埋設処分シナリオ: コンクリートなどの不燃性の災害廃棄物を直接処分する際の埋設・操業に係る作業員への影響と、埋設処分後の跡地利用や処分場周辺の地下水利用による一般公衆への影響を想定したシナリオ。埋設処分場跡地において一般公衆が公園を利用する経路を新たに追加した。
- ④ 再利用シナリオ: 金属やコンクリートといった災害廃棄物を再利用、あるいは再利用のために処理する場合の作業員への影響、処理施設周辺の居住者への影響、リサイクル製品を利用する一般公衆への影響を想定したシナリオ。

表 1 災害廃棄物の解体・分別作業に係る評価経路（解体・分別シナリオ）

No.	評価対象	線源	対象者	被ばく形態
1	山積みされた災害廃棄物の分別作業	山積みの災害廃棄物	作業員	外部
2				粉塵吸入
3				直接経口
4	ビルなどのコンクリート建造物(廃棄物)の解体作業	コンクリート廃棄物	作業員	外部
5	自動車など金属廃棄物の解体・分別作業	金属廃棄物(自動車)	作業員	外部
6				皮膚

表 2 災害廃棄物の焼却処理に係る評価経路(焼却処理シナリオ、1/3)

No.	評価対象		線源物質	対象者	被ばく 形態		
7	可燃物の 取り扱い	積み下ろし作業	可燃物	作業者	外部		
8					粉塵吸入		
9					直接経口		
10					皮膚		
11		運搬作業		作業者	外部		
12	焼却炉 作業	焼却炉補修作業	焼却炉内の 焼却灰	作業者	外部		
13					粉塵吸入		
14					直接経口		
15					皮膚		
16	焼却炉 周辺	周辺居住	焼却炉から 放出された粉塵	公衆(成人)	外部		
17					粉塵吸入		
18				公衆(子ども)	外部		
19					粉塵吸入		
20					公衆(成人)	外部	
21			公衆(子ども)	外部			
22		農作物摂取	粉塵が沈着した土壌で 生産された農作物	公衆(成人)	経口		
23				公衆(子ども)	経口		
24				畜産物摂取	粉塵が沈着した土壌で 生産された畜産物	公衆(成人)	経口
25						公衆(子ども)	経口
26	焼却灰の 取り扱い	積み下ろし作業	焼却灰	作業者	外部		
27					粉塵吸入		
28					直接経口		
29					皮膚		
30		運搬作業			外部		
31					外部		
32		埋設作業			粉塵吸入		
33					直接経口		
34					皮膚		

表 2 災害廃棄物の焼却処理に係る評価経路(焼却処理シナリオ、2/3)

No.	評価対象	線源物質	対象者	被ばく形態		
35	跡地 利用	建設作業	作業者	外部		
36				粉塵吸入		
37				直接経口		
38				皮膚		
39		居住	廃棄物(焼却灰) 混合土壌	公衆(成人)	外部	
40					粉塵吸入	
41				公衆(子ども)	外部	
42					粉塵吸入	
43					直接経口	
44				農耕作業	作業者	外部
45						粉塵吸入
46				農作物 摂取	跡地で生産された 農産物	公衆(成人)
47		公衆(子ども)	経口			
48		畜産物 摂取	跡地で生産された 畜産物	公衆(成人)	経口	
49				公衆(子ども)	経口	
50		公園利用	覆土厚さ50cmのある 廃棄物(焼却灰)	公衆(成人)	外部	
51				公衆(子ども)	外部	
52		地下水 移行	飲料水 摂取	井戸水	公衆(成人)	経口
53					公衆(子ども)	経口
54			農耕作業	井戸水で 灌漑した土壌	作業者	外部
55						粉塵吸入
56	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	
57				公衆(子ども)	経口	
58	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	
59				公衆(子ども)	経口	
60	畜産物 摂取		井戸水で飼育 された畜産物	公衆(成人)	経口	
61				公衆(子ども)	経口	
62	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	
63				公衆(子ども)	経口	

表 2 災害廃棄物の焼却処理に係る評価経路(焼却処理シナリオ、3/3)

No.	評価対象		線源物質	対象者	被ばく形態	
64	溶融炉 作業	溶融炉補修作業	溶融炉内の 溶融固化物	作業者	外部	
65					粉塵吸入	
66					直接経口	
67					皮膚	
68	溶融炉 周辺	周辺居住	溶融炉から 放出された粉塵	公衆(成人)	外部	
69					粉塵吸入	
70				公衆(子ども)	外部	
71					粉塵吸入	
72		粉塵が沈着した土壌	公衆(成人)	外部		
73			公衆(子ども)	外部		
74		農作物摂取	粉塵が沈着した土壌で 生産された農作物	公衆(成人)	経口	
75				公衆(子ども)	経口	
76			畜産物摂取	粉塵が沈着した土壌で 生産された畜産物	公衆(成人)	経口
77					公衆(子ども)	経口
78	溶融固化物の 取り扱い	積み下ろし作業	溶融固化物	作業者	外部	
79		運搬作業		作業者	外部	
80	溶融固化物の 再利用	駐車場	駐車場	作業者	外部	
81		壁材等	壁材等	公衆(成人)	外部	

表 3 災害廃棄物の埋設処分に係る評価経路(埋設処分シナリオ)

No.	評価対象	被ばく線源	対象者	被ばく形態	
82	操業	積み下ろし作業	作業者	外部	
83				粉塵吸入	
84				直接経口	
85				皮膚	
86		運搬作業	作業者	外部	
87		埋設作業	作業者	外部	
88				粉塵吸入	
89				直接経口	
90	皮膚				
91	跡地利用	建設作業	作業者	外部	
92				粉塵吸入	
93				直接経口	
94				皮膚	
95		居住	公衆(成人)	外部	
96				粉塵吸入	
97			公衆(子ども)	外部	
98				粉塵吸入	
99		農耕作業	作業者	直接経口	
100				外部	
101				粉塵吸入	
102				経口	
103		農作物摂取	跡地で生産された農作物	公衆(成人)	経口
104		畜産物摂取	跡地で生産された畜産物	公衆(子ども)	経口
105				公衆(成人)	経口
106		公園利用	覆土厚さ50cmのある廃棄物(災害廃棄物)	公衆(成人)	外部
107	公衆(子ども)			外部	
108	地下水移行	飲料水摂取	井戸水	公衆(成人)	
109				公衆(子ども)	
110		農耕作業	井戸水で灌漑した土壌	作業者	外部
111					粉塵吸入
112		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
113				公衆(子ども)	経口
114		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
115				公衆(子ども)	経口
116		畜産物摂取	井戸水で飼育された畜産物	公衆(成人)	経口
117				公衆(子ども)	経口
118		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
119				公衆(子ども)	経口

(2) 災害廃棄物に対する被ばく線量解析結果

災害廃棄物に対する被ばく線量の計算結果を表 4～表 6

に示す。なお、第三回災害廃棄物安全評価検討会における資料 4「福島県の浜通り及び中通り地方(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」において、焼却処理シナリオに対し、家庭ゴミと災害廃棄物の混焼のケースや専用の焼却炉を導入するケースの結果を示しているが、表 5 では最も線量の高い結果のみを掲載した。また、皮膚被ばくについては、一連の皮膚被ばくにおける影響が他の経路に比べて相対的に小さいことから、結果表から除外している。

表 4 災害廃棄物に対する解体・分別シナリオの線量計算の結果一覧

解体・分別シナリオ						
処理・輸送・保管に携わる作業者						
No.	経路略称	災害廃棄物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		1mSv/y相当の災害廃棄物中の濃度 (Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
1	山積み廃棄物の分別作業者外部	3.3E-02	1.4E-02	3.0E+01	7.2E+01	4.5E+01
2	山積み廃棄物の分別作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	5.1E+04	6.3E+04	5.7E+04
3	山積み廃棄物の分別作業者直接経口	3.2E-04	2.6E-04	3.1E+03	3.9E+03	3.5E+03
4	コンクリート廃棄物解体作業者外部	6.1E-02	2.5E-02	1.6E+01	4.0E+01	2.4E+01
5	金属廃棄物解体作業者外部	2.5E-02	1.1E-02	3.9E+01	9.2E+01	5.8E+01

表 5 災害廃棄物に対する焼却処理シナリオの線量計算の結果一覧(1/2)

焼却処理シナリオ								
処理・輸送・保管に携わる作業者								
No.	経路略称	災害廃棄物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		焼却灰または溶融固化物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量 *1 (mSv/y per Bq/g)		1mSv/y相当の濃度 *2 (Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
7	可燃物積み下ろし作業者外部	4.3E-02	1.9E-02			2.3E+01	5.3E+01	3.3E+01
8	可燃物積み下ろし作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05			5.1E+04	6.3E+04	5.7E+04
9	可燃物積み下ろし作業者直接経口摂取	3.2E-04	2.6E-04			3.1E+03	3.9E+03	3.5E+03
11	可燃物運搬作業者外部	9.8E-02	4.3E-02			1.0E+01	2.3E+01	1.5E+01
12	焼却炉補修作業者外部	1.0E-01	4.5E-02	4.9E-02	2.1E-02	2.0E+01	4.7E+01	3.0E+01
13	焼却炉補修作業者吸入	9.5E-05	7.7E-05	3.5E-05	2.9E-05	2.8E+04	3.5E+04	3.2E+04
14	焼却炉補修作業者直接経口摂取	7.8E-04	6.2E-04	2.9E-04	2.3E-04	3.4E+03	4.3E+03	3.9E+03
26	焼却灰積み下ろし作業者外部	1.3E-01	5.7E-02	5.0E-02	2.1E-02	2.0E+01	4.7E+01	2.9E+01
27	焼却灰積み下ろし作業者吸入	5.3E-05	4.3E-05	2.0E-05	1.6E-05	5.1E+04	6.3E+04	5.7E+04
28	焼却灰積み下ろし作業者直接経口摂取	4.3E-04	3.5E-04	1.6E-04	1.3E-04	6.2E+03	7.8E+03	7.0E+03
30	焼却灰運搬作業者外部	1.0E-01	4.2E-02	3.7E-02	1.6E-02	2.7E+01	6.3E+01	3.9E+01
31	焼却灰埋立作業者外部	3.5E-01	1.4E-01	1.3E-01	5.3E-02	7.7E+00	1.9E+01	1.1E+01
32	焼却灰埋立作業者吸入	9.5E-05	7.7E-05	3.5E-05	2.9E-05	2.8E+04	3.5E+04	3.2E+04
33	焼却灰埋立作業者直接経口摂取	7.8E-04	6.2E-04	2.9E-04	2.3E-04	3.4E+03	4.3E+03	3.9E+03
64	溶融炉補修作業者外部 *1	4.5E-02	1.9E-02	1.7E-02	7.1E-03	6.0E+01	1.4E+02	8.8E+01
65	溶融炉補修作業者吸入 *1	1.0E-05	8.5E-06	3.9E-06	3.2E-06	2.6E+05	3.1E+05	2.9E+05
66	溶融炉補修作業者直接経口摂取 *1	1.7E-04	1.4E-04	6.5E-05	5.1E-05	1.5E+04	1.9E+04	1.7E+04
78	溶融固化物積み下ろし作業者外部 *1	1.3E-02	5.5E-03	4.8E-03	2.0E-03	2.1E+02	4.9E+02	3.1E+02
79	溶融固化物運搬作業者外部 *1	8.4E-03	3.6E-03	3.1E-03	1.3E-03	3.2E+02	7.5E+02	4.7E+02

*1 経路No.12～33は、焼却灰中の濃度1Bq/gに対する線量であり、経路No.64～79は、溶融固化物中の濃度1Bq/gに対する線量である。
 *2 経路No.7～11は、1mSv/yに相当する災害廃棄物中の濃度であり、経路No.12～33は、1mSv/yに相当する焼却灰中の濃度であり、経路No.64～79は、1mSv/yに相当する溶融固化物中の濃度である。

(注) 焼却処理シナリオの併用ケースA、B及び仮設炉ケースの中より線量が最も高いケースを選択した。経路No.7～11は、仮設炉ケースの結果であり、No.12～79は、併用ケースBの結果である。なお、経路No.12～79の「災害廃棄物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量」の値は、参考として載せている。

表 5 災害廃棄物に対する焼却処理シナリオの線量計算の結果一覧(2/2)

一般公衆(処理施設の周辺居住、溶融固化物の再利用)

No.	経路略称	災害廃棄物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		焼却灰または溶融固化物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量 *1 (mSv/y per Bq/g)		1mSv/y相当の濃度 *2 (Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
16	焼却炉周辺居住粉塵外部(成人)	4.5E-08	1.9E-08	1.7E-08	7.1E-09	5.9E+07	1.4E+08	8.7E+07
17	焼却炉周辺居住粉塵吸入(成人)	2.3E-05	1.9E-05	8.5E-06	6.9E-06	1.2E+05	1.4E+05	1.3E+05
18	焼却炉周辺居住粉塵外部(子ども)	5.9E-08	2.5E-08	2.2E-08	9.3E-09	4.6E+07	1.1E+08	6.7E+07
19	焼却炉周辺居住粉塵吸入(子ども)	5.8E-06	5.0E-06	2.2E-06	1.9E-06	4.6E+05	5.4E+05	5.0E+05
20	焼却炉周辺居住土壌外部(成人)	3.2E-04	4.2E-04	1.2E-04	1.6E-04	8.5E+03	6.4E+03	7.2E+03
21	焼却炉周辺居住土壌外部(子ども)	4.1E-04	5.4E-04	1.5E-04	2.0E-04	6.5E+03	5.0E+03	5.5E+03
22	焼却炉周辺農作物(成人)	1.0E-04	7.4E-05	3.8E-05	2.8E-05	2.7E+04	3.6E+04	3.1E+04
23	焼却炉周辺農作物(子ども)	3.5E-05	2.9E-05	1.3E-05	1.1E-05	7.6E+04	9.4E+04	8.5E+04
24	焼却炉周辺畜産物(成人)	2.0E-04	2.0E-04	7.4E-05	7.5E-05	1.3E+04	1.3E+04	1.3E+04
25	焼却炉周辺畜産物(子ども)	9.6E-05	1.1E-04	3.6E-05	3.9E-05	2.8E+04	2.5E+04	2.7E+04
68	溶融炉周辺居住粉塵外部(成人)	4.3E-09	1.8E-09	1.6E-09	6.9E-10	6.2E+08	1.5E+09	9.1E+08
69	溶融炉周辺居住粉塵吸入(成人)	2.2E-06	1.8E-06	8.2E-07	6.6E-07	1.2E+06	1.5E+06	1.4E+06
70	溶融炉周辺居住粉塵外部(子ども)	5.6E-09	2.4E-09	2.1E-09	8.9E-10	4.8E+08	1.1E+09	7.0E+08
71	溶融炉周辺居住粉塵吸入(子ども)	5.5E-07	4.8E-07	2.1E-07	1.8E-07	4.8E+06	5.6E+06	5.2E+06
72	溶融炉周辺居住土壌外部(成人)	3.1E-05	4.0E-05	1.1E-05	1.5E-05	8.8E+04	6.7E+04	7.5E+04
73	溶融炉周辺居住土壌外部(子ども)	4.0E-05	5.2E-05	1.5E-05	1.9E-05	6.7E+04	5.1E+04	5.8E+04
74	溶融炉周辺農作物(成人)	9.6E-06	7.1E-06	3.6E-06	2.7E-06	2.8E+05	3.8E+05	3.3E+05
75	溶融炉周辺農作物(子ども)	3.4E-06	2.7E-06	1.3E-06	1.0E-06	7.9E+05	9.8E+05	8.9E+05
76	溶融炉周辺畜産物(成人)	1.9E-05	1.9E-05	7.1E-06	7.2E-06	1.4E+05	1.4E+05	1.4E+05
77	溶融炉周辺畜産物(子ども)	9.1E-06	1.0E-05	3.4E-06	3.8E-06	2.9E+05	2.6E+05	2.8E+05
80	溶融固化物再利用駐車場外部	2.4E-01	1.4E-01	9.1E-02	5.3E-02	1.1E+01	1.9E+01	1.4E+01
81	溶融固化物再利用壁材外部	3.1E-01	1.8E-01	1.2E-01	6.8E-02	8.6E+00	1.5E+01	1.1E+01

*1 経路No.16~25は、焼却灰中の濃度1Bq/gに対する線量であり、経路No.68~81は、溶融固化物中の濃度1Bq/gに対する線量である。

*2 経路No.16~25は、1mSv/yに相当する焼却灰中の濃度であり、経路No.68~81は、1mSv/yに相当する溶融固化物中の濃度である。

(注) 焼却処理シナリオの併用ケースA、B及び仮設炉ケースの中より線量が最も高いケースを選択した。経路No.16~81は、併用ケースBの結果である。なお、「災害廃棄物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量」の値は、参考として載せている。

一般公衆(埋設処分後の跡地利用・地下水移行)

No.	経路略称	災害廃棄物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		焼却灰中の単位濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		10μ Sv/y相当の焼却灰中の濃度 (Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
35	跡地建設作業外部	2.2E-02	2.1E-01	2.3E-03	2.1E-02	4.4E+00	4.8E-01	7.9E-01
36	跡地建設作業吸入	2.4E-06	4.5E-05	2.4E-07	4.5E-06	4.1E+04	2.2E+03	3.8E+03
37	跡地建設作業直接経口摂取	4.0E-05	7.3E-04	4.0E-06	7.3E-05	2.5E+03	1.4E+02	2.4E+02
39	跡地居住者外部(成人)	1.6E-01	1.5E+00	1.6E-02	1.5E-01	6.3E-01	6.8E-02	1.1E-01
40	跡地居住者吸入(成人)	2.8E-07	5.2E-06	2.8E-08	5.2E-07	3.6E+05	1.9E+04	3.3E+04
41	跡地居住者外部(子ども)	2.0E-01	1.9E+00	2.0E-02	1.9E-01	4.9E-01	5.2E-02	8.7E-02
42	跡地居住者吸入(子ども)	7.1E-08	1.4E-06	7.1E-09	1.4E-07	1.4E+06	7.1E+04	1.2E+05
43	跡地居住者(子ども)直接経口摂取	2.4E-04	4.7E-03	2.4E-05	4.7E-04	4.2E+02	2.1E+01	3.7E+01
44	跡地農耕作業外部	2.7E-02	2.5E-01	2.7E-03	2.5E-02	3.7E+00	4.0E-01	6.6E-01
45	跡地農耕作業吸入	1.5E-06	2.7E-05	1.5E-07	2.7E-06	6.9E+04	3.7E+03	6.4E+03
46	跡地農作物摂取(成人)	4.6E-03	8.3E-02	4.6E-04	8.4E-03	2.2E+01	1.2E+00	2.1E+00
47	跡地農作物摂取(子ども)	1.9E-03	3.7E-02	1.9E-04	3.7E-03	5.3E+01	2.7E+00	4.6E+00
48	跡地畜産物摂取(成人)	4.8E-03	8.8E-02	4.8E-04	8.8E-03	2.1E+01	1.1E+00	2.0E+00
49	跡地畜産物摂取(子ども)	2.3E-03	4.6E-02	2.3E-04	4.7E-03	4.3E+01	2.1E+00	3.7E+00
50	跡地公園利用者外部(成人)	9.5E-05	7.5E-04	9.5E-06	7.5E-05	1.0E+03	1.3E+02	2.2E+02
51	跡地公園利用者外部(子ども)	1.2E-04	9.7E-04	1.2E-05	9.8E-05	8.1E+02	1.0E+02	1.7E+02
52	飲料水摂取(成人)	1.6E-04	1.5E-03	1.6E-05	1.6E-04	6.3E+02	6.4E+01	1.1E+02
53	飲料水摂取(子ども)	2.2E-05	2.3E-04	2.2E-06	2.4E-05	4.6E+03	4.2E+02	7.1E+02
54	地下水利用農耕作業外部	3.4E-05	1.6E-03	3.4E-06	1.6E-04	3.0E+03	6.2E+01	1.1E+02
55	地下水利用農耕作業吸入	1.7E-09	1.5E-07	1.7E-10	1.5E-08	6.0E+07	6.5E+05	1.2E+06
56	地下水利用農作物摂取(成人)	1.1E-04	3.8E-03	1.1E-05	3.8E-04	8.7E+02	2.6E+01	4.6E+01
57	地下水利用農作物摂取(子ども)	4.1E-05	1.6E-03	4.1E-06	1.6E-04	2.4E+03	6.4E+01	1.1E+02
58	飼料経由畜産物摂取(成人)	1.5E-04	3.7E-03	1.5E-05	3.7E-04	6.5E+02	2.7E+01	4.7E+01
59	飼料経由畜産物摂取(子ども)	7.3E-05	1.9E-03	7.4E-06	2.0E-04	1.4E+03	5.1E+01	9.0E+01
60	飼育水経由畜産物摂取(成人)	2.2E-05	2.2E-04	2.2E-06	2.2E-05	4.5E+03	4.6E+02	7.7E+02
61	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	1.0E-05	1.1E-04	1.0E-06	1.1E-05	9.7E+03	9.0E+02	1.5E+03
62	養殖淡水産物摂取(成人)	9.1E-05	8.9E-04	9.1E-06	8.9E-05	1.1E+03	1.1E+02	1.9E+02
63	養殖淡水産物摂取(子ども)	3.6E-05	3.9E-04	3.6E-06	3.9E-05	2.8E+03	2.6E+02	4.3E+02

(注) 焼却処理シナリオの併用ケースA、B及び仮設炉ケースの中より線量が最も高いケースを選択した。経路No.35~63の「焼却灰中の単位濃度あたりの年間被ばく線量」及び「10μ Sv/y相当の焼却灰中の濃度」は、併用ケースB及び仮設炉ケースの結果は同じであり、この値を載せている。なお、「災害廃棄物中の単位濃度あたりの年間被ばく線量」は、仮設炉ケースの値を参考として載せている。

表 6 災害廃棄物に対する埋設処分シナリオの線量計算の結果一覧

埋設処分シナリオ
・災害廃棄物をそのまま埋設したケース

処理・輸送・保管に携わる作業者

No.	経路略称	災害廃棄物中の単位濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		1mSv/y相当の 災害廃棄物中の濃度 (Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
82	積み下ろし作業者外部	4.1E-02	1.7E-02	2.4E+01	5.9E+01	3.6E+01
83	積み下ろし作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	5.1E+04	6.3E+04	5.7E+04
84	積み下ろし作業者直接経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	3.1E+03	3.9E+03	3.5E+03
86	運搬作業者外部	9.2E-02	3.8E-02	1.1E+01	2.6E+01	1.6E+01
87	埋立作業者外部	1.4E-01	5.9E-02	6.9E+00	1.7E+01	1.0E+01
88	埋立作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	5.1E+04	6.3E+04	5.7E+04
89	埋立作業者直接経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	3.1E+03	3.9E+03	3.5E+03

一般公衆(廃棄物の処理処分に携わらない作業者を含む)

No.	経路略称	災害廃棄物中の単位濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		10μ Sv/y相当の 災害廃棄物中の濃度 (Bq/g)		
		Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
91	跡地建設作業者外部	2.3E-03	2.1E-02	4.4E+00	4.8E-01	7.9E-01
92	跡地建設作業者吸入	2.4E-07	4.5E-06	4.1E+04	2.2E+03	3.8E+03
93	跡地建設作業者直接経口摂取	4.0E-06	7.3E-05	2.5E+03	1.4E+02	2.4E+02
95	跡地居住者外部(成人)	1.6E-02	1.5E-01	6.3E-01	6.8E-02	1.1E-01
96	跡地居住者吸入(成人)	2.8E-08	5.2E-07	3.6E+05	1.9E+04	3.3E+04
97	跡地居住者外部(子ども)	2.0E-02	1.9E-01	4.9E-01	5.2E-02	8.7E-02
98	跡地居住者吸入(子ども)	7.1E-09	1.4E-07	1.4E+06	7.1E+04	1.2E+05
99	跡地居住者(子ども)直接経口摂取	2.4E-05	4.7E-04	4.2E+02	2.1E+01	3.7E+01
100	跡地農耕作業者外部	2.7E-03	2.5E-02	3.7E+00	4.0E-01	6.6E-01
101	跡地農耕作業者吸入	1.5E-07	2.7E-06	6.9E+04	3.7E+03	6.4E+03
102	跡地農作物摂取(成人)	4.6E-04	8.4E-03	2.2E+01	1.2E+00	2.1E+00
103	跡地農作物摂取(子ども)	1.9E-04	3.7E-03	5.3E+01	2.7E+00	4.6E+00
104	跡地畜産物摂取(成人)	4.8E-04	8.8E-03	2.1E+01	1.1E+00	2.0E+00
105	跡地畜産物摂取(子ども)	2.3E-04	4.7E-03	4.3E+01	2.1E+00	3.7E+00
106	跡地公園利用者外部(成人)	9.5E-06	7.5E-05	1.0E+03	1.3E+02	2.2E+02
107	跡地公園利用者外部(子ども)	1.2E-05	9.8E-05	8.1E+02	1.0E+02	1.7E+02
108	飲料水摂取(成人)	1.6E-05	1.6E-04	6.3E+02	6.4E+01	1.1E+02
109	飲料水摂取(子ども)	2.2E-06	2.4E-05	4.6E+03	4.2E+02	7.1E+02
110	地下水利用農耕作業者外部	3.4E-06	1.6E-04	3.0E+03	6.1E+01	1.1E+02
111	地下水利用農耕作業者吸入	1.7E-10	1.6E-08	6.0E+07	6.4E+05	1.2E+06
112	地下水利用農作物摂取(成人)	1.1E-05	3.8E-04	8.7E+02	2.6E+01	4.6E+01
113	地下水利用農作物摂取(子ども)	4.1E-06	1.6E-04	2.4E+03	6.3E+01	1.1E+02
114	飼料経由畜産物摂取(成人)	1.5E-05	3.7E-04	6.5E+02	2.7E+01	4.7E+01
115	飼料経由畜産物摂取(子ども)	7.4E-06	2.0E-04	1.4E+03	5.1E+01	8.9E+01
116	飼育水経由畜産物摂取(成人)	2.2E-06	2.2E-05	4.5E+03	4.6E+02	7.6E+02
117	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	1.0E-06	1.1E-05	9.7E+03	9.0E+02	1.5E+03
118	養殖淡水産物摂取(成人)	9.1E-06	9.0E-05	1.1E+03	1.1E+02	1.9E+02
119	養殖淡水産物摂取(子ども)	3.6E-06	3.9E-05	2.8E+03	2.6E+02	4.3E+02

2. 保管場からの直接線及びスカイシャイン線による線量評価

主な解析条件を図2に示す。200m×200mの保管場内に、放射性物質を含む土壌等を詰めたフレコンバック(1辺1mの立方体)が TENT を設けた屋外で保管されている状態を想定する。1つのTENT内には、900個のフレコンバック(15m×30m×2mの線源サイズ)が集積されているものとする。また、そのTENTが図2に示すように5m間隔で、50個設定されているものとする。なお、線源に対する遮へい材等による減衰は見込まないこととした。

評価対象者は、保管場の敷地内での作業員とその保管場の周辺住民とする。それぞれの評価点は、図2に示すとおりであり、敷地内の作業員に対しては評価点を2点設定した。

本資料における外部被ばく線量の計算では、三次元の幾何形状を模擬することが可能であり、スカイシャインを考慮した被ばく線量評価に関して使用実績のあるモンテカルロ法による3次元輸送計算コードMCNP-4C⁽³⁾を使用した。

保管場からの直接線及びスカイシャイン線の解析結果を表7及び表8に示す。表7は、保管場の敷地内での作業員に対する結果であり、表8は保管場の周辺住民に対する結果である。保管場の敷地内での作業員は、評価点1の結果が評価点2よりも高い値を示す結果となり、1mSv/y相当の保管対象物中の濃度は12Bq/g(=12,000Bq/kg)である。

また、保管場の周辺住民に対しては、敷地より70m程度の距離を確保できれば、Cs-134とCs-137の合計濃度100Bq/g(=100,000Bq/kg)によるスカイシャイン線量を1mSv/y以下に抑えることができると考えられる。

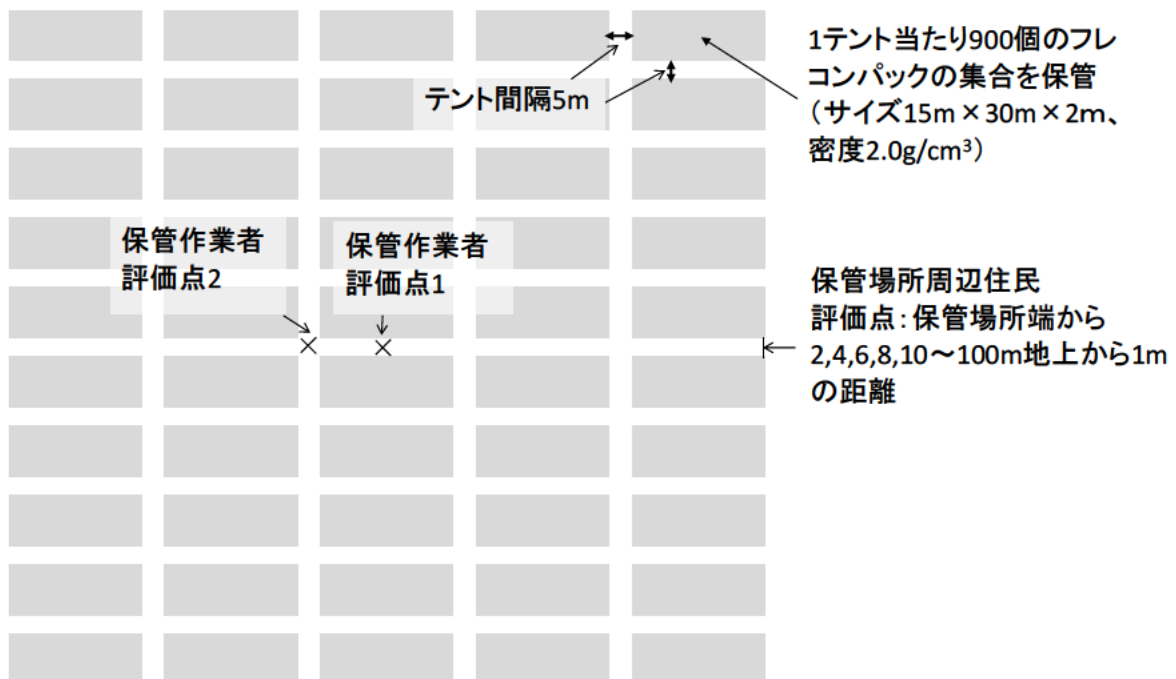


図2 保管場からの直接線及びスカイシャイン線の評価概要

表 7 保管場の敷地内での作業者に対する直接線及びスカイシャイン線の評価結果

	保管対象物中の単位濃度当たりの成人の年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		1mSv/y相当の 保管対象物中の濃度(Bq/g)		
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
評価点1	1.2E-01	5.1E-02	8.3E+00	2.0E+01	1.2E+01
評価点2	7.9E-02	3.4E-02	1.3E+01	2.9E+01	1.8E+01

表 8 保管場の周辺住民に対する直接線及びスカイシャイン線の評価結果

保管場所からの距離(m)	保管対象物中の単位濃度当たりの成人の年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		成人の年間被ばく線量1mSv/y相当の 保管対象物中の濃度(Bq/g)			子供の年間被ばく線量1mSv/y相当の 保管対象物中の濃度(Bq/g)		
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
2	1.1E-01	3.9E-02	9.1E+00	2.6E+01	1.4E+01	7.0E+00	2.0E+01	1.1E+01
4	8.4E-02	3.1E-02	1.2E+01	3.2E+01	1.8E+01	9.2E+00	2.5E+01	1.4E+01
6	6.7E-02	2.4E-02	1.5E+01	4.2E+01	2.3E+01	1.1E+01	3.2E+01	1.8E+01
8	5.6E-02	2.1E-02	1.8E+01	4.8E+01	2.7E+01	1.4E+01	3.7E+01	2.1E+01
10	5.0E-02	1.8E-02	2.0E+01	5.6E+01	3.1E+01	1.5E+01	4.3E+01	2.4E+01
20	3.3E-02	1.2E-02	3.0E+01	8.3E+01	4.7E+01	2.3E+01	6.4E+01	3.6E+01
30	2.3E-02	8.6E-03	4.3E+01	1.2E+02	6.7E+01	3.3E+01	8.9E+01	5.1E+01
40	1.8E-02	6.9E-03	5.6E+01	1.4E+02	8.4E+01	4.3E+01	1.1E+02	6.5E+01
50	1.5E-02	5.5E-03	6.7E+01	1.8E+02	1.0E+02	5.1E+01	1.4E+02	7.9E+01
60	1.2E-02	4.6E-03	8.3E+01	2.2E+02	1.3E+02	6.4E+01	1.7E+02	9.7E+01
70	1.0E-02	3.8E-03	1.0E+02	2.6E+02	1.5E+02	7.7E+01	2.0E+02	1.2E+02
80	8.0E-03	3.1E-03	1.3E+02	3.2E+02	1.9E+02	9.6E+01	2.5E+02	1.5E+02
90	7.2E-03	2.6E-03	1.4E+02	3.8E+02	2.1E+02	1.1E+02	3.0E+02	1.7E+02
100	6.0E-03	2.4E-03	1.7E+02	4.2E+02	2.5E+02	1.3E+02	3.2E+02	1.9E+02

3. 運搬作業時の周辺居住者・運転手に対する被ばく線量評価

放射性物質を含む土壌等の運搬作業に関して、運搬経路沿いの居住者及びその運搬作業員に対する外部被ばく経路を追加し、それらの経路の線量計算を行う。10個のフレコンバック(1辺1mの立方体)をトラックに積載(荷台の横に2個、縦に5個を積載)するものとし、その線源となる密度は様々な対象物を包含するため保守的に 2.0g/cm^3 を仮定した。

運搬経路沿いの居住者は、トラック側方、つまり5個のフレコンバックの中心から3mの距離での被ばくを、また、運転手は2個のフレコンバックの中心から1mの距離での被ばくを想定した。また、運転手とフレコンバックの間に厚さ3mmの鉄板による遮へいを考慮した。

運搬経路沿いの居住者の被ばく時間は、運搬トラックが月に4,500台走行し、そのうちの半分のトラックが赤信号により停車している時間1分間に被ばくと仮定し、450h/yとした。また、運転手は1日8時間、250日の労働時間のうち半分をその運転作業しているものとし、1,000h/yの被ばく時間を設定した。

被ばく線量解析結果を表9に示す。運搬経路沿いの居住者の線量は、運搬作業員に比べて、1桁程度小さい線量である。

表9 運搬作業時の周辺居住者・運転手に対する被ばく線量解析結果

	運搬対象廃棄物中の単位濃度 当たりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)		1mSv/y相当の 運搬対象物中の濃度(Bq/g)		
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
運搬作業員(運転手)	1.4E-01	6.1E-02	7.1E+00	1.6E+01	1.0E+01
運搬経路沿いの周辺居住者(子供)	9.1E-03	3.8E-03	1.1E+02	2.6E+02	1.6E+02

参考文献

- (1) 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(平成17年3月17日一部訂正及び修正)
- (2) 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
- (3) J. F. Briesmeister, Ed., MCNP - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4C, LA-13709-M(2000)

災害廃棄物の広域処理における溶融処理の考え方について

1. 災害廃棄物の溶融処理について

災害廃棄物の広域処理を行う際、受入側地方公共団体において通常の焼却処理ではなく溶融処理が導入されている場合には、処理後には溶融スラグと溶融飛灰が生じることになる。溶融飛灰については、通常の焼却処理同様、処分の安全性を確認する必要がある一方、溶融スラグについては再生利用の観点も考慮する必要がある。

以下に、溶融炉から生じる溶融飛灰の処理と溶融スラグの再生利用の考え方について整理する。

2. 溶融飛灰の処分の考え方

溶融飛灰の安全な処分の観点からは、通常の焼却処理と同様に、溶融飛灰の濃縮率を設定し、すべての放射性物質が飛灰に移行するものとの安全側の仮定を置いて、飛灰中の放射性セシウム濃度を算定し、これが8,000Bq/kg以下であること確認することとなる。

この場合の溶融飛灰の発生割合は、参考1に示すように、どの種類の炉でも3%を超えている（表2参照）ことから、3%と仮定してガス化溶融炉の放射性セシウムの濃縮率をストーカ式の焼却炉と同じ33.3倍とすれば安全側で評価できる。ただし、飛灰の発生を抑制しスラグの生成を増やすために溶融飛灰を再度炉に投入している場合は、濃縮率はこれより高くなる場合があるため、該当する施設は投入廃棄物量に対する溶融飛灰の発生割合を確認することが望ましい。

3. 溶融スラグの再生利用の考え方

溶融スラグの再生利用の観点については、製品としてのスラグ中の放射性セシウム濃度がクリアランスレベル100Bq/kgを満足する場合について評価すると、次のようになる。

- ① 既存の溶融炉における実測データによれば（表4参照）、溶融スラグへの放射性セシウムの分配率（廃棄物中に含まれる放射性セシウムがスラグに移行する割合）は、流動床式で約8%、シャフト式で約3%となっている。いずれの方式でも放射性セシウムの9割以上は溶融飛灰に移行しており、スラグに移行する割合は低い。
- ② 一方、これらの施設における溶融スラグの発生割合（投入廃棄物量に対するスラグ発生量の割合）は、流動床式で約5%、シャフト式で約10%となっており（表2参照）、分配率と考え合わせると、溶融スラグ中の放射性セシウム濃度は、流動床式の場合、投入廃棄物中の放射性セシウム濃度から増加す

る可能性があるが、シャフト式の場合は、相当程度低下することが見込まれる（表4参照）。

- ③ 例えば、広域処理対象となる岩手県及び宮城県の災害廃棄物の放射能濃度の測定結果は、可燃物でそれぞれ不検出～104 Bq/kg、68～240Bq/kgであり、シャフト式であれば全量災害廃棄物であっても、熔融スラグはクリアランスレベルを十分満足できると考えられ、また、流動床式であっても適切な災害廃棄物の混合割合を設定すればクリアランスレベルを満足できると考えられる。

なお、熔融スラグは、そのまま利用されるのではなく、参考2に示すように、コンクリート骨材やアスファルト混合物として利用される場合も多く、その場合は、最終的に利用される製品（コンクリート、アスファルト）として、クリアランスレベルを満足すべきものであることに留意が必要である。

また、ここでは熔融副資材（コークス、石灰等）の寄与は考慮されていないので、今後のデータ蓄積に応じて、適宜検討を加えることが必要である。

(参考1) 溶融スラグ、溶融飛灰の放射性物質濃度の推計方法

焼却灰等の放射性物質濃度は、処理する廃棄物の放射性物質濃度に、対象とする焼却灰等（スラグや溶融飛灰等）への濃縮率と放射性物質の分配率（移動率）を乗じて推計することが考えられ、スラグ、溶融飛灰の放射性物質濃度は以下のように定義できる。

スラグの放射性物質濃度

＝災害廃棄物の放射性物質濃度 × 放射性セシウムのスラグへの濃縮率
× 放射性セシウムのスラグへの分配率

＝災害廃棄物の放射性物質濃度 × (1/スラグの発生割合)
× 放射性セシウムのスラグへの分配率

ここに、スラグの発生割合＝スラグ発生量／ごみ焼却量

溶融飛灰の放射性物質濃度

＝災害廃棄物の放射性物質濃度 × 放射性セシウムの溶融飛灰への濃縮率

＝災害廃棄物の放射性物質濃度 × (1/溶融飛灰の発生割合)

ここに、溶融飛灰の発生割合＝溶融飛灰発生量／ごみ焼却量

※ 溶融飛灰への分配率が極端に高く、すべての放射性物質が溶融飛灰に移行するものと安全側の仮定

以下では、統計データ^{17,18}及び環境省が16都県から提供を受けた廃棄物処理施設の放射性物質濃度測定結果等をもとに、溶融方式別の発生割合、分配率を整理し、スラグ、溶融飛灰の放射性物質濃度の推計方法について考察する。

なお、以下の推計においては、溶融副資材（コークス、石灰等）の寄与は考慮されていないが、正確にはこれらの寄与について考慮することが必要となる。したがって、今後のデータ蓄積に応じて、適宜この推計方法について検討を加えることが必要である。

1 スラグ、溶融飛灰の発生量及び発生割合

「ごみ焼却施設台帳（平成 21 年度版）」をもとに、ガス化溶融施設のスラグ及び溶融飛灰の発生割合を整理した。

同台帳によると、全連続燃焼方式により廃棄物を処理している施設は全国で 626 施設あり、このうちガス化溶融施設を有している施設は 101 施設である。溶融方式別にはシャフト式 48 施設、流動床式 36 施設、キルン式 14 施設、その他 3 施設となっている。これらのうち、ごみ焼却量及び（溶融）スラグ排出量、溶融飛灰排出量が把握可能であったのは、表1に示すように 68 施設であった。

¹⁷ ごみ焼却施設台帳（平成 21 年度版）、（財）廃棄物研究財団、平成 23 年 3 月

¹⁸ 2010 年度版 エコスラグ有効利用の現状とデータ集、（社）日本産業機械工業会エコスラグ利用普及委員会、平成 23 年 6 月

表1 廃棄物処理量等のデータが得られた施設数

施設数 溶融方式	全データ※	スラグ等発生量 把握可能
シャフト式	48 施設	33 施設
流動床式	36 施設	26 施設
キルン式	14 施設	9 施設
その他	3 施設	
計	101 施設	68 施設

※「ごみ焼却施設台帳(平成 21 年度版)」より、全連続燃焼方式の焼却施設のうちガス化溶融施設を有する施設を抽出。

ごみ焼却量及びスラグ排出量等が把握可能であった 68 施設のデータは別紙1のとおりである。これらのデータより、スラグ及び溶融飛灰の発生割合を次のように定義すると、それぞれの発生割合は表2のとおりとなる。

$\text{スラグ発生割合} = \text{スラグ発生量 [t/年]} \div \text{ごみ焼却量 [t/年]}$ $\text{溶融飛灰発生割合} = \text{溶融飛灰発生量 [t/年]} \div \text{ごみ焼却量 [t/年]}$

表2に示すように、スラグの発生割合は、シャフト式で 9.6%であり、流動床式はシャフト式の約 1/2 の 4.6%であった。溶融飛灰の発生割合は各溶融方式とも 3~4%前後である。

なお、スラグの発生割合をメーカー団体にヒアリングした結果を表2に()書きで示しているが、今回整理した結果とほぼ同程度の発生割合であった。

表2 スラグ、溶融飛灰の発生割合

溶融方式	スラグ	(ヒアリング)	溶融飛灰
シャフト式	9.6%	(11%)	4.0%
流動床式	4.6%	(5%)	3.8%
キルン式	6.8%	(7%)	3.4%

2 スラグ、溶融飛灰の分配率

分配率算定のためには、放射性物質濃度(ここでは放射性セシウム濃度)のデータが必要である。ここでは 16 都県からデータ提供を受けた各施設の放射性セシウム濃度測定結果を用いた。

別紙2は 16 都県のごガス化溶融施設全 24 施設に、スラグ及び溶融飛灰の放射性セシウム濃度測定結果をマッチングして整理したものである。このうち、スラグ、溶融飛灰の放射性セシウム濃度が共に測定されており、かつ検出限界値以上の値が測定された施設は計8施設、19 データであった(表3)。

別紙2よりスラグ及び溶融飛灰の放射性セシウム濃度の傾向を概観すると、以下のとおりとなる。

- ・シャフト式における放射性セシウム濃度は、溶融飛灰においては百オーダーから数千オーダーと差が大きい、スラグについてはいずれの施設においても数十 Bq/kg 程度であり、スラグへの残留濃度は一定量程度に収まっている。
- ・この傾向は、溶融飛灰の放射性セシウム濃度が極端に高い流山クリーンセンターを除けば流動床式においても見られ、スラグの放射性セシウム濃度は 100～200Bq/kg 程度でほぼ同レベルである。

表3 放射性セシウム濃度データが得られた施設数及びデータ数（16 都県）

施設数 溶融方式	施設数	データ数
シャフト式	4 施設	7
流動床式	4 施設	12
キルン式	0 施設	0
計	8 施設	19

放射性セシウムのスラグ及び溶融飛灰への分配率を次のように定義すると、スラグ、溶融飛灰の分配率は、別紙2及び表4のように整理できる。

なお、キルン式については、放射性物質濃度のデータが得られなかったため、分配率は空欄としている。さらに、表4には濃縮率も合わせて示した。

<p>スラグの放射性物質質量[Bq/日] =</p> <p style="padding-left: 40px;">スラグの放射性セシウム濃度[Bq/t] × スラグ発生量[t/日]</p> <p>溶融飛灰の放射性物質質量[Bq/日] =</p> <p style="padding-left: 40px;">溶融飛灰の放射性セシウム濃度[Bq/t] × 溶融飛灰発生量[t/日]</p> <p>放射性物質総量[Bq/日] =</p> <p style="padding-left: 40px;">スラグの放射性物質質量[Bq/日] + 溶融飛灰の放射性物質質量[Bq/日]</p> <p>放射性セシウムのスラグへの分配率[%] =</p> <p style="padding-left: 40px;">スラグの放射性物質質量[Bq/日] / 放射性物質総量[Bq/日]</p> <p>放射性セシウムの溶融飛灰への分配率[%] =</p> <p style="padding-left: 40px;">溶融飛灰の放射性物質質量[Bq/日] / 放射性物質総量[Bq/日]</p>

表 4 スラグ、溶融飛灰の放射性物質濃度推計のためのパラメータ

溶融方式	スラグ		溶融飛灰	
	発生割合	分配率	発生割合	分配率
シャフト式	9.6%	3.1%	4.0%	96.9%
流動床式	4.6%	8.4%	3.8%	91.6%
キルン式	6.8%	---	3.4%	---

これらのパラメータ(濃縮率、分配率)を用いることにより、対象とする災害廃棄物の放射性物質濃度が分かれば、ガス化溶融施設において処理後のスラグ、溶融飛灰の放射性物質濃度を推計することが可能と考える。

【再掲】

スラグの放射性物質濃度
 = 災害廃棄物の放射性物質濃度 × 放射性セシウムのスラグへの濃縮率
 × 放射性セシウムのスラグへの分配率
 = 災害廃棄物の放射性物質濃度 × (1/スラグの発生割合)
 × 放射性セシウムのスラグへの分配率
 ここに、スラグの発生割合 = スラグ発生量 / ごみ焼却量

溶融飛灰の放射性物質濃度
 = 災害廃棄物の放射性物質濃度 × 放射性セシウムの溶融飛灰への濃縮率
 = 災害廃棄物の放射性物質濃度 × (1/溶融飛灰の発生割合)
 ここに、溶融飛灰の発生割合 = 溶融飛灰発生量 / ごみ焼却量
 ※ 溶融飛灰への分配率が極端に高く、すべての放射性物質が溶融飛灰に移行するものと安全側の仮定

(参考2) 災害廃棄物を受け入れた場合のスラグの放射能濃度の評価

溶融スラグの再生利用については、「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針」(環境省、平成19年9月)により技術的な指導が行われている。

同指針によれば溶融スラグの用途は以下のものとされている。

- ①路盤材(下層路盤材、上層路盤材)、加熱アスファルト混合用骨材
- ②コンクリート用溶融スラグ骨材(コンクリート二次製品用材料含む)
- ③埋め戻し材、路床材等

また、再生利用に当って土壌や地下水の汚染等を生じることがないように、溶融スラグに係る目標基準が設定されている。これらは、日本工業規格と同レベルのものであり、これを満たせば当該用途に用いる場合に安全と考えられるものである。

- ①路盤材、加熱アスファルト混合物用骨材

日本工業規格 A5032 に適合していること。

- ②コンクリート用溶融スラグ骨材

日本工業規格 A5031 に適合していること。

- ③埋め戻し材、路床材等

日本工業規格 A5032 の 4.2(有害物質の溶出量と含有量)の基準に適合していること。

また、利用に当たっては、用途に応じて、強度、耐久性等の品質も満たす必要がある。

上記の日本工業規格については、重金属の溶出、含有量基準に適合していること、また物性(化学成分、物理性状、膨張性、アルカリシリカ反応性、粒度)について規定されている。

なお、再生利用される際のそれぞれの製品の混合率については以下のようなガイドラインの事例がある。これらの有効利用方法は自治体の公共事業に用いられる際には地域によって異なる基準が用いられているのが実情であるが、本資料が一応の目安となる。

表5 スラグの再利用用途別の混合率等

再利用用途	混合率	備考
①プレキャストコンクリート製品の細骨材	溶融スラグ細骨材混合率は、質量比 50%以下とすることを標準とする。 (JIS A 5031 解説)	溶融スラグ細骨材を用いたプレキャストコンクリート製品の水セメント比は 55%以下とする。
②アスファルト混合物	溶融スラグ細骨材混合率は、質量比 10%以下とすることを標準とする。	配合設計は、原則としてマーシャル安定度試験により行い、マーシャル特性値から最適アスファルト量を求める
③埋め戻し材等	溶融スラグは砂状であるため、スラグ単独または砂と混合して利用する。	スラグ単独で使用する場合は締め固め度が小さい傾向があるため、施工時に注意する必要がある。

出典) 溶融スラグの有効利用に係るガイドライン、ゼロエミッション社会を目指す技術開発委員会、
廃棄物・溶融スラグ利用技術専門部会

上記の溶融スラグの有効利用に係るガイドラインに従うとした場合、プレキャストコンクリート製品に含まれる溶融スラグの割合は 50%以下であるから、コンクリート製品の放射線濃度は溶融スラグの放射線濃度の 1/2 以下となると判断される。同様にアスファルトの放射線濃度は溶融スラグの放射線濃度の 1/10 以下となる。さらに、埋め戻し材はスラグ単独で用いられる場合には希釈の効果はないことになる。

製品の安全度の評価は、上記の計算によって再製品中でどの程度の再生スラグが利用されるか(混入率)を評価して、製品中の濃度をクリアランスレベルと比較することで評価できる。

本ガイドラインで示しているとおり、製品中の放射性物質濃度がクリアランスレベル(100Bq/kg)を満足していれば、広く一般に再生利用できることになるが、このクリアランスレベルを基準に考えると、プレキャストコンクリート製品に質量比 50%でスラグを再利用する場合、スラグの放射性物質濃度は 200Bq/kg まで利用可能。また、アスファルト混合物としての再利用する場合、スラグの質量比を 10%とすると、スラグの放射性物質濃度は 1,000Bq/kg 以下まで利用可能である。

岩手県と災害廃棄物の処理基本協定を締結します
—— 災害廃棄物処分業者を募集します ——

このたび、岩手県、東京都及び財団法人東京都環境整備公社の 3 者で「災害廃棄物の処理基本協定」を 9 月 30 日に締結し、岩手県から東日本大震災に伴う災害廃棄物（岩手県宮古市の混合廃棄物）を受け入れることとしましたのでお知らせします。

これらは産業廃棄物処分業者で処理することとし、併せて当該業者を募集します。

1. 基本協定の概要

岩手県、東京都及び財団法人東京都環境整備公社の 3 者で、東日本大震災により発生した一般廃棄物の処理を行うための基本的な事項を定めたものである。

目 的：復旧・復興対策を迅速かつ円滑に遂行するため、災害廃棄物を適正処理
処 理：災害廃棄物の種類、数量等は、別途、その都度定める。
経費負担：災害廃棄物の処理経費は、岩手県が負担する。
協定期間：平成 23 年 9 月 30 日から平成 26 年 3 月 31 日まで

2. 災害廃棄物処理の先行事業について

また、岩手県から本協定に基づく具体的な災害廃棄物（混合廃棄物）の処理について、次のとおり依頼を受けます。

搬出場所	岩手県宮古市磯鶏（藤原埠頭仮置場）	
災害廃棄物の種類、量	混合廃棄物 （建設混合廃棄物、廃機械・機器類）	1,000 トン
搬出期間（予定）	平成 23 年 10 月から 11 月まで	
運搬方法	鉄道貨物輸送	

※ 岩手県による災害廃棄物等の放射能測定結果は、別紙 1 による。

※ 環境対策（岩手県宮古市先行事業分）は、別紙 2 による。

3. 今後のスケジュール

- 処分業者の募集 9 月 30 日（金）
- 処分業者の公募期間 10 月 3 日（月）から 10 月 7 日（金）まで
- 処分業者の決定 10 月 19 日（水）（予定）
- 災害廃棄物処理期間 10 月下旬から 11 月下旬まで

〔別途〕宮古市本格事業分（1 万トン）12 月から 24 年 3 月まで

4. 災害廃棄物処分業者の募集について

募集要領は 9 月 30 日以降、東京都環境局のホームページ又は問い合わせ先の部署で入手できます。

<問い合わせ先>

環境局廃棄物対策部一般廃棄物対策課 今井・荒井
電話 03(5388)3579 （内線 42-830）

岩手県による災害廃棄物等の放射能測定結果

■災害廃棄物の放射能測定結果				
災害廃棄物	採取年月日		平成 23 年 7 月 13 日	
	放射性物質濃度		(134Cs + 137Cs) 68.6 Bq/kg	
■焼却灰等の放射能測定結果				
焼却施設	宮古清掃センター (岩手県宮古市大字小山田第二地割岩ヶ沢 110 番地)			
焼却灰	施設概要	処理能力：186 t/日 (93 t × 2 炉) 焼却方式：流動床式焼却炉		
	混合燃焼率	約 27% (22.70 t (災害廃棄物) ÷ 85.03 t)		
	採取年月日	混合燃焼時	通常時	
		平成 23 年 9 月 14 日	平成 23 年 9 月 9 日	
放射性物質濃度	133 Bq/kg	151 Bq/kg		
排ガス	放射性物質濃度	採取年月日	平成 23 年 9 月 14 日	—
		134Cs	不検出 Bq/m3	—
		137Cs	不検出 Bq/m3	—

＜受入基準＞

「東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理の推進に係るガイドライン（環境省 平成 23 年 8 月 11 日）」を適用する。

焼却灰	134Cs + 137Cs	8,000 Bq/kg 以下
災害廃棄物焼却時の排ガス	134Cs :	20 Bq/m3 以下
	137Cs :	30 Bq/m3 以下

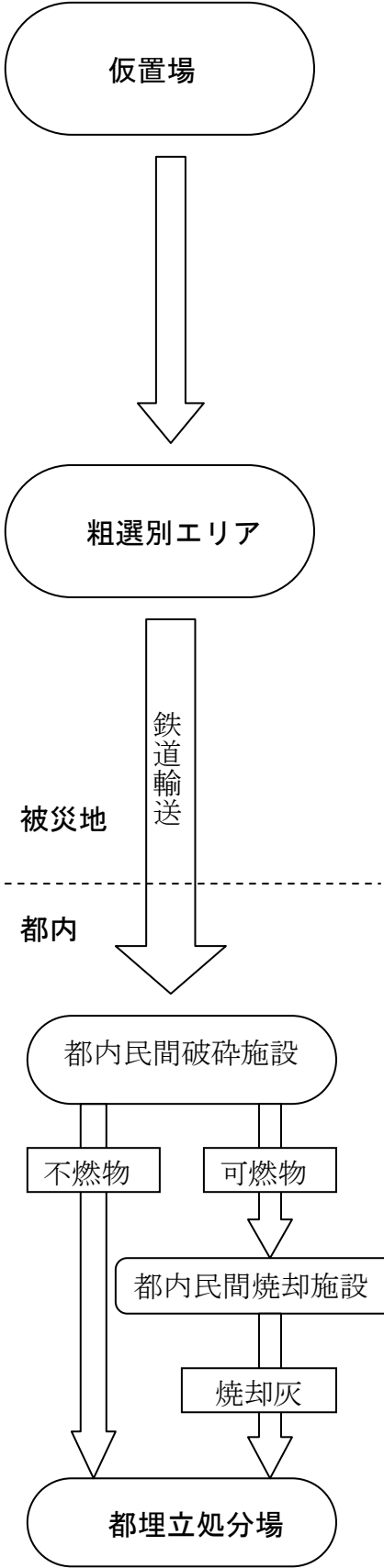
(参考データ)

種類	運営主体	施設数	焼却灰 (Bq/kg)		排ガス (Bq/m3)
			平均値	最小値～最大値	
清掃工場	東京二十三区清掃一部事務組合	20	3,005	974～12,920	不検出※
	多摩地域市町村・一部事務組合	17	1,786	331～ 3,409	不検出
焼却施設	産業廃棄物処理業者	13	1,032	55～ 4,260	—

「一般廃棄物焼却施設における焼却灰の放射性セシウム濃度測定結果について（平成 23 年 9 月 8 日東京都環境局）」及び「都内の産業廃棄物焼却施設における焼却灰の放射性セシウム濃度測定結果について（平成 23 年 9 月 15 日東京都環境局）」のデータに基づき算定したものである。

※ 定期補修工事中のため、1 工場は測定していない。

環境対策（岩手県宮古市先行事業分）



<p>○事前の性状把握</p> <p>① 海水（塩分）による災害廃棄物の焼却時のダイオキシン、塩化水素の発生は、通常ごみの焼却時と差異はない（廃棄物資源循環学会 8月2日報告）</p> <p>② 放射能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・災害廃棄物の放射性物質濃度測定 68.6 Bq/kg (¹³⁴Cs+¹³⁷Cs) ・被災地の焼却施設における放射性物質濃度測定 焼却灰： 133 Bq/kg 排ガス： 不検出 Bq/m3
<p>○搬出時の対策</p> <p>環境整備公社（常駐）による受入監視</p> <p>（1）仮置場から粗選別エリアに移動した時</p> <ul style="list-style-type: none"> ① アスベスト等の有害物質、危険物を除去 ② 作業時間の1時間ごとに空間線量率を測定 <p>（2）搬出時</p> <ul style="list-style-type: none"> ① コンテナごとに遮蔽線量率*を測定 ② 事後検証のため放射性物質濃度を測定
<p>○運搬方法</p> <p>機密性の高い鉄道コンテナで運搬</p>
<p>○中間処理施設（都内民間破碎施設）の要件</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 産業廃棄物処分量の許可業者 ② 建設系混合廃棄物、廃機械・機器類の処理実績あり ③ 集じん設備あり（バグフィルター、電気集塵装置、湿式スクラバー等） ④ 処分量者は選定前に区市町村に情報提供、選定時に公表
<p>○放射能測定（事後検証）</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 敷地境界における空間線量率の測定（週1回） ② 破碎・選別された可燃物、不燃物について遮蔽線量率*及び放射性物質濃度を測定 ③ 可燃物を受入した都内民間焼却施設で、焼却灰の遮蔽線量率*及び放射性物質濃度、排ガスの放射性物質濃度を測定

*遮蔽線量率（μSv/h）は、廃棄物を鉛の箱体に入れて外部の放射線を遮蔽し、廃棄物自身からの放射線量率を測定するものである。

東京都災害廃棄物受入処理の全体スキーム

1. 概要

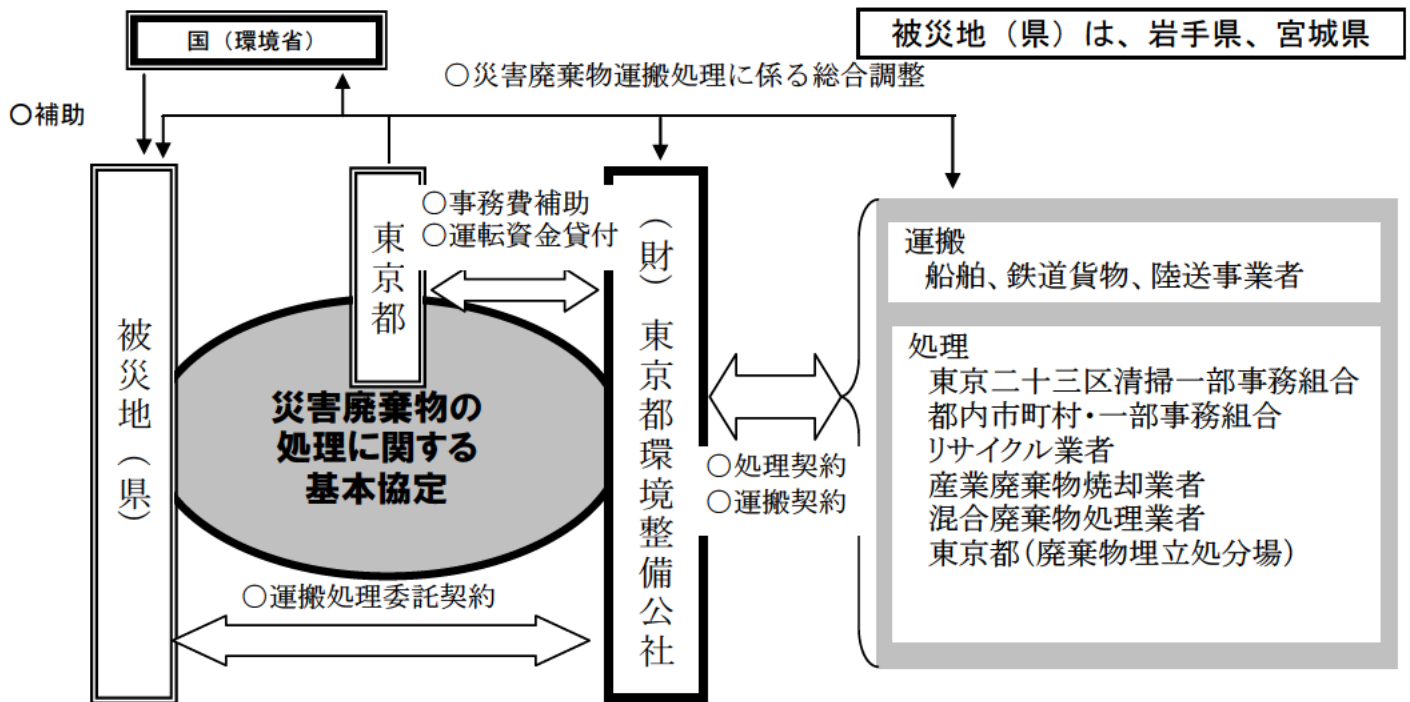
災害復興に向け、被災地（県）、東京都及び財団法人東京都環境整備公社（以下「公社」という。）が災害廃棄物の処理に関する協定を締結し、被災地の災害廃棄物を都内（首都圏）に運搬し、都内自治体や民間事業者が協力して破碎・焼却等の処理を円滑に行えるシステムを構築する。

○ 災害廃棄物受入予定量

平成25年度までの3箇年度 約50万tを予定

- ・ 災害廃棄物の種類
可燃性廃棄物（木くず等）、廃畳、混合廃棄物、焼却灰
- ・ 処理方法
リサイクル、破碎、焼却、埋立

○ 事業スキーム



(H23の公社への運転資金貸付 約70億円、3年間で約280億円の予定)

2. 事業スキームのメリット

○ 処理自治体側（都内自治体等）

- 災害廃棄物の性状や安全性の現地確認、受入基準に適した処理先を公社が調整
- 国の補助金を待たず、処理費用の迅速な支払いが可能
- 被災自治体への処理費用請求手続きを公社が対応

○ 被災自治体側（岩手県及び宮城県）

- 被災地から中間処理施設、最終処分場までの全ての工程を一貫して委託可能
- 船舶や鉄道貨物などによる大量輸送により、迅速かつ効率的な運搬ができる。

放射能管理マニュアル（岩手県宮古市 平成 23 年 12 月～24 年 3 月分）

東京都環境局廃棄物対策部

平成 23 年 12 月 8 日

目次

1	適用範囲	1
2	測定方法の分類	1
	(1) 放射線量率測定	1
	(2) 放射性物質濃度測定	1
3	事前測定結果	2
	(1) 空間線量率の測定	2
	(2) 遮蔽線量率の測定	2
	(3) 放射性物質濃度の測定	2
	(4) 焼却試験による放射性物質濃度の測定	3
4	先行事業における放射能測定結果の評価	3
	(1) 被災地から災害廃棄物搬出時の放射能測定結果の評価	3
	(2) 都内受入施設の放射能測定結果の評価	4
5	被災地から災害廃棄物搬出時の放射能の測定	4
	(1) 粗選別エリアでの空間線量率の測定	4
	(2) スtockヤードでの遮蔽線量率の測定	5
	(3) 放射性物質濃度の測定	5
	(4) コンテナ積込後の空間線量率の測定	5
6	都内受入施設の放射能測定	6
	(1) 空間線量率の測定	6
	(2) 選別破碎施設での放射能の測定	6
	(3) 可燃物焼却施設での放射能の測定	6

7	記録	7
別紙	災害廃棄物受入事業（岩手県宮古市 先行事業分）放射能測定結果	i
参考資料	仮置場作業イメージ	ii

1 適用範囲

本マニュアルは、岩手県宮古市 平成23年12月～24年3月分の災害廃棄物について適用する。

2 測定方法の分類

(1) 放射線量率測定

ア 空間線量率測定

災害廃棄物置場の特定地点での空間線量率の測定。

原則、地上高さ1 mで測定。

単位は $\mu\text{Sv/h}$ 。

イ 遮蔽線量率測定

鉛製の容器でできた遮蔽体内で、試料（災害廃棄物）に接触させて測る線量率の測定。

単位は $\mu\text{Sv/h}$ 。

ウ バックグラウンド線量率の測定

災害廃棄物に付着した放射能自体の値を算出するため、天候等により変動するバックグラウンド線量率を測定する。

空間線量率測定におけるバックグラウンド線量率は廃棄物置場の影響の出ない十分に離れた地点での測定とする。

遮蔽線量率測定におけるバックグラウンド線量率は遮蔽体内に廃棄物を入れない状態で測定する。

単位は $\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 放射性物質濃度測定

試料（災害廃棄物等）の放射性物質（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）濃度を測定。

単位は Bq/kg

3 事前測定結果

被災地の一次仮置場に仮置された災害廃棄物の放射能の測定を、被災地の自治体が都及び東京都環境整備公社（以下「公社」という。）の立会の下で実施した。

(1) 空間線量率の測定

一次仮置場の空間線量率を測定した。

表 1：宮古市の災害廃棄物の一次仮置場の空間線量率測定結果

単位： $\mu\text{Sv/h}$

一次仮置場名	測定日	空間線量率	バックグラウンド線量率	備考
藤原埠頭（磯鷄）	平成 23 年 7 月 13 日	0.10～0.15 置場の廃棄物に対し全方向（16 箇所）から測定	0.14	
宮古運動公園（赤前）	平成 23 年 11 月 22 日	0.09～0.14 置場の廃棄物に対し全方向（10 箇所）から測定	0.10	

(2) 遮蔽線量率の測定

一次仮置場にある災害廃棄物を組成ごとに遮蔽線量率を測定した。

表 2：宮古市の災害廃棄物の一次仮置場の遮蔽線量率測定結果

単位： $\mu\text{Sv/h}$

一次仮置場名	採取日	木くず	紙	繊維	プラ	わら	土砂	備考
藤原埠頭（磯鷄）	平成 23 年 7 月 13 日	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001	0.005	
宮古運動公園（赤前）	平成 23 年 11 月 22 日	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.008	

(3) 放射性物質濃度の測定

放射性物質濃度を一次仮置場の廃棄物の組成ごとに測定した。

表 3 : 宮古市の災害廃棄物の一次仮置場の放射性物質濃度測定結果

単位 : Bq/kg

一次仮置場名	採取日	木くず	紙	繊維	プラ	わら	ごみ加重平均	集じん灰 (推定値)
藤原埠頭 (磯鶏)	平成 23 年 7 月 13 日	70.7	22.8	41	42	39	68.6	2,284 ≤8,000
宮古運動公園 (赤前)	平成 23 年 11 月 22 日	36	173	37	28	32	37.3	1,242 ≤8,000
宮古市内の災害廃棄物 (可燃物) の平均構成比		93.5%	1.2%	0.9%	3.7%	0.7%	————	

注 : ① 集じん灰中の放射性物質濃度 (推定値) は、焼却量に対する集じん灰の発生量は 3% 程度であることから、濃縮率は 33.3 倍と仮定し、放射性セシウムが全量集じん灰に移行すると仮定して算出した。

② 災害廃棄物の広域処理の推進に係るガイドライン (平成 23 年 1 月 18 日改定) (以下、「環境省ガイドライン」という。) では、「災害廃棄物の焼却により発生する焼却灰の放射性セシウム濃度について 8,000Bq/kg 以下であることが一つの目安となる。」としている。

(4) 焼却試験による放射性物質濃度の測定

被災地の自治体にある宮古清掃センター (流動床炉) で、一次仮置場 (藤原埠頭 (磯鶏)) の災害廃棄物の試験焼却を行い放射性物質濃度を測定した。

集じん灰中の放射性物質濃度が 8000Bq/kg を超えないことと、排ガス中の放射性物質濃度が不検出であることを確認した。(9 月 14 日焼却試験、9 月 20 日結果確認)

表 4 : 宮古市の災害廃棄物の一次仮置場の焼却試験放射性物質濃度測定結果

平成 23 年 9 月 14 日測定

	単位	測定項目	測定結果	備考
集じん灰	Bq/kg	放射性物質濃度	133	≤8000
排ガス	Bq/m ³	放射性物質濃度 (¹³⁴ Cs)	不検出 (<1.65)	$\frac{{}^{134}\text{Cs}}{20} + \frac{{}^{137}\text{Cs}}{30} < 1$
	Bq/m ³	放射性物質濃度 (¹³⁷ Cs)	不検出 (<1.83)	

注：国では処理施設からの排気については「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示」で示された濃度限度を下回ることを確認としている。

4 先行事業における放射能測定結果の評価

先行事業（平成23年11月2日から11月30日までの搬出分）における放射能測定結果は別紙のとおりである。

(1) 被災地から災害廃棄物搬出時の放射能測定結果の評価

① 粗選別エリアでの空間線量率の測定結果

空間線量率の測定結果は、バックグラウンド空間線量率（ $0.13\sim 0.15\ \mu\text{Sv/h}$ ）に対して $0.14\sim 0.16\ \mu\text{Sv/h}$ であり、搬出基準のバックグラウンド空間線量率の3倍を全て下回った。

② ストックヤードでの遮蔽線量率の測定結果

遮蔽線量率の測定結果は、 $0.000\sim 0.002\ \mu\text{Sv/h}$ であり、搬出基準の $0.01\ \mu\text{Sv/h}$ を全て下回った。

③ コンテナ積込後の空間線量率の測定結果

空間線量率の測定結果は、 $0.08\sim 0.11\ \mu\text{Sv/h}$ であった。

なお、コンテナ積込後の測定はコンテナの中心（地上高約2.5m）であったことから、地面からの放射線の影響が減ったため、バックグラウンド空間線量率（地上高1m）を下回った。

④ 放射性物質濃度の測定結果

放射性物質濃度の測定結果は、全て不検出（検出下限値未満）であった。

(2) 都内受入施設の放射能測定結果の評価

① 敷地境界の空間線量率の測定結果

選別破碎施設及び可燃物焼却施設の敷地境界の空間線量率の測定結果から、災害廃棄物による放射能の影響はないといえる。

② 選別破碎施設における放射能の測定結果

破碎処理後の可燃物及び不燃物の放射性物質濃度の測定結果は、可燃物が不検出～ 111Bq/kg 、不燃物が全て不検出で、遮蔽線量率の測定結果は、 $0.000\sim 0.002\ \mu\text{Sv/h}$ であった。

可燃物の放射性物質濃度が被災地での測定結果が、全て不検出であるのに対し、不検出～ 111Bq/kg と幅があったのは、選別破碎処理過程において都内の産業廃棄物と混合したものと推測される。

③ 可燃物焼却施設での放射能測定結果

破碎処理後の可燃物約5%を他の廃棄物と混合で焼却した際の集じん灰等の放射性物質濃度の測定結果は、飛灰が920 Bq/kg、焼却残渣及びスラグが不検出であり、8000Bq/kgを大幅に下回った。

排ガスは、不検出 ($^{134}\text{Cs} < 1.14\text{Bq/m}^3$ 、 $^{137}\text{Cs} < 1.42\text{Bq/m}^3$) であった。

5 被災地から災害廃棄物搬出時の放射能の測定

災害廃棄物を搬出する場合、公社が常駐して空間線量率、遮蔽線量率及び放射性物質濃度を測定する。

(1) 粗選別エリアでの空間線量率の測定

① 粗選別エリアの周囲4地点の地上1mで空間線量率を測定する。1時間に1回測定する。

② ①の測定がなされておらずストックヤードに山になっている廃棄物については、混合廃棄物、廃機械・機器類それぞれの山について、地上1mで山から1m離れたところ約十箇所の空間線量率を測定する。最小値、最大値、平均値を記録する。

③ 環境省ガイドラインでは「バックグラウンドの空間線量率より有意に高くなるものがないことを確認する」としているので、当日のバックグラウンド空間線量率の3倍を超えた場合は搬出しない。

バックグラウンド空間線量率は毎日作業前にシンチレーションサーベイメータで10回測定を行い、その平均値を測定値とする。

(2) スtockヤードでの遮蔽線量率の測定

空間線量率は災害廃棄物そのものの放射線量を必ずしも測っているわけではなく、測定値にバラツキも見られる。

また、放射性物質濃度の事前測定は各仮置場1回限りであり、実際に受け入れる災害廃棄物の放射性物質濃度を把握することが望ましい。しかし、放射性物質濃度の測定には1週間程度かかるため、搬出時の確認には、放射性物質濃度との相関が見込まれる遮蔽線量率をコンテナ単位で測定することとする。

コンテナに積込む場合、10箇所から均等になるような試料の抽出を行い、測定用のプラスチック袋に試料を5L程度詰めたうえでサーベイメータの先端をプラスチック袋の面に直接静かに当てた形で遮蔽線量率を測定する。

測定はシンチレーションサーベイメータで5回測定を行い、その平均値を測定値とする。

今回は都内の選別破碎施設の処理後の可燃物は焼却処理を行うことから焼却灰が8000Bq/kgを超えないようにするため、宮古市の測定結果（平成23年7月）を踏まえ、バックグラウンド遮蔽線量を除いた測定値が $0.01 \mu\text{Sv/h}$ を超えた場合は搬出しない。

バックグラウンド遮蔽線量率は毎日作業前にシンチレーションサーベイメータで10回測定を行い、その平均値を測定値とする。

(3) 放射性物質濃度の測定

ストックヤードで抽出した災害廃棄物について、組成ごとに放射性物質濃度の測定を月1回実施する。

(4) コンテナ積込後の空間線量率の測定

災害廃棄物をコンテナに積込んだ後に、コンテナの左右側面の計2面の中心で、コンテナから1m離れて空間線量率を測定する。コンテナごとに測定する。

表5：搬出時の放射能測定

測定対象物	測定項目	測定頻度
粗選別エリア	空間線量率	1時間ごと
ストックヤード	遮蔽線量率	コンテナごと
	放射性物質濃度	組成ごとに1回/月
搬出場	コンテナ積込後の空間線量率	コンテナごと

6 都内受入施設の放射能測定

環境省のガイドラインでは、「当面の間は、確認的なモニタリングを行うものとする。」としている。

(1) 空間線量率の測定

選別破碎施設及び可燃物焼却施設の敷地境界の空間線量率を測定する。

受入1週間前に1回と受入中は1週間に1回測定する。

測定場所は敷地境界の4箇所とする。これらに対するバックグラウンド空間線量率は都の指定した2箇所とする。(受入施設が隣接している場合は、バックグラウンドの測定箇所を共有することもある。)

(2) 選別破碎施設での放射能の測定

選別破碎施設から排出された破碎処理後の可燃物と不燃物について、遮蔽線量率及び放射性物質濃度の測定を月1回行う。

(3) 可燃物焼却施設での放射能の測定

破碎処理後の可燃物を焼却施設において処理した時に、集じん灰の遮蔽線量率及び放射性物質濃度の測定並びに排ガスの放射性物質濃度の測定を月1回行う。

表6：都内受入施設

測定場所	測定対象物	測定項目	測定頻度
選別破碎施設	敷地境界	空間線量率	受入1週前に1回、受入中は1週間に1回
	可燃物	遮蔽線量率	1回/月
		放射性物質濃度	1回/月
	不燃物	遮蔽線量率	1回/月
		放射性物質濃度	1回/月
	焼却施設	敷地境界	空間線量率
焼却灰（集じん灰）		遮蔽線量率	1回/月
		放射性物質濃度	1回/月
排ガス		放射性物質濃度	1回/月

7 記録

放射能測定結果を公社の責任者が毎日確認し記録する。

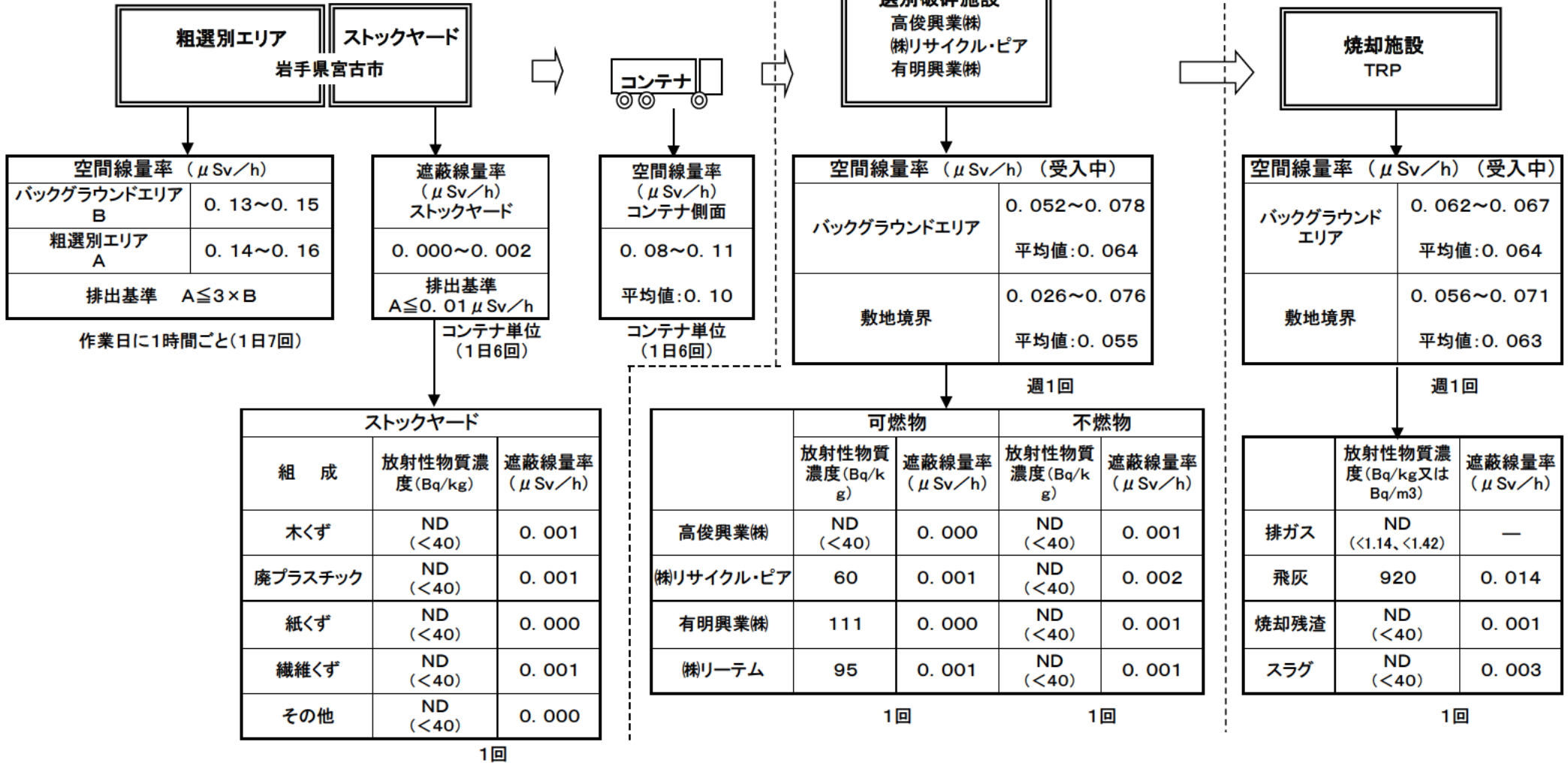
測定結果のうち被災地の空間線量率及び遮蔽線量率は当日の夕方5時までに都に提出し、その他の測定結果については週単位でまとめて都に提出する。

災害廃棄物受入事業（岩手県宮古市 先行事業分）放射能測定結果

搬出期間 平成23年11月2日から11月30日 処理量 920t

(被災地)

(都内)



(仮置場作業イメージ)

