

過熱蒸気法を用いた PCB 汚染土壌の浄化

西松建設株式会社 フェロー 稲葉 力、正会員 石渡 寛之
大旺建設株式会社 百代淳一、前田定範、篠原淳一

1. はじめに

筆者らは過熱蒸気法を用いて、ダイオキシン類 (DXNs) に汚染された土壌の浄化技術の開発に取り組んでいる。2005 年にベンチスケール (処理量 25kg/hr) ¹⁾ の確認実験を実施した。その結果を踏まえ今回、処理量 100kg/hr のパイロットスケールで PCB 汚染土壌の浄化実験を実施した。その結果、本技術の PCB 汚染土壌に対する浄化性能を実証することができたので報告する。

2. 過熱蒸気法についての原理と特徴

2-1. 原理

過熱蒸気とは常圧で 100 以上の飽和水蒸気である。PCB が揮発したガス中に過熱蒸気を充満させると、還元性雰囲気になり、脱塩素化やベンゼン骨格の開裂といった反応が起こり PCB を分解・無害化することができる。

汚染土壌の場合には、図 1 のシステム図のガス化装置 (第 1 および第 2 ガス化装置) で内部温度を 600 前後として、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。その揮発ガスは、反応器で過熱蒸気によって、最終的に CO₂ や HCl、H₂O などに分解・無害化される。さらにガスは、バブリングタンクで急冷して、DXNs の再合成を防いでいる。

2-2. 処理プロセスフロー

本装置のプロセスフローを、以下に示す。

ガス化装置、反応器を所定の温度まで昇温する。

実験毎に第 1 ガス化装置の上部に取り付けた土壌ホッパーに約 100kg の汚染土壌を収容し、実験開始とともにガス化装置へ送る。ガス化装置を 30 分 (第 1 および第 2 の合計時間) で通過した処理土壌は、水冷された処理土ボックスに排出される。

ガス化装置で揮発したガスは、反応器で分解・無害化され、バブリングタンクで急冷される。なお、反応器で発生した HCl はバブリングタンクの Ca(OH)₂ と反応して中和される。

バブリングタンクを通過した排ガスは、活性炭を通過して外部に放出される。

今回の実験では、ガス化装置を 2 段式とした。第 1 ガス化装置で水蒸気をほぼ揮発させ、第 2 ガス化装置で PCB 等を揮発させることにより、第 1 ガス化装置で発生する水蒸気の再利用を可能にするためである。

また、土壌の微粒子は、バブリングタンク内で捕捉され沈殿物として回収する。この沈殿物に PCB 等が基準値以上残留していた場合は、再度装置にて処理し、可能な限り系外には出さないシステムとしている。

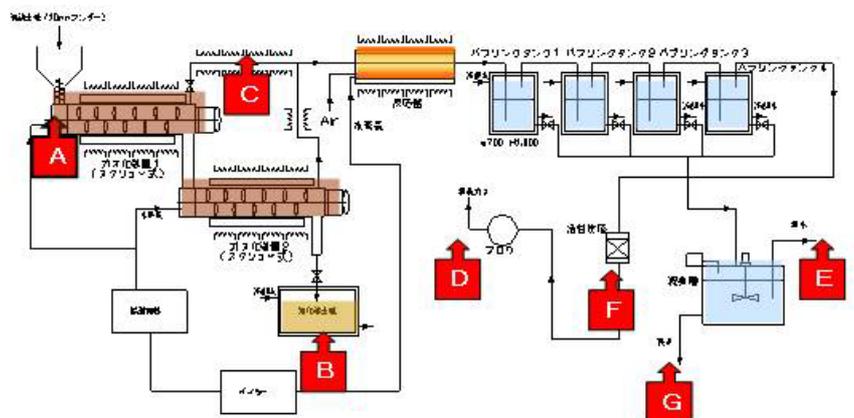


図 1. システム図と測定点位置

The purification technique of the PCB contaminated soils using an over heated steam method;

Nishimatsu const. co., LTD. Tsutomu Inaba, Hiroyuki Ishiwata;

Daioh const. co., LTD. Junichi Hyakudai, Sadanori Maeda, Junichi Shinohara

なお、システム全体は約 50mmAq の微負圧に保たれている。

2-3. 処理システムの特徴

本装置の特徴を以下に示す。

処理がワンパスであり、シンプルな構造である。

装置が非常にコンパクトである。

特殊な薬剤等を使用しないので、処理コストが安価である。

過熱蒸気を使用することにより、比較的低温で高い浄化率が得られる。

3. 実験条件

今回、3回の実験 (Run-1、Run-2、Run-3) を実施した。Run-1 での処理は、標準条件 (表 1.) で行い、Run-2 では処理時間を標準条件より 33%短縮した 20分 (第1ガス化装置:15分、第2ガス化装置:5分) で行った。Run-3 では標準条件で処理土量約 600kg の長時間連続処理を行った。なお、ここでは Run-2 での土壤物性および処理量を表 2. に示す。

4. 実験結果と考察

Run-2 の実験結果を表 3. に示す。測点 B における処理土壤の PCB 濃度は、0.038ng/g (含有量) となり、PCB 除去率は、99.993% となった。

なお、対象とした PCB 汚染土壤の溶出量は、定量下限値未満 (<0.0005mg/L) であった。DXNs については処理土壤で 0.33pg-TEQ/g 検出され、除去率としては 99.93% となり、これまでに行ってきた DXNs 汚染土壤での実験結果よりも低い値となった。これは汚染土壤の DXNs 濃度が低いことに影響していると思われる。

測点 C は、ガス化装置内で PCB を揮発および分解・無害化作用を受けた後のプロセスガスで 5.1ng/m³N (=0.0000051mg/m³N) 検出されたが、暫定排出許容限界 (0.15mg/m³N) 以下となった。また、土壤ホッパーに投入され処理された汚染土壤の PCB 総量 (523.94mg = 汚染土壤中の PCB 濃度 × 処理した汚染土壤の乾燥土量) とその C 点での PCB 総量 (0.33mg = C 点での PCB 濃度 × プロセスガス流量) の結果から、ガス化装置内で PCB は 99.94% 分解・無害化されたことになる。

最終的に外部に放出される PCB は、処理土壤 (B 点)、排ガス (D 点)、排水 (E 点) および沈殿物 (G 点) であり、PCB 総量の合計は約 0.003mg である。よって、本システムによる PCB の分解率は、99.993% となった。DXNs に関しては、排ガス (D 点) で 0.00032ng-TEQ/m³N と排出基準以下 (0.1ng-TEQ/m³N)、排水に関しても 1.6pg-TEQ/L と排出基準以下 (10pg-TEQ/L) であった。

5. まとめと今後の展望

今回、PCB 汚染土壤を用いて浄化実験を行った。今回は比較的低い濃度の土壤で実験を行い、良好な結果を得たが、より高い含有濃度の実験も行っている。これについては別の機会に報告の予定である。

6. 参考文献

- 1) 前 尚樹他:「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」、第 12 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会、pp910-913、2006.6

表 1. 処理条件 (標準条件)

処理装置	滞留時間	内部温度 ()	水蒸気量 (kg/hr)
第1ガス化装置	15分	700	2.6
第2ガス化装置	15分	700	2.6
反応器	1~2秒	1,000	3.4

表 2. Run-2 の土壤の物性と処理量

	含水率 (%)	強熱減量 (%)	有機炭素含有量 (%)	処理土量 (kg)
実験前	15.8	4.2	1.6	78.2
実験後	<0.1	0.2	0.5	

表 3. Run-2 の各測点分析結果

対象物	PCB濃度	DXNs濃度
汚染土壤(A)	6,700ng/g(含有量) <0.0005mg/L(溶出量)	70pg-TEQ/g
処理土壤(B)	0.038ng/g(含有量) <0.0005mg/L(溶出量)	0.33pg-TEQ/g
プロセスガス(C)	10,000ng/m ³ N	7.1ng-TEQ/m ³ N
排ガス(D)	5.1ng/m ³ N	0.00032ng-TEQ/m ³ N
排水(E)*	3.3ng/L	1.6pg-TEQ/L
沈殿物(G)	12ng/g	ND**

*:凝集沈殿後

** : 不検出