

油回収方法について

1. 油回収の目的

本事案における生活環境保全上の支障はPCBを含む油であり、油の回収および汚染された土壌等の対策を講じる必要がある。

油回収の方法は、第4回技術検討専門委員会（以下「前回委員会」という。）で示した、各エリアの特性を踏まえ、ロードマップで示した Step2 終了時の状況を示し、最適な油回収方法の検討を行った。

2. 油回収のエリア設定

油回収を行う必要がある範囲は油相が確認される範囲であり、前回委員会で示した、「旧処分場内」・「旧処分場外」（「汚染源域」・「高水敷部」・「低水護岸部」）および「北側・振子川護岸エリア」である。

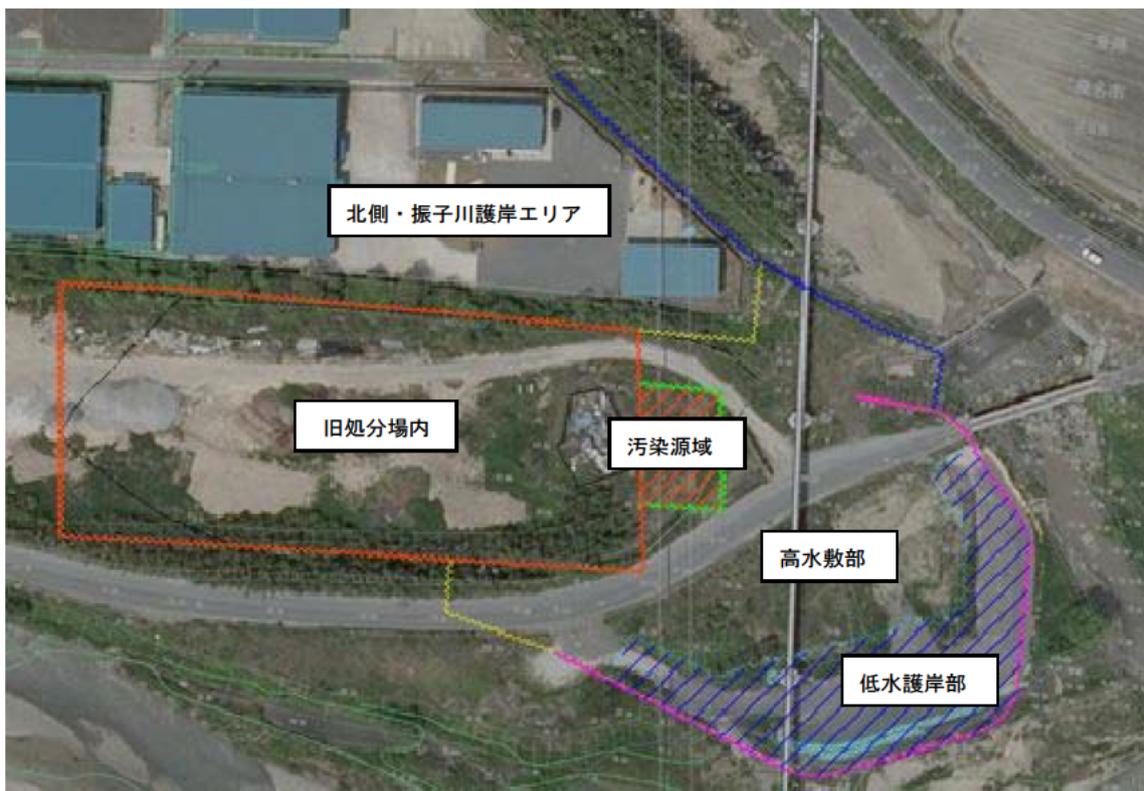


図-1 油回収エリア設定の平面図

3. エリアごとの特性・油回収の考え方

表-1 にエリアごとの油回収の考え方を示す。同表には、エリアごとの油量・PCB 量や現場制約条件等の特性を踏まえた、エリアごとの油回収対策実施時期や Step2 終了時の状況を明らかにしている。

表-1 各エリアの特性と油回収の考え方

区分	全域／項目／留意点	旧処分場外						④北側・振子川護岸エリア	⑤旧処分場内				
		①汚染源域		②低水護岸部		③高水敷部							
面積(m ²)	14,170	370		1,900		4,100		2,300	5,500				
油量 (m ³)	全体	2,268	100.0%	62	2.7%	24	1.1%	300	13.2%	118	5.2%	1,765	77.8%
	油相	1,189	52.4%	35	1.5%	21	0.9%	271	11.9%	64	2.8%	799	35.2%
	土壌	1,079	47.6%	27	1.2%	3	0.1%	29	1.3%	54	2.4%	967	42.6%
	特徴	***	他エリアに比べて少ない		ごく少量である		エリア別では2番目に多い		3番目に多い		油の大半(約8割)が存在		
PCB量 (kg)	全体	546	100.0%	119	21.7%	6	1.2%	173	31.7%	14	2.6%	234	42.8%
	油相	343	62.7%	67	12.3%	6	1.0%	156	28.6%	8	1.4%	106	19.4%
	土壌	204	37.3%	51	9.4%	1	0.1%	17	3.1%	6	1.2%	128	23.5%
	特徴	***	エリア面積が370m ² と小さいにもかかわらず、割合は多い		ごく少量である		旧処分場内」を除くと、量は最も多い		少量である		全体に占める割合は、約4割		
各エリアの特性	エリア特性			<ul style="list-style-type: none"> 河川区域内 計画高水位より低い、過去10年間水没していないエリアである。 不法投棄されたコンデンサ素子等の廃棄物が存在する。 油相厚が最大で約0.5mである。 	<ul style="list-style-type: none"> 河川区域内 計画高水位より低く、年間数回程度の水没が想定されるエリアである。 員弁川や振子川へ接している。 水管橋や送電線があり、対策を施す際には空頭制限に留意する必要がある。 緊急対策として既設矢板が施されている。 油相厚が最大で約0.2mである。 	<ul style="list-style-type: none"> 河川区域内 計画高水位より低い、過去10年間水没していないエリアである。 水管橋や送電線があり、対策を施す際には空頭制限に留意する必要がある。 油相厚が最大で約0.5mである。 	<ul style="list-style-type: none"> 河川保全区域 操業中の工場用地であり、管理事務所や駐車場がある。 対策の推進にあたり、土地所有者の合意形成が肝要となる。 振子川に隣接している。 水管橋や送電線があり、対策を施す際には空頭制限に留意する必要がある。 油相厚が最大で約0.4mである。 	<ul style="list-style-type: none"> 河川区域内 計画高水位より高い。 埋立物は、全量PCB廃棄物となる。 油相厚が最大で約2mである。 油の供給源である。 					
	既往対策			-	<ul style="list-style-type: none"> 緊急対策工(矢板)による油流出防止 既設集油管より、定期的な油回収(1回/月) 瀬替え工 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急対策工(矢板)による油流出防止 既設集油管より、定期的な油回収(1回/月) 	<ul style="list-style-type: none"> 既往井戸を利用し、定期的な油回収(1回/月) 	<ul style="list-style-type: none"> 既往井戸を利用し、定期的な油回収(1回/月) 					
対策実施時期(廃棄物の処理を除く)			Step 1~2 (汚染源であるため、優先順位が高い)	Step 1~2 (周辺河川への流出防止ため、優先順位が高い)	Step 1~4 (PCB量が全体の31.7%を占めるエリアであり、Step2から回収を始める)	Step 1~4 (制約が多く、対策に時間を要しやすい。また、振子川への影響に留意が必要であるため、Step2で油の回収対策を開始する)	Step 1~4						
Step2終了時の状況			汚染源となる廃棄物等が除去されている。(対策終了)	油分対策が終了し、増水時においても油膜等の発生が抑制されている。(対策終了)	Step1にて囲い込み工を設置し、継続して油の回収を行っていることにより、低水護岸部等への汚染拡散防止が図られている。	Step1にて囲い込み工を設置し、継続して油の回収を行っていることにより、増水時においても油膜等の発生が抑制されている。	Step1にて囲い込み工を設置したことにより、汚染拡散防止が図られている。						
油回収の考え方			時間を要しない方法で、確実な油回収が可能な方法を選定し、Step2での完了を目指し対策を実施する。	時間を要しない方法で、確実な油回収が可能な方法を選定し、Step2での完了を目指し対策を実施する。	囲い込み施工完了とともに対策を開始(Step2)し、Step4で終了を目指して、エリア特性を踏まえた安全・確実な油回収を選定する。	囲い込み施工完了とともに対策を開始(Step2)し、Step4で終了を目指して、エリア特性を踏まえた安全・確実な油回収を選定する。	当面は既往井戸等からの油回収を進めるとともに、その効果と効率をモニタリングし、Step3以降での本格的な対策実施時に改めて対策検討を行う。						

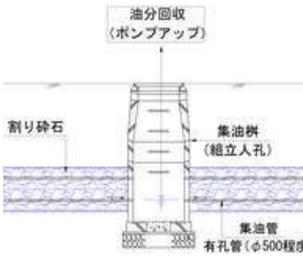
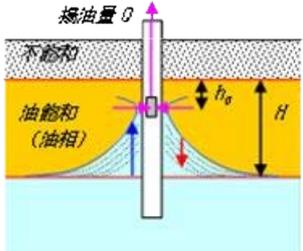
4. 油回収方法の適応性

(1) 油回収方法の比較

各エリアに適応可能な油回収方法として、前回委員会までに提示した実現可能性のある技術（表-2）が想定される。

いずれのエリア・方法での油回収を適用する場合にも、環境修復目標の中で「油回収によって実現すべき状態」を適切に設定し、それを必要な期間内に達成できる方法を選定する必要がある。

表-2 適応可能な油回収方法

<p>掘削・釜場による油回収</p>	<p>【概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌をバックホウで必要な深度まで掘削して釜場を設け、その釜場から油回収する。 ・ 他の方法と比較して、対策完了の状態や対策に必要な期間が想定しやすい。 <p>【留意点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 掘削に伴う安全性や周辺環境への影響に係る課題多数。 ・ 掘削除去した土壌（汚染土壌等）の適正処分、水処理による汚泥量に係る課題あり。 	
<p>集油管による油回収</p>	<p>【概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 下流部の土壌中に集油管を設け、その集油管から油回収する。 ・ 既往対策技術（高水敷部～低水護岸部等）である。 <p>【留意点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 待ち受けの対策であり、油回収速度の検討要。 ・ 油を下流で集めるための流れ（原動力）が必要となる可能性あり。 	
<p>揚油井戸による油回収</p>	<p>【概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 原位置の妥当な箇所に揚油井戸を設け、油回収する。 <p>【留意点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 油相厚が大きい場合に適するが、油回収速度の検討要。 	

【掘削・釜場による油回収】（別途資料 5-1）

地中の油を開削により露出させて回収する方法であり、井戸損失がほとんどないことと、ポンプ等の器具にほとんど制限がないこと等から、油の回収効率は最も高いと予想される。

PCBを含む油で飽和した地盤を掘削するため、発生する汚染土壌の管理（飛散・流出防止対策）、安全管理、臭気対策などに、十分な注意が必要と考えられる。

【集油管による油回収】（別途資料 5-2）

囲い込み工下流部の土壌中に集油管と豎孔を設置し、地下水移流で集まる油を「待ち受け」で回収する方法である。このため、油回収速度の検討が必要であるが、囲い込み工内部での地下水流の制御、加温や水蒸気による油の移流速度向上といった工法を組み合わせることにより、一定の効果が期待できる。

【揚油井戸による油回収】

揚油井戸を設置し、井戸の内側に形成される油相を、ポンプやベルトスキマーを使用して地上に回収する方法であり、孔内に形成される油相が厚い場所に適用しやすい対策といえる。目標達成のために必要な井戸の数、井戸内外で生じる油相厚損失、回収設備（ポンプ等）の適性等について検討が必要となる。

第3回技術検討専門委員会（資料3）において、旧処分場の廃棄物地盤を対象に行った「現場透油試験（油回収→油相厚回復速度の非定常回復測定）」結果を示し、旧処分場内における「透油係数」は $1.2\sim 3.2\times 10^{-5}\text{cm/sec}$ 程度と低いことから、「廃棄物地盤を掘削せずに速やかに油を回収することは困難であることが示唆される」ことを示した。しかし、この測定結果は、「廃棄物地盤の不飽和透油係数」であり、旧処分場外の砂礫地盤において、低速定常状態で油回収を行えば、より効率の高い油回収が期待できる。なお、井戸深部から揚水を行うことにより、油相厚および動水勾配を作り出し、井戸への集油効率を上げる、といった工法組み合わせも考えられる（下図）。

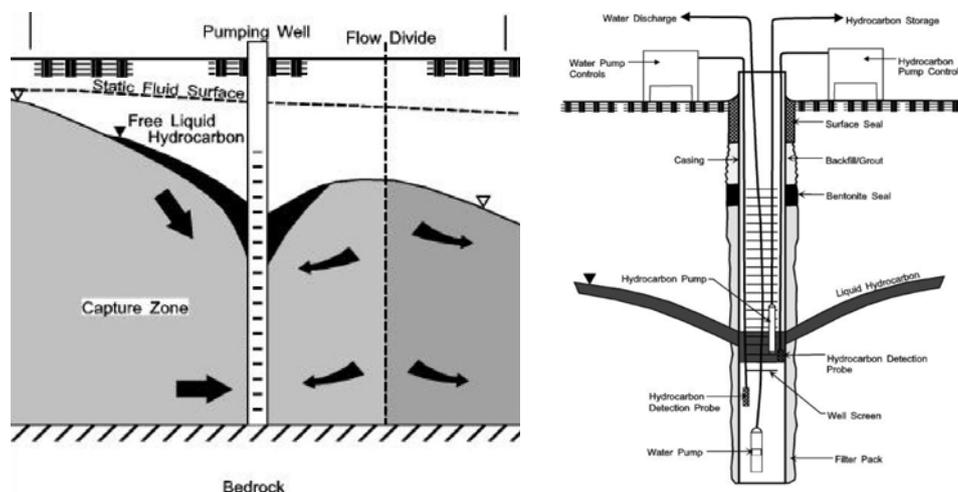


図-2 揚水併用による集油効率を上げる工法概念図（USEPA, 1996 より）

(2) エリアごとの油回収方法の適応性検討

エリア特性や対策実施時期を踏まえ、エリアごとの油回収方法の適応性の検討を行った。具体的な油回収方法の検討は、前回委員会までに示したロードマップにより表-3に示す、当面 Step2 までの完了を目指すエリアおよび Step2 から恒久対策を開始するエリアを対象とし、表-4にエリアごとの油回収方法の適応性検討結果を示す。

表-3 具体的な油回収方法の検討エリア

区分	エリア
Step2 までの完了を目指すエリア	「旧処分場外」(「汚染源域」・「低水護岸部」)
Step2 から対策を開始するエリア	「旧処分場外」(「高水敷部」)
	「北側・振子川護岸エリア」

*旧処分場内については、既存井戸による油回収を継続して実施する。

表-4 エリアごとの油回収方法の適応性検討結果

区分	全域/項目/留意点	旧処分場外			④北側・振子川護岸エリア	⑤旧処分場内	
		①汚染源域	②低水護岸部	③高水敷部			
油回収方法の適応性	掘削・釜場	<p>【概要】バックホウで掘削し、釜場を設け、油を回収する方法。他の方法と比べ対策完了の状態、対策に必要な期間が想定しやすい。</p> <p>【留意点】掘削に伴う安全性や周辺環境影響面の課題がある。発生物の委託処分、保管や水処理の課題がある。(第4回技術検討専門委員会で提示した方法)</p>	<p>・他工法に比べれば、速やかな対策が可能。</p> <p>・汚染源となる廃棄物等の除去が可能。</p> <p>・掘削深さが約6mであり、切梁腹起しやタイロッド等の土留壁が必要。</p> <p>・廃棄物・油の保管は現地で可能。</p>	<p>・他工法に比べれば、速やかな対策が可能。</p> <p>・汚染土壌の除去が可能</p> <p>・河川流水の影響を考慮する必要がある、対策期間を限定(湯水期)した対策が必要。</p> <p>・油の保管は現地で可能。</p>	<p>・大量の汚染土壌や油が発生。</p> <p>・汚染土壌は委託処分が考えられるが、費用大。</p> <p>・油の保管は現地で困難。</p>	<p>・土地所有者の了承が必要。</p> <p>・管理事務所や駐車場の移設が必要。</p> <p>・対策を開始するまでに時間を要す。</p>	<p>・大量の廃棄物や油が発生する。</p> <p>・廃棄物・油の保管は現地で困難。</p> <p>・掘削深さが約8mであり、切梁腹起し等の土留壁が必要。</p>
	集油管	<p>【概要】エリアの下流部に集油管を設け、油を回収する方法。既往対策技術(高水敷部～低水護岸部など)。</p> <p>【留意点】油回収速度の検討が必要。油を下流で集めるための流れが必要となる可能性がある。</p>	<p>・汚染源の除去はできない。</p> <p>・油回収速度の検討が必要。(Step2の期間内に対策を終了させることができるか検討要)</p>	<p>・汚染土壌の除去はできない。</p> <p>・油回収速度の検討が必要。(Step2の期間内に対策を終了させることができるか検討要)</p> <p>・当エリアの油量は全油量の1.1%と極少量であり、積極的な集油は困難。</p>	<p>・油回収速度の検討が必要。</p> <p>・地下水循環等により油を集める流れを得ることができれば、効率的な集油も期待可。</p>	<p>・管理事務所や駐車場の移設は不要。</p> <p>・油回収速度の検討が必要。</p> <p>・地下水循環等により油を集める流れを得ることができれば、効率的な集油も期待可。</p>	<p>・当エリアは油の供給源であるため、油を待ち受ける集油管での回収は不適。</p> <p>・油回収速度の検討が必要。</p>
	揚油井戸	<p>【概要】揚油井戸を設け、油を回収する方法。油相厚が大きい場合に適する。</p> <p>【留意点】油回収速度の検討が必要。</p>	<p>・汚染源の除去はできない。</p> <p>・油相厚が最大で約0.5mで比較的薄く、効率的な油回収は期待できない。</p> <p>・対策完了までの時間が予測困難。(Step2の期間内に対策を終了させることができるか検討要)</p>	<p>・汚染土壌の除去はできない。</p> <p>・油相厚が最大で約0.2mで薄く、効率的な油回収は困難。</p> <p>・対策完了までの時間が予測困難。(Step2の期間内に対策を終了させることができるか検討要)</p>	<p>・油相厚が最大で約0.5mで比較的薄く、効率的な油回収は期待できない。</p> <p>・対策完了までの時間が予測困難。</p>	<p>・油相厚が最大で約0.2mで比較的薄く、効率的な油回収は困難。</p> <p>・土地所有者の合意形成が必要。</p> <p>・対策完了までの時間が予測困難。</p>	<p>・油相厚が最大で約2.0mと厚いため、揚油井戸による油回収に適する。</p> <p>・対策完了までの時間が予測困難。</p>
	共通事項		<p>・全ての油回収は困難</p> <p>・残油対策が必要</p> <p>・回収した油は保管が必要</p> <p>・回収した油は油水分離後、排水処理が必要</p>				
	適応性		<p>・掘削・釜場は他工法と比べ速やかな対応、かつ、汚染源となる廃棄物等の除去が可能であり、廃棄物や油の保管が現地で可能と想定される。</p> <p>・集油管や揚油井戸は、対策終了までの時間予測が難しく、Step2までの期間内に対策を終了することは困難であると考えられる。</p> <p>・当エリアの油に含まれるPCB濃度の高さを考慮すると、PCBの回収効率や作業の安全等に配慮した工法の検討が必要である。まずは、揚油井戸等による油量の低減を十分に行った後に調査を行い、必要に応じて、掘削・釜場による油回収を行うことが考えられる。</p>	<p>・掘削・釜場は他工法に比べ速やかな対応、かつ、汚染土壌の除去が可能であり、保管は現地で可能と想定される。</p> <p>・集油管や揚油井戸は困難であると考えられる。</p> <p>・当エリアは、掘削・釜場が最も有効であると考えられる。</p>	<p>・掘削・釜場は大量の汚染土壌や油が発生する。処理費用大かつ現地での油保管は困難。</p> <p>・集油管は時間を要すると考えられるが、地下水循環を行い油移動の原動力を得ることができれば、適応が期待できる。</p> <p>・揚油井戸は「点」回収であるため、集油管より劣る。</p> <p>・当エリアは、集油管が最も有効であると考えられる。</p>	<p>・掘削・釜場は土地所有者の了承や管理事務所・駐車場の移設が必要であり、対策を開始するまでに時間要。</p> <p>・集油管は時間を要すると考えられるが、地下水循環を行い油移動の原動力を得ることができれば、適応が期待。</p> <p>・揚油井戸は揚油井戸は「点」回収であるため、集油管より劣る。</p> <p>・当エリアは、集油管が最も有効であると考えられる。</p>	<p>・Step2までは既往井戸等からの油回収を進め、Step3以降は油の回収状況を確認しながら、改善等を進め、改めて検討を行う。</p>
	適用工法	揚油井戸 + 掘削釜場	掘削釜場	集油管	集油管	-	

(3) 油回収の実施上の課題

前項において、エリアごとの油回収方法の適応性を検討したが、共通する課題として表-5が考えられ、油回収実施にあたって留意が必要である。

表-5 油回収方法の共通課題

課 題	具体的内容
全ての油を回収することは困難であり、油の遊離・再移動の可能性が残る。	実現可能な油回収方法は何れも形成された油相厚を薄くする効果はあるが、土壌に付着している微量の油を含め、100%除去することは困難である。微量の油が地下水位の変動等により土壌や廃棄物から遊離し、再移動することがないように、何らかの対策が必要である。 (次項(4)で検討)
油水分離および水処理が必要である。	回収された油には、多少なりとも地下水が混じる（その割合は回収方法により大きく異なる）ため、油水分離および微量 PCB 対策となる水処理が必要となる。また、水処理による発生汚泥は保管が必要となるため、その量の低減が望まれる。 (別途資料 5-1 にて検討)
回収した油を保管する必要がある。	回収した油は PCB を含むため、適正な保管が必要である。また、油は消防法上の危険物（第四類第三石油類）に該当するため、消防法で規定された保管が必要となる。 (別途資料 5-3 にて検討)

(4) 残油対策について

各エリアにおける油回収終了の判断基準は「油相の消滅」であるが、実現可能な油回収方法は、土壌に付着している微量の油を含め、100%除去することは困難である。また油相を消滅させたとしても、土壌間隙に保持されている油が存在することから、地下水面の上下により、わずかながら油相が再形成するおそれがある。そのため、油回収終了時には、何らかの残油対策（土壌に付着している油の遊離・再移動を防止するための措置）が必要であると考えられる。

残油対策の方法としては、「土壌を固化処理・不溶化処理する措置」と、「油吸着材を層状に敷き均し、油を吸着する措置」が考えられる。

固化処理・不溶化処理は、主に鉛やカドミウム、ヒ素といった重金属等の有害物質を含む土壌から、重金属等が溶け出す量を低減させる技術として利用されている。固化処理は、セメント系固化材を用いた処理であり、不溶化処理は、生石灰等を主成分とした薬剤を用いた処理である。

表-6 考えられる残油対策の方法

区分	固化処理		不溶化処理		吸着材による措置	
イメージ						
概要	粉体状の固化材等（セメント系）により、土壌中の油を固化させ、溶出防止を図る方法		生石灰等を主成分とした薬剤等により、土壌中の油を不溶化し、溶出防止を図る方法		地下水位の変動する範囲に油吸着材等を層状に敷き均し、油を吸着する方法	
砂礫への適応性	適応可能	○	適応可能	○	適応可能	○
維持管理	不要 流出を防止するため、囲い込み工は残置する必要があると考えられる。	○	不要 流出を防止するため、囲い込み工は残置する必要があると考えられる。	○	不要 流出を防止するため、囲い込み工は残置する必要があると考えられる。	○
経済性	2.5万円/㎡程度	○	2.5万円/㎡程度	○	1.5万円/㎡程度	◎
効果	油の溶出防止効果が期待できる	○	油の溶出防止効果が期待できる	○	油の吸着効果が期待できるが、油に対して十分な量の吸着材が必要である。	○
実績	多い	○	多い	○	多い	○

油回収の目標を設定する上では、これらの固化処理・不溶化処理の適用可能条件についても、あわせて検討しておく必要があると考えられる。