

## 第4回豊島処分地排水・地下水等対策検討会次第

日時 平成21年11月22日(日) 13時～

場所 ホテルパールガーデン2階 讃岐(B)

### I. 開会

### II. 審議・報告事項

1. 汚染土壤の水洗浄処理に係る事前適用性試験の結果(案)について
2. 豊島処分地第3工区覆土の処理方針(案)について
3. 汚染土壤の水洗浄処理計画(案)の概要について
4. 豊島処分地汚染土壤の水洗浄処理に係る技術的要件の検討報告書(案)について
5. 豊島処分地ケーブル屑の洗浄試験(案)について
6. その他

### III. 閉会

## 汚染土壌の水洗浄処理に係る事前適用性試験の結果（案）について

豊島処分地の汚染土壌について、水洗浄処理技術による処理の可能性を確認するとともに、処理可能と判断した汚染土壌処理システムについて、運転管理上必要な事項を把握するため、第3回検討会（平成21年5月26日開催）において選定した試験業者2社が、「豊島処分地汚染土壌水洗浄処理に関する事前適用性試験実施方針」に基づき、事前適用性試験を実施した結果は、別添報告書（案）のとおりであり、その概要は次のとおりである。

### 1. 事業場名及び実施場所

事業場名	清水建設(株) (以下、S社という。)	DOWAエコシステム(株) (以下、D社という。)
実施場所	清水建設(株)土壌洗浄プラント事業所 神奈川県川崎市	エコシステム花岡(株)松浪工場 秋田県大館市

### 2. 実施期間

平成21年8月20日から10月末

### 3. 試験試料及び分析項目等

試験試料（以下、「元土壌」という。）は、直下土壌2検体、覆土1検体の3検体で、分析項目は、7月に県が実施した試験試料の分析結果で、土壌汚染の確認された項目を分析対象とした。

区分	直下土壌		覆土
試料名	HI-2	GH-2	CD-2
分析対象項目	鉛、砒素、フッ素、ホウ素	鉛	鉛

### 4. 元土壌

- (1) 3試料の元土壌について、7月に県が分析した結果では、鉛等10項目の含有量調査では、いずれも土壌環境基準を満たしていたが、重金属類10項目の溶出量調査では、表1のとおり、HI-2では、鉛、砒素、フッ素、ホウ素が基準を超過し、また、GH-2とCD-2では、鉛が基準を超過していた。
- (2) S社が分析した結果では、HI-2が砒素、フッ素、ホウ素の土壌環境基準（溶出量）を超過した。その他2検体は土壌環境基準を満たしていた。  
また、D社の分析結果は、HI-2が鉛、砒素、フッ素、ホウ素の土壌環境基準（溶出量）を超過し、CD-2が鉛の基準（溶出量）を超過した。
- (3) 県及び試験業者が行った試験結果では、元土壌の鉛や砒素の溶出量は、時間の経過によって、減少する傾向が見られた。

表1 元土壌の土壌環境基準超過項目の分析結果 (単位: mg/l)

試料名	分析項目 (溶出量)	7月	9月			10月	土壌環境基準
		県	S社	D社		D社	
HI-2	鉛	0.20	0.007	0.052	0.026	0.01	0.01
	砒素	0.051	0.020	0.018	0.019	0.016	0.01
	フッ素	1.5	1.3	0.9	0.8	1.1	0.8
	ホウ素	1.8	1.5	1.2	1.2	1.4	1
GH-2	鉛	0.029	<0.005	<0.005	<0.005	—	0.01
CD-2	鉛	0.021	<0.005	0.022	<0.005	—	0.01

## 5. ラボ試験

ミニプラントによる水洗浄試験の運転条件等を検討するため、事前にラボ試験を実施した。

S社、D社とも元土壌3検体を2mm以上、2mm~75 $\mu$ m、75 $\mu$ m以下の3区分に分級し、分級前の土壌と分級後の土壌を粒径別に重量と汚染濃度を測定した。

### (1) 粒径別重量

3検体の75 $\mu$ m以下の細粒分は、S社が9.6~21.4%、D社が7.2~24.4%であった。

### (2) 粒径別汚染濃度

① S社は、3検体の粒径区分のいずれにおいても、基準の超過はなかった。

② D社は、GH-2及びCD-2の鉛の試験結果では、3粒径区分とも基準を満たしていた。HI-2では、フッ素及びホウ素の溶出量が75 $\mu$ m以下で基準を超過し、鉛の溶出量は2mm~75 $\mu$ mで基準を超過していた。

このため、鉛が超過した2mm~75 $\mu$ mの土壌をさらに3区分細分化試験を行った結果、0.5mmより粗い区分で環境基準を満足する土壌が得られた。

## 6. ミニプラントによる水洗浄試験

### (1) 各種試験条件

両社のミニプラント水洗浄試験における土壌試料量、検体数、試験用ミニプラントの処理工程及び分析検体は図1に示すとおりであり、その結果は表2のとおりである。

### (2) 水洗浄処理

#### ① 汚染物質の水洗浄効果

- ・土壌環境基準を超過しているHI-2では、両社ともに水洗浄処理により、汚染物質の分離・濃縮が確認され、土壌環境基準を満たす洗浄土を分級することができた。
- ・S社の汚染物質(全含有量)の除去率は、鉛で82~92%、砒素で8

7%、フッ素で約82%、ホウ素で90%であった。

## ② 土壌の分級効果

- ・ 土壌の水洗浄処理によって分級される浄化土の割合は、最小分級点を60 $\mu\text{m}$ としていたS社は87.5~93.9%であり、75 $\mu\text{m}$ としていたD社は74.5~86.2%であった。

## ③ 処理条件

- ・ 処理の基本設備は、S社のバッチ処理方式での検討の結果では、フローテーション（泡浮遊式分離）を除く湿式篩、サイクロンの処理で土壌環境基準を満たす洗浄土が回収できることが分かった。また、D社の連続式ミニプラントでの検討結果では、湿式ドラム、湿式篩、回転式分級機、サイクロンで土壌環境基準を満たす一定の浄化土が回収できたが、土壌の性状により粒度の大きい部分に汚染物質の残留が推察されるものもあった。
- ・ D社は、これまで基準を超える汚染物質の残留が懸念される場合には、解泥・洗浄時間の拡大等によって浄化土の回収率を上げており、処理対象土壌の性状によっては、このような処理方法等の検討が必要と考えられる。

## 7. 排水処理

### (1) 汚染土壌洗浄排水（処理前の原水）

- ① 汚染土壌を洗浄した後に発生する細粒分を含む洗浄排水の水質測定結果では、S社は、砒素、フッ素、ホウ素が土壌環境基準（溶出量）を超過しているHI-2の鉛が0.94mg/l、砒素が0.12mg/lであり、土壌環境基準を満たしているGH-2、CD-2の洗浄排水でも、鉛が0.68mg/lと0.82mg/lといずれも排水基準を超過していた。
- ② D社では、ラボ試験の結果から洗浄排水の濃度を推定すると、鉛、砒素、ホウ素が土壌環境基準（溶出量）を超過しているHI-2を含めて3検体とも排水基準以下であった。

### (2) 排水処理

- ① S社では、凝集沈澱処理により懸濁粒子がほとんど含まれない条件を確認し、その場合の水質は、3検体とも鉛と砒素が定量下限値未満、フッ素が定量下限値未満若しくはその近傍、ホウ素が排水基準の10分の1以下であった。
- ② D社は、ミニプラントの連続処理工程において、脱水機の濾液を凝集沈澱処理設備の処理水に導入したため、処理水のSS濃度が51~136mg/lと実プランとより高くなった。

凝集沈澱処理による処理水の水質は、3検体とも鉛が定量下限値未満、HI-2のフッ素が定量下限値の近傍になるなど、排水基準以下となった。

- ③ このように、水洗浄処理した汚水を凝集沈澱処理することで、洗浄排水から汚染物質（鉛、砒素、フッ素）の付着した細粒分を除去し、洗浄水と

して再利用できることが確認できた。

- ④ 使用薬剤は、ポリ硫酸鉄、消石灰、高分子凝集剤等、汎用性のある安全な薬剤で処理が可能である。

## 8. 濃縮汚泥

### (1) 回収量等

- ① 凝集沈澱処理によって回収される濃縮汚泥の割合は、最小分級点を  $60\mu\text{m}$  に設定していたS社では、 $6.1\sim 12.5\%$ であった。

最小分級点を  $75\mu\text{m}$  を中心に設定していたD社の濃縮汚泥の割合は、 $13.8\sim 25.5\%$ であった。

なお、両社設備とも最小分級点の粒度調整は可能である。

- ② 濃縮汚泥の脱水後の水分は、D社の結果では  $39\sim 43\%$ であった。

### (2) 汚染の状況

- ① D社の方式では、濃縮汚泥からの鉛、フッ素の溶出が抑制され、土壤環境基準を満足していた。

- ② S社のバッチ試験の結果でも、濃縮汚泥は土壤環境基準を満足していた。

## 9. 洗浄水の使用量

汚染土壌の洗浄水の量は、凝集沈澱処理した処理水を再利用することでほとんどまかなうが、処理土壌への付着で持ち出される分の補給が必要である。

## 10. まとめ

- (1) 豊島処分地の汚染土壌については、水洗浄処理技術によって汚染物質の分離・濃縮が確認され、浄化土の分級が可能であると推察された。

- (2) 浄化土の回収率を高くするためには、水洗浄処理を行う前に、土壌の汚染状態、粒径区分など土壌の基本的な性状をラボ試験で把握したうえで、適切な処理方法を検討する必要がある。

- (3) 汚染土壌の洗浄水は、汎用性のある安全な薬剤を使用した凝集沈澱処理を行い、細粒分を沈澱・除去することで、再利用できることを確認した。

図1

事前適用性試験の概要

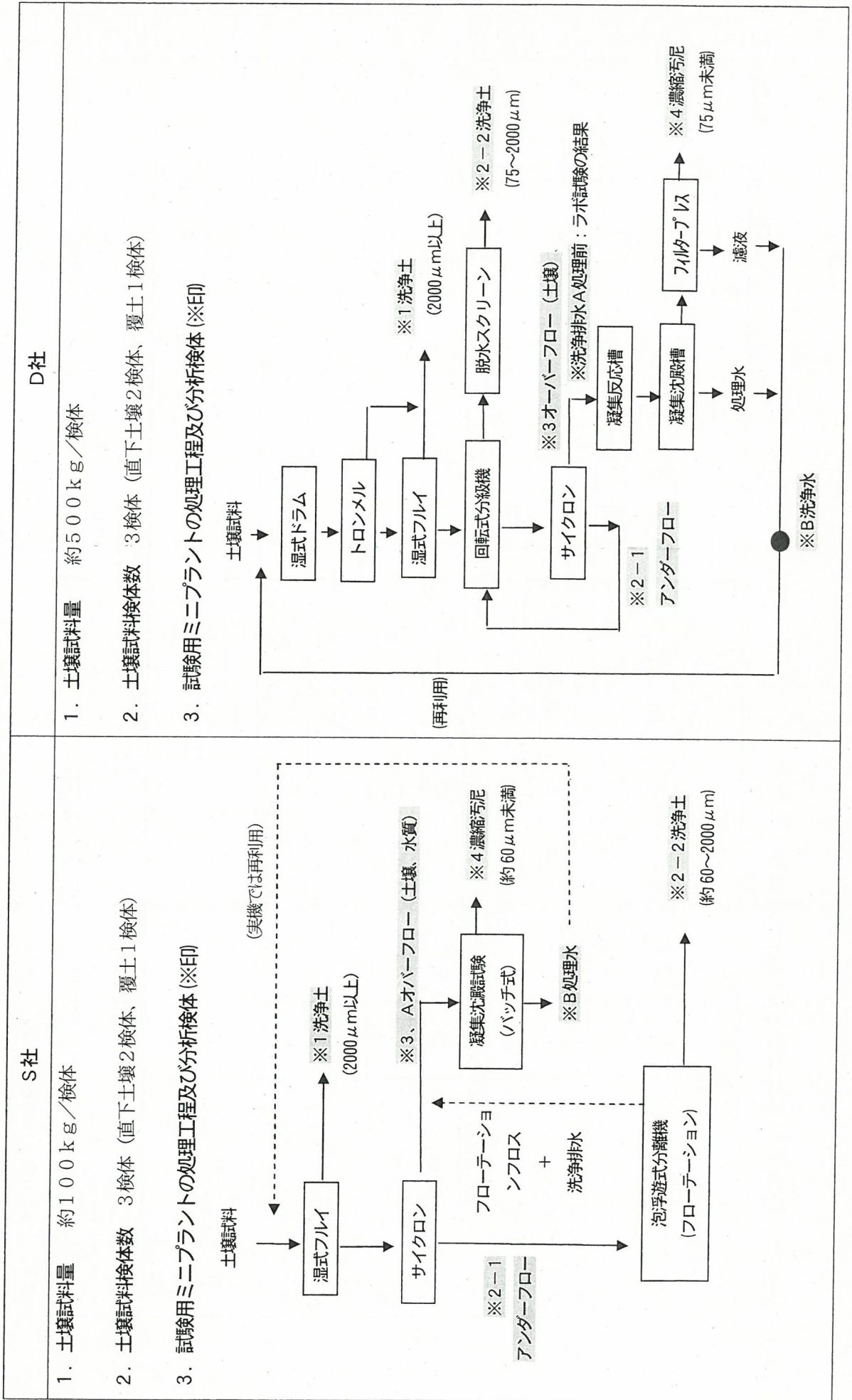


表2 事前適用性試験結果(ミニプラント試験)の概要

(溶出量:mg/l、含有量:mg/kg、粒径:μm)

区分	S社						D社														
	HI-2			GH-2			CD-2			HI-2			GH-2			CD-2					
	鉛	砒素	フッ素	ホウ素	鉛	砒素	フッ素	ホウ素	鉛	砒素	フッ素	ホウ素	鉛	砒素	フッ素	ホウ素	鉛	砒素	フッ素	ホウ素	
土壤環境基準	0.01	0.01	0.8	1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.8	1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
元土壤	0.007	0.020	1.3	1.5	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.8	1.2	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
+2000 ※1	<0.005	<0.005	0.1	0.16	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.1	<0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
2000~75 ※2-1	<0.005	<0.005	0.2	0.08	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	1	1.2	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
2000~75 ※2-2	<0.005	<0.005	<0.1	0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.1	<0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
-75 ※3	<0.005	<0.005			<0.005	<0.005			<0.005	<0.005				<0.005	<0.005			<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
-75凝集処理後※4	<0.005	<0.005	0.3	0.19	<0.005	<0.005	0.04	1.3	<0.005	<0.005	<0.005	0.04	1.3	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
土壤環境基準	150	150	4000	4000	150	150	4000	4000	150	150	4000	4000	4000	150	150	4000	4000	150	150	4000	4000
元土壤	14(18)	<1(3.3)	12(130)	21(25)	150	150	21(25)	22(34)	150	150	22(34)	20	20	16	<1	<100	20	8	<5	<5	18
+2000 ※1	- (2.6)	- (1.2)	- (50)	- (4)	- (3.0)	- (3.0)	- (4)	- (6.5)	- (3.0)	- (3.0)	- (6.5)	<10	<10	<5	<100	<10	<5	<5	<5	<5	<5
2000~75 ※2-1	2(5.0)	<1(0.8)	<10(44)	3(3)	3(4.0)	3(4.0)	3(3)	17(22)	3(4.0)	3(4.0)	17(22)	<10	<10	18	<1	<100	<10	20	20	<10	26
2000~75 ※2-2	2(2.4)	<1(0.7)	<10(40)	1(4)	4(3.0)	4(3.0)	1(4)	6(13)	4(3.0)	4(3.0)	6(13)	<10	<10	<5	<100	<10	<5	<5	<5	<10	12
-75 ※3	(43)	(7.2)	(280)	(26)	(56)	(56)	(26)	(44)	(56)	(56)	(44)	28	28	46	1	<100	28	54	54	44	44
-75凝集処理後※4	38(43)	1(7.2)	<10(280)	9(26)	49(56)	49(56)	9(26)	38(44)	49(56)	49(56)	38(44)	30	30	46	1	<100	30	51	51	40	40
+2000 ※1		28.4			45.6	45.6		39.5	45.6	45.6	39.5				7.2			28.7	28.7	10.8	10.8
2000~75 ※2		60			48.3	48.3		48.0	48.3	48.3	48.0				67.4			57.4	57.4	70.4	70.4
-75 ※4		11.6			6.1	6.1		12.5	6.1	6.1	12.5				25.5			13.8	13.8	18.8	18.8
計		100			100	100		100	100	100	100				100			100	100	100	100
処理前 (mg/l) ※A	0.94	0.12	<0.1	1.0	0.68	0.68	1.0	0.82	0.68	0.68	0.82	4.6	7.5	0.043	0.039	4.6	7.5	0.011	0.011	<0.005	<0.005
処理後 (mg/l) ※B	<0.005	<0.005	<0.1~0.2	0.70~0.77	<0.005	<0.005	0.77	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.3	6.2	<0.005	<0.001	0.3	6.2	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
排水基準 (mg/l)	0.1	0.1	8(15)	10(230)	0.1	0.1	10(230)	0.1	0.1	0.1	0.1	8(15)	10(230)	0.1	0.1	8(15)	10(230)	0.1	0.1	0.1	0.1

(備考) 1. S社の最小分級点は約60μmである。  
 2. DOWAの洗浄排水処理前は、ラボ試験の結果である。  
 3. DOWAの洗浄排水処理後は、凝集沈殿処理水と汚泥脱水機の濾液を混合したものである。  
 4. フッ素、ホウ素の排水基準の( )は、海域に排出される場合に適用される。  
 5. 溶出量、含有量は平成15年環境省告示第18号、第19号による。全含:全含有量は、底質調査方法による。

土壤洗淨事前適用性試験  
報告書(案)

平成 21 年 11 月

清水建設株式会社



## 目 次

1. 試験概要.....	1
2. 土壌試料の外観.....	4
3. 土壌洗浄事前適用性試験の結果.....	5
3.1 土壌試料(Feed)の粒度構成, 土壌分析.....	5
3.2 土壌粒度分布試験.....	7
3.3 ロードカーブ試験.....	13
3.4 土壌洗浄試験.....	17
3.4.1 土壌洗浄試験.....	17
3.4.2 マスバランス, 洗浄試験結果の評価.....	21
3.5 凝集沈澱試験.....	33
4. まとめ.....	36

## 1. 試験概要

- 目的: 豊島処分地の汚染土壌について、水洗浄処理技術による処理の可能性を確認するとともに、処理可能と判断した汚染土壌について、運転管理上必要な事項を把握する。
- 試験期間: 平成21年8月20日～10月30日
- 試験受託事業者: 清水建設株式会社
- 業務実施組織体制:
- 契約/業務内容連絡窓口: 相澤 渉 (清水建設(株)土壌環境本部計画部)
  - 現地連絡窓口: 小池 洋 (清水建設(株)四国支店営業部)
  - 試験場所管理責任者: 菅原 尚也(清水建設(株)土壌環境本部洗浄プラント部)
  - 業務管理技術者: 毛利 光男(清水建設(株)土壌環境本部洗浄プラント部)
  - 分析機関(委託先): 帝人エコ・サイエンス(株)(計量証明事業登録 東京都 No.624(濃度))
- 試験場所: 清水建設株式会社土壌洗浄プラント事業所  
(神奈川県川崎市川崎区扇町6-1)
- 試験試料:
- ①豊島処分地掘削現場内廃棄物層直下汚染土壌:2 試料
    - GH-2 :鉛, 土壌試料 90kg
    - HI-2 :鉛, 砒素, フッ素, ホウ素, 土壌試料 180kg
  - ②豊島処分地掘削現場内廃棄物層覆土:1 試料
    - CD-2 :鉛, 土壌試料 150kg
- ラボ試験:
- 土壌試料(Feed)の粒度構成, 土壌分析
  - 土壌粒度分布試験
  - ロードカーブ試験
- ミニプラント試験:
- 土壌洗浄試験
    - (a) 湿式フルイ試験
    - (b) ハイドロサイクロン試験
    - (c) フローテーション試験
  - マスバランス, 洗浄試験結果の評価
  - 凝集沈澱試験(ジャーテスト)

- まとめ： 豊島処分地の3試料の土壤洗浄事前適用性試験を実施し、環境基準を満足する洗浄砂が得られること、外部処分が必要となる汚染土壤の割合を大幅に減量化できることが確認された。凝集沈澱試験の処理水は環境基準を満足し、再利用する上で問題が無いことが確認された。

以下に、試験結果の要約を記す。

### 土壤試料の粒度構成, 土壤分析

- (1) 土壤洗浄事前適用性試験の際に、土壤試料の分析を行ったところ、CD-2とGH-2の鉛溶出量は基準を超過していなかった。また、HI-2についても溶出量基準を超過したのは、砒素、フッ素、ホウ素の3項目であった。
- (2) 2mm以上の粗粒子分の割合は、CD-2が39.5%、GH-2が45.6%、HI-2が28.4%であった。砂分(75 $\mu$ m~2mm)の割合は、CD-2が44.2%、GH-2が44.8%、HI-2が50.2%であった。75 $\mu$ m以下の細粒子分の割合は、CD-2が16.3%、GH-2が9.6%、HI-2が21.4%であった。

### 土壤粒度分布試験, ロードカーブ試験

- (3) CD-2, GH-2, HI-2の土壤試料の粒度分布から、豊島の土壤は濃縮汚染土(脱水ケーキ)となる細粒子分の割合が小さく、土壤洗浄に適した粒度構成であることが明らかとなった。土壤洗浄によって、外部処分が必要となる汚染土壤量を大幅に減量化することが可能になる。2mm以上の粗粒子分も粗砂、砂利、礫であり、再利用(埋め戻しなど)が可能である。粒度分布データからは、濃縮汚染土となる土壤の割合は、CD-2が約17%、GH-2が約10%、HI-2が約21%と推測された。
- (4) ロードカーブの形状からは、本土壌試料はハイドロサイクロンによる分級によって含有量が大幅に低減することが予想された。これからも、豊島の汚染土壤は土壤洗浄に適していると考えられた。

### 土壤洗浄試験, マスバランス, 洗浄試験結果の評価

- (5) CD-2およびGH-2のアンダーフロー(UF)とフローテーション洗浄砂は、鉛の含有量基準と溶出量基準を満足していた。HI-2のアンダーフロー(UF)とフローテーション洗浄砂は、鉛、砒素、フッ素、ホウ素の4項目とも含有量基準と溶出量基準を満足していた。豊島の汚染土壤を土壤洗浄処理することによって、環境基準を満足する洗浄砂が得られることが確認された。
- (6) CD-2, GH-2, HI-2のフローテーション試験に共通して、フローテーション洗浄砂の全含有量値は、アンダーフロー(砂分)比べてそれほど大きく低減していないことが判明した。これは、フローテーションで分離されたフロスの量(乾燥重量)が少量であったためである。しかし、フローテーションにおける汚染物質の選択性は高く、鉛、砒素、フッ素、ホウ素ともフィードやアンダーフローに比べてかなり高い含有量のフロス(汚染物質)が分離されることが認められた。このことは、土壤の汚染物質濃度が高い場合、すなわち高含有量の細粒子分が存在する場合であっても、フローテーションによって問題なく分離除去できることを意味している。
- (7) 今回の土壤試料については、2段湿式フルイとハイドロサイクロンのみでも環境基準を満足する洗浄砂を得ることができた。しかし、もっと重金属の汚染濃度が高い土壤、ダイオキシンや鉱物油などによる複合汚染土壤を対象とする場合には、フローテーションプロセスは必要不可欠である。

## 事前適用性試験報告書

---

- (8) 土壌試料(Feed)に対する汚染物質(全含有量)の除去率は、鉛で 82~92%、砒素で 87%、フッ素で約 82%、ホウ素で 90%であった。
- (9) 土壌洗浄によって産出(分級)される粗粒子分、洗浄砂、濃縮汚染土の割合を求めた。土壌試料(Feed)に対する濃縮汚染土の割合(乾燥重量)は、CD-2 が 12.5%、GH-2 が 6.1%、HI-2 が 11.6%であることから、外部処分が必要となる汚染土壌の割合を大幅に減量化できることが判明した。

### 凝集沈澱試験

- (10) CD-2のオーバーフローの沈降性がよいこと、GH-2とHI-2のオーバーフローの沈降性は悪く、3時間静置しても懸濁した状態であることが判明した。目視では、GH-2とHI-2のオーバーフローにはコロイダルな粒子が多く含まれているように観察された。特に、HI-2の沈降性が悪いため、凝集沈澱試験はHI-2のオーバーフロー試料を中心に実施した。
- (11) オーバーフロー(OF)にはサイクロンによって分級された細粒子分が含まれるため、OFの懸濁液(懸濁態を含む)は環境基準を超過した。CD-2、GH-2、HI-2のOFは鉛と砒素が基準を超過していた。HI-2のOFは溶存態の鉛と砒素も環境基準を超過していた。
- (12) 凝集沈澱試験においては処理水を再利用することを基本として行い、懸濁粒子(SS)がほとんど含まれない清澄感のある処理水(上澄水)を得ることのできる条件を見出した。凝集沈澱処理水の鉛と砒素の濃度は定量下限値未満、フッ素の濃度は定量下限値未満もしくはその近傍、ホウ素についても環境基準を満足するなど、再利用する上で問題が無いことが確認された。

## 2. 土壌試料の外観

2009年8月24日に送付された土壌試料(Feed<sup>1)</sup>)の概観を写真-1に示す。HI-2土壌試料は大きな固い塊状であった。

(a) CD-2



(b) GH-2



(c) HI-2



写真-1 土壌試料, CD-2, GH-2, HI-2の外観

<sup>1)</sup> 土壌洗浄(Soil Washing)の分野では、洗浄プラントで処理を行う土壌(投入土壌)のことをFeedと呼ぶ。本事前適用性試験においても、土壌試料のことをFeedと称する。

3. 土壤洗浄事前適用性試験の結果

3.1 土壤試料(Feed)の粒度構成, 土壤分析

CD-2, GH-2, HI-2 の土壤試料(Feed)の粒度構成を図-1 に示す。2mm 以上の粗粒子分の割合は, CD-2 が 39.5%, GH-2 が 45.6%, HI-2 が 28.4%であった。砂分(75 $\mu$ m~2mm)の割合は, CD-2 が 44.2%, GH-2 が 44.8%, HI-2 が 50.2%であった。75 $\mu$ m 以下の細粒子分の割合は, CD-2 が 16.3%, GH-2 が 9.6%, HI-2 が 21.4%であった。

CD-2, GH-2 土壤試料の 9.5mm 以上の粗粒子分(砂利, 礫)の外観を写真-2 に示す。HI-2 土壤試料には 9.5mm 以上の粗粒子分は含まれていなかった。

(1) 試料 CD-2

Feed <75 $\mu$ m	Feed +75 ~2,000 $\mu$ m	Feed +2,000 $\mu$ m 以上
16.3%	44.2%	39.5%

(2) 試料 GH-2

Feed <75 $\mu$ m	Feed +75 ~2,000 $\mu$ m	Feed +2,000 $\mu$ m 以上
9.6%	44.8%	45.6%

(3) 試料 HI-2

Feed <75 $\mu$ m	Feed +75 ~2,000 $\mu$ m	Feed +2,000 $\mu$ m 以上
21.4%	50.2%	28.4%

図-1 CD-2, GH-2, HI-2 土壤試料の粒度構成



写真-2 CD-2, GH-2 土壤試料の 9.5mm 以上の粗粒子分(砂利, 礫)の外観

事前適用性試験報告書

CD-2, GH-2, HI-2の土壌試料(Feed, Feed 2mm以上, Feed<2mm)の分析結果を表-1に示す。土壌洗浄事前適用性試験の際に、土壌試料(Feed)の分析<sup>2)</sup>を行ったところ、CD-2とGH-2のFeedは鉛溶出量が基準を超過していなかった。また、HI-2のFeedについても溶出量基準を超過したのは、砒素、フッ素、ホウ素の3項目であった。HI-2の粗粒子分(Feed 2mm以上)は、鉛、砒素、フッ素、ホウ素の4項目とも溶出量基準を満足していた。

表-1 CD-2, GH-2, HI-2 土壌の分析結果

試料名称	全含有量分析(底質調査法)				含有量分析(環告19号)				強熱減量 (%)	溶出液分析(環告18号)				溶出液 pH (-)	
	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)		鉛 (mg/L)	ヒ素 (mg/L)	フッ素 (mg/L)	ホウ素 (mg/L)		
定量下限値	0.2	0.5	1	1	1	1	10	1	0.1	0.005	0.005	0.1	0.01	---	
土壌環境基準値	---	---	---	---	150	150	4000	4000	---	0.01	0.01	0.8	1	---	
CD-2	Feed	34	---	190	---	22	3	39	2	1.9	<0.005	<0.005	0.4	0.02	7.4
	Feed 2mm以上	6.5	---	56	---	---	---	---	---	---	<0.005	---	0.2	---	6.9
	Feed <2mm	25	---	210	---	19	---	---	---	1.3	<0.005	<0.005	0.5	---	7.4
GH-2	Feed	11	---	130	---	9	<1	<10	8	1.0	<0.005	0.005	0.2	0.57	9.1
	Feed 2mm以上	3.0	---	19	---	---	---	---	---	---	<0.005	---	<0.1	---	8.2
	Feed <2mm	11	---	66	---	2	---	---	---	0.3	<0.005	<0.005	<0.1	0.02	7.4
HI-2	Feed	18	3.3	130	25	14	<1	12	21	1.8	0.007	0.020	1.3	1.5	8.2
	Feed 2mm以上	2.6	1.2	50	4	---	---	---	---	---	<0.005	<0.005	0.1	0.16	7.3
	Feed <2mm	8.3	2.2	98	11	7	<1	<10	7	1.1	0.006	0.013	0.5	0.51	8.0

<sup>2)</sup> 土壌試料の分析は、計量証明事業所である帝人エコ・サイエンス㈱に委託した。土壌試料の分析方法と測定機器を以下に記す。

土壌試料の分析方法, 測定機器

項目	分析方法		測定機器
鉛	全含有量試験(底質調査法)	底質調査方法 II.7	ICP発光分光分析法 ICP-OES
	含有量試験(環告19号)	JIS K 0102 54.3	
	溶出量試験(環告18号)	同上	
ヒ素	全含有量試験(底質調査法)	底質調査方法 II.13	水素化物発生 ICP発光分光分析法 ICP-OES
	含有量試験(環告19号)	JIS K 0102 61.3	
	溶出量試験(環告18号)	同上	
フッ素	全含有量試験(底質調査法)	化学物質環境調査法2.10	ランタン- アリザリンコンプレキソン 吸光度法 分光光度計
	含有量試験(環告19号)	JIS K 0102 34.1	
	溶出量試験(環告18号)	同上	
ホウ素	全含有量試験(底質調査法)	底質調査方法 II.6準拠	ICP発光分光分析法 ICP-OES
	含有量試験(環告19号)	JIS K 0102 47.3	
	溶出量試験(環告18号)	同上	

### 3.2 土壌粒度分布試験

土壌粒度分布試験では、写真-3 に示すように湿式振動フルイ装置と 38, 75, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000  $\mu\text{m}$  の分画径の金網フルイを用いて、土壌試料の篩い分けを行い、土壌試料の粒度分布を求めた。38 $\mu\text{m}$  以下の微細粒子分は凝集沈澱によって回収した。

CD-2, GH-2, HI-2 の土壌試料の分級試料の外観を写真-4(A)～写真-4(C)に示す。CD-2, GH-2, HI-2 の 250 $\mu\text{m}$  未満の分級試料には、共通して黒色～黄銅色の微細粒子や光沢を有する灰色～銀色の微細粒子が含まれていることが観察された。

土壌試料全体としては良質な砂質土であるため、洗浄処理によって環境基準を満足すれば、再利用(埋め戻しなど)に適した土壌であると判断された。



写真-3 粒度分布試験で使用した湿式振動フルイと金網フルイ



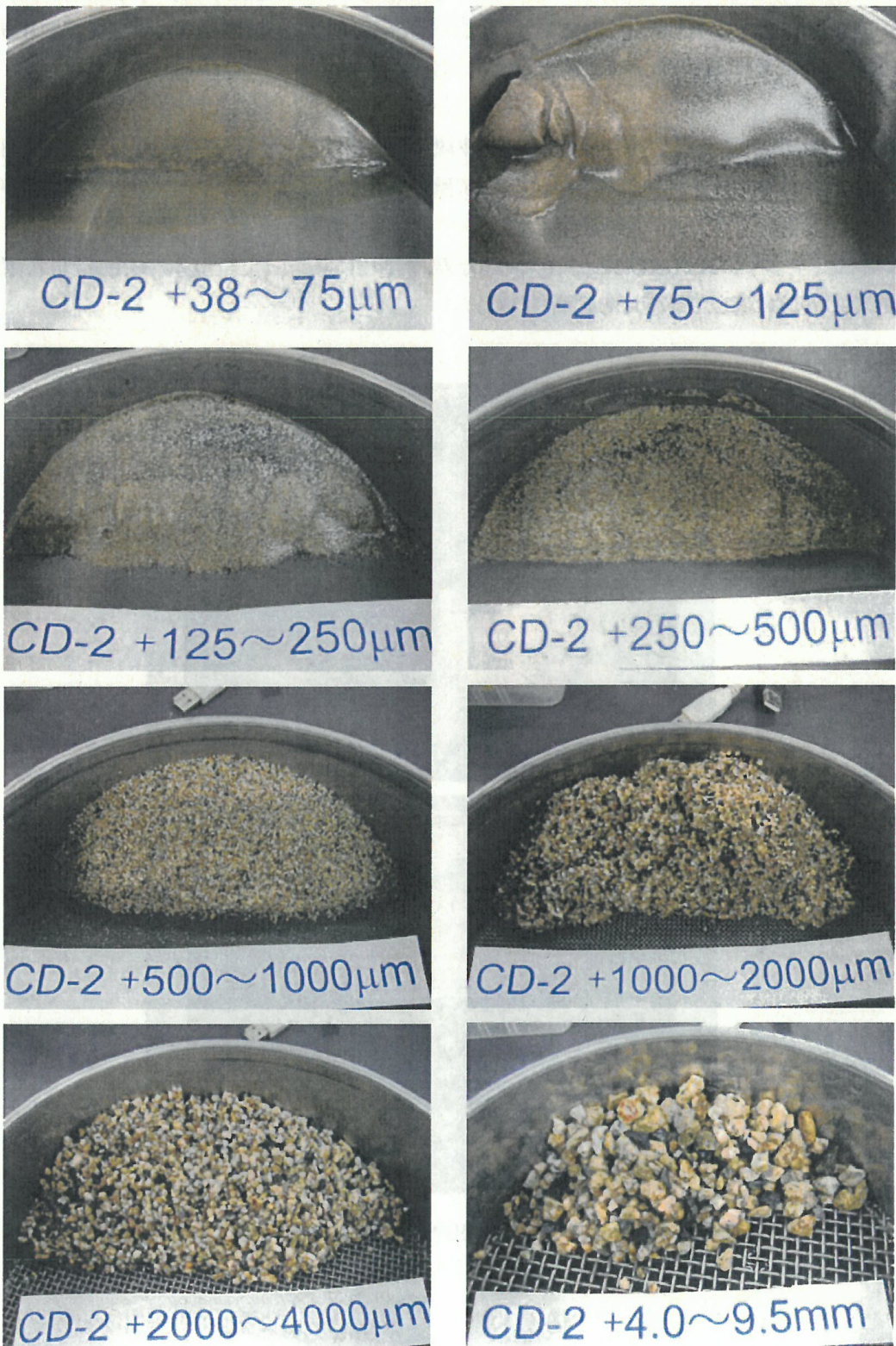


写真-4(A) CD-2土壤試料の粒度分布試験, 38 $\mu$ m~9.5mmの分級試料

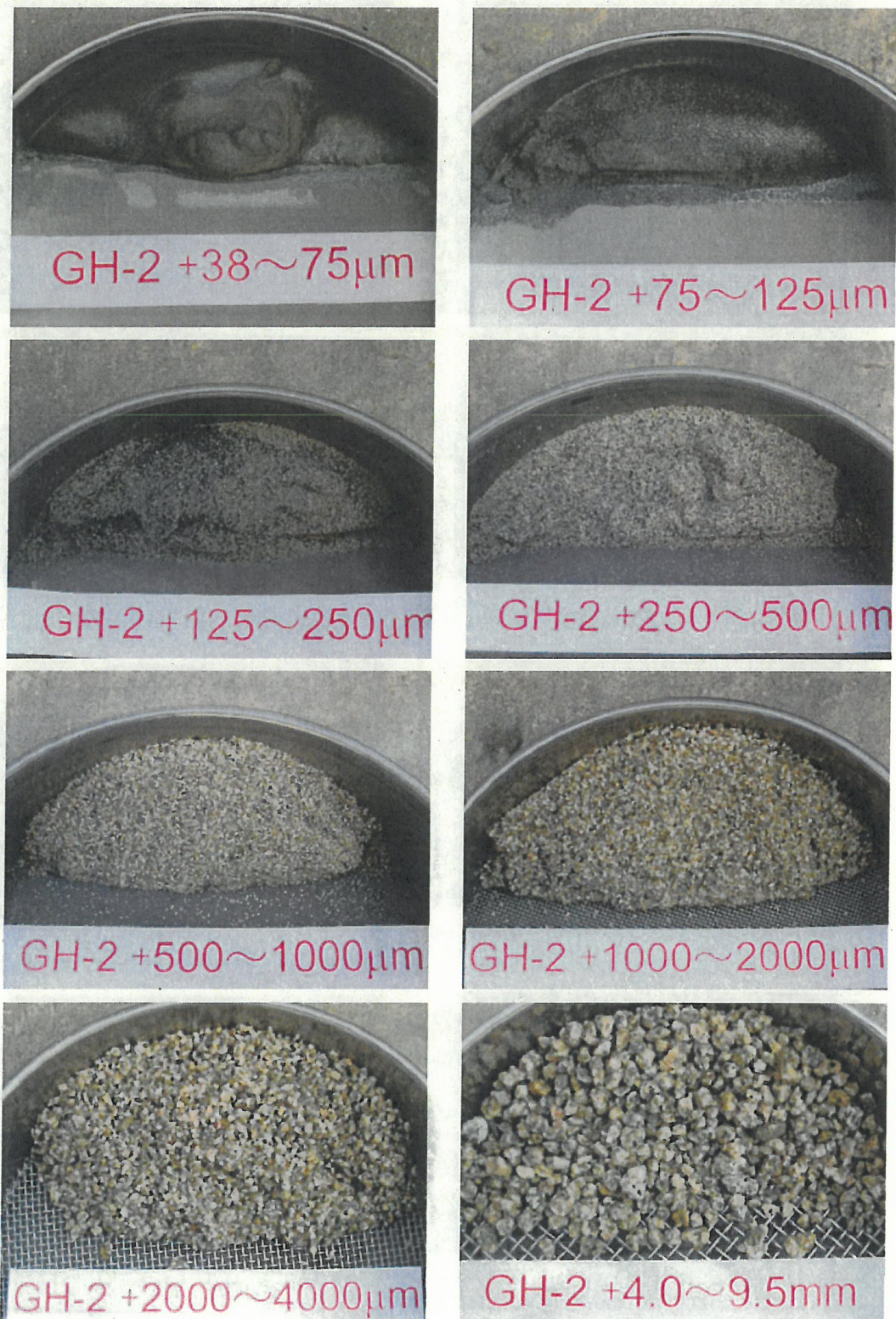


写真-4(B) GH-2土壤試料の粒度分布試験, 38 $\mu$ m~9.5mmの分級試料



写真-4(C) HI-2土壌試料の粒度分布試験, 38 $\mu$ m~9.5mmの分級試料

事前適用性試験報告書

粒度分布試験は、CD-2 土壌試料で 3 回、GH-2 土壌試料で 2 回、HI-2 土壌試料で 2 回繰り返し行った。CD-2、GH-2、HI-2 の土壌試料の粒度分布試験結果を図-2(A)～図-2(C)に示す。粗粒子分の多いCD-2 土壌試料(写真-2を参照)の粒度分布は、2mm以上の粗粒子分の分布に多少のバラツキが認められた。

CD-2、GH-2、HI-2 の土壌試料の粒度分布から、豊島の土壌は濃縮汚染土(脱水ケーキ)となる細粒子分の割合が小さく、土壌洗浄に適した粒度構成であることが明らかとなった。土壌洗浄によって、外部処分が必要となる汚染土壌量を大幅に減量化することが可能になる。

2mm以上の粗粒子分も写真-2、写真-4に示すように、粗砂、砂利、礫などであり、再利用(埋め戻しなど)が可能であると判断された。

粒度分布データからは、75 $\mu$ m未滿の濃縮汚染土となる細粒子分の割合は、CD-2が約17%、GH-2が約10%、HI-2が約21%と推測された。但し、これは粒度分布データからの目安であって、ハイドロサイクロンによって分級される細粒子分(濃縮汚染土)の割合を意味するわけではない。サイクロンによる分級点は粒子サイズだけでなく粒子の密度と形状、スラリー密度、供給圧力など多くのパラメータによって変わるためである。

粒徑 ( $\mu$ m)	代表徑 ( $\mu$ m)	CD-2(1)		CD-2(2)		CD-2(3)	
		粒徑分布 (%)	累積 (%)	粒徑分布 (%)	累積 (%)	粒徑分布 (%)	累積 (%)
-38	26.87	12.9%	12.9%	13.7%	13.7%	13.9%	13.9%
+38-75	59.45	2.2%	15.1%	3.3%	16.9%	3.0%	16.9%
+75-125	103.1	5.8%	20.8%	5.5%	22.4%	3.5%	20.3%
+125-250	197.6	6.7%	27.5%	6.5%	28.9%	8.1%	28.5%
+250-500	395.3	7.2%	34.7%	8.9%	37.8%	8.2%	36.7%
+500-1000	790.6	8.9%	43.6%	8.4%	46.2%	10.5%	47.1%
+1000-2000	1581	14.0%	57.6%	15.4%	61.7%	15.2%	62.3%
+2000-4000	3162	12.5%	70.1%	16.9%	78.5%	12.5%	74.8%
+4000-9500	7289	9.4%	79.5%	14.6%	93.1%	8.6%	83.4%
+9500-19000	15021	7.5%	87.0%	6.9%	100.0%	4.2%	87.6%
+19000-26500	23057	7.3%	94.3%	—	—	6.8%	94.3%
+26500-37500	32469	5.7%	100.0%	—	—	5.7%	100.0%

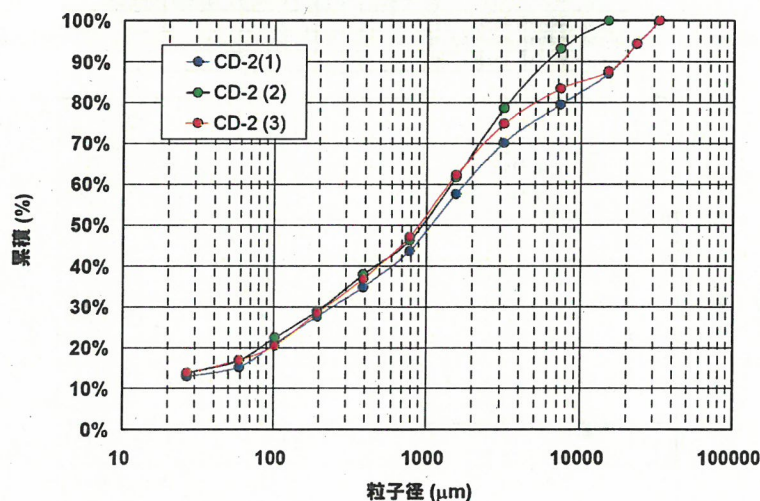


図-2(A) CD-2 土壌試料の粒度分布試験結果

粒径 ( $\mu\text{m}$ )	代表径 ( $\mu\text{m}$ )	GH-2(1)		GH-2(2)	
		粒度分布 (%)	累積 (%)	粒度分布 (%)	累積 (%)
-38	26.87	6.0%	6.0%	7.3%	7.3%
+38-75	59.45	3.3%	9.4%	2.5%	9.8%
+75-125	103.1	4.0%	13.4%	3.3%	13.0%
+125-250	197.6	6.0%	19.3%	7.6%	20.6%
+250-500	395.3	7.6%	27.0%	9.0%	29.6%
+500-1000	790.6	9.6%	36.6%	11.0%	40.6%
+1000-2000	1581	14.7%	51.3%	16.8%	57.4%
+2000-4000	3162	20.4%	71.7%	18.5%	76.0%
+4000-9500	7289	19.3%	91.0%	16.7%	92.7%
+9500-19000	15021	9.0%	100.0%	3.9%	96.6%
+19000-26500	23057	—	—	3.4%	100.0%
+26500-37500	32469	—	—	—	—

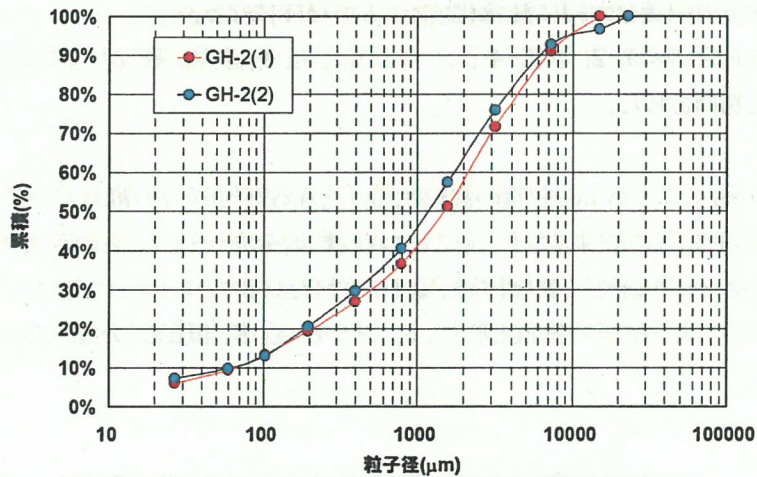


図-2(B) GH-2 土壌試料の粒度分布試験結果

粒径 ( $\mu\text{m}$ )	代表径 ( $\mu\text{m}$ )	HI-2 (1)		HI-2 (2)	
		粒度分布 (%)	累積 (%)	粒度分布 (%)	累積 (%)
-38	26.87	19.4%	19.4%	16.8%	16.8%
+38-75	59.45	3.6%	23.0%	3.1%	19.9%
+75-125	103.1	6.4%	29.4%	5.2%	25.0%
+125-250	197.6	6.4%	35.9%	6.9%	31.9%
+250-500	395.3	8.9%	44.8%	8.6%	40.5%
+500-1000	790.6	10.8%	55.6%	11.1%	51.6%
+1000-2000	1581	20.1%	75.7%	16.0%	67.6%
+2000-4000	3162	16.4%	92.1%	19.4%	87.0%
+4000-9500	7289	7.9%	100.0%	13.0%	100.0%
+9500-19000	15021	—	—	—	—
+19000-26500	23057	—	—	—	—
+26500-37500	32469	—	—	—	—

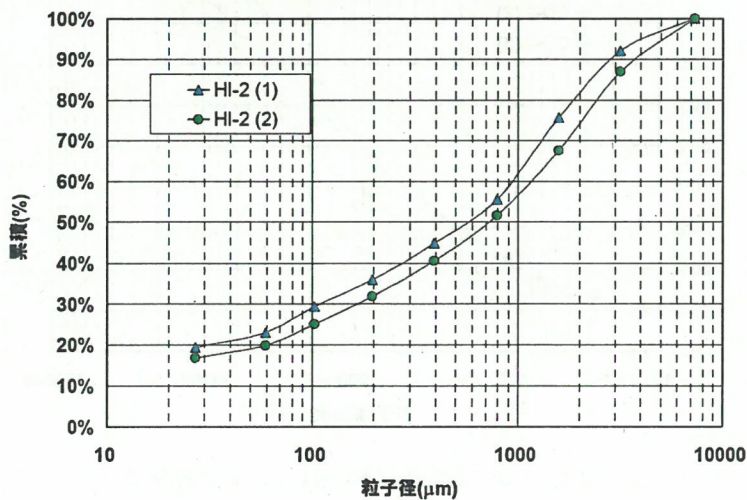


図-2(C) HI-2 土壌試料の粒度分布試験結果

### 3.3 ロードカーブ試験

ロードカーブ試験は汚染物質がどのサイズの土壌粒子に多く存在しているのかを把握することを目的とする。通常のロードカーブ試験では、粒度分布試験と同じく 38, 75, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000  $\mu\text{m}$  の分画径の金網フルイで分級(分画)された試料の全含有量(底質調査法)を分析することによってロードカーブを求める。

今回の試験では全含有量に加えて溶出量の分析も行ったが、CD-2, GH-2, HI-2 の分画試料の鉛溶出量とフッ素溶出量の多くは定量下限値(ND)であった。このため、ロードカーブ試験のグラフは鉛とフッ素の全含有量値で表示した。

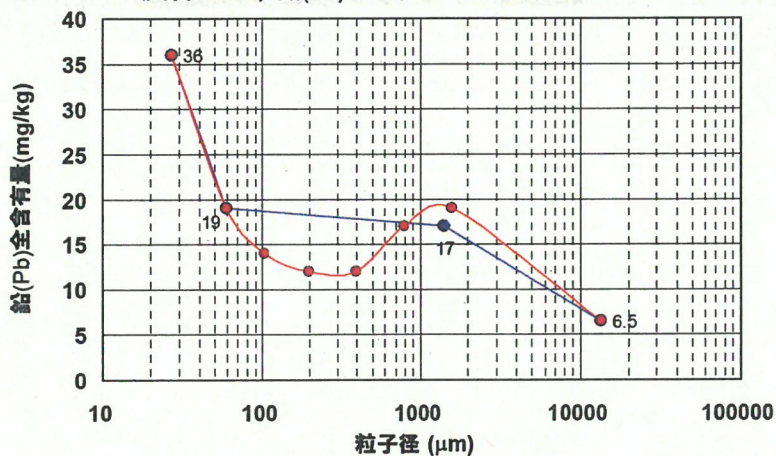
ロードカーブ試験の結果を図-3(A)~図-3(C)に示す。CD-2 と GH-2 の鉛, HI-2 の鉛とフッ素については、75 $\mu\text{m}$ ~2000 $\mu\text{m}$ (砂分)の画分の全含有量値の分析も行った。

図-3(A)~図-3(C)より、鉛とフッ素の全含有量は細粒子側に偏在していることが認められた。汚染物質が細粒子側に偏在しているため、本土壌試料はハイドロサイクロンによる分級によって汚染物質の含有量が大幅に低減することが予測される。ロードカーブ試験からは、豊島の汚染土壌は土壌洗浄に適していると判断された。

Load Curve, CD-2		全含有量分析(底質調査法)		溶出量分析(環告18号)	
粒径 ( $\mu\text{m}$ )	代表径 ( $\mu\text{m}$ )	鉛 ( $\text{mg}/\text{kg}$ )	フッ素 ( $\text{mg}/\text{kg}$ )	鉛 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	フッ素 ( $\text{mg}/\text{L}$ )
-38	26.87	36	310	---	---
+38-75	59.45	19	300	<0.005	0.2
+75-2000	1415	17	---	<0.005	---
+2000-19000	13509	6.5	56	<0.005	0.2

Load Curve, CD-2		全含有量分析(底質調査法)		溶出量分析(環告18号)	
粒径 ( $\mu\text{m}$ )	代表径 ( $\mu\text{m}$ )	鉛 ( $\text{mg}/\text{kg}$ )	フッ素 ( $\text{mg}/\text{kg}$ )	鉛 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	フッ素 ( $\text{mg}/\text{L}$ )
-38	26.87	36	310	---	---
+38-75	59.45	19	300	<0.005	0.2
+75-125	103.1	14	260	<0.005	0.1
+125-250	197.6	12	150	<0.005	0.1
+250-500	395.3	12	110	<0.005	<0.1
+500-1000	790.6	17	62	<0.005	<0.1
+1000-2000	1581	19	33	<0.005	<0.1
+2000-4000	13509	6.5	56	<0.005	0.2
+4000-9500					
+9500-19000					

試料 CD-2, 鉛(Pb)全含有量 (底質調査法)



試料 CD-2, フッ素(F)全含有量 (底質調査法)

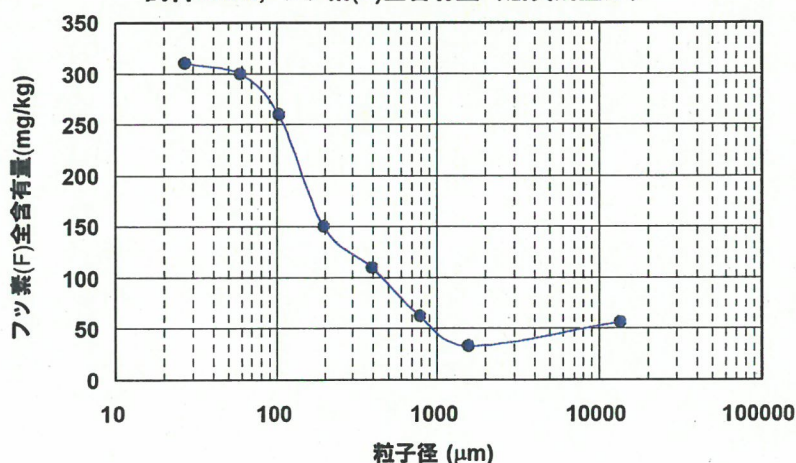


図-3(A) CD-2 土壤のロードカーブ試験結果(鉛, フッ素)

Load Curve, GH-2		全含有量分析(底質調査法)		溶出量分析(環告18号)	
粒径 ( $\mu\text{m}$ )	代表径 ( $\mu\text{m}$ )	鉛 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	鉛 (mg/L)	フッ素 (mg/L)
-38	26.87	41	240	---	---
+38-75	59.45	12	270	<0.005	0.1
+75-2000	1415	4.6	---	<0.005	---
+2000-19000	13509	3.0	19	<0.005	<0.1

Load Curve, GH-2		全含有量分析(底質調査法)		溶出量分析(環告18号)	
粒径 ( $\mu\text{m}$ )	代表径 ( $\mu\text{m}$ )	鉛 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	鉛 (mg/L)	フッ素 (mg/L)
-38	26.87	41	240	---	---
+38-75	59.45	12	270	<0.005	0.1
+75-125	103.1	9.8	190	<0.005	<0.1
+125-250	197.6	10	150	<0.005	<0.1
+250-500	395.3	4.1	110	<0.005	<0.1
+500-1000	790.6	4.4	57	<0.005	<0.1
+1000-2000	1581	3.7	23	<0.005	<0.1
+2000-4000	13509	3.0	19	<0.005	<0.1
+4000-9500					
+9500-19000					

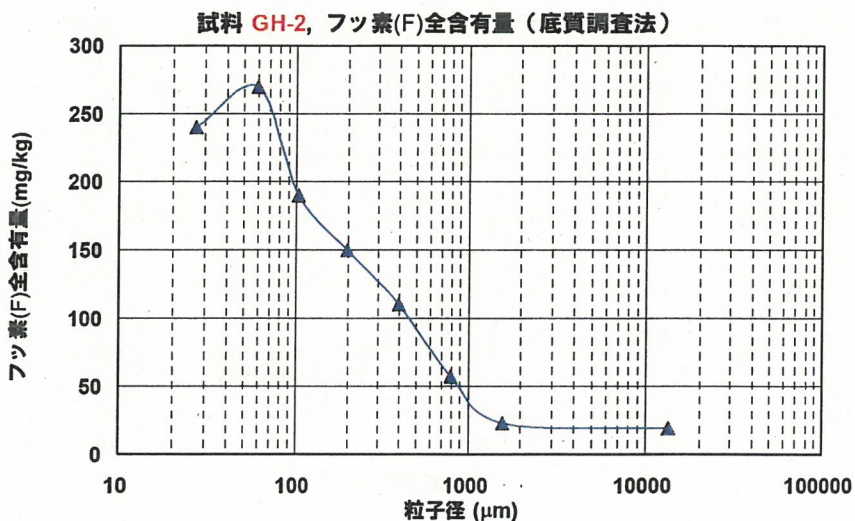
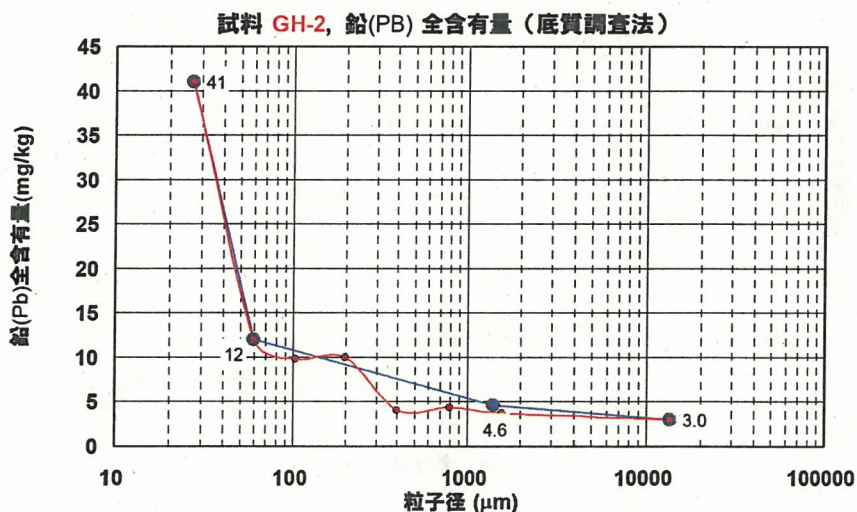


図-3(B) GH-2 土壌のロードカーブ試験結果(鉛, フッ素)



Load Curve, HI-2		全含有量分析(底質調査法)				溶出量分析(環告18号)			
粒径 ( $\mu\text{m}$ )	代表径 ( $\mu\text{m}$ )	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)	鉛 (mg/L)	ヒ素 (mg/L)	フッ素 (mg/L)	ホウ素 (mg/L)
-38	26.87	52	8.0	270	50	---	---	---	---
+38-75	59.45	14	2.0	130	12	<0.005	<0.005	0.2	0.20
+75-2000	1415	4.9	1.0	30	6	<0.005	<0.005	<0.1	0.12
+2000-19000	6865	2.6	1.2	50	4	<0.005	<0.005	0.1	0.16

Load Curve, HI-2		全含有量分析(底質調査法)		溶出量分析(環告18号)	
粒径 ( $\mu\text{m}$ )	代表径 ( $\mu\text{m}$ )	鉛 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	鉛 (mg/L)	フッ素 (mg/L)
-38	26.87	52	270	---	---
+38-75	59.45	14	130	<0.005	0.2
+75-125	103.1	11	140	<0.005	0.2
+125-250	197.6	9.6	74	<0.005	0.1
+250-500	395.3	4.4	47	<0.005	<0.1
+500-1000	790.6	2.9	31	<0.005	<0.1
+1000-2000	1581	4.1	30	<0.005	<0.1
+2000-4000	6865	2.6	50	<0.005	0.1
+4000-9500					

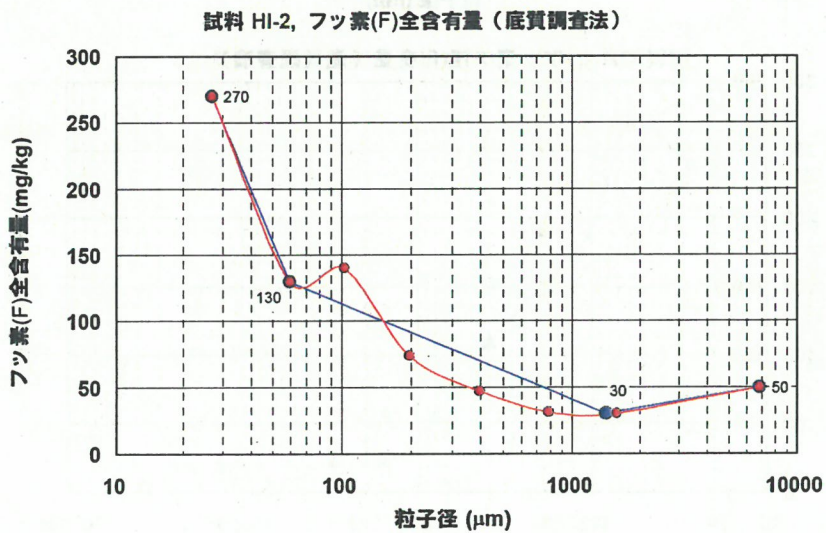
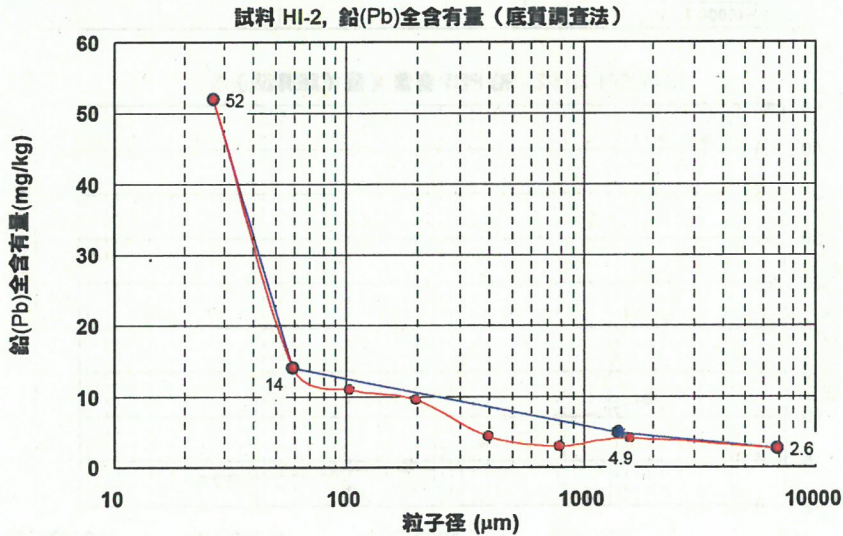


図-3(C) HI-2 土壌のロードカーブ試験結果(鉛, フッ素)

3.4 土壌洗浄試験

3.4.1 土壌洗浄試験

土壌洗浄試験は、土壌洗浄の主要プロセスである湿式フルイ、ハイドロサイクロン、フローテーションの試験機を用いて汚染土壌の代表試料の洗浄処理試験を行い、環境基準を満足する洗浄処理土が得られるか否かを把握することを目的とする。

土壌洗浄試験のフローを図-4に、土壌洗浄試験の状況を写真-5に示す。

土壌試料(Feed<sup>3)</sup>)は、湿式フルイによって粗粒子分(2mm以上)と2mm以下の土壌試料(Feed<2mm)に篩い分けられる。2mm以下の土壌試料は、ハイドロサイクロンによってアンダーフロー(Underflow(UF), 砂・細砂分)とオーバーフロー(Overflow(OF), 細粒子分)に分級される。フローテーションによってアンダーフロー(砂・細砂分)中に残存する汚染物質は、フロスとして分離・除去される。フローテーションで洗浄された砂・細砂分は脱水されて洗浄砂となる。

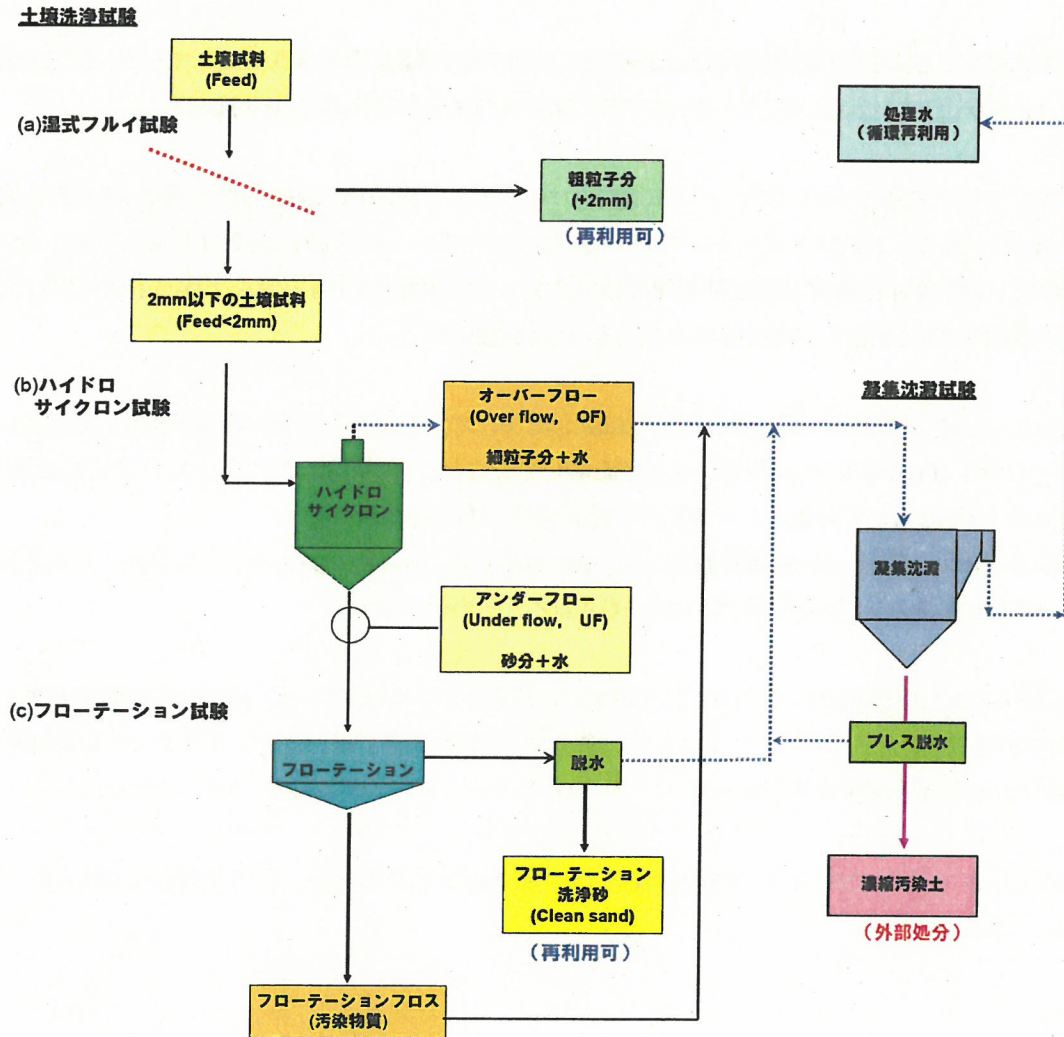


図-4 土壌洗浄試験のフロー

<sup>3)</sup> 土壌洗浄(Soil Washing)の分野では、洗浄プラントで処理を行う土壌(投入土壌)のことを Feed と呼ぶ。本事前適用性試験においても、土壌試料のことを Feed と称する。

ハイドロサイクロンで分離されたオーバーフロー(OF)とフローテーションで分離されたフロスには汚染物質を高濃度に含有する細粒子分が含まれている。このオーバーフローとフロスは、凝集沈澱とフィルタープレスの一連の工程で濃縮汚染土(脱水ケーキ)となる。汚染物質が濃縮されている濃縮汚染土は外部の処分場へ搬出される。

CD-2, GH-2, HI-2 の土壤試料の土壤洗浄試験結果を表-2 に、濃縮汚染土(脱水ケーキ)<sup>4)</sup>の分析結果を表-3 に示す。土壤洗浄試験のマスバランス、結果の評価については、次の 3.4.2 に記載する。

前述したように、現地での分析では CD-2 と GH-2 の Feed は鉛溶出量値が基準を超過、HI-2 の Feed は鉛、砒素、フッ素、ホウ素の溶出量値が基準を超過していた。

事前適用性試験の際に、これらの土壤試料(Feed)の分析を行ったところ、CD-2 と GH-2 の土壤試料は Feed の段階で環境基準を満足していた。また、HI-2 の Feed についても溶出量基準を超過したのは、砒素、フッ素、ホウ素の 3 項目であった。

CD-2 および GH-2 の粗粒子分(Feed 2mm 以上)は、鉛の溶出量基準を満足していた。HI-2 の粗粒子分(Feed 2mm 以上)は、鉛、砒素、フッ素、ホウ素の 4 項目とも溶出量基準を満足していた。

CD-2 および GH-2 のアンダーフロー(UF)とフローテーション洗浄砂は、鉛の含有量基準と溶出量基準を満足していた。HI-2 のアンダーフロー(UF)とフローテーション洗浄砂は、鉛、砒素、フッ素、ホウ素の 4 項目とも含有量基準と溶出量基準を満足していた。豊島の汚染土壤を土壤洗浄処理することによって、環境基準を満足する洗浄砂が得られることが確認された。

CD-2, GH-2, HI-2 のフローテーション試験に共通して、フローテーション洗浄砂の全含有量値は、アンダーフロー(砂分)比べてそれほど大きく低減していないことが判明した。これは 3.4.2 で後述するように、フローテーションで分離されたフロスの量が少量であったためである。

しかし、フローテーションの選択性は高く、鉛、砒素、フッ素、ホウ素ともフィードやアンダーフローに比べて高い含有量のフロス(汚染物質)が分離されることが認められた。

今回の HI-2 の土壤試料については、2 段湿式フルイとハイドロサイクロンのみでも環境基準を満足する洗浄砂を得ることができた。しかし、もっと重金属の汚染濃度が高い土壤、ダイオキシンや鉱物油などによる複合汚染土壤を対象とする場合には、フローテーションプロセスは必要不可欠である。

今回の CD-2, GH-2, HI-2 の濃縮汚染土は、含有量基準(環告 19 号)、溶出量基準(環告 18 号)を満足していた。

<sup>4)</sup> 本事前適用性試験においては、フローテーションで分離されたフロスの量は少量であった。このため、濃縮汚染土は、サイクロンオーバーフローの凝集沈澱スラッジの脱水ケーキである。

(a) 湿式フルイ試験



(b) ハイドロサイクロン試験



(c) フローテーション試験



写真-5 土壌洗浄試験の状況

表-2 CD-2, GH-2, HI-2 土壤試料の土壤洗浄試験結果

試料名称	全含有量分析 (底質調査法)				含有量分析 (報告19号)				強熱減量 (%)	溶出液分析 (報告18号)				溶出液 pH (-)	
	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)		鉛 (mg/L)	ヒ素 (mg/L)	フッ素 (mg/L)	ホウ素 (mg/L)		
定量下限値	0.2	0.5	1	1	1	1	10	1	0.1	0.005	0.005	0.1	0.01	---	
土壤環境基準値	---	---	---	---	150	150	4000	4000	---	0.01	0.01	0.8	1	---	
CD-2	Feed	34	---	190	---	22	3	39	2	1.9	<0.005	<0.005	0.4	0.02	7.4
	Feed 2mm 以上	6.5	---	56	---	---	---	---	---	---	<0.005	---	0.2	---	6.9
	Feed <2mm	25	---	210	---	19	---	---	---	1.3	<0.005	<0.005	0.5	---	7.4
	OF	44	---	410	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	UF	22	---	130	---	17	---	---	---	0.7	<0.005	<0.005	0.1	---	7.9
	フローテーションフロス	220	---	1700	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	フローテーション洗浄砂	13	---	100	---	6	1	17	1	0.5	<0.005	<0.005	<0.1	0.01	7.5
GH-2	Feed	11	---	130	---	9	<1	<10	8	1.0	<0.005	0.005	0.2	0.57	9.1
	Feed 2mm 以上	3.0	---	19	---	---	---	---	---	---	<0.005	---	<0.1	---	8.2
	Feed <2mm	11	---	66	---	2	---	---	---	0.3	<0.005	<0.005	<0.1	0.02	7.4
	OF	56	---	310	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	UF	4.0	---	48	---	3	---	---	---	0.6	<0.005	<0.005	<0.1	0.04	7.7
	フローテーションフロス	93	---	1500	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	フローテーション洗浄砂	3.0	---	47	---	4	<1	20	1	0.7	<0.005	<0.005	<0.1	0.02	7.5
HI-2	Feed	18	3.3	130	25	14	<1	12	21	1.8	0.007	0.020	1.3	1.5	8.2
	Feed 2mm 以上	2.6	1.2	50	4	---	---	---	---	---	<0.005	<0.005	0.1	0.16	7.3
	Feed <2mm	8.3	2.2	98	11	7	<1	<10	7	1.1	0.006	0.013	0.5	0.51	8.0
	OF	43	7.2	280	26	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	UF	5.0	0.8	44	3	2	<1	<10	3	0.4	<0.005	<0.005	0.2	0.08	7.5
	フローテーションフロス	140	12	910	66	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	フローテーション洗浄砂	2.4	0.7	40	4	2	<1	<10	1	0.3	<0.005	<0.005	<0.1	0.05	7.5

表-3 CD-2, GH-2, HI-2 土壤試料の濃縮汚染土(脱水ケーキ)の分析結果

試料名称	全含有量分析 (底質調査法)				含有量分析 (報告19号)				溶出液分析 (報告18号)				溶出液 pH (-)
	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)	鉛 (mg/L)	ヒ素 (mg/L)	フッ素 (mg/L)	ホウ素 (mg/L)	
定量下限値	0.2	0.5	1	1	1	1	10	1	0.005	0.005	0.1	0.01	---
土壤環境基準値	---	---	---	---	150	150	4000	4000	0.01	0.01	0.8	1	---
CD-2 濃縮汚染土 (脱水ケーキ)	44	---	410	---	38	1	43	1	<0.005	<0.005	0.2	0.01	7.8
GH-2 濃縮汚染土 (脱水ケーキ)	56	---	310	---	49	<1	<10	6	<0.005	<0.005	0.1	0.07	7.4
HI-2 濃縮汚染土 (脱水ケーキ)	43	7.2	280	26	38	1	<10	9	<0.005	<0.005	0.3	0.19	7.1

### 3.4.2 マスバランス、洗浄試験結果の評価

CD-2 土壌と GH-2 土壌のマスバランスは鉛とフッ素の全含有量値(底質調査法)を用いて、HI-2 土壌のマスバランスは鉛、砒素、フッ素、ホウ素の全含有量値(底質調査法)を用いて作成した。

マスバランスは、以下の3通りについて作成した。

- (A) 土壌試料(Feed)の土壌量、汚染物質全含有量を 100%とした場合
- (B) 2mm 以下の土壌試料(Feed<2mm)の土壌量、汚染物質全含有量を 100%とした場合
- (C) 湿式フルイ、ハイドロサイクロン、フローテーションの各プロセスの Input の土壌量、汚染物質全含有量を 100%とした場合

土壌洗浄での汚染物質のマスバランス計算は、通常(B)すなわち Feed<2mm を 100%とした場合と(C)のサイクロンとフローテーションのプロセスについて行なう。これは、サイクロンとフローテーションが主要な洗浄プロセスであるためである。ロードカーブ試験結果(図-3 を参照)から明らかのように、粗粒子分の含有量値と溶出量値は低く環境基準を十分満足している。このため、粗粒子分に関する湿式フルイのマスバランスはそれほど重要ではない。

CD-2, GH-2, HI-2 の土壌と汚染物質のマスバランスを図-5(A), (B), (C)~図-7(A), (B), (C)に示す。各図の(A), (B), (C)は、それぞれ上記説明の(A), (B), (C)に対応している。

図-5(A), (B), (C)~図-7(A), (B), (C)に共通して、以下の事柄が認められた。

- (A)すなわち Feed を 100%とした場合の汚染物質のマスバランスは、(B)すなわち Feed<2mm を 100%とした場合に比べて収支が良くない。これは、湿式フルイ試験のマスバランスが良くないためである。2mm 以上の粗粒子分(粗砂、砂利、ガラ)は 2mm未満に粉碎して分析を行うが、今回の土壌試料のように粗粒子分を多く含む土壌の場合には、どうしても分析値のバラツキが大きくなりやすい。
- (B)すなわち Feed<2mm を 100%とした場合は 80%~120%の収支であり、土壌洗浄試験としては十分なマスバランスが得られている。
- (C)すなわち各プロセスのマスバランスに関しては、2mm以下の土壌を対象にするハイドロサイクロン試験とフローテーション試験では良好な収支が得られたが、2mm以上の土壌も含まれる湿式フルイ試験ではそれほど良い収支が得られなかった。

ハイドロサイクロンによってアンダーフロー(UF)とオーバーフロー(OF)に分級される比率(乾燥重量)は、CD-2 土壌試料で UF:OF = 79.5%:20.5%(図-5(B)参照), GH-2 土壌試料で UF:OF = 89%:11%(図-6(B)参照), HI-2 土壌試料で UF:OF = 84%:16%(図-7(B)参照)であった。

図-5(A), 図-6(A), 図-7(A)より濃縮汚染土となる(オーバーフローおよびフロス)細粒子分の割合は、粒度分布試験から予想された割合よりも小さいことが認められる。これは、ハイドロサイクロンの 50%分級点(Cut-Point)は金網フルイの 75 $\mu$ m ではなく 60 $\mu$ m 前後であることや細粒子分の粒子密度等に起因すると考えられる。濃縮汚染土の発生量(乾燥重量、湿潤重量)については、後述する。

事前適用性試験報告書

実験開始

土壌試料 (Feed)		
Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
20 kg	34 mg/kg	190 mg/kg
---	680 mg	3800 mg
100%	100%	100%

(a) 湿式フルイ試験

粗粒子分 (+2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
7.9 kg	6.5 mg/kg	56 mg/kg
---	51 mg	442 mg
39.5%	7.5%	11.6%

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
12.1 kg	25 mg/kg	210 mg/kg
---	303 mg	2542 mg
60.5%	44.5%	66.9%

(b) ハイドロサイクロン試験

オーバーフロー (Over flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
2.5 kg	44 mg/kg	410 mg/kg
---	109 mg	1016 mg
12.4%	16.0%	26.7%

アンダーフロー (Under flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.6 kg	22 mg/kg	130 mg/kg
---	212 mg	1251 mg
48.1%	31.1%	32.9%

(c) フローテーション試験

洗浄砂 (Clean sand)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.6 kg	13 mg/kg	100 mg/kg
---	125 mg	960 mg
48.0%	18.3%	25.3%

フロス (汚染物質)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
0.03 kg	220 mg/kg	1700 mg/kg
---	7 mg	51 mg
0.1%	1.0%	1.3%

土壌量収支, 汚染物質収支, 土壌試料 (Feed) : 100%

	Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
粗粒子分 (+2mm)	39.5%	7.5%	11.6%
オーバーフロー	12.4%	16.0%	26.7%
フロス (汚染物質)	0.1%	1.0%	1.3%
洗浄砂	48.0%	18.3%	25.3%
合計	100%	42.9%	65.0%

汚染物質 (全含有量) の残存率と除去率 (洗浄砂)

	Pb 全含有量	F 全含有量
Feed	100%	100%
Feed<2mm	44.5%	66.9%
アンダーフロー	31.1%	32.9%
洗浄砂	18.3%	25.3%
除去率 (洗浄砂)	81.7%	74.7%

図-5(A) CD-2 土壌のマスバランス(土壌)と鉛, フッ素の除去過程  
(土壌試料(Feed)を 100%とした場合)

事前適用性試験報告書

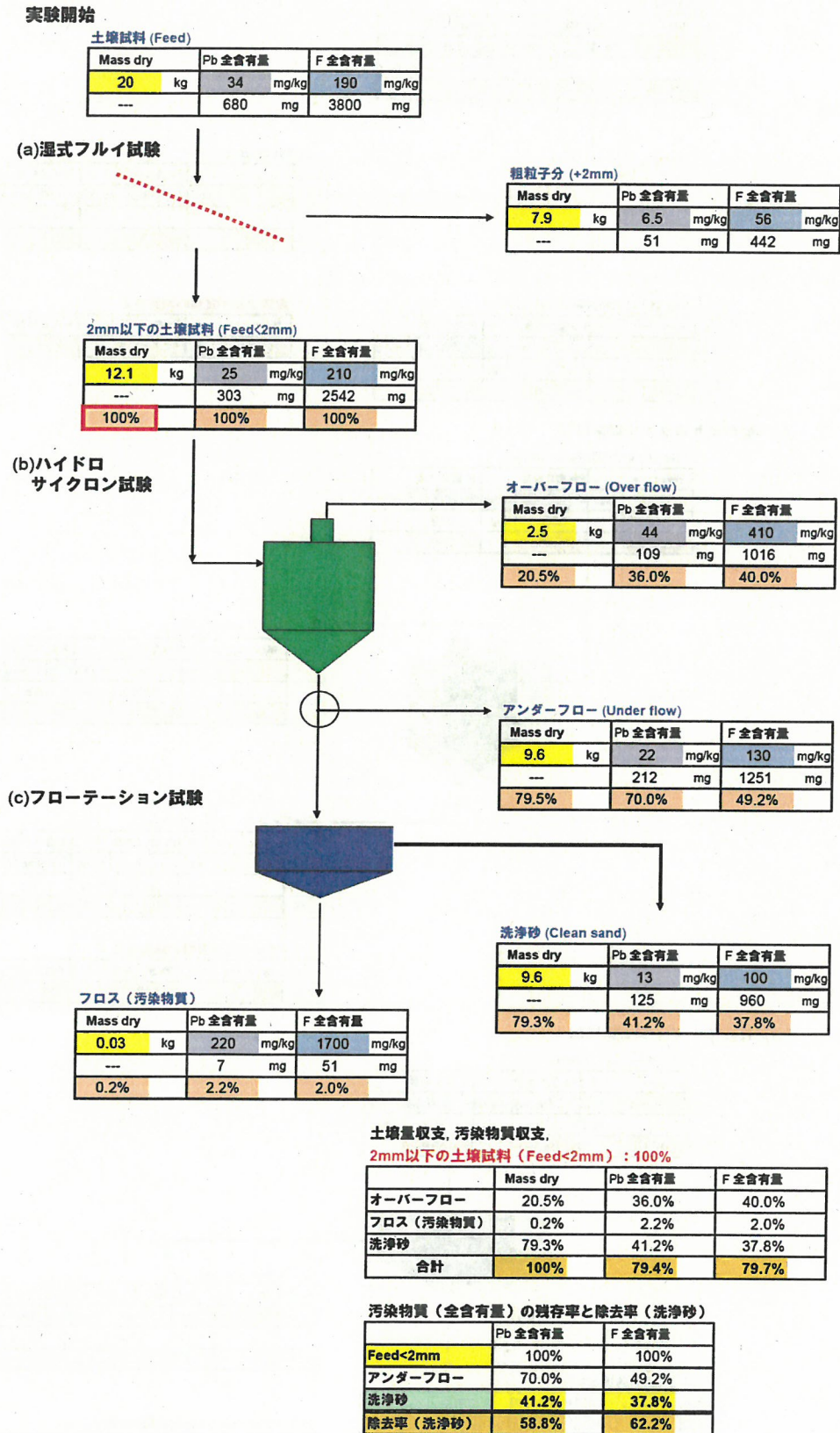


図-5(B) CD-2 土壌のマスバランス(土壌)と鉛, フッ素の除去過程 (2mm 以下の土壌試料(Feed<2mm)を 100%とした場合)



(a) 湿式フルイ試験

土壌試料 (Feed)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
20 kg	34 mg/kg	190 mg/kg
---	680 mg	3800 mg
100%	100%	100%

粗粒子分 (+2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
7.9 kg	6.5 mg/kg	56 mg/kg
---	51 mg	442 mg
39.5%	7.5%	11.6%

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
12.1 kg	25 mg/kg	210 mg/kg
---	303 mg	2542 mg
60.5%	44.5%	66.9%

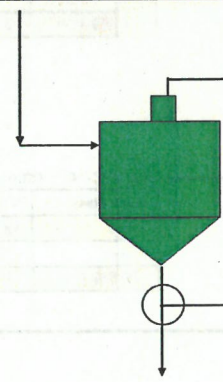
湿式フルイ試験の物質収支

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
100%	52.1%	78.5%

(b) ハイドロサイクロン試験

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
12.1 kg	25 mg/kg	210 mg/kg
---	303 mg	2542 mg
100%	100%	100%



オーバーフロー (Over flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
2.5 kg	44 mg/kg	410 mg/kg
---	109 mg	1016 mg
20.5%	36.0%	40.0%

アンダーフロー (Under flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.6 kg	22 mg/kg	130 mg/kg
---	212 mg	1251 mg
79.5%	70.0%	49.2%

サイクロン試験の物質収支

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
100%	106%	89.2%

(c) フローテーション試験

アンダーフロー (Under flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.6 kg	22 mg/kg	130 mg/kg
---	212 mg	1251 mg
100%	100%	100%



洗浄砂 (Clean sand)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.6 kg	13 mg/kg	100 mg/kg
---	125 mg	960 mg
99.7%	58.9%	76.7%

フロス (汚染物質)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
0.03 kg	220 mg/kg	1700 mg/kg
---	7 mg	51 mg
0.3%	3.1%	4.1%

フローテーション試験の物質収支

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
100%	62.0%	80.7%

図-5(C) CD-2 土壌の湿式フルイ試験, サイクロン試験, フローテーション試験のマスバランス

事前適用性試験報告書

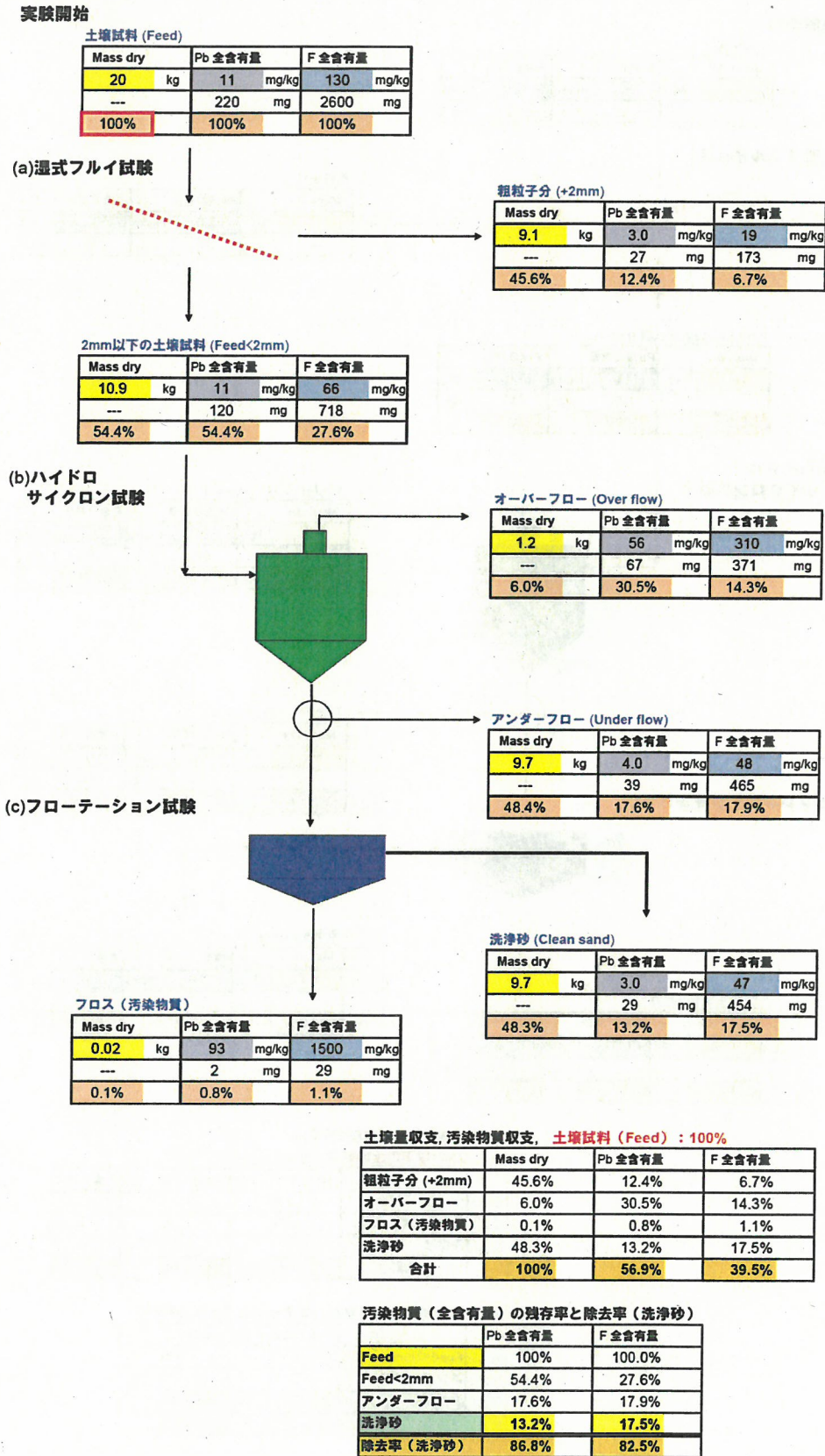


図-6(A) GH-2 土壌のマスバランス(土壌)と鉛, フッ素の除去過程 (土壌試料(Feed)を 100%とした場合)

実験開始

土壌試料 (Feed)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
20 kg	11 mg/kg	130 mg/kg
---	220 mg	2600 mg

(a) 湿式フルイ試験

粗粒子分 (+2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.1 kg	3.0 mg/kg	19 mg/kg
---	27 mg	173 mg

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
10.9 kg	11 mg/kg	66 mg/kg
---	120 mg	718 mg
100%	100%	100%

(b) ハイドロサイクロン試験

オーバーフロー (Over flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
1.2 kg	56 mg/kg	310 mg/kg
---	67 mg	371 mg
11.0%	56.0%	51.7%

アンダーフロー (Under flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.7 kg	4.0 mg/kg	48 mg/kg
---	39 mg	465 mg
89.0%	32.4%	64.7%

(c) フローテーション試験

洗浄砂 (Clean sand)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.7 kg	3.0 mg/kg	47 mg/kg
---	29 mg	454 mg
88.8%	24.2%	63.3%

フロス (汚染物質)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
0.02 kg	93 mg/kg	1500 mg/kg
---	2 mg	29 mg
0.2%	1.5%	4.0%

土壌量収支, 汚染物質収支

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm) : 100%

	Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
オーバーフロー	11.0%	56.0%	51.7%
フロス (汚染物質)	0.2%	1.5%	4.0%
洗浄砂	88.8%	24.2%	63.3%
合計	100%	81.7%	119%

汚染物質 (全含有量) の残存率と除去率 (洗浄砂)

	Pb 全含有量	F 全含有量
Feed<2mm	100%	100%
アンダーフロー	32.4%	64.7%
洗浄砂	24.2%	63.3%
除去率 (洗浄砂)	75.8%	36.7%

図-6(B) GH-2 土壌のマスバランス(土壌)と鉛, フッ素の除去過程 (2mm 以下の土壌試料(Feed<2mm)を 100%とした場合)

(a) 湿式フルイ試験

土壌試料 (Feed)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
20 kg	11 mg/kg	130 mg/kg
---	220 mg	2600 mg
100%	100%	100%

粗粒子分 (+2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.1 kg	3.0 mg/kg	19 mg/kg
---	27 mg	173 mg
45.6%	12.4%	6.7%

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
10.9 kg	11 mg/kg	66 mg/kg
---	120 mg	718 mg
54.4%	54.4%	27.6%

湿式フルイ試験の物質収支

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
100%	66.8%	34.3%

(b) ハイドロサイクロン試験

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
10.9 kg	11 mg/kg	66 mg/kg
---	120 mg	718 mg
100%	100%	100%

オーバーフロー (Over flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
1.2 kg	56 mg/kg	310 mg/kg
---	67 mg	371 mg
11.0%	56.0%	51.7%

アンダーフロー (Under flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.7 kg	4.0 mg/kg	48 mg/kg
---	39 mg	465 mg
89.0%	32.4%	64.7%

サイクロン試験の物質収支

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
100%	88.4%	116%

(c) フローテーション試験

アンダーフロー (Under flow)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.7 kg	4.0 mg/kg	48 mg/kg
---	39 mg	465 mg
100%	100%	100%

洗浄砂 (Clean sand)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
9.7 kg	3.0 mg/kg	47 mg/kg
---	29 mg	454 mg
99.8%	74.9%	97.7%

フロス (汚染物質)

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
0.02 kg	93 mg/kg	1500 mg/kg
---	2 mg	29 mg
0.2%	4.6%	6.2%

フローテーション試験の物質収支

Mass dry	Pb 全含有量	F 全含有量
100%	79.5%	104%

図-6(C) GH-2 土壌の湿式フルイ試験, サイクロン試験, フローテーション試験のマスバランス

事前適用性試験報告書

実験開始

土壌試料 (Feed)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
20 kg	18 mg/kg	3.3 mg/kg	130 mg/kg	25 mg/kg
---	360 mg	66 mg	2600 mg	500 mg
100%	100%	100%	100%	100%

(a) 漚式フルイ試験

粗粒子分 (+2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
5.7 kg	2.6 mg/kg	1.2 mg/kg	50 mg/kg	4 mg/kg
---	15 mg	7 mg	284 mg	23 mg
28.4%	4.1%	10.3%	10.9%	4.5%

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
14.3 kg	8.3 mg/kg	2.2 mg/kg	98 mg/kg	11 mg/kg
---	119 mg	32 mg	1404 mg	158 mg
71.6%	33.0%	47.8%	54.0%	31.5%

(b) ハイドロサイクロン試験

オーバーフロー (Over flow)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
2.3 kg	43 mg/kg	7.2 mg/kg	280 mg/kg	26 mg/kg
---	99 mg	17 mg	642 mg	60 mg
11.5%	27.4%	25.0%	24.7%	11.9%

アンダーフロー (Under flow)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
12.0 kg	5.0 mg/kg	0.8 mg/kg	44 mg/kg	3 mg/kg
---	60 mg	10 mg	529 mg	36 mg
60.2%	16.7%	14.6%	20.4%	7.2%

(c) フローテーション試験

洗淨砂 (Clean sand)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
12.0 kg	2.4 mg/kg	0.7 mg/kg	40 mg/kg	4 mg/kg
---	29 mg	8 mg	481 mg	48 mg
60.1%	8.0%	12.7%	18.5%	9.6%

フロス (汚染物質)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
0.02 kg	140 mg/kg	12 mg/kg	910 mg/kg	66 mg/kg
---	2.5 mg	0.2 mg	16 mg	1.2 mg
0.1%	0.7%	0.3%	0.6%	0.2%

土壌量収支, 汚染物質収支, 土壌試料 (Feed) : 100%

	Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
粗粒子分 (+2mm)	28.4%	4.1%	10.3%	10.9%	4.5%
オーバーフロー	11.5%	27.4%	25.0%	24.7%	11.9%
フロス (汚染物質)	0.1%	0.7%	0.3%	0.6%	0.2%
洗淨砂	60.1%	8.0%	12.7%	18.5%	9.6%
合計	100%	40.2%	48.4%	54.7%	26.3%

汚染物質 (全含有量) の残存率と除去率 (洗淨砂)

	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
Feed	100%	100.0%	100%	100.0%
Feed<2mm	33.0%	47.8%	54.0%	31.5%
アンダーフロー	16.7%	14.6%	20.4%	7.2%
洗淨砂	8.0%	12.7%	18.5%	9.6%
除去率 (洗淨砂)	92.0%	87.3%	81.5%	90.4%

図-7(A) HI-2 土壌のマスバランス(土壌)と鉛, 砒素, フッ素, ホウ素の除去過程 (土壌試料(Feed)を 100%とした場合)

事前適用性試験報告書

実験開始

土壌試料 (Feed)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
20 kg	18 mg/kg	3.3 mg/kg	130 mg/kg	25 mg/kg
---	360 mg	66 mg	2600 mg	500 mg

(a) 温式フルイ試験

粗粒子分 (+2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
5.7 kg	2.6 mg/kg	1.2 mg/kg	50 mg/kg	4 mg/kg
---	15 mg	7 mg	284 mg	23 mg

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
14.3 kg	8.3 mg/kg	2.2 mg/kg	98 mg/kg	11 mg/kg
---	119 mg	32 mg	1404 mg	158 mg
100%	100%	100%	100%	100%

(b) ハイドロサイクロン試験

オーバーフロー (Over flow)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
2.3 kg	43 mg/kg	7.2 mg/kg	280 mg/kg	26 mg/kg
---	99 mg	17 mg	642 mg	60 mg
16.0%	82.9%	52.4%	45.7%	37.8%

アンダーフロー (Under flow)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
12.0 kg	5.0 mg/kg	0.8 mg/kg	44 mg/kg	3 mg/kg
---	60 mg	10 mg	529 mg	36 mg
84.0%	50.6%	30.5%	37.7%	22.9%

(c) フローテーション試験

洗浄砂 (Clean sand)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
12.0 kg	2.4 mg/kg	0.7 mg/kg	40 mg/kg	4 mg/kg
---	29 mg	8 mg	481 mg	48 mg
83.9%	24.3%	26.7%	34.2%	30.5%

フロス (汚染物質)

Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
0.02 kg	140 mg/kg	12 mg/kg	910 mg/kg	66 mg/kg
---	2.5 mg	0.2 mg	16 mg	1.2 mg
0.1%	2.1%	0.7%	1.1%	0.7%

土壌量収支, 汚染物質収支,

2mm以下の土壌試料 (Feed<2mm) : 100%

	Mass dry	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
オーバーフロー	16.0%	82.9%	52.4%	45.7%	37.8%
フロス (汚染物質)	0.1%	2.1%	0.7%	1.1%	0.7%
洗浄砂	83.9%	24.3%	26.7%	34.2%	30.5%
合計	100%	109%	79.7%	81.1%	69.1%

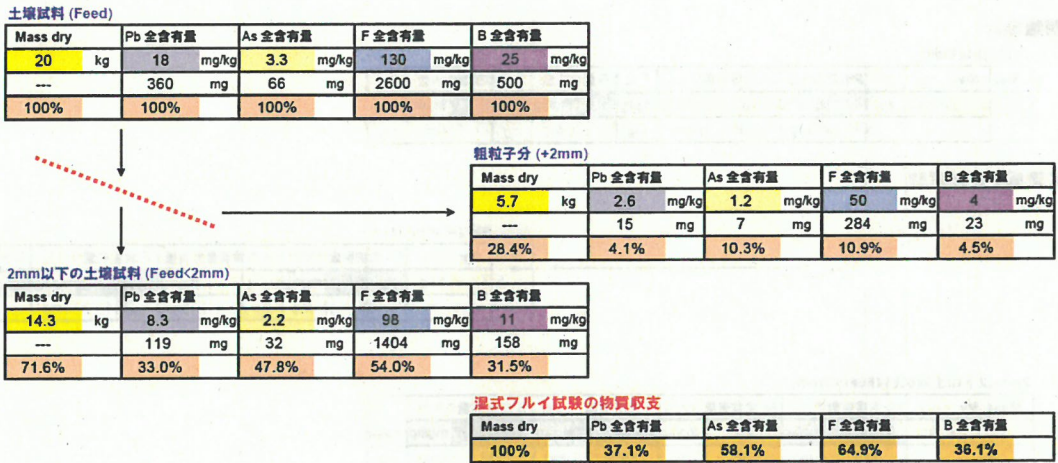
汚染物質 (全含有量) の残存率と除去率 (洗浄砂)

	Pb 全含有量	As 全含有量	F 全含有量	B 全含有量
Feed<2mm	100%	100%	100%	100%
アンダーフロー	50.6%	30.5%	37.7%	22.9%
洗浄砂	24.3%	26.7%	34.2%	30.5%
除去率 (洗浄砂)	75.7%	73.3%	65.8%	69.5%

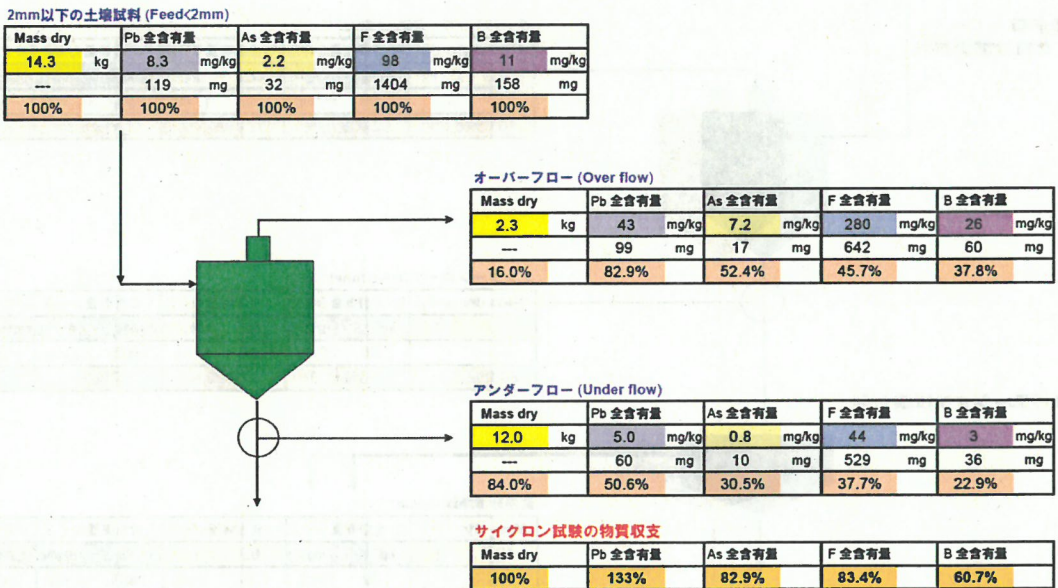
図-7(B) HI-2 土壌のマスバランス(土壌)と鉛, 砒素, フッ素, ホウ素の除去過程  
(2mm以下の土壌試料(Feed<2mm)を100%とした場合)

事前適用性試験報告書

(a) 湿式フルイ試験



(b) ハイドロサイクロン試験



(c) フローテーション試験

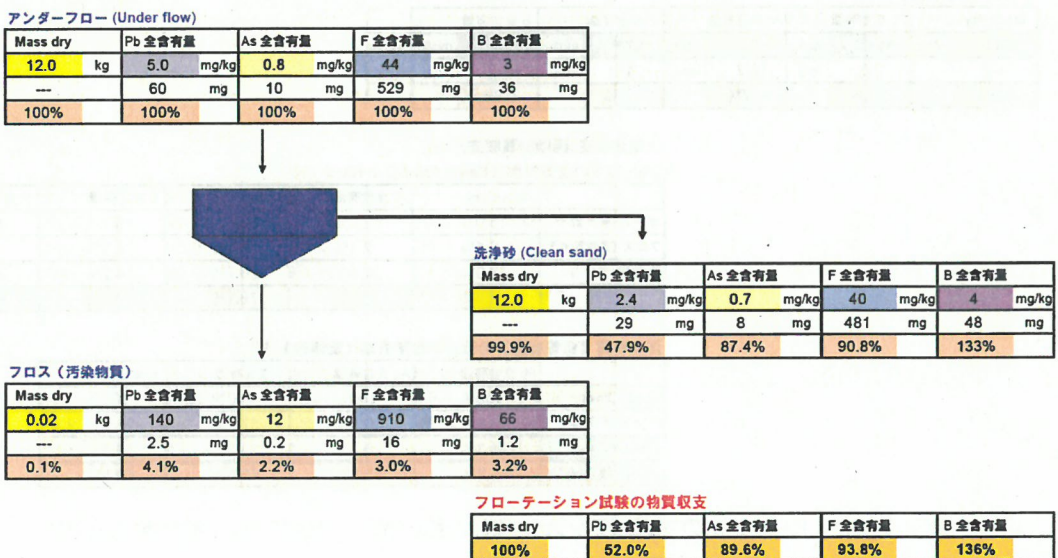


図-7(C) HI-2 土壌のサイクロン試験, フローテーション試験のマスバランス

図-5(A), (B), (C)～図-7(A), (B), (C)より, CD-2, GH-2, HI-2 のフローテーション試験に共通して, フローテーション洗浄砂の全含有量値は, アンダーフロー(砂分)比べてそれほど大きく低減していないことが判明した。これは, フローテーションで分離されたフロスの量(乾燥重量)が少量であったためである。しかし, フローテーションにおける汚染物質の選択性は高く, 鉛, 砒素, フッ素, ホウ素ともフィードやアンダーフローに比べてかなり高い含有量のフロス(汚染物質)が分離されることが認められた。このことは, 土壌の汚染物質濃度が高い場合, すなわち高含有量の細粒子分が存在する場合であっても, フローテーションによって問題なく分離除去できることを意味している。

今回の土壌試料については, 2 段湿式フルイとハイドロサイクロンのみでも環境基準を満足する洗浄砂を得ることができた。しかし, もっと重金属の汚染濃度が高い土壌, ダイオキシンや鉱物油などによる複合汚染土壌を対象とする場合には, フローテーションプロセスは必要不可欠である。

土壌試料(Feed)に対する汚染物質の除去率を表-4(A)に, 2mm 以下の土壌試料(Feed<2mm)に対する汚染物質の除去率を表-4(B)に整理して示す。

土壌試料(Feed)に対する汚染物質(全含有量)の除去率は, 鉛で 82～92%, 砒素で 87%, フッ素で約 82%, ホウ素で 90%であった。2mm 以下の土壌試料(Feed<2mm)に対する汚染物質(全含有量)の除去率は, 鉛で 59～76%, 砒素で 73%, フッ素で 37～66%, ホウ素で 70%であった。

土壌洗浄によって土壌試料 100kg-dry 当たり産出(分級)される粗粒子分, 洗浄砂, 濃縮汚染土の乾燥重量を図-8 に示す。参考のため, 湿潤重量についても記載した。土壌試料(Feed)に対する濃縮汚染土の割合(乾燥重量)は, CD-2 が 12.5%, GH-2 が 6.1%, HI-2 が 11.6%であることから, 外部処分が必要となる汚染土壌の割合を大幅に減量化できることが判明した。

表-4(A) 汚染物質の除去率(土壌試料(Feed)に対して)

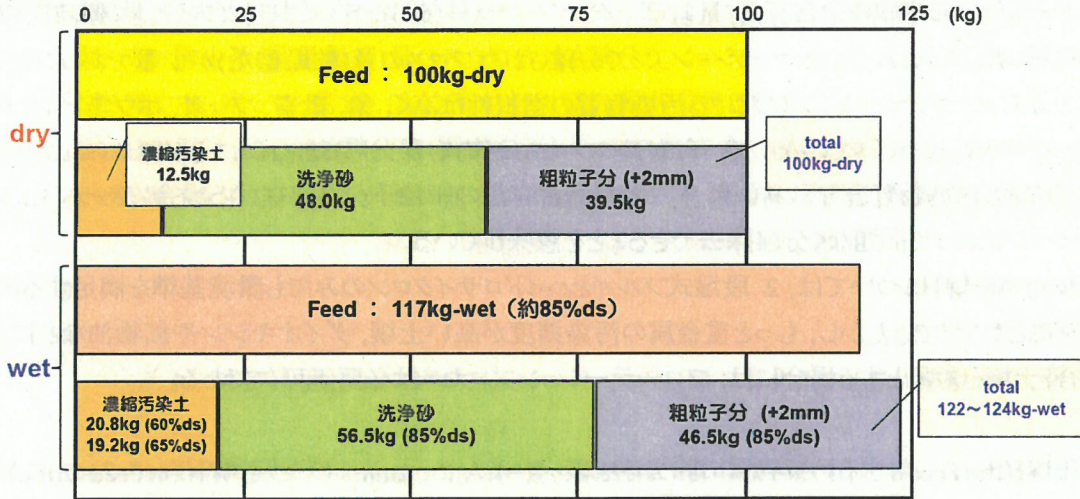
	鉛 全含有量 除去率 (%)	砒素 全含有量 除去率 (%)	フッ素 全含有量 除去率 (%)	ホウ素 全含有量 除去率 (%)
CD-2	81.7%	----	81.7%	---
GH-2	86.8%	----	82.5%	---
HI-2	92.0%	87.3%	81.5%	90.4%

表-4(B) 汚染物質の除去率 (2mm 以下の土壌試料(Feed<2mm)に対して)

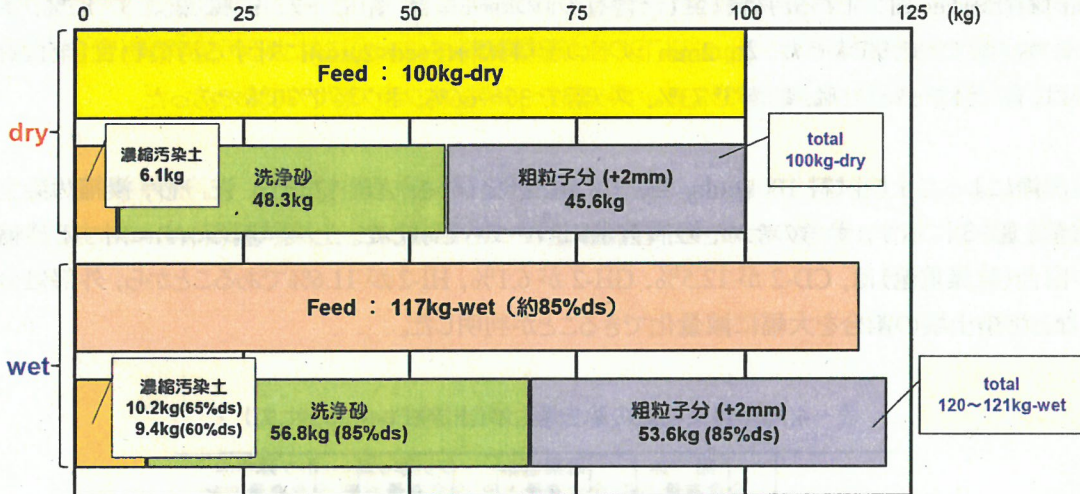
	鉛 全含有量 除去率 (%)	砒素 全含有量 除去率 (%)	フッ素 全含有量 除去率 (%)	ホウ素 全含有量 除去率 (%)
CD-2	58.8%	----	62.2%	----
GH-2	75.8%	----	36.7%	----
HI-2	75.7%	73.3%	65.8%	69.5%



(1) 試料 CD-2



(2) 試料 GH-2



(3) 試料 HI-2

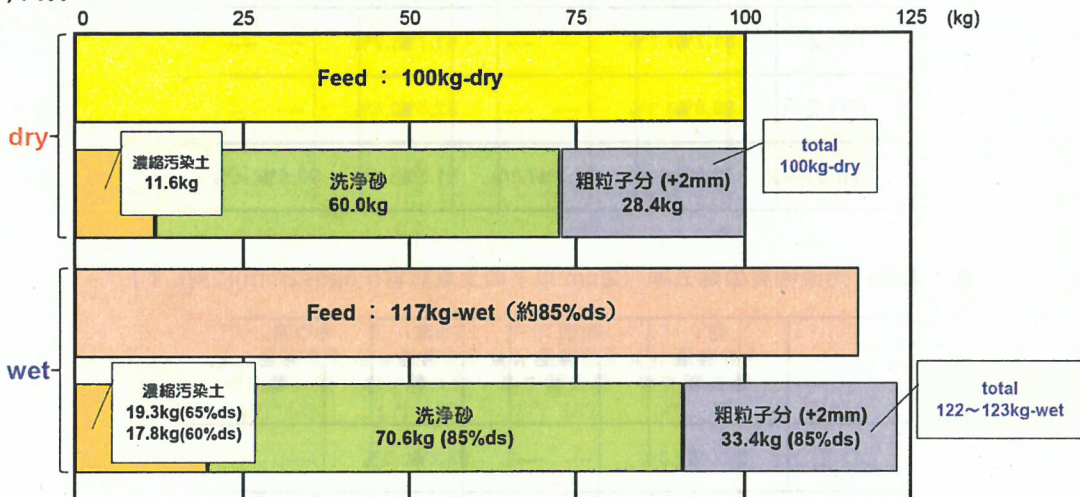


図-8 土壌洗浄によって産出される粗粒子分, 洗淨砂, 濃縮汚染土の量 (乾燥重量, 湿潤重量で表示)

### 3.5 凝集沈澱試験

サイクロンオーバーフロー(OF)の自然沈降性を把握するため、十分に攪拌した後で静置してから 30 分後、1 時間後、3 時間後の沈降状況を観察した。沈降状況を写真-6 に示す。CD-2 のオーバーフローの沈降性がよいこと、GH-2 と HI-2 のオーバーフローの沈降性は悪く、3 時間静置しても懸濁した状態であることが判明した。目視では、GH-2 と HI-2 のオーバーフローにはコロイダルな粒子が多く含まれているように観察された。特に、HI-2 の沈降性が悪いため、凝集沈澱試験は HI-2 のオーバーフロー試料を中心に実施した。

凝集沈澱試験の条件を表-5 に、凝集沈澱試験(ジャーテスト)の状況を写真-7 に示す。

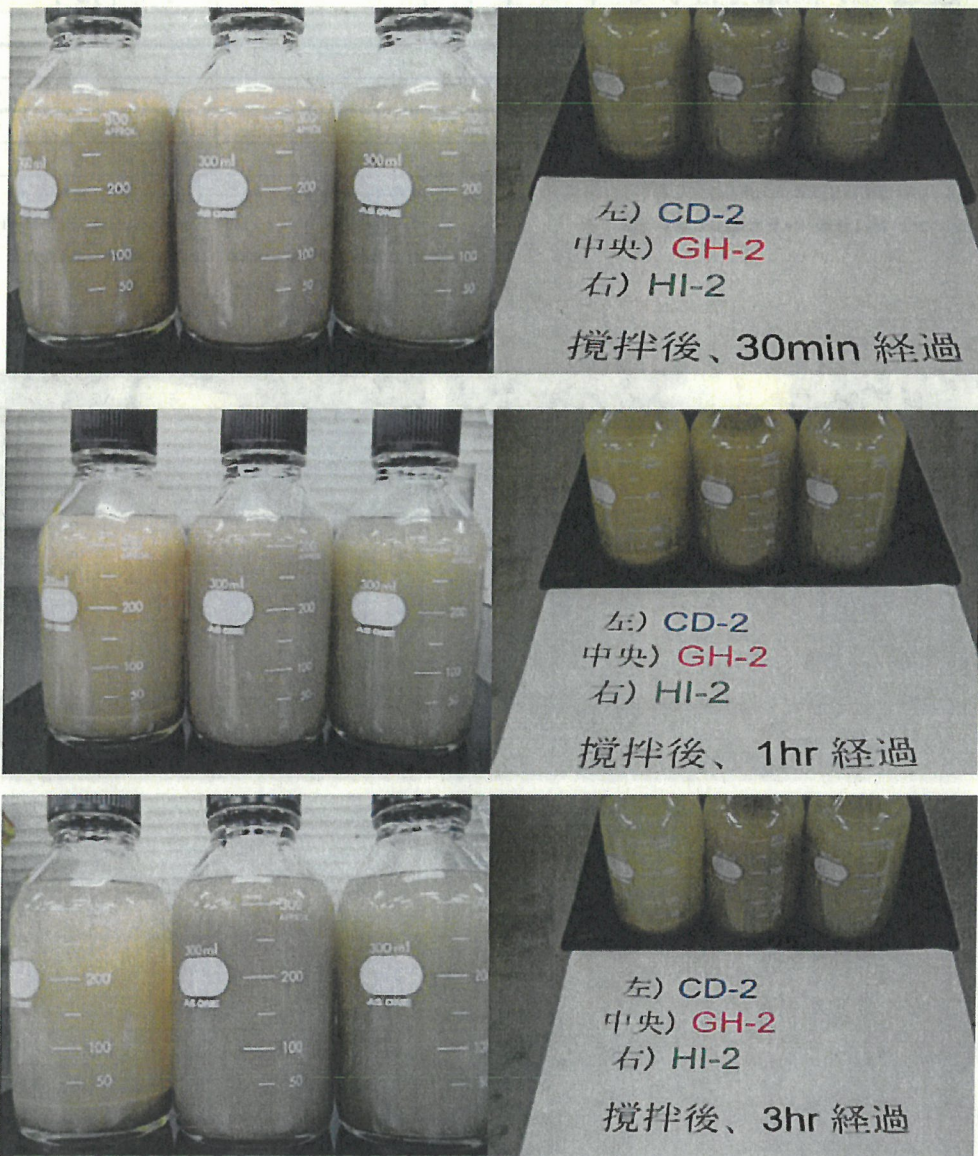


写真-6 CD-2, GH-2, HI-2のオーバーフロー試料の自然沈降状況

表-5 CD-2, GH-2, HI-2 のオーバーフロー試料の凝集沈澱試験条件

試料名称	試料量 (mL)	pH (-)	NaOH 1N (mL)	PAC 10% (mL)	硫酸バンド 4% (mL)	アニオン系 ポリマー 0.1% (mL)	カチオン系 ポリマー 0.3% (mL)	ノニオン系 ポリマー 0.1% (mL)	pH (-)	フロックの性状、 沈降性	上澄水の 清濁度
HI-2	凝集試験 No.1	1000	7.1	1	---	8	---	---	9.1	×	×
	凝集試験 No.2	1000	7.1	2	4	4	---	---	8.0	×	×
	凝集試験 No.3	1000	7.1	13	---	4	---	---	7.1	○	○
	凝集試験 No.4	1000	7.1	27	---	8	---	---	8.5	△	△
	凝集試験 No.5	1000	7.1	6	---	2	---	---	7.3	○	○
	凝集試験 No.6	1000	7.1	6	---	2	1.5	---	7.1	○	○
	凝集試験 No.7	1000	7.1	4	8	---	1	1.5	8.6	×	×
	凝集試験 No.8	1000	7.1	6	16	---	1	1.5	7.2	○	○
	凝集試験 No.9	1000	7.1	6	---	2	---	2	7.0	◎	○
	凝集試験 No.10	1000	7.1	3	---	1	---	2	7.0	×	△
CD-2	凝集試験 No.1	1000	7.0	6	---	2	---	2	6.9	◎	○
	凝集試験 No.2	1000	7.0	6	---	2	---	---	6.9	○	○
GH-2	凝集試験 No.1	1000	7.0	6	---	2	---	2	8.0	○	○
	凝集試験 No.2	1000	7.0	6	---	2	---	---	7.9	△	△

備考 PAC 10% : ポリ塩化アルミニウム原液を水で (1+9) に希釈  
硫酸バンド 2% : 硫酸バンド4%溶液を水で2倍に希釈

アニオン系ポリマー 0.1% : アニオンの 0.1 w/v % 溶液  
カチオン系ポリマー 0.3% : カチオン30%溶液を水で(1+99)に希釈  
ノニオン系ポリマー 0.1% : ノニオンの 0.1 w/v % 溶液

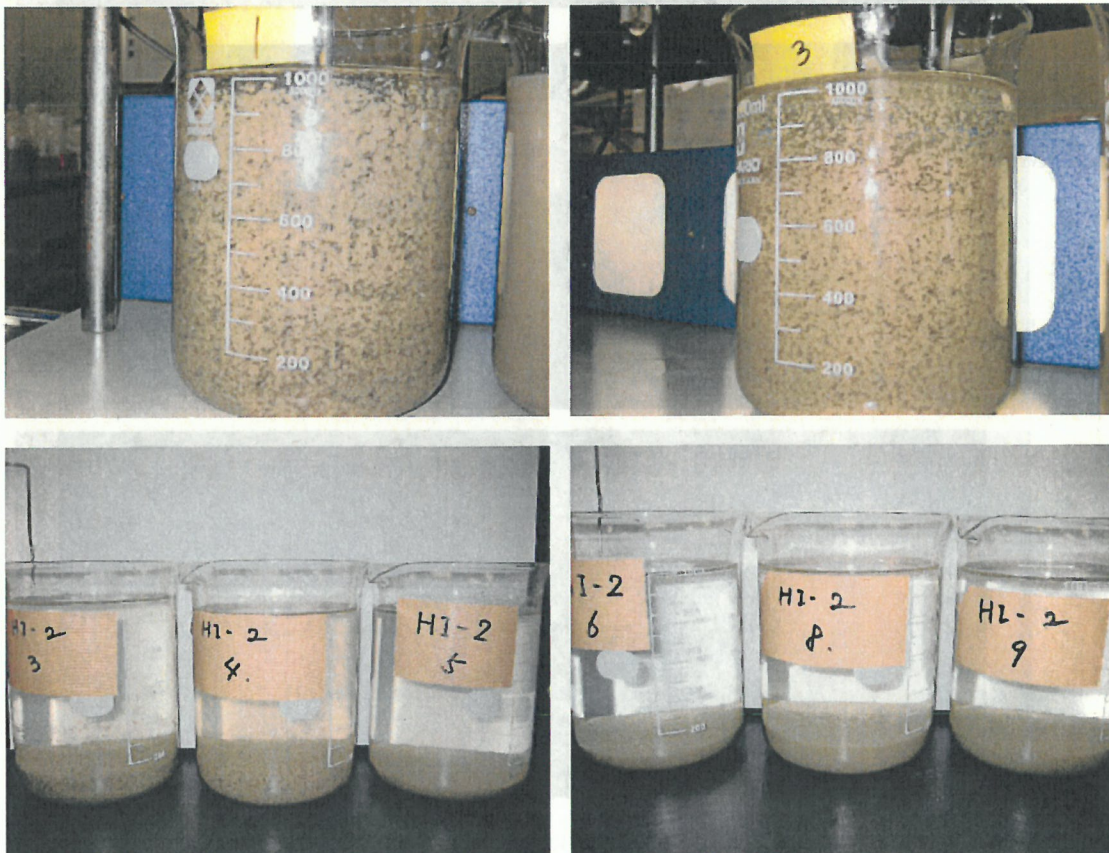


写真-7 凝集沈澱試験の状況

事前適用性試験報告書

凝集沈澱試験の結果を表-6 に示す。

オーバーフロー(OF)にはサイクロンによって分級された細粒子分が含まれるため、OF の懸濁液(懸濁態を含む)は環境基準を超過する。CD-2, GH-2, HI-2 の OF は鉛と砒素が基準を超過していた。HI-2 の OF は溶存態の鉛と砒素も環境基準を超過していた。

凝集沈澱試験において、懸濁粒子(SS)がほとんど含まれない清澄感のある処理水(上澄水)を得ることのできる条件を見出した。CD-2, GH-2, HI-2 に共通して、凝集沈澱処理水の鉛と砒素の濃度は定量下限値未満、フッ素の濃度は定量下限値未満もしくはその近傍、ホウ素についても環境基準を満足していた。

オンサイト土壌洗浄プラントでは、使用する水量は投入土壌(Feed)量の概ね4~5倍に設定している。使用水量のほとんどは凝集沈澱の処理水であり、循環再利用している。

例えば、投入土壌量が60ton/hrの場合には循環水(処理水)の使用量は概ね240~300ton/hrであり、これに伴い凝集沈澱槽の処理量も概ね240~300ton/hrとなる。新たに必要な補給水量は3~5ton/hr程度である。

表-6 凝集沈澱処理水の上澄水の分析結果

試料名称	液分析													
	SS (mg/L)	全蒸発 残留物 (mg/L)	pH (-)	濁度 (度)	塩化物 イオン (mg/L)	鉛 (懸濁態含む) (mg/L)	ヒ素 (懸濁態含む) (mg/L)	フッ素 (懸濁態含む) (mg/L)	ホウ素 (懸濁態含む) (mg/L)	鉛 (溶存態) (mg/L)	ヒ素 (溶存態) (mg/L)	フッ素 (溶存態) (mg/L)	ホウ素 (溶存態) (mg/L)	
定量下限値	1	1	---	0.1	0.5	0.005	0.005	0.1	0.01	0.005	0.005	0.1	0.01	
環境基準値	---	---	---	---	---	0.01	0.01	0.8	1	0.01	0.01	0.8	1	
CD-2	OF	18000	24000	7.0	---	8.8	0.82	0.094	0.3	0.03	<0.005	<0.005	0.4	0.02
	凝集試験 No.1 上澄液	5	580	7.1	1.5	---	---	---	---	<0.005	<0.005	<0.1	0.03	
	凝集試験 No.2 上澄液	5	610	7.0	1.5	---	---	---	---	<0.005	<0.005	<0.1	0.03	
GH-2	OF	5900	9300	7.0	---	11	0.68	0.037	<0.1	0.37	<0.005	<0.005	0.2	0.32
	凝集試験 No.1 上澄液	<1	600	6.9	0.2	---	---	---	---	<0.005	<0.005	<0.1	0.31	
	凝集試験 No.2 上澄液	2	580	6.9	0.2	---	---	---	---	<0.005	<0.005	<0.1	0.31	
HI-2	OF	11000	17000	7.1	---	13	0.94	0.12	<0.1	1.0	0.050	0.013	0.6	0.68
	凝集試験 No.3 上澄液	8	1100	8.1	4.4	---	---	---	---	<0.005	<0.005	0.1	0.77	
	凝集試験 No.5 上澄液	12	580	7.5	5.0	---	---	---	---	<0.005	<0.005	<0.1	0.77	
	凝集試験 No.6 上澄液	10	600	7.4	0.7	---	---	---	---	<0.005	<0.005	<0.1	0.76	
	凝集試験 No.8 上澄液	12	560	8.0	2.3	---	---	---	---	<0.005	<0.005	0.2	0.70	
	凝集試験 No.9 上澄液	<1	590	7.2	0.6	---	---	---	---	<0.005	<0.005	<0.1	0.76	

※ サイクロンの誤入(misplacement)によって、本来アンダーフローに分離されるはずの細砂分の一部が不可避免的にオーバーフロー(OF)に入ってしまう。オーバーフローを短時間静置しただけで、これらの細砂分は速やかに沈澱する。このため、凝集沈澱試験はオーバーフローの上澄水(細砂分を含まない)を対象に行った。

#### 4. まとめ

豊島処分地の下記3試料の土壤洗浄事前適用性試験を実施し、環境基準を満足する洗浄砂が得られること、外部処分が必要となる汚染土壤の割合を大幅に減量化できることが確認された。凝集沈澱試験の処理水は環境基準を満足し、再利用する上で問題が無いことが確認された。

- CD-2 :鉛
- GH-2 :鉛
- HI-2 :鉛, 砒素, フッ素, ホウ素

#### 土壤試料の粒度構成, 土壤分析

- (1) 土壤洗浄事前適用性試験の際に、土壤試料の分析を行ったところ、CD-2とGH-2の鉛溶出量は基準を超過していなかった。また、HI-2についても溶出量基準を超過したのは、砒素、フッ素、ホウ素の3項目であった。
- (2) 2mm以上の粗粒子分の割合は、CD-2が39.5%、GH-2が45.6%、HI-2が28.4%であった。砂分(75 $\mu$ m~2mm)の割合は、CD-2が44.2%、GH-2が44.8%、HI-2が50.2%であった。75 $\mu$ m以下の細粒子分の割合は、CD-2が16.3%、GH-2が9.6%、HI-2が21.4%であった。

#### 土壤粒度分布試験, ロードカーブ試験

- (3) CD-2, GH-2, HI-2の土壤試料の粒度分布から、豊島の土壤は濃縮汚染土(脱水ケーキ)となる細粒子分の割合が小さく、土壤洗浄に適した粒度構成であることが明らかとなった。土壤洗浄によって、外部処分が必要となる汚染土壤量を大幅に減量化することが可能になる。2mm以上の粗粒子分も粗砂、砂利、礫であり、再利用(埋め戻しなど)が可能である。粒度分布データからは、濃縮汚染土となる土壤の割合は、CD-2が約17%、GH-2が約10%、HI-2が約21%と推測された。
- (4) ロードカーブの形状からは、本土壤試料はハイドロサイクロンによる分級によって含有量が大幅に低減することが予想された。これからも、豊島の汚染土壤は土壤洗浄に適していると考えられた。

#### 土壤洗浄試験, マスバランス, 洗浄試験結果の評価

- (5) CD-2およびGH-2のアンダーフロー(UF)とフローテーション洗浄砂は、鉛の含有量基準と溶出量基準を満足していた。HI-2のアンダーフロー(UF)とフローテーション洗浄砂は、鉛、砒素、フッ素、ホウ素の4項目とも含有量基準と溶出量基準を満足していた。豊島の汚染土壤を土壤洗浄処理することによって、環境基準を満足する洗浄砂が得られることが確認された。
- (6) CD-2, GH-2, HI-2のフローテーション試験に共通して、フローテーション洗浄砂の全含有量値は、アンダーフロー(砂分)比べてそれほど大きく低減していないことが判明した。これは、フローテーションで分離されたフロスの量(乾燥重量)が少量であったためである。しかし、フローテーションにおける汚染物質の選択性は高く、鉛、砒素、フッ素、ホウ素ともフィードやアンダーフローに比べてかなり高い含有量のフロス(汚染物質)が分離されることが認められた。このことは、土壤の汚染物質濃度が高い場合、すなわち高含有量の細粒子分が存在する場合であっても、フローテーションによって問題なく分離除去できることを意味している。

## 事前適用性試験報告書

---

- (7) 今回の土壌試料については、2 段湿式フルイとハイドロサイクロンのみでも環境基準を満足する洗浄砂を得ることができた。しかし、もっと重金属の汚染濃度が高い土壌、ダイオキシンや鉱物油などによる複合汚染土壌を対象とする場合には、フローテーションプロセスは必要不可欠である。
- (8) 土壌試料(Feed)に対する汚染物質(全含有量)の除去率は、鉛で 82~92%、砒素で 87%、フッ素で約 82%、ホウ素で 90%であった。
- (9) 土壌洗浄によって産出(分級)される粗粒子分、洗浄砂、濃縮汚染土の割合を求めた。土壌試料(Feed)に対する濃縮汚染土の割合(乾燥重量)は、CD-2 が 12.5%、GH-2 が 6.1%、HI-2 が 11.6%であることから、外部処分が必要となる汚染土壌の割合を大幅に減量化できることが判明した。

### 凝集沈澱試験

- (10) CD-2 のオーバーフローの沈降性がよいこと、GH-2 と HI-2 のオーバーフローの沈降性は悪く、3 時間静置しても懸濁した状態であることが判明した。目視では、GH-2 と HI-2 のオーバーフローにはコロイダルな粒子が多く含まれているように観察された。特に、HI-2 の沈降性が悪いため、凝集沈澱試験は HI-2 のオーバーフロー試料を中心に実施した。
- (11) オーバーフロー(OF)にはサイクロンによって分級された細粒子分が含まれるため、OF の懸濁液(懸濁態を含む)は環境基準を超過した。CD-2、GH-2、HI-2 の OF は鉛と砒素が基準を超過していた。HI-2 の OF は溶存態の鉛と砒素も環境基準を超過していた。
- (12) 凝集沈澱試験においては処理水を再利用することを基本として行い、懸濁粒子(SS)がほとんど含まれない清澄感のある処理水(上澄水)を得ることのできる条件を見出した。凝集沈澱処理水の鉛と砒素の濃度は定量下限値未満、フッ素の濃度は定量下限値未満もしくはその近傍、ホウ素についても環境基準を満足するなど、再利用する上で問題が無いことが確認された。

豊島処分地汚染土壌水洗浄処理に関する  
事前適用性試験実施報告書（案）

平成 21 年 11 月

DOWA エコシステム株式会社

# 目次

1. 目的	1
2. 試験期間	1
3. 試験受託事業者	1
4. 業務実施組織体制	1
5. 実施場所	1
6. 試験試料	2
7. ミニプラント試験前の評価試験(ラボ試験)	2
(1) 試験の目的	
(2) 試験手順	
(3) 元土壌分析	
(4) 土壌粒度別試験	
(5) 追加試験(粒度区分の細分化)	
(6) 試験結果および考察	
8. ミニプラント試験	4
(1) 洗浄、分級施設の処理フロー	
(2) 土壌の分級効果	
(3) 汚染物質の洗浄効果	
(4) 汚染土壌の減量効果	
(5) 処理条件及び運転管理上の必要事項	
9. まとめ	6
添付資料	8



1. 目的

豊島処分地の汚染土壌について、水洗浄処理技術による処理の可能性を確認するとともに、処理可能と判断した汚染土壌処理システムについて、運転管理上必要な事項を把握することを目的とした。

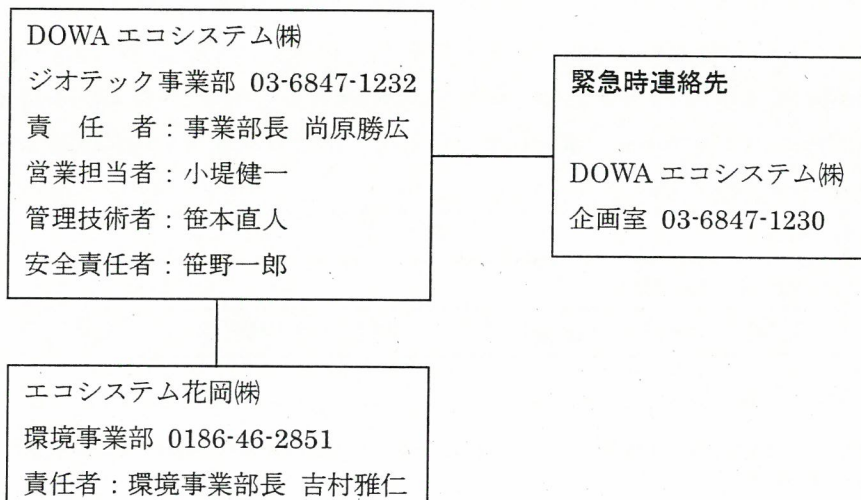
2. 試験期間

- ・ 事前ラボ試験： 8～9月
- ・ ミニプラント試験：9月～10月
- ・ 追加ラボ試験： 10月

3. 試験受託事業者

DOWA エコシステム株式会社 ジオテック事業部

4. 業務実施組織体制



5. 実施場所

処理試験：エコシステム花岡株式会社 松峰工場内

秋田県大館市花岡町大森山下 65-1

※エコシステム花岡(株)は DOWA エコシステム(株)の 100%出資子会社

試料分析：DOWA テクノリサーチ株式会社

秋田県鹿角郡小坂町小坂鉦山字尾樽部 60-1

環境計量証明事業所 認定番号 N-0097-01

## 6. 試験試料

香川県が豊島処分地内の3箇所採取し、各々均一に混合した土壌を用いた。  
各検体の重量は以下のとおりであり、試料は試験にすべて使用した。

検体番号	検体名	重量(kg)
検体①	GH-2	390
検体②	HI-2	580
検体③	CD-2	460

## 7. ミニプラント試験前の評価試験(ラボ試験)

### (1) 試験の目的

ミニプラント試験の操業条件(薬剤添加量等)を事前に把握するために、送付された元土壌から所定量(約1kg)を採取し、事前の評価試験を実施した。

### (2) 試験手順

資料1に示す試験フローにしたがい、3検体について行った。

検体ごとの分析成分は下表のとおりであり、検体ごとの各産物について含有量試験(環境省告示第19号試験)及び溶出量試験(環境省告示第18号試験)を行った。分析成分は、香川県が元土壌を検査した結果、溶出量試験で土壤環境基準を超過した成分とした。

検体名	分析成分
GH-2	鉛(Pb)
HI-2	鉛(Pb)、砒素(As)、フッ素(F)、ホウ素(B)
CD-2	鉛(Pb)

### (3) 元土壌分析

- (イ) 元土壌の一部を風乾後、2mmの篩を使用して篩い分けを行った。
- (ロ) 2mm以下の産物について含有量、溶出量を分析した。

### (4) 土壌粒度別試験

- (イ) 所定量の土壌と水を計量し、ポットミルに投入して回転台にて所定時間回転して土壌を解砕した
- (ロ) 所定時間の解砕が完了した後、75 $\mu$ mの篩に全量排出し湿式篩い分けを行った。
- (ハ) 75 $\mu$ m以上の産物は乾燥し、その後乾式篩い分けを行って粒度別の産物を回収した。
- (ニ) 75 $\mu$ m以下の産物は濾過器で脱水し、濾過ケーキを乾燥した。
- (ホ) 粒度別の産物はそれぞれ重量を測定し、含有量・溶出量の分析を行った。合わせ

て75 μm以下の産物を濾過したときの排水の分析も行った。

- (ア) 細粒部への薬剤添加試験を行うために、別途75 μm以下の産物を用意し排水処理試験を行った。使用した薬剤はポリ硫酸鉄と消石灰である。
- (イ) 粒度の区分と粒径は次のとおりとした。

区分	粒径(μm)	備考
粗粒(レキ)	+2000	2mm以上
粗粒(サンド)	2000/75	2mm～75 μm
細粒	-75	75 μm以下

(5) 追加試験(粒度区分の細分化)

- (イ) HI-2は資料2-2に示すとおり、2mm～75 μmの粒度区分において鉛溶出量が環境基準を超過していたため、この区分を細分化して再度分析を行った。細分化は、2mm～0.5mm(500 μm)、500～250 μm、250～150 μm、150～75 μmの4区分とした。
- (ロ) HI-2の挙動を再確認する目的で、HI-2を元土壌として再試験を行った。篩い分けは上記に記載した細分化された粒度区分を当初から追加設定して行った。

(6) 試験結果および考察

試験の結果を資料2-1～3に、HI-2の追加試験の結果を資料3に示す。その概要を以下に記載する。

- (イ) GH-2は元土壌、処理後の産物とも鉛の含有量、溶出量のいずれも環境基準を満足していた。
- (ロ) HI-2は元土壌の鉛、砒素、フッ素、ホウ素の溶出量が環境基準を超過していた。処理後は粗粒(サンド)の鉛溶出量、細粒のフッ素・ホウ素の溶出量が環境基準を超過したことから、浄化土の回収量が1割と低い結果となった。排水処理を行った後では細粒の鉛、砒素の溶出量が環境基準を超過、排水のフッ素は環境基準以下に低下した。排水処理後に細粒の鉛、砒素の溶出量が高くなったのは、排水処理試験を行う元試料が異なるために生じた差異と考えられたため、ミニプラント試験においては安全率を考慮して薬剤の添加量をラボ試験より多く添加することとした。
- (ハ) HI-2の浄化土回収量を増加する目的で行った追加試験の結果、資料3に示すとおり、処理後の粗粒(サンド)を0.5mmの粒度で区分することにより、0.5mm以上の粒度区分が環境基準を満足することが分かった。再試験の結果も同様であった。この結果、浄化土の回収量は4～5割が予想された。
- (ニ) CD-2は元土壌の鉛溶出量が環境基準を超過していたが、処理後の産物・排水は環境基準、排水基準を満足した。

## 8. ミニプラント試験

資料 4 に示すミニプラント概略設備フローに従って設置された試験用ミニプラントを用いて処理試験を行い、以下の項目を確認した。検体ごとの分析成分はラボ試験と同様とした。

### (1) 水洗浄による処理条件の確認

#### (イ) 洗浄、分級施設の処理フロー

- ・フローを資料 5 に示す

#### (ロ) ミニプラント施設の構造、処理能力、水使用量

- ・ミニプラント施設の仕様一覧を資料 6 に示す。
- ・設備それぞれの処理能力に一貫性は無いが、本設備で律速となるのは湿式ドラムウォッシャーである。本機の処理能力は処理対象土壌の土質により毎時 2～3 トンと異なるが、本試験ではサンプル量を考慮し毎時約 0.8 トンとした。
- ・水使用量は土壌 1 トンに対しおおむね 1.5m<sup>3</sup>とし、リサイクル水で不足する分を新水で加水した。

#### (ハ) 工程内の各所におけるハンドリング

- ・GH-2 および CD-2 は砂質土壌でありハンドリングに問題はない。
- ・HI-2 はやや粘性を持つが砂質土壌との混合が認められるため、大きな不具合は無い。
- ・土壌に大きな瓦礫も認められないため取り扱いが容易であった。

#### (ニ) 洗浄水使用量、pH、薬剤種およびその添加量

- ・資料 7 に状況を示す。
- ・洗浄・分級工程では薬剤を使用していない。

#### (ホ) 排水処理施設の処理フロー、施設の構造・処理能力、反応時間、pH、薬剤種およびその添加量

- ・排水処理のフロー、薬剤使用量および設備仕様を資料 8 に示す。
- ・本試験で使用した凝集反応槽の容量は 1.8m<sup>3</sup>である。各試験でこの反応槽に供給されたスラリーは約 1.2m<sup>3</sup>/Hr であるため、滞留時間(反応時間)は 1.5 時間となった。(設備設計上は反応時間 15 分程度で十分としている。)
- ・資料 10-1 にミニプラント試験のまとめを示しているが、排水の SS が通常より高い。これは脱水機の濾液をシックナーへ戻すのが通例なのに対し今回は処理時間が短かったため直接リサイクル水用タンクへ導入したことによると推察される。

#### (ヘ) 汚泥脱水施設の構造、処理能力、汚泥の水分

- ・脱水設備の仕様および試験結果を以下に示す。
- ・水分は通常土壌とほぼ同様であった。

脱水方式	プレス式
容量	5ch で 7 リットル
1 回当たりケーキ排出量	10～11kg(wet)
給液時間	60～90 分
水分	39～43%

(2) 土壌の分級効果

資料 9 に設備ごとの物量バランスと分析値の一覧を示す。

(3) 汚染物質の洗浄効果

資料 10-1 にミニプラント試験の物量バランスのまとめを、資料 10-2～4 に検体ごとの物量バランスを示す。なお、2mm 以上のレキ土壌は、振動ミルで 2mm 以下に粉碎した後分析を行った。

ミニプラント試験の結果、HI-2 の細粒部のホウ素溶出量が環境基準を超過したが、そのほかはすべて環境基準を満足した。

資料 11-1～3 に検体ごとのラボ試験とミニプラント試験の比較を示す。GH-2 および CD-2 の処理結果はほとんど差異が無いが、HI-2 は異なる結果となった。

HI-2 はラボ試験では粗粒(サンド)区分の鉛溶出量が環境基準を超過したがミニプラント試験では環境基準を満足している。しかし、粗粒(サンド)区分の鉛溶出値は環境基準に近い数値であるため、ラボ試験の結果を勘案すると、0.5mm 以下の区分で鉛溶出量の環境基準の超過が懸念される。

HI-2 の粗粒(サンド)区分の溶出量が環境基準を超過する理由については、廃棄物由来の汚染物質が雨水により浸透してきていることから、水に溶け出しやすい性状になっていること、あるいは土壌粒子の内部に含浸していることが推察される。

(4) 汚染土壌の減量効果

ラボ試験とミニプラント試験の結果から汚染土壌の減量効果を推定すると次のようである。

検体名	産物	扱い	数量
GH-2	粗粒(+75 $\mu$ m)	浄化土	9 割
	細粒(-75 $\mu$ m)	非浄化土	1 割
HI-2	粗粒(+0.5mm)	浄化土	4～5 割
	粗粒(0.5mm/75 $\mu$ m)	浄化土/非浄化土	3～4 割
	細粒(-75 $\mu$ m)	非浄化土	1～2.5 割
CD-2	粗粒(+75 $\mu$ m)	浄化土	8 割
	細粒(-75 $\mu$ m)	非浄化土	2 割

(5) 処理条件及び運転管理上の必要事項

本受託試験では通常の用水(地下水)を使用した洗浄・分級のみによって浄化を行っており、当該地の土壌を処理する施設の基本設備は、本受託試験で使用したミニプラント設備と同様で十分と考える。

しかしながら、HI-2の粗粒(サンド)部分は浄化土としての回収が不確実なところがあるので、浄化土回収率を上げるためには解泥・洗浄時間の拡大等が有効と考えられる。

品質管理上、重要なのは浄化後の土壌を管理するためのストックヤードである。前述したように HI-2 の粗粒(サンド)部分は鉛溶出量が環境基準前後の数値を示しており、管理には十分な注意が必要となる。したがって、品質管理のために要する分析の間、余裕を持って保管できるストックヤードを準備する必要がある。ストックヤードの大きさを決めるファクターとして挙げられるのは、1日(1時間)あたりの処理量と、分析結果が判明するまでの時間である。

9. まとめ

汚染土壌の洗浄処理の目的は、汚染物質を分離・濃縮し浄化土を回収することである。浄化土の回収率は土質、汚染物質の性状、濃度等により異なるため分級の粒子径、導入する工程は処理対象土壌により異なる。

豊島処分地で採取された3種類(GH-2、HI-2、CD-2)の土壌について試験を行った結果は当社がこれまで処理した土壌の中では浄化土の回収率が高い区分に分類される結果となった。

以下に内容をまとめる。

- (1) GH-2、CD-2は汚染の濃度が低く処理上の大きな問題は無いと考えられる。
- (2) GH-2、CD-2の粗粒部(75 $\mu$ m以上)は浄化土として回収できる品質であり、回収率はそれぞれ9割、8割が期待される。
- (3) HI-2はラボ試験とミニプラント試験で異なる結果となり、2mm $\sim$ 75 $\mu$ mの粗粒(サンド)区分の鉛溶出値がラボ試験で環境基準を超過、ミニプラント試験では基準を満足した。
- (4) HI-2をラボ試験で再検討したところ、分級の粒度を0.5mmとすることにより、0.5mm以上の粒度区分で浄化土が回収できることが分かった。この粒度区分に変更することにより、浄化土の回収率が1割だったものが4割へ増加した。
- (5) HI-2の粗粒(サンド)区分の溶出量が環境基準を超過する理由については、廃棄物由来の汚染物質が雨水により浸透してきていることから、水に溶け出しやすい性状になっていること、あるいは土壌粒子の内部に含浸していること

が推察される。

- (6) このような土壌の場合は、解泥・洗浄時間の拡大等が有効である。
- (7) 使用する水量は土壌 1 トンに対し約 1.5m<sup>3</sup>である。ほとんどはリサイクル水でまかなうが、産物の付着水で持ち出される分については新水で加水する。また、土壌の性状によっては除去困難なホウ素の濃縮等があり得るため、一定量の系外排出を想定する必要があると考える。

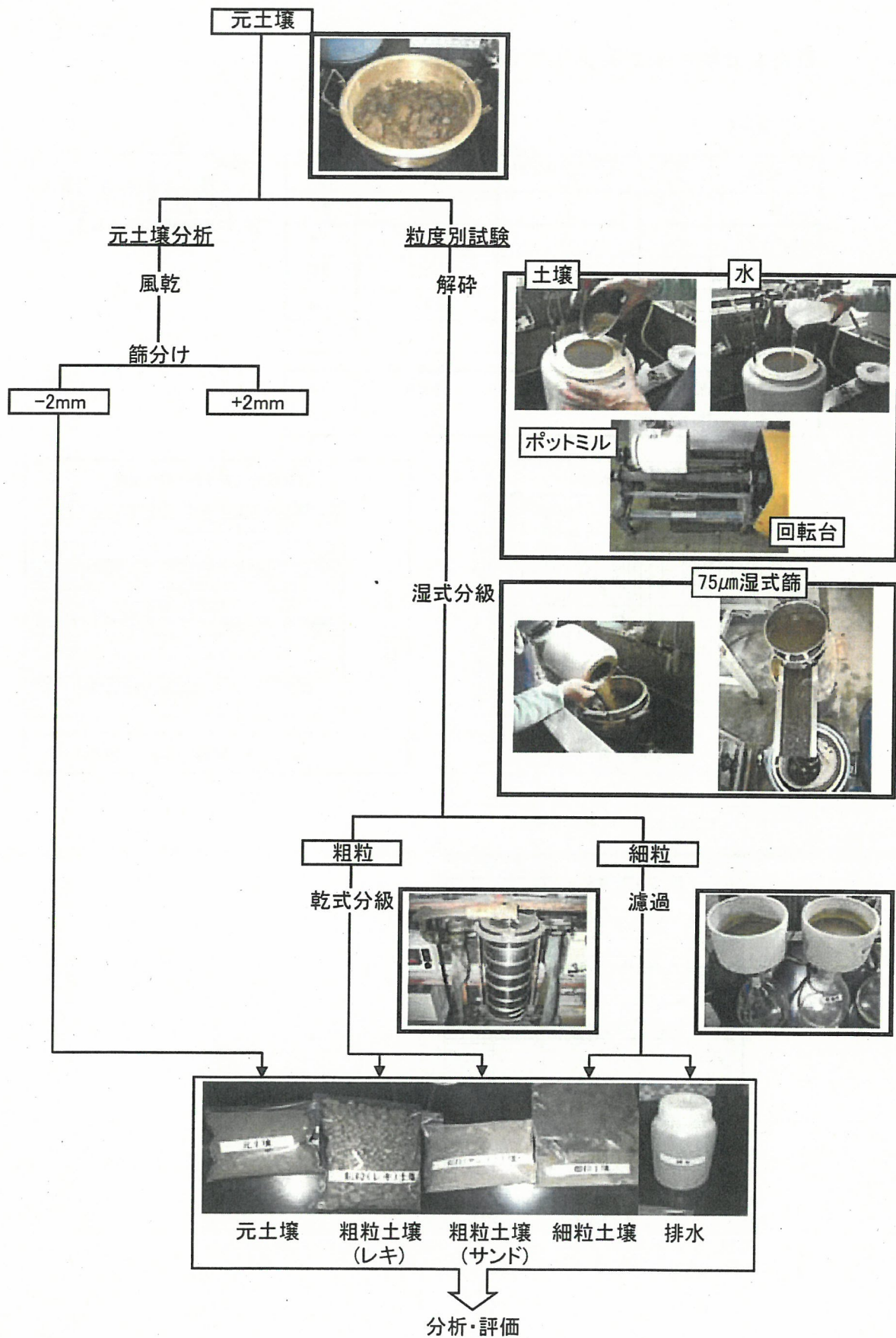
以上

## 添付資料

- 資料1 -----汚染土壌事前評価試験フロー
- 資料2-1～3 -----豊島処分地汚染土壌事前ラボ試験結果
- 資料3 -----HI-2 土壌追加試験結果
- 資料4 -----ミニプラント概略設備フロー
- 資料5 -----ミニプラント試験フロー図
- 資料6 -----ミニプラント試験設備仕様一覧
- 資料7 -----洗浄分級工程における洗浄水使用量、pH、薬剤種
- 資料8 -----排水処理工程詳細
- 資料9 -----設備ごとの分級効果
- 資料10-1 -----豊島処分地汚染土壌ミニプラント試験結果まとめ
- 資料10-2～4 -----豊島処分地汚染土壌処理試験バランスシート
- 資料11-1～3 -----ラボ試験とミニプラント試験の比較
- 資料12 -----ミニプラント設備写真
- 資料13-1～2 -----エコシステム花岡(株)固定式プラント写真



汚染土壌事前評価試験フロー



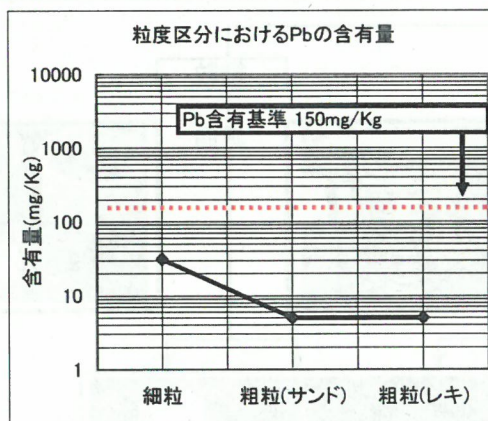
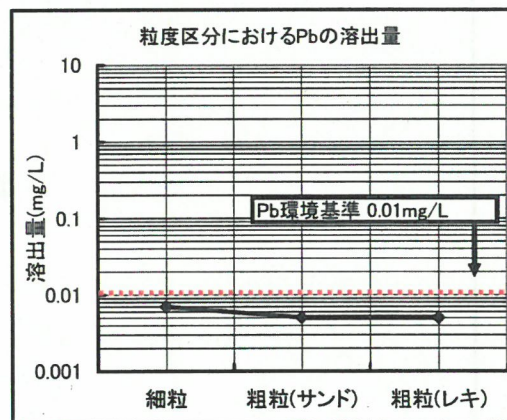
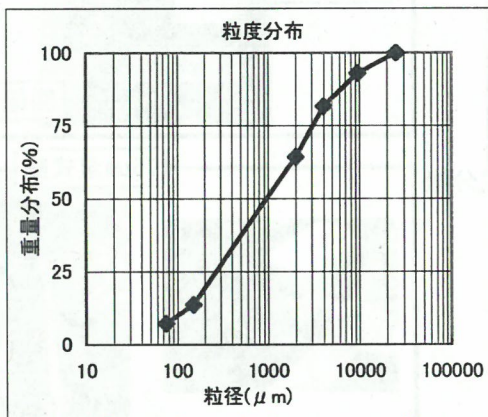
豊島処分地汚染土壌 事前ラボ試験結果

【1】GH-2

産物	重量 %	含有量(mg/Kg)	溶出量(mg/L)	溶出 pH
		Pb	Pb	
元土壌	100.0	8	<0.005	8.4
粗粒(レキ)	35.6	<5	<0.005	7.4
粗粒(サンド)	57.1	<5	0.005	7.6
細粒	7.2	31	0.007	9.0
排水(mg/L)		0.011		

(備考)  
元土壌の含有量、溶出量は  
2mm以下に篩い分けされた  
試料の分析結果である。

排水処理後	細粒溶出量(mg/L)	排水(mg/L)
		<0.005
		<0.005

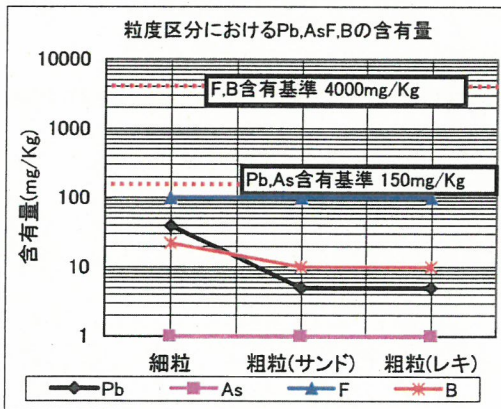
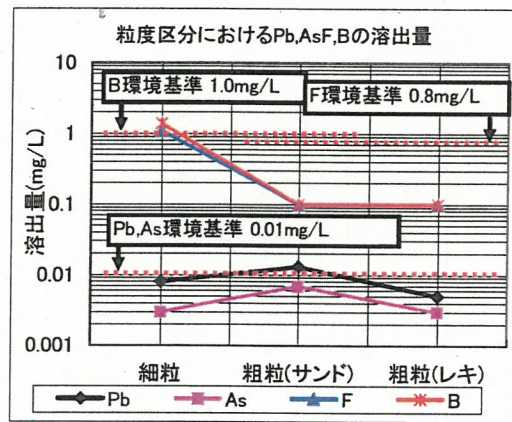
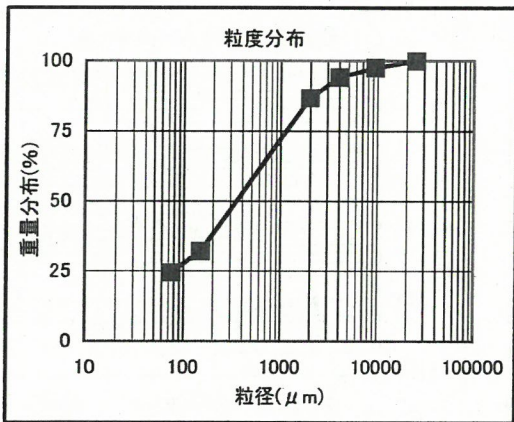


豊島処分地汚染土壌 事前ラボ試験結果

【2】HI-2

産物	重量 %	含有量(mg/Kg)				溶出量(mg/L)				溶出 pH
		Pb	As	F	B	Pb	As	F	B	
元土壌	100.0	16	<1	<100	20	0.052	0.018	0.9	1.2	8.1
粗粒(レキ)	13.3	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.003	<0.1	<0.1	7.3
粗粒(サンド)	62.3	<5	<1	<100	<10	0.013	0.007	0.1	0.1	7.5
細粒	24.4	39	<1	<100	22	0.008	0.003	1.1	1.4	8.3
排水(mg/L)		0.043	0.039	4.6	7.5					

排水処理後	細粒溶出量(mg/L)	Pb	As	F	B	溶出 pH
排水(mg/L)		<0.005	0.001	0.5	7.1	-

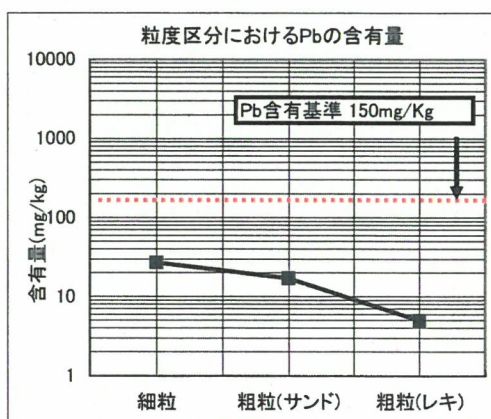
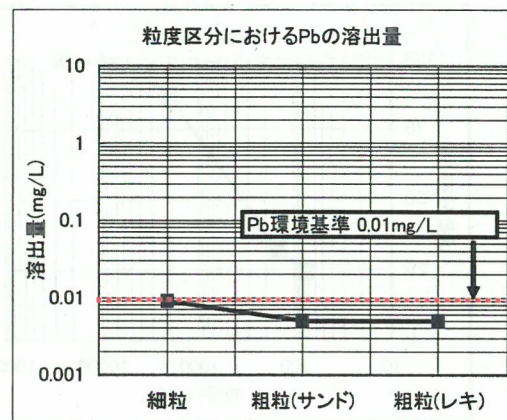
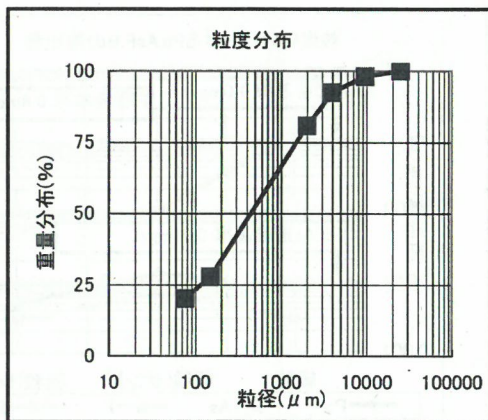


豊島処分地汚染土壌 事前ラボ試験結果

【3】CD-2

産物	重量 %	含有量(mg/Kg)	溶出量(mg/L)	溶出 pH
		Pb	Pb	
元土壌	100.0	28	0.022	7.6
粗粒(レキ)	19.3	<5	<0.005	7.3
粗粒(サンド)	60.6	17	<0.005	7.4
細粒	20.1	27	0.009	7.7
排水(mg/L)		<0.005		

排水処理後	細粒溶出量(mg/L)	<0.005	7.9
	排水(mg/L)	<0.005	-



## HI-2土壤追加試験結果

【1】HI-2 2mm~75 $\mu$ m産物の再分級試験

洗浄・分級で得られた2mm~75 $\mu$ mの区分を元試料として粒度区分の細分化試験を行った。

粒径 $\mu$ m	重量 %	含有量(mg/Kg)				溶出量(mg/L)				溶出 pH
		Pb	As	F	B	Pb	As	F	B	
分級前	100.0	<5	<1	<100	<10	0.013	0.007	0.1	0.1	7.5
↓										
2000/500	47.4	<5	<1	<100	<10	0.005	0.002	<0.1	<0.1	7.5
500/250	24.7	<5	<1	<100	<10	0.023	0.003	<0.1	<0.1	7.5
250/150	17.1	<5	<1	<100	<10	0.020	0.005	<0.1	0.1	7.7
150/75	10.8	7	<1	<100	<10	0.023	0.005	<0.1	0.1	7.8

500 $\mu$ m(0.5mm)より粗い区分で環境基準を満足する土壤を得られた。

資料2-2から処理前の元土壤量を100%としたときの2mm~75 $\mu$ m区分の土壤量は62.3%。

上表の分布を適用すると、

$62.3 \times 47.4\% = 29.5\%$ が浄化土、

$62.3 \times 52.6\% = 32.8\%$ が非浄化土、となる。

## 【2】HI-2の再試験

【1】の試験結果を確認するために元土壤を試料として当初から細分化された粒度区分を追加設定して再試験を実施。

粒径 $\mu$ m	重量 %	含有量(mg/Kg)				溶出量(mg/L)				溶出 pH
		Pb	As	F	B	Pb	As	F	B	
元土壤	100.0	29	<1	<100	22	0.01	0.016	1.1	1.4	8.0
+2000	10.8	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.002	0.1	0.1	7.3
2000/500	38.2	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.002	<0.1	<0.1	7.3
500/250	18.8	<5	<1	<100	<10	0.013	0.004	<0.1	0.1	7.4
250/150	11.8	7	<1	<100	<10	0.013	0.005	0.1	0.2	7.5
150/75	8.0	8	<1	<100	<10	0.014	0.006	0.2	0.2	7.7
-75	12.5	39	<1	<100	28	0.055	0.02	1.7	1.5	7.7
排水		0.009	0.01	3	7					

細粒排水処理後		溶出量				溶出
	排水	<0.005	<0.001	0.7	1.5	7.9
	排水	<0.005	<0.001	0.4	5.1	-

【1】の試験結果と同様に500 $\mu$ mより粗い区分で環境基準を満足する土壤を得られた。

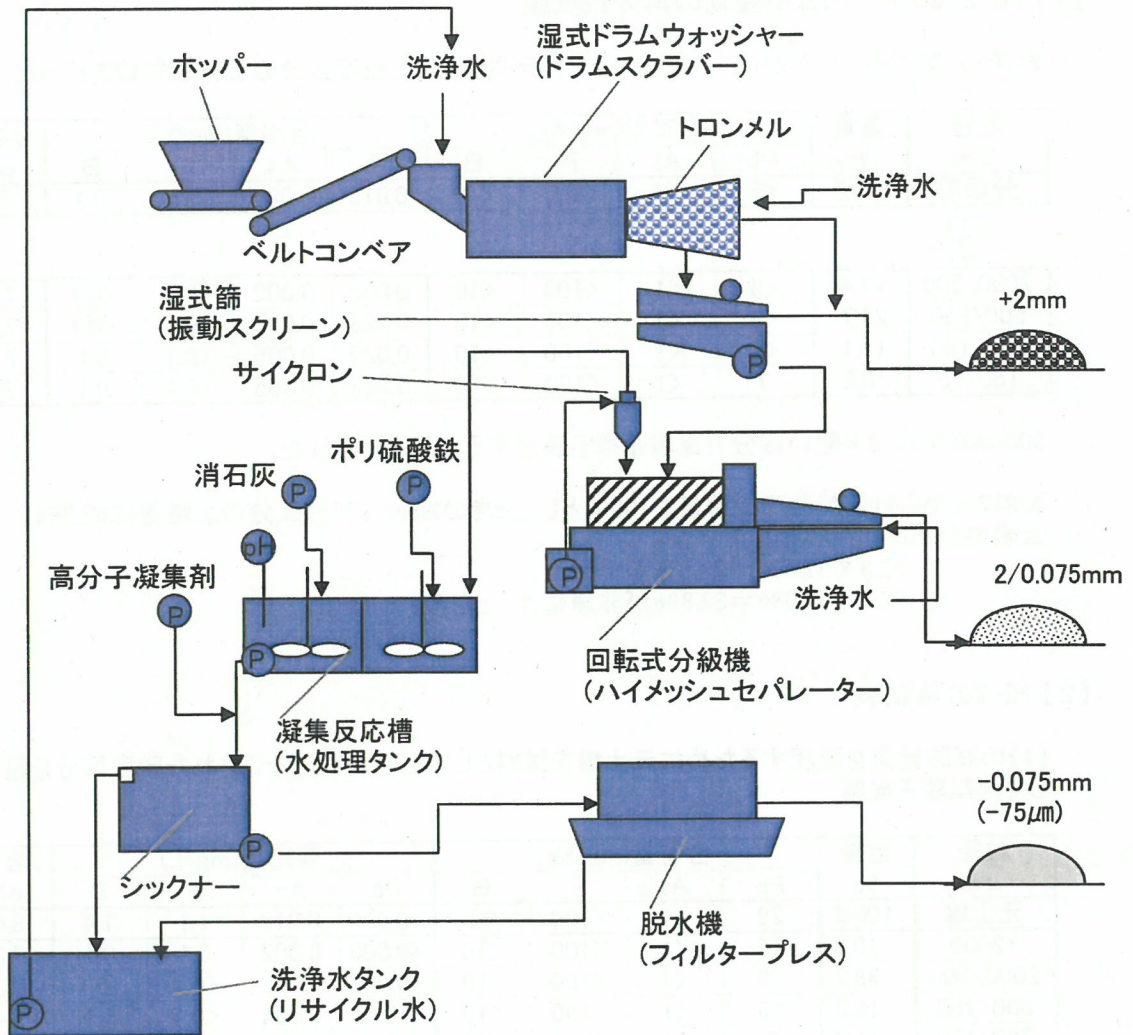
## 【3】まとめ

上記試験のバランスをまとめると下表のとおり

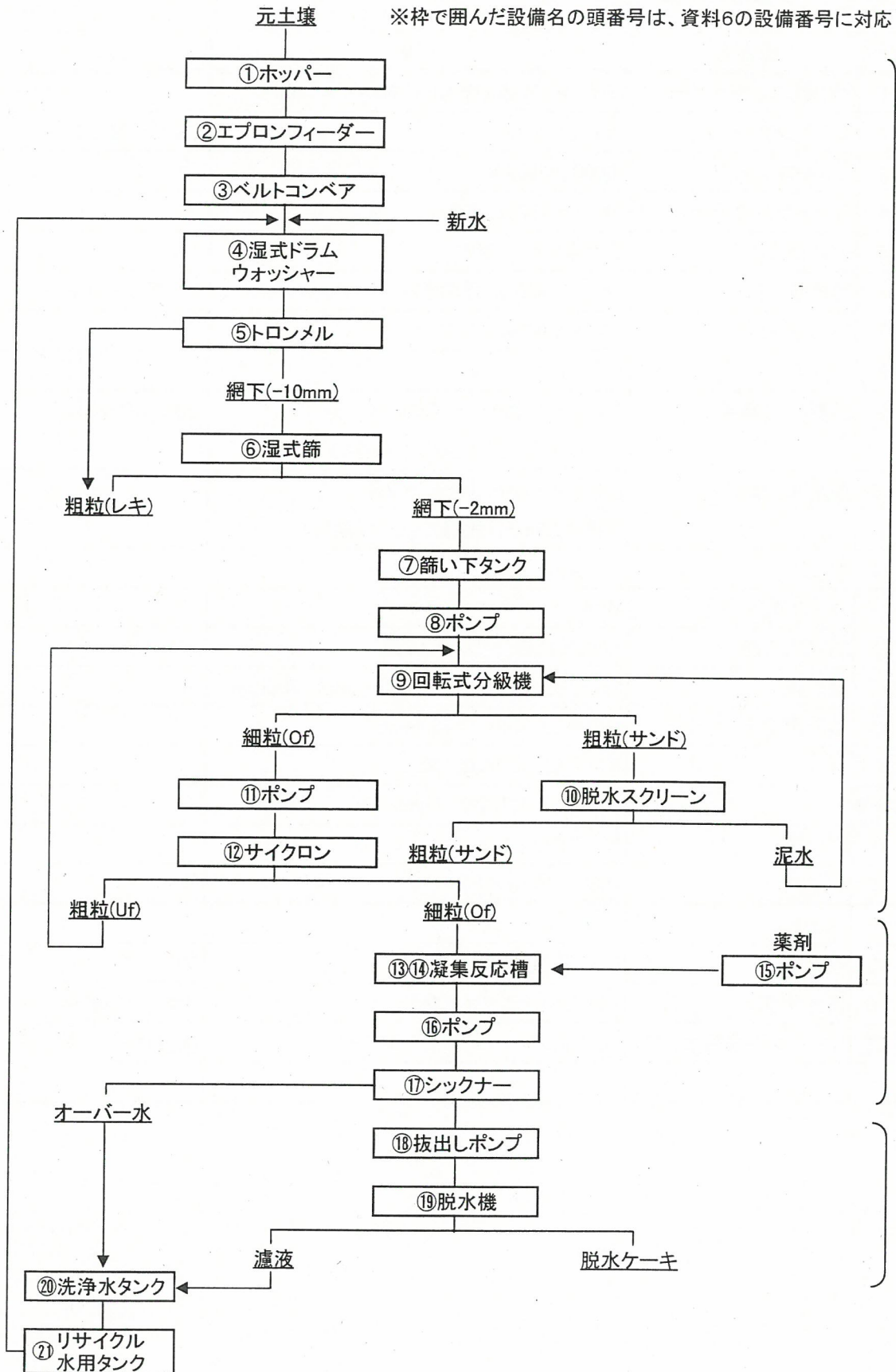
産物	1回目試験	2回目試験	平均	
元土壤	100.0	100.0	100.0	
粗粒(レキ)	13.3	10.8	12.1	→ 浄化土
粗粒(サンド、+0.5mm)	29.5	38.2	33.9	→ 同上
粗粒(サンド、-0.5mm)	32.8	38.5	35.7	→ 非浄化土
細粒	24.4	12.5	18.5	→ 同上

分級の粒度区分を変更することにより浄化土の回収数量を増加できる。予想回収量は約4割となる。

ミニプラント概略設備フロー



ミニプラント試験フロー図



洗浄・分級工程

排水処理工程

脱水工程

## ミニプラント試験設備 仕様一覧

番号	機器名	仕様	備考
1	(土壌投入)ホッパー	1500L×1000W(抜出し口600W)×1200H	
2	エプロンフィーダー	750W、0.75kw	ホッパー抜出し用
3	ベルトコンベア	10000L×500W	
4	湿式ドラムウォッシャー	900φ×1500L、7.5kw	
5	トロンメル	目開き10mm、1000L	
6	湿式篩	1200L×450W、目開き2mm	シングルデッキ
7	篩い下タンク	1200L×900W×850H	
8	ポンプ	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -1WP、7.5kw	
9	回転式分級機	スパイラル950φ×2650L、2.2kw バケット径2300φ、タンク長さ4000L	型式KUC-234S
10	脱水スクリーン	2700L×700W、0.85kw×2台 目開き0.5mm(1段目)、1mm(2段目)	
11	ポンプ	1- <sup>3</sup> / <sub>4</sub> WP、5.5kw	
12	サイクロン	MD6	
13	凝集反応槽	125L×125W×120H×2連	
14	攪拌機	3枚羽根、スクリュウタイプ、0.4kw、300rpm	
15	薬剤用定量ポンプ	イワキEX-C60VC 420ml/min	
15-2	〃	イワキEX-D60VC 400ml/min	
15-3	〃	イワキEX-C35VC 150ml/min	
16	ポンプ	1- <sup>3</sup> / <sub>4</sub> WP、2.2kw	
17	シックナー	100L×100W×80H	角タンク
18	抜出しポンプ	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -1WP、7.5kw	
19	脱水機	5ch、容量7リットル	プレス式
20	洗浄水タンク	2460L×1250W×930H	リサイクル水用
21	リサイクル水用ポンプ	水中ポンプ 80SF021 5-51 1.5kw	揚程15m、吐出0.3m <sup>3</sup> /min



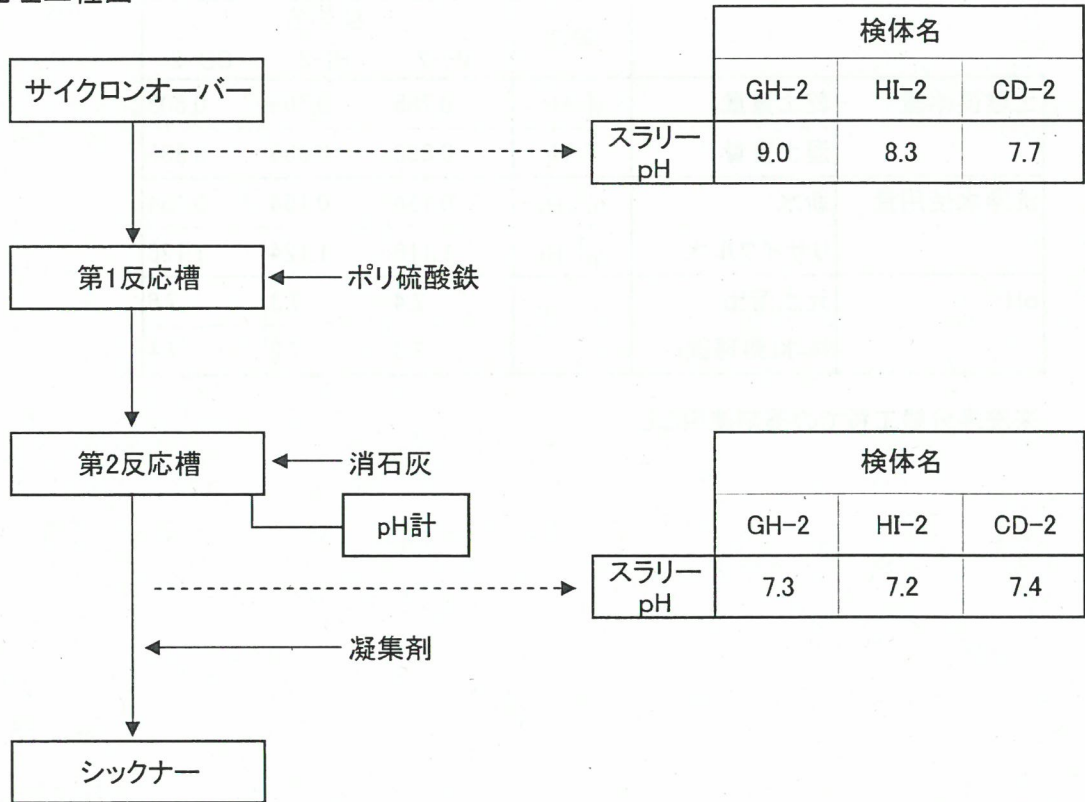
## 洗浄分級工程における洗浄水使用量、pH、薬剤種

		単位	検体名		
			GH-2	HI-2	CD-2
土壌供給量	乾土重量	T/Hr	0.795	0.766	0.803
	湿土重量	T/Hr	0.836	0.836	0.836
洗浄水使用量	新水	m <sup>3</sup> /Hr	0.154	0.154	0.154
	リサイクル水	m <sup>3</sup> /Hr	1.116	1.124	1.126
pH	元土溶出		7.4	7.3	7.6
	排水(処理後)		7.3	7.2	7.4

※洗浄分級工程での薬剤使用なし

排水処理工程詳細

【1】処理工程図



【2】薬剤使用量

薬剤種	単位	検体名		
		GH-2	HI-2	CD-2
ポリ硫酸鉄	g/T	996	1,034	986
消石灰	g/T	2,491	2,585	2,466
高分子凝集剤	g/T	11	12	11

※土壌トン当たりの添加量

【3】反応槽の仕様

タンクサイズ	125L × 125W × 120H = 1.87m <sup>3</sup>
攪拌機	3枚羽根、スクリュータイプ 0.4kw、300rpm



## 豊島処分地汚染土壌ミニプラント試験結果まとめ

## 【1】GH-2

産物	重量 %	含有量(mg/kg)		溶出量(mg/L)	
		Pb		Pb	
元土壌	100.0	8		<0.005	
粗粒(レキ)	28.7	<5		<0.005	
粗粒(サンド)	57.4	<5		0.007	
細粒	13.8	51		<0.005	
排水 (mg/L)		<0.005			
		COD	SS	pH	
		4	136	7.3	

## 【2】HI-2

産物	重量 %	含有量(mg/kg)				溶出量(mg/L)			
		Pb	As	F	B	Pb	As	F	B
元土壌	100.0	16	<1	<100	20	0.026	0.019	0.8	1.2
粗粒(レキ)	7.2	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.001	<0.1	<0.1
粗粒(サンド)	67.4	<5	<1	<100	<10	0.009	0.004	<0.1	<0.1
細粒	25.5	46	1	<100	30	<0.005	<0.001	0.04	1.3
排水 (mg/L)		<0.005	<0.001	0.3	6.2				
		COD	SS	pH					
		3	63	7.2					

## 【3】CD-2

産物	重量 %	含有量(mg/kg)		溶出量(mg/L)	
		Pb		Pb	
元土壌	100.0	18		<0.005	
粗粒(レキ)	10.8	<5		<0.005	
粗粒(サンド)	70.4	12		0.007	
細粒	18.8	40		<0.005	
排水 (mg/L)		<0.005			
		COD	SS	pH	
		4	51	7.4	

## ラボ試験とミニプラント試験の比較

## 【1】GH-2

## ラボ試験

産物	粒径 μm	重量 %	含有量(mg/Kg)	溶出量(mg/L)
			Pb	Pb
元土壌		100.0	8	<0.005
粗粒(レキ)	+2000	35.6	<5	<0.005
粗粒(サンド)	2000/75	57.1	<5	0.005
細粒	-75	7.2	31	<0.005
排水	mg/L		<0.005	

## ミニプラント試験

産物	粒径 μm	重量 %	含有量(mg/kg)	溶出量(mg/L)
			Pb	Pb
元土壌		100.0	8	<0.005
粗粒(レキ)	+2000	28.7	<5	<0.005
粗粒(サンド)	2000/75	57.4	<5	0.007
細粒	-75	13.8	51	<0.005
排水	mg/L		<0.005	

※細粒および排水は薬剤添加後の数値

## ラボ試験とミニプラント試験の比較

## 【2】HI-2

## ラボ試験(1回目)

産物	粒径 μm	重量 %	含有量(mg/Kg)				溶出量(mg/L)			
			Pb	As	F	B	Pb	As	F	B
元土壌		100.0	16	<1	<100	20	0.052	0.018	0.9	1.2
粗粒(レキ)	+2000	13.3	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.003	<0.1	<0.1
粗粒(サンド)	2000/500	29.6	<5	<1	<100	<10	0.005	0.002	<0.1	<0.1
	500/250	15.4	<5	<1	<100	<10	0.023	0.003	<0.1	<0.1
	250/150	10.6	<5	<1	<100	<10	0.020	0.005	<0.1	0.1
	150/75	6.7	7	<1	<100	<10	0.023	0.005	<0.1	0.1
細粒	-75	24.4	39	<1	<100	22	0.015	0.025	0.8	0.8
排水	mg/L		<0.005	0.001	0.5	7.1				

## ラボ試験(2回目)

産物	粒径 μm	重量 %	含有量(mg/Kg)				溶出量(mg/L)			
			Pb	As	F	B	Pb	As	F	B
元土壌		100.0	29	<1	<100	22	0.01	0.016	1.1	1.4
粗粒(レキ)	+2000	10.8	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.002	0.1	0.1
粗粒(サンド)	2000/500	38.2	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.002	<0.1	<0.1
	500/250	18.8	<5	<1	<100	<10	0.013	0.004	<0.1	0.1
	250/150	11.8	7	<1	<100	<10	0.013	0.005	0.1	0.2
	150/75	8.0	8	<1	<100	<10	0.014	0.006	0.2	0.2
細粒	-75	12.5	39	<1	<100	28	<0.005	<0.001	0.7	1.5
排水	mg/L		<0.005	<0.001	0.4	5.1				

## ミニプラント試験

産物	粒径 μm	重量 %	含有量(mg/kg)				溶出量(mg/L)			
			Pb	As	F	B	Pb	As	F	B
元土壌		100.0	16	<1	<100	20	0.026	0.019	0.8	1.2
粗粒(レキ)	+2000	7.2	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.001	<0.1	<0.1
粗粒(サンド)	2000/75	67.4	<5	<1	<100	<10	0.009	0.004	<0.1	<0.1
細粒	-75	25.5	46	1	<100	30	<0.005	<0.001	0.04	1.3
排水	mg/L		<0.005	<0.001	0.3	6.2				

※細粒および排水は薬剤添加後の数値

## ラボ試験とミニプラント試験の比較

## 【3】CD-2

## ラボ試験

産物	粒径 $\mu\text{m}$	重量 %	含有量(mg/Kg)	溶出量(mg/L)
			Pb	Pb
元土壌		100.0	28	0.022
粗粒(レキ)	+2000	19.3	<5	<0.005
粗粒(サンド)	2000/75	60.6	17	<0.005
細粒	-75	20.1	27	<0.005
排水	mg/L		<0.005	

## ミニプラント試験

産物	粒径 $\mu\text{m}$	重量 %	含有量(mg/kg)	溶出量(mg/L)
			Pb	Pb
元土壌		100.0	18	<0.005
粗粒(レキ)	+2000	10.8	<5	<0.005
粗粒(サンド)	2000/75	70.4	12	0.007
細粒	-75	18.8	40	<0.005
排水	mg/L		<0.005	

※細粒および排水は薬剤添加後の数値

ミニプラント設備写真(主要設備)

1. ホッパー、エプロンフィーダー



2. ドラムウォッシャー、トロンメル、湿式篩い



3. 回転式分級機、脱水スクリーン



4. 反応槽、攪拌機



5. シックナー



6. 脱水機、洗浄水タンク





エコシステム花岡(株)固定式プラント写真

1. 工場全景



2. 受入れヤード内土壌保管用ドーム



3. 受入れヤード及び防塵ネット



4. 土壌投入ホッパー



5. ドラムウォッシャー



6. 振動篩



エコシステム花岡(株)固定式プラント写真

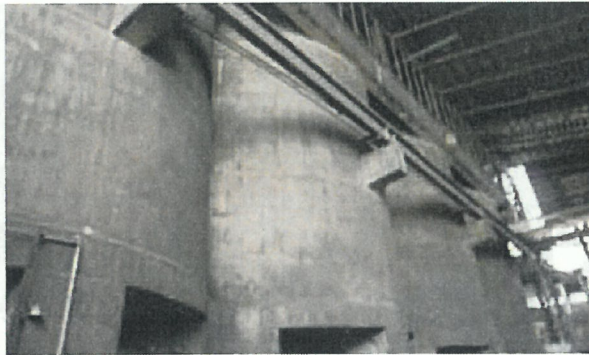
7. サイクロン



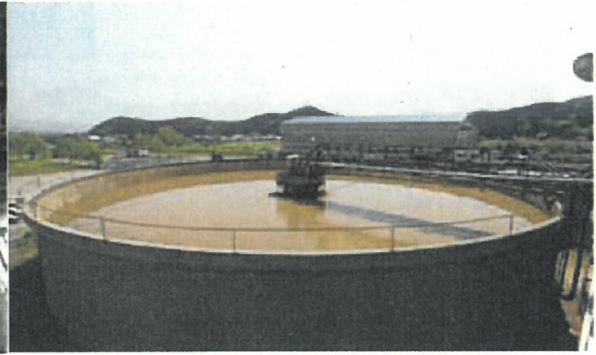
8. 脱水スクリーン



9. ストックビン



10. シックナー



11. 脱水機



12. 堆積場(土壌埋立施設)



# 土壤洗淨事前適用性試験報告

2009年 11月22日(日)

清水建設株式会社

1

## 土壤洗淨事前適用性試験

1. 土壤試料(Feed)の粒度構成, 土壤分析
2. 土壤粒度分布試験
3. ロードカーブ試験
4. 土壤洗淨試験
  - (a) 湿式フルイ試験
  - (b) ハイドロサイクロン試験
  - (c) フローテーション試験
5. マスバランス, 洗淨試験結果の評価
6. 凝集沈澱試験

2

# 1. Feed粒度構成, 土壌分析

- 3試料とも, 2mm以上の粗粒子分の割合が大きい。
- CD-2, GH-2には, 9.5mm以上の砂利, 礫が含まれていた。
- 粗粒子分は粗砂, 砂利, 礫であり, 環境基準を満足してした。
- 粗粒子分は再利用(埋め戻し)が可能である。

## (1) 試料 CD-2

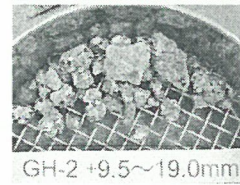
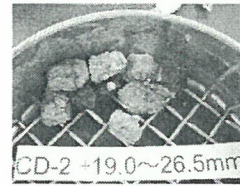
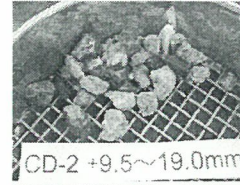
Feed <75 $\mu$ m 16.3%	Feed +75 ~2,000 $\mu$ m 44.2%	Feed +2,000 $\mu$ m 以上 39.5%
------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

## (2) 試料 GH-2

Feed <75 $\mu$ m 9.6%	Feed +75 ~2,000 $\mu$ m 44.8%	Feed +2,000 $\mu$ m 以上 45.6%
-----------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

## (3) 試料 HI-2

Feed <75 $\mu$ m 21.4%	Feed +75 ~2,000 $\mu$ m 50.2%	Feed +2,000 $\mu$ m 以上 28.4%
------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------



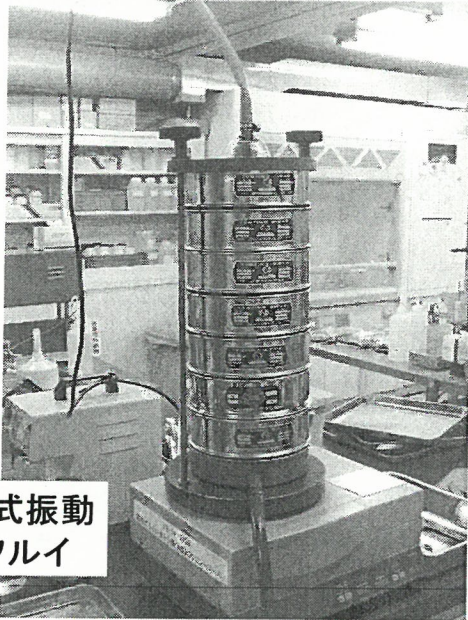
# 1. Feed粒度構成, 土壌分析

- CD-2とGH-2のFeedは鉛溶出量が基準を超過していなかった。
- HI-2のFeedについても溶出量基準を超過したのは, 砒素, フッ素, ホウ素の3項目であった。

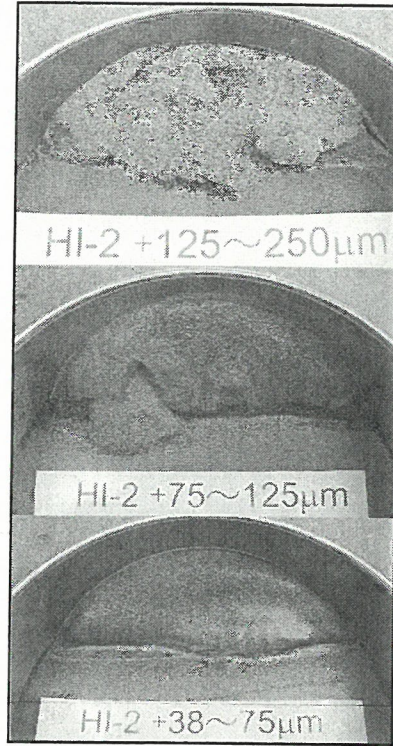
表-1 CD-2, GH-2, HI-2土壌の分析結果

試料名称	全含有量分析 (底質調査法)				含有量分析 (報告19号)				強熱減量 (%)	溶出液分析 (報告18号)				溶出液 pH (-)	
	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	ヒ素 (mg/kg)	フッ素 (mg/kg)	ホウ素 (mg/kg)		鉛 (mg/L)	ヒ素 (mg/L)	フッ素 (mg/L)	ホウ素 (mg/L)		
定量下限値	0.2	0.5	1	1	1	1	10	1	0.1	0.005	0.005	0.1	0.01	—	
土壌環境基準値	—	—	—	—	150	150	4000	4000	—	0.01	0.01	0.8	1	—	
CD-2	Feed	34	—	190	—	22	3	39	2	1.9	<0.005	<0.005	0.4	0.02	7.4
	Feed 2mm 以上	6.5	—	56	—	—	—	—	—	<0.005	—	0.2	—	6.9	
	Feed <2mm	25	—	210	—	19	—	—	1.3	<0.005	<0.005	0.5	—	7.4	
GH-2	Feed	11	—	130	—	9	<1	<10	8	1.0	<0.005	0.005	0.2	0.57	9.1
	Feed 2mm 以上	3.0	—	19	—	—	—	—	—	<0.005	—	<0.1	—	8.2	
	Feed <2mm	11	—	66	—	2	—	—	0.3	<0.005	<0.005	<0.1	0.02	7.4	
HI-2	Feed	18	3.3	130	25	14	<1	12	21	1.8	0.007	0.020	1.3	1.5	8.2
	Feed 2mm 以上	2.6	1.2	50	4	—	—	—	—	<0.005	<0.005	0.1	0.16	7.3	
	Feed <2mm	8.3	2.2	98	11	7	<1	<10	7	1.1	0.006	0.013	0.5	0.51	8.0

2. 土壤粒度分布試験  
(洗浄プラント実験室)



湿式振動フルイ



6

- 粗粒子分の多いCD-2の粒度分布は、2mm以上の粗粒子分の分布にバラツキが認められた。
- 豊島の土壤は濃縮汚染土(脱水ケーキ)となる細粒子分の割合が小さく、土壤洗浄に適した粒度構成である

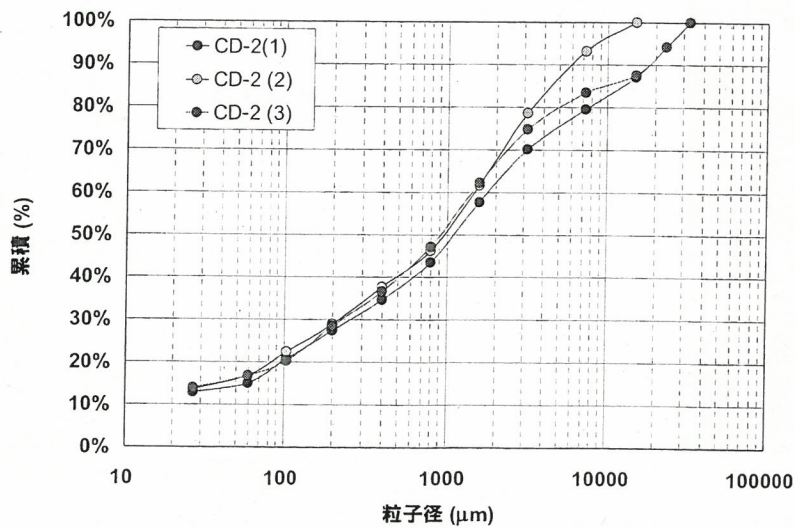
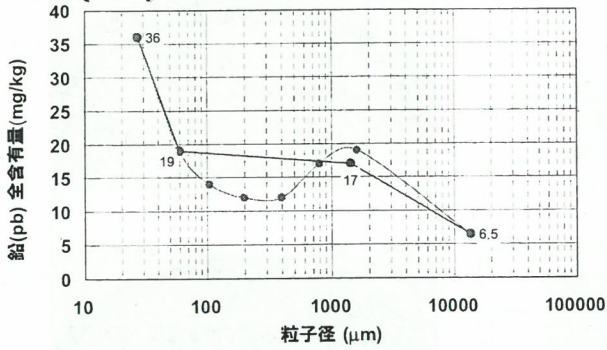


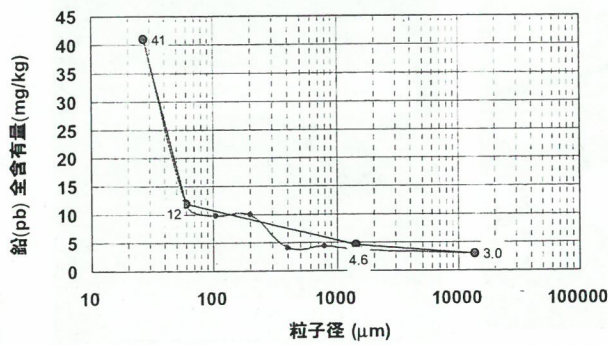
図-2(A) CD-2土壤試料の粒度分布試験結果

7

鉛(Pb) 試料 CD-2, 鉛(pb)全含有量(底質調査法)



試料 GH-2, 鉛(pb)全含有量(底質調査法)



• CD-2, GH-2, HI-2の分画試料の鉛溶出量の多くは、定量下限値未満(ND)であった。

• このため、ロードカーブ試験は鉛とフッ素の全含有量で表示した。

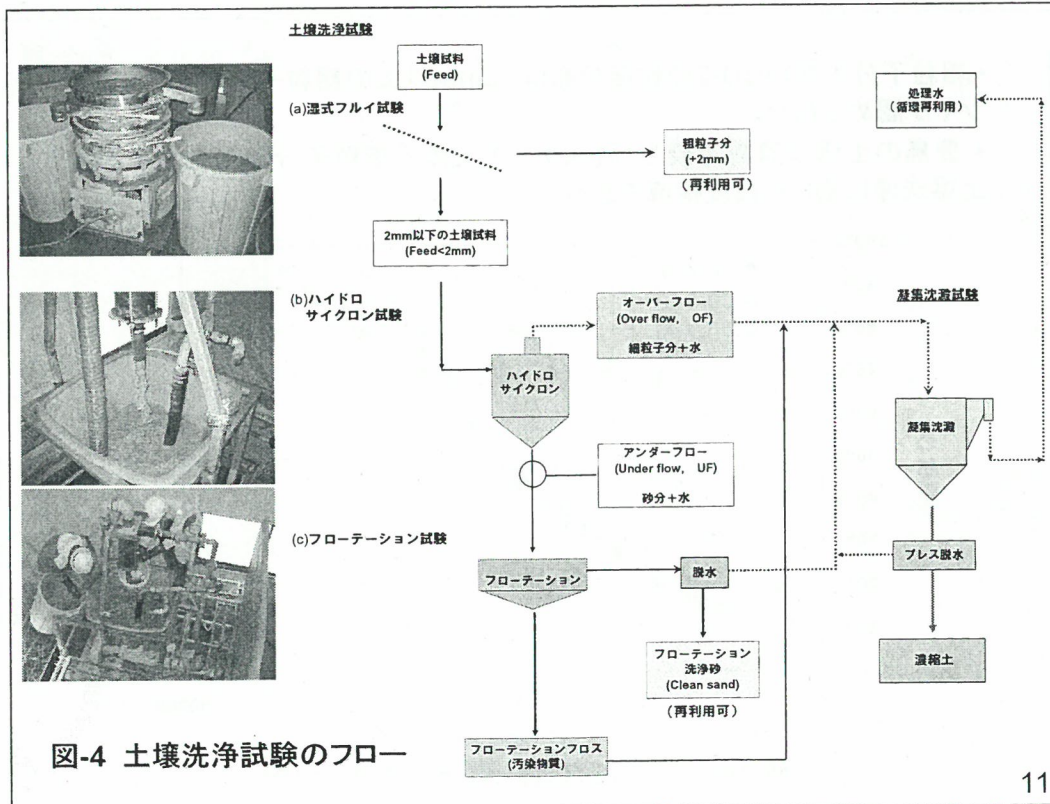
• 共通して、鉛の全含有量は細粒子側に偏在していることが認められた。



• ハイドロサイクロンによる分級によって、汚染物質の含有量が大幅に低減することが予測される。



• 豊島の汚染土壌は、土壤洗浄に適していると判断された。



試料名称	全含有量分析 (底質調査法)				含有量分析 (報告19号)				溶出液分析 (報告18号)						
	鉛	ヒ素	フッ素	ホウ素	鉛	ヒ素	フッ素	ホウ素	揮発性	鉛	ヒ素	フッ素	ホウ素	溶出液 pH	
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(-)	
定値下評価	0.2	0.5	1	1	1	1	10	1	0.1	0.005	0.005	0.1	0.01	---	
土壌環境基準値	---	---	---	---	150	150	4000	4000	---	0.01	0.01	0.8	1	---	
CD-2	Feed	34	---	190	---	22	3	39	2	1.9	<0.005	<0.005	0.4	0.02	7.4
	Feed 2mm 以上	6.5	---	56	---	---	---	---	---	---	<0.005	---	0.2	---	6.9
	Feed <2mm	25	---	210	---	19	---	---	---	1.3	<0.005	<0.005	0.5	---	7.4
	UF	44	---	410	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	UF	22	---	130	---	17	---	---	---	0.7	<0.005	<0.005	0.1	---	7.9
	フローテーション フロス	220	---	1700	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	フローテーション 洗浄砂	13	---	100	---	6	1	17	1	0.5	<0.005	<0.005	<0.1	0.01	7.5
GH-2	Feed	11	---	130	---	9	<1	<10	8	1.0	<0.005	0.005	0.2	0.57	9.1
	Feed 2mm 以上	3.0	---	19	---	---	---	---	---	---	<0.005	---	<0.1	---	8.2
	Feed <2mm	11	---	66	---	2	---	---	---	0.3	<0.005	<0.005	<0.1	0.02	7.4
	UF	56	---	310	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	UF	4.0	---	48	---	3	---	---	---	0.6	<0.005	<0.005	<0.1	0.04	7.7
	フローテーション フロス	93	---	1500	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	フローテーション 洗浄砂	3.0	---	47	---	4	<1	20	1	0.7	<0.005	<0.005	<0.1	0.02	7.5
HI-2	Feed	18	3.3	130	25	14	<1	12	21	1.8	0.007	0.020	1.3	1.5	8.2
	Feed 2mm 以上	2.6	1.2	50	4	---	---	---	---	---	<0.005	<0.005	0.1	0.16	7.3
	Feed <2mm	8.3	2.2	98	11	7	<1	<10	7	1.1	0.006	0.013	0.5	0.51	8.0
	UF	43	7.2	280	26	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	UF	5.0	0.8	44	3	2	<1	<10	3	0.4	<0.005	<0.005	0.2	0.08	7.5
	フローテーション フロス	140	12	910	66	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	フローテーション 洗浄砂	2.4	0.7	40	4	2	<1	<10	1	0.3	<0.005	<0.005	<0.1	0.05	7.5

12

## 洗浄試験のまとめ

- アンダーフロー(UF)とフローテーション洗浄砂は、含有量基準と溶出量基準を満足していた。豊島処分地の汚染土壌を土壌洗浄処理することによって、環境基準を満足する洗浄砂が得られることが確認された。
- フローテーションで分離されたフロスの量は少量であった。しかし、フローテーションにおける汚染物質の選択性は高く、鉛、砒素、フッ素、ホウ素ともフィードやアンダーフローに比べてかなり高い含有量のフロス(汚染物質)が分離された。このことは、土壌の汚染物質濃度が高い場合でも、フローテーションによって問題なく洗浄処理できることを意味している。
- 今回の土壌試料については、2段湿式フルイとハイドロサイクロンのみでも環境基準を満足する洗浄砂を得ることができた。しかし、もっと重金属の汚染濃度が高い土壌を対象とする場合には、フローテーションプロセスは必要不可欠である。

13

区分 (全体)		HI-2					GH-2					CD-2				
		試料重量		全含有量		鉛存在量	試料重量		全含有量		鉛存在量	試料重量		全含有量		鉛存在量
		dry-kg	%	mg/kg	mg	%	dry-kg	%	mg/kg	mg	%	dry-kg	%	mg/kg	mg	%
元土壌	Feed	20	100	18	360	100	20	100	11	220	100	20	100	34	680	100
+2000	粗粒子分(2mm以上)	5.7	28.4	2.6	15	4.1	9.1	45.6	3.0	27	12.4	7.9	39.5	6.5	51	7.5
2000	アンダーフロー	12	(60.2)	5.0	60	(16.7)	9.7	(48.4)	4.0	39	(17.6)	9.6	(48.1)	22	212	(31.1)
~60	洗浄土	12	60.1	2.4	29	8.0	9.7	48.3	3.0	29	13.2	9.6	48.0	13	125	18.3
-60	オーバーフロー	2.3	(11.5)	43	99	(27.4)	1.2	(6.0)	56	67	(30.5)	2.5	(12.4)	44	109	(16.0)
	濃縮汚染土	2.32	11.5	43.4	102	28.1	1.22	6	56.6	69	31.4	2.53	12.4	45.8	116	17.1
	計/収支	20	100	-	146	40.2	20	100	-	125	57	20	100	-	292	42.9

区分 (湿式フルイ試験)		HI-2					GH-2					CD-2				
		試料重量		全含有量		鉛存在量	試料重量		全含有量		鉛存在量	試料重量		全含有量		鉛存在量
		dry-kg	%	mg/kg	mg	%	dry-kg	%	mg/kg	mg	%	dry-kg	%	mg/kg	mg	%
元土壌	Feed	20	100	18	360	100	20	100	11.0	220	100	20	100	34	680	100
+2000	粗粒子分(2mm以上)	5.7	28.4	2.6	15	4.1	9.1	45.6	3.0	27	12.4	7.9	39.5	6.5	51	7.5
-2000	Feed<2mm	14.3	71.6	8.3	119	33.0	10.9	54.4	11.0	120	54.4	12.1	60.5	25	303	44.5
	計/収支	20	100	-	133.5	37.1	20	100	-	147	66.8	20	100	-	147	52.1

区分 (洗浄試験)		HI-2					GH-2					CD-2				
		試料重量		全含有量		鉛存在量	試料重量		全含有量		鉛存在量	試料重量		全含有量		鉛存在量
		dry-kg	%	mg/kg	mg	%	dry-kg	%	mg/kg	mg	%	dry-kg	%	mg/kg	mg	%
-2000	Feed<2mm	14.3	100	8.3	119	100	10.9	100	11	120	100	12.1	100	25	303	100
2000	アンダーフロー(UF)	12	(84.0)	5.0	60	(50.6)	9.7	(89.0)	4.0	39	(32.4)	9.6	(79.5)	22	212	(70.0)
~60	洗浄土	12	83.9	2.4	29	24.3	9.7	88.8	3.0	29	24.2	9.6	79.3	13	125	41.2
-60	オーバーフロー(OF)	2.3	(16.0)	43	99	(82.9)	1.2	(11.0)	56	67	(56.0)	2.5	(20.5)	44	109	(36.0)
	濃縮汚染土	2.32	16.1	43.4	100.7	85.0	1.22	11.2	56.6	69	57.5	2.53	20.7	45.8	116	38.2
	計/収支	14.3	100	-	130	109	10.9	100	-	98	81.7	12.1	100	-	241	79.4

- 粗粒子分の含有量と溶出量は低い、環境基準を十分に満足
- ➔ 粗粒子分に関する湿式フルイのマスバランスはそれほど重要ではない。 15

表-4(A) 汚染物質の除去率(Feedに対して)

	鉛 全含有量 除去率 (%)	砒素 全含有量 除去率 (%)	フッ素 全含有量 除去率 (%)	ホウ素 全含有量 除去率 (%)
CD-2	81.7%	----	81.7%	----
GH-2	86.8%	----	82.5%	----
HI-2	92.0%	87.3%	81.5%	90.4%

表-4(B) 汚染物質の除去率(Feed<2mmに対して)

	鉛 全含有量 除去率 (%)	砒素 全含有量 除去率 (%)	フッ素 全含有量 除去率 (%)	ホウ素 全含有量 除去率 (%)
CD-2	58.8%	----	62.2%	----
GH-2	75.8%	----	36.7%	----
HI-2	75.7%	73.3%	65.8%	69.5%



(3) 試料 HI-2

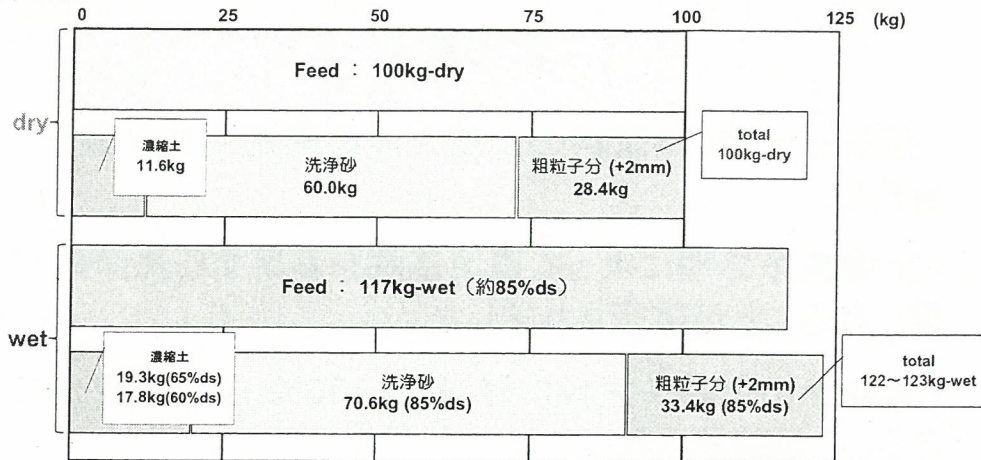


図-8 洗浄によって産出される粗粒子分, 洗浄砂, 濃縮土の量(HI-2)

- 土壌試料(Feed)に対する濃縮土の割合(乾燥重量)は, CD-2が12.5%, GH-2が6.1%, HI-2が11.6%であった。
- 外部処分が必要となる濃縮土の割合を大幅に減量化できることが判明

表-6 凝集沈澱処理水の上澄水の分析結果

試料名称	液分析													
	SS (mg/L)	全蒸発 残留物 (mg/L)	pH (-)	濁度 (度)	塩化物 イオン (mg/L)	鉛 (溶解態含む) (mg/L)	ヒ素 (溶解態含む) (mg/L)	フッ素 (溶解態含む) (mg/L)	ホウ素 (溶解態含む) (mg/L)	鉛 (溶存態) (mg/L)	ヒ素 (溶存態) (mg/L)	フッ素 (溶存態) (mg/L)	ホウ素 (溶存態) (mg/L)	
定量下限値	1	1	—	0.1	0.5	0.005	0.005	0.1	0.01	0.005	0.005	0.1	0.01	
環境基準値	—	—	—	—	—	0.01	0.01	0.8	1	0.01	0.01	0.8	1	
CD-2	OF	18000	24000	7.0	—	8.8	0.82	0.094	0.3	0.03	<0.005	<0.005	0.4	0.02
	凝集試験 No.1 上澄液	5	580	7.1	1.5	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	<0.1	0.03
	凝集試験 No.2 上澄液	5	610	7.0	1.5	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	<0.1	0.03
GH-2	OF	5900	9300	7.0	—	11	0.68	0.037	<0.1	0.37	<0.005	<0.005	0.2	0.32
	凝集試験 No.1 上澄液	<1	600	6.9	0.2	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	<0.1	0.31
	凝集試験 No.2 上澄液	2	580	6.9	0.2	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	<0.1	0.31
HI-2	OF	11000	17000	7.1	—	13	0.94	0.12	<0.1	1.0	0.050	0.013	0.6	0.68
	凝集試験 No.3 上澄液	8	1100	8.1	4.4	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	0.1	0.77
	凝集試験 No.5 上澄液	12	580	7.5	5.0	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	<0.1	0.77
	凝集試験 No.6 上澄液	10	600	7.4	0.7	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	<0.1	0.76
	凝集試験 No.8 上澄液	12	560	8.0	2.3	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	0.2	0.70
	凝集試験 No.9 上澄液	<1	590	7.2	0.6	—	—	—	—	—	<0.005	<0.005	<0.1	0.76

- 処理水を再利用することを基本として行い, SSがほとんど含まれない清澄感のある処理水を得ることのできた。
- 処理水の鉛と砒素の濃度は定量下限値未満, フッ素の濃度は定量下限値未満もしくはその近傍, ホウ素についても環境基準を満足するなど, 再利用する上で問題が無いことが確認された。

## まとめ

豊島処分地の3試料の土壤洗浄事前適用性試験を実施し、

- 土壤洗浄処理によって環境基準を満足する洗浄砂が得られることが確認されました。
- 濃縮土の割合を大幅に減量化(100% → 6~12%)でできることが確認されました。
- 凝集沈澱の処理水は環境基準を満足し、再利用する上で問題が無いことが確認されました。

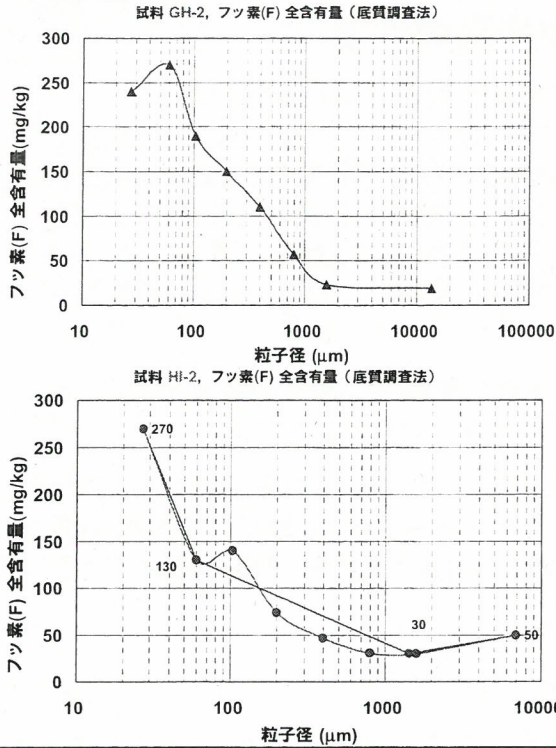
20

## 土壤洗浄による豊島処分地汚染土壤の浄化

- 豊島処分地の汚染土壤中の汚染物質(鉛, フッ素など)は、その多くが細粒子分に付着・吸着しています。
- 湿式フルイ, ハイドロサイクロン, フローテーションなどの分級・洗浄プロセスを用いて、土壤中から汚染物質が付着した細粒子分を分離し、濃縮土として回収します。
- 土壤洗浄処理によって環境基準を満足する洗浄砂が得られることが確認されました。
- 濃縮土の割合を大幅に減量化(100% → 6~12%)でできることが確認されました。

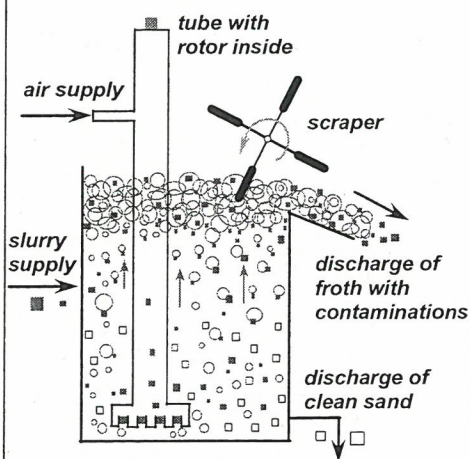
21

# フッ素(F)

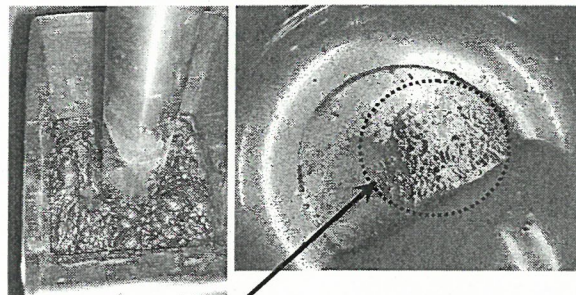
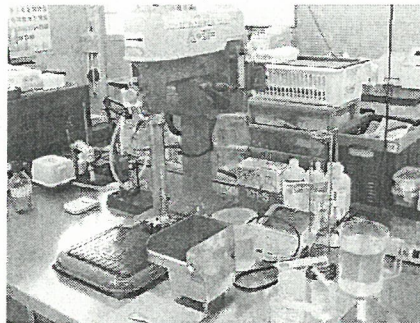


- CD-2, GH-2, HI-2の分画試料の鉛溶出量の多くは、定量下限値未満(ND)であった。
  - このため、ロードカーブ試験は鉛とフッ素の全含有量で表示した。
  - 共通して、フッ素の全含有量は細粒子側に偏在していることが認められた。
- ↓
- ハイドロサイクロンによる分級によって、汚染物質の含有量が大幅に低減することが予測される。
- ↓
- 豊島の汚染土壌は、土壌洗浄に適していると判断された。

## 4. 土壌洗浄試験 (c) フローテーション試験



汚染物質は気泡に付着し、気泡とともにセル上部へ上昇し、フロス(froth)を形成する。



フロスに付着した細粒子分(汚染物質)  
CD-2 Pb:220mg/kg, F: 1700mg/kg

## マスバランス, 洗浄試験結果の評価

- Feedを100%とした場合の汚染物質のマスバランスは, Feed<2mmを100%とした場合に比べて収支が良くない。これは, 湿式フルイ試験のマスバランスが良くないためである。2mm以上の粗粒子分(粗砂, 砂利, ガラ)は2mm未満に粉碎して分析を行うが, 今回の土壌試料のように粗粒子分を多く含む土壌の場合には, どうしても分析値のバラツキが大きくなりやすい。また, 土壌中の粗粒子分の割合はかなり高い。
- Feed<2mmを100%とした場合は80%~120%の収支であり, 土壌洗浄試験としては十分なマスバランスが得られている。
- 各プロセスのマスバランスに関しては, 2mm以下の土壌を対象にするハイドロサイクロン試験とフローテーション試験では良好な収支が得られたが, 2mm以上の土壌も含まれる湿式フルイ試験ではそれほど良い収支が得られなかった。

# 豊島処分地汚染土壌水洗浄処理に 関する事前適用性試験実施報告

平成21年11月  
DOWAエコシステム株式会社

DOWA

1

## 報告内容

1. 試験の実施場所
2. 試験試料
3. ミニプラント試験前の評価試験(ラボ試験)
4. ミニプラント試験
5. 汚染土壌の減量効果
6. 運転管理上の必要事項
7. まとめ

DOWA

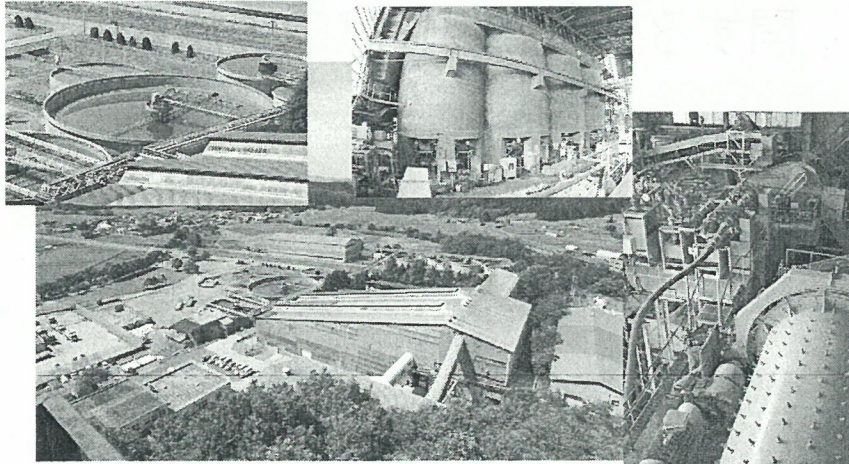
2

## 試験の実施場所

エコシステム花岡株式会社 松峰工場内

秋田県大館市花岡町大森山下65-1

※エコシステム花岡(株)はDOWAエコシステム(株)の100%出資子会社



3

DOWA

## 試験試料

- 香川県が豊島処分地内の3箇所で採取し、各々均一に混合した土壌を用いた。

検体番号	検体名	重量(kg)
検体①	GH-2	390
検体②	HI-2	580
検体③	CD-2	460

4

DOWA

## ミニプラント試験前の評価試験(ラボ試験)

•ミニプラント試験の作業条件(薬剤添加量等)を事前に把握することを目的とする。

•送付された元土壌から所定量(約1kg)を採取し、評価試験フローに従って実施。

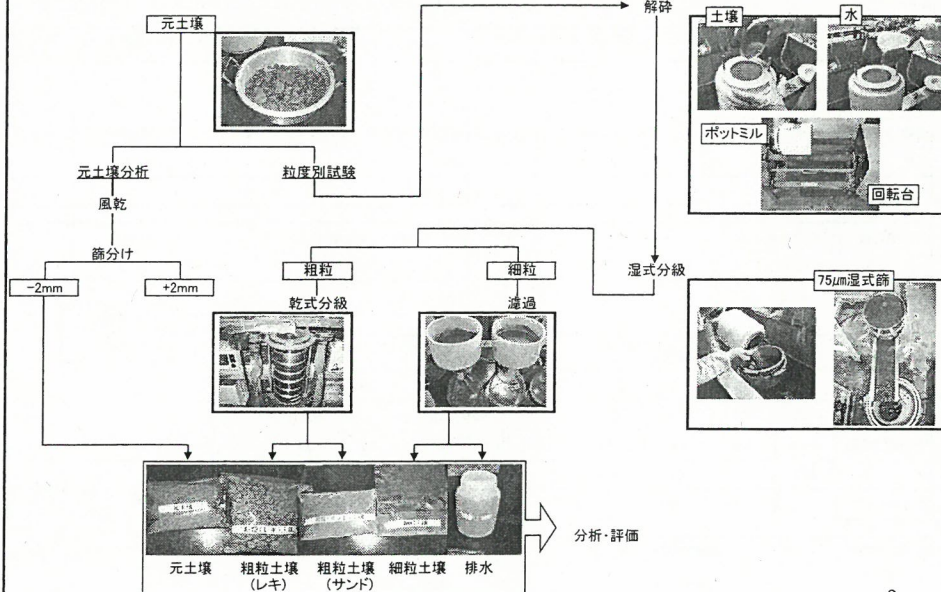
### 【参考】

汚染土壌の洗浄処理の目的は、汚染物質を分離・濃縮し浄化土を回収すること。浄化土の回収率は土質、汚染物質の性状、濃度等により異なる。

DOWA

5

## 汚染土壌事前評価試験フロー



DOWA

6

## 粒度の区分

区分	粒径(μm)	備考
粗粒(レキ)	+2000	2mm 以上
粗粒(サンド)	2000/75	2mm~75 μm
細粒	-75	75 μm以下

7

DOWA

## ラボ試験の結果

【1】GH-2

【3】CD-2

産物	重量 %	含有量(mg/Kg)		溶出量(mg/L)		溶出 pH
		Pb	As	Pb	pH	
元土壌	100.0	8	<0.005	8.4		
粗粒(レキ)	35.6	<5	<0.005	7.4		
粗粒(サンド)	57.1	<5	0.005	7.6		
細粒	7.2	31	0.007	9.0		
排水(mg/L)		0.011				

排水処理後	細粒溶出量(mg/L)	<0.005	8.3
	排水(mg/L)	<0.005	—

【2】HI-2

産物	重量 %	含有量(mg/Kg)				溶出量(mg/L)				溶出 pH
		Pb	As	F	B	Pb	As	F	B	
元土壌	100.0	16	<1	<100	20	0.052	0.018	0.9	1.2	8.1
粗粒(レキ)	13.3	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.003	<0.1	<0.1	7.3
粗粒(サンド)	62.3	<5	<1	<100	<10	0.013	0.007	0.1	0.1	7.5
細粒	24.4	39	<1	<100	22	0.008	0.003	1.1	1.4	8.3
排水(mg/L)		0.043	0.039	4.6	7.5					

環境基準  
超過

(備考)  
元土壌の含有量、溶出量は2mm以下に篩い分けされた試料の分析結果である。

排水処理後	細粒溶出量(mg/L)	0.015	0.025	0.8	0.8	8.5
	排水(mg/L)	<0.005	0.001	0.5	7.1	—

8

DOWA



## 粒度区分の細分化試験

洗浄・分級で得られたHI-2の2mm～75 $\mu$ mの区分を元試料として粒度区分の細分化試験を実施

粒径 $\mu$ m	重量 %	含有量(mg/Kg)				溶出量(mg/L)				溶出 pH
		Pb	As	F	B	Pb	As	F	B	
分級前	100.0	<5	<1	<100	<10	0.013	0.007	0.1	0.1	7.5

2000/500	47.4	<5	<1	<100	<10	0.005	0.002	<0.1	<0.1	7.5
500/250	24.7	<5	<1	<100	<10	0.023	0.003	<0.1	<0.1	7.5
250/150	17.1	<5	<1	<100	<10	0.020	0.005	<0.1	0.1	7.7
150/75	10.8	7	<1	<100	<10	0.023	0.005	<0.1	0.1	7.8

環境基準を満足する区分が得られた  
浄化土回収率は1割→4割へ増加

HI-2を元土壌とした再試験でも同様の傾向にあった

DOWA

9

## ミニプラント試験での確認項目

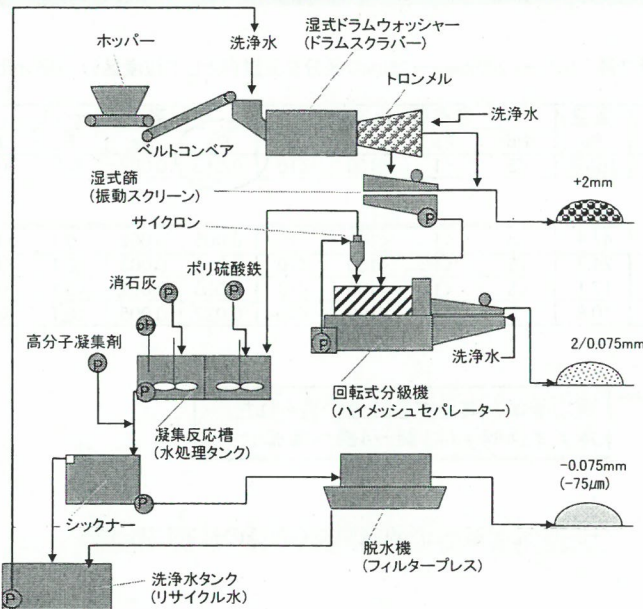
目的: 連続試験により、水洗浄処理のシステムについて  
運転管理上必要な事項を確認する

- 洗浄、分級施設の処理フロー
- ミニプラント施設の構造、処理能力、水使用量
- 工程内の各所におけるハンドリング
- 洗浄水使用量、pH、薬剤種及びその使用量
- 排水処理施設
- 汚泥脱水施設
- 土壌の分級効果
- 汚染物質の洗浄効果
- 汚染土壌の減量効果
- 処理条件及び運転管理上の必要事項

DOWA

10

## 洗浄、分級施設の処理フロー

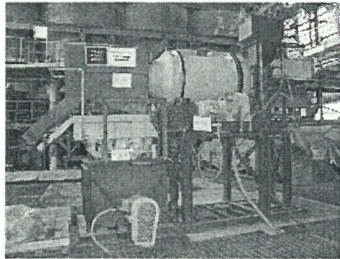


DOWA

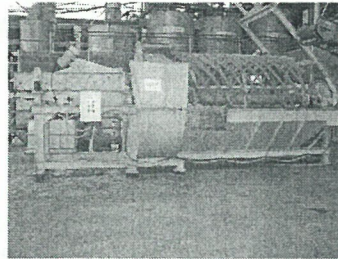
11

## 設備の写真(一部)

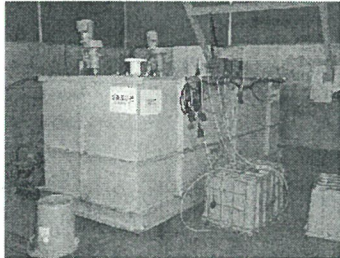
ドラムウォッシャー、湿式ふるい



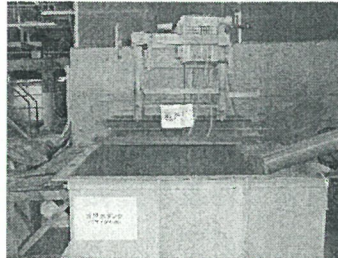
回転式分級機、脱水スクリーン



反応槽、攪拌機(排水処理)



脱水機、洗浄水タンク



DOWA

12

## ミニプラントの処理能力、水使用量等

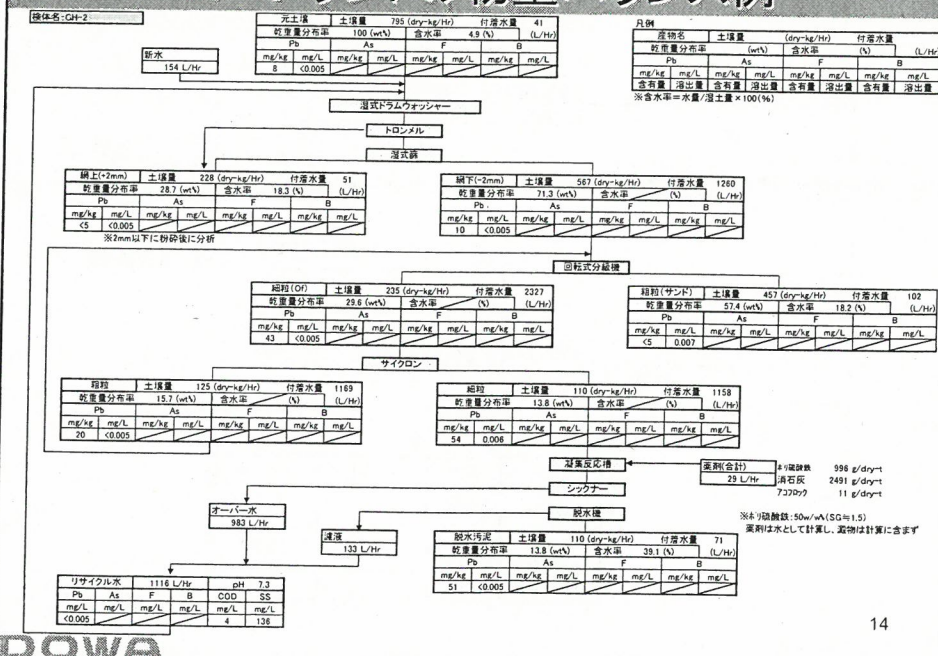
	単位	検体名			
		GH-2	HI-2	CD-2	
土壌供給量	乾土重量	T/Hr	0.795	0.766	0.803
	湿土重量	T/Hr	0.836	0.836	0.836
洗浄水使用量	新水	m <sup>3</sup> /Hr	0.154	0.154	0.154
	リサイクル水	m <sup>3</sup> /Hr	1.116	1.124	1.126
pH	元土溶出		7.4	7.3	7.6
	排水(処理後)		7.3	7.2	7.4

- ・ 洗浄、分級工程における薬剤の使用なし
- ・ GH-2およびCD-2は砂質土壌でありハンドリングに問題はない
- ・ HI-2はやや粘性を持つが砂質土壌との混合が認められるため、大きな不具合は無い
- ・ 土壌に大きな瓦礫も認められないため取り扱いが容易であった

DOWA

13

## ミニプラントの物量バランス例



DOWA

14

# ミニプラント試験まとめ

## 【1】GH-2

産物	重量 %	含有量(mg/kg)		溶出量(mg/L)	
		Pb	As	Pb	B
元土壌	100.0	8	<0.005	<0.005	
粗粒(レキ)	28.7	<5	<0.005	<0.005	
粗粒(サンド)	57.4	<5	0.007	<0.005	
細粒	13.8	51	<0.005	<0.005	
排水 (mg/L)		<0.005			

## 【2】HI-2

産物	重量 %	含有量(mg/kg)				溶出量(mg/L)			
		Pb	As	F	B	Pb	As	F	B
元土壌	100.0	16	<1	<100	20	0.026	0.019	0.8	1.2
粗粒(レキ)	7.2	<5	<1	<100	<10	<0.005	0.001	<0.1	<0.1
粗粒(サンド)	67.4	<5	<1	<100	<10	0.009	0.004	<0.1	<0.1
細粒	25.5	46	1	<100	30	<0.005	<0.001	0.04	1.3
排水 (mg/L)		<0.005	<0.001	0.3	6.2				

## 【3】CD-2

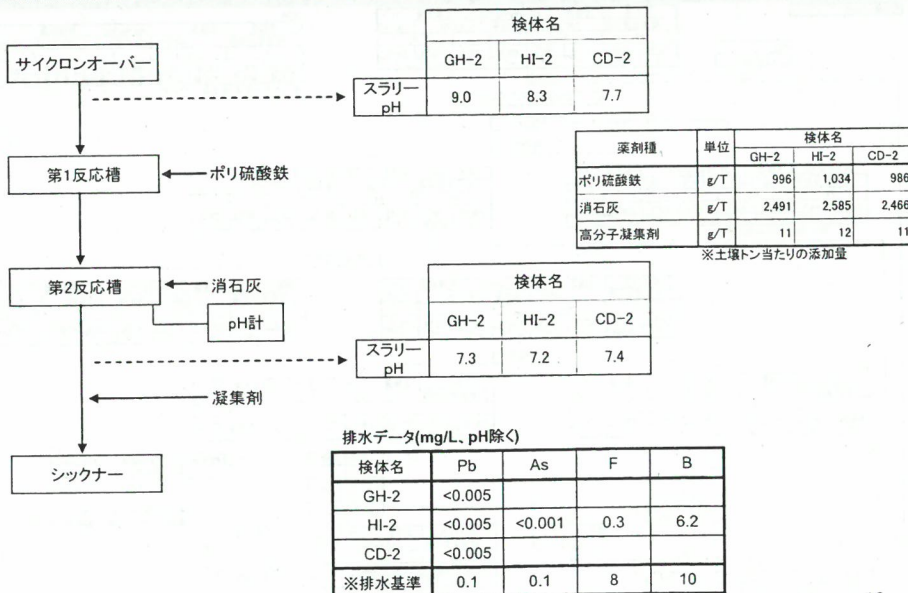
産物	重量 %	含有量(mg/kg)		溶出量(mg/L)	
		Pb	As	Pb	B
元土壌	100.0	18	<0.005	<0.005	
粗粒(レキ)	10.8	<5	<0.005	<0.005	
粗粒(サンド)	70.4	12	0.007	<0.005	
細粒	18.8	40	<0.005	<0.005	
排水 (mg/L)		<0.005			

処理後の粗粒(レキ)、粗粒(サンド)はすべて環境基準を満足

15

DOWA

# 排水処理工程

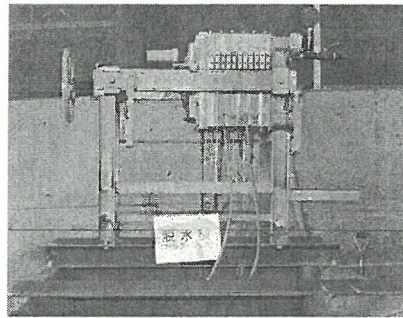


16

DOWA

## 脱水施設

脱水方式	プレス式
容量	5ch で7リットル
1回当たりケーキ排出量	10~11kg(wet)
給液時間	60~90分
水分	39~43%



17

DOWA

## 汚染土壌の減量効果

ミニプラント試験から予想される汚染土壌の減量効果

検体名	産物	扱い	数量
GH-2	粗粒(+75 μm)	浄化土	9割
	細粒(-75 μm)	非浄化土	1割
HI-2	粗粒(+75 μm)	浄化土	7.5割
	細粒(-75 μm)	非浄化土	2.5割
CD-2	粗粒(+75 μm)	浄化土	8割
	細粒(-75 μm)	非浄化土	2割

サンプルにより変動の可能性あるが、解泥・洗浄時間の拡大等の対策により、より確実になる

18

DOWA

## 運転管理上の必要事項

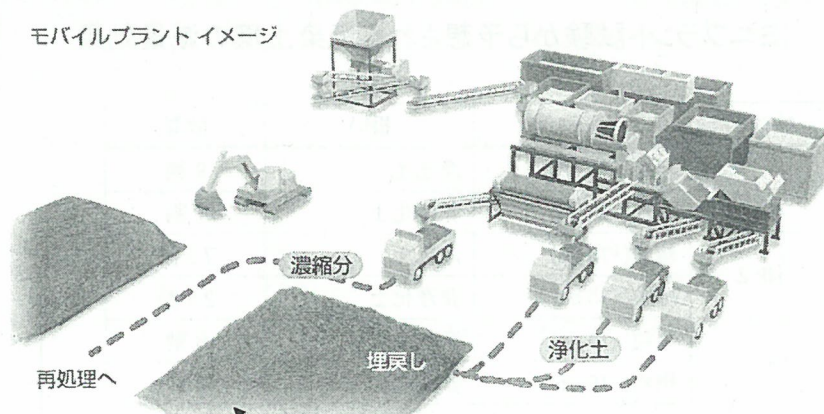
- HI-2の粗粒(サンド)区分の浄化土回収率を上げるためには解泥・洗浄時間の拡大等が有効
- 浄化後の品質管理には処理後土壌を仮置きするためのストックヤードが必要
- スtockヤードの大きさは1日あたりの処理量と分析結果が判明するまでの時間を考慮して決定される

DOWA

19

## 処理プラントの設置例

モバイルプラントイメージ



浄化後土壌の品質管理を行なうためのストックヤード  
→再利用、搬出土壌の仕分け判断に必要な時間が確保できる保管容量

DOWA

20

## まとめ

- GH-2、CD-2は汚染の濃度が低く処理上の大きな問題は無いと考えられる。
- GH-2、CD-2の浄化土回収率はそれぞれ9割、8割が期待される。
- HI-2の浄化土回収率は、ラボ試験では0.5mmの分級粒度で4割、ミニプラント試験では75 $\mu$ mの分級粒度で75%であった。
- HI-2の粗粒(サンド)区分の鉛溶出量が比較的高い理由については、廃棄物由来の汚染物質が雨水により浸透してきていることから、水に溶出しやすい性状になっていること、あるいは土壌粒子の内部に含浸していることが推察される。
- HI-2のような土壌の場合は、解泥・洗浄時間の拡大等が有効である。
- 使用する水量は土壌1トンに対し約1.5m<sup>3</sup>である。産物の付着水で持ち出される分については新水で加水する。また、土壌の性状によっては一定量の系外排出を想定する場合もある。

豊島処分地第3工区覆土の処理方針（案）について

第3工区に保管している覆土の取扱いについては、第19回豊島廃棄物等管理委員会（平成21年9月19日開催）に諮り、豊島処分地排水・地下水等対策検討会において、処理方針の検討を進めることとなった。

については、次案のとおり覆土の処理方針を検討するものである。

1. 現在の覆土の保管状況

5月28日に実施した実態調査結果に基づき、7月15日から9月18日の間に、ダイオキシン類が環境基準以下のB区域と環境基準を超過しているA区域、さらにA区域のうち廃棄物が確認された覆土を分別しながら掘削し、仮保管している。

区分	実態調査結果		外観	仮保管	掘削・保管量
	ダイオキシン類	重金属等			
B区域覆土	環境基準以下	環境基準超過	廃棄物無し	①	約800 m <sup>3</sup>
A区域覆土	環境基準超過		廃棄物無し	②	約200 m <sup>3</sup>
			廃棄物混じり	③	約850 m <sup>3</sup>

2. 処理方針（案）

(1) B区域覆土①

- 1) 当面、第4工区に移動し、シートで飛散・流出防止措置を講じて保管する。
- 2) 直下汚染土壌の処理方針が決定すれば、同様に処理する。

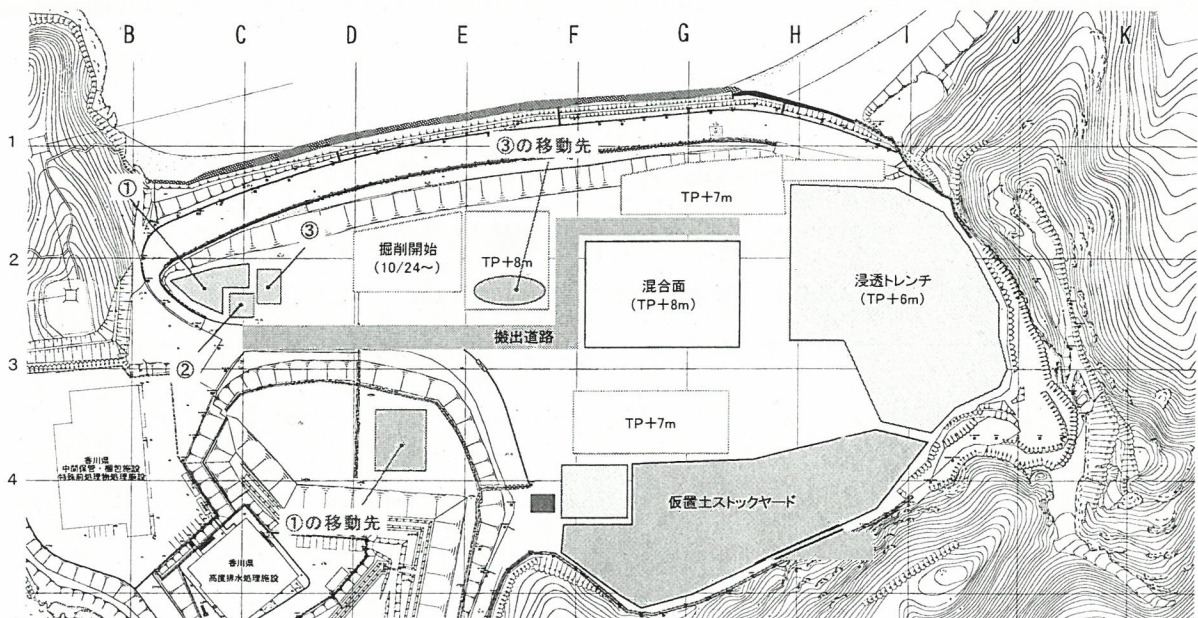
(2) A区域覆土②

- 1) 汚染状態の確認を、100 m<sup>3</sup>毎に、5点均等混合法により1試料とし検査を行う。
- 2) 検査の結果、ダイオキシン類が環境基準以下であれば、B区域覆土①と同様に、第4工区に保管し処理する。

なお、ダイオキシン類が環境基準を超過していれば、A区域覆土③と同様に、第3工区の掘削作業周辺に移設し、土壌比率の小さい廃棄物と混合しながら熔融処理する。

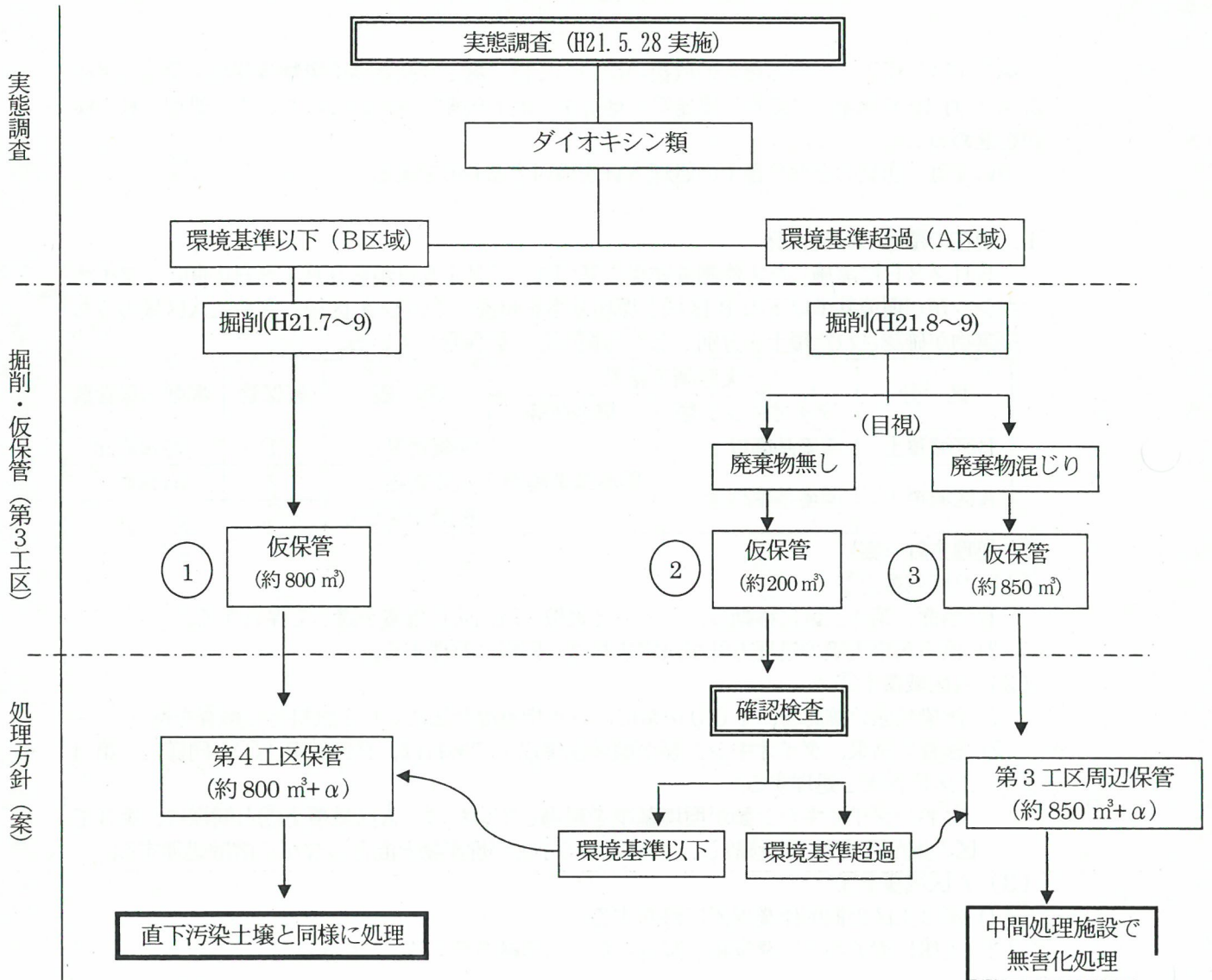
(3) A区域覆土③

- 1) 第3工区の掘削作業周辺に移設する。
- 2) 土壌比率の小さい廃棄物と混合しながら熔融処理する。





第3工区覆土の取扱い方針フロー



(参考) 汚染土壌処理の基本的な考え方 (第18回管理委員会:平成21年3月28日)

- ダイオキシン類基準超過土壌は直島中間処理施設で無害化处理
- ダイオキシン類基準未満で重金属類基準超過は水洗浄処理により無害化

### 第3工区覆土の移設・保管手順書

第3工区に保管している覆土の取扱いについては、第19回豊島廃棄物等管理委員会(平成21年9月19日開催)に諮り、豊島処分地排水・地下水等対策検討会において審議の後、適正に処理することとして、以下のとおり第3工区覆土の移設・保管手順を定める。

#### (1) B区域の覆土①の移設・保管

- 1) B区域の覆土①は、第4工区シート上に移動する。
- 2) 覆土の移動には0.8m<sup>3</sup>バケットバックホウ、運搬は4tダンプを使用する。
- 3) 第4工区シート上に新たにシートを敷設する。
- 4) 新たに敷設したシート上に、4tダンプで運搬した土砂の盛土を行い整形し、シートを敷設する。
- 5) 第4工区既設シートが、損傷しないよう運転管理を徹底するとともに、損傷した場合は、直ちに補修を行う。
- 6) 覆土移設・保管作業中は、沈砂池2への流入水門を沈砂池1に切り替えし、雨水管理を徹底する。

#### (2) A区域覆土②の移設・保管

- 1) A区域覆土②は、確認検査の結果により所定の場所に移動を行う。
- 2) 検査の結果、ダイオキシン類が環境基準以下であれば、B区域覆土①と同様に、第4工区に保管し処理する。
- 3) なお、ダイオキシン類が環境基準を超過していれば、A区域覆土③と同様に、第3工区の掘削作業周辺に移設し、土壌比率の小さい廃棄物と混合しながら熔融処理する。

#### (3) A区域覆土③の移設

- 1) A区域覆土③は、第3工区の掘削作業付近に移動を行う。
- 2) 覆土の移動にはトラクターシャベルを使用する。
- 3) 覆土は土壌比率の小さい廃棄物と混合しながら熔融処理する。

作業計画工程表

作業項目	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	備考	
	5 10 15 20 25	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20		
工 程 計 画 表	B工区覆土① 掘削・運搬	—————									
	B工区覆土① 仮保管				①	—————					
	B工区覆土① 移設・保管							第4工区	—————		
	A工区覆土② 掘削・運搬		———								
	A工区覆土② 仮保管				②	—————					
	A工区覆土② 確認検査						確認検査				
	A工区覆土② (移設・保管)							第4工区	—————		
	A工区覆土② (処理)							第3工区周辺	■■■■■		
	A工区覆土③ 掘削・運搬			———							
	A工区覆土③ 仮保管				③	—————					
	A工区覆土③ 処理							第3工区周辺	—————		
	第21回処理協議会	—									平成21年7月12日開催
第19回管理委員会			—							平成21年9月19日開催	
第4回 排水・地下水等検討会					—					平成21年11月22日開催	
第20回管理委員会						—				平成21年12月20日開催	

## 汚染土壤の水洗浄処理計画（案）の概要について

### 1. 処理対象物

「豊島廃棄物等処理事業の掘削完了判定マニュアル」に基づき、廃棄物等の掘削後に地表となった土壤に対して、完了判定調査を行い、完了判定基準を超過した土壤のうち、重金属等による汚染土壤を水洗浄処理する。

また、直下土壤以外に廃棄物を含まない覆土等で、上記の水洗浄の処理対象物と同程度の汚染土壤も対象にする。

### 2. スケジュール

汚染土壤の水洗浄処理期間は、平成23年度及び24年度とする。

### 3. 水洗浄処理の基本方針

- (1) 処理土壤は可能な限り、有効利用する。
- (2) 有害物質濃縮土壤は可能な限り無害化処理し、有効利用する。
- (3) 汚染土壤の処理後の品質確認検査は100 m<sup>3</sup>に1検体とする。
- (4) 水洗浄処理は汚染土壤を適正に処理できる業者に委託する。
- (5) 洗浄水は、原則として排水処理した後に循環利用し、やむをえず排水する場合は処理の実施場所における諸基準を満たすものとする。
- (6) 水洗浄処理に係る計画、処理状況等は情報公開する。

### 4. 水洗浄処理技術の性能要件

#### (1) 一般的事項

- ① 処理土壤の品質基準は、「廃棄物等の掘削完了判定マニュアル」に定める完了判定基準とする。
- ② 水洗浄施設関連プラントとして、汚染土壤保管施設、水洗浄施設（解泥施設、粒径・密度分級施設）、排水処理施設、汚泥脱水施設、処理土壤保管施設等を有していること。
- ③ 土壤の最小分級の粒径は75 $\mu$ mの性能を有すること。
- ④ 土壤粒径75～2000 $\mu$ mの土壤についても、土壤の汚染状況により細区分が可能な分級設備であること。
- ⑤ 汚染土壤の推計重量に見合う処理能力を有すること。
- ⑥ 濃縮汚染土の発生を抑制すること。

## (2) オンサイト処理技術に関する事項

- ① 水洗浄施設関連プラントの設置面積は 1 万㎡以下で、できる限りコンパクトであること。
- ② プラント等の設置、撤去が短期間に実施できること。
- ③ 汚染土壌の発生状況やプラント等の不具合に柔軟に対応可能な設備とすること。
- ④ 重金属等と揮発性有機化合物の複合汚染に対応できること。
- ⑤ 土壌の最小分級の粒径は、土壌の汚染状況により濃縮汚染土の発生量を抑制できる設備が望ましい。
- ⑥ 洗浄水は循環再利用することを基本として、新水の補給水量は 6 5 m<sup>3</sup>/日以内とする。
- ⑦ 処理施設内の降水は、土壌洗浄水として有効利用する。
- ⑧ 排水処理施設は凝集沈澱処理方法を基本とし、安全性の高い汎用薬剤を使用する。
- ⑨ 排水処理の汚泥脱水機は、含水率を極力低減可能な設備であること。

## (3) オフサイト処理技術に関する事項

- ① 土壌汚染対策法の認定（改正法の許可）を受けていること。
- ② 受入先施設を所管している自治体等の了解が得られること。

## 5. 留意事項

オンサイト処理・オフサイト処理の選択に当たっては、下記の事項に留意すること。

- ① 汚染物質の種類と濃度及び汚染土壌の処理量の変化に対応できる柔軟性
- ② 濃縮汚染土の抑制の可能性とその処理方法
- ③ 処分地における廃棄物の掘削作業との調整の容易性
- ④ 処理に係る費用
- ⑤ 土壌の船積・輸送方法

豊島処分地汚染土壌の水洗浄処理に係る技術的要件に関する報告書（案）

平成21年11月22日

豊島処分地排水・地下水等対策検討会

1	はじめに.....	1
	(1) 豊島処分地排水・地下水等対策検討会の設置について.....	1
	(2) 検討会の開催・審議状況.....	1
2	豊島処分地汚染土壌の性状.....	3
	(1) 公害等調整委員会調査結果.....	3
	(2) 県試掘調査結果.....	3
3	汚染土壌処理の基本的考え方.....	4
	(1) 直下汚染土壌に対する廃棄物処理法の適用について.....	4
	(2) 汚染土壌処理の基本的な考え方.....	4
4	汚染土壌の水洗浄処理技術.....	5
	(1) 汚染土壌水洗浄処理の企画提案.....	5
	(2) 豊島処分地汚染土壌水洗浄処理に関する事前適用性試験実施方針.....	8
	(3) 汚染土壌水洗浄処理の事前適用性試験結果（案）.....	10
5	汚染土壌水洗浄処理計画（案）の概要.....	
	(1) 処理対象物.....	
	(2) スケジュール.....	
	(3) 水洗浄処理の基本方針.....	
	(4) 水洗浄処理技術の性能要件.....	
	(5) 留意事項.....	

<資料>

1	公害等調整委員会 廃棄物層直下土壌溶出試験結果（平成7年9月）.....
2	豊島処分地 廃棄物層直下土壌試験結果（香川県調査）.....
3	豊島処分地 廃棄物層直下土壌の粒度分布（香川県調査）.....
4	豊島処分地の土壌汚染と処理方法の分類.....
5	汚染土壌の水洗浄処理技術企画提案の概要.....
6	汚染土壌の水洗浄処理技術企画提案書（13件）.....
7	汚染土壌の水洗浄処理技術企画提案書補足資料.....
8	ヒヤリング実施要領.....
9	事前適用性試験施設の概要.....
10	事前適用性試験試料調査結果.....
11	事前適用性試験実施報告書（2件）.....
12	豊島処分地第3工区覆土の実態調査結果と取扱について.....
13	豊島処分地第3工区覆土の取扱方針について.....

# 1 はじめに

豊島処分地の廃棄物層直下の汚染土壌を安全かつ確実に処理する洗浄浄化処理システムの技術要件の検討を豊島処分地排水・地下水等対策検討会で行った。

## (1) 豊島処分地排水・地下水等対策検討会の設置について

### ①趣旨

豊島廃棄物等の処理が進み、掘削面が下がってきたことから、排水・地下水対策が課題となっているとともに、廃棄物層直下土壌の掘削完了判定や処理対策、さらには、掘削完了後の地下水管理・対策についても本格的に検討する必要がある。

一方、豊島処分地に関する検討会としては、豊島廃棄物等管理委員会のもとに平成17年1月に設置した「豊島処分地排水対策検討会」が、豊島処分地内沈砂池のダイオキシン類対策に関する報告書を取りまとめるなど有効に機能している。

こうしたことから、「豊島処分地排水対策検討会」の所掌範囲に豊島処分地の地下水と土壌の処理対策を追加し、これまでの組織を発展させたものとして、平成21年2月21日「豊島処分地排水・地下水等対策検討会」を設置した。

### ②検討会名簿

下表の5名で構成する。

氏名	所属及び職名	管理委員会	
		委員	技術アドバイザー
岡市友利	香川大学名誉教授	○	○
河原長美	岡山大学大学院 環境学研究科教授	○	○
(座長) 中杉修身	上智大学 地球環境学研究科教授	○	○
嘉門雅史	国立高松工業高等専門学校 校長		○
河原能久	広島大学 大学院工学研究科教授		○

## (2) 検討会の開催・審議状況

この報告書は、平成21年2月21日の第1回検討会以降4回にわたり豊島処分地汚染土壌の水洗浄処理に係る技術的要件について検討を行ってきた結果をとりまとめたものである。

検討会の開催・審議状況は表1のとおりである。

表1 排水・地下水等対策検討会の開催状況

回	日付	概要
1	平成21年 2月21日	○ 豊島処分地汚染土壌の性状 ○ 豊島処分地汚染土壌処理の基本的な考え方

2	3月21日 3月22日	○ 豊島処分地汚染土壌の水洗浄処理企画提案書応募業者ヒヤリングの実施
3	5月26日	○ 直下汚染土壌に対する廃棄物処理法の適用について ○ オフサイト処理施設所在地自治体の汚染土壌受入れに対する考え方 ○ 事前適用性試験業者の選定
4	11月22日	(本検討会)



## 2 豊島処分地汚染土壌の性状

### (1) 公害等調整委員会調査結果

平成7年に、公害等調整委員会がボーリング、ベント掘削等により採取した土壌30地点について、廃棄物層直下土壌溶出試験を実施した結果、鉛等9項目について土壌環境基準を超える地点があった。(なお、ダイオキシン類については調査していない。)

調査結果の詳細は資料1のとおりである。

＜土壌環境基準超過項目及び地点＞（直下土壌表層試料）

	最大値 (mg/L)	環境基準	超過地点（ は最大値地点）
鉛（溶出）	0.035	0.01	B4, F4, G1, G2, G3, H3, H4, I2, J3
ジクロロタン	0.23	0.02	E3
テトラクロエレン	0.20	0.01	C3, D3, G1,
トクロエレン	0.22	0.03	G1, H2
1, 3ジクロロプロペン	8.4	0.002	E4, G2
1, 2ジクロロタン	1.2	0.004	G3
シス1, 2ジクロロエレン	0.08	0.04	G1
1, 1, 1-トリクロロタン	6.7	1	G2
ベンゼン	19	0.01	C3, F1, G1, G2, G3

### (2) 県試掘調査結果

廃棄物等の掘削を行う中で、機会を捉えて、次のとおりこれまでに5地点（I3 付近、G4 付近、I2 付近、G3 付近、H2）で直下土壌の試掘調査を行った。

その結果、土壌環境基準を超える地点があった項目は、鉛溶出量、砒素溶出量の2項目であった。(含有量試験では土壌環境基準を超える項目はなかった。)

調査結果は資料2（土壌含有試験、溶出試験等）、資料3（土壌粒度分布試験等）のとおりである。

＜土壌環境基準超過項目及び地点＞

	最大値 (mg/L)	環境基準	超過地点（ は最大値地点）
鉛（溶出）	0.20	0.01	G3, G4, I2, H2, GH2, HI2
砒素（溶出）	0.051	0.01	G3, G4, I2, HI2

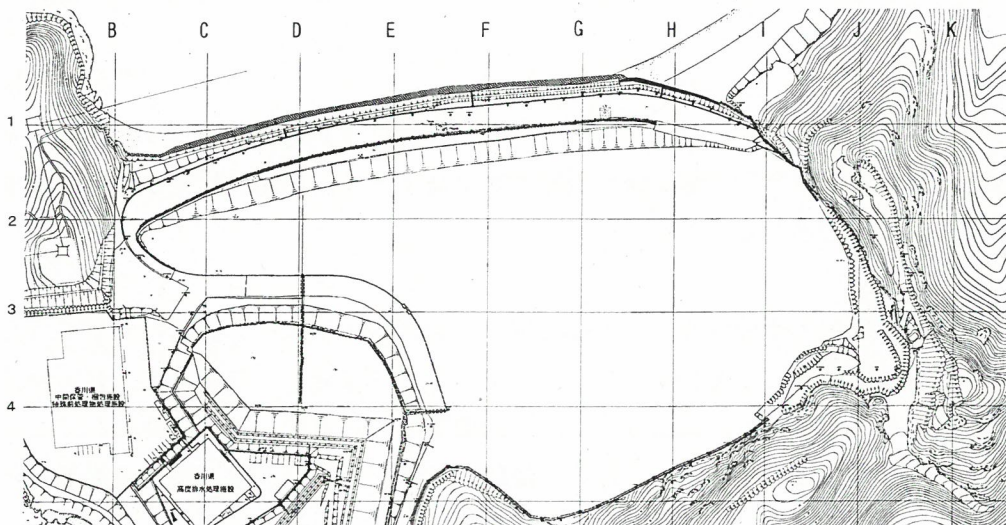


図 処分地内メッシュ地図

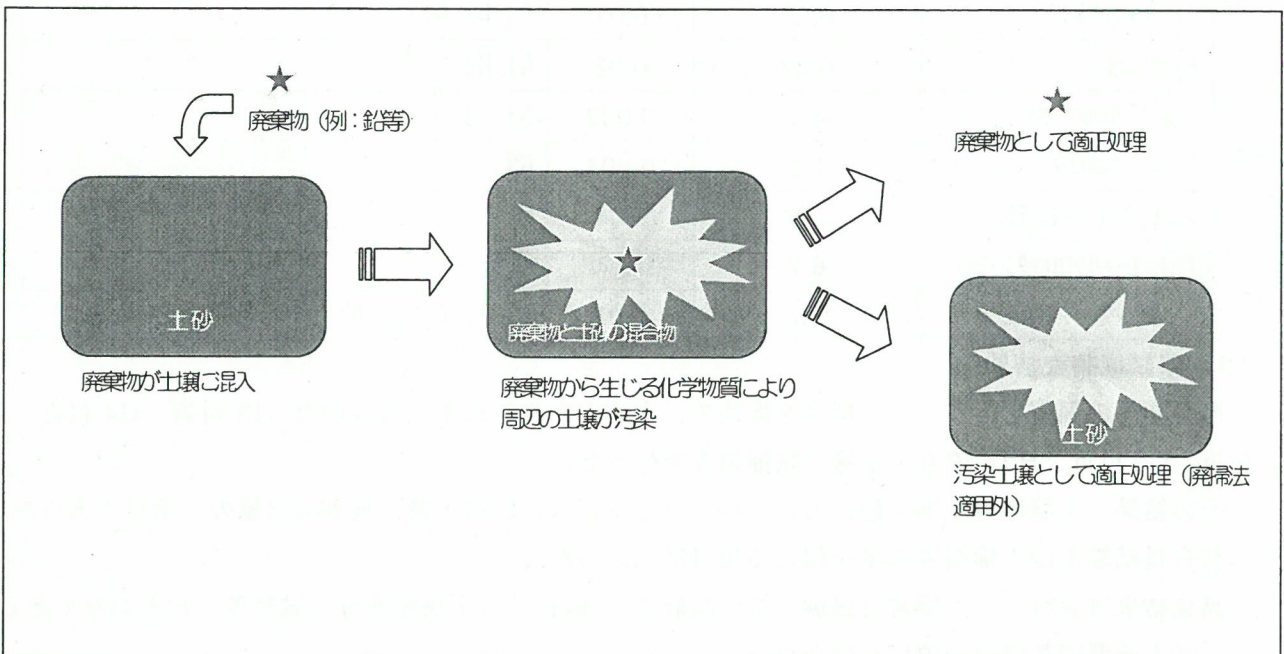
### 3 汚染土壌処理の基本的な考え方

#### (1) 直下汚染土壌に対する廃棄物処理法の適用について（環境省の回答）

廃棄物による土壌汚染には、土壌が廃棄物から化学的な変化等によりしみ出してくる化学物質に汚染され、廃棄物自体を取り除いたとしてもその土壌が汚染されたままとなるケース（例：鉛等）が考えられる。

今回の豊島事案では、鉛等による土壌汚染があると報告されているが、通常、鉛は常温で固体であると考えられるため、何らかの要因により廃棄物層の直下の土壌中に鉛等が溶出、又は当該土壌中の鉛等が溶出しやすくなったものと考えられる。

このような場合には当該汚染土壌については、必ずしも廃棄物処理法に基づく業の許可を有している業者に処理を依頼する必要はなく、適正に汚染土壌を処理できる事業者に依頼してもよい。



#### (2) 汚染土壌処理の基本的な考え方

「豊島廃棄物等処理事業の掘削完了判定マニュアル」に基づき、廃棄物等の掘削後に地表となった土壌に対して、完了判定調査を行い、完了判定基準を超過した土壌について、次の方針で汚染土壌の処理を実施する。

- ①重金属等は水洗浄処理
- ②VOCs(揮発性有機化合物)は地下水処理と併せ、高度排水処理施設を利用した地下水揚水処理等（上記方針に基づき、公害等調整委員会の廃棄物層直下土壌溶出試験結果から汚染土壌処理方法を分類した表は別紙4のとおりである。）

なお、廃棄物等の掘削・運搬作業が完了した時点での汚染地下水への対応については、豊島処分地全域の汚染地下水の平面分布を把握するための地下水調査を実施し、その結果、有害物質の濃度が環境基準値を超過している場合は、揚水試験や汚染源の周囲の地質の状況を詳細に調査し、地下水浄化が必要と判断された場合は汚染地下水の処理を検討・実施する。（第2次豊島廃棄物等処理技術検討委員会最終報告書（平成11年5月）「浸出水・地下水処理に関する検討」による。）

#### 4 汚染土壤の水洗浄処理技術

##### (1) 汚染土壤水洗浄処理の企画提案

平成 20 年 11 月から 12 月に豊島処分地汚染土壤の水洗浄処理企画提案書を募集し、平成 21 年 2 月に開催した第 2 回で応募のあった提案書について、応募業者のヒヤリングを行った。

##### ① 応募業者

- ・ オンサイト（現地処理）処理業者            5 業者
- ・ オフサイト（場外搬出処理）処理業者       2 業者
- ・ オンサイト・オフサイト処理業者           3 業者

汚染土壤の水洗浄処理技術企画提案の概要は資料 5 のとおりである。

13 件の企画提案書は資料 6、ヒヤリング時に提出のあった同補足資料は資料 7 のとおりである。

②オフサイト処理施設所在地自治体の汚染土壌受入に対する考え方

事業者	自治体	関係法令等	土壌汚染対策法の認定	手続き等		備考
				届出等	地元調整	
1	尼崎市	尼崎市汚染土壌浄化施設の認定に関する要綱(平成21年4月1日制定)	○ H21.10.6	不要	不要	
2			○ H21.6.5	不要	不要	
3	名古屋市	名古屋市汚染土壌浄化施設の認定手続き等に関する要綱(平成19年5月18日施行)	○ H20.12.1	不要	不要	
4	川崎市	川崎市汚染土壌浄化施設認定等に関する要綱(平成17年4月1日施行)	○ H17.12.2	不要	不要	事前適用性試験の実施を指導。
5	秋田県	秋田県汚染土壌の処分に関する指導要綱(平成15年3月28日施行)	○ H15.7.10	要	不要	①第15条に基づき事前報告、第16条に基づく終了報告必要。 ②事前適用性試験においても報告必要。
	大館市	大館市環境保全条例(平成10年9月制定) 大館市土壌搬入協議要綱(平成15年4月1日施行)		要	不要	①条例第47条に基づき事前の協議(書類提出後10~14日)が必要。 ②事前適用性試験においても協議必要。

(備考) 各自治体への聴取調査結果

③水洗浄処理技術の工程別種類とその評価

汚染土壌の水洗浄処理技術については、実績に差はあるものの、10業者とも基本的技術は確立していることを確認した。

また、水洗浄処理技術は細部で違いはあるものの、下表の工程・設備で構成されている。

水洗浄技術			排水処理 施設	汚泥脱水	オプション
洗浄・解泥	粒径分級	比重分級			
湿式ドラム型	湿式篩	サイクロン	凝集沈澱	フィルタープレス	VOC ・焼却 ・ばっ気・活性炭 ・生石灰混合  ダイオキシン類 ・粒子凝沈 ・焼却・凝沈
	湿式トロンメル	回転式分級機			
		浮遊選鉱			

- i) 応募業者の中で経験のある業者と経験のない業者があるが、水洗浄処理の基本的技術は各社で確立されている。
- ii) 洗浄・解泥工程での破碎・摩砕による細粒分（汚泥量）の増加をできる限り抑えられるものがよい。
- iii) 細粒分の分級にサイクロンと回転式分級機があり、試験は両方でやるのがよい。
- iv) 試験は、できれば実機プラントに近いものをもっているところでやるのが望ましいが、試料の確保が現状では難しい。（事前適用性試験施設の概要は資料9のとおりである。）

## (2) 豊島分地汚染土壌水洗浄処理に関する事前適用性試験実施方針

### ①目的

豊島処分地の汚染土壌について、各事業者から企画提案のあった水洗浄処理技術による処理の可能性を確認するとともに、処理可能と判断した汚染土壌について、運転管理上必要な事項を把握することを目的として、事前適用性試験を実施する。

なお、この試験は汚染土壌水洗浄処理技術を選定するための基礎資料を得るために実施するものであり、企画提案書の順位付けや選定を行うために実施するものではない。

### ②試験期間

香川県と企画提案事業者の試験委託契約の成立後、3ヵ月間とする。

### ③試験委託事業者

平成20年度に香川県が募集した「豊島処分地汚染土壌の水洗浄処理企画提案書」で受理した技術について、「豊島処分地排水・地下水等対策検討会」（以下「検討会」という。）において技術の類似性などから数グループに分類し、グループ毎に1事業者に試験委託する。

なお、検討会が下記の観点から、事前適用性試験の実施に支障があると判断した事業者は試験委託事業者から除外する。

- i) 提案技術の処理性能を確認できる試験装置を所有していること。
- ii) 試験装置の運転及び効果確認のための分析体制が整備されていること。  
なお、土壌分析は環境計量証明事業所への委託も可能とする。
- iii) 試験装置の運転中において環境保全上の問題がないこと。
- iv) 試験前後の試料の取り扱いに環境保全上の問題がないこと。
- v) 管轄行政機関との取り決め等で試験試料の受け入れや試験に支障がないこと。

### ④試験場所

企画提案事業者が所有又は使用権限を有する試験装置を設置している事業所（豊島処分地に試験装置を持ち込み、試験することはできない。）

### ⑤試験試料

県が処分地内の廃棄物層直下の汚染土壌を採取・均質化し、下記の受け入れ可否の判断に必要な試験を実施したうえ、試験結果と併せ委託事業者に提供する。

なお、採取期間中に汚染土壌の確保が困難な場合は、廃棄物層表面又は同層中間にある覆土等から模擬サンプルを作成する。

- i) 採取時期 平成21年6月（中間処理施設定期整備時）
- ii) 委託業者への提供時期 委託契約後直ちに提供
- iii) 試料数 2検体
- iv) 試料量 100kg/検体
- v) 荷姿 密封式ビニール袋又はフレコンバック
- vi) 受け入れ可否の判断に必要な試験項目

a) 汚染物質濃度の確認

- ・溶出量分析（環告 18 号）
- ・含有量試験（環告 19 号）
- ・全量分析（底質調査法、物質収支の確認）
- ・重金属の化学形態分析等（揮発性確認、洗浄の難易の判断）

b) 土壌の物理特性

- ・水分測定
- ・粒度分布

⑥水洗浄施設の運転管理試験

i) 水洗浄による処理条件の確認試験

- ・洗浄・分級施設の処理フロー、施設の構造・処理能力、水使用量
- ・洗浄・解泥及び粒径選別、比重選別等におけるハンドリング
- ・洗浄水使用量、pH、薬剤種及びその添加量
- ・排水処理施設の処理フロー、施設の構造・処理能力、反応時間、pH、薬剤種及びその添加量
- ・汚泥脱水施設の構造、処理能力、汚泥の水分含有量

ii) 土壌の分級効果確認試験

洗浄・解泥施設の剥離効率、粒径選別施設、比重選別施設、排水処理施設、脱水施設等における選別粒径及び歩留まり、選別効率等をバランスシートにまとめる。

iii) 汚染物質の洗浄効果確認試験

a) 調査項目 試験試料の土壌環境基準超過項目及び検討会が指定した項目

b) 調査対象検体

- ・洗浄・分級工程別処理土壌
- ・排水処理工程の処理水
- ・脱水汚泥

c) 汚染物質のマテリアルバランス

d) 汚染土壌の減量効果

iv) 水洗浄処理システムの作成

事前適用性試験の結果等を踏まえ、水洗浄処理システムを作成する。

⑦その他

i) 事前適用性試験実施に要する費用

事前適用性試験における試料運搬、試験実施、分析に係る費用は香川県が負担する。

ii) 試験の実施と水洗浄処理事業への参加資格

試験を受託されないことが、豊島処分地汚染土壌の水洗浄処理事業の参加資格を失うものではない。

(3) 汚染土壌水洗浄処理の事前適用性試験結果

①試験土壌の性状

i) 土壌採取

表1の土壌採取場所とその選定根拠に示すとおり、直下土壌を2地点で採取するとともに、模擬試料として第3工区覆土を2地点で採取した。

表1 土壌採取場所その選定根拠

No.	採取場所		根 拠
①	直下	GH-2	これまでの県実施の直下土壌の調査で鉛が溶出量基準を超えていたG-2、I-2の近傍。
②	土壌	HI-2	
③	覆土	第3工区 CD2	5月28日実施の予備調査で鉛が溶出量基準を超え(CD2は含有量基準も超過)、ダイオキシン類が環境基準以下であった。
④		第3工区 EF3	

- (備考) 1. 採取日：平成21年7月4日  
 2. 採取確認：河原技術アドバイザー、長谷川技術アドバイザー  
 3. 採取立会：豊島住民会議 濱中議長

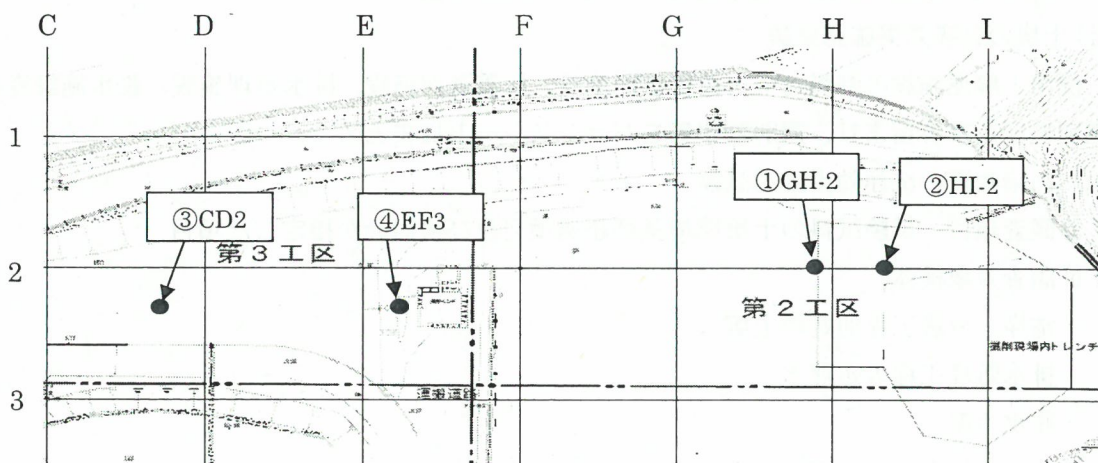


図1 事前適用性試験試料採取地点

ii) 土壌の分析結果及び試験試料の採用検体

採取土壌4検体の分析結果の概要を表2及び表3に示す。

a) 土壌汚染物質

・溶出量分析（環境省告示第18号）

4検体全てで、鉛（Pb）が溶出量基準を超えており、HI-2地点の直下土壌では砒素（As）、フッ素（F）、ほう素（B）も基準を超過していたが、いずれも第2溶出量基準以下であった。その他の項目は、溶出量基準以下であった。

・含有量試験（環境省告示第19号）及びダイオキシン類

4検体全て、含有量基準以下であり、ダイオキシン類も環境基準以下であった。

・全量分析（底質調査方法）



4検体全て、高濃度に検出されたものはなかった。

b) 土壌の物理特性

・強熱減量等

4検体全て、強熱減量は2%以下であり、水分は10%程度であった。

・粒度分布

土壌の粒径75μm未満の細粒分は、5.8~16.2%を占めていた。

c) 試験試料の選定

上記結果を踏まえ、直下土壌2検体は重金属等の汚染が確認されたことから試験試料とした。

また、覆土についても重金属汚染が確認され、細粒分が最も多かったCD2を分級粒度等を確認するため、追加試料として採用した。

なお、試験土壌の詳細分析結果は、資料10のとおりである。

表2 土壌分析結果の概要

採取試料			直下土壌		覆土	
			①GH-2	②HI-2	③CD2	④EF3
環境基準等 超過項目	重金属	溶出	Pb	Pb, As, F, B	Pb	Pb
		含有	無	無	無	無
	ダイオキシン類	含有	無	無	無	無
	VOCs	溶出	無	無	無	無
物理特性	水分 (%)		8.1	11.4	7.3	7.6
	強熱減量 (%)		0.8	1.7	1.5	1.4
	粒径75μm未満の粒度分布 (%)		5.8	11.5	16.2	6.2
採用試験試料			○	○	○	—

表3 土壌分析結果のうち基準を超過していた項目

環境基準等 超過項目 (mg/l)	溶出量 基準	検出 下限値	直下土壌		覆土	
			①GH-2	②HI-2	③CD2	④EF3
鉛	0.01	0.005	0.029	0.2	0.021	0.012
砒素	0.01	0.001	0.007	0.051	0.005	0.004
フッ素	0.8	0.1	0.3	1.5	0.7	0.6
ホウ素	1	0.1	0.5	1.8	ND	ND

(備考) 1. 溶出量分析：平成15年環境省告示第18号に規定する方法

2. 指定基準（溶出量）：土壌汚染対策法施行規則第18条第1項及び同規則別表第2

3. ND：検出下限値未満

②事前適用性試験の結果

(本検討会資料Ⅱ－1／1及び審議の結果を取りまとめる。)

5 汚染土壌水洗浄処理計画(案)の概要

(本検討会資料Ⅱ－1／2及び審議の結果をとりまとめる。)

## 豊島処分地ケーブル屑の洗浄試験について（案）

### 1 概要

平成21年9月19日に開催された第19回豊島廃棄物等管理委員会において、豊島処分地で掘削されたケーブル屑の取扱いにおいては、高圧洗浄することにより、廃棄物を洗浄・除去し、有効利用する方向で検討している。（ケーブル屑の処理及び有効利用の手順は別紙のとおり）

有効利用にあたっては、洗浄後に汚染物質が除去されていることを検査により確認しておくことが必要であるとの意見を受けて、高圧洗浄後のケーブル屑の安全性を確認するため、洗浄試験を行う。

### 2 試験時期

平成21年11月下旬

### 3 試験実施者

試験実施：廃棄物対策課、直島環境センター、クボタ環境サービス(株)  
分析機関：直島環境センター、環境保健研究センター  
試験立会：豊島住民会議

### 4 試験方法

高圧洗浄後のケーブル屑について、II-16特殊前処理物の取扱マニュアル及び特殊前処理物の洗浄完了判定マニュアルに準じて、ケーブル屑を浸漬させた水の検査を行う。

### 5 分析項目

- ・ダイオキシン類
- ・カドミウム及びその化合物
- ・鉛及びその化合物
- ・六価クロム化合物
- ・砒素及びその化合物
- ・セレン及びその化合物

### 6 その他

洗浄したケーブル屑の安全を確認した後、販売先から製鋼会社までの過程については、県が安全に処理されていることを確認する。

#### （備考）洗浄完了判定基準（ダイオキシン類の基準値）について

「II-16特殊前処理物の取扱マニュアル及び特殊前処理物の洗浄完了判定マニュアル」に規定されている洗浄完了判定基準は、排水基準を基本としている。

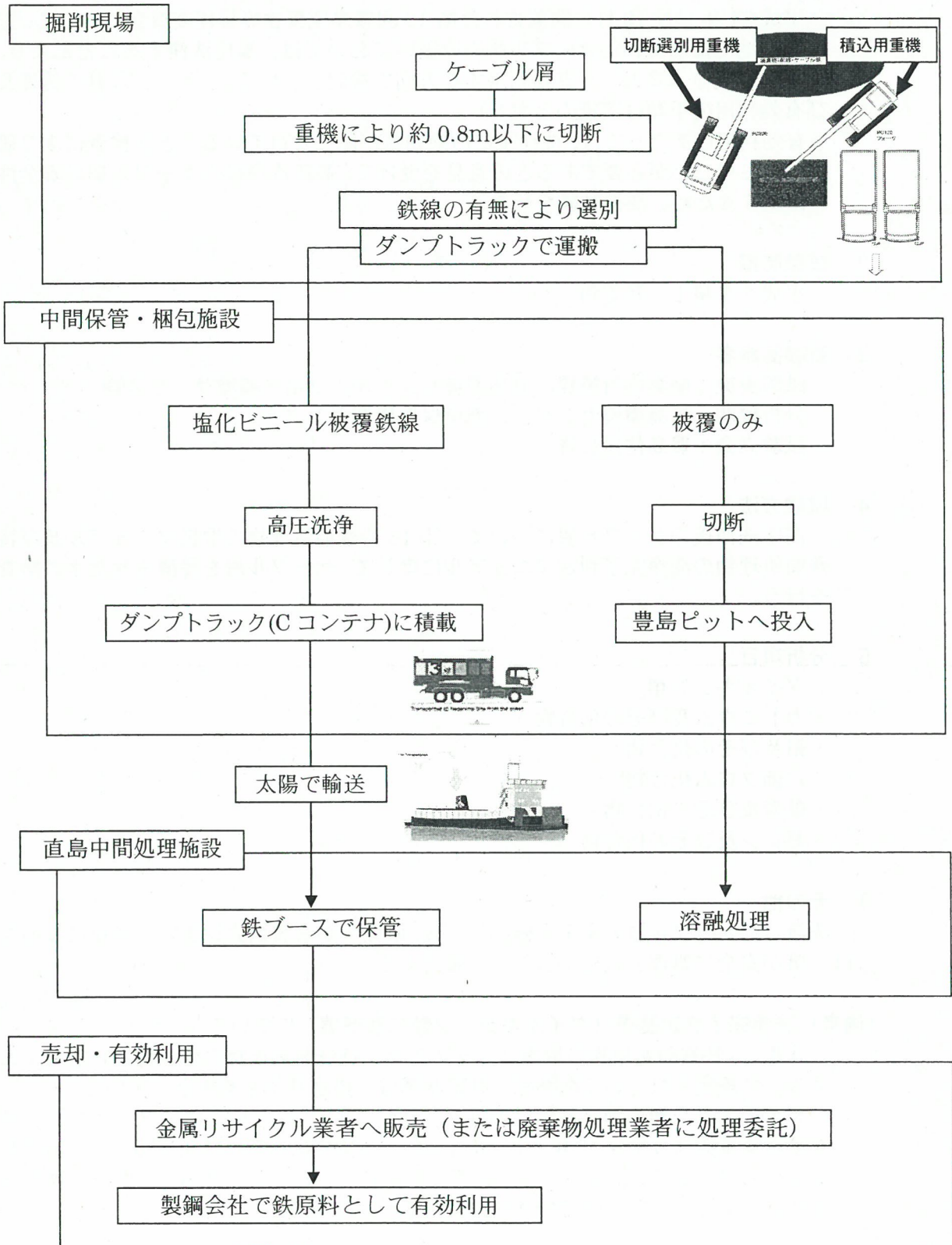
ダイオキシン類の判定基準（現行：2.5pg-TEQ/l）については、ダイオキシン類対策特別措置法（平成12年1月15日施行、水質排出基準：10pg-TEQ/l）の施行前に定められており、法施行に伴う見直しがされていないことから、次回の管理委員会において完了判定基準の修正を提案する予定である。

第 19 回管理委員会 (H21.9.19)

資料 19・Ⅱ/4-4 豊島処分地ケーブル屑の有効利用について (案)

6 ケーブル屑の処理及び有効利用手順

「Ⅱ-16 特殊前処理物の取扱マニュアル」に定めるワイヤー、針金の束に準じ、下記の作業手順により実施するものとする。



## II-16 特殊前処理物の取扱マニュアル（抜粋）

## 第9 特殊前処理物の洗浄完了判定

1. 水洗浄の方法は、次に示す洗浄方法もしくは同等の方法による。
  - ①一定量の水を含んだ容器の中に水洗対象物を浸し、同容器内で振動・回転等を行うことにより洗浄する方法
  - ②噴射水により水洗対象物を洗浄する方法
2. 水洗浄の完了判定については、水洗浄の開始当初は頻度を高く実施し、十分な実績の蓄積後には頻度を低減させるものとする。

## 〔解説〕

洗浄完了判定については、第2次の技術検討委員会で特殊前処理物の洗浄完了判定マニュアル（第2次技術検討委員会最終報告書 添付資料21）として検討されており、ここにそれを再記する。

## 1) 水洗浄の完了判定に関する基本的な考え方

水洗浄の完了判定については、水洗浄の開始当初は頻度を高く実施し、十分な実績の蓄積後には頻度を低減させることとする。具体的には以下の方法で完了判定を行う。

- ①水洗浄を開始した当初、水洗浄マニュアルを完成させるまでの期間においては、原則として水洗浄を行う全ロットについて完了判定を行う。具体的には、大きな岩石、大きな金属や鋼材、ガスボンベ等の各種の特殊前処理物について、それぞれ2回程度の水洗浄を行い、その有効性を確認した上で水洗浄マニュアルを完成させる。
- ②水洗浄マニュアルが完成した後には、同マニュアルに沿った水洗浄を行うこととし、3か月に1回（年4回）程度の頻度で水洗浄の完了判定を行い、水洗浄の品質確認を行うこととする。

水洗浄の実績が蓄積されるにつれ、完了判定調査の改善等の必要が生じる場合には、適宜方法の見直しを図るものとし、その結果を「水洗浄マニュアル」にも反映させるものとする。

水質汚濁防止法の排出基準は、水質汚濁に係る環境基準に基づき設定されているが、環境基準項目については、要監視項目全般とともに今後とも新たな科学的知見等に基づいて必要な追加・削除等の見直し作業を継続して行っていくべきとされている。したがって完了判定基準については、今後の関連法令等の動向に留意し、必要に応じ見直しを行うものとする。また、その結果を「水洗浄マニュアル」にも反映させるものとする。

なお、特殊前処理物の洗浄は、完了判定調査により表面付着物が除去されたと判断された時点で完了とする。具体的には、洗浄後の特殊前処理物（以下、「洗浄終了物」という）を浸した溶媒の成分分析を実施し、溶媒の分析結果が表9-1に定める基準値以下である場合は、表面付着物が除去されたと判定し、特殊前処理物の洗浄を完了する。

## 2) 完了判定の方法

水洗浄の方法は、次に示す洗浄方法もしくは同等の方法による。

- ①一定量の水を含んだ容器の中に水洗対象物を浸し、同容器内で振動・回転等を行うことにより洗浄する方法
- ②噴射水により水洗対象物を洗浄する方法

なお、これらの洗浄は、洗浄水が漏洩しない構造を有した洗浄室内で行われ、使用済みの洗浄液は集水され水処理施設において処理されることとする。

完了判定調査の手法は、環境庁告示13号の規定を参考とし、水酸化ナトリウム水溶液または塩酸水溶液をpH5.8～6.3となるように調整した水溶液を用い、洗浄終了物と水溶液の比率は、1:10に調整する。また、洗浄終了物は6時間程度水溶液中に浸すものとし、可能

な限り洗浄終了物の振とうを行う。

3) 完了判定調査の評価

完了判定調査の評価は次のステップで行う。

①全項目の分析結果が表 9-1 に示した完了判定基準以下である場合には、洗浄が完了したものと判断する。

②一部の項目について完了判定基準を超過する場合には、水洗浄及び超過項目に関する完了判定調査を再度実施するものとする。

③上記②の措置を全項目の分析結果が完了判定基準値以下となるまで繰り返す。

なお、完了判定調査において、特殊前処理物の洗浄完了の判定を行うとともに、特殊前処理物を十分洗浄するために必要な水量及び洗浄時間等の知見の集積に努めることとする。

ここで得られた知見は、水洗浄マニュアルの作成に活用する。

表 9-1 完了判定基準

項目	基準	備考
カドミウム及びその化合物	0.1mg/リットル (カドミウムとして)	健康項目 水質汚濁防止法
シアン化合物	1mg/リットル (シアンとして)	
有機燐化合物 (パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及び EPN に限る。)	1mg/リットル	
鉛及びその化合物	0.1mg/リットル (鉛として)	
六価クロム化合物	0.5mg/リットル (六価クロムとして)	
砒素及びその化合物	0.1mg/リットル (砒素として)	
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	0.005mg/リットル (水銀として)	
アルキル水銀化合物	検出されないこと	
PCB	0.003mg/リットル	
トリクロロエチレン	0.3mg/リットル	
テトラクロロエチレン	0.1mg/リットル	
ジクロロメタン	0.2mg/リットル	
四塩化炭素	0.02mg/リットル	
1,2-ジクロロエタン	0.04mg/リットル	
1,1-ジクロロエチレン	0.2mg/リットル	
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4mg/リットル	
1,1,1-トリクロロエタン	3mg/リットル	
1,1,2-トリクロロエタン	0.06mg/リットル	
1,3-ジクロロプロペン	0.02mg/リットル	
チウラム	0.06mg/リットル	
シマジン	0.03mg/リットル	
チオベンカルブ	0.2mg/リットル	
ベンゼン	0.1mg/リットル	
セレン及びその化合物	0.1mg/リットル (セレンとして)	
水素イオン濃度 (pH)	5.0~9.0 (5.0~11.0 コンクリートの場合)	
生物学的酸素要求量 (BOD)	—	
化学的酸素要求量 (COD)	30mg/リットル (日間平均 20mg/リットル)	
浮遊物質 (SS)	—	
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (鉱油類含有量)	5mg/リットル	
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (動植物油脂類含有量)	—	

フェノール類含有量	5mg/リットル		委員会決定
銅含有量	3mg/リットル		
亜鉛含有量	5mg/リットル		
溶解性鉄含有量	—		
溶解性マンガン含有量	10mg/リットル		
クロム含有量	2mg/リットル		
弗素含有量	15mg/リットル		
大腸菌群数	—		
窒素含有量	120mg/リットル (日間平均 60mg/リットル)		
磷含有量	16mg/リットル (日間平均 8mg/リットル)		
ダイオキシン類	2.5pg-TEQ/リットル		

※ 第2次技術検討委員会で決定したもの

### 特殊前処理物の洗浄完了判定マニュアル（抜粋）

#### 第4 完了判定調査

1. 洗浄終了物を一定量の溶媒を含んだ容器の中に一定時間浸す。
2. 水洗物から容器内の水中に漏洩した有害物質の分析を行う。
3. 本マニュアルに定める完了判定調査の手法は、必要に応じ適宜見直すこととする。

#### [解説]

水洗浄の方法としては、次に示す洗浄方法もしくは同等の方法による。

①一定量の水を含んだ容器の中に水洗対象物を浸し、同容器内で振動・回転等を行うことにより洗浄する方法

②噴射水により水洗対象物を洗浄する方法

なお、これらの洗浄は、洗浄水が漏洩しない構造を有した洗浄室内で行われ、使用済みの洗浄液は集水され水処理施設において処理されることとする。

完了判定調査の手法は、環境庁告示13号の規定を参考とし、溶媒としては純水に水酸化ナトリウムまたは塩酸を加えてpH5.8～6.3となるように調整したものをを用い、洗浄終了物と溶媒の比率は、1:10に調整する。また、洗浄終了物は6時間程度溶媒中に浸すものとし、可能な限り洗浄終了物の振とうを行う。

水洗浄の実績が蓄積されるにつれ、手法の改善等の必要が生じる場合には、適宜手法の見直しを図るものとし、その結果を本ガイドラインを踏まえ作成される「水洗浄マニュアル」にも反映させるものとする。

#### 第5 完了判定調査の評価

1. 全項目の分析結果が完了判定基準以下である場合には、洗浄が完了したものと判断する。
2. 一部の項目について完了判定基準を超過する場合には、水洗浄及び超過項目に関する完了判定調査を再度実施するものとする。
3. 上記2.の措置を全項目の分析結果が完了判定基準値以下となるまで繰り返す。

#### [解説]

完了判定調査において、特殊前処理物の洗浄完了の判定を行うとともに、特殊前処理物を十分洗浄するために必要な水量及び洗浄時間等の知見の集積に努めることとする。ここで得られた知見は、水洗浄マニュアルの作成に活用する。

