

③ 対策技術編

P32

- ・ 第二溶出量基準一覧

P33

- ・ 第二溶出量基準値を超えた場合の対策選定フロー

P34

- ・ 基準不適合土壌への対策方法の解説

P36

舗装

P36

盛土

P37

土壌入換え（区域内・区域外）

P38

原位置不溶化

P38

不溶化埋め戻し

P39

原位置封じ込め

P39

遮水工封じ込め

P40

遮断工封じ込め

P41

土壌ガス吸引

P41

地下水揚水

P42

生物的分解

P42

化学的分解

P43

原位置土壌洗浄

P43

掘削除去

P44

- ・ コラムー土壌汚染対策の実施割合 米国との比較ー

第二溶出量基準一覧

第二溶出量基準は、基準不適合土壌への対策方法を選定する場合の基準で、この基準に適合するか否かで選定できる対策が異なります。第二溶出量基準は、土壌溶出量基準の3倍から30倍の値をもって定められています。

なお、第二溶出量基準を超える場合の対策選定の流れは、次ページを参照してください。

各有害物質の第二溶出量基準一覧 (mg/L)

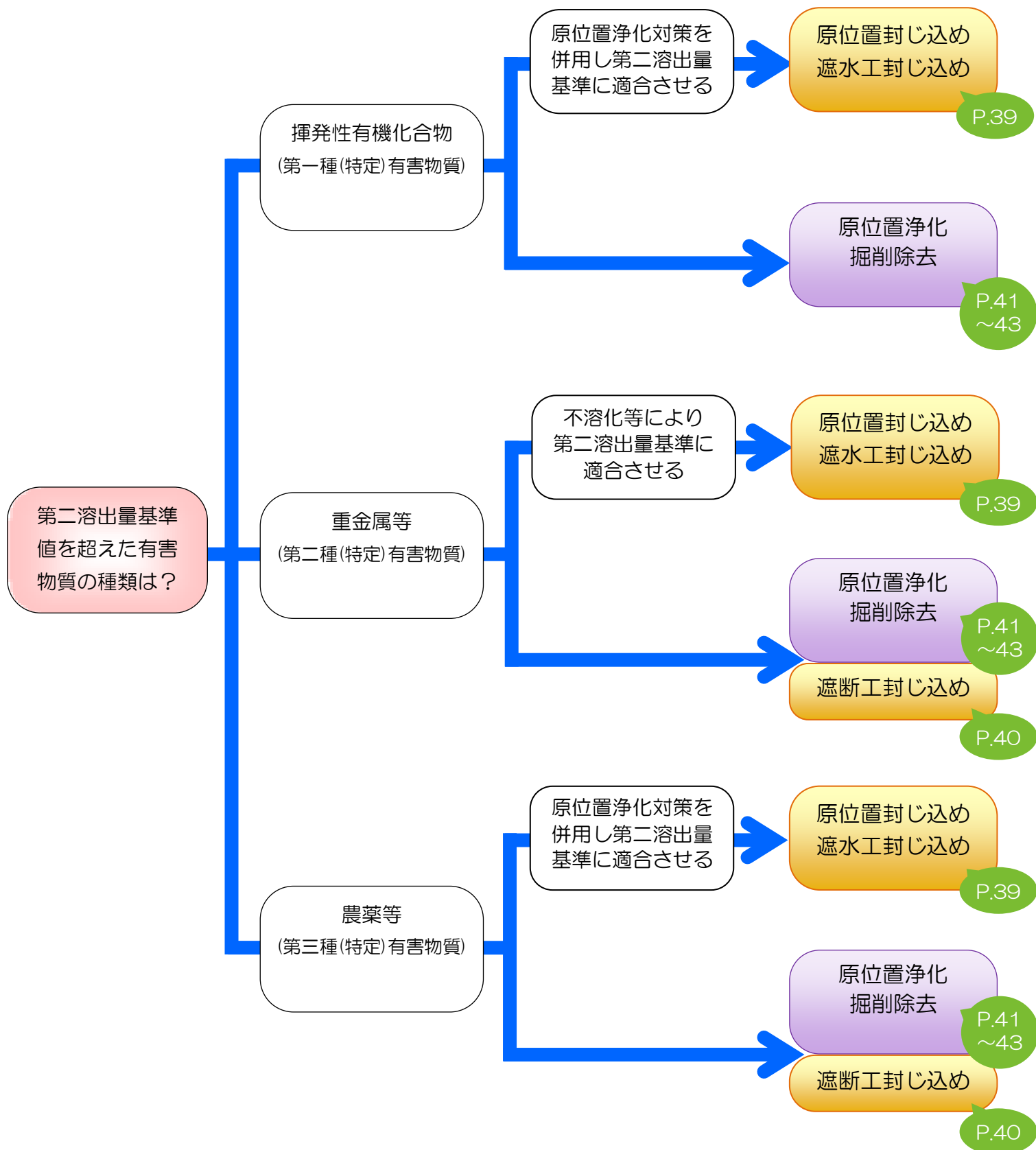
第一種(特定)有害物質 (11種類) 揮発性有機化合物		第二種(特定)有害物質 (9種類) 重金属等		第三種(特定)有害物質 (6種類) 農薬等	
有害物質の種類	基準値	有害物質の種類	基準値	有害物質の種類	基準値
トリクロロエチレン	0.3	カドミウム及びその化合物	0.3	有機 ^{りん} 化合物	1
テトラクロロエチレン	0.1	シアン化合物	1	アルキル水銀化合物	不検出* (0.0005)
ジクロロメタン	0.2	鉛及びその化合物	0.3	ポリ塩化ビフェニル	0.003
四塩化炭素	0.02	六価クロム化合物	1.5	チウラム	0.06
1,2-ジクロロエタン	0.04	砒 ^ひ 素及びその化合物	0.3	シマジン	0.03
1,1-ジクロロエチレン	0.2	水銀及びその化合物	0.005	チオベンカルブ	0.2
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4	セレン及びその化合物	0.3		
1,1,1-トリクロロエタン	3	ほう素及びその化合物	30		
1,1,2-トリクロロエタン	0.06	ふっ素及びその化合物	24		
1,3-ジクロロプロペン	0.02				
ベンゼン	0.1				



*不検出：定められた分析方法で検出される下限の値（ ）内の数値）を下回っていることをいいます。

第二溶出量基準値を超えた場合の対策選定フロー

第二溶出量基準値を超えた場合は、以下の流れに沿って対策を選定します。



基準不適合土壌への対策方法の解説

代表的な土壌汚染の対策方法の概要、注意点、対策費用、対策に要する期間（工期）、及び適用条件について解説します。以下に対策方法の解説の見方を示します。

<対策方法の解説の見方>

適用できる土壌汚染のタイプを表示

- ・土壌含有量基準に不適合
- ・土壌溶出量基準に不適合

対策の特徴を一言で説明しています。

対策の目的の区分を表示

- ・管理型の対策（橙色）
- ・除去型の対策（水色）

対策の名称

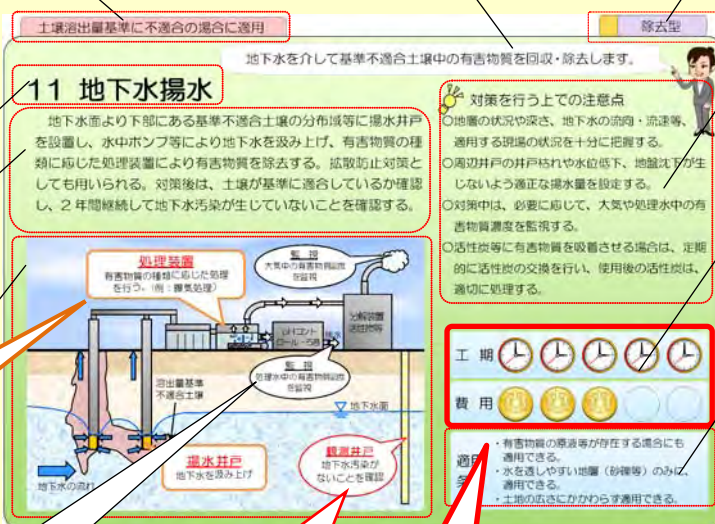
11 地下水揚水

対策の解説

対策の特徴と重要点を解説しています。

対策の解説図

対策の概要を図解しています。



対策を行う上での注意点

対策中、対策後における注意点について説明しています。

対策にかかる工期・対策費用

5段階で評価
詳細は下図参照。

対策の適用条件

適用できる
・有害物質の種類・濃度
・地盤状況
・土地の広さ
等について説明しています。

橙枠：対策の特徴的な項目を説明しています。

黒枠：必要に応じて行う項目を説明しています。

赤枠：対策に必要な項目を説明しています。

工期の5段階評価

工期	🕒	数日以上
工期	🕒🕒	数日～数週間以上
工期	🕒🕒🕒	数週間～数ヶ月以上
工期	🕒🕒🕒🕒	数ヶ月～1年以上
工期	🕒🕒🕒🕒🕒	数ヶ月～数年以上

対策費用の5段階評価※

費用	👄	数千円以上/m ³
費用	👄👄	1～3万円以上/m ³
費用	👄👄👄	3～5万円以上/m ³
費用	👄👄👄👄	5～10万円以上/m ³
費用	👄👄👄👄👄	10万円以上/m ³

※舗装と盛土対策では、m²あたりの単価を示しています。

本ガイドラインに掲載した代表的な対策方法、対策費用及び対策に要する期間（工期）は、次表のとおりです。

土壌汚染対策方法一覧（対策費用と工期）

No.	ページ	対策方法	対策費用(m ³ あたり)	工期
1	P36	舗装	数千円以上 (m ² あたり)	数日以上
2	P36	盛土	数千円以上 (m ² あたり)	数日以上
3	P37	土壌入換え（区域内）	数千円以上	数日～数週間以上
4	P37	土壌入換え（区域外）	3～5万円以上	数日～数週間以上
5	P38	原位置不溶化	3～5万円以上	数日～数週間以上
6	P38	不溶化埋め戻し	3～5万円以上	数週間～数ヶ月以上
7	P39	原位置封じ込め	3～5万円以上	数週間～数ヶ月以上
8	P39	遮水工封じ込め	5～10万円以上	数週間～数ヶ月以上
9	P40	遮断工封じ込め	10万円以上	数ヶ月～1年以上
10	P41	土壌ガス吸引	3～5万円以上	数ヶ月～1年以上
11	P41	地下水揚水	3～5万円以上	数ヶ月～数年以上
12	P42	生物的分解	1～3万円以上	数ヶ月～数年以上
13	P42	化学的分解	1～3万円以上	数日～数週間以上
14	P43	原位置土壌洗浄	3～5万円以上	数週間～数ヶ月以上
15	P43	掘削除去	5～10万円以上	数日～数週間以上

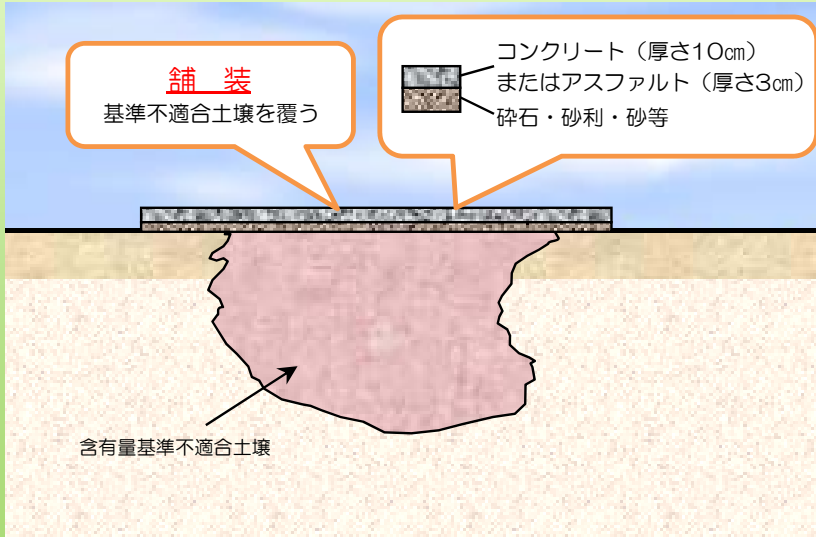
費用・工期は、目安です。

1 舗装

基準不適合土壌に直接触れないよう、舗装により覆います。



基準不適合土壌の上面を、厚さ 10 cm以上のコンクリートまたは厚さ 3 cm以上のアスファルトで舗装し、基準不適合土壌に直接触れることを防止する。舗装を行うことが困難な急傾斜地では、モルタル（砂と水とセメントの混合物）の吹き付け等で代替できる。



対策を行う上での注意点

- 舗装上部の土地利用に応じて、必要な強度を有する舗装構造を選定する。
- 対策後は、定期的に点検し、必要に応じて補修を行う。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。
- 対策後に土地改変を行う際には、改変により基準不適合土壌が飛散・拡散しないよう適切に管理する。また、場外へ基準不適合土壌を搬出する際は、管理票等を用いて適切な処理を確認する。

工期 

費用 

適用条件

- ・土壌含有量基準を超える土壌に適用できる。
- ・土地の広さにかかわらず適用できる。

2 盛土

基準不適合土壌に直接触れないよう、盛土により覆います。



基準不適合土壌の上に、基準に適合する土壌（以下、適合土）を厚さ 50 cm以上盛り（盛土）、基準不適合土壌に直接触れることを防止する。外見上、基準不適合土壌と盛土の区別が困難になるため、盛土と基準不適合土壌の間に目印となる砂利等を敷く。



対策を行う上での注意点

- 盛土上部の土地利用に応じて、必要な強度を有する盛土材を選定する。
- 対策後は、定期的に点検し、必要に応じて補修を行う。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。
- 対策後に土地改変を行う際には、改変により基準不適合土壌が飛散・拡散しないよう適切に管理する。また、場外へ基準不適合土壌を搬出する際は、管理票等を用いて適切な処理を確認する。

工期 

費用 

適用条件

- ・土壌含有量基準を超える土壌に適用できる。
- ・周辺の地形を考慮し、50cm 以上の嵩上げに対して支障がない場所に適用できる。
- ・土地の広さにかかわらず適用できる。

基準不適合土壌に直接触れないよう、地表部の土壌を深部の適合土と入れ換えます。



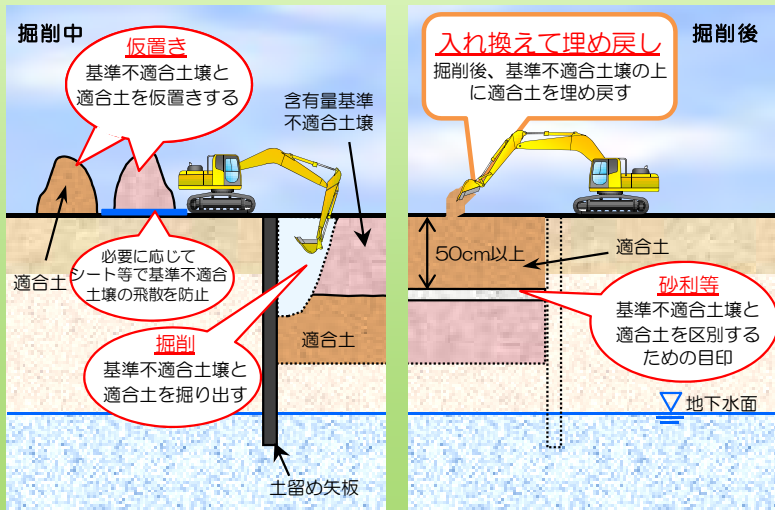
3 土壌入換え(区域内)

基準不適合土壌とその下の基準に適合する土壌（以下、適合土）をいったん掘削して、それぞれの土壌を区別して仮置きし、基準不適合土壌を深部に、適合土を浅部に入れ換えて埋め戻す。適合土の厚さは50cm以上とし、地表面は対策前と同じ高さにする。なお、基準不適合土壌と適合土を区別するため、それぞれの土壌の間には目印となる砂利等を敷く。



対策を行う上での注意点

- 掘削時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対策を行う。
- 基準不適合土壌を仮置きする際は、必要に応じてシートがけ等の飛散防止対策を行う。
- 基準不適合土壌は、地下水面より上に埋め戻すことが望ましい。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。



工期

費用

適用条件
 ・土壌含有量基準を超える土壌に適用できる。
 ・狭い土地では仮置きを考慮する必要がある。

基準不適合土壌に直接触れないよう、地表部の土壌を適合土と入れ換えます。



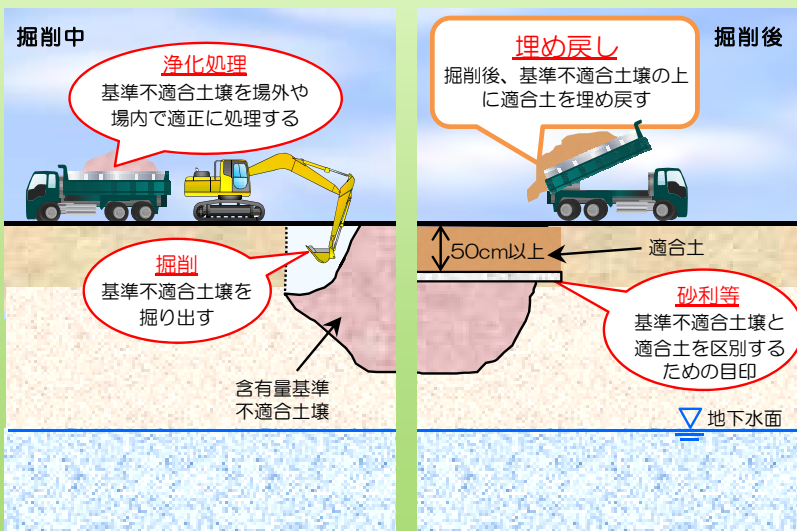
4 土壌入換え(区域外)

基準不適合土壌の上部を掘削後、区域外で適切に処理し、掘削した箇所を基準に適合する土壌（以下、適合土）で埋め戻す。適合土の厚さは50cm以上とし、地表面は対策前と同じ高さにする。なお、基準不適合土壌と適合土を区別するため、それぞれの土壌の間には目印となる砂利等を敷く。



対策を行う上での注意点

- 掘削時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対策を行う。
- 基準不適合土壌を場外へ搬出する際は、シートがけ等により基準不適合土壌の飛散防止対策を行う。また、管理票等を用いて適切な処理を確認する。
- 基準不適合土壌は、地下水面より上に埋め戻すことが望ましい。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。



工期

費用

適用条件
 ・土壌含有量基準を超える土壌に適用できる。
 ・土地の広さにかかわらず適用できる。

基準不適合土壤から有害物質が水に溶け出さないようにします。



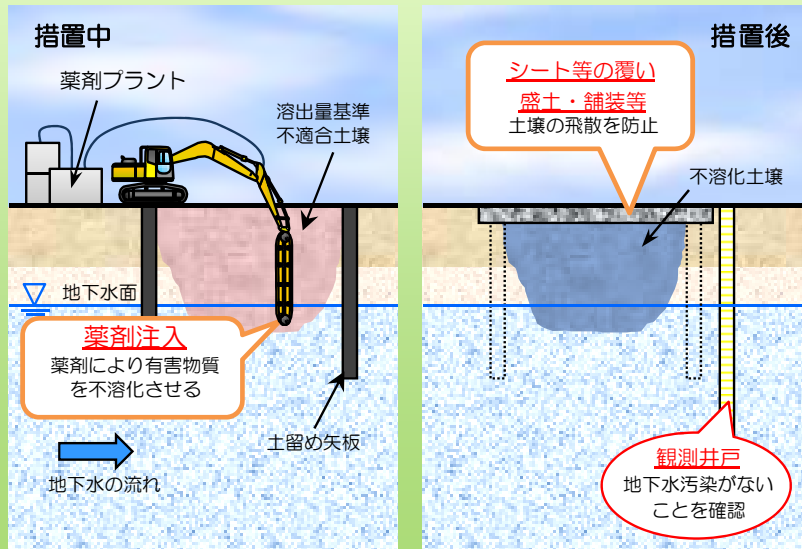
5 原位置不溶化

基準不適合土壤の存在範囲に、薬剤を注入・攪拌し、土壤中の有害物質が水に溶け出さないように処理（不溶化）する。対策範囲の上面は、シート等（盛土・舗装でもよい）で覆い、不溶化土壤が飛散しないようにする。不溶化後、地下水の水質を監視し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



対策を行う上での注意点

- 必要に応じて、対策を行う土壤への薬剤の適用性を事前に調査する。
- 薬剤や有害物質が拡散しないよう、必要に応じて、工事中の遮水や揚水を行う。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。



工期

費用

適用条件

- ・第二種特定有害物質のみに適用できる。
- ・第二溶出量基準を超えない場合のみ適用できる。
- ・狭い土地では仮設等を考慮する必要がある。

基準不適合土壤を有害物質が水に溶け出さないようにして、埋め戻します。



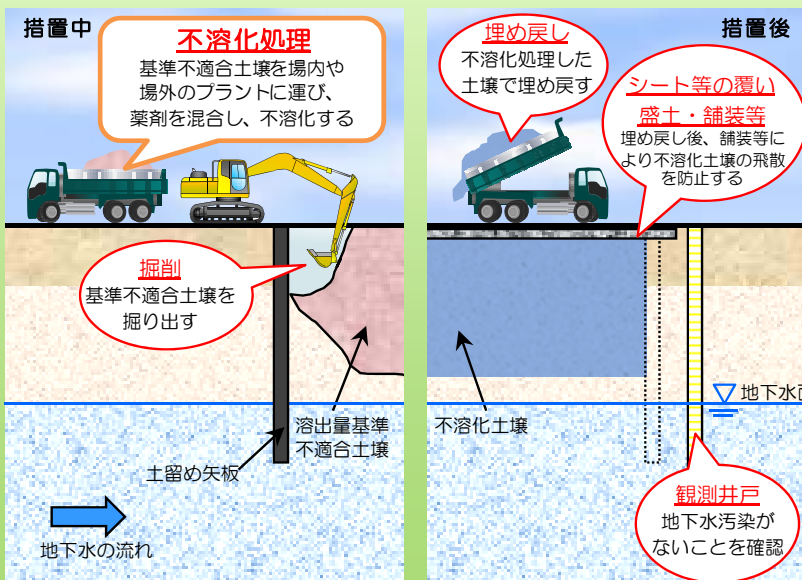
6 不溶化埋め戻し

基準不適合土壤をいったん掘削し、場外や場内のプラントで薬剤を混合し、有害物質が水に溶け出さないように処理（不溶化）し、溶出量基準に適合することを確認後、掘削範囲に埋め戻す。対策範囲の上面は、シート等（盛土・舗装でもよい）で覆い、不溶化土壤が飛散しないようにする。不溶化後、地下水の水質を監視し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



対策を行う上での注意点

- 必要に応じて、対策を行う土壤への薬剤の適用性を事前に調査する。
- 掘削時に基準不適合土壤が飛散しないよう、現場の状況に応じた飛散防止対策を行う。
- 基準不適合土壤を場外へ搬出する際は、シートがけ等により基準不適合土壤の飛散を防止する。また、管理票等を用いて適切な処理を確認する。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。



工期

費用

適用条件

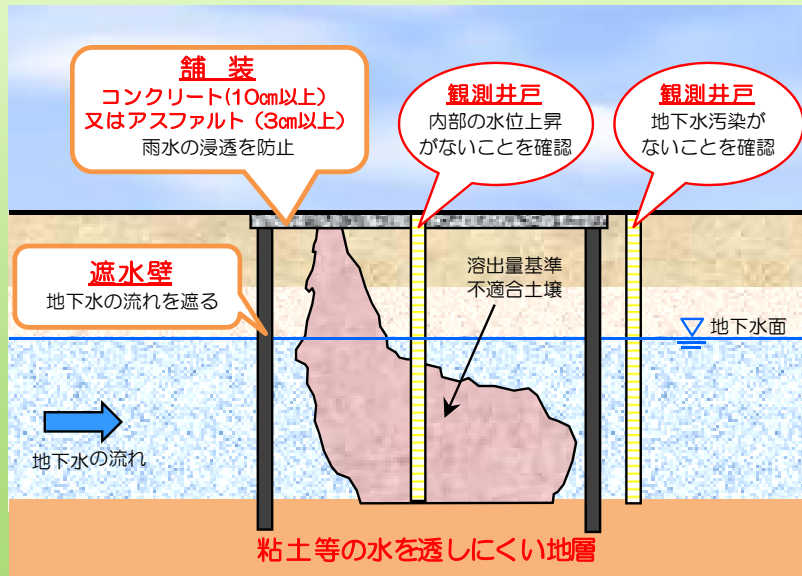
- ・第二種特定有害物質のみに適用できる。
- ・第二溶出量基準を超えない場合のみ適用できる。
- ・狭い土地では処理を行う場所を考慮する必要がある。

人工の壁と水を透さない地層で基準不適合土壌を封じ込めます。



7 原位置封じ込め

基準不適合土壌の周辺を地下水の流れを遮るための壁(遮水壁)で囲い、雨水の浸透を防止するために上部を舗装等によって覆い、基準不適合土壌を封じ込める。対策後、地下水の水質を監視し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



☀️ 対策を行う上での注意点

- 対策後は、定期的に点検し、必要に応じて、補修を行う。
- 対策範囲内部の水位が上昇しないことを定期的に確認する。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。



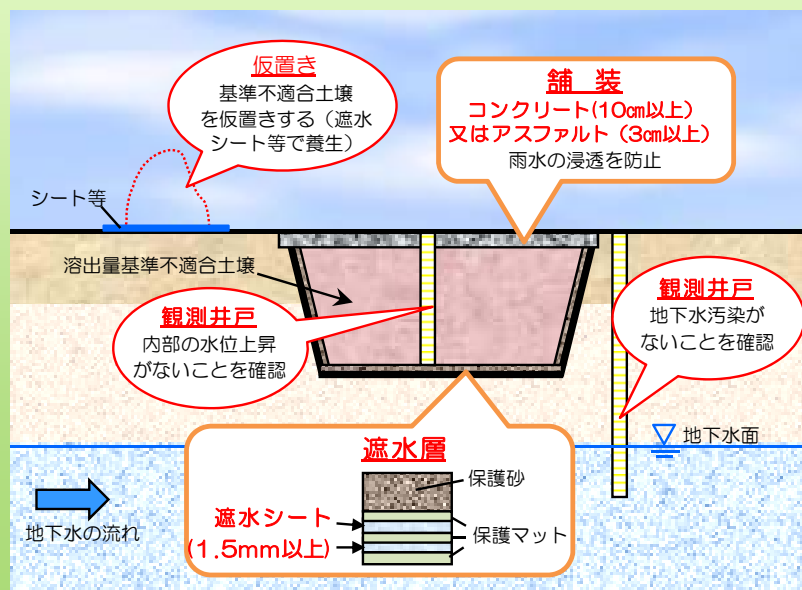
- 適用条件**
- ・粘土やシルト等の水を透しにくい地層が分布すること。
 - ・第二溶出量基準を超える場合は、他の対策を併用し、第二溶出量基準に適合させる必要がある。
 - ・狭い土地では仮設等を考慮する必要がある。

水を透さない人工の遮水層で基準不適合土壌を封じ込めます。



8 遮水工封じ込め

基準不適合土壌をいったん掘削して、仮置きし、掘削部の底面及び側面に遮水層を設け、埋め戻す。埋め戻した基準不適合土壌の上部は、雨水の浸透を防止するために舗装等によって覆い、基準不適合土壌を封じ込める。対策後、地下水の水質を監視し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



☀️ 対策を行う上での注意点

- 掘削時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対策を行う。
- 基準不適合土壌を仮置きする際は、遮水シートの布設等の浸透防止対策を行う。
- 封じ込めを行う場所は、地下水面より上が望ましい。
- 対策後は、定期的に点検し、必要に応じて、補修を行う。
- 対策範囲内部の水位が上昇しないことを定期的に確認する。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。



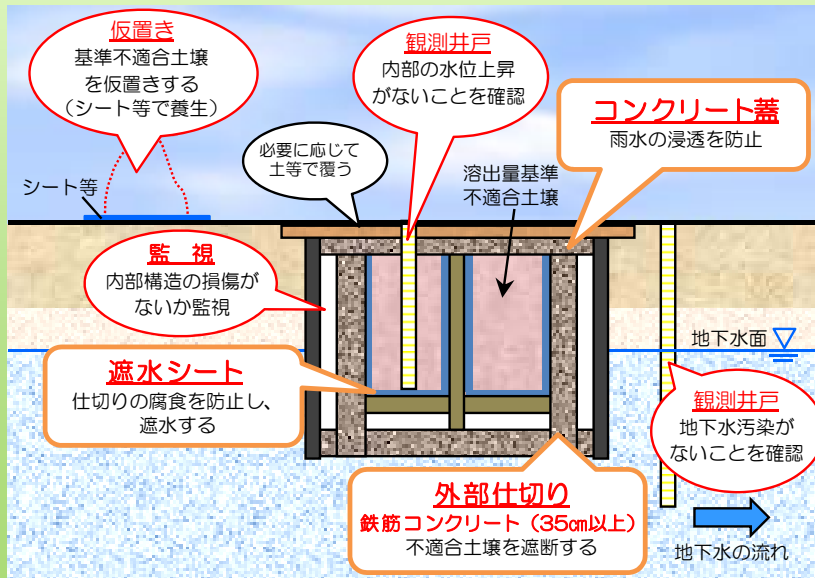
- 適用条件**
- ・第二溶出量基準を超える場合は、他の対策を併用し、第二溶出量基準に適合させる必要がある。
 - ・狭い土地では、仮置きの場所を考慮する必要がある。

水を透さない人工の遮断層で基準不適合土壌を封じ込めます



9 遮断工封じ込め

基準不適合土壌をいったん掘削して、仮置きし、掘削部の底面及び側面に鉄筋コンクリート等の外部仕切り（遮断層）を設け、埋め戻す。埋め戻した基準不適合土壌の上部は、雨水の浸透を防止するためにコンクリート蓋によって覆い、基準不適合土壌を封じ込める。対策後、地下水の水質を監視し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



対策を行う上での注意点

- 対策後は、定期的に点検し、必要に応じて、補修を行う。
- 対策範囲内部の水位が上昇しないことを定期的に確認する。
- 基準不適合土壌を仮置きする際は、遮水シートの布設等の浸透防止対策を行う。
- 対策内容の記録を保管し、継承する。

工期



費用



適用
条件

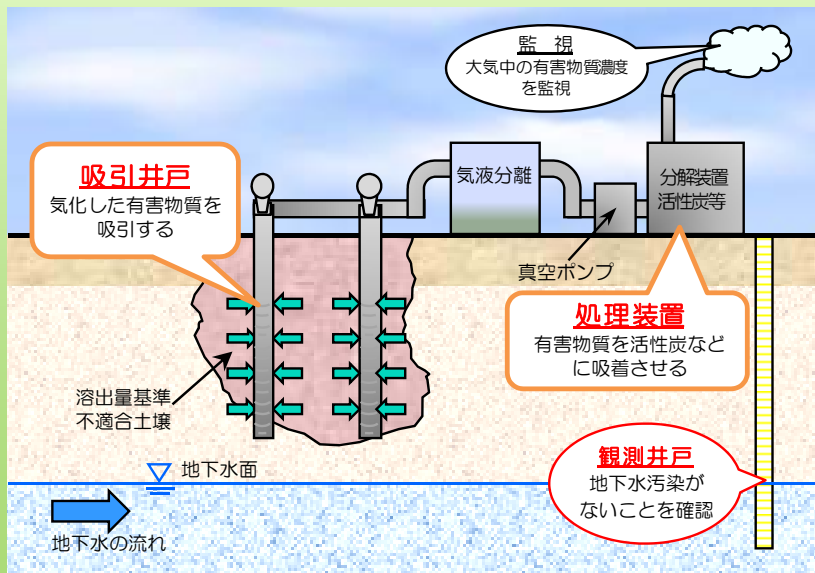
- ・第二種特定有害物質のみに適用できる。
- ・狭い土地では、仮置きの場所を考慮する必要がある。

揮発性の高い有害物質を強制的に吸引し、除去します。



10 土壤ガス吸引

地下水面より上部にある基準不適合土壤の分布域に吸引井戸を設置し、真空ポンプ等により井戸内を減圧し、気化した有害物質を吸引後、活性炭に吸着する等して除去する。対策後は、土壤が基準に適合しているか確認し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



対策を行う上での注意点

- 地層の状況や深さ、地上面の状況等、適用する現場の状況を十分に把握する。
- 対策中は、必要に応じて、大気中の有害物質濃度を監視する。
- 活性炭等に有害物質を吸着させる場合は、定期的に活性炭の交換を行い、使用後の活性炭は、適切に処理する。

工期

費用

適用条件

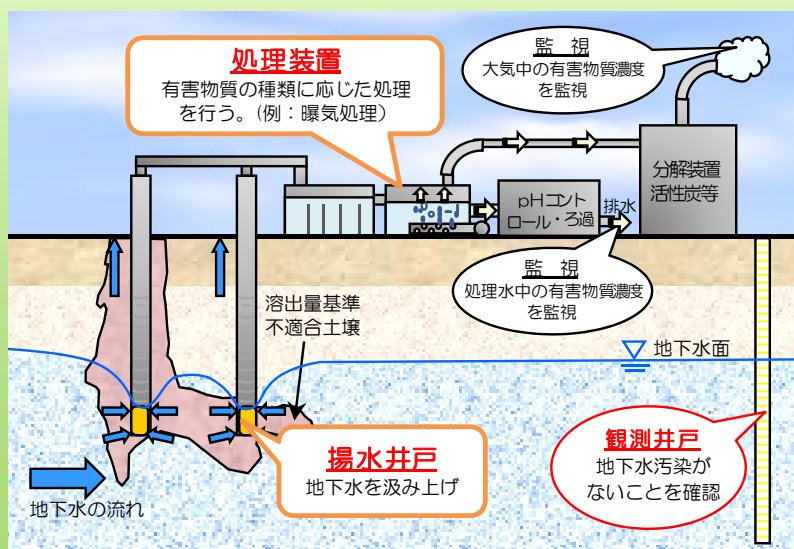
- ・第一種特定有害物質にのみ適用できる。
- ・有害物質の原液等が存在する場合にも適用できる。
- ・空気を透しやすい地層（砂礫等）のみに、適用できる。
- ・土地の広さにかかわらず適用できる。

地下水を介して基準不適合土壤中の有害物質を回収・除去します。



11 地下水揚水

地下水面より下部にある基準不適合土壤の分布域等に揚水井戸を設置し、水中ポンプ等により地下水を汲み上げ、有害物質の種類に応じた処理装置により有害物質を除去する。拡散防止対策としても用いられる。対策後は、土壤が基準に適合しているか確認し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



対策を行う上での注意点

- 地層の状況や深さ、地下水の流向・流速等、適用する現場の状況を十分に把握する。
- 周辺井戸の井戸枯れや水位低下、地盤沈下が生じないように適正な揚水量を設定する。
- 対策中は、必要に応じて、大気や処理水中の有害物質濃度を監視する。
- 活性炭等に有害物質を吸着させる場合は、定期的に活性炭の交換を行い、使用後の活性炭は、適切に処理する。

工期

費用

適用条件

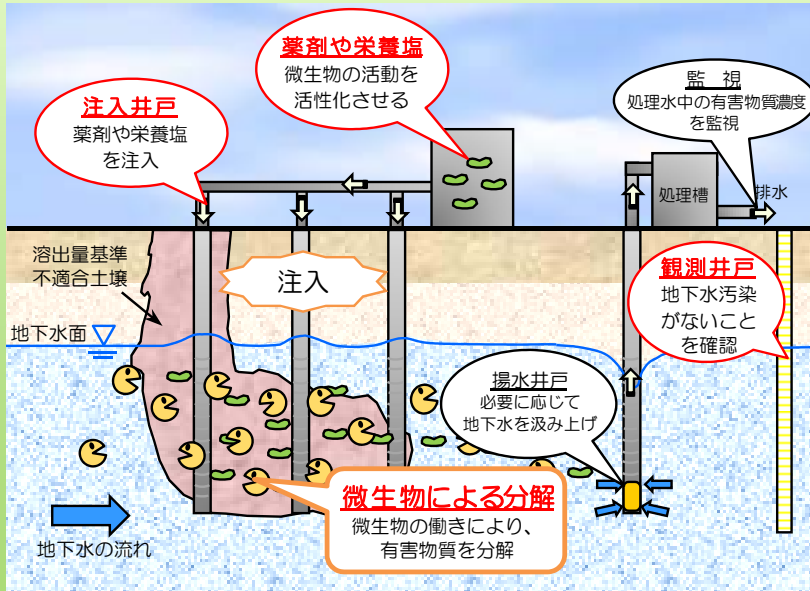
- ・有害物質の原液等が存在する場合にも適用できる。
- ・水を透しやすい地層（砂礫等）のみに、適用できる。
- ・土地の広さにかかわらず適用できる。

微生物の働きを利用して有害物質を除去します。



12 生物的分解 (バイオレメディエーション)

対策範囲内に注入井戸を設置し、微生物の働きを活性化させる薬剤や栄養塩を注入し、微生物による有害物質の分解作用を促進する方法等がある。対策後は、土壌が基準に適合しているか確認し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



⚡ 対策を行う上での注意点

- 地層の状況や深さ、地下水の流向・流速等、適用する現場の状況を十分に把握する。
- 必要に応じて、対策を行う土壌への薬剤等の適用性を事前に調べておく。
- 薬剤や有害物質が場外に拡散しないよう、必要に応じて、工事中の遮水や揚水を行う。
- 対策中は、必要に応じて、処理水中の有害物質濃度を監視する。
- 対策中は、状況に応じて、地下水の水質を測定し、浄化の進行状況の監視を行うとともに、有害な分解生成物の発生等を監視する。

工期

費用

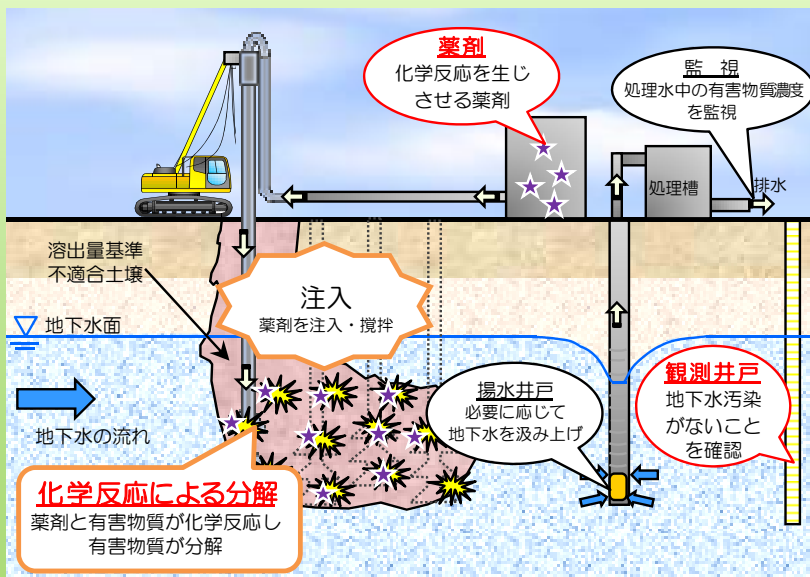
適用条件
 ・第一種特定有害物質とシアン化合物のみに適用できる。
 ・土地の広さにかかわらず適用できる。

薬剤による化学反応を利用して有害物質を除去します。



13 化学的分解 (酸化・還元分解)

対策範囲に注入井戸を設置し、薬剤を注入し、化学反応により基準不適合土壌に含まれる有害物質を分解する方法等がある。対策後は、土壌が基準に適合しているか確認し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



⚡ 対策を行う上での注意点

- 地層の状況や深さ、地下水の流向・流速等、適用する現場の状況を十分に把握する。
- 薬剤や有害物質が場外に拡散しないよう、必要に応じて、工事中の遮水や揚水を行う。
- 対策中は、必要に応じて、処理水中の有害物質濃度を監視する。
- 対策中は、状況に応じて、地下水の水質を測定し、浄化の進行状況の監視を行うとともに、有害な分解生成物の発生等を監視する。

工期

費用

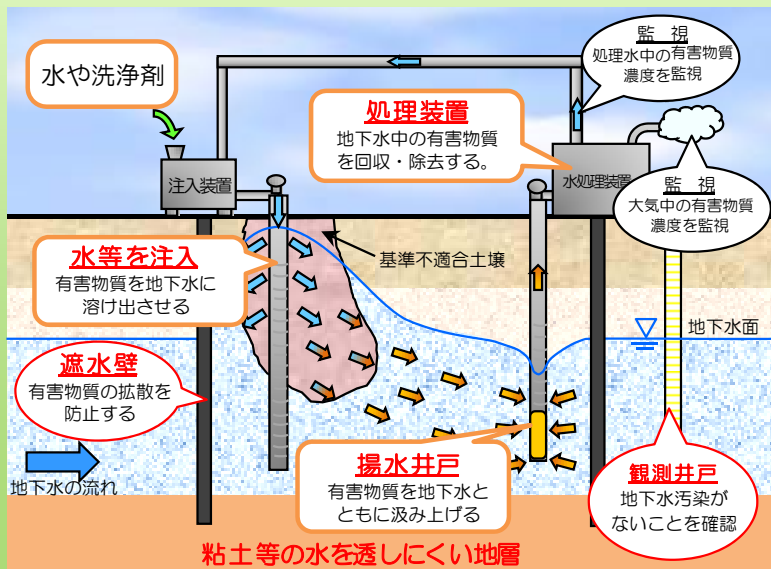
適用条件
 ・有害物質の原液等が存在する場合にも適用できる。
 ・第一種、第三種特定有害物質とシアン化合物のみに適用できる。
 ・土地の広さにかかわらず適用できる。

有害物質を水に溶け出させ地下水とともに回収、除去します。



14 原位置土壤洗浄

対策範囲に注入井戸を設置し、水等を注入し基準不適合土壤中に含まれる有害物質を地下水に溶け出させる。その後、有害物質を含む地下水を揚水井戸から汲み上げ、有害物質の種類に応じた処理装置により有害物質を除去する。対策後は、土壤が基準に適合しているか確認し、2年間継続して地下水汚染が生じていないことを確認する。



対策を行う上での注意点

- 地層の状況や深さ、地下水の流向・流速等、適用する現場の状況を十分に把握する。
- 洗浄剤や有害物質が場外に拡散しないよう、遮水壁の設置等の拡散防止対策を行う。
- 対策中は、地下水の水質を監視するとともに、必要に応じて、処理水中の有害物質濃度を監視する。

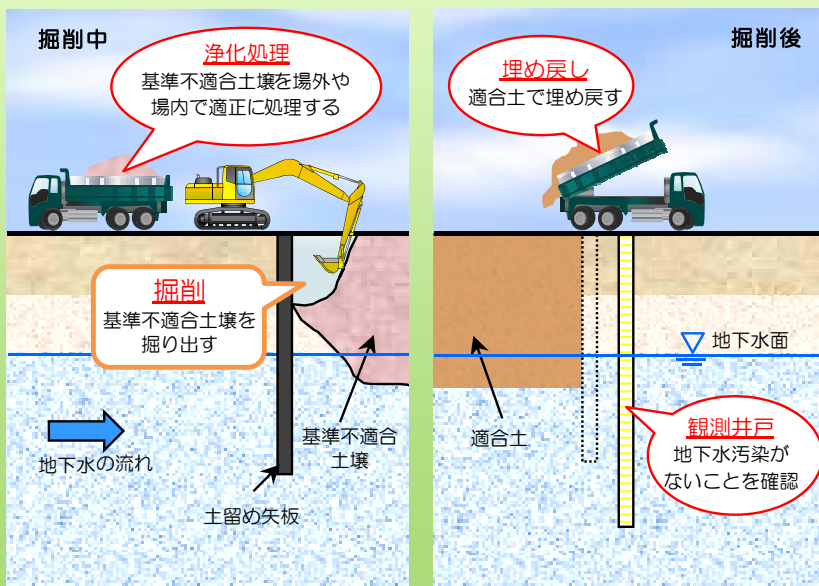
工期					
費用					
適用条件	<ul style="list-style-type: none"> ・封じ込め対策と同等の拡散防止措置を併用すること。 ・有害物質の原液等が存在する場合にも適用できる。 ・土地の広さにかかわらず適用できる。 				

基準不適合土壤を掘削除去し、適合土で埋め戻します。



15 掘削除去

基準不適合土壤を掘削し、場外あるいは場内で適正に処理する。掘削箇所は、浄化処理した土壤、あるいは基準に適合する別の土壤（適合土）で埋め戻す。対策後、掘削時点で地下水汚染があった場合は2年間継続して、掘削時に地下水汚染がなかった場合は1回、地下水汚染が生じていないことを確認する。



対策を行う上での注意点

- 掘削時に基準不適合土壤が飛散しないよう、現場の状況に応じた飛散防止対策を行う。
- 基準不適合土壤を場外へ搬出する際は、シートがけ等により基準不適合土壤の飛散を防止する。また、管理票等を用いて、適切な処理を確認する。

工期					
費用					
適用条件	<ul style="list-style-type: none"> ・有害物質の原液等が存在する場合にも適用できる。 ・土地の広さにかかわらず適用できる。 				

コラム ー土壤汚染対策の実施割合 米国との比較 ー

東京都内における土壤汚染対策の実施割合について、米国と比べました。

統計の取り方が若干異なるため単純な比較はできませんが、都内では大半が掘削除去を選定しているのに対し、米国では36%と少ない状況です。これは、米国においては土壤汚染現場毎のリスク評価を踏まえて合理的な対策を選定する手法が浸透しているためと考えられます。

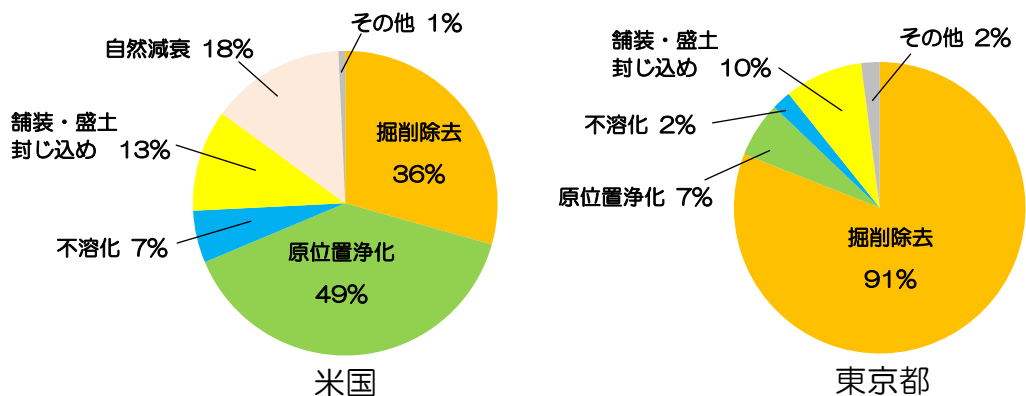
東京都における土壤汚染対策の実施割合(平成19年度(2007年度))

掘削除去	原位置 浄化	不溶化	舗装・盛土 封じ込め	その他
91%	7%	2%	10%	2%

米国における土壤汚染対策の実施割合(平成18年(2006年))

掘削除去	原位置 浄化	不溶化	舗装・盛土 封じ込め	自然減衰	その他
36%	49%	7%	13%	18%	1%

Environmental Business International, Inc(San Diego, CA)より



注) 複数の対策を組み合わせて実施している場合もあるため、合計が100%を超えています。

なお、米国では、環境保護庁(U.S.EPA)が、自然減衰(MNA: Monitored Natural Attenuation)に関する利用指針を定めており、18%で採用されています。自然減衰とは、自然の浄化能力に委ねながら、有害物質の濃度を人の健康に影響のないレベルまで低下させるものです。自然減衰では、自然浄化能力により、汚染物質濃度が低下(自然減衰)する状況をモニタリング等により監視して、必要に応じて追加対策を行う等、管理していくことが重要となっています。