

平成24年6月16日
日本原子力学会シンポジウム

農林水産省における除染技術の開発状況

農林水産技術会議事務局研究統括官
中谷 誠

農林水産省

お話しの概要

- はじめに
- モニタリングの推進
- 農地本体の除染技術の開発
- 農地除染技術の高度化・多様化
- 農地周辺の除染技術の開発
- 草地の除染技術の開発
- 果樹の除染技術の開発
- 農作物への移行低減栽培技術の開発
- 森林の除染技術の開発

農地除染の2つの側面

空間線量率の低減

- 地域住民の外部被爆を低減
- 扱う単位は主にSv
- 土壌の表面の放射性物質が問題
- 測定は主にサーベイメータ、航空計測等も可能
- 目標は、1 mSv未満

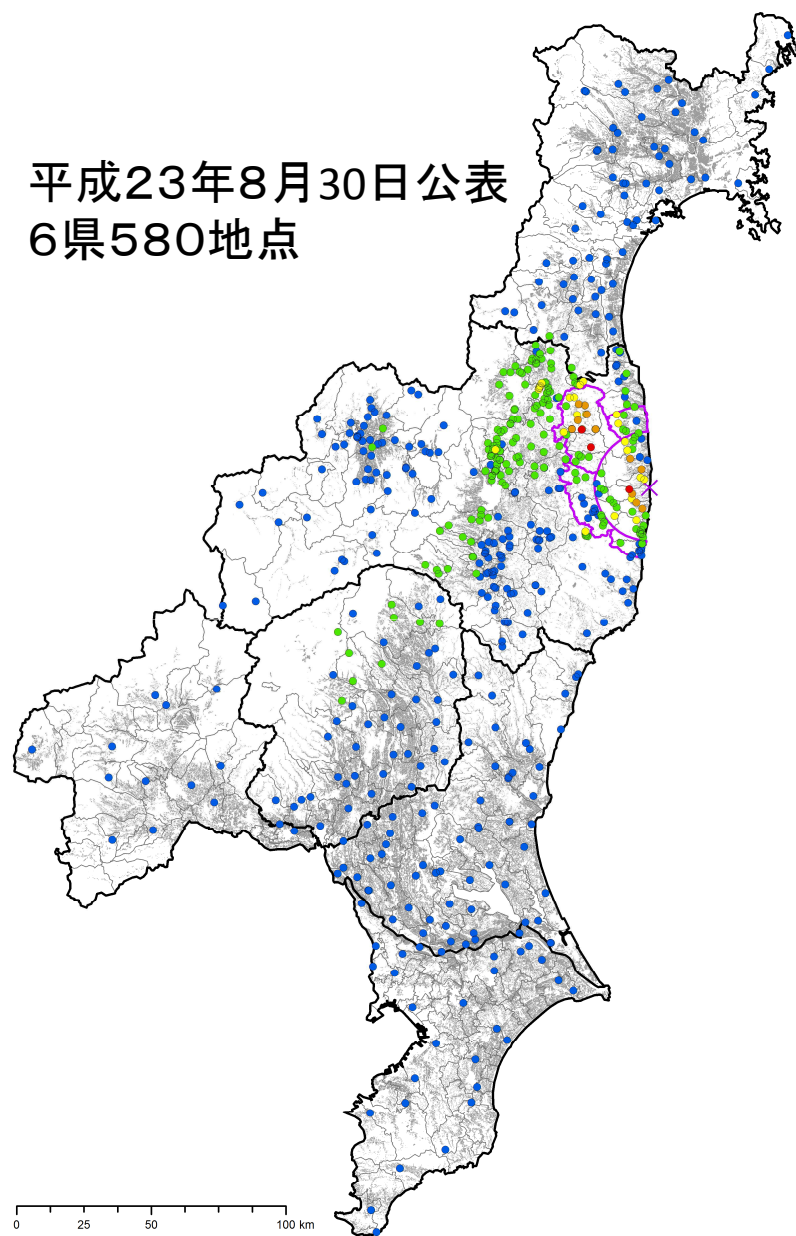
農産物汚染の防止

- 農産物の汚染防止を通じた国民の内部被爆の防止
- 扱う単位は主にBq
- 作物の根が張る範囲(作土層)全体の放射性物質が問題
- 主にGe分析計で、作土層全体(水田は15cm深)を計測
- 目標は、生産物(食品、飼料)が基準値(主に100Bq/kg)未満

各種のモニタリング

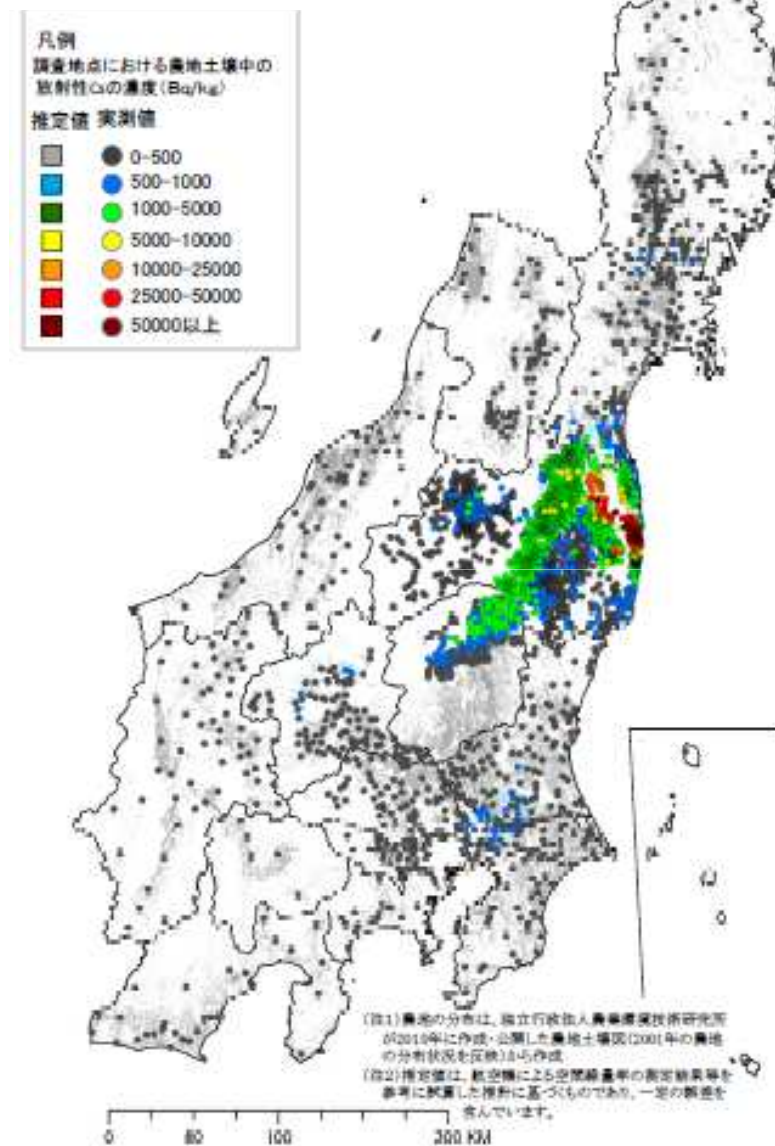
- 文部科学省：主に外部被爆防止を目的
 - 航空機モニタリング 空間線量率
 - 土壌モニタリング 土壌表層5cm
- 農林水産省：農産物の放射能汚染防止、農業生産の再開を目的
 - 農地土壌モニタリング 作土層（水田約15cm、畑地、樹園地等約30cm）全体の放射性物質を計測

平成23年8月30日公表
6県580地点



平成24年3月23日公表
15都県2200地点

(別添3)



空間線量率から農地土壌の濃度推定

(別添4)

- 全ての農地の放射性セシウム濃度を計測することは不可能
- モニタリング結果から空間線量率から農地土壌の放射性セシウム濃度の算定法を開発(農環研)

農地土壌の放射性セシウム濃度の簡易算定法

- 地表面から1mの高さの空間線量率から、農地土壌における放射性セシウムの濃度を算定する方法です。
- 農地土壌の放射性セシウム濃度は、空間線量率(地表1m高)と一次の相関関係にあります。
- 空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)を計測することにより、農地土壌のおおよその放射性セシウム濃度(Bq/kg)を算定できます。
- この方法は、誤差を伴いますので、正確に計測する場合は、ゲルマニウム半導体分析器等で計測してください。

(1)空間線量率(※1)を測定($\mu\text{Sv/h}$)

(2)農地の種類により、以下の式を用いて推計値を算定(Bq/kg)



【例】「その他の地域」の「田(黒ボク土)」の場合 → 推定式Eを使用

$$0.2 \mu\text{Sv/h} \times 2760 - 139 = 413 \text{ Bq/kg}$$

(1m高さの時間当たり空間線量率) (推計値)

(※1)航空機モニタリング等による空間線量率は、文科省の放射線量率分布マップ拡大サイトで確認できます。

【URL:<http://ramap.jones.go.jp/map/>】

(※2)農地の土壌が黒ボク土かどうかは(独)農業環境技術研究所の土壌情報閲覧システムHP中の土壌図で確認できます。

【URL:http://agrimesh.dcaffrc.go.jp/soil_db/】

ー 農地土壤除染技術開発 実証試験概要 ー



○その他の地域での実証試験
反転耕(天地返し)
(水田)
本宮市: 面積: 28 a
放射性セシウム濃度:
4,100 Bq/kg



放射性セシウム濃度は、土壤中のセシウム134濃度とセシウム137濃度の合計 (Bq/kg、乾土)

農地の除染への取り組み

- 現地のほ場における実証試験を踏まえ、土壌中の放射性セシウム濃度や地目に応じた農地土壌の除染技術の適用の考え方を提示(平成23年9月14日)。環境省の「除染関係ガイドライン」に内容が反映(平成23年12月14日)。
- 今後、確立された技術を着実に現場で導入(必要な用具や具体的な作業手順等を示した農地土壌の除染技術の手引きを公表(平成24年3月2日))。

土壌の放射性セシウム濃度別適用技術

土壌の放射性セシウム濃度	適用する技術
～ 5,000 (Bq / kg)	反転耕、移行低減栽培(※)、表土削り取り(未耕起圃場)
5,000 ～ 10,000 (Bq / kg)	表土の削り取り、反転耕、水による土壌攪拌・除去
10,000 ～ 25,000 (Bq / kg)	表土削り取り
25,000 (Bq / kg) ～	固化剤を使った表土削り取り

反転耕(畑、水田)



移行低減栽培



資材施用区の耕うん

※ 作物による土壌中の放射性セシウムの吸収を抑制するため、カリウムや吸着資材を施用する栽培方法。



基本的な削り取り



土壌攪拌



固化剤を用いた削り取り



芝・牧草のはぎ取り

表土削り取り後の水稻作付けと収穫



空間線量率の推移

除染前 : $7.1 \mu\text{Sv/hr}$



除染直後 : $3.4 \mu\text{Sv/h}$



稲収穫後 : $1.9 \mu\text{Sv/h}$

＜参考＞隣接未除染
ほ場 : $5.7 \mu\text{Sv/h}$

10aあたり収量

あきたこまち : 530kg ひとめぼれ : 410kg

玄米のセシウム濃度は約20 Bq/kg

＜参考＞平成22年度の飯舘村の水稻平均収量 : 519 kg / 10a

農地土壤除染のイメージ

1) 原発事故後耕起していない農地

放射性物質は表層に堆積

作土層



放射性物質

2) 原発事故後耕起した農地



1) 表土削り取り



汚染土をほ場から除去

2) 反転耕



汚染土を下層に埋設

3) 深耕



耕起した深さで希釈

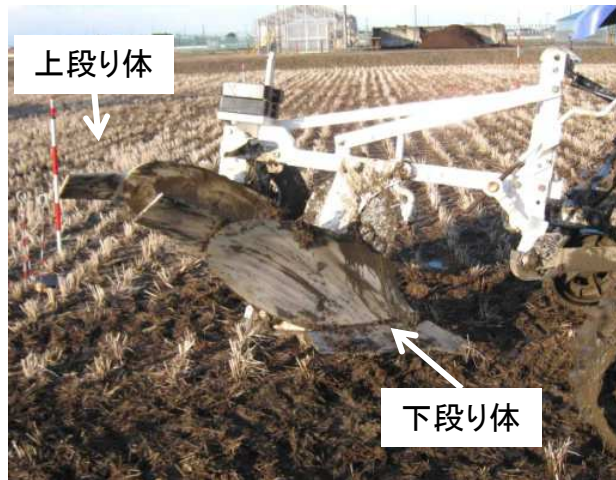
4) 水による土壌攪拌・除去（水田）



代かき後、汚染粘土のみを水とともに排出

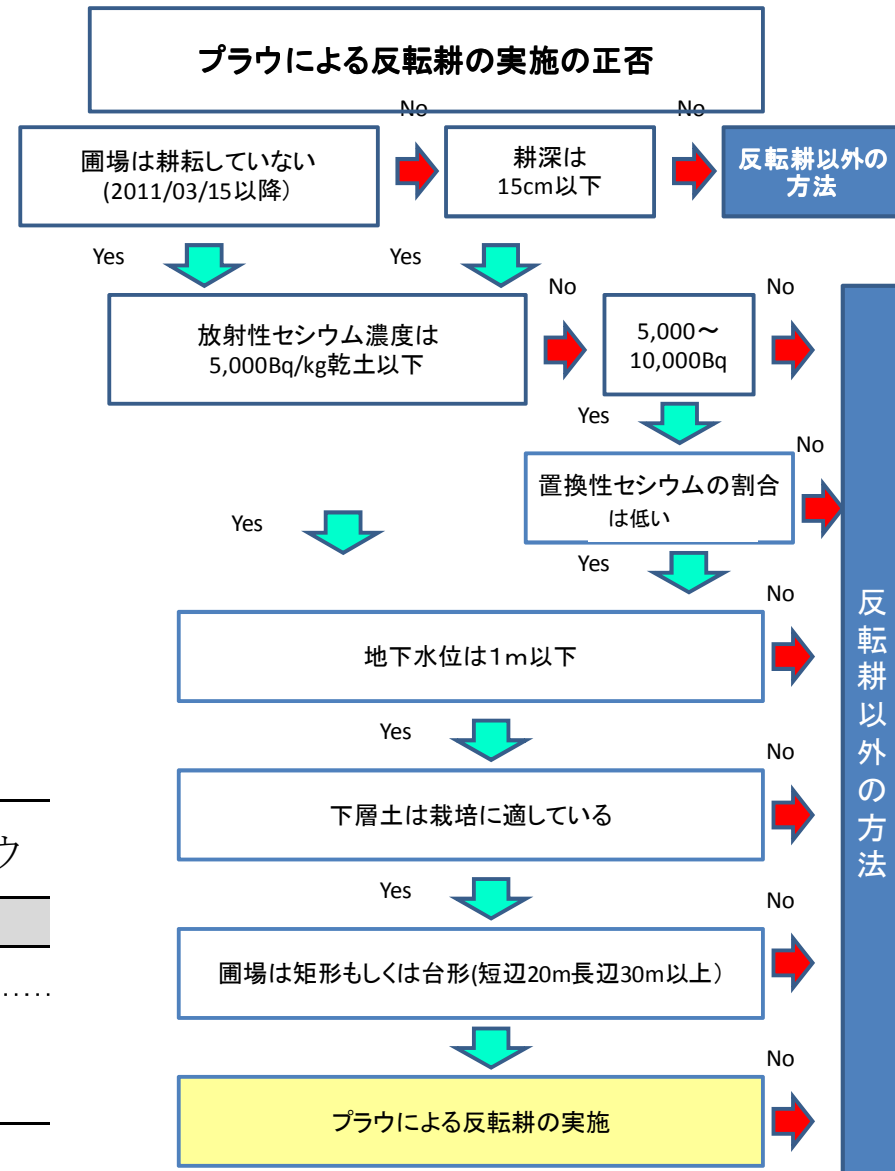
※ 通常耕起の反復

反転耕の高度化



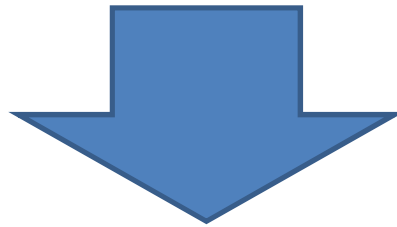
改良型二段耕プラウ(スガノ農機)

試験区		二段耕 プラウ	対照プラウ
耕深30cm 時の表層土 埋没深さ ¹⁾ (cm)	平均	27.5	26.3
	最小	11.6	3.4
	10パーセン タイル	16.5	13.8



既開発技術で除染が困難な農地

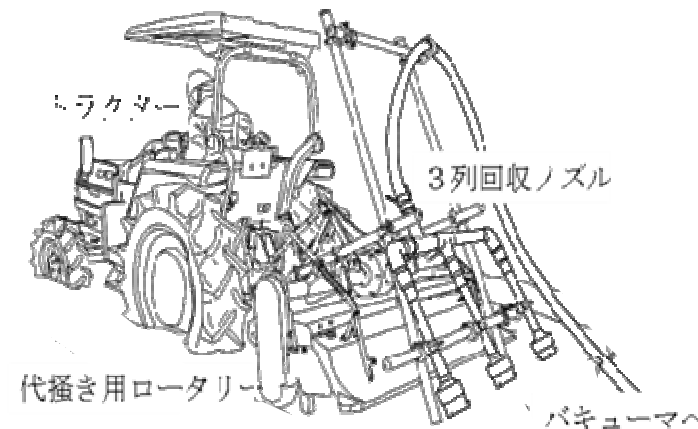
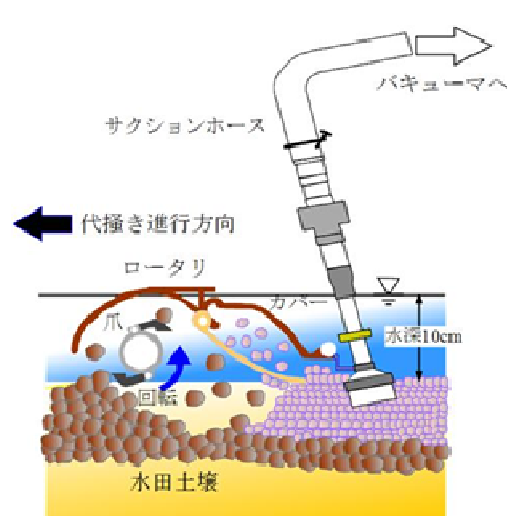
- フォールアウトの後、耕耘した農地→表土削り取りが適用不可
- 作土層が薄い農地→反転耕や深耕が適用不可



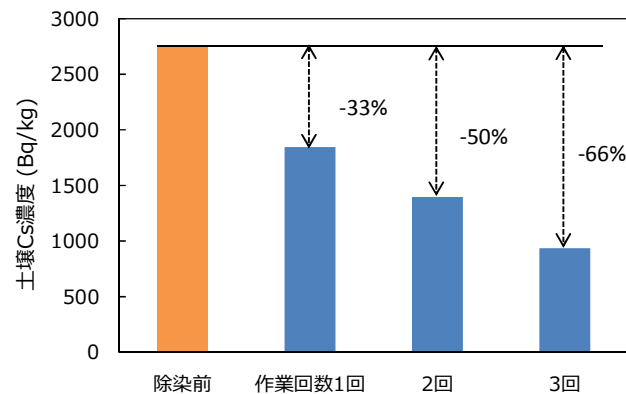
水による攪拌・除去（代かき除染）の高度化

水による攪拌・除去（代かき除染）の高度化

農研機構他



土壌攪拌→バキューマによる直接吸引→分離システムによる粘土粒子の回収



- ・既耕作水田での除染が可能。
- ・放射性セシウムを3回の繰り返しで66%除去。

高濃度汚染地域の除染技術を目指して¹. シールドキャビン付き 農用トラクタの開発

キャビン内の放射線量低減効果

目標: 概ね50%以上

A機



外部の放射線量2~7 μ Sv/hの時のキャビン内放射線量低減率

中央: 31~41%
床面: 69~70%

目標50%以上に
向けて改良中

B機



標準キャビン
(B機ベース機)

中央: 87%
床面: 94%

中央: 38%
床面: 72%
(2 μ Sv/h時)

・放射線遮蔽資材として、「鉛板」、「含鉛ガラス」等を用いることにより、内部の放射線量を大幅に低減

C機



中央: 43~64%
床面: 90%

農機メーカー各社

高濃度汚染地域の除染技術を目指して

2. 安全かつ効率的な 表土除去作業方法の検討

- ① 農用トラクタの自動走行および遠隔作技術の検討
- ② ほ場内無人作業技術に関する検討

生研センター他

無人作業により、作業者への安全性が向上

ロボットトラクタによる無人作業（表土破碎作業）

ロボットトラクタを遠隔操作

基地局車両



基地局車両内



ロボットトラクタ

A機を用いた表土破碎・剥離・集積作業

- ③ 開発機による農用地除染作業に関するほ場試験および現地調査

作業機選択と作業方法の検証

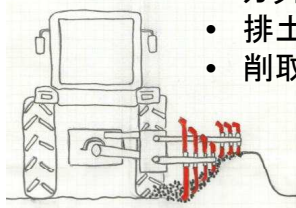
農業用施設、畦畔、農道等の除染技術の開発

生研センター、農機メーカー

除染した農地の再汚染を防ぎ、被災地での迅速な営農再開を図るため、畦畔、法面、農道、用排水路の汚染物質を省力的で効率的に取り除く除染技術を開発

●畦畔表土削り取り機の開発

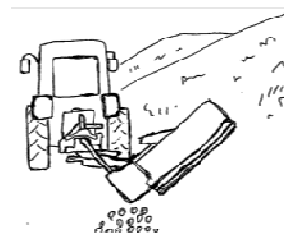
目標:トラクタ作業機による畦畔表土の削り取り
方法:畦塗り機の改良



- カット爪の改良
- 排土装置の追加
- 削り取り深さ調節機構

●法面表土削り取り機の開発

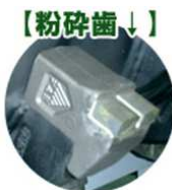
目標:トラクタ作業機による法面表土の削り取り
方法:オフセットモアの改良



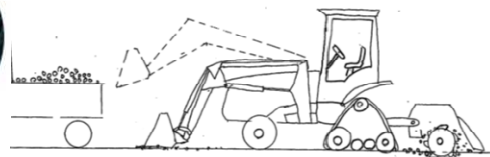
- カット爪の改良
- 排土装置の追加
- 削り取り深さ調節機構

●農道表層剥ぎ取り機の開発

目標:トラクタ作業機による農道表土の剥ぎ取り
方法:ストーンクラッシャの改良



- オフセット機構
- 剥り取り深さ調節機構



●用排水路内土砂掬い上げ機の開発

目標:小型建機による土砂掬い上げ
方法:小型バックホーの改良



- 防塵対策
- オフセット機構
- バケットの形状の改良



開発された農業機械の作業能率・除染効果、健康障害防止の作業環境要因分析を実施し、除染技術体系を開発

除染効果

(地表1cm高さの線量率)

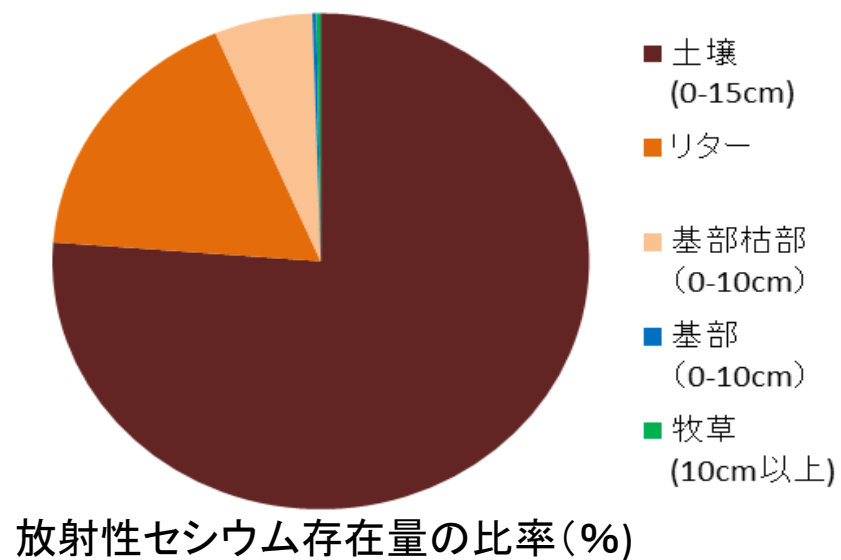
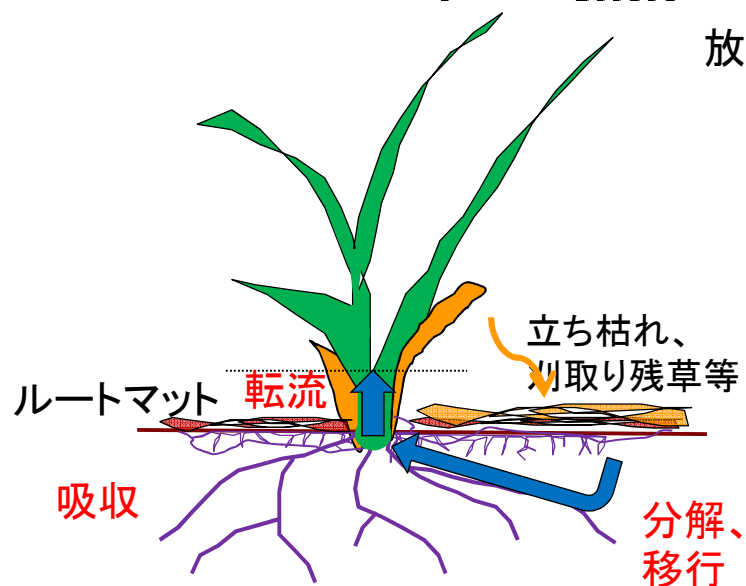
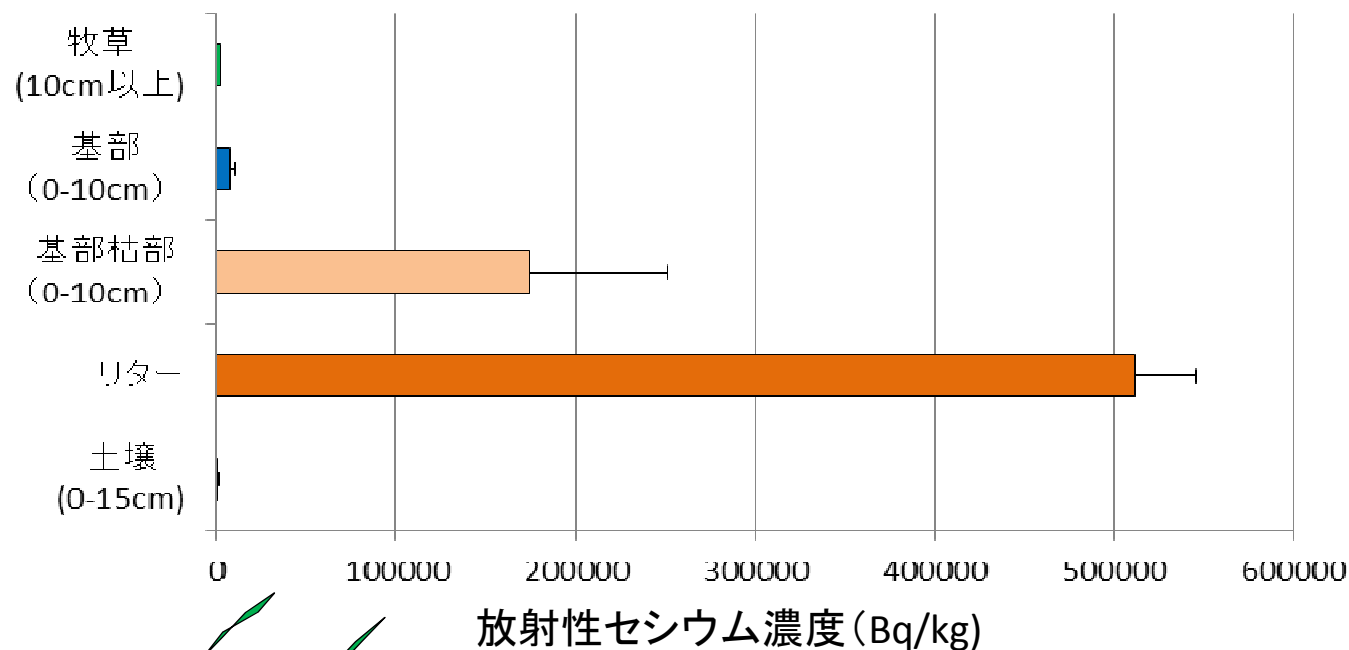
場所	線量率 (μ Sv/h)		低減率 (%)
	処理前	処理後	
農道	1.38	0.20	85.4
畦畔	1.37	0.27	80.0
用水路	1.30	0.74	43.5

※鉛の遮蔽体により周囲の放射線の影響を除外

開発技術により、農地周辺の除染を効率的に行うことが可能であり、除染された農地の再汚染防止に寄与。

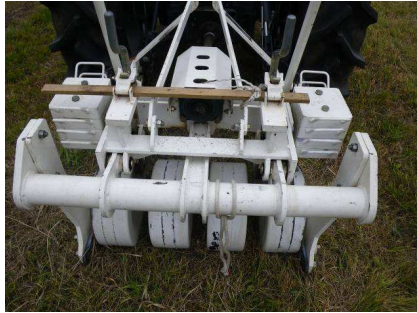
草地表層の枯草、リター層の放射性Csは高濃度

農研機構



芝・牧草の剥ぎ取り

福島県農業総合センター他



スガノ農機製
ターフスライサー



草丈の低い芝地等



フロントローダーによる
すくい上げ

草丈の高い牧草等



フロントローダーによる
引き剥ぎ

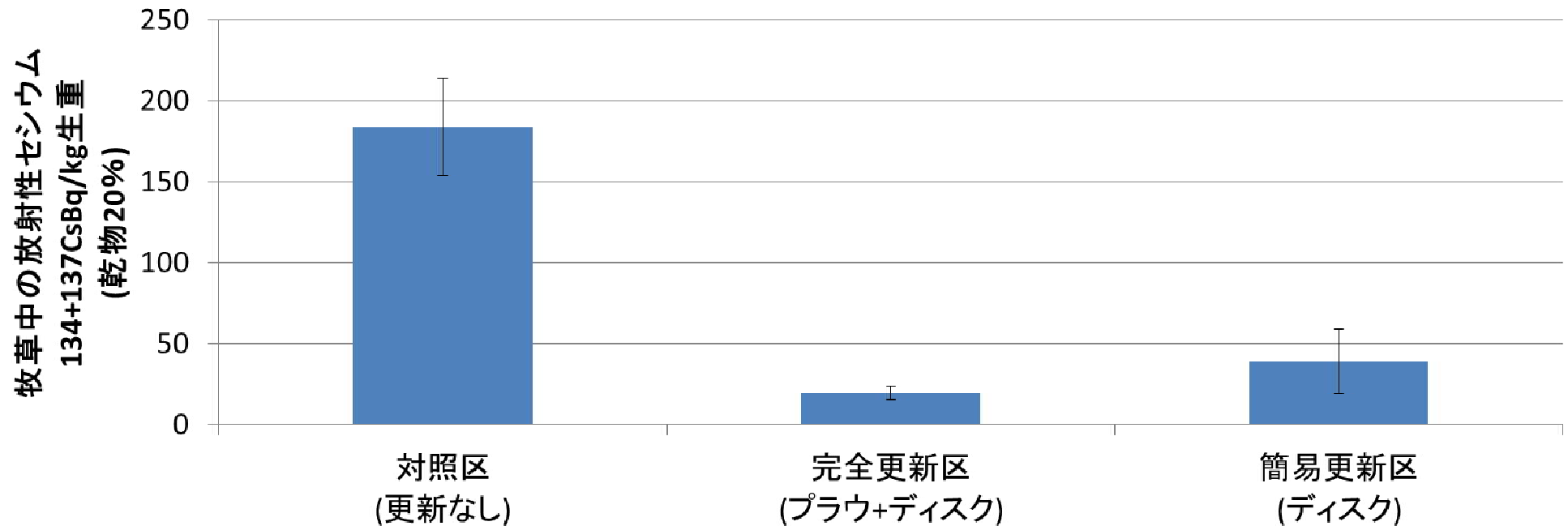
ルートマットを形成する草種が優先する農地であれば、芝、牧草、雑草を問わず適用可能

- 土壌の放射性セシウム濃度
13,630 Bq/kg → 327 Bq/kg (97%減:3cm剥ぎ)

- 排土量(草を含む)
約40t/10a

- 作業時間
250分/10a程度

草地更新による新播牧草中の放射性セシウムの低下



更新後の年内早刈り新播牧草中放射性Cs濃度(平均±標準偏差、n=3)

1 果樹における高圧洗浄処理の効果

表1 ウメの主枝表面の放射線と洗浄低減率

試験区	放射線計数率(kcpm)		放射線数 低減率(%)
	洗浄前	洗浄後	
高圧洗浄処理	3.21	1.66	48.5
無処理	2.95	3.03	0.0

- ウメ樹皮表面の高圧洗浄処理を行った結果、樹皮表面の放射性物質の約49%を低減することが可能となります。



樹体への高圧洗浄処理作業(高圧洗浄機＋旋回ノズル)

2 樹体の粗皮はぎ、粗皮削りの効果

表2 ナシ粗皮削りに要した作業時間と放射線低減率

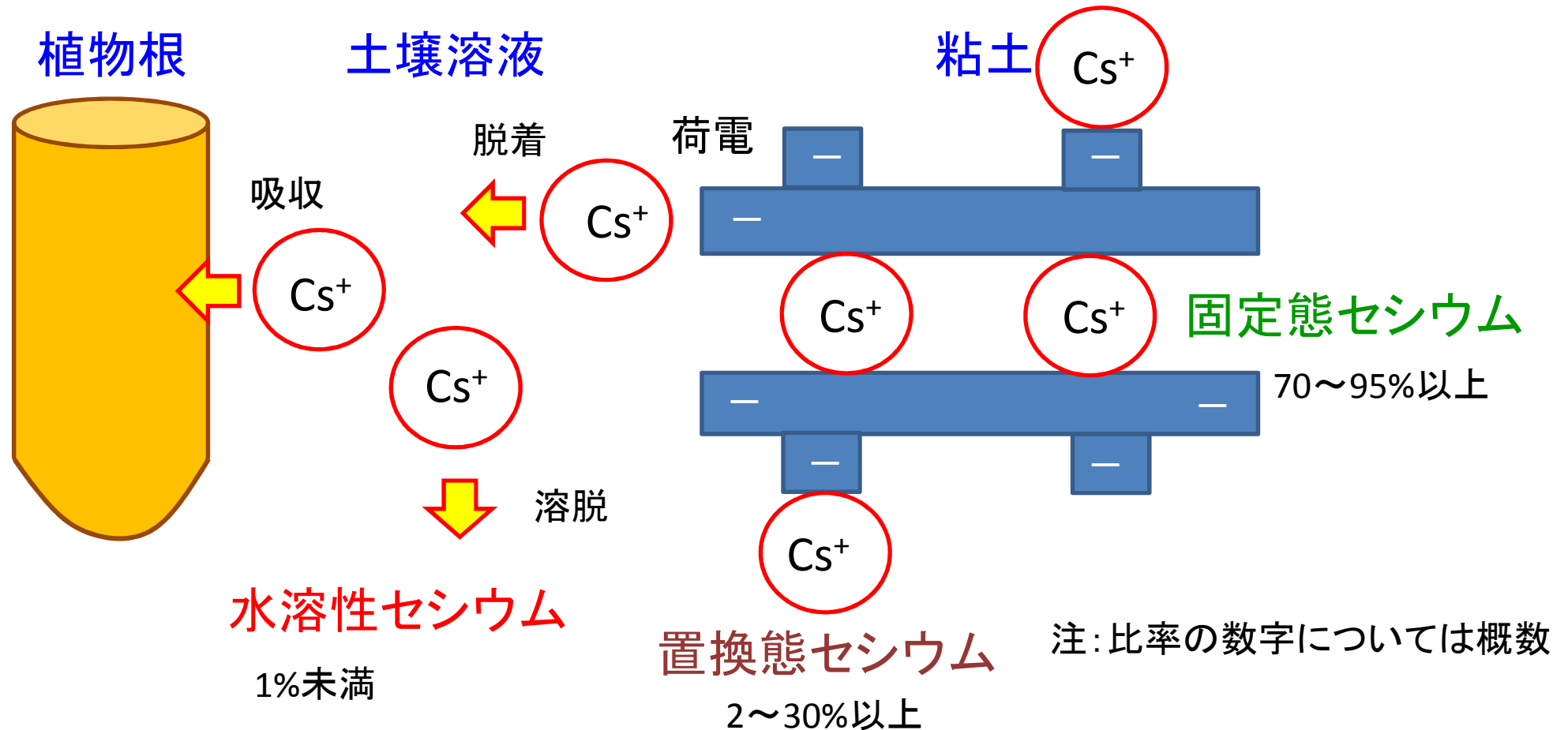
方法	作業時間(時間)		必要水量(リットル)		放射線数 低減率(%)
	1樹換算	10a換算	1樹換算	10a換算	
高圧洗浄処理	0.3～0.5	5～8	120	1900	90.3
手作業処理	2.5～3	40～48	—	—	85.7

- 粗皮を形成する樹種(リンゴ、ナシ、ブドウ、カキ等)では、粗皮剥ぎや粗皮削りを行うことで、放射性物質の約85～90%を低減することが可能となり、その際、作業に高圧洗浄機を活用すると作業効率が良くなります。



ナシ高圧洗浄処理前後(水圧10MPa)

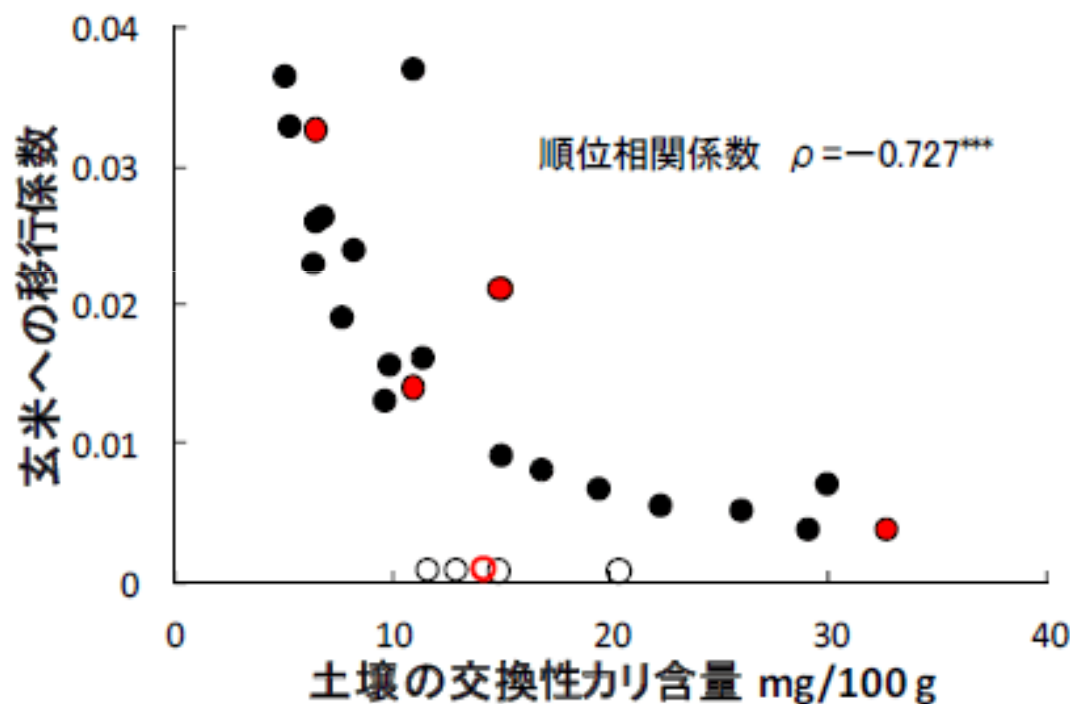
移行低減栽培技術の2つの戦略



- 生理的に作物根や収穫器官への吸収・移行を低減→**カリ施肥等**
- 作物に吸収されやすい水溶性セシウムを固定化し、吸収を抑制→**セシウム吸着資材の投与**

土壌の交換性カリ含量と玄米への移行との関係

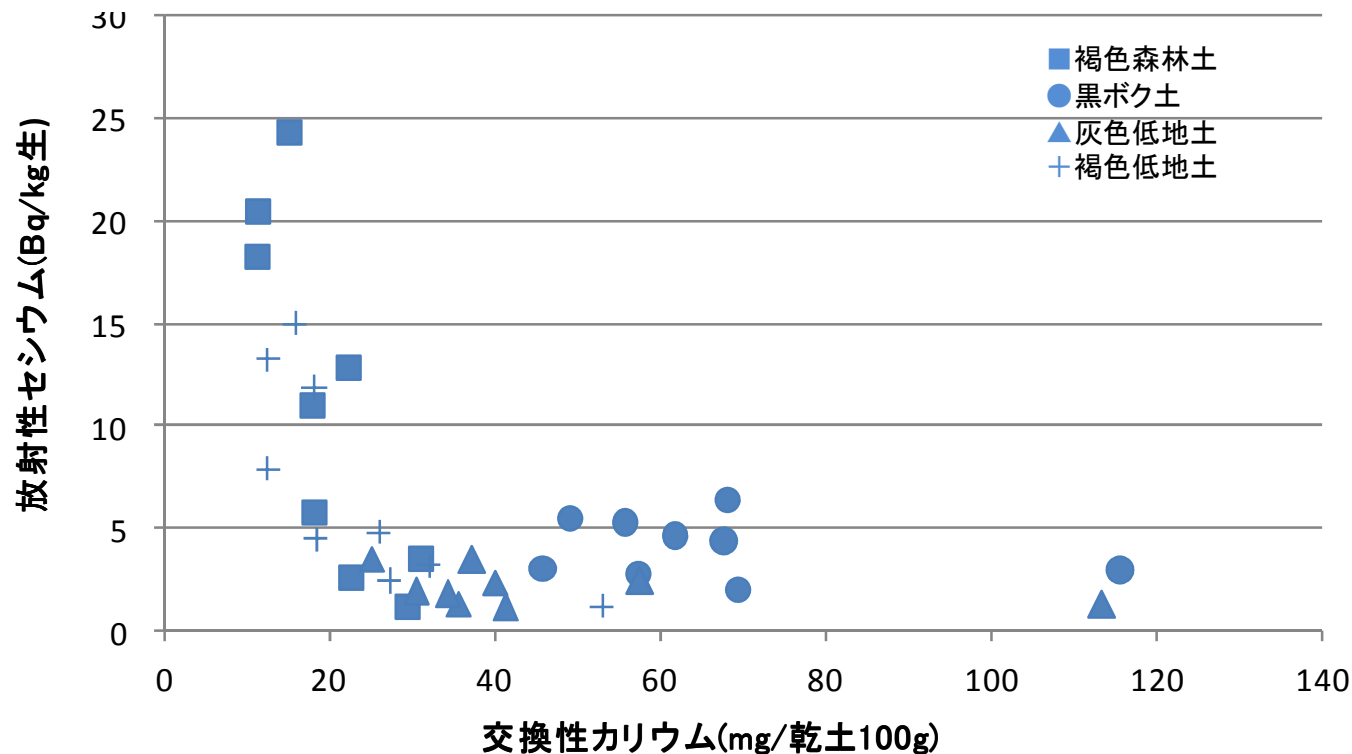
農研機構他



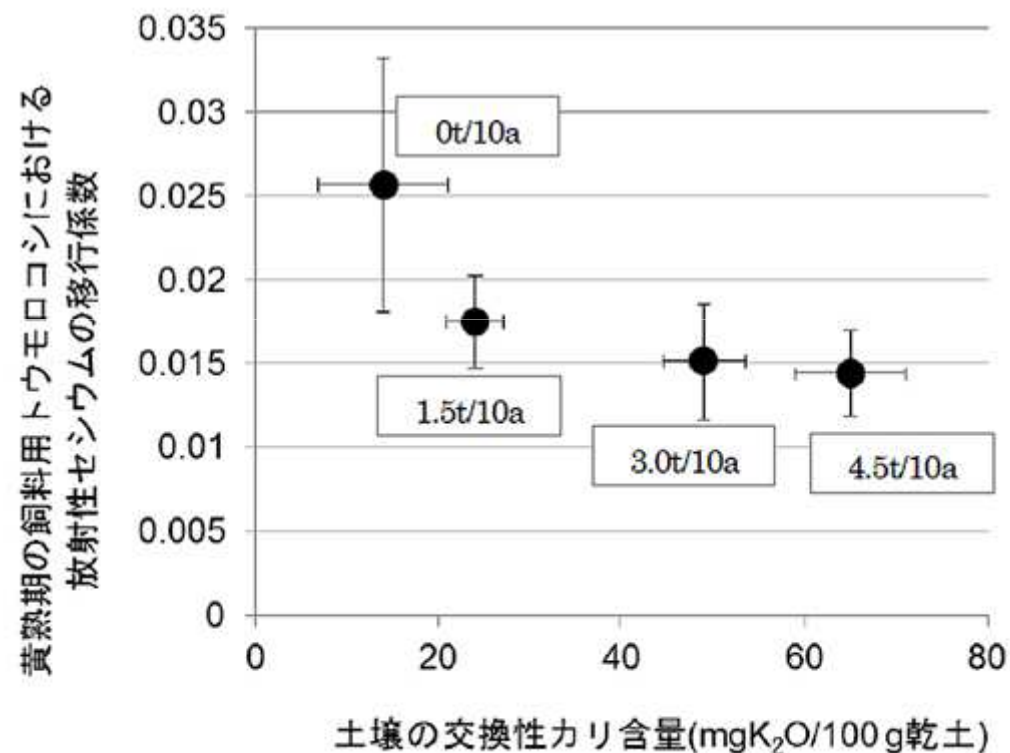
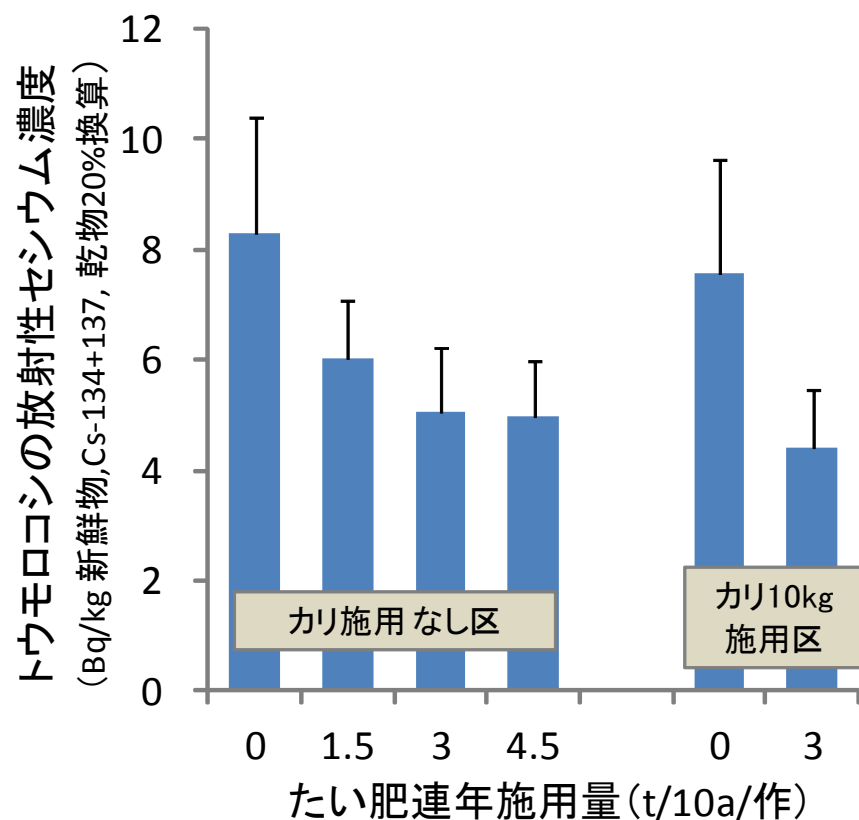
- 各ほ場試験の結果から、土壌の交換性カリ含量が高いほど、玄米への移行係数が低下
- 一方、交換性カリ含量を25 mg/100 g以上としても低減効果は小さい
- 他の養分とのバランスも考慮すると、玄米中の放射性セシウム低減対策として、交換性カリ含量25 mg/100 gを目標とした土壌改良を推奨

キャベツの放射性セシウム濃度と土壌の交換性カリウム濃度の関係

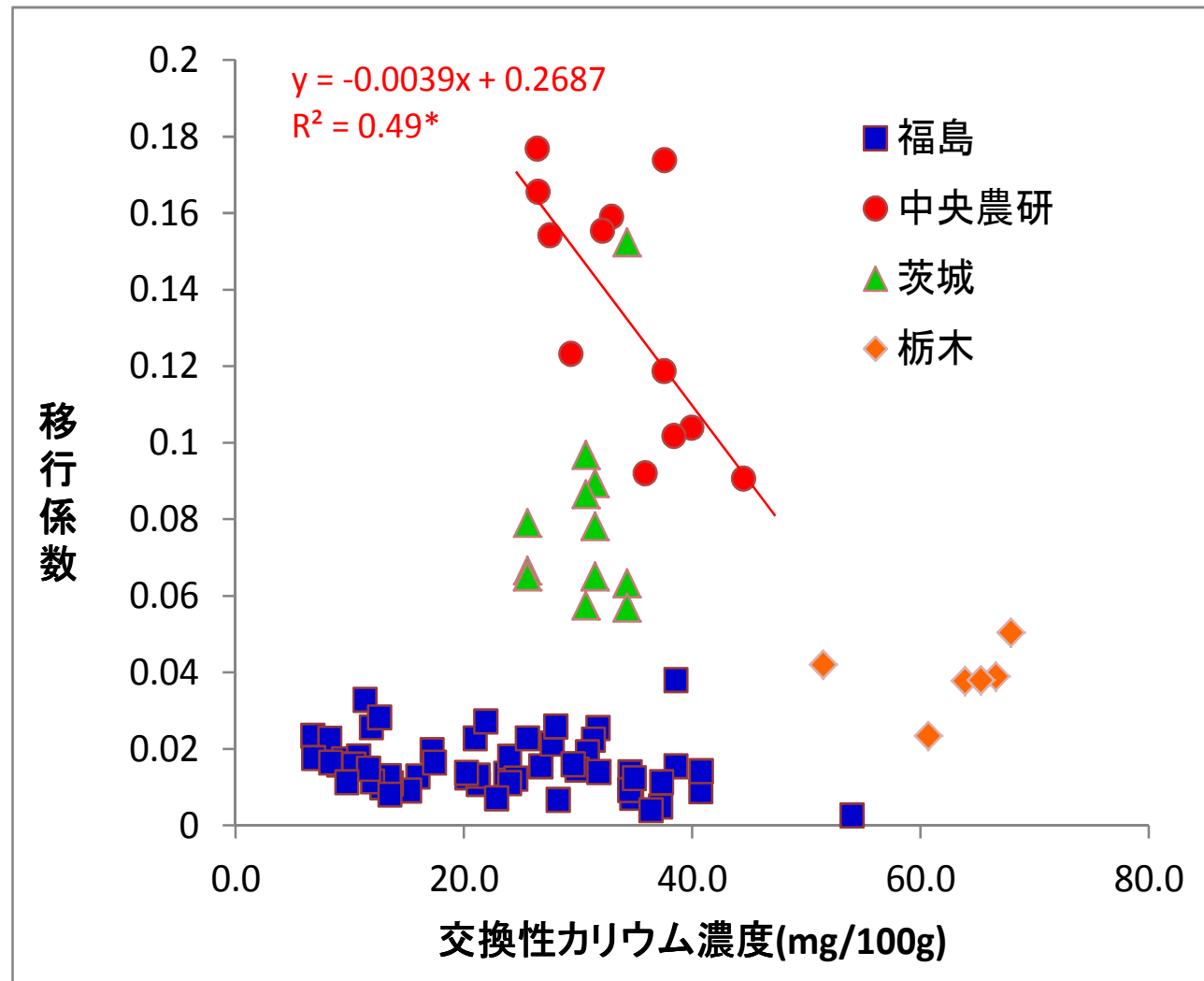
農研機構他



堆肥の連年施用量の違いがトウモロコシの放射性Cs濃度に及ぼす影響



土壌中の交換性カリ濃度と放射性セシウムの大豆子実への移行係数との関係



ゼオライト等天然鉱物系セシウム吸着材の性能比較

(物質・材料研究機構他)

MatNaviは高分子、無機材料、金属材料、超伝導材料、複合材料の構造・物性並びに鉱物データを発掘する世界最大級の材料データベースサイトです。

English 初めての方へ 独立行政法人 物質・材料研究機構 材料情報ステーション

HOME 発表・展示 About us MITSシンポジウム リンク お問い合わせ NIMS

MatNavi 物質・材料データベース

データベース

- 基礎物性**
 - 高分子データベース (Pol.vinfo)
 - 無機材料データベース (AtomWork)
 - 電子構造計算データベース (CompES)
 - 中性子反応データベース (NeuTran)
 - 界面熱伝導率データベース (ITD)
 - 拡散データベース (Kakusan)
 - 超伝導材料データベース (SuperCon)
- NIMS構造材料データシート オンライン**
 - クリープデータシート (CDS)
 - 疲労データシート (FDS)
 - 腐食データシート (CoDS)
 - 宇宙関連材料強度データシート (SDS)
 - データシート資料集
 - 金属組織データベース (Kinsu)
- エンジニアリング**
 - 金属材料データベース (Kinzebu)
 - CGT線図データベース (CGTD)
 - 材料リスク情報プラットフォーム (MRIP)
- アプリケーションシステム**
 - 複合材料熱物性予測システム (CompoTherm)
 - 高分子物性推定システム
 - 金属腐食予測システム (SurfSeg)
 - 溶接熱履歴シミュレーション

NIMSからの材料情報

- 物質・材料研究機構(NIMS)
- NanotechJapan
- 物質材料研究アウトリック
- NIMS研究成果データベース
- バンド計算関連ソフトウェアライブラリ群
- 造形工学データベース
- アモルファス合金データベース
- NIMS熱力学データベース

連携機関

- Matdata.net(Granta Design)
- MatWeb(Automation Creations Inc.)
- Springer Link(Landolt Bornstein)
- LR Substance / Property Index
- MAT_evide
- Metals Bank(KIMS)
- Ceramics Bank(KICET)
- Chemical Materials Information Bank(KRICT)
- 化学物質リンクセンター
- RIO-DB(AIST)
- SPring-8利用データベース
- ユーマテリアルデータベース

お知らせ

- 2011年6月17日 宇宙関連材料強度データシート No. 17, 18 を追加しました。
- 2011年6月10日 クリープデータシート No. 58, 59 を追加しました。
- 疲労データシート No. 112, 113, 114, 115 を追加しました。
- 腐食データシート No. 3B, 5 を追加しました。

利用案内

- 必須システム環境(プラグイン)
- 利用規約
- パンフレットダウンロード
- ご意見/ご感想 等

登録ユーザ数:58,488人、141カ国、18,121機関

毎週水曜日 17:00~18:00メンテナンスのためご利用を停止します。

このページの先頭へ

Copyright © National Institute for Materials Science (NIMS). All rights reserved. (個人情報等の取り扱い) Ver.4.0 最終更新日: 2011年6月17日

○様々な産地・化学組成を有した候補材料約60種に対して基礎的データ800点近くを収集

○ これらの材料のセシウム、ストロンチウム、ヨウ素の吸着特性を網羅的に評価

物質・材料研究機構のHPで公開中
(<http://reads.nims.go.jp/>)

土壌改良資材の効果

農研機構他

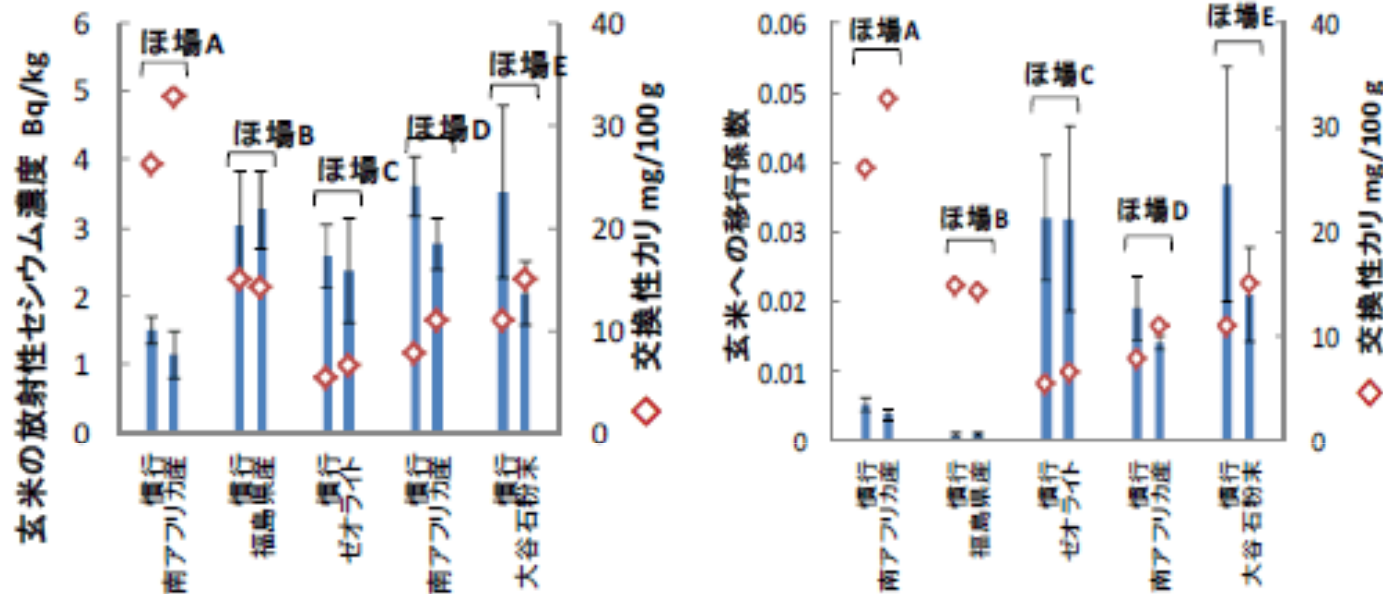


図4 放射性セシウムの玄米への移行に及ぼす土壌改良資材施用の影響

- これらの資材による放射性セシウムの吸収抑制効果は、資材の鉱物組成や土壌特性によって異なることも考えられるため、効率的な施用条件や方法についてはさらに検討が必要

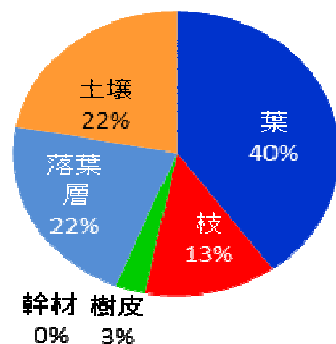
森林の除染への取り組み

- 福島県は、**県土の7割(約97万ha)**を森林が占め、豊かな森林資源を活用した林業・木材産業が盛んな地域であり、東京電力福島第一原子力発電所の事故により発電所周辺の森林が広範囲に放射性物質により汚染され、しいたけ等特用林産物の出荷制限をはじめ**林業生産活動に多大な影響**
- 放射性物質汚染対処特措法に基づく基本方針に基づき、まずは人の健康の観点から被ばく低減を図るため、**住居等近隣の森林における除染を最優先に実施**

放射性物質の分布状況

○常緑樹林(スギ等)

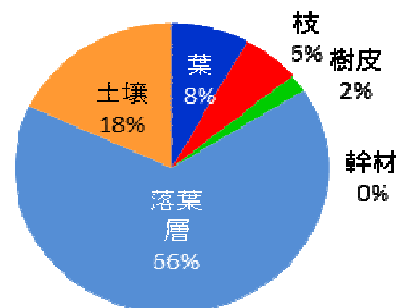
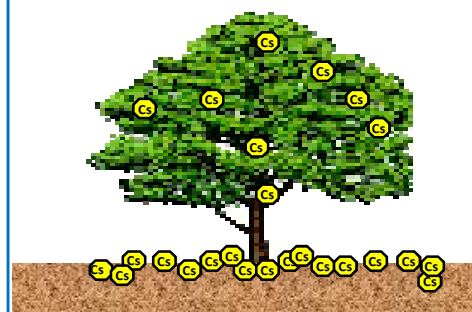
放射性物質の多くは枝葉に付着し、次いで落葉等に蓄積



(福島県川内村での調査結果)

○落葉樹林(コナラ等)

放射性物質の大半は落葉等に蓄積



(福島県大玉村での調査結果)

調査実施：独立行政法人森林総合研究所

現在の除染手法(※)

落葉等の除去

・林縁から20m程度の範囲で除去

森林内の空間線量率を
30～50%低減。



枝葉等の除去

・住居等に接している枝葉の多い樹木について出来るだけ高い位置まで除去

落葉等の除去だけでは十分な効果が得られない場合に実施。



※除染関係ガイドライン(環境省)において、現時点で位置付けられている手法

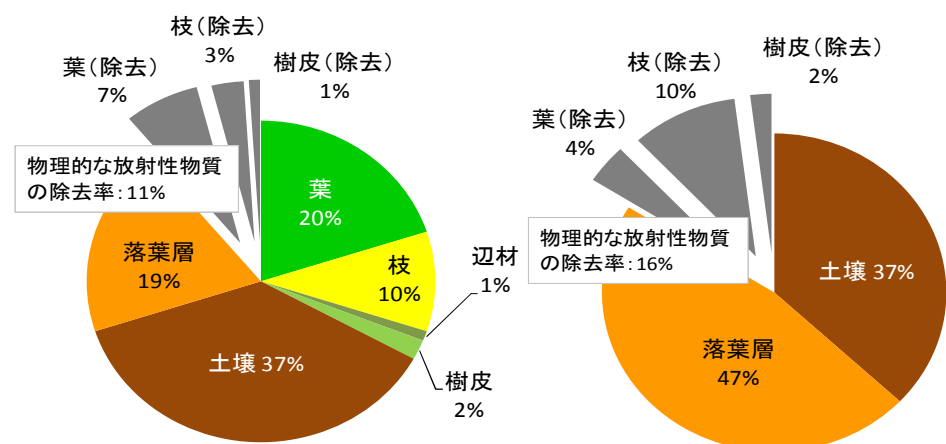
森林施業(皆伐・間伐)等による放射性物質低減効果等の実証結果

○ 施業実施前後の空間線量率、放射性物質の森林内の蓄積量の変化

- ・ 施業実施前後の空間線量率(地上高1m)は、**間伐で8%減、皆伐で9%減**
- ・ 枝葉を含め森林外へ**物理的に除去した放射性物質の割合**を推定すると**間伐で11%、皆伐で16%**

※間伐はスギ人工林の25%定性間伐、皆伐はアカマツ・広葉樹混交林

	25%定性間伐			皆 伐		
	施業前	施業後	増減率	施業前	施業後	増減率
空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.52	0.48	▲8%	0.65	0.59	▲9%



放射性セシウムの物理的除去率
(スギ定性間伐区)

放射性セシウムの物理的除去率
(アカマツ広葉樹混交林皆伐区)

○ 間伐実施と落葉等を除去した場合の土砂流出量

- ・ 間伐の実施にあわせて落葉等を除去した場合、**除去しない場合に比べ5.5倍の流出量**

	間伐のみ	間伐＋落葉等除去
流出した土砂等の量 (g/m^2)	3.2	17.5

※測定期間は3/10－3/20の11日間であり、期間中の降雨量は30mm(アメダスデータ)

※土砂等の流出量については、RUSLE法により傾斜角30度(リルや流水の影響が小さい場合)に補正し計算。



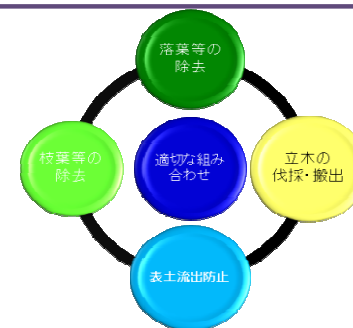
土砂流出量等を測定した試験斜面枠

森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等の技術指針のポイント (平成24年4月27日公表)

- 農林水産省では、**森林全体への除染等の対応のため**、森林施業や森林土木技術を活用した拡散防止対策を含めた技術の検証・開発を行い、それらの結果を踏まえ、対策の視点を整理しつつ、**さらに推奨される対策について取りまとめたところ。**

○森林における放射性物質対策の基本的考え方

- ・ 森林における放射性物質対策として、これまでの実証等により効果が期待される落葉、枝葉等の除去、立木の伐採搬出や、土砂流出抑制のための表土流出防止工等の技術を推奨
- ・ 対策実施にあたっては、**放射性物質の森林汚染の特性、森林の多様な機能、空間線量率、利用形態、入り込み頻度等を踏まえ、適切に組み合わせ、優先順位を付けつつ、取り組むことが重要**



○放射性物質の除去、抑制のために推奨する具体的な方法

森林のタイプ 対策の目的 方 法		住居等近隣の森林	住民等が日常的に入る森林 (森林のまま利用)	左記以外の森林 (特に人工林)
		一般公衆の被ばく低減	入林による一般公衆の被ばく低減	放射性物質の除去 放射性物質の拡散抑制
落葉・枝葉等の除去		林縁から20m程度の範囲を目安に実施	利用状況や利用区画の形状等を踏まえ、必要な範囲において実施	—
立木の伐採、搬出	皆 伐	落葉等除去とあわせて実施	—	—
	間 伐	落葉等除去とあわせて実施	落葉等除去とあわせて実施	下層植生が衰退した人工林で実施

※上記各対策とあわせて、必要に応じて表土流出防止工を組み合わせる。

※引き続き、従来のほだ木採取林の再生や森林からのさらなる拡散を抑制するための実証試験を行っていく。

※ …新たに推奨する具体的な方法

ご静聴ありがとうございました

農地の除染技術を着実に開発して
まいります。