

II-384

地下水汚染解析のための流れ場の感度解析と逆解析

国立公衆衛生院 衛生工学部 正員 古市 徹
パシフィックコンサルタンツ 正員 林田 貴範

1. 概要

有機塩素系溶剤等による地下水汚染現象を数理解析するためには、まず地下水流れ場を科学的かつ合理的に解析する必要がある。本研究では、J市X区の汚染事例を対象に調査結果及び資料の収集整理を行い、対象領域内での地下水の水収支を考慮して流れ場の数理モデルを構築し、感度解析、逆解析を試みた。

2. 解析対象領域の設定、調査結果

図-1に解析対象領域を示す。領域内においてはY川を含め、4本の通過河川があり、またY川を境に、領域西側に主として洪積段丘、沖積段丘、氾濫平野等が、東側に緩扇状地が認められ、地形的に複雑な様相を呈している。領域内にて昭和62年から表-1に示すような地下水位、水質（トリクロロエチレン等）調査が行われた。実測地下水位分布（図-2、図-5）より、全体的な傾向として浅層地下水が北東から南西および北西から南東に流れており、これらが中央部に集まり南下していると考えられる。地下水の河川との関連でみると、領域上流部で河川からの地下水かん養が、下流部では地下水の河川への流出が推察される。またTCE、PCEの濃度分布（図-3、図-4）より、領域中央部付近に複数の高濃度地点が認められ、これらを中心に北東から南西の方向に拡がる傾向がみられる。（図-2、5から推測される流れと対応する。）

3. モデル化、感度解析、逆解析

上記の実測結果をもとに汚染が著しい浅層地下水の流れ場に対し有限要素法によるモデル化を行い、流れ場の再現を試みた（図-6参照）。モデル化では以下の仮定を設けた。（1）単一不圧帯水層から成り、定常的なダルシー流れで平面2次元的に解析可能。（2）領域内河川上流部からは地下水かん養が、下流部で流出がある。（3）領域内では8地点にて地下水揚水が行われており、それら揚水地点近傍における地下水の鉛直方向流動は無視できる。（4）土地利用形態より降雨、蒸発散の地下水流れ場を考慮する。（5）透水係数の実測値から領域内を2ブロックに分ける。（6）領域上流部BC付近では領域外からの地下水流入が顕著であるため、BC設定は流束規定を採用し、連続性を保持する。

表-1

	調査年月	調査点数	PCE	TCE	GW
1	86.02	18	*	*	図-2
2	87.11 -88.01	11	図-3	図-4	*
3	89.02	13	*	*	図-5

（図形出力にはNCAR-Gを使用）



図-1 対象領域概要

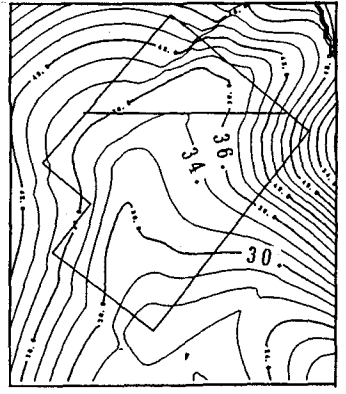


図-2 実測地下水位分布

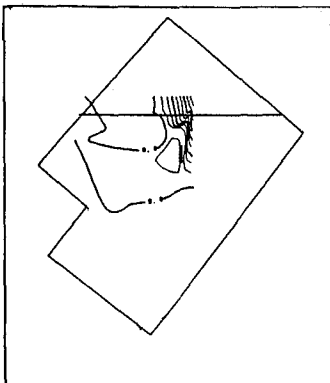


図-3 実測PCE濃度分布

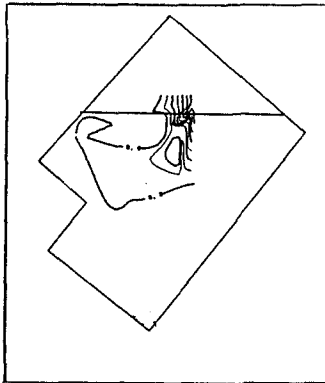


図-4 実測TCE濃度分布

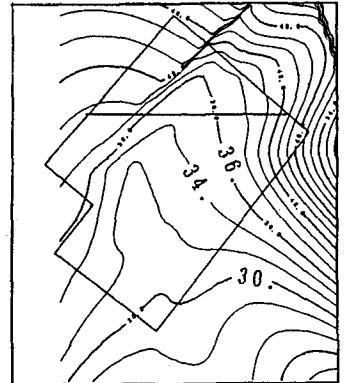


図-5 実測地下水位分布

ここで解析コードとしてはUNISSP（地下水変動解析プログラム：CRC（株））を用いた（節点数＝311、要素数＝275）。図-6より実測地下水位分布との間に局所的な差異があるものの、全体的には良好な一致が認められる。次に河川流出量R、透水係数K、地区内揚水量Pに関して感度解析を踏まえたうえで（表-2参照）、その結果をもとに逆解析を行った（表-3参照）。感度解析結果としては、河川流出量R、揚水量Pの2項目の流れ場に対する影響（感度）が、透水係数Kより大であることが判明した。

4. 解析結果

図-7はY川河川流出量Rの逆推定結果をもとに流れ場を計算したもので、局所的なコンターの変化があるものの、全体の水収支はバランスした。ここでは流出区間を2区間に分けて推定を行ったが、一次設定値より下流側で流出量が大きくなる結果が得られた。次に透水係数Tの逆推定結果をもとに計算したものが図-8である。同ケースにおいてはオーダーからみても一次設定値とあまり差異は認められず、解析範囲内における一次設定値が妥当であることがわかる。図-9は地域内揚水のうち比較的揚水規模の大きい2点に対して逆推定を行い、その結果をもとに流れ場を計算したものである。全ケースともに逆推定の残差平方和が $1.4E+01$ から $2.3E+01m^2$ （帯水層厚＝25m、評価基準の水位の約3%）であり、解析範囲内では良好な結果と言える。最後に、研究遂行上有益な御助言を頂いた国立公衆衛生院衛生工學部長真柄泰基博士と、UNISSP利用で御援助頂いたCRC（株）田中豊氏、今井紀和氏に対し深甚の謝意を表します。

表-2 感度解析検討ケース

	検討内容		備考
	1	2	
河川流出 R	$R' = R \times 4.0$	$R' = R / 10.0$	$R = 0.05M^3/DAY/M$
透水係数 K	K=1ブロック	*	$K = 0.14M/DAY$
揚水 P	$P' = P \times 2.0$	$P' = P / 2.0$	$P = 203.6M^3/DAY$

表-3 逆解析検討ケース

	一次設定値	推定値	$\Sigma (H_0 - H_C)^2$	図番号
R1, R2	5.0, 7.5	1.3, 3.4	$2.3E+01$	図-7
K1, K2	0.14, 0.05	0.17, 0.02	$1.4E+01$	図-8
P1, P2	67.0, 50.1	97.9, 20.1	$1.7E+01$	図-9

H_0 :地下水位観測値

H_C :地下水位計算値

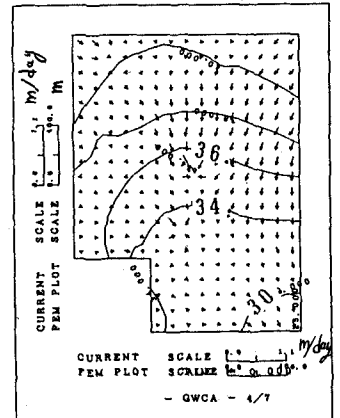


図-6 地下水位計算出力

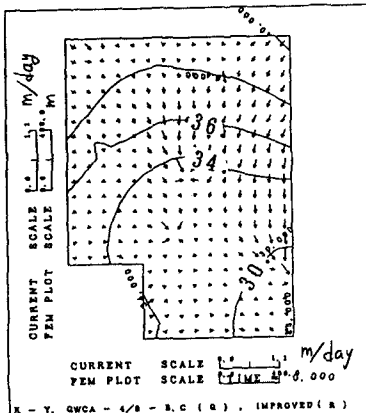


図-7 逆推定（河川流出）

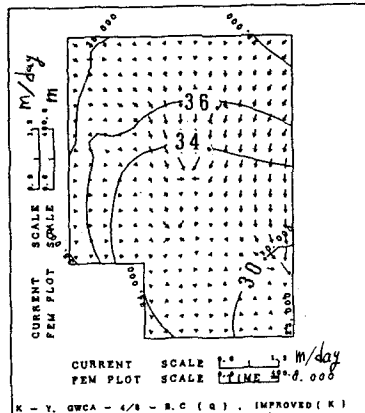


図-8 逆推定（透水係数）

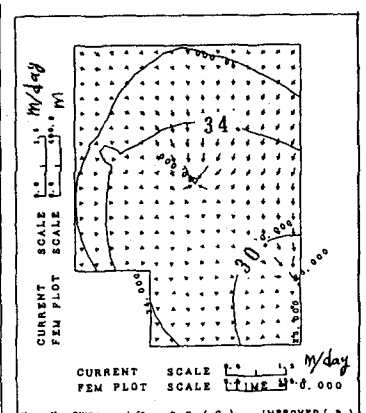


図-9 逆推定（揚水）