

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

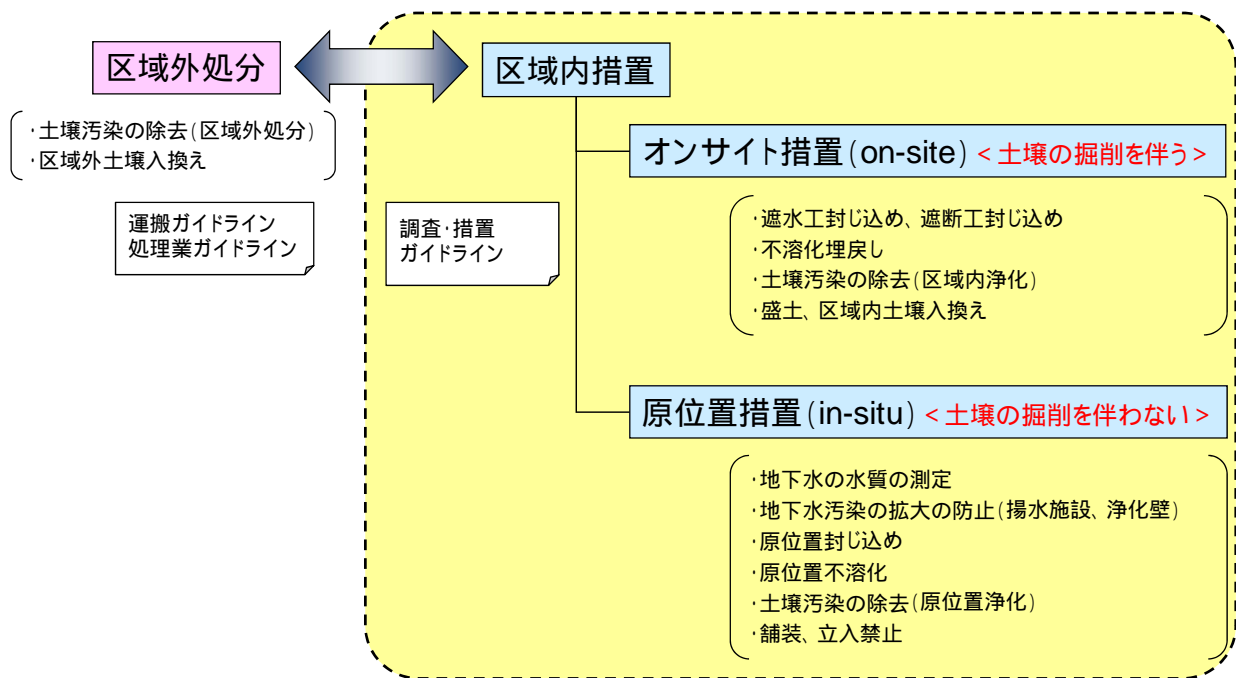


図-1 区域内措置の位置付け

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。	

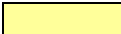

○：すべての物質に適用可、△：一部の物質又は特定の条件で適用可、×：適用は難しい

○ 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壌については、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：基準不適合土壌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：基準不適合土壌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。

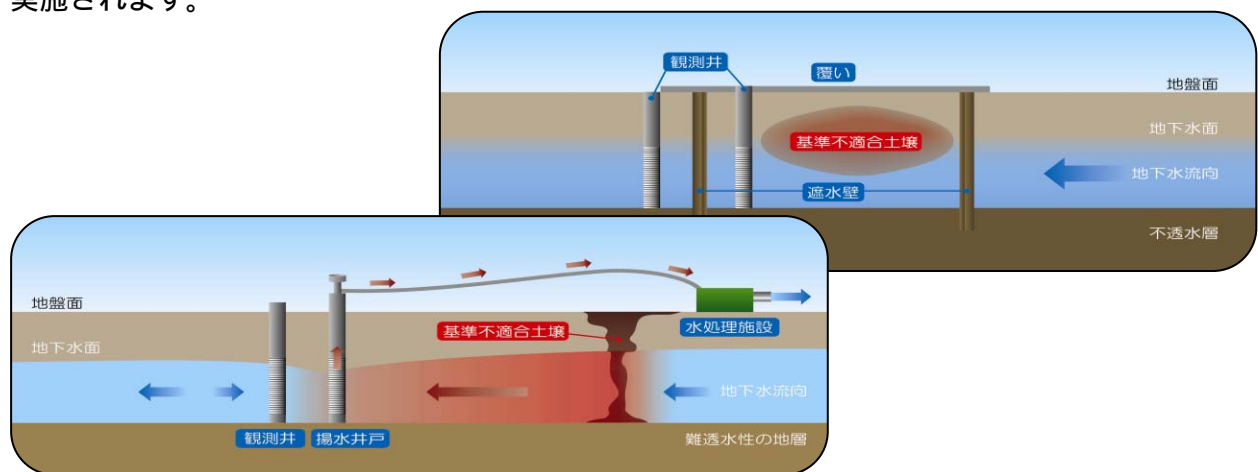


図-2 原位置封じ込め（右上）及び地下水汚染の拡大の防止：揚水施設（左下）の例

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。

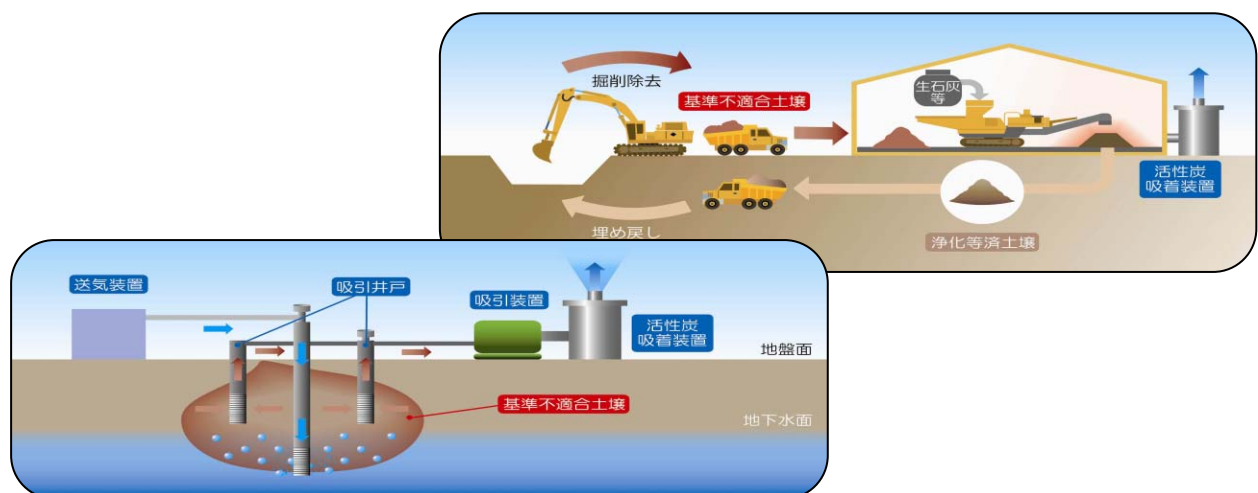


図-3 オンサイト浄化（抽出処理；右上）及び原位置浄化（原位置抽出；左下）の例

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。

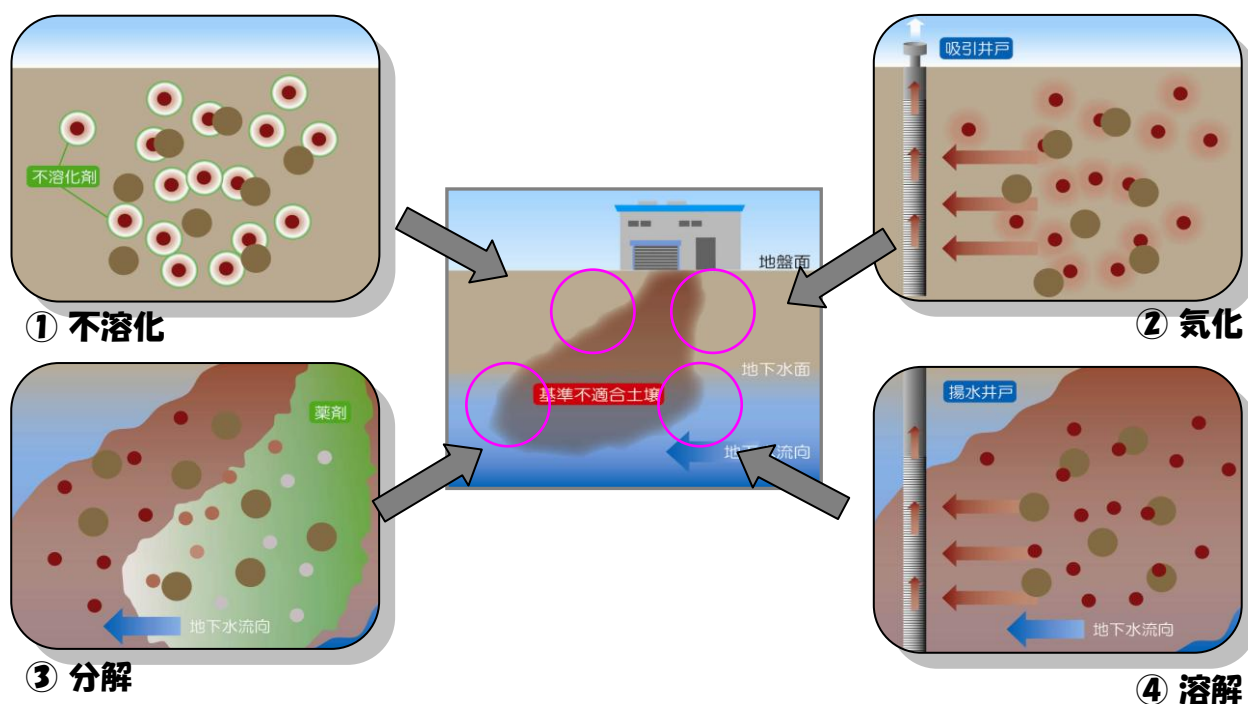


図-4 土壌汚染に対する措置のメカニズム

- 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。