

4.5.2 遮水工法に関する検討

本現場の埋立物は汚泥、焼却灰等の管理型廃棄物に有機溶剤、廃油が混合投棄されており、特別管理産業廃棄物に該当する状態にある。

本来ならば、遮断型処分場の構造をもって封じ込めるべきであるが、新共同命令に示される遮断型構造基準の6面点検ができる状態にすることは、原位置のまま封鎖する場合は不可能である。

このため、今回検討する環境保全と修復方法の方針としては、埋立物を管理型廃棄物状態まで、短期間に浄化を行い、その後は管理型処分場と同等の扱いとして、埋立物が安定するまで、浸出水の浄化管理を行うこととしている。

この考え方から、遮水工に求められる機能は、管理型処分場の構造基準を満たすとともに、遮水性については遮断型に準じる高い性能をもつものが望ましいと考えられる。

また、本現場の場合、埋立物の埋設深さがGL-14~15mと深く、その底部は第2滞水層に達し、埋立物の下部は常時地下水位下にある。このため、設置する鉛直遮水工は常時地下水の飽和帯中に位置することとなる。この場合、特に留意すべきことは、飽和帯中において遮水壁に地下水が浸潤し、水頭圧が連続する状態になると、ダルシーの法則に従って、地下水が透過することになり、遮水工の機能が十分に発揮されない状況になる可能性がある。その対応としては、内外の水頭差を制御したり、遮水工の材質や透水係数の設定など十分な配慮が必要となる。

以上の状況を基本に鉛直遮水工法の適用性の検討を進めることとする。

表 4-5-8 に一般的な鉛直遮水工法の特徴とその適用性を示した。

同表に示す工法のうち、本現場の地質(N値 30 以上、砂礫まじり砂層が主体)や不透水層までの深度(GL-22m)から適用性が高い工法としては、

- ① シート工法
- ② 鋼矢板工法+グラウト工法
- ③ 壁式地下連続壁工法
- ④ ソイルセメント固化壁工法

が考えられ、グラウト工法は、シート工法や鋼矢板工法の補完工法として位置付けられる。

表4-5-8 代表的な鉛直遮水工法

工法	項目	材料	施工法	遮水性	適用地盤	材料の耐久性
シート工法	シート打設工法	・高密度ポリエチレン(HDPE)シート	透水層をウォータージェット、オーガー等で掘削し、シートを鉛直に打設。	継手部の止水性が確保されれば遮水効果が高い。	透水層が 30m 程度までの厚さであれば、土質に適する施工法が選択適用可能。	表面遮水シートとほぼ同じであるが暴露がないため、かなりの耐久性が期待できる。
	薄肉厚連続壁シート工法	・シート ・固化剤(モルタル、コンクリート、アスファルト等)	回転カッター、チェーンソー、ワイヤーソーで薄く掘削した溝(3~20cm)を形成し、その溝にシートを挿入後、固化材を充填。			
鋼矢板工法		・鋼矢板(シートパイル) ・鋼管矢板(鋼管パイル)	杭打施工法により矢板を一列または二列に打設。継手がはずれることのないように注意して施工する必要がある。継手部の止水性が確保される工法に限定される。	難透水層あるいは基礎岩盤まで矢板を打ち込むことにより確保。	一般的にN値 30 程度まで打設可能。玉石混じりあるいは転石のある層では工法が制限される。透水層が 20m 程度までの厚さであれば施工法を選択適用可能。	廃棄物の浸出液等による腐食の検討が必要。特殊土層では塗装による防食対策が必要。
グラウト工法	浸透性注入工法	・セメント系 セメント、粘土、ベントナイト ・薬液系 水ガラスとセメントの混合物	ポンク機械で削孔し、地盤中に硬化剤を浸透注入して間隙を充填。	透水係数 10^{-5} cm/s 程度に改良することが可能。土質に適した注入材と十分な施工管理が必要。遮水性の確認が必要。	岩盤、砂利層、砂層に適用可能	セメント系は耐久性が良い。水ガラス系は溶脱の問題があるので、耐用年数の検討が必要。また、周辺の地下水環境や土壌環境への配慮が必要。
	高圧噴射式注入方法	・セメント系 ・薬液系	超高圧噴流エネルギーの切削または混合効果を利用。地盤と注入剤を強制攪拌あるいは地盤を柱状に切削し空隙に注入剤を充填。	透水係数 10^{-5} cm/s の壁を作ることが可能。継手部やオーバーラップの十分な施工管理が必要。遮水性の確認が必要。	緩い砂層、軟弱なシルト層に適用可能。深い層には適用できない。	同上 薬液系では周辺の地下水環境や土壌環境への配慮が必要。
壁式地下連続壁工法		・コンクリートまたは鉄筋コンクリート	各種掘削機で一定幅で連続的に掘削し、コンクリート等で地下連続壁を築造。	遮水効果は高い。継手部の十分な施工管理が必要。	ほとんどの地盤に適用可能。深度 100m 程度まで可能。	セメント系なので耐久性が良い。
ソイルセメント固化壁工法 ・注列式 SMW 工法 RMW 工法 ・壁式 TRD 工法		・セメントモルタル	オーガー等で削孔し、セメントモルタルと現地盤とを混合して等厚の連続した固化壁を築造。	透水係数 10^{-5} cm/s 程度の壁を作ることが可能。継手部の十分な施工管理が必要。遮水性の確認が必要。	緩い砂層、軟岩に適用可能。深度 60m まで可能。	セメント系なので耐久性が良い。

出典11)に修正加筆(1993.5)/一部再加筆(1998.5)

表 4-5-9 に本現場への適用性の比較結果を示した。

表4-5-9 遮水工法適用比較

	①シート工法	②鋼矢板 +グラウト工法	③壁式地下 連続壁工法	④ソイルセメント 固化壁工法
遮水性能	△ (継手部止水)	△ (継手部止水難)	○	△ (遮水性試験要)
土質の適合性	△ (砂礫層の崩壊性が高い)	△ (オーガ併用)	○	○
深度の適合性	△ (限界深度に近い)	△ (矢板長が長く施工性、 信頼性が劣る)	○	○
地形(傾斜地) の適合性	○	○	△	△
周辺環境条件 の適合性	○	△ (騒音が大き)	○	○
作業スペース の適合性	△ (工法の選択必要)	○	△ (工法の選択必要)	△ (工法の選択必要)
耐薬品耐久性	△ (耐油性の検討要)	△ (要防食対策)	○	○
経済性	中 (4~5万円/m ²)	中 (5万円前後/m ²)	高 (8~10万円前後/m ²)	中 (4~5万円/m ²)
総合考察	土質試験等設計計画に必要な調査を実施の上、施工工法、シート材質等を選定することで、採用可能と考えられるが、深度が深いため、遮水性や施工精度の保持には十分注意が必要である。	全面的に矢板施工することは困難なため、上部矢板工法下部グラウト工法の複合工法に採用の可能性がある。 ただし、グラウト工法の有効性について、さらに土質試験等の追加テストが必要である。また、オーガ併用シートパイルでは途中溶接等、施工精度に十分注意が必要である。	工法の適用性、遮水性等に特に問題はないが、現地の作業スペース等の検討が必要である。 また、最も高価な工法となるため、他の工法の採用検討が優先される。	遮水性と作業スペースの検討を要するが、工法的には適合する。 事前に汚染土との混合による遮水性と強度の試験を実施して採用の可否を判定する必要がある。

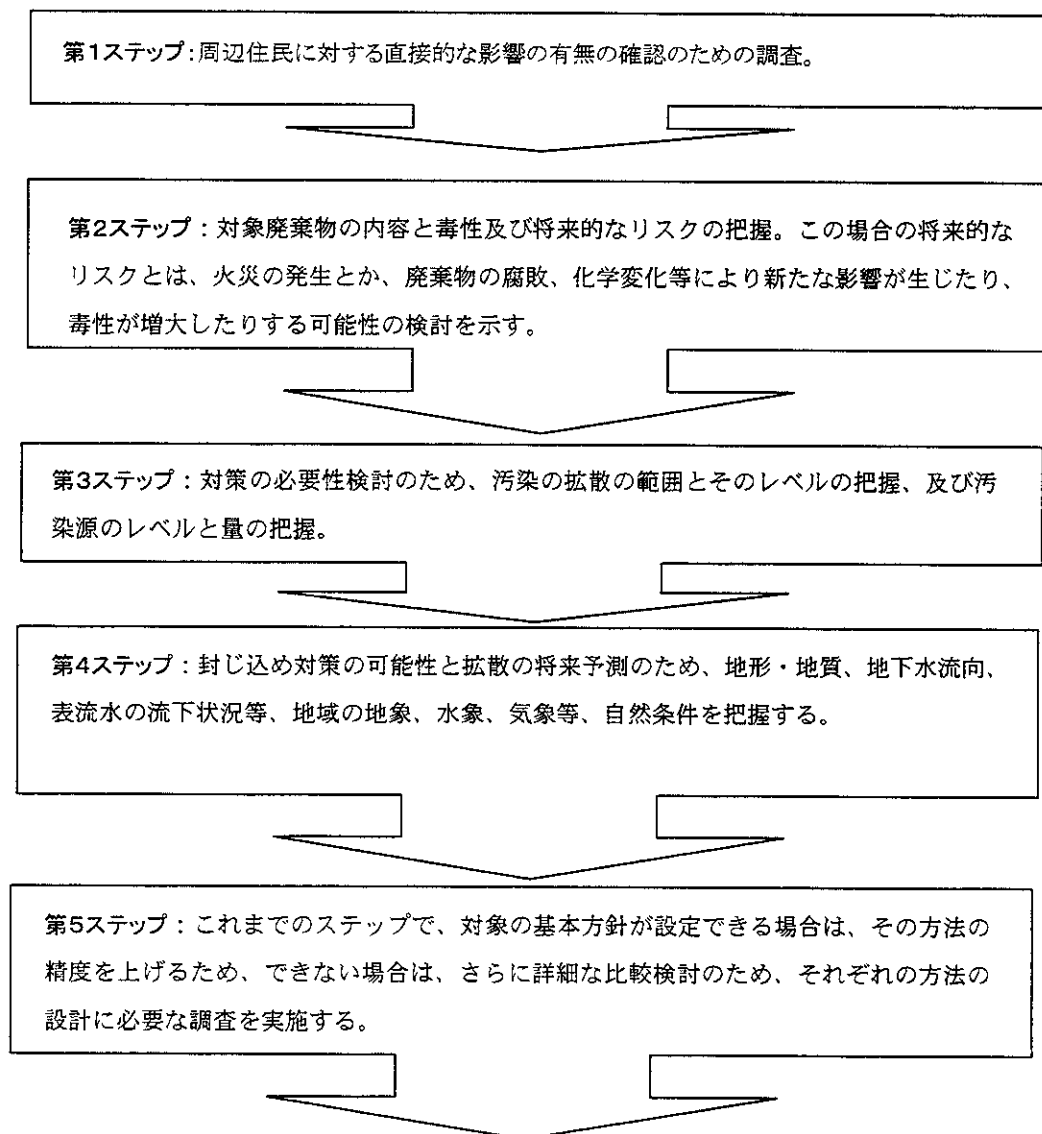
以上の通り、現段階で工法を特定することはできないが、地下連続壁工法を除けば、その他の工法はいずれもほぼ同程度の工事価格であり、総工費は、仮に工事費を5万円/m²、鉛直遮水工深さ27m、総延長300mとすると、約40,500万円程度となる。

さらに、雨水排除のための表面覆土、ガス抜管、浄化用井戸などの設置工事が必要となる。埋立物の浄化や周辺汚染地下水などのオンサイト修復は、別項の提案によるものとする。

4.6 オンサイト修復技術の提案と選択のための課題

4.6.1 オンサイト修復技術の提案のために必要な調査の検討

廃棄物による汚染事例については、大きく分類すると、不法投棄、不適正保管、不適正処分に分けられ、処分については中間処理と最終処分の事例に分けられる。それぞれの事例によって対処の方法や調査手法は微妙に異なると考えられるが、基本的な調査のステップは変わらないと考えられ、基本的ステップは次のように設定される。



この段階までが、基本計画・基本方針を定めるための調査と言える。これ以後は実際の対策設計のためのステップとなる。

第6ステップ：実施設計のためには、より正確な汚染範囲の確定と汚染レベルの把握が必要であり、メッシュに区画しての立体的な調査が必要となる。特に、地質が複雑で複数層の不透水層が存在する場合は、表層からの調査だけでは汚染の立体的把握が困難となる。

第7ステップ：修復エンドポイントレベル*¹の設定や、修復の効果を予測するためには、適切なトリータビリティ試験*²が必要となる。

特に、修復のエンドポイントをどのレベルに設定すべきかという検討は非常に重要な事項である。

土壌及び地下水について全て環境基準のレベルまで、浄化できれば問題ないが、そのためには、非常に多大な経費と時間を要する場合が多く、実際の現場では、封じ込めること等により、環境基準よりもはるかに高い濃度レベルでも、周辺環境を保全できる場合も多数事例があり、そのようなケースでは、モニタリングだけを行い、自然減衰にまかせることが行われる。

* 1 エンドポイントレベル：修復終了点における汚染の濃度レベル

* 2 トリータビリティ試験：浄化機能の評価テスト

第8ステップ：修復対策において、撤去して中間処理する場合は、方法や対象物によって、中間処理のためのテストが必要となる。これによっては、実際の処理方法や費用、処理能力等が設定され、実施設計が可能となるケースも多い。

一方、オンサイトで修復する場合も、多くは抽気井や揚水井等の設置ポイントや間隔、抽気量や圧力揚水量等の実施設計のためには、現地でのテスト井による確認が原則として必要となる。

また、不溶化などの薬剤処理をする場合等も必ず、事前のテストをして、薬剤の選定・添加量等を決定する必要がある。

第9ステップ：実際にオンサイト修復を実施した場合、実施後、必ずモニタリングが必要であり、それも、外部への影響モニタリングとともに、内部の浄化効果のモニタリングや副生成物による二次汚染のモニタリングも必要である。

そのモニタリング結果に基づいて、修復方法や設定値の見直し等、随時変更していくことが重要となる。

また、修復効果を監視しながら、汚染ポイントの見落としがないか等のチェックも必要である。

第10ステップ：修復の効果を確認し、浄化のエンドポイントに達したことの確認を行う。有機溶剤等の修復では、揚水等の浄化作業を停止すると再び地下水の汚染レベルが上昇するようなケースがよくあり、十分な確認が必要である。

第11ステップ：浄化作業停止後は、自然減衰の状態に入り、モニタリングだけを継続し、完全修復までの監視と浄化の確認を確認する。

調査のステップは以上のような段階でほとんどのケースが実施されると考えられるが、これを今回のK市の例でみると次のとおり整理される。

K市の事例では、本研究時点(平成11年3月末)では、前述の第5ステップの段階にあり、対応等の基本方針を示す段階まで進んでいる。以下に各ステップの状況を示す。

第1ステップ

まず第1ステップの段階については、汚染発見の通報を受けた段階でただちに県において、周辺状況の踏査、周辺人家への影響の可能性などが調査され、周辺に飲用の井戸がないこと及び公共河川への汚染流出が軽微であることが確認されている。

第2ステップ

第2段階では、県によってモニタリング井戸の設置、公共河川の水質検査、埋立地の掘削による投棄物の確認がされ、当面の緊急避難的措置の必要はないことが確認されている。埋立物の状況からは、いわき市の事例のようなドラム缶破損による汚染物の新たな流出や発火、化学反応のような汚染の増大リスクは少ないと判断されるが、今後埋立物中の焼却灰や汚泥の有機物分解による発熱により、有機溶剤等の大気蒸散がさかんになる可能性があり、大気暴露による影響について留意しておく必要がある。しかし、現在大気に関する基準については、環境基準のベンゼン悪臭基準のトルエン・キシレン程度しかなく、リスク評価に当っては、別の基準(作業環境基準等)から類推する必要がある。

第3ステップ

第3ステップでは、県が不法投棄業者に対して、埋立物中の有害物の濃度調査を命令し、業者によって埋立物のボーリング、分析調査が実施された。

その結果は平成10年報告書に記載されたとおり、地下水調査結果に関し、有機溶剤系の汚染物のジクロロメタン、ベンゼンなどの物質が検出され、最大で環境基準の約4,485倍のジクロロメタンが検出されている。

また、本研究において、敷地外周辺の土壌汚染、地下水汚染の広がりを表層土壌ガス調査、ボーリング調査により確認を行ない、敷地外において、地下水汚染が進行しつつある状況を確認した。

調査結果の詳細は平成10年度報告書に示すとおりであるが、現段階で修復を必要とする汚染の敷地外流出が確認されたが、その広がりは著しくなく、現段階で、汚染の拡大防止対策がなされれば、周辺の生活環境に著しい支障を与えることはない判断された。

第4ステップ

この段階は、第3ステップの調査と同時期に、土壌地下水汚染の調査ボーリングを兼ねて実施した。その結果、GL-5~6m付近とGL-22m以下に不透水層が確認され、汚染はその不透水層の上部(第1滞水層)と中間部(第2滞水層)の2層に広がっていることが確認された。また、下部の不透水層は、最終処分場の遮水構造基準である $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 以下で、厚さ5m以上の遮水層の基準を満しており、鉛直遮水工を用いた管理型処分場構造への改造の可能性が示された。

また、地下水流向については、上部は川方向へ流下しているが、地層の基盤層は南西方向へ傾斜しており、埋立地内の水位との関係や、地点によっては南側方向への流向の存在も示唆された。

第4ステップまでの段階で、拡散防止対策や周辺の地下水汚染の浄化対策の必要性が確認され、不法投棄業者に対する対策の措置命令は不可避であると推察された。

しかし、措置命令からさらに行政代執行に至るには、以下の点を明らかにしておく必要がある。

- ① 環境保全、修復の目的と目標
- ② 対策の履行期限、工期等
- ③ 対策方法の適用条件(遮水工の場合の、構造基準法令等)

特にオンサイト修復に技術や拡散対策工法の選定にあたっては、慎重な対応を必要とする。

第5ステップ

前項までの状況から、具体的な対策方針の立案のため、細部実施設計の検討に入る準備段階として、修復技術の適用性を検討することとし、必要な追加調査を第5ステップとして実施した。

追加調査の内容とその目的は、第2章に示したとおりであり、撤去・中間処理する場合の技術適合性判定や発生ガス処理、揚水処理する場合の検討項目など、それぞれによって調査内容がかなり異なることが示されている。ここに示した方法以外の場合にも、それぞれ特有の調査項目が必要になると考えられ、出来る限り多くの方法についての知見集積が今後必要である。

また、第4ステップまでに実施した汚染物だけに着目した調査だけでは、実際の処理技術の選択や設備の実施設計は困難であることがわかる。

全ての調査を早い段階で実施することは無駄が多くなる可能性も高いが、一部の排水基準項目などは、早い段階で実施しておくことも必要かと考えられる。

本研究のK市の事例では、上記の第5ステップまでであり、今後、第6ステップ以後の実施設計段階の調査に関しては基本方針を設定の上で、以後対象とすべき技術を抽出することが必要となる。

具体的な修復方法選択や、拡散防止対策設計のためには、さらに詳細な汚染の範囲、汚染物の量・濃度などの調査が必要であり、正確な汚染分布が設定されるほど、費用計算の精度が上がることになる。また、鉛直遮水工の根入深さは慎重に1m単位以下で設定する必要がある。工事延長線上に出来るだけ密に着底基盤(不透水層)の深さ確認をして実施設計をすることが重要である。

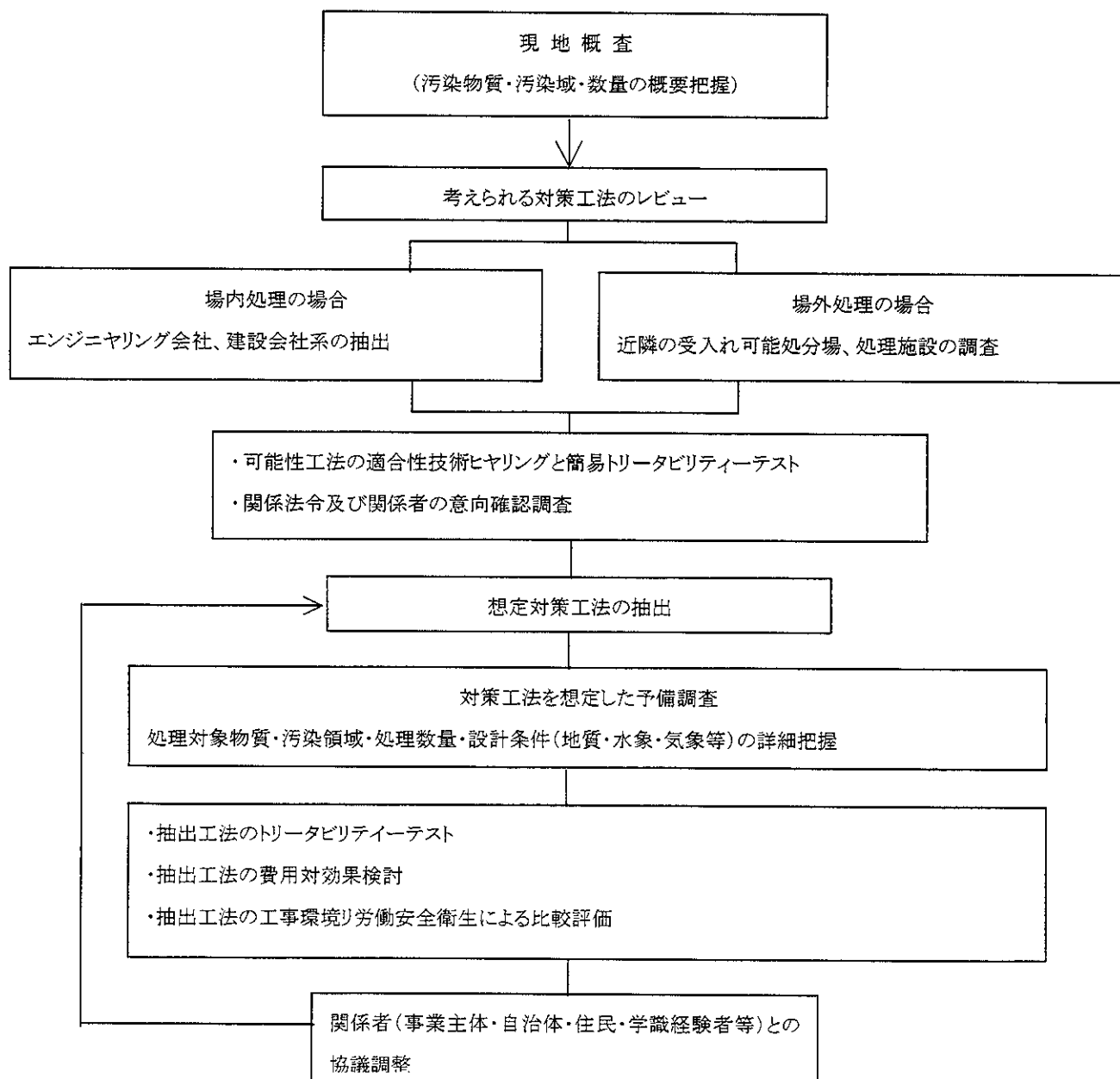
第7ステップ以後のオンサイト修復管理やモニタリングについては、安全性評価手法や修復効果判定、修復方法の見直し判定方法など、研究されなければならない課題が累積している。

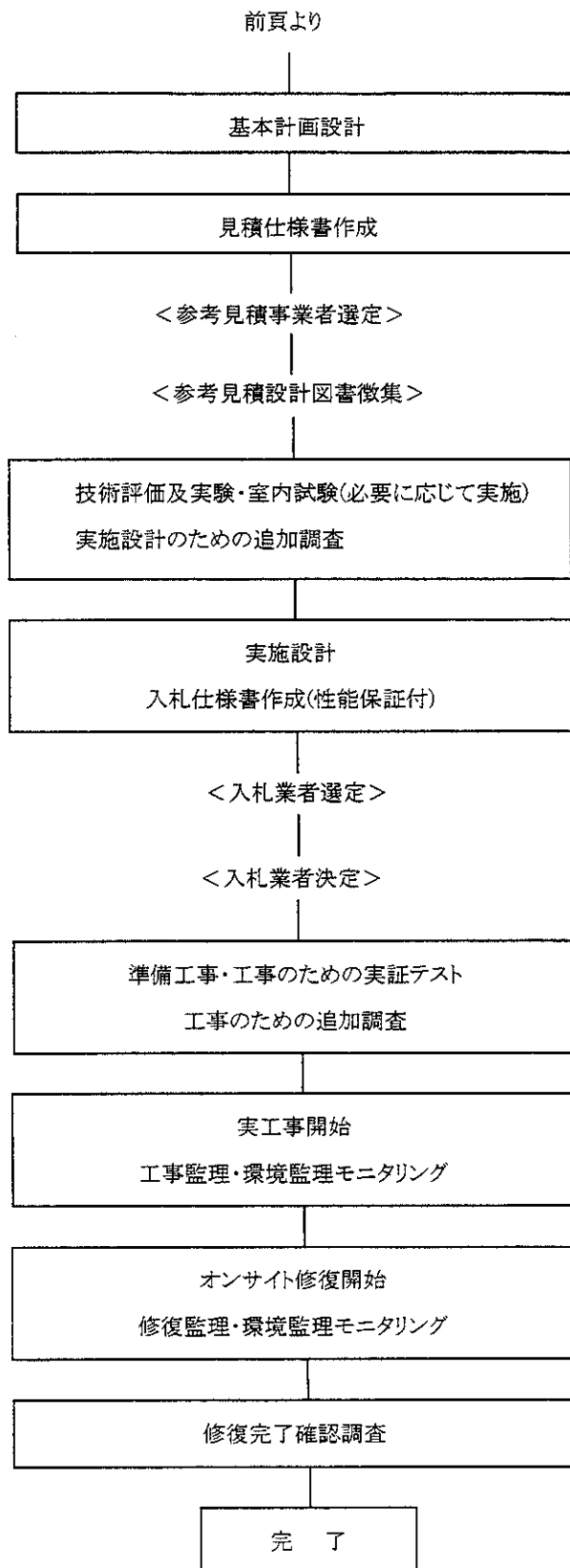
環境庁から、バイオレメディエーションに関する地下水汚染修復の影響評価指針は出されて、考え方は指めされているが、具体的な評価技術マニュアルは明確にはなっていない。

しかし、廃棄物汚染に関しては、行政代執行で実施する場合を想定すれば、修復調査設計マニュアルを整備し、スムーズな行政手続きと汚染発見から対策までが出来るだけ早く実施できるようにすることが望まれる。

4.6.2 オンサイト修復技術選択のプロセス化に関する課題

前項において、修復技術選択において必要な調査項目について述べたが、実際の修復技術の選択に当たっては、経済性や技術的な効率だけでなくさらに複雑なプロセスを必要とする。技術選択に着目してプロセスフローを考えると1つの案としては次のように設定される。





以上のように何段階かにわかれて、工法がしだいに抽出されていくが、それぞれが選択抽出の段階で、各工法に対して次に示すような判断要素に基づいてそれぞれ検討を加えていくことが想定される。

項目	内容
1. 合法性	各関係法令基準、処理資格、土地掘削関係等、総合的に法的適合性を検討する。
2. 適合性	処理対象物・処理機能
3. 信頼性	技術の実績、二次公害性の有無等
4. 実行性	作業性・操作性・実現性
5. コスト	経済性(建設費・ランニングコスト・その他の付加価値)
6. 現状リスク	処理期間中のリスク、低減効果
7. 将来リスク	将来までの処理技術の安定性、将来のリスク発生確率、コスト負担の発生の可能性
8. 土地利用	跡地利用性・土地評価
9. 工期	緊急性対応・処理速度
10. 専門家(学識経験者)意見	委員会の設置による検討
11. 原因者調整	原因者の対応
12. 自治体協議	関係部局及議会等の調整
13. 住民同意	インフォームドコンセント、情報公開の必要性

以上の判断要素は、各段階で必ず全て対応するものではなく必要性に応じて加除される。

上記プロセスをスムーズに運営するためには、コンサルタントや専門家スタッフの採用や当初から委員会形成による運営をされるケースが多い。いずれにしても、上記のプロセスフローや判断要素は、確立されたものではなく、今後さらに行政的手続きを含め、実際の事例に則して修正や加除が必要となる。

4.6.3 環境汚染の評価に関する検討

本来のリスク評価手法は、人類の健康保全のため、人体暴露を想定したリスクアセスメントであるが、廃棄物による不適正保管、不適正処分、不法投棄等に対する改善命令や行政代執行等、行政手続きでは、原因者を追求し、環境改善を求めるために、関係法令基準による評価に頼らざるをえないケースが多い。

人体暴露の考え方については、ダイオキシン類暴露評価の手法が現在多く使われている。このフローと各種基準との関係を図4-6-1に示す。

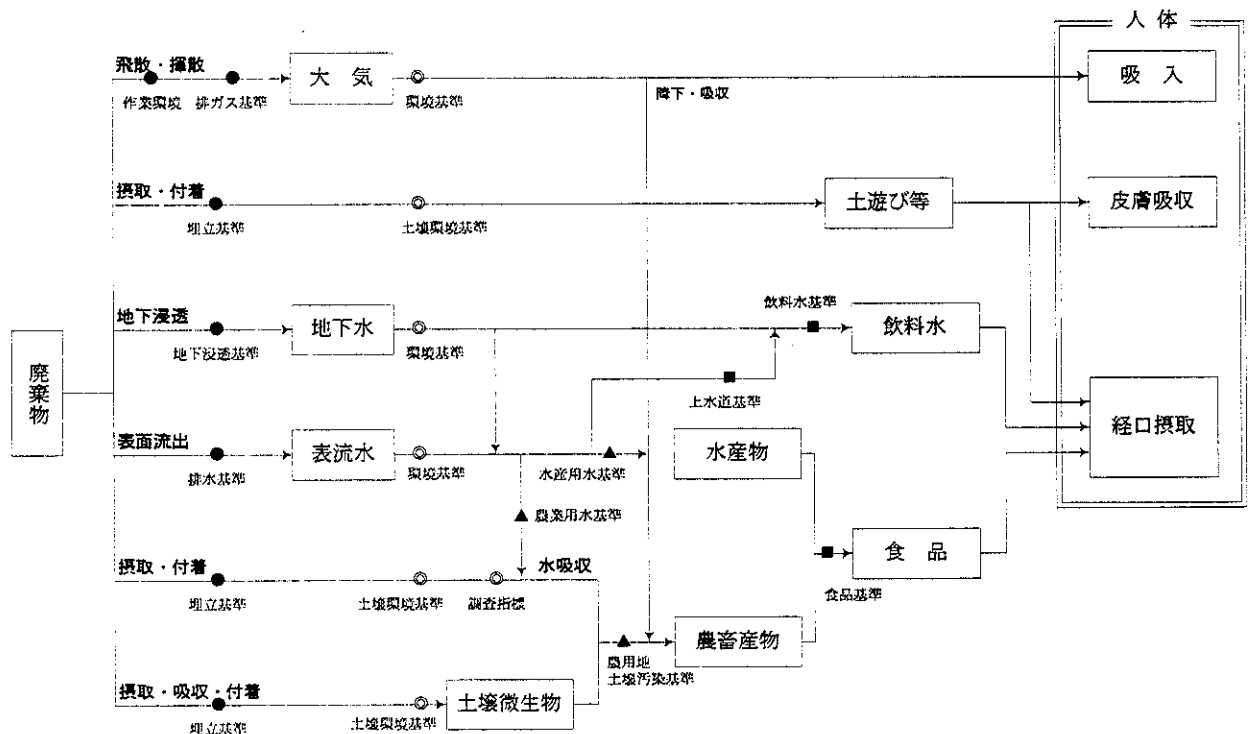


図4-6-1 ダイオキシン類を例とした暴露評価手法の考え方

以上のように、各暴露経路に対して各種の基準が作られているが、廃棄物の場合は複合的な汚染も多く、基準のない物質や現象も多い。

汚染物質暴露リスクを考える場合は、暴露時間や暴露量によって人体に対する影響の様相(急性毒性、慢性毒性等)が異なるため、それぞれの期間や量によって評価基準を選択することが必要である。慢性毒性を考える場合は、ダイオキシン評価では、70年間暴露(子供6年+大人64年)として汚染地居住期間を短期と長期にわけて評価する手法をとっている。急性毒性の場合は、作業環境基準や産業中毒や化学物質毒性データなどを基準に、大人と子供にわけて考える場合があり、特に子供への影響に留意しておく必要がある。

暴露評価をするためには、TDI(許容摂取量)などの整備が必要であるが、廃棄物のような複雑多用な汚染物にさらされる場合には、TDIの設定されている物質は十分とはいえない。そのような汚染に対しては、総合毒性を指標化できるバイオアッセイやイムノアッセイなどの手法を取り入れていく必要もある。さらに不法投棄などに対処するためには、このような汚染物質の毒性や典型7公害などに関する評価だけでは総合的な判断とはなり得ず、防災、衛生、感覚といった環境基準などの法的な評価基準がない物質や事象についても、すみやかな対処が可能となるように、評価方法や考え方、評価指標などをガイドライン的に整備されることが望まれる。

第4章 参考文献

- 1) 環境庁 水質保全局 編：土壤・地下水汚染に係る調査・対策指針運用基準(平成 11 年 3 月)
- 2) 社団法人 土壤環境センター：土壤・地下水汚染に係る調査・対策指針および運用基準
(平成 11 年 3 月)
- 3) 社団法人 土壤環境センター：技術評価委員会調査研究報告書 土壤・地下水汚染ガイドブックー汚染物質の特性と浄化技術ー (平成 10 年 7 月)
- 4) 廃棄物学会：第 9 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 (平成 10 年 10 月) P987～1025
- 5) 廃棄物学会：第 10 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 (平成 11 年 10 月) P1079～1105
- 6) 財団法人 廃棄物研究財団：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
ー遮断型最終処分場埋立物無害化方策検討調査ー (平成 10 年 3 月)
- 7) 環境庁ホームページ <http://www.eic.or.jp/eanet/>
- 8) 財団法人 廃棄物研究財団：汚染修復技術の開発研究 平成7年度報告書、pp.67-76(1996)
- 9) 財団法人 廃棄物研究財団：汚染修復技術の開発研究 平成8年度報告書、pp.82-90(1997)
- 10) 香川県豊島廃棄物等処理技術検討委員会：豊島廃棄物等対策調査「中間処理施設の整備に関する事項」報告書、pp. II-4-1～II-4-149(平成 10 年 8 月)
- 11) 生衛発第 355 号：「一般廃棄物最終処分場の適正化について」(平成 10 年 3 月 5 日)

第5章 シミュレーション検討事例

5.1 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

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図 5-1-1 に、位置づけを図 5-1-2 に示す。汚染修復対策は、既存資料の整理、初期現場調査によって緊急度の高い部分に関しては必要な緊急対策を行った後に、浄化構想計画を構築する。この段階では、汚染現場における問題点を抽出し、修復対策方針や、調査すべきポイントを法律や大略的なコスト、住民等の関連する因子をできるだけ考慮し決定する。ここまでのプロセスのことを我々はスコーピングと呼んでいる。スコーピング段階、あるいは次の詳細調査段階のいずれの段階でもある対策を行うべきかを決定する、あるいは予備的な決定を行うための情報が必要となる。数値シミュレーションを汚染現場に適用することにより、計画段階では

- ・地下の見えない現象を視覚化し、汚染の進行度を把握する。
- ・汚染(修復)範囲を決定する。
- ・高曝露集団の分布を視覚化し、緊急度や修復の必要性を判断する。
- ・修復対策を設計するための基礎情報を提示する。
- ・モニタリング網を設計する
- ・追加調査すべき項目を抽出する

ことが可能である。それから必要ならば追加調査を行い、

- ・修復効果の視覚化を行うことによって、合意形成を促進し、
- ・対策技術の組み合わせの評価
- ・修復代替案の比較

を行うことができる。修復計画の策定後は必要であれば追加調査を行い、詳細設計、実施段階へと進む。

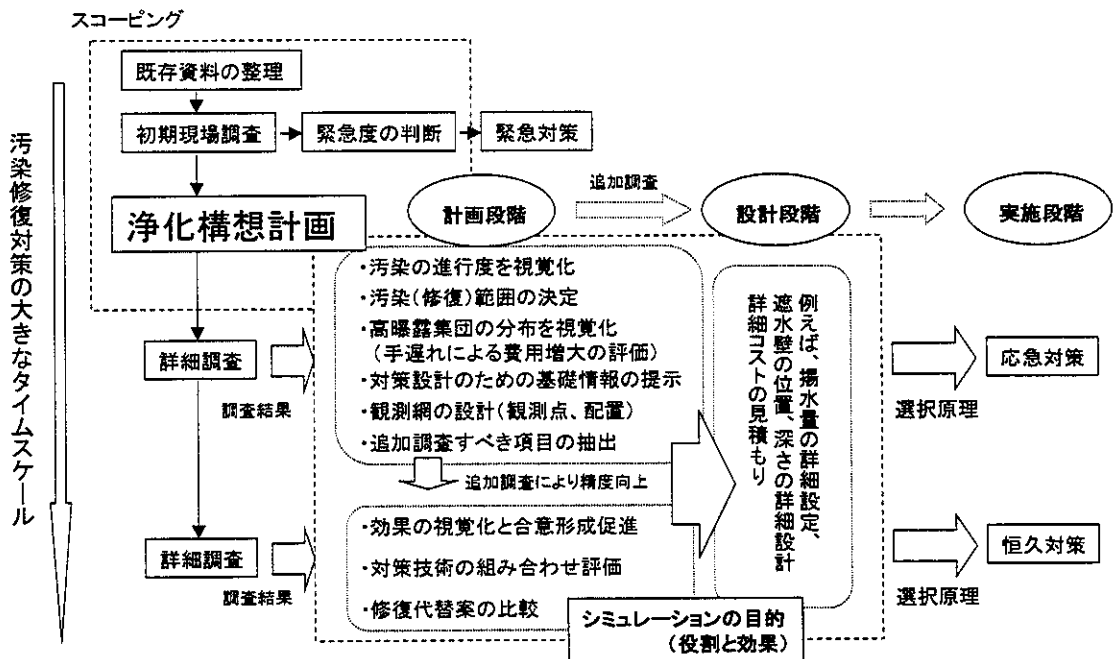


図5-1-1 土壌・地下水汚染修復におけるシミュレーションの役割と効果

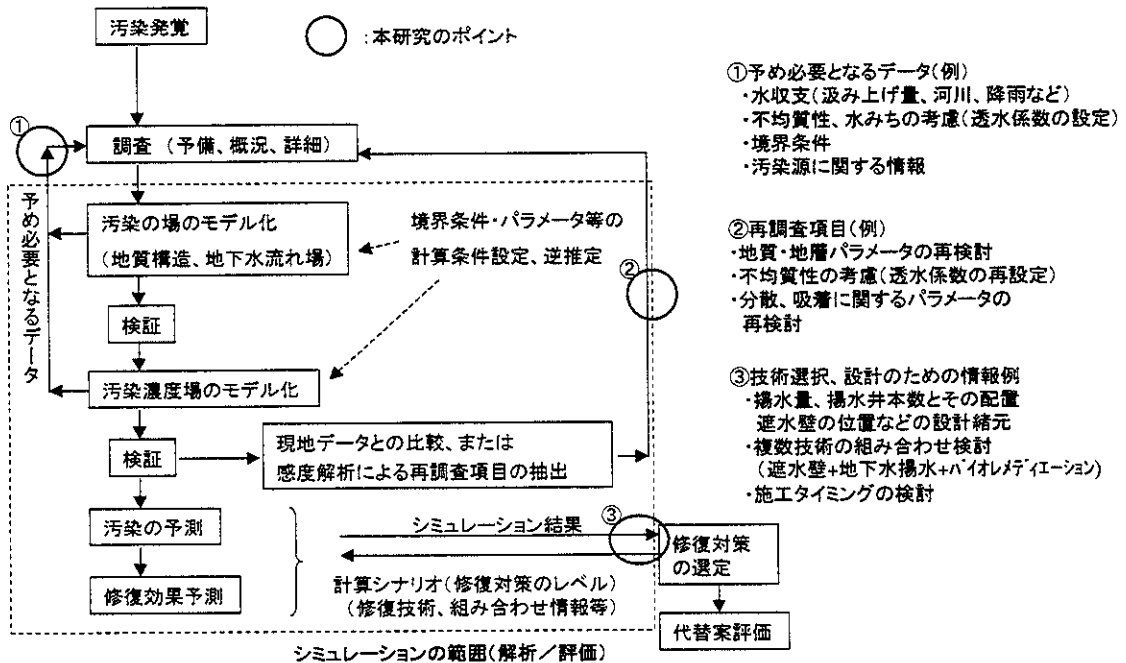


図5-1-2 土壌・地下水汚染対策におけるシミュレーションの位置づけ

5.2 数値シミュレーションの手順

本研究で用いた、数値シミュレーションの手順^{出典1)}を図 5-2-1 に示す。

- 1) 目的の設定:目的とは本研究の場合、不法投棄現場における汚染拡散の現況把握と拡散予測、そして修復効果予測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。

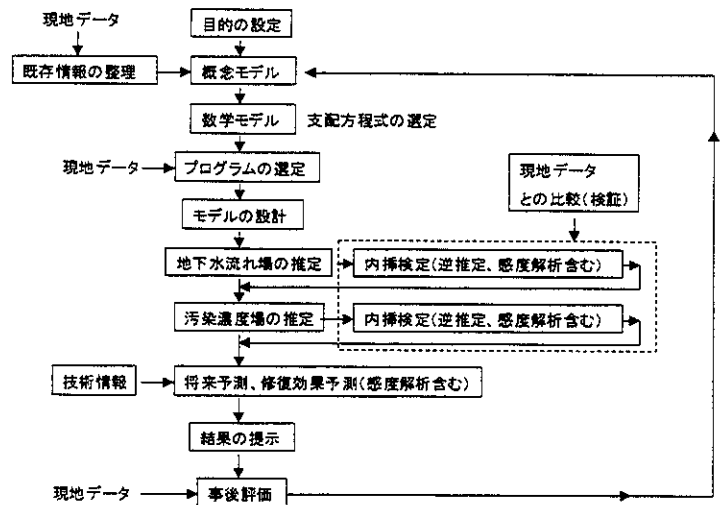


図5-2-1 数値シミュレーションの実汚染現場への適用手順

- 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。汚染拡散解析と調査結果が著しく異なる場合には、まず地下水流れ場、つまり透水係数に関して再度検討を行い、次に汚染物質の吸着に関するパラメータについて検討を行うべきである。微生物分解等の反応項に関しては、現場調査に基づくパラメータの入力を行わなくてはならない。また汚染の説明が困難な場合には、微生物分解項を補正項と位置つけてパラメータを推定することもあり得る。

- 6) 将来予測、修復効果予測:汚染の拡散を予測し、修復対策の必要性和その実施のタイミングを検討する。さらに、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。

5.3 シミュレーションを行うための調査データに関する考察

シミュレーションを行うためには、調査データが不可欠である。ここで、シミュレーションを行う上での調査項目を整理する。表 5-3-1 に地下水流れ場の推定、汚染物質濃度場の推定に必要な調査データを、既存情報として得られるデータと現場調査によって得られるデータ別に整理を行った。ポイントのみ述べると、地下水流れ場の推定は、水みちのような局所的な流れと広域的な地下水流れ両方を常に把握することを心がける必要がある。そのためには、既存情報よりサイト周辺の航空写真や過去のボーリング調査によって得られた地質柱状図や地下水位データの収集が不可欠である。また既存井戸の分布を把握し、地下水位などのデータを効率よく利用することが重要である。現場調査では、上流側と下流側にボーリングを行うことと、できれば基盤深さを把握できるほうが望ましい。そして観測データの信頼性といった観点から、地下水位を測定する際には一斉モニタリングを心がける必要があり、さらに季節変動、降雨との関連、河川との関連も把握する必要がある。

また、地下水流れをシミュレーションする上で重要なのが境界条件の設定の仕方で、計算領域の設定と共に専門家による十分な現地調査が必要である部分である。

汚染源に関しては、例えば最終処分場の場合、最終処分場の構造をまず把握し、できれば廃棄物層内の浸出水をサンプリングし汚染源レベルをしっかりと見極める必要がある。また廃棄物層が周辺地下水面よりも上にあるのか、下にあるのかによって計算を行う際の汚染源濃度の与え方が異なるので注意が必要である。また、有機塩素化合物や石油系の炭化水素類の原液が直接地中へ浸透した場合等も選択するモデルが異なるので注意が必要である。

次に、シミュレーションに必要な調査の程度に関して考察を行う。調査データが多ければ多いほど正確なシミュレーションを行うことができると考えられがちであるが、100%正確なシミュレーションを行うことを最優先するならば、無限に調査を行わなくてはならず現実的には無理である。また正確な調査データが得られたとしても、モデル化の段階で汚染現場の単純化、抽象化を既に行っており、シミュレーションにより汚染現場を 100%模擬することは不可能である。本研究では、このような問題に対して調査の段階とその段階で必要とされるシミュレーションの目的、内容を整理することによって必要とされる調査の質を、定性的な議論としてまとめることを試みた。表 5-3-2 に調査データと数値シミュレーションの対応関係をまとめる。調査の段階②においては、ボーリング調査を行っているので、地質構造さえ把握できれば地下水流れ場の推定など数値シミュレーションを行うことができると考えられるが、この段階では修復技術選択を目的としたシミュレーションは行うことはできないと考えている。行ったとしてもその結果は信頼できない。その最大のポイントは、同じボーリング調査でも、

- 1)対象領域の上流、下流側の地層、地下水位を把握している
- 2)計算上の境界条件となるポイントでの観測値が存在する
- 3)不透水層となる基盤までの深さが確認されている
- 4)サイト周辺の地層、地下水位も含めた広範囲な測定データを基にしている

必要がある。この要件がクリアされていればその結果は、修復技術の効果の比較を行うな

どの修復計画策定段階に使用できると考えられる。但し、この段階では現場の水収支を満足する解析を行うことは困難であり、揚水量に関する定量的な議論はできない。本研究で対象としている解析は調査段階③に相当する。調査レベルとしては決して高いレベルにあるとは言えず、汚染現場の物理的現象を把握するという目的においては結果の信頼性は低いと判断せざるを得ない。しかし、このような不確定要素の存在を認め、シミュレーションの結果の限界を認識し、次段階へ向けての意志決定をしなくてはならない。つまり、大略的な対策の必要性とその代替案の構築の方向性、そしてさらに必要な調査項目を抽出するという目的はこの段階で満足すると考えられる。また、完全な調査が済んでから、シミュレーションを行っているのはシミュレーションを行うために次々と調査を行わなくてはならない。従って、更なる調査が必要かどうかを判断するためにもこの段階での予備的なシミュレーションが必要なのである。

調査段階④以降では、さらに揚水試験を行い透水係数のパラメータの改善を行うことにより、揚水量や揚水位置の決定など具体的な修復技術の設計段階に数値シミュレーションを使用することができる。また室内実験、施行後のモニタリングの結果等を用いて継続的なパラメータの改善を行えば、運転維持管理段階にもシミュレーション結果が使用でき、モデルの事後評価を行うことが可能となる。