

(Ds)

図4-11(5)に粒径加積曲線を示す。同図によれば主に細砂分が卓越する。

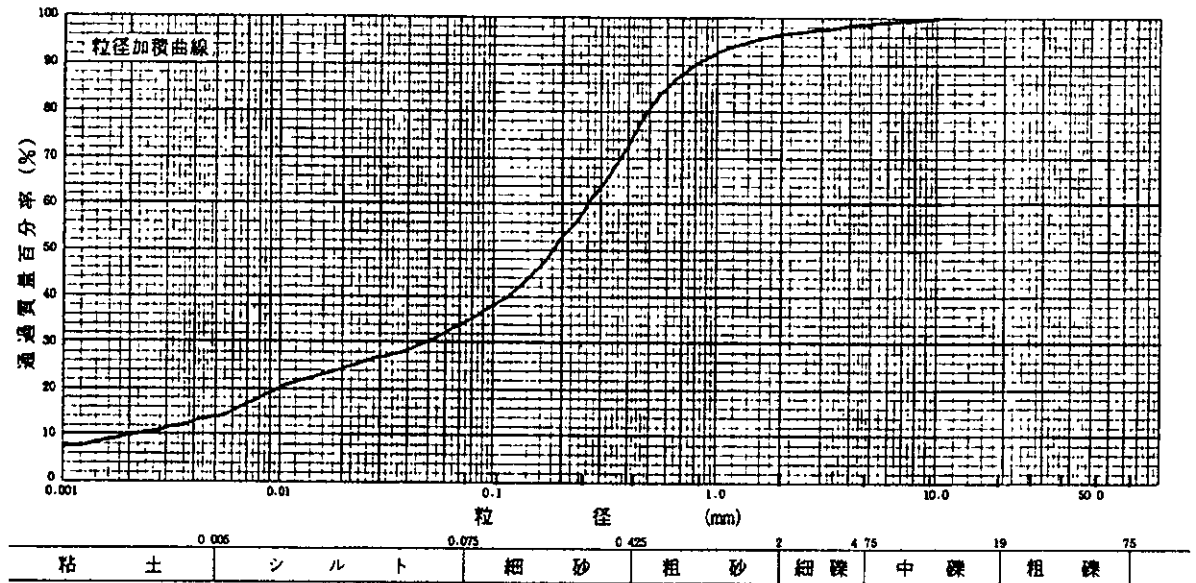


図4-11(5) Ds層の粒径加積曲線

(Dg)

図4-11(6)に粒径加積曲線を示す。同図によれば細礫～中礫分が卓越する。

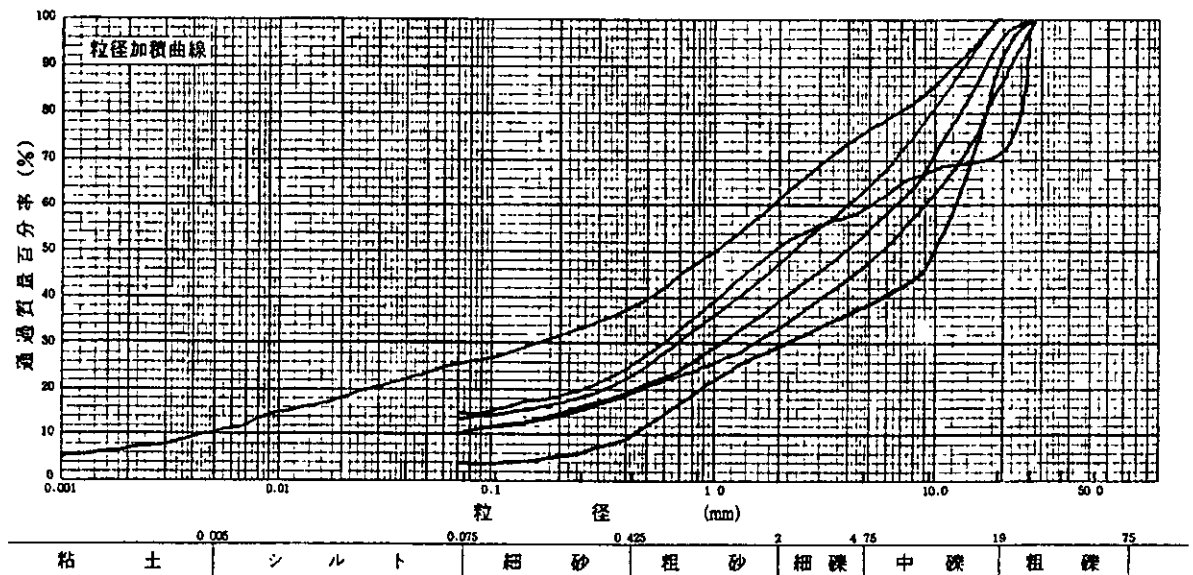


図4-11(6) Dg層の粒径加積曲線

(Tc)

図4-11(7)に粒径加積曲線を示す。同図によればシルト分が非常に卓越する。

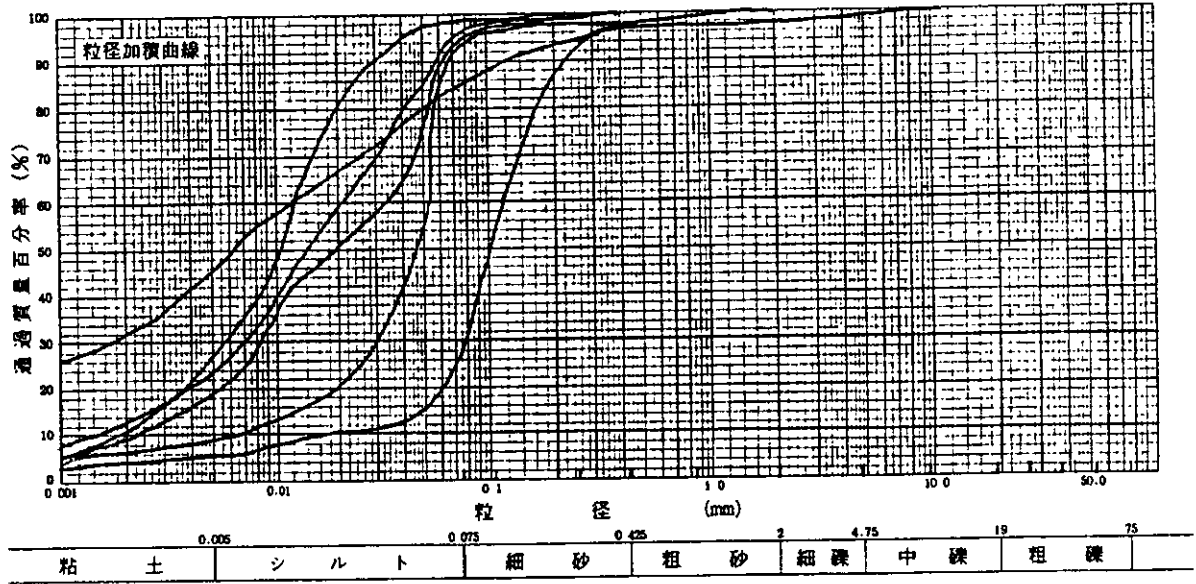


図4-11(7) Tc層の粒径加積曲線

(Ts)

図4-11(8)に粒径加積曲線を示す。同図によれば細砂分が非常に卓越する。

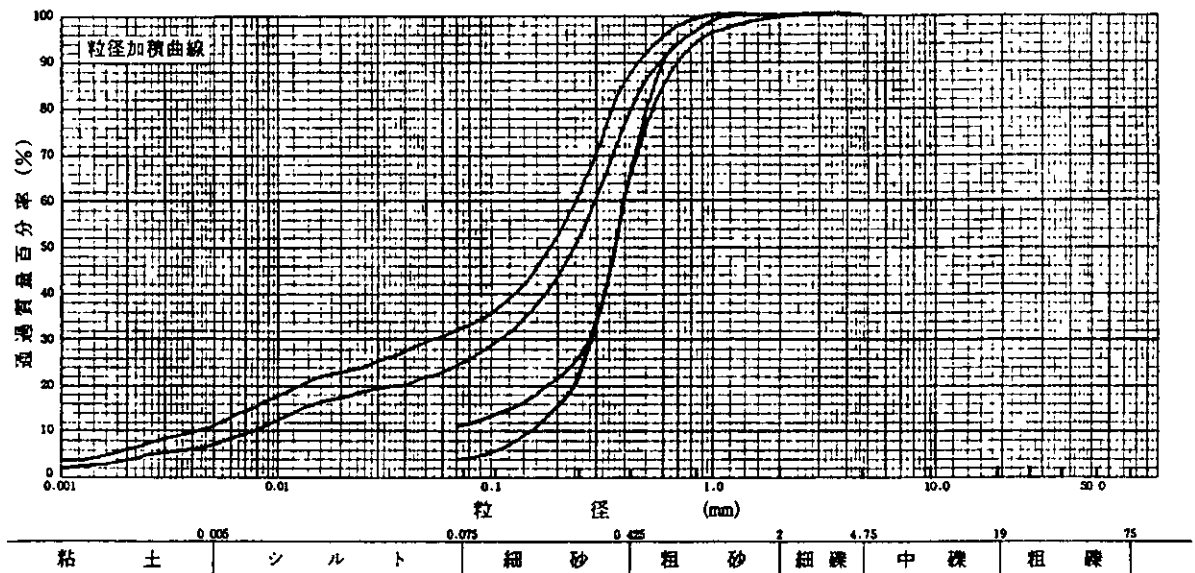


図4-11(8) Ts層の粒径加積曲線

主に粘性土を対象として、室内透水試験を実施した。試験結果は表4-6にまとめて示してある。

図4-12には透水試験結果により得られる透水係数と、粘土分含有量の相関図を地層別に示した。

同図によれば、粘土分含有量が20(%)未満においては、透水係数にばらつきが見られるが、20(%)以上になると地層に関係なく $1\sim 3\times 10^{-6}$ (cm/sec)程度の透水係数となる。

また一般に難透水層と呼ばれるものは、透水係数が 10^{-6} (cm/sec)以下であり、これを考慮すると今回の試験結果による透水係数は、ほぼ難透水層と考えて良いと思われる。ただし、図4-12に示されたように、粘土分含有量の少ない一部の試料(Ds、tDg層)ではこれらより透水係数が大幅に大きくなっている。

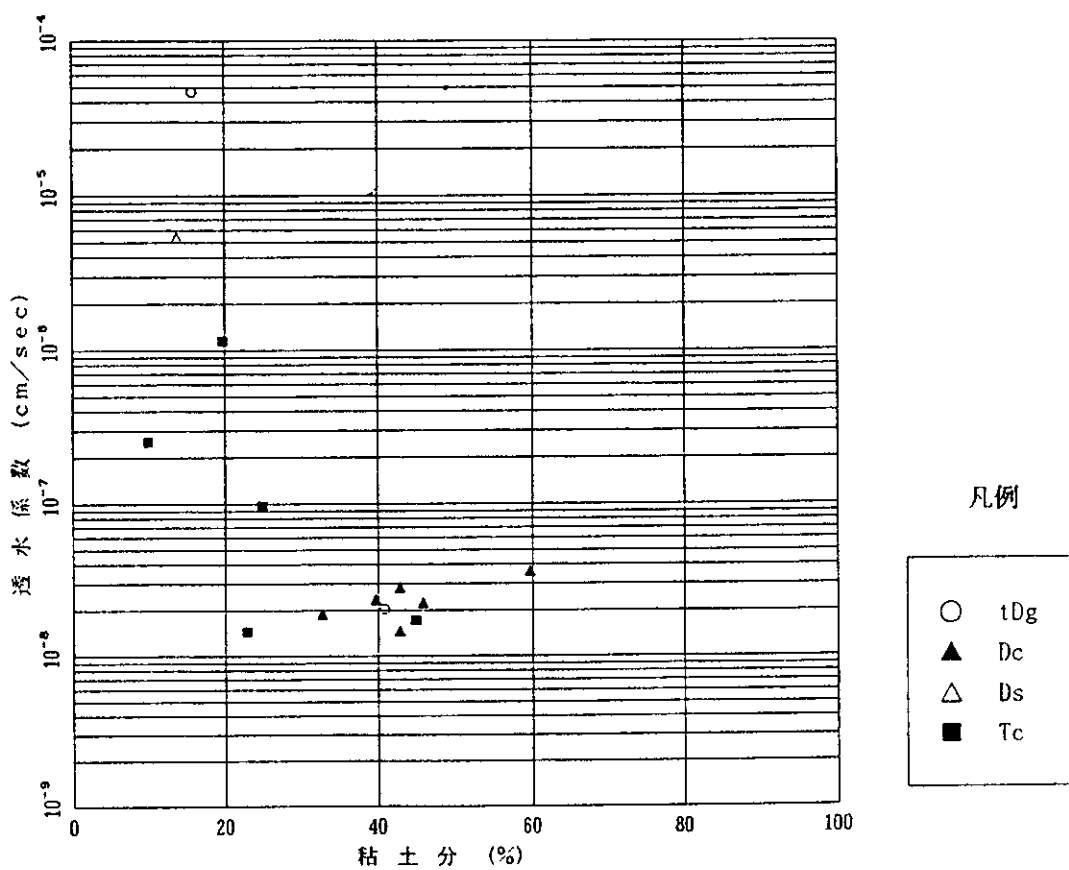


図4-12 粘土分含有量と透水係数の関係

3) 深部土壤汚染の状況

深部土壤汚染の分析結果を表4-7に示した。土壤サンプルは採取したものを気密性の高い状態で分析機関へ冷暗状態で送付し、有機塩素化合物の分析を行った。

分析の結果、土壤環境基準を超過する物質は検出されなかったが、No.3 8.3m においてジクロロメタンが環境基準以下ではあるが検出された。

また環境基準項目外であるが、トルエン、m,p-キシレン、o-キシレンがNo.1' 5.7m、10.4m、12.9m、No.3 8.3m、No.6 5.5m、9.4m、No.7 3.0m で検出された。

これらの状況から、地下水汚染状況と同様に安定型最終処分場の直近で汚染が認められる傾向にある。

表4-7 (1) 土壤分析結果

物質名	単位	環境基準	定量下限	No. 1			
				No.1 3.0	No.1 9.5	No.1 13.4	No.1 13.4
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND

注)・ND:定量下限以下

物質名	単位	環境基準	定量下限	No. 1'												
				No.1' 5.7	No.1' 6.8	No.1' 8.1	No.1' 10.4	No.1' 10.9	No.1' 12.9	No.1' 19.5	No.1' 23.5					
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	0.0002	ND	ND	0.0002	ND	0.0002	ND	0.0002	ND	0.0003	ND	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	0.0001	ND	0.0001	ND	0.0001	ND	0.0002	ND	ND	ND

表 4-7 (2) 土 壤 分 析 結 果

物質名	単位	環境基準	定量下限	No. 1'	
				No. 1' 27.6	No. 1' 29.8
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND

注)・ND:定量下限以下

物質名	単位	環境基準	定量下限	No. 2					
				No. 2 8.1	No. 2 12.8	No. 2 14.3	No. 2 25.0	No. 2 29.0	
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND

表4-7 (3) 土壌分析結果

物質名	単位	環境基準	定量下限	No. 3										
				No.3 2.4	No.3 3.4	No.3 4.0	No.3 8.3	No.3 9.3	No.3 10.5m	No.3 15.7	No.3 19.7			
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

物質名	単位	環境基準	定量下限	No. 4									
				No.4 2.0	No.4 6.0	No.4 9.0	No.4 13.4	No.4 18.0					
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

(注)・ND:定量下限以下

表 4-7 (4) 土 壤 分 析 結 果

No. 5									
物質名	単位	環境基準	定量下限	No.5 3.2	No.5 6.0	No.5 13.0	No.5 20.0	No.5 25.0	
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND

No. 6									
物質名	単位	環境基準	定量下限	No.6 3.5	No.6 5.5	No.6 6.9	No.6 9.4	No.6 14.7	
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	0.0003	ND	0.0001	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	0.0001	ND	ND	ND	ND

注)・ND:定量下限以下

表4-7 (5) 土壤分析結果

物質名	単位	環境基準	定量下限	No. 7										
				No.7 0.5	No.7 2.2	No.7 2.5	No.7 3.0	No.7 5.1	No.7 8.0	No.7 10.5	No.7 14.1			
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	0.0025	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	0.0009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

物質名	単位	環境基準	定量下限	No. 8					
				No.8 3.8	No.8 7.3	No.8 9.8	No.8 14.7	No.8 19.9	
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	

注)・ND:定量下限以下

4) 地下水汚染の状況

地下水の分析結果を表4-8に示した。

No.1'、No.3(本孔:第2帯水層)、No.6(本孔、別孔)No.7(別孔:第1帯水層)において地下水環境基準を超過する汚染が確認された。

地点別、項目別に地下水環境基準を超過した物質をみると、No.1'では、ジクロロメタンが環境基準の24倍、シス1,2-ジクロロエチレンが2倍、1,2-ジクロロエタンが8倍、ベンゼンが4倍、1,3-ジクロロプロペンが3倍であった。

No.3(本孔:第2帯水層)では、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタンが環境基準と同レベル、ベンゼンが4倍、1,3-ジクロロプロペンが19倍であった。

No.6(本孔:第2帯水層)では、ジクロロメタンが13倍、1,2-ジクロロエタンが3倍、ベンゼンが10倍、1,3-ジクロロプロペンが29倍であった。

No.6(別孔:第1帯水層)では、1,2-ジクロロエタンが3倍、ベンゼンが2倍、1,3-ジクロロプロペンが同レベルであった。

No.7(別孔:第1帯水層)では、ジクロロメタンが5倍、1,2-ジクロロエタンが8倍、ベンゼンが11倍、1,3-ジクロロプロペンが4倍であった。

また環境基準項目外であるが、トルエン、m,p-キシレン、o-キシレンが検出されている。

本調査結果から、地下水の汚染は、周辺に拡散しているものの、埋め立てられてからの日数が短いことから、あまり拡散が進行していないものと考えられる。

表 4-8 地下水調査結果

物質名	単位	環境基準	定量下限	No.1 12	No.1' 20	No.2 11	No.3 3.5	No.3 12	No.4 11.5	No.5 3.1	No.6 5.0
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	ND	0.47	ND	ND	0.022	ND	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	ND	0.073	ND	ND	0.0036	ND	ND	0.003
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	0.0007	ND	ND	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	ND	0.031	ND	0.0004	0.0050	ND	ND	0.012
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	ND	0.037	ND	0.003	0.039	ND	ND	0.019
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	ND	0.011	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	ND	0.0053	ND	ND	0.037	ND	ND	0.0027
トルエン	mg/l	-	0.001	ND	0.47	ND	0.065	0.59	0.001	0.011	0.061
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
アトクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	ND	0.0074	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	0.30	ND	0.0084	0.17	0.013	0.0034	0.071
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	ND	0.12	ND	0.0025	0.082	0.011	0.0012	0.039

物質名	単位	環境基準	定量下限	No.6 14	No.7 2.5	No.7 7.0	No.8 16
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	0.02	0.002	ND	ND	ND	ND
ジクロロメタン	mg/l	0.02	0.002	0.26	0.099	ND	ND
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04	0.004	0.027	0.026	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	1	0.0005	ND	ND	ND	ND
四塩化炭素	mg/l	0.002	0.0002	ND	ND	ND	ND
1,2-ジクロロエタン	mg/l	0.004	0.0004	0.013	0.037	0.0037	ND
ベンゼン	mg/l	0.01	0.001	0.10	0.11	0.004	ND
トリクロロエチレン	mg/l	0.03	0.002	0.011	0.011	ND	ND
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	0.002	0.0002	0.058	0.0077	0.001	ND
トルエン	mg/l	-	0.001	0.77	0.35	0.016	ND
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	0.006	0.0006	ND	ND	ND	ND
アトクロロエチレン	mg/l	0.01	0.0005	0.0080	0.0076	ND	ND
m,p-キシレン	mg/l	-	0.0001	0.46	0.23	0.0085	0.0001
o-キシレン	mg/l	-	0.0001	0.38	0.19	0.0038	ND

注) 基準を超過したものの
・ND:定量下限以下

第3部 土壌・地下水汚染診断システムにおけるシミュレーションの役割と効果に関する研究

序章

1. 研究背景と目的

不法投棄、不適正保管、最終処分場等の廃棄物に起因する土壌・地下水汚染が大きな社会問題となっている。効果的、かつ効率的に汚染を修復するためには、調査により汚染状況を把握し、適切なタイミングで、適切な修復技術を施行することが重要である。そのためには現時点、あるいは将来の汚染状況を推測し、次段階の意志決定を行うことが必要である。特に修復技術代替案の選択においては、修復までの時間、コスト等を考慮して意志決定をおこなうことが困難な場合が実際問題として多いと考えられる。

修復の必要性の判断も含めた修復技術の選択を行う判断基準として、汚染の緊急度、汚染物質や場に対する技術の適用可能性、修復までの時間、コストなど様々な評価軸があるが、その評価軸の一つに修復効果が考えられる。修復効果により、代替的な修復技術、あるいは設計条件（運転条件も含む）の比較が可能になる。そこで本研究では、修復効果を推測する一つのツールとして、数値シミュレーションに注目する。数値シミュレーションにより、目には見えない地下の現象を視覚的に表現することが可能となり、さらに様々な技術を試行錯誤的に試すことができる。さらに数値シミュレーションによって得られた結果は、修復計画を構築する際のプロジェクト内の議論や、住民説明、議会説明時の資料としても活用でき、情報を共有化できる。結果として、数値シミュレーションにより汚染修復対策の必要性、あるいは修復対策の効果が明らかになれば、修復対策を円滑に進めることができる。

本研究では、

- 1) 汚染修復対策における数値シミュレーションの位置づけ及び役割を整理し、実汚染現場を対象にしたモデル化の手順、及び数値シミュレーションの適用方法を明確にすること。
- 2) 実汚染現場に対して、地下水汚染拡散防止対策を目的とした修復技術選択を数値シミュレーションを用いて実践すること。
- 3) これまで、解析の対象とはされてこなかったトリクロロエチレン等の難水溶性有機化合物原液の土壌層内への浸透挙動を表すモデルを構築し、その汚染現場への応用性、発展性を示すこと。
- 4) 最後に、数値シミュレーションの役割と効果を示すことを目的とする。

2. 構成

まず2章において汚染修復対策における数値シミュレーションの位置づけと期待される役割についてまとめる。それから汚染現場にシミュレーションを適用する手順について示す。またシミュレーションを行うためには現場データが不可欠であることから、シミュレーションを行うために必要な調査に関する考察を行う。さらに汚染修復対策に数値シミュレーションを適用する上で解決されなくてはならない問題点を整理する。

そして3章では、本研究で対象とするI市についてこれまで行われた調査内容、汚染概況について概説すると共に、I市汚染現場に対する汚染修復の考え方を述べる。そしてそのような対策を講ずる過程で数値シミュレーションを行うに至った経緯を述べることにする。

4章では、対象汚染現場としてI市、K市を取り上げ、汚染現場の地下水流れ場及び濃度場のモデル化を行う。K市に関しては調査途中段階であるので、完全なモデル化を行うことはできなかったが、モデル化を行うために必要な調査項目としてまとめることができた。引き続き調査を継続する予定である。

5章では、修復技術選択フローについて概説した後に、I市に対する応急対策の技術選択に関して、数値シミュレーションを用いて修復効果の比較を行うことにより、今後想定すべき修復技術代替案の提案を行う。また今後必要な調査項目を整理する。

6章では、I市の汚染事例で多く見られた難水溶性有機化合物原液が地中に浸透した場合のモデル化及びモデルの検証を行い、本研究で開発したモデルの修復対策への応用性を示す。

最後に7章では汚染修復対策に数値シミュレーションを用いることの効果について、限界も含め議論を行った上で、結論をまとめる。

第1章 汚染修復対策におけるシミュレーションの位置付け

1. 緒言

本章では、汚染修復対策における数値シミュレーションの位置づけを明確にするにあたって、「モデル化」と「シミュレーション」という言葉について、本研究での定義をまず明確にする。そして本研究で想定している廃棄物起因の土壌・地下水汚染対策システムである診断システムについて説明をする。診断システムとは、調査、解析、修復代替案の提示までを一貫したプロセスで行うものであり、段階的な調査、対策を行うことによって、効率的に汚染現場を修復することを目的に構築されているものである。それから数値シミュレーションの位置づけや役割に関して整理を行い、汚染現場に数値シミュレーションを適用する手順についてまとめる。

また汚染現場のモデル化及びシミュレーションを行うためには、現場調査データが不可欠である。そこで、シミュレーションを行うための調査項目について考察を加える。

本章の最終節では、汚染現場の評価に関して数値シミュレーションを用いた既存の研究をレビューし、今後修復対策を円滑に進めるためにどのような課題が残っているのか、問題点を整理することにした。

2. モデル化とシミュレーション

ここで、本研究で使用する「モデル化」と「シミュレーション」という言葉について述べておく。Mary P. Anderson and William W. Woessner¹⁾ は、

”モデルとは現地の状況を近似させる何らかの装置である。実験室の砂箱のような物理モデルでは地下水流れを直接的にシミュレートする。数学モデルにはシステムで発生している物理的過程を表現していると考えられる支配方程式と、モデルの境界での水頭や流量を記述する方程式（境界条件）とを用いて、地下水流れを間接的にシミュレートする。”

と述べている。また数学モデルという言葉に関して近藤次郎²⁾ は、

”数学モデルは、現象の特徴又は本質を数学的に表現したものである。これは模型（モデル）の一種類である。しかし、数学で表される事には限りがあるから、多くの場合には現象に完全に一致した数学的表現はできない。そこで数式化する以前に現象の単純化や抽象化が行われている。このような理由で数学モデルは、数式で表された仮定であるといわれる。”

と述べている。

本研究では、上記の考え方を踏襲し、「モデル化」と「シミュレーション」という語を、以下のような定義で用いることにする。

モデル化：汚染現場を支配する物理現象に対して、妥当な単純化、抽象化を行うことにより数学モデルを構築すること。

シミュレーション：構築された数学モデルを、コンピュータによって解き、現象を再現すること。

3. 汚染診断システム

汚染診断システムとは、汚染発覚後の調査段階から修復対策代替案を提示するまでを支援するシステムのことである³⁾。図2-1に汚染診断システムの概要を示す。特に汚染発覚から修復まで

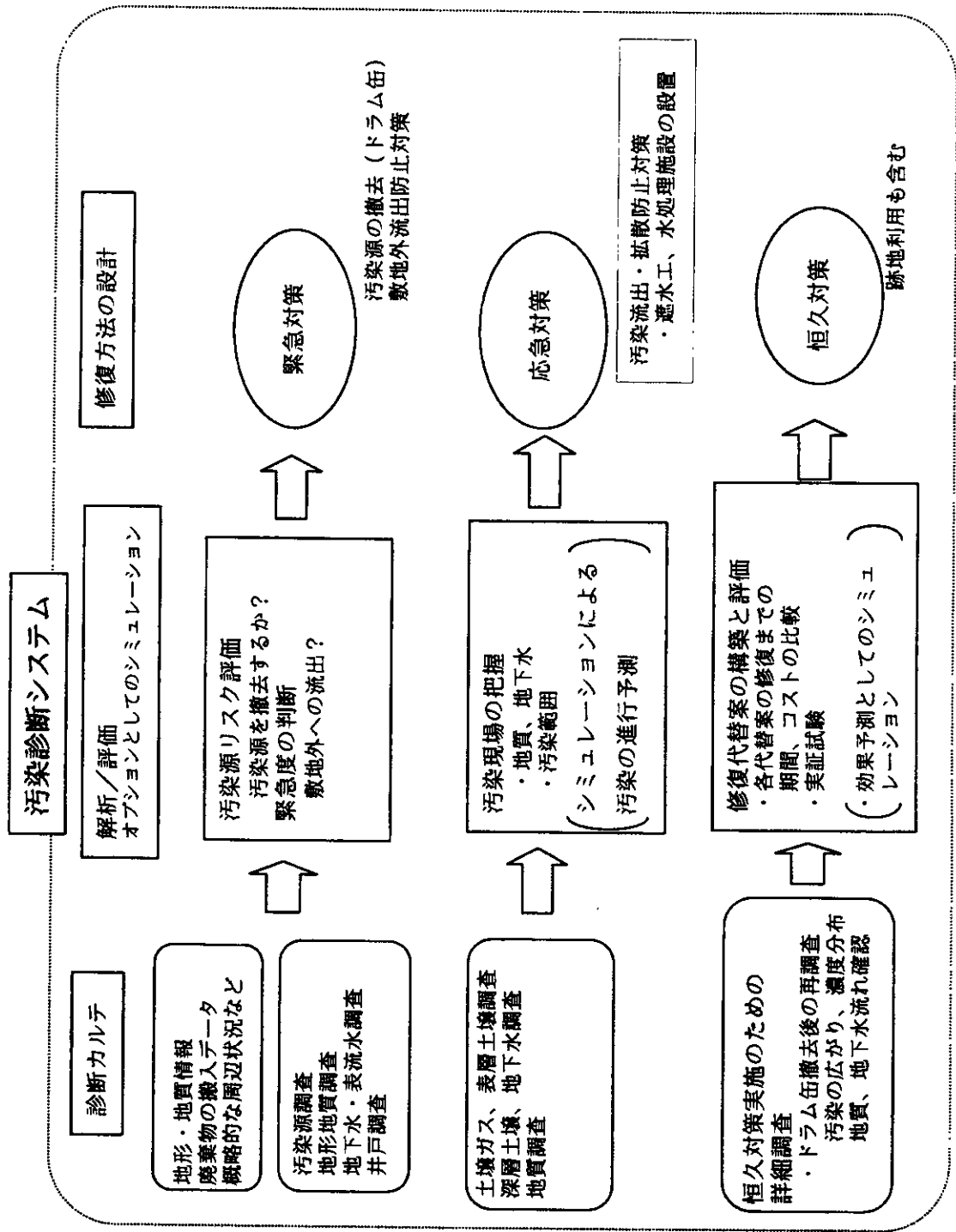


図 2-1 汚染診断システムの概要

のおおよその時間の流れに注目してまとめた。まず汚染が発覚したら、既存情報の収集・整理を行い、初期現場調査を行う。その目視、簡易的な調査により汚染源の撤去や地下水飲料制限措置などの緊急対策を講ずる必要性のある場合は、緊急対策を実施する。次段階では概略的な調査を行い、拡散防止対策などの応急対策が必要であれば実施する。さらに詳細調査を行い、汚染現場の跡地利用も含めた恒久対策を検討する。このように診断システムの特徴は、調査や修復対策を段階的に行うことで、各段階の調査の目的を明確にし、優先度の高い対策から随時必要な修復対策を講ずることであると言える。

診断システムは、調査項目や調査結果や、修復作業履歴を管理する「診断カルテ」の部分、それから調査結果を解析する部分、それから解析結果を基に修復方法を設計する部分に分けて考えることができる。特に本研究では、調査結果と修復方法の設計を有機的につなぐ部分として解析／評価が存在し、その一つの手法としてシミュレーションを位置づけている。修復対策の必要性の判断、又は応急対策、恒久対策における修復技術選択において、シミュレーションにより汚染拡散の進行予測、及び修復技術を講じた場合の修復効果の予測を行うことができる。

4. 土壌・地下水汚染対策におけるシミュレーションの役割と効果

次に、土壌・地下水汚染対策におけるシミュレーションの役割と効果について述べる（図2-2参照）。シミュレーションを行う目的は、地下という目に見えない空間における現象に関して、

- 1) 汚染の進行度を視覚化
- 2) 汚染（修復）範囲の決定
- 3) 高曝露集団の分布を視覚化（手遅れによる費用増大の評価）
- 4) 対策設計のための基礎情報の提示
- 5) 観測網の設計（観測点、配置）
- 6) 詳細調査すべき項目の抽出

が挙げられる。さらに調査が進行するに従い、

- 7) 効果の視覚化と合意形成促進
- 8) 対策技術の組み合わせ評価
- 9) 修復代替案の比較

という目的も加わることになる。つまり、意志決定者は汚染現場で得られた一つの事実である調査結果と、シミュレーションによって得られた現状の推測及び将来の予測結果の両方に基づいて、現時点で講ずるべき対策の選択に関して意志決定を行う。シミュレーションは、調査と対策の意志決定を仲立ちする重要な役割を担っていると言える。

次に図2-3に調査と対策の意志決定の間に存在するシミュレーションの部分の詳細な説明を試みる。まず調査段階では、①シミュレーションを行う上で予め必要となるデータの収集を行う必要がある。例えば、水収支に関するデータ、地質構造（透水係数、境界条件）に関するデータ、そして汚染源に関するデータが必要である。必要な調査データに関しては、後で詳細に整理する。そ

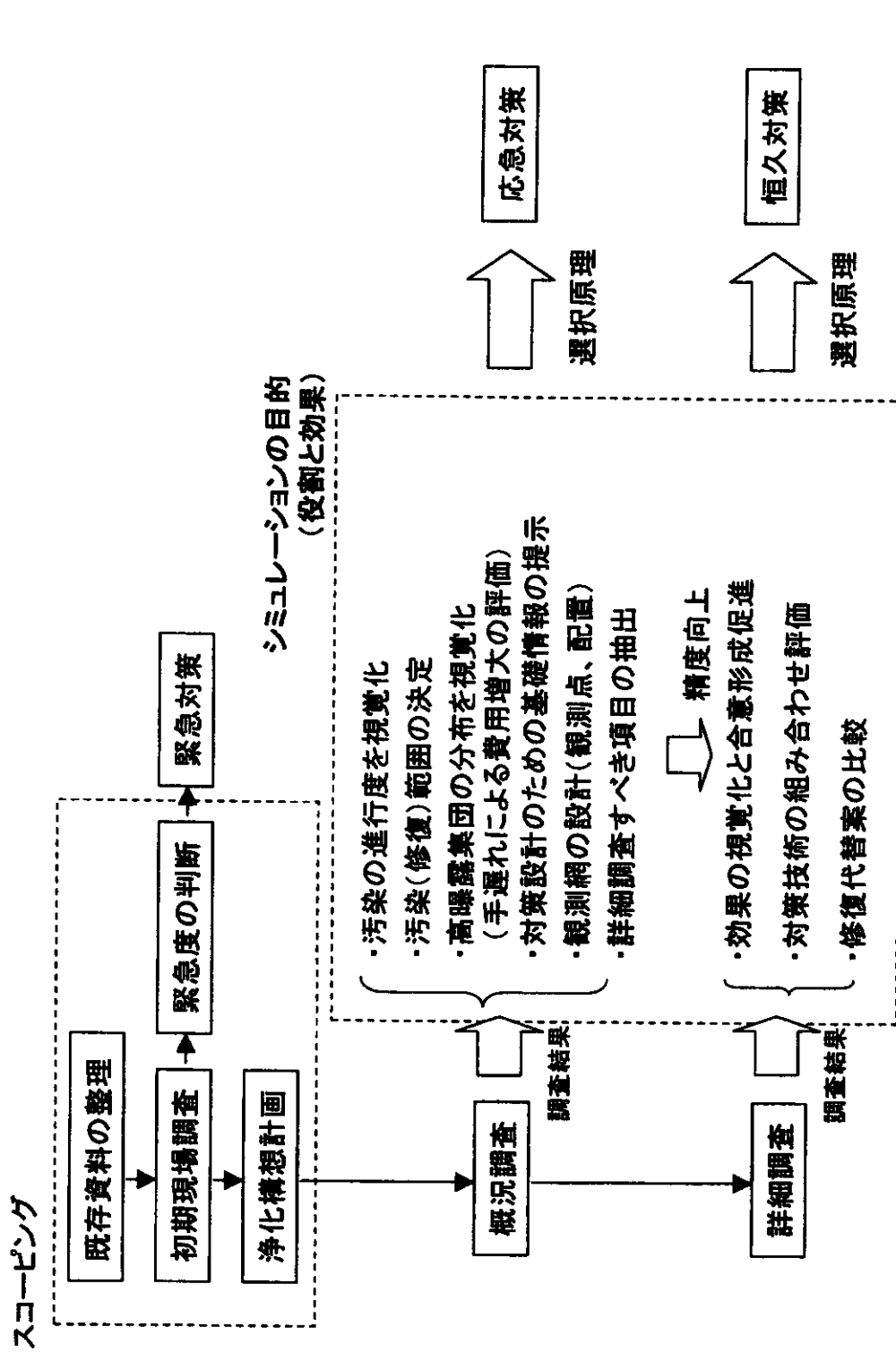


図 2-2 土壌・地下水汚染診断修復システムにおけるシミュレーションの役割と効果

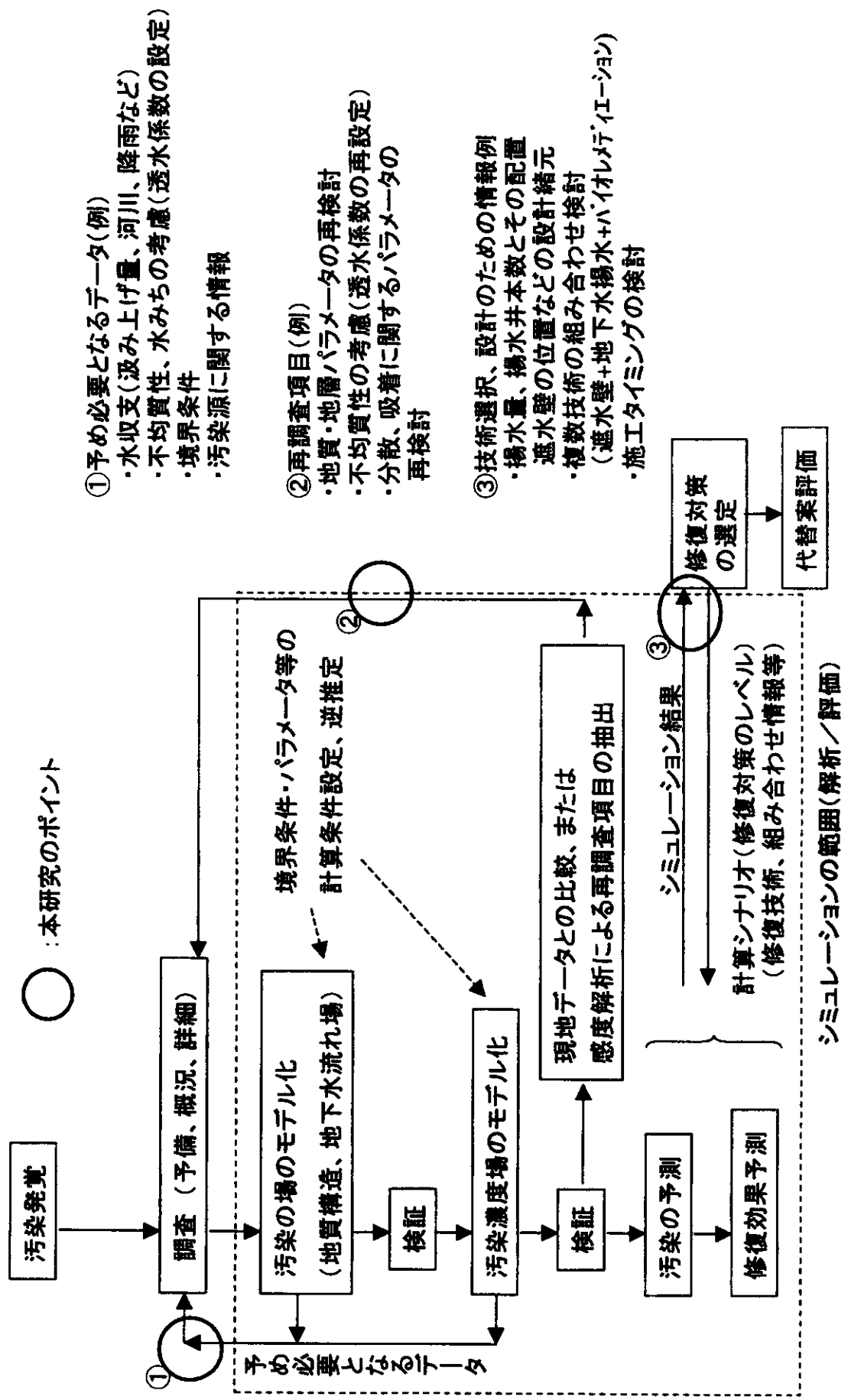


図 2-3 土壌・地下水汚染対策におけるシミュレーションの位置づけ

れから汚染場のモデル化を行い、モデルに用いられるパラメータの設定を逆推定などを用いて行い、地下水流れ場をシミュレートし、観測値との比較・検証を行う。さらに汚染源に関する情報を整理しモデル化を行い、汚染状況をシミュレートし、観測値との比較・検証を行う。この際、②新たに必要となったデータを得るために再調査を行う必要がある。また誤差が大きい箇所に関しても再調査の必要がある。例えば、地質構造の詳細把握、透水係数の確認のためのボーリング調査や揚水試験などが挙げられる。以上がシミュレーションを行うことによる調査へのフィードバックである。

次に③汚染の現況予測、並びに将来予測を行うことにより修復対策の必要性を検討したり、具体的な修復技術を施行したときに得られる修復効果を数値実験的に試行して、複数の修復技術の比較を行ったり、揚水井戸の本数や、配置等設計諸元の検討を行ったり、あるいはその修復技術を施行するタイミングを検討することによって、現時点で講ずべき修復技術に関する選択を意志決定者は行うことができる。

5. モデル化からシミュレーションまでの手順

図2-4に汚染現場に対してシミュレーションを適用する一般的手順を示す。

- 1) 目的の設定：目的とは本研究の場合、汚染拡散予測、及び汚染現場に適した修復技術の選択を行うことに相当する。
- 2) 概念モデルの作成：汚染現場に関する既存情報や現地踏査により、おおよその現場の地質構造、水文収支、汚染源、汚染物質輸送経路、受容者などを概念的に描いたモデルを作成する。
- 3) 数学モデルの選定、プログラムの選定：解析領域（不飽和帯、飽和帯）、汚染物質（水溶性、難水溶性）等により支配方程式を選定する。この段階で、地質構造の推定を行い、計算領域の格子生成、そして境界条件の予備的設定が行われる。さらに汚染源に関する情報もまとめる必要がある。
- 4) 地下水流れ場の推定：現地調査によって得られた観測値（例えば地下水位コンター）と合うように透水係数、境界条件などのパラメータの逆推定を行う。場合によっては、再調査を行い、観測データを補う必要も生じる。
- 5) 汚染濃度場の推定：サイトの汚染機構を把握し、汚染源のモデル化を行う。分散能、吸着、分解等のパラメータの推定を行う必要があるが、これらに関する情報は調査により得られる場合は少ない。むしろ、汚染濃度場は地下水流れ場による部分が多いので、著しく調査データと異なる場合には、汚染物質の輸送パラメータよりも、地下水流れに関する再検討を行った方がよいと言える。
- 6) 将来予測、修復効果予測：汚染の拡散を予測し、修復対策の必要性を検討する。また修復対策を早急に行う必要があるのか、それとも若干の猶予があるのかといった修復を行うタイミングを検討することも可能である。さらに、修復技術に関する情報を入力することにより、ある技術を講じた場合に得られる修復効果をシミュレートすることにより、サイトにとって好ましい修復技術を代替的に提示することが可能である。
- 7) 事後評価：さらに継続調査、修復時のモニタリング結果を通して、モデルやパラメータの事後評価を行い、必要であればモデルの改良を行う。

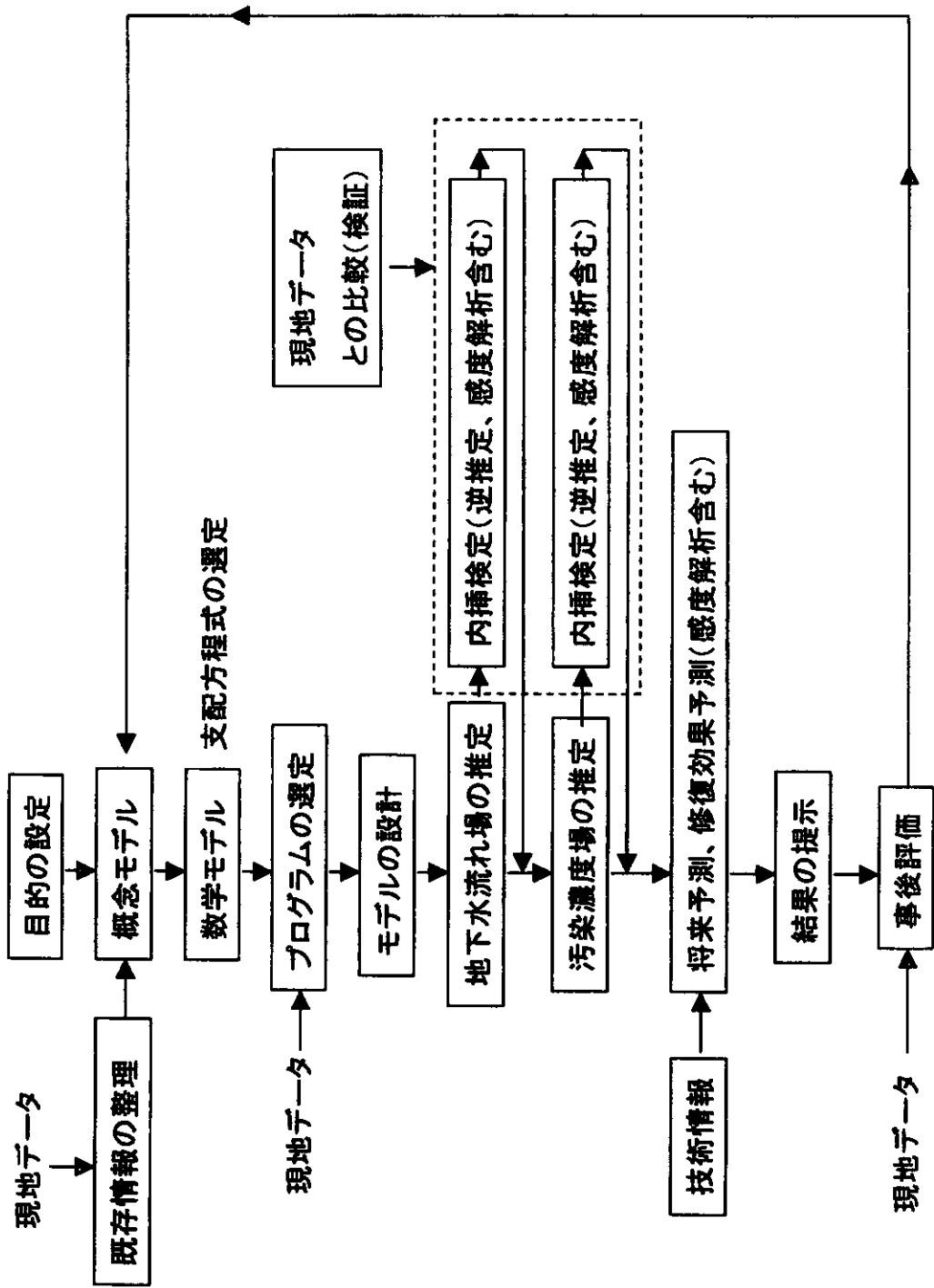


図 2-4 汚染物質輸送モデルの現場への適用手順