

飛灰洗浄技術に関する技術資料 (施設性能・設計に係る指針)

平成 26 年 6 月版

飛灰洗浄技術研究会
独立行政法人国立環境研究所

飛灰洗浄技術に関する技術資料（施設性能・設計に係る指針）

目次

1	はじめに	1
2	検討体制	1
3	飛灰洗浄技術の意義	1
3.1	飛灰洗浄技術の概要	1
3.2	飛灰洗浄技術導入による汚染廃棄物に関する課題の解決	2
3.2.1	保管飛灰の処理による保管スペースの低減効果	2
3.2.2	地域の除染との連携による環境リスクの低減	3
4	飛灰洗浄技術の範囲	4
5	特措法および関連法令における位置づけ	4
5.1	法的根拠	4
5.1.1	指定廃棄物の処理	5
5.1.2	洗浄飛灰の管理型処分場への埋立処分	5
5.1.3	作業者の放射線障害防止	7
5.2	費用および自治体等の協力内容	7
6	性能指針	8
6.1	処理対象物の事前調査項目	8
6.1.1	保管状況	8
6.1.2	重量および放射能濃度	8
6.1.3	かさ比重	8
6.1.4	含水率、全蒸発残留物、全溶解性蒸発残留物	8
6.1.5	放射性セシウム、アルカリ金属、アルカリ土類金属、重金属等の溶出率	8
6.1.6	排ガス処理、重金属溶出抑制剤等	9
6.1.7	保管飛灰の状態	9
6.2	処理規模	9
6.3	保管飛灰の搬入・破袋	9
6.4	飛灰の洗浄・脱水	9
6.4.1	前処理	9
6.4.2	洗浄・脱水	10
6.5	洗浄排水に溶出した放射性セシウムの処理	10
6.6	輸送・処分を考慮した吸着剤等二次廃棄物の保管	10
7	施設要件	12
7.1	適用法令	12
7.2	基本構造	12
7.2.1	被ばく防止	12
7.2.1.1	基本原則	12
7.2.1.2	管理区域の明示等(電離則第3条)	12

7.2.1.3	処分業務従事者の被ばく限度(電離則第 4,5 条)	12
7.2.1.4	飛灰洗浄施設における線量等の限度 (電離則第 3 条の 2)	13
7.2.1.5	飛灰洗浄施設の周辺における放射線障害防止	13
7.2.2	飛散および漏えい等汚染防止	14
7.2.2.1	事故由来廃棄物等取扱施設の仕様 (電離則第 41 条の 4,5)	14
7.2.2.2	液体の漏えいおよび粉じん対策 (電離則第 41 条の 5)	14
7.2.2.3	出入口の仕様 (電離則第 41 条の 5)	14
7.2.2.4	関係者以外の立入禁止措置 (電離則第 41 条の 3)	14
7.2.2.5	退出者の汚染検査 (電離則第 31 条)	15
7.2.3	緊急停止	15
7.2.4	災害・事故対応	15
7.2.4.1	災害発生時の管理区域からの退避	15
7.2.4.2	事故時の対応	15
7.3	排水	16
7.3.1	排水の測定・濃度監視 (規則第 25 条第 1 項)	16
7.3.2	公共用水域又は下水道等へ排出する場合の留意点	16
7.3.3	同一場所の排水処理設備 (別設備) へ排水する場合の留意点	16
7.3.4	場外処分 (例:産廃処分) する場合の留意点	16
7.4	ユーティリティー	17
7.5	耐震設計	17
7.6	施設設計におけるリスク低減 (安全対策)	18
7.6.1	火災・爆発に対する安全対策	18
7.6.2	電源喪失に対する安全対策	18
7.6.3	誤操作に対する安全対策	18
7.6.4	その他危険源の洗い出し	18
8	維持管理要件	18
8.1	従事者の安全管理	18
8.2	労働者教育	18
8.3	施設の管理	19
8.4	放射性物質の管理	19
8.5	設備の管理	19
9	業務発注に当たっての留意事項	20
9.1	性能に関する事項の確認方法	20
9.1.1	性能確認条件	20
9.1.2	性能確認方法	20
9.2	安全性に関する事項の確認方法	20
9.3	コスト試算範囲	20
【巻末】	参考資料	22

1. はじめに

現在、放射性セシウムに汚染された 8,000Bq/kg 超の焼却飛灰（以降、飛灰と略す）は指定廃棄物に指定され、処分することができずに焼却施設内に保管されている状況であり、保管スペースのひっ迫などで大きな課題になっている。

飛灰洗浄技術は、放射性セシウムに汚染された焼却飛灰を通常の管理型最終処分場で埋め立て可能なレベルまで洗浄・処理し、8,000Bq/kg 超の保管量を減量することを目的とした処理方法であり、複数の事業者により実際の汚染飛灰を用いた実証試験等が進められ、洗浄効率や洗浄排水中の放射性セシウムの除去性能などについては明確になっている。今後、飛灰洗浄技術を実用に資するためには、技術の性能の評価方法や施設に求められる要件を明らかにして標準化しておくことが必要であることから、これまでに集積された知見等を踏まえて性能・設計指針案を技術資料として作成することにより、効率的・迅速な技術開発と適切な技術適用による実用化を推進する。

なお、今後は指定廃棄物となっている保管飛灰の処分動向を踏まえて飛灰洗浄技術適用の位置づけを再検討し、本技術資料を適宜見直すこととする。

2. 検討体制

本資料は、独立行政法人国立環境研究所および飛灰洗浄技術研究会において焼却飛灰の洗浄処理技術に関する技術的・社会的要件を整理し、技術資料として作成されたものであり、汚染廃棄物の減容化の適切・効果的な実施を推進することを目的としている。

飛灰洗浄技術研究会

- ・ (独) 国立環境研究所、福岡大学
- ・ 日立造船 (株)
- ・ (独) 産業総合技術研究所、東亜合成、関東化学
- ・ (株) タクマ
- ・ (株) 東芝
- ・ (株) 神鋼環境ソリューション、(株) 神戸製鋼所
- ・ 三菱製紙 (株)、(株) MS エンジニアリング

3. 飛灰洗浄技術の意義

3.1. 飛灰洗浄技術の概要

飛灰洗浄技術とは、飛灰中の放射性セシウムが水に溶けやすいという特性を逆に利用し、保管・処分の前処理として、水洗浄を行うものであり (図 1)、放射性セシウムに汚染された焼却飛灰を管理型の最終処分場で埋め立て可能なレベルまで洗浄・処理するとともに、派生する排水・廃棄物の適切な処分・保管を可能とするものである (図 2)。

なお、焼却残渣の洗浄に関する研究は 1987 年頃より開始されており、最終処分場の高濃度無機塩類問題、浸出水中のカルシウム除去、脱塩研究を経て、1994 年以降、埋立前処理

としての洗浄脱塩および洗浄灰のセメントリサイクルについて WOW (Wash Out Waste) システムとして研究がなされてきている (樋口壯太郎ら (2004) 廃棄物洗浄型埋立処理 (WOW) システムの導入、第 25 回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集、294-296.)。現在、これらの知見を踏まえ、放射能に汚染された焼却残渣の水洗浄によるセシウム除去技術が確立されてきている。

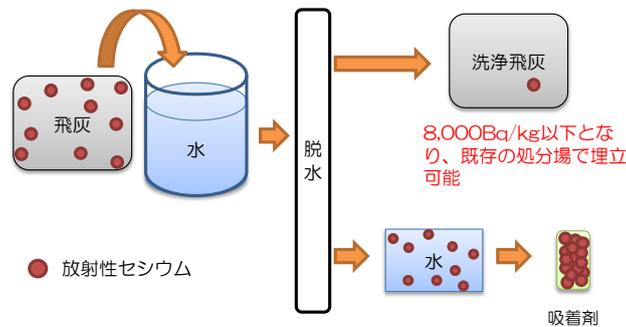


図 1 飛灰洗浄の基本原理

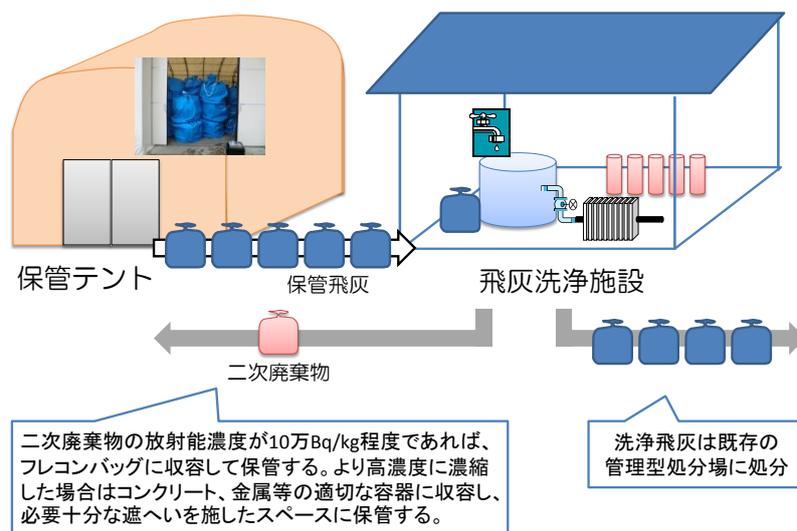


図 2 飛灰洗浄技術の概念図

3.2. 飛灰洗浄技術の導入による汚染廃棄物に関する課題の解決

3.2.1. 保管飛灰の処理による保管スペースの低減効果

発生した飛灰 (2 万 Bq/kg) をそのままフレコンで保管するケースと、飛灰洗浄を適用し二次廃棄物 (10 万 Bq/kg) をフレコンで保管する場合の必要スペースを比較すると、二次廃棄物の比重を 1 とした場合、飛灰の発生量に応じて図 3 のように保管面積を 16% まで小さくすることが可能となる。これは、二次廃棄物の比重によっても異なり、比重が大きいくほど必要な保管面積は減少する (図 4)。このとき、廃吸着剤から放射性セシウムが再溶出するリスクは極めて低いことから、規則第 15 条 3 号 (公共の水域及び地下水の汚染の防止) の対応が容易になる。

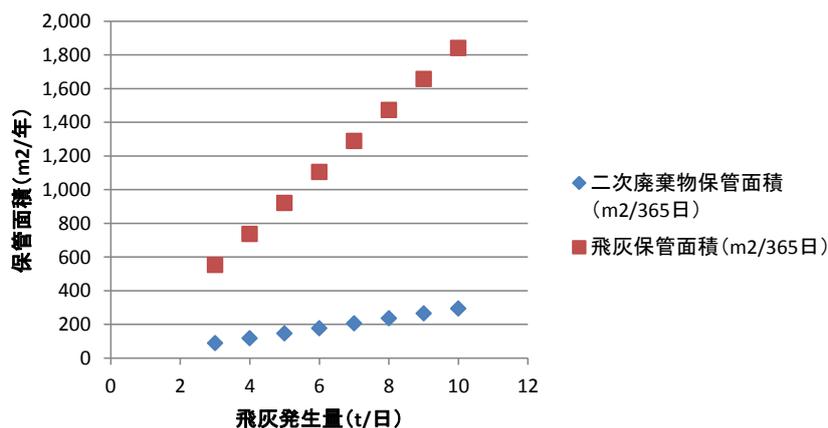


図3 飛灰と二次廃棄物の保管面積の比較

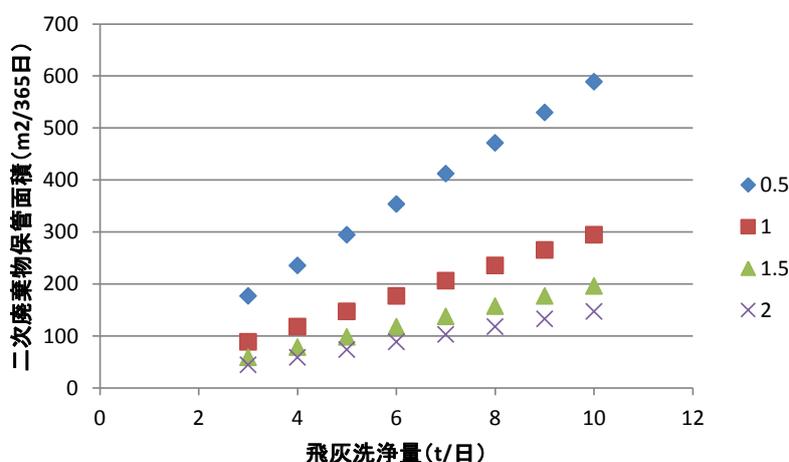


図4 二次廃棄物の比重と保管面積の関係

このように、飛灰洗浄を適用することによって指定廃棄物の保管スペースを大幅に削減し、管理を容易にすることが可能である。

3.2.2. 地域の除染との連携による環境リスクの低減

一般廃棄物焼却施設において、飛灰の処分ができずに保管しきれなくなった場合、焼却施設でのごみの受入を停止せざるを得ないという危機的状況に陥る恐れがある。飛灰洗浄技術を適用し、飛灰の適切な処理が進むことにより、一般家庭のごみ処理の停止を回避できる可能性がある。

また、地域に降り注いだ放射性セシウムによる被ばくリスクを低減するには除染措置が必要であるが、除染により生じる廃棄物の処理が進まなければ、現場等での保管が長期にわたり続くことになり、除染自体が進まなくなる恐れがある。さらに、最終処分場や中間貯蔵施設（福島県の場合）での受け入れまでに相当の時間がかかることも考えられ、仮置場等における腐敗性の除染廃棄物の保管がいつまでも続くと、腐敗・変質により衛生上および管理上支障が生じる可能性がある。保管飛灰の洗浄処理によ

り出口が確保されていれば、現場保管又は仮置き場における可燃性除染物の焼却施設への受入を積極的に行うことが可能となるだけでなく、地域の除染が進捗するとともに、仮置場の管理等も適切に行うことが可能になり、地域の環境リスク低減に繋がる。

4. 飛灰洗浄技術の範囲

本資料でいう飛灰洗浄技術は、放射性セシウムに汚染された 8,000Bq/kg 超（現時点では 100,000Bq/kg 以下を想定）の指定廃棄物である焼却飛灰を管理型の最終処分場で埋め立て可能なレベルまで洗浄・処理するとともに、二次的に派生する排水・廃棄物の適切な処理・保管を行う範囲までを対象とする。埋立物の放射性セシウム以外の項目については、従来の埋立基準に準拠する。また、放射線管理には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（放射性物質汚染対処特措法。以下、「特措法」という。）を適用し、作業者の被ばく管理の観点からは電離放射線障害防止規則（以下、「電離則」という。）を適用する。

プロセスの対象は、保管飛灰の搬入・破袋、飛灰の洗浄・脱水、洗浄排水に溶出した放射性セシウムの処理、輸送・処分を考慮した吸着剤等二次廃棄物の保管とする。

また、本資料では、一般廃棄物の焼却飛灰を対象にしているが、産業廃棄物の焼却飛灰やバイオマス発電の燃焼過程から生じるばいじんなどにも適用可能である。また、洗浄・処理により、埋立処分の際の事故由来放射性物質（放射性セシウム）の溶出が少ない（セシウム 137 で 150Bq/L 以下）、もしくは溶出のない基準（セシウム 134 及びセシウム 137 がそれぞれ検出下限未満、検出下限値は 10～20Bq/L）に合致させることも焼却飛灰の種類によっては可能である。

さらに、焼却飛灰以外の主灰等であっても 8,000Bq/kg 超の灰を 8,000Bq/kg 以下にすることができれば本技術の適用対象とできる。また、8,000Bq/kg 以下の飛灰や逆に 100,000Bq/kg 超の飛灰にも後段の処分基準に応じた処理目標が設定されれば、技術的には適用可能になるケースもある。

ただし、100,000Bq/kg 超の灰を 100,000Bq/kg 以下にすることを目的とした処理や、事故由来放射性物質の溶出が少ない基準に適合させるための処理については、濃度レベルによって処理責任の違いや処理後の洗浄灰の処分方法に違いがあることから、本技術適用の意義、コスト等については追加検討することが必要である。

5. 特措法および関連法令における位置づけ

5.1. 法的根拠

焼却飛灰からの放射性セシウムの除染を目的とした飛灰洗浄技術は、特措法、同施行規則（以下、「規則」という。）、電離則等の関連法規を遵守し、適切な放射線管理と環境汚染の防止を図りつつ、所期の目標である汚染廃棄物の減容化、除染の一層の推進を図るものであ

る。なお、関連法規には関連する各種ガイドライン等を含む。

5.1.1. 指定廃棄物の処理

特措法第 16 条の調査結果等により放射能濃度が 8,000Bq/kg を超えることが明らかとなった飛灰は、環境大臣により特別な管理が必要な程度に事故由来放射性物質により汚染された廃棄物として指定される（指定廃棄物）（特措法第 17 条）。これにより、当該廃棄物は特措法に基づいて、国の責任において収集、運搬、保管、処分が行われることとなる。

<特措法>

（特措法第 15 条、19 条）

国は、対策地域内廃棄物および指定廃棄物の収集、運搬、保管および処分を実施しなければならない。

（特措法第 20 条）

特定廃棄物（＝対策地域内廃棄物＋指定廃棄物）は環境省令で定める基準に従って収集、運搬、保管または処分を行わなければならない。

5.1.2. 洗浄飛灰の管理型処分場への埋立処分

特定廃棄物となった飛灰を洗浄技術によって処理する場合、以下の省令が適用される。すなわち、飛灰洗浄技術を適用すると、洗浄飛灰および廃吸着剤が排出されるが、それぞれの放射能濃度に応じて、運搬、保管および処分されることとなる。

<環境省令第 33 号>

（第 23 条）

特定廃棄物（8,000Bq/kg 以下の基準適合特定廃棄物を除く。）の収集および運搬の基準。

（第 24 条）

特定廃棄物（8,000Bq/kg 以下の基準適合特定廃棄物を除く。）の保管の基準。

（第 25 条）

特定廃棄物（8,000Bq/kg 以下の基準適合特定廃棄物を除く。）の処分（焼却、破碎等）の基準。

（第 26 条）

特定廃棄物の埋立処分の基準。

- ・ 第 26 条 1 項（10 万 Bq/kg 超）
- ・ 第 26 条 2 項（8 千 Bq/kg 超、10 万 Bq/kg 以下）
 - ロ～ニ 事故由来放射性物質の溶出が少ない基準（環境省告示第 3 号^{*}）に適合しない場合
 - ホ 事故由来放射性物質の溶出が少ない基準（環境省告示第 3 号^{*}）に適合する場合

- ・ 第 26 条 3 項 (8 千 Bq/kg 以下 (=基準適合特定廃棄物))
- ・ 第 26 条 4 項 (8 千 Bq/kg 以下 (=基準適合特定廃棄物) であつて、放射性セシウムが溶出しない (告示第 169 号^{**}) もの)

※環境省告示第 3 号 : JIS K0058-1 に定める方法において、ゲルマニウム半導体検出器、NaI (TI) シンチレーションスペクトロメータ、LaBr₃ (Ce) シンチレーションスペクトロメータのいずれかで測定したセシウム 137 の放射能濃度が 150Bq/L 以下であること。

※※環境省告示第 169 号 : 次の 1~3 のいずれにも該当するものであること。

1. 次のいずれかに該当する基準適合特定廃棄物であること。

- イ 廃プラスチック類
- ロ ゴムくず
- ハ 金属くず
- ニ ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず (廃石膏ボードを除く)
- ホ コンクリートの破片その他これに類する不要物のいずれかであること。

2. 次に掲げるものが混入し、又は付着しないように分別して排出され、かつ、収集、運搬、保管又は処分の際にこれらのものが混入し、又は付着したことがない基準適合特定廃棄物であること。

- イ 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) 別表第五の下覧に掲げる物質
- ロ 有機性の物質
- ハ 石綿を吹き付けられたもの若しくは石綿を含むもの (次に掲げるものに限る。) 又はこれらのものから除去された石綿
 - (1) 石綿保温材
 - (2) けいそう土保温材
 - (3) パーライト保温材
 - (4) 人の接触、気流及び振動等により(1)から(3)までに掲げるものと同等以上に石綿が飛散するおそれのある保温材、断熱材及び耐火被覆材

3. JIS K0058-1 に定める方法において、ゲルマニウム半導体検出器で測定したセシウム 134 および 137 が検出されないこと^{*}。

※検出下限値はセシウム 134 及びセシウム 137 でそれぞれ 10~20Bq/L

なお、特定一般廃棄物となる 8,000Bq/kg 以下の飛灰については、規則第 29 条において処理基準が定められている。また、環境省告示第 6 号において放射性セシウムが溶出しないと認められたものについては、覆土等の要件が緩和される。

これらの埋立処分の基準についてまとめたものを表 1 に示す。

表 1 規則による埋立処分基準の概要

廃棄物種類	特定廃棄物(対策地域内廃棄物+指定廃棄物)						特定一般廃棄物		
	10万超 Bq/kg		8,000超~10万 Bq/kg以下			8,000 Bq/kg以下		8,000 Bq/kg以下	
放射能濃度(Bq/kg)	第26条第1項		第26条第2項第3号	第26条第2項第2号	第26条第2項第2号ホ(溶出量が少ないもの)	第26条第3項	第26条第4項(溶出が少ないもの)	第29条	第29条第3号ニ
構造等	埋立処分が定める要件を満たした外周土切り設備が設けられ、かつ、公共の汚染及び地下水汚染を防止していること		(遮断型相当)	(管理型相当)	(管理型相当)	(管理型相当)	(安定型相当)	(管理型相当)	(管理型相当)
溶出濃度(Bq/L)	-	-	-	Cs137が150Bq/L以下(告示第3号)	-	-	Cs134+137がND。但し、安定5品目 [*] に限る。(告示169号)	-	Cs134+137がND(告示第6号)
埋立処分の要件等	特定廃棄物の種類に応じて前処理(破砕、焼却、固型化等)		特定廃棄物の種類に応じて前処理(破砕、焼却等)。セメントその他の結合材により固型化。			特定廃棄物の種類に応じて前処理(破砕、焼却、固型化等)		-	-
下部土壌層	-	-	廃棄物槽の下に、概ね厚さ50cm以上の土壌層を敷設。加えて、不透水性土壌層を敷設。	廃棄物槽の下に、概ね厚さ50cm以上の土壌層を敷設。		-	-	廃棄物槽の下に、概ね厚さ50cm以上の土壌層を敷設。	-
埋立物表面及び側面	-	-	不透水性土壌層を設置	-	-	-	-	-	-
層状埋立	-	-	-	一層の厚さが概ね3m以下。一層毎に表面に不透水性土壌層を設置。	一層の厚さが概ね3m以下。一層毎に表面を概ね厚さ50cmの土壌で覆う。	-	-	一層の厚さが概ね3m以下。一層毎に表面を概ね厚さ50cmの土壌で覆う。	-
ばいじんの埋立	-	-	-	-	-	雨水浸入防止措置	-	雨水浸入防止措置	-
埋立物の収納	-	-	損傷にくい容器に収納	-	-	-	-	-	-
モニタリングの要件等	地下水等検査項目(別表第3)、ダイオキシン類を埋立開始前及び年一回以上測定 事故由来放射性物質濃度(放射性セシウム濃度)、電気伝導率又は塩化物イオンを埋立開始前及び月1回以上測定					地下水等検査項目(別表第3)を埋立開始前及び年一回以上測定 事故由来放射性物質濃度(放射性セシウム濃度)を埋立開始前及び月1回以上測定		地下水等検査項目(別表第3)、ダイオキシン類を埋立開始前及び年一回以上測定 事故由来放射性物質濃度(放射性セシウム濃度)、電気伝導率又は塩化物イオンを埋立開始前及び月1回以上測定	
浸出液/放流水/浸透水の測定	-	-	【浸出水】 排水基準項目(別表第4)、ダイオキシン類を年一回以上測定 事故由来放射性物質濃度(放射性セシウム)、pH、BOD、COD、SS、T-Nを月1回以上測定	【浸透水】 地下水等検査項目(別表第3)、ダイオキシン類を年一回以上測定 事故由来放射性物質濃度(放射性セシウム濃度)、BOD又はCODを月一回以上測定		【放流水】 排水基準項目(別表第4)、ダイオキシン類を年一回以上測定 事故由来放射性物質濃度(放射性セシウム)、pH、BOD、COD、SS、T-Nを月1回以上測定			
空間線量率測定	敷地境界で測定								

^{*}安定五品目：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(廃石膏ボードを除く。)、コンクリートの破片その他これに類する不要物

※廃棄物関係ガイドライン第2版第6部特定廃棄物関係ガイドラインおよび同第2部特定一般廃棄物・特定産業廃棄物関係ガイドラインより作成

5.1.3. 作業者の放射線障害防止

特定廃棄物の保管等の業務に従事する作業者の放射線障害防止については、「電離放射線障害防止規則(昭和47年9月30日労働省令第41号)」、「東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則」(平成23年12月22日厚生労働省令第152号)及び、「除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン」(平成23年12月22日厚生労働省)を遵守する。

5.2. 費用および自治体等の協力内容

4.1.1 に示す通り、指定廃棄物は国が責任を持って収集、運搬、保管及び処分をしなければならない(特措法第19条)とされており、その費用は国が負担することとなる。

また特措法においては、既存の管理型処分場を活用することが基本方針として示されており、既存の処分場に埋め立てる場合であっても、埋立処分および追加的に発生するモニタリ

ング等に係る費用は国の事業に含まれる。但し、地方公共団体においては、特措法第4条に記載の通り、国の施策への協力を通じて当該地域の自然的社会的条件に応じた役割を果たすことが求められており、当該業務を遂行するに当たっては、実施場所の確保や説明会等の準備や事業実施に際しての水、電気等のユーティリティの提供（有償）等、自治体等の協力が不可欠である。

6. 性能指針

6.1. 処理対象物の事前調査項目

放射性セシウムの溶出性が高い焼却処理および熔融処理により発生する飛灰を処理対象物とするが、処理施設によってその性状が異なることから、以下に示す項目について事前調査が必要である。なお、処理対象飛灰の発生期間において焼却処理の運転条件等が異なる場合はそれぞれについて確認を行う。

6.1.1. 保管状況

処理対象飛灰の保管場所とその詳細（仮設テント、倉庫、屋外等）および各保管場所での保管時期を確認する。また、飛灰の保管形態（収容容器の種類・サイズ・数量・容器当たりの収容率・積み重ね状態、痛み具合等、埋設保管の場合はその図面等）を確認する。なお、今後発生する飛灰を処理対象とする場合は、発生量、放射能濃度等を推定する。

6.1.2. 重量および放射能濃度

規則第17条第1項に基づいて指定を受けた飛灰および今後指定を受ける予定の飛灰であって、当該業務期間中に処理する飛灰の総重量、放射能濃度、およびその測定日の記録を確認する。

6.1.3. かさ比重

当該処理施設における飛灰受入設備の設計および減容化の評価の目的で、処理対象飛灰のかさ比重を確認する。

6.1.4. 含水率、全蒸発残留物、全溶解性蒸発残留物

処理性能の評価および物質収支を把握する目的で、処理対象飛灰の含水率、全蒸発残留物（Total Solids : TS）および全溶解性蒸発残留物（Total Dissolved Solids : TDS）を確認する。

6.1.5. 放射性セシウム、アルカリ金属、アルカリ土類金属、重金属等の溶出率

処理性能を評価する目的で、処理対象飛灰からの放射性セシウムの溶出率（JIS K0058-1（スラグ類の化学物質試験方法—第一部：溶出量試験方法））を確認する。また、放射性セシウム吸着剤の吸着性能等への影響が考えられる成分として、アルカリ金属（ナトリウム、カリウム、安定セシウム）、アルカリ土類金属（マグネシウム、カルシウム）についても同

様に溶出濃度を確認するとともに、中和処理の必要性等の検討の観点から pH を、また電気伝導度も電解質の存在量の指標として測定する。さらに、埋立基準に係る重金属等についてもその溶出率（昭和 48 年環境庁告示第 13 号（産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法））を確認する。

6.1.6. 排ガス処理、重金属溶出抑制剤等

焼却施設における排ガス処理で使用している薬剤（消石灰、活性炭等）と重金属溶出抑制剤（キレート剤等）の種類および使用量（セメントを添加している場合には、その量）を確認する。

6.1.7. 保管飛灰の状態

破砕や脱水プロセスを適切に設計する目的で、保管飛灰の固結状態を確認する。飛灰が固結している場合には、塊の大きさ（最大値、粒度分布）、定性的な強度（手で壊れる、ハンマーで壊れる等）を確認する。保管時期、保管場所の差異などにより保管容器ごとに飛灰の状態が異なる場合には、その状況も確認する。

6.2. 処理規模

計画する性状および量の飛灰を、計画する性状まで処理する能力を有すること。処理規模は 1 日当たりの飛灰の処理重量 (t) で示し、併せて 1 日の稼働時間、年間稼働日数を示すこと。なお、重量には保管容器は含まず飛灰のみの重量（湿重量）とする。

6.3. 保管飛灰の搬入・破袋

フレコンバック等の容器より飛灰を取り出す作業を行うときは、専用の施設を設けその施設内で作業を行うこと。専用施設は、天井、壁等を隙間のない構造としたうえで、局所排気装置（集じん機付）の設置、水の噴霧等の粉じんの飛散を抑制する装置を具備すること。また、床材はこぼれた飛灰の除去が容易となるよう防塵塗装等を施すこと。専用施設の出入口は二重扉もしくは専用施設内を負圧に維持できる装置（施設外部から内部へ気流の流れを維持できる装置）を具備すること。搬入された飛灰の重量を管理するための計量設備を具備すること。（ただし、搬入される保管飛灰の重量が事前に確認できる場合は、必要ない。）

なお、処理効果を評価する目的で原飛灰の放射能濃度を測定する場合は、廃棄物関係ガイドライン第一部「汚染状況調査方法ガイドライン」に従って行うこと。

6.4. 飛灰の洗浄・脱水

6.4.1. 前処理

飛灰の洗浄・脱水を効率的に行う等のために前処理が必要な場合は、その方式、効果を提示すること。

6.4.2. 洗浄・脱水

洗浄後の飛灰の有姿の放射能濃度は埋立処分等の方法を判断する上で重要である。但し、洗浄効率は原飛灰と洗浄飛灰の放射能濃度の変化ではなく、放射エネルギー（総量：放射能濃度×重量）の変化（除去率）により示すこととし、次式により計算すること。

$$\text{洗浄効率 (\%)} = (1 - \text{洗浄飛灰の放射エネルギー} / \text{原飛灰の放射エネルギー}) \times 100$$

洗浄効率は前項 6.1.5 の溶出率と同程度が確保され、目標濃度を達成すること。

飛灰の洗浄は上水等によるものとするが、洗浄効率向上等のため薬液を用いる場合は、その性状、効果等を提示すること。また、飛灰の洗浄方式等を提示すること。

洗浄飛灰は最終処分場へ搬出・輸送する際に支障をきたさない程度（水分の分離、粉塵飛散の無いこと）の含水率とすること。

なお、廃棄物関係ガイドライン第一部「汚染状況調査方法ガイドライン」に準じて、洗浄後の飛灰の放射能濃度を測定すること。目標とする放射能濃度を下回らなかった場合は、再洗浄等を行うこと。

また、洗浄飛灰からの放射性セシウムの溶出性について、セシウム 137 が 150Bq/L 以下であることを確認する際には環境省告示第 3 号に従い、セシウム 134 および 137 が検出されないこと（検出下限値はセシウム 134、セシウム 137 とともに 10～20Bq/L）を確認する際には環境省告示第 169 号 3 号に従って評価すること。

必要に応じて重金属等の溶出試験を行うこと。

6.5. 洗浄排水に溶出した放射性セシウムの処理

洗浄排水中の放射性セシウムはゼオライト、プルシアンブルー等の吸着剤にて除去され、処理によって発生する二次廃棄物量はできる限り少量であること。また、処分方法に応じた受け入れ基準への適合性の観点から、二次廃棄物の放射性セシウム濃度が調整可能な処理方式であること。二次廃棄物が相当程度の高濃度（セシウム 137 が 30 万 Bq/kg 以上）となる場合には、二次廃棄物を IAEA（国際原子力機関）放射性物質安全輸送規則における輸送物の技術上の基準で分類する LSA-II として管理し、LSA-II の放射能濃度限度（セシウム 134：700 億万 Bq/kg、セシウム 137：600 億万 Bq/kg）を決して超えないように監視すること。現状で取扱う飛灰の汚染レベルや保管における現実的な技術的対応を踏まえると、当面は 1000 万 Bq/kg 程度を濃縮限度とすることが望ましい。また、処理装置には、処理方式、二次廃棄物量を提示すること。（LSA 物質については、巻末の参考資料を参照）

6.6. 輸送・処分を考慮した吸着剤等二次廃棄物の保管

吸着剤等の二次廃棄物の放射能濃度は指定廃棄物相当と考えられることから、その保管にあたっては、特措法の指定廃棄物保管基準（規則第 15 条）を適用し、かつ、IAEA（国際原子力機関）放射性物質安全輸送規則の LSA 物質として管理する。保管する容器は、LSA-I に分類されるものは IP-1 型輸送物の、LSA-II に分類されるものは IP-2 型輸送物の要件を

満たすものを用いる。保管する二次廃棄物の量は、遮蔽されていない物質、または物体もしくは物体の集積から 3m での外部放射線レベルが 10mSv/h を超えないように制限されなければならない。(IP 輸送物については、巻末の参考資料を参照)

なお、吸着剤中に飛灰中の塩分が残留している場合は、腐食などにより放射性物質を外部に漏えいさせない構造の容器に入れて保管することが望ましい。なお、二次廃棄物は保管時および処分時の放射性セシウムの再溶出を避けるため、溶出性を評価しておくことが望ましい。

廃吸着剤等の二次廃棄物の輸送については、保管時に引き続き二次廃棄物の種類や容器に応じた IP-1 型または IP-2 型輸送物の要件に適合した容器を用いる。また、特措法の特定廃棄物収集運搬基準（規則第 23 条）の基準を満足するよう積載量の制限や遮へい等を行う。

【参考文献】

(独)原子力安全基盤機構, 日本語翻訳版 IAEA 放射性物質安全輸送規則(2012 年版), 2013 年 12 月
<http://www.nsr.go.jp/archive/jnes/content/000126684.pdf>

7. 施設要件

7.1. 適用法令

飛灰洗浄処理施設（以下当該施設という。）では、事故由来の放射性物質に汚染された物を取り扱うため、当該施設に対して廃棄物処理施設として一般的に適用される法令に加えて、下記の法令が適用される。

- 「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」及び同法律の政令、省令、告示、通知等。
- 電離放射線障害防止規則（以下、電離則という。）

また、放射性物質及び放射線従事者の管理が適切に実施されるよう、放射線管理者を選任すること。なお、放射線管理者は放射線関係の国家資格保持者又は専門教育機関等による放射線管理に関する講習等の受講者から選任することが望ましい。

なお、廃棄物処理施設として一般的に適用される法令においては、特に飛灰中に含まれるダイオキシン類への作業者のばく露防止に留意し、ダイオキシン類の濃度レベルに応じた対応が必要である。

7.2. 基本構造

7.2.1 被ばく防止

7.2.1.1 基本原則

処分事業者は、労働者が電離放射線を受けることをできるだけ少なくするように努めること。

7.2.1.2 管理区域の明示等（電離則第3条）

処分事業者は、次の基準のいずれかに該当する区域（以下「管理区域」という。）を標識によって明示すること。また、処分事業者は、必要のある者以外の者を管理区域に立ち入らせないこと。

- 外部放射線による実行線量と空気中の放射性物質による実行線量との合計が3月間につき1.3mSv（2.5 μ Sv/h）を超えるおそれのある区域
- 放射性物質の表面密度が電離則別表第3に定める表面汚染の限度（以下「表面汚染限度」という。）の10分の1（4Bq/cm²）を超える恐れのある区域

7.2.1.3 処分業務従事者の被ばく限度（電離則第4,5条）

処分事業者は、管理区域内で事故由来廃棄物等処分業務従事者の受ける線量の合計が、次に掲げる限度を超えないようにすること。

- 男性及び妊娠する可能性がないと診断された女性は、5年間につき実効線量が100mSv、かつ、1年間に50mSvを超えないこと。
- 女性（妊娠する可能性がないと診断されたものおよび下記のものを除く。）は、3月間につき実効線

量が 5mSv を超えないこと。

- 妊娠と診断された女性は、妊娠中に内部被ばくによる実効線量が 1mSv、腹部表面に受ける等価線量が 2mSv を超えないこと。

処分事業者は、事故由来廃棄物等処分事業者の受ける等価線量が、次に掲げる区分に応じて、それぞれに定める値を超えないこと。

- 眼の水晶体：1 年間につき 150mSv
- 皮膚：1 年間につき 500mSv

処分事業者は、事故が発生した場合における放射線による労働者の健康障害を防止するための応急作業(以下「緊急作業」という)を行うときは、男性又は妊娠する可能性がないと診断された女性については、次に掲げる区分に応じて、それぞれに定める値を超えないこと。

- 実効線量：100mSv
- 眼の水晶体に受ける等価線量：300mSv
- 皮膚に受ける等価線量：1Sv

処分事業者は、事故由来廃棄物等処分業務における被ばく線量に、電離則の対象となる他の放射線業務、除染等業務、特定線量下業務における被ばく線量も合算して被ばく線量限度を超えないように管理すること。

7.2.1.4 飛灰洗浄施設における線量等の限度(電離則第 3 条の 2)

処分事業者は、当該施設のうち密封されていない事故由来廃棄物等を取り扱う作業を行う専用の施設(以下「事故由来廃棄物等取扱施設」という)は、遮蔽物、局所排気設備、密閉設備を設ける等により、労働者が常時立ち入る場所の外部放射線による実効線量及び空气中の放射性物質による実効線量の合計が 1 週間につき 1mSv (25 μ Sv/h) を超えないようにすること。

7.2.1.5 飛灰洗浄施設の周辺における放射線障害防止

(1) 飛灰洗浄施設の敷地境界(規則第 15 条 10 号、指定廃棄物関係ガイドライン)

放射線障害防止のため、施設境界に柵もしくは標識を設ける等の方法によって、周囲に人がみだりに立ち入らないようにすること。施設境界において、追加線量が 0.19 μ Sv/h 以下となるよう施設境界を放射線源より十分な離隔距離をとるか、十分な離隔距離が取れない場合は、遮蔽体等を設置する等の措置を講ずること。

(2) 飛灰洗浄施設周辺の公共の水域等(規則第 25 条、規則第 33 条)

放射性セシウム除去後の処理水を公共用水域等に排水する場合は、放射能濃度等を監視しつつ、排水する。下水道に排水する場合も、同様にする。排水については、7.3 排

水を参照。

7.2.2 飛散および漏えい等汚染防止

7.2.2.1 事故由来廃棄物等取扱施設の仕様（電離則第 41 条の 4,5）

処分事業者は、密封されていない事故由来廃棄物等を取り扱う作業を行うときは、専用の施設である事故由来廃棄物等取扱施設を設け、その施設内で作業を行うこと。

処分事業者は、事故由来廃棄物等取扱施設の内側の天井、壁、床、その他汚染のおそれのある部分については、次に定めるところに適合するものとする。

- 気体または液体が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料で作られていること
- 表面が平滑に仕上げられていること
- 突起、くぼみ及び隙間の少ない構造であること

7.2.2.2 液体の漏洩および粉じん対策（電離則第 41 条の 5）

液体が発生する恐れのある事故由来廃棄物等を取り扱う作業を行うときは、液体が漏れるおそれのない構造の施設において行うこと。また、処分事業者は、事故由来廃棄物等取扱施設、破碎等設備又はベルトコンベア等の運搬設備からの排気又は排液を導き、ためておき、又は浄化するときは、排気又は排液が漏れるおそれのない構造であり、かつ、腐食し、及び排液が浸透しにくい材料を用いた施設において行うこと。

排気に係る施設には、局所排気装置、集じん機(HEPA フィルター、バグフィルター等)及び付属する配管が含まれること。排液に係る施設には、排液タンク、排液処理設備及び付属する配管が含まれること。

粉じんが発散するおそれがある事故由来廃棄物等を取り扱う作業を行うときは、粉じんの飛散を抑制する措置を講じること。「粉じんの飛散を抑制する措置」には、施設を密閉化することのほか、天井、壁等を隙間が少ない構造とした上で、局所排気装置(集じん機付き)を設置すること、排水が発生しない程度の水の噴霧を行うことが含まれる。

7.2.2.3 出入口の仕様（電離則第 41 条の 5）

処分事業者は、事故由来廃棄物等取扱施設についてその出入口に二重扉を設ける等、汚染の拡大を防止するための措置を講じること。二重扉以外に、事故由来廃棄物等取扱施設と連結された仮設テント等に、遮水シート等の汚染の拡大を防止できる材料で作られ、かつ、開閉が可能なものを設置することや、開口部を開放した場合に施設外部から施設内部への気流の流れを維持できる排気装置を設置することが含まれる。

7.2.2.4 関係者以外の立入禁止措置（電離則第 41 条の 3）

処分事業者は、事故由来廃棄物等取扱施設の外側の見やすい場所に、その旨を明記した標識を掲げるとともに、必要のある者以外の者を立ち入らせないこと。

7.2.2.5 退出者の汚染検査（電離則第 31 条）

処分事業者は、管理区域(労働者の身体若しくは装具又は物品が表面汚染限度の 10 分の 1 (4Bq/cm²) を超えて汚染されるおそれのあるものに限る)の出口に汚染検査場所を設け、管理区域から労働者が退出するときは、その身体及び装具の汚染状態を検査すること。この検査において、表面汚染限度の 10 分の 1 (4Bq/cm²) を超えて汚染されていると認められるときは、次の措置を講じなければ、その労働者を退去させないこと。

- 身体が汚染されているときは、表面汚染限度の 10 分の 1 (4Bq/cm²) 以下になるように洗身等をさせること
- 装具が汚染されているときは、その装具を脱がせ、又は取り外させること

処分事業者は、処分事業場の中に、洗顔、洗身、うがいのための設備、行為設備及び洗濯設備等の汚染を除去するための設備を設けること。なお、洗身のための設備には、入浴設備及びシャワーが含まれること。

7.2.3 緊急停止

以下の事象が発生した場合は、当該施設の各種設備を安全に停止可能な機能を有すること。

- 遮蔽物が破損した場合
- 局所排気装置又は発散源を密閉する設備が故障、破損等により機能を失った場合
- 放射性物質が大量に漏れ、こぼれ、又は散逸した場合
- 人身事故が発生した場合
- その他の不測の事態が生じた場合

7.2.4 災害・事故対応

7.2.4.1 災害発生時の管理区域からの退避

地震または火災等により通常の手順で管理区域から退出することができない場合は、最寄の非常口等より退出し付近の安全な場所に退避する。なお、この場合、管理区域内の保護衣、保護具等を着用したまま管理区域から退出しても構わない。

7.2.4.2 事故時の対応

処分事業者は次のいずれかに該当する事故が発生したときは、それによって受ける実効線量が 15mSv を超えるおそれのある区域を標識によって明示し、緊急作業従事者を除いて立ち入りを禁止するとともに、速やかに、その旨を所轄労働基準監督署長に報告すること。

- 遮蔽物が破損した場合
- 局所排気装置又は発散源を密閉する設備が故障、破損等により機能を失った場合
- 放射性物質が大量に漏れ、こぼれ、又は散逸した場合
- その他の不測の事態が生じた場合

7.3. 排水

7.3.1 排水の測定・濃度監視（規則第 25 条第 1 項）

放射性セシウム除去後の処理水（塩濃度が高いもの）を公共用水域等に排水可能な場合は、放射能濃度等を監視しつつ、排水する。下水道に排水可能な場合も、同様にすることが望ましい。なお、監視要領を下記に示すが、実際の運用に関しては関係者と十分協議のうえ実施すること。

- 測定頻度
 - ▶ 1 ヶ月に 1 回測定し、その結果を記録し保管する。
- サンプルング場所
 - ▶ 当該施設排水口
- 管理基準
 - ▶ (セシウム 134 の実測値÷60) + (セシウム 137 の実測値÷90) の和が 1 を超えないこと。

7.3.2 公共用水域又は下水道等へ排水する場合の留意点

処理水を公共用水域又は下水道へ排水する場合は、以下の事項について留意すること。

- 下水道に放流する場合の水質は、下水道排除基準を満足すること。（必要な場合は処理設備を検討すること。）また、洗浄水は塩濃度が高くなることが予測されるため、終末処理場に与える影響を十分考慮すること。処理水を公共用水域に放流する場合には水質汚濁に係る環境基準及び、放流を実施する自治体の関連条例等を満足すると共に、放流を実施する自治体に、予測される放流水の塩濃度を開示した上で合意を得ること。

7.3.3 同一場所の排水処理設備（別設備）へ排水する場合の留意点

処理水を同一場所内に設置されている別の排水処理設備へ排水する場合は、以下の事項について留意すること。

- 洗浄水中には重金属類の溶出や、高濃度塩分が含まれることが予測されるため、排水処理設備に与える影響を十分考慮し、従来有している性能に影響が無いよう検討を行うこと。

7.3.4 場外処分（例：産廃処分）する場合の留意点

放射性セシウム除去後の処理水を排水できず場外処分を検討する場合は、以下の事項に留意すること。

- 処分量の減容化のために濃縮・乾燥固化処理等を検討する場合は、費用対効果（濃縮・乾燥固化処理は多量のエネルギーを消費するため）について十分検討すること。
- 乾燥固化処理の原水中の放射性セシウムの管理基準は、上述の 7.3.1 管理基準を標準とするが、最終処分先の受入基準がある場合はそちらを優先するなど、最終処分

方法について、関係者と十分な調整を行うこと。

7.4. ユーティリティー

飛灰を水に溶解するため、処理対象飛灰の重量に対して数倍～10倍程度の水が必要となる。また、洗浄液中から放射性セシウムを除去するための吸着剤、洗浄液（処理水）のpHを調整するための薬剤も必要である。洗浄飛灰の脱水等のために電力が必要であり、排水を蒸発乾固させる場合は、追加的に燃料（重油、灯油など）が必要となる。

7.5 耐震設計

当該施設内に設置する機器に係る設計用地震力は、局部震度法による地震力を採用する。

$$K_H = Z \cdot K_s$$

K_H ：設計用水平震度

Z ：地域係数=1.0

K_s ：設計用標準水平震度

設計用標準水平震度は下表の分類に従い選定する。なお、製品に耐震強度が表示されている冷却塔及び^パル水槽等は、製品の耐震強度を設計用標準水平震度に合わせる。

設置場所	K _s （設計用標準水平震度）		
	重要機器	一般機器	その他機器
上層階	2.0	1.5	1.0
中間階	1.5	1.0	0.6
地階及び1階	1.0 [1.5]	0.6 [1.0]	0.4 [0.6]

[]内の数値は液槽の場合に適用する。

上層階の定義

- ・2～6階建ての建築物では最上階を上層階とする。
- ・7～9階建ての建築物では上層の2層を上層階とする。
- ・10～12階建ての建築物では、上層の3層を上層階とする。
- ・13階建て以上の建築物では、上層の4層を上層階とする。

中間階の定義

- ・地階、1階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

(出典：「建築設備耐震設計・施工指針2005年版」／日本建築センター)

<重要度分類>

重要機器：「管理区域」に設置する機器および放射性物質と接触する機器

一般機器：重要機器に分類された以外の機器

7.6 施設設計におけるリスク低減（安全対策）

7.6.1 火災・爆発に対する安全対策

- 安全上重要な施設は、可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用すること。特に、放射性セシウムが濃縮する吸着装置は留意が必要。
- 火災の拡大を防止するために、適切な検知、警報系統及び消火設備が設けられているとともに、火災による影響の軽減のため適切な対策が講じられる設計であること。
- 火災・爆発の発生を想定しても、放射性物質の飛散、漏洩防止機能が適切に維持できる設計であること。

7.6.2 電源喪失に対する安全対策

- 設備稼働時において電源が喪失しても、安全に設備が停止し、放射性物質が当該施設から外部へ漏洩しない機能を有すること。
- 安全機能を確保するために電源を必要とする場合には、非常用発電設備等を具備すること。

7.6.3 誤操作に対する安全対策

- 誤操作において障害が発生したとしても、放射性物質が当該施設から外部へ漏洩しない機能を有すること。

7.6.4 その他危険源の洗い出し

- 施設の設計において危険源の洗い出しを行い、ハード面での施設の安全設計に合わせてソフト面での教育訓練（8.2を参照）を実施する。

8. 維持管理要件

8.1. 従事者の安全管理

労働安全衛生法及び同規則に則った管理を実施する。

特に、放射線作業に従事する者については電離則に則った管理をおこなう。

8.2. 労働者教育

労働安全衛生規則第36条28の4および電離則第52条の8により、事業者は事故由来廃棄物等処分業務に従事する労働者に対し、事故由来廃棄物等の処分の業務に係る特別の教育を行うこと。

この教育は学科教育および実技教育により行う。実施に当たっては、事故由来廃棄物等処分業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン別紙3を参照の上、規定の時間以上の教育を実施すること。

(1) 事故由来廃棄物等に関する知識（学科 30分）

- (2) 事故由来廃棄物等の処分の作業の方法に関する知識（学科 1 時間 30 分）
- (3) 事故由来廃棄物等の処分の作業に使用する設備の構造及び取扱いの方法に関する知識（学科 1 時間）
- (4) 電離放射線の生体に与える影響及び被ばく線量の管理の方法に関する知識（学科 1 時間）
- (5) 関係法令（学科 1 時間）
- (6) 事故由来廃棄物等の処分の作業の方法及び使用する設備の取扱い（実技 2 時間）

また、7.6 施設設計におけるリスク低減（安全対策）に合わせて、放射性物質の取り扱いのみならず、誤操作のリスク低減や緊急時対応、連絡体制等について必要な教育を実施すること。

8.3. 施設の管理

当該施設の管理については 7 項に記載した法令に基づいて実施するものとする。特に以下の項目については施設の性格上厳密な管理、機能維持が必要である。

- 受入れる飛灰、及び、それに含まれる放射性物質の含有量の計量機能
- 処理後の廃棄体に含まれる放射性物質の含有量の計量機能
- 設備運転に伴い放出される排気中、排水中に含まれる放射性物質のモニタリング機能
- 機器、配管などからの計画外の放射性物質を含んだ流体等の漏えい検知、または、拡散防止機能（堰、閉止ダンパー等）
- 電力、水、空気などのユーティリティー停止時の非常停止機能

これらの機能については定期的な機能確認、検査を実施するものとする。

また、放射能測定措置などの計器については、廃棄物関係ガイドライン（環境省）に従い、定期的に校正を行うこと。

8.4. 放射性物質の管理

吸着剤ではセシウムが濃縮されることもあり、取扱い及び運用においては、放射性物質の拡散防止管理を行うものとする。また、施設の運転時においては、定期もしくは連続モニタリングによる漏えい監視を行うものとする。

万一、漏えいが確認された場合には、速やかに施設を停止させるとともに、漏えいによる拡散防止処置を行うものとする。汚染が確認された場合には、除染作業の実施等、放射性物質を取り除く処置を行うものとする。

8.5. 設備の管理

設備は点検周期を定め、計画的な点検及び保守を実施していくものとする。

9. 業務発注に当たっての留意事項

9.1. 性能に関する事項の確認方法

9.1.1. 性能確認条件

放射性セシウムを含む実試料を使った試験実績やその規模、試験実証の範囲などを評価の対象とすることが望ましい。

9.1.2. 性能確認方法

実証施設または実用施設において得られた運転データ等に基づいて、洗浄効率や洗浄排水中からの放射性セシウムの除去性能等を評価する。連続的な試験結果により、実用運転時の安定性を評価することが重要である。

9.2. 安全性に関する事項の確認方法

施設の安全性の評価にあたっては、施設設計におけるリスク低減（安全対策）の充実、危険源の把握度合い、教育訓練の実施体制等を評価の対象とすることが望ましい。

9.3. コスト試算範囲

コストの評価にあたっては、コスト試算の範囲を明確にする。標準的には、計画、設計、土木、建築、電気、ランニングコスト、撤去費、廃棄物処理費などを試算する

表 2 コスト試算のための必要な要件

項目	細目	備考	
前提条件	請負／委託		
	飛灰処理量	必要処理量・処理能力	
	飛灰中の放射性Cs濃度	平均値・最大値	
	飛灰からの放射性Cs溶出性		
	使用済み吸着剤の放射性Cs濃度	目標値・最大値	
固定費関連	計画費		
	地質調査費用	用地が提供されることが前提	
	設計費	法令を遵守した土木、建築、遮蔽計算費用等	
	土木・基礎工事		
	建屋建設	塗装、汚染・防錆対策工事 防液堤工事 遮蔽工事 粉塵対策工事 空調工事 電灯・電源工事	
	装置・設備費	本体費用	
	付帯設備費	クレーン・ホイスト等	
	据付・配管・工事費		
	測定機器費		
	計装費		
	電装工事費用		
	使用済み機器・設備撤去費用	除染費用 撤去費用 搬出費用 保管費用	
	変動費関連	用水費	
		電力・光熱費	
		溶出・吸着処理用原材料費	
		廃棄物処理費(固形)	
		廃棄物処理費(液体)	
		廃棄物処理費(その他)	
		使用済み吸着剤収納容器費	
		オペレーション費・管理費	
消耗品費		消耗品単価 消耗品処理費用	
機器設備点検・メンテナンス費		委託・管理費用	

参考資料

・ 放射性物質の輸送技術

事業所外において、放射性同位元素を車両運搬する場合には、輸送物の種類ごとに輸送の技術上の基準が定められている。一般の事業所で独自に行う輸送の多くはL型かA型であり(1999年、99.9%)、放射能の多いB型輸送物を扱うケースはかなり稀である。

※RADA 放射線技術利用データベース 放射性物質の輸送技術

<http://www.rada.or.jp/database/home4/normal/ht-docs/member/synopsis/040226.html>

・ 放射性輸送物の種類

放射性輸送物の分類

輸送物の種類	概要	主な用途等
L型輸送物	放射性物質の収納量をごく少量に制限することにより、危険性を極めて小さなものにおさえて安全性を確保する輸送物。	放射性医薬品、微量の放射性試料等
A型輸送物	放射性物質の収納量を一定量(中程度)に制限するとともに通常予想される出来事(降雨、振動、取扱中の衝撃)に対する強度を持たせて安全性を確保する輸送物。	原子力発電所用の新燃料集合体、六フッ化ウラン、二酸化ウラン等
B型輸送物	大量の放射性物質を収納しているので、輸送中に遭遇する大事故(火災、衝突、水没等)にも十分耐えられるように極めて強固な輸送物として安全性を確保するもの。	使用済み燃料、高レベル放射性廃棄物、MOX燃料集合体等
IP型輸送物	放射能濃度が低いものなど、危険性が比較的小さいものに限定することで安全性を確保する輸送物。	低レベル放射性廃棄物、未照射天然ウラン、原子炉廃材等

※1 原燃輸送(株)HPより一部改変

<http://www.nft.co.jp/qa/qa2.html#Q3>

• LSA 物質の分類^{※2}

LSA 物質は、次の 3 つのグループのうちの 1 つに入るものとする。

(a) LSA-I

- (i) ウランおよびトリウムの鉱石およびこれらの鉱石の精鉱、並びに天然起源の放射性核種を含有するほかの鉱石。
- (ii) 天然ウラン、劣化ウラン、天然トリウムまたはそれらの化合物もしくは混合物であって、未照射で固体または液状のもの。
- (iii) A_2 値に制限のない放射性物質。417 項で適用除外された場合に限り含まれてもよい。
- (iv) 放射能が全体に分布していて、その推定平均比放射能が 402 項～407 項に定める放射能濃度 ($Cs134$ および $Cs137:10Bq/g$) の値の 30 倍を超えないその他の放射性物質。核分裂性物質は、417 項で適用除外された場合に限り含まれても良い。

(b) LSA-II

- (i) 0.8TBq/L までのトリチウム濃度を有する水。
- (ii) 放射能が全体にわたって分布していて、その平均比放射能が固体および期待については $10^{-4}A_2/g$ を、液体については $10^{-5}A_2/g$ を超えないその他の物質。

(c) LSA-III

粉末を除く 601 項の要件を満たす固体(例えば、固化された廃棄物、放射化された物質)であって、次のものをいう。

- (i) 放射性物質が固体もしくは固体集合物の全体にわたって分布しているか、または本質的に均一に分布しているか、または固化剤(コンクリート、ビチューメンおよびセラミック等)中に本質的に均一に分布するもの。
- (ii) 放射性物質が比較的不溶性であるか、または比較的不溶性のマトリックス中に本来的に含有されており、そのため、輸送容器がなくなった状態でも、浸出による放射性物質の輸送物あたりの喪失が 7 日間水中におかれたときに $0.1A_2$ を超えないもの。
- (iii) いずれの遮へい材を除いた時の固体推定平均比放射能が $2 \times 10^{-3}A_2/g$ を超えないもの。

放射性セシウムの A_1 値および A_2 値

	A_1 値	A_2 値
セシウム 134	0.7 TBq (7×10^{11} Bq)	0.7 TBq (7×10^{11} Bq)
セシウム 137	2 TBq (2×10^{12} Bq)	0.6 TBq (6×10^{11} Bq)

※2 (独)原子力安全基盤機構, 日本語翻訳版 IAEA 放射性物質安全輸送規則(2012 年版), 2013 年 12 月 (<http://www.nsr.go.jp/archive/jnes/content/000126684.pdf>) より抜粋

・ 産業用輸送物 (IP 型輸送物)

産業用輸送物には、低比放射性物質 (LSA) と表面汚染物質 (SCO) を収納した輸送物があり、LSA,や SCO の等級に対して「IP-1」～「IP-3」の3種類が規定されている。

放射性物質輸送に関する設計及び試験要件の一覧

試験要件	IP-1 型	IP-2 型	IP-3 型
<一般要件>			
輸送物は、容易かつ安全に取り扱われ輸送され得るように、その質量、容積及び形状に関して設計されなければならない。それに加えて、輸送物は、輸送中、輸送手段内又はその上に、適切に固定されるよう設計されなければならない。	○	○	○
設計は、輸送物上の吊上げ用付属物が、所定の方法で用いられた時に、故障せず、かつ、その故障が起きたとしても、当該輸送物の本規則の他の要件に適合する能力が損なわれてはならない。設計では、急激な吊上げに対して適切な安全係数を考慮しなければならない。	○	○	○
吊上げに用いられる可能性のある輸送物外表面の付属物及びその他の仕組は、前項の要件に従ってその質量を支持できるように設計されるか、又は、輸送中に取り外し可能か、さもなければ使用不可能であるようにされなければならない。	○	○	○
実行上可能な限り、輸送容器は、その外表面に突起物がなく、かつ、容易に除染できるように設計され、仕上げられなければならない。	○	○	○
輸送物の外層は、実行可能な限り、水の捕集及びその保持を防止するように設計されなければならない。	○	○	○
輸送物の一部でなくて、輸送時に輸送物に取り付けられる仕組は、その安全性を低下させてはならない。	○	○	○
輸送物は通常の輸送条件の下で生じ得るいかなる加速、振動及び振動による共振の影響にも、各種容器の密閉装置の性能又は輸送物全体としての健全性を何ら損なわずに耐えることができなければならない。特に、ボルト、ナット及び他の固定装置は反復の使用にも、勝手に緩んだりあるいは外れたりしないように設計されなければならない。	○	○	○
輸送容器及びすべての構成部品又は構造材の材料は、相互間及び放射性収納物と物理的、かつ科学的に両立するものでな	○	○	○

なければならない。照射の下での、それらの挙動を考慮しなければならない。			
許可されない操作によって放射性収納物が漏れることがあり得るすべての弁は、そのような操作から保護されなければならない。	○	○	○
輸送物の設計は、通常の輸送条件で遭遇しそうな周囲の温度と圧力を考慮しなければならない。	○	○	○
他の危険な性質を有する放射性物質については、輸送物の設計はそれらの性質を考慮しなければならない。	○	○	○
水の吹付試験			○
自由落下試験 (0.3m~1.2m 高さ)		○	○
積重ね試験 (5 倍の質量又は 13kPa×面積)		○	○
貫通試験 (6kg, φ 3.2cm 丸棒を落下)			○

参照資料：

「放射性物質安全輸送規則」(財団法人原子力安全技術センター)

「放射性物質等の輸送法令集」(日本原子力産業会議)

「飛灰洗浄に関する技術資料(施設性能・設計に係る指針)(平成 26 年 6 月版)」の修正について

平成 26 年 6 月 19 日
独立行政法人国立環境研究所
資源循環・廃棄物研究センター

記

6 月 13 日に掲載しました「飛灰洗浄に関する技術資料(施設性能・設計に係る指針)(平成 26 年 6 月版)」について、一部誤表記 (LSA 物質の分類に関する数値や分類基準等)、説明不足等がございましたため、以下にお示しする箇所について、修正いたしました。

①10 ページ「6.5. 洗浄排水に溶出した放射性セシウムの処理」

(訂正前)

LSA-II の放射能濃度限度 (セシウム 134 : 7000 万 Bq/kg、セシウム 137 : 6000 万 Bq/kg)

(訂正後)

LSA-II の放射能濃度限度 (セシウム 134 : 700 億 Bq/kg、セシウム 137 : 600 億 Bq/kg)

(訂正前)

1000 万 Bq/kg 程度を濃縮限度として管理することが望ましい。

(訂正後)

現状で取扱う飛灰の汚染レベルや保管における現実的な技術的対応を踏まえると、当面は 1000 万 Bq/kg 程度を濃縮限度とすることが望ましい。

②11 ページ「6.6. 輸送・処分を考慮した吸着剤等二次廃棄物の保管」

(訂正前)

(注¹) 飛灰洗浄で発生する二次廃棄物では、セシウム 137 の濃度が 30 万 Bq/kg 未満は LSA-I に、30 万 Bq/kg ～6000 万 Bq/kg は LSA-II に分類される。

(訂正後)

削除

③24 ページ「参考資料」

(訂正前)

(a) (iv) 放射能が全体に分布していて、その推定平均比放射能が 402 項～407 項に定める放射能濃度 (Cs134 および Cs137 : 10Bq/g) の値の 30 倍を超えないその他の放射性物質。核分裂性物質は、

(訂正後)

(a) (iv) 放射能が全体に分布していて、その推定平均比放射能が 402 項～407 項に定める放射能濃度 (Cs134 および Cs137 : 10Bq/g) の値の 30 倍を超えないその他の放射性物質。核分裂性物質は、417 項で適用除外された場合に限り含まれても良い。

以上