

# 中間とりまとめ

平成23年11月

下水道における放射性物質対策に関する検討会

## まえがき

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震により発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い、下水汚泥中に放射性物質が検出されており、有効利用や処分等への影響が生じている。

これを受け、国土交通省では、5 月 12 日に原子力災害対策本部がとりまとめた「福島県内の下水処理副次産物の当面の取扱いに関する考え方」を通知した。その後、福島県以外でも東日本を中心とする各都県において浄水発生土、下水汚泥等から放射性物質が検出されていることを受け、原子力災害対策本部にてとりまとめた「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」について 6 月 16 日に通知し、放射性物質が検出された脱水汚泥、焼却灰、溶融スラグ等の当面の取扱方針に関する考え方を提示している。

しかしながら、従来の汚泥の有効利用や処分の中断が依然として継続している下水処理場が多くあり、下水汚泥の保管量は増加の一途をたどっている。また、当該自治体の下水道管理者は保管場所の確保や処分・利用先との協議、保管汚泥から発生する悪臭に対する苦情対応等、過去に例を見ない対応に苦慮している状況にある。このため、周辺住民や作業者の安全確保、適正な放射線管理、焼却・溶融等による汚泥減容化も含めた適切な保管及び処分方法並びに有効利用方策等について、関係者が連携して具体的な方針や手法を検討していく必要があるといえる。

一方、雨水と汚水をあわせて集める合流式下水道では、市街地の表面に堆積した放射性物質が、雨で洗い流されて下水汚泥に集まるため、結果的に下水道が市街地の除染の一端を担う機能を発揮している。また、分流式下水道では雨水を市街地から排除するシステムとして雨水きよ等を有しており、これらにも放射性物質が堆積している可能性があり、地域全体としての取り組みの中で対応していくという視点が必要であろう。

この様な状況に鑑み、本検討会では、これまで蓄積された調査結果や各委員から提供された知見等を踏まえ、下水処理場における放射性物質の挙動の解明と今後の推移の予測、周辺環境への影響、情報提供のあり方、下水汚泥の減容化対策を含めた管理方法等について検討を行い、現時点の知見の集約として、今般、本検討会の中間報告をまとめるものである。

本検討会では現在も議論を継続しているところではあるが、中間とりまとめの成果が、放射性物質を含む汚泥処理処分対策の促進に向けた取り組みの第一歩として寄与すると共に、安全で安心できる街づくりに貢献できれば幸いである。

下水道における放射性物質対策に関する検討会  
座長 楠田 哲也

## 目 次

### 【本編】

#### まえがき

1 . 検討会設立趣旨 -----	
2 . 委員名簿及び検討会開催状況 -----	
3 . 本書の構成 -----	

#### 第1章 放射性物質が検出された下水汚泥に関する課題と取組状況 ----- 1

1 - 1 . 福島第一原発事故による放射性物質飛散状況 -----	1
1 - 2 . 下水汚泥中の放射性物質検出状況 -----	3
(1) 全国の下水汚泥における放射性物質検出状況	
(2) 福島県の下水処理場における放射性物質の検出状況	
1 - 3 . 放射性物質検出による下水汚泥の処理処分への影響 -----	8
1 - 4 . 第1章のまとめ -----	9

#### 第2章 放射性物質を含む下水汚泥の保管及び情報提供の状況 ----- 10

2 - 1 . 下水汚泥の保管の方法 -----	10
2 - 2 . 放射能に関するモニタリング状況 -----	13
2 - 3 . 周辺住民の安全性の確保 -----	14
2 - 4 . 情報提供のあり方 -----	15
(1) 情報提供状況	
(2) 情報提供を行うことが望ましい内容	
2 - 5 . 第2章のまとめ -----	19

#### 第3章 下水道に関連する放射性物質の挙動 ----- 20

3 - 1 . 流入状況 -----	21
3 - 2 . 処理場内での挙動 -----	22
3 - 3 . 排気中に含まれる放射能濃度 -----	26
3 - 4 . 脱水汚泥の放射能濃度の推移 -----	28
3 - 5 . 溶出試験結果 -----	29
3 - 6 . 第3章のまとめ -----	30

#### 第4章 放射性物質を高濃度を含む下水汚泥の保管 ----- 31

4 - 1 . 閉じ込めの機能の強化 -----	31
4 - 2 . 放射線遮断 -----	34

4 - 3 . 放射線監視 -----	43
4 - 4 . 管理体制 -----	45
4 - 5 . 第4章のまとめ -----	47
第5章 下水汚泥の減容化等の手法 -----	48
5 - 1 . 減容化等の手法の概要 -----	48
5 - 2 . 減容化等の手法適用のシナリオ -----	48
5 - 3 . 第5章のまとめ -----	51
第6章 まとめ -----	52
第7章 今後の課題 -----	54

【参考資料編】

参考資料1 福島県内の下水処理副次産物の 当面の取扱いに関する考え方について -----	資 1
参考資料2 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について -----	資 11
参考資料3 下水処理場の放射性物質の挙動調査結果 -----	資 27
参考資料4 排気の放射能濃度の測定 -----	資 37
参考資料5 下水汚泥焼却灰等の放射性セシウム溶出試験結果 -----	資 41
参考資料6 EGS4 コードの説明 -----	資 42
参考資料7 追加被ばく線量年間1ミリシーベルトの考え方 -----	資 43
参考資料8 放射線遮へいによる線量評価結果 -----	資 44
参考資料9 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 関連資料 -----	資 60

## 1. 検討会設立趣旨

東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故発生後、福島県内の下水処理場にて、下水汚泥等から放射性物質が検出されたことを受け、国土交通省においては、原子力災害対策本部にてとりまとめた「福島県内の下水処理副次産物の当面の取扱いに関する考え方について」を5月12日に通知するとともに、その他の地方公共団体において実施された下水汚泥等に含まれる放射性物質の測定結果の把握等を行ってきた。

その結果、他の地方公共団体でも放射性物質が検出された下水汚泥の処理・処分に支障を来し、その対応に苦慮している事例が多数見受けられたため、その取扱いについて、国土交通省においては、原子力災害対策本部にてとりまとめた「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について」を6月16日に通知した。

ライフラインの一つとして必要不可欠な下水道が、その機能を適切に維持していくために、放射性物質により被害を受けた状況等を的確に把握するとともに、原子力災害対策本部の通知等を踏まえ、下水道管理者が取るべき今後の対応について、各方面の有識者からの意見を取りまとめるため、「下水道における放射性物質対策に関する検討会」を設置する。

## 2. 委員名簿及び検討会開催状況

### (1) 委員名簿

(順不同・敬称略)

(平成 23 年 11 月 16 日現在)

座長	楠田 哲也	北九州市立大学国際環境工学部教授
委員	木村 英雄	独立行政法人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研究主幹
〃	佐藤 弘泰	東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授
〃	杉浦 紳之	独立行政法人放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究 センター長
〃	鈴木 穰	独立行政法人土木研究所材料資源研究グループ長
〃	高岡 昌輝	京都大学大学院工学研究科教授
〃	中沢 均	日本下水道事業団技術開発審議役兼国際室長
〃	森口 祐一	東京大学大学院工学研究科都市工学専攻教授
〃	森澤 眞輔	京都大学 iPS 細胞研究所特定拠点教授
特別委員	成田 良洋	福島県土木部下水道課長
〃	黒住 光浩	東京都下水道局計画調整部長
旧特別委員	松浦 將行	東京都下水道局流域下水道本部長

### (2) 検討会開催状況

第 1 回検討会 平成 23 年 6 月 17 日

- ・下水汚泥中における放射性物質検出状況の把握、今後の検討事項について等

第 2 回検討会 平成 23 年 7 月 25 日

- ・処理場周辺地域の環境、下水処理場における放射性物質の挙動について等

第 3 回検討会 平成 23 年 8 月 29 日

- ・放射性物質の挙動、高放射能濃度下水汚泥の保管方法について等

第 4 回検討会 平成 23 年 10 月 4 日

- ・8,000Bq/kg を超え 10 万 Bq/kg 以下の下水汚泥焼却灰等の処分方法に関する方針（案）
- ・中間とりまとめ（案）について等

第 5 回検討会 平成 23 年 11 月 16 日

- ・中間とりまとめ（案）、三次補正による調査について等

### 3. 本書の構成

本書は検討会で議論や検討を行った内容を整理したものであり、第1章から第7章により構成されている。第1章では福島第一原発事故による放射性物質の飛散状況や下水汚泥への影響等について現状整理を行った。第2章では放射性物質が検出された下水汚泥等の保管状況、放射線モニタリング状況及び情報提供状況等についてアンケート調査結果等を整理した。第3章では処理場等における放射性物質の挙動について調査検討を行った。第4章では放射性物質を含む汚泥の保管や放射線遮断、監視及び管理体制に関する検討を行った。第5章では下水汚泥の減容化等の手法や想定されるシナリオについて整理を行った。

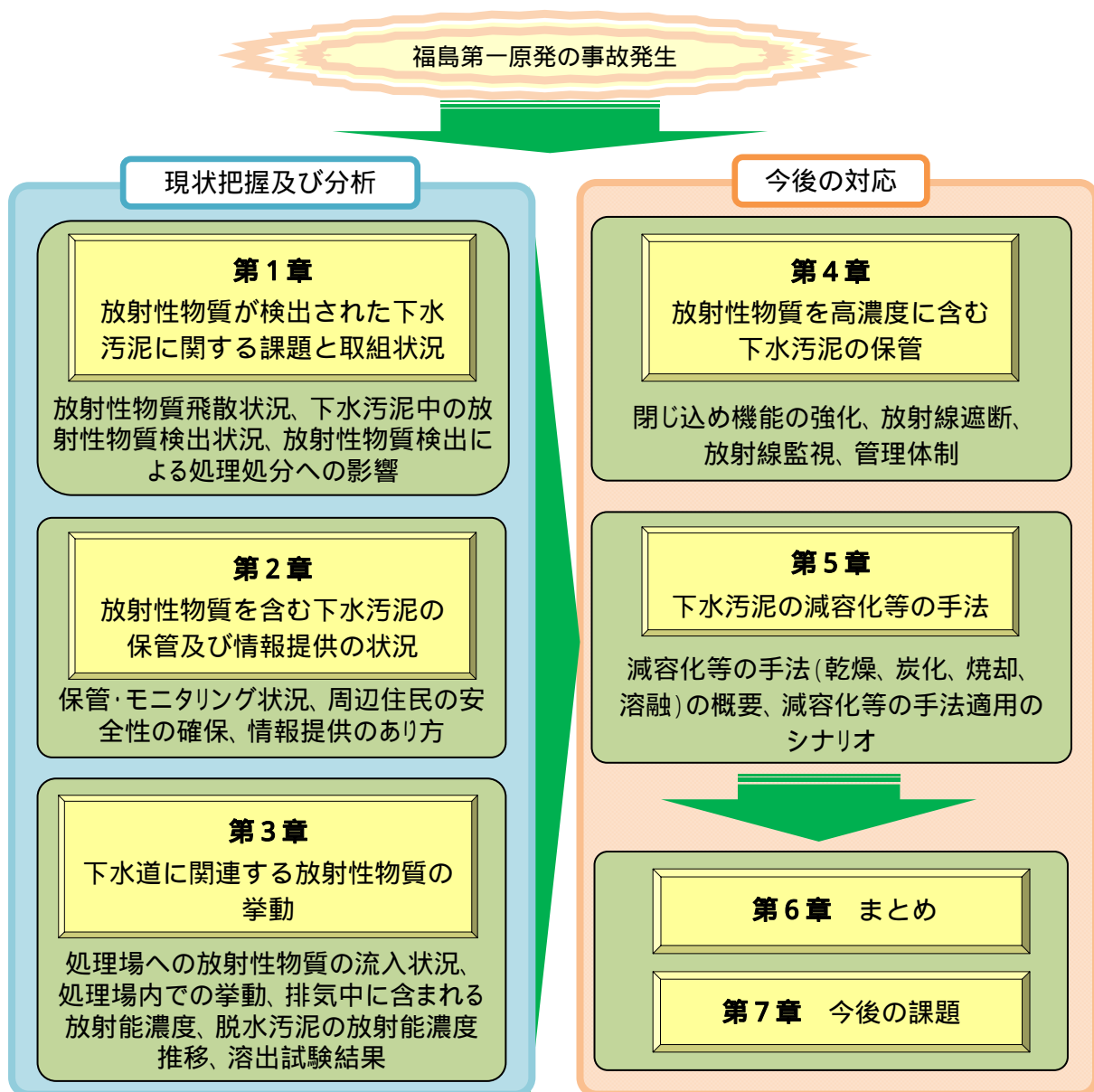


図-1 本書の構成

本書で取り扱う内容のイメージを図-2 に示す。

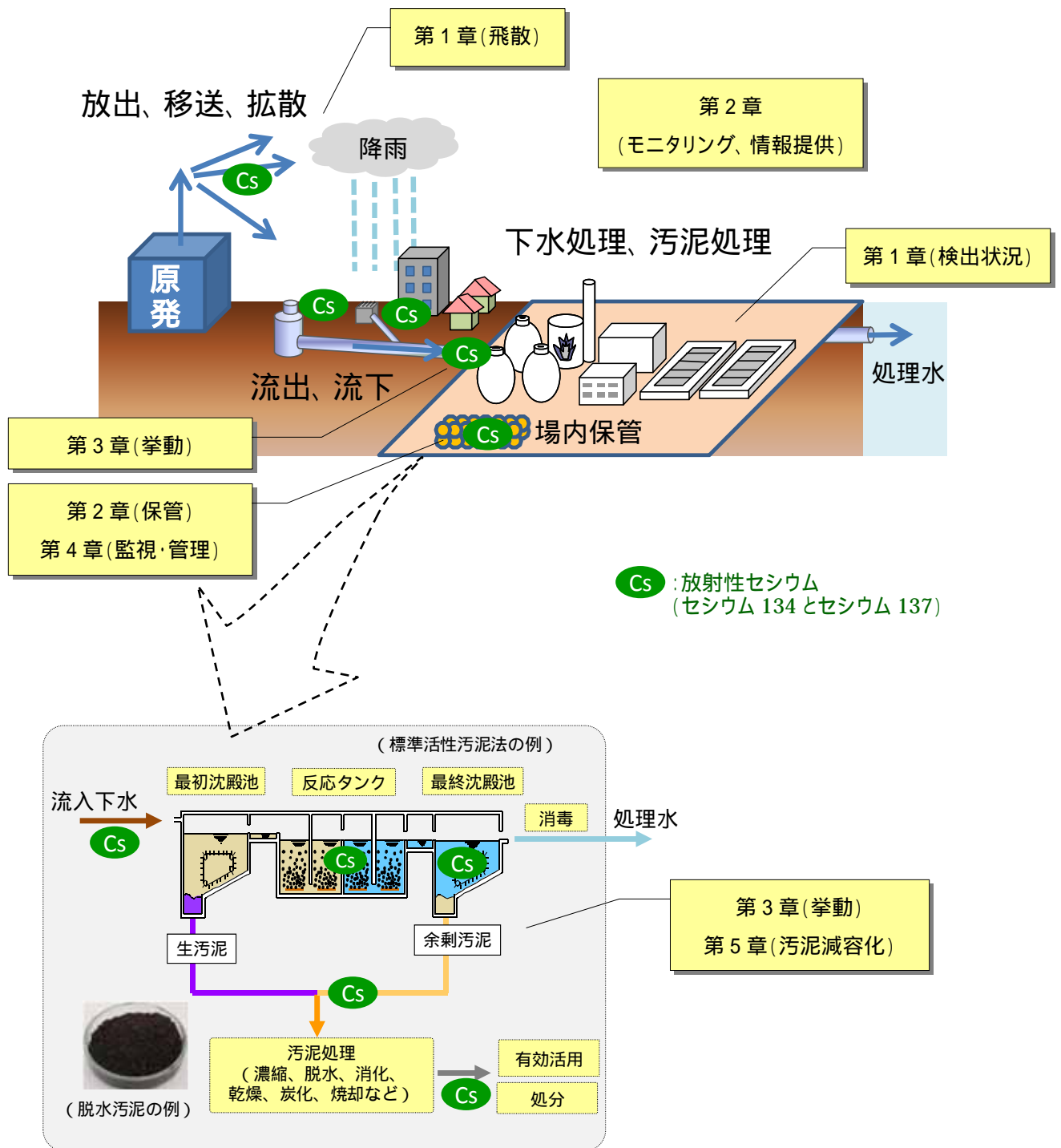


図-2 本書で扱う内容の範囲のイメージ



# 第1章 放射性物質が検出された下水汚泥に関する 課題と取組状況

## 1-1 福島第一原発事故による放射性物質飛散状況

文部科学省は、現状の地表面における放射性物質の蓄積状況を確認するため、航空機モニタリングを実施し、東京電力株式会社福島第一原子力発電所から80km圏内、及び周辺地域において、地表面への放射性物質の蓄積状況についてモニタリングを実施し、結果を順次公表している。

放射性セシウムの地表面への蓄積量に関する測定結果の例を図1-1に示す。

11月12日時点において1都11県の結果が公表されているが、今後は周辺地域の測定も実施予定とされている。

：航空機モニタリングは、地表面の放射性物質の蓄積状況を確認するため、航空機に高感度で大型の放射線検出器を搭載し、地上に蓄積した放射性物質からのガンマ線を広範囲かつ迅速に測定する手法。

以下、文部科学省ホームページより抜粋し編集

(出典：[http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/11/1910\\_111112.pdf](http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/11/1910_111112.pdf))

### 【当該モニタリングの詳細】

測定実施日：5月31日～10月13日

航空機：文部科学省(財)原子力安全技術センター、(独)日本原子力研究開発機構)

・民間ヘリコプター(BELL412)、防衛省ヘリコプター(UH60)

対象項目：東京電力株式会社福島第一原子力発電所から80km圏内の地表面から1mの高さの空間線量、及び地表面に蓄積した放射性物質(Cs-134及びCs-137)の蓄積状況。

飛行高度：対地高度で150～300m

マップは、当該モニタリングを実施した最終日の10月13日現在の値に減衰補正したものである。

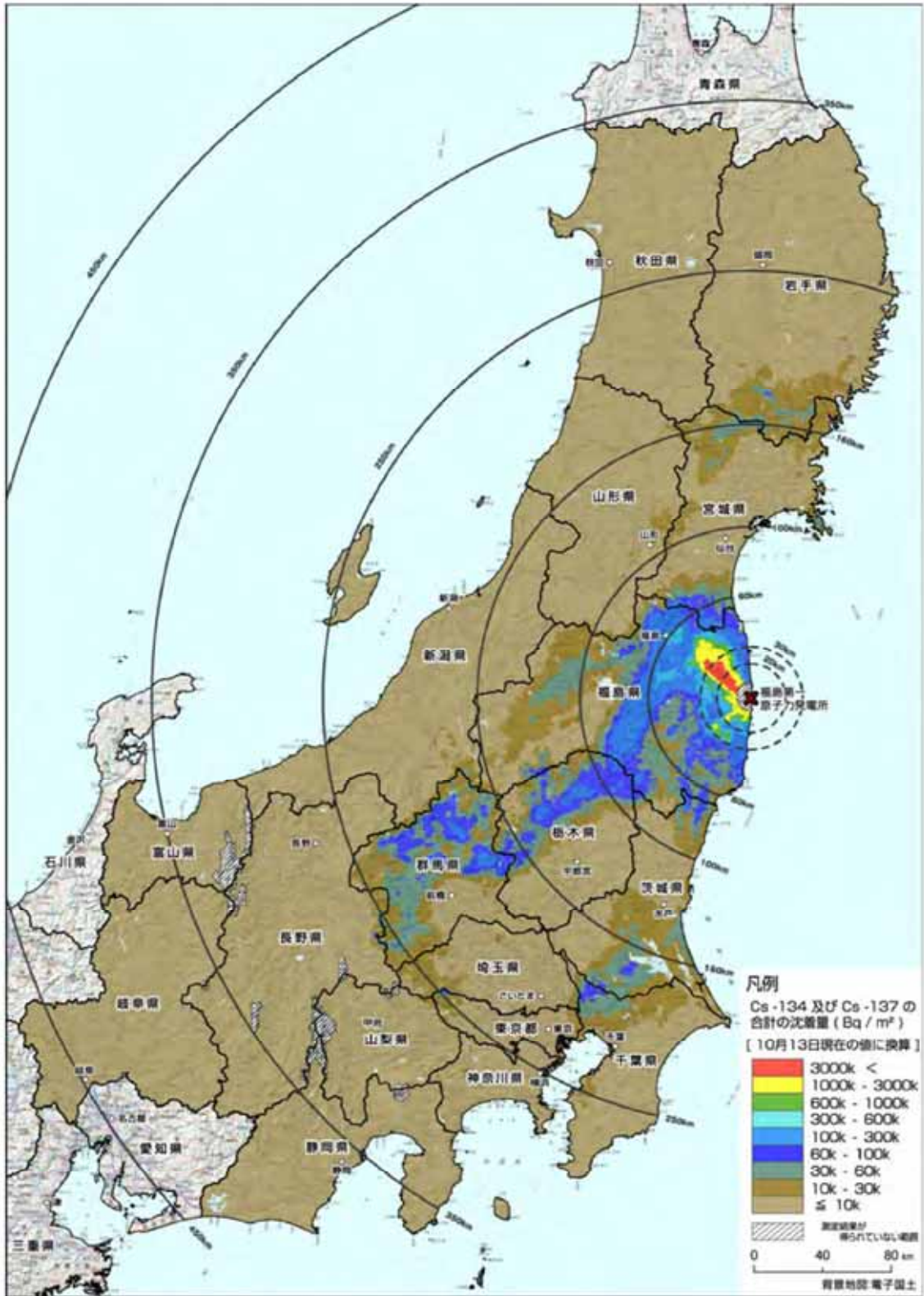


図 1-1 文部科学省による航空機モニタリング結果の例  
(Cs-134 及び Cs-137 の合計の蓄積量)

[http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/11/1910\\_111112.pdf](http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/11/1910_111112.pdf)

## 1 - 2 . 下水汚泥中の放射性物質検出状況

### ( 1 ) 全国の下水汚泥における放射性物質検出状況

原発事故の発生後から平成 23 年 10 月 28 日時点までに下水汚泥の放射性物質の検出が公表されたデータを表 1-1 に示す。放射性物質の特性から、放射性セシウム(セシウム 134 とセシウム 137 の合計。以下、特に断らない限り同様)が広範囲に拡散し、下水道に影響を与えると考えられることから、全国的に放射性セシウムを対象とした調査が行われている。この結果、東日本を中心とした広い範囲において脱水汚泥、焼却灰、溶融スラグより放射性物質が検出されており、放射性セシウム合計値の最大値は分流式下水道の脱水汚泥で 18,120Bq/kg、合流式下水道の脱水汚泥では 446,000Bq/kg 等、高濃度の値が観測されている。

表 1-1 平成 23 年 10 月 28 日時点までの下水汚泥中の放射性物質検出状況(1/2)

測定対象	都道府県	測定数	Cs134とCs137の合計値		
			セシウム合計値 (Bq/kg)		
			最小値	最大値	
分流式下水道 脱水汚泥	北海道	7	ND	ND	
	青森県	14	ND	ND	
	岩手県	45	7	320	
	宮城県	66	ND	429	
	秋田県	5	ND	ND	
	山形県	35	2	240	
	福島県	81	36	7,000	
	茨城県	207	21	1,430	
	栃木県	117	67	18,120	
	群馬県	143	22	870	
	埼玉県	93	18	238	
	千葉県	96	10	588	
	東京都	64	14	624	
	神奈川県	146	10	1,863	
	新潟県	139	5	306	
	富山県	10	5	5	
	福井県	2	ND	ND	
	山梨県	39	12	99	
	長野県	208	5	368	
	静岡県	100	8	69	
	愛知県	10	12	12	
	三重県	1	ND	ND	
	兵庫県	2	ND	ND	
	奈良県	6	ND	ND	
	和歌山県	1	ND	ND	
	鳥根県	2	ND	ND	
	大分県	1	ND	ND	
	長崎県	17	ND	ND	
	宮崎県	1	ND	ND	
	焼却灰	青森県	1	88	88
		岩手県	19	810	2,500
秋田県		3	141	210	
茨城県		46	340	17,020	
埼玉県		27	1,320	6,400	
千葉県		45	466	5,750	
東京都		67	280	5,920	
神奈川県		111	142	7,939	
富山県		1	ND	ND	
山梨県		7	303	1,159	
長野県		80	36	3,940	
静岡県		4	71	370	
愛知県		3	18	88	
大阪府		5	7	7	
溶融スラグ	富山県	4	7	22	
	長野県	10	23	44	
	大阪府	2	6	6	

表 1-1 平成 23 年 10 月 28 日時点までの下水汚泥中の放射性物質検出状況(2/2)

合流式下水道			Cs134とCs137の合計値	
測定対象	都道府県	測定数	セシウム合計値 (Bq/kg)	
			最小値	最大値
脱水汚泥	宮城県	4	135	1,430
	秋田県	1	ND	ND
	福島県	24	7,660	446,000
	埼玉県	57	15	1,073
	千葉県	13	124	3,800
	東京都	78	83	2,693
	神奈川県	42	62	3,700
	新潟県	55	12	1,764
	静岡県	6	28	136
焼却灰	埼玉県	50	740	15,200
	東京都	80	4,100	23,000
	神奈川県	42	1,640	11,970
	新潟県	21	40	1,195
溶融スラグ	大阪府	1	16	16
溶融スラグ	大阪府	2	21	52

一部合流または一部分流			Cs134とCs137の合計値	
測定対象	都道府県	測定数	セシウム合計値 (Bq/kg)	
			最小値	最大値
脱水汚泥	北海道	5	4	4
	青森県	4	14	14
	岩手県	20	32	1,035
	秋田県	1	113	113
	山形県	2	12	12
	福島県	10	430	26,400
	茨城県	27	146	2,080
	栃木県	14	285	4,300
	群馬県	37	75	3,690
	埼玉県	17	31	1,066
	千葉県	59	26	1,893
	東京都	36	41	3,150
	神奈川県	89	10	1,218
	新潟県	4	13	87
	富山県	4	ND	ND
	長野県	25	ND	ND
	静岡県	32	10	96
	愛知県	5	ND	ND
	大阪府	1	ND	ND
	兵庫県	7	ND	ND
	和歌山県	2	ND	ND
高知県	1	ND	ND	
焼却灰	北海道	12	5	94
	岩手県	19	990	2,510
	福島県	2	38,000	72,500
	茨城県	9	2,800	7,900
	栃木県	9	5,830	42,700
	群馬県	34	2,990	42,800
	埼玉県	6	6,880	26,100
	千葉県	11	9,400	20,500
	東京都	42	1,187	55,000
	神奈川県	122	594	13,056
	静岡県	9	22	1,092
	愛知県	4	22	39
	大阪府	5	7	17
	兵庫県	6	24	59
	奈良県	2	ND	ND
和歌山県	2	ND	ND	
溶融スラグ	福島県	1	334,000	334,000
	栃木県	5	12,000	29,000
	群馬県	12	12,900	17,090
	大阪府	2	10	10
溶融スラグ	兵庫県	1	ND	ND

(2) 福島県の下水処理場における放射性物質の検出状況

福島県では県中浄化センターをはじめ、県内4つの流域下水道終末処理場における放射線物質濃度の推移を県ホームページにて公表している。

県中浄化センターを例として脱水汚泥の放射能濃度及び降水量の推移を図 1-2、図 1-3、図 1-4 に示す。

放射性セシウムについては、時間の経過に伴い濃度が低下する傾向が見受けられるが、降雨後の1～2日間は、汚泥の放射能濃度が比較的高くなる傾向が確認されている。

県中浄化センターは処理区域の一部に郡山市の合流式下水道整備区域が含まれており、降雨に伴い、地表面に降下した放射性物質が下水に取り込まれ、脱水汚泥中に濃縮されたものと推測される。

なお、放射性ヨウ素については、平成 23 年 7 月以降ほとんど検出されていない。

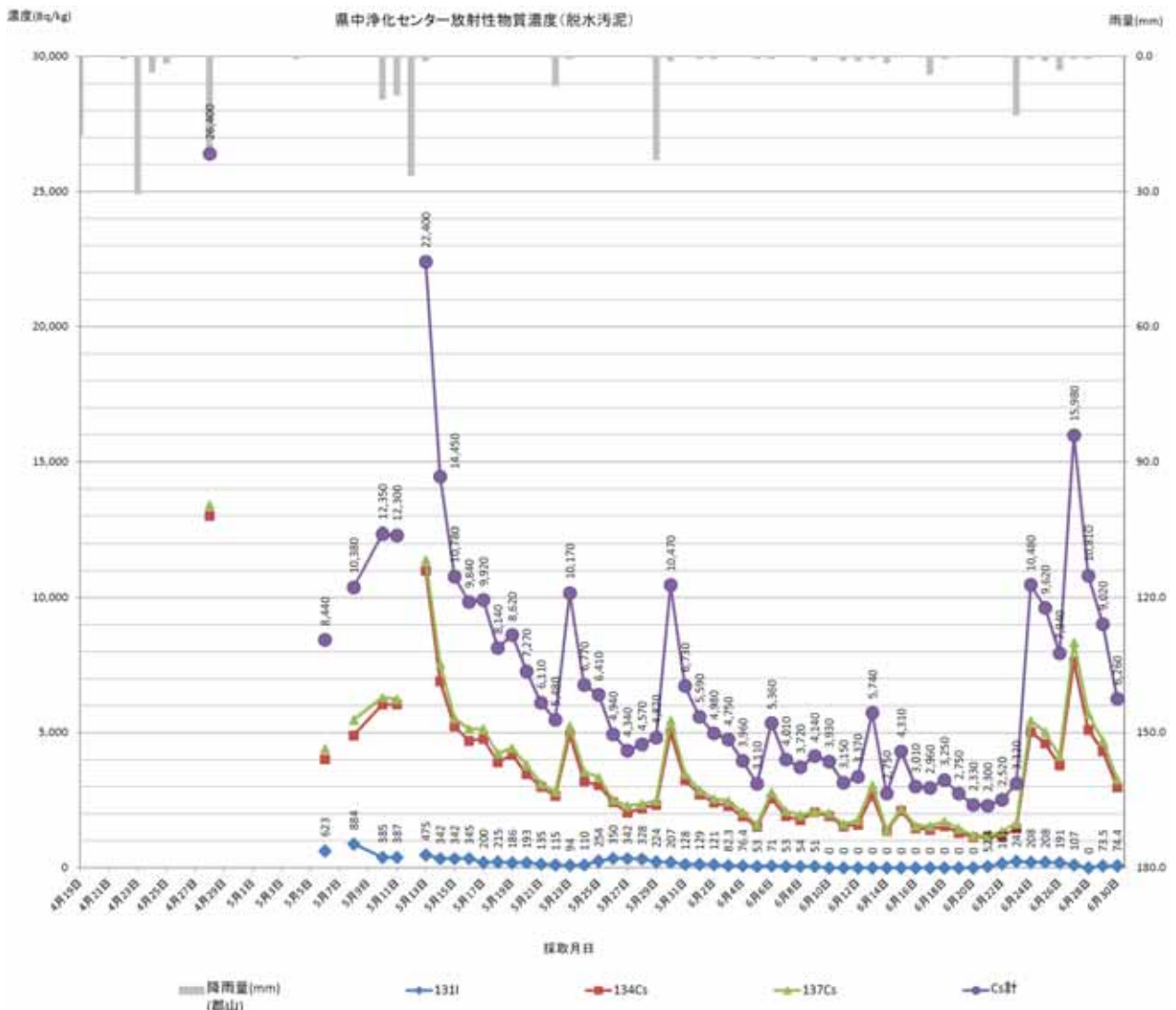


図 1-2 福島県県中浄化センターにおける脱水汚泥の放射能濃度推移  
(平成 23 年 4 月～6 月)

<http://wwwcms.pref.fukushima.jp/>

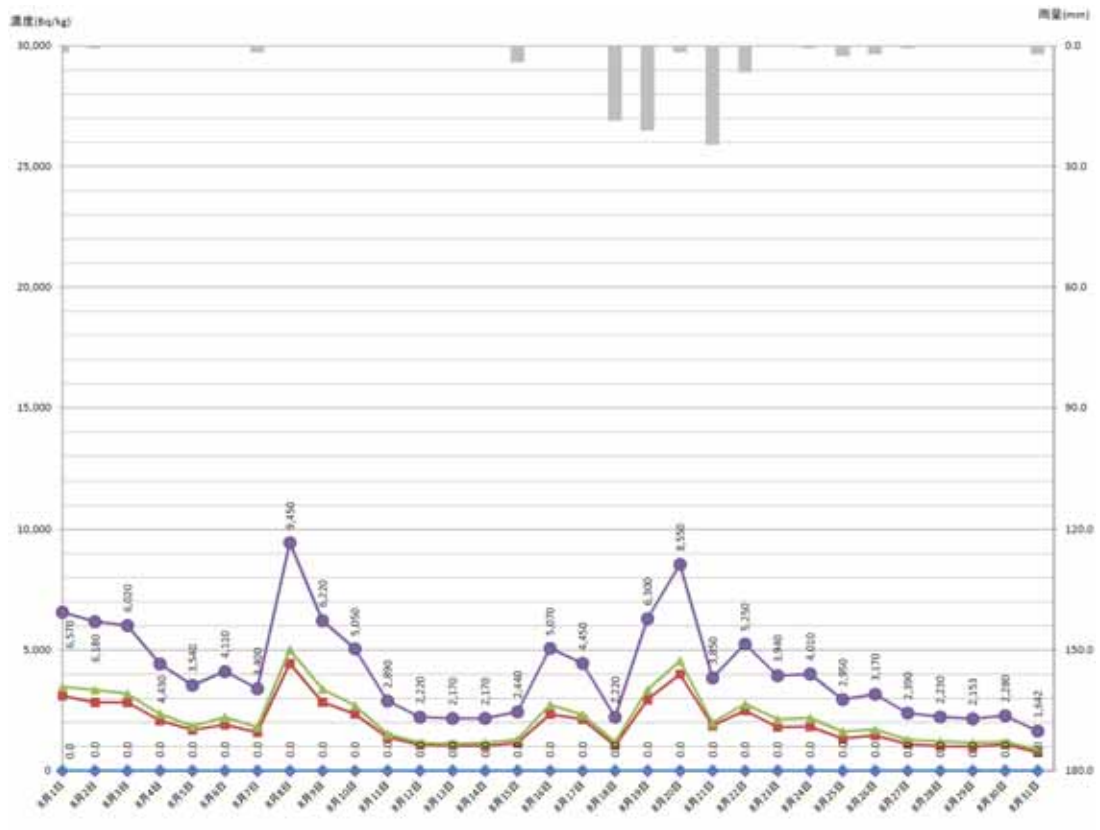
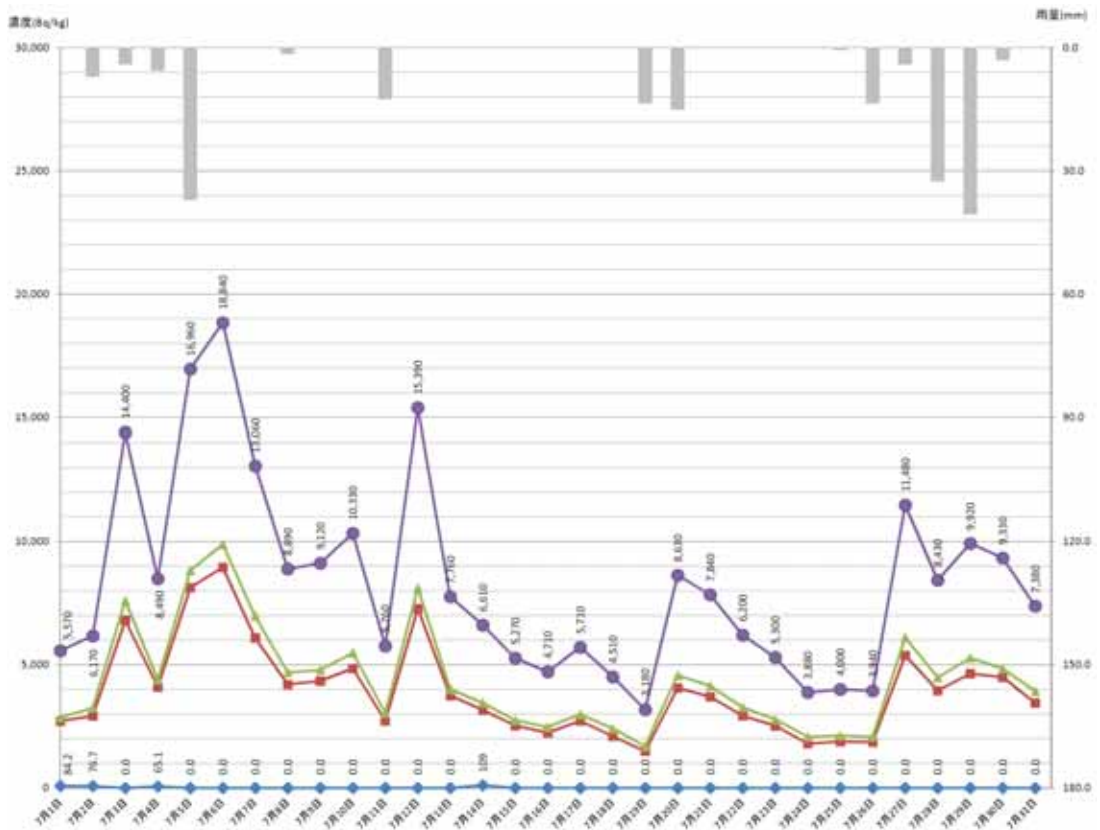


図 1-3 福島県県中浄化センターにおける脱水汚泥の放射能濃度推移  
 (上段:平成 23 年 7 月、下段: 8 月) <http://www.cms.pref.fukushima.jp/>



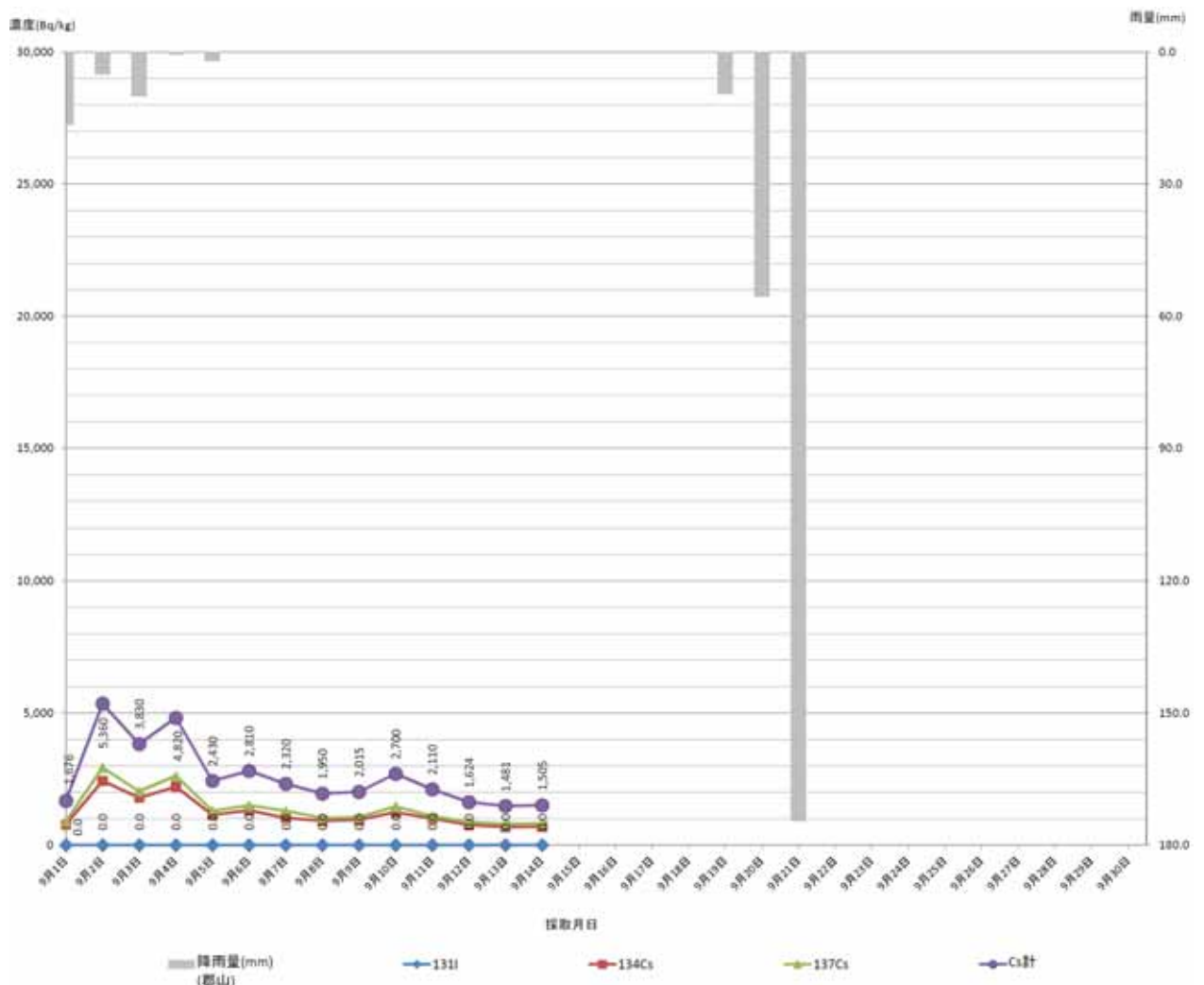


図 1-4 福島県県中浄化センターにおける脱水汚泥の放射能濃度推移(平成 23 年 9 月)  
<http://wwwcms.pref.fukushima.jp/>

### 1-3 . 放射性物質検出による下水汚泥の処理処分への影響

関東・東北地方を中心とした広い範囲で、下水汚泥中に放射性物質が検出されており、従来の受け入れ先への搬出が出来ず、一時的に場内等に保管をしている状況にある。

表 1-2 に平成 23 年 10 月 28 日時点における都県別下水汚泥等(脱水汚泥、焼却灰及び溶融スラグ)の保管量を示す。また、保管量の集計を開始した平成 23 年 7 月末以降における累積保管量の推移を図 1-5 に示す。10 月 28 日現在、岩手県から静岡県までの 14 都県において保管が実施されており、全国の累積保管量は合計 64,000t に達し、その保管量は約 400t/日のペースで増加している。

表 1-2 都県別  
下水汚泥等保管量  
(平成 23 年  
10 月 28 日時点)

都県名	累積保管量(t)
	10月28日時点
岩手県	約540
宮城県	約12,000
秋田県	-
山形県	-
福島県	約17,000
茨城県	約3,000
栃木県	約1,900
群馬県	約5,300
埼玉県	約6,700
千葉県	約510
東京都	約3,600
神奈川県	約12,000
山梨県	約240
長野県	約940
新潟県	約2
静岡県	約20
計	約64,000

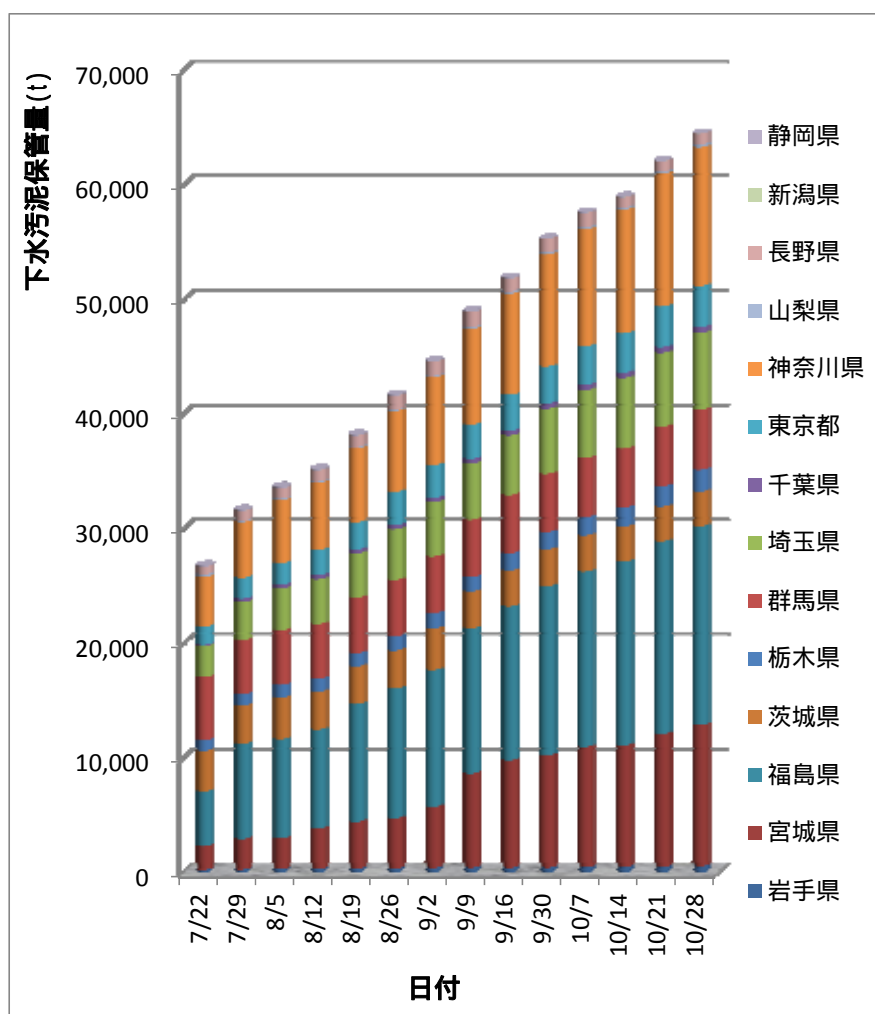


図 1-5 下水汚泥保管量の推移 (平成 23 年 10 月 28 日時点)



#### 1 - 4 . 第 1 章のまとめ

東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故発生に伴い放射性物質が広範囲に放出され、地表面からの流出等を通じて、関東・東北地方を中心に広範囲の下水処理場の下水汚泥から検出され、処分できずに下水汚泥が保管されている都県は 14 に至っている(平成 23 年 10 月 28 日時点)。環境中における放射性物質の検出値は大きく変化していない中、降雨後に見られる下水汚泥の放射能濃度の上昇が減少傾向にあることを考慮すると、今後も下水汚泥の放射能濃度の減少傾向が続き、問題とならない濃度まで低下するものと見込まれる。

しかしながら、現時点では、少しずつ処分量や再利用量は増加しているものの、依然として下水汚泥の有効利用・処分の中断が実態として続いている場合が多く、保管量も増加しており、受け入れ先、あるいは保管先の確保、減容化等の早急な対策が必要となっている。

## 第2章 放射性物質を含む下水汚泥の保管及び情報提供の状況

### 2-1 下水汚泥の保管の方法

国土交通省においては、原子力災害対策本部にてとりまとめた「福島県内の下水処理副次産物の当面の取扱いに関する考え方について」(国都下企第27号、平成23年5月12日)(以下、5/12通知)並びに「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について」(国都下企第54号、平成23年6月16日)(以下、6/16通知)を通知するとともに、下水汚泥等の保管状況の把握等を行ってきた。6/16通知で示されている脱水汚泥の保管もしくは仮置き、又は輸送の際の留意事項については以下に示すとおりである。

- ・脱水汚泥等を仮置き等又は輸送を行う際には、容器に封入する等、脱水汚泥等が飛散しないよう覆うこと
- ・土壌の上に脱水汚泥等の仮置き等を行う場合には、予め遮水シート等を敷く。
- ・耐水性材料等で梱包等した対象物を置き、雨水浸入防止のための遮水シート等で覆う、あるいはテントや屋根等で被覆する等適切な対策を講じること。

なお、5/12通知及び6/16通知についてはそれぞれ参考資料1及び参考資料2に添付した。これらの留意事項に対して、実際に脱水汚泥等の保管が行われている処理場において、現在どのように保管を行っているかを確認するため、平成23年7月上旬に脱水汚泥等の保管方法について抽出調査(以下、本章において単に「抽出調査」という)を行った。調査の概要を次に示す。

抽出調査の概要(平成23年7月上旬時点)

調査対象処理場数:48(岩手、宮城、福島、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、静岡、新潟)

【屋内保管】:38処理場

- ・耐水性材料等での梱包: 37箇所
- ・遮水シート等で被覆: 1箇所

【屋外保管】:19処理場

- ・遮水シート等を敷く+遮水シート等で被覆+耐水性材料等での梱包:18箇所
- ・遮水シート等を敷く+遮水シート等で被覆: 1箇所

また、表2-1及び写真2-1に保管状況の例を示す。

この結果、下水汚泥は全てフレキシブルコンテナ(以下、「フレコン」という)等の耐水性材料により梱包、もしくは遮水シート等で被覆の上、屋内保管あるいは屋外保管している状況であった。また、屋外保管しているケースについては遮水シート等(ビニールシート、ブルーシート、反応タンク等の躯体を含む)の上に耐水性材料に梱包した下水汚泥を置き、遮水シート等(ブ

ルーシート、テント等)を被せる対策を講じていた。

以上より、調査対象の処理場については、留意事項に対応した保管を行っていることが確認された。なお、有機物を含む脱水汚泥については、腐敗により、悪臭やメタン等の可燃性ガス、あるいは硫化水素等の有害ガスが発生する可能性があるため、ガスの測定、又はより簡易な代替手段として、発酵熱のモニタリング等を行うことによりガスの発生状況を確認し、換気等の対策についても検討が必要である。

表 2-1 保管状況の例(抽出調査結果。平成 23 年 7 月上旬実施)

処理場名	放射性Cs 測定結果 最大値 (Bq/kg)	保管状況			
		耐水性材料等での 梱包有無	置き場	遮水シート等有無 【汚泥下部】	雨水対策 【汚泥上部】
a 処理場	26,400 (脱水汚泥)	×	土壌 (周囲に側溝設置)	(ビニルシート)	遮水シート
b 処理場	2,900 (脱水汚泥) " (6/13~)	(フレコン)	最終沈殿池 (未使用池)	(コンクリート)	ブルーシート
		(フレコン)	土壌	(ブルーシート)	仮置用テント
c 処理場	2,610 (脱水汚泥)	(フレコン)	コンクリート、土壌 (処理場敷地内)	(コンクリート、ブルーシート)	養生シート
d 処理場	未測定				
e 処理場	1,753 (脱水汚泥) " (6/3~)	(フレコン)	汚泥処理棟(屋内)	(コンクリート)	屋内
			土壌(屋外)	(ブルーシート)	ブルーシート
f 処理場	9,380 (脱水汚泥)	(フレコン)	反応タンク (未使用池)	(コンクリート)	覆蓋型

また、平成 23 年 9 月 9 日時点において保管を行っている処理場に対しアンケート調査を行った結果でも、すべての処理場において留意事項に対応した遮水対策及び飛散防止対策が行われていた。また、汚泥の保管場所については屋外が約 6 割、屋内が約 4 割という状況であった(表 2-2、図 2-1 参照)。

表 2-2 保管を行っている処理場における汚泥保管状況

(アンケート調査結果。平成 23 年 9 月上旬実施)

遮水対策	118 箇所すべてで実施
飛散防止の有無	118 箇所すべてで実施

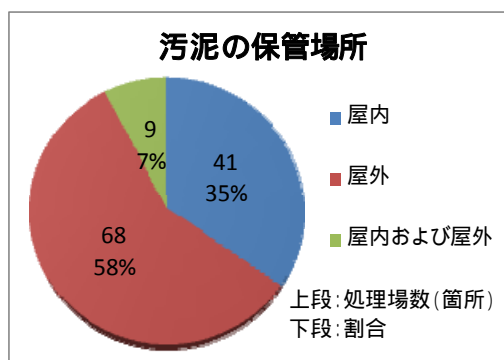


図 2-1 保管を行っている処理場における汚泥保管状況

(アンケート調査結果。平成 23 年 9 月上旬実施)

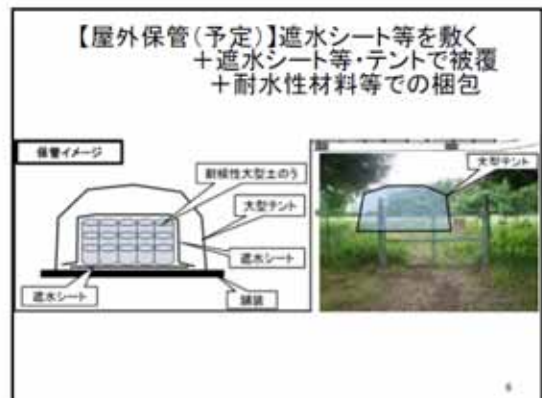
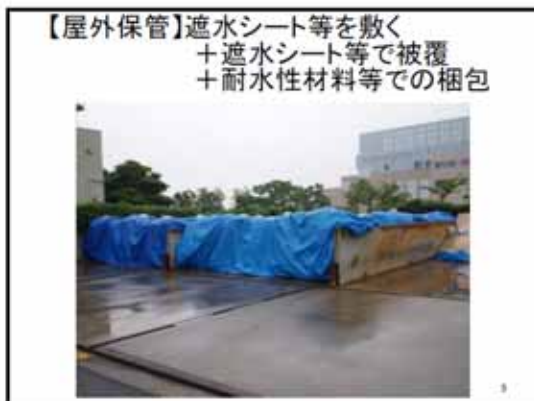


写真 2-1 保管状況(アンケート調査結果。平成 23 年 9 月上旬実施)

## 2 - 2 . 放射能に関するモニタリング状況

6/16通知で示されている放射線監視の際の留意事項については以下に示すとおりである。

- 1) 施設が立地する都道府県(以下「施設立地県」という。)は、日に1回又は脱水汚泥等の施設への搬入の度を目途に、放射線遮へい物又は脱水汚泥等を封入した容器等の側面における放射線線量当量率を測定し、記録すること。
- 2) 施設立地県は、週に1回を目途に、焼却・溶融等施設の排気における放射能濃度を測定し、記録すること。
- 3) 施設立地県は、週に1回を目途に、保管している管理型処分場の浸出水流入水及び処理水における放射能濃度を測定し、記録すること。
- 4) 施設立地県は、1)又は2)の測定結果に基づき、必要に応じ放射線の遮へいの強化等必要な措置を講じること。
- 5) 1)から2)の測定は、施設立地県が施設管理者に委託しても差し支えない。また、施設立地県は施設管理者と共に、4)の措置を行う。
- 6) 1)から3)の測定頻度等については、測定結果等に応じ柔軟に対応すること。

これらの留意事項に対して、抽出調査によって脱水汚泥等の保管が行われている処理場で、現在どのように放射線線量等のモニタリングを行っているかを確認した。

その結果、調査対象の処理場については、汚泥の核種分析及びサーベイメーターによる線量測定を定期的実施していることが確認された。なお、頻度については汚泥の放射能濃度等に応じて、自治体の判断において適切に実施されていた。

表 2-3 下水処理場内における放射線監視状況の例  
(抽出調査結果。平成 23 年7月上旬実施)

処理場名	放射線監視状況				
	核種分析			サーベイメーターによる線量測定	
	サンプル採取対象	採取箇所	採取頻度	実施有無	頻度
a 処理場	脱水汚泥	脱水機	毎日		週3回
b 処理場	脱水汚泥	搬送コンベア部	毎日		試料採取時
c 処理場	脱水汚泥	フレコン	2週間に1度		週1回
d 処理場					
e 処理場	焼却灰(加湿後)	ホッパー	2週間に1度		試料採取時
f 処理場	脱水汚泥	フレコン	1ヶ月に2回程度		作業時

## 2 - 3 . 周辺住民の安全性の確保

6/16 通知で示されている保管の際の留意事項については以下に示すとおりである。

- ・ 処理・輸送・保管に伴い、周辺住民の受ける線量が 1 mSv/年を超えないようにするとともに、処理施設等の周辺環境の改善措置を併せて行うことにより、周辺住民が受ける放射線の量を抑制するように特段の配慮が必要。

上記の留意事項に対して、抽出調査によって脱水汚泥等の保管が行われている処理場において、周辺住民への安全性配慮状況を確認するため、処理場敷地境界周辺における空間線量の測定状況について調査した。

この結果、いずれの処理場においてもサーベイメーターにより敷地境界周辺の複数箇所に於いて毎日～週 1 回程度の頻度にて空間線量の測定を実施している状況であった。

表 2-4 下水処理場敷地周辺における放射線監視状況  
(抽出調査結果。平成 23 年 7 月上旬実施)

処理場名	空間線量測定状況		
	測定方法	測定頻度	測定箇所数
a 処理場	サーベイメーター	週 3 回	処理場敷地周辺 6箇所 敷地境界から 0.5～1kmの地点 4箇所 計10箇所
b 処理場	サーベイメーター	毎日	5/2～6/27処理場内 18箇所 6/28～同12箇所 計12箇所
c 処理場	サーベイメーター	週 1 回	処理場敷地境界 5箇所 計5箇所
d 処理場			処理場敷地境界 3箇所 計3箇所
e 処理場	サーベイメーター	週 1 回	処理場敷地周辺 5箇所 計5箇所
f 処理場	サーベイメーター	毎日	処理場敷地周辺 12箇所 計12箇所

## 2 - 4 . 情報提供のあり方

### (1) 情報提供状況

抽出調査によって自治体が発行している周辺住民への情報提供手法について整理した結果、

- ・ 下水汚泥の放射能濃度測定結果
- ・ 空間線量測定結果
- ・ 汚泥の保管状況 等

について、住民説明会や掲示板への提示、チラシの配布、あるいはホームページへの掲載等により周知されている状況であった。

表 2-5 住民への情報提供手法の例  
(抽出調査結果。平成 23 年 7 月上旬実施。)

処理場名	住民への情報提供手法
a 処理場	・ 住民説明会 ・ 住民との測定会
b 処理場	・ 処理場エントランスホールでの掲示
c 処理場	・ 脱水汚泥の測定値をホームページに掲載
d 処理場	・ 区長を通じて汚泥の保管状況と安全性を説明
e 処理場	・ 検討中
f 処理場	・ 空間線量測定結果を周辺住民各戸へ配布

### (2) 情報提供を行うことが望ましい内容

放射性物質が下水汚泥中に検出されたことがマスコミにおいて大きく取り上げられており、地域住民は不安を抱えている状況にある中で、下水道管理者として速やかに情報提供を行い、透明性を確保する必要がある。

下水道管理者から提供することが望ましい内容としては主に以下の項目が挙げられる。

- 下水汚泥や放流水等の放射能濃度測定結果
- 下水処理場敷地境界等における空間線量測定結果
- 測定結果に関する解説
- 下水処理場施設に関する基礎知識
- 放射性物質や健康に関する基礎知識、情報提供イベント(説明会等)の案内 等

参考として図 2-2 及び表 2-6 にホームページで情報提供を行う場合のイメージを示す。



- 放射線測定結果
- 放射能 Q&A
- 講習会・講演会のご案内  
広報物・パンフレット
- お問い合わせ
- リンク

新着情報

- H23.△.△ 〇〇センター敷地内における空間放射線量の測定結果を掲載しました。
- H23.△.△ 脱水汚泥および焼却灰中の放射性物質濃度測定結果を掲載しました。
- H23.△.△ リンク先に放射線健康リスク管理アドバイザーによる説明会のご案内を追加しました。
- H23.△.△ リンク先に文部科学省の放射線モニタリング情報を追加しました。

⇒過去の新着一覧

放射線・放射能測定結果(〇〇センター測定分)

〇〇センターでは、今般の東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、皆様の健康不安を軽減するため、**空間放射線量**、**脱水汚泥**や**焼却灰**に関する最新の放射能測定結果をホームページで提供しています。

脱水汚泥中の放射能(最新) 単位:Bq/kg

採取日	放射性ヨウ素	放射性セシウム	
	131	134	137
△月△日(水)	ND(不検出)	342	391
△月△日(火)	ND(不検出)	681	721

⇒グラフ

⇒過去のデータ

焼却灰の放射能(最新) 単位:Bq/kg

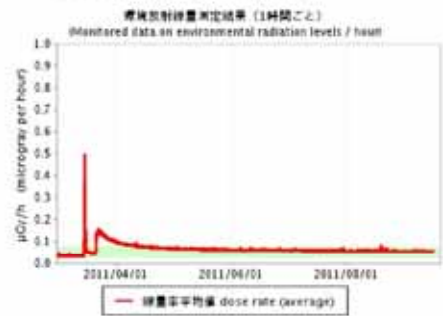
採取日	放射性ヨウ素	放射性セシウム	
	131	134	137
△月△日(水)	ND(不検出)	1210	1260
△月△日(火)	ND(不検出)	1180	1230

⇒グラフ

⇒過去のデータ

空間放射線量

モニタリングポストによる測定



1時間あたりの放射線量

⇒測定箇所図

⇒1時間単位(最新のデータ)

⇒1日ごと(過去のデータ)

関連情報へのリンク

- [放射線Q&A\(〇〇市総務部\)](#)
- [放射線健康リスク管理アドバイザーによる説明会のご案内\(〇〇市総務部\)](#)
- [下水道の仕組み\(〇〇市上下水道部\)](#)
- [全国の放射線モニタリング情報\(文部科学省\)](#)
- [〇〇県における放射性物質測定結果\(〇〇県危機管理室\)](#)
- [福島原発・放射能関連情報\(首相官邸災害対策ページ\)](#)
- [放射線に関する基礎知識\(独立行政法人 日本原子力研究開発機構\)](#)
- [健康への影響に関する情報\(独立行政法人 放射線医学総合研究所\)](#)

テキスト情報のみのページ  
http://〇〇……

● 本ホームページに関わる著作権は〇〇センターに帰属します。

図 2-2 情報提供用ホームページの例  
(図中の丸囲み数字は表 2-6 に解説)





表 2-6 ホームページ等で情報提供を行うことが望ましい内容について(2/2)

情報提供内容	イメージ
<p>下水処理場施設に関する基礎知識</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・専門用語の解説</li> <li>・水処理及び汚泥処理の流れ</li> <li>・処理施設の仕組みや施設概要 (例えば濃縮、脱水、焼却、バグフィルタの説明等) 等</li> </ul>	<p>水処理及び汚泥処理のフロー</p> <p>汚泥処理とは？</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>濃縮</li> <li>消化</li> <li>脱水</li> <li>乾燥</li> <li>焼却</li> </ul> <p>(出典：日本下水道協会「下水道施設設計指針と解説」)</p>
<p>その他情報</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性物質や健康に関する基礎知識</li> </ul> <p>例</p> <p>放射能と放射線はどう違うのか。 半減期というのはどういうものか。 外部被ばく、内部被ばくとはどういうことか。等</p> <p>・情報提供イベントの案内(放射線健康リスク管理アドバイザーによる説明会や下水処理場周辺地域における住民説明会等)</p>	<p>出典：日本原子力研究開発機構ホームページ <a href="http://www.jaea.go.jp/04/ztokai/katsudo/risk/risknavi/box/nuclear2.html">http://www.jaea.go.jp/04/ztokai/katsudo/risk/risknavi/box/nuclear2.html</a></p> <p>イベント案内の例</p> <div style="border: 2px solid yellow; padding: 5px;"> <p><b>市 放射線健康リスク管理アドバイザー講演会開催のお知らせ</b></p> <p>市では、市民の皆さんに放射能について、基本的な知識を専門家に分かりやすく解説していただくため、講演会を開催することにいたしました。放射能が人体に及ぼす影響や日常生活での留意点などについてのお話が聞ける貴重な機会ですので、多くの皆さんのご来場をお待ちしています。</p> <p>講師 先生( 大学教授 県放射線健康リスク管理アドバイザー)</p> <p>日時 -月-日</p> <p>場所 ××会館</p> <p>入場は無料です</p> </div>

## 2 - 5 . 第 2 章のまとめ

放射性物質を含む下水汚泥の保管手法や放射能に関するモニタリング状況、及び住民等への情報提供状況等について自治体へのアンケート調査を実施した。

現段階では脱水汚泥あるいは焼却灰等の保管を行っているすべての処理場において容器への封入等による飛散の防止、遮水シート等による雨水浸入防止等が図られ、安全性の観点で適切に保管されていることが確認できた。一方、保管を継続する中で、汚泥の臭気等の新たな問題が顕在化してきている。

放射能のモニタリング状況については、測定頻度は様々であるが、汚泥核種分析のほか、下水処理場内及び処理場敷地境界においてサーベイメーターによる空間線量の測定が着実に行われていた。また、放射能測定結果等についてはホームページや住民説明会等を通じて周知しているほか、住民参加による空間線量測定会を実施しているケースもあり、地域特性に応じた工夫が認められた。

本とりまとめでは、情報提供の実施例を踏まえ、適切な情報提供のあり方について具体的に整理して提示した。

### 第3章 下水道に関連する放射性物質の挙動

放射性物質が下水処理場に流入した結果、脱水汚泥から高濃度の放射性物質が検出された。この状況をより詳細に把握・検討するため、雨天時における放射性物質の流入状況の調査、下水道管渠内堆積物の調査、下水処理場内での放射性物質の挙動調査、焼却炉排気ガス中に含まれる放射性物質の調査を行った。また、下水汚泥焼却灰および熔融スラグの溶出試験を行い、水との接触により放射性セシウムが溶出する特性を調査した。なお、表 3-1 に下水処理場での調査内容を示す。

表 3-1 下水処理場での調査内容(全て平成 23 年に実施)

下水処理場	流入方式	雨天時流入 Grab サンプリング	晴天時 Grab サンプリング	晴天時 24 時間コンポジット サンプリング
A	合流式	7 月 4 日	6 月 30 日	7 月 4-5 日 8 月 30-31 日
B	分流式 (一部合流式を含む)	7 月 4 日	7 月 1 日	7 月 4-5 日 9 月 15-16 日
C	分流式		7 月 4 日	7 月 7-8 日
D	分流式 (一部合流式を含む)		7 月 5 日	7 月 7-8 日
E	分流式			7 月 7-8 日

### 3-1. 流入状況

下水処理場への放射性セシウムの流入は降雨による影響が大きいと予想されるため、合流式下水道における初期降雨時の流入下水中に含まれる放射能濃度の調査を行った。この調査の結果(表 3-2)、初期降雨時の試料(雨水混入率 約 8 割)には、日平均値と比べ 30 倍以上の高濃度で放射性のセシウムが流入していることが確認された。したがって、下水道への放射性セシウムの流入は、降雨による影響が大きいことが示された。

$$\text{雨水混入率} = (\text{雨天時流入量} - \text{晴天時流入量}) / \text{雨天時流入量}$$

表 3 2 合流式下水道の流入水中の放射性セシウム濃度の比較

	日平均流入水	雨天時流入水
Cs-134 (Bq/kg)	11.2	384.1
Cs-137 (Bq/kg)	13.1	406.6

(1 処理場のサンプル)

また、下水道管渠内の堆積物等の放射性セシウムの状況について現状を把握するために、合計 19 地点(合流区域 14、分流区域 5)のマンホールの調査を 7 月に実施した。

この結果、1 地点を除きマンホールには堆積物がないことが確認された。ポンプ場沈砂池や伏越し管の底部等で堆積が生じている可能性はあるものの、通常は、菅渠の大部分で日常的な下水の掃流効果や定期的な清掃によって堆積物が除去されていることから、汚染された堆積物から放射性セシウムの供給が継続する可能性は低いと考えられた。

したがって、終末処理場への放射性セシウムの流入は、主として降雨により、地表面に蓄積した放射性物質が洗い流されることによって生じるものであり、地表から流出する放射能濃度が低下すれば、下水の放射能濃度も低下するものと推測される。

### 3 - 2 . 処理場内での挙動

下水処理場における放射性物質の挙動を定量的に把握するため、Grabサンプリングによる調査(4箇所)を行った後、24時間のコンポジットサンプリングによる晴天時調査を2回(1回目4箇所、2回目2箇所)行った。Grabサンプリングによる調査はおおよそその挙動を把握し、試料濃度等の見当をつけることを目的として実施したものである。なお、Grabサンプリングによる調査の結果は参考資料3に示す。

コンポジットサンプリングによる調査は2回行い、試料は3時間ピッチで採取後、流量比例のコンポジットサンプルとして作成(焼却灰・スラグ等は排出時に採取して混合)した。

第1回目調査及び第2回目調査の結果として、A処理場の処理過程における放射性物質の移動量を放射能濃度とともに図3-1に示す。この結果、流入水に含まれる放射性セシウムの約5割が処理水に残存していたが、管理型処分場の処理水濃度限度を大幅に下回っていた。なお、他の処理場では処理水に残存している放射性物質は不検出であった(検出下限値はセシウム合計値として2.4Bq/L)。下水処理過程内における放射性物質は活性汚泥とともに浮遊性物質として、主としてエアレーションタンク内に保持されていた(表3-3)。また、濃縮過程では、混合汚泥に含まれる浮遊性の放射性セシウムの9割以上が濃縮汚泥に移行していたが、濃縮分離液、脱水分離液等を介し、一部の放射性物質がエアレーションタンクに再度流入していることが明らかになった。なお、2回目調査のときには、全体的に放射能濃度が低下しており、長期的にはエアレーションタンク内に蓄積されている放射性物質の量は減少することが示めされた。

一方、流入水及び反応槽における放射性セシウム濃度が低いC、E処理場でも、濃縮汚泥以降では検出されており、主として浮遊性の成分が汚泥に移行し、濃縮、脱水の過程で濃縮されて高濃度になっていることがわかった。したがって、流入水や反応槽において放射能濃度が検出下限値未満の処理場でも、脱水汚泥や焼却灰の放射能濃度を測定することによって、汚泥滞留期間中の平均的な流入水等の汚染状況とその変化を推測することができる。さらに、長期的にその変化を観測し周辺環境の汚染状況の変化等と関連づけることによって、将来の汚泥中の放射能濃度を予測することが可能と考えられる。

：「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」(平成13年3月21日、経済産業省告示第187号)の周辺監視区域外の濃度限度  
濃度限度 セシウム-134:60Bq/L、セシウム-137:90Bq/L  
なお、セシウム-134とセシウム-137の両方が検出された場合には、各放射性物質の濃度限度に対する割合の和が1以下でなければならない。



表 3-3 下水処理の各工程における SS 及び放射性セシウムの濃度・除去率

A処理場(コンボジット調査1回目)

	濃度				備考 (図3-1中の番号)
	SS (mg/L)	Cs(浮遊性) (Bq/kg)	Cs(溶解性) (Bq/kg)	Cs計 (Bq/kg)	
流入下水	100	16.8	7.5	24.3	
最初沈殿池流出水	124	25.2	11.8	37	
放流水	5	1.2	12	13.2	
混合汚泥	28361	6777	-	6777	
濃縮汚泥	14962	4152	-	4152	
濃縮分離液	269	76.4	45.2	121.6	
脱水汚泥	21500	81675	-	81675	
脱水分離液	2502	713.5	157.3	870.8	
	(%)	(%)	(%)	(%)	
最初沈殿池除去率	-24	-50	-57	-52	( - )/
最終沈殿池除去率	96	95	-2	64	( - )/
水処理トータル	95	93	-60	46	( - )/
濃縮回収率	99	99	-	98	( - )/
脱水固形物回収率	83	83	-	79	( - )/

B処理場(コンボジット調査1回目)

	濃度				備考 (参考資料3 図資3-3(3/6)中の番号)
	SS (mg/L)	Cs(浮遊性) (Bq/kg)	Cs(溶解性) (Bq/kg)	Cs計 (Bq/kg)	
流入下水	125	20.2	2.9	23.1	
最初沈殿池流出水	46	6.2	1.1	7.3	
放流水	2	ND	ND	ND	
生汚泥	6003	314	-	314	
余剰汚泥	4365	265	-	265	
濃縮汚泥	23785	926	-	926	
濃縮分離液	105	9.4	7	16.4	
脱水汚泥	19000	10007	-	10007	
脱水分離液	313	5.2	2.6	7.8	
	(%)	(%)	(%)	(%)	
最初沈殿池除去率	63	69	62	68	( - )/
最終沈殿池除去率	96	> 90	-	> 67	( - )/
水処理トータル	98	> 97	> 38	> 90	( - )/
濃縮回収率	98	97	-	97	*
脱水固形物回収率	99	99	-	99	( - )/

\* 計算方法は次の通り

$$\left( \frac{\text{SS} \times 0.406 + (\text{余剰汚泥}) \times 0.594}{\text{SS} + (\text{余剰汚泥})} \right) / \left( \frac{\text{Cs} \times 0.406 + (\text{余剰汚泥}) \times 0.594}{\text{Cs} + (\text{余剰汚泥})} \right)$$

なお、生汚泥の流量1352m<sup>3</sup>、余剰汚泥の流量1981m<sup>3</sup>より

$$\text{生汚泥の流量比率 } 0.406 = 1352 / (1352 + 1981)$$

$$\text{余剰汚泥の流量比率 } 0.594 = 1981 / (1352 + 1981)$$

(Cs 濃度は、Cs-134 と Cs-137 の合計値。浮遊性と溶解性は、1 μm ガラス繊維ろ紙で分画)

他の処理場の結果の概要は参考資料3に示す。



以上の調査結果により次の点が確認された。

1) 主にエアレーションタンクにおいて放射性セシウムが蓄積されていること

処理場内で、放射性セシウムは活性汚泥が保持されているエアレーションタンクに主として蓄積されていた。

2) 処理場内で放射性セシウムが循環していること

放射性セシウムの流入が少ない場合でも、返送汚泥や汚泥処理系統からの返流水により放射性物質がエアレーションタンクへ再度流入しており、処理場内で放射性物質が循環している。

3) 蓄積されている放射性セシウムは、長期的には減少傾向と考えられること

晴天時には、流入下水由来の流入負荷よりも、脱水汚泥の排出等による系外への流出負荷の方が大であり、長期的には処理場内に蓄積されている放射性物質の量は減少する傾向にあった。

4) 脱水汚泥等の放射性セシウムの減少は、流入下水の放射性セシウムの減少よりも遅れて現れる。

脱水汚泥等の放射能濃度は、エアレーションタンクに蓄積されている放射性セシウムの量に大きく影響されると考えられる。流入下水中の放射性セシウムの量が減少しても、エアレーションタンク等には放射性セシウムが蓄積しているため、脱水汚泥等の放射性セシウムの減少は遅れて現れると考えられる。

### 3-3 . 排気中に含まれる放射能濃度

焼却炉 2 箇所及び溶融炉 1 箇所を対象として、排気中に含まれる放射性セシウム濃度を測定した(4 時間以上吸引:3.3Nm<sup>3</sup> 以上)。その結果、いずれの処理場においても排気中の放射性セシウム濃度は不検出であり、下水汚泥の焼却炉及び溶融炉における放射性セシウムの環境中への放出は見受けられなかった。

表 3-4 焼却灰、溶融スラグ及び排気中に含まれる放射性セシウム濃度

	焼却灰あるいは溶融スラグに含まれる放射性セシウム濃度 (Bq/kg)		排気中に含まれる放射性セシウム濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )	
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137
焼却炉	14,991	16,626	ND (<0.06)	ND (<0.06)
焼却炉	7,137	7,722	ND (<0.09)	ND (<0.11)
溶融炉	12,380	14,357	ND (<0.40)	ND (<0.45)

( ) 内は検出下限値

後述する測定法暫定マニュアル(第 1 版)による調査方法とは次の点で異なる。

- ・ろ紙による捕集ではなく、カスケードインパクターを使用し捕集を行っている点(捕集効率は同等)
- ・活性炭カラムを設置していない点(脱水汚泥に放射性ヨウ素が含まれていなかったため、ガス状のヨウ素は対象としていない)

#### ・排気の影響の評価例

第 3 回災害廃棄物安全評価検討会(6/19)の資料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」p.53 において、災害廃棄物の焼却炉(1 日の能力約 130 t、焼却量に占める災害廃棄物の割合 27%、放射性セシウムの排気中に移行する割合 0.5%を仮定)周辺で排気として放出され地表に沈着した放射性セシウムにより周辺に定住する住民(子ども)が受ける外部被ばく線量は、災害廃棄物中の放射能単位濃度 (Bq/g)あたり年間  $4.8 \times 10^{-4}$  mSv であり、同じく焼却炉排気中の粉じん吸入による子どもの内部被ばく線量は年間  $5.4 \times 10^{-6}$  mSv であると報告されている。また、「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)の p.9(参考 3)安全評価のための計算の例では、上述の考え方及び仮定を用いて、3,000 Bq/kg の災害廃棄物を焼却した(390 t/日)場合の焼却炉から放出された粉じんからの子どもの年間被ばく線量は、年間  $1.6 \times 10^{-5}$  mSv であり、安全を見て 10 年間の焼却に伴うダストが周辺土壌にすべて沈着すると仮定した場合の粉じんが沈着した土壌からの子どもの年間被ばく線量は、年間  $1.4 \times 10^{-3}$  mSv と試算されている。これは、原子力安全委員会の処理に関する目安である 1mSv/y 及び処分に関する目安である 0.01mSv/y(10  $\mu$  Sv/y)を下回っているとしている。

この算出法では、焼却により廃棄物中の放射性セシウムの 0.5%が排ガスと共に放出されることを前提にしているが、排気の集塵効率が 99%と安全側で仮定されており、実際の集塵効率はより高いと想定されること、また、汚泥(焼却前の脱水ケーキ)の放射能濃度は次第に低下する傾向にあることなどを考慮すると、焼却炉周辺住民の実際の被曝線量は更に低い値であり、焼却炉からの排ガスに

よる健康影響はほとんどないと考えられる。

#### ・排気の放射能濃度の測定方法

焼却施設等から発生する排気の放射能濃度の測定方法については、廃棄物等の放射能調査・測定法研究会<sup>1</sup>がとりまとめた「廃棄物等の放射能調査・測定法暫定マニュアル(第1版)」([http://www.nies.go.jp/shinsai/radsurvey\\_111111.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/radsurvey_111111.pdf))に、大気汚染防止法やダイオキシン類対策特別措置法等の測定方法を参考にした方法が記載されている。本測定法では、排ガス中の放射性物質をフィルタによるろ過捕集、吸着ビンによる液体捕集および活性炭カラムによる吸着捕集で捕集することとしている。測定法の概要を同マニュアルより抜粋して参考資料4に示す。

なお、放射性物質汚染対処特措法<sup>2</sup>の省令等における測定方法については、今後定められる予定である。

#### 1: 廃棄物等の放射能調査・測定法研究会

(独)国立環境研究所、国土技術政策総合研究所、(財)日本環境衛生センター、京都大学、(社)日本環境測定分析協会の協力の下、放射能の調査・測定法の標準化にむけた検討を行うことを目的として設立された研究会

#### 2: 放射性物質汚染対処特措法

詳細については参考資料9を参照。

#### ・自治体の調査結果

東京都では、下水処理場において下水汚泥を焼却した際に発生する排ガスに含まれる放射性ヨウ素131、放射性セシウム134、放射性セシウム137の調査を行っているが、いずれの処理場においても不検出(検出下限値未満)であった。

東京都が用いた測定方法は、微細ガラス繊維を含んだセルローズ繊維ろ紙(JIS Z 4601(放射ダストサンブラ)規程ろ紙)により、放射性セシウムをろ過捕集し、活性炭を含んだセルローズ繊維ろ紙(JIS Z 4336(放射性ヨウ素サンブラ)規程ろ紙)により放射性ヨウ素を吸着捕集している。吸収ビンによる液体捕集、活性炭カラムによる吸着捕集は用いていない。吸引速度は、15L/分ではなく30L/分、吸引時間は4時間以上ではなく3.5~4時間であるが、気体の採取量は暫定マニュアルで推奨されている3 m<sup>3</sup>N以上が確保されている。測定方法の概要及び調査結果は、参考資料4に示す。

### 3 - 4 . 脱水汚泥の放射能濃度の推移

A、B処理場における脱水汚泥の放射性セシウム濃度の経時的变化を図 3-2 に示す。本図より、A処理場では指数関数的に減少していることが明らかになった。また、B処理場においても、降雨の影響と思われる放射能濃度の増加が観察されるものの、増減を繰り返しながら減少していることが示された。今後も引き続き低減していくものと推定される。

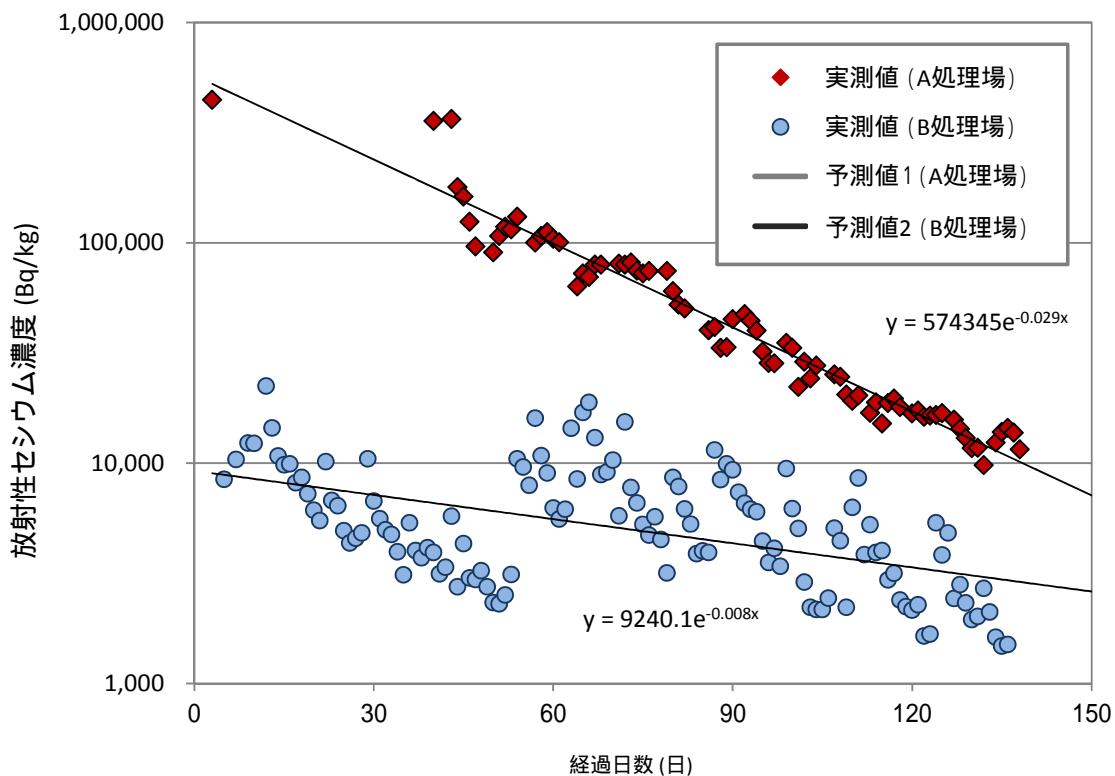


図 3-2 脱水汚泥中の放射性セシウム濃度 (Cs) の推移予測  
(放射性セシウム濃度は、Cs-134 と Cs-137 の合計値)

### 3 - 5 . 溶出試験結果

下水汚泥焼却灰及び溶融スラグについて、放射性セシウムの溶出特性を JIS 攪拌試験<sup>1</sup>により調査した。以下に、放射性セシウムの溶出試験結果の概要を示す。結果の詳細については参考資料 5 を参照。

- (1) 下水汚泥の焼却炉の型式として最も一般的である流動床焼却炉 8 カ所(9 検体)に加えて、それ以外の型式であるストーカー式焼却炉 1 カ所(1 検体)の計 9 カ所の焼却灰試料 10 検体を調査した結果、流動床焼却炉 5 カ所(6 検体)、ストーカー式焼却炉 1 カ所(1 検体)の計 6 カ所(7 検体)の焼却灰について溶出液の放射性セシウム濃度が検出下限以下であった。
- (2) 残りの流動床焼却炉 3 カ所(3 検体)の焼却灰の溶出率<sup>2</sup>も 0.5 ~ 2.7%と極めて低かった。
- (3) 下水汚泥の溶融炉 2 カ所(2 検体)について、溶融スラグを調査した結果、溶出液の放射性セシウム濃度が検出下限以下であった。

表 3-5 下水汚泥焼却灰等の放射性セシウムの溶出試験結果の概要

	炉型式	溶出液が検出下限以下 (試料数)	溶出率 (%及び試料数)	合計試料数	焼却灰等の放射性セシウム濃度 (Bq/kg)
焼却灰	流動床炉	6	0.5 ~ 2.7(3試料)	9	2,790 ~ 23,100
	ストーカー炉	1	-	1	8,690
溶融スラグ	溶融炉	2	-	2	38及び17,800

(-: 定量下限値)

以上より、下水汚泥焼却灰及び溶融スラグ等は、水と接触しても放射性セシウムが溶出しにくいものがほとんどであると考えられる。

- 1: 「JIS K 0058-1:2005 スラグ類の化学物質試験方法 - 第1部:溶出試験方法」に規定する利用有姿による試験
- 2: 溶出試験前の下水汚泥焼却灰等に含まれる放射性セシウム量に対する、溶出試験後の溶出液に含まれる放射性セシウム量の割合

### 3-6 . 第3章のまとめ

下水道に関連する放射性物質の挙動調査により、合流式下水道では降雨時に高濃度の放射性セシウムが流入していたことを確認した。処理場に流入した放射性セシウムは、処理場で主にエアレーションタンクに蓄積し、汚泥濃縮、脱水等の処理過程で濃縮されており、一部は返流水により系内を循環するが、流入量の減少と汚泥引抜により減少する傾向にあった。

無降雨時においては、流入した量以上の放射性セシウムが脱水汚泥に移行しており、下水処理場のエアレーションタンク等に保持されている放射性セシウムは、長期的には減少傾向であった。また、脱水汚泥の放射性セシウム濃度も長期的に減少する傾向であった。なお、放流水中の放射性セシウムはほぼ不検出であり、検出の場合でも水中濃度限度を大幅に下回っていた。

下水汚泥を焼却や溶融する施設の排気中の放射性物質を調査した結果、放射性セシウムは不検出であり、環境中への放出は認められなかった。また、下水汚泥焼却灰・溶融スラグの放射性セシウムの溶出試験を行い、水と接触してもほとんど溶出しなかったことを確認した。

以上から、下水道に流入した放射性セシウムは主に汚泥に移行しており、汚泥の適切な処理が最も重要であるといえる(図3-3参照)。

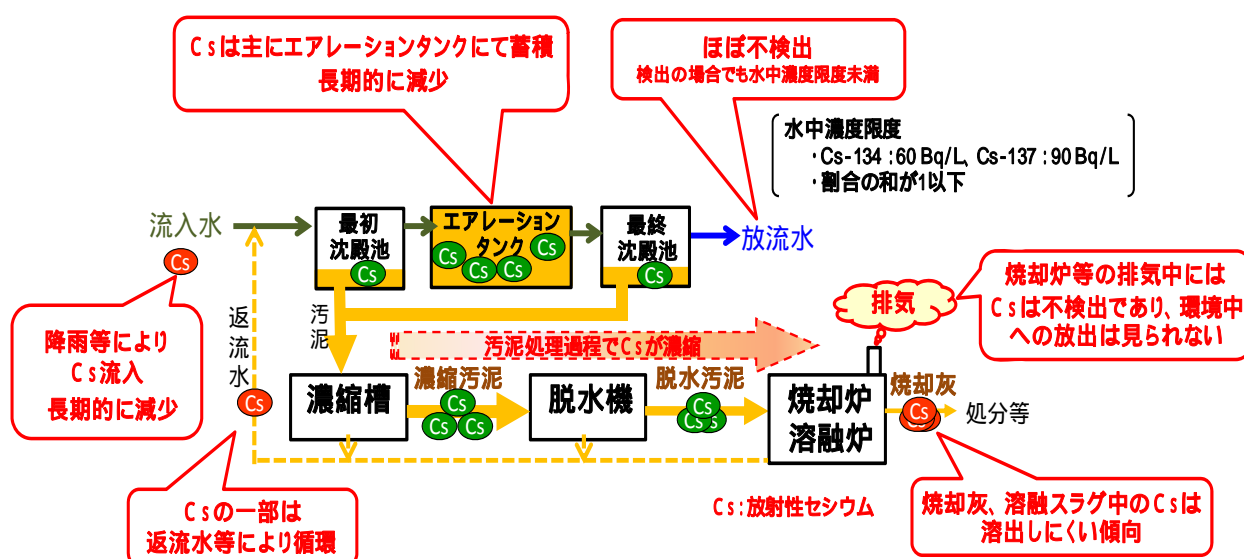


図 3-3 下水処理過程における放射性セシウムの挙動イメージ

## 第4章 放射性物質を高濃度に含む下水汚泥の保管

放射性物質を含む下水汚泥は下水処理場で適切に保管されているが、事態が長期化して保管容量の確保が困難となる自治体や特に高い放射線量が計測され、放射線の遮へいや放射線量の具体的な計算が求められる自治体が現れてきた。このため、これらの自治体における下水汚泥の保管方法について、6/16 通知の別添2「脱水汚泥等の保管、仮置き及び輸送に当たって留意すべき事項」に基づいて、関連法規、及び他の放射性廃棄物管理事例を参考としつつ、具体的な対応を検討した。

### 4-1 . 閉じ込めの機能の強化

6/16 通知の別添2「2. 閉じ込めの機能の強化」参照

#### (1) 下水汚泥の現状

下水汚泥を保管するには、容器に封入する等、下水汚泥が飛散しないよう覆う必要がある。ほとんどの下水処理場において、下水汚泥は写真 4-1 に示すようにフレコンや防水シート等に梱包され、適切に保管されているが、屋外で保管する場合等、フレコンの強度上、2段積みが限度とされる場合が多く、保管場所が狭い処理場等では更に多段積みが必要とされている。



写真 4-1 下水処理場における脱水汚泥の保管例

#### (2) その他の廃棄物の現状

国内の原子力発電所や放射性同位元素取扱施設における廃棄物は、写真 4-2 に示すようにドラム缶に封入されている。また、図 4-1 に示すように密封性があるボックスパレットやコンテナに封入する方策もある。海外では、図 4-2 に示すように遮へい性能を強化した容器も開発されている。



写真 4-2 原子力発電施設における廃棄物の保管例  
 (出典: <http://www.tepco.co.jp/fukushima1-np/c34103-j.html>)

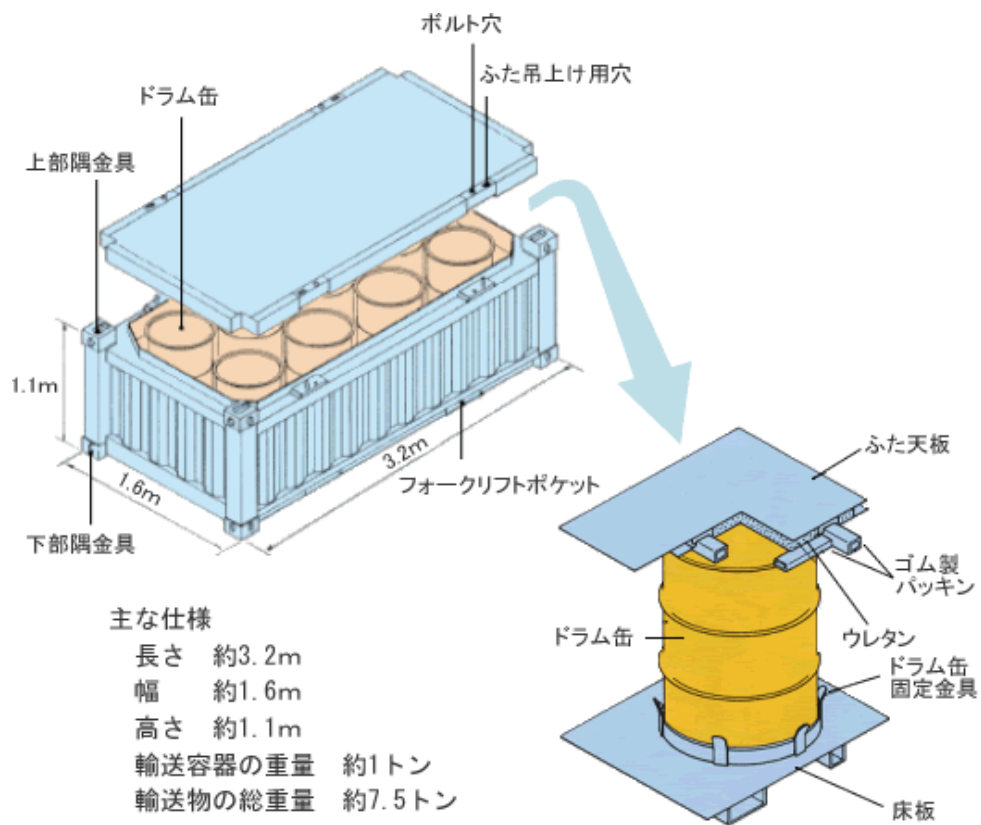


図 4-1 廃棄物を封入したドラム缶を輸送するためのコンテナへの収納例  
 (出典: <http://www.nft.co.jp/qa/qa5.html>)



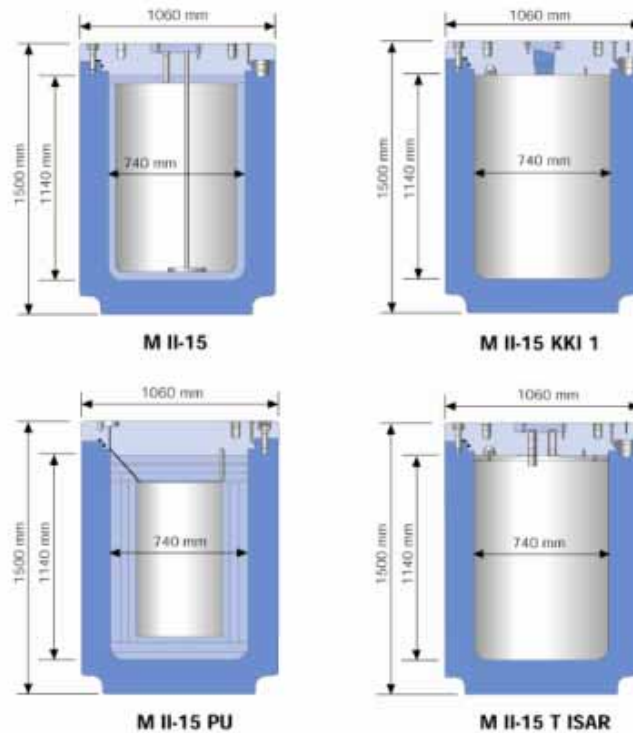


図 4-2 遮へい性能を強化した保管用容器の例  
(出典: PATRAM2004)

### (3) 具体的な対応方策

ほとんどの下水処理場において利用されているフレコンは、密閉性は期待できるものの、強度的に3段以上積み上げて保管することは困難で収納効率が悪いため、保管スペースが狭小な処理場における代替手段としては、以下の2つが考えられる。

- ・下水汚泥を収納したフレコンを20フィートコンテナ等に収納する
- ・下水汚泥を200Lドラム缶に収納する

これらの代替手段は、将来的に下水汚泥を処分場等へ輸送する段階においても円滑な対応を可能にする。ただし、収納物が有機物の場合、ガス発生による破裂、爆発、腐食等のリスクがあり、その対応方策が必要となる。ガス発生対応として、逃がし弁の設置が考えられる。なお、そのような場合に発生するガスに放射性セシウムが含まれることはないが、臭気対策が必要になることも考えられる。

## 4 - 2 . 放射線遮断

### ( 1 ) 下水汚泥の現状

下水汚泥を取り扱う作業者の放射線被ばくを低減するとともに、保管を行う施設の周辺住民等への影響を低減するためには、放射線の遮へいを行う必要がある。

例えば、福島県福島市堀河町終末処理場の場合、既存設備のコンクリートによる遮へいに加え、軽量コンクリート蓋を設置することにより、遮へい対策を講じて保管を行っている。

### ( 2 ) 基本的な考え方

作業者や施設周辺の住民等の被ばく線量を低減させるための手段として、図 4-3 に示すように、以下の方法が考えられる。

- ・収納容器による遮へい
- ・オーバーパック<sup>1</sup>による遮へい
- ・コンクリート等の構造材を用いた保管建屋による遮へい
- ・隔離距離による低減

作業者の被ばく線量の目安(レベル)としては、次のものが挙げられる。

- a) 年間 1mSv 以下:6/16 通知における作業者の被ばくの目安、及び国際放射線防護委員会(ICRP)の「2007 年勧告」(ICRP Publ.103)において示されている計画被ばく状況における一般公衆の被ばく線量限度
- b) 年間 5mSv 以下:電離則<sup>2</sup>の管理区域を設置する基準(3ヶ月間で 1.3mSv)相当の被ばく線量
- c) 年間 20mSv 以下:通常時における放射線業務従事者の被ばく線量の限度から導いた5年間の平均値

作業者に対する被ばくは、作業中に被ばくする可能性のあるものだけを考慮し、1日の作業時間と、一ヶ月間の就労日数を設定し、その時間での被ばく線量で制限すればよい。

一方、施設周辺の一般公衆に対する被ばくは、作業者の場合とは異なり、1日24時間、1年365日被ばくする可能性があるとして考えなければならない。公衆に対する被ばくを制限する目安(レベル)は、ICRPの「2007年勧告」において示されている計画被ばく状況における一般公衆の被ばく線量限度である、年間1mSvを超えないようにする必要がある。

1:オーバーパックとは、収納容器をさらに覆うもの。

2:電離放射線障害防止規則

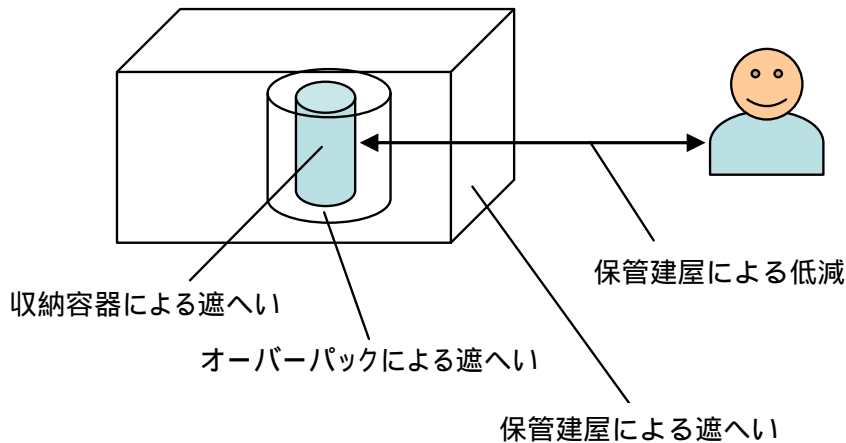


図 4-3 放射能濃度の高い下水汚泥からの遮へいの考え方

### (3) 線量評価

(保管物中の放射性元素からの放射線の遮へい計算方法)

下水汚泥を保管する場合には、図 4-4 に示す保管物からの放射線の漏えいを考慮し、保管物の周辺の線量を計算する必要がある。本書では、保管物の種類、形状をモデル化し、モンテカルロ手法を用いた計算コード EGS4 により解析評価した。なお、線量は、保管物の放射能濃度 (Bq/kg) に比例する。

EGS4 コードで用いている計算方法の詳細は、W. R. Nelson, H. Hirayama, D. W. O. Rogers, "The EGS4 code system", SLAC-265, Stanford University (1985)を参照。EGS4 コードは、光子(線、X線)あるいは電子・陽電子を線源とした電磁カスケードを計算できるものであり、放射線遮へい計算、線量計算、加速器設計等に用いられてきたものである。詳細については参考資料 6 を参照。

(評価内容)

作業者は、毎日 4 時間(労働日数は月 20 日間)、下水汚泥を収納したフレコン近傍に立ち入るとして、(2)で示した目安はそれぞれ、

- a)  $1 \mu\text{Sv}/\text{h}$       年間 1mSv
- b)  $5 \mu\text{Sv}/\text{h}$       年間 5mSv
- c)  $20 \mu\text{Sv}/\text{h}$      年間 20mSv

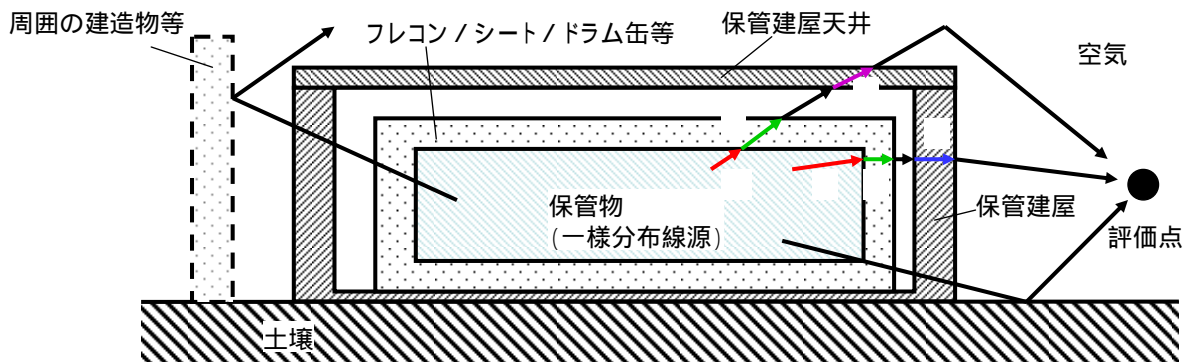
と換算される。

また、一般公衆は、24 時間 365 日、施設周辺に留まるとして年間 1mSv 以下を限度とすると、

- d)  $0.1 \mu\text{Sv}/\text{h}$       年間 1mSv

を限度として最大限必要な遮へい、隔離距離を算出する必要がある。

なお、放射性物質汚染対処特別措置法に基づく除染特別地域の指定の考え方では、年間 1mSv に相当する 1 時間値は  $0.23 \mu\text{Sv}$  とされており(参考資料 7 を参照のこと)、地域の実状に応じて適切に目安を設定する必要がある。



番号	対象	解析上の取扱	評価点での線量への影響
	保管物中での減衰(自己遮蔽効果)及び散乱等の反応	考慮	考慮しなくても安全側に評価することになるが、過大に安全側に評価することになる。
	フレコン、ビニールシート等中での減衰	無視	考慮しなくても安全側に評価することになる。フレコン、ビニールシート等中の厚みは薄いため、過大に安全側の評価にはならない。
	保管建屋の構造材の影響	考慮	考慮しなくても安全側の評価となるが、構造材厚が厚い場合は過大に安全側の評価となる。今回の計算では保管物廻りに一様に遮蔽体があるものとして評価する。
	スカイシャイン	考慮	保管物の近くでは、スカイシャイン成分の線量への寄与は大きくないため、無視できるが、保管物から距離が離れる位置での線量への寄与は無視できなくなる。
	保管建屋の天井の影響	無視	考慮しない場合は、天井での放射線の減衰が考慮されないため、スカイシャイン成分については安全側に評価される。ただし、天井厚が厚い場合は、スカイシャイン成分について過大に評価することになる。
	土壌による影響	考慮	考慮しない場合は、土壌からの反射成分が評価されない。寄与は大きくはないが考慮したほうが説明上有効である。また、保管建屋の床からの影響も擬似的に考慮したことになる。
	周囲の建造物等による影響	無視	周囲建造物での散乱による増加成分は相対的に小さいため、無視しても大きな影響はない。考慮する場合は、解析上の不確かさとして、安全裕度を含めて考慮する方が適切である。

図 4-4 放射線遮蔽解析での解析条件

(保管物の内容)

汚染された保管物としては、脱水汚泥(含水率 80%、密度  $0.66\text{g/cm}^3$ )と加湿焼却灰(含水率 30%、密度  $0.5646\text{g/cm}^3$ )を仮定した。線源核種は Cs-137(ガンマ線エネルギー662keV、放出率 0.851)を用いた。

(保管物形状)

線量評価する汚染された保管物の形状は、図 4-5 に示すように、以下の 4 ケースとした。

- (ケース1)  $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ : フレコン 1 個
- (ケース2)  $1\text{m} \times 5\text{m} \times 1\text{m}$ : フレコン 5 個
- (ケース3)  $0.5\text{m} \times 1\text{m}$ : ドラム缶
- (ケース4)  $2\text{m} \times 50\text{m} \times 2\text{m}$ : フレコン集積

(遮蔽材質)

本評価では、遮蔽材質は、鉄材(密度  $7.87\text{g/cm}^3$ )、コンクリート(密度  $2.1\text{g/cm}^3$ )とした。

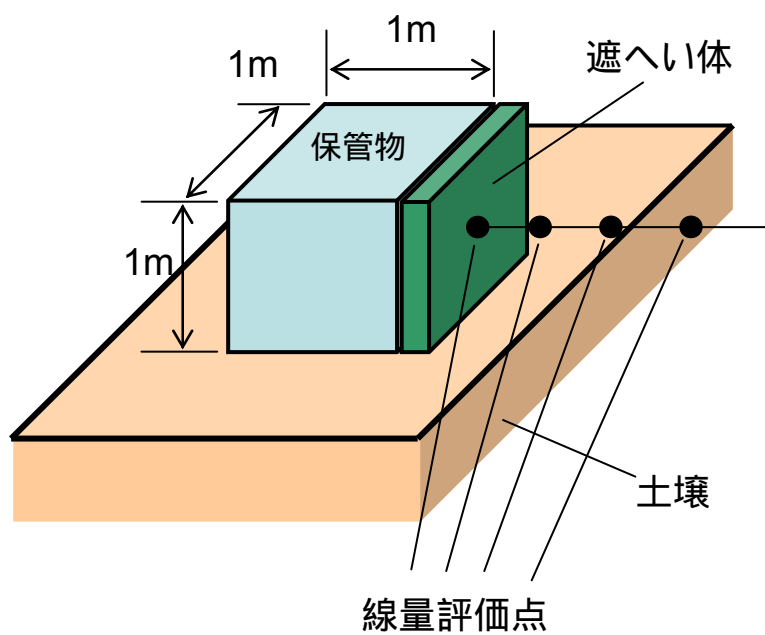


図 4-5(a) 線量を評価する保管物の形状(ケース1)

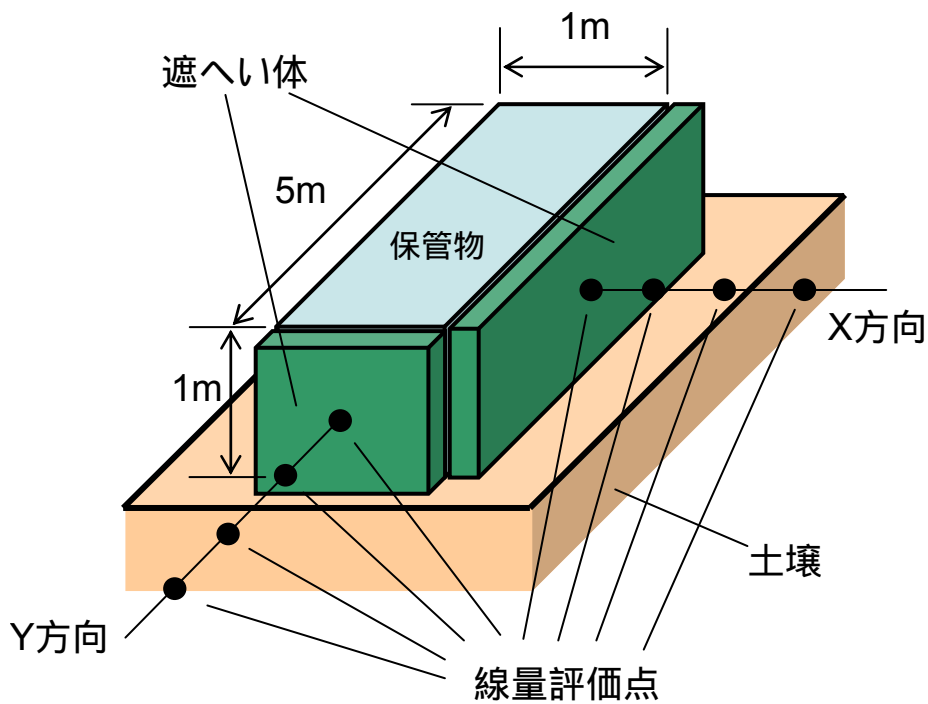


図 4-5(b) 線量を評価する保管物の形状(ケース2)

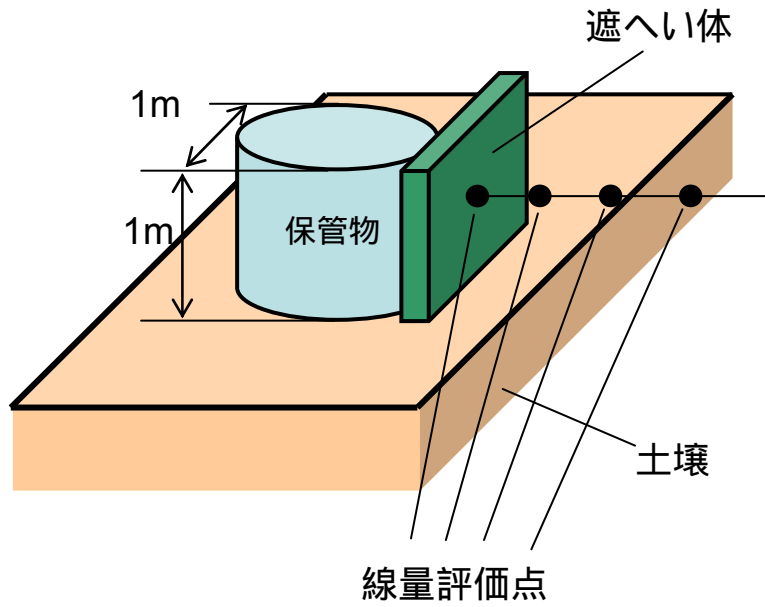


図 4-5(c) 線量を評価する保管物の形状(ケース3)

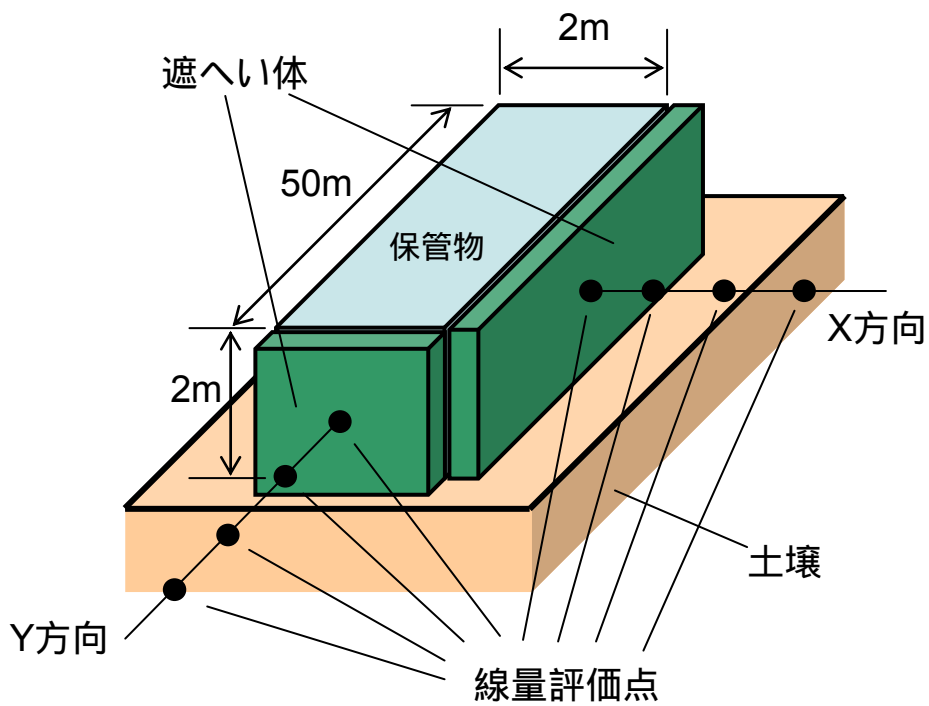


図 4-5(d) 線量を評価する保管物の形状(ケース4)

(保管庫天井による遮へい効果の評価)

図 4-6 は、それぞれ脱水汚泥及び加湿焼却灰について、保管庫にコンクリート厚 10cm の天井のある場合と天井がない場合の線量を比較したものである。これらの結果から、保管物表面から 10m の位置において、天井がないとした場合は天井があるとした場合と比較して最大 2%程度線量が高くなることが確認できた。したがって、適度な安全側の評価として、天井がない場合として計算を行うこととした。

(評価結果)

線量の評価結果から算出した隔離距離について、脱水汚泥、加湿焼却灰について表 4-1 に示す。結果の詳細については参考資料 8 に示した。

線量評価の結果から、線量の評価点から見える面積が大きいほど、線量が高くなる傾向になり、ケース4のフレコン集積(2m×50m×2m)の場合で、以下のいずれかの対応により、作業者の被ばくを 1 μSv/h 以下にすることが可能である。

- ・10m 以上の隔離距離を保つ。
- ・20cm 以上のコンクリートで遮へいする。
- ・5cm 以上の鉄板で遮へいする。

なお、一般公衆に対しては、フレコン表面から 50m 離れることで、遮へいが無くても、0.1 μSv/h 以下にすることができる。

脱水汚泥(含水率 80%、密度 0.66g/cm<sup>3</sup>)を焼却し、体積が 1/40 倍の加湿焼却灰(含水率 30%、かさ密度 0.5646g/cm<sup>3</sup>)になるとして、脱水汚泥として保管した場合と加湿焼却灰として保管した場合の線量を比較した結果を図 4-7 に示す。なお、保管物の総放射能は脱水汚泥と加湿焼却灰で同じ 13.2 億 Bq とし、脱水汚泥の放射能濃度は 1 万 Bq/kg、加湿焼却灰の放射能濃度は 46.8 万 Bq/kg とした。脱水汚泥を保管する場合と加湿焼却灰を保管する場合での線量ではほぼ同じとなり、減容化により保管物の放射能濃度が高くなっても、総放射能量が変わらない限り、線量には大きな違いはない。

また、隔離距離設定を線量 1 μSv/h とした場合について、脱水汚泥の放射能濃度と脱水汚泥表面からの隔離距離との関係を図 4-8 に示す。本図より、たとえば放射能濃度 10 万 Bq/kg の脱水汚泥の場合、「遮へい無し」では隔離距離が 9 m 程度必要であるが、「コンクリート厚 10cm」による遮へいを行えば、2 m 程度で足りることが分かる。

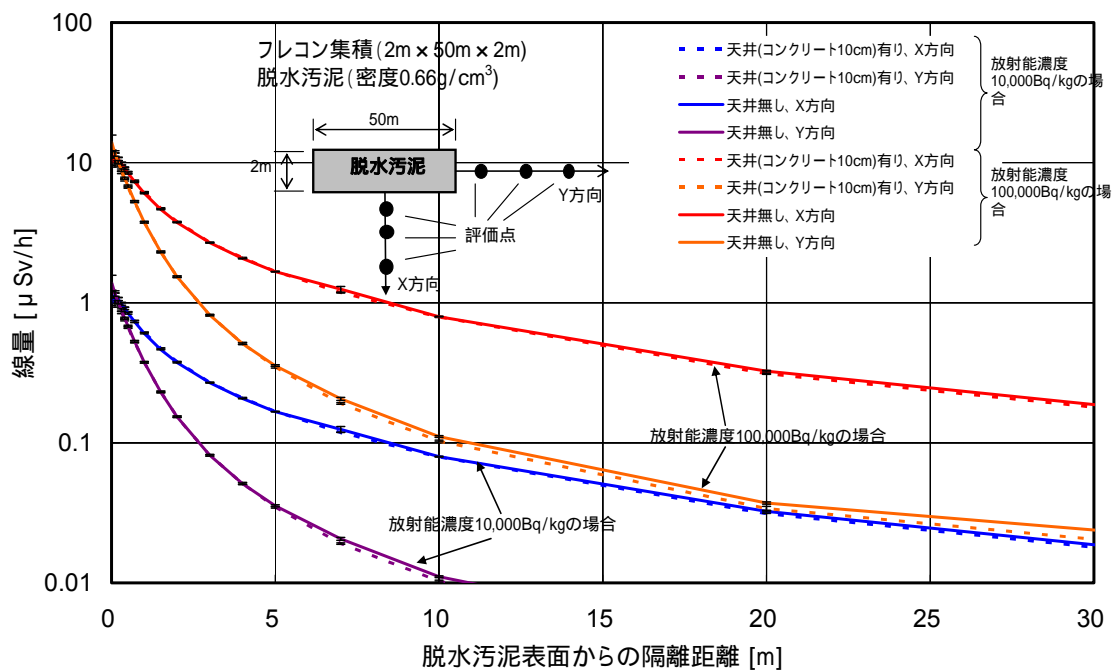


図 4-6 (a) 脱水汚泥を保管する場合の保管庫の天井(コンクリート厚 10cm)の有無による線量評価結果(保管物の形状は、ケース4(フレコン集積 2m × 50m × 2m) 遮へいなし)

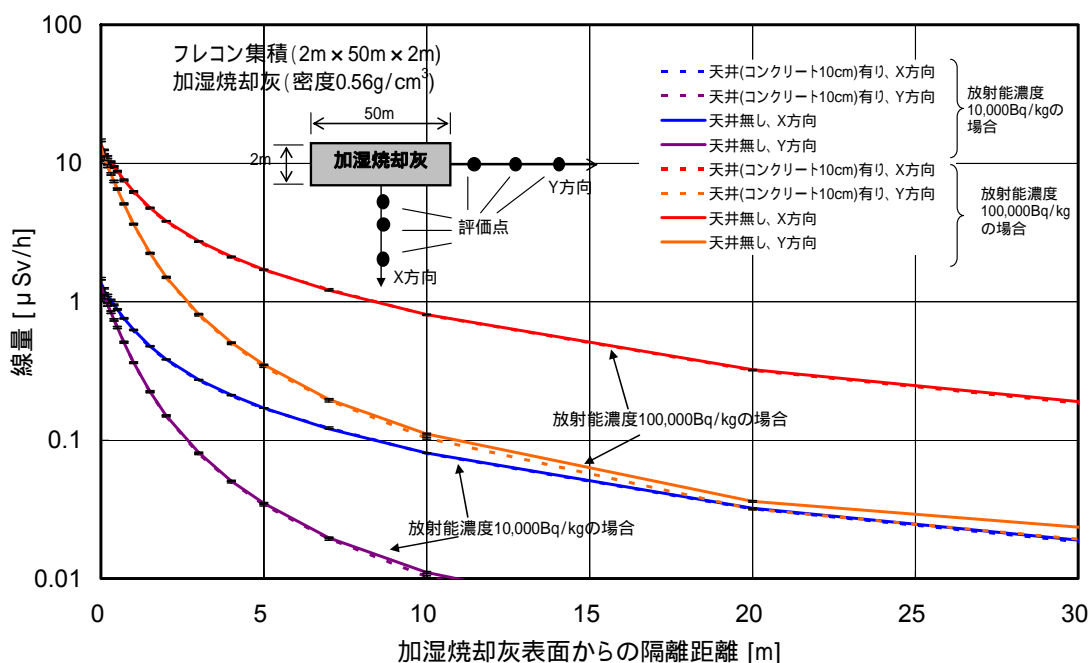


図 4-6 (b) 加湿焼却灰を保管する場合の保管庫の天井(コンクリート厚 10cm)の有無による線量評価結果(保管物の形状は、ケース4(フレコン集積 2m × 50m × 2m) 遮へいなし)



表 4-1 放射線遮へいによる線量評価結果(詳細は参考資料 8 参照のこと)

保管物	保管物放射能濃度 [Bq/kg]	保管物形状	方向	遮へいなしに必要な 隔離距離(m)		遮へい材	必要な遮へい厚 (cm)		備考 (参考資料 8 中の図番号)
				1 $\mu$ Sv/h 以下	0.1 $\mu$ Sv/h 以下		1 $\mu$ Sv/h 以下	0.1 $\mu$ Sv/h 以下	
脱水汚泥	100,000	ケース1	x方向	1.5	5	コンクリート	20	30	図資 8-1(a)
						鉄材	5	8	" (b)
		ケース2	x方向	3	10	コンクリート	20	40	" (c)
						鉄材	5	20	" (d)
			y方向	1.5	5	コンクリート	20	40	" (e)
						鉄材	5	10	" (f)
		ケース3	x方向	1	4.5	コンクリート	20	30	" (g)
						鉄材	5	8	" (h)
		ケース4	x方向	10	45	コンクリート	20	40	" (i)
						鉄材	5	10	" (j)
	y方向		3	11	コンクリート	20	50	" (k)	
					鉄材	5	8	" (l)	
	10,000	x方向	0.5	9	コンクリート	5	20	" (m)	
					鉄材	0.55	5	" (n)	
y方向		0.2	3	コンクリート	1	20	" (o)		
				鉄材	0.5	5	" (p)		
加湿焼却灰	100,000	ケース1	x方向	1.5	4.5	コンクリート	20	30	図資 8-2(a)
						鉄材	5	8	" (b)
		ケース2	x方向	3	10	コンクリート	20	40	" (c)
						鉄材	5	15	" (d)
			y方向	1.5	5	コンクリート	20	30	" (e)
						鉄材	5	8	" (f)
		ケース3	x方向	1	4.5	コンクリート	20	30	" (g)
						鉄材	5	8	" (h)
		ケース4	x方向	9	43	コンクリート	20	30	" (i)
						鉄材	5	8	" (j)
	y方向		3	11	コンクリート	20	40	" (k)	
					鉄材	5	10	" (l)	
	10,000	x方向	0.5	8.5	コンクリート	1	20	" (m)	
					鉄材	0.5	5	" (n)	
y方向		0.2	3	コンクリート	1	20	" (o)		
				鉄材	0.5	5	" (p)		

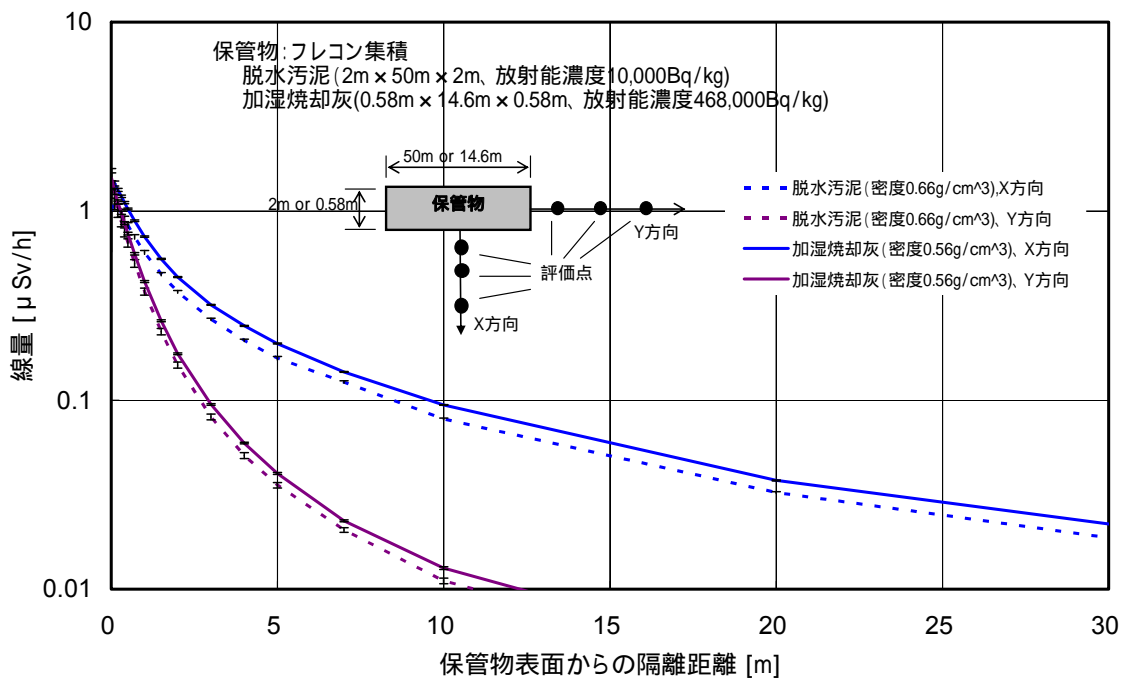


図 4-7 放射エネルギーを同じとした場合の保管物による線量の違い

保管物:脱水汚泥と加湿焼却灰、  
 形状:脱水汚泥の場合 フレコン集積 (2m × 50m × 2m)  
 加湿焼却灰の場合 フレコン集積 (0.58m × 14.6m × 0.58m)  
 遮へい体:なし

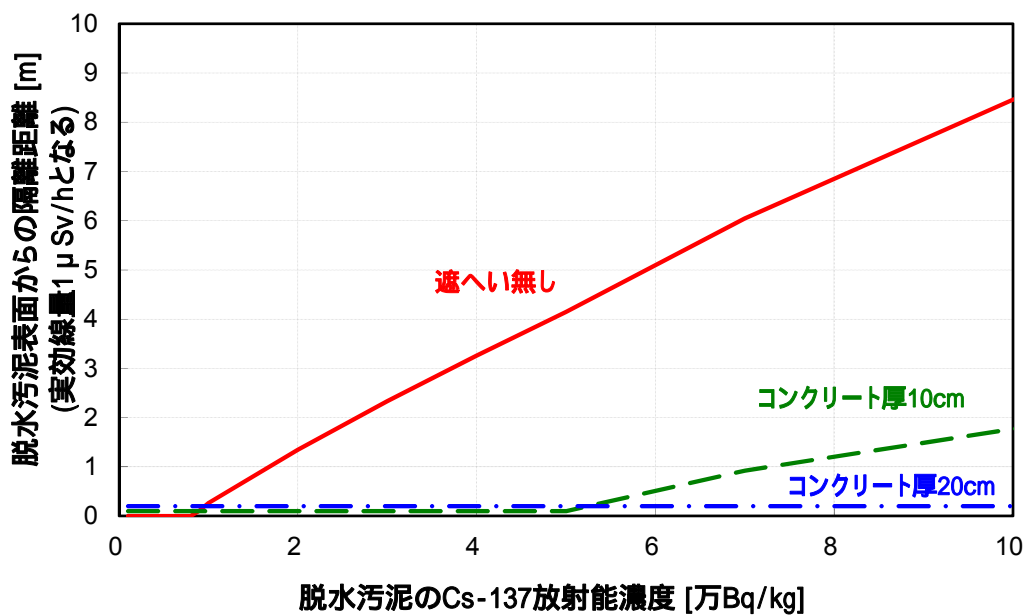


図 4-8 隔離距離設定を線量 1  $\mu$ Sv/h とした場合の  
脱水汚泥の放射能濃度と脱水汚泥表面からの隔離距離との関係

## 4 - 3 . 放射線監視

### ( 1 ) 下水処理施設での現状

下水処理施設では、降雨等の条件により、日によって処理量や汚泥の放射能濃度が変化する。そのため、日に 1 回を目処に、放射線遮へい物又は脱水汚泥等を封入した容器等の側面における線量を測定し、記録する必要がある。また、下水汚泥を焼却処理する場合には、排気中の放射能濃度を監視する必要がある。

### ( 2 ) その他の施設における現状

原子力発電所においては、放射線線量当量率を、低レベル廃棄物保管施設への搬入、及び敷地外への搬出の際に、測定している。

作業員に対する被ばく線量については、受動型 の個人線量計(代表的なものとして、ガラスバッジとクイクセルバッジがあり、国内の原子力発電所や研究機関、大学、病院等の放射線を取扱う施設で作業をする作業員のほとんどに使われている。写真 4-3 参照)により、作業員個人ごとの累積被ばく線量(通常は1ヶ月間)として計測し、その結果を被ばく履歴として管理している。また、作業員が作業を行う際は、受動型の個人線量計の他に、電子式の線量計も携帯し、その作業中の被ばく線量も把握できるようにしている。

:受動型とは、別途、被ばく線量を読み取り、算定する必要があるもののことを指す。受動型の線量計では、その場、その都度、被ばく線量はわからない。その場、その都度、被ばく線量ができるようなものは、能動型という。



写真 4-3 受動型の個人線量計の例

(出典: [http://www.c-technol.co.jp/detail\\_pages2/0361glass\\_1.html](http://www.c-technol.co.jp/detail_pages2/0361glass_1.html)、  
[http://www.nagase-landauer.co.jp/product/radiation\\_pers/index.html](http://www.nagase-landauer.co.jp/product/radiation_pers/index.html))

### ( 3 ) 対策の基本的な考え方

放射線監視の目的として考えられる以下 1) ~ 3)について、下水処理施設における対策の基本的な考え方を示す。

#### 1) 潜在的危険性の把握

下水処理施設では下水汚泥が連続的に発生しているため、放射能濃度の確認は、運転管理の

支障とならない適切な頻度で定期的に行う。また、合流式下水道区域のある場合には、降雨後にも脱水汚泥等の放射能濃度の確認を行う。

## 2) 作業者及び公衆に悪影響がないことを管理

作業エリアや敷地境界での空間線量を測定し、作業者及び公衆への被ばくをできるだけ少なくするように管理する必要がある。空間線量を測定する場所は、下水処理施設内で空間線量が高いと想定される場所、及びその場所から距離が近い敷地境界を複数箇所含むように選定する。

作業エリアの空間線量が、電離則において管理区域を設定する程度(3ヶ月で1.3mSvを超える)の場合には、作業者の被ばく線量を、ガラスバッチ等により測定し、記録する。

## 3) 外部環境漏洩の把握

下水汚泥等の焼却時の排気を測定し、「実用発電用原子炉等の設置、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」の周辺監視区域外の空气中濃度限度(Cs-134で20Bq/m<sup>3</sup>、Cs-137で30Bq/m<sup>3</sup>)を下回ることを確認する。

排気中に含まれる放射能濃度の測定法や測定事例等については「3-3 . 排気中に含まれる放射能濃度」および参考資料4を参照。

## 4 - 4 . 管理体制

### ( 1 ) 下水汚泥の現状

下水汚泥を排出する下水道管理者は、その後の処理・処分のために、下水汚泥の質量及び質量当たりの放射能濃度並びに保管する場所を記録し、保管する必要がある。

### ( 2 ) その他の廃棄物の現状

原子力発電所では、低レベル放射性廃棄物について、表 4-2 に示す情報を記録・管理している。

表 4-2 原子力発電施設における廃棄物(ドラム缶に封入)の管理情報

1	放射性廃棄物の種類
2	放射性廃棄物整理番号
3	放射性廃棄物区分
4	表面線量当量率( $\mu$ Sv/h)
5	1 m線量当量率( $\mu$ Sv/h)
6	放射性物質の放射能(Bq)
7	放射能濃度(Bq/kg)
8	放射性廃棄物正味質量(kg)
9	放射性廃棄物正味体積( $m^3$ )
10	200Lドラム缶換算本数(本)
11	密度( $g/cm^3$ )
12	遮へい厚(mm)
13	封入又は容器に固型化した年月日
14	封入又は容器に固型化した方法
15	主要内容物

### ( 3 ) 対策の基本的な考え方

下水汚泥は、汚染拡散防止、焼却・埋設等の後工程のため、記録・管理を行うことが必要である。下水汚泥の場合は、表 4-3 に示す項目の情報について管理することができると考えられる。さらに、下水汚泥の場合、ある程度の量をひとまとめのロットとして管理できるので、下水汚泥の情報もロット単位で記録できれば十分な管理が可能である。

下水汚泥の管理については、情報の管理以外にも、以下のことが重要である。

作業者の被ばく管理

汚染拡大防止(器具等の表面汚染の測定・管理)

表 4-3 下水汚泥の管理情報

項目(表 4-2 の項目名)	重要度	補足説明
放射性廃棄物の種類		下水汚泥の管理として必要 (ex.加湿焼却灰、脱水汚泥、スラグ)
放射性廃棄物整理番号		ID管理するため必要
放射性廃棄物区分		下水汚泥管理として必要(ex.「可燃性・不燃性」という区分又は放射能濃度による区分)
表面線量当量率(μSv/h)		被ばく管理のため必要
1m線量当量率(μSv/h)		被ばく管理のため必要
放射性物質の放射能(Bq)		表面線量当量率から換算することも可能
放射能濃度(Bq/kg)		下水汚泥管理として必要
放射性廃棄物正味質量(kg)		下水汚泥管理として必要
放射性廃棄物正味体積(m <sup>3</sup> )		質量から換算することも可能
200Lドラム缶換算本数(本)	×	処分形態が決まるまで、必要ない
密度(g/cm <sup>3</sup> )		下水汚泥の種類で設定することが可能
遮へい厚(mm)	×	容器で遮へいはしないため不要
封入又は容器に固型化した年月日		放射能の減衰を考慮した放射能濃度把握のため必要
封入又は容器に固型化した方法		管理上重要ではない
主要内容物	×	下水汚泥しか想定しないため不要

#### 4 - 5 . 第 4 章のまとめ

6/16 通知の留意事項を踏まえ、放射性物質を高濃度に含む下水汚泥の保管や保管期間の長期化にあたっての今後の具体的な対応策を検討した。閉じ込め機能の強化の方法としては、通常はフレコンによる保管で対応できるが、保管場所が狭小で高く積み上げる必要がある場合等は、フレコンを20フィートコンテナ等に収納する方法やフレコンの代わりに200Lドラム缶に収納する方法等の代替手法が適用可能である。

放射線遮断の方法としては、収納容器・オーバーパック・コンクリート等構造材の保管建屋による遮へいに加え、隔離距離による低減効果があり、保管する下水汚泥の種類、放射能濃度と量に基づいて、放射線低減の効果を具体的に計算し、結果を分かりやすく図化した。

放射線監視の方法としては、処理場運転管理の支障とならない適切な頻度で定期的に脱水汚泥等の放射能濃度を確認するとともに、合流式下水道区域のある場合においては降雨後にも確認を行うことで、潜在的危険性を把握する。作業エリアや敷地境界での空間線量を測定し、作業者及び公衆への被ばくをできるだけ少なくなるように管理する。焼却施設等の排気については、「実用発電用原子炉等の設置、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」の周辺監視区域外の空気中濃度限度(Cs-134で20Bq/m<sup>3</sup>、Cs-137で30Bq/m<sup>3</sup>)を下回ることを確認する。

長期にわたる汚泥の保管を行う場合の管理体制としては、汚染拡散防止、減容化や処分の後工程のため、下水汚泥の種類と量、線量等を年月日、整理番号と合わせて、記録・管理する。また、ある程度の量の下水汚泥をまとめたロット単位で管理することが合理的である。

## 第5章 下水汚泥の減容化等の手法

### 5-1 減容化等の手法の概要

下水汚泥の保管を行う場合、脱水汚泥のままでは腐敗が進行し、臭気・有害ガス(可燃性、腐食性)等が発生し、周辺環境への悪影響を及ぼす可能性がある。

また、減容化を行うことで保管を行う際の保管場所の容量を延命することが可能となる。

一般的に行われている下水汚泥の減容化手法について特徴を表5-1に示す。脱水汚泥の容積を1とした場合、焼却及び溶融の減容化率は約1/20となり、大幅な減容化を図ることが可能となるが、処理温度が高温となるため、より多くのエネルギーが必要とされる。

表 5-1 主な減容化手法の特徴

技術区分	減容化率 (目安)	特徴	処理温度	主な利用
(脱水汚泥)	1	含水率 80%程度 of 泥状、腐敗しやすい	常温	建設資材、コンポスト
乾燥	1/3	熱を加え乾燥、含水率 30～40%程度	70～100	燃料製品、土壌改良材
炭化	1/5～1/9	蒸し焼きして炭化	< 500～900	燃料製品、土壌改良材
焼却	1/20	完全無機化した灰	800～850	建設資材、肥料
溶融	1/20	スラグ化しており、重金属等の溶出も抑制	1200～1500	建設資材

### 5-2 減容化等の手法適用のシナリオ

ここでは、下水汚泥を脱水汚泥のまま保管を行うケースに加え、下水汚泥の減容化手法(乾燥、炭化、焼却及び溶融技術)を適用する際の具体的なシナリオを想定し、それぞれについて、整備に要する期間、減容化率、有機物の残存等の利点や留意事項について、表5-2に整理した。

- シナリオ1 脱水汚泥の保管庫を設置【減容化なし】
- シナリオ2 脱水汚泥をセメント固化等で安定化して保管【減容化なし】
- シナリオ3 乾燥又は炭化して保管
- シナリオ4a 焼却して保管(下水道専用施設)
- シナリオ4b 焼却して保管(一般廃棄物と混合焼却)
- シナリオ5 溶融して保管(他処理場施設等で溶融)



脱水汚泥を保管庫を設置して保管するケースや減容化施設を設けるケース、いずれも課題があるものの、乾燥については施設整備に要する時間が比較的短く、移動式の乾燥車等の仮設技術もあることから、導入しやすいと考えられる。一方、焼却は減容化・安定化の効果が高く、排気についても通常の排気処理で適切に放射性物質対策が可能である。なお、減容化に際しては、下水汚泥中に含まれる放射性セシウムが濃縮されることに留意する必要がある、放射性物質の飛散防止、作業員の被ばく対策等も確実にを行う必要がある。

下水汚泥の減容化技術については、各技術の特徴や処理場の特性を踏まえて適切なシナリオや技術を選定すべきであり、その際には、保管や処分の安全性の確保のためのセメント固化等の技術も含めた総合的な判断が重要である。

表 5-2 保管を行う際の具体的な対応シナリオ

シナリオ	概要	利点	留意事項	イメージ
1	脱水汚泥の保管庫を設置 【減容化なし】	保管容量の増加、保管の適切性の確保	汚泥は腐敗するので、ドラム缶等で密封困難、保管容量が大	
2	脱水汚泥をセメント固化等で安定化して保管【減容化なし】	比較的単純な技術で固化可能	汚泥は腐敗するので、固化の長期的安定に懸念、保管容量が大	
3	乾燥又は炭化して保管	エネルギー回収も可能、処理容量が小、移動式乾燥機も有り	燃料としての管理が必要な場合あり、新規施設整備に時間・費用・用地が必要な場合あり	
4a	焼却して保管(下水道専用施設)	安定化、減容化が可能、他部局との調整易	新規施設整備に時間・費用・用地が必要、輸送・環境汚染・作業安全の確保	
4b	焼却して保管(一般廃棄物と混合焼却)	安定化、減容化が可能、炉建設不要	環境部局との調整、炉受入能力、輸送・環境汚染・作業安全の確保	
5	溶融して保管(他処理場施設等で溶融)	安定化、減容化が可能	他の下水処理場等との調整、輸送・環境汚染・作業安全の確保	

### 5 - 3 . 第 5 章のまとめ

長期間にわたる汚泥の保管場所を確保する上で汚泥減容化は有効であることから、その留意点をシナリオごとに整理した。現時点で利用可能な手法としては、脱水汚泥を保管庫を設置して保管するケース(減容化なし)や様々な減容化施設を設けるケースがあり、いずれにも長所短所が存在することから、評価視点を明確にして、減容化手法を選定する必要がある。

例えば、住民の理解を得つつ短期間で整備する必要がある場合は、乾燥については施設整備に要する時間が比較的短く、移動式の乾燥車等の仮設技術もあることから、導入しやすいと考えられる。ただし、乾燥後も有機物は残っている点に留意が必要である。一方、焼却は減容化・安定化の効果が高く、排気についても通常の排気処理で適切に放射性物質対策が可能である。

また、減容化に際しては、下水汚泥中に含まれる放射性物質が濃縮されることに留意する必要がある。放射性物質の飛散防止、作業員の被曝対策等も確実にを行う必要がある。また、保管や処分の安全性の確保のためのセメント固化等の技術も含めた総合的な判断が重要である。

## 第6章 まとめ

下水汚泥中に原発事故に由来する放射性物質が検出されたことにより、それまでの有効利用や処分の多くが中断されるという困難な状況にもかかわらず、必要不可欠なライフラインである下水道の機能は途絶えることなく維持されており、市民の安全で快適な生活が保たれ今日に至っている。大量の下水汚泥が下水処理場に保管され続け、保管場所の確保が大きな課題となっているが、飛散防止、放射線の遮へい等の適切な管理により、周辺住民等への影響を避けて安全な保管が実施されている状況にあることが放射能に関するモニタリングにより確認されている。また、焼却等による排気中の放射性物質は検出されておらず、処理水中の放射性物質もほとんど不検出であり、検出された場合も「めやす」とされる水中濃度限度を大幅に下回っていること、下水汚泥焼却灰等からはほとんど溶出しないことなど、環境への影響は認められないことが確認されている。

また、今回再認識されたことは、下水道は、都市に降下した放射性物質が集められることで、結果的に除染の一端を担う機能を発揮していることである。特に、雨水が流入する合流式下水道は、市街地の堆積物が雨で洗い流される自然の除染プロセスと不可分の関係にある。

現在、雨によるそうした流出は長期的に減少傾向であり、これから本格的に始まる除染作業による影響に留意しつつも、下水道に流入する放射性物質も減少し、いずれは下水汚泥の放射能濃度も問題とされないレベルまで低下すると見込まれる。下水処理場への流入及び場内における放射性物質の挙動の把握からもその見通しが裏付けられる。

下水汚泥の最終的な処分等は、平成24年1月に施行される放射性物質汚染対処特措法等において明確に位置づけられていくものであり、これまでに同法の基本方針が閣議決定され、必要な中間貯蔵施設等の基本的考え方(ロードマップ)等が公表されている。

新たな放射性物質の流入が減り、新規に発生する下水汚泥の放射能濃度が低下している事実は、有効利用や処分の再開につながるものである。また、これまでに保管されている下水汚泥については、比較的高濃度の放射性物質を含むものも存在するが、それらも含めて、法律に基づき、国や地方公共団体が着実に対処していくものである。

下水汚泥の減容化等については、各技術の特徴や処理場の特性を踏まえて適切なシナリオや技術を選定すべきであり、その際には、保管や処分の安全性の確保のためのセメント固化等の技術も含めた総合的な判断が重要である。

下水汚泥の放射線については、適切な閉じ込め・放射線遮へい等の対策を講じることで、作業員及び周辺地域住民の安全の確保が可能であり、その安全性を適切なモニタリングにより確認して、その情報を分かりやすい形で情報提供することが住民の理解と安心にもつながるものである。

本中間とりまとめは、放射性物質を含む下水汚泥への対策を進めていくために、現段階において講じることができる対策を整理したものである。さらに、放射性物質汚染対処特措法に基づいて、国等により実施される対策においても活用されるよう、今後の新たな知見の蓄積等により、よりよい形で見直していくべきである。

#### ：放射性物質汚染対処特措法について

福島第一原発事故に伴う放射性物質の拡散による環境の汚染への対処に関し、国、地方公共団体、関係原子力事業者等が講ずべき措置等について定めることにより、環境の汚染による人の健康又は生活環境への影響を速やかに軽減することを目的とし、「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）が平成 23 年 8 月 30 日に公布されている（平成 24 年 1 月 1 日全面施行）。

本法律の基本方針（平成 23 年 11 月 11 日閣議決定）は、基本的な考え方として、「環境汚染への対処に関しては、関係原子力事業者（事故由来放射性物質を放出した原子力事業者をいう。以下同じ。）が一義的な責任を負う。また、国は、これまで原子力政策を推進してきたことに伴う社会的な責任を負っていることから、環境汚染への対処に関して、国の責任において対策を講ずるとともに、地方公共団体は、当該地域の自然的社会的条件に応じて、国の施策に協力するものとする。」としており、各主体における適切な取り組みが求められている。本法律の詳細については参考資料 9 を参照。

下水汚泥を含めた事故由来放射性物質により汚染された廃棄物の処理については、その地域内の廃棄物が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ているおそれがある地域として環境大臣が指定する地域内の廃棄物（対策地域内廃棄物）および地域外の廃棄物であっても事故由来放射性物質による汚染状態が基準（パブリックコメントに付された省令事項素案では 8,000Bq/kg 以下とされている）に適合しないものとして環境大臣が指定するもの（指定廃棄物）についての処理は国（環境省）が実施することとされている。

これ以外の汚染レベルの低い廃棄物の処理については、廃棄物処理法の規定等を適用することとされており、下水汚泥については、下水道管理者たる地方公共団体が処理の委託等を行って対処することになる。

また、「除染に関する緊急実施基本方針」（平成 23 年 8 月 26 日原子力災害対策本部）（放射性物質汚染対処特措法成立後は同法に基づく基本方針が、本方針を引き継いでいる）を受けて環境省が公表した「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染の対処において必要な中間貯蔵施設等の基本的考え方」（平成 23 年 10 月 29 日）においては、事故由来放射性物質による汚染が 10 万 Bq/kg を超える下水汚泥を含めた廃棄物については、福島県内については、中間貯蔵施設において一定の期間、安全に集中的に管理・保管、福島県以外については、遮断型処分場にて処分とされている。

事故由来放射性物質による汚染が 8,000Bq/kg を超えて 10 万 Bq/kg 以下の下水汚泥を含めた廃棄物については、既存の管理型処分場の活用等により処分を進めるとされている。

中間貯蔵施設については、3 年程度を目処に供用開始できるよう、政府として最大限の努力を行うとされており、立地場所は、遅くとも平成 24 年度内に選定するとされている。また、中間貯蔵開始後 30 年以内に、福島県外で最終処分を完了するとされている。

## 第7章 今後の課題

今後の課題としては、雨天時や除染活動の影響を踏まえ、市街地から下水道へ放射性物質が流入する状況を把握し、今後発生する汚泥の推移を検討し、既に保管している汚泥も含めて、今後の対応を具体的にスケジュール感をもって示し、保管を減少させる取り組みを進めることである。

また、焼却等の減容化施設や下水汚泥の埋立処分における放射性セシウムの挙動、長期保管による脱水汚泥の性状変化、下水汚泥からの放射性セシウムの分離除去技術等、保管量の削減や再利用促進等に役立つ知見を得るために、今後も調査研究を実施することが必要である。