

## 再利用先での環境条件変化を考慮した 重金属不溶化技術の検討

---

鹿島建設株式会社 技術研究所  
石神 大輔



1

## 本日の内容

2

1. 不溶化技術の概要

2. 不溶化の長期安定性への課題

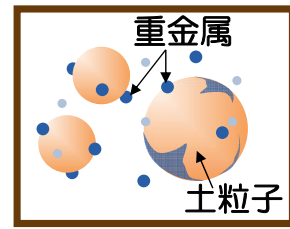
3. 今後の不溶化への鹿島の取組み

4. まとめ

## 不溶化技術とは・・・

- 重金属の溶出を抑制するために、不溶化材（薬剤）を混合して重金属イオンを固定する技術  
→ 土壤溶出量基準に適合しない場合に適用
- 不溶化材（薬剤）の種類によって、不溶化メカニズムは異なる。
- 不溶化材の種類は多種多様。  
(鉄, マグネシウム, カリウム, 希土類…)

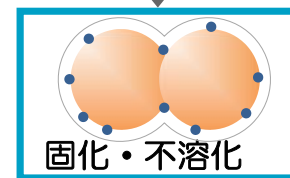
### 不溶化の原理



+



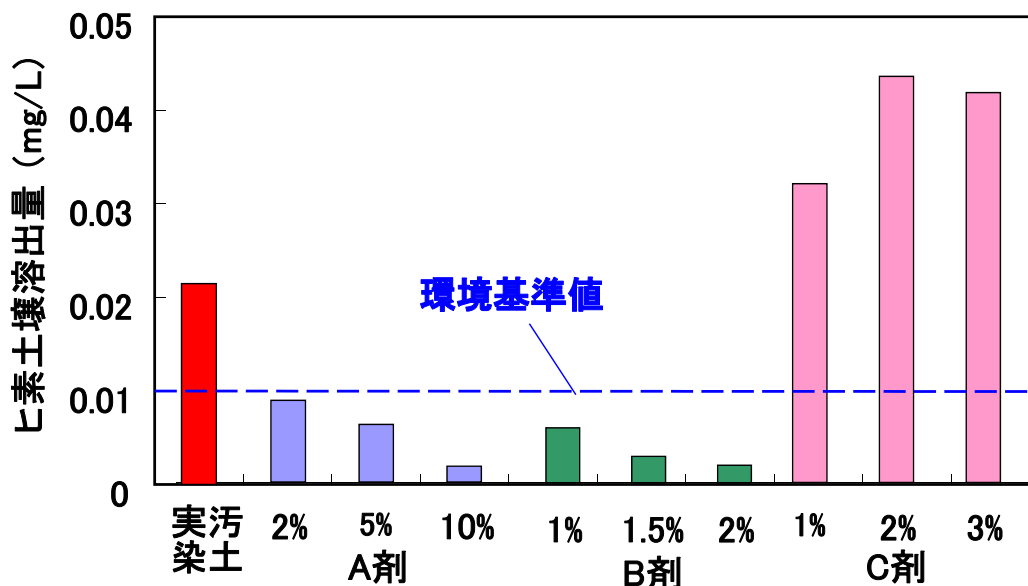
不溶化材



水に溶け出ない！

## 最適不溶化材の選定

ヒ素に対する各種不溶化材の検討事例



- 事前の室内試験により、不溶化材と添加量を決定

# 不溶化材の混合

さまざまな混合機があり，対象土の土量から機械の候補を絞り，土質や含水比，使用する不溶化材の種類等で，詳細な施工計画を立てる。

バックホウ，土壤改良機，専用混合プラント…



➤ 室内試験結果と機械の混合精度から，実際の添加薬剤量を決定

# 不溶化のコストのイメージ



対象土量	小規模	中規模	大規模
機械コスト	小	中	大

対象土量を考慮して施工機械を選定するため，混合費用は $m^3$ 当たりで示すと，規模によってコスト（施工単価）があまり変わらない。

よって，狭隘な箇所でも不溶化はコストメリットがあり，掘削除去費用に比べて，半額以下など大幅に安価な費用で実施することが可能。

- 基準不適合土壌を不溶化して土壌溶出量基準に適合する状態となっただけであって特定有害物質が除去されているわけではないことから、  
“環境リスク低減技術”ではあるが  
“浄化技術”ではない。（区域指定は解除されない）
- 定期的なモニタリングが必要（最低2年間）

上記などの制約があるものの、

事業地が土壌調査の結果により、要措置区域となってしまった場合の安価な拡散防止対策としては、十分に有効と言える。

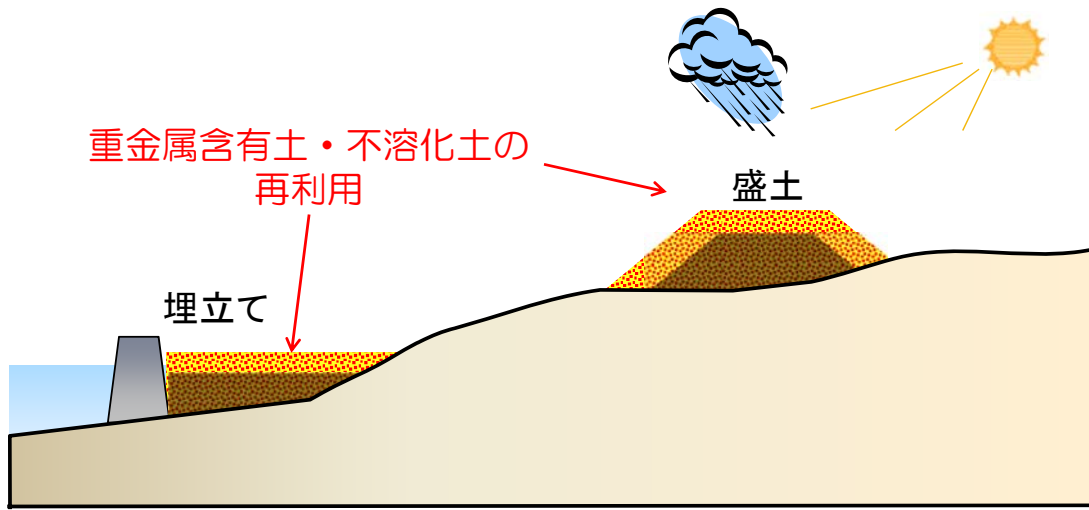
## 本日の内容

### 1. 不溶化技術の概要

### 2. 不溶化の長期安定性への課題

### 3. 今後の不溶化への鹿島の取組み

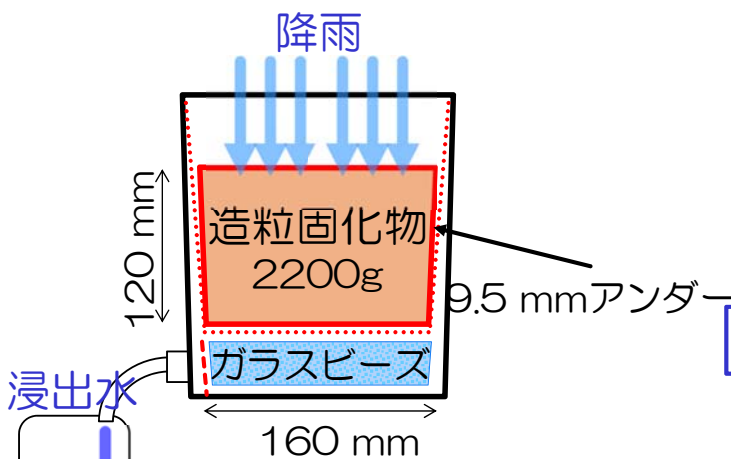
### 4. まとめ



長期的には基準不適合の恐れはないか？

## 雨水曝露試験

参考：土研式雨水暴露試験



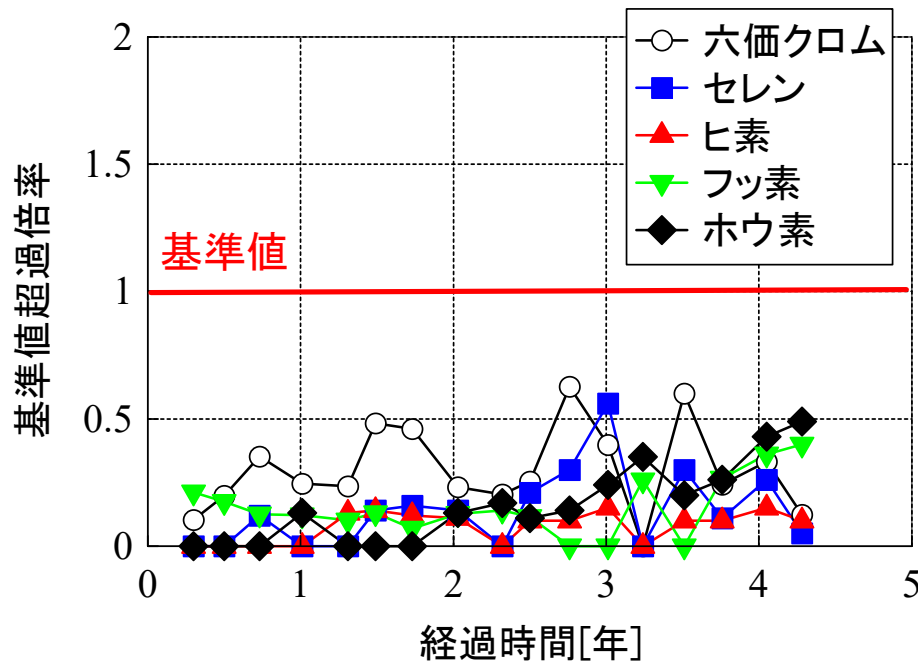
浸出水（3ヶ月毎に回収）  
化学分析  
固体試料（1年毎に採取）  
粉末X線回折



実験の様子

# 雨水曝露試験の結果

11



施工後、4年以上の曝露試験を実施して基準超過が無いことを確認

→ いつまでやれば良い？（ルール無）

# 長期安定性評価の課題

12

現状の長期安定性に関するアプローチの課題

- 曝露試験だと、実際に供用期間と同様に長期評価が必要  
→ 施工時の管理試験などには使用できない。
- 還元条件への変化への評価が不足  
(pHなら酸・アルカリ添加溶出試験等の一定の指標有り)



本研究でのアプローチ（次章）

- 想定される最終的な化学条件に変化させた場合の溶出量を、環境基準に対して評価（将来的には施工管理試験へ）
- そこで、酸化還元条件（ORP）およびpHの変化に着目して検討

## 1. 不溶化技術の概要

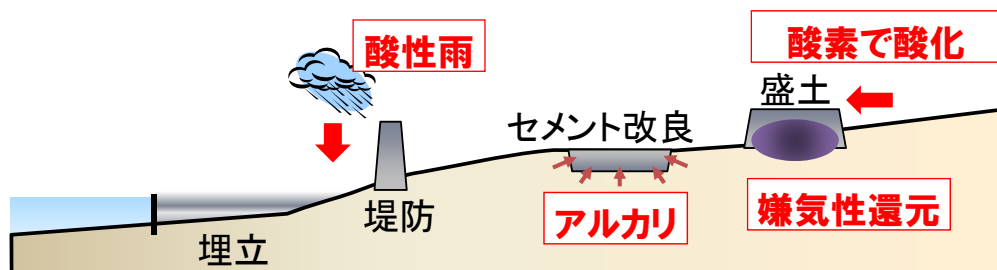
## 2. 不溶化の長期安定性への課題

## 3. 今後の不溶化への鹿島の取組み

## 4. まとめ

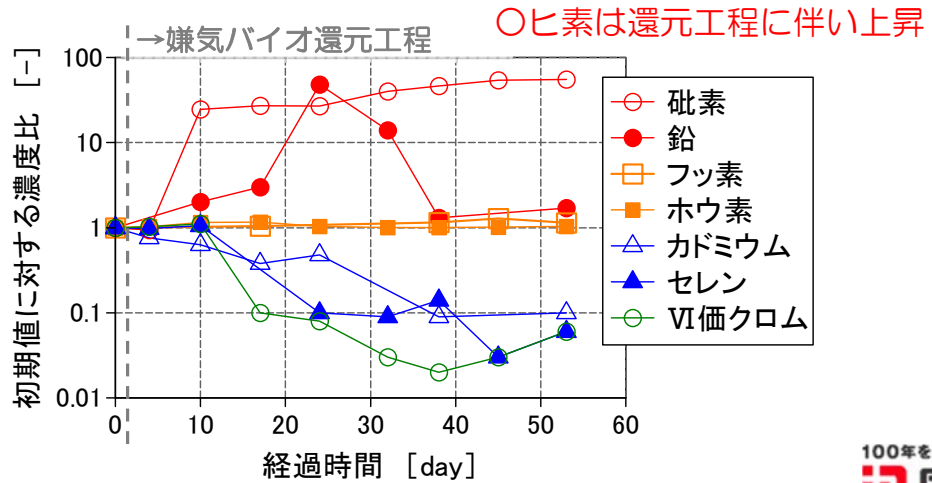
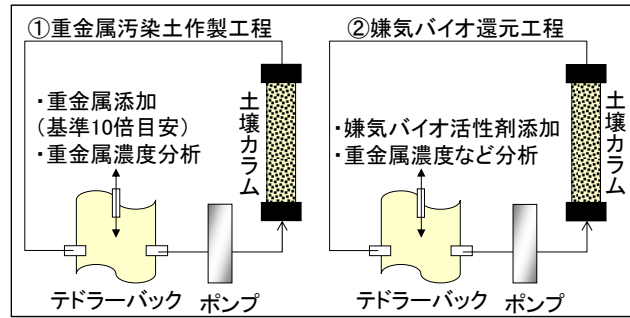
# 再利用先での環境変化

不溶化土を事業において再利用する場合、利用先の用途により、環境条件【pH・酸化還元電位（ORP）】が変化し、不溶化効果に影響を与えられとされる。

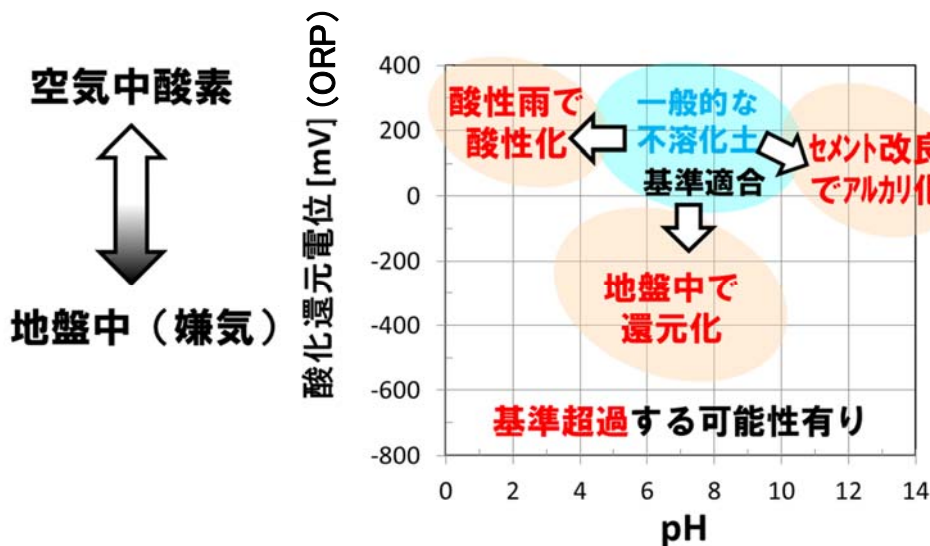


不溶化土用途による環境条件変化の例

# 還元状態での重金属溶出挙動



# 環境条件の変化による影響



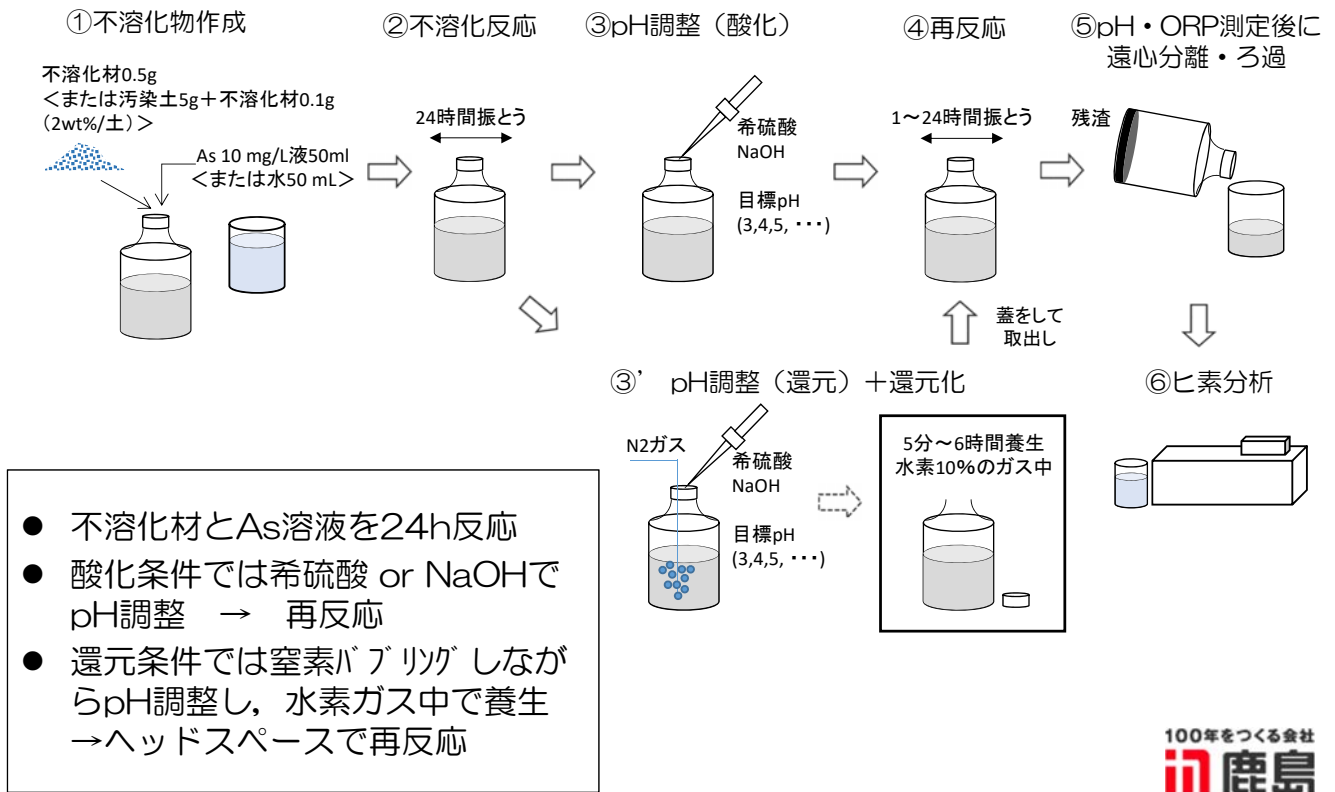
不溶化土の用途による環境条件 (pH・ORP) の変化

鹿島では、重金属溶出挙動に影響する主要因であるpHとORPに着目し、pH・ORPが変化した場合の溶出挙動の変化を評価する試験方法を検討した。



# pH・ORPを変化させる確認試験

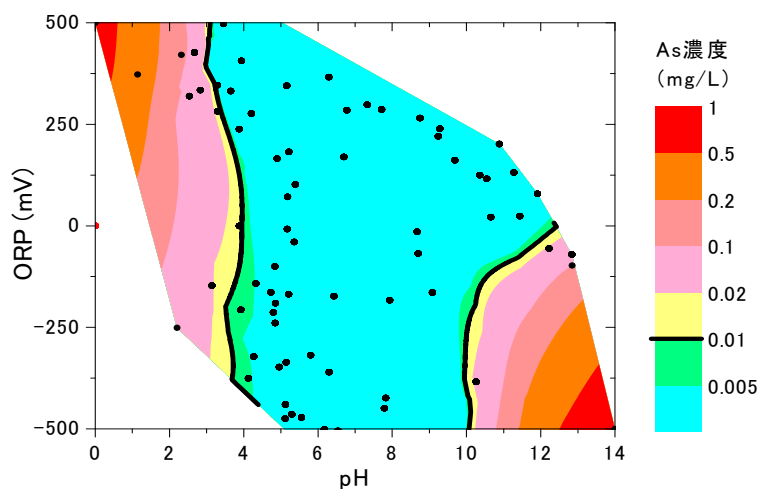
17



# 鹿島独自の配合による不溶化

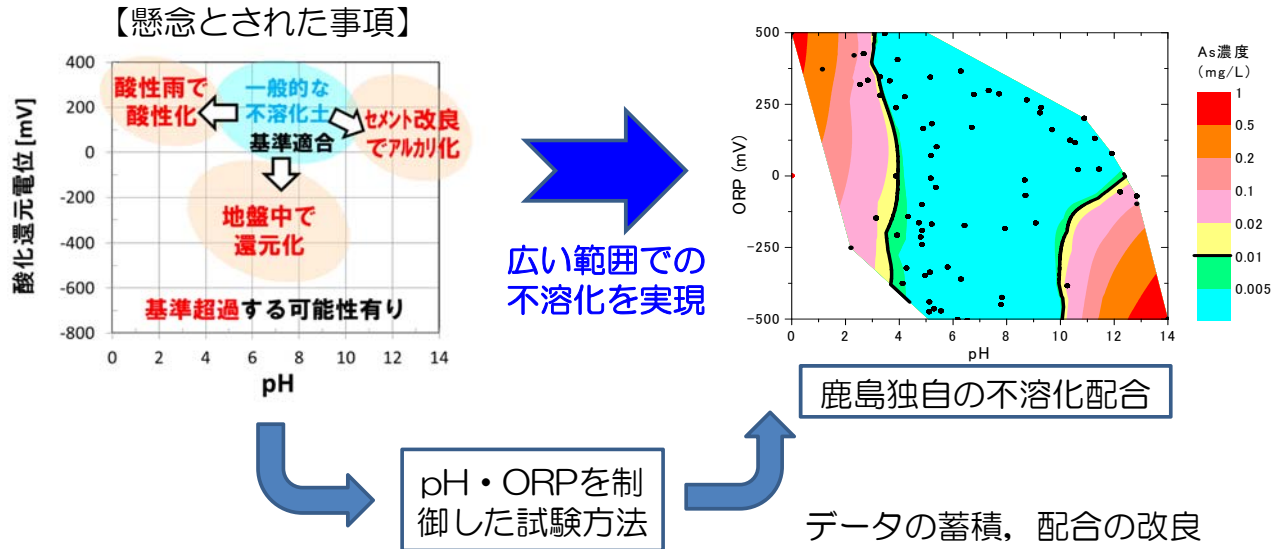
18

酸化鉄，鉄，カルシウムを独自配合で調整した不溶化材を開発



試験結果からヒ素の溶出濃度で色分けしたコンター図

ORPの値によらず，pH4~10の範囲では少なくとも不溶化を達成（酸化域ではpH3~12程度）し，従来よりも適応範囲が拡大



将来的になりうる環境条件 (pH・ORP) での不溶化効果を事前にチェックする試験の実施と、多数のデータの蓄積によって、**今後は再利用先の環境条件に合わせた、より安心・安全な高品質の不溶化技術を提供していきたいと考える。**

## 本日の内容

1. 不溶化技術の概要

2. 不溶化の長期安定性への課題

3. 今後の不溶化への鹿島の取組み

4. まとめ

- 不溶化技術は重金属の溶出を抑制する技術であり、土対には浄化扱いにはならないが、要措置区域となってしまった場合の安価な拡散防止対策としては、十分に有効であり、そのコストメリットは土量の規模によらない。
- 不溶化技術には、長期安定性の課題があり、現状の曝露試験による評価では、施工管理に適用できない。また、酸化還元状態の変化による評価が不足している。
- 鹿島では、従来のpHに加えORPの変化にも着目し、これらが変化した場合でも安定であることを評価する試験方法の検討と、pH・ORPが変化した場合でも広範囲で安定な不溶化材を開発しており、今後の不溶化工事の品質向上に努めていきたい。

ご清聴ありがとうございました