



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	廃棄物関連の土壌・地下水汚染を対象とした汚染診断・修復システムの開発
Author(s)	古市, 徹; 東海, 明宏; 石井, 一英 他
Description	第6回衛生工学シンポジウム (平成10年11月5日 (木) -6日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 廃棄物 . 1-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 6, 15-20
Issue Date	1998-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7314">https://hdl.handle.net/2115/7314</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	6-1-4_p15-20.pdf



1-4

廃棄物関連の土壌・地下水汚染を対象とした汚染診断・修復システムの開発

古市 徹、東海明宏、石井一英(北海道大学)

○寺尾 康(クボタ)、和田卓也(建設技術研究所)、森下兼年(東和科学)

1. はじめに

廃棄物の不法投棄・不適正保管・不適正処分起因する土壌・地下水汚染が社会問題となっている。汚染修復対策を迅速に進めるためには、調査・解析・修復等の個々のプロセスだけではなく、それらの総合化、システム化も必要である。そこで汚染発覚後の調査から修復対策代替案の提言までを一括して行うことのできるシステム、すなわち医者が患者を診断し、しかるべき総合判断を基にした処方箋を提示することをイメージとした「汚染診断修復支援システム」<sup>1)</sup> (以下診断システムと記す) の確立を最終目標とし研究に取り組んでいる。今回は、廃棄物による汚染の対策の考え方及び診断システムのフレームを整理し、さらに診断システムの構成要素のうち診断カルテ、データ管理システム及び修復方法の設計に関しての中間報告を行う。

2. 廃棄物による汚染対策の考え方

2.1 対策のフロー (図1)

廃棄物による汚染対策の考え方を整理するにあたって、U.S.EPAのスーパーファンドプログラムのRemedial Investigation/Feasibility Study (RI/FS; 恒久措置調査/実行可能性調査)<sup>2)</sup>を参考にした。さらにそれを現在の日本の汚染状況に対応させるため以下の点を考慮した。

①汚染源である廃棄物に関する調査をおこない、その汚染源リスクによっては、緊急対策を行う必要

のあること。②初期現場調査を含むスコーピングで浄化対策全体の構想計画を立案し、対策期間・コスト等の制約を考慮し、段階的に優先順位の高いものから対策を行う必要があること。③効率的な調査を行うため、修復技術選択(スクリーニングも含む)を同時に行う必要があり、調査を行う前に、調査データの使用目的や、必要とされる数・精度等を整理したDQO(Data Quality Objective)を構築する必要があること。

2.2 スコーピング

図1に示したスコーピングは、汚染サイト全体を見渡し、問題点を整理し、今後どのような方針で対策を講ずるべきか、つまり現実的に実行可能な対策をどの程度の期間で、どのような順序で実行するかを計画する重要なパートであると位置づけられる。具体的なスコーピングのイメージを図2に示す。スコーピングとは、修復計画を策定するにあたっての制約条件を考慮しながら、既存情報の収集、初期現場調査を行い、必要に応じて緊急対策の実施を行う。またアウトプットとして、①浄化方法(浄

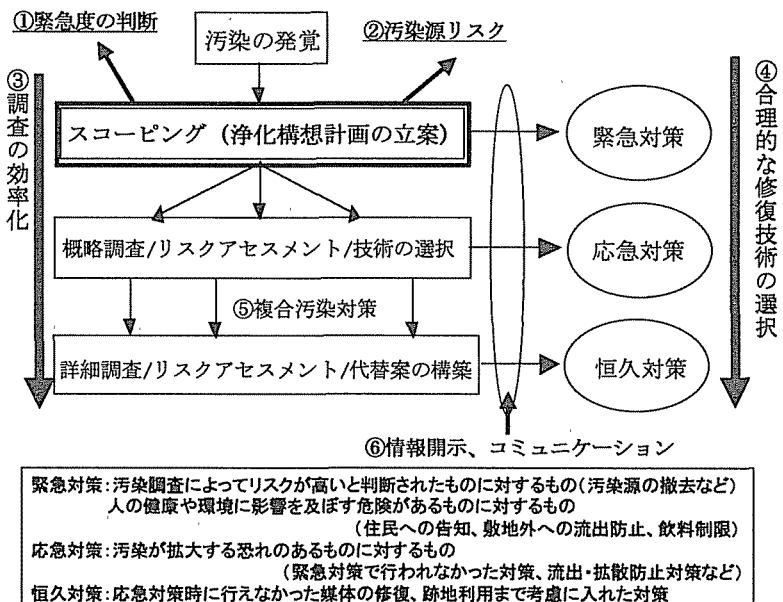


図1 廃棄物による土壌・地下水汚染対策の考え方

化目標、期間、コストの前提条件の予備的決定、各段階での目的と作業内容)、②調査計画(測定範囲、位置、媒体、測定汚染物質、サンプリング・分析方法)、③予備的な応急対策の代替案、④適用される法律の整理、⑤社会(住民)との連絡手段、合意形成・情報開示に関する計画をまとめた「浄化構想計画」を構築する。

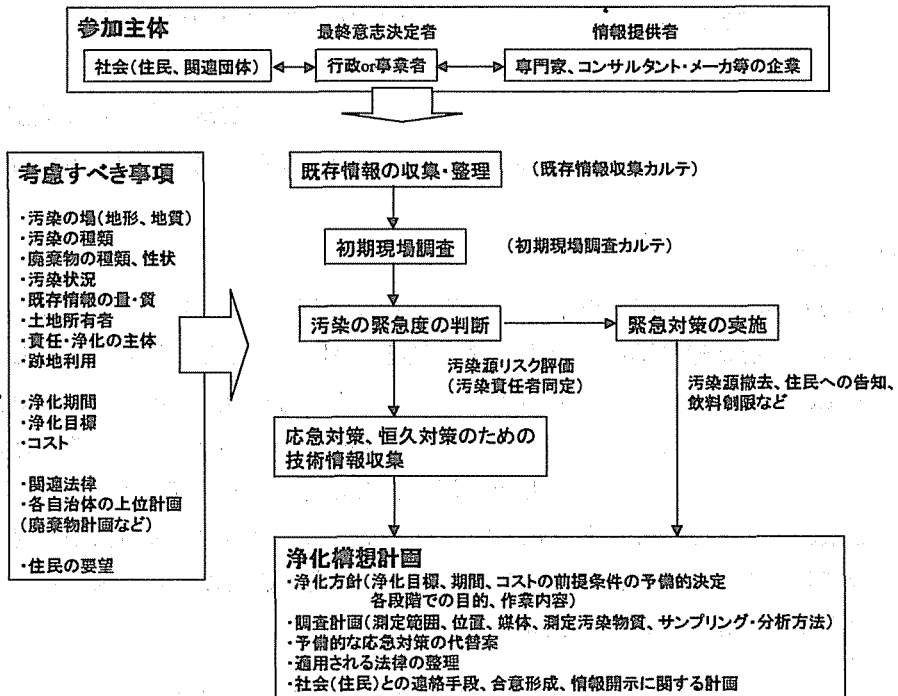


図2 スコーピングのフロー、参加主体及び考慮事項

### 3. 診断システムの構成

診断システムの主たる

要素とその構成について図3に示す。診断システムは、診断カルテ、データ管理システム、解析/評価(シミュレーション)、修復方法の設計という4つの要素で構成される。シミュレーションは得られた情報や測定結果などをもとに地質構造の推定、地下水流れ場の推定、汚染物質移動予測、修復効果予測等を行うものとして位置づけられるが、これは今後の課題として、以下では他の要素である診断カルテ、データ管理システム及び修復方法の設計について述べる。

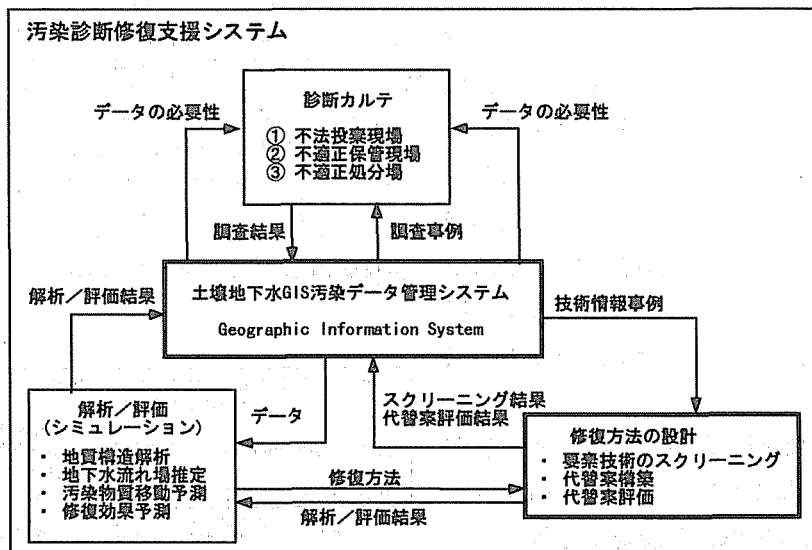


図3 汚染診断修復支援システムの主たる要素とその構成

#### 3.1 診断カルテ

診断カルテとは、調査目的、調査項目、評価項目、次段階へ向けての計画に関して記入する標準化されたシートである。また調査を行う上でのチェックシートの役割を果たし、調査の漏れの有無だけでなく、今後どの部分の調査が必要であるか確認するためにも用いることができる。また廃棄物による汚染では、汚染の種類によって既存情報が異なるので、不法投棄、不適正保管、最終処分場それぞれ異なったカルテが必要であり、また調査の進行段階に応じて内容も変化する。そこで、不適正保管現場を対象としたスコーピング段階の初期現場調査の診断カルテを表1に示す。初期現場調査は目視を含めた調査を実施することが重要であり、高汚染領域や敷地外へ流出しそうな箇所といった緊急

表1 初期現場調査カルテ（不適正保管現場を想定）

度の高い部分を抽出することがポイントである。また住民への聞き取り調査なども行い、今後の浄化対策においてどのような対策を優先することを望んでいるかを予め調べることも必要である。初期現場調査の評価事項としては、廃棄物の汚染源としてのリスク、汚染物質の移動・拡散状況、敷地外への流出の有無、汚染水の飲用、また他の汚染源有無についてである。

3.2 GIS(地理情報システム)を利用したデータ管理システム

診断カルテ

にまとめられる調査項目は、多くの地点について非常に多岐にわたる。結果として数多くの汚染物質のデータを取り扱うことになるが、個々のデータをサイトの地点データと結びつけ、濃度分布等を現場地図上で考察することによって、汚染の広がりを確実に把握することが出来る。これを実現するツ

目的	既存情報で不足していた情報収集。既存情報の確認 汚染サイトが周辺の人や環境に影響を与えているかを判断する。クリティカルな場所が無いか確認する				
要素	方法	分類	項目	記入欄	
汚染源	目視	廃棄物	種類と保管状況 容器の表記 容器の種類 打診 臭気		
		浸出水	浸出水の有無 色 臭気 浮遊物、油の有無		
		量	容器の数 体積		
		状態	置き方 腐食度合い 腐食割合 保管範囲		
		高汚染領域 クリティカルポイント	クリティカルポイントの有無 存在すればその場所		
	サンプリング分析*	廃棄物	化学組成、成分分析、溶出試験		
		浸出水	基準項目		
		表流水(水溜まり)	基準項目		
		表層土壌	基準項目		
		大気	基準項目		
	周辺環境	目視	地形、地質	地形地質に関する追加情報	
			表層土壌	色 草木の枯渇	
			河川 湖沼 水たまり (それぞれについて)	色 臭気 浮遊物、油の有無 魚、小動物の異常の有無	
		サンプリング分析*	表層土壌	基準項目	
表流水			バックグラウンド値		
河川 湖沼 地下水(それぞれについて)					
周辺土地利用	聞き取り	住民	健康状況 使用井戸の水質(異常の有無) 汚染現場に関する情報		
		農業	作物の異常の有無		
		畜産	肉、乳製品の異常の有無		
		漁業	魚の異常の有無		
		産業、事業所 合意形成	使用化学物質、履歴 各土地利用者の疑問点、要望など		
サンプリング分析*	食品	成分分析			
評価	目視分析結果	廃棄物総合評価(汚染源リスク)			
		汚染物質の移動・拡散状況 敷地外への汚染流出 飲料用井戸の汚染の有無 周辺環境への影響(人体への健康影響、植生への影響の有無) 汚染源と周辺環境の因果関係(バックグラウンド値との比較)			
計画	緊急度の総合判断				
	汚染源除去の必要性				
	流出拡散防止対策の必要性				
	汚染水飲用制限の必要性				
	周囲作物、魚等の飲食制限の必要性				
その他	再調査の必要性、及び目的・項目				
	(留意事項)				

\*測定項目などはスコーピングで決定

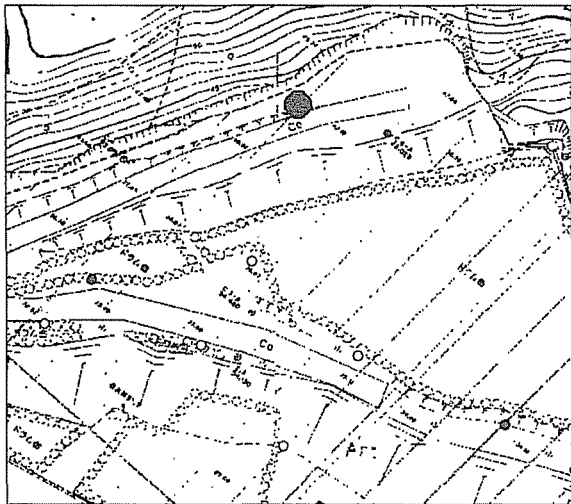


図 4(a) 汚染実態調査(土壤中汚染物質濃度分布)



図 4(b) 汚染実態調査(土壤中汚染物質濃度分布)

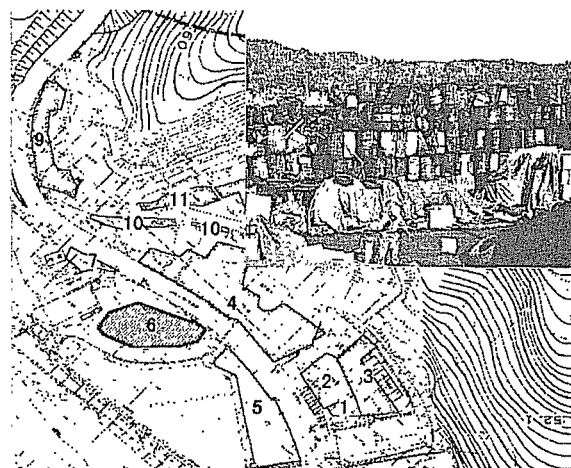


図 4(c) 区域図

ールが GIS(地理情報システム)である。GIS 土壌・地下水汚染データ管理システム（以下データ管理システムと呼ぶ）の役割は、診断システムのデータベースを提供し、各種データの表示・入力を行うことである。現地調査で得られたデータ(例えば、汚染物質濃度の分析結果や記録写真など)は、データ管理システムにおいて、必要に応じて検索や抽出の対象となり、さらに地図上の点や図形の属性とリンクされているので、ユーザーは様々な情報を一枚の地図上に重ね合わせて表示することが可能になる。また、地質推定や地下水および汚染物質の拡散状況等を行う解析ソフトへ境界条件などのパラメータを受け渡すデータの変換ツールとしても GIS を役立てることができると考えられる。さらに、シミュレーション結果の表示も合わせて行うことができれば、具体的な修復対策の計画、設計、最適化等が検討でき、施工管理、修復効果の評価も可能になると考えられる。

図 4 にデータ管理システムで作成した主題図と区域図の例を示す。主題図とはその地点（または区画）の持つ属性データをシンボルの大きさや色で表現する地図のことであり、データ管理システムで得られるデータの検索結果をもとに作成したものである。図 4 の(a), (b)は調査の結果得られた土壤中汚染物質の濃度を示した図である。(a)は汚染物質の濃度を表示した円の大きさと表しており、(b)では環境基準値を上回る地点を色分けして示している。すなわち、本データ管理システムによりユーザは蓄積されている情報を有効な形式に整理し 2 次元の地図上に表示できることを示している。さらに土壌中の深度を組み合わせることにより、2 次元の地理情報を 3 次元的に拡張することも可能である。また(c)の図はデータ管理システムで現場の状況を撮影した画像データを表示させたものであり、本データ管理システムが文字や数字の情報に加えて、画像などのデータについても一元的に管理できることを示しており、意思決定者である診断システムのユーザにとって非常に有効なツールとなりうることを示している。

### 3.3 修復方法の設計における修復プロセスの選択手順

#### 3.3.1 US. EPA による修復プロセスの分類と選択方法

US.EPA では、スーパーファンド事業の中で、RI/FS を実施し、適切な数の汚染修復代替案を、その評価とともに意思決定者に提示する<sup>1)</sup>。RI/FS では便宜的に修復技術を 3 種類に分類している。表 2 に地下水を対象とした修復プロセスの分類から一部を抜粋したものを示す。診断システムにおいても、RI/FS と同様の技術分類を行い、日本において適用可能な修復プロセスの技術情報に関するデータベースを構築しておく必要がある。データベースの構築については今後の課題とし、表 2 のような技術情報データベースを仮定して、診断システムにおけるプロセス選択の手順を詳述する。RI/FS は、スーパーファンド事業の中で、サイトの予備調査や緊急措置の実施が行われた後の作業として位置づけられる。具体的には、修復プロセスの選択、修復代替案の構築、修復代替案の評価といった各段階において、汚染サイトでの施工性、有効性やコスト、実行可能性といったクライテリアをもとに要素技術のスクリーニングを行い、これらを組み合わせて代替案の構築を行う。図 5 に RI/FS のフローにおける修復プロセスの選択方法を示す。RI/FS においては、サイトの調査や個々の技術の適用可能性調査と並行して、要素技術のスクリーニングや代替案の構築、それぞれの代替案に関する評価を行うことが特徴である。すなわち、調査によって得られるデータを用いてプロセスの選択が行われるとともに、プロセスの選択を目的として必要とされるデータを得るための調査が計画・実行される。

表 2 地下水を対象とした RI/FS における

修復プロセスの分類 (抜粋)

一般的な対応処置方法(大分類)	技術の種類(中分類)	要素技術(小分類)
対策なし	なし	なし
制度上の処置	代替水の供給	市水供給
	モニタリング	地下水モニタリング
除去	抽出	抽出井
	排水施設	排水溝
封じ込め	キャッピング	コンクリート
		アスファルト
	垂直バリア	スラリー壁 グラウトカーテン
処理	生物処理	好気処理
		嫌気処理
	物理化学処理	ストリッピング
		活性炭吸着
		イオン交換
	熱分解	ロータリーキルン
		流動床
	原位置処理	バイオベンチング
エアースパージング		

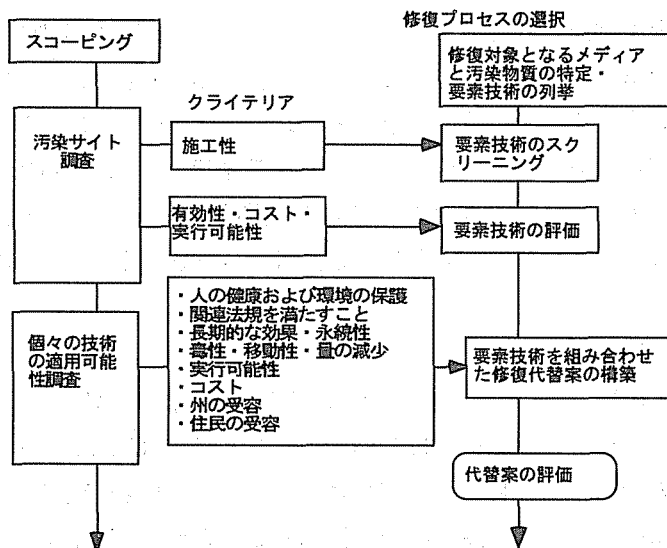


図 5 RI/FS のフローにおける修復プロセス選択方法

### 3.3.2 スコーピングにおけるプロセス選択

図 1 の診断システムで、スコーピングに始まる各段階におけるプロセス選択の概念を、RI/FS の考え方を参考に、特に修復時間・タイミングといった修復の時間軸を重視するという観点から構築したのが図 6 である。修復の対象としては、廃棄物の不適正保管現場を想定した。スコーピングでは汚染修復全体のフローの中で実施されるべき対策のおおよその工程を費用や時間などの制約条件を加味しながら計画する。この段階では予備調査や現地調査の結果しか得られていないため、サイトに対する個々の要素技術の評価を行うことは通常困難である。

そこでスコーピングにおいては緊急対策実施の必要性について判断するとともに、応急対策、恒久対策としてなすべき修復プロセスの選択を技術情報データベースの大分類を用いて行い、修復プロセス全体の浄化構想計画を策定する。廃棄物に起因する汚染が発見された場合には、まず汚染源の撤去を行うことが重要である。しかし、図 6 の例ではスコーピング時に実行可能性・施工までの時間・コ

スコーピング(浄化構想計画の立案)

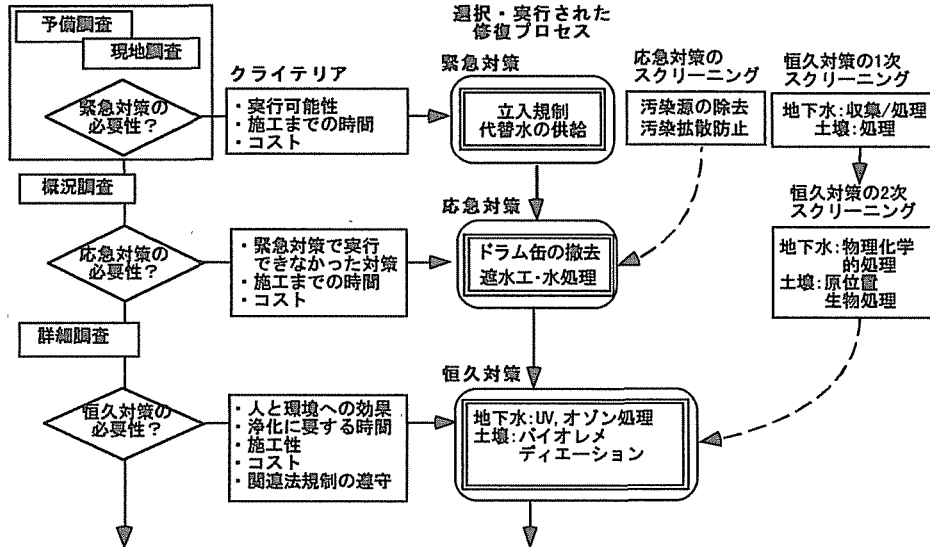


図6 修復プロセスの選択手順模式図と修復プロセスの選択例(不適正保管現場を想定)

ストをクライテリアとして立入規制・代替水の供給が選択されており、応急対策・恒久対策として汚染拡散の防止や汚染された地下水や土壌の処理が選択されたことを示している。

### 3.3.3 応急対策・恒久対策におけるプロセス選択

スコーピングに続く概況調査は、応急対策の計画および恒久対策選定のために行う。応急対策は緊急対策で実施すべきと判断された対策のうち、コストなどの制約により実施できなかった対策や限られた時間で実施できるものを選択する。ここでの修復対策の選択は、コスト、修復期間、法的な実行可能性等の制約を満足する対策技術の中から、シミュレーションによる対策効果予測などを参考にすることができる。修復対策選択の各段階におけるクライテリアについては今後さらに検討する必要があるが、診断システムでは修復プロセスの選択を段階的に行い、各段階で必要となる調査データを順次整理してから調査を実施することにより、修復対策全体を円滑に、効率的に進めることができると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、廃棄物による土壌・地下水汚染対策の考え方を整理し、さらに土壌地下水汚染診断修復支援システムにおける診断カルテ、GIS(地理情報システム)を利用した調査データの管理と修復の時間軸に注目した修復プロセスの選択手順を示した。診断カルテについては、特に初期現場調査において緊急度の高い部分を抽出することが重要である。データ管理システムは調査データのデータベースとして位置付けられるのみならず、地質解析や地下水汚染解析ソフトとのデータのやりとりを行い、修復プロセス選択の意思決定を支援するためのインターフェースを提供するものである。また、修復プロセスの選択にあたっては、修復対策全体の達成目標や時間軸を考慮したおおよその工程を定めることが重要で、それに基づき調査と修復プロセスの選択とを同時に進めることにより、汚染修復全体のフローがより効率的になると期待できる。

この研究は、CDR研究会の平成9年度の研究成果の一部である。

#### 参考文献

- 1) 古市徹、生村隆司、寺尾康：土壌・地下水汚染における汚染診断システムの提案、第8回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.941~943(1997)
- 2) Office of Emergency and Remedial Response, U.S.EPA : Guidance for Conducting Remedial Investigations and Feasibility Studies Under CERCLA, EPA/540/G-89/004(1989)