

(7) 具体的工法の検討

これまで検討してきた工法を一覧表として表 2.2-2 に示す。

各工法について具体的に工法の概要及び工法の課題及びその対応方法について述べる。

表 2.2-2 原位置での浄化対策（併用工法）の具体的工法一覧（案）

－原位置での浄化処理－	
基本対策工：鉛直遮水壁	
①地下水汚染の拡散防止	鉛直遮水壁
②西市道法面の崩壊防止	法面勾配の安定化（切土・盛土）
③廃棄物の飛散防止	覆土工（土質系：非遮水）
④有害ガス等の放散防止・発生抑制	空気孔設置
⑤焼却灰の飛散防止	焼却炉施設内の焼却灰は洗浄除去
基本対策工：バリア井戸＋水処理施設の設置	
①地下水汚染の拡散防止	バリア井戸＋水処理施設の設置
②西市道法面の崩壊防止	法面勾配の安定化（切土・盛土）
③廃棄物の飛散防止	覆土工（シート系：遮水）
④有害ガス等の放散防止・発生抑制	集ガス・ガス処理施設設置
⑤焼却灰の飛散防止	焼却炉施設内の焼却灰は洗浄除去

(1) 基本対策工：鉛直遮水壁

○ 工法概要

対策の軸となる対策工は鉛直遮水壁による地下水の汚染対策である。処分場の全周を遮水壁で囲むことにより、処分場外への地下水汚染の拡散防止（封じ込め）を図る工法であり、確実性は高く実績も多い。他の支障に対する対策は、表 2.2-2 に示したとおりである。本工法の特徴は以下のとおりである。なお、②及び⑤の対策は個別対策と考える。

- ・基本対策として**鉛直遮水壁**を地中に築造し、汚染地下水の拡散を防止する。
- ・廃棄物の飛散対策として**覆土（土質系）**を行う。土質系の覆土のため、雨水は廃棄物に浸透し、廃棄物中に含まれる有害物質が浸透水に溶出する。雨水の浸透で廃棄物を洗浄する。
- ・浸透水は揚水井戸で汲み上げ、浸透水の浄化を行い、汲み上げられた浸透水は、適切に水処理を行う。浸透水の汲み上げ水位は鉛直遮水壁の外水位より低くし、より一層の汚染地下水の拡散防止を図る。
- ・廃棄物内に**空気孔を設置**し、浸透水の汲み上げによる水位変動（廃棄物内の圧力差）で自然換気を促進させ、廃棄物内の好気性環境を拡大し、微生物による有機物の分解を促進させる。
- ・廃棄物内を好気性環境にすることで硫化水素の生成を抑制する。
- ・周辺の汚染地下水は自然浄化（拡散）により浄化させる。目標達成が期待できない場合は汚染箇所(1)に井戸を設置し、汚染地下水を汲み上げ浄化させる。

○ 対策工法の効果的な実施

各支障に対して効果的で合理的な対策工を施すが、複数の支障の緊急性や状況を踏まえ、各対策工の優先度を検討して実施する必要がある。

対策工事は、健康リスクに係わる「地下水汚染の拡散」や「焼却灰の飛散」の支障除去の項目を優先して行う。

○ 課題と対応方法

①遮水壁工事に係わる重機稼働による周辺環境への影響

- ・遮水壁工事には大型重機を使用するため、振動・騒音等の発生が懸念される。
 - 低騒音・低振動型重機の使用、防音シートの設置、仮囲いの設置、振動・騒音モニタリングの実施

- ・工事によっては、排泥が多量に発生し、その処理・処分が必要となる。
 - 工法選定の際、検討内容に排泥量の少ない工法を選択肢に加える。

- ・大型重機の施工走行位置（敷地内・外）によっては、土地権利者との協議が必要となる。
 - 原則、敷地内施工を考えし、敷地内施工での課題点を抽出する。

②鉛直遮水壁の工法の選定

- ・遮水壁施工には種々の工法があるが、遮水性能が確保できる手法の選択が重要である。

→ 表 2.2-3 (23 頁) に鉛直遮水壁の工法比較を示す。

当該地における適切な遮水効果を得るためには、壁長は約 30m～40m (Kt 層に根入れ) となる。表 2.2-3 によれば施工可能な工法は鋼矢板工法、完全置換となる RC 壁工法、原位置土攪拌混合工法（ソイルセメント工法）の 3 種の工法が挙げられる。

③ 恒久対策としての耐久性能について

前出の3種の工法の耐久性能は、種々の関係規準・指針等によれば以下のとおりである。

鋼矢板工法

鋼矢板の耐久性能は、鋼矢板の腐食代の設計により決定される。腐食代の設計は、将来における腐食代を想定して、耐久年数に合わせた鋼矢板の断面（板厚）を決定する考えである。

鋼矢板の腐食は、鋼矢板を設置している環境（例えば、海中、土中、淡水中）で異なり、この設置環境を踏まえて設計を行うことが一般的である。下表は鋼矢板の腐食代及び防食法に関する規準である。

河川関係では、鋼矢板の腐食代は表裏合わせて2mm（片面1mm）を見込むが、土中の腐食速度を下表より0.02~0.03mm/年と想定すると、設計耐久年数は約30年~50年となる。

漁港の技術指針では、腐食代は30年分を考慮することを標準としている。

これらを踏まえると、**鋼矢板の耐久性は30年程度**である。

区別	基準名称	腐食代	防食法
港湾関係	港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成11年4月)(日本港湾協会)	鋼材の腐食速度は、環境条件によって異なるので、当該施設のおかれた条件を考慮して適切に決定するものとする。 腐食環境区分 腐食速度(mm/y) 海側 H.W.L.~以上 0.3 H.W.L.~L.W.L.-1.0m 0.1~0.3 L.W.L.-1.0m~海底 0.1~0.2 海底泥層中 0.03 陸側 陸上大気中 0.1 土中(残留水位上) 0.03 土中(残留水位下) 0.02	(1)電気防食 適用範囲平均干潮面以下 (2)被覆材による防食 適用範囲潮位平均干潮面以下1m以下 セメント硬化体、塗装、有機質ライニング、金属ライニング (3)干満帯および海中においては腐食しよによる防食は用いないことを原則とする。ただし、仮設構造物の場合は腐食しよによる防食の考え方を適用してもよい。
	漁港の技術指針(1999年版)(全国漁港協会)	腐食代は、30年分を考慮することを標準とする 鋼材の腐食速度(片面)の標準値は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」と同じ	鋼材の防食方法の実施例として ①腐食代による方法 ②被覆防食と腐食代の併用による方法 ③被覆防食と電気防食の併用による方法 ④被覆防食および電気防食と腐食代の混合による方法がある。
河川関係	建設省事務連絡(昭和54年4月10日)護岸用鋼矢板の選定について 災害復旧工事の設計要領	表裏合わせて2mmただし特に腐食が著しいと判断される場合は現地に適合した腐食代を見込む 一般河川 表裏合わせて2mm	

出典：鋼矢板—設計から施工まで— 鋼管杭協会

RC壁工法

土木学会では、標準的な環境条件下でメンテナンスフリーであることが要求しており、公共性の高い土木構造物については**設計耐用期間の目安を50年**としている。

また、補修・補強が容易でなく、耐久的な構造物の建設が長期的に必要な場合は下表のように、耐用年数を100年としており、この場合は別途耐久設計が必要となる。

設計耐用期間の目安

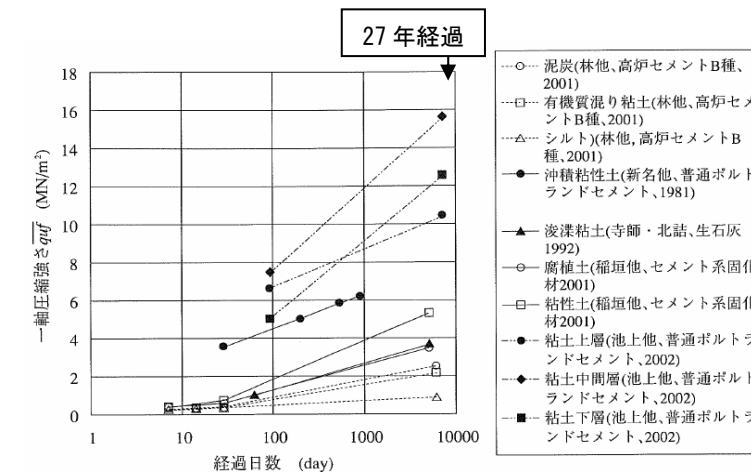
構造物の種類	設計耐用期間
特に高い耐久性を要する構造物	100年
一般の構造物	50年
設計耐用年数が短くてもよい構造物	30年

出典：コンクリート構造物の耐久設計指針(案) 土木学会

ソイルセメント壁

下表はソイルセメント系改良体（深層混合処理の場合）の一軸圧縮強さの経年変化である。これまでの研究からソイルセメントの固化反応は、長時間にわたって継続することが判ってきている。これらの研究成果から経過日数に伴いセメントソイルの改良体が劣化し、強度が低下することはないと考える。このことより耐久年数は、RC 構造と同様にセメント系材料を用いるため、コンクリート構造物と同様に、**耐久年数は50年程度**保持できるものとする。

改良体の一軸圧縮強さも経年変化



※出典：陸上施工における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル(改訂版) 平成16年3月 財団法人土木研究センター

④ 鉛直遮水壁の根入れ

鉛直遮水壁の根入れは、「廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領」に準じる。

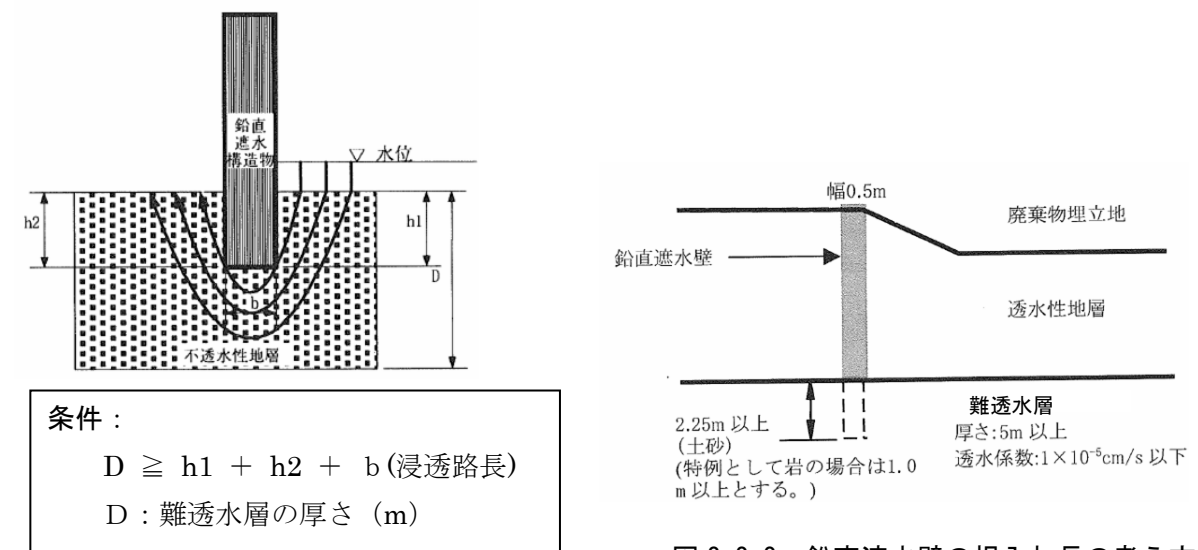


図 2.2-2 鉛直遮水壁の根入れ長の考え方

難透水層の厚さを最低必要厚さ5mとし、壁厚(b)は安全側に考慮しないとすると、

$$D = h1 + h2 \geq 5.0m$$

$$h1 = h2 \text{ であるため } \rightarrow \text{必要最小根入れ } 2.5m$$

⑤ 難透水層の設定（断面的な壁体展開）

「廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領」によれば、難透水層の条件は、厚さ **5.0m** 以上、透水係数 $k=1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ の地層が対象区域に広く連続的に分布していることである。

当該地の場合、この条件に適合する地層は、**Kt** 層、**Kc0** 層である。特に **Kt** 層は鍵層となるため、施工管理も行いやすい。当該地区での難透水層は、深度方向及び水平方向の連続性が良好な「**Kt** 層～**kc0** 層」とする。

上記の検討のとおり、鉛直遮水壁の根入れは **Kt** 層の上面より **D=2.5m** とする。

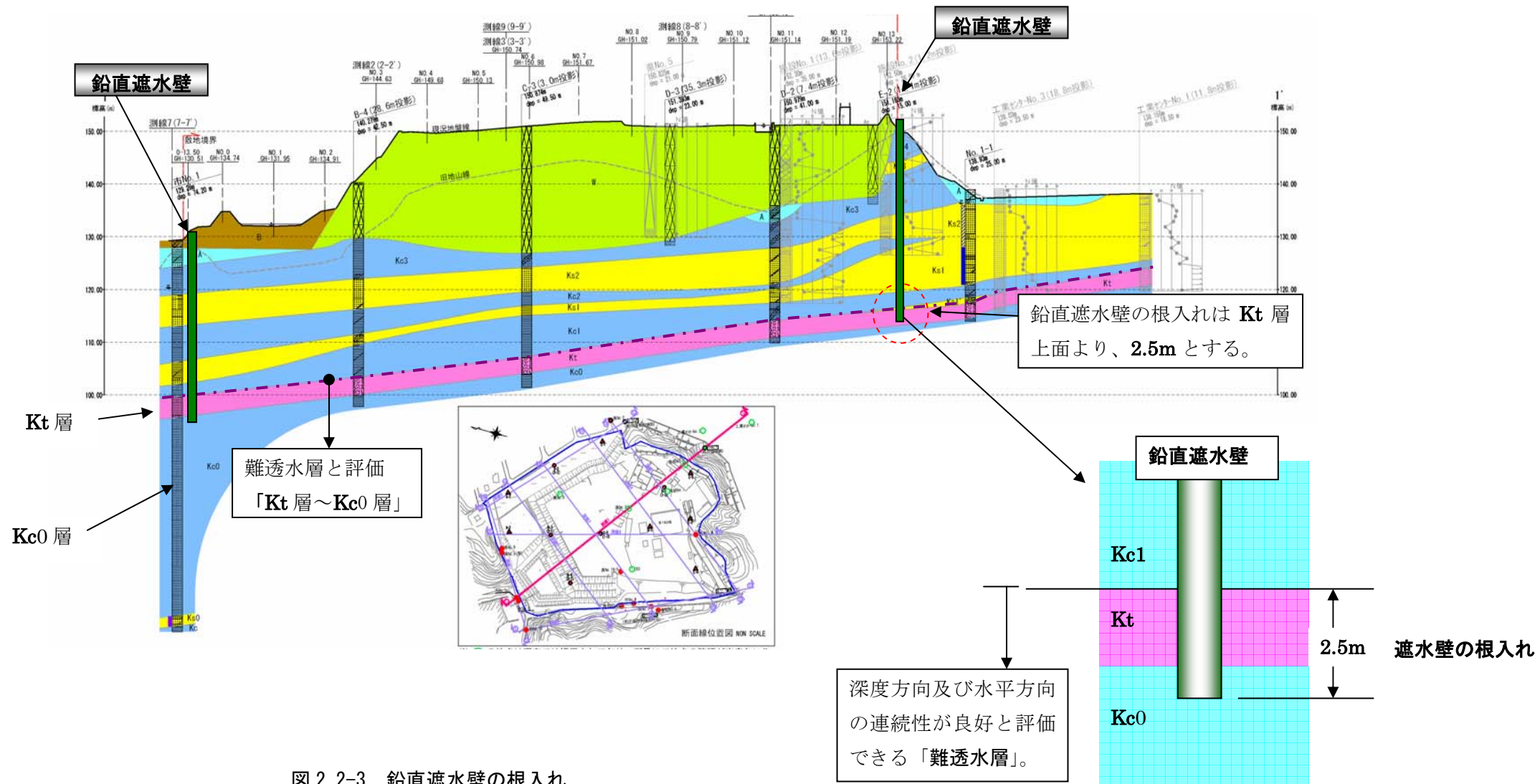


図 2.2-3 鉛直遮水壁の根入れ

⑥ 鉛直遮水壁の適切な配置計画（平面的な壁体展開）

次ステップとして鉛直遮水壁の適切な平面配置を検討する。鉛直遮水壁の設置目的は、汚染地下水の拡散防止対策である。確実な対策効果（過大設計）と経済性とのバランス検討が必要である。

図 2.2-4 に示す鉛直遮水壁の設置モデルケースを考え、次の項目を照査することで鉛直遮水壁の適正な平面的配置を検討する。

検討は FEM 準三次元浸透流解析（開発者：岡山大学：西垣教授）を用いて行った。

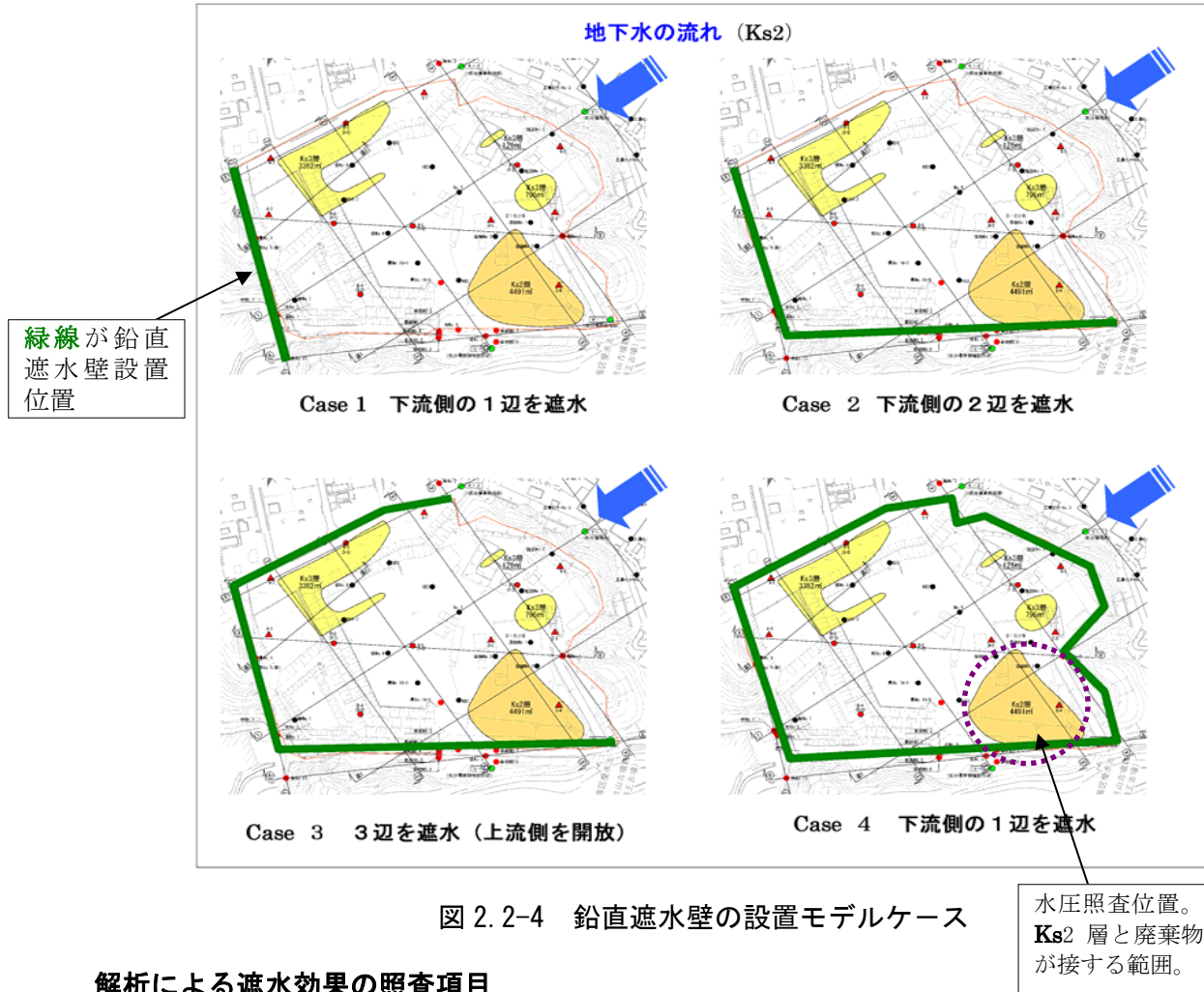


図 2.2-4 鉛直遮水壁の設置モデルケース

解析による遮水効果の照査項目

遮水効果の照査を下記の項目について段階的に行う。

- i) **全体照査**：処分場内外の地下水コンターの連続性より照査する。
着目点は地下水コンターが不連続になっているかどうかであり、連続の場合は遮水効果なしと判定。
- ii) **細部照査**：遮水壁端部の流向ベクトルにより照査する。
着目点は遮水壁端部付近の流向ベクトルの方向で、壁外部へ回り込みがある場合は遮水効果なしと判定。
- iii) **処分場内水位照査**：処分場内の地下水位の上昇度合いより照査する。
着目点は廃棄物底面と接する Ks2 層分布範囲（図 2.2-4 参照）の深度と上昇した地下水位。後者の地下水位が高い場合は遮水効果なしと判定。

照査手順は i) から iii) を行い、全てを満足することで遮水壁の適切な配置とする。

○Case 1 下流側の 1 辺を遮水の場合

図 2.2-5 に解析結果を示す。

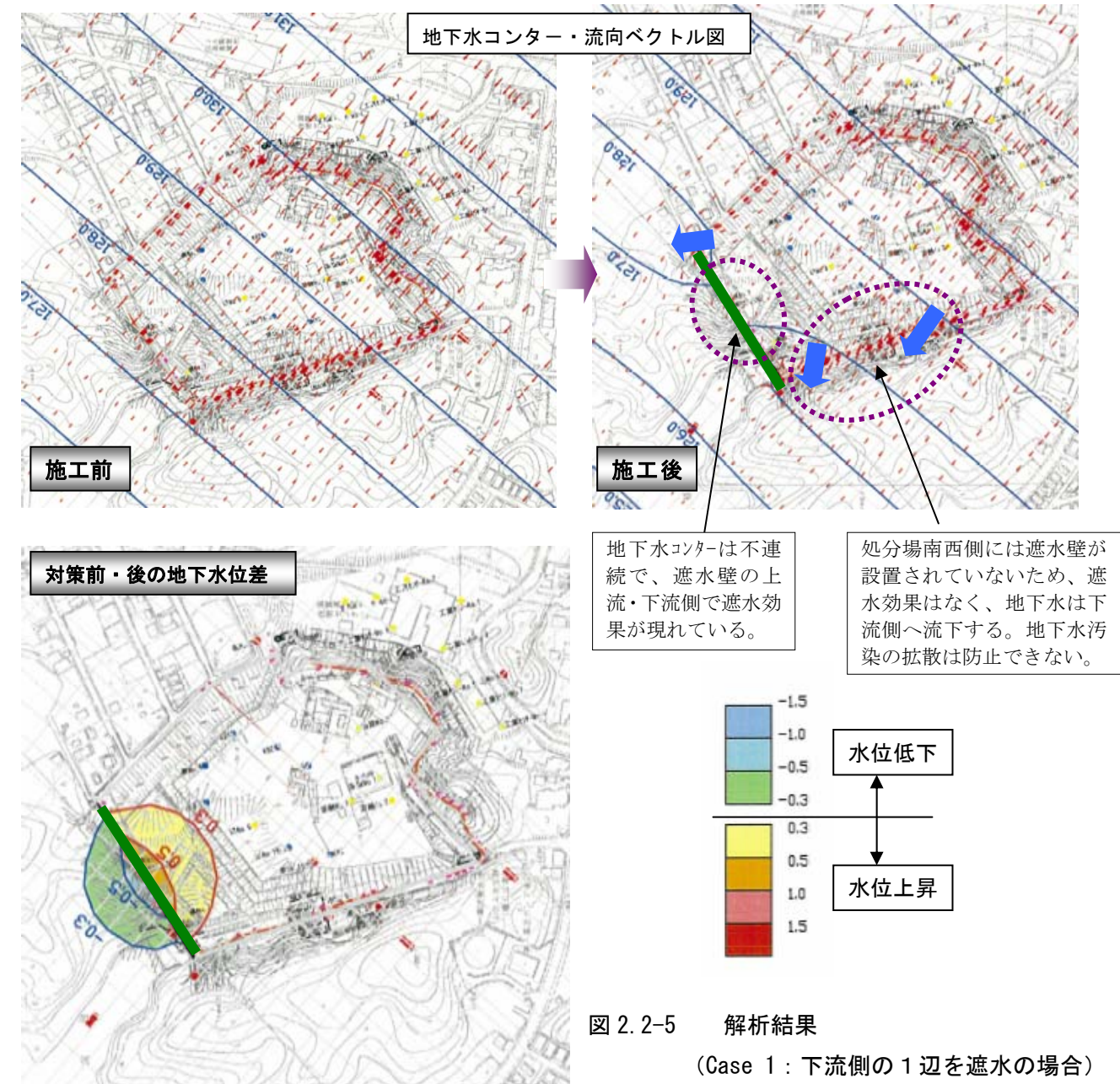


図 2.2-5 解析結果 (Case 1：下流側の 1 辺を遮水の場合)

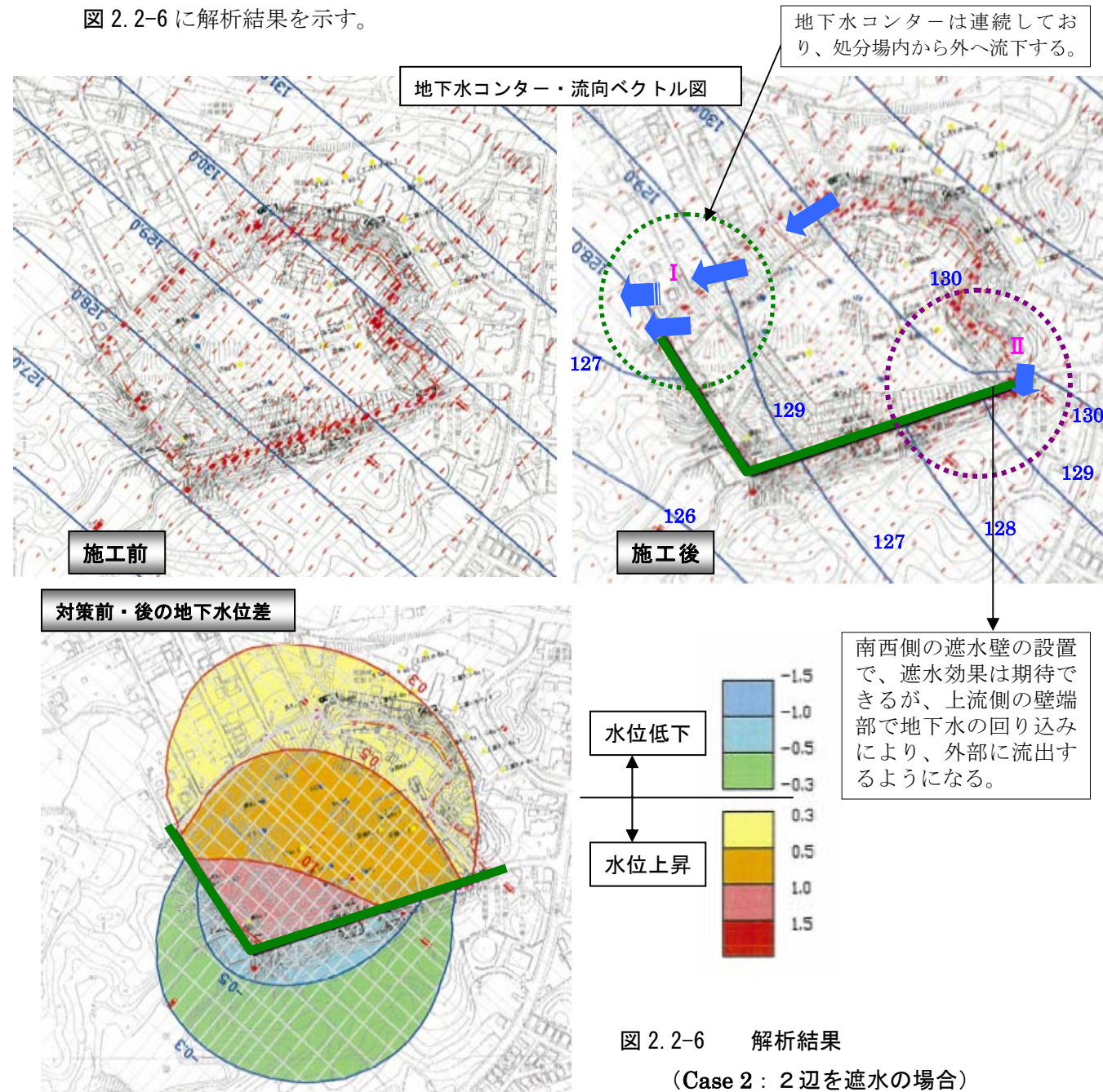
i) **全体照査・OUT**

鉛直遮水壁の設置位置の上流側・下流側で地下水コンターは不連続となっており、遮水壁付近では遮水効果は現れている。しかしながら、処分場全体の地下水コンターに変化はなく、処分場内の地下水は下流側に流下している。この遮水壁の配置では、処分場全体の遮水はできず、地下水汚染の拡散は防止できない。

(※：i) の結果より、ii) 及び iii) の照査は行わない。)

○Case 2 下流側の2辺を遮水の場合

図 2.2-6 に解析結果を示す。



i) 全体照査・・・OUT

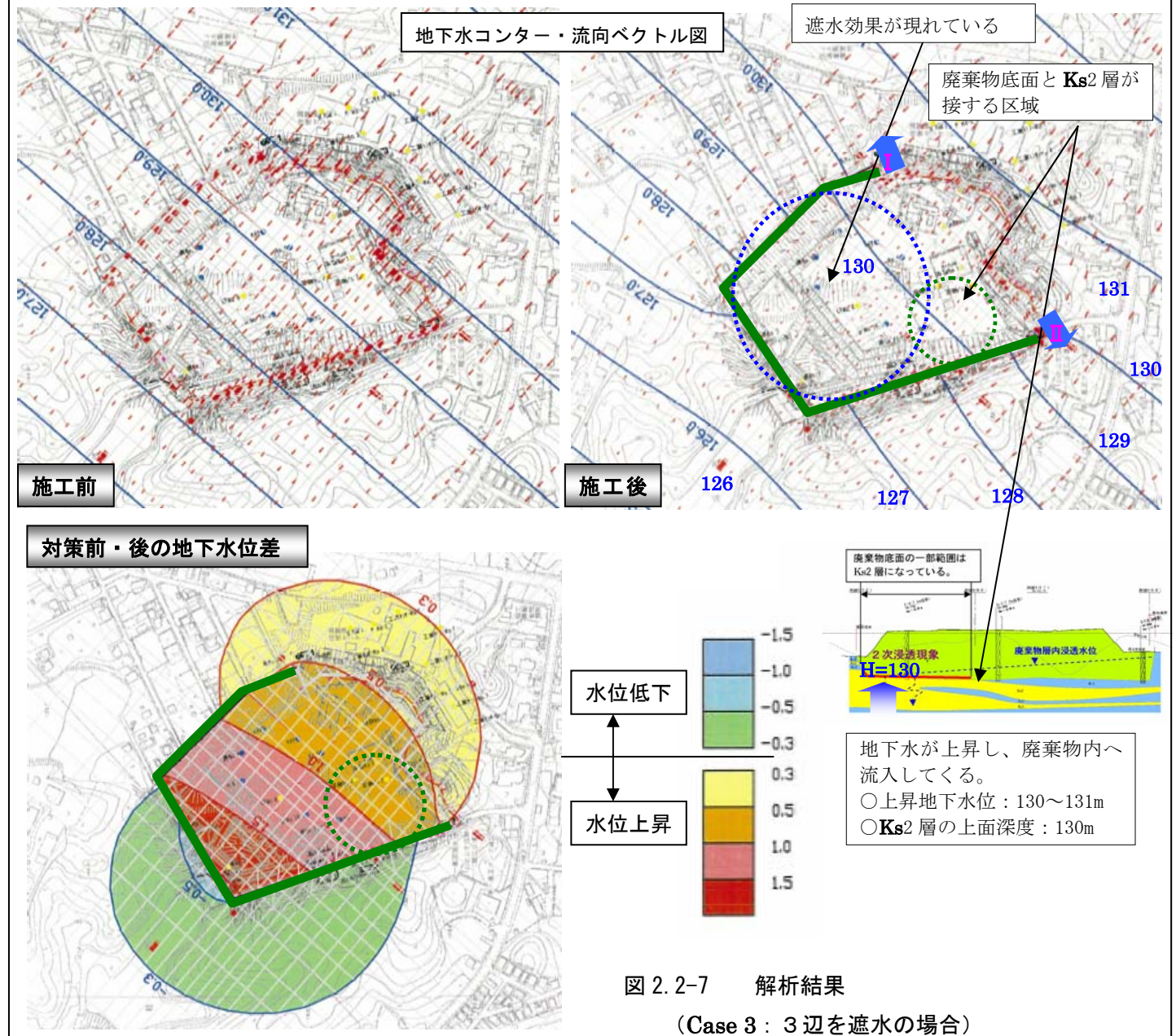
鉛直遮水壁の設置位置の上流側・下流側で地下水コンターは不連続となり、遮水壁付近では遮水効果は現れている。しかしながら、処分場北東（遮水壁が未設置）の地下水コンターに大きな変化はなく、処分場内の地下水は下流側に流下している。この遮水壁の配置では、処分場全体の遮水はできず、地下水汚染の拡散は防止できない。

ii) ②細部照査・・・OUT

i) の照査で全体の遮水効果はできていない。細部照査（流向ベクトル）においても、上図の I 及び II の部分で遮水壁端部から地下水の回り込みがあり、処分場内から外へ地下水が流出する。

○Case 3 3 辺を遮水（上流側を開放）の場合

図 2.2-7 に解析結果を示す



i) 全体照査・・・OK

鉛直遮水壁の3辺の設置により、地下水コンターは不連続になり、地下水全体の大きな流れは、遮水される。

ii) 細部照査・・・OUT

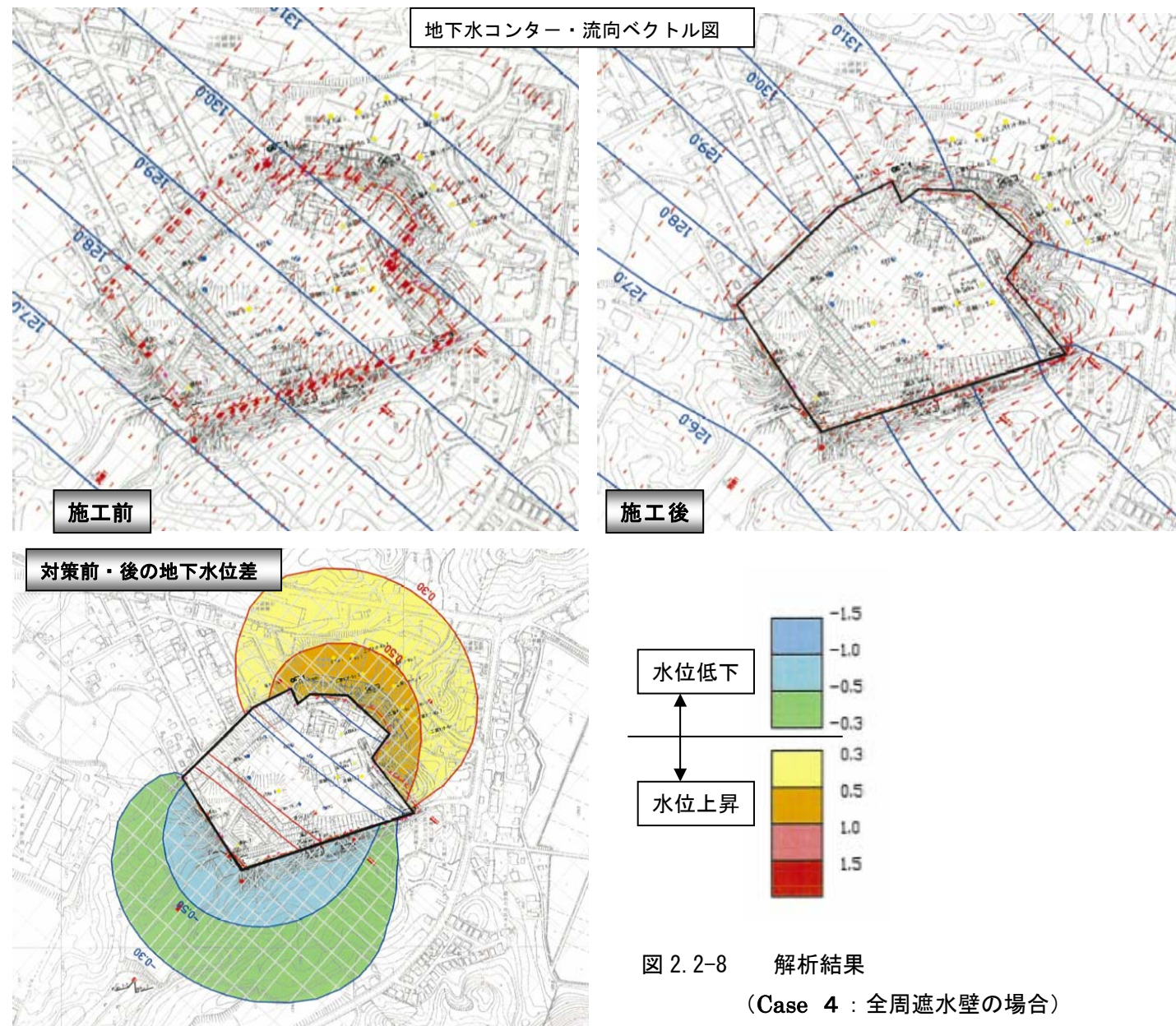
細部照査（流向ベクトル）として、遮水壁端部（I 及び II）は、僅かできるが地下水の回り込みが発生し、地下水は処分場内から外へ流下する。

iii) 処分場内水位照査・・・OUT

廃棄物底面と接する Ks2 層付近の地下水位は上昇し、地下水が処分場内へ逆流する（上図参照）。

○Case 4 全周遮水壁の場合

解析結果を図 2.2-8 に示す。



i) 全体照査・・・OK

鉛直遮水壁の全周設置により、処分場の外と内の地下水コンターは不連続になり、鉛直遮水壁の効果が現れている。

ii) 細部照査・・・OK

処分場の全周は鉛直遮水壁を配置するため、地下水の回り込みは発生しない。

iii) 処分場内水位照査・・・OK

処分場の全周は鉛直遮水壁を配置するため、処分場内の地下水位は上昇しない。これまでの解析結果より鉛直遮水壁の施工手順は、地下水が Ks2 層に逆流させないため、南東側から施工を行う必要がある。

⑦ 地下水流動阻害について

鉛直遮水壁の全周配置による地下水シミュレーション解析結果（図 2.2-8 参照）では、下流側、上流側に地下水位の変化が生じる。その変動量は、下流側遮水壁の端部から約 70m で 50cm の地下水位の低下、上流側の遮水壁端部より約 50m で 50cm の上昇することが予測される。

しかしながらこれらの変動量は 1m 以内と小さく、現在の地下水の観測からみると年間の変動幅程度であるため大きな支障はないものと考えられる。

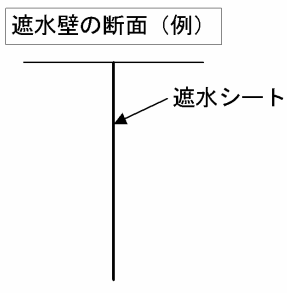
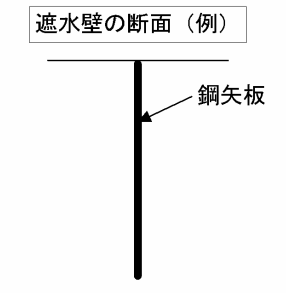
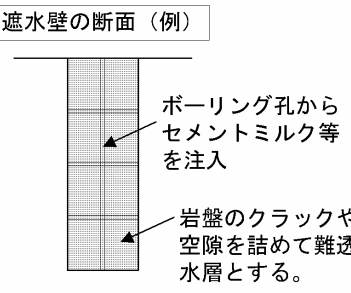
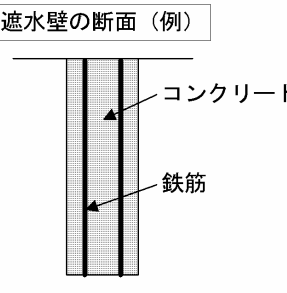
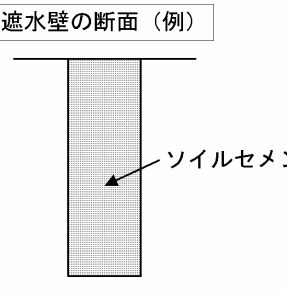
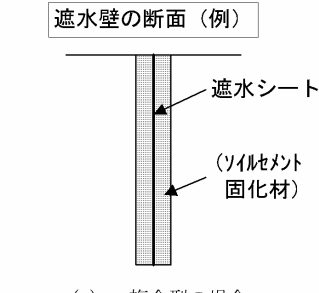
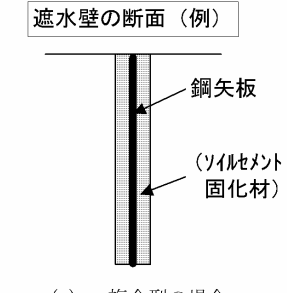
⑧ 周辺影響周辺地下水の浄化効果

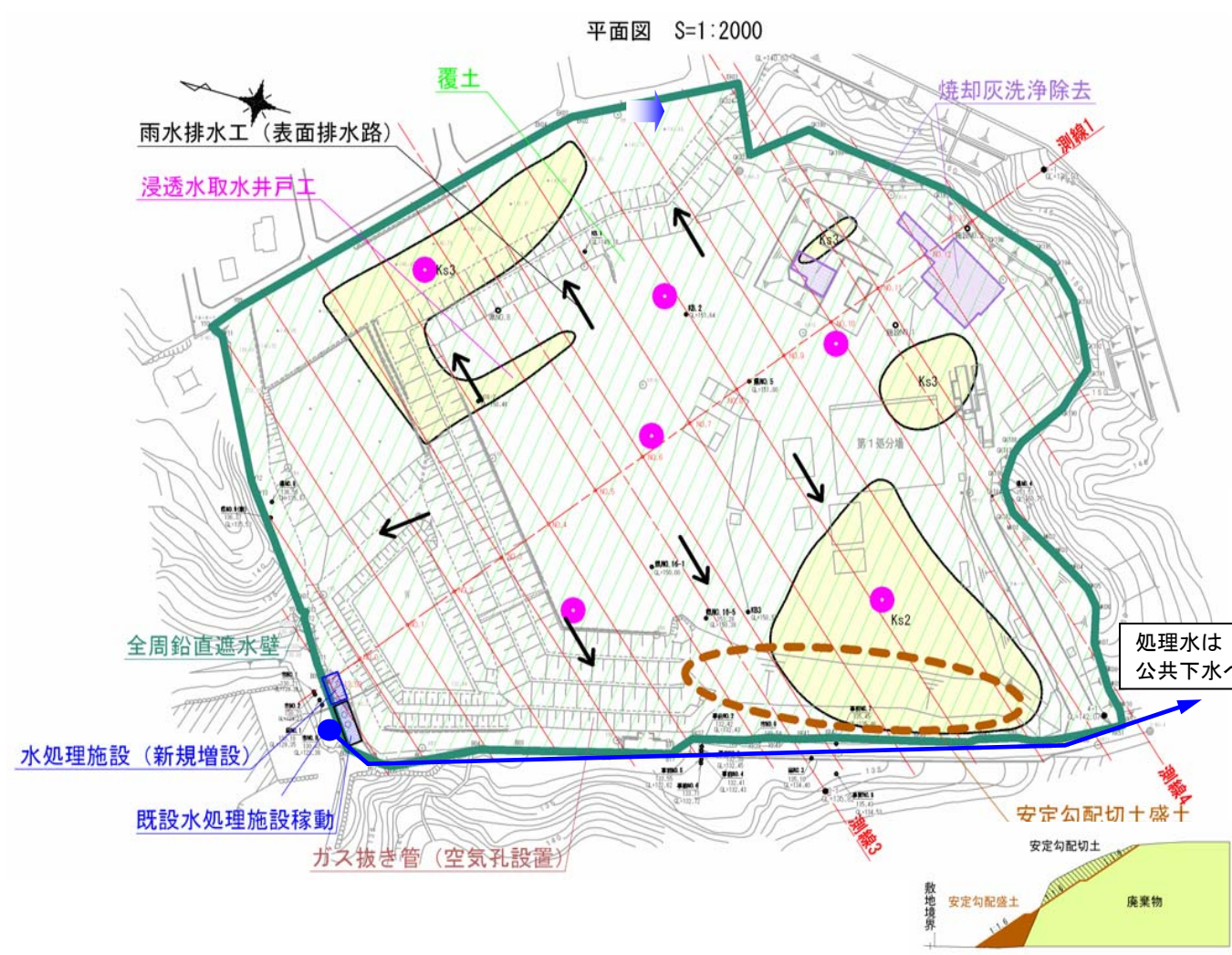
周辺の地下水汚染は上流からの地下水の希釈効果等により自然浄化させる。

しかしながら、自然浄化が促進されず、支障除去の目標達成に懸念が生じた場合は、汚染エリアに揚水井戸等を設置し浄化を促進させ、目標を達成させるための対応策を講じる必要がある。

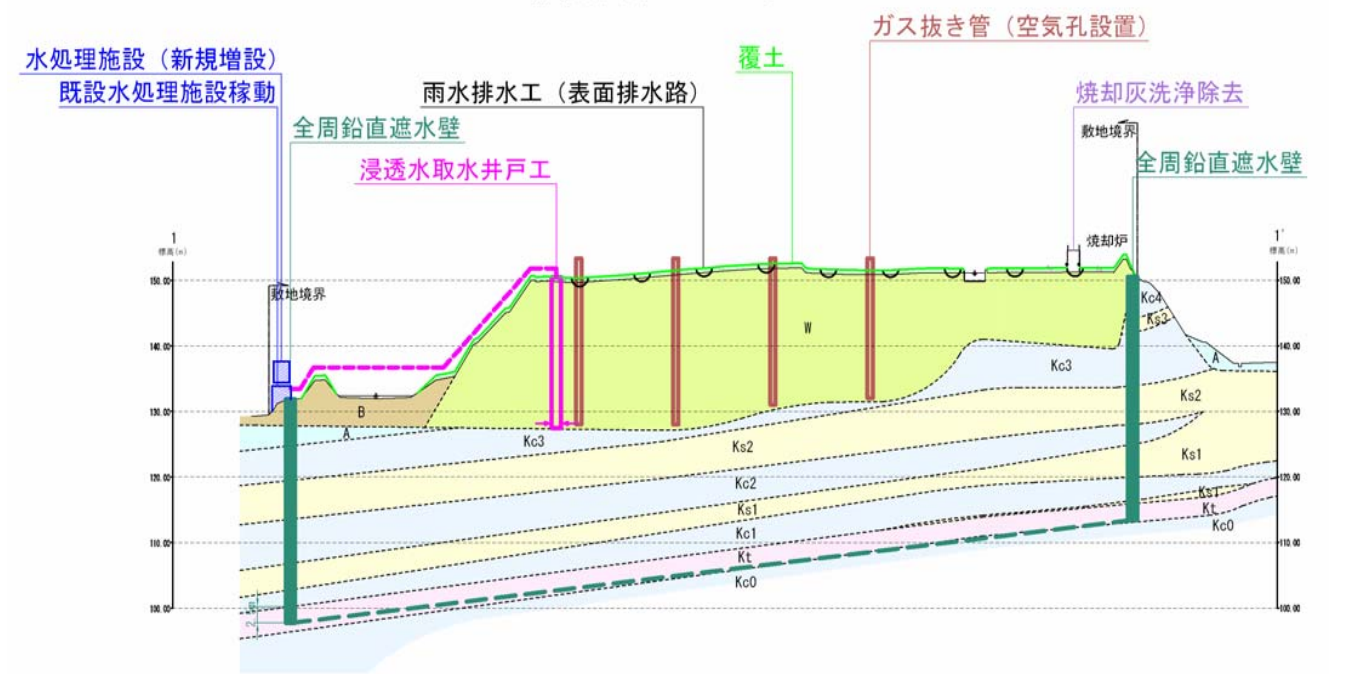
- 事前検証として、移流拡散シミュレーションにより、自然浄化による拡散を解析し目標達成時の地下水の水質（環境基準）を予測する。
- 工事期間はモニタリングによる地下水質監視と浄化達成の評価する。

表 2.2-3 鉛直遮水壁の工法比較

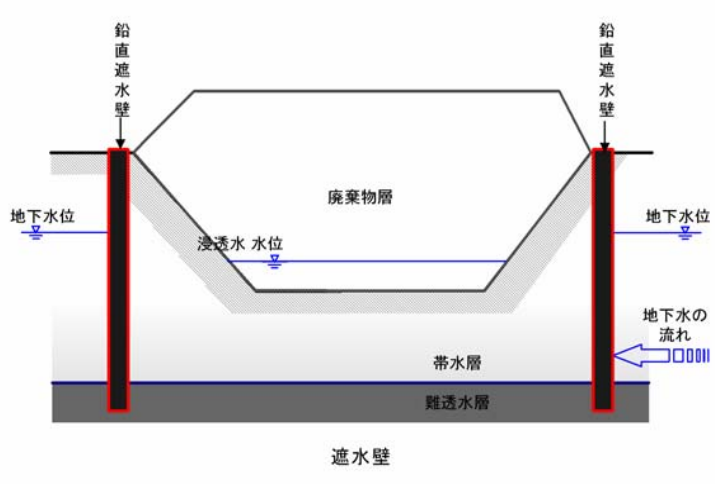
	既製品設置		薬液注入	完全置換	原位置土攪拌混合			
	シート工法 (単独)	鋼矢板工法 (単独)	グラウト工法	RC遮水壁工法	ソイルセメント遮水壁工法	ソイルセメント遮水壁工法 +シート工法	ソイルセメント遮水壁工法 +鋼矢板工法	
概略図								
工法概要	回転カッター、チェーンソー、ワイヤーソー等で地盤を薄く掘削し、その溝にシートを挿入する。あるいは、ガイドフレームに装着したシートを地中に打設する。	鋼矢板をバイプロハンマや圧入工法にて打設する。不透水性グラウト材を注入、あるいは、継手部に水膨潤性止水材を塗布する。	ボーリングで削孔後、地盤に薬液を注入して地盤の透水性を減少させる。	安定液を用いて地中を溝状に掘削し、コンクリートを打設して連続壁を築造する。芯材として鉄筋を用い、剛性の高い壁体とすることで耐震性も向上する。	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連続した固化壁を築造する。	ソイルセメント遮水壁と遮水シートとの併用。	ソイルセメント遮水壁と鋼矢板との併用。	
該当工法	・遮水シート工法 (シロツツ工法) ・連続シート止水壁工法 (TCW) ・アースカット工法 ・薄型地中遮水膜工法 (TTW 工法) ・地中遮水膜連続壁工法	・薄鋼板止水矢板工法 (シートウォール工法、パワーシート工法) ・鋼矢板工法 (汎用工法)	・浸透性注入工法 (グラウト噴射工法) (二重管ストレーナ工法、ダブルツツ工法) ・高圧噴射式注入工法 (エアグラウト噴射工法/水・エアグラウト噴射工法)	・鉄筋コンクリート壁 (ONS 工法、SSS 工法、TUD 工法、FEW 工法 ほか)	・柱列式 (SMW 工法、RMW 工法、TMW 工法) ・壁式 (TRD 工法、PTR 工法、掘削土再利用連壁工法) ・深層混合処理 (DJM 工法、CDM 工法)	・ソイルセメント遮水壁工法とシート工法の組み合わせ (トリナー工法 ほか)	・ソイルセメント遮水壁工法と鋼矢板工法の組み合わせ (TRD 工法+鋼矢板工法 ほか)	
評価ポイント	遮水性	・遮水シート (厚さ 1~2mm) ・遮水シート単独ではジョイント部、根入れ部の止水性確保に課題が残る。	・薄鋼板 (厚さ 3~5mm 程度) or 鋼矢板 (厚さ 10mm 前後) ・グラウト材、水膨潤性止水材等 鋼矢板単独ではジョイント部、根入れ部の止水性確保に課題が残る。	・セメント系、特殊シリカ系、水ガラス系の薬液による改良体 (厚さ 1m 程度) ・透水係数 1×10^{-5} cm/sec 程度まで改良することが可能。	・鉄筋コンクリート (厚さ 200~1000mm) ・透水係数 $1 \times 10^{-7} \sim 10^{-9}$ cm/sec の壁となる。	・ソイルセメント (厚さ 450~850mm) ・透水係数 1×10^{-6} cm/sec 以下の壁となる。	・ソイルセメント遮水壁との併用でジョイント部、根入れ部の止水性は確保可能。 ・透水係数 1×10^{-6} cm/sec 以下の壁となる。	・ソイルセメント遮水壁との併用でジョイント部、根入れ部の止水性は確保可能。 ・透水係数 1×10^{-6} cm/sec 以下の壁となる。
	抗土圧性 抗水圧性	偏土圧や水圧に対する抵抗力はない。	剛性の高い鋼材を使用するため偏土圧や水圧に対する抵抗力は高い。	偏土圧や水圧に対する抵抗力は少ない。	RC構造であるため偏土圧や水圧に対する抵抗力は優れる。	ソイルセメント単独では偏土圧や水圧に対する抵抗力は少ない。	剛性のないシート工法との併用であるため偏土圧や水圧に対する抵抗力は少ない。	剛性の高い鋼材との併用であるため偏土圧や水圧に対する抵抗力は高い。
	施工時発生土	施工時の掘削発生土は少ない	施工時の掘削発生土は少ない	施工時の掘削発生土は少ない	完全置換型であるため、施工時の掘削発生土が多く、この発生土は泥水等を含んでいるため処理費が高くなる。	原位置土攪拌型であるため、完全置換型に比べて掘削発生土は少ない。	原位置土攪拌型であるため、完全置換型に比べて掘削発生土は少ない。	原位置土攪拌型であるため、完全置換型に比べて掘削発生土は少ない。
	耐久性	ポリエチレンシートや塩ビシートを使用。	鋼材は浸出水に対する腐食に配慮が必要となる。	セメント系は耐久性がよい。	RCコンクリートであり、耐久性はよい。	ソイルセメントであり、耐久性はよい。	ソイルセメントであり、耐久性はよい。	ソイルセメントであり、耐久性はよい。また鋼材の耐腐食性も向上する。
	適用地盤	砂質、砂礫、粘性土層、軟岩層に適用で、先行掘削法ならば、砂質、砂礫に適用可。直接打設法ならば、 $N \leq 5 \sim 10$ 。	比較的柔らかい粘性土、砂質土に適用する。玉石層、砂礫層は別途補助掘削工法が必要。	主として岩盤を対象としている。	粘性土層、砂層、小さな玉石の砂礫層に適用。岩盤に適用できる工法もあり。	緩い砂層から軟岩まで適用可能。岩盤対応機械で岩盤への適用も可能。	緩い砂層から軟岩まで適用可能。岩盤対応機械で岩盤への適用も可能。	緩い砂層から軟岩まで適用可能。岩盤対応機械で岩盤への適用も可能。
	経済性	約 1.5~3 万円/m ²	約 1.5 万円/m ² 程度	改良面積 1m ² 当り 10 万円/m ² 以上 (改良幅 0.5m)	改良面積 1m ² 当り 8~10 万円/m ² (改良幅 0.5m)	改良面積 1m ² 当り約 3~4 万円/m ² (改良幅 0.5m)	改良面積 1m ² 当り約 5~6 万円/m ² (改良幅 0.5m)	改良面積 1m ² 当り約 5~6 万円/m ² (改良幅 0.5m)
施工実績	数例あり	多数あり	多数あり (ダムに多い)	多数あり	多数あり	数例 (比較的新しい工法のため)	多数あり	
	—	・香川県小豆郡土庄町豊島 (鋼矢板単独)	・福島県いわき市 (補助工法)	—	・福島県いわき市	・神奈川県横浜市鶴見区 (複合型)	・三重県桑名市 (薄鋼板+ソイルセメント遮水壁)	
施工深度	15~30m	30m	—	50~150m	40~60m	40~60m	40~60m	



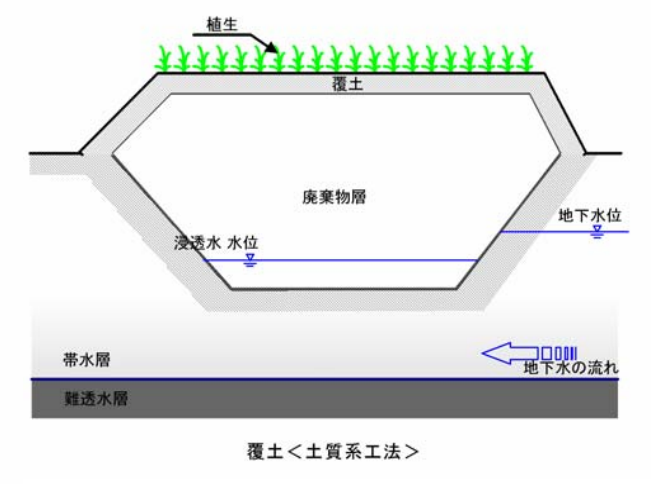
標準断面図 V=1:1000, S=1:2000



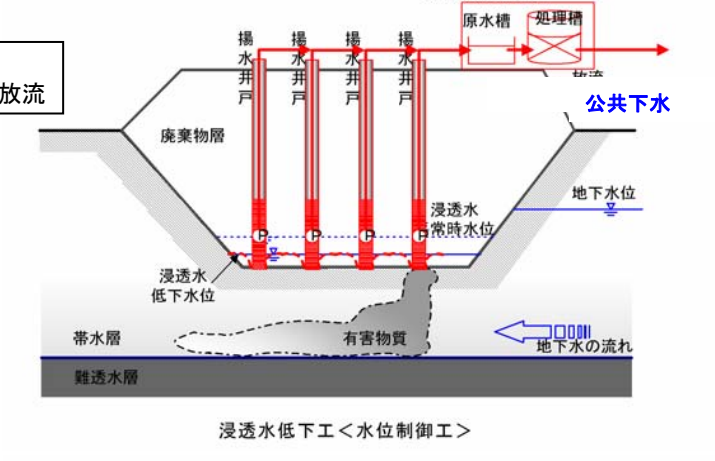
地下水対策



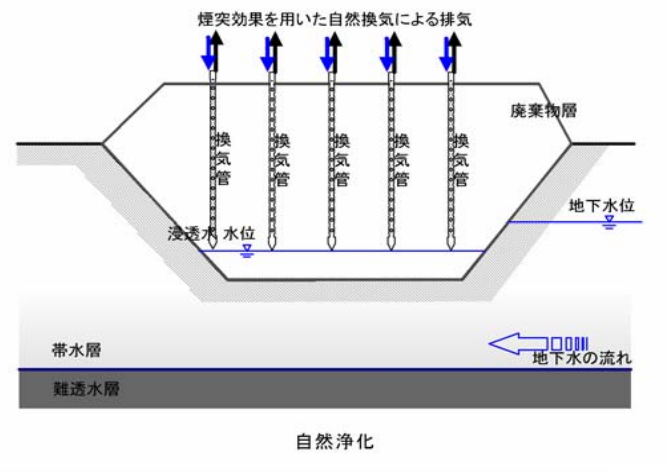
廃棄物対策



浸透水対策



有害ガス対策



イニシャルコスト		単位：円
覆土工		207,230,000
雨水排水工		67,580,000
全周鉛直遮水工		2,611,200,000
浸透水取水井戸工		53,300,000
追加水処理施設		85,000,000
ガス抜き管		119,850,000
焼却灰洗淨除去		176,800,000
イニシャルコスト合計		3,321,000,000
ランニングコスト		
モニタリング (5年)		58,752,000
既設および追加水処理施設の維持管理と下水道利用料		115,872,000
ランニングコスト合計		175,000,000
1年当たりのランニングコスト		36,460,000

(2) 基本対策工：バリア井戸＋水処理施設の設置

○ 工法概要

地下水の下流側にバリア井戸を設置することにより、処分場外への汚染地下水の拡散防止を図る工法である。廃棄物表面は覆土（シート系）を施し、廃棄物の飛散防止、雨水浸透量の低減することにより、処分場内の浸透水位の上昇は抑制されるため、地下水汚染の拡散防止はさらに高まる。

- ①地下水汚染の拡散防止 ----- バリア井戸＋水処理施設の設置
- ②西市道法面の崩壊防止 ----- 法面勾配の安定化（切土・盛土）
- ③廃棄物の飛散防止 ----- 覆土工（シート系：遮水）
- ④有害ガス等の放散防止・発生抑制 ----- 集ガス・ガス処理施設設置
- ⑤焼却灰の飛散防止 ----- 焼却炉施設内の焼却灰は洗浄除去

- ・ **バリア井戸を設置**により、Ks2層、Ks3層の地下水位を制御する。バリア井戸の水位と上流側の地下水位に水頭差を発生させ、汚染地下水を下流側に流下させないようにする。
- ・ 廃棄物の **飛散防止は遮水性のシート**を使用する。廃棄物層への雨水の浸透は遮断される。このため、廃棄物の洗浄効果は期待できない。しかしながら、浸透水が遮断されるため、Ks2層 Ks3層（廃棄物と Ks2、Ks3の各地層が接する範囲）への漏水は抑制される。
- ・ 廃棄物内に雨水が流入しないため、浸透水位の変動（水位の上昇・低下）は生じない。このため、有害ガスは廃棄物内に滞留する。
- ・ 有害ガスの滞留及び廃棄物の安定化が遅延するため、**集ガス装置・ガス処理施設を設置**し、ガスの強制引抜きを行い、滞留ガスを減圧・処理して排出すると共に、廃棄物の安定化を促進させる。
- ・ バリア井戸で汲み上げられた地下水は、**水処理施設により適切に処理**する。

○ 対策工法の効果的な実施

各支障に対して効果的で合理的な対策工を施すが、複数の支障除去の緊急性・重要性を踏まえ、各対策工の優先度を講じて計画的に対策工事を実施する必要がある。

対策工事は、健康リスクに係わる「地下水汚染の拡散」や「焼却灰の飛散」の支障除去の項目を優先して行う。

○ 課題と対応方法

①バリア井戸の確実性

- ・ バリア井戸（揚水井）設置に関しては、廃棄物の範囲および当該地の地下水流動方向を明確に把握しておく必要がある。バリア井戸の揚水量は事前に水収支を行い適正な井戸配置及び処理量の設計・管理が必要である。
- ・ 異常な豪雨などにより、Ks2層への地下水量が計画揚水量を上回る場合は汚染地下水が流出するおそれがある。

→ 覆土にシート系を採用することにより、豪雨によっても全体浸透量は少ない。

バリア井戸の計画揚水量は周辺の地下水位の必要低下量から算出するが、豪雨時の地下水流量が多い場合は地下水は低下されず、汚染地下水が流下するおそれがある。

②バリア井戸の維持管理

- ・ 「掘削-除去工」や「遮水壁工」と異なり、取水及び水処理施設の維持管理が長期になるとともにランニングコストも多額になる。
- ・ 揚水施設、処理施設の機能低下・停止のリスクは常にあり、「掘削-除去工」や「遮水壁工」に比較し、対策工事の完了後も地下水汚染の拡散リスクは残される。

→ 定期点検の頻度数の増加と確実な実施。

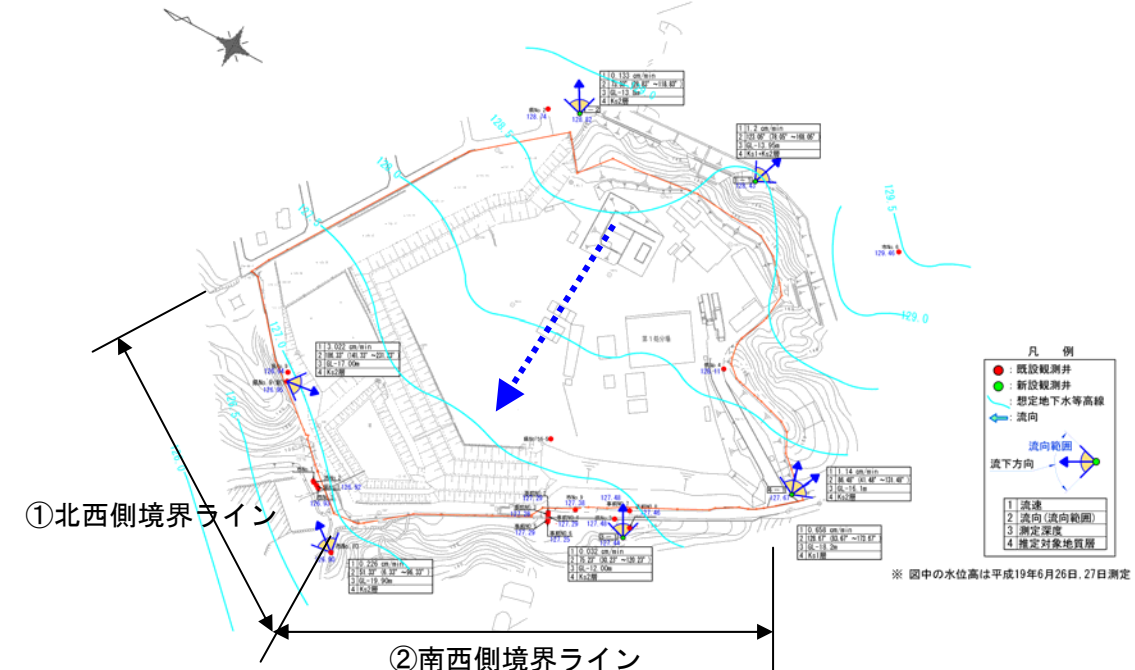
③周辺地下水の浄化効果の確認

- ・ バリア井戸の浄化促進効果（汚染地下水の揚水）の評価のため、工事期間中にモニタリングによりその浄化効果の確認が必要である。
- ・ 周辺地下水汚染の浄化が促進されず、支障除去の目標達成に懸念が生じた場合は、汚染エリアにバリア井戸を増設し浄化を促進させる必要がある。

○対象地下水（地層）と地下水の流れ

有害物質が確認されている帯水層とする（Ks3層、Ks2層、Ks1層）。

Ks2層の地下水の流れ（水頭コンター）は下図のとおりである。



複数境界付近に設置した井戸の揚水により Ks2層等の地下水位を低下させ、汚染地下水の流下拡散を防止する。

○ バリア井戸による地下水位低下予測

前出の浸透流解析により、バリア井戸からの揚水による地下水位の変化を推定（概算）した。

解析結果を図 2.2-10 に示す。

バリア井戸 1 本当たりの揚水量を $20\text{m}^3/\text{日}$ とした場合の解析結果であるが、バリア井戸設置ラインを中心に地下水位は最大で 5 m 程度低下する。

処分場周辺の地下水はバリア井戸方向に流下してくることがわかり、バリア井戸の効果は期待できる。

今後、覆土による雨水の浸透抑制（浸透量の低減）と合わせて適正なバリア井戸の配置及び揚水量を検討する必要がある。

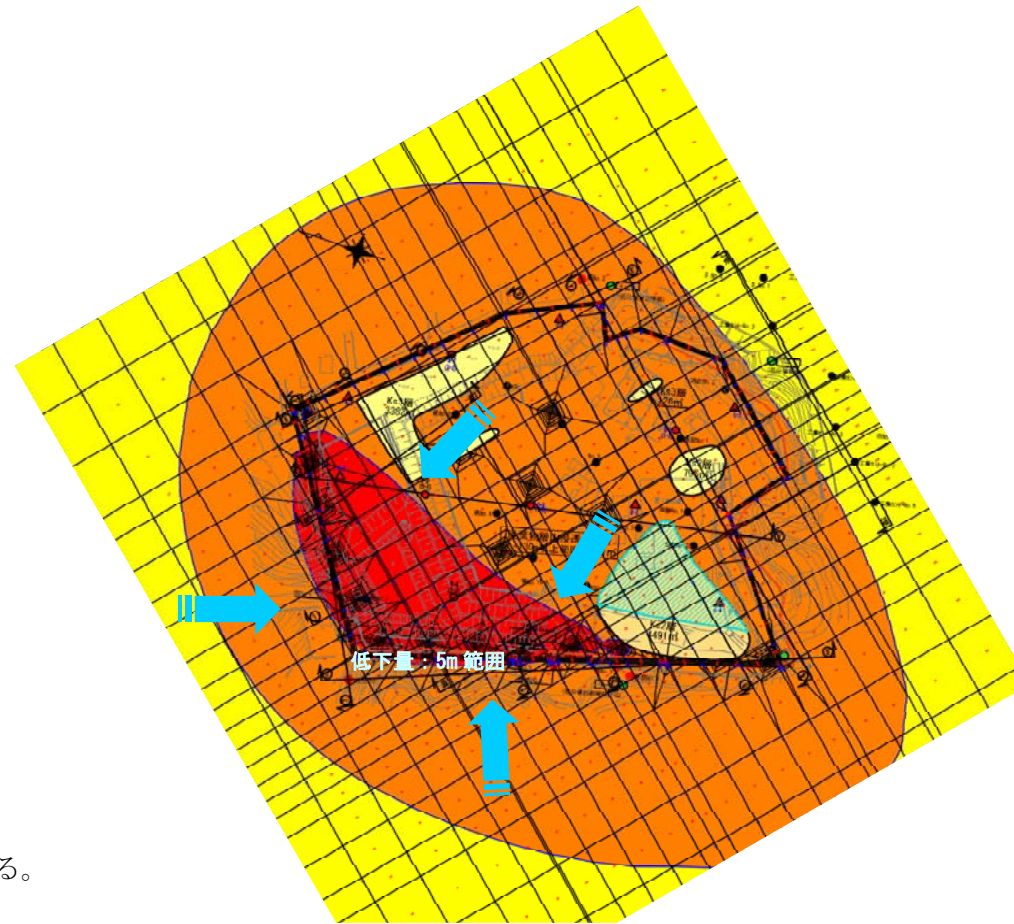
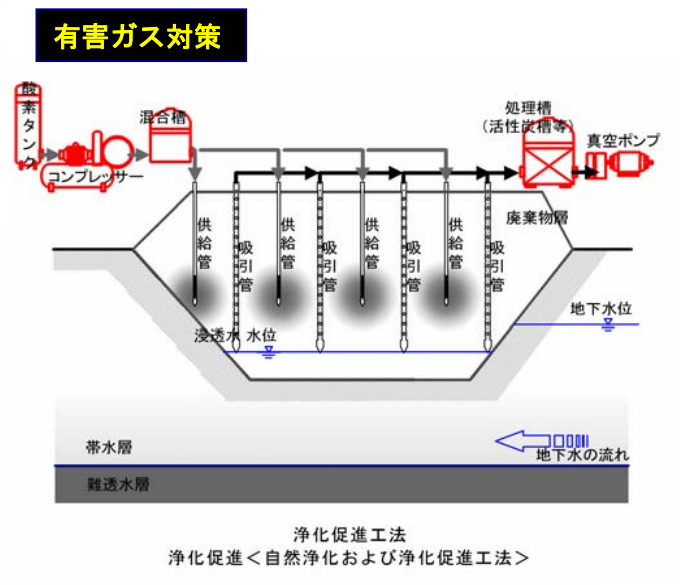
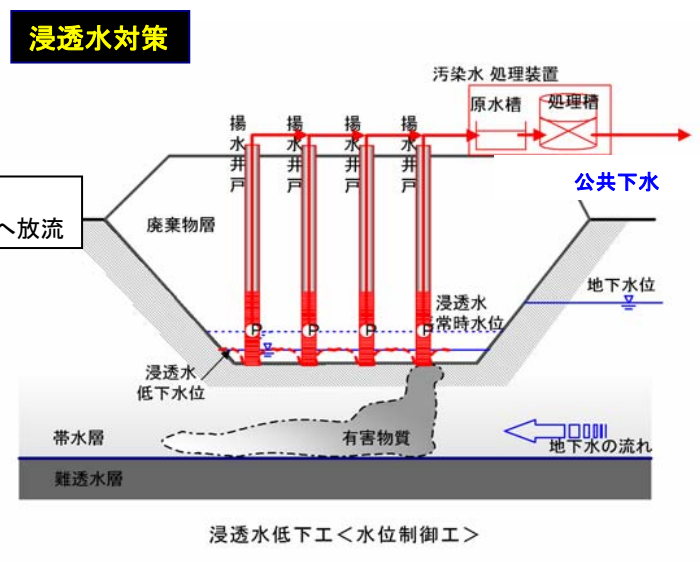
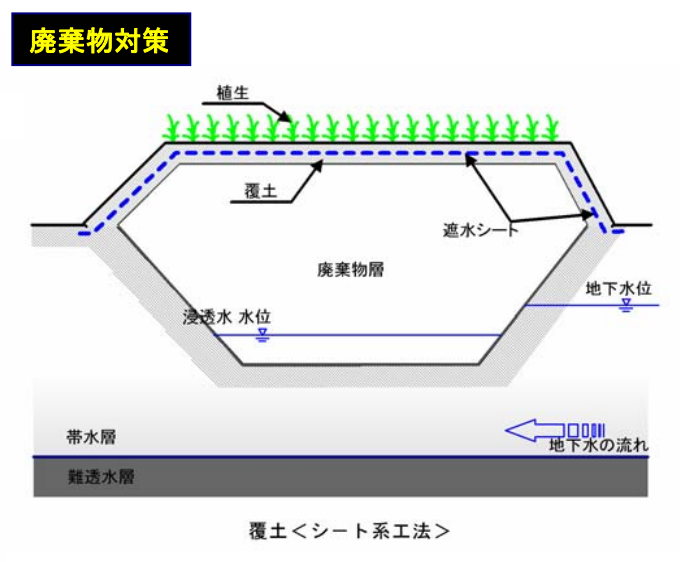
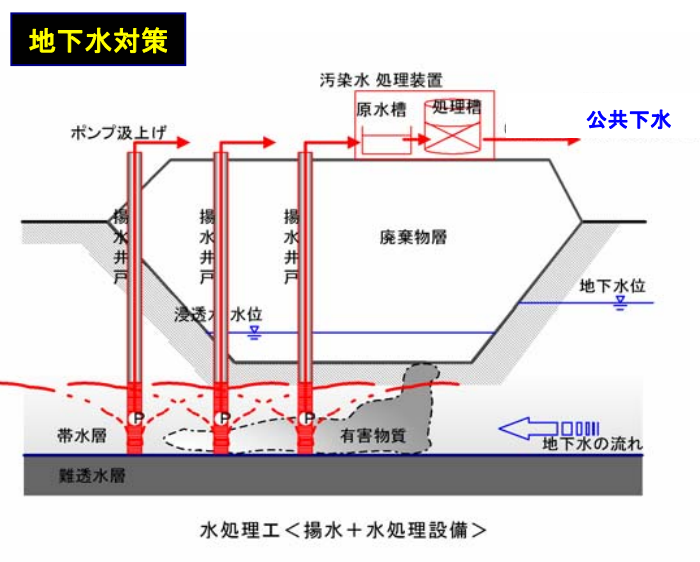
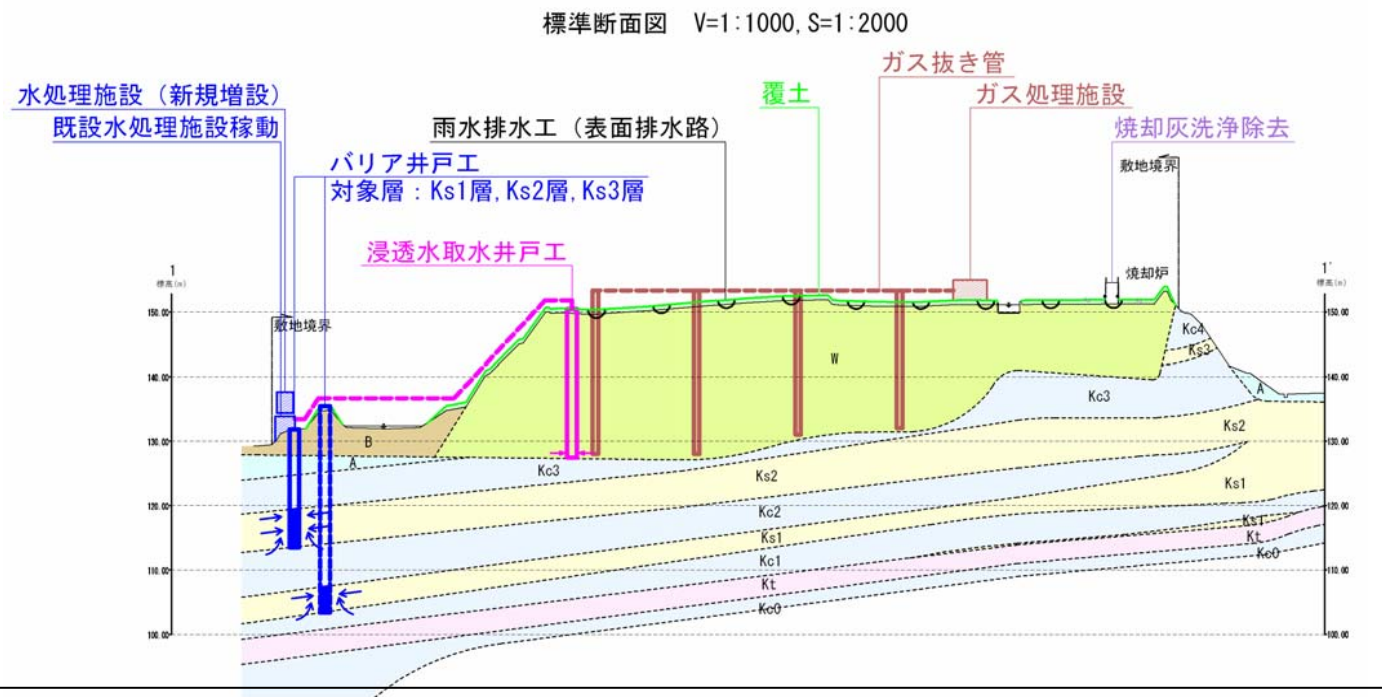
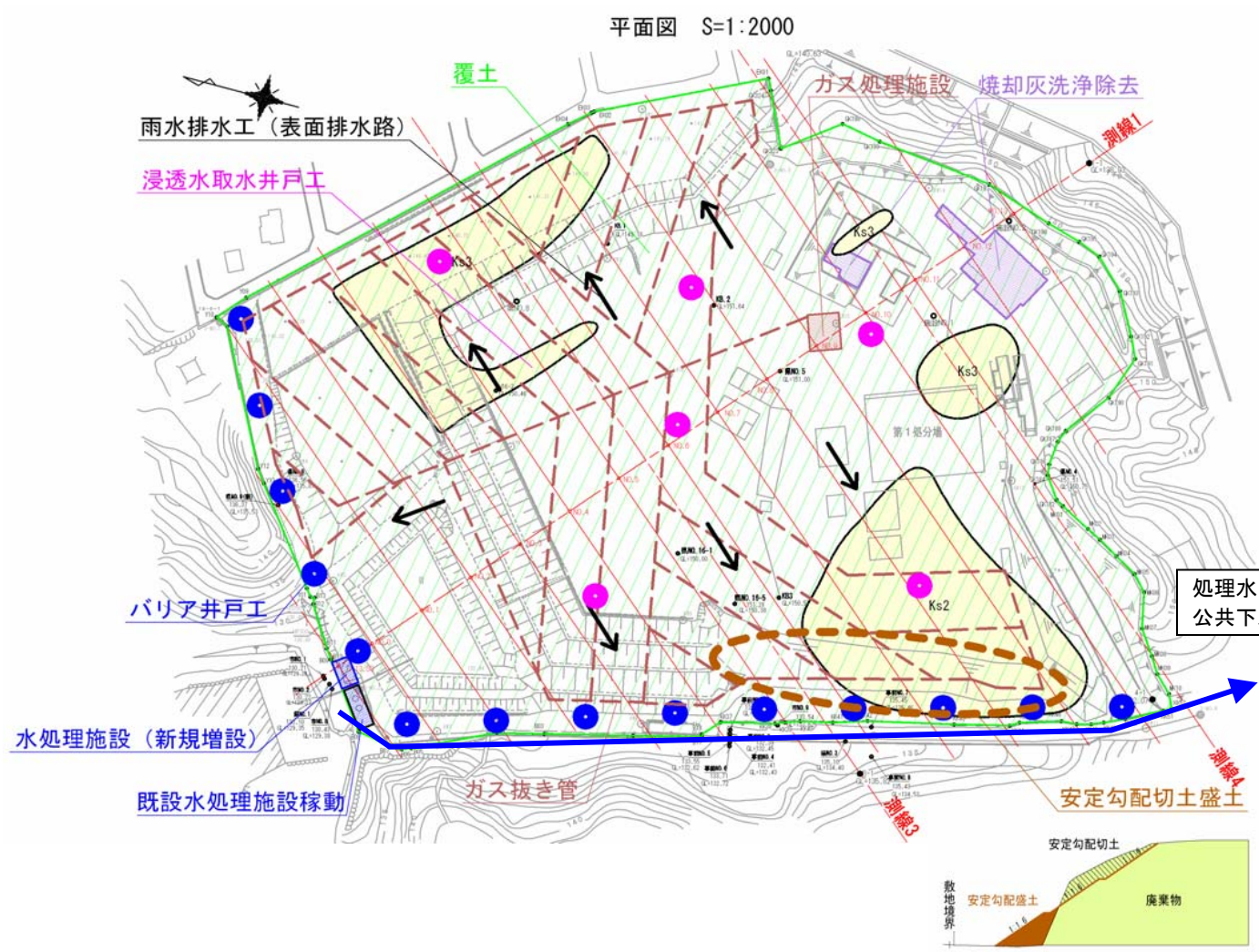


図 2.2-10 解析結果



イニシャルコスト		単位：円
工事工程：2年		
覆土工（シート系）		567,630,000
雨水排水工		67,580,000
バリア井戸工		89,510,000
浸透水取水井戸工		53,300,000
追加水処理施設		136,000,000
ガス処理施設（集ガス管、ガス処理施設）		334,050,000
焼却灰洗浄除去		176,800,000
イニシャルコスト合計		1,425,000,000
ランニングコスト		
モニタリング（30年）		367,200,000
既設および追加水処理施設の維持管理と下水道利用料		826,200,000
ガス処理施設（6回／年交換）		918,000,000
ランニングコスト合計		2,111,000,000
1年当たりのランニングコスト		70,370,000

2.3 具体工法一覧(案)

支障除去の対応策として検討してきた「掘削・除去工法案」、「原位置での浄化処理工法案」についてとりまとめたものを表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 支障除去比較検討

	掘削及び処理		原位置での浄化処理																																																																				
	A案 廃棄物全量撤去+良質土埋戻+焼却炉撤去	日案 安定法面勾配+覆土+全周遮水壁+浸透水取水井戸+ガス処理+焼却灰洗浄除去	日案 安定法面勾配+覆土+全周遮水壁+浸透水取水井戸+ガス処理+焼却灰洗浄除去	C案 安定法面勾配+覆土+バリア井戸+浸透水取水井戸+ガス処理+焼却灰洗浄除去																																																																			
標準断面図																																																																							
対策概要	<p>①地下水汚染拡散防止対策(鉛直遮水壁) ②雨水浸透・飛散防止対策(シート敷設) ③表面排水排水対策(外周水路設置) ④浸透水排水対策(揚水井戸の設置)</p> <p>掘削→分別→処理→埋戻</p>	<p>基本対策工: 鉛直遮水壁, 覆土(土質系), 揚水井戸+水処理施設, 水処理</p> <p>ガス対策: 空気孔設置, 焼却灰洗浄除去</p> <p>廃棄物の安定化促進: 好気性環境の拡大, 硫化水素の生成抑制</p>	<p>基本対策工: バリア井戸, 覆土(シート系), 水処理施設の設置</p> <p>ガス対策: 集ガス+ガス処理</p> <p>浸透水(無)による安定化促進なし</p>																																																																				
対策説明	<p>各支障の素因となる産業廃棄物を周辺環境(処分場外)に影響を及ぼさないように掘削し、必要に応じて掘削された場所を汚染されていない土壌等により埋める工法である。対策工事の施工手順は大きく①掘削、②分別、③場外処理、④良質土埋戻しの4段階となる。掘削は50~80mのブロック単位に分け、各ブロック単位で5m毎に掘り下げて行く。掘削した産業廃棄物は種類ごとに分別し、分別された廃棄物には汚染物質の付着が懸念されるため洗浄作業を必要とし、分別した廃棄物は適切に処理する。掘削除去工事は長期になるため、工事中に周辺環境への影響(汚染の拡大)が懸念される。このため、影響項目と防止対策を講じる。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 基本対策として鉛直遮水壁を地中に築造し、汚染地下水の拡散を防止する。 廃棄物の飛散対策として覆土(土質系)を行う。土質系の覆土のため、雨水は廃棄物に浸透し、廃棄物に含まれる有害物質が浸透水に溶出する。雨水の浸透で廃棄物を洗浄する。 浸透水は揚水井戸で汲み上げ、浸透水の浄化を行い、汲み上げられた浸透水は、適切に水処理を行う。浸透水の汲み上げ水位は鉛直遮水壁の外水位より低くすることで、より一層の汚染地下水の拡散防止を図る。 廃棄物内に空気孔を設置し、浸透水の汲み上げによる水位変動(廃棄物内の圧力差)で自然換気を促進させ、廃棄物内の好気性環境を拡大し、微生物による有機物の分解を促進させる。 廃棄物内に好気性環境にすることで硫化水素の生成を抑制する。 周辺の汚染地下水は自然浄化(拡散)により浄化させる。目標達成が期待できない場合は汚染箇所に井戸を設置し、汚染地下水を汲み上げ浄化させる。 	<ol style="list-style-type: none"> バリア井戸を設置により、Ks2層、Ks3層の地下水位を制御する。バリア井戸の水位と上流側の地下水位に水頭差を発生させ、汚染地下水を下流側に流下させないようにする。 廃棄物の飛散防止は遮水性のシートを使用することで廃棄物層への雨水の浸透は遮断される。このため、「併用D案」と異なり廃棄物の洗浄効果は期待できない。しかしながら、雨水の浸透が遮断されるため、Ks2層 Ks3層(廃棄物とKs2、Ks3の各地層が接する範囲)への漏水は抑制される。 廃棄物の飛散防止は遮水性のシートを使用することで「バリア井戸:併用D案」と異なり、有害ガスは廃棄物内に滞留し、自然換気はできないため、廃棄物内は嫌気性環境になる。 有害ガスの滞留及び廃棄物の安定化が遅延するため、集ガス装置・ガス処理施設を設置し、ガスの強制引抜きを行い、滞留ガスを減圧・処理して排出すると共に、廃棄物の安定化を促進させる。 バリア井戸で汲み上げられた地下水は、水処理施設により適切に処理する。 																																																																				
工期	16年	3年	2年																																																																				
概算事業費	<p>イニシャルコスト</p> <table border="1"> <tr><td>全量撤去工</td><td>3,560,934万円</td></tr> <tr><td>埋戻工</td><td>145,656万円</td></tr> <tr><td>雨水排水工</td><td>6,758万円</td></tr> <tr><td>焼却炉撤去</td><td>17,680万円</td></tr> <tr><td>〈応急対策〉全周鉛直遮水工</td><td>261,120万円</td></tr> <tr><td>〈掘削時の仮設〉浸透水取水井戸工</td><td>5,330万円</td></tr> <tr><td>〈掘削時の仮設〉公共下水道への配管</td><td>1,700万円</td></tr> <tr><td>イニシャルコスト</td><td>3,999,200万円</td></tr> </table> <p>ランニングコスト</p> <table border="1"> <tr><td>モニタリング(18年)</td><td>22,032万円</td></tr> <tr><td>既設水処理施設の維持管理と下水道利用料</td><td>34,272万円</td></tr> <tr><td>ランニングコスト(1年あたり)</td><td>56,300万円/18年</td></tr> </table>	全量撤去工	3,560,934万円	埋戻工	145,656万円	雨水排水工	6,758万円	焼却炉撤去	17,680万円	〈応急対策〉全周鉛直遮水工	261,120万円	〈掘削時の仮設〉浸透水取水井戸工	5,330万円	〈掘削時の仮設〉公共下水道への配管	1,700万円	イニシャルコスト	3,999,200万円	モニタリング(18年)	22,032万円	既設水処理施設の維持管理と下水道利用料	34,272万円	ランニングコスト(1年あたり)	56,300万円/18年	<p>イニシャルコスト</p> <table border="1"> <tr><td>覆土工</td><td>20,723万円</td></tr> <tr><td>雨水排水工</td><td>6,758万円</td></tr> <tr><td>全周鉛直遮水工</td><td>261,120万円</td></tr> <tr><td>浸透水取水井戸工</td><td>5,330万円</td></tr> <tr><td>追加水処理施設</td><td>8,500万円</td></tr> <tr><td>ガス抜き管</td><td>11,985万円</td></tr> <tr><td>焼却灰洗浄除去</td><td>17,680万円</td></tr> <tr><td>イニシャルコスト</td><td>332,100万円</td></tr> </table> <p>ランニングコスト</p> <table border="1"> <tr><td>モニタリング(5年)</td><td>6,120万円</td></tr> <tr><td>既設および追加水処理施設の維持管理と下水道利用料</td><td>12,070万円</td></tr> <tr><td>ランニングコスト(1年あたり)</td><td>18,200万円/5年</td></tr> </table>	覆土工	20,723万円	雨水排水工	6,758万円	全周鉛直遮水工	261,120万円	浸透水取水井戸工	5,330万円	追加水処理施設	8,500万円	ガス抜き管	11,985万円	焼却灰洗浄除去	17,680万円	イニシャルコスト	332,100万円	モニタリング(5年)	6,120万円	既設および追加水処理施設の維持管理と下水道利用料	12,070万円	ランニングコスト(1年あたり)	18,200万円/5年	<p>イニシャルコスト</p> <table border="1"> <tr><td>覆土工(シート系)</td><td>56,763万円</td></tr> <tr><td>雨水排水工</td><td>6,758万円</td></tr> <tr><td>バリア井戸工</td><td>8,951万円</td></tr> <tr><td>浸透水取水井戸工</td><td>5,330万円</td></tr> <tr><td>追加水処理施設</td><td>13,600万円</td></tr> <tr><td>ガス処理施設(集ガス管、ガス処理施設)</td><td>33,405万円</td></tr> <tr><td>焼却灰洗浄除去</td><td>17,680万円</td></tr> <tr><td>イニシャルコスト</td><td>142,500万円</td></tr> </table> <p>ランニングコスト</p> <table border="1"> <tr><td>モニタリング(30年)</td><td>36,720万円</td></tr> <tr><td>既設および追加水処理施設の維持管理と下水道利用料</td><td>82,620万円</td></tr> <tr><td>ガス処理施設(6回/年交換)</td><td>91,800万円</td></tr> <tr><td>ランニングコスト(1年あたり)</td><td>211,100万円/30年</td></tr> </table>	覆土工(シート系)	56,763万円	雨水排水工	6,758万円	バリア井戸工	8,951万円	浸透水取水井戸工	5,330万円	追加水処理施設	13,600万円	ガス処理施設(集ガス管、ガス処理施設)	33,405万円	焼却灰洗浄除去	17,680万円	イニシャルコスト	142,500万円	モニタリング(30年)	36,720万円	既設および追加水処理施設の維持管理と下水道利用料	82,620万円	ガス処理施設(6回/年交換)	91,800万円	ランニングコスト(1年あたり)	211,100万円/30年
	全量撤去工	3,560,934万円																																																																					
埋戻工	145,656万円																																																																						
雨水排水工	6,758万円																																																																						
焼却炉撤去	17,680万円																																																																						
〈応急対策〉全周鉛直遮水工	261,120万円																																																																						
〈掘削時の仮設〉浸透水取水井戸工	5,330万円																																																																						
〈掘削時の仮設〉公共下水道への配管	1,700万円																																																																						
イニシャルコスト	3,999,200万円																																																																						
モニタリング(18年)	22,032万円																																																																						
既設水処理施設の維持管理と下水道利用料	34,272万円																																																																						
ランニングコスト(1年あたり)	56,300万円/18年																																																																						
覆土工	20,723万円																																																																						
雨水排水工	6,758万円																																																																						
全周鉛直遮水工	261,120万円																																																																						
浸透水取水井戸工	5,330万円																																																																						
追加水処理施設	8,500万円																																																																						
ガス抜き管	11,985万円																																																																						
焼却灰洗浄除去	17,680万円																																																																						
イニシャルコスト	332,100万円																																																																						
モニタリング(5年)	6,120万円																																																																						
既設および追加水処理施設の維持管理と下水道利用料	12,070万円																																																																						
ランニングコスト(1年あたり)	18,200万円/5年																																																																						
覆土工(シート系)	56,763万円																																																																						
雨水排水工	6,758万円																																																																						
バリア井戸工	8,951万円																																																																						
浸透水取水井戸工	5,330万円																																																																						
追加水処理施設	13,600万円																																																																						
ガス処理施設(集ガス管、ガス処理施設)	33,405万円																																																																						
焼却灰洗浄除去	17,680万円																																																																						
イニシャルコスト	142,500万円																																																																						
モニタリング(30年)	36,720万円																																																																						
既設および追加水処理施設の維持管理と下水道利用料	82,620万円																																																																						
ガス処理施設(6回/年交換)	91,800万円																																																																						
ランニングコスト(1年あたり)	211,100万円/30年																																																																						
注) 三者委員提案の工事費: 6頁参照	ランニングコスト(1年あたり) 3,128万円/年	ランニングコスト(1年あたり) 3,640万円/年	ランニングコスト(1年あたり) 7,037万円/年																																																																				

3. 支障除去の方法を選定する上で考慮する事項

第5回対策委員会では「支障除去の方法を選定する上での考慮する一般的な事項」としては以下の項目が示されている。

- ① 安全性
- ② 周辺環境への影響
- ③ 適切な実施時間
- ④ 経済性
- ⑤ リスクコミュニケーション
- ⑥ モニタリング

今回の「具体的な工法」を検討する上で、上記の①～⑥の選定事項を踏まえ、さらに下記項目を加え選定（絞り込み）を考える。

支障除去の目標 → 基本的な確定・設定条件（支障除去項目の確定）

- ①周辺環境への影響 → 対策による2次的被害の影響度合い及び防止対策も含めた比較検討。
- ②対策効果の検証 → 科学的・数値的根拠のある対策技術であること。
- ③時間的効果の検証 → ②を踏まえて、目標達成時間（工事工程含む）がある程度予測可能。
- ④対策の費用対効果 → 効果の信頼性・確実性と経済性とにバランスがとれていること。
- ⑤組合せによる効果 → 廃棄物の安定化も含めた効率的で合理的な対策であること。

①周辺環境への影響

→ 対策工事による直接的な影響によるもので、例えば、工事車両による振動・騒音や掘削に伴う悪臭・有害ガス発生などが極力少ない対策工事が望ましい。対策工事のための対策措置を極力低減する工法を考える（経済性を考慮）。

②対策工効果の検証

→ 対策工の効果が科学的・数値的根拠に基づいた予測が可能であることが必要である。定性的な選定でなく、定量的に効果が予測・検証できる工法を選定する。

③時間的効果の検証

→ ②と同様であるが、さらに対策工を施すことによりその効果が時間的な検証が可能な工法であることも重要と考える。

実際には平成24年度までの達成目標があり、これを見据えた工程計画を立てる必要がある。

④対策の費用対効果

→ 基本的には可能な限り低コストであることが望ましい。しかしながら、安全性や他の要件と相反する面もあるため効果の確実性等も踏まえたバランスを考慮する必要がある。

図3.1-1は対策選定の目安となる指標図である。

廃棄物の全量掘削・撤去は各支障の要因を全て取り除く工法であるため支障除去の効果は確実である反面、工事費は極めて高額であり、工期も十数年を要し、周辺環境への2次的影響も小さいものではない。

また、バリア井戸の場合は、対策費は他案より安価であり、工期も短い。但し、揚水施設や水処理施設の維持管理、機能低下や停止等のリスクは常に残され、ランニングコストも膨らむ。

最終的な工法選定はこれらのリスク分析及びリスクコミュニケーションを慎重に行いながら決定していく必要がある。

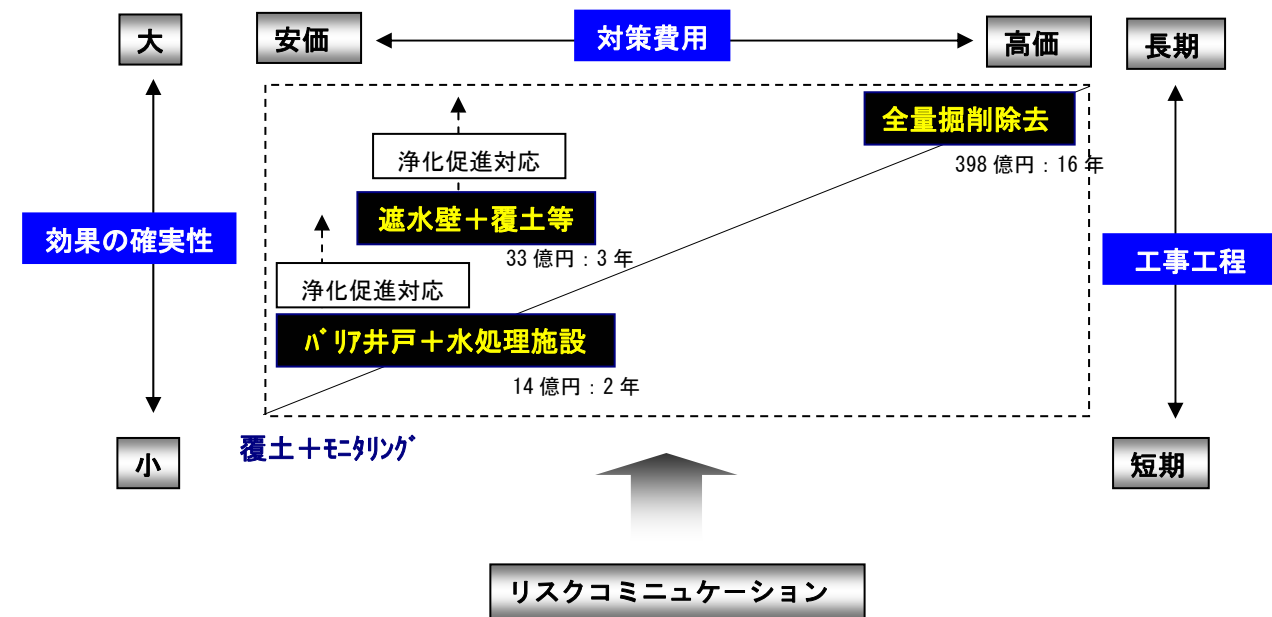


図3.1-1 対策選定のマトリックス（費用対効果）