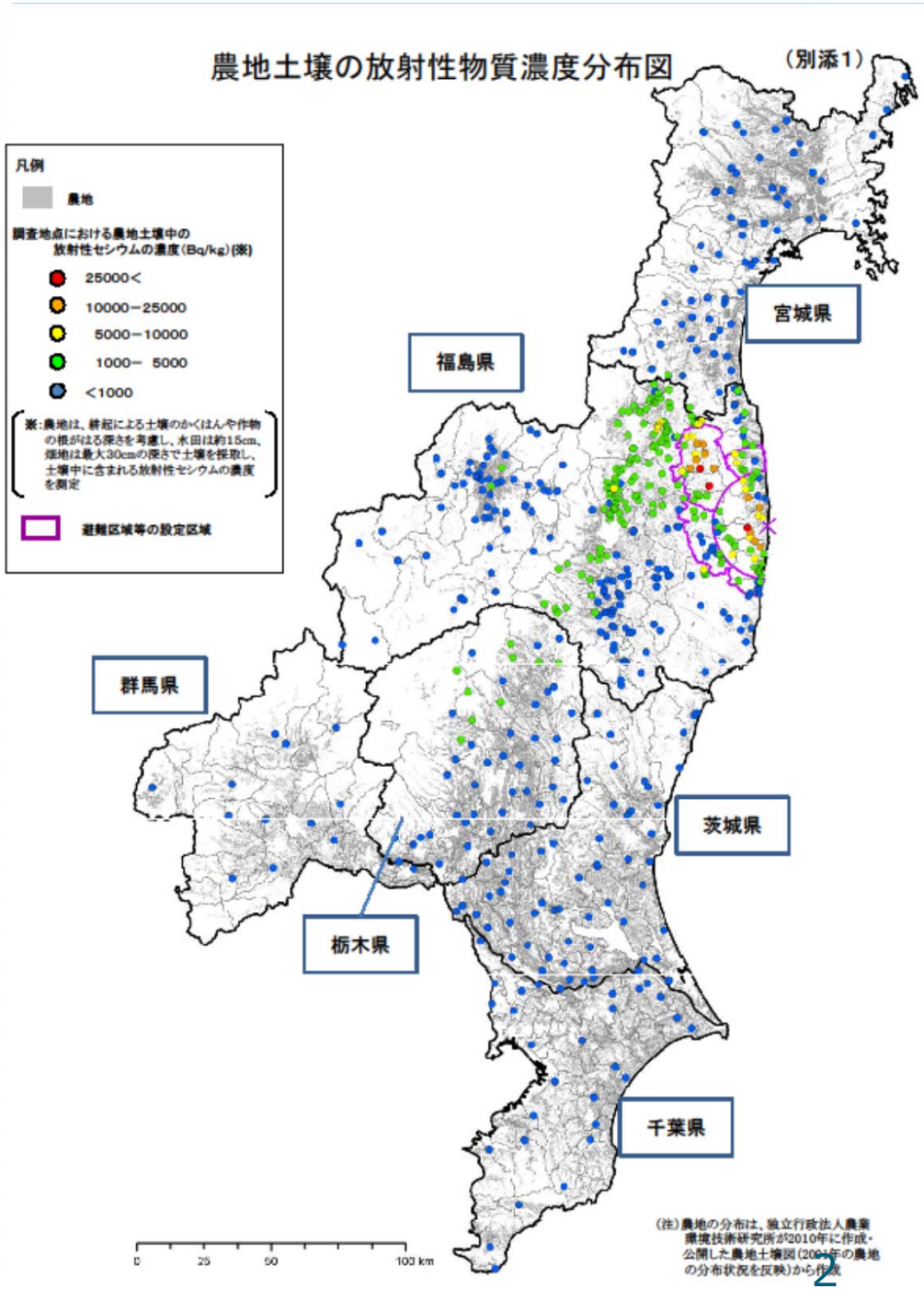
沈降分級を用いた水田除染法の基礎実験

東京大学　農学部　石渡尚之
東京大学　大学院農学生命科学研究科　溝口勝

背景

- 福島第一原子力発電所事故
- 放射性Csが降り注いだ
- 農地での除染が火急の課題となっている



既存の除染法

工学的方法

酸による抽出(14日で96.5%除去)

電圧付加によるイオン移動(50日で94.3%除去)

→高い除去率を持つが、試薬や機材を使うために広範囲の土砂の除染には適さない

農業土木的方法

反転耕

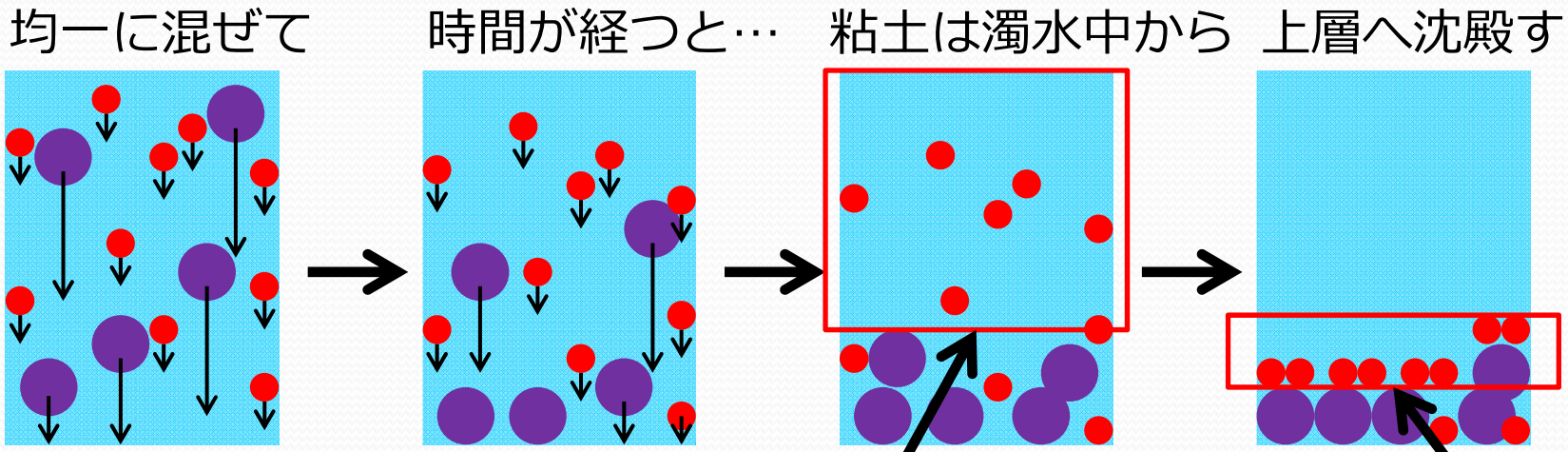
表土削り取り

代掻き（水による土壌撹拌）

→簡便だが**検証が不十分**である。反転耕と表土削り取りは**耕転済みの農地では効果が低い。**しかし**実際には除草のため耕転してしまった農地もある。耕転済みでも効果がある代掻き法に注目する。**

代掻き(水による土壌撹拌)を用いた除染法

- **Csは粘土粒子表面に極めて強く吸着する**
  (Amphlett&McDonald　1956)
- **沈降分級作用**
  粒子の水中降下速度は小さい粒子（＝粘土）ほど遅い。



代掻きを用いた除染法のメリット

安価
省労力
耕転しても効果がある
誰でもできる

①農家が自力で除染できる

②同時に広範囲を除染できる

本研究の目的

すでに耕転した水田でも有効

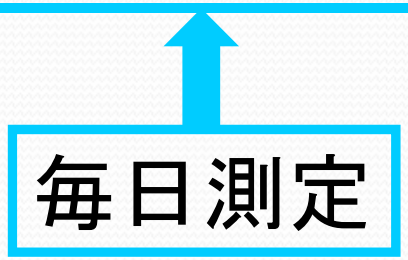
&

自家労働によって行える

沈降分級作用を用いた代掻き除染法について実験し、ストークスの原理に基づいて検証した。

方法（測定項目）

- 放射線強度（ nSv/h ）を測定←測定が簡便
- 測定条件の均質性に留意
- 試料線量測定値 － バックグラウンド ＝ 試料線量



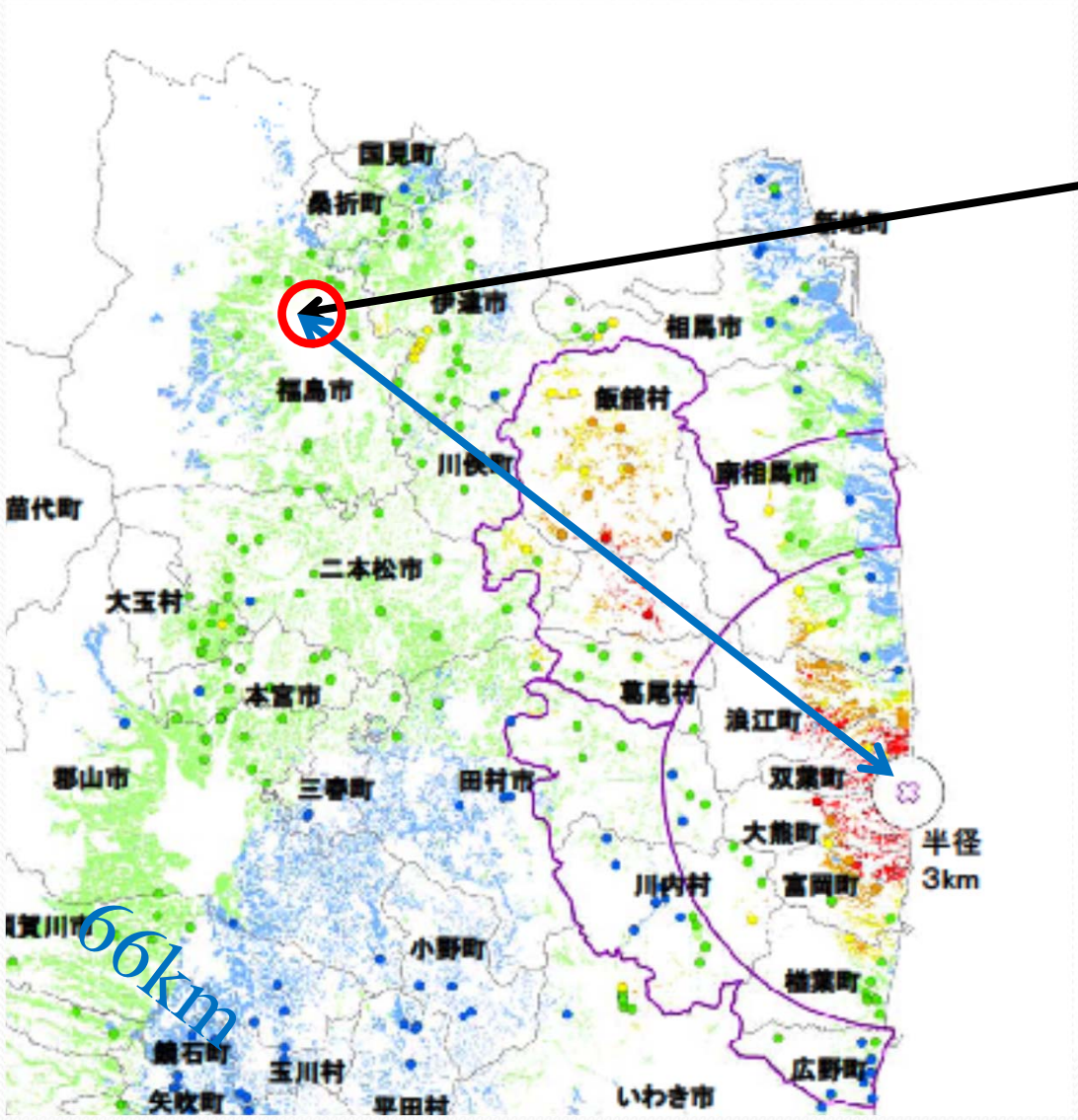
方法（用いた線量計）

- GEORADIS社製　RT-30
- 携帯型NaI(Ti)シンチレーションスペクトロメータ
- 放射線量測定と放射性核種の同定が

(GEORADIS社ホームページより)

（明治大学
登尾先生所有）

方法（対象地）



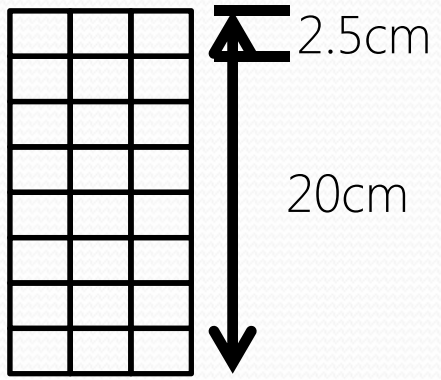
福島市八島田水田

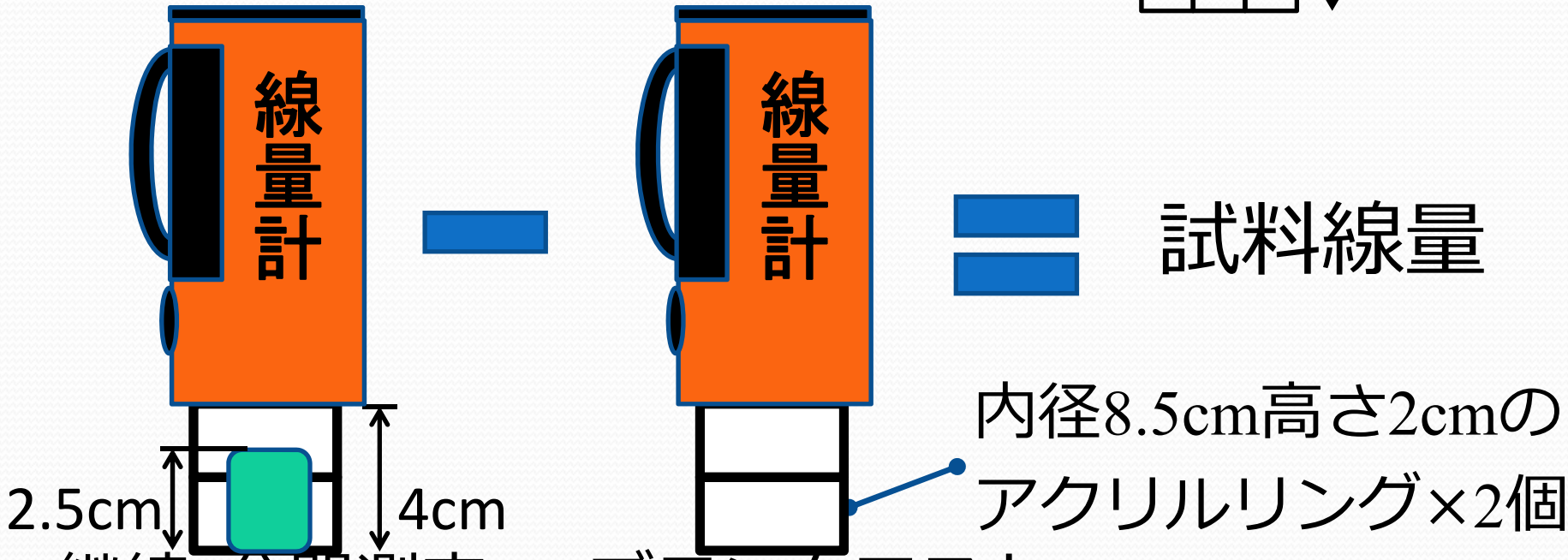
福島第一原子力発電所から約66km

現状での線量分布の測定

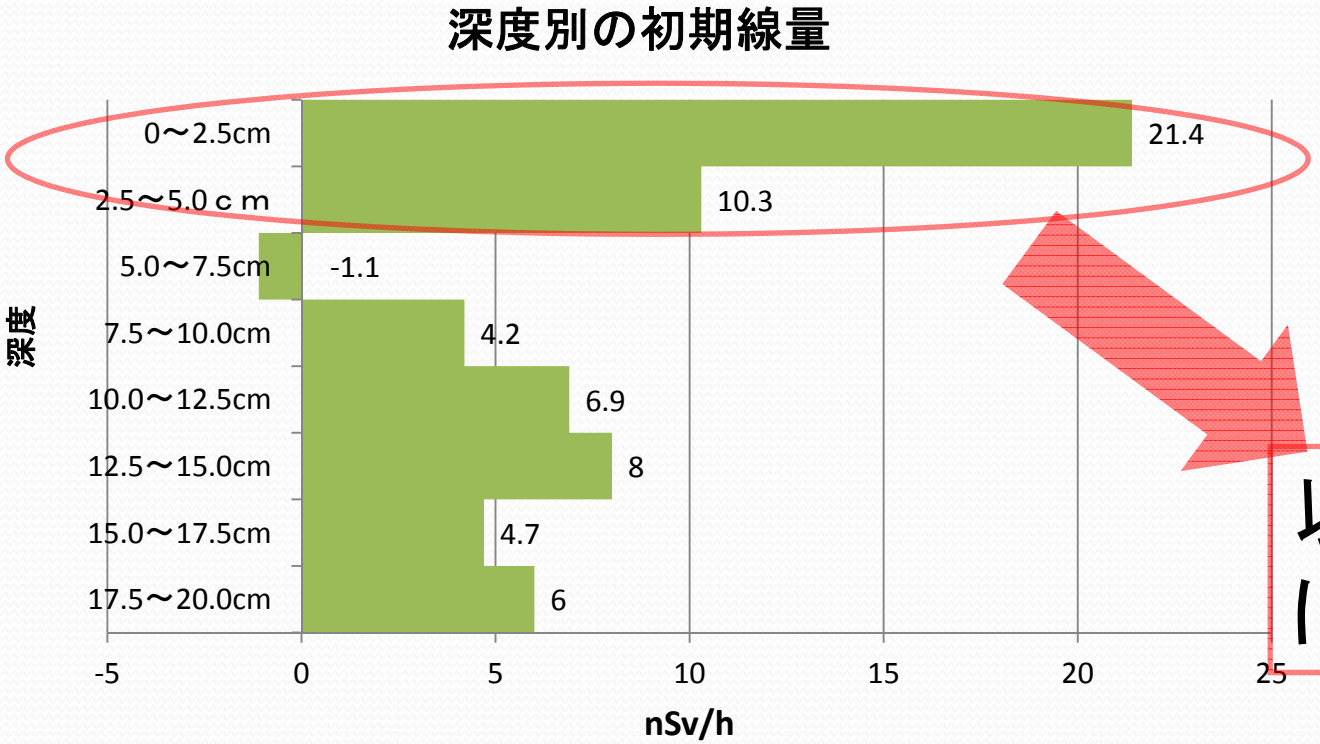
- 高さ2.5cmの50cc定容積土壌サンプラー
- 2.5cm刻みに深さ20cmまで
- 各深さ3試料ずつの不撹乱試料

⇒平均線量を取った





現状での線量分布の測定結果



以後の実験1~3に使用

平均線量は0~5cmでは15.8、5~20cmでは4.8 (nSv/h)

軽微な汚染があり、表層の線量がわずかに高い

放射線強度では0~5cmに全体の52.5%

実験概要(3種類)

水田表層5cmの土を試料として

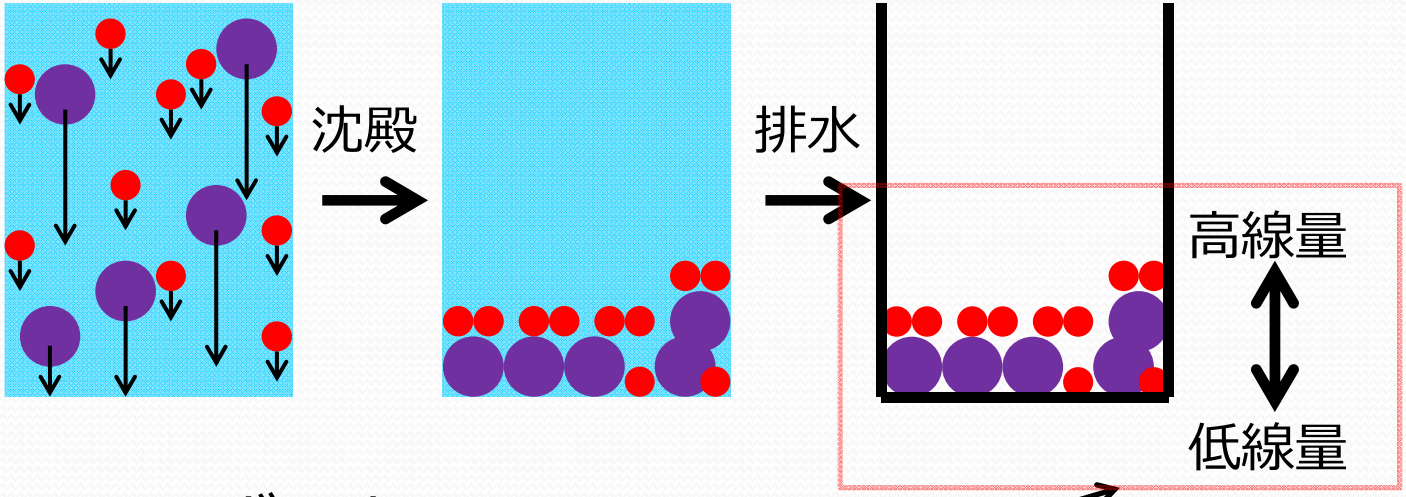
【実験１：「振とう＋沈殿」 】実験
Csが実際に上層に集積できるか調べる

【実験２：「振とう＋強制排水」 】 実験
代かき後、強制排水の除染効果を調べる

【実験３：「振とう＋表土削り取り 】実験
代かき後、表土削り取りの除染効果を調べる

【実験１：「振とう＋沈殿」】目的

理論的には代掻き（水による土壌撹拌）により



となるはずである。

本実験では**このような**線量分布が得られるのかどうか**実際に確かめる**。

【実験１：「振とう＋沈殿」】方法

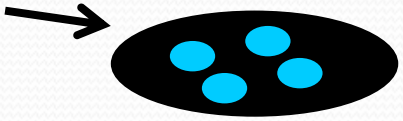
装置

- アクリルリング（内径8.5cm、高さ2cm）×16個

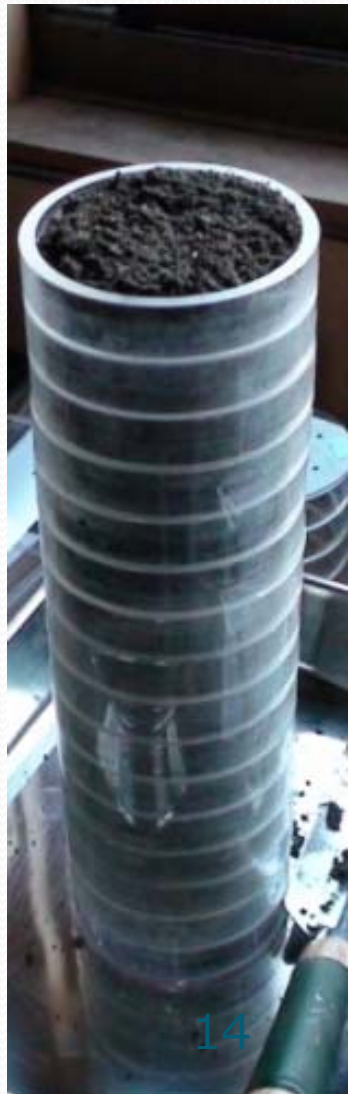
（線量測定時に分割する）

- 試料土を充填（土高32cm）

- 底ふたには小さな穴があいているが、初めはテープで塞がれている。



底ふた



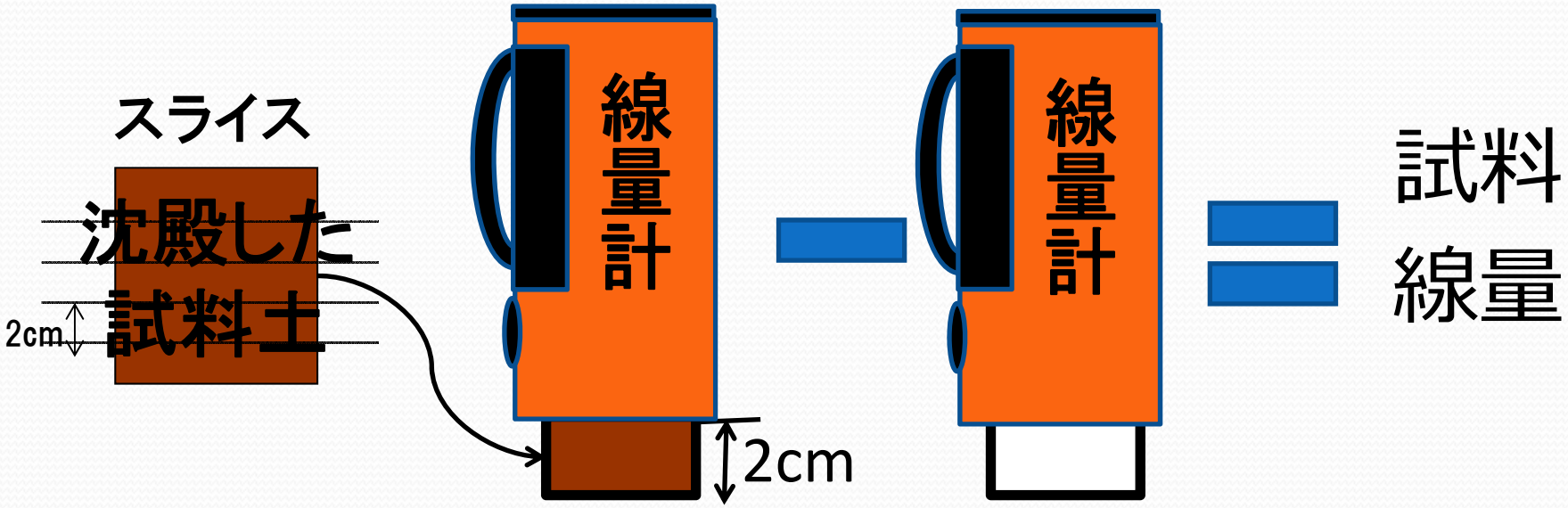
【実験１：「振とう＋沈殿」】方法

- 空気を抜きながら水高を72cmに調整
- ゴム栓をして上下に返しながらに30回程度振とう⇒静置
- 1分後にテープで塞いであった底穴を解放
⇒濾過された水が底部より排水開始

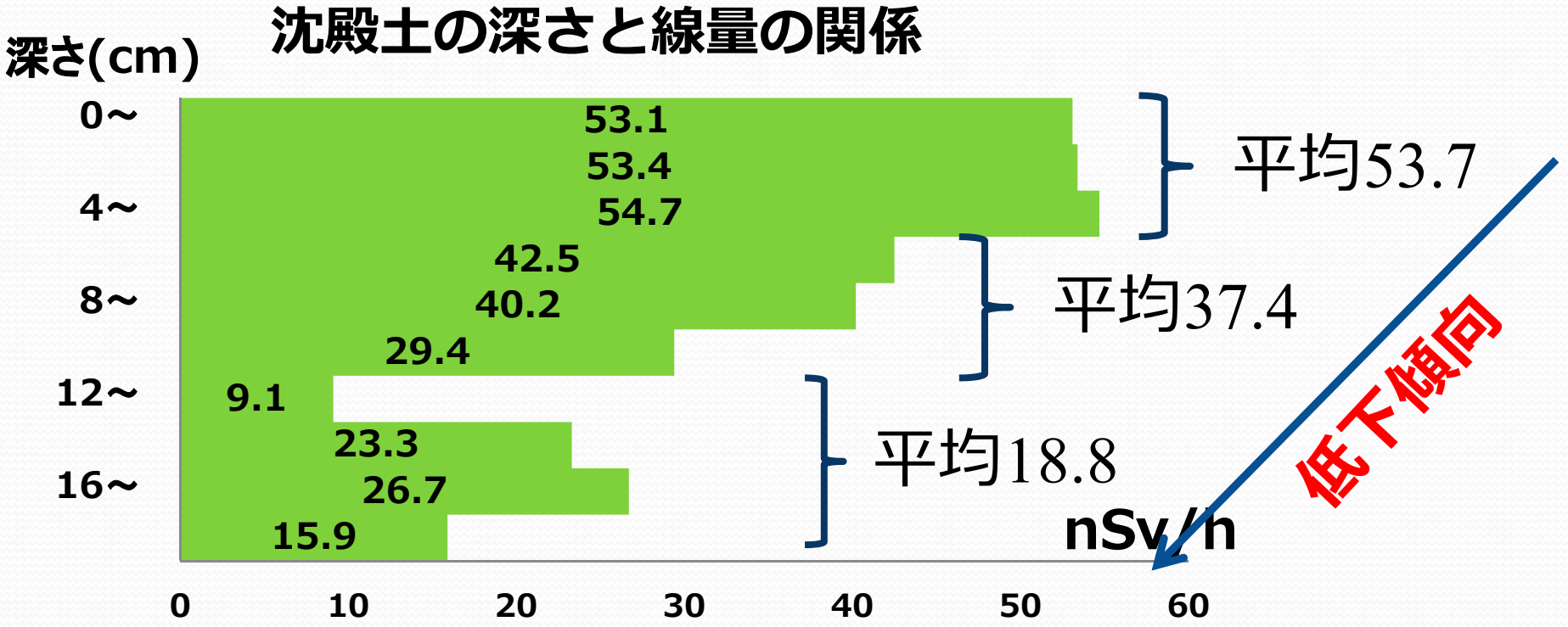
下面より排水中

【実験１：「振とう＋沈殿」】方法

排水完了後
沈殿土層をアクリルリングごとにスライス
⇒線量測定



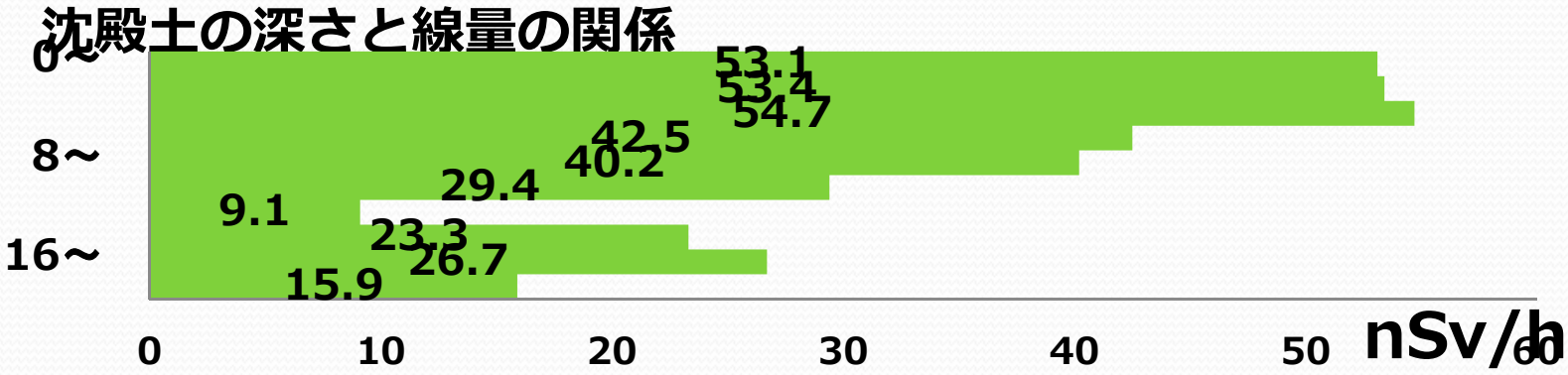
【実験１：「振とう＋沈殿」】結果



- 上層の線量が高い

→代掻きによってCsが上層に集積することが確認できた

考察

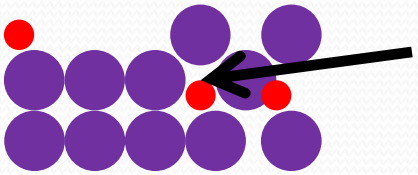


考えられる理由

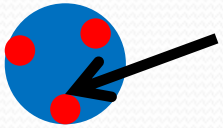
実験室的な沈降分級と実際の代掻きの違い

- **水に対して土の量が多い**
- **分散剤を使わない**

⇒大きな粒子とともに粘土粒子が理論上よりも早く沈殿する可能性がある。



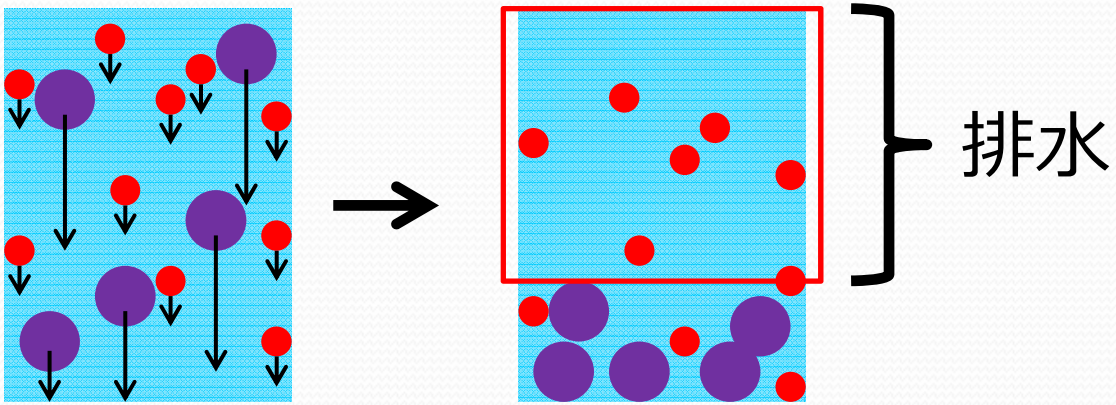
粘土粒子の閉じ込め



団粒の一部としての粘土粒子

【実験２：「振とう＋強制排水」】目的

放射性Csが沈殿する前に濁水を排水することで除染効果が期待できる。

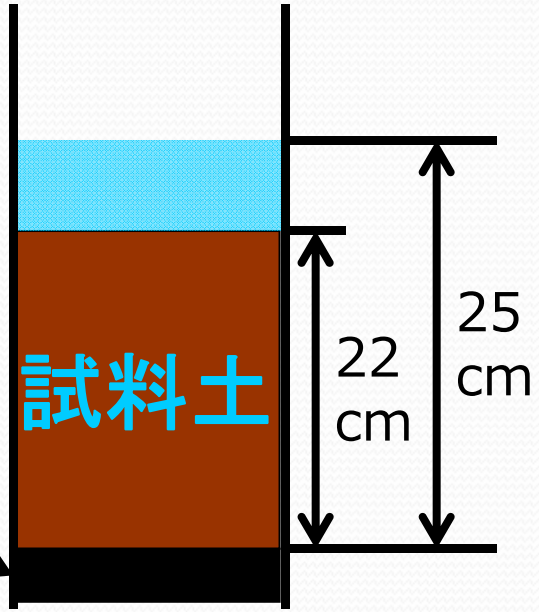


本実験ではこの除染効果を検討する。

【実験２：「振とう＋強制排水」】方法

装置

- 振とう容器：アクリル円筒（内径8.5cm、高さ30cm）
- ゴム栓で底に蓋



- 試料土を22cm充填（水で撹拌してから沈澱すると約15cmになる）
- 水高を25cmに調整

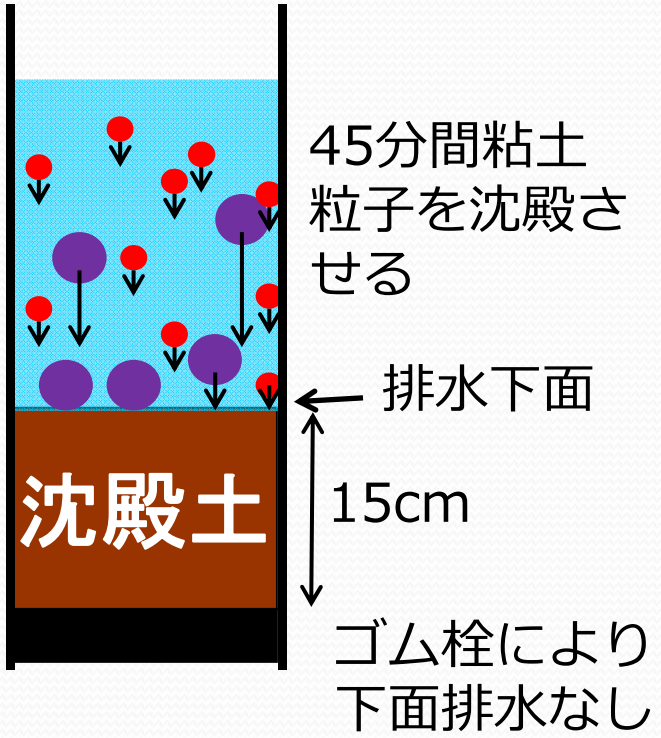
【実験２：「振とう＋強制排水」】方法

上部にゴム栓をして上下に返しながら30回程度振とう⇒静置

45分経過後

底面より15cm以上の濁水を全て強制排水した

30a区画整備圃場での粘土粒子の平均滞留時間として計算した

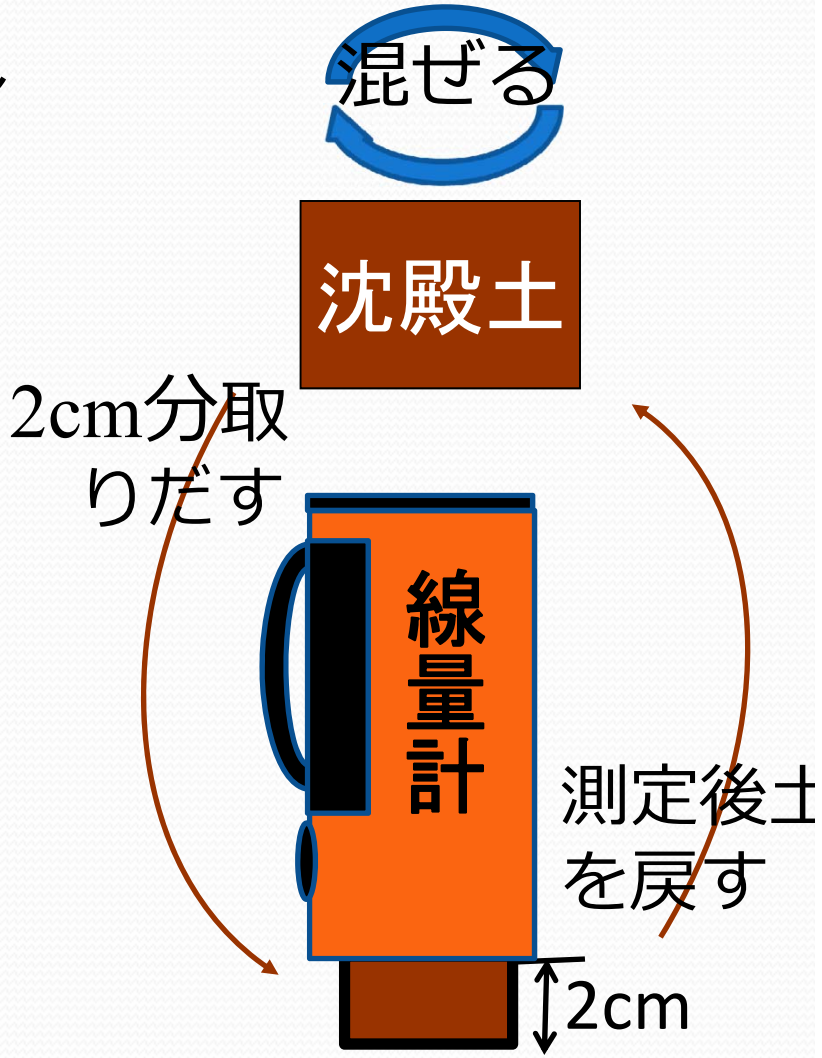


【実験２：「振とう＋強制排水」】方法

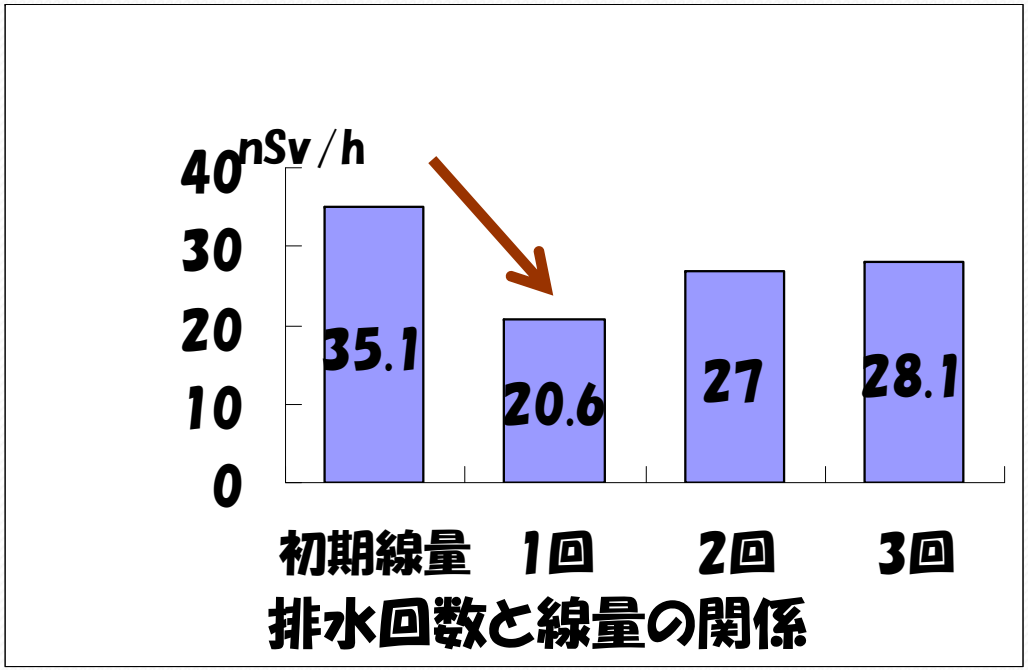
均一に混ぜた残土をアクリルリングに充填して平均線量を測定

繰り返しによる除染効果の測定

- 測定後の試料土を容器にもどす
- 一連の操作を繰り返す



【実験２：「振とう＋強制排水」】方法



除染効果あり！

- 排水1回で線量は約3分の2になった
- 2回以降ではあまり変化が無かった
- 2回以降の線量の増加はバックグラウンドの変化の問題かと考えられる。

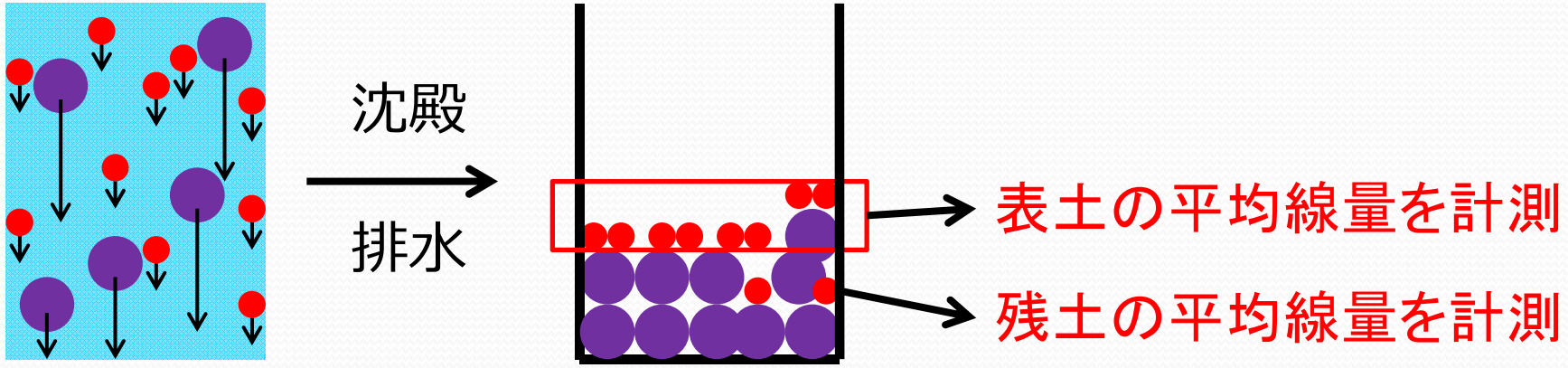
【実験２：「振とう＋強制排水」】問題点

（実験2）の除染法では放射性Csを含んだ排水を流すことになる。すると

→ 排水を処理する方法
または
排水を流すことに対する合意
が必要である。

【実験３：「振とう＋表土削り取り」目的

線量の高い上層を取り除く



表土の削り取り法では排水を出さないことに特徴がある。

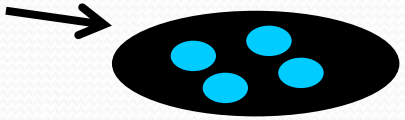
（実験3）では沈殿させてから上層を削り取る除染法を想定してその除染効果を検証する。

【実験３：「振とう＋表土削り取り」方法

装置

アクリルリング（内径8.5cm、高さ2cm）×7個

底ふたには小さな穴があいているが、初めはテープで塞がれている



底ふた

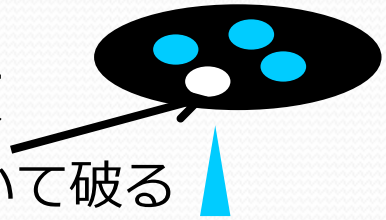
試料土を14cm充填

空気が残らないように水高を28cmに調整

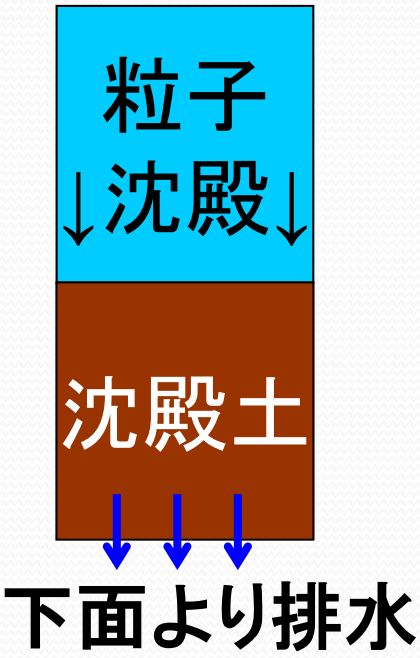
【実験３：「振とう＋表土削り取り】方法

ゴム栓をして上下に返しながら30回程度振とう⇒静置

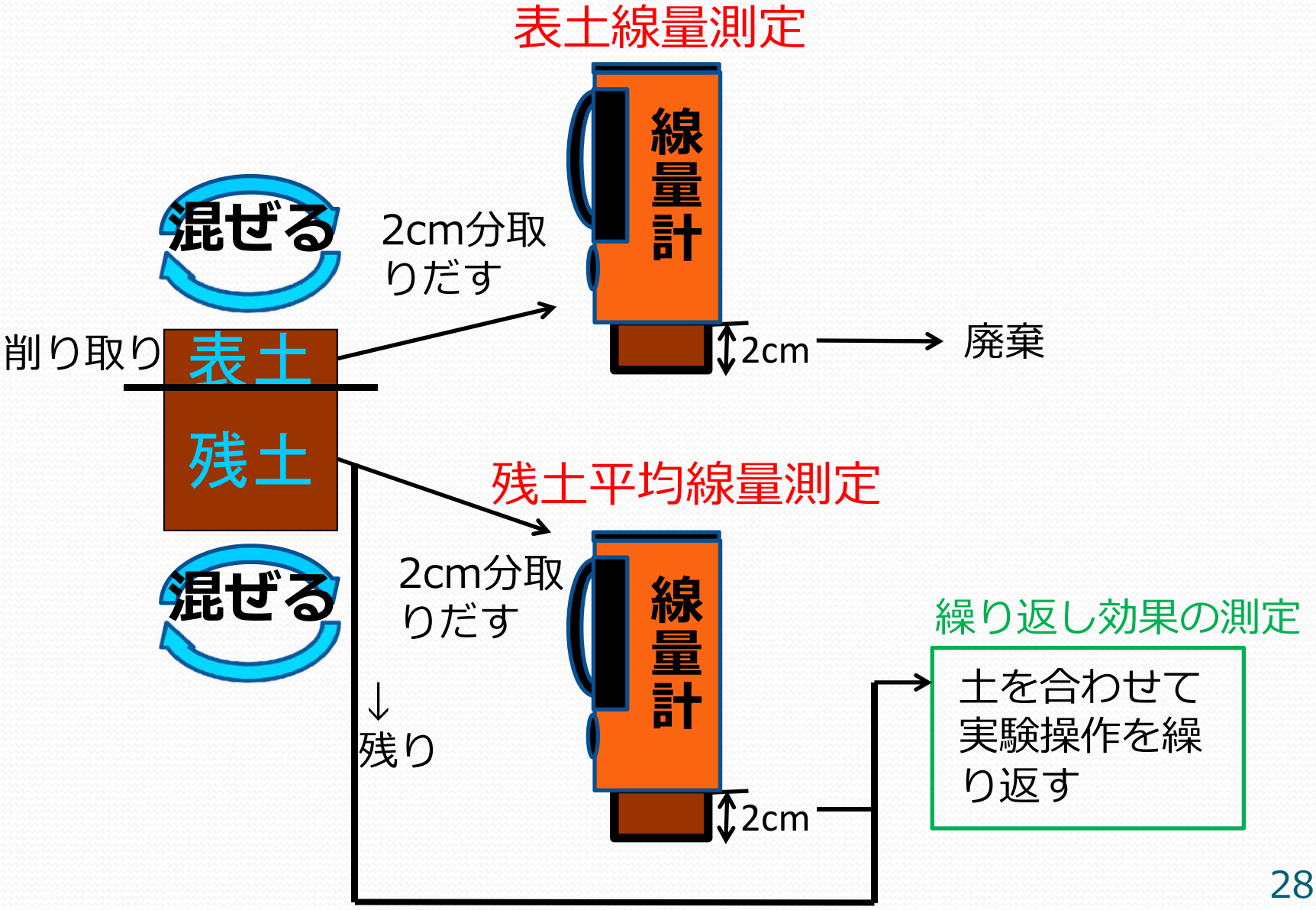
1分後に底穴を解放



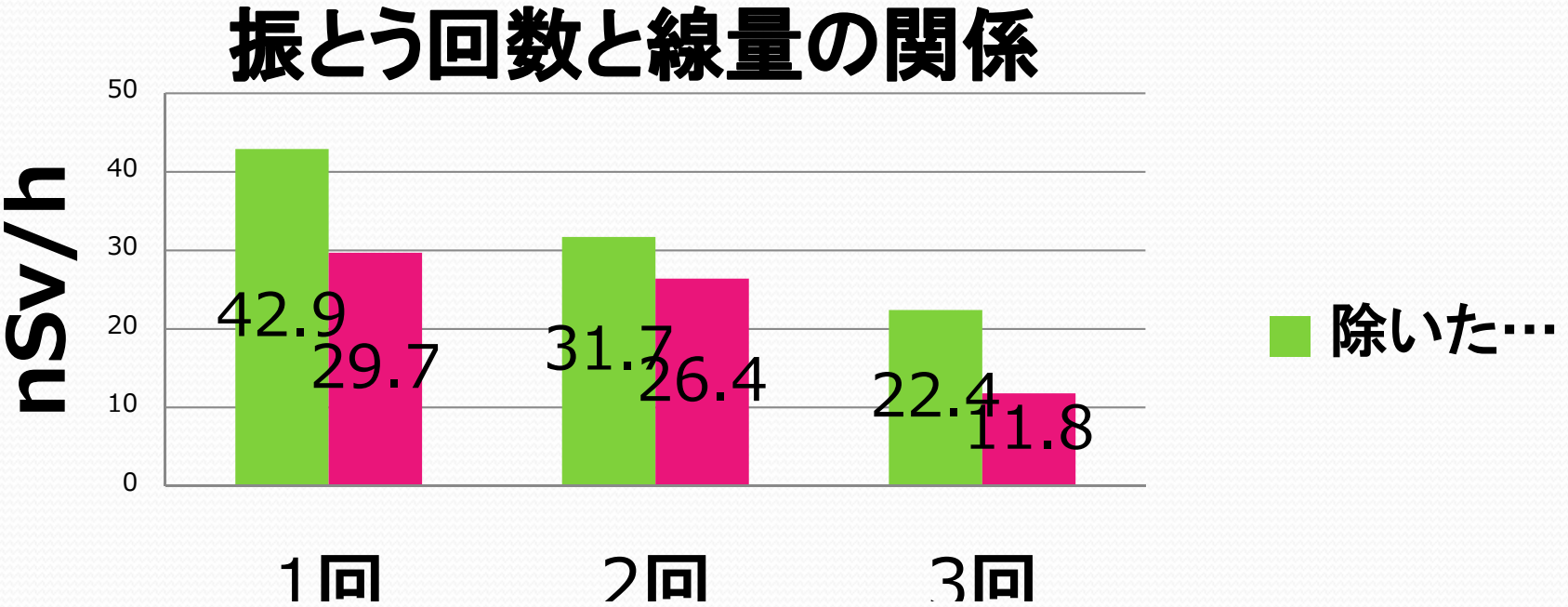
濾過された水が底部より排水



【実験３：「振とう＋表土削り取り」方法



【実験３：「振とう＋表土削り取り」結果



- 剥いだ表土の線量はいずれも残土の線量よりも高い（集積効果）⇒表土を除くと除染効果がある
- 3回の操作で残土線量が約3分の1まで低下した
- 廃土処理に問題がある

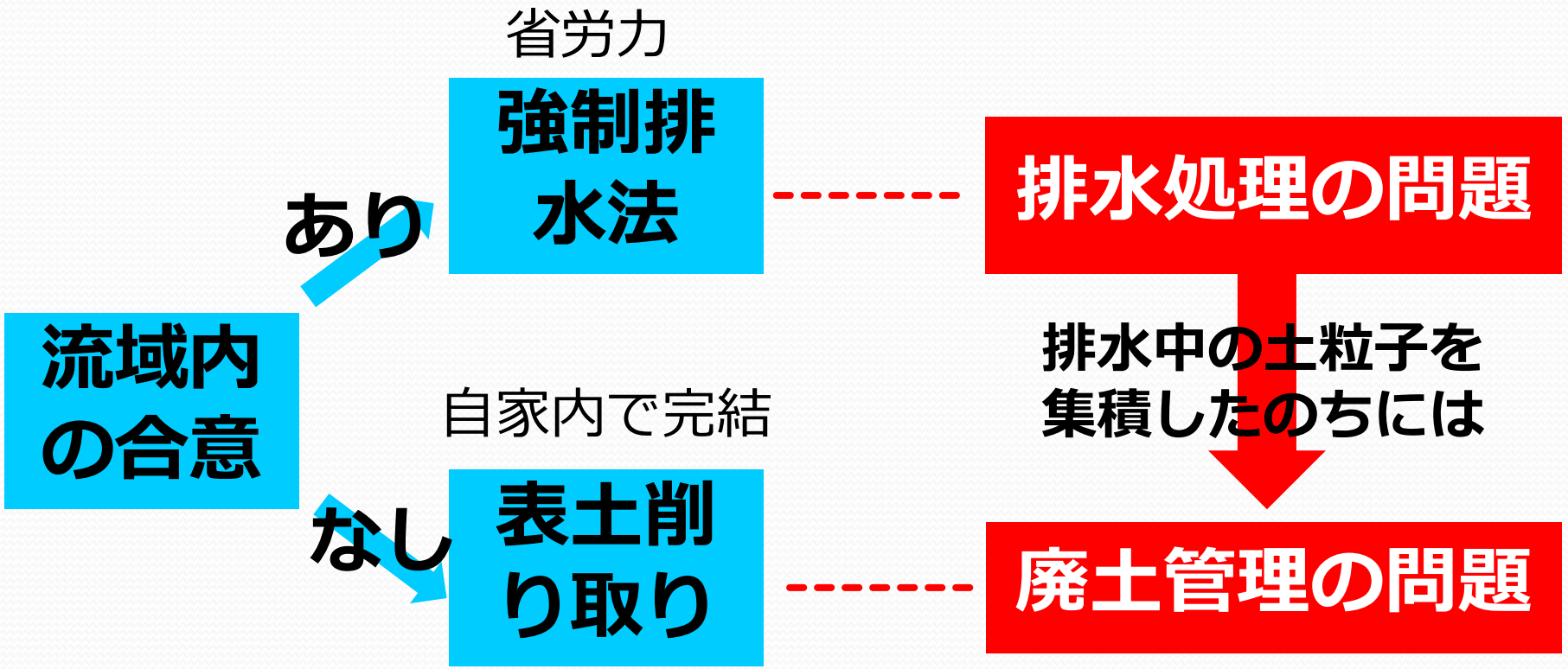
結論　（沈降分級作用を利用した除染法）

排水への合意を含め、流域の住民の要望に応じて除染方法を使い分けたり組み合わせたりする必要があり、いずれにしても廃土処理の問題が残っている。しかし…

1. 代掻きによってCsが上層に集積することが確認できた
2. 代掻きをしてからの強制排水1回で線量は約2/3になった
3. 代掻きをしてからの表土削り取り3回で残土線量が約1/3に低下した

という結果が得られた。

今後の展望


省労力
強制排水法
あり
流域内の合意
なし
自家内で完結
表土削り取り
排水処理の問題
排水中の土粒子を集積したのちには
廃土管理の問題

ご清聴
ありがとうございました

謝辞

ボランティア未来農水と土サポート

（吉野正榮氏　景井仁志氏　黒澤清氏）

明治大学　（登尾先生）