

エコアースによる 重金属等汚染土壌の不溶化・固化

松田技研工業 株式会社

武田 博

発表の概要

酸化マグネシウム(軽焼マグネシア)を主材とする重金属等不溶化・固化材エコアースの

1. 開発背景
2. 特徴
3. 現場適用事例

についてご報告します。

1. エコアースの開発背景

1990年代に入り,

- ・土壌・地下水汚染の顕在化
- ・土壌汚染対策法施行に向け, 土壌汚染対策の技術的基準に「固化・不溶化技術」が盛り込まれる



**安価で不溶化効果の高い材料の
開発が求められた**

1. エコアースの開発背景

酸化マグネシウムの早期強度発現性・低アルカリ性・改良土の長期安定性に着目した酸化マグネシウムを主材とした固化材を開発



この技術が、固化・不溶化技術に
応用できないか

1. エコアースの開発背景

土壤汚染対策の技術的基準(土壤汚染対策法施行前)における「固化・不溶化技術」の位置づけ

- ・セメント等で土壌を**固型化**→溶出リスクの低減
- ・キレート剤等による**不溶化**→溶出リスクの低減

「固化」・「不溶化」両方の効果を
あわせもつ新しい**不溶化・固化**
材の開発→エコアース

2. エコアースの特徴

(1)セメント等比べて**比表面積が大きく**, 土粒子・
重金属イオンとの**吸着性に富む**

主材である酸化マグネシウムの成分

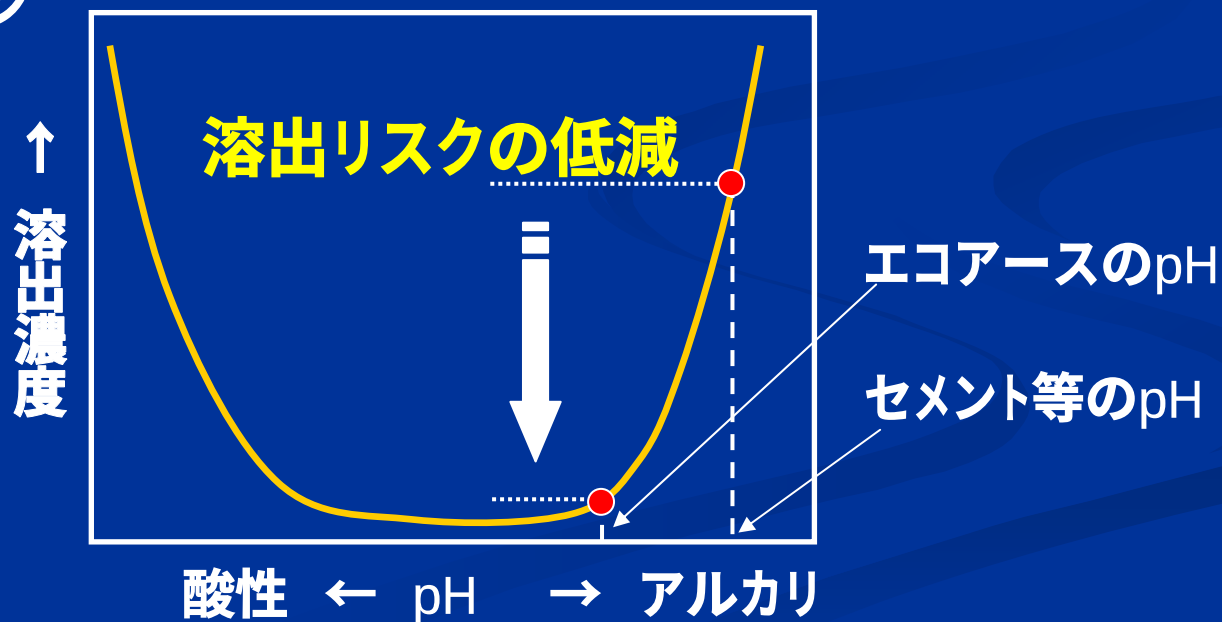
主成分	%	微量成分	ppm
MgO	92.13	Cd	0.05
CaO	1.96	Pb	0.6
SiO ₂	1.63	T-Cr	ND
Fe ₂ O ₃	0.52	T-Hg	ND
Al ₂ O ₃	0.25	As	ND
SO ₃	0.10	Cu	0.7
Igloss	3.12	Zn	7.4

比表面積=4,000~12,000cm²/g

2. エコアースの特徴

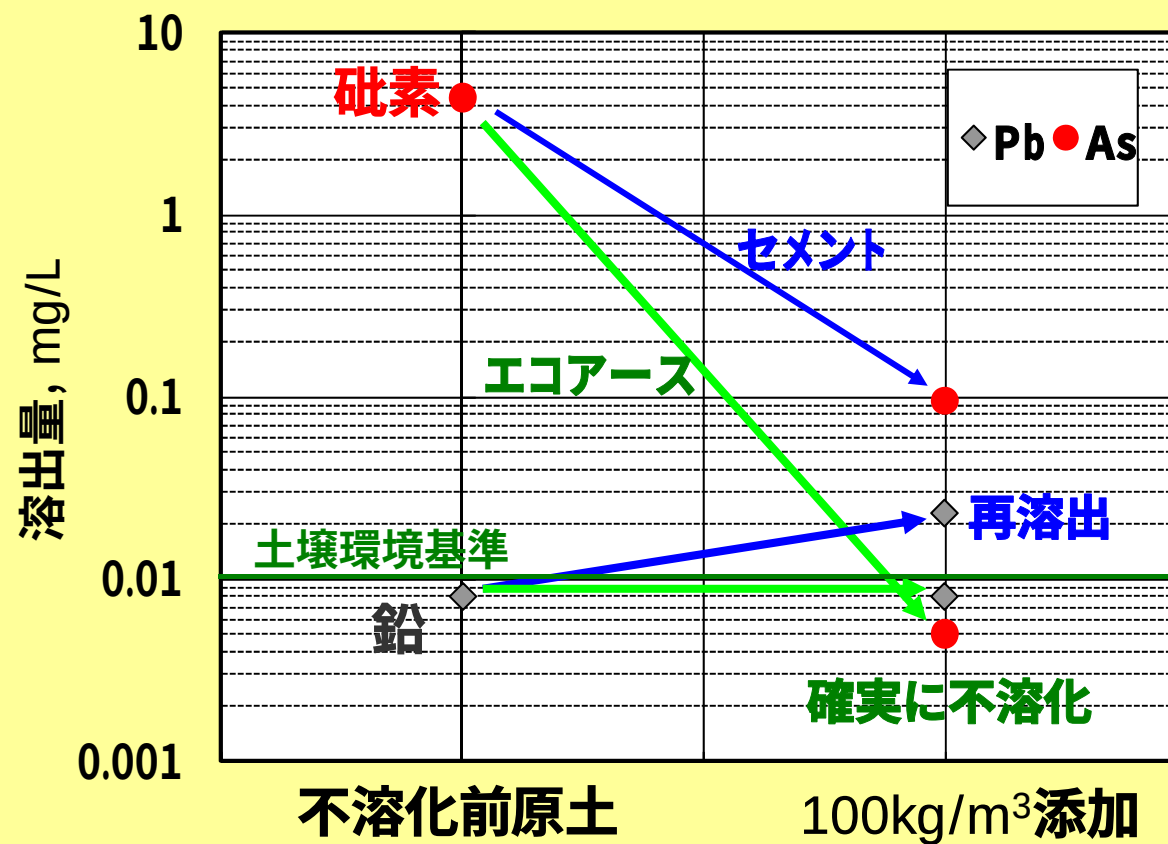
(2) セメント等比べてpHが低く、重金属等の**再溶出リスクが低減**される

砒素化合物イオン
等の溶出濃度の
pH依存性を示す
概念図



2. エコアースの特徴

実汚染土に対する不溶化効果の比較



2. エコアースの特徴

(3) 無機塩類との同時使用が可能で、さらに不溶化効果を高めることができる



高濃度の砒素汚染土に対し、鉄塩を併用することで効率よく不溶化

初期汚染レベル

砒素	含有量 mg/kg	1530
	溶出量 mg/L	3.8

2. エコアースの特徴

不溶化後(不溶化目標は第二溶出基準)

不溶化剤 固化材	添加量 kg/m ³	砒素 溶出量 mg/L	qu ₇ kN/m ²	pH
エコアース	150	0.046	1625	9.7
高炉B種	150	1.0	2534	10.7
	200	0.61	3211	11.2
硫酸第一鉄 ＋高炉B種	150	0.57	207	9.7

2. エコアースの特徴

(4) **長期**にわたって**不溶化効果が持続**できる

酸・アルカリ添加溶出試験結果の例(エコアース100kg/m³添加)

重金属等	原土溶出量 mg/L	不溶化処理後の溶出量 mg/L		
		環告46号	酸添加	アルカリ添加
鉛	5.7	<0.005	<0.005	<0.005
六価クロム	0.15	0.01	0.02	0.01
砒素	0.036	<0.002	<0.002	<0.002
ふっ素	1.4	0.05	0.05	0.08
ほう素	0.65	<0.05	<0.05	<0.05
シアン	1.0	<0.1	<0.1	<0.1

3. エコアースの現場適用事例

(1) 高濃度複合汚染土に対する適用事例

- ・工場跡地
- ・対象土量=12,000m³
- ・高濃度複合汚染
- ・第二溶出基準以下に
不溶化後, 管理型処分
場へ搬出

原土の汚染濃度

重金属等	溶出量 mg/L
砒素	43.3
鉛	2.33
カドミウム	0.067
水銀	0.008
セレン	0.371

3. エコアースの現場適用事例

(1) 高濃度複合汚染土に対する適用事例

室内配合実験結果

重金属等	不溶化後の溶出量 mg/L	
	100kg/m ³	150kg/m ³
砒素	0.155	0.132
鉛	0.015	<0.005
カドミウム	0.015	<0.005
水銀	0.0005	<0.0001
セレン	0.045	0.015

3. エコアースの現場適用事例

(1) 高濃度複合汚染土に対する適用事例

- ・室内配合実験結果では、エコアース 100kg/m^3 で不溶化目標を達成したが、**現場混合における添加むら・攪拌むら**を考慮し、現場添加量は**安全側の 150kg/m^3** とした。
- ・施工機械は、**自走式地上混合機**とした。
- ・処理した土壌は、溶出量が目標値を達成してることを確認した後、**管理型処分場へ搬出**した。

3. エコアースの現場適用事例

(2) 複合汚染土の不溶化・埋め戻し適用事例

- ・工場跡地
- ・対象土量=550m³
- ・複合汚染
- ・土壌環境基準以下に
不溶化後, 原位置に埋
め戻し

原土の汚染濃度

重金属等	溶出量 mg/L
ふっ素	4.5
鉛	0.20

3. エコアースの現場適用事例

(2) 複合汚染土の不溶化・埋め戻し適用事例

室内配合実験結果

重金属等	不溶化後の溶出量 mg/L		
	60kg/m ³	80kg/m ³	100kg/m ³
ふっ素	0.4	0.2	0.15
鉛	0.007	<0.005	<0.005

3. エコアースの現場適用事例

(2) 複合汚染土の不溶化・埋め戻し適用事例

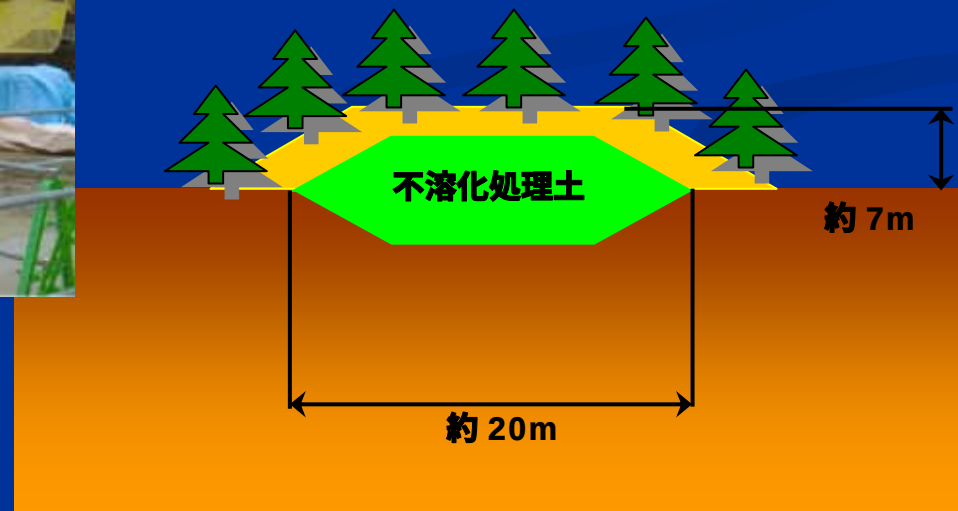
- ・室内配合実験結果では、エコアース60kg/m³で不溶化目標を達成したが、現場混合における添加むら・攪拌むらを考慮し、現場添加量は安全側の80kg/m³とした。
- ・混合性を高めるため、施工機械は自走式地上混合機×2連とした。
- ・処理した土壌は、溶出量が目標値(土壌環境基準)を達成していることを確認した後、原位置に埋め戻し・覆土措置を行った。

3. エコアースの現場適用事例

(2) 複合汚染土の不溶化・埋め戻し適用事例



現場不溶化処理作業



原位置埋め戻しイメージ

3. エコアースの現場適用事例

(3) 自然由来汚染土に対する適用事例

- ・シールド掘削土
- ・対象土量=67,000m³
- ・自然由来の砒素
(0.054mg/L)
- ・土壌環境基準以下に
不溶化後、管理型処分
場へ搬出

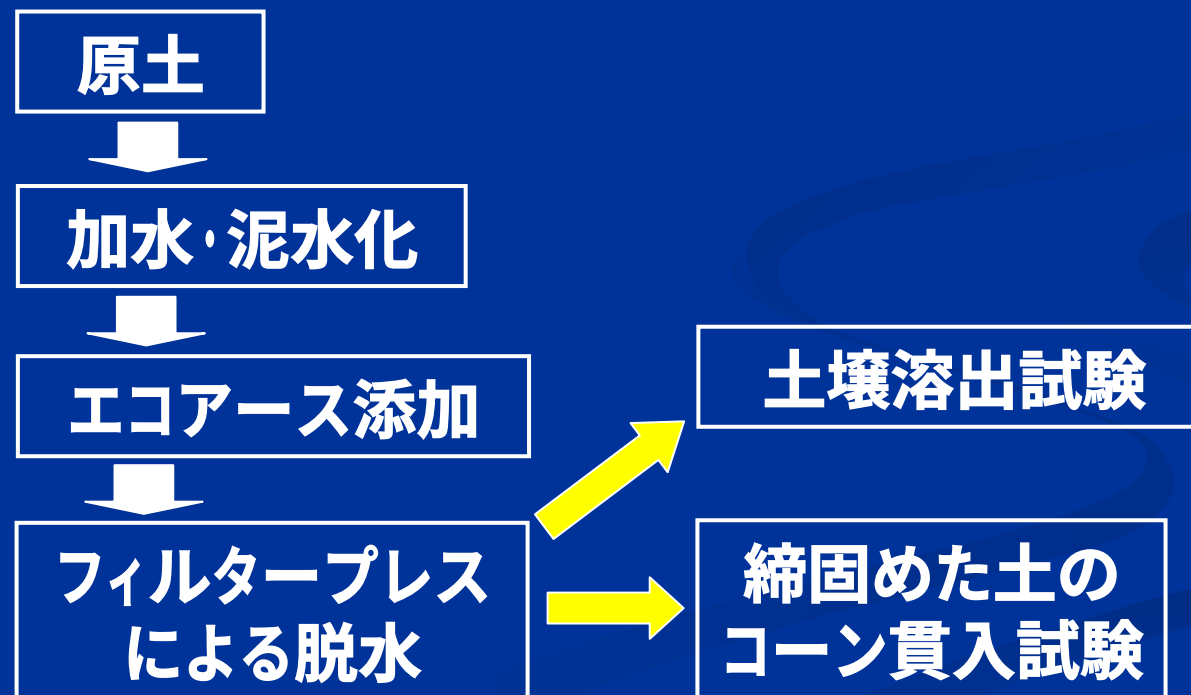
技術的課題

- ・泥水式シールドであるため
不溶化後、脱水処理が必要
であった($q_c > 200\text{kN/m}^2$)。
- ・管理型処分場への処分で
あるが、自治体条例により土
壌環境基準以下に不溶化す
る必要があった。

3. エコアースの現場適用事例

(3) 自然由来汚染土に対する適用事例

- ・現場処理工程を想定した室内配合実験を実施



3. エコアースの現場適用事例

(3) 自然由来汚染土に対する適用事例

室内配合実験結果

重金属等	不溶化後の溶出量 mg/L		
	8kg/m ³	10kg/m ³	15kg/m ³
砒素	0.004 (qc=175kN/m ²)	0.002 (qc=270kN/m ²)	<0.001 (qc=450kN/m ²)

・実施配合は、不溶化目標・強度を満足する添加量
=10kg/m³を採用

・管理型処分場への搬出にあたっては、1,000m³に
1回の頻度で、溶出量および強度をチェックした。

ま と め

1. エコアースは有害重金属等に対して、物理・化学的不溶化効果と固結による溶出リスクの低減効果を併せ持つ、不溶化・固化材である。
2. エコアースは「汚染の除去等の措置の実施に関する技術的基準」の不溶化措置に適用可能である。
3. エコアースは多くの地盤改良工法との組み合わせが可能で、目的・用途・コストに応じた不溶化処理ができる。
4. エコアースは、自然由来の汚染土に対しても優れた不溶化効果を発揮し、環境負荷の低減が可能である。

主な参考文献

1. 藤森新作ほか：自然環境にやさしい土壌硬化剤マグホワイトの開発，農業土木学会誌，vol.68，No.12，pp.1297-1300，2000.
2. 中澤重一ほか：建設汚泥処理用弱アルカリ性固化剤の開発，第4回地盤改良シンポジウム，pp.245-248，2000.
3. 山田哲司ほか：重金属類汚染土壌のセメントによる固化・不溶化処理について，地盤工学会誌，vol.50，No.10，pp.10-12，2002.
4. 山田哲司ほか：軽焼マグネシアによる重金属類汚染土壌の固化・不溶化特性に関する研究，第37回地盤工学研究発表会，pp.2303-2304，2002.
5. 山田哲司ほか：マグネシウム系固化材の重金属類汚染土壌に対する固化・不溶化効果について，土木学会第58回年次学術講演会，pp.145-146，2003.
6. 津留明彦ほか：MgO系固化材料による土系舗装，第6回地盤改良シンポジウム，pp.79-82，2004.
7. 山田哲司ほか：酸化マグネシウムの地盤改良への適用について，地盤工学会誌，vol.54，No.7，pp.19-21，2006.