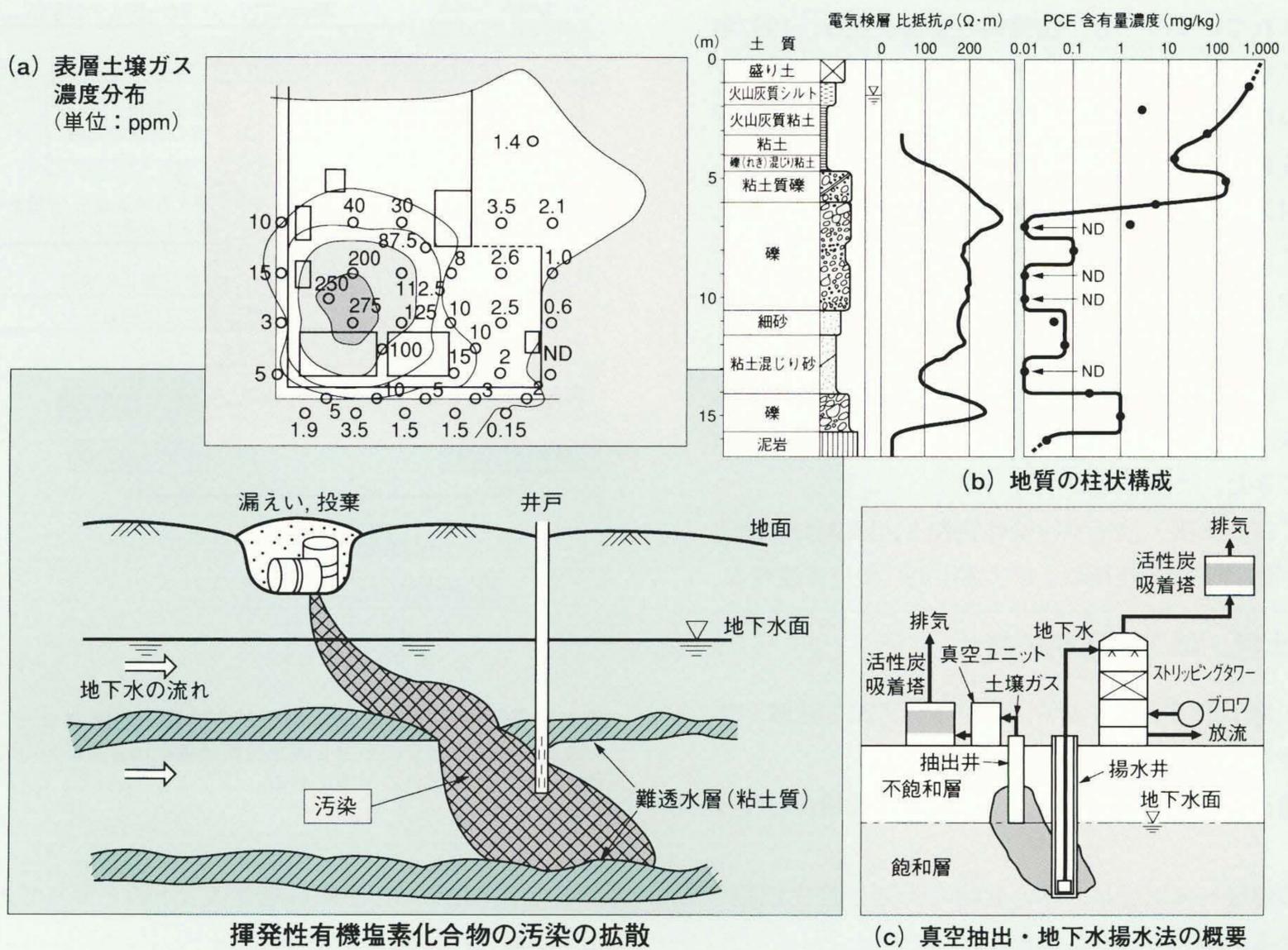


土壌・地下水汚染の調査・浄化技術

Investigations and Remediations for Contaminated Soil and Ground Water

峯田重昭 *Shigeaki Mineta* 中川良男 *Yoshio Nakagawa*
 井上 肇 *Hajime Inoue* 難波 勝 *Masaru Namba*



土壌・地下水汚染

揮発性有機塩素化合物の汚染の拡散を示す。汚染物質が地下水の流れによって敷地外にも拡散するので、揚水井戸などを設けて汚染地下水を揚水し、土壌を浄化する方法を開発している。

土壌を含め、地下環境の重要な構成要素である地下水は一般的に清浄なものとされ、日常生活の中で利用されてきた。しかし、米国シリコンバレーの有機塩素系溶剤による汚染問題を契機に、わが国でも環境庁が全国調査を行い、その結果、多くの土壌・地下水汚染が確認され、その後の調査でも増加傾向にあることが判明した。

汚染した土壌・地下水を浄化、修復する技術は種々あるが、汚染の由来、汚染物質の種類や濃度、汚染の平面や深さ方向の広がり、地質構造、地下水の状況などの諸条件を調査、解析し、適切な浄化方法を選定することが

肝要である。

現在、汚染物質の主なものは、揮発性有機塩素化合物〔トリクロロエチレン (TCE) など〕、重金属、シアン、および農薬である。また最近では、農地を中心に過剰施肥による地下水の硝酸性窒素汚染が顕在化しつつある。

日立グループは、これらの問題に対して早くから研究開発を進め、これらの汚染物質に対応する浄化技術を取りそろえてきた。また、各汚染サイトでの実績を積み重ね、調査・解析から浄化・モニタリングまで、一貫したトータルシステムとして事業を展開している。

1 はじめに

土壌・地下水汚染は、ハイテク分野や金属製品業など、工場での生産過程で発生する有害物質の漏えい、廃棄物埋め立て地からの溶出や、農薬の土壌中での蓄積などによって発生する。わが国でも、1994年に行われた環境庁の調査では、土壌で232か所、地下水で1,151地域の汚染が報告されている。一方、法規制の整備も進み、1997年には地下水汚染源者に対する浄化義務が定められた。また、環境規格“ISO 14001”取得対応のため、汚染調査を実施する企業が増加している。

浄化対策技術も、従来の化学的不溶化処理や、汚染土壌の封じ込めを行う遮水工などの古典的な対策から、汚染物の除去または無害化の革新技術へ移行し、実用化されつつある。

日立グループは、長年蓄積してきた環境関連技術を基に、調査、解析、浄化の各技術について多くの実績を積み重ねてきた。

ここでは、土壌・地下水汚染の特性と、調査から浄化までの手順、浄化対策技術および実施事例について述べる。

2 土壌・地下水汚染の特性

土壌・地下水汚染は、大気汚染や水質汚濁と比較して次の特性を示す。

- (1) 土壌汚染は蓄積性であり、その影響は長期にわたって続く。
- (2) 人の健康への影響は、水、食物の汚染を通じて間接的に現れる。
- (3) 土壌汚染は一般に局所的であり、各汚染場所(サイト)ごとに多様な形態をとる。
- (4) 土壌汚染は発見されにくく、有害物質が地下水帯水層に到達すると、地下水の流動に従って下流に広がる。調査によって有害物質が上流の汚染源者周辺で発見され、大きな社会問題になったことがある。

3 調査から浄化までの手順

調査から浄化までの手順の一例として、揮発性有機塩素化合物などの調査・対策フローを図1に示す。これらの作業では、調査から浄化、さらにモニタリングまで一貫して行うことが望ましい。また、ダイオキシン類についても、1998年1月に「ダイオキシン類に係る土壌調査暫定マニュアル」が環境庁から通達された。日立グループは、この問題についても対応できる体制を整えている。

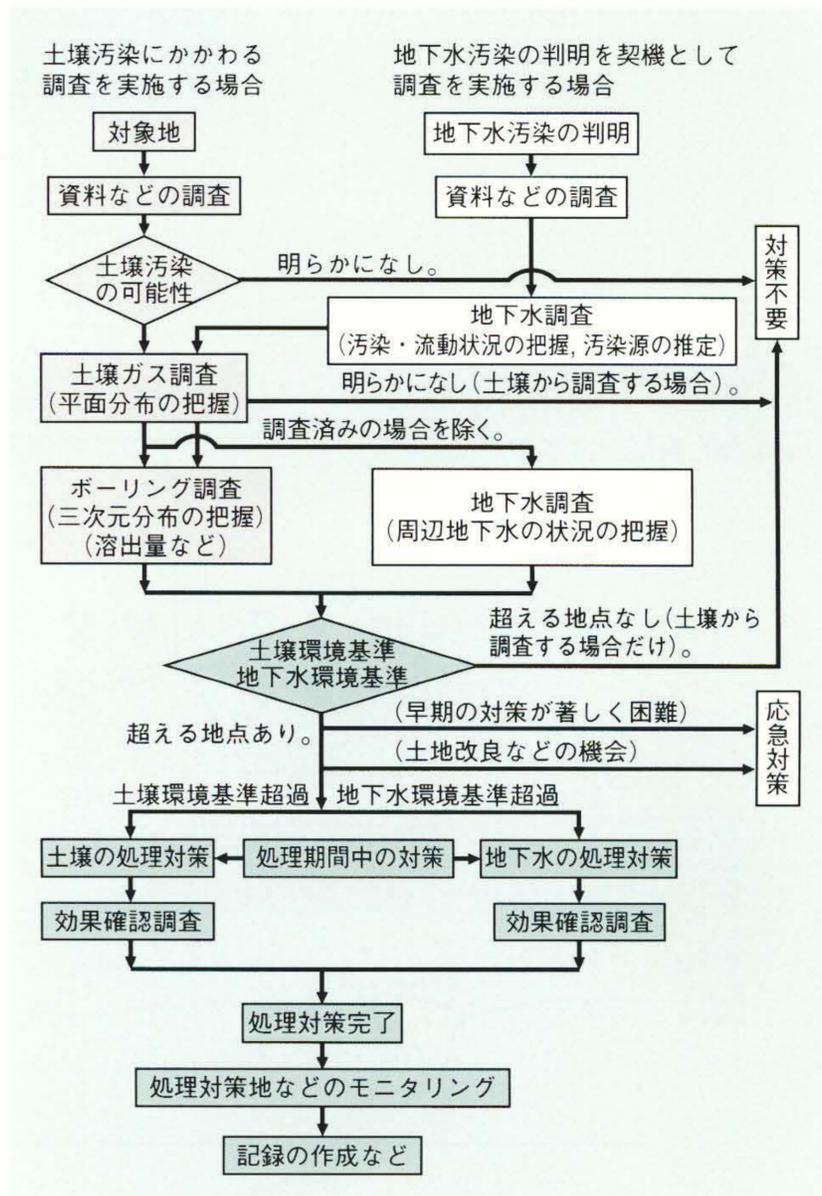


図1 揮発性有機塩素化合物などの調査・対策フロー
調査から浄化までの手順を揮発性有機塩素化合物について示す。重金属類もほぼ同様の手順である。

調査から浄化までの手順の概要は以下のとおりである。

- (1) 予備(資料)調査
既存資料から土地の履歴を調べ、汚染対象物の使用実績や使用場所を把握し、現地の表層調査範囲を特定する。
- (2) 表層(土壌ガス、表土)調査
汚染物質と汚染源を特定するとともに、平面的な広がりや範囲を把握する。揮発性有機塩素化合物では土壌ガス調査を、重金属類では表土調査をそれぞれ行う。土壌ガスは検知管法を基本とするが、複数の対象物質の分離定量ができないので、他の手法(ポータブルガスクロマトグラフ法など)によって物質の同定を行う。
- (3) ボーリング調査
表層調査の最高濃度地点でボーリング調査を行い、深度方向の汚染範囲の特定や、地質構成と土質特性、地下水流向・流速などを調べて、汚染機構の解明を行う。
- (4) 浄化方法の選定・設計
汚染物質や地質構成、地下水の特性などの調査結果に

基づいて、適切な浄化方法を採用するとともに、シミュレーション技術や現場揚水試験、吸引影響範囲確認試験などを行って、設計データの把握と設備の設計を行う。

(5) 浄化結果の評価・モニタリング

浄化効果は、観測井戸の地下水の水質や、土壌ガスの濃度測定を定期モニタリングで確認するとともに、最終的にはボーリング調査によって汚染物質の溶出値(または含有値)分析を行って評価する。

4 浄化対策

4.1 浄化対策技術

浄化対策は、対象媒体(土壌・地下水など)、汚染物質、対象地層により、適切なプロセスを選定しなければならない。媒体と汚染物質別に分類した浄化対策技術と、日立グループの保有技術を表1に示す。

4.1.1 重金属類

六価クロム、鉛、水銀などの浄化技術は封じ込めが中心である。また、分離、分解技術として米国で開発された土壌洗浄法やガラス固化法は、わが国でも実証試験が行われている。日立グループは、「不溶化」や「熱による浄化」の技術を持っている。

4.1.2 揮発性有機塩素化合物

従来の掘削除去や封じ込めよりも、米国で革新的技術として開発された、土壌から汚染物質を分離する真空抽出法や、地下水から汚染物質を分離する揚水ばっ気法が主

表1 汚染土壌の浄化対策技術

各種の浄化対策技術と汚染物質への適用性を示す。現在開発中の技術も掲載した。

浄化対策技術			重金属	有機	農薬など	日立*
土	封じ込め	遮断	○	○	○	○
		遮断, 遮水	○	○	○	○
	分離	不溶化	○	○	○	○
		化学固形化	○	○	○	○
		洗浄	△	—	△	△
		溶媒抽出	△	—	△	△
吸着	加熱	△	○	○	○	
	真空抽出	—	○	—	○	
	キレート	△	—	○	○	
壊	熱	焼却, 溶融, 固化	○	○	○	○
		物理	△	○	—	○
	化学	光(紫外線)還元	△	○	—	○
		触媒オゾン	△	○	—	○
微生物	バイオレメディエーション	—	△	△	△	
地下水	分離	揚水	—	○	—	○
		ばっ気, 吸着	—	○	—	○
	分解	物理	△	○	△	○
		化学	△	○	△	○
微生物	バイオレメディエーション	△	○	△	○	

注：記号説明など ○(実用化段階), △(開発段階), —(該当なし)
* 「日立」の欄は、日立グループで保有している技術を示す。

流となっている。日立グループはこれらに独自の改良を加えて浄化効率の向上を図っている。さらに近年は、微生物分解や熱脱着・熱分解、化学分解なども開発されている。日立グループも、バイオレメディエーションや、光触媒・紫外線併用酸化分解を開発中である。

4.1.3 その他の汚染物質

環境基準項目にない油類や硝酸性窒素による汚染が問題化しており、対策技術の確立が望まれている。特に、新技術として微生物処理法の適用が研究されており、日立グループでは、金属電極を用いた生物電気化学処理法を開発中で、水素酸化脱窒菌による浄化や脱窒菌の担体への付着固定法の確立に取り組んでいる。

4.2 浄化方式と実施事例

日立グループが実施した揮発性有機塩素化合物の浄化実施事例について以下に述べる。

4.2.1 二重抽出法(真空抽出法+揚水ばっ気法)による浄化

二重抽出法は、汚染が地下水面よりも上の土壌にも存在し、かつ地下水面以深にも浸透した場合に適用される浄化法である。抽出井戸を二重管構造とし、揚水によって地下水位を強制的にすり鉢状に下げ、このすり鉢の内部から真空抽出で汚染土壌ガスを吸引する。揚水した地下水をばっ気・活性炭吸着などで処理する。

二重抽出法を概念を図2に示す。

4.2.2 低温加熱処理法による浄化

汚染土壌を掘削し、加熱することによって汚染物質を

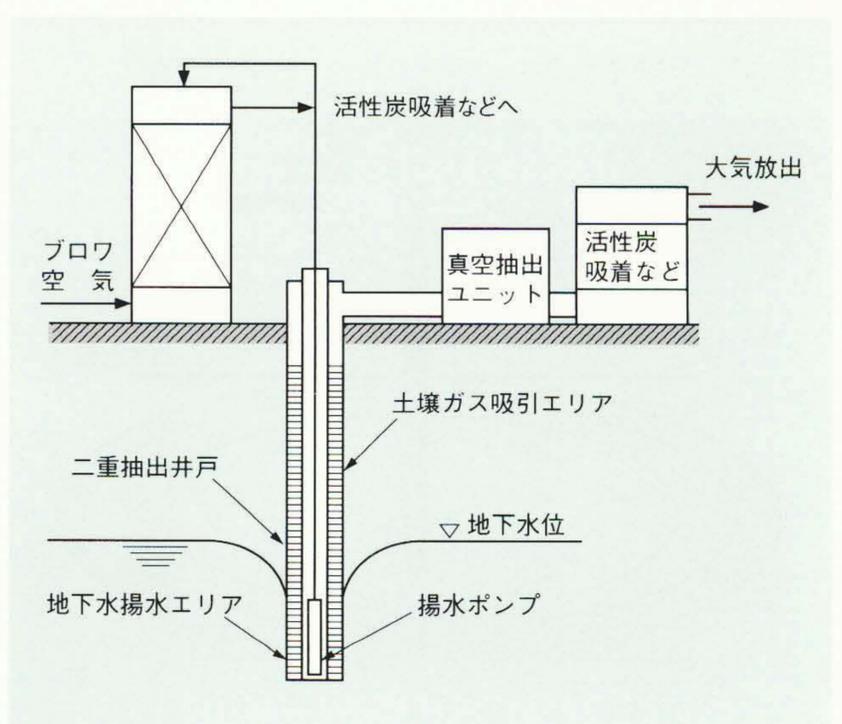


図2 二重抽出法による土壌と地下水浄化の概念

汚染土壌と地下水を同時に浄化する方法であり、浄化期間の短縮に効果がある。

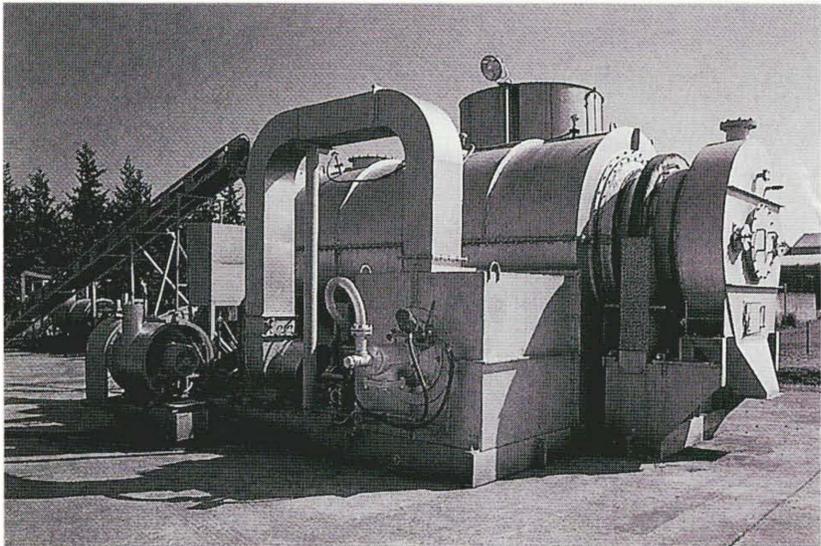


図3 低温加熱法による土壌浄化設備の外観
汚染土壌を掘削、加熱して、汚染物質を熱脱着することにより、短時間で確実に浄化できる。

熱脱着して浄化する技術である。短時間で確実に浄化でき、汚染濃度や土質の影響を受けない。加熱装置では間接加熱式ロータリキルンを採用した。脱着温度は、揮発性有機塩素化合物では沸点が低いため、約150～200℃の低温でよい。実施事例としては、テトラクロロエチレンによる汚染土壌(濃度200 mg/L)200 m³を、40日間で環境基準以下に浄化した。設備の外観を図3に示す。

4.2.3 地下水原位置ばっ気法による浄化

地盤沈下の発生が心配される地域では、地下水を揚水することはできない。このような場合、揚水しないで地下水中に空気ばっ気をすることにより、地下水中の汚染物質を空気側へ移行させて処理する「地下水原位置ばっ気法」が効果的である(図4参照)。

この方式では地上に水処理設備が不要であり、構造も

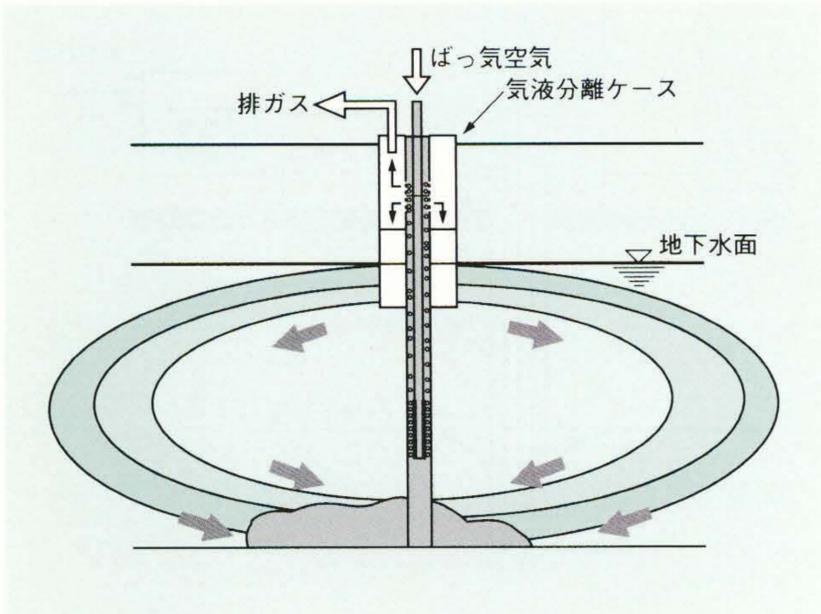


図4 地下水原位置ばっ気法による地下水浄化
地下水は地上にくみ上げられずに復水するので、地盤沈下のおそれがない。

簡単でコンパクトである。実施事例として、帯水層厚さ10 mの地下水(トリクロロエタン汚染)に対してこの方式を適用し、500日で約120 kgのトリクロロエタンを回収した実績がある。

5 おわりに

ここでは、土壌・地下水汚染の調査から浄化までの手法、および浄化対策技術と揮発性有機塩素化合物の浄化実施事例について述べた。

汚染の浄化は長期間にわたって対策を実施しなければならず、多額の経費もかかることから、経済的負担の少ない効率的な浄化方法の適用が大切である。ここで述べた「二重抽出法」や「地下水原位置ばっ気法」は、浄化期間を短縮できる有効な技術である。

土壌・地下水には複合汚染やダイオキシン類などによる新たな汚染の報告があり、日立グループは、今後も効果的な浄化対策技術の開発を推進していく考えである。

参考文献

- 1) 環境庁：土壌・地下水汚染対策ハンドブック(1995)
- 2) 産業環境管理協会：環境管理, Vol.31(1995)
- 3) 日本工業新聞社：月刊地球環境, Vol.29(1998)

執筆者紹介



峯田重昭
1966年日立金属株式会社入社、環境エンジニアリング事業部 所属
現在、土壌・地下水浄化システムの推進に従事
日本機械学会会員
E-mail: Shigeaki_Mineta@po.hitachi-metals.co.jp



井上 肇
1963年日立製作所入社、1994年日立プラント建設株式会社 転属、環境システム事業本部 環境装置事業部 応用装置部 所属
現在、土壌・地下水浄化システムの推進に従事
技術士(環境部門)



中川良男
1970年日立化成工業株式会社入社、商品企画部 所属
現在、水処理機器・システムの商品企画に従事
化学工学会会員
E-mail: hcn00576@niftyserve.or.jp



難波 勝
1986年日立製作所入社、日立研究所、エネルギー・環境研究部 所属
現在、微生物活性を利用した環境浄化技術の研究開発に従事
理学博士
化学工学会会員
E-mail: namba@hrl.hitachi.co.jp