

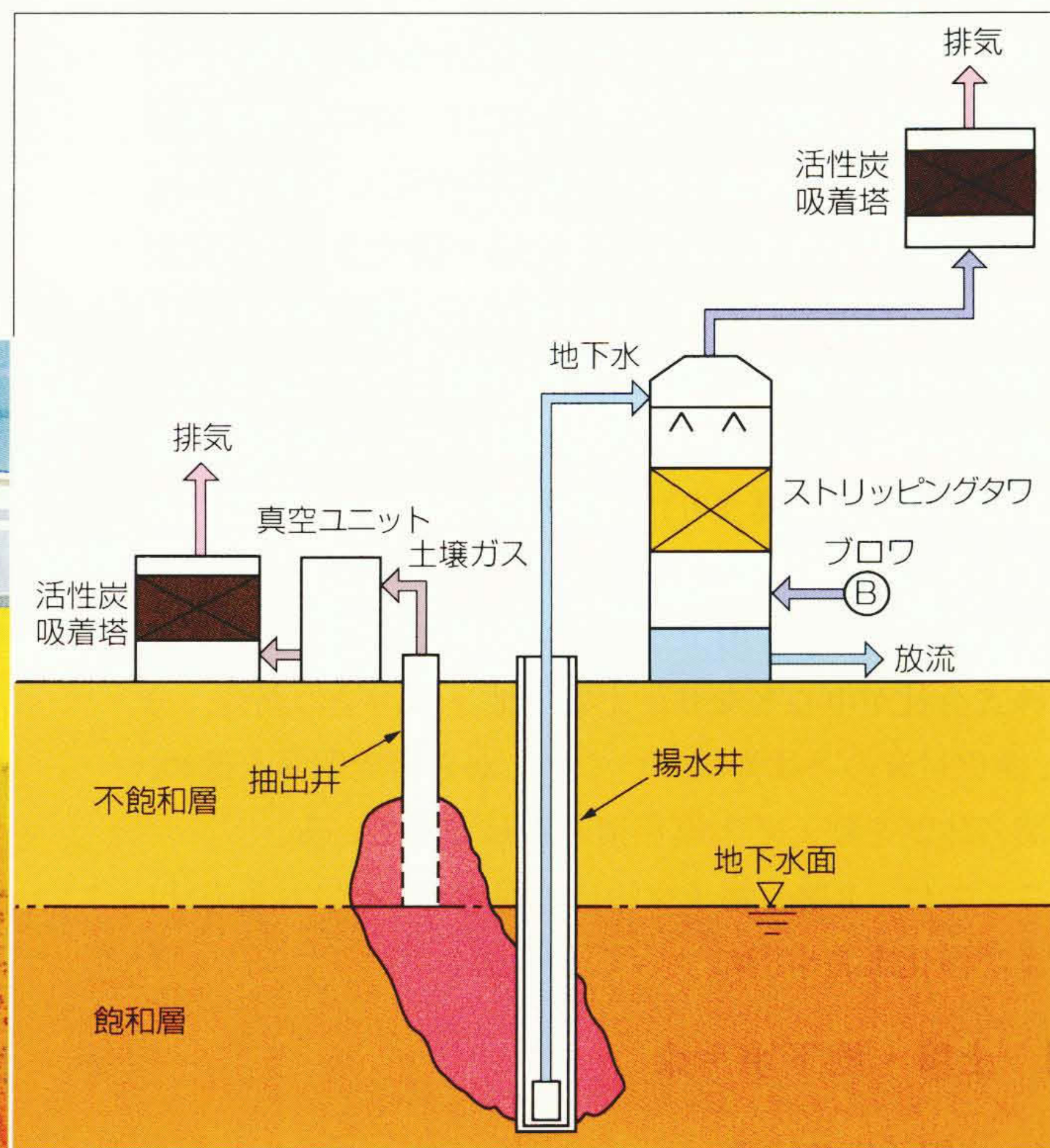
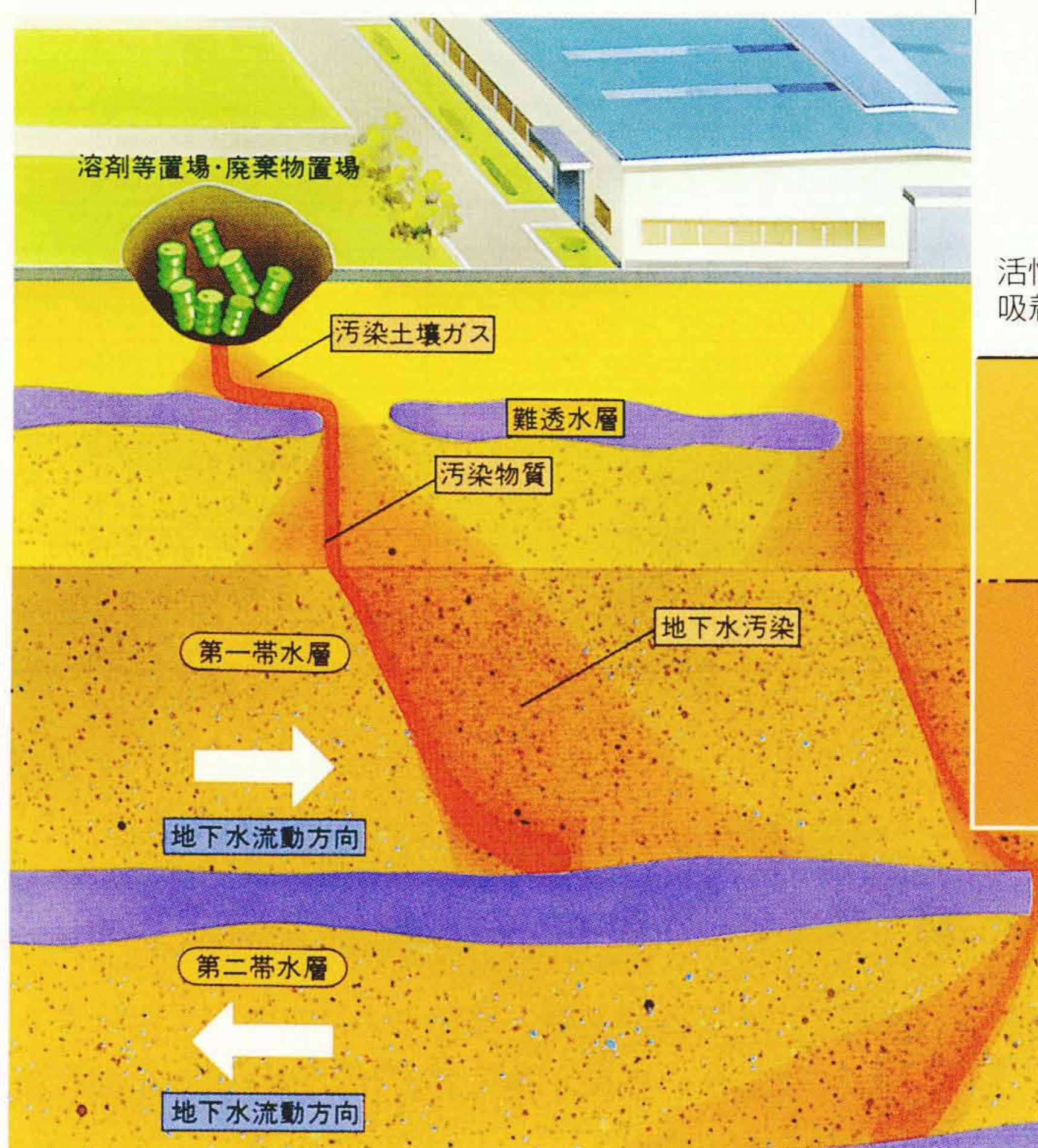
土壌・地下水汚染を防ぐ調査分析・浄化技術

Countermeasures Against Contaminated Soil and Ground Water
—Investigations and Remediations—

中村 隆* Takashi Nakamura

井上 肇** Hajime Inoue

薛 育明*** Yu-Ming Hsueh



土壌地下水汚染

揮発性有機塩素化合物の汚染の拡散を模式的に示したものが左下の図である。汚染物質が地下水の流れによって敷地外にも拡散する。そのため、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(右上の図)。

土壌は水、大気とともに環境の重要な構成要素であり、生態系の維持や環境の浄化などの多様な機能を持っている。近年、科学物質等の種類と量の増大で土壌への負荷が増し、漏洩(えい)などによって汚染が蓄積して環境問題が多発する傾向にある。

わが国では、1994年に土壌にかかわる環境基準の改定が行われ、次いで「土壌・地下水汚染の調査・対策指針」が示されるなど、土壌・地下水汚染の対

策に関する基盤が出来つつある。

日立グループは、早くからこの土壌・地下水汚染問題に対して研究開発を進めてきた。長年蓄積してきた環境関連技術を総合し、有機塩素系化合物や重金属、油による汚染について、調査、分析、浄化まで一貫して対応できる体制を整えている。また、各汚染サイトでの経験を積み重ねながら、あわせて技術開発も進めている。

* 日立金属株式会社 機装事業部 ** 日立プラント建設株式会社 水処理事業部 技術士(環境部門) *** 日立製作所 計測器事業部 工学博士

1 はじめに

土壌汚染は、化学や金属等各工業での生産や消費の各過程での有害物質漏洩、廃棄物埋め立て地からの溶出、あるいは農薬の散布などで土壌に蓄積されることによって発生する。汚染物質の主なものは、カドミウムなどの重金属、揮発性有機塩素化合物(溶剤)、農薬、油類、およびその他の化学物質である。最近では、特に有機塩素系化合物による土壌や地下水の汚染が顕在化してきている。

制度面などで欧米に遅れていたわが国でもしだいに法制度などの整備が行われ、1994年には土壌にかかわる環境基準の改定や調査・対策の指針が制定された。また、最近のISO環境監査制度の適用動向から企業や社会の土壌環境への関心も高まり、対策技術の開発も盛んに行われている。

日立グループは、日立金属株式会社や日立プラント建設株式会社を中心となり、土壌・地下水汚染の調査、分析、浄化対策の各技術について早くから研究開発を進め、事業の体制を整えて実績を積み重ねてきている。

ここでは、土壌・地下水汚染の問題と、その対策方法、および浄化実施事例について述べる。

2 土壌・地下水汚染

2.1 土壌汚染の特徴

- (1) 土壌汚染は蓄積性であり、外からの物質の供給がなくなっても地下水などへの影響は長期にわたる。
- (2) 汚染は、植物や土壌生物へは直接的に、人の健康へは水、大気、食物を通じて間接的に悪影響をもたらす。
- (3) 土壌汚染は局所的であり、汚染物質の種類や地質構造などの諸条件によって各汚染場所ごとに多様な形態をとる。
- (4) 汚染は発見されにくく地下水汚染によって初めて発見される場合が多い。そのときはすでに広範囲に拡散し、大きな社会的な問題になる。

2.2 土壌・地下水汚染への取組み状況

カドミウム汚染を機に、1970年「農用地の土壌汚染の防止」に関する法律、次いで1991年に「土壌汚染に係る環境基準」が制定され、1994年には有機塩素化合物を含む15物質の追加などの改定が行われた(表1参照)。あわせて、「重金属等に係る土壌汚染調査・対策指針及び有機塩素系化合物等に係る土壌・地下水汚染調査・対策暫定指針」が環境庁から示された。

1996年では地下水に関する水濁法の改正など、しだい

表1 土壌汚染にかかわる環境基準
平成6年2月15日に環境庁によって改正されたものを示す。

項 目	環 境 基 準
カドミウム	0.01 mg/L以下
全シアン	不検出
有機リン	不検出
鉛	0.01 mg/L以下
六価クロム	0.05 mg/L以下
ヒ素	0.01 mg/L以下
総水銀	0.0005 mg/L以下
アルキル水銀	不検出
PCB	不検出
銅	(農)125 mg/kg未満
ジクロロメタン	0.02 mg/L以下
四塩化炭素	0.002 mg/L以下
1,2-ジクロロエタン	0.004 mg/L以下
1,1-ジクロロエチレン	0.02 mg/L以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 mg/L以下
1,1,1-トリクロロエタン	1 mg/L以下
1,1,2-トリクロロエタン	0.006 mg/L以下
トリクロロエチレン	0.03 mg/L以下
テトラクロロエチレン	0.01 mg/L以下
1,3-ジクロロプロベン	0.002 mg/L以下
チウラム	0.006 mg/L以下
シマジン	0.003 mg/L以下
チオベンカルブ	0.02 mg/L以下
ベンゼン	0.01 mg/L以下
セレン	0.01 mg/L以下

に土壌や地下水汚染に関する規制が強化されてきている。

3 調査から浄化までの手順

日立グループは、土壌・地下水汚染について調査から浄化までの幅広い技術を持っており、環境保全事業に積極的に取り組んでいる。

土壌・地下水汚染についての調査から浄化までの手順を図1に示す。これらの作業では、調査から浄化完了、さらにモニタリングまで一貫して行うことが望ましく、日立グループはそのための技術と体制を早くから整えて対応している。

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) 調査解析

まず、土地の使用履歴や、地下水、地質に関する既存の資料を収集し、現地の概況調査によって平面的な汚染の有無と広がり把握する。

次にボーリング調査を行って深度方向の汚染や地質、地下水の特性などを調べ、シミュレーション技術などを駆使して総合的に汚染の原因や汚染拡散の機構を解明する。

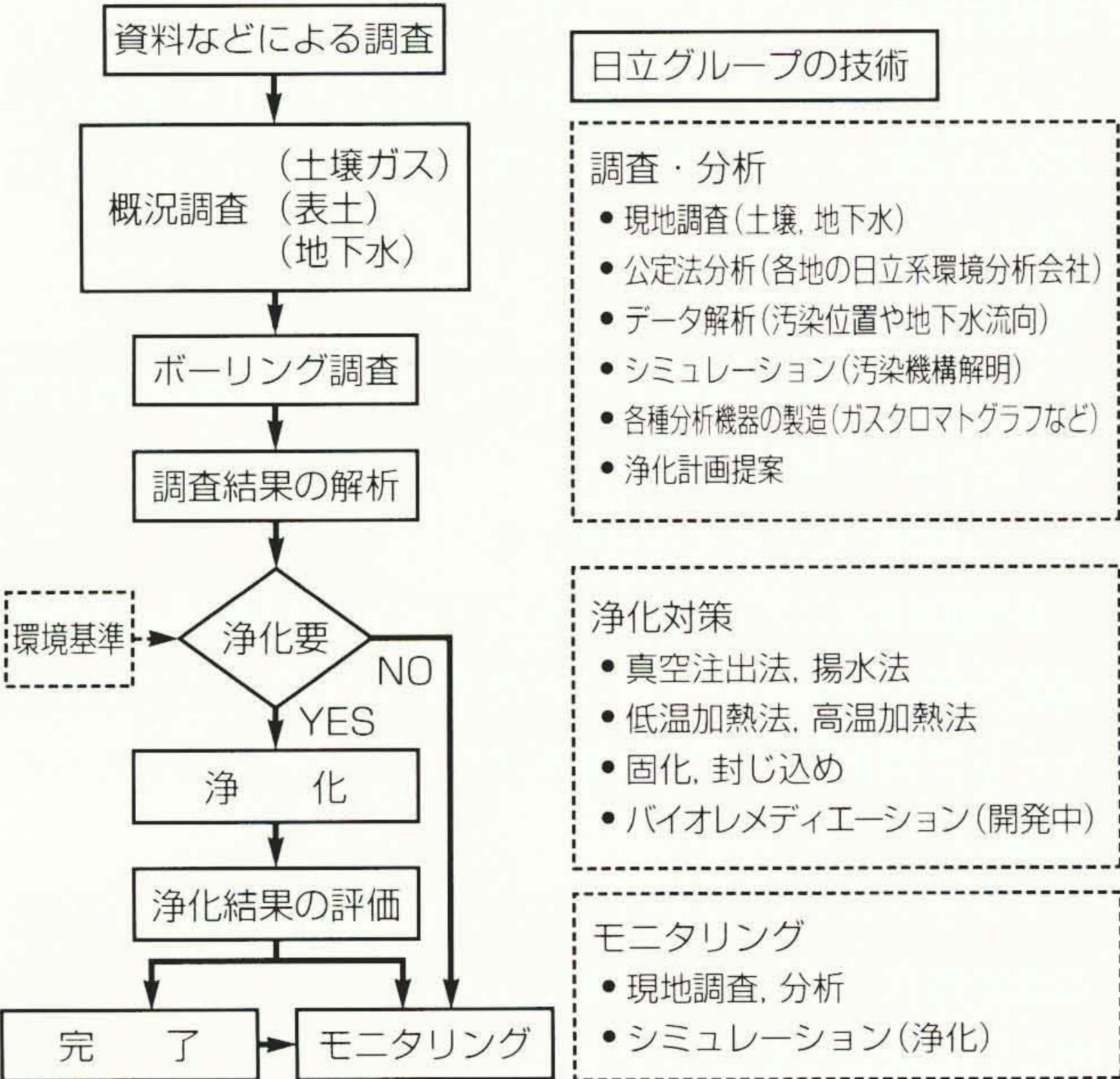


図1 有機塩素系化合物の調査と対策の手順
調査から対策までの手順を代表的汚染物質である有機塩素系化合物について示す。重金属などでもほぼ同様なのでここでは省略した。

(2) 浄化
汚染現場の条件は汚染物質、地質構造、土地の利用状況など多岐にわたっているため、調査解析結果に基づいて、最も合理的な浄化方法を採用する。

4 汚染分析技術

土壌・地下水の分析には、以下に述べる公定分析法と、それを補完するための簡易分析法で対応する。

(1) 公定分析法
公定分析法は、土壌にかかわる環境基準、水質汚濁にかかわる環境基準にそれぞれ定められている。
土壌については溶出法で分析を行う(10倍希釈)。有機塩素化合物などには、ガスクロマトグラフ法やガスクロマトグラフ質量分析法を、重金属などには吸光光度法、原子吸光度法、ICP(Inductively Coupled Plasma)発光分析法などを適用する。

日立製作所はこれらの分析機器を製造、販売しており、また、環境などの分析専門企業を各地区に配置している。
代表的な分析機であるガスクロマトグラフ質量分析計を図2に示す。

(2) 簡易分析法
公定分析法は試料輸送などの時間がかかるため、現場で即座に結果のわかる簡易分析法が主に用いられている。



形 式	分 解 能	マスレンジ
M-7100	≥ 2 M(m/z 10～650)	m/z 10～650

図2 ガスクロマトグラフ質量分析計
この分析計は有機塩素系化合物の公定法分析に使用できる。

5 浄化対策

5.1 浄化技術
浄化対策は汚染物質の特性や地質構造、地下水特性などにより、拡散防止(封じ込め)、回収(分離)、無害化(分解)などの各方式から最適な技術を採用する。

日立グループの浄化対策技術を表2に示す。
(1) 重金属などの浄化対策技術
重金属などに対しては封じ込めと不溶化が実績のある浄化技術であり、洗浄や熱処理などの分離回収技術は

表2 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の適合性を示す。現在開発中の技術も掲載している。

浄化対策技術			重金属	有機	農薬など	日立*
土	封じ込め	遮断	○	○	○	○
		不溶化	○	○	○	○
	分離	洗浄	△	—	△	△
		気化	△	○	○	○
		真空吸引	—	○	—	○
		吸着	△	—	○	○
壌	分解	熱	△	○	○	○
		物理化学	△	△	—	△
		微生物	—	△	△	△
地下水	分離	揚水	—	○	—	○
		物理化学	△	△	△	△
		微生物	—	△	△	△

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

現在研究開発中である。

(2) 有機塩素系化合物の浄化対策技術

有機塩素系化合物は比重が水より大きく粘性が低い。そのため移動性が大きく、地下水にまで汚染が及ぶ事例が多い。これらの汚染には、掘削除去、土壌ガス吸引、地下水揚水などで対処している。また、土壌中で直接無害化する処理技術や、分離回収後無害化するための技術を開発中である。

(3) その他の汚染物質の浄化対策技術

環境基準項目にない油類やほかの化学物質も土壌汚染の原因になることがある。工場の油汚染に対して掘削や遮蔽(へい)、固化などで浄化した事例も数多い。

(4) 新浄化技術の開発

土壌・地下水汚染はさまざまな条件や制約があり、コスト面でも改善が必要である。そのため、各社とも技術

開発に力を入れている。中でもバイオレメディエーション(微生物による土壌浄化法)が注目され、日立金属株式会社は研究コンソーシアムに参加しながら、実用化を目指して開発を進めている。

5.2 浄化実施事例

日立グループで実施した有機塩素系化合物の汚染対策事例について以下に述べる。

(1) 真空抽出法による土壌浄化

真空抽出法は、地表から地下水面まで(不飽和帯)の高濃度汚染部に抽出井を設け、地上の真空ポンプで土壌ガスとして抽出し、汚染物質を活性炭で分離回収するものである。

テトラクロロエチレンなどで汚染された場所を真空抽出法で浄化した結果を図3に示す。

(2) 揚水法による地下水浄化

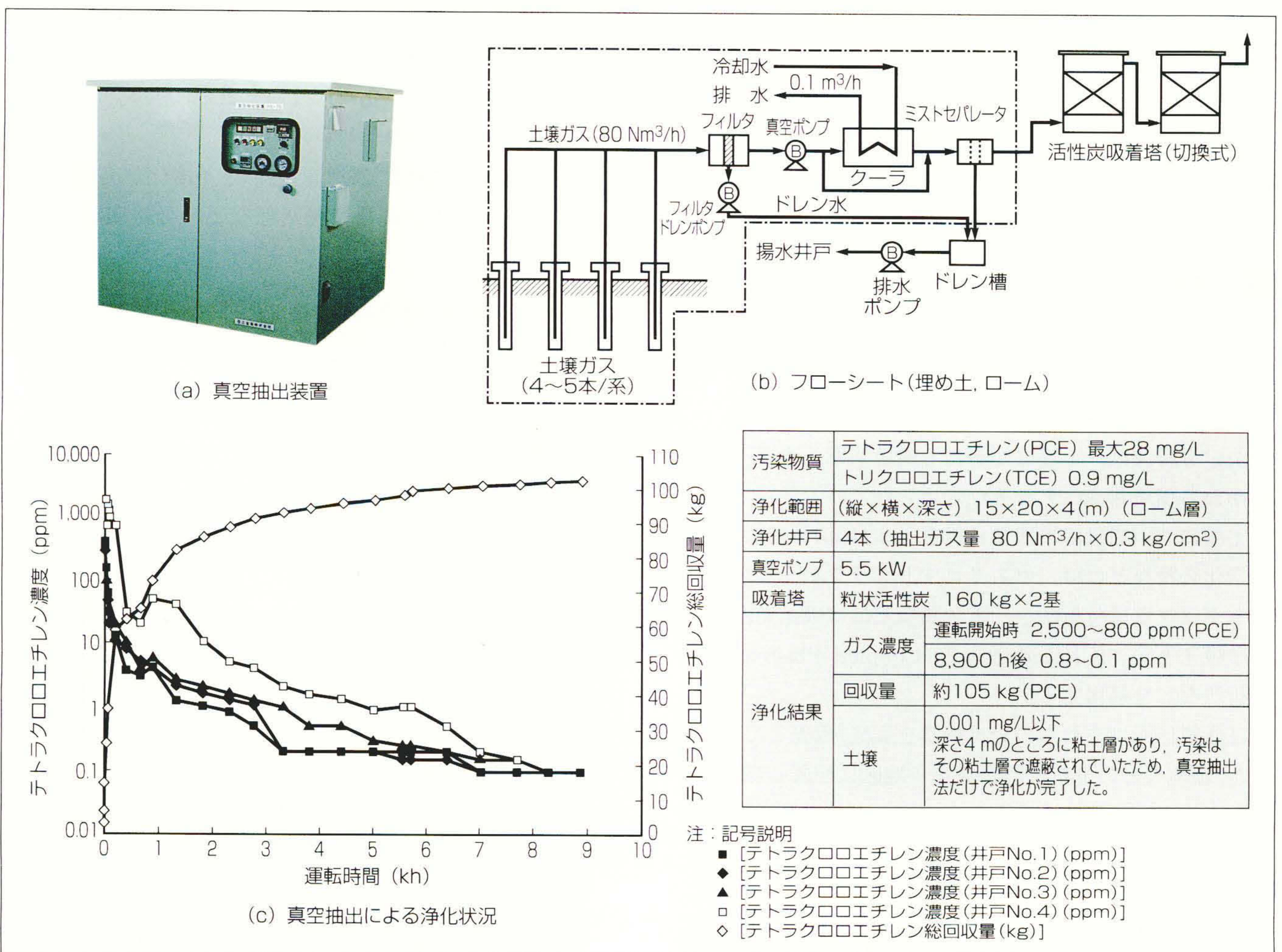


図3 真空抽出法による土壌浄化

テトラクロロエチレンで汚染された土壌を真空抽出法で浄化し、約105 kgのテトラクロロエチレンを回収して浄化を完了する。

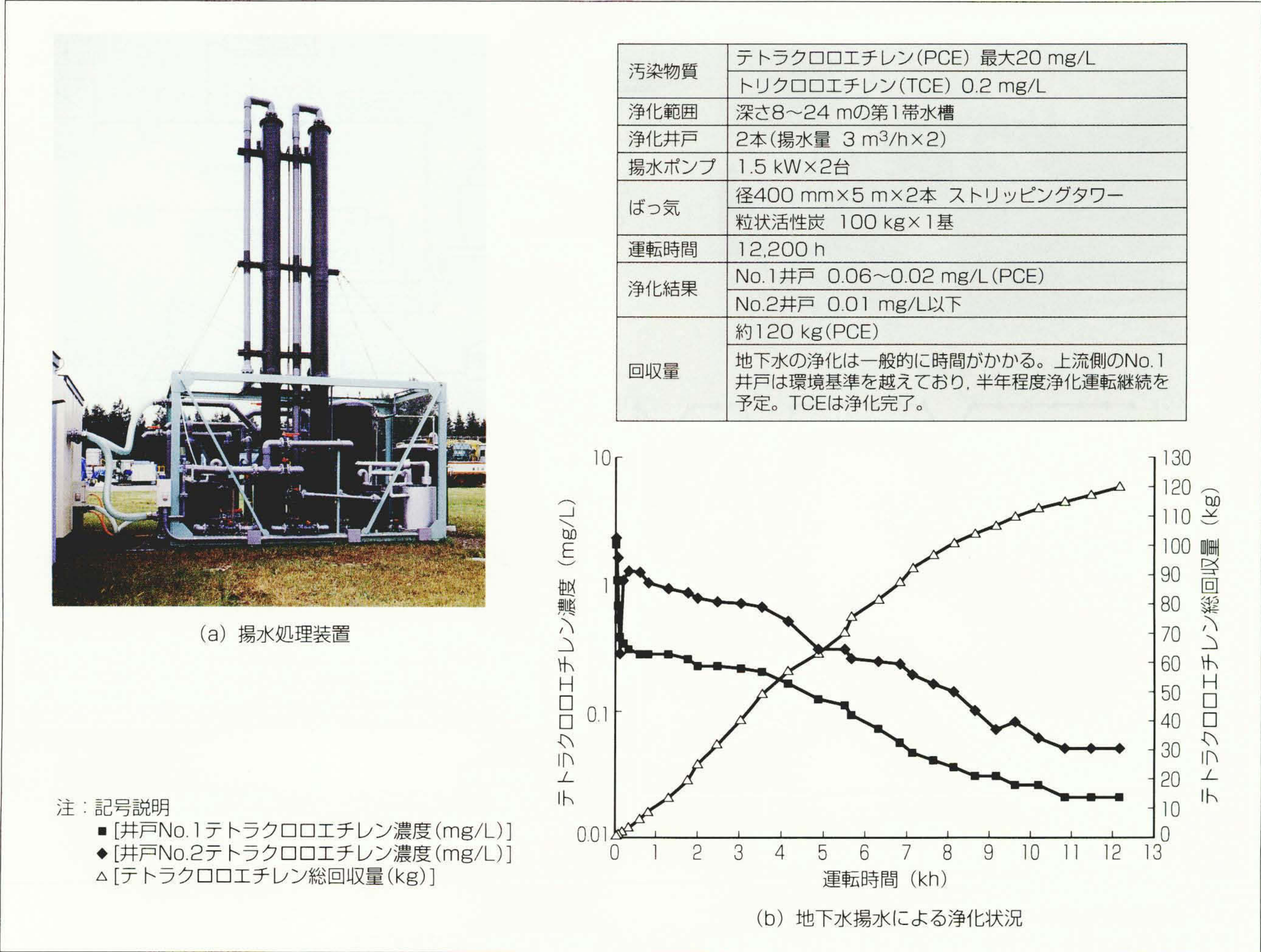


図4 揚水法による地下水浄化
 トリクロロエチレンで汚染された地下水を揚水ばっ気法で浄化している様子を示す。現在も稼動中であり、500日で約120 kgのトリクロロエチレンを回収した。

揚水法は、地下水の流向、地質構造などを考慮して井戸を設置し、揚水、ばっ気などによって汚染物質を活性炭で分離、回収するものである。

テトラクロロエチレンなどで汚染した地下水を揚水法で浄化した結果を図4に示す。なお、この例では現在も浄化中である。

(3) 低温加熱処理法による掘削浄化

低温加熱処理法は、汚染が地表近くで掘削できる場合、汚染土壌を掘削して低温加熱処理装置で汚染物質を分離回収する方法であり、汚染濃度や土質の影響を受けずに短期間で確実に浄化できる。加熱温度は汚染物質の沸点などで決まるが、約150~200℃程度の低温でよい。

低温加熱処理法の実施事例を図5に示す。

6 廃棄物最終処分場の浸出水処理設備

廃棄物の最終処分場では、シュレッダダスト、不燃物、焼却灰などが埋め立て処分されているが、長期の埋め立て保管中に含まれている有害物質が雨水などで溶出し、土壌・地下水汚染の原因となることがある。

日立グループは、有害物を含んだ浸出水を安全かつ衛生的に無害化する浸出水処理設備を製品化している。

浸出水の処理システムフローを図6に、処理後の放流水水質例を表3にそれぞれ示す。

7 おわりに

ここでは、土壌・地下水汚染の問題、調査から浄化までの対策、および浄化実施事例について述べた。

土壌や地下水の汚染は法制度の整備を待つ間にも拡散

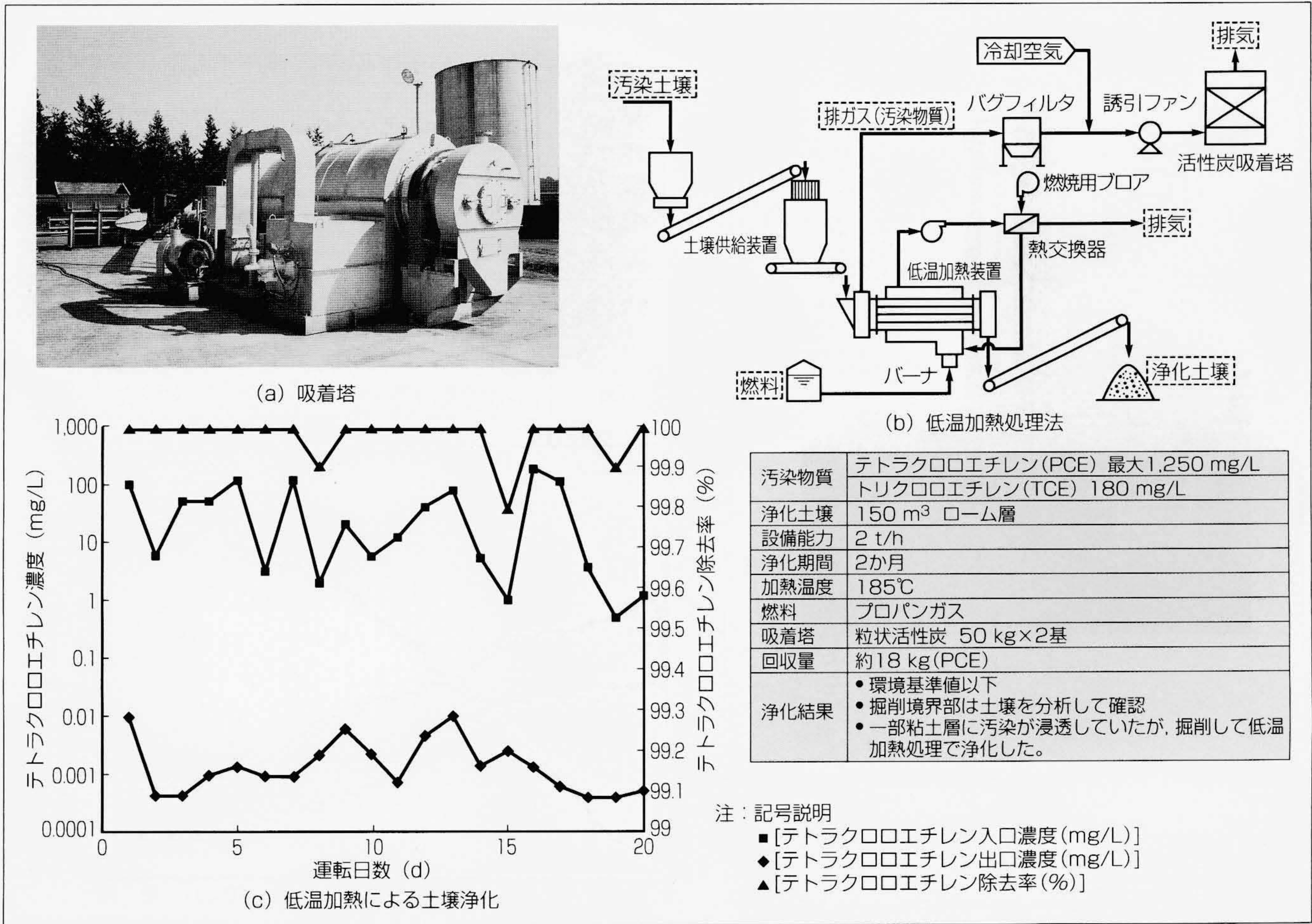


図5 低温加熱処理法による土壌浄化
テトラクロロエチレンで汚染された土壌を掘削し、低温加熱で浄化して汚染物質を活性炭で回収する。

表3 放流水水質
処理後放流する水質を示す。

水 質 項 目	水 質
pH	5.8～8.6
BOD	10 mg/L以下
COD	10 mg/L以下
SS	10 mg/L以下
T-N	10 mg/L以下
重金属	水濁法基準値以下
色度	30度以下
大腸菌群数	1,000個/cc以下

注：略語説明
BOD(Biochemical Oxygen Demand；生物化学的酸素要求量)
COD(Chemical Oxygen Demand；化学的酸素要求量)
SS(Suspended Solid；懸濁物質)

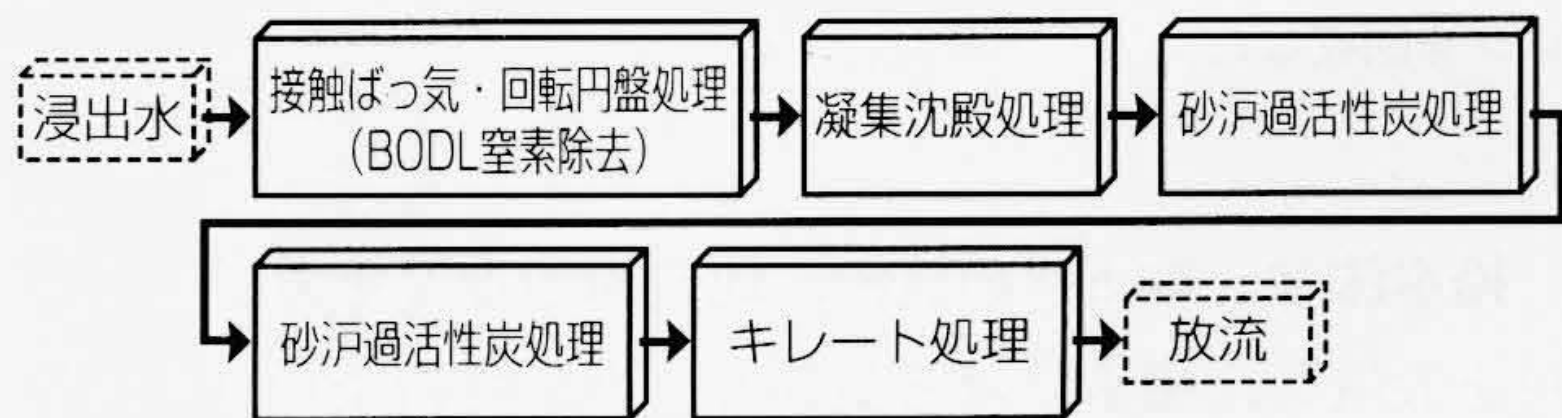


図6 浸出水の処理システムフロー
浸出水の処理システムの代表的なフローを示す。

し、人の健康や自然環境へのリスクが増大するため、早急な汚染対策の実施が肝要である。

これからも日立グループは、土壌・地下水環境を保全するために経済的で多様な、汚染条件に対応できる浄化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) 小松田, 外訳：地盤と地下水汚染の原理, 東海大学出版会(1995)