

4 対策の進め方とシナリオ

4. 1 PCB を含む油によって汚染された現場の問題認識

当該場所は、PCB を含む油によって汚染された現場であり、措置を講じる必要がある対象物は、大略して、「① 油」「② 汚染土壌」「③ 汚染廃棄物」の3つである。

各対象物が、どういった範囲の、どの位置に、どの程度の量、存在すると推定されるかについて、図 4-1 にイメージ図を示す。

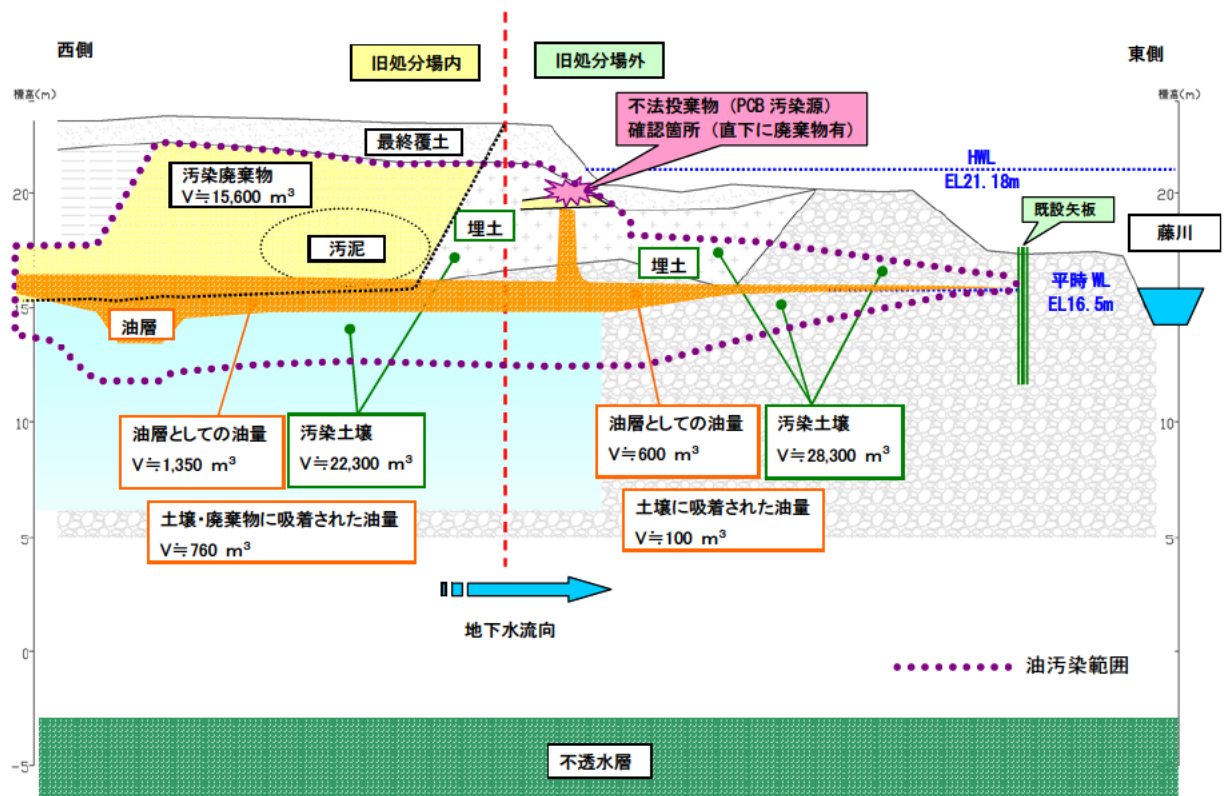
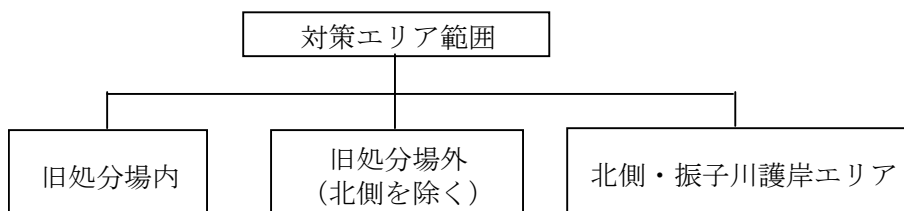


図 4-1 当該場所における PCB を含む油による汚染拡散状況イメージ図

4. 2 対策エリア範囲区分の設定

当該場所において、現在及び過去の土地使用履歴の違いにより、対策エリア範囲の区分を行い、図 4-2 に示す。

対策エリア範囲の区分は、次に示す 3 区分とする。



【旧処分場内】

旧処分場内の油汚染区域（赤色）とする。

【旧処分場外（北側を除く）】

旧処分場の下流区域で、東側は員弁川・藤川の護岸沿い、西側は「旧処分場内」の区域に接する区域でオレンジ色で表示した。

不法投棄された汚染源を含む PCB 高濃度区域は当エリア内とする。

【北側・振子川護岸エリア】

振子川護岸と「旧処分場外（北側を除く）」「旧処分場内」の北側法線に挟まれた事業所用地をエリア範囲（黄色）とする。

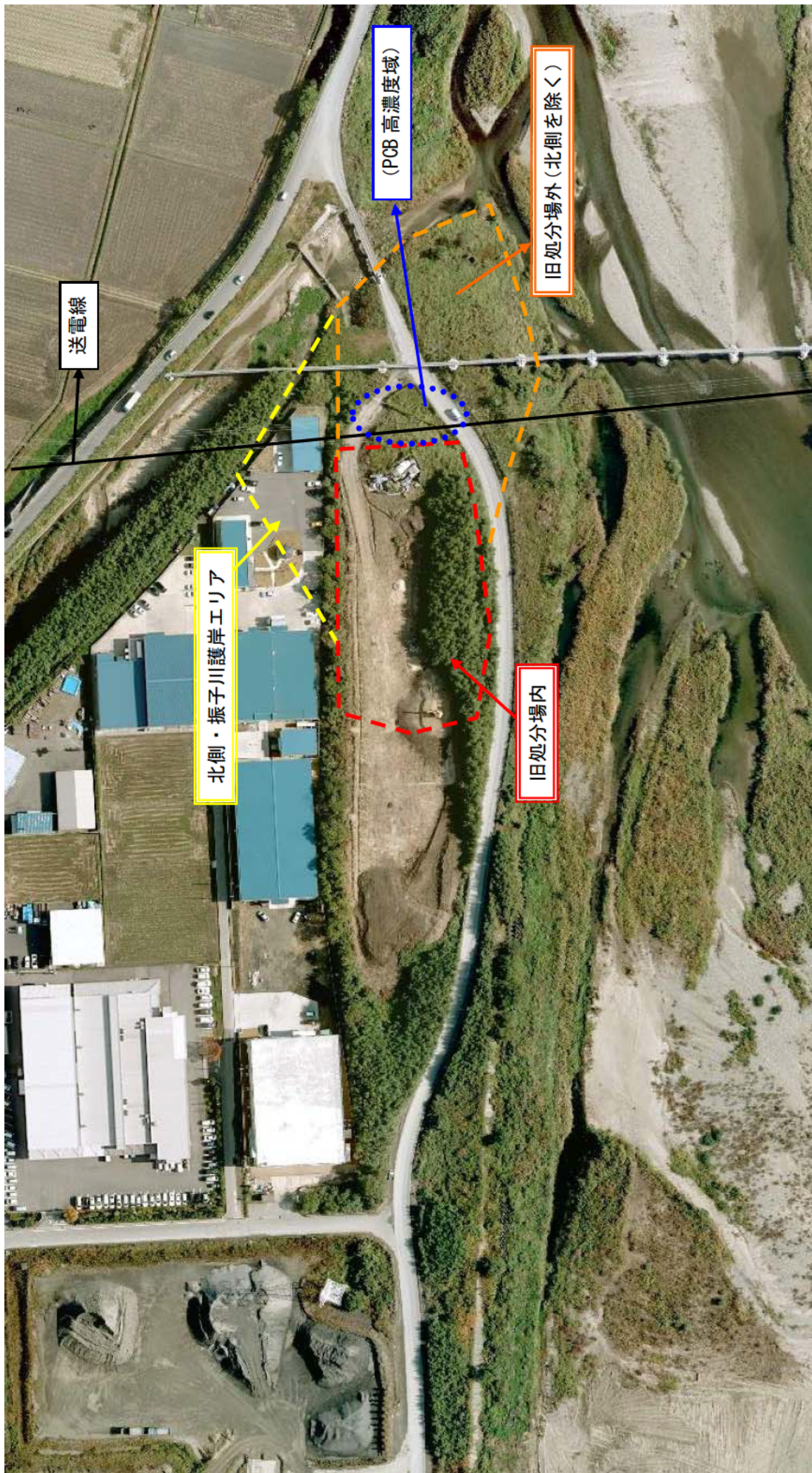


図 4-2 対策エリア範囲区分

4. 3 エリア別優先順位の考え方

各エリアの対策は、汚染拡散リスクが高い次に示すエリアを優先する。

- PCB 汚染源・PCB 高濃度域を最優先とする。
- 河川への汚染拡散防止が必要な区域を優先する。

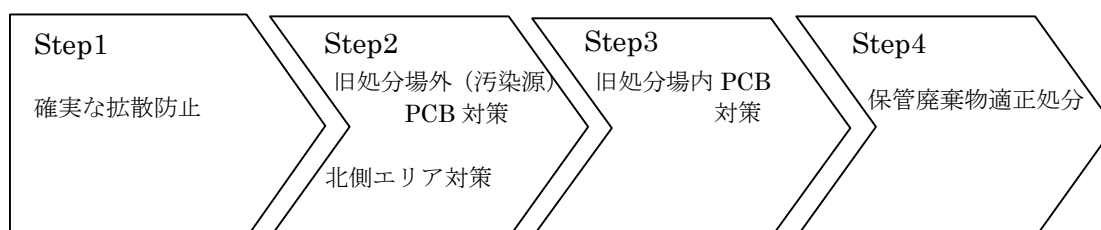
これらにより、掘削調査で確認された PCB 汚染源・PCB 高濃度域が存在する下記3つのエリアについて、

- ①旧処分場外（北側・振子川護岸エリアを除く）
 - ②振子川に隣接する北側・振子川護岸エリア
 - ③旧処分場内
- の優先順位で、対策を進めるものとする。

4. 4 対策の進め方について

対策の進め方については、次に示す4つのステップの進行管理指標を置いて進めるものとする。

- Step 1：緊急的な措置として設置した鋼矢板による拡散防止措置に加え、油拡散区域の掘削等の工事に対応できる、より確実な拡散防止措置を講じる。
- Step 2：PCB 汚染源となっている不法投棄された廃棄物から新たに汚染が拡散しないための措置と河川水の増水時にも油が流出しない措置を講じる。また、北側・振子川護岸エリアの油対策を講じる。
- Step 3：旧処分場内の油について、新たに河川に流出しない対策を講じる。
- Step 4：PCB で汚染された PCB 廃棄物の適正処分を行う。



4. 5 汚染対策方法の選定要件

1. 油

油の対策を要素技術別に分けると、以下が必要となる。

- ・ 拡散防止
- ・ 油回収
- ・ 油水分離
- ・ 保管

【拡散防止に係る選定要件など】

- ①遮水壁の根入れ層となる遮水基盤は、固結シルト層(Tc 層)と砂質土層 (Ts 層) の互層であり、囲い込み範囲に砂質土層が挟み込まれる可能性がある。
- ②固結シルト層は、北東に傾斜していることから、遮水壁の根入れは可能であるが、広範囲を囲い込むことは、施工管理に特に留意が必要となる。
- ③帯水層の砂礫層 (G 層) の透水係数は $10^{-1} \sim 10^{-2} \text{cm/s}$ と非常に高く、確実な遮水ができない場合は、負圧管理をするための揚水量が多くなる。

<選定工法の一例>

- ・ 鋼矢板による浮き型遮水壁工。

【油分回収に係る選定要件など】

- ①油には PCB が含まれ、過飽和状態の油は地下水とともに移動することから、可能な限り速やかに油を回収する必要がある。
- ②地盤の「透油性」が低い場合、揚水井戸工法等によって、孔内に油相が形成されなくなるまで油回収することは、非常に困難（長期間を要する）である。

<各対策エリア範囲での選定工法の一例>

- 旧処分場内 : 揚油井戸 (ポンプ・オイルスキマーによる揚油) 工法
掘削釜場排水工法
- 旧処分場外 : 掘削釜場排水工法
- 北側・振子川護岸エリア : 集油管+集油枡 (浅井戸) 併用工法

【回収した油の油水分離に係る選定要件など】

- ①回収された油は、地下水とともに回収されるため、油水分離装置に通油させる必要がある。
- ②油水分離された排水は、水処理設備で処理後、放流することが望ましい。

<各対策エリア範囲での選定工法の一例>

回分式または連続式油水分離装置＋水処理

【特定有害廃油（廃 PCB 等）の保管・管理に係る選定要件など】

- ①油は、廃棄物処理法において廃油に分類され、特に PCB を含む廃油は特別管理産業廃棄物と規定されている（処分するために処理したもの $>0.5\text{mgPCB/kg}$ ）。その処分にあたっては同法で、高温焼却等による処理が必要と規定されている。
- ②孔内に形成される油相中には、ほぼ全ての地点で PCB が含まれている。
- ③当該現場の油（観測孔から水と混じった状態で回収され、その後油水分離された後の油）は、消防法の規定による危険物（第四類第三石油類）に該当し、所定の要件を満たす保管施設において保管する必要がある。

<選定工法の一例>

保管庫の設置

2. 汚染土壌

汚染土壌対策を要素技術別に分けると、以下が必要となる。

- ・ 原位置封じ込め
- ・ 掘削
- ・ オンサイト/オフサイト処理

【汚染土壌の原位置封じ込め／汚染土壌の掘削に係る選定要件など】

- ①不法投棄された廃棄物が確認された区域の土壌、及び高濃度の PCB を含む油相が確認される地点・深度付近の土壌の一部で、基準値（環境基準、底質の暫定除去基準）を超過しているが、ほとんどの地点で基準値の超過は確認できていない。
- ②理論的には、103mg/kg 以上の PCB を含む油で飽和した土壌は、底質の暫定除去基準を超過していると推定される。

油中の PCB 濃度 103 mg/kg：当該油で飽和帯の土壌の間隙水が置換された場合に土壌の PCB 含有量が暫定除去基準を超過する油分の PCB 濃度

土壌中に PCB を含む油が浸透し、底質の暫定除去基準を超過する PCB 濃度を求める。

但し、土粒子の比重 2.6 間隙率 0.35 とし、間隙 0.35 のうち 0.2 が油で置換された汚染土壌をモデルとした。水の比重 1、油の比重 0.91 とする。

$$\text{土壌の乾燥重量} \quad 2.6 \times (1 - 0.35) + 0.91 \times 0.2 = 1.872 \text{ t/m}^3$$

$$\text{底質の暫定除去基準となる PCB 量} \quad 1.872 \text{ t} \times 10 \text{ mg/kg} = 18.72 \text{ g}$$

$$18.72 \text{ g の PCB が間隙中の油に溶解した濃度は、} \quad 18.72 \text{ (g)} / 0.91 \times 0.2 \text{ (t)} = 103 \text{ mg/kg}$$

- ③掘削等により油を含む土壌が除去された後にも、周辺に残されている土壌中の油が水位変化等により離脱し、再び地下水面上に油相を形成する可能性がある。油相を形成する過飽和状態の油は、地下水流動に伴って周辺を再汚染する可能性があるため、対策の検討が必要である。
- ④「旧処分場外（北側を除く）」は河川敷であり、ほとんどの範囲が員弁川の計画高水位（21.18m）より低い。
- ⑤北側・振子川護岸エリアは、掘削に制限がある。

< 各対策エリア範囲での選定工法の一例 >

旧処分場内：釜場排水による油回収と併せ、掘削

旧処分場外：釜場排水による油回収と併せ、濁水期に掘削

【汚染土壌のオンサイト浄化、あるいはオフサイト浄化に係る選定要件など】

- ①洗浄分級や熱処理による浄化（オンサイト浄化）については、トリータビリティ試験や施設の設置面積、経済性を検討する必要がある。
- ②委託処分（オフサイト浄化）を選定するにあたっては、受入条件、経済性をオンサイト浄化と比較検討する。

3. 汚染廃棄物

汚染廃棄物の対策を、要素技術別に分けると、以下が必要となる。

- ・ 原位置封じ込め
- ・ 掘削
- ・ 保管
- ・ オンサイト/オフサイト処理

【汚染廃棄物の原位置封じ込め・掘削に係る選定要件】

- ①原位置封じ込めは、「油の拡散防止」の記載事項と同じ
- ②掘削は、「汚染土壌の掘削」の記載事項とほぼ同じ（廃棄物地盤の透水性は周辺砂礫質地盤；土壌と比較して低いと想定されること、旧処分場内の廃棄物埋立範囲の大部分は計画高水位よりも高い等の点で、旧処分場外における掘削と異なる）

【PCB 廃棄物の保管に係る選定要件など】

- ①旧処分場内に埋立処分された廃棄物は、掘削した場合は泥状を呈し、PCB を含む汚泥は廃棄物処理法において特別管理産業廃棄物と分類される。また、油分を5%以上含む汚泥は、「廃油と汚泥の混合物」と判断される。
- ②PCB の汚染源となる場所には、投棄された廃棄物が存在し、PCB が付着している可能性がある。

＜選定工法の一例＞

- ・ 掘削除去した汚染廃棄物を必要に応じ、ドラム缶等気密性容器に収納し、保管する。(PCB が付着した処分場内の埋め立てられた廃棄物の全量を保管するにはドラム缶約8万本と推定される。)
- ・ 処分先を確保し、気密性を確保したまま輸送する。

【オンサイト/オフサイト処理】

国内に処理施設がなく、トリータビリティ試験を含めた十分な検討が必要である。

4. 6 対策工法の選定について

地質に関する追加調査及び油の移動性が明らかになったことから、第 2 回技術検討専門委員会資料 4 に示した工法（表 4-2 参照）について、検討を進めた。

このうち、Case A については、現時点で掘削後の廃棄物の処分の見込みが立たないことから、処分できるまでの間保管するケースとして、表 4-1 に Case A-1 及び Case A-2 を示した。

また、Case B について、遮水壁の根入れ構造の違いにより Case B-1 及び Case B-2 に分類した。

現時点で PCB 廃棄物の処分時期が確定できないことなどから、対策に係る工法選定において、対策期間の設定に課題があるといえる。

また、最終的な処分の見込みが明確にならない段階で、安全確保のために、どのステップまでの措置を講じる必要があるかについて、それぞれの技術的な課題を踏まえ検討する必要がある。

表 4-1 「汚染土壌掘削除去+廃棄物適正管理」工法（案）比較表

| ケース | CaseA-1: 廃棄物掘削・地上保管 | CaseA-2: 廃棄物掘削・地下保管 | CaseB-1: 廃棄物の原位置封じ込め (根入れ型) | CaseB-2: 廃棄物の原位置封じ込め (浮き型) |
|----------|--|--|---|---|
| 概念図 | | | | |
| 工法の考え方 | <ul style="list-style-type: none"> ・暫定除去基準及びそれに相当する土壌及び油、汚染源となる投棄された廃棄物、旧処分場内の汚染廃棄物を除去する。併せて、油の付着した汚染土壌、汚染廃棄物を除去する。 ・汚染土壌は、委託処分等で処理を行い、汚染廃棄物は処分できるまでの間、保管する。(遮水工封じ込めレベル) ・地上に汚染廃棄物等の保管施設を整備する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・暫定除去基準及びそれに相当する土壌及び油、汚染源となる投棄された廃棄物、旧処分場内の汚染廃棄物を除去する。 ・汚染土壌は、委託処分等で処理を行い、汚染廃棄物は処分できるまでの間、保管する。(遮水工封じ込めレベル) ・遮水基盤に根入れし、遮水性の高い遮水壁を設置する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・暫定除去基準及びそれに相当する土壌及び油、汚染源となる投棄された廃棄物を除去する。併せて、油の付着した土壌、廃棄物を除去する。 ・汚染土壌は、委託処分等で処理を行い、汚染廃棄物は処分できるまでの間、保管する。(原位置封じ込めレベル) ・遮水基盤に根入れし、遮水性の高い遮水壁を設置する。 ・浮き型矢板等簡易な遮水壁を設置し、水位低下は困難である。 | <ul style="list-style-type: none"> ・暫定除去基準及びそれに相当する土壌及び油、汚染源となる投棄された廃棄物を除去する。併せて、油の付着した土壌、廃棄物を除去する。 ・汚染土壌は、委託処分等で処理を行い、汚染廃棄物は処分できるまでの間、保管する。(原位置封じ込めレベル) ・遮水基盤に根入れし、遮水性の高い遮水壁を設置する。 ・浮き型矢板等簡易な遮水壁を設置し、水位低下は困難である。 |
| 囲い込み範囲 | <p style="text-align: center;">対策区域のイメージ</p> | | | |
| 拡散防止の確実性 | <p>保管施設の目視点検が可能であるため、最も確実と考えられる保管方法。</p> <p>① 保管庫については、当該場所以外では、用地確保が課題。 ② 汚染廃棄物(POB廃棄物)の保管施設を現場で一時全量保管する場合、旧処分場内の跡地の大半を占め、他の必要施設の立地に支障あり。 ③ 汚染廃棄物(POB廃棄物)の保管施設設置に際しては、万全な地盤の不等沈下防止策を講じることが必要。 ④ 汚染廃棄物の掘削・除去・搬送・保管貯留に係る一連のシステムを構築することが必要。 ⑤ 搬送の荷姿はドラム缶収納(約8万本)が必要。</p> | | | |
| 対策実施上の課題 | <p>保管施設の目視点検ができないが、原位置封じ込めと比較して確実性が高い。</p> <p>① 汚染廃棄物の地中保管施設設置のため、新たに非汚染廃棄物の掘削・適正処理が必要。 ② CaseA-1と同様、旧処分場内の跡地の大半を占め、他の必要施設の立地に支障が生じやすい。 ③ 地盤の不等沈下防止策を講じる必要がある。CaseA-1に比べ、地耐力を得られる可能性も併せ持つ。 ④ 汚染廃棄物の掘削・除去・搬送・保管貯留に係る一連のシステムを構築することが必要。 ⑤ 搬送の荷姿はドラム缶収納(約8万本)が必要。</p> | | | |
| 拡散防止の確実性 | <p>最も確実性が低い。掘削等に伴う2次汚染リスクは低い。内部の汚染廃棄物の処分開始時期が明確であれば、それまでの間の暫定措置と位置づけられる。</p> <p>① 基盤が難透水層であることが前提。 ② 遮水壁工法は、深さが25m以深までの根入れが求められるため、鋼矢板工は不可。 ③ 遮水壁施工時は、当該場所の基礎特性から、確実な遮水性を担保するために、数mごとにパイロット・ボーリングを施しなからの設置が必要。 ④ 地下水位を周辺より低く管理することで、汚染拡散防止効果が高まる。①より低く管理することで、汚染拡散防止効果が高まる。</p> | | | |
| 対策実施上の課題 | <p>最も確実性が低い。掘削等に伴う2次汚染リスクは低い。内部の汚染廃棄物の処分開始時期が明確であれば、それまでの間の暫定措置と位置づけられる。</p> <p>① 基盤が難透水層であることが前提。 ② 遮水壁工法は、深さが25m以深までの根入れが求められるため、鋼矢板工は不可。 ③ 遮水壁施工時は、当該場所の基礎特性から、確実な遮水性を担保するために、数mごとにパイロット・ボーリングを施しなからの設置が必要。 ④ 地下水位を周辺より低く管理することで、汚染拡散防止効果が高まる。①より低く管理することで、汚染拡散防止効果が高まる。</p> | | | |

表 4-2 PCB 汚染廃棄物等の種類に応じた工法比較表
(第2回技術検討専門委員会資料より抜粋)

| ケース | Case A: 全量掘削 | Case B: 汚染土壌掘削除去 + 汚染廃棄物囲い込み + 油抽出 | Case C: 汚染土壌及び汚染廃棄物囲い込み + 油抽出 |
|------------|---|---|---|
| 工法の概要 | PCBを含む油で汚染された区域を全て掘削し、PCBを除去する。 掘削に伴う地質の攪乱による汚染拡散を防止するため、掘削にあたっては、遮水工が必要となる。 | 旧処分場内の汚染廃棄物の存在範囲を囲い込み、油を回収する。 同時に、旧処分場外のPCBを含む油及び汚染土壌を掘削等により除去する。 | PCBを含む油による汚染区域全域を囲い込み、油を回収する。 |
| PCB廃棄物の種類等 | ・暫定除去基準及びそれに相当する土壌及び油、汚染源となる投棄された廃棄物、旧処分場内の汚染廃棄物を除去する。併せて、油の付着した汚染土壌、汚染廃棄物を除去する。 ・汚染土壌は、委託処分等で処理を行い、汚染廃棄物は処分できないことから、処分できるまでの間、保管する。 (遮水工封じ込めレベル) | ①抽出等作業に伴うPCB汚染物 ②油 ③汚染土壌(大量) | ①抽出等作業に伴うPCB汚染物 ②油 ③汚染土壌(ほとんどなし) |
| 概念図 | | | |
| 遮水工設置範囲 | | | |
| メリット | ①PCB廃棄物等が完全に除去できる。 ②跡地管理が不要である | ①河川の増水時に浸漬する区域の油は確実に除去可能である。 ②処理するPCB廃棄物等は、油と汚染土壌であり、油は保管可能、汚染土壌は委託処分が可能であり、自ら処理施設を設置しなくても、対策が可能である。 | ①PCB廃棄物等の処理量が少ないことから経済的である。 ②処理が必要なPCB廃棄物等は、油が主体であり、処理施設が設置できない場合も保管が可能である。自ら処理施設を設置しなくても、保管しておけば将来的に委託処理できる可能性がある。 |
| デメリット | ①掘削量が多大であり、経済性に劣る。 ②汚染廃棄物は、委託処分できないことから保管の必要があるが、保管場所の選定が困難。現地に保管施設を整備することも困難。 ③処理施設を設置する場合、技術検討、立地場所の選定、住民合意、設置手続きに長時間を要する。 | ①旧処分場内の油を短期に回収することは困難であり、長期の管理が必要。 ②旧処分場内で一定期間、囲い込みによる汚染廃棄物の地下管理を余儀なくされる。 | ①油を短期に回収することは困難であり、長期の管理が必要。 ②河川流水と遮水壁が接触する可能性があり、遮水壁劣化のおそれがある。 ③河川の流水を受けやすい低標高区域は、洪水時に水没することから、キャッピング及び油回収等の水密性の確保が課題となる。 ④遮水工の設置は、河川水位に影響を受けやすく、施工管理が困難。 |
| 対策後の措置 | 汚染廃棄物を保管する場合、処理が必要 | 将来的には、地中で管理する汚染廃棄物の処理が必要となる | 将来的には、地中で管理する汚染廃棄物、汚染土壌の処理が必要となる |
| 管理方法 | 汚染廃棄物を保管する場合は、保管施設の管理が必要 | 遮水機能の高い遮水壁を設置し漏洩がないかをモニタリングする。若しくは、揚水処理により、遮水壁内を外部より低水位で管理する | 遮水機能の高い遮水壁を設置し漏洩がないかをモニタリングする。若しくは、揚水処理により、遮水壁内を外部より低水位で管理する |
| 管理の難易 | ◎ | ○ | △ |
| 対策後の残存リスク | ◎ | ○ | △ |

4. 7 実施期間を組み入れた具体的なシナリオについて

4. 6において、対策のケースを示したが、廃棄物の処分時期が未定であるために、対策の全体のシナリオを想定することが困難である。そこで、概ね10年程度でStep1～4のすべての措置を完了させたと仮定した場合のシナリオのイメージを図4-3に示した。

なお、実施にあたっての実現可能性は考慮していないが、想定できる工法として示した。

シナリオの作成にあたっては、それぞれの対策に係る時間的な制約を考慮する必要がある。

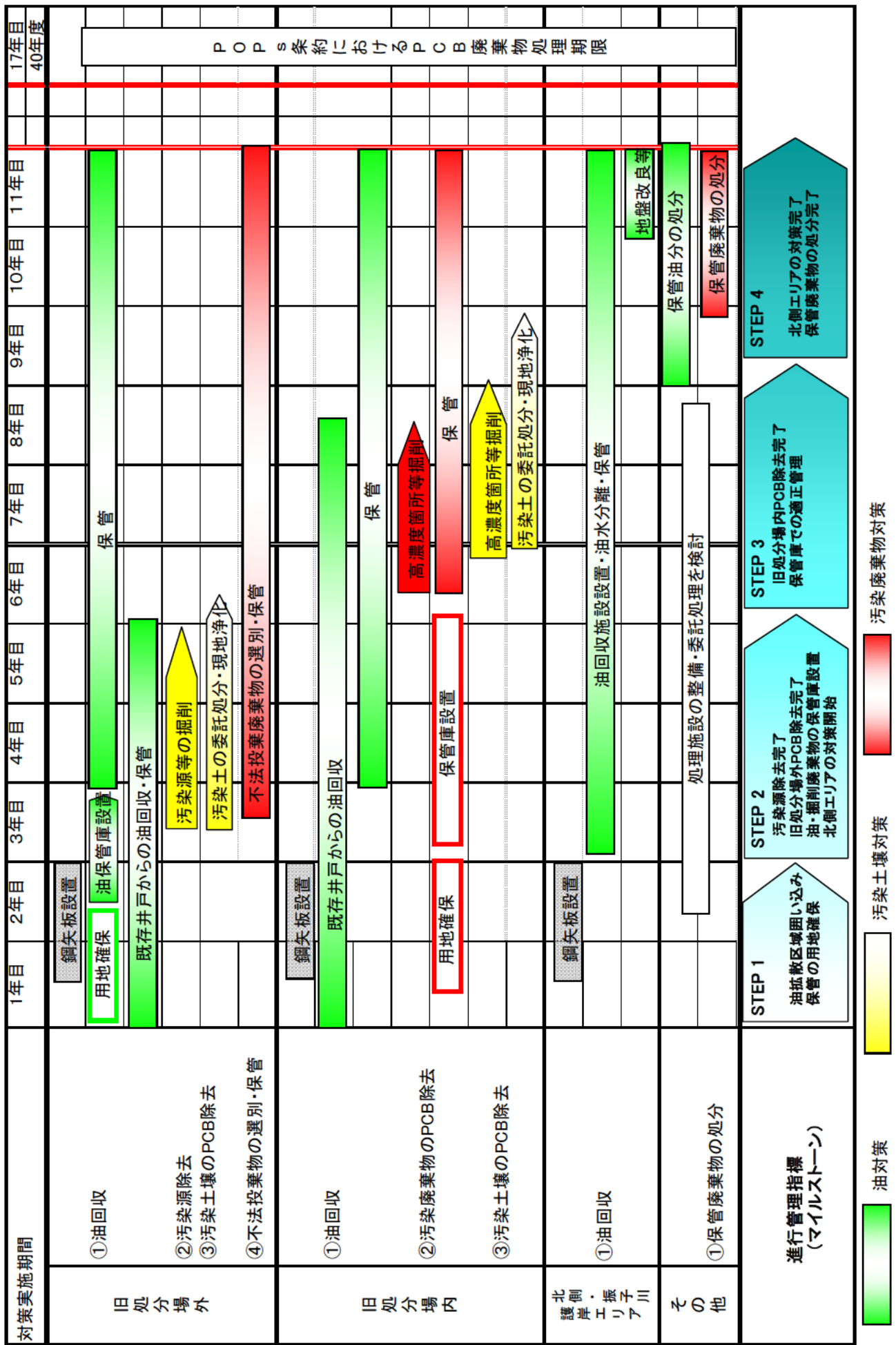


図 4-3 PCB 廃棄物処理施設が整備された場合の対策イメージ

実行可能性のあるシナリオを選定するために、4.4 で示した各ステップの主な課題を抽出し、各ステップを達成する対策工法として、4.6 に示した工法を整理した。

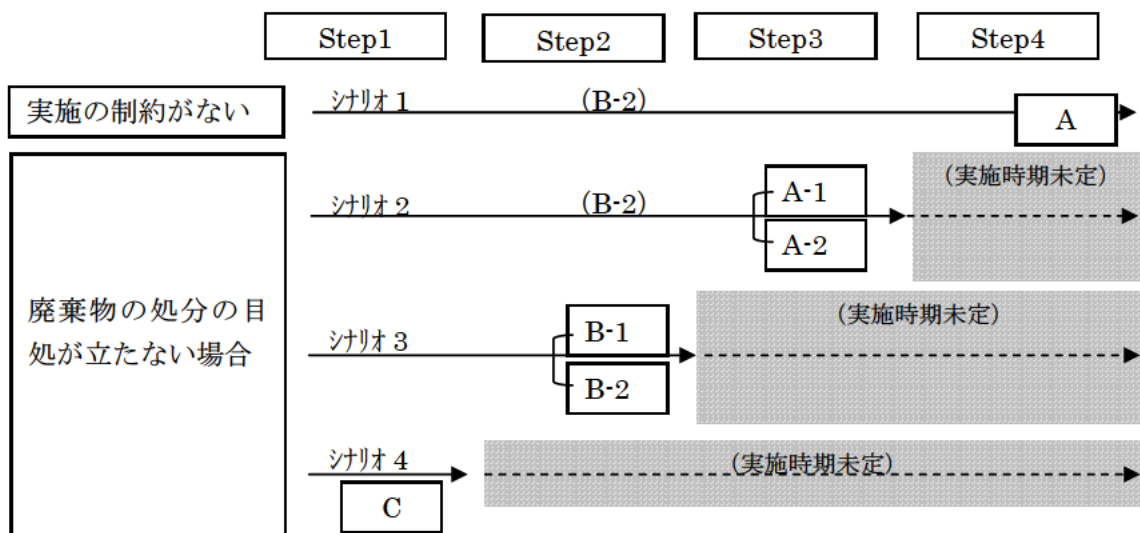
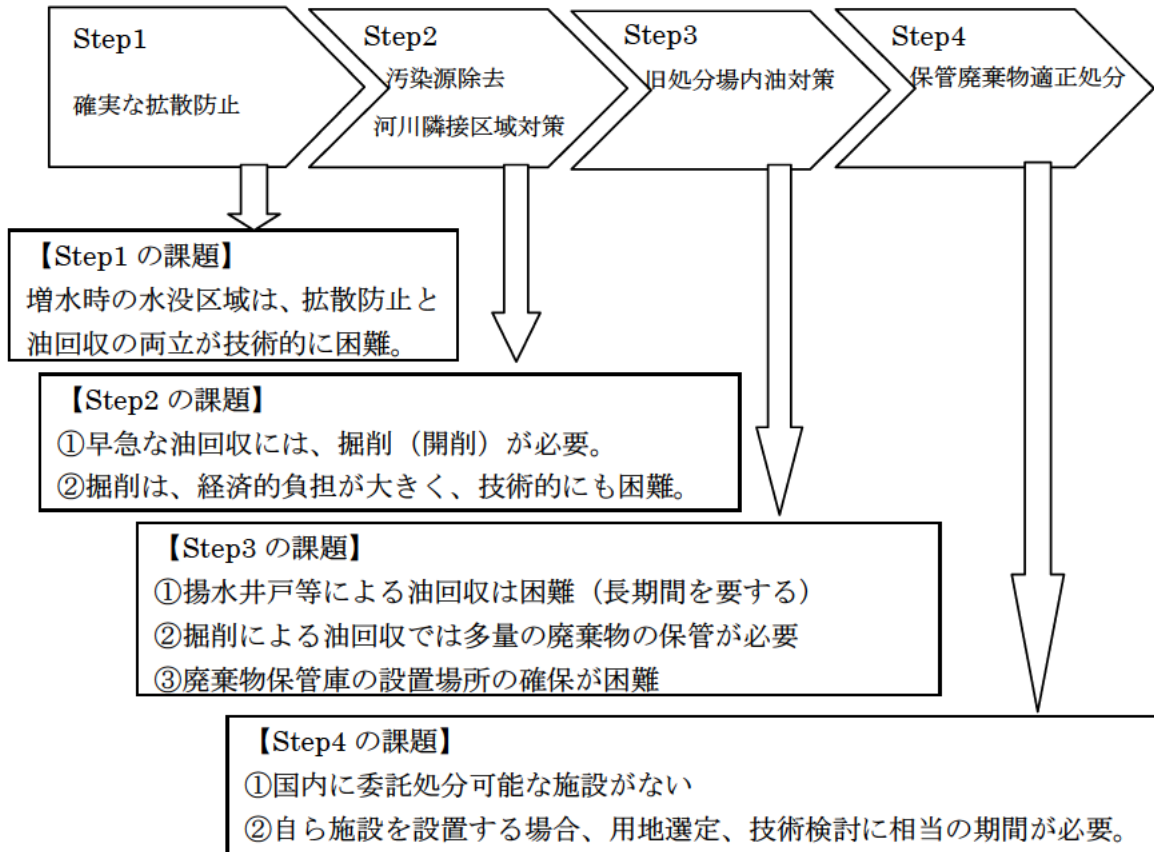


図 4-4 対策のシナリオ

シナリオ 1～4 のいずれにおいても実施の課題があるものの、生活環境保全上の支障除去が除去できるステップまでのシナリオを選定する必要がある。