

環境修復シナリオについて

1. 環境修復シナリオ

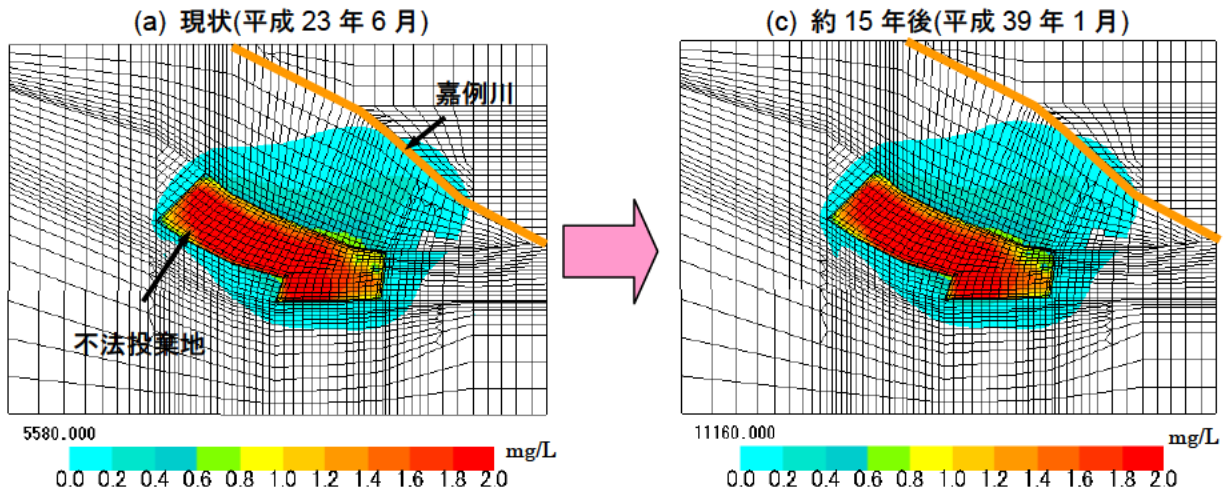
(1) 汚染拡散予測

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と考えられる 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。

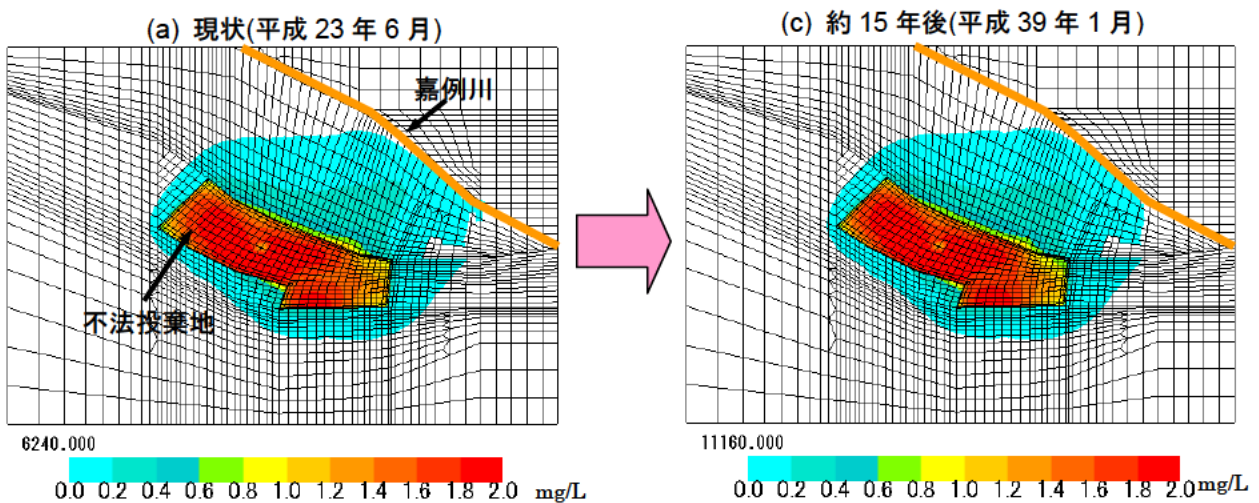
そのため、不法投棄された廃棄物や汚染地下水等の積極的な浄化対策を行い、生活環境保全上の支障を除去する必要がある。

図 3.1 から図 3.3 に 1,4-ジオキサン濃度の経年変化を示す。



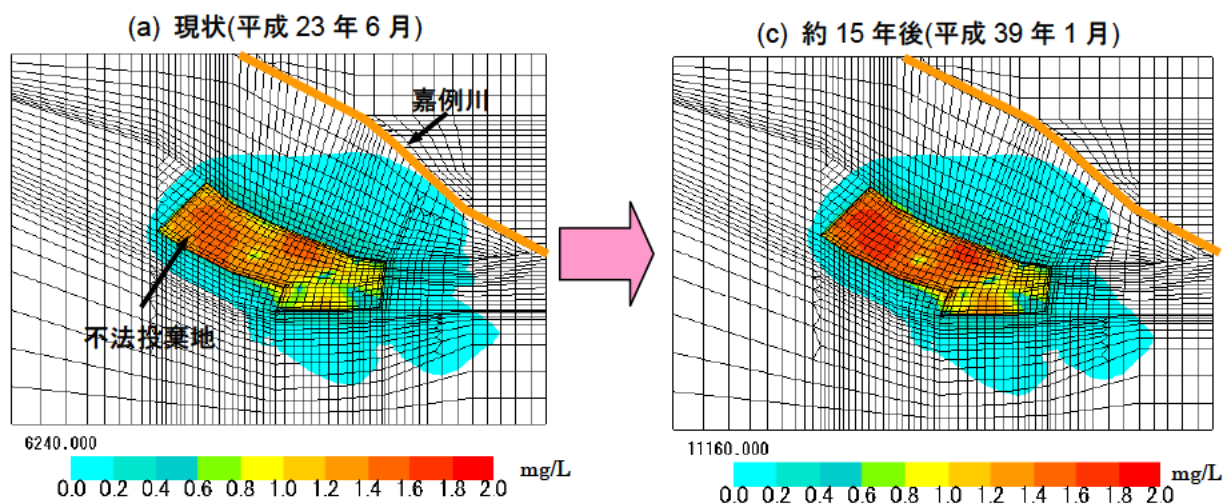
解析条件：分散長 $A_l=10m, A_t=1.0m$, 遅延係数 $R_d=1.0$ (最小値 $0.05mg/L$)

図 3.1 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 $A_l=10m, A_t=1.0m$, 遅延係数 $R_d=1.0$ (最小値 $0.05mg/L$)

図 3.2 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 3.3 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、a)安全性、b)環境修復技術の確実性、c)目標達成までの期間、d)経済性の 4 つの視点から技術検討を行い、対策の実施にあたっては、e)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①遮水壁内外の廃棄物、②遮水壁内の汚染土壌、③遮水壁内の汚染地下水、④遮水壁外の汚染地下水の 4 つに浄化対象を分けて(図 3.4) 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①遮水壁内外の廃棄物と②遮水壁内の汚染土壌の汚染源対策を概ね 5 年以内で完了することとし、③遮水壁内及び④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 3.1 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(参考資料-5、P8「Run-G-2」参照)から、汚染物質 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達成にとって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①、②、③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。

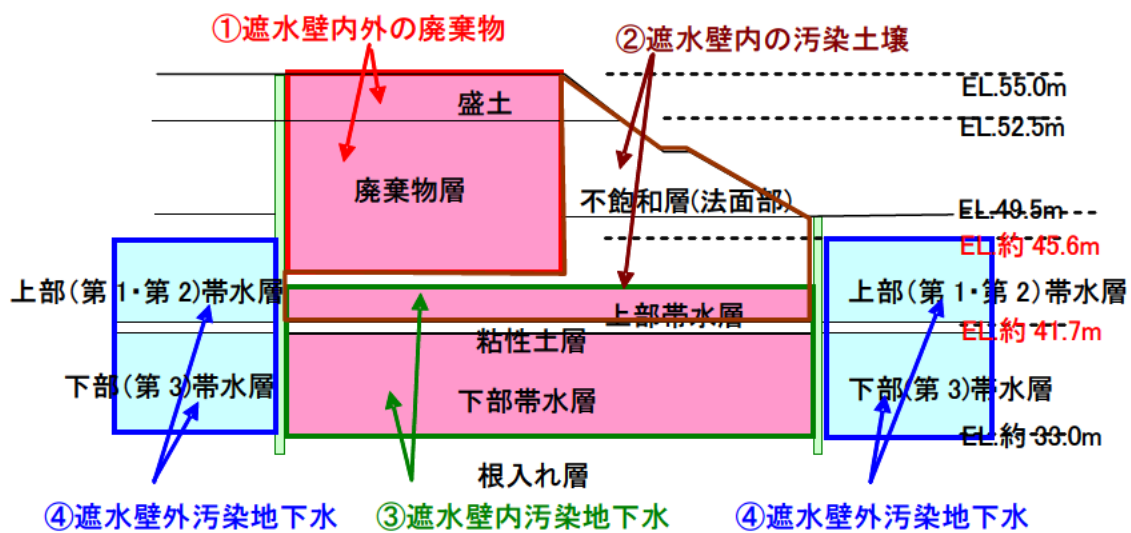
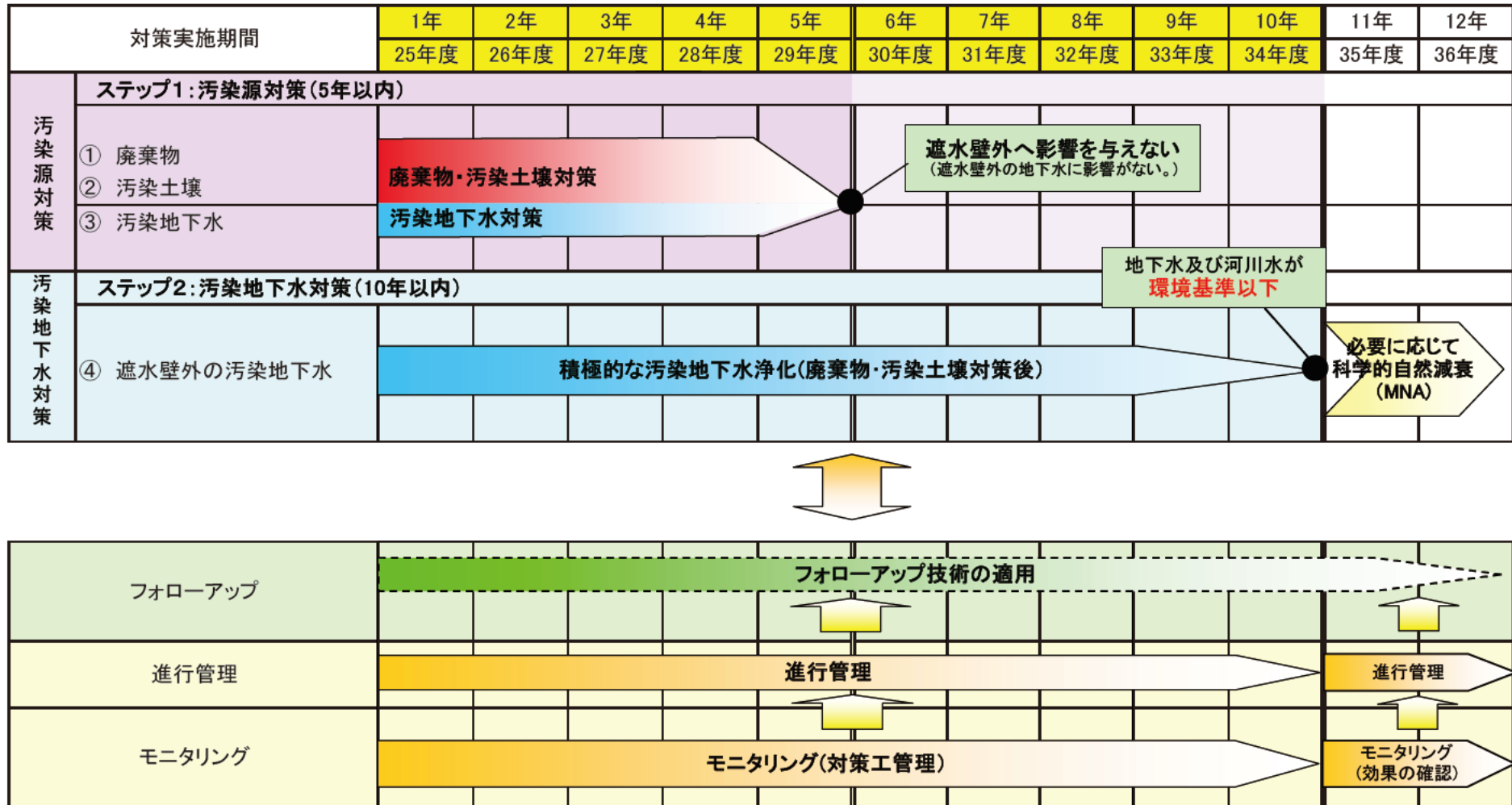


図 3.4 浄化対象

表 3.1 環境修復シナリオ



2. 環境修復シナリオのロードマップ

(1) 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、①掘削・撤去工法、②覆土工法、③原位置封じ込め工法、④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 : 一部掘削処理 (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 の溶出を抑える)

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 の濃度を低減させる)

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ので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 : 一部掘削処理 (汚染源となる高濃度の廃棄物の掘削除去)

ケース b は遮水壁内の 1,4-ジオキサン高濃度域廃棄物をライナープレート工法等により部分的に掘削し、廃棄物層の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、残留した廃棄物内には埋立判定基準を超過した VOC を含む廃棄物があり、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

ケース c は遮水壁内の廃棄物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

ケース d は遮水壁内の廃棄物内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

ケース e は遮水壁内の廃棄物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、掘削した廃棄物の処理処分コストが多大となること、悪臭防止対策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) を施す必要があること等のマイナス面がある。

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、環境修復のロードマップでは、廃棄物対策工として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 : 一部掘削処理 (汚染源となる高濃度の廃棄物の掘削除去)

ケース e : 全量掘削処理 (廃棄物の全量掘削撤去)

(2) 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としては、

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の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）。

以上のことから、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できないと考えられる。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、環境修復のロードマップでは、汚染土壌・汚染地下水対策技術はケース 1 の揚水浄化として検討する。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。

(3) 環境修復のロードマップ

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3通り(表3.2)であり、それら全てについて、環境修復シナリオのロードマップを示し比較検討を行う。

表 3.2 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 3.3 に環境修復のロードマップの比較表を示す。

各ケースとも環境修復シナリオのとおり、汚染源対策が 5 年以内、汚染地下水対策が 10 年以内に終了できる計画となっている。

ケース a-1 の揚水循環浄化対策では、遮水壁内の水位を下げることにより遮水壁内の汚染地下水の浸出が防止され、中間目標である「周辺地下水の汚染源とならない」は達成される。しかし、揚水浄化によっては、廃棄物そのものの浄化は進まないことから、半永久的に揚水浄化を実施しなければならない。

ケース b-1 の一部箇所掘削処理対策では、1,4-ジオキサン高濃度箇所の撤去は可能であるが、不法投棄地全域に広がる VOC 汚染は残留する。そのため、ケース a と比較すると残留廃棄物を撤去することで水処理施設の負荷は低減されるが、汚染源が残ると揚水浄化を長期間継続しなければならない。

ケース e-1 については、汚染源となる廃棄物を全量掘削処理することで確実性が高く、長期間の管理を要しないが、廃棄物の処理処分費用等が多大となり経済性に劣る。廃棄物の掘削方法や廃棄物処理方法等について更なる検討を進める必要がある。

表 3.3 環境修復のロードマップ比較表

ケース	対策実施期間	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	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					
		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1	揚水浄化															①廃棄物の汚染リスクが残る ②恒久的に維持管理リスクが生じる ③周辺環境・作業環境の2次汚染リスクはない	①従来の対策工の継続であり技術的に問題ない ②高濃度の有害物質を含む廃棄物が残留するので、汚染源としないためには揚水+水処理を継続する必要がある ③汚染地下水対策：水みちができると均一な浄化が困難	①汚染源対策として廃棄物の浄化ができないので、遮水壁内の水位を下げるために恒久的な管理が必要(半永久的)	①短期的に多大な財政負担を伴わない ②管理期間が長期になると、水処理施設は定期的な大規模な改修が必要になるため、定期的に更新費用がかかる ③長期になると遮水壁機能劣化による遮水壁更新費用や水処理能力増強コストがかかる	①現工法の継続で、県が長期間、管理する ②廃棄物の汚染リスクが残る						
	① 廃棄物対策																									
	② 遮水壁内の汚染土壌対策																				遮水壁外へ影響を与えない (壁内地下水位を周辺水位より低く管理)					
	③ 遮水壁内の汚染地下水																				揚水+水処理: 34m ³ /日					
汚染地下水対策	揚水浄化															地下水・河川水が環境基準以下	必要に応じて科学的自然減衰(MNA)									
	④ 遮水壁外の汚染地下水																				揚水+水処理: 26m ³ /日					
	ケース2	一部掘削処理+揚水浄化																				①1,4-ジオキサン高濃度箇所の汚染リスクは低減 ②水処理施設の負荷が低減する: 維持管理リスクが低減 ③残存した廃棄物は埋立判定基準を超過するVOCで汚染リスクは残る ④長期的に維持管理リスクが生じる ⑤周辺環境・作業環境の2次汚染リスクが生じる	①高濃度の汚染物質を除去することができる ②埋立判定基準を超過したVOCが残存するので、汚染源としないためには揚水+水処理を継続する必要がある ③汚染地下水対策：水みちができると均一な浄化が困難 ④掘削廃棄物の選別等のヤード確保が必要 ⑤周辺環境・作業環境対策が必要	①比較的早期に周辺地下水の目標を達成することができる ②汚染源対策として残存した廃棄物の浄化ができないので、遮水壁内の水位を下げるために長期間の管理が必要(30~50年程度)	①廃棄物撤去量によるが短期的に多大な財政負担を伴わない ②管理期間が長期になると、水処理施設は定期的な大規模な改修が必要になるため、定期的に更新費用がかかる ③長期になると遮水壁機能劣化による遮水壁更新費用や水処理能力増強コストがかかる ④周辺環境対策・作業環境対策費がかかる	①県が長期間、管理する ②廃棄物の汚染リスクが残る ③周辺環境の2次汚染リスクが生じる
		① 廃棄物対策																								
② 遮水壁内の汚染土壌対策																高濃度箇所掘削処理	遮水壁外へ影響を与えない (壁内地下水位を周辺水位より低く管理)									
③ 遮水壁内の汚染地下水																揚水+水処理: 60m ³ /日	揚水+水処理: 15m ³ /日									
汚染地下水対策	揚水浄化															地下水・河川水が環境基準以下	必要に応じて科学的自然減衰(MNA)									
	④ 遮水壁外の汚染地下水																				揚水+水処理: 45m ³ /日					
	ケース3	全量掘削処理+揚水浄化																				①廃棄物の汚染リスクがなくなる ②水処理施設の負荷が低減する: 維持管理リスクが低減する ③周辺環境・作業環境の2次汚染リスクが生じる	①廃棄物を全量掘削処理するので汚染源対策は確実性が高い ②汚染源がなくなるので、汚染地下水の浄化も確実性が高い ③汚染地下水対策：水みちができると均一な浄化が困難 ④掘削廃棄物の選別等のヤード確保が必要 ⑤周辺環境・作業環境対策が必要	①特措法の延長期間で完了できる	①廃棄物処理の費用が多大 ②周辺環境対策・作業環境対策費がかかる ③維持管理も含めたトータル費用は安くなる	①廃棄物の汚染リスクがない ②周辺環境の2次汚染リスクが生じる
		① 廃棄物対策																								
② 遮水壁内の汚染土壌対策																掘削処理	遮水壁外へ影響を与えない (壁内地下水位を周辺水位より低く管理)									
③ 遮水壁内の汚染地下水																揚水+水処理: 60m ³ /日(掘削湧水含む)	揚水+水処理: 15m ³ /日									
汚染地下水対策	揚水浄化															地下水・河川水が環境基準以下	必要に応じて科学的自然減衰(MNA)									
	④ 遮水壁外の汚染地下水																				揚水+水処理: 45m ³ /日					

黒字: メリット、赤字: デメリット

