

VII 環境修復シナリオについて

1 環境修復シナリオ

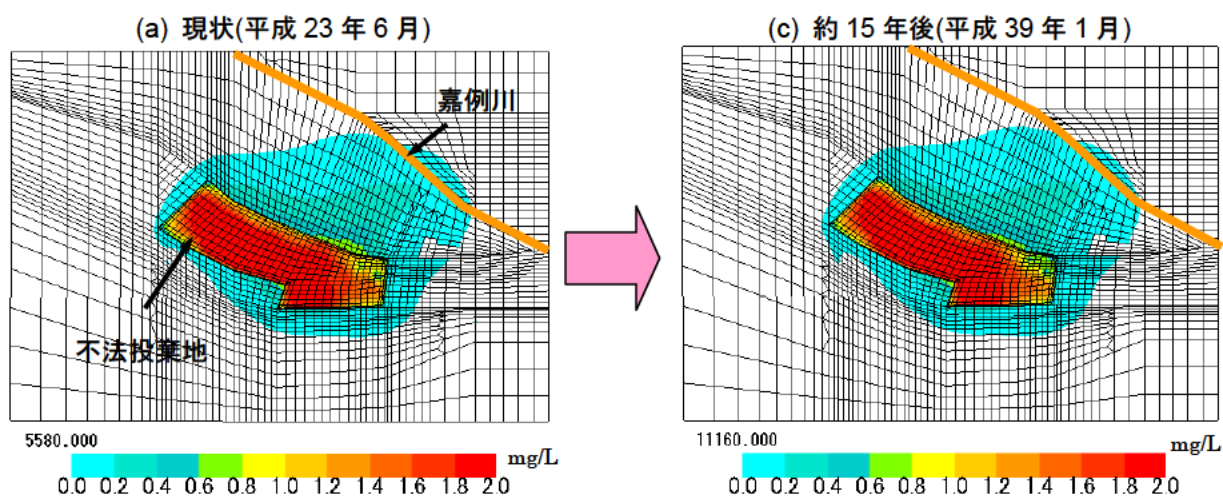
(1) 汚染拡散予測

不法投棄地内の汚染源としてはVOCと1,4-ジオキサンがあるが、汚染拡散予測では遮水壁による効果が小さい1,4-ジオキサンを用いることとする。

不法投棄地内に廃棄物を残存した状態における1,4-ジオキサンの汚染拡散シミュレーション解析によれば、現状(平成23年6月)から15年経過(平成39年1月)しても第1帯水層、第2帯水層及び第3帯水層ともに、環境基準を超過する汚染拡散範囲はほとんど変化しない。

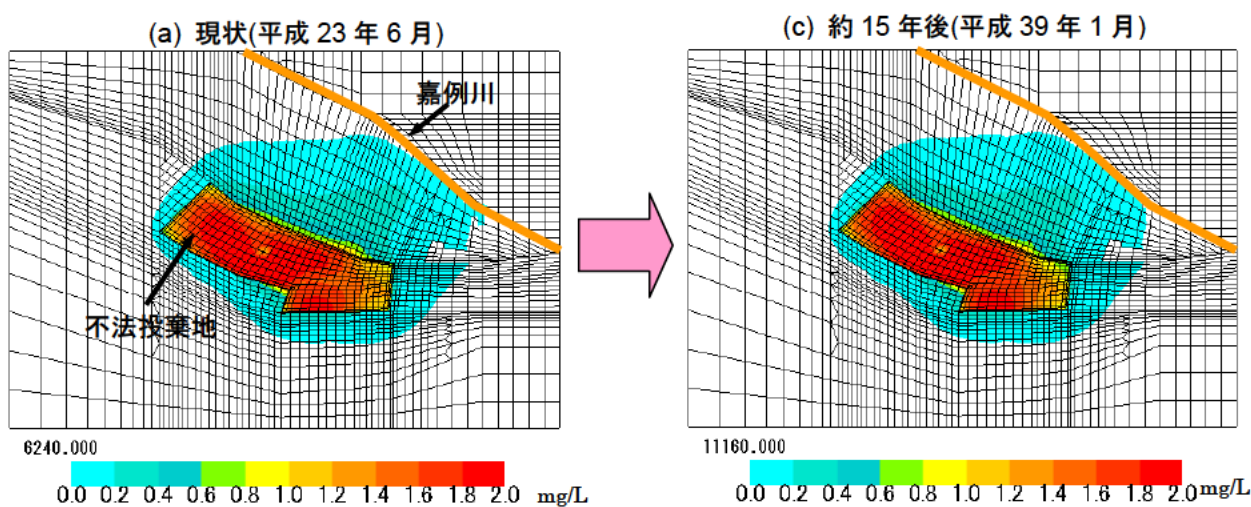
そのため、不法投棄された廃棄物や汚染地下水等の積極的な浄化対策を行い、生活環境保全上の支障を除去する必要がある。

図7.1から図7.3に1,4-ジオキサン濃度の経年変化を示す。



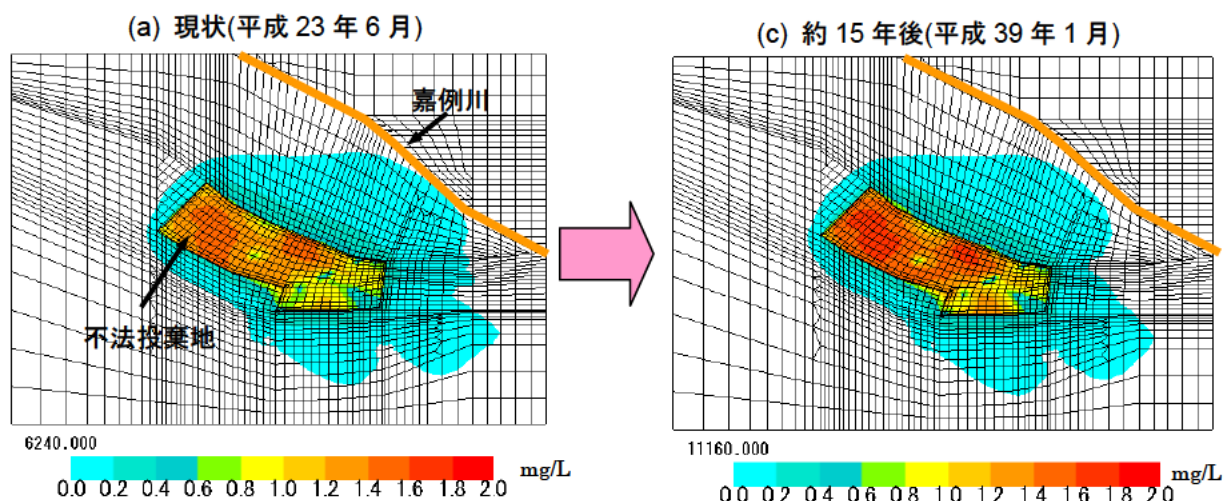
解析条件：分散長 $Al=10m$, $At=1.0m$, 遅延係数 $Rd=1.0$ (最小値 $0.05mg/L$)

図7.1 1,4-ジオキサン濃度分布の経年変化 第1帯水層(EL45m)



解析条件：分散長 $Al=10m$, $At=1.0m$, 遅延係数 $Rd=1.0$ (最小値 $0.05mg/L$)

図7.2 1,4-ジオキサン濃度分布の経年変化 第2帯水層(EL42m)



解析条件：分散長 $A_l=10\text{m}$, $A_t=1.0\text{m}$, 遅延係数 $R_d=1.0$ (最小値 0.05mg/L)

図 7.3 1,4-ジオキサン濃度分布の経年変化 第3帯水層(EL36m)

(2) 環境修復シナリオ

生活環境保全上の支障除去等の目標である「不法投棄地周辺地下水及び嘉例川が環境基準を達成し、その状態が保たれている」ことを達成するために、①安全性、②環境修復技術の確実性、③目標達成までの期間、④経済性の4つの視点から技術検討を行い、⑤関係者との合意形成(リスクコミュニケーション)を加えた最適な環境修復シナリオをプランニングするものとする。

環境修復シナリオを構築するに際しては、対策対象物及び汚染の程度に応じて A)遮水壁内外の廃棄物、B)遮水壁内の汚染土壌、C)遮水壁内の汚染地下水、D)遮水壁外の汚染地下水の4つに浄化対象を分けて(図7.4)対策工法を検討する。また、対策工法の選定に際しては、環境修復シナリオの目標達成までの期間として A)遮水壁内外の廃棄物、B)遮水壁内の汚染土壌及びC)遮水壁内の汚染地下水の汚染源対策を概ね5年以内で完了することとし、D)遮水壁外の汚染地下水の対策期間を含めて、産廃特措法の延長要望期間である10年間で目標達成できる対策工の技術的検討を行い、エリア毎に環境修復の中間目標(指標)を設定し、対策期間の各段階において進捗管理を行い、中間目標の到達レベルを評価することとする。中間目標に到達していなければ、フォローアップ技術として補完的環境修復技術や追加的環境修復技術を適用する。

以上の考え方にに基づき、表7.1に環境修復シナリオを示す。

なお、不法投棄地から新たに汚染物質が浸出しない状態における1,4-ジオキサン濃度の汚染拡散シミュレーション結果から、1,4-ジオキサンの拡散領域は経年的に小さくなり、不法投棄地が周辺地下水汚染の汚染源とならないことが、目標である不法投棄地周辺地下水が環境基準を達成するために非常に効果的であることが確認できる。そのため、汚染源対策であるA)、B)、C)については、「不法投棄された特定産業廃棄物による地下水汚染の防止」を図るために「周辺地下水の汚染源とならないこと(周辺地下水の水質に影響を及ぼさない

こと)」を指標とする。

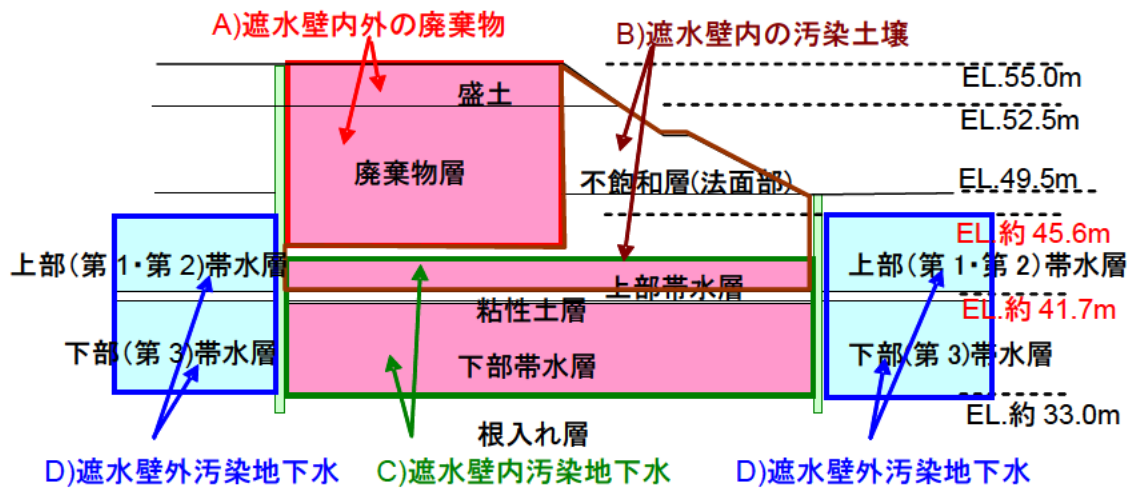
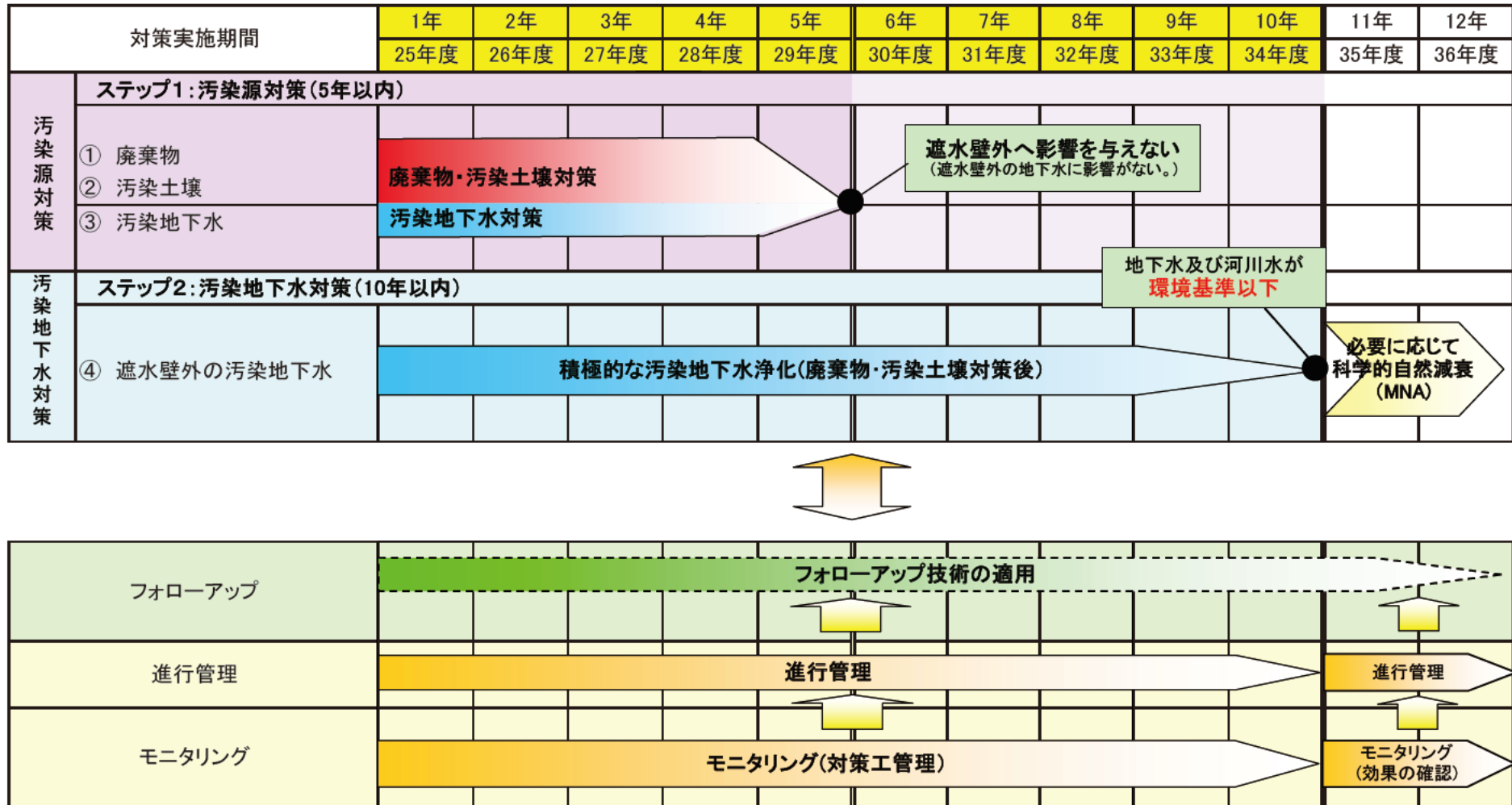


図 7.4 浄化対象

表 7.1 環境修復シナリオ



(3) 廃棄物対策技術の適用性

不法投棄廃棄物に対する対策工法は、一般に、掘削・撤去工法、覆土工法、原位置封じ込め工法、原位置処理工法等があるが、当該地における廃棄物対策技術は、

ケース a：揚水＋水処理（現工法の継続：地下水制御による汚染拡散防止）

ケース b：部分掘削処理（汚染源となる高濃度の廃棄物の掘削除去）

ケース c：不溶化・固化（不溶化・固化により 1,4-ジオキサンや VOC の溶出防止）

ケース d：原位置浄化（原位置浄化により 1,4-ジオキサンや VOC の濃度低減）

ケース e：全量掘削処理（廃棄物の全量掘削撤去）

の 5 つの工法が考えられる。

1) ケース a：揚水＋水処理（現工法の継続：地下水制御による汚染拡散防止）

ケース a は遮水壁内の既設井戸を利用して地下水を揚水し、遮水壁内の地下水位を周辺の地下水より低く制御して汚染地下水の外部への拡散防止を図り、汚染源とにならないようにするもので、現工法を継続的に行っていくケースである。揚水された汚染水は既設水処理設備で処理する。

本ケースは現工法の継続実施であるため、対策工の確実性があり、既設の揚水設備や水処理施設がそのまま利用できるため短期的には多大な財政負担を伴わないが、中間目標の汚染源とにならないためには、廃棄物の浄化ができないので揚水と水処理を半永久的に実施していく必要がある。

2) ケース b：部分掘削処理（汚染源となる高濃度の廃棄物の掘削除去）

ケース b は汚染源となる高濃度の廃棄物及び汚染土壌（以下「廃棄物等」という。）を部分的に掘削し、汚染ポテンシャルを低下させて汚染源にならないようにするものである。しかし、不法投棄地内に埋立判定基準を超過した廃棄物が残置されるおそれがあり、汚染源としないためにはケース a の揚水＋水処理を併用し継続的に行っていく必要がある。

3) ケース c：不溶化＋固化処理（不溶化・固化により 1,4-ジオキサンや VOC の溶出防止）

ケース c は遮水壁内の廃棄物等から汚染物質が溶出しないように、セメント等を混合させて不溶化・固化させて汚染源にならないようにするものである。しかし、これまでの大口径井戸掘削工事の際に廃棄物層は不均質であることが分かっており、全領域を不溶化・固化により汚染物質の溶出を抑止することは確実性が低いと考えられる。また、汚染物質の溶出が認められたときには、ケース a の揚水＋水処理を併用し継続的に行っていく必要がある。

4) ケース d：原位置浄化（原位置浄化により 1,4-ジオキサンや VOC の濃度低減）

ケース d は遮水壁内の廃棄物等に酸化剤等を低圧注入または機械混合攪拌して 1,4-ジ

オキサンや VOC を分解・浄化して汚染源にならないようにするものである。しかし、廃棄物層はこれまでの大口径井戸掘削工事により、不均質であり、有機質が含まれていることが分かっており、全領域を均質に分解することは確実性が低いと考えられる。また、汚染土壌に対しては施工実績があるが、廃棄物層については原位置浄化の実績はない。

5) ケース e : 全量掘削処理 (廃棄物の全量掘削撤去)

ケース e は遮水壁内の廃棄物等を全量掘削して汚染源を撤去するもので、高濃度の 1,4-ジオキサンや VOC を含む廃棄物が全量撤去されるので、汚染源とならない中間目標は確実に達成できる。しかし、掘削した廃棄物等の処理処分コストが多くなること、有害物質からのガス発生や廃棄物の飛散・流出等の防止として周辺環境や作業環境対策 (簡易テントや集塵機の設置等) を施す必要がある。

以上、これらのケースのうち、ケース c の不溶化・固化工法とケース d の原位置処理工法は、廃棄物への浄化の実績がなく、これまでの揚水循環浄化における廃棄物への有害物質の残留状況から、廃棄物層が不均質であり全領域を対策することが困難であることや、対策による pH 変化や使用薬剤によって新たな汚染物質の溶出による二次汚染が懸念され、汚染対策技術として当該地へ適用することはできないと考えられる。

よって、環境修復シナリオのロードマップの廃棄物対策工では、当該地において適用可能な次の 3 ケースについて検討する。

ケース a : 揚水+水処理 (現工法の継続 : 地下水制御による汚染拡散防止)

ケース b : 部分掘削処理 (汚染源となる高濃度の廃棄物等の掘削除去)

ケース e : 全量掘削処理 (廃棄物等の全量掘削撤去)

(4)汚染土壌・汚染地下水対策技術の適用性

汚染土壌・汚染地下水の原位置浄化工法として、1,4-ジオキサンと VOC を浄化できる対策工は、

ケース 1：原位置抽出（有害物質を揚水して処理プラントで浄化する：揚水・通水）

ケース 2：原位置分解（汚染域で酸化剤を注入して有害物質を分解する：中性域酸化分解）の 2 つの工法が考えられる。

1)ケース 1：原位置抽出（有害物質を揚水して処理プラントで浄化する：揚水浄化等）

ケース 1 は既設井戸を利用して汚染地下水を揚水して汚染物質を回収し、地下水を入れ替えることで浄化を図るもので、揚水された汚染地下水は既設水処理設備で処理する。

この方法は、既設の揚水設備や水処理施設がそのまま利用できることでコストを抑えることができ、土壌への吸着性の小さい 1,4-ジオキサンに対しては効果的であると考えられる。ただし、汚染物質の回収率が低下する可能性があるため、進行管理を行って必要に応じて揚水量の増量や揚水箇所の変更など適切に対応していく必要がある。

2)ケース 2：原位置分解（汚染域で酸化剤を注入して有害物質を分解する：混合攪拌等）

ケース 2 は酸化剤と中性域触媒を汚染域に注入・混合して汚染物質を酸化分解させて浄化を図るもので、注入・混合方法としては、井戸からの注入、機械式混合攪拌や高圧噴射等がある。この方法は酸化剤により分解させるので確実に浄化できるが、注入・混合は地表面からの作業となるので地上に民家や既設建物などがある場所では適用できない。また、注入工法は酸化剤を均質浸透させるため低圧力注入となるので浸透範囲が小さくなり、注入井戸を密に設置する必要がある。一方、機械式混合では混合攪拌により地盤が泥濁化し、第 3 帯水層のみを浄化することはできない（第 1 と第 2 帯水層も一緒に攪拌され、地層構成が乱れる）。

当該地における 1,4-ジオキサン拡散範囲は、南側で既設水処理設備の設置範囲や民家の付近まで到達しており、この範囲まで浄化が必要であるため、地上にある程度スペースが必要となるケース 2 の酸化分解を単独で適用することは困難である。ただし、ケース 2 は対策エリアにおいて制約条件があるが、酸化剤により汚染は確実に浄化できるので、ケース 1 の原位置抽出（揚水浄化等）が計画とおりに進行できなかつたときに必要に応じて実施するフォローアップ対策技術の 1 つとして位置づけることとする。

よって、環境修復シナリオのロードマップの汚染土壌・汚染地下水対策技術では、ケース 1 の揚水浄化について検討する。なお、揚水浄化は既に揚水浄化対策として水処理施設 (60m³/日) が整備されており、不法投棄地から新たに汚染物質が浸出しない状態において揚水浄化したときの 1,4-ジオキサンの汚染拡散シミュレーション結果からも有効であることが確認されている。

2 環境修復シナリオのロードマップについて

環境修復シナリオとしては、3つの廃棄物対策技術と1つの汚染土壌・汚染地下水対策技術を組み合わせた（表-7.2）(1)ケース a-1：揚水による水位制御＋揚水浄化、(2)ケース b-1：廃棄物等の高濃度箇所部分掘削処理＋揚水浄化、(3)ケース e-1：廃棄物等の全量掘削処理＋揚水浄化の3ケースについて、環境修復シナリオのロードマップを示し、安全性、環境修復の確実性、目標達成までの期間、経済性や合意形成の観点から比較検討を行う。

表-7.2 廃棄物対策技術と汚染土壌・汚染地下水対策技術の組合せ

廃棄物対策技術	汚染地下水対策技術
ケース a 揚水循環浄化	ケース 1 揚水浄化
ケース b 一部掘削処理	
ケース e 全量掘削処理	

表-7.3～表-7.5 に各ケースにおける概略工程を示す。

(1) ケース a-1 : 揚水による水位制御+揚水浄化

① 対策の概要

ケース a-1 は、現工法の揚水浄化処理を継続するもので、遮水壁内外の既設井戸を利用して揚水された汚染地下水を、既設水処理設備で処理し放流する方法である。

ケース a-1 での汚染源対策は、遮水壁内の地下水位を周辺の地下水位より低く制御して汚染地下水の外部への拡散防止を図るものである。

汚染地下水対策としては、周辺汚染地下水を既存の揚水浄化処理施設にて処理し、地下水を入れ替えることで浄化を図るものである。

② 揚水量等

汚染源対策である遮水壁内の揚水浄化は、地下水位を低下させることが目的であるため、遮水壁内の上部帯水層（第 1 と第 2 帯水層）と下部帯水層（第 3 帯水層）から目標水位となるように揚水することとする。帯水層毎の揚水量は、これまで実施してきた対策工による実績から、上部帯水層から $9.0\text{m}^3/\text{日}$ 、下部帯水層から $25.0\text{m}^3/\text{日}$ の計 $34.0\text{m}^3/\text{日}$ の揚水量で遮水壁外より地下水位を低下させることができる。（緊急対策時の揚水量を継続する）。

一方、遮水壁外の汚染地下水対策としては、1,4-ジオキサン濃度が高濃度域にある既存井戸から揚水することとし、第 2 帯水層と第 3 帯水層における揚水量は、濃度コンター図より環境基準 (0.05mg/L) を超過しているエリアにおける加重平均濃度から、対策期間の 10 年間で加重平均濃度が環境基準を下回ることを条件に設定する。ここで、揚水による 1,4-ジオキサンの揚水効率を 0.33 と想定した場合、第 2 帯水層から $11.0\text{m}^3/\text{日}$ 、第 3 帯水層から $15.0\text{m}^3/\text{日}$ の計 $26\text{m}^3/\text{日}$ 揚水浄化することにより、遮水壁外の浄化は期限内に完了することができる。

以上の場合、揚水量は汚染源対策（遮水壁内）が $34\text{m}^3/\text{日}$ 、汚染地下水対策（遮水壁外）が $26\text{m}^3/\text{日}$ の計 $60\text{m}^3/\text{日}$ （既存水処理施設の処理能力 $60\text{m}^3/\text{日}$ ）となる。

なお、各エリアの揚水量は 1 年毎に進行管理を行い見直すこととする。

③ 対策期間

汚染地下水対策の目標達成期間は 10 年程度である。

しかし、汚染源対策は、揚水による地下水位制御となるので半永久的な管理が必要となる（表-7.3 参照）。

表-7.3 ケース a-1（揚水による水位制御＋揚水浄化）の概略工程

対策箇所	対策内容		シオキサン 平均濃度 mg/L	数量	単位	対策期間																		
	対策物質	対策工				1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	～	50年					
						25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度	31年度	32年度	33年度	34年度	35年度	36年度	～	74年度					
ケース a-1 揚水浄化	汚染源対策	遮水壁内 廃棄物 汚染土壌 汚染地下水	1,4-ジオキサン VOC	揚水＋水処理 (水位制御)	上部帯水層 1.9 下部帯水層 0.92 計 25	9 25 34	m ³ /日	揚水＋水処理(水位制御)																
	汚染地下水対策	遮水壁外 汚染地下水	1,4-ジオキサン VOC	揚水＋水処理 (浄化) 進行管理	第2帯水層 0.45 第3帯水層 0.28	11 15 26	m ³ /日 m ³ /日 年毎	揚水＋水処理(浄化)																
	水処理施設	運転				1	式	シオキサン平均濃度:環境基準レベル(揚水効率0.33)																
	改修				5	年毎	必要に応じて科学的自然減衰(MNA)																	
モニタリング					1	式																		

※:揚水量は概略検討で算出したもので、設計段階で変更する可能性がある

④ メリットとデメリット

ケース a-1 のメリットとデメリットは次のとおりである。

1) メリット

- ・遮水壁内の地下水位管理は従来の対策工の継続であり、汚染源対策として地下水位を下げる効果は実績がある（確実性）。
- ・従来の対策工の継続であり、新たな環境汚染のリスクがない（確実性）。
- ・既存の施設を使用するため、新たな用地を確保する必要がない（確実性）。
- ・短期的には既存水処理施設の維持管理に要する費用のみであり、多大な財政負担を伴わない（経済性）。

2) デメリット

- ・高濃度の有害物質を含有する廃棄物等が残置されるので、汚染源対策は半永久的に継続する必要がある（目標達成期間）。
- ・既存の水処理施設能力に余裕がないため、10m³/日程度の施設増強が必要となる（安全性、経済性）。
- ・水処理施設の定期的な改修及び更新が必要となる（その都度コストがかかる）（経済性）。
- ・遮水壁は永久構造物ではないので、遮水機能劣化による更新が必要となる（経済性）。
- ・残置された廃棄物からの汚染リスクが残るため、発生が予想されている大震災による2次災害のリスクがある（安全性）。
- ・事業完了までの期間が想定できないため、全体コストを算出できない（経済性）。
- ・廃棄物が残置されるため、周辺住民に安全・安心が理解されにくい（合意形成）。
- ・跡地利用することができない（合意形成）。

(2) ケース b-1 : 高濃度箇所掘削処理+揚水浄化

① 対策の概要

ケース b-1 は、不法投棄地内の汚染源及び高濃度汚染箇所を掘削処理する方法である。

汚染源対策としては、埋立判定基準を超過している廃棄物（特別管理産業廃棄物相当）及び高濃度汚染箇所等を撤去し、遮水壁内に残された汚染地下水を揚水浄化によって処理するものである。

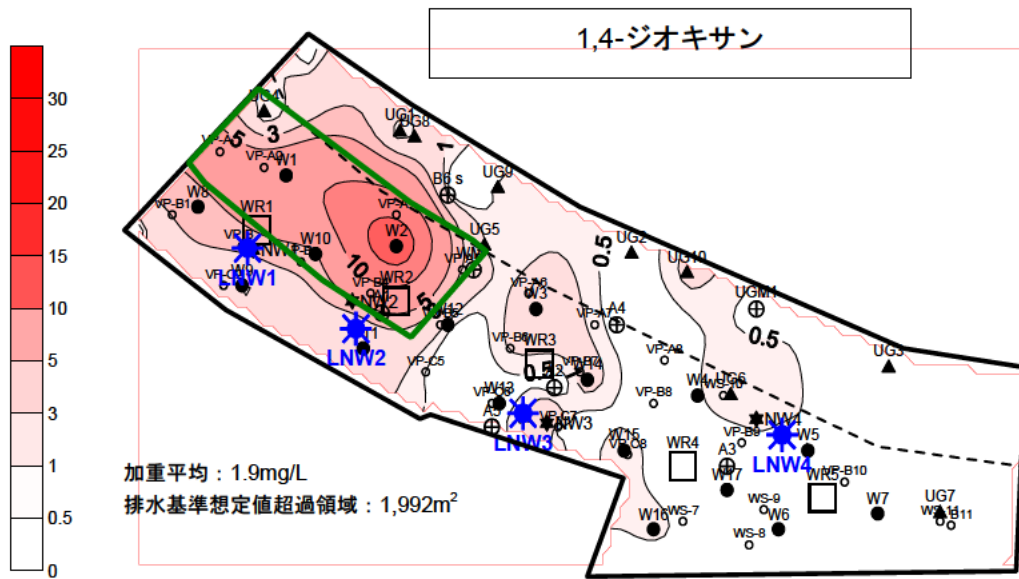
一方、遮水壁外に拡散している汚染地下水対策としては、ケース a-1 と同様に汚染地下水を揚水して浄化を図るものである。

② 廃棄物等の掘削箇所等

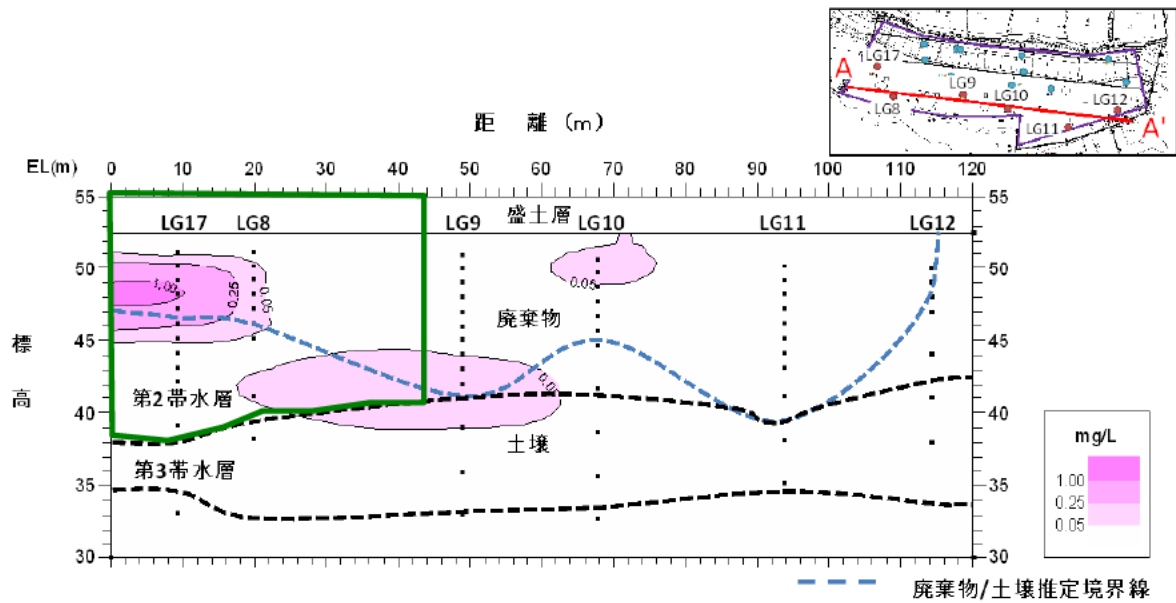
現在、拡散が確認されている 1,4-ジオキサンによる地下水汚染対策として、同物質を含有する廃棄物の埋設箇所を含む地下水濃度コンターが高い部分を掘削する方法や、VOC も含めた有害物質の汚染源対策として、ボーリング調査等により把握または推定されている埋立判定基準等を超過して有害物質を含有する廃棄物の埋設箇所を部分的に掘削する方法等が考えられる。

例えば、1,4-ジオキサンによる地下水汚染を防止するために部分掘削する箇所としては、地下水濃度コンターが最も高い W2 井戸付近を中心とした 5mg/L コンター付近で廃棄物層及び廃棄物下部の上部帯水層の汚染土壌まで部分掘削処理する方法がある。その場合は、地下水中の 1,4-ジオキサンの除去率は 69%（加重平均濃度で 1.9mg/L→0.58mg/L）となり、汚染範囲の広さ約 45.8m×13.0m、面積 590m²程度、平均掘削深さは 13.3m、掘削量は、表層のアスファルト層を含む盛土層が 1,500m³、廃棄物が 4,000m³、汚染土壌が 2,300m³である(図 7.5 参照)。

また、VOC も含めた有害物質の汚染源を部分撤去する場合の掘削箇所としては、図-7.5 の掘削箇所と併せて埋立判定基準を超過して VOC の含有が確認された周辺を撤去する方法が考えられる。しかし、当該不法投棄地は廃棄物が無秩序に投棄されており、これまでの調査で把握されている埋立判定基準を超過する箇所の廃棄物等を掘削除去しても、詳細な調査でも汚染源を確実に把握できるわけでないことから汚染源となる廃棄物が残置されるおそれが非常に高い。なお、廃棄物層は平均 10%の油分が含まれ、管理型処分場でも埋立処分できない 5%を超過する油分を含む廃棄物を除去するとすれば、不法投棄廃棄物の大部分を撤去しなければならない。



(a) 廃棄物層内の 1,4-ジオキサン濃度分布(H23 年/6 月)



A-A' 断面 (遮水壁内側南側)

(b) 1,4-ジオキサン溶出量分布(H22 年度調査)

□ : 掘削範囲

掘削範囲: コンターライン 5mg/L を囲むように、大きさ約 45.8m×13.0m、面積 590m²程度、平均掘削深さは 13.3m
 掘削量: 盛土層 1,500m³、廃棄物 4,000m³、汚染土壌 2,300m³
 部分撤去による地下水中の 1,4-ジオキサン除去効果: 加重平均 1.9mg/L→0.58mg/L (1,4-ジオキサン撤去率 69%)

図-7.5 1,4-ジオキサン高濃度汚染箇所部分掘削 (案)

③ 遮水壁内外の汚染地下水対策

廃棄物等の掘削時には、掘削作業性や山留め安全性を確保するために、地下水位を低下させる目的で遮水壁内の上部及び下部帯水層から水処理施設の処理能力と同じ $60\text{m}^3/\text{日}$ で揚水を行うこととする。遮水壁内の揚水量は、ケース a-1 の地下水制御と同じ比率とし、上部帯水層から $16\text{m}^3/\text{日}$ 、下部帯水層から $44\text{m}^3/\text{日}$ とする。

つぎに、汚染源及び高濃度汚染箇所の廃棄物等の掘削完了後は、遮水壁内外の汚染地下水対策のために揚水浄化処理を行う。

例えば図-7.5 のとおり 1,4-ジオキサンによる地下水汚染対策として汚染源及び高濃度汚染箇所の廃棄物等の掘削処理を実施した場合における遮水壁内の地下水揚水浄化計画では、上部帯水層と下部帯水層から廃棄物等の掘削完了後 7 年間（廃棄物等の掘削期間と併せて 10 年間）で浄化が完了するように揚水することとする。なお、揚水量は、VOC が遮水壁の効果が期待できることから、1,4-ジオキサンの浄化に必要な揚水量として、上部帯水層から $12.0\text{m}^3/\text{日}$ 、下部帯水層から $32.0\text{m}^3/\text{日}$ の計 $44\text{m}^3/\text{日}$ とする。

一方、遮水壁外の汚染地下水対策では、揚水浄化処理により 7 年間で 1,4-ジオキサンの加重平均濃度が環境基準を下回ることをケース a-1 と同条件で設定すると、揚水量は第 2 帯水層から $15.0\text{m}^3/\text{日}$ 、第 3 帯水層から $21.0\text{m}^3/\text{日}$ の計 $36\text{m}^3/\text{日}$ となる（表-7.4 参照）。

廃棄物等の掘削処理後の揚水量は遮水壁内が $44\text{m}^3/\text{日}$ 、遮水壁外が $36\text{m}^3/\text{日}$ の計 $80\text{m}^3/\text{日}$ となり、既存の水処理施設（処理能力 $60\text{m}^3/\text{日}$ ）では $20\text{m}^3/\text{日}$ の処理能力が不足することになり、水処理施設の増強が必要となる。

なお、各エリアの揚水量は 1 年毎に進行管理を行い見直すこととする。

④ 対策期間

周辺汚染地下水対策の目標達成期間は 10 年程度である。

例えば図-7.5 のとおり部分掘削した場合、汚染源対策としては、1,4-ジオキサンの汚染源を含む高濃度汚染箇所の廃棄物等を掘削処理することにより汚染源のポテンシャルは著しく低下する。また、1,4-ジオキサンの汚染源が一部残置されても、親水性が高い同物質の特性から推測すると地下水と接触している廃棄物からは既に溶出していると考えられる。そのため、1,4-ジオキサンの汚染源は 10 年で浄化は可能と考えられる。

なお、埋立判定基準を超過する VOC を含有する廃棄物は残置されることとなるため、モニタリングによる検証を長期間実施する必要がある。

表-7.4 ケース b-1（一部撤去+揚水浄化）の概略工程

対策箇所	対策内容		シオキサン平均濃度 mg/L	数量	単位	対策期間															
	対策物質	対策工				1年 25年度	2年 26年度	3年 27年度	4年 28年度	5年 29年度	6年 30年度	7年 31年度	8年 32年度	9年 33年度	10年 34年度	11年 35年度	12年 36年度	～	50年 74年度		
汚染源対策	廃棄物	1,4-シオキサン VOC	高濃度箇所掘削処理	盛土 8,340	m ³	高濃度箇所掘削処理															
	遮水壁内汚染土壌	1,4-シオキサン VOC	一部掘削処理	土壌 3,860	m ³	一部掘削処理															
	遮水壁内汚染地下水	1,4-シオキサン VOC	揚水+水処理 (水位制御)	上部帯水層 1.9	16	m ³ /日	揚水+水処理(水位制御)														
				下部帯水層 0.92 計 60	44	m ³ /日															
汚染地下水対策	1,4-シオキサン VOC	揚水+水処理 (浄化)	上部帯水層 0.58	12	m ³ /日	シオキサン平均濃度:上部帯水層0.37mg/L(掘削処理)															
			下部帯水層 0.92 計 44	32	m ³ /日	揚水+水処理															
汚染地下水対策	1,4-シオキサン VOC	揚水+水処理 (浄化)	第2帯水層 0.45	15	m ³ /日	シオキサン平均濃度:環境基準レベル(浄化効率0.33)															
			第3帯水層 0.28	21	m ³ /日	揚水+水処理(浄化)															
水処理施設	運転・増強	進行管理	第2帯水層 0.45	1	年毎	必要に応じて科学的自然減衰(MNA)															
			第3帯水層 0.28	1	年毎																
モニタリング	改修	進行管理	第2帯水層 0.45	1	式	処理能力増強 60→90m ³ /日															
			第3帯水層 0.28	1	式	検証(効果の確認)															

⑤ 周辺環境に及ぼす影響

廃棄物等の掘削、処理、搬出作業においては、VOC等の有害物質からのガス発生や廃棄物等の飛散・流出による周辺環境への二次汚染が懸念されることから、掘削ヤード、掘削物処理ヤード、ストックヤードに簡易テントを設置して、その中を集塵機で負圧に管理すること等によって外部環境と遮断する計画とする。

その他に廃棄物等の運搬車両による周辺環境への影響が想定される。ケース b-1 の部分掘削処理では、不法投棄地の表層から掘削することになるので、現場からの廃棄物等の搬出は、盛土材→廃棄物→汚染土壌の順序となる。掘削は不法投棄地の地表よりクラムシェルによる掘削となり、切梁等の障害物があることや簡易テント内で防護服着用での作業となるので、日掘削量は 130m³（障害ありのクラムシェル日掘削量）の 50%程度と考えられる。以下に搬出日数と日当たりの運搬車の台数を算出する（表-7.5 参照）。

表-7.5 廃棄物等の搬出台数（ケース b-1：一部掘削処理+揚水浄化）

掘削物	容量 (m ³)	掘削量 ^{a)} (m ³ /日)	搬出日数 ^{b)} (日)	搬出台数 ^{c)} (台/日)	算出条件
盛土	2,650	65	61	12(10tDT)	a) : クラムシェル掘削 130m ³ /日×50% b) : 稼働日 = 実働×1.5 c) : 単位体積重量 廃棄物 2.0t/m ³ 汚染土壌と盛土 1.8 t/m ³ 最大搬出台数は廃棄物の搬出時
廃棄物	7,780	65	180	13(10tDT)	
汚染土壌	3,860	65	89	12(10tDT)	
計	14,290	—	330 (1年間)	13(10tDT)	

現場からの廃棄物等の搬出量は搬出先の受入量にもよるが、最大で、日搬出量が 130t/日 (=65m³/日×2.0t/m³)、10 t ダンプトラック 13 台程度であり（搬出期間 1 年間）、6 時間作業とすると 2～3 台/h と県道四日市多度線の大型車通行量約 18 台/h(※¹)と比較しても周辺環境に過度の影響を与えるものではない。

※¹:平成22年度調査結果より、県道四日市多度線平日昼間平均交通量(7時から19時)2838台/12h、大型車混入率7.6%(約216台/12h)

⑥ メリットとデメリット

ケース b-1 のメリットとデメリットは次のとおりである。

1) メリット

- ・汚染源を部分撤去することから汚染リスクが大きく低減する（安全性）。
- ・1,4-ジオキサンの特性から推測すると、揚水浄化処理を停止することができる（安全性）。

2) デメリット

- ・廃棄物等を掘削処理するため、ケース a-1 と比較して短期的にやや高額な財政負担が生じる（経済性）。
- ・汚染源が残留するおそれがあるので、汚染源対策が長期間に及ぶおそれがある（目標達成期間）。
- ・汚染源が残留するおそれがあるので、長期間のモニタリングによる検証と水処理施設の保全が必要となる（経済性）。
- ・検証結果によっては、新たな対策を講じなければならない（確実性、経済性）。
- ・廃棄物が残置されるため、大規模災害による 2 次災害のおそれがある（安全性）。
- ・廃棄物等の掘削処理作業による周辺環境への 2 次汚染リスクがあるため、周辺環境・作業環境対策が必要となる（安全性）。
- ・掘削ヤード、処理ヤード、ストックヤードを設置するための用地確保が必要である（確実性）。
- ・対策期間を 10 年間とするためには、水処理施設の能力を $30\text{m}^3/\text{日}$ 程度（不足分 $20\text{m}^3/\text{日}$ 増強させる必要がある（経済性））。
- ・汚染源対策として遮水壁の効果に期待しているため、遮水機能劣化による更新が必要となるおそれがある（経済性）。
- ・廃棄物が残置されるため、跡地利用に制限がある（合意形成）。

(3) ケース e-1 : 全量掘削処理+揚水浄化

① 対策の概要

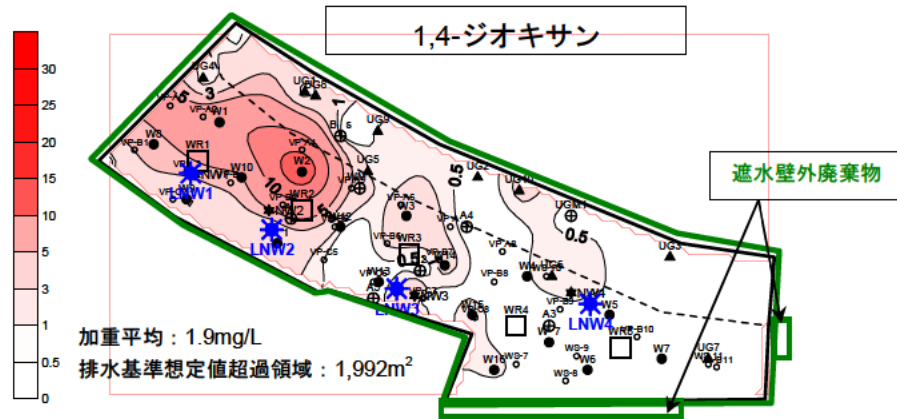
ケース e-1 は、汚染源となる廃棄物と土壤環境基準を超過する汚染土壤の全てを掘削処理する方法である。

汚染源対策として、遮水壁内外の 1,4-ジオキサンや VOC 等の汚染源を全て掘削撤去することにより浄化を図る。

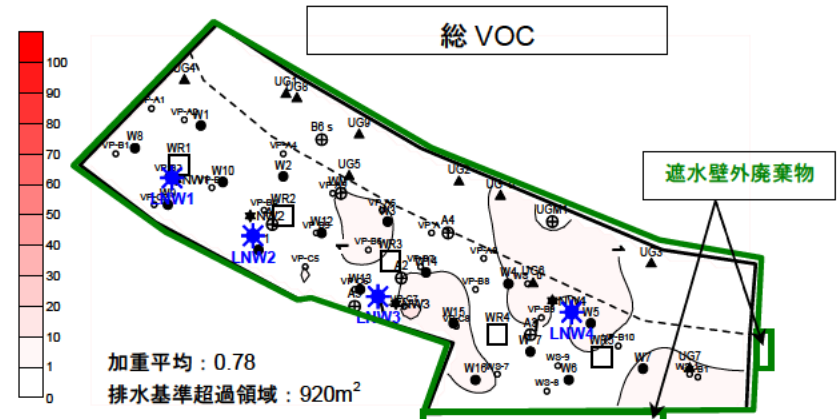
また、汚染地下水対策としては、ケース a-1 と同様に汚染地下水を揚水して浄化を図るものである。

② 廃棄物等の掘削箇所、掘削量、掘削方法

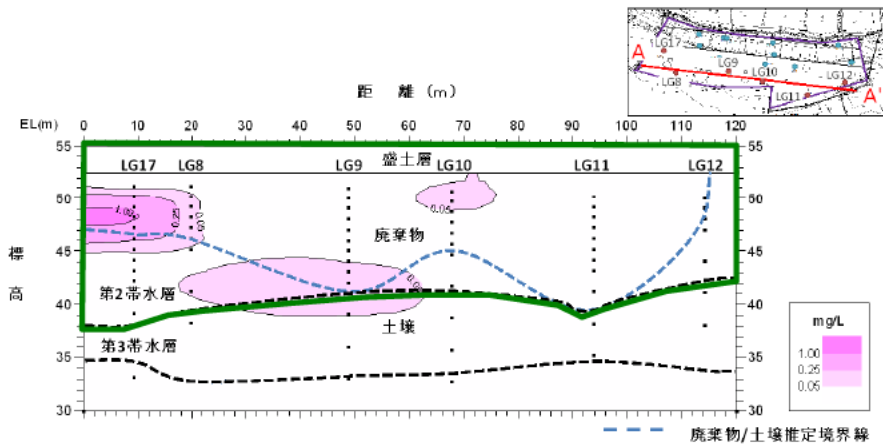
廃棄物等の掘削箇所は、汚染源及びそのおそれのある区域の遮水壁内及び遮水壁外に残置されている廃棄物等を全て撤去する。掘削範囲は広さ約 120m×35m、面積 3,940m² となり、汚染土壤まで掘削撤去すると平均掘削深さは 13.3m (図-7.6 参照)、掘削量は、表層のアスファルトや盛土層が 7,500m³、廃棄物が 21,200m³、汚染土壤が 21,000m³ である。



(a)廃棄物層内の1,4-ジオキサン濃度分布(H23年/6月)

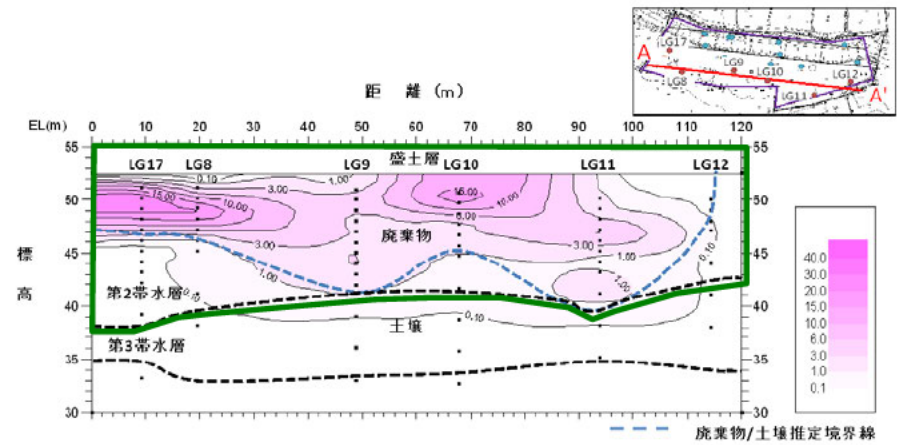


(a)廃棄物層内の総 VOC 濃度分布(H23年/6月)



A-A' 断面 (遮水壁内側南側)

(b)1,4-ジオキサン溶出量分布(H22年度調査)



A-A' 断面 (遮水壁内側南側)

(b)総 VOC 溶出量分布(H22年度調査)

掘削範囲: 遮水壁内外の廃棄物全量と遮水壁内の上部帯水層の汚染土壌、面積 3,940m²程度、平均掘削深さは 13.3m
 掘削量: 盛土層 7,500m³、廃棄物 21,200m³、汚染土壌 21,000m³ (全量) ※、※汚染土壌掘削量は全量とするか一部残置させるかは今後検討する予定
 1,4-ジオキサン撤去による効果: 上部帯水層 加重平均 1.9mg/L→0.0mg/L (1,4-ジオキサン撤去率 100%: 上部帯水層の汚染土壌を全量撤去したとき)
 下部帯水層 加重平均 0.92mg/L→0.044mg/L (掘削時の水位低下のための揚水浄化による効果、上部帯水層からの拡散がないものとして評価)

図-7.6 廃棄物等の全量掘削箇所 (ケース e-1)

□ : 掘削範囲

③ 遮水壁内外の汚染地下水対策

廃棄物等の掘削時には、ケース b-1 と同様に遮水壁内の地下水を水処理施設の処理能力と同じ、上部帯水層から 16m³/日、下部帯水層から 44m³/日の計 60m³/日で揚水を行うこととする。

廃棄物等の掘削完了後は、汚染源対策として遮水壁内の下部帯水層の揚水浄化、汚染地下水対策として遮水壁外の汚染地下水の揚水浄化を行う。

遮水壁内の下部帯水層の揚水浄化は、廃棄物等の掘削処理対策後の 5 年間（廃棄物等の掘削処理対策時の 5 年間と併せてトータル 10 年間）で 1,4-ジオキサンの加重平均濃度が環境基準を下回ることを条件に設定することになる。しかし、廃棄物等を掘削するための地下水位管理を 5 年間継続することにより下部帯水層の 1,4-ジオキサン平均濃度が環境基準以下にするための揚水量となり、廃棄物等の掘削処理対策後に揚水浄化を改めて実施する必要は無い（揚水効率 0.33）。

一方、遮水壁外の汚染地下水対策についても同様に、揚水浄化処理により 5 年間で 1,4-ジオキサンの加重平均濃度が環境基準を下回ることを条件に設定すると、揚水量は第 2 帯水層から 21.0m³/日、第 3 帯水層から 29.0 m³/日の計 50 m³/日となる（表-7.4 参照）。

掘削処理後の揚水量は、汚染地下水対策（遮水壁外）の 50 m³/日のみとなり、既存の水処理施設（処理能力 60m³/日）で処理することができる。

なお、各エリアの揚水量は 1 年毎に進行管理を行い見直すこととする。

④ 対策期間

産廃特措法の延長想定期間の 10 年で、全ての対策を完了することができる（表-7.4 参照）。

表-7.6 ケース e-1（全量掘削処理+揚水浄化）の概略工程

対策箇所	対策物質	対策工	シオキサン平均濃度 mg/L	数量	単位	対策期間																		
						1年 25年度	2年 26年度	3年 27年度	4年 28年度	5年 29年度	6年 30年度	7年 31年度	8年 32年度	9年 33年度	10年 34年度	11年 35年度	12年 36年度	～	50年 74年度					
ケース e-1 全量掘削処理+揚水浄化	廃棄物	1,4-ジオキサン VOC	全量掘削処理	盛土 廃棄物	7,300 20,000	m ³ m ³	全量掘削処理																	
	遮水壁内汚染土壌	1,4-ジオキサン VOC	掘削処理	土壌	※※ 21,000	m ³	掘削処理																	
	遮水壁内汚染地下水	1,4-ジオキサン VOC	揚水+水処理 (水位制御)	上部帯水層	1.9	16	m ³ /日	シオキサン平均濃度:上部帯水層0mg/L(掘削処理)、下部帯水層0.040mg/L(揚水浄化)																
				下部帯水層	0.92	44	m ³ /日	揚水+水処理(水位制御)																
	汚染地下水対策	1,4-ジオキサン VOC	揚水+水処理 (浄化)	計	0	60	m ³ /日	シオキサン平均濃度:環境基準レベル(浄化効率0.33)																
上部帯水層				0	0	m ³ /日	揚水+水処理(浄化)																	
水処理施設	1,4-ジオキサン VOC	揚水+水処理 (浄化)	下部帯水層	0.04	0	m ³ /日	シオキサン平均濃度:環境基準レベル(揚水効率0.33)																	
			計	0	0	m ³ /日	揚水+水処理(浄化)																	
モニタリング	進行管理	第2帯水層 0.45 第3帯水層 0.28 計	21 29 計	m ³ /日 m ³ /日 m ³ /日	1	年毎	必要に応じて科学的自然減衰(MNA)																	
水処理施設	運転				1	式	検証(効果の確認)																	
水処理施設	改修				5	年毎																		

※:揚水量は概略検討で算出したもので、設計段階で変更する可能性がある
 ※※:汚染土壌掘削量は今後の検討課題とする

⑤ 周辺環境に及ぼす影響

廃棄物等の掘削、処理、搬出作業における VOC 等の有害物質からのガス発生や廃棄物等の飛散・流出による周辺環境対策は、ケース b-1 と同様に、掘削ヤード、掘削物処理ヤード、ストックヤードに大型の簡易テントを設置してその中を集塵機で負圧に管理することによって外部環境と遮断する計画とする。

廃棄物等の運搬車両による周辺環境への影響としては、ケース b-1 と同量の掘削量/日とした場合の搬出日数と日当たりの運搬車の台数を算出する（表-7.7 参照）。

表-7.7 廃棄物等の搬出台数（ケース e-1：全量掘削処理＋揚水浄化）

掘削物	容量 (m ³)	掘削量 ^{a)} (m ³ /日)	搬出日数 ^{b)} (日)	搬出台数 ^{c)} (台/日)	算出条件
盛土	7,500	65	173	12(10tDT)	a)：クラムシェル掘削 130m ³ /日×50% b)：稼働日＝実動×1.5 c)：単位体積重量 廃棄物 2.0 t/m ³ 汚染土壌と盛土 1.8 t/m ³ 最大搬出台数は廃棄物と汚染土壌を同時搬出
廃棄物	21,200	65	489	13(10tDT)	
汚染土壌	21,000	65	485	12(10tDT)	
計	49,700	—	1,147	25(10tDT)	

現場からの廃棄物等の搬出量は搬出先の受入量にもよるが、廃棄物と汚染土壌を同時に搬出したとすると、最大で見積もっても日搬出量が 247t/日（： $65\text{m}^3/\text{日} \times 2.0\text{t}/\text{m}^3 + 65\text{m}^3/\text{日} \times 1.8\text{t}/\text{m}^3$ ）、10 t ダンプトラック 25 台程度であり、25 台/日は 6 時間作業とすると 4 ～5 台/h と県道四日市多度線の大型車通行量約 18 台/h(※¹)と比較しても周辺環境に過度の影響を与えるものではない。

⑥ メリットとデメリット

ケース e-1 のメリットとデメリットは次のとおりである。

1) メリット

- ・汚染源を全量撤去するので、汚染リスクがなくなる。また、大災害に対しても安心である（安全性、確実性）。
- ・産廃特措法の延長期間で環境修復事業が完了できる（目標達成期間）。
- ・汚染源が全量撤去されるため、水処理施設の負荷が低減する（安全性）。
- ・現地から廃棄物がなくなるため、対策工法として周辺住民の合意が得られやすい（合意形成）。
- ・跡地利用が可能となる。

2) デメリット

- ・廃棄物処理費用が膨大となるため、短期的な財政負担が多くなる（経済性）。
- ・廃棄物量や汚染土壌量が膨大となるので、搬出先の確保が重要となる（廃棄物 130 t/日、汚染土壌 120 t/日程度）（確実性）。
- ・安定搬出の確保や受入条件によっては、広大なストックヤードが必要となる（確実性）。
- ・廃棄物等の掘削処理作業が発生するので周辺環境・作業環境対策が必要となる（安全

性)。

- ・掘削ヤード、処理ヤード、ストックヤードを設置するための用地確保が必要である(確実性)。

(4) 廃棄物等の掘削・処理・処分方法

① 廃棄物の掘削方法

廃棄物の掘削方法としては、(a)山留め工法や(b)ライナープレート工法がある。

(a)山留め工法は、ほとんどの掘削工事で用いられ実績が豊富であり、深度 5mを超えると自立が困難となり切梁や中間杭等が必要となる(図-7.7 参照)。

山留め工法の特徴は次のとおりである。

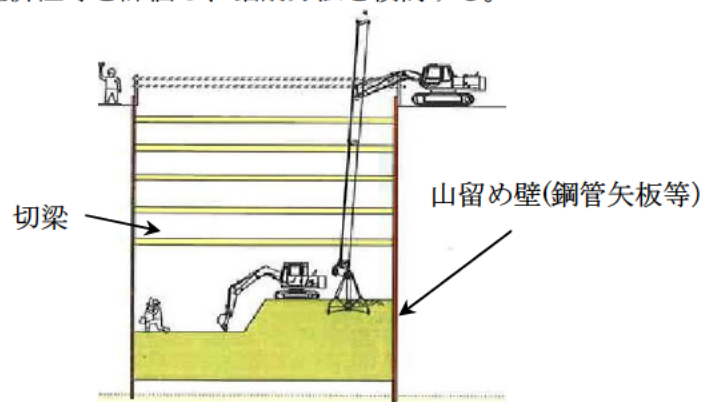
- ・掘削エリアの廃棄物等は確実に掘削撤去できる。
- ・埋戻土の再汚染がほとんどない。
- ・下部帯水層の浄化井戸は養生しながら掘削できる。
- ・掘削エリアが広範囲となるので、掘削底面の汚染調査が容易となる。
- ・廃棄物層内に山留め材を施工する場合は、廃棄物を地盤内に巻き込まないように留意する必要がある。

一方、(b)ライナープレート工法(深礎工法)は、当該地において大口径揚水井戸を設置するために採用しており、廃棄物等をライナーを組み立てながら所定深度まで掘削するもので、掘削完了後、ライナープレートを撤去しながら土壌を埋戻す。コストは山留めと比較して安い、工期が長く、ライナープレートの設置や撤去を人力で行うため作業環境の安全性に留意する必要がある(図-7.8 参照)。

ライナープレート工法の特徴は次のとおりである。

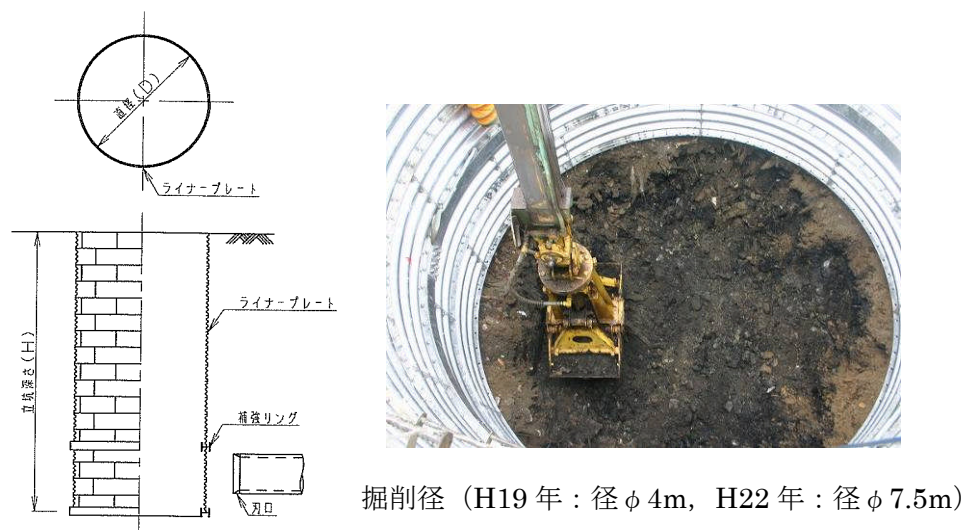
- ・掘削エリアが小さいので周辺環境対策は容易にできる。
- ・大口径揚水井戸掘削工事において用いた工法であり当該地における施工実績がある。
- ・掘削深度の変化に対応しやすい。

当該地においては掘削箇所が設定された段階で、上記工法を適用したときの安全性、施工性、経済性等を評価し、掘削方法を検討する。



(a) 山留め工法 (鋼管矢板等)

図-7.7 廃棄物等の掘削方法



(b) ライナープレート工法

図-7.8 廃棄物等の掘削方法

② 廃棄物等掘削処理による周辺環境対策

廃棄物等の掘削、処理、搬出作業において、VOC等の有害物質からのガス発生や廃棄物等の飛散・流出による周辺環境への二次汚染が懸念される。それらによる周辺環境対策として、平成21年度の大口径揚水井戸掘削工事では、廃棄物等の処理ヤードに大型の簡易テントを設置し、内部環境を集塵機で負圧に保つことにより、外部への有害物質の拡散や廃棄物等の飛散・流出の防止対策を実施した（図-7.9参照）。

そのため、ケースb-1及びケースe-1の廃棄物等の掘削処理対策においても同様に、有害ガス発生や廃棄物等の飛散・流出による周辺環境対策として、掘削ヤード、掘削物処理ヤード、ストックヤードに簡易テントを設置し、その中を集塵機で負圧に管理することによって外部環境と遮断する計画とする必要がある。

また、当該地はVOC、可燃性ガス、硫化水素ガス等の有害ガスが発生していることから、作業員の安全性を確保するために、①作業員の防護具装着、②集塵機や送風機による換気対策、③有害ガス検知を行わなければならない。なお、防護具は、作業ヤード毎に発生ガスの量や濃度を評価し、レベル1～3に分けて対応する必要がある（図-7.10参照）。



図-7.9 大型簡易テントと集塵機の一例



レベル2：化学防護服+防毒マスク



レベル3：化学防護服+エアライン

図-7.10 作業員の防護服の一例

③ 廃棄物の前処理方法

1) 廃棄物の組成

掘削廃棄物の組成については、平成 19 年度と 21 年度の大口径揚水井戸工事の際に、深さ 1～3m毎に測定している。表-7.8 は廃棄物組成の分析結果であり、値は平成 19 年と平成 21 年の平均値で示している。掘削廃棄物は、土砂、ガラス・がれき、汚泥や鋳物砂などの土砂様物が約 96%を占めている。残りの 4%は金属類、木くずやプラスチック類等の可燃物である。

表-7.8 掘削廃棄物の組成分析結果（H19 年度と H21 年度分析の平均値）

廃棄物種類		重量比 (%)	備 考	
分類	可燃物	紙・布類	0.5	ダンボール片
		合成樹脂・ゴム・皮革類	1.2	ゴム片、ゴムチューブ、廃塗料
		ビニール類	0.2	
		プラスチック類	0.1	瓶蓋
		木・竹・ワラ類	0.7	木片、刷毛の柄
		厨芥類	0.0	貝殻
	小計		2.7	
	不燃物	金属類	0.9	釘、クリップ、乾電池、缶、電灯部分、ホキス、硬貨、針、蛍光灯部品、アルミくず、フタ、ワッシャー
		その他(医療系廃棄物など)	7.5	汚泥、鋳物砂、注射針、ギブス、アンプル
		ガラス・がれき	5.6	かわら片、コンクリートガラ、断熱材、熔融ガラス
		土砂	83.3	汚泥(汚泥と土砂との判別困難)、汚泥混じり、焼却残渣混じり、焼却灰混じり
	小計		97.3	
合計		100.0		
水分(%)		27.0		
乾燥重量(%)		73.0		
総重量(%)		100.0		
熱しゃく減量(分類廃棄物対象) (%)		17.0		

※重量比：乾燥重量の比率

2) 掘削容量（遮水壁内全量掘削処理のとき）

汚染源対策として廃棄物及び汚染土壌（法面部及び上部帯水層）の全量掘削処理（ケース e-1）を行ったときの掘削廃棄物及び掘削汚染土壌の容量を表-7.9 に示す。

掘削物の容量は、廃棄物が遮水壁内約 19,930m³、遮水壁外 1,000+250=1,250m³ の約 21,200m³、盛土が約 7,500m³、汚染土壌が上部帯水層と法面部を合わせて 11,372+2,494+7,075=21,000m³である。

表-7.9 掘削廃棄物と掘削汚染土壌の容量

項目		面積(m ²)	
遮水壁内側		3,813	
平坦(舗装)部		2,906	
法面部		907	

項目	上端EL	厚さ	容積(m ³)		備考
			平坦(舗装)部	法面部	
平坦部	盛土①	55.0	2.53	7,353	加重平均
	廃棄物層②	52.5	6.86	19,925	加重平均
	上部帯水層③	45.6	3.9	11,372	
	粘土層④-1	41.7	1.0	2,906	
	下部帯水層⑤-1	40.7	7.7	22,376	25,282
法面部	不飽和層⑥	55.0	5.5		2,494
	上部帯水層⑦	49.5	7.8		7,075
	粘土層④-2	41.7	1.0		907
	下部帯水層⑤-2	40.7	7.7		6,984
		33.0			7,891
遮水壁外					廃棄物量(m ³) 盛土(m ³)
遮水壁南側⑧-1		延長40m, 幅2.5m, 深11.5m(EL52.5-41)		1,000	150
遮水壁東側⑧-2		延長10m, 幅2.5m, 深5.5m(EL52.5-47)		250	37.5

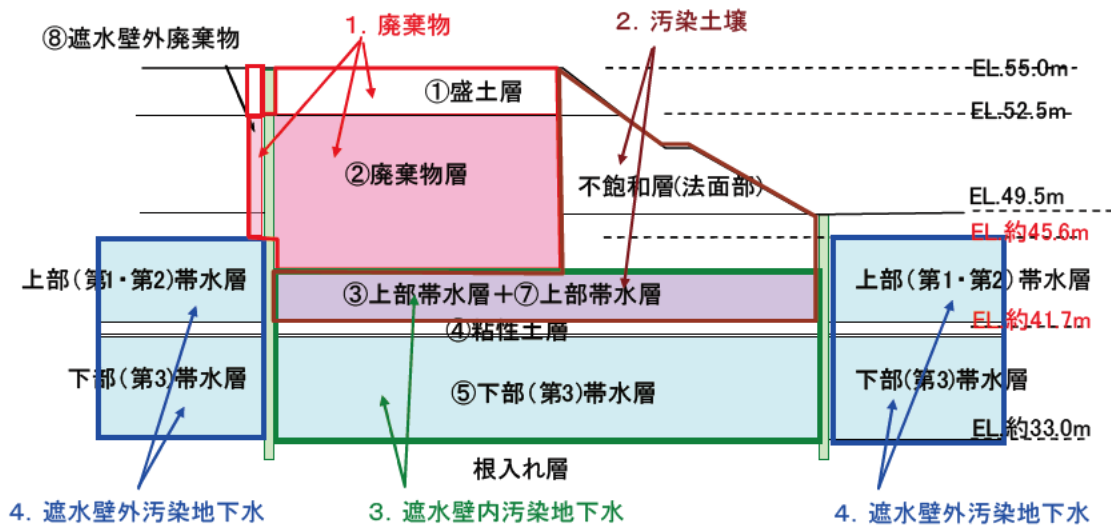


図-7.12 断面模式図

3) 掘削廃棄物の処理方法

掘削廃棄物には高濃度の VOC が含まれており、混合廃棄物として処分することは経済性に欠けることから、掘削廃棄物を選別し、処分経費の軽減を図る。ここでは、選別の考え方を整理し、選別機械等の例を示す。

a) 選別フロー

掘削廃棄物は、図-7.12 のように選別を行う。基本的な考えは、以下のとおりである。

- ・(ア)ドラム缶(内容物入り)：特別管理産業廃棄物と同様の処理、(イ)がれき類：洗浄後、再生材工場 or 場内利用、(ウ)金属類：洗浄処理後有価物、(エ)可燃物：特別管理産業廃棄物と同様の処理、(オ)土砂様物：特別管理産業廃棄物と同様の処理
- ・(ア)、(ウ)、(エ)と(オ)は場内保管後、特別管理産業廃棄物が処理できる施設へ搬出処理、(イ)のうち玉石等の天然石は埋戻材、コンクリート殻・アスファルト殻は路盤材等の再生材として利用

(平成 21 年度の大口径掘削井戸の施工実績より)

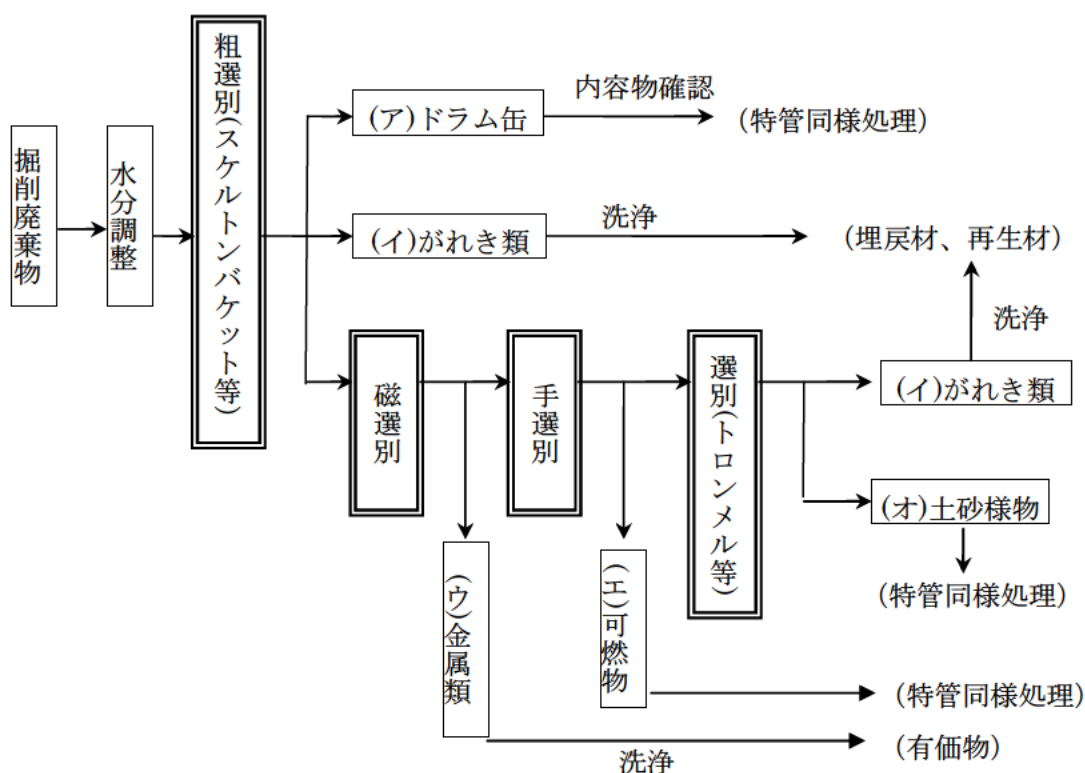


図-7.12 掘削廃棄物の選別フロー

b) 選別方法

選別方法は以下のとおりとする。

(ア)ドラム缶：スケルトンバケット (粗選別)

(イ)がれき類：スケルトンバケット (粗選別)、トロンメル (ふるい：25mm or 40mm)

(ウ)金属類：ベルトコンベアに磁選別機を設置

(エ)可燃物：スケルトンバケット（粗選別）、手選別、トロンメル

(オ)土砂様物：トロンメル選別（ふるい：25mm or 40mm）の通過物

また、選別時の洗浄方法は、次のとおりとし、洗浄水はノッチタンクに貯留し既設水処理施設にて処理する。

➤ 槽内で、トロンメルバケットによる洗浄

➤ 高圧ジェット洗浄

選別システムは、上記に示す個別の機械を処理能力に応じて組み合わせることで、容易に設置することができる。

4) 掘削汚染土壌の処理方法

掘削した汚染土壌には、部分的に高濃度の VOC 及び油分が含まれ、搬出にあたっては含水比調整が必要となる。平成 21 年度の大口径揚水井戸掘削工事の際には、原位置にてホットソイル工法を用いて VOC の浄化と含水比調整を行い、セメント工場へ搬出・処分している。

本検討においても、汚染土壌はホットソイル工法により VOC 浄化と含水比調整を行うこととする。

④ 廃棄物の処分先

当該地における廃棄物は埋立判定基準を超過する VOC と高濃度の 1,4-ジオキサンを含有しており、特別管理産業廃棄物と同様の処理が必要な物である。三重県及びその周辺で当該廃棄物が処理できる主な施設は、調査の範囲で表-7.10 の 4 施設である（図-7.13 参照）。処理方法は焼却や焙焼処理で、その処理能力は 61～200t/日、受入条件はほとんどの施設で粒径 100mm 以下である（一部、粒径 25mm 以下の施設もある）。

当該不法投棄地からの廃棄物の搬出量は、100～150t/日であるので、同表より単独で処理できる施設もあるが、2 施設は処理能力を満たしていない。ただし、複数施設に受け入れを分割して搬出する方法も考えられる。

以上、掘削した廃棄物は三重県及びその周辺に受入施設があり、日搬出量を考慮しても処理は可能と考えられる。

表-7.10 VOC 特管物の処理施設

No	場 所	企業名	処理方式と処理能力	受入条件(粒径等)	備考
1	三重県伊賀市	三重中央開発(株)	①焙焼 (200t/日) ②焙焼 (150t/日)	①粒径 100mm 以下 ②粒径 25mm 以下	
2	愛知県刈谷市	サンエイ(株)	焼却 (150t/日)	粒径 100mm 以下	
3	愛知県半田市	豊田ケミカルエンジニアリング*	焼却 (105t/日)	個別対応	
4	大阪市鶴見区	ダイカン(株)	焼却 (61t/日)	個別対応	

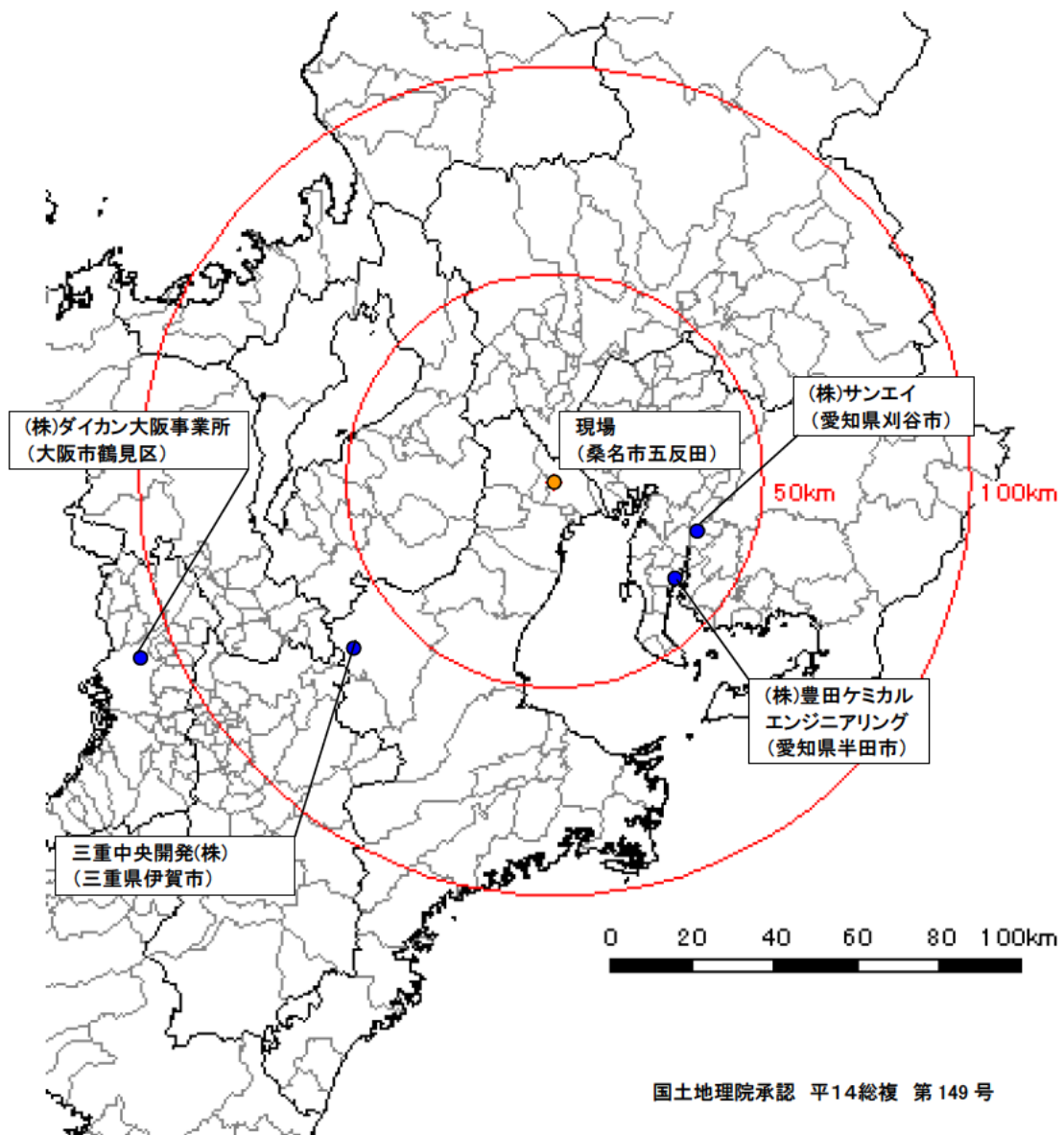


図-7.13 処理施設の位置図

⑤ 既存遮水壁の汚染拡散防止効果

遮水壁内の廃棄物等を掘削するに際して、既存遮水壁が撤去可能か否かは工法選定に大きな影響を与えるため、掘削処理後の既存遮水壁の汚染拡散防止効果について検証を行う。

汚染源を掘削処理した後に遮水壁を撤去した場合の汚染拡散シミュレーションの結果から、1,4-ジオキサン分布濃度は地下水流の移流によって、第1帯水層及び第2帯水層では短期間に汚染が拡散し、大部分のエリアで環境基準以下となるが、粘性土層に汚染が一部残留する。また、第3帯水層では地下水流の動きが遅いため、遮水壁撤去後、不法投棄地を中心に汚染拡散エリアが広がった後にゆっくりと東側に移動し、遮水壁撤去により汚染拡散エリアが広範囲となる。

そのため、恒久対策の工法検討においては、汚染拡散エリアの拡大を防止するために遮水機能を保全した工法を検討する必要がある。

図-7.14 から図-7.16 に不法投棄廃棄物撤去後(ケース e-1)に遮水壁を撤去した場合の汚染拡散シミュレーション結果を示す。

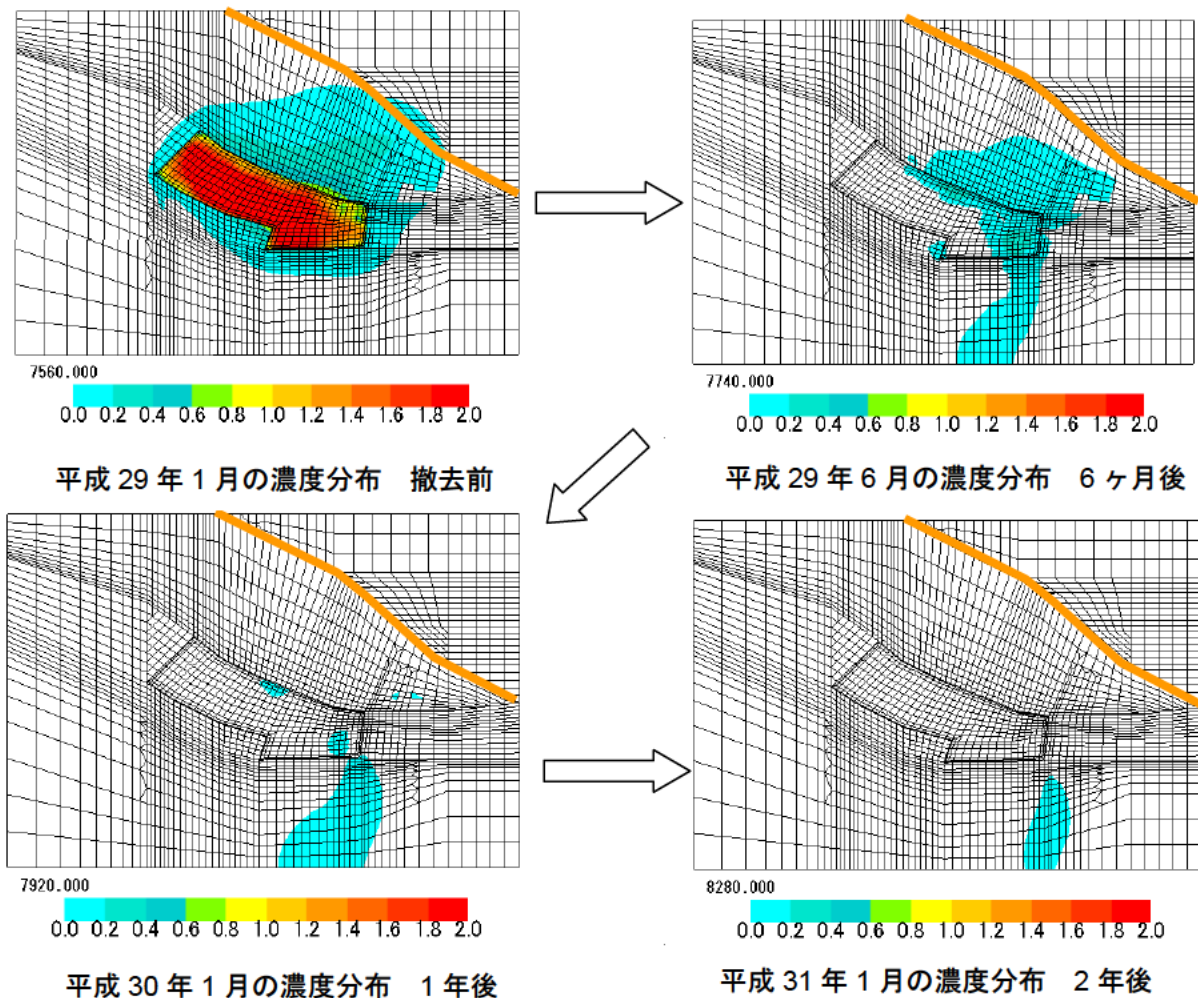


図-7.14 第1帯水層(EL45m)遮水壁撤去後の1,4-ジオキサン濃度分布(最小濃度0.05mg/L)

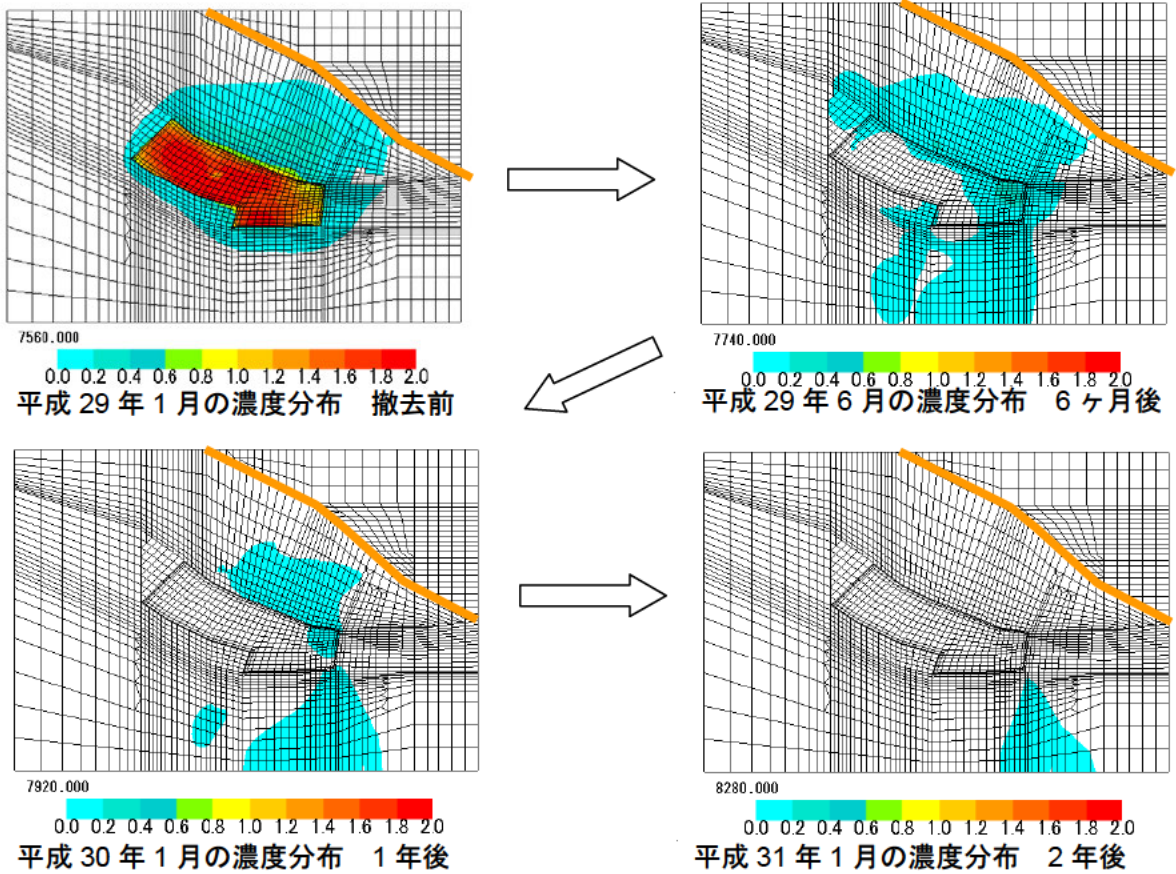


図-7.15 第 2 帯水層 (EL42m) 遮水壁撤去後の 1, 4-ジオキサン濃度分布 (最小濃度 0.05mg/L)

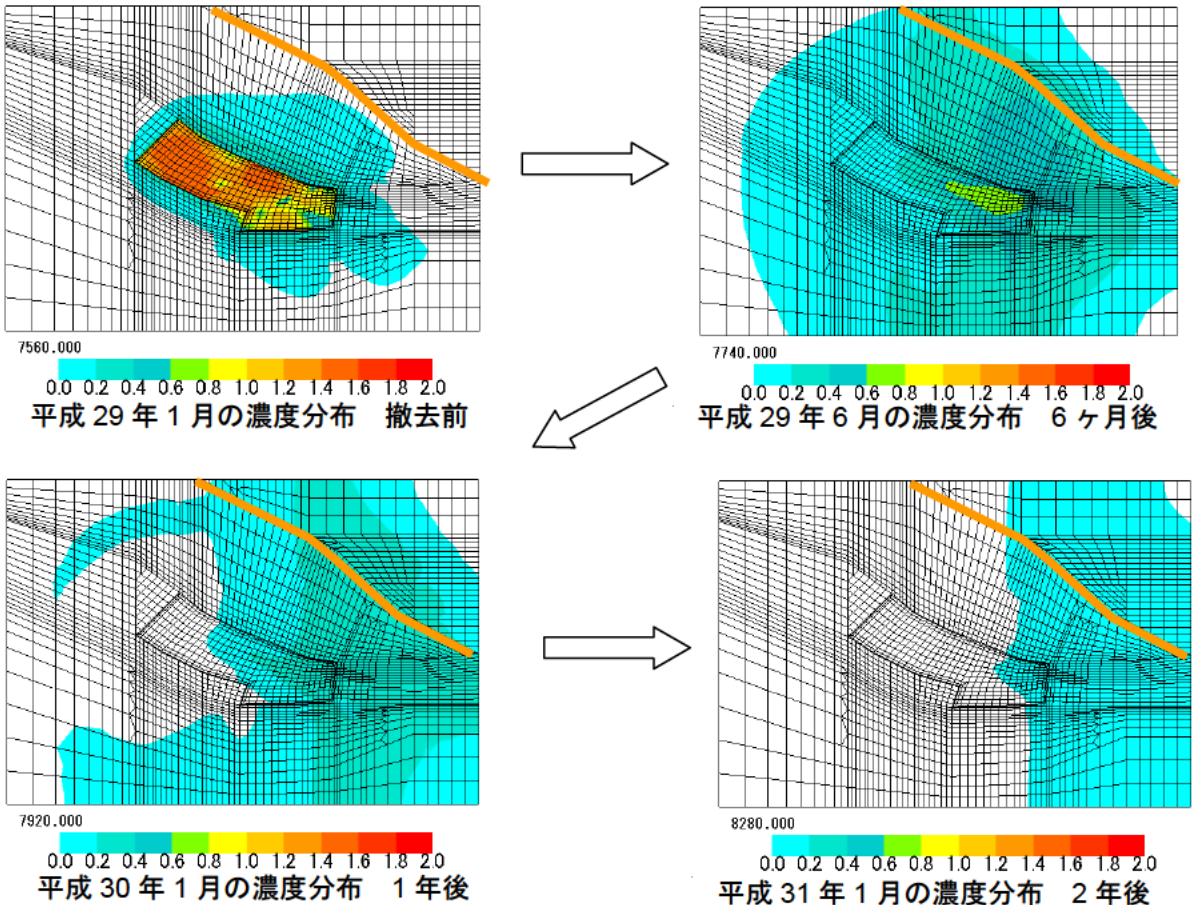


図-7.16 第 3 帯水層 (EL36m) 遮水壁撤去後の 1, 4-ジオキサン濃度分布 (最小濃度 0.05mg/L)

3 フォローアップの考え方の導入について

不法投棄の現場では、多種多様な廃棄物が無秩序に埋立処分されているために、廃棄物の種類や埋立の深度等が隣接する場所によっても異なり、事前の調査でそれらを完全に把握することは困難である。こうした現場の環境修復においては、計画どおりに浄化が進行しない、予期せず汚染物質濃度が上昇する、新たに汚染が発覚するなどの課題が、対策の実施中や対策後のモニタリングにおいて発生する可能性を有している。

不法投棄に係る環境修復では、目標達成の不確実性を有することから、対策の計画策定においては、こうした計画どおり浄化が進行しないことを想定し、あらかじめフォローアップの考え方を環境修復シナリオに組み込むことが重要である。フォローアップの考え方を導入することで、計画策定当初に設定した環境修復目標に対し、適切な是正措置が講じられることとなり、着実な進行管理が可能になると考えられる。

そのため、環境修復の計画においては、これまでの対策の経緯を踏まえて以下の事項が発生した場合に、必要に応じ計画の見直しを行う必要がある。(図-7.17)

- ①計画通りに支障除去が実施できているか否かを継続的に調査し、評価・検証を行う。計画通りの進捗が認められない場合、必要に応じ計画を見直す。
 - ▶ これまでの VOC 汚染地下水の浄化では、当初計画通りに進捗していないことが検証の結果明らかになり、汚染残留箇所へ揚水井戸を設置した（平成 17 年度追加対策工事）。
 - ▶ 汚染残留区域は透水性が低く、平成 17 年度の追加対策だけでは地下水浄化が困難であり、更なる揚水量を確保する必要があることから、大口径（4m）の揚水井戸を設置した（平成 19 年追加対策工事）。
 - ▶ 目標レベルまでの VOC 汚染地下水の浄化達成後、地下水の再汚染が認められたことから、地下水再汚染箇所の廃棄物を撤去するために大口径（7.5m）の揚水井戸を設置した（平成 21 年度追加対策工事）。

- ②予期せぬ事態が発生し、放置すれば当初計画が達成できないと判断される場合、計画の見直しを行う。
 - ▶ 地下水の揚水循環浄化処理によっては、不法投棄された廃棄物に含まれる VOC、1,4-ジオキサンは浄化は困難であることが判明し、長期的な揚水等の管理が必要となっている。
 - ▶ 平成 21 年 11 月 30 日に新たに地下水環境基準に追加となった 1,4-ジオキサンによる汚染が判明したことから、水処理施設の改良を行い、汚染地下水拡散防止のための揚水浄化を実施する計画を策定した（平成 23、24 年度緊急対策工事）。

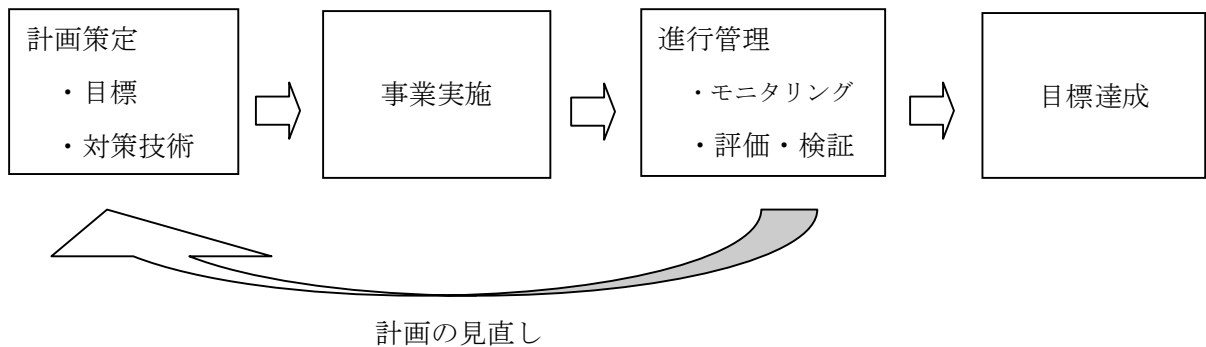


図-7.17 フォローアップを踏まえた進行管理システム

当該事案においては、平成 13 年度に VOC による地下水汚染対策として、鉛直遮水壁による拡散防止と汚染地下水浄化のための揚水循環を開始して以降、継続的な調査・検証と必要に応じた計画の見直しを行ってきた。

現在計画されている汚染地下水の揚水浄化では、拡散防止を目的としていることから不法投棄廃棄物の浄化は進まず VOC と 1,4-ジオキサン対策として長期にわたる水処理施設等の管理が必要となる。そのため、これまでの対策で得られた知見を踏まえて、フォローアップを考慮した最善の恒久対策を計画する必要がある。

4 環境修復シナリオの評価

これまでに得られた知見を踏まえ、あらゆる環境修復技術から当該事案への適用が可能であると考えられた3ケースについて、具体的な環境修復シナリオに示し、①安全性（リスク評価）、②環境修復の確実性、③目標達成までの期間、④経済性、⑤関係者との合意形成（リスクコミュニケーション）の5項目を実現可能性を踏まえて比較検討を行った。

ケース a-1 は④経済性に優れているが、①安全性及び②環境修復の確実性で劣る。ケース e-1 は廃棄物の処理処分費が多額となるため④経済性に劣るが、①安全性及び②環境修復の確実性は高い評価となる。一方、ケース b-1 は汚染源が残置されるおそれがあるため、ケース e-1 と比較して①安全性に劣る。

環境修復シナリオの比較検討表を表-7.11 に示す。

各々の環境修復シナリオについて総合的に評価すると以下のようなになる。

- ・ケース a-1：「揚水による地下水制御＋揚水浄化工法」

これまでの実績から汚染源となる廃棄物の有害性が浄化されないことから汚染拡散リスクは恒久的に残り、半永久的に環境修復事業を継続しなければならず、安全性の点から恒久対策としては問題がある。また、経済性については対策期間が長期間に及ぶため施設更新費や維持管理費が継続的に発生する。

- ・ケース b-1：「汚染源等の部分掘削処理＋揚水浄化工法」

把握できた汚染源及び高濃度汚染箇所を掘削処理するため地下水を汚染している廃棄物を除去できる。しかし、汚染源となる廃棄物の存在箇所を特定することは困難であり、将来、汚染源となるおそれのある廃棄物が残置される可能性がある。そのため、当該工法で恒久対策を講じる場合には、対策完了後も長期間のモニタリングによる効果の確認・検証と必要に応じて追加対策が講じられる体制が必要となる。

- ・ケース e-1：「廃棄物等の全量掘削処理＋揚水浄化工法」

汚染源及びそのおそれのある廃棄物等を全量掘削処理することから汚染リスクがなくなり確実な環境修復が可能である。廃棄物の処分に多額の費用を要するため、短期的には多大な財政負担を要することとなるが、10年間で全ての対策が終了することから長期的には他の工法と比較しても経済性での差はなくなることも考えられる。

検討の結果、今後、目標達成のために講ずべき恒久対策としては、高濃度汚染箇所を部分的に撤去する方向性でよいと考えられる。しかし、汚染源特定の不確実性に伴う地下水の再汚染リスク等を考慮すると、10年間で確実に対策を終了できる見込みとなる「廃棄物等の全量掘削処理＋揚水浄化による工法：ケース e-1」が最も適当であると判断せざるを得ないが、当該工法の適用にあたっては、一時的に多大な事業費が必要となり、そのための県の財政負担、国等の財政支援の可否等も踏まえた総合的な判断が必要と考えられる。

表-7.11 環境修復シナリオの比較検討表

ケース	対策内容	安全性 (リスク評価)	環境修復の 確実性	目標達成までの期間	経済性	合意形成 (リスクコミュニケーション)	総合評価
ケース a-1	揚水による 水位制御＋ 揚水浄化	△ 汚染リスク が残り恒久的 に維持管理が 必要である。	○ 周辺汚染地 下水の浄化は 完了する見込 みである。	△ 半永久的に遮水壁 内の水位制御、水処理 施設の稼働が必要で ある。	◎(短期的な評価) 短期的(10年間)に は、多大な財政負担を 伴わない。 しかし、長期的には、 水処理施設や遮水壁の 更新費用が必要であ る。	△ 廃棄物が残置されるので、 周辺住民に安全・安心が理解 されにくい。	短期的な経済性 は優位であるが、半 永久的な管理が必要 である。
ケース b-1	高濃度箇所 掘削処理＋ 揚水浄化	○ 汚染源が残 置されるおそ れがある。	○ー◎ 周辺汚染地 下水及び汚染 源の浄化は完 了する見込み である。	○ 長期間のモニタリ ングと水処理施設の 保全が必要である。	○ 10年間のコストはケ ース a-1 の約 3.0 倍か ら 8.0 倍程度。 長期的にはモニタリ ングと水処理施設及び 遮水壁の保全に係る費 用が必要である。	○ 周辺住民の理解はケース a-1 と比較して得られやすい。 多大な財政負担を伴わない ことから、議会及び財政部局 の理解も得られやすい。	ケース a-1 より安 全性は優位である が、汚染のリスクは 残るおそれがある。
ケース e-1	全量掘削処 理＋揚水浄 化	◎ 汚染リスク がなくなる。	◎ 汚染源がな くなるので汚 染地下水の浄 化は確実に達 成できる。	◎ 期間内に全ての対 策が完了する。	△ 10年間のコストはケ ース a-1 の 9.5 倍程度 と多大な財政負担が必要 である。 しかし、長期的に新 たなコストを必要とし ない。	○ 周辺住民には理解されやす い。 しかし、多大な財政負担を 生じるため議会及び財政部局 の理解を得るのが困難であ る。	安全性・確実性に 優れているが、経済 性に課題がある。