

稲におけるセシウムの分布

福島特別プロジェクト クリーンアップ分科会
(東北大学多元物質科学研究所)
佐藤 修彰

クリーンアップ分科会の活動

(1)モニタリング、環境修復への提言

- ・モニタリングセンター設置への提言
- ・環境修復センター一元化への提言

(2)除染技術紹介

- ・除染技術カタログの作成・紹介
- ・水田による実証試験

(3)地域との対話

- ・安心・安全フォーラムの開催
- ・除染情報プラザへの協力

水田における実証試験

- 水耕田に関しては海外の知見は乏しい
- 現場からの知見、情報が重要
- 水耕作業における放射性Csの挙動と除染



現地試験の必要性



- ・福島県南そうま市における水耕作業試験(H23)
- ・同地域における水耕栽培試験(H24,25,26)

水田の除染技術

番号	名称	方 法	備考
①	耕起	機械や手作業により土壌を掘り起こし、表土中のCs濃度を下げる。	安価 汚染物発生無
②	表土剥ぎ取り	表土に沈着しているCsを剥ぎ取りにより除去する。	深さの程度 二次汚染物
③	代かき	代かきにより濁水とし、強制落水によって、Cs付着粒子を除去する。	排水等の処理
④	土壌洗浄	土壌鉱物や土壌有機物中のCsを洗浄溶液で剥ぎ取る。	現地作業 土壌を戻す。
⑤	ファイトレメディエーション	Csを吸収しやすい草木の栽培・刈取りにより除去	低効果 二次汚染物処理
⑥	施肥	K(抑制)やNH ₃ (促進)の施肥により作物へのCsの移行を制御	安価

H23年度水耕試験

現地試験説明会

- ・試験目的、規模、方法、日時、現地視察等

第1回現地試験

- ・草刈等諸作業、線量測定、試料採取
- ・セシウム放射能測定(東北大、東芝)
- ・汚染状況の把握

第2回現地試験

- ・荒搔き等諸作業、線量測定、試料採取
- ・セシウム放射能測定(東北大、東芝)
- ・除染作業の効果



- ・除染作業による水田の環境修復
→ 水耕作業における除染効果の評価

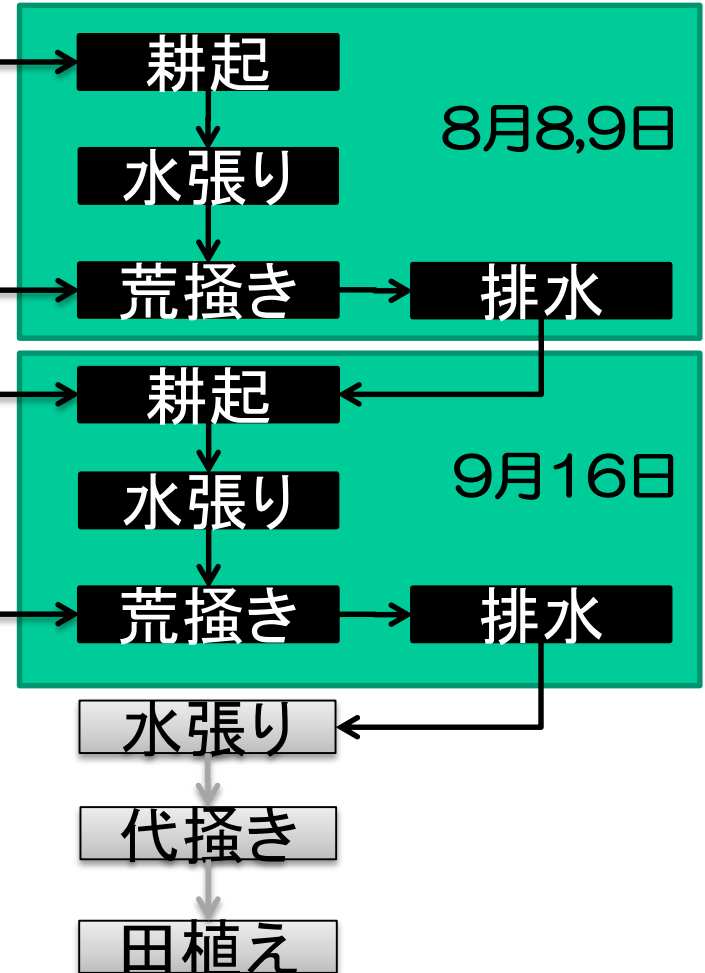
水耕作業と試験手順(H23)



田植え作業手順

耕起
↓
水張り
↓
荒搔き
↓
代搔き
↓
田植え

今回実施した試験手順



現地概要(1)



出典<http://maps.loco.yahoo.co.jp>



現地試験場所

出典<http://maps.loco.yahoo.co.jp>

試験実施場所付近

①試験圃場入り口付近
(採取時、通水状態)



②横川ダムからの用水路
(用水路は通年通水)



荒かき作業



草刈



浅耕



水張り



荒搔き

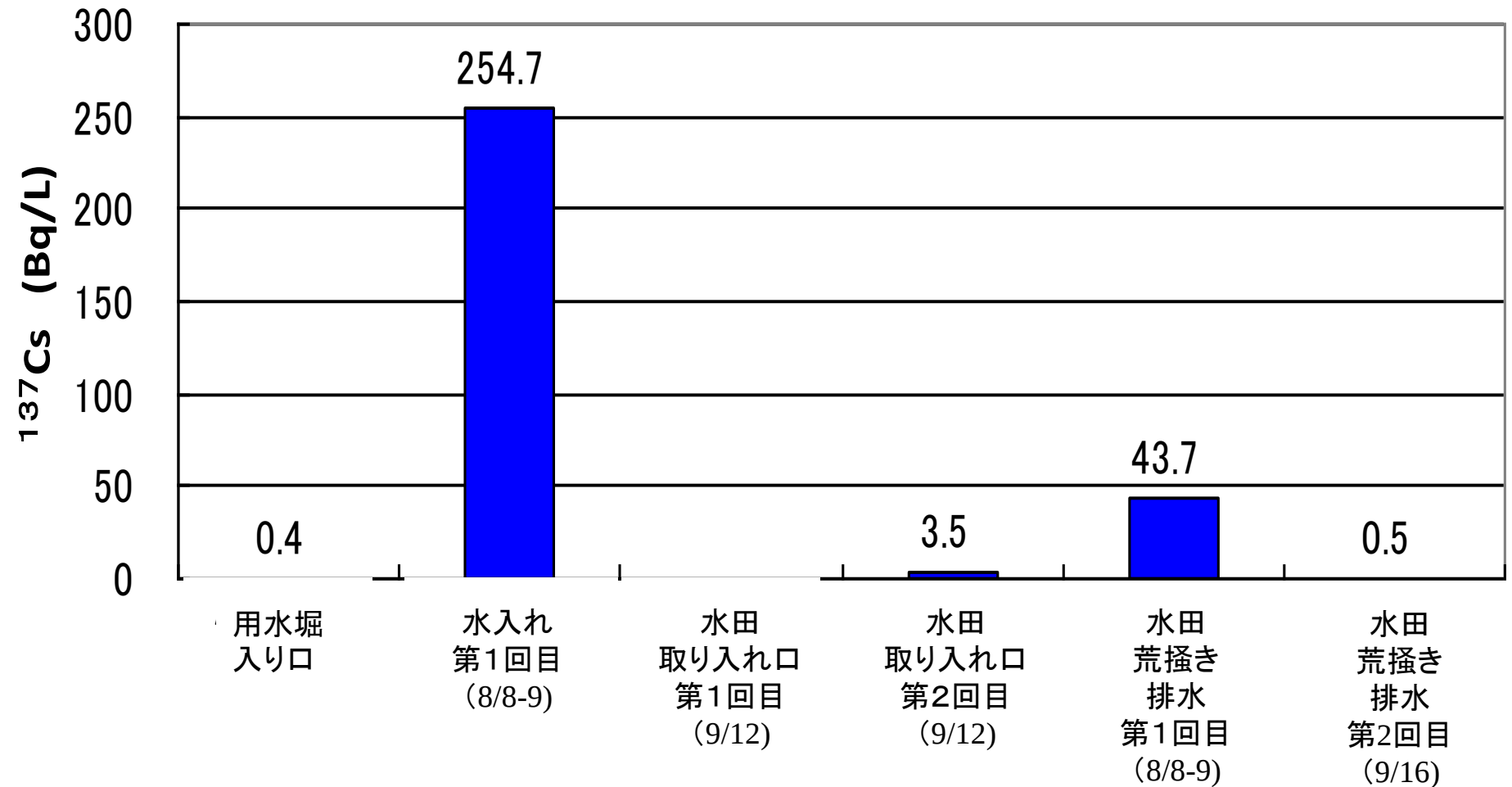


線量測定と土壌採取



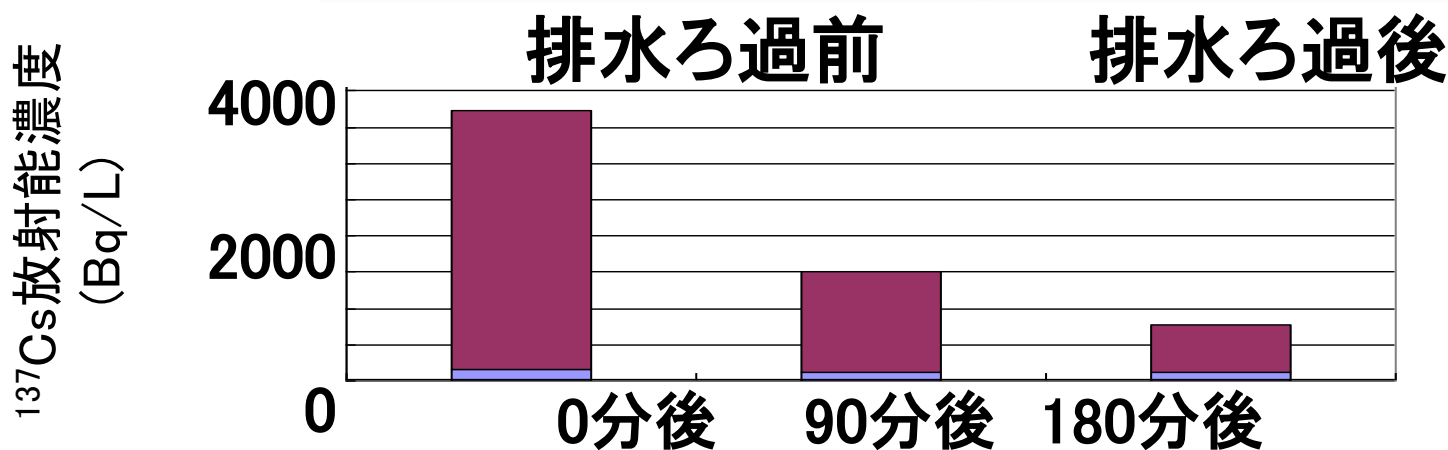
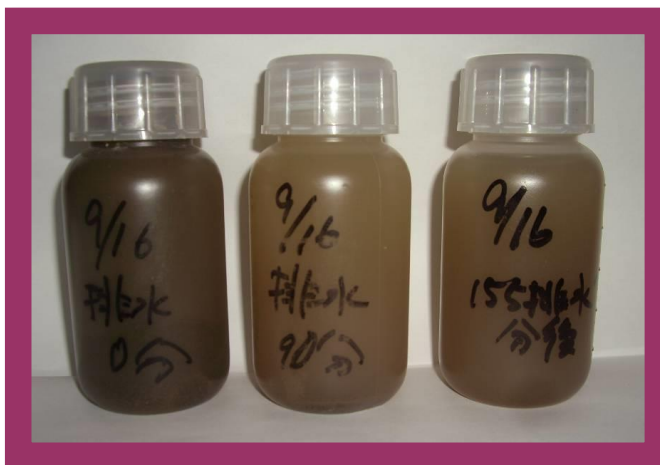
畔からの排水と採水

試験田付近の水中Cs-137濃度



・用水路等においても二次汚染に注意

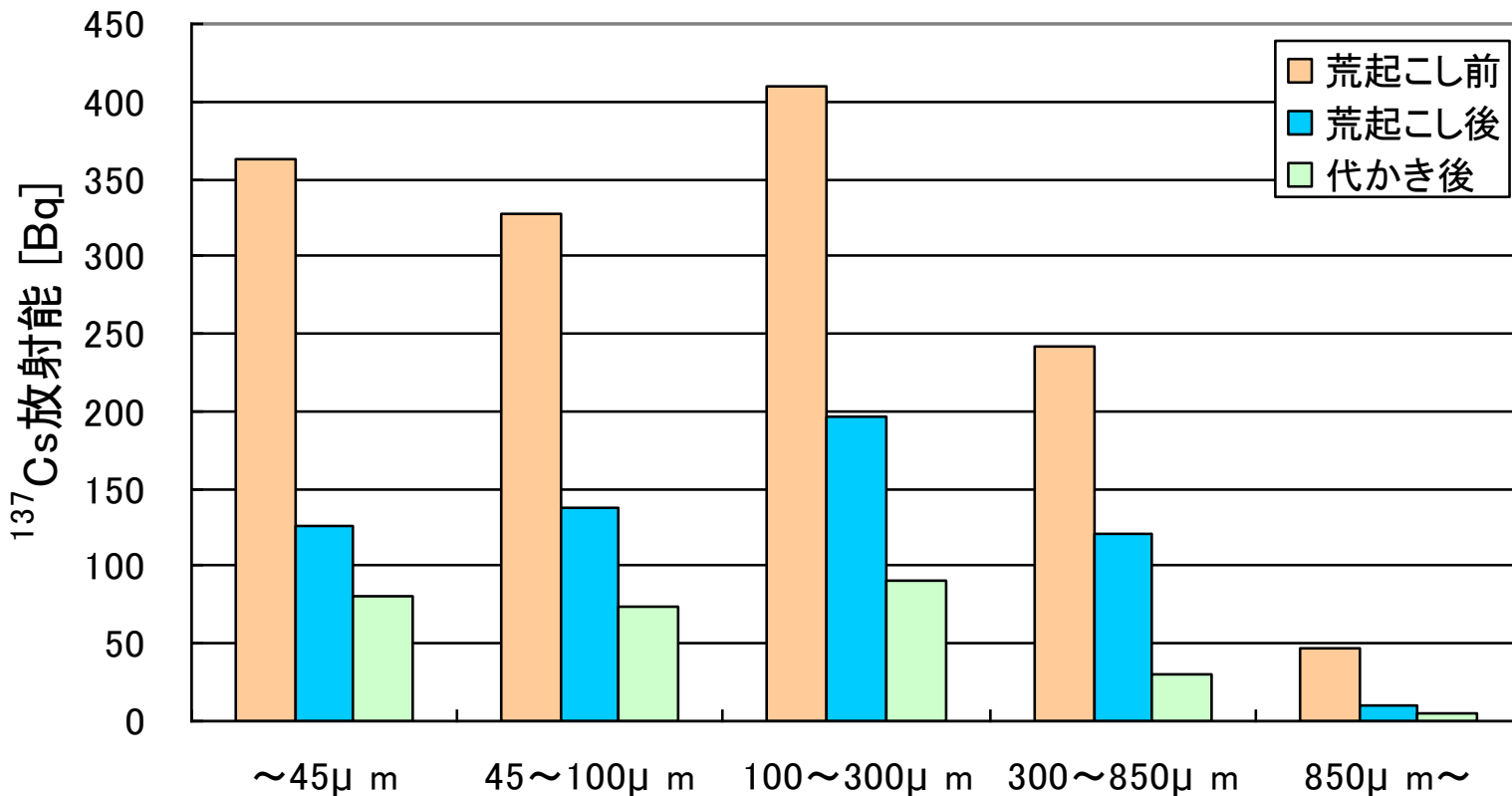
荒搔き後1回目の排水中の ^{137}Cs 放射能濃度



荒搔き後は、速やかに排水したほうが、除染効果は高い

荒かきおよび代かき後の分級試料のガンマ線測定結果

粒径範囲ごとの ^{137}Cs の放射能



名称	サイズ (μm)
礫	2000<
粗砂	200-2000
細砂	200-20
シルト	2-20
粘土	<2

- 粒径100~300 μmの範囲の粒子量が最も多く、放射能も大きい。
- 100 μm以下の粒子に50%程度のCsが吸着していることを確認

H24年度水耕栽培試験

- 原子力学会福島特別プロジェクトクリーンアップ分科会
→ 環境修復に関わる取り組み
- 農地除染の技術カタログ作成の過程
→ 水耕田の例が少なく、知見不足の懸念
- H23年度荒起および代かき除染試験の知見



H24年度 移行抑制技術の評価

- 試験田土壌の放射性セシウム濃度
- ゼオライト散布、カリウム施肥
→ 稲および玄米への放射性セシウム移行挙動

現地概要(2)



出典<http://maps.loco.yahoo.co.jp>

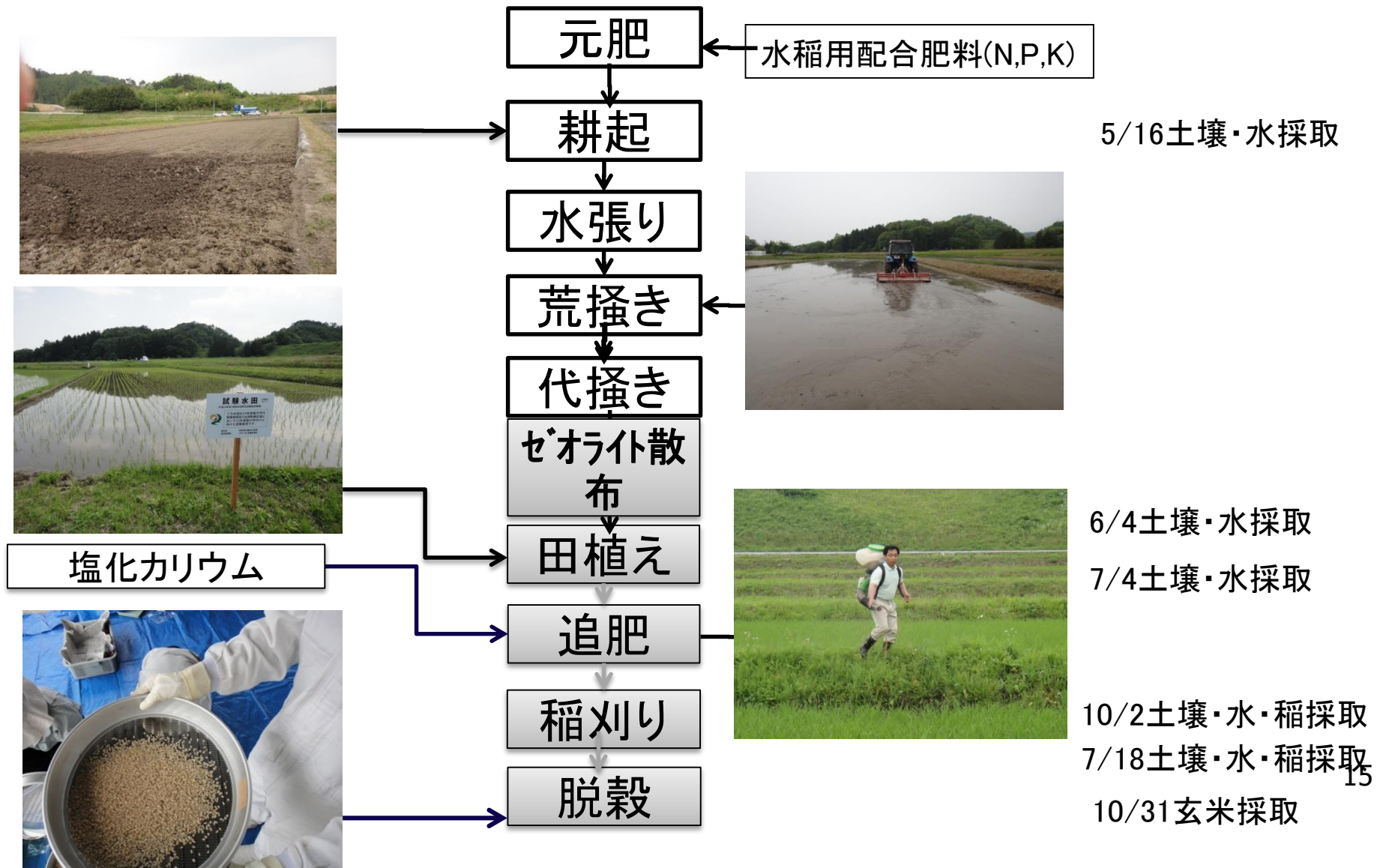


H24試験場所

H23試験場所

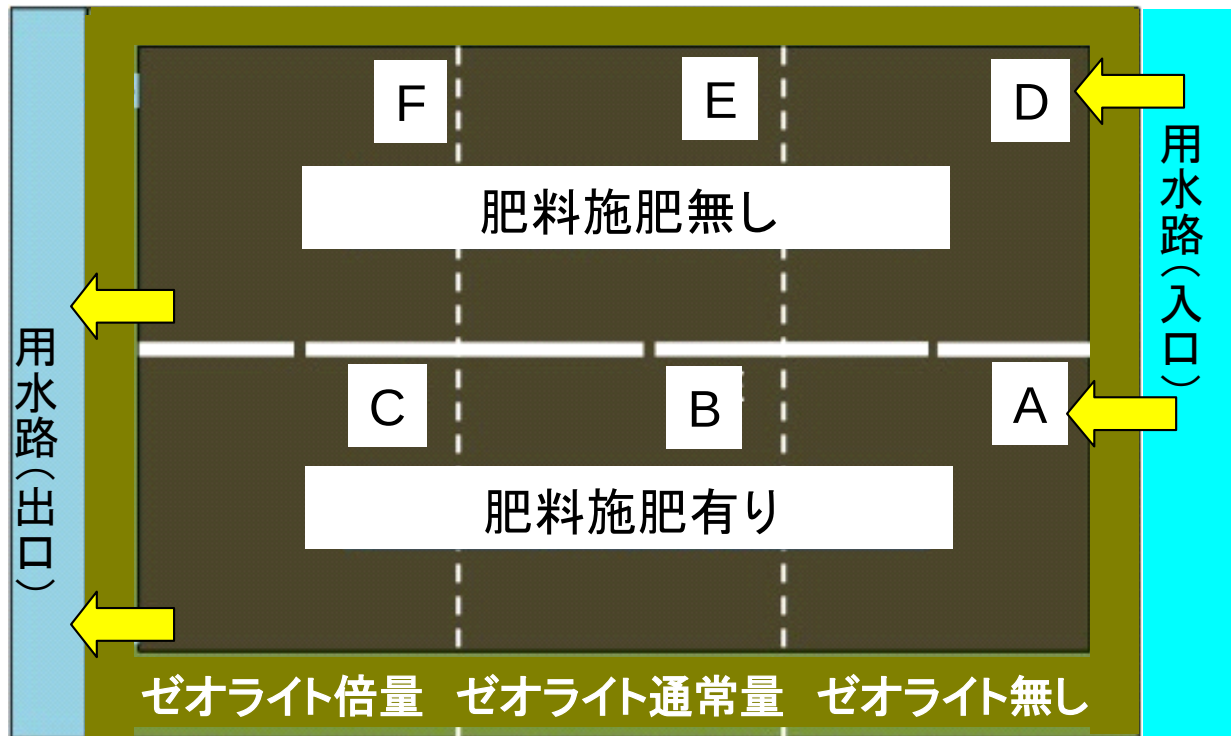
出典<http://maps.loco.yahoo.co.jp>

水稻栽培作業と試験手順(H24)



試験田と試験条件

試験田・・・水田を6区画に区分



- ・A区画 vs. D区画
:Cs移行抑制に対する肥料
施肥の効果
- ・A区画 vs. B区画 vs. C区画
:Cs移行抑制に対するゼオ
ライトの効果
- ・D区画 vs. E区画 vs. F区画
:ゼオライトによる肥料成分
の吸着と生育阻害の効果

測定項目

試料: 土壤中Cs(-134, Cs-137)濃度(処置前、収穫後)
イネ中Cs濃度(収穫後)、玄米Cs濃度(脱穀後)

作業手順(1)

田植



試料
採取



施肥



成育中

作業手順(2)

稲刈



裁断



脱穀

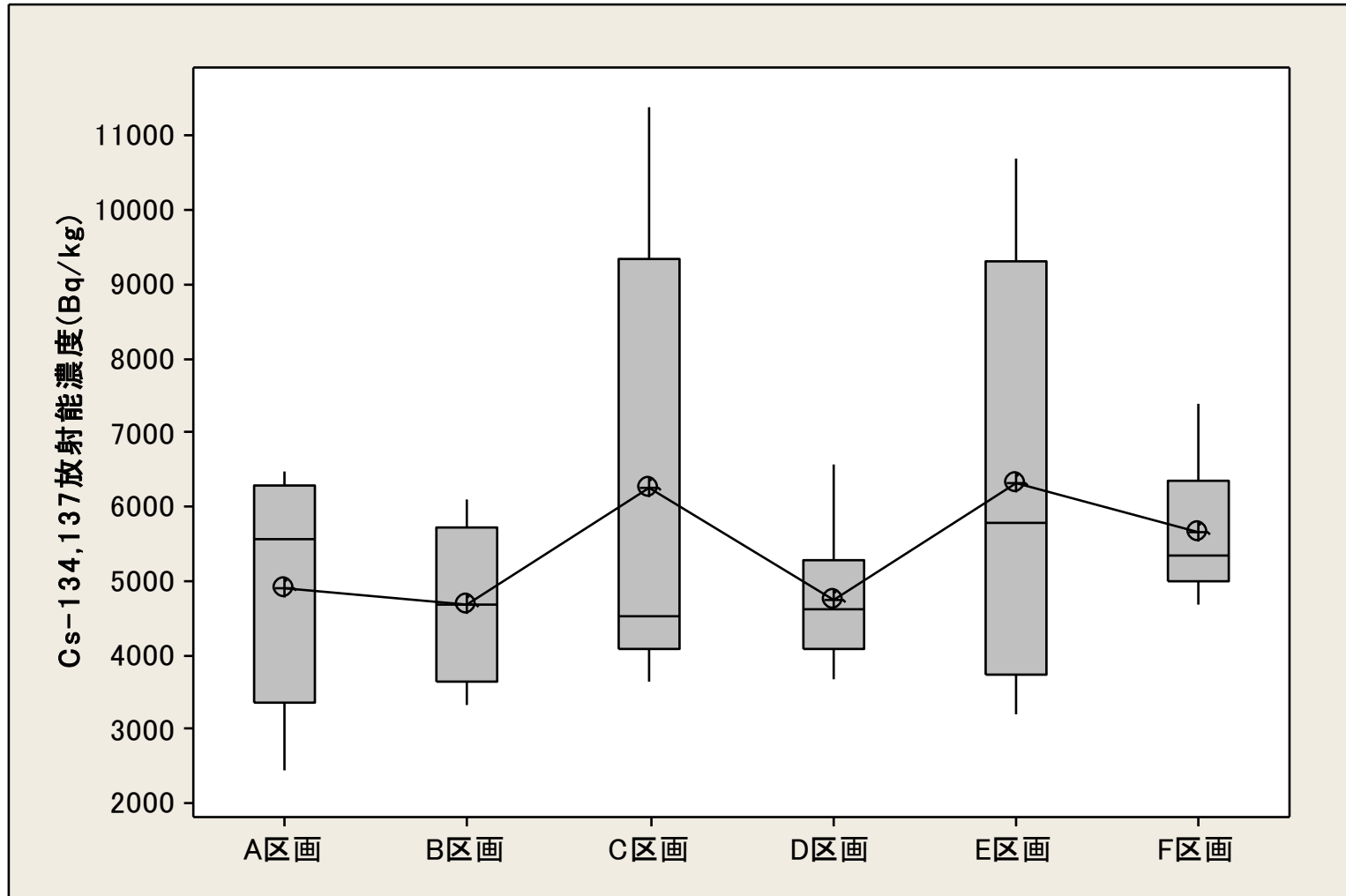


篩分



土壌試料のCs濃度分布

(a) 5/16 耕起後採取試料



- ・放射能測定における測定誤差
- ・サンプリングにおけるばらつき

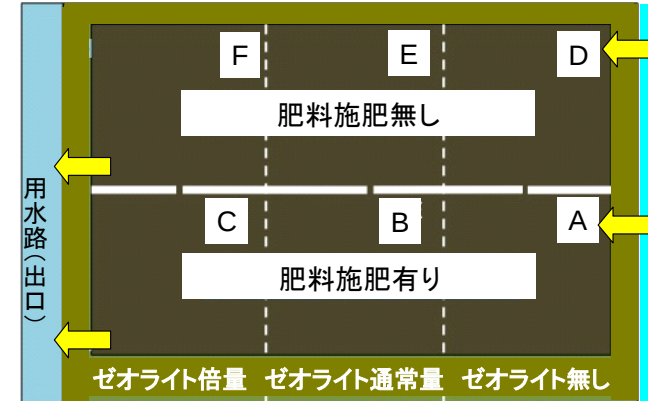


放射能の評価と理解

試験田区分と回収玄米

ゼオライト 無し ゼオライト 規定量 ゼオライト 規定倍量

試料	くず米発生率 [%]
A	3.5
B	5.5
C	5.7
D	5.7
E	5.7
F	7.5



施肥
有り



施肥
無し



回収した玄米の一部

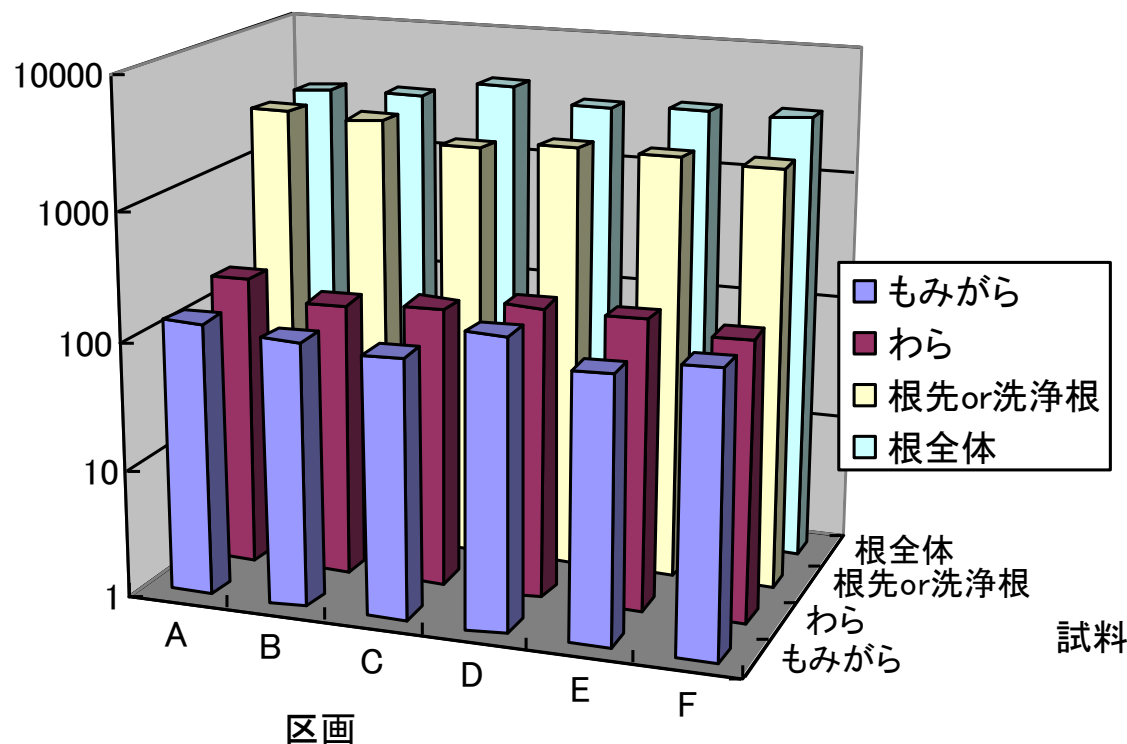


・カリウム施肥によるくず米発生抑制効果

回収した稲の各部の放射性Cs濃度

稲の放射性Cs濃度(Bq/kg)

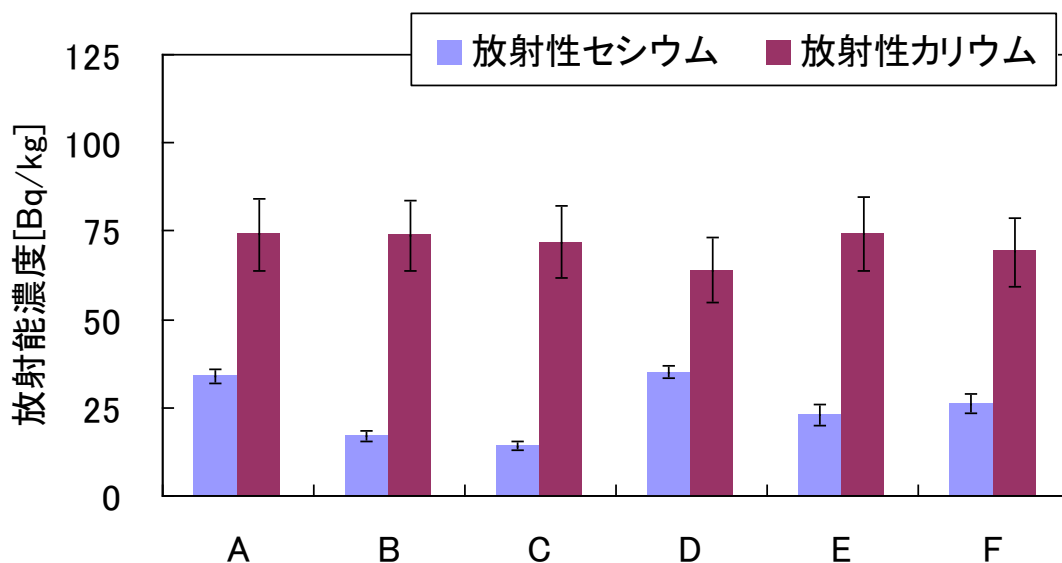
区画	施肥	ゼオライト	もみがら	わら	根先or洗浄根	根全体
A	有り	無し	137	189	2844	3037
B	有り	規定量	117	141	2667	3133
C	有り	規定倍量	105	156	1836	4200
D	無し	無し	185	187	2090	3115
E	無し	規定量	115	180	2013	3316
F	無し	規定倍量	153	152	1878	3258



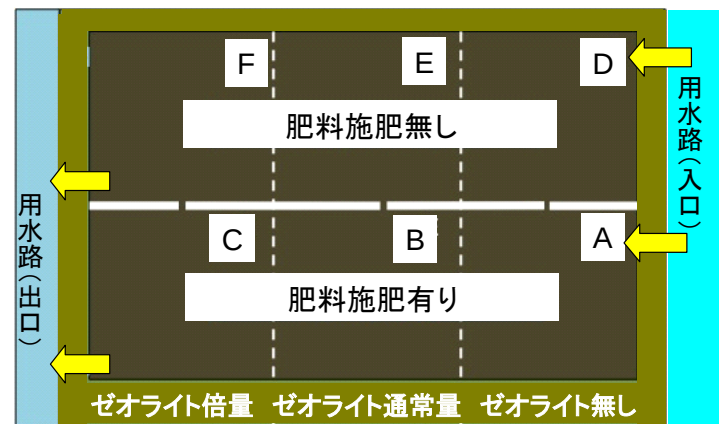
・わら、もみがらへの放射性Csの移行率は1～2%程度

玄米および精米中の放射性Cs濃度とK-40濃度の比較

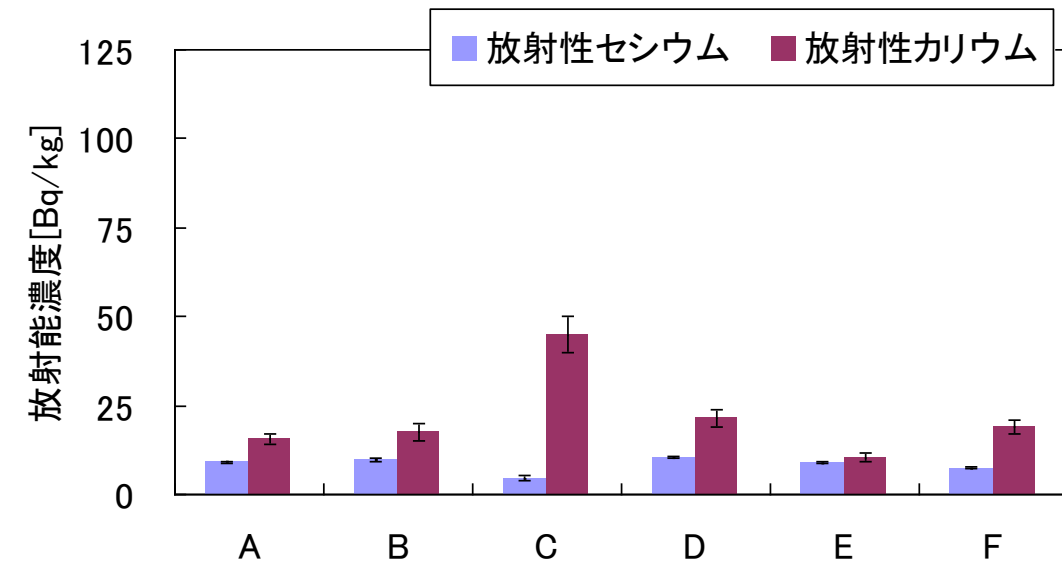
玄米



エラーバーは放射線計測による誤差



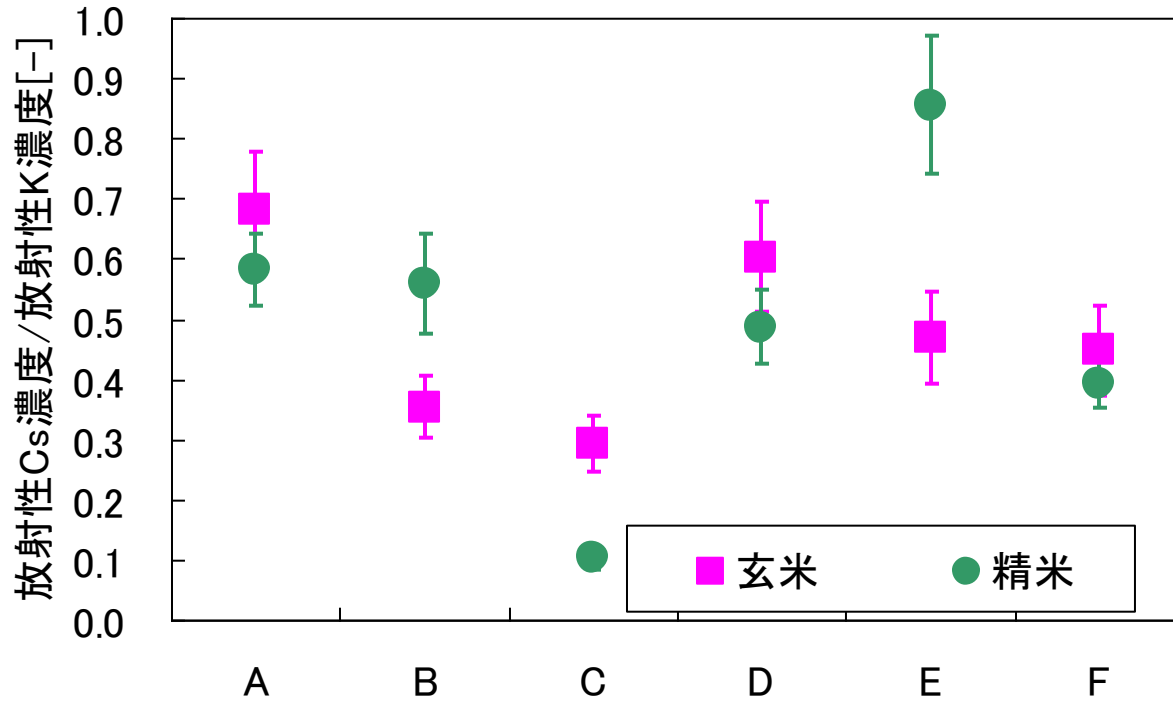
精米



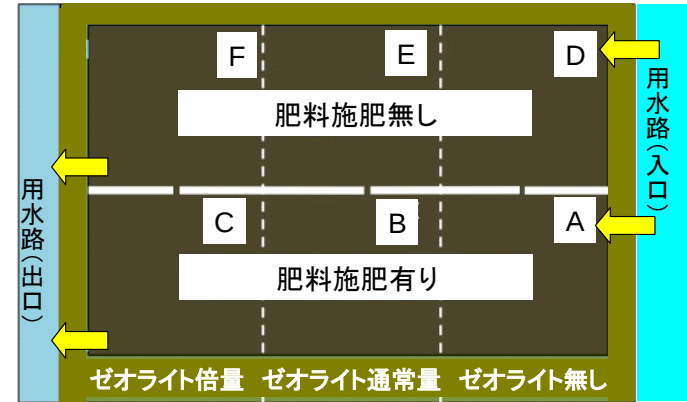
・玄米、精米ともに食品基準値 (100Bq/kg)より低い値

・施肥によりやや放射性Cs濃度が低い傾向

玄米および精米中の放射性セシウムおよびK-40濃度比

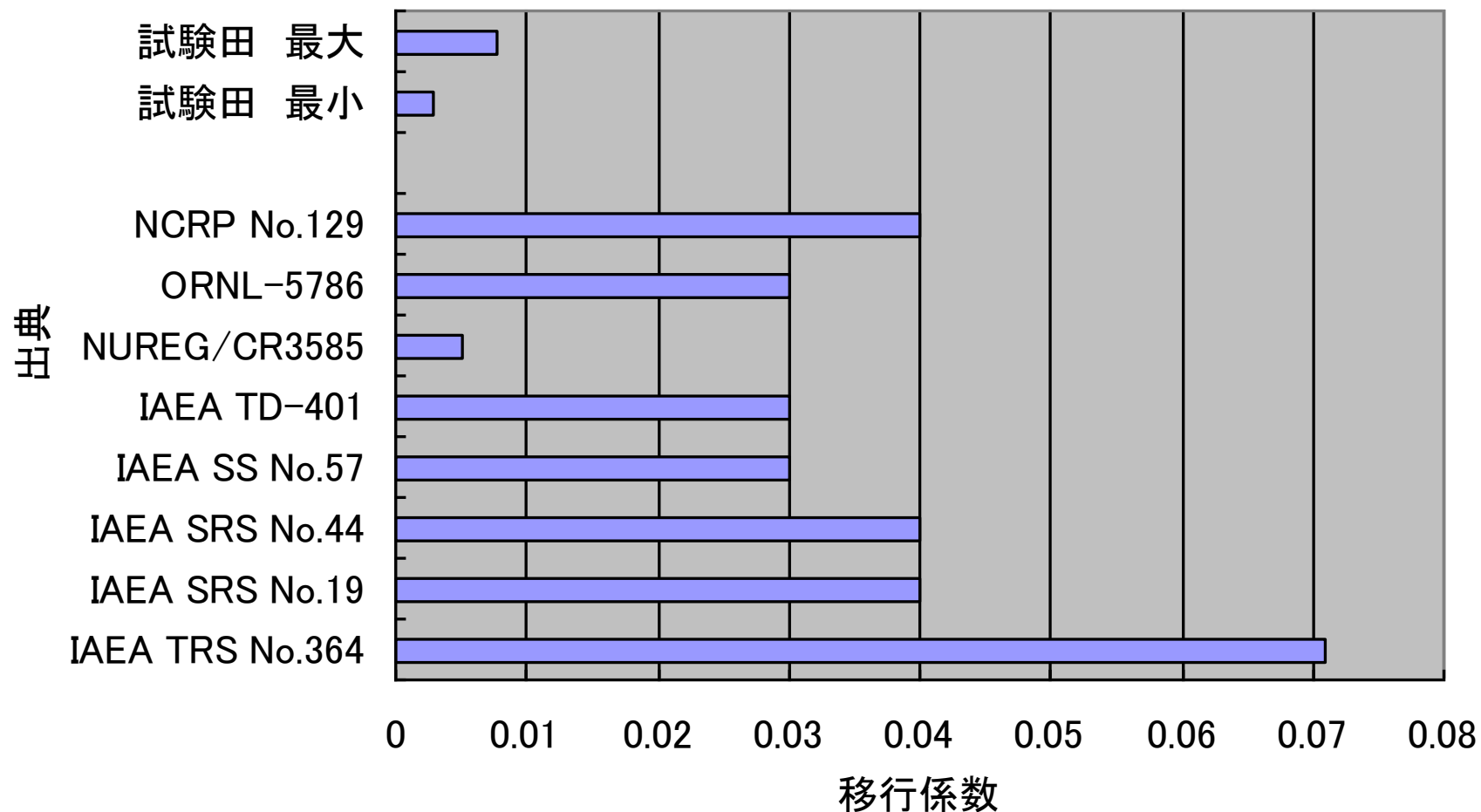


玄米と精米の放射性CsとK-40の濃度比率



- ・精米および玄米ともにセシウムの移行率はカリウムよりも小さい。
- ・ゼオライト散布でセシウム移行の放射性セシウム濃度の絶対値は同程度
- ・施肥がある条件で若干差が見られているかという程度

土壌から玄米への放射性セシウム移行係数の比較



玄米への移行係数は、非常に小さく、海外での設定値よりも小さな値を示している。

H25年度水耕栽培試験

試験田・・・水田を4区画に区分



1) 肥量添加方法

元肥：耕作時にゼオライトと共に添加

追肥：田植時に添加

2) 評価項目

・C区画 vs. D区画

:Cs移行抑制に対する追肥の効果

・A、B、C区画

:Cs移行抑制に対するゼオライト添加の効果

測定項目

試料：土壤中Cs(-134, Cs-137)濃度(処置前、収穫後)

イネ中Cs濃度(収穫後)、玄米Cs濃度(脱穀後)

水稻栽培作業と試験手順

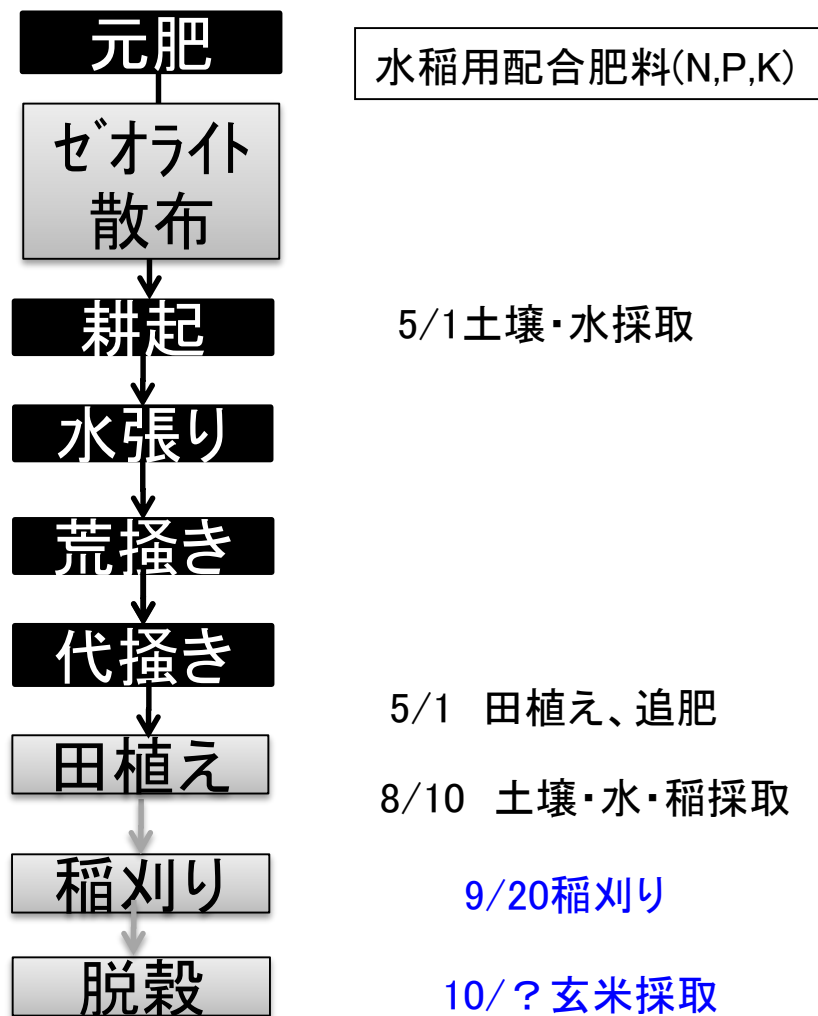
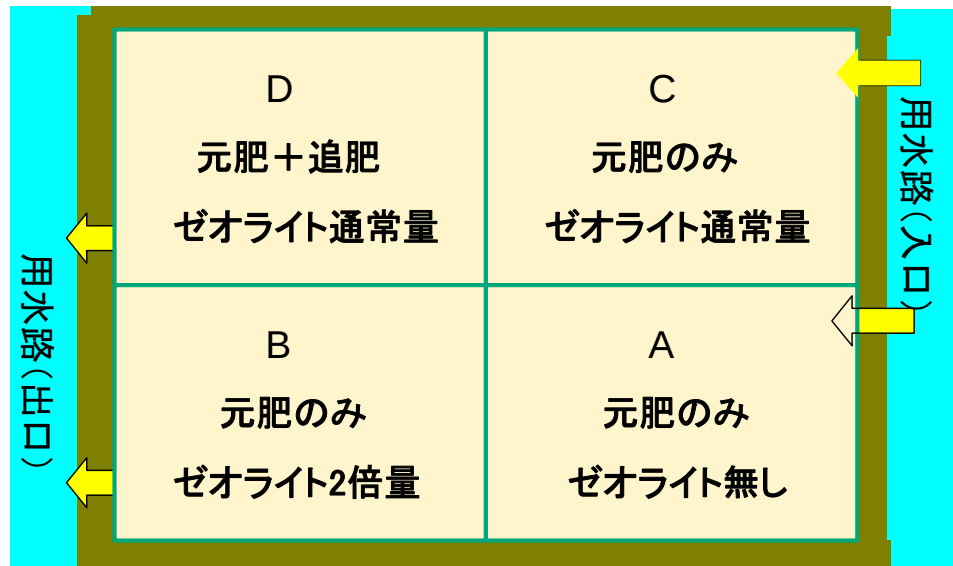


写真1 田植後の試料採取



写真2 イノシシ対策

平成25年度の各区画のくず米発生率と稲の放射性Cs濃度

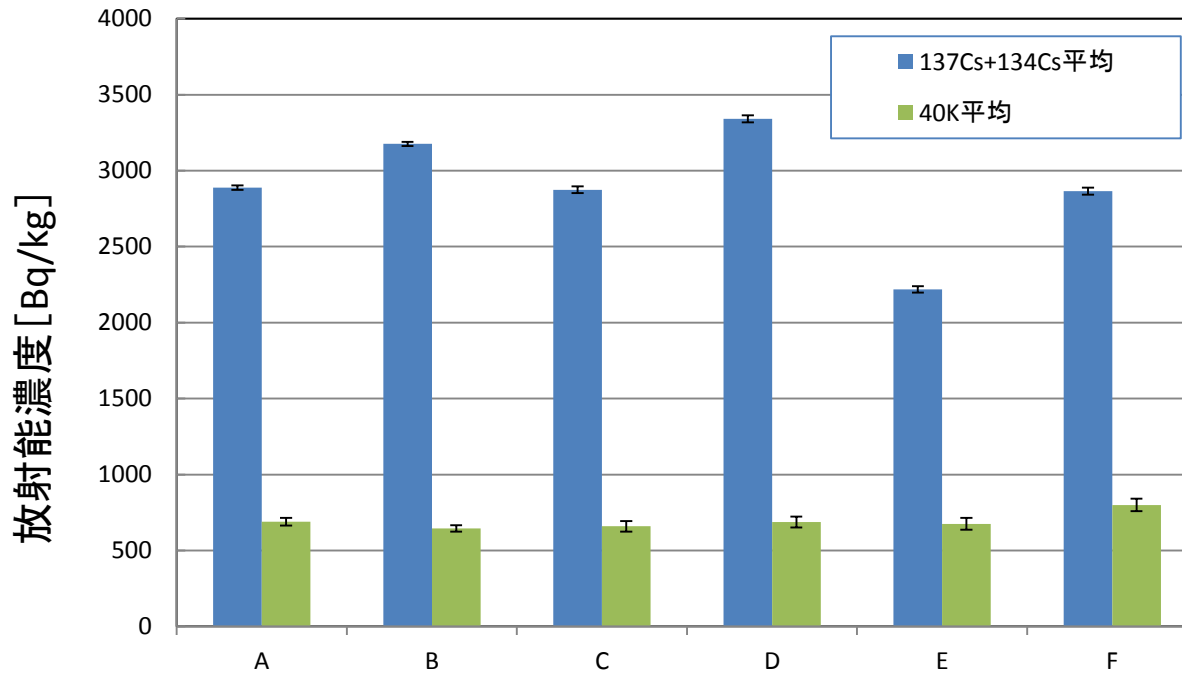


試料	くず米発生率 [%]
A	1.5
B	1.6
C	1.7
D	1.8

稲の放射性Cs濃度 (Bq/kg)					
	施肥	ゼオライト	もみがら	わら	洗浄根
A	元肥	無し	58-100	94-140	500-1900
B	元肥	2倍量	59-250	0-70	710-1700
C	元肥	有り	0-84	84-190	480-1900
D	元肥+追肥	有り	71-100	140-200	700-1500

くず米発生率は今年度は激減。昨年度とほぼ同一条件のA区画でも半分以下
 わら、もみがらへの放射性セシウムの移行率は昨年度と同様1～2%程度

平成26年度試験結果



採取場所

表 平成26年度稲のCs放射能 (Bq/kg)

	土壌	根	ワラ	穂
Cs(Total)	4039	420	10	36

昨年までの圃場

0.5 μ Sv/h
50cm高さ

B-2	A-2
B-1	A-1
D-2	C-2
D-1	C-1

上流

0.6 μ Sv/h

0.68 μ Sv/h

E-1	E-2	E-3
F-1	F-2	F-3

上流

0.72 μ Sv/h

- ・土壌、稲におけるCs放射能は減少の傾向
- ・乾燥中に猪に食べられ、玄米以降は評価難



稲わらの加熱処理における放射性Csの挙動

H24年度環境省除染実証事業(東北大多元研)

Cs-137添
加稲わら



加熱処理

600℃

800℃

3時間

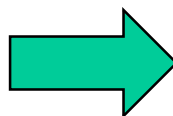


写真1 加熱前後試料外観

加熱温度	600℃	800℃
重量減少率(%)	-87.4	-90.1
放射能濃縮度	7.05(¹³⁷ Cs)/ 9.45(¹³⁴ Cs)	10.1(¹³⁷ Cs)/ 9.07(¹³⁴ Cs)
Cs残存率(%)	88.4(¹³⁷ Cs)/ 106(¹³⁴ Cs)	99.6(¹³⁷ Cs)/ 89.7(¹³⁴ Cs)

- ・放射能測定からは加熱処理においてCsは揮発していない。
- ・実証試験に先立つ放射性Csに関する知見と情報の共有

まとめ

環境修復活動への取り組み

- ・放射性Csの挙動評価と実証試験の必要性
- ・水耕栽培作業の手順と理解
- ・水耕作業の実施とサンプリングによる評価
- ・低温燃焼による減容化効果の実証

環境修復活動における課題

- ・放射能測定と汚染評価、除染評価方法の検討
- ・除染効果の評価と過剰対策の抑制
- ・情報の共有と地元とのコミュニケーションの重要性



- ・持続性のある活動と支援体制
- ・地元の負担を低減する対応
- ・情報の共有と相互理解