



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	廃棄物に起因する土壌・地下水汚染現場への数値シミュレーションの適用例
Author(s)	古市, 徹; 石井, 一英; 今井, 紀和 他
Description	第8回衛生工学シンポジウム (平成12年11月16日 (木) -17日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 廃棄物 . P1-9
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 46-51
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7206
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-1-9_p46-51.pdf



1-9

廃棄物に起因する土壌・地下水汚染現場への数値シミュレーションの適用例

古市 徹、石井一英（北海道大学大学院）

○今井紀和（CRC 総合研究所）、小谷克己（大林組）

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）

1. はじめに

廃棄物の不法投棄や不適正保管による土壌・地下水汚染が大きな社会問題となっている。汚染修復を効率的に行うためには、汚染の現状把握を踏まえた上での汚染修復計画を綿密に構築することが重要である。著者らはこのような観点から、土壌・地下水汚染診断・修復支援システム（以下、診断システムと呼ぶ）の提案を行ってきた¹⁻³⁾。本研究では、診断システムのサブシステムである解析・評価（数値シミュレーション）部分の、実汚染現場への適用手順、適用例について報告する。

2. 土壌・地下水汚染対策における数値シミュレーションの役割と手順

図1に汚染修復対策における数値シミュレーションの役割と効果を示す。図の縦の流れは、汚染修復対策の大きなタイムスケールを示しており、概略的には緊急対策、応急対策、恒久対策と段階的に汚染修復が行われることを示している。一方、図の横方向の流れは、その各段階の対策での計画、設計、実施の流れを示している。次に図2に、数値シミュレーションの実汚染現場への適用手順を示す。本研究では、目的の設定から汚染予測、修復効果予測とその結果の提示までの一連手順について、実際の汚染現場への適用を試みる。

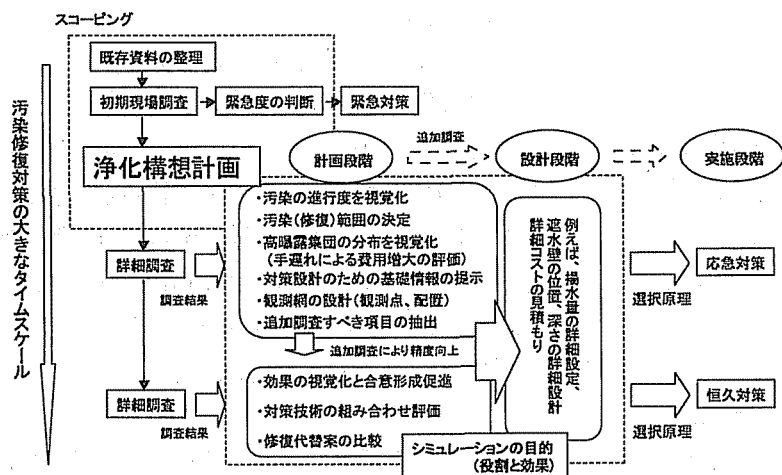


図1 汚染修復対策における数値シミュレーションの役割と効果

3. 実汚染現場の解析

3.1 対象サイトの概要 (図3,6)

本研究で対象とした汚染現場は、安定型最終処分場に不法に燃えがら、金属くず、汚泥、廃油等が埋め立てられている。廃棄物層の深さはおよそ14mであり、地下水位はその廃棄物層内に存在するため、浸出水による周辺地下水汚染が生じている。廃棄物層内からは、ジクロロメタン等の有機塩素化合物、及びベンゼン等の石油系芳香族化合物が検出されている。周辺環境調査では、廃棄物層近傍の地下水で、環境基準を超えて有害物質が検出されており、また主な地下水流れ方向であると推測されるKR川付近 (No.4,5) でも、トルエン、キシレンが検出されており汚染が進行しつつあるこ

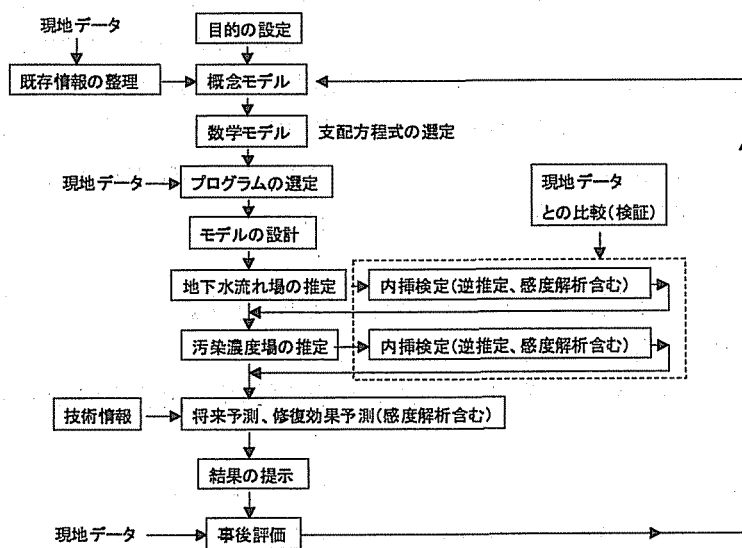
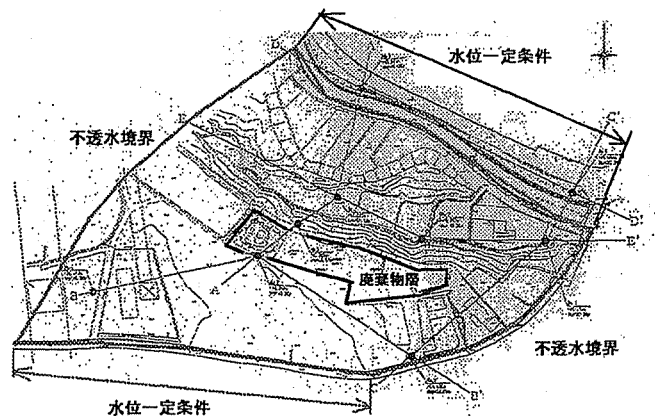
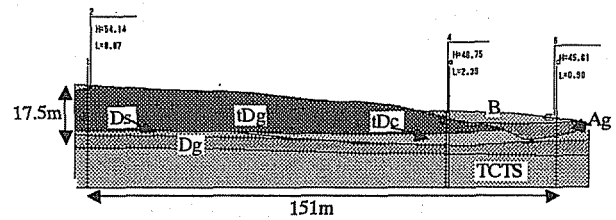
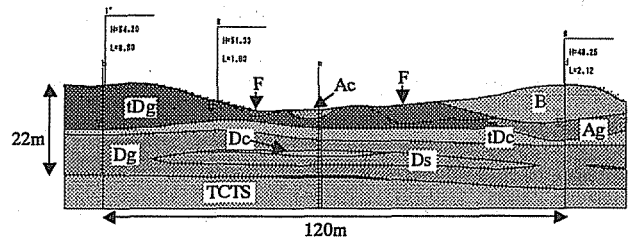
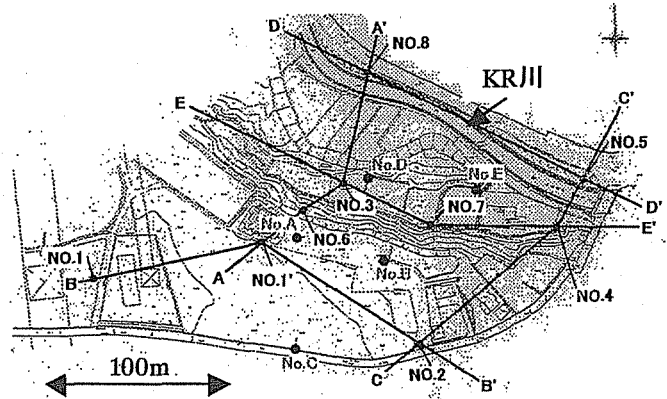
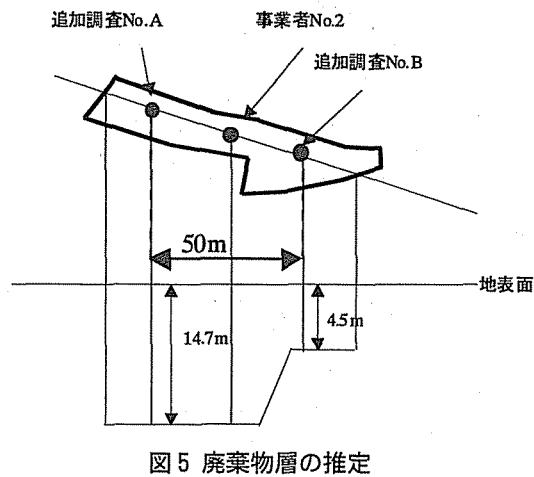


図2 数値シミュレーションの実汚染現場への適用手順

とが予想された。従って、汚染源近傍における地下水流れ及び汚染拡散の現状把握と将来予測を行うとともに、汚染修復代替案の提案を行うことを本解析の目的とした。

3.2 地質構造と廃棄物層の推定

図3に示すボーリング調査より得られたAからEまでの地質断面図を元に現場の地質構造を推定した。ただし、この段階では、廃棄物層は自然に堆積したものではない為に、推定からは除外している。地質構造は、地質境界面の三次元的分布を示す格子データと地質境界面間の論理関係を処理する関係データとなっており、これら2つのデータより三次元的な地質構造の分布状態を決定することで、地質構造の推定を行う。格子上の地質境界面の推定には、地層面の上限、下限などの制約条件付きの非線型最適化問題として最適解を求めている。推定された地質断面の一部を図4に示す(地層名は表1を参照)。対象サイトの地質は概略的には、礫層と粘土層の互層構造である。廃棄物層については、地表での廃棄物の範囲と廃棄物層での2カ所のボーリング結果より、最深部で地表面より14.7m、最浅部で4.5mとした。その分布状況を推定したものを図5に示す。



3.3 地下水流れ場の推定

推定された地質構造を基に地下水流れ場の推定を行った。流れ場の計算には、Dupuitの仮定により鉛直方向の流れを無視した準3次元浸透流解析プログラムを用いた。また、現況地下水位と計算結果を良く一致させるために、透水係数を逆推定により求めた。この逆解析手法は、現場で計測された地下水位の値と地下水解析による計算値との間の誤差の二乗和が最小となる透水係数を求めるものである。地下流れ場の推定に用いた各条件を以下に示す。

3. 4 汚染拡散状況の把握と将来予測

(1) 計算条件の設定

次に汚染拡散状況の推定を行う。汚染拡散に影響する地下水流れ場以外の主要な要因としては、土壌への吸着、微生物による分解、そして揮発が考えられる。吸着と微生物分解に関する予備的な感度解析を行ったところ、微生物分解項のパラメータ（一次分解定数）は、不確定要素が大きく、解析結果への感度も非常に大きいことがわかった。従って、以下の解析では吸着現象のみ取り上げて解析を行うこととした。計算条件を表3に示す。対象物質としては、塩素イオン、PCE、TCE、トルエンであり、分散能（縦、横）を、(100m, 10m)と(10m, 1m)の計7パターンでの計算を行った。

表3 汚染拡散推定計算条件

No.	対象物質	水一オクタノール分配係数	分配係数	分散能(縦、横)
		(L/kg)	(L/kg)	(m)
1	塩素イオン	0	0	10,1
2	PCE	269.2	0.336	100,10
3	トルエン	134.9	0.169	100,10
4	TCE	18.2	0.023	100,10
5	PCE	269.2	0.336	10,1
6	トルエン	134.9	0.169	10,1
7	TCE	18.2	0.023	10,1

(2) 汚染拡散の数値計算結果と実測値の比較

汚染発生を3年前と仮定したときの現時点での計算結果から算出された各井戸（No.C、No.3、No.4、No.7）の相対濃度に汚染源濃度を乗じた値と、実測値との差が最も小さかった結果を図8に示す。非吸着物質である塩素イオンの相対濃度分布から各井戸の濃度を計算した結果よりも、各物質毎に吸着項を考慮して計算を行った結果の方が、現実の汚染をより良く説明できることがわかった。また分散能は、(10m, 1m)の結果の方が良かった。

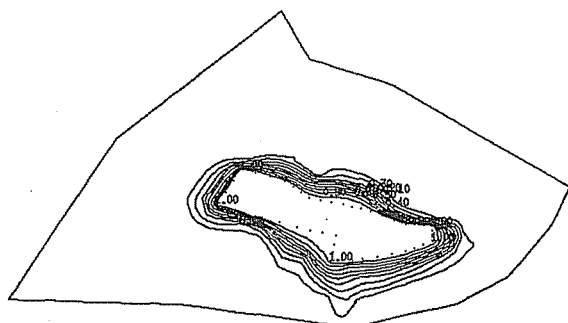


図8-1 現時点における汚染濃度の推定結果
No.5, PCE, 分散能(10m,1m)

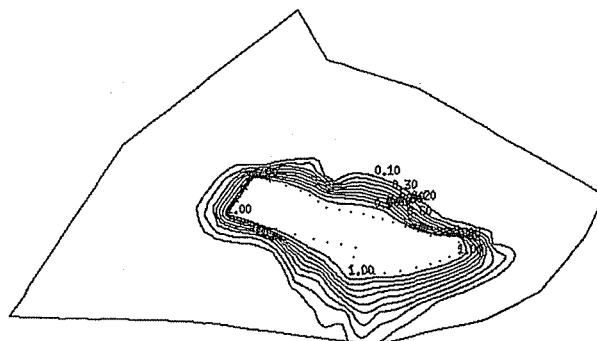


図8-2 現時点における汚染濃度の推定結果
No.6, トルエン, 分散能(10m,1m)

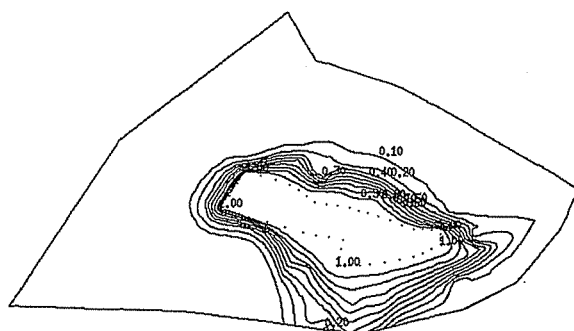


図8-3 現時点における汚染濃度の推定結果
No.7, TCE, 分散能(10m,1m)

(3) 将来予測

次に、現時点からさらに7年後の将来予測を行った。TCEのみの結果を図9に示す。現状よりもさらに拡散が進行し、井戸No.4(図3参照)のTCE濃度が環境基準値付近まで到達する可能性が示唆された。以上から、汚染拡散防止対策が必要であることがわかった。またもし廃棄物層から南側への汚染の広がりが現実に存在するならば、汚染は南側にも大きく拡散している可能性があり、追加調査などで今後確かめる必要性が示唆された。

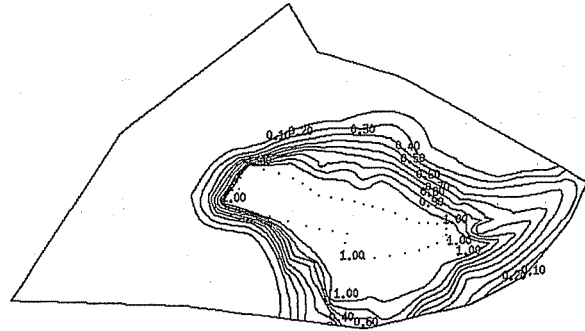


図9 7年後の汚染濃度の推定結果
(TCE、分散能(10m,1m))

3.5 修復対策効果の比較

(1) 修復代替案の構築

修復代替案構築にあたっては、不法に投棄された廃棄物の撤去をまず検討する必要がある。当該不法投棄現場の廃棄物量は約30,000~40,000m³と推定されており、これを撤去し、適正処理・処分を行うためには、相当のコストがかかってしまうことが推測される。そこで、本研究では、廃棄物の撤去は行わずに汚染拡散防止対策を行い、その上で廃棄物層内の浄化を行うという代替案を構築した。そこで、汚染拡散防止を行うための手法として、バリア井戸で十分か否か、また遮水壁を施工する必要があるかどうかをシミュレーションにより確かめることを本解析の目的とした。

(2) 修復効果の比較・検討

図10にバリア井戸のみの場合、図11に遮水壁+揚水井戸の場合の計算条件を示す。さらに図12(TCEのみ)、図13(PCE、TCEのみ)にそれぞれの場合の修復効果予測結果を示す。バリア井戸を施工した場合には、確かに拡散抑制効果が認められるが、現時点では遮水壁を施工した方が拡散抑制効果は大きい

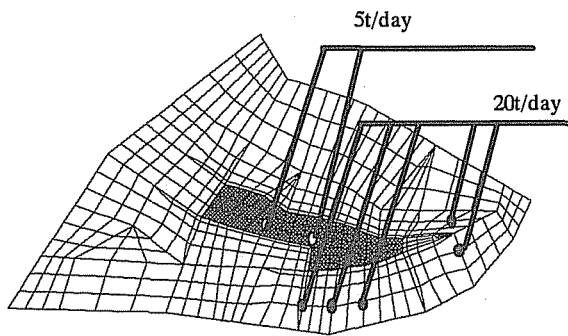


図10 バリア井戸を施工する場合の計算条件

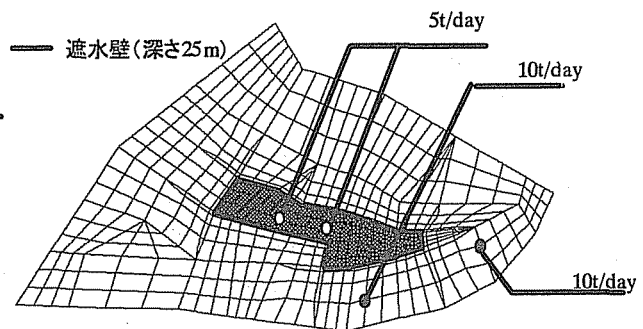


図11 遮水壁+揚水井戸を施工する場合の計算条件

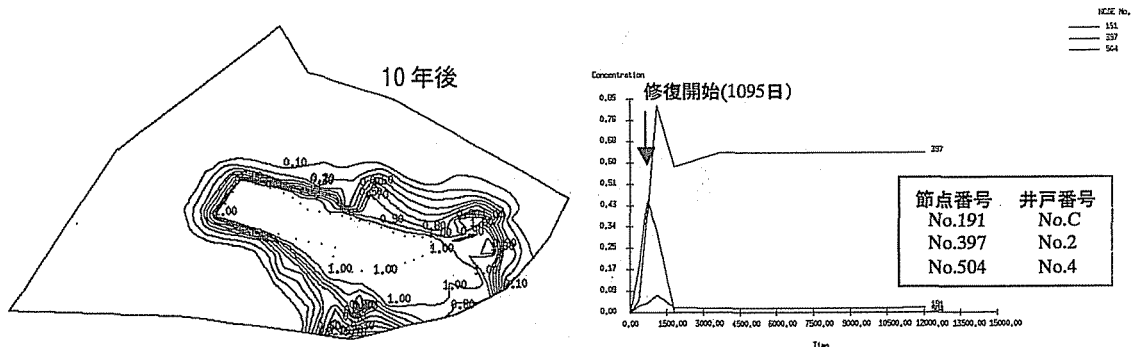


図12 バリア井戸を施工した場合の修復効果予測結果 (TCE)

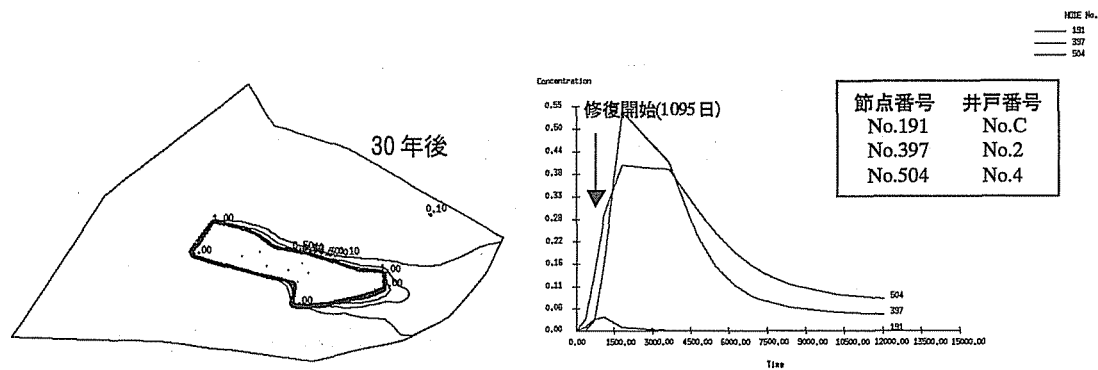


図 13-1 遮水壁+揚水処理した場合の修復効果予測結果 (PCE)

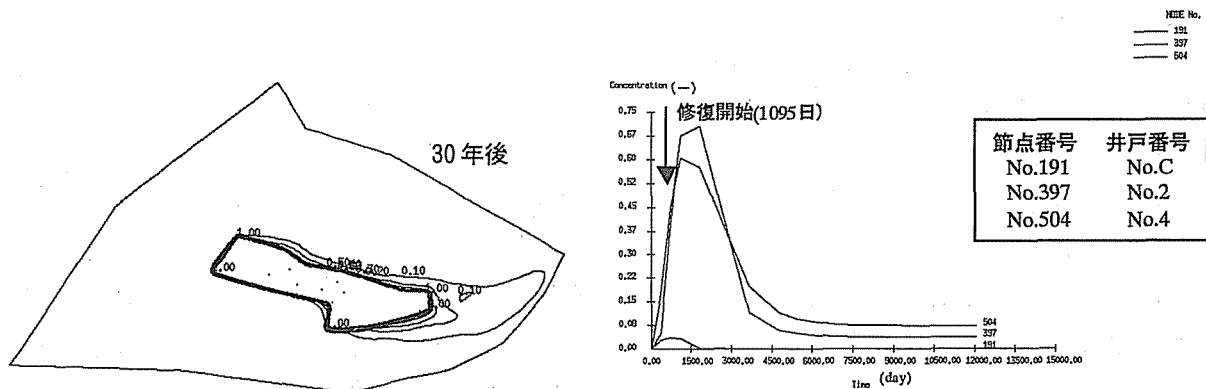


図 13-2 遮水壁+揚水処理した場合の修復効果予測結果 (TCE)

ことがわかる。遮水壁を施した場合では、吸着性の高いPCEはTCEよりも揚水井戸による回収に時間がかかってしまうことが推測された。今後の調査課題としては、廃棄物層から南方向への汚染拡散の有無を確かめること、そして揚水試験等を通じて揚水位置、揚水量の具体的な決定を行う必要があることがわかった。

4. まとめ

数値シミュレーション結果は、その前提となる汚染現場のモデル化、計算パラメータの設定によって大きく異なる。本研究では、そのような観点から地質構造の推定と透水係数場の推定による汚染現場のモデル化の手順を示し、さらに計算パラメータに関しては吸着項を考慮することで実汚染現場の汚染状況を説明することが可能であることを示した。今後の課題としては、追加調査を行うことにより、本解析により明らかになった廃棄物層から南側への汚染拡散状況を確認するとともに、本解析による推定結果の妥当性を検討することがあげられる。

謝辞 本研究は厚生科学研究費補助金の(財)廃棄物研究財団で実施された「廃棄物による環境汚染のオンサイト修復技術に関する研究」として行われました。研究実施上ご協力頂いた関係者各位に感謝いたします。また、研究を行うにあたり助言をくださったCDR研究会のメンバーにも感謝いたします。

参考文献

- 1)古市徹、東海明宏、石井一英、寺尾康、和田卓也、森下兼年：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論文集，15-20，1998
- 2)古市徹、石井一英、寺尾康、森下兼年、和田卓也、小谷克己、今井紀和：土壌・地下水汚染現場への汚染診断システムの適用，第7回衛生工学シンポジウム論文集，53-58，1999
- 3)古市徹、石井一英、寺尾康、森下兼年：土壌・地下水汚染の診断修復システムの開発と不適正保管現場への適用例，廃棄物学会論文，Vol.11，No1，38-47，2000