

# 土壌・地下水環境保全のためのソリューション

## Solution for the Environmental Protection of Soil and Underground Water



寺倉 誠一\*1  
Seichi Terakura

鈴木 英夫\*1  
Hideo Suzuki

小林 誠司\*1  
Seiji Kobayashi

上島 直幸\*2  
Naoyuki Kamishima

栄藤 徹\*3  
Toru Eto

畑野 茂和\*4  
Shigekazu Hatano

平成 15 年 2 月、土壌汚染対策法が施行され、当社は指定調査機関に登録され、平成 15 年 11 月に大規模調査工事を無事完了した。また、平成 15 年 3 月に PCB 汚染土壌を国内で初めてのオンサイト処理で浄化し、平成 16 年 1 月には民間企業より受注した 2 工事も無事完了した。当社は社会のニーズにこたえ調査から対策工事まで一貫して取組み、土壌・地下水環境保全のためのソリューションを提供している。

### 1. はじめに

日本において土壌汚染が社会的に問題となったのは、明治 13 年の足尾銅山鉱毒事件までさかのぼる。昭和 40 年代のカドミウムによる土壌汚染が深刻な健康被害をもたらし、昭和 50 年代に入るとトリクロロエチレン等の揮発性有機化合物、ダイオキシン類等による土壌・地下水汚染が次々に顕在化した。近年では、工場跡地の再開発、企業の ISO14000 取得、所有・取引する土地の経済的価値の確保・確認等、企業の環境対策としての自主的調査が増加した結果、汚染事例が急増している。

平成 14 年 5 月 22 日に土壌汚染対策法が成立、平成 15 年 2 月 15 日に施行され、土壌調査の義務化、調査手法の規格化がなされ、土壌・地下水汚染の調査や浄化など対策全般にわたって新しい局面を迎えることになった。

### 2. 土壌汚染対策法に基づく調査

#### 2.1 土壌汚染対策法

土壌汚染対策法は、土壌汚染の状況を把握するための調査項目、及びその汚染による人の健康被害の防止に関する対策措置を定めることにより、国民の健康を保護することを目的としている。

土壌調査では、まず公的資料、ヒアリング等により土地の使用履歴を調査することで、土壌汚染が存在する可能性を判断し調査密度等の調査計画を策定する。

次に、表層土壌の調査を実施し汚染が存在する地点を二次元的に決定する。最後に対策措置の実施に必要な汚染深さ等三次元的に詳細調査し、その結果を踏まえて対策工事計画を策定し対策工事を行う。このように土壌調査は各調査での結果を踏まえ、段階的に進めていく。

当社は、調査から対策まで一貫して対応し、土壌・地下水環境保全のためのトータルソリューションを提案できる体制を整えている。

#### 2.2 土壌汚染対策法施行状況

平成 15 年 11 月 15 日現在の土壌汚染対策法施行状況は、調査対象が 374 件、このうち調査が猶予された件数は 205 件で、調査結果を報告した件数と調査実施中の件数の合計 65 件と、多くの場所が調査を先延ばしにしている。今後これらの場所も調査を実施するものと考えられる。

また、土壌汚染が判明し、指定区域の台帳に記載された土地の評価額をゼロとすると表明した金融機関が出現し、不動産業界では土地取引の際、土壌調査の実施が必須となっているなど、土壌汚染対策法の施行に伴って土壌汚染を取り巻く環境が大きく変化してきている。

#### 2.3 調査工事への取組み

当社では平成 12 年より土壌調査・浄化事業に参入、平成 15 年 1 月、土壌汚染対策法に基づく指定調査機関に登録され、平成 15 年 6 月から 11 月にかけて土壌汚染対策法に準拠し、国内最大級の調査を実施した。

\*1 神戸造船所機械・環境プラント部土壌浄化事業グループ

\*2 技術本部技術企画部業務グループ主席

\*3 三菱重工環境エンジニアリング(株)神戸事業所溶剤・土壌処理部 専門部長

\*4 ツルイ化学(株)高砂技術センター 主席

本調査工事は約180 000 m<sup>2</sup>の工場跡地について土壌汚染対策法に定められた全25物質を対象に調査を行った。本調査工事の概要を表1に示す。調査により分析した検体数は約2 400検体に上り、迅速な調査を行うため図1に示す自走式ボーリングマシン（ジオプローブ）等を使用した。これまでの調査工の実績、総合エンジニアリング力を結集し、完全な情報管理体制のもと短工期で無事完了した。また、周辺住民へ調査手法、汚染による健康被害等の説明を実施し、調査により汚染が発覚した場所については対策工事計画をまとめ上げた。

### 3. 汚染土壌浄化工事

#### 3.1 汚染土壌浄化技術

汚染土壌対策には、低コスト、短工期、パブリックアクセプタンスが得やすい技術等が求められている。特に低コストな技術として原位置浄化、オフサイト浄化が期待されている。原位置での浄化は、汚染土壌を掘削することなく浄化が可能であるが、揮発性有機化合物による汚染浄化では完了まで長い期間が必要であった。短期間で浄化が可能でバイオ技術が開発されつつあり、当社も検討開始した。それに対しオフサイトでの浄化は、大型設備で稼働率を上げることにより低

表1 調査工事概要

項目	調査内容	備考
調査面積	180 000 m <sup>2</sup>	
調査対象物質	VOC, 重金属, 農薬等 全25物質	物質数にはアルキル水銀を含んでいない
掘削地点数	VOC 443地点 重金属 1344地点 農薬等 6地点	各掘削地点数は重複する地点を含む
分析検体数	VOC 845検体 重金属 1524検体 農薬等 7検体	VOC分析検体数には土壌ガス分析を含む



図1 自走式ボーリングマシン

コストで浄化が可能、重金属等の汚染土壌を搬出した後直ちに土地利用が可能であるといったメリットがある。土壌浄化の先進国であるオランダではオフサイトでの浄化が主流となっており、日本においても今後増加していくものと考えられる。

このようにVOC、重金属については低コスト、短工期の技術が実用化されつつあるが、処理が困難なPCBについてはパブリックアクセプタンスを得やすい適用技術がなく、対策が遅れていた。

#### 3.2 PCB汚染土壌浄化技術

平成13年7月、PCB特別措置法が施行され、PCB廃棄物の処理、土壌汚染対策法の動きとあいまって、PCB汚染土壌の浄化の需要が拡大していくものと予想される。

現在、PCB汚染土壌の浄化技術としては、当社が実用化した溶剤抽出法<sup>(1)</sup>のほか、ガラス固化法、アルカリ触媒分解法、還元加熱法等が挙げられ、ラベルで実用化に向けて幅広く開発が行われている。

当社では、PCB汚染土壌の浄化技術として米国からパブリックアクセプタンスが得やすい溶剤抽出法を導入、有機溶剤処理装置のトップメーカーである当社の溶剤ハンドリング技術と組み合わせ、日本の関連法規、土質や汚染状況に適應できる独自の処理システムを構築した。溶剤抽出法は、汚染土壌を溶剤中に浸漬させ、土壌中の汚染物質を抽出分離する方法である。常温・常圧での処理であるため安全性が高く、処理コストも低い。図2にシステムの処理フローを示す。

本システムは以下の3つの設備から構成されている。

##### (1) 汚染土壌の浄化設備

汚染土壌の浄化設備は、汚染土壌を充てんする抽出塔、洗浄溶剤を貯留する精製溶剤タンク及び洗浄後の溶剤を貯留する排出溶剤タンク、ポンプから成る。汚染土壌を抽出塔に充てんし、精製溶剤タンクから洗浄溶剤を注入して、しばらく抽出塔内で汚染土壌を溶剤に浸漬させることで汚染物質を抽出分離する。この時、汚染土壌中に含まれる水分も抽出される。抽出分離後の溶剤は、抽出塔から排出し排出溶剤タンクに貯留する。この操作を繰り返すことで汚染土壌は浄化され浄化目標まで浄化が行われる。

本設備は、汚染土壌を攪拌することなく静置するシンプルな抽出方式を採用するため、機械トラブルのない信頼性の高いシステムである。また、処理ロット毎の管理が可能である。

##### (2) 溶剤の精製設備

溶剤の精製設備は、精製塔と濃縮塔から構成される。まず、精製塔で汚染物質及び水分を含んだ排出

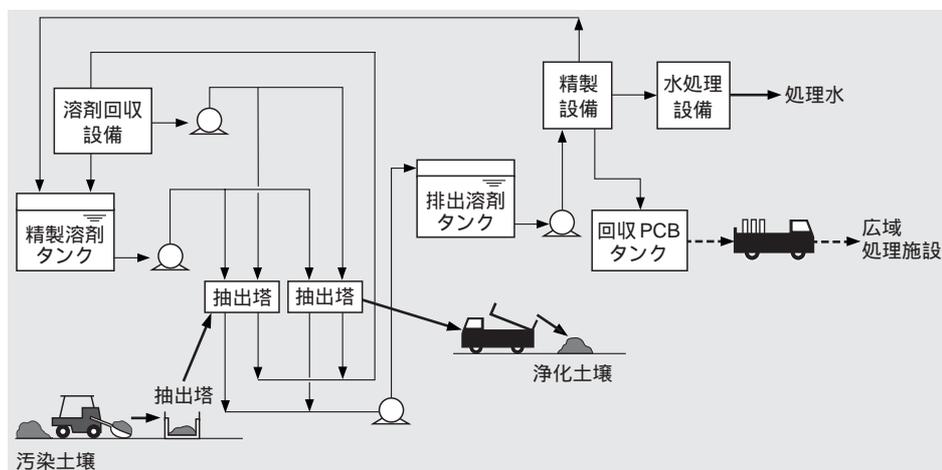


図2 溶剤抽出システムの処理フロー



図3 実サンプル試験装置

溶剤から汚染物質及び水分と溶剤を分離し溶剤を精製する。精製された溶剤は精製溶剤タンクに送り再利用する。つぎに、濃縮塔で汚染物質及び水分から汚染物質を濃縮分離し別途処分する。また、この時、排出される分離水は水処理設備で処理後放流する。

このとき、精製後の溶剤、分離水には微量なPCBの混入も許されないが、当社の蒸留技術によりPCBの混入を防ぎ、かつ、可搬式でコンパクトな精製設備を完成させ、現地で経済的に溶剤をリサイクルすることを可能にした。

### (3) 処理土壌からの溶剤の回収設備

溶剤の回収設備はガス吸引ブロウ、凝縮器及び活性炭塔から構成される。蒸気を抽出塔に送り、抽出塔内に残留した溶剤を気化させる。気化した溶剤をブロウで抽出塔から吸引除去し、まず凝縮器で冷却し凝縮させ、次に活性炭塔により吸着し、溶剤を回収する。活性炭に吸着した溶剤は蒸気により脱着させることで回収し、活性炭を再生する。浄化後の土壌は、再生土として再利用が可能である。

本システムは土壌浄化の先進国であるアメリカで多数の実績を有し、EPA（アメリカ環境保護局）の認定を受けた技術である。本システムは溶剤の選定により、農薬、ダイオキシン類の抽出分離への展開が図れる。また、汚染土壌は土質、汚染物質、共存物質濃度が一様でなく複雑であるため、図3に示す小型・簡易な実サンプル試験装置により、対象土壌、物質に対する最適な溶剤、洗浄回数、浄化性能を精度良く、迅速に評価する体制を整えることで、経済的、安全、確実な処理を提案している。

### 3.3 国内初のオンサイトPCB汚染土壌浄化工事

平成13年3月に神戸市北区で高圧コンデンサの不法投棄が見つかり、その高圧コンデンサから漏えいしたPCBによる汚染土壌が発見された。このPCB汚染

土壌について、当社の溶剤抽出法を用いて独立行政法人国立環境研究所、神戸市との共同研究により、本邦初のオンサイトPCB汚染土壌浄化工事となる実証試験<sup>(2)~(4)</sup>を平成14年度に完了した。

現地での処理に先立ち、実汚染土壌を用いてラボ試験装置により、各エミッションポイント（PCBが放出される懸念のある箇所）におけるPCB濃度を分析し、処理システムの安全性の事前確認を行う基礎試験を実施した。結果を表2に示す。実汚染土壌にて浄化性能を確認し、確実にPCB土壌環境基準以下となることを検証し、ダイオキシン類についても浄化可能であることを確認した。

基礎試験結果をもとに、浄化設備を現地に設置し、オンサイト処理を開始した。浄化工事におけるPCB汚染土壌全47ロットの溶剤抽出法による実証試験結果を表3に示す。処理終了は処理土が土壌環境基準をクリアすることで判断した。

抽出処理の洗浄回数は、処理土壌の確実な浄化を図るため余裕をみて設定したが、平均8.4回となった。また、実証試験設備におけるエミッションポイント、及び関連する環境媒体についてPCB濃度等の定期モニタリングを実施し、処理システム全体の安全性確認を行い、設定した管理目標値を満足する結果が得られた。浄化後の土壌は再生土として現場に埋め戻した。

今回のオンサイトPCB汚染土壌浄化工事により、ラボレベルでは検証不可能な貴重なデータ、ノウハウを取得でき、溶剤抽出システムの浄化性能と周辺環境へのPCBエミッションが少ないことを確認・検証できた。今後、PCB、ダイオキシン類等を含む多様な汚染土壌の処理に対して、処理対象汚染物質の物性や汚染土壌性状に応じた最適な洗浄溶剤の選定、溶剤抽出システムの高度化等により、処理性能アップ及び処理費用の低減を推し進めていく足掛かりとなった。

表2 基礎試験結果

	項目	基礎試験結果	備考
浄化前土壌	PCB濃度 (mg/kg)	118	
	DXN類毒性等量 (pg-TEQ/g)	830	ダイオキシン類特別措置法 土壌環境基準: 1000pg-TEQ/g
浄化後土壌	PCB濃度 (mg/L)	すべて土壌環境基準: 不検出	
	PCB濃度 (mg/kg)	0.1	
	DXN類毒性等量 (pg-TEQ/g)	2.4	
排水	PCB濃度 (mg/L)	0.0005 ~ 0.0023	汚染土壌から分離された水 排水基準(0.003mg/L)以下
PCB濃縮液	PCB濃度 (wt%)	18	
タンクベント (通気口)	排気中PCB濃度 (mg/m <sup>3</sup> N)	0.00005	排ガス基準(暫定) (0.15mg/m <sup>3</sup> N)以下

表3 実証試験結果

	項目	実証試験結果	備考
	処理土壌量 (t)	92	
	浄化後土壌中PCB濃度 (mg/L)	すべて土壌環境基準: 不検出	浄化前: 平均88mg/kg
	排水中PCB濃度 (mg/L)	排水基準: 0.003以下	土壌中水分等
環境 モニタリング PCB濃度	土壌充てん建屋換気 (mg/m <sup>3</sup> N)	0.0015未満	排ガス基準(暫定): 0.15以下を適用
	タンクベント(通気口) (mg/m <sup>3</sup> N)	0.0015未満	
	下流域河川・池 (mg/L)	地下水環境基準: 不検出	

このオンサイト処理の成功により、他サイトでパブリックアクセプタンスを得ることができ、民間企業から2工事を受注した。実証試験に使用した設備を移設し、平成15年9月にオンサイト浄化工事を開始、平成16年1月に無事完了した。

### 3.4 PCB汚染土壌浄化のスキーム

国内初のダイオキシン特別措置法指定地域となった東京都大田区のPCB由来ダイオキシン類汚染土壌浄化工事においては、溶剤抽出方式が採用された。平成16年度開始予定の本工事では、溶剤抽出方式により汚染土壌からPCBを分離し、分離したPCBは環境事業団が江東区に整備中の当社PCB水熱分解法によるPCB無害化施設で処理することが決定している。このように当社が保有する分離技術、無害化技術によるPCB汚染土壌の無害化までのスキームが認知され普及しつつある。

## 4. ま と め

調査に関して、調査品質を維持したコスト低減に努めるとともに、対策に関して、装置の大型化やオフサイトプラント設置による処理能力アップやトータルコスト低減に向け、新技術の開発を進めていく。また、PCB、ダイオキシン類等はもちろんのこと、汚染問題が顕在化しつつある農薬等の有害物質、河川流域における底泥等の底質を含む多様な環境媒体に展開していく。

今後、当社の調査から対策工事まで一貫して対応できる強みをいかし、土壌・地下水環境保全のためのソリューションを提案し、社会のニーズにこたえることにより社会貢献に努めていく。

### 参 考 文 献

- (1) 栄藤徹ほか、溶剤抽出法によるPCB汚染土壌浄化技術、(社)土壌環境センター技術ニュース No.6 (2003) p.33
- (2) 滝上英孝ほか、溶剤抽出法によるPCB汚染土壌浄化処理とモニタリング、地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会第9回講演集 No.139 (2003)
- (3) 酒井伸一ほか、PCB汚染土壌浄化におけるモニタリング手法の開発 国内初、PCB汚染土壌の浄化実証、地球環境4月号(2004) p.98
- (4) 栄藤徹ほか、国内初、PCB汚染土壌をオンサイト浄化、三菱重工技報 Vol.41 No.1(2004) p.34



寺倉誠一



鈴木英夫



小林誠司



上島直幸



栄藤徹



畑野茂和