

图 4-2 A-A' 断面图

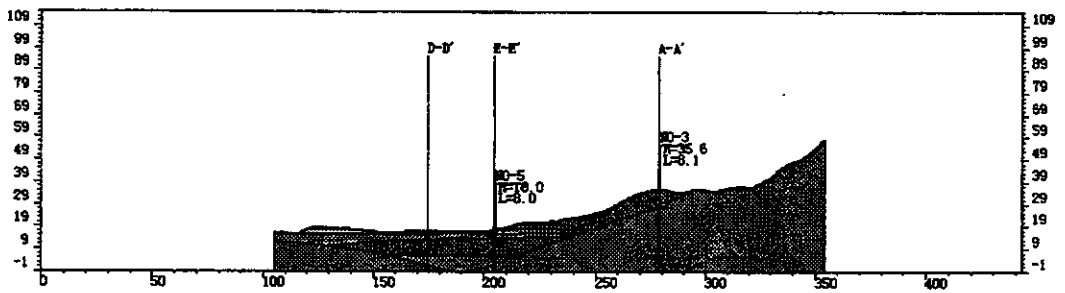


图 4-3 B-B' 断面图

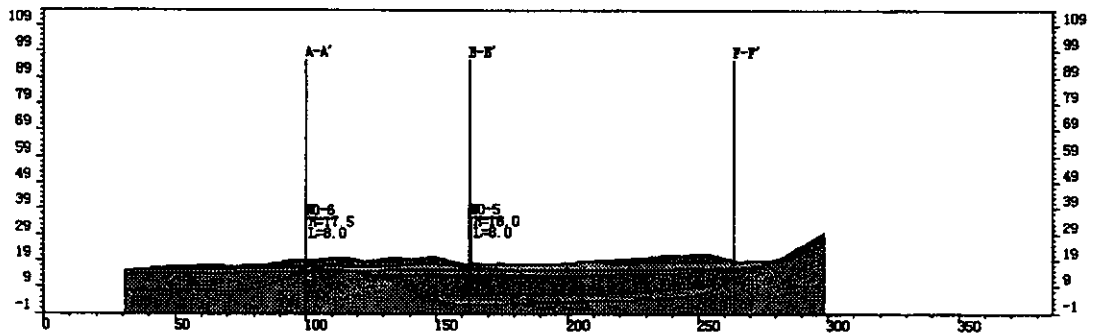


图 4-4 C-C' 断面图

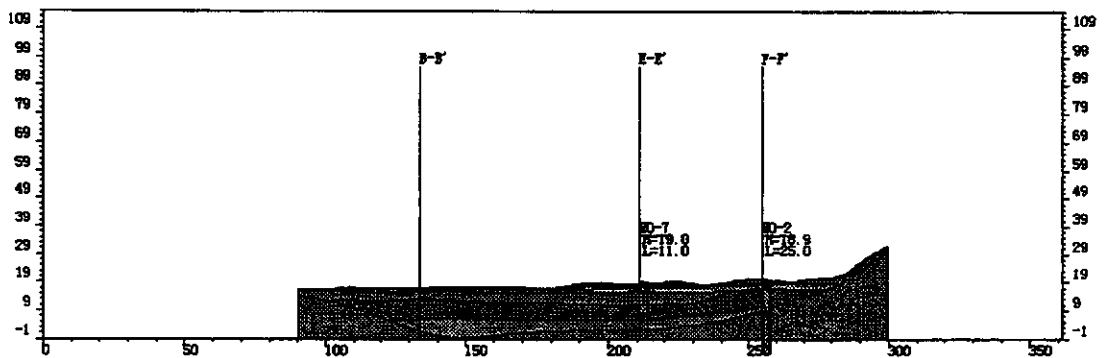


图 4-5 D-D' 断面图

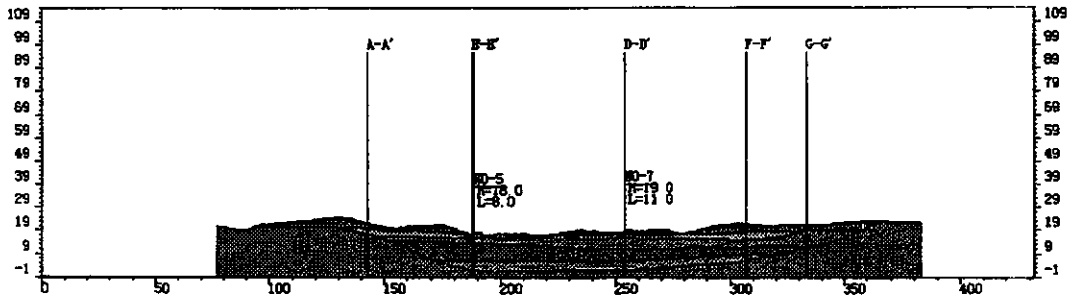


図4-6 E-E' 断面図

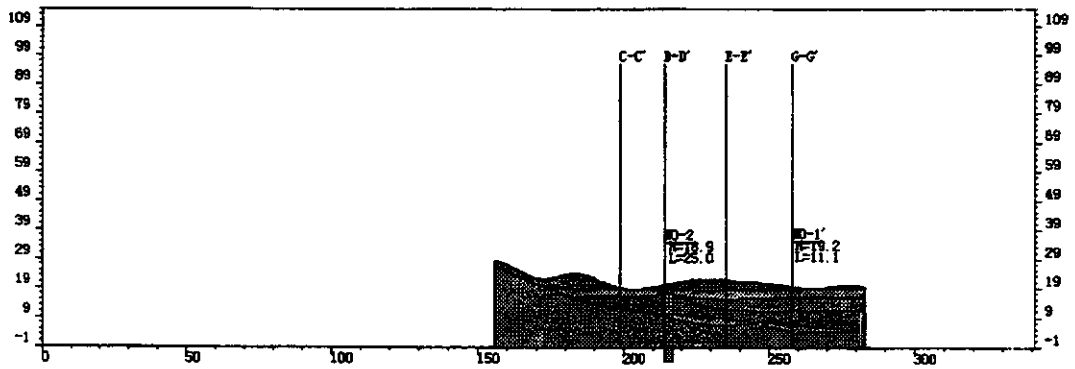


図4-7 F-F' 断面図

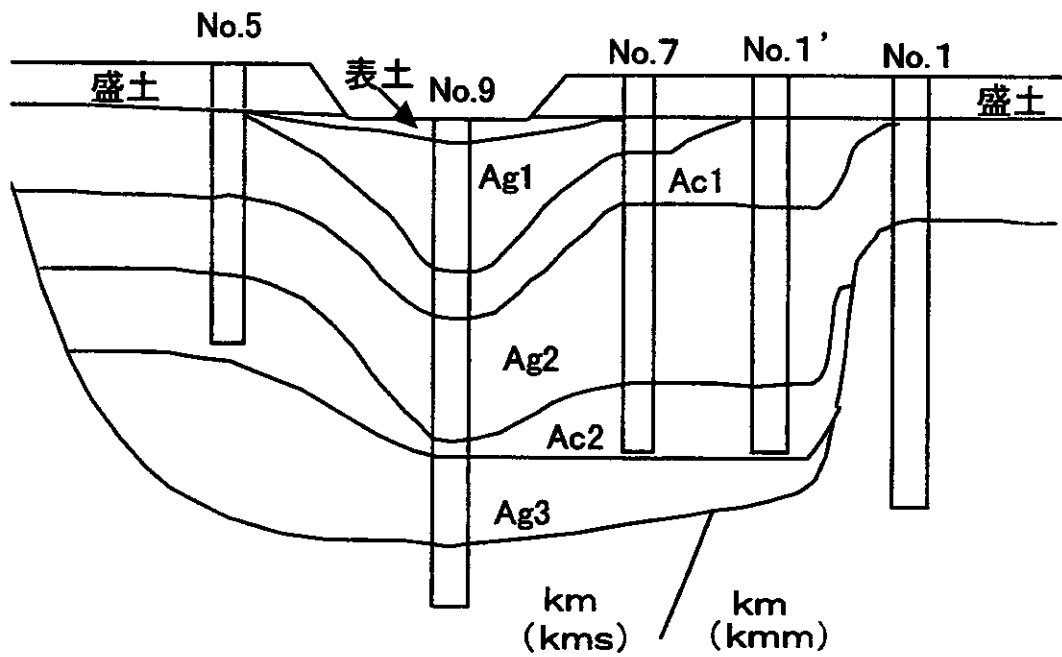


図4-8 地質構造の概要

2) 地下水流れ場の推定

次に地下水流れ場の推定を行う。まず計算領域の設定を行うが、有限要素格子を図4-9に示す。計算領域は、ボーリング調査結果が不適正保管現場に偏っており、山側や、仁井田川を越えた領域のデータが無く、また山の部分を含めて計算領域にしてしまうと、境界水位を与えることができないため、不適正保管地の敷地を含んだ領域に設定した。また遮水壁を講ずることを想定して、川に沿って大きめに計算領域を設定した。

次に計算に用いる初期地下水位の推定をGeoramaを用いて行った。推定に用いた地下水位データは一斉観測のデータを用いる必要があるため平成8年度の調査結果



図4-9 有限要素格子図

(H9.3.20のデータ)を用いた。ボーリングの位置と地下水位観測結果を図4-10に示す。また河川水位は16.47mとし、河川付近の地下水位は河川水位と同じになるように設定した。

次に、透水係数を逆推定により求める。計算条件は、図4-11に示すように山側の地下水位は推定された地下水位で一定、川側の地下水位も一定条件にした。その他の境界は不透水境界にした。逆推定される透水係数の空間分布については、Georamaで推定された地質構造において、同一地層ならば透水係数は同じと仮定した。また盛土と表土に関しては地下水流れ関与する影響の度合いは少ないとして逆推定の対象から除外し既知の値を与えることにした。透水係数の逆推定に関しては、感度解析も兼ねて以下の6パターンについて推定を行った。定常解析なので、各透水係数の比として求められる。また基盤については、計算領域内に基盤しか存在しない節点が存在するので、逆推定の対象とする必要があった(この場合、基盤厚さを1mと仮定した)。

パターンA: Ag1~Ag3、Ac1、Ac2、km全てが独立した変数であるとして推定を行う。

パターンB: 粘土層であるAc1とAc2は同じ透水係数であると仮定して残りの層を変数として推定を行う。

パターンC: Ac1, Ac2の透水係数が計算上極端に小さくなったので、下限値($1.0 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)を設け、残りの層を変数として推定を行う。

パターンD: 粘土層の透水係数の下限値($1.0 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)を設け、さらに盛土と表土を既知として与えた影響を確認するために、盛土と表土の透水係数を $1.0 \times 10^{-3} \text{m/sec}$ と大きくして、残りの層を変数として推定を行う。

パターンE: 初期値の影響を確認するために、パターンCの条件で、Ag1~Ag3、基盤の透水係数の初期値を大きくして推定を行う。

パターンF: 初期値の影響を確認するために、パターンDの条件で、Ag1~Ag3、基盤の透水係数の初期値を大きくして推定を行う。

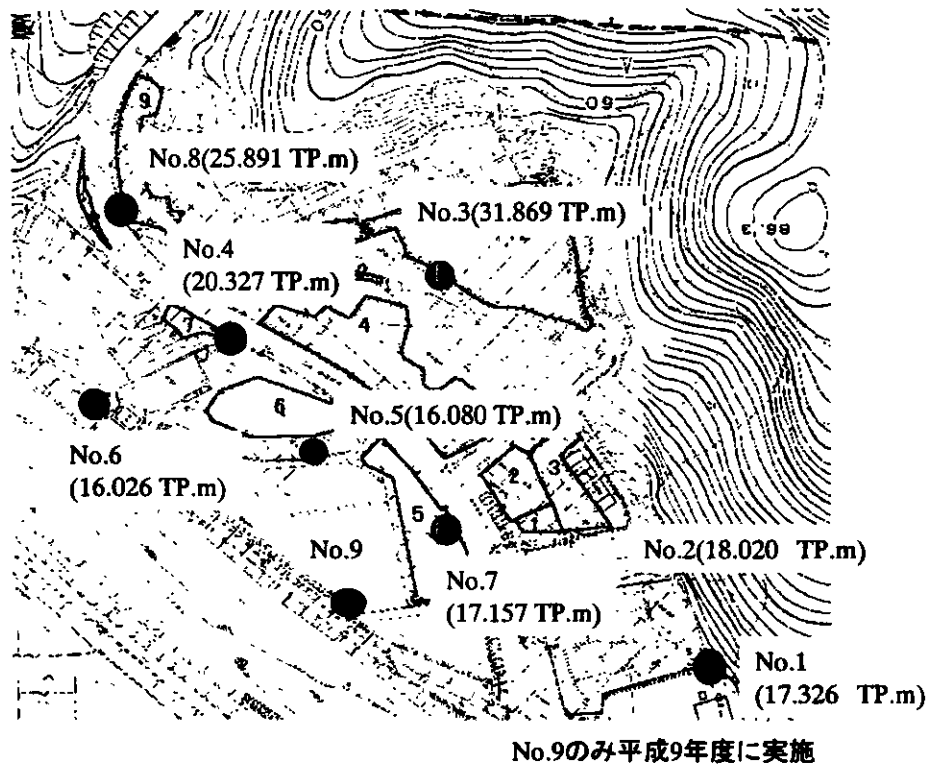


図4-10 地下水位測定ポイントと地下水位測定結果

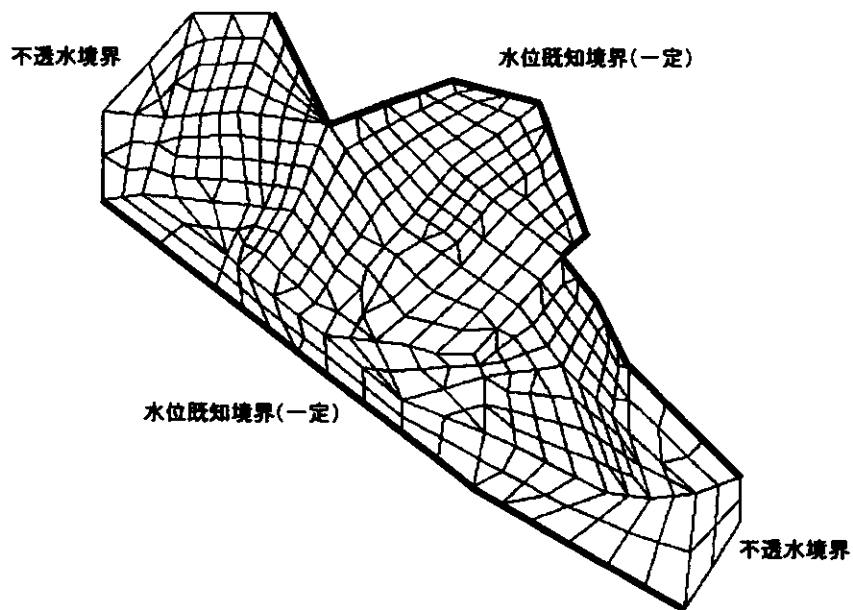


図4-11 境界条件

各パターンで得られた透水係数結果を表4-1、また基盤の透水係数を1としたときの透水係数の比を表4-2に示す。さらに観測値と計算値の比較結果を表4-3に示す。パターンA、Bの逆推定結果より、Ac1、Ac2の粘土層の透水係数はAg1~Ag3の礫層よりも著しく小さいことが分かった。しかし、通常の粘土の透水係数は、 $10^{-7} \sim 10^{-6} \text{m/sec}$ であるので粘土層の透水係数に下限値 10^{-6}m/sec を与えて推定を行ったところ、パターンCでは粘土層の透水係数はほぼ下限値に収束し、かつ測定値と差の二乗和はパターンBとは変化がなかった。つまり、今回の推定では粘土層の透水係数の影響は他の層に比べて地下水流れに影響を及ぼす寄与は小さいと言える。次に、既知として与えた盛土、表土の透水係数値による影響をみるために、盛土と表土の透水係数を 10^{-3}m/sec として推定を行ったところ、Ag1層の透水係数が1オーダー低く推定された。透水係数の比でみると、他のkm層に対するAg2、Ag3の値に変化はなかった。つまり盛土、表土及びAg1層の合計で見た場合の透水係数の比が求められたと解釈できる。次に推定を行う際の初期値の影響を確認するために、Ag1~Ag3、km層に対してこれまで推定された透水係数よりも大きな値を初期値として推定を行った（パターンE、F）。いずれの場合も推定された透水係数は、これまでの推定値よりも大きくなったが、km層に対する比で見るとこれまでの推定結果と変わらないことが分かった。以下に逆推定の感度解析によって得られた知見をまとめる。

- ①現段階で得られた地質構造、及び逆推定に用いた地下水位の実測値の範囲内では、粘土層の透水係数は他の層に比べて小さく、他の透水計数値の推定にはほとんど影響を与えない。
 - ②逆推定を行う際の初期値を、Ag1~Ag3層、km層のみ変化を与えて推定を行ったが、推定された透水係数の比に違いはなかった。
 - ③しかし、既知として与えた盛土、表土の透水係数値の推定値に与える影響は、Ag1層のみで見られた。
- よって今後計算に用いる透水係数の比は、パターンC、Dの2通りを想定することにする。

3) 準3次元浸透流解析と地下水流れ場推定結果

図4-12に逆推定によって得られた透水係数（パターンC）を用いて、準3次元浸透流解析を行った結果を示す。用いたソフトはUnissf（（株）CRC総合研究所）である。準3次元浸透流解析とは、帯水層の鉛直断面上での水頭が等しいとするDupuitの仮定に基づいている。このDupuitの仮定は、浸透流の方向がおもに水平面上にあり、流れの鉛直成分が微小であるという意味である。従って、鉛直成分が水平方向成分に比べて無視できない程度に大きいときには、この仮定は用いることはできない。準3次元浸透流解析では、透水量係数は各帯水層の透水係

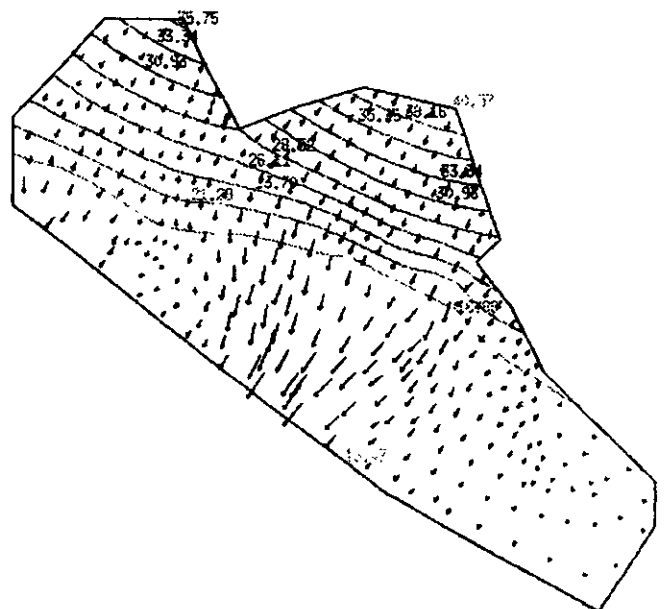


図4-12 地下水流れ場推定図（パターンC）

表 4-1 (1) 透水係数逆推定結果

層名	初期値(m/sec) (パターンA,B)	同定結果	
		パターンA(m/sec)	パターンB(m/sec)
BN(盛り土)	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05
SUR(表土)	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05
Ag1	1.00E-03	1.55E-03	3.75E-01
Ac1	1.00E-05	8.06E-09	4.01E-11
Ag2	1.00E-03	8.31E-04	2.66E-02
Ac2	1.00E-05	9.32E-13	4.01E-11
Ag3	1.00E-03	1.42E-03	5.61E-02
km(基盤)	1.00E-06	2.20E-05	8.15E-04

表 4-1 (2) 透水係数逆推定結果

層名	初期値(m/sec) (パターンC)	同定結果	初期値(m/sec) (パターンD)	同定結果
		パターンC(m/sec)		パターンD(m/sec)
BN(盛り土)	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-03	1.00E-03
SUR(表土)	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-03	1.00E-03
Ag1	1.00E-03	3.75E-01	1.00E-03	6.84E-02
Ac1	1.00E-04	1.00E-06	1.00E-04	1.04E-06
Ag2	1.00E-03	2.66E-02	1.00E-03	2.71E-02
Ac2	1.00E-04	1.00E-06	1.00E-04	1.04E-06
Ag3	1.00E-03	5.61E-02	1.00E-03	4.86E-02
km(基盤)	1.00E-04	8.15E-04	1.00E-04	7.66E-04

表 4-1 (3) 透水係数逆推定結果

層名	初期値(m/sec) (パターンE)	同定結果	初期値(m/sec) (パターンF)	同定結果
		パターンE(m/sec)		パターンF(m/sec)
BN(盛り土)	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-03	1.00E-03
SUR(表土)	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-03	1.00E-03
Ag1	1.00E+00	1.78E+02	1.00E+00	6.89E+02
Ac1	1.00E-04	1.24E-06	1.00E-04	2.78E-05
Ag2	1.00E+00	1.43E+01	1.00E+00	4.45E+01
Ac2	1.00E-04	1.24E-06	1.00E-04	2.78E-05
Ag3	1.00E+00	2.88E+01	1.00E+00	9.12E+01
km(基盤)	1.00E-02	4.42E-01	1.00E-02	1.40E+00

表4-2 逆推定結果（透水係数の比として表示）

	A	B	C	D	E	F
km	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ag1	70.5	460.1	460.1	89.3	402.7	492.1
Ag2	37.8	32.6	32.6	35.4	32.4	31.8
Ag3	64.5	68.8	68.8	63.4	65.2	65.1

注：盛土、表土、粘土層を除いて示した

表4-3 (1) 観測値と計算値の比較
(パターンA)

ボーリングNo.	観測値(m)	計算値(m)	水位差(m)
1	17.326	17.185	0.141
2	18.02	17.473	0.547
3	31.869	31.017	0.852
4	20.327	19.791	0.536
5	16.08	17.332	1.252
6	16.026	16.949	0.923
7	17.157	17.293	0.136
8	25.891	27.305	1.414

差の二乗和=5.7698

表4-3 (4) 観測値と計算値の比較
(パターンD)

ボーリングNo.	観測値(m)	計算値(m)	水位差(m)
1	17.326	17.218	0.108
2	18.02	17.533	0.487
3	31.869	30.666	1.203
4	20.327	19.904	0.423
5	16.08	17.371	1.291
6	16.026	16.975	0.949
7	17.157	17.344	0.187
8	25.891	27.316	1.425

差の二乗和=6.5072

表4-3 (2) 観測値と計算値の比較
(パターンB)

ボーリングNo.	観測値(m)	計算値(m)	水位差(m)
1	17.326	17.17	0.156
2	18.02	17.343	0.677
3	31.869	31.28	0.589
4	20.327	19.866	0.461
5	16.08	17.124	1.044
6	16.026	16.981	0.955
7	17.157	17.054	0.103
8	25.891	27.36	1.469

差の二乗和=5.2111

表4-3 (5) 観測値と計算値の比較
(パターンE)

ボーリングNo.	観測値(m)	計算値(m)	水位差(m)
1	17.326	17.18	0.146
2	18.02	17.369	0.651
3	31.869	31.307	0.562
4	20.327	19.9	0.427
5	16.08	17.155	1.076
6	16.026	16.987	0.961
7	17.157	17.08	0.077
8	25.891	27.365	1.474

差の二乗和=5.2023

表4-3 (3) 観測値と計算値の比較
(パターンC)

ボーリングNo.	観測値(m)	計算値(m)	水位差(m)
1	17.326	17.17	0.156
2	18.02	17.343	0.677
3	31.869	31.28	0.589
4	20.327	19.866	0.461
5	16.08	17.124	1.044
6	16.026	16.981	0.955
7	17.157	17.054	0.103
8	25.891	27.359	1.469

差の二乗和=5.2112

表4-3 (6) 観測値と計算値の比較
(パターンF)

ボーリングNo.	観測値(m)	計算値(m)	水位差(m)
1	17.326	17.18	0.146
2	18.02	17.357	0.663
3	31.869	31.314	0.555
4	20.327	19.918	0.409
5	16.08	17.135	1.055
6	16.026	16.993	0.967
7	17.157	17.054	0.103
8	25.891	27.373	1.482

差の二乗和=5.1904

数と層厚の積和として定義されており、容易に多層地盤に適用できる。地下水流れ場の推定結果を、平成8年度の地下水流向結果¹⁵⁾との比較、検討を行ったところ、流向の説明のつかない所が存在したが、大略的に汚染現場の地下水流れを模擬できていると考えている。

以上の解析結果は、定常状態での計算結果であり、流速のデータを与えていないため逆推定により求められた透水係数は各層の比となっていることは先に述べた通りである。従って準3次元浸透流解析結果と流速データを比較して、透水係数の絶対値を求める必要がある。No.5井戸で得られた深度3m (Ag2層に相当) で得られた流速の実測値との計算値との比較の結果、おおよそ1オーダー実測値が小さかったので、逆推定により求められた透水係数の推定値を10で割った値を今後の計算に使用することにした。

4) 汚染濃度場の推定

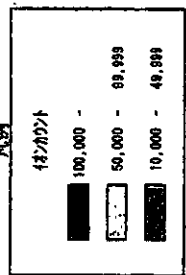
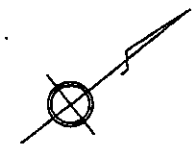
次に汚染濃度場の推定を行うが、汚染源のモデル化として以下の2つのケースを考えた。

- ① 土壌ガス調査 (フィンガープリント法) による調査結果を反映して、高濃度に汚染されている領域に汚染源が存在すると仮定。この場合、汚染源の汚染物質濃度を相対濃度1と設定。
- ② 土壌表層から、難水溶性有機化合物原液が地下に浸透していると想定。ただしこの場合は現在モデル開発段階で詳細は5章で述べる。

ここでは、①のケースによって計算された結果を示す。まず①の仮説を採用するに至った根拠を示す。解析にあたってドラム缶が大量に敷地内に保管されており、いずれも腐食し内容物の漏出が見られることから、保管領域全体を汚染源として与えることを検討してみた。しかし、このような設定では過剰に汚染源を与えてしまう恐れがある。次に現段階で汚染が確認されている井戸を汚染源として与えることを検討した。この場合は逆に井戸の存在する部分のみ汚染源が存在するので過小評価になってしまうと考えられた。フィンガープリント法による調査結果は、地質との対応や地下水位の高さという点から必ずしも地下水汚染濃度を表現したものではないと考えられる。むしろI市の場合は、ドラム缶から内容物が土壌へ漏出した部分、又は埋められたドラム缶から内容物が流出した部分を反映していると考えられる。従って、現時点での汚染源の与え方としてフィンガープリント法によって得られた結果を用いることとした。

平成8年度に行われた土壌ガス調査によるテトラクロロエリレン (PCE) のイオンカウントコンターを図4-13に示す¹⁵⁾。図4-14に計算領域の有限要素格子と境界条件、汚染源の位置を示す。但し汚染源は相対濃度を1として一定とした。計算条件を表4-4に、計算結果を図4-15 (透水係数のパターンC)、図4-16 (透水係数パターンD) に示す。これは現時点から10年前に汚染が発生 (汚染源の相対濃度を1に設定) したと仮定した場合の、現時点での濃度コンターである。但し、準3次元浸透流解析で得られた各点の平均流速を空隙率で除した流速を、移流拡散方程式に導入して解いた。用いたソフトはtransflow ((株) CRC 総合研究所) である。また地下水流れ場は定常で、濃度場の計算は非定常で行っているが、計算の結果汚染が発生してから3年程度で濃度場もほぼ定常になっている (つまり7年前に定常になっている)。

計算結果より、敷地境界で汚染源濃度の約10%の濃度が敷地境界で示すことが確認された。現在敷地境界では汚染が確認されておらず、必ずしもこの計算結果が現在の汚染状況を表現するとは



年度	工務検査計	号
	0208人保検査計表	
	0208人保検査計表	
	0208人保検査計表	
	0208人保検査計表	
	0208人保検査計表	
縮尺	図面全	葉
測量	〃	〃
設計	〃	〃

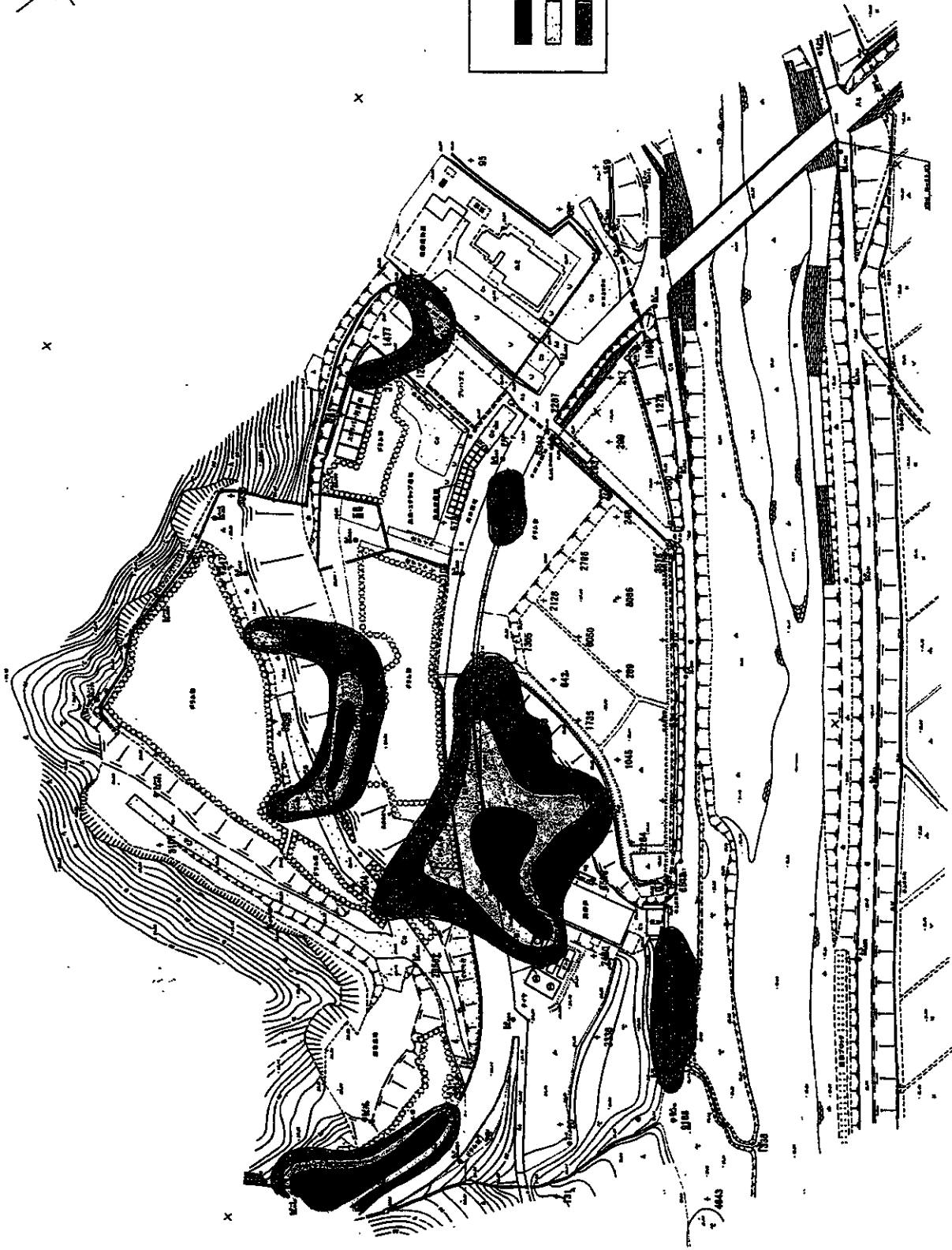


図 4-18 フィンガープリント法調査結果 (PCE)

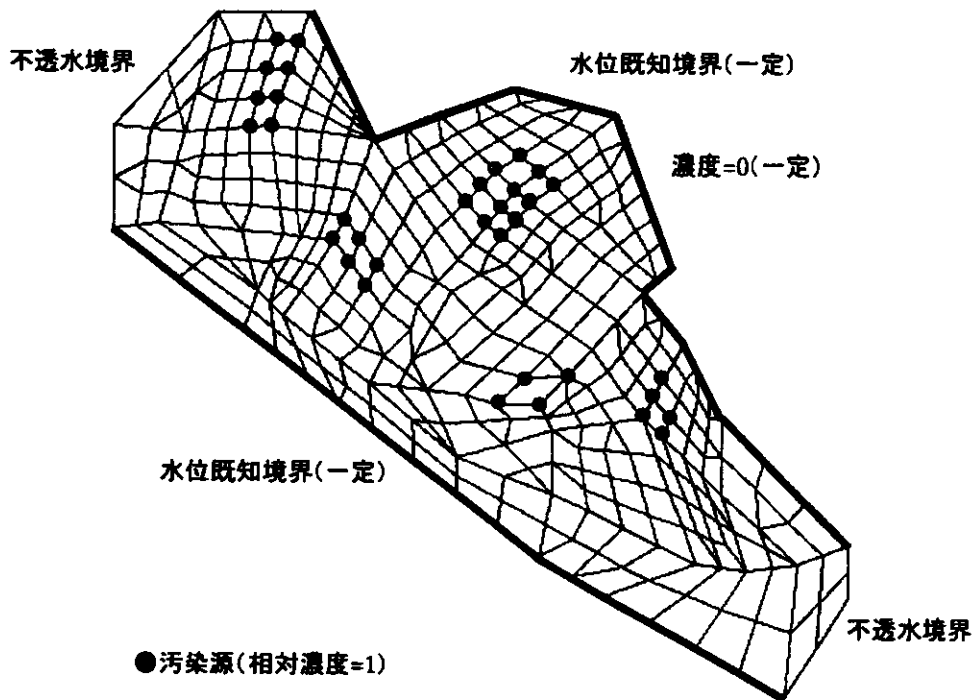


図 4 - 14 有限要素格子、境界条件、及び汚染源の位置

表 4 - 4 汚染濃度場の計算条件

		パターンC	パターンD
透水係数	BN(盛り土)	1.00E-06	1.00E-04
	SUR(表土)	1.00E-06	1.00E-04
	Ag1	3.75E-02	6.84E-03
	Ac1	1.00E-07	1.04E-07
	Ag2	2.66E-03	2.71E-03
	Ac2	1.00E-07	1.04E-07
	Ag3	5.61E-03	4.86E-03
	km(基盤)	8.15E-05	7.66E-05
分散能 (m)	縦分散能	100	100
	横分散能	10	10
有効間隙率(-)		0.2	0.2
比貯留係数(1/m)		0.3	0.3
吸着項		なし	なし
分解項		なし	なし

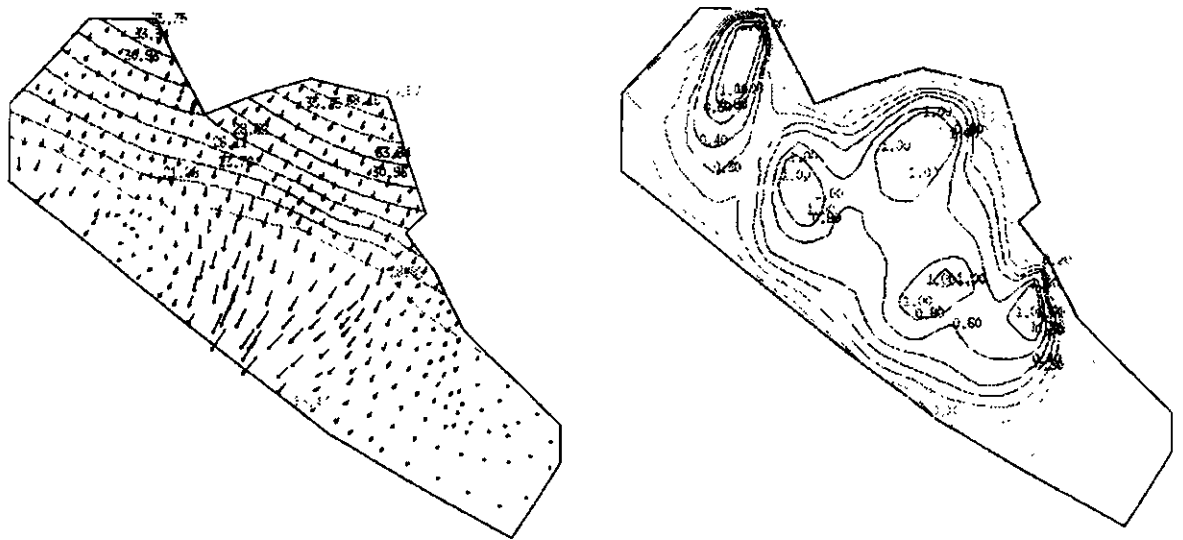


図 4 - 15 現在の汚染状況推定図 (パターン C)

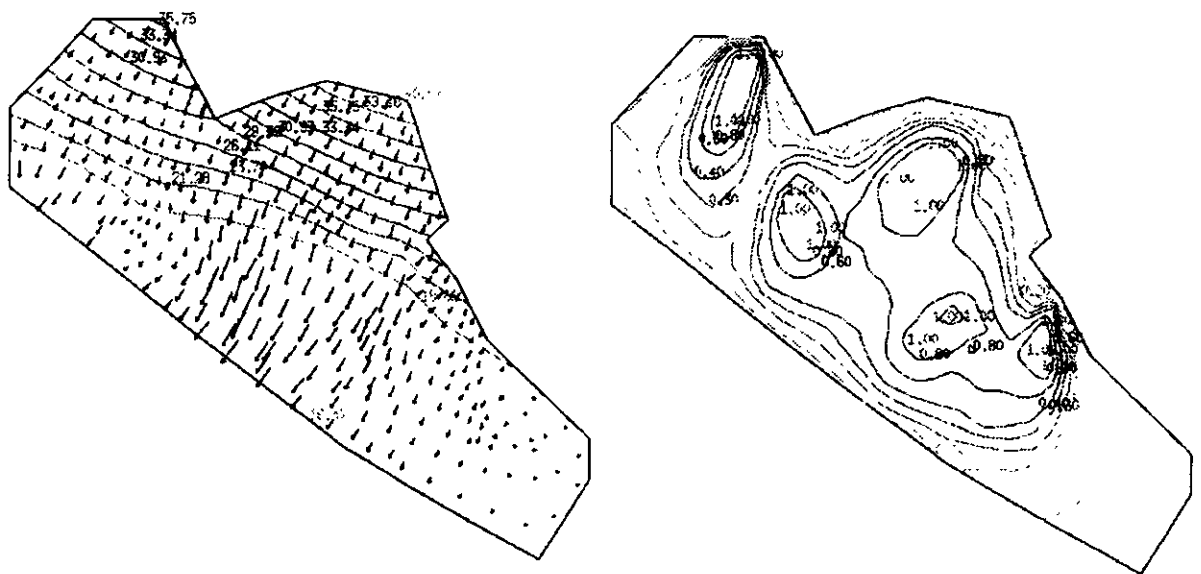


図 4 - 16 現在の汚染状況推定図 (パターン D)

表4-5 ボーリング調査結果（地下水分析試験）

項目		試料名 単位	No. 1	No. 2	No. 3	地下水 環境基準	定量下限
ジクロロメタン	mg/l		ND	ND	54.1	0.02	0.002
四塩化炭素	mg/l		ND	ND	0.352	0.002	0.0002
1,2-ジクロロエタン	mg/l		ND	0.0145	1.04	0.004	0.0004
1,1-ジクロロエチレン	mg/l		ND	0.005	0.053	0.02	0.002
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l		ND	0.167	1.46	0.04	0.004
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l		ND	ND	3.1	1	0.001
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l		ND	0.0008	0.0404	0.006	0.0006
トリクロロエチレン	mg/l		ND	0.0560	1.660	0.03	0.003
テトラクロロエチレン	mg/l		ND	0.001	1.24	0.01	0.001
1,3-ジクロロプロペン	mg/l		ND	ND	0.0003	0.002	0.0002
ベンゼン	mg/l		ND	ND	0.636	0.01	0.001

項目		試料名 単位	No. 4	No. 5	No. 6	地下水 環境基準	定量下限
ジクロロメタン	mg/l		0.140	0.013	0.010	0.02	0.002
四塩化炭素	mg/l		ND	ND	0.0003	0.002	0.0002
1,2-ジクロロエタン	mg/l		0.0113	0.0013	0.0009	0.004	0.0004
1,1-ジクロロエチレン	mg/l		ND	ND	0.003	0.02	0.002
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l		0.038	0.011	0.025	0.04	0.004
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l		ND	ND	ND	1	0.001
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l		0.0015	ND	0.0010	0.006	0.0006
トリクロロエチレン	mg/l		0.010	ND	0.012	0.03	0.003
テトラクロロエチレン	mg/l		0.013	ND	0.017	0.01	0.001
1,3-ジクロロプロペン	mg/l		ND	ND	ND	0.002	0.0002
ベンゼン	mg/l		0.005	ND	ND	0.01	0.001

項目		試料名 単位	No. 7	No. 8	地下水 環境基準	定量下限
ジクロロメタン	mg/l		ND	2.37	0.02	0.002
四塩化炭素	mg/l		0.083	ND	0.002	0.0002
1,2-ジクロロエタン	mg/l		ND	0.043	0.004	0.0004
1,1-ジクロロエチレン	mg/l		ND	0.043	0.02	0.002
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l		0.009	5.53	0.04	0.004
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l		ND	ND	1	0.001
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l		ND	ND	0.006	0.0006
トリクロロエチレン	mg/l		0.004	0.375	0.03	0.003
テトラクロロエチレン	mg/l		0.014	0.013	0.01	0.001
1,3-ジクロロプロペン	mg/l		ND	ND	0.002	0.0002
ベンゼン	mg/l		ND	0.063	0.01	0.001

備考

計量方法 地下水の水質の汚濁に係る環境基準に準拠
 NDとは定量下限値を下回ることをいう。
 は基準値を上回るもの

言えないが、敷地内の地下水が地下水基準の10倍以上を越えて検出されている(表4-5)ことを考慮すると、今後ともモニタリングを継続し、場合によっては遮水壁を設置するなどの汚染拡散防止対策を講じるべきである。

汚染濃度場に最も影響を与える因子は、地質構造、つまり透水係数の分布である。図4-15と4-16の比較において、計算領域中央部において濃度コンターに若干の違いが認められるが、透水係数の違いによる濃度分布の違いは今回の推定範囲においては小さいと考えられる。しかし、これは地質構造の推定を同じにした場合の透水係数の違いによる影響である。よってこの比較はパターンCとパターンDでの比較でしかない。この点において、さらに地質構造の精度向上が望まれる。

また現段階で地下水位の変動による透水係数場の影響など調べることは可能であるが、まだ地質構造の解明が不十分であること、そして地下水位観測データの季節変動などの経時的なデータに乏しいことからこれ以上の解析は、現実的な意味に乏しいと判断した。その点で、今後は追加ボーリング調査及び地下水位の経時変化に関するデータを用いて、透水係数の逆推定を行う必要がある。

また、分散能に関しては、本研究では計算の効率化、安定性といった点から分散能を大きめの値、つまり安全側で計算している。分散能は本来、本現場では(縦分散能、横分散能) = (10m, 1m)程度であると、分散係数が観測規模に依存するという図4-17から判断できる。

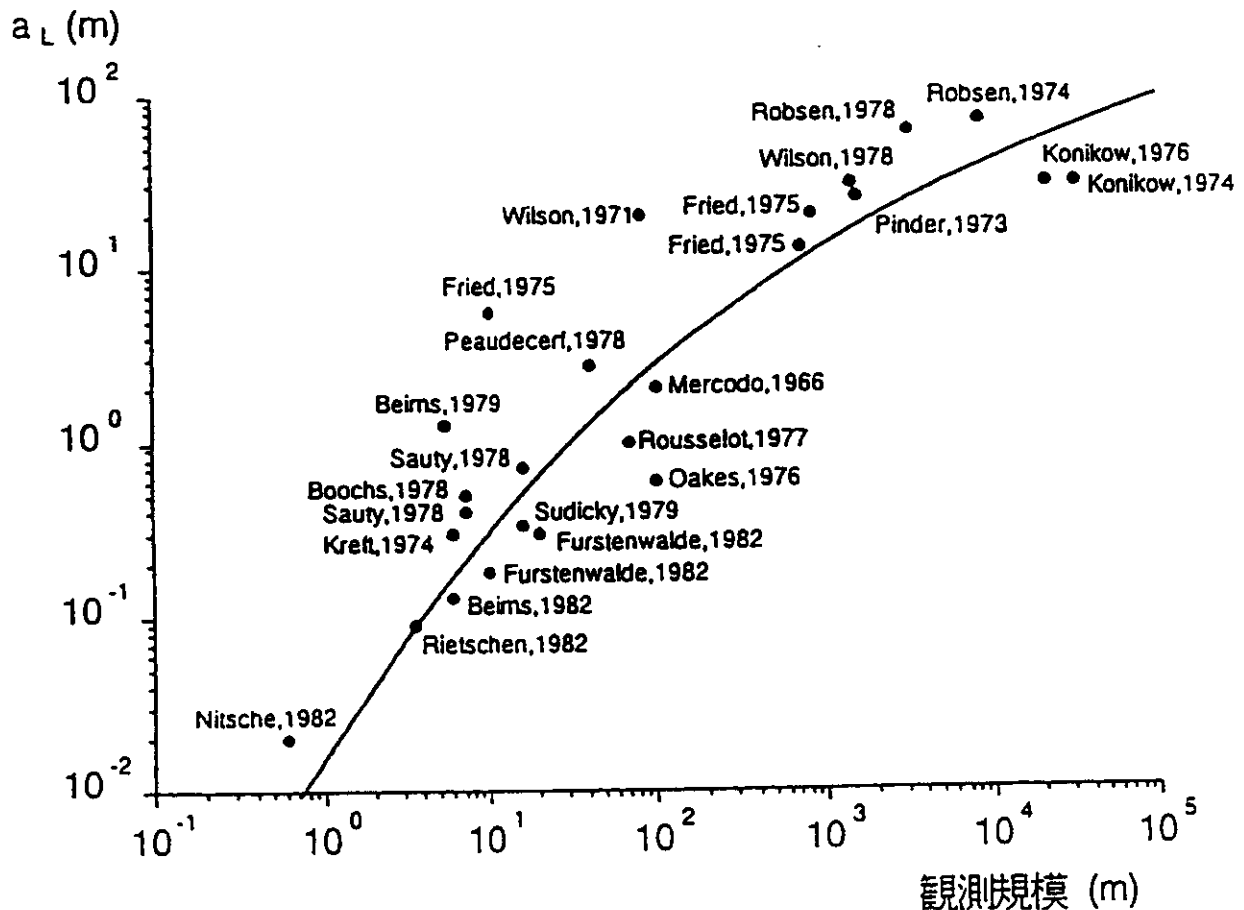


図4-17 縦方向分散定数の観測規模への依存性 (キンツェルバッハ、1990)

3. K市におけるモデル化

1) 汚染の概況

K市の不法投棄現場は山林に存在し、地形的には河岸段丘を呈している。安定型処分場として段丘の平地部分を掘削しその後管理型の産業廃棄物を不法に処分した現場である。図4-18に汚染現場周辺の地図を示す。廃棄物は平成8年1月以降に投棄されたと推定され、およそ3年経過している。段丘面の一段下に農業集落排水処理施設の建設を目的に土壌を掘削したところ、法面から汚水が発生したことで汚染が発覚した。法面の地層構造は、礫層と粘土層の互層構造であり、礫層から主に汚水が浸出していた。

2) 概念モデルの作成

概念モデルとは、汚染現場における「汚染源」「汚染物質輸送経路」「曝露経路」「受容者」を現場の地形、地質的概要とともに表した絵である¹⁶⁾。または単にこれらの要素を線で結んだものを呼ぶ場合もある。ここでは汚染現場の概要を視覚的に認識し、そして今後調査の必要な点を明確にし、調査計画を構築するために、これまでの調査結果を基に、図4-19、4-20に示すような簡単な概念モデルを作成した。図4-19の断面図は図4-18のA-A'断面である。

段丘の平坦部分に掘削され埋められた廃棄物層は当初4,5mと推測されたが、ボーリング調査の結果部分的に最大約14mまで廃棄物層が存在することが明らかになった。また現地踏査の結果、廃棄物層から山林の方に向かってほぼ平らな地形が観察されたので、廃棄物層の存在する平坦面がもっと上方にあると推定される。掘削前の当該地の地形情報や、現時点での測量を行うことによって、正確な断面図を描くことが今後必要である。このように、廃棄物起因の汚染現場では土地改変が行われており、廃棄物が地中に埋められている場合が多いことから、過去の地形と、現在の地形の両方の比較をすることが重要である。

汚染現場の地質は、段丘部分は非常に透水性がよい地層であり、地下水は段丘下方側、つまりKR川の方に流れていると推定される。しかし、広域的な地形、地質的構造から見れば、段丘構造の深部は、およそ四紀の地質であり丘段面の傾斜とは異なった方向に地下水が流れている可能性もある(図4-20参照)。また新しい地質であるため、遮水性はあまり期待できないことも同

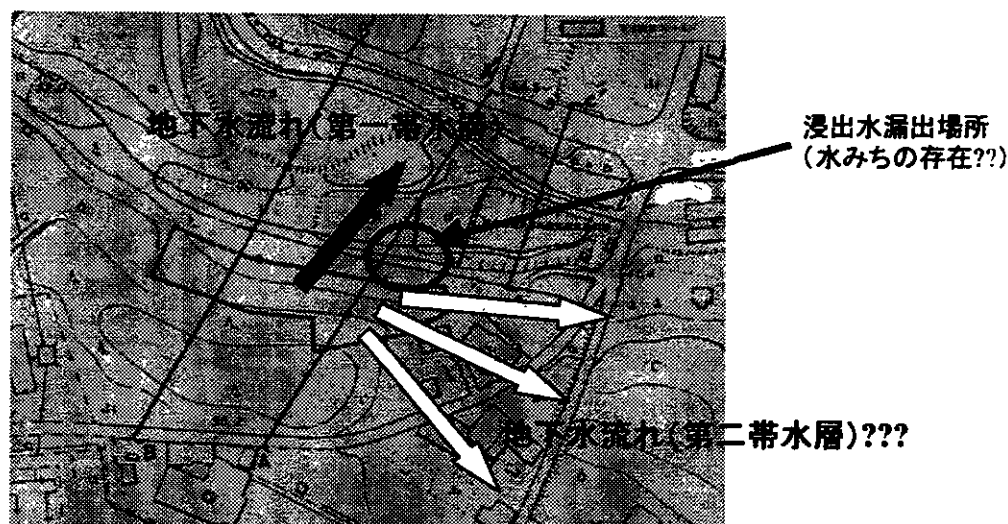


図4-20 サイトの概念モデル(平面図)

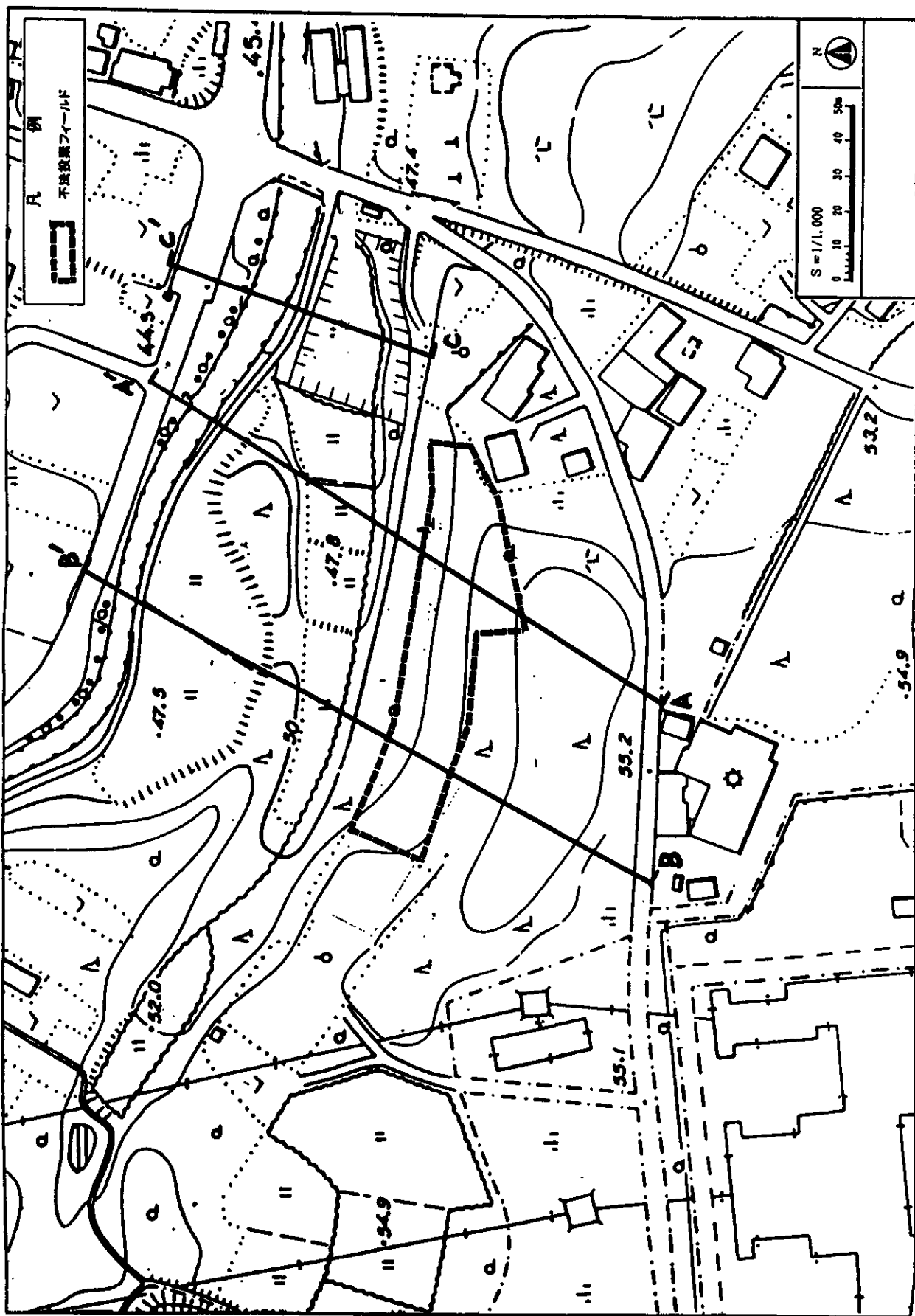


図4-18 K市不法投棄現場周辺地図

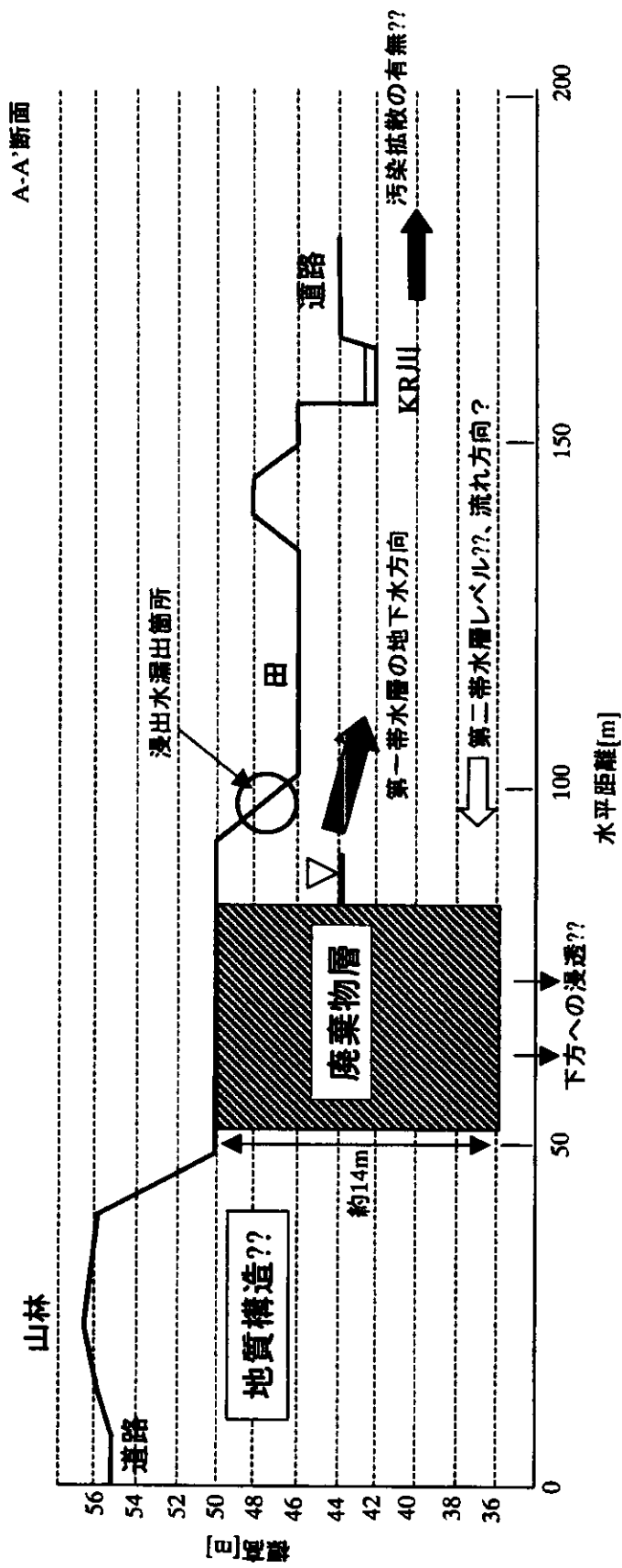


図4-19 K市における概念モデル(断面図)

われる。廃棄物は観測されている地下水面よりも下方に存在し、2つの帯水層にまたがって地下水を汚染している可能性がある。よって、周辺の地質構造をさらに明らかにし、第2帯水層の位置と流れ方向を決定する必要がある。

従って、ボーリング調査のポイントは、廃棄物層の山側における地質構造をできるだけ深層まで把握し、また第2帯水層の位置と地下水流れを確認することが重要である。また、現地の地質は透水性が良いため水平方向にどの程度汚染が広がっているか、地下水汚染ブリュームの先端を把握することが重要である。従って、深層ボーリング調査と平行して、地下水汚染把握のためのボーリング調査を行うことが必要である。また広域的な地質構造を把握するために、現場付近の過去の工事によるボーリング調査結果を整理したり、周辺の井戸調査を行うことが重要である。

3) 数値シミュレーションのために必要な調査

以上をまとめて、K市に汚染現場に対する汚染状況の把握及び解析のために必要な調査、考慮事項を列挙する。

- ①上記に述べた様に地質構造の把握を行い、特に第2帯水層の深度を確認、また不透水性層の存在、連続性の確認を行う。
- ②KR川を越えて汚染が広がっているかどうかをモニタリングにより確認する。特に廃棄物層内におけるジクロロメタンの濃度が高いので、ジクロロメタンの地下水汚染分布を把握する。
- ③浸出水が大量に漏出している箇所があるので、水みちの存在の可能性がある。
- ④現場調査を継続して行い、計算領域、境界条件となる箇所を決定する。第一帯水層の下流側はKR川の水位として決定できる。
- ⑤計算領域内の水収支を把握する。

4. 要約

本章では、I市及びK市における実汚染現場を対象にモデル化を行った。I市に関しては、地下水流れ場の推定及び汚染濃度場の推定も行うことができた。本章で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) I市に対する汚染濃度場の推定に関して、現段階で正確な汚染源を与えることが困難であったが、おおよそ敷地境界で相対濃度10%の濃度になることが分かった。現時点では敷地境界地下水での汚染は検出されていないが、計算結果からは今後モニタリングを行う必要のあるレベルであると判断できる。
- 2) K市に関しては、調査途中段階で概念モデルの作成にとどまったが、シミュレーションのために必要な調査項目を挙げる事ができた。

第4章 修復技術選択と修復効果予測

1. 緒言

本章では、I市の不適正保管現場に対して4章で構築した汚染現場のモデルを用いて、地下水汚染拡散防止対策を目的とした修復技術の選択を数値シミュレーションを用いて行う。地下水汚染拡散防止対策は、I市の対策においては3章で述べたように応急対策という位置づけである。

まず修復技術を選択する全体的なフロー、考え方を示した上で、そのフローに従って修復技術の選択を行っていく。選択フローは、全4フェイズに分かれており、数値シミュレーションはフェイズIで使用する。数値シミュレーションを用いた修復効果の比較、検討によりI市における地下水汚染拡散防止対策のための現段階で想定しておくべき代替案と今後必要な調査項目の提示を行う。

2. 修復技術選択フロー

I市の不適正保管現場を対象に応急対策（地下水汚染拡散防止対策）を目的にした修復技術の選択を行う。修復技術選択のフローを図5-1に示す。概要を説明すると、修復技術の選択は、大きく分けて4つのフェイズに分けられる。フェイズIでは汚染現場に関して、汚染物質、汚染媒体に対して修復効果、及び施工性という観点から技術のスクリーニングを行う（一次スクリーニング）。さらにその技術の信頼性や実績という観点から技術を絞り込みを行う（二次スクリーニング）。二次スクリーニングでは、絞り込まれた技術に関して、数値シミュレーションにより修復技術のオプション（例えば、揚水処理であれば揚水井戸数、配置、遮水壁であれば遮水壁の大きさ、位置）も含めた解析を行い、修復効果の比較検討を行う。そして代替的な修復技術案を数個に絞り込む。ただし、現段階では、数値シミュレーションによって修復効果を確認することのできる技術は限られていることを断っておく。数値シミュレーションは修復効果を確認するための一つの手法として本研究では位置づけている。

フェイズIIでは、個々の要素技術の選定を行う。例えば、土壌ガス吸引技術に関しては、吸引したガスを活性炭吸着するか、そのまま大気放出するか、また地下水揚水処理を行うのであれば、その処理方法はどのようなものにするか、また遮水壁であれば、適切な工法はどの工法か等の選択を行う。それからフェイズIIIにおいて代替案を要素技術の組み合わせにより構築し、それらをフェイズIVで評価を行うことによって、その汚染現場に最も適した修復対策を代替的に提示する。本研究では、I市を対象に、数値シミュレーションを用いてフェイズIを実践する。

3. 修復技術の選択と計算条件

1) 一次スクリーニング

一次スクリーニングでの評価基準は、I市の場合、汚染拡散防止対策を目的としているので、①修復効果として（水に溶存した有機塩素化合物、地下水に対して）汚染拡散を抑制できるか、②地形、地質的観点からその技術が適用できるかとして、技術の絞り込みを行った。参考にした技術分類を表5-1に示す¹⁷⁾。

①バイオレメディエーションは、原位置処理法以外は除外。

②物理化学的処理Iに対しては、揚水した地下水の処理なのでフェーズIIでの選択となる。よっ

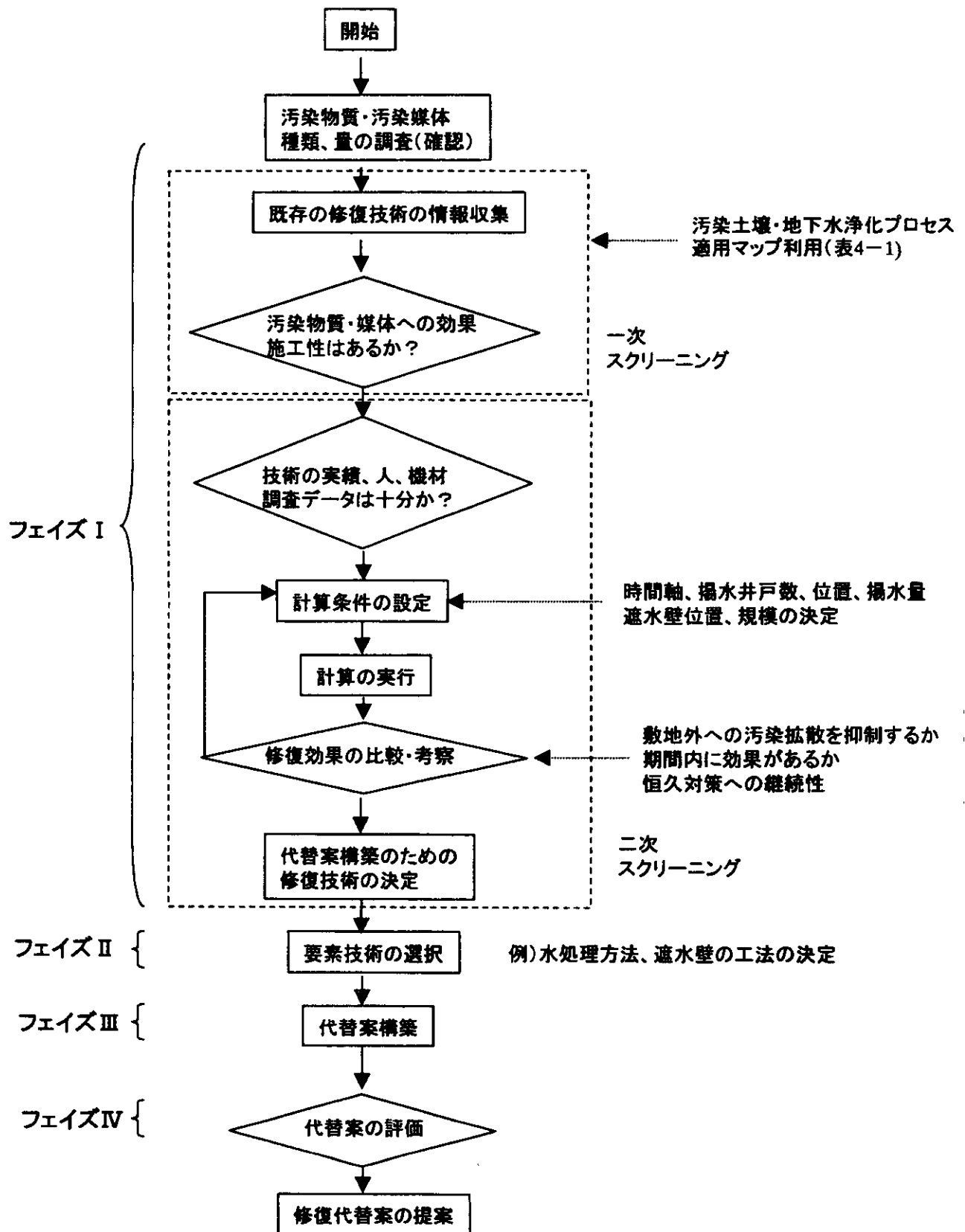


図5-1 修復技術選択フロー

表5-1 修復技術分類表¹⁾

技術分類	適用性		対象媒体				対象物質								対象地質				国内商業実績	特記事項				
	大分類	中分類	小分類	土壌	地下水	ガス	廃棄物	その他	揮発性塩素化合物	重質油	軽質油	PCB	殺虫剤農薬	重金属	その他	透水層	離・不透水層	飽和帯			不飽和帯	原位置での適用性		
																							△	○
分離分解	物理化学的処理 I	バイオレメディエーション	原位置処理法	△	○	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	△	×	○	×	○	無し又は不明		
			原位置外汚染土壌処理法	△	×	×	×	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	無し又は不明	
			原位置外汚染ガス処理法	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	無し又は不明	
			原位置外汚染水処理法	×	△	×	×	×	×	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	無し又は不明	
			原位置外スラリー状汚染土壌処理法	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	無し又は不明	
	物理化学的処理 II	熱処理	酸化還元分解法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	有り	
			電気的分離法	○	△	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り	
			吸着・過分離法	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り	
			その他(揮発分離/アル化など)	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り	
			土壌ガス吸引法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り	地上構造物のある時、傾斜/水平孔で対応
安定化	固化・不溶化処理 封じ込め	掃水曝気法	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り		
		土壌洗浄法	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り		
		熱脱着法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り		
		熱分解法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り		
		溶融固化法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り	ソイルアラッシングのみ地上構造物があっても可能	
安定化	固化・不溶化処理 封じ込め	原位置ガラス固化法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	無し又は不明	原位置ガラス固化のみ原位置で適用可	
		固化処理法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り		
		不溶化処理法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り		
		凍結処理法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り		
		遮断法	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	有り	遮水量のみ、地上構造物があっても可能	

○商業ベースでの実績があるか、又は実規模の実証試験が終了しているもの
 △実証試験中であるか、又は実用的なレベルであって他のプロセスと組み合わせて処理可能となるもの(システム)
 ×適用性のないもの又は不明なもの