

第二編 技術的資料

第二編をお読みになる方に

油汚染問題が生じたときの対応の考え方などを第一編にまとめました。この第二編には、第一編の第三と第四でとりあげた調査と対策に関する技術的な資料を記述しました。

第二編は二部構成になっています。

第一部は、土壌汚染の調査や対策についての基礎知識や、油汚染問題に関する知識や経験があまりない土地の所有者等にもわかりやすい内容とすることを意識しました。いわば技術的資料の基礎編ですので、第一部の記載内容についてさらに詳細に知りたいというときは第二部の該当部分を参照して下さい。

第二部は、油汚染問題の調査事業や対策事業を行う事業者を念頭において作成しました。土壌汚染の調査や対策についての基礎知識や、油汚染問題に関する知識や経験を有する方に向けた内容で、いわば技術的資料の専門編です。

ところで、油汚染問題は、第一編に記載したように、それぞれの現場の実情に応じた対応をすることが必要であり、このガイドラインの記載内容は画一的規制的に用いるべきものではないし、何らかの基準数値を定めようとしたものでもありません。

第二編は技術的な資料ですから、特に第二部はある程度詳細で具体的な記載内容となっていますので、まず第一編をお読み頂いてこのガイドラインの性格や、油汚染問題への対応の基本的な考え方をご理解の上で、現場の状況に応じた的確な対応策を検討するうえでの参考として役立てて下さい。

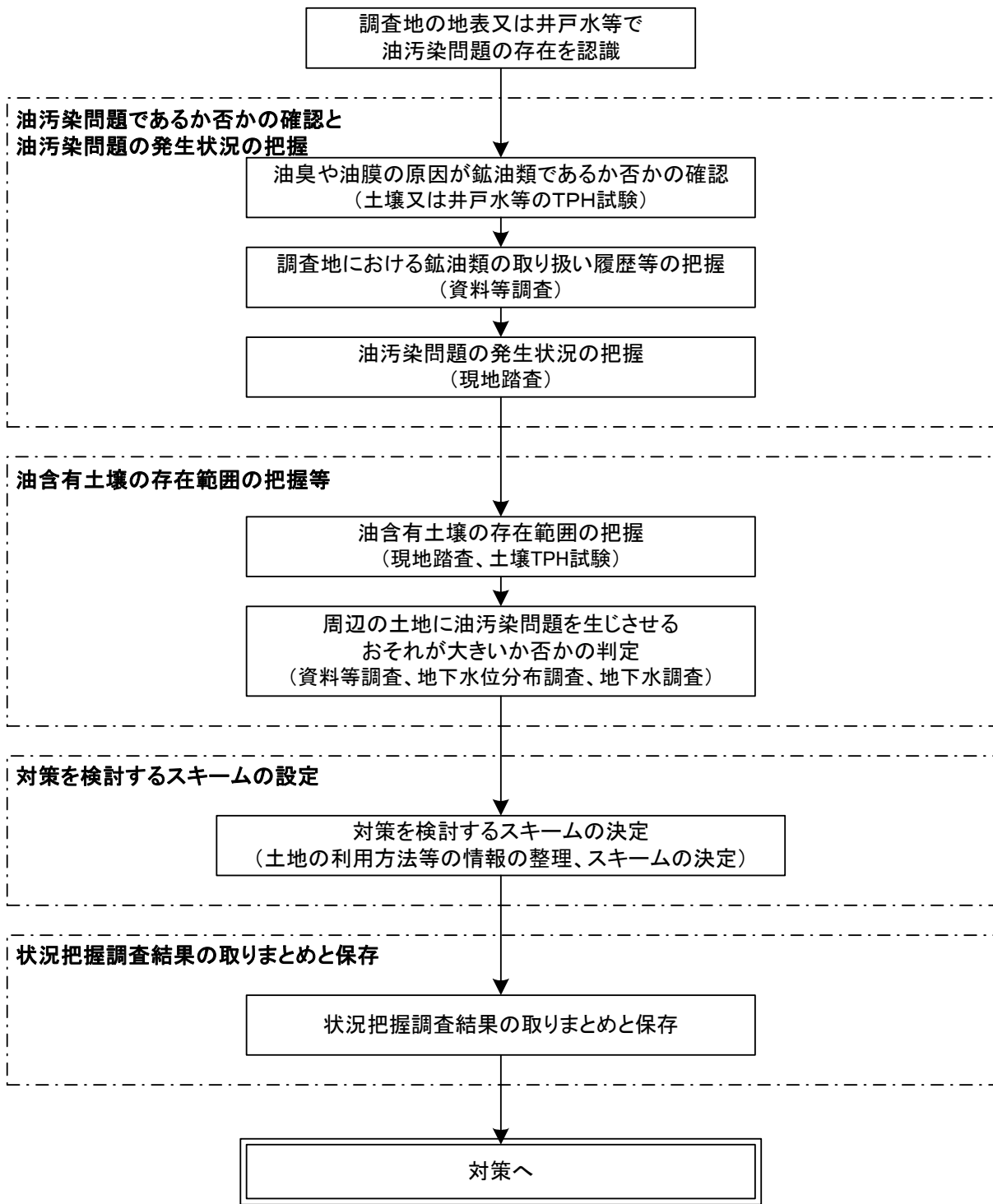
また、第二部を活用される調査・対策事業者や専門家には、第一部のところどころに、土地所有者等に対して調査・対策事業者や専門家に相談すること等を推奨している記述がありますから、参照して下さい。油汚染問題の調査・対策事業者や専門家には、土壌汚染の調査や対策についての基礎知識や油汚染問題に関する知識・経験があまりない土地所有者等に対して、円滑に油汚染問題の解決を図ることができるように、このガイドラインの性格や技術的な内容（例えば各種対策技術の適用性や利害得失など）について説明し、理解を得た上で、その土地所有者等の土地で生じている油汚染問題の調査・対策に取り組んで頂きたいと考えています。

第一部 基礎編

第1章 状況把握調査

I 総論

1. この章では、土地の所有者等が自らの土地の地表又は敷地内の井戸水等に油臭や油膜が生じていることを発見したときに行う、状況把握調査について説明する。
2. 状況把握調査の調査メニューは次に示すとおりである。（図1-1）
 - 1) 油臭や油膜の原因が鉱油類か否かの確認
 - 2) 確認の結果、鉱油類に起因する油臭や油膜であることが確認された後に行う、
 - ① 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。）における鉱油類の取り扱いの履歴等について把握するために行う資料等調査
 - ② 油汚染問題の発生状況の把握
 - ③ 油含有土壌の存在範囲の把握等
 - ④ 対策を検討するスキームの設定
 - ⑤ 状況把握調査結果の取りまとめと保存
3. 具体の油汚染問題があったときに、その現場における状況把握調査としてどのような項目及び内容の調査を行うかは、その現場の状況に応じて異なってくる。そこで、このガイドラインを利用する土地の所有者等が、必要となった調査項目の部分だけを読めばわかるようにするため、それぞれの調査項目毎に、「目的と必要性」、「方法」、「結果の評価」、「留意事項」を取りまとめて示すことにした。
4. 状況把握調査の調査メニューの中には、油汚染問題に関する知識や技術情報を有している土地所有者等が自ら行えるものもある。そのような土地所有者等には第二部も参照して頂きたい。第一部には、状況把握調査を部分的に又は一括して調査事業者に依頼する土地所有者等にも知っていて頂きたい基本的な骨格等を記述してある。
5. 実施する調査内容によっては、労働安全衛生法に基づく作業環境の衛生の確保や、消防法に基づく危険物としての安全確保が必要となることに留意する。



状況把握調査は、これら一連の流れで構成されるが、状況に応じて必要な調査を行えば良い。

図 1 - 1 状況把握調査の流れ

Ⅱ 油臭や油膜の原因が鉱油類か否かの確認

1. 目的と必要性

土地の所有者等が自らの土地の地表又は敷地内の井戸水等において発見した油臭や油膜の原因が、鉱油類であるか否かを確認することを目的とする。

油臭であると感知しても実際には油臭ではなかったり、春先の田圃でバクテリアの被膜が油膜と間違えられたりする事例もあることから、本ガイドラインを利用するうえでの出発点として、この確認が必要である。

2. 方法

油臭や油膜が生じている土壌又は井戸水等を採取しTPH試験を行う。

(1) 試料の採取方法

1) 土壌試料の採取方法

地表の油臭や油膜に対しては、地表で最も臭いが強いと思われる土地や油膜が浮いている土地の土壌を採取し分析する。試料容器、採取方法、採取量は分析機関と協議して決定すると良い。また、試料の採取を分析機関に依頼しても良い。

2) 井戸水等試料の採取方法

井戸水等の油臭や油膜に対しては、その井戸水等を採取し分析する。試料容器、採取方法、採取量は分析機関と協議して決定すると良い。また、試料の採取を分析機関に依頼しても良い。

(2) 試料の分析方法

油臭や油膜の原因が鉱油類であるか否かの確認は、GC-FID法によるTPH試験で得られるクロマトグラムの形状、及びTPH画分毎の濃度組成による推定で行うと良い。

参考のために、GC-FID法による鉱油類の確認方法を資料A「油臭や油膜の原因が鉱油類か否かの確認方法の概要」に示す。

3. 結果の評価

(1) 油臭や油膜の原因が鉱油類であれば、状況把握調査を継続する。

(2) 油臭や油膜の原因が鉱油類でなければ、本ガイドラインの対象とする油汚染問題ではないと判断し、記録を作成して保存する。

4. 留意事項

(1) 試料の取扱い

- ① 土壌試料を採取する時は、試料が直接手に触れないように注意する。
- ② 鉱油類の種類によっては揮発し易いため、採取した試料については密栓して保管・運搬すること、及び高温を避けることに注意する必要がある。

(2) 分析機関

分析と判定を外部に依頼する場合には、GC-FID法によるTPH試験を実施でき、その結果をもとにして油臭や油膜の原因が鉱油類か否かの判定を行える分析機関に依頼する必要がある。

Ⅲ 調査地における鉱油類の取り扱いの履歴等について把握するために行う資料等調査

1. 目的と必要性

油汚染問題が生じていることを認識した後に、その原因となっている油含有土壌が敷地内にあることを確認すること、及び油汚染問題が同一敷地内の他の場所や井戸水等にも有りそうか無さそうかを推定することを目的とする。

油の取扱い履歴がなかったり、油を漏洩した履歴がない場合には、油汚染問題の原因が敷地の外にある可能性がある。また、油汚染問題が敷地内の別の場所や井戸水等でも生じている可能性がある。そのため、資料等調査による確認と推定が必要である。

2. 方法

調査地のある敷地内における鉱油類の取扱い履歴や取扱設備等の設置状況、地形・水文地質等に関する次のような既存資料を調査する。

これらの資料を用いた確認や推定は、その後の調査や対策の検討を容易にするうえで役立つので、例えば、敷地の地形図がなくても建物を建築したときの図面や資料等のような、土地の状況を知る上で役立つ資料がないかどうかを検討するほうがよい。

一方、例えば調査地の過去の履歴が記録として残っていない場合のように、簡単に得られない資料があるときは、その資料を徹底的に探すよりも、その他の資料だけを用いて確認と推定を行うほうが効率的な場合もある。

調査地以外の場所での油汚染問題の発生の有無を調べるためには、調査地に限らず敷地内全体についての資料を用いることになる。ただし、敷地が極めて広い場合や鉱油類の取扱場所が限られている場合もあるので、現場の状況に応じてどのような資料を用いることが合理的、効率的であるかを判断することが必要である。

- ① 油汚染問題が生じている土地の現在の及びこれまでの土地利用
- ② 敷地内における鉱油類の取り扱いの履歴
(油種、取扱設備の設置状況、管理の記録等)

- ③ 敷地内における過去の油汚染問題発生の履歴、その際の調査や対策の記録
- ④ 敷地の地形、水文地質、地下水の存在状況や流向

3. 結果の評価

- (1) 上記2. の①、②及び③の情報から、油汚染問題の原因となっている油含有土壌が敷地内にある可能性があることを確認する。ここで、その油含有土壌が、状況把握調査の契機となった調査地以外の場所にある可能性が認められた場合には、その場所も調査する。
- (2) 上記2. の④の情報から敷地内の地下水の下流側を推定するとともに、土壌中に存在する鉱油類が地下水を介して拡散しやすいかどうか等を考察し、生じている油汚染問題の種類と発生位置、上記(1)で敷地内にあると推定された油含有土壌の推定存在場所、地下水の流れ等の情報に基づき、敷地内で調査地以外に油汚染問題が生じている可能性がある地表部や井戸水等を推定する。

4. 留意事項

- (1) 資料等調査は、既存資料によって可能な範囲で行う。
- (2) 油汚染問題の原因となっている油含有土壌の存在する場所が推定できた段階で資料等調査を終えることができる。

IV 油汚染問題の発生状況の把握

1. 目的と必要性

調査地のある敷地において、地表及び井戸水等に油汚染問題が生じている可能性のある場所における油汚染問題の発生状況を概括的に把握することを目的とする。


特に、敷地が広い場合には、油汚染問題が生じている場所や井戸水等が調査地に限られることを確認しておかないと、度々油汚染問題が生じる潜在的危険性が残る。

2. 方法

Ⅲの資料等調査で抽出された、地表及び井戸水等の油汚染問題が生じている可能性のある場所を対象に、調査実施者が現地踏査を行い、敷地全体における地表及び井戸水等の油汚染問題の発生状況を把握する。

(1) 地表の油汚染問題の発生状況の調査方法

調査地のある敷地における地表の油汚染問題の発生状況については、調査実施者が現地踏査を行い、人の感覚（嗅覚、視覚）に基づいて、油臭や油膜の発生の有無を判定する。

地表に油臭があるかどうかの判断は、4-1に示すように、児童公園等のように利

利用者が地表の土壌に触れることが想定される土地利用については地面のすぐ上で油臭があるかどうかという観点で、その他の土地利用では大人が立った状態で油臭を認識するかどうかという観点で行う。

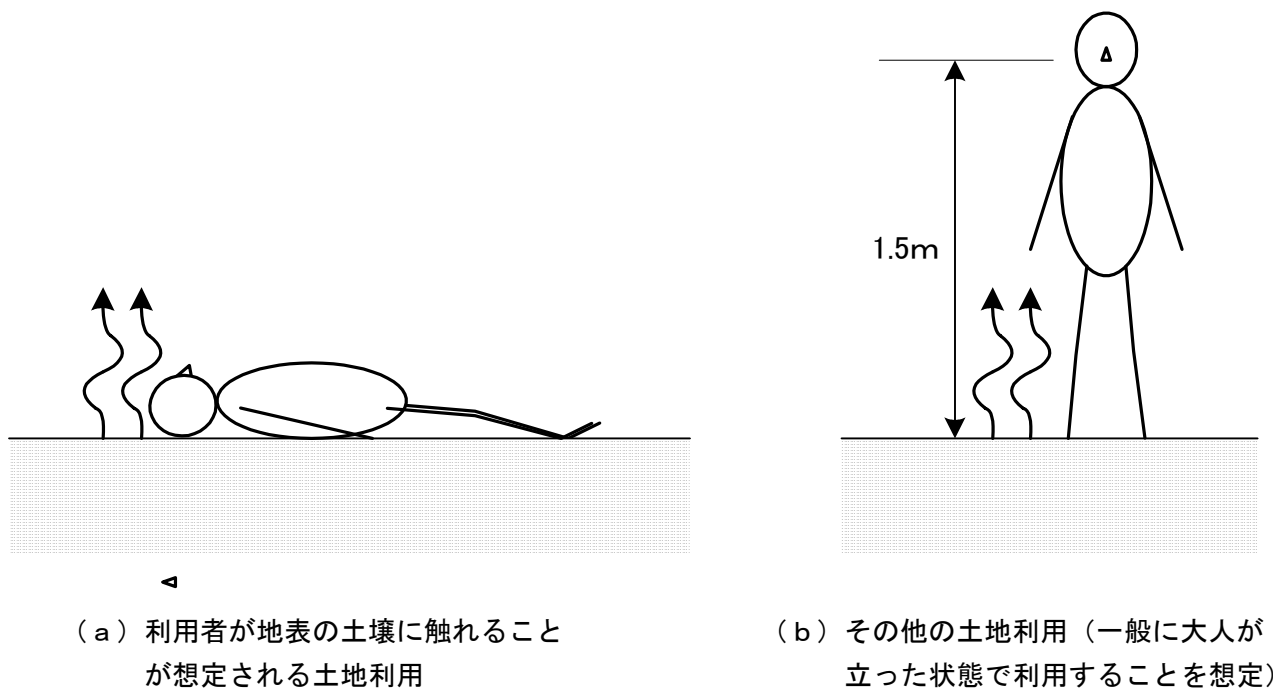


図4-1 地表面の油汚染問題発生状況を把握するための油臭の判断地点の考え方

(2) 井戸水等の油汚染問題の発生状況の調査方法

1) 井戸水の油汚染問題の発生状況の調査方法

調査地のある敷地における井戸水の油汚染問題の発生状況については、井戸内から井戸水を採水し、井戸水の状況を目視で確認して油膜の有無を判定するとともに、水の臭いを嗅いで井戸水の油臭の有無を判定する。

2) 水域の油汚染問題の発生状況の調査方法

調査地のある敷地内の水域に対しては、調査実施者が水域付近の現地踏査を行い、池・水路の脇又は直上で人の感覚(嗅覚、視覚)に基づいて油臭や油膜の発生の有無を判定する。

3. 結果の評価

- (1) この調査で新たに地表又は井戸水等の油汚染問題が確認された場合、新たに把握された地表及び井戸水等の油汚染問題に対しても以降の調査や対策を行う必要がある。
- (2) 調査地のある敷地内において、地表に油汚染問題が生じておらず、かつ資料等調査によって鉱油類の取り扱い履歴がないことが判明しているにもかかわらず、井戸水等には油汚染問題が生じている場合のように、油汚染問題の原因が調査地のある敷地の外にあると推定することが妥当な場合もある。

4. 留意事項

調査実施者が現地踏査を効率的に行えるよう既存資料の提供等に協力すると共に、安全の確保に努める。

V 油含有土壌の存在範囲の把握等

1. 目的と必要性

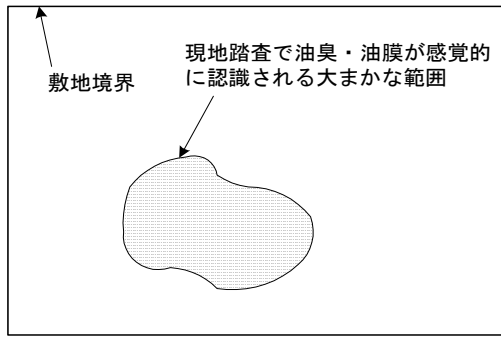
油汚染問題の原因となっている油含有土壌の平面方向と深度方向の分布状況を把握するとともに、調査地がある敷地の周辺に油汚染問題を生じさせるおそれが大きいか否かを含めて状況を把握し、対策を検討するスキームの設定に必要な情報を整理することを目的とする。

現に生じている油汚染問題の解決方策を検討するために、また、油汚染問題の拡大の可能性を推定して防止策を講ずる必要があるか否かを検討するために必要である。

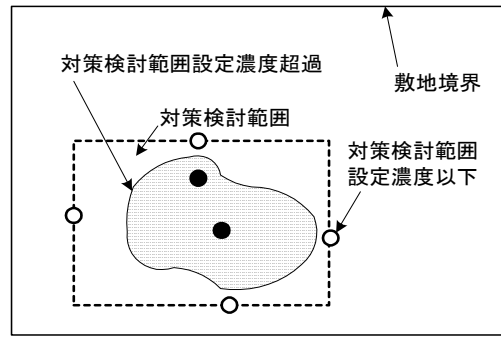
2. 方法

2-1 地表に油汚染問題が生じた場合

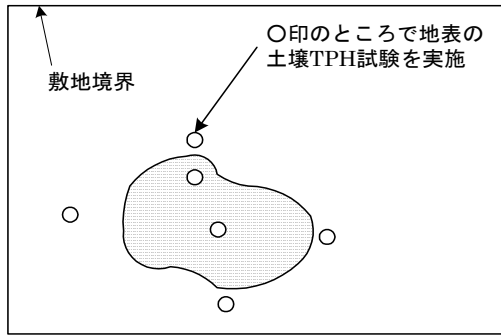
- (1) Ⅲの資料等調査を通じて得られた鉱油類の取り扱いの状況や過去の油汚染問題の履歴、及びⅣの調査を通じて得られた油汚染問題の発生状況情報から、油含有土壌の平面的な位置及び深度を推定する。
- (2) 地表の油汚染問題については、油臭や油膜の原因となっている油含有土壌の平面方向と深度方向の分布状況を、現地踏査における人の感覚と、それを補完する土壌T P H試験によって概括的に把握する。
- (3) 平面方向については、現地踏査において油汚染問題が感覚的に認められた場所及び認められなかった場所のそれぞれ数ヶ所ずつについて、表層部土壌の土壌T P H濃度を把握する。調査地点の配置については専門家に相談して決定すると良い。
(図5-1①~④)
- (4) 深度方向については、現地踏査において油臭が強かった又は油膜が多く見られた地点、平面方向の調査で土壌T P H濃度の最も高かった地点、又は下方への油の拡散が予想される地点等、1地点以上を設定する。調査地点の選定については専門家に相談して決定すると良い。(図5-1⑤)



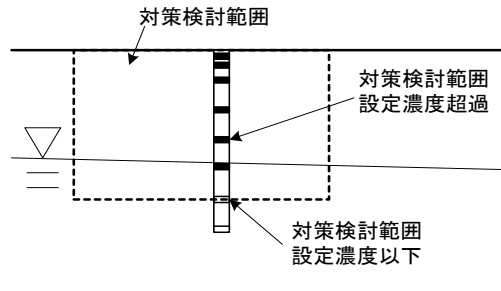
① 現地踏査により感覚的に油臭・油膜が認識される大まかな範囲を把握



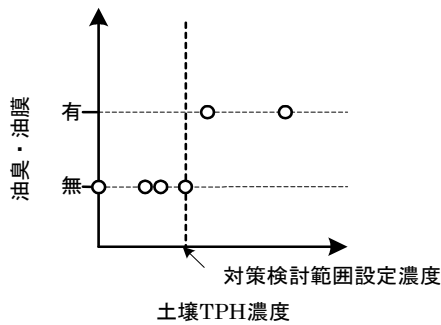
④ 平面的な対策検討範囲を把握



② 地表の土壌TPH試験を実施

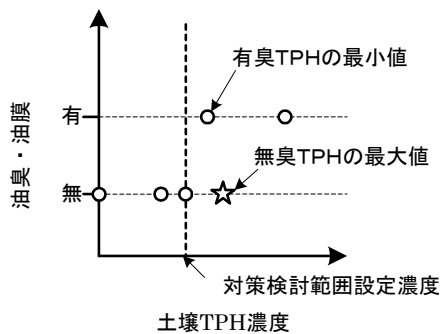


⑤ 深度方向の対策検討範囲を把握

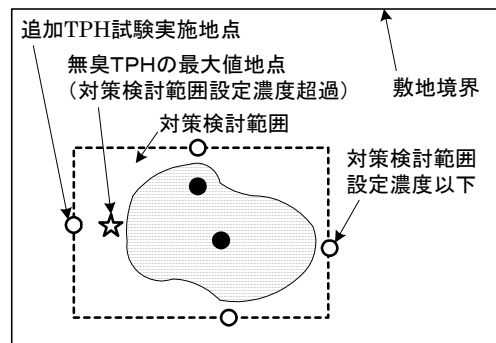


③ 地表に油臭・油膜が生じていないときの土壌TPH濃度を把握

(備考) 「対策検討範囲設定濃度」は、「地表の油臭・油膜が感覚的に認められなかった場所で測った土壌TPH濃度のうち最も高い濃度」である(上図③)。ただし、地表の油臭を感じるかどうかは気象条件によって異なりがちなので、油臭がないと思った場所で測った土壌TPH濃度(「無臭TPH」という。)の最大値が、油臭があると思った場所の土壌TPH濃度(「有臭TPH」という。)の最小値よりも大きいという結果となることもある。このような場合には、有臭TPHの最小値よりも小さい範囲で最も大きな無臭TPHを「対策検討範囲設定濃度」とし(下図③')、下図④'に示すような場所で追加の土壌TPH試験を行って、平面的な対策検討範囲を設定することとする。



③' 地表に油臭・油膜が生じていないときの土壌TPH濃度を把握



④' 平面的な対策検討範囲を把握(追加の土壌TPH試験を実施)

図5-1 地表の油汚染問題に対する対策検討範囲設定までの概念図

2-2 井戸水等に油汚染問題が生じた場合

- (1) 調査地の地表と井戸水等の両方で油汚染問題が生じている場合には、資料等調査で把握された鉱油類の取り扱い履歴等、2-1の調査の結果、及びさらに必要があれば追加の土壌TPH試験を行ってデータを補足し、油含有土壌の存在状況を把握する。
(図5-2)
- (2) この場合の調査地点は、資料等調査による地形・水文地質及び地下水流動の資料、2-1の調査結果に基づき、油含有土壌の三次元的な存在状況を効率的に把握できそうな配置で設定する。調査地点の数及び配置については、専門家に相談し、設定するとよい。
- (3) 地表では油汚染問題が生じておらず、調査地の井戸水等の油汚染問題のみが生じている場合には、資料等調査による鉱油類の取り扱い履歴等から推定された汚染原因の平面的な位置付近で、深度方向の土壌TPH試験を行い、油含有土壌の存在状況を把握する。
- (4) この場合の調査地点は、資料等調査により推定される油含有土壌の平面的な位置及び深さ、地形・水文地質及び地下水流動の資料に基づき、油含有土壌の三次元的な存在状況を効率的に把握できそうな配置で設定する。調査地点の数及び配置については、専門家に相談し、設定するとよい。

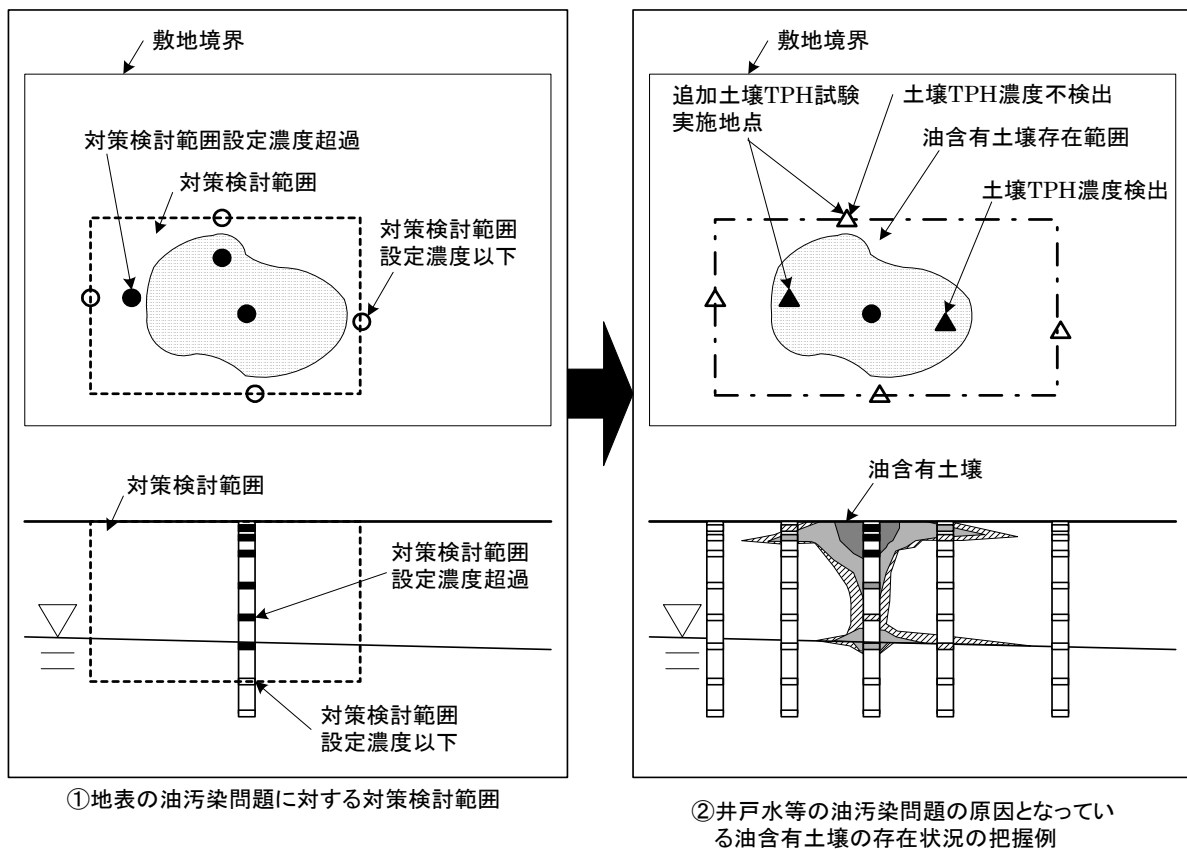
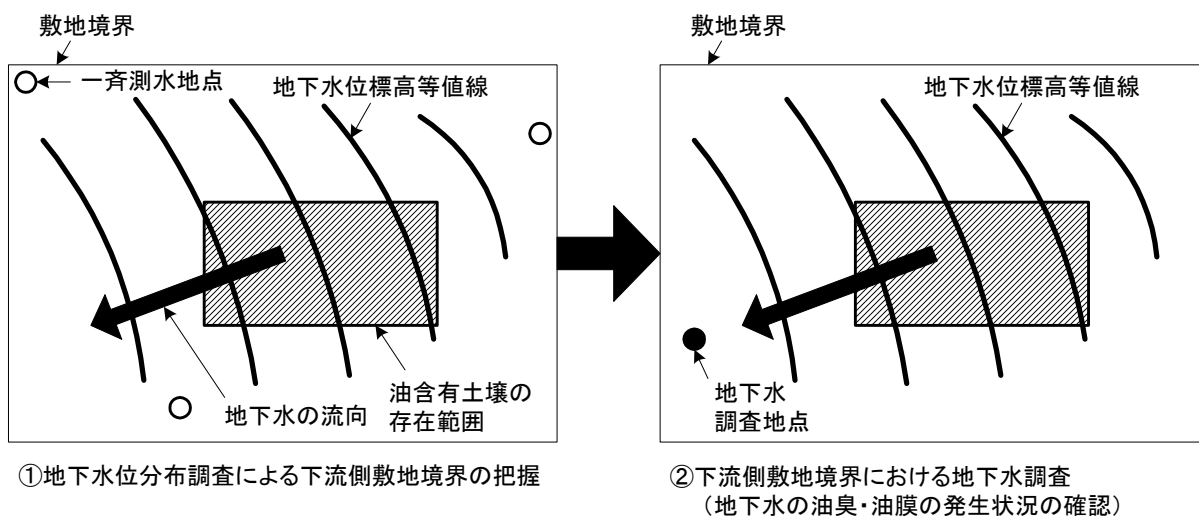


図5-2 地表と井戸水等の両方で油汚染問題が生じている場合の油含有土壌の存在状況把握の概念図

2-3 周辺の土地に油汚染問題を生じさせるおそれ大きいかな

- (1) 資料等調査で把握された鉱油類の取り扱いの履歴と調査地の地形、水文地質、地下水流動等の状況、2-1又は2-2で把握された油含有土壌の存在状況（地下水の油臭や油膜の発生状況を調べた場合はその状況も含む）をもとに、調査地の油含有土壌が敷地周辺で油汚染問題を生じさせるおそれの程度を検討し、評価する。
- (2) 以下のいずれかに該当する場合は、下記(3)の調査を行うまでもなく、敷地周辺の井戸水等に油汚染問題を生じさせるおそれは小さいと判断することができる。ただし、実際に油汚染問題が調査地のある敷地の周辺（以下「敷地周辺」という。）の井戸で生じていることが把握されている場合は、このような判断をすることはできない。
 - ① 敷地周辺、又は調査地の地下水の下流側で井戸水等が使用されていないことが明らかである。
 - ② 油含有土壌が地表付近にのみ存在し、油含有土壌と地下水の間に難透水層等が存在しているために土壌中の鉱油類が地下水に到達する可能性が小さい。
 - ③ 土壌中の鉱油類が存在している又は到達する可能性のある帯水層や宙水層の分布が敷地内に限定される。
 - ④ 地下構造物が土壌中の鉱油類が存在している又は到達する可能性のある帯水層や宙水層を遮断している。
 - ⑤ 敷地の大きさに対して、地下水の油臭や油膜が軽微であり、専門家が敷地周辺の井戸水等に油汚染問題を生じさせるおそれが小さいと判断している。
- (3) 地下水の下流側の敷地境界で地下水の油膜と油臭の状況を調べ、調査地の油含有土壌が敷地周辺で油汚染問題を生じさせるおそれの程度を検討し、評価する。
 - 1) 地下水の下流側の敷地境界がどこかを把握するための地下水位分布調査の調査地点を、油含有土壌から敷地外への地下水の流れの方向がわかるように3ヶ所以上設定する。
 - 2) 各調査地点に観測井を設置又は調査孔を掘削し、全ての調査地点で一斉に地下水位を測って各地点における地下水位までの深さを把握するとともに、その深さの基準とした高さ（観測井の管頭、地表面等）の標高（絶対標高ではなく、相対的な標高でもよい）及び調査地点の位置を測量する。
 - 3) 各調査地点の位置及び地下水位の標高を求めてそれを作図（地下水位等値線図）し、油汚染問題の原因となっている（又はなっている可能性のある）油含有土壌に対する地下水の下流側敷地境界を把握する。（図5-3①）
 - 4) 下流側敷地境界に適切な数の調査地点を1地点以上設定し、観測井を設置又は調査孔を掘削して地下水を採水し、目視で油膜の有無を判定するとともに、水の油臭を確認する。（図5-3②）

- 5) 1) 及び4) の調査地点の数及び位置については専門家に相談し、設定するとよい。また、地下水試料の採取容器や採取量は分析機関と協議し決定すると良い。また試料の採取を分析機関に依頼しても良い。



※「地下水水位標高等値線」とは、地下水水位の標高を求め、標高が等しい点を結んだ線を作図したものである。
 ※「一斉測水地点」とは、地下水水位を一斉に測った地点である。

図5-3 地下水の下流側敷地境界における地下水の油臭・油膜発生状況確認の概念図

- (4) 以上の地下水の調査を、結果の評価を含めて一括して専門業者に委託する方法もある。

3. 調査結果の評価

3-1 地表に油汚染問題が生じた場合

- (1) 平面方向については、2-1(3)で油汚染問題が認められなかった場所について調べた土壌TPH濃度で囲まれる線の内側を、地表の油汚染問題に対する対策を検討する対象となる範囲(以下「対策検討範囲」という。)として設定する。
(図5-1④)

- (2) 平面方向の対策検討範囲を設定するために用いた土壌TPH濃度以下の濃度となる深度までを深度方向の対策検討範囲として設定する。(図5-1⑤)

3-2 井戸水等に油汚染問題が生じた場合

- (1) 土壌TPH試験の結果より、鉱油類を含むと思われる土壌TPH濃度を示した範囲を油含有土壌の存在範囲として把握する。(図5-2)
- (2) 地下水があっても井戸水等として利用されておらず、油臭等が問題となっていないならば、油汚染問題としてとらえる必要はない。

3-3 周辺の土地に油汚染問題を生じさせるおそれが大きいか否か

- (1) 下流側敷地境界における地下水の油臭や油膜の発生状況の確認で油臭や油膜の存在が確認された場合、敷地周辺の井戸水等に油汚染問題を生じさせるおそれの程度が大きいと判断する。
- (2) 下流側敷地境界における地下水に油臭や油膜の存在が確認されなかった場合、現状では敷地周辺の井戸水等の油汚染問題を生じさせるおそれは小さいと判断する。
- (3) 周辺の土地に現に油汚染問題が生じているときは、その状況に即してより詳細な調査が必要かどうか専門家に相談する。

4. 留意事項

(1) 試料の分析方法

土壌TPH試験の方法は、油汚染問題の原因であると推定される鉱油類の情報を参考にしつつ、資料B「TPH試験法の概要」に示されている各TPH試験法の特徴や適用限界を考慮の上、現場の状況に応じたTPH試験法を選択するとよい。

- (2) どの試験法を用いてどのような仕様（分析条件）でTPH濃度を得たかについては、その後の状況把握調査結果の整理、解析に不可欠であり、また対策段階で追加的な対策調査を行う場合にも必要な情報であるので、記録して保存する。
- (3) 既存資料による情報等から調査地及びその周辺の地下水の流れの方向がわかっている場合には、地下水位分布調査を省略することも可能である。
- (4) 敷地周辺の井戸水等に現に油汚染問題が存在する場合は、下流側敷地境界における地下水に油臭や油膜の存在が確認されなかった場合でも、それが一時的な現象である可能性もあるので、調査結果の評価を専門家に相談する等により慎重に行う。
- (5) 調査結果は、将来周辺の土地で油汚染問題が生じた場合に参照する。また、そのような場合には、必要に応じて状況把握調査を行う。

VI 対策を検討するスキームの設定

1. 目的及び必要性

油汚染問題に対する対策は、問題の状況のみならず、その土地の現在の及び予定されている利用の目的や方法によって異なるため、適切な対策方法を選択し実施できるようにする必要がある。そのため、現在の土地の利用方法と、対策実施後の土地利用の予定の有無及び内容についての情報を整理し、これらの情報とⅡからⅤまでの調査結果をもとに、対策を検討するスキームを決定することを目的とする。

2. 方法

- (1) 調査地の土地の利用方法が現状と変わらない場合は、現在の土地の利用方法（用途、地表面被覆状況）、対策方法を選択する上での制約事項（地表面の被覆方法の制限、地盤面の高さ、構造物の存在、施工条件（スペース、騒音、振動等））等の情報を把握し、整理する。
- (2) 予定されている土地利用が現状と異なる場合は、今後の土地の利用方法、対策方法を選択する上での制約事項、対策実施時の土地の利用方法を考えた場合の対策選択上の制約事項等の情報を把握し、整理しておく。
- (3) 油汚染問題の発生状況、油含有土壌の存在状況、及び土地の利用方法に関する情報をもとに、対策に移行する上で前提として固めておくべき以下の事項を整理し、それらをもとに対策の方向性を総合的に検討して取りまとめる。
 - ① 対策を検討する対象となる調査地の油汚染問題の種類
 - ② 調査地の油汚染問題に対して対策を検討する対象となる油含有土壌の存在範囲
 - ③ 敷地周辺の井戸水等への影響を意識した対策の必要性
 - ④ 現状及び今後の土地利用方法から想定される対策方法の制約条件等

3. 留意事項

工場・事業場の敷地のまま使い続けられる土地利用や、児童公園などのように利用者が地表の土に触れることが想定される土地利用や、戸建て住宅などのように土地を裸地のまま利用することが普通である土地利用等に応じた適切な対策を検討する。

Ⅶ 状況把握調査結果の取りまとめと保存

1. 目的及び必要性

状況把握調査を通じて得られたデータと資料を経時的に整理し、保存することを目的とする。一連のデータと資料は、対策の検討が必要となった際や、対策実施後に記録を保存する際等に必要である。

2. 方法

- (1) 原因が鉱油類であることの判定の段階のものから経時的に整理し、保存する。
- (2) 必要に応じ以下の項目について、わかり易くまとめて保存する。
 - ① 油臭や油膜の原因が鉱油類か否かの確認方法と結果
 - ② 調査地のある敷地内における鉱油類の取り扱いの履歴等に関する資料等調査の結果

- ③ 油汚染問題の発生状況の把握方法と結果
- ④ 油含有土壌の存在範囲の把握方法と結果
- ⑤ 敷地周辺の井戸水等への影響を意識した対策の必要性の判断
- ⑥ 調査地のある敷地における土地の利用方法に関する情報と対策方法の制約条件
- ⑦ 上記の情報に基づき設定した対策の検討スキーム

3. 留意事項

- (1) 使用した TPH 試験法の種類と仕様（分析方法）等を必ず明示する。
- (2) 状況に応じて保存期間を設定する。

1. 確認方法の概要

油臭や油膜の原因が鉱油類であるか否かの確認は、GC-FID 法による TPH 試験で得られるチャート(クロマトグラム)の形状、及び TPH 画分毎の濃度組成による推定で行うとよい。

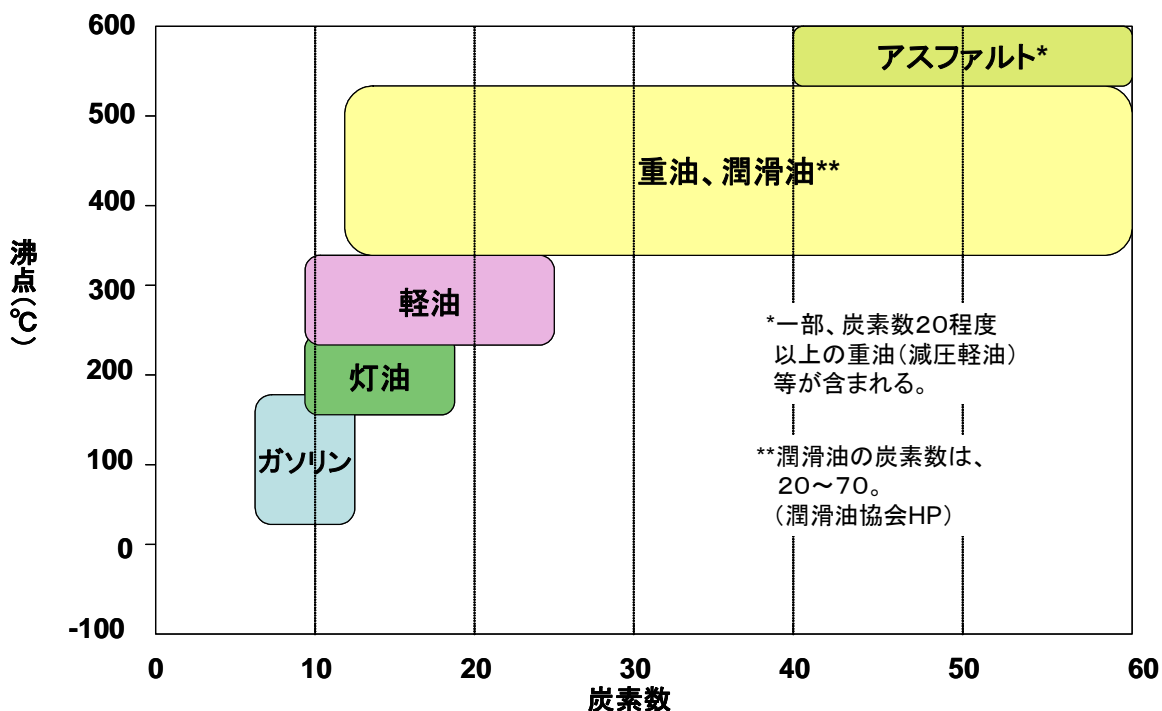
具体的には、GC-FID 法により分析結果として得られるクロマトグラムのパターンを標準とする鉱油類のクロマトグラムのパターンと比較し、ピークパターン(検出成分を示すピークの出現の仕方)や炭素数(C)の検出範囲の類似性を見て鉱油類か否かを判定する。

このとき、 $C_6 \sim C_{12}$ (ガソリンの炭素範囲)、 $C_{12} \sim C_{28}$ (軽油の炭素範囲)、 $C_{28} \sim C_{44}$ (残油の炭素範囲)の3つの炭素範囲(画分)に区分し、炭素範囲毎にクロマトグラムのピークパターンや濃度を比較すると油種の同定を行うことも可能である。

(備考)

- ・ ここでいう「残油の炭素範囲」とは、常圧残油(原油を常圧蒸留してガス、ガソリン留分、灯油留分及び軽油留分を留出させた残りの油)に相当する成分として、 $C_{28} \sim C_{44}$ の炭素範囲のことを指す。

参考として、図1-1に石油製品の沸点範囲と炭素数を、図1-2にTPHの炭素範囲の概念図を示す。



PEC-2002I-07「石油汚染土壌の浄化に関する技術開発報告書」の図3. 1-1をもとに作成

図1-1 石油製品の沸点範囲と炭素数

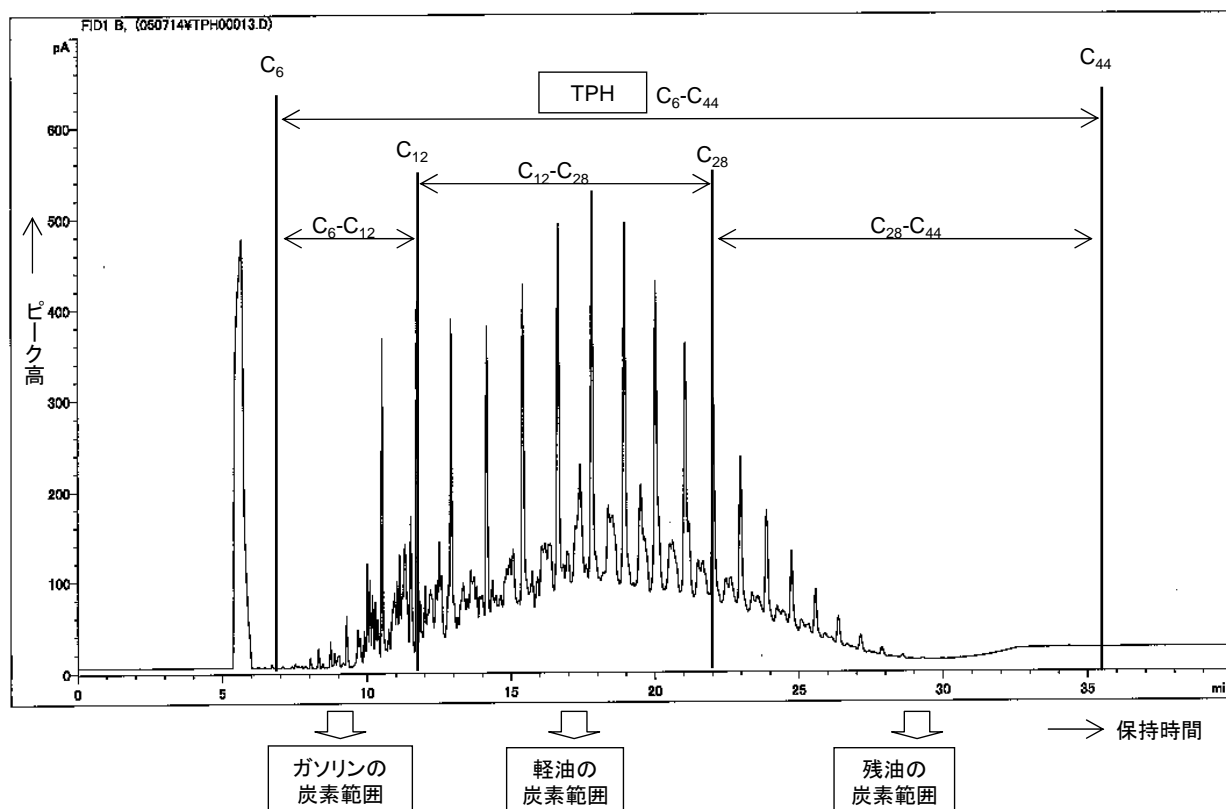


図1-2 クロマトグラム上のTPHの炭素範囲の概念図

2. 鉱油類か否かの判定

鉱油類か否かは、得られたクロマトグラムを図2-1から図2-4に例を示すような石油製品のクロマトグラムと比較し、同じような保持時間(X軸)のところにピークが出現しているかどうか、クロマトグラム全体の形状が類似しているかどうか等を見て判定する。

なお、実際の油含有土壌の場合、経時的な性状変化(酸化還元等)が発生していることが多く、低沸点の成分(炭素数の小さい成分)が揮発や分解によって消失していることも多い。

(参考) 油種の同定方法の例

GC-FID法によるTPH試験で得られるクロマトグラムから油種を同定する方法について、以下に考え方の例を示す。

- 1) $C_6 \sim C_{12}$ の範囲(ガソリンの炭素範囲)にのみ成分が検出されている場合は、ガソリンである可能性がある。
- 2) $C_{12} \sim C_{28}$ の範囲(軽油の炭素範囲)を主体に成分が検出されている場合は、灯油や軽油(またはA重油)である可能性がある。
- 3) $C_{28} \sim C_{44}$ の範囲(残油の炭素範囲)でも成分が検出されている場合は、重油や潤滑油である可能性がある。
- 4) ガソリンの炭素範囲、軽油の炭素範囲、残油の炭素範囲の全ての炭素範囲で成分が検出された場合は、複数の油種が混合したものである可能性がある。

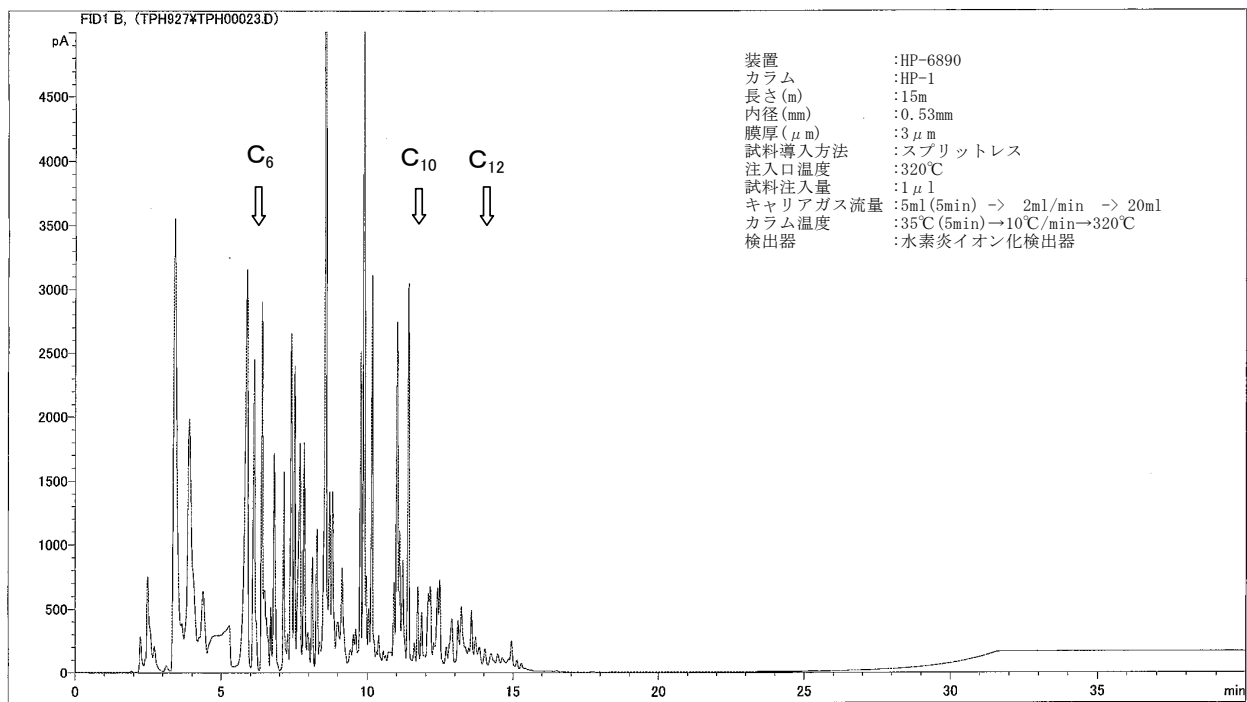


図2-1 ガスクロマトグラムの例 (ガソリン)

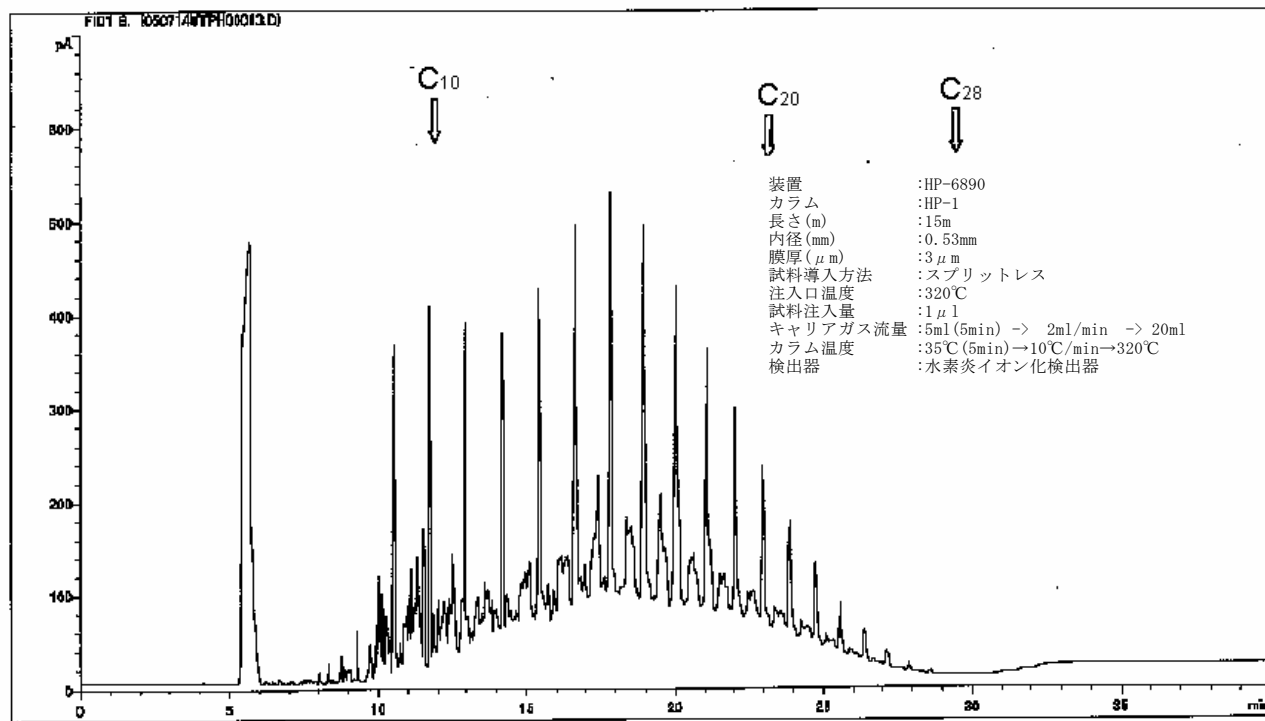


図2-2 ガスクロマトグラムの例 (軽油)

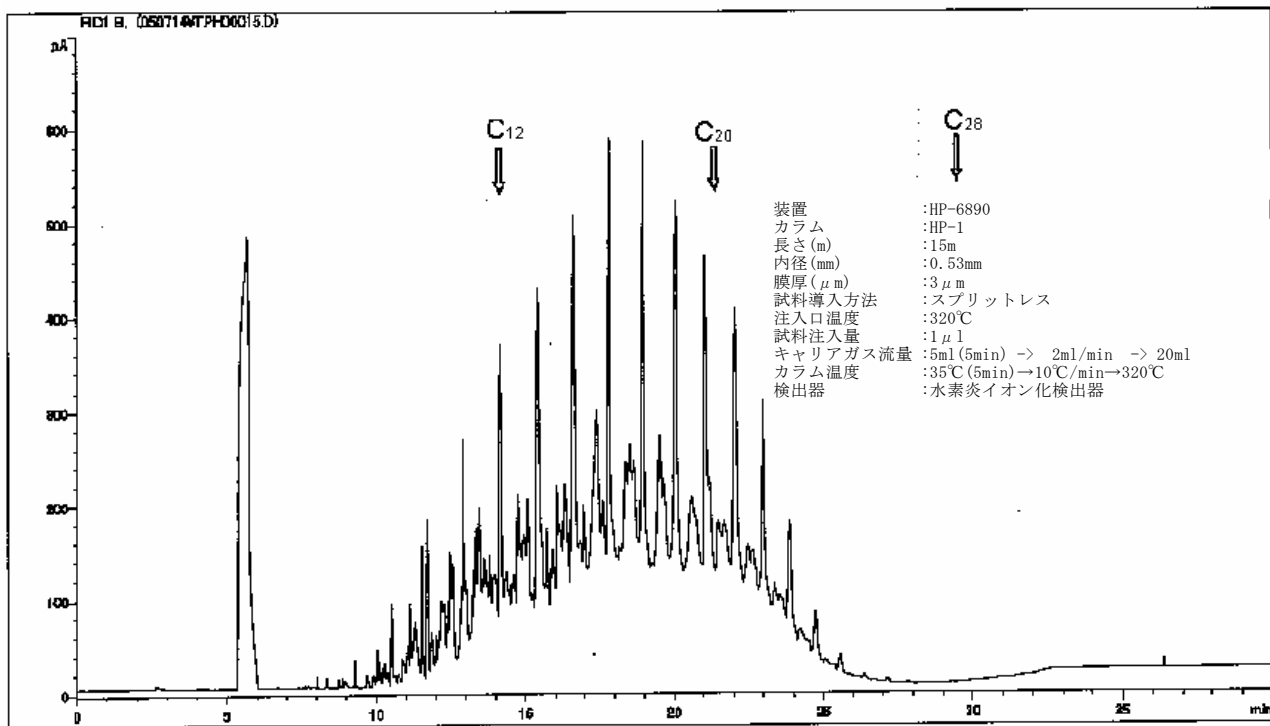


図 2-3 ガスクロマトグラムの例 (A重油)

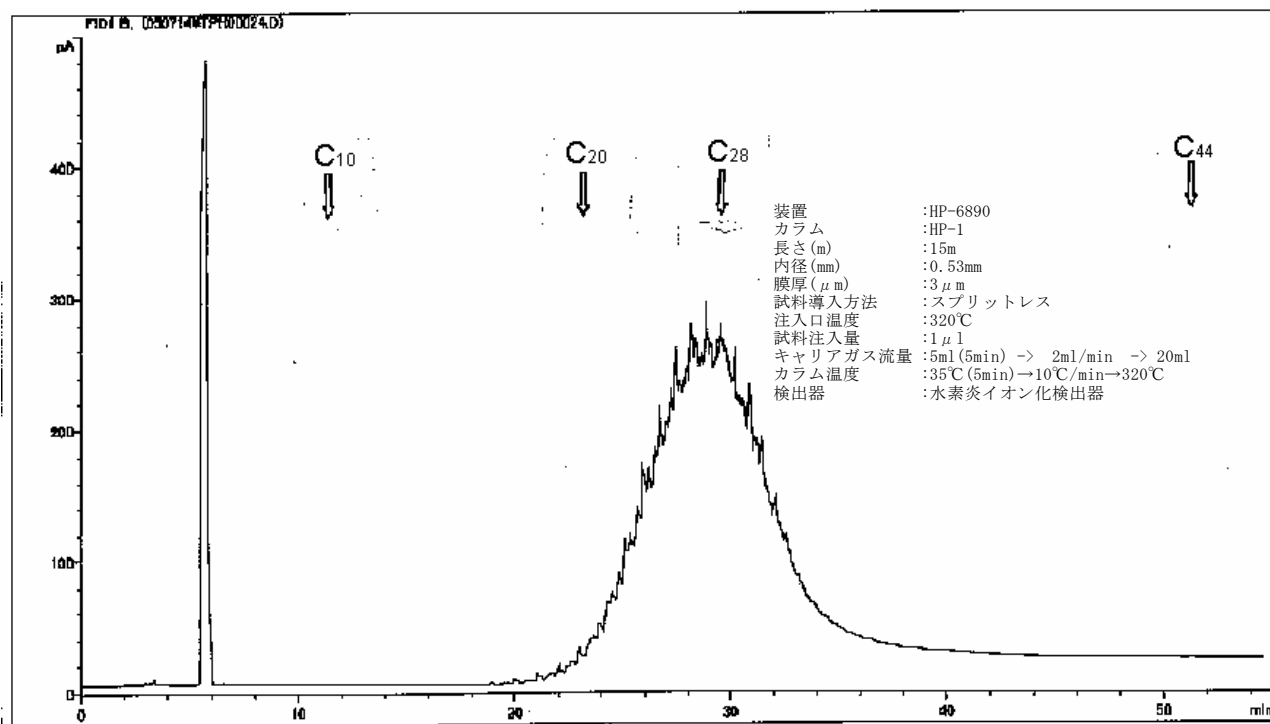


図 2-4 ガスクロマトグラムの例 (モーターオイル)

本ガイドラインで TPH 試験を行う場面には以下の4場面があり、ここでは、油臭や油膜の発生に関係する鉱油類について試験することができる方法について取りまとめた。

なお、全ての方法が全レンジをカバーしている訳ではない。

- ① 油臭や油膜の原因が鉱油類か否かの確認及び油種の同定
- ② 油含有土壌の平面及び深度方向の存在範囲の把握
- ③ 対策範囲の把握
- ④ 対策完了確認

主なTPHの試験法としては、水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ(GC-FID 法)、赤外分光分析法(IR 法)、重量法(ノルマルヘキサン抽出法)がある。

表1にこれらの試験法の比較を示す。

表1 主な TPH 試験法の比較

名称	水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ(GC-FID 法)	赤外分光分析法 (IR 法)	重量法 (ノルマルヘキサン抽出法)
原理	試料中の油分を溶媒で抽出した後、熱をかけて測定成分を気化させる。気化成分はカラム内で分離して各成分を定量する方法。水素炎イオン化検出器により水素炎中で油分が燃焼時にイオン化し、電極間に流れる電流の量が TPH 成分量に比例することを利用して TPH 濃度を求める。	試料中の油分を溶媒に抽出した後、油分の持つ C-H 伸縮振動を、3000cm ⁻¹ 前後の赤外線吸収強度を測定することによって TPH 濃度を求める。	有機溶媒(ノルマルヘキサン)に試料中の油分を抽出した後、ノルマルヘキサンを揮発させて残ったものの重量を測定し、TPH 濃度を求める。
概要	土壌試料を無水硫酸ナトリウムで脱水後、二硫化炭素等で振とう抽出し、これを GC-FID に導入して分析する。なお、妨害成分の影響がある場合はカラム処理で鉱油類を分離する。	土壌試料を測定域に吸収をもたない溶媒(S316 など)で振とうまたはソックスレー抽出し、カラム処理で鉱油類を分離し、一定量を定容する。これを IR に導入して分析する。	土壌試料をノルマルヘキサンで振とうまたはソックスレー抽出した後、フロリジルカラムで鉱油類を分離し、加熱して脱溶媒した上で残留成分を TPH として秤量する。
定量下限	100mg/kg (土壌)	10mg/kg (土壌)	100mg/kg (土壌)
特徴及び TPH 試験における留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 定性法では、標準と試料のクロマトグラムを比較することにより、鉱物油であるか否かの判定や油種の判別ができる。 ・ 定量法では、クロマトグラムとして得られた対象範囲の面積を合計して求める。 ・ 高沸点の TPH 成分は、高温側で分離性が悪化する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 振とう法は簡便である。 ・ 混合油の場合は各レンジ毎に分けて定量できない。 ・ 鉱油類の油種の判別はできない。 ・ 赤外線の吸収がある C-H 結合をもつ溶媒は抽出溶媒として使用できない。 ・ 測定対象物質の組成に沿った標準を用いる必要がある。 ・ TPH 成分以外の影響は、カラム処理により軽減できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 振とう法は簡便である。 ・ 混合油の場合は各レンジ毎に分けて定量できない。 ・ 鉱油類の油種の判別はできない。 ・ 80°Cで加熱して脱溶媒するため、この温度以下で揮発するガソリン等の低沸点成分は揮散し、測定できない。 ・ ヘキサン可溶性の有機物や硫黄化合物は正の誤差となるが、このうち動植物油類はフロリジルカラム処理により軽減できる。

各試験法の特徴と適用に当たっての留意点は以下のとおり。

なお、各試験法においては、乾燥、抽出といった前処理により誤差が生じることがあり、前処理方法を分析結果に明示するなどの注意が必要である。

(1) GC-FID法

GC-FID法は、炭素数(C)により、 $C_6 \sim C_{12}$ (ガソリンの炭素範囲)、 $C_{12} \sim C_{28}$ (軽油の炭素範囲)、及び $C_{28} \sim C_{44}$ (残油の炭素範囲)の3つの炭素範囲(画分)で区分される TPH 画分毎の濃度を求めることにより、油種および経時的な性状変化の程度を大まかに把握することができる。複数の油種が土壤に含まれている場合には、それぞれの油種を区別することも可能である。また試験結果として得られるクロマトグラムのパターン等からも鉱油類であるかどうかの判定や油種を同定することが可能である。

本ガイドラインでは、鉱油類のうち、油臭や油膜の発生に関係するガソリン相当分から重油相当分までをほぼカバーできる範囲のTPHを対象としていることから、溶媒抽出GC-FID法では、 $C_6 \sim C_{44}$ までの範囲を測定の対象とする。なお、 $C_6 \sim C_{12}$ の低沸点の炭化水素類の分析にあつては、パージ&トラップガスクロマトグラフ法(U. S. EPA Method 5035A, 5030C 等)を用いることもできる。

(備考) ここでいう「残油の炭素範囲」とは、常圧残油(原油を常圧蒸留してガス、ガソリン留分、灯油留分及び軽油留分を留出させた残りの油)に相当する成分として、 $C_{28} \sim C_{44}$ の炭素範囲のことを指す。

(2) IR法

IR法は、これまで昭和 51 年環境庁告示第3号(海洋投入処分を行うことができる産業廃棄物に含まれる油分の検定方法)として産業廃棄物等に含まれる油分を測定する際に使われてきた試験法である。なお、溶媒抽出-IR法では、従来から使用されてきた四塩化炭素や代替品のフロン-113 も使用を止める方向にあることから、新たな抽出溶媒の選択が課題となっている。IR法においては、揮発性の低い C_{44} を超える炭素数の範囲の炭化水素類も含んだより広い範囲の鉱油類の濃度が測定されること、また、土壤中の鉱油類以外の有機化合物の影響もあることがあることに留意する必要がある。

(3) 重量法

重量法は、これまで昭和 46 年環境庁告示第 59 号付表 10(n-ヘキサン抽出物質(油分等)の測定方法)として海域等で油分を測定する際に使われてきた試験法である。低沸点成分の油が揮散されるため、油汚染問題の原因となっている油にガソリンが含まれている場合には、誤差が生じることがある。また、土壤や石油製品に含まれている硫黄化合物や土壤中に含まれるヘキサン可溶性有機物の影響で測定値に正の誤差が生じることがあるため、試験結果の評価においてはそれらの影響に留意する必要がある。

上記以外の TPH 濃度を測定する方法として各種簡易測定法がある。これらのうち、主なものを表2に示す。簡易測定法は、測定原理や適用範囲、測定精度等が方法や機器により様々であることから、その適用を検討する場合は、それらの特徴をよく考慮した上で、適用可能な場面において適切なかたちで使用すべく、専門家に相談することが望ましい。

表2 主な簡易測定法

測定対象	測定法名称	検出器等	特 徴
ガス成分	検知管法	ガソリン用、 炭化水素用、 ベンゼン用等	目的成分と反応して発色する単体を封入したガラス管。検知管用ガス採取器に取り付けて一定量の試料ガスを通させ、担体の発色量の目盛りを読み取って濃度を把握する。干渉物質が存在するため、物質の同定は不可能。
	ガスモニター法	光イオン化検出器(PID)	バッテリー駆動で携帯式であり、測定時間も数秒と短い。常温でガス化した成分を検出対象物質の総量として検知するものであり、測定値は校正対象物質の濃度に換算した相対的な濃度である。
		水素炎イオン化検出器(FID)	
		赤外分光検出器(IR)	
		干渉増幅反射式検出器(IER)	
	ポータブルガスクロマトグラフ(GC)法	光イオン化検出器(PID)	携帯型又は可搬型の GC で、個別成分毎の濃度を定量する。ガス成分を直接測定する場合と、吸着剤に捕集したガス成分を熱脱着又は溶媒抽出して測定する場合がある。
水素炎イオン化検出器(FID)			
質量分析計(MS)			
抽出油分	抽出比濁法	濁度計	土壌中の鉱油類を専用の試薬で水へ抽出し、ミセル(コロイド粒子)となった油成分の濁度を測定して油分濃度を把握する。成分抽出から測定まで 20~30 分程度を要し、測定器キットは使い捨てである。油種により測定感度が異なることに注意が必要である。
	イムノアッセイ法	特定成分毎に分析キットあり	土壌中又は水中の鉱油類を溶媒抽出し、抗原抗体反応の原理を応用して発色させて吸光光度分析する。
直接探査 (ダイレクトセンシング)	蛍光センサー法	ランプ式誘導蛍光センサー	センサープローブを土壌中に挿入することにより、PAHに誘導される紫外光の蛍光反応を測定し、土壌中の油分濃度の状況を連続的に把握する。
		レーザー式誘導蛍光(LIF)センサー	
	膜界面サンプリング分析法	各種ガス検出装置 ・光イオン化検出器(PID) ・水素炎イオン化検出器(FID) ・質量分析計(MS) ・電子捕獲型検出器(ECD) 等	センサープローブを土壌中に挿入することにより、土壌ガスや地下水に含まれている揮発性物質をセンサープローブのポリマー・膜を介してプローブ内に拡散させ、キャリアーガスに取り込んで地上の検出器まで運搬し、揮発性物質の成分や濃度を測定する。
リボン NAPL サンプラー法 (RNS 法)	なし(視覚による確認)	疎水性の染料を充填した反応性のライナー(リボン)を掘削孔の孔壁に接触させ、リボンの変色範囲を目視で確認することにより原液状の油分の存在の有無や分布範囲を把握する。油分以外に有機塩素化合物にも反応する。	