

# 平成19年度低コスト・低負荷型土壤汚染調査対策技術検討調査 及びダイオキシン類汚染土壤浄化技術等確立調査結果

代表機関名 (株)エコアップ	技術の名称 回収熱源を利用したダイオキシン類の 直接加熱分離+熱分解法		
<b>技術の概要</b>			
調査/対策	技術の区分	実証試験の対象物質	実証試験の場所
対策	加熱分離+熱分解	ダイオキシン類	現場外

**(技術の原理)**

本技術はダイオキシン類を土壤より分離する工程と、これを分解する工程とからなる。分離工程では加熱空気（450～480℃）で汚染土壤を1～2時間加熱することによって、ダイオキシン類を高温空気側に揮発、分離させる。分解工程では分離されたダイオキシン類を重油バーナにより950～1,000℃に加熱し高温熱分解する。

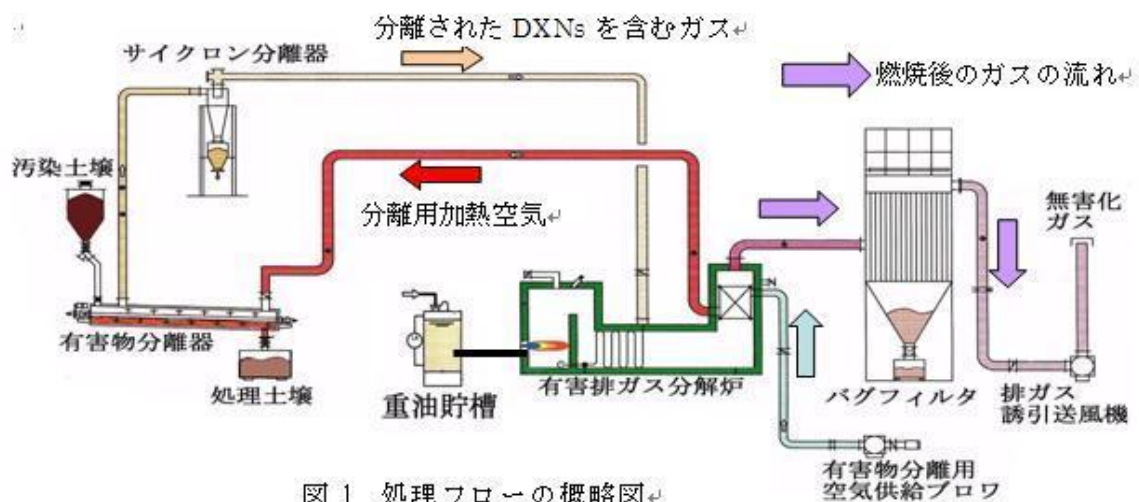


図1 処理フローの概略図

### 技術保有会社のコスト・環境負荷低減の考え方

分解炉の廃熱を利用して分離用空気を加熱するとともに、ダイオキシン類を含むガスも廃熱で予備的に加熱する熱回収システムとなっているので、燃料使用量を節約でき、運転経費を抑えることができる。また、ダイオキシン類分離工程が比較的低温であること、内部負圧も小さいことから、設備費が比較的安価である。装置内部の負圧変動は少ないため、汚染物質の環境へ漏出防止が図りやすい。低温加熱処理及び熱回収システムによりエネルギー効率を高め、二酸化炭素の排出量の低減を図るものである。

### 調査結果の概要

(1) 実証調査方法

①実証調査条件

試験装置の最大熱風供給量(350m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h)と汚染土壤の水分量をもとに、熱風供給量350m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h、及び有害物分離器内での土壤粒子の巻き上がりを抑制するため熱風供給量を250m<sup>3</sup><sub>N</sub>/hに落とした2条件で調査した。

表1 実証調査条件

処理速度 kg/h	熱風供給量 m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /h	試験 回数	合計処理量 kg	合計稼働時間 h
70	350	2	840	12
50	250	2	600	12

## ②モニタリング方法

処理前土壌及び処理後土壌はダイオキシン類、水分、強熱減量、有機炭素量、粒度、密度及び砒素・鉛の含有量・溶出量試験を行った。分離器出口、サイクロン出口、分解炉出口及び排気筒出口でガス中のダイオキシン類濃度及びばいじん量を、排気筒出口ではこれに加えて窒素酸化物濃度、硫黄酸化物濃度、塩化水素濃度、一酸化炭素濃度を測定した。周辺環境は施設の周辺4箇所で試験前、試験中及び試験後の3回測定し、作業環境測定は汚染土壌投入口周辺で実施した。

### (2) 土壌の処理量及び性状等

焼却由来のダイオキシン類汚染土壌であり、土質はシルト質であった。一般土壌と混合し必要量の供試土壌を調製した。供試土壌は、ダイオキシン類濃度が3,800~4,600pg-TEQ/g、水分が23.3%~24.8%であり、処理量は1,440kgであった。

### (3) 有効性についての考察

#### ①除去率、分解率

物質収支、除去率及び分解率を表2に示す。除去率は97.0~99.8%で、分解率は88.5~92.1%であり、除去率に比べ分解率が低い値となった。副生成物であるサイクロンダストにダイオキシン類が高濃度に残存(2,900~3,600pg-TEQ/g)しており、排出物中のダイオキシン類総量のうち69.7~96.8%を占めていた。これが、分解率が低かった主な原因と考えられる。

なお、各試験で分離器入口出口のダイオキシン類収支が合わないことから、分離工程でダイオキシン類が一部分解している可能性もあるが、化合物組成等の検討でも確定には至らなかった。

なお、熱分解後である排ガス及びバグフィルタダスト中のダイオキシン類の化合物組成は、分解前とは異なっていたが、ダイオキシン類が再合成した可能性も示唆する化合物パターンも認められた。

表2 ダイオキシン類無害化処理に伴う物質収支、除去率及び分解率

試験条件	項目	装置への 投入量 及び濃度	系外への排出量及び濃度					除 去 率 %	分 解 率 %
			処理土壌	排ガス	サイクロン ダスト	バグフィル タダスト	合計 ng/h		
70kg/h 1回目	物質質量	50.2kg/h	43.2kg/h	1,537m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /h	6.67kg/h	0.167kg/h			
	ダイオキシン類濃度	4,000pg/g	23pg/g	0.083ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	3,300pg/g	130pg/g			
	ダイオキシン類総量	201,000ng/h	994ng/h	128ng/h	22,000ng/h	21.7ng/h	23,100	99.5 88.5	
70kg/h 2回目	物質質量	50.6kg/h	44.0kg/h	1,575m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /h	5.65kg/h	0.167kg/h			
	ダイオキシン類濃度	4,600pg/g	160pg/g	0.047ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	2,900pg/g	130pg/g			
	ダイオキシン類総量	233,000ng/h	7,040ng/h	74ng/h	16,400ng/h	21.7ng/h	23,500	97.0 89.9	
50kg/h 1回目	物質質量	36.5kg/h	34.7kg/h	1,532m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /h	4.08kg/h	0.117kg/h			
	ダイオキシン類濃度	3,800pg/g	100pg/g	0.034ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	3,000pg/g	130pg/g			
	ダイオキシン類総量	139,000ng/h	3,470ng/h	52.1ng/h	12,200ng/h	15.2ng/h	15,700	97.5 88.7	
50kg/h 2回目	物質質量	36.2kg/h	33.9kg/h	1,470m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /h	3.13kg/h	0.053kg/h			
	ダイオキシン類濃度	4,100pg/g	9.9pg/g	0.014ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	3,600pg/g	200pg/g			
	ダイオキシン類総量	148,000ng/h	336ng/h	20.6ng/h	11,300ng/h	10.7ng/h	11,700	99.8 92.1	

注) 物質質量は乾燥土量に換算

ダイオキシン類濃度は毒性等量 (TEQ)、排ガスの濃度は実測値

毒性等量は定量下限値未満をゼロとして計算

除去率 (%) = {1 - (b/a)} × 100 a: 汚染土壌中ダイオキシン類濃度、b: 処理土壌中ダイオキシン類濃度

分解率 (%) = {1 - (C/A)} × 100 A: 汚染土壌中ダイオキシン類総量

C: (処理後土壌中+排ガス中+サイクロンダスト中+バグフィルタダスト中)ダイオキシン類総量

#### ②排ガス

排気筒出口の排ガス中ダイオキシン類濃度は 0.048~0.30ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub> (標準酸素濃度換算)

値) であり、焼却能力 2t/h 未満の廃棄物焼却炉に適用される排出基準 (5ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>以下) に当てはめた場合、基準を満たしていた。ばいじん濃度、窒素酸化物濃度、硫黄酸化物濃度、塩化水素濃度、一酸化炭素濃度も同様に基準を満たしていた。

#### (4) 実用性についての考察

##### ①安定性

実証試験中、運転に関するトラブルはなかった。

##### ②安全性

汚染土壌投入口周辺の作業環境中のダイオキシン類濃度は 0.093~0.20pg-TEQ/m<sup>3</sup> であり、「廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類暴露防止対策要綱 (平成 13 年 4 月 25 日付基発第 401 号の 2) の第 1 管理区域に相当する。また、装置内部は負圧に管理されているため、汚染物質の漏洩防止が図られている。

#### (5) 経済性についての考察

##### ①効率性

本実証調査における汚染土壌 1kg あたりの投入エネルギー効率は 9.06MJ/kg であった。

なお、供試土壌含水率は 23.3%~24.8% であり、含水率によりエネルギー効率は大きく異なる。

本実証調査における作業効率は 12.1kg/人であった。

5 人×24 時間=120 人・h、処理した汚染土壌の総量は 1,446kg であり、一人あたりの作業効率は 1,446/120=12.1kg/人・h となる。

##### ②経済性

本実証調査における処理費用は 7,313,000 円/t であった。

汚染土壌 10,000t を処理すると仮定した場合の処理費用は、50,700 円/t と算出された。(算出根拠は別紙参照)

#### (6) 周辺環境への負荷

##### ①環境大気

実証試験開始前、試験中及び試験終了後の周辺大気中濃度ダイオキシン類濃度に差はなく、0.034~0.11pg-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub> であり大気環境基準 (0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>以下) に適合していた。

##### ②騒音

敷地境界線を想定したプラント本体からの距離 50m 地点の騒音は 55~58dB であった。

##### ③二酸化炭素排出量

汚染土壌を 10,000t 処理すると仮定した場合の二酸化炭素排出量は 829 kg/t と算出された。(算出根拠は別紙参照)

### 検討会概評

本技術は、熱風による直接熱交換によりダイオキシン類を比較的低温 (400~450℃) でガス相に分離し、燃料バーナを備えた分解炉で熱分解するものである。

ダイオキシン類の除去率は 97.0~99.8% で同一条件でもばらつきがあった。分解率は 88.5~92.1% と除去率に比べて低かった。この原因は、分離器での熱交換ガス流速が高く、分離ガス中に随伴される土壌粒子が多いため、それがサイクロンダストとして捕集されることと、捕集された土壌粒子の濃度が汚染土壌と同程度であることによるものと考えられる。

サイクロンダストの発生量抑制と、それによるダイオキシン類の系外への排出の低減が課題であるが、風量を抑制することによるダスト発生量低減は実証範囲では確認できなかった。また、分離器でダイオキシン類の収支が取れないことについては、土壌中のダイオキシン類が分離器内で分解している可能性があるため、別途、土壌中の重金属・塩類等の触媒作用も考慮した室内試験等での確認が必要であると考えられる。なお、実証装置では燃焼ガス冷却方式として冷却用空気を調節弁から取入れる構造としているが、実用化に際して安全性に配慮してより密閉性の高い方式を採用する必要があると考えられる。

別紙（回収熱源を利用したダイオキシン類の直接加熱分離+熱分解法）

## 1. 費用の算出

### 1) 試算前提の主要諸元

汚染土壌濃度（含有量）	: ダイオキシン類 10,000pg-TEQ/g
目標処理濃度（含有量）	: ダイオキシン類 100pg-TEQ/g 以下
処理量	: 10,000t
処理能力	: 1.25t/h
運転時間	: 24 時間連続
稼働日数	: 330 日
処理時間	: 1 年間
処理条件	: (分離器) 加熱空気温度 450°C、滞留時間 約 2.0 時間 (分解炉) 950~1,000°C、滞留時間 2.0sec 以上
減価償却期間	: 7 年
工費の試算範囲内	: 設備建設費、償却費、ランニングコスト（人件費、 モニタリング経費、光熱・用水費、サイクロンダ スト処分費、消耗品費、保守管理費、雑費）
工費の試算範囲外	: 土地代、前処理装置、汚染土壌貯蔵建屋、処理土壌の 処分費、撤去費

### 2) 処理費用の算出

上記を基に本実証試験で得られたデータから経済性を試算すると以下の様に算定された。

<u>総費用（10,000t 処理時）</u>	<u>507,000,000 円</u>
<u>処理単価</u>	<u>50,700 円/t</u>

## 2. 二酸化炭素排出量の算出

二酸化炭素排出量の算出に当たっては、上記の費用算出と同条件とし、“地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第三条一のロ（平成 14 年 12 月 19 日一部改正）”の排出係数の数値を用いて算出した。

### ① A 重油に由来するもの（排出係数 2.71kg-CO<sub>2</sub>/L）

A 重油使用量 2,400kL、二酸化炭素排出量 6,500t

### ② 電力に由来するもの（排出係数 0.378kg-CO<sub>2</sub>/kWh）

電力使用量 2,300,000kWh/年、二酸化炭素排出量 869t

### ③ 土壌中の有機炭素に由来するもの（土壌中の有機炭素量を 2.5%と仮定）

炭素量  $10,000t \times 0.025 = 250tC$

二酸化炭素排出量  $250t \times 44/12 = 917t$

<u>総排出量（10,000t 処理時）</u>	<u>8,290t</u>
<u>排出原単位</u>	<u>829kg/t</u>