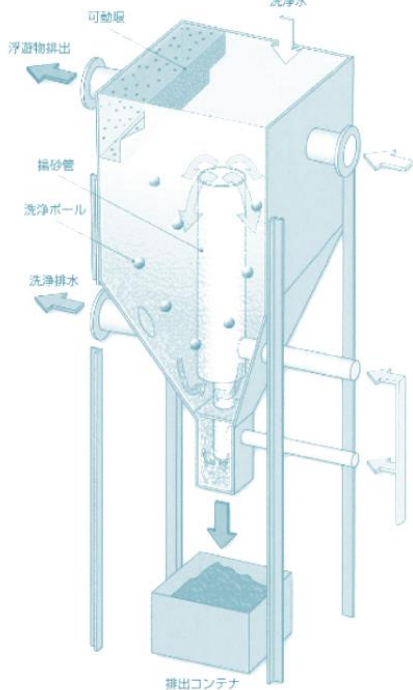


平成24年度～25年度 環境研究総合推進費  
課題番号:5ZB-1204

# 空気揚土攪拌式洗浄装置を用いた 放射性セシウム汚染土壌の 減容化方法の開発

累積予算額:45,673千円



大阪大学大学院工学研究科  
西嶋 茂宏

# 研究体制



国立大学法人大阪大学

放射線管理：西嶋茂宏(放射線取扱主任)

## ① 空気揚土攪拌式洗浄装置を用いた汚染土壌の洗浄方法の開発

(工学研究科)池道彦, 惣田訓

福島県または茨城県の実土壌を用い、**洗浄の実証試験**を引き続き行う。

## ② 土壌からの粘土・セシウムの効率的な分離条件の解明

(工学研究科)西嶋茂宏, 秋山庸子, (環境安全研究管理センター)矢坂裕太

前年に引き続き、**土壌—水系での粘土、セシウムの挙動**を明らかとする。  
セシウムが陽イオンとして水相に存在する場合を想定し、ゼオライト粉末やシラス灰などへの吸着性を明らかとする。

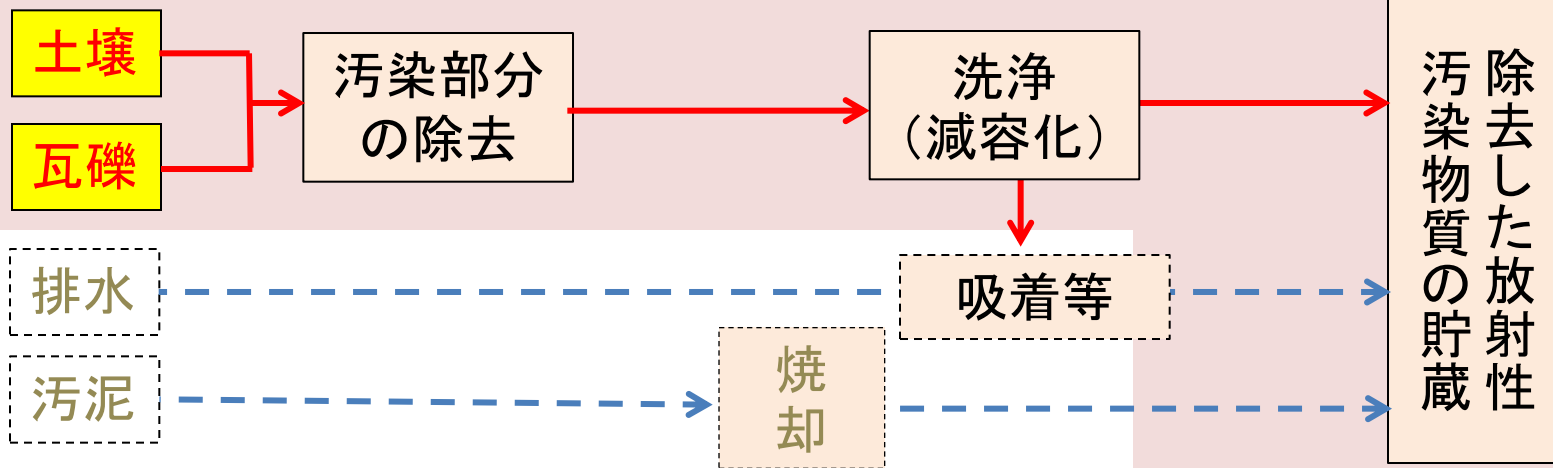
## ③ 水相からのセシウムの回収方法の開発

(工学研究科)惣田訓, 秋山庸子, (環境安全研究管理センター)矢坂裕太

各種土壌の**洗浄水からのセシウムの回収実験**を行う。平成24年度の結果を参考に静置沈降、ろ過、遠心分離、凝集沈殿、磁気分離を比較し、最適な回収方法を明らかとする。

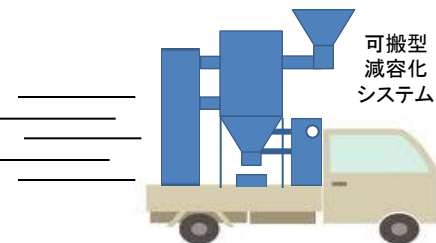
# 研究開発目的

放射性セシウム汚染

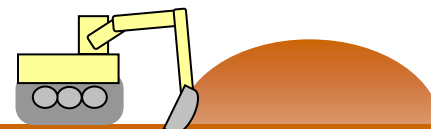


本研究では、**空気揚土攪拌式洗浄装置**を用いて、**セシウム汚染土壌の減容化**、およびそれに伴う**水相からの放射性セシウムの回収方法**の開発を行う。

- ①汚染土壌がそのままの状態の場合⇒on site処理による**土壌洗浄と埋戻し**
- ②汚染土壌を剥がし仮置き場に集積している場合⇒汚染土壌の減容



汚染場所(学校の運動場, 畑など)



# ①空気揚土攪拌式洗浄装置を用いた汚染土壌の洗浄方法の開発

## 【実証実験1】福島県飯舘村で2013年1～3月に実証試験を実施

### 実験結果

空間線量0.13～0.15 $\mu$ Sv/h (2013年2月8～11日)

シルト・粘土を洗浄分離することで、汚染土壌の減容化を実証した。

投入土砂  
22.9kg-dry(100%)  
141,100Bq (100%)  
6,160Bq/kg-dry

水へのCsの溶出は極少

洗浄水A 90L

処理水A 73.3L

処理水A+B+C 167.5L

洗浄排出  
土壌

処理水B  
16.8L

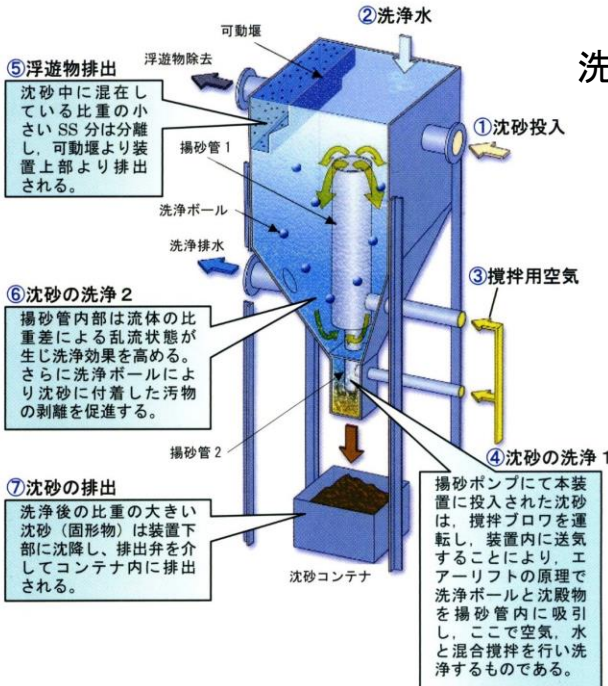
処理水槽  
懸濁土壌

懸濁土壌粒子  
3.6kg-dry (16%)  
101,400Bq(72%)  
28,300Bq/kg  
脱水後に管理

洗浄水B 90L

処理水C  
75.5L

洗浄処理土壌  
19.3kg-dry (84%)  
20,700Bq(14%)  
1,100Bq/kg



# ①空気揚土攪拌式洗浄装置を用いた汚染土壌の洗浄方法の開発

【実証実験2】福島県川内村で2013年5月に実証試験を実施



4tonトラックで移動  
阪大→飯舘村→川内村



空間線量 $0.15 \sim 0.23 \mu\text{SV/h}$   
(2013年5月14～23日)

# ①空気揚土攪拌式洗浄装置を用いた汚染土壌の洗浄方法の開発

## 【実証実験2】福島県川内村で2013年5月に実証試験を実施

### 実験結果

### 川内村 土壌A(農道西ノ内)

洗浄前の土壌



処理水A+B



土壌  
17.7kg-dry(100%)  
 $1.0 \times 10^3$ Bq/kg-dry  
 $1.8 \times 10^4$ Bq(100%)

洗浄水A 181L

処理水A 173L

処理水B 5.5L

洗浄処理土壌

15.3kg-dry(86%)  
 $5.7 \times 10^2$ Bq/kg-dry\*  
 $8.7 \times 10^3$ Bq(48%)\*

洗浄処理土壌



約86%の  
減容化

処理水A+B 179L

1.8kg-dry (10%)

$5.3 \times 10^3$ Bq/kg-dry

$9.3 \times 10^3$ Bq(52%)

凝集土壌 5.6L

1.8kg-dry (10%)

凝集混和槽

遠心分離  
(サイクロン)

凝集処理水 173L

凝集処理水



脱水ろ液



脱水ケーキ



脱水ケーキ

1.8kg-dry (10%)  
 $4.4 \times 10^3$ Bq/kg-dry  
 $7.8 \times 10^3$ Bq(43%)

脱水ろ液 4.9L

空気揚土攪拌式洗浄装置により処理

近くの河川水  $4.8 \times 10^0$  Bq/L

空間線量 0.15-0.23  $\mu$ Sv/h (2013.5.14-23)

## ② 土壌からの粘土・セシウム の効率的な分離条件の解明

### 実験方法

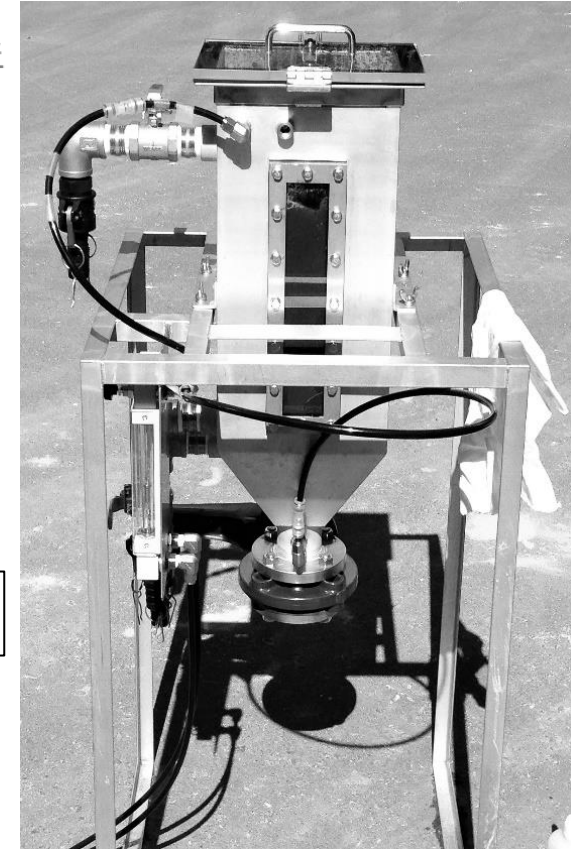
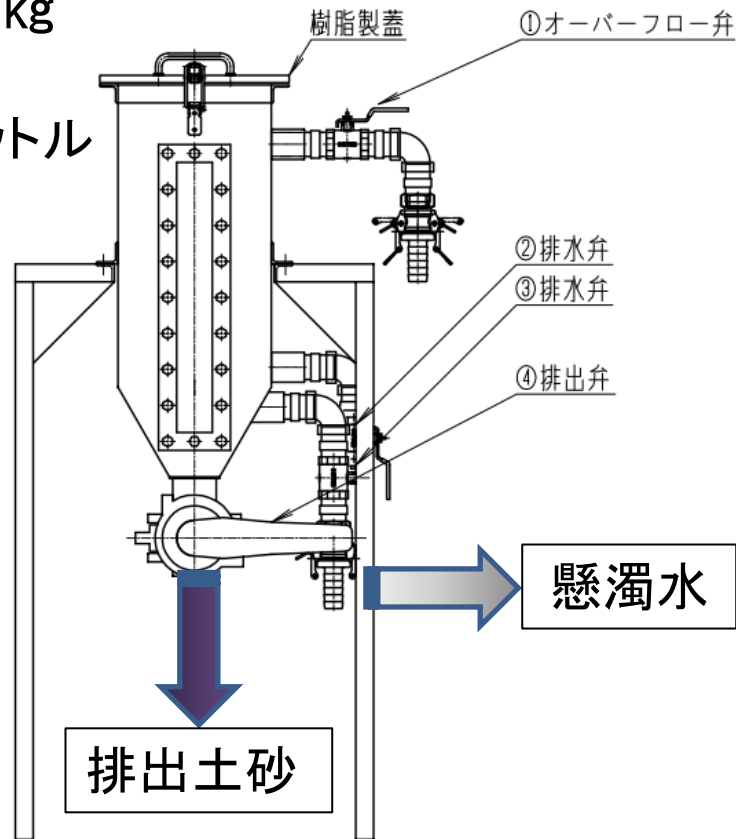
#### 小型空気揚土式土壌洗浄装置

1バッチ処理量: 1-1.2kg

洗浄水量: 10リットル

空気流量: 26~28リットル

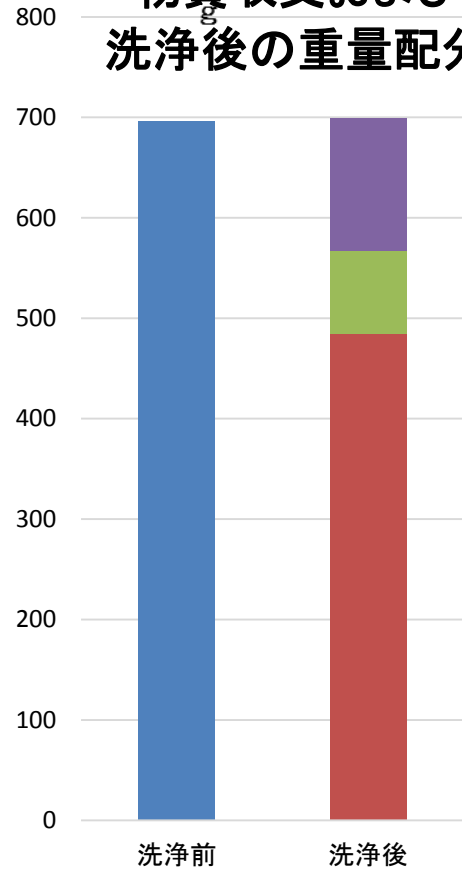
洗浄時間: 30分



# ② 土壌からの粘土・セシウム<sup>137</sup>の効率的な分離条件の解明

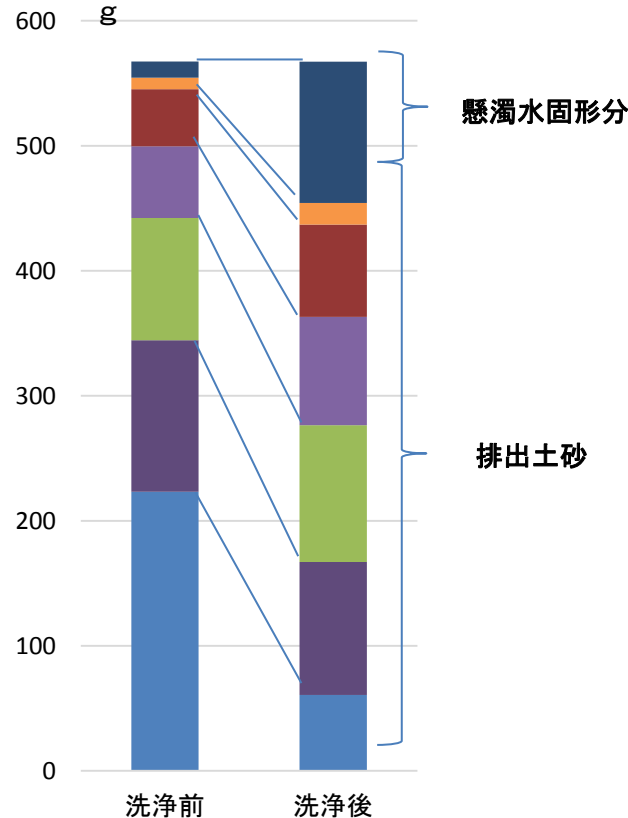
## 実験結果

### 物質収支および 洗浄後の重量配分



- 落ち葉等 (処理前除去)
- 懸濁水固形分
- 排出土砂
- 洗浄前

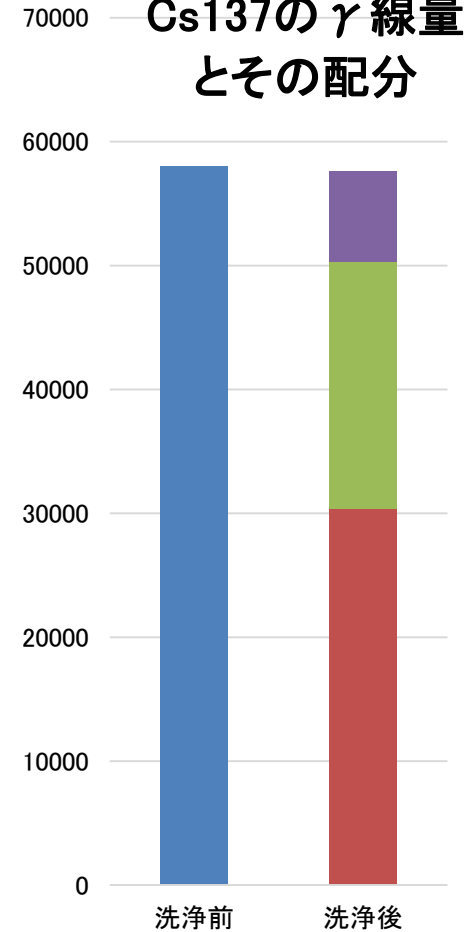
### 粒度分布



- >2000μ
- 425-850μ
- 106-250μ
- <75
- 850-2000μ
- 250-425μ
- 75-106μ

単位: Bq

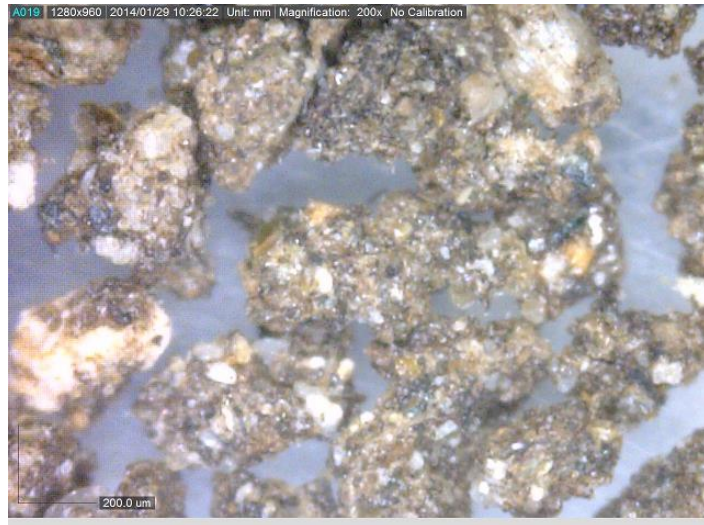
### Cs137のγ線量 とその配分



- 原料土壌
- 懸濁水固形分
- 排出土砂
- 落ち葉など

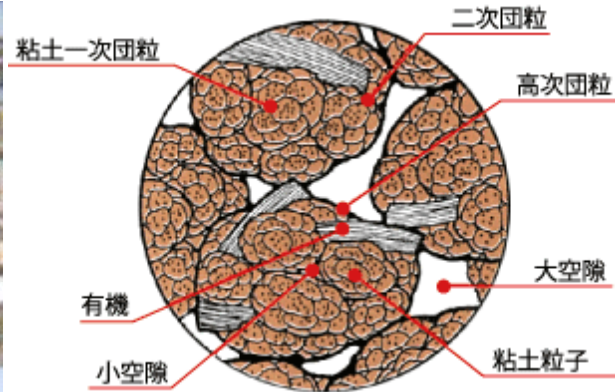


## ② 土壌からの粘土・セシウム の効率的な分離条件の解明



200μm

250-425μmの  
排出土の顕微鏡写真



<http://www.maru8doken.co.jp/tg/index.html>

団粒構造の模式図

粒子同士は有機物で結合して団粒構造を形成。粘土成分はこの団粒構造の有機物に物理吸着していると推定。

有機物でバインダーの役割を果たし団粒構造を形成している土壌では、空気揚土式土壌洗浄のみでは、土壌中のCsを分離することは困難。

土壌の種類による有機物含有率の違い  
(600℃ 30分加熱時の重量減少率により測定)

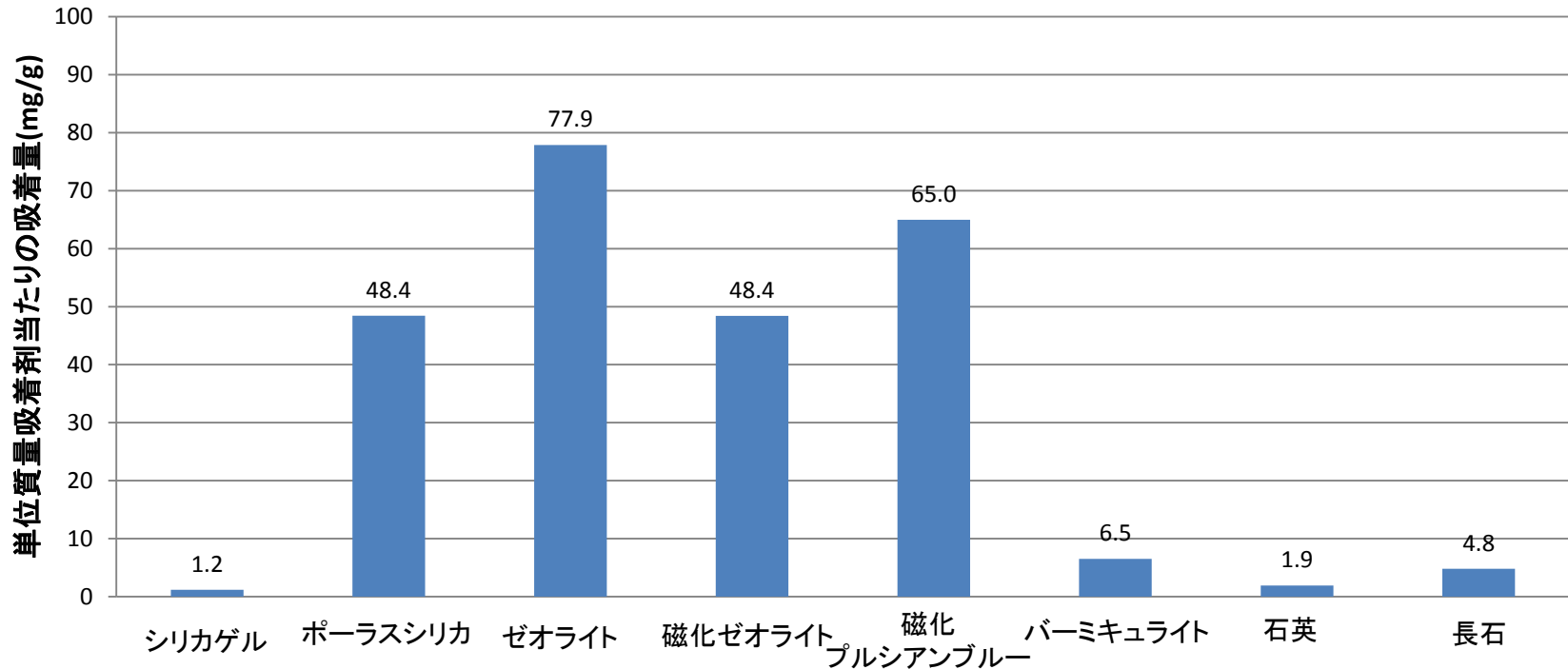
土壌の種類	有機物(重量%)
竹林	13.7
運動場	8.3
側溝	14.0
畑	18.7
腐葉土	46.3

◆有機物が少ない土壌:  
本手法をそのまま適用可能。

◆有機物の多い土壌:  
移行処理や焼却などの前処理を行うことで本手法を適用可能。

## ② 土壌からの粘土・セシウム の効率的な分離条件の解明

シリカ・アルミノシリケートへのセシウムイオンの吸着量の比較








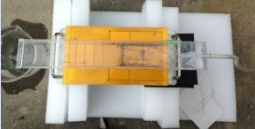
100ppmのCs<sup>+</sup>溶液50mLに0.05gの試料を加え、2時間振とうした後、シリンジフィルターを用いて濾過した。この溶液をイオンクロマトグラフを用いて分析を行った。  
(飽和吸着量の測定)

⇒ 今回の土壌洗浄実験では水相にはセシウムは検出されなかったが、もし検出された場合には、ゼオライトや磁化ゼオライト、磁化プルシアンブルーなどの吸着剤が十分な吸着量を持ち、有効であることが確認された。

### ③水相からのセシウムの回収方法の開発

水相からのセシウムは検出限界以下であったため、  
**懸濁土壌(粘土+セシウム)を水相から回収する手法**を検討した。

#### 懸濁土壌(粘土+セシウム)の水相からの回収方法の比較検討結果

手法	静置沈降	ろ過	遠心分離 (サイクロン)	凝集沈殿	フィルター プレス	磁気分離
						
評価	×	×	△	△	△	△
組合せ			○			

個々の手法を比較検討した結果、  
**遠心分離(サイクロン)⇒凝集沈殿⇒フィルタープレス** の順に組み合わせた方法を  
 現場では採用した。

# ③水相からのセシウムの回収方法の開発

## 【実証実験2】福島県川内村で2013年5月に実証試験を実施

### 実験結果

### 川内村 土壌A(農道西ノ内)

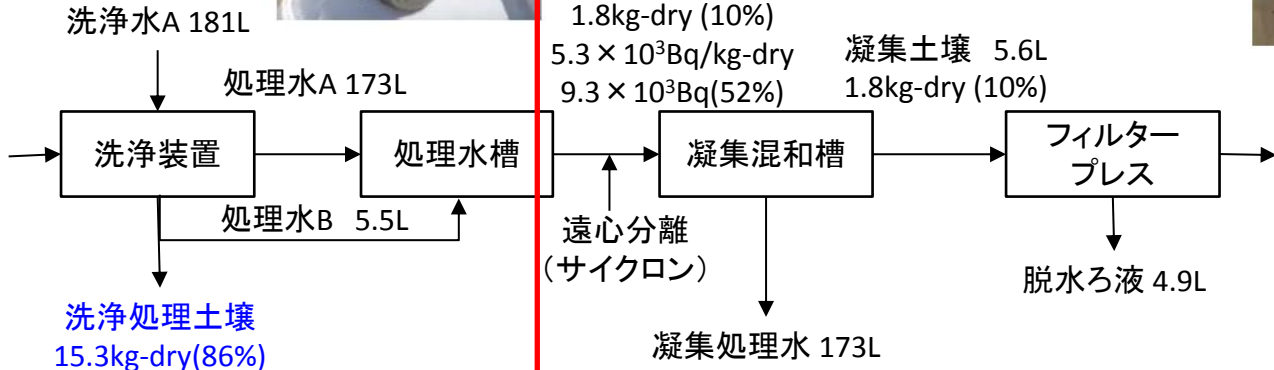
洗浄前の土壌



処理水A+B



**土壌**  
17.7kg-dry(100%)  
 $1.0 \times 10^3$ Bq/kg-dry  
 $1.8 \times 10^4$ Bq(100%)



**洗浄処理土壌**  
15.3kg-dry(86%)  
 $5.7 \times 10^2$ Bq/kg-dry\*  
 $8.7 \times 10^3$ Bq(48%)\*

洗浄処理土壌



遠心分離⇒凝集沈殿  
⇒フィルタープレス で処理  
可能であることが示された。

処理水A+B 179L  
1.8kg-dry (10%)  
 $5.3 \times 10^3$ Bq/kg-dry  
 $9.3 \times 10^3$ Bq(52%)

凝集土壌 5.6L  
1.8kg-dry (10%)

遠心分離  
(サイクロン)

凝集処理水 173L

脱水ケーキ



**脱水ケーキ**  
1.8kg-dry (10%)  
 $4.4 \times 10^3$ Bq/kg-dry  
 $7.8 \times 10^3$ Bq(43%)

凝集処理水



脱水ろ液



近くの河川水  $4.8 \times 10^0$  Bq/L  
空間線量 0.15-0.23  $\mu$ SV/h (2013.5.14-23)

# 本研究開発により得られた成果

## (1) 科学的意義

土壌中の放射性セシウムの多くが粘土に強く吸着していることを利用して、空気揚土攪拌式洗浄による土壌分級を行い、大幅な放射線量の低減と、汚染土壌の減容化が実証できた。

## (2) 環境政策への貢献

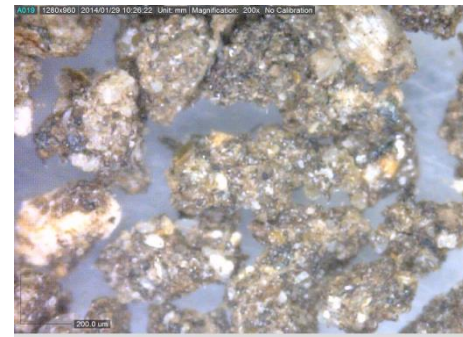
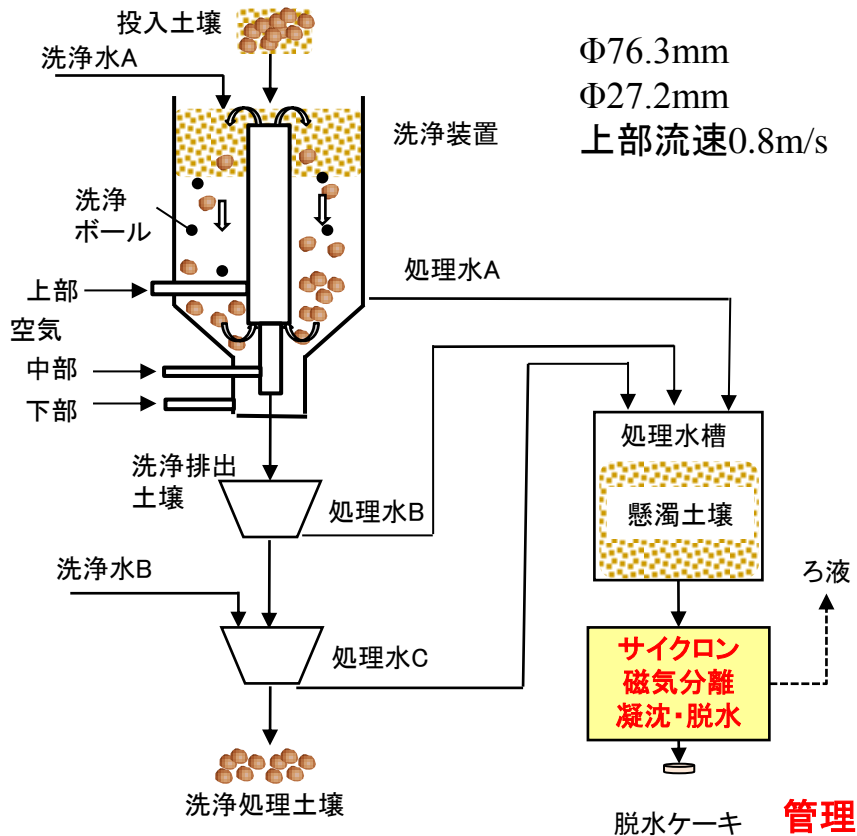
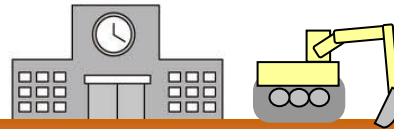
除染・減容化のためのパイロットシステムを構築した。モバイルでコンパクトな装置であることを活かし、福島県飯舘村での実証実験ののち、装置一式を福島県川内村に移動した。それぞれ実際の汚染土壌を対象として稼働を行い、実用に耐え得る除染と減容化の効果を定量的に確認した。



# 本研究開発により得られた成果

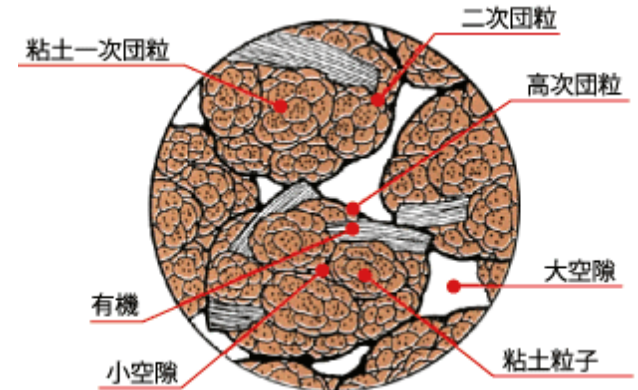
汚染場所(学校の運動場, 畑など)

仮置き場



土壌中の有機物により  
形成される団粒構造

200μm



<http://www.maru8doken.co.jp/tg/index.html>