

## 卷末特集

土壤汚染サイト内における土壤汚染対策について

## 土壤汚染サイト内における土壤汚染対策について

### 1. 土壤汚染対策において実施される対策手法の現状

土壤汚染対策法（以下「法」）では、土壤汚染により人の健康被害が生じるおそれがある場合に、影響のないようにするための対策を行う必要があります。対策手法としては、「盛土」、「舗装」、「地下水の水質の測定」、「原位置封じ込め」、「土壤汚染の除去」など様々なものがあり、汚染物質の種類や濃度によって、必要となる措置が決められています。

法に規定されている対策手法について、対策後に汚染土壤が原位置に残るかどうかで大別すると以下のようになります。

なお、本稿では、「盛土」や「原位置封じ込め」のように、汚染土壤を原位置に残したままで周辺住民の健康への影響を防止する対策を「ばく露経路遮断型の対策」と呼びます。

表 1 土壤汚染の対策手法の種類

土壤汚染の除去 (汚染土壤が原位置に残らない)	掘削除去、原位置浄化
ばく露経路遮断型の対策 (汚染土壤が原位置に残る)	地下水の水質の測定、盛土、舗装、原位置封じ込め、遮土工封じ込め、原位置不溶化、不溶化埋め戻し、遮断工封じ込め、土壤入換え、立入禁止

図 1 に、平成 17 年度末までに指定区域となった土地について、法で「土壤汚染の除去」が求められるサイト数（左側）と、実際に「土壤汚染の除去」が行われたサイト数（右側）を示します。土壤汚染の状況からみれば「盛土」や「原位置封じ込め」で十分な場合、または、周辺の状況等から判断して土壤汚染対策が不要である場合でも、実際の土壤汚染対策においては、多くの場合「土壤汚染の除去」が採用されていることがわかります。

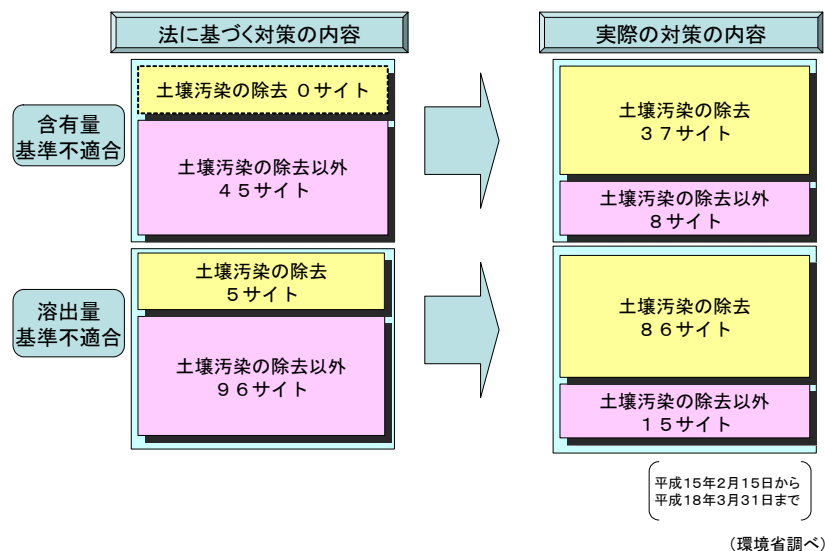


図 1 指定区域に関する法に基づく対策内容と実際の対策内容の違い

「土壌汚染の除去」には、汚染土壌の掘削による除去（以下「掘削除去」と）原位置での浄化による除去（以下「原位置浄化」）があります。図2に指定区域における対策の実施内容を示します。実際の対策では「原位置浄化」に比べ「掘削除去」が多くなっています。

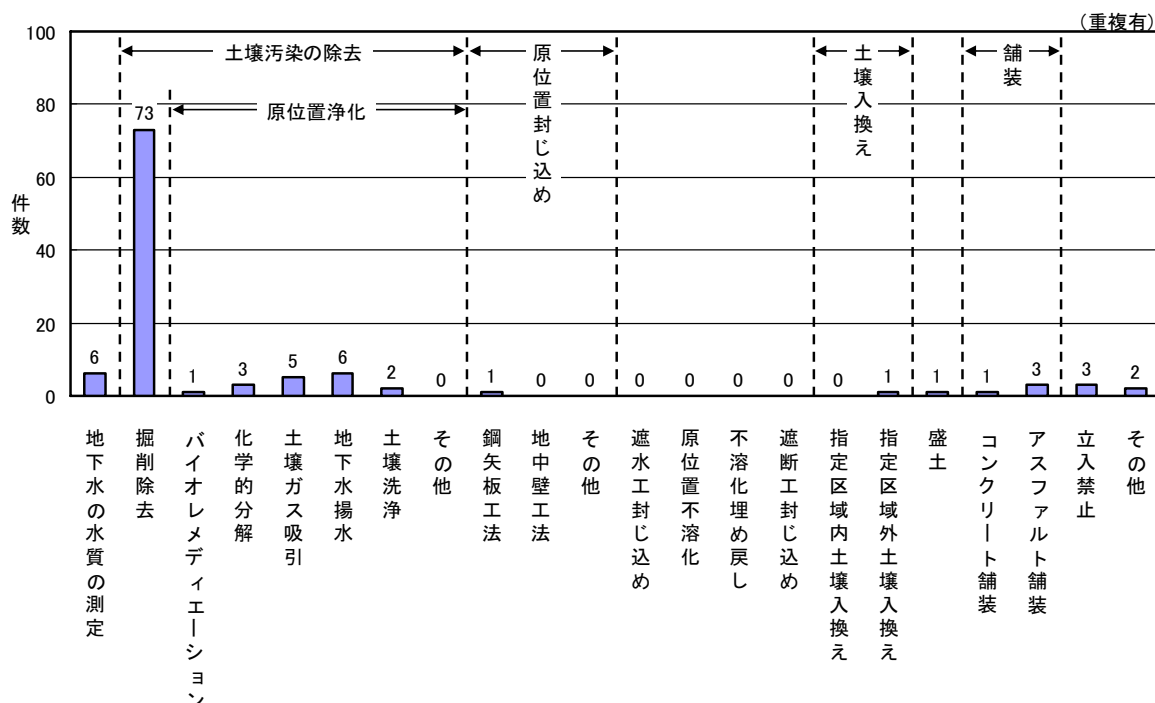


図2 指定区域において実施された対策手法の種類  
(平成15年2月15日から平成18年3月31日まで)

## 2. 対策手法の検討の考え方

土壌は、水や大気と比べて移動性が低く、土壌中の有害物質も拡散・希釈されにくいいため、直ちに汚染土壌の浄化を行わなくても、汚染土壌から人への有害物質のばく露経路を遮断することなどにより健康リスクを低減することが可能です。

法においては、土壌汚染が判明したすべての場合で土壌汚染の除去等の対策が必要になるものではなく、周辺住民の健康への被害が生じるおそれを踏まえ、対策の必要性を判断します。

例えば、土壌溶出量基準不適合の場合、指定区域の土地の周辺において地下水の飲用がないなどの要件に照らし合わせ、人の健康への影響がないと判断されれば、土壌汚染対策は不要となります（ただし、当該土地において建築物を建設するなど土地の形質変更を行う場合は、一定の基準に基づき施行する旨を、都道府県知事に届け出る必要があります）。

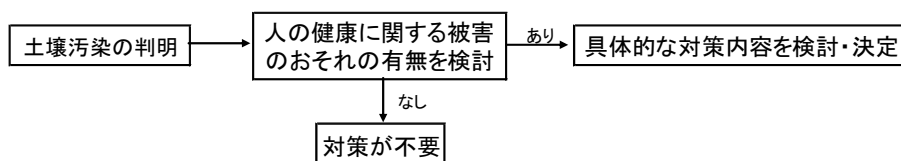


図3 対策手法の決定までの流れ

人の健康被害が生ずるおそれがあると判断された場合、具体的な対策手法を検討します。法においては、土壌を直接摂取することによる人の健康への影響の観点（土壌含有量基準不適合の場合）、地下水経由での人の健康への影響の観点（土壌溶出量基準不適合の場合）からそれぞれ、表 2、表 3 のように、汚染物質の種類や濃度を考慮して対策手法を定めています。しかしながら、現状においては、既に述べたように、「土壌汚染の除去」、その中でも特に「掘削除去」が採用されるケースが多くなっています。

表 2 汚染の除去等の措置（土壌含有量基準不適合の場合）

[直接摂取の防止の観点からの措置]

	通常の土地	盛土では支障がある土地
立入禁止	●	●
舗装	●	●
盛土	◎	
土壌入換え	○	◎
土壌汚染の除去	○	○

**【凡例】**  
◎:原則として命ずる措置  
○:土地所有者と汚染原因者の双方が希望した場合に命ずる措置  
●:土地所有者等が希望した場合に命ずる措置  
×:技術的に適用不可能な措置

- (注)1. 「盛土では支障がある土地」とは、住宅やマンション（1 階部分が店舗等の住宅以外の用途であるものは除く。）で、盛土して 50 cm かさ上げされると日常生活に著しい支障が生ずる土地
2. 特別な場合（乳幼児の砂遊びに日常的に利用されている砂場や、遊園地等で土地の形質変更が頻繁に行われ盛土等の効果に支障がある土地）については、土壌汚染の除去を命ずることとなる。

表 3 汚染の除去等の措置（土壌溶出量基準不適合の場合）

[地下水経由の摂取の防止の観点からの措置]

1. 地下水が未だ汚染されていない場合、原則として地下水の水質測定を命ずる（土地所有者等と汚染原因者の双方が 2 の措置を希望した場合には、2 の措置を命ずる）。
2. 地下水が汚染されている場合には、以下の措置を命ずる。

	揮発性有機化合物(第一種)		重金属等(第二種)		農薬等(第三種)	
	第二溶出量基準適合	第二溶出量基準不適合	第二溶出量基準適合	第二溶出量基準不適合	第二溶出量基準適合	第二溶出量基準不適合
原位置浄化・不溶化埋め戻し	×	×	●	×	×	×
原位置封じ込め	◎	×	◎	◎(※)	◎	×
遮水工封じ込め	○	×	○	○(※)	○	×
遮断工封じ込め	×	×	○	○	○	◎
汚染土壌の除去	○	◎	○	○	○	◎

- (※) 汚染土壌を不溶化し、第二溶出量基準に適合させた上で行うことが必要
- (注) 「第二溶出量基準」とは、土壌溶出量基準の 3~30 倍に相当するものである。(土壌汚染対策法施行規則第 24 条及び同規則別表第 4)
- 【凡例】** ◎:原則として命ずる措置、○:土地所有者と汚染原因者の双方が希望した場合に命ずる措置  
●:土地所有者等が希望した場合に命ずる措置、×:技術的に適用不可能な措置

### 3. 対策手法の特徴

表4に、「ばく露経路遮断型の対策」と「土壌汚染の除去」についての比較を示します。

表4 対策手法の比較

	ばく露経路遮断型の 対策	土壌汚染の除去	
		原位置浄化	掘削除去
対策費用	低い	低くなる場合が多い	高い
工期	短期間	短期間～長期間	短期間
汚染土壌の搬出	搬出なし	搬出なし	搬出あり
対策後の管理	土地改変の制限・届出、 地下水モニタリング(注1)	地下水モニタリング	地下水モニタリング

(注1) 対策手法によっては不要の場合がある。

対策に要する費用は現場ごとに異なりますが、一般に土壌含有量基準不適合の場合には、「掘削除去」に比較して「盛土」を採用した場合の方が費用は低くなることが多いと考えられます。また、「盛土」の場合は、汚染土壌の搬出が生じないため、汚染土壌の搬出による汚染の拡散の懸念がありません。

土壌溶出量基準不適合の場合においても「掘削除去」より「原位置封じ込め」を選択した場合の方が費用は低くなるが多いと考えられ、同様に、汚染土壌の搬出も生じないこととなります。

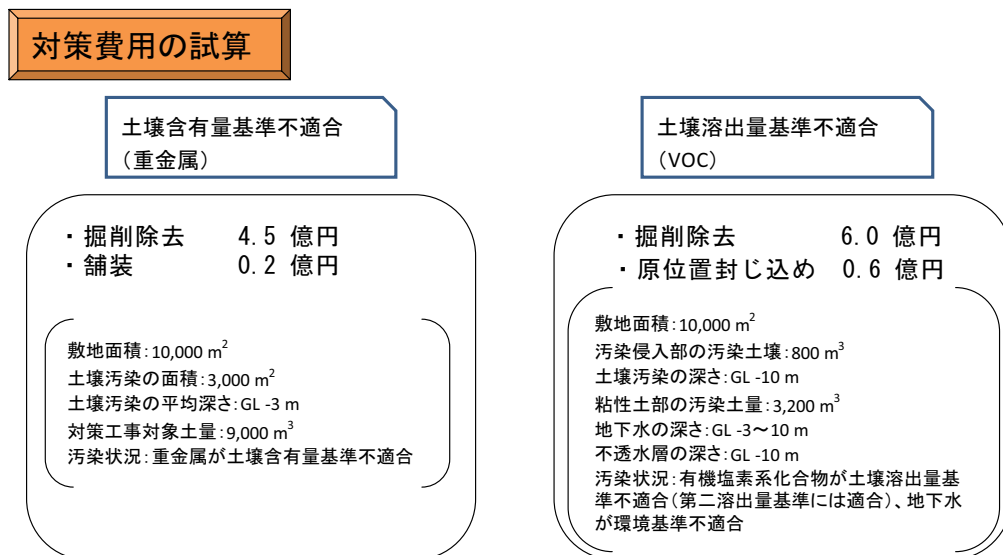


図4 対策費用の試算例

(出典：土壌環境施策に関するあり方懇談会 第2回資料6 土壌汚染対策工事の現状と課題 (鹿島建設))

「ばく露経路遮断型の対策」で十分な場合であっても「掘削除去」を実施することによって土壌汚染対策費が高額化します。このような対策費の高額化は「ブラウンフィールド

問題」の深刻化を招くと考えられます。円滑な土壤汚染対策を確保するためにも、低コストで環境負荷の小さい対策手法が普及することが望まれます。

#### ◆ブラウンフィールド問題◆

「土壤汚染の存在、あるいはその懸念から、本来その土地が有する潜在的な価値よりも著しく低い用途あるいは未利用となった土地」のことをブラウンフィールドといいます。

ブラウンフィールドは、土壤汚染のある土地が放置されることにより汚染が拡散されるといった環境汚染の面のみならず、土地の有効活用が図られないといった面からも問題となります。

わが国においても、ブラウンフィールド問題が一部で既に顕在化し始めています。今後、大都市に比べて地価が比較的安い地方において、顕在化が加速する可能性が考えられます。

(参考資料：「土壤汚染をめぐるブラウンフィールド問題の実態等について」(平成19年3月) 土壤汚染をめぐるブラウンフィールド対策手法検討調査検討会)

以上のように対策手法について、「土壤汚染の除去」と比べて「ばく露経路遮断型の対策」は、一般的に低コストで、汚染土壌の搬出がないなどメリットが考えられますが現状では採用される場合が少なく、今後の積極的な活用が期待されます。一方、「土壤汚染の除去」の中でも、「原位置浄化」は、「掘削除去」のような汚染土壌の搬出がなく、技術によっては費用が低くなるケースも多いと考えられます。

「原位置浄化」については様々な対策手法が開発されてきています。以下、本稿では主な原位置浄化の技術に関し、特徴や適用性などについて紹介します。

#### 4. 原位置浄化技術の特徴と適用性

以下、7つの原位置浄化技術を紹介します。なお、各技術の名称については、本稿において便宜的に使っているものであり、必ずしも一般に同じ名称で呼ばれているとは限りません。

##### (1) 化学的酸化分解法

###### ① 対象物質

揮発性有機化合物（以下「VOC」）、油分

###### ② 原理

酸化剤を帯水層の中に注入し、地下水中のトリクロロエチレン、テトラクロロエチレンをはじめとするVOCや油分を、水（ $H_2O$ ）や二酸化炭素（ $CO_2$ ）に酸化分解することにより、除去します。

酸化剤としては、過マンガン酸カリウム、過硫酸塩、フェントン試薬（過酸化水素と鉄塩が成分）等が用いられています。

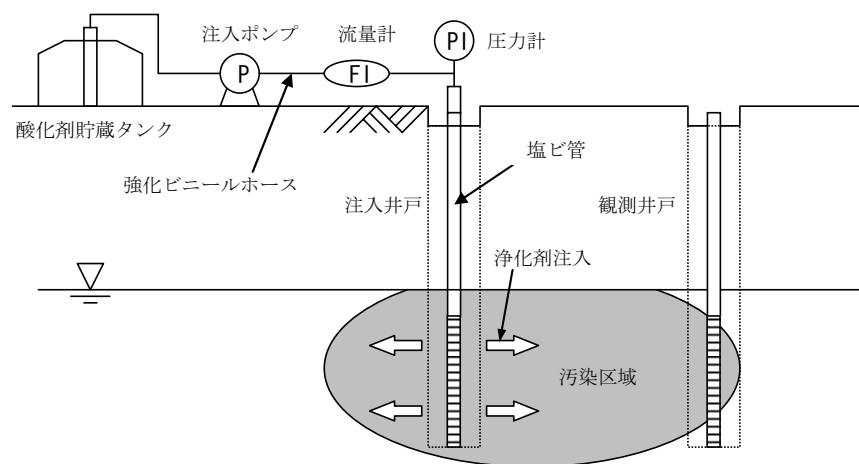


図5 化学的酸化分解法の例 出典(1)

###### ③ 適用可能な土壌

地下水の流れを利用して酸化剤を拡散させるため、透水性のよい砂質土層に適用され、水の流れが悪いシルト・粘土層には一般に適用されません。

###### ④ 浄化期間の目安

「酸化剤注入」－「地下水および土壌のモニタリング」のサイクルを複数回繰り返して行うのが一般的です。1サイクルは通常1～3ヶ月程度で計画され、浄化は数ヶ月から1年以内で終了することが可能です。ただし、汚染地の土質、汚染物質の種類と初期濃度によって浄化期間が数年間と長期化する場合があります。

## ⑤ 留意事項

- 酸化剤の注入により有機酸や硫酸イオン等の副生成物が生成し、地下環境が酸化状態になる場合があります。重金属等の溶出（砒素、鉛、六価クロム等）に注意が必要です。
- 酸化剤を対象地の外側へ拡散しないようにする対策が必要となる場合があります。対象地の下流側で地下水の利用がある場合は、特に注意が必要です。
- 酸化剤を注入した直後は、地下水中の汚染物質濃度が急速に低下しますが、土壌（特にシルト・粘土）中に吸着されていた VOC の溶出が起こる場合があります。そのため、地下水モニタリングを行い、地下水が環境基準に適合していることを確認する必要があります。

## (2) 化学的還元分解法

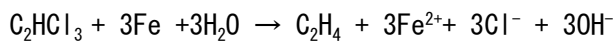
(鉄粉混合／注入法を例として)

### ① 対象物質

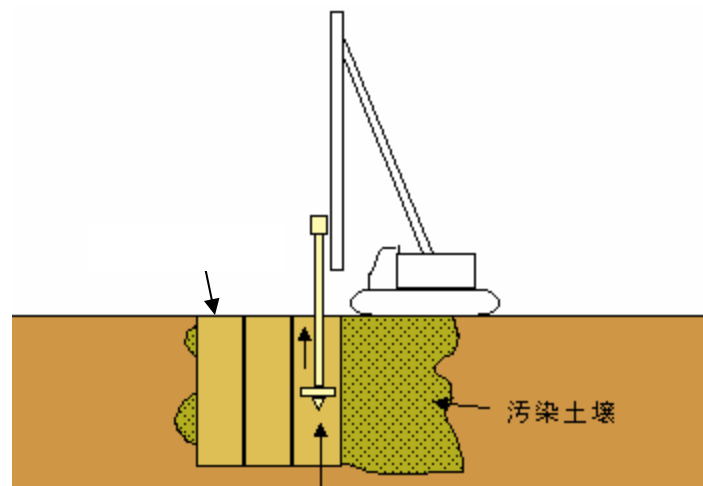
VOC (ベンゼン、四塩化炭素、1,3-ジクロロプロペンを除く)

### ② 原理

VOC (ベンゼン、四塩化炭素、1,3-ジクロロプロペンを除く) による汚染土壌に対して、鉄粉を数%混合または注入すると脱塩素反応が起こり、土壌中の対象物質は最終的にエチレンやエタンに変化します (例としてトリクロロエチレンの鉄粉による脱塩素反応式を示します)。



(鉄粉によるトリクロロエチレンの脱塩素化反応。鉄(Fe)との反応によりトリクロロエチレン( $\text{C}_2\text{HCl}_3$ )はエチレン( $\text{C}_2\text{H}_4$ )になります。)



オーガー先端から鉄粉を噴出しながら、オーガーで所定深度まで掘削します。次に、オーガーを回転させ土壌を攪拌しながら引き抜いていきます。

図6 化学的酸化分解法の例 出典<sup>(3)</sup>





写真1 オーガーによる鉄粉混合の例 出典(3)

### ③ 適用可能な土壌

この工法は、鉄粉を直接地下に注入し、混合する工法であることから、一般に透水性のよい砂質土層に適用されます。シルト・粘土層に適用する場合は、いったん土壌を掘削し、地表で鉄粉と混合することにより浄化することが可能です。

### ④ 浄化期間の目安

浄化期間の目安として、鉄粉混合工事の完了後3ヶ月程度として浄化計画を立案します。ただし、使用する鉄粉の性能、混合量、汚染物質の初期濃度等によってこの浄化期間の長さは変化するため、個別の事例ごとに浄化期間を検討することが必要です。

### ⑤ 留意事項

- pHの高い土壌（セメントが混入した土壌等）、油分を多く含む土壌には適さない場合があります。事前に試験を実施し、鉄粉の適用性を確認しておくことが必要です。
- 鉄粉の製品によっては、土壌の性質により脱塩素反応が進みにくい物質（例えばシス-1,2-ジクロロエチレン、ジクロロメタンおよび1,2-ジクロロエタン）もあるため、事前に現場の汚染土壌に対する適用性の試験を行うことが必要です。

## (3) 生物学的分解法

バイオレメディエーションとも言われる微生物により土壌を浄化する方法です。土壌中に微生物活性剤（栄養塩等）を混合または注入して元々その土地に生息している微生物を活性化する方法（バイオスティミュレーション）と、対象となる汚染物質に対して有効な微生物を新たに添加する方法（バイオオーギュメンテーション）がありますが、わが国では、前者の適用が多くなっています。後者は、新たな微生物を地中にいれることによる生態系への影響等が考慮されることもあり適用事例が少なくなっていると考えられます。

バイオスティミュレーションでは、VOC（ベンゼン、四塩化炭素、1,3-ジクロロプロペ

ンを除く) に対しては嫌気性微生物を活性化させるのに対して、ベンゼンや油分に対しては好気性微生物を活性化させて浄化を行います。微生物活性剤の混入方法として、地中に直接注入する方法(嫌気性微生物活性剤注入法や栄養塩注入-エアスパーキング法)と、土壌を掘削し地表で微生物活性剤を混合するランドファーミング法があります。

冬期などの低温期は微生物の活性が低くなるため、夏期に比べて浄化期間が長期化します。

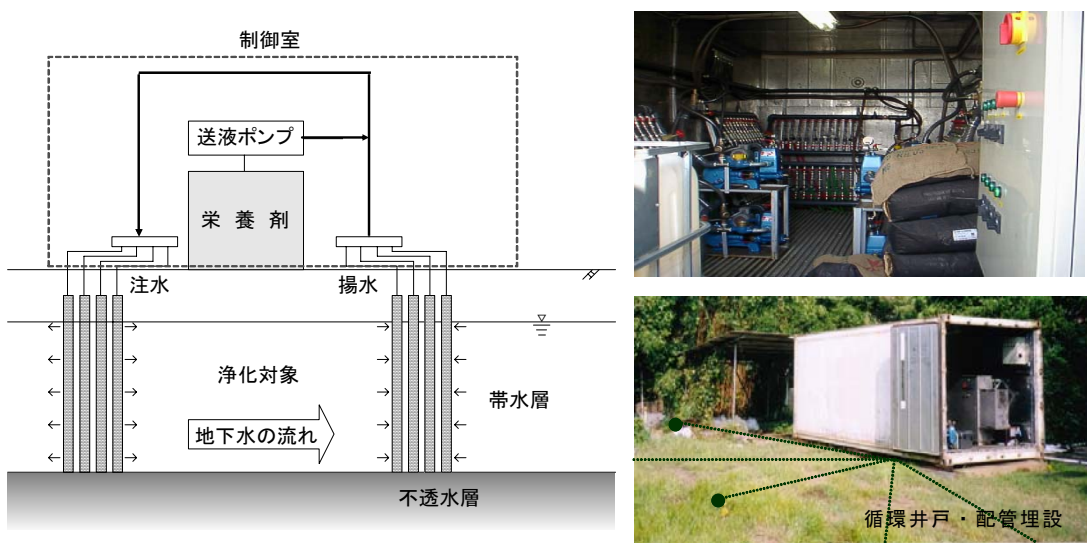
(a) 嫌気性微生物活性剤注入法

① 対象物質

VOC (ベンゼン、四塩化炭素、1,3-ジクロロプロペンを除く)

② 原理

微生物活性剤を帯水層中へ注入し、嫌気性の微生物を活性化し、微生物の代謝による VOC (ベンゼン、四塩化炭素、1,3-ジクロロプロペンを除く) の脱塩素反応を促進して分解します。微生物活性剤は、糖類、アミノ酸、ビタミン等からなり、いろいろな製品が開発されています。



(左) 浄化概念図 (右上) 浄化ユニット内装 (右下) 浄化ユニット外観。  
地下水の上流側から微生物活性剤を注入し、下流側で揚水し地下水を循環させ帯水層中の土壌の浄化を行います。

図 7 嫌気性微生物活性剤注入による浄化方法の例 出典(1)

③ 適用可能な土壌

地下水の流れを利用して微生物活性剤を帯水層に行き渡らせ、土壌に含まれる VOC を浄化します。透水性のよい砂質土層に適用され、シルト・粘土層への適用は困難です。

#### ④ 浄化期間の目安

「薬剤注入」→「地下水および土壌のモニタリング」のサイクルを複数回繰り返して行うのが一般的です。1サイクルは通常1～3ヶ月程度で計画され、1年程度以内で終了することが可能です。ただし、土質、注入井戸の本数、汚染物質の種類と初期濃度によっては浄化期間が数年と長期化する場合があります。

#### ⑤ 留意事項

- 土壌中の微生物により汚染物質の分解が困難な場合あるいは無害な物質まで分解が進まない場合があるため、必要に応じて事前に試験を行って浄化が可能であるかどうか確認する必要があります。
- 嫌気性で分解が進むため、悪臭が発生することがあり、悪臭対策と、処理地下水の対象地外への拡散防止対策が必要となる場合があります。
- 微生物活性剤を注入した直後には地下水中の汚染物質濃度が低下するものの、土壌（特にシルト・粘土）中に吸着されていたVOCの再溶出現象が見られる場合があります。そのため、地下水モニタリングを確実に行うなどにより、下流側の地下水の環境基準への適合について確認する必要があります。

#### (b) ランドファーミング法／栄養塩注入－エアスパージング法

##### ① 対象物質

油分

##### ② 原理

汚染土壌中に栄養塩および酸素を供給して、好気性の微生物を活性化し、油分を分解する方法です。このうち、ランドファーミング法は掘削した土壌に対して、栄養塩、酸素を定期的に混合した後、機械攪拌していく方法です。また、栄養塩注入－エアスパージング法は帯水層中に栄養塩および酸素を注入する方法です。



掘削した土壌に栄養塩等を散布し、定期的に土壌を機械攪拌します。

写真2 ランドファーミング法の例 出典(2)

### ③ 適用可能な土壌

ランドファーミング法および栄養塩注入-エアスパージング法は、ともに好気性を保つことが必要であり、透気性または透水性のよい砂質土に向いています。ランドファーミング法では土壌を攪拌することにより透気性を確保すれば、シルト・粘土に対しても適用が可能です。

### ④ 浄化期間の目安

「栄養塩注入」→「地下水および土壌のモニタリング」のサイクルを複数回繰り返して行うのが一般的です。1サイクルは1～数週間程度で計画され、浄化期間は数ヶ月を要します。ただし、土質、注入井戸の本数、汚染物質の種類と初期濃度により浄化期間は異なります。

ランドファーミング法の方が、栄養剤注入-エアスパージング法に比べて、栄養塩、酸素の混合が確実であり、浄化の進み具合を観測することも容易です。

### ⑤ 留意事項

- ランドファーミング法では、栄養塩の混合や土壌を仮置きする時に土壌の飛散・流出がないように、シート掛け、作業する場所の床にシートや鉄板を敷くなどの対策を講じる必要があります。
- 栄養塩注入-エアスパージング法では、スパージングによる汚染物質の拡散がないよう、鋼矢板による囲い込み、吸引井戸の設置等の対策を講じる必要があります。

## (4) 土壌ガス吸引法

### ① 対象物質

VOC、油分の揮発成分

### ② 原理

ガス吸引用の井戸を地下水面より浅い位置に設置して土壌中の空気を吸引し、気化した化合物を土壌中から回収・除去します。吸引した土壌中の空気は、VOCや油分の揮発成分をガス処理設備で処理した後、大気に排出されます。

なお、ガス処理設備の処理方式は、活性炭へ吸着させる方法が主流ですが、近年は、紫外線による分解処理技術などが開発されています。

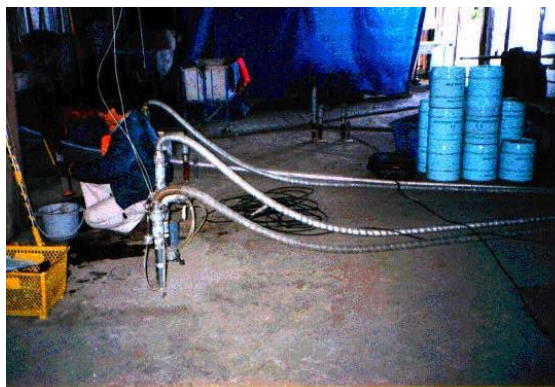


写真3 土壌ガス吸引作業の例 出典(2)

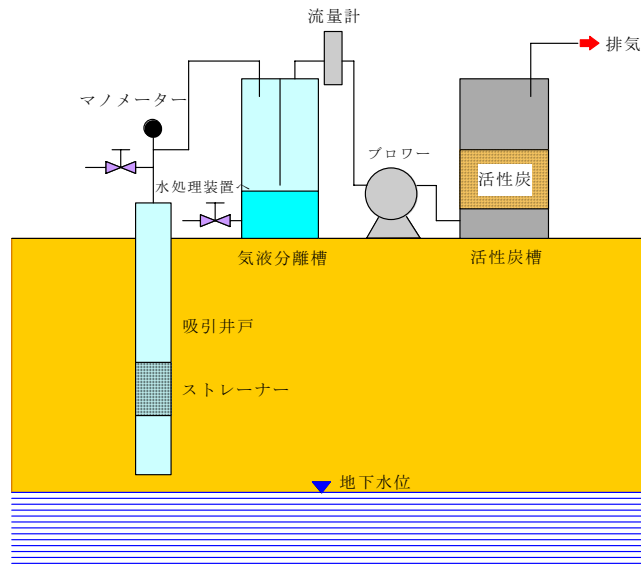


図8 土壌ガス吸引の例 出典(1)

### ③ 適用可能な土壌

本処理の対象は、地下水面より浅い部分にある VOC および油分の揮発成分の汚染土壌です。通常、透気性のよい砂質土層に適用され、シルト・粘土層への適用は困難です。

### ④ 浄化期間の目安

数ヶ月と比較的短期間で浄化できる場合から数年と長期間を要する場合があります。地中の透気性、土質、吸引井戸の設置本数と配置、吸引量、吸引圧、汚染物質の地下中での移動特性等により、浄化に要する期間が変わります。

### ⑤ 留意事項

- ガス吸引用の井戸の最適配置を行うことが重要です。
- 吸引ガス処理設備においては、処理ガスを定期的にモニタリングし、VOC や油分の揮発成分が大気放散されていないことを確認する必要があります。
- 引火性、爆発性のあるガスを回収する場合には、ガス検知装置を設置したり、金属製の配管を用いる等の安全対策を講じる必要があります。

## (5) 生石灰混合法

### ① 対象物質

VOC、油分の揮発成分

### ② 原理

揮発分離－生石灰混合処理法は、生石灰と土壌中の水分の水和による発熱反応と VOC の揮発性を利用した方法です。土壌中に直接生石灰を混合して発熱させ、土壌から気化した VOC を除去します。気化した VOC や油分の揮発成分はガス処理設備に導入して浄化します。

### ②-1 原位置で混合する場合

工法は、基本的には前述した(2)化学的還元分解法のやり方と同様です。生石灰混合した範囲の周辺にガス吸引井戸を設置し、吸引ガスをガス処理設備へ導入します。

### ②-2 掘削した汚染土壌に混合する場合

汚染土壌を掘削し、地表で生石灰を混合します。排気設備を備えた仮設テント内で混合するなど飛散防止に留意することが必要です。この場合、テント内に揮発したVOCや油分の揮発成分を処理するため、排ガス処理設備を設ける必要があります。



写真4 生石灰混合処理の混合作業の例 出典<sup>(3)</sup>

### ③ 適用可能な土壌

透気性のよい砂質土に向いていますが、生石灰の水和による熱により土壌が乾燥し透気性が向上するため、シルト・粘土であっても適用可能です。生石灰と土壌中の水分が十分であれば、発熱反応は速やかに進行するため、高濃度の汚染に対しても適用可能です。

### ④ 浄化期間の目安

生石灰を混合した後、速やか(数分～数10分)に発熱し、汚染物質が揮発します。

### ⑤ 留意事項

- 生石灰の混合による発熱量を勘案し、必要に応じて水分調整等が必要です。
- 土壌および地下水のpHが12以上と高くなるため、自然レベルで含有される砒素、鉛等の重金属が土壌から溶出することが懸念されることから、自然由来の砒素等の重金属含有量が多い土壌の場合は留意が必要です。また、使用する生石灰の中にフッ素が含まれていないことも確認する必要があります。
- 掘削した汚染土壌に生石灰を混合する場合は、生石灰の水和・発熱反応により、土壌が乾燥するため、処理土壌の飛散防止のための対策を講じる必要があります。
- オーガー等を用いて原位置で生石灰を汚染土壌中に混合する場合は、生石灰と地下水が接触して発熱反応が起こります。地中に吸引井戸を設置して土壌中の空気を吸引することなどにより、気化したVOCが地表から大気に放散することのないよう留意が必要です。

## (6) 地下水揚水法

### ① 対象物質

VOC、重金属等や油分による汚染地下水

### ② 原理

汚染源およびその周辺の帯水層に揚水井戸を設置し、土壌から溶出してくる汚染物質を地下水と一緒に汲み上げて回収して処理することにより、土壌中の汚染物質を徐々に除去する方法です。

なお、揚水した地下水の処理方式は種々ありますが、VOCについては曝気-活性炭吸着処理、紫外線分解、オゾン分解法等が、重金属等については凝集沈殿法等が、油分については油水分離-活性炭吸着法等がそれぞれ利用されています。

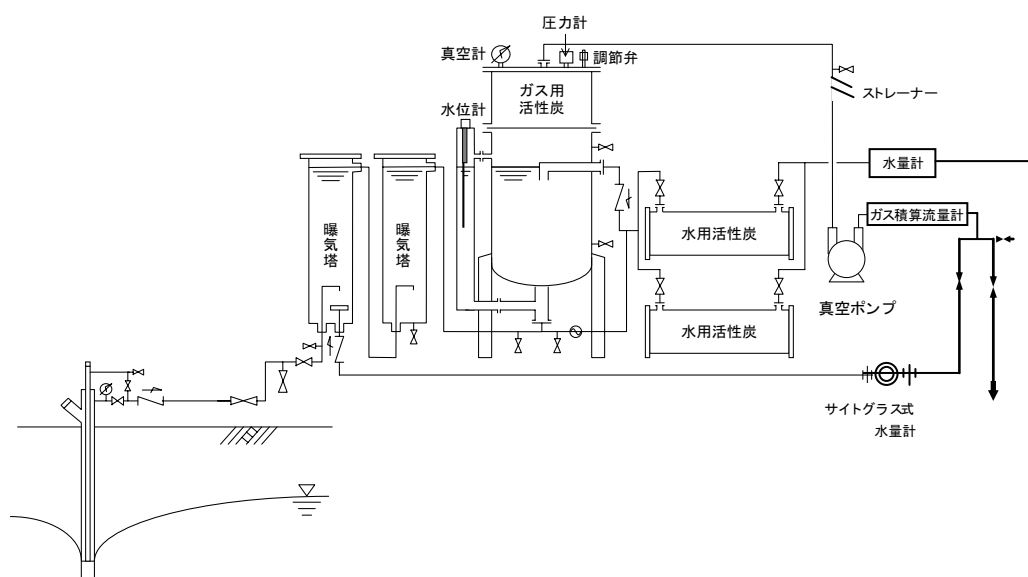


図9 揚水処理装置システムの例 出典(1)

### ③ 適用可能な土壌

透水性のよい砂質土に適用され、透水性の悪いシルト・粘土層への適用は困難です。

### ④ 浄化期間の目安

浄化期間は、設計した揚水設備の汚染物質の回収効率（透水性、土質、揚水井戸の設置本数と配置、揚水量、汚染物質の地下中での移動特性等から決まります。）によりますが、浄化終了までに、数年から数十年を要することがあります。操業中の工場における自主的な対策で多く利用されています。

### ⑤ 留意事項

- 深さ方向の地層構造などを事前に調査し、揚水井戸の配置等の浄化計画を設計することが重要です。
- 揚水開始によって地下水の流れる方向や速さが変わるおそれがあり、これにより汚染の拡大を引き起こさないよう、揚水井戸や周辺の観測井戸の地下水モニタリングを定期的に行う必要があります。

- 揚水量が多ければその分速く浄化されるわけではなく、汚染物質の回収効率を考慮して揚水量を決める必要があります。大量の揚水は地盤沈下を招くおそれがあるため、定期的に水準測量等を行い、地盤沈下の有無のモニタリングを行うことも必要です。
- 地下水中に鉄分等が多い場合は、赤さびなどの発生により井戸の目詰まりが起こり、揚水井戸の機能が低下することがあります。地下水から鉄分を除去するための対策や配管・ポンプの詰まり除去等、定期的なメンテナンスが必要です。このため、メンテナンスの費用についても事前に考慮する必要があります。
- 回収した汚染水の処理設備についても、汚染物質を含んだまま敷地外へ排水されないように処理状況を管理する必要があります。
- 揚水により地下水位が低下して水が汲み上げにくくなる場合があります。地下水位を維持するために、処理水を注入井戸から地下浸透させて帯水層中に戻す場合があります。ただし、この場合、地下浸透要件に適合させた上で、浸透させる必要があります。

## (7) 透過性反応壁法

### ① 対象物質

主にベンゼンを除く VOC。鉛、砒素、六価クロム等の重金属等への適用も可能。

### ② 原理

VOC（ベンゼンを除く）による帯水層中の土壌や地下水汚染について、地下水の下流側に鉄粉を含む透過壁を設置し、地下水と一緒に流れてきた汚染物質を透過壁内で分解または吸着し、無害化した地下水を下流側へ流します。透過壁内での浄化の原理は、VOC の場合には化学的分解ですが、重金属等の場合には吸着や還元です。

敷地外への汚染地下水の拡散防止対策として適用されます。設置後のメンテナンスが不要であり、地下水の流れを変えないことから透過壁上流に汚染が広がらないという利点があります。

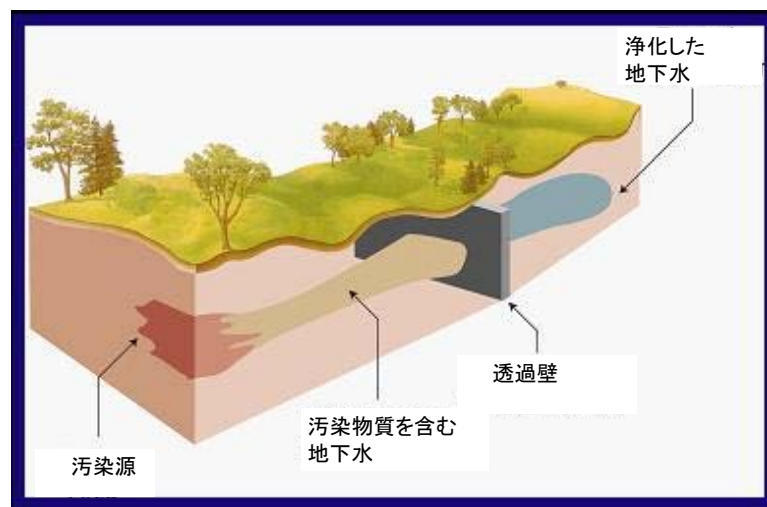


図 10 透過性反応壁の概念図 出典(3)



**③ 適用可能な土壌**

帯水層中の地下水を対象としており、汚染源の土壌を浄化するものではありません。

**④ 浄化期間の目安**

汚染物質を含んだ地下水の浄化対策であるため、汚染源である土壌浄化については別途対策を行います。

**⑤ 留意事項**

- 事前に地下水の流向・流速、透水係数、土質、汚染物質濃度を把握し、使用する鉄粉の種類、設置する壁の形状を決定する必要があります。

**図表の出典**

- (1) 環境省請負業務 平成 15 年度水質管理計画調査（地下水浄化汎用装置開発普及等調査）報告書、社団法人土壌環境センター、平成 16 年 3 月
- (2) 社団法人 土壌環境センター提供
- (3) DOWA エコシステム株式会社提供