

過熱蒸気法を用いた難分解性有機化合物汚染土の処理方法

西松建設(株) フェロー 稲葉 力、 万代 智也
 大旺建設(株) 正会員 前 尚樹、正会員 篠原 淳一

1. はじめに

PCB、ダイオキシン等に汚染された地盤の浄化が問題となっているが、最近まではコストを含めて有効な浄化手段がなく、汚染土壌を場外搬出するか隔離していたのが現状である。ここ2、3年、国の方策もあり有効な技術が開発され、環境基準を下回る程度まで受け入れ可能なコストで処理できるようになってきた。前、篠原らは、10年ほど前より、過熱蒸気法を用いたフロン分解技術の開発を進めてきた。この技術の有効性が市場でも認められ、PCB、ダイオキシン等の難分解性の有機化合物の分解およびこれに汚染された土壌の浄化にも有効であることが判明したので、土壌浄化装置の研究開発を行っているところである。本報告ではPCB、ダイオキシン等に汚染された土壌の他の浄化方法と比較することで、本工法の特徴を明確に示したい。さらに、最近実施したベンチスケール実験の結果を報告する。

2. 過熱蒸気法について

過熱蒸気とは100℃以上の水蒸気のことであるが、主として一気圧の170℃以上の水蒸気をさす。例えば、ダイオキシンが揮発したガス中に過熱蒸気を充満させると、還元性の雰囲気になり、ベンゼン環を開裂する作用をもたらす。汚染土壌の場合には、図1.のシステム図に示すガス化装置で温度を400～600℃として、汚染土壌の水分・ガス化成分を揮発させ、揮発ガスを反応器に導く。反応器でガスを過熱蒸気的作用で無害化し、さらに反応器内に供給される空気により酸化され、ガスはCO₂、H₂、HCl、O₂などになる。さらに酸化されたガスを、パブリックタンクで急冷して、ダイオキシンの再合成を防いでいる。

3. 浄化方法の比較

表1. ダイオキシン類に汚染された土壌の代表的な浄化方法

東京都大田区のPCB汚染土壌の処理には「溶媒抽出法」が採用された。和歌山県橋本のダイオキシン汚染土の処理には「熔融法」が採用された。また金属ナトリウムを用いる方法は海外で実績が多いようである。条件的には常温・常圧で処理できる、薬剤はできるだけ使用しない、土壌の前処理が少ない、処理後には土壌が再利用できる、

	溶媒抽出法	低温還元熱分解	金属Na法	熔融法	本工法
前処理	溶媒中に浸漬して数回洗浄	2mm以上のレキを分離・洗浄	土壌の粒度調整が必要	所定の粒径に調整	特になし
無害化、脱塩素化	溶媒からPCB等を抽出する。分解は、370℃、26.5MPaで水熱分解。	還元性雰囲気中でガス化(600℃) LPGで過熱して、分解と生成ガスの酸化	超微粒子の金属Naが脱塩素化する。土壌の再利用には塩分除去が必要。	還元性雰囲気中でガス化(450～600℃) ペレットを作り1600℃で熔融固化	過熱蒸気で1,000℃で分解
特徴	常温・常圧	低温処理	90℃、常温	高温熔融	低温処理

装置がシンプルであること、高温処理でない、等を満たす技術が望ましい。すべての条件を満たす技術の開発は困難だが、筆者らはフロンガスの分解用に開発した過熱蒸気法(本工法)は、常温・常圧の処理ではないものの、他工法と比較して、原理・装置のシンプルさ、コストなどで競争力のある技術であると判断している。

4. 実験方法と結果

表2. に示した条件で浄化実験を行ったところ、汚染土壌の浄化に関して表に示す結果が得られた。ガス化装置での浄化処理後のダイオキシン濃度は、1Run、2Run、3Runで各0.19pg-TEQ/g、3.7 pg-TEQ/g、7.4 pg-TEQ/gであり、ほぼ事前の予想通りの順となった。浄化前後のダイオキシン除去率は99.589%～99.989%であった。ガス化装置で揮発したダイオキシン

キーワード: PCB, ダイオキシン, 過熱蒸気, 土壌汚染, 土壌浄化, アスベスト
 連絡先: 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 西松建設(株) 技術研究所 環境グループ Tel046(275)0089 Fax046(275)0094
 高知市長浜 5033 - 21 大旺建設(株) 環境エンジニアリング本部 Tel088(842)0205 Fax088(842)0255

キシンは反応器で分解されるが、その結果は、1Run、3Runで99.967%と99.969%であった。この数字には、排水中の残渣を含めていない。それは本システムでは、パプリングタンクに凝集沈殿した残渣は、凝集槽に引き抜いた後、最終的には再度ガス化装置に投入し、再処理可能だからである。

排ガスの分析結果（モニタリング位置 E）は、 0.001ng-TEQ/Nm^3 （環境基準 0.1ng-TEQ/Nm^3 ）であり、排水の分析結果は（モニタリング位置 B） 0.099pg-TEQ/L であった。活性炭塔はもともとフェールセーフ機構であるが活性炭の分析結果は、NDであった。

本システムはガス化装置での温度は約 600 である。浄化終了前の土壌の性状は、D50が0.27mmであり、粒径加積曲線も浄化前と浄化後で大きく変化していない。浄化後の土壌に水を噴霧すると激しく吸水するが、かなり密度が高くなり締め固めの可能な状態であった。一般残土としての利用に問題はないと考えている。

Run1はバッチ式で処理時間40分、Run2はバッチ式で処理時間が25分、Run3は連続式で処理時間が25分であった。当初、バッチ式での処理を考えていたが、揮発ガス量の平準化から連続式が望ましいと考えている。

5. まとめと今後の展望

今回の実験は、著者らが以前実施した PCB 汚染土の処理実験に続いて、ダイオキシン汚染土を対象にベンチスケールの実験を行ったものである。今回は処理能力が約 20kg/hr 程度であり、実機と想定している 1t/hr のシステムの性能を実証できるものとはいえないので、引き続き $100\sim 200\text{kg/hr}$ のパイロットスケールの実験で実証の予定である。

ダイオキシン（PCB も同様）汚染土壌の浄化では、投入エネルギー費、機械償却費、モニタリング費用などが費用面で大きい項目である。中でも投入エネルギーに要する費用が一番大きい項目であり、過熱蒸気の再利用でコストの低下を目指す予定である。また、前、篠原らは過熱蒸気法を用いて「フロンガスの分解装置」の開発をして来た。最近、この技術で飛散性・非飛散性のアスベストの分解が可能になったことが明らかになった。処理に必要なアスベストに分解すべきフロンガスを一緒に混合して、過熱蒸気を送って加熱（約 800°C ）するとアスベストが溶融して無害化されると同時に、フロンガスも分解される。フロンガスは分解すると発熱反応を示すので、投入エネルギー的にも他の高温処理する技術と比較して有利である。今後、研究および技術開発を予定している。

6. 参考文献

- 1) 轟木 朋浩他：「間接熱脱着 + 水蒸気分解法によるダイオキシン類汚染土壌浄化技術」、土壤環境センター技術ニュース 9 2005
- 2) 佐藤 岳史他：「ダイオキシン類汚染土壌の間接熱脱着 + 水蒸気分解法による有機物の挙動」、第11回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会、pp677-680、2005.6

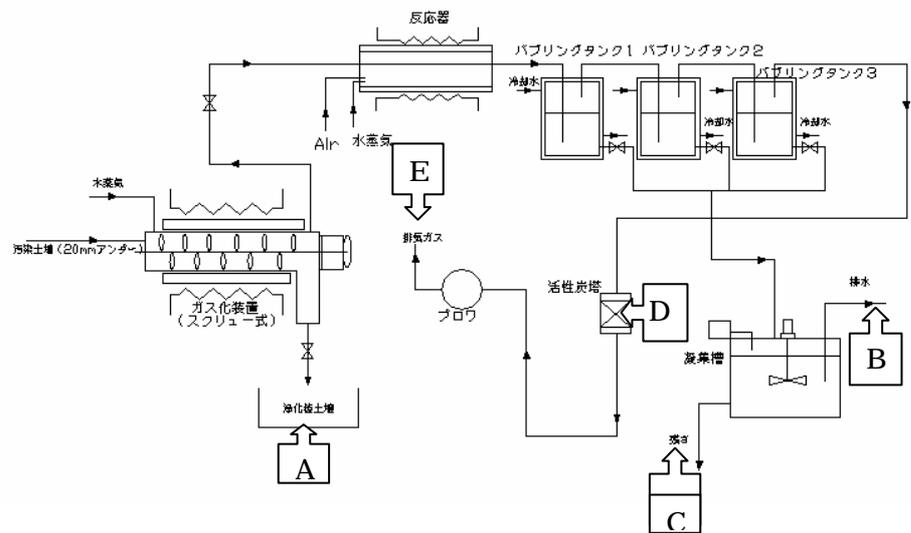


図1. システム図とモニタリング位置

表2. 汚染土壌の浄化結果

		1Run	2Run	3Run
処理方法と処理時間		バッチ式、40分	バッチ式、25分	連続式、25分
処理前土壌	ダイオキシン含有量	$1,800\text{pg-TEQ/g}$	$1,800\text{pg-TEQ/g}$	$1,800\text{pg-TEQ/g}$
処理後土壌	質量	3,300g	3,385g	3,430g
	前後の質量比	66%	68%	70%
	ダイオキシン含有量	0.19pg-TEQ/g	3.7pg-TEQ/g	7.4pg-TEQ/g
	ダイオキシン絶対量	627.0pg-TEQ	$12,524.5\text{pg-TEQ}$	$25,382\text{pg-TEQ}$
浄化後土壌	ダイオキシン除去率	99.989%	99.794%	99.589%