

東日本大震災後11年

土壌の放射能汚染と作物への影響のこれまで

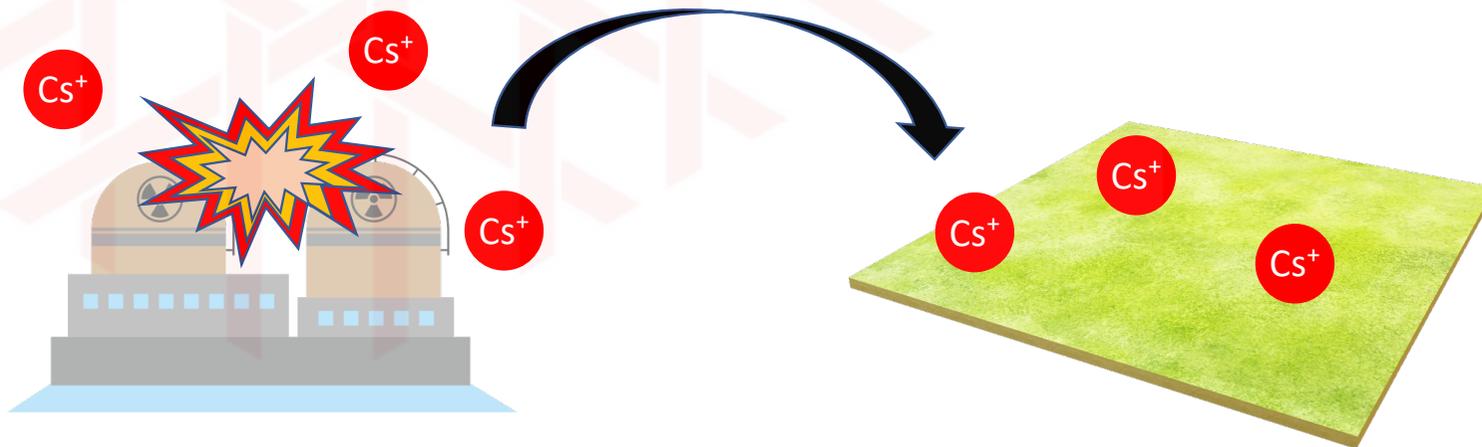
**東京農業大学
応用生物科学部
農芸化学科**

加藤 拓

2011年3月11日 福島第一原子力発電所事故

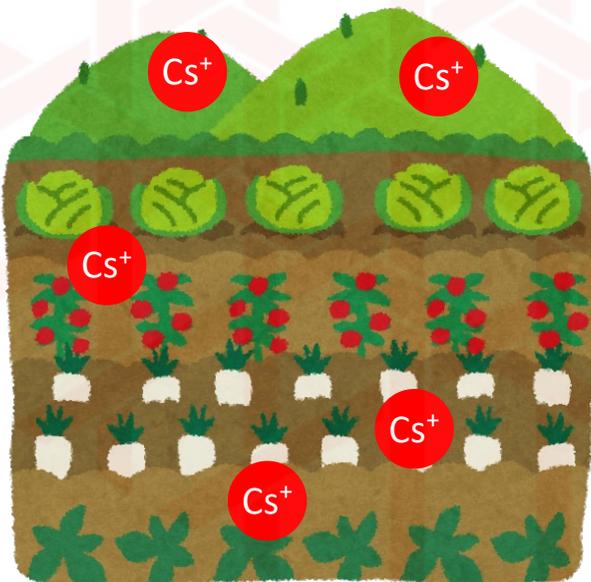
福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質による
土壌の汚染が発生

放射性セシウムは半減期が約30年と長く、土壌に沈着し
た場合に表層に留まるため、土壌汚染の長期化により作
物生産に影響

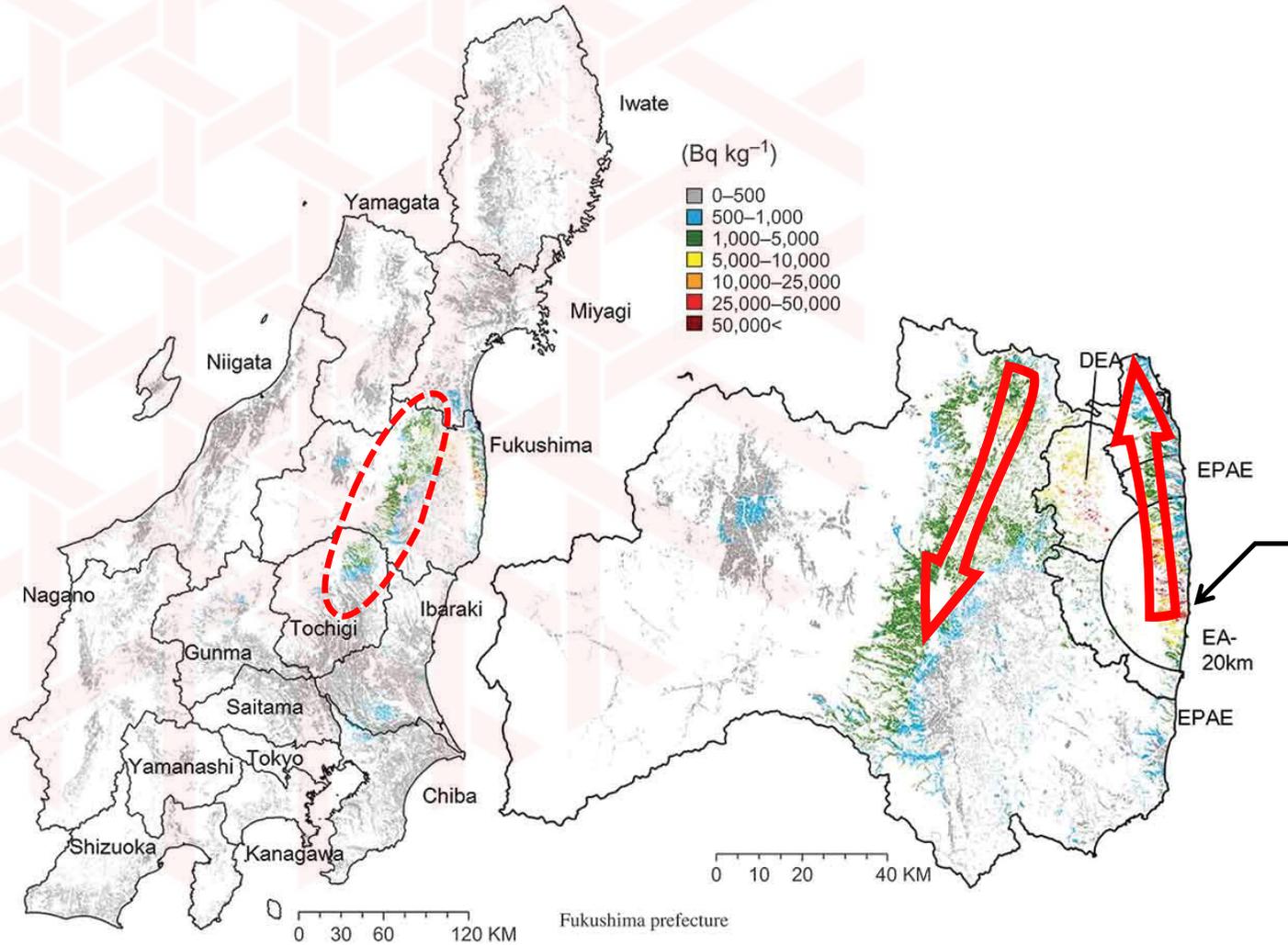


2011年3月11日 福島第一原子力発電所事故

放射性セシウムによる汚染面積は、水田で約5,900 ha、畑で約3,000 haにも広がった。



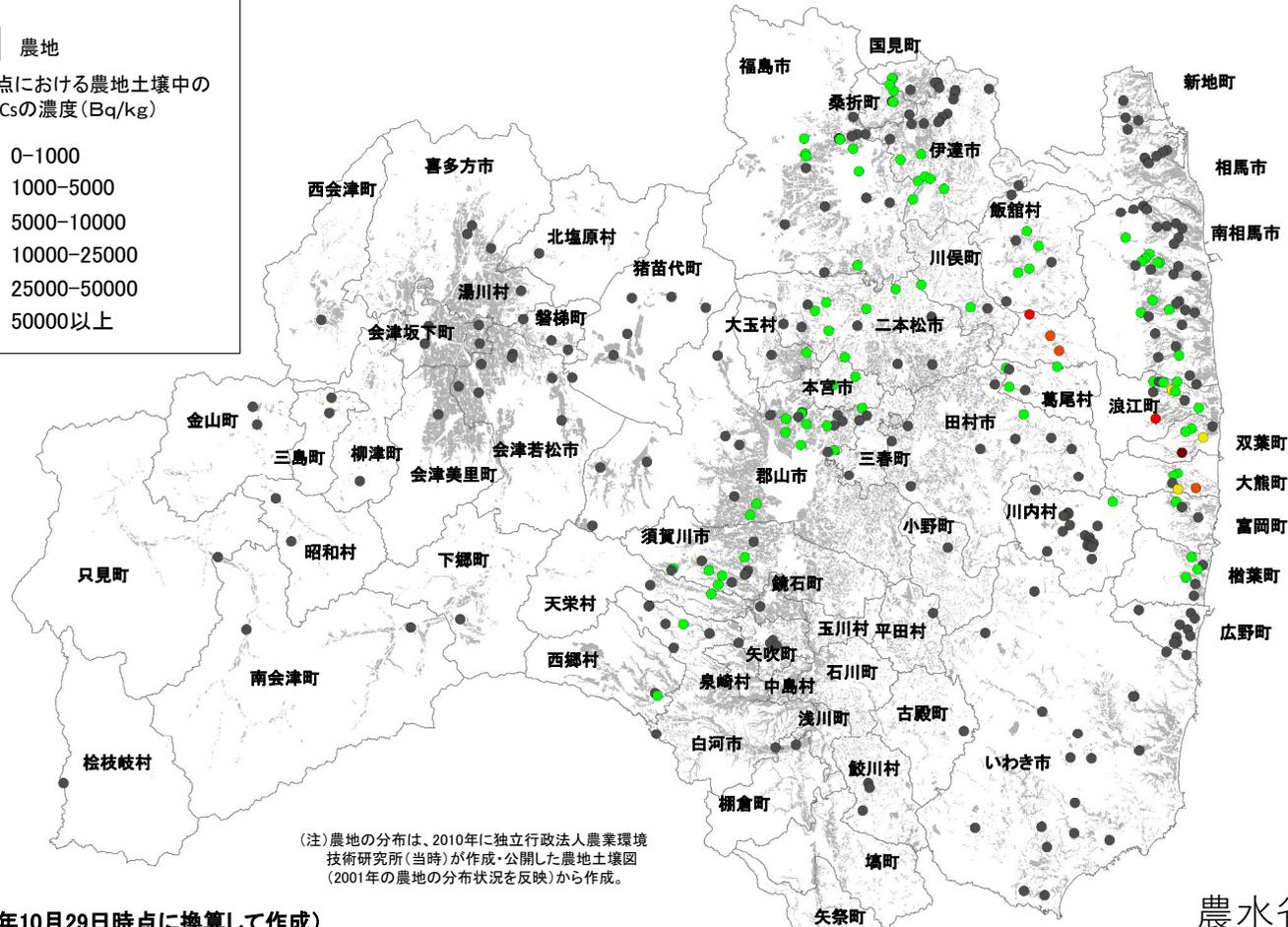
2011年3月11日 福島第一原子力発電所事故



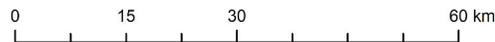
福島第一
原子力発電所

福島県農耕地土壌の放射性物質濃度分布 2020年10月29日時点

福島県 農耕地土壌の放射性物質濃度分布図



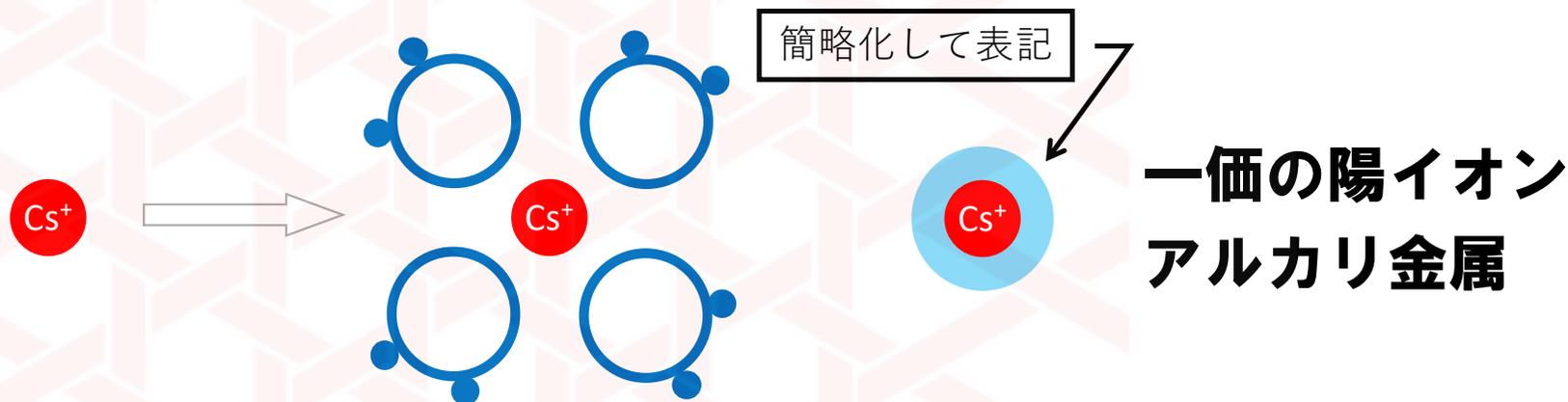
(令和2年10月29日時点に換算して作成)



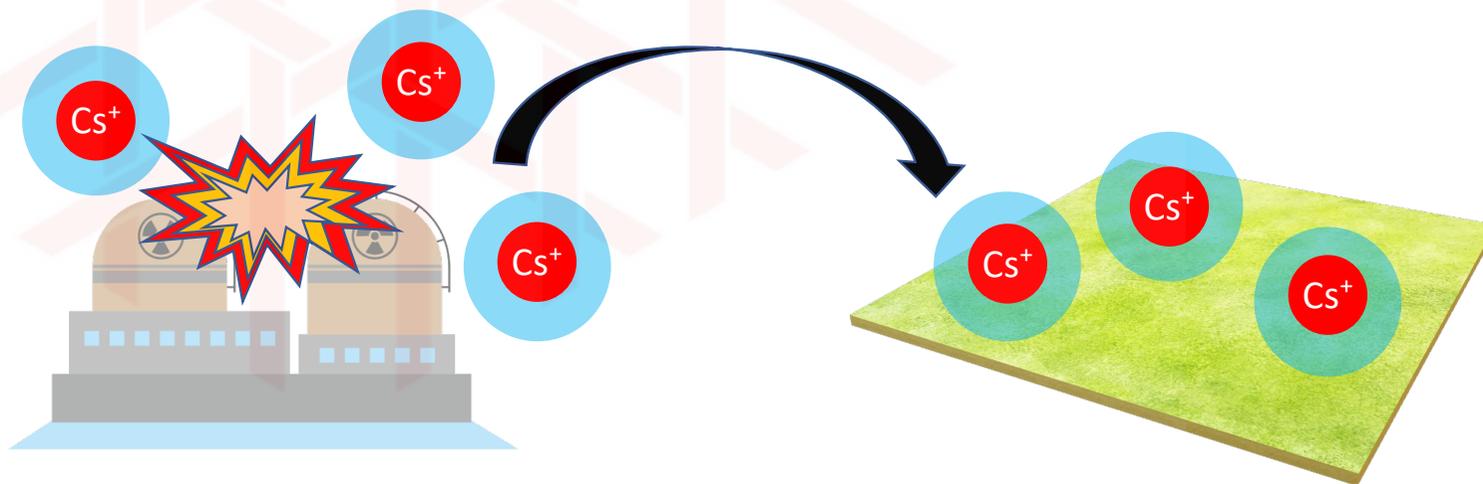
農水省HP

(<https://www.affrc.maff.go.jp/docs/map/R3/20211224.htm>)

降下した放射性セシウムの化学性



放射性セシウムの大部分は水溶性または溶存態で土壤に降下・沈着した



降下した放射性セシウムは土壤に強く吸着される

1:1型粘土鉱物



非晶質（準晶質）粘土鉱物



例：Al八面体シート

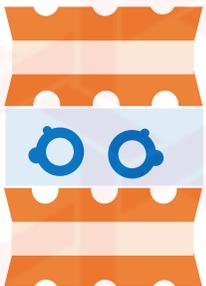


Si四面体シート



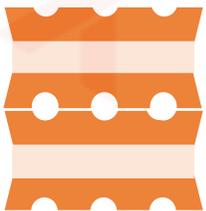
2:1型粘土鉱物

スメクタイト



最も強く吸着
する粘土鉱物

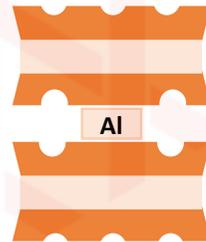
→ バーマキュライト



2:1型中間種鉱物

スメクタイト-クロライト系

バーミキュライト-クロライト系



2:1:1型粘土鉱物

クロライト

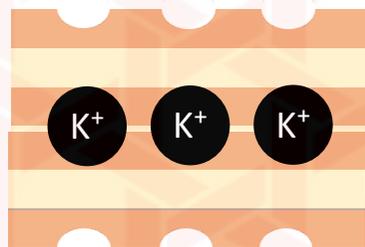


ただし、全ての粘土鉱物がCsを特異吸着する訳ではない

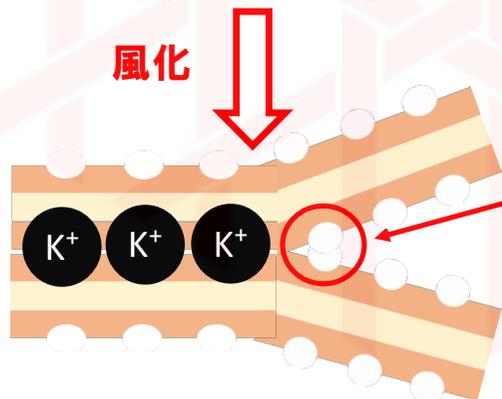
セシウム固定はバーミキュライトが主役

粘土鉱物の中でも同形置換が主にSi四面体シートで行われている**2:1型粘土鉱物**である**バーミキュライト**などでセシウム固定能を有する

雲母様鉱物



風化



2:1型粘土鉱物とは

2枚のSi四面体シートと1枚のAl八面体シートから成る

2:1型構造を単位構造とする粘土鉱物

フレイド・エッジサイト (FES)

Cs⁺を選択的に固定し、いったん固定すると容易に放出しない吸着サイト

放射性セシウム捕捉ポテンシャル（RIP）

RIP（Radiocaesium Interception Potential）

土壤がどの程度FESを持っているか、すなわち放射性Csを固定するポテンシャルがあるかを評価する手法

→ 土壤のCs固定容量はRIPで評価されることが一般的

$$RIP = K_C^{FES} (Cs - K) \times [FES] \doteq K_d^{Cs} \times mK$$

フレイド・エッジサイト（FES）におけるCsのKに対する吸着選択係数

FESにKの何倍Csが吸着されやすいか

土壤 1 kgあたりのFES量

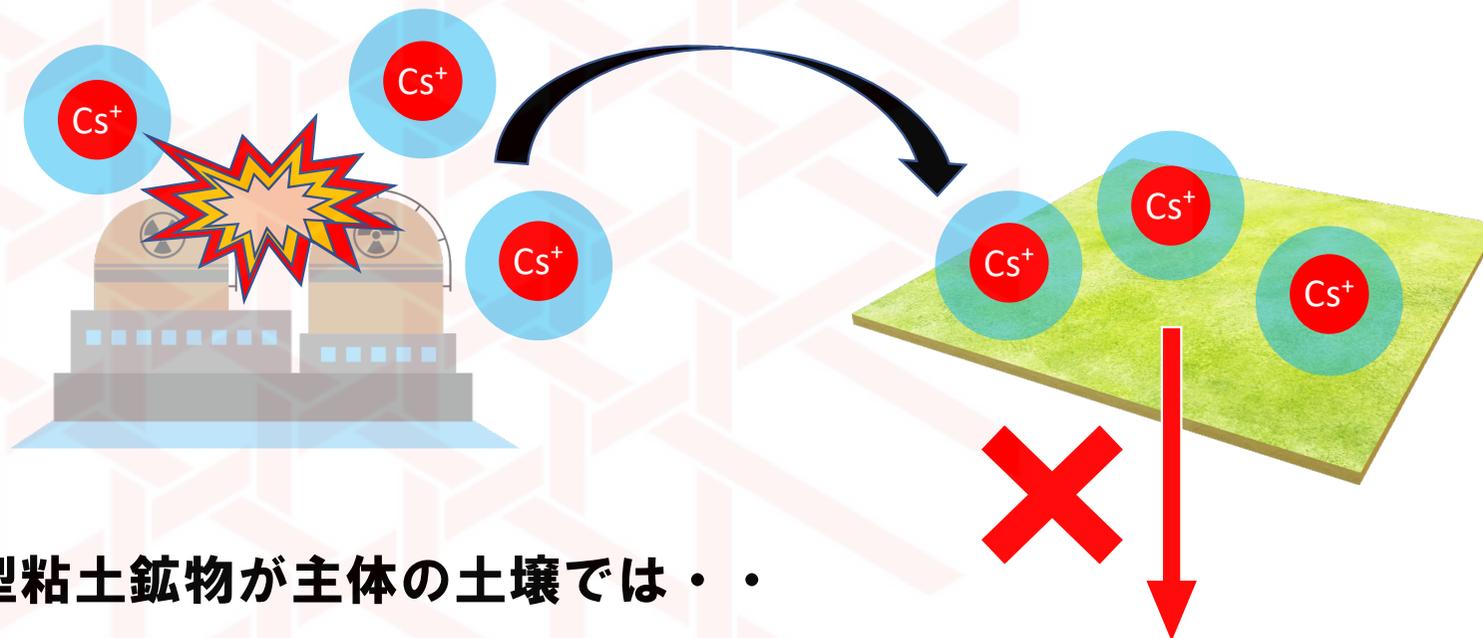
FESを測定するのは難しい

Csの分配係数

溶液中のK濃度

これらの積で近似的に算出される

降下した放射性セシウムは溶脱・移動しない



2:1型粘土鉱物が主体の土壌では・・・

FESに固定される(移動しない)

溶脱 = 拡散

放射性セシウムが表土に留まっている

効果的な放射性セシウム吸収抑制対策

表 5-2 汚染状況重点調査地域における除染の進捗状況（2017年9月現在）

福島県内	発注		実績	
	実績割合 (%)	実績数	計画数	実績割合 (%)
住宅	100	418,582	418,582	99.9
公共施設	100	11,653	11,653	99.4
道路	100	18,804	18,804	92.5
農地・牧草地 (ha)	100	31,252	31,252	99.6
森林(生活圏) (ha)	100	4,396	4,396	97.0

6年間でほぼ
除染完了

表土剥取りで農耕地土壌中の放射性セシウム濃度は5,000 Bq kg⁻¹soil以下

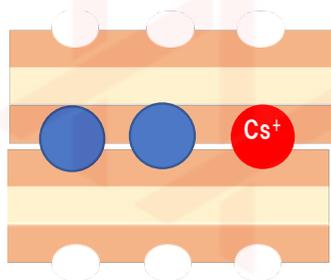
農作物への放射性Cs移行係数の把握

放射性Csは除染により「ゼロ」になったわけではない

放射性Csは土壌中の2:1型粘土鉱物に固定されるが、
固定された放射性Csが100%溶出しないとは言えない



作物への放射性Cs吸収の「塩梅」が解るとリスクもコストも抑えられる



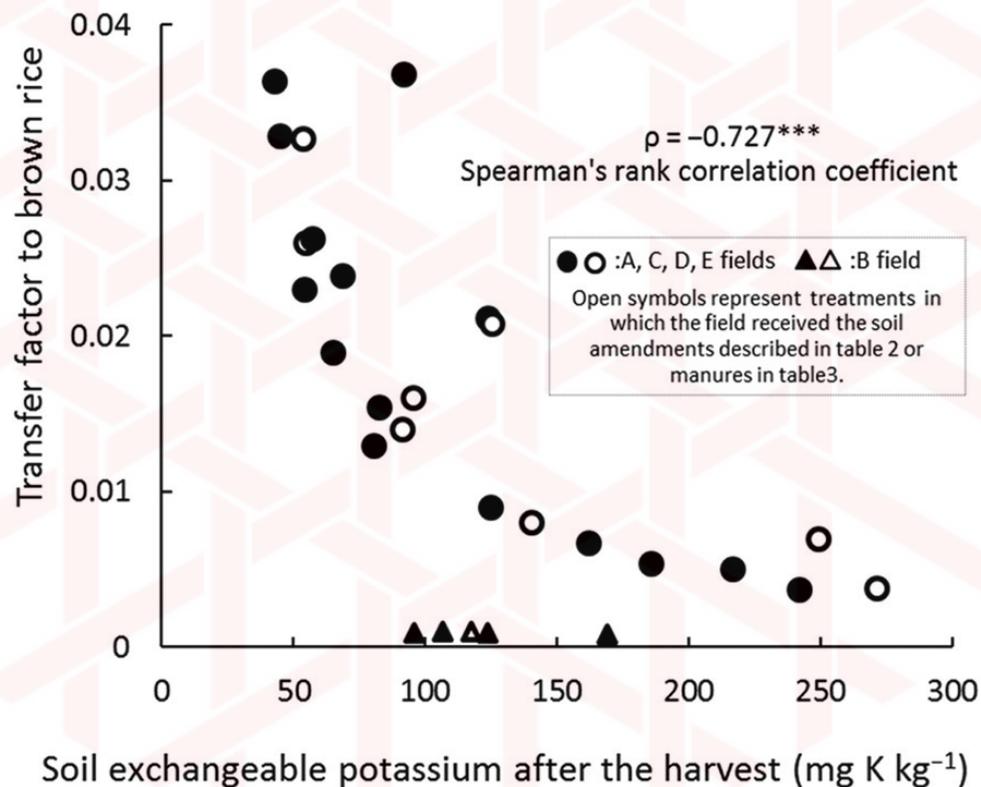
Csが固定された粘土鉱物

Csの溶出

$$\text{移行係数} = \frac{\text{農作物中の}^{137}\text{Cs濃度 (FW)}}{\text{土壌中の}^{137}\text{Cs濃度 (DW)}}$$



効果的な放射性セシウム吸収抑制対策



土壤中の交換性カリウム量が多いと、**玄米への移行係数が低下する**



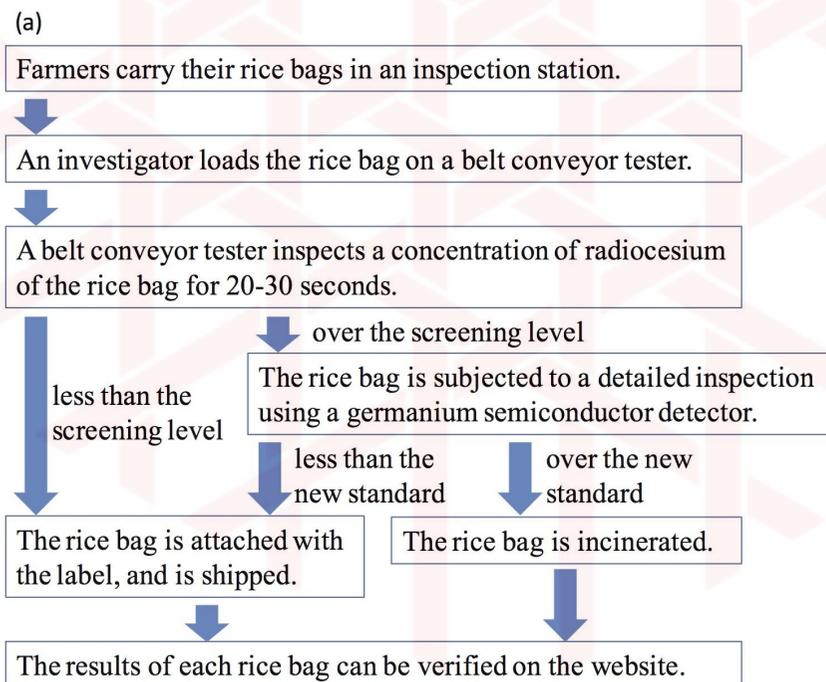
土壤中の**交換性カリウム量を250 mg kg^{-1} 以上になる**ように**土壤改良を行う**

図5 収穫後の交換性カリウム量と玄米移行係数の関係

福島県産農作物の安全性に対する保障

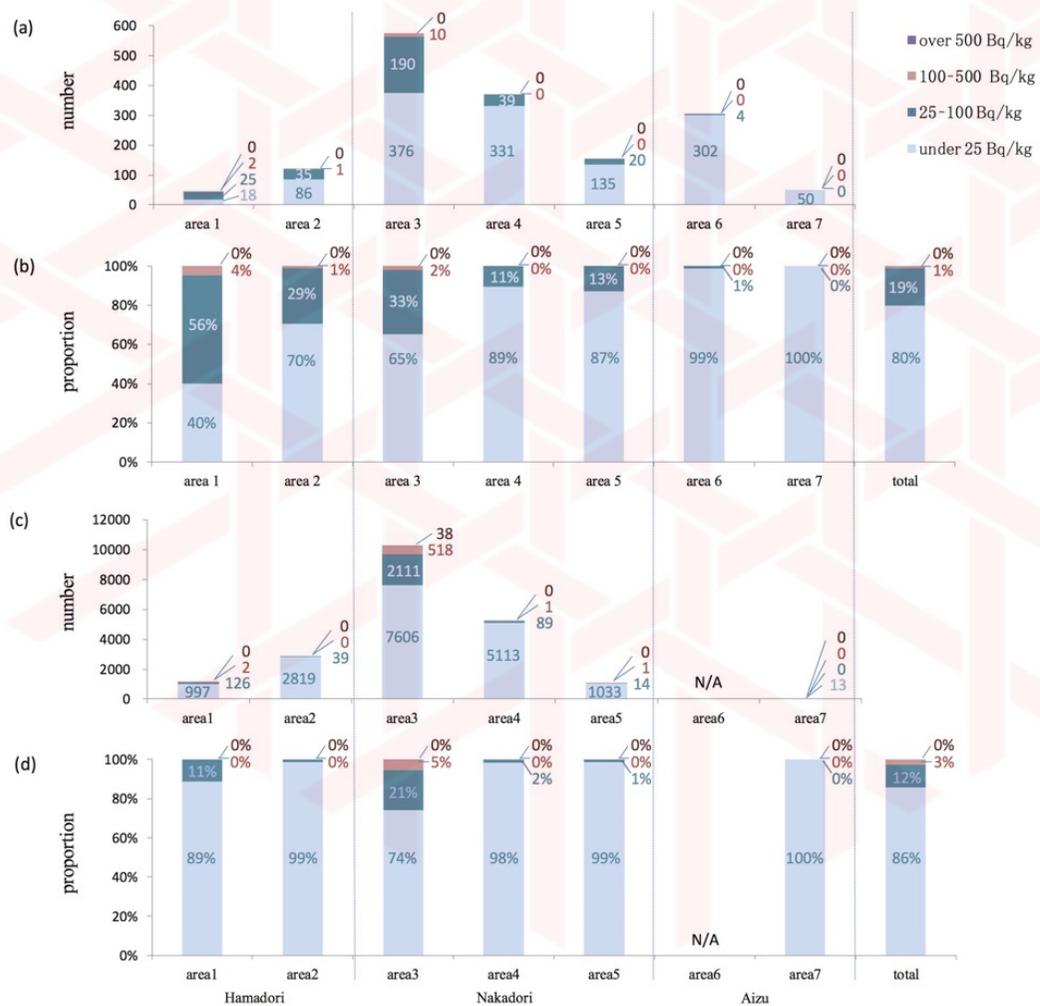
日本の厚生労働省は、**食品中の放射性核種の暫定規制値を500Bq kg⁻¹に設定し、放射性セシウムについては、2012年4月に乳児用食品、牛乳、水、飲料を除く一般食品について100Bq kg⁻¹に更新している**

厚労省省令, 2011



福島県では事故発生直後の2011年度産玄米から、放射性セシウムの検査を行っている

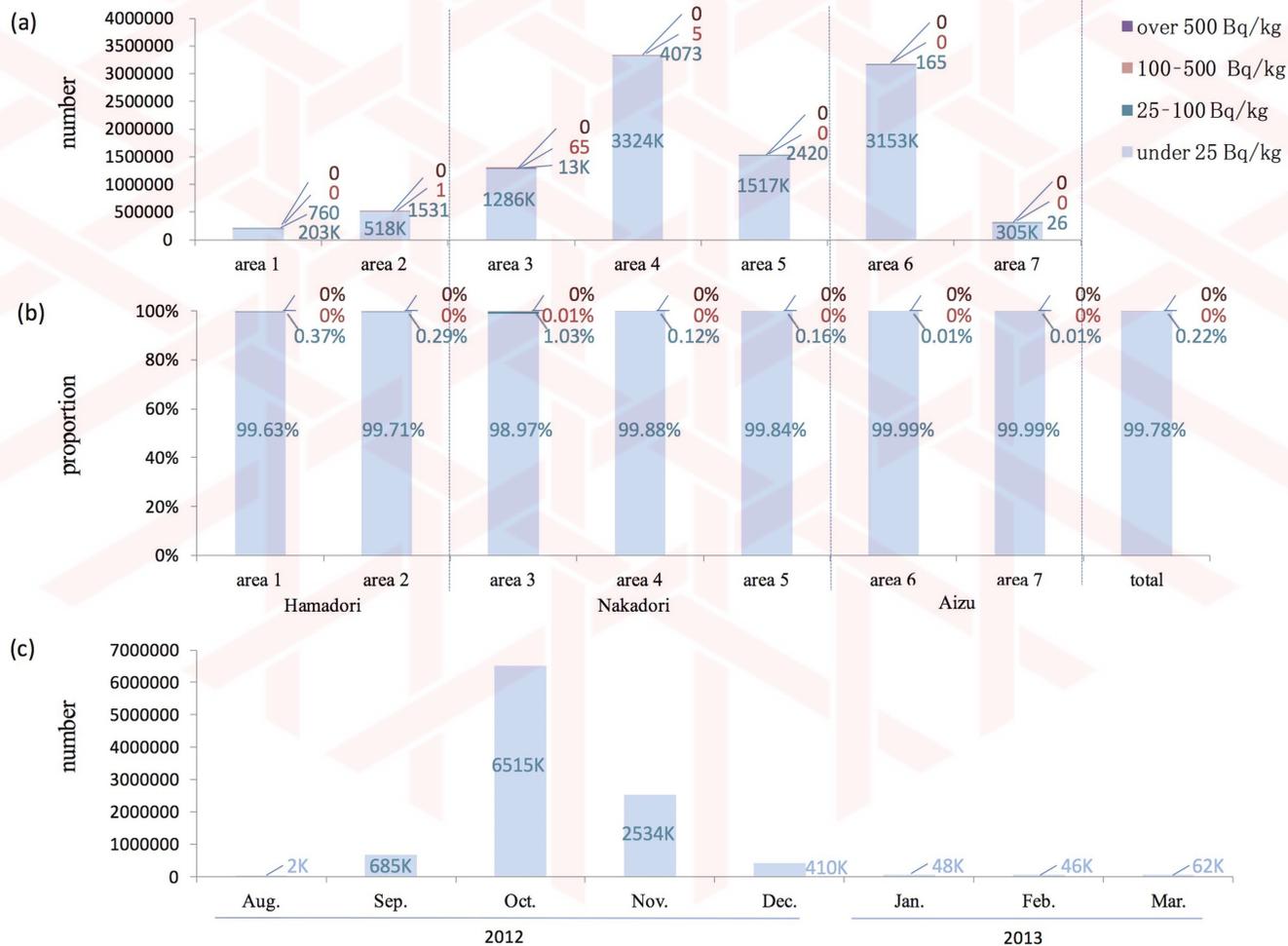
福島県産農作物の安全性に対する保障



2011年度産玄米中の放射性セシウム汚染

放射性セシウム基準値（100 Bq kg⁻¹）を超えた試料がサンプリング検査で1.5%

福島県産農作物の安全性に対する保障



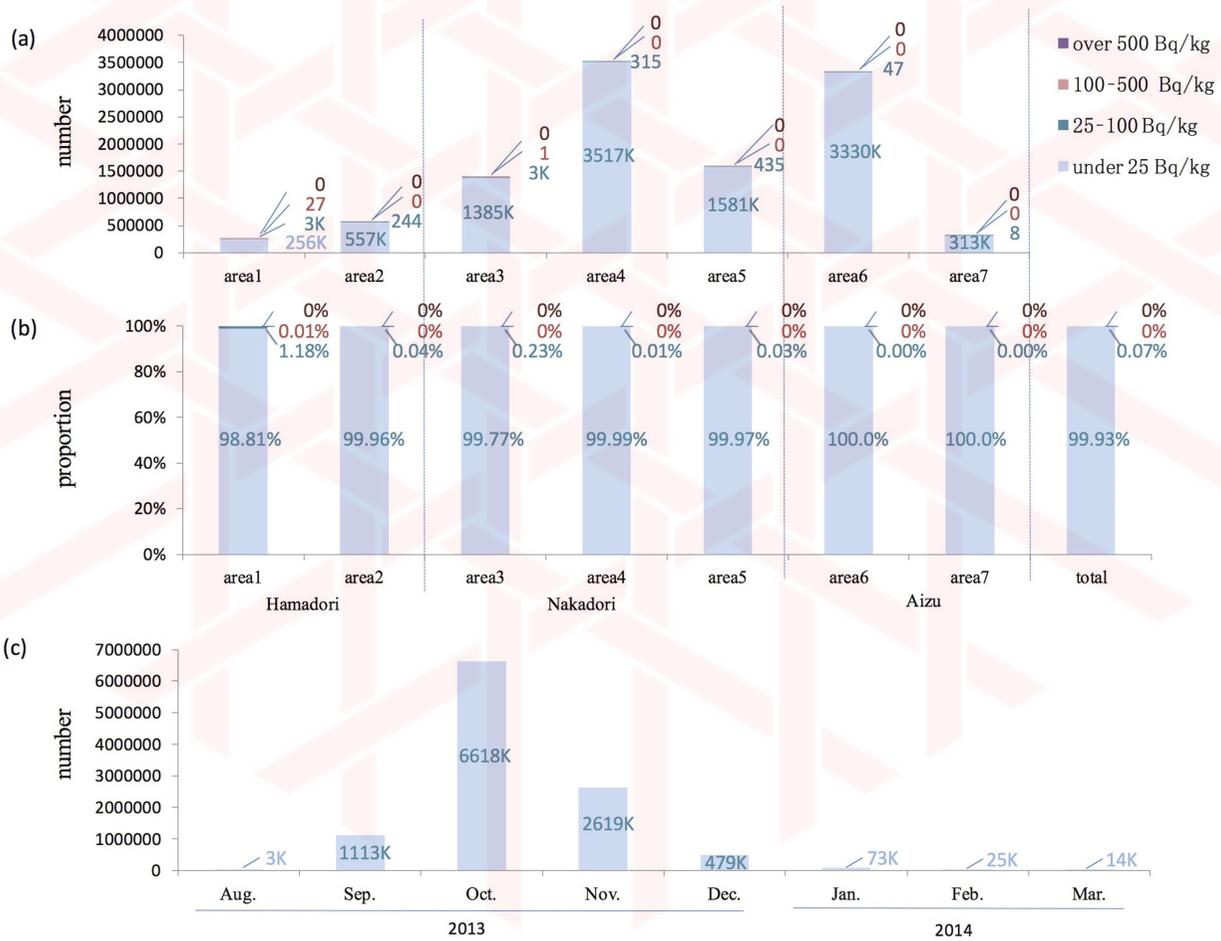
2012年度産玄米中の放射性セシウム汚染

放射性セシウム基準値
(100 Bq kg⁻¹) を超えた

試料が全量全袋検査で

0.0003%

福島県産農作物の安全性に対する保障



2013年度産玄米中の放射性セシウム汚染

放射性セシウム基準値
(100 Bq kg⁻¹) を超えた
試料が**全量全袋検査**で

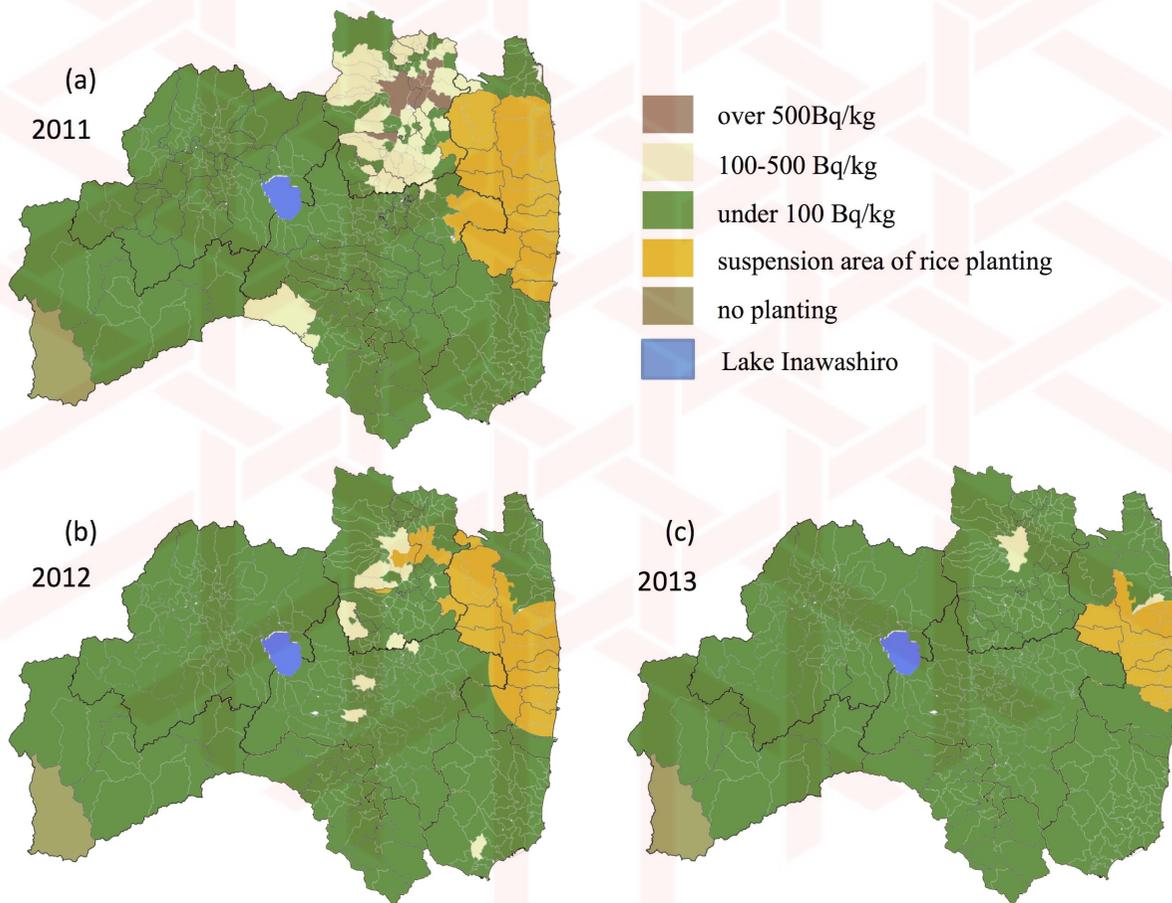
0.00002% 土壤から吸収されてない

Matsunami et al., 2016

Nihei et al., 2015

福島県産農作物の安全性に対する保障

福島県産玄米中の放射性セシウム
汚染が大幅に低下



主な理由

- ✓ ^{134}Cs の崩壊
- ✓ 土壌粘土への固定
- ✓ 反転耕による除染
- ✓ 交換性カリウム含有量を約 $250 \text{ mg kg}^{-1}\text{soil}$ 以上にするために実施した土壌改良

まとめ

本講演では、福島県産農作物（玄米）の放射性セシウム汚染が、なぜないのかについて説明させて頂いた。

福島県産農産物の安全性に関しては、科学的根拠に基づいたものであり、多くの方々の営農への努力の結果であることにご理解頂き、これからも一層の支援をお願いしたい。