

PCB 汚染土壌の拠点浄化施設

「ジオスチーム法」での汚染土壌処理

井澤 武史・松生 隆司・佐藤 岳史

土壌汚染対策法の改正に伴い、汚染土壌処理業が法により規定された。これにより、拠点型汚染土壌処理を行うには行政による許可が必要となり、十分な技術力と適切な設備を有する処理施設の重要性が増してきた。本稿では PCB 汚染土壌の拠点型処理施設のトップランナーとして、安全・確実な処理を行うための研究・開発・設備更新を行ない、改正土壌汚染対策法にも対応を図っている。PCB 汚染土壌処理技術である「ジオスチーム法」と同技術を用いた汚染土壌拠点型処理施設におけるこれまでの取り組みについて報告する。

キーワード：汚染土壌、汚染土壌処理業、間接熱脱着、水蒸気分解、PCB、ジオスチーム

1. はじめに

近年の環境への取り組み意識の向上・CSR の推進および新会計基準の適用に伴う資産除去債務の計上などにより、土壌汚染対策を積極的に進める企業が増えてきた。さらに、土壌汚染対策法の改正により土壌調査の機会が増えることが想定される。

改正土壌汚染対策法は、健康被害の発生防止を担保するとともに掘削除去した汚染土壌の不適切処分に伴う汚染の拡大防止を図るため、

- ・汚染土壌の調査機会の拡大
- ・汚染調査方法の統一による調査結果の正確さの担保（指定調査機関の技術確保）
- ・現地浄化の推進
- ・掘削除去する土壌の厳密な管理
- ・汚染土壌処理施設の設備および維持管理の強化などが規定された。

ポリ塩化ビフェニル（以下、PCB と記す）による汚染土壌に関してみると、封じ込め処理の適用が増えるものと思われるが、土地売買を伴うような土地改変では、PCB 汚染土壌の掘削除去が求められるケースは今後も発生するものと考えられる。

このような形で掘削された PCB 汚染土壌は、改正土壌汚染対策法による許可業者で処理する必要があるが、PCB 汚染土壌処理施設の重要性は今後も増大するものと考えられる。

著者らは、PCB 汚染土壌の無害化処理の重要性に着目し、水蒸気を利用した分解技術である「ジオスチー

ムTM法」（以下、本技術と記す。）を確立し、北九州市において PCB 汚染土壌の拠点型処理施設（以下、本施設）を整備・運用するとともに、設備の拡大・設備更新を進めてきた。

本稿では、本技術の概要および本施設の設備・運用、改正土壌汚染対策法に関する対応について説明する。

2. PCB 汚染土壌の処理について

PCB は 1881 年に開発され、その安定性から熱媒体や絶縁油などとして広く用いられてきたが、カネミ油症事件の発生により人体への有害性が確認されたことから 1972 年に製造・販売が禁止され、その後は PCB 廃棄物として保管されてきた。

PCB 汚染土壌については、PCB を使用していた設備からの漏洩に伴う汚染土壌の存在のほか、使用中止時の PCB 含有製品の地下埋設処分に伴う汚染や、長期間の保管に伴う漏洩、認識不足や処理費用負担の不安に伴う不法投棄に伴うものなどが発生している。

PCB 汚染土壌処理技術については、各社の開発と環境省をはじめとする第三者による確認・検証が進み、処理技術として確立されたことから、平成 20 年 7 月に PCB 汚染土壌処理施設の設備基準・維持管理指針が示され、拠点型処理施設としての整備が進んだ。今年 4 月の土壌汚染対策法の改正により拠点型処理施設の構造および維持管理指針の強化がされ、適正処理の確実な実施が担保されることとなった。

著者らは、環境省の実証調査¹⁾などを通して、本

技術の安全性・確実性を確認し、平成19年8月に国内初のPCB汚染土壌拠点型処理施設としての運用を開始した。平成21年2月にはPCB汚染土壌処理需要の拡大に対応して設備を大型化するとともに²⁾、平成21年8月に北九州市より土壌汚染対策法に基づくPCB汚染土壌処理施設としての認定を取得し、改正が想定された土壌汚染対策法に対応できる各種設備の整備を行なって、全国からのPCB汚染土壌の無害化処理要請に対応できる体制を構築している。

3. 技術の概要

(1) 開発経緯と特徴

本技術は、間接熱脱着処理により土壌中に存在するPCBを水分と共に揮発分離して土壌を浄化するとともに、分離後のPCBや水蒸気の混合ガスを約1,100℃に加熱し、PCBを分解する技術である。

この工法は実用化した技術であり、PCB廃棄物の処理のための技術認定も取得しており、技術的には、廃棄物処理法に規定されたPCB廃棄物へも適用できる技術である。

本技術は以下の特徴を有し、幅広いPCB汚染土壌に適用可能である。

- ①熱によりPCBを分離するため、土壌の種類や他の有機物の影響、濃度の影響を受けにくいタフな技術
- ②PCBの無害化処理を密閉系内で済ませるので、濃縮汚染物が発生しない
- ③排出ガス量が少ないことから、高性能の排ガス処理を適用でき、PCB以外の汚染物質も含め、排ガスがクリーン
- ④各種実証調査・技術認定により高い処理性能が第三者によって確認された安全な技術

(2) 本技術の構成

本技術の概要を図1に、各プロセスの概要を以下に示す。

(a) 間接熱脱着プロセス

間接熱脱着プロセスでは土壌を間接加熱して、土壌中の汚染物質を揮発して分離する。

汚染土壌は、気密性を保持できる投入口より間接熱脱着装置のチャンバ内に投入される。チャンバ内ではスクリーオーガにより排出側に搬送される。チャンバ外面をバーナにより加熱して、チャンバ内部の汚染土壌を間接的に加熱し、汚染土壌中の水分および汚染物質を揮発・分離することによって浄化する。浄化された土壌はチャンバ内を負圧に保ちながら排出され、水処理後の処理水を加え湿潤状態の浄化土となる。

(b) 水蒸気分解プロセス

水蒸気分解プロセスでは間接熱脱着プロセスで分離したガス状の汚染物質を分解する。間接熱脱着プロセスで土壌から分離した汚染物質や水分は、ガス体のまま水蒸気分解プロセスに導入される。このガスは水蒸気分解装置内に設置された間接加熱式ヒータにより約1,100℃まで加熱される。この温度域では水蒸気と有機物が反応し、PCBやダイオキシン類、POPs農薬などの有機塩素化合物は一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、水素、塩化水素などに分解される。

(c) 排ガス処理プロセス

排ガス処理プロセスでは水蒸気分解後のガスに含まれる低分子の可燃性ガスや塩化水素を処理する。

水蒸気分解プロセスを通過したガスには一酸化炭素やメタン・水素などの可燃性ガスが含まれる。これらのガスは温度を約1,100℃に保ったまま空気を添加することで酸化処理され水蒸気および二酸化炭素となる。

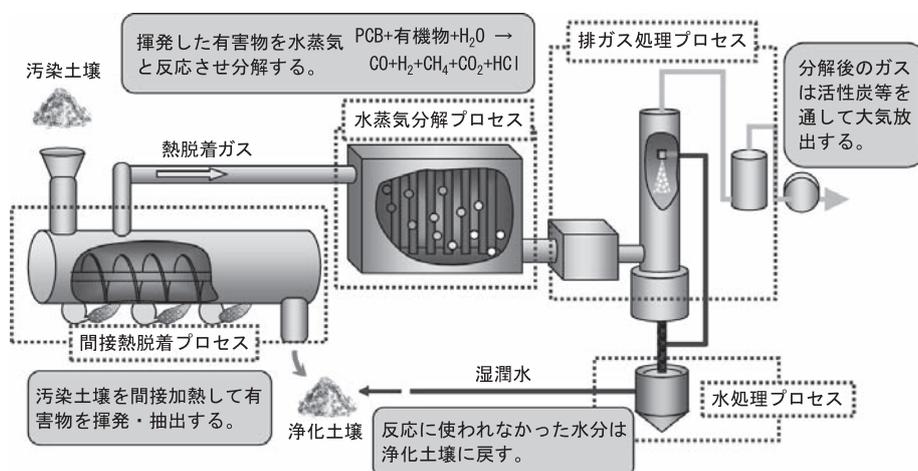


図1 本技術の概要

酸化処理後のガスはクエンチャ内で冷却水を噴霧して急速冷却し、ガス中の水蒸気を水として回収する。また、ガス中に含まれる塩化水素などの酸性ガスも冷却水中に捕捉する。

冷却後のガスはセーフティネットであるフィルタろ過および活性炭吸着処理を行なった後、大気放出する。

これらの処理は、ガスの流れの上流端である間接熱脱着プロセスのチャンバ内が負圧に保たれるように排ガス処理装置の終末に設置したブロアによりガスを吸引しながら行なわれる。このため、処理経路全域が負圧となっており、処理の途中でガスが外部漏洩することはない。

(d) 水処理プロセス

水処理プロセスではガス処理装置で回収し余剰となった水分を浄化する。

間接熱脱着プロセスで土壌から蒸発・分離した水分は排ガス処理プロセスのクエンチャで冷却され冷却水の一部として回収され、余剰水として排出される。この余剰水には、間接熱脱着プロセスで発生した土壌由来のSS分が含まれ、また、汚染土壌等に水銀などが含まれている場合にはそれらも水中に存在する。

このため、水処理プロセスでは、水中のSS分や水銀などの有害物質などを除去する。浄化方式は膜ろ過、凝集沈殿処理、キレート樹脂吸着などの技術が適用できる。これらは水中に存在する有害物質の種類や濃度に応じて単独あるいは適切に組み合わせで用いる。

浄化後の処理水は浄化土壌の加湿水として再利用できる。

4. 拠点型 PCB 汚染土壌処理施設について

(1) 拠点型処理施設の経緯

本技術の設備は、ラボスケールからスタートし、順次、大型化とそれに伴う問題点の抽出・改善を行っている。

平成 17 年度に 300 kg/hr の設備による実証実験¹⁾で十分な浄化性能が確保できたことから、拠点型の PCB 汚染土壌処理の開始を模索した。実施にあたっては北九州市および地元関係者のご理解を頂きながら計画を進め、設備の維持管理に関して北九州市と環境保全協定を締結した。その後平成 19 年 8 月に「土壌浄化センター」として営業運転を開始した。

平成 20 年 7 月 31 日に、環境省から「PCB 汚染土壌処理施設の構造及び維持管理指針」が示されたが、北九州市との協定に基づいた設備および運転管理方法は、同指針にほぼ対応していた。

処理運転開始後は、日本全国から処理の依頼があり、設置していた処理設備では処理容量の不足が懸念されたことから大型設備設置の検討を開始した。大型設備設置に先立ち、新たに会社を設立した。新会社では土壌浄化センターの業務を引き継ぐとともに、大型設備の設置・運営に当たることとした。

大型設備設置に当たっては、処理規模の拡大に伴う安全対策の向上にも取り組んだ。詳細は次章で示す。

(2) 新会社の概要

本施設の運営を行う新会社は、ジオスチームTM法による汚染土壌処理を専門とする会社である。

(3) PCB 汚染土壌処理の実績

本施設では日本全国から汚染土壌を受け入れており、平成 19 年にテルム土壌浄化センターとして稼働開始してからの処理量は、平成 22 年 3 月末時点で約 13,000 t である。

(4) 汚染土壌処理設備

(a) 汚染土壌受け入れ・保管設備

汚染土壌は輸送中および保管中の漏洩の防止のため、ドラム缶に密封して搬入している。汚染土壌搬入状況の例を写真—1 に示す。

これらのドラム缶は保管棟で保管する。



写真—1 汚染土壌の搬入

(b) 前処理設備

汚染土壌は保管棟から 3 重扉を有する前室を通して前処理棟内に搬入し、全量について展開検査を行った上で、フルイ機・破碎機等による粒度・性状調整を行う。

(c) 無害化処理設備

無害化処理設備は無害化処理棟内に設置し、運転室から監視しながら運転している。

処理設備には各種監視装置を取り付け、常時監視を

行っている。運転中に各検知装置で異常を検知した場合には自動停止を行う。また、時間と共に不安定側に移動するような傾向が認められた場合にも、早期に運転を停止し、原因の究明・対応策の実施を行い、安定した運転の実施に努めている。

主要な設備を写真—2, 3に示す。



写真—2 間接熱脱着装置



写真—3 水蒸気分解装置

(d) 浄化土保管設備

浄化土は定期的にサンプリングを実施し、外部に分析を依頼している。簡易法による品質確認のほか、100 m³ 毎に均等混合した試料によって公定法による分析を実施し、浄化を確認している。浄化の確認ができるまでは浄化土保管棟に保管し、確認後搬出している。

(e) 安全確保のための設備

本施設では、安全確保の観点から、以下の設備を設置している。

① PCB オンラインモニターによる排ガス監視

プロセス排ガスや建屋排気など、PCB が漏洩する危険性がある部分の排出ガスについては PCB オンラインモニターで監視し、異常時には直ちに対策が取れる体制を確保している。



写真—4 PCB オンラインモニター

② 前処理棟用集塵機の強化

汚染土壌を常時扱う前処理棟の換気用集塵機は、HEPA フィルタに PCB 用活性炭を取り付けた構成とし、活性炭通過後の排気を前記モニタで監視しているが、活性炭の破過時の排気処理が担保されないことから、その後段にセーフティネットの PCB 用活性炭吸着槽を確保している。

また、集塵機自体の故障時に対応するため、非常用集塵機 (HEPA フィルタ、活性炭付) を別途設置している。



写真—5 前処理室用集塵機

③ 非常用電源の確保

本施設の電源は北九州市エコタウン内の廃棄物発電施設 (エコエナジー) から供給されているが、万一の停電の際に支障を生じないように、非常用発電機を配置している。

④ 建屋排気処理

無害化処理棟の建屋内の空気は汚染されない設計であるが、万一の事故時に対応できるように活性炭付集塵機を通して大気放出している。

⑤保管棟集塵機

汚染土壌はドラム缶に密閉して搬入し、その状態で保管棟内に保管するが、保管中の万一の事故に対応するため、各保管棟には集塵機（HEPA フィルタ、活性炭付）を設置している。

(5) 改正土壌汚染対策法への対応

本年4月の改正土壌汚染対策法の施行により、本施設についても新たに汚染土壌処理業としての許可が必要となった。このため、平成22年2月26日に示された「汚染土壌処理業の許可及び汚染土壌の処理に関する基準について」（環水大土発第100226001号）への適応を図るとともに、ソフト面での対応を行ない、北九州市に汚染土壌処理業の許可申請を行った。本施設では法に基づく適正処理のために、以下の点に留意している。

(a) 異物について

本施設は汚染土壌処理施設であり、廃棄物については受け入れできない。このため、掘削現場でPCB汚染土壌を運搬容器に詰め込む際には、廃棄物が混入しないように十分な管理を行っていただく必要がある。本設備ではすべてのドラム缶について開封時に展開検査を実施しており、廃棄物などの混入が認められた場合、それらが本施設で処理してはならないものであることから、搬出元に返却することとなる。

(b) 運搬荷姿

PCB汚染土壌はドラム缶に封入した状態での受け入れが基本となる。ドラム缶以外の容器についてはその密閉性などが担保されるまでの間、受け入れしない方針である。なお、汚染土壌の管理には日本環境協会発行の汚染土壌管理票を用いることと本施設には約2,700t分の汚染土壌保管庫があり、少量であれば随時搬入可能である。

(c) 情報公開

本施設は北九州市のエコタウンに隣接し、北九州市が推進するエコタウン事業に賛同して積極的な情報公開を行っている。各種の環境モニタリングや排出モニタリングなどについては改正土壌汚染対策法および北九州市との環境保全協定に基づく追加のモニタリングなどを行い、その結果を随時ホームページ³⁾で公表している。

5. 今後の展望

改正土壌汚染対策法の施行に伴い、これまで塩漬けとなっていた土地の再評価が進み、多くの地点で原状

置封じ込め等の管理が進むものと思われる。PCB汚染土壌についても現地での封じ込め・管理が増加する可能性があるが、掘削除去のニーズも引き続き発生すると考えている。

PCBは単なる汚染物質ではなく、地球環境の中で広域移動するため、世界的に適正な管理・処分が求められているPOPs規制対象物質の1種である。我々はPCB汚染土壌を安全確実に処理し、PCBを分解することで、すでに土壌中に漏洩してしまったPCBの大気や水中への拡散を防止し、地球環境の保全に貢献していく所存である。

6. おわりに

本稿執筆にあたり、運営新会社(株)ジオスチーム殿及びその設立に関わった(株)東芝殿、(株)テルム殿に心より謝意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) 環境省：平成17年度低コスト・低負荷型土壌汚染調査対策技術検討調査及びダイオキシン類汚染土壌浄化技術等確立調査 間接熱脱着＋水蒸気分解法（ジオスチーム法）実証調査 報告書（2006.3）
- 2) 中島、野口、平賀、内山：水蒸気分解法の大規模設備によるPCB汚染土壌の浄化、土壌環境センター 第15回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集、pp.368-373、2009.6
- 3) (株)ジオスチーム ホームページ：環境モニタリング結果、<http://www.geosteam.co.jp/kankyo/index.html>

【筆者紹介】



井澤 武史（いざわ たけし）
 (株)鴻池組
 土木本部 企画部
 企画課長



松生 隆司（まついけ たかし）
 (株)ジオスチーム
 技術部
 主幹



佐藤 岳史（さとう たけし）
 (株)東芝 社会システム社
 水・環境エンジニアリングセンター
 水・環境プロセス技術部
 主務