グリーンライム

環境型固化材

重金属不溶化材・吸着材

中　性　固　化　材

宇部マテリアルズ株式会社

重金属不溶化材・吸着材

NETIS登録番号：QS-210042-A

グリーンライムMPシリーズ

従来の土壌汚染対策法では、人為由来(工場等)のみを法の対象としておりましたが、平成22年4月に土壌汚染対策法が改正され、自然由来の土壌環境基準を超える重金属汚染も法の対象となりました。

弊社は、これらの汚染土壌の利活用に貢献するために、国内唯一のマグネシアクリンカーメーカーである知見を活用し、酸化マグネシウムを用いた重金属不溶化材・吸着材「グリーンライムMPシリーズ」を開発しました。

製品の特長

1. 高濃度の汚染土に対応
   MPシリーズは少量の添加量で高濃度の重金属不溶化処理が可能です。
2. 複合汚染土への対応
   複数の重金属が溶出する汚染土においても不溶化処理が可能です。
3. 吸着層工法での活用
   MPシリーズは、吸着層工法の吸着材としての利用が可能です。
4. 処理コスト軽減
   目的に応じて最適な不溶化材を選択して頂く事で、処理コストの軽減を実現できます。
5. 改質効果
   酸化マグネシウムの効果により、重金属不溶化と同時にハンドリング性を改善します。

中性固化材

グリーンライムNPシリーズ

土質改良に用いる固化材は、セメントや石灰を主原料とした高アルカリ領域の商品が主流となっていますが、近年では、水質や植生に配慮した土質改良が求められており、中性域における固化材のニーズが高まっています。
弊社はそのニーズに応えるべく、マグネシアクリンカーの国内唯一のメーカーである知見を生かし、既存の中性固化材に比べて強度発現性に優れた、マグネシア系の中性固化材「グリーンライムNPシリーズ」の開発に至りました。

製品の特長

1. 土を中性に保ったまま固めることができます。
2. タイプによっては砒素・鉛等の重金属の不溶化が可能です。
3. 水質・植生に配慮した環境型の固化材です。

市場ニーズの変化

重金属不溶化材・吸着材

近年の需要（例）

- ●シールド工事の掘削土に重金属が含まれており、溶出量を下げて再利用する場合
- ●道路の切土工事で発生した溶出量基準を超えた土砂を盛土材に使用する場合
- ●工場跡地で溶出した重金属を含む土砂を処理する場合
- ●山岳トンネルから発生する重金属を含む岩石を吸着層工法で処理する場合

溶出量基準を超えた土砂を処分すると、高いコストがかかる

重金属を不溶化または吸着し、現場内で再利用（コストの削減・処分場の延命化）

●土壌汚染対策法の基準値

	特定有害物資の種類	土壌溶出量基準 (mg/L)	第二溶出量基準 (mg/L)
第二種特定有害物質	カドミウム及びその化合物	0.003 以下	0.09 以下
	六価クロム化合物	0.05 以下	1.5 以下
	シアン化合物	不検出	1 以下
	水銀及びその化合物	0.0005 以下 アルキル水銀 は不検出	0.005 以下 アルキル水銀 は不検出
	セレン及びその化合物	0.01 以下	0.3 以下
	鉛及びその化合物	0.01 以下	0.3 以下
	砒素及びその化合物	0.01 以下	0.3 以下
	ふっ素及びその化合物	0.8 以下	24 以下
	ほう素及びその化合物	1 以下	30 以下

製品ラインアップ

重金属不溶化材・吸着材

製品名	製品の特徴	対象重金属	吸着材利用
グリーンライムM※	重金属不溶化に優れた汎用品	砒素･ふっ素･鉛	○
グリーンライムMP※	経済性に優れ低濃度汚染に最適	砒素･ふっ素･鉛	○
グリーンライムMP-S※	セレン汚染､複合汚染土に最適	セレン･複合汚染	○
グリーンライムMH	不溶化と共に高強度発現が可能	砒素･鉛	―
スーパーMAG	高濃度汚染土対策品	砒素･ふっ素･鉛	○

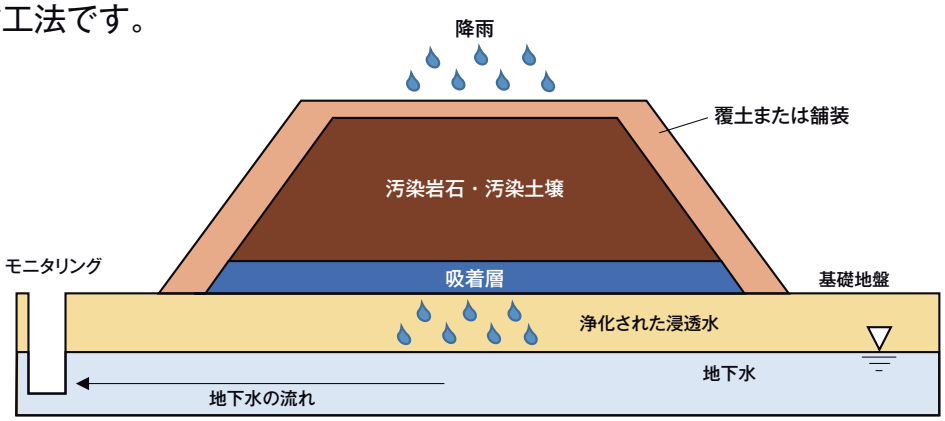
※NETIS登録番号：QS-210042-A
■上記製品は、対象土に応じて組成の検討が可能です。
■上記製品は、特許第4109017「汚染土壌の固化・不溶化方法」の実施権を取得しています。

不溶化工法の概要

不溶化工法とは、重金属を含んだ土壌に不溶化材を混合し、浸出水の重金属溶出量を土壌汚染対策法で定められた溶出量基準値以下に低減する工法です。

吸着層工法の概要

吸着層工法とは、重金属を含んだ岩石や土壌を盛土内部に封じ込め、盛土底部に重金属吸着材を配合した吸着層を設けることで、地下水への重金属の浸出を防ぐ工法です。



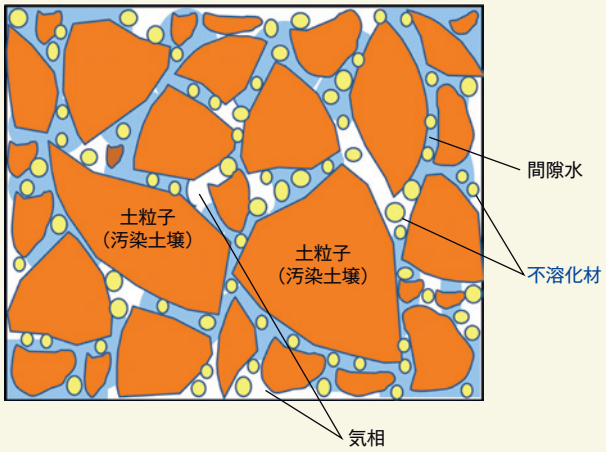
不溶化の仕組み

弊社の不溶化材を用いた場合のふっ素，砒素，鉛，セレンの不溶化に関する仕組みについて，以下に概説いたします。

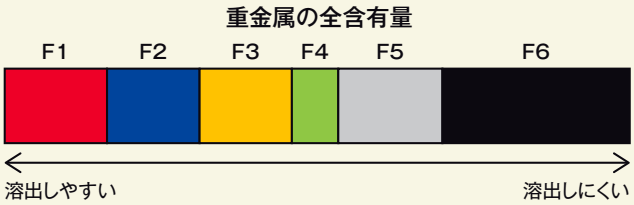
●不溶化材とは

マグネシウム系不溶化材を土壌に混合すると、主成分である酸化マグネシウムが水酸化マグネシウムに変化し、土壌のpHを10程度に安定させるとともに、不溶化効果が発現します。この不溶化原理を、逐次抽出法を例に説明します。逐次抽出法とは、重金属の全含有量を重金属の溶出形態ごとに、溶出しやすい重金属や溶出しにくい重金属を分別する手法です。F1からF6まで分画し、溶出しやすい形態がどの程度存在するかを知ることができ、F1が多いほど溶出量が多くなります。

土壌中の不溶化材



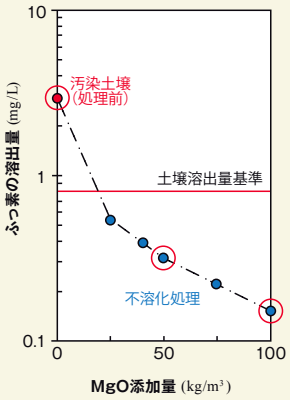
逐次抽出法
（重金属の形態ごとに分画）



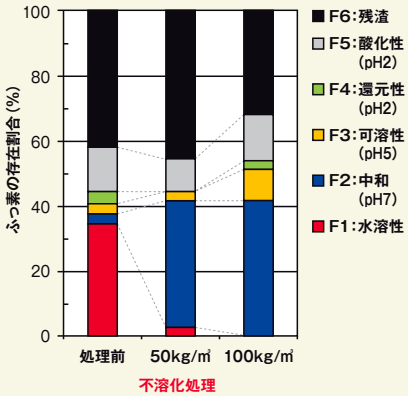
●ふっ素の不溶化原理

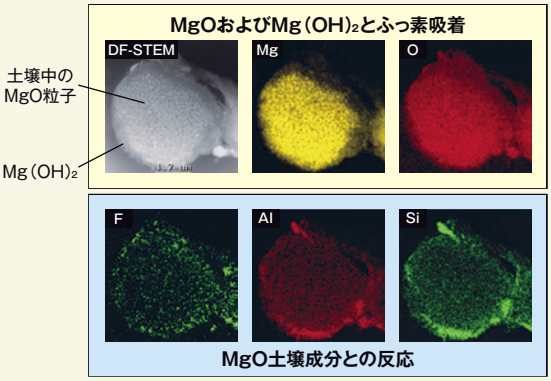
ふっ素イオンは土粒子に電気的に吸着していますが、不溶化材を混合すると、ふっ素イオンは酸化マグネシウムや水酸化マグネシウムに吸着します。その後、水酸化マグネシウムが生成していく過程で、ふっ素が水酸化マグネシウムに取り込まれ、酸化マグネシウムと土との反応生成物の中にも取り込まれます。

<MgO添加量の効果>



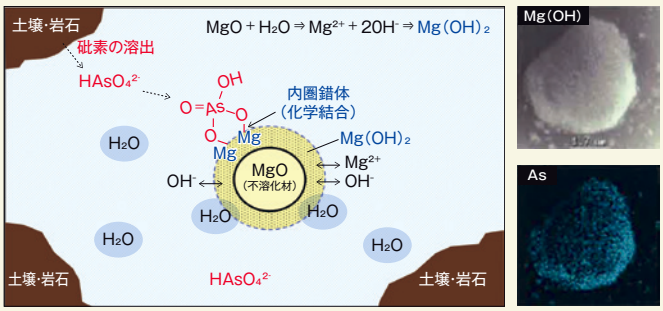
<逐次抽出法による存在形態の解析>





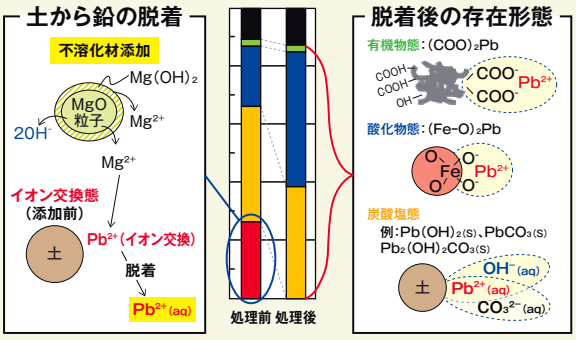
●砒素の不溶化原理

砒素はpHが高くなると不溶化しやすい形態に変化します。不溶化材を土に混合すると、土壌のpHが10程度になり、砒酸は$HAsO_4^{2-}$の不溶化しやすい形態になります。酸化マグネシウムは土中の水分と反応し水酸化マグネシウムに化学変化を起こしますが、この水酸化マグネシウムの表面に砒素を結合させ(錯体形成)、不溶化します。

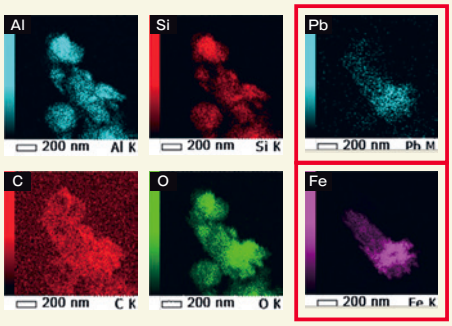


●鉛の不溶化原理

鉛はプラスイオンであるため、マイナスに帯電している土粒子にイオン結合しています。この状態では鉛は水に溶出しやすい形態です。ここに水酸化マグネシウムを添加すると、土粒子表面に結合していたPb^{2+}がMg^{2+}とイオン交換を起こし置換します(脱着)。脱着したPb^{2+}は有機物イオン、酸化物イオン、炭酸塩と結合し、難溶性の形態に変わります。



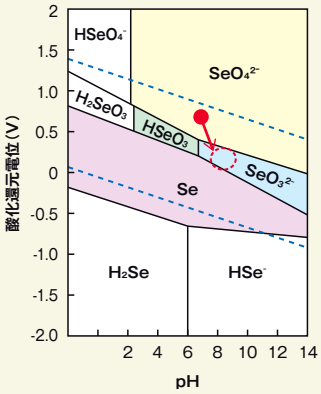
土粒子



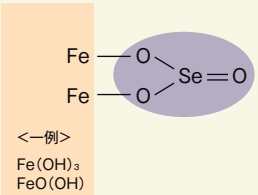
●セレンの不溶化原理

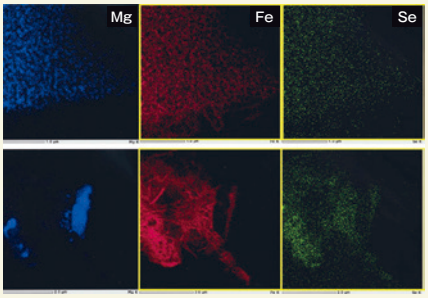
下図はpHおよび酸化還元電位ごとのセレンの存在比率です。自然界のセレンは6価の形態で存在していることが多く、このままでは不溶化が困難です。不溶化材を添加するとpHを10程度に調整するとともに、セレンを4価に還元することで不溶化しやすい形態に変化させます。

<セレンのpH-酸化還元電位>



鉄水酸化物との錯体形成





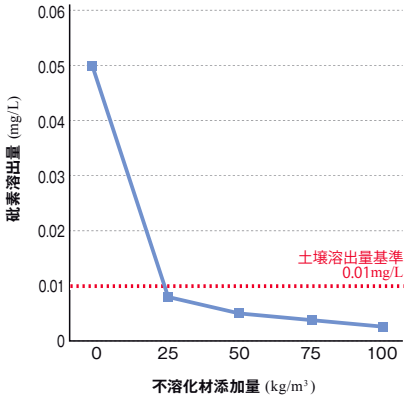
重金属不溶化材の不溶化性能

グリーンライムM

低濃度汚染土の不溶化とともに、強度の発現も可能です。

溶出試験

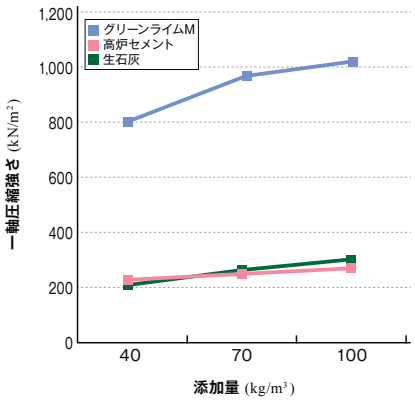
砒素［材齢7日］



強度試験（関東ローム）

含水比(%)	コーン指数(kN/m²)	粒度
106.0	41	砂混じり粘土

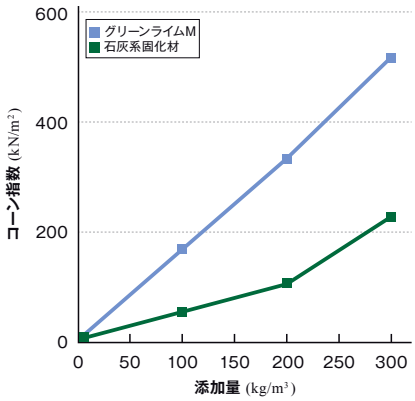
［材齢7日］



強度試験（ダム堆積土）
原土の物性

含水比(%)	コーン指数(kN/m²)	粒度
93.0	測定不能	細粒土

［材齢7日］

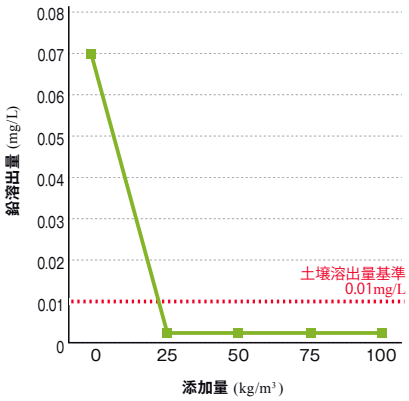


グリーンライムMP

経済性に優れ、自然由来や低濃度汚染土の不溶化に最適です。

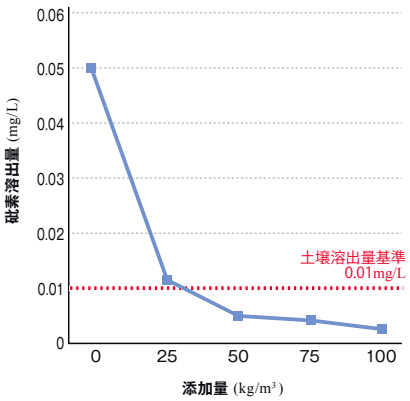
溶出試験

鉛［材齢7日］



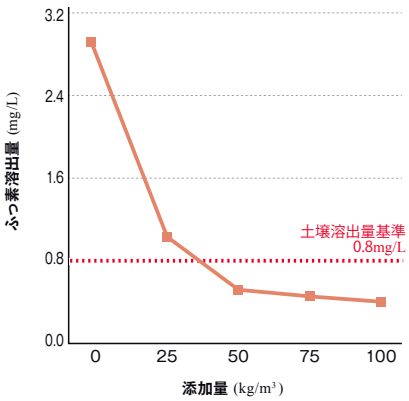
溶出試験

砒素［材齢7日］



溶出試験

ふっ素［材齢7日］

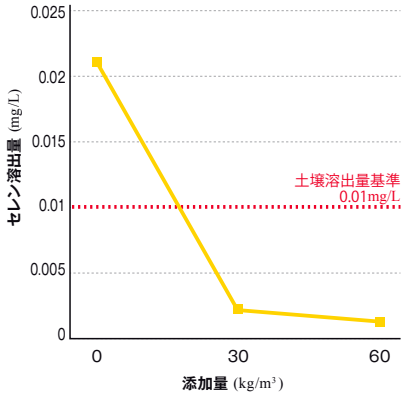


グリーンライムMP-S

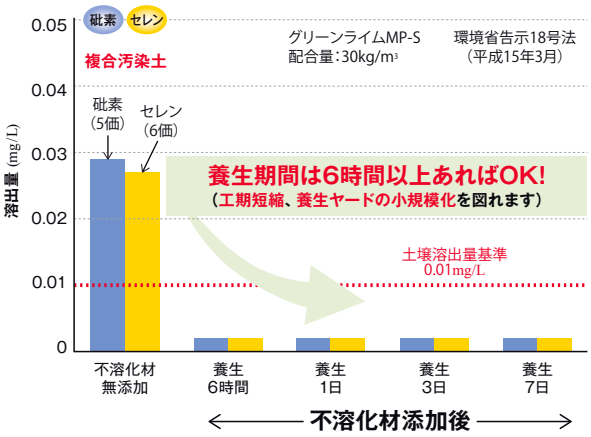
複合汚染土や不溶化が困難とされるセレンへの対応が可能です。

溶出試験

セレン［材齢7日］



効果発現までの時間（一例）



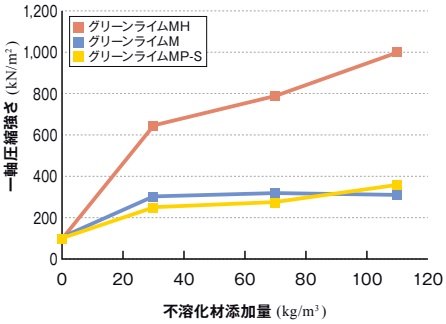
グリーンライムMH

砒素・鉛の不溶化と共に、高い強度発現が可能な製品です。

原土の物性（トンネルずり）

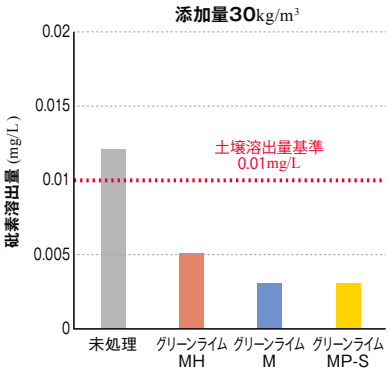
含水比（%）	湿潤密度（g/cm³）
6	2.14

強度試験
［材齢7日］



溶出試験

砒素［材齢7日］
添加量30kg/m³

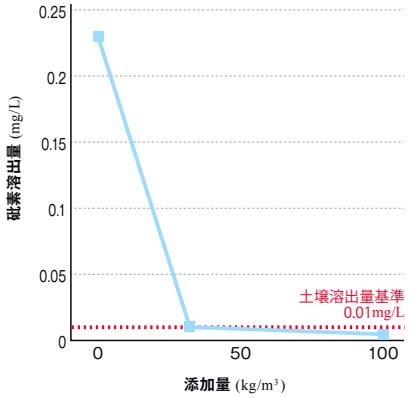


スーパーMAG

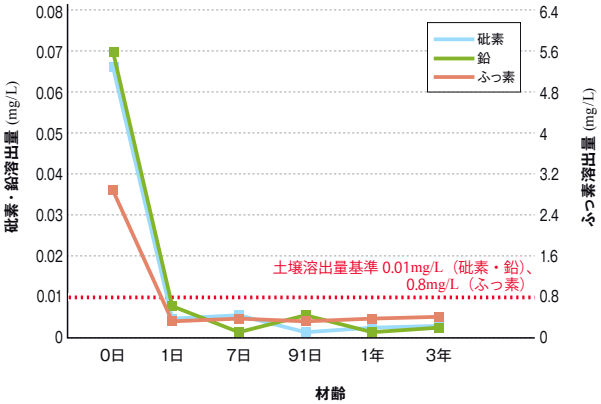
高濃度の汚染土の不溶化に最適です。

溶出試験

砒素［材齢7日］



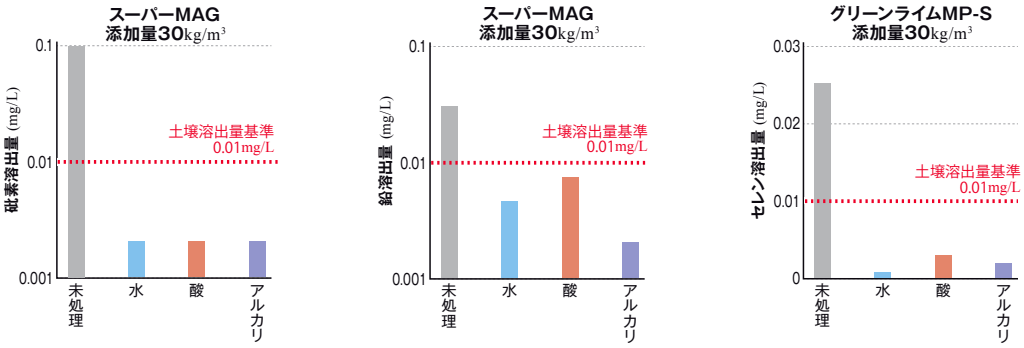
長期安定性試験



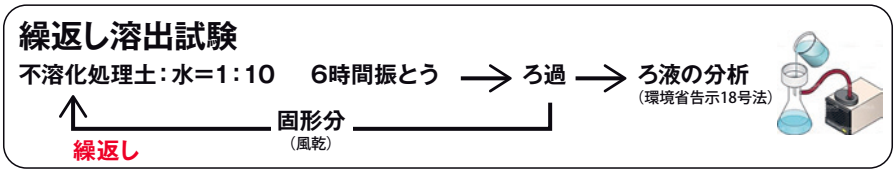
重金属不溶化材の長期安定性

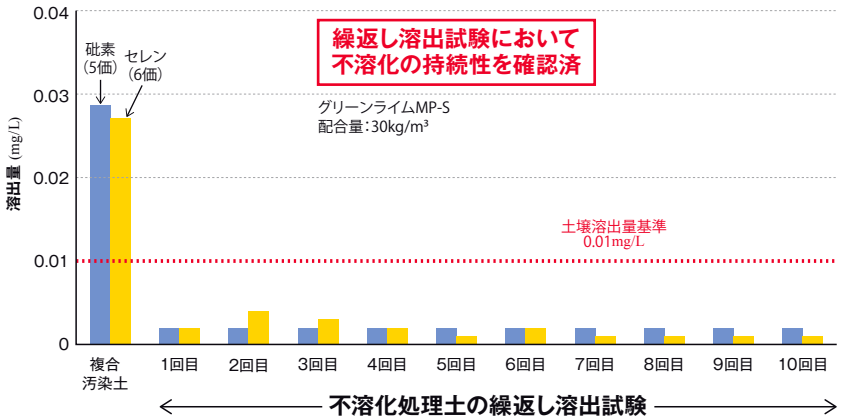
酸アルカリ試験

酸・アルカリ試験は、一旦不溶化した重金属が年月とともに溶出することがないか確認する試験です。溶出の原因としては不溶化処理土壌が酸及びアルカリに曝された場合に土壌のpHが変化し溶出するおそれがあると考えられています。酸アルカリ試験では人為的に土壌に酸及びアルカリを添加させ、溶出量を測定します。



繰返し確認試験

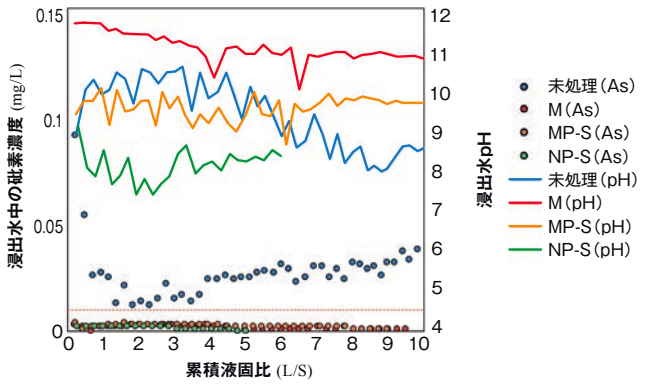




カラム通水試験

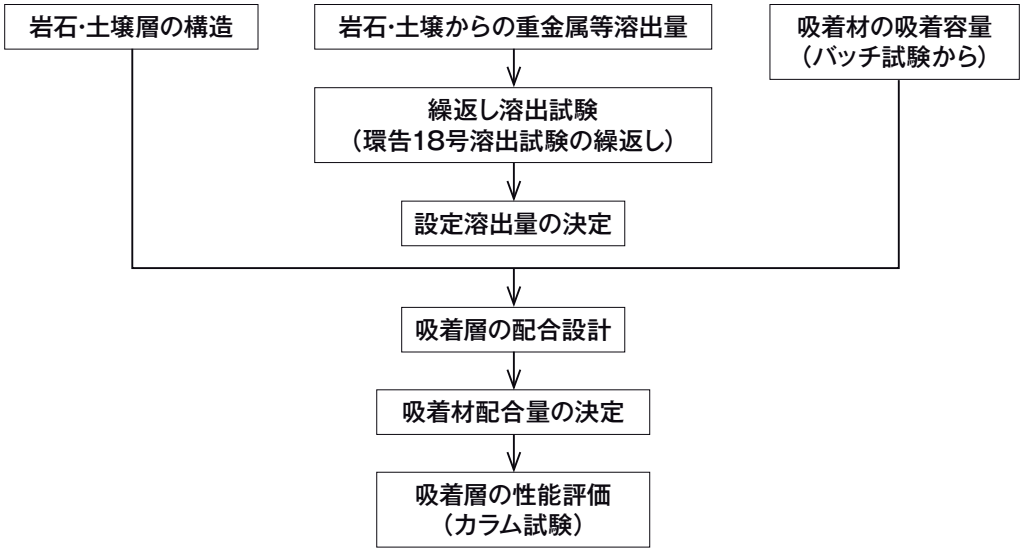
原土の物性

砒素溶出量(mg/L)	pH
0.018	10.1



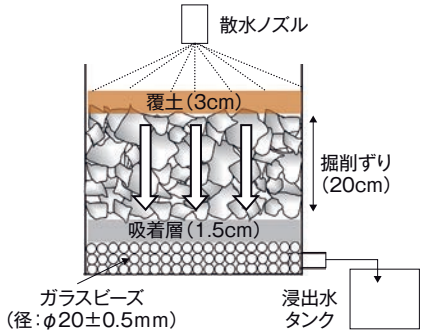
吸着材の吸着性能

吸着層工法の評価フロー

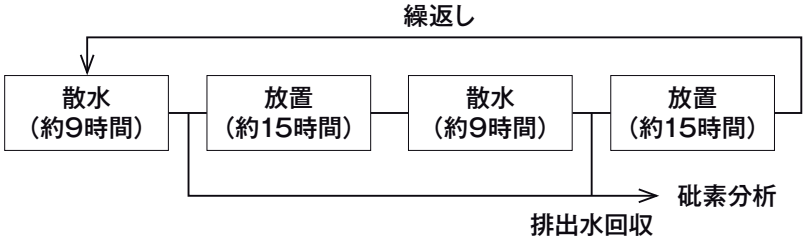


吸着試験方法

＜装置模式図＞



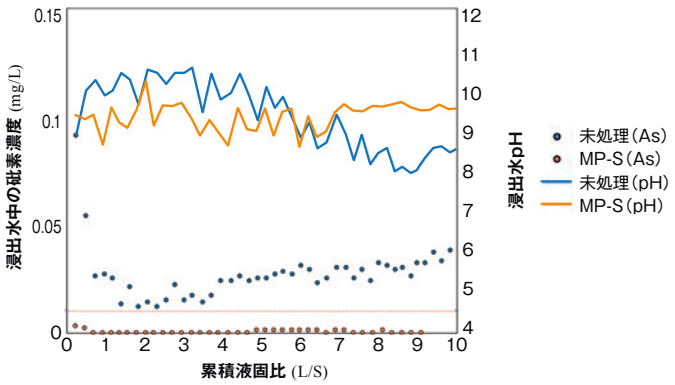
＜試験フロー＞



吸着試験結果

原土の物性

砒素溶出量（mg/L）	pH
0.018	10.1



工事の流れ（不溶化工法・吸着層工法）

一般的な不溶化工事の流れは以下のとおりです。

事前調査
- 汚染物質の調査
- 汚染範囲の調査
- 土壌サンプリング
- 工事環境の調査

▼

工法の選定
- 現場条件による検討
- 事前評価試験
- 経済性の検討

▼

室内配合試験
- 材料の選択

▼

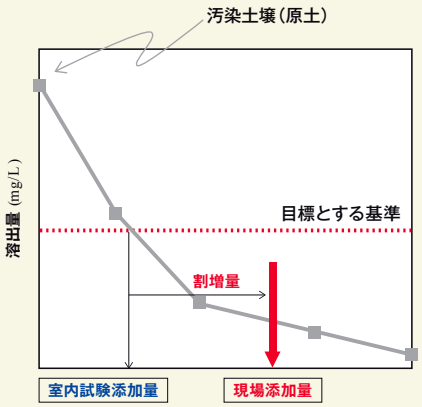
施　工
- 施工機械の選定
- 不溶化材混合、吸着材敷設

▼

品質管理
- 溶出試験
- モニタリング

室内配合試験

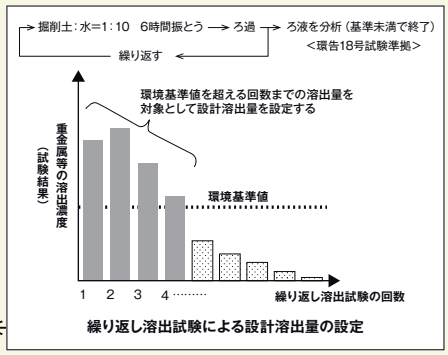
不溶化材の配合設計

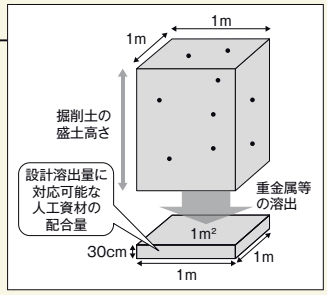


※割増量は施行機械により設定

吸着材の配合設計

掘削土層の構造	
掘削土の盛土高さ	H（m）
乾燥密度	b（kg/㎥）
単位面積当たりの掘削土量	D=bH（kg/㎡）
掘削土からの重金属等溶出量	
単位重量当たりの設計溶出量	A（mg/kg）
単位面積当たりの設計溶出量	E=AD（mg/㎡）
吸着層の配合設計	
吸着材の吸着容量	Qc（mg/kg）
単位面積当たりの吸着材量	G=E/Qc（kg/㎡）
吸着層厚	h（m）
吸着材配合量	I=G/h（kg/㎥）
このほか安全率や施工上必要な配合量を考慮する場合もある。（参考安全率1.05～1.2）	





一般社団法人 北海道環境保全技術協会　技術レポートNo.9
「人工資材による自然由来重金属等を含む掘削土対策の設計・施行マニュアル」より引用

尚、上記の試験方法以外にご要望があれば、別途お打合せ致します。

中性固化材市場ニーズの変化

中性固化材

近年の需要（例）

- 希少種が生息する河川付近で安定処理する場合
- 農地付近で安定処理する場合
- ダムや湖沼などの閉鎖性流域における浚渫土砂を安定処理する場合
- 浚渫土砂を改質し、農地へ搬出する場合
- 建設発生土を改質し、受入基準（pH8.6 以下）のある搬出先へ持ち出す場合

従来の固化材では改良土のpHが高アルカリになる

▼

環境に優しい中性固化材の活用

●環境基準値

基準値	pHの許容値	項目
水質汚濁防止法の排水基準	5.8～8.6	公共用水域
	5.0～9.0	海域
水道法に基づく水質基準	5.8～8.6	
生活環境の保全に関する環境基準	6.0～8.5	河川
	7.0～8.3	海域

製品ラインアップ

製品名	製品の特徴
グリーンライムNP	中性域での土質固化に最適
グリーンライムNP-A	pH調整に特化した土質改質材
グリーンライムNP-S	中性域での固化かつ重金属の不溶化が可能
グリーンライムNP-SH	高含水比土対策品　重金属の不溶化も可能
グリーンライムNP-H	初期強度の改善に優れ、中性域での土質改良が可能

中性固化材の性能（1）

グリーンライムNP

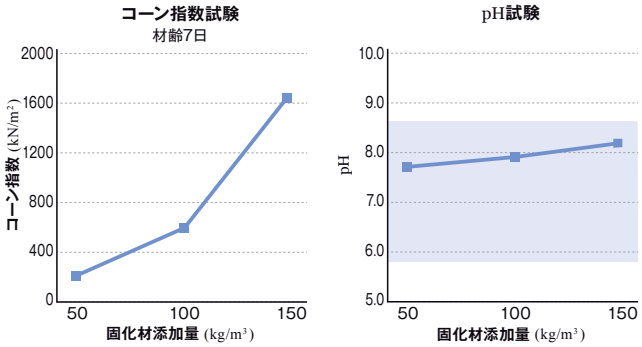
中性域での強度発現に優れた製品です。

●各種土質とコーン指数の関係

※排水基準値：pH5.8～8.6

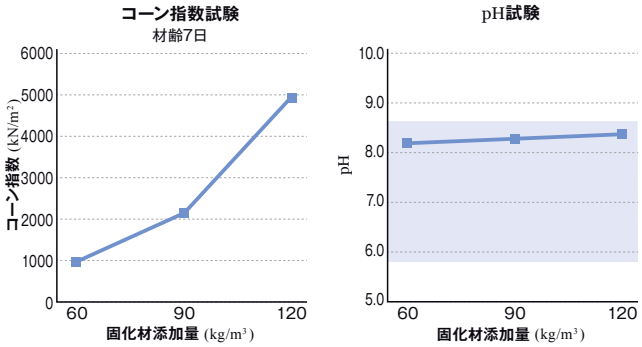
粘性土（関東ローム）
原土の物性

含水比（%）	コーン指数（kN/m²）	pH
104.0	105	6.97



砂質土
原土の物性

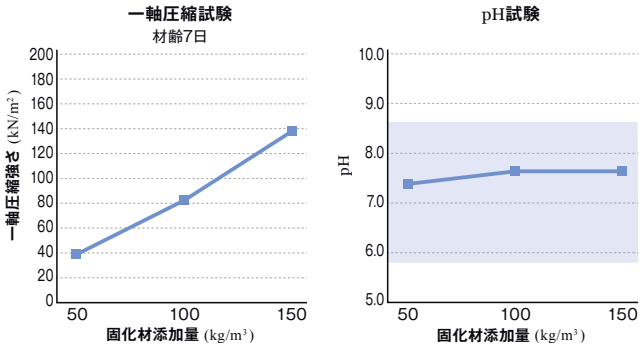
含水比（%）	コーン指数（kN/m²）	pH
31.1	88	7.20



●各種土質と一軸圧縮強さの関係

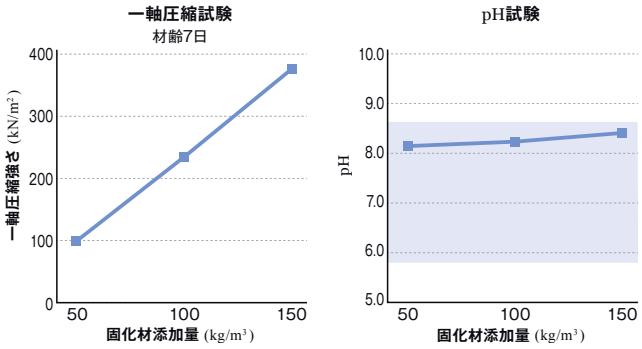
粘性土
原土の物性

含水比（%）	一軸圧縮強さ（kN/m²）	pH
71.1	11	7.11



砂質土
原土の物性

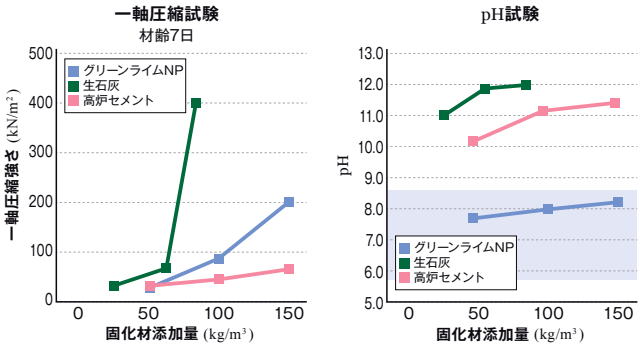
含水比（%）	一軸圧縮強さ（kN/m²）	pH
42.4	48	8.30



●他固化材との性能比較

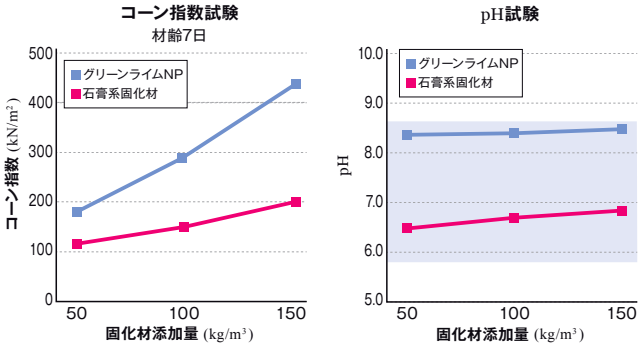
従来固化材との性能比較
原土の物性

含水比（%）	一軸圧縮強さ（kN/m²）	pH
104.0	18	6.97



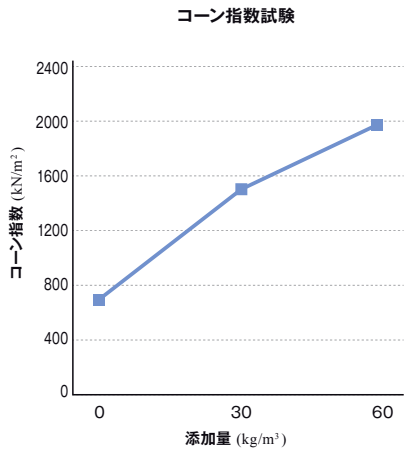
石膏系中性固化材との性能比較
原土の物性

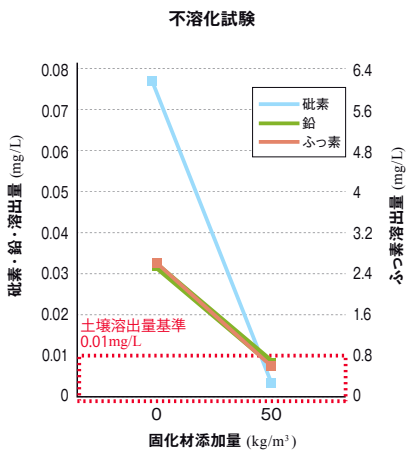
含水比（%）	コーン指数（kN/m²）	pH
84.8	81	6.97

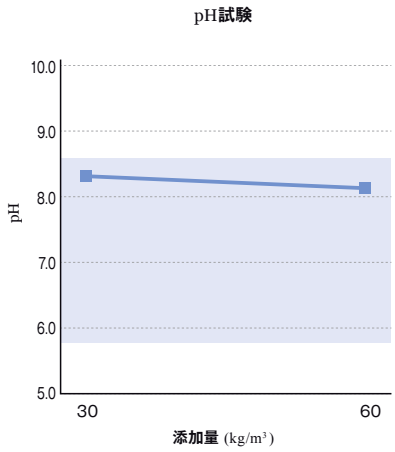


グリーンライムNP-S

中性域での強度発現かつ重金属の不溶化が可能な製品です。



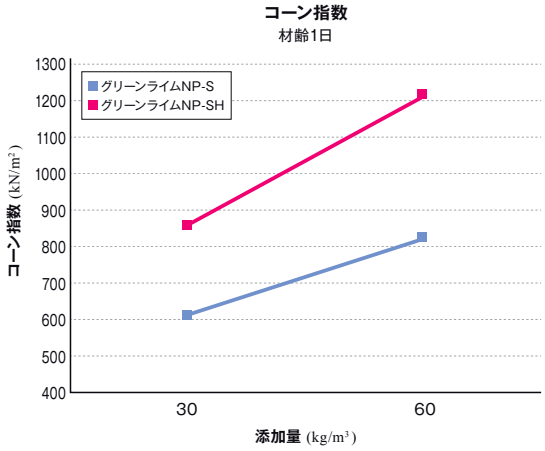


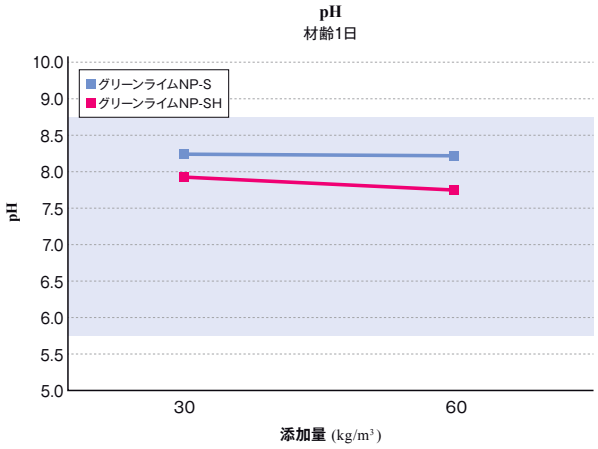


グリーンライムNP-SH

粘性土
原土の物性

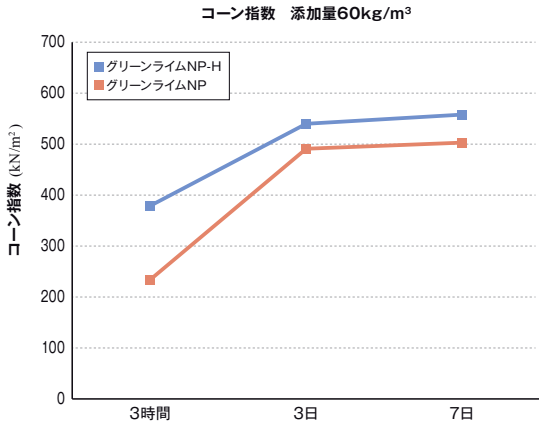
含水比(%)	コーン指数(kN/m²)	pH
42	220	9.2

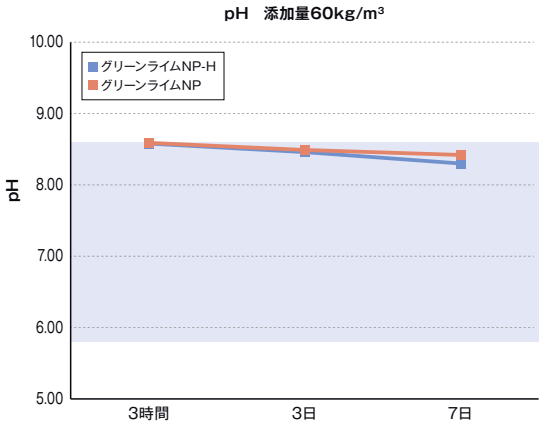




グリーンライムNP-H

含水比(%)	コーン指数(kN/m²)	pH
25.4	167	7.96

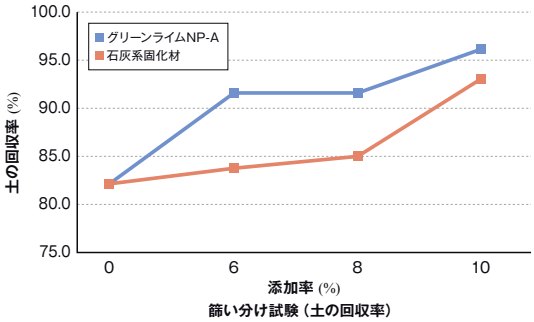


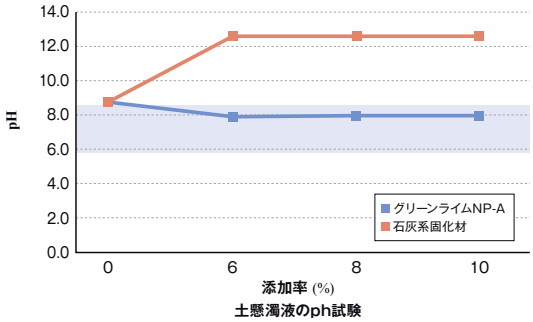


中性固化材の性能（２）

グリーンライムNP-A

pH調整に優れており、土砂の分別の剥離材としての使用も可能です。
土砂を中性域で石と土に剥離し、農地に搬出する場合などに有効です。



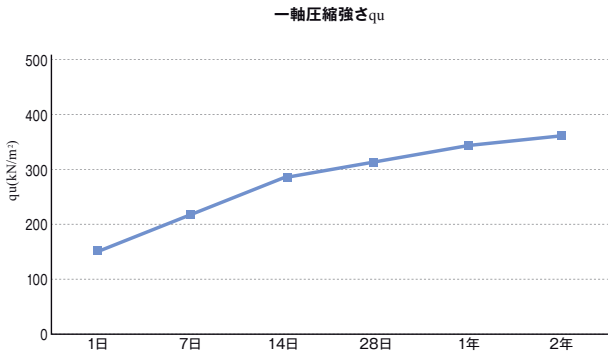


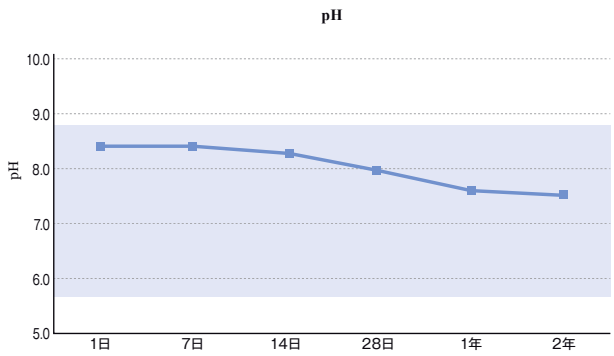
長期強度の安定性

原土の物性

含水比(%)	土の種類	湿潤密度(g/cm^3)	一軸圧縮強さ(kN/m^2)	pH
45	粘性土	1.48	36	8.1

●グリーンライムNP添加量　97kg/m^3





※排水基準値：pH5.8～8.6

●試験方法

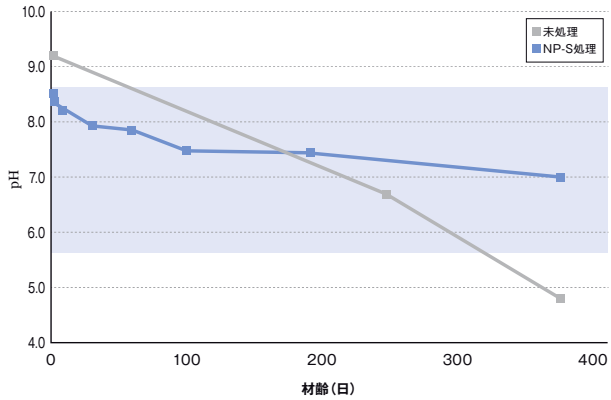
グリーンライムNP添加後の時間の経過とともに強度・pHを測定しました。1日～2年まで強度を測定しましたが、このデータでは2倍以上の強度の伸びを観測しました。さらにpHをみても、中性域で安定しています。

土の曝露試験

グリーンライムNP添加後（97kg/m^3）の試料を屋外で28日間曝露し通過した雨水を測定しています。

pH値	
通過雨水	曝露後の土
7.8	8.0

グリーンライムNP-SによるpH制御機能



魚類急性毒性試験

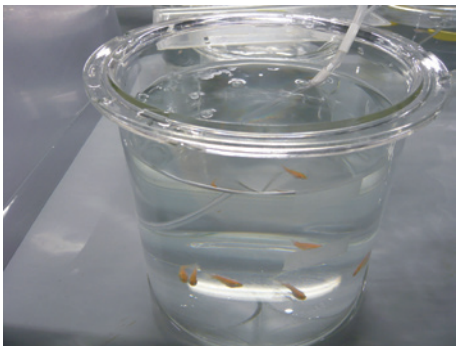
●添加材：グリーンライムNP

試験群 (mg/L)	累積死亡率(%)				溶存酸素濃度(mg/L)		pH	
	24時間	48時間	72時間	96時間	開始時	終了時	開始時	終了時
添加なし	0	0	0	0	8.1	8.1	8.0	8.0
1	0	0	0	0				
10	0	0	0	0				
100	0	0	0	0	8.1	8.1	8.1	8.0

※グリーンライムNP-Sでも上記試験を合格しています。

●試験方法

設定濃度として①添加なし、②1mg/L、③10mg/L、④100mg/Lの４種類の濃度になるように、グリーンライムNPと試験用水を48時間撹拌し調節後、ヒメダカを放流し、24・48・72・96時間後の致死数を確認しました。96時間経過内にヒメダカの致死数はゼロであることを確認しました。



植生試験　小松菜の発芽経過

未処理土

グリーンライムNP
30kg/㎥添加

●試験方法

写真は種まき3週間後の小松菜の発芽状況です。グリーンライムNPは、未処理土と同様に発芽が確認されています。

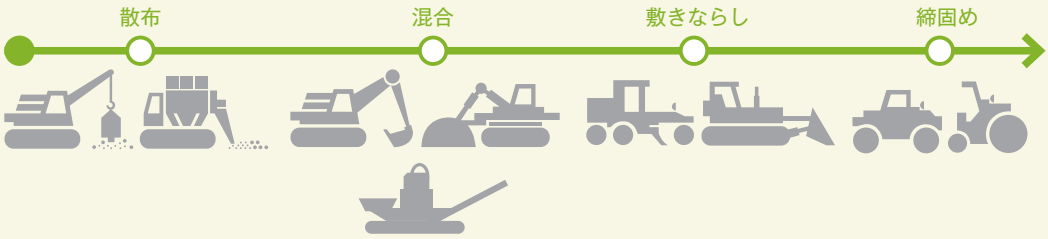
施工方法

施　工

1）浅層処理方式の施工手順を以下に示します。

準　　備	不溶化材の散布	混合・整正	養　　生
・巨礫の除去 ・不陸整正 ・防塵対策	・現場添加量から、1トンフレコンの散布面積になるように区画割を行う。 ・不溶化材を所定面積に均一に散布する。	・汚染土と不溶化材を均一に混合する。 ・不陸整正	・所定の期間養生する。（通常は7日）

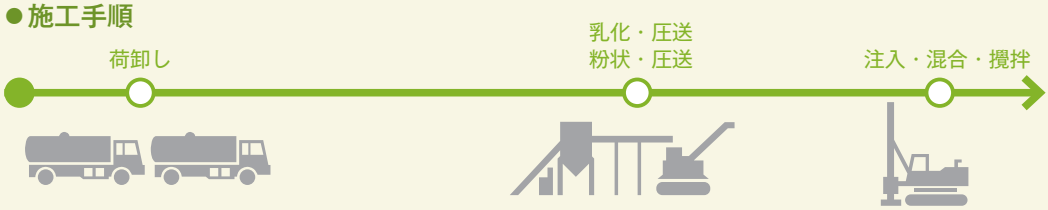
●施工手順



2）スラリー状の不溶化材を用いた中層・深層処理方式の施工手順を以下に示します。

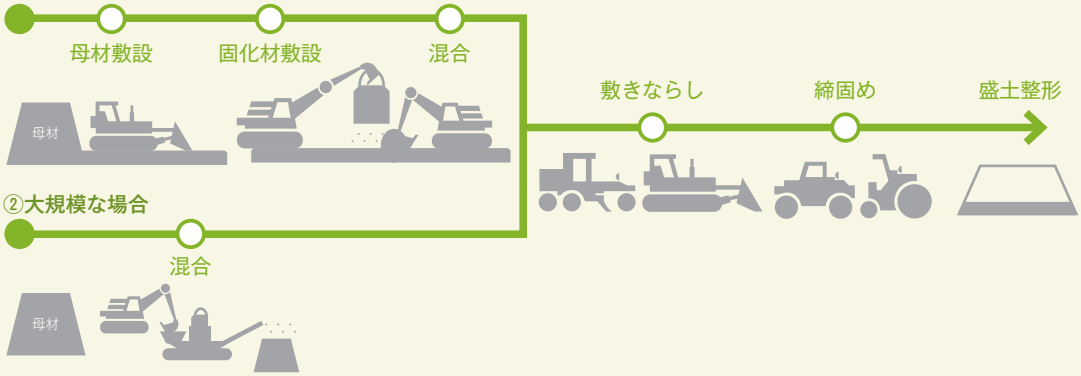
準　　備	位置出し	混合・整正	養　　生
・巨礫の除去 ・不陸整正（処理後の土の変化量を考慮し、必要に応じて空掘・掘削を行う。） ・機材搬入・組立 ・スラリープラントの設置、吐出量のキャリブレーション	・施工ブロック位置出しおよび区画割を行う。	・撹拌装置を所定の位置にセットする。 ・汚染土と不溶化材を均一に混合する。 ・不陸整正 ・必要に応じ表面排水用の素掘り側溝の設置	・所定の期間養生する。（通常は7日）

●施工手順



3）吸着層の施工方法

①小規模な場合



◆応急処置

・目に入った場合：きれいな水で十分に洗浄し、直ちに医師の診断を受けてください。
・皮膚についた場合：きれいな水で十分に洗い流してください。
・吸入した場合：多量の場合は、直ちに医師の診断を受けてください。
・飲み込んだ場合：きれいな水で口の中をよく洗浄し、直ちに医師の診断を受けてください。

●取扱上のお願い

保管上のお願い

保管する場合は、水が浸入しないようにかさあげして保管してください。
直接、地面に置かないでください。
降雨の恐れがある場合は、湿度が高い場合にはビニールシート等で覆って、風でとばないようロープ等で固定してください。

フレコン取扱上のお願い

1. 吊上げの際
吊ロープ又は吊ベルトはフックに正しく掛け、片吊はしないでください。
急な吊上げ・吊下ろし・横引きはしないでください。

2. 排出の際
吊上げたフレコンの下に入って、開口しないでください。開口部が地面にふれないように吊上げして排出してください。
内容物は残留しないよう全部排出してください。

使用上のお願い

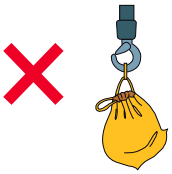
改良効果は対象土との混合度合いに大きく影響しますので、均一になるまで十分に混合してください。

プラント設備との適応性についてお願い

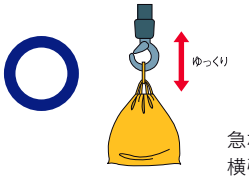
グリーンライムシリーズ製品とプラント設備に対する適応性について、事前の確認をお願い致します。

●取扱い警告（ケアー）マーク補足説明●

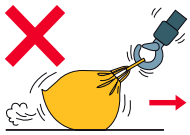
1. 吊上げる場合



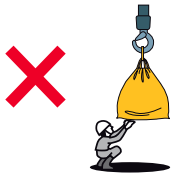
吊ロープのフックを正しく掛け、片づりはやめてください。



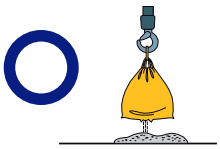
急な吊上げ、吊下げ、横引きはしないでください。



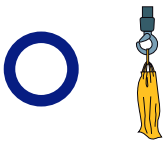
2. 排出する場合



吊下げたフレコンの下に入らないでください。

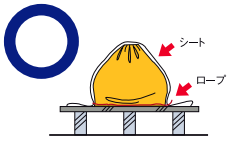


発塵防止の為できるだけ低い位置で排出してください。



内容物は残留しないよう全量排出してください。

3. 保管する場合



仮貯蔵の際、水が浸入しないようにして貯蔵してください。

●会　社　概　要●

名　　称　宇部マテリアルズ株式会社
　　（Ube Material Industries, Ltd.）
本社住所　〒755-0043 山口県宇部市相生町8番1号 宇部興産ビル5F
T　E　L　（0836）31-0156（代表）
F　A　X　（0836）21-9778
創立年月日　1949年9月
主な事業　（1）マグネシアクリンカーその他耐火材料
（2）石灰その他窯業製品
（3）マグネシウム系及びカルシウム系化学工業品
（4）電子材料、光学材料
（5）ファインセラミックスその他複合材料
（6）樹脂用補強材
（7）肥料
（8）マグネシウム、カルシウム補強用の食品添加物
（9）土質安定処理材
（10）土木建設用資材、住宅用資材、農芸用資材
（11）脱硫剤、脱塩素剤、排水中和剤
（12）水質、底質改善剤

ISO 14001 認証取得

QUALITY ASSURANCE JIC REGISTERED ORGANIZATION No.E797-ISO14001

JAB MS CM002

2026年9月改訂

宇部マテリアルズ株式会社

●お問い合わせ先●

東京販売部　販売第二課（東京駐在）	〒103-0022	東京都中央区日本橋室町1丁目9番12号　共同ビル2階	TEL 03-3279-3235
東京販売部　販売第二課	〒290-0045	千葉県市原市五井南海岸8番地2	TEL 0436-21-7131
東京販売部　東北営業所	〒980-0014	宮城県仙台市青葉区本町2丁目2番3号鹿島広業ビル8階	TEL 022-265-2160
山口販売部　販売第二課	〒759-2222	山口県美祢市伊佐町伊佐4611番地1	TEL 0837-52-0178
山口販売部　大阪営業所	〒541-0043	大阪府大阪市中央区高麗橋4丁目8番10号パークコート淀屋橋ビル403号室	TEL 06-6208-5177