

8. 漏えい・地下浸透時の対応

有害物質による地下水汚染防止のためには、4章で示したように汚染の未然防止措置が重要であるが、ここでは万が一の事故による漏えい・地下浸透が生じた場合の応急措置と浄化対策を示す。

なお、有害物質の種類や濃度、事故の規模（漏えい量や浸透範囲など）、地下水や地盤の状況、近隣住民の存在や水利用状況、水生生物や生活環境の状況などを考慮して対応する必要がある。事故時には、法律や条例等に基づき都道府県知事等への届出を行うとともに、具体的な対策方法等については専門家の判断も含め適切な対応を行う必要がある。

※本章では、必要に応じて、事故時の措置の対象となる有害物質、指定物質又は油を併せて、「有害物質等」と表記している。

8.1 事故時の措置

(1) 措置の対象

① 管理すべき施設

平成22年5月に公布され、平成23年4月に施行された水濁法では、特定施設、指定施設、貯油施設に関して事故時の措置を義務化している。すなわち、特定事業場に加え、例えば、有害物質を貯蔵のみしている施設や指定物質のみを製造している施設が、新たに指定施設に該当することとなった。

なお、ここで、農耕地や土木工事現場、道路を移動中のタンクローリーなどは施設ではないため指定施設には該当しない。ただし、法に基づく指定施設ではないものの、これらの場所等で有害物質等の漏えいや地下浸透が発生した場合にも、地下水汚染防止の観点から適切な対応が必要である。

表 8-1 管理すべき施設の概要¹⁾

区分	該当する施設の条件	適用される 主な施策		該当する施設（例）
		排出 規制	事故時 の措置	
特定施設 （法第2条 第2項）	以下の何れかの要件を満たす汚水 又は廃液を排出する施設であって 政令で指定するもの ① 有害物質を含む ② 生活環境項目（BOD 等）で被害 が生ずるおそれがある	○	○	・ 旅館業のちゅう房施設、洗 たく施設、入浴施設・自動 式車両洗浄施設
指定施設 （法第2条 第4項）	有害物質の貯蔵若しくは使用、又 は指定物質の製造、貯蔵、使用若 しくは処理をする施設	—	○	（規定なし） ※左記の「条件」に該当する 施設はすべて該当
貯油施設等 （法第2条 第5項）	「油」の貯蔵、又は「油」を含む 水の処理をする施設であって政令 で指定するもの	—	○	・ 「油」を貯蔵する貯油施設 ・ 「油」を含む水を処理する 油水分離施設

表 8-2 改正後の水濁法に基づく指定施設への該当の有無（例）¹⁾

区分		具体的な施設（例）	指定施設への該当の有無
ア	特定施設の規模要件に満たない施設	・畜産農業のための牛房施設（牛房の総面積が200平方メートル未満の事業場にある施設） ・病院（病床数が300床未満）に設置される施設（ちゅう房施設、洗浄施設、入浴施設）	○
イ	特定施設の対象外施設（特定施設として指定されていない施設）	・スポーツ施設（スイミングプール等）	○
ウ	「施設」に該当しない場所	・農耕地 ・土木工事現場 ・道路を移動中のタンクローリー	×

注：本表に示す「該当の有無」は、指定物質等の取扱いがある場合に該当するか否かを示すものであり、「○」の場合であっても、例示した施設のすべてが指定施設に該当することを意味するものではない。

②事故の対象の考え方

事故については、人為的な事故に限らず、天災を含む不可抗力による事故を含み、例えば、老朽化や自然災害等が原因で起きる施設の破損等による漏えいに続く放流、人為的な操作ミス等による放流及び爆発や火災による物質の飛散、引火等がある。

なお、意図的な放流については、事故の対象外である。

表 8-3 事故時の措置の検討で想定する事故の種類¹⁾

事故の種類		事故時の措置を講ずる必要性	物質選定における考慮	備考
①	施設の破損（老朽化・自然災害）等による漏えいに続く放流	○	○	取扱いが開放系か密閉系かに関わらず、事業者による取扱いがある物質を選定。
②	人為的な操作ミス等による放流	○	○	
③	爆発や火災による物質の飛散、引火	○	×	「爆発性」「引火性」は物質選定で考慮しない。
④	意図的な放流	×	×	水濁法の「事故」の概念に馴染まない（原則として他法令等で対応）。

③都道府県知事等への届出義務

事故発生時には、直ちに応急措置を講ずるとともに、速やかに事故の状況および講じた措置の概要を都道府県知事又は政令市の市長に届け出なければならない。

水濁法第14条の2第2項の「指定施設の破損その他の事故が発生し、有害物質又は指定物質を含む水が当該指定事業場から公共用水域に排出され、又は地下に浸透したことにより人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがあるとき」に該当するときは、指定施設を設置する工場又は事業場の設置者は、すべて都道府県知事等への

届出が必要である。

(2) 事故により懸念される事項¹⁾

事故により懸念される事項として以下の4つが考えられる。

①人の健康被害

汚水等の公共用水域への漏えいによる周辺住民や下流域の住民等への健康被害。

②水道水質への悪影響

水道水として適切な品質を確保することが困難となるような浄水処理の対応が難しい物質の流入による悪影響。人の健康被害（①の項目）にも関連する。

③水生生物への悪影響

水生生物の大量死や水環境中の生態系に対する悪影響。

④生活環境への悪影響

汚水等の流出による生活環境に係る被害（水浴、沿岸の散歩、自然探勝、水産物、農産物等への被害を含み、②及び③の項目にも関連する）。

(3) 事故時の措置

事故発生時には、(1)③に示した届出義務に基づき都道府県知事等に状況を速やかに報告する必要がある。事故時の措置の流れを図8-1に、事故時の措置のイメージ図を図8-2に示す。

事故発生時には地下水汚染の発生を防止（もしくは汚染の拡大を防止）するために、下記に示すような措置を直ちに行う必要がある。

①漏えい・地下浸透箇所の措置

- ・漏えい・地下浸透している箇所（配管、タンク等）の漏えい・地下浸透を止める措置を行う。

②有害物質等の回収

- ・漏えいした有害物質等を可能な限り回収する。
- ・地上に漏えいした有害物質等は、地下に浸透する前に回収することが望ましい。

③汚染の拡大防止措置

- ・既に土壌・地下水汚染が発生している場合には、有害物質等が浸透した範囲において土壌の掘削除去、浄化措置、拡散防止措置等を行う。

④飲用水におけるリスク回避

- ・近隣に飲用井戸、水道水源等が存在し、それらの水質への影響が懸念される場合には、必要に応じ飲用停止等の措置を行う。
- ・飲用停止措置を行った場合には、応急措置として飲用水（ペットボトル等）や生活用水の手配（給水車の手配等）を行う。
- ・地下水モニタリングを行い、水質を確認する。水質に異常が確認された場合は、代

替水源の確保や地下水浄化措置等を行う。地下水浄化措置については、次節に示す。

⑤適切な情報の発信

- ・地方公共団体への届出とは別に、近隣住民（特に地下水汚染が発生した場合に影響を受ける可能性がある地域の住民）などに適切な情報公開を行う。
- ・公開する情報の内容については、地方公共団体環境部局に相談することが望ましい。
汚染の影響が懸念される場合は、情報をできるだけ速やかに公開する必要がある。
- ・対策方針等については、必要に応じ地元の状況に精通した学識者や専門家に相談することが考えられる。

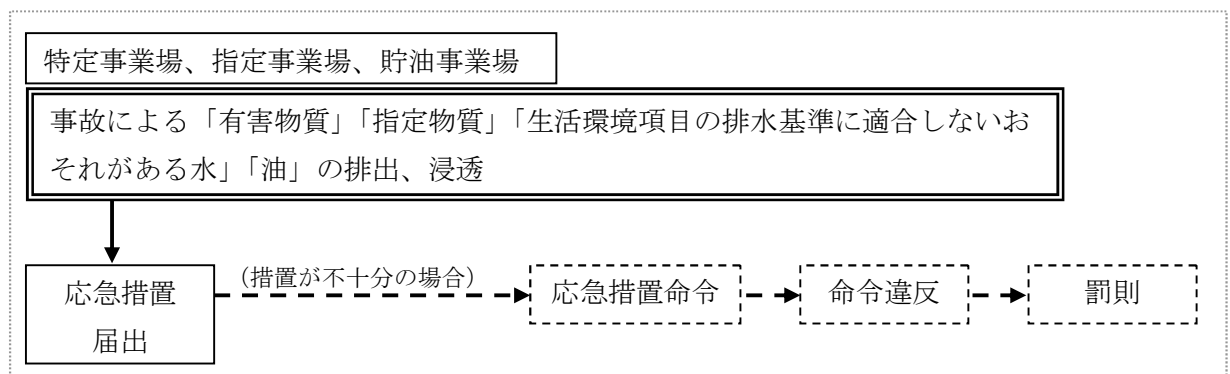


図 8-1 事故時の措置の流れ

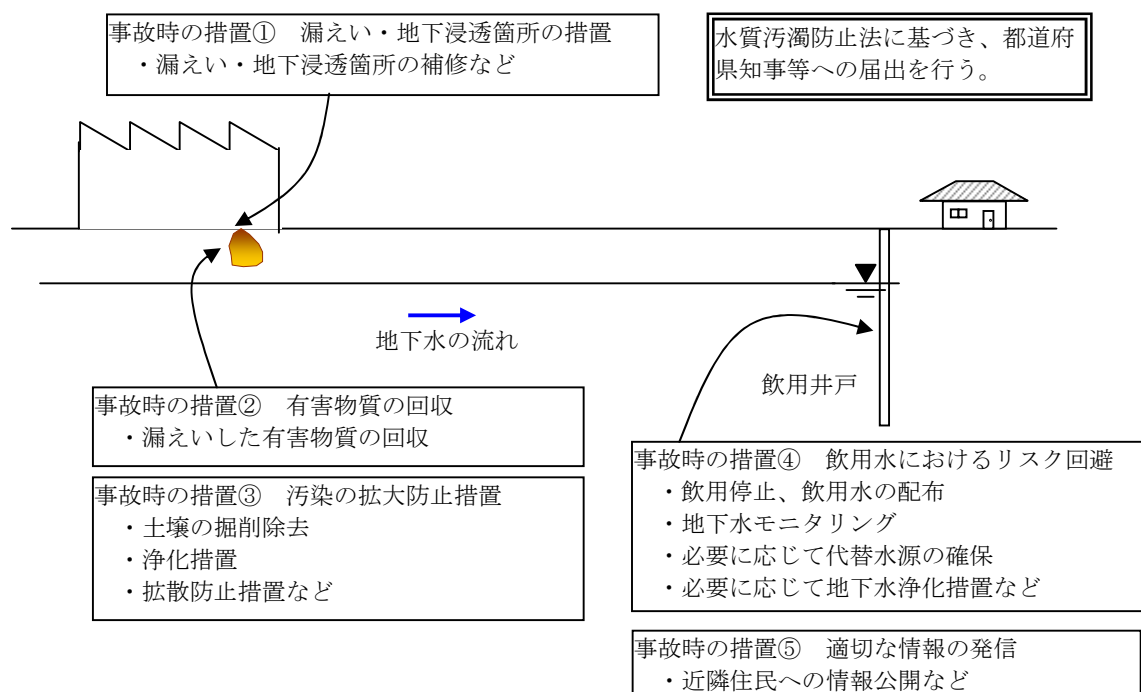


図 8-2 事故時の措置のイメージ図

水質汚濁防止法（抜粋）
（事故時の措置）

特定施設：下記のいずれかの汚水又は廃液を排出する施設
・有害物質（施行令第二条：次ページ参照）を含むこと。
・水素イオン濃度等の項目（施行令第三条：次ページ参照）が生活環境に被害を生じるおそれがある程度であること。
指定地域特定施設：処理対象人員が 201 人槽以上 500 人槽以下のし尿浄化槽で、指定地域内に設置されるもの

特定事業場：特定施設（指定地域特定施設を含む。以下同じ。）を設置する工場又は事業場

第十四条の二 特定事業場の設置者は、当該特定事業場において、特定施設の破損その他の事故が発生し、有害物質を含む水若しくはその汚染状態が第二条第二項第二号に規定する項目について排水基準に適合しないおそれがある水が当該特定事業場から公共用水域に排出され、又は有害物質を含む水が当該特定事業場から地下に浸透したことにより人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがあるときは、直ちに、引き続き有害物質を含む水若しくは当該排水基準に適合しないおそれがある水の排出又は有害物質を含む水の浸透の防止のための応急の措置を講ずるとともに、速やかにその事故の状況及び講じた措置の概要を都道府県知事に届け出なければならない。

指定施設：下記のいずれかの施設
・有害物質（施行令第二条：次ページ参照）を貯蔵し、もしくは使用する施設
・指定物質（施行令第三条の三：次ページ参照）を製造、貯蔵、使用もしくは処理する施設

2 指定施設を設置する工場又は事業場（以下この条において「指定事業場」という。）の設置者は、当該指定事業場において、指定施設の破損その他の事故が発生し、有害物質又は指定物質を含む水が当該指定事業場から公共用水域に排出され、又は地下に浸透したことにより人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがあるときは、直ちに、引き続き有害物質又は指定物質を含む水の排出又は浸透の防止のための応急の措置を講ずるとともに、速やかにその事故の状況及び講じた措置の概要を都道府県知事に届け出なければならない。

貯油施設：下記の施設
・油（施行令第三条の四：次ページ参照）を貯蔵し、または油を含む水を処理する施設

3 貯油施設等を設置する工場又は事業場（以下この条において「貯油事業場等」という。）の設置者は、当該貯油事業場等において、貯油施設等の破損その他の事故が発生し、油を含む水が当該貯油事業場等から公共用水域に排出され、又は地下に浸透したことにより生活環境に係る被害を生ずるおそれがあるときは、直ちに、引き続き油を含む水の排出又は浸透の防止のための応急の措置を講ずるとともに、速やかにその事故の状況及び講じた措置の概要を都道府県知事に届け出なければならない。

4 都道府県知事は、特定事業場の設置者、指定事業場の設置者又は貯油事業場等の設置者が前三項の応急の措置を講じていないと認めるときは、これらの者に対し、これらの規定に定める応急の措置を講ずべきことを命ずることができる。

施行令 (カドミウム等の物質) 第二条 法第二条第二項第一号の政令で定める物質は、次に掲げる物質とする。 一 カドミウム及びその化合物 二 シアン化合物 三 有機燐化合物(ジエチルパラニトロフェニルチオホスフェイト(別名パラチオン)、ジメチルパラニトロフェニルチオホスフェイト(別名メチルパラチオン)、ジメチルエチルメルカプトエチルチオホスフェイト(別名メチルジメトン)及びエチルパラニトロフェニルチオノベンゼンホスホネイト(別名E P N)に限る。) 四 鉛及びその化合物 五 六価クロム化合物 六 砒素及びその化合物 七 水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物 八 ポリ塩化ビフェニル 九 トリクロロエチレン 十 テトラクロロエチレン 十一 ジクロロメタン 十二 四塩化炭素 十三 一・二―ジクロロエタン 十四 一・一―ジクロロエチレン 十五 一・二―ジクロロエチレン 十六 一・一・一―トリクロロエタン 十七 一・一・二―トリクロロエタン 十八 一・三―ジクロロプロペン 十九 テトラメチルチウラムジスルフィド(別名チウラム) 二十 ニークロロ―四・六―ビス(エチルアミノ)―s―トリアジン(別名シマジン) 二十一 S―四―クロロベンジル=N・N―ジエチルチオカルバマート(別名チオベンカルブ) 二十二 ベンゼン 二十三 セレン及びその化合物 二十四 ほう素及びその化合物 二十五 ふっ素及びその化合物 二十六 アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物 二十七 塩化ビニルモノマー 二十八 一・四―ジオキサン	
--	--

施行令 (水素イオン濃度等の項目) 第三条 法第二条第二項第二号の政令で定める項目は、次に掲げる項目とする。 一 水素イオン濃度 二 生物化学的酸素要求量及び化学的酸素要求量 三 浮遊物質質量 四 ノルマルヘキサン抽出物質含有量 五 フェノール類含有量 六 銅含有量 七 亜鉛含有量 八 溶解性鉄含有量 九 溶解性マンガン含有量 十 クロム含有量 十一 大腸菌群数 十二 窒素又はりん含有量(湖沼植物プランクトン又は海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある場合として環境省令で定める場合におけるものに限る。第四条の二において同じ。)	
---	--

施行令 (指定物質) 第三条の三 法第二条第四項の政令で定める物質は、次に掲げる物質とする。 一 ホルムアルデヒド 二 ヒドラジン 三 ヒドロキシルアミン 四 過酸化水素 五 塩化水素 六 水酸化ナトリウム 七 アクリロニトリル 八 水酸化カリウム 九 アクリルアミド 十 アクリル酸 十一 次亜塩素酸ナトリウム 十二 二硫化炭素	右段に続く
---	--------------

十三 酢酸エチル 十四 メチルターシャリーブチルエーテル(別名MT B E) 十五 硫酸 十六 ホスゲン 十七 一・二―ジクロロプロパン 十八 クロルスルホン酸 十九 塩化チオニル 二十 クロロホルム 二十一 硫酸ジメチル 二十二 クロロピクリン 二十三 りん酸ジメチル=二・二―ジクロロビニル(別名ジクロルボス又はDD V P) 二十四 ジメチルエチルスルフィニルイソプロピルチオホスフェイト(別名オキシデプロホス又はE S P) 二十五 トルエン 二十六 エピクロロヒドリン 二十七 スチレン 二十八 キシレン 二十九 パラージクロロベンゼン 三十 N―メチルカルバミン酸二―セカンダリーブチルフェニル(別名フェノブカルブ又はB P M C) 三十一 三・五―ジクロロ―N―(一・一―ジメチル―二―プロピニル)ベンズアミド(別名プロビザミド) 三十二 テトラクロロイソフタロニトリル(別名クロロタロニル又はT P N) 三十三 チオりん酸O・O―ジメチル―O―(三―メチル―四―ニトロフェニル)(別名フェニトロチオン又はME P) 三十四 チオりん酸S―ベンジル―O・O―ジイソプロピル(別名イプロベンホス又はI B P) 三十五 一・三―ジチオラン―二―イリデンマロン酸ジイソプロピル(別名イソプロチオラン) 三十六 チオりん酸O・O―ジエチル―O―(二―イソプロピル―六―メチル―四―ピリミジニル)(別名ダイアジノン) 三十七 チオりん酸O・O―ジエチル―O―(五―フェニル―三―イソキサゾリル)(別名イソキサチオン) 三十八 四―ニトロフェニル―二・四・六―トリクロロフェニルエーテル(別名クロルニトロフェン又はC N P) 三十九 チオりん酸O・O―ジエチル―O―(三・五・六―トリクロロ―二―ピリジル)(別名クロルピリホス) 四十 フタル酸ビス(二―エチルヘキシル) 四十一 エチル=(Z)―三―[N―ベンジル―N―[[メチル(一―メチルチオエチリデンアミノオキシカルボニル)アミノ]チオ]アミノ]プロピオナート(別名アラニカルブ) 四十二 一・二・四・五・六・七・八・八―オクタクロロ―二・三・三a・四・七・七a―ヘキサヒドロ―四・七―メタノ―H―インデン(別名クロルデン) 四十三 臭素 四十四 アルミニウム及びその化合物 四十五 ニッケル及びその化合物 四十六 モリブデン及びその化合物 四十七 アンチモン及びその化合物 四十八 塩素酸及びその塩 四十九 臭素酸及びその塩 五十 クロム及びその化合物(六価クロム化合物を除く。) 五十一 マンガン及びその化合物 五十二 鉄及びその化合物 五十三 銅及びその化合物 五十四 亜鉛及びその化合物 五十五 フェノール類及びその塩類 五十六 一・三・五・七―テトラアザトリシクロ[[三・三・一・^{三・七}一]デカン(別名ヘキサメチレンテトラミン)

施行令 (油) 第三条の四 法第二条第五項の政令で定める油は、次に掲げる油とする。 一 原油 二 重油 三 潤滑油 四 軽油 五 灯油 六 揮発油 七 動植物油	
---	--

8.2 地下水の浄化対策

(1) 水濁法における地下水浄化対策の考え方

(参照条文：水濁法第14条の3および水濁法施行規則第9条の3)

ここでは、水濁法における地下水浄化対策の考え方を説明する。

1) 浄化範囲

地下水の流動の状況等を勘案して、浄化が必要な地下水の範囲を定める。

汚染の拡散が懸念される場合等は、専門家による適切な判断もしくは調査により浄化範囲を設定することが考えられる。専門家としては、学識経験者、地元の地方公共団体の試験研究機関、土壤汚染対策法に基づく指定調査機関等が考えられる。

2) 浄化目標

以下の測定点において当該地下水に含まれる有害物質の量が浄化基準を超えないこととする。

表 8-4 地下水の水質の浄化措置命令に係る測定点

	地下水の利用等の状態	測定点
1	人の飲用に供せられ、又は供せられることが確実である場合（第2号から第4号までに掲げるものを除く。）	・井戸のストレーナー ・揚水機の取水口 ・地下水の取水口
2	水道法第3条第2項に規定する水道事業（同条第5項に規定する水道用水供給事業により供給される水道水のみをその用に供するものを除く。）、同条第4項に規定する水道用水供給事業又は同条第6項に規定する専用水道のための原水として取水施設より取り入れられ、又は取り入れられることが確実である場合	・原水の取水施設の取水口
3	災害対策基本法第40条第1項に規定する都道府県地域防災計画等に基づき災害時において人の飲用に供される水の水源とされている場合	・井戸のストレーナー ・揚水機の取水口 ・地下水の取水口
4	水質環境基準（有害物質に該当する物質に係るものに限る。）が確保されない公共用水域の水質の汚濁の主たる原因となり、又は原因となることが確実である場合	・地下水の公共用水域へのゆう出口に近接する井戸のストレーナー ・揚水機の取水口 ・地下水の取水口

3) 浄化期限

浄化範囲、汚染の程度、浄化実施者の技術力、経済力その他を勘案して、都道府県知事等が決定する。

4) 浄化措置の実施者

地下水の浄化措置が必要な場合は、下記のいずれかの者が措置を行う必要がある。

- ・特定事業場又は有害物質貯蔵指定事業場の設置者（相続、合併又は分割によりその地位を継承した者を含む）
- ・特定事業場又は有害物質貯蔵指定事業場の設置者であった者（相続、合併又は分割によりその地位を継承した者を含む）

なお、特定事業場又は有害物質貯蔵指定事業場の設置者には、特定事業場若しくは有害物質貯蔵指定施設又はその敷地を譲り受け、若しくは借り受けた者を含む。

5) 法令等の遵守

浄化措置に際しては、法令等の遵守に留意する必要がある。

例えば、土壤汚染対策法に基づき要措置区域や形質変更時要届出区域に指定されている区域においては、対策範囲の設定方法や対策方法に関して規定されている。また、条例で上乗せ規制を定めている場合もある。「5. 関連する他法令等の制度」を参照し、適切に対応する必要がある。

(2) 地下水浄化対策

ここでは、地下水浄化対策手法の概要、特徴、留意事項、適用事例等を紹介する。

1) 浄化対策検討の流れ

汚染対策で最も効果的な方法は、汚染を発生させないという未然防止であるが、ここでは、事業者による調査もしくは都道府県等による監視により地下水汚染が判明した場合の一般的な流れを図 8-3 に示す。

概況調査および詳細調査により汚染状況（汚染物質、汚染濃度、汚染範囲等）を把握し、周辺の水利用状況等も勘案しながら対策方法を立案する必要がある。対策実施後は、モニタリング調査により浄化効果を確認し、浄化目標を達成すれば対策終了となる。

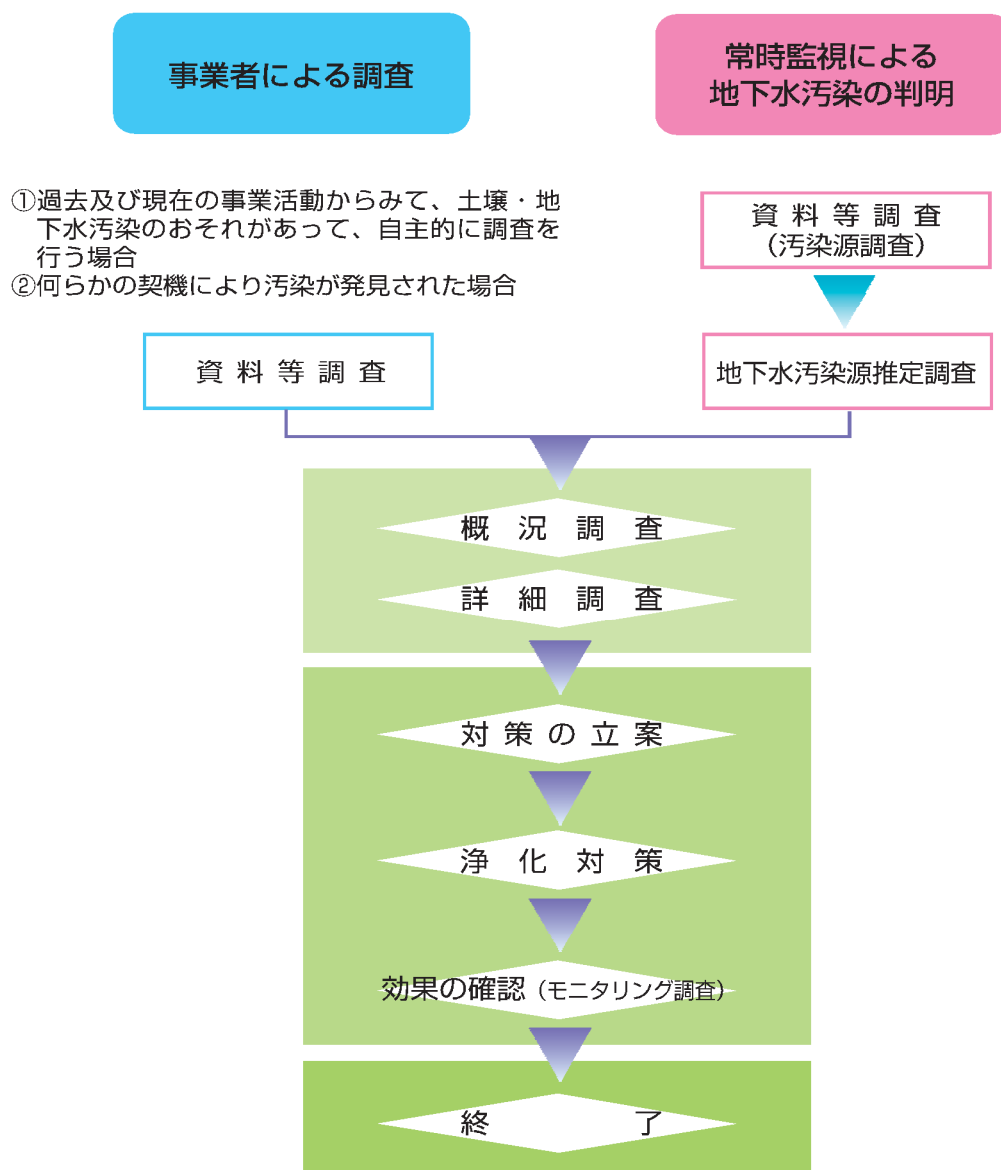


図 8-3 地下水汚染判明時の調査・対策フロー図²⁾

2) 浄化対策の分類

地下水浄化対策の分類を、表 8-5 に示す。

地下水汚染と土壌汚染は、汚染物質の性状や地質、汚染の深さや規模によって環境への負荷が大きく異なるので、それぞれに対応した対策を取る必要がある。汚染物質の種類、濃度、分布等の調査結果に基づき対策の緊急度や費用対効果の調査、事前の浄化試験（トリータビリティ試験）、周辺環境調査等を綿密に行い、より効果的な対策工法を立案する必要がある。

対策の方法はVOC、重金属、硝酸・亜硝酸性窒素でそれぞれ異なるため汚染物質に応じた対策技術を選定する必要がある。基本的には、原位置で浄化する技術と汚染物質を取り出す技術があり、汚染物質を取り出したものはそれぞれの状態に合わせて処理することになる。例えば、現時点において用いられる一般的な対策としては以下の技術が挙げられる。

表 8-5 主な地下水浄化対策の分類²⁾

対象物質	地下水浄化対策技術の分類
VOC	①汚染土壌・地下水を原位置で浄化する方法 ②汚染土壌ガスを抽出する方法 ③汚染地下水を揚水する方法 ④汚染土壌を掘削除去する方法
重金属	①汚染土壌・地下水を原位置で浄化・処理する方法 ②汚染地下水を揚水する方法 ③汚染土壌を掘削除去する方法 ④汚染土壌を固化あるいは不溶化して封じ込める方法
硝酸・亜硝酸性窒素	①イオン交換膜を通過させて、硝酸イオンを取り除く方法 ②微生物の働きにより、硝酸イオンを窒素ガスに還元する方法
油	①汚染土壌・地下水を原位置で浄化する方法 ②汚染土壌を掘削除去する方法

土壌・地下水汚染に係る措置は、大別して、土壌の摂取による健康被害を防止するための措置と地下水を経由した健康被害を防止するための措置の2つがある。前者には汚染土壌の飛散防止を目的とした盛土、汚染土壌の除去が、後者には原位置封じ込め、遮水工封じ込め、土壌汚染の除去等の対策がある。

また、硝酸・亜硝酸性窒素による地下水汚染は、発生源が面源で有効な対策が地域ごとに異なる。浄化の実施は、VOCや重金属に比べると一般的ではなく、各発生源からの窒素負荷を削減し汚染を未然に防止する対策が基本となる。

本マニュアルでは、主に地下水浄化に関する対策技術を紹介する。土壌浄化技術については、「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン改訂第2版、2012年、環境省」等が参考になる。

3) VOCの対策技術

VOCで汚染された地下水の浄化対策技術には次のようなものがある。

①土壌ガス吸引

不飽和帯（地表面と地下水面の間の部分）に存在する対象物質を真空ポンプ、ブローア等で吸引除去し汚染土壌を浄化する技術である。

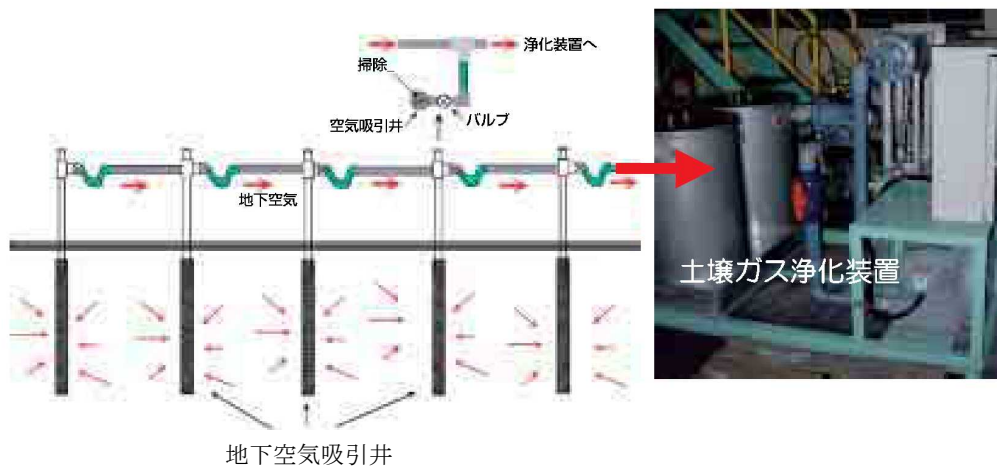


図 8-4 土壌ガス吸引の概念図

②地下水揚水

揚水した地下水を曝気処理して対象物質を地下水から分離して、活性炭等に吸着させることにより浄化する技術。対象物質の処理方法には活性炭吸着処理のほか、紫外線分解等がある。

最近では揚水した地下水中のVOCをプラズマで直接分解する技術等も開発されている。

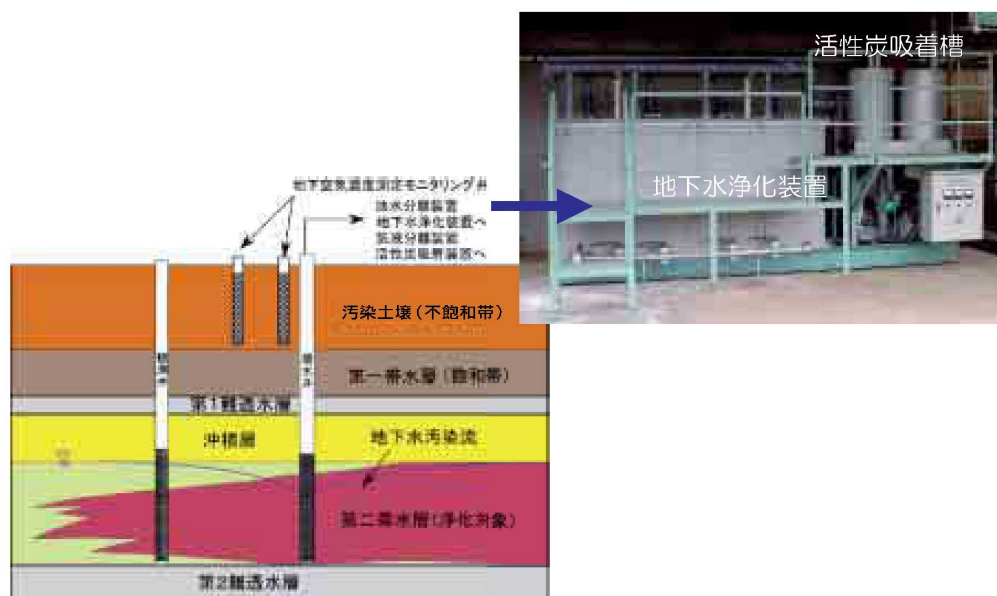


図 8-5 地下水揚水の概念図

③二重吸引法

地下水と土壌ガスを同時に吸引除去する技術。揚水した地下水中の対象物質を分解あるいは曝気処理し、土壌ガスに含まれる対象物質は活性炭等に吸着させて除去する。汚染物質が地下水面付近に存在する場合に効果的である。

地下水が高濃度に汚染された現場では、エアースパージング工法と併用すれば、さらに効果的である。

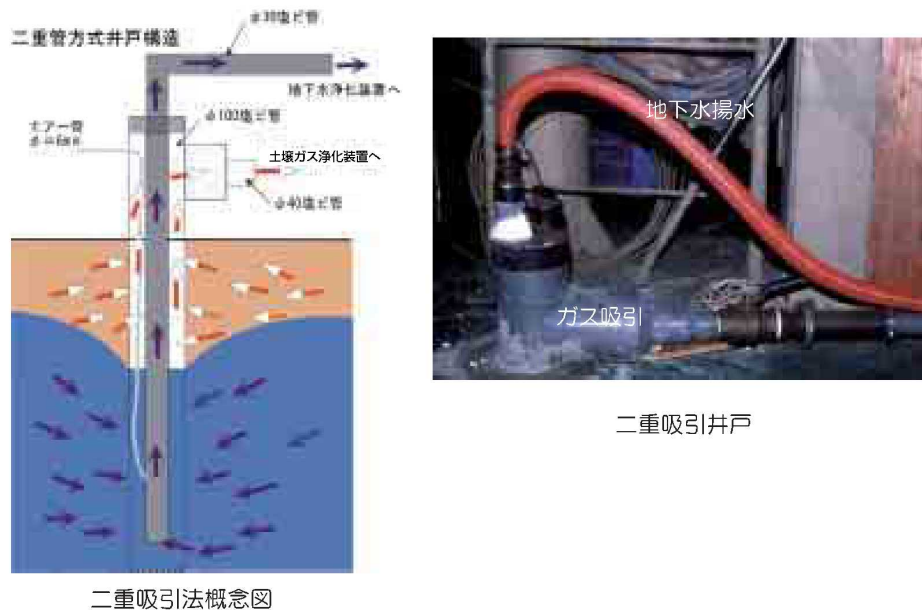


図 8-6 二重吸引法の概念図

④エアースパージング

土壌中あるいは地下水に空気を注入してVOCの気化を促し土壌・地下水の浄化を促進する技術。空気が通りやすい土壌に適している。空気の吹き込みにより汚染を拡散させないように配慮が必要である。

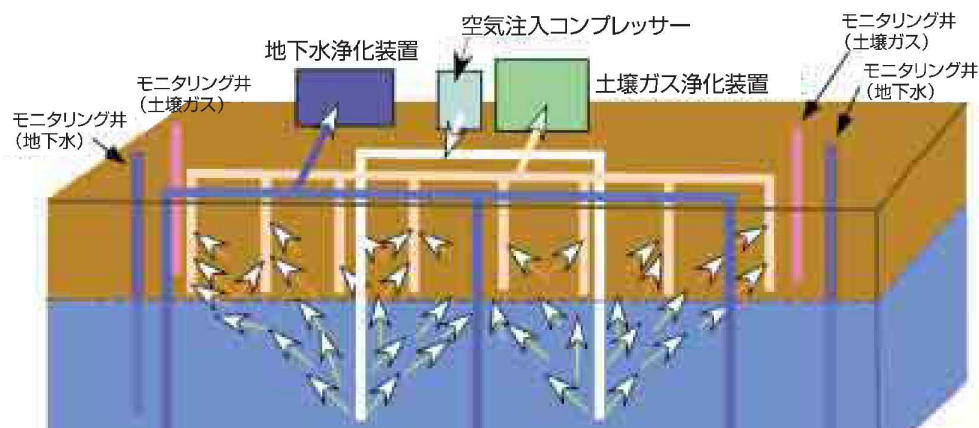


図 8-7 エアースパージング工法の概念図

⑤鉄粉法

汚染された土壌や地下水に鉄粉を混合し、VOCを分解する方法で、汚染源対策と地下水対策の2つの方法に分けられる。鉄粉によりVOCの脱塩素化を発生させ、無害な物質へと分解する方法である。

汚染源対策は、汚染土壌に直接鉄粉を混合する方式と微粒鉄粉の液状物を注入する方式がある。砂など、鉄粉と混ざりやすい土壌であると効果を発揮しやすい。地下水対策は、地中に鉄粉を保持した透過性の壁を作成して通過するVOCを分解する。VOCなどの分解はオゾンや過酸化水素、過酸化マグネシウムを主原料(油汚染に利用)とする技術も開発されている。

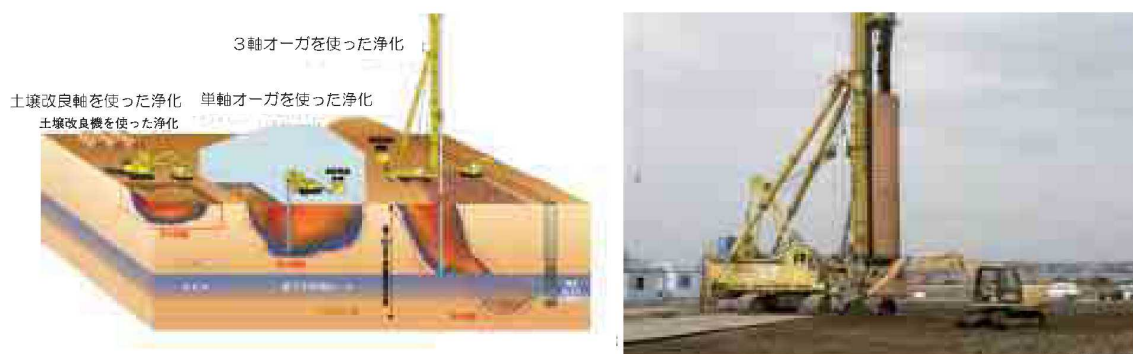


図 8-8 鉄粉法の概念図

⑥透過性浄化壁

VOC汚染が生じた場合に、地盤中でVOCの拡散していく途中(地下水の下流方向)にVOCを無害化する性能を持った材料(鉄粉等)を混合させた透水性のある壁を構築し、VOC汚染が拡散することを防止する方法である。

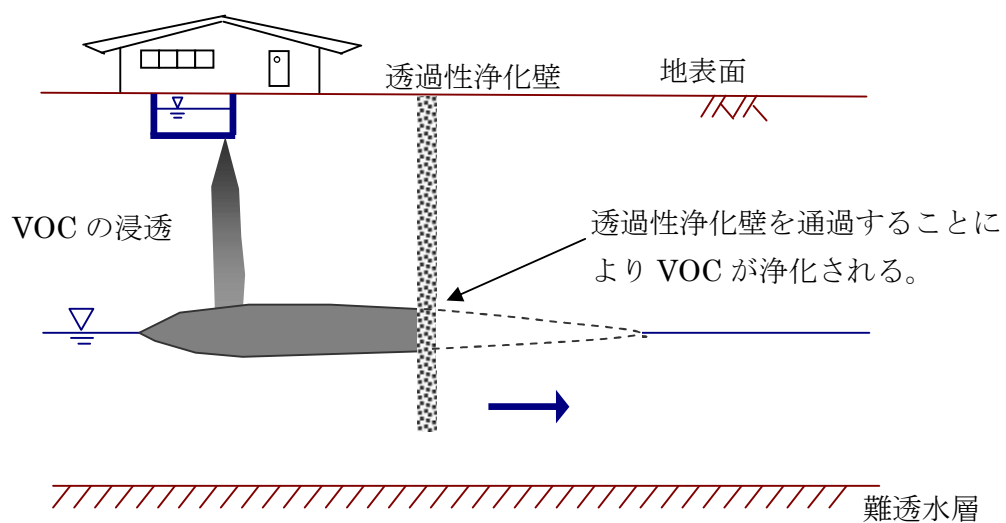


図 8-9 透過性浄化壁の概念図³⁾

⑦高圧洗浄揚水曝気処理

土粒子に吸着している汚染物質を、高圧水と空気で原位置洗浄、曝気し浄化する技術。注入した高圧水と空気を回収し、適切に処理する必要がある。また、周辺への影響を防ぐため浄化範囲を遮水壁で囲む必要がある。この技術は重金属の浄化に用いることも可能である。

高圧洗浄のほか、高圧噴射置換洗浄工法やC J G（コラムジェット）工法などの技術もある。



図 8-10 高圧洗浄揚水曝気処理の装置（地上部分）および概念図（地中部分）

⑧バイオレメディエーション（嫌気性）

バイオレメディエーションとは微生物がもつ有害物質の分解能力を利用して、土壌や地下水を浄化する技術である。

土壌中の土着微生物に栄養分を与えて活性化し汚染物質を分解する方法（バイオスティミュレーション）と、汚染物質の分解に有効な微生物を注入して分解する方法（バイオオーグメンテーション）がある。

現場においては、微生物や栄養分の拡散に注意する必要がある。特に、微生物を注入する場合は、注入した微生物が人の健康や生態系に及ぼす影響について十分に調査・解析を行い、手順を踏んで施工する必要がある。

VOCの浄化においては、嫌気性微生物による方法が適用できるが、油の分解には好気性微生物による方法が適用できる。

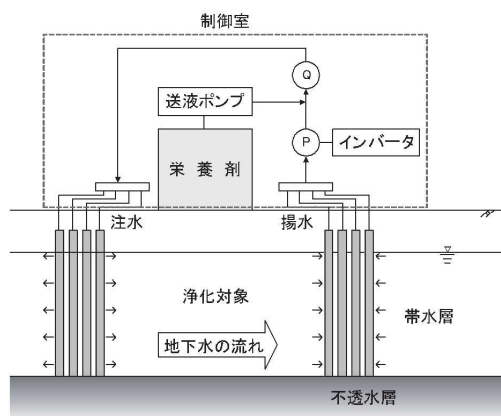


図 8-11 バイオレメディエーションの浄化概念図（左図）および浄化装置（右写真）

4) 重金属の対策技術

重金属で汚染された地下水の浄化対策技術には次のようなものがある。

①地下水揚水

汚染地下水を揚水し、対象物質を除去、回収する方法である（この技術はVOCでも適用できる）。揚水した地下水は、一般に、地上に設置した設備で酸化、還元、中和、凝集沈澱、濾過及び吸着除去等の水処理技術を組み合わせて浄化する。



図 8-12 地下水揚水の概況写真



図 8-13 酸化、中和、凝集装置の概況写真

②掘削除去

汚染土壌を掘削して除去し、地下水への溶出を止めることによって地下水を浄化する方法である。掘削範囲は、ボーリング等の調査で汚染範囲、深さを把握して決定する。

なお、土壌汚染対策法に基づき要措置区域もしくは形質変更時要届出区域に指定されている区域においては、対策範囲の設定方法や掘削土壌の運搬・保管方法、処理方法等に関して規定されており、所定の届出も必要である。(参考：第5章(2)、②土壌汚染対策法(土対法)について(108ページ))



図 8-14 掘削除去の概況写真

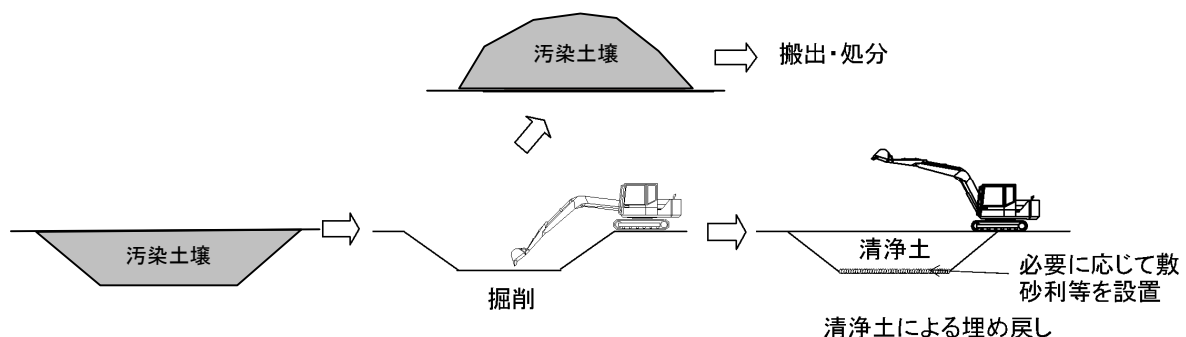


図 8-15 掘削除去の概要図

掘削した汚染土壌は外部へ搬出する方法と現地処理する方法に大別される。

外部搬出土壌の処理方法としては以下の3つの処理方法がある。

- ① 最終処分場への搬入又は埋立場所等への搬出
- ② 汚染土壌浄化施設における浄化
- ③ セメント工場等での原材料としての利用

なお、外部搬出する場合は飛散、こぼれ、漏えい等がないよう適切な対策を施した運搬容器及び車両を使用する必要がある。

現地処理の方法には、洗浄、不溶化、封じ込め等の処理がある。

③封じ込め

汚染土壌を封じ込め、地下水との接触を断つことによって地下水を浄化する方法である。鋼矢板、コンクリート等で遮水壁を造り汚染土壌を封じ込める工法である。不透水層の深度や透水性等に配慮して、適切な遮水壁を造成し、汚染物質が外部へ漏出しないような構造にすることが重要である。

原位置封じ込めできる汚染土壌は、土壤汚染対策法で規定する第二溶出量基準以下の汚染土壌か不溶化处理により第二溶出量基準以下となった重金属等による汚染土壌が対象となる。

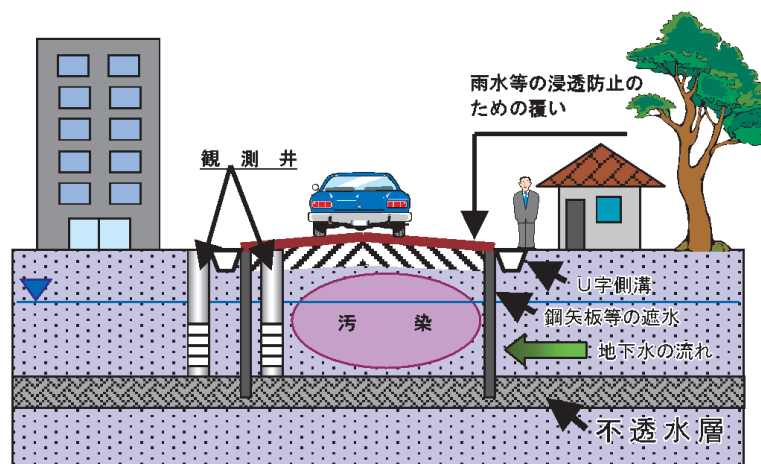


図 8-16 原位置封じ込めの概念図

④遮水工・遮断工封じ込め

汚染物質の漏出を防ぐ構造を持った施設の中に掘削した汚染土壌を封じ込める方法である。掘削土が土壤環境基準を超過し、第二溶出量基準を下回るものは原則として遮水工封じ込め措置を行うことができる。

第二溶出量基準を超過するものを現地で封じ込める場合は、遮断工封じ込め措置を行う必要がある（第二溶出量基準値を超過したVOC汚染土壌は、遮断工に封じ込めることはできない）。

5) 硝酸性窒素汚染地下水の浄化対策技術

硝酸性窒素の除去技術は、物理化学的方法（イオン交換樹脂法、逆浸透膜法、電気透析法等）と生物学的方法（従属栄養細菌や独立栄養細菌を用いた脱窒法）とに大別される。

①物理化学的方法の例（電気透析法）

電気透析とは、イオン交換膜を用いて、イオンを分離除去する方法で、地下水中でイオンとして存在する硝酸・亜硝酸性窒素への応用が考えられる。硝酸・亜硝酸性窒素が陰イオンであることから揚水した地下水に陽極と陰極を入れ、その間に陽イオン交換膜と陰イオン交換膜を交互に配列することによって、硝酸・亜硝酸性窒素の除去された浄化水（生成水）と濃縮水に分離することができる。

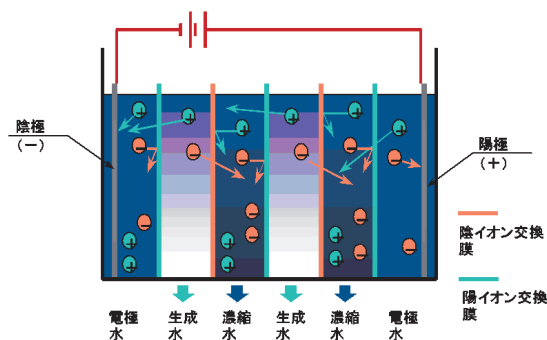


図 8-17 電気透析法の概念図

②生物学的方法の例（透過性浄化壁工法）

透過性の浄化壁に生物学的脱窒を組み込むことにより、原位置で浄化を行う方法である。微生物の中には、酸素濃度の低い環境下において、酸素の代わりに硝酸を利用する硝酸呼吸に切り替えるものが存在する。体内に取り込んだ硝酸を有機物等を利用して還元し、最終的には窒素ガスの形で体外へ放出する。この微生物活動を浄化壁内で行わせることにより、地下水が浄化壁を透過する際に硝酸が無害な窒素ガスへと転換される。

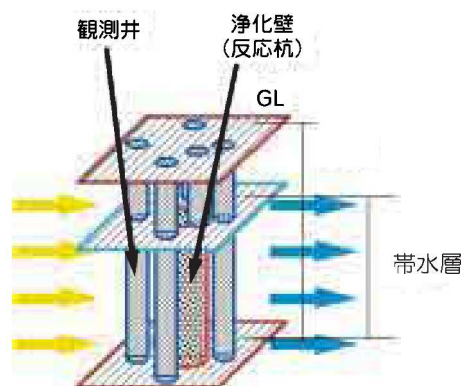


図 8-18 透過性浄化壁工法の概念図

6) 油汚染地下水の浄化対策技術⁴⁾

ここでは、「油汚染対策ガイドライン、中央環境審議会土壌農薬部会土壌汚染技術基準等専門委員会、平成 18 年 3 月」等に記載されている対策を抜粋して紹介する。

①遮水壁

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 8-19 に、鋼矢板の打設状況を図 8-20 にそれぞれ示す。

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。

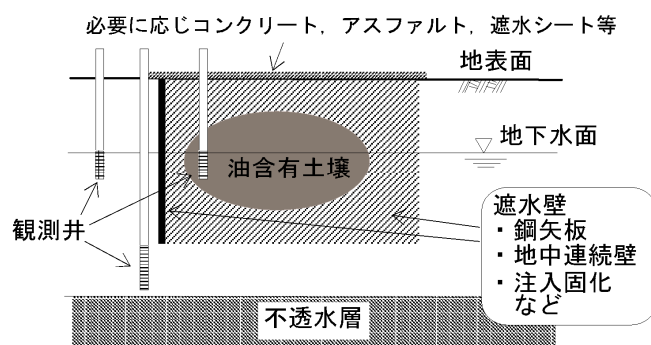


図 8-19 遮水壁措置の概念図



図 8-20 遮水壁（鋼矢板）の打設状況

②バリア井戸

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 8-21 にバリア井戸措置の概念図を示す。

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。

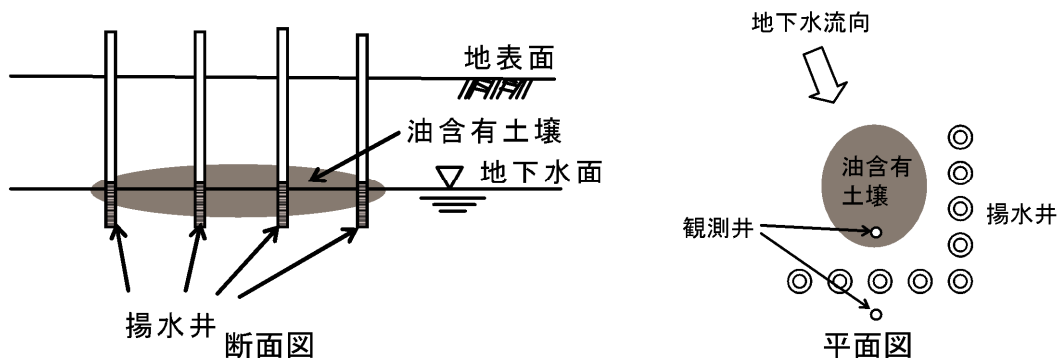


図 8-21 バリア井戸措置の概念図

③地下水揚水

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 8-22 に示す。

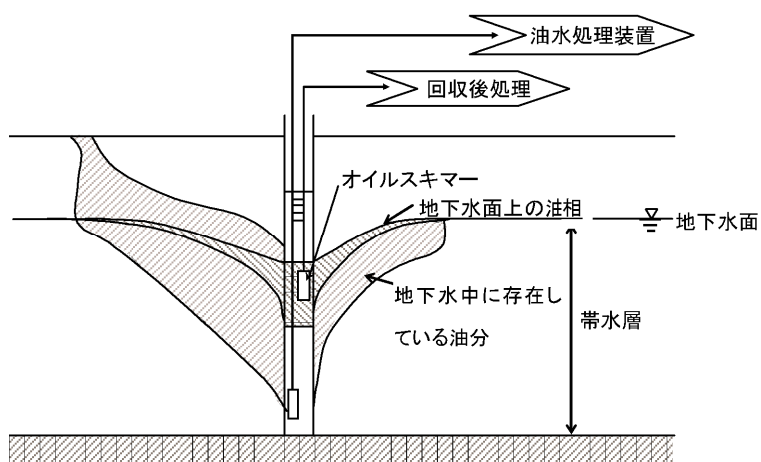


図 8-22 地下水揚水の概念図

④掘削除去

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。概要図は、重金属に関する対策の図 8-23 に示したとおりである。

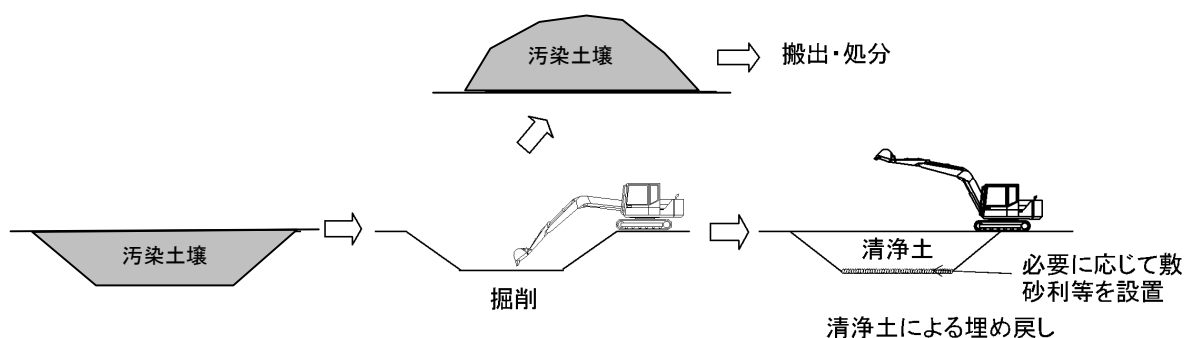


図 8-23 (再掲載) 掘削除去の概要図

⑤土壌ガス吸引

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ことにより地中からガス態として抽出除去する方法である。概念図を図8-24に示す。

地下水揚水や地中曝気（エアースパージング：図8-25）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。

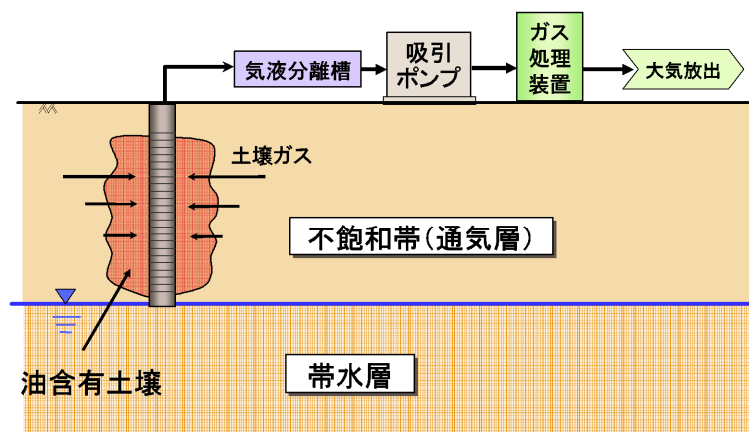


図 8-24 土壌ガス吸引の概念図

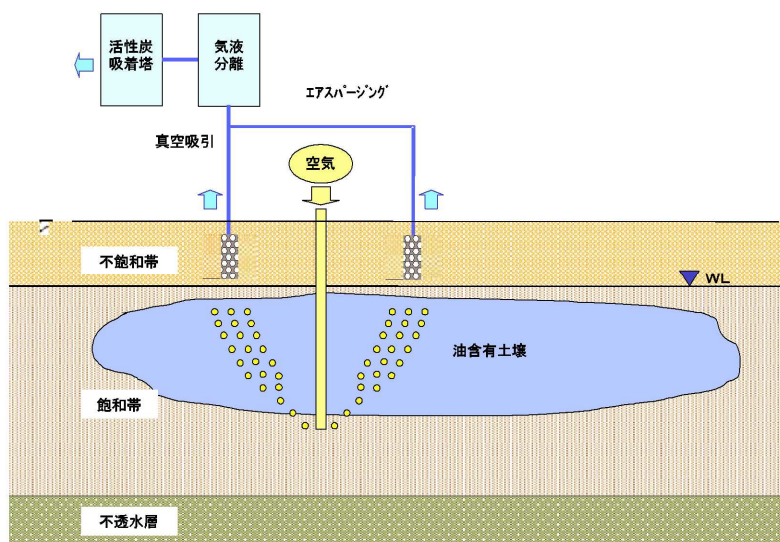


図 8-25 エアースパージングの概念図

⑥原位置バイオレメディエーション

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。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。図 8-26 に概念図を示す。

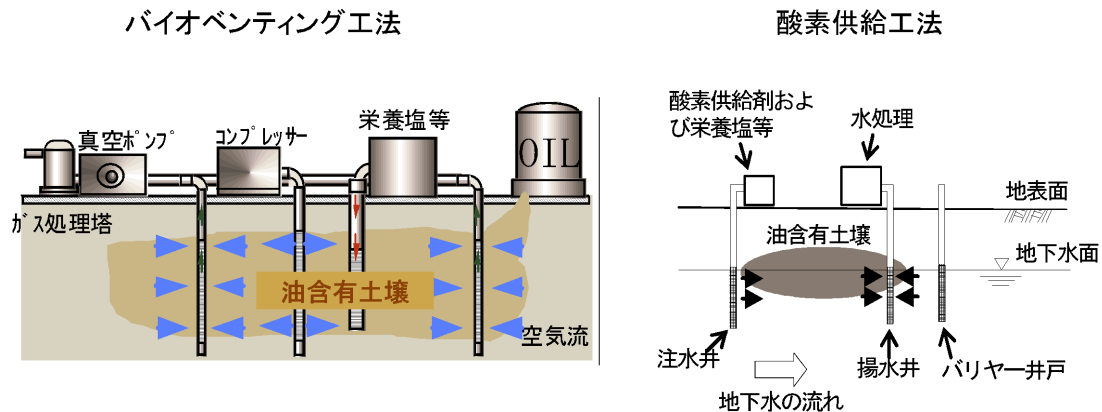


図 8-26 原位置バイオレメディエーションの概念図

⑦化学的酸化分解

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。

図 8-27 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。

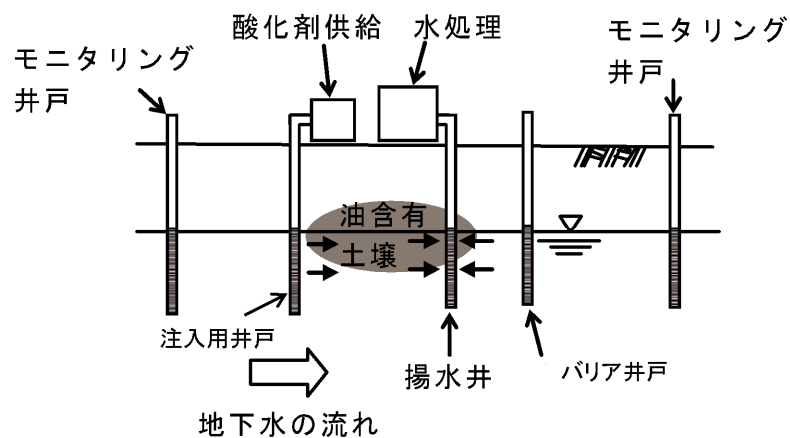


図 8-27 化学的酸化分解の概念図

(3) 対策効果の確認

地下水の浄化においては、浄化を開始してからしばらくの間は、汚染物質の濃度が変動し、一時的に濃度低下しても再び上昇することがある。このため、濃度が十分に低下し、その変化が少なくなるまでは、水質測定を継続する必要がある。測定頻度は状況によって異なるが、季節変動の影響も合わせて把握できるように可能な範囲で頻繁に測定することが望ましい。

さらに、浄化対策の実施によってかえって地下水汚染が広がらないかどうかを監視するため、地下水の下流側の汚染が生じていない井戸においても定期的に水質を測定することが望ましい。

土壌汚染の除去等の措置を実施した場合にも、措置を実施した場所にある地下水の下流側の周縁に観測井を設け、地下水汚染が生じていない状態を確認する必要がある。

(4) 対策実施にあたっての留意事項

地下水の浄化措置は、水濁法施行規則第9条の3に基づき、都道府県知事等の措置命令に従い実施する必要がある。

各地域の地下水状況、地質状況や過去の汚染対策事例等に関しては、地元の地方公共団体の試験研究機関等も様々な知見を有している場合が多いと考えられる。具体的対策方法については、当該機関への相談を行い、適宜連携しながら検討することが有効である。

また、地下水浄化対策に詳しい学識者や専門業者等に相談を行うことも有効と思われる。

<参考文献>

- 1) 中央環境審議会：水質汚濁防止法に基づく事故時の措置及びその対象物質について（答申）別添1、平成23年2月
- 2) 環境省環境管理局水環境部：地下水をきれいにするために、平成16年7月
- 3) 地下水・土壌汚染の基礎から応用、地下水学会、2006（平成18）年8月
- 4) 中央環境審議会土壌農薬部会土壌汚染技術基準等専門委員会：油汚染対策ガイドライン、平成18年3月

