



Title	土壌・地下水汚染現場への汚染診断システムの適用
Author(s)	古市, 徹; 石井, 一英; 寺尾, 康 他
Description	第7回衛生工学シンポジウム (平成11年11月11日 (木) -12日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 廃棄物 2 . P2-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 7, 53-58
Issue Date	1999-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7264
Type	departmental bulletin paper
File Information	7-2-4_p53-58.pdf



2-4

土壌・地下水汚染現場への汚染診断システムの適用

古市 徹・石井一英（北海道大学）、寺尾 康（クボタ）、森下兼年（東和科学）
○和田卓也（建設技術研究所）、小谷克己（大林組）、今井紀和（CRC総合研究所）

1. はじめに

有害化学物質（有機塩素系化合物・石油系炭化水素・重金属類など）による土壌・地下水汚染が各地で顕在化し、全国的に社会問題となっている。そこで筆者らは、効率的かつ効果的な汚染修復対策を実現するための『土壌・地下水汚染診断・修復支援システム¹⁾』（以下汚染診断システムと記す）の開発に取り組んできた。本報告では、実際の汚染サイトの修復計画において汚染診断システムを適用し、汚染修復のための調査・解析、計画・設計に反映された結果を示す。

2. 汚染診断システムの概要

「汚染診断」とは、医者が患者の病状を問診・診察・検査することにより病気の程度を総合的に判断し、患者に処方箋を指示することと同様に、複雑で多種多様な汚染サイトの条件とその汚染状況を的確に把握し、最適な修復手法の抽出・選択を行い、実際の修復対策を支援することである²⁾。本システムは、“汚染診断カルテ”・“汚染解析/対策（シミュレーション）”・“修復方法の設計”・“GISデータ管理システム”から構成されており、それらのデータが本システムの中核をなす“GISデータ管理システム”によって一元的に整理されている。このことにより、本システムでは、測定データ、シミュレーション結果の表示だけではなく、現場の写真や汚染状況の記述的データなど、地図情報とともにパソコン上での表示が可能で、情報の検索や表示などにより、汚染修復に携わるユーザー（調査・設計担当者、汚染修復事業者、意志決定者など）を支援するツールとして利用可能である。システムの要素と構成について図1に示す。

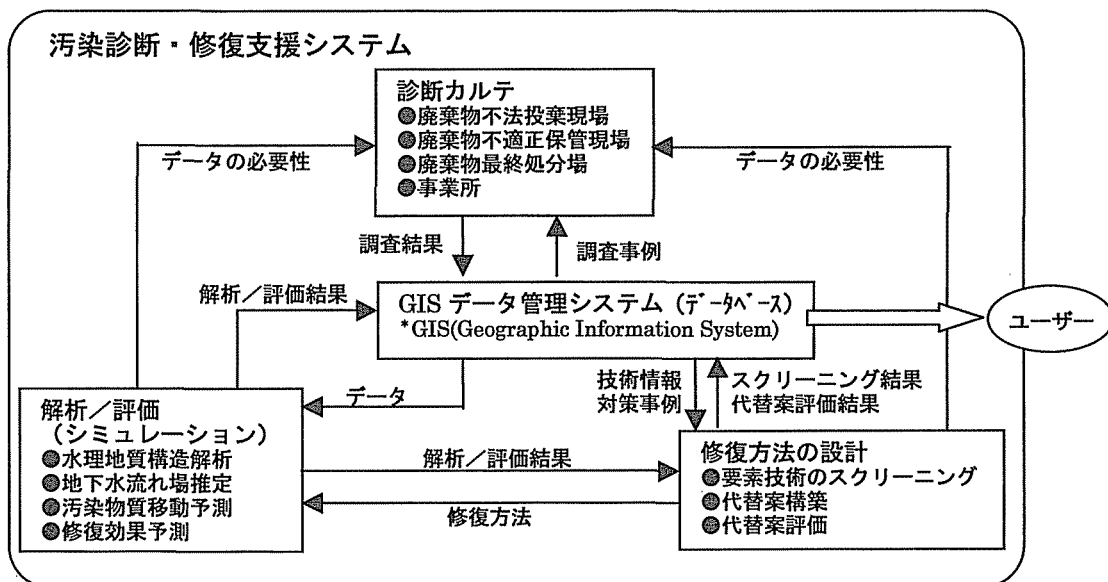


図1 診断システムの要素と構成

連絡先：〒540-0008 大阪市中央区大手前1-2-15 (株)建設技術研究所 大阪支社 地質部
和田卓也 Tel:06-6944-7837 Fax:06-6944-7898 E-mail:tk-wada@osaka.ctie.co.jp

3. 汚染サイトへの汚染診断システムの適用

3.1. 汚染サイトの概要

汚染診断システムを適用したA汚染サイトは産業廃棄物の不適正保管現場であり、廃有機塩素化合物・廃油類が入った数万本のドラム缶が野積みされている。そして、そのドラム缶の一部は腐食、孔食、あるいは挫屈、転倒しており、漏洩した内容物の一部が大気中に揮発するとともに、表面流出、地下浸透することによって周辺環境への汚染源となっている。また、一部ではドラム缶が地中に埋められているとの情報も得られていた。

3.2. 診断カルテの適用

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。カルテは、調査を行う上でのチェックシートの役割を果たすとともに、これを用いることにより、調査計画立案時に調査不足の部分を容易に抽出することができる。また、個々のサイト特有の条件や特性などを記入することにより、重点的に調査する部分や特別な調査方法をも用いるべき場合には、カルテを介した関係者間の情報共有化が容易となる。

本研究では、産業廃棄物の不適正保管現場に適合した診断カルテを用いた²⁾。この初期の診断カルテの重要な点は、できるだけ目視調査や既存資料調査などで判る範囲の内容となっていることである。これは、汚染発覚直後の初期調査段階で生じがちな、現地調査に対する様々な制約条件、例えば、緊急を要する場合の予算や時間の不足、調査の障害となる地上物（廃棄物や構築物など）の存在、汚染修復事業が実際に発動されるまでの時間的空白などを可能なかぎり克服するためである。そして、その制約条件のある中で、今後の調査を効率的・効果的に実施するためには、その制約条件を如何に克服すべきか、あるいは、今後の汚染修復を目的とした調査・解析や設計を行う上で、不足項目を客観的に浮かび上がらせることが重要となる。

実際に、A汚染サイトでは、大量の産廃入りドラム缶が積み上げられていたため、表流水に関する調査は可能であったが、土壌や地下水の汚染調査は部分的には可能であったとしても、最も汚染度の高いと想定されるドラム缶直下の調査は事実上不可能であるなど、全体を網羅的に調査することは困難であった。これに対して診断カルテでは、あらかじめ設定されている項目を埋めていく作業の中で、汚染源となるドラム缶の数量や破損状況などの目視調査を優先させ、表流水調査、汚染サイトにおける地下水流向の下流端側での水理地質調査および地下水汚染分析など、必要かつ可能な調査を実施するための客観的な根拠となった。

3.3. GIS データ管理システムの適用

汚染診断システムで取り扱う情報は非常に多岐にわたり、空間的・時間的な広がりを持っている。これらの情報を管理するためには、GIS（地理情報システム）を用いることが効果的である³⁾。今回、実際の汚染サイトにおいて、以下に示す手順でデータの作成を行った（図2参照）。

①現場位置の確認

一般に入手可能な国土地理院発行の1/25,000 地形図（ラスターデータ）を基図とし、現場位置を確認した。

②現場付近の地形状況の把握

現場付近のより詳細な地形状況を把握するためには1/2,500 レベルの地形

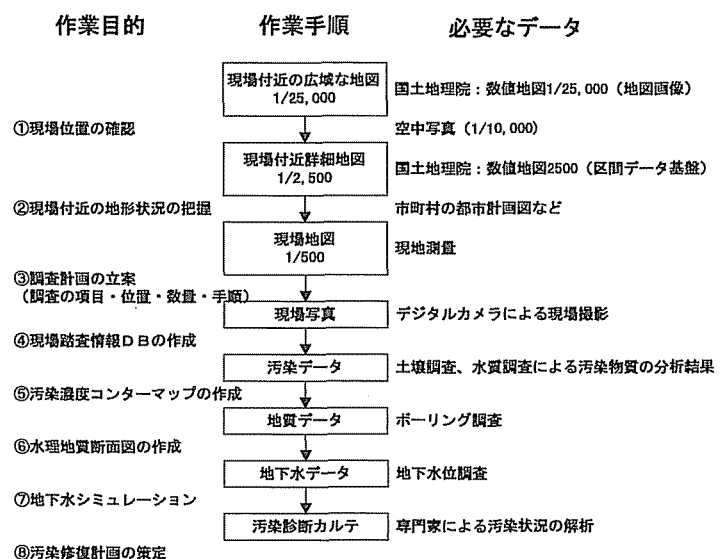


図2 GISデータの作成手順

図が必要となる。これには市町村で発行している都市計画図を、スキャナーで読み込んで利用した。また、本サイトをはじめ、廃棄物による汚染現場においては、運び込まれた大量の廃棄物によって地形が改変されている場合が多いため、過去数年～数十年にわたって撮影された空中写真を判読し、原地形の復元と搬入された廃棄物の分布状況を判別するための手がかりを得た（図3参照）。

③調査計画の立案

（調査の項目・位置・数量・手順）

現場地形測量により、今後の汚染修復事業（調査・設計・施工・管理）の基図となる1/500の地形図を作成した。このとき、測量データをデジタル化しベクトル地図を作成することによって、基図データのGISの地図上への反映を容易にした。また、GISの機能を用いてメッシュを自動作成し、土壌ガス調査やボーリング調査などのポイントを決めるなど、効率的な調査計画の立案やデータの反映などを可能とした（図4参照）。最近では、GISの機能とともに、GPSの利用によって、現地での調査ポイントの迅速な確認が可能となりつつある。

④現場踏査情報データベースの作成

この段階では、汚染現場を踏査して得られた情報を記録した。本GISデータベースシステムでは、それぞれの情報は、写真の画像やワープロ・表計算のファイルなど、マルチメディアデータベースとして記録することができる。

⑤汚染濃度コンターマップの作成

診断システムでは、現場調査の汚染物質の測定・分析データをGISに入力し、様々な条件で検索表示することにより、汚染サイトにおける汚染の傾向や分布範囲を物質ごとに容易に把握することが可能である。例えば、図5に示すような、コンターマップを自動的に描画させることも容易に可能である。特に、調査の初期段階において、撤去前の廃棄物や構造物などの障害物がある場合には、サイト内を細かく、かつ漏れなく調査することは不可能であり、このまばらな調査ポイントを様々な補完手法を用いて、地形図上に濃度コンターマップとして表示し、サイトの大略的な汚染状況の把握を行うために極めて有効な手段となる。

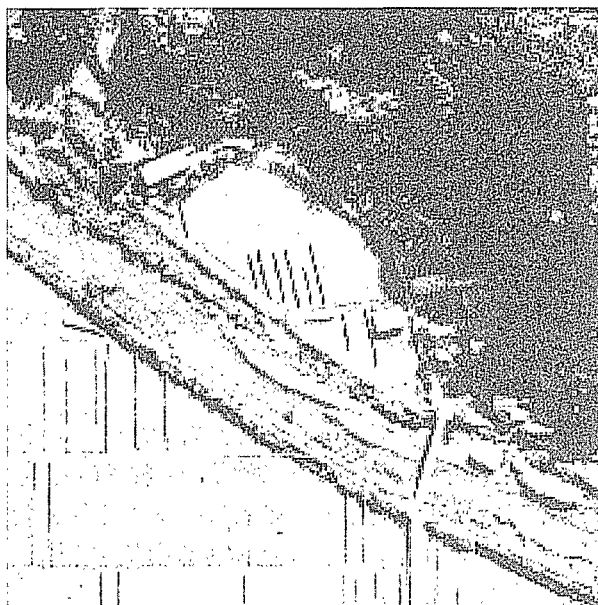


図3 空中写真例

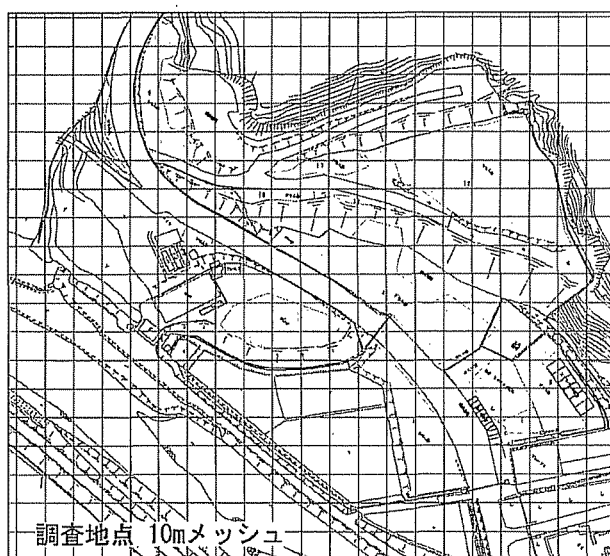


図4 メッシュ作成例

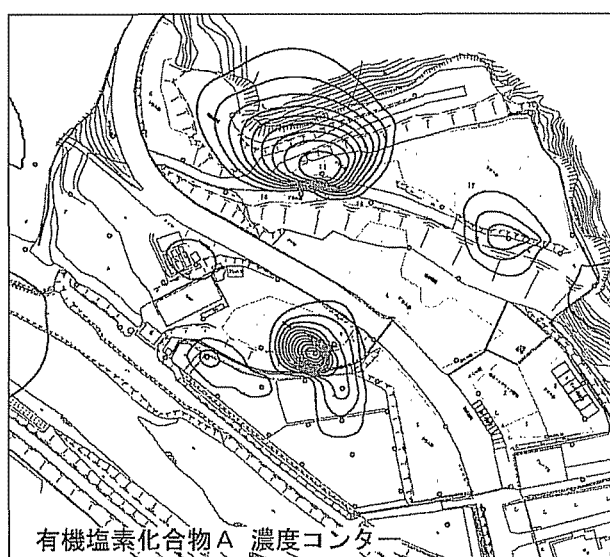


図5 濃度コンターマップ表示例

⑥水理地質断面図の作成

ボーリング調査や地質データによる水理地質断面図の作成には3次元の表示が必要となる。ここでは地質解析ソフトにデータを受け渡して三次元の地質構造解析を実施した。

⑦地下水シミュレーション

地下水シミュレーションを行い、現況の汚染拡散状況や各種の修復対策実施後の修復効果比較検討結果をGIS上に表示させることができ、ビジュアルで分かりやすい表示が可能となった。

⑧汚染修復計画の策定

以上のような情報を基に、汚染診断カルテを作成し、汚染修復計画の策定を支援した。

3.4. 解析/評価システムの適用

解析/評価システムは、汚染診断システムの中で、GISデータ管理システムで集積されたデータから現況の汚染の進行状況や将来予測を行い、さらに後で述べる修復方法の設計によって提案された代替案を施した場合の修復効果・コスト・修復期間などを解析/評価するものである。本研究では、A汚染サイトにおいて①水理地質構造解析、②地下水流れ場解析、③汚染物質移動予測、④修復効果予測を行った。

①水理地質構造解析

水理地質構造解析において重要なことは、地下水や汚染物質の移動を規制する地質の分布状況すなわち地質構造を明らかにすることであり、透水層・難透水層あるいは難透水性基盤など、地層や岩盤がどのような透水性などの水理特性を有しているかについて明らかにすることである。本研究では、地表地質踏査およびボーリング調査の結果に基づき、汚染サイトの水理地質解析を行った。本システムでは、サイトの水理地質構造を任意の断面上で自在に解析可能であり、後の地下水シミュレーションに必要な水理地質的な場の条件を効率的に設定可能である。解析結果のうちの代表的な1断面を図6に示す。これは、本診断システム

においては、入手可能なデータを最大限に有効活用し、汚染サイトの水理地質構造を、誰にでも容易に理解できる程度の断面図の作成が可能であることを示している。また同時に、調査不足により、さらなる詳細なデータが必要な箇所も明確に示しており、今後の調査計画立案に示唆に富む解析結果が得られている。

②地下水流れ場解析

地下水流れ場解析は、汚染サイトの修復計画を立案する上で、水理地質構造解析とともに最も重要な場の条件となる。すなわち、汚染物質の移動（移流・拡散）に大きく寄与する地下水の流れが、

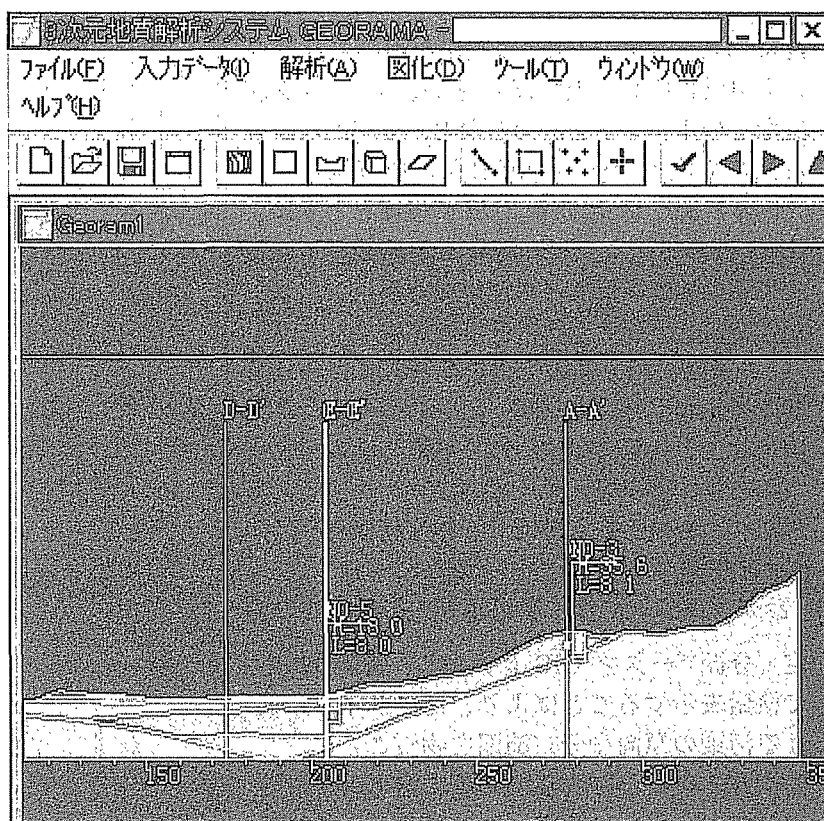


図6 水理地質断面図作成例

修復開始前の自然な状態でどのような状況にあるのかを把握することは、今後の汚染物質移動予測や修復効果予測にとって不可欠なものとなる。本研究では、観測井戸で測定された地下水位データと、水理地質構造解析によって導かれた各地層ごとの水理定数に基づき、本汚染サイトの地下水流れ場解析を実施した。なお、解析には準三次元浸透流解析ソフトの Unisif (株CRC 総合研究所) を用いた。解析結果を図7に示す。

③汚染物質移動予測

汚染物質移動予測は、地下水の流れ場に対して汚染濃度場とも言い換えることができ、地下水流れ場解析の結果に加えて、地下水中の汚染物質の挙動や濃度分布から、将来的な汚染物質の移動予測を行うものである。これは、汚染修復対策の実施とともに、汚染拡散防止対策の必要性の有無や対策のマスタープラン作成に大いに役立つものである。本研究では、本汚染サイトの地下水流れ場解析結果と地下水分析結果に基づき、汚染物質移動予測を行った。なお、解析には Transflow(株CRC 総合研究所)を用いた。

④修復効果予測

次に、修復方法の設計結果によって提案された修復技術を適用した場合の修復効果をシミュレーションによって予測する。これにより、修復対策を実施した場合としない場合、あるいは複数の異なる技術を適用した場合、あるいは同じ技術でもことなる範囲や規模で実施した場合など、パターンを様々に変化させながら、最適な修復技術の選択が可能となる。本研究では、遮水壁の大きさやバリア井戸の数や位置を変化させながら、最適となる組み合わせを検討した。解析結果を図8に示す。

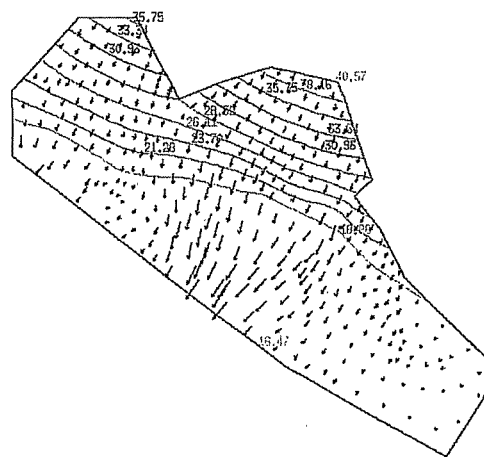


図7 地下水流れ場解析結果

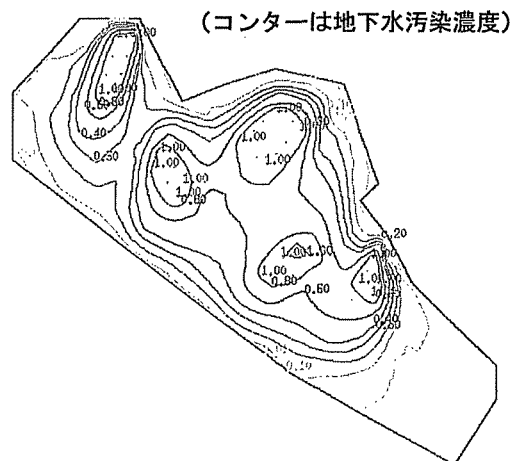


図8-1 修復効果シミュレーション結果の例
a) 現況

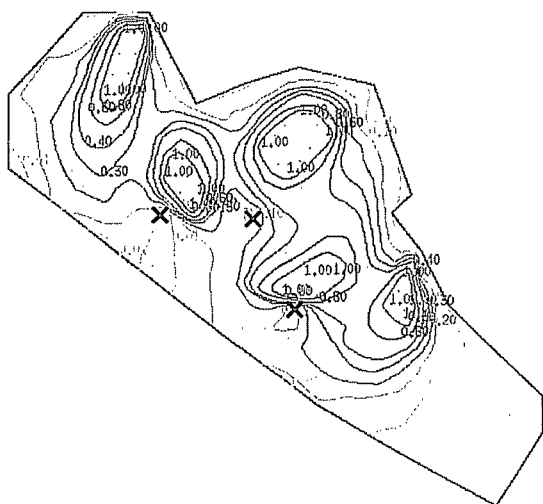


図8-2 修復効果シミュレーション結果の例
b) バリア井戸設置(3年後)

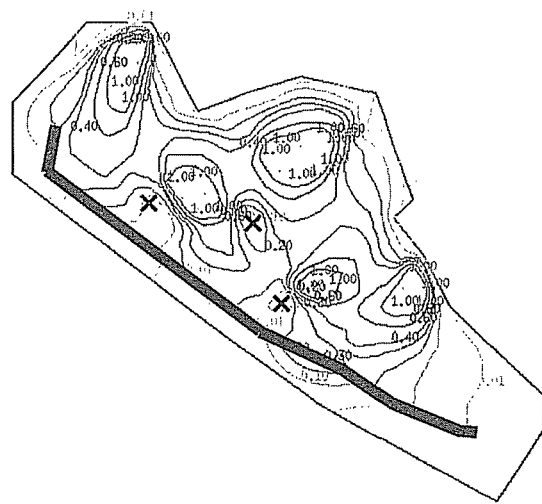


図8-3 修復効果シミュレーション結果の例
c) バリア井戸+連続遮水壁設置(3年後)

3.5. 修復方法の設計の適用

修復方法の設計は、汚染診断システムにおいて GIS データ管理システムで集積されたデータから各種の技術情報や対策事例を抽出し、複数の修復方法の組み合わせ（代替案）を提案するものである。これらの各代替案は、先述の修復効果の解析／評価シミュレーションによってそれぞれ評価され、最終的な修復技術の選択に有益な情報をもたらすことになる。本研究では、A汚染サイトにおいて①要素技術のスクリーニング、②代替案の構築、③代替案の評価を行った。これらの一連の修復技術選択を行うための作業フローを図9に示す。

A汚染サイトでは、現段階では初期の緊急対策および応急対策について検討しているため、本研究においては汚染拡散防止対策を目的とした要素技術のスクリーニングを行った。なお、スクリーニングの評価基準としては、『汚染拡散の抑制効果』と『サイトの水理地質構造の特性と技術の適応性』について、とくに重点的に吟味した。その結果、本サイトにおいては、前項で述べた『バリア井戸+遮水壁』による汚染拡散防止対策が、もっとも効率的な応急対策であるとの結論が導き出された。現在、代替案構築（フェイズIII）、代替案の評価（フェイズIV）の部分について検討を行っている。

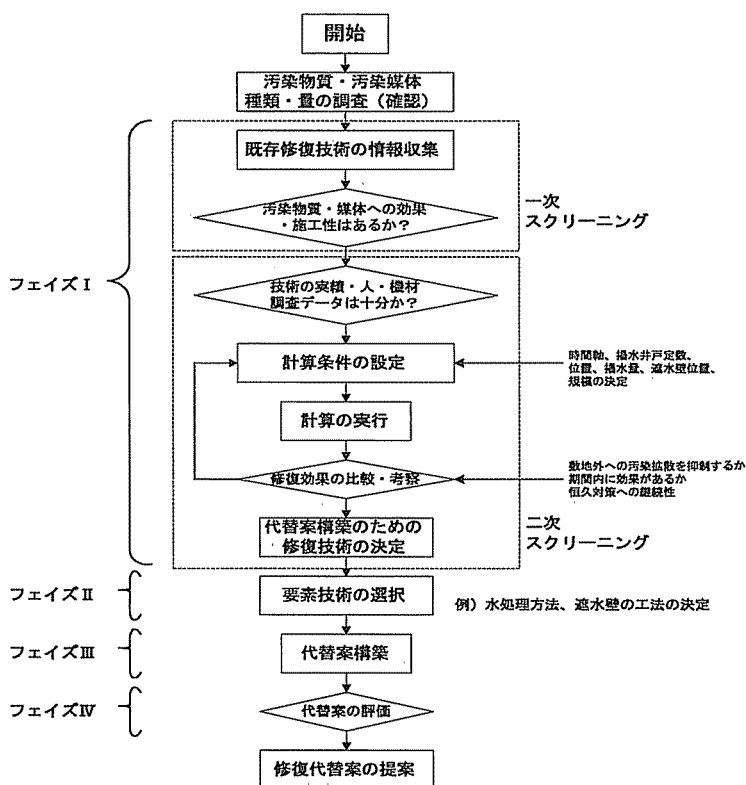


図9 修復技術選択フロー

4. まとめ

本研究では、『土壌・地下水汚染診断・修復支援システム』の開発を進める上で、実際の汚染サイトに適応した結果について報告した。今後、汚染修復事業の進展に合わせて、さらなる改良を重ね、システムの完成度を高めていく予定である。

なお、本報告は、CDR研究会の平成10年度研究成果の一部である。

【参考文献】

- 1)古市 徹・他：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)古市 徹・他：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，第6回衛生工学シンポジウム講演論文集，（1998）。
- 3)森下兼年・他：汚染診断修復システムにおけるGISを用いたデータ管理手法について，第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集，（1999）。
- 4)石井邦幸・他：数値シミュレーションを用いた土壌・地下水汚染修復技術の選択方法に関する研究，第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集，（1999）。