

区域内措置優良化ガイドブック

(改訂版)

—土壌汚染対策法に基づくオンサイト措置及び原位置措置を適切に実施するために—

令和2年4月

環境省 水・大気環境局 土壌環境課

このガイドブックを使用するに当たって

土壤汚染対策法は、平成 15 年 2 月 15 日に施行され、平成 31 年 4 月 1 日には第二次改正土壤汚染対策法が全面施行されています。

平成 22 年の第一次改正土壤汚染対策法の施行に当たっては、「掘削除去の偏重の解消」や「汚染土壤の不適正処理による汚染の拡散の防止」が盛り込まれ、現場内部での土壤汚染対策の実施の推進を図りました。また、第二次改正土壤汚染対策法においては、「土壤汚染状況調査の実施対象の拡大」が図られていることから、今後もそのようなケースが増加するものと考えられます。

掘削除去による汚染土壤の搬出・処理については、汚染土壤処理業者に委託しなければなりません。現場内で実施される措置（区域内措置）の実施に当たっては、「土壤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」に基づいて実施されることとなります。

本ガイドブックは、区域内措置を実施するために必要なポイントについて土壤汚染対策を実施する方々により分かりやすく説明する目的で作成したものです。したがって、本ガイドブックで各措置を実施するに当たっての特質・留意事項を確認していただくとともに、「土壤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」についても十分理解して措置の実施をしていただきたいと思います。

なお、区域内措置の実施に当たっては、対象地の汚染状況や地質状況、土地利用状況を判断した上で、適切な工種の選択を行う必要があります。場合によっては複数の工種を選択することも考えられます。今後、技術が進歩するにつれて工種の適用範囲が拡大することもあります。したがって、措置選定の根拠等については、発注者や環境管理者の方々へ十分に説明した上で、実施する必要があります。

また、本ガイドブックで示されている措置の目的は、土壤汚染対策法の主旨である「人の健康に係る被害の防止」であり、土地取引等の目的によっては異なる措置が選択されることもあることに留意願います。

最後に、本ガイドブックは、発注者や環境管理者の方々が参考として用いることも可能になっています。発注や環境管理の立場で、実施される土壤汚染対策の特性を御理解いただければ幸いです。

本書の構成は、最初に区域内措置の位置付け及び土壤汚染対策の考え方について説明しています。以降、区域内措置の共通工事について示した後、各措置技術について解説しています。

各措置技術の解説は、以下の構成になっています。

最初の 1 ページにイラスト入りで措置の全体概要を解説しています。また、以降のページで 1. 措置技術の説明、2. 要求品質、3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理について土壤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 3 版）の内容を基に記載しています。次に 4. 想定されるトラブルの例として注意事項を解説しています。この「想定されるトラブルの例」については、本ガイドブック独自の記載です。最後に各措置技術を実施するに当たって留意すべき事項をチェックリストとして例示しています。チェックリストについては、各現場により条件が異なることから、実際の使用に当たっては、措置実施者が適切なものを作成するようにしてください。

目次

区域内措置の位置付け	1
土壌汚染対策の考え方	4
共通工事の説明	7
【地下水の摂取等によるリスクに係る措置】	
地下水汚染が生じていない土地の地下水の水質の測定	12
地下水汚染が生じている土地の地下水の水質の測定	16
原位置封じ込め	20
遮水工封じ込め	24
地下水汚染の拡大の防止	
揚水施設	28
透過性地下水浄化壁	32
遮断工封じ込め	36
不溶化埋め戻し	40
原位置不溶化	44
オンサイト浄化	
熱処理	48
洗浄処理	52
化学処理	56
生物処理	60
抽出処理	64
磁力選別	68
原位置浄化	
原位置抽出	
土壌ガス吸引	72
地下水揚水	76
エアースパージング	80
加熱脱着	84
原位置分解	
化学処理	88
生物処理	93
ファイトレメディエーション	98
原位置土壌洗浄	99
【直接摂取によるリスクに係る措置】	
舗装	104
立入禁止	107
土壌入換え	
区域外土壌入換え	110
区域内土壌入換え	113
盛土	116
オンサイト浄化	
熱処理、洗浄処理、化学処理、生物処理	119
原位置浄化	
洗浄処理、原位置分解	120
ファイトレメディエーション	121

用語の定義

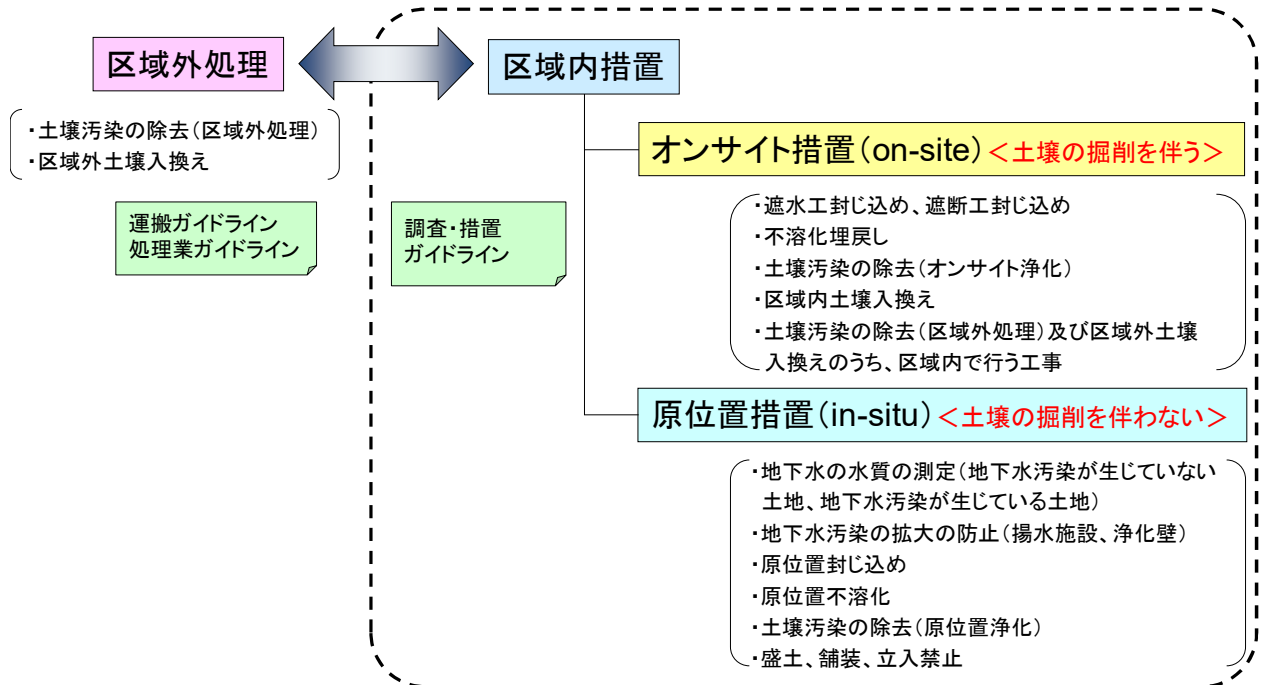
本ガイドブックで使用している用語の定義は以下のとおりです。

用語	定義
汚染除去等計画	指示措置及び実施措置、実施措置の着手予定時期及び完了予定時期、実施措置の種類ごとに定められた措置の方法（土壤汚染対策法施行規則別表第7の中欄）等を記載し、措置の実施前に都道府県知事に提出する。
汚染土壤処理施設	汚染土壤（基準不適合土壤）の処理の事業の用に供する施設。浄化等処理施設、セメント製造施設、埋立処理施設、分別等処理施設、自然由来等土壤利用施設がある。
基準不適合土壤	要措置区域等内の土壤で土壤溶出量基準又は土壤含有量基準に適合しない汚染状態にある土壤（含水率が高く泥状のものも含む。）
形質変更時要届出区域	特定有害物質によって汚染されており、当該土地の形質の変更をしようとするときに届出をしなければならない区域として、都道府県知事が土壤汚染対策法第11条に基づいて指定する土地の区域
工事完了報告書	定められた措置の工程（土壤汚染対策法施行規則第42条の2第2項各号）が完了した時点で提出する報告書（土壤汚染対策法施行規則様式第10） 一部の措置で提出が必要
実施措置	要措置区域において講じようとする汚染の除去等の措置のこと。都道府県知事から示された指示措置と同等以上の効果を有すると認められる措置を選択することができる。
実施措置完了報告書	汚染の除去等の措置に係る全ての工程が完了した際に提出する報告書（土壤汚染対策法施行規則様式第11）
詳細調査	汚染除去等計画の作成のために必要な情報を得るための調査。基準不適合土壤等の範囲及び深さ等を把握する。
処理土壤	区域内措置の実施において要措置区域等内に設置した施設において、浄化又は不溶化等の処理を行った土壤
措置完了条件	要措置区域における汚染の除去等の措置を完了するための条件。具体的には目標土壤溶出量及び目標地下水濃度を指す。
措置完了条件計算ツール	措置完了条件（目標土壤溶出量及び目標地下水濃度）を算出するためのツール。特定有害物質の種類、帯水層の土質及び厚さ等を入力する。環境省ウェブサイトで公開されている。 URL： https://www.env.go.jp/water/dojo/law/kaisei2009/tool2_moku_v1.xlsx
第一種特定有害物質	揮発性有機化合物とも称され、クロロエチレン（別名塩化ビニル又は塩化ビニルモノマー）、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン（別名塩化ビニリデン）、1,2-ジクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン（別名D-D）、ジクロロメタン（別名塩化メチレン）、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、ベンゼンの12項目が該当する。
第二種特定有害物質	重金属等とも称され、カドミウム及びその化合物、六価クロム化合物、シアン化合物、水銀及びその化合物、セレン及びその化合物、鉛及びその化合物、砒素及びその化合物、ふっ素及びその化合物、ほう素及びその化合物の9項目が該当する。

第三種特定有害物質	農薬等とも称され、2-クロロ-4,6-ビス（エチルアミノ）-1,3,5-トリアジン（別名シマジン又はCAT）、N,N-ジエチルチオカルバミン酸S-4-クロロベンジル（別名チオベンカルブ又はベンチオカーブ）、テトラメチルチウラムジスルフィド（別名チウラム又はチラム）、ポリ塩化ビフェニル（別名PCB）、有機りん化合物（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EPN）に限る。）の5項目が該当する。
第二溶出量基準	土壌に水を加えた場合に溶出する特定有害物質の量で、遮水工封じ込め措置又は原位置封じ込め措置の適用性を判断する基準（土壌汚染対策法施行規則第9条第1項第2号、別表第3）
地下水基準	地下水に含まれる特定有害物質の量に関する基準（土壌汚染対策法施行規則第7条第1項、別表第2）
地下水の摂取等によるリスク	汚染土壌（基準不適合土壌）からの特定有害物質の溶出に起因する汚染地下水の摂取等による健康リスク
直接摂取によるリスク	汚染土壌（基準不適合土壌）を直接摂取することによる健康リスク
適用可能性試験	措置技術又は処理技術の適用性を検討する上で、事前に基準不適合土壌等を用いて処理技術の適用性及び適用条件を決定するために、室内等で実施する試験
特定有害物質	土壌汚染対策法で定める物質で、土壌に含まれることに起因して人の健康に係る被害を生ずるおそれがあるもの。土壌汚染対策法施行令第1条で規定される26項目で、施行規則第4条第3項第2号イ及びロにより第一種特定有害物質～第三種特定有害物質に区分される。
土壌含有量基準	土壌に含まれる特定有害物質の量に関する基準（土壌汚染対策法施行規則第31条第2項、別表第5）
土壌溶出量基準	土壌に水を加えた場合に溶出する特定有害物質の量に関する基準（土壌汚染対策法施行規則第31条第1項、別表第4）
反応生成物	措置技術又は処理技術の適用によって、特定有害物質が化学反応することにより発生するおそれのある物質
評価地点	工事の実施後に地下水基準に適合することを評価する地点。要措置区域の地下水の下流側かつ、要措置区域の指定の事由となった飲用井戸等より上流側に設定する。
分解生成物	自然的要因又は措置技術の適用によって、特定有害物質が分解する過程で発生する物質
目標地下水濃度	評価地点で地下水基準に適合するために、要措置区域において達成すべき地下水濃度。地下水基準を設定することも可。
目標土壌溶出量	評価地点で地下水基準に適合するために、要措置区域において達成すべき土壌溶出量。第二溶出量基準値以下の値を設定する。土壌溶出量基準を設定することも可。
油類	油臭・油膜等、生活環境上の支障を発生させるおそれのある土壌・地下水中の鉱油（アスファルトは除く。） 土壌や地下水に含まれる油（鉱油及び動植物油等）で、土壌・地下水の処理に当たって悪影響を与えるおそれのあるもの
要措置区域	特定有害物質によって汚染されており、当該汚染による人の健康に係る被害を防止するために、汚染の除去、汚染の拡散の防止その他の措置を講ずることが必要な区域として、都道府県知事が土壌汚染対策法第6条に基づいて指定する土地の区域
要措置区域等	要措置区域又は形質変更時要届出区域

区域内措置の位置付け

区域内措置は、一般に掘削除去（区域外処理）以外の要措置区域内で実施される措置の総称で、① オンサイト措置と② 原位置措置とに大別されます。



図一1 区域内措置の位置付け

区域内措置は、① 要措置区域の指定の解除、② 要措置区域から形質変更時要届出区域への移行、③ 要措置区域の汚染の拡大の防止を目的として実施されるものです。

本ガイドブックでは、基準不適合土壌の掘削を行い、かつ、汚染土壌処理施設への搬出を行わない措置（ただし、土壌汚染対策法第 16 条で定める調査により都道府県知事の認定を受けた土壌の搬出は含まない。）を「オンサイト措置」と呼び、掘削を行わずに原位置で実施する措置を「原位置措置」と呼んでいます。

土壌汚染対策法としての措置の分類と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 3 版）に示されている工法について、その概要と、オンサイト措置・原位置措置の区分を表一 1 及び表一 2 にまとめます。

なお、表一 1 には、当該ガイドラインに掲載されていない最新の措置技術についても紹介していますので、実施に当たっては参考にしてください。

表-1 地下水の摂取等によるリスクに係る区域内措置の概要

分類	種類	対象物質となる特定有害物質*1			工法の概要	
		第一種	第二種	第三種		
土壌汚染の管理	地下水汚染が生じていない土地の地下水の水質の測定	○	○	○	地下水汚染が発生していない時に適用できる方法で、特定有害物質が周辺へ拡散していない状態を確認する方法です。	
	地下水汚染が生じている土地の地下水の水質の測定	○	○	○	地下水汚染が発生しているが、特定の条件を満たしている時に適用できる方法で、特定有害物質が周辺へ拡散していない状態を確認する方法です。	
	原位置封じ込め	○	○	○	基準不適合土壌をそのままの状態で行き止まりすることにより、特定有害物質が広がることを防止する方法です。	
	遮水工封じ込め	○	○	○	掘削した基準不適合土壌を地下水の浸出を防止する構造部の中に封じ込めることにより、特定有害物質が広がることを防止する方法です。	
	地下水汚染の拡大の防止	○	○	○	地下水を揚水したり、浄化壁を通過させたりすることで、対象地から汚染地下水の拡大を防止する方法です。	
	遮断工封じ込め	—	○	○	掘削した基準不適合土壌を水密性の鉄筋コンクリート構造物等の中に封じ込めることにより、特定有害物質が広がることを防止する方法です。	
	不溶化埋め戻し	—	○	—	掘削した基準不適合土壌に薬剤を添加し特定有害物質が水に溶け出さないようにした後、埋め戻す方法です。	
	原位置不溶化	—	○	—	基準不適合土壌に薬剤を注入、あるいは注入・攪拌することによって特定有害物質が水に溶け出さないようにする方法です。	
オンサイト浄化	熱処理	○	△ 水銀、 シアン化合物	○	掘削した基準不適合土壌を加熱することにより特定有害物質を抽出又は分解した後、埋め戻す方法です。	
	洗浄処理	×	○	○	掘削した土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を除去した後、埋め戻す方法です。	
	化学処理	○	△ シアン化合物	○	掘削した基準不適合土壌に薬剤を添加し、化学的に特定有害物質を分解した後、埋め戻す方法です。	
	生物処理	○	△ シアン化合物	△	基準不適合土壌を掘削し、微生物により特定有害物質を分解、浄化した後、埋め戻す方法です。	
	抽出処理	○	×	×	基準不適合土壌を掘削し、真空抽出、あるいは添加剤を添加して土壌温度を上昇させることにより特定有害物質を抽出し捕集した後、埋め戻す方法です。	
	磁力選別*2	×	△ ほう素を除く。	×	基準不適合土壌を掘削し、磁性吸着材（鉄粉等）を混合して、特定有害物質を吸着させた後、これを磁石で回収し、特定有害物質を除去した後、埋め戻す方法です。	
土壌汚染の除去	原位置抽出	土壌ガス吸引	○	×	×	吸引装置で土壌中に含まれる特定有害物質を回収する方法です。
		地下水揚水	○	○	○	地下水に溶け込んだ特定有害物質を地下水とともに汲み上げることで、回収する方法です。
		エアースパージング	○	×	×	地下水の中に空気を送り込み、地下水中に含まれる特定有害物質の揮発を促進させ、揮発したガスを回収する方法です。
		加熱脱着*2	○	△ 水銀	△ PCB	土壌中に加熱井戸を設置し、土壌を加熱し、土壌中の特定有害物質の液相への溶出を促進させ分解若しくは抽出、又は気相への揮発を促進させ抽出し回収する方法です。
	原位置分解	化学処理	○	△ シアン化合物	△	薬剤を添加し、化学的に特定有害物質を分解する方法です。
		生物処理	○	△ シアン化合物	△	微生物により特定有害物質を分解する方法です。
	ファイトレメディエーション	△	△	△	植物により特定有害物質を吸収する方法です。	
	原位置土壌洗浄	○	○	○	基準不適合土壌に水や薬剤等を注入して、特定有害物質を溶け出させた後、揚水等によって回収する方法です。	

*1 ○:全ての物質に適用可、△:一部の物質に適用、×:適用できない、—:対象外

*2 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3版)には掲載されていないが、最新技術として参考に示す。

オンサイト措置
 原位置措置

表一2 直接摂取によるリスクに係る区域内措置の概要

分類	種類	対象物質となる特定有害物質*1			工法の概要	
		第一種	第二種	第三種		
土壌汚染の管理	舗装*2	—	○	—	基準不適合土壌の表面を被覆することで人への暴露を物理的に遮断する方法です。	
	立入禁止	—	○	—	基準不適合土壌のある範囲の周囲に立入りを防止する囲いを設け、暴露を物理的に遮断する方法です。	
	土壌入換え*3 (区域外土壌入換え)	—	○	—	基準不適合土壌を基準に適合した土壌で被覆することで人への暴露を物理的に遮断する方法です。	
	土壌入換え (区域内土壌入換え)	—	○	—	基準不適合土壌を深部の基準に適合した土壌で入れ換えることで人への暴露を物理的に遮断する方法です。	
	盛土	—	○	—	基準不適合土壌の表面を被覆することで人への暴露を物理的に遮断する方法です。	
土壌汚染の除去	オンサイト浄化	熱処理	—	△ 水銀、 シアン化合物	—	掘削した基準不適合土壌を加熱することにより特定有害物質を抽出又は分解した後、埋め戻す方法です。
		洗浄処理	—	○	—	掘削した土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を除去した後、埋め戻す方法です。
		化学処理	—	△ シアン化合物	—	掘削した基準不適合土壌に薬剤を添加し、化学的に特定有害物質を分解した後、埋め戻す方法です。
		生物処理	—	△ シアン化合物	—	基準不適合土壌を掘削し、微生物により特定有害物質を分解した後、埋め戻す方法です。
	原位置浄化	原位置土壌洗浄	—	○	—	基準不適合土壌に水や薬剤等を注入して、特定有害物質を溶け出させた後、揚水等によって回収する方法です。
		原位置分解	—	△ シアン化合物	—	薬剤を添加し、化学的に特定有害物質を分解する方法です。
ファイトレメディエーション		—	△	—	植物により特定有害物質を吸収する方法です。	

*1 ○:全ての物質に適用可、△:一部の物質に適用、×:適用できない、—:対象外

*2 表一1の封じ込め措置(原位置、遮水工、遮断工)における上部の覆い(舗装)も該当

*3 土壌入換え(区域外土壌入換え)は、全ての基準不適合土壌を掘削除去しない場合

	オンサイト措置
	原位置措置

注：表一2中の土壌汚染の除去措置に関する説明は共通する事項についてのみ示しており、詳細な説明は「地下水の摂取等によるリスクに係る措置」の該当技術を参照してください。

土壤汚染対策の考え方

1. 措置の考え方

土壤汚染対策のことを法では「措置」と呼んでいます。

特に地下水の摂取等に関する基準に不適合な土壤については、措置の考え方が大きく三つに区分できます。

- ① 暴露管理：土壤汚染により汚染された地下水の摂取等の抑制又は汚染がないことの確認
- ② 暴露経路の遮断：基準不適合土壤に含まれる特定有害物質が周辺の地下水を汚染することの抑制
- ③ 土壤汚染の除去：基準不適合土壤中に含まれる特定有害物質の抽出・分解又は当該土地からの搬出

①「暴露管理」としては、地下水の水質の測定が実施されます。

②「暴露経路の遮断（土壤汚染の管理）」は、封じ込め、不溶化及び地下水汚染の拡大の防止等が実施されます。

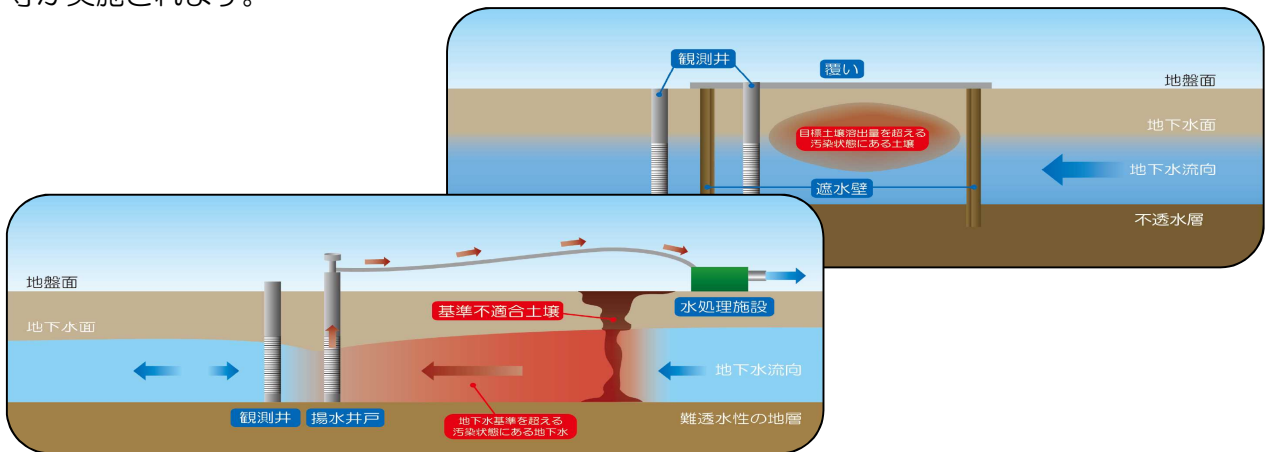


図-2 原位置封じ込め（右上）及び地下水汚染の拡大の防止：揚水施設（左下）の例

③「土壤汚染の除去」は、区域外処理（掘削除去）と区域内措置（オンサイト浄化、原位置浄化）とに区分され、区域内措置としては抽出・分解・洗浄等が行われます。

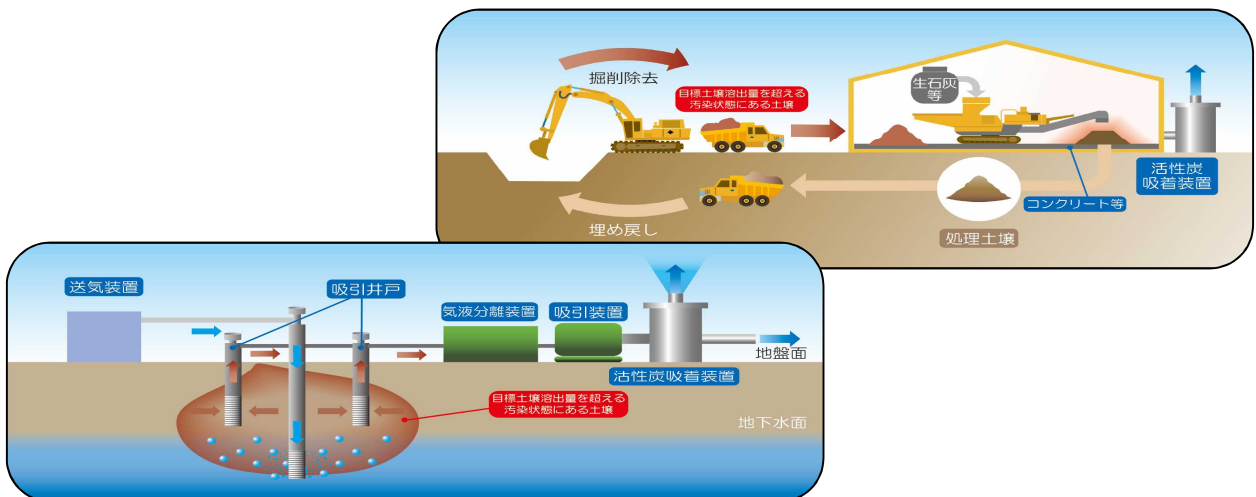


図-3 オンサイト浄化（抽出処理；右上）及び原位置浄化（原位置抽出；左下）の例

2. 措置のメカニズム

土壌汚染は、一般に「蓄積性（ストック）汚染」と考えられており、一度汚染された土壌は、自然状態では短時間で浄化し難いものです。措置のメカニズムとしては、以下のようなものがあります。

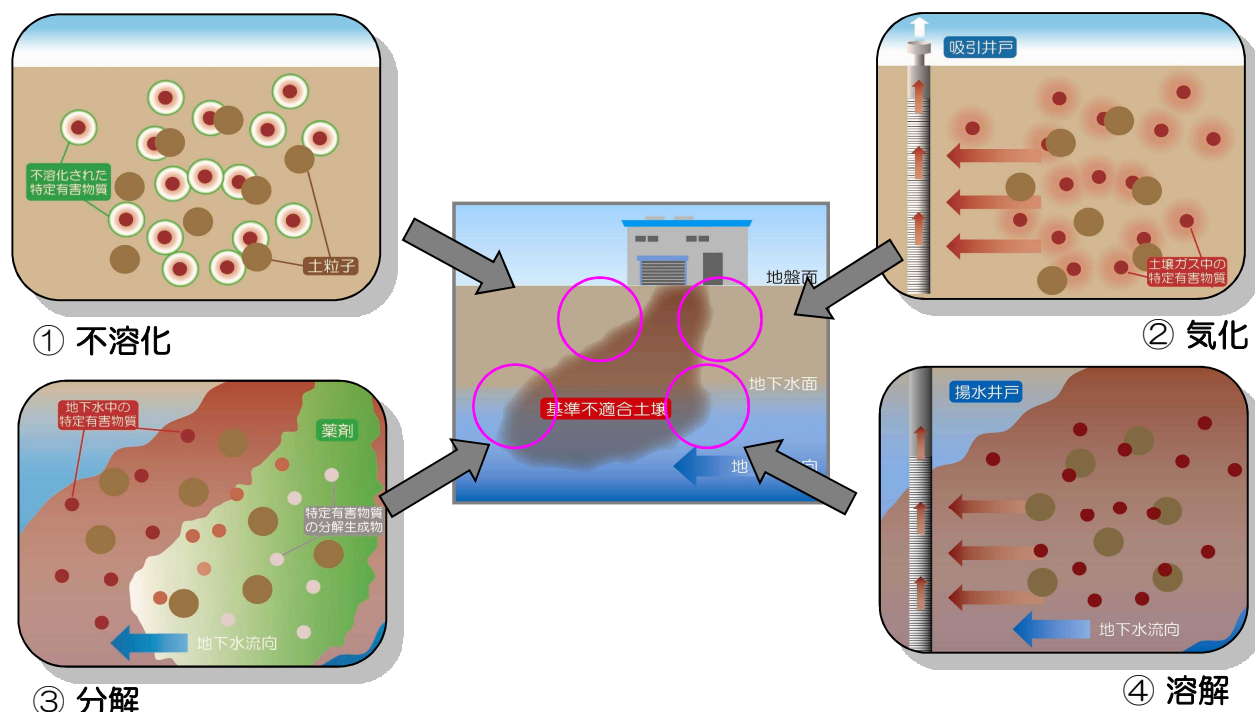


図-4 土壌汚染に対する措置のメカニズム

- ①「不溶化」は、特定有害物質を水に溶けないような状態に変化させる方法です。固化も同様な方法です。
- ②「気化」は、揮発性のある特定有害物質が気化した状態になった部分を抽出する浄化方法です。土壌ガス吸引法と呼ばれる原位置浄化法が代表的です。
- ③「分解」は、化学物質や微生物等を用いて特定有害物質そのものを分解する浄化方法です。化学処理（還元分解や酸化分解）、生物処理等が代表的で、オンサイト浄化や原位置浄化が可能です。第一種特定有害物質の分解については、分解生成物も特定有害物質である場合があるので注意が必要です。
- ④「溶解」は、特定有害物質が溶解（ないしは微細な状態で地下水に移流）した地下水を汲み上げた上で特定有害物質を除去するなどして浄化する方法（抽出の一つ）です。地下水揚水法が代表的な例です。

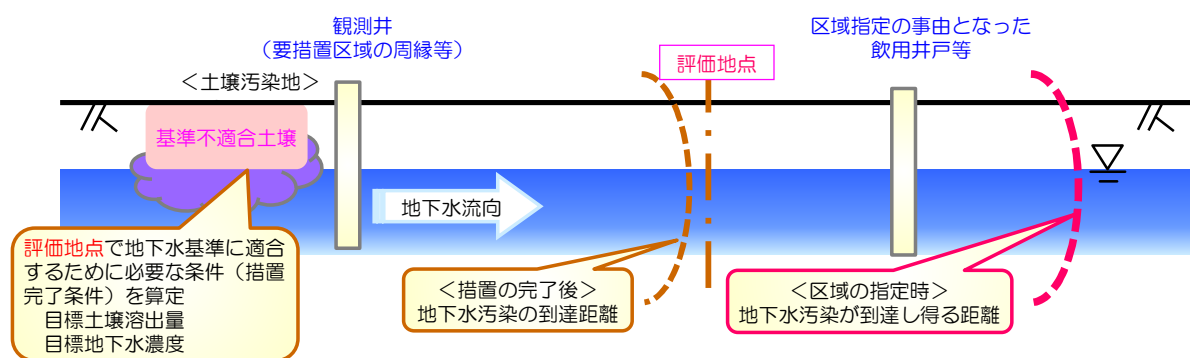
3. 地下水の摂取等によるリスクに係る汚染の除去等の措置の完了について

地下水の摂取等によるリスクに係る汚染の除去等の措置では、要措置区域の地下水の下流側かつ要措置区域の指定の事由となった飲用井戸等より地下水の上流側において、評価地点を設定し、この評価地点で地下水基準に適合するために達成しなければならない目標土壌溶出量及び目標地下水濃度を設定します。目標土壌溶出量及び目標地下水濃度を算出するに当たっては、環境省ウェブサイトで公開している「措置完了条件（目標土壌溶出量・目標地下水濃度の計算）の計算ツール」を活用してください。なお、目標土壌溶出量と目標地下水濃度をそれぞれ土壌溶出量基準、地下水基準に設定することもできます（その場合は、措置完了条件計算ツールを活用する必要はありません。）。

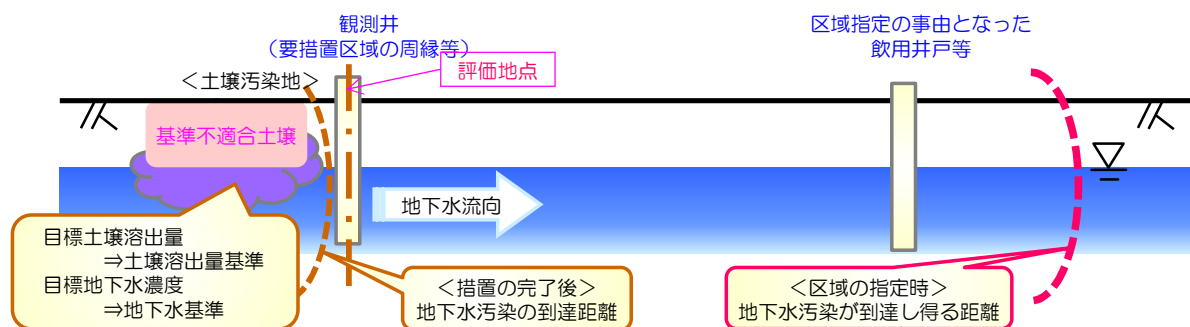
この措置を完了させるには、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌がある範囲について措置（工事）を行い、工事完了後にその効果を確認するため、要措置区域内の地下水の下流側の工事を行った場所の周縁等に設置した観測井において、目標地下水濃度を超えない汚染状態であることを確認することになります。

ここで、目標土壌溶出量及び目標地下水濃度として、それぞれ土壌溶出量基準及び地下水基準ではない値を設定した場合、措置の完了後、要措置区域は解除されますが、土壌溶出量基準に適合しない土壌が残ることになりますので、改めて形質変更時要届出区域の指定を受けます。一方、土壌汚染の除去措置において、評価地点を土壌汚染地の周縁に設定し、目標土壌溶出量と目標地下水濃度をそれぞれ土壌溶出量基準、地下水基準に設定した場合、土壌溶出量基準に適合しない土壌を全て除去しますので、措置の完了後、要措置区域が解除され、形質変更時要届出区域にも指定されることはありません。

したがって、地下水の摂取等によるリスクに係る土壌汚染の除去措置の完了後の区域は、「形質変更時要届出区域」又は「区域指定の解除（形質変更時要届出区域の指定も受けない。）」となります。



(1) 評価地点を土壌汚染地より地下水流向下流側に設定した場合



(2) 評価地点を土壌汚染地の周縁に設定した場合

図一五 評価地点及び措置完了条件の考え方

共通工事の説明

1. 共通工事の説明

区域内措置を実施するためには、通常、基準不適合土壌の掘削や運搬、又は土壌の掘削に伴う鋼矢板等の山留め壁の打設、揚水した汚染地下水の処理等を行います。これらの工事（「共通工事」という。）は区域内措置の一環として行われるため、実施に当たっては、基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講じなければなりません。

この章では、主な共通工事を行う際の汚染拡散防止措置の考え方を示すとともに、汚染拡散防止及び周辺環境管理の観点から環境測定の実施参考例を示します。

なお、区域外処理を実施する場合も、基準不適合土壌の掘削等を行うことから、本ガイドブックを参考にしてください。また、要措置区域等外に基準不適合土壌を運搬し、汚染土壌処理施設で処理する場合は、運搬に関するガイドラインや処理業に関するガイドラインに則らなければなりませんので、それらのガイドラインを確認してください。

2. 主な共通工事における汚染拡散防止措置の考え方

共通工事のうち、汚染拡散防止の観点から特に留意を喚起すべき工事を取り上げ、表－1に留意点を示します。なお、各区域内措置に応じた汚染拡散防止措置の留意点はそれぞれの章に記載してありますので、確認してください。

表－1 共通工事における汚染拡散防止措置の留意点

共通工事	汚染拡散防止措置の留意点	関連する区域内措置
基準不適合土壌の掘削	掘削時に基準不適合土壌又は特定有害物質が飛散、揮散又は流出しないよう、現場の状況に応じた飛散防止措置等を行う。	・オンサイト措置全般
基準不適合土壌の仮置き・積替え	積替えまでの仮置き期間中、飛散等及び異臭の発散の防止の措置*1を行うとともに、当該場所に新たな汚染が生じないように地下浸透防止措置*2を行う。	・オンサイト措置全般
掘削した基準不適合土壌の含水率調整又は分別等処理	含水率調整又は分別等処理のために補助材料を添加混合する際に、基準不適合土壌が飛散しないよう、現場の状況に応じた飛散防止措置を行う。また、この作業を行う場所は、基準不適合土壌と接触したり、汚染が浸透したりしないように地下浸透防止措置*2を行う。 特に、第一種特定有害物質による基準不適合土壌を対象とする場合は、現場の状況に応じ、オンサイト浄化（抽出処理）に準じた汚染拡散防止措置を行うことが望ましい。	・オンサイト措置全般
揚水した汚染地下水の水処理	揚水した汚染地下水の飛散、揮散又は流出を防止するために、当該水処理施設は、飛散等及び異臭の発散の防止の措置*1及び地下浸透防止措置*2を行う。	・揚水処理を伴うオンサイト措置 ・汚染地下水の処理を伴う原位置措置

*1 飛散等及び異臭の発散の防止の措置は、運搬に関するガイドラインにおける「積替え場所」の項目を参考にすること。

*2 地下浸透防止措置は、運搬に関するガイドラインにおける「積替え場所」の項目を参考にすること。

3. 環境測定の実施参考例

区域内措置においては、上述した共通工事も含め、汚染の除去等の措置を実施する際は、措置の実施に伴う汚染拡散防止措置を講じなければならず、それが機能しているか監視するために、現場の状況に応じた環境測定計画を策定し、実施することが望まれます。

この環境測定計画の事例として、地下水の水質の測定に係る計画例を表-2に、地下水以外の環境測定の実施参考例として、主なものを表-3に示します。なお、後者の測定は、主に作業エリア内あるいは敷地境界等で行われます。

表-2 環境測定のうち地下水の水質の測定に係る計画の例

地下水の水質の測定に係る計画項目	参考事例
地下水の水質の測定に係る対象	地下水の水質・水位（濃度・水位の分布、時系列変化）
対象物質	措置の対象となる特定有害物質、措置に用いられた薬剤や副生成物等の項目
地下水の水質の測定に係る場所	措置を実施する区域の四方位周縁、地下水の上流及び下流
地下水の水質の測定に係る頻度	日常管理：項目によって毎日～1回/週 定期管理：例えば4回/年
測定期間	措置に伴う工事の着工前から工事完了後まで（汚染の除去等の種類によっては、措置期間中）
測定方法	日常管理：簡易測定法 定期管理：公定法
管理基準	土壌汚染対策法の地下水基準等

表-3 地下水以外の環境測定の実施参考例

地下水以外の環境測定の事象		地下水以外の環境測定の方法	留意事項
大分類	小分類		
大 気	浮遊粉じん	ベータ線吸収方式	風向等に留意
	浮遊粉じん中 対象物質	ハイボリュームエアースンプラ ー採取・分析	同上
	排出ガス	ガスモニタリング機器、ガス検 知管等	同上
水 質	降雨時の表層水	サンプリング採取瓶	
	排水	同上	
土 壤	周辺土壌	降下粉じんを対象とし、ダスト ジャー採集・分析	同一場所でのサンプリング比較
地盤沈下	周辺地盤	水準測量	地下水揚水に伴う地盤沈下
騒音・振動、 異臭	敷地境界	騒音計、振動計、臭気計	騒音及び臭気は、風向等に留意

4. 揮発性のある特定有害物質による土壤汚染地における大気中濃度の監視例

4. 1 目的

土壤汚染対策法では、施行通知¹⁾において「揮発性のある特定有害物質による土壤汚染地において土地の形質の変更を伴う措置を実施する場合にあっては、当該物質の揮散による大気汚染のおそれがあることから、土壤汚染地における当該物質の大気中濃度を監視することが望ましい。(通知の記の第4の1(6)⑥ウ)」とされています。

したがって、区域内措置を実施するに当たっても措置の対象物質が揮発性のある特定有害物質の場合、措置実施期間中は、大気中濃度を監視することが望ましいと考えられます。大気中濃度の監視を行うことが望ましい区域内措置としては、例えば、次のようなものが考えられます。

① 土壤の掘削を伴う区域内措置

② 特定有害物質を分解するのではなく、積極的にガス状態に変化させて対象土壤から特定有害物質を抽出する区域内措置

③ ガス処理施設を設置する区域内措置 (処理ガスの排出口等におけるガス濃度の測定)

なお、大気濃度を監視する場合、措置実施前と実施中の濃度の比較を原則とするのが一般的ですが、次節以降に示す各項目について濃度測定計画を策定するに当たっては、事前に都道府県等へ相談することが望ましいと考えられます。

4. 2 測定対象物質

土壤汚染対策法ガイドライン第3編「汚染土壤の処理業に関するガイドライン」²⁾においては、大気有害物質として16物質が掲げられています(表-4)。

区域内措置においては、対象物質が限られていることから、表-4に挙げられた全ての項目について測定を実施する必要はありません。対象物質及びその処理方法を鑑み、適切な項目を選定し、測定計画を立案し、汚染除去等計画に盛り込むことが必要です。また、①～⑥に挙げられている物質は粉じんとして採取されますので、必要に応じて選定することになります。

表-4 大気有害物質と許容限度(浄化等処理施設又はセメント製造施設)

大気有害物質の種類	許容限度(排出ガス1 m ³ 当たり)
① カドミウム及びその化合物	1.0 mg
② 塩素	30 mg
③ 塩化水素	700 mg
④ ふっ素、ふっ化水素及びふっ化けい素	10 mg
⑤ 鉛及びその化合物	20 mg
⑥ 窒素酸化物	250 cm ³ * ¹ (排出ガス量が10万 m ³ /日未満の浄化等処理施設又はセメント製造施設にあっては、350 cm ³)
⑦ 水銀及びその化合物	規定値なし * ²
⑧ ダイオキシン類	
⑨ クロロエチレン	規定値なし * ³
⑩ 1,2-ジクロロエタン	
⑪ ジクロロメタン	
⑫ テトラクロロエチレン	
⑬ トリクロロエチレン	
⑭ 砒素及びその化合物	
⑮ ベンゼン	
⑯ PCB	

* 1 大気汚染防止法施行規則の一部を改正する総理府令附則第6項の経過措置の適用を受けるセメント製造施設は、480 cm³。

* 2 許容限度の規定値はないが、汚染土壤が適正に処理されているかを確認する観点から測定しなければならない。水銀及びその化合物については、排出口における濃度の上限値が0.05～0.2 mg/m³の範囲に、ダイオキシン類については、排出口における濃度の上限値が0.1 ng-TEQ/Nm³となるように処理設備を設けることが望ましい。

* 3 許容限度の規定値はないが、汚染土壤が適正に処理されているかを確認する観点から、測定することが望ましい。

4. 3 測定地点

特定有害物質の大気中濃度の測定地点については、その目的により適宜設定します。一般的には措置実施範囲の境界で測定されることとなります。措置実施範囲が広い場合は四方向での測定が、狭い場合は環境保全上最も重要と考えられる地点における測定が考えられます。また、特定有害物質の処理装置を対象とする場合であれば、処理ガスの排出口における濃度を測定します。なお、テント等の密閉系の作業環境であれば、テントの排気口等での測定が必要な場合も考えられます。

許容限度が決められていない物質の濃度測定については、措置実施前と実施中の濃度の比較による方法や、処理装置の前後2か所の測定値の比較により、処理が的確に行われていることを記録することも考えられます。

4. 4 測定頻度

浄化等処理施設又はセメント製造施設では表-4のうち、許容限度が決められている①～⑥の物質については3月に1回以上の測定^{*}が、許容限度が決められていない⑦、⑧については1年に1回以上の測定が義務付けられており、⑨～⑯については1年に1回以上の測定が望ましいとされています。

※ただし、任意の申請により、許容限度を超えない排出を続けていることが都道府県知事により確認されれば、1年に1回以上測定をすればよい。

区域内措置においては、工事の実施期間が限られており、汚染土壌処理施設に比較して設置期限が短いこと、処理施設が簡易になることから、測定頻度は措置実施期間に応じて適切に設定することが望ましいと考えられます。

4. 5 測定方法

大気有害物質の濃度の測定方法は、許容限度が決められている①～⑥の物質については平成22年環境省告示第25号「大気有害物質の量の測定方法を定める件」³⁾を参考に実施します。また、許容限度が決められていない⑦～⑯については「汚染土壌処理施設に係る『大気有害物質（数値的評価を行う必要がない物質）の量の測定方法』の一部改正について」⁴⁾を参考に実施します。

なお、上記の測定に加えて日々の揮発性ガスのモニタリングとして、ガス検知管やガスモニター等の現場測定器を使用する場合があります。

表-5 環境大臣が定める大気有害物質の量の測定方法^{*}

大気有害物質の種類	測定方法
カドミウム及びその化合物	大気汚染防止法施行規則(昭和46年厚生省・通商産業省令第1号。以下「規則」という。)別表第3備考1に掲げる方法
塩素	規則別表第3備考1に掲げる方法
塩化水素	規則別表第3備考2に掲げる式により算出する方法
ふっ素、ふっ化水素及びふっ化けい素	規則別表第3備考1に掲げる方法
鉛及びその化合物	規則別表第3備考1に掲げる方法
窒素酸化物	規則別表第3の2備考に掲げる式により算出する方法

* 大気有害物質の量の測定方法を定める件(平成22年3月環境省告示第25号)別表から引用

表－6 大気有害物質（数値的評価を行う必要がない物質）の量の測定方法*

測定項目	採取及び測定方法	備考等
クロロエチレン、 1,2-ジクロロエタン、 ジクロロメタン、 テトラクロロエチレン、 トリクロロエチレン、 ベンゼン	『排出ガス中のテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン及びベンゼンの測定方法(有害大気汚染物質測定方法マニュアル第2編排出中の指定物質の測定方法マニュアル)』に準じて行うこと。 採取方法は捕集バッグ、真空瓶、キャニスター又は捕集管のいずれかを用いることとする。 ただし、真空瓶によりクロロエチレン及びジクロロメタンの採取を行なう場合には、真空瓶中に水分や溶剤が凝縮しない試料にのみ適用すること。 測定はクロロエチレン及びベンゼンにあっては水素炎イオン化検出器を用いるガスクロマトグラフ法(GC-FID)又はガスクロマトグラフ質量分析法(GC/MS)、その他にあっては水素炎イオン化検出器を用いるガスクロマトグラフ法(GC-FID)、電子捕獲検出器を用いるガスクロマトグラフ法(GC-ECD)又はガスクロマトグラフ質量分析法(GC/MS)のいずれかにより行うこととする。	記載のないクロロエチレン、ジクロロメタン及び1,2-ジクロロエタンの測定を行う際は、測定の妥当性の確認を行うことが望ましいこと。 また、気中のクロロエチレン及びジクロロメタンを二硫化炭素で気液抽出すると抽出効率が悪いため、両物質の測定においては、真空瓶内に水滴等が凝集する試料は、真空瓶採取法を適用しないこと。 試料の保存及び運搬においては、遮光に配慮すること。 バッグ採取に関しては、時間経過に伴いバッグ内濃度が減衰していくことを踏まえ、速やかに分析を行うこととする。 また、他の採取方法においても出来るだけ速やかに分析することが望ましいこと。
ポリ塩化ビフェニル	採取方法はJIS K0311に記載のI型採取装置を基本とし、ポリ塩化ビフェニルの低塩素化物を捕集できるものとする。 測定は、1～10塩素化の同族体ごとに定量することとし、平成4年厚生省告示第192号別表第2に示す高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計を用いること。	JIS K0311及び平成4年厚生省告示第192号別表第2を参考とすること。 ダイオキシン類の抽出液を一部用いて分析を行ってもよいこと。 処理技術が燃焼を伴う場合は、実測値に加え酸素濃度12%に酸素濃度補正した値を報告できるようにしておくこと。
ダイオキシン類	JIS K0311 とすること。	処理技術が燃焼を伴う場合のみ酸素濃度12%に酸素濃度補正した値を報告すること。
水銀	JIS K0222 とすること。	
砒素及びその化合物	JIS K0083 とすること。	

備考1 測定日時は、許可申請時に提出された測定計画書及び汚染土壌の受入れの状況を考慮して決定すること。

備考2 測定の実施においては、施設が定常運転であることに留意して行うこと。

* 汚染土壌処理施設に係る「大気有害物質（数値的評価を行う必要がない物質）の量の測定方法」の一部改正について（平成28年4月15日付け環水大土発第1604152号）から引用

引用文献

- 1) 土壌汚染対策法の一部を改正する法律による改正後の土壌汚染対策法の施行について（平成31年3月1日付け環水大土発第1903015号）
- 2) 土壌汚染対策法ガイドライン第3編：汚染土壌の処理業に関するガイドライン（改訂第4版），平成31年3月
- 3) 大気有害物質の量の測定方法を定める件（平成22年3月環境省告示第25号）
- 4) 汚染土壌処理施設に係る「大気有害物質（数値的評価を行う必要がない物質）の量の測定方法」の一部改正について（平成28年4月15日付け環水大土発第1604152号）

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

地下水汚染が生じていない土地の地下水の水質の測定（土壌汚染の管理）

適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

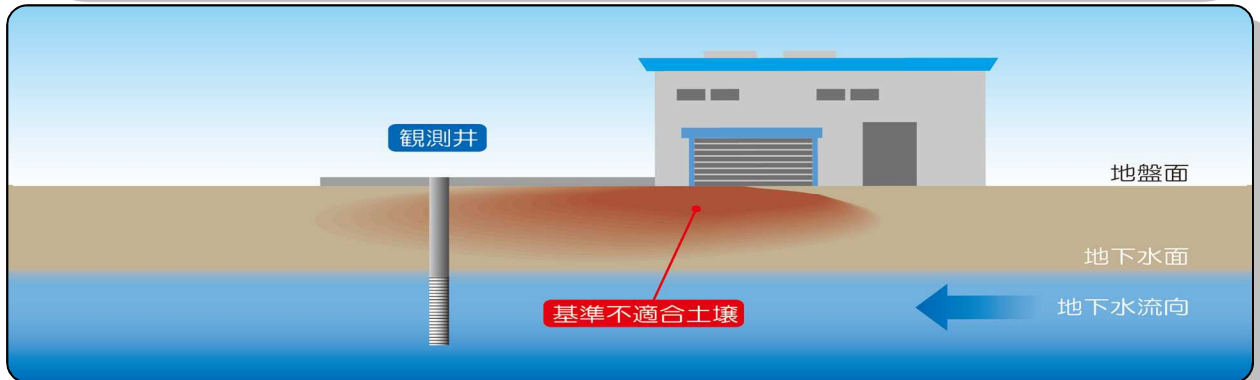
第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	○	○	形質変更時要届出区域

措置技術の概要

土壌溶出量基準に適合しない土壌が存在はするが、それに起因する地下水汚染が生じていないことが確認されている場合に、地下水の水質を測定（モニタリング）し、地下水汚染が生じていないことを確認し続けることによって汚染の拡散を防止する措置です。

本措置では、土壌溶出量基準に適合しない地点の周辺でかつ地下水汚染の発生を的確に把握できると考えられる場所で、地下水の水質の測定用の井戸を設置し、1年目に4回以上、2年目～10年目までは1年に1回以上、11年目以降は2年に1回以上、当該特定有害物質の地下水の水質を測定し、都道府県知事等へ報告します。

なお、この測定を5年以上継続して実施しており、かつ直近の2年間に於いて年4回以上実施しており、今後、地下水基準に適合しないおそれがないことが確認できた場合は、措置の完了を報告することができます。



「平成21年度技術委員会オンサイト措置普及検討事業報告書」（一社）土壌環境センター（以下「（一社）土壌環境センター報告書」という。）の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 地下水の水質の測定用観測井（以下「観測井」という。）は、対象とする要措置区域で最も土壌溶出量が多い地点やその地下水流向の下流側等、地下水汚染の発生をできるだけ早期に的確に把握できるような位置に設置します。
- 観測井の深度方向の構造（スクリーンの位置等）は、対象とする帯水層ごとの地下水を採取できるようにすることが必要です。
- 地下水の採取に当たっては、事前に観測井にて十分なパーージをすること、また、採取時に対象有害物質の揮発や物理・化学的変状がないように留意することが重要です。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 観測井設置時には、表層等の基準不適合土壌の落とし込みや、騒音・振動・異臭、掘削に伴い発生した基準不適合土壌の拡散に留意して工事を行います。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 地下水汚染が生じていないことを確認するための措置ですので、地下水汚染の生じやすい第一種特定有害物質による汚染に適用する場合や、基準不適合土壌が地下水位よりも低い位置に存在する場合の本措置の適用には慎重な判断が必要です。

地下水汚染が生じていない土地の地下水の水質の測定の説明（1 / 2）

1. 措置技術の説明

地下水汚染が生じていない土地の地下水の水質の測定とは、土壌溶出量基準に適合しない土壌が存在するが、それに起因する地下水汚染が生じていないことが確認されている場合に、地下水の水質を測定（モニタリング）し、地下水汚染が生じていないことを確認し続けることによって汚染の拡散を防止する措置です。

この措置は、地下水汚染が生じないことを確認するものですから、措置の期限は定められませんので、要措置区域のまま実施措置の効果を維持していく必要があります。しかしながら、ある一定の条件（次節参照）を満たせば、措置の完了を報告することができ、その場合は、要措置区域が解除され、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

当該基準不適合土壌を起因とし仮に地下水汚染が生じた場合、それをいち早く、確実に把握することが、この措置を行う場合の品質管理上のポイントです。したがって、観測井の設置位置は、対象とする要措置区域で最も土壌溶出量が多い地点や、その地点から地下水の流れの下流側等に設置することが基本となります。ただし、地下水流向の下流側といっても当該地点から遠く離れた場所に設置すれば、汚染が発生した場合、その発見が遅れることとなります。したがって、できるだけ当該土壌汚染の存在する箇所に近い位置に、できれば複数箇所を設置する方が望まれます。

また、地下水の流向が明確でない、あるいは季節変動が想定されるなどの場合には、土壌汚染の存在する地点の周囲3点以上の複数箇所に観測井を設置し、地下水位も同時に測定することにより地下水流向と地下水の水質の両方を常時把握しておくことが望ましいといえます。

このように観測井は、地下水汚染の発生をできるだけ早期に的確に把握できるような位置を十分に吟味した上で、決定することが重要です。

また、地下水採取の対象となる帯水層は、基準不適合土壌の存在する場所の直下で最も近い帯水層が基本となります。対象帯水層の地下水を的確に採水できるように、観測井の構造や、保守・維持管理（井戸洗浄）等に常に留意し、本措置を続ける限り、正しい水質の測定が行われるように留意する必要があります。

本措置は地下水汚染が生じていないことを確認するための措置ですので、地下水汚染の生じやすい第一種特定有害物質への適用や、基準不適合土壌が地下水位よりも低い位置に存在する場合の適用に対しては特に慎重な検討が必要です。

一般的に本措置は長期間にわたり実施することが多く、分解生成物を生じる特定有害物質を対象とする場合は、措置実施期間を通じ分解生成物の量を確認することが望まれます（p. 103 参照）。

本措置について措置の完了報告を提出できる条件は、以下のとおりです。

- ①区域指定の対象物質が降雨による移動性が高い物質（六価クロム、砒素、ふっ素、ほう素、シアン、水銀（アルキル水銀を含む。）、セレン、チウラム、チオベンカルブ、シマジン及び有機りん）である場合、測定期間を通じて当該区画が降雨浸透を妨げる被覆がされておらず降雨浸透がある状態であること。
- ②地下水の水質の測定を5年以上継続して実施しており、かつ、直近の2年間において年4回以上であること。
- ③今後、地下水基準に適合しないおそれがないこと（次頁の確認方法を参照してください。）。

地下水汚染が生じていない土地の地下水の水質の測定の説明（2/2）

表 地下水基準に適合しないおそれがないことの確認方法

No.	5年以上測定を継続し、直近2年間に於いて4回以上の測定結果における地下水濃度の変化傾向	措置の完了の可否
①	<p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>地下水基準</p>	<p>上昇傾向にある</p> <p>できない</p>
②	<p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>地下水基準</p>	<p>地下水基準に近い値で変動している (①の上昇傾向及び④の低下傾向を除く)</p> <p>できない</p>
③	<p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>地下水基準</p>	<p>地下水基準を下回った変動が一定のレベルで継続している (①の上昇傾向を除く)</p> <p>できる</p>
④	<p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>地下水基準</p>	<p>低下傾向にある</p> <p>できる</p>
	<p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>地下水基準</p> <p>評価に用いるデータ</p>	

※シアン、PCB、有機りん、アルキル水銀については、濃度傾向とは関係なく検出されないこと

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

本措置を実施するに当たっては、観測井を設置する際、表層等の基準不適合土壌の落とし込みを防止するとともに騒音・振動・異臭に留意し、汚染された掘削土を適正に処理する必要があります。

4. 想定されるトラブルの例

(1) 観測井の設置位置と測定時期

本措置を実施する上で起こりうる不具合は、地下水汚染の発見が遅れることであり、防ぐためには以下に留意することが必要です。

- ・ 観測井の設置位置は、最も土壌溶出量が多い地点やその下流側を基本として、基準不適合土壌のできるだけ近くとするなど、十分検討の上、決定する。
- ・ 観測井は土壌汚染箇所にもっとも近い帯水層を対象として設置する。
- ・ 測定値から地下水の状況を的確に把握するためには、2年目以降の測定は原則として1年のうちのほぼ同じ時期（例：年4回の測定結果のうち濃度の高い時期）に行う。

(2) 地下水基準の超過が確認された場合

測定期間中に地下水濃度が地下水基準に適合しない汚染状態であることが確認された場合は、基準不適合土壌中に含まれる特定有害物質に起因する地下水汚染が生じているおそれがあるため、速やかに都道府県知事に報告する必要があります。地下水汚染が生じていると認められた場合には、改めて汚染除去等計画の作成・提出が指示されます。

【地下水の水質の測定：チェックリストの例】

措置名称：地下水汚染が生じていない土地の地下水の水質の測定

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌溶出量基準に不適合な土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				地下水汚染がないか。	地下水調査報告書等の確認	
				地下水位及び地下水流向を把握しているか。	地下水調査報告書等の確認	
		工法の設計	構造	適切な観測井の構造となっているか。	井戸構造図の確認	
				土壌汚染地周囲の適切な位置に観測井を設置する計画になっているか。	井戸配置計画の確認	
				対象物質（分解生成物を含む。）	分解生成物を含め、対象物質の濃度を適切に把握する計画となっているか。	地下水の水質の測定計画の確認
施工方法	施工方法の検討	モニタリング評価	掘削時に表層等の基準不適合土壌を落とし込まない井戸構造や施工手順になっているか。	観測井設置計画の確認		
			掘削時に発生した基準不適合土壌や泥水の汚染拡散防止措置を講ずるよう計画されているか。	観測井設置計画の確認		
期中管理	措置実施中	作業		サンプリング方法が明確に記されているか。	地下水質モニタリング計画の確認	
		モニタリング・維持管理		サンプリングの時期、季節、必要報告事項等について明確な計画があるか。	地下水質モニタリング計画の確認	
	措置完了報告時	浄化完了確認	対象物質	対象物質が降雨による移動性が高い物質の場合、降雨による浸透がある状態か。	実施措置完了報告書の内容確認	
			評価	完了報告に必要な測定の頻度、回数及び期間を満たしているか。	地下水の水質の測定結果の確認	
				地下水基準に適合しないおそれがないか。	地下水の水質の測定結果の確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

地下水汚染が生じている土地の地下水の水質の測定（土壌汚染の管理）

適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

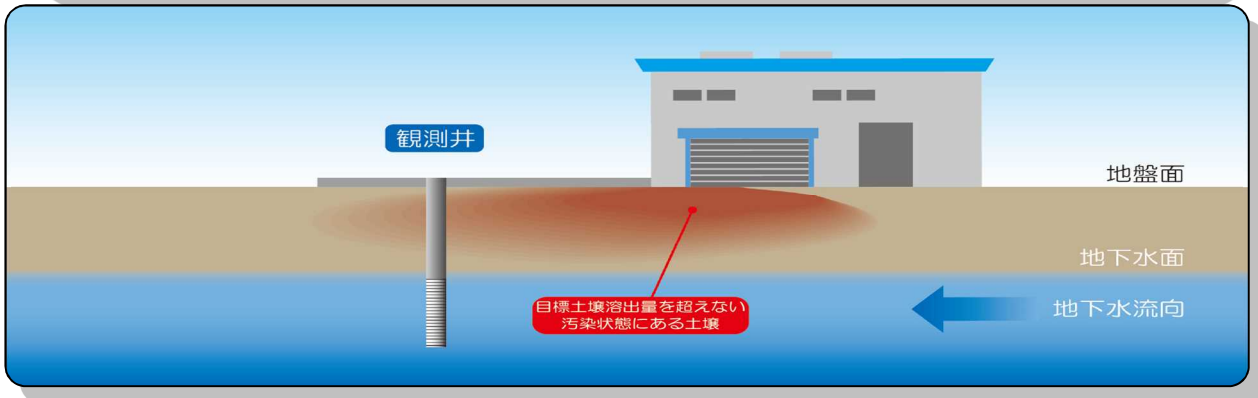
第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	○	○	形質変更時要届出区域

措置技術の概要

目標土壌溶出量を超えない汚染状態にある土壌が存在するが、それに起因する地下水の汚染状態が目標地下水濃度を超えていないことが確認されている場合に、地下水の水質を測定（モニタリング）し、目標地下水濃度を超えていないことを確認し続けることによって汚染拡散を防止する措置です。

本措置では、土壌の汚染状態が目標土壌溶出量を超えない地点の周辺でかつ目標地下水濃度を超える汚染状態にある地下水汚染の発生を的確に把握できると考えられる場所で、地下水の水質の測定用の井戸を設置し、1年目に4回以上、2年目～10年目までは1年に1回以上、11年目以降は2年に1回以上、当該特定有害物質の地下水の水質を測定し、都道府県知事等へ報告します。

なお、この測定を5年以上継続して実施しており、かつ直近の2年間において年4回以上実施しており、今後、目標地下水濃度を超えるおそれがないことが確認できた場合は、措置の完了を報告することができます。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 地下水の水質の測定用観測井（以下「観測井」という。）は、対象とする要措置区域で最も土壌溶出量が高い地点やその地下水流向の下流側等、目標地下水濃度を超える汚染状態にある地下水汚染の発生をできるだけ早期に的確に把握できるような位置に設置します。
- 観測井の深度方向の構造（スクリーンの位置等）は、対象とする帯水層ごとの地下水を採取できるようにすることが必要です。
- 地下水の採取に当たっては、事前に観測井にて十分なパージをすること、また、採取時に対象有害物質の揮発や物理・化学的変状がないように留意することが重要です。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 観測井設置時には、表層等の基準不適合土壌の落とし込みや、騒音・振動・異臭、掘削に伴い発生した基準不適合土壌の拡散に留意して工事を行います。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 目標地下水濃度を超える汚染状態にある地下水汚染が発生していないことを確認するための措置ですので、汚染拡散が生じやすい第一種特定有害物質による汚染に適用する場合や、目標土壌溶出量を超えない汚染状態にある土壌が地下水位よりも低い位置に存在する場合の本措置の適用には慎重な判断が必要です。

地下水汚染が生じている土地の地下水の水質の測定の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

地下水汚染が生じている土地の地下水の水質の測定とは、目標土壌溶出量を超えない汚染状態にある土壌が存在し、それに起因する地下水汚染が目標地下水濃度を超えていないことが確認されている場合に、地下水の水質を測定（モニタリング）し、目標地下水濃度を超える地下水汚染が生じていないことを確認し続けることによって汚染の拡散を防止する措置です。

この措置は、地下水の汚染状態が目標地下水濃度を超えないことを確認するものですから、措置の期限は定められませんので、要措置区域のまま実施措置の効果を維持していく必要があります。しかしながら、ある一定の条件（次節参照）を満たせば、措置の完了を報告することができ、その場合は、要措置区域が解除され、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水汚染が生じた場合、それをいち早く、確実に把握することが、この措置を行う場合の品質管理上のポイントです。したがって、観測井の設置位置は、対象とする要措置区域で最も土壌溶出量が多い地点や、その地点から地下水の流れの下流側等に設置することが基本となります。ただし、地下水流向の下流側といっても当該地点から遠く離れた場所に設置すれば、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水汚染が発生した場合、その発見が遅れることとなります。したがって、できるだけ当該土壌汚染の存在する箇所に近い位置に、できれば複数箇所を設置することが望まれます。

また、地下水の流向が明確でない、あるいは季節変動が想定されるなどの場合には、土壌汚染の存在する地点の周囲3点以上の複数箇所に観測井を設置し、地下水位も同時に測定することにより地下水流向と地下水の水質の両方を常時把握しておくことが望ましいといえます。

このように観測井は、目標地下水濃度を超える汚染状態にある地下水汚染の発生をできるだけ早期に的確に把握できるような位置を十分に吟味した上で、決定することが重要です。

また、地下水採取の対象となる帯水層は、目標土壌溶出量を超えない汚染状態にある土壌の存在する場所の直下で最も近い帯水層が基本となります。対象帯水層の地下水を的確に採水できるように、観測井の構造や、保守、維持管理（井戸洗浄）等に常に留意し、本措置を続ける限り、正しい水質の測定が行われるように留意する必要があります。

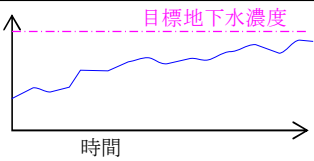
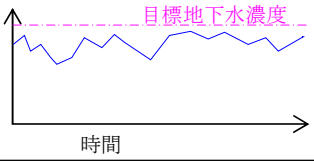
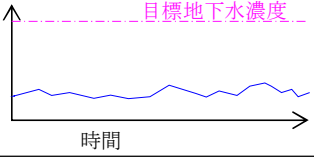
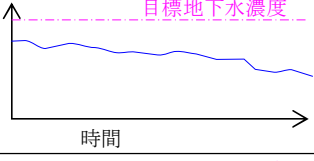
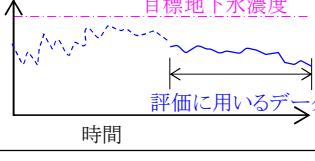
本措置は目標地下水濃度を超える汚染状態にある地下水汚染が生じていないことを確認するための措置ですので、地下水汚染の生じやすい第一種特定有害物質への適用や、目標土壌溶出量を超えない汚染状態の土壌が地下水位よりも低い位置に存在する場合の適用に対しては特に慎重な検討が必要です。

一般的に、本措置は長期間にわたり実施することが多く、分解生成物を生じる特定有害物質を対象とする場合は、措置実施期間を通じ分解生成物の量を確認することが望まれます（p. 103 参照）。本措置について実施措置完了報告を提出できる条件は以下のとおりです。

- ①区域指定の対象物質が降雨による移動性が高い物質（六価クロム、砒素、ふっ素、ほう素、シアン、水銀（アルキル水銀を含む。）、セレン、チウラム、チオベンカルブ、シマジン及び有機りん）である場合、測定期間を通じて当該区画が降雨浸透を妨げる被覆がされておらず降雨浸透がある状態であること。
- ②地下水の水質の測定を5年以上継続して実施しており、かつ、直近の2年間において年4回以上であること。
- ③今後、目標地下水濃度を超えるおそれがないこと（次頁の確認方法を参照してください。）。

地下水汚染が生じている土地の地下水の水質の測定の説明（2/2）

表 目標地下水濃度を超えるおそれがないことの確認方法

No.	5年以上測定を継続し、直近2年間に於いて4回以上の測定結果における地下水濃度の変化傾向	措置の完了の可否
①	 <p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>目標地下水濃度</p> <p>上昇傾向にある</p>	できない
②	 <p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>目標地下水濃度</p> <p>目標地下水濃度に近い値で変動している (①の上昇傾向及び④の低下傾向を除く)</p>	できない
③	 <p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>目標地下水濃度</p> <p>目標地下水濃度を下回った変動が一定のレベルで継続している (①の上昇傾向を除く)</p>	できる
④	 <p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>目標地下水濃度</p> <p>低下傾向にある</p>	できる
	 <p>地下水濃度</p> <p>時間</p> <p>目標地下水濃度</p> <p>完了条件の評価に用いるデータが低下傾向である場合を含む</p>	

※シアン、PCB、有機りん、アルキル水銀については、濃度傾向とは関係なく検出されないこと

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

本措置を実施するに当たっては、観測井を設置する際、表層等の基準不適合土壌の落とし込みを防止するとともに騒音・振動・異臭に留意し、また、汚染された掘削土を適正に処理する必要があります。

4. 想定されるトラブルの例

(1) 観測井の設置位置と測定時期

本措置を実施する上で起こりうる不具合は、目標地下水濃度を超える汚染状態にある地下水汚染の発見が遅れることです。それらを防ぐために以下に留意することが必要です。

- ・観測井の設置位置は、最も土壌溶出量が多い地点やその下流側を基本として、基準不適合土壌のできるだけ近くとするなど、十分検討の上、決定する。
- ・観測井は土壌汚染箇所にもっとも近い帯水層を対象として設置する。
- ・測定値から地下水の状況を的確に把握するためには、2年目以降の測定は原則として1年のうちのほぼ同じ時期（例：年4回の測定結果のうち濃度の高い時期）に行う。

(2) 目標地下水濃度を超える汚染状態にある地下水汚染が確認された場合

測定期間中に地下水濃度が目標地下水濃度を超える汚染状態であることが確認された場合は、基準不適合土壌中に含まれる特定有害物質に起因する新たな地下水汚染が生じているおそれがあるため、速やかに都道府県知事に報告する必要があります。目標地下水濃度を超える汚染状態にある地下水汚染が生じていると認められた場合には、改めて汚染除去等計画の変更・提出が指示されます。

【地下水の水質の測定：チェックリストの例】

措置名称：地下水汚染が生じている土地の地下水の水質の測定

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果	
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌溶出量基準に不適合な土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
				目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌がないか。	詳細調査等報告書の確認		
				目標地下水濃度を超える濃度の地下水がないか。	地下水調査、詳細調査等報告書の確認		
				地下水位及び地下水流向を把握しているか。	地下水調査、詳細調査等報告書の確認		
	工法の設計	工法の設計	構造	適切な観測井の構造となっているか。	井戸構造図の確認		
				土壌汚染地周囲の適切な位置に観測井を設置する計画になっているか。	井戸配置計画の確認		
				対象物質（分解生成物を含む。）	分解生成物を含め、対象物質の濃度を適切に把握する計画となっているか。	地下水の水質の測定計画の確認	
	施工方法	施工方法の検討	モニタリング評価	掘削時に表層等の基準不適合土壌を落とし込まない井戸構造や施工手順になっているか。	観測井設置計画の確認		
掘削時に発生した基準不適合土壌や泥水の汚染拡散防止措置を講ずるよう計画されているか。				観測井設置計画の確認			
期中管理	措置実施中	作業		サンプリング方法が明確に記されているか。	地下水質モニタリング計画の確認		
		モニタリング・維持管理		サンプリングの時期、季節、必要報告事項等について明確な計画があるか。	地下水質モニタリング計画の確認		
	措置完了報告時	浄化完了確認	対象物質	対象物質が降雨による移動性が高い物質の場合、降雨による浸透がある状態か。	実施措置完了報告書の確認		
				評価	完了報告に必要な測定の頻度、回数及び期間を満たしているか。	地下水の水質の測定結果の確認	
						目標地下水濃度を超えるおそれがないか。	地下水の水質の測定結果の確認

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置封じ込め（土壌汚染の管理）

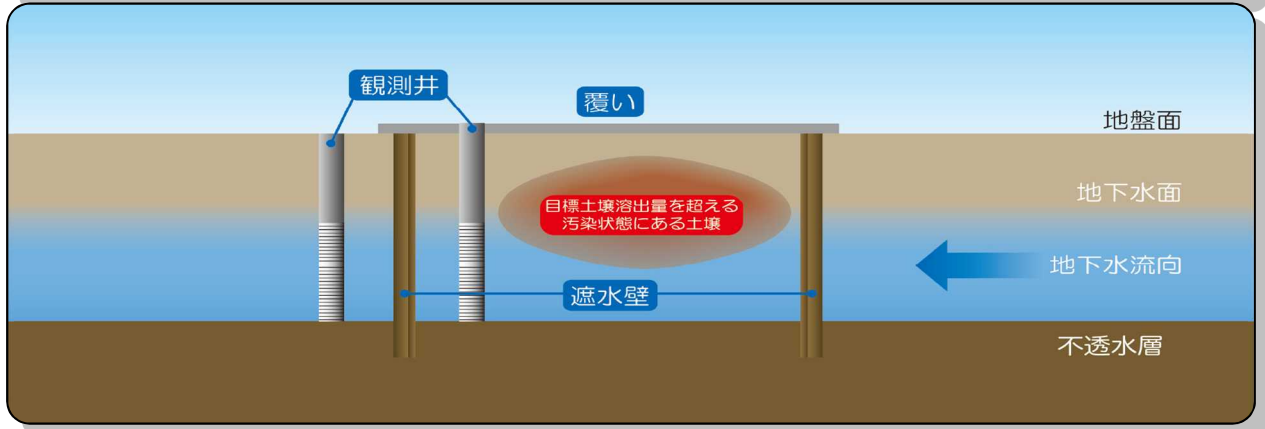
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域
○	○	○	

措置技術の概要

目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌に対して、側面は遮水壁、底面は自然地盤等の不透水層、さらに、表層部は舗装措置と同等の構造の覆いで封じ込める措置です。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌には単独の措置として用いることはできません。
- 不透水層は透水係数で $1 \times 10^{-7} \text{m/秒}$ 、厚さ5mと同等以上の層であることが必要です。
- 遮水壁としては鋼矢板や連続地中壁等が用いられ、不透水層と同等以上の遮水効果が求められます。
- 表層部も雨水等の浸入を防ぐため舗装措置と同様の構造、すなわち 10 cm 以上のコンクリート又は 3 cm 以上のアスファルトで覆う必要があります。
- 地下水汚染の状況を的確に把握できるように、遮水壁で囲まれた範囲の下流側周縁に観測井を設置します。
- 封じ込め範囲の地下水流向下流側周縁で1年に4回以上定期的に地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えない汚染状態が2年間継続することを確認することが必要です。
- 上記の期間、封じ込めた場所に観測井を設け、雨水、地下水等の浸入がないことを確認することが必要です。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 遮水壁の設置、基準不適合土壌の掘削及び仮置き、又は第二溶出量基準に適合させるための処理（不溶化、浄化）を行う場所では、汚染の拡散を防止する措置を講じなければなりません。
- 法による措置の完了確認期間は2年間ですが、その後は同様に地下水の水質の測定を行うなどして、封じ込め効果を維持していくことが望ましいといえます。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 底面に十分な遮水性を持つ不透水層が存在することを事前調査で確認する必要があります。
- 遮水壁は、種類によらず連続的に遮水性のある地中壁が構築されるように留意しなければなりません。
- 上部の覆いについては、封じ込め実施後の上部の土地利用の方法も考慮して、封じ込め構造物に損壊が生じないようにすることが求められます。

原位置封じ込めの説明（1/2）

1. 措置技術の説明

原位置封じ込めとは、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を、側面は工事により構築する遮水壁で、底面は遮水性の高い地層（不透水層：透水係数 $1 \times 10^{-7} \text{m/秒}$ 以下でかつ厚さが 5 m 以上、又はこれと同等以上の遮水の効力を有する地層）で、また、表層部は舗装措置と同等の構造の覆いで封じ込め、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と地下水汚染の拡散を防止する措置です。側面も底面部と同等の遮水性が求められており、また、上部も雨水の浸入を防ぐため、厚さ 10 cm 以上のコンクリート又は厚さ 3 cm 以上のアスファルト層で覆うことが必要です。ただし、第二溶出量基準に不適合な土壌に対して、単独でこの措置を用いることはできませんので、第二溶出量基準に適合するように浄化又は不溶化等の処理を行う必要があります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除され、改めて形質変更時要届出区域の指定を受けます。本措置については、基準不適合土壌が残ることから、措置の完了後も封じ込め効果が適切に維持される必要があります。

2. 要求品質

本措置は、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲を自然地盤も利用して封じ込めるものであり、まず不透水層と定義される遮水性の高い粘土層等の地層が連続して存在することを確認する必要があります。また、側面の遮水壁については、鋼製矢板工法、地中連続壁工法、ソイルセメント固化壁工法、薬液注入工法、高圧噴射攪拌工法等様々な工事方法があります。遮水壁も不透水層と同等の遮水性が求められますが、透水係数 $1 \times 10^{-8} \text{m/秒}$ 以下でかつ厚さが 0.5m 以上の壁を構築することが一般的です。遮水壁の工法選定に当たっては、遮水性能に影響を与えるような物質等（例：鋼製矢板工法における地盤中の巨石、地中壁工法における油含有土壌や有機質土層等）が土壌中に存在していないか、事前に確認する必要があります。いずれの工法を用いて遮水壁を構築する場合でも、その平面的な連続性に留意し、十分な遮水性が確保できるようにすることが重要です。

また、表層部も、雨水等が浸入して地下水水位が上昇することを防ぐため舗装措置と同様の構造、すなわち 10 cm 以上のコンクリート又は 3 cm 以上のアスファルトで覆う必要があります。表層部については、封じ込め実施後の上部の土地利用の方法も考慮して、封じ込め構造物に大きな荷重等（例えば、駐車場等としての利用による荷重）がかかることによる損壊が生じないように留意することが必要となります。また、雨水の流入を防止するため、雨水排水溝を設置して、区域内に降った雨を排出できる構造とすることも有効です。

封じ込め後は封じ込め機能を確認するため自然地下水の流向を事前に把握し、封じ込め範囲の下流側において一つ以上の観測井を設け、最低 2 年間、年 4 回以上の地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えない汚染状態にあることを報告する義務があります。また、内部の地下水水位が上昇しないことを確認するため、封じ込め範囲の内部 1 箇所以上に観測井を設置し、封じ込めの機能が保たれているかどうかを上記と同様の頻度で監視する必要があります。

2 年間にわたって上記 2 点が確認されれば、当該範囲は形質変更時要届出区域となりますが、その後も同様に封じ込めの効果が維持されていることを管理することが望ましく、万が一、遮水壁等の品質の劣化等により問題が生ずれば、直ちに修復するか、又は他の措置を講ずる必要が生じます。

原位置封じ込めの説明（2/2）

本措置は、第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌には単独の措置として用いることはできません。第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌をオンサイト処理や原位置処理等により第二溶出量基準に適合させたことを確認する方法は、以下のとおりです。

○詳細調査と同等以上の調査により確認する方法

第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌のある範囲について、深さ1 mごとの土壌を採取し、当該土壌に含まれる特定有害物質の量を測定します。

○掘削除去を行った範囲及び当該土壌を処理したことを確認する方法

第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌の掘削範囲、当該汚染土壌の搬出、処理方法等を記録し、工事完了報告書に記載します。

○オンサイト処理された土壌を埋め戻す場合に確認する方法

100 m³以下ごとに、第一種特定有害物質についてはその中の1点から採取した土壌について、第二種及び第三種特定有害物質については5点から採取した土壌を同じ重量で混合し、当該土壌に含まれる特定有害物質の量を測定します。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

遮水壁の設置、舗装等の工事時においては、異臭、騒音・振動等の発生に留意する必要があります。また工事に伴い掘削された汚染土壌も適正に処理し、周辺土地への基準不適合土壌の拡散が発生しないように留意します。

4. 想定されるトラブルの例

(1) 要措置区域が飛び地で存在した場合の封じ込め方法

それぞれの区域を封じ込めることが非効率的となる場合には、要措置区域以外も含めて効率的な封じ込め範囲を設定することも考えられます。その場合は封じ込め範囲内で、区域の指定を受けていない場所について土壌汚染対策法第14条の指定の申請により要措置区域の指定を受けることで、要措置区域を拡大する手続きをとることができます。

(2) 措置の完了後のメンテナンス

措置の完了後も遮水壁や表層部等の品質劣化により封じ込め内部の地下水位の上昇や、観測井の水質に問題が生ずれば、直ちに修復するか、又は他の措置を講ずる必要が生じます。したがって、措置の完了後も上部の舗装や遮水壁のメンテナンスを行い、地下水位や水質の監視を続けることにより原位置封じ込めの機能が維持され続けているかどうか監視することが重要です。

【原位置封じ込め：チェックリストの例】

措置名称：原位置封じ込め

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				封じ込める範囲の土壌は第二溶出量基準に適合する汚染状態か。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				遮水構造物の遮水性を阻害する物質が存在しないか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				適切な遮水効果を有する遮水層が底部に存在するか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認 ボーリング調査による確認	
		工法の設計	構造	適切な遮水効果を有する遮水壁構造物か。	原位置試験、室内試験等のデータによる確認	
				上面から雨水が浸透しない構造か。	覆いのコンクリート、アスファルトの厚さの確認	
				覆いの損壊防止措置が講じられることになっているか。	工事完了後の土地利用に応じた措置が講じられているかの確認	
			室内試験	第二溶出量基準に適合していない土壌は、第二溶出量基準に適合させるようになっているか。	不溶化等に係る適用可能性試験による確認	
				底部層等が所定の遮水効果を有するような遮水構造になっているか。	透水試験等による透水係数の確認	
				底部層等が所定の遮水効果が得られるよう遮水構造が構築できるか。	現場試験等により確認	
施工方法	施工方法の検討	施工計画書の作成	観測井を措置の範囲内と周縁部の地下水流向下流側に設置する計画になっているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査報告書等による地層構造、地下水流向の確認		
			措置の範囲内の観測井では水位を、周縁部の観測井では水質を測定する計画になっているか。	水質については、2年間以上、年4回以上の測定の計画となっているかの確認		
期中管理	施工中	作業	遮水構造物	施工管理項目は計画どおりか。	現地にて、目視や書類で確認	
		モニタリング・維持管理	評価	所定の遮水効果が維持されているか。	品質管理チェックシートの作成	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

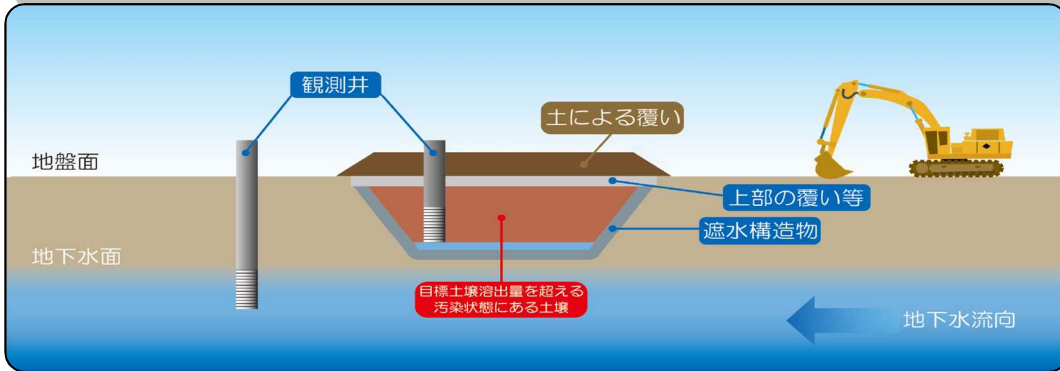
遮水工封じ込め（土壌汚染の管理）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域
○	○	○	

措置技術の概要

目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を掘削した場所に、地下水の浸出を防止する構造物（遮水構造物）を設置し、掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻し、さらに、その上部を舗装等で覆い、汚染の拡散を防止する措置です。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 遮水構造物に埋め戻す目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌は、第二溶出量基準に適合している必要があります。
- 地下水の浸出を防止する構造物の遮水構造は、以下の3種類です。
 - 1) 二重の遮水シート（厚さ 1.5 mm 以上）
 - 2) 遮水シート+粘性土（層厚 50 cm 以上、透水係数 $1 \times 10^{-8} \text{m/秒}$ 以下）
 - 3) 遮水シート+アスファルトコンクリート（層厚 5 cm 以上、透水係数 $1 \times 10^{-9} \text{m/秒}$ 以下）
- 目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻した上部は、厚さ 10 cm 以上のコンクリート又は 3 cm 以上のアスファルトで覆います（以下「上部の覆い」という。）。
- 封じ込め範囲の地下水流向下流側周縁で1年に4回以上定期的に地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えない汚染状態が2年間継続することを確認することが必要です。
- 上記の期間、封じ込めた場所に観測井を設け、雨水、地下水等の浸入がないことを確認することが必要です。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 基準不適合土壌の掘削及び仮置き、又は第二溶出量基準に適合させるための処理（不溶化、浄化）を行う場所では、汚染の拡散を防止する措置を講じなければなりません。
- 法による措置の完了の確認期間は2年間ですが、その後は同様に地下水の水質の測定を行うなどして、封じ込め効果を維持していくことが望ましいといえます。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 高濃度の油含有土壌等、遮水構造物に影響を与えるような物質が共存する目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌については、遮水構造物に影響のないことを事前に確認してから適用しなければなりません。
- 措置の完了後も封じ込め効果を維持することになりますので、遮水構造物や上部の覆いについては、これらの耐久性等を配慮し、適切な工法選定等を行うことが必要です。
- 目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の封じ込めを行う場所は地下水位以浅であることが望ましいといえます。

遮水工封じ込めの説明（1/2）

1. 措置技術の説明

遮水工封じ込めは、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を掘削し、その場所に地下水の浸出を防止する構造物（遮水構造物）を設置し、その内部に掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻すことで、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と地下水の接触を防止する措置です。

適用対象は全ての特定有害物質ですが、上記構造物に埋め戻すことのできる土壌は第二溶出量基準に適合した状態でなければなりませんので、第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌は不溶化又は浄化の処理が必要となります。なお、この措置は底面、側面及び上面に遮水層を敷設した空間内に目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め立て、封じ込めることによって汚染が当該範囲外に拡大するのを防止するためのものであり、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある場合に適用する措置と言えますが、上部の覆い等が舗装措置や盛土措置と同等であること（盛土措置においては、盛土の厚さが 50 cm 以上）から土壌含有量基準を適合しない場合にも適用できます。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除され、改めて形質変更時要届出区域の指定を受けます。本措置については、基準不適合土壌が残ることから、措置の完了後も封じ込め効果が適切に維持される必要があります。

2. 要求品質

遮水構造物は、以下の 3 種類、又は同等以上の機能が必要です。

- 1) 不織布その他の物の表面に二重の遮水シート（厚さ 1.5 mm 以上）を敷設した遮水層
- 2) 一重の遮水シートと粘性土（層厚 50 cm 以上、かつ透水係数 1×10^{-8} m/秒以下）による遮水工
- 3) 一重の遮水シートとアスファルトコンクリート（層厚 5 cm 以上、かつ透水係数 1×10^{-9} m/秒以下）による遮水工

さらに、これらに目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻した後、上部を厚さ 10 cm 以上のコンクリート又は 3 cm 以上のアスファルトで覆わなければなりません。

この措置の完了には、封じ込めた場所にある地下水流向下流側の周縁に観測井を設け、1年に4回以上定期的に地下水を採取し、目標地下水濃度を超えない汚染状態が2年間継続することを確認することが必要です。また、同じ期間、封じ込めを行った場所の内部1箇所以上に観測井を設け、雨水、地下水その他の水の浸入がないことを確認しなければなりません。

地下水の浸出を防止する構造物の選定に当たっては、事前に室内試験等を行って所定の遮水機能を有することを確認しなければなりません。例えば、高濃度の油分を含んだ土壌等、遮水材料に影響を与えるような物質が共存する基準不適合土壌については、遮水材料に影響がないことを確認して適用しなければなりません。

掘削された第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌を、オンサイトでの浄化又は不溶化において、特定有害物質の不溶化や抽出、分解等を行うことにより、第二溶出量基準に適合する汚染状態にするに当たっては、事前に適用可能性試験を行い、確実に第二溶出量基準に適合する汚染状態となることを確認する必要があります。また、第二溶出量基準に適合させるためのオンサイトでの浄化又は不溶化を実施した土壌は 100 m³ 以下ごとに、第一種特定有害物質ではその中の 1 点から採取した土壌について、第二種及び第三種特定有害物質では 5 点から採取した土壌を同じ重量で混合したものについて、第二溶出量基準に適合する汚染状態であることを確認する必要があります。

遮水工封じ込めの説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

遮水工封じ込めは、基準不適合土壌を掘削し、その場所に設置した遮水構造物に埋め戻すことから、掘削した基準不適合土壌を仮置きする必要性が生じます。また、第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌は埋め戻すことができませんので、不溶化や抽出、分解等により第二溶出量基準に適合する汚染状態にした状態にしなければなりません。したがって、基準不適合土壌を仮置きする場所及び不溶化等の処理を行う場所等では、汚染の拡散を防止する措置を講じなければなりません。

当該遮水構造物の設置場所については、周囲への汚染の拡散のリスクの観点から、地下水位以浅であることが望まれます。また、封じ込め内部に水が溜まって周辺より水位が高い状態になると、汚染の拡散のリスクが生じるため、上部の覆いは降雨や流水等が浸入することを防止する構造としなければなりません。措置の実施中、封じ込め内に観測井を設置し、雨水等の浸入がないことを確認することとなっていますが、異常な水位の上昇を確認した場合は、揚水による水位の低下や遮水構造物の補強等、適切な対策を講じなければなりません。

4. 想定されるトラブルの例

（1）措置の実施時における遮水構造物の破損

この措置では、遮水構造物を設置した後、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻すこととなります。したがって、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻す際は、重機等により遮水構造物を破損しないように留意しなければなりません。そのため、保護層（例えば、遮水シートでは保護マット）の設置や計画的な埋め戻し作業の実施が基本となります。また、あらかじめ遮水構造物にその破損を検知できるような機器を組み込み、万が一破損した場合、その箇所を特定の上、補修するなどのシステム導入等も考えられます。

（2）措置の完了後の遮水構造物や上部の覆いの破損による地下水汚染の発生

遮水構造物や上部の覆い（両者併せて「封じ込め施設」という。）に許容耐力以上の外力が加えられたとき又はこれらに長期にわたる劣化が生じたとき、汚染の漏えい等の事故が起きる可能性は否定できません。法による措置の完了は目標地下水濃度を超えない汚染状態にあることを2年間継続すること等の確認ですが、その後も適正な頻度で地下水の水質の測定を行うことで封じ込めの効果を確認し、異常が確認されたときは封じ込め施設の補修等によってその効果を維持していかなければなりません。

したがって、封じ込め施設が設けられた土地では、封じ込め施設を損壊させることがないような土地利用をする必要があり、耐久性を考慮した工法選定やそれぞれの工法に応じた特徴を考慮した保全補修計画を立案しておくことが望ましいといえます。特に大地震等の天災後又は上部空間への建設工事等土地の形質の変更後は、周辺の地下水汚染の状況を継続して確認することが必要です。

【遮水工封じ込め：チェックリストの例】

措置名称：遮水工封じ込め

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				封じ込める範囲の土壌は第二溶出量基準に適合する汚染状態か。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				遮水構造物の遮水性を阻害する物質が存在しないか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
		工法の設計	構造	適切な遮水効果を有する遮水構造物となっているか。	実施工、原位置試験、室内試験等のデータによる確認	
				上面から雨水が浸透しない構造か。	覆いのコンクリート、アスファルトの厚さの確認	
				覆いの損壊防止措置が講じられることになっているか。	工事完了後の土地利用に応じた措置が講じられているかの確認	
	室内試験		第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌は、第二溶出量基準に適合する汚染状態にすることができるか。	不溶化等に係る適用可能性試験の確認		
		遮水構造物が所定の遮水効果を有するようになっているか。	材料証明書や透水試験等による透水係数の確認			
			施工性試験	所定の遮水効果が得られるよう遮水構造物が構築できるか。	現場試験等により確認	
	施工方法	施工方法の検討	施工計画書の作成	掘削した基準不適合土壌を仮置きする場所は、汚染拡散防止措置を講ずるよう計画されているか。	飛散、揮散、流出、地下への浸透のそれぞれに対する拡散防止について確認	
観測井を措置の範囲内と周縁部の地下水流向下流側に設置する計画になっているか。				土壌汚染状況調査、地盤調査報告書等による地層構造、地下水流向の確認		
措置内の観測井では水位を、周縁部の観測井では水質を測定する計画になっているか。				水質については、2年間以上、年4回以上の測定の計画となっているかの確認		
期中管理	施工中	作業	遮水構造物	施工管理項目は計画どおりか。	現地にて、目視や書類で確認	
		モニタリング・維持管理	評価	所定の遮水効果が維持されているか。	品質管理チェックシートの作成	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

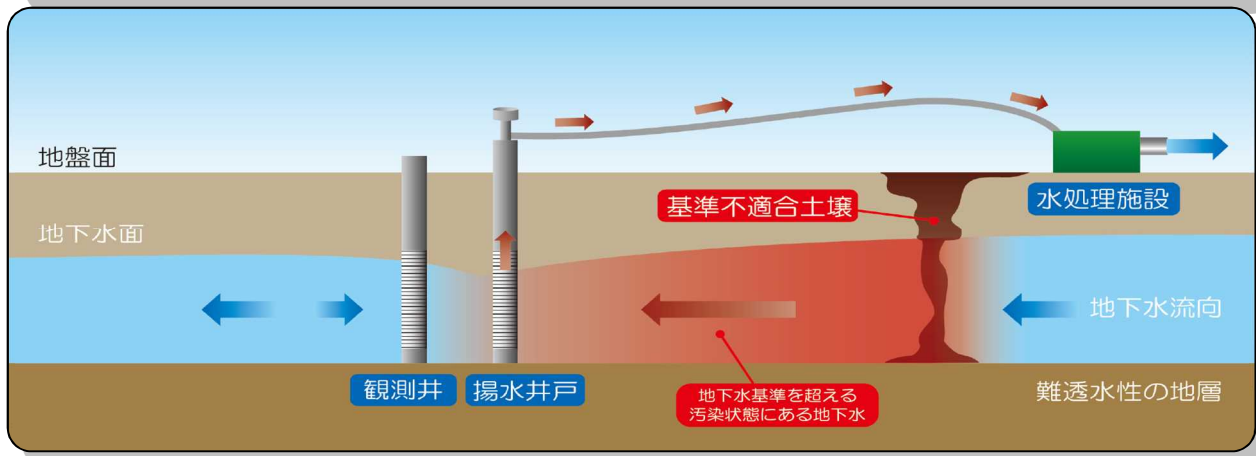
地下水汚染の拡大の防止：揚水施設（土壌汚染の管理）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	○	○	措置は完了しません

措置技術の概要

地下水を揚水することにより、区域からの汚染地下水の拡大を防止する措置です。揚水した地下水については、排水基準に適合させて公共用水域に排出するか、排除基準に適合させて下水道に放流します。



要求品質のポイント

- ・ 帯水層の調査結果、地下水シミュレーション解析等により揚水井戸の配置、揚水量及び深さを設計します。
- ・ 地下水流向下流側の周縁部に観測井を設置し（隣り合う観測井の間の距離は 30mを上回らないこと）、地下水の水質測定等を行い、地下水汚染が拡大していないことを確認します（1年間に4回以上）。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 揚水した地下水が排水基準又は排除基準に適合しない場合には、地下水に含まれる特定有害物質を適切に処理した後に公共用水域又は下水道に放流します。
- ・ 地盤沈下や井戸障害を考慮して、揚水量を設定します。
- ・ 敷地周辺の環境に悪影響を及ぼさないように地下水から特定有害物質を除去する施設を適切に管理する必要があります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 帯水層の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{m/秒}$ 以上の場合に適用性が高いと考えられますが、適用の可否、揚水計画（配置や揚水量等）に対して、理論的な裏付けが必要となります。
- ・ 措置実施期間中は、観測井において年4回以上定期的に地下水調査を実施し、結果を都道府県知事に報告する必要があります。また、本措置のみで要措置区域が解除されることはありません。
- ・ 特定有害物質以外の物質（地下水中の鉄分や油類等）による影響が想定される場合には、揚水が問題なくできること、これらの物質の影響を考慮しても地下水汚染の拡大の防止ができることを確認し、また、鉄分や油類等の適切な処理が必要となります。

地下水汚染の拡大の防止：揚水施設の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

地下水汚染の拡大を的確に防止できる地点に揚水施設を配置し、地下水を揚水することによって地下水汚染の区域からの拡大を防止するものです。当該措置については、地下水濃度の管理は技術的に困難であるため、目標土壌溶出量及び目標地下水濃度の設定を行うことはできません。

適用対象は全ての特定有害物質であり、第二溶出量基準に適合しない土壌についても適用できます。一方、本措置のみで要措置区域が解除されることはないため、揚水及び地下水の調査を継続的に実施し、地下水汚染の拡大の防止機能が維持されていることを確認する必要があります。

2. 要求品質

措置の効果確認のため、地下水汚染の拡大が見込まれる範囲であって、揚水施設から見て地下水流向・下流側に観測井を設置します。隣り合う観測井間の距離は 30m以下になるように配置します。観測井においては、1年に4回以上の定期的な地下水位の測定及び採取した地下水の水質の測定を行い、地下水汚染が区域外に拡大していないことを確認します。また、この結果については、都道府県知事に報告しなければなりません。

本措置は、基準不適合土壌が残存する措置であり、一般的に措置を講ずる期間が長期にわたることが想定されるため、措置対象物質のほか、その分解生成物についてもその量を測定し、地下水汚染が生じていない状態を確認することが望まれます（p. 103 参照）。

地下水の流向・流速や透水係数等の帯水層の状況、特定有害物質による汚染の状態や物理化学的特性は、場所によって大きく異なります。帯水層の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{m/秒}$ 以上の場合に適用性が高いと考えられますが、本措置の適用の可否、揚水施設の配置や揚水量の設定には、理論的な裏付けが必要となります。一般的には、地下水の流向・流速や透水係数を把握するための帯水層の調査に加え、揚水試験や地下水シミュレーション等を実施します。

揚水した地下水については、排水基準に適合させて公共用水域に排出するか、排除基準に適合させて下水道に放流します。地下水中に含まれる鉄分や油類等の影響が想定される場合には、揚水障害に対する措置や揚水した地下水からこれらの物質を除去することが必要となります。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

揚水した地下水の水質が水質汚濁防止法の排水基準に適合する場合には公共用水域に、下水道法の排除基準に適合する場合には下水道に排水できますが、揚水した地下水の水質が基準に適合しない場合には、地下水に含まれる特定有害物質を抽出又は分解により除去した後、排水基準に適合させて公共用水域に排出するか、排除基準に適合させて下水道に排除します。

揚水施設を要措置区域外に設置する場合、地下水汚染の拡大により区域外に土壌汚染が拡散することも想定されるため、このような範囲は、土壌汚染対策法第 14 条に基づく指定の申請により要措置区域として指定を受けることも可能です。この場合、法第 14 条に基づく指定の申請により指定された要措置区域の解除要件は、以下のとおりとなります。

表層からの特定有害物質の浸透が想定される場合

- ・表層部の土壌が申請時に対象とした特定有害物質について基準に適合すること。

地下水の移動に伴い特定有害物質の拡散が想定される場合

- ・帯水層区間の上面から深さ 1 m ごと、難透水性の地層の直上部までの土壌が申請時に対象とした特定有害物質について基準に適合すること。
- ・当該土壌汚染に起因する地下水汚染が生じていた場合には、2 年間継続して当該要措置区域に起因する地下水汚染が認められないこと。

地下水汚染の拡大の防止：揚水施設の説明（2/2）

また、本措置の実施期間は長期となるため、周辺環境管理の観点から以下の点についても留意する必要があります。

- ・汚染地下水から抽出した特定有害物質が周辺環境に悪影響を与えないように、処理施設において活性炭への吸着等を行い、又は処理施設の排出口や敷地境界で測定を行い、敷地外への影響がないことを確認する。
- ・井戸障害や地盤沈下が発生しないように、配置や揚水量を設定し、必要に応じて、地盤変位量や地下水位の測定を行う。
- ・地下水中の油類や鉄分等の特定有害物質以外の物質が含まれる場合には、これらの物質の影響を考慮しても拡大の防止が図れることを確認するとともに、適正に処理して公共用水域や下水道に悪影響を与えないようにする。

4. 想定されるトラブルの例

（1）揚水した地下水の処理の方法

揚水した地下水に含まれる特定有害物質は必要に応じ除去した後、水質汚濁防止法の排水基準に適合させて公共用水域に排出するか、下水道法の排除基準に適合させて下水道に排除する必要があります。したがって、地下水汚染の拡大の防止のために揚水した地下水は、処理後において地下に浸透させることはできません。

（2）地下水流動状況の変化等による汚染地下水の拡大

揚水井戸の配置や揚水量は、揚水試験結果や地下水シミュレーション結果等を踏まえて設定します。また、揚水開始後に地下水調査等を実施し、所定の効果を発揮しているか確認します。

一方、措置実施中には、地下水汚染の拡大の防止機能が維持されていることが必要ですが、メンテナンス等による一時的な揚水の停止、地下水の流動状況の変化等の影響を受けます。措置の効果が恒常的に維持されていることを確認するため、措置開始から継続して1年に4回以上の地下水調査を行うことが必要です。

（3）配管等からの汚染地下水の漏えいによる土壌汚染の発生

揚水施設による地下水汚染の拡大の防止は、長期にわたるため、定期的に機器の点検やメンテナンスを行う必要があります。配管や処理プラントから汚染地下水が漏えいした場合、新たな土壌汚染を発生する可能性があるため、地下浸透防止策を講ずる場合もあります。

【地下水汚染の拡大の防止（揚水施設）：チェックリストの例】

措置名称：揚水施設による地下水汚染の拡大の防止

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌溶出量基準に不適合な土壌の範囲及び地下水汚染の範囲を確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				帯水層の構造（深さ、地下水の流向及び流速、透水係数等）を把握しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				地下水中に含まれる特定有害物質の濃度を把握しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				特定有害物質以外の物質（鉄分や油類等）による影響を考慮しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認、及び追加調査による確認	
				当該場所に各種規制が適用されるか。	法令・条例等の確認	
		工法の設計	構造	揚水井戸の配置や揚水量の設定の根拠が明確か。	揚水試験や地下水シミュレーション等により井戸の配置や揚水量が理論的に設定されているかの確認	
				観測井の位置は適切か（観測井間の距離は30m以下）。	基準不適合土壌、地下水汚染の範囲と整合しているか、間隔は適切かについて確認	
				排水基準又は排除基準に適合させた後、揚水した地下水を公共用水域に排出するか、下水道に排除する計画か。	対象とする特定有害物質の種類、井戸の揚水量に対応できる処理施設かの確認	
				措置の実施に伴い汚染の拡大が見込まれる範囲を確認しているか。	基準不適合土壌、地下水汚染の範囲と揚水井戸の位置関係についての確認	
				室内試験	揚水した地下水を処理する場合、処理施設の能力は十分か。	処理施設の性能証明等の確認
揚水井戸からの設定揚水量は、各井戸の限界の揚水能力以下か。	揚水試験等により限界揚水量を把握していることの確認					
期中管理	措置実施中	モニタリング・維持管理	評価	要措置区域内の地下水が全て揚水井戸に向かって移動しているか。	措置実施後の地下水位流向の確認	
				年4回以上定期的に地下水を採取し、地下水濃度を測定しているか。	地下水濃度の増加等がないかについて確認	
				設定した揚水量がおおむね維持されているか。	期間揚水量と計画量との比較	
				年4回以上定期的に地下水位を測定しているか。	措置開始時と比べ異常な地下水位の変化はないかについて確認	
				測定結果について行政に報告しているか。	報告の方法及び頻度を行政と確認	
		維持管理	公共用水域に排出又は下水道に排除する地下水中の特定有害物質濃度を測定しているか。	分析結果等で確認		
			施設の点検やメンテナンスを実施しているか（周辺環境への影響はないか。）。	分析結果等で確認		
			措置開始後継続的に、年4回以上の観測をしているか。	観測結果の記録等の確認		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

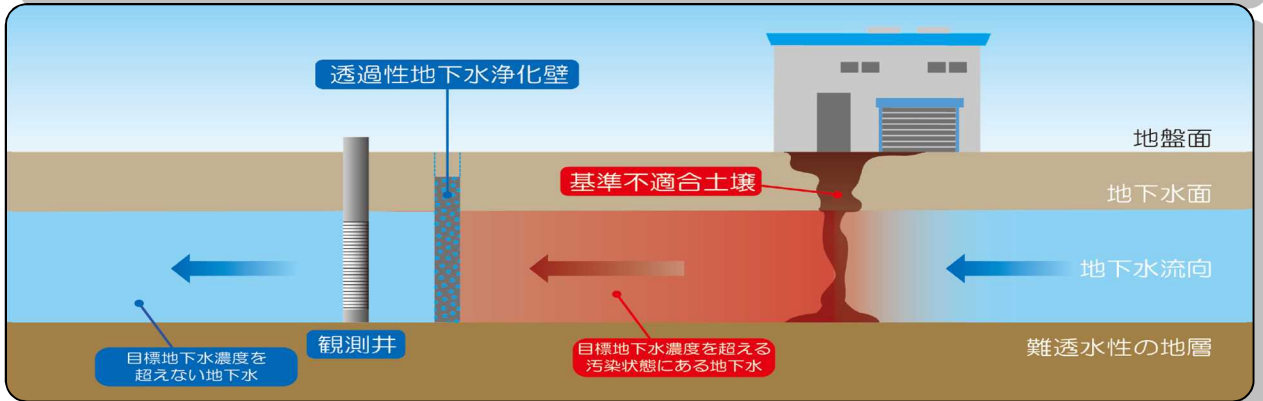
地下水汚染の拡大の防止：透過性地下水浄化壁（土壌汚染の管理）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	○	○	措置は完了しません

措置技術の概要

要措置区域の下流側に透水性が周辺の帯水層と同等あるいは同等以上に維持された浄化壁を地中に構築し、汚染された地下水から定常的に汚染物質を除去することにより、対象地からの目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水の拡大を防止する措置です。



要求品質のポイント

- ・ 室内試験や帯水層の調査結果、特定有害物質の種類や濃度を踏まえ、浄化壁を設計（種類、場所、深さ、厚さ）します。
- ・ 地下水流向下流側の周縁部に観測井を設置し（隣り合う観測井の間の距離は 30m を上回らないこと）、地下水の水質測定を行い、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水が拡大していないことを確認します（少なくとも年4回以上）。
- ・ 浄化壁の透水係数は周辺の帯水層の透水係数と比べて同等以上とし、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水が浄化壁内を通過することを確認します。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 浄化壁の設置場所の土壌を掘削して、浄化壁の材料で埋め戻すことで浄化壁を構築する場合、基準不適合土壌の仮置き場所や吸着材料等の混合を行う場所では、汚染拡散防止措置を講ずる必要があります。一方、浄化壁の設置場所の地盤中に吸着材等を混合攪拌したり注入したりして浄化壁を構築する場合、特定有害物質、吸着材、分解剤が措置実施範囲外へ流出することがないように留意する必要があります。
- ・ 有害な分解生成物等による区域外への地下水汚染の拡散がないことを確認することが必要です。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 油類や地下水中のカルシウム成分は、浄化壁の透水機能に影響を与えるため、これらの影響を考慮する必要があります。
- ・ 帯水層の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{m/秒}$ 以上の場合に適用性が高いと考えられますが、適用の可否、設計に関しては、理論的な裏付けが必要となります。
- ・ 措置実施期間中は、観測井において年4回以上定期的に地下水調査を実施し、結果を都道府県知事に報告する必要があります。また、本措置のみで要措置区域が解除されることはありません。

地下水汚染の拡大の防止：透過性地下水浄化壁の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

地下水汚染の拡大を的確に防止できる地点に透過性地下水浄化壁を設置し、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水が浄化壁を通過する過程において、特定有害物質を分解又は吸着する方法で目標地下水濃度を超えない汚染状態にすることにより、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水が区域から拡大することを防止するものです。なお、目標土壌溶出量の設定は不要です。

適用対象は全ての特定有害物質であり、第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌についても適用できます。一方、本措置のみで要措置区域が解除されることはないため、浄化壁設置後も地下水の調査を継続的に実施し、地下水汚染の拡大の防止機能が維持されていることを確認する必要があります。

2. 要求品質

措置の効果の確認のため、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水による汚染が見込まれる範囲であって、浄化壁が設置されている地点から見て地下水流向下流側に観測井を設置します。隣り合う観測井間の距離は 30m以下になるように配置します。観測井においては、1年に4回以上定期的に地下水の水質を測定し、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水が拡大していないことを確認します。また、この結果については、都道府県知事に報告しなければなりません。分解する方法により土壌中又は地下水中の特定有害物質を除去する場合にあっては、地下水中に含まれる特定有害物質の量を測定する際に、当該要措置区域が指定される事由となった特定有害物質及び当該物質の分解生成物の量を測定する必要があります（p. 103 参照）。

さらに、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水が確実に浄化壁内を通過することを確認するため、浄化壁周辺に地下水流向を把握するための観測井を設置します。

地下水の流向・流速や透水係数等の帯水層の状況、特定有害物質による汚染の状態や物理化学的特性は、場所によって大きく異なります。浄化壁の適用や設計に際しては、これらの予測される変化や浄化壁の機能に影響を与える油類やカルシウム成分等についても留意しなくてはなりません。一般的には、帯水層の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{m/秒}$ 以上の場合に適用性が高いと考えられますが、適用の可否、設計に関しては、理論的な裏付けが必要となります。

浄化壁の浄化原理には分解と吸着の2種類が存在します。事前に現地の土壌、地下水等を用い、採用する方法に応じた適用可能性試験を行い、確実に目標地下水濃度を超えない汚染状態にできることを確認する必要があります。また、使用する分解剤及び吸着材の長期耐久性については、設計段階で考慮しておく必要があります。例えば、有機塩素化合物に対して分解作用を有する還元鉄粉は、地下水の溶存酸素による鉄の腐食に伴い反応速度が低下します。また、有機化合物や一部の重金属等に対して吸着作用を有する活性炭は、吸着量がその吸着能を超えると吸着能力が低下します。分解剤、吸着材料の特性に合わせ、安全率を見込んだ浄化壁の設計を行うことが必要です。

地下水汚染の拡大の防止：透過性地下水浄化壁の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

浄化壁の機能が有効に発揮する期間は帯水層の状況等によって変わるため、措置実施期間中の地下水調査により、特定有害物質濃度の上昇が確認され、目標地下水濃度を超えることが明らかである場合には浄化壁の再構築等を行わなければなりません。

特定有害物質を分解する方法では、有害な分解生成物の発生や水質の変化が起こる場合もあるため、区域外に有害な分解生成物による地下水汚染の拡散がないことを確認することが必要です。

目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水が浄化壁の外側に流れないようにするため、浄化壁の透水係数を周辺の帯水層の透水係数と比べて同等以上とする必要があります。なお、透水性を確保することで、浄化壁下流側における地盤沈下や井戸障害の発生防止にもなります。

浄化壁を要措置区域外に設置する場合、区域外に新たに土壤汚染が拡散することも想定されるため、このような範囲については、土壤汚染対策法第14条に基づく指定の申請により要措置区域として指定を受けることも可能です。この場合、法第14条に基づく指定の申請により指定された要措置区域の解除要件は、以下のとおりとなります。

表層からの特定有害物質の浸透が想定される場合

- ・表層部の土壤が申請時に対象とした特定有害物質について基準に適合すること。

地下水の移動に伴い特定有害物質の拡散が想定される場合

- ・帯水層区間の上面から深さ1 mごと、難透水性の地層の直上部までの土壤が申請時に対象とした特定有害物質について基準に適合すること。
- ・当該土壤汚染に起因する地下水汚染が生じていた場合には、2年間継続して当該要措置区域に起因する地下水汚染が認められないこと。

4. 想定されるトラブルの例

（1）分解生成物による汚染の拡大

特定有害物質を分解する方法の場合、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水汚染の拡大の防止の対象となっている特定有害物質が他の特定有害物質（分解生成物）に変化する場合があります。これらの分解生成物については、地下水基準に適合するように管理する必要があることから、分解生成物も考慮して浄化壁の設計を行い、区域外に有害な影響を与えないようにする必要があります。

（2）地下水汚染の拡大の防止機能の長期安定性

浄化壁の機能の有効性は有限であるため、措置が長期にわたる場合には、あらかじめ浄化壁の再構築の必要性について検討しなくてはなりません。本措置のみでは、要措置区域の解除はできないため、年4回以上の地下水調査を実施して、目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水汚染の拡大の防止措置が維持されていることを確認する必要があります。

【地下水汚染の拡大の防止（透過性地下水浄化壁）：チェックリストの例】

措置名称：透過性地下水浄化壁による地下水汚染の拡大の防止

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果	
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌溶出量基準に不適合な土壌の範囲及び深さ、地下水汚染の範囲を確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
				帯水層の構造（深さ、地下水の流向及び流速、透水係数等）を把握しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
				地下水中に含まれる特定有害物質の濃度を把握しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
				特定有害物質以外の物質による影響を考慮しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認、及び追加調査による確認		
	工法の設計			構造	浄化壁の設置位置や深さは適切か。	基準不適合土壌、地下水汚染の分布、帯水層の深さ、地下水流向に基づき設計されていることの確認	
					観測井の位置は適切か（観測井間の距離は30m以下）。	基準不適合土壌、地下水汚染の範囲と整合しているか、間隔は適切かについて確認	
					浄化壁の両端部の地下水流向を確認、又は、浄化壁の外側の水質を観測する計画となっているか。	浄化壁の位置と観測井の位置関係による確認	
					浄化壁の透水係数は周辺の帯水層の透水係数と同等以上か。	室内試験、現地試験等による浄化壁の透水係数の確認 現地調査等による帯水層の透水係数の確認	
					措置の実施に伴い土壌汚染の拡大が見込まれる範囲を確認しているか。	基準不適合土壌、地下水汚染の範囲と揚水井戸の位置関係についての確認	
					浄化壁の厚さは、浄化壁下流側において特定有害物質（原理が分解の場合には、分解生成物も含む。）の地下水濃度が目標地下水濃度を超えない（分解生成物は地下水基準に適合する）汚染状態となる設計となっているか。	適用可能性試験が現地の地下水濃度、地下水環境、pH、酸化還元電位、妨害物質等、地下水流速を反映した内容となっているかの確認	
期中管理	措置実施中	モニタリング・維持管理	評価	目標地下水濃度を超える汚染状態の地下水が浄化壁の外側に流出していないか。	浄化壁両端部における地下水流向の確認又は浄化壁外側における地下水濃度低減の確認		
				年4回以上定期的に地下水を採取し、地下水濃度を測定しているか。	浄化壁の下流端で目標地下水濃度を超えない汚染状態であるかについての確認又は下流端から離れた位置で地下水濃度が低減傾向にあるかについての確認		
				測定結果について行政に報告しているか。	報告の方法及び頻度を行政と確認		
				開始から2年経過した後も、年4回以上の観測をしているか。	観測結果の記録等の確認		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

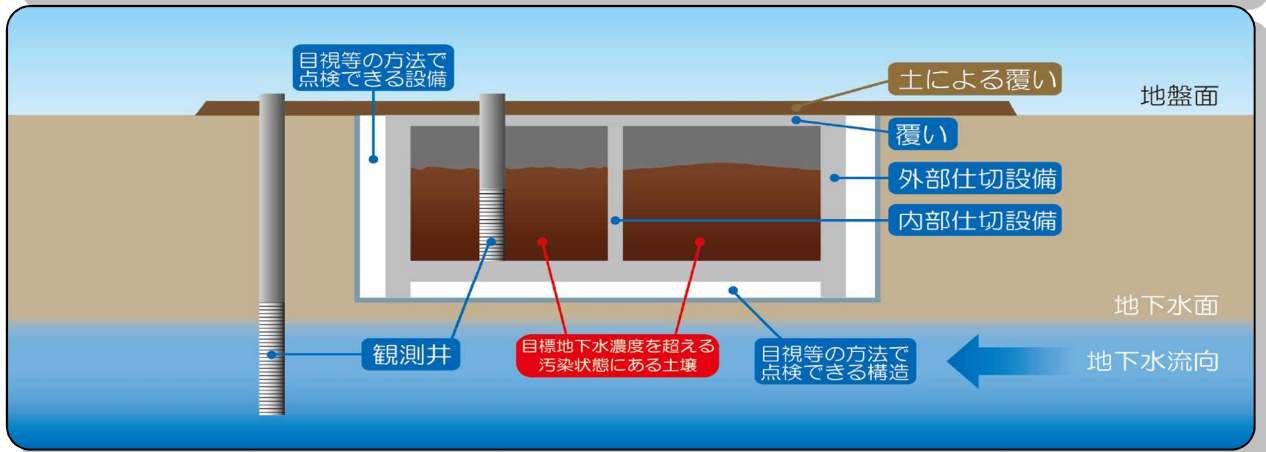
遮断工封じ込め（土壌汚染の管理）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
-	○	○	形質変更時要届出区域

措置技術の概要

掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を底面及び側面に水密性の鉄筋コンクリート等の遮断層を有する箱状構造物に戻す措置です。埋め戻し後、上部もコンクリート製の蓋で覆います。



(一社) 土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 箱状構造物の構造基準は、次のとおりです。
 - 1) 一軸圧縮強度が 25 N/mm² 以上の水密性を有する鉄筋コンクリートで造られ、かつ、その厚さが 35 cm 以上であること又はこれと同等以上の遮断の効力を有すること。
 - 2) 埋め戻す目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と接する面が遮断の効力及び腐食防止の効力を有する材料により覆われていること。
 - 3) 目視その他の方法により損壊の有無を点検できる構造であること。
 - 4) 面積 50 m² を超える又は容量 250 m³ を超える場合、内部仕切り設備により一区画の面積が 50 m² 以下、一区画の容量が 250 m³ 以下になるように区画されていること。
 - 5) 目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻した構造物の上部は、1)～3) の要件を備えた覆いで閉鎖すること。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 基準不適合土壌の掘削又は仮置きを行う場所では、汚染の拡散を防止する措置を講じなければなりません。
- 法による措置の完了確認期間は2年間ですが、その後は同様に地下水の水質の測定を行うなどして、封じ込め効果の維持の管理を行うことが望ましいといえます。

措置の選定条件及び実施中の留意点

- 地中深く浸透しやすく取扱いが困難な第一種特定有害物質による基準不適合土壌に対しては、適用できません。
- 措置の完了後も封じ込め効果を維持することになりますので、遮断構造物や上部の覆い等は、これらの耐久性等を配慮し、適切な工法選定が必要です。

遮断工封じ込めの説明（1/2）

1. 措置技術の説明

遮断工封じ込めは、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を掘削し、その場所に目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と地下水の接触を遮断する構造物（遮断構造物）を構築し、その中に目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻す措置です。

遮断工封じ込めは遮水工封じ込めよりも更に厳重な封じ込めであるため、地中深く浸透しやすく取扱いが困難な揮発性有機化合物（第一種特定有害物質）を除く特定有害物質について、第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌でも適用できます。また、土壌含有量基準に適合しない土壌についても適用できます。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除され、改めて形質変更時要届出区域の指定を受けます。本措置については、基準不適合土壌が残ることから、措置の完了後も封じ込め効果が適切に維持される必要があります。

2. 要求品質

目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と遮断構造物に求められる要件は次のとおりです。

- 1) 一軸圧縮強度が 25 N/mm^2 以上の水密性を有する鉄筋コンクリートで造られ、かつ、その厚さが 35 cm 以上であること又はこれと同等以上の遮断の効力を有すること。
- 2) 埋め戻す目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と接する面が遮断の効力及び腐食防止の効力を有する材料により覆われていること。
- 3) 目視その他の方法により損壊の有無を点検できる構造であること。
- 4) 面積 50 m^2 を超える又は容量 250 m^3 を超える場合、内部仕切り設備により一区画の面積が 50 m^2 以下、一区画の容量が 250 m^3 以下になるように区画されていること。
- 5) 目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻した構造物の上部は、1)～3) の要件を備えた覆いで閉鎖すること。

この措置の完了には、封じ込めた場所にある地下水流向下流側の周縁に観測井を設け、1年に4回以上定期的に地下水を採取し、目標地下水濃度を超えない汚染状態が2年間継続することを確認することが必要です。また同じ期間、封じ込めを行った場所の内部1箇所以上に観測井を設け、雨水、地下水その他の水の浸入がないことを確認しなければなりません。

遮断工封じ込めは、第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある高濃度の基準不適合土壌にも適用できる（ただし、第一種特定有害物質は除きます。）ことから、遮水工封じ込めよりも更に厳重な封じ込め及びその維持が求められます。したがって、事前にコンクリートの水密性や強度、長期耐久性等に留意するとともに、措置の対象となる特定有害物質に応じた壁面材料の遮水性や耐腐食性等について確認する必要があります。

遮断工封じ込めの説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

この措置では、要措置区域を含む敷地内の一部に遮断構造物を設けることができますが、そのためには、掘削除去した基準不適合土壌を要措置区域内又は要措置区域に隣接した場所に仮置きすることになります。その仮置き場については、仮置きを行うことにより新たな汚染拡散が生じないように環境保全のための措置を施さなければなりません。例えば、仮置き場の床面に地下浸透防止機能を有するものを採用することや掘削した基準不適合土壌に風雨等を直接曝させないような方策をとることが考えられます。

4. 想定されるトラブルの例

（1）措置の実施時における封じ込め施設の破損

この措置では、遮断構造物を設置した後、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻すこととなります。したがって、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を埋め戻す際は、重機等により遮断構造物を破損しないように留意しなければなりません。そのため、保護層（例えば、保護マット）の設置や計画的な埋め戻し作業の実施が基本となります。また、あらかじめ遮断構造物にその破損を検知できるような機器を組み込み、万が一破損した場合、その箇所を特定の上、補修するなどのシステム導入等も考えられます。

（2）措置の完了後の封じ込め施設の破損による地下水汚染の発生

遮断構造物と上部の覆い（両者併せて封じ込め施設という。）が設けられた土地では、封じ込め施設を損壊させることがないような土地利用をすることが必要です。封じ込め構造に対する許容耐力以上の外力の負荷又は長期にわたる劣化が漏えい等の事故を起こす可能性は否定できません。このため、法による措置の完了は目標地下水濃度を超えない汚染状態にあることを2年間継続すること等を確認することですが、その後も適正な頻度で地下水の水質の測定を行い、封じ込めの効果を確認し、異常等を確認したときは封じ込め施設を補修するなどその効果を維持していかなければなりません。特に大地震等の天災後又は上部空間への建設工事等土地の形質の変更後は、周辺の地下水が目標地下水濃度を超えるかどうかを継続して確認することが必要です。

【遮断工封じ込め：チェックリストの例】

措置名称：遮断工封じ込め

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果	
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
				第一種特定有害物質を含んでいないか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
		工法の設計	構造	仕切り設備が適切な遮断の効力を有する構造となっているか。	コンクリート壁の仕様の確認		
				目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と接する面が腐食防止の効力を有する材料により覆われているか。	対象とする特定有害物質に耐性を有する材料の仕様、性能証明等の確認		
				目視等により損壊の有無を確認できる構造となっているか。	構造設計図、設備設計図等が目的を満足する構造、設備となっているかの確認		
				覆いの損壊防止措置が講じられることになっているか。	工事完了後の土地利用に応じた措置が講じられているかの確認		
		室内試験	鉄筋コンクリートは、所定の遮断効果をえられるか。	事前の配合試験により、一軸圧縮強度及び水密性を確認			
		施工方法	施工方法の検討	施工計画書の作成	掘削した基準不適合土壌を仮置きする場所は、汚染拡散防止措置を講ずるよう計画されているか。	飛散、揮散、流出、地下への浸透のそれぞれに対する拡散防止について確認	
					観測井を措置の範囲内と周縁部の地下水流向下流側に設置する計画になっているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査報告書等による地層構造、地下水流向の確認	
					措置実施範囲内の観測井では水位を、周縁部の観測井では水質を測定する計画になっているか。	水質については、2年間以上、年4回以上の測定計画となっているかの確認	
期中管理	施工中	作業	遮断構造物	施工管理項目は計画どおりか。	現地にて、目視や書類で確認		
		モニタリング・維持管理	評価	きちんと遮断効果が得られていることが確認できるか。	品質管理チェックシートの作成		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

不溶化埋め戻し（土壌汚染の管理）

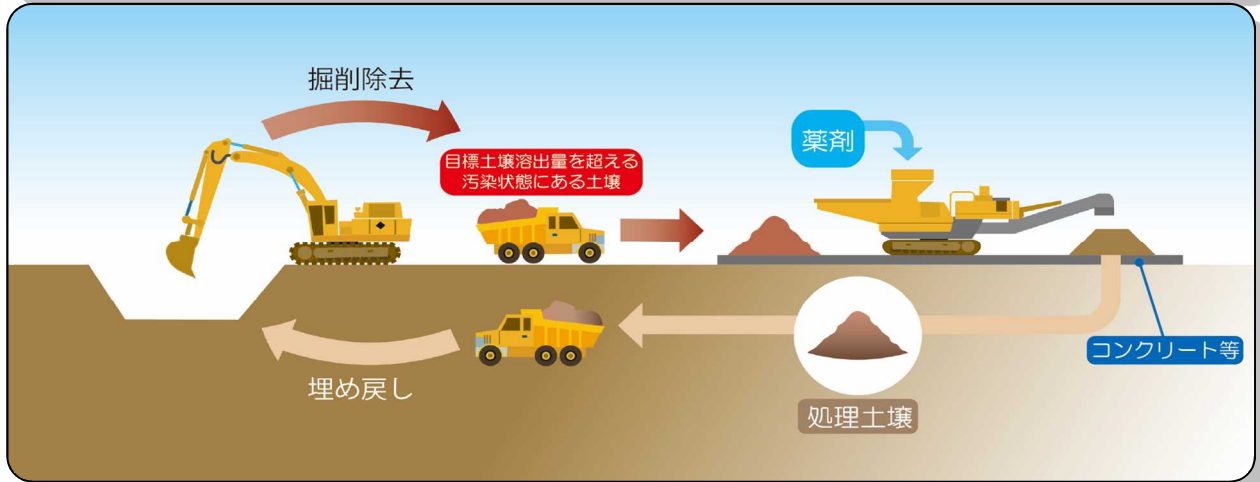
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域
-	○	-	

措置技術の概要

掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と不溶化剤と呼ばれる水への溶出を防ぐ薬剤を専用機械により混合攪拌し、不溶化効果を確認した後、再び埋め戻す措置です。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- ・ 事前に当該土壌を用いた適用可能性試験を実施して、不溶化が可能であることを確認します。実施時は、不溶化を行った土壌について、100 m³ 以下ごとに1回の割合で土壌溶出量を測定して、不溶化の効果を確認し、埋め戻します。
- ・ 埋め戻された場所にある地下水の下流側に観測井を設け、1年に4回以上定期的に地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えない汚染状態が2年間継続することを確認することが必要です。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 工事中は、基準不適合土壌、不溶化剤の飛散防止に十分に留意し、フェンスの設置、集じん機、散水等により粉じんの発生を防止します。
- ・ 不溶化埋め戻しを行っている期間、当該場所の地下水流向の下流側周縁に設置した観測井により、地下水中の特定有害物質の量や不溶化剤の濃度等を測定し、周辺への拡散を監視します。異常が確認された場合には、直ちに措置を停止するとともに、遮水壁の設置あるいは地下水汚染の拡大の防止を行った上で措置を実施するものとします。
- ・ 措置実施後はシート、盛土、舗装等によって不溶化土壌の飛散を防止します。
- ・ 法による措置の完了確認期間は2年間ですが、その後は同様に地下水の水質の測定を行うなどして、不溶化効果を維持していくことが望ましいといえます。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 使用する不溶化剤の種類や必要混合量を現地の土壌を用いた事前の適用可能性試験により確認する必要があります。この際、不溶化後の安定性についても十分に留意する必要があります。
- ・ 土質によっては基準不適合土壌と不溶化剤の均一な混合が難しい場合がありますので、適切な混合攪拌方法を選定する必要があります。

不溶化埋め戻しの説明（1/2）

1. 措置技術の説明

掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と、不溶化剤と呼ばれる水への特定有害物質の溶出を防ぐ薬剤を、専用機械により混合攪拌し、不溶化効果を確認した後、再び埋め戻す方法です。

第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌には適用できないため、措置実施範囲内の全ての土壌が第二溶出量基準に適合する汚染状態であることを確認する必要があります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除され、改めて形質変更時要届出区域の指定を受けます。本措置は、基準不適合土壌が残ることから、措置の完了後も不溶化の効果が適切に維持される必要があります。

2. 要求品質

事前に当該土壌を用いた適用可能性試験を実施して、不溶化が可能であること及び不溶化剤自体の安全性を必ず確認する必要があります。これにより混合すべき不溶化剤の種類と量を決定します。この際、不溶化効果の安定性についても留意する必要があります。また、適用可能性試験を行う際には、不溶化対象の特定有害物質だけでなく、不溶化処理前には基準に適合していた特定有害物質が処理に伴って基準不適合になることがないことを確認することも重要です。

混合攪拌を行うに当たっては、十分均質に混合されるように留意してその方法を決定する必要があります。実際に不溶化剤を混合した後、100 m³ 以下ごとに5点から採取した土壌を同じ重量で混合し、その不溶化効果を確認します。

措置を完了するためには、埋め戻し範囲の下流側周縁において地下水の水質の測定を行い、観測井における地下水の水質を1年に定期的に4回以上測定し、目標地下水濃度を超えない状態が2年間継続していることを確認することが必要です。地下水濃度のモニタリングと同時に、地下水のpH、電気伝導度、酸化還元電位等、当該不溶化剤を用いた場合の不溶化効果に影響を与える地下水の水質の因子についても測定し、有意な水質変化が見られた場合には当該土壌の不溶化効果について再度確認等を行うことが必要です。

観測井でのモニタリングにより、2年間にわたって目標地下水濃度を超えない汚染状態であることが継続して確認されれば、当該範囲は形質変更時要届出区域となります。ただし、その後も同様の管理を行うことが望ましく、不溶化効果の劣化等により問題が生ずれば、直ちに再度不溶化を行うか、他の措置を講ずることが必要になります。

不溶化埋め戻しの説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

措置実施中は、基準不適合土壌、不溶化剤の飛散防止に十分に留意し、フェンスの設置、集じん機、散水等により粉じんの発生を防止する必要があります。

措置実施後についてもシート、盛土、舗装等によって処理土壌の飛散を防止します。

4. 想定されるトラブルの例

（1）不溶化効果の安定性について

不溶化の安定性を調べる方法としては、（一社）土壌環境センター技術標準「重金属等不溶化処理土壌のpH変化に対する安定性の相対的評価方法」等があります。このような試験を行うことにより不溶化効果の安定性及び安定性に影響を与える地下水の水質項目等を把握し、不溶化の安定性を検討しておくことが求められます。

（2）不溶化剤の混合方法について

不溶化剤の混合方法にはバックホウ等の通常の建設機械により混合する方法や土砂と人工材料混合用の専用プラント等による方法があります。選定に当たっては土質（粒径等）と不溶化剤の材質（固体、粉体、液体）の組合せにより、不溶化を行う上で十分に均質な混合性能を確保できる方法を、事前の試験等により選定する必要があります。不溶化効果の高い薬剤であっても混合方法が適切に選択されないと結果的に不溶化効果が得られないといったことになりかねないので留意が必要です。

（3）不溶化効果のばらつきについて

工事中は100 m³以下ごとに土壌溶出量を測定して不溶化の効果確認を行います。土質、汚染状態の不均一性や混合の不均一性等の要因により、不溶化効果にばらつきが生じ、1回の処理では目標土壌溶出量を満足しないこともあります。再処理等が必要となりますが、それによって不溶化剤の使用量の増加、工事期間の延長等が発生したりするので、不溶化剤の量や工期については安全率を見込んだ計画を立てておく必要があります。

【不溶化埋め戻し：チェックリストの例】

措置名称：不溶化埋め戻し

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	第一種、第三種特定有害物質が基準に適合しない汚染状態で共存していないことを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書	
				特定有害物質の濃度が不溶化適用範囲内であることを把握しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書	
				施工に必要なエリアを確保できるか。	処理前及び処理後の土壌の仮置き場所、混合作業の場所等のスペースが確保できるかの確認	
		工法の設計	適用可能性試験	適用性試験で効果を確認できたか。	現地での土壌の使用、不溶化の可否、不溶化剤の混合比率、不溶化対象物質以外の特定有害物質の溶出量変化等についての確認	
				安定性確認試験を行ったか。	pH の変化等に対する安定性が確認されているかについて確認	
			既存データによる検討	強度試験は必要ないか。固化材は弊害を生まないか。	跡地利用計画の確認	
				不溶化剤の供給量管理、確認手段を把握しているか。	既存データと機器仕様に基づいて確認	
				薬剤配合率を一定に保つための施工管理項目を設定しているか。	既存の施工管理データに基づいて判断	
				地下水位以深に埋め戻す場合には、適切な遮水構造を検討しているか。	施工計画書の確認	
	現場試験	埋め戻し後地表面からの飛散防止措置（被覆、盛土、舗装等）が考慮されているか、跡地利用への制限を考慮しているか。	施工計画書の確認			
		現場で試験を行い、効果を確認したか。	現場試験等報告書の確認			
		不溶化後、地盤の支持力は確保できるか。地盤改良は必要か。	施工計画書の確認			
	施工方法	施工方法の検討	不溶化作業	埋め戻し手順、締固め管理内容が定められているか。	跡地利用計画を踏まえて、決定	
				掘削仮置き時の飛散防止、浸透防止措置は的確に計画されているか。	施工計画書の確認	
				薬剤の供給量は計画どおりか。	施工計画書の確認	
期中管理	施工中	作業	埋め戻し作業	攪拌・混合における施工管理項目は計画どおりか。	施工計画書の確認	
				埋め戻し手順、締固め手順は計画どおりか。	汚染除去等計画書の確認	
	施工後	効果の確認	品質管理	飛散防止措置は適切に実施されたか。	汚染除去等計画書の確認	
				土壌溶出量のチェックが的確になされているか。	汚染除去等計画書の確認	
				埋め戻し後の土地利用に影響がないか。	汚染除去等計画書の確認	
				施工による地下水への影響が出ているか。	汚染除去等計画書の確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置不溶化（土壌汚染の管理）

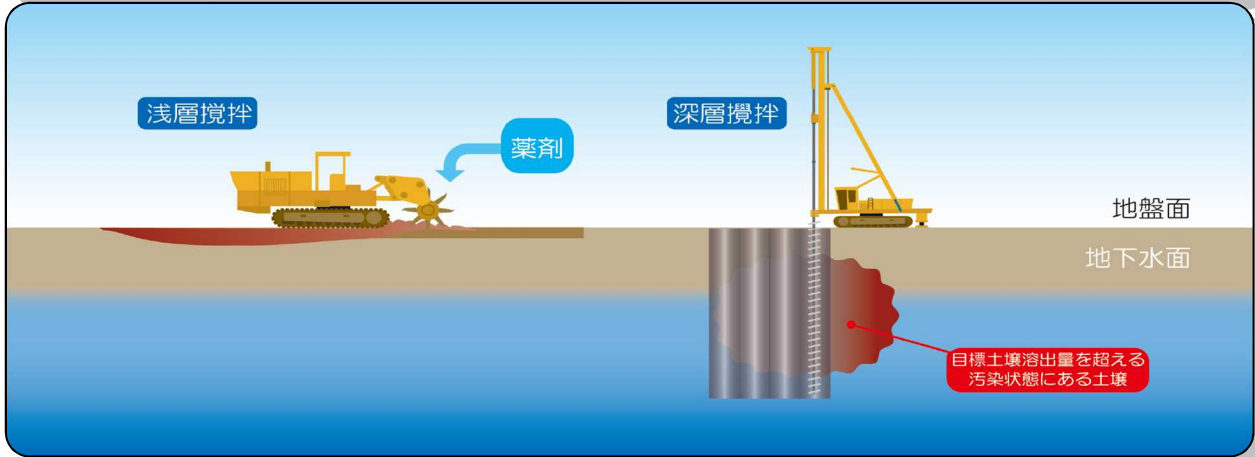
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域
－	○	－	

措置技術の概要

目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を掘削することなく、不溶化剤と呼ばれる水への溶出を防ぐ薬剤を、専用の建設機械等により、原位置にて攪拌混合し、不溶化効果を確認する措置です。第二溶出量基準を超える汚染状態にある土壌には適用できません。



(一社)土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- ・ 事前に当該土壌を用いた適用可能性試験を実施して、不溶化が可能であることを確認します。実施時は、100 m² ごとに1地点の割合で深さ1 mごとに処理土壌の土壌溶出量を測定して、不溶化の効果を確認します。
- ・ 不溶化を行った土壌のある範囲の地下水の下流側に観測井を設け、1年に4回以上定期的に地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えない汚染状態が2年間継続することを確認することが必要です。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 措置実施中は、基準不適合土壌、不溶化剤の飛散防止に十分に留意し、フェンスの設置、集じん機、散水等により粉じんの発生を防止します。
- ・ 原位置不溶化を行っている期間、当該場所の地下水流向の下流側周縁に設置した観測井により、地下水中の特定有害物質の量や不溶化剤の濃度等を測定し、周辺への拡散を監視します。異常が確認された場合には、直ちに措置を停止するとともに、遮水壁の設置あるいは地下水汚染の拡大の防止を行った上で措置を実施するものとします。
- ・ 措置実施後はシート、盛土、舗装等によって不溶化した土壌の飛散を防止します。
- ・ 法による措置の完了確認期間は2年間ですが、その後は同様に地下水の水質の測定を行うなどして、不溶化効果を維持していくことが望ましいといえます。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 使用する不溶化剤の種類や必要混合量を現地の土壌を用いた事前の適用可能性試験により確認する必要があります。この際不溶化後の安定性についても十分に留意する必要があります。
- ・ 土質や地下水位の位置等の地盤条件によっては目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌と不溶化剤の均一な混合が難しい場合がありますので、両者が十分に均質に混合され、不溶化効果が均等に発揮される混合攪拌方法を選定する必要があります。

原位置不溶化の説明（1 / 2）

1. 措置技術の説明

目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を掘削することなく、原位置において、不溶化剤と呼ばれる水への溶出を防ぐ薬剤を専用機械により目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲で原位置混合攪拌し、不溶化効果を確認する方法です。第二溶出量基準に不適合な土壌には適用できないため、措置実施範囲内の全ての土壌が第二溶出量基準に適合していることを確認する必要があります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除され、改めて形質変更時要届出区域の指定を受けます。本措置は基準不適合土壌が残ることから、措置の完了後も不溶化の効果が適切に維持される必要があります。

2. 要求品質

事前に当該土壌を用いた適用可能性試験を実施して、不溶化が可能であること及び不溶化剤自体の安全性を必ず確認する必要があります。これにより混合すべき不溶化剤の種類と量を決定します。この際、不溶化効果の安定性についても留意する必要があります。また、適用可能性試験を行う際には、不溶化対象の特定有害物質だけでなく、不溶化処理前には基準に適合していた特定有害物質が処理に伴って基準不適合になることがないことを確認することも重要です。

混合攪拌を行うに当たっては、十分に均質に混合されるように留意してその方法を決定する必要があります。実際に不溶化剤が混合された後、100 m² ごとに1地点の割合で深さ1 mから目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌のある深さまでの1 mごとの土壌を採取して、その不溶化効果を確認します。

措置を完了するためには、原位置不溶化範囲の下流側周縁において地下水の水質の測定を行い、観測井における地下水の水質を1年に定期的に4回以上測定し、目標地下水濃度を超えない状態が2年間継続していることを確認することが必要です。地下水の水質モニタリングと同時に、地下水のpH、電気伝導度、酸化還元電位等、当該不溶化剤を用いた場合の不溶化効果に影響を与える地下水の水質の因子についても測定し、有意な水質変化が見られた場合には当該土壌の不溶化効果について再度確認等を行うことが必要です。

地下水の観測井でのモニタリングにより、2年間にわたって目標地下水濃度を超えない汚染状態にあることが確認されれば、当該範囲は形質変更時要届出区域となります。ただし、その後も同様の管理を行うことが望ましく、不溶化効果の低減等により目標地下水濃度を超える汚染状態、あるいは地下水濃度上昇傾向を示すなどの現象があった場合には、直ちに再度不溶化を行うか、他の措置を講ずることが必要になります。

原位置不溶化の説明（2／2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

措置実施中は、基準不適合土壌、不溶化剤の飛散防止に十分に留意し、フェンスの設置、集じん機、散水等により粉じんの発生を防止する必要があります。また、不溶化剤の性状、地盤の状況、工事方法により、工事時に特定有害物質等の周辺への拡散が懸念される場合には、遮水壁の設置又は地下水の揚水等の汚染拡散防止措置を検討する必要があります。

措置実施後についてもシート、盛土、舗装等によって不溶化土壌の飛散を防止します。

4. 想定されるトラブルの例

（1）不溶化効果の安定性について

不溶化効果の安定性を調べる方法としては、（一社）土壌環境センター技術標準「重金属等不溶化処理土壌の pH 変化に対する安定性の相対的評価方法」等があります。このような試験を行うことにより不溶化効果の安定性及び安定性に影響を与える地下水の水質項目等を把握し、不溶化の安定性を検討しておくことが求められます。

（2）不溶化剤の混合方法について

不溶化剤を原位置で混合する方法としては、バックホウ等の通常の建設機械やスタビライザー等の機械を用いる浅層混合方法と、機械攪拌や高圧噴射攪拌等を用いる深層混合方法があります。選定に当たっては目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の存在する深さ、土質（粒径等）と不溶化剤の材質（固体、粉体、液体）等から判断して、十分に均質な混合が確保できる合理的な工事方法を選択することが重要です。不溶化効果の高い薬剤であっても、原位置混合方法が適切に選択されない場合、結果的に不溶化効果が得られないといったことになりかねないので留意が必要です。

（3）不溶化効果のばらつきについて

現場において不溶化剤を混合した後は、100 m² ごとに1地点の割合で深さ 1 m ごとに土壌溶出量を測定して不溶化の効果確認を行います。土質、汚染状態の不均一性、混合の不均一性等の要因により、1回の処理では目標土壌溶出量を満足しないこともあります。再処理等が必要となりますが、それによって不溶化剤の使用量の増加、工事期間の延長等が発生したりするので、不溶化剤量や工期については安全率を見込んだ計画を立てておく必要があります。

【原位置不溶化：チェックリストの例】

措置名称：原位置不溶化（原位置攪拌混合）

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果	
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
				第一種、第三種特定有害物質が基準に適合しない汚染状態で共存していないか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書		
				特定有害物質の濃度が不溶化適用範囲内であることを把握できているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書		
				施工に必要なエリアを確保できるか。	攪拌混合用の重機、薬剤プラント等の設置スペースが確保できるかの確認		
		適用可能性試験	適用可能性試験で効果を確認できたか。	現地の土壌の使用、不溶化の可否、不溶化剤の混合比率、不溶化対象物質以外の特定有害物質の溶出量変化等についての確認			
			安定性確認試験を行ったか。	pH の変化等に対する安定性が確認されているかについて確認			
			強度試験は必要ないか。固化材は弊害を生まないか。	適用可能性試験結果報告書の確認			
			既存データによる検討	薬剤の供給量管理、確認手段を把握しているか。	業者への確認		
		薬剤配合率を一定に保つための施工管理項目を設定しているか。		施工計画書の確認			
		遮水壁、揚水等の拡散防止措置の必要性があるか。		施工計画書の確認			
		不溶化後、地表面からの飛散防止措置が考慮されているか。跡地利用への制限の有無を考慮しているか。		施工計画書の確認			
		現場試験	現場で試験を行い、効果を確認したか。	室内試験、既存施工データとの比較、検討			
	不溶化後、地盤の支持力は確保できるか。地盤改良は必要か。		施工計画書の確認				
	施工方法		施工方法の検討	施工計画書の作成	重機の転倒防止が検討されているか。	施工計画書の確認	
					盛り上がり土（排泥）の処理を考慮しているか。	施工計画書の確認	
	不溶化剤（及び固化材）の保管方法は適切に計画されているか。	材料メーカーの指示内容を確認					
不溶化後地表面の拡散防止措置は適切に計画されているか。	施工計画書の確認						
期中管理	施工中	作業	原位置攪拌混合	薬剤の供給量は計画どおりか。	作業管理表の確認		
				羽切り回数等の施工管理項目は計画どおりか。	作業管理表の確認		
				遮水壁が必要な計画の場合、遮水壁を確実に設置したか。	汚染除去等計画書の確認		
	施工後	効果の確認	品質管理	土壌溶出量のチェックが適切になされているか。	汚染除去等計画書の確認		
			地盤強度	地盤強度は確保できているか。	汚染除去等計画書の確認		
			地下水	周辺地下水への影響が発生していないか。	汚染除去等計画書の確認		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

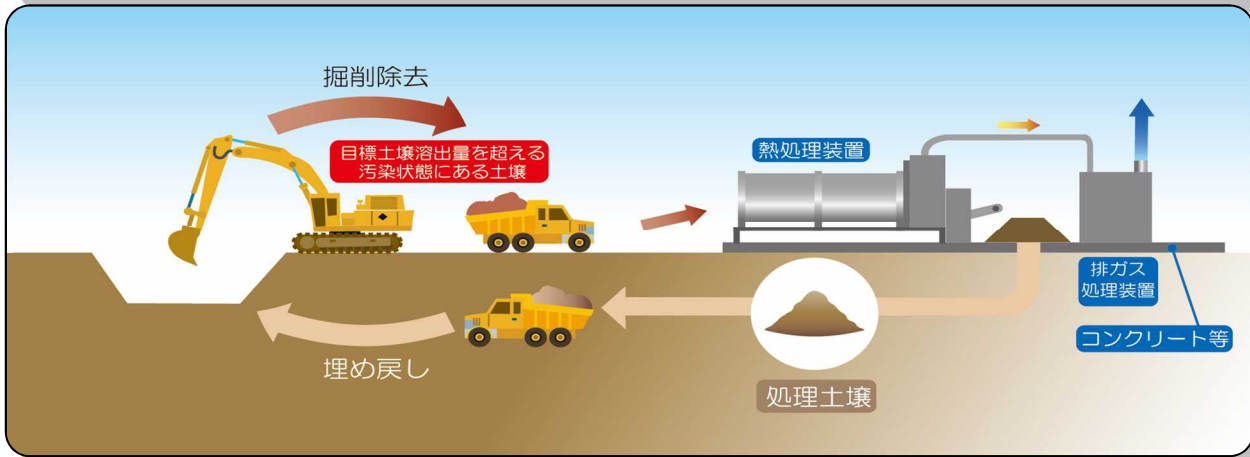
オンサイト浄化：熱処理（土壌汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	△ (水銀、シアン化合物)	○	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を加熱することにより特定有害物質を抽出又は分解する措置です。対象土壌を直接又は間接的に加熱する装置に投入し、その中で特定有害物質を抽出又は分解できる温度まで加熱し、土壌中の特定有害物質を分解又は揮発除去させます。排ガス中の抽出された特定有害物質等を排ガス処理装置で処理・回収することが必要です。



(一社)土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- ・ 現地採取試料を用いた室内試験、現地パイロット試験、浄化実績等により、対象となる特定有害物質の処理条件の事前確認が必要です。
- ・ 実施時は、100 m³以下ごとに1回の割合で処理土壌を測定し、浄化効果を確認します。
- ・ 排ガスの性状を把握し、確実に捕捉・処理できる排ガス処理装置の設置が必要です。
- ・ 処理施設撤去後に当該施設に起因した新たな土壌汚染が生じていないことの確認が必要です。

周辺環境管理のポイント

- ・ 装置を設置する場所や基準不適合土壌を仮置きする場所は、粉じんの飛散防止及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。
- ・ 排ガス処理装置の排出口等にてガス濃度を観測し、大気への汚染拡散を防止します。
- ・ 処理期間中、周辺環境への粉じん、排ガス、排水に関し適切なモニタリングが必要です。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 油含有土壌の場合にも適用可能ですが、適切な排ガス処理が必要です。
- ・ 処理対象外の重金属等が含まれる場合は、熱処理以外の追加処理が必要となります。
- ・ 熱処理により、有害なガス生成、重金属等の溶出量の増大、土壌性状の変化等が起こる可能性が高いため、必ず事前に適用可能性試験等による確認が必要です。
- ・ 処理土壌を埋め戻す際には、特定有害物質の浄化確認に加え、埋め戻し材として適切であるかの確認が必要です。
- ・ 別工事で用いていた炉の転用や運転条件設定では、想定しない有害物質の生成が起こる場合があるので注意が必要です（塩素分を含んだ土壌の場合、ダイオキシンの生成等）。

オンサイト浄化：熱処理の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

熱処理とは掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を加熱することにより特定有害物質を抽出又は分解する処理方法であり、効果面からは特定有害物質を分解処理する熱分解と比較的沸点が低い物質を土壌から抽出する加熱脱着・揮発に分類されます。第一種特定有害物質や第三種特定有害物質、一部の第二種特定有害物質（シアン化合物、水銀）による基準不適合土壌に広く対応できる技術です。特に複数の特定有害物質に係わる基準不適合土壌に対してよく使用されます。油含有土壌の場合には、排ガス処理の負担が増えますが適用できます。

熱処理温度は特定有害物質によって異なりますが、高温熱分解は 800℃あるいはそれ以上（高温）で、抽出（脱着）を目的とするものでは 400～600℃程度（中温）、抽出（揮発）を目的とするものでは 150～200℃（低温）で実施されます。

特定有害物質によっては触媒や酸化剤、還元剤を併用する方式も提案されています。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

熱処理では、適用可能性試験を事前に実施し、処理後の土壌及び排ガスの性状について十分に把握した上で、処理条件を決定することが必要です。特定有害物質の挙動、反応生成物及び処理対象土壌に起因する有害物質の生成や処理への影響を把握し、これらの結果を踏まえ適切な処理条件を設定しなければなりません。別工事で用いていた炉の転用や運転条件設定では想定しない特定有害物質の生成が起こる場合があるので注意が必要です。例えば、塩素分を多く含む土壌の場合、熱処理の温度によっては、ダイオキシンの生成が懸念されます。また、クロム含有土壌を高温処理する場合は、三価クロムが六価クロムへ酸化しますので、注意が必要です。

処理実施時には 100 m³ 以下ごとに、第一種特定有害物質ではその中の 1 点から採取した土壌について、第二種及び第三種特定有害物質については 5 点から採取した土壌を同じ重量で混合したものについて、目標土壌溶出量を超えない汚染状態かつ土壌含有量基準に適合する汚染状態にあることを確認します。その際、処理の過程で生成されるおそれがある特定有害物質についても、土壌溶出量基準かつ土壌含有量基準に適合することを確認することが望まれます。

熱処理後には土壌の性状が変化します。一般的に高温処理後の土壌は質的に大きく変化し、中温・低温処理では、比較的小さい変化となります。処理土壌を埋め戻しに用いるには、適用可能な土質となるように調整が必要になる場合があります。

措置を完了するためには、地下水下流側地点又は周縁等で地下水の水質の測定を行い、観測井における地下水の水質を 1 年に定期的に 4 回以上測定し、目標地下水濃度を超えない状態が 2 年間継続していることを確認することが必要です。なお、措置実施前に目標地下水濃度を超えていない場合、工事完了後、地下水の水質を 1 回測定し、目標地下水濃度を超えていないことを確認することが必要です。

措置の実施に伴う施設を法第 14 条の指定の申請を活用して指定された要措置区域等に設置し、措置完了後に当該区画の指定解除を求める場合等には、措置に伴う施設撤去後の土壌調査を行い、当該施設に起因して新たな土壌汚染が生じていないことを確認する必要があります。

オンサイト浄化：熱処理の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

熱処理に伴う汚染拡散を防止するために、基準不適合土壌からの粉じん、処理装置からの排ガス・粉じん・排水に対し適切な拡散防止措置を行う必要があります。

粉じん発生抑制としては、掘削後速やかに密閉テント内等に保管し、粉じんの発生が防止された処理装置を用いる必要があります。排ガス対策としては、設備においては、反応生成物等を捕捉するため、あるいは抽出（揮発・脱着）物を分解・捕捉するため適切な排ガス処理装置が不可欠です。排ガス処理に伴い、排水処理等も必要になる場合があります。これらの排水設備等における地下浸透防止措置にも留意しなければなりません。

処理期間中には周辺へ汚染を拡散していないことを確認するモニタリングが必要です。代表的なモニタリング項目は、密閉テント周辺や処理装置の処理ガスの排出口における粉じん・排ガス濃度測定、施設からの排水出口における水質測定等が挙げられます。

4. 想定されるトラブルの例

（1）加熱処理時の未処理粉じんや排ガス等の漏えい

加熱処理では、密閉装置内で土壌を加熱・攪拌し水の沸点以上まで加温します。その際には、土壌が乾燥して微細化した粉じん、揮発した特定有害物質及び水蒸気が発生します。処理時にこれらの特定有害物質を含む未処理粉じんや排ガスが適正に処理できる装置構造・構成であることを確認し、処理完了までその適正管理状態が維持されることが必須です。

また、連続処理装置の運転中に装置トラブルが発生し緊急停止する場合には、投入が停止された後にも装置内に加熱された未処理土壌が残るため、安全に排出され、かつ装置内に残された揮発した特定有害物質も適切に処理されるように、装置内に周辺環境に影響なく停止できるバックアップ施設の検討が必要となります。

（2）処理土壌による埋め戻し

特に高温熱分解や中温加熱脱着処理では、汚染物質とともに有機成分が分解・揮発するなど、処理後には土壌の物理化学的性質が処理前から変化します。例えば、有機分が減少し保水性が低下したり、処理後の色に変化したりするため、処理土壌を埋め戻しに用いる場合には、埋め戻し先の用途に適合するか確認が必要です。単に埋め戻し材としての物理的性質に加え、植栽等が可能な化学的性質の不足を補う材料として、水分や適切な土質改良材等を加える必要が生じる場合があります。

【オンサイト浄化（熱処理）：チェックリストの例】

措置名称：加熱脱着・熱抽出

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				措置対象物質は熱処理が可能か。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
			設計条件	目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌は適切に処理できるか。	浄化目標値、処理土壌の再利用/処理方法の確認	
				周辺環境対策は十分に配慮されているか。	処理に伴い生成する排ガス、排水、粉じん等に対する適切な拡散防止措置方法の確認	
		安全性確認	安全計画	排ガスの処理計画は適切か。	施工計画書の確認 必要十分なスペックであるかについて確認	
		工法の設計	室内試験	必要に応じ、事前に小規模の試験機等で適用性を確認しているか。	現地で採取した土壌を用いて小型試験機で試験を行い、浄化効果、物質収支の検討、適用性、浄化期間の予測を実施	
				評価	処理条件、工事の前提条件を満足するか。	工事の前提条件を満たすかについて確認 浄化が達成できるかについて確認
					埋め戻し後の土地利用への影響がないか。	浄化以外に必要な条件を満足する評価項目の設定
		期中管理	施工中	作業	処理	処理量・処理速度は計画どおりか。
所定の処理温度が維持されているか。	計器等にて確認					
所定の処理性能が維持されているか。	計器等にて確認					
モニタリング	各種機器データ			各種機器のデータを、時間を定めて記録しているか。	一定時間ごとに機器データならびに異常の有無を記録	
				各種機器に異常はないか。	記録内容より確認	
	評価			措置対象物質の濃度は想定どおりの浄化傾向にあるか。	分析結果一覧表により確認	
排水の水質は確認できているか。			分析結果一覧表及び計量証明書により確認			
施工後	浄化完了確認		対象物質	措置対象物質の濃度が完了条件を満足しているか。	汚染除去等計画書に基づく対象物質の分析結果の確認	
			評価項目	埋め戻し後の土地利用への影響がないか。	土地利用に応じ設定した目標を満足するか確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

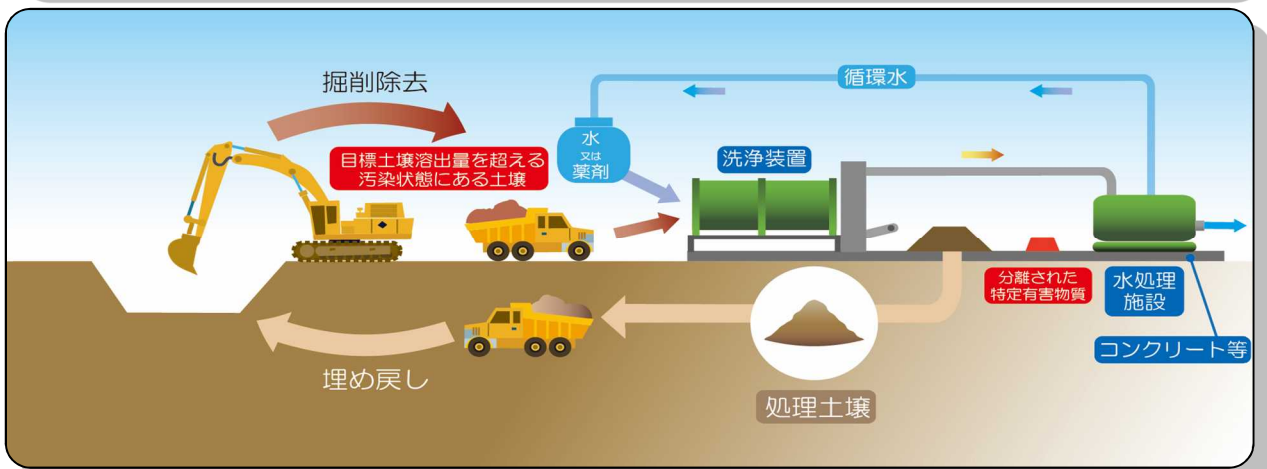
オンサイト浄化：洗浄処理（土壤汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除
×	○	○	

措置技術の概要

掘削した土壤を機械的に洗浄して特定有害物質を除去した後、埋め戻す措置です。例としては、目標土壤溶出量を超える汚染状態にある土壤を洗浄装置に投入し、土壤を分級して、特定有害物質が吸着・濃縮している部分の土壤を分離することと、特定有害物質を洗浄液中に溶出させることにより浄化する方法があります。なお、分離された特定有害物質は濃縮・減量され適正に場外処分します。



(一社)土壤環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 特定有害物質は、土壤のうち、小さい粒径に集中して含まれやすい性質があります。事前の試験で、どの粒径の土壤に特定有害物質が多く含まれるかを把握し、その部分を取り除きます。
- 実施時は、100 m³以下ごとに1回の割合で処理土壤を測定し、浄化の効果を確認します。
- 処理施設撤去後に当該施設に起因した新たな土壤汚染が生じていないことの確認が必要です。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 装置を設置する場所や基準不適合土壤を仮置きする場所は、粉じんの飛散防止及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。
- 洗浄に使用した水を排水するときは、処理して分析し、汚染がないことを確認します。
- 異臭のある土を処理する場合は、異臭対策が必要です。
- 地盤状況や周辺の状況により騒音・振動の対策が必要な場合もあります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 土の性質により適用できない場合もあるので、適用可能性試験により、特定有害物質を高濃度に含む土壤成分（細粒分）がどの程度含まれるかなど確認する必要があります。
- 洗浄処理や水処理で薬剤を使用する場合は、埋め戻し土への残留、循環水中への蓄積、排出水の排出先への影響等を確認する必要があります。
- 処理土壤を埋め戻す際には、特定有害物質の浄化確認に加え、埋め戻し材として適切であるかの確認が必要です。

オンサイト浄化：洗浄処理の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を除去する方法で、土壌を粒度により分級して、特定有害物質が吸着・濃縮している部分を抽出（分離）することと、特定有害物質を洗浄液中に溶解させることが基本となっています。

適用対象は、第二種特定有害物質・第三種特定有害物質や、これらと油類が共存した場合が挙げられます。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

洗浄処理では、適用可能性試験を事前に実施し、処理後の土壌及び分離物、濃縮物、排水等の性状について十分に把握した上で、処理条件を決定することが必要です。

洗浄の効率、土粒子の粒径に関係し、一般に土粒子のうち粗粒分からは特定有害物質の除去はしやすく、細粒分からの除去は困難です。そのため汚染の濃縮した細粒分及び特定有害物質が溶出した洗浄水からは、汚泥が発生し、この処理を別途行う必要があります。なお、一般には細粒分に特定有害物質が蓄積しやすいですが、汚染の経緯によっては粗粒分においても濃度が高い場合もありますので、適用可能性試験で十分に確認する必要があります。また、特定有害物質が濃縮する割合が高いと、場外処分しなければならぬ廃棄物の量が多くなり、効率が悪くなることもありますので、工法選定においてはこれらを考慮することも重要です。

土壌洗浄法は、いくつかの工程の組合せにより成り立っています。水又は他の溶媒による洗浄工程、ふるい分離・比重分離等による分級工程、その他に磁着物を分離する磁力分離工程、表面性状の違いで分離を行う浮上分離工程等で、これらの選択及び組合せは対象となる特定有害物質や土壌の土質によって異なるため事前の適用可能性試験によって決定されます。

処理実施時には 100 m³ 以下ごとに 5 点から採取した土壌を同じ重量で混合し、目標土壌溶出量を超えない汚染状態かつ土壌含有量基準に適合する汚染状態にあることを確認します。その際、処理の過程で生成されるおそれがある特定有害物質についても、土壌溶出量基準及び土壌含有量基準に適合することを確認することが望まれます。

措置を完了するためには、地下水下流側地点又は周縁等で地下水の水質の測定を行い、観測井における地下水の水質を 1 年に定期的に 4 回以上測定し、目標地下水濃度を超えない状態が 2 年間継続していることを確認することが必要です。なお、措置実施前に目標地下水濃度を超えていない場合、工事完了後、地下水の水質を 1 回測定し、目標地下水濃度を超えていないことを確認することが必要です。

措置の実施に伴う施設を法第 14 条の指定の申請を活用して指定された要措置区域等に設置し、措置完了後に当該区画の指定解除を求める場合等には、措置に伴う施設撤去後の土壌調査を行い、当該施設に起因した新たな土壌汚染が生じていないことを確認する必要があります。

オンサイト浄化：洗浄処理の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌の掘削、運搬、洗浄処理、埋め戻し等の一連の処理の各工程で、汚染物質の飛散、漏えい、拡散等が発生する可能性を検討し、それぞれに対して適切な対策を実施する必要があります。

装置を設置する場所や基準不適合土壌を仮置きする場所は、粉じんの飛散防止及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。

洗浄処理に使用した水を排水するときは、分析して排水基準等に適合していることを確認する必要があります。

また、異臭のある土を処理する場合は、異臭対策が必要な場合もあります。

地盤状況や周辺・近隣の状況により騒音・振動の対策が必要な場合もあります。

4. 想定されるトラブルの例

（1）細粒分の抜けた粒度分布の悪い土で埋め戻す場合の液状化等の懸念

細粒分を除去した処理土を現地に埋め戻す場合は、液状化の可能性が処理前に比べ高まることが考えられます。そこで、液状化しやすい土であるかどうか室内試験を行い、その結果と埋め戻す地盤の状況（地下水位等）により液状化が懸念される場合は、適切な対策をとることで対処できます。主な対策としては、転圧工法（転圧しながらの埋め戻し）や粒度及び土質改良等が挙げられ、処理土壌に適した工法を用いて工事する必要があります。

（2）プラントによる騒音・振動

洗浄プラントから発生する騒音・振動については、周辺環境等に応じ、適正な騒音・振動の基準を設定し、その基準に応じた低騒音・低振動の設備を選定し、設備の設置場所や稼働時間も適切に対応する必要があります。

必要に応じて、更に騒音・振動防止策を実施します。一般的に騒音対策として、防音シート、防音パネル、防音テント等を設置することもあります。

（3）脱水ケーキの取扱い

水処理施設から発生する脱水ケーキの処分については、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下「廃棄物処理法」という。）等に基づき、適切に取り扱わなければならない場合があります。規模、性状等により適用条件が異なるので、事前に地方公共団体に確認する必要があります。

（4）洗浄に特定有害物質の溶出を促進する薬剤を使用した場合

洗浄に特定有害物質の溶出を促進する薬剤を使用した場合、十分にその薬剤を除去しないと、処理対象の特定有害物質の溶出量がかえって増加するおそれがあります。また、処理対象となっていない特定有害物質でも薬剤による溶出促進効果で土壌溶出量基準に適合しなくなるおそれがあります。

【オンサイト浄化（洗浄処理）：チェックリストの例】

措置名称：土壌洗浄

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件等の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				措置対象物質は洗浄処理が可能か。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
			設計条件	目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌は適切に処理できるか。	浄化目標値、処理土壌の再利用/処理方法の確認	
				周辺環境対策は十分に配慮されているか。	処理に伴い生成する分離濃縮物、排水、粉じん等に対する適切な拡散防止措置方法の確認 分離濃縮物の取扱い、法的規制等の確認	
		工法の設計	室内試験	事前に適用可能性試験等で適用性を確認しているか。	現地で採取した土壌を用いて洗浄処理試験を行い、浄化効果、物質収支の検討、適用性、浄化期間等の予測を実施	
			評価	処理条件、工事の前提条件を満足するか。	工事の前提条件を満たすかについて確認 浄化が達成できるかについて確認	
		埋め戻し後の土地利用への影響がないか。		浄化以外に必要な条件を満足する評価項目の設定		
期中管理	施工中	作業	処理	処理量・処理速度は計画どおりか。	計器等にて確認	
				所定の処理性能が維持されているか。	計器等にて確認	
		モニタリング	各種機器データ	各種機器のデータを、時間を定めて記録しているか。	一定時間ごとに機器データならびに異常の有無を記録	
				各種機器に異常はないか。	記録内容より確認	
	評価	評価	措置対象物質の濃度は想定どおりの浄化傾向にあるか。	分析結果一覧表により確認		
			土量・排水・措置対象物質の物質収支は良好か。	収支の一覧表により確認		
	施工後	浄化完了確認	対象物質	措置対象の物質の濃度が完了条件を満足しているか。	汚染除去等計画書等に基づく対象物質の分析結果の確認	
			評価項目	埋め戻し後の土地利用への影響がないか。	土地利用に応じ設定した目標を満足するか確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

オンサイト浄化：化学処理（土壤汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	△（シアン化合物）	○	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

掘削した目標土壤溶出量を超える汚染状態にある土壤に薬剤を添加し、化学的に特定有害物質を分解した後、埋め戻す措置です。混合装置を用いて土壤に薬剤（酸化剤又は還元剤等）を混合し、酸化反応又は還元反応等により特定有害物質を分解します。



（一社）土壤環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- ・ 事前に適用可能性試験により、特定有害物質を分解する薬剤・混合条件の確認が必要です。
- ・ 措置対象の特定有害物質の濃度のみならず、土壤中の化学分解の阻害物質についても調査し、把握しておくことが必要です。油類が混在する場合は、処理に影響を生じます。
- ・ 実施時は、100 m³ 以下ごとに1回の割合で処理土壤を測定し、浄化の効果を確認します。

周辺環境管理のポイント

- ・ 装置を設置する場所や基準不適合土壤を仮置きする場所は、粉じんの飛散防止（揮発性の特定有害物質においては揮散防止）及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。
- ・ 排ガス処理装置の排出口等にてガス濃度を観測し、大気への汚染拡散を防止します。
- ・ 処理期間中、周辺環境の粉じん、排ガス、排水に関し適切なモニタリングが必要です。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 事前試験により、使用する薬剤の安全性、土との相性、特定有害物質の分解性等を十分に検証する必要があります。有機物質が多く含まれる土壤や、地盤改良された高アルカリ性土壤では、化学処理に適さない場合もあります。
- ・ 第一種特定有害物質の処理において薬剤を乾式混合する場合又は発熱を伴う場合には、処理土壤からの揮発も考慮する必要があります。
- ・ 処理土壤を埋め戻す際には、特定有害物質の浄化確認に加え、埋め戻し材として適切であるかの確認が必要です。

オンサイト浄化：化学処理の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌に薬剤を添加し、化学的に特定有害物質を分解した後、埋め戻す工法です。処理対象物質は化学的に分解が可能な第一種特定有害物質、第三種特定有害物質、シアン化合物に限定されます。処理方法は、酸化分解、還元分解、アルカリ触媒分解に大別されます。浄化対象物質と使用する主な薬剤について下表に示します。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

名称	浄化対象物質	使用薬剤	反応条件
酸化分解	第一種特定有害物質 シアン化合物 第三種特定有害物質	オゾン、過酸化水素、過マンガン酸塩、過硫酸塩、又は過酸化水素及び鉄塩（フェントン法）	常温
還元分解	第一種特定有害物質	鉄粉	常温
アルカリ触媒分解	PCB	アルカリ剤	低温加熱（200～450℃） 加熱脱着後に脱ハロゲン化処理

2. 要求品質

適切な処理条件では比較的短期間での分解が可能であり、適用可能な特定有害物質の濃度や土質の範囲が広い特徴があります。ただし、対象物質ごとに適切な薬剤条件が異なり、条件によっては想定しない有害物質の生成が起こる場合があるので、事前に適用可能性試験を必ず実施し、その結果より適切な化学処理条件を設定することが必要となります。化学処理の検討では特定有害物質の減少のみでなく、分解経路や反応生成物を把握した上で、物質収支の観点からも効果があることを確認することが重要です。

処理実施時には100 m³以下ごとに、第一種特定有害物質ではその中の1点から採取した土壌について、第二種及び第三種特定有害物質については5点から採取した土壌を同じ重量で混合したものについて、目標土壌溶出量を超えない汚染状態かつ土壌含有量基準に適合する汚染状態にあることを確認します。その際、処理の過程で生成されるおそれがある特定有害物質についても、土壌溶出量基準及び土壌含有量基準に適合することを確認することが望まれます。

措置を完了するためには、地下水下流側地点又は周縁等で地下水の水質の測定を行い、観測井における地下水の水質を1年に4回以上定期的に測定し、目標地下水濃度を超えない状態が2年間継続していることを確認することが必要です。なお、措置実施前に目標地下水濃度を超えていない場合、工事完了後、地下水の水質を1回測定し、目標地下水濃度を超えていないことを確認すればよいです。

措置の実施に伴う施設を法第14条の指定の申請を活用して指定された要措置区域等に設置し、措置完了後に当該区画の指定解除を求める場合等には、措置に伴う施設撤去後の土壌調査を行い、当該施設に起因した新たな土壌汚染が生じていないことを確認する必要があります。

オンサイト浄化：化学処理の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

化学処理で、毒物及び劇物や危険物等に指定される薬剤を使用する場合は、当該薬剤の保管場所及び使用場所において、毒物及び劇物取締法、危険物船舶運送及び貯蔵規則、消防法等の法令を遵守し、取扱いに十分注意する必要があります。

薬剤混合装置の設置場所や基準不適合土壌の仮置き場所は、粉じんの飛散防止（揮発性の特定有害物質においては揮散防止）及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。使用する薬剤の保管は雨風の影響がないように適切に管理し、漏えい・飛散を防ぐ必要があります。特に第一種特定有害物質の処理において薬剤を乾式混合する場合又は発熱を伴う場合には、処理時土壌からの揮発がないかを確認し、必要に応じて揮発ガスの拡散防止措置を行う必要があります。

処理土壌を埋め戻す際には、特定有害物質の浄化確認に加え、埋め戻し材として適切であるかの確認が必要です。

4. 想定されるトラブルの例

（1）分解阻害物質による処理効果低減

化学処理を実施するには適用可能性試験を実施し、措置による悪影響が生じないように適切な分解条件を設定することが必要です。特に処理対象土壌が高アルカリ性、又は多くの有機物質を含む場合には、化学反応が著しく阻害され、浄化目標の達成が困難になる可能性があります。以下に代表的な事例を示します。

1) 高アルカリ性

跡地利用に際し、表層改良された土壌や再生砕石に接した土壌は、高アルカリ性となり、鉄粉還元処理やフェントン酸化処理が適用困難になることがあります。したがって、対象地の土壌サンプルを採取し、適用可能性の検討を行い、対象土壌の状況を確認し、その状態に応じた処理方法を選定します。評価方法としては、地層構成状況の目視確認、土壌の pH や電気伝導度等の測定が挙げられます。

2) 高有機物質

腐食土等のように有機物質が多く含まれる土壌や多くの油類が混在する土壌に対して、酸化分解処理を行うと、浄化対象である特定有害物質を分解する前に、薬剤が消費されてしまうケースがあります。このような場合は、適用可能性試験により必要な追加薬剤量を検討するか、別の処理方法を検討せざるを得ません。

（2）処理土壌の埋め戻しによる悪影響の発生

化学処理の実施後に特定有害物質濃度は低減しても、部分的に未反応の薬剤等が残留し、埋め戻し後の土壌環境に影響を及ぼすことが懸念されます。埋め戻し後の土地の利用方法に応じて、特定有害物質以外の必要な管理項目を設定して処理土壌の評価を行い、埋め戻し箇所に悪影響が出ないような設計や施工管理を行う必要があります。

【オンサイト浄化（化学処理）：チェックリストの例】

措置名称：化学処理（酸化・還元）（攪拌混合）

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壤及び目標土壤溶出量を超える汚染状態にある土壤の範囲及び深さを確認しているか。	土壤汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				措置対象物質は化学処理が可能か。	土壤汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				化学処理で分解できる地盤環境であるか。	土壤汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
			設計条件	目標土壤溶出量を超える汚染状態にある土壤は適切に処理できるか。	浄化目標値、処理土壤の再利用/処理方法の確認	
				周辺環境対策は十分に配慮されているか。	処理に伴う生成する排ガス、排水、粉じん等に対する適切な拡散防止措置方法の確認	
				安全性確認	薬剤	過酸化水素水等の酸化剤、鉄粉等の還元剤は適正に保管されているか。
		工法の設計	室内試験	適用可能性試験で効果を確認できたか。	現地で採取した土壤を用いた適用可能性試験にて検証する。	
				評価	処理条件、工事の前提条件を満足するか。	工事の前提条件を満たすかについて確認 浄化が達成できるかについて確認
			埋め戻し後の土地利用への影響がないか。		浄化以外に必要な条件を満足する評価項目の設定	
期中管理	準備	届出	法条例等	薬剤（酸化剤・還元剤）の利用に関する報告が必要か。	必要に応じて労働基準監督署等に報告	
	施工中	作業	処理	処理量・処理速度は計画どおりか。	計器等にて確認	
				薬剤の配合は適切か。反応しているか。	既存データと事前試験、日常観察結果より確認	
				所定の処理性能が維持されているか。	計器等にて確認	
				周囲への飛散防止対策はとられているか。	施工計画書の確認	
		モニタリング・維持管理	評価	措置対象物質の濃度は想定どおりの浄化傾向にあるか。	分析結果一覧表により確認	
				各種機器データ	各種機器のデータを、時間を定めて記録しているか。	一定時間ごとに機器データ並びに異常の有無を記録
	各種機器に異常はないか。	記録内容により確認				
	施工後	浄化完了確認	対象物質	措置対象物質の濃度が完了条件を満足しているか。	汚染除去等計画書等に基づく対象物質の分析結果の確認	
			評価項目	埋め戻し後の土地利用への影響がないか。	土地利用に応じ設定した目標を満足するか確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

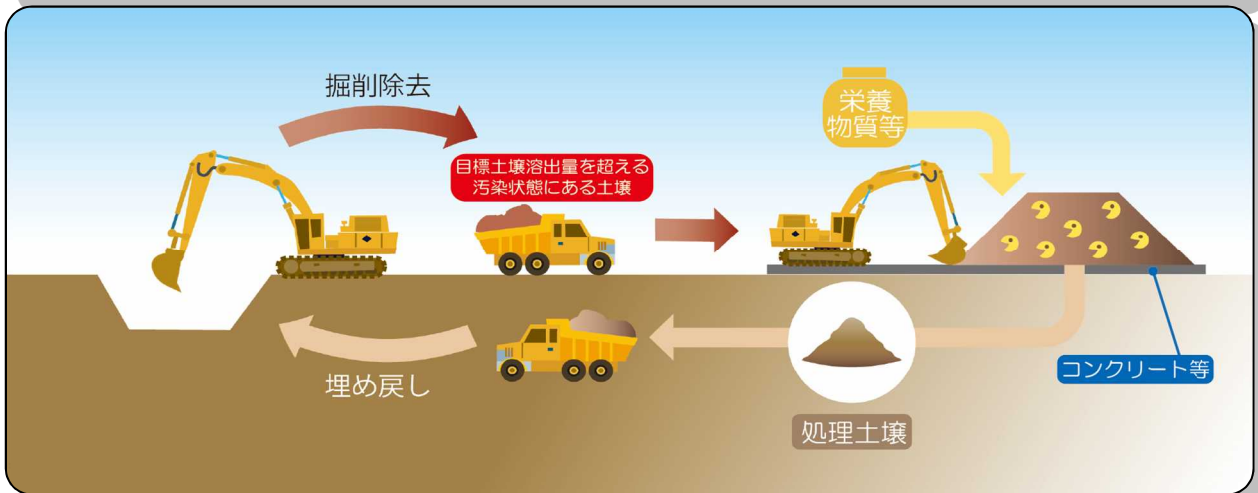
オンサイト浄化：生物処理（土壤汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	△（シアン化合物）	△	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

掘削した目標土壤溶出量を超える汚染状態にある土壤に栄養物質等を添加したり、空気を注入したりすることによって、もともと土に存在する微生物を活性化して、特定有害物質を分解する措置です。なお、微生物自体を添加することもあります。



（一社）土壤環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- ・ 微生物が活性化されることにより特定有害物質が分解され、目標土壤溶出量を超える汚染状態にある土壤を浄化します。
- ・ 土壤中の環境を微生物にとって適切な状態にすることにより、浄化が促進されます。
- ・ 実施時は、100 m³以下ごとに1回の割合で処理土壤を測定し、浄化の効果を確認します。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 処理を行う場所や基準不適合土壤を仮置きする場所は、コンクリート等で舗装を行うなど汚染を拡散しない対策が必要です。
- ・ 注入する栄養物質等は、一般的には食品原料等が中心ですが、安全性の検証が必要です。
- ・ 土壤中に元々いる微生物を利用する場合は環境への影響はありません。外部から微生物を投入して浄化を行う場合は、事前の適用可能性試験により安全性を十分に検証する必要があります。
- ・ 揮発性の特定有害物質を対象に当該処理を行う際、エア注入等を行う場合は、特定有害物質の揮散防止措置も講ずる必要があります。
- ・ 異臭のある土を処理する場合は、異臭対策が必要です。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 事前の適用可能性試験により浄化できることを確認する必要があります。
- ・ 揮発性のある特定有害物質の場合、処理時には大気への拡散防止措置を講ずる必要があります。
- ・ 処理土壤を埋め戻す際には、特定有害物質の浄化確認に加え、埋め戻し材として適切であるかの確認が必要です。

オンサイト浄化：生物処理の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌に生息する分解微生物（微生物自体を添加することもあります。）を利用し、生物的に特定有害物質の分解を行うものです。処理対象物質は、全ての第一種特定有害物質と、第二種特定有害物質及び第三種特定有害物質の一部です。

ベンゼン等の特定有害物質を含む油類の処理においては、目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌に栄養塩類や補助剤（バーク材、保湿剤）等を添加し、小山状に積んで分解を行うバイオパイル法や混合土を耕すことで通気を行うランドファーミング法が行われます。なお、揮発性の特定有害物質に対してランドファーミング法を適用することは大気への拡散の観点から考えると適切であり、十分な配慮が必要となります。

生物処理には大きく分けて、以下の「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」があります。

○バイオスティミュレーション

酸素（通常は空気を使用）や栄養物質等を加えて土壌中の微生物を活性化し、特定有害物質の分解浄化作用を促進するものです。

○バイオオーグメンテーション

特定有害物質の分解に効果を発揮する微生物を外部で培養し、土壌中に注入するとともに、さらに、酸素や栄養物質等を与えることで微生物を活性化し、浄化作用を促進するものです。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

適用対象は、分解が期待される第一種特定有害物質、第三種特定有害物質、シアン化合物等に限定されますが、第三種特定有害物質は基本的に生分解性が低いものとされており、本方法の適用は技術的に困難であると考えられます。他の方法と比較して、温度の影響を受けやすい、分解に時間がかかるなどの他、条件によっては想定しない有害物質の生成が起こる場合がありますので、事前の適用可能性試験により判断することが必要です。特にこのような分解方法の検討においては特定有害物質の減少のみでなく、分解経路や分解生成物を確認した上で、物質収支の観点からも適切な浄化がなされているかを確認することが重要です。

なお、外部から微生物を直接投入して浄化を行う場合には、「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30日、経済産業省・環境省告示第4号）等を参照して行うこととします。

処理実施時には100 m³以下ごとに、第一種特定有害物質ではその中の1点から採取した土壌について、第二種及び第三種特定有害物質については5点から採取した土壌を同じ重量で混合したものについて、目標土壌溶出量を超えない汚染状態かつ土壌含有量基準に適合する汚染状態にあることを確認します。その際、処理の過程で生成されるおそれがある特定有害物質についても、土壌溶出量基準及び土壌含有量基準に適合することを確認することが望まれます。

措置を完了するためには、地下水下流側地点又は周縁等で地下水の水質の測定を行い、観測井における地下水の水質を1年に4回以上定期的に測定し、目標地下水濃度を超えない状態が2年間継続していることを確認することが必要です。なお、措置実施前に目標地下水濃度を超えていない場合、工事完了後、地下水の水質を1回測定し、目標地下水濃度を超えていないことを確認すればよいです。

オンサイト浄化：生物処理の説明（2/2）

措置の実施に伴う施設を法第14条の指定の申請を活用して指定された要措置区域等に設置し、措置完了後に当該区画の指定解除を求める場合等には、措置に伴う施設撤去後の土壌調査を行い、当該施設に起因した新たな土壌汚染が生じていないことを確認する必要があります。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌の掘削、運搬、生物処理、埋め戻し等の一連の処理の各工程で、汚染物質の飛散、漏えい、拡散等が発生する可能性を検討し、それぞれに対して適切な対策を実施する必要があります。

特に基準不適合土壌を仮置きする場所や基準不適合土壌と栄養物質等を混合攪拌する場所は、粉じんの飛散防止（揮発性の特定有害物質においては揮散防止）及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。特に揮発性の特定有害物質を対象に当該処理を行う際、エア注入等を行う場合は、特定有害物質の揮散防止に留意しなければなりません。

異臭のある土を処理する場合は、異臭対策が必要な場合もあります。

バイオパイル法等を揮発性の特定有害物質に対して実施する場合は、特定有害物質の大気への拡散を考慮して真空抽出法等と併用すること等が必要になります。

処理土壌の埋め戻しに当たっては、微生物や栄養物質等の残留がないことの確認が必要です。特に栄養物質等に含まれる窒素が多量に残ったまま、帯水層付近に埋め戻すと、硝酸性窒素の地下水汚染を引き起こすこととなります。

4. 想定されるトラブルの例

（1）工事中の第一種特定有害物質の揮発の問題

バイオパイル法であれば土壌ガスを最初に吸引することで、揮発した第一種特定有害物質の拡散を防止することができます。ランドファームング法で高濃度の第一種特定有害物質を含む土壌を処理する場合は、揮発した第一種特定有害物質の拡散が防止できる施設内で行い、さらに、ガスを吸引し処理する活性炭等の設備が必要です。また、周辺環境への影響が懸念される場合は、敷地境界で大気モニタリングを実施することも考えられます。

（2）処理期間

微生物の力を利用した浄化方法なので、高濃度の汚染の場合や寒冷期の工事の場合は、長期化することがあります。また、低濃度基準不適合土壌を対象とする場合や温暖期の工事の場合は浄化が早く進む場合もあります。事前に適用可能性試験により浄化期間を推定することが重要です。

（3）栄養物質等や土壌の環境変化による微生物の種類への影響

浄化中、一時的に汚染物質を分解する微生物が優勢になりますが、汚染物質の減少とともに元の微生物の状態に戻るものと考えられます。

【オンサイト浄化（生物処理）：チェックリストの例】

措置名称：ランドファーミング

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の整理	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				措置対象物質は生物処理が可能か。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
			設計条件	目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌は適切に処理できるか。	浄化目標値、処理土壌の再利用/処理方法の確認	
				周辺環境対策は十分に配慮されているか。	処理に伴い生成する異臭、排水、粉じん等に対する適切な拡散防止措置方法の確認	
		工法の設計	室内試験	事前に適用可能性試験等で適用性を確認しているか。	現地で採取した土壌を用いて生物処理試験を行い、浄化効果、物質収支の検討、適用性、浄化期間の予測を実施	
			評価	処理条件、工事の前提条件を満足するか。	工事の前提条件を満たすかについて確認 浄化が達成できるかについて確認	
		埋め戻し後の土地利用への影響がないか。		浄化以外に必要な条件を満足する評価項目の設定		
期中管理	施工中	作業	処理	処理量・処理速度は計画どおりか。	計器等にて確認	
			各種機器データ	所定の処理性能が維持されているか。	計器等にて確認	
		モニタリング	各種機器データ	各種必要なデータを時間を定めて記録しているか。	一定時間ごとに計器データならびに異常の有無を記録	
			評価	周辺環境対策は予定どおりか。	測定結果、計器等により確認	
				措置対象物質の濃度は想定どおりの浄化傾向にあるか。	分析結果一覧表により確認	
		土量・水分・措置対象物質の物質収支は良好か。	収支の一覧表により確認			
	排水の水質は確認できているか。	分析結果一覧表及び計量証明書により確認				
	施工後	浄化完了確認	対象物質	措置対象物質の濃度が完了条件を満足しているか。	汚染除去等計画書等に基づく対象物質の分析結果の確認	
			評価項目	埋め戻し後の土地利用への影響がないか。	土地利用に応じ設定した目標を満足するか確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

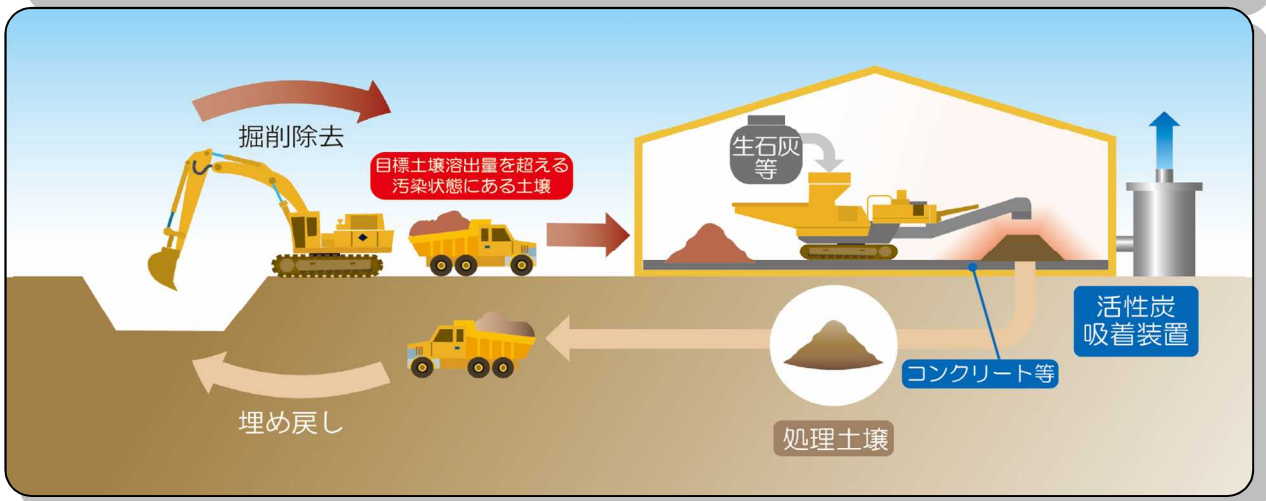
オンサイト浄化：抽出処理（土壌汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	×	×	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を真空抽出、あるいは添加剤を添加して土壌温度を上昇させることによって特定有害物質を抽出した後、埋め戻す措置です。土壌を小山状に積んでブローア等で減圧吸引するか（真空抽出方式）、あるいはテント内で土壌に生石灰等の添加材を混ぜる事で発生する水和熱により土壌温度を上昇させ（生石灰添加式）、特定有害物質を土壌から抽出します。抽出した特定有害物質は活性炭等に吸着させ捕集します。



(一社) 土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 事前に適用可能性試験により、生石灰等の添加材の添加量や混合条件の確認が必要です。
- 措置対象の特定有害物質濃度のみならず、抽出処理の阻害物質についても調査し、把握しておく必要があります。油類が混在する場合は、処理に影響を生じます。
- 実施時には、100 m³ 以下ごとに1回の割合で処理土壌を測定し、浄化効果を確認します。

周辺環境管理のポイント

- 装置の設置場所や基準不適合土壌の仮置き場所は、粉じんの飛散防止、特定有害物質の揮散防止及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。
- 生石灰添加式では、土壌と生石灰の混合作業は粉じん発生及び特定有害物質の揮散防止を抑制できるテント等内や装置で行います。
- 真空抽出方式は、屋内で実施するか、シート等が敷設養生された屋外で実施します。
- 抽出された特定有害物質は、活性炭等で吸着捕集します。
- 排ガス処理装置の排出口等にてガス濃度を観測し、大気への汚染拡散を防止します。
- 処理期間中、周辺環境の粉じん、排ガス、排水に関し適切なモニタリングが必要です。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 生石灰添加式の場合、処理後に土壌の pH が上昇するため、適用可能性試験により鉛や砒素等の土壌溶出量が基準不適合とならないことを確認する必要があります。
- 真空抽出方式の場合、適用可能性試験により、土壌中の空気の通りやすさや吸引できる範囲等を把握し、効率的な吸引位置や吸引力を決定する必要があります。

オンサイト浄化：抽出処理の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

掘削した目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌を、真空抽出、あるいは添加剤を添加して土壌温度を上昇させることによって特定有害物質を抽出した後、埋め戻す工法です。土壌を小山状に積んでブローア等で減圧吸引するか（真空抽出方式）、あるいはテント内で土壌に生石灰等の添加材を混ぜることで発生する水和熱により土壌温度を上昇させ（生石灰添加式）、特定有害物質を土壌から抽出します。抽出した特定有害物質は活性炭等に吸着させ捕集します。

この措置の適用対象は第一種特定有害物質であり、措置の完了後は要措置区域の指定が解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

生石灰添加式では、事前の適用可能性試験にて浄化できる配合及び抽出条件を確認し、また、処理土壌の pH が高アルカリ性となるため、鉛や砒素等の土壌溶出量が基準不適合とならないことを確認する必要があります。

真空抽出方式の場合、適用可能性試験により、土壌中の空気を通りやすさや吸引できる範囲等を把握し、効率的な吸引位置や吸引力を決定する必要があります。

処理実施時には 100 m³ 以下ごとに、その中の 1 点から採取した土壌について目標土壌溶出量を超えない汚染状態に適合する汚染状態にあることを確認します。その際、処理の過程で生成されるおそれがある特定有害物質についても、土壌溶出量基準に適合することを確認することが望まれます。

措置を完了するためには、地下水下流側地点又は周縁等で地下水の水質の測定を行い、観測井における地下水の水質を 1 年に定期的に 4 回以上測定し、目標地下水濃度を超えない状態が 2 年間継続していることを確認することが必要です。なお、措置実施前に目標地下水濃度を超えていない場合、工事完了後、地下水の水質を 1 回測定し、目標地下水濃度を超えていないことを確認すればよいです。

措置の実施に伴う施設を法第 14 条の指定の申請を活用して指定された要措置区域等に設置し、措置完了後に当該区画の指定解除を求める場合等には、措置に伴う施設撤去後の土壌調査を行い、当該施設に起因した新たな土壌汚染が生じていないことを確認する必要があります。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

本措置方法は特定有害物質を分解するのではなく、積極的にガス状態に変化させて対象土壌から抽出する処理方法であるので、排ガス中の特定有害物質は適切な方法（活性炭吸着、紫外線分解や触媒分解、熱分解等）で処理する必要があります。分解方式の排ガス処理では有害な反応生成物が発生することがあるため、排ガス中から十分に除去するよう注意が必要です。

生石灰添加式の場合、土壌と生石灰の混合作業は、作業による粉じんの発生を抑制しうるテント内、装置内又は同等の抑制効果が担保された状況下で行い、さらに、発生するガスを吸引し処理する施設が必要です。したがって、処理期間中はテント等周辺やガス処理施設の処理ガスの排出口で、ガス濃度の測定（大気環境測定等）を行う必要があります。

真空抽出方式の場合、処理期間中に風雨に曝されることによる汚染拡散が懸念されますので、屋内施設の中での工事を実施するか、屋外で行う場合は処理土壌をシート等で養生するなどの対策が必要となります。また、生石灰添加式と同様に捕集したガスの適切な処理と大気ガス濃度の測定（大気環境測定等）が必要となります。

オンサイト浄化：抽出処理の説明（2/2）

4. 想定されるトラブルの例

（1）生石灰の適正保管方法及び消防署への届出

＜生石灰取扱上の注意事項＞

- ・水と反応し、発熱します。保管時は水との接触を避けてください。
- ・皮膚、目、消化器、呼吸器等を刺激し炎症を起こしたり、粘膜を侵したりすることもあります。
- ・取扱作業者は保護メガネ、保護手袋、保護マスクを着用してください。

＜紙袋、フレキシブルコンテナ詰生石灰の現場仮置き保管の注意事項＞

- ・底部から水が浸透しないように床をかさ上げし、全体を防水シート等で覆い、雨水等との接触を防いでください。

＜消防署への届出＞

- ・危険物の規制に関する政令第1条の10に「生石灰（酸化カルシウム含有量80%以上のもの）を500kg以上取り扱う（貯蔵する）場合、最寄りの消防署への届出義務」が規定されています。

（2）処理時の未処理粉じんや揮発ガス等の放出

生石灰混合時には、土壌が微細化した粉じんや揮発した特定有害物質が混じった揮発ガスが発生します。テント・装置等やガス捕集・処理施設の仕様が不十分であると未処理のガスや特定有害物質を含む粉じんが大気に放出されてしまうため、これらの未処理粉じんや排ガスが適正に処理できる装置構造・構成であることを確認し、処理完了までその適正管理状態が維持されることが必須となります。また、油類や他の揮発性物質が含まれる場合には、異臭の拡散防止についても考慮する必要があります。また、生石灰とトリクロロエチレンとの混合により、有害な反応生成物（クロロアセチレン等）が生じることが知られており注意を要します。

（3）生石灰処理後の埋め戻しによる植生への影響

生石灰混合後の土壌は、高アルカリ性となります。植物の生育に最適なpHは5.5～6.5であり、pH 8.5を超えると生育に影響する場合があります。1 m³当たり数十キログラムの生石灰が混合された土壌そのものは自然状態では長期間アルカリ性状態を維持し、一般的には植生には適さない土壌となります。また、生石灰混合後の土壌に接触した雨水は高アルカリ性の浸出水となります。

一般的には、地盤中を移動し50 cm程度の生石灰を含まない土壌を通過することで土壌の緩衝能力により中性域に戻ることが知られています。しかし、土壌の緩衝能力が小さい場合や砂礫層のように透水性が高い場合には、十分に緩衝されずに高アルカリ性のまま移動しますので注意が必要です。

生石灰を混合した土壌を埋め戻し材に使用し、植生土壌として用いる場合には、適切な管理（雨水浸透の抑制、地下水に接触しない場所への埋め戻し、植生に係わる場所には使用せずに一定の距離をとるなど）が必要です。

【オンサイト浄化（抽出処理）：チェックリストの例】

措置名称：抽出処理（生石灰混合）

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				措置対象物質は抽出処理が可能か。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				抽出処理が適用できる地盤環境であるか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				油類が共存するか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認、コアサンプルの観察、油分濃度等の分析	
		設計条件	目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌は適切に処理できるか。	浄化目標値、処理土壌の再利用/処理方法の確認		
			周辺環境対策は十分に配慮されているか。	処理に伴う生成する排ガス、排水、粉じん等に対する適切な拡散防止措置方法の確認		
		安全性確認	安全計画	装置内に残された揮発した特定有害物質の処理は適切に計画されているか。	施工計画書の内容確認、必要十分なスペックであるかについて確認	
			薬剤	生石灰は適正に保管されているか。	保管場所では、水と接触しないように管理されているかについて確認	
		工法の設計	室内試験	適用可能性試験で効果を確認できたか。	現地で採取した土壌を用いた適用可能性試験にて検証	
				評価	処理条件、工事の前提条件を満足するか。	工事の前提条件を満たすかについて確認 浄化が達成できるかについて確認
	埋め戻し後の土地利用への影響がないか。		浄化以外に必要な条件を満足する評価項目の設定			
期中管理	準備	届け出	法条例	消防法の危険物保管指定数量を超過していないか。	指定数量超過時は、消防署への届出が必要。必要に応じて労働基準監督署に報告	
	施工中	作業	処理	処理量・処理速度は計画どおりか。	計器等にて確認	
				薬剤の配合は適切か。反応しているか。	既存データと事前試験、日常観察結果より確認	
				所定の処理性能が維持されているか。	計器等にて確認	
				粉じん、排ガスの周囲への飛散防止措置はとられているか。	混合作業において粉じん発生を抑制できる装置、又はテント等内で実施しているかについて確認	
				装置内に残された揮発した特定有害物質を処理する装置が適切に設置されているか。	活性炭吸着装置等の設置確認、汚染除去等計画書・計算書の確認	
	モニタリング・維持管理	評価	措置対象物質の濃度は想定どおりの浄化傾向にあるか。	分析結果一覧表により確認		
			各種機器データ	各種機器のデータを時間を定めて記録しているか。	一定時間ごとに機器データならびに異常の有無を記録	
				各種機器に異常はないか。	記録内容より確認	
	施工後	浄化完了確認	対象物質	措置対象物質の濃度が完了条件を満足しているか。	汚染除去等計画書等に基づく対象物質の分析結果の確認	
評価項目			埋め戻し後の土地利用への影響がないか。	土地利用に応じ設定した目標を満足するか確認		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

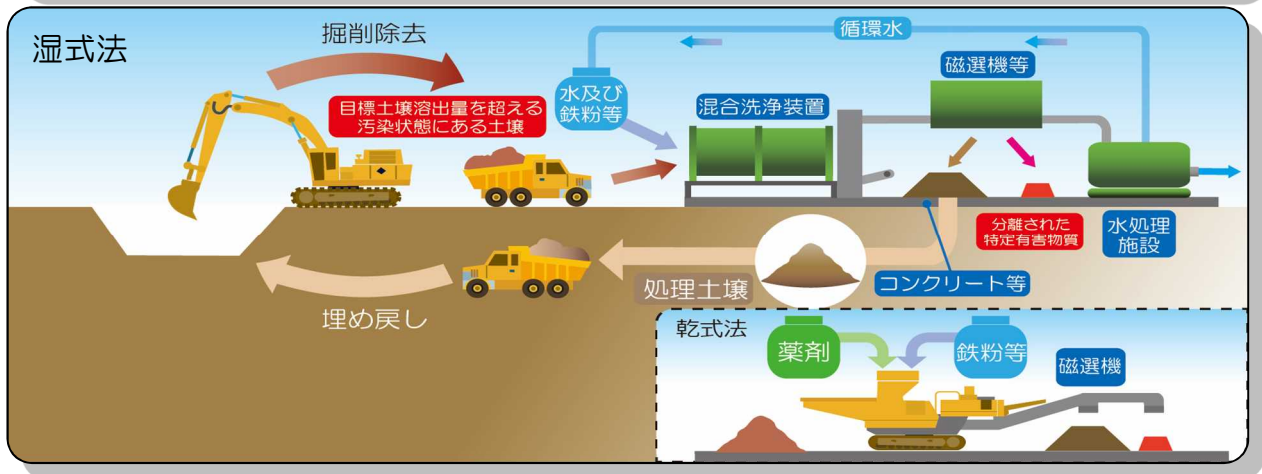
オンサイト浄化：磁力選別（土壌汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除
×	△（ほう素を除く）	×	

措置技術の概要

掘削した基準不適合土壌に磁性吸着材（鉄粉等）を混合して、特定有害物質を吸着させた後、これを磁石等で回収し、特定有害物質を除去する措置です。磁性吸着材（鉄粉等）をスラリー中に混合する湿式法と対象土壌に直接混合して有姿で処理する乾式法があります。回収した磁着物（汚染の濃縮した土壌）等は適正に場外処分します。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 適用可能性試験等により、対象となる特定有害物質等の処理条件に対し、磁性吸着材（鉄粉等）の混合量や混合条件、回収量等の事前確認が必要です。
- 実施時は、100 m³ 以下ごとに1回の割合で処理土壌を測定し、浄化の効果を確認します。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 装置を設置する場所や基準不適合土壌を仮置きする場所は、粉じんの飛散防止及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。
- 使用した水を排水するときは、処理して分析し、汚染がないことを確認します。
- 乾式法では、磁石等で回収する際に土壌を乾燥させるため、飛散防止対策が必要です。
- 地盤状況や周辺の状況により騒音・振動の対策が必要な場合もあります。
- 処理施設撤去後に当該施設に起因した新たな土壌汚染が生じていないことの確認が必要です。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 土の性質により適用できない場合もあるので、適用可能性試験により、特定有害物質がどの程度含まれるかなど確認する必要があります。
- 磁力選別や水処理で薬剤を使用する場合は、埋め戻し土への残留、循環水中への蓄積、排出水の排出先への影響等を確認する必要があります。
- 処理土壌を埋め戻す際には、特定有害物質の浄化確認に加え、埋め戻し材として適切であるかの確認が必要です。

オンサイト浄化：磁力選別の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

掘削した基準不適合土壤に磁性吸着材（鉄粉等）を混合し機械的に洗浄して、特定有害物質を鉄粉等に吸着させた後、これを磁石等で回収して特定有害物質を除去する方法です。

適用対象は、ほう素を除く第二種特定有害物質に限定されます。

なお、磁力選別には大きく分けて、以下の「湿式法」と「乾式法」があります。

○湿式法：基準不適合土壤に水等を加えてスラリー状にした後、磁性吸着材（鉄粉等）を混合して、特定有害物質を鉄粉等に吸着させて除去する方法です。

○乾式法：有姿の基準不適合土壤に磁性吸着材（鉄粉等）や必要に応じて補助材を混合して、特定有害物質を鉄粉等に吸着させて除去する方法です。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壤溶出量基準ではない目標土壤溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

磁力選別では、適用可能性試験を事前に実行し、磁性吸着材（鉄粉等）の混合量や混合条件、処理後の土壤及び分離物、濃縮物、排水等の性状について十分に把握した上で、処理条件を決定することが必要です。特に処理後の土壤中の鉄分含有量を確認し、確実に特定有害物質を吸着した鉄粉等を回収できることを確認しなければなりません。

湿式法では、特定有害物質を磁性吸着材（鉄粉等）で除去した後のスラリーが発生するため、別途これらを脱水処理する必要があります。乾式法では、磁石等で磁性吸着材（鉄粉等）を回収する際に土壤を適度に乾燥させる必要があるため、磁石等による回収に適した含水状態等の検討や磁石等による回収が可能な粒径への粒度調整等の検討が必要です。また、両処理法ともに、磁石等により回収された磁着物中（汚染の濃縮した土壤）の付着土壤が多いと、場外処分しなければならない廃棄物の量が多くなり、効率が悪くなることもありますので、工法選定においてはこのことを考慮することも重要です。

磁力選別は、いくつかの工程の組合せにより成り立っています。スラリー又は有姿の土壤に磁性吸着材（鉄粉等）を混合・攪拌する混合・攪拌工程、スラリー又は有姿の土壤から磁着物を分離する磁力分離工程、湿式法で発生したスラリーの脱水処理工程や乾式法における乾燥工程等で、これらの選択及び組合せは対象となる特定有害物質や土壤の土質によって異なるため事前の適用可能性試験によって決定されます。

処理実施時には100 m³以下ごとに5点から採取した土壤を同じ重量で混合し、目標土壤溶出量を超えない汚染状態かつ土壤含有量基準に適合する汚染状態にあることを確認します。その際、処理の過程で生成されるおそれがある特定有害物質についても、土壤溶出量基準かつ土壤含有量基準に適合することを確認することが望まれます。

措置を完了するためには、埋め戻し範囲内の地下水下流側地点又は周縁で地下水の水質の確認を行い、観測井における地下水の水質を1年に定期的に4回以上測定し、目標地下水濃度を超えない状態が2年間継続していることを確認することが必要です。なお、措置実施前に目標地下水濃度を超えていない場合、工事完了後、地下水の水質を1回測定し、目標地下水濃度を超えていないことを確認すればよいです。

措置の実施に伴う施設を法第14条の指定の申請を活用して指定された要措置区域等に設置し、措置完了後に当該区画の指定解除を求める場合等には、措置に伴う施設撤去後の土壤調査を行い、当該施設に起因した新たな土壤汚染が生じていないことを確認する必要があります。

オンサイト浄化：磁力選別の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌の掘削、運搬、鉄粉等混合、磁力選別、埋め戻し等の一連の処理の各工程で、汚染物質の飛散、漏えい、拡散等が発生する可能性を検討し、それぞれに対して適切な対策を実施する必要があります。乾式法では、磁石等で磁性吸着材（鉄粉等）を回収する際に土壌を適度に乾燥させる必要があるため、乾燥させる設備には飛散防止対策が必要です。なお、両処理法ともに、水銀による基準不適合土壌を扱う場合は、特定有害物質の揮散に留意しなければなりません。

装置を設置する場所や基準不適合土壌を仮置きする場所は、粉じんの飛散防止及び排水等の地下浸透の防止措置を行い、汚染拡散を防止する必要があります。

磁力選別で使用した水を排水するときは、分析して排水基準等に適合していることを確認する必要があります。

また、異臭のある土を処理する場合は異臭対策が必要な場合もあり、地盤状況や周辺・近隣の状況によっては騒音・振動の対策が必要な場合もあります。

4. 想定されるトラブルの例

（1）処理土壌の埋め戻しによる悪影響の発生

乾式法は、磁石等で磁性吸着材（鉄粉等）を回収する工程で、土壌の乾燥を促進するために土質改良材を添加します。土質改良材に生石灰等を使用する場合、処理土壌は高アルカリ性となり、埋め戻し後の土壌環境に影響を及ぼすことが懸念されます。生石灰等を混合した土壌を埋め戻し材に使用し、植生土壌として用いる場合には、適切な管理（雨水浸透等の抑制、地下水に接触しない場所への埋め戻し、植生に係わる場所には使用せずに一定の距離をとるなど）が必要です。

（2）処理土壌の埋め戻しによる地盤軟弱化の心配

湿式法により粗粒分と細粒分を分離した処理土を埋め戻す場合は、埋め戻し土の不均一化による地盤の軟弱化が懸念されます。処理土を埋め戻す場合は、粗粒分と細粒分を確実に混合し、転圧工法等の処理土壌に適した工法を用いて工事する必要があります。

（3）プラント等による騒音・振動

プラント等から発生する騒音・振動は、周辺環境等に応じ、適正な騒音・振動の基準を設定し、その基準に応じた低騒音・低振動の設備を選定し、設備の設置場所や稼働時間も適切に対応する必要があります。

必要に応じて、更に騒音・振動防止策を実施します。一般的に騒音対策として、防音シート、防音パネル、防音テント等を設置することもあります。

（4）回収した磁着物の取扱い

磁石等により回収した磁着物の処分については、廃棄物処理法等に基づき適切に処理する必要があります。規模、性状等により適用条件が異なるので、事前に地方公共団体に確認することが必要です。

【オンサイト浄化（磁力選別）：チェックリストの例】

措置名称：抽出処理（磁力選別）

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件等の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				措置対象物質は磁力選別が可能か。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
			設計条件	目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌は適切に処理できるか。	浄化目標値、処理土壌の再利用/処理方法の確認	
				周辺環境対策は十分に配慮されているか。	処理に伴い生成する磁着物（汚染濃縮土壌）、排水、粉じん等に対する適切な拡散防止措置方法の確認 磁着物（汚染濃縮土壌）の取扱い、法的規制等の確認	
		工法の設計	室内試験	事前に適用可能性試験等で適用性を確認しているか。	現地で採取した土壌を用いて磁力選別試験を行い、浄化効果、物質収支の検討、適用性、浄化期間等の予測を実施	
			評価	処理条件、工事の前提条件を満足するか。	工事の前提条件を満たすかについて確認 浄化が達成できるかについて確認	
				埋め戻し後の土地利用への影響がないか。	浄化以外に必要な条件を満足する評価項目の設定	
期中管理	施工中	作業	処理	処理量・処理速度は計画どおりか。	計器等にて確認	
			所定の処理性能が維持されているか。	計器等にて確認		
		各種機器データ	各種機器のデータを時間を定めて記録しているか。	一定時間ごとに機器データならびに異常の有無を記録		
			各種機器に異常はないか。	記録内容より確認		
	モニタリング	評価	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	分析結果一覧表により確認		
			鉄粉量を含め土量・排水・措置対象物質の物質収支は良好か。	収支の一覧表により確認		
			排水の水質は確認できているか。	分析結果一覧表及び計量証明書により確認		
	施工後	浄化完了確認	対象物質	措置対象の物質の濃度が完了条件を満足しているか。	汚染除去等計画書等に基づく対象物質の分析結果の確認	
評価項目			埋め戻し後の土地利用への影響がないか。	土地利用に応じ設定した目標を満足するか確認		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置浄化（原位置抽出）：土壤ガス吸引（土壤汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域

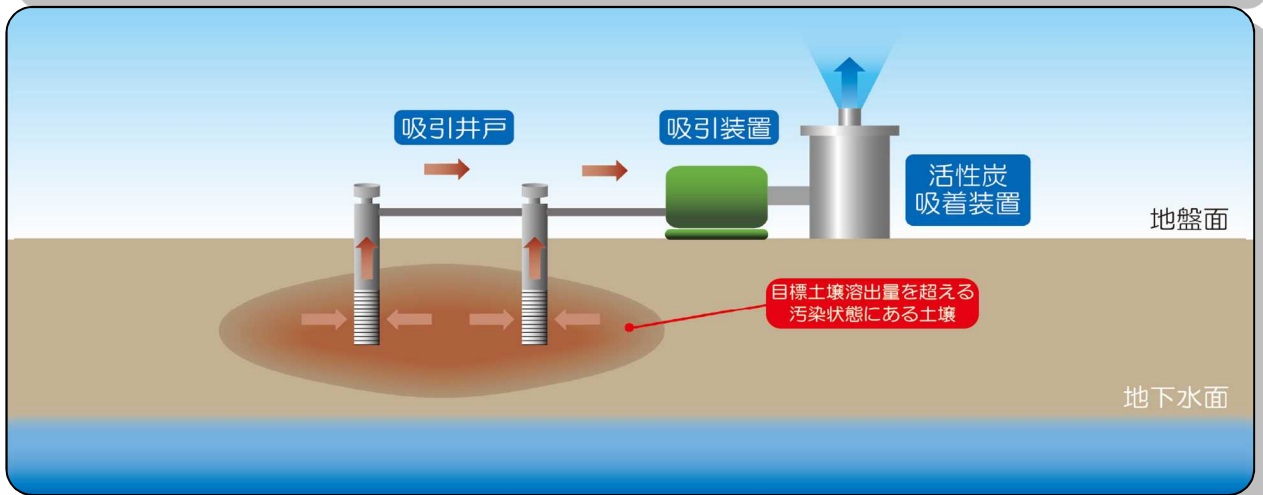
※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	×	×	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

不飽和帯を減圧吸引し、特定有害物質を揮発させ、特定有害物質を含むガスを地上に回収することによって、特定有害物質を不飽和帯から除去する措置です。

回収したガス中の特定有害物質は吸着・分解等の処理により除去します。



(一社)土壤環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。
- 浄化を効率的に進めるためには、事前に吸引量と吸引範囲の関係等を把握し、井戸配置や運転条件の設定に反映することが望めます。
- 当該処理により、浄化対象物質が除去されたことを確認するために、工事の完了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年間に4回以上）。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 排出口でガス中の特定有害物質濃度を測定し、ガス処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 特定有害物質の濃度が高い場合や土壤の透気性が低い場合等は、浄化に長い期間を要する場合があります。

原位置浄化：土壌ガス吸引の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

土壌ガス吸引とは、真空ポンプやブロワー等により井戸等から減圧吸引し、特定有害物質を揮発させ、特定有害物質を含むガスを地上に回収することによって、特定有害物質を不飽和帯から除去する措置です。本措置の特定有害物質を除去する基本原理については p. 5 を確認してください。

回収したガス中の特定有害物質は吸着・分解等して除去します。吸着処理としては活性炭吸着、分解処理としては紫外線酸化分解、触媒酸化、熱分解等があります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

詳細調査により基準不適合土壌や目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌のある範囲及び深さ等を把握しておく必要があります。

事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。より精度の高い設計や運転条件設定のため、現地透気試験等により吸引量や吸引範囲等を把握しておくことが望まれます。

浄化効率を上げるためには、特定有害物質濃度が高い場所に吸引井戸を設置することが重要です。ガスは透気性の高い部分に流れやすいため、浄化が均一に進まない場合があります。その場合、吸引量を変更したり、新たに井戸を増設したりするなどの対応が必要となります。したがって、定期的に吸引井戸や観測井でガス中の特定有害物質濃度やガス圧等をモニタリングすることが重要となります。

実施に伴う周辺環境保全対策として、対象とした特定有害物質の大気への拡散防止が必要です。事前の試験や実績等により、回収した特定有害物質を含む土壌ガスを選択した処理方法で処理できることを、確認することが必要です。油が存在する場合、活性炭の破過が早まる可能性を考慮した設計が必要な場合があります。また、特定有害物質を分解する処理方法の場合は、有害な物質が副次的に生成しないことを確認しておく必要があります。

土壌ガス吸引による特定有害物質の回収処理の終了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、措置の対象とした特定有害物質について、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年に4回以上）。また、当該特定有害物質の分解生成物である特定有害物質について、上記2年間の確認の最終回に1回測定し、地下水基準に適合していることを確認することが望まれます（p. 103 参照）。

原位置浄化：土壌ガス吸引の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

気化したガスは確実に捕集し、吸引ガス中に含まれる水分は、気液分離するなどして回収し、ガスと水分のそれぞれを適切に処理する必要があります。

ガス処理装置の排出口でガス中の特定有害物質濃度を測定し、ガス処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。排ガス中の特定有害物質濃度については周辺環境保全の観点から、都道府県知事等と事前に相談し、決定しておくことが重要です。

吸引したガスの気液分離により回収した水又は揚水した地下水について、水質汚濁防止法の排水基準又は下水道法の排除基準に適合する水質であった場合にはそのまま公共用水域又は下水道に排水できますが、揚水した地下水の水質が基準に適合しない場合には、それらの水に含まれる特定有害物質や水質汚濁に関わるその他の項目（BOD、pH 等）を、公共用水域に排出する場合は排水基準に適合させます。また、下水道に放流する場合は排除基準に適合させます。曝気処理等の水処理において排ガスが発生する場合には、ガス処理装置の場合と同様に、ガス中の特定有害物質を測定し、ガス処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。

減圧吸引、揚水、ガス処理や水処理等において、騒音や振動が発生する場合は、近隣地域への配慮が必要です。また、ガス処理や水処理等に伴って活性炭等の廃棄物が発生する場合、適正に処理する必要があります。

対策深さが浅い場合には地表面から特定有害物質が拡散していないことを確認する必要があります。また、一時的に地下水中の特定有害物質濃度が上昇する場合もあるため、措置実施中は定期的にモニタリングを実施し、必要に応じ揚水等による追加措置を講じます。

4. 想定されるトラブルの例

（1）浄化期間の長期化

特定有害物質の濃度が高い場合や土壌の透気性が低い場合、透気性が不均質な場合等は浄化期間が長くなる可能性があります。汚染状況等を事前の調査によって十分に把握するとともに、浄化の進捗を適宜確認し、必要に応じて追加調査や追加対策、及び設計条件の変更等を行います。なお、油類が共存する場合、特定有害物質が油類に溶け込み特定有害物質の気化を阻害したり、揮発した油類が活性炭に捕集され活性炭の破過を促進したりして、浄化が順調に進まないことがあります。

（2）汚染廃液の発生

吸引に伴って土壌ガスとともに地下水が汲み上がり、汚染廃液が発生する場合があります。その場合、産業廃棄物として適正に処分するか、又は水処理装置を設置し、処理した上で、適正に処分する必要があります。加えて、活性炭槽へ汚染廃液が侵入した場合、活性炭の吸着能が大幅に低下するため、活性炭槽の前段に気液分離槽を設ける必要があります。

【原位置浄化（土壌ガス吸引）：チェックリストの例】

措置名称：土壌ガス吸引法

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲や深さを把握しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				基準不適合地下水の範囲や深さを把握しているか。	地下水質調査、ボーリング調査、詳細調査結果の確認	
				揮発性の高い特定有害物質か。	蒸気圧、ヘンリー定数、沸点等の物性の確認	
				透気性は十分高いか。また、十分均質で、エアの流れを妨げる地層はないか。	ボーリング柱状図、土質試験結果、透気試験結果等の確認	
				吸引対象の不飽和層は十分厚いか。	ボーリング柱状図、地質断面図、地下水位調査結果等の確認	
				土壌中の特定有害物質を吸着する油類等の有機物含有量は十分低い。	土質試験結果、詳細調査結果等の確認	
		工法の設計	設計条件	十分な吸引能力の装置を用いた設計になっているか。	機器性能の確認	
				吸引井の配置や設置深度は適切か。	ボーリング調査、詳細調査、地下水位調査結果等の確認	
				地表面にシート養生等のエア短絡防止は必要か。	ボーリング柱状図、地質断面図、地下水位調査結果等の確認	
				気液分離槽等により汲み上がった地下水を分離できるか。	機器性能の確認	
	適用可能性試験	類似現場での実績等で適用を確認できたか。	既存文献			
		真空ポンプ等の能力は十分か（井戸本数、影響範囲等）。	既存文献、現場吸引試験結果			
	施工	施工方法の検討	施工方法	地盤強度に対して削孔可能な施工方法であるか。	ボーリング柱状図、N値、ボーリングマシン性能の確認	
				ボーリング・配管・配線・装置据付のための作業面積は十分か。	現場踏査結果、敷地平面図、建築図面等の確認	
周辺環境安全性の確認		環境影響	大気汚染防止のための評価管理方法が計画されているか。	担当行政や周辺住民等との協議内容等の確認		
			特定有害物質を処理でき、副次的に有害な物質や臭気が発生しない排ガス処理方法か。	機器性能の確認		
			廃棄物や廃液を適正に処理する計画か。	廃棄物等の一時保管、処理方法の確認		
		低騒音・低振動の計画か。	機器性能の確認			
緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認				
措置の実施	工事中	作業	ガス吸引	設計どおりの範囲に設計どおりに吸引できているか。	吸引井戸や観測井での吸引量、ガス圧、地下水位等の確認	
			評価	除去効果を確認できたか。	吸引ガス濃度変化や地下水濃度変化、土壌調査等により評価	
		管理	環境影響	ガス処理の効果が確認でき、大気汚染がないか。 騒音・振動は許容レベルか。	排ガス出口濃度、大気濃度測定 騒音振動測定	
			産廃処理	廃液、廃棄物は適正に処理されているか。	マニフェストの確認	
	完了確認	措置の完了確認	効果確認	除去の効果が確認できる位置の観測井で特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えない汚染状態であるか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置浄化（原位置抽出）：地下水揚水（土壌汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域

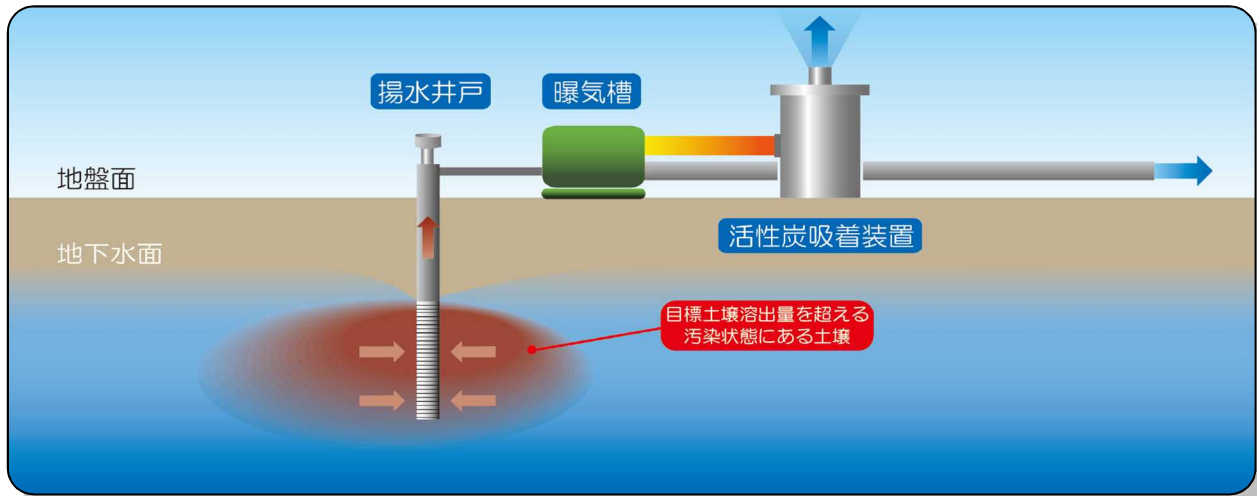
※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	○	○	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

特定有害物質を含む地下水を汲み上げ、地上に回収することによって、特定有害物質を地下水から除去する措置です。

回収した地下水中の特定有害物質は吸着・気化・分解・凝集沈殿等の処理により除去します。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。
- 事前の現地試験等により、揚水量や揚水影響範囲、及びそれらの関係について把握しておく必要があります。また、揚水に伴って地盤がどの程度沈下し得るかを予測しておく必要があります。
- 当該処理により、浄化対象物質が除去されたことを確認するために、工事の完了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年間に4回以上）。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 処理水中の特定有害物質濃度を測定し、水処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。
- 定期的に地盤変位量を測定し、地盤沈下の有無及びその程度を把握する必要があります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 地下水は透水性の高い部分に流れやすいため、浄化が均一に進まない場合があります。
- 特定有害物質の濃度が高い場合や土壌の透水性が低い場合等は、浄化に長い期間を要する場合があります。

原位置浄化：地下水揚水の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

地下水揚水とは、水中ポンプや地上型自吸式ポンプ等により井戸やトレンチ等から特定有害物質を含む地下水を汲み上げ、地上に回収することによって特定有害物質を地下水から除去する措置です。本措置の特定有害物質を除去する基本原理については p. 5 を確認してください。

浄化効率を上げるためには、特定有害物質濃度が相対的に高い場所に揚水井戸等の揚水施設を設置することが重要です。地下水位が高い場合等では土壌ガス吸引を同時に行う二重吸引法と呼ばれる工法が有効となる場合もあります。地下水は透水性の高い部分に流れやすいため、浄化が均一に進まない場合があります。その場合、揚水量を変更したり、新たに井戸を増設したりするなどの対応が必要となります。したがって、定期的に揚水井戸や観測井で地下水中の特定有害物質濃度や地下水位等をモニタリングすることが重要となります。

回収した地下水は吸着・分解・凝集沈殿等の処理を施して特定有害物質を除去し、公共用水域に排出するか、又は下水道に排除します。吸着処理としては活性炭吸着等、分解処理としては紫外線酸化分解、触媒酸化、熱分解、曝気処理等があります。

当措置は「原位置浄化」に該当します。技術的に大きな相違はありませんが、「揚水施設による地下水汚染の拡大の防止」とは目的・要求事項等が異なるため、事前に位置付けを明確にしておく必要があります。ただし、地下水揚水と地下水汚染の拡大の防止とを同時に行うこともあります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

詳細調査により基準不適合土壌や目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌のある範囲及び深さ等を把握しておく必要があります。

事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。また、事前の試験等により、揚水量や揚水影響範囲、及びそれらの関係について把握しておく必要があります。また、揚水に伴って地盤がどの程度沈下し得るかを予測しておく必要があります。なお、地方公共団体によっては、揚水ポンプの吐出径や揚水量の届出や規制等に関する条例等があるため、事前に確認が必要です。

揚水した水の処理においては、選択した処理方法により回収した特定有害物質を処理できることを確認することが必要です。また、分解処理する場合、有害な物質が副次的に生成しないことを確認しておく必要があります。

地下水揚水による特定有害物質の回収処理の終了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、措置の対象とした特定有害物質について、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年に4回以上）。また、当該特定有害物質の分解生成物である特定有害物質について、上記2年間の確認の最終回に1回測定し、地下水基準に適合していることを確認することが望まれます（p. 103 参照）。

原位置浄化：地下水揚水の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

揚水井戸は特定有害物質濃度が相対的に高い場所に設置することが原則となりますが、低い場所に設置せざるを得ない場合は地下水や土壌汚染の範囲を拡大しないように、揚水井戸や観測井で地下水中の特定有害物質濃度や地下水位等をモニタリングし、揚水量等を適時制御することが必要となります。

揚水した地下水の水質が水質汚濁防止法の排水基準又は下水道法の排除基準に適合する場合には、そのまま公共用水域又は下水道に排水できますが、揚水した地下水の水質が基準に適合しない場合には、地下水に含まれる特定有害物質や水質汚濁に関わるその他の基準項目（BOD、pH 等）を、公共用水域に排出する場合は排水基準に適合させます。また、下水道に放流する場合は排除基準に適合させます。曝気処理等の水処理において排ガスが発生する場合には、排出口でガス中の特定有害物質濃度を測定し、ガス処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。排ガス中の特定有害物質濃度については法的な規制がないため、地方公共団体等と事前に協議し、決定しておくことが重要です。

定期的に地盤変位量や地下水位の測定を行い、地盤沈下や井戸障害の有無、及びその程度を把握する必要があります。その結果によっては揚水量を低減するなどの対応が必要になります。

水処理等において、周辺環境等に影響を与えるような騒音や振動が発生しないことを確認する必要があります。また、水処理等に伴って活性炭等の廃棄物が発生する場合、適正に処理する必要があります。

4. 想定されるトラブルの例

（1）浄化期間の長期化

特定有害物質の濃度が高い場合や地盤の透水性が低い又は地盤が不均質な場合、若しくは土壌の吸着性が高い場合等は浄化期間が長くなる可能性があります。汚染状況等を事前の調査によって十分に把握するとともに、浄化の進捗を適宜確認し、必要に応じて追加調査や追加対策、及び設計条件の変更等を行います。なお、油類が共存する場合、特定有害物質が油類に溶解込み特定有害物質の浄化を阻害したり、揮発した油類が活性炭に捕集され活性炭の破過を促進したりして、浄化が順調に進まないことがあります。

（2）地下水・土壌汚染範囲の拡大及び新たな土壌汚染の発生

特定有害物質濃度が低い場所に揚水井戸を設置すると、地下水や土壌汚染の範囲を拡大させる場合があります。また、水処理装置や配管から揚水した汚染地下水が漏えいすると、新たな土壌汚染が発生する場合があります。

揚水井戸の位置や揚水量は、揚水試験や地下水シミュレーションの結果等を踏まえて設定するとともに揚水中は汚染範囲の拡大がないか適時確認する必要があります。また、水処理装置や配管からの漏えいがないか適時確認する必要があります。

（3）排水基準に適合しない水の排出

地下水に特定有害物質以外の排水基準項目（例えばBOD、COD等）を評価せずに排水する場合、揚水した地下水に対し、特定有害物質の除去のみを行って公共用水域に排出すると、水質汚濁を生じさせる可能性があります。事前に地下水質を確認し、特定有害物質以外に排水基準に適合しない項目がないか確認する必要があります。下水道に排除する場合も同様です。

【原位置浄化（地下水揚水）：チェックリストの例】

措置名称：地下水揚水法

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲や深さを把握しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				目標地下水濃度を超える地下水の範囲や深さを把握しているか。	地下水質調査、ボーリング柱状図、詳細調査結果の確認	
				措置の位置付けが明確となっているか（「原位置浄化」、「地下水汚染の拡大の防止」）。	施主との契約内容の確認	
				条例等による揚水規制の抵触や揚水の届出義務はないか。	条例等の確認	
				透水性は十分高く十分均質か。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				特定有害物質を吸着しにくい土質か。特定有害物質を吸着する物質は少ないか。	土質試験結果、詳細調査結果等の確認	
				揚水した地下水に、放流先の基準（排水基準、下水排除基準等）の項目に該当する物質を含むか。	詳細調査、水質分析結果の確認	
	工法の設計	設計条件	揚水施設の配置・スクリーン深度は適切か（対象範囲全体を影響範囲で網羅しているか、汚染範囲の拡大のおそれはないか、帯水層下部の難透水層を貫通していないか）。	ボーリング調査、詳細調査結果、現場揚水試験結果、ボーリング柱状図の確認		
			類似現場での実績等で適用性を確認できたか。	既存文献、室内試験、現場試験等		
		適用可能性試験	揚水量と影響圏等は把握できているか。	既存文献、現場試験等		
	施工	施工方法の検討	施工方法	地盤強度に対して削孔可能な施工方法であるか。	ボーリング柱状図、N値、ボーリングマシン性能の確認	
				ボーリング・配管・装置据付のための作業面積は十分か。	現場踏査結果、敷地平面図、建築図面等の確認	
		周辺環境安全性の確認	環境影響	特定有害物質を処理できる水処理計画か。	担当機器性能の確認	
				曝気処理の場合、副次的に有害な物質や臭気が発生しない排ガス処理方法か。大気汚染防止のための評価方法が計画されているか。	機器性能の確認、行政や周辺住民等との協議内容等の確認	
廃棄物や廃液を適正に処理する計画か。				機器性能の確認		
低騒音・低振動の計画か。				機器性能の確認		
地盤沈下を評価する計画か。				水準測量等の計画		
緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認				
措置の実施	準備	届出	条例等	条例等により揚水の届出が必要ないか。	条例等の確認	
	工事中	作業	揚水	設計どおりの範囲に設計どおりの水量で回収されているか。	揚水量、揚水井戸や観測井での地下水水位等の確認	
			評価	除去効果を確認できたか。	揚水井や観測井の地下水濃度変化や土壌調査等により評価	
		管理	環境影響	設計どおりの水処理が行われているか。	処理水の水質分析、処理水量	
				曝気処理の場合、設計どおりのガス処理が行われ、大気汚染がないことを確認したか。	排ガス出口でのガス濃度分析、大気中濃度の測定	
				地盤沈下は生じていないか。	水準測量結果の確認	
	完了確認	措置の完了確認	効果確認	除去の効果が確認できる位置の観測井において特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えない汚染状態であるか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置浄化（原位置抽出）：エアースパーシング（土壤汚染の除去）

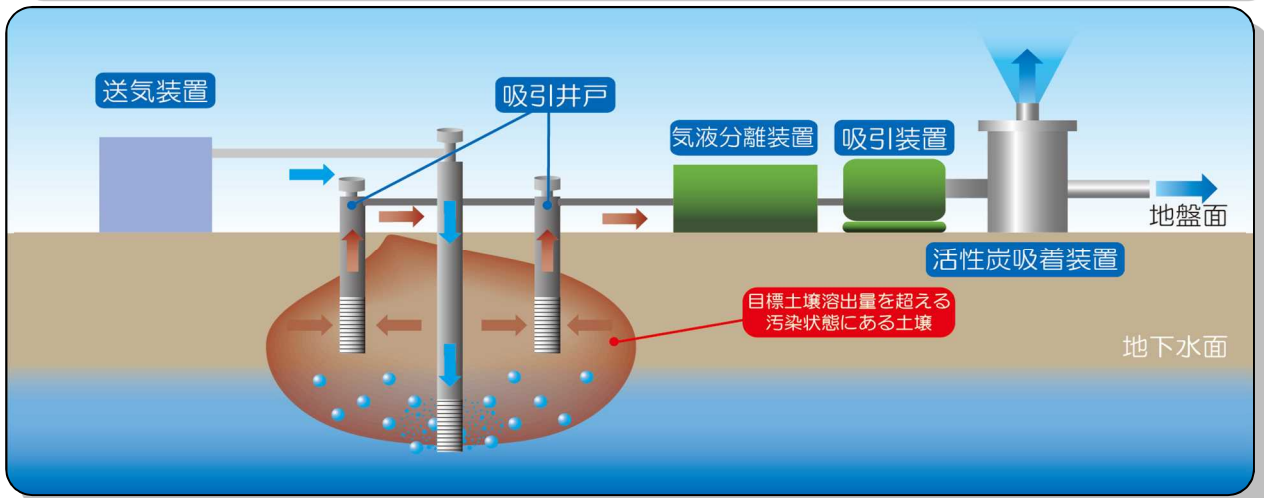
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	×	×	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

帯水層に空気等を吹き込み、特定有害物質を土壤ガスへ揮発させ、土壤ガス吸引により土壤ガスを回収することで、土壤と地下水から特定有害物質を除去する措置です。
回収したガス中の特定有害物質は吸着・分解等して除去します。



（一社）土壤環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- ・ 事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。
- ・ スパージの到達範囲が土壤ガスの吸引範囲内に収まっていることを確認するなど地表面から特定有害物質が拡散していないことを確認する必要があります。
- ・ 当該処理により、浄化対象物質が除去されたことを確認するために、工事の完了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年間に4回以上）。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 排出口でガス中の特定有害物質濃度を測定し、ガス処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 難透気性の地層や対象深さが深い場合等は、エアが注入できない場合があります。
- ・ 特定有害物質の濃度が高い場合や土壤の透気性が低い場合等は、浄化に長い期間を要する場合があります。

原位置浄化：エアースパーキングの説明（1/2）

1. 措置技術の説明

エアースパーキングとは、帯水層に空気等をコンプレッサーやブロー等を用いてスパージ井戸から吹き込み、特定有害物質を土壌や地下水から揮発させることで特定有害物質を除去する措置です。揮発した特定有害物質を含むガスは、真空ポンプ等を用いた土壌ガス吸引法により、不飽和層で回収します。

浄化効率を上げるためには特定有害物質濃度が高い場所にスパージ井戸を設置することが重要です。また、ガスは透気性・透水性の高い部分に流れやすいため、浄化が均一に進まない場合があります。その場合、スパージ量（吹込み量）や吸引量を変更したり、新たに井戸を増設したりするなどの対応が必要となります。したがって、定期的にスパージ井戸や吸引井戸、観測井で水中やガス中の特定有害物質濃度、地下水位、不飽和帯のガス圧等をモニタリングすることが重要となります。

回収したガス中の特定有害物質は吸着・分解等して除去します。吸着処理としては活性炭吸着、分解処理としては紫外線酸化分解、触媒酸化、熱分解等があります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

詳細調査により基準不適合土壌や目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌のある範囲及び深さ等を把握しておく必要があります。

事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。現地試験は、より精度の高い設計が期待できることから、事前にスパージ量と到達範囲、又は土壌ガス吸引量と吸引範囲等を把握しておくことが望まれます。

実施に伴う周辺環境保全対策として、スパージの到達範囲が土壌ガスの吸引範囲内に収まることを確認することが重要です。事前の試験や実績等により、回収した特定有害物質を含む土壌ガスを選択した処理方法により処理できることを確認することが必要です。また、特定有害物質を分解する処理方法の場合は、有害な物質が副次的に生成しないことを確認しておく必要があります。

エアースパーキングによる特定有害物質の回収処理の終了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、措置の対象とした特定有害物質について、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年に4回以上）。また、当該特定有害物質の分解生成物である特定有害物質について、上記2年間の確認の最終回に1回測定し、地下水基準に適合していることを確認することが望まれます（p.103 参照）。

原位置浄化：エアースパーキングの説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

スパージ井戸の位置やスパージ量、吸引井戸の位置、吸引量等によっては、特定有害物質を含むガスが基準適合土壌のある範囲や地上に拡散したり、特定有害物質を含む地下水が地上に吹き上がったりの場合があります。また、スパージング深度と地下水位の間に難透気性の地層が広く存在すると、地上へのエアの流れが阻害されるため、横方向のエアの流れとともに地下水汚染を周辺に拡散させるおそれがあります。したがって、事前に地盤の性状を踏まえ、効果予測等を行った上で井戸位置やスパージ量等を設定するとともに、スパージ井戸や観測井等で水中やガス中の特定有害物質濃度、地下水位、不飽和帯のガス圧等をモニタリングし、スパージ量等を適時制御することが必要となります。

ガス処理装置の排出口でガス中の特定有害物質濃度を測定し、ガス処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。排ガス中の特定有害物質濃度については周辺環境保全の観点から、都道府県知事等と事前に相談し、決定しておくことが重要です。

減圧吸引、揚水、ガス処理や水処理等において、騒音や振動が発生する場合は、近隣地域への配慮が必要です。また、ガス処理や水処理等に伴って活性炭等の廃棄物が発生する場合、適正に処理する必要があります。

対策深さが浅い場合には地表面から特定有害物質が拡散していないことを確認する必要があります。また、一時的に地下水中の特定有害物質濃度が上昇する場合もあるため、措置実施中は定期的にモニタリングを実施し、必要に応じ揚水量の変更や揚水井の増設、遮水壁設置等による追加措置を講じます。

4. 想定されるトラブルの例

（1）浄化期間の長期化

特定有害物質の濃度が高い場合や地盤の透気性が低い又は地盤が不均質な場合、若しくは土壌の吸着性が高い場合等は浄化期間が長くなる可能性があります。特に地盤が不均質な場合は、空気を通しやすい層のみに効果が出やすいなど効果自体が不均一となります。汚染状況等を事前の調査によって十分に把握するとともに、浄化の進捗を適宜確認し、必要に応じて追加調査や追加対策、及び設計条件の変更等を行います。なお、油類が共存する場合、吸着により浄化期間が長期化するだけでなく、揮発した油類が活性炭に捕集され活性炭の破過が促進される不具合が生じる場合があります。

（2）汚染廃液の発生

土壌ガス吸引に伴って地下水が汲み上がり、汚染廃液が発生する場合があります。その場合、産業廃棄物として適正に処分するか、又は水処理装置を設置し、処理する必要が生じます。

（3）ガス・地下水の噴出

ガス圧の調整を適切に行っていない場合、特定有害物質を含むガスや地下水が地上に噴出することなどにより汚染が拡散する場合があります。また、地盤内の細粒分が多量に移動するような高い圧力で注入を継続すると、周辺への地下水汚染の拡散や地盤変状等が生じる場合もあります。事前に効果予測等を行った上で、井戸位置やスパージ量等を設定するとともに、地下水観測井で特定有害物質濃度や地下水位等を、ガス観測井で不飽和帯のガス圧や特定有害物質濃度等をモニタリングし、スパージ量等を適時制御する方法があります。

【原位置浄化（エアースパーキング）：チェックリストの例】

措置名称：エアースパーキング

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲や深さを把握しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				目標地下水濃度を超える地下水の範囲や深さを把握しているか。	地下水質調査、ボーリング柱状図、詳細調査結果の確認	
				揮発性の高い特定有害物質か。	蒸気圧、ヘンリー定数、沸点等の物性の確認	
				透水性・透気性は十分高いか。透気性等は十分均質で、エアアの流れを妨げる地層はないか。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験、透気試験等	
				スパージング対象の帯水層やガス吸引対象の不飽和層は適用可能な厚さか。	ボーリング柱状図、地質断面図、地下水位調査結果等の確認	
				土壌中の特定有害物質を吸着する油類等の有機物含有量は十分低い。	土質試験結果、詳細調査結果等の確認	
	設計	工法の設計	設計条件	スパージング能力やガス吸引能力が十分な装置を用いた設計になっているか。	機器性能の確認	
				スパージング井やガス吸引井の配置や設置深度等は適切か。	ボーリング調査、詳細調査、地下水位調査結果等の確認	
				不均一なエアア流れの原因となる地盤の不均質性を考慮した計画となっているか。	ボーリング柱状図、地質断面図、詳細調査、地下水位調査結果等の確認	
			適用可能性試験	類似現場での実績等で適用性を確認できたか。コンプレッサーや真空ポンプ等の装置は現場に適した能力か（井戸本数、影響範囲等）。	既存文献等 現場吸引試験結果	
	施工	施工方法の検討	施工方法	地盤強度に対して削孔可能な施工方法であるか。	ボーリング柱状図、N値、ボーリングマシン性能の確認	
				ボーリング・配管・装置据付のための作業面積は十分か。	現場踏査結果、敷地平面図、建築図面等の確認	
		周辺環境安全性の確認	環境影響	地下水汚染の拡散や地盤変状等を防止するための対策が計画されているか。	モニタリング計画（測定項目、測定場所、頻度等）の確認	
				大気汚染防止のための評価管理方法が計画されているか。	担当行政や周辺住民等との協議内容等の確認	
				特定有害物質を処理でき、副次的に有害な物質や臭気が発生しない排ガス処理方法か。	機器性能の確認	
				気液分離槽等により汲み上がった地下水を分離できる仕様か。	機器性能の確認	
廃棄物や廃液を適正に処理する計画か。				廃棄物等の一時保管、処理方法の確認		
緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	機器性能の確認 施工計画書の確認				
措置の実施	工事中	作業	スパージング	設計どおりの範囲に設計どおりの風量でスパージできたか。	スパージ量、観測井でのガス圧や地下水位等の確認	
			ガス吸引	設計どおりの範囲に設計どおりの風量で回収されているか。	吸引ガス量、井戸や観測井でのガス圧、地下水位等の確認	
		管理	評価	除去効果を確認できたか。	吸引ガス濃度変化や地下水濃度変化、土壌調査等により評価	
			環境影響	周辺地下水への汚染の拡散はないか。	周辺地下水質のモニタリング	
	ガス処理の効果を確認でき、大気汚染を生じていないか。			排ガス出口濃度、大気濃度測定		
	産廃処理	騒音・振動は許容レベルか。	騒音振動測定			
	完了確認	措置の完了確認	効果確認	廃液、廃棄物は適正に処理されているか。	マニフェストの確認	
			観測井において特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えない汚染状態であるか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置浄化（原位置抽出）：加熱脱着（土壤汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域

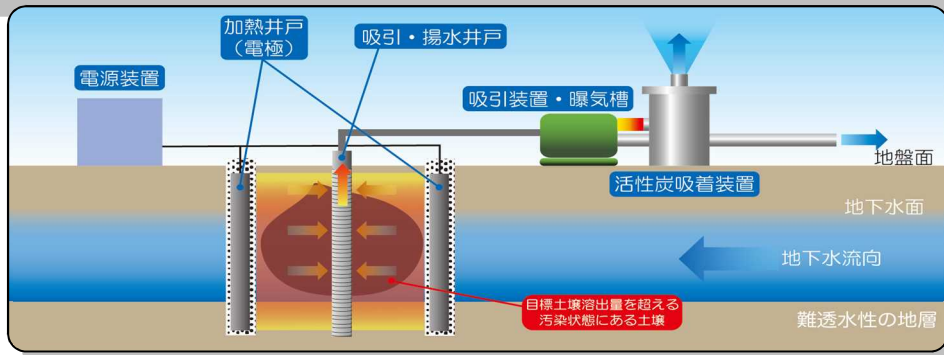
※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	△（水銀）	△（PCB）	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

電極井戸間に電流を流すことにより、目標土壤溶出量を超える汚染状態にある土壤自体を発熱させて、土壤や地下水中の特定有害物質の溶出や気化、移動性、分解を促進して特定有害物質を除去する措置です。特定有害物質を含むガスや地下水は、土壤ガス吸引や揚水により地上に回収したり、生物処理等により原位置分解します。透気性や透水性の悪い地層にも高い効果が期待できます。

回収したガス中の特定有害物質は吸着・分解等して除去し、回収した地下水中の特定有害物質は吸着・分解・揮化等して除去します。



（一社）土壤環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- ・ 事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。土壤の温度が計画している温度まで上昇することの確認が重要です。
- ・ 浄化を効率的に進めるためには、対象とする地質構造や地下水流動を十分に把握し、特定有害物質を回収又は分解する方法を設定することが必要です。
- ・ 当該処理により、浄化対象物質が除去されたことを確認するために、工事の完了後、除去の効果の的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年間に4回以上）。分解を伴う場合は、分解生成物による地下水汚染が生じていないことの確認も必要です。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 排出口でのガス及び処理水中の特定有害物質濃度を測定し、ガス処理及び水処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。
- ・ 対策深さが浅い場合には、地表面から特定有害物質が拡散していないことを確認する必要があります。
- ・ 一時的に地下水中の特定有害物質濃度が上昇する場合もあるため、モニタリングを実施し必要に応じ揚水等による拡散防止を講ずる必要があります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 土壤の比抵抗値が極端に高い場合には、十分な電気が流れず土壤が昇温しないことがあるので、適切な電源装置を用いる必要があります。
- ・ 工事中は、土壤温度を測定し、計画どおり昇温していることを確認する必要があり、適宜地下水や回収ガス中の特定有害物質の濃度を測定し浄化の進捗も確認する必要があります。

原位置浄化：加熱脱着の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌中に電極井戸を挿入し、土壌中に電気を流すことにより発生するジュール熱で抵抗体となる土壌自体を、措置対象物質が第一種特定有害物質である場合には 40～100℃に発熱します。昇温に伴い土壌に吸着した特定有害物質の溶出や間隙水・地下水中的移動及び（１）気化を促進し、原位置抽出（土壌ガス吸引（p.72）や地下水揚水（p.76））により特定有害物質を含むガス及び地下水を地上に回収すること、又は（２）地下水中の特定有害物質を原位置分解（生物処理（p.93）等）することによって、特定有害物質を不飽和土壌、地下水及び難透水性の地層から除去する措置です。

加熱脱着の工法としては、他にも、加熱井戸内にヒーターを設置し熱伝導により土壌を加熱する方法や、加熱蒸気（スチーム）を注入し土壌を加熱する方法があります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

詳細調査により基準不適合土壌や目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌のある範囲及び深さ等を把握しておく必要があります。

事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。特に、ガス吸引の際に地下水も引っ張られて地下水混じりのガスを回収することになるかどうか、地下水中の特定有害物質を分解できるかどうかなどについて確認する必要があります。また、分解処理する場合、分解生成物を適切にモニタリングする必要があります。

揚水を用いる場合、揚水した地下水は、選定した水処理方法で処理できることを、実績や事前の試験等により示す必要があります。また、揚水に伴って地盤がどの程度沈下し得るかを予測しておく必要があります。なお、地方公共団体によっては、揚水ポンプの吐出径や揚水量の届出や規制等に関する条例等があるため、事前に確認が必要です。

加熱脱着による特定有害物質の回収（一部分解を含む。）処理の終了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、措置の対象とした特定有害物質について、目標地下水濃度を超えない汚染状態であることを２年間確認します（１年に４回以上）。また、当該特定有害物質の分解生成物である特定有害物質について、土壌ガス吸引や地下水揚水の場合は、上記２年間の確認の最終回に１回測定し、地下水基準に適合していることを確認することが望めます。一方、原位置分解の場合は、分解生成物が生じないことが明らかな化学分解以外は上記２年間の期間中（１年に４回以上）、生じないことが明らかな化学分解では効果の確認の最終回に１回、地下水基準に適合していることを確認します（p.103 参照）。

原位置浄化：加熱脱着の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

気化したガスは確実に捕集し、吸引ガス中に含まれる水分は、気液分離するなどして回収し、ガスと水分のそれぞれを適切に処理する必要があります。

ガス処理装置の排出口でガス中の特定有害物質濃度を測定し、ガス処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。排ガス中の特定有害物質濃度については周辺環境保全の観点から、都道府県知事等と事前に相談し、決定しておくことが重要です。

吸引したガスの気液分離により回収した水又は揚水した地下水について、水質汚濁防止法の排水基準又は下水道法の排除基準に適合する水質であった場合にはそのまま公共用水域又は下水道に排水できますが、揚水した地下水の水質が基準に適合しない場合には、それらの水に含まれる特定有害物質や水質汚濁に関わるその他の基準項目（BOD、pH 等）を、公共用水域に排出する場合は排水基準に適合させます。また、下水道に放流する場合は排除基準に適合させます。曝気処理等の水処理において排ガスが発生する場合には、ガス処理装置の場合と同様に、ガス中の特定有害物質を測定し、ガス処理が適切に実施されていることを確認する必要があります。

減圧吸引、揚水、ガス処理や水処理等において、騒音や振動が発生する場合は、近隣地域への配慮が必要です。また、ガス処理や水処理等に伴って活性炭等の廃棄物が発生する場合、適正に処理する必要があります。

対策深さが浅い場合には地表面から特定有害物質が拡散していないことを確認する必要があります。また、一時的に地下水中の特定有害物質濃度が上昇する場合もあるため、措置実施中は定期的にモニタリングを実施し、必要に応じ揚水等による追加措置を講じます。

4. 想定されるトラブルの例

（1）昇温阻害

昇温の目標温度や地盤条件によっては、電極井戸と土壌の間の接地抵抗が上昇し、十分な電力を印加できなくなるおそれがあります。一方、回収する地下水に電解質が極端に多く含まれるような場合にも十分な電力を供給できなくなる場合があります。そのため、現場条件に応じた電源装置の設計が大切です。

（2）汚染廃液の発生

気液分離により回収された水分や地下水中には特定有害物質が基準値を超えて含まれる場合があります。当該気液分離水は産業廃棄物として適正に処分するか、又は水処理装置を設置し処理する必要があります。

（3）油類による浄化阻害

措置実施範囲内に油類が存在すると、昇温により溶出や間隙水・地下水での移動が促進されるため、油類の種類や濃度によっては、回収装置に障害を発生させるおそれがあります。その場合、油類を除去するための回収装置を設置するなどの対処方法が考えられます。

【原位置浄化（加熱脱着）：チェックリストの例】

措置名称：原位置浄化（加熱脱着（地下水揚水））

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	条例等による揚水規制に抵触していないか。	条例等の確認	
				条例等による揚水の届出義務はないか。	条例等の確認	
				事前のボーリング調査等により基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲や深さを把握しているか。	ボーリング調査、詳細調査結果の確認	
				事前のボーリング調査等により目標地下水濃度を超える地下水の範囲や深さを把握しているか。	ボーリング調査、詳細調査結果の確認	
				土壌の比抵抗値を把握しているか。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				電流を阻害する地層や配管等はないか。	ボーリング柱状図、地質断面図等の確認	
				透水性や通気性が把握できているか。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				揚水する地下水中に放流先の基準（排水基準、下水排除基準等）に該当する物質が含まれていないか。	詳細調査、水質分析結果の確認	
	工法の設計	現場試験	電源装置の容量は十分か。	現場試験結果の確認		
			シミュレーションどおり昇温しているか。しない場合にはその原因が明確となっているか。	シミュレーション結果、現場試験の確認		
		設計条件	抽出した有害物質の回収方法は妥当か。	機器性能の確認		
			特定有害物質を処理できるか（処理量・処理濃度）。	機器性能の確認		
			処理において副次的に有害な物質や臭気が発生しないか。	機器性能の確認		
			騒音・振動レベルを把握しているか。	機器性能の確認		
施工方法	施工条件の確認	井戸設置	地盤強度の観点で削孔可能か。	ボーリング柱状図、N値、ボーリングマシン性能の確認		
		作業・設置スペース	ボーリング・配管・配線・装置据付のための作業スペースはあるか。	現場踏査結果、建築図面等の確認		
期中管理	施工中	モニタリング・維持管理	昇温	設計どおりの範囲の土壌が設計どおりに昇温されているか。	温度観測井における温度、電極井戸間における電流値等の確認	
			回収処理	設計どおりに特定有害物質の回収や処理が行われているか。	排ガス濃度、処理水濃度、処理水・処理ガス量の確認	
	施工後	浄化完了確認	評価	観測井において特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えない汚染状態であるか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置浄化（原位置分解）：化学処理（土壌汚染の除去）

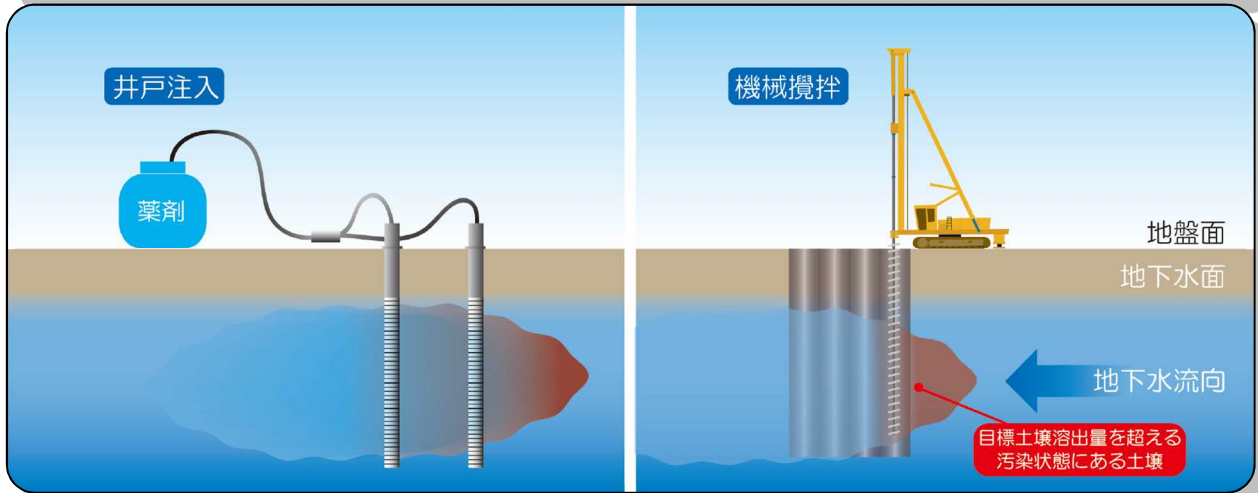
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	△（シアン化合物）	△	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

特定有害物質を分解する薬剤を土壌に加え、化学的に分解する措置です。特定有害物質の分解には、一般的に酸化反応や還元反応を利用します。薬剤の添加方法として、井戸等からの注入や、土壌を攪拌する機械を用いた薬剤と土壌との混合などが用いられます。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。特に、対象とする特定有害物質を分解する薬剤の効果及びその反応条件の確認は重要です。
- 浄化を効率的に進めるためには、対象とする地質構造や地下水流動を十分に把握し、薬剤を措置実施範囲に効率的に広げる注入条件や混合条件を設定することが必要です。
- 当該処理により、浄化対象物質が除去されたことを確認するために、工事の完了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年間に4回以上）。分解生成物が生成する場合は2年間、生成しない場合は、措置の効果の確認の最終回に1回分析して、地下水基準適合を確認します。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 添加する薬剤は、無害なものや土壌中で無害なものに分解するものを使用します。
- 薬剤を土壌中に添加することで、予期せぬ物質が生成されたり、溶け出したりする場合がありますので、事前の適用可能性試験により安全性を確認します。
- 特定有害物質や薬剤等が措置実施範囲外へ流出することがないように、地下水モニタリングによる監視や、揚水又は遮水壁等の周辺拡散防止のための措置を行います。
- 措置の完了の際には、必要に応じて有害な薬剤や反応生成物等の濃度の低下傾向が見られるなど有意な残留がないことを確認します。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 井戸等から薬剤を注入する方式では、シルトや粘土等の透水性が低い土壌の浄化は、一般的に困難な場合があります。
- 攪拌混合機械を用いた直接混合等を粘性土に採用する場合は、均一な混合が出来るような機械や混合条件を選定する必要があります。

原位置浄化：化学処理の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

原位置化学処理とは、特定有害物質を分解する薬剤を土壌中に加え、化学的に分解する措置です。特定有害物質の分解には、酸化分解反応や還元分解反応を利用するのが一般的です。

○酸化分解反応

酸化剤としては、オゾンや過酸化水素、過マンガン酸塩、過硫酸塩等があります。フェントン法では、過酸化水素及び鉄塩を使用します。これらの薬剤により、第一種特定有害物質やシアン化合物を酸化分解します。

○還元分解反応

還元剤としては、鉄粉等があります。

薬剤の注入工法としては、井戸からの注入（井戸注入）、ボーリングロッド等からの直接注入、及び攪拌混合機械を用いた直接混合等があります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

詳細調査により基準不適合土壌や目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌のある範囲及び深さ等を把握しておく必要があります。

事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。浄化対象とする土壌や地下水を用いた室内試験を実施し、対象とする特定有害物質を分解する薬剤の効果やその反応条件を確認します。また、特定有害物質の減少のみでなく、分解経路や反応生成物を把握した上で、効果があることを確認することが重要です。可能であれば、現地試験により注入した薬剤の到達範囲を確認すること等が望まれます。

浄化効率を上げるためには、対象とする地質構造や地下水流動を十分に把握し、薬剤を措置実施範囲に効率的に広げる注入条件や混合条件を設定することが重要です。シルトや粘土等の透水性が低い土壌の場合や不均一な地層の場合は、井戸等からの注入では薬剤を措置実施範囲に効率的に広げることが難しく、一般的に浄化は困難です。また、攪拌混合機械を用いた直接混合等を実施する場合も、粘性土は均一な混合が難しくなる場合がありますので、使用する機械や混合条件の選定に留意する必要があります。浄化開始後は、地下水モニタリング等を適宜行いますが、浄化の進捗状況次第では、薬剤の追加注入等が必要になる場合もあります。

原位置化学処理による特定有害物質の分解処理の終了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、措置の対象とした特定有害物質について、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年に4回以上）。分解生成物に関しては、分解生成物が生じないことが明らかではない場合は上記2年間の期間中（1年に4回以上）、生じないことが明らかな場合は、効果の確認の最終回に1回、地下水基準に適合していることを確認します（p. 103 参照）。

原位置浄化：化学処理の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

化学処理で使用する薬剤は、無害なものや土壌中で分解され無害なものとなるもの等環境への影響を配慮した薬剤を使用するよう努めます。薬剤に毒物や劇物、危険物等に指定されているものもあるため、関連する法令を遵守し、保管や取扱いに十分に注意する必要があります。また、薬剤を土壌中に添加することで予期せぬ物質が生成したり、pH や酸化還元電位等の環境条件が変化することで重金属等が土壌から溶け出したりする場合がありますので、必要に応じて事前の試験により安全性を確認します。

薬剤の注入や攪拌混合によって特定有害物質や薬剤等が措置実施範囲外へ流出することがないように、地下水モニタリングによる監視を実施したり、揚水や遮水壁等の周辺拡散防止のための措置を実施したりします。原位置浄化において浄化を効率的に進めるために、揚水した地下水に薬剤等を加え、地下に浸透させる場合、水質汚濁防止法で定める特定地下浸透水には該当せず、浸透の制限は受けませんが、特定有害物質や薬剤等の周辺拡散防止のための措置を十分に実施することが必要です。

措置の完了の際には、必要に応じて有害な薬剤や反応生成物等の濃度の低下傾向が見られるなど有意な残留がないことを確認します。

4. 想定されるトラブルの例

（1）酸化剤の注入による地中構造物（地下室、埋設配管等）への影響

濃度の高い酸化剤を使用する場合等は、地中構造物の材質や暴露状況によっては腐食等の影響を及ぼす可能性があります。腐食が進みにくい薬剤を選定する、あるいは酸化剤が高濃度で地中構造物と接触しないように注入井戸を配置したり、注入量及び薬剤濃度を適正に管理したりするなど、設計及び工事上の注意が必要です。

（2）攪拌混合工法の地盤環境への影響

攪拌混合機械を用いて薬剤を土壌に混合した場合、泥状化した土壌が地表面から噴出したり、地表面の盛り上がりが発生したりすることや、工事後地盤が軟弱化することや、逆に地盤が固化することもあります。対象とする土質性状を十分に把握し、適切な工法や混合条件を設定することが重要です。必要に応じて、工事中の養生や工事後の地盤改良等を行います。

（3）土壌中への薬剤注入時の噴出事故

薬剤を土壌中に注入した場合、井戸や周辺部から薬剤が噴出してしまうことがあります。特に、薬剤の反応等により気体が発生する場合は、噴出の危険性が高まります。地表面から薬剤が噴出することがないようになるべく圧力を掛けずに薬剤を注入することが望まれます。井戸から薬剤を圧入する場合、井戸のシールを十分に行うとともに、注入作業時の監視を行い、地表面等に異常が見られたら、圧力を下げるなどの対応が必要です。

（4）油類による浄化阻害

油類が共存する場合、油類の種類や濃度によっては、薬剤が消費されたり、薬剤と特定有害物質との反応が阻害されたりするため、浄化が効率的に進まなくなる場合があります。必要に応じて、油類を除去するための対策を別途実施します。

【原位置浄化（化学処理）：チェックリストの例】

措置名称：原位置浄化（化学処理：注入工法）

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				目標地下水濃度を超える地下水の範囲や深さを把握しているか。	地下水モニタリング結果・詳細調査結果の確認	
				措置対象物質は酸化／還元分解が可能か。	実績及び文献等の既存データの確認	
				酸化／還元分解を適用できる地盤環境であるか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				酸化／還元剤を原位置注入できる地盤環境であるか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
	工法の設計	適用可能性試験	設計条件	注入地点の配置及び設計注入量は適切か。	既存データと適用可能性試験結果より確認	
			適用可能性試験	適用可能な効果を確認できたか。	現地で採取した土壌・地下水を用いた適用可能性試験にて検証	
				現地にて設計の妥当性を確認できたか。	現地にて原位置試験を行い、効果、計画量の注入、影響範囲等の設計の妥当性を検証	
	施工	施工方法の検討	施工方法	地盤強度に対して削孔可能な施工方法であるか。	ボーリング柱状図、N値、ボーリングマシン性能の確認	
				ボーリング・配管・装置据付等のための作業面積は十分か。	現場踏査結果、敷地平面図、建築図面等の確認	
周辺環境安全性の確認		環境影響	分解過程において有害な反応生成物等が発生しないか。発生した場合、最終的に有意な残留が生じないか。	実績及び文献等の既存データの確認や適用可能性試験での評価		
	緊急事態対応		事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認		
措置の実施	準備	届出	法条例	酸化／還元剤の利用に関する届出等はないか。	必要に応じて労働基準監督署等に報告	
	工事中	作業	原位置注入	酸化／還元剤の注入量、注入深度等は適切か。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認	
				酸化／還元剤の注入圧は適切か。注入地点周辺からの漏えいや噴出はないか。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認	
				管理	評価	対象物質は想定どおりの浄化傾向にあるか。
	環境影響	周辺地下水への汚染の拡散はないか。	周辺地下水質のモニタリング			
		完了確認	措置の完了確認	効果確認	除去の効果が確認できる位置の観測井で特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えない汚染状態であるか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認
	分解生成物の濃度は、2年間（年4回以上）又は措置の効果の確認の最終回に1回分析して地下水基準に適合しているか。					

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

措置名称：原位置浄化（化学処理：攪拌混合工法）

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				目標地下水濃度を超える地下水の範囲や深さを把握しているか。	地下水モニタリング結果・詳細調査結果の確認	
				措置対象物質は酸化／還元分解が可能か。	実績及び文献等の既存データの確認	
				酸化／還元分解を適用できる地盤環境であるか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				酸化／還元剤を原位置攪拌混合できる地盤環境であるか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
	工法の設計	工法の設計	設計条件	注入地点の配置及び設計注入量は適切か。	既存データと適用可能性試験結果より確認	
			適用可能性試験	効果を確認できたか。	実績や適用可能性試験等で確認	
				分解生成物は生じたか。	実績や適用可能性試験等で確認	
	施工	施工方法の検討	施工方法	使用機械の仕様は適切か。	既存データと適用可能性試験結果より確認	
				措置後、地盤の支持力は確保できるか。	N値等の地盤データの確認、あるいは施工後の地盤改良等の計画	
周辺環境安全性の確認		環境影響	分解過程において有害な反応生成物等が発生しないか。発生した場合、最終的に有意な残留が生じないか。	実績及び文献等の既存データの確認や適用可能性試験での評価		
		緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認		
措置の実施	準備	届出	法条例	酸化／還元剤の利用に関する届出等は必要ではないか。	必要に応じて労働基準監督署等に報告	
	工事中	作業	原位置注入	酸化／還元剤の注入量、注入深度等は適切か。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認	
				混合する際に、酸化／還元剤が周囲に飛散等していないか。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認	
		管理	評価	対象物質は想定どおりの浄化傾向にあるか。	品質管理チェックシート作成	
	環境影響		周辺地下水への汚染の拡散はないか。	周辺地下水質のモニタリング		
	完了確認	措置の完了確認	効果確認	除去の効果が確認できる位置の観測井で特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えない汚染状態となっているか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認	
				分解生成物の濃度は、2年間（年4回以上）又は措置の効果の確認の最終回に1回分析して地下水基準に適合しているか。		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

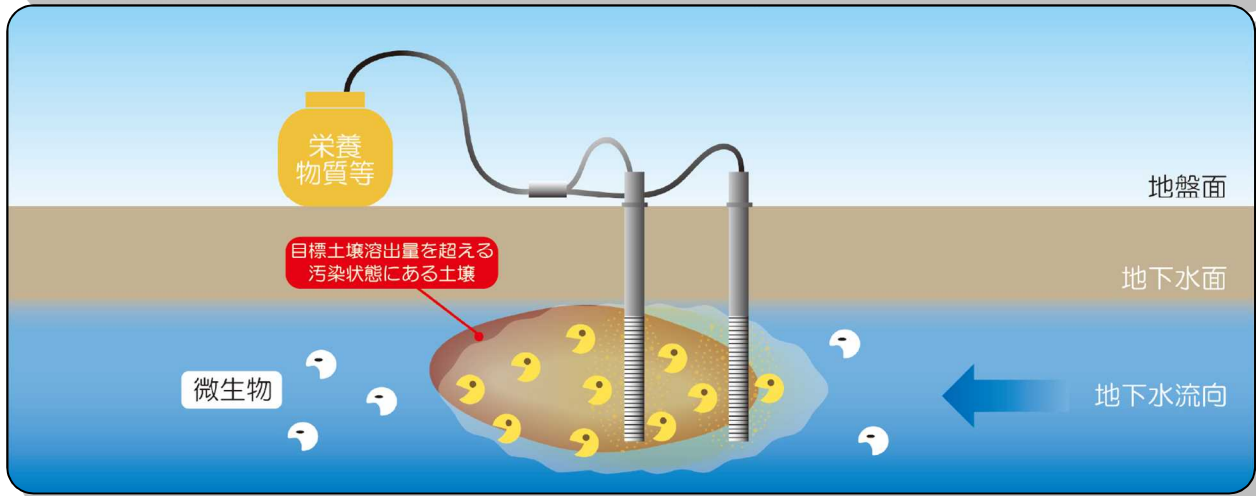
原位置浄化（原位置分解）：生物処理（土壌汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
○	△（シアン化合物）	△	形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除

措置技術の概要

微生物等の生物学的作用を利用して、特定有害物質の分解を行う措置です。井戸等を利用して土壌中に酸素（通常は空気を使用）や有機物、栄養塩等の栄養物質等を注入することにより、土壌中の微生物を活性化させ、特定有害物質を分解します。また、特定有害物質の分解に効果を発揮する微生物を注入する場合があります。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。特に、対象とする特定有害物質を分解する微生物の効果及びその反応条件の確認は重要です。
- 地下水モニタリング等を適宜行い、土壌中の環境条件や浄化の進捗を確認し、必要に応じて栄養物質等の注入条件を変更したり、追加注入を行います。
- 当該処理により、浄化対象物質が除去されたことを確認するために、工事の完了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年間に4回以上）。分解生成物は地下水基準適合を2年間確認します。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 分解過程において有害な物質が生成する場合や、環境条件の変化等によって有害なガス等が発生する場合は、監視や周辺拡散防止のための措置が必要になります。
- 外部で培養した微生物を注入する場合、事前に安全性を確認します。
- 特定有害物質や栄養物質等が措置実施範囲外へ流出することがないように、地下水モニタリングによる監視や、揚水や遮水壁等の周辺拡散防止のための措置を行います。
- 措置の完了の際には、必要に応じて、栄養物質等や有害な反応生成物等の濃度の低下傾向が見られるなど有意な残留がないことを確認します。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 特定有害物質の原液が存在するなどの濃度が高い汚染部に対しては、処理期間が長期化することがあります。また、井戸等から栄養物質等を注入する方式では、シルトや粘土等の透水性が低い土壌の浄化は困難な場合があります。

原位置浄化：生物処理の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

原位置生物処理とは、特定有害物質を分解する微生物等の生物の機能を利用して、地盤内で特定有害物質の分解を行う措置です。植物の吸収作用を利用して、土壌中の特定有害物質を低下させるファイトレメディエーションも生物処理の一種ですが、浄化機構が異なるため、原位置分解法の生物処理とは区別して扱うものとします。

生物処理には大きく分けて、「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」があります。

○バイオスティミュレーション

対象土壌中に生息する微生物を利用する方法です。微生物の増殖に必要な栄養物質等（酸素（通常は空気を使用）や有機物、栄養塩等）を加えて土壌中の微生物を活性化し、特定有害物質の分解浄化作用を促進します。

○バイオオーグメンテーション

微生物を土壌や地下水に注入し、生物処理する方法です。また、注入した微生物を活性化させるために、さらに栄養物質等を与えて浄化作用を促進する場合があります。

生物処理は、酸素がある好氣的条件下で行うものや酸素がない嫌氣的条件下で行うもの等の種類があり、それぞれの種類によって分解できる対象物質が異なります。したがって、対象物質の分解が可能ながことが明らかとなっている生物処理を適切に選定することが重要です。なお、酸素を供給するためエアースパーキングのシステムを用いた生物処理は、バイオスパーキングと呼びます。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

詳細調査により基準不適合土壌や目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌のある範囲及び深さ等を把握しておく必要があります。

事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。

浄化対象とする土壌や地下水を用いて、分解微生物の存在の確認や適用可能性試験を事前に行うことが必要です。

浄化を効率的に進めるためには、対象とする地質構造や地下水流動を十分に把握し、栄養物質等を措置実施範囲に効率的に広げることが重要です。シルトや粘土等の透水性が低い土壌の場合、井戸等からの注入では、栄養物質等を措置実施範囲に効率的に広げることが難しく、一般的に浄化は困難です。また、特定有害物質の原液が存在するなどの濃度が高い汚染部に対しては処理期間が長期化することがあります。浄化開始後は、地下水モニタリング等を適宜行い、土壌中の環境が微生物の生育に適した条件に維持されていることを確認しながら、浄化の進捗を把握し、必要に応じて栄養物質等の注入条件の変更や追加注入を行います。

生物処理による特定有害物質の分解処理の終了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、措置の対象とした特定有害物質について、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年に4回以上）。分解生成物に関しては、地下水基準に適合することを2年間確認します（1年に4回以上）（p. 103 参照）。

原位置浄化：生物処理の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

生物処理では、栄養物質等の注入によって特定有害物質や注入した栄養物質等が措置実施範囲外へ流出することがないように、地下水モニタリングによる監視や、揚水や遮水壁等の周辺拡散防止のための措置を実施します。また、特定有害物質の分解過程において有害な物質が生成する場合や、環境条件の変化等によって有害なガスが発生する場合は、反応生成物等の監視や周辺拡散防止のための措置が必要です。原位置浄化において浄化を効率的に進めるために、揚水した地下水に栄養物質等を加え、地下に浸透させる場合、水質汚濁防止法で定める特定地下浸透水には該当せず、浸透の制限は受けませんが、特定有害物質や栄養物質等の周辺への拡散を確実に防止するよう計画します。

バイオオーグメンテーションを実施する場合は、「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 30 日、経済産業省・環境省告示第 4 号）等を参考にしながら、土壤中に注入する微生物等について、事前に安全性を十分に確認する必要があります。

措置の完了の際には、必要に応じて、注入した栄養物質等や有害な反応生成物等の濃度の低下傾向が見られるなど有意な残留がないことを確認します。

4. 想定されるトラブルの例

（1）嫌気性生物処理での異臭の発生

嫌気性の生物処理の場合、硫酸還元菌や酸生成菌の働きによって硫化水素や有機酸が生成し、土壌や地下水から異臭が発生することがあります。建物の下で実施する場合等は、必要に応じてモニタリングによる監視や室内の換気対策等を行います。

（2）土壌中への栄養物質等の注入時の噴出事故

土壌中に栄養物質等を圧入する場合、井戸や周辺部から注入した栄養物質等や地下水等が噴出してしまふことがあります。噴出することがないように、なるべく圧力を掛けずに注入することが望まれます。井戸から栄養物質等を圧入する場合、井戸のシールを十分に行うとともに、注入作業時の監視を行い、地表面等に異常が見られたら、圧力を下げるなどの対応が必要です。

（3）浄化期間の長期化

措置実施範囲外からの特定有害物質の供給が続く場合や、想定外の高濃度汚染や生物分解の阻害要因が存在した場合、あるいは栄養物質等を措置実施範囲内に十分に広げることができない場合等は、浄化期間が長くなる可能性があります。汚染状況等を事前の調査によって十分に把握するとともに、浄化の進捗を適宜モニタリングによって確認し、必要に応じて追加調査や追加対策、設計条件の変更等を行います。なお、油類が共存する場合、高濃度の第一種特定有害物質が油類に溶解込み、浄化が順調に進まないこと等があるので注意が必要です。

【原位置浄化（生物処理）：チェックリストの例】

措置名称：バイオスティミュレーション

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				目標地下水濃度を超える地下水の範囲や深さを把握しているか。	地下水モニタリング結果、詳細調査結果の確認	
				措置対象物質は好気性又は嫌気性生物処理によって分解が可能か。	実績及び文献等の既存データの確認	
				好気性又は嫌気性生物処理を適用できる地盤環境であるか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				措置対象物質を分解可能な微生物が措置実施範囲に存在するか。	既存データからの推定、又は土壌菌相の測定	
				微生物を活性化させる薬剤等を原位置注入できる地盤環境であるか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
	工法の設計	設計条件	栄養物質等の注入地点の配置及び設計注入量は適切か。	既存データと適用可能性試験結果より確認		
			適用可能性試験	適用可能性試験で効果を確認できたか。また、適切な栄養物質等を選定できたか。	現地で採取した土壌や地下水を用いた室内試験等で検証	
		現地にて設計の妥当性を確認できたか。		現地で原位置試験を行い、効果及び設計条件の妥当性を検証		
		施工方法		地盤強度に対して削孔可能な施工方法であるか。	ボーリング柱状図、N値、ボーリングマシン性能の確認	
				ボーリング・配管・装置据付のための作業面積は十分か。	現場踏査結果、敷地平面図、建築図面等の確認	
		周辺環境安全性の確認	環境影響	分解により反応生成物や有害なガス等が発生しないか。発生する場合、それを考慮した計画か。	実績及び文献等の既存データの確認	
注入した栄養物質等による汚染拡散のおそれはないか。	観測井での水質モニタリング					
緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認				
措置の実施	作業	原位置注入	栄養物質等の注入量、注入深度等は適切か。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認		
			栄養物質等の注入圧は適切か。注入地点周辺からの漏えいや噴出はないか。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認		
	管理	評価	対象物質は想定どおりの浄化傾向にあるか。	品質管理チェックシート作成		
			措置実施範囲は好気性又は嫌気性生物処理に適した条件になっているか。	品質管理チェックシート作成		
		環境影響	特定有害物質や反応生成物、栄養物質等が措置実施範囲外に拡散していないか。	環境管理チェックシート作成		
			異臭や有害なガスが周囲に悪影響を及ぼしていないか。	環境管理チェックシート作成		
	完了確認	措置の完了確認	効果確認	有害な反応生成物や栄養物質等の濃度の低下傾向が見られるなど有意な残留がないか。	汚染除去等計画書に基づく対象項目の分析結果の確認	
				除去の効果が確認できる位置の観測井で特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えず、かつ分解生成物が地下水基準に適合しているか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

措置名称：バイオオーグメンテーション

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				目標地下水濃度を超える地下水の範囲や深さを把握しているか。	地下水モニタリング結果・詳細調査結果の確認	
				措置対象物質は使用する微生物によって分解が可能か。	実績及び文献等の既存データの確認	
				使用する微生物は指針※に適合しているか。	指針適合結果の確認	
				使用する微生物を適用できる地盤環境であるか。	地下水質や土壌環境の調査（pH、酸化還元電位、温度等）	
				微生物等を原位置注入できる地盤環境であるか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
	工法の設計	設計条件	適用可能性試験	微生物等の注入地点の配置及び設計注入量は適切か。	既存データと適用可能性試験結果より確認	
				適用可能性試験で効果を確認できたか。また、適切な微生物を選定できたか。	現地で採取した土壌地下水を用いた室内試験等にて検証	
				現地にて設計の妥当性を確認できたか。	現地にて原位置試験を行い、効果及び設計条件の妥当性を検証	
	施工	施工方法の検討	施工方法	地盤強度に対して削孔可能な施工方法であるか。	ボーリング柱状図、N値、ボーリングマシン性能の確認	
				ボーリング・配管・装置据付のための作業面積は十分か。	現場踏査結果、敷地平面図、建築図面等の確認	
		周辺環境安全性の確認	環境影響	緊急事態対応	分解により反応生成物や有害なガス等が発生しないか。発生する場合、それを考慮した計画か。	実績及び文献等の既存データの確認
注入した微生物や栄養物質等による汚染拡散のおそれはないか。					地下水流動や物質輸送等の地下水解析や室内試験評価事例等	
事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。					施工計画書の確認	
措置の実施		作業	原位置注入	微生物等の注入量は適切か。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認	
	微生物等の注入圧は適切か。注入地点周辺からの漏えいや噴出はないか。			既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認		
	管理	評価	環境影響	対象物質は想定どおりの浄化傾向にあるか。	品質管理チェックシート作成	
				措置実施範囲は微生物による分解処理に適した条件になっているか。	品質管理チェックシート作成	
				微生物等の注入によって特定有害物質や反応生成物等が措置実施範囲外に広がっていないか。	環境管理チェックシート作成	
	完了確認	措置の完了確認	効果確認	反応生成物や注入した微生物等の濃度の低下傾向が見られるなど有意な残留がないか。	菌相解析等の汚染除去等計画書に基づく対象項目の分析結果の確認	
				除去の効果が確認できる位置の観測井で特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えず、かつ分解生成物が地下水基準に適合しているか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認	

※「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30日、経済産業省・環境省告示第4号）

※※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置浄化：ファイトレメディエーション（土壌汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
△	△	△	区域指定の解除

直接摂取によるリスクに係る措置として記載されているファイトレメディエーションは、地下水の摂取等によるリスクに係る措置としても適用可能です（p. 121 参照）。

《地下水の摂取等によるリスクに係る措置》

原位置浄化：原位置土壌洗浄（土壌汚染の除去）

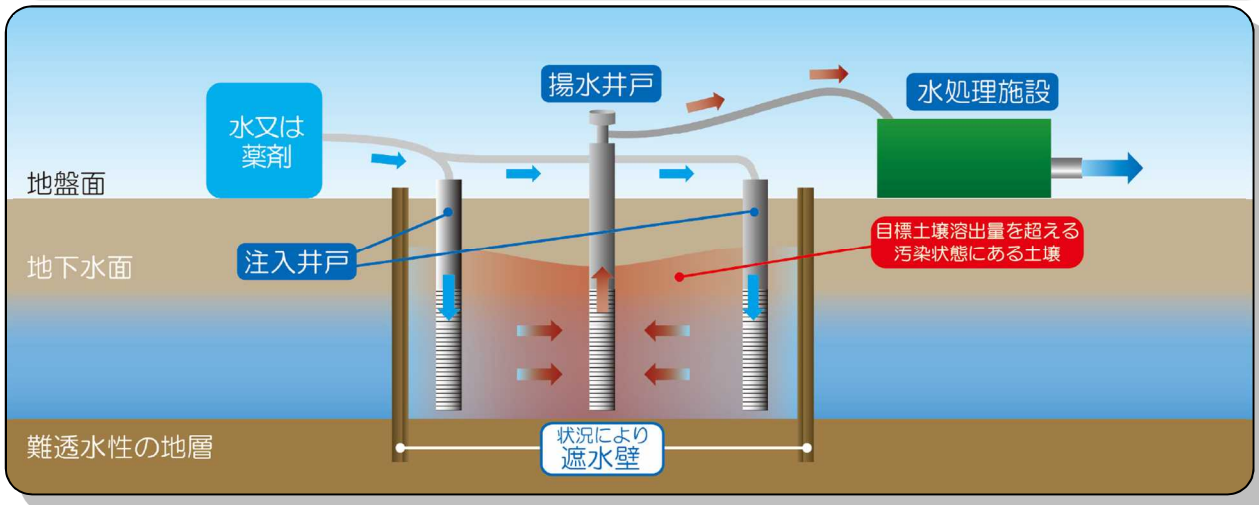
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、-対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域 又は区域指定の解除
○	○	○	

措置技術の概要

特定有害物質を含む土壌に水を通過させて特定有害物質を溶出させ、これを地上に回収することで特定有害物質を除去する措置です。特定有害物質を水に溶出させる薬剤を加える場合があります。



(一社) 土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。特に、薬剤を使用する場合、薬剤による効果や安全性を確認しておく必要があります。
- 浄化効率を上げるためには、地下水は透水性の高い部分に流れやすく、浄化が均一に進まない場合があることを考慮した設計や対応が必要です。
- 当該処理により、浄化対象物質が除去されたことを確認するために、工事の完了後、除去の効果の的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年間に4回以上）。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 土壌から溶出した特定有害物質を含んだ地下水を、揚水により確実に回収することが重要です。
- 土壌及び地下水で汚染が拡散しないようにするため、水質測定や地下水位測定等により、注入水が確実に回収されていることを確認します。汚染の拡散が認められる場合、揚水量や注水量を変更したり、遮水壁を設置したりするなどの対応が必要になります。
- 揚水に伴って地盤がどの程度沈下し得るかを予測しておく必要があります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 地下水は透水性の高い部分に流れやすいため、浄化が均一に進まない場合があります。
- 特定有害物質の濃度が高い場合や、土壌の透水性が低い場合等は、浄化に長い期間を要する場合があります。

原位置浄化：原位置土壌洗浄の説明（1/2）

1. 措置技術の説明

原位置土壌洗浄とは、特定有害物質を含む土壌に水等を通過させて土壌から特定有害物質を溶出させて浄化する措置です。この措置では、井戸やトレンチ等を設置し、飽和帯又は不飽和帯に清浄な水を注入し、併せて水中ポンプや地上型自吸式ポンプ等により井戸等から地下水を汲み上げ、地上に回収することによって、特定有害物質を土壌又は地下水から除去します。また、特定有害物質の溶出を促進させるため、酸やアルカリ、界面活性剤、有機溶媒等の溶出促進剤を加える場合があります。

回収した地下水は、吸着・分解・揮散・凝集沈殿等の処理を施して特定有害物質を除去し、公共用水域に排出するか、又は下水道に排除します。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除されます。ただし、土壌溶出量基準ではない目標土壌溶出量又は地下水基準ではない目標地下水濃度を設定した場合にあっては、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

詳細調査により基準不適合土壌や目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌のある範囲及び深さ等を把握しておく必要があります。

事前の適用可能性試験や現地試験、シミュレーション、実績等により、選定した処理方法により特定有害物質を処理できることを確認しておく必要があります。溶出促進のため薬剤を使用する場合、毒物や劇物等の有害な物質が含まれていないことを確認するとともに、浄化対象とする土壌を用いた室内試験等を行い、目標とする効果が得られること、土壌中で溶出促進剤が安定であること、土壌中に溶出促進剤を注入することで有害な物質が副次的に生成しないこと等を確認する必要があります。また、現地試験等により、注入量や到達範囲、揚水量や揚水影響範囲、及びそれらの関係について把握することが望まれます。事前の試験や実績等により、揚水した地下水を選定した水処理方法で処理できることを確認する必要があります。また、揚水に伴って地盤がどの程度沈下し得るかを予測しておく必要があります。なお、地方公共団体によっては、揚水ポンプの吐出径や揚水量の届出や規制等に関する条例等があるため、事前に確認が必要です。

浄化効率を上げるためには、地下水は透水性の高い部分に流れやすく、浄化が均一に進まない場合があることを考慮した設計や対応が必要です。定期的に揚水井戸や観測井等で地下水中の特定有害物質濃度や地下水位等をモニタリングし、浄化の進み具合を診断し、必要に応じて、注入量及び揚水量の変更や井戸の増設等の対応を行います。

原位置土壌洗浄による特定有害物質の回収処理の終了後、除去の効果を的確に把握できる地点で地下水の水質の測定を行い、措置の対象とした特定有害物質について、目標地下水濃度を超えないことを2年間確認します（1年に4回以上）。また、当該特定有害物質の分解生成物である特定有害物質について、上記2年間の確認の最終回に1回測定し、地下水基準に適合していることを確認することが望まれます（p. 103 参照）。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

原位置土壌洗浄では、土壌から溶出した特定有害物質を含んだ地下水を確実に回収することが重要です。確実に回収できない場合は、地下水汚染や土壌汚染を拡大してしまう可能性があるため、事前に効果予測等を行った上で、井戸位置や注水量、揚水量等を設定するとともに、揚水井戸や観測井等で地下水中の特定有害物質濃度や地下水位等をモニタリングし、注入水を確実に回収することが必要となります。

原位置浄化：原位置土壌洗浄の説明（2/2）

観測井の設置本数や間隔については、「地下水汚染の拡大の防止」における考え方を参考にすることができます。汚染の拡大が認められる場合、揚水量や注水量を変更したり、遮水壁を設置したりするなどの対応が必要になります。

溶出促進剤を使用する場合は、薬剤中に有害物質が含まれていないことや副次的に有害物質が発生しないこと等を確認しておく必要があります。

原位置浄化において浄化を効率的に進めるために、揚水した地下水に薬剤等を加え、地下に浸透させる場合、水質汚濁防止法で定める特定地下浸透水には該当せず、浸透の制限は受けませんが、特定有害物質や薬剤等の周辺拡散防止のための措置を十分に実施することが必要です。

また、揚水した地下水の水質が水質汚濁防止法の排水基準又は下水道法の排除基準に適合する場合には、そのまま公共用水域又は下水道に排水できますが、揚水した地下水の水質が基準に適合しない場合には、地下水に含まれる特定有害物質や水質汚濁に関わるその他の基準項目（BOD、pH等）を、排水基準に適合させて公共用水域に排水するか、排除基準に適合させて下水道に排除します。定期的に地盤変位量や地下水位の測定を行い、地盤沈下や井戸障害の有無、及びその程度を把握する必要があります。その結果によっては揚水量を低減するなどの対応が必要になります。

水処理等において、周辺環境等に影響を及ぼすような騒音や振動が発生しないことを確認する必要があります。また、水処理等に伴って活性炭等の廃棄物が発生する場合、適正に処理する必要があります。

4. 想定されるトラブルの例

（1）浄化期間の長期化

特定有害物質の濃度が高い場合や地盤の透水性が低い又は地盤が不均質な場合、若しくは土壌の吸着性が高い場合等は浄化期間が長くなる可能性があります。汚染状況等を事前の調査によって十分に把握するとともに、浄化の進捗を適宜確認し、必要に応じて追加調査や追加対策、及び設計条件の変更等を行います。なお、油類が共存する場合、特定有害物質が油類に溶解し、浄化が順調に進まないこと等があるので注意が必要です。

（2）溶出促進剤の機能劣化及び閉塞

溶出促進剤が土壌中で微生物分解を受けたり、土中の化学物質と反応したりして機能が失われ、溶出促進機能を発揮しない場合があります。また、鉄等の無機沈殿物や微生物スライムが発生し、土壌中や注入井戸スクリーンを閉塞する場合があります。薬剤を用いる場合は事前に、このような土壌中での薬剤安定性を確認しておく必要があります。

（3）浄化対象物質以外の特定有害物質の溶出による地下水汚染

溶出促進剤を使用する場合、薬剤の種類や使用環境によっては対象以外の特定有害物質の溶出を促進し、地下水基準に適合しなくなる場合があります。地盤環境の変化等により溶出性が変化しやすいおそれがある特定有害物質については、事前の適用可能性試験でそのおそれを確認するか、又は措置の実施時に地下水モニタリングを行い、当該物質の地下水濃度を監視する必要があります。

（4）土壌、地下水内での不溶化による土壌溶出量及び地下水濃度の低下

当該技術では、原位置不溶化効果により土壌溶出量や地下水濃度を低下させることは認められていません。洗浄に使用する薬剤は不溶化効果を有さないこと、通水による土壌や地下水の酸化還元電位やpH等の変化が不溶化現象を生じないこと等を確認することが重要です。

【原位置浄化（原位置土壌洗浄）：チェックリストの例】

措置名称：原位置洗浄法

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前 検討	設計	設計条件 の確認	前提条件	基準不適合土壌及び目標土壌溶出量を超える汚染状態にある土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				目標地下水濃度を超える地下水の範囲や深さを把握しているか。	地下水モニタリング結果、詳細調査結果の確認	
				工法の検討対象となる特定有害物質であるか。	溶解度等の物性値、既存文献等の確認	
				透水性は十分高く、十分均質か。洗浄水の流れを阻害する地層はないか。	ボーリング柱状図、地質断面図等の確認土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				条例等による揚水規制の抵触や揚水の届出義務はないか。	条例等の確認	
				揚水した地下水に放流先の基準（排水基準、下水排除基準等）の項目に該当する物質を含むか。	詳細調査・水質分析結果の確認	
	工法の設計	設計条件	井戸の位置・スクリーン深度は適切か（措置実施範囲全体を洗浄できるか。）。	ボーリング調査、詳細調査結果、現場揚水試験結果、ボーリング柱状図、地下水流動や物質移動等の地下水解析の確認		
		適用可能性試験	溶出促進剤の種類と濃度は適切か（溶出効果はあるか。土壌中で安定か。）。 設計どおりの仕様で揚注水・薬剤供給・水処理できるか。	適用可能性試験結果、既存文献等の確認 実績や現場試験等の確認		
	施工	施工方法 の検討	施工方法	地盤強度の観点で施工可能か。	ボーリング柱状図、N値、ボーリングマシン性能の確認	
				ボーリング・配管・配線・装置据付等のための作業スペースはあるか。	現場踏査結果、建築図面等の確認	
		周辺環境 安全性の確認	環境影響	溶出促進剤に有害な物質が含まれていないか。	SDS（安全データシート）等の確認	
				特定有害物質を処理できる水処理の計画か。副次的に有害な物質や臭気が発生しない処理方法か。 周辺や第二帯水層等への汚染拡散のおそれはあるか。ある場合、必要な対策を講ずる計画となっているか。 地盤沈下を評価する計画か。	機器性能の確認 ボーリング調査・詳細調査結果、現場揚水試験結果、ボーリング柱状図の確認 水準測量等の計画	
緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認				
措置の 実施	準備	届出	条例等	条例等により揚水の届出が必要ないか。	条例等の確認	
				溶出促進剤の利用に関する届出等は必要ではないか。	必要に応じて労働基準監督署等に報告	
	工事中	作業	土壌洗浄	設計どおりの範囲に設計どおりの水量で注入・回収されているか。	揚水井戸や観測井での揚水量、地下水位等の確認	
				設計どおりの濃度で溶出促進剤が供給されているか。	薬剤濃度、薬剤使用量等の確認	
	管理	評価	環境影響	想定どおりに浄化が進んでいるか。	地下水中の特定有害物質濃度の確認	
				周囲への汚染の拡散はないか。 許容限度を超える地盤沈下は生じていないか。	周辺地下水質のモニタリング 水準測量結果の確認	
完了確認	措置の 完了確認	効果確認	観測井において特定有害物質濃度が目標地下水濃度を超えない汚染状態であるか（年4回以上、2年間）。	水質測定（モニタリング）結果の確認		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

<参考> 地下水の摂取等によるリスクに対する汚染の除去等の措置の効果を確認するための地下水の水質において、分解生成物の量を確認する必要性の有無と確認期間

実施措置の種類		分解生成物の量を確認する必要性	分解生成物の量の確認期間		
地下水の水質の測定	地下水汚染が生じていない土地	望ましい*2	措置の実施期間		
	地下水汚染が生じている土地				
原位置封じ込め		不要	—		
遮水工封じ込め		不要	—		
地下水汚染の拡大の防止	揚水施設		措置の実施期間		
	透過性地下水浄化壁	分解法	措置の実施期間		
		分解法以外	—		
土壌汚染の除去	掘削除去	土壌の埋め戻しを行う場合	—		
		土壌の埋め戻しを行わない場合	—		
	原位置浄化	抽出:土壌ガス吸引	望ましい*4	1回測定 (措置の効果の確認の最終回)	
		抽出:地下水揚水	望ましい*4	1回測定 (措置の効果の確認の最終回)	
		抽出:エアースパージング	望ましい*4	1回測定 (措置の効果の確認の最終回)	
		抽出:加熱脱着(抽出)*1	望ましい*4	1回測定 (措置の効果の確認の最終回)	
		抽出:加熱脱着(分解)*1	必要*3	2年間 (措置の効果の確認期間)	
		分解:化学処理	必要*5	分解生成物が生成しないことが明らかな場合	1回測定 (措置の効果の確認の最終回)
				分解生成物が生成しないことが明らかでない場合	2年間 (措置の効果の確認期間)
		分解:生物処理	必要*3	2年間 (措置の効果の確認期間)	
		ファイトレメディエーション	望ましい*4	1回測定 (措置の効果の確認の最終回)	
土壌洗浄	望ましい*4	1回測定 (措置の効果の確認の最終回)			
遮断工封じ込め		適用外	—		
不溶化	原位置不溶化	適用外	—		
	不溶化埋め戻し	適用外	—		

*1：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3版）には掲載されていないが、参考に示す。

*2：地下水中の汚染の除去を目的とした措置でないことから。

*3：積極的に分解を促進する措置であり、比較的長期間にわたり、分解が継続することから。

*4：措置により新たな分解生成物の濃度が問題となることはないが、措置の効果の確認として分解生成物の測定を実施することが望ましい。

*5：積極的に分解を利用する措置であることから。

《直接摂取によるリスクに係る措置》

舗装（土壌汚染の管理）

適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
－	○	－	形質変更時要届出区域

措置技術の概要

基準不適合土壌の表面をコンクリート、若しくはアスファルト又はこれらと同等以上の耐久性及び遮断の効力を有する舗装等により覆い、人への暴露経路を遮断する措置です。



（一社）土壌環境センター報告書の図面を加工して利用

要求品質のポイント

- 舗装は、堅牢、かつ、基準不適合土壌の飛散等の防止及び雨水浸入による土砂流出の抑制の効力を有する材料で、少なくともコンクリート舗装では 10 cm、アスファルト舗装では 3 cm の層厚が必要です。
- 土地の傾斜が著しいなどの理由によりこれらを用いることが困難であるときは、モルタル等により覆うことができます。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 舗装等の工事中は、基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずる必要があります。
- 工事後は、定期的に点検し、舗装等の覆いに破損のおそれがある際は、破損を防ぐ措置が必要になります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 措置実施範囲は、対象となる要措置区域の全面としますが、境界面からの基準不適合土壌の露出を考慮して、舗装等端部の覆い（コンクリート、アスファルト）が基準不適合土壌の存在する平面範囲より 50 cm 以上の余裕を持って囲むことが望まれます。

舗装の説明

1. 措置技術の説明

舗装とは、コンクリート又はアスファルト等の耐久性及び遮断の効力を有するものにより覆うことです。措置実施後の上部の利用用途により破損しないような十分な強度を保つよう、必要に応じて覆いの厚さを増すことや路盤材により補強することが必要です。

この措置の完了後は、要措置区域の指定が解除されますが、基準不適合土壌が残ることから、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

コンクリート舗装は厚さ 10 cm 以上、アスファルト舗装は厚さ 3 cm 以上、又はこれと同等以上の耐久性及び遮断の効力を有するものにより覆うことが求められます。これらは十分な耐久性及び遮断の効力を得るための最低限の厚さであり、必要に応じて覆いの厚さを増すことや路盤材により補強することが必要です。

急傾斜地、あるいは非常に細い土地等であって、通常の舗装等が困難な場合は、モルタル等の吹き付けや、シートで傾斜面を被覆することで、舗装と同じ効果を得ることができます。ただし、モルタル吹き付け等は路盤を形成できないという前提であるため、モルタル吹き付けを行う要措置区域は上部の利用がなく、通常は人が立ち入ることがない場所に適用する必要があります。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講じなければなりません。

4. 想定されるトラブルの例

(1) 特定有害物質を含む土壌の扱いにおける配慮不足による汚染拡散

本措置は、一般建設工事で行う技術であり容易に行える技術です。そのため、汚染された土壌への配慮に欠ける施工が行われるとトラブルが生じる可能性があります。措置に伴う工事中は、作業員の靴・手袋・衣服、車両のタイヤ及び使用機材等に特定有害物質が付着し、周囲の環境に持ち出されることがないように、保護具の管理及び車両タイヤ洗浄施設等により、適切な対策を講ずることが必要です。

(2) 措置実施後の点検不足による措置の効果の低下

土地の所有者等は措置の効果が続いているかどうかを定期的に点検し、大雨や地震等の自然災害時にもその都度点検し、舗装等の覆いに損壊のおそれがあると認められる場合には速やかに損壊を防止するために必要な措置を講ずるなど、措置の効果の維持に努めることが望まれます。

措置の実施後には、舗装等の覆いが損壊しない限り、雑草が生えても飛散防止の機能が残っている際には問題ありません。

【舗装：チェックリストの例】

措置名称：舗装

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌含有量基準に不適合な土壌の範囲を確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				土壌溶出量を確認し、地下水の摂取等によるリスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
		工法の設計	材料・構造	土地利用用途に応じた舗装材料が選定されているか。	設計図書の確認	
				舗装厚さは、舗装材料に応じた層厚であるか。	設計図書の確認	
	施工	施工方法の検討	施工方法	基準不適合土壌が存在する平面範囲より余裕を持って設置されるか。	設計図書の確認	
				舗装材料として、コンクリート又はアスファルトが選定された場合、適切な路盤仕様となっているか。	設計図書の確認	
				基準不適合土壌の位置出しが確実に行われるか。	施工計画書の確認	
				舗装範囲の位置出しが確実に行われるか。	施工計画書の確認	
		路盤の転圧管理方法が定められているか。	施工計画書の確認			
	緊急事態時の対応検討	緊急事態対応	舗装の層厚管理方法が定められているか。	施工計画書の確認		
			基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずることになっているか。	施工計画書の確認		
	維持管理	措置の効果の維持の管理方法	維持管理方法	措置実施後、措置の効果が持続しているかどうかを、定期的及び大雨や地震等の自然災害時に点検を実施し、その効果を失っている場合又は失うおそれがある場合に措置を講ずる計画になっているか。	施工計画書の確認	
	措置の実施	工事中	作業	舗装作業	汚染除去等計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視や書類で確認 工事記録写真の確認
措置完了後	維持管理	措置の効果の維持	評価	舗装材料が変状するなど、措置の効果が失われていないか。	チェックシートの作成 定期点検の実施	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

立入禁止（土壌汚染の管理）

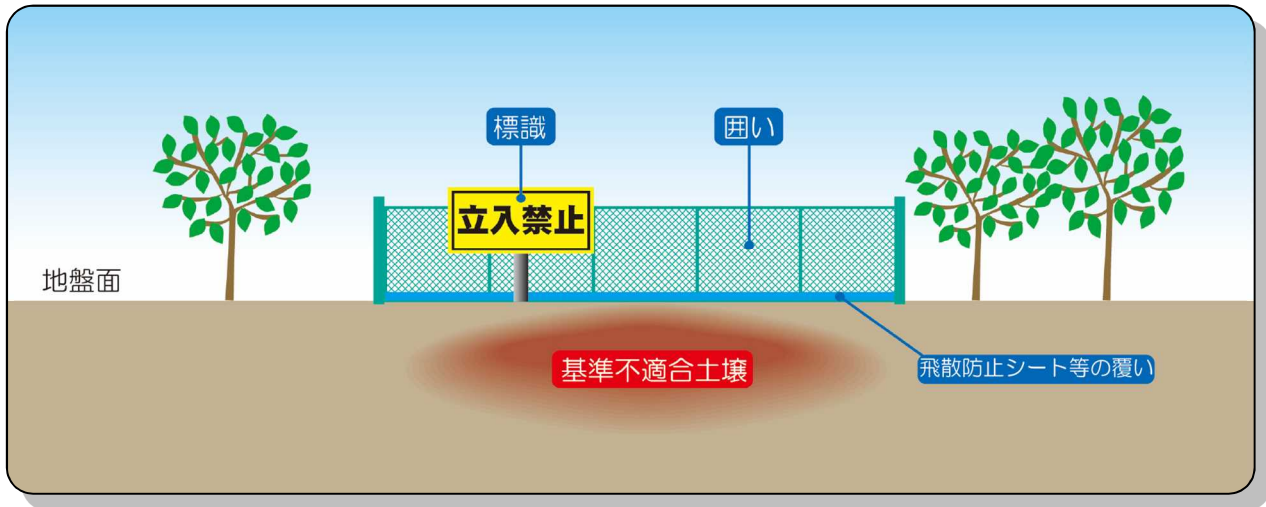
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域
－	○	－	

措置技術の概要

基準不適合土壌のある範囲の周囲に、人が立ち入ることを防止するための囲いを設け、地表面に飛散等を防止するためのシート等で覆い、立入禁止であることを明示する措置です。



要求品質のポイント

- ・ 人が立ち入ることがないように適正に管理する必要があります。
- ・ 塀やフェンス等の囲いにより、物理的に人の立入りを制限することを基本とします。
- ・ 工場等で、人的に管理できる場合であれば、立入禁止を喚起できれば柵、ロープ、有刺鉄線等とすることもできます。
- ・ 基準不適合土壌の表面には、基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するためにシート等適切な覆いが必要となります。
- ・ 関係者以外の立入りを禁じることを明記した立入禁止立札を囲いの入り口に設置します。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 立入禁止の工事中は、基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずる必要があります。
- ・ 工事後は、定期的に点検し、囲いや覆いに破損のおそれがある際は、破損を防ぐ措置が必要となります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- ・ 本措置は、土地を全く利用しない場合の一時的な措置であり、人が立ち入ることがないように適正に管理する必要があります。

立入禁止の説明

1. 措置技術の説明

立入禁止では、基準不適合土壌のある範囲の周囲に、人が立ち入ることを防止するための囲いを設けます。区域外への基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散等を防止するため、シートにより覆うことその他の措置を講じ、設けられた囲いの出入口の見やすい部分に、関係者以外の立入りを禁止する旨を表示する立札その他の設備を設置する必要があります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定が解除されますが、基準不適合土壌が残ることから、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

物理的に人の立入りを制限する囲い、土壌の飛散等を防止する覆い、立入禁止立札（100 cm×200 cm 以上で遠方からでも確認できる文字の大きさ）が必要となります。囲いは、人が立ち入らないことを目的として設置されるものであり、塀、フェンス、柵、ロープ等があります。囲いのみでは要措置区域内の基準不適合土壌の飛散等が防止できないことから、基準不適合土壌の表面には適切な覆いが必要です。塀の場合は基本的に地面まで囲いが到達しており土壌の流出防止も行いますが、フェンスや柵、ロープ等の場合はブロック等を設置し、表流水等による土壌の流出を防止しなければなりません。また、立入禁止立札には関係者以外の立入りを禁じることを明記する必要があります。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講じなければなりません。

4. 想定されるトラブルの例

（1）特定有害物質を含む土壌の扱いにおける配慮不足による汚染拡散

本措置は、一般建設工事で行う技術であり容易に行える技術です。そのため、汚染された土壌への配慮に欠ける施工が行われるとトラブルが生じる可能性があります。措置に伴う工事中は、作業員の靴・手袋・衣服、車両のタイヤ及び使用機材等に特定有害物質が付着し、周囲の環境に持ち出されることがないように、保護具の管理及び車両タイヤ洗浄施設等により、適切な対策を講ずることが必要です。

（2）措置実施後の点検不足による措置効果の低下

土地の所有者等は措置の効果が持続しているかどうかを定期的に点検し、大雨や地震等の自然災害時にもその都度点検し、囲いや覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には速やかに損壊を防止するために必要な措置を講ずるなど、措置の効果の維持に努めることが望まれます。

措置の実施後には、覆いの損壊を伴わない限り、雑草が生えても飛散防止の機能が残っている際には問題ありません。

【立入禁止：チェックリストの例】

措置名称：立入禁止

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果	
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌含有量基準に不適合な土壌の範囲を確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
				土壌溶出量を確認し、地下水の摂取等によるリスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認		
		工法の設計	材料・構造	囲いの種類、仕様は適切か。	設計図書の確認		
				塀以外の囲いを選定した場合、適切な流出防止措置が講じられるか。	設計図書の確認		
	施工	施工方法の検討	施行方法	基準不適合土壌が存在する平面範囲より余裕を持って設置されるか。	設計図書の確認		
				基準不適合土壌の位置出しが確実に行われるか。	施工計画書の確認		
				囲いの位置出しが確実に行われるか。	施工計画書の確認		
				囲いがしっかりと設置される方法か。	施工計画書の確認		
				合成樹脂シート等により被覆する際の固定方法は確実か。	施工計画書の確認		
				立入禁止立札の設置位置、表示内容、文字の大きさは適切か。	施工計画書の確認		
	維持管理	措置の効果の維持の管理方法	維持管理方法	基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずることになっているか。	施工計画書の確認		
				事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認		
	措置の実施	工事中	作業	設置作業	汚染除去等計画書どおりに実施されているか。	現地にて、目視や書類で確認 工事記録写真の確認	
	措置完了後	維持管理	措置の効果の維持	評価	囲いにより人が容易に立ち入れない状態が維持されているか。	チェックシートの作成 定期点検の実施	
流出防止工による効果が持続しているか。					チェックシートの作成 定期点検の実施		
立入禁止立札が設置されているか。					チェックシートの作成 定期点検の実施		

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《直接摂取によるリスクに係る措置》

土壌入換え：区域外土壌入換え（土壌汚染の管理）

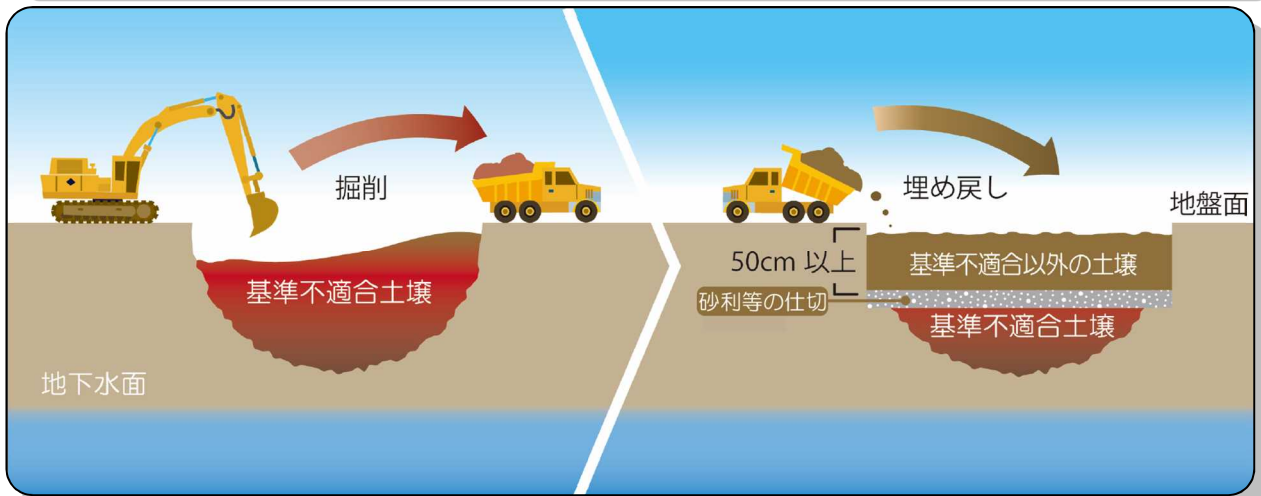
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
－	○	－	形質変更時要届出区域

措置技術の概要

地表から深さ 50 cm までに基準不適合土壌のある範囲を掘削し、砂利その他の土壌以外のもの
 で覆い、次に、厚さが 50 cm 以上の基準不適合土壌以外の土壌により覆う措置です。



要求品質のポイント

- 基準不適合土壌のある範囲を掘削し区域外に搬出し、汚染土壌処理施設で処理を行います。
- 掘削した底部には仕切りを明確にするために、砂利その他の土壌以外の材料で覆います。
- 要措置区域等外より持ち込んだ汚染されていない他の土壌により 50 cm 以上埋め戻します。
- 汚染されていない他の土壌の品質は、平成 31 年環境省告示第 6 号に示された方法により管理します。
- 土地の傾斜が著しいなどの理由により、土壌等により覆うことが困難であるときは、モルタル等により覆うことができます。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 工事中は、基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずる必要があります。
- 工事後は、定期的に点検し、覆いの破損のおそれがある際は、破損を防ぐ措置が必要になります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 地表面を 50 cm 以上高くしても特段の支障を生じないような土地の利用用途であれば、本措置ではなく盛土措置を行うことが一般的となります。なお、本措置で地表面を高くしても居住者の日常生活に著しい支障を生じないのであれば、50 cm 以内の必要な範囲で土壌を掘削し、その上を 50 cm 以上の土壌の層により覆うこともできます。

土壌入換え：区域外土壌入換えの説明

1. 措置技術の説明

地表から深さ 50 cm までに基準不適合土壌のある範囲を掘削し、掘削底面を仕切り目的で砂利その他の土壌以外のもので覆います。次に厚さが 50 cm 以上の基準不適合土壌以外の土壌により覆う必要があります。地表面を高くしても居住者の日常生活に著しい支障を生じないのであれば、50 cm 以内の必要な範囲で土壌を掘削し、その上を 50 cm 以上の土壌の層により覆うこととすることもできます。

この措置の完了後は、要措置区域の指定が解除されますが、基準不適合土壌が残ることから、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

覆いとして使用される土壌は、平成 31 年環境省告示第 6 号に示された方法により、土壌溶出量基準及び土壌含有量基準に適合していることを確認する必要があります。

また、仕切り材として使用される砂利その他の土壌以外の材料についても、この材料に起因した汚染が生じないように、事前に品質を確認することが望まれます。その際、確認する方法については、調査及び措置に関するガイドライン（改訂第 3 版）Appendix-23 を参照してください。

急傾斜地等であって、土壌等で覆うことが困難な場合は、モルタル等の吹き付けや、シートで傾斜面を被覆することで、当該措置と同じ効果を得ることができます。ただし、モルタル吹き付け等は路盤を形成できないという前提であるため、モルタル吹き付けを行う要措置区域は上部の利用がなく、通常は人が立ち入ることがない場所に適用する必要があります。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講じなければなりません。区域外への基準不適合土壌の搬出に当たっては、運搬に関するガイドライン及び処理業に関するガイドラインに従ってください。

4. 想定されるトラブルの例

(1) 特定有害物質を含む土壌の扱いにおける配慮不足による汚染拡散

本措置は、一般建設工事で行う技術であり容易に行える技術です。そのため、汚染された土壌への配慮に欠ける施工が行われるとトラブルが生じる可能性があります。措置に伴う工事中は、作業員の靴・手袋・衣服、車両のタイヤ及び使用機材等に特定有害物質が付着し、周囲の環境に持ち出されることがないように、保護具の管理及び車両タイヤ洗浄施設等により、適切な対策を講ずることが必要です。

(2) 措置実施後の点検不足による措置効果の低下

土地の所有者等は措置効果が持続しているかどうかを定期的に点検し、大雨や地震等の自然災害時にもその都度点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には速やかに損壊を防止するために必要な措置を講ずるなど、措置の効果の維持に努めることが望まれます。

措置の実施後には、覆いの損壊を伴わない限り、雑草が生えても飛散防止の機能が残っている際には問題ありません。

【土壌入換え（区域外土壌入換え）：チェックリストの例】

措置名称：土壌入換え（区域外土壌入換え）

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌含有量基準に不適合な土壌の範囲を確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				土壌溶出量を確認し、地下水の摂取等によるリスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
		工法の設計	材料・構造	基準不適合土壌の存在の平面位置、深さが確実に把握されているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				区域外から搬入される土壌は、その地歴調査を行い、汚染のおそれの区分に応じた品質管理を行う計画となっているか。	施工計画書の確認	
	施工	施工方法の検討	施工方法	仕切り材の選定が適切か。	施工計画書の確認	
				基準不適合土壌の位置出しが確実に行われるか。	施工計画書の確認	
				区域外から搬入される土壌は、平成31年環境省告示第6号に示された方法により、品質を確認しているか。	施工計画書の確認	
				仕切り材が確実に敷設されるか。	施工計画書の確認	
				基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずることになっているか。	施工計画書の確認	
				当該サイトに入出入りする車両及び重機の車体洗浄による飛散防止措置が計画されているか。	施工計画書の確認	
	維持管理	措置の効果の維持の管理方法	維持管理方法	基準不適合土壌の運搬における飛散防止措置が計画されているか。	施工計画書の確認	
				緊急事態時の対応検討	緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。
	措置の実施	工事中	作業	土壌入換え作業	汚染除去等計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視や書類で確認 工事記録写真の確認
措置完了後	維持管理	措置の効果の維持	評価	措置の実施後、措置の効果が持続しているかどうかを、定期的及び大雨や地震等の自然災害時に点検を実施し、その効果を失っている場合又は失うおそれがある場合に措置を講ずる計画になっているか。	チェックシートの作成 定期点検の実施	
				覆いの損壊のおそれ等がないか。	チェックシートの作成 定期点検の実施	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《直接摂取によるリスクに係る措置》

土壌入換え：区域内土壌入換え（土壌汚染の管理）

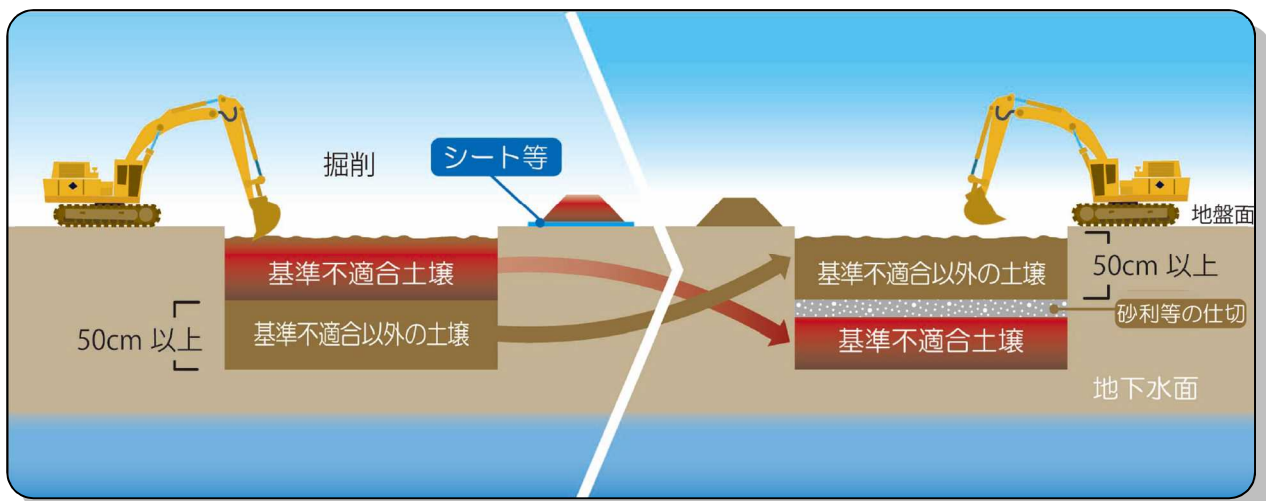
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後 形質変更時要届出区域
－	○	－	

措置技術の概要

ボーリング等で把握した基準不適合土壌の深さまで及びその下の基準不適合土壌以外の土壌をその深さから 50 cm 以上の深さまで掘削し、深部に基準不適合土壌を埋め戻した後に、砂利等で仕切りを設け、上部を基準不適合土壌以外の土壌により 50 cm 以上覆う措置です。一般的に天地返しとされています。



要求品質のポイント

- ボーリング等で、汚染範囲（平面位置及び深さ）を事前に確認しておく必要があります。
- 基準不適合土壌を埋めた範囲を明確にするために、砂利その他の土壌以外の材料で仕切りを設けます。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 土壌入換え（区域内土壌入換え）の工事中は、基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずる必要があります。
- 工事後は、定期的に点検し、覆いの破損のおそれがある際は、破損を防ぐ措置が必要になります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 本措置は直接摂取によるリスクに対応するものですが、適正な措置のためには基準不適合土壌に含まれた特定有害物質が地下水に溶出・拡散することのないよう、基準不適合土壌が入換え後、地下水面と接触する状況で実施することは避けることが望まれます。

土壌入換え：区域内土壌入換えの説明

1. 措置技術の説明

天地返しとも言われていますが、ボーリング等で把握した基準不適合土壌の深さまで及びその下の基準不適合土壌以外の土壌をその深さから 50 cm 以上掘削し、深部に基準不適合土壌を埋め戻した後に、埋め戻しを行った上面に砂利等で仕切りを設け、上部を基準不適合土壌以外の土壌により 50 cm 以上覆います。

この措置の完了後は、要措置区域の指定が解除されますが、基準不適合土壌が残ることから、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

本措置は直接摂取によるリスクに対応するものであり、土壌含有量基準に適合しない土壌を対象とした措置です。適正な措置のためには、土壌溶出量基準に適合していたとしても、基準不適合土壌に含まれた特定有害物質が地下水に没することにより形態が変化し（例えば地盤の酸化還元状態が変化することにより特定有害物質の溶出挙動が変化）、地下水に溶出・拡散することのないよう、入換え後に基準不適合土壌が地下水と接触する状況で実施することは避けることが望まれます。

また、仕切り材として使用される砂利その他の土壌以外の材料は、この材料に起因した汚染が生じないように、事前に品質を確認することが望まれます。その際、確認する方法については、調査及び措置に関するガイドライン（改訂第3版）Appendix-23を参照してください。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講じなければなりません。

4. 想定されるトラブルの例

(1) 特定有害物質を含む土壌の扱いにおける配慮不足による汚染拡散

本措置は、一般建設工事で行う技術であり容易に行える技術です。そのため、汚染された土壌への配慮に欠ける工事が行われるとトラブルが生じる可能性があります。工事中は、作業員の靴・手袋・衣服、車両のタイヤ及び使用機材等に特定有害物質が付着し、周囲の環境に持ち出されることがないように、保護具の管理及び車両タイヤ洗浄施設等により、適切な対策を講ずることが必要です。

(2) 措置実施後の点検不足による措置効果の低下

土地の所有者等は措置効果が持続しているかどうかを定期的に点検し、大雨や地震等の自然災害時にもその都度点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には速やかに損壊を防止するために必要な措置を講ずるなど、措置の効果の維持に努めることが望まれます。

措置の実施後には、覆いの損壊を伴わない限り、雑草が生えても飛散防止の機能が残っている際には問題ありません。

【土壌入換え（区域内土壌入換え）：チェックリストの例】

措置名称：土壌入換え（区域内土壌入換え）

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌含有量基準に不適合な土壌の範囲（平面位置及び深さ）を確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				土壌溶出量を確認し、地下水の摂取等によるリスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査報告書の確認	
		工法の設計	材料・構造	基準不適合土壌の存在の平面位置、深さが確実に把握されているか。	施工計画書の確認	
				措置後に基準不適合土壌が地下水に触れることはないか。 仕切り材の選定が適切か。	施工計画書の確認 地下水位の季節変動の把握 施工計画書の確認	
	施工	施工方法の検討	施工方法	基準不適合土壌の位置出しが確実に行われるか。	施工計画書の確認	
				仕切り材が確実に敷設されるか。	施工計画書の確認	
				基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずることになっているか。	施工計画書の確認	
	緊急事態時の対応検討	緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認		
	維持管理	措置の効果の維持の管理方法	維持管理方法	措置実施後、措置の効果が持続しているかどうかを、定期的及び大雨や地震等の自然災害時に点検を実施し、その効果を失っている場合又は失うおそれがある場合に措置を講ずる計画になっているか。	施工計画書の確認	
	措置の実施	工事中	作業	土壌入換え作業	汚染除去等計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視や書類で確認 工事記録写真の確認
措置完了後	維持管理	措置の効果の維持	評価	措置の効果が持続しているか。	チェックシートの作成 定期点検の実施	
				覆いの損壊のおそれ等がないか。	チェックシートの作成 定期点検の実施	

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

盛土（土壌汚染の管理）

適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
－	○	－	形質変更時要届出区域

措置技術の概要

基準不適合土壌以外の土壌により、基準不適合土壌のある範囲を覆うことで、人への暴露経路を遮断する措置です。



要求品質のポイント

- 基準不適合土壌のある範囲を、砂利その他の土壌以外の仕切り材で覆います。
- 厚さが 50 cm 以上の汚染されていない土壌により覆います。
- 汚染されていない土壌の品質は、平成 31 年環境省告示第 6 号に示された方法により管理します。
- 土地の傾斜が著しいなどの理由により、土壌等により覆うことが困難であるときは、モルタル等により覆うことができます。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 盛土の工事中は、基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずる必要があります。
- 工事後は、定期的に点検し、盛土等の破損のおそれがある際は、破損を防ぐ措置が必要になります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 盛土実施範囲は、対象となる要措置区域の全面としますが、境界面からの基準不適合土壌の露出を考慮して、盛土端部の覆いが基準不適合土壌の存在する平面範囲より 50 cm 以上は余裕を持って囲むことが望まれます。

盛土の説明

1. 措置技術の説明

盛土とは、厚さ 50 cm 以上の基準不適合土壌以外の土壌により覆うことです。これらは十分な耐久性及び遮断の効力を得るための最低限の厚さであり、措置実施後の上部の利用用途により破損しないような十分な強度を保つよう、必要に応じて覆いの厚さを増すことが必要です。

この措置の完了後は、要措置区域の指定が解除されますが、基準不適合土壌が残ることから、改めて形質変更時要届出区域に指定されます。

2. 要求品質

盛土として使用される土壌が、平成 31 年環境省告示第 6 号に示された方法により、土壌溶出量基準及び土壌含有量基準に適合していることを確認する必要があります。

また、仕切り材として使用される砂利その他の土壌以外の材料についても、この材料に起因した汚染が生じないように、事前に品質を確認することが望まれます。なお、その際、確認する方法については、調査及び措置に関するガイドライン（改訂第 3 版）Appendix-23 を参照してください。

急傾斜地等であって、土壌等で覆うことが困難な場合は、モルタル等の吹き付けや、シートで傾斜面を被覆することで、当該措置と同じ効果を得ることができます。ただし、モルタル吹き付け等は路盤を形成できないという前提であるため、モルタル吹き付けを行う要措置区域は上部の利用がなく、通常は人が立ち入ることがない場所に適用する必要があります。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講じなければなりません。

4. 想定されるトラブルの例

(1) 特定有害物質を含む土壌の扱いにおける配慮不足による汚染拡散

本措置は、一般建設工事で行う技術であり容易に行える技術です。そのため、汚染された土壌への配慮に欠ける施工が行われるとトラブルが生じる可能性があります。措置に伴う工事中は、作業員の靴・手袋・衣服、車両のタイヤ及び使用機材等に特定有害物質が付着し、周囲の環境に持ち出されることがないように、個人保護具の管理及び車両タイヤ洗浄施設等により、適切な対策を講ずることが必要です。

(2) 措置実施後の点検不足による措置効果の低下

土地の所有者等は措置効果が持続しているかどうかを定期的に点検し、大雨や地震等の自然災害時にもその都度点検し、覆いの損壊のおそれがあると認められる場合には速やかに損壊を防止するために必要な措置を講ずるなど、措置の効果の維持に努めることが望まれます。

措置の実施後には、覆いの損壊を伴わない限り、雑草が生えても飛散防止の機能が残っている際には問題ありません。

(3) 碎石等の土壌以外の材料に起因した汚染の発生

盛土材料として碎石等の土壌以外の材料を使用することがあり、例えば、コンクリート副産物である再生碎石等を用いる場合、水と接触すると六価クロムが溶出し、汚染を引き起こすことがあります。したがって、碎石等の土壌以外の材料を盛土材料として使用する場合、これらの材料により新たな汚染が生じるおそれがないことを事前に確認することが望まれます。その際の汚染状態を確認する方法は、調査及び措置に関するガイドライン（改訂第 3 版）Appendix-23 に例示していますので、参照してください。

【盛土：チェックリストの例】

措置名称：盛土

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果			
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌含有量基準に不適合な土壌の範囲を確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認				
				土壌溶出量を確認し、地下水の摂取等によるリスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認				
		工法の設計	材料・構造	基準不適合土壌の存在の平面位置が確実に把握されているか。	施工計画書の確認				
				基準不適合土壌が存在する平面範囲より余裕を持って盛土が設置されるか。	施工計画書の確認				
	区域外から搬入される土壌は、その地歴調査を行い、汚染のおそれの区分に応じた品質管理を行う計画となっているか。			施工計画書の確認					
	仕切り材の選定が適切か。			施工計画書の確認					
	施工	施工方法の検討	施工方法	基準不適合土壌の位置出しが確実に行われるか。	施工計画書の確認				
				盛土範囲の位置出しが確実に行われるか。	施工計画書の確認				
				区域外から搬入される土壌は平成31年環境省告示第6号に示された方法により、品質を確認しているか。	施工計画書の確認				
				仕切り材が確実に敷設されるか。	施工計画書の確認				
					基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するために必要な措置を講ずることになっているか。	施工計画書の確認			
					緊急事態時の対応検討	緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認	
				維持管理	措置の効果の維持の管理方法	維持管理方法	措置実施後、措置の効果が持続しているかどうかを、定期的及び大雨や地震等の自然災害時に点検を実施し、その効果を失っている場合又は失うおそれがある場合に措置を講ずる計画になっているか。	施工計画書の確認	
措置の実施	工事中	作業	盛土	汚染除去等計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視や書類で確認 工事記録写真の確認				
措置完了後	維持管理	措置の効果の維持	評価	措置の効果が持続しているか。	チェックシートの作成 定期点検の実施				
				盛土の損壊のおそれ等がないか。	チェックシートの作成 定期点検の実施				

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。

《直接摂取によるリスクに係る措置》

オンサイト浄化：熱処理、洗浄処理、化学処理、生物処理

適用対象物質と措置の完了後の区域

※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
－	△（本文参照）	－	区域指定の解除

地下水の摂取等によるリスクに係る措置として記載されているオンサイト浄化（熱処理（水銀、シアン）、洗浄処理、化学処理（シアン）、生物処理（シアン））は、直接摂取によるリスクに係る措置としても適用可能です。ただし、措置の完了のためには、土壌溶出量及び地下水濃度ではなく、要措置区域内で 100 m³以下ごとに5点の土壌を採取し、それぞれ同じ重量混合したものが、土壌含有量基準に適合していることを確認します。

この措置の完了後は、要措置区域の指定が解除され、形質変更時要届出区域にも指定されません。

当該措置に当たって、特定有害物質の溶出を促進する薬剤を使用した場合、十分にその薬剤を除去しないと、処理前は土壌溶出量基準に適合していた特定有害物質の溶出量が増加し、基準に適合しなくなるおそれがあります。また、処理対象となっていない特定有害物質でも薬剤による溶出促進効果で土壌溶出量基準に適合しなくなるおそれがあります。したがって、オンサイト浄化を適用するに当たっては、汚染除去等計画にその汚染の除去等の処理方法を記載するとともに、事前に適用性を確認した結果を添付する必要があります。

《直接摂取によるリスクに係る措置》

原位置浄化：洗浄処理、原位置分解

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外			
第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
－	△（本文参照）	－	区域指定の解除

地下水の摂取等によるリスクに係る措置として記載されている原位置浄化（洗浄処理、原位置分解（シアン））は、直接摂取によるリスクに係る措置としても適用可能です。ただし、措置の完了のためには、要措置区域内で 100 m²に 1 地点の割合で深さ 1 m から基準不適合土壌のある深さまで 1 m ごとの土壌を採取し、土壌含有量基準に適合していることを確認します。

この措置の完了後は、要措置区域の指定が解除され、形質変更時要届出区域にも指定されません。

当該措置に当たって、特定有害物質の溶出を促進する薬剤を使用した場合、十分にその薬剤を除去しないと、処理前は土壌溶出量基準に適合していた特定有害物質の溶出量が増加し、基準に適合しなくなるおそれがあります。また、処理対象となっていない特定有害物質でも薬剤による溶出促進効果で土壌溶出量基準に適合しなくなるおそれがあります。したがって、原位置浄化を適用するに当たっては、汚染除去等計画にその汚染の除去等の処理方法を記載するとともに、事前に適用性を確認した結果を添付する必要があります。

《直接摂取によるリスクに係る措置》

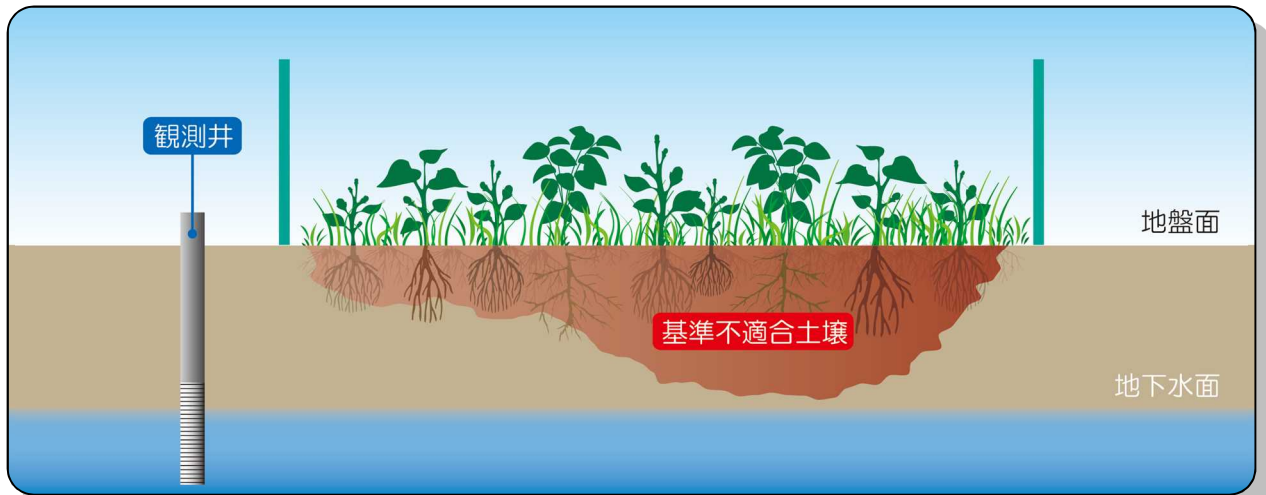
原位置浄化：ファイトレメディエーション（土壌汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域 ※○全ての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない、－対象外

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質	第三種特定有害物質	措置の完了後
－	△	－	区域指定の解除

措置技術の概要

植物が根から水分や養分を吸収する働きを主に利用して、土壌中から特定有害物質を抽出除去する措置です。吸収された特定有害物質のほとんどは、植物の根や茎、あるいは葉に蓄積されますが、大気中に放出される場合もあります。



【補足】上図の観測井は、直接摂取によるリスクに係る措置には必ずしも必要ではありませんが、地下水の摂取等によるリスクに係る措置においては必須です。

要求品質のポイント

- 根が浄化対象とする汚染深さまで到達し、特定有害物質を効率的に吸収でき、かつ現地の気候条件や土質に適した植物を選択することが必要です。
- 一般的に浄化期間が非常に長くなるため、直接摂取によるリスクの観点から、土地の利用形態に合わせて、立入禁止等の措置を併用することが必要です。
- 措置の完了のためには、措置区域内で 100 m² に 1 地点の割合で深さ 1 m から基準不適合土壌のある深さまで 1 m ごとの土壌を採取し、土壌含有量基準に適合していることを確認します。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- 利用した植物は特定有害物質をその体内に蓄積しているため、刈り取った場合や枯れた場合は、適正に処分する必要があります。

措置の選定条件及び実施上の留意点

- 植物の根が到達できない深層部の汚染や、植物の生育に悪影響を及ぼすような高濃度の汚染の浄化は困難です。
- 他の原位置浄化に比べて、一般的に浄化期間は非常に長くなります。

原位置浄化：ファイトレメディエーションの説明

1. 措置技術の説明

植物が根から水分や養分を吸収する働きを主に利用して、土壌中から特定有害物質を抽出除去する工法です。吸収された特定有害物質のほとんどは、植物の根や茎、あるいは葉に蓄積されますが、大気中に放出される場合もあります。

この措置の完了後は、要措置区域の指定が解除され、形質変更時要届出区域にも指定されません。

2. 要求品質

根が浄化対象とする汚染深さまで到達し、かつ特定有害物質を効率的に吸収できる植物を選択することが必要です。加えて、適用する現地の気候条件や土質がその植物の生育に適していなければなりません。植物の根が到達できない深層部の汚染や植物の生育に悪影響を及ぼすような高濃度の汚染の浄化は困難です。

ファイトレメディエーションは、土壌汚染の除去の中の原位置浄化に分類されますが、本措置による土壌からの特定有害物質の除去は、他の原位置浄化に比べて緩やかに進行するため、一般的に浄化期間は非常に長くなり、数十年以上掛かる場合もあります。したがって、土壌含有量基準に適合しない汚染状態にある土地に適用する場合、直接摂取によるリスクの観点から、土地の利用の形態に合わせて、立入禁止等の措置を併用することが必要です。また、本措置は土壌溶出量基準に適合しない汚染状態にある土地に対しても適用できますが、その場合は、地下水の摂取等によるリスクの観点から、地下水汚染の状況に合わせて、地下水の水質の測定や原位置封じ込め等の措置を併用することを考慮する必要があります。

措置の完了は、措置区域内で 100 m²に1地点の割合で深さ1mから基準不適合土壌のある深さまで1mごとの土壌を採取し、土壌含有量基準に適合していることを確認します。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

浄化期間が非常に長くなるため、基準不適合土壌又は特定有害物質の飛散、揮散又は流出を防止するための措置が措置の完了まで十分に維持されるように管理していくことが必要です。

ファイトレメディエーションでは、植物の吸収を促進させることを目的に、土壌から特定有害物質を溶出する薬剤の使用が考えられますが、この場合この溶出する特定有害物質を植物が確実に吸収し、周囲に汚染を拡散させないことを、観測井を設けるなどして確認する必要があります。

利用した植物は特定有害物質をその体内に蓄積しているため、刈り取った場合や枯れた場合は、適正に処分することが必要です。

4. 想定されるトラブルの例

(1) 浄化の長期化

ファイトレメディエーションによる浄化は、他の原位置浄化に比べて、一般的に非常に長い期間が必要であり、その期間を予測することは容易ではありません。将来トラブルにならないように、土地の所有者等の利害関係者に対して、このような課題があることを事前に十分に説明しておくことが必要です。

(2) 措置実施中の管理

ファイトレメディエーションの場合、措置実施中でも外観上は通常の畑や緑地帯とほぼ変わらないため、要措置区域であることを明示するなど、一般の人の立入りを禁止し、基準不適合土壌の飛散や流出、及び植物の持ち出し等が生じないようにすることが必要です。

【原位置浄化（ファイトレメディエーション）：チェックリストの例】

措置名称：ファイトレメディエーション

工種	作業区分	作業項目	確認する項目	チェック項目	チェック方法	評価結果
事前検討	設計	設計条件の確認	前提条件	土壌含有量基準に不適合な土壌の範囲及び深さを確認しているか。	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書の確認	
				対象とする特定有害物質の種類、濃度、及び汚染深さはファイトレメディエーションによって浄化できるか。	実績及び文献等の既存データの確認	
				現地の気候条件や土質は、使用する植物の生育に適しているか。	気候データ、土質、及び使用植物の生育条件の確認	
	設計	工法の設計	設計条件	施肥、散水等の生育に必要な条件は明らかになっているか。	実績及び文献等の既存データの確認	
				刈り入れや伐採処理等の計画は適正か。	実績及び文献等の既存データの確認	
	施工	施工方法の検討	適用可能性の確認	事前に適用可能性を確認しているか。	施工計画書の確認	
				植物の植付けは適切に計画できているか。	施工計画書の確認	
施工方法			使用した植物は刈り取った後、適正に処分される計画になっているか。	施工計画書の確認		
	緊急事態時の対応検討	緊急事態対応	事故、災害その他の緊急事態が発生した場合における対応方法が記載されているか。	施工計画書の確認		
措置の実施	工事中	作業	土地整備、植え付け等	植物の植付けは適切に実施できたか。	既存データ及び日常観察結果より確認 工事記録写真の確認	
				植物の生育は順調か。	品質管理チェックシート作成	
		管理	評価	措置対象物質は想定どおりの浄化傾向にあるか。	品質管理チェックシート作成	
				枯れた植物等が風雨によって周囲に飛ばされるなどしていないか。	環境管理チェックシート作成	
	完了確認	措置の完了確認	浄化効果	措置対象物質の濃度は完了条件を満足しているか。	汚染除去等計画書に基づく対象物質の分析結果の確認	
				産廃処分	使用した植物は刈り取った後、適正に処分されているか。	現地確認及び廃棄物マニフェスト等の確認

※当該措置を実施する場合は、上記事例を参考とし、現場の状況に応じたチェックリストを作成してください。