

表5-3-3-1 シミュレーションを行うための調査項目

優先順位	項目	調査情報	調査方法	目的	現地調査	現地調査	現地調査	備考
1	地下水流れ場	地形図 地質図 水文図 気象条件 周辺井戸 河川等水位	現地踏査 測量 ポーリング調査 地下水位のモニタリング (一斉観測が望ましい) (可能な限り複数の地点の地下水位の観測を把握する) 水出調査 排水試験	既存情報の確認・補正 地形 地質調査 地下水水位調査 地下水位の変動 (日変動、季節変動) 周辺河川・湖などの水位 流れ場モデル パラメータの設定	対象現場周辺環境の把握 解析領域の設定 水文境界線の確認 (旧河川・水びらりの把握) 水文取支の把握 (土地利用や湛留土の特性が分かれば) 浸透係数 (観測値) 高差測量が確定 水文取支の把握 排水採取位置、最近の利用状況 井戸台帳 建設者地下水水位観測所データ 境界条件の把握	現場踏査 測量 ポーリング調査 地下水位のモニタリング (一斉観測が望ましい) (可能な限り複数の地点の地下水位の観測を把握する)	目的 対象現場周辺環境の把握 地形図作成 地質調査 地下水コンター図作成	備考 現場によっては、水文取支をとるための現地調査が必要。 ・ポーリングの数はサイトによって異なる。 ・地下水流れ場の解析のためには、対象現場の上流側、下流側の地下水位データが必要である。 ・また場合によっては、境界条件と成りうる地点にポーリング調査を行う必要がある。 ・ポーリング調査は、汚染状況にもよるが、基礎深度が把握できるまでが望ましい。 ・水みたら排水水位や地下水分布を把握するためには、広範囲における地下水調査が必要である。 ・ポーリングは、汚染物質のモニタリング井戸としても使用可能である。 各ポーリング孔を利用して行うことができる
2								

優先順位	分類	項目	調査情報	調査方法	目的	現地調査	現地調査	備考
1	汚染現場に関する基礎情報 汚染物質 汚染現場に関する基礎情報 汚染物質 理立地に関する基礎情報 汚染現場(汚染源としての汚染物質)	汚染現場に関する基礎情報 汚染物質 汚染現場に関する基礎情報 汚染物質 理立地に関する基礎情報 汚染現場(汚染源としての汚染物質)	対象現場の環境的把握 汚染物質の量、汚染状態の把握 汚染現場の環境的把握 汚染物質の量、汚染状態の把握	既存情報の確認・補正 地質調査 地質図 浸出水の有無・濃度分布 表流水の有無・濃度分布 土壌(表層) (深度方向) 地下水 既存情報の確認・補正 地質調査 地質図 浸出水の有無・濃度分布 表流水の有無・濃度分布 汚染現場中の水位	目的 対象現場の環境的把握 汚染物質の量、汚染状態の把握	現地踏査 測量 ポーリング調査 浸出水の水質調査 表流水の水質調査 ガス抜き管等の水位を確認 ポーリング調査・成分分析調査 それで代用する 浸出水の水質調査 表流水の水質調査 ガス抜き管等の水位を確認	目的 対象現場の環境的把握 汚染物質の量、汚染状態の把握	備考 ・汚染現場のモニタリングは、汚染物質の濃度を把握し、汚染状況を把握する必要がある。 ・汚染現場のモニタリングは、汚染物質の濃度を把握し、汚染状況を把握する必要がある。 ・汚染現場のモニタリングは、汚染物質の濃度を把握し、汚染状況を把握する必要がある。 ・汚染現場のモニタリングは、汚染物質の濃度を把握し、汚染状況を把握する必要がある。 ・汚染現場のモニタリングは、汚染物質の濃度を把握し、汚染状況を把握する必要がある。
3								

1)汚染現場が具体的に決まれば、もう少し具体的なデータの取、買が必要になります。

2)本格的な現地調査を始める前に、解析対象のおおよその範囲を定めるための予備調査が必要で。

3)シミュレーションを行うためには、汚染現場のモデルパラメータをできるだけ正確に設定する必要があります。その際、正しい値が得られなかった場合、または今後のシミュレーションに際して、精度が必要な箇所については、再調査を行う必要があります。

表5-3-2 調査データと数値シミュレーションの対応関係

調査段階	調査内容 (情報)	調査特性	シミュレーション結果の内容	シミュレーション結果から判断できること	利用段階
①	現場に関する情報 ・地形地質情報 ・気象条件の情報 ・周辺井戸情報 ・河川水位等の情報 汚染に関する情報 ・現場に関する情報 ・汚染物質の情報	実際に作業・工事が始まる前の段階に得られる情報。	調査データが少なく、シミュレーションは行えない。	汚染現場に対し、シミュレーションを用いるという前提の下で、シミュレーションを考慮した調査の計画・実施の必要あり。	修復対策選択プロセスには利用できない
②	現場・汚染に関する情報 ボーリング調査 測量 水位調査	ボーリング調査をする。	・地質構造は推定できない。 ・大略的な地下水流れ場・汚染濃度場しか推定できない。	適切な位置でのボーリング調査を行い、地質構造の推定、より正確な地下水流れ場と汚染濃度場の推定を目指す。	
③	現場・汚染に関する情報 ボーリング調査	ボーリング調査は ・対象領域の上流、下流 ・境界条件となるポイント ・基盤深さの確認 ・広範囲に考慮して行う。	・地質構造は推定できる。 ・大略的な地下水流れ場が把握できる。 ・汚染状況が把握できる。	・修復対策の必要性が判断できる。 ・修復プロセスの計画段階（技術の比較・検討）に利用できる。	修復の計画策定段階に利用できる。
④	現場・汚染に関する情報 追加ボーリング調査 揚水試験	揚水試験を行い、透水系数等のパラメータの改善を試みる。	汚染分布に関して、より精度のよい結果が得られる。	・設計段階に利用できる。（対策の設計の根拠にするため、前段階より精度をあげる） ことが望まれる。	具体的な修復設計に利用できる。
⑤	現場・汚染に関する情報 モニタリング 実証試験	実設計し、予測されていた結果と観測結果を比較しモデルを修正する。	より現実的な条件下で、信頼できるシミュレーション結果を得られる。	・シミュレーションの精度はかなり改善されたが現実的な状況下で利用するので、必要であれば更に調査を加え改善する。	対策後の運転管理維持に利用できる。

## 5.4 既往の研究と問題点の整理

これまでの数値シミュレーションによる汚染現場の解析は、(1)モデル開発に関するもの<sup>出典 2)~5)</sup>—例えば汚染物質移流拡散モデルの開発とその方程式の解法、そして室内実験との比較・検討をおこなったもの。(2)内挿検定<sup>6)</sup>—例えば、実地下水流れ場や汚染濃度場に数値モデルを適用し、透水係数分布や分散能等のパラメータを逆推定するもの。(3)不確定性<sup>出典 7,8)</sup>—調査データの不確定性に注目し、確率モデルにより実汚染現場の不確実性の評価を試みたもの。(4)最適化<sup>出典 9)~13)</sup>—例えば、揚水井戸の位置と揚水量の最適解を探索したり、コストミニマムな解を探索するといった研究が存在する。特に、(2)、(3)、(4)は実汚染現場に適用された事例も存在し地下水管理や修復対策の設計等を支援してきた。しかし、そもそものような修復対策を講じればどの程度の効果が得られるかといった計画段階に数値シミュレーションが適用された例<sup>出典 14),15)</sup>は少なく修復代替案の比較を行った例は無い。計画段階にシミュレーションを用いることで、修復対策の計画をより客観的に行うことができ、住民合意等にも有益な情報提供することが可能である。

そこで本研究では、実際のK市の不法投棄現場に数値シミュレーションを適用することにより、現在の汚染分布の現況の説明を試み、将来予測をした上で修復の必要性について議論を行い、さらに当該汚染現場に適切な修復対策を提案することを目的とし、この解析を通じて数値シミュレーションの役割と効果を明確にする。

## 5.5 K市不法投棄現場における解析

### 5.5.1 K市不法投棄現場の汚染状況

図 5-5-1 に汚染現場の平面図を示す。当該汚染現場は、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おり、地下水位よりも下方に存在する廃棄物層内の汚水により周辺地下水汚染が生じている。廃棄物層内水からは、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタン、シス-1,2-ジクロロエチレン、トリクロロエチレン(TCE)、テトラクロロエチレン(PCE)、1,3-ジクロロプロペン、ベンゼンが溶出基準を越えて検出されており、そのほか 1,1-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、が検出されている。その他トルエン、キシレンも高濃度で検出されている。周辺地下水は、廃棄物層の近傍である No.3、No.6、No.7 の井戸(図 5-5-2 参照)でジクロロメタン、1,2-ジクロロエタン、1,3-ジクロロプロペン、ベンゼンが環境基準を超過し、TCE や PCE も検出されている。また KR 川付近の No.4、No.5 ではトルエン、キシレンが検出され、また追加調査で行われた No.C(図 5-5-3(5)参照)でもトルエン、キシレンが検出されており周辺の地下水汚染が進みつつある状況にある。

広域的な地下水流れは北から南の IB 川に流れていると予想される。汚染現場東側には KR 向斜が存在し、向斜軸方向に地下水が流れているとも推測できる。以上のことから、汚染現場ごく近傍での浅層地下水は、汚染現場から KR 川方向へ流れていると推測されるが、深層の地下水はより広域的な地下水流れの影響を受けやすいので、南方向、あるいは南西方向へ流れている可能性のあることが分かる。従って、本解析の目的を、

- ①汚染源近傍における地下水流れ場の把握
  - ②広域的な地下水流れの把握による、汚染源深層地下水の流れの推測
  - ③汚染源近傍における汚染拡散の現状把握と将来予測
  - ④汚染修復対策代替案の提案
- とすることにした。

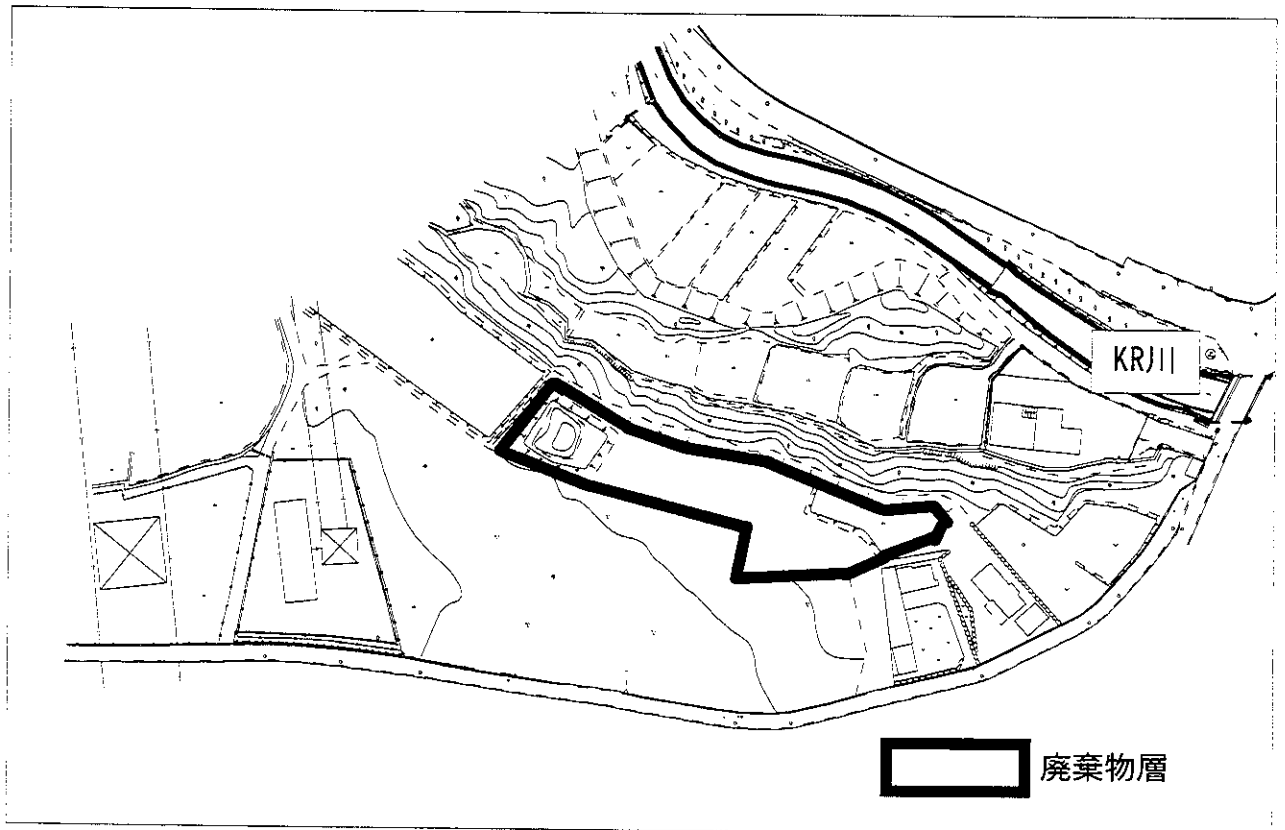


図5-5-1 K市汚染現場平面図

### 5.5.2 地質構造及び廃棄物層の推定

図 5-5-2 に示すようなボーリング調査より得られた地質断面図を基に作成した地質構造モデルを図 5-5-3 に示す。表 5-5-1 に実際の現場調査で得られた地質区分とモデルによる地質区分の対応も示しておく。地質構造の推定は GEORAMA((株)CRC 総合研究所)を用いた。なお、この段階では廃棄物層の推定はまだ行っていない。汚染現場はこの付近一帯に広がる段丘面に存在し、基盤岩は第三紀層(Tc, Ts)であり、半固結状を呈す砂質シルト及び未固結の砂質土層より成る。その上位には、礫、砂、泥よりなる第四紀層(Dc, Ds, Dg)が分布しており、特に礫層が優勢であった。また部分的にシルト分を多く含む層が見られた。さらにその上位には、礫層よりなる第四紀層(tDc, tDg)が分布している。一方、廃棄物層は図 5-5-4 に示すように最深点を地表面から 14.7m、最浅点を 4.5m に設定し推定を行った。

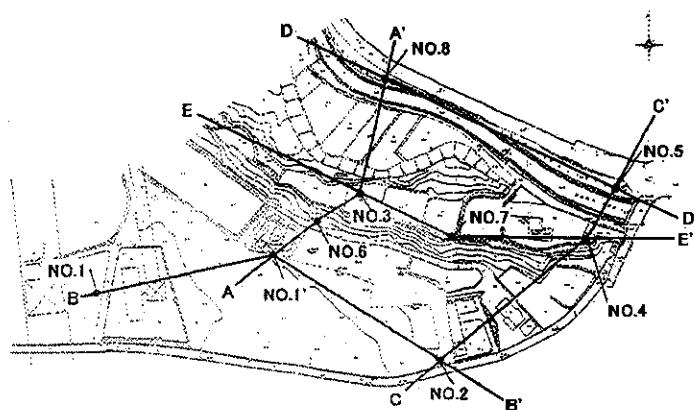


図 5-5-2 ボーリング調査位置と地質断面位置図

表5-5-1 地質区分の対応

地層名	断面図での記号	GEORAMA での記号
廃棄物	B	地層推定時には無視
盛土	B	B
表土	F	F
粘性土層	A c	A c
礫質土層	t D g	t D g
礫質土層	A g	A g
粘性土層	D c	D c, D c 2, D c 3
砂質土層	D s	D s
礫質土層	D g	D g
基盤	T c, T s	T c / T s

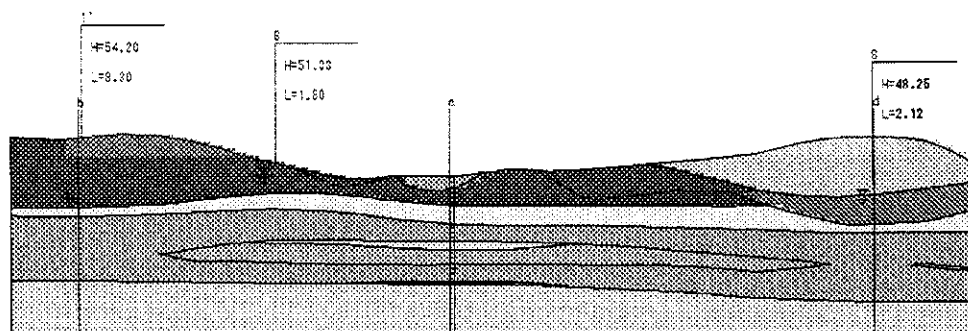


図5-5-3(a) A-A'断面図

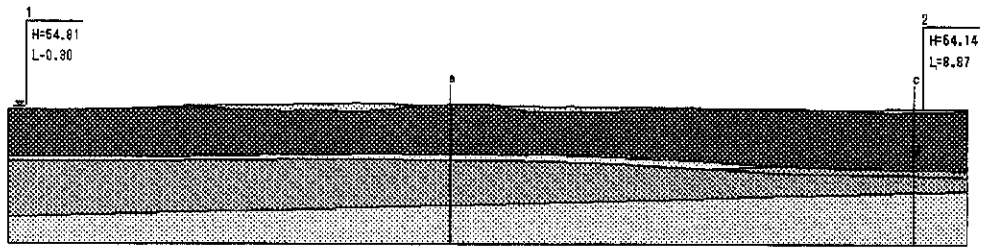


図5-5-3(b) B-B'断面図

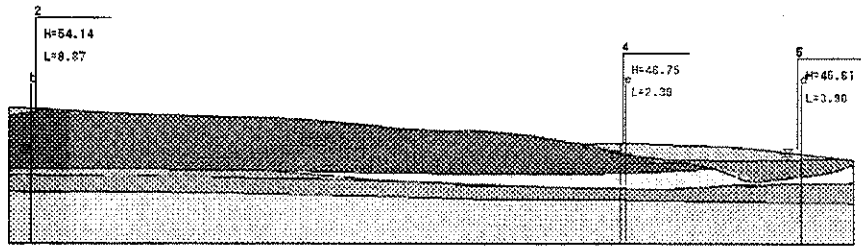


図5-5-3(c) C-C'断面図

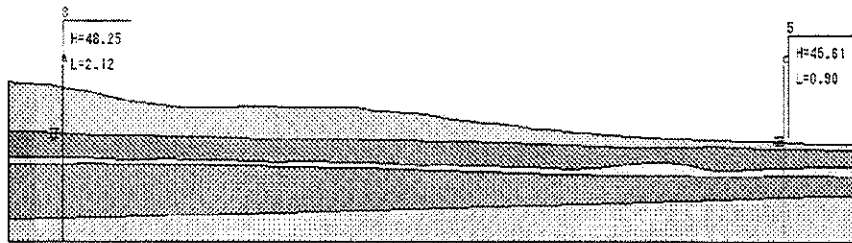


図5-5-3(d) D-D'断面図

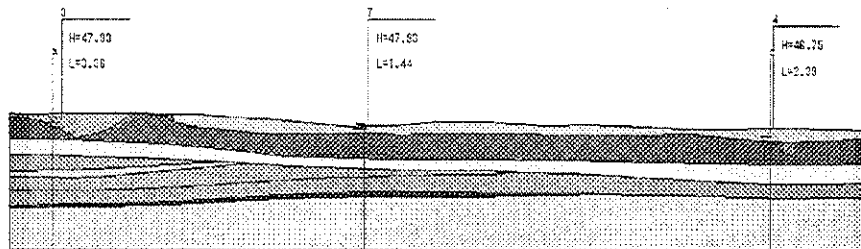


図5-5-3(e) E-E'断面図

	Ds		B
	F		Ac
	Ag		tDc
	tDg		Dc
	Dg		Tc/Ts
	Dc2		Dc3

地層凡例

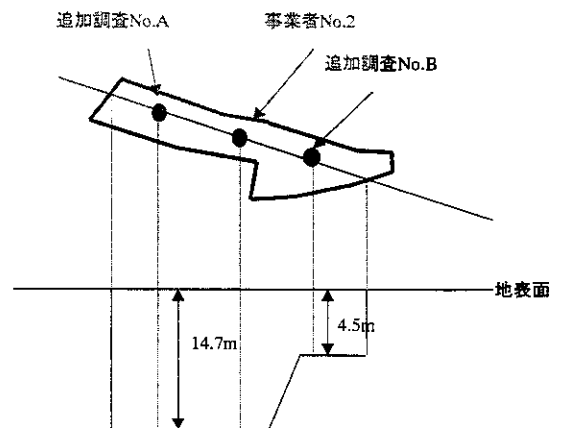


図5-5-4 不法投棄場所の形状の仮定(平面図、断面図)

### 5.5.3 汚染源近傍の地下水流れ場の推定

#### (1) 初期地下水位の推定

まず表 5-5-2 に示すボーリング位置での地下水位から地下水面形状を推定し、これを初期地下水位とした(図 5-5-5)。河川の水位データが得られなかったため、河川付近の2点のボーリングデータが存在している事から、河川付近でもある程度正しい水位が得られているとして修正は行わず使用した。また、地下水面の推定には第2帯水層と考えられる別孔の水位は使用していない。

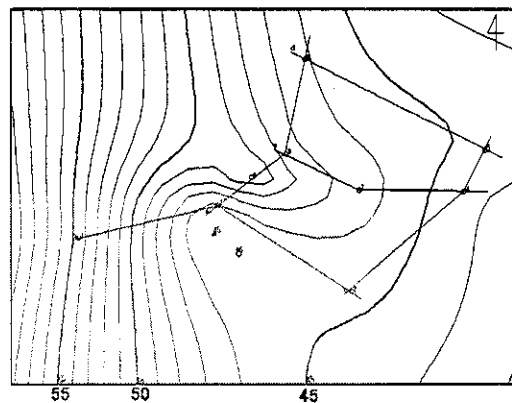


図 5-5-5 初期値地下水面の推定結果

表5-5-2 地下水位測定データ

地点	使用	水位 (m)	ストレーナー区間	帯水層番号
No. 1	○	54.51	52.07~40.07	第1帯水層
No. 1'	○	45.90	53.10~33.10	第1帯水層
No. 2	○	45.27	45.54~41.54	第1帯水層
No. 3(本孔)	○	45.59	41.93~33.93	第1帯水層
No. 3(別孔)		47.57	47.43~43.43	第2帯水層
No. 4	○	44.36	44.97~32.97	第1帯水層
No. 5	○	44.71	43.61~31.61	第1帯水層
No. 6(本孔)	○	46.09	44.13~36.13	第1帯水層
No. 6(別孔)		49.53	49.23~45.23	第2帯水層
No. 7(本孔)	○	45.71	43.40~39.40	第1帯水層
No. 7(別孔)		46.49	46.10~44.10	第2帯水層
No. 8	○	46.13	47.85~31.85	第1帯水層

\*平成 11 年 6 月 25 日の観測水位

#### (2) 解析領域と境界条件

次に図 5-5-6 のように解析領域をとり、境界条件については、山側と河川側を水位一定境界、その他の境界を不透水境界とした。図 5-5-7 に用いた要素分割及び廃棄物層の位置(図中の黒い部分)を示す。地下水流れ場の計算は準三次元解析であり、unissf((株)CRC 総合研究所)を用いた。

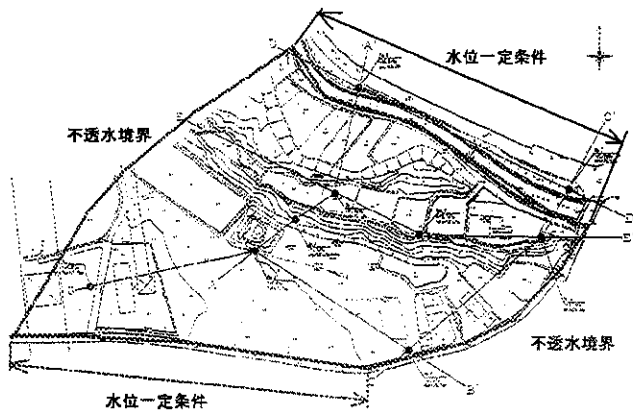


図5-5-6 解析領域と境界条件

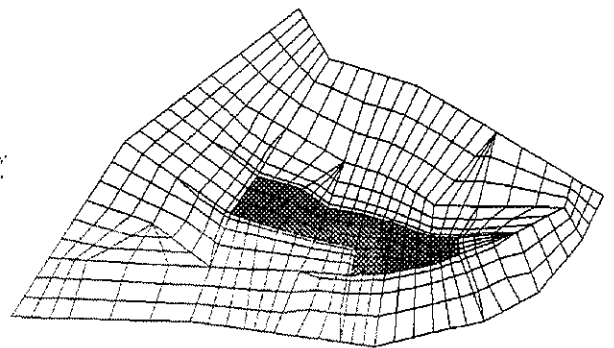


図 5-5-7 有限要素分割

### (3) 逆推定による透水係数の設定

次に逆推定により、現状の地下水位分布を最も反映するような透水係数を各地層毎に求める。この汚染現場では現場透水試験により実験値が得られていることから以下のようなケースを想定して逆推定を行った。また、昭和 63 年から平成 9 年までの年間降雨量の平均値 1656mm (気象観測所データ) の値を使用して、降雨を考慮した場合も検討した。

- 1) W (廃棄物層) のみの推定 (降雨有り A1、降雨無し A2)
- 2) W (廃棄物層) と Ag、tDg、Dg 層を推定、但し粘土層は計測値の値を使用  
(降雨有り B1、降雨無し B2)
- 3) W (廃棄物層) と Ag、tDg、Dg 層を推定、但し粘土層は非常に小さい値を使用  
(降雨有り C1、降雨無し C2)

また、追加調査により図 5-5-8 に示すような No.A~No.E の地下水位データを入手した。

地下水位の経時的な観測データからは降雨等の影響をほとんど受けてはおらず水位の変化は非常に小さいものであったことから、前の調査の No.1~No.8 の地下水位データに付加して逆推定を上記 1)~3) と同様の条件で行った。但し、1)~3) の逆推定の結果、降雨を入れない方が推定結果が良かったため、次の 4)~6) では降雨を考慮せずに逆推定を行った。

- 4) 上記 1) のパターン (降雨無し D2)
  - 5) 上記 2) のパターン (降雨無し E2)
  - 6) 上記 3) のパターン (降雨無し F2)
- 逆推定結果を表 5-5-3(1)~(4) に示す。

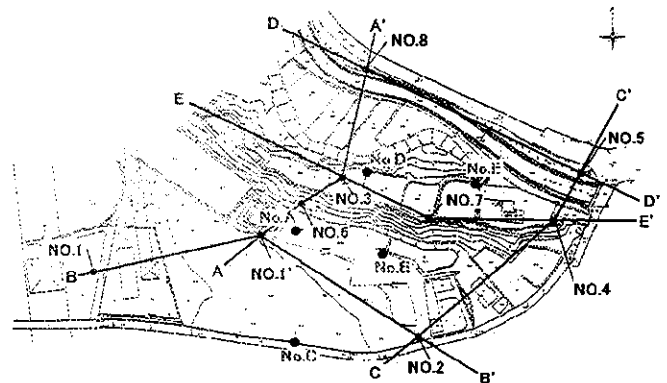


図 5-5-8 追加ボーリング位置図



表5-5-3(1) 透水係数逆推定結果

	A1		A2		B1		B2		C1		C2(◎)	
	初期値	推定結果	初期値	推定結果	初期値	推定結果	初期値	推定結果	初期値	推定結果	初期値	推定結果
W(汚染土)	1.00E-03	1.01E-01	1.00E-03	1.01E-01	1.00E-03	1.16E+00	1.00E-03	1.02E+00	1.00E-03	1.16E+00	1.00E-03	1.62E-01
B	1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08	
F	1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08	
Ac	1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08		1.00E-22		1.00E-22	
Ag	1.43E-02		1.43E-02		1.43E-02	1.16E+00	1.43E-02	1.16E+00	1.43E-02	1.16E+00	1.43E-02	1.16E+00
tDg	5.69E-02		5.69E-02		5.69E-02	1.09E+00	5.69E-02	9.36E-01	5.69E-02	1.13E+00	5.69E-02	7.12E-02
tDc	1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22	
Ds	5.40E-06		5.40E-06		5.40E-06		5.40E-06		1.00E-22		1.00E-22	
Dc	1.53E-08		1.53E-08		1.53E-08		1.53E-08		1.00E-22		1.00E-22	
Dg	4.52E-02		4.52E-02		4.52E-02	1.42E-05	4.52E-02	3.73E-05	4.52E-02	2.49E-03	4.52E-02	8.97E-04
TCTS(基盤)	1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22	

(cm/sec)

表5-5-3(2) 推定誤差結果

ボーリングNO	節点番号	観測水位	A1		A2		B1		B2		C1		C2	
			計算水位	水位差	計算水位	水位差	計算水位	水位差	計算水位	水位差	計算水位	水位差	計算水位	水位差
1	20	54.51	52.029	2.481	52.023	2.487	52.326	2.184	52.325	2.185	52.325	2.185	52.295	2.215
1'	148	45.9	47.589	1.689	47.564	1.664	47.494	1.594	47.481	1.581	47.504	1.604	47.270	1.370
2	397	45.27	45.695	0.425	45.658	0.388	45.643	0.373	45.643	0.373	45.639	0.369	45.663	0.393
3	263	47.57	46.779	0.791	46.750	0.820	46.705	0.865	46.692	0.878	46.707	0.863	46.619	0.951
4	504	44.36	44.959	0.599	44.937	0.577	44.979	0.619	44.969	0.609	44.978	0.618	44.828	0.468
6	199	49.53	47.234	2.296	47.205	2.325	47.135	2.395	45.892	3.638	47.138	2.392	47.019	2.511
7	399	46.49	45.891	0.599	45.857	0.633	45.901	0.589	45.637	0.853	45.896	0.594	45.899	0.591
誤差の二乗和				16.638		16.636		15.205		15.184		15.229		14.907

(m)

表5-5-3(3) 透水係数逆推定結果

	D2(◎)		E2		F2	
	初期値	推定結果	初期値	推定結果	初期値	推定結果
W (汚染土)	1.00E-03	4.98E-01	1.00E-03	6.78E-03	1.00E-03	1.48E-04
B	1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08	
F	1.00E-08		1.00E-08		1.00E-08	
Ac	1.00E-08		1.00E-08		1.00E-22	
Ag	1.43E-02		1.43E-02	1.16E+00	1.43E-02	1.14E-01
tDg	5.69E-02		5.69E-02	1.53E-04	5.69E-02	2.94E-06
tDc	1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22	
Ds	5.40E-06		5.40E-06		1.00E-22	
Dc	1.53E-08		1.53E-08		1.00E-22	
Dg	4.52E-02		4.52E-02	2.75E-10	4.52E-02	1.19E-10
TCTS(基盤)	1.00E-22		1.00E-22		1.00E-22	

(cm/sec)

表5-5-3(4) 推定誤差結果

ボーリングNO	節点番号	観測水位	D2		E2		F2	
			計算水位	水位差	計算水位	水位差	計算水位	水位差
1	20	54.51	52.969	1.541	53.119	1.391	53.118	1.392
1'	148	45.9	49.078	3.178	48.125	2.225	48.117	2.217
2	397	45.27	47.510	2.240	47.203	1.933	47.207	1.937
3	263	45.57	47.920	2.350	47.376	1.806	47.373	1.803
4	504	44.36	45.480	1.120	44.765	0.405	44.764	0.404
6	199	49.53	48.812	0.718	48.090	1.440	48.086	1.444
7	399	46.49	47.120	0.630	47.055	0.565	47.055	0.565
A	182	48.34	48.885	0.545	48.098	0.242	48.093	0.247
B	337	49.65	48.187	1.463	47.970	1.680	47.977	1.673
D	301	47.45	47.699	0.249	47.392	0.058	47.391	0.059
E	451	45.84	46.526	0.686	46.219	0.379	46.196	0.356
誤差の二乗和			28.151		19.468		19.412	

(m)

誤差の二乗和で評価すると、追加調査を入れない場合では、3)の降雨を考慮しない C2 のパターンが最も良かった。また追加調査を考慮すると 6)の F2 のパターンが最も良かったが、水位コンター図(図 5-5-9(2)を参照)より地表面から地下水が流出している可能性が示唆された。汚染現場では確かに法面から地下水が流出している箇所が存在しており妥当な推定であると考えられるが、透水係数の推定値が極端に大きく推定されている層があるため D2 を透水係数の推定値として用いることにした。いずれも降雨を考慮していない定常状態での推定値なので、透水係数の比の関係を保てば、汚染現場で得られた透水係数値に調整して用いることができる。そこで、汚染サイトの tDg 層で透水係数の実測値に合わせて、C2 で得られた透水係数値を 20 分の 1、D2 で得られた透水係数値を 15 分の 1 にした(表 5-5-4)。今後の解析ではこの 2 通りの透水係数を用いることにするが、汚染解析は主に C2 パターンを用いて行うこととし、D2 パターンは汚染源から南側の流れの有無についての感度解析の検討に用いることとした。なお、両パターンとも粘土層及び基盤の透水係数が極めて小さな値になっているが、計算上最適値を求めたためこのような小さな値となっている。また両モデル共に、tDg 層が主な地下水流れを支配する層であることが分かる。

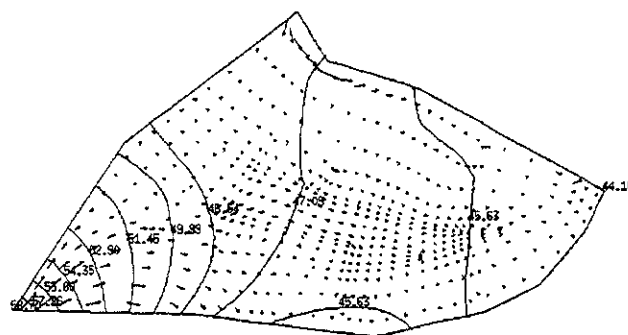


図 5-5-9(1) 地下水流れ場の推定結果(パターン C2)

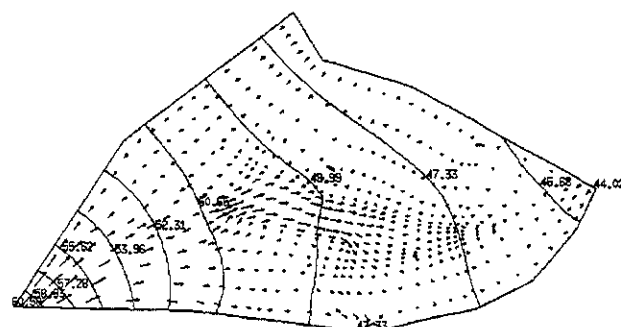


図 5-5-9(2) 地下水流れ場の推定結果(パターン D2)

表5-5-4 実際に用いた透水係数値

地層	C2	D2
W(廃棄物層)	0.008102	0.032407
B	5E-10	6.5E-10
F	5E-10	6.5E-10
Ac	5E-24	6.5E-10
Ag	0.05787	0.000929
tDg	0.003559	0.0037
tDc	5E-24	6.5E-24
Ds	5E-24	3.47E-07
Dc	5E-24	9.93E-10
Dg	4.48E-05	0.002939
TCTS(基盤)	5E-24	6.5E-24

(cm/sec)

#### (4) 地下水流れ場の解析結果

図 5-5-9(1)、5-5-9(2)にそれぞれの透水係数パターンの地下水流れ場の解析結果を示す。これらの結果は、当該汚染現場周辺の第一帯水層、第二帯水層を鉛直方向に平均化した流れ場のベクトルを表したものである。解析領域南西側から流れ込んだ地下水は、主に廃棄物層を通り、KR 川の方方向へ流れていくが、特に農業用水処理施設方向への流れ場が際だっている。また透水係数パターン C2 の場合は、解析領域に流れ込んだ地下水が、そのまま汚染源南側へ流れる地下水が存在したり、汚染源から南方向へ流れる地下水が存在した。一方、追加調査の結果を考慮した D2 の場合の地下水流れにおいては、特に汚染源から南側の地下水流れの方向に違いがみられたが、やはり南側への流れは存在することが伺われる。今後、さらに調査を行うことにより地下水流れをさらに詳細に把握する必要性が示唆された。

## 5.5.4 広域的な地下水流れ場の推定

### (1) 地質構造の推定

当該汚染現場周辺の広域的な地形、地質(図 5-5-10)より、図 5-5-11 に示すような地形・地質モデルを作成した。モデル化の際は、t 層を高位Ⅱ段丘堆積物、Ck 層を力尾類層、そして To 層を大泉類層とした。GEOL を基盤とし、解析領域を-100m から地表面までとした。

### (2) 解析領域と境界条件の設定

図 5-5-12 に解析領域と境界条件を示す。解析領域東側を KR 川、南側を IB 川、そして西側を F 川とし水位一定境界とした。また北側と北東側を山の尾根で区切り、不透水境界とした。

### (3) 透水係数の設定

広域的な解析では、解析に使用できる地下水位のデータが無かったため、逆推定による透水係数の決定はできなかった。そこで、地質性状等の特徴より透水係数を推測し、大略的な地下水流れ場の傾向を把握することにした。透水係数の設定は以下の仮定を根拠に推定した。

t 層は、高位Ⅱ段丘堆積物であり固結度の低い砂礫層が主体であると推定されるので、 $1 \times 10^{-1}$ cm/sec オーダーに相当する。Ck 層は、力尾類層と呼ばれており、t 層よりは固結度の高い礫・砂・泥からなる地層である。場所によって変動はあるが、大略的には砂礫層が優勢であると考えられるので、 $1 \times 10^{-3}$ cm/sec オーダーに相当する。また To 層は、大泉類層と呼ばれ、Ck 層よりも若干固結度が高い地層である。場所によって変動はあるが、大略的には泥層が優勢であると考えられることから、 $1 \times 10^{-5}$ cm/sec オーダーに相当する。

### (4) 降雨量と浸透能の設定

降雨量は、K 地域気象観測所の 10 年平均の値である 1650mm を用いた。また、解析領域の北側は基盤部分が露出しており、浸透能が小さくなっていることが推測された。よって、浸透能を図 5-5-13 のように設定し、解析を行った。

### (5) 広域的地下水流れの推定

以上のような計算条件による解析結果を図 5-5-14 に示す。広域的な地形条件を反映して、大略的には北側の山から南側の IB 川へ流れている。また KR 向斜軸に向かって(解析領域中心方向に向かって)流れる地下水も存在した。汚染源周辺では、南西方向の地下水が KR 川から流れていることが確認された。このことは、汚染源周辺の深層側では、徐々に広域的な地下水流れの影響を受け、南西側に流れる可能性があることを示唆している。

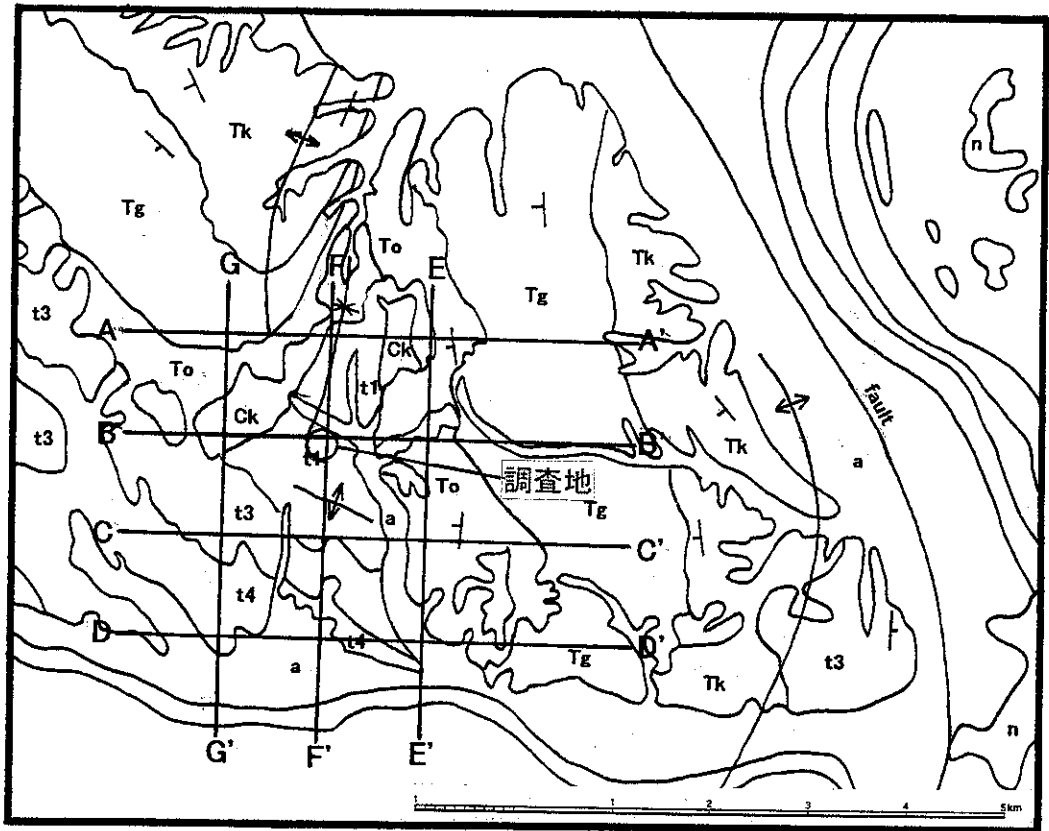
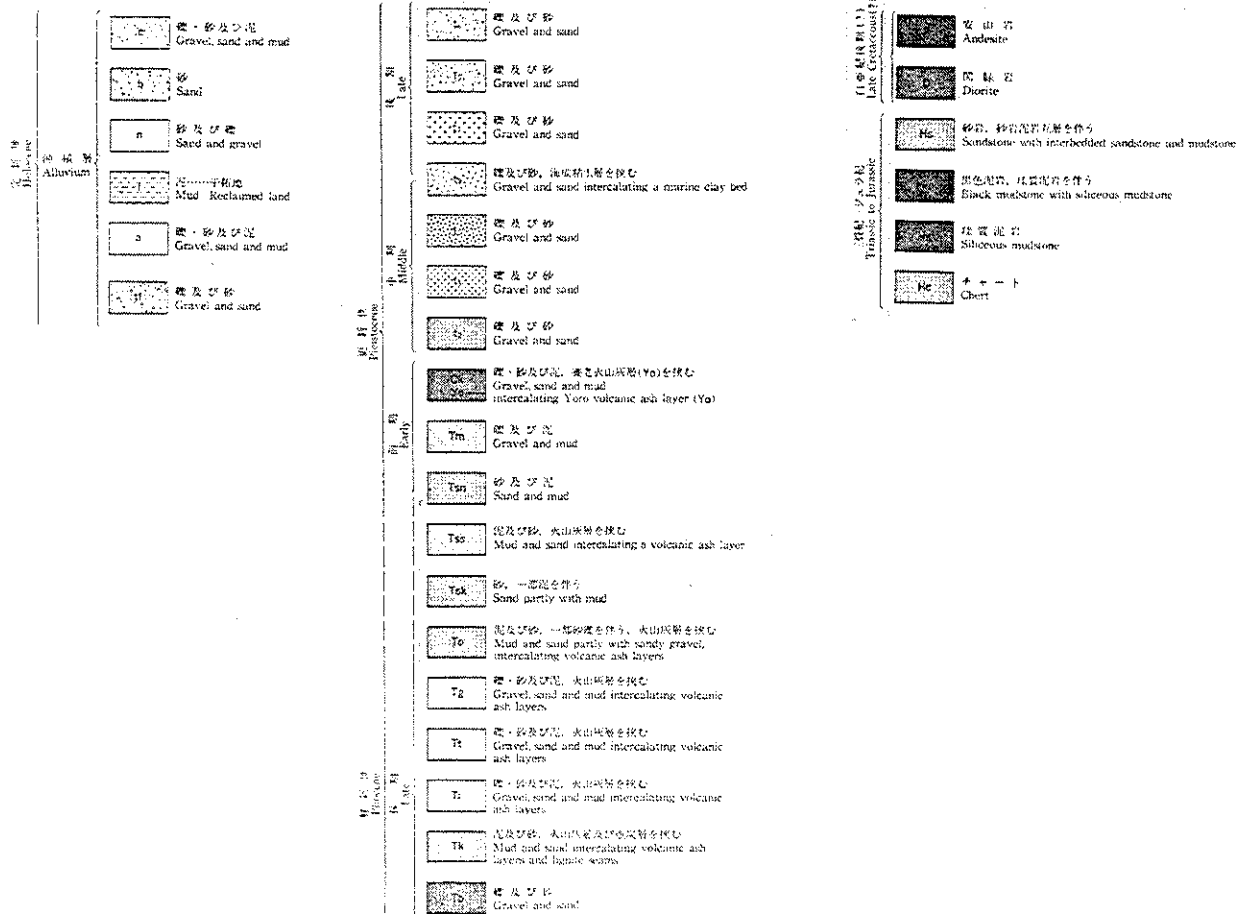


図5-5-10 汚染現場周辺広域地質図と断面図



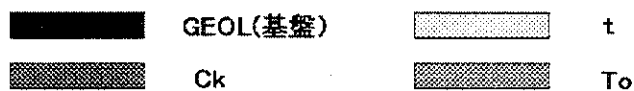


图5-5-11(a) 地質凡例图

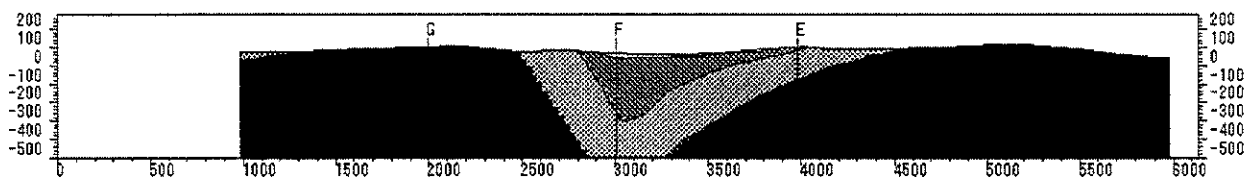


图5-5-11(b) A-A'断面图

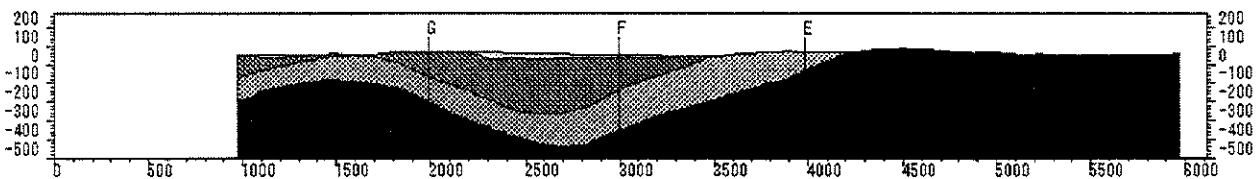


图5-5-11(c) B-B'断面图

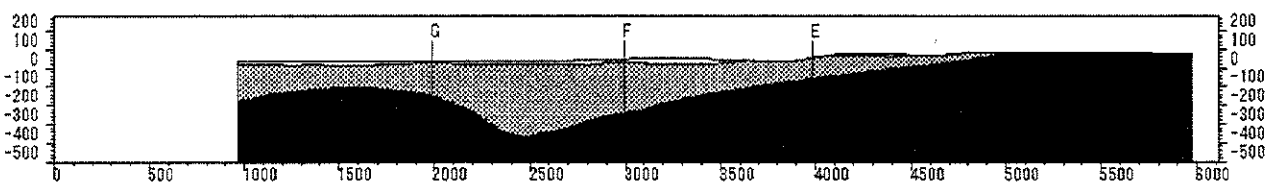


图5-5-11(d) C-C'断面图

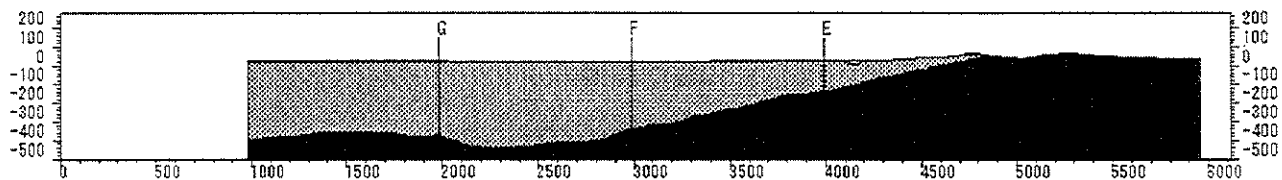


图 5-5-11(e) D-D'断面图

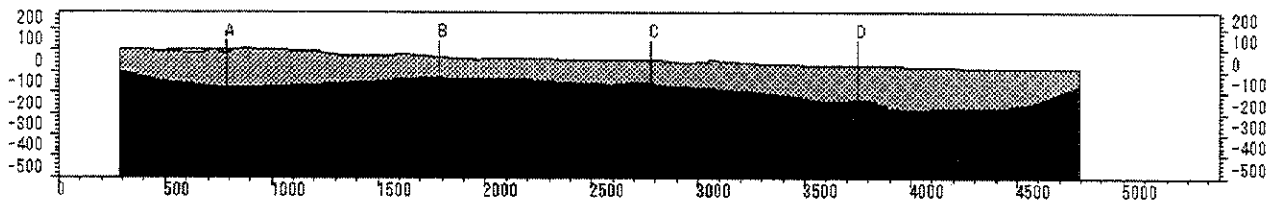


图5-5-11(f) E-E'断面图

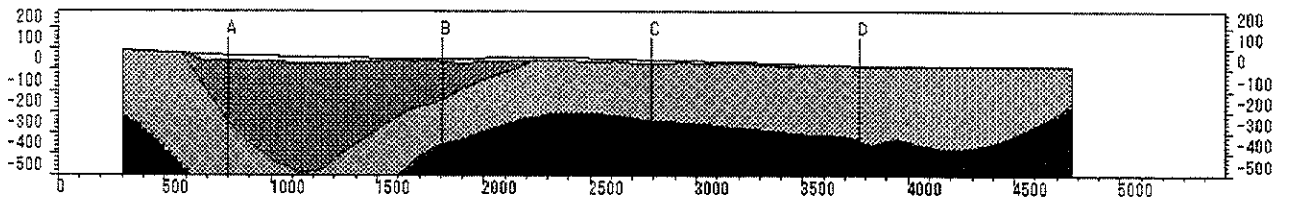


图5-5-11(g) F-F'断面图

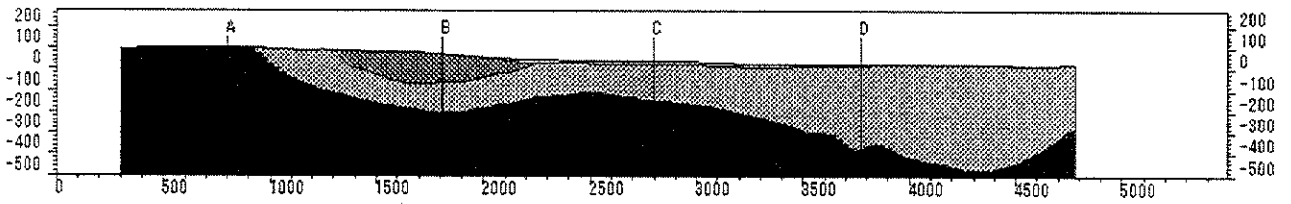


图 5-5-11(h) G-G'断面图



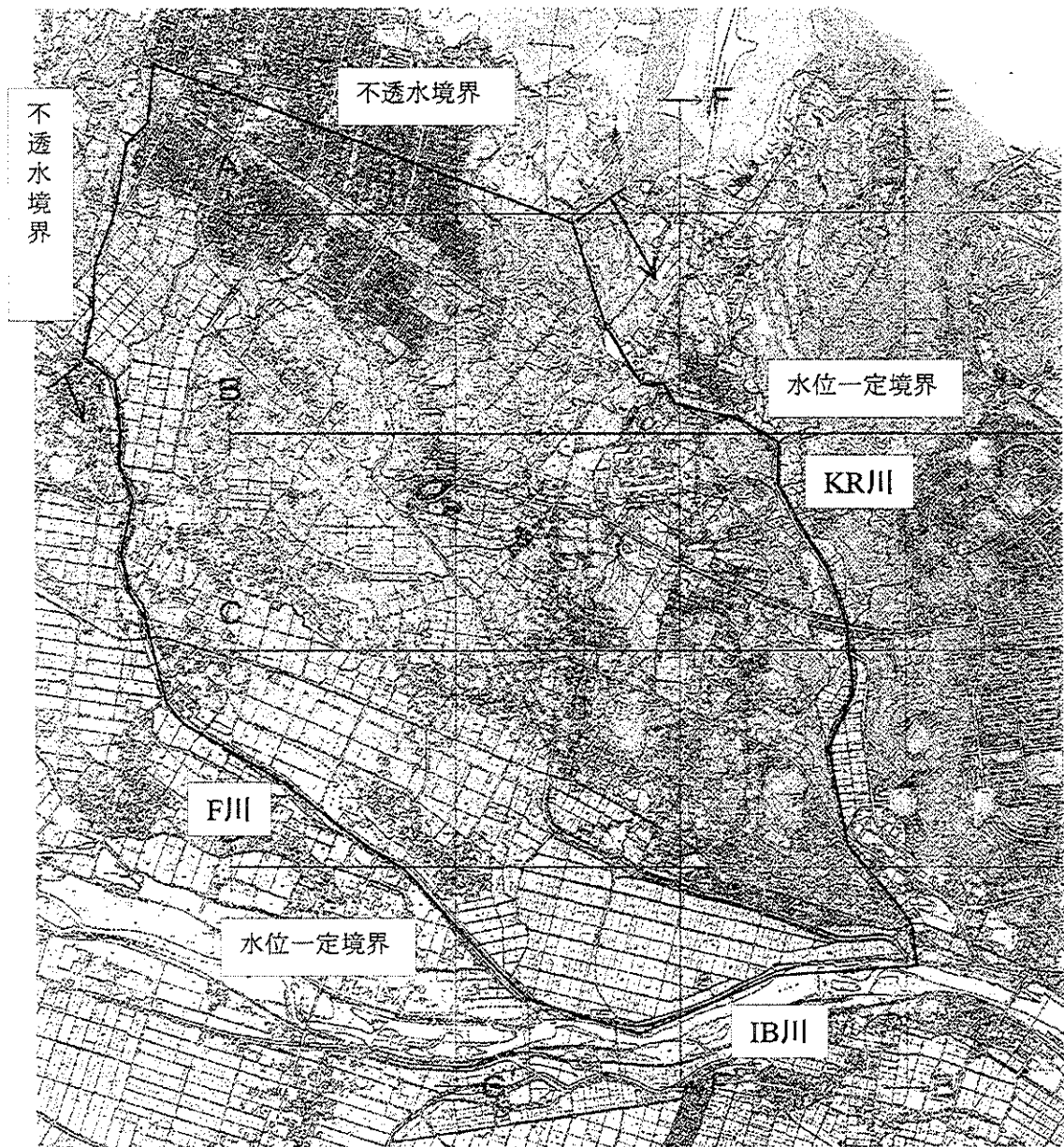


図5-5-12 広域解析における解析領域と境界条件

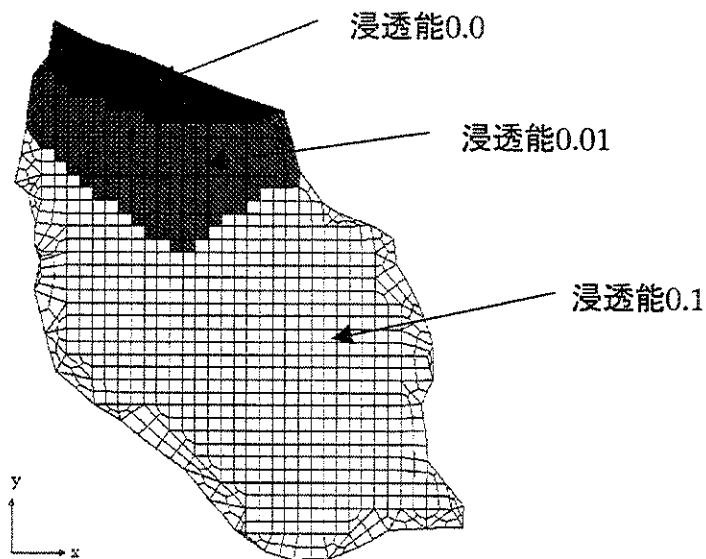


図5-5-13 浸透能の設定

KOUKI

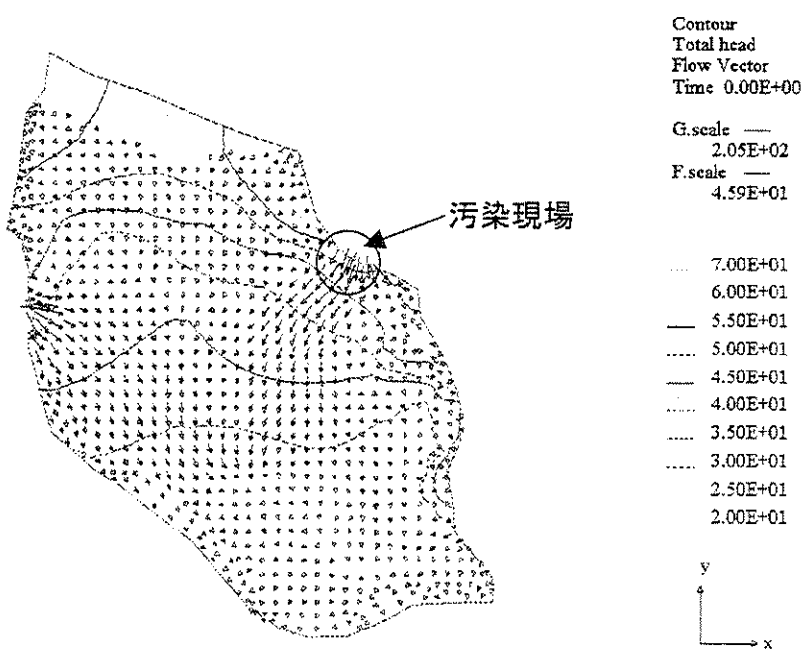


図5-5-14 広域的な地下水流れ場の推定結果

### 5.5.5 汚染源近傍における汚染拡散の現状把握と将来予測

#### (1) 計算条件の設定

汚染濃度場の解析を行うにあたって以下のように諸条件を決定した。

##### 1) 汚染物質

次のような観点から、汚染物質を選択した。

- ・汚染源から高濃度で検出されている汚染物質
- ・毒性の高い汚染物質
- ・汚染拡散しやすい汚染物質(吸着しにくい、微生物分解しづらい汚染物質)

当該汚染現場では、トルエン、キシレン、ジクロロメタンが汚染源で高濃度に検出されている。またトリクロロエチレン(TCE)、テトラクロロエチレン(PCE)も検出されており、これらを解析対象物質とした。

##### 2) 分配係数の設定

###### ○有機物含有量

当該汚染現場における有機物含有量の測定値が無いので、解析領域に広く分布するtDg層が礫質土層であることから、文献値<sup>出典</sup><sup>16)</sup>0.00125を用いることにする。

###### ○水-オクタノール分配係数

汚染物質の水-オクタノール分配係数を表5-5-5に示す。これらから、TCEとジクロロメタン、またトルエンとキシレン(o-キシレン)の分配係数はほぼ等しく、相対的な汚染の広がり方は同じであると考えられることから、実際の解析ではTCE、トルエン、PCEのみを行うことにした。

表 5-5-5 水-オクタノール分配係数

物質	log(K <sub>oc</sub> )
ベンゼン	1.58
エチルベンゼン	1.98
トルエン	2.13
m-キシレン	3.2
o-キシレン	2.11
四塩化炭素	2.67
クロロホルム	1.93
1,2-ジクロロエタン	1.76
ジクロロメタン	1.23
テトラクロロエチレン	2.43
1,1,1-トリクロロエタン	2.45
トリクロロエチレン	1.26

##### 3) その他の諸パラメータ

その他のパラメータとして、空隙率は0.2[-]、土壌粒子密度は2.0[g/cm<sup>3</sup>]、比貯留係数は0.0003[1/m]とした。また、分散能は、(縦、横)=(100m,10m)と(10m,1m)の2ケースを考えた。

以上のことを考慮し、表 5-5-6 に示すような解析を行った。なお用いた透水係数パターンは C2 である。但し、3 年前に汚染が生じたと仮定する。

表5-5-6 汚染場解析条件

No.	対象物質	水-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) 現状の汚染濃度場解析結果

図 5-5-15(1)～5-5-15(7)に、現状の汚染濃度場の推定結果を示す。汚染濃度はいずれも汚染源濃度を 1 とした場合の相対濃度で示してある。汚染の広がり方の傾向は、地下水流れを反映して、廃棄物層から農業用水処理施設方向の北東側と汚染源から南側への拡散が顕著であった。今後、汚染濃度場の将来予測、修復効果予測を行うためには解析結果により、現状の現場調査結果をどの程度説明できるか確かめておく必要がある。そこで、井戸 No.C、No.3、No.4、No.7 で得られている地下水の汚染濃度と、現場調査から得られた汚染源濃度の最小値、最大値より計算した各井戸における汚染濃度の比較を試みた。吸着の影響を無視した塩素イオンの解析結果から推定した結果を表 5-5-7(1)に、各汚染物質の吸着の効果を考慮した場合で、分散能(縦、横)が(100m,10m)の場合を表 5-5-7(2)、(10m,1m)の場合を表 5-5-7(3)に示す。なお、用いた汚染源濃度、定量限界を表 5-5-8 にまとめた。比較の評価としては、オーダーの精度で一致しているものを○、1オーダー程度の違いのもの△、2 オーダー以上異なるもの×とした。これより、分散能の大きな(100m,10m)の場合は、現状の汚染を表現しているとは言えない。また物質特性である吸着特性を考慮しない塩素イオンを対象とした解析から算出した場合も、現状の汚染状況よりも汚染拡散が広がりすぎていると言える。つまり、吸着特性を考慮しさらに分散能が(10m,1m)の場合が、現状の汚染濃度場を最も良く表現していると言える。よって、今後の解析において、この汚染状況を説明することができた計算条件を用いることにする。

## (3) 汚染濃度場の将来予測

図 5-5-16(1)～5-5-16(3)に、現在より 7 年後(汚染から 10 年後)の将来の汚染濃度場の推定結果を示す。表 5-5-9 に 7 年後の井戸 No.4 における汚染物質濃度を示す。これよりジクロロメタンの場合は、汚染源濃度を検出されている値の最小値と仮定しても環境基準を越えてしまう事が分かる。また TCE に関しても最大で環境基準値まで到達することがわかる。