

.TPS 工法とジオメルト工法を組み合わせた ダイオキシン類汚染土壌の無害化処理技術

鴻池組・宇部興産共同企業体

1 . 技術の概要

(1)技術名：

「TPS工法とジオメルト工法を組み合わせた
ダイオキシン類汚染土壌の無害化処理技術」

(2)適用濃度範囲：

実証調査より、浄化土のダイオキシン類濃度を 10pg-TEQ/g とした場合、最大 10,000pg-TEQ/g 程度のダイオキシン類汚染土壌まで適用可能と想定される。

(3)適用土質および性状

適用土質 ：粘性土～レキ質土（適用可能最大粒径：25mm）
実証調査時の土質：レキ質土

(4)処理能力：

1)TPS法

実証調査での実績処理速度 ：1.02～1.45t/hr
装置の処理能力 ：ダイオキシン類汚染土壌 最大 2.0t/hr
 （処理温度、含水率により変動）

2)ジオメルト法

実証調査での実績処理速度 ：425kg/バッチ （1t/バッチ溶融設備利用）

(5)用地面積

1)TPS法

調査時に使用した TPS 設備の用地面積 ：約 1,500m²（舗装部分）
実証調査場所の全体敷地面積 ：約 3,200m²
TPS 処理に必要な最小用地面積 ：1,200m²（30m×40m）

2)ジオメルト法

調査時に使用したジオメルト設備の用地面積 ：約 100m²(12m×8m)

(6) 技術の原理

1) T P S 法

T P S 法 (Thermal Phase Separation 法) は、間接熱脱着技術の 1 種であり、汚染土壌を最大約 600 まで加熱して汚染物質を土壌から揮発・分離させる技術である。

ダイオキシン類の T P S 処理は高塩素化物の沸点を考慮し、土壌温度が 600 程度になるよう調整して行われるが、この温度域ではダイオキシン類の分解も生じるため、T P S 法によるダイオキシン類汚染土壌の浄化原理は熱脱着および熱分解によるものである。

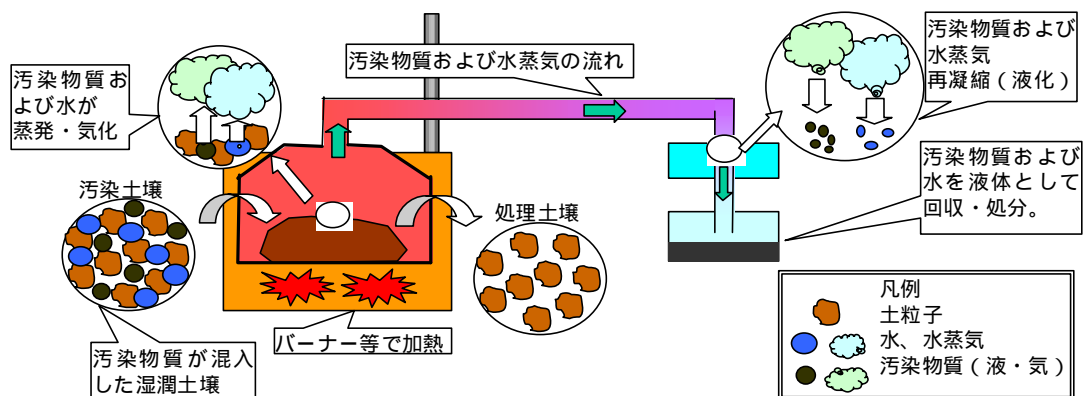


図-1 間接加熱式熱脱着技術の概要

2) ジオメルト法

ジオメルト法は、処理対象物質を電気抵抗ジュール熱で高温に加熱することにより溶融し、また自然冷却によって溶融体を固化するものであり、その原理は極めてシンプルである。溶融部の中心温度は 1,600 以上にまで上昇し、処理対象物中のダイオキシン類が高温熱分解される。

2. 実証調査について

(1) 調査目的

TPS法とジオメルト法を組み合わせたダイオキシン類汚染土壌の無害化処理技術(以下、「TPS+ジオメルト法」という。)について、実用規模の処理設備を用いて大量のダイオキシン類汚染土壌を処理する実証調査を行うことにより、TPS+ジオメルト法による実用規模の処理の確実性、安定性、経済性及び効率性、並びに、環境への負荷や周辺環境への影響等を把握することを目的とする。

(2) 調査方法

実証調査は、TPS法を用いてダイオキシン類の分離・除去を行う分離工程と、ジオメルト法を用いてダイオキシン類の分解処理を行う分解工程の2段階に分けて実施した。

分離工程は、浄化対象の試料土に含まれるレキや根茎を分別しTPS装置に投入出来るよう破碎し篩い分けた土壌と混合・均質化する分別・調整工程、TPS装置を用いて土壌からダイオキシン類を分離除去する分離・除去工程、TPS装置で発生する排水を処理しダイオキシン類を含む脱水ケーキを回収する濃縮汚染物回収工程からなる。

分解工程は、分離工程で回収したダイオキシン類を含む脱水ケーキ(濃縮汚染物)をジオメルト法により溶融処理し、ダイオキシン類を分解・無害化するものである。

実証調査の全体フローを図-2に、TPS法のフローを図-3に、ジオメルト法のフローを図-4に示す。

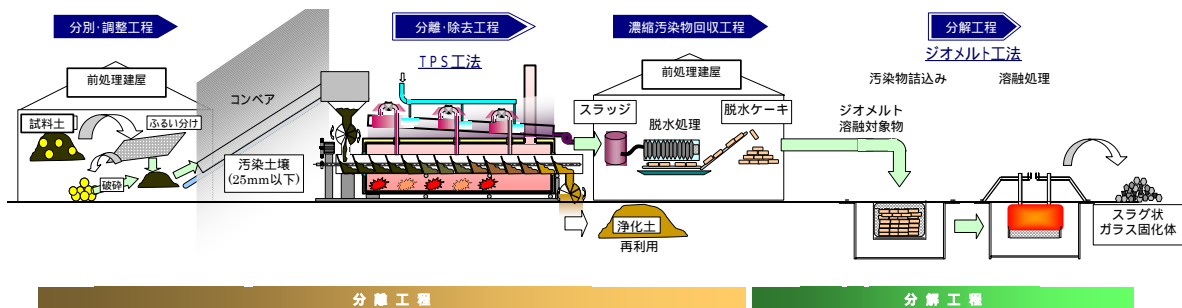


図-2 調査の全体フロー

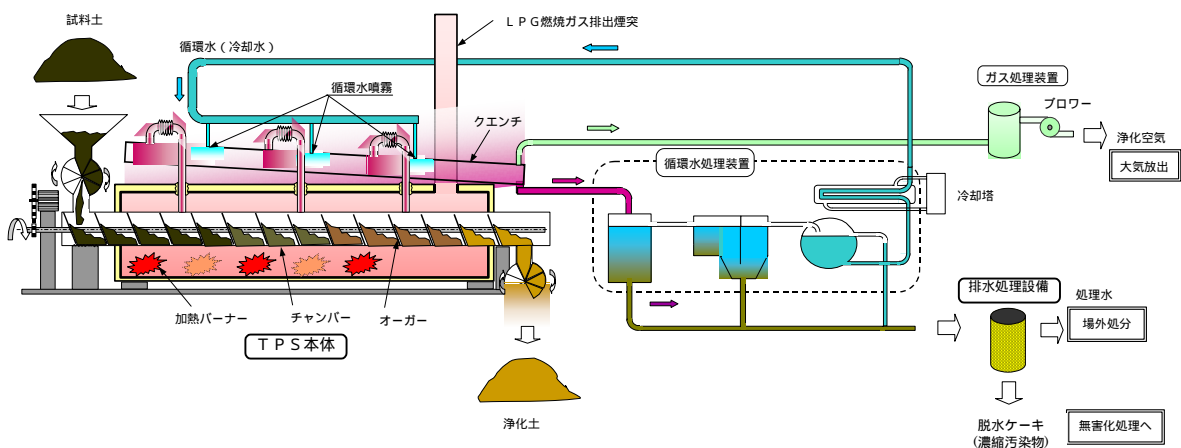


図-3 TPS法処理フロー

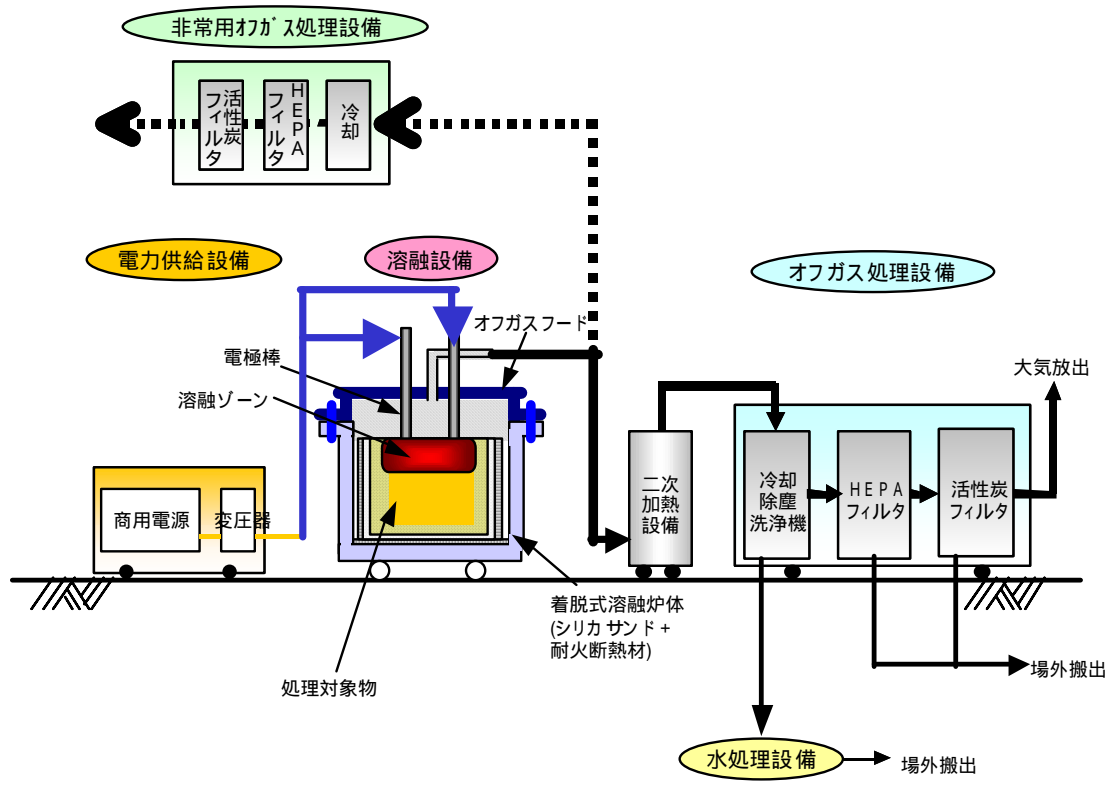


図-4 ジオメルト法処理フロー

(3) 調査内容

1) T P S 法

実証条件

実証調査はR U N 1 からR U N 3 に分けて実施した。実施条件を下表に示す。

表-1 T P S 法による実施条件

試験ケース	RUN1	RUN2	RUN3				
処理対象物	試料土壌	試料土壌 + 脱水ケーキ			RUN 1 浄化土 + 脱水ケーキ	試料土壌 + 脱水ケーキ	
処理温度() ¹	650	680	700				
処理速度 (t/h)	1.5	1.2				1.0	
滞留時間 (分)	45	60	80	60	45		
処理時間 (h)	60	60	16	104	36	36	36
処理土壌量 (t)	90	72	19.2	124.8	43.2	43.2	36.0

1 チャンバー外面の鉄皮温度を示す。

モニタリング

T P S による土壌の浄化が確実に行われ、また周辺環境への影響も生じていないことを確認する目的で以下のモニタリングを実施した。

実証装置の運転・排出状況に係るモニタリング
作業環境モニタリング（作業場所のダイオキシン類等）
周辺環境モニタリング調査

2) ジオメルト法

実施内容

T P S 法で発生した脱水ケーキ 797kg を 1 t バッチ溶融設備を用い、2 回に分けて溶融し、無害化処理を実施した。

モニタリング

ジオメルト法によるダイオキシン類の分解が確実に行われていることを確認する目的で以下のモニタリングを実施した。

実証装置の運転状況を監視するためのモニタリング
実証装置からの排出状況等を監視(把握)するためのモニタリング

3. 調査結果

3.1 TPS法

(1) 処理状況

1) 土壌・脱水ケーキの収支

投入した土壌に対し、回収した土壌の量は表-2よりRUN1で97.2%、RUN2で98.4%、RUN3で99.4%であり、投入した土壌のほとんどが浄化土壌として回収できることが確認できた。

なお、試料土壌中には、人頭大程度の岩石や根茎を含んでいたが、これらは前処理作業において分別・破碎し試料土壌中に再混合してTPS処理を行った。

表-2 土壌・脱水ケーキの収支

項	目	単位	RUN1	RUN2	RUN3					合計		
					3-	3-	3-	3-	3-			
投入	試料土	投入量 ¹	t	83.2	65.0	19.9	126.8	44.1	43.9	33.4	268.1	
		含水率 ²	%	13.6	17.0	14.8	15.7	14.9	8.8	16.3	-	
		投入量 (乾燥重量)	t-dry	71.9	54.0	16.9	106.9	37.6	40.0	28.0	229.3	
	脱水ケーキ ³	投入量	t	-	0.8	0.6	0.1 (4.4)	(2.0)	(1.4)	(1.0)	0.7	
		含水率	%	-	43.2	48.6	48.6 (40.4)	(38.9)	(38.9)	(38.9)	48.6	
		投入量 (乾燥重量)	t-dry	-	0.5	0.4	0.0 (2.7)	(1.2)	(0.9)	(0.6)	0.4	
	合計投入量 = + (乾燥質量)		t-dry	71.9	54.5	17.3	109.6	38.8	40.9	28.6	229.7	
	排出	浄化土	排出量 ⁴	t	74.5	60.7	18.9	120.4	41.9	43.0	33.7	258.0
			含水率 ²	%	6.8	12.3	10.7	11.0	14.3	12.3	12.4	11.7
			排出量 (乾燥重量)	t-dry	69.4	53.3	16.8	107.1	35.9	37.7	29.5	227.9
脱水ケーキ ³		排出量	t	0.8	0.7	(0.4)	(4.1)	(2.0)	(1.4)	(1.0)	0.8	
		含水率	%	43.2	48.6	(40.4)	(40.4)	(38.9)	(38.9)	(38.9)	38.9	
		排出量 (乾燥重量)	t-dry	0.5	0.4	(0.2)	(2.5)	(1.2)	(0.9)	(0.6)	0.5	
合計排出量 = + (乾燥重量)		t-dry	69.8	53.6	17.1	109.6	37.2	38.6	30.2	228.4		
土壌回収率 = / ×100		%	97.2	98.4	98.8	100.0	95.8	94.4	105.5	99.4		

1. TPSに投入したDXNs含有土の総量は416.3t。(内訳: 試料土壌=372.4t、RUN1再処理土43.9t)

2. 現地測定結果の平均値。

3. ()内はRUN3の中で再投入した脱水ケーキ量を示す。この量はRUN3合計欄に含んでいない。

4. 浄化土総排出は393.1t。このうち43.9tは再処理で使用したため、調査終了時点で現地に保管した浄化土壌は349.2t)

参考-1 土壌の収支(強熱減量の減少分を考慮)

項	目	単位	RUN1	RUN2	RUN3					合計
					3-	3-	3-	3-	3-	
合計投入量		t-dry	71.9	54.5	17.3	109.6	38.8	40.9	28.6	229.7
強熱減量補正	合計排出量	t-dry	69.8	53.6	17.1	109.6	37.2	38.6	30.2	228.4
	試料土強熱減量	%	4.7	5.4	5.7	5.7	5.1	3.3	6.1	
	浄化土強熱減量	%	2.7	2.6	1.7	1.7	1.5	1.3	3.3	
	強熱減量減少相当分 = *(-)	t	1.4	1.5	0.7	4.4	1.3	0.8	0.8	8.0
	補正後合計排出量 = +	t-dry	71.2	55.1	17.8	114.0	38.5	39.4	31.0	236.4
総回収率 = / ×100		%	99.1	101.2	102.7	104.0	99.3	96.3	108.4	102.9

2) 排水量および排ガス量

表-3 排水発生量・排ガス量

項	目	単位	RUN1	RUN2	RUN3					合計	
					3-	3-	3-	3-	3-		
上水	使用量		m ³	72.0	60.0						172.0
	内訳	TPS装置への注水量 ¹	m ³	25.5	25.5	3.6	18.6	6.9	6.8	4.0	49.8
		二次冷却水等 ²	m ³	46.5	34.5						122.2
土壌からの水分		m ³	11.7	11.7	3.4	21.8	7.4	4.4	6.0	43.3	
水処理量	排水	クエンチ水等	m ³	33.3	28.0	7.1	40.4	14.2	11.2	9.9	86.1
		TPS装置内洗浄等 ³	m ³	15.5	16.5	-	-	-	-	-	77.9
		建屋内洗浄水 ³	m ³	9.5	5.5	0.7	7.1	1.9	1.1	2.4	13.3
		小計	m ³	58.2	50.0	-	-	-	-	-	177.2
	フィルタープレスろ液		m ³	9.0	12.7	4.6	15.2	5.3	7.3	12.0	55.5
	合計水処理量		m ³	67.2	62.7	-	-	-	-	-	232.7
試料土投入中の 累積大気放出ガス量		m ³	13,504	8,663	1,946	11,511	4,131	3,807	2,686	24,081	
平均ガス温度			0.5	10.1	0.3	6.6	8.3	9.9	7.6		
試料土投入中の 累積大気放出ガス量		Nm ³	13,480	8,354	1,944	11,240	4,009	3,673	2,613	23,480	

1. TPSによる浄化処理運転に伴い、TPS装置内に注水した上水の量(クエンチ水および浄化土壌冷却用水)

2. 二次冷却水、浄化土加湿水等として利用したもの。

3. 洗浄水の一部として処理水を再利用している。

(2)排出状況等に係るモニタリング結果

1)ダイオキシン類

ダイオキシン類濃度について

- ・ 試料土のダイオキシン類濃度は1,600～6,400pg-TEQ/g(RUN3- 除く)であり、各RUN毎に多少のばらつきは見られるものの、すべてのケースで土壤環境基準(1,000pg-TEQ/g)を上回った。
- ・ 浄化土のダイオキシン類濃度は、RUN1およびRUN2で管理基準値(10pg-TEQ/g)を超過したが、処理温度・処理速度・滞留時間を変更し浄化性能の向上を図ったRUN3- ～ では管理基準値を下回る結果が得られた。
- ・ 大気放出ガス中のダイオキシン類濃度は、すべて管理基準値(0.1ng-TEQ/m³)を大幅に下回った。
- ・ 循環水中には土壌から脱着したダイオキシン類が高濃度で含まれていたが、各RUN毎に循環水全量を水処理装置で処理し、ダイオキシン類を脱水ケーキに分離・濃縮した。これにより、排水処理水中のダイオキシン類濃度は、すべて環境基準値(1pg-TEQ/g)を下回っており、再利用が可能であると考えられた。

ダイオキシン類の物質収支

- ・ ダイオキシン類の除去率はRUN1で88.3%、RUN2で98.4%であったが、RUN3- 以降は99.8%以上の除去率が得られた。
- ・ ダイオキシン類の総合除染率はRUN1で87.8%、RUN2で97.5%、RUN3で99.7%、全体を通じては98.9%であった。なお、総合除染率は、概ねTPS処理によるダイオキシン類の分解率に相当するものと考えられる。

表-4 ダイオキシン類分析結果(公定法)

項目	管理基準値	RUN1	RUN2	RUN3				
				3-	3-	3-	3-	3-
試料土 ¹ (pg-TEQ/g)	10,000	1,800	4,900		5,200	1,600	200 ⁴	6,400
浄化土 ¹ (pg-TEQ/g)	10	210	78		3.9	2.6	0.28	4.0
脱水ケーキ ¹ (pg-TEQ/g)	(設定なし)	2,400	6,500	4,200		2,900		
大気放出ガス ² (ng-TEQ/Nm ³)	0.1	0.00024	0.0000035		0.0000015	0.0000022	0.000012	0.0000024
処理前排ガス ² (ng-TEQ/m ³)	(設定なし)	0.11	0.066					0.31
循環水 ³ (pg-TEQ/L)	(設定なし)	12,000	21,000	61,000		15,000		
排水処理水 ³ (pg-TEQ/L)	(設定なし)	0.31	0.15	0.14		0.074		

- 1.分析用サンプルは複数採取した試料を混合・均質化している
- 2.分析用サンプルは各運転時の処理が安定している間に採取している
- 3.分析用サンプルは各RUN終了時(RUN3前半はRUN3- 終了時)に採取している
- 4.RUN1の浄化土を試料土とした

表-5 ダイオキシン類の物質収支

項目	RUN1	RUN2	RUN3					合計	調査全体 ³	
			3- ¹	3-	3-	3- ²	3-			
試料土DXNs濃度(pg-TEQ/g)	1800	4900	(1700)	5200	1600	200	6400			
浄化土DXNs濃度(pg-TEQ/g)	210	78	(27)	3.9	2.6	0.28	4.0			
土壌に関するDXNs除去率 =(-) / × 100 (%)	88.3	98.4	(98.4)	99.9	99.8	99.9	99.9			
処理前土壌の DXNs類総量	濃度(pg-TEQ/g)	1800	4900	(1700)	5200	1600	200	6400		
	土壌量(t-Dry)	71.9	54.5	17.3	109.6	38.8	40.9	28.6	229.7	
	DXNs総量(mg-TEQ)	129.4	267.1	(29.4)	569.9	62.1	8.2	183.0	852.6	1240.9
小計		129.4	267.1					852.6	1240.9	
処理土壌の DXNs量	濃度(pg-TEQ/g)	210	78	(27)	3.9	2.6	0.28	4.0	-	
	土壌量(t-Dry)	69.4	53.3	16.8	107.1	35.9	37.7	29.5	227.9	
	DXNs総量(mg-TEQ)	14.6	4.2	(0.5)	0.4	0.1	0.0	0.1	1.1	11.7
大気放出ガスの DXNs量	濃度(ng-TEQ/Nm ³)	0.00024	0.0000035	(0.0000015)	0.0000015	0.0000022	0.000012	0.0000024	-	
	排ガス量(Nm ³)	13480	8354	1944	11240	4009	3673	2613	-	
	DXNs総量(mg-TEQ)	<0.001	<0.001	(<0.001)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
排水処理水中の DXNs量	濃度(pg-TEQ/L)	0.31	0.15	0.14	0.14	0.074	0.074	0.074	-	
	処理水量(m ³) ⁴	67.2	62.7	[12.4]	[62.7]	[21.4]	[19.6]	[24.3]	-	
	DXNs総量(mg-TEQ)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
脱水ケーキの DXNs量	濃度(pg-TEQ/g)	2400	6500						2900	
	脱水ケーキ量(t-Dry)	0.5	0.4						0.5	
	DXNs総量(mg-TEQ)	1.20	2.60						1.45	1.45
小計		15.80	6.80						2.55	13.15
総合除染率 ⁵ =(-) / × 100 (%)	87.8	97.5							99.7	98.9

1.()内は迅速分析結果および3- の大気放出ガスの結果を適用。

2.RUN3- ではRUN1浄化土壌を再処理した。この場合のRUN1からの除去率は次の値である。

$$\text{除去率} = (1800 - 0.28) / 1800 = 99.98\%$$

3.試料土および浄化土のダイオキシン類総量については、RUN3- による再投入分は控除している。

4.[]内はRUN3各ケースの運転中の処理水量。

5.総合除染率は、TPSに投入したダイオキシン類総量から浄化土や脱水ケーキ等に含まれるダイオキシン類総量を除いたものと、投入したダイオキシン類総量の比を示したものである。

ここでは、排水処理のカートリッジフィルターや排ガス・排水処理の活性炭で除去されたダイオキシン類は考慮していないが、概ね、TPS処理により分解・無害化されたダイオキシン量の割合を示すと考えられる。

2) 重金属等の状況

大気放出ガス等測定結果

- ・ 大気放出ガス中の硫黄酸化物等の測定対象物質は、すべて管理基準値又は定量下限値を下回っていた。
- ・ LPG 燃焼排ガス中の窒素酸化物は実証調査を通じて 42ppm 以下であり管理基準値を下回っていた。

表-6 大気放出ガス・処理前ガス・LPG 燃焼ガス測定結果

分析対象物 および項目	管理 基準値	RUN No						
		RUN1	RUN2	RUN3				
				3-	3-	3-	3-	3-
大気放出ガス								
硫黄酸化物 (Nm ³ /hr)	0.29	<0.001	<0.001	△	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
窒素酸化物 (ppm)	250	<10	<10	△	<10	<10	<10	<10
塩化水素 (mg/Nm ³)	460	<1	<1	△	<1	<1	<1	<1
ばいじん (g/Nm ³)	0.15	<0.001	<0.001	△	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
重金属	水銀 (mg/Nm ³)	2.8	<0.006	<0.006	△	<0.006	<0.006	<0.006
	鉛 (mg/Nm ³)	-	<0.02	<0.02	△	<0.02	<0.02	<0.02
	ヒ素 (mg/Nm ³)	-	<0.004	<0.001	△	<0.001	<0.001	<0.001
	セレン (mg/Nm ³)	-	<0.01	<0.01	△	<0.01	<0.01	<0.01
	カドミウム (mg/Nm ³)	-	<0.004	<0.005	△	<0.005	<0.005	<0.005
	クロム (mg/Nm ³)	-	<0.01	<0.01	△	<0.01	<0.01	<0.01
処理前ガス								
ばいじん (g/Nm ³)	-	0.002	<0.001	△	△	△	△	△
LPG燃焼ガス								
窒素酸化物(ppm) (上段: 平均値 下段: 変動範囲)	250	31.6 22 ~ 42	30.0 18 ~ 33	29.8 25 ~ 34	31.8 7 ~ 36	32.8 23 ~ 37	33.5 9 ~ 38	32.4 22 ~ 38

・大気放出ガス中の硫黄酸化物濃度はすべて検出下限値(1ppm)以下であった。

試料土、浄化土測定結果

- ・ 浄化土中の重金属等については、含有量および溶出量ともに、管理基準値を下回っていた。

表-7 試料土・浄化土の重金属等の含有量

分析対象物および項目		管理基準値	RUN No							
			RUN1	RUN2	RUN3					
					3-	3-	3-	3-	3-	
試料土	1 重金属等	総水銀 (mg/kg)	—	<0.05	<0.05	△	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
		鉛 (mg/kg)	—	<10	<10	△	<10	<10	<10	<10
		ヒ素 (mg/kg)	—	<5	<5	△	<5	<5	<5	<5
		セレン (mg/kg)	—	<5	<5	△	<5	<5	<5	<5
		カドミウム (mg/kg)	—	<5	<5	△	<5	<5	<5	<5
		六価クロム (mg/kg)	—	<5	<5	△	<5	<5	<5	<5
		フッ素 (mg/kg)	—	<50	<50	△	<50	<50	<50	<50
		ホウ素 (mg/kg)	—	<10	<10	△	<10	<10	<10	<10
	強熱減量(%)	—	4.7	5.4	△	5.7	5.1	3.3	6.1	
	含水率(%) ²	—	13.6	17.0	△	14.8	15.7	14.9	8.8	16.3
浄化土	1 重金属等	総水銀 (mg/kg)	15	<0.05	<0.05	△	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
		鉛 (mg/kg)	150	<10	<10	△	<10	<10	<10	<10
		ヒ素 (mg/kg)	150	<5	<5	△	<5	<5	<5	<5
		セレン (mg/kg)	150	<5	<5	△	<5	<5	<5	<5
		カドミウム (mg/kg)	150	<5	<5	△	<5	<5	<5	<5
		六価クロム (mg/kg)	250	<5	<5	△	<5	<5	<5	<5
		フッ素 (mg/kg)	4000	<50	<50	△	<50	<50	<50	<50
		ホウ素 (mg/kg)	4000	<10	<10	△	<10	<10	<10	<10
	強熱減量(%)	—	2.7	2.6	△	1.7	1.5	1.3	3.3	
	含水率(%) ²	—	6.8	12.3	△	10.7	11.0	14.3	12.3	12.4

1. 土壤汚染対策法に基づく重金属等含有量測定方法(H15環告15号)による

2. 礫を含む試料の測定結果平均値

表-8 試料土・浄化土の重金属等の溶出量

分析対象物および項目		管理基準値	RUN No							
			RUN1	RUN2	RUN3					
					3-	3-	3-	3-	3-	
試料土	1 重金属等	総水銀 (mg/L)	—	<0.0002	<0.0002	△	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
		鉛 (mg/L)	—	<0.005	<0.005	△	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
		ヒ素 (mg/L)	—	<0.001	<0.001	△	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		セレン (mg/L)	—	0.001	<0.001	△	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		カドミウム (mg/L)	—	<0.001	<0.001	△	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		六価クロム (mg/L)	—	<0.01	<0.01	△	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		フッ素 (mg/L)	—	<0.1	<0.1	△	<0.1	0.10	0.12	<0.1
		ホウ素 (mg/L)	—	0.01	<0.01	△	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	pH	—	6.3	6.4	△	5.8	6.9	7.0	6.0	
	浄化土	1 重金属等	総水銀 (mg/L)	0.0005	<0.0002	<0.0002	△	<0.0002	<0.0002	<0.0002
鉛 (mg/L)			0.01	<0.005	<0.005	△	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
ヒ素 (mg/L)			0.01	0.001	0.002	△	0.002	0.001	<0.001	<0.001
セレン (mg/L)			0.01	<0.001	<0.001	△	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
カドミウム (mg/L)			0.01	<0.001	<0.001	△	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
六価クロム (mg/L)			0.05	<0.01	<0.01	△	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
フッ素 (mg/L)			0.8	0.12	<0.1	△	0.12	0.16	0.22	0.1
ホウ素 (mg/L)			1.0	0.01	0.02	△	<0.01	0.03	<0.01	0.01
pH		—	7.0	7.1	△	6.7	6.9	6.9	6.7	

1. 土壤の汚染に係る環境基準について(H3環告示第46号)に示された測定法による

脱水ケーキ測定結果

- ・ 脱水ケーキ中の重金属については廃棄物処理法に基づく溶出量の判定基準値を下回っていた。

表-9 脱水ケーキ中の重金属等

項目	RUN No					参考	
	RUN1	RUN2	RUN3				廃棄物処理法 に基づく判定基準
			3-	3-	3-	3-	
1 重金属等 含有量	総水銀 (mg/kg)	0.17	0.39	0.36		0.37	
	鉛 (mg/kg)	<5	13	9.1		8.4	-
	ヒ素 (mg/kg)	3.4	4.0	2.8		3.1	-
	セレン (mg/kg)	<0.5	<0.5	<0.5		<0.5	-
	カドミウム (mg/kg)	<1	<1	<1		<1	-
	六価クロム (mg/kg)	<1	<1	<1		<1	-
	フッ素 (mg/kg)	1000	650	840		870	-
	ホウ素 (mg/kg)	<50	<50	<50		<50	-
2 重金属等 溶出量	総水銀 (mg/L)	<0.0005	<0.0005	<0.0005		<0.0005	0.005
	鉛 (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	0.3
	ヒ素 (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005		<0.005	0.3
	セレン (mg/L)	0.008	<0.005	<0.005		<0.005	0.3
	カドミウム (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005		<0.005	0.3
	六価クロム (mg/L)	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	1.5
	フッ素 (mg/L)	0.25	0.18	0.29		0.52	-
	ホウ素 (mg/L)	0.06	0.03	0.03		0.03	-
	pH	8.5	8.1	8.0		8.0	-
強熱減量(%)		6.8	7.1	5.2		3.7	-
含水率(%)		43.2	48.6	40.4		38.9	-

1.「底質調査方法とその解説」(環境庁水質保全局水質管理課編)に示された方法による

2.産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法(S48環告13号)による

循環水及び排水処理水測定結果

- ・ 循環水中には水銀、鉛、ヒ素などの重金属が認められた。
- ・ 排水処理水中の重金属等はすべて環境基準値を下回っていた。

表-10 循環水および排水処理水中の重金属等

分析対象物 および項目	RUN No					参考		
	RUN1	RUN2	RUN3			排水基準 ¹	環境基準 ²	
			3-	3-	3-			
循環水	重金属等	総水銀 (mg/L)	0.0018	0.0026	0.0005	0.0007		
		鉛 (mg/L)	0.19	0.11	0.082	0.31		
		ヒ素 (mg/L)	0.03	0.029	0.07	0.09		
		セレン (mg/L)	0.005	<0.005	<0.005	<0.005		
		カドミウム (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005		
		六価クロム (mg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
		pH	7.6	7.6	7.4	6.9		
		浮遊物質 (mg/L)	4,600	3,400	23,000	29,000		
排水処理水	重金属等	総水銀 (mg/L)	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.005	0.0005
		鉛 (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	0.01
		ヒ素 (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.1	0.01
		セレン (mg/L)	0.008	<0.005	<0.005	<0.005	0.1	0.01
		カドミウム (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.1	0.01
		六価クロム (mg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.5	0.05
		フッ素 (mg/L)	<0.1	<0.1	0.17	0.19	8	0.8
		ホウ素 (mg/L)	0.01	0.03	0.01	0.01	10	1.0
		pH	7.6	6.8	6.9	7.1	5.8 ~8.6	-
		浮遊物質 (mg/L)	<1	4.4	1.2	<1	200	-

1.水質汚濁防止法に基づく排水基準値

2.「人の健康の保護」に関する環境基準値

3) 多環芳香族等の状況

多環芳香族、ベンゼン及びフェノール等については、熱脱着処理に伴い、ダイオキシン類の分解生成物として発生する可能性があることからモニタリングを行った。

測定結果

- ・ 土壌中の多環芳香族や塩化ベンゼンは、試料土に比べて、浄化土の方が少なくなっていたが、塩化フェノールについては顕著な変化はみられなかった。
- ・ 脱水ケーキ中の多環芳香族は試料土に比べ増加したが、その主な成分はNaphthalene、Phenanthrene、Fluorantheneであった。
- ・ 大気放出ガス中には若干の多環芳香族が存在したが、その成分のほとんどはNaphthaleneであった。
- ・ 循環水中には比較的高い濃度の多環芳香族等が存在したが、処理水中の濃度は大幅に低下していた。

表-11 RUN1における多環芳香族等測定結果

項目	土壌等			大気 放出ガス	水	
	試料土	浄化土	脱水ケーキ		循環水	処理水
単位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	μg/Nm ³	mg/L	mg/L
多環芳香族 ¹	0.12	0.063	0.70	3.3	0.0080	0.00011
塩化 ベンゼン等	ベンゼン	<0.1	<0.1	<20	0.029	<0.002
	塩化ベンゼン ²	0.00065	0	0.11	0.00035	0.0000013
塩化 フェノール等	フェノール	<0.01	<0.01	<100	0.05	<0.01
	塩化フェノール ³	0.0034	0.019	0.017	0.00042	0.00001

- 1.多環芳香族16物質測定値の合計を示す。
- 2.1～6塩素化ベンゼン測定値の合計を示す。1および2塩素化ベンゼン測定値は参考値であり合計に含めていない。
- 3.1～5塩素化フェノール測定値の合計を示す。

表-12 試料土における多環芳香族等測定結果

項目	RUN1	RUN2	RUN3					
			3-	3-	3-	3-	3-	
多環芳香族 ¹ (mg/kg)	0.12	0.52		0.40	0.16	0.024	1.0	
塩化 ベンゼン等	ベンゼン(mg/kg)	<0.1	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	塩化ベンゼン ² (mg/kg)	0.00065	0.0026		0.0058	0.0012	0	0.0097
塩化 フェノール等	フェノール(mg/kg)	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	塩化フェノール ³ (mg/kg)	0.0034	0.011		0.013	0.0033	0	0.020

- 1.多環芳香族16物質測定値の合計を示す。
- 2.1～6塩素化ベンゼン測定値の合計を示す。1および2塩素化ベンゼン測定値は参考値であり合計に含めていない。
- 3.1～5塩素化フェノール測定値の合計を示す。

表-13 浄化土における多環芳香族等測定結果

項目		RUN1	RUN2	RUN3				
				3-	3-	3-	3-	3-
多環芳香族 ¹ (mg/kg)		0.063	0.077		0.027	0.033	0.0024	0.13
塩化 ベンゼン等	ベンゼン(mg/kg)	<0.1	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	塩化ベンゼン ² (mg/kg)	0	0.0003		0	0	0	0
塩化 フェノール等	フェノール(mg/kg)	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	塩化フェノール ³ (mg/kg)	0.019	0.011		0.0062	0.0013	0.010	0

1.多環芳香族16物質測定値の合計を示す。

2.1～6塩素化ベンゼン測定値の合計を示す。1および2塩素化ベンゼン測定値は参考値であり合計に含めていない。

3.1～5塩素化フェノール測定値の合計を示す。

(3)周辺環境・作業環境測定結果

1)周辺環境測定結果

雨水排水測定結果

実証調査場所の雨水排水柵において、実証前、実証中および実証後に柵内にたまった雨水を採取し各種分析を実施した。結果を表-14に示す。

雨水排水中のダイオキシン類および重金属は、すべて環境基準値を下回っていた。

なお、雨水排水中のpHが10以上とアルカリ性を示したが、これはコンクリート製U字側溝および排水柵を実証調査の直前に設置したため、それらからアルカリ分が溶出したためと思われる。

表-14 雨水排水測定結果

項目		実証前	実証中	実証後	参考:環境基準
ダイオキシン類(pg-TEQ/L)		0.77	0.16	0.21	1.0
重金属	総水銀 (mg/L)	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005
	鉛 (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
	ヒ素 (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005	0.01
	セレン (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005	0.01
	カドミウム (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005	0.01
	六価クロム (mg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	0.05
pH		10.9	10.4	10.2	-
浮遊物質(mg/L)		<1	1.1	<1	-

・「人の健康の保護」に関する環境基準値

騒音測定結果

現地実証調査中の騒音測定は、実証調査場所西側にある教育施設との境界および実証調査場所南東側にあるスポーツ施設との境界において実施した。

測定結果はすべての地点および時間帯で管理基準値を下回っていた。

表-15 騒音モニタリング結果

	時間帯		測定地点		管理基準値
			教育施設横	スポーツ施設横	
RUN2 2日目	昼間	14:50 ~ 16:50	49.5dB	46.1dB	55dB
	夜間	22:00 ~ 24:00	39.3dB	43.5dB	45dB
RUN3- 4日目	昼間	14:50 ~ 16:50	48.4dB	47.4dB	55dB
	夜間	22:00 ~ 24:00	39.4dB	44.8dB	45dB

・AおよびB類型地域における騒音に係る環境基準値(平成12年環告第20号)

周辺環境モニタリング結果[(財)日本気象協会実施分]

実証調査による周辺環境に及ぼす影響を把握するため、実証前、実証中および実証後の大気中のダイオキシン類及び浮遊粒子状物質を測定した。

また、実証前及び実証後の土壌中のダイオキシン類を測定した。

それぞれの測定結果において、大きな差異は認められず、実証調査による周辺環境への影響はなかったと考えられる。

表-16 大気中のダイオキシン類濃度測定結果 (pg-TEQ/m³)

地点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均値
実証前	0.013	0.014	0.018	0.0085	0.011	0.012	0.016	0.013	0.015	0.014	0.010	0.013
実証中	0.017	0.016	0.019	0.018	0.020	0.019	0.013	0.021	0.011	0.014	0.019	0.017
実証後	0.019	0.021	0.022	0.017	0.020	0.018	0.021	0.020	0.021	0.017	0.022	0.020

表-17 浮遊粒子状物質測定結果 (mg/m³)

地 点	F	G
実証前	0.010	0.008
実証中	0.018	0.015
実証後	0.020	0.016

表-18 土壌中のダイオキシン類測定結果 (pg-TEQ/g)

地 点	A	B	C	D	E	F	I	J
実証前	16	27	17	67	18	2.6	11	16
実証後	14	23	19	63	17	3.2	12	14

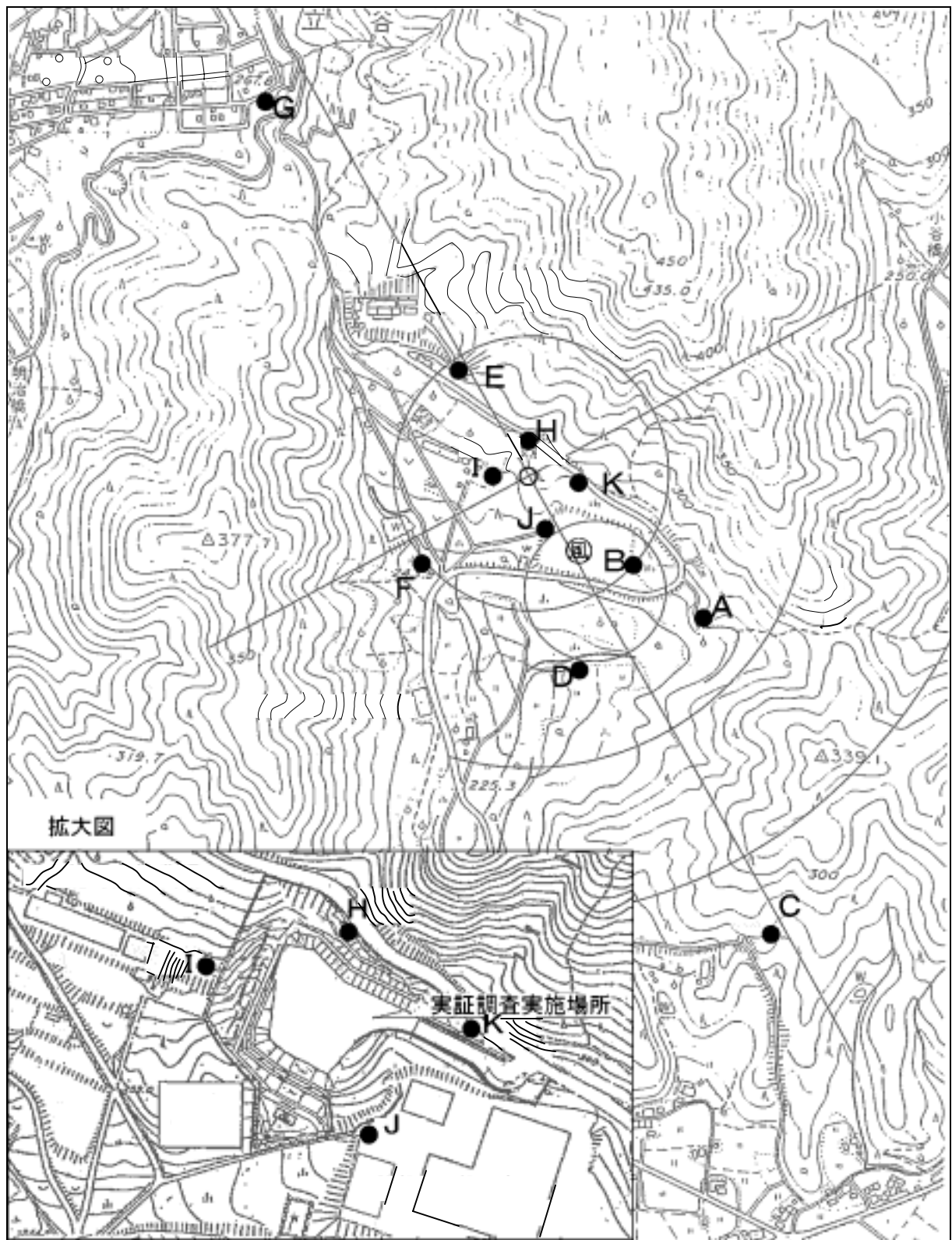


図-5 調査地点の位置

2)作業環境測定結果

前処理建屋

前処理建屋内作業時の作業環境は、当初想定したとおり、いずれの工程も第3管理区域となった。実証調査中の作業員は、第3管理区域に対応したレベル3の防護措置（エアラインマスク等）を行い作業を実施した。

なお、集塵機排気中のダイオキシン類濃度は0.022pg-TEQ/m³であった。

TPS装置周辺および浄化土詰込建屋

TPS装置周辺および浄化土詰込建屋内の作業環境はともに第1管理区域であった。作業員はレベル1の防護措置（防塵マスク等）を行い作業を実施した。

表-19 重量法による作業環境モニタリング結果

		前処理工(前処理建屋)							TPS装置			浄化土詰込建屋			
		フルイ分け工程	破碎工程	混合工程	土壌供給装置投入工程			脱水処理工程	換気設備排気	TPS装置周辺			処理土排土時		
					粉じん中	ガス状	合計			粉じん中+ガス状	粉じん中	ガス状	合計	粉じん中	ガス状
併行測定	ダイオキシン類毒性当量 (pg-TEQ/m ³)	10	11	24	3.6	0.022 ²	3.6	5.4	0.022 ²	0.04	0.022 ²	0.06	0.14	0.022 ²	0.16
	総粉じん濃度 (mg/m ³)	3.08	3.23	2.07	1.6			1.54	0	0.17			7.74		
	D値 (= /)	3.25	3.41	11.6	2.25			3.51	-	0.335			0.0207		
A測定	平均総粉じん濃度 ¹ (測定範囲) (mg/m ³)	1.56 (0.86~3.64)							-	-	5.39 (3.55~7.32)				
	平均ダイオキシン類濃度推定値(範囲) (= ×) (pg-TEQ/m ³)	5.1 (2.8~12)	5.3 (2.9~12)	18 (10~42)	3.5 (1.9~8.2)			5.5 (3.0~13)	-	-	0.11 (0.073~0.15)				
	第1評価値 (pg-TEQ/m ³)	17.5	18.1	62.0	12			19.2	-	-	0.355				
	第2評価値 (pg-TEQ/m ³)	6.33	6.58	22.5	4.35			6.92	-	-	0.142				
B測定	粉じん測定結果 (mg/m ³)	2.48	4.8	5.21	4.03			1.62	-	0.07			4.52		
	B測定値 (= ×) (pg-TEQ/m ³)	8.1	16	60	9.1			5.7	-	0.023			0.094		
管理区域 ³		第3管理区域	第3管理区域	第3管理区域	第3管理区域			第3管理区域	-	第1管理区域			第1管理区域		

1. A測定の測定数11地点の算術平均値

2. 毒性当量は、作業環境測定基準に準じて、検出下限以上定量下限未満の値はそのまま、検出下限未満の値は検出下限の1/2として算出したが、異性体の実測濃度の大部分が検出下限未満であったため、濃度は0.022pg-TEQ/gとなった

3. 管理区域の設定は、「廃棄物焼却施設解体作業マニュアル」に従い実施

3.2 ジオメルト法

(1)処理状況

T P S 法による実証調査終了時および除染作業で発生した脱水ケーキについて、ジオメルト法によるダイオキシン類の分解・無害化处理を行った。

ジオメルト処理の実施状況を表-20 に示す。脱水ケーキのジオメルト処理は適切に行えた。

表-20 実施状況

	RUN1	RUN2
溶融運転		
時間	21時間30分	19時間50分
充填物内訳		
脱水ケ - キ	425 kg	372 kg
清 浄 土	104 kg	118 kg
合 計	529 kg	490 kg
固化体		
質 量	399.5 kg	324 kg

(2)処理状況等に係るモニタリング結果

ジオメルト処理後の固化体、大気放出ガスおよびスクラバー水中のダイオキシン類濃度測定結果を表-21 に示す。

溶融固化体のダイオキシン類濃度はすべての異性体で定量下限値未満であった。

大気放出ガス中のダイオキシン類濃度は 0.0024ng-TEQ/m^3 であり、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく廃棄物焼却炉に適用される最も厳しい大気排出基準値 (0.1ng-TEQ/Nm^3) を下回った。

スクラバー水中のダイオキシン類濃度は 5.2pg-TEQ/L であり、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく水質排出基準値 (10pg-TEQ/L) を下回った。

なお、スクラバー水については、適切な水処理を行えば再利用が可能であると考えられる。

表-21 ダイオキシン類モニタリング結果

	単位	測定値
脱水ケーキ	pg-TEQ/g	2,900
溶融固化体	pg-TEQ/g	0
大気放出ガス	ng-TEQ/Nm ³	0.0024
スクラバー水	pg-TEQ/L	5.2

すべての異性体の実測濃度は、定量下限未満であった

4. 経済性・効率性に関する調査結果

(1) 経済性

1) T P S 処理

T P S 処理コストのうち、ランニングコストは 45.7% モニタリングコストは 21.8% であり、残り 32.5% は T P S 設備の設置・撤去などに要した費用であった。

2) ジオメルト処理

ジオメルト処理では、脱水ケーキを既存の試験設備に運搬し処理したため、設備の設置・撤去などの費用は発生せず、ほとんどがランニングコストであった。ジオメルト処理コストが全体コストに占める割合は 8.8% であった。

3) 「T P S + ジオメルト」全体コスト

全体コストのうち、ランニングコストは 49.7% であり、T P S 設備の運搬・設置・撤去コストが $3.3+16.3+10.0=29.6\%$ 、モニタリングコストが 20.6% であった。モニタリング費用を除いた費用と処理した土壌量から、1 t あたりの処理費用を計算すると 21.0 万円/t であり、このうちランニングコスト分は 13.2 万円/t であった。

実証調査では、実用規模の T P S 設備に対して処理期間が短かく処理土壌量が少なかったことから、全コストに占める設備の設置・撤去費用の割合が大きくなった。なお、より多くの土壌を処理する場合は、土壌 1 t あたりの設備の設置・撤去費用が小さくなるとともに、設備の稼働率の向上に伴いランニングコストも低減でき、土壌 1 t あたりの処理コストは相当低減できると考えられる。

本実証調査では、T P S 処理で発生した脱水ケーキを T P S により再処理したため、ジオメルト処理を行う脱水ケーキの減量化が図られ、ジオメルト処理費用が低減できたと考えられる。

表-22 コスト一覧表

(単位：千円)

評価項目	内容	TPS				ジオメルト	合計	割合 (%)	
		前処理	TPS 処理	小計	割合 (%)				
ランニングコスト	ユーティリティ (電力、燃料、水等)	電力	91	836	927	280	1,207		
		LPG	0	2,396	2,396		70		2,466
		軽油	115	0	115		101		216
		水	0	408	408		14		422
	必要資材	7,529	16,150	23,679	4,908		28,587		
	補修及び部品交換	168	1,322	1,490	701		2,191		
	運転要員の人件費	3,991	12,931	16,922	2,805		19,727		
	小計	11,894	34,043	45,937	45.7		8,879		54,816
TPS 設備の運搬に要するコスト (車両等, 人件費)		-	-	3,660	3.6	-	3,660	3.3	
TPS 設備の設置に要するコスト (電気・機械等, 人件費)		-	-	17,966	17.9	-	17,966	16.3	
TPS 設備 の解体・撤 去に要す るコスト	電気・機械等, 人件費	-	-	7,566	-	-	7,566	-	
	設備の解体・撤去に伴って発 生する廃棄物の処理コスト	-	-	3,042	-	-	3,042	-	
	廃プラスチック	-	-	400	-	-	400	-	
	小計	-	-	11,008	11.0	-	11,008	10.0	
モニタリングコスト		-	-	21,948	21.8	790	22,738	20.6	
総計		-	-	100,519	100.0	9,669	110,188	100.0	
割合 (%)		-	-	91.2	-	8.8	100.0	-	

・整地・舗装・建屋設備(飛散防止建屋、基礎)等に関する費用は除く

(2) 効率性

1) 浄化に要したエネルギー

浄化に要したエネルギー量については、TPS 装置に投入した試料土 1 t 当たりのエネルギー原単位は TPS 処理のみで 3,514 ~ 4,178MJ/t、「TPS+ジオメルト」合計で 3,743MJ/t であった。

表-23 浄化に要したエネルギー

	単位	TPS				ジオメルト	TPS+ジオメルト
		RUN1	RUN2	RUN3	小計		
LPG	t	4.68	4.23	15.68	24.59	0.24	24.83
	MJ	235,719	213,053	789,758	1,238,530	12,088	1,250,618
総投入電力量	kWh	13,920	13,920	33,408	61,248	900	62,148
	MJ	50,112	50,112	120,269	220,493	3,240	223,733
軽油	L	225	218	831	1,274	900	2,174
	MJ	8,665	8,395	32,003	49,063	34,660	83,723
対象試料土量(t)	t	83.2	65.0	268.1	416.3	—	416.3
エネルギー原単位	MJ/t	3,540	4,178	3,514	3,623	—	3,743
	kWh/kg	0.98	1.16	0.98	1.01	—	1.04

. 過去の実証調査との比較のため、kgあたりの電力原単位に換算

2) 前処理および後処理に要した作業量

土壌の運搬、前処理等に要した作業量は、TPS 処理のみで 0.226 ~ 0.339 t/h・人、「TPS+ジオメルト」合計で 0.280 t/h・人であった。

表-24 運搬・前処理作業効率

	TPS				ジオメルト	TPS+ジオメルト	
	RUN1	RUN2	RUN3	合計			
必要な機材	油圧ショベル×1台 4tユニック 破碎機(礫、木材用)各1台 第3管理区域の保護具				フォークリフト		
対象試料土量(t)	83.2	65.0	268.1	416.3	-	416.3	
必要な時間(h)	48	48	132	228	24	252	
作業人工(延べ人工)	作業員	36	36	99	171	15	186
1日当たりの必要な労力	オペレーター 5名、作業員 4名				運転員 4名 作業員 1名		
時間当たりの処理量 (t/h)	83.2/48=	65.0/48=	268.1/132=	416.3/228=	-	416.3/252=	
	1.73	1.35	2.03	1.83	-	1.65	
作業効率 (t/h・人) ¹⁾	0.289	0.226	0.339	0.304	-	0.280	

1. 作業効率=(対象試料土量)/[(作業人工)×8h]

3)浄化処理に要した作業量

TPS処理に要した作業量は0.081~0.114 t/h・人であり、「TPS+ジオメルト」合計で0.100 t/h・人であった。

表-25 浄化処理作業効率 (TPS、ジオメルト、排水処理)

		TPS				ジオメルト	TPS+ ジオメルト
		RUN1	RUN2	RUN3	合計		
必要な機材		TPS設備 油圧ショベル×2台 排水処理装置 第3管理区域の保護具 第1管理区域の保護具				ジオメルト 設備一式	
対象試料土量(t)		83.2	65.0	268.1	416.3	-	416.3
必要な時間 (h)	運転	60	60	228	348	54	-
	準備・片付け	30	30	30	90	8	-
	計	90	90	258	438	62	500
作業人工 (延べ人工)	運転員(人日)	48	48	123	219	20	-
	作業員(人日)	52	52	172	276	5	-
	計	100	100	295	495	25	520
1日当たりの必要な労力		TPS運転員 9名 TPS作業員 12名 排水処理管理員 1名 排水処理運転員 1名				運転員 4名 作業員 1名	
時間当たりの処理量 (t/h)		83.2/90= 0.92	65.0/90= 0.72	268.1/258= 1.04	416.3/438= 0.95	-	416.3/401.5= 0.83
作業効率 (t/h・人) ¹		0.104	0.081	0.114	0.105	-	0.100

1.作業効率=(対象試料土量)/[(作業人工)×8h]

5．総合評価

(1)有効性

試料土および浄化土のダイオキシン類濃度

RUN 1 および RUN 2 では浄化土のダイオキシン類濃度が管理基準値に達しなかったが、処理温度（チャンバー鉄皮温度）を 700 程度にした RUN 3 - ~ では管理基準値を満足した。

T P S 法における土壌の加熱条件については、チャンバー鉄皮表面温度をチャンバー内処理温度の指標とするとともに、処理速度および滞留時間について処理条件を設定したが、今回の調査結果から、土壌を十分に加熱することで所定の浄化効果を得ることができた。

ダイオキシン類総合除染率等

処理前及び処理後における毒性等量ベースのダイオキシン類総量を基に算出したダイオキシン類総合除染率は、87.8～99.7%であった。

ダイオキシン類分解処理の確実性

脱水ケーキをジオメルト処理した固化体中のダイオキシン類濃度は、等価毒性に影響するすべての異性体の濃度が定量下限値以下であったため、等価毒性等量は 0pg-TEQ/g となり、ダイオキシン類の分解処理が確実に行えた。

(2)効率性

試料土の質的変動

試料土のダイオキシン類濃度は、RUN 3 - を除いて 1,600～6,400pg-TEQ/g とばらつきがあったが、処理条件を改善した RUN 3 - , , の浄化土では 2.6～4.0pg-TEQ/g となっており、試料土の濃度が変動しても高い処理効果を得ることができた。

脱水ケーキ混入の適用状況

RUN 1 以外は汚染土壌に脱水ケーキを混入して T P S 処理を行ったが、問題なく処理することが出来るとともに、ジオメルト処理を行う脱水ケーキの量を減量化することができた。

(3)安定性

運転監視項目の変動状況

RUN 1～3 の処理において、各種の運転パラメータを変更して実証調査を実施したが、何れの項目もほぼ安定した値を示しており、T P S 装置は安定した運転を行うことができた。

T P S 装置および周辺設備の運転状況

処理運転中、土壌投入部分および排出部分の点検整備のため 3 回試料土の投入を中断したが、点検・整備作業後は通常の処理運転を行っており、RUN 3 の 1 1 日間の連続運転も問題なく行うことができた。

なお、点検整備に伴う試料土投入中断時においても、チャンバー内の負圧を維持するとともに排ガス、排水処理装置は正常に稼働しており、周辺環境への影響はなかったものと考えられる。

安定した運転のための維持管理

消耗品については、排水処理装置のカートリッジフィルターを定期的に変換したが、活性炭については実証調査終了時まで交換不要であった。

(4)安全性

前処理建屋

前処理建屋内における作業環境測定結果から、前処理建屋内は第3管理区域に相当したが、実証調査では予めこれに対応した防護措置（レベル3）を行って作業を実施した。

TPS装置周辺および浄化土詰込建屋

TPS装置周辺および浄化土詰込建屋内における作業環境測定結果から、これらの場所は第1管理区域に相当した。

(5)周辺環境への負荷

大気放出ガス中ダイオキシン類濃度は、 $0.0000015 \sim 0.00024 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$ （ $= 0.0015 \sim 0.24 \text{ pg-TEQ/Nm}^3$ ）であり、管理基準値（ 0.1 ng-TEQ/Nm^3 ）の約6万7千分の1～400分の1と極めて小さかった。また、他の測定項目についても、全て定量下限値未満であったことから、環境への負荷は極めて小さいものと考えられた。

循環水については、ダイオキシン類、水銀、鉛およびセレンが検出されたが、排水処理水中のそれらの濃度は排水基準はもとより管理基準値をも下回る値であった。本実証調査では、処理水を放流せず場外処分したが、十分再利用または放流できる性状であった。

雨水排水については、ダイオキシン類および重金属全ての測定項目について、それぞれ環境基準値を下回っていたことから、環境への負荷は極めて小さいものと考えられた。

騒音については、すべての地点および時間帯で管理基準値を下回っていたことから、環境への負荷は極めて小さいものと考えられた。

浄化土については、ダイオキシン類濃度が大きく減少し、RUN3-以降は管理基準値を下回るとともに、重金属等の溶出量も環境基準値を下回っていたことから、土壌として再利用が可能な性状であった。

TPS法による土壌処理に伴って発生する産業廃棄物等としては、各種フィルター類及び前処理建屋で使用した保護具がある。これらの産業廃棄物等は、その中に含まれるダイオキシン類濃度を調査したうえ適正に処分した。

ジオメルト法における大気放出ガス中のダイオキシン類濃度は $0.0024 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$ であり、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく廃棄物焼却炉に適用される最も厳しい大気排出基準値（ 0.1 ng-TEQ/Nm^3 ）を下回った。

スクラバー水中のダイオキシン類濃度は 5.2 pg-TEQ/L であり、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく水質排出基準値（ 10 pg-TEQ/L ）を下回っており、スクラバー水については、適切な水処理を行えば再利用が可能であるものと考えられる。

実証調査周辺の一般環境大気中のダイオキシン類濃度のモニタリング結果において、11 地点の平均値は、実証前が 0.013pg-TEQ/m³、実証中が 0.017pg-TEQ/m³、実証後が 0.20pg-TEQ/m³であり、3 期間で大きな差異はなく、環境基準値(0.6pg-TEQ/m³)に比べて低い値であった。

また、土壌中のダイオキシン類濃度は、実証前と実証後が同程度であった。以上から、実証調査による周辺環境への影響はなかったものと考えられる。

(6)経済性

実証調査では、実用規模の T P S 設備を用いたが、設備規模に対して処理期間が短かったことと、実証条件を見直しつつ処理を行ったことから設備の稼働率が低く、処理土壌量も少なかったことから、全コストに占める設備の設置・撤去費用の割合が大きくなったものである。

したがって、より多くの土壌を処理する場合は、土壌 1 t あたりの設備の設置・撤去費用が小さくなるとともに、設備の稼働率の向上に伴いランニングコスト(土壌 1 t あたりの必要機材費および人件費等)が低減できることから、土壌 1 t あたりの処理コストは相当低減できると考えられる。

また、実証調査では、T P S 処理で発生した脱水ケーキを T P S により再処理したため、ジオメルト処理を行う脱水ケーキの減量化が図られ、ジオメルト処理費用が低減することができたものと考えられる。

(7)まとめ

T P S 工法とジオメルト工法を組み合わせたダイオキシン類汚染土壌の無害化処理技術による実証調査を行った結果、「T P S 法による土壌の処理」および「ジオメルト法による脱水ケーキの処理」とともに、所定の条件を確保することで、ダイオキシン類汚染土壌を安全・確実、かつ、周辺環境への影響を及ぼすことなく無害化処理することが可能であることを実証できた。