

【活動報告】分散型学習及び開発制度(DLD)
～重金属汚染を対象とした不溶化処理技術～

1. はじめに

不溶化とは、重金属により汚染された土壤に不溶化材を混合することで、有害物質の地下水への溶出を防止する技術です。重金属類の汚染全般に適用が可能で、安全な薬剤を使用します。

不溶化工法にて適用が可能な有害物質

重金属浄化技術の不溶化工法は、土壤汚染対策法にて定められている第二種特定有害物質（重金属等）全てに適用が可能です。

- ・カドミウム及びその化合物
 - ・シアン化合物
 - ・セレン及びその化合物
 - ・砒素及びその化合物
 - ・ほう素及びその化合物
 - ・六価クロム化合物
 - ・水銀及びその化合物
 - ・鉛及びその化合物
 - ・ふっ素及びその化合物
- 全9項目**

2. 背景

土壤汚染対策手法は大きく分けて、汚染を除去する『浄化型』と汚染の拡散や人への接触防止を行う『管理型』に区分されます。法や条例で求められる土壤汚染対策方法、原則として『管理型』ですが、土地取引の場面では『浄化型』が主流でした。しかし、近年物流系や商業系を中心に『管理型』も許容されるようになってきました。

『管理型』の代表的な対策方法として、封じ込めという手法があります。しかし、この手法は土質的な適応条件が厳しく、採用が難しい場合が多いことが欠点でした。今回紹介する『不溶化工法』は、この封じ込めにとって代わる技術として注目されています。

3. 不溶化工法の特徴

表1. 不溶化工法とその他工法との比較一覧

タイプ	管理型		浄化型
工法	不溶化	原位置封じ込め	掘削除去
対象物質	重金属	VOCs、重金属、農薬	VOCs、重金属、農薬
効果	汚染土壤に不溶化材を添加し反応させ、汚染物質を地下水に溶出しにくくする。	不透水層(水を通しにくい地層)まで遮水壁を設置し、汚染地下水の拡散を防止する。	汚染土壤を掘削し、清浄な土と入れ替える。
特徴	施工期間は比較的短い。土地開発時、不溶化した土は汚染土として取り扱う。	浄化型よりも安価になるが、土質的な適応条件が厳しい。	施工期間は短いが高費用は高い。地下水汚染には適応できない。
費用の目安	3～5万円/m3	3～5万円/m3	5～10万円/m3

4. 不溶化のメカニズム

酸化物鉱物や水酸化物鉱物の表面はヒドロキシ基 (-OH)で覆われています。表面のヒドロキシ基と重金属イオンは素早く反応し、表面錯体を形成します(表面錯形成反応)。この反応の種類として、以下の2つがあります。

【物理吸着：外圏型表面錯体】

ファンデルワールスカや、媒質と溶質が正反対の電荷(プラス、マイナス)を持つ際に静電気力が生じ、弱い力で吸着する反応を指します。主に水酸化物や酸化物表面のヒドロキシ基に、プロトンが付加及び解離することによって吸着媒体が形成されます。

【化学吸着：内圏型表面錯体】

媒質と溶質の間の原子同士で形成される、化学的な強い結合反応を指します。物理吸着と比べると安定的に維持されます。

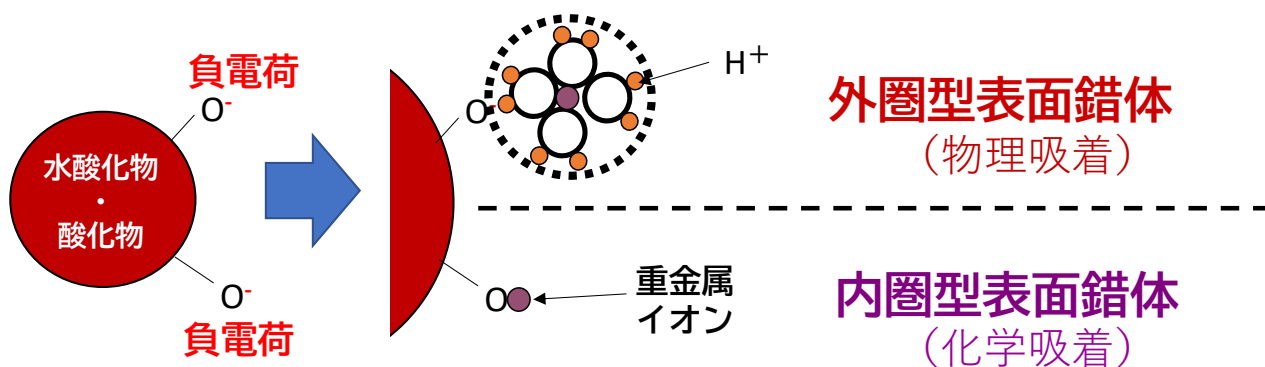


図1. 表面錯体の種類

不溶化材は上記2種類の表面錯体反応を利用することで、以下の様な不溶化メカニズムを形成します。

- i. 土壌中の重金属と直接反応し、溶解度の低い化合物を生成。 . . . 図2 ①、②、③
- ii. 土壌中で形態変化し、重金属と反応して溶解度の低い化合物を生成。 . . . 図2 ③
- iii. 膠結作用により土粒子を安定な集合体とし、土壌全体を固結させ、溶出を遅延。 . . . 図2 ④

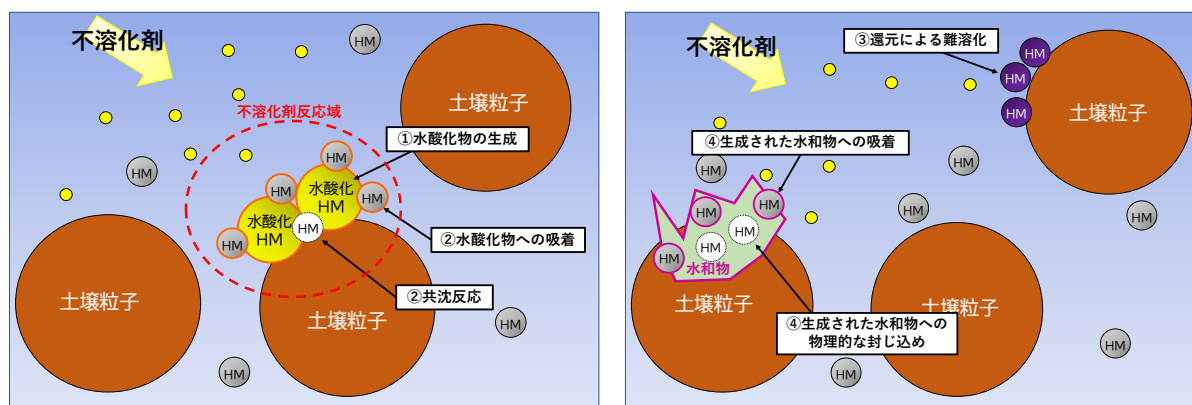


図2. 不溶化メカニズムのモデル図

5. 適用可能性試験

不溶化材の種類は、主に水酸化物系、硫化物系、鉍物系材料、セメント系材料等があります。不溶化材の種類や汚染物質の種類、土質条件によって不溶化の効果は大きく変化します。

弊社では、予め室内にて配合試験を行うことで、不溶化の効果を確認し、現地の土質や施工条件に最適な不溶化材の種類及び添加量を選定します。

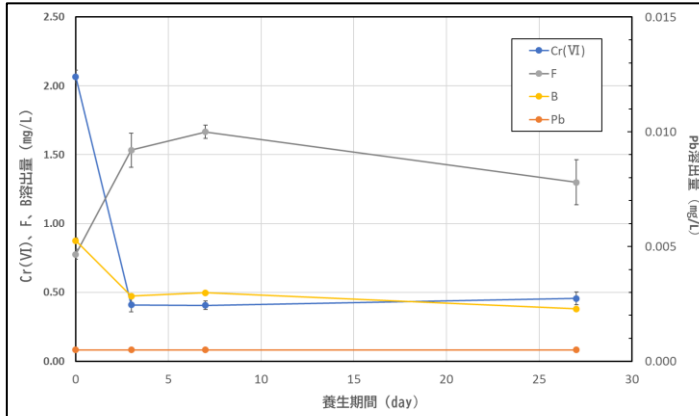


図3. 不溶化材添加による各汚染物質濃度の変動



写真1. 実験状況

6. 施工方法

①原位置不溶化工法

土木用重機を用いて、不溶化材と汚染土壌を原位置で均一に混合します。また、適応可能な土質によってはボーリングマシンを用いて、原位置で不溶化材を注入し拡散させます。注入の場合は、狭い場所もしくは既設の建屋を壊さずに施工することが可能となっています。



写真2. 重機を用いた原位置不溶化処理



写真3. 不溶化材注入処理

②オンサイト工法

掘削した汚染土壌を現地で自走土質改質機を用いて不溶化材料を混合し、埋め戻しを行います。

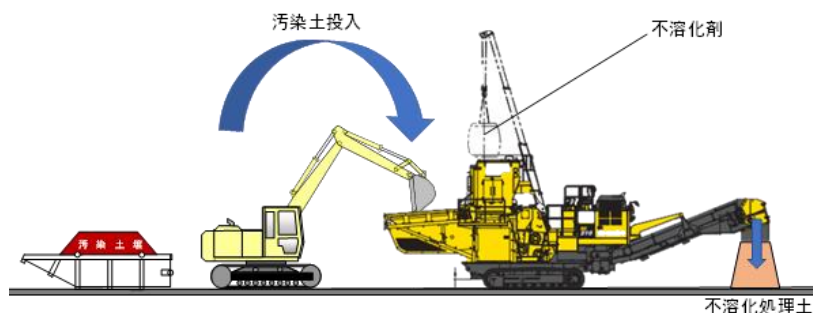


図4. オンサイト工法 概要図