

放射性物質の挙動からみた適正な廃棄物処理処分
(技術資料 第四版)

平成 26 年 4 月 14 日 改訂版

(独) 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター

目 次

はじめに	1
1. 放射能汚染廃棄物の問題の概要	2
1.1 放射性物質による廃棄物の汚染事象	2
1.2 これまでの国等の動き	3
1.3 放射性物質汚染対処特別措置法	6
1.3.1 法律のポイント	6
1.3.2 基本方針のポイント	6
1.3.3 中間貯蔵施設設置等のロードマップ	7
1.3.4 環境省令(施行規則)	7
1.4 中間貯蔵施設の現状と課題	9
1.4.1 位置づけ	9
1.4.2 中間貯蔵施設の概要	9
1.4.3 技術的課題	9
2. 放射能に関する基礎知識	17
2.1 放射性物質と単位	17
2.2 放射線健康障害について	19
2.3 放射線の計測技術	20
2.4 放射線の管理技術	22
3. 放射性物質(セシウム、ストロンチウム)の物性	25
4. 放射性セシウムの溶出特性	32
4.1 はじめに	32
4.2 試験方法	32
4.2.1 JIS K0058-1有姿攪拌試験	32
4.2.2 逐次抽出試験	32
4.2.3 迅速シリアルバッチ試験	33
4.2.4 迅速累積バッチ試験	34
4.3 試験結果	35
4.3.1 JIS K0058-1有姿攪拌試験結果	35
4.3.2 海水溶媒の影響ならびに試験方法の影響	41

4.3.3	逐次抽出試験結果	41
4.3.4	迅速シリアルバッチ試験結果	44
4.3.5	迅速累積バッチ試験結果	45
4.4	考察	46
5.	放射性セシウムの土壌等への吸着特性	48
5.1	はじめに	48
5.2	各種土壌等の吸着能力の違い	48
5.2.1	実験方法	48
5.2.2	実験結果	50
5.2.3	まとめ	52
5.3	通水条件下における吸着挙動	53
5.3.1	実験方法	53
5.3.2	実験結果	56
5.3.3	まとめ	61
6.	焼却処理過程における挙動と制御	62
6.1	はじめに	62
6.2	焼却処理の安全性に関する概説	62
6.2.1	焼却処理における排ガスの基準値	62
6.2.2	実測データの状況	63
6.2.3	排ガス処理における除去率	64
6.2.4	放射性セシウムの燃焼及び排ガス処理過程での挙動	65
6.2.5	放射性セシウムの挙動に関する理論的背景	67
6.2.6	無視できる周辺住民のは排ガスによるリスク	69
6.2.7	バグフィルターの健全性の維持	69
6.2.8	プロセス内への蓄積挙動	70
6.3	焼却処理における放射性セシウムの挙動	72
6.3.1	はじめに	72
6.3.2	熱力学平衡計算	72
6.3.3	結果と考察	77
6.3.4	結論	92
6.4	焼却施設における炉内耐火物等への蓄積挙動調査	95
6.4.1	はじめに	95
6.4.2	調査方法	95
6.4.3	調査結果	96

7.	コンクリートの除染の基礎と	
	汚染廃棄物の最終処分へのセメント・コンクリート技術の活用	101
7.1	放射能汚染とコンクリート技術の関連	101
7.2	実コンクリートへの放射性Cs浸透解析と再利用への考え方	102
7.2.1	実コンクリートへの放射性Csの浸透解析	102
7.2.2	除染コンクリートの再利用への考え方	108
7.3	セメント・コンクリートとの関連から考えた焼却飛灰の特性	110
7.3.1	はじめに	110
7.4	Csの不溶化と飛灰のセメント固型化	114
7.4.1	はじめに	114
7.4.2	固定化材の探索	114
7.4.3	固定化材の効果	115
7.4.4	より効果的なCs固定化材	117
7.4.1	まとめ	119
7.5	鉄筋コンクリート製の最終処分場設計	119
7.5.1	飛灰の特性を考慮したコンクリートの劣化の可能性	119
7.5.2	コンクリート中でのCsの移動予測	122
7.5.3	アルカリ骨材反応の定量的評価と抑制	126
7.6	まとめ	131
8.	焼却飛灰の水洗浄による放射性セシウムの除去	132
8.1	飛灰洗浄技術のコンセプト	132
8.2	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	133
8.2.1	焼却施設における保管スペースのコンパクト化	133
8.2.2	地域の除染の促進	133
8.3	飛灰洗浄技術の概要	133
8.3.1	飛灰洗浄技術の基本原理	133
8.3.2	飛灰の性状	134
8.3.3	飛灰からの放射性セシウム等の溶出特性	134
8.3.4	溶出液の特性	136
8.4	一般廃棄物焼却施設での飛灰洗浄ベンチ試験	137
8.4.1	試験方法・設備	138
8.4.2	飛灰の洗浄効率	139
8.4.3	使用水量の低減	141
8.4.4	洗浄排水からの放射性セシウムの除去	142
8.4.5	洗浄飛灰に含まれる放射性セシウムの水への溶出性	146

8.4.6	洗淨不溶化試験	147
8.4.7	放射線管理	149
8.4.8	ベンチ試験のまとめ	149
8.5	飛灰洗淨技術の開発状況	149
8.5.1	飛灰の洗淨方法	150
8.5.2	洗淨排水からの放射性セシウムの除去方法	151
9.	埋立処分過程における挙動と制御	154
9.1	モデル解析からみる挙動と埋立工法	154
9.1.1	放射性物質に汚染された廃棄物の埋立方法	154
9.1.2	放射性物質の溶出量を考慮した浸出水への影響評価	156
10.	浸出水処理過程における挙動と制御	162
10.1	浸出水処理施設における実態	162
10.1.1	浸出水処理施設における放射性セシウムの現状	162
10.1.2	安定セシウムを指標とした 浸出水処理施設におけるセシウム除去性能の評価	163
10.2	放射性セシウムの有効な除去方法の検討	166
10.2.1	ゼオライトによる吸着除去	166
10.2.1.1	カラム試験	166
10.2.1.2	現場試験	167
10.2.2	逆浸透膜による除去	169
10.2.2.1	逆浸透膜による放射性セシウム除去の現場試験	169
11.	放射能等の測定モニタリング手法	171
11.1	はじめに	171
11.2	放射能濃度等測定方法ガイドライン	171
11.3	廃棄物等の放射能調査・測定暫定マニュアルとその改訂	174
12.	放射性物質を含む焼却灰等の空間的・時間的特性	177
12.1	はじめに	177
12.2	基礎情報の収集整備	177
12.3	一般廃棄物焼却施設における焼却灰等の放射性セシウム濃度の推移	178
12.4	焼却灰等の放射性セシウム濃度の空間分布	184
12.5	放射性セシウムで汚染された焼却灰等の施設・地域特性	186
12.6	焼却ごみの放射性セシウム濃度の傾向	187

12.7 焼却灰等への放射性セシウム濃縮傾向	191
------------------------------	-----

はじめに（第4版の公開にあたり）

東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により、福島県を中心に関東圏域等に及ぶ広域な放射性物質汚染が生じました。事故後早3年が過ぎ、放射性物質汚染対処特別措置法に基づいて、関係者の懸命な努力が続けられています。福島県内では中間貯蔵施設整備に向けた地元との協議が続けられており、福島県外では指定廃棄物処分場の立地に関する合意形成へ向けた対応が正念場になっています。放射性物質汚染廃棄物の「出口」確保は、環境回復を進めるうえでの試金石であり、受け入れる地域の方々の苦難は計り知れないものですが、地域社会の将来に対して様々な支援を行い、何らかの着地点を見出さなければ日本社会は先に進むことができないと言っても過言ではありません。

本技術資料は、今後の放射性物質に汚染された廃棄物の適正処理を行っていくうえで、留意すべき技術的事項を中心に、(独) 国立環境研究所がこれまで実施してきた調査研究の成果等を取り纏め、情報提供を行うものです。2011年の12月に初版を公開して以降、その後の調査研究を通して得た新たなデータや知見を基に内容を第2版、第3版と更新、改訂してきましたが、本第4版では、熱処理過程における放射性セシウムの挙動に関する知見をさらに充実し、焼却施設等の長期管理において重要な放射性セシウムの炉内蓄積挙動に関するトピックも盛り込みました。また、処理処分過程におけるコンクリート技術の適用や、注目されている飛灰洗浄技術の開発研究の成果を新たに追加しました。その他、新たな知見や情報を踏まえて内容を更新しています。

なお今回の災害は、わが国において、また世界においても過去経験したことのない未曾有の原子力災害であり、本技術資料の情報の中には科学的な知見が十分でなく不確実性を含む事項も多々あると思われます。しかし、いち早く社会に提供することが重要と考え、本技術資料を取り纏め、公開しております。被災地の早期の環境回復により、国民の安全・安心の社会の確保に少しでも貢献できれば幸いです。