

図 2.2 プロセスガス洗浄油の脱塩素化処理フロー

### (3)還元加熱法

#### 1)運転条件

表 2.1 汚染土壌の性状

対象物	ダイオキシン類汚染土壌
ダイオキシン類濃度	1,100pg-TEQ/g ~ 3,100pg-TEQ/g
含水率	10% ~ 20%

Run1 から Run4 まで加熱温度と充填量の影響を調査した。Run5 は長時間の連続試験を行った。

表 2.2 運転条件と処理サンプル量

RUN	充填量	処理温度	温度保持時間	投入時間	処理速度	総運転時間*	処理量
-	-		h	h	kg/h	h	kg
1	標準	550	1	5	65	8	325
2	標準	500	1	5	65	8	325
3	1.5倍	550	1	5	100	8	500
4	1.5倍	500	1	5	100	8	500
5	標準	550	1	12	65	15	780
合計							2,430

\* : 総運転時間 : 試料土壌を炉に投入から昇温、処理、降温まで

表 2.3 運転条件の考え方

項目	設定条件		目的と期待できる成果
処理温度	500、550		処理温度によるダイオキシン類の分解率を確認
充填量	標準	1.5倍	還元加熱炉の充填率は過去のバッチ試験機の知見より定めたが、連続型炉の場合さらに充填率の向上が見込まれ、炉の充填率を高めることによりイニシャルコストの低減効果が期待できる

## 2) モニタリング

運転中は実証装置各部を監視し、設定通り安全運転管理をするとともに、供試する土壌、ならびに設備外に排出する排ガス、排水、廃油等の分析を行い各種基準を満足することを確認した。実証施設内の作業環境について、作業前、作業中、作業後についてもモニタリングを行った。

## 3. 実証調査結果

### 3.1 試験に用いた試料の性状

試験に用いた試料の性状を表 3.1 に示す。試料は2カ所から採取したため、それぞれについて重金属の含有量を測定した。ただし、ダイオキシン類は微量であるためそれぞれのRun毎に分析を実施した。重金属類は砒素、水銀がわずかに含まれていた。今回用いた試料は焼却場付近から回収された土壌であることから、焼却灰由来であると考えられた。試料のダイオキシン類濃度毒性等量値は1,100pg-TEQ/gから3,100pg-TEQ/gであった。

試料1 (Run1 ~ Run3 の試料) についてのみ汚染土壌に関する溶出試験全項目を実施した。表 3.2 に示すように、有害物質の溶出試験結果は全て基準を満たした。

表 3.1 試料の性状

試料番号	-	Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	
試料投入時間	h	4.5	5	5	3.3	12.5	
試料量	kg	185	292	495	295	700	
加熱時間	h	1	1	1	1	1	
処理温度		550	500	550	500	550	
含水率	%	11.3	-	-	8.3	-	
強熱減量	mg/kg	34,600	-	-	-	-	
カドミウム及びその化合物	mg/kg	<0.5	-	-	< 0.5	-	
六価クロム	mg/kg	< 2.9	-	-	< 7.2	-	
水銀及びその化合物	mg/kg	<0.05	-	-	< 0.05	0.29	
セレン及びその化合物	mg/kg	< 0.05	-	-	< 0.05	-	
鉛及びその化合物	mg/kg	< 10	-	-	< 10	-	
砒素及びその化合物	mg/kg	0.14	-	-	0.12	-	
ダイオキシン類濃度 実測値		90,000	88,000	75,000	220,000	190,000	
[pg/g]	内訳	PCDFs	70,000	69,000	59,000	170,000	150,000
		PCDDs	18,000	17,000	14,000	43,000	38,000
		コプラ-PCB	2,100	2,100	1,600	2,600	3,300
ダイオキシン類濃度 毒性等量		1,300	1,300	1,100	3,100	2,700	
[pg-TEQ/g]	内訳	PCDFs	1,000	1,000	870	2,500	2,200
		PCDDs	210	210	180	520	460
		コプラ-PCB	14	15	11	28	31

表 3.2 試料 1 の土壤汚染項目溶出試験結果

環告 18号溶出試験 項目	単位	土壌	溶出量基準
カドミウム及びその化合物	[mg/L-検液]	< 0.001	0.01
全クロム	[mg/L-検液]	< 0.005	0.05(六価クロム)
シマジン	[mg/L-検液]	< 0.0003	0.003
シアン化合物	[mg/L-検液]	不検出(< 0.010)	検出されないこと
チオベンカルブ	[mg/L-検液]	< 0.002	0.02
四塩化炭素	[mg/L-検液]	< 0.002	0.002
1,2-ジクロロエタン	[mg/L-検液]	< 0.004	0.004
1,1-ジクロロエチレン	[mg/L-検液]	< 0.02	0.02
1,1,2-ジクロロエチレン	[mg/L-検液]	< 0.04	0.4
1,3-ジクロロベンゼン	[mg/L-検液]	< 0.002	0.002
ジクロロメタン	[mg/L-検液]	< 0.02	0.02
水銀及びその化合物	[mg/L-検液]	< 0.0001	0.0005
セレン及びその化合物	[mg/L-検液]	< 0.001	0.1
テトラクロロエチレン	[mg/L-検液]	< 0.001	0.01
チウラム	[mg/L-検液]	< 0.0006	0.006
1,1,1-トリクロロエタン	[mg/L-検液]	< 0.3	1
1,1,2-トリクロロエタン	[mg/L-検液]	< 0.006	0.006
トリクロロエチレン	[mg/L-検液]	< 0.03	0.03
鉛及びその化合物	[mg/L-検液]	< 0.001	0.01
砒素及びその化合物	[mg/L-検液]	< 0.001	0.01
ふっ素及びその化合物	[mg/L-検液]	< 0.1	0.8
ベンゼン	[mg/L-検液]	< 0.01	0.01
ほう素及びその化合物	[mg/L-検液]	0.01	1
ポリ塩化ビフェニル	[mg/L-検液]	不検出(< 0.0005)	検出されないこと
有機燐又はその化合物	[mg/L-検液]	不検出(< 0.01)	検出されないこと

### 3.2 土壌の浄化結果

#### 3.2.1 処理後土壌のダイオキシン類分析結果

定常状態での処理性能を確認するため、装置運転の初期、中間、終期の3回についてサンプリングを行いダイオキシン類の分析を実施した。サンプリングタイミングのイメージを図3.1に示す。処理後aは運転開始後の試料、処理後bは運転中の試料、処理後cは運転終了時の試料である。

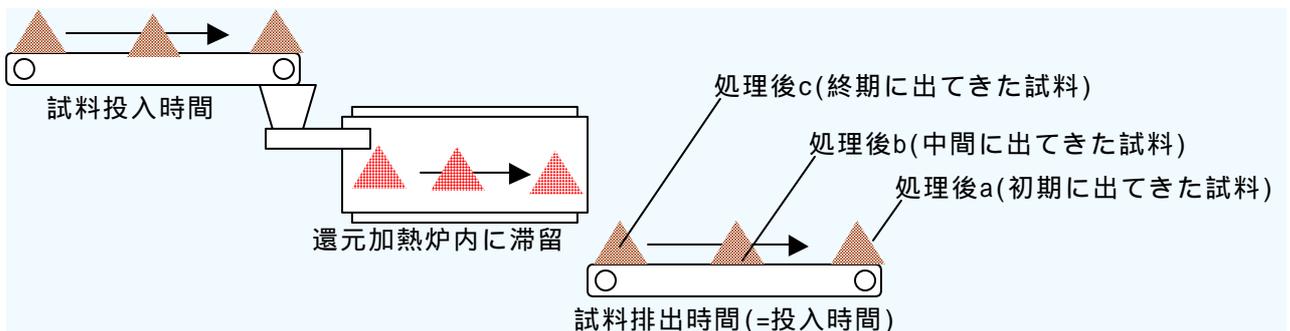


図 3.1 サンプリングタイミングのイメージ

ダイオキシン類分析結果を表 3.3 に示す。Run1 から Run5 において、処理後のダイオキシン類実測濃度は 0.6pg/g から 12pg/g を示した。処理後のダイオキシン類濃度毒性等量値は 0 から 0.029pg-TEQ/g を示し、環境基準値以下まで浄化できることを確認した。

表 3.3 土壌のダイオキシン類分析結果

項目			処理前	処理後a	処理後b	処理後c
Run 1	ダイオキシン類濃度 実測値		90,000	0.6	1.1	0.5
		[pg/g]				
	内訳	PCDFs	70,000	N.D.	N.D.	N.D.
		PCDDs	18,000	N.D.	N.D.	N.D.
		コプラ-PCB	2,100	0.6	1.1	0.5
	ダイオキシン類濃度 毒性等量		1,300	0	0	0
		[pg-TEQ/g]				
内訳	PCDFs	1,000	0	0	0	
	PCDDs	210	0	0	0	
	コプラ-PCB	14	0	0	0	
項目			処理前	処理後a	処理後b	処理後c
Run 2	ダイオキシン類濃度 実測値		88,000	3.6	1.1	0.5
		[pg/g]				
	内訳	PCDFs	69,000	N.D.	N.D.	N.D.
		PCDDs	17,000	N.D.	N.D.	N.D.
		コプラ-PCB	2,100	3.6	1.1	0.5
	ダイオキシン類濃度 毒性等量		1,300	0.00033	0	0
		[pg-TEQ/g]				
内訳	PCDFs	1,000	0	0	0	
	PCDDs	220	0	0	0	
	コプラ-PCB	15	0.00033	0	0	
項目			処理前	処理後a	処理後b	処理後c
Run 3	ダイオキシン類濃度 実測値		75,000	N.D.	0.3	0.5
		[pg/g]				
	内訳	PCDFs	59,000	N.D.	N.D.	N.D.
		PCDDs	14,000	N.D.	N.D.	N.D.
		コプラ-PCB	1,600	N.D.	0.3	0.5
	ダイオキシン類濃度 毒性等量		1,100	0	0	0
		[pg-TEQ/g]				
内訳	PCDFs	870	0	0	0	
	PCDDs	180	0	0	0	
	コプラ-PCB	11	0	0	0	
項目			処理前	処理後a	処理後b	処理後c
Run 4	ダイオキシン類濃度 実測値		220,000	7.2	7.9	8.5
		[pg/g]				
	内訳	PCDFs	170,000	6.7	7.5	8.2
		PCDDs	43,000	N.D.	N.D.	N.D.
		コプラ-PCB	2,600	0.5	0.4	0.3
	ダイオキシン類濃度 毒性等量		3,100	0.022	0	0.021
		[pg-TEQ/g]				
内訳	PCDFs	2,500	0.022	0	0.021	
	PCDDs	520	0	0	0	
	コプラ-PCB	28	0	0	0	
項目			処理前	処理後a	処理後b	処理後c
Run 5	ダイオキシン類濃度 実測値		190,000	12	2.2	N.D.
		[pg/g]				
	内訳	PCDFs	150,000	12.0	2.2	N.D.
		PCDDs	38,000	N.D.	N.D.	N.D.
		コプラ-PCB	3,300	N.D.	N.D.	N.D.
	ダイオキシン類濃度 毒性等量		2,700	0.029	0	0
		[pg-TEQ/g]				
内訳	PCDFs	2,200	0.029	0	0	
	PCDDs	460	0	0	0	
	コプラ-PCB	31	0	0	0	

### 3.2.2 ダイオキシン類の物質収支

ダイオキシン類の物質収支を計算した。測定対象ポイントを図 3.2 に示す。還元加熱炉でのダイオキシン類分解率を次式で計算した。

$$\text{分解率} = \{ 1 - \text{残留 DXNs 量} / \text{汚染土壌中 DXNs 量} \} \times 100 \quad [\%]$$

$$\text{残留 DXNs 量} = \text{処理土中 DXNs 量} + \text{プロセスガス中 DXNs 量}$$

ダイオキシン類の物質収支を表 3.4 に示す。還元加熱処理による分解率は 99.99%以上となった。

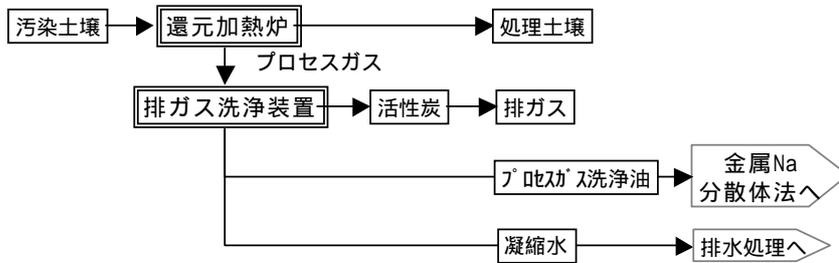


図 3.2 ダイオキシン類の測定対象ポイント

表 3.4 ダイオキシン類の物質収支

Run 1	単位	土壌 処理前	土壌 処理後	排ガス	還元加熱 分解率	排ガス	排ガス 洗浄油	凝縮水
量	kg	185	146	440 (m <sup>3</sup> )	-	440 (m <sup>3</sup> )	68.8	7 (L)
ダイオキシン類	濃度 pg/g	90,000	0.73	5.3 (ng/m <sup>3</sup> )	-	1.1 (ng/m <sup>3</sup> )	40	420 (pg/L)
実測値	量 ng	16,650,000	107	2,332	99.9854%	484	2,752	2.94
	収支	100%	0.0006%	0.0140%		0.0029%	0.0165%	< 0.0001%
ダイオキシン類	濃度 pg-TEQ/g	1,300	0.0	0.031 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	-	0.014 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	0.003	1.3 pg-TEQ/L
毒性等量	量 ng-TEQ	240,500	0	13.6	-	6.16	0.21	0.0091
	収支	100%	0.0000%	0.0057%	99.9943%	0.0026%	< 0.0001%	< 0.0001%
Run 2	単位	土壌 処理前	土壌 処理後	排ガス	還元加熱 分解率	排ガス	排ガス 洗浄油	凝縮水
量	kg	292	188	480 (m <sup>3</sup> )	-	480 (m <sup>3</sup> )	68.8	14 (L)
ダイオキシン類	濃度 pg/g	88,000	1.7	6.2 (ng/m <sup>3</sup> )	-	0.7 (ng/m <sup>3</sup> )	50	3,500 (pg/L)
実測値	量 ng	25,696,000	326	2,976	99.9872%	326	3,440	49.00
	収支	100%	0.0013%	0.0116%		0.0013%	0.0134%	0.0002%
ダイオキシン類	濃度 pg-TEQ/g	1,300	0.0	0.045 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	-	0.009 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	0.006	4.8 pg-TEQ/L
毒性等量	量 ng-TEQ	379,600	0	21.6	-	4.37	0.41	0.0672
	収支	100%	0.00001%	0.0057%	99.9943%	0.0012%	0.0001%	< 0.0001%
Run 3	単位	土壌 処理前	土壌 処理後	排ガス	還元加熱 分解率	排ガス	排ガス 洗浄油	凝縮水
量	kg	495	354	460 (m <sup>3</sup> )	-	460 (m <sup>3</sup> )	68.8	51 (L)
ダイオキシン類	濃度 pg/g	75,000	0.27	22.0 (ng/m <sup>3</sup> )	-	0.8 (ng/m <sup>3</sup> )	70	1,100 (pg/L)
実測値	量 ng	37,125,000	94	10,120	-	382	4,816	56.10
	収支	100%	0.0003%	0.0273%	99.9725%	0.0010%	0.0130%	0.0002%
ダイオキシン類	濃度 pg-TEQ/g	1,100	0.0	0.120 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	-	0.010 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	0.005	0.8 pg-TEQ/L
毒性等量	量 ng-TEQ	544,500	0	55.2	-	4.60	0.34	0.0398
	収支	100%	0.0000%	0.0101%	99.9899%	0.0008%	< 0.0001%	< 0.0001%
Run 4	単位	土壌 処理前	土壌 処理後	排ガス	還元加熱 分解率	排ガス	排ガス 洗浄油	凝縮水
量	kg	295	171	340 (m <sup>3</sup> )	-	340 (m <sup>3</sup> )	68.8	39 (L)
ダイオキシン類	濃度 pg/g	220,000	7.9	20.0 (ng/m <sup>3</sup> )	-	1.4 (ng/m <sup>3</sup> )	20	490 (pg/L)
実測値	量 ng	64,900,000	1,345	6,800	-	476	1,376	19.11
	収支	100%	0.0021%	0.0105%	99.9874%	0.0007%	0.00212%	< 0.0001%
ダイオキシン類	濃度 pg-TEQ/g	3,100	0.014	0.083 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	-	0.017 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	0	2.8 pg-TEQ/L
毒性等量	量 ng-TEQ	914,500	1.7	28.2	-	5.78	0	0.1092
	収支	100%	0.0002%	0.0031%	99.9967%	0.0006%	< 0.0001%	< 0.0001%
Run 5	単位	土壌 処理前	土壌 処理後	排ガス	還元加熱 分解率	排ガス	排ガス 洗浄油	凝縮水
量	kg	700	601	1,200 (m <sup>3</sup> )	-	1,200 (m <sup>3</sup> )	68.8	72 (L)
ダイオキシン類	濃度 pg/g	190,000	4.7	6.8 (ng/m <sup>3</sup> )	-	0.4 (ng/m <sup>3</sup> )	70	3,600 (pg/L)
実測値	量 ng	133,000,000	2,845	8,160	-	516	4,816	259.70
	収支	100%	0.0021%	0.0061%	99.9917%	0.0004%	0.0036%	0.0002%
ダイオキシン類	濃度 pg-TEQ/g	2,700	0.010	0.032 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	-	0.00014 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )	0.0050	1.1 pg-TEQ/L
毒性等量	量 ng-TEQ	1,890,000	6.0	38.4	-	0.17	0.34	0.0794
	収支	100%	0.0003%	0.0020%	99.9977%	< 0.0001%	< 0.0001%	< 0.0001%