

第2章 対策

1. 総論

1. 1 対策の目的

対策は、調査地（油含有土壌が存在し、かつ油汚染問題が生じている場所をいう。以下同じ。）のある敷地内において、その現在の及び今後の土地利用方法等に応じて、油汚染問題を解消することを目的として行う。

1. 2 対策の進め方

対策では、図1-1に示すように、以下の1)～7)の項目を順に行うのが一般的である。

- 1) 対策方針の策定
- 2) 対策目標の設定
- 3) 対策方法の選定
- 4) 対策調査の実施
- 5) 対策計画の作成
- 6) 対策の実施と対策工事完了確認
- 7) 対策の記録の作成・保存等

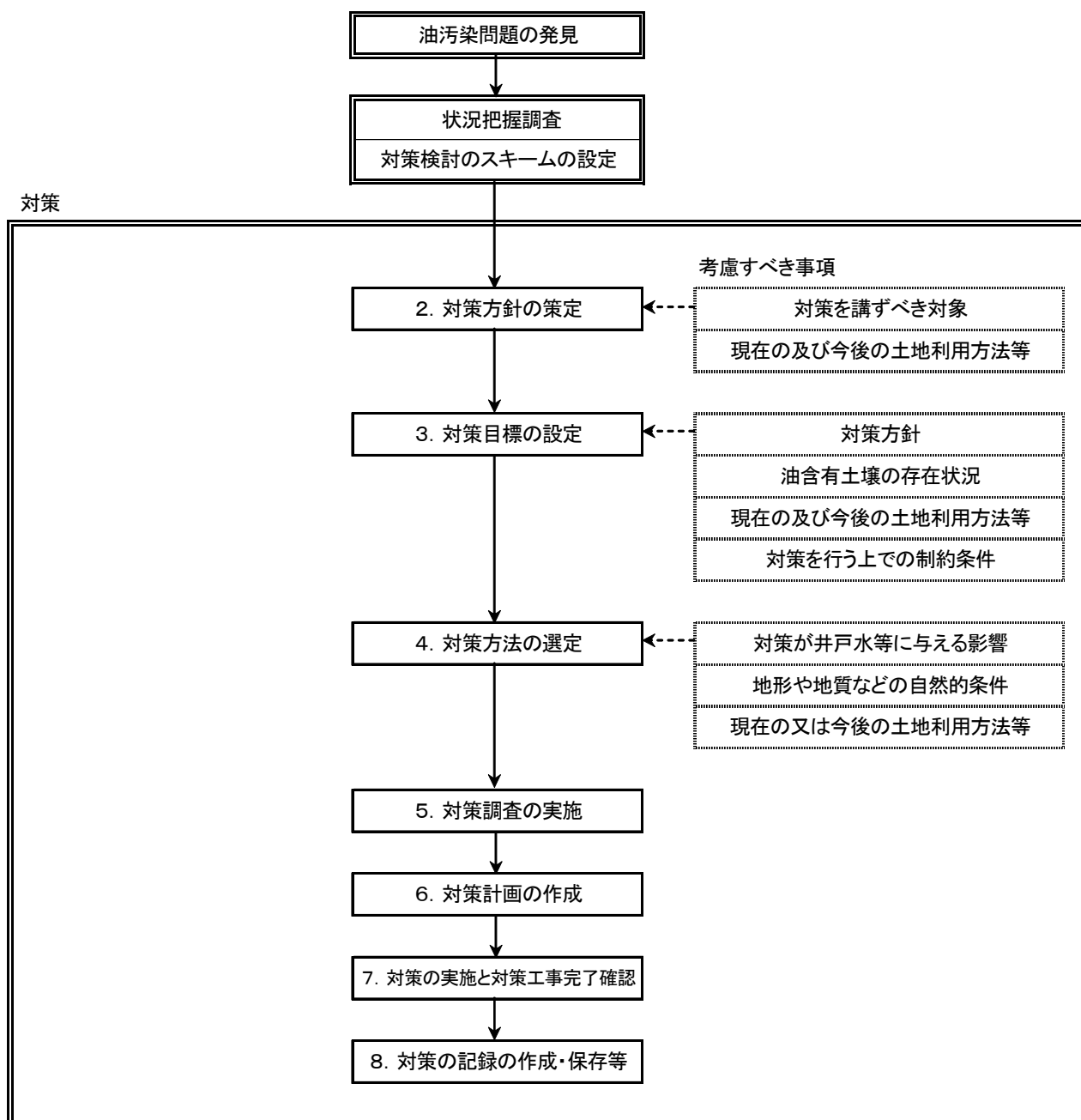
1. 3 対策実施にあたっての安全に関わる留意事項

消防法令で定める危険物や指定可燃物を貯蔵し、又は取り扱う施設において対策を行う場合は、引火、爆発、施設破損による油の流出等を生じないように十分に注意する。火気使用（コアカッター、ドリル、切断機、溶接機、発電機等の使用を含む）や掘削については、所轄する消防署の指導に従って、事前に必要な届出等が行われていることを確認した上で、適切な安全対策を講じながら行う必要がある。

1. 4 本ガイドラインを適用する上での留意事項

本章に記述している内容は、油汚染問題を解消するための対策に参考となる手順やその考え方であり、関係者間で協議して定める独自の手順に従って対策を実施することを制約しようとするものではない。

また、本章に取り上げていない新たな対策技術手法であって、油汚染問題を解消できるものの適用を制約しようとするものではない。



(注) 図の口中の数字は、本文の節番号を示すものである。

図 1 - 1 対策の進め方

2. 対策方針の策定

対策を講ずるにあたっては、まず、解消すべき油汚染問題は何かを正しく理解した上で、現状の及び対策後の土地の利用方法を踏まえて、現場の状況に適した対策が行われるようにするため、「対策方針」を策定する。

2. 1 対策方針策定の意義

対策方針とは、状況把握調査により得られた調査地における油汚染問題の発生状況に対応して、かつ、現在の及び対策後の土地利用方法を踏まえて、油臭と油膜による生活環境保全上の支障を除去するための対策を完了した後に、調査地のある敷地の状態をどのようにするのかという方針である。

対策方針は、それを基に対策目標を立てて、対策後の土地利用の方法等を勘案した対策方法の選定を行い、対策を実施していく際の方向性を示すものとなる。

2. 2 対策方針策定の際に考慮すべき事項

(1) 対策を講ずべき対象

状況把握調査で設定した対策を検討するスキームに基づき、油汚染問題の発生状況を正しく認識して、対策を講ずる対象となる油汚染問題を明確にする必要がある。

対策を講ずべき対象には、ア) 地表の油汚染問題の対策、イ) 井戸水等の油汚染問題の対策、ウ) 敷地の周辺の土地への油汚染問題拡散の防止対策の三通りのケースがある。

(2) 現在及び今後の土地の利用方法等

対策方針を策定するにあたり、対策後の土地の利用方法の予定の有無及び内容について、以下のように情報を整理しておく。

調査地のある敷地の土地利用方法により、利用者が特定されるか又は不特定多数か、想定される利用者の属性(主として事業場の従業員か、一般住民か、子供が多いかなど)、将来の土地の管理状況が想定される。また、調査地の土地利用方法により、土地利用時の地表面の被覆状態、利用者と土壌や井戸水等との位置関係(平面的位置、高さ)等が想定される。

これらは、油臭や油膜による生活環境保全上の支障の有無、それらを判断する場所(平面的位置、高さ)、追加的な対策が必要になった場合の対応の難しさ等に影響を及ぼす要素であり、対策方針を策定する上で重要である。

- ① 土地が裸地の状態で使用されるのか、建物・舗装等で被覆した状態で使用されるのかにより、土地の利用者の油臭や油膜の感じやすさが異なる。
- ② 土地が裸地の状態で使用される場合であっても、土地の利用方法によって、地表や水域の水の油臭や油膜を感じる距離として人が立った状態を想定することが適当か、寝そべった状態を想定することが適当かの差異がある。
- ③ 将来追加的な対策が必要になった場合の対応が難しい住宅地等に土地利用する場合と、将来の追加的対応も可能な土地利用とでは、対策方針を検討する際の前提条件が異なる。
- ④ 井戸水等に油汚染問題が発生しているときに、その井戸や池等を廃止できるか否かによって対策方針を検討する際の前提条件が異なる。
- ⑤ 土地の利用方法によっては、地盤高を上げる盛土が土地利用の妨げになる、舗装材、遮水壁等を設置することが土地利用の妨げになる等の問題を生ずるおそれが

ある。

- ⑥ 地下階がある場合は、用途（居住用、機械設置用等）によって対策方針を検討する際の前提条件が異なる。

（3）その他の考慮すべき事項

対策工事によって舗装材、遮水壁等を設置する場合に生じる土地利用上の制限の有無と内容、将来の土地利用の方針や計画を変更できるか否かについても対策方針策定の際に考慮すべき事項である。

2. 3 対策方針の策定方法

対策方針は、上記の「2. 2 対策方針策定の際に考慮すべき事項」を踏まえつつ、土地所有者等の意向に従い、また、対策期間、費用等に関する制約等も勘案して策定する。

（1）地表の油汚染問題に対する対策方針の策定

地表の油汚染問題に対しては、対策後の土地利用が裸地の状態か又は建物や舗装等で被覆した状態か、また、裸地の状態で使用する場合には地表と土地の利用者との空間距離はどうであるかによって対策方針を定める。

- 1) 対策後の土地利用が裸地の状態で行われるか、あるいは建物や舗装等で被覆した状態で行われるかについて、土地の所有者等の意向を確認し、調査地付近の土地利用の計画を把握して判断する。
- 2) 裸地の状態で利用する場合
 - ① 建物脇、道路、植栽帯等については、一般的に大人が立った状態で利用することになるので、「大人が立った状態で油膜や油臭による生活環境保全上の支障がないようにすること」が対策方針として考えられる。
 - ② 公園の遊び場や緑地等については、人（子供、大人）が地面に寝そべて利用することが考えられる。そのような利用が考えられるところでは、「人が地面に寝そべった状態で油臭や油膜による生活環境保全上の支障がないようにすること」が対策方針として考えられる。
- 3) 建物や舗装等で被覆した状態では、一般的に大人が立った状態で利用することから、「大人が立った状態で油膜や油臭による生活環境保全上の支障がないようにすること」が対策方針として考えられる。

図2-1に地表の油汚染問題に対する対策方針の例を示す。

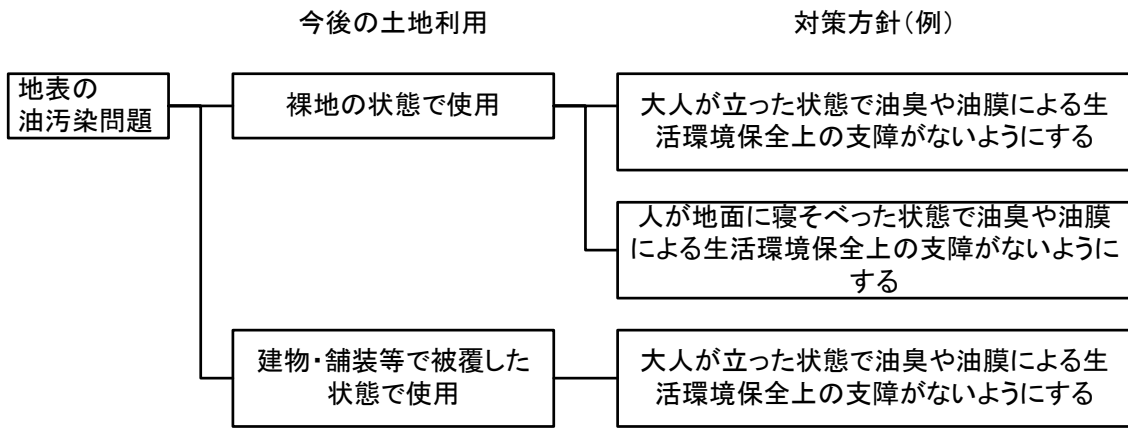


図 2 - 1 地表の油汚染問題に対する対策方針の例

(2) 井戸水等の油汚染問題に対する対策方針の策定

井戸水等の油汚染問題に対しては、今後も利用される井戸水等であれば、対象とする水が井戸水と水域（池・水路等）の水のいずれであるか、また、水域の水の場合には土地の利用者との空間距離はどうであるかによって対策方針を定める。

- 1) 対象とする水が井戸水である場合、井戸水を利用する状態において、「油臭や油膜による生活環境保全上の支障がないようにすること」が対策方針として考えられる。なお、周辺の土地に油汚染問題を生じさせるおそれが小さい場合には、井戸から揚水した水を浄水器等で浄化して利用する方法や、井戸水の利用を停止して井戸を廃止する方法で対応することも選択肢となる。

2) 対象とする水が水域の水である場合

- ① 水域の付近を人が立った状態で利用する場所であれば、「大人が立った状態で油膜や油臭による生活環境保全上の支障がないようにすること」が対策方針として考えられる。なお、周辺の土地に油汚染問題を生じさせるおそれが小さい場合には、水域の水に含まれる油を回収又は浄化する方法や、池や水路を埋め戻して利用を廃止する方法で対応することも可能である。
- ② 人が入って水に触れることが想定される水域であれば、「水面のすぐ上で油臭や油膜による生活環境保全上の支障がないようにすること」が対策方針として考えられる。

図 2 - 2 に、井戸水等の油汚染問題に対する対策方針の例を示す。

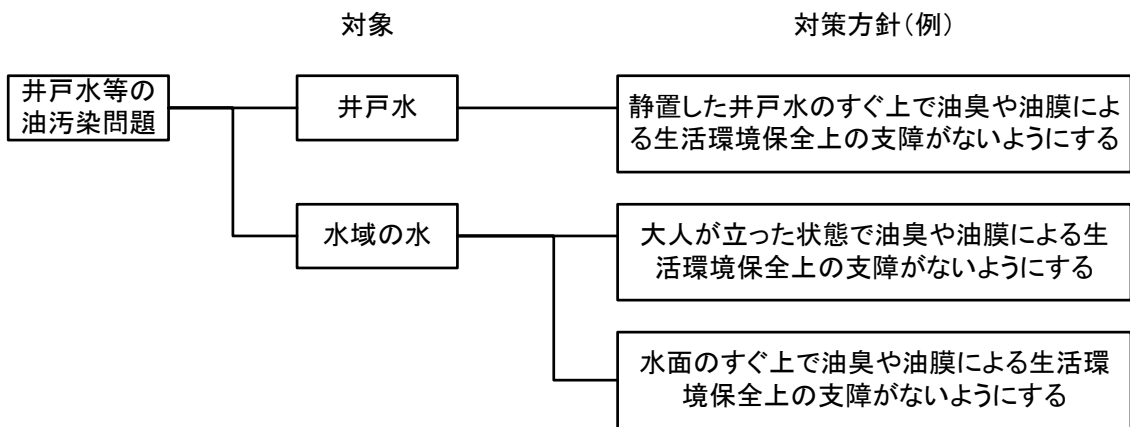


図 2 - 2 井戸水等の油汚染問題に対する対策方針の例

(3) 敷地周辺の土地への油汚染問題拡散の防止に係る対策方針の策定

状況把握調査により、敷地周辺の井戸水等への影響を意識した対策が必要であると判断された場合は、敷地周辺の土地への油汚染問題拡散の防止に係る対策方針を策定することが必要となる。

敷地周辺の土地に油汚染問題を生じさせるおそれ大きいことが把握されている場合は、敷地外への鉱油類の拡散を防止することが対策方針となる。なお、敷地境界の地下水に油相（フリーフェーズ）がある場合等、鉱油類の拡散防止に早急に対応することが必要な現場の状況があれば、それに応じた対策が講じられるように留意する。

敷地周辺の井戸水等への影響を意識した対策が必要であると判断されるが、油汚染問題を生じさせるおそれがそれほど大きくはない場合は、まず敷地境界付近の地下水のモニタリングを行って経過を観察することが考えられる。この場合、敷地周辺の土地に油汚染問題を生じさせるおそれのある鉱油類を認めた場合は、敷地外への鉱油類の拡散を防止することを対策方針として策定する。

図 2 - 3 に、敷地周辺の土地への油汚染問題拡散の防止に係る対策方針の例を示す。

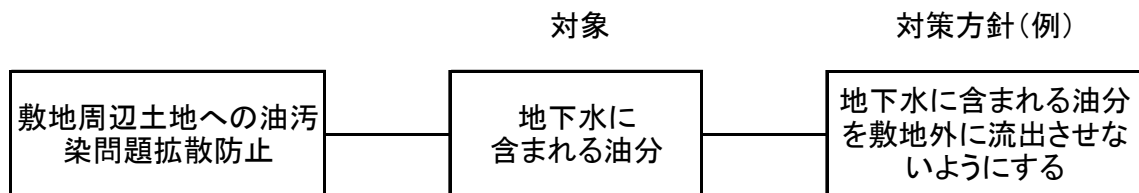


図 2 - 3 敷地周辺の土地に油汚染問題を生じさせるおそれ大きいことが把握されている場合の対策方針の例（注）

（注）敷地境界付近の地下水のモニタリングで経過を観察したところ、鉱油類を認めるようになった場合も同様である。

3. 対策目標の設定

油汚染問題を解決したい対象や、現在の及び対策後の土地利用方法を考慮して策定した「対策の方針」に基づき、対策完了後の土地に対策方針を満足する機能を持たせることを目的とした「対策目標」を設定する。

3. 1 対策目標の設定の意義

対策目標とは、対策方針を達成するために対策完了後の土地の状態が満足している機能である。

対策目標の基本は、地表の油汚染問題に対しては地表への油臭遮断・油膜遮蔽であり、井戸水等の油汚染問題に対しては井戸水等への油分の拡散防止である。また、敷地周辺の土地への油汚染問題拡散の防止に係る対策目標は、地下水に含まれる油分の拡散防止である。

ただし、土地の利用方法等を勘察した場合には、それらの原因となっている油含有土壌の浄化等（掘削除去を含む。以下同じ）を対策目標とした方がより合理的と考えられる場合もある。

対策目標は、それを実現するための対策方法を選定する際の前提となり、対策を実施していく際の目標である。

3. 2 対策目標を設定する際に考慮すべき事項

対策目標は、策定された対策方針に基づき、油含有土壌の存在状況、現在の及び対策後の土地利用に関するより詳細な情報に加え、対策を実施する上での制約条件を考慮して設定する。

以下に、対策目標を設定する際に考慮すべき事項を示す。

(1) 油含有土壌の存在状況（存在範囲および油含有状況）

油含有土壌が広く浅く、かつ、低い TPH 濃度で分布している場合等、油含有土壌の分布状況によっては、油含有土壌を浄化等（除去、浄化）する方が地表への油臭や油膜を遮断・遮蔽するよりも対策に要する費用や対策期間の面で有利な場合もある。

(2) 現在の及び対策後の土地利用に関するより詳細な情報

対策方針には、既に対策後の土地利用における地表面の被覆状態、土地の利用者と土壌や井戸水等との位置関係が考慮されている。

対策目標の設定においては、対策方針の作成の際に考慮したこれらの事項の他、地表への油臭遮断・油膜遮蔽や井戸水等への油分の拡散防止を行う対策工事の条件等となりうる以下のような情報について整理しておく。

1) 対策後の土地利用における地表面の被覆状態

- ① 一般の工場・事業場等の敷地については、地表面が裸地の状態で利用される場合であっても地表への油臭遮断・油膜遮蔽が基本となる。一方、戸建て住宅や公園等のように子供の遊び場、庭、グラウンド等、人が直接土壤に触れたり土壤を掘ったりすることを想定する必要がある土地利用方法の場合に、地表の油臭や油膜の原因となる油含有土壤の浄化等が必要となる。
- ② 市街地にある事務所や駐車場のよう、建物を建てたり、コンクリートで覆ったりする土地利用方法の場合には、計画通りの土地利用方法が実現すれば、地表への油臭遮断・油膜遮蔽ができていくことになる。

2) 対策後の土地の利用における地表面の高さの制限

対策工事によって地表面の高さを現状から変えずに裸地状態で使用する必要がある場合のように、盛土や舗装により地表への油臭遮断・油膜遮蔽を行うことが合理的ではないケースも考えられる。

3) 対策後の土地の管理状況

- ① 対策後の土地の管理が、公園等のように将来追加的な対策が必要となったときにそれを実施することが可能な方法で行われる場合には、地表の油臭や油膜による生活環境保全上の支障が解消される程度の広さと深さについて、油含有土壤の浄化等の対象とすればよい。
- ② 対策後の土地利用が、戸建て住宅などのように将来追加的な対策が必要になったときに土地の所有者等がそれを実施できるかどうかかわからないものであるときは、特段の管理を行わなくても長期的に生活環境保全上の支障が生じないようにすることができるよう、例えば通常の土地利用で露出しない程度まで掘削除去することなどにより、必要な範囲の油含有土壤を浄化等の対象とすることが望ましい。
- ③ 今後の土地の利用方法が未定である場合には、現在の土地利用に対して必要な対策を講じる。

(3) 対策を実施する上での制約条件

その他、対策を実施しようとする場合に制約となるおそれがある事項（制約条件）の例を以下に示す。

1) 地形・地質状況

地形的な傾斜、地盤の固さ等のような、地形・地質状況は、対策方法や対策費用、対策期間に大きく影響を及ぼす因子となる。

2) 対策実施時の土地利用の状況

対策工事を実施する上で支障となる地上の建物・構造物や地中の基礎構造物等がどの程度存在するかにより、対策規模、操業への制約、対策方法、対策費用、対策期間等に影響を及ぼす因子となる。

3. 3 対策目標の設定方法

対策目標は、対策方針に基づき、上記3. 2の考慮すべき事項を踏まえ、土地所有者等の意向に従って、対策工期や対策費用等に関する制約を勘案して設定する。

(1) 地表の油汚染問題に対する対策目標の設定

1) 裸地の状態で使用する土地であって、対策方針が「大人が立った状態で油臭や油膜による生活環境保全上の支障がないようにする」である場合は、油含有土壌に人が触れる状況を想定する必要がないため、「地表への油臭遮断・油膜遮蔽」を対策目標に設定することが基本となる。一方、対策後に現状の地表面の高さを変更することができないために盛土が不可能である等の場合には、地表の油臭や油膜の原因となる油含有土壌について、「油含有土壌の浄化等」を対策目標に設定することが妥当となることもある。また、油含有土壌が広く浅く、かつ、低い土壌 TPH 濃度で分布している等、油含有土壌の分布状況によっては、油含有土壌の浄化等を対策目標に設定する方が対策費用や対策期間の面で合理的となる場合もある。

2) 裸地の状態で使用する土地であって、対策方針が「人が寝そべった状態で油臭や油膜による生活環境保全上の支障がないようにする」である場合は、油含有土壌に人が触れたり油含有土壌を人が掘ったりする状況が想定されるため、「油含有土壌の浄化等」を対策目標に設定するのが基本となる。一方、建物・構造物等が存在し、油含有土壌の浄化等が困難である場合や、現在の土地の利用方法がそのまま継続される場合においては、「地表への油臭遮断・油膜遮蔽」を対策目標とすることが妥当となることもある。

また、対策後の土地の管理方法が、将来追加的な対策が必要となったときにそれを実施することが可能なものである場合は、地表の油臭や油膜の原因となる油含有土壌を浄化等の対象とすればよい。さらに、対策後の土地利用が追加的な対策が必要になっても、それを実施できるかどうかわからない方法である場合には、特段の管理を行わなくても長期的に生活環境保全上の支障が生じないように、例えば、通常の土地利用で露出する可能性のある深さの範囲にある油含有土壌を浄化等の対象とすることになる。

3) 建物や舗装等で被覆した状態で使用する土地であって、対策方針が「大人が立った状態で油臭や油膜による生活環境保全上の支障がないようにする」である場合は、計画通りの土地利用方法によって実現可能な「地表への油臭遮断・油膜遮蔽」を対策目標に設定するのが基本となる。

図3-1に、地表の油汚染問題に対する対策目標の例を示す。

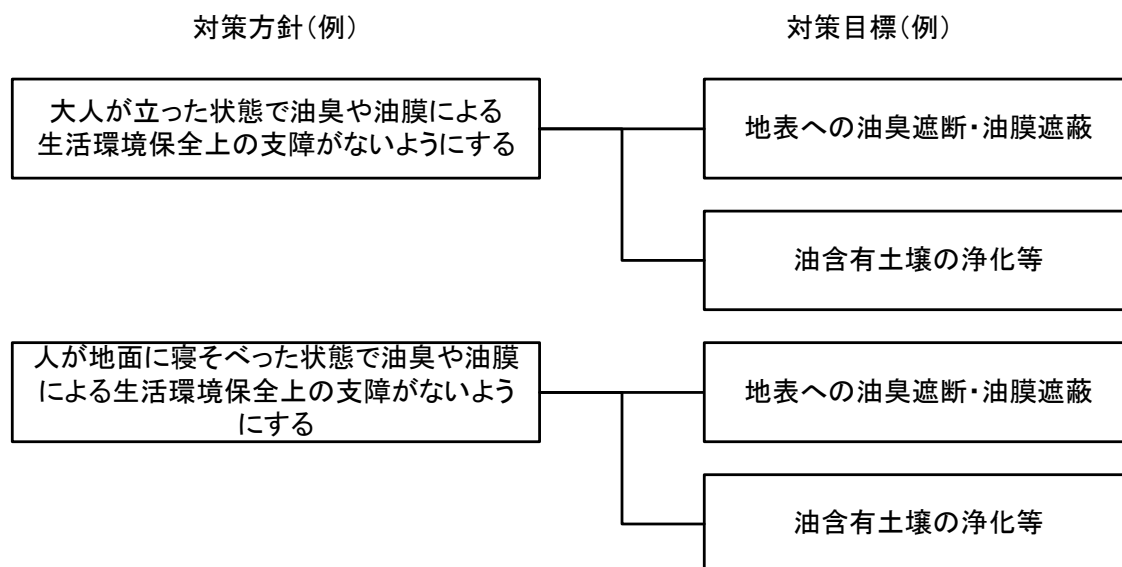


図3-1 地表の油汚染問題に対する対策目標の例

(2) 井戸水等の油汚染問題に対する対策目標の設定

対策方針として策定した「油臭や油膜による生活環境保全上の支障がないようにする」対象が、ア) 静置した井戸水のすぐ上で、イ) 水域の付近における大人が立った状態で、又は、ウ) 水域の水面のすぐ上で、のいずれの場合でも、対象とする井戸水等への油分の拡散防止を対策目標に設定することが基本となる。

しかし、油含有土壌と井戸水等との間が、又は油含有土壌と敷地境界との間が狭い等、油分の拡散防止を図ることが難しい場合には、井戸水等の油汚染問題の原因となっている「油含有土壌の浄化等」を対策目標に設定する方が妥当なこともある。

また、遮水壁やバリア井戸等、油分の拡散防止のための施設設置により今後の土地利用に制限が出てしまうことを回避したい場合には、井戸水等の油汚染問題の原因となっている「油含有土壌の浄化等」を対策目標とするとよい。

図3-2に、井戸水の油汚染問題に対する対策目標の例を示す。

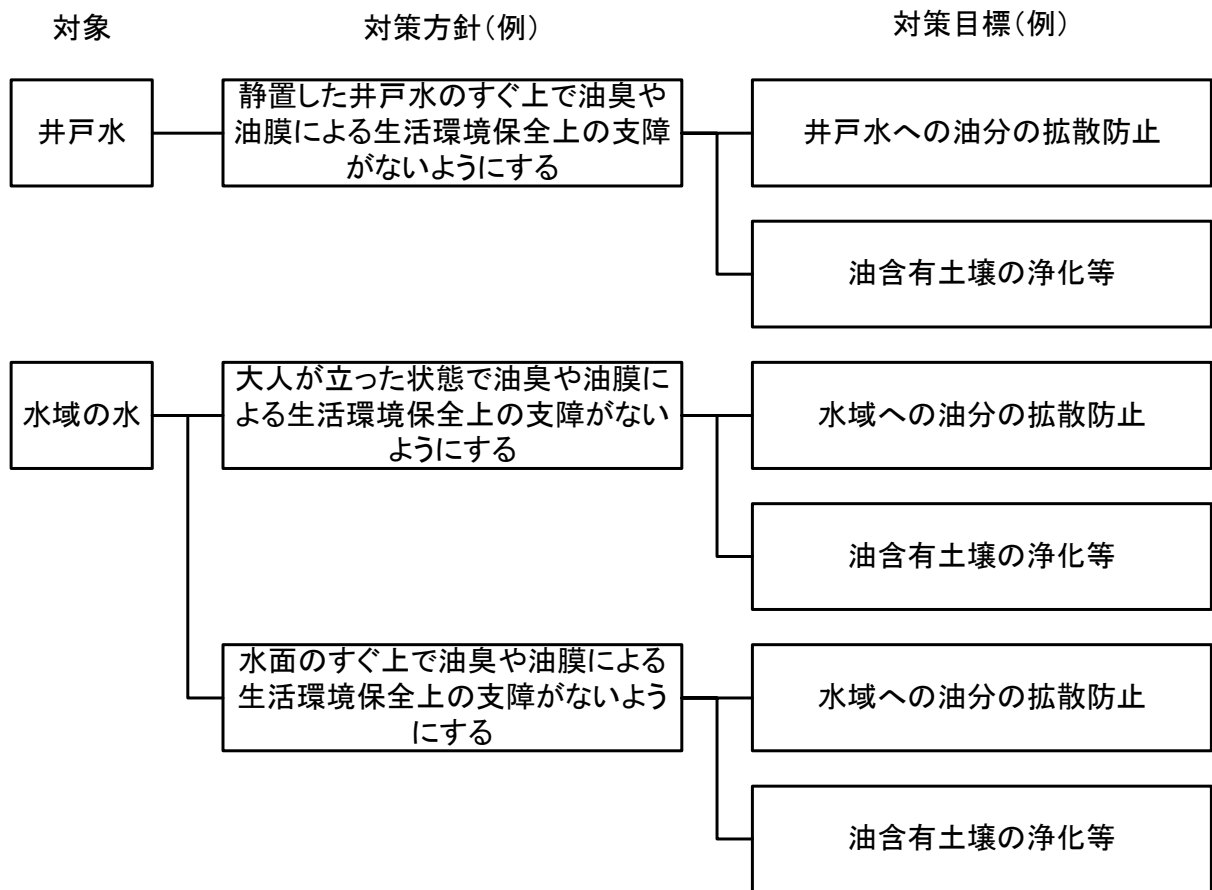


図3-2 井戸水等の油汚染問題に対する対策目標の例

(3) 敷地周辺の土地への油汚染問題拡散の防止に係る対策目標の設定

対策方針が「地下水に含まれる油分を敷地外に流出させないようにする」ことである場合は、地下水に含まれる油分の拡散を防止することが対策目標の基本であるが、油含有土壌の浄化等も考えられる。

図3-3に、敷地周辺の土地への油汚染問題拡散防止に係る対策目標の例を示す。

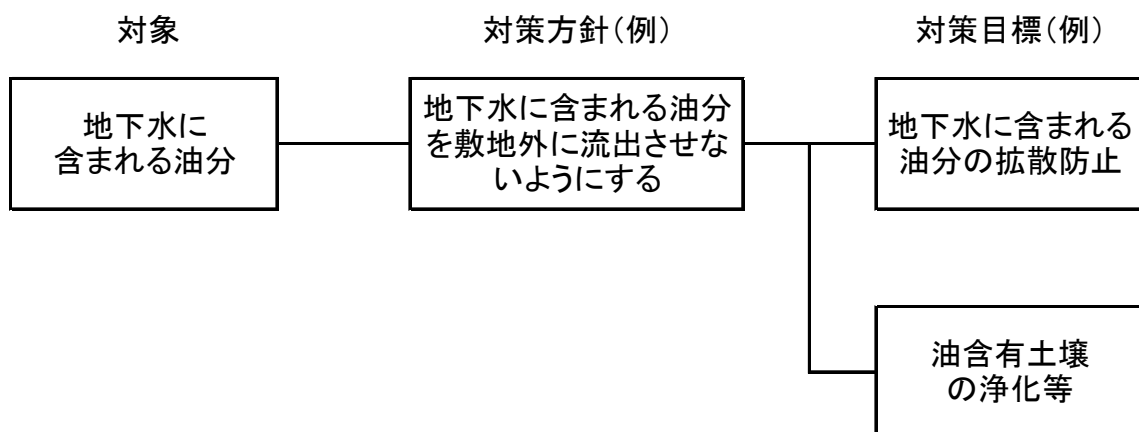


図3-3 敷地周辺の土地への油汚染問題拡散防止に係る対策目標の例

4. 対策方法の選定

設定された「対策の目標」を基に、現場の施工条件や地形・地質等の土地による制約条件、対策期間や対策費用などの検討を行い、油汚染問題を適切に解消でき、かつ、効果的で経済的に合理性の高い対策方法を選定する。

対策方法の選定にあたって、状況把握調査結果だけでは、より合理性や経済性が高い対策の方法とするための詳細な検討のための情報が不足している場合など、必要に応じて情報を補完するための追加調査（以下「対策調査」という。）を行う。

なお、対策調査を実施した結果得られた情報やデータ等が状況把握調査と異なったり新たな事実が判明したりしたときは、新たに得られた情報を加えて対策方法を選定し直すことが望ましい場合がある。

4. 1 対策目標に応じた対策方法の選定

効果的で経済的に合理性の高い対策方法を適切に選定するためには、資料7「対策技術」に示される各対策方法の特徴と適用性等を参考にしつつ、「4. 2 選定に必要な情報等」を基に、「4. 3 選定する際の検討事項」を踏まえて、決定する必要がある。

その際、以下に示すように対策方法は設定された対策目標に応じて、地表又は井戸水等の油汚染問題及び敷地の周辺の土地への油汚染問題拡散防止のそれぞれの対象に分けて選定する。

(1) 地表の油汚染問題への対応

1) 対策目標が「地表への油臭遮断・油膜遮蔽」の場合

① 盛土

この方法は、対策範囲の上面を盛土材で被うことにより、地表の油膜の遮蔽や油臭の発生を遮断するものである。

遮断や遮蔽効果を考慮して盛土材の選定や厚さの設定を行う。

飛散や流出等によって盛土が損傷しないように対策を講じるとともに、陥没しないように十分締め固めておく必要がある。

盛土の上部に構造物を設置する等の土地利用計画がある場合は、盛土上に載る荷重強度を考慮する等、土地利用目的に応じた工事品質の確保が必要になる。

盛土措置を行うことにより、措置した範囲の地盤高が変化するため、そのことによって土地の利用に支障が生じないかどうかを確認する。

② 舗装

この方法は、対策範囲の上面をアスファルトコンクリートやセメントコンクリートを用いて舗装することで、地表の油膜の遮蔽や油臭の発生を遮断するものである。従って、気密性に劣り遮弊・遮断効果が期待し難い透水性舗装等を使用しない。

舗装は、表面を被覆したアスファルトコンクリートやセメントコンクリートと、それを支える路盤の複合構造で、この上を通行する人や車両等の重量を支えている。この下には原地盤である路床があり舗装構造全体を支持している。

採用にあたっては、路床の耐力と舗装の使用材料とその厚さが想定される上載重

に対して安全であることを設計等で確認して施工する必要がある。

2) 対策目標が「油含有土壌の浄化等」の場合

① 掘削除去

掘削除去は、油含有土壌を掘削除去して清浄土（「清浄土」とは、油汚染問題を生じさせることがなく、かつ、土壌汚染対策法に規定する汚染土壌ではない土壌をいう。以下同じ）で埋戻すことにより油汚染問題を解消する方法である。なお、掘削除去には以下のようなケースがある。

- ア) 掘削－敷地外処分－清浄土で埋戻し
- イ) 掘削－敷地内処理－清浄土で埋戻し
- ウ) 掘削－敷地外処理－清浄土で埋戻し

イ)とウ)の代表的な工法として、熱処理、土壌洗浄、バイオレメディエーションなどがある。油含有土壌に係る鉱油類の種類や土質等の条件により適用性や処理費用等が異なる点に留意して、適切な工法を選定する。

② 原位置浄化

原位置浄化は、油含有土壌を掘削せずに原位置で浄化するもので、代表的な方法に土壌ガス吸引、原位置バイオレメディエーション、化学的酸化分解がある。

ア) 土壌ガス吸引

油の揮発性を利用したものであり、不飽和帯に存在する油分を強制的に吸引除去して土壌の浄化を行うものである。礫や砂質土のような通気性のよい地盤であれば、ガソリンなど揮発性の高い鉱油類に適用できる。飽和帯にある地盤に適用する場合は、地下水揚水や地中曝気（エアスパージング）と併用する手法がある。

イ) 原位置バイオレメディエーション

油含有土壌を掘り返さずに直接地中に空気や栄養塩などを供給し、油分の分解促進を図る方法である。原位置バイオレメディエーションは、掘削後バイオレメディエーションに比較し、浄化効率は落ちるが以下の長所がある。

- ・ 広範囲で大規模・大深度な油含有土壌に適用できる。
- ・ 操業中の建屋下の油含有土浄化などへの適用が可能である。

原位置バイオレメディエーションには、不飽和土層に存在する油含有土壌の浄化を対象としたバイオベンティング工法と、地下水以下の油含有土壌浄化を対象とした酸素供給工法がある。

ウ) 化学的酸化分解

化学的酸化分解は、酸化剤を地下水に注入することにより油分を分解する方法である。過酸化水素などの酸化剤は、非選択的に多くの有機化合物を無害な水や二酸化炭素などに分解することができる。過酸化水素は鉄を触媒として強力な酸化分解能力をもつ。この方法は重質油についても比較的適用が可能である。酸化剤を注入

し揚水井で移動させることにより、浄化領域を広げることができるが、反応が比較的速いため、酸化剤の到達範囲の広がりには限界がある。

3) 対策方針との関係

対策方針（例）及び対策目標（例）に対し選定される対策方法（例）を図4-1に示す。

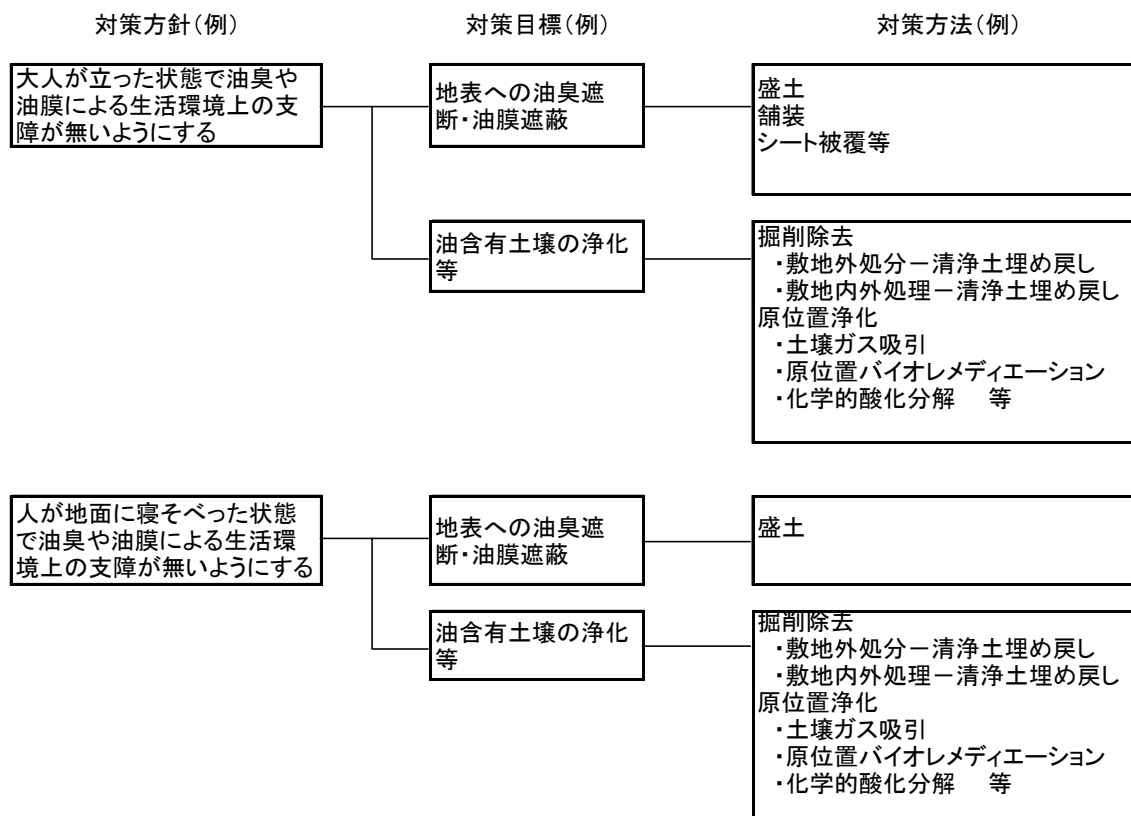


図4-1 地表の油汚染問題に対する対策方法の例

(2) 井戸水等への油汚染問題への対応

1) 対策目標が「井戸水等への油分の拡散防止」の場合

① 遮水壁

遮水壁は、油含有土壌の周囲又は地下水下流側に鋼製矢板等による連続性のある壁を設置し、地下水を介した周辺への油分の拡散を防止する方法である。

対策範囲の規模が大きい場合や、地盤の透水性が低いために揚水によるバリア井戸では対応ができない場合にも有効である。

遮水壁の設置後に地下水の水位や流れが変化する場合があり、必要に応じ揚水井戸を設ける。

② バリア井戸

バリア井戸は、油含有土壌が存在する場所からみて地下水流の下流側に揚水井戸を配置して地下水を汲み上げ、地下水を介した油の拡散を防止する方法である。汲み上げた油分を含んだ水は地上のプラントで排水先の条件に応じた水質になるように浄化等の処理を行ってから排水する。

揚水井戸の上流側で油分の移動や拡散が起きる場合があることに留意する。

③ 地下水揚水

井戸などから地下水を揚水することによって、地下水中に存在している油分や地下水面上に存在する油層を回収する。通気帯を拡大させることなどを意図して、また、油層の移動を促進させることなどを目的として、土壌ガス吸引と併用する場合もある。しかし、原理上、高粘性油には移動促進の効果は余り期待できない。

油分等の回収効率には土の透水性に影響され、礫や砂質土層では高いがシルト層では低下する。

2) 対策目標が「油含有土壌の浄化等」の場合

4. 1 (1) 地表の油汚染問題への対応 2) 対策目標が「油含有土壌の浄化等」の場合 の項を参照のこと。

3) 対策方針との関係

対策方針（例）及び対策目標（例）に対し選定される対策方法（例）を図4-2に示す。

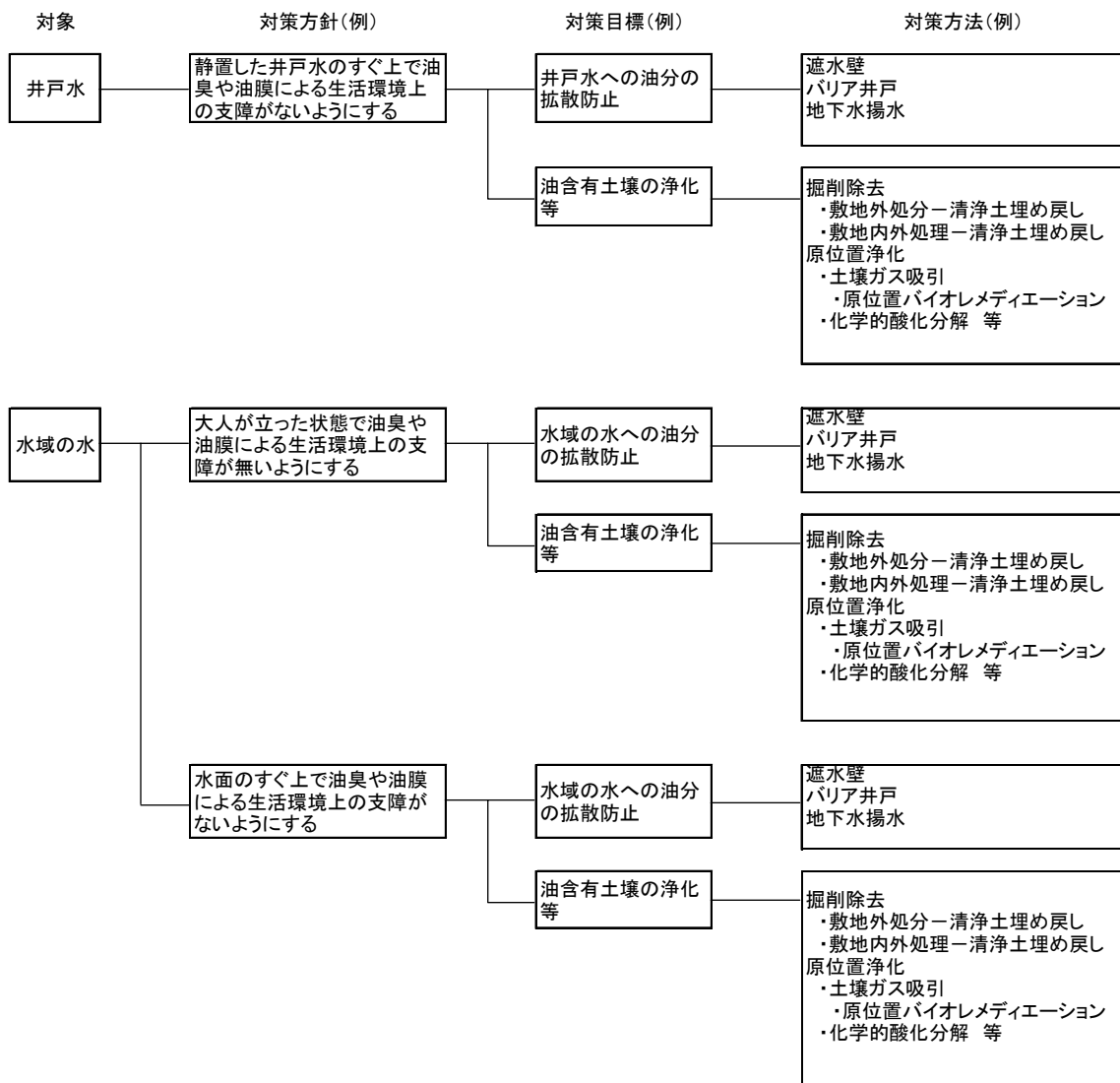


図 4 - 2 井戸水等の油汚染問題に対する対策方法の例

(3) 敷地周辺の土地への油汚染問題拡散防止の対応

1) 対策目標が地下水に含まれる油分の拡散防止の場合

遮水壁等で地下水に含まれる油分の拡散を防止する方法がある。

対策方法の種類等は、4. 1、(2)、1) 対策目標が「井戸水等への油分の拡散防止」の場合の項を参照のこと。

2) 対策目標が、油汚染問題の原因となっている油含有土壌の浄化等の場合

対策方法の種類は、4. 1、(1)、2) 対策目標が「油含有土壌の浄化等」の場合の項を参照のこと。

図4-3に、敷地周辺の土地への油汚染問題拡散の防止に係る対策方法の例を示す。

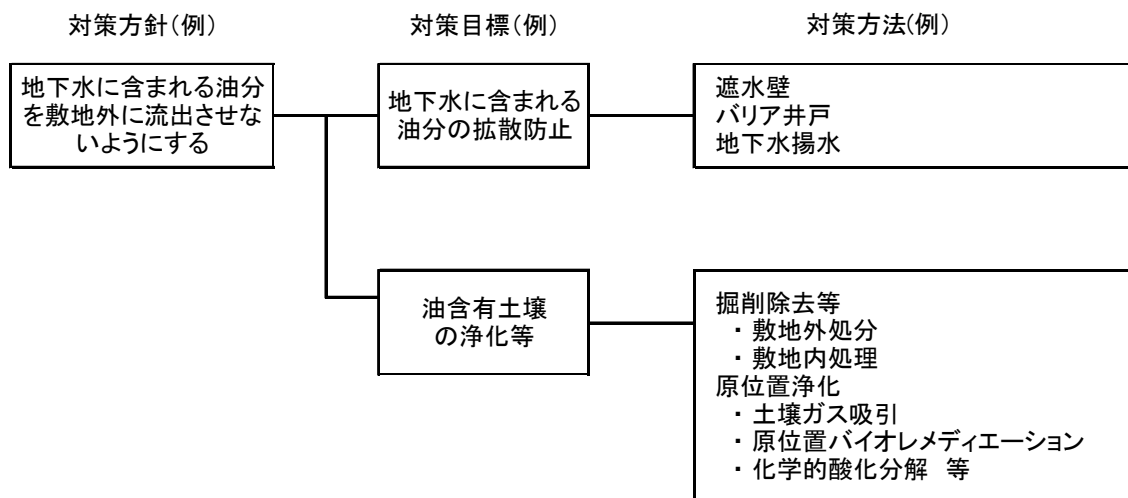


図4-3 敷地周辺の土地への油汚染問題拡散防止に係る対策方法の例

(備考) 選定した対策方法によっては対策効果の持続性が低下することがあるので、必要に応じて対策完了後もモニタリングを実施する。モニタリングの方法は7.3参照。

4.2 選定に必要な情報等

設定された対策目標に応じた対策方法を選定する際に必要となる情報等として次のようなものがある。

(1) 地形や地質などの自然的条件について

地形・地質の状況や気象等の自然的条件は、対策工事を計画し実施していく上で考慮すべき大きな制約条件であり、対策方法や対策費用、対策期間に大きく影響を及ぼす因子となる。

1) 地形について

- ① 河川低地、丘陵地、扇状地、海浜埋立地、内陸造成地などのどれにあたるのか
- ② 敷地及びその周辺は平坦地か傾斜地か、周辺との段差はないか

2) 地質について

- ① 地表面やその下の地盤は砂礫、砂、シルト、粘土など、どんな土質で構成されているのか
- ② 地盤の固さは硬いのか、軟らかいのか
- ③ 地下水位は高いのか、低いのかなど、どのぐらいのところにあるのか

3) 気象等について

- ① 晴天が多い地方か、雨の多い地方か、
- ② 夏に雨が多いとか、冬に晴天が多いとか、季節による天候の変動は大きいか
- ③ 降雪や積雪の可能性はあるか
- ④ 台風が度々来襲するようなところか
- ⑤ 風水害が起こりやすい地域か

(2) 現在の又は予定されている土地利用情報等

調査地のある敷地の土地利用に関する情報や、道路状況を含めたその周辺の生活環境等に関する情報は、対策工事を計画する上で、また、実施していく上でも大きな制約条件である。このため、対策規模、操業への制約、対策方法、対策費用、対策期間等に影響を及ぼす因子となる。

1) 調査地のある敷地の情報

- ① 敷地の大きさや形状
 - ・面積はどのくらい大きいか
 - ・円形状、楕円形、正方形、長方形、台形などどのような形状か
- ② 周辺環境と地形等の関係
 - ・市街地に立地しているのか、海岸の埋立地か、内陸工業団地か
 - ・平坦地か傾斜地か、周辺地との間に崖とかのような段差はないか
 - ・周辺地よりも高い土地か低い土地か
 - ・最も近接する建物等の構造物や施設との距離はどのくらいか
- ③ 構造物や施設等の存在の有無と程度
 - ・更地かどうか、基礎構造物はあるのか
 - ・敷地内に既存の構造物や施設等を残すのかどうか
 - ・地下埋設物や地下室があるのかどうか
- ④ 供給施設等の整備状況
 - ・電気・ガス・水道・下水道・電話・通信等へのアクセスは容易か

2) 周辺・近隣敷地の情報

- ① 周辺環境の規制
 - ・用途地域は、住居・商業・工業地域などのどれか
 - ・近くに学校や病院のような公共施設はないか
 - ・騒音や振動等に関する規制値はどの程度か
 - ・早朝・夜間や休日作業への作業規制はあるのかどうか
- ② 道路情報
 - ・周辺の道路幅はどのくらいか
 - ・一方通行や速度制限、車両制限等の交通規制の状況はどうか
 - ・重量制限を設けている橋梁はないか

4. 3 選定する際の検討事項

以下の事項を検討して、効果的で経済的に合理性の高い対策方法を選定する。

(1) 土地利用の方法に応じた対策方法は何か

土地の利用方法に応じた対策方法を選定する際の主な留意事項を以下に簡単に示す。

ア) 調査地のある敷地

- ・作業スペースの確保が可能な対策方法を選定する。
- ・既存の構造物及び施設（建造物及びその基礎構造物、地下配管等）が施工の支障とならない方法を選定する。
- ・施工に際し、電力・水道・下水道等が利用できるか確認する。

イ) 周辺および近隣地

- ・例えば、資機材の搬入・搬出時の大型車両の通行の可否等、周辺の道路状況にあった方法を選定する。
- ・施工中の作業及び車両の通行に伴う振動・騒音・粉塵の影響が想定される場合は、その防止対策を考慮して対策方法を選定する。

設定された対策目標に応じた工法及び構造を選定する方法を以下に示す。

① 地表の油汚染問題に対し油臭の遮断や油膜の遮蔽を行う場合

盛土、舗装等を行う場合、以下のような事項に留意して、設置される遮断構造物の上部の利用状況（上部に構造物を設けるか否か、交通量、管理状況等）に合った工法及びその構造を選定する必要がある。

- ・舗装を採用し道路等としても利用する場合は、通行する車両等の荷重やその後の補修等の管理状況を勘案してその構造を決定する。
- ・盛土を行う場合には、その上部に構造物や施設等を設置するなどの使用が決まっていれば、その上載荷重等を支えられる強度等を有していることなど利用目的に応じた品質を確保する。

② 地表の油汚染問題に対し油含有土壌の浄化等を行う場合

油含有土壌の掘削除去や原位置浄化を行う場合、工事期間、工事費用、管理方法等を勘案し、以下のような事項に留意して対策工法を選定し対策を実施する範囲を設定する必要がある。

- ・対策後の土地の管理方法からみて、追加的な対策が必要になったときに土地の所有者等がそれを行うことが可能な土地利用の場合は、油臭や油膜による生活環境保全上の支障が改善される程度の深さを浄化等の対象とする。
- ・戸建て住宅などのように将来の追加的対策の実施が難しい土地利用の場合は、特

段の管理を行わなくても長期的に生活環境上の支障が生じないようにすることができるよう、通常の土地利用で露出しない深さまでを浄化等の対象とする。

- ・対策中や対策後に、地盤の支持力などの物理特性が変化することがある。
- ・地下階がある場合や地下に油により劣化しやすい材料を用いた配管等が埋設されている場合は、それらに留意して対策方法を選定する。
- ・対策後に植栽を行う場合は、植栽の内容に照らして浄化等を行う深さ、使用する埋戻し材、浄化等に用いる薬剤等による影響などについて検討したうえで対策方法を選定する。
- ・掘削除去を行う場合であって、掘削深度が大きいときや隣接地と近接して掘削するときは土留工を設置して掘削することが必要になることがある。地盤の強度が十分あるかどうかを合わせて確認する。
- ・原位置浄化を行う場合は、対策範囲にある土の性状（砂質土のような透気性の土質に有効なことが多い）や地下水位等を勘案して適用性等を判断する。

③ 井戸水等の油汚染問題に対し油分の拡散防止を行う場合

遮水壁やバリア井戸を設置する場合は、対策範囲及びその周辺の地形や地質、地下水の存在状況を勘案して対策工法を選定する。

また、油含有土壌の周囲を取り囲むのか、地下水流動の下流側に設置するのか等は、調査地のある敷地における油含有土壌が存在する場所の規模と位置（隣接する土地に近いのか、それとも敷地の中央部か等）を考慮し選定する。

- ・遮水壁を設置する場合で、油含有土壌が存在する場所の規模が小さい場合は、その周囲を取り囲むよう設置する。規模が大きい場合は、地下水流の下流側のみに遮水壁を設置することも考えられる。その場合は、地下水の流動に応じた揚水井戸を設ける必要がある。
- ・揚水井戸より汲み上げられた油分を含んだ水は排水先の条件に応じた水質を満足するように適正に処理されていることを確認して排水する。処理方法と水質の管理方法も合わせて検討する必要がある。

④ 井戸水等の油汚染問題に対し油含有土壌の浄化等を行う場合

油含有土壌の掘削除去や原位置浄化を行う場合、油含有土壌が存在する場所の規模、含まれている鉱油類の種類と濃度、調査地のある敷地の土質や地下水の存在状況を踏まえて対策方法を選定する。対策方法により対策期間と対策費用が大きく異なるため、複数の方法を検討する必要がある。

(2) その方法の他に代替案の可能性はないか

設定された対策目標に応じた対策方法が複数想定できる場合も多い。そのため、対策方法をはじめから一つに絞ってその適用性を検討するのではなく、調査地のある敷地の土地利用方法、地形や地質などの自然条件による制約条件等に適う可能性のある対策方法を幅広く比較検討した上で、最適で合理的な対策方法を選定する必要がある。

(3) 候補となった対策方法ごとの費用対効果はどうか

複数の対策方法を検討する場合は、対策に直接必要となる費用の他に、対策後のモニタリング等の管理費用等も含めたトータルな費用を考慮する必要がある。

一般的に、原位置浄化等を行う場合には、費用は安くなるが施工期間が長くなることが多い。一方、掘削除去を行う場合は、費用が高くても短期間で施工が行える利点がある。従って、複数の対策方法について想定される対策期間と対策費用を整理し、比較する。

(4) 対策後の土地に利用上の障害は生じないか

対策後の土地利用方法によっては、対策に土地の状況が変化し、それに伴って土地利用上の支障が発生することがないように、適切な対策方法を選定する必要がある。

- ・ 盛土を行った場合には敷地の地盤高が変化するが、利用時に支障がないか。
- ・ 地盤が軟弱な敷地に盛土を行った場合には、盛土荷重による地盤沈下や側方流動のおそれがないか。
- ・ 遮水壁等の地盤面下に構造物を設置する対策方法を取る場合には、その敷地の今後の地下利用（配管等）に支障がないかどうか。
- ・ 遮水壁等を設けたり揚水したりすると周辺の地下水の水位・流動が変化する可能性があるが、周辺の井戸等にその影響が生ずるおそれがないかどうか。

(5) 地形・地質の状況に照らし作業性及び施工性に問題はないか

- ・ 地盤が砂礫等で構成されていると、地盤が固すぎるために予定した遮水壁に使用する鋼矢板が打設できない場合がある。
- ・ 掘削除去を行う際に土留工を用いる場合は、その構造の詳細な内容や作業重機の設置の可否は、土質柱状図等の資料等を用いて検討するが、現場の状況を調査して確認する必要があることもある。
- ・ 調査地のある敷地及びその周辺が平坦地の場合と傾斜地の場合や周辺との間に段差がある場合とでは対策に用いる設備等が変わってくる。
- ・ 掘削除去を行う場合に、深い掘削を行うために掘削底面よりも地下水位が高いときには、湧水排水処理設備や止水性のある土留工を用いなければ掘削ができないことがある。その場合には、工事期間が長くなり費用も増えるとともに施工性も低下するため、掘削除去以外の対策方法を合わせて検討する必要がある。

5. 対策調査の実施

状況把握調査により得られた、油含有土壌の存在範囲の情報、土地利用方法の情報、及び対策を実施する上での制限条件等の情報に関して、追加的により詳細な調査で情報を補足することで、対策を実施しようとする土壌の範囲の絞り込みの可能性の検討や、選定した対策方法と調査地の状況との施工面等に関する適合性の検討に必要な資料や情報等を入手できる。この追加的情報をもとにして対策範囲の絞り込みや対策内容の再確認をし、選択した対策方法の経済性をさらに向上させることが期待できるときなど、対策調査の効果が期待できるときは、必要に応じて、調査地のある敷地及び選定しようとする対策方法の特徴を踏まえ、状況把握調査と同じ方法で対策調査を行う。

また、状況把握調査の結果だけでは想定される対策方法を詳細に検討するための情報が不足していると考えられるときにも対策調査を行う。

5. 1 油含有土壌の存在範囲に関する対策調査

状況把握調査で設定した対策検討範囲の中には、対策調査の結果、対策対象範囲から外すことができる場所が含まれている可能性がある。このため、状況把握調査で設定された対策検討範囲の規模が大きいほど、対策範囲を絞り込むことによる経済的な効果が大きい可能性がある。

対策調査を行う必要があるかどうかやその内容は、その対策検討範囲の規模とそれが調査地のある敷地のどの部分にあるか、状況把握調査結果の程度（選定しようとするあるいは選定した対策方法によって必要とする情報が異なるため、状況把握調査結果だけで十分な場合もあればそれだけでは不十分な場合もある）、油汚染問題の対象が地表か井戸水等か、設定した対策目標や選定した対策方法がどのようなものかなどを勘案して決めなければならない。

対策調査は、状況把握調査を補完するものであるため、調査方法は基本的に同調査と同様である。調査測定地点は、選定された対策方法に対して必要最小限となるように設定するのが適当である。以下に設定に際して考慮すべき基本的な要点を記述するが、対策方法や敷地の制約条件等によりその詳細が異なることに留意する。

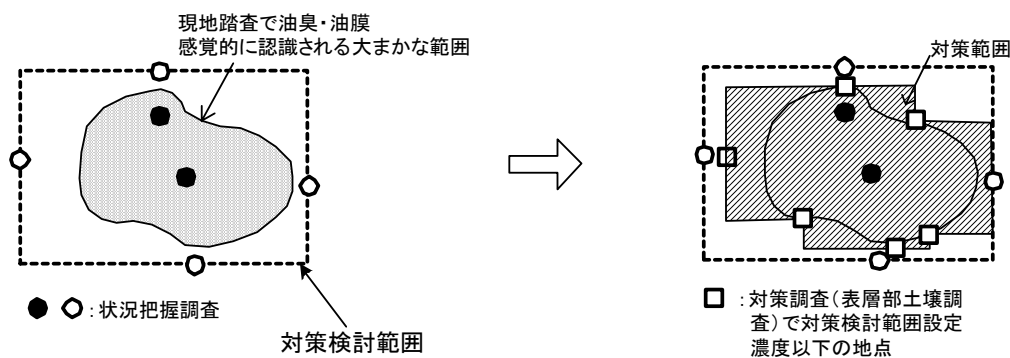
5. 1. 1 地表の油汚染問題への対応

(1) 地表への油臭遮断・油膜遮蔽

盛土や舗装等により地表への油臭遮断・油膜遮蔽を行う場合、調査地の面積が広くなければ、あるいはその形状が不定形でいびつな形をしていなければ、対策調査を行わないで対策検討範囲をそのまま対策範囲とした方が経済的な場合もある。

対策範囲を絞り込むために行う表層部土壌の調査地点数と配置は、調査にかかる費用と調査により削減できる対策範囲の対策費用の費用対効果を勘案し、現地踏査で油臭や油膜が認識された大まかな範囲の外周付近となるように計画する。

状況把握調査の結果得られた対策検討範囲が対策調査により絞り込まれ対策範囲として最終的に確定された場合の、調査地点およびその配置の例を図5-1にイメージとして示す。



状況把握調査による対策検討範囲

対策調査によって絞りこまれた対策範囲

図5-1 状況把握調査およびそれに基づく対策調査における調査地点配置の例

(2) 油含有土壌の浄化等

掘削除去や原位置浄化により対策を行う場合は、対策範囲の絞り込みの必要性の有無と選定しようとしている対策が適切なものかどうかを判断するために対策調査を行う。

対策範囲の絞り込みは上記5.1.1(1)と同様な方法で行う。必要に応じて、表層部土壌調査により平面範囲を絞り込み、深層部土壌調査により油含有土壌の深さ方向の詳細な分布を把握する。深層部調査の調査深度は対策が必要な範囲の深さに応じて設定する。状況把握調査による対策検討範囲を基にして、対策調査によって対策範囲を確定するまでのフローの例を図5-2に示す。

対策として浄化を行う場合は、選定しようとしている対策方法の施工性や適用性に問題がないことを確認する必要がある工法がある。このような工法を採用する場合は、土壌試料や地下水等を採取してトリータビリティ試験等による適合性に関する検証が欠かせない。

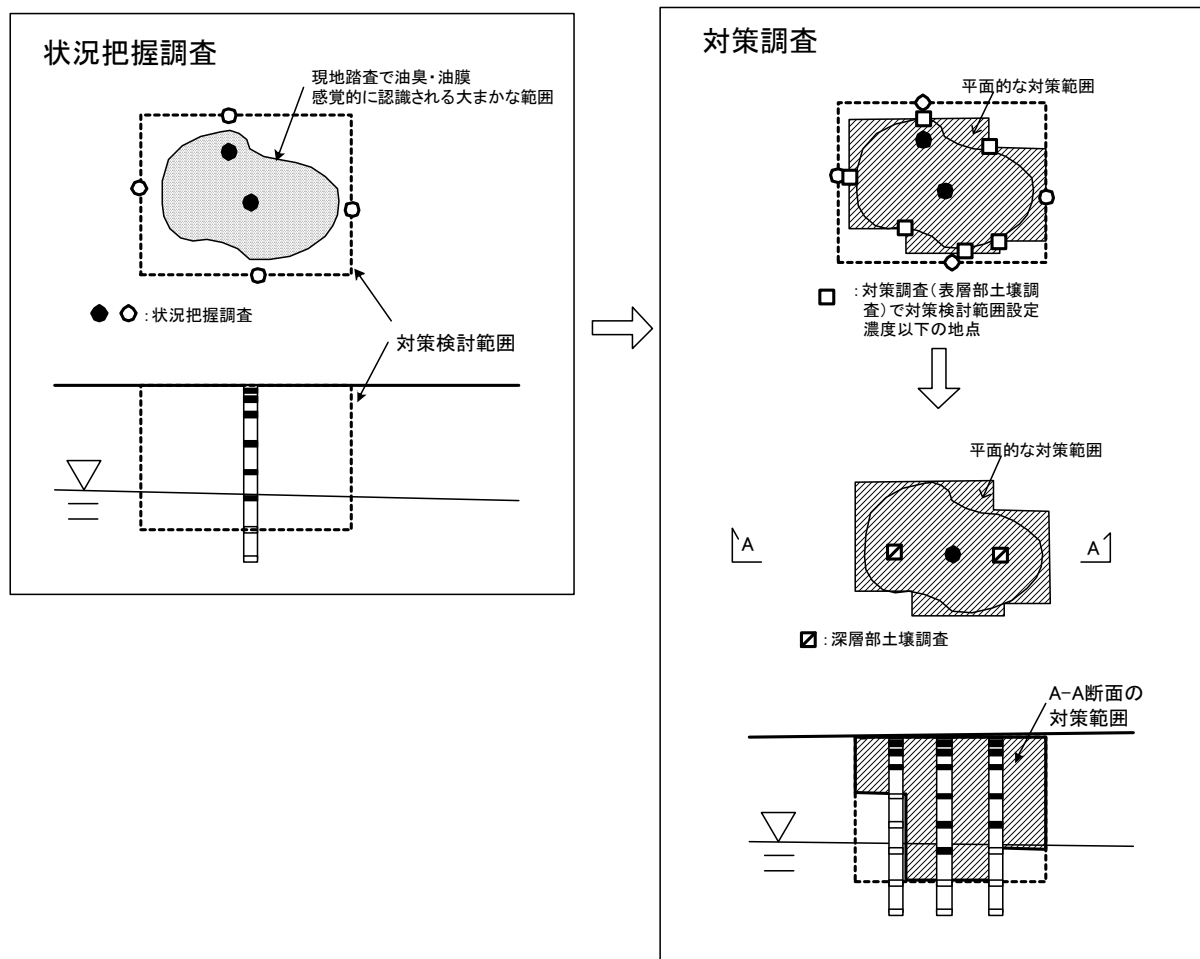


図5-2 掘削除去や浄化等を行う場合の対策範囲の絞り込みフローの例

5. 1. 2 井戸水等への油汚染問題への対応

(1) 井戸水等への油分の拡散防止

遮水壁やバリア井戸などによる対策方法を用いる場合は、以下の情報を踏まえて対策調査を行うかどうかを検討し、必要であれば深層部土壤調査、地下水の状況調査を行う。

- ① 状況把握調査結果による油含有土壌の存在状況及び地下水の油臭や油膜の発生状況
- ② 状況把握調査結果による調査地の地形・水文地質及び地下水流動に係わる情報
- ③ 遮水壁やバリア井戸などの平面的および深さ方向の配置計画
遮水壁等を井戸水等の周囲を完全に取り囲んで設置するか否か、あるいは設置深度と井戸水等の取水深さの関係などにより、地下水の調査の必要性は異なる。また、遮水壁等を設置することにより設置後の地下水の流動が変化する場合があることに留意する。
- ④ 油含有土壌の存在範囲と井戸水等の位置関係

(2) 油含有土壌の浄化等

油含有土壌の掘削除去や浄化などによる対策方法を選定する場合は、状況把握調査により既に把握されている油含有土壌の三次元的な存在状況を基に対策計画を立案する。しかし、油含有土壌の存在規模が大きい場合は、より密に表層部及び深層部土壌調査を行い、存在状況を詳細に把握することで対策範囲を絞り込めれば、より合理的な対策が行える。

また、調査地の地形・水文地質及び地下水流動に係わる情報が十分でない場合は、新たに観測井を設け地下水の状況を調査する。特に、油含有土壌の存在範囲の下流側地下水の油臭や油膜の発生状況を把握しておくことは、対策の効果を確認するうえで重要である。

5. 1. 3 敷地周辺の土地への油汚染問題拡散の防止の対応

(1) 敷地周辺への鉱油類の拡散防止

遮水壁等で地下水に含まれる油分の拡散防止を行う場合は5. 1. 2 (1)を参照。

(2) 油含有土壌の浄化等

油含有土壌の浄化等を選択する場合は5. 1. 2 (2)を参照。

5. 2 土地利用の目的や方法に関する詳細調査

選定した対策方法によっては、土地利用の目的や方法について更に詳細な調査を実施して情報を収集して対策方法の細部を決めたり、対策計画を立案したりすることが必要になる場合がある。

5. 3 対策における施工性の制限に係わる調査

状況把握調査の結果だけでは選定した対策方法の施工性を検討するための情報等が不十分だったり不正確だったりする場合は、調査地のある敷地について、及び必要があればその周辺や近隣地に関して、地形や地質などの自然的条件や生活環境等に関する資料や情報を入手する。その際には「4. 2 選定に必要な情報等」に記述されている事項に加え、以下のような点に留意して調査するとよい。

- ・使用する建設機械の搬入路・作業用スペース・搬出路等確保できるか
- ・施工中の機械・設備等による近隣への振動・騒音等は規制値を満足できるか
- ・給水、電力等の供給が得られるか
- ・例えば、掘削した油含有土壌を適切な処分場・処理施設等に搬出できるか
- ・地下埋設物が施工の支障にならないか、等

5. 4 対策調査結果により対策方法の見直しが必要となる場合について

対策調査結果が状況把握調査の内容と大きく異なる場合や、新たに得られた調査結果に

より、当初想定した対策方法が不適當であったり、よりよい代替案が考えられたりする場合もある。そのような場合には対策調査結果を踏まえて対策方法の見直しを行う。

6. 対策計画の作成

対策計画は、策定された対策方針に従い選定された、調査地における油臭や油膜を適切に解消でき、かつ、効果的で経済的に合理性が高い対策方法を計画的に確実かつ安全に実施するために作成されるものである。

6. 1 対策計画の立案にあたり必要となる情報

対策計画は、前節までに記述した基本事項（対策方針と目標、対策方法、対策範囲、対策期間等）に基づき作成する。作成にあたっては、以下の項目について情報を収集し、より具体的な計画を立案することが望ましい。なお、対策計画の立案に先立ち対策調査を実施するときは、あわせて必要な資料や情報の収集を行う。

- ① 自然条件（地盤特性、地形・水文地質状況、気象等）
- ② 社会環境条件（近隣、交通、騒音・振動、作業時間の制限等）
- ③ 関連法規等
- ④ 対策工法で必要となる事前試験（トリータビリティ試験等）
- ⑤ その他

6. 2 計画書に記載する項目

計画書を作成するにあたり、盛り込むべき主な項目として以下のものがある。

各項目に記述する具体的な内容については、調査地及び調査地のある敷地に特有な諸条件、対策範囲の平面的・深度的な規模、選定した対策方法の特徴、対策期間や施工時期などを考慮して決めるとよい。

1) 対策の目的

対策の目的では、「選定された対策方法を用いて、策定された対策方針及び設定された対策目標を達成することである。」旨を記述する。

2) 対策計画の前提条件

状況把握調査や対策調査によって得られた情報や資料等をもとに対策計画が前提としている条件を整理して記述する。

3) 対策工事の実施設計計画

- ・ 対策工事の実施設計計画では、選定された対策工法による工事を具体的にどのように設計・計画するのかについて記述する。
- ・ 作業可能日数、平均施工量、施工速度並びに施工に必要な設備、機械、人員及び資機材の調達等について合理的な計画となるよう努める。

4) 工程管理計画

- ・工程管理計画には、「土地の所有者等から提示された仕様書等の契約図書に基づき対策工事を所定の工事期間内に完成させるためのものである。」旨を記述する。
- ・工程を管理する手法として、予定作業工種毎に予定作業期間を表示した工事工程表を一般に用いる。
- ・工程は、バーチャートやネットワークの形式で表示するのが一般的である。後者の形式を使えば各工種間の作業順序等の時間的な関係を理解しやすい。

5) 品質管理計画

- ・品質管理計画では、対策の目的である油汚染問題を解消するために選定した対策方法により、土地の所有者等から提示された仕様書、設計図に定められた品質をどのような管理手法に基づき確保するのかについて記述する。
- ・品質管理を行うことにより、異常の早期発見と迅速な対応が可能である。

6) 周辺環境保全計画

- ・周辺環境保全計画では、対策の実施期間中にどのようにして周辺の環境へ影響を及ぼさないようにするのかを記述する。
- ・周辺環境に問題が生じてからでの対応では、周辺住民の信頼を無くし対策の円滑な実施を妨げられるおそれがあるため、工事を開始する前に周辺環境保全計画を立て、慎重に対応する必要がある。
- ・考慮すべき項目には、油汚染問題に共通なものもあれば選定した対策方法に特有なものもある。例えば、油汚染問題に特有な油臭の拡散、油含有水流出や排水、運搬車両による油含有土壌の飛散と積荷からの油臭発散、地下水低下による地盤沈下などへの対応方法等を記述する。また、通常の建設工事と同様に、車両通行量、振動・騒音、粉じんなどの飛散への対応方法についても記述する。

7) 環境等のモニタリング計画

- ・環境等のモニタリング計画は、周辺環境保全計画に従って記述する。
- ・モニタリングの内容は対策方法により異なるが、対策工事中に現場周辺を適宜巡回し、油臭や油膜を目視で監視することなどが基本となる。
- ・大規模な対策工事におけるモニタリング計画を策定する場合は、油臭や油膜などのモニタリング対象のほかに、場所、頻度、確認の方法、実施者および管理基準とその運用方法等を定めておくことよい。
- ・モニタリングは、対策を実施する前から開始し、対策終了までの対策期間全般において状況が把握できるように計画する。

8) 作業安全計画

- ・作業安全計画では、対策工事における危険作業を予測し、安全確保に必要な対応や措置について記述する。
- ・特に、揮発性の可燃性ガスの発生が予想される油種の場合には、可燃性ガスモニターなどで安全なガス濃度であることを確認の上、作業を実施する等を計画に盛り込むことが必要である。

- ・ 消防法令で定める危険物や指定可燃物を貯蔵し又は取り扱う事業場において対策工事を行う場合は、低所に滞り爆発性ガスを作りやすいことに注意が必要である。

9) 緊急時対応計画

- ・ 緊急時対応計画では、事故や不可抗力により対策の実施中に油膜や油臭を漏出する事態等に対し適切に対応できるように記述する。
- ・ 緊急連絡先等の緊急時対応体制を明示する。

10) 遵守すべき関係法令等

- ・ 対策計画の作成に当たり、関連法令等や関係する自治体条例などについて盛り込んでおく。
- ・ 特に留意する点を以下に示す。
 - ア) 対策場所から下水道や河川等の公共用水域に排水する場合は、排水先に応じて定められた規制等を遵守する。水質汚濁防止法、下水道法、河川法等の法令や、関係自治体の条例がある。
 - イ) 現場内から油混じり汚泥などが排出される場合は廃棄物の処理及び清掃に関する法律を遵守しなければならない。
 - ウ) 事業場によっては悪臭防止法や消防法の適用を受ける場合がある。
 - エ) 作業上の安全性を確保するため、労働安全衛生法を遵守する。
 - オ) その他、対策場所の立地や対策方法などにより関係する法律や条例等がある場合は、事前に十分に調査を行って対策計画に盛り込む。

7. 対策の実施と対策工事完了確認

7. 1 対策の実施

対策は、対策計画に基づき計画的に遂行する。対策工事の実施にあたって周辺への油臭の拡散防止などの環境保全上の措置を適切に講ずるとともに、工事に伴って生じた油含有土壌については適切に処理する。

- 1) 対策の実施は、対策計画に基づき品質・工程・周辺環境保全・安全等が確保されていることを確認しながら進める。
- 2) 油含有土壌を調査地のある敷地の外に搬出して処理する場合には、以下の点に留意する。
 - ① 油含有土壌が不適切に投棄されて、新たな生活環境保全上の支障を生じさせないようにするために、搬出した土壌が搬出先まで確実に届けられたことを記録し把握することが可能な伝票等を用いて、物流を管理する。
 - ② 処理を委託する場合には、適正に処理することが確実にできる者であるかどうかを確認して行い、二次的な環境汚染の発生を未然に防止する。
- 3) 対策実施中においては、一過性の油臭や油膜の発生などについては避けられない場

合があるほか、一般的な作業に伴う騒音・振動・地盤沈下・通行車両の出入りの影響もある。このため、周辺住民などへの理解を得るように作業計画の内容等を事前に説明しておくことが望ましい。

- 4) 油含有土壌を不適切に取り扱うことにより発生する事故や災害を防止するため、作業に関わる者が知識と経験を持ち作業内容を理解していることを作業の開始前に確認しておく。
- 5) 大雨や台風などで油含有土壌から油の流出事故や設備の損壊などによる対策工事への影響が予想される場合には、影響を防止するまたは最小限に抑えるための対策等を事前に講じておく。
- 6) 不慮の事故や災害が発生した場合には、直ちにその状況を関係者に報告するとともに、関係機関等と連携して応急的な処置・緊急措置等が行えるような体制を常に整えておく。

7. 2 対策工事完了の確認

当該土地を踏査して、あらかじめ関係者間で合意した対策が講じられていること、及び油臭や油膜による不快感や違和感がなくなっていることを（目や鼻で）確認し、対策工事を完了する。

地表の油膜の遮蔽や油臭の遮断や井戸水等に油臭や油分を発生させている油分の拡散防止措置を行った場合は、措置によって講じられた構造物や施設の品質が計画に基づき適正に設置されていることを確認する。また、油含有土壌の掘削除去や浄化を行った場合は、浄化目標として設定された土壌の性状を満足していることを確認する。

7. 3 モニタリング等の実施

対策完了後も対策内容や土地利用の方法に応じて必要となるモニタリング等を行う。

(1) モニタリングを必要とする対策方法

舗装等による地表の油臭の遮断や井戸水等に油臭や油膜を発生させている油分の拡散防止対策を行った場合に、選定した対策方法によっては対策効果の持続性が低下することがあるので、必要に応じて対策完了後もモニタリングを実施する。

(2) モニタリングの方法

モニタリングの方法は、土地の利用方法における生活環境保全上の支障、例えば、利用者が土に触れる可能性や井戸水等の利用があるかどうかなどを考えて決定する。

モニタリングの方法を以下に例示する。

- ① 当該土地を踏査して、油臭や油膜による不快感や違和感がないことを（目や鼻で）確認する。
- ② 井戸水等に油臭や油膜が発生していないことを確認する。
- ③ 油分の拡散防止として、油含有土壌の存在範囲を遮水壁等で完全に囲い込まない

対策方法を行った場合は、遮水壁等からの油分の流出を的確に判断できる位置に観測井を設けて地下水の油臭や油膜を観測する。

7. 4 その他の留意事項

対策実施中に土地利用の用途変更やその他により、設計や施工方法等に変更が生じることがあり、対策工事完了確認の方法などを変える場合がある。

8. 対策の記録の作成・保存等

8. 1 目的と必要性

対策の記録を作成し保存する目的は、以下のような場合の対応を容易にするためである。

- 1) 万一同じ敷地内で別の油汚染問題が発見された場合に、迅速かつ経済的に対策計画を策定するのに役立つ。
- 2) 周辺で油汚染問題が見られた場合に、対策済の油汚染問題との関連性を判断するための参考とする。
- 3) 油汚染問題の原因となった鉱油類を除去しない対策を実施した場合に、将来行われる土地の形質変更時に、油汚染問題の発生のおそれ等について検討するための参考とする。

8. 2 方法と考え方

状況把握調査報告書、対策方針の策定から対策範囲の確定等を行うまでの記録、対策計画書、対策工事の受注者が提出した報告書などの関連する一連の記録を対策報告書として保存する。

記録しておく事項には、次の事項を含む。

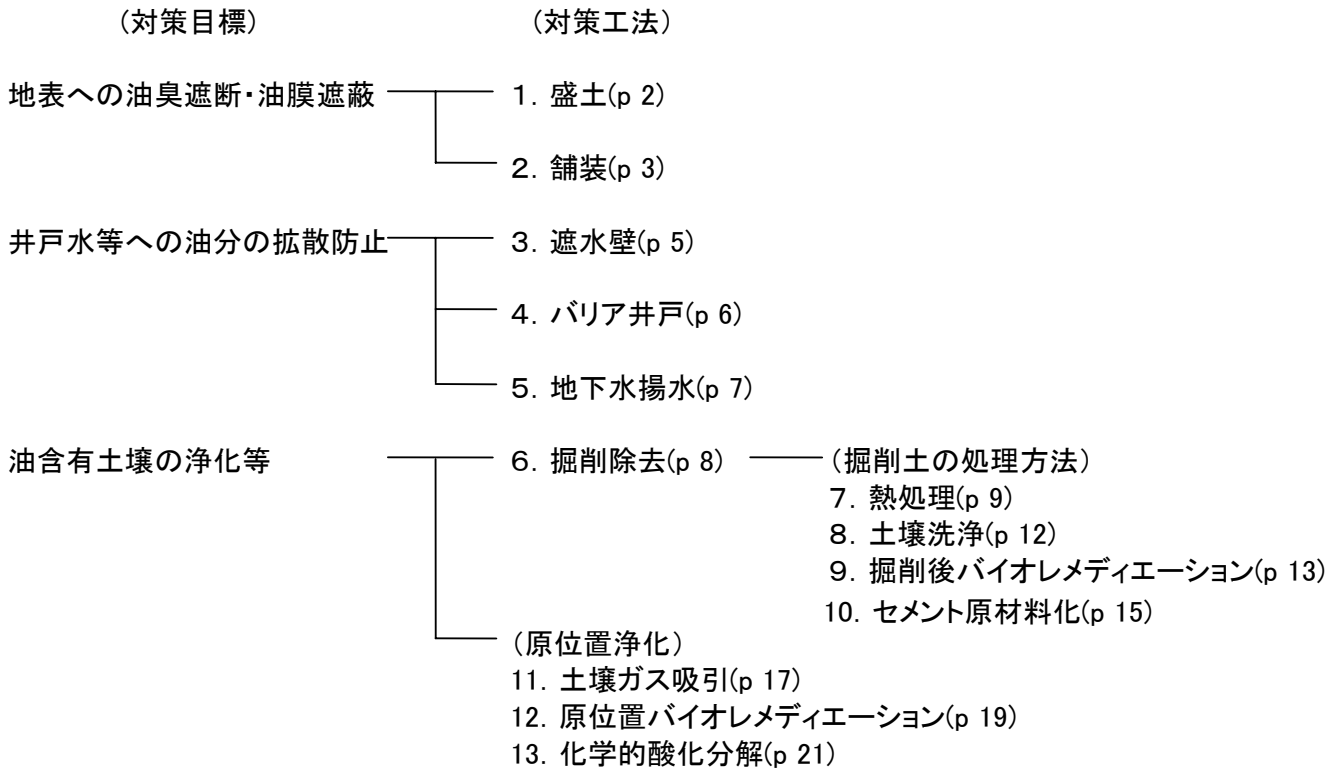
- ① 対策工事の受注者
- ② 対策実施期間
- ③ 対策の実施場所及び地図等
- ④ 対策調査結果
- ⑤ 対策範囲等の考え方
- ⑥ 対策を実施した対象である油含有土壌や井戸水等の範囲
- ⑦ 実施した対策方法と施工図面
- ⑧ 対策完了の確認方法とその事項
- ⑨ 各種分析データなど

8. 3 留意事項

油汚染問題への対応にあたって、対策の検討から対策完了の間に対策方針の策定、対策計画の作成、対策の実施方法などについて適宜、関係者への説明等を行うことが、円滑な問題解決に有効であり、その記録として、説明会資料、説明会議事録等を保存する。

油汚染問題への対策技術について、対策目標と対策工法(対策方法をより具体化したもの)との関係を整理して示すと以下のようになる。

次項以降に、各対策工法の概要、特徴、適用性及び選定にあたっての留意事項を記載するが、記載がない技術であって、対策目標を達成できるものに対しては、その適用を制限するものではない。



※凡例 (p I) :記載頁を示す。

1. 盛土

1.1 概要と特徴

油含有土壌上面を盛土材で覆うことにより、油臭遮断や油膜遮蔽をする方法である。

盛土自体に油臭や油膜の覆いとしての機能を期待するので、この盛土が飛散や流出等によって損壊しない策を講じることが必要である。そのため、盛土の厚さが一定以上であること、使用される材料は清浄土であることが施工要件となる。また、盛土材料は、流出・陥没しないような品質を有している必要があり、上部に構造物を構築する場合やその他の土地利用目的がある場合には、想定される上載荷重を考慮した強度等、利用目的に応じた品質の確保が必要となる。

盛土材料としては、砂質土又は粘性土でコーン指数 4 程度以上に締固められるもの、あるいはその混合物が適しているが、透水性の大きな砂質土は通気性も大きく油臭の漏洩のおそれもあるので注意が必要である。

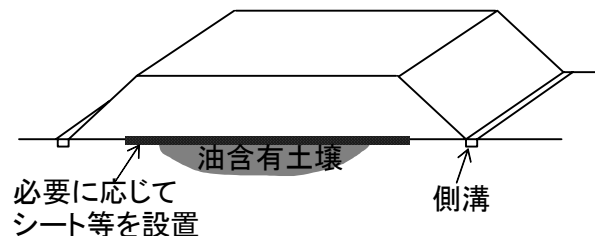


図 1 - 1 盛土措置の概念図

1.2 適用性及び留意事項

- ・ 盛土は、油含有土壌を覆い、容易に飛散・流出されないという要件を満たす必要があり、含水率の高い材料や粒子が細かすぎる材料は適していない。
- ・ 盛土の締固め度は、上部に構造物がない状態であれば、一般的には宅地造成程度の品質を確保できれば十分であると考えられる、一般に砂質土を用いる場合には粘性土に比べて厚さを増してやる必要がある。
- ・ 盛土材料は降雨で徐々に浸食を受けるため、あらかじめ植栽や舗装等により浸食防止を行うことが必要である。法面上部の損壊あるいは後退のおそれがある場合には、盛土の損壊を防止するために必要な措置を講ずる必要がある。対策として、モルタル、コンクリート、ジオテキスタイル等により表面を保護することが有効である。
- ・ 表面水の速やかな排水は、盛土自体の安定確保に有効であるばかりでなく、土壌中の油分の拡散を抑えるのに有効であり、図1-1に示すように盛土周囲には側溝等を設けるとよい。

2. 舗装

2.1 概要と特徴

舗装は、対策範囲の上面をコンクリートやアスファルトで舗装することで、油含有土壌の油臭や油膜による生活環境保全上の支障を除去する方法である。

油含有土壌からの油臭や油膜を覆いにより物理的に遮断又は遮蔽するため、舗装の損壊を伴わない限り上面の利用は可能となる。具体的な利用としては、全面舗装の可能な駐車場や商業地域等が挙げられる。また、各種の舗装形式のうち、油含有土壌の被覆としては、気密性に劣る透水性舗装や、油分によって性状変化を生ずるような材料を利用する特殊舗装は好ましくない。図2-1に駐車場における舗装の概念図を、写真2-1に舗装の施工状況をそれぞれ示す。また表2-1に代表的なコンクリートとアスファルト舗装について、遮断及び遮蔽の観点からの長所と短所を示す。

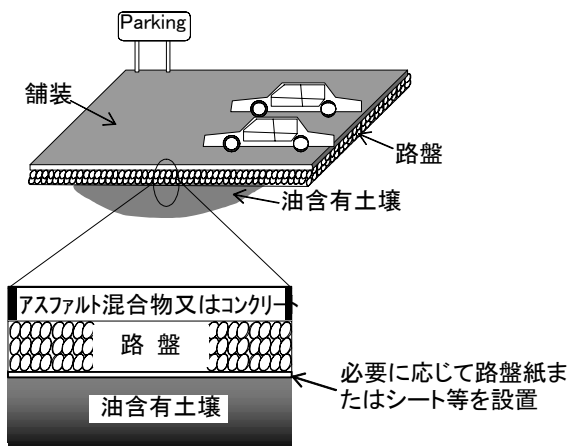


図2-1 舗装の概念図(例:駐車場)



写真2-1 舗装の施工状況

表2-1 舗装の種類と遮断及び遮蔽の観点からの長所と短所

	コンクリート舗装	アスファルト舗装
概要	密実で油含有土壌の飛散等の防止及び雨水浸入の抑制の効力を有するコンクリートで覆うことにより油含有土壌に起因する油臭や油膜を遮断又は遮蔽する。	密実で油含有土壌の飛散等の防止及び雨水浸入の抑制の効力を有するアスファルトで覆うことにより油含有土壌に起因する油臭や油膜を遮断又は遮蔽する。
長所	<ul style="list-style-type: none"> ①表面が波打ったり、変形したりしない ②盤として耐力が期待できるため、接地圧が大きい集中荷重に強い ③耐用年数が長い(参考:20年以上) ④表面の耐摩耗性が大きく、ひっかきに強い 	<ul style="list-style-type: none"> ①可塑性があり、不等沈下にある程度順応できる ②措置の実施後の養生期間が短く、すぐ使用ができる ③補修が容易である
短所	<ul style="list-style-type: none"> ①気温の影響による伸縮膨張影響を受けやすいため、目地を設ける必要がある ②コンクリートの設計強度の発現までに28日程度の養生期間が必要 ③補修に手間がかかる ④不等沈下に追従性がない 	<ul style="list-style-type: none"> ①利用の方法や維持管理の程度により異なるが寿命が比較的短い(参考:10年程度) ②接地圧の大きい静止荷重や同一地点の繰返し荷重で、くぼみやわだち掘れができやすい ③油分に弱く、気温の影響も受ける ④下地の抜根が不十分な場合は根の成長で破壊する

2.2 適用性及び留意事項

- ・ 対策方法の選定にあたっては、長期的な安定確保のため、地盤条件、湧水・集水の状況、降雨量が多いか、寒冷地かどうかといった気象・気候条件や地表面の起伏等を考慮する。
- ・ 舗装は地上面の利用方法によっては覆いの損壊の度合いが異なることがあり、計画段階にその利用形態を明確にし、当該土地利用に合致した仕様を設計・採用する。
- ・ 上載荷重によっては、それに耐えられるだけの路盤を形成する必要がある。

3. 遮水壁

3.1 概要と特徴

遮水壁は、対策範囲を囲い込み、地下水を介した周辺への油分の拡散を防止する方法である。遮水壁には鋼矢板、地中連続壁、注入固化等がある。遮水壁措置の概念図を図3-1に、鋼矢板の打設状況を写真3-1にそれぞれ示す。

対策検討範囲内における油含有土壌の深さをボーリング調査により確認し、対策範囲を囲むようにして、対策深度まで遮水壁を設置し、油分が広がるのを防ぐ。対策後、降雨等の浸透による地下水位上昇に伴う油分の上昇により、地表面に油臭や油膜が発生する恐れのある場合には、盛土や舗装を行う必要がある。なお、上面を利用する際には覆いの損壊を防ぐために利用方法に応じて必要となる耐久性のある構造が確保されることが必要である。

遮水壁からの油分の漏出の有無を確認するために、対策を行った場所の周縁及び地下水の下流側に観測井を設け、地下水中の油分濃度を測定する。

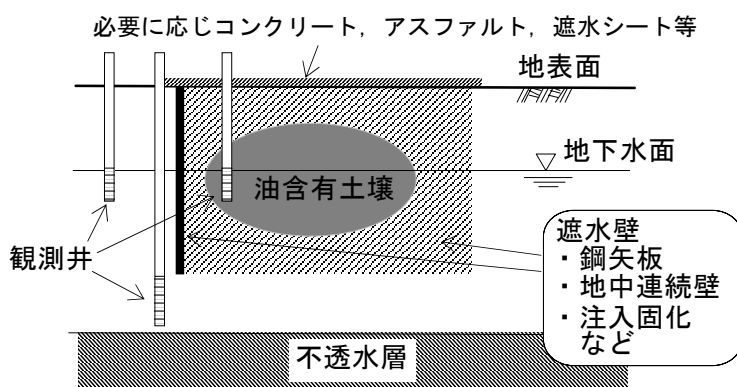


図3-1 遮水壁措置の概念図



写真3-1 遮水壁(鋼矢板)の打設状況

3.2 適用性及び留意事項

- ・ 対策範囲の規模が大きい場合や、地下水の透水性が低く、揚水によるバリア井戸対応ができない場合でも有効である。
- ・ 地中連続壁やソイルセメント壁は長期的な信頼性や確実性に優れているが、掘削汚泥の処理が必要で、大型の重機械を使用できる作業場を確保できる用地が必要となる。
- ・ 薬液等による注入固化工法は、ボーリング機械等の比較的小型の設備を用いることで対策工事ができる。

4. バリア井戸

4.1 概要と特徴

バリア井戸は、油含有土壌の存在範囲の地下水下流側に揚水井戸を配置し、地下水を介した周辺への油分の拡散を防止する方法である。図4-1にバリア井戸措置の概念図を示す。

ボーリング調査により対策検討範囲内における油含有土壌の深さを確認し、対策範囲を囲むようにして、地下水を揚水井戸で揚水し、油分が広がるのを防ぐ。油含有地下水は揚水後、地上のプラントで適正に浄化してから排水する。

バリア井戸で回収されずに流下する油分の有無を確認するために、対策を行った場所の周縁及び地下水の下流側に観測井を設け、地下水中の油分濃度を定期的に測定し、遮断効果を確認する必要がある。

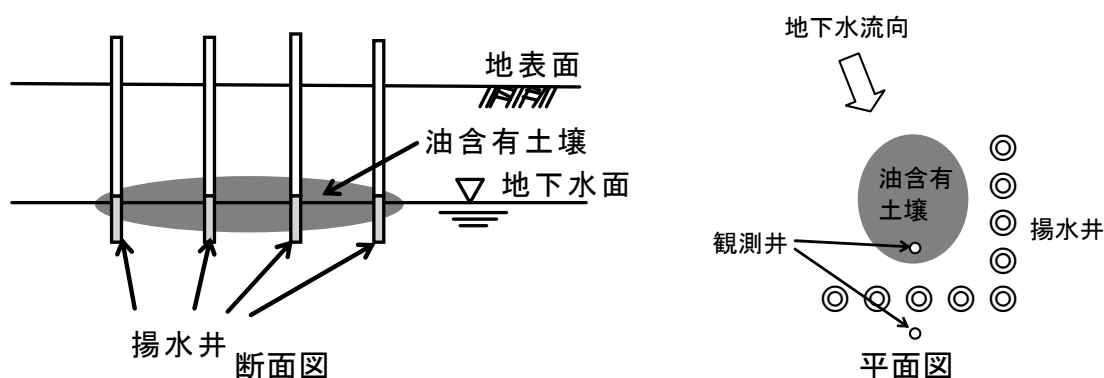


図4-1 バリア井戸措置の概念図

4.2 適用性及び留意事項

- ・ 油含有土壌の範囲が小規模で、地盤の透水性がよい場合に対策効率が高い。
- ・ 設置・作業場所が狭くても施工できる。
- ・ ボーリング作業で井戸の設置が可能のため、建物等の構造物が存在していても施工が可能である。
- ・ 揚水井戸の地下水流の上流側で油分の移動や拡散が起きる場合があるので、井戸の配置には慎重な配慮が必要となる。

5. 地下水揚水

5.1 概要と特徴

井戸などから地下水を揚水することで、地下水中に存在している油分や地下水面上に存在する油相を回収し、あるいはそれらの移動を抑制する方法である。

地下水面上に存在する油相の回収のために行われる場合、揚水に伴う地下水勾配の変化を利用し揚水井戸内への油相の集積を促すことを目的とする。揚水井戸内に集められた油分は、地下水とは別に回収されることが多い。

地下水面上の油相及び地下水中に存在している油分を同時に回収する場合の概念図を図5-1に示す。

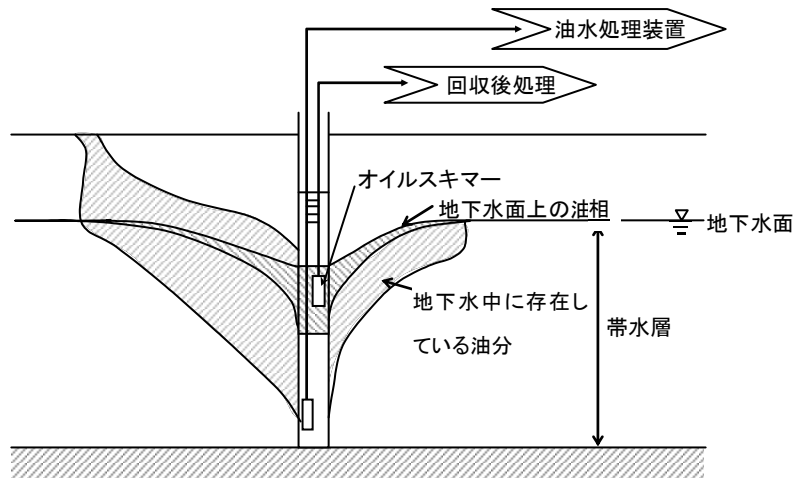


図5-1 地下水揚水の概念図

5.2 適用性

地下水揚水の適用性について一般的に整理したものを表5-1に示す。

表5-1 地下水揚水の適用性

適用条件		適用度 (○:可、△:一部可、×:不可)
油の種類	ガソリンなど	○
	灯油、軽油、A重油等	○
	C重油、機械油、原油等	△
対象媒体	地下水	○
適用場所(原位置/敷地内/敷地外)		原位置
前後処理の必要性		有り

5.3 留意事項

- ・ 通気帯の拡大などを意図して、また油相の移動促進などを目的として、土壌ガス吸引と併用する場合もある。
- ・ 移動の促進に関しては、原理上、粘性の高い油分には効果が余り期待できない。
- ・ 回収効率は土質の透水性に影響される。礫・砂質土層の回収効率は高いが、シルト質土層の回収効率は低くなる。
- ・ 引火性、爆発性のあるガスを回収する場合は防爆型の設備を用いる等の安全対策を講じる。

6. 掘削除去

6.1 概要と特徴

油含有土壌を掘削除去し、掘削除去した後を清浄土で埋め戻すことにより、油臭や油膜による生活環境保全上の支障を除去する方法である。図6-1に掘削除去措置の概念図を示す。

土壌入替では地表面の高さは自由に選定でき、現状の高さへの復旧も可能である。

掘削した油含有土壌は、調査地のある敷地の外で処分するか、又は、敷地の内外で浄化処理し、再度油汚染問題を生じさせることがないようにしなければならない。

敷地の外へ搬出する油含有土壌は、受け入れ基準を満足する廃棄物の最終処分場やセメントを製造するための施設等に搬入し、適切に処分する。

敷地の内外で浄化処理を行う技術には、熱処理、土壌洗浄処理及びバイオレメディエーションがある。各技術の説明は後述するが、その適用性についてトリータビリティ試験による適用性の確認が必要である。

敷地内で浄化処理する場合、一般に熱処理や土壌洗浄処理はプラントを設置するための費用が大となり、大量の処理対象土がある場合に費用対効果が大きくなる。敷地外で浄化処理する施設として、熱処理、洗浄処理を専門とする土壌処理施設や廃棄物の中間処理施設がある。

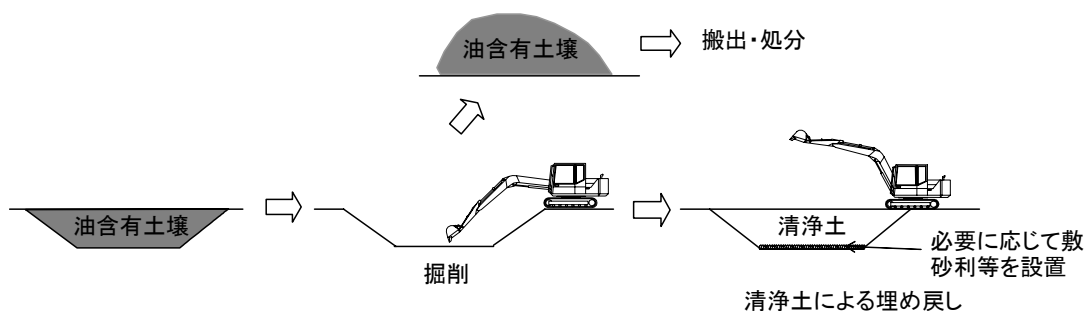


図6-1 掘削除去措置の概念図

6.2 適用性及び留意事項

- ・ 一般に、建物等の構造物のある場所は掘削が困難であり、構造物がない場所や既存構造物の解体撤去後に適用が可能である。
- ・ 油含有土壌の存在範囲の規模が大きい又は含まれる油分の濃度が高い場合には、処分費が高額になることがある。
- ・ 深度によっては掘削工事を行うために土留工を設置する必要がある。また、掘削底面に比べて地下水位が高い場合には、廃水処理対策を講じる。
- ・ 敷地外施設に浄化処理や処分を委託する場合は、廃棄物処理法など関係する法律があり関係法令等を遵守するとともに、委託業者が適正に処理できる者であることを確認し、二次的な環境汚染の発生を未然に防止する。また、敷地外搬出した油含有土壌が不法に投棄されたり不適切に処理されて新たな生活環境保全上の支障を生じさせないように、搬出した土壌が最終運搬先まで確実に届けられたことを記録し把握することが可能な伝票等を用いて物流を管理する。

7. 熱処理

7.1 概要と特徴

熱処理とは、掘削除去した油含有土壌を加熱することで、油分を分解し又は分離する土壌浄化対策である。熱処理には、焼却炉などで 800～1000℃以上に加熱して油分を分解する熱分解と、400～600℃程度で加熱して油分を脱着する熱脱着及び比較的沸点の低い油分を含む土壌を 200～300℃程度の低温で加熱して油分を揮発分離する加熱乾燥処理などがある。図7-1に焼却炉(熱分解)の概念図の例を示す。

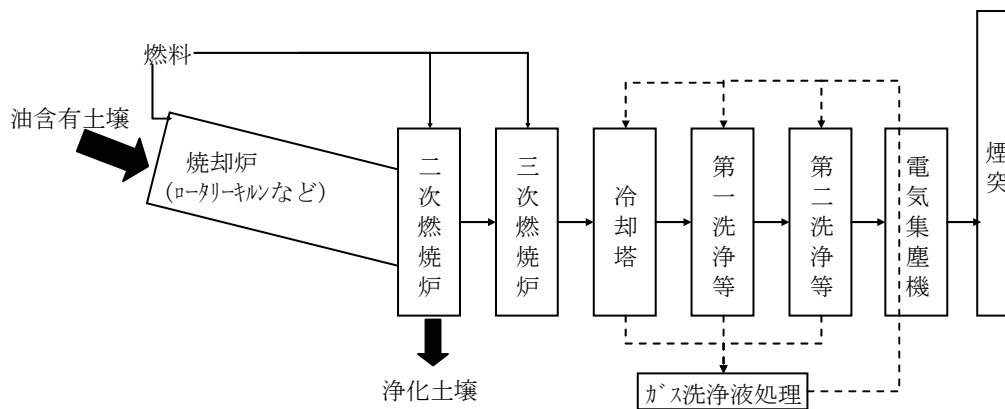


図7-1 焼却炉(熱分解)の概念図(例)

熱分解には、焼却、焼成及び溶融がある。設備面や効率面からある程度以上の規模で連続運転する必要があり、設備の充実した外部の処理施設で実施するのが一般的である。分解生成物を捕捉するために、排ガス処理が必要になる。熱脱着には、炉内を炎で加熱する直接加熱式と、炉の外壁を加熱して電熱により土壌を加熱する間接加熱式があり、重質油に適用される場合が多い。脱着して分離した油分を含む排ガスは、排ガス処理装置で油分を凝縮・回収するなどして処理する必要がある。加熱乾燥処理は、沸点の低い軽質油含有土壌に適用される場合が多い。熱脱着と同様、油分を含む排ガスは、排ガス処理装置で処理する必要があり、排ガス処理の方法には、凝縮処理、燃焼処理、吸着処理などがある。熱脱着及び加熱乾燥処理は、設備の小型化が可能で、オンサイト処理に適している。

図7-2に熱脱着処理の概念図の例を、図7-3に加熱乾燥処理の概念図の例をそれぞれ示す。

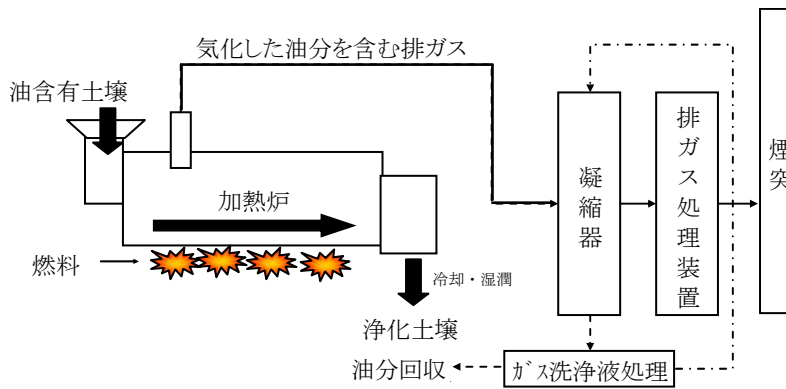


図7-2 熱脱着処理の概念図(例)

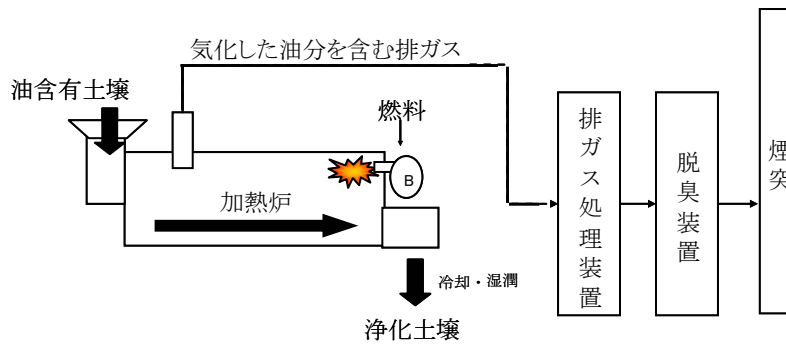


図7-3 加熱乾燥処理の概念図(例)

7.2 適用性

熱分解、熱脱着及び加熱乾燥の適用性について一般的に整理したものを表7-1に示す。

表7-1 熱処理の適用性

適用条件		適用度 (○:可、△:一部可、×:不可)		
		熱分解	熱脱着	加熱乾燥
油の種類	ガソリン	○	○	○
	灯油、軽油、A重油等	○	○	○
	C重油、機械油、原油等	○	○	△
対象媒体	礫	○	○	○
	砂	○	○	○
	シルト	○	○	○
	粘土	○	○	○
適用場所(原位置/敷地内/敷地外)		敷地内又は敷地外		
前後処理の必要性		有(粒度、排ガス処理)		

7.3 留意事項

- ・ 熱分解(焼却、焼成、溶融)では、非意図的な物質の生成に留意する必要がある。
- ・ 熱分解では、浄化後の土壌の性質が大きく変化して、埋戻材などの建設材料としては適さない場合があるので、品質を確認するなどして再利用を図ることが望ましい。
- ・ 幅広い土質に対応可能であるが、設備の仕様面から粒度調整や解砕などの前処理が必要となる場合がある。
- ・ 確実性の高い処理が可能である一方、比較的成本が高いため低濃度では経済性に劣る。

8. 土壌洗浄

8.1 概要と特徴

土壌洗浄とは、現場で油含有土壌を掘削し、専用の洗浄プラントで油分を分級等により土から分離することにより、土壌に含まれる油分濃度レベルを下げて浄化するものである。土壌洗浄は他の技術に比して、油分を分離した土を再利用する可能性が広がること、比較的軽質系の油分や高濃度の油分への適用性が比較的高いこと、バイオレメディエーションなど他の技術との組み合わせによるさらなる高度処理が可能なことなどの特徴がある。(図8-1参照)

土壌洗浄には、溶剤を用いて洗浄する方法、界面活性剤により洗浄する方法、微細気泡によって分離する方法なども開発されている。

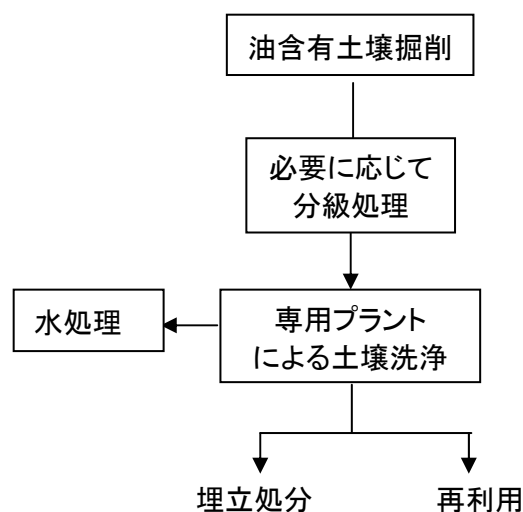


図8-1 土壌洗浄フロー

8.2 適用性

土壌洗浄の適用性について一般的に整理したものを表8-1に示す。

表8-1 土壌洗浄の適用性

適用条件		適用度 (○:可、△:一部可、×:不可)
油の種類	ガソリン	×
	灯油、軽油、A重油等	○
	C重油、機械油、原油等	○
対象媒体	礫	○
	砂	○
	シルト	△
	粘土	×
適用場所(原位置/敷地内/敷地外)		敷地内又は敷地外
前後処理の必要性		有り(水処理)

8.3 留意事項

- ・ プラントを用いる技術であることから、揮発性、爆発性の高い物質に対する適用性に劣る。
- ・ 水処理の必要が生じる。

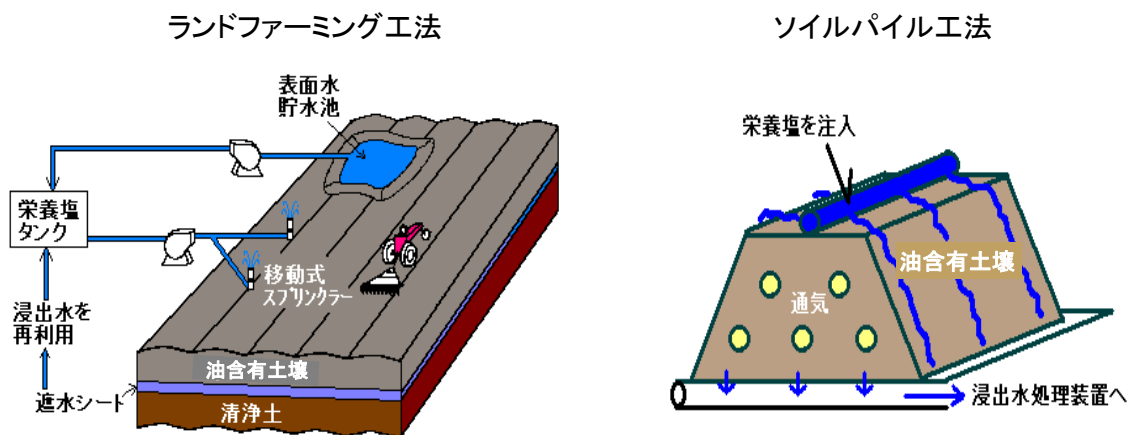
9. 掘削後バイオレメディエーション

9.1 概要と特徴

バイオレメディエーションとは、微生物の持つ鉱油類分解能力を利用して油含有土壌を浄化・安定化させる手法である。油含有土壌に元来棲息する微生物に栄養塩などを投与して油分の分解促進を図る「バイオスティミュレーション」と、分解能力の優れた微生物を探索し、それを微生物製剤として油含有土壌に投与して浄化促進を図る「バイオオーグメンテーション」がある。バイオレメディエーションの長所を以下に示す。

- ・ 特殊なプラントなどの建造費が不要で、浄化に要する費用が他の物理化学的手法と比較して一般に安価である。
- ・ 特殊な装置や機械を使用せずに油分を水や二酸化炭素などの無害な物質に分解するため、後処理の必要が無く、二次公害の心配も少ない。

掘削後バイオレメディエーションには、油含有土壌へ空気などを供給する方法の違いによって、ランドファーム工法とソイルパイル工法がある。それぞれの代表的な工法のイメージを図9-1に示す。



- ・油含有土壌を広げ耕して処理を行うか、畝を作りその畝をかくはん切り返しながら処理を行う方法がある。
- ・使用する機械によるが、盛土厚は 50cm～150cm程度の実績がある。
- ・気候に左右され、冬季は分解が進行しにくい
- ・耕す際に、臭気の発生や揮発物質の大気拡散の影響を検討する必要がある。
- ・粘性土の処理も可能である。
- ・広い作業用地が必要になる。

- ・油含有土壌を盛り立てて盛土内に吸引管を設置し、大気から酸素を供給し、栄養分等を散布して処理を行う。
- ・環境条件を制御しやすい。
- ・排ガスや浸出水を管理できる。
- ・耕す必要がないため、盛土高さを高くでき、ランドファームに比べ、狭い作業用地で施工できる。

図9-1 掘削後バイオレメディエーションのイメージ図

9. 2 適用性

掘削後バイオレメディエーションの適用性について一般的に整理したものを表9-1に示す。

表9-1 掘削後バイオレメディエーションの適用性

適用条件		適用度 (○:可、△:一部可、×:不可)
油の種類	ガソリン	○
	灯油、軽油、A重油等	○
	C重油、機械油、原油等	△
対象媒体	礫	○
	砂	○
	シルト	△(土壌改良要)
	粘土	△(土壌改良要)
	地下水	○
サイト(敷地内/敷地外)		いずれも○
前後処理の必要性		なし

9. 3 留意事項

- ・ 一般的には、適用にあたり、事前に室内やフィールドでのトリータビリティ試験が必要である。
- ・ 揮発性油から重質油までの適用が可能であり、油臭と油膜の発生を大幅に改善できる。ただし、重油等に含まれる高沸点の炭化水素は微生物で分解されにくく残留するため、浄化可能なレベルは油含有土壌に含まれるそれらの含有量に支配される。
- ・ 浄化期間は微生物の増殖速度に依存するため数ヶ月は必要であり、また外気温が低い冬季には適用が難しい。
- ・ バイオオーグメンテーションを適用する場合には、「微生物によるバイオレメディエーション利用指針」(平成17年3月 経済産業省及び環境省告示)に沿って事前に安全性を検討する必要がある。

10. セメント原材料化

10.1 概要と特徴

「セメント原材料として利用」とは、掘削した油含有土壌をセメント製造施設に搬入し、セメントの原材料として利用することである。

セメントの製造には、カルシウム、シリカ、アルミナ、鉄の主要成分を含んだ原材料が必要である。油含有土壌についても、その成分によっては原材料となりうる。セメント製造施設においては、搬入される土壌に含まれる物質がセメント製品の品質確保の観点からも、セメント製造工程に係る環境保全の観点からも問題を生じさせないことが確認された上で原材料として用いられることになる。

搬入された油含有土壌は、セメント製造工程のキルンにおいて高温で焼成され、土壌中の油分等の有機物質が分解されることになる。

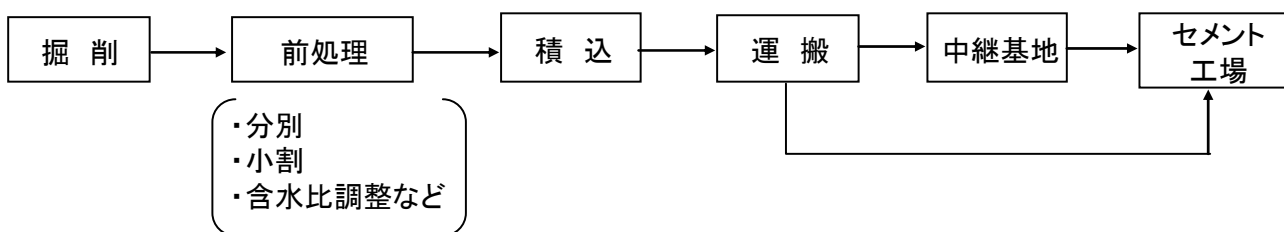


図10-1 全体処理フロー

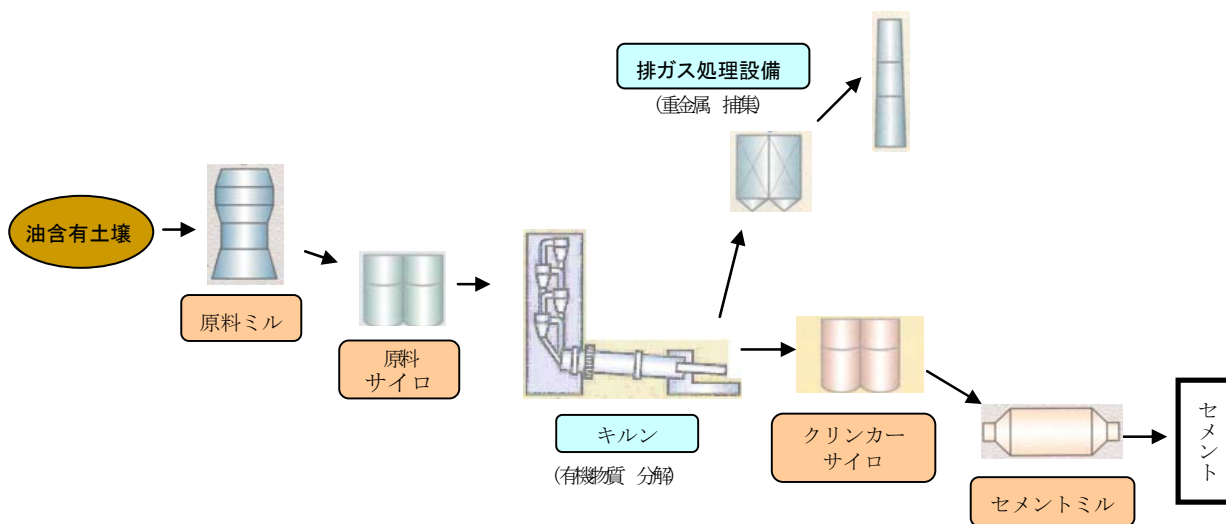


図10-2 セメント製造工程の概念図

10.2 セメント工場受入における留意事項

(1) セメント工場における受入基準等

セメント会社ごとに設けられた受入基準を満たす必要がある。

表10-1 受入基準例

形状	・サイズ<100mm
性状	・汚泥状でないこと
油含有量	下記の①及び②の条件を満たす濃度に限る
その他	① 異臭がないこと ② 水分・油分の垂れや蒸発により作業環境、 周辺環境に影響のないこと ③ 金物等の異物を含まないこと ④ 実サンプルによる事前検討を行えること

非意図的な物質の生成に留意する必要がある。

- (2) 重金属等の有害物質を含む油含有土壌である場合は、セメント会社に含有する物質の種類と濃度を示して、製品であるセメントの品質確保、施設運転時の環境保全等の観点から受入が可能であるかどうかを確認することになる。

11. 土壌ガス吸引

11.1 概要と特徴

土壌ガス吸引は、地下に存在する油分の揮発成分を、井戸などを減圧して土壌ガスを吸引する事により地中からガス態として抽出除去する方法である。最も一般的なフローを図11-1に示す。

地下水揚水や地中曝気(エアスパージング:図11-2)などとの併用で適用範囲の拡大も行われ、また好気的な微生物分解を促進する目的で行われる事もある。この場合は油分中の揮発性を有しない成分もその対象となる。原位置で実施されるもの以外に、掘削した土壌を敷地内に積み上げ、土壌ガス吸引を実施する場合もある。

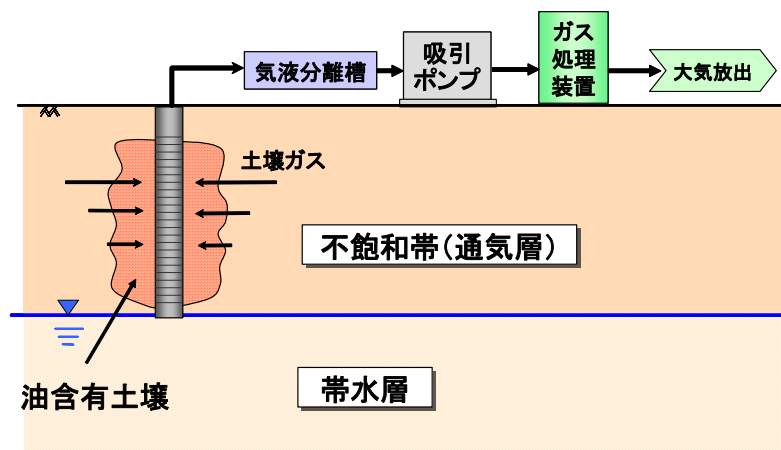


図11-1 土壌ガス吸引の概念図

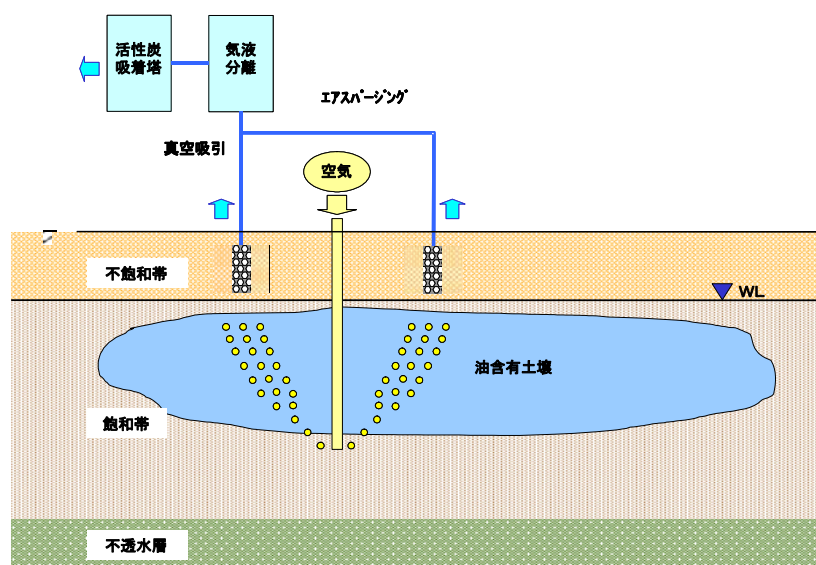


図11-2 エアスパージングの概念図

11.2 適用性

土壌ガス吸引の適用性について一般的に整理したものを表11-1に示す。

表11-1 土壌ガス吸引の適用性

適用条件		適用度 (○:可、△:一部可、×:不可)
油の種類	ガソリンなど	○
	灯油、軽油、A重油等	△
	C重油、機械油、原油等	×
対象媒体	礫	○
	砂	○
	シルト	△
	粘土	×
適用場所(原位置/敷地内/敷地外)		原位置
前後処理の必要性		有り

11.3 留意事項

- ・ 通気帯(不飽和帯)が適用対象であり、地下水位より深い場所にある油含有土壌に適用する場合は揚水との併用が必要である。
- ・ ガス吸引できるのは、揮発性を有する成分に限定される。
- ・ 回収効率は土質の通気性に影響される。礫・砂質土層の回収効率は高いが、シルト質土層の回収効率は低くなる。
- ・ 引火性、爆発性のあるガスを回収する場合には、防爆型の設備を用いる等の安全対策を請じる。

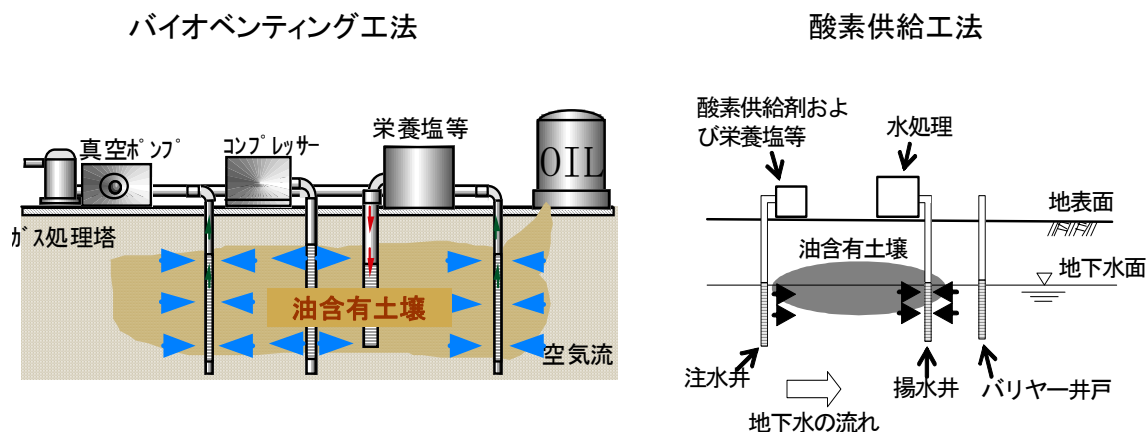
12. 原位置バイオレメディエーション

12.1 概要と特徴

原位置バイオレメディエーションとは、油含有土壌を掘り返さずに直接地中に空気や栄養塩などを供給し、油分の分解促進を図る方法である。掘削後バイオレメディエーションと同様に、「バイオスティミュレーション」と「バイオオーグメンテーション」がある。原位置バイオレメディエーションは、掘削後バイオレメディエーションに比較し、浄化効率は低下するが以下の長所がある。

- ・ 広範囲で大規模・大深度な油含有土壌に適用できる。
- ・ 作業中の建屋下の油含有土浄化などへの適用が可能である。

原位置バイオレメディエーションには、不飽和土層に存在する油含有土壌の浄化を対象としたバイオベンティング工法と、地下水以下の油含有土壌浄化を対象とした酸素供給工法がある。それぞれの代表的な工法のイメージを図12-1に示す。



・不飽和層に井戸を設置し、吸気・送気を行う。また、栄養塩などを注入する。送気のさい、蒸気を送付し油分の脱離・分解を促進させる場合もある。濃度が高い箇所は、吸引圧を高め強制的にガスとして初期には回収運転する。

・揮発性油や軽質油の分解に効果がある。

・砂質土の方が、特に効率が高い。

・吸気の影響範囲をできるだけ広く確保するため、地上からや、井戸に沿った漏気を防ぐためのシールが必要である。

・帯水層内の油含有土壌に対してエアースパーキングを適用したり、酸素供給剤や過酸化水素を注入したりなどして酸素を供給する。また、栄養塩なども同時に供給する。井戸から供給した酸素や、栄養塩の供給範囲を確保するため、別途揚水井戸を設ける。

・注入により、油分が拡散する恐れがあるため、遮水壁を設けるか、モニタリング井戸で確認しバリア井戸で制御する。

・透水性の高い地盤の方が、効率が高い。

図12-1 原位置バイオレメディエーションのイメージ図

12.2 適用性

原位置バイオレメディエーションの適用性について一般的に整理したものを表12-1に示す。

表12-1 原位置バイオレメディエーションの適用性

適用条件		適用度 (○:可、△:一部可、×:不可)
油の種類	ガソリン	○
	灯油、軽油、A重油等	○
	C重油、機械油、原油等	△
対象媒体	礫	○
	砂	○
	シルト	△(土壌改良要)
	粘土	△(土壌改良要)
	地下水	○
前後処理の必要性		なし

12.3 留意事項

- ・ 一般的には、適用にあたり、事前に室内やフィールドでのトリータビリティテストが必要である。
- ・ バイオスティミュレーションを適用する場合には浄化対象地に油分を分解する土着菌の存在が必要である。また、地下水質によっては菌の活性を阻害し、不適性となる。
- ・ バイオオーグメンテーションを適用する場合には、「微生物によるバイオレメディエーション利用指針」(平成17年3月 経済産業省及び環境省告示)沿って事前に安全性などを検討する必要がある。
- ・ 年間の地下水の変動を考慮し、水位変動に応じ、不飽和帯に存在する油分と飽和帯に存在する油分の浄化が可能な方法を選択する。
- ・ 揮発性油から重質油までの浄化に適用が可能であり、油臭と油膜の発生を大幅に改善できる。ただし、重油等に含まれる高沸点の炭化水素は微生物で分解され難く残留するため、浄化レベルは油含有土壌に含まれるそれらの含有量に依存する。
- ・ 浄化期間は微生物の増殖速度に依存するため数ヶ月～数年は必要である。
- ・ 薬剤を注入する際には、注入薬剤の拡散影響を制御する対応が必要である。

13. 化学的酸化分解

13.1 概要と特徴

過酸化水素などの酸化剤は、非選択的に多くの有機化合物を無害な水や二酸化炭素などに分解することができる。過酸化水素は鉄を触媒として強力な酸化分解能力をもつ。このような酸化剤を地下水に注入することにより油分を分解させる反応を化学的酸化分解という。重質油についても比較的適用が可能である。図13-1に示すように酸化剤を注入し揚水井で移動させることにより、浄化領域を広げることができるが、反応が比較的速いため、酸化剤の到達範囲の広がりには限界がある。

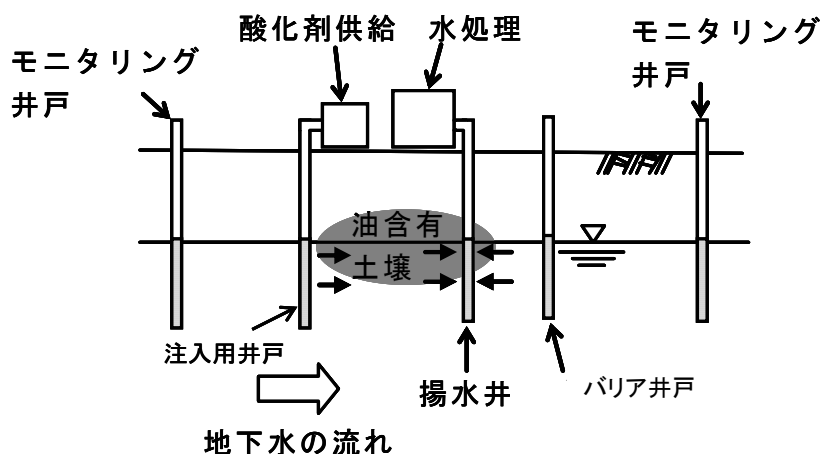


図13-1 化学的酸化分解の概念図

13.2 適用性

化学的酸化分解の適用性について一般的に整理したものを表13-1に示す。

表13-1 化学的酸化分解の適用性

適用条件		適用度 (○:可、△:一部可、×:不可)
油の種類	ガソリン	○
	灯油、軽油、A重油等	○
	C重油、機械油、原油等	△
対象媒体	礫	○
	砂	○
	シルト	△(土壌改良要)
	粘土	△(土壌改良要)
	地下水	○
前後処理の必要性		なし

13.3 留意事項

- ・ 対象とする油分以外の有機物などが多量に含まれていると、浄化効率が悪い場合がある。
- ・ 酸化剤によって地中埋設物に劣化などの影響が生じる場合もあり、事前に専門家と十分に検討することが重要である。
- ・ 酸化剤の濃度や添加量を設定するために、事前にトリータビリティ試験が必要である。
- ・ 酸化剤の種類によっては未反応の酸化剤の毒性が懸念されるので、バリア井戸等の設置を含めた管理が必要である。
- ・ 酸化剤を高濃度で作業場に持ち込み希釈して利用する場合もあるが、急性毒性があるものもあり、使用にあたっては関係法令等を遵守して安全な取り扱いを行う。