

産業廃棄物の安定型品目等の 溶出試験結果

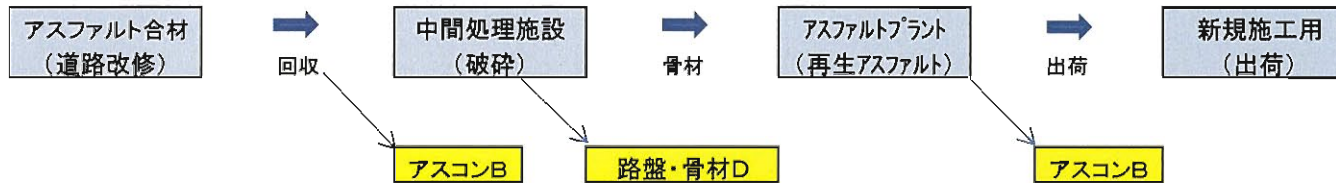
(独)国立環境研究所
資源循環・廃棄物研究センター

安定品目等の調査

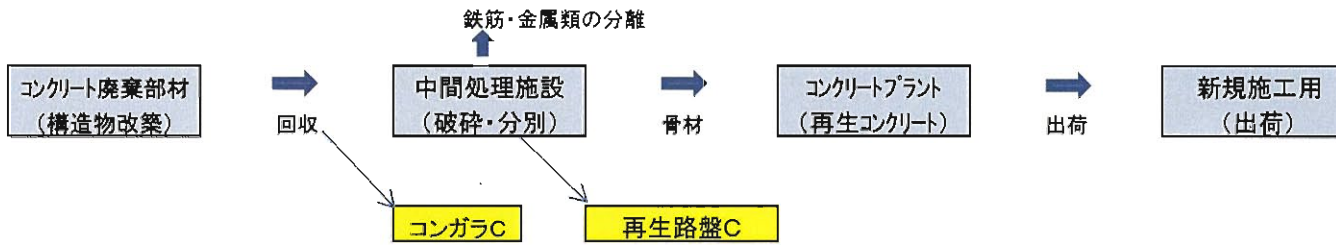
- 調査日 2012年1月12日
- 産業廃棄物中間処理施設
 - 福島県内の5施設より13品目を採取
- 測定項目
 - 放射性Cs含有量
 - JIS K0058-1の5. 有姿攪拌試験

各調査施設のフローと試料採取場所

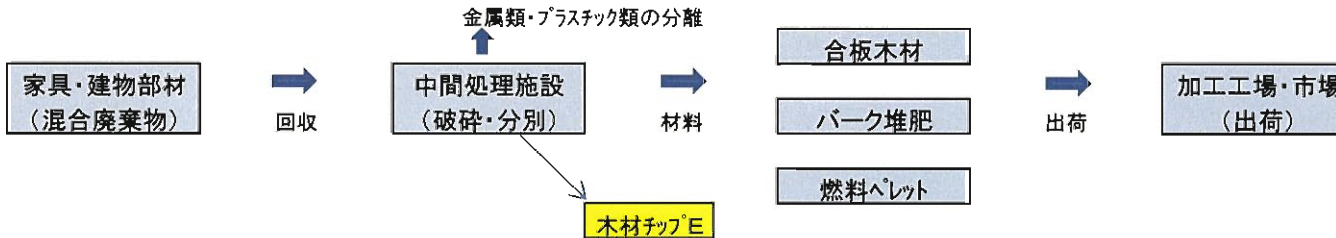
施設B・D試料



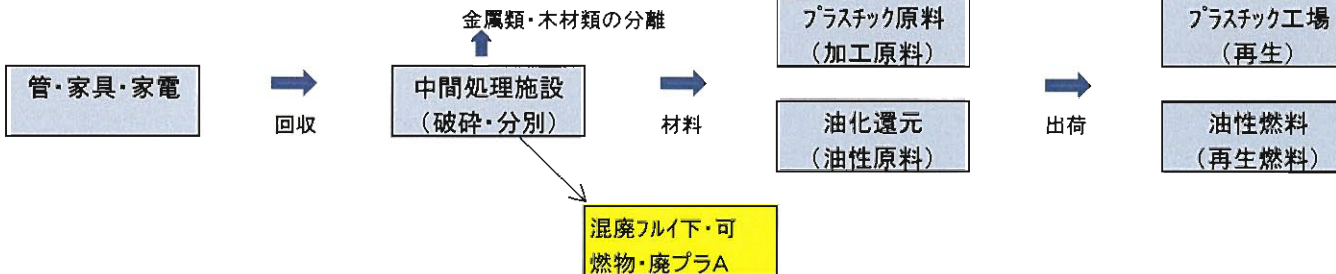
施設C試料



施設E試料



施設A試料





産廃中間処理施設A 混廃フルイ下



産廃中間処理施設A 混廃可燃物



産廃中間処理施設A 廃プラ(安定型)



産廃中間処理施設B 通常アスコン



産廃中間処理施設C コンガラ



産廃中間処理施設C 再生路盤材



産廃中間処理施設D 再生路盤材



産廃中間処理施設D
アスコン骨材
(RC-13)



産廃中間処理施設E 再生碎石



産廃中間処理施設E 木材チップ



産廃中間処理施設E 瓦

安定品目等の測定結果

施設	試料	含有量 (Bq/kg-wet)				JIS K0058-1の5. 溶出濃度 (Bq/L)			
		Cs134	Cs137	Cs合計	含水率 %	Cs134	Cs137	pH	EC (mS/m)
A	混廃フルイ下	525	687	1212	18.6	<9.2(*0)	<7.5(*0.5)	7.3	220
	混廃可燃物	627	979	1606	15.5	<10.2(*0)	<8.0(*1)	6.6	260
	廃プラ(安定型)	1880	2480	4360	2.6	<8.4(*0)	<8.0(*4)	7.8	69.3
B	通常アスコン	214	280	494	1.0	<9.8(*0)	<7.5(*0)	7.1	1.6
	透水性アスコン	894	1160	2054	1.6	<8.4(*0)	<9.6(*0)	7.4	1.9
	出荷アスコン	17.6	19.4	37.0	1.0	<9.3(*0)	<8.9(*0)	9.0	3.0
C	コンガラ	238	317	555	4.0	<10.1(*0)	<8.9(*0)	8.9	8.4
	再生路盤材	354	462	816	8.2	<8.4(*0.9)	<9.3(*0)	10.4	10.1
D	再生路盤材	314	400	714	7.0	<6.9(*2)	<8.4(*0.5)	11.1	25.3
	アスコン骨材(RC-13)	191	253	444	1.7	<9.6(*0)	<8.5(*0)	8.9	4.5
E	再生碎石	161	241	402	8.5	<8.4(*0)	<8.9(*0)	10.8	17.8
	木材チップ(建材)	378	583	961	13.7	<7.8(*7)	<6.8(*7)	6.6	26.3
	瓦	123	148	271	5.7	<7.8(*0)	<9.3(*0)	6.5	0.3

青文字は搬入廃棄物

黒文字は処理済みのもの(廃棄物又は再生品)

*の数値は検出下限濃度未満の生データ(有効数字1桁で表示)

安定型最終処分場に埋め立てることのできる

特定廃棄物等の要件について（案）

1 趣旨

廃棄物処理法では、公共の水域及び地下水の汚染を生じさせるおそれのない廃棄物（廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず、コンクリートの破片その他これに類する不要物の5種類）のみの埋立処分を行う最終処分場として、安定型最終処分場が規定されている。安定型最終処分場には遮水工、排水処理設備等は設置されていないため、埋立物の搬入管理が重要となる。

放射性物質汚染対処特措法施行規則においても安定型最終処分場での埋立処分が規定されており、第26条第4項で安定型最終処分場に埋立処分できる特定廃棄物の要件を環境大臣が定めることとされている。また、同施行規則附則第4条において、安定型最終処分場に埋立処分できる特定産業廃棄物の要件を環境大臣が定めることとされている。

これらの要件について、検討が必要である。

2 調査結果

国立環境研究所が安定型廃棄物に相当する廃棄物を対象として溶出試験（JIS K0058）を実施した結果、放射性物質は検出されなかった

3 安定型最終処分場に埋め立てることのできる特定産業廃棄物等の要件（案）

安定型最終処分場での埋立てに関しては、埋め立てた廃棄物の層を通過した雨水等（浸透水）に含まれる放射性物質による地下水等の汚染に留意する必要がある。浸透水による地下水への影響を考えた場合、浸透水の放射性物質の濃度は、十分に低いレベルであることが必要である。

そのため、安定型最終処分場に埋め立てることのできる特定廃棄物等の要件については、水処理を前提にできないことに対する安全性を確保するため十分に保守的に考慮する必要があり、次のとおりとしたい。

- ①埋め立てる廃棄物の種類を廃棄物処理法と同様に廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず、コンクリートの破片その他これに類する不要物の5種類に限定すること
- ②JIS K0058により作成した検液について、「事故由来放射性物質により汚染された廃棄物の処理等に関するガイドライン」の方法により測定し、放射性物質が検出されないこと

なお、放射性物質汚染対処特措法施行規則では、安定型最終処分場の浸透水・周縁地下水の放射性物質の濃度のモニタリングによって、埋め立てた廃棄物による地下水等への影響の有無を確認することが規定されている。

(参照条文)

平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（環境省令第三十三号）（抄）

第二十六条（略）

2・3（略）

4 基準適合特定廃棄物（公共の水域及び地下水の汚染を生じさせるおそれのないものとして環境大臣が定める要件に該当すると認められるものに限る。以下この項において同じ。）の埋立処分の基準は、次のとおりとする。

附 則

（埋立地からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止するために必要な措置の特例）

第四条 廃棄物処理規則第一条の七の五及び第七条の九第一項の規定の適用については、当分の間、廃棄物処理規則第一条の七の五中「一般廃棄物」とあるのは「一般廃棄物（平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法（平成二十三年法律第百十号。以下「放射性物質汚染対処特措法」という。）第二十三条第一項に規定する特定一般廃棄物に該当するものを除く。）」と、廃棄物処理規則第七条の九第一項中「産業廃棄物のみ」とあるのは「産業廃棄物（放射性物質汚染対処特措法第二十三条第二項に規定する特定産業廃棄物（事故由来放射性物質（放射性物質汚染対処特措法第一条に規定する事故由来放射性物質をいう。）による公共の水域及び地下水の汚染を生じさせるおそれのないものとして環境大臣が定める要件に該当するものを除く。）に該当するものを除く。）のみ」とする。

特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の埋立てを行う 水面埋立地の指定に係る考え方（案）

1 趣旨

平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（平成 23 年環境省令第 33 号。以下「規則」という。）の特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の埋立処分基準には、

- ① 厚さがおおむね 50cm 以上の土壌層が敷設された場所において埋立処分を行うこと
- ② 埋め立てた廃棄物の厚さおおむね 3 m ごとに、その表面を土壌でおおむね 50cm 覆うこと
- ③ ばいじんに雨水が浸入しないよう必要な措置を講ずること

との規定がある。

水面埋立地（水面埋立処分を行う埋立地をいう。以下同じ。）のうち陸域化した部分では、これらの基準に従って埋立処分を行うことが可能であるが、水面部分への投入によって埋立処分を行う場合には、これらの基準に適合する措置を講ずることが困難である。このため、規則第 29 条第 3 号ニ(2)及び第 31 条第 3 号ニ(2)の規定により、水面埋立地のうち、放流水の水質を適正に維持することができることが確実であるとして環境大臣の指定を受けた場合に限って、これらの基準を適用しないこととしている。

この規定に基づく水面埋立地の指定を行うため、指定の要件及び手続について検討する。

2 指定の要件

(1) 水面埋立ての技術的論点

水面埋立地における特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の埋立てについては、以下の技術的論点が考えられる。

- ① 埋め立てた特定一般廃棄物・特定産業廃棄物に含まれる放射性物質のうち、水への溶出性が高いものは、水面埋立地の内水との接触により溶出する可能性がある。

また、水面埋立地では、廃棄物から溶出した放射性物質を土壌層に吸着させることができないことから、特定一般廃棄物・特定産業廃棄物から水面埋立地の内水に溶出した放射性物質は、放流水を通じてそのまま公共の水域へ流出する可能性がある。

- ② ゼオライト等により放射性物質を吸着させる排水処理を行う際に、埋立

地の内水が海水である場合には、海水中のイオンとの競合によって、放射性物質の吸着率が低下し、排水処理が困難になる可能性がある。

(2) 技術的論点への対応

(1) の技術的論点について、以下の対応が考えられる。

- ① 水面埋立地の内水への放射性物質の溶出については、埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の放射能濃度、放射性物質の溶出率又は総量に一定の制限を設けることにより管理することが考えられる。また、あらかじめ、埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物に放射性物質の溶出を抑制する措置（ゼオライトやセメントとの混練等）を講ずることも考えられる。
- ② 排水処理については、特定一般廃棄物・特定産業廃棄物を埋め立てる区画を限定し、処理が必要となる水面埋立地の内水の量を抑制すること等により、必要な処理能力を確保することが考えられる。

(3) 技術的論点への対応を踏まえた指定の要件

(2) の対応も踏まえ、指定を受けようとする水面埋立地において放流水の水質を適正に維持できることが確実であることを確認するため、指定の要件を以下のとおりとする。

- ① 当該水面埋立地において、埋立処分が終了するまでの間に埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物から溶出すると考えられる放射性物質の総量と、特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の埋立処分を終了するときの水面埋立地の残余水面部の内水の総量との比率から算出される水面埋立地の残余水面部の内水の放射性物質の濃度¹が、規則第 33 条第 2 号ニに規定する最終処分場周辺の公共の水域における放射性物質の濃度限度²以下であること。
- ② 排水処理を行う場合には、処理が必要となる水面埋立地の内水の量に見合った処理能力を確保できること。
- ③ 指定を受けた後に、以下の措置を講ずることが可能であること。
 - (i) 水面埋立地に埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の放射能濃度、放射性物質の溶出率等を継続的に測定し、①の要件に適合するよう、埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の搬入管理を適切に行う。
 - (ii) 水面埋立地の残余水面部の内水の放射性物質の濃度について測定を行

¹ 濃度の算出方法については、別紙参照。

² 「濃度限度」とは、以下の式を満たすセシウム 134・セシウム 137 の濃度をいう。

$$\frac{{}^{134}\text{Cs の濃度 (Bq/L)}}{60 \text{ (Bq/L)}} + \frac{{}^{137}\text{Cs の濃度 (Bq/L)}}{90 \text{ (Bq/L)}} \leq 1$$

- い、濃度限度を超えないことを継続的に監視する。
- (iii) (i) 及び (ii) に係る測定結果を記録し、一定期間保存すること。

3 指定の手続

(1) 指定の申請

水面埋立地において埋立処分を行おうとする水面埋立地の設置者が、環境省あてに、指定の申請書及び添付書類を提出する。

申請書には、当該水面埋立地の設置者の氏名・住所、設置場所、埋立面積、埋立容量等を記載するほか、2(3)の要件に適合していることを確認できる書類を添付する。

(2) 指定の審査

環境省は、申請書及び添付書類を確認し、必要に応じて災害廃棄物安全評価検討会委員の意見を聞いた上で、2(3)の要件に適合していると判断できる場合には、指定を行う。

(3) 指定書の交付

環境省は、指定を行った場合には、申請者に対し指定書を交付する。

指定に当たっては、指定を受けた者が必要な措置を適切に講じていないと認められる場合、指定後に埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の搬出元や埋立方法の変更があった場合等には、指定を撤回する旨の留保を付す。

また、2(3)の要件に適合していることを定期的に確認するため、当面の間は、指定の有効期間を1年間とする。

別紙 2 (3) 「①の水面埋立地の残余水面部の内水の放射性物質の濃度」の算定について

I. 2 (3) ①「埋立処分が終了するまでに埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物から溶出すると考えられる放射性物質の総量」は、

- (i) 埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の放射能濃度
- (ii) 埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の放射性物質の溶出率
- (iii) 埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の総量

を用いて算定することとなるが、それぞれの数値は、以下のとおり求めることが考えられる。

(i) 埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の放射能濃度は、指定の申請までに行った測定結果の平均値とする。

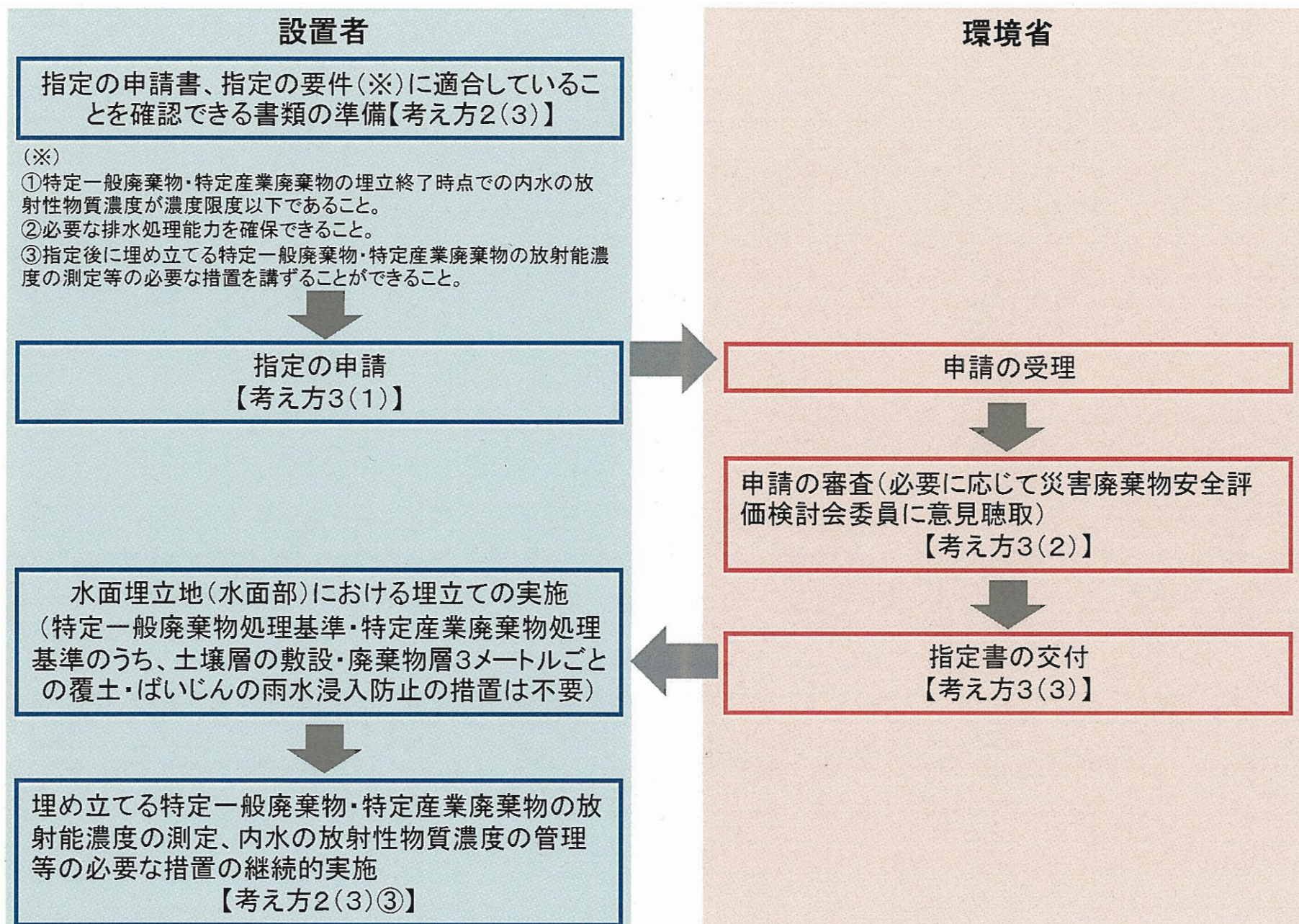
(ii) 埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の放射性物質の溶出率は、廃棄物の種類ごとに溶出試験を個別に行った結果又は安全側に考慮されている文献値とする。

また、埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物のゼオライトやセメント等との混練、長期的に特定一般廃棄物・特定産業廃棄物と水面埋立地の内水との接触を防止することができる容器への収納等を行う場合には、これらの措置による溶出の低減を考慮するものとする。

(iii) 埋め立てる特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の総量は、今後の受入予定量又は毎年の受入量の平均をもとに算定したものとする。

II. 2 (3) ①の「特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の埋立処分が終了するときの水面埋立地の残余水面部の内水の総量」は、降雨や放流等による水量の変化を考慮したものとする。

特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の埋立てを行う水面埋立地の指定のフロー



※図中の「考え方」は、「特定一般廃棄物・特定産業廃棄物の埋立てを行う水面埋立地の指定に係る考え方(案)」を指す。

(参照条文)

平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法施行規則（環境省令第第三十三号）（抄）

（特定一般廃棄物処理基準）

第二十九条 法第二十三条第一項の環境省令で定める特定一般廃棄物の処理の基準は、次のとおりとする。

三 特定一般廃棄物の埋立処分に当たっては、次によること。

イ 埋立処分は、次のように行うこと。

(2) 埋立地のうちの厚さ（敷設された土壌の層が二以上ある場合にあっては、それらの層の合計の厚さとする。）がおおむね五十センチメートル以上の土壌の層が敷設された場所において行うこと。

ロ 熱しゃく減量十五パーセント以下に焼却した一般廃棄物（特定一般廃棄物であるものに限る。）の埋立処分を行う場合には、当該一般廃棄物の一層の厚さは、おおむね三メートル以下とし、かつ、一層ごとに、その表面を土壌でおおむね五十センチメートル覆うこと。

ハ ばいじん（特定一般廃棄物であるものに限る。）の埋立処分を行う場合には、当該ばいじんに雨水が浸入しないように必要な措置を講ずること。

ニ 次に掲げる場合には、イ(2)、ロ及びハに掲げる基準は、適用しないこと。

(2) 水面埋立処分を行う埋立地のうち、放流水の水質を適正に維持することができることが確実であるとして環境大臣の指定を受けたものにおいて埋立処分を行う場合（(1)に掲げる場合を除く。）

（特定産業廃棄物処理基準）

第三十一条 法第二十三条第二項の環境省令で定める特定産業廃棄物の処理の基準は、次のとおりとする。

三 特定産業廃棄物の埋立処分に当たっては、次によること。

イ 第二十九条第三号イの規定の例によること。

ロ 特定産業廃棄物を含む産業廃棄物の埋立処分を行う場合（廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令（昭和四十六年政令第三百号。以下「廃棄物処理令」という。）第六条第一項第三号ヲ本文に規定する場合を除く。）には、当該産業廃棄物の一層の厚さは、おおむね三メートル以下とし、かつ、一層ごとに、その表面を土壌でおおむね五十センチメートル覆うこと。

ハ ばいじん（特定産業廃棄物であるものに限る。）の埋立処分を行う場合には、第二十九条第三号ハの規定の例によること。

ニ 次に掲げる場合には、イの規定によりその例によることとされる第二十九条第三号イ(2)、ロ及びハの規定によりその例によることとされる同号ハに掲げる基準は、適用しないこと。

(2) 第二十九条第三号ニ(2)に掲げる場合（(1)に掲げる場合を除く。）

四 （略）

災害廃棄物の埋設処分場跡地に居住する一般公衆への
放射性物質による影響の評価について

平成 24 年 3 月 12 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

放射性物質によって汚染されたおそれのある災害廃棄物の処分場跡地に居住する一般公衆に与える影響を評価するため、廃棄物層と覆土の混合の有無を考慮したケース、及び管理期間の条件を変更したケースを想定し、災害廃棄物に含まれる Cs-134、Cs-137、全 Cs (=Cs-134 + Cs-137) の単位濃度 (1Bq/g) あたりの影響を計算した。なお、評価シナリオ、評価経路、パラメータについては、第三回災害廃棄物安全評価検討会資料 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 (平成 23 年 6 月 19 日)」 (以下、「災害廃棄物の処理・処分評価資料」) に示した設定を基本とした。

1. 解析条件

1-1. 評価経路・解析ケース

- 「災害廃棄物の処理・処分評価資料」において設定した埋設処分シナリオのうち、処分場跡地に居住する一般公衆に係る経路 (No. 95~99) を評価経路とした。
- 住居建設時に掘削による廃棄物層と覆土の混合が起こり、廃棄物混合土壌上にそのまま居住するケース (ケース 1・既存の設定)、及び住居建設時に掘削の行為を行わず、覆土 (50 cm) を保ったまま処分場跡地に居住するケース (ケース 2) について解析した。なお、それぞれの外部被ばくの評価位置は、最も線量の高くなる処分場の敷地の中心位置とする。
- 管理期間の条件は、10 年 (「災害廃棄物の処理・処分評価資料」での設定)、20 年、30 年、50 年、70 年、100 年、150 年、200 年、250 年、300 年とする。

表 1 埋設処分跡地居住者に係る評価経路

ケース	No.	評価対象		被ばく線源	対象者	被ばく形態
ケース 1	95	跡地利用	居住	廃棄物 (災害廃棄物) 混合土壌	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					直接経口
ケース 2	95	跡地利用	居住	50 cm の覆土を介した 廃棄物層 (災害廃棄物)	公衆 (成人)	外部
	97					公衆 (子ども)

※ No. 95~99: 処分場跡地における居住は、No. 91~94 により建設された住宅に 1 年中居住するという前提。

※ ケース 2 においては、廃棄物層と覆土の混合を考慮していないため、外部被ばくに係る経路のみを評価の対象とした。

1-2. 評価パラメータ

本解析で使用したパラメータを表 2 に示す。なお、本解析を行う際に新たに設定したパラメータについては網掛けをしている。

表 2 主な評価パラメータ一覧 (1/2)

解析ケース 経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
両ケース 共通 95-99	廃棄物の総量	g (ton)	5.5E+11 (550,000)	下記に示す処分場容量 400,000m ³ 、処分場かさ密度 1.6g/cm ³ 、埋設処分に伴う希釈 0.86 から、処分される災害廃棄物の総量は 5.5×10 ⁹ ton となる。
両ケース 共通 95-99	処分場の長さ	m	200	福島県内の 24 の一般廃棄物の処分場の残余容量は、最大で約 420,000 m ³ であり、従来のクリアランスレベル評価の埋設容量の設定は 400,000m ³ (=200×200×10m) と同等レベルである。よって、従来のクリアランスレベル評価を踏襲した処分場サイズの設定とする。
両ケース 共通 95-99	処分場の幅	m	200	
両ケース 共通 95-99	処分場の深さ	m	10	
両ケース 共通 95-99	処分場かさ密度	g/cm ³	1.6	全国都市清掃会議(2010) 廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領—2010 改訂版—より、コンパクターによる礫などの締め固め効果と同様の効果を想定し、かさ密度 1.6g/cm ³ とした。
両ケース 共通 95-99	埋設作業に伴う希釈	—	0.86	災害廃棄物の埋設において、廃棄物埋設 3m に対して 50cm 以上の覆土が法令上、義務づけられているため、3/3.5 (=0.86) 程度の希釈が見込まれる。
両ケース 共通 95-99	災害廃棄物の埋設処分後の線源に対する希釈係数	—	1	災害廃棄物の表面に付着した核種が処分場内に持ち込まれる。その際に処分場内に均一に核種が存在するとし、埋め立てられた廃棄物、すなわち線源濃度として、処分場容量での十分な希釈が生じると考えられる。処分場に持ち込まれる核種量と廃棄物量の関係は不明であるが、0.1 程度の希釈は見込めるものと考えられるが、現時点ではそれを担保するデータがないため、1.0 とする。
両ケース 共通 95-99	処分場閉鎖後から評価時点までの期間	y	10~300	IAEA-TECDOC-401 では、人間侵入までの期間を 0~50 年と想定しており、代表値の試算に 10 年を使用しているため、「災害廃棄物の処理・処分評価資料」においては、その値を使用した。本解析では管理期間の設定の影響も評価するため、10~300 年に設定した。
両ケース 共通 95-99	覆土厚さ	m	0.5	廃棄物最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会による「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」において、一般廃棄物の最終処分場に関する技術上の基準が、土砂等の覆いまたは廃棄物を掘削する場合は、掘削後の土砂等による覆いを 50cm 以上の厚さで実施しなければならないとされており、それに基づき選定した。
ケース 1 95-99	建設掘削深さ	m	3	IAEA-TECDOC-401 で提案されている値を使用した。
ケース 2 95,97	建設掘削深さ	m	0	本解析のケース 2 では、住居建設時に掘削の行為を行わないこととした。

表2 主な評価パラメーター一覧 (2/2)

解析ケース 経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
ケース 1 95,97	外部被ばく に対する線 量換算係数 (跡地利用 者)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	4.3E-01	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 10m、半径 140m の円柱 線源のかさ密度：1.6g/cm ³ なお、子供の外部被ばく線量換算係数は計算値を 1.3 倍した。
		Cs-137		1.5E-01	
ケース 2 95,97	外部被ばく に対する線 量換算係数 (跡地利用 者)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.9E-03	覆土 0.5m の直下に 200m×200m の面積、厚さ 10m の廃棄物層が存在するものとし、それを半径 140m の円柱として模擬した。 廃棄物のかさ密度：1.6g/cm ³ 覆土のかさ密度：1.5g/cm ³ 評価点：覆土表面から 1m 以上の条件で QAD-CGGP2R コードにより計算した。なお、子供に対する外部被ばく線量換算係数は表中の数値の 1.3 倍とした。
		Cs-137		5.6E-04	
ケース 1 96, 98	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。
ケース 1 99	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。
両ケース 共通 95-98	年間居住時間		h/y	8,760	保守的に、1 年間絶えず処分場の跡地で居住しているとした。
両ケース 共通 95, 97	居住時の遮へい係数		—	0.2	IAEA-TECDOC-401 から、居住時間の 20% を戶外で過ごすとして仮定した。
ケース 1 96,98	居住時の空气中ダスト 濃度		g/m ³	6E-06	IAEA-TECDOC-401 で提案されている値を使用した。
ケース 1 96	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。
ケース 1 98	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。
ケース 1 99	直接経口摂取率 (子ども)		g/h	0.02	NCRP Reports No.129 において、成人の 2 倍の経口摂取率を用いており、この値を使用した。
ケース 1 99	年間被ばく (経口摂取) 時間 (子ども)		h/y	1,752	屋外滞在中のみ手等に土壌が付着していると、その間の直接経口摂取を考慮した。

2. 放射性物質による影響の評価結果

表3に、各評価経路のCs-134及びCs-137の単位濃度(1Bq/g)あたりの影響を評価した結果を示す。また、「災害廃棄物の処理・処分評価資料」と同様、文部科学省⁽¹⁾および福島県⁽²⁾の行った土壌の放射能濃度分析結果からCs-134とCs-137の比を算出し、Cs-134/Cs-137=0.806と仮定し、Cs-134とCs-137の和(全Cs)による単位濃度(1Bq/g)あたりの線量に換算した値も併せて示す。

原子力安全委員会の「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等に関する安全確保の当面の考え方について」(平成23年6月3日)⁽³⁾では、処分に伴って周辺住民の受ける影響については10μSv/年以下となるよう求めていることから、10μSv/年に対応した災害廃棄物中のCs-134、Cs-137、全Cs濃度も併せて示した。

表3 評価結果(1/2)

ケース	No.	経路略称	管理期間	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			10μSv/y相当の廃棄物中濃度 (Bq/g)		
				Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
ケース1 掘削による廃棄物と覆土が混合が起こり、その後、居住をするケース(これまでと同様のケース)	95	跡地居住者外部(成人)	10年	1.6E-02	1.5E-01	8.8E-02	6.3E-01	6.8E-02	1.1E-01
			20年	5.5E-04	1.2E-01	6.5E-02	1.8E+01	8.5E-02	1.5E-01
			30年	1.9E-05	9.3E-02	5.2E-02	5.2E+02	1.1E-01	1.9E-01
			50年	2.3E-08	5.9E-02	3.2E-02	4.3E+05	1.7E-01	3.1E-01
			70年	2.8E-11	3.7E-02	2.0E-02	3.6E+08	2.7E-01	4.9E-01
			100年	3.8E-14	1.8E-02	1.0E-02	2.6E+11	5.4E-01	9.8E-01
			150年	2.3E-14	5.8E-03	3.2E-03	4.3E+11	1.7E+00	3.1E+00
			200年	2.3E-14	1.8E-03	1.0E-03	4.3E+11	5.5E+00	9.8E+00
			250年	1.1E-14	5.8E-04	3.2E-04	9.2E+11	1.7E+01	3.1E+01
	300年	8.8E-15	1.8E-04	1.0E-04	1.1E+12	5.5E+01	9.9E+01		
	96	跡地居住者吸入(成人)	10年	2.8E-08	5.2E-07	3.0E-07	3.6E+05	1.9E+04	3.3E+04
			20年	9.8E-10	4.1E-07	2.3E-07	1.0E+07	2.4E+04	4.3E+04
			30年	3.4E-11	3.3E-07	1.8E-07	3.0E+08	3.0E+04	5.5E+04
			50年	4.1E-14	2.1E-07	1.1E-07	2.5E+11	4.8E+04	8.7E+04
			70年	4.9E-17	1.3E-07	7.2E-08	2.0E+14	7.7E+04	1.4E+05
			100年	6.7E-20	6.5E-08	3.6E-08	1.5E+17	1.5E+05	2.8E+05
			150年	4.1E-20	2.1E-08	1.1E-08	2.5E+17	4.9E+05	8.8E+05
			200年	4.1E-20	6.5E-09	3.6E-09	2.5E+17	1.5E+06	2.8E+06
			250年	1.9E-20	2.0E-09	1.1E-09	5.2E+17	4.9E+06	8.9E+06
	300年	1.6E-20	6.4E-10	3.6E-10	6.4E+17	1.6E+07	2.8E+07		
	97	跡地居住者外部(子ども)	10年	2.0E-02	1.9E-01	1.2E-01	4.9E-01	5.2E-02	8.7E-02
			20年	7.2E-07	1.5E-01	8.4E-02	1.4E+04	6.6E-02	1.2E-01
			30年	2.5E-05	1.2E-01	6.7E-02	4.0E+02	8.3E-02	1.5E-01
			50年	3.0E-08	7.6E-02	4.2E-02	3.3E+05	1.3E-01	2.4E-01
			70年	3.6E-11	4.8E-02	2.7E-02	2.8E+08	2.1E-01	3.8E-01
			100年	4.1E-14	2.4E-02	1.3E-02	2.5E+11	4.2E-01	7.5E-01
			150年	4.1E-14	7.6E-03	4.2E-03	2.5E+11	1.3E+00	2.4E+00
			200年	4.1E-14	2.4E-03	1.3E-03	2.5E+11	4.2E+00	7.6E+00
			250年	1.5E-14	7.5E-04	4.2E-04	6.7E+11	1.3E+01	2.4E+01
	300年	1.4E-14	2.4E-04	1.3E-04	7.4E+11	4.2E+01	7.6E+01		
	98	跡地居住者吸入(子ども)	10年	7.1E-09	1.4E-07	8.1E-08	1.4E+06	7.1E+04	1.2E+05
			20年	2.5E-10	1.1E-07	6.2E-08	4.0E+07	9.0E+04	1.6E+05
			30年	8.6E-12	8.9E-08	4.9E-08	1.2E+09	1.1E+05	2.0E+05
			50年	1.0E-14	5.6E-08	3.1E-08	9.7E+11	1.8E+05	3.2E+05
			70年	1.2E-17	3.5E-08	1.9E-08	8.0E+14	2.8E+05	5.1E+05
			100年	1.7E-20	1.8E-08	9.7E-09	5.9E+17	5.7E+05	1.0E+06
			150年	1.0E-20	5.5E-09	3.1E-09	9.7E+17	1.8E+06	3.3E+06
			200年	1.0E-20	1.7E-09	9.7E-10	9.7E+17	5.7E+06	1.0E+07
			250年	4.9E-21	5.5E-10	3.0E-10	2.1E+18	1.8E+07	3.3E+07
	300年	3.9E-21	1.7E-10	9.6E-11	2.5E+18	5.8E+07	1.0E+08		
	99	跡地居住者(子ども) 直接経口摂取	10年	2.4E-05	4.7E-04	2.7E-04	4.2E+02	2.1E+01	3.7E+01
			20年	8.2E-07	3.8E-04	2.1E-04	1.2E+04	2.7E+01	4.8E+01
30年			2.8E-08	3.0E-04	1.7E-04	3.5E+05	3.4E+01	6.1E+01	
50年			3.4E-11	1.9E-04	1.0E-04	2.9E+08	5.3E+01	9.6E+01	
70年			4.1E-14	1.2E-04	6.6E-05	2.4E+11	8.5E+01	1.5E+02	
100年			5.6E-17	5.9E-05	3.3E-05	1.8E+14	1.7E+02	3.1E+02	
150年			3.4E-17	1.9E-05	1.0E-05	2.9E+14	5.4E+02	9.7E+02	
200年			3.4E-17	5.9E-06	3.2E-06	2.9E+14	1.7E+03	3.1E+03	
250年			1.6E-17	1.8E-06	1.0E-06	6.2E+14	5.4E+03	9.8E+03	
300年	1.3E-17	5.8E-07	3.2E-07	7.6E+14	1.7E+04	3.1E+04			
実効線量の 最大値		跡地居住者外部(子ども) (No.97、管理期間10年)		2.0E-02	1.9E-01	1.2E-01	4.9E-01	5.2E-02	8.7E-02

表3 評価結果 (2/2)

ケース	No.	経路略称	管理期間	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			10 μSv/y相当の廃棄物中濃度 (Bq/g)		
				Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
ケース2 掘削を行わず、覆土の上 に直接居住をする ケース	95	跡地居住者外部(成人)	10年	8.4E-05	6.6E-04	4.0E-04	1.2E+02	1.5E+01	2.5E+01
			20年	2.9E-06	5.3E-04	2.9E-04	3.4E+03	1.9E+01	3.4E+01
			30年	1.0E-07	4.2E-04	2.3E-04	9.9E+04	2.4E+01	4.3E+01
			50年	1.2E-10	2.6E-04	1.5E-04	8.2E+07	3.8E+01	6.9E+01
			70年	1.5E-13	1.7E-04	9.2E-05	6.8E+10	6.0E+01	1.1E+02
			100年	2.0E-16	8.3E-05	4.6E-05	5.0E+13	1.2E+02	2.2E+02
			150年	1.2E-16	2.6E-05	1.4E-05	8.2E+13	3.8E+02	6.9E+02
			200年	1.2E-16	8.2E-06	4.5E-06	8.2E+13	1.2E+03	2.2E+03
			250年	5.7E-17	2.6E-06	1.4E-06	1.7E+14	3.9E+03	7.0E+03
			300年	4.7E-17	8.2E-07	4.5E-07	2.1E+14	1.2E+04	2.2E+04
	97	跡地居住者外部(子ども)	10年	1.1E-04	8.6E-04	5.3E-04	9.1E+01	1.2E+01	1.9E+01
			20年	3.8E-06	6.8E-04	3.8E-04	2.6E+03	1.5E+01	2.6E+01
			30年	1.3E-07	5.4E-04	3.0E-04	7.6E+04	1.8E+01	3.3E+01
			50年	1.6E-10	3.4E-04	1.9E-04	6.3E+07	2.9E+01	5.3E+01
			70年	1.9E-13	2.2E-04	1.2E-04	5.2E+10	4.6E+01	8.4E+01
			100年	2.2E-16	1.1E-04	6.0E-05	4.6E+13	9.3E+01	1.7E+02
			150年	2.2E-16	3.4E-05	1.9E-05	4.6E+13	2.9E+02	5.3E+02
			200年	2.2E-16	1.1E-05	5.9E-06	4.6E+13	9.4E+02	1.7E+03
			250年	7.9E-17	3.4E-06	1.9E-06	1.3E+14	3.0E+03	5.4E+03
			300年	7.2E-17	1.1E-06	5.9E-07	1.4E+14	9.4E+03	1.7E+04
	実効線量の 最大値	跡地居住者外部(子ども) (No.97、管理期間10年)	1.1E-04	8.6E-04	5.3E-04	9.1E+01	1.2E+01	1.9E+01	

【補足解析】

上記の解析から、災害廃棄物の処分場跡地における居住を想定した場合、一般公衆への被ばくは、経路 No.97 の跡地居住者（子ども）の外部被ばくが最も高い線量を示した。ここでは、経路 No.97 を対象に、管理期間の条件を上記の解析よりも短く設定した0年～10年（1年間隔）について線量を計算する。本解析では、住居建設時に掘削の行為を行わず、覆土（50 cm）を保ったまま処分場跡地に居住するケース（ケース2）の条件とし、外部被ばくの評価位置として以下の2つを設定した。

- 処分場の敷地の中心位置、高さは地表より 1m
- 処分場の敷地の境界位置（200m×200m の敷地の1辺の中心位置）、高さは地表より 1m

前者は、ケース2において、管理期間を0年～10年とした場合の解析であり、後者のケースは、跡地の直上での利用を制限した場合を新たに想定した評価である。新たに設定した「処分場の敷地の境界位置」のケースに対する外部被ばく線量換算係数は、覆土0.5mの直下に厚さ10mの廃棄物層が存在するものとして、200 m×200 m×10 mの直方体として模擬し、廃棄物のかさ密度1.6g/cm³、覆土のかさ密度1.5g/cm³の条件の下、QAD-CGGP2Rコードより計算した。外部被ばく線量換算係数は、Cs-134に対し、9.2E-4 μSv/h per Bq/g (成人)、Cs-137に対し、2.7E-4 μSv/h per Bq/g (成人)となり、子どもに対して1.3倍の値を設定した。その他の評価パラメータの設定は、表2と同じである。

管理期間を0～10年とした場合の跡地居住者（子ども）の外部被ばく線量の計算結果を表4に示す。

表4 管理期間を0～10年とした場合の跡地居住者（子ども）の外部被ばく線量の計算結果

ケース	No.	経路略称	管理期間	単位廃棄物中濃度 あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			10 μSv/y相当の廃棄物中濃度 (Bq/g)		
				Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
処分場の敷地の中心位置での評価ケース(*1)	97	跡地居住者外部 (子ども)	0年	3.2E-03	1.1E-03	2.0E-03	3.2E+00	9.2E+00	5.0E+00
			1年	2.3E-03	1.1E-03	1.6E-03	4.4E+00	9.4E+00	6.3E+00
			2年	1.6E-03	1.0E-03	1.3E-03	6.2E+00	9.7E+00	7.7E+00
			3年	1.2E-03	1.0E-03	1.1E-03	8.7E+00	9.9E+00	9.3E+00
			4年	8.2E-04	9.9E-04	9.2E-04	1.2E+01	1.0E+01	1.1E+01
			5年	5.9E-04	9.7E-04	8.0E-04	1.7E+01	1.0E+01	1.3E+01
			6年	4.2E-04	9.4E-04	7.1E-04	2.4E+01	1.1E+01	1.4E+01
			7年	3.0E-04	9.2E-04	6.5E-04	3.3E+01	1.1E+01	1.5E+01
			8年	2.1E-04	9.0E-04	6.0E-04	4.7E+01	1.1E+01	1.7E+01
			9年	1.5E-04	8.8E-04	5.6E-04	6.5E+01	1.1E+01	1.8E+01
処分場の敷地の境界位置での評価ケース(*2)	97	跡地居住者外部 (子ども)	0年	1.5E-03	5.2E-04	9.7E-04	6.5E+00	1.9E+01	1.0E+01
			1年	1.1E-03	5.1E-04	7.7E-04	9.1E+00	2.0E+01	1.3E+01
			2年	7.8E-04	5.0E-04	6.3E-04	1.3E+01	2.0E+01	1.6E+01
			3年	5.6E-04	4.9E-04	5.2E-04	1.8E+01	2.0E+01	1.9E+01
			4年	4.0E-04	4.8E-04	4.4E-04	2.5E+01	2.1E+01	2.3E+01
			5年	2.9E-04	4.7E-04	3.9E-04	3.5E+01	2.1E+01	2.6E+01
			6年	2.0E-04	4.6E-04	3.4E-04	4.9E+01	2.2E+01	2.9E+01
			7年	1.5E-04	4.5E-04	3.1E-04	6.9E+01	2.2E+01	3.2E+01
			8年	1.0E-04	4.3E-04	2.9E-04	9.6E+01	2.3E+01	3.5E+01
			9年	7.4E-05	4.2E-04	2.7E-04	1.3E+02	2.4E+01	3.7E+01
10年	5.3E-05	4.2E-04	2.5E-04	1.9E+02	2.4E+01	3.9E+01			

(*1)住居建設時に掘削の行為を行わず、覆土(50 cm)を保ったまま処分場跡地に居住するケース(ケース2、表1参照)において、管理期間を0年～10年とした解析

(*2)評価位置のみ処分場の敷地の境界位置とした場合であり、その他の条件は(*1)と同じである。

(注)網掛けは、10 μSv/yに相当する全Csの濃度が8,000Bq/kgを超える管理期間の条件に対する結果を示している。

参考文献

- (1) 文部科学省ホームページ、「土壌モニタリングの測定結果」、
http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1304006.htm
- (2) 福島県ホームページ、「福島県環境放射線モニタリング小・中学校等実施結果(土壌・ダスト)について」、<http://www.pref.fukushima.jp/j/schoolairsoil.pdf>
- (3) 原子力安全委員会、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等に関する安全確保の当面の考え方について」、平成23年6月

災害廃棄物の埋設処分跡地等に居住する一般公衆への放射性物質による影響の 評価について（結果概要）

1. 目的

放射性物質によって汚染された災害廃棄物の処分場における跡地居住等について、一般公衆への影響を把握するために、詳細な評価を行った。

2. 設定概要

1) 共通の条件

- 処分場（200m×200m×深さ 10m）の全体に放射性セシウムが埋め立てられていると仮定
- 処分場のかさ密度：1.6g/cm³
- 埋立て方法：廃棄物を 3m 埋め立てるごとに 50cm 中間覆土し、処分場の地表面に 50cm 覆土する

2) 個別の条件

ケース 1：住居建設時の掘削による廃棄物等と覆土の混合が起こり、廃棄物混合土壌上にそのまま居住するケース（管理期間の年数：10年、20年、30年、50年、70年、100年、150年、200年、250年、300年）

ケース 2：覆土（50cm）を保ったまま処分場跡地に居住するケース（管理期間の年数：10年、20年、30年、50年、70年、100年、150年、200年、250年、300年）

補足解析ケース 1：覆土（50cm）を保ったまま処分場跡地に居住するケース（管理期間の年数：0年～10年）

補足解析ケース 2：覆土（50cm）を保ったまま処分場の境界線上の中央に居住するケース（管理期間の年数：0年～10年）

3. 評価結果・考察

- 1) ケース 1 から跡地利用において、吸入、直接経口摂取による被ばく線量は、外部被ばく線量と比較すると無視できる程度十分小さいことを確認した。
- 2) ケース 1、2 から跡地利用において、成人よりも子どものほうが、外部被ばく線量が大きいことを確認した。
- 3) 以下の場合では子どもの追加外部被ばく線量が 10 μ Sv/年以下となると推計された。

- ① 10,000Bq/kg 以下の廃棄物が処分されている最終処分場において、埋立処分終了直後から最終処分場のすぐ外側に居住する場合（補足解析ケース 2）
- ② 5,000Bq/kg 以下の廃棄物が処分されている最終処分場において、埋立処分終了直後から最終処分場の跡地に居住する場合（補足解析ケース 1）
- （注）埋立処分が終了してから一定期間（管理型最終処分場の平均は 16 年¹）経た後に跡地利用を行うのが一般的であり、埋立て終了直後から最終処分場の跡地に居住することは通常は行われない。
- ③ 8,000Bq/kg 以下の廃棄物が処分されている最終処分場において、埋立て終了後に管理期間を 3 年間設け、その 3 年間の経過後から最終処分場の跡地に居住する場合（補足解析ケース 1）
- （注）埋立処分が終了してから一定期間（管理型最終処分場の平均は 16 年¹）経た後に跡地利用を行うのが一般的であり、埋立て終了 3 年後から最終処分場の跡地に居住することは通常は行われない。

以上から、8,000Bq/kg 以下の廃棄物に関しては、最終処分場の埋立て終了後一定の管理期間を経た後に、跡地を一般的な用途に利用することについて、覆土が保たれていれば、追加被ばく線量が 10 μ Sv/年以下になり、十分に安全と考えられる。

また、8,000Bq/kg を超える廃棄物であっても、最終処分場の埋立て終了後の管理期間や覆土厚を調整すること等により、追加被ばく線量を 10 μ Sv/年以下に抑えることが可能である。

¹出典：最終処分場維持管理積立金に係る維持管理費用算定ガイドライン（平成 18 年 4 月 環境省 大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 産業廃棄物課）