

土壤中の放射性セシウムの挙動

東京大学農学生命科学研究科

生物・環境工学専攻 農地環境工学研究

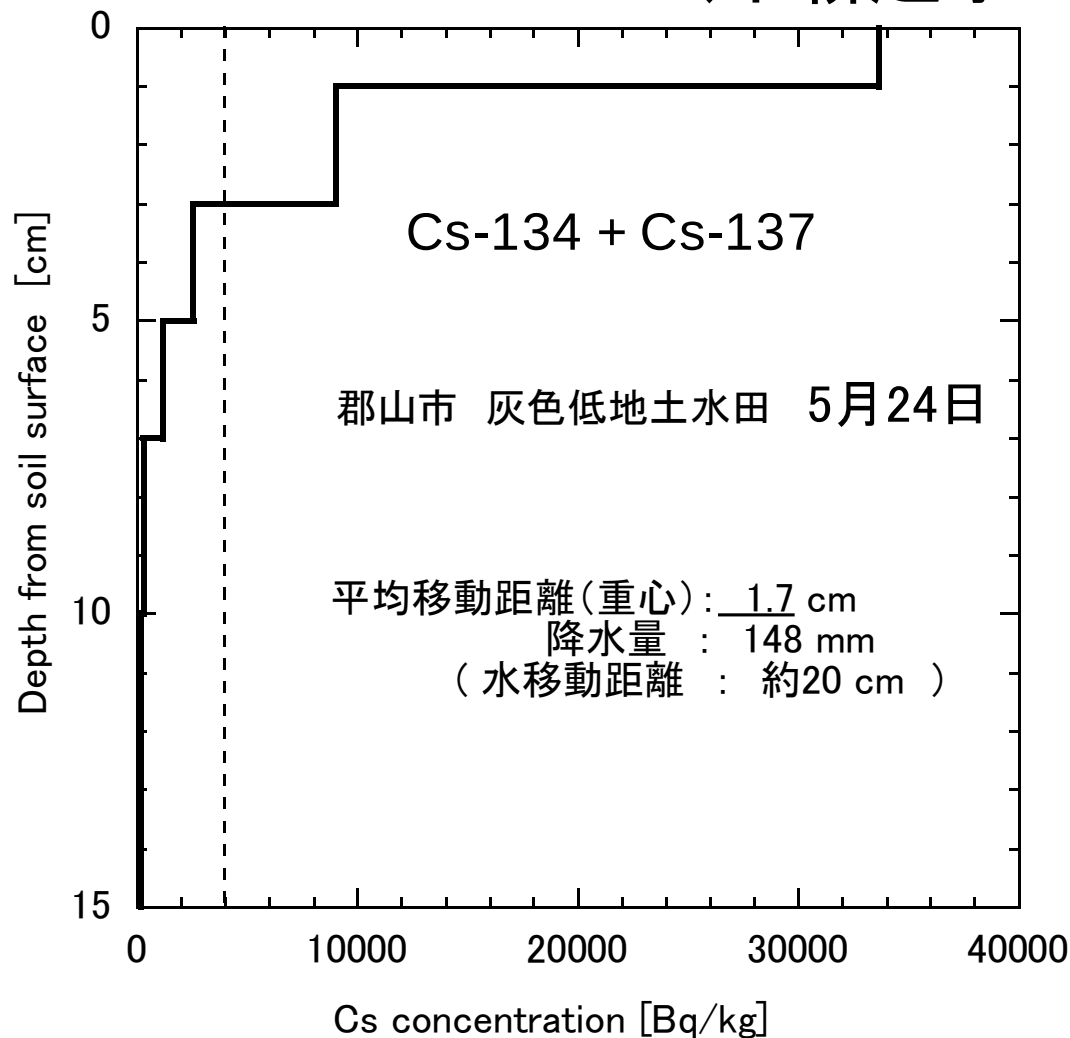
塩沢 昌・吉田修一郎・西田和弘

土壌中の放射性セシウムの挙動

放射性セシウムは、
土壌中でどのように(鉛直方向)分布し、
どのように移動しているか？ 今後は？
(流出や植物による吸収にかかわる)

山からの流出はどの程度か？

放射性セシウムの当初の鉛直分布と移動速度 (不耕起水田)

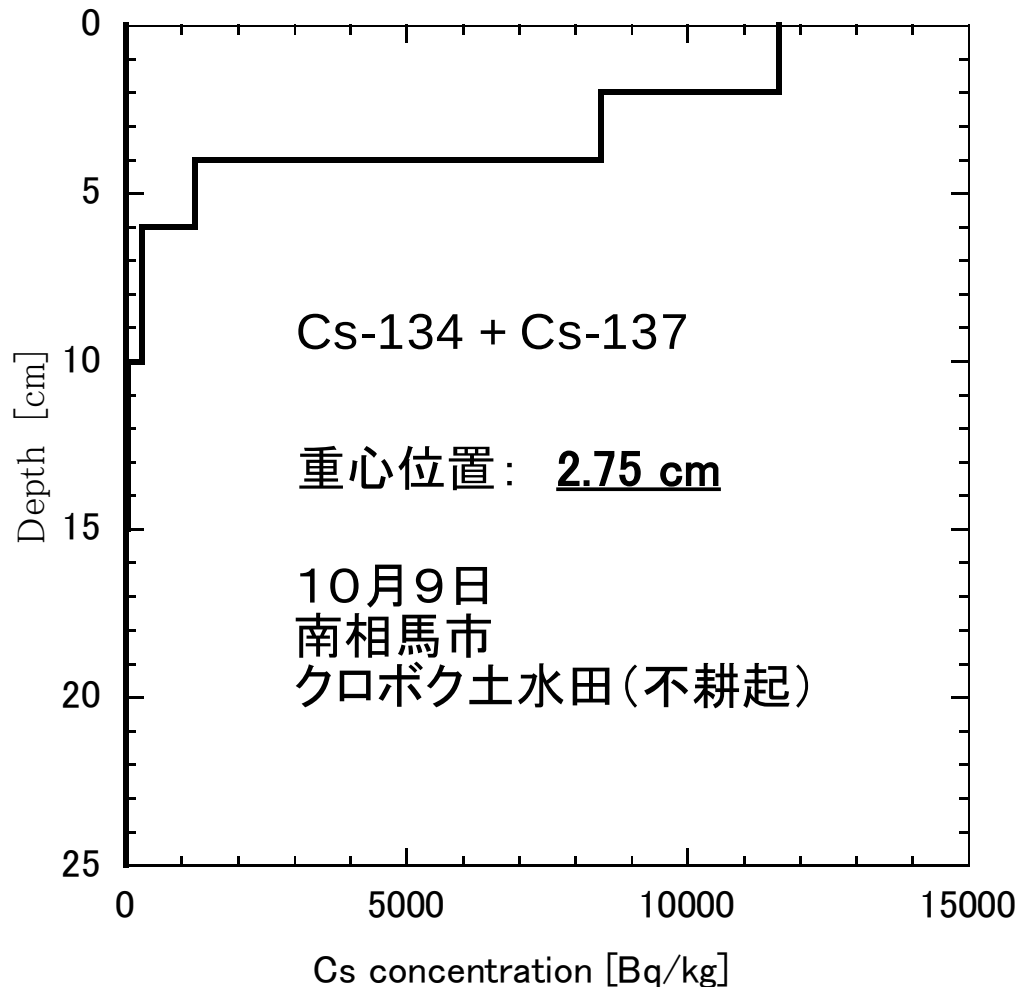


6月上旬までの2～
3ヶ月間は、予想外に
速く移動した：
水分子の速度の1/10

実験室での吸着平衡
実験からの予想では、
水分子の速度の
1/1000～1/10000

(塩沢・田野井・根本ら: *RADIOISOTOPES*, 60, 2011)

放射性セシウムsの最近の鉛直分布(不耕起水田)

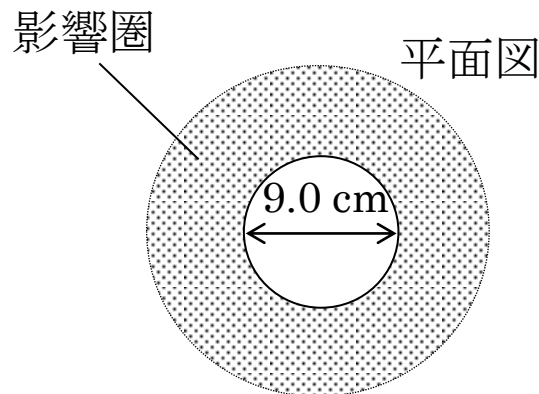
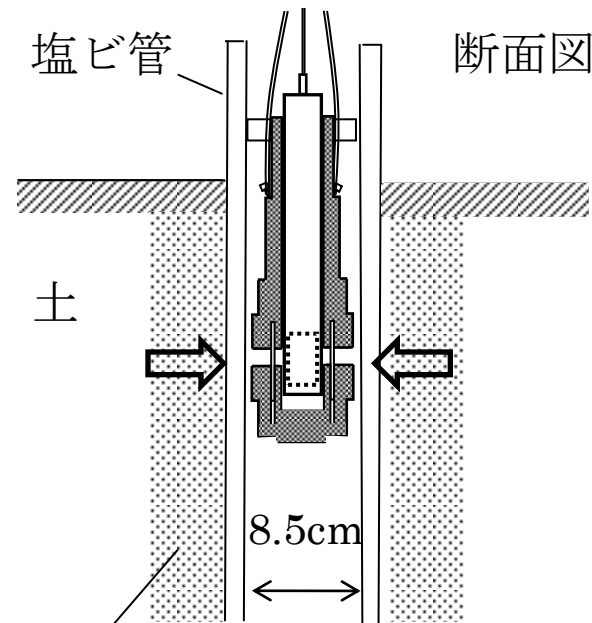
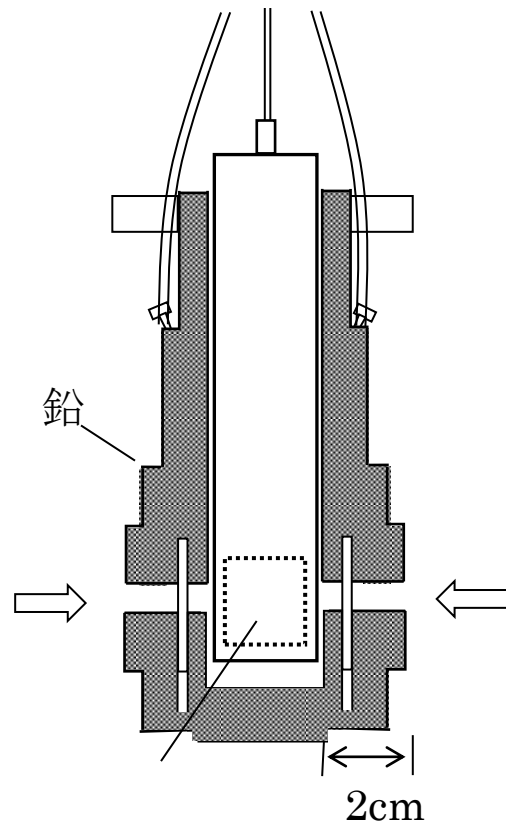


Csが比較的動きやすい水田でも、表層0-4cmに約90%が止まっている。

土壌サンプリングによる測定では同一場所のサンプリングができないので、わずかな移動量を追えない。

(東大RI総合センターと南相馬市によるRI分析)

土中ガンマ線源量測定システム



シンチレーションサーベイメータにコリメータを付け、土中の塩ビパイプ内で、水平方向に入射するガンマ線量を測定する：

2時点の分布を比較して、放射性Csの平均移動距離を求める。

特徴：
全く同じ土壌の時間経過
影響圏が広い、
深さ方向に細かく測定

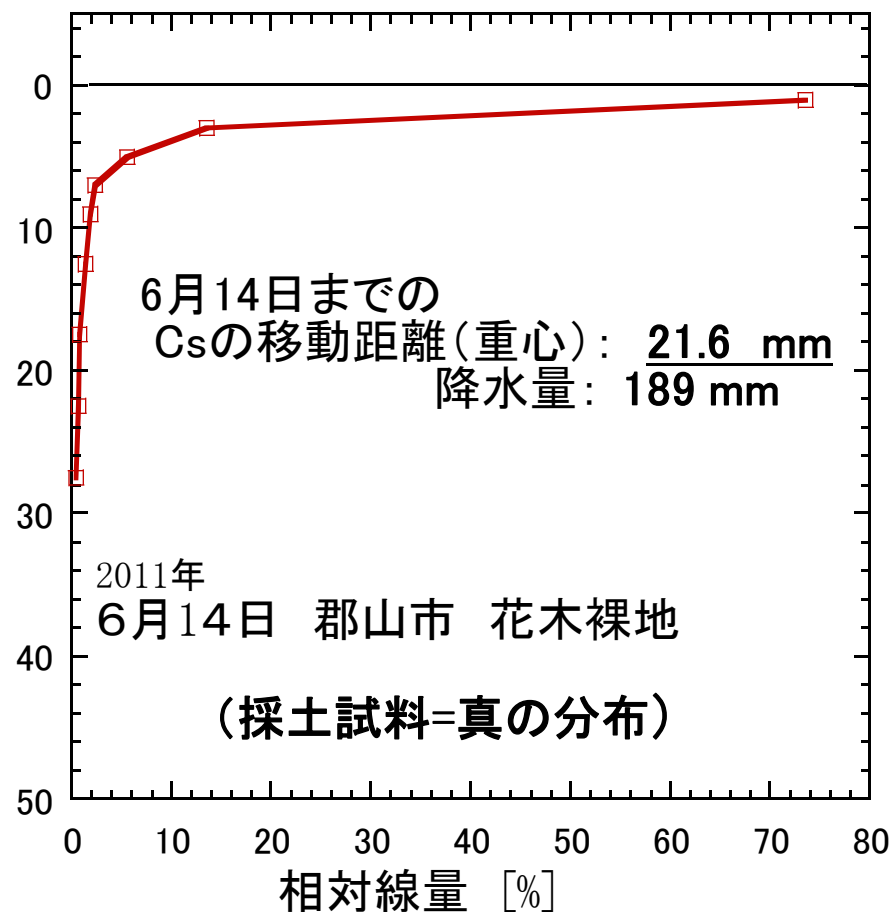
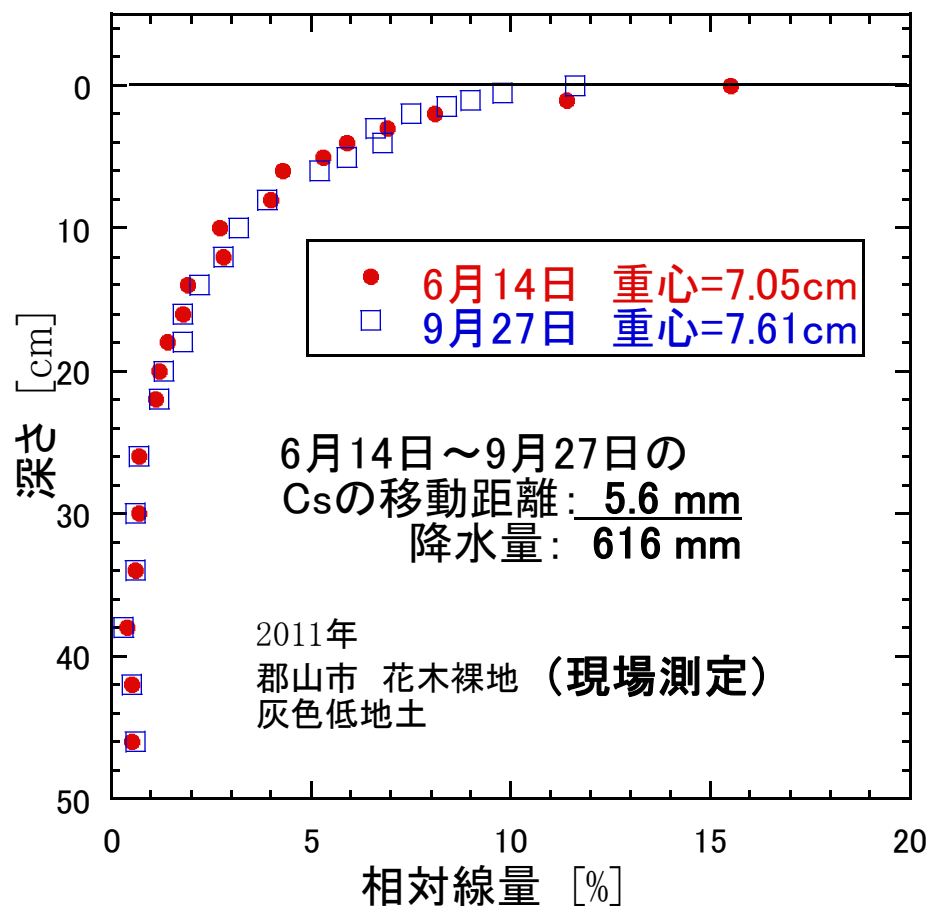
シンチレーションプローブと 土中ガンマ線源量モニタリング用鉛コリメータ



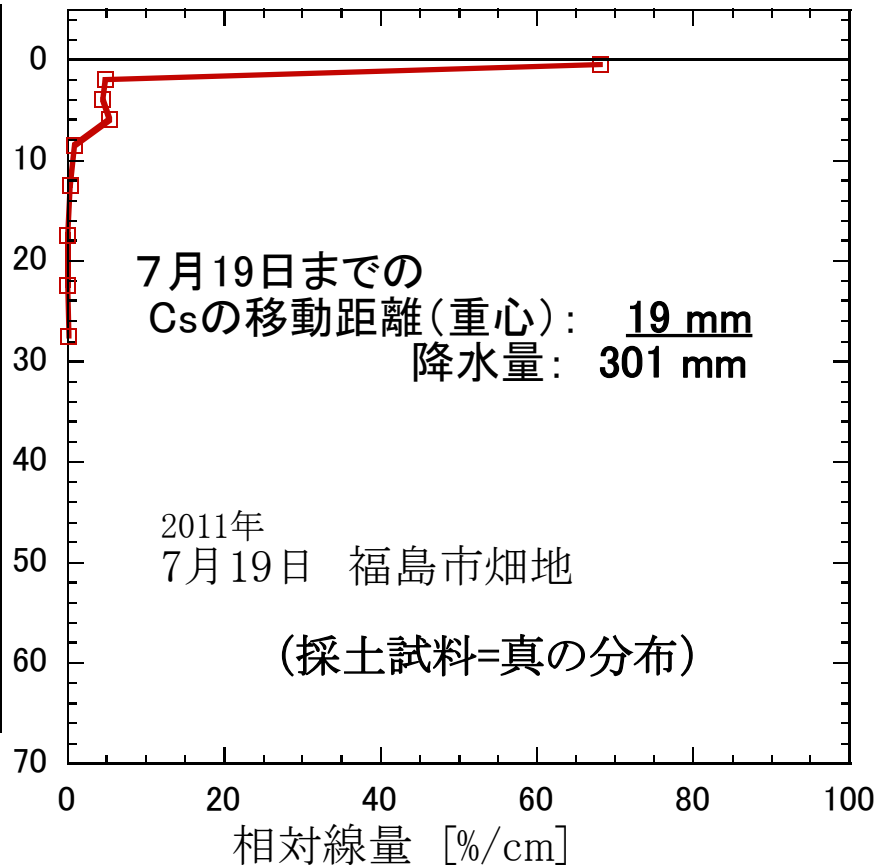
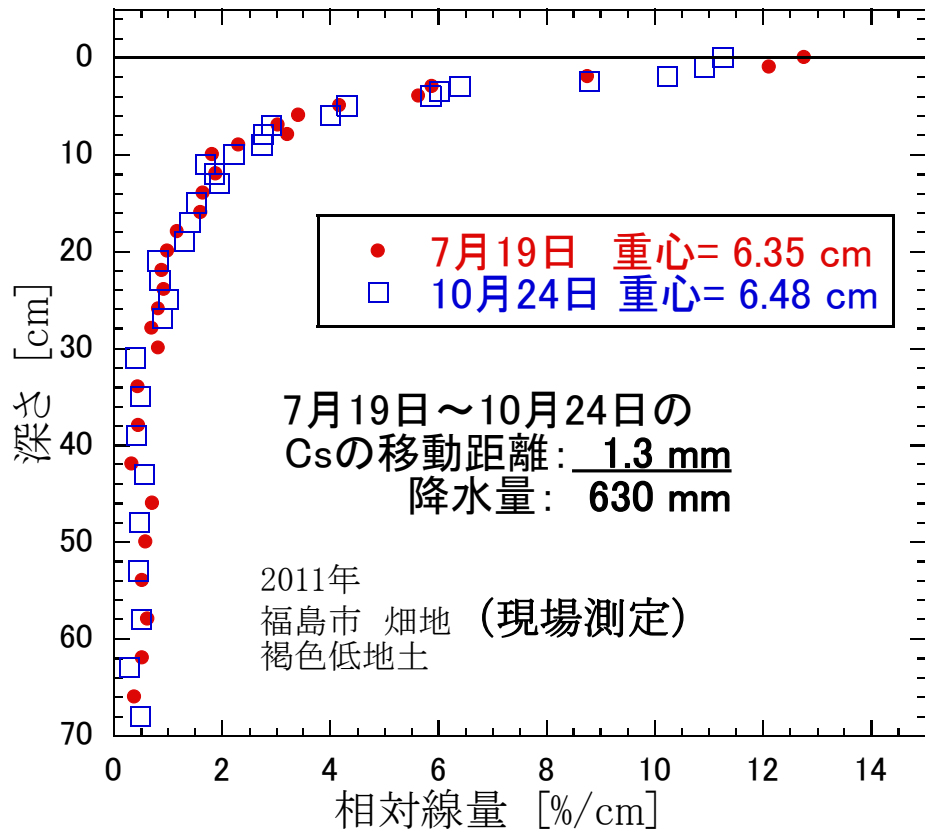
土中ガンマ線源量モニタリングパイプと測定



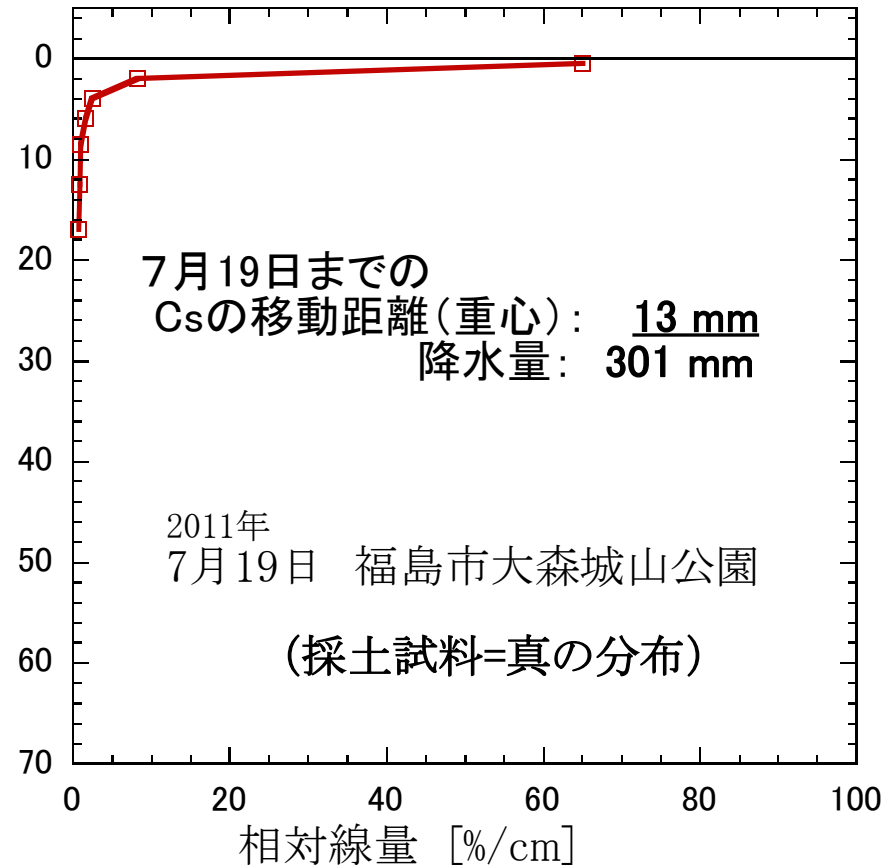
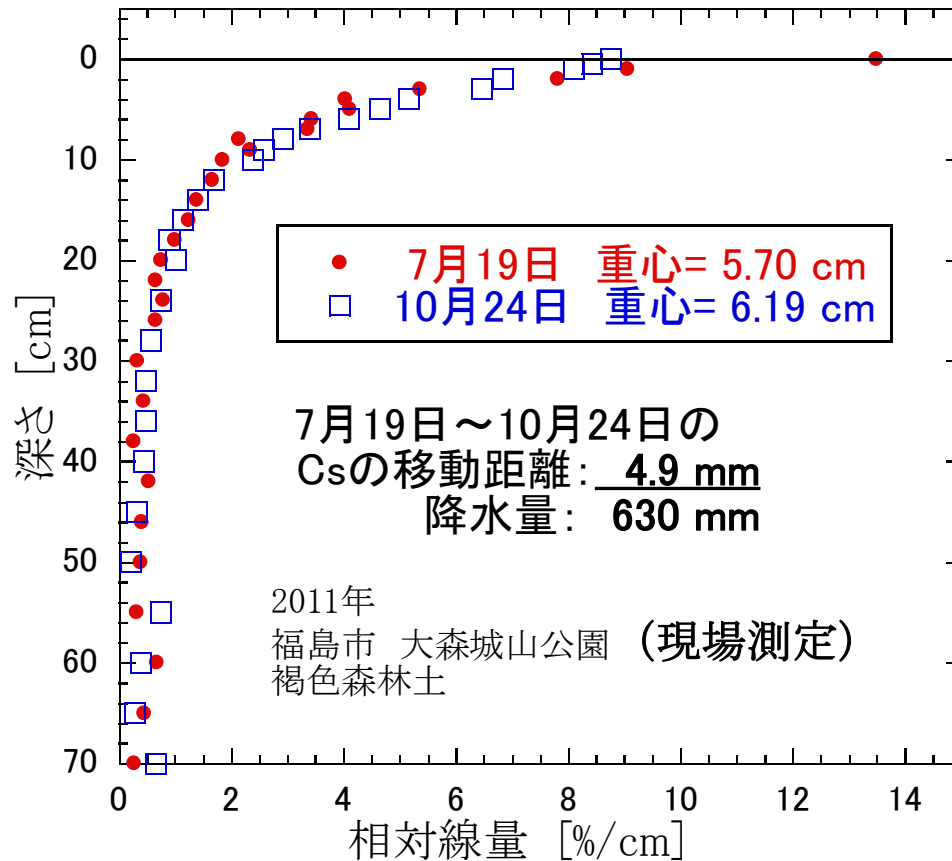
土中放射線分布の2時点の比較: 裸地



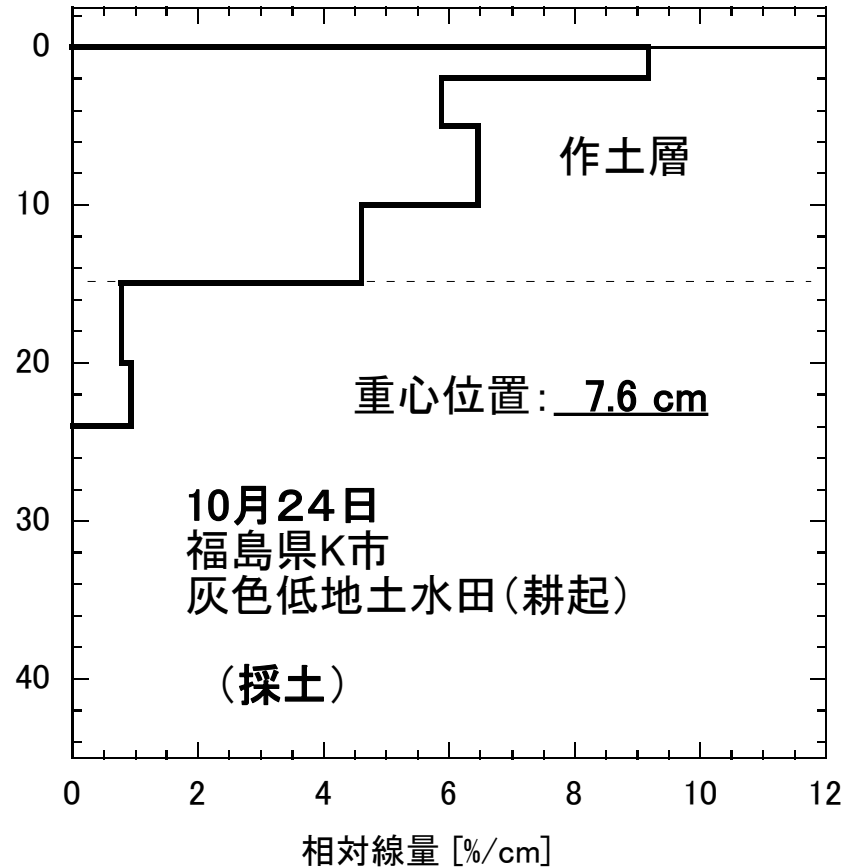
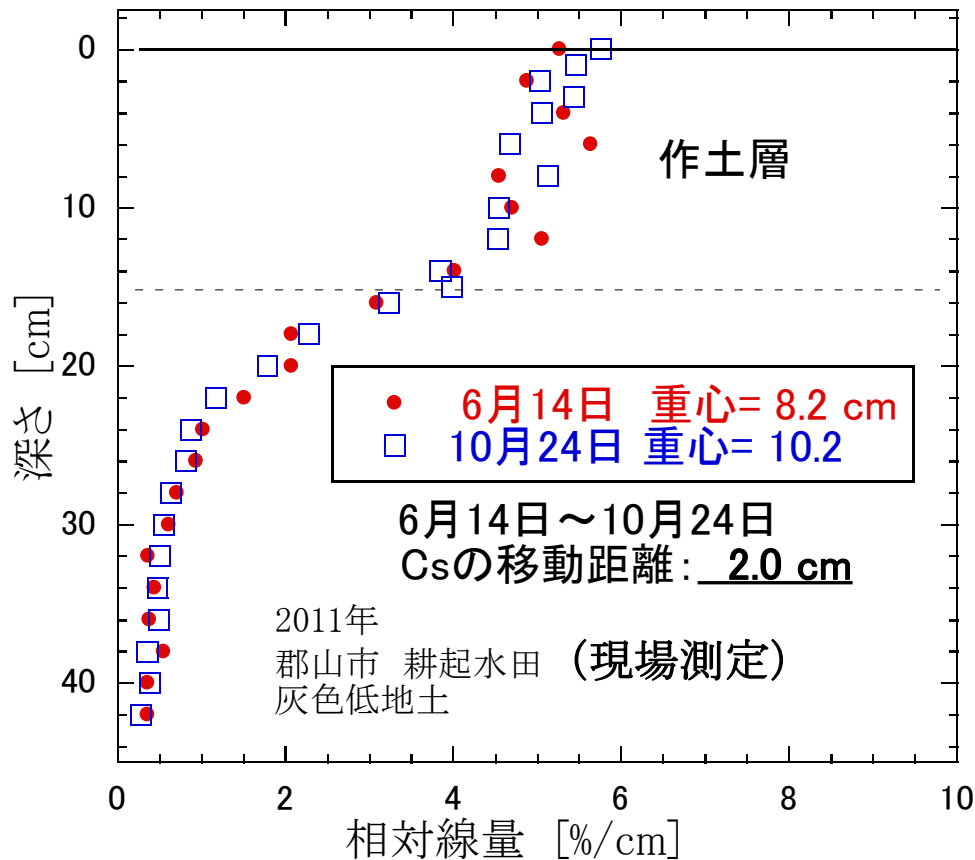
土中放射線分布の2時点の比較：畑地 東北農業センター(福島市)



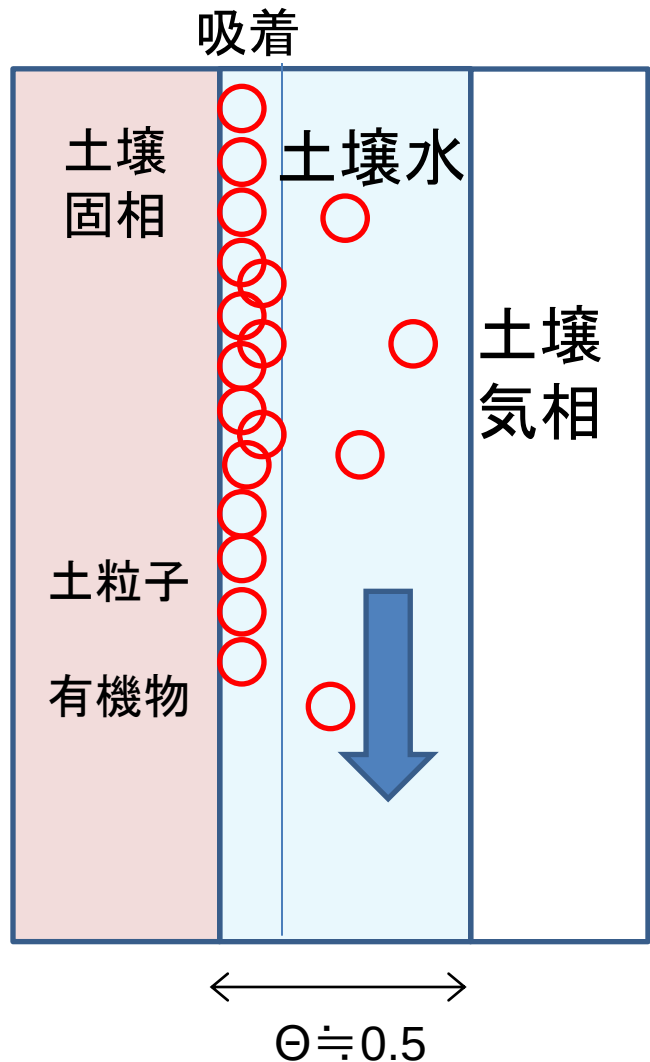
土中放射線分布の2時点の比較： 大森城山公園(福島市)



耕起した水田の放射性セシウム分布



浸透水とセシウム(Cs)の移動速度



$$\begin{aligned}\text{水の浸透量} &= \text{降水量 (1600mm/y)} - \text{蒸発散量} \\ &= 1000 \text{ mm/y}\end{aligned}$$

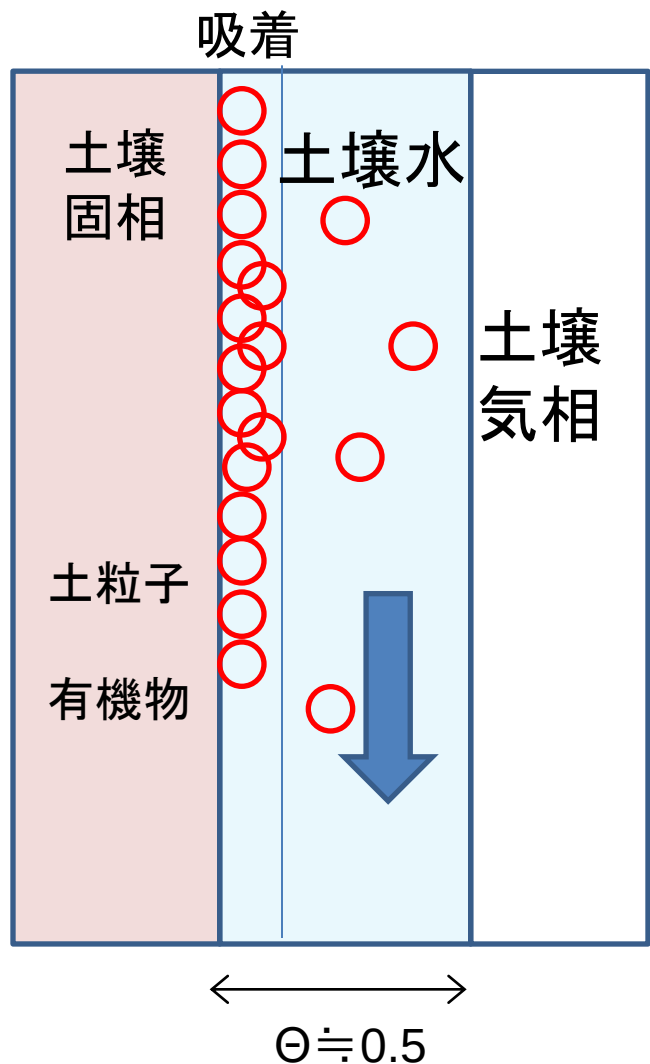
$$\begin{aligned}\text{水分子の速度} &= \text{浸透量} / \text{体積含水率} (\theta) \\ &\doteq 1000 / 0.5 \\ &= 2000 \text{ mm/y}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{セシウムの速度} / \text{水分子の速度} &= 1 / R \\ &= \text{土壌水中のCs量} / \text{土壌中のCs量}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{従来の実験室での研究によれば、日本の水田では} & \\ \text{土壌水中のCs量} / \text{土壌全体のCs量} &= 1 / 1000 \sim 1 / 10000\end{aligned}$$

これから予想されるCsの移動速度は1mm/y 以下
実際の速度ははるかに速かった。

浸透水とセシウム(Cs)の移動速度



$$\begin{aligned} & \text{セシウムの速度} \quad / \quad \text{水分子の速度} \\ &= \text{土壌水中のCs量} \quad / \quad \text{土壌全体のCs量} \\ &= 1 / R \end{aligned}$$

放射性セシウムは、当初2-3ヶ月は水分子の1/10～1/20の速度で速く動いたが、6月以降、移動速度が一桁低下している（水の1/200）

吸着が数ヶ月の時間をかけて進行

放射性セシウムの土壌への強い固定は 時間がかかるプロセス

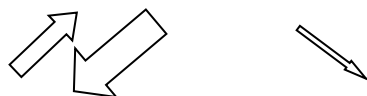
移動性・植物が吸収

水溶性 Cs^+

短時間で平衡

弱い固定

土粒子（粘土）、有機物
電荷による一般的な
陽イオン固定



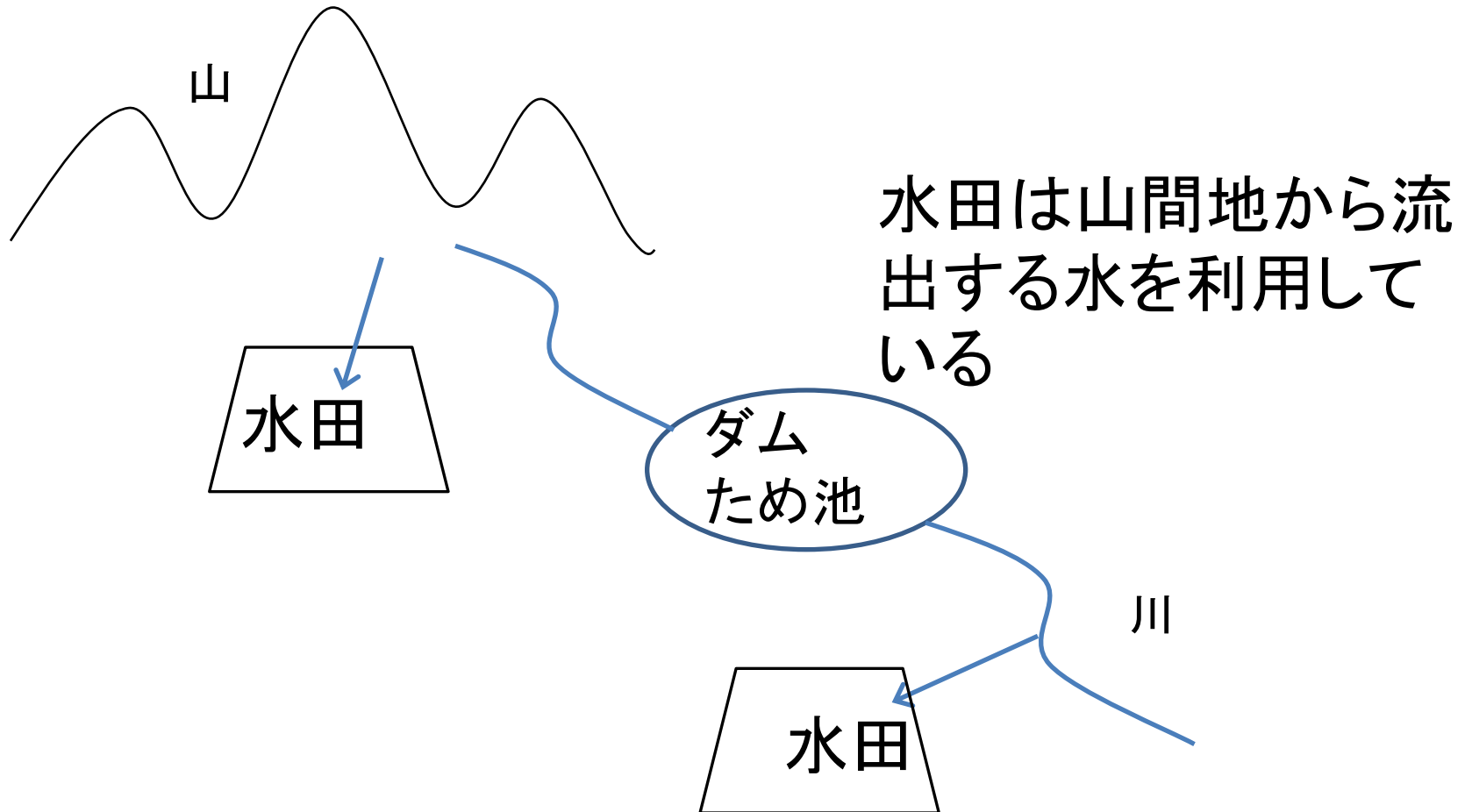
時間がかかる
数ヶ月～数年？

強い固定

2：1型層状珪酸ケイ酸塩
Csに対する特異的な固定
移動せず、植物吸収なし

今後さらに強い固定が進み、さらに遅くなり（事実上停止）、植物の根からも吸収されにくくなるであろう。この進行速度は、土壌特性（粘土含有量と種類、有機物含有量など）によって異なるであろう。

山からの放射性セシウムの流出量？



高濃度汚染山間の沢水と貯水池の放射性セシウム濃度

福島の山から放射性セシウムはほとんど流出していない

No.	試料名	容器	試料量(g)	測定値 (Bq/kg)	ろ紙(5.8g) (Bq/kg)
1	高倉ダム上流	マリネリ2l	2,000	0.825	
2	高倉ダム上流(支流)	マリネリ2l	2,000	0.930	ND
3	高倉ダム下流	マリネリ2l	2,000	1.218	93.20

母材	時間s	核種	keV	測定値Bq/kg	検出限界Bq/kg
水 ダム下流	50,000	I-131	364.48	ND	9.97E-02
		Cs-134	795.76	5.20E-01	8.70E-02
		Cs-137	661.64	6.98E-01	8.94E-02

(東大アイソトープ総合センターと南相馬市による測定)

何れも普通のRI測定ならば測定限界以下

10月9日 0.8 Bq/kg 全て溶存態
サンプリング

← 0.9 Bq/kg

高倉ダム

貯水池には過去の
の影響が残って
いる

南相馬

↓ 1.2 Bq/kg (溶存態)
0.3 (懸濁態)

1Bq/kgの用水が一作で2000mm水田に入ったとして、流入量は2000 Bq/m² (作土平均で約13 Bq/kg)であり、水田に降下した放射性セシウムの1/100 以下。

福島の山から放射性セシウムはほとんど流出していない

なぜ山から流出しないのか：

木の表面との土壌表面のリタ-層に固定されており、
降雨では流されない。

今後は有機物の分解によって下の土壌に移行し強く
固定されて流出しない。

山からの流出量は一年間に存在量の1/1000以下で、
今後、さらに低下するであろう。

謝辞

ご協力いただいた方々

- 南相馬市
- 福島市公園緑地課
- 福島県農業総合センター
- 東北農業研究センター福島研究拠点

東大:

- 先端科学技術研究センター: 三原誠
- アイソトープ総合センター: 野川憲夫
- 本研究科放射性同位元素施設: 田野井慶太郎
- 本研究科: 根本圭介