

区域内措置優良化ガイドブック

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

平成 23 年 8 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 22 年 4 月 1 日には改正土壤汚染対策法が施行されています。

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」が盛り込まれています。したがって、今後の土壤汚染対策に当たっては、現場内部で実施される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、新たに「汚染土壤処理業」が新設されましたが、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易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頂くとともに、「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、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ご理解頂ければ幸いです。

本書の構成は、最初に 1)区域内措置の位置付け、2)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 .拡散防止措置及び周辺環境管理についてガイドラインの内容を抜粋しています。次に 4 .想定されるトラブル事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事例」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
区域内措置の共通工事.....	6

【地下水摂取等のリスクに係る区域内措置】

地下水の水質の測定.....	8
原位置封じ込め.....	11
遮水工封じ込め.....	15
地下水汚染の拡大の防止：揚水施設.....	19
地下水汚染の拡大の防止：透過性地下水浄化壁.....	23
遮断工封じ込め.....	27
不溶化埋め戻し.....	31
原位置不溶化.....	35
オンサイト浄化：熱処理.....	39
オンサイト浄化：洗浄処理.....	43
オンサイト浄化：化学処理.....	47
オンサイト浄化：生物処理.....	51
オンサイト浄化：抽出処理.....	55
原位置浄化（原位置抽出）：土壌ガス吸引.....	59
原位置浄化（原位置抽出）：地下水揚水.....	63
原位置浄化（原位置抽出）：エアースパーキング.....	67
原位置浄化（原位置分解）：化学処理.....	71
原位置浄化（原位置分解）：生物処理.....	76
原位置浄化：ファイトレメディエーション.....	81
原位置浄化：原位置土壌洗浄.....	82

【直接摂取のリスクに係る区域内措置】

舗装.....	86
立入禁止.....	89
土壌入換え：区域外土壌入換え.....	92
土壌入換え：区域内土壌入換え.....	95
盛土.....	98
オンサイト浄化処理.....	101
原位置浄化処理.....	101
原位置浄化：ファイトレメディエーション.....	102

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
特定有害物質	<p>土壤汚染対策法で定める物質で、土壤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</p> <p>土壤汚染対策法施行令第1条で規定される25項目で、施行規則第6条1項～3項により、第一種特定有害物質～第三種特定有害物質に区分される</p>
第一種特定有害物質	<p>揮発性有機化合物とも称され、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）、シス-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11項目が該当する</p>
第二種特定有害物質	<p>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</p>
第三種特定有害物質	<p>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</p>
地下水の摂取等によるリスク	<p>汚染土壤（基準不適合土壤）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による健康リスク</p>
直接摂取によるリスク	<p>汚染土壤（基準不適合土壤）を直接摂取することによる健康リスク</p>
地下水基準	<p>地下水に含まれる特定有害物質の量に関する基準（土壤汚染対策法施行規則第6条第1項、別表1）</p>
土壤溶出量基準	<p>土壤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（土壤汚染対策法施行規則第18条第1項、別表2）</p>
土壤含有量基準	<p>土壤に含まれる特定有害物質の量に関する基準（土壤汚染対策法施行規則第18条第2項の基準、別表3）</p>
第二溶出量基準	<p>土壤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（土壤汚染対策法施行規則第24条第1項第1号、別表4）</p>
要措置区域等	<p>要措置区域又は形質変更時要届出区域</p>
要措置区域	<p>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、都道府県知事が土壤汚染対策法第6条に基づいて指定する土地の区域</p>
形質変更時要届出区域	<p>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</p>

基準不適合土壌	要措置区域等内の土壌で土壌溶出量基準又は土壌含有量基準を満足しないとみなされる土壌（含水率が高く泥状のものも含む） 「汚染土壌」と同義
汚染土壌処理施設	汚染土壌（基準不適合土壌）の処理の事業の用に供する施設で、浄化等処理施設、セメント製造施設、埋立処理施設、分別等処理施設がある
浄化等済土壌	汚染土壌処理施設において浄化確認調査の結果、土壌溶出量基準及び土壌含有量基準（全25項目）に適合している土壌
処理土壌	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壌
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
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
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
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

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、 オンサイト措置と 原位置措置とに大別されます。

「オンサイト措置」の定義の確認

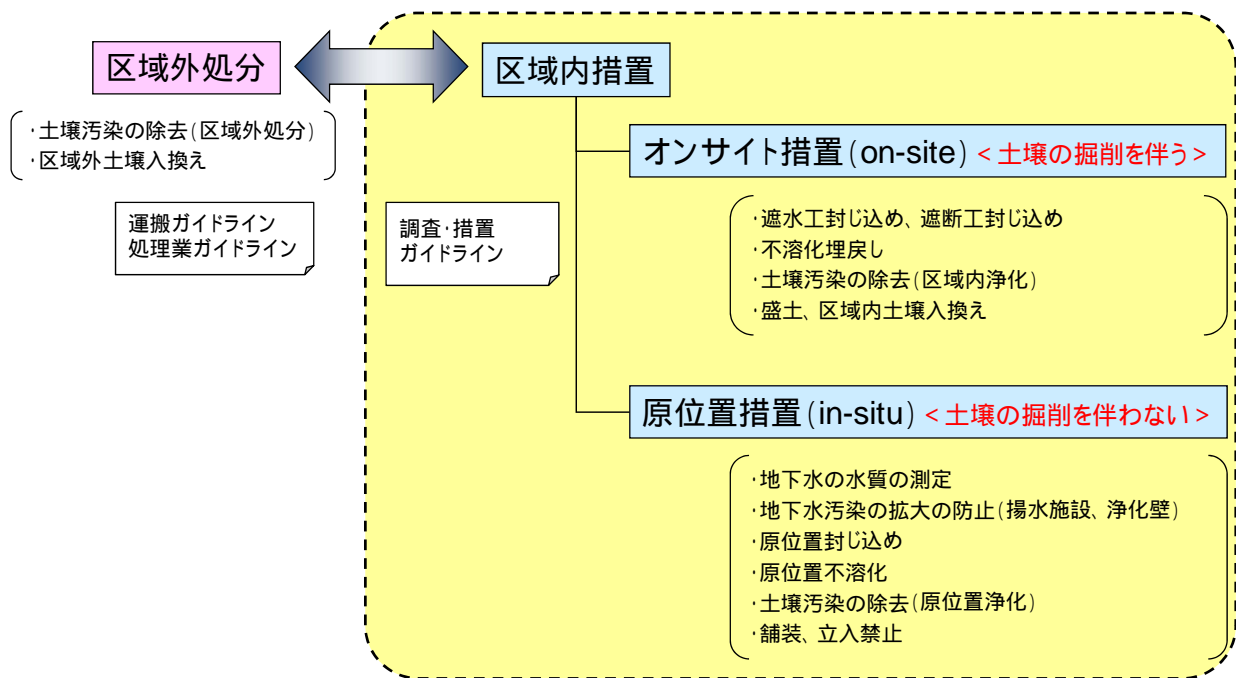


図-1 区域内措置の位置付け

区域内措置は、 要措置区域の指定の解除、 要措置区域から形質変更時要届出区域への移行、 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。

基準不適合土壌の掘削を行ない、かつ、汚染土壌処理施設への搬出を行なわない措置（ただし、土壤汚染対策法第16条：認定調査による搬出は含まない。）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。

土壤汚染対策法としての措置の分類と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（暫定版）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-1と表-2にまとめます。

表-1 地下水摂取等のリスクに係る区域内措置の概要

分類	種類	対象物質			工法の概要		
		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			
土壌汚染の管理	地下水の水質の測定		(溶出量のみ)		地下水汚染が発生していない時に適応できる方法で、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。		
	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		(溶出量のみ)		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	×	(溶出量のみ)	×	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	×	(溶出量のみ)	×	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。		
土壌汚染の除去	オンサイト浄化	熱処理			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、埋め戻す工法です。	
		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、埋め戻す工法です。	
	原位置浄化	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		(溶出量のみ)		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により、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。
		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工法です。
			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し、浄化する方法です。
		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し、浄化する方法です。	
		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。	

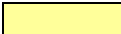

○：すべての物質に適用可、△：一部の物質又は特定の条件で適用可、×：適用は難しい

○ オンサイト措置 △ 原位置措置

表-2 直接摂取のリスクに係る区域内措置の概要

分類	種類	対象物質 1			工法の概要	
		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		
土壌汚染の管理	舗装	-		-	基準不適合土壌の表面を被覆することで人への曝露を物理的に遮断することを目的とした方法です。	
	立入禁止	-		-	基準不適合土壌のある範囲の周囲に立入を防止する囲いを設け、曝露を物理的に遮断することを目的とした方法です。	
	土壌入換え*2 (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曝露を物理的に遮断することを目的とした方法です。	
	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換えることで人への曝露を物理的に遮断することを目的とした方法です。	
	盛土	-		-	基準不適合土壌の表面を被覆することで人への曝露を物理的に遮断することを目的とした方法です。	
土壌汚染の除去	オンサイト浄化	熱処理	-		-	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、埋め戻す工法です。
		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、無害化した後、埋め戻す方法です。
	原位置浄化	原位置土壌洗浄法	-		-	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。
		原位置分解法	-	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工法です。
		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し、浄化する方法です。

1 :すべての物質に適用可、 :一部の物質又は特定の条件で適用可、×:適用は難しい、 -:対象外

 オンサイト措置
 原位置措置

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

注：表-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「地下水摂取等のリスクに係る区域内措置」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。

曝露管理：土壤汚染により汚染された地下水の摂取等を抑制又は汚染が無いことの確認

曝露経路遮断：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

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

曝露管理としては、地下水の水質の測定が実施されます。

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

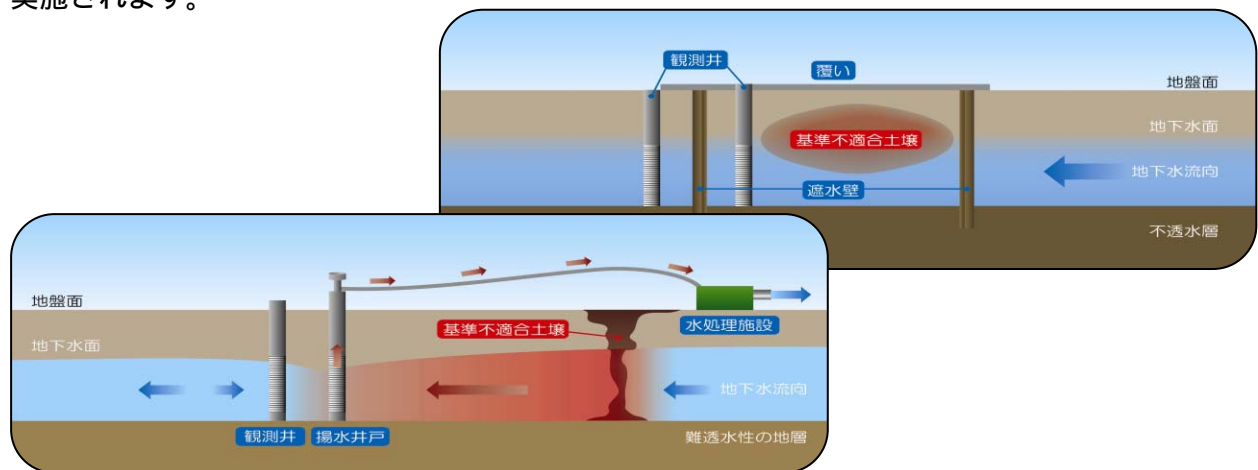


図-2 原位置封じ込め（右上）及び地下水汚染の拡大の防止：揚水施設（左下）の例

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。

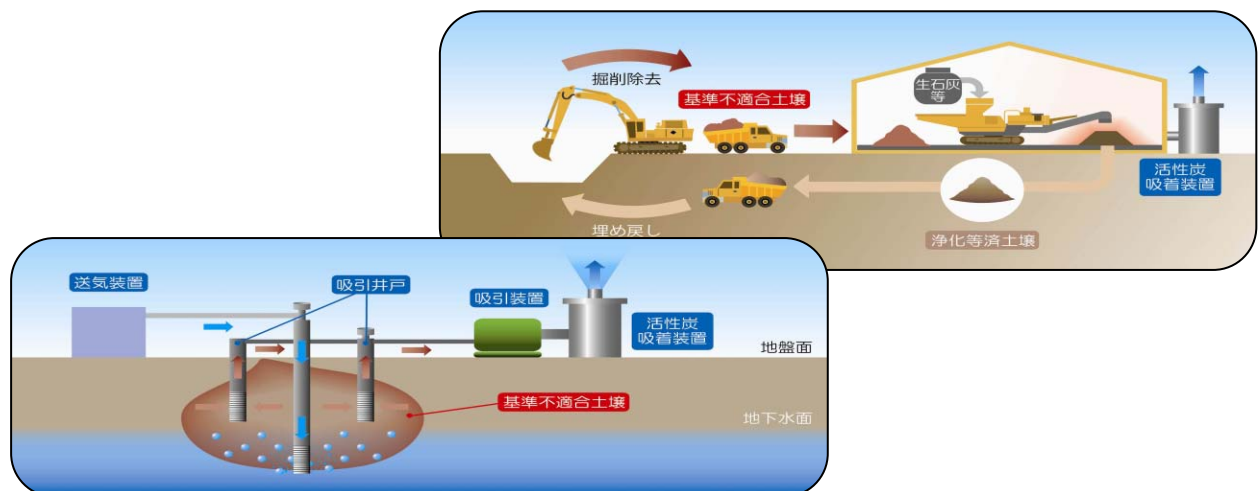


図-3 オンサイト浄化（抽出処理；右上）及び原位置浄化（原位置抽出；左下）の例

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、以下のような手法を用いています。

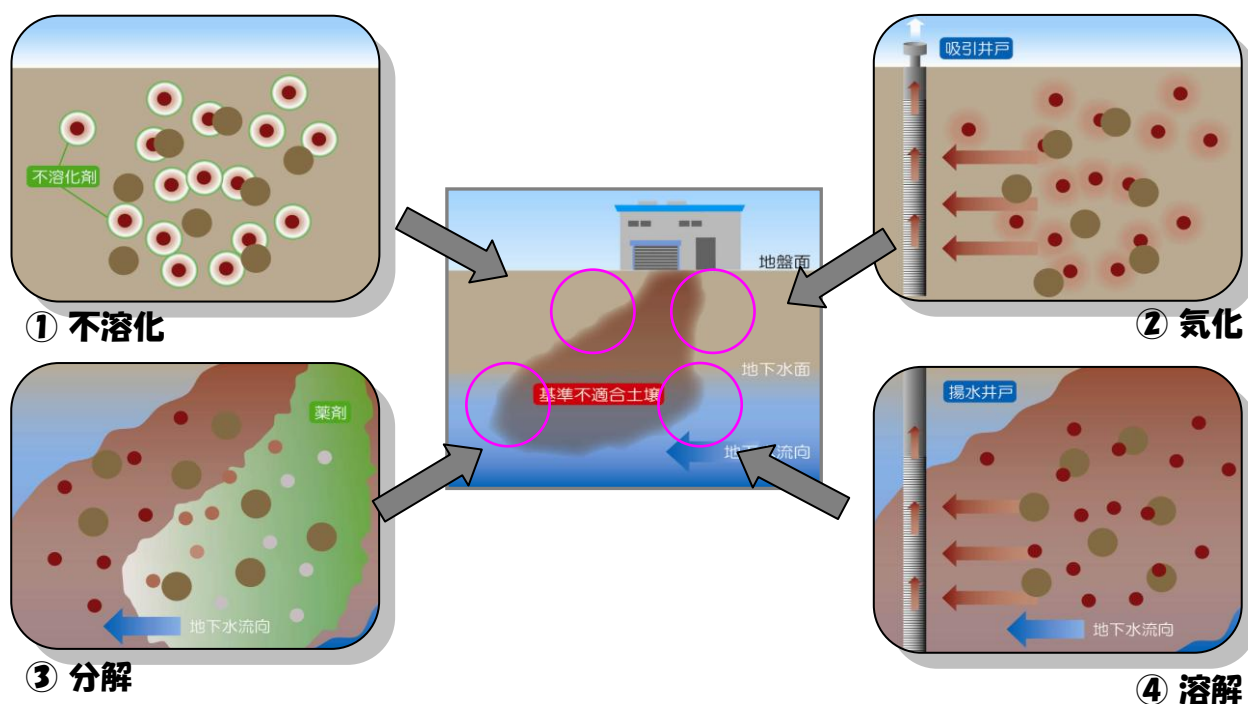


図-4 土壌汚染に対する措置のメカニズム

- 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てしまう方法です。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してしまう浄化方法です。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。第二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、地下水に溶解（ないしは微細な状態で地下水に移流）した特定有害物質を地下水の汲み上げにより浄化する方法（抽出の一つ）です。地下水揚水法が代表的な例です。

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区域内運搬、又は土壌の掘削に伴う鋼製矢板等の山留め壁の打設、揚水した汚染地下水の水処理等を行います。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、当該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、そちらのガイドラインをご覧ください。

2. 主な共通工事における汚染拡散防止措置の考え方

区域内措置の一環として行う共通工事のうち、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下さい。

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⁾ を行う必要がある。	・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）に準ずることが望ましい。	・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が飛散、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。	・湧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施設を参考にすること。

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施設を参考にすること。

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しいものです。

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終了後まで（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	土壤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	浮遊粉塵	ベータ線吸収方式	風向等に留意
	浮遊粉塵中 対象物質	ハイボリュームエア－サンプラー採取・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	降下粉塵を対象とし、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。

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

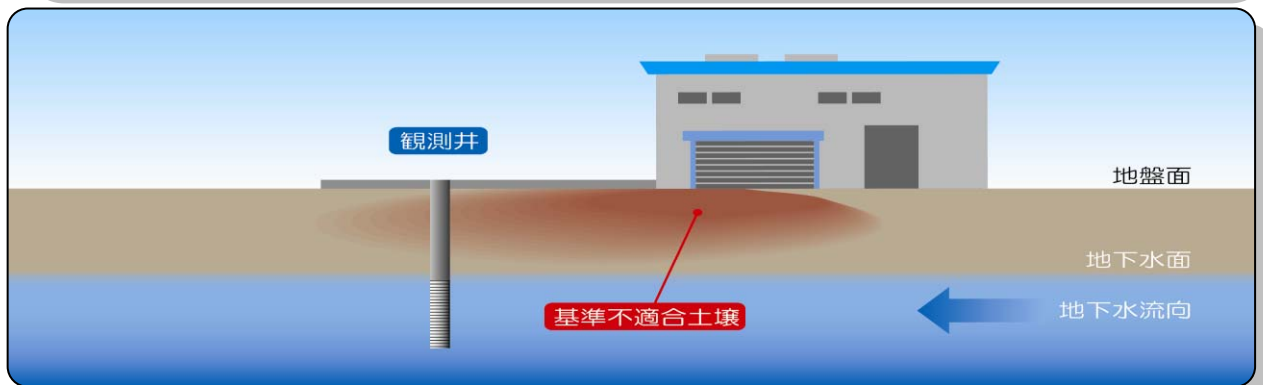
すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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 要措置区域

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、当初1年に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測定し、都道府県知事等へ報告します。土壌汚染が存在する限り措置は完了しませんので、本措置を実施し続けることとなります。



「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」(社)土壌環境センター（以下、(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、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、事前に観測井を十分に洗浄すること、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、異臭、振動・騒音、掘削に伴い発生した基準不適合土壌の拡散に留意して施工を行います。

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、すべての特定有害物質について、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。

地下水の水質の測定の説明

1. 措置技術の説明

地下水の水質の測定とは、土壤溶出量基準に適合しない土壤が存在はするが、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。

2. 要求品質

当該の基準不適合土壤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キーポイントです。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壤溶出量が高い地点や、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、できるだけ当該土壤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しいといえます。

また、地下水の流向が明確でない、季節変動があるといった場合には、土壤汚染の存在する地点の周囲3点以上の複数箇所に設置し、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、基準不適合土壤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、メンテナンス(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、基準不適合土壤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。

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壤の落とし込みを防止するとともに異臭や振動・騒音に留意し、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

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す。それらを防ぐために下記に留意することが必要です。

- ・ 観測井の設置位置は、最も土壤溶出量が高い地点やその下流側を基本として、基準不適合土壤のできるだけ近くとするなど、十分検討の上決定すべきです。
- ・ 対象とする帯水層は土壤汚染箇所に最も近い浅い帯水層を対象とすべきです。
- ・ 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(例えば、年4回の測定結果のうち濃度の高い時期)に行うことが望ましいといえます。

実際にどこに観測井を設置し、その構造をどうすべきかの判断は、対象とする特定有害物質の性質や土層構成によって、高度な判断が必要となることが多いので、できるだけ専門家の意見を参考にすることが必要です。

【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。	調査報告書の確認	
				地下水汚染がないか	調査報告書の確認	
		工法の設計	構造	適切な観測井の構造となっているか	設計図書の確認	
				土壌汚染箇所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。	措置計画書、設計図書の確認	
	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。	施工計画書の確認	
				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じるよう計画されているか。	施工計画書の確認	
期中管理	施工中	作業		サンプリング方法が明確に記されているか	モニタリング計画書で確認	
		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長期計画があるか。	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下さい。

原位置封じ込め（土壤汚染の管理）

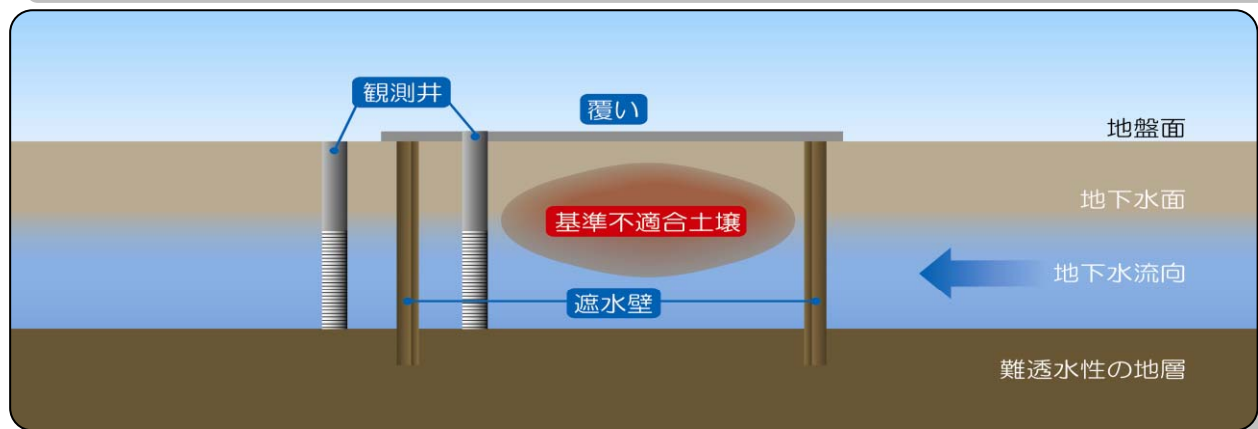
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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

土壤溶出量の不適合範囲に対して、側面は地中遮水壁、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で封じ込める措置です。



(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

- ・ 第二溶出量基準に不適合な土壤には単独の措置として用いることはできません。
- ・ 底部不透水層は透水係数で 1×10^{-7} m/s、厚さ 5m と同等以上の層であることが必要です。
- ・ 地中遮水壁としては鋼製矢板や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若しくは 3 cm 以上のアスファルトで覆う必要があります。
- ・ 地下水汚染の発生を的確に把握できるように、土壤汚染発生地点の周縁、下流側に観測井を設置します。
- ・ 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配慮が必要です。
- ・ 地下水の採取に当たっては、事前に観測井を十分に洗浄すること、また、採取時に特定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

- ・ 遮水壁の設置時、舗装等の施工時においては、異臭、騒音等の発生に留意する必要があります。また施工に伴って発生する汚染された掘削土も適正に処理します。
- ・ 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、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

事前の調査により、底面には十分な遮水性を持つ不透水層の存在を確認する必要があります。地中遮水壁は、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。また、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、封じ込め構造内部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、土壌溶出量の不適合範囲を、側面は施工により構築する地中遮水壁で、底面は遮水性の高い土層（不透水層：透水係数 1×10^{-7} m/s 以下でかつ厚さが 5 m 以上、若しくはそれに相当する土層）で、また、表層部は舗装措置と同等の構造で封じ込め、基準不適合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若しくは厚さ 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。

2. 要求品質

本措置は、基準不適合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土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、側面の地中遮水壁については、鋼矢板、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施工方法があります。地中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 1×10^{-8} m/s 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。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施工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若しくは 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、封じ込め構造内部に大きな荷重等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（例えば、駐車場等としての利用）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、地下水汚染がないことを報告する義務があります。内部の地下水水位が上昇しないことや、封じ込め範囲の外側への汚染物質の漏洩がないことを確認するため、封じ込め範囲の内外に観測井を設置し、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。

地中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（例えば、鋼製矢板工法における地盤中の巨石の存在、地中壁工法における油含有土壌や有機質土層の存在等）。

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、若しく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 ）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理措置

遮水壁の設置、舗装等の施工時においては、異臭、振動・騒音等の発生に留意する必要があります。また施工に伴って発生する汚染された掘削土も適正に処理し、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ができます。その場合は封じ込め範囲内で、要措置区域でなかった場所について土壤汚染対策法第 14 条の指定の申請をすることにより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、要措置区域に指定された時の状況に戻ることとなり、直ちに修復するか、若しく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鉛直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。

(3) 第二溶出量基準不適合の土壌について

この場合は土壌を不溶化することによって、第二溶出量基準に適合させた後封じ込めを適用することは可能です。ただし、2年間のモニタリングが終了し措置が完了した後も、観測井におけるモニタリングに併せて、不溶化後の土壌溶出量の安定性についても留意しなければ、第二溶出量基準に適合しなくなり、再び不溶化を実施するなど行わなくてはなりません。

【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	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。	調査報告書の確認	
				第二溶出量基準に適合しているか。	調査報告書の確認	
				遮水構造物の遮水性を阻害する物質が存在しないか。	調査報告書の確認	
				適切な遮水効果を有する遮水層が底部に存在するか。	調査報告書の確認 設計図書の確認	
		工法の設計	構造	適切な遮水効果を有する地中遮水壁構造物か。	設計図書の確認	
				上部に、雨水等の浸入を防止するための覆いを設置できる構造か。	設計図書の確認	
				覆いの損壊防止措置が講じられることになっているか。	設計図書の確認	
			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の確認	
				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。	措置計画書の確認		
			措置内の観測井では水位を、周辺部の観測井では水質を測定する計画になっているか。	地下水に係るモニタリング計画を確認		
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・書類で確認	
		モニタリング・維持管理	評価	きちんと遮水ができていることが確認できるか。	品質管理チェックシートを作成	

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下さい。

第二溶出量基準不適合土壌を第二溶出量基準に適合されるための行う措置に対するチェックリストは、原位置不溶化や原位置浄化を参考にして下さい。

遮水工封じ込め（土壤汚染の管理）

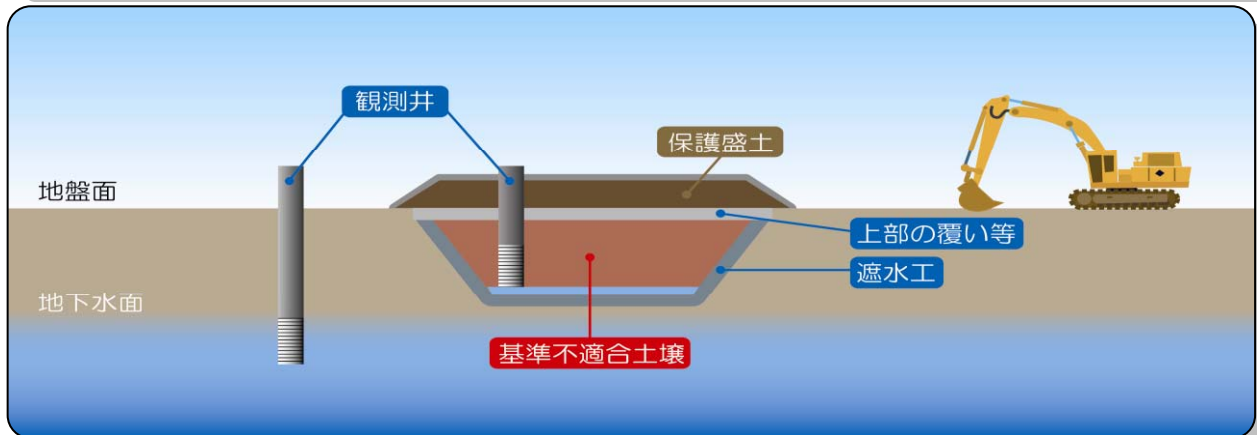
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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

基準不適合土壤を掘削した場所に、地下水の浸出を防止する遮水構造物を設置し、掘削した基準不適合土壤を埋め戻し、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。



要求品質のポイント

- ・ 遮水構造物に埋め戻す基準不適合土壤は、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 1×10^{-8} m/s 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 1×10^{-9} m/s 以下）
- ・ 基準不適合土壤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（「上部の覆い」という。）。
- ・ 封じ込めた範囲の地下水流向下流側周縁で地下水の水質の測定を行い、地下水基準に適合していることを2年間確認します（1年間に4回以上）。
- ・ 上記期間、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します。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 基準不適合土壤の掘削及び仮置き、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

- ・ 高濃度の油含有土壤等、遮水構造物に影響を与えるような物質が共存する基準不適合土壤については、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。
- ・ 基準不適合土壤の封じ込めを行う場所は地下水位が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、基準不適合土壌を掘削し、その場所に地下水の浸出を防止する構造物を設置し、そこに基準不適合土壌を埋め戻すことで、基準不適合土壌と地下水の接触を防止することを目的とした措置です。

適用対象はすべ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土壌は浄化又は不溶化等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基準不適合土壌を埋立て、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、土壌溶出量基準に適合しない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適用してもかまいません。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除され、形質変更時要届出区域の指定を受けます。また、土壌中に特定有害物質が残ることから、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

地下水の浸出を防止する構造物は、下記の 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/s 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/s 以下）による遮水工

さらに、これらに基準不適合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、地下水汚染がない状態が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。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

遮水工封じ込めは、いったん基準不適合土壌を掘削除去し、その場所に設置した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が生じます。また、第二溶出量基準に適合しない土壌は埋め戻すことができませんので、不溶化や抽出、分解等して第二溶出量基準に適合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。

遮水工封じ込めの説明（2/2）

当該構造物の設置場所については、周囲に汚染の拡散のリスクの観点から、基本的には地下水位が浅であることが望ましい。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

この措置は遮水構造物を設置した後、基準不適合土壌を埋め戻すこととなります。したがって、基準不適合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負荷されたとき、又はこれらに長期にわたる劣化が生じたとき、汚染の漏洩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地下水汚染がないことを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を補修するなどしてその効果を維持して行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であり、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有無等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	土壌溶出量基準に不適な土壌の範囲及び深さを確認しているか。	調査報告書の確認	
				第二溶出量基準に適合しているか。	調査報告書の確認	
				遮水構造物の遮水性を阻害する物質が存在しないか。	調査報告書の確認	
		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。	設計図書の確認	
				上部に、雨水等の浸入を防止するための覆いを設置できる構造か。	設計図書の確認	
				覆いの損壊防止措置が講じられることになっているか。	設計図書の確認	
			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する場所は、汚染拡散防止措置を講じるよう計画されているか。	措置計画書の確認	
				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。	措置計画書の確認	
				措置内の観測井では水位を、周辺部の観測井では水質を測定する計画になっているか。	地下水に係るモニタリング計画を確認	
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・書類で確認	
		モニタリング・維持管理	評価	きちんと遮水効果が得られていることができていない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下さい。

第二溶出量基準不適合土壌を第二溶出量基準に適合させるために行う処理に対するチェックリストは、不溶化埋戻しやオンサイト浄化をご覧下さい。

地下水汚染の拡大の防止：揚水施設（土壌汚染の管理）

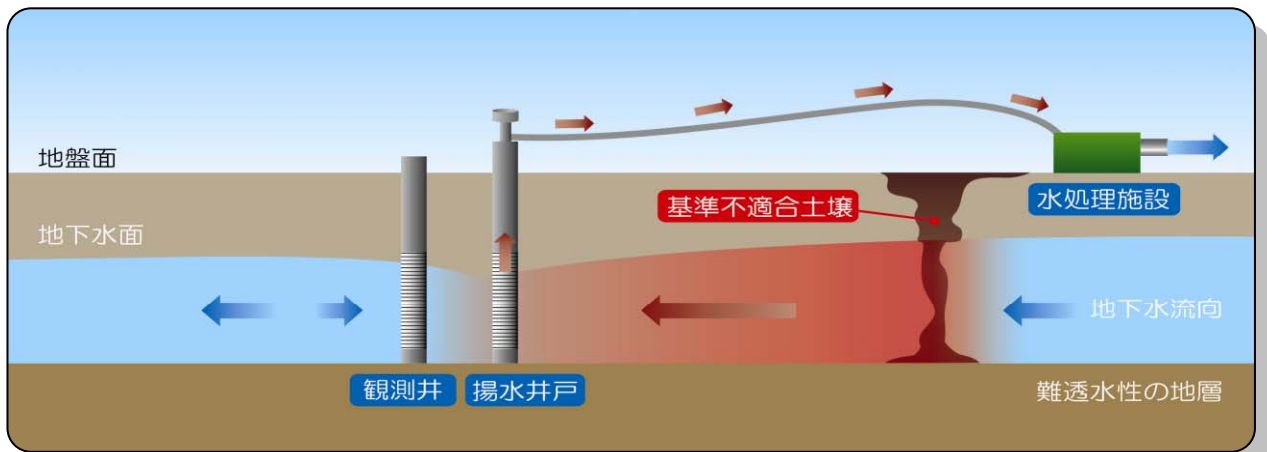
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質 (溶出量のみ)	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ものです。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（観測井の距離は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（少なくとも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。

措置の設定条件及び実施上の留意点

- ・ 帯水層の透水係数が 1×10^{-6} m/s 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. 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汚染地下水の区域からの拡大を防止するものです。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。

適用対象はすべ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、揚水施設からみ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位の測定及び採取した地下水中の特定有害物質濃度を環境大臣が定める方法により分析し、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。

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 1×10^{-6} m/s 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。

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条の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条申請により指定された要措置区域の指定を解除するには、帯水層区間の上面から深度1m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を確認しなければなりません。

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う、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。

地下水汚染の拡大の防止：揚水施設の説明（2/2）

- ・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、適切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事例

(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、下水道法の排除基準に適合させて、公共用水域に排出するか、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、処理後においても地下に浸透す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、所定の効果が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洩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洩した場合、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じる場合もあります。

【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。	調査報告書の確認	
				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。	調査報告書の確認	
				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。	調査報告書の確認	
				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。	調査報告書の確認	
				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。	設計図書の確認	
				観測井の位置は適切か（観測井間の距離は30m以下）。	設計図書の確認	
				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。	設計図書の確認	
				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	設計図書の確認	
		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。	設計図書及び試験結果の確認		
			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。	設計図書及び試験結果の確認		
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すべ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	
				設定した揚水量が概ね維持されているか。	期間揚水量と計測量との比較	
				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	
			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。	措置計画書の確認	

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下さい。

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）

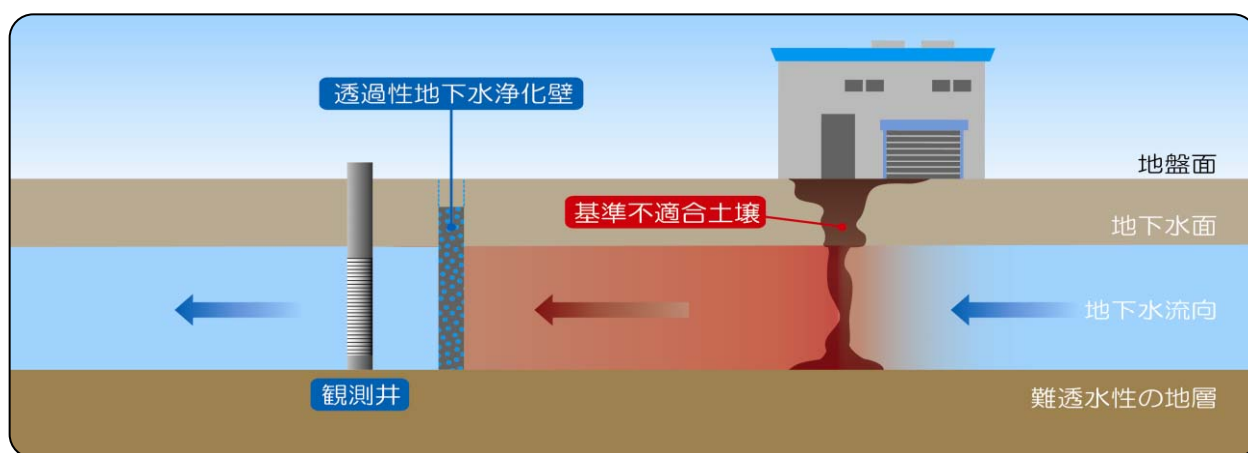
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質 (溶出量のみ)	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（反応層）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、対象地からの汚染地下水の拡大を防止する工法です。



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（観測井の距離は 30m を上回らないこと）、地下水の水質測定を行い、地下水汚染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、更に汚染された地下水が浄化壁の外側に流出していないことを確認します。

周辺環境管理のポイント

- ・ 有害な分解生成物等の区域外への有意な拡散がないことを確認することが必要です。

措置の設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 1×10^{-6} m/s 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. 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地中に設置し、汚染された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により、地下水基準に適合させることによって汚染地下水の拡大を防止するものです。

適用対象はすべ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、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、浄化壁が設置されている地点からみて地下水流向下流側に観測井を設置します（状況によっては、四方に観測井を設置する必要があります）。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を採取し、地下水中の特定有害物質濃度を環境大臣が定める方法により分析し、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。更に、汚染された地下水が浄化壁の外側へ流出していないことを確認するため、地下水流向を確認するか、浄化壁等の外側に観測井を設置し地下水濃度が上昇しないことを確認します。

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 1×10^{-6} m/s 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。

3. 措置に伴う汚染拡散防止に係る留意点

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、地下水基準に適合しなくな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、有害な反応生成物の発生や水質の変化が起こる場合もあるため、区域外に有意な影響が及ばないように設計・監視する必要があります。

汚染された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、このような範囲については、土壌汚染対策法第14条の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条申請により指定された要措置区域の指定を解除するには、帯水層区間の上面から深度1m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を確認しなければなりません。

地下水汚染の拡大の防止：透過性地下水浄化壁の説明（2/2）

4. 想定されるトラブルの例

(1) 反応生成物による汚染の拡大

浄化壁の種類が分解の場合、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に変化する場合があります。これらの反応生成物についても、地下水基準に適合させる必要があることから、反応生成物の分解も考慮して浄化壁を設計することになります。また、特定有害物質以外の有害な反応生成物等についても、区域外に有意な影響を与えないように考慮することが望まれます。

(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回以上の水質調査を実施して、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。

【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。	調査報告書の確認	
				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。	調査報告書の確認	
				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。	調査報告書の確認	
				特定有害物質以外の物質による影響を考慮しているか	設計図書の確認	
		工法の設計	構造	浄化壁の設置位置や深度は適切か。	設計図書の確認	
				観測井の位置は適切か（観測井間の距離は30m以下）。	設計図書の確認	
				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。	設計図書の確認	
				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。	設計図書の確認	
				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	設計図書の確認	
				室内試験	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、反応生成物も含む。）の地下水濃度が地下水基準に適合する設計となっているか。	設計図書及び試験結果の確認
期中管理	措置実施中	モニタリング・維持管理	評価	汚染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。	浄化壁の下流端で地下水基準に適合しているか。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。	
				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。	措置計画書の確認	

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下さい。

遮断工封じ込め（土壌汚染の管理）

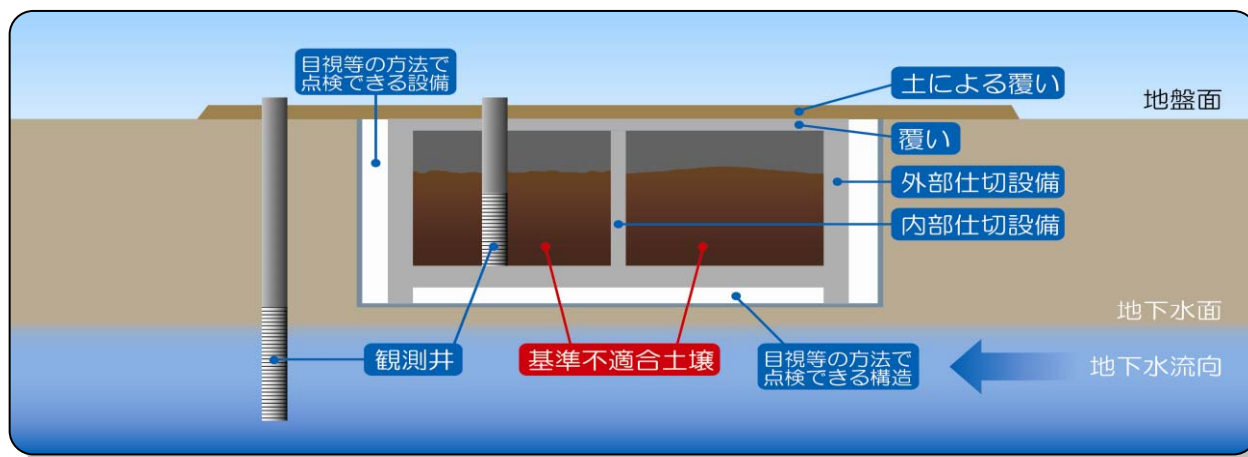
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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

掘削した基準不適合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方法です。埋め戻し後、上部もコンクリート製の蓋で覆います。



要求品質のポイント

- ・ 箱状構造物の構造基準等は、次のとおりです。
 - 1) 水密性の鉄筋コンクリート ; 一軸圧縮強度 25 N/mm² 以上、かつ厚さ 35 cm 以上
 - 2) 基準不適合土壌と接する壁面 ; 遮水の効力と腐食防止の効力を有する材料の敷設
 - 3) 目視で損壊の有無を点検できる構造であること
 - 4) 面積 50 m² 又は容量 250 m³ を超える場合は、内部仕切設備により区画すること
- ・ 封じ込めた範囲の地下水流向下流側周縁で地下水の水質の測定を行い、地下水基準に適合していることを 2 年間確認しなければなりません (1 年に 4 回以上)。
- ・ またこの期間、封じ込めた場所に観測井を設け、雨水や地下水等の浸入がないことを確認しなければなりません。

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、基準不適合土壌を掘削し、その場所に基準不適合土壌と地下水の接触を遮断する構造物を構築し、その中に基準不適合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さらに厳重な封じ込めですから、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基準不適合土壌まで適用できます。また、土壌含有量基準に適合しない土壌についても適用しても構いません。

この措置の完了後は、要措置区域の指定は解除され、形質変更時要届出区域の指定を受けます。また、土壌中に特定有害物質が残ることから、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

基準不適合土壌と地下水の接触を遮断する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/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) 埋め戻す基準不適合土壌と接する面が遮水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) 基準不適合土壌を埋め戻した構造物の上部には、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、地下水汚染がない状態が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高濃度の基準不適合土壌にも適用できること（ただし、第一種特定有害物質は適用できない。）から、遮水工封じ込めよりもさらに厳重な封じ込め、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。

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封じ込め施設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若しく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、その行為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です。

遮断工封じ込めの説明（2/2）

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

この措置は封じ込め施設を設置した後、基準不適合土壌を埋め戻すこととなります。したがって、基準不適合土壌を埋め戻す際は、重機等により封じ込め施設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、あらかじめ封じ込め施設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

封じ込め施設が設けられた土地は、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。封じ込め構造に許容耐力以上の外力が負荷されたとき又は長期にわたる劣化が漏洩等の事故が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地下水汚染がないことを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行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、周辺の地下水汚染の有無等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	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。	調査報告書の確認	
				第一種特定有害物質を含んでいないか。	調査報告書の確認	
		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。	設計図書の確認	
				基準不適合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。	設計図書の確認	
				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。	設計図書の確認	
				覆いの損壊防止措置が講じられることになっているか。	設計図書の確認	
		室内試験	鉄筋コンクリートは、所定の遮断効果を得られるか。	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する場所は、汚染拡散防止措置を講じるよう計画されているか。	措置計画書の確認	
				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。	措置計画書の確認	
				措置内の観測井では雨水、地下水その他の水の浸入がないこと、周辺部の観測井では水質を測定する計画になっているか。	地下水に係るモニタリング計画の確認	
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・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下さい。

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

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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

掘削した基準不適合土壌に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、再び埋め戻す方法です。第二溶出量基準に不適合な土壌には単独の措置として適用できません。



(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、100m³に1回の割合で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。
- ・ 施工中、施工後において、埋め戻し範囲の地下水下流側周縁で地下水の水質の確認を行い、当該有害物質が流出していないことを確認します。
- ・ 封じ込め範囲の地下水流向下流側周縁において、少なくとも2年間、年4回以上の地下水の水質の測定を行い、地下水濃度を報告する義務があります。

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、集塵機、散水等により粉塵の発生を防止します。
- ・ 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. 説明

掘削した基準不適合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、再び埋め戻す方法です。

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。この場合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、概ね 100 m³ 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。措置実施後は、埋め戻し範囲の地下水流向下流側周縁で地下水の水質の確認を行い、当該有害物質が流出していないことを確認します。

自然地下水の流向を事前に把握し、埋め戻し範囲の下流側周縁において一箇所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、地下水汚染がないことを報告する義務があります。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、もしも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 年間にわたって地下水基準に継続して適合してい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、不溶化効果の劣化等により問題が生ずれば、直ちに再度不溶化するなどを行うか、他の措置を講ずることが必要になります。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理措置

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、集塵機、散水等により粉塵の発生を防止する必要があります。また、揮発性有機化合物を含む基準不適合土壌を不溶化する場合には、不溶化処理時における揮発性物質の揮散にも配慮が必要です。

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。

不溶化埋め戻しの説明（2/2）

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

これを調べる方法の一つとして(社)土壤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や安定性に影響を与える地下水の水質項目を把握しておかないと早期に不溶化効果がなくなり、再度処理する必要が生じます。

(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。いくら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。

【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不適合な状態で共存していないことを確認しているか。	調査報告書	
				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。	調査報告書	
				施工に必要なエリアを確保できるか。	調査報告書	
			室内試験	適用性試験で効果を確認できたか。	適用可能性試験	
				安定性確認試験を行ったか。	適用可能性試験	
				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			
		地下水位が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。	設計図書			
		工法の設計	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。	設計図書		
	現場試験		現場で試験を行い、効果を確認したか。	設計図書		
			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。	設計図書		
	施工計画書の作成		埋め戻し手順、締固め管理内容が定められているか。	施主の跡地利用計画を踏まえて、協議の上決定		
	施工方法	施工方法の検討	不溶化作業	掘削仮置時の飛散防止、浸透防止措置は的確に計画されているか。	施工計画書	
薬剤の供給量は計画どおりか。				施工計画書		
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		
期中管理	施工中	作業	埋め戻し手順、締固め手順は計画どおりか。	施工計画書		
			飛散防止措置は適切に実施されたか。	施工計画書		
	施工後	効果の確認	品質管理	土壌溶出量のチェックが適確になされているか	施工報告書	
			地盤強度	地盤強度は確保できているか。	施工報告書	
			地下水	施工による地下水への影響が出ていないか。	施工報告書	

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下さい。

原位置不溶化（土壌汚染の管理）

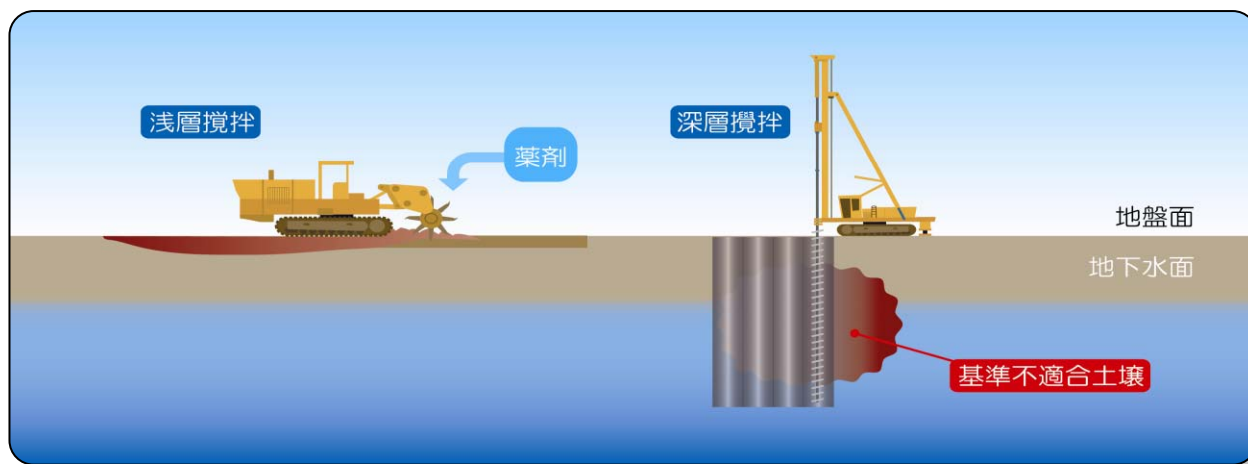
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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方法です。



(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 m³ に1回の割合で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。
- ・ 施工中、施工後において、不溶化範囲の地下水流向下流側周縁で地下水の水質の確認を行い、当該有害物質が流出していないことを確認します。施工後においては、地下水流向下流側周縁において、少なくとも2年間、年4回以上の地下水の水質の測定を行い、地下水汚染濃度を報告する義務があります。

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、集塵機、散水等により粉塵の発生を防止します。
- ・ 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り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、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. 説明

基準不適合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、専用機械により土壌溶出量の不適合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。

2. 要求品質

事前に当該土壌を用いた試験を実施して、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。この場合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も重要です。

混合攪拌を行うに当たっては、十分に均質な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、概ね 100m³ ごとに 1 点から土壌を採取して、その不溶化効果を確認します。措置実施中においても、不溶化剤混合範囲の地下水下流側周縁で地下水の水質の確認を行い、当該有害物質が従来以上に流出していないことを確認します。

自然地下水流の流向を事前に把握し、原位置不溶化範囲の下流側周縁において一箇所以上の観測井を設け、最低 2 年間、年 4 回の地下水の水質の測定を行い、地下水汚染がないことを報告する義務があります。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、もしも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 年間にわたって地下水基準に適合してい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地下水汚染が生ずれば、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。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理措置

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、集塵機、散水等により粉塵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、施工方法により、施工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。

原位置不溶化の説明（ 2 / 2 ）

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

これを調べる方法の一つとして(社)土壤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や安定性に影響を与える地下水の水質項目を把握しておかないと早期に不溶化効果がなくなり、再度処理する必要が生じます。

(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機械としては、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。選定に当たっては基準不適合土壌の存在する深度、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施工方法選択することが重要です。いくら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。

【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	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。	調査報告書の確認	
				基準不適合な第一種、第三種特定有害物質が共存していないか。	調査報告書	
				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。	調査報告書	
				施工に必要なエリアを確保できるか。	調査報告書	
				適用可能性試験で効果を確認できたか。	試験報告書	
		工法の設計	室内試験	安定性確認試験を行ったか。	設計図書	
				強度試験は必要ないか。固化材は弊害を生まないか。	設計図書	
			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。	設計図書	
				遮水壁、揚水等の拡散防止措置の必要性があるか。	設計図書	
	現場試験	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、跡地利用への制限有無を考慮しているか。	設計図書			
		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			
	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	
				盛り上がり土（排泥）の処理を考慮しているか。	施工計画書	
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		
期中管理	施工中	作業	薬剤の供給量は計画どおりか。	作業管理表		
			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		
			遮水壁が必要な計画の場合、遮水壁を確実に設置したか。	施工報告書		
	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。	施工報告書	
			地盤強度	地盤強度は確保できているか。	施工報告書	
			地下水	周辺地下水への影響が発生していないか。	施工報告書	

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下さい。

オンサイト浄化：熱処理（土壌汚染の除去）

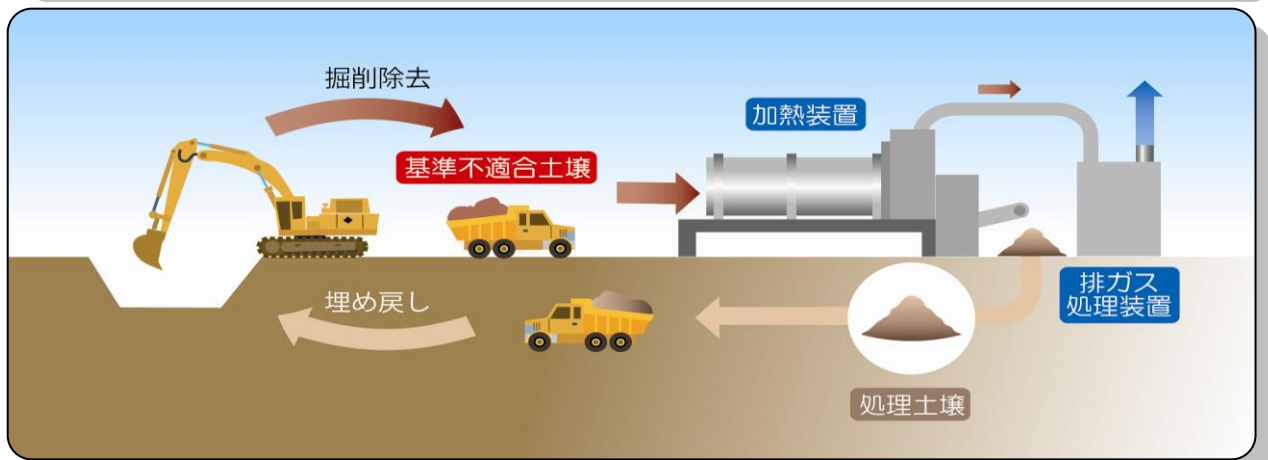
適用対象物質と措置の完了後の区域

※○すべての物質に適用、△一部の物質に適用、×適用できない

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）	○	区域解除

措置技術の概要

掘削した基準不適合土壌を加熱することにより有害物質を抽出又は分解する方法です。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。



(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の処理条件の事前確認が必要です
- ・ 実施時は、100 m³ 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。
- ・ 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、土壌性状の変化等生じ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。
- ・ 安易な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。

2. 要求品質

熱処理では、適用可能性試験を事前に実行し、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。安易な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転換しますので、注意が必要です。

処理実施時には100 m³又は処理単位量の小さい土量ごとに、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、その浄化効果を確認します。

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大きく質的变化し、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。

措置の完了には、措置に伴う施設撤去後の土壌分析を行い、当該施設に起因した土壌汚染が生じていないことの確認、及び、土壌溶出量基準不適合の要措置区域等においては埋め戻し範囲の地下水流向下流側周縁で地下水質の確認を行い、観測井における地下水水質を1年に定期的に4回以上測定し、地下水汚染の無い状態が2年間継続していること（ただし、措置実施前に地下水汚染が発生していない場合には1回の測定）が必要です。

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、粉じん発生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。

オンサイト浄化：熱処理の説明（2/2）

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洩

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や揮発した特定有害物質が混じった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オフガス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熱脱着処理では、汚染物質と共に有機成分が分解・揮発するなど、処理後には土壌の物理化学的性質は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、処理後の色が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：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	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。	調査報告書の確認	
				措置対象物質は熱処理が可能か。	調査結果報告書の確認	
			設計条件	基準不適合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	
		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、マスバランスの検討、適用性、浄化期間の予測を実施	
評価		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	
				所定の処理温度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	
	モニタリング	評価	処理土壌の分析結果は良好か。	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。	施工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下さい。

オンサイト浄化：洗浄処理（土壤汚染の除去）

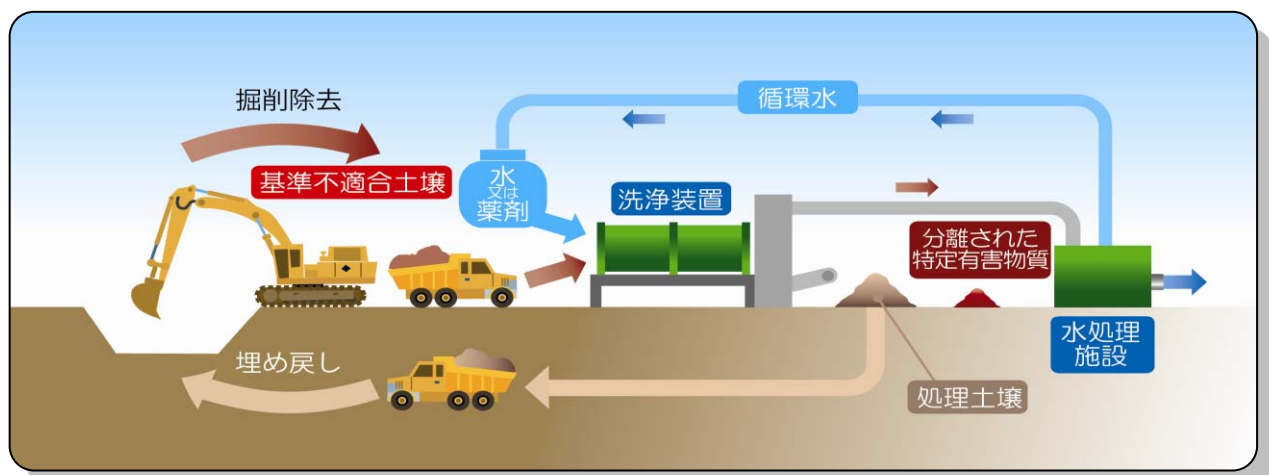
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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、埋め戻す方法です。一例として基準不適合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、分離された有害物質は濃縮・減量され適正に場外処分します。



(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

- ・ 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、どの粒径の土壤に有害物質が多く含まれるかを把握して、その部分を取り除きます。
- ・ 実施時は、100 m³ 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、埋戻し土への残留、循環水中への蓄積、排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・濃縮している画分を抽出（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、主に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。

2. 要求品質

洗浄処理では、適用可能性試験を事前に行い、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は、二次処理物が発生し、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み合わ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、篩分離・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み合わ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100m³又は処理単位量の小さい土量ごとに5点から採取した土壌を同じ重量で混合し、その浄化効果を確認します。

措置の完了には、措置に伴う施設撤去後の土壌分析を行い、当該施設に起因した土壌汚染が生じていないことの確認、及び土壌溶出量基準不適合の要措置区域等において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、地下水汚染のない状態が2年間継続していること（ただし、措置実施前に地下水汚染が発生していない場合には1回の測定）が必要です。

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、洗浄処理、埋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水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。

オンサイト浄化：洗浄処理の説明（2/2）

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心配

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、転圧工法（転圧しながら埋戻し）や粒度及び土質改良等が挙げられ、処理土壤に適した工法を用いて施工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振動・騒音は、周辺環境等に応じ、適正な振動・騒音の基準を設定し、その基準に応じた低振動、低騒音の設備を選定し、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。

さらに、必要に応じて振動・騒音対策を実施します。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。また、工期が確保できれば、洗浄機器を小型化することで振動、騒音の発生を抑制することも可能です。

(3) 脱水ケーキの取扱

水処理から発生する脱水ケーキの取扱いについては、廃棄物処理法等が関係する場合もあります。規模、性状等により適用条件が異なるので確認が必要です。

(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壤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	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。	調査結果報告書の確認	
				措置対象物質は洗浄処理が可能か	調査結果報告書の確認	
			設計条件	基準不適合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、マスバランスの検討、適用性、浄化期間等の予測を実施	
			評価	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	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	処理土壌の分析結果は良好か。	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。	施工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下さい。

オンサイト浄化：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

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質 (シアン化合物)	第三種特定有害物質	措置の完了後 区域解除

措置技術の概要

掘削した基準不適合土壌に薬剤を添加し、化学的に有害物質を分解した後、埋め戻す工法です。混合装置を用いて土壌に薬剤（酸化剤又は還元剤等）を混合し、酸化反応又は還元反応により有害物質を分解します。



(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、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濃度のみならず、土壌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 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。

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（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、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壌や、地盤改良された高アルカリ性土壌では、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、処理土壌からの揮発も考慮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：化学処理の説明（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、シアン化合物等に限定されます。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。

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、及び過硫酸塩、過酸化水素と鉄塩（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℃） 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又は処理単位量の小さい土量ごとに、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、その浄化効果を確認します。

措置の完了には、措置に伴う施設撤去後の土壌分析を行い、当該施設に起因した土壌汚染が生じていないことの確認、及び、土壌溶出量基準不適合の要措置区域等においては埋め戻し範囲の地下水下流側周縁で地下水質の確認を行い、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、地下水汚染の無い状態が2年間継続していること（ただし、措置実施前に地下水汚染が発生していない場合には1回の測定）が必要です。

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、取り扱いに十分注意する必要があります。

薬剤混合装置及び設置場所や基準不適合土壤の仮置き場所は、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無いように適切に管理し、漏洩・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散がないかを確認し、必要に応じて揮散ガスの拡散防止措置を行う必要があります。

オンサイト浄化：化学処理の説明（2/2）

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際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。下記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 pH、電気伝導度等が挙げられます。

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る。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	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。	調査報告書の確認	
				措置対象物質は化学処理が可能か。	調査報告書の確認	
				化学処理で分解できる地盤環境であるか。	調査報告書の確認	
		安全性確認	安全計画	オフガス（処理プロセスの排ガス）の発生が想定される場合、処理計画は適切か。	計画書の内容確認、必要十分なスペックであるか	
		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。	現地で採取した土壌を用いた適用可能性試験にて検証する	
			工法決定	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 浄化が達成できるか	
		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に報告	
	施工中	作業	混合攪拌	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	
				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。	品質管理チェックシートでの確認	
	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。	施工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下さい。

オンサイト浄化：生物処理（土壌汚染の除去）

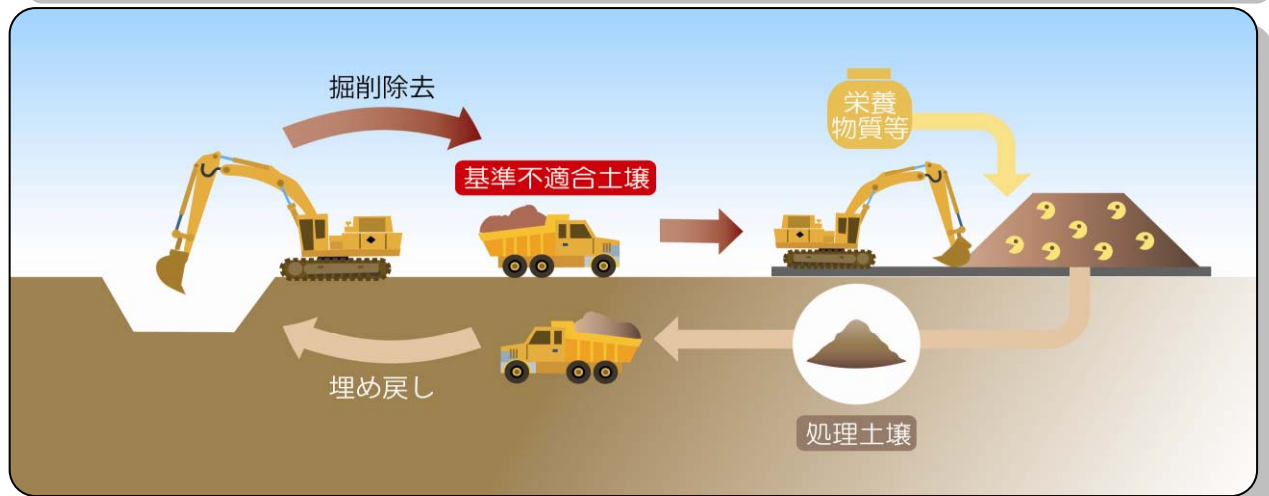
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質 (シアン化合物)	第三種特定有害物質	措置の完了後 区域解除

措置技術の概要

掘削した基準不適合土壌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方法です。なお、微生物自体を添加することもあります。



(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

- ・ 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、基準不適合土壌を浄化します。
- ・ 土壌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、100m³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

- ・ 処理を行う場所や基準不適合土壌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。
- ・ 土壌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、事前の適用性確認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、特定有害物質の揮発防止措置も講じる必要があります。
- ・ 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

- ・ 事前の適用性確認試験により浄化できることを確認する必要があります。
- ・ 揮発性のある有害物質の場合、処理時には大気への拡散措置を取る必要があります。
- ・ 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：生物処理の説明（1/2）

1. 説明

基準不適合土壌に棲息する分解微生物（微生物自体を添加することもある。）を利用し、生物的に特定有害物質の分解を行うものです。近年は、第一種特定有害物質や第三種特定有害物質を含む基準不適合土壌に使用されるようになってきました。

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、基準不適合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ムリング法が行われますが、揮発性の特定有害物質に対してランドファームリ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不適切であり、十分な配慮が必要となります。

なお、生物処理には大きく分けて、下記の「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。

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なう場合には、「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・環境省告示第四号）を参照して行うこととする。

処理実施時には100m³又は処理単位量の小さい土量ごとに、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、その浄化効果を確認します。

措置の完了には、措置に伴う施設撤去後の土壌分析を行い、当該施設に起因した土壌汚染が生じていないことの確認、及び土壌溶出量基準不適合の要措置区域等においては埋め戻し範囲内の地下水下流側地点又は周縁地点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、地下水汚染のない状態が2年間継続していること（ただし、措置実施前に地下水汚染が発生していない場合には1回の測定）が必要です。

オンサイト浄化：生物処理の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

基準不適合土壌の掘削、運搬、生物処理、埋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）栄養物質等による影響や土壌の環境変化により微生物の種類が変化する

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もとの微生物の状態に戻るものと考えられます。

（2）施工中の VOC 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 VOC 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 VOC を含む土壌を処理する場合は揮発した VOC 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吸着等の施設が必要です。また、周辺環境に影響が少ないと考えられる場合は、敷地境界での大気モニタリングを実施することも考えられます。

（3）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、寒冷期の施工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施工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。

【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	土壌溶出量基準に不適な土壌の範囲及び深さを確認しているか。	調査結果報告書の確認	
				措置対象物質は生物処理が可能か。	調査結果報告書の確認	
			設計条件	基準不適合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、マスバランスの検討、適用性、浄化期間の予測を実施	
			評価	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	
				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	
			評価	処理土壌の分析結果は良好か。	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	
	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。	施工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下さい。

オンサイト浄化：抽出処理（土壌汚染の除去）

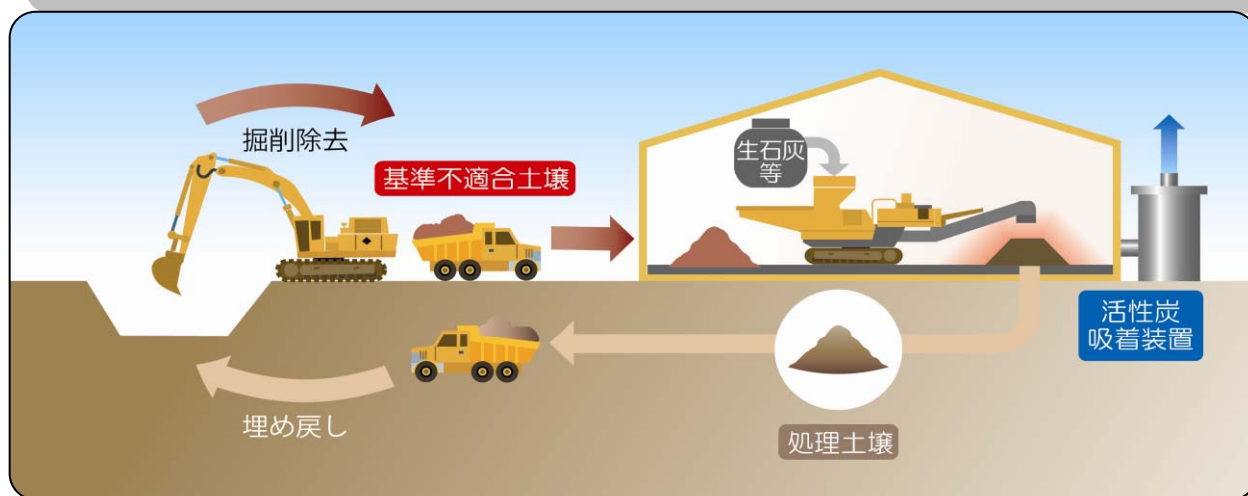
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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
	×	×	区域解除

措置技術の概要

掘削した基準不適合土壌を真空抽出、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アー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。



(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 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。

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、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。
- ・ 生石灰添加方式では、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、シート等敷設養生された屋外で実施します。
- ・ 抽出された有害物質は、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

- ・ 生石灰添加方式の場合、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し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、効率的に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

掘削した基準不適合土壌を真空抽出、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。

2. 要求品質

生石灰方式では、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、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、土壌中の空気の通りやすさや吸引できる範囲等を把握し、効率的に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 又は処理単位量の小さい土量ごとに、その中の1点から採取した土壌について浄化効果を確認します。

措置の完了には、措置に伴う施設撤去後の土壌分析を行い、当該施設に起因した土壌汚染が生じていないことの確認及び土壌溶出量基準不適合の要措置区域等においては埋め戻し範囲の地下水下流側周縁で地下水質の確認を行い、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、地下水汚染の無い状態が2年間継続していること（ただし、措置実施前に地下水汚染が発生していない場合には1回の測定）が必要です。

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。

生石灰添加方式の場合、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、屋内施設の中での施工、あるいは屋外で行う場合処理土壌に対するシート等の養生が必要となります。また、生石灰添加方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 >

- 1) 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。
- 2) 皮膚、目、消化器、呼吸器等を刺激し炎症をおこしたり、粘膜を侵す事もあります。
- 3) 取扱い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500 kg以上取り扱う（貯蔵する）場合、最寄り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 あたり数十キログラムの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という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（雨水浸透を抑制、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	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。	調査報告書の確認	
				措置対象物質は抽出処理が可能か。	調査報告書の確認	
				抽出処理が適用できる地盤環境であるか。	調査報告書の確認	
				油類や揮発性物質が共存するか。	調査報告書の確認、コアサンプルの観察、油分濃度等の分析	
		安全性確認	安全計画	オフガス（処理プロセスの排ガス）の処理は適切に計画されているか。	計画書の内容確認、必要十分なスペックであるか	
				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	
		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	
			工法決定	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 浄化が達成できるか	
		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	混合攪拌	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	
				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塵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	
				適切な排ガス処理装置が設置されているか。	活性炭吸着装置等の設置確認、施工計画書・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。	品質管理チェックシートでの確認	
	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。	施工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下さい。

原位置浄化（原位置抽出）：土壌ガス吸引（土壌汚染の除去）

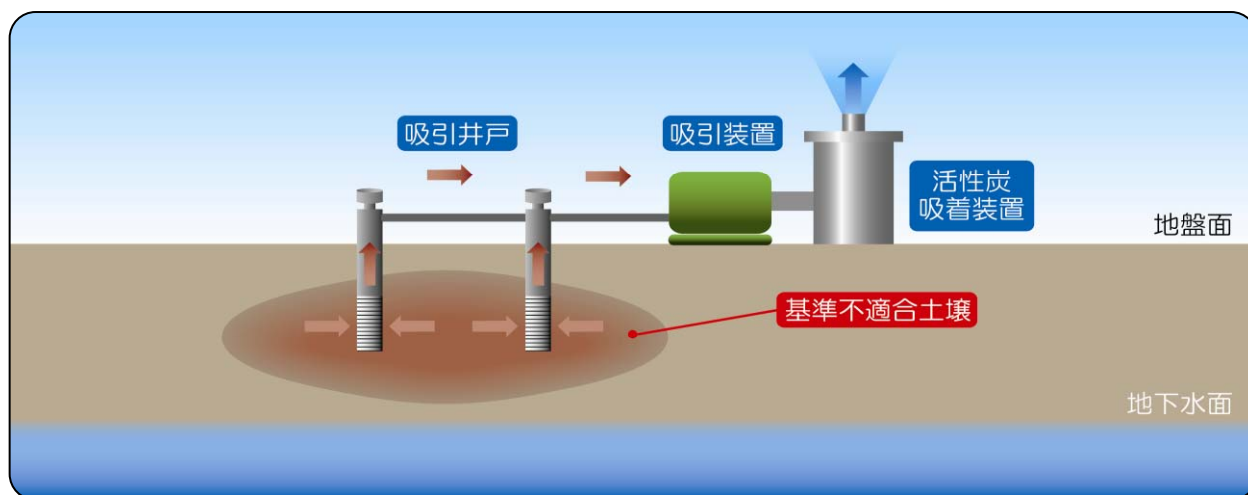
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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工法です。
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。



(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

- ・ 事前の現地試験等により、吸引量や吸引範囲、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。
- ・ 事前の試験や実績等により、選定した処理方法で回収した特定有害物質を処理できることを確認する必要があります。
- ・ 当該処理により、浄化対象物質を除去したことを確認した後、措置を行う区域において1年に4回以上地下水の水質を定期的に測定し、地下水基準に適合した状態が2年間継続することを確認する必要があります。

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、土壌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

真空ポンプやブロ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工法です。本工法のメカニズムについてはp. 5をご覧ください。

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。また、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、吸着性が高い場合、油類が含まれている場合等は、浄化に長い期間を要する場合があります。

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。

2. 要求品質

事前のボーリング調査等により基準不適合土壌の範囲や深さを把握しておく必要があります。

事前の現地試験等により、吸引量や吸引範囲、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。

事前の試験や実績等により、選定した処理方法で回収した特定有害物質を処理できることを確認する必要があります。回収したガスを分解処理する場合は、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。

土壌ガス吸引終了後、措置実施場所において、1年に4回以上地下水の水質を定期的に測定し、地下水基準に適合した状態が2年間継続する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

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、自治体等と事前に相談し、決定しておくことが重要です。

減圧吸引やガス処理等において、振動や騒音が発生しないことを確認する必要があります。

ガス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。また、吸引によってガスとともに地下水が汲み上がる場合には、気液分離するなどして地下水を回収し、適正に処理する必要があります。

原位置浄化：土壌ガス吸引の説明（2/2）

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解し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、若しく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生じます。

【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	事前のボーリング調査等により基準不適合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基準不適合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	
				透気性は十分高いか。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				透気性は十分均質か。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				吸着性は十分低いか。油類は含まれていないか。	ボーリング柱状図、土質試験結果、詳細調査結果、揚水試験結果等の確認	
				エア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	
	工法の設計	現場試験	ブロー等々の風量は十分か（対象範囲全体から回収できるか）。	現場吸引試験結果		
			吸引によって地下水が汲み上がらないか。汲み上がる場合はその対策が講じられているか。	現場吸引試験結果		
		設計条件	排ガス中の特定有害物質濃度の管理値・方法が決まっているか。	担当行政や周辺住民等との協議内容の確認		
			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		
			振動・騒音は許容レベルか。	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	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。	吸引井戸・観測井での吸引量・ガス圧・地下水位等の確認	
			ガス処理	設計どおりのガス処理が行われているか。	排ガス濃度、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、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成して下さい。

原位置浄化（原位置抽出）：地下水揚水（土壤汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域

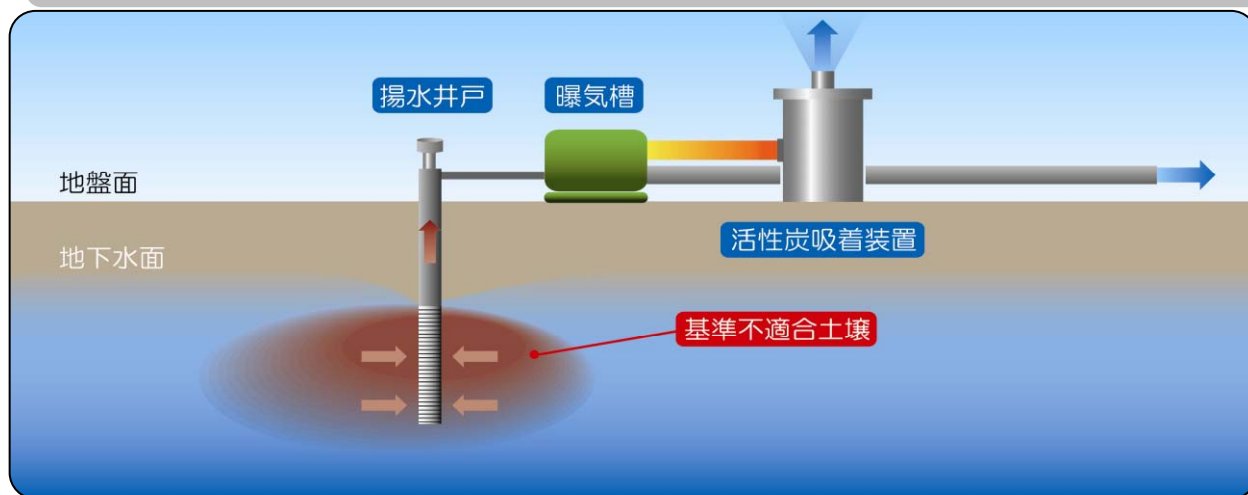
すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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工法です。

回収した地下水中の特定有害物質は吸着・分解・揮散・凝集沈殿等して除去します。



(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、浄化対象物質を除去したことを確認した後、措置を行った区域において1年に4回以上地下水の水質を定期的に測定し、地下水基準に適合した状態が2年間継続することを確認する必要があります。
- ・ 事前の適用可能性試験や実績等により、選定した処理方法で回収した特定有害物質を処理できることを確認する必要があります。

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、土壤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

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工法です。本工法のメカニズムについてはp. 5をご覧ください。

浄化効率を上げるためには特定有害物質濃度が高い場所に揚水井戸等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。また、次のような場合には、浄化に長い時間を要することがあります。

特定有害物質の濃度が高い場合　土壌の透水性が低い場合、透水性が不均質な場合　吸着性が高い場合　油類が含まれている場合等。

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。吸着処理としては活性炭吸着や樹脂吸着、分解処理としては紫外線酸化分解、触媒酸化、熱分解、揮散処理としては曝気等があります。

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、事前に位置づ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。

2. 要求品質

事前のボーリング調査等により基準不適合土壌の範囲や深さを把握しておく必要があります。

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、自治体によっては、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。

事前の試験や実績等により、選定した処理方法で回収した特定有害物質を処理できることを確認する必要があります。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。

地下水揚水終了後、措置実施場所において、1年に4回以上地下水の水質を定期的に測定し、地下水基準に適合した状態が2年間継続することを確認する必要があります。

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壤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その他の基準項目（BOD、pH等）を抽出又は分解等により除去した後、排水基準に適合させて公共用水域に排水するか、排除基準に適合させて下水道に排除します。また、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、自治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となります。

水処理等において、振動や騒音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土壤の透水性が低い又は不均質な場合、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け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・土壤汚染範囲の拡大及び新たな土壤汚染の発生

特定有害物質濃度が低い場所に揚水井戸を設置すると、地下水や土壤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洩すると、新たな土壤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洩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）が含まれている場合、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	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	
				措置の位置づけが明確となっているか（「原位置浄化」、「地下水汚染拡大防止」）。	施主との契約内容の確認	
				事前のボーリング調査等により基準不適合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基準不適合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	
				透水性は十分高いか（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	
				透水性は十分均質か。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				汲み上げ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	工場の設計	現場試験	井戸の位置・スクリーン深度は適切か（対象範囲全体から抽出できるか、汚染範囲を拡大しないか、帯水層下部の難透水性の地層を貫通し汚染を拡散することにならないか）。	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	
				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	
振動・騒音は許容レベルか。				機器性能の確認		
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	
施工方法	施工条件の確認	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		
			準備	届け出	条例等	条例等により揚水の届出が必要ないか。
期中管理	準備	資機材	装置性能	設計どおりの仕様で揚水・水処理できるか。	試運転結果の確認	
				施工中	モニタリング・維持管理	揚水
	浄化	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			
	水処理	設計どおりの水処理が行われているか。	排水濃度、処理水量の確認			
	地盤	地盤沈下は生じていないか。	水準測量結果の確認			
	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、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成して下さい。

原位置浄化（原位置抽出）：エアースパーキング（土壌汚染の除去）

適用対象物質と措置の完了後の区域

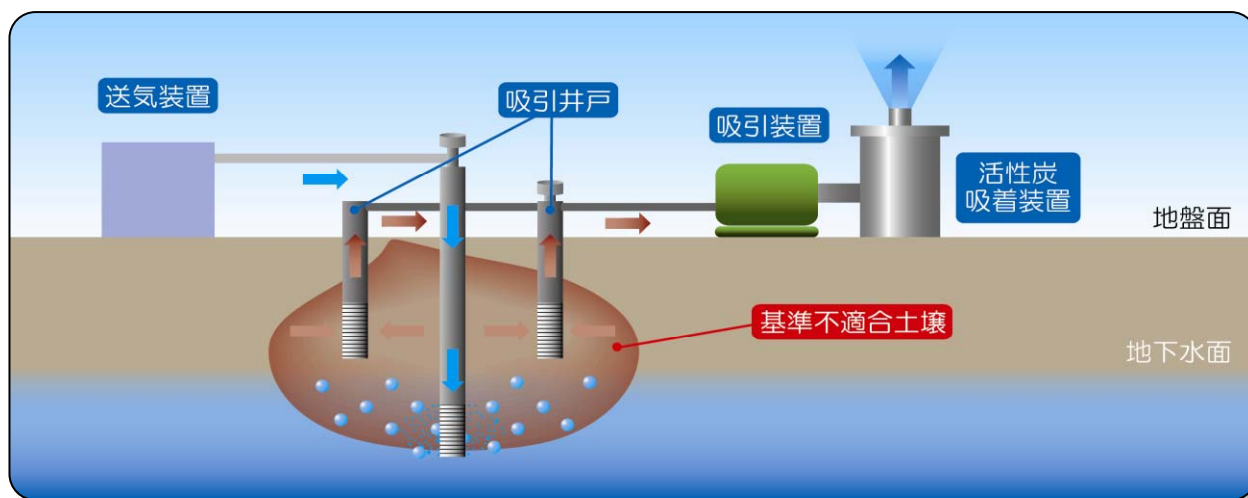
すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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
	×	×	区域解除

措置技術の概要

地下水等に空気を吹き込み、特定有害物質を揮発させるとともに、不飽和帯を減圧吸引し、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、特定有害物質を地下水から除去する工法です。

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。



(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

- ・ 事前の現地試験等により、吹込み量（スパージ量）や到達範囲、吸引量や吸引範囲、圧力変化、及びそれらの関係等について把握しておく必要があります。
- ・ 当該処理により、浄化対象物質を除去したことを確認した後、措置を行った区域において1年に4回以上地下水の水質を定期的に測定し、地下水基準に適合した状態が2年間継続することを確認する必要があります。
- ・ 事前の適用可能性試験や実績等により、選定した処理方法で回収した特定有害物質を処理できることを確認する必要があります。

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壌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

ブロー等により井戸等から地下水に空気を吹き込み、特定有害物質を揮発させるとともに、真空ポンプ等により井戸から減圧吸引し、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、特定有害物質を地下水から除去する工法です。

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。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、スパージ量や吸引量を変更したり、新たに井戸を増設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。また、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、吸着性が高い場合、油類が含まれている場合等は、浄化に長い期間を要する場合があります。

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。

2. 要求品質

事前のボーリング調査等により基準不適合土壌の範囲や深さを把握しておく必要があります。

事前の現地試験等により、吹込み量（スパージ量）や到達範囲、吸引量や吸引範囲、圧力変化、及びそれらの関係等について把握しておく必要があります。また、吸引に伴って地下水が汲み上がるかどうかを把握しておく必要があります。

事前の適用可能性試験試験や実績等により、選定した処理方法で回収した特定有害物質を処理できることを確認する必要があります。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。

エアースパーキング終了後、措置実施場所において、1年に4回以上地下水の水質を定期的に測定し、地下水基準に適合した状態が2年間継続する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

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、地盤の均質性が十分でないと、エアーの吹き込みによって特定有害物質が効率よく回収されず、かえって地下水への溶出を促進し、より高濃度の汚染地下水を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うえ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。

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。処理ガス（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、自治体等と事前に協議し、決定しておくことが重要です。

吹込みや減圧吸引、ガス処理等において、振動や騒音が発生しないことを確認する必要があります。

また、ガス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。

原位置浄化：エアースパーキングの説明（2/2）

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又は不均質な場合、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、若しくは水処理装置を設置し、処理する必要があります。

（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などして汚染が拡散する場合があります。事前に効果予測等を行った上で井戸位置やスパー量等を設定するとともに、スパー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、スパー量等を適時制御することが必要となります。

【原位置浄化（エアースパージング）：チェックリストの例】

措置名称：エアースパージング

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	事前のボーリング調査等により基準不適合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基準不適合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	
				透水性・透気性は十分高いか。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				透水性・透気性は十分均質か。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認	
				吸着性は十分低い。油類は含まれていないか。	ボーリング柱状図、土質試験結果、詳細調査結果、揚水試験結果等の確認	
				エア어의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	
	設計	工法の設計	現場試験	井戸の位置・スクリーン深度は適切か（対象範囲全体をスパージできるか、スパージガスを回収できるか）。	現場スパージング試験結果	
				ブLOWER・コンプレッサー等の風量は十分か（対象範囲全体をスパージできるか、スパージガスを回収できるか）。	現場吸引試験結果	
				吸引によって地下水が汲み上げられないか。汲み上げる場合はその対策が講じられているか。	現場吸引試験結果	
				排ガス中の特定有害物質濃度の管理値・方法が決まっているか。	担当行政や周辺住民等との協議内容の確認	
		設計条件	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		
			振動・騒音は許容レベルか。	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	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ングされているか。	スパージ井戸・観測井でのスパージ量・ガス圧・地下水位等の確認	
			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。	吸引井戸・観測井でのスパージ量・ガス圧・地下水位等の確認	
			ガス処理	設計どおりのガス処理が行われているか。	排ガス濃度、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、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成して下さい。

原位置浄化（原位置分解）：化学処理（土壤汚染の除去）

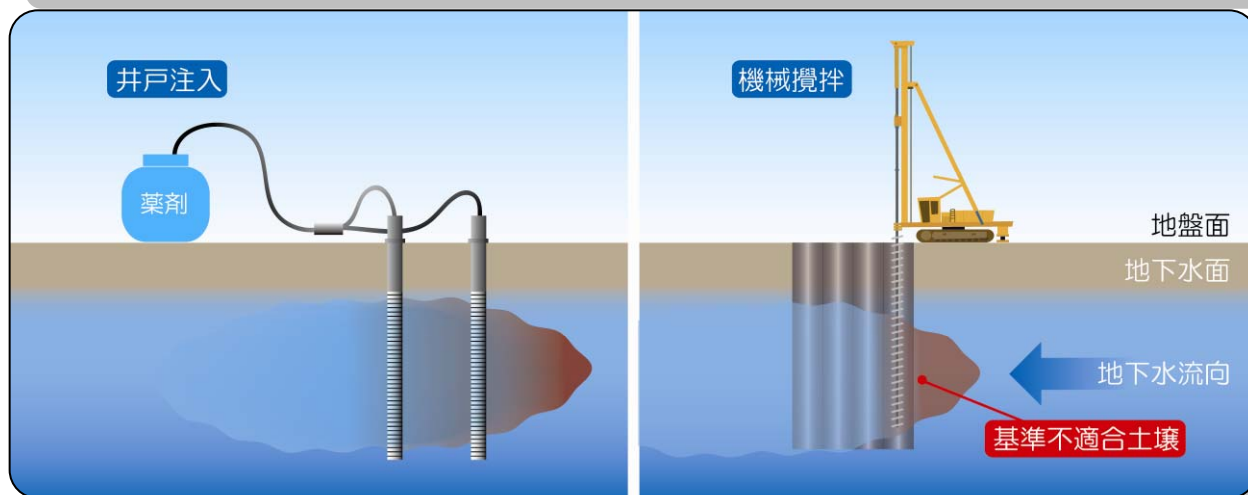
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質 (シアン化合物)	第三種特定有害物質	措置の完了後 区域解除
-----------	-----------------------	-----------	----------------

措置技術の概要

井戸等から薬剤を注入したり、土壤を攪拌する機械を用いて薬剤と土壤を混ぜ合わせたりすることにより、特定有害物質と薬剤を反応させ、化学的に分解する工法です。一般的に酸化反応や還元反応により特定有害物質を分解します。



(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により、対象とする特定有害物質を分解する薬剤及びその反応条件を確認することが必要です。
- ・ 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、薬剤を処理対象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、浄化対象物質を除去したことを確認した後、措置の完了後、措置区域内で地下水の水質の測定を行い、地下水基準に適合していることを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

- ・ 添加する薬剤は、無害なものや土壤中で無害なものに分解するものを使用します。
- ・ 薬剤を土壤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、必要に応じて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対象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壤の浄化は、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

化学処理には、大きく分けて酸化分解と還元分解があります。薬剤の注入工法としては、井戸からの注入、薬液注入工法、及び攪拌混合機械を用いた直接混合等があります。

酸化分解

オゾン、過酸化水素、過マンガン酸塩、及び過硫酸塩等を用いる処理や過酸化水素と鉄塩を使用するフェントン法等があり、有機性の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

主に鉄粉を用いて、有機塩素化合物を還元分解します。

2. 要求品質

浄化対象とする土壌や地下水を用いて、対象とする特定有害物質を分解する薬剤及びその反応条件を事前に確認することが必要です。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、効果があることを確認することが重要です。

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、薬剤を対象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、井戸等からの注入では薬剤を対象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。

原位置分解後、措置区域内で地下水の水質の測定を行い、地下水基準に適合していることを2年間確認します（1年に4回以上）。

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無害なものに分解するもの等を使用します。一部の薬剤は、毒物及び劇物、危険物等に指定されているものもあるため、保管時や使用時には、関連する法令を遵守し、取り扱いには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されたり、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が土壌から溶け出す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対象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。

原位置浄化：化学処理の説明（2/2）

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曝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、設計施工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壤に混合した場合、泥状化した土壤が地表面から噴出したり、地表面の盛り上りが発生することや、施工後地盤が軟弱化することがあります。対象とする地質構造を十分に把握し、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、施工中の養生や施工後の地盤改良等を行います。

(3) 土壤中への薬剤注入時の噴出事故

薬剤を土壤中に注入した場合、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。地表面から薬剤が噴出することが無いようになるべく圧力をか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、井戸のシーリング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	土壌溶出量基準に不適な土壌の範囲及び深さを確認しているか。	調査報告書の確認	
				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。	調査報告書の確認	
				酸化・還元剤を原位置注入できる地盤環境であるか。	調査報告書の確認	
		安全性確認	安全計画	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、最終的に浄化されるか。	実績及び文献等の既存データの確認	
		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地下水を用いた適用可能性試験にて検証	
			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	
現場試験	現地にて効果を確認できたか。		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			
期中管理	準備	届出	法条例	酸化・還元剤の利用に関する報告は必要ではないか。	必要に応じて労働基準監督署に報告	
	施工中	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洩や噴出はないか。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認	
		モニタリング・維持管理	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	
	施工後	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。	施工計画書に基づく対象物質の分析結果の確認	
周辺環境			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か。	施工計画書に基づく対象項目の分析結果の確認		

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下さい。

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	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。	調査報告書の確認		
				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。	調査報告書の確認		
				酸化・還元剤を原位置にて攪拌混合できる地盤環境であるか。	調査報告書の確認		
		安全性確認	安全計画	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、最終的に浄化されるか。		実績及び文献等の既存データの確認	
				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地下水を用いた適用可能性試験にて検証
		設計条件	攪拌混合地点の配置、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		
		工法決定	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		
		現場試験	現地にて効果を確認できたか。	現地にて原位置試験を行い、効果及び設計条件や工法の妥当性を検証			
期中管理	準備	届出	法条例	酸化・還元剤の利用に関する報告は必要ではないか。	必要に応じて労働基準監督署に報告		
	施工中	作業	原位置攪拌	酸化・還元剤の注入量、混合深度等は適切か。	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したりしていないか。	日常観察結果より確認、あるいは養生や散水の実施		
		モニタリング・維持管理	評価	対象物質は想定とおりの浄化傾向にあるか。	品質管理チェックシート作成		
	施工後	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。	施工計画書に基づく対象物質の分析結果の確認		
			周辺環境	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か。	施工計画書に基づく対象項目の分析結果の確認		

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下さい。

原位置浄化（原位置分解）：生物処理（土壤汚染の除去）

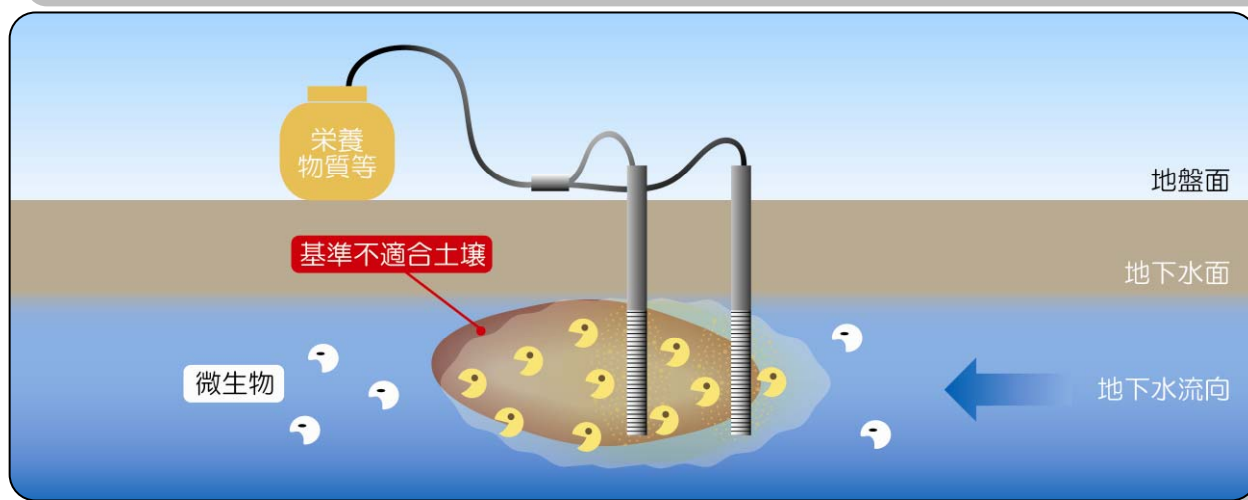
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない。

第一種特定有害物質	第二種特定有害物質 (シアン化合物)	第三種特定有害物質	措置の完了後 区域解除

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工法です。井戸等を利用して土壤中に酸素（通常は空気を使用）や栄養物質等を注入することにより、土壤中の微生物を活性化させ、特定有害物質を分解します。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、注入する場合があります。



(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

- 対象物質の分解が可能となることが明らかとなっている種類の生物処理を適用することが重要であり、必要に応じて事前に適用可能性試験を行います。
- 地下水モニタリング等を適宜行い、土壤中の環境条件や浄化の進捗を確認し、必要に応じて酸素や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。
- 当該原位置浄化し、浄化対象物質を除去したことを確認した後、措置区域内で地下水の水質の測定を行い、地下水基準に適合していることを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

- 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となります。
- 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対象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壤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

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。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。

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。

2. 要求品質

生物処理は好氣的条件下で行うものや嫌氣的条件下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のが明らかとなっている生物処理を適用することが重要です。必要な場合、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います。

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、酸素や栄養物質等を対象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、酸素や栄養物質等を対象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、土壌中の環境が分解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、必要に応じて酸素や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。

原位置分解後、措置区域内で地下水の水質の測定を行い、地下水基準に適合していることを2年間確認します（1年間に4回以上）。

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

生物処理では、酸素や栄養物質等の注入によって特定有害物質や栄養物質等が対象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行ったり、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。

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31日、経済産業省・環境省告示四号）に従い、土壌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、栄養物質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。

原位置浄化：生物処理の説明（2/2）

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) 土壌中への薬剤注入時の噴出事故

土壌中に注入した場合、井戸や周辺部から栄養物質等や地下水が噴出してしまうことがあります。地表面から栄養物質等や地下水が噴出することが無いようになるべく圧力をか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

適用範囲外からの特定有害物質の供給が続いたり、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、あるいは酸素や栄養物質等を対象範囲内に十分に拡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、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、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（嫌気性生物処理）

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。	調査報告書の確認	
				措置対象物質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	
				嫌気性生物処理を適用できる地盤環境であるか。	調査報告書の確認	
				措置対象物質を分解可能な微生物が対象範囲に存在するか。	既存データからの推定、又は土壌菌相の測定	
				栄養物質等を原位置注入できる地盤環境であるか。	調査報告書の確認	
		安全性確認	安全計画	有害なガスや反応生成物等が発生しないか。	実績及び文献等の既存データの確認	
		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。また、適切な栄養物質を選定できたか。	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	
			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	
現場試験	現地で効果を確認できたか。		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			
期中管理	施工中	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洩や噴出はないか。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認		
		モニタリング・維持管理	浄化対象物質	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	
			評価	対象範囲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		特定有害物質や栄養物質、及び反応生成物等が対象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		
		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			
	施工後	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。	施工計画書に基づく対象物質の分析結果の確認	
周辺環境			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か。	施工計画書に基づく対象項目の分析結果の確認		

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下さい。

措置名称：バイオスティミュレーション（好気性生物処理）

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。	調査報告書の確認	
				措置対象物質は好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	
				好気性生物処理を適用できる地盤環境であるか。	調査報告書の確認	
				措置対象物質を分解可能な微生物が対象範囲に存在するか。	既存データからの推定、又は土壌菌相の測定	
				空気や栄養物質等を原位置注入できる地盤環境であるか。	調査報告書の確認	
		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。また、適切な栄養物質を選定できたか。	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	
				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	
			設計条件	空気の注入地点の配置、及び注入流量や注入深度は適切か。	既存データ、シミュレーション、又は現場試験による確認	
				現場試験	現地にて効果を確認できたか。	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
期中管理	施工中	作業	原位置注入	空気や栄養物質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	
				空気や栄養物質等の注入圧は適切か。注入地点周辺からの漏洩や噴出はないか。	既存データ、適用可能性試験、及び日常観察結果より確認	
		モニタリング・維持管理	浄化対象物質	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	
			評価	対象範囲は好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	特定有害物質や栄養物質、及び反応生成物等が対象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			
		空気の注入によって特定有害物質が大気へ揮散していないか。	環境管理チェックシート作成			
	施工後	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。	施工計画書に基づく対象物質の分析結果の確認	
			周辺環境	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か。	施工計画書に基づく対象項目の分析結果の確認	

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下さい。

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

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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.102 参照）。

原位置浄化：原位置土壌洗浄（土壌汚染の除去）

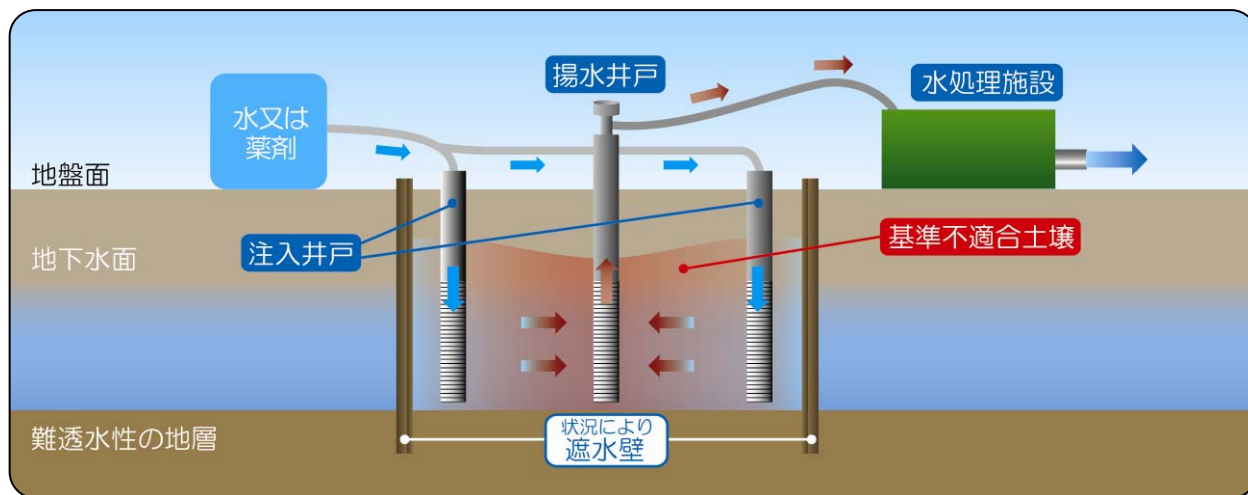
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

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 区域解除

措置技術の概要

飽和帯又は不飽和帯に、清浄な水又は溶出促進剤を注入し、併せて地下水を汲み上げ、地上に回収することによって、特定有害物質を地下水又は土壌から除去する工法です。



(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

- ・ 溶出促進剤を使用する場合、薬剤中に有害物質が含まれていない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、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。
- ・ 当該原位置浄化を行い、浄化対象物質を除去したことを確認した後、措置を行う区域において1年に4回以上地下水の水質を定期的に測定し、地下水基準に適合した状態が2年間継続することを確認する必要があります。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

- ・ 原位置土壌洗浄では、土壌から地下水への特定有害物質の溶出を促進させますので、特定有害物質が溶出した地下水を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する必要があります。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。

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. 説明

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、又は酸やアルカリ、界面活性剤、有機溶媒等の溶出促進剤を注入し、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する工法です。

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、注入量や揚水量を変更したり、新たに井戸を増設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することが望まれます。また、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、透水性が不均質な場合、吸着性が高い場合、油類が含まれている場合等は、浄化に長い期間を要する場合があります。

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。

2. 要求品質

事前のボーリング調査等により基準不適合土壌の範囲や深さを把握しておく必要があります。

原位置土壌洗浄では、土壌から地下水への特定有害物質の溶出を促進させますので、特定有害物質が溶出した地下水を確実に回収することが重要です。

溶出促進剤を使用する場合、薬剤中に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しておく必要があります。また、土壌中で薬剤が安定であ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、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、自治体によっては、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。

事前の現地試験や実績等により、選定した処理方法で回収した特定有害物質を処理できることを確認する必要があります。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。

原位置土壌洗浄終了後、措置実施場所において、1年に4回以上地下水の水質を定期的に測定し、地下水基準に適合した状態が2年間継続することを確認する必要があります。

原位置浄化：原位置土壌洗浄の説明（2/2）

3. 汚染拡散防止及び周辺環境管理

注入井戸や揚水井の位置、注水量や揚水量によっては、地下水汚染や土壌汚染を拡大してしまう場合があるため、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。

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となります。

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基準項目（BOD、pH等）を抽出又は分解等により除去した後、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となります。

水処理等において、振動や騒音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土壌の透水性が低い又は不均質な場合、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け込み、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。

(2) 溶出促進剤の機能劣化

溶出促進剤が土壌中で微生物分解を受け、溶出促進機能を発揮しなかったり、微生物スライムにより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、薬剤の種類によっては対象物質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。

【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	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		
				適用可能な特定有害物質であるか。	適用可能性試験結果、既存文献等の確認		
				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		
				透水性は十分高いか（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		
				透水性は十分均質か。	ボーリング柱状図、土質試験結果、揚水試験結果等の確認		
				地下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		
				汲み上げ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		
		安全性確認	薬剤	溶出促進剤に有害な物質が含まれていないか。			
		工法の設計		現場試験	井戸の位置・スクリーン深度は適切か（対象範囲全体を洗浄できるか、汚染範囲を拡大しないか、帯水層下部の難透水層を貫通し汚染を拡散することにならないか）。	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	
	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）。	適用可能性試験結果、既存文献等の確認		
	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	準備	届け出	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		
		資機材	装置性能	設計どおりの仕様で揚注水・薬剤供給・水処理できるか。	試運転結果の確認		
	施工中	モニタリング・維持管理	揚注水		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・観測井での揚水量・地下水位等の確認	
			薬剤供給		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	
			浄化		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	
	施工後	浄化完了確認	浄化状況		観測井において特定有害物質濃度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、上記事例を参考に、現場の状況に応じたチェックリストを作成して下さい。

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

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質 (対象外)	第二種特定有害物質 (含有量のみ)	第三種特定有害物質 (対象外)	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舗装することで、人への曝露経路を遮断することを目的とした措置です。

舗装では、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ものにより覆います。



(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、モルタルその他の土壌以外のものであって、容易に取り外すことができないもの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

舗装の施工中は、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じる必要があります。舗装の施工後は、定期的に点検し被覆材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

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 以上は余裕を持って囲むことが望ましいといえます。

舗装の説明

1. 措置技術の説明

舗装とは、コンクリート若しく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。

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る。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る。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いこと、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、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となりません。

【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な土壌の範囲及び深さを確認しているか。	調査報告書の確認	
				土壌溶出量を確認し、地下水摂取リスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	調査報告書の確認	
		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	
				基準不適合土壌が存在する平面範囲より余裕をもって設置されるか	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	
	施工方法	施工方法の検討	施工計画書の作成	基準不適合土壌の位置出しが確実に行われるか。	措置計画書の確認	
				舗装範囲の位置出しが確実に行われるか。	措置計画書の確認	
				路盤の転圧管理方法が定められているか。	措置計画書の確認	
				舗装の層厚管理方法が定められているか。	措置計画書の確認	
期中管理	施工中	作業	舗装作業	施工計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視・書類で確認	
		維持管理	評価	舗装材料に変状が発生していないか。	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下さい。

立入禁止（土壤汚染の管理）

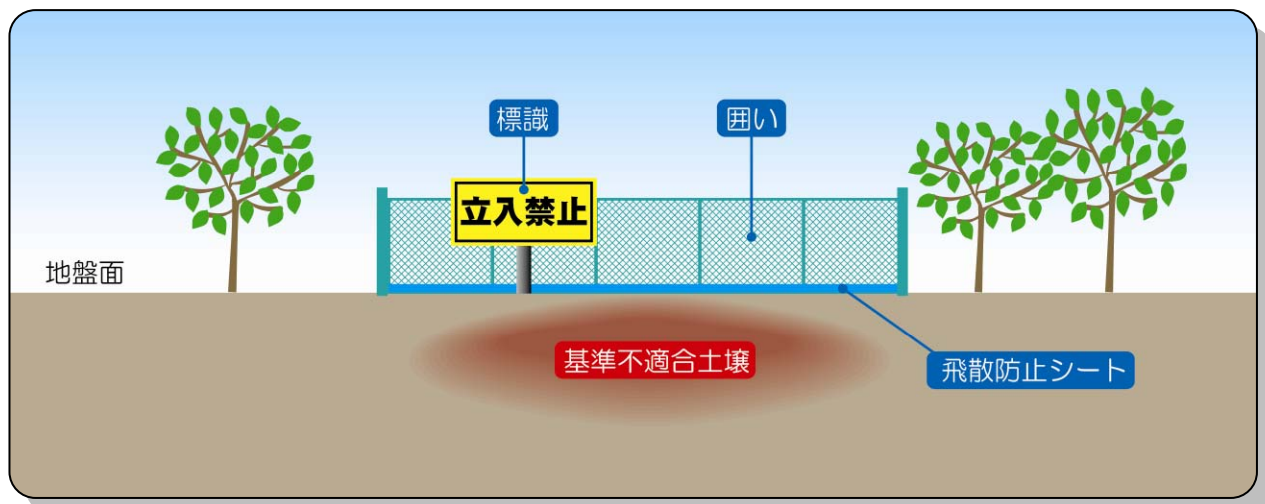
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質 （対象外）	第二種特定有害物質 （含有量のみ）	第三種特定有害物質 （対象外）	措置の完了後 形質変更時要届出区域

措置技術の概要

立入禁止は、基準不適合土壤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を設置し、立入禁止であることを明示します。



要求品質のポイント

- ・ 人が立ち入ることがなく適正に管理する必要があります。
- ・ 塀、フェンス等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、進入禁止を喚起できれば柵、ロープ、有刺鉄線等でもかまいません。
- ・ 基準不適合土壤の表面には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

立入禁止の施工中は、基準不適合土壤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る必要があります。立入禁止の施工後は、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、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く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

立入禁止は、基準不適合土壤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壤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。

2. 要求品質

物理的に人の立入りを制限する囲い、土壤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壤の飛散等が防止できないことから、基準不適合土壤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壤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、表流水等による土壤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

基準不適合土壤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壤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、汚染された土壤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できます。

(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、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となりません。

【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。	調査報告書の確認	
				土壌溶出量を確認し、地下水摂取リスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	調査報告書の確認	
		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	
				堀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	
				基準不適合土壌が存在する平面範囲より余裕をもって設置されるか	設計図書の確認	
				基準不適合土壌の位置出しが確実に実行されるか。	措置計画書の確認	
	施工方法	施工方法の検討	施工計画書の作成	囲いの位置出しが確実に実行されるか。	措置計画書の確認	
				囲いがしっかりと設置される方法か。	措置計画書の確認	
				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。	措置計画書の確認	
				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。	措置計画書の確認	
期中管理	施工中	作業	設置作業	施工計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視・書類で確認	
		維持管理	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下さい。

土壌入換え：区域外土壌入換え（土壌汚染の管理）

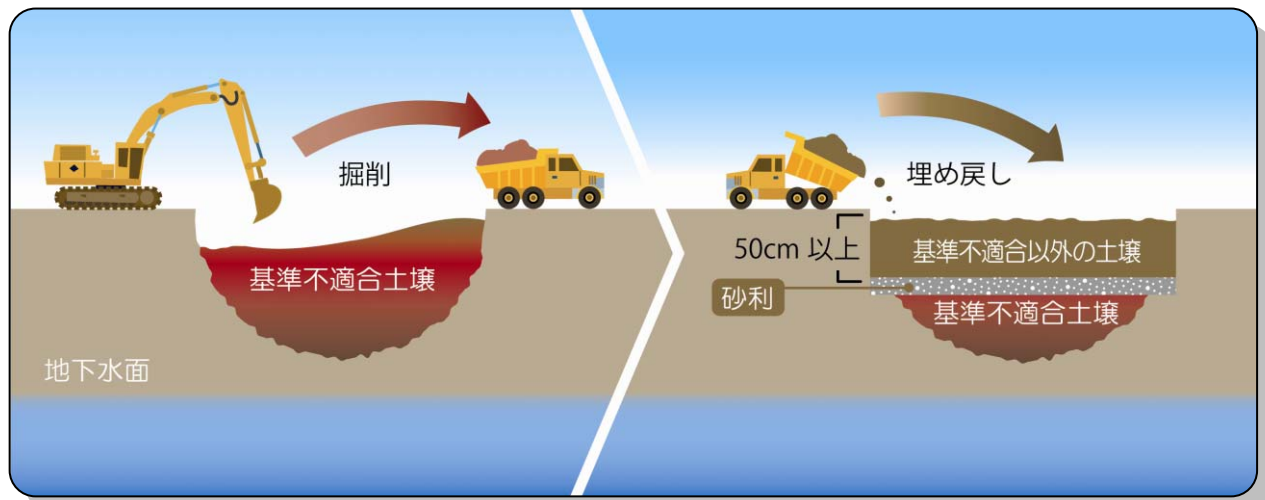
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質 (対象外)	第二種特定有害物質 (含有量のみ)	第三種特定有害物質 (対象外)	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 以上の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います。



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為に、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管理方法として、(社)土壌環境センター第一号技術標準「埋め戻し土壌の品質管理指針について」があるので参考にしてください。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

土壌入換え（区域外土壌入換え）の施工中は、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じる必要があります。施工後は、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が、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も覆います。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埋め戻す必要があります。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してもかまいません。

2. 要求品質

覆いとして使用される土壌が、特定有害物質を除去した土壌の場合には浄化結果を示す証明書、汚染されていない別の土壌の場合には必要に応じ土壌溶出量基準と土壌含有量基準に適合していることを示す分析結果等もあわせて確認をします。品質管理方法の参考として、(社)土壌環境センター第一号技術標準「埋め戻し土壌の品質管理指針について」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等に関するガイドラインに従って下さい。

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できます。

(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めます。

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となりません。

【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。	調査報告書の確認	
				土壌溶出量を確認し、地下水摂取リスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	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。	設計図書の確認	
				区域外から搬入される土壌として基準不適合土壌ではない土壌が選定されているか。	設計図書の確認	
				仕切り材の選定が適切か。	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。	措置計画書の確認	
	施工方法	施工方法の検討	施工計画書の作成	区域外から搬入される土壌は「埋め戻し土壌の品質管理指針について」を参考にした確認が行われるか。	措置計画書の確認	
				仕切り材が確実に敷設されるか。	措置計画書の確認	
				掘削作業、埋戻し作業において、基準不適合土壌及び特定有害物質の飛散、揮散、流出が防止されるか。	措置計画書の確認	
				当該サイトに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。	措置計画書の確認	
				基準不適合土壌の運搬おける飛散防止措置が計画されているか。	措置計画書の確認	
期中管理	施工中	作業	土壌入換え作業	施工計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視・書類で確認	
		維持管理	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下さい。

土壌入換え：区域内土壌入換え（土壌汚染の管理）

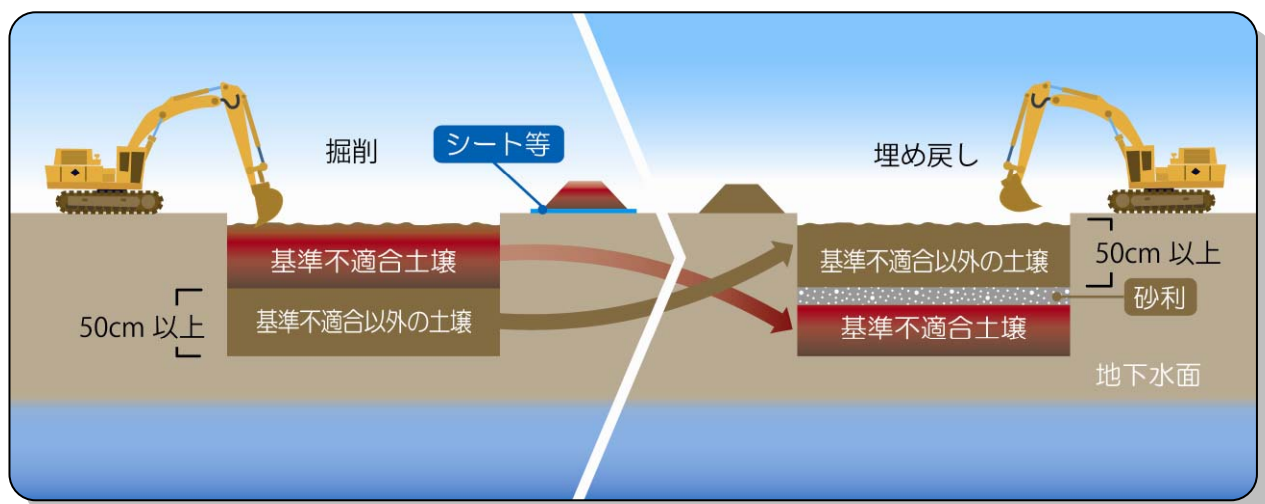
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質 (対象外)	第二種特定有害物質 (含有量のみ)	第三種特定有害物質 (対象外)	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範囲及びその下の基準不適合土壌以外の土壌を 50cm 以上掘削し、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 以上覆います。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、汚染範囲を事前に確認しておく必要があります。
- ・ 埋めた範囲を明確にする為に、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）の施工中は、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じる必要があります。施工後は、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

本措置は直接摂取リスクに対応するものであるが、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、地下水と接触する状況で実施することは避けることが望ましいといえます。

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範囲及びその下の基準不適合土壌以外の土壌を 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。

2. 要求品質

本措置は直接摂取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しいです。

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できます。

(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となりません。

【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を確認しているか。	調査報告書の確認	
				土壌溶出量を確認し、地下水摂取リスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	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。	設計図書の確認	
				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。	設計図書の確認、地下水位の季節変動の把握	
				仕切り材の選定が適切か。	設計図書の確認	
	施工方法	施工方法の検討	施工計画書の作成	基準不適合土壌の位置出しが確実に行われるか。	措置計画書の確認	
				仕切り材が確実に敷設されるか。	措置計画書の確認	
期中管理	施工中	作業	土壌入換え作業	施工計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視・書類で確認	
		維持管理	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などがないか。	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下さい。

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

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質 (対象外)	第二種特定有害物質 (含有量のみ)	第三種特定有害物質 (対象外)	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盛土することで、人への曝露経路を遮断することを目的とした措置です。

盛土では、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います。



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材で覆います。
- ・ 厚さが 50 cm 以上の基準不適合土壌以外の土壌により覆います。
- ・ 汚染されていない他の土壌の品質管理方法として、(社)土壌環境センター第一号技術標準「埋め戻し土壌の品質管理指針について」があるので参考にして下さい。

汚染拡散防止及び周辺環境管理のポイント

盛土の施工中は、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じる必要があります。施工後は、定期的に点検し、被覆材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しいといえます。

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必要があります。

2. 要求品質

覆いとして使用される土壌が、特定有害物質を除去した土壌の場合には浄化結果を示す証明書、汚染されていない別の土壌の場合には必要に応じ土壌溶出量基準と土壌含有量基準に適合していることを示す分析結果等もあわせて確認をします。品質管理方法の参考として（社）土壌環境センター第一号技術標準「埋め戻し土壌の品質管理指針について」があります。

3. 措置に伴う汚染拡散防止に係る留意点

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できます。

(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となりません。

【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な土壌の範囲を確認しているか。	調査報告書の確認	
				土壌溶出量を確認し、地下水摂取リスクへの対応の要不要を適切に判断しているか。	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が確実に把握されているか。	設計図書の確認	
				基準不適合土壌が存在する平面範囲より余裕をもって盛土が設置されるか	設計図書の確認	
				区域外から搬入される土壌として基準不適合土壌ではない土壌が選定されているか。	設計図書の確認	
				仕切り材の選定が適切か。	設計図書の確認	
	施工方法	施工方法の検討	施工計画書の作成	基準不適合土壌の位置出しが確実に行われるか。	措置計画書の確認	
				盛土範囲の位置出しが確実に行われるか	措置計画書の確認	
				区域外から搬入される土壌は「埋め戻し土壌の品質管理指針について」を参考にした確認が行われるか。	措置計画書の確認	
				仕切り材が確実に敷設されるか。	措置計画書の確認	
期中管理	施工中	作業	土壌入換え作業	施工計画どおりに実施されているか。	現地にて、目視・書類で確認	
		維持管理	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下さい。

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

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質 (対象外)	第二種特定有害物質 (含有量のみ)	第三種特定有害物質 (対象外)	措置の完了後 区域解除
--------------------	----------------------	--------------------	----------------

地下水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、措置の完了は、土壤溶出量及び地下水濃度ではなく、要措置区域内で 100 m² に 1 地点の割合で深さ 1 m から基準不適合土壤のある深さまで 1 m ごとの土壤を採取し、土壤含有量基準に適合していることを確認します。

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、処理前は土壤溶出量基準を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壤溶出量基準に適合しなくなるおそれがありますので、注意が必要です。

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

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質 (対象外)	第二種特定有害物質 (含有量のみ)	第三種特定有害物質 (対象外)	措置の完了後 区域解除
--------------------	----------------------	--------------------	----------------

地下水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、措置の完了は、土壤溶出量及び地下水濃度ではなく、要措置区域内で 100 m² に 1 地点の割合で深さ 1 m から基準不適合土壤のある深さまで 1 m ごとの土壤を採取し、土壤含有量基準に適合していることを確認します。

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、処理前は土壤溶出量基準を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壤溶出量基準に適合しなくなるおそれがありますので、注意が必要です。

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）

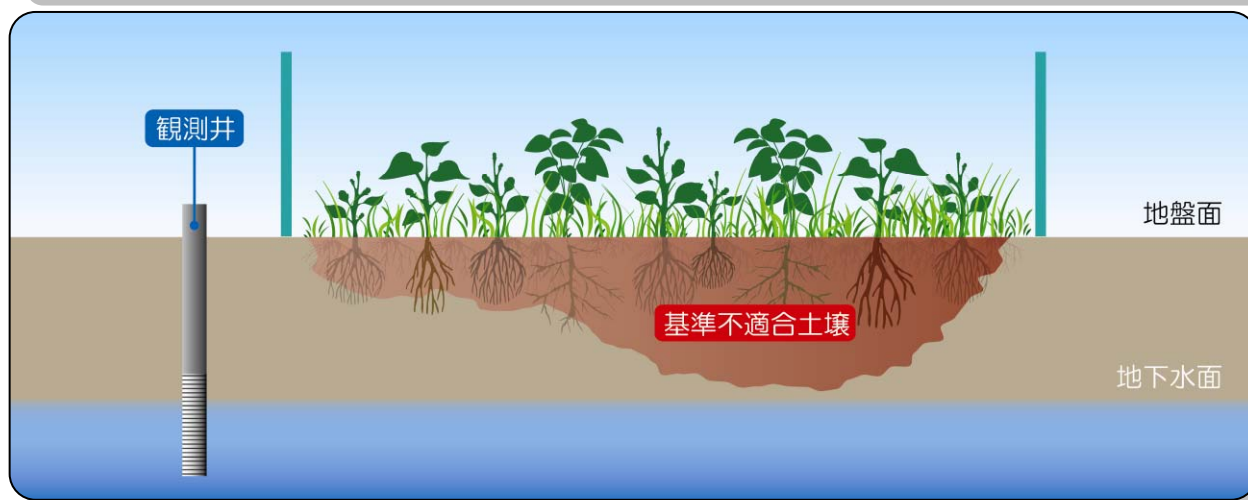
適用対象物質と措置の完了後の区域

すべての物質に適用、一部の物質に適用、×適用できない

第一種特定有害物質 (対象外)	第二種特定有害物質 (含有量のみ)	第三種特定有害物質 (対象外)	措置の完了後 区域解除
--------------------	----------------------	--------------------	----------------

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。



【補足】上図の観測井は、地下水摂取等の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

- ・ 根が適用する汚染深度まで到達し、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。

2. 要求品質

根が適用する汚染深度まで到達し、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。

措置の完了後のためには、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。

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行くことが必要です。

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、一般の人の立ち入りを禁止し、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な土壌の範囲及び深さを確認しているか。	調査報告書の確認	
				対象とする特定有害物質の種類、濃度、及び汚染深度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	
		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	
				刈入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	
現場試験	現地にて効果を確認できたか。	現地にて試験栽培等を行い、効果を検証				
期中管理	施工中	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	
				植物の生育は順調か。	品質管理チェックシート作成	
		モニタリング・維持管理	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たりしていないか。	環境管理チェックシート作成	
	環境影響	環境影響	対象範囲内に雑草等の他の植物が生育していないか。	環境管理チェックシート作成		
			措置対象物質の濃度は完了条件を満足しているか。	施工計画書に基づく対象物質の分析結果の確認		
施工後	措置の完了確認	浄化効果	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		
			産廃処分			

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下さい。