

研究課題番号 : ZB-1206
課題名 : **放射能汚染土壌の除染実用化
技術の開発**
研究代表者名 : 逸見彰男
所属 : 愛媛大学
研究実施期間 : 平成24～25年度
累積予算額 : 72,320 千円

研究体制

(1) 磁性Na-Pゼオライトの製造条件検証

愛媛大学 農学部

逸見彰男

愛媛大学 大学院理工学研究科

青野宏通

(2) 放射性土壌分離用磁選機の開発

愛媛大学 農学部

松枝直人

愛媛大学 大学院理工学研究科

青野宏通

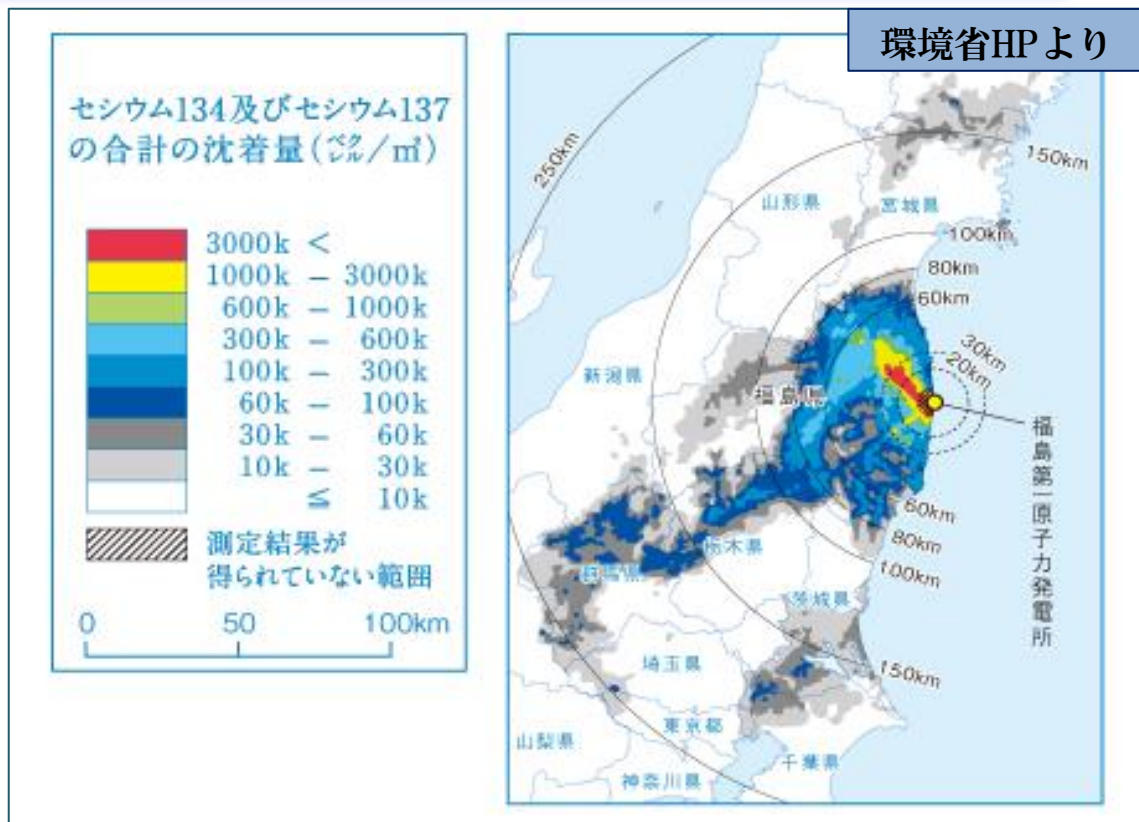
研究開発目的

背景

東日本大震災により福島第一原子力発電所から飛散した**放射性Cs**が土壤などを汚染している

現状

- 表土の削り取り
- 建造物の洗浄



本質的な土壤からの除染方法がない

「**磁化ゼオライト**」を用いた新規除染方法について検討した

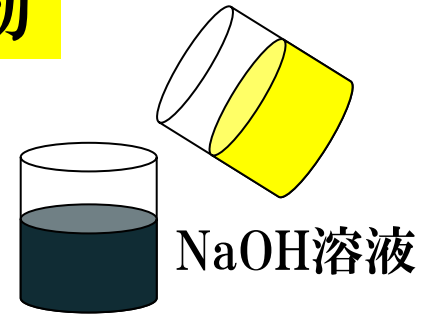
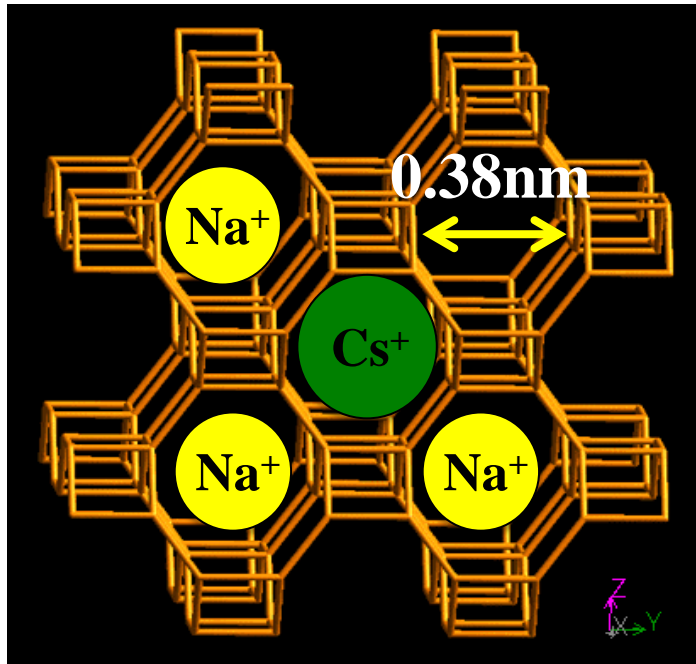
説明内容

1. 磁化Na-P1ゼオライトの合成方法と性能
2. 磁選機の開発
3. 現地実証試験の結果
4. より性能の高い磁化ゼオライトの開発
5. まとめ

1. 磁化Na-P1ゼオライトの合成方法と性能

Na-P1型人工ゼオライト：石炭火力発電所焼却灰(国内800万t/年)を原料として**安価**な合成が可能である・・・優れたイオン交換能力をもつ $Cs^+ > K^+ > Na^+$

放射性Csの除染に有効



100°C 24時間加熱還流

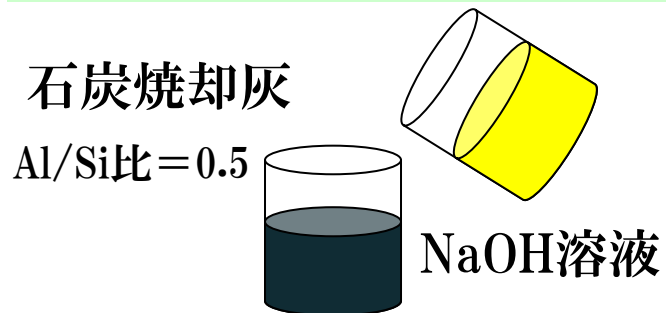
Na-P1ゼオライト

CEC	:	300cmol/kg以上
粒径	:	数マイクロ
コスト	:	150円/kg

Na-P1型人工ゼオライト($Na_6Al_6Si_{10}O_{32} \cdot 12H_2O$)
(300 cmol/kg以上の陽イオン交換容量(CEC))

ゼオライト-マグネタイト複合材料の合成

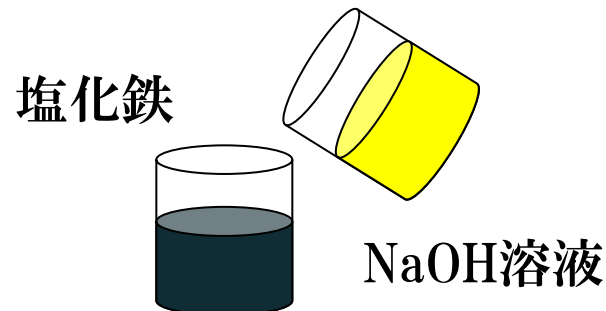
Na-P1型ゼオライトの合成



100°C 24時間加熱還流

Na-P1ゼオライト

マグネタイト(磁石)の合成



100°Cで混合

マグネタイト(Fe_3O_4)ナノ微粒子

ほとんど同じ合成法

同時合成

ゼオライト-マグネタイト複合材料(以下、**磁化ゼオライト**とする)の生成

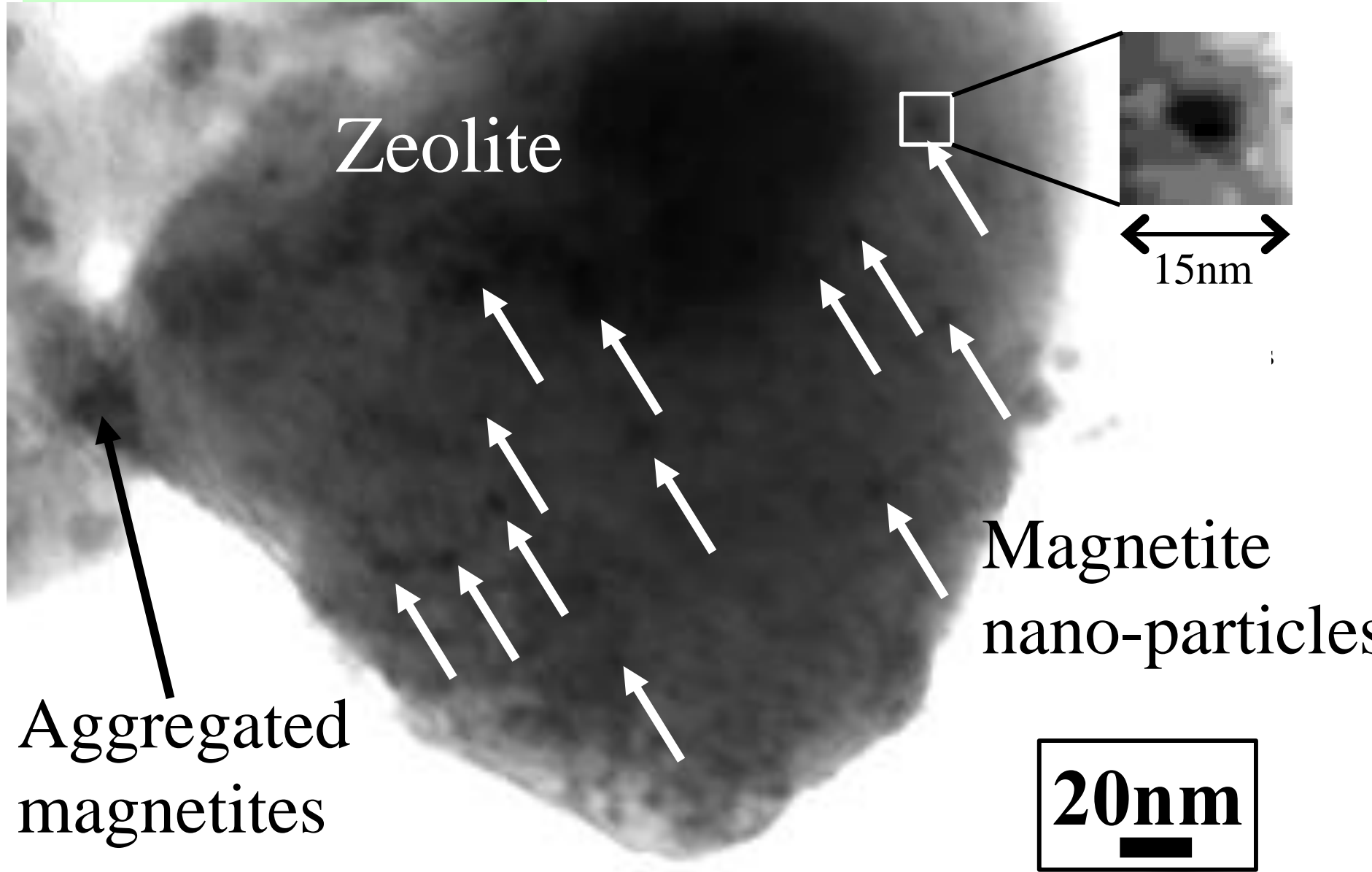
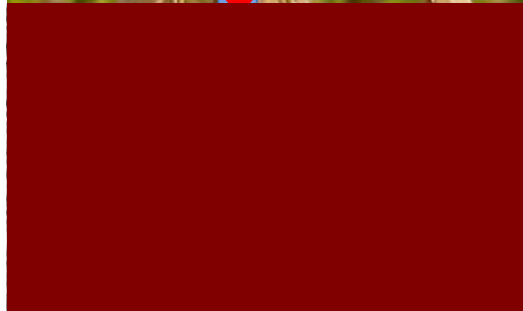


図1 磁化ゼオライトのTEM観察

<使用方法>



回収磁化ゼオライト

1. 土壌(水田)に散布
2. Csをゼオライトに固定



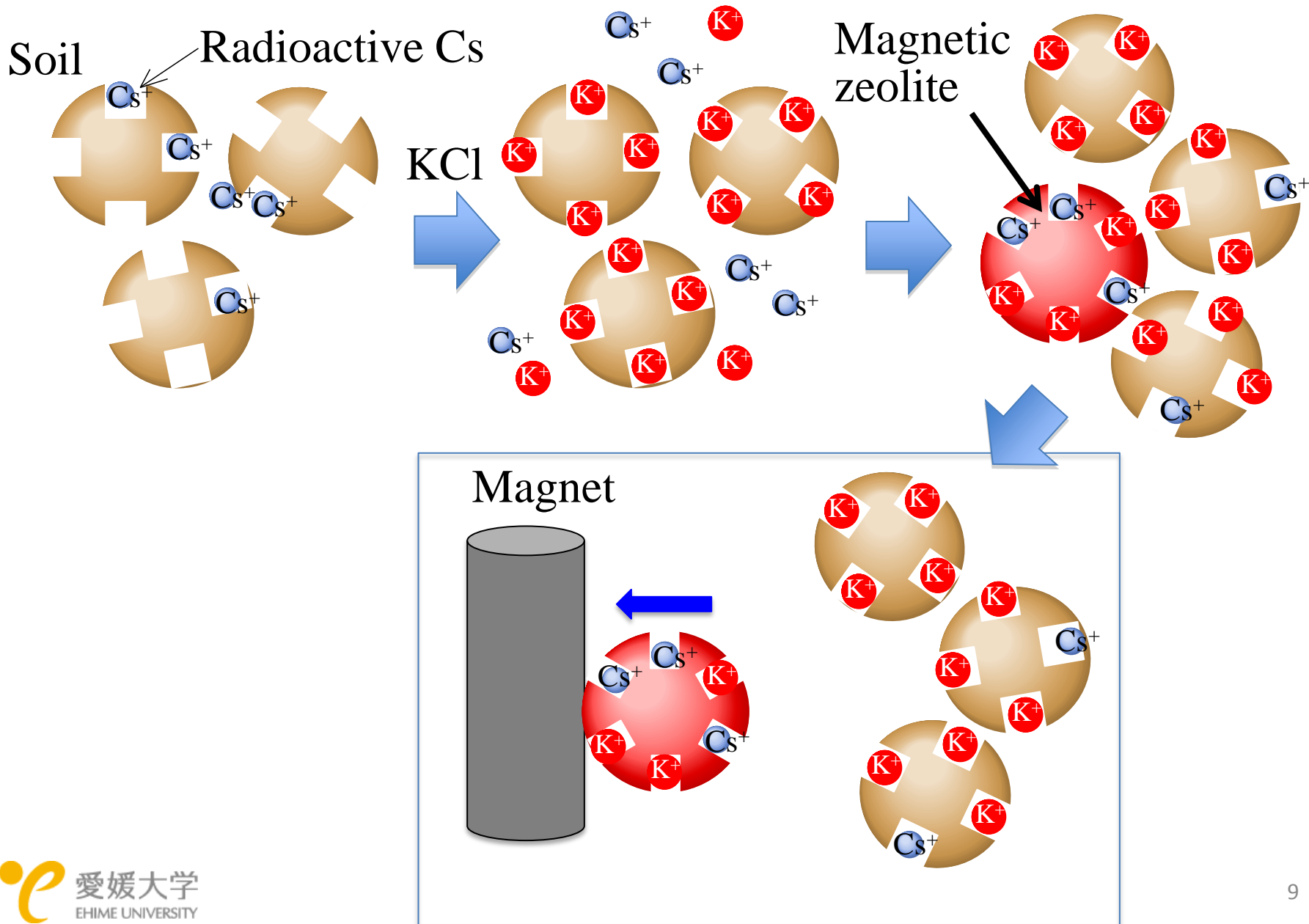
農作物への吸収を制御



3. Cs吸着磁化ゼオライトを回収



除染の流れ



汚染土壤に使用した磁化ゼオライト



オートクレープ



脱水・洗浄用フィルタプレス



排水処理設備

各50～100kg製造(永井機械鑄造株式会社)



大量合成による性能確認及び製造方法の確立を行なった

優れた陽イオン交換能及び磁場回収率を有する、16%マグネタイト-ゼオライト時間差合成複合材料にて現地実証試験を行なった

2. 磁選機の開発

H25年度（2号機）

①被処理品(土壌)の調整

土を耕す

水と混合

採取・夾雑物除去

②被処理品からのCsの移行(吸着)

磁化ゼオライト添加

Cs遊離・吸着

③非処理品中の磁化ゼオライト分離回収

磁化ゼオライト吸着回収

放射線検査・リターン

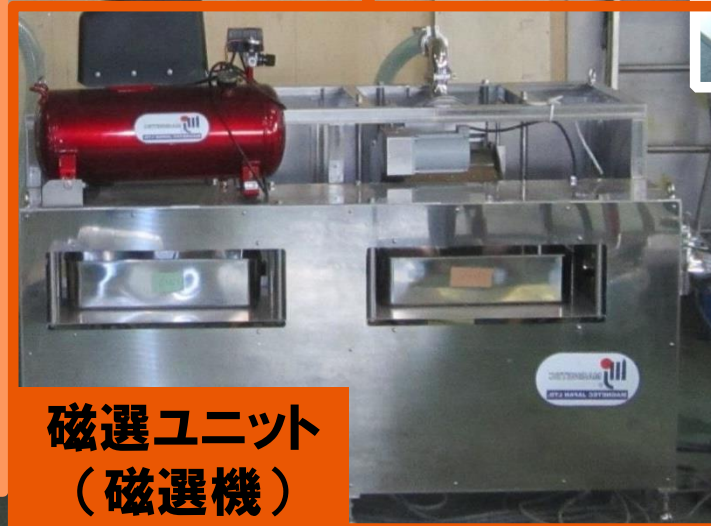
デサントタンク



攪拌タンク



磁選ユニット (磁選機)



磁選ユニット(磁選機)

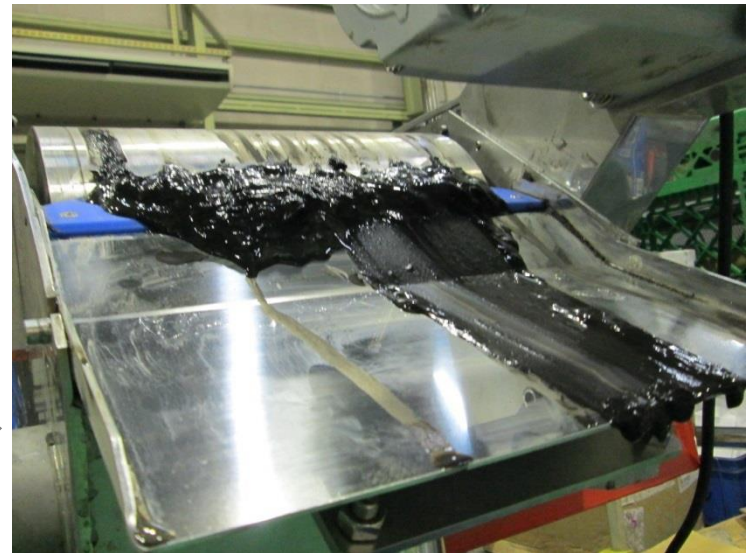
放射性Csを吸着した
磁性化ゼオライトが
混じった水田の泥水

放射性Csを
吸着した
磁性化ゼオライト

回収部
(スクレーパー)

吸着部(回転する
マグネットプーリー)

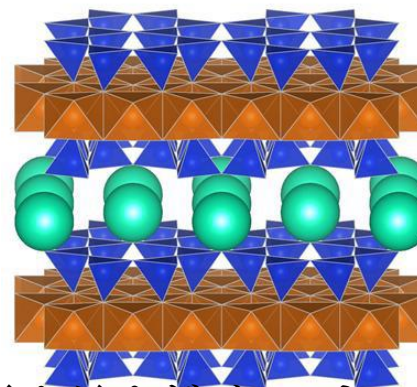
放射性Csの含有量が
少なくなった泥水



3. 現地実証試験の結果

使用した各種土壌の組成

	川俣	飯館	南相馬
放射能 (Bq/kg)	1000～2000	12000～16000	1000～2000
粘土鉱物の割合(%)	16	17	14
粘土鉱物の組成	84% カオリナイト 及び1:1粘土鉱物 10% バーミキュラ イト 7% 雲母	63% カオリナイト 及び1:1粘土鉱物 33% バーミキュラ イト 4% 雲母	50% カオリナイト 及び1:1粘土鉱物 48% バーミキュラ イト 1% 雲母



Csを完全に取り込んだバーミキュライトの構造
(東邦大学 山岸皓彦 先生)

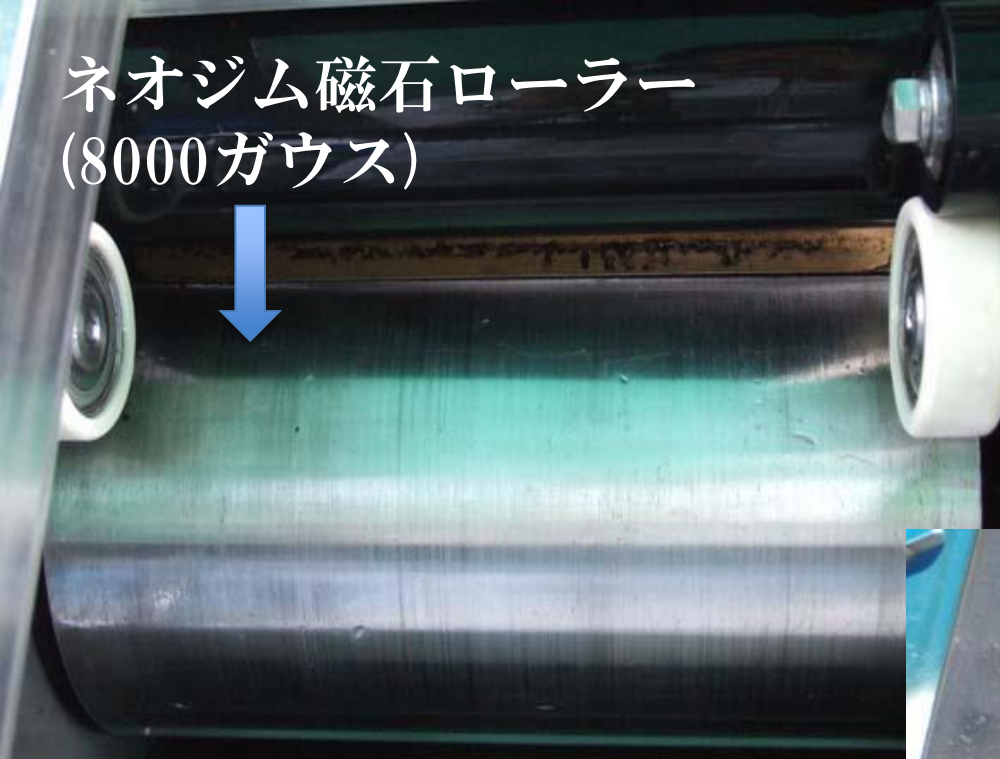
水田の土壌



土壌と磁化ゼオライト混合

磁力選別機（1号機）

ネオジム磁石ローラー
(8000ガウス)



磁石選別行程

磁力選別



複数回磁選操作を繰り返すことにより放射性セシウムは約80%除去

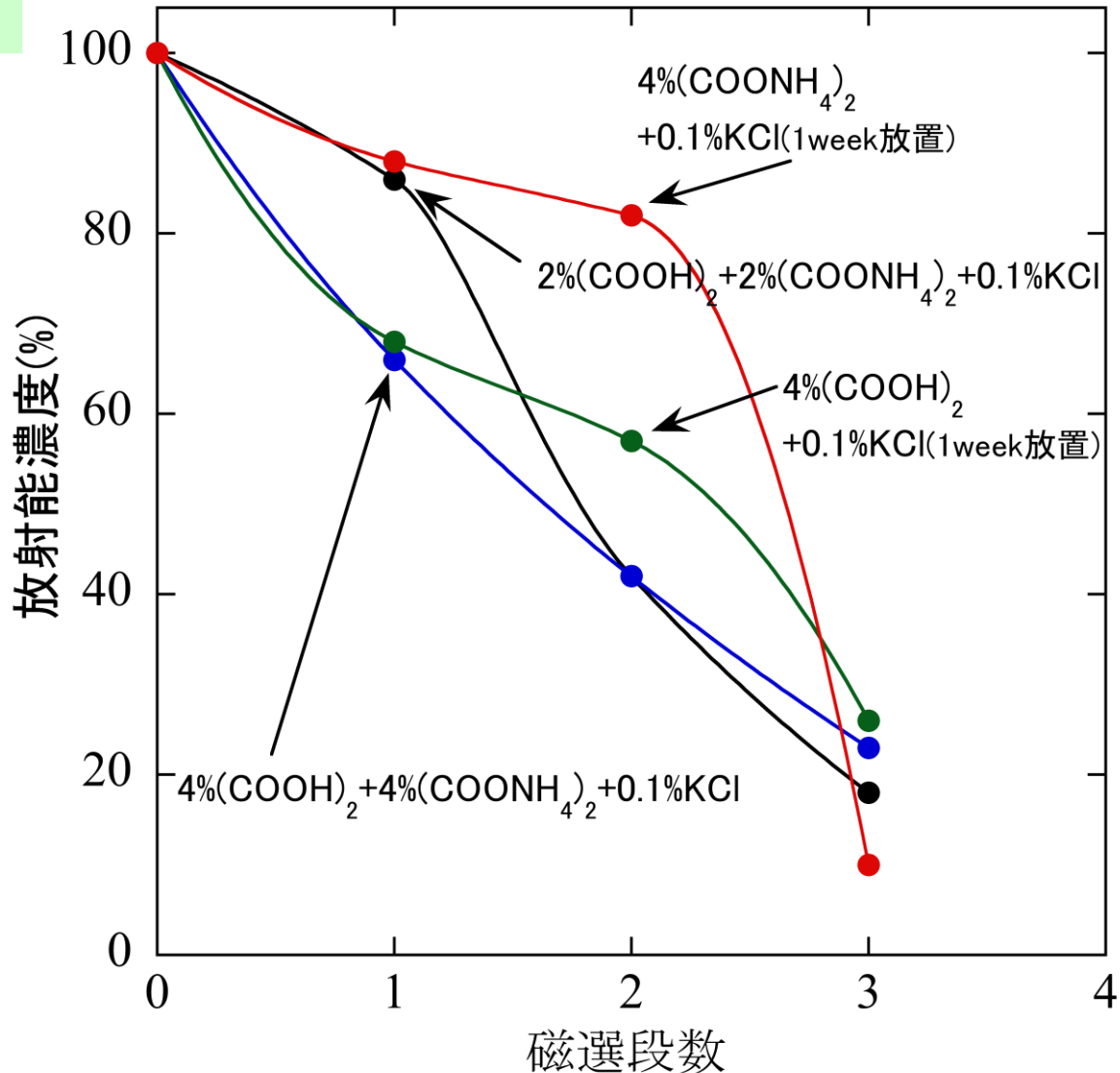


セシウム吸着磁化ゼオライト



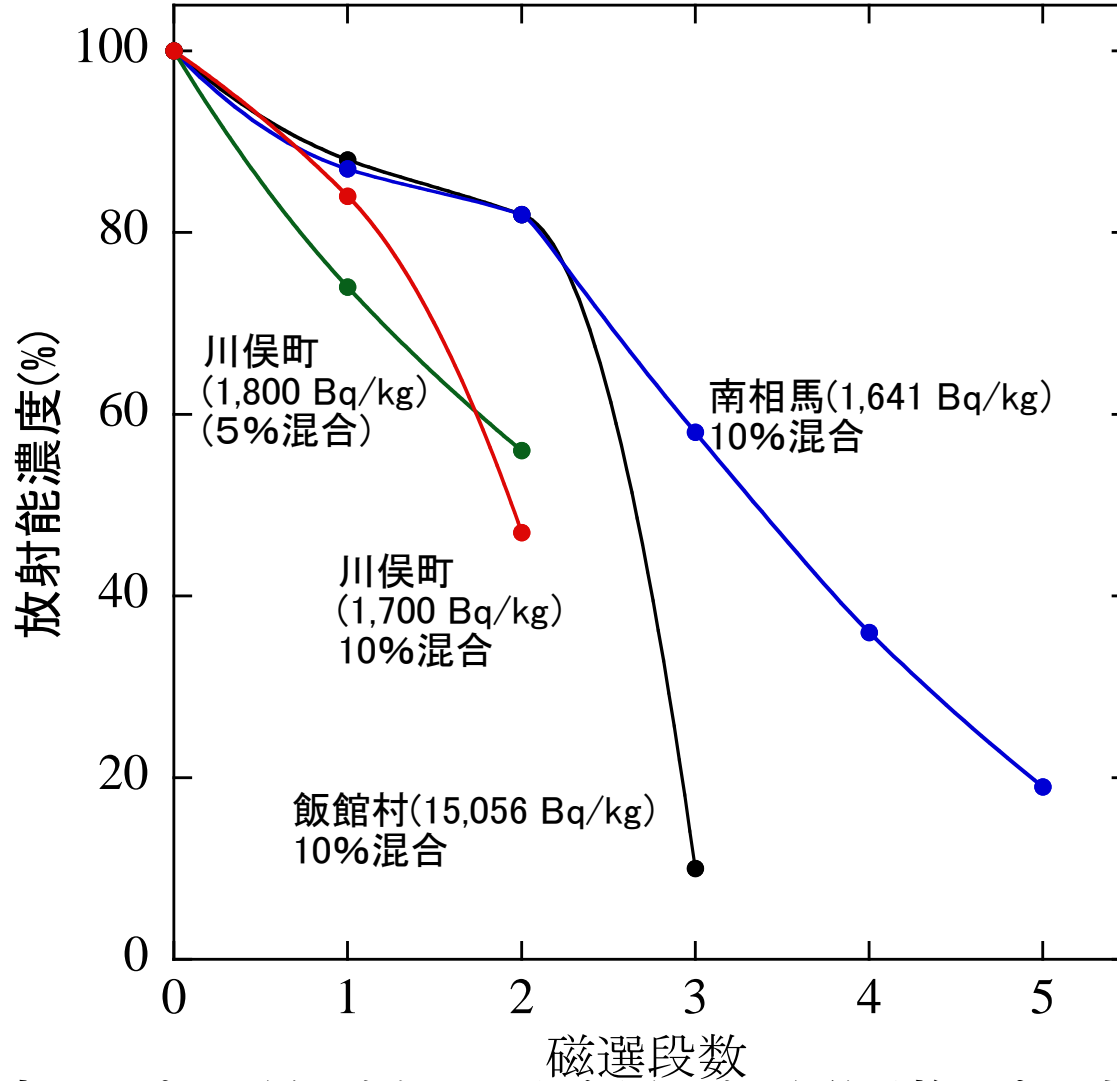
浄化土壌

平成24年度



福島県飯館村の土壌(12,000~16,000 Bq/kg)における、磁化ゼオライトを用いた磁選段数による放射能濃度変化 (溶出助剤の種類を図内に示した)

平成24年度

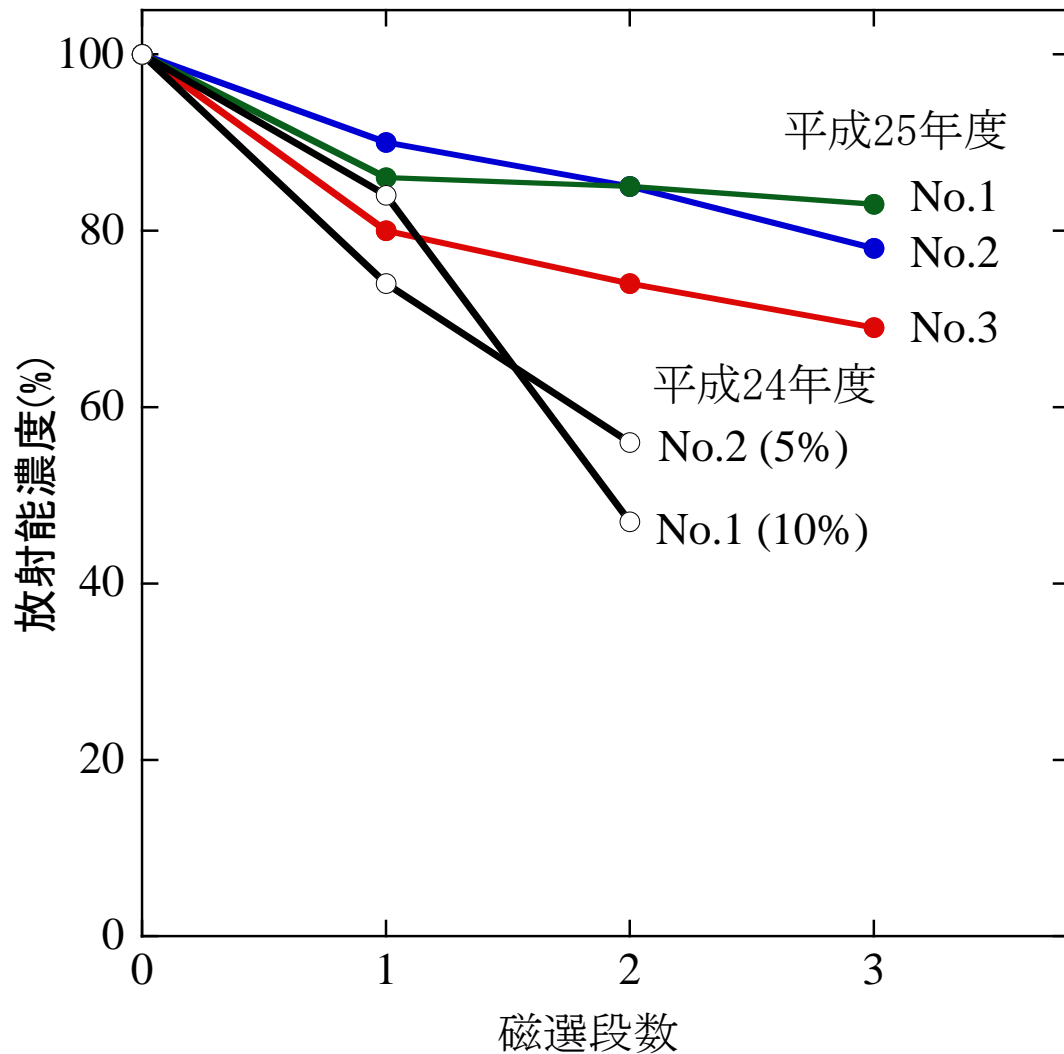


バーミキュライト
を多く含む土壌程
除染が困難

川俣 < 飯館 < 南相馬

各種土壌における磁化ゼオライトを用いた磁選回数による放射能濃度変化
(溶出助剤は4%(COONH₄)₂+0.1%KClに統一) (磁化ゼオライトの混合%を図内に示した)

平成25年度



川俣土壌における磁化ゼオライトを用いた磁選回数による放射能濃度変化における平成24年度と25年度の比較（磁化ゼオライトの混合%は全て10%であるが、平成24年度には5%の結果も示した）

4. より性能の高い磁化ゼオライトの開発

[Na-P1型]

組成： $\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

細孔径が約**0.38nm**

人工的に合成される

CEC: **300** cmol/kg以上

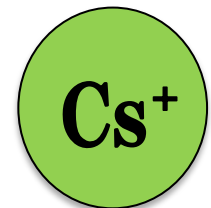
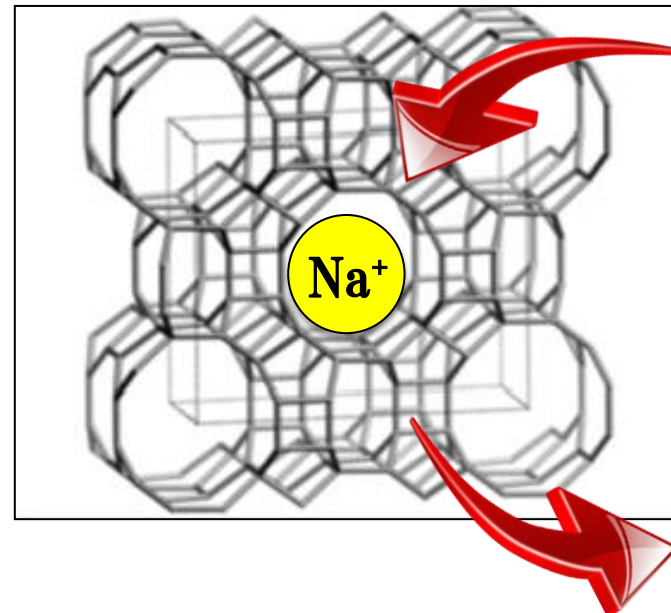
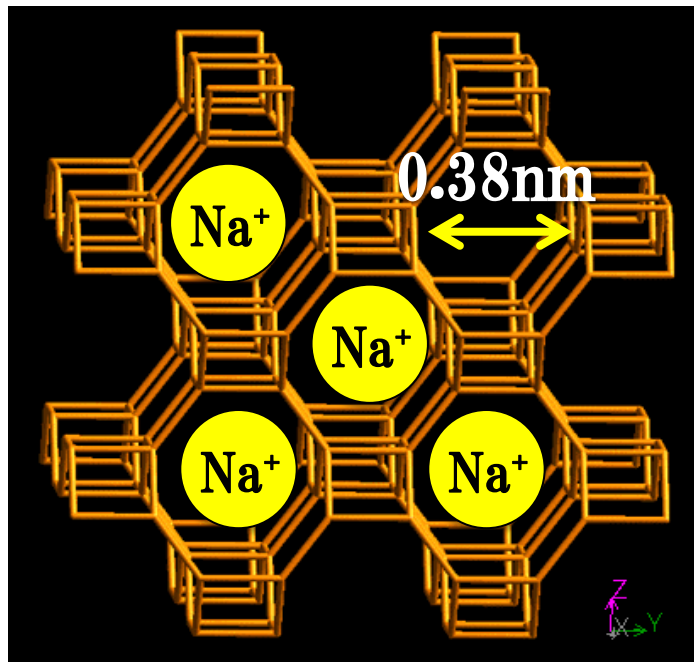
[**モルデナイト**]

組成： $\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

細孔径が約**0.65nm**

天然で産出される

CEC: 約**200** cmol/kg



合成した磁化モルデナイトの性質

セシウム吸着率

淡水

磁化モルデナイト
磁化Na-P1ゼオライト

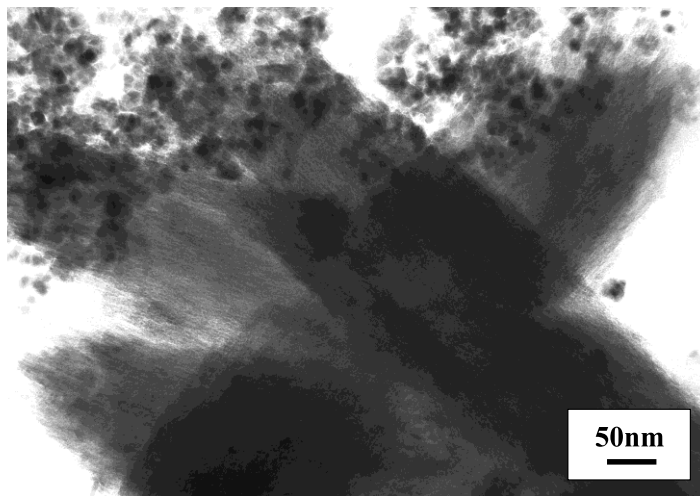
ほぼ100%

海水

磁化モルデナイト →
磁化Na-P1ゼオライト →

約80%

約40%



磁化モルデナイトのTEM写真

磁選回収

磁選回収前

磁選回収後

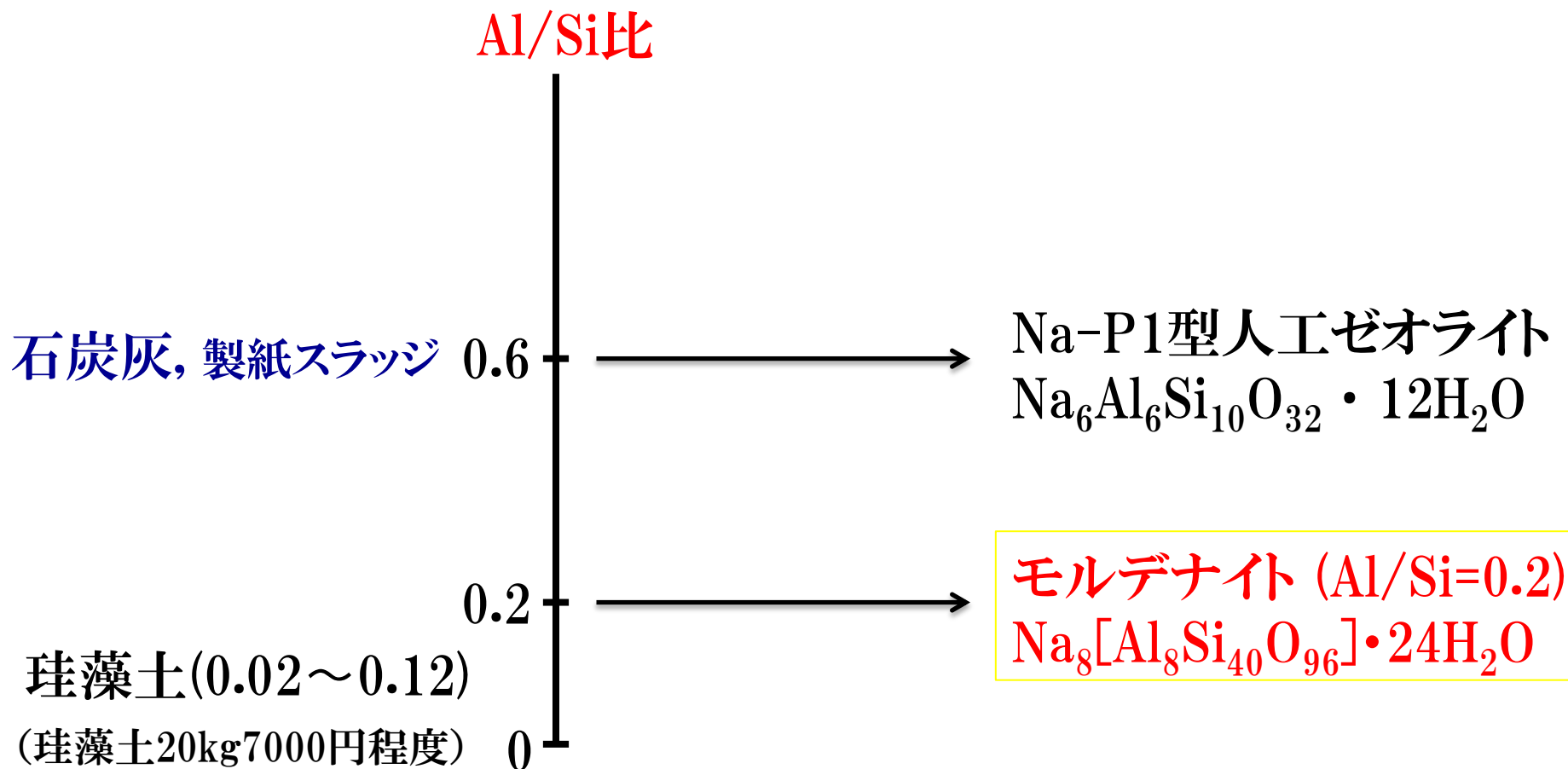
ネオジム磁石投入

複合材料

複合材料

磁場回収率90%以上

各種ゼオライトの合成方法



より**安価**な原料が求められる

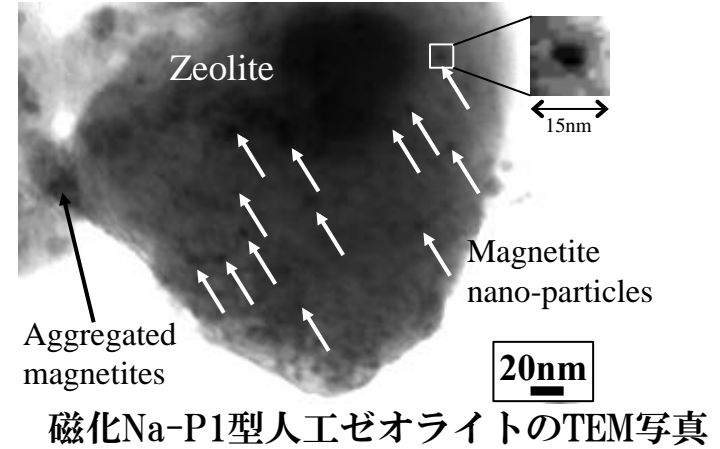
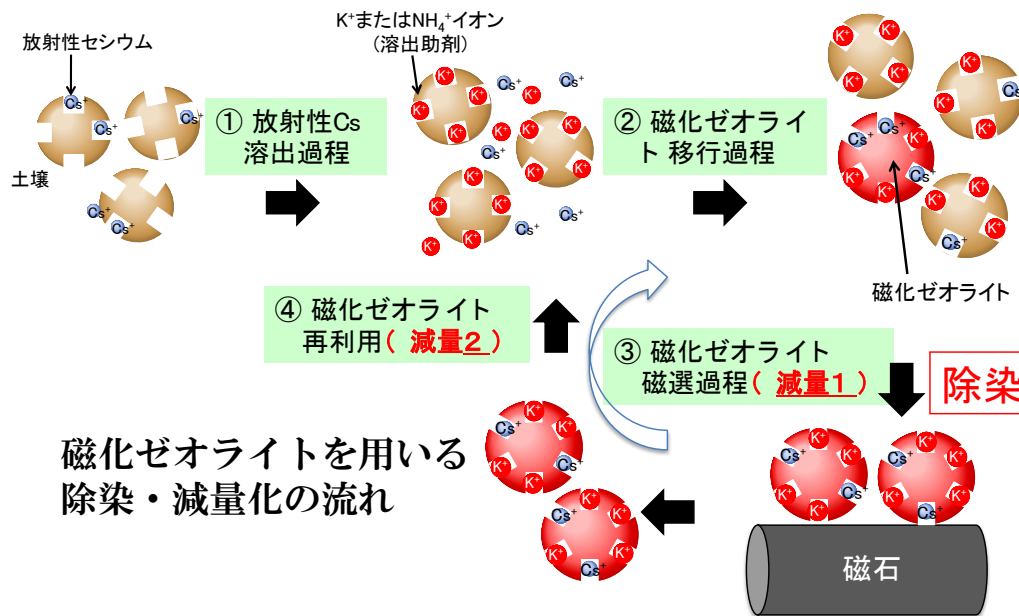


石炭灰や粉殻焼却灰の使用？

5. まとめ

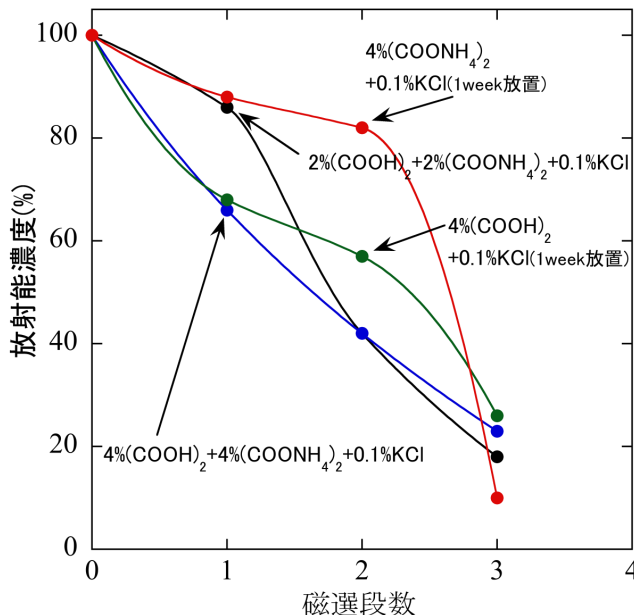
- (1) 磁化Na-P1型ゼオライトについて、ゼオライトとマグネタイトナノ微粒子が一体型複合材料となっていることを確認した。
- (2) 磁化Na-P1型ゼオライトにより、優れた汚染土壌からの放射性セシウム除去効果が確認できた。また、再使用による減量化も可能であることがわかった。しかし、平成25年度では除染効率が低下した。放射性Csの土壌への固着状態の変化が懸念される。
- (3) セシウム選択性がより優れたモルデナイトの人工合成及びマグネタイト複合化に成功した。

ZB-1206 放射能汚染土壌の除染実用化技術の開発 (愛媛大学)

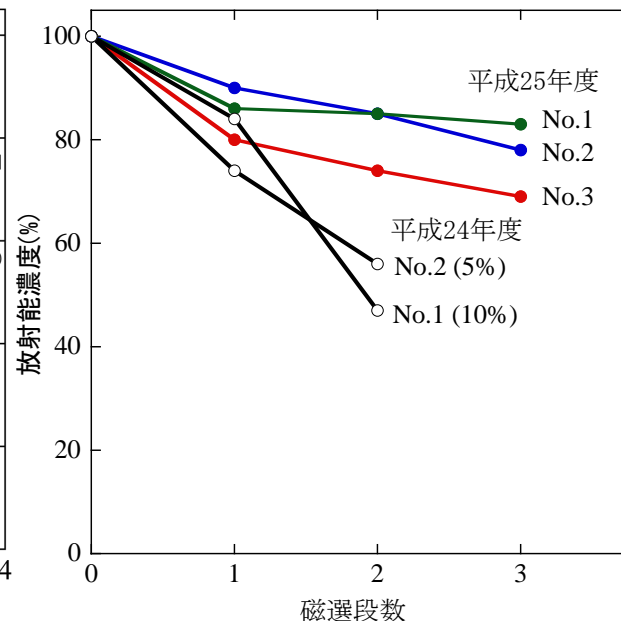


開発された磁選機

- 1) 磁化Na-P1型ゼオライトについて、ゼオライトとマグネタイトナノ微粒子が一体型複合材料となっていることを確認した。
- 2) 磁化Na-P1型ゼオライトにより、優れた汚染土壌からの放射性セシウム除去効果が確認できた。また、再使用による減量化も可能であることがわかった。しかし、平成25年度では除染効率が低下した。放射性Csの土壌への固着状態の変化が懸念される。
- 3) セシウム選択性がより優れたモルデナイトの人工合成及びマグネタイト複合化に成功した。



平成24年度の現地実証試験において約80%の除染性能を確認



川俣土壌における平成24年度と25年度の比較