

試験研究連携プロジェクトの概要

農業の早期復興に向けた試験研究機関連携プロジェクトの概要

1. 目的

東日本大震災により、沿岸地帯の農業は多大な被害を被ったことから、農地・施設等の物理的な復興はもとより、被災地農業者の生産意欲の回復のためにも、早急な農業復興対策の提示・実施が必要であった。また、被害実態は地域や地形等により多様であり、その復興に要する期間・手法も大きく異なることが予想された。

そこで、早急に被災農地の営農再開への道を示すため、被災農地における土壌の実態調査と作物の耐塩性に対する基礎データを整理するとともに、早期復興に向けた試験研究に取り組むことが必要である。また、現地実証圃の運営等により現地への情報発信を早急に行い、地域農業者の再生産への意欲向上を支援することが必要である。

2. 実施期間

平成23年度～平成25年度

3. 実施研究機関

宮城県農業・園芸総合研究所，宮城県古川農業試験場

4. 連携研究機関

東北大学，理化学研究所，農研機構 作物研究所，農研機構 東北農業研究センター，山形農業総合研究センター

5. 試験研究課題の概要

- 1) 大規模な復旧・除塩事業が速やかに実施され、早急な営農再開ができるよう、海水流入農地および汚泥等堆積物の塩分含量等の分布状況，農業用水・地下水の水質の変化を調査する。
- 2) 農地の立地条件や被害程度により、除塩達成に年数を要する地域での営農再開に向けて、各種作物の耐塩性の評価および耐塩性の高い作物の検索・選定，塩害を回避しうる技術の開発を実施する。
- 3) 被災地域における生産施設や機械等の整備が急務となっており、当面の園芸の復興を期すために、想定される塩害等を回避しながら、低コストで取り組める簡易栽培等の隔離床栽培技術や特色のある新たな作物生産技術の開発を行う。
- 4) 被災地域の農業者や経営体の被害実態調査，今後の営農に関する意向等について調査を行う。
- 5) 県内農地における放射性物質の汚染状況を早急に調査するとともに，農作物への放射性物質の吸収移行状況を調査し，生産過程における放射性物質の動態を把握する。

6 試験研究課題の構成

1) 海水流入農地の実態把握と早期改善

- (1) 海水流入農地土壌の広域調査
- (2) 園芸土壌調査
- (3) 塩素濃度等の簡易分析法の検討
- (4) 除塩方法の効果確認試験
- (5) 地下水の塩害対策（用水確保）

2) 被災水田の実態調査と作付対策

- (1) 各種緊急調査を基にした圃場条件による効率的な除塩方法
- (2) 土壌塩分濃度が作物生育に及ぼす影響評価
- (3) 津波堆積物窒素の評価と水稻施肥管理技術の確立
- (4) 水稻除塩作業時における石灰質資材施用の評価
- (5) 除塩圃場における土壌塩分濃度と作物生育への影響
- (6) 被災水田における病害虫・雑草の発生状況調査
- (7) 被災水田における水稻の生育状況
- (8) 塩分濃度による直播栽培への影響

3) 耐塩性作物による早期経営改善対策

- (1) 県水稻奨励品種の耐塩性評価と耐塩性水稻品種の開発
- (2) 耐塩性転作作物の検証
- (3) 塩分が及ぼす園芸作物への影響把握
- (4) 海水流入土壌における園芸作物の反応
- (5) 耕種的方法による生育改善効果の確認
- (6) 現地試験における除塩処理後の施肥方法の検討と生育確認

4) 現場に適した技術開発による産地の復興支援

- (1) 産地復興に向けた新たな技術等の開発
- (2) ハマボウフウの地域特産化に向けた安定生産技術の確立

5) 農業経営の実態調査と地域農業再生対策

- (1) 被害地域における農業経営体の実態調査
- (2) 作物導入等に係る経営試算

6) 県内農耕地における放射性物質の動態把握と農作物への吸収抑制対策の確立

- (1) 空間線量低減技術の確立
- (2) 農産物の放射性物質吸収抑制技術の確立
- (3) 土地利用型作物の放射性物質の吸収抑制技術の検討

農業の復興に向けた技術情報

津波被災農地における土壌調査(園芸)

宮城県農業・園芸総合研究所

1 背景と目的

東日本大震災により発生した津波によって海水が農地に流入した。農地復旧と作付け誘導を効率的に実施するためには被災農地の土壌の実態を経時的に把握する必要がある。津波被災後の継続的な土壌調査を、園芸農地対象に3年間実施し、有用な知見が得られた。

2 技術情報

- 1) 震災直後において、表層から10cm深の土壌の化学性は、中央値でpHは6.4、ECは1.7 dS/m、塩素(Cl)は231mg/100g風乾土、ナトリウム(Na)は173mg/100g風乾土である(表1)。
- 2) 施設園芸畑では、除塩後の栽培再開によってClとNaは低下し続けており、平成25年10~12月においては、Clは中央値で20 mg/100g風乾土、Naは45 mg/100g風乾土である(図1)。
- 3) 露地園芸畑では、降雨の影響によってClは速やかに低下し、Naは徐々に低下した。平成25年10~12月においては、中央値でClは1 mg/100g風乾土、Naは58 mg/100g風乾土である(図2)。
- 4) 施設園芸畑では、栽培前にClとNaが表層に集積する場合があるが、栽培開始に伴いかん水を開始すると濃度は低下する(図3)。しかし、通路などかん水の行われない箇所や、栽培終了後にかん水を停止すると、土壌表層にClとNaが集積する(図4)。
- 5) 施設園芸畑の被災土壌に客土した場合、客土後1年以内において被災土壌下層から客土表層へのCl、Naの上昇は見られない(図5)。

3 活用に当たっての注意点

- 1) 土壌の採取は、津波被害を受けた県内の施設園芸畑又は露地園芸畑において平成23年5月から平成25年12月まで行った。土壌試料は、津波による堆積土砂を除いた後、深度10cm毎に分けて採取した。調査期間中において、施設畑では平成23年10月以降に調査地点の全てで栽培が行われたが、露地畑では栽培が行われていない地点が含まれる。
- 2) Clは、土壌試料10 gに対し蒸留水50 mlで抽出し、イオンクロマトグラフィーで測定した。Naは、土壌試料5 gに対し1 N-酢酸アンモニウム水溶液100 mlで抽出し、原子吸光光度計によって測定した。
- 3) 本報告におけるNaの値をNa₂Oに換算する場合、次の計算式によって求める。【式：(Na₂Oの値) = (Naの値)×1.347】
- 4) 施設畑では地下水、雨水、水道水によって、露地畑では降雨により除塩が行われた。また、堆積土砂は可能な限り除去したが、堆積厚が薄い場合は土壌と混和された。調査地点において平成23年中に除塩資材として石コウおよそ150~200 kg/10a程度を施用した地点が含まれる。
- 5) 施設畑においてClとNaは表層に集積する場合があるため、とくに栽培前にはECの低い水で十分にかん水した後、栽培を開始する。また、栽培期間中も十分なかん水を行い、土壌表層を乾燥させない様に努める。

(問い合わせ先：宮城県農業・園芸総合研究所 園芸環境部 電話022-383-8133)

4 参考データ等

表1 平成23年5-6月の被災園芸農地における土壌化学性

土壌深度	pH (H ₂ O)			EC (dS/m)			Cl (mg/100g 風乾土)			Na (mg/100g 風乾土)		
	中央値	最大	最小	中央値	最大	最小	中央値	最大	最小	中央値	最大	最小
0-10 cm	6.4	8.0	4.8	1.7	5.0	0.2	231	897	1	173	534	27
10-20 cm	6.3	8.2	4.9	1.3	4.0	0.2	176	747	2	126	510	15
20-30 cm	6.2	8.0	4.5	1.0	3.6	0.1	129	533	4	101	454	12

注) 仙台市, 石巻市, 東松島市, 名取市, 岩沼市, 亶理町, 山元町より施設園芸畑及び露地園芸畑における計68地点の調査結果。堆積土砂は除く。

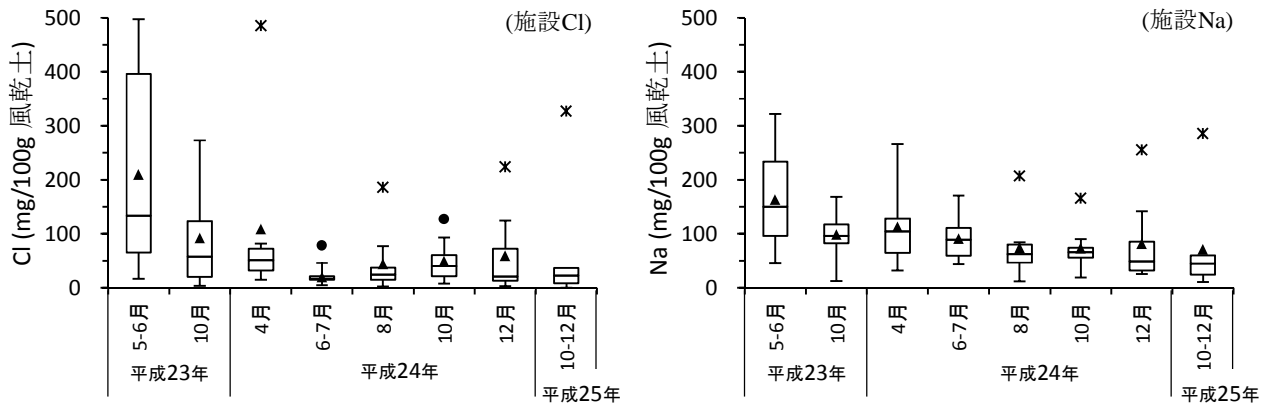


図1 施設畑におけるCl, Naの推移 (平成23年5月～平成25年12月)

注) 表層から10cm深の値。石巻市2地点, 東松島市3地点, 亶理町3地点の定点的な調査結果。埴壤土1, 砂質埴壤土1, 粗砂壤土3, 壤質粗砂土1, 粗砂土2地点。

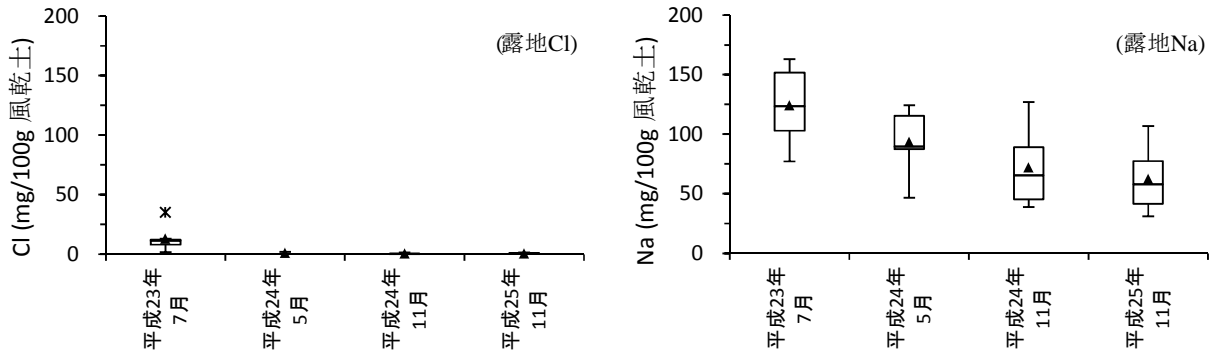
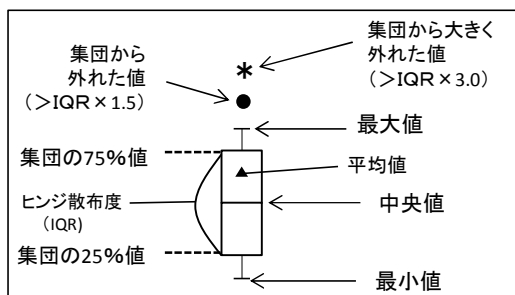


図2 露地畑におけるCl, Naの推移 (平成23年7月～平成25年11月)

注) 表層から10cm深の値。仙台市6地点の定点的な調査結果, すべて砂質埴壤土6地点。



(参考1) 箱ひげ図の見方

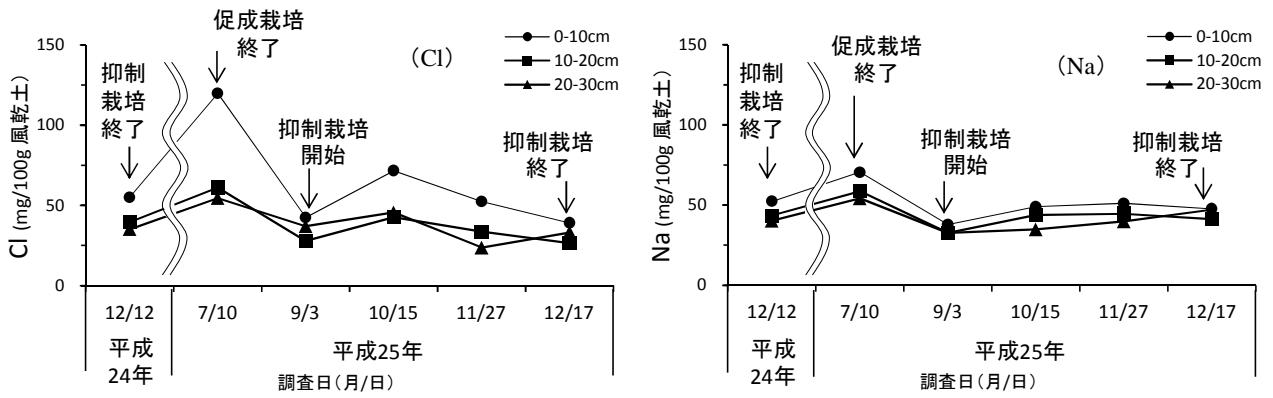


図3 キュウリ施設栽培におけるCl, Naの推移（平成24年12月～平成25年12月）

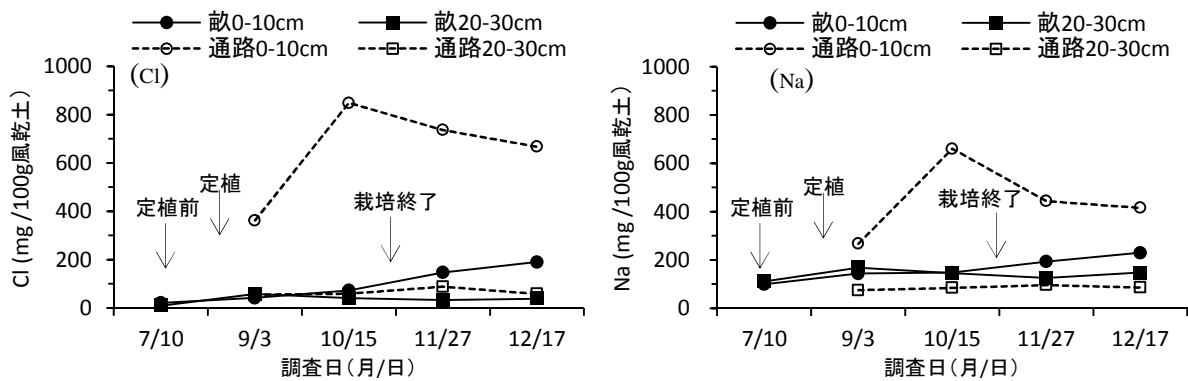


図4 かん水が行われない箇所へのCl, Na塩類集積事例（平成25年7月～12月）

注）施設畑におけるキュウリ抑制栽培，8月23日定植，9月11日出荷開始，11月4日出荷終了。

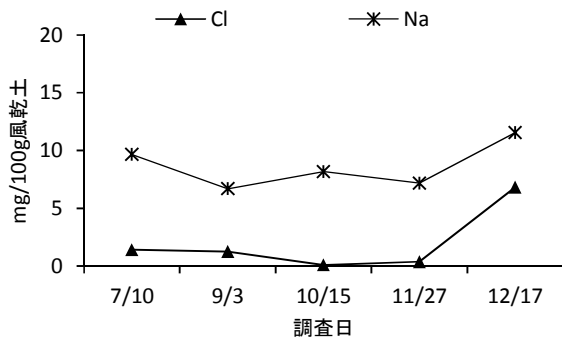


図5 客土後の施設圃場におけるCl, Naの推移（平成25年7～12月）

注），平成24年5月～12月にかけて客土，平成25年6月ハウス建設終了，同年8月21日キュウリ定植，12月5日出荷終了。

(参考2) 図3～5における地点の概要

調査地点	作付再開	用水の種類	除塩の有無	聞き取りおよび遠観による圃場状況
図3	平成23年	地下水+水道	石灰資材散布及びかん水除塩	海水と少量の土砂が流入。土砂は混和。その後、かん水に用いる地下水の塩水化によって取量が激減。平成25年から定植後数週間は水道水を使用し、その後地下水を使用したところ、平成25年1月～6月の促成栽培では塩害症状は沈静化した。8月21日定植。震災前と栽培面積は変わらない。
図4	平成25年	水道	かん水除塩	ハウス内にながれき及び土砂が流入。土砂は混和。平成25年まで作付けせず。津波被災によってハウス一棟が損壊する等、栽培面積が減少。前作(平成25年促成作栽培)は葉脈間に白斑が生じ、側枝が出ない等の塩害と思われる症状が見られた。栽培終期にはかん水量を減らしていた。平成25年8月23日定植。
図5	平成25年	水道	客土のため除塩無し	ハウス内にながれき及び土砂が流入。被災土壌の上におよそ50cm程度の客土をし、鉄骨ハウスを新設。平成25年の抑制作から作付け開始。8月21日定植。



(参考3) 図4の圃場における塩害を受けたと思われるキュウリ葉(平成25年10月15日撮影)

(参考4) 図4の圃場におけるキュウリ葉柄汁液成分

	陰イオン(ppm)				陽イオン(ppm)				
	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
塩害症状 なし	9845	2882	1210	761	155	13	7716	1089	996
塩害症状 あり	15637	108	741	116	123	11	4838	1587	2108

平成25年10月15日サンプリング、成分はイオンクロマトグラフによって測定。塩害症状は、同株内において白斑の有無で判断した。

海水流入土壌における塩素等の簡易分析法

農業・園芸総合研究所

1 背景と目的

海水流入土壌の除塩の指標と各作物の塩害耐性の指標は、塩分（塩化ナトリウム）濃度および塩素濃度で示されている。土壌の塩素濃度はECと相関が高いことが報告されているが（熊本県，香川県），通常の分析は煩雑であり時間を要することから簡易に測定可能な手法について検討したところ，精密分析法に比して実用的であると考えられた。

2 技術情報

- 1) 土壌中塩素濃度について，機器等を用いない簡易な手法として，検知管やカンタブを用いた簡易分析値と，イオンクロマトグラフによる精密分析値には高い相関がある（図1～4）。手振とう20秒程度で十分な測定値が得られる（表1）。
- 2) コンパクトイオンメーター（RQフレックス）による塩化物イオンの簡易分析値と，精密分析値には高い相関がある（図5）。
- 3) ナトリウムイオン濃度について，コンパクトナトリウムイオンメーター（カーディ）による簡易分析値と精密分析値には高い相関がある（図6）。
- 4) 土壌のEC値と抽出液中塩化物イオン濃度には高い相関があり，EC値から土壌中塩素濃度を推定可能である。除塩・作付等の状況により推定式は異なる（図7～8）。

ア) 除塩・作付け前： $Cl^{-}(\text{mg}/100\text{ g})=174\times EC(\text{mS}/\text{cm})-41$ ($R^2=0.940$, $n=225$)

イ) 除塩・作付け後： $Cl^{-}(\text{mg}/100\text{ g})=106\times EC(\text{mS}/\text{cm})-10$ ($R^2=0.771$, $n=165$)

3 活用に当たっての注意点

- 1) 本普及技術のうち，検知管やカンタブを用いた分析法の適用場面については，除塩程度の推定等，塩素濃度を直接測定したい場合が想定される。ほ場1筆単位でも，高価な装置を購入する必要がなく，短時間で，未経験者でも測定が可能である。
- 2) RQフレックスやカーディを用いた分析法については，普及センター等，機器の備付けがある場合に有効である。
- 3) 除塩前，作付を行う前は，EC値からの塩素濃度推定式が活用できる。除塩の進行に従い相関が下がってくるため，本普及技術のうち検知管，カンタブを用いた分析法が有効となる。
- 4) 本普及技術のうち，検知管，カンタブを用いた分析法の流れは以下の通りである。
 - ①抽出：土 10gと水 50mL をふた付き容器に入れ，手で振り，静置する。
 - ②測定：検知管あるいはカンタブで測定する。
 - ③土壌中濃度の求め方は次の通りである。

・土壌塩分検知管	土壌中塩素濃度 = 読み値(直読)
・カンタブ	土壌中塩素濃度 = 読み値 → 換算値 × 5
・RQフレックス	土壌中塩素濃度 = 測定値 × 希釈率 × 0.5

- 5) ナトリウムについては水溶性ナトリウム濃度のみ測定可能である。
土壌中水溶性ナトリウム濃度 (mg/100g) = 測定値 × 0.5 × 1.35

連続測定の際は、10～20点を目安に標準液により校正する。
校正しても数値がぶれる場合は、電極の反応が低下しているためセンサー部を交換する。

- 6) 本普及技術において測定に用いた機材は、次のとおりである。

- ・検知管 : 商品名 : 北川式土壌塩分濃度検知管
製造元 : 光明理化学工業株式会社
価格 : 10本入 2,200円 (220円/本 : 定価)
- ・カンタブ : 商品名 : カンタブ
製造元 : 太平洋マテリアル株式会社
価格 : 3本組 12パック入 10,500円 (875円/パック : 定価)
- ・RQフレックス : 商品名 : RQフレックス™ プラス 10(反射式光度計)
リフレクトクアント®
製造元 : MERCK株式会社
価格 : 122,300円 (希望販売価格)
- ・カーディ : 商品名 : コンパクトナトリウムイオンメータ<カーディ> C-122形
製造元 : 株式会社堀場製作所(HORIBA)
価格 : 33,600円 (希望販売価格)

(問い合わせ先: 農業・園芸総合研究所園芸環境部 電話022-383-8133)

4 参考データ等



図 1-1 製品

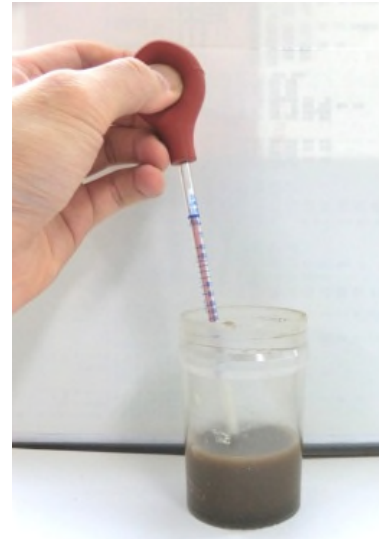


図 1-2 測定中



図 1-3 測定例
(左 : 0.01%,
中 : 0.06%,
右 : 0.12%)

[使い方]

- ① 検知管の両端をカットする
- ② 上部に付属のゴム球をつける
- ③ 抽出液を吸い上げる
- ④ 変色域の境目の数値を読む
(土壤中塩素濃度) = 読み値 (直読)

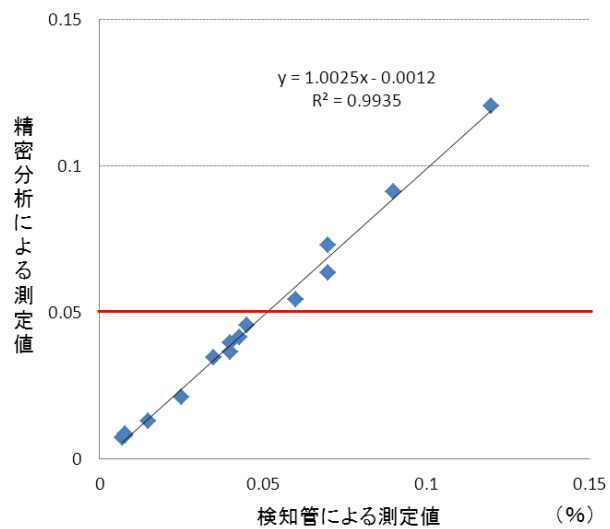


図 2 土壤中塩素検知管による塩素濃度
簡易分析/精密分析値の比較

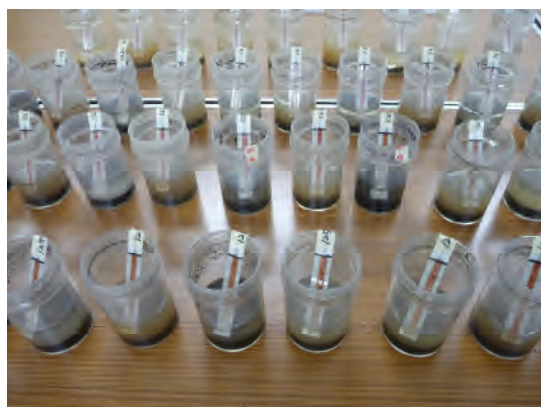


図 3-1 製品（内袋から取りだしたところ） 図 3-2 多検体の測定

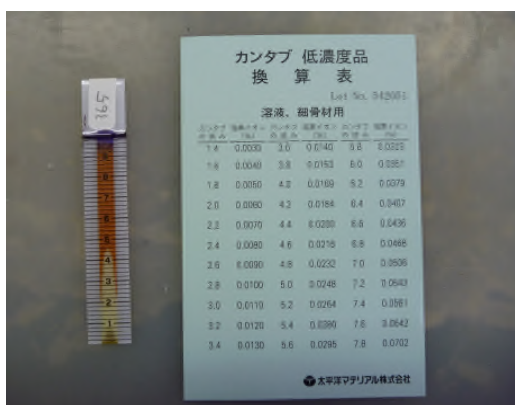


図 3-3 測定例と換算表

[使い方]

- ① 下端が抽出液につかるように容器の縁にテープで留める。
土に刺さらないように注意する。
- ②黄色い部分が青くなったら変色域を読む
- ③換算表から土壌中濃度を求める
土壌中塩素濃度 = 読み値 → 換算値 × 5

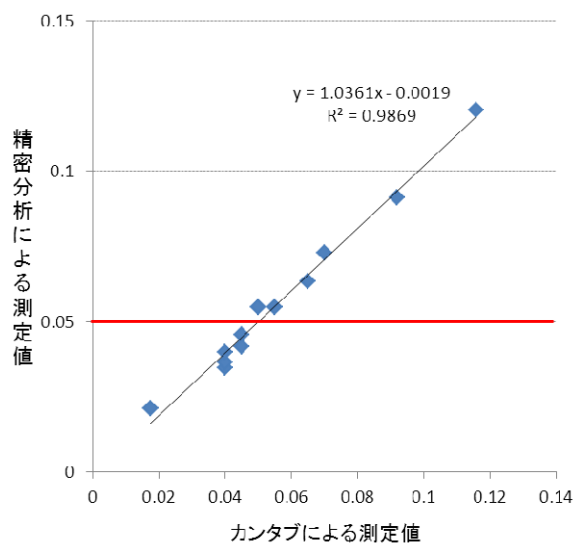


図 4 カンタブによる塩素濃度分析値 簡易分析/精密分析値の比較

表 1 振とう時間（手振とう）と測定値

振とう時間 (秒)	10	20	30	40	50	60
測定値 (%)	0.105	0.110	0.110	0.115	0.110	0.115

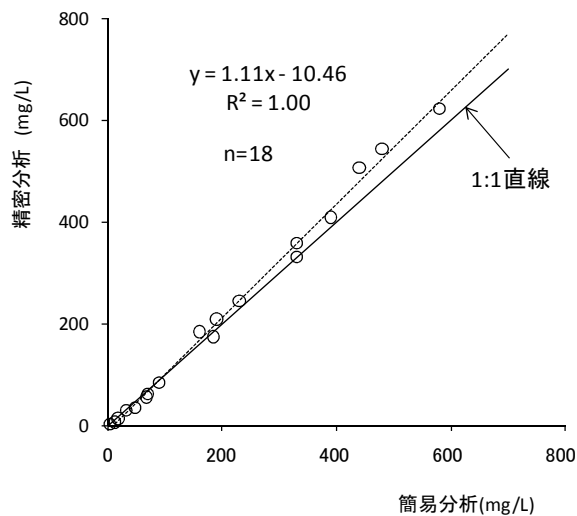


図5 RQフレックスプラスによる分析値の簡易分析／精密分析値の比較

[使い方]

1. バーコードにより、測定項目等を **RQ** フレックスプラスに記憶させる。
2. 抽出液に付属の試薬を添加し、専用セルに分注。
3. 専用セルを **RQ** フレックスにセットし、画面にデジタル表示された濃度を読み取る。

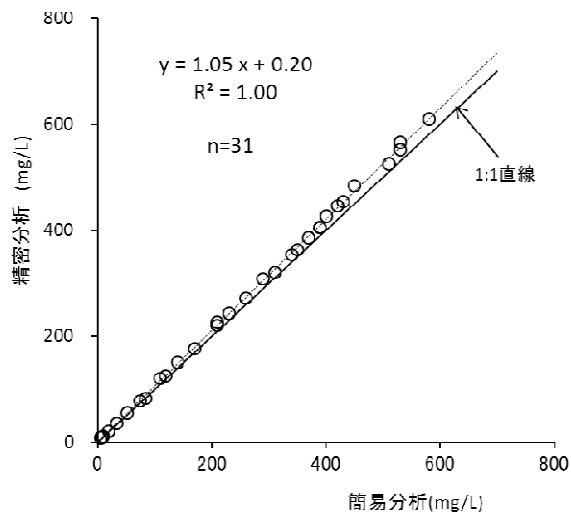


図6 Na カーディによる水溶性ナトリウム濃度分析値の簡易分析／精密分析値の比較

[使い方]

抽出液をセンサ部にのせ、数値を読み取る。

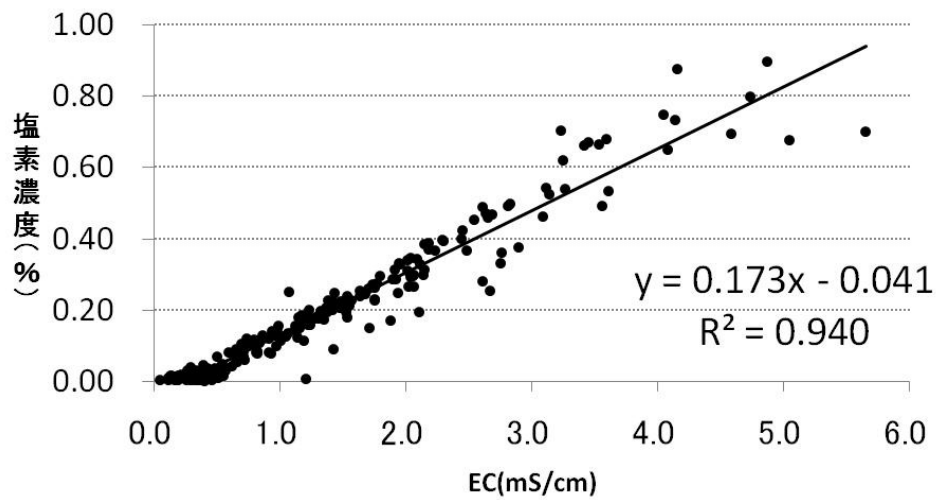


図7 ECと塩化物イオンとの相関（除塩・作付け前）

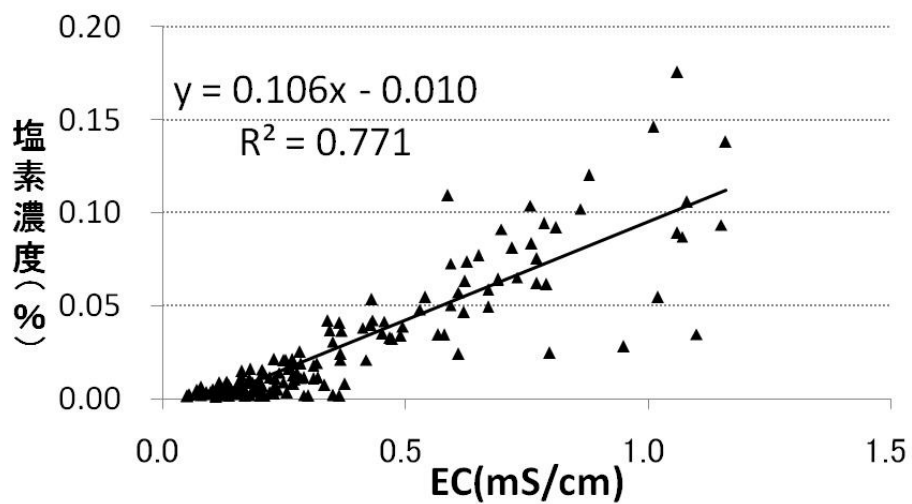


図8 ECと塩化物イオンとの相関（除塩・作付け後）

コンパクトイオンメーターを使ったカリウムとナトリウムの簡易分析法

農業・園芸総合研究所

1 背景と目的

カリウムは、作物にとって重要な要素であるとともに、土壌中の交換性カリが少ない土壌では放射性セシウムが吸収されやすいことが認められており、作付け前の交換性カリの測定が重要となっている。

また、海水流入農地においては、除塩を行って土壌ECが低下しても、交換性ナトリウムが残存している場合が見られ、除塩後の土壌状態の把握には土壌ECのみではなく、交換性ナトリウムを測定することが望ましい。

土壌中の交換性カリ及びナトリウムの分析は、従来法では高価な装置を必要とし分析に時間を要し煩雑であったが、新型のカリウム及びナトリウムのコンパクトイオンメーターを使うことで、実用的な精度での簡易測定が可能であることを明らかにした。

2 技術情報

1) 使用機材

コンパクトイオンメーター (HORIBA : LAQUAtwin) (K^+ : カリウムイオン)

コンパクトイオンメーター (HORIBA : LAQUAtwin) (Na^+ : ナトリウムイオン)

2) 分析方法

a 交換性カリ

抽出液は0.003M硫酸アンモニウム液を用いる。風乾土5gに抽出液50mlを加え(土:抽出液=1:10), 30分間振とう, 静置後, 懸濁液をコンパクトイオンメーターで測定する。

コンパクトイオンメーターの測定値(K^+ ppm)から交換性カリへの換算式は、以下のとおりである(図1)。

$$\text{交換性カリ (}K_2O\text{mg/100g)} = \text{測定値 (}K^+\text{ppm)} \times 4.58 - 3.27$$

b 交換性ナトリウム

風乾土5gに1N酢酸アンモニウム液100mlを加え(土:抽出液=1:20), 1時間振とうした後, No.6の濾紙でろ過し, ろ液をコンパクトイオンメーターで測定する。

校正は, 1N酢酸アンモニウム液を用いたナトリウム標準液(150, 2000ppm)を使用する。塩化ナトリウム5.084gを1N酢酸アンモニウム液1,000mlに溶かすと, Na濃度は2000ppmとなる。

コンパクトイオンメーターの測定値(Na^+ ppm)から交換性ナトリウムへの換算式は、以下のとおりである(図2)。

$$\text{交換性ナトリウム (}Na_2O\text{mg/100g)} = \text{測定値 (}Na^+\text{ppm)} \times 2.66 - 12.57$$

c 汁液診断 (ナトリウム)

海水添加により異なる塩分濃度を設定した土壌で栽培したキュウリ及びトマトの葉柄汁液中の Na^+ 濃度は, イオンクロマトグラフによる精密分析値と相関が高く測定可能である(図3)。

3 活用に当たっての留意事項

1) 交換性カリを測定する場合, K^+ 電極は NH_4^+ の影響を受け, 分析精度が低下するため, 抽出液には1N酢酸アンモニウム液ではなく, 0.003M硫酸アンモニウム液を用いる。

2) 交換性ナトリウム(1N酢酸アンモニウム抽出)を測定する場合, 付属の標準液で校正して測定すると正確な値が得られない場合があるため, 付属の標準液で校正は行わない。

3) センサーの初期設定は、1点検量モードであるため、2点検量モードに設定を変更する。

4) 機材の価格はいずれも38,000円程度である。

(問い合わせ先：農業・園芸総合研究所園芸環境部 電話022-383-8133)

4 参考データ等

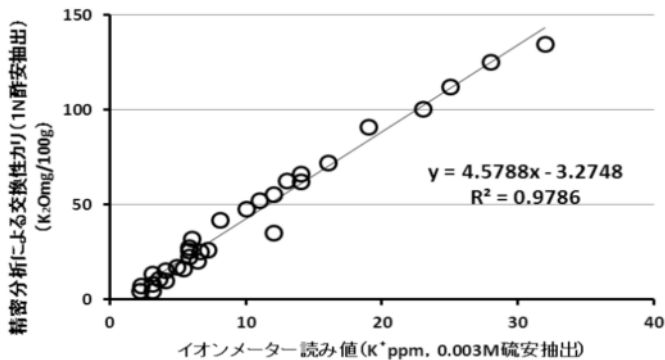


図1 カリウムイオンメーター読み値と交換性カリの相関

注1)

所内堆肥連用ほ場 (高カリ土壌)
津波被災農地客土 (低カリ土壌)
水田土壌 31点測定

注2)

精密分析は、従来法のショーレンベルガー法で抽出し、原子吸光で測定

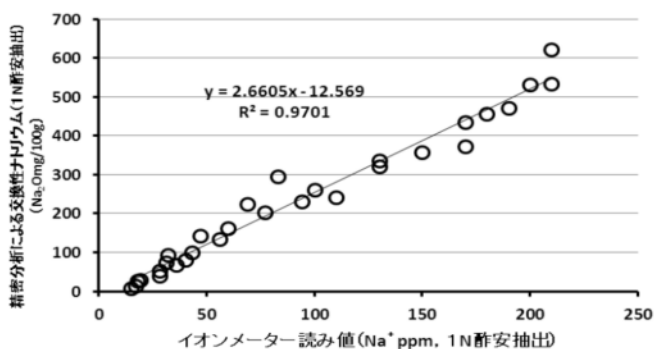


図2 ナトリウムイオンメーター読み値と交換性ナトリウムの相関

注1)

海水流入農地土壌 (砂土, 壤土, 埴土) 30点測定

注2)

精密分析は、従来法のショーレンベルガー法で抽出し、原子吸光で測定

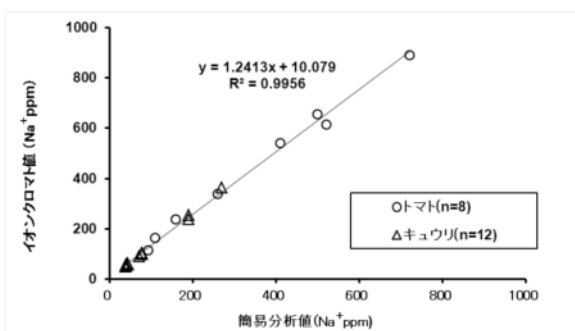


図3 汁液中のナトリウムイオン濃度の測定法の比較

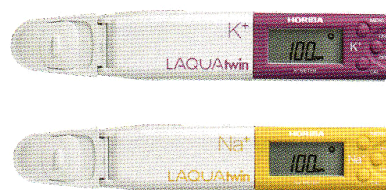


写真 コンパクトイオンメーター (K⁺測定用 (上), Na⁺測定用 (下))

除塩における石灰資材の交換性ナトリウム除去効果

農業・園芸総合研究所

1 背景と目的

塩害土壌の交換性ナトリウムの除去には石灰資材の施用が効果があるとされている。数種の石灰資材のうち石コウと転炉スラグの施用効果について、短期間における効果を検証した。

2 技術情報

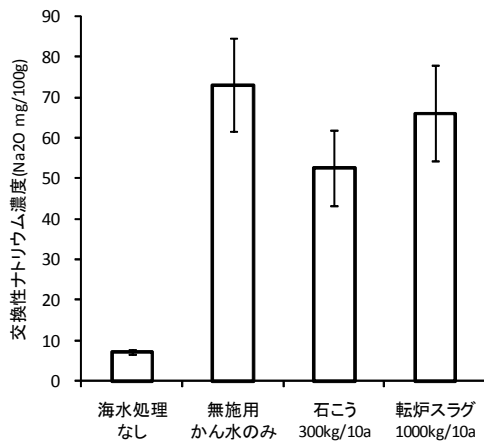
- 1) 埴土では石コウ300kg/10aの施用で交換性ナトリウムが減少する。転炉スラグ1000kg/10a施用では短期間の効果は期待できない(図1)。砂土では石コウ150kg/10a, 転炉スラグ500kg/10aの施用で交換性ナトリウムが減少する(図2)。
- 2) 砂土では海水の影響によりpHが大きく上昇し転炉スラグ施用でさらに高くなる。石コウはpHを上げる効果がある(図3)。埴土では石コウの施用でpHが低下し, 転炉スラグの施用でpHが上昇するが変動幅は小さい(図4)。
- 3) 埴土では海水の影響によりECが上昇し, 石コウと転炉スラグの施用でさらにECが上昇しやすい(図5)。砂土でも同様の傾向であるが, 上昇幅は埴土と比較して小さい(図6)。

3 活用に当たっての留意事項

- 1) 本試験では海水で飽和させて塩害土壌を造成している。供試土壌のCEC(me/100g)は埴土24, 砂土8である。
- 2) 資材名は, 石コウは「畑のカルシウム」, 転炉スラグは「てんろ副産石灰」である。
- 3) 土壌ECが高く水溶性ナトリウムが多い状態では石灰資材の効果が期待できない。本試験では埴土で250mm, 砂土で150mmのかん水により資材施用前の土壌ECを概ね0.5mS/cm以下としている。
- 4) 石灰資材で置換した交換性ナトリウムを除去するためのかん水量は, 砂土では100mmで十分だが, 埴土では100mm以上の水量が必要である。なお, 水量100mmは100L/m²に相当する。
- 5) 転炉スラグ施用において, 埴土で短期の交換性ナトリウム除去を期待するには1000kg/10a以上の量が必要であり, また, 砂土での大量施用はpHが上昇しやすく, いずれも栽培面での実証が必要である。
- 6) 本試験では施用7日後の効果をみている。転炉スラグは含有する水溶性カルシウムは石コウと比較し少ないが, 持続的に発現する特性があるため長期間のナトリウムの除去効果も評価する必要がある。
- 7) 除塩の効果は土壌の物理性にも影響される。除塩作業前には透水性を高める処理が望ましい。
- 8) 海水の影響により埴土, 砂土とも土壌中のカルシウムが減少する。特に砂土で減少の割合が高い。

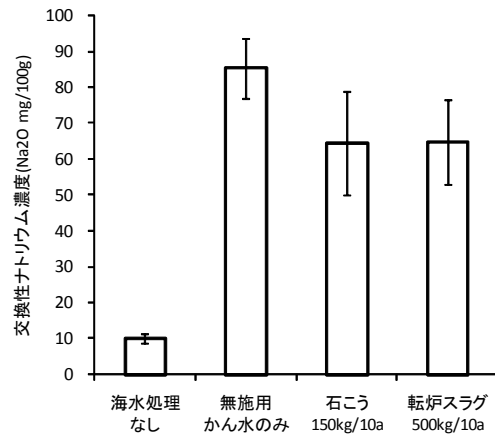
(問い合わせ先: 農業・園芸総合研究所園芸環境部 電話022-383-8133)

4 参考データ等



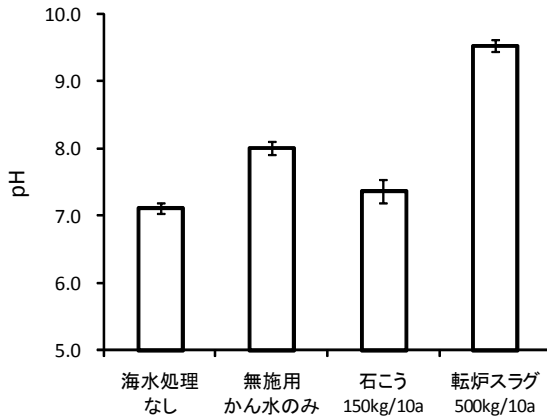
エラーバーは標準偏差を示す (n=5)

図1 各石灰資材の施用が除塩後の土壤中の交換性ナトリウム濃度に及ぼす影響 (埴土)



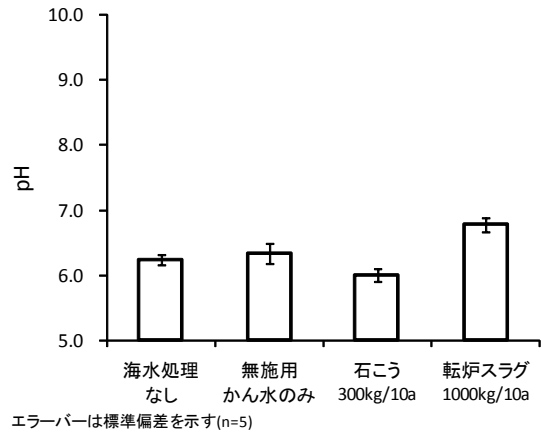
エラーバーは標準偏差を示す (n=5)

図2 各石灰資材の施用が除塩後の土壤中の交換性ナトリウム濃度に及ぼす影響 (砂土)



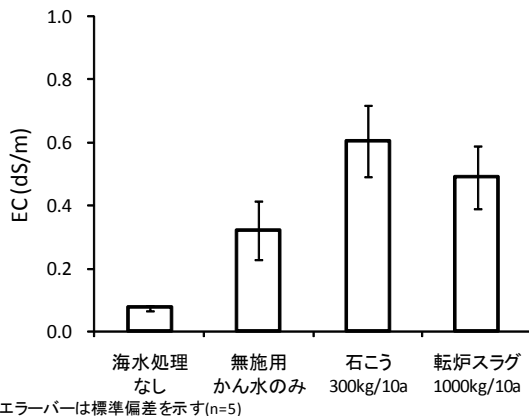
エラーバーは標準偏差を示す (n=5)

図3 各石灰資材の施用が除塩後の土壌のpHに及ぼす影響 (砂土)



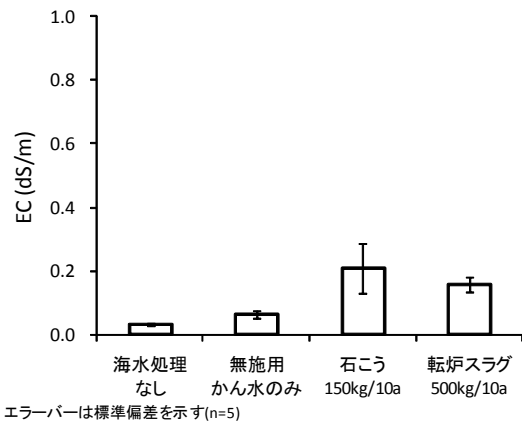
エラーバーは標準偏差を示す (n=5)

図4 各石灰資材の施用が土壌のpHに及ぼす影響 (埴土)



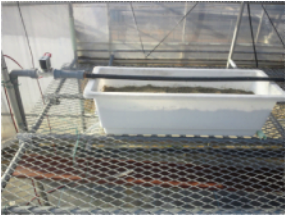
エラーバーは標準偏差を示す (n=5)

図5 各石灰資材の施用が除塩後の土壌のECに及ぼす影響 (埴土)



エラーバーは標準偏差を示す (n=5)

図6 各石灰資材の施用が土壌のECに及ぼす影響 (砂土)



実験概要

園芸用プランター(650型)に各土壌を風乾土で10kg充填しパイプハウス内の高架台に設置。ドリッチューブ(ユニラム17:吐出量 26.7ml/min)をプランター上部に配置し電磁弁とタイマーの組合せにより設定水量をかん水(97mm/hr)。プランター下部のドレインで排水を回収。

試験区概要(カッコ内は埴土, 砂土に該当)

- ①海水処理なし: かん水のみ(350,250mm)
- ②無施用区 : 海水飽和处理→かん水のみで除塩(350,250mm)
- ③石コウ区 : 海水飽和处理→かん水(250,150mm)→石コウ施用→かん水(100mm)
- ④転炉スラグ区: 海水飽和处理→かん水(250,150mm)→転炉スラグ施用
→かん水(100mm)

除塩実施土壌におけるイチゴの塩類吸収特性

農業・園芸総合研究所

1 背景と目的

普及に移す技術87号（平成23年度）の参考資料「野菜・花きの耐塩性」において、県の主要品目であるイチゴは耐塩性が弱い品目と判断された。今回、イチゴの塩類吸収特性と生育との関連についてさらに有用な知見が得られた。

2 技術情報

- 1) かん水のみで土壌中の塩分を低減しても（表1）、イチゴのナトリウムの吸収を抑制できない（図2）。石灰資材の施用によりカルシウムを補給するとナトリウムの吸収が抑制され生育が改善される傾向がある（図1、2）。
- 2) 転炉スラグの施用で土壌pHが大幅に上昇するが（表1）、茎葉の乾物重は減少しない（図1）。根中の鉄濃度は低下するものの、茎葉中の鉄、マンガン濃度の低下は認められない（図3）。

3 活用に当たっての留意事項

- 1) イチゴの除塩に用いる石灰資材には交換性ナトリウムの除去とカルシウム補給の両方の効果が求められる。転炉スラグの施用が有効であり、また、石コウも効果が高いがカルシウム分が水溶性で流亡しやすいため、定植前に炭カル等の追加施用が必要な場合も想定される。今回は収穫直前までの生育で判断しているため、収量面については今後さらに検討する。
- 2) 本試験のイチゴについてはプランターによる栽培であり、排水性の良い実験系で得られた試験結果である。
- 3) 本試験で用いた石灰資材の商品名は、転炉スラグ：「副産てんろ石灰」、石コウ：「畑のカルシウム」である。

（問い合わせ先：農業・園芸総合研究所園芸環境部 電話022-383-8133）

4 参考データ等

表1 定植時土壌の化学性

区	pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	Na ₂ O (mg/100g)		CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)	K ₂ O
			交換性+水溶性	交換性			
無施用	8.2	0.13	81	56	49	44	20
石コウ	7.7	0.14	70	39	72	43	20
スラグ	9.7	0.14	72	28	110	39	18
海水無	7.2	0.05	9	5	116	40	10

*数値は5連の平均値

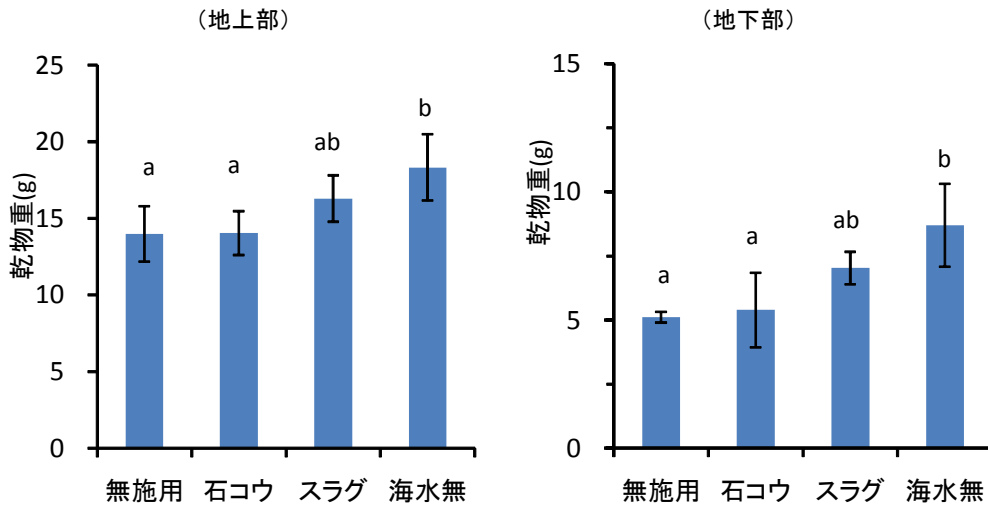


図1 除塩処理がイチゴ乾物重に及ぼす影響(2012年)

注：異符号はTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり (n=5)

試験区概要

プランター栽培 (砂土10kg)

- ・無施用：海水で土壌飽和後，総量250mm相当のかん水
- ・石コウ：海水で土壌飽和後，石コウ150kg/10a相当施用+総量250mm相当のかん水
- ・スラグ：海水で土壌飽和後，転炉スラグ500kg/10a相当施用+総量250mm相当のかん水
- ・海水無：海水処理なし，総量250mm相当のかん水

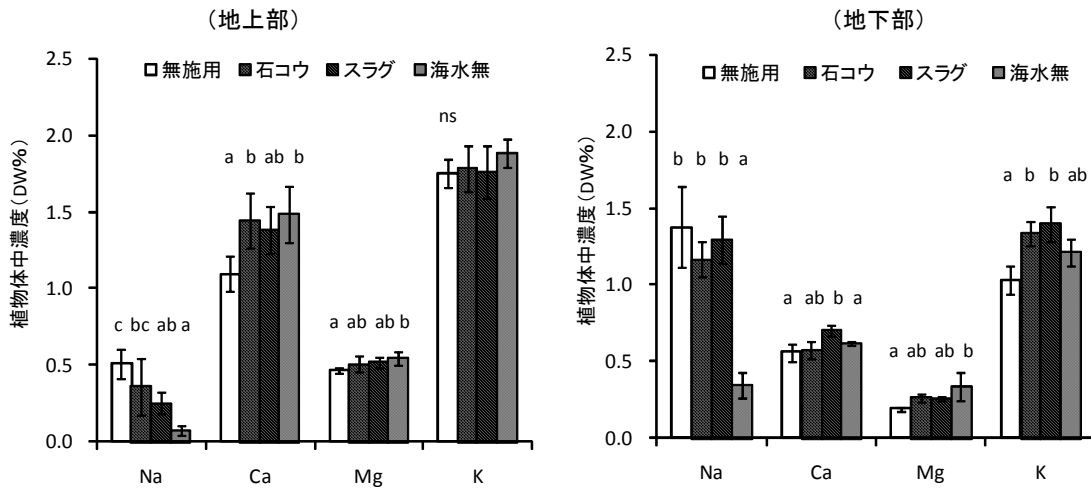


図2 除塩処理がイチゴの多量要素濃度に及ぼす影響(2012年)

注：異符号はTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり (n=5)

試験区概要は図2と同じ

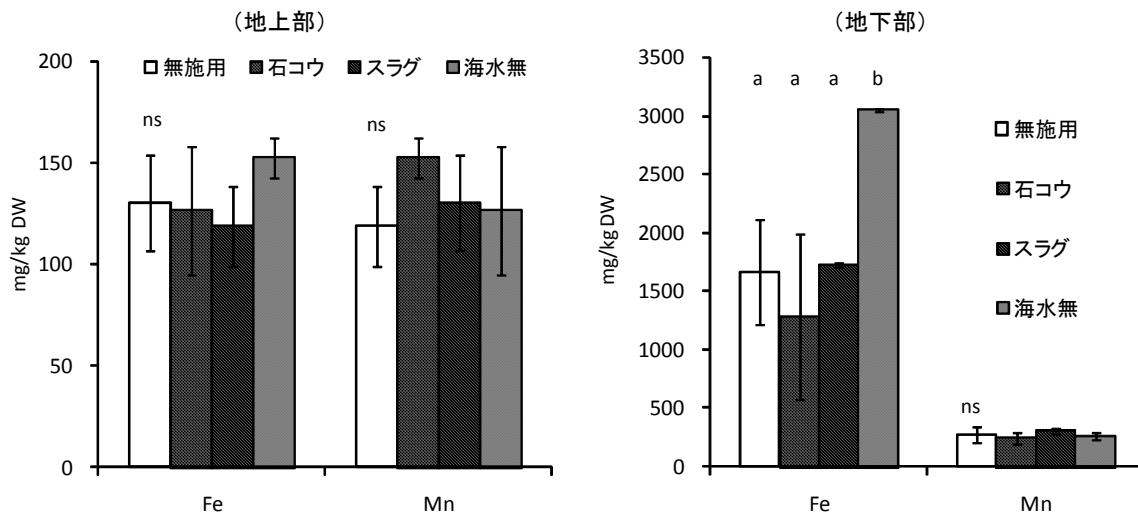


図3 イチゴにおける除塩処理が植物体の微量元素濃度に及ぼす影響(2012年)

注：異符号はTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=5)

試験区概要は図2と同じ

除塩実施土壌におけるキュウリの塩類吸収特性

農業・園芸総合研究所

1 背景と目的

普及に移す技術87号（平成23年度）の参考資料「野菜・花きの耐塩性」において、県の主要品目であるキュウリは耐塩性が弱い品目と判断された。今回、キュウリの塩類吸収特性と生育との関連についてさらに有用な知見を得られた。

2 技術情報

- 1) キュウリの茎葉中にナトリウムが吸収されにくいのは（図1, 2, 3）、接木によるカボチャ台木の効果であり、自根栽培ではナトリウムの増加とカリの減少が顕著となる（図1）。茎葉へのナトリウム吸収は抑制されているため、土壌の交換性ナトリウムを低減する必要性は低い。一方、塩素は接木栽培でも吸収されやすく、その影響で硝酸の吸収が抑制される（図4）。
- 2) 栽培前の土壌に塩分がEC1.0dS/m程度残存していても（表1）、十分量のかん水により水溶性のナトリウムと塩素を低減すれば減収はしない（表1, 図5）。また、除塩時の石灰資材施用による収量回復の要因として、植物体中のカルシウム濃度が高まる効果が挙げられる（図2, 3）。
- 3) 土壌中の塩分を低減しても（表2）、かん水中の塩化ナトリウム濃度が高いほど、葉柄汁液中の塩素濃度が高まり（図7, 8）、かん水中の塩化ナトリウム濃度が200~500ppmの間から減収となる可能性が高い（図6）。

3 活用に当たっての留意事項

- 1) キュウリの塩害による生育低下や減収の要因は、イオン吸収ストレスと比較し浸透圧ストレスの影響が大きいとみなされるので、除塩にあたっては、かん水や自然降雨により塩素および水溶性ナトリウムを低減した後、定植前にカルシウムの補給として石灰資材を施用する体系が有効であると想定される。なお、塩分の除去目標は塩素で50mg/100gとする（農地の除塩マニュアル：農水省2011年）。
- 2) 塩素の過剰吸収は減収要因となる可能性が高いが、大幅減収となる要因となるかは現時点では明確でないため、今後さらに現地の塩害発生状況をみながら対応する。
- 3) 本試験のキュウリについては隔離ベッドによる栽培である。排水性の良い実験系で得られた試験結果である。
- 4) 本試験で用いた石灰資材の商品名は、転炉スラグ：「副産てんろ石灰」である。

（問い合わせ先：農業・園芸総合研究所園芸環境部 電話022-383-8133）

4 参考データ等

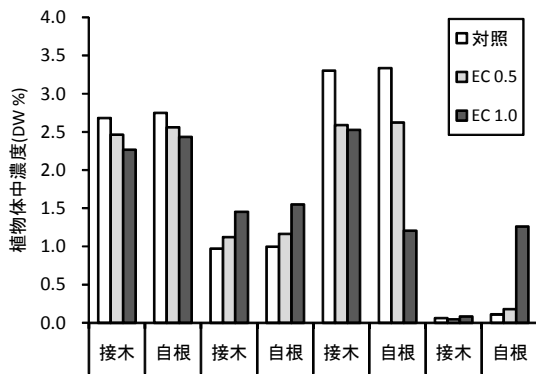


図1 土壤中の塩分とキュウリの台木の有無が塩類吸収に及ぼす影響(2011年)

注1: 隔離ベッドにおいて海水を添加し異なる土壌EC (dS/m) を設定した

注2: 穂木・グリーンラックス, 台木・ゆうゆう一輝

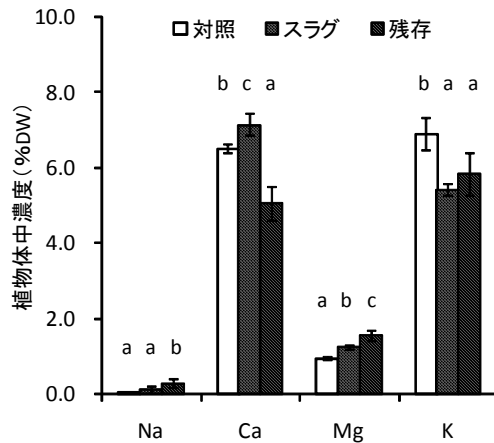


図2 除塩処理がキュウリ葉中の成分濃度(5節)に及ぼす影響(2012年)

注: 異符号はTukeyの多重検定で5%水準で有意差あり(n=4)

試験区設定

品種: 穂木 極光607, 台木 エイブル

隔離ベッド栽培(褐色森林土)

・対照: 海水処理なし

・スラグ: 海水で土壌飽和後, 200mm相当のかん水+転炉スラグ1t/10a相当施用+総量100mm相当のかん水

・塩分残存: 海水で土壌飽和後, 100mm相当のかん水

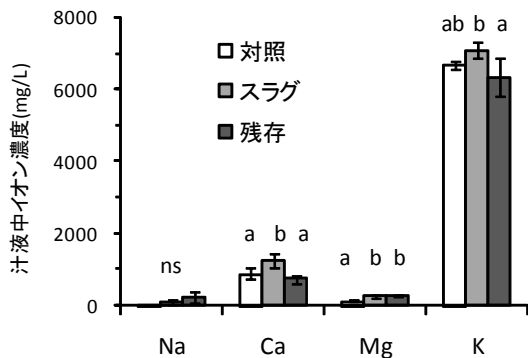


図3 除塩処理の違いがキュウリ葉柄汁液中の陽イオン濃度(10節)に及ぼす影響(2012年)

注: 試験区設定は図2と同じ

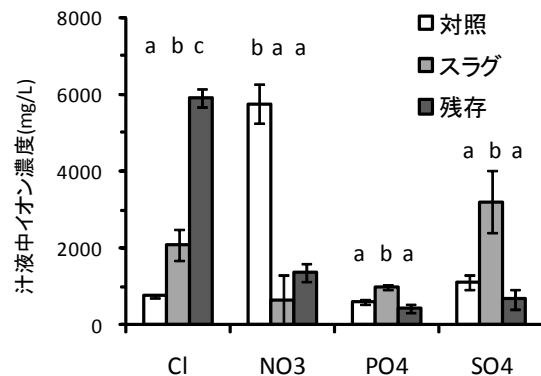


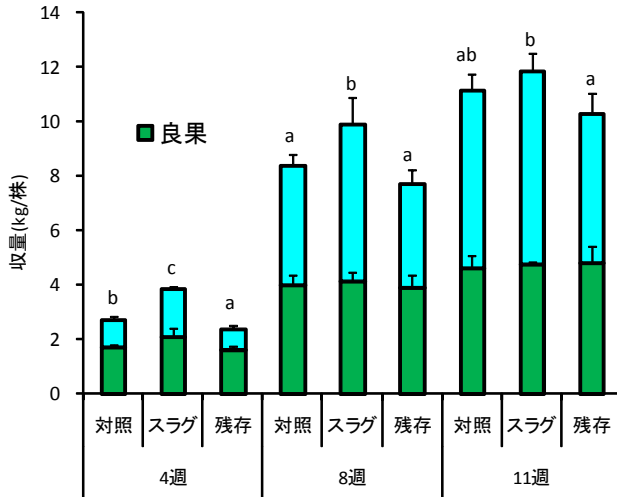
図4 除塩処理の違いがキュウリ葉柄汁液中の陰イオン濃度(10節)に及ぼす影響(2012年)

注: 試験区設定は図2と同じ

表1 栽培前後の土壌の化学性

区	pH	EC dS/m	Cl	Na ₂ O		CaO	MgO	K ₂ O
				mg/100g				
				交換性+水溶性	交換性			
定植時								
対照	6.4	0.05	2	3	0	296	57	65
スラグ	7.3	0.34	23	115	41	414	84	67
塩分残存	6.0	0.94	126	208	68	242	89	66
終了時								
対照	4.9	0.21	2	9	4	315	49	26
スラグ	6.5	0.30	5	76	33	420	75	34
塩分残存	5.2	0.76	58	167	55	242	65	37

* 褐色森林土(CEC 20.9me/100g)



注：バーは標準偏差(n=4), 異符号はTukeyの多重検定で有意差あり(5%)

図5 キュウリにおける除塩処理が時期別の総収量に及ぼす影響(2012年)

注：試験区設定は図2と同じ, 多重検定は総収量

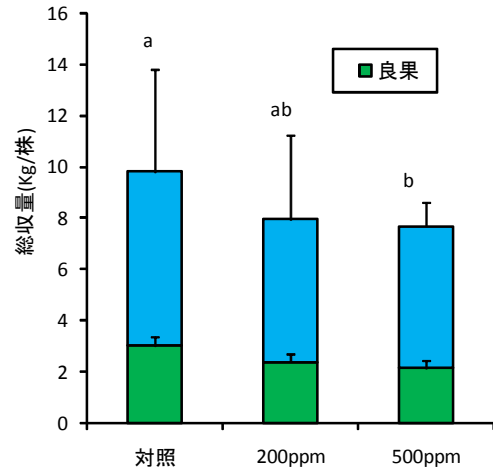


図6 かん水中のNaCl濃度がキュウリの収量に及ぼす影響(2012年)

注：異符号(総収量)はTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=5)

試験設定：25Lポットで栽培(砂土), 水道水に設定濃度のNaClを溶解しかん水。

表2 定植時土壌の化学性

pH	EC (mS/cm)	(mg/100g)							CEC (me)	塩基 飽和度(%)
		NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Cl ⁻		
7.4	0.08	0.61	47	25	95	26	47	0.3	4.4	153

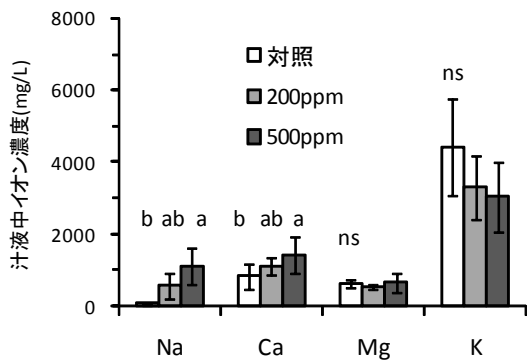


図7 キュウリにおけるかん水中のNaClが葉柄汁液中の陽イオン濃度(15~17節:収穫終了時)に及ぼす影響(2012年)

注：試験区設定は図6と同じ

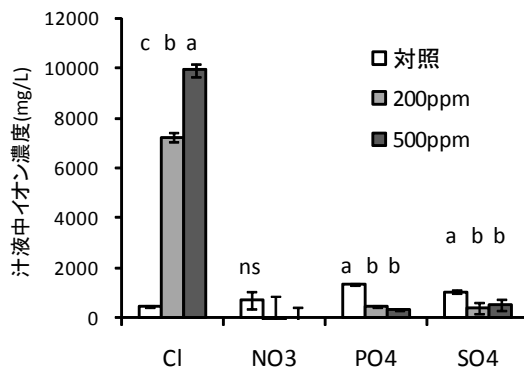


図8 キュウリにおけるかん水中のNaClが葉柄汁液中の陰イオン濃度(15~17節:収穫終了時)に及ぼす影響(2012年)

注：試験区設定は図6と同じ

津波被災ほ場に特有なクラストの発生と対策について

農業・園芸総合研究所

1 背景と目的

東日本大震災の津波被災ほ場では、土壌のナトリウム粘土化に起因するクラスト（土膜）の発生が野菜栽培の大きな問題となっていることから、被災地に実証ほを設置して試験を行い、クラストの発生しやすいほ場条件やその対策について検討した。

2 技術情報

1) クラストの発生について

- (1) 津波被災ほ場では、土壌の粘土粒子に海水由来のナトリウムが吸着することで団粒構造が破壊されるため、細かい土壌粒子が降雨などではほ場表面に拡散・乾燥し、クラスト（土膜）が形成される（図1）。クラストは作物の発芽阻害をもたらす欠株（図2）の原因となる。
- (2) 2011年から2012年に実証ほ（仙台市）でクラストの発生を観察した結果、土壌の交換性及び水溶性ナトリウム含有量が高いほど、耕起後にクラストが短期間で発生する傾向が認められた（表1）。
- (3) 実証ほにおいては、2012年にはナトリウム含有量が低下し、被災当初よりもクラストの発生は穏やかになっていたが（表1）、他の被災地のナトリウム含有量が高いほ場ではクラストの発生に注意が必要であり、以下のような対策が有効である。

2) クラスト発生対策

(1) 発芽期までの不織布設置

- ① 2012年に実証ほで行った試験で、播種と同時に不織布で被覆し、発芽完了した2週間後に除去したところ、被覆期間中のクラストの発生は見られず、欠株も発生しなかった（表2）。
- ② 不織布の被覆により初期生育が促進され、対照区と比較して収量も向上した（表2）。
- ③ 不織布の除去後は対照区と同様にクラストの発生が見られたが、供試したコマツナの生育に影響は見られなかった。

(2) 堆肥の表層施用による土壌物理性の改善

- ① 2011年に実証ほで行った試験で、土壌表層にペレット堆肥を2t/10a混和することでおよそ2ヵ月間にわたり、土壌表層を軟らかい状態に保ち、クラストの発生を緩和する効果があることが確認された（図3）。
- ② 2012年に堆きゅう肥を使用した試験でもペレット堆肥とほぼ同様の効果が確認されたことから、通常の堆きゅう肥の施用によりクラストの発生防止と土壌物理性の改善効果が期待できる。

(3) 緑肥による土壌物理性の改善

- ① 津波被災農地においてエンバクまたは緑肥用ソルゴーを、乾物収量で10a当たり560kg程度すき込むことで、土壌表層から20cm深までの硬度は低下する（図4、5、表3）。
- ② エンバクおよびソルゴーのすき込み後において、コマツナの出芽およびホウレンソウの生育が改善できる（図6、7）。
- ③ 本県での播種適期は、エンバクは4月上旬～6月上旬、ソルゴーは6月下旬～7月下旬とする。10a当たりの播種量は、エンバク15kg、ソルゴー5kgとする。緑肥のすき込みは、エンバクは草丈80cm程度となる播種後およそ60日後から出穂期にかけて、ソルゴーは草丈1.5～2.0m程度となる播種後50～60日後に行う。すき込みはロータリー耕で行う。

3 活用に当たっての注意点

1) クラストの発生対策

(1) 発芽期までの不織布設置

- ① 本対策は実証試験を行った壤土質の露地畑で得られた知見を基にしている。
- ② 本対策はクラスト発生防止に最も効果的だが、資材費で 10a 当たり約 4 万 7 千円かかり、費用・労力の面で困難な場合は、次善の方法として、下記の堆きゅう肥等の表層混和施用や緑肥すき込みによる土壌物理性の改善を図る。

(2) 堆肥の表層施用による土壌物理性の改善

- ① 本対策は実証試験を行った壤土質の露地畑で得られた知見を基にしている。
- ② 堆きゅう肥を機械で施用をする際はハローを用いるなど極力浅耕で行うようにする。

(3) 緑肥による土壌物理性の改善

- ① この資料は、表 4 に示す化学性、土性、土壌分類の圃場で行った試験結果を基本とした。
- ② エンバクは「とちゆたか（雪印種苗）」、ソルゴーは「グリーンソルゴー（雪印種苗）」を用いた。
- ④ 一定の生育量を確保するため、施肥は 10a 当たり N : P : K でそれぞれ 5kg とする。
- ⑤ 緑肥をすき込む場合、ハンマーモアまたはフレールモアで細断するか、刈り払い機で地上部を刈り倒した後に行うとロータリー耕ですき込みやすい。
- ⑥ 津波被災後に物理性が悪化した圃場では、不織布やマルチ等の利用などにより土壌に直接雨をさらさない栽培方法が有効であるほか、堆肥の施用によって物理性が改善される。詳細は、普及に移す技術第 88 号「津波被災ほ場に特有なクラストの発生と対策について ―震災復興関連技術―」を参照のこと。
- ⑦ 種子価格はエンバクで 10a 当たり 7,500～10,500 円、ソルゴーは 5,000～6,000 円である。
(問い合わせ先：農業・園芸総合研究所 園芸栽培部 022-383-8132)

4 参考データ等



図1 クラスト（土膜）の発生（仙台市）



図2 ホウレンソウの欠株（仙台市）

表1 実証ほ（仙台市二木）のNa₂O（交換性+水溶性）含有量と耕起後のクラスト発生までの期間

測定年月日	直近の耕起年月日	Na ₂ O含有量 (mg/100g)	クラスト発生までの期間
2011年8月26日	2011年8月19日	244	耕起後一週間程度でクラストの発生が見られた。 ※各測定日直近の降雨日(降水量mm/日) 8/21(14.0mm), 8/22(14.5mm)
2011年9月26日 ①	2011年9月8日	179	耕起後2~3週の間クラストの発生が見られた。 ※各測定日直近の降雨日(降水量mm/日) ①9/20(80.5mm), 9/21(251.5mm) ②10/5(28.5mm), 10/6(30.5mm), 10/22(18.0mm) ③5/3 (72.5mm), 5/4(20.0mm), 5/6(15.0mm)
2011年10月27日 ②	2011年10月12日	131	
2012年5月17日 ③	2012年4月27日	107	
2012年7月27日 ①	2012年6月27日	66	耕起後3~4週の間クラストの発生が見られた。 ※各測定日直近の降雨日(降水量mm/日) ①7/6(35.5mm), 7/7(53.5mm), 7/12(16.0mm) ②8/6(30.0mm), 8/7(14.0mm), 8/8(15.0mm) 8/13(18.5mm) ③9/23(21.5mm), 9/30(13.5mm), 10/11(15.5mm)
2012年8月16日 ②	2012年7月27日	86	
2012年10月16日 ③	2012年9月20日	99	

※1 実証ほ(壤土質の普通畑)の深度0~20cmをサンプリング。

※2 各種測定日直近の降雨日は、クラスト測定日から3週間前までの日降水量10mm以上の降雨日を掲載。

表2 不織布被覆試験における欠株率及び収量等

試験区名(3反復)	欠株率 (%)	収量 (kg/a)	クラスト 発生状況
不織布設置区	0.0	294.3 ± 23.2	無
対照区	5.0	137.2 ± 10.5	弱

※1 欠株率及びクラスト発生状況は播種15日目の調査結果。

※2 収量は収穫日に調査し、表中の±は標準偏差を示す(n=3)

【試験概要】(3反復)

①供試品種:コマツナ(双観)

②実施期間:2012年5月24日播種、同6月26日収穫

③処理:播種時に不織布(商品名:パオパオ®90)を設置し、発芽後(6月8日)に除去した。

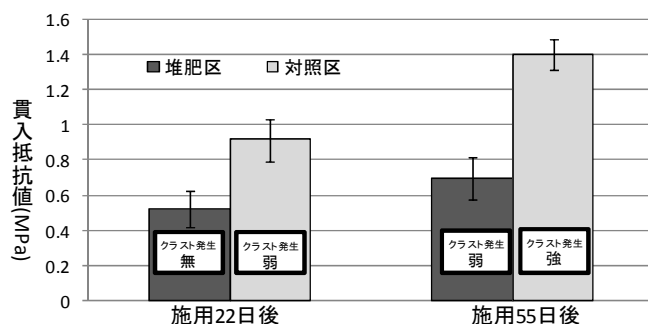


図3 堆肥表層施用試験でのクラスト発生状況及び土壌表層(5cm)の土壌硬度の推移

※表中のバーは標準誤差を示す(n=3)。

【試験概要】

①実施期間:2011年10月27日播種、同12月20日収穫

②処理:ペレット堆肥2t/10aを播種時に表層(5cm)に混和施用

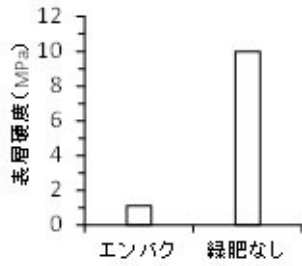


図4 エンバクすき込み後109日における
土壌表層の土壌硬度
注) クラスト硬度計による測定, 平成25年
4月25日播種, 6月21日すき込み。

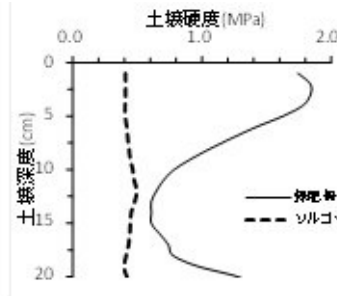


図5 ソルゴーすき込み後75日における
20cm深までの土壌硬度
注) 貫入式硬度計による測定, 平成24年
6月25日播種, 8月中旬すき込み

表3 緑肥の収量

	乾物収量 (kg/10a)
エンバク	573 ± 152
ソルゴー	563 ± 145

1 m²を刈り取った値の換
算値



図6 すき込み時のエンバクの生育状況(H25/6/19)と、エンバクすき込み後109日のコマツナ出芽状況 (H25/10/8)



図7 すき込み時のソルゴーの生育状況(H24/8/9)と、ソルゴーすき込み後およそ80日のホウレンソウ生育状況(H24/11/18)

表4 緑肥栽培圃場の化学性、土性および土壌分類

緑肥品目名	pH (2.25)	EC (mS/cm)	Na ₂ O mg/100g乾燥土	CaO mg/100g乾燥土	MgO mg/100g乾燥土	K ₂ O mg/100g乾燥土	CBC (me)	塩基 飽和度 (%)	陽 飽和度 (%)	土性区分	土壌分類
エンバク	5.97	0.36	124	497	149	75	31.0	99	13	軽塩土	黒泥土
ソルゴー	7.65	0.15	167	209	79	121	24.1	80	22	砂質塩性土	細粒褐色砂土

注) 化学性の値は緑肥播種前

逆浸透膜浄水器を利用した地下水の除塩方法

農業・園芸総合研究所

1 背景と目的

東日本大震災の影響により、県内では地下水の塩水化が広範囲に発生しており、農業用水を地下水に依存している園芸農家では、用水の確保が深刻な問題となっている。そこで、塩水化した地下水の除塩対策として、逆浸透膜浄水器の利用について検討したところ、農業現場での適応性を明らかにした。

2 技術情報

- 1) 供試した低圧型逆浸透膜浄水器は、逆浸透膜表面を洗浄するオートフラッシング機能付きの LC600HP/SE (ミズビエア, アカカルテック(株)製, AC100V, 幅 440mm×奥行 295mm×高さ 885mm) で、当器の造水能力は 2.016 m³/日/台 (カタログ値) である。
- 2) EC が 2~3.3 dS/m 程度の塩水化した地下水では、当器の利用により、EC は 0.1~0.2 dS/m, ナトリウムイオン濃度は 9~50ppm に、塩化物イオン濃度は 20~50ppm に低下し、灌水用として利用可能である (表 1)。
- 3) 逆浸透膜を利用した各種イオン類の分離は、事前に地下水中の夾雑物や浮遊物を除去するための前処理を行うとともに、逆浸透膜の表面を適宜フラッシングすることで、一定の造水量確保と 6ヶ月間程度の連続運転が可能である。

a 前処理方法

前処理は夾雑物を除去するために、砂濾過器を設置し、原水貯水タンク (黒色ローリータンク 500ℓ) に一時貯水する。さらに、浮遊物を除去するため、装置に通水する前に、カートリッジフィルター (ポリプロピレン糸巻きフィルター) を設置する。フィルターが汚れてきた場合には適宜交換する (図 1)。

b 自動運転及びフラッシング方法

地下水の汲み上げは、原水貯水タンクにフロートスイッチを設置し自動汲み上げとする。また、装置の稼働設定は、装置停止後に自動的に逆浸透膜の表面をフラッシングするオートフラッシング機能を活用し、一定時間後に電源を切るようタイマースイッチで設定し、装置を停止させることでフラッシングを行う (図 1)。

c 造水量

EC が 2~3.3 dS/m 程度地下水の場合、本システムでは、水温 20℃で 1 m³/日/台程度の造水量が得られるが、処理能力は水温の影響を大きく受け、水温の低下により造水量も低下する (図 2)。

3 活用に当たっての注意点

- 1) 当器を 2 台並列に組んだ場合の本システムの設置経費は 1,050 千円であり、年間維持経費は 164 千円となる。10a 当たりのイチゴ栽培における造水費用を試算すると 48 千円となる (表 2)。
- 2) 定期的 (6ヶ月に 1 回程度) に、浄水器に装着しているフィルター等の点検を行い、汚れている場合には交換すること。
- 3) 供試した浄水器は低圧型であることから、配管は VP タイプ、HIVP タイプの硬質塩化ビニル管で容易に施工でき、設置時間は 2 名で 7 時間程度である。
- 4) 藻類等の発生を防ぐため、タンク、カートリッジフィルター、配管等を遮光する必要がある。
- 5) 冬期間は凍結防止のため保温対策を実施し、装置及び配管部分の設置場所に留意する。
- 6) 逆浸透膜の原理上、造水量以上に濃縮された排水が出ることから、適正に排水すること。

7) 県内農業用地下水の水質特性として、鉄分を多く含む場合（「県内農業用地下水の水質特性と簡易水質診断（第76号参考資料）」参照）があるので、地下水の水質を十分に把握し、多い場合にはフィルター等の交換時期に留意すること。

（問い合わせ先：農業・園芸総合研究所情報経営部 022-383-8114）

4 参考データ等

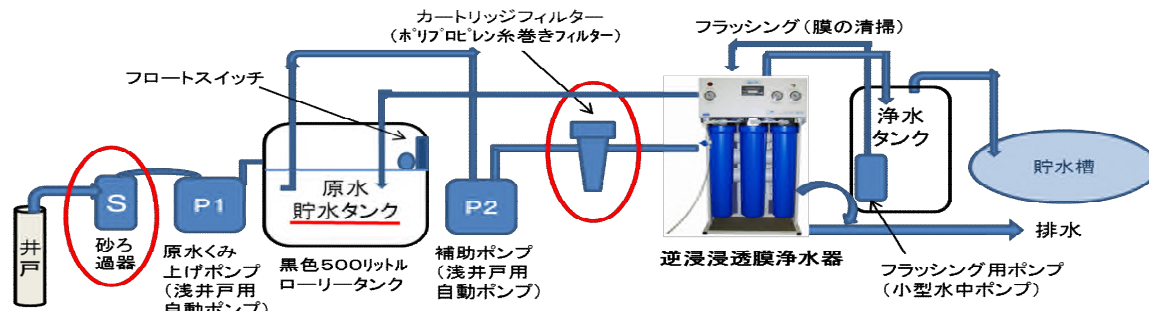


図1 逆浸透膜装置を導入した地下水除塩システム簡易図（H23）

※設定：水圧5kg/cm²、1時間45分稼働 15分停止（内15秒フラッシング）の24時間運転

表1 除塩効果（H23、H24）

	EC (dS/m)	pH	Na ⁺ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)
地下水	2.0~3.3	6.7~7.3	97~430	450~950
浄水	0.11~0.21	5.5~6.0	9~50	20~50

2011年12月28日~2013年1月4日

目標値：EC：0.7dS/m以下、塩化物イオン濃度：210ppm以下

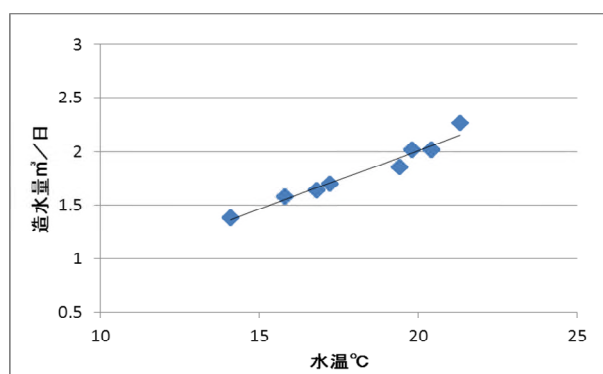


図2 水温と増水量の関係（H24）

※H24 は浄水器を2台並列に設置

表2 （参考）イチゴ栽培におけるコスト試算（9~5月までの必要灌水量300m³/10a）

（消費税抜き）

逆浸透膜浄水器使用時				水道使用時（口径20mm）			
設置経費	年間維持経費	電力量					
RO膜浄水器（2台）	900	RO膜（4本） ^{注2}	120	造水量 ^{注4}	1.462m ³ /日	水道加入金	50~230千円
ポンプ類	54	5ミクロンフィルター（4本） ^{注3}	12	電力料金 ^{注5}	233.8円/日	本管引込工事費	300~500千円
貯水タンク	41	1ミクロンフィルター（2本）	6	造水単価	160円/m ³	本管から敷地までの配管布設費 ^{注6}	20千円/m
スイッチ類	10	カーボンフィルター（2本）	22	（RO膜浄水器を2台使用時に算出）		1m ³ 当たり水道料金 ^{注7}	229円/m ³
濾過器類	13	糸巻きフィルター（6本） ^{注3}	4	造水料金	48,000円/10a	水道料金	68,700円/10a
配管関係	32						
合計	1,050		164		千円		

注1) 貯水槽及び井戸からの取水ポンプの設置費用は除いている。

2) RO膜（耐用年数2~3年）については1年間の使用に耐えることが前提として試算。

3) 5ミクロンフィルターについては6ヶ月毎に、糸巻きフィルターは2ヶ月毎に交換。

4) 造水量は水温15℃時の造水量を推定し設定。

5) 契約は電照に使用する100V電源（従量電灯B）を活用し、基本料金は含まない。

6) 配管布設費は水道事業者が平成22年度に口径30~75mm配管の布設替え、新設で発注した事業の落札価格より算出した。

7) 水道料金は県内水道事業者12者の口径20mm契約において、月20m³の水を使用した場合の水道料金の平均とした。

津波被災水田における水稻作付けのための代かき除塩の効果

古川農業試験場

1 背景と目的

東日本大震災により、県内沿岸部の農地は津波によって甚大な被害を受けた。平成23年度の作付けに向けた除塩作業は、試行錯誤的に実施され、今後の除塩作業に向け、適切な手法と効果検証が求められている。そこで、除塩のみで営農を再開した農地について、東部地方振興事務所管内で実施されている各種緊急調査データを基にして、水稻圃場の塩害～除塩～作付けまでの実態を把握し、除塩作業の効果検証を行った。その結果、代かき除塩の回数別の効果が明らかとなった。

2 技術情報

代かき除塩後の土壤塩分濃度は、除塩前に比べ代かき回数1回、2回共に多くの圃場で除塩目標値0.1%程度まで低下し、代かき除塩の効果があつた。一方、一部の圃場で除塩後の塩分濃度に目標値より高い値がみられることから、植付け前に塩分濃度の確認が必要である。(図1)

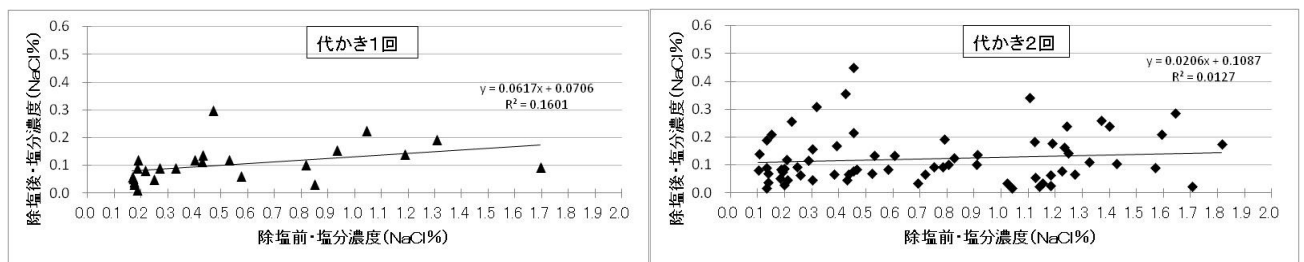


図1. 代かき除塩前後の塩分濃度の関係 (代かき1回, 2回)

注1) 塩分濃度(NaCl:%)は、EC換算値(EC<1ms/cmの場合は0.32×EC, EC≥1ms/cmの場合は0.34×EC)とC1換算値の両換算値が混在(EC, C1値のどちらかを測定した換算値)

注2) 塩分濃度は1箇所/圃場で作土層(0~10cm)での測定結果

注3) 代かき回数は除塩作業のために行った回数(田植え前の代かきを除く回数)

3 活用に当たっての注意点

- 1) 除塩前後の塩分濃度及び除塩作業内容は、東部地方振興事務所管内で地元復興組合等が行った除塩作業面積1,037haについて、作業内容を約10ha毎に95圃場で調査した結果である。(図1, 表1)
- 2) 水稻作付け後の追跡調査として除塩5圃場で行った生育段階の土壤EC値及び生育・収量調査の結果を図2, 図3-1~2, 表2に示す。
- 3) 代かき除塩後の水稻生育段階の土壤EC値は、多くの圃場で上層に比べ下層の方が高い値を示し、両層共に除塩後のEC値で推移していた。水稻作では極端な中干しをしなければ下方の塩分上昇が抑えられ生育に支障がないと考えられる。(図2, 図3-1~2, 表2)
- 4) 下層の塩分濃度を低下させるには、弾丸暗渠の併用で浸透水により塩分を暗渠排水から下方へ排出する縦浸透法による除塩が必要である。

(問い合わせ先: 古川農業試験場土壤肥料部 電話 0229-26-5107)

4 参考データ等

- a 平成23年作付けの除塩作業は、ほぼ全域で塩分を拡散溶出する代かき除塩(98%)が行われ、代かき回数は1回が26%、2回が73%、3回が1%で、2回が大多数であった。(表1)
- b 土壌EC除塩圃場A~Eの5圃場と津波浸水のない圃場F(圃場Dの対照区)の生育時の草丈、茎数の値に大きな差はなかった。(図3-1~2, 表2, 石巻農業改良普及センター調べ)

項目		調査圃場数 95圃場			
代かき	有無	有			無
	圃場数(割合)	93 (98%)			2 (2%)
代かき回数	回数	1回	2回	3回	
	圃場数(割合)	24 (26%)	68 (73%)	1 (1%)	

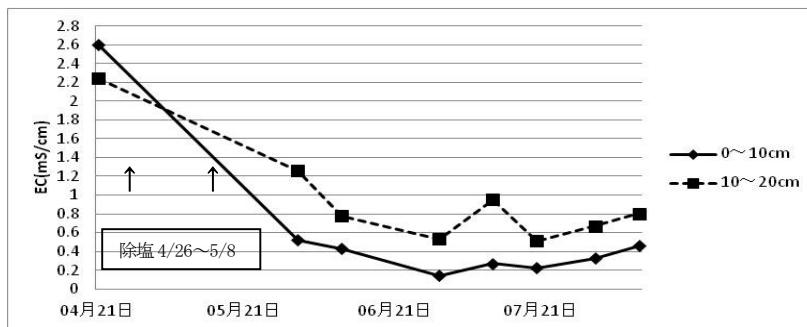


図2. 水稻生育段階の層別別土壌EC値

注1) 水稻圃場A(石巻市蛇田)

注2) 石巻農業改良普及センター調べ

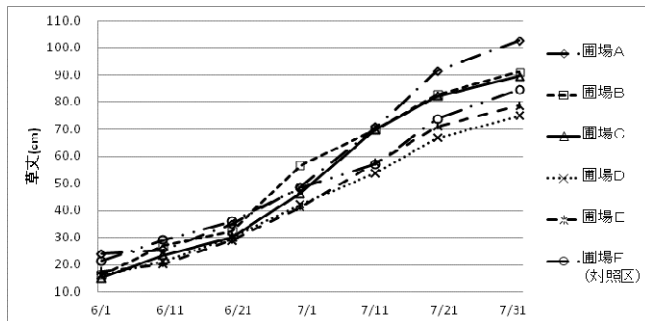


図3-1. 水稻の生育調査(草丈)

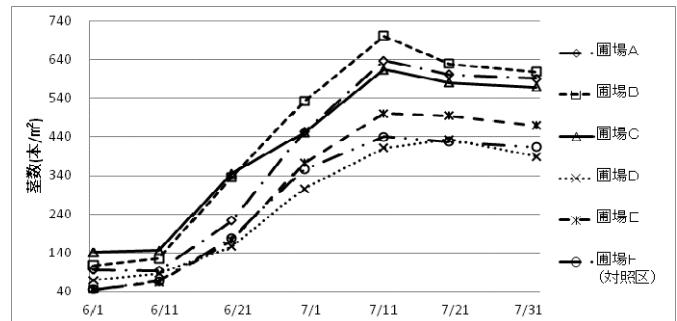


図3-2. 水稻の生育調査(茎数)

表2 水稻収量調査結果

圃場	品種	除塩作業	土壌EC値 (mS/cm)	移植日	出穂日	稈長 (cm)	穂長 (cm)	一穂 粒数	m ² 当たり 穂数	m ² 当たり 籾数	精玄米重 (kg/10a)
圃場A (石巻市蛇田)	まなむすめ	代かき・落水 (3回)	除塩前 2.60 除塩後 0.35	5/19	8/13	98.0	19.7	77.0	550	42,312	442
圃場B (石巻市蛇田)	ひとめぼれ	代かき・落水 (2回)	除塩前 0.97 除塩後 0.09	5/22	8/13	99.0	19.7	79.2	500	39,589	562
圃場C (石巻市大瓜)	ひとめぼれ	代かき・落水 (1回)	除塩前 1.13 除塩後 0.63	5/21	8/10	90.2	17.5	62.8	513	32,216	536
圃場D (石巻市中野)	まなむすめ	代かき・落水 (1回)	除塩前 1.22 除塩後 0.60	5/25	8/10	74.6	17.4	59.3	368	21,825	483
圃場E (東松島市浅井)	ササニシキ	粗起・灌水落水 (1回)	除塩前 - 除塩後 0.33	5/28	8/10	82.6	17.1	85.8	463	39,749	625
圃場F(対照区) (東松島市浅井)	ササニシキ	-		5/25	8/9	83.9	18.1	101.6	348	35,367	520

※1:圃場Fは圃場Eの対照区(津波浸水なし) ※2:代かき回数は田植え前の代かきを除く回数

除塩における石灰質資材施用の効果

宮城県古川農業試験場

1 背景と目的

本県において、東日本大震災における津波被害を受けた農地の復旧が進められ、農地復旧のための除塩には、石灰質資材の施用が推奨されている。ここでは、代かき除塩法を想定したデカンテーション法による試験（普及に移す技術87号）及び縦浸透除塩法を想定したポット試験（普及に移す技術第89号）により、石こう、炭カル、転炉スラグ施用によるNaの排出効果を明らかにした。

2 技術情報

- 1) デカンテーション法による試験（被災直後の海水が残る条件での代かき除塩を想定）
 - a 石膏300kg以上（10aあたり）の施用で石灰無施用に比べ、Na排出量が16%以上多くなる（図1-1）。
 - b 炭カルの施用では石灰無施用に比べ、Na排出量は増加しない（図1-1）。
 - c 除塩排水のECは、石灰質資材の施用に関わらず低下する（図1-2）。
 - d 除塩排水中のClイオン濃度は、石灰質資材の施用に関わらず低下する（図1-3）。

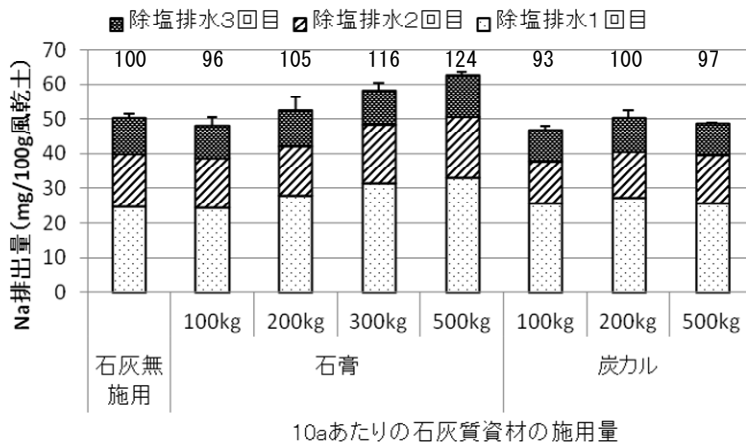


図1-1 除塩排水とともに排出されるNa量

- 注1) 古川試験場G3は場作土に同重量の海水を処理した風乾土60gを200mLビーカーに入れ試験を行った。土壤に吸着しているNaへの影響をみるため、施用前に海水処理土壤の余分な塩分を蒸留水で洗い流した（予備除塩回数3回、100mL/回）後に、石灰質資材を施用し、蒸留水100mLを加えて代かきし、1日静置した後、上澄み液を除塩排水として回収する除塩操作を3回行った。
- 注2) 石灰質資材は石膏と炭カルの2種類を用い、10aあたり100kg、200kg、300kg（石膏のみ）、500kg施用相当量を添加する区を設け、各区3反復で試験を行った。エラーバーは標準偏差を示す。
- 注3) グラフ中の数字は石灰質資材無施用区を100とした時の各区の割合を示す。
- 注4) Ca成分割合（換算値）は石膏（CaSO₄・2H₂O）で23%、炭カル（CaCO₃）で40%。

- 2) ポット試験（被災後、降雨等で海水がある程度排出された条件での縦浸透除塩法を想定）
 - a 粘土質土壤において、石灰質資材（石こう、転炉スラグ）の施用によりNa飽和度が低下し、砂質土壤において、石灰質資材を施用しても、Na飽和度は低下しない（図2-1）。
 - b 粘土質土壤において、石こうで300 kg/10a、転炉スラグで1000kg/10aの施用でNa飽和度が低下し、炭カルでは300kg/10aの施用でNa飽和度が低下する傾向がみられる（図2-1）。

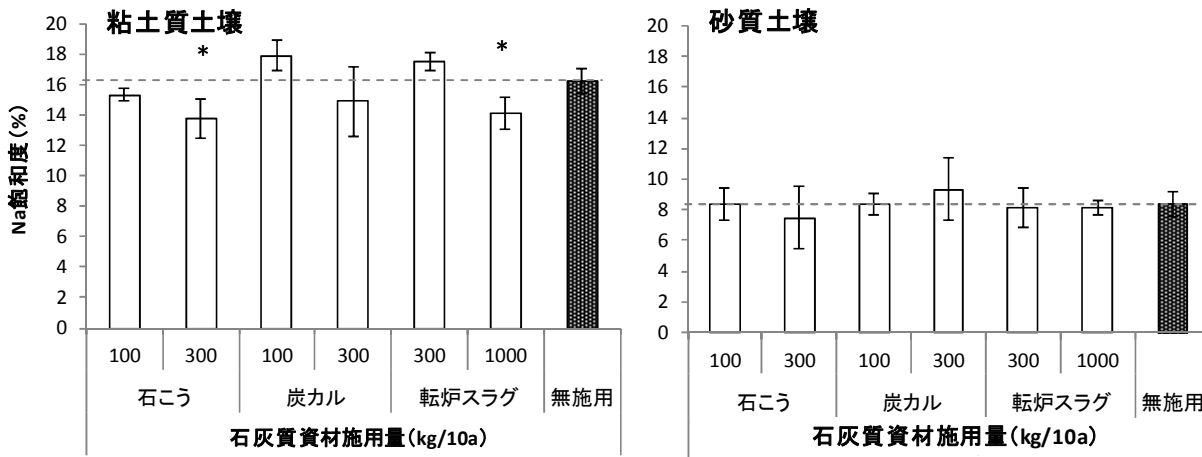


図2-1 石灰質資材施用と除塩後土壌のNa飽和度の関係(ポット試験)

注1) 海水処理土壌に石灰質資材を混和して、有孔ポリポット(φ10.5cm)に充填し、40回かん水(1回あたり約100mL)を行った。
 注2) 粘土質土壌は灰色低地土水田土壌の作土、砂質土壌は山土を用いた。
 注3) CECは粘土質土壌(CL)で22.4cmol/kg、砂質土壌(SL)で15.6cmol/kg。
 注4) 5反復。エラーバーは標準偏差を示す。
 注5) *は無施用に対し、5%水準で有意差があることを示す(Dunnett)。

3 活用に当たっての注意点

1) デカンテーション法による試験

- a 除塩回数3回という短期間でのNa排出効果を試験したものである。
- b 代かき除塩法を想定したビーカー試験である。
- c 石灰質資材施用タイミングは、石膏区で、予備除塩後に施用した場合にNa飽和度が低下する(図1-4)。

2) ポット試験

- a 土壌pH (H₂O) は、石こうの施用では低下し、炭カルおよび転炉スラグの施用では上昇する。石灰質資材を施用する場合は事前に土壌pH (H₂O)を確認し、作物ごとの土壌pH (H₂O)改良目標値を考慮した資材選定を行う(表2-1)。
- b 津波被害を受けた土壌では、土壌のCa飽和度が低下する。除塩後においてCa飽和度が低水準の場合は、Ca飽和度を増加させるため、石灰質資材施用による土づくりは有用である(表2-1)。

(問い合わせ先：宮城県古川農業試験場土壌肥料部 電話0229-26-6107)

4 参考データ等

除塩後土壌のNa飽和度は、石灰質資材として石膏を施用した場合に低下する(表1)。

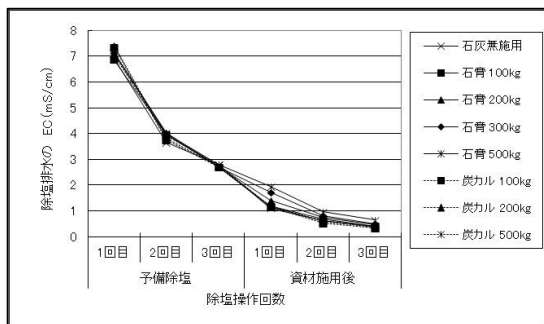


図1-2 除塩排水中のEC

注1) 図1-1の注1) および注2) 参照

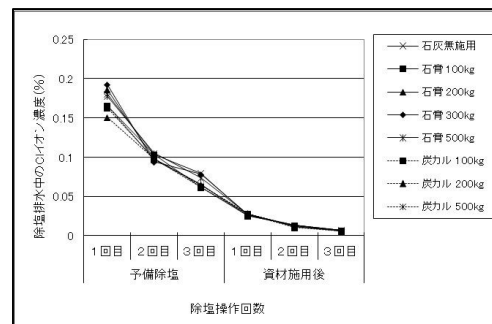


図1-3 除塩排水中のClイオン濃度

注1) 図1-1の注1) および注2) 参照

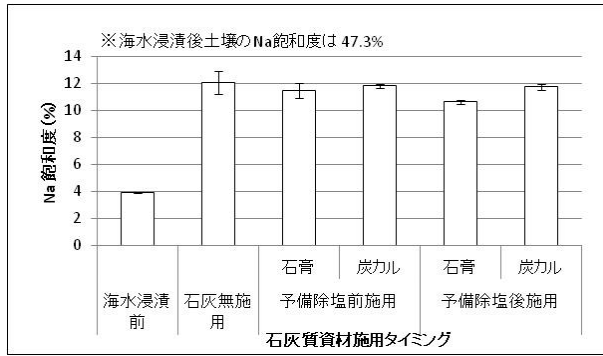


図1-4 石灰質資材施用タイミングが除塩後土壌のNa飽和度に与える影響

注1) 図1-1の注1) 参照

注2) 石灰質資材施用タイミングは、予備除塩前施用（反復2連）と予備除塩後施用（反復3連）の2パターン。

石灰質資材の施用量は各資材200kg/10aとした。エラーバーは標準偏差を示す。

表1 除塩後土壌の塩基飽和度

		Ca飽和度	Mg飽和度	K飽和度	Na飽和度	塩基飽和度
		%	%	%	%	%
石灰無施用		44.6	20.1	3.5	12.1	80.2
石膏	100kg	42.2	18.2	3.2	10.8	74.4
	200kg	47.5	18.5	3.4	10.6	80.0
	300kg	50.5	18.4	3.3	10.4	82.6
	500kg	52.8	17.1	3.3	10.0	83.3
炭カル	100kg	50.5	20.0	3.5	11.8	85.8
	200kg	55.1	19.6	3.4	11.7	89.8
	500kg	68.8	18.4	3.3	11.2	101.6

注1) 図1-1の注1) および注2) 参照

注2) 土壌の塩基類の分析は、「普及に移す技術73号 CEC簡易測定法」の酢酸アンモニウム抽出液を用いて行った。

表2-1 除塩前後の土壌化学性

	土壌採取 タイミング	施用資材	施用量 kg/10a	pH (H ₂ O)	EC dS/m	塩基飽和度(%)	
						Ca	Na
	海水処理前			5.85	0.05	43.6	3.2
	海水処理後			5.37	2.02	35.8	50.2
粘土質 土壌	40回 かん水後	石こう	100	6.68	0.13 *	27.2	15.3 (16.9)
		石こう	300	6.40	0.18 *	32.7 *	13.8 * (15.2)
		炭カル	100	6.85	0.16 *	30.9 *	17.9 (17.8)
		炭カル	300	7.13	0.16 *	40.0 *	14.9 (17.4)
		転炉スラグ	300	7.17	0.14 *	34.0 *	17.5 (16.3)
		転炉スラグ	1000	7.55	0.17 *	45.0 *	14.2 * (15.0)
		無施用		6.87	0.11	25.0	16.2 (15.4)
	海水処理前			5.69	0.03	15.5	1.9
	海水処理後			5.37	1.47	16.0	50.2
砂質 土壌	40回 かん水後	石こう	100	5.95	0.13	14.8	8.4 (7.7)
		石こう	300	5.83	0.18 *	20.8 *	7.5 (7.2)
		炭カル	100	6.29	0.10	18.3 *	8.4 (7.7)
		炭カル	300	6.81	0.12	30.6 *	9.4 (8.0)
		転炉スラグ	300	6.41	0.13	21.6 *	8.1 (7.3)
		転炉スラグ	1000	6.97	0.14 *	41.6 *	8.2 (7.0)
		無施用		6.17	0.12	11.5	8.4 (8.2)

注) ECは土：水が1：5で抽出し、測定を行った値。

注) ()内は、20回かん水時のNa飽和度を示す。

注) *は無施用に対し、5%水準で有意差があることを示す(Dunnett)。

津波堆積物混入土壌からの窒素無機化量

古川農業試験場

1 背景と目的

東日本大震災により、本県の太平洋沿岸地帯の水田は津波浸水等の被害を被り、泥土が堆積し除塩作業等を余儀なくされている。

そこで、復旧後の水稲作付けにあたり津波堆積物等からの無機化窒素量を明らかにした。

2 技術情報

- 1) 堆積泥を鋤き込んだ場合は、窒素の無機化量が多くなるので水稲の基肥は無窒素とす(図1)。
- 2) 堆積砂を鋤き込んだ場合は、窒素の無機化量が少なくなるので水稲の基肥は慣行施用量とする(図1)。
- 3) 水稲生育期間中は葉色等を確認しながら追肥を検討する。

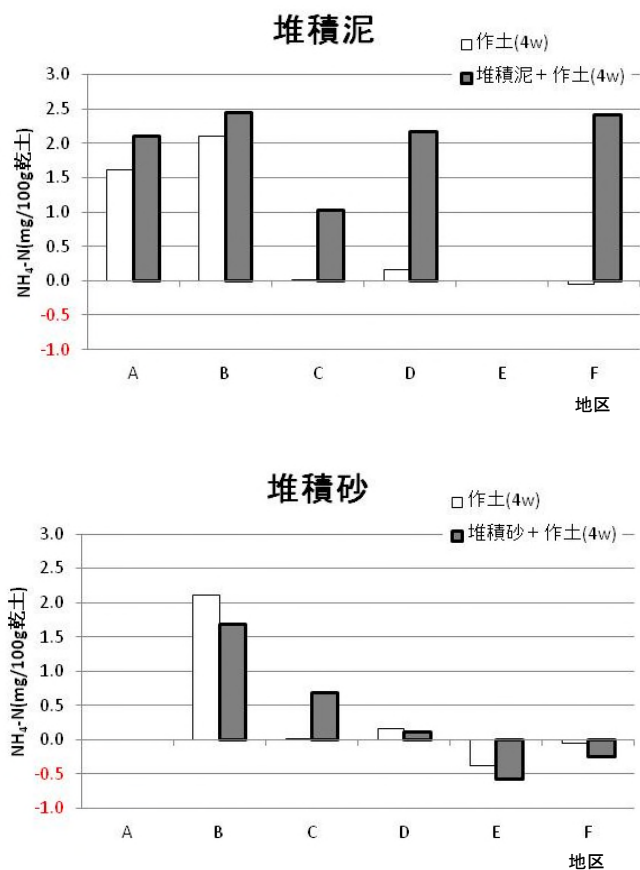


図1 堆積泥、堆積砂を鋤き込んだ場合の土壌可給態窒素の無機化量 (30°C 4週間培養)

注1) 上図: 堆積泥, 下図: 堆積砂

注2) A~F地区は東松島市から採取したものである

注3) 堆積物+作土の堆積物は、作土上に2cm程度の堆積物が残ったと想定し混合した。

3 活用に当たっての注意点

- 1) 津波堆積物混入土壌の窒素無機化量からみた減肥率等の指標はないので、復元田における肥培管理等を参照する。

(問い合わせ先: 古川農業試験場土壌肥料部 電話 0229-26-5107)

4 参考データ等

- a 堆積泥、堆積砂のみを室内培養した場合の窒素無機化量は、堆積泥は堆積砂より窒素無機化量が大きく、堆積砂では培養前より窒素無機化量が少なくなることがある（図2）。
- b また、津波浸水前に耕起していたほ場では、津波により作土が流亡し窒素が無機化しないことがある（図1）。
- c 堆積泥の全窒素は高いもので0.3%、C/N比でも10程度となっており、全窒素が高いほど窒素無機化量が多い傾向がみられる（表1、図3）。
- d 除塩事業において堆積泥を鋤き込んだ場合は、窒素の無機化量が多くなる（図4）。

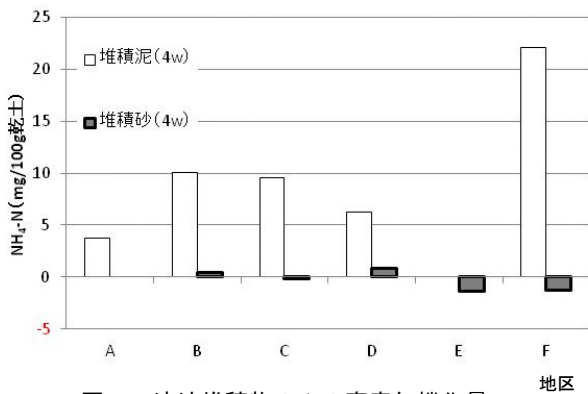


図2 津波堆積物のみの窒素無機化量 (30°C 4週間培養)

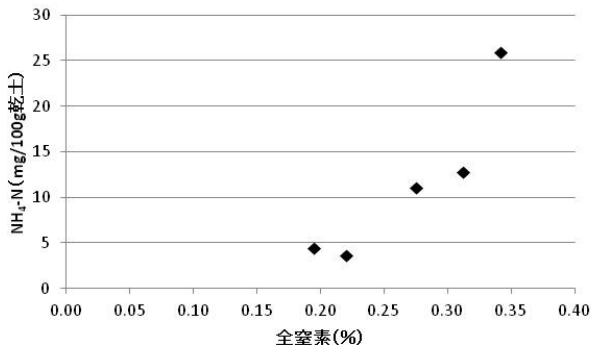


図3 堆積泥の全窒素と窒素無機化量との関係 (30°C 8週間培養)

表1 被災ほ場の全炭素、全窒素、C/N比

地区	種別	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比
A	泥	2.03	0.19	10.5
	砂			
B	泥	2.37	0.22	10.7
	砂	3.80	0.31	12.2
C	泥	0.46	0.06	7.7
	砂	2.38	0.21	11.4
D	泥	3.71	0.28	13.6
	砂	1.60	0.14	11.6
E	泥	3.44	0.30	11.4
	砂	2.91	0.22	13.1
F	泥	1.13	0.09	12.3
	砂	2.32	0.19	12.1
G	泥			
	砂	1.79	0.16	10.9
H	泥	2.63	0.22	12.1
	砂	3.99	0.34	11.7
I	泥	1.57	0.15	10.2
	砂	3.10	0.31	10.1

注) A~F地区は東松島市から採取したものである。

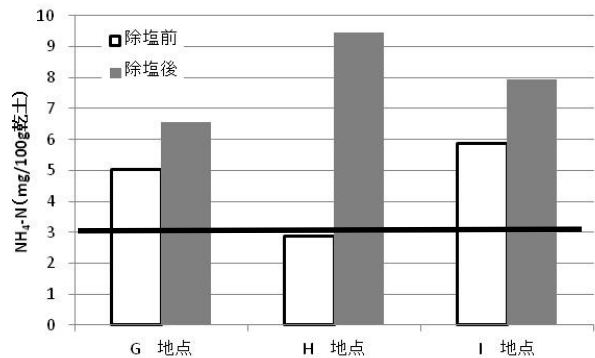


図4 農地復旧除塩事業前後の土壤可給態窒素(生土)の無機化量 (30°C 4週間培養)

注1) 農地復旧除塩事業実施地区: 石巻市

注2) 試料採取日 除塩前: 10/21, 除塩後: 12/19

注3) 除塩実施前に耕起作業1回(7/15)実施し、泥土2cm程度を鋤き込みしている。

注4) 除塩は、縦浸透法で10cmの水深で5回実施。

注5) 図中の—(実線)は、復元田における水稻の肥培管理法(追補)(第84号参考資料)で、灰色低地・グライ土壤の4週培養窒素無機化量(3mg/100g 乾土)のひとめぼれ減肥率100%ラインを示す。

土壤塩分濃度が水稻生育に及ぼす影響

古川農業試験場

1 背景と目的

東日本大震災により、本県の太平洋沿岸地帯の農業は津波によって甚大な被害を受け、早急な農業復興対策の提示・実施が必要となっている。灌漑用水を利用した除塩に必要な用水量・灌漑回数・施肥法等の実測データがほとんど無く、有る場合でも高潮等に起因したもので、津波に関連する知見が少ない。よって、今年度の作付けに向けた除塩作業は試行錯誤的に実施され、今後の除塩作業に向け、適切な手法と効果検証が求められている。ここでは、土壤塩分濃度の違いが水稻生育に及ぼす影響をポット試験により検証し、茎数確保に必要な土壤塩分濃度の目安を明らかにした。

2 技術情報

幼穂形成始期頃までは土壤NaCl濃度0.25%乾土（土1：水5，土壤EC1.0 mS/cm）以上で水稻の草丈および茎数は海水無添加のそれぞれ84%および87%と低く抑えられ、葉色は濃くなる（図1）。

一方、減数分裂期頃には土壤NaCl濃度0.25%乾土以下で草丈は低いが茎数および葉色は同等となる（図1）。したがって、茎数確保の観点から、土壤NaCl濃度は少なくとも0.25%乾土以下に抑える必要がある。

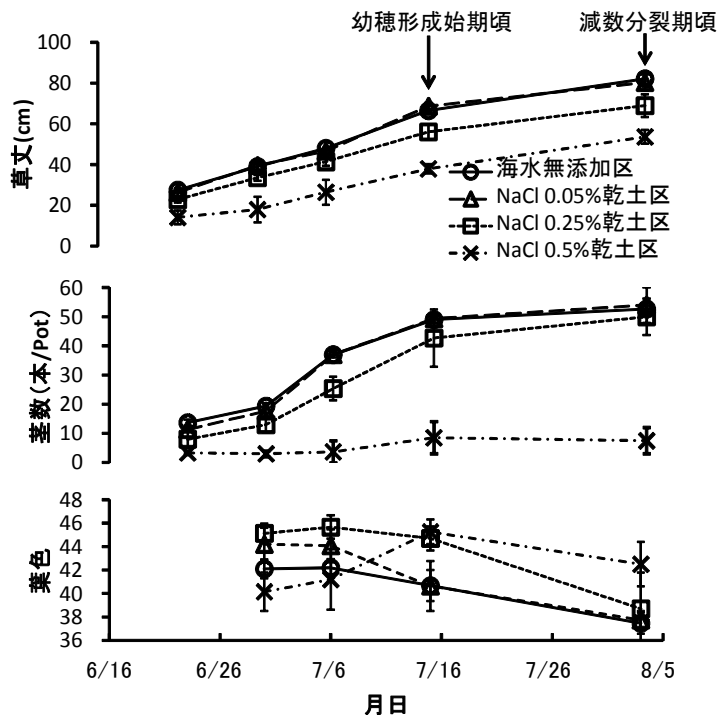


図1. 土壤塩分と水稻生育

注1) 土壤ECは乾土換算で10gの生土に対し50mLの蒸留水を加え1時間振とう後懸濁液について測定した。各区塩分濃度およびECは以下の通り。海水無添加区 (NaCl 0.003%乾土, 0.06 mS/cm), NaCl 0.05%乾土区 (NaCl 0.054%乾土, 0.30 mS/cm), NaCl 0.25%乾土区 (NaCl 0.251%乾土, 0.98 mS/cm), NaCl 0.5%乾土区 (NaCl 0.491%乾土, 1.75 mS/cm)。

注2) 各区3反復で試験を行った。エラーバーは標準偏差。NaCl 0.5%乾土区3ポットの内の1ポットは7月上中旬に枯死したため、同区幼穂形成始期以降のエラーバーは2反復とその平均の差とした。

3 活用に当たっての留意事項

- 1) 本試験は古川農業試験場ほ場土壌に海水を添加混和後、1/2000aポットに充填し、ひとめぼれを6月9日に移植、雨水の入らないハウス内で栽培した。なお、中干しは7月上旬に5日程度行った。
- 2) 土壌塩分の違いが成熟期生育に及ぼす影響については別途検討が必要である。
- 3) NaCl10.25%乾土程度では、植え付けた葉や葉鞘の枯れや葉の先端が丸まる症状が見られ幼穂形成期頃までは塩害による生育抑制は見られる。

(問い合わせ先：古川農業試験場土壌肥料部 電話0229-26-5107)

4 参考データ等

- a 作付け前土壌ECが約0.8未満では、ECと収量に一定の傾向は見られない(図2)。

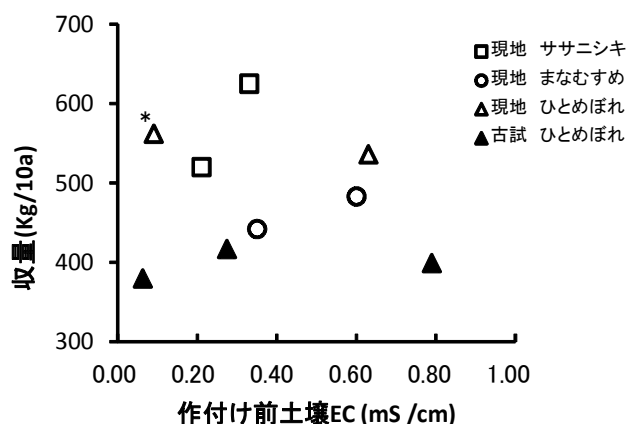


図2. 現地ほ場および古川農業試験場枠試験における収量と作付け前土壌EC

注1) *のついたデータは津波被害を受けていないほ場のもの。

注2) *のついていない現地ほ場は津波による被害を受けたので、作付け前に代かき除塩を行った。

注3) 古川農業試験場の値は、場内ほ場において50cm×50cm枠を深さ15cmまで差し込み、枠内土壌に海水を混和後水稻を移植したもの。現地ほ場の収量は石巻農業改良普及センター調べ。

津波被災水田における生育中期水管理による土壌ECの変化と注意点

古川農業試験場

1 背景と目的

塩害を受けたほ場においては、海水が流入していることや代かきを何度も行っていることなどから、通常水田に比べ土壌還元が強まると考えられ、落水等により土壌への酸素の供給が必要となってくる。しかしながら、除塩ほ場においては落水により土壌水分が低下することで、土壌EC等が上昇し稲への影響が懸念される。そこで、除塩対策後のほ場において、落水を行うことによって、その後の土壌EC等の変化を調査した。

2 技術情報

- 1) 落水後の作土（0～10cm）の土壌ECは、土壌水分の低下とともに上昇し、落水7日後には約1.0mS/cmに達する（図1，2）。
- 2) 塩害ほ場における水管理は常時湛水を基本とするが、土壌還元が異常に強かったり、ガスの発生等により根腐れが懸念されるほ場においては、5～7日以内で落水を行う。
- 3) 常時湛水ほ場の土壌ECは、作土（0～10cm）が最も低く、下層（20～30cm）が最も高く、変動の幅は小さい（図1）。

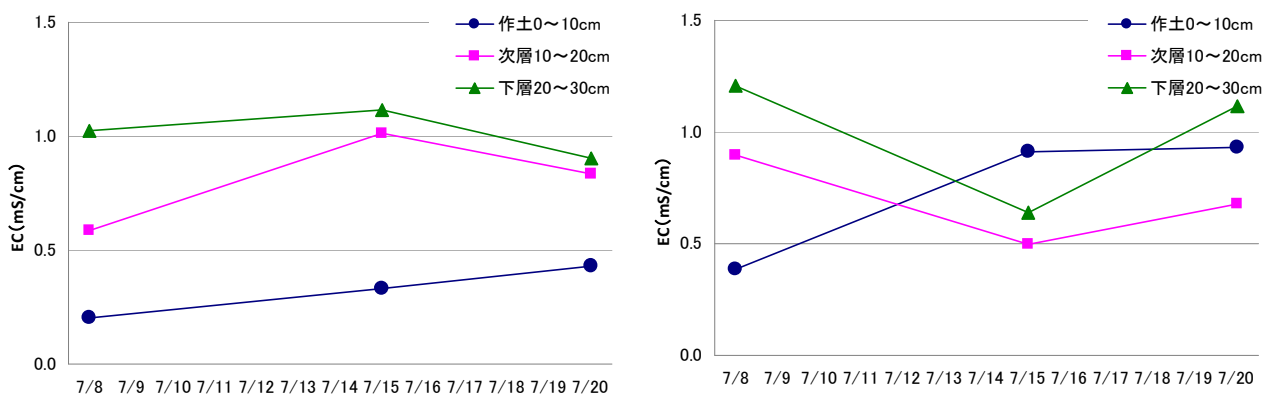


図1 津波被災水田ほ場におけるECの変化（左図：常時湛水ほ場 右図：落水ほ場）

3 活用に当たっての留意事項

- 1) 強風による葉身の枯れ上がりは、常時湛水ほ場に比べ落水ほ場において影響を受けやすいので、落水期間において強風が予想される場合は、速やかに湛水する（図3）。
- 2) 塩害ほ場における茎葉のナトリウム含有率は、通常ほ場（古試場内）の茎葉に比べ明らかに高い。（図4）。

（問い合わせ先：古川農業試験場水田利用部 電話0229-26-5106）

4 参考データ等

調査地点：石巻市蛇田地区 前作：大豆 代かき回数：4回 土壌タイプ：黒泥土壌
 供試品種：まなむすめ
 落水期間：7/8～7/20（15日間）

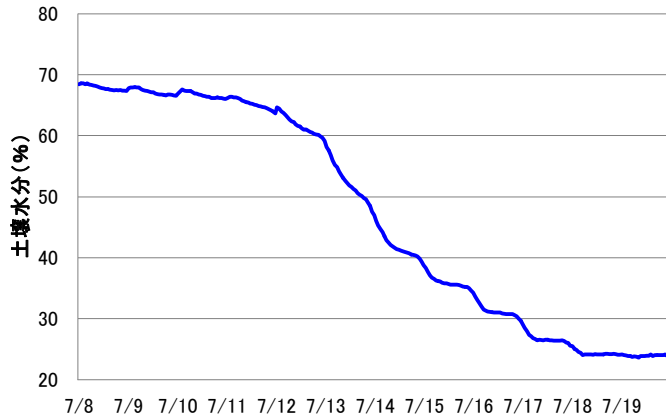


図2 落水ほ場における土壌水分の変化

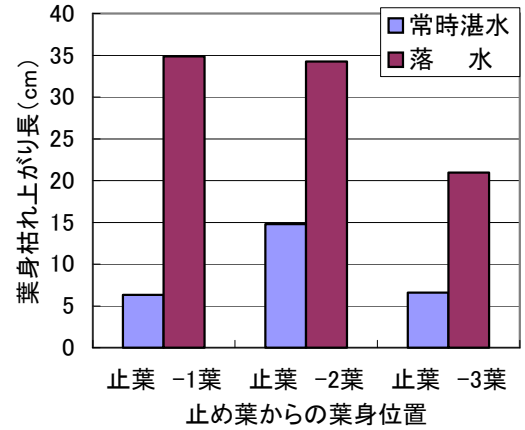


図3 葉身位置別の葉身の枯れ上がり長 (8/1調査)

※7/20台風6号により，最大風速20m/sに遭遇

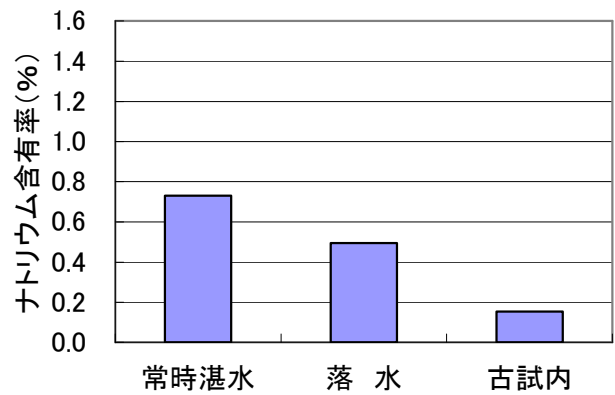
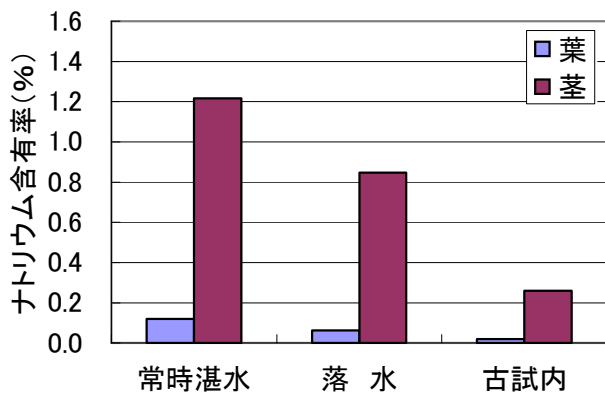


図4 茎葉のナトリウム含有率 (7/20採取調査 左図：部位別 右図：茎葉全体)

※茎葉ナトリウム含有率が1%で，地上部相対生長量が約10%減少

(山内ら 1987年 耐塩性の品種間差とナトリウムの吸収・移行特性との関係 土肥誌58)

水稻種子の浸種及び浸種後乾燥期間別の発芽率

古川農業試験場

1 背景と目的

水稻種子の浸種開始後、突発的な事象により播種時期の予定が立たない場合がある。その時の種子の扱いについて、浸種を一時中止し、乾燥させた場合の発芽率について明らかにした。

2 技術情報

- 「ひとめぼれ」水稻種子において、浸種期間の平均水温が8℃以下であれば、表1の浸種期間、積算水温、その後の乾燥期間及び積算気温の範囲において約95%以上の発芽率を確保できる。

表1 浸種及び乾燥期間別の発芽率

浸種終了日	3/23浸種スタート	乾燥後 日数(日)	積算 気温(℃)	乾燥後 日数(日)	積算 気温(℃)	乾燥後 日数(日)	積算 気温(℃)	乾燥後 日数(日)	積算 気温(℃)	乾燥後 日数(日)	積算 気温(℃)
		2	23(11.5)	9	124(13.8)	16	226(14.1)	23	331(14.4)	29	433(14.9)
①	3/30 浸種期間(日) 平均水温(℃)	7 6.4	94.7%	96.0%	96.7%	98.0%	96.7%				96.7%
		2	28(14.0)	9	130(14.4)	16	235(14.7)	22	337(15.3)		
②	4/6 浸種期間(日) 平均水温(℃)	14 6.1	99.3%	98.7%	96.0%	96.0%					
		2	31(15.5)	9	136(15.1)	15	238(15.9)				
③	4/13 浸種期間(日) 平均水温(℃)	21 7.2	98.7%	99.3%	97.3%						
		2	30(15.0)	8	132(16.5)						
④	4/20 浸種期間(日) 平均水温(℃)	28 8.1	99.3%	95.3%							

※()は平均気温

3 活用に当たっての留意事項

- 浸種期間中は、1日おき程度で水の交換を行う。
- 浸種中断後の籾は、脱水機により脱水し、ゴザ等に広げ2日間程度陰干しする。その後網袋に入れ、風通しの良い日陰で保存する。
- 芽が動き始めた籾は乾燥後の発芽率が低下し、特に芽の長さが1mm以上になるとかなり低下する(後藤ら 1996 乾燥催芽籾の再生長について 日作東北支部報 39)。
- 再浸種後は芽が動きやすくなっているので、籾の状況を見ながら浸種期間を調整する。

(問い合わせ先：古川農業試験場水田利用部 電話0229-26-5106)

4 参考データ等

供試品種：ひとめぼれ 発芽率調査：25℃ 明所 14日間 50粒×3反復

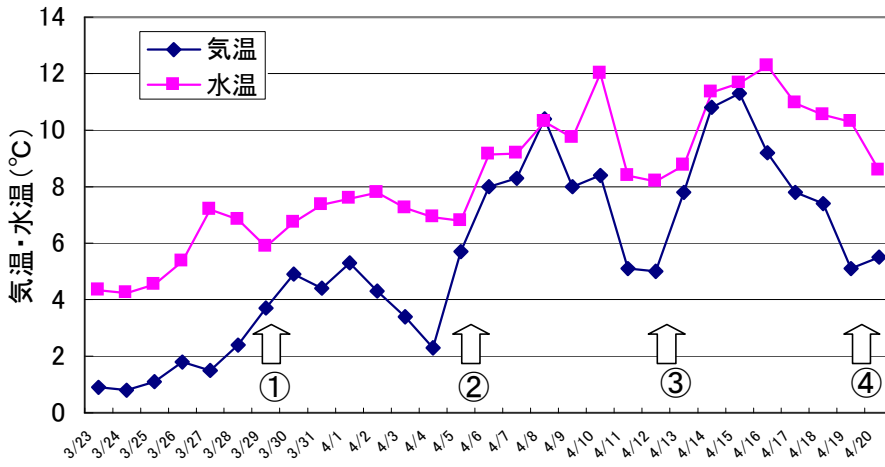


図1 浸種期間における気温・水温
(気温：古川アメダス) ※図中の矢印は浸種終了日

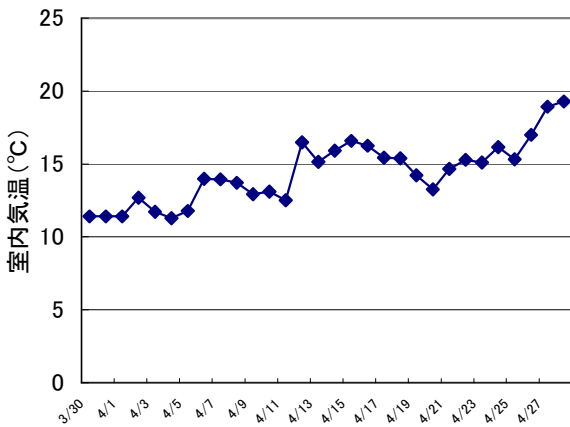


図2 乾燥後の室内気温の推移

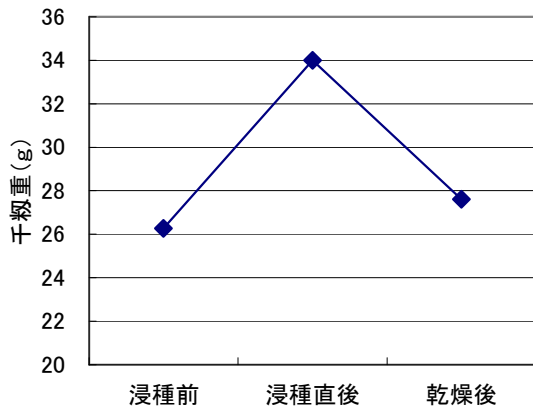


図3 千粒重の推移

水稻種子のNaCl濃度別における品種別間の発芽率と発芽勢

古川農業試験場

1 背景と目的

津波により塩害を受けた地区において、除塩作業後に水稻を始めとする営農活動に復帰する際、移植栽培の他に経営拡大や施設等様々な要因から水稻直播栽培にて作付けが要望されている。

今回、NaCl濃度別の品種間差についての発芽率、発芽勢への影響が明らかとなった。

2 技術情報

- 1) 発芽率は、NaCl濃度0.3%以下まで95%以上確保できるが、0.6%以上では品種により発芽率が異なる（図1, 図3）
- 2) 発芽勢は、NaCl濃度が高くなるほど遅くなる（図2, 図3）。
- 3) NaCl濃度に影響の少ない品種は、「ひとめぼれ」「ササニシキ」「まなむすめ」「げんきまる」の4種類であった（図2, 図3）。

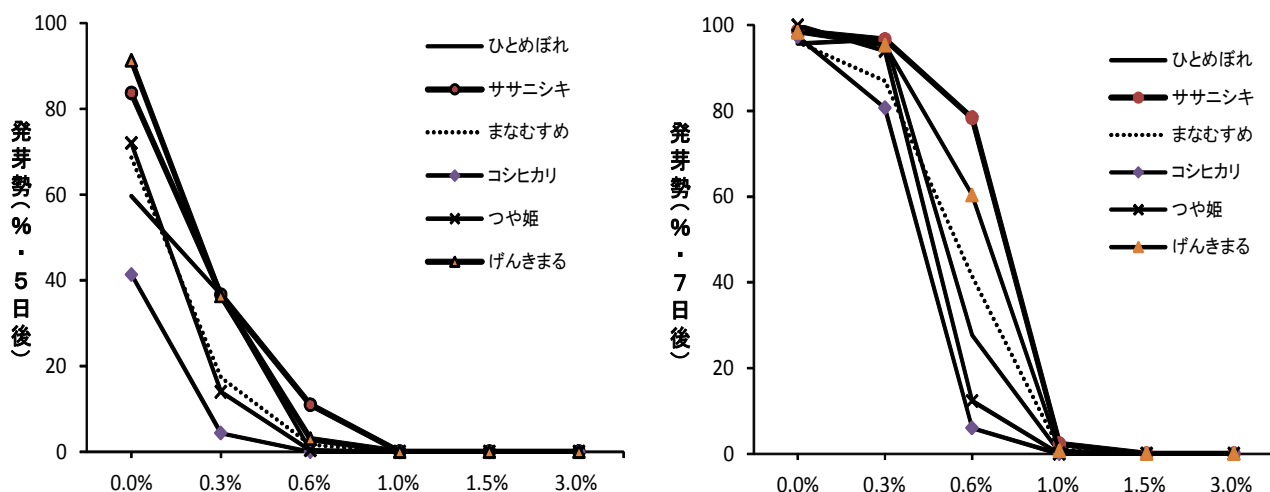


図2 NaCl濃度別の発芽勢（左：5日後の発芽率, 右：7日後の発芽率）

3 活用に当たっての留意事項

- 1) 本発芽試験は、平成24年産の一般用種籾（常温暗所保管）を用いて、4月上旬～下旬にシャーレ内100粒ずつ置床後、各濃度のNaClを加え、30°C明条件下で15日間インキュベートしたものである。
- 2) NaClは、食塩を蒸留水にて所定濃度に希釈し使用した。

(問い合わせ先：古川農業試験場水田利用部 電話0229-26-5106)

4 参考データ等

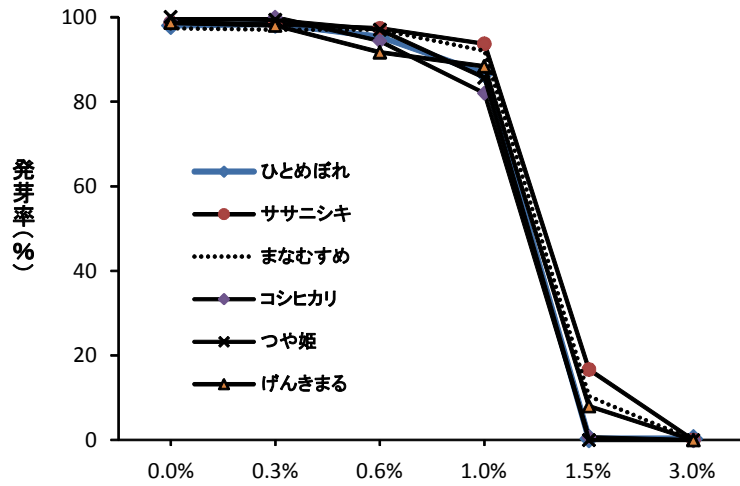


図1 NaCl濃度別の発芽率

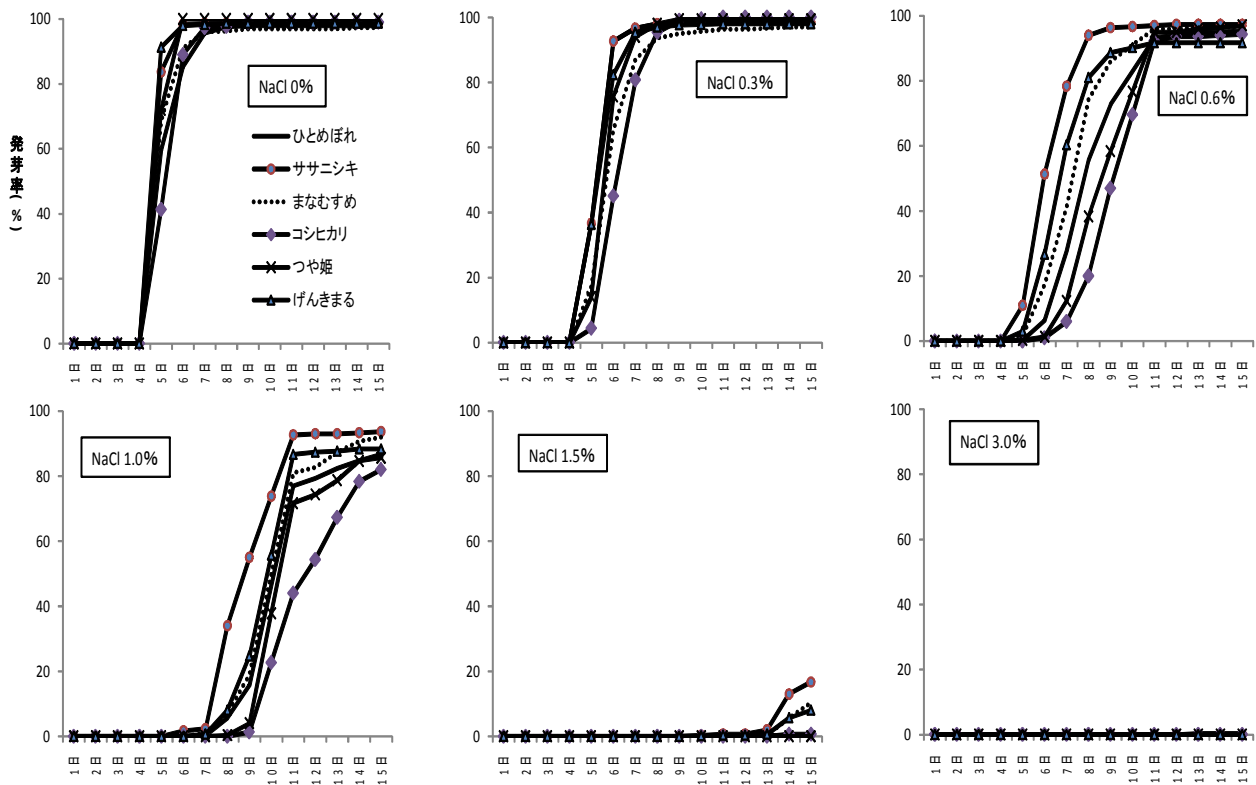


図3 NaCl濃度別の発芽率 (品種別)

津波被災水田におけるイネ病害虫の発生実態

古川農業試験場

1 背景と目的

東日本大震災で発生した大津波により、沿岸地帯の水田では海水が流入する大きな被害を受けた。被災水田の一部では除塩作業した後にイネの作付けが行われたが、このような栽培条件が病害虫の発生や被害にどのような影響を及ぼすかは分かっていない。また、被災の影響によって休耕した水田では雑草が繁茂し、斑点米カメムシ類の発生源となることが懸念された。そこで、これらの被災農地において病害虫の発生実態を調査し、その特徴を把握した。

2 技術情報

- 1) 除塩作業後にイネを作付けした被災水田では、被災していない一般水田と比較して被害程度が高まる病害の発生は認められない(表1)。虫害ではイネツトムシとヒメトビウンカの被害程度が一般水田より高まる傾向を示すものの、イネツトムシの発生は局所的であること、ヒメトビウンカが媒介する縞葉枯病の発生は認められないことから、いずれも実害が生じる可能性は低い(表2)。
- 2) イヌビエやコウキヤガラが発生した休耕田は、アカスジカスミカメやアカヒゲホソミドリカスミカメ等の斑点米カメムシ類の発生源となる(図1、表3)。

3 活用に当たっての注意点

- 1) 表1および表2は、被災水田(仙台市、名取市、石巻市、東松島市の合計9ほ場)と一般水田(病害虫防除所の巡回調査地点62ほ場)の調査データを発生予察事業調査実施基準にしたがって「無」～「甚」の被害程度に区分し解析した結果を示す。ただし、イナゴ類、ササキリ類、イネアオムシのすくい取り虫数は斑点米カメムシ類の基準を準用して被害程度を区分した。斑点米率は「無:0%」、「少:~0.1%」、「中:~0.3%」、「多:~1.0%」、「甚:1.0%~」に区分した。なお、調査時期によって調査地点数は異なる。
- 2) 図1は、7月下旬(石巻市A、B)および8月上旬(仙台市、名取市)において調査した結果を示す。仙台市、名取市、石巻市Aはイヌビエ、石巻市Bはコウキヤガラが出穂した状態であった。表3は図1の石巻市A、Bからイヌビエおよびコウキヤガラの穂を採集して飼育した結果を示す。
- 3) 除塩作業後にイネを作付けする場合、慣行の病害虫防除を基本とし、病害虫の発生状況に応じて追加防除を検討する。
- 4) 休耕田ではカメムシ類の発生を抑えるため、雑草が出穂する前に除草を行う。

(問い合わせ先: 古川農業試験場作物保護部 電話 0229-26-5108)

4 参考データ等

表1 被災水田と一般水田におけるイネ病害発生程度の比較

病害名	調査時期	調査項目	区分	地点数	被害程度別割合(%)					区分間の比較 ^a
					無	少	中	多	甚	
ばか苗病	6月下旬 ~7月上旬	発病株率	一般	62	94	6	0	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
黄化萎縮病	6月中旬 ~下旬	発病株率	一般	62	100	0	0	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
ごま葉枯病	7月下旬 ~8月上旬	発病度	一般	62	100	0	0	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
縞葉枯病	7月下旬 ~8月上旬	発病度	一般	62	100	0	0	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
白葉枯病	8月下旬	発病度	一般	62	100	0	0	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
稲こじ病	8月下旬	発病株率	一般	62	85	15	0	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
葉いもち	7月中旬	被害度	一般	62	98	0	2	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
穂いもち	成熟期	発病穂率	一般	55	99	1	0	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
紋枯病	成熟期	発病度	一般	55	45	49	4	2	0	ns
			被災	8	62	13	0	25	0	

^a nsは5%水準で有意差がないことを示す(Wilcoxonの順位和検定)

表2 被災水田と一般水田におけるイネ害虫発生程度の比較

害虫名	調査時期	調査項目	区分	地点数	被害程度別割合(%)					区分間の比較 ^a
					無	少	中	多	甚	
イネヒメハ モグリバエ	6月中旬	被害度	一般	62	84	16	0	0	0	*
			被災	9	56	44	0	0	0	
イネハ モグリバエ	6月中旬	被害度	一般	62	97	3	0	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
イネドロ オウムシ	6月下旬 ~7月上旬	被害度	一般	62	72	23	5	0	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
イネミズ ゾウムシ	6月上旬	被害度	一般	60	65	32	3	0	0	ns
			被災	5	20	80	0	0	0	
ニコメイガ	7月中旬	被害株率	一般	62	87	11	0	2	0	ns
			被災	9	100	0	0	0	0	
イネツトムシ	8月下旬	苞数/25株	一般	62	100	0	0	0	0	*
			被災	9	89	0	11	0	0	
ツマグロ ヨコバイ	7月下旬 ~8月上旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	48	85	15	0	0	0	ns
			被災	7	100	0	0	0	0	
ヒメトビ ウンカ	7月下旬 ~8月上旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	52	92	6	2	0	0	ns
			被災	7	86	0	14	0	0	
ヒメトビ ウンカ	8月下旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	48	36	52	8	4	0	ns
			被災	7	43	14	43	0	0	
コバネ イナゴ	7月中旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	39	54	23	15	8	0	*
			被災	7	100	0	0	0	0	
コバネ イナゴ	8月下旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	52	69	19	12	0	0	ns
			被災	7	100	0	0	0	0	
ササキリ 類	7月中旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	39	59	28	5	8	0	ns
			被災	7	57	43	0	0	0	
ササキリ 類	8月下旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	52	73	25	2	0	0	ns
			被災	7	57	43	0	0	0	
イネアオ ムシ	7月中旬	すくい取り/20回	一般	39	20	26	23	18	13	ns
			被災	7	58	14	14	14	0	
イネアオ ムシ	7月下旬 ~8月上旬	すくい取り/20回	一般	48	42	27	17	8	6	ns
			被災	7	71	29	0	0	0	
イネアオ ムシ	7月下旬 ~8月上旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	47	53	30	9	6	2	ns
			被災	7	72	14	14	0	0	
斑点米 カメムシ類	8月下旬	すくい取り/20回 (成幼虫)	一般	52	71	21	2	6	0	ns
			被災	7	43	14	29	14	0	
斑点米 カメムシ類	成熟期	斑点米率	一般	56	43	32	9	14	2	ns
			被災	8	36	38	13	13	0	

^a *は5%水準で区分間に有意差があること、nsは同水準で有意差がないことを示す(Wilcoxonの順位和検定)

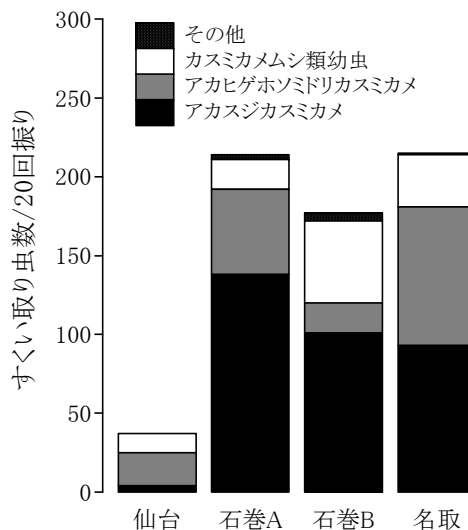


図1 休耕田におけるカメムシ類の発生状況
主要雑草 仙台、石巻A、名取:イヌビエ
石巻B:コウキヤガラ

表3 イヌビエとコウキヤガラの穂からふ化したカメムシ類

雑草種	供試穂数	ふ化幼虫数	羽化成虫数 ^a (%)			合計
			アカスジ	アカヒゲ		
イヌビエ	20	606	318 (92.2)	27 (7.8)	345	
コウキヤガラ	60	98	84 (97.7)	2 (2.3)	86	

^a カメムシ類の種名
アカスジ:アカスジカスミカメ、アカヒゲ:アカヒゲホソドリカスミカメ

津波被災農地における雑草発生の実態

古川農業試験場

1 背景と目的

東日本大震災により津波の被災を受けた農地において、復旧の過程で問題化する雑草種を特定し、適切な農地管理や防除法提案のための基礎的知見を得ることを目的として、除塩対策後に水稲を作付したほ場および泥土・瓦礫の流入により休耕したほ場における雑草植生の特徴について調査した。また、バット栽培による塩害モデル試験を行い、各水田雑草種の耐塩性の比較や塩分存在下での除草剤の効果・薬害変動の有無について検討した。

2 技術情報

表1. 津波被災水田における各雑草種の確認件数（平成23年調査）

科名	確認草種	7月下旬～8月上旬 調査				10月下旬 調査			
		除塩後水稲作付 (9地点)		泥土流入休耕 (45地点)		除塩後水稲作付 (9地点)		泥土流入休耕 (44地点)	
		本田	畦畔	本田	畦畔	本田	畦畔	本田	畦畔
キク科	アメリカセンダングサ	2	1	13	15	1	1	6	3
	ヨメナ類		1		15	1			10
	ヨモギ			2	13			3	9
	タネホ			3	8			5	5
	ノボロギク		1	3		2		7	7
	タヨキ	5	1	5		2			
	オオオナモミ			4	7				1
	セイタカアワダチソウ					1		4	5
	トキンソウ			11				1	
	オオシバ			1		3			6
	オオアザミ			1	4				
	オオハコギリ				3				
イネ科	イヌビエ	4	1	35	19	4	8	31	16
	ヒシバ		4	17	16		6	10	16
	ヨシ			4	8		3	3	7
	エノコグサ			6	11		2	1	9
	オオクサキ			1	1		1	8	5
	スズメノテッポウ					3		11	2
	オオコホホリ			1	12				
	タイスビエ			3		1		4	1
	ネズミムギ			1	5				
	カヤツリグサ科	コウキヤガラ	1		16	7			11
タガヤツリ		1		12				3	
クログワイ		3		5				1	
タデ科	キンギン			3	8		2	6	15
	ヤナギタデ			5	3		5	1	8
	オオイタダ			9	7			4	
	イヌタデ		1	8	3				
	ミヤナギ			6	4			2	
アカザ科	シロザ		1	18	21			4	9
	ウラボシ			8	8			3	1
マメ科	シロツメクサ		1		7		1	1	4
	アカツメクサ		1	2	5		1		1
	ツルマメ			1	6				
オオバコ科	オオバコ			5	18		3	5	7
アブラナ科	スカシクサ		1	2	1		2	10	6
	タネツケバナ				1			8	1
スベリヒユ科	スベリヒユ		1	14	6			1	
トクサ科	スキナ		1		11		2		6
ゴマノハグサ科	アゼナ			9					
ガマ科	ガマ			3	1			7	
ツユクサ科	ツユクサ			4	7				1
トウダイグサ科	エノキグサ			1	7				1
ウリ科	アレチウリ			1	3		1	1	

※概ね5地点以上で確認された種について記載。

※**太字斜体**は特定外来生物，**太字**は要注意外来生物

3 活用に応じた留意事項

- 1) イヌビエ・コウキヤガラ等の繁茂は復元後の水稲作付け時において問題となる可能性があり、要注意外来種の分布拡大も懸念されるため、休耕田では復旧までの期間においても適切な除草管理が求められる。
- 2) 雑草が繁茂したほ場においては、土表面・土中の種子・塊茎等の繁殖体も増加していると考えられるので、土壌の攪拌や移動により発生源を拡大させない注意も必要である。

（問い合わせ先：古川農業試験場試験場水田利用部 電話0229-26-5106）

4 参考データ等



図1 津波被災水田の優占草種



図2 注意を要する外来雑草種

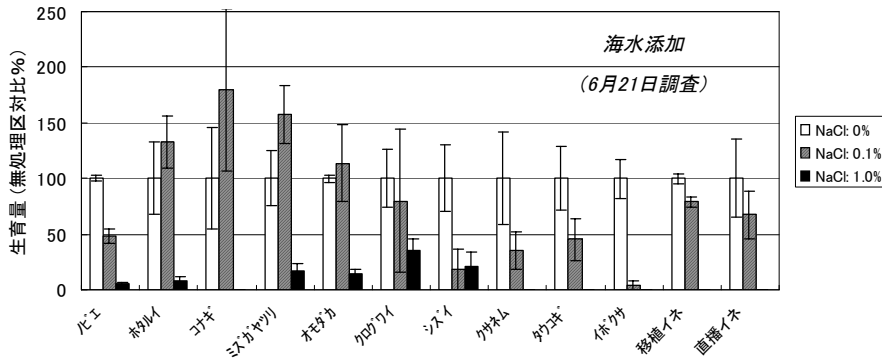


図3 海水添加による各草種生育量の変化
 ※ 海水のNaCl濃度を3%として、乾土当たりNaCl含有量が0, 0.1, 1.0%となるように代播時に海水を添加した。
 ※生育量は最大草丈×個体数もしくは草丈(ヒルムシロのみ葉数)の合計値として評価した。
 縦線は標準誤差(3反復)

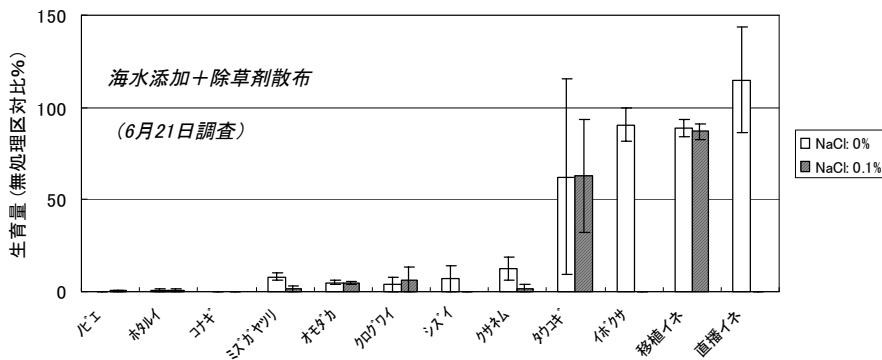


図4 除草剤処理による各草種生育量の変化
 ※ノビエ2.5葉期(6月7日)にイゾスルフロン・ピラクロニル・プロモブチド水和剤(商品名:ハッチリ®フロアブル)を規定量散布
 生育量の評価法は図1と同じ。
 縦線は標準誤差(3反復)

津波被災農地における無人ヘリコプターによる非選択性除草剤散布

古川農業試験場

1 背景と目的

東日本大震災において津波被害を受けた農地では、復旧までの休耕期間における雑草管理が課題となっているが、瓦礫の散乱等によりほ場内に立ち入った除草作業が困難な地域も多い。そこで、非選択性除草剤グリホサートカリウム塩液剤(48%)：商品名「ラウンドアップ・マックスロード」、グリホサートイソピルアミン塩(41%)：商品名「草枯らしMIC」及びグルホシネートPナトリウム塩液剤(11.5%)：商品名「ザクサ液剤」の無人ヘリコプターによる航空散布について検討したところ、十分な除草効果が得られることを明らかにした。

2 技術情報

- 1) 各試験剤の効果の特徴は表1のとおりである。
- 2) 無人ヘリの飛行経路の直下部と往復経路の中間部分は、薬剤の投下量の変動(散布ムラ)を反映し、除草効果にもムラが生じる(図1・図2)。
- 2) 試験各剤は効果発現の遅速や散布ムラの大小等差はあるが、概ね散布後14日～28日までに地上散布と同等の除草効果が得られる(図2)。
- 3) 何れの剤も病害虫防除用ノズル(XR11002)は効果が高くムラも少なかったが、飛散域が広く(図1)、ほ場外へのドリフトも多いため(共同試験者調査)現地での使用はできない。

表1 各試験剤の長所と短所

試験剤	長所	短所
グリホサート カリウム塩液剤(48%)	・観測位置・ノズルによらず効果が 高い。	・除草効果の完成に時間を要す る。
グリホサート イソピルアミン塩液剤(41%)	・希釈倍率・ノズルによる効果差 が小さい。	・除草効果の発現に時間を要す る。 ・観測位置による効果差(散布ム ラ)が大きい。
グルホシネートP ナトリウム塩液剤(11.5%)	・除草効果の発現が速い。	・散布ムラ・ノズルによる効果差 が大きい。 ・大型化した草種は再生する。

3 活用に当たっての留意事項

- 1) 各試験剤と同一成分の商品が、平成23年10月11日付けで「東日本大震災により津波被害を受けた農地専用ラウンドアップマックスロード」、「東日本大震災により津波被害を受けた農地専用草枯らしMIC」、「東日本大震災により津波被害を受けた農地専用ザクサ液剤」として、平成24年03月21日付けで「東日本大震災により津波被害を受けた農地専用タッチダウンiQ」がそれぞれ無人ヘリコプター専用剤として新規農薬登録されている(いずれも登録3年目に更新手続済)。
- 2) 上記剤は、農林水産省消費・安全局からの通達により、被災地において、無人ヘリコプター以外の防除手段の実施が困難な場合にのみ使用可能とされており、専門の研修を受けたオペレーターにより、専用の散布装置とノズル(「除草剤専用ノズル(無人ヘリ用ラウンドノズルアダプター付)」型式：TP3349(株)ヤマホ工業製)を使用して散布する必要がある。

(問い合わせ先：古川農業試験場試験場水田利用部 電話0229-26-5106)

4 参考データ等

表2 試験区の構成と試験薬剤の散布条件

散布方法	No.	試験剤	ノズル	希釈倍率	散布液量 L/ha
無人ヘリ	①	グリホサートカリウム塩液剤(48%)	ラウンド25	2	8
	②		TP3350	2	8
	③		XR11002	2	8
	④	グリホサートイソピルアミン塩液剤(41%)	ラウンド25	3	12
	⑤		ラウンド25	2	8
	⑥		XR11002	2	8
	⑦	グルホシネートPナトリウム塩液剤(11.5%)	XR11002	4	20
	⑧		XR11002	8	40
	⑨		ラウンド25	8	40
地上散布	A	グリホサートカリウム塩液剤(48%)	ラウンド25	62.5	250
	B	グリホサートイソピルアミン塩液剤(41%)	ラウンド25	62.5	250
	C	グルホシネートPナトリウム塩液剤(11.5%)	ザクサノズル	100	1000
無散布					

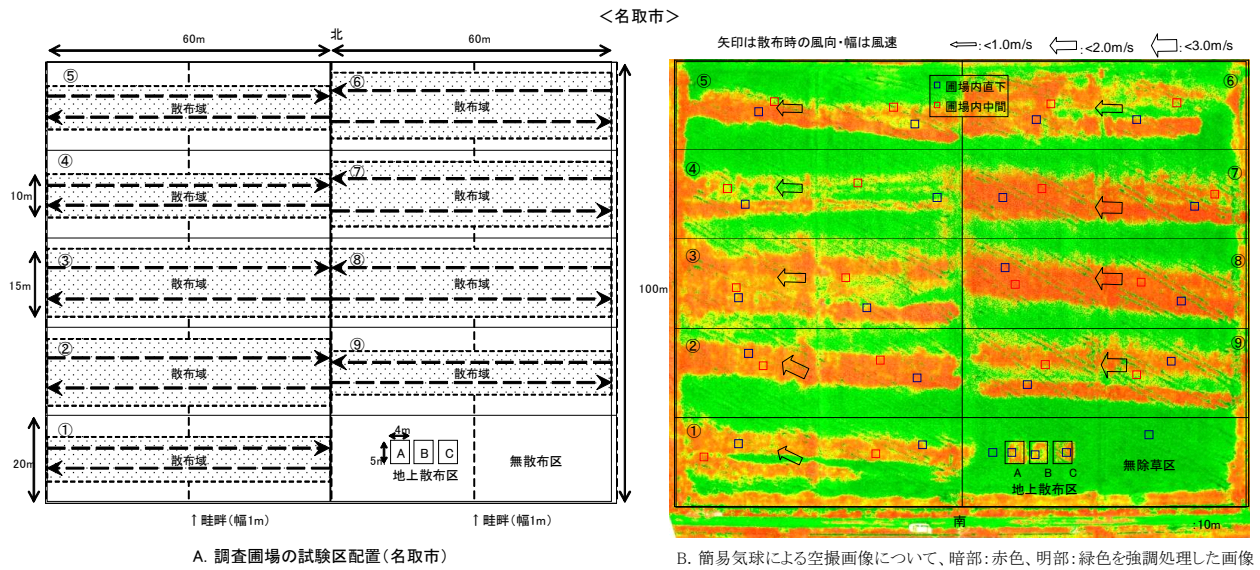
試験地：仙台市および名取市内の津波被災地区の水田
散布日：7月22日

ラウンド25：「ラウンドノズル人力25」地上散布用
除草剤専用ノズル

TP3350：改良型除草剤専用ノズル（仙台ではTP3349使用）

XR11002：病害虫防除用ノズル

散布時雑草状態：両地区とも大部分がノビエ（イヌビエ）の群落で（平均被度は仙台60%，名取97%）草丈10cm以上の出穂始期，オオイヌタデ等一年生雑草は草丈70cm程度の生育期。仙台のほ場は畦畔に不稔出穂したクサヨシが発生していた。



A. 調査圃場の試験区配置(名取市)

B. 簡易気球による空撮画像について、暗部：赤色、明部：緑色を強調処理した画像

図1 無人ヘリ想定飛行経路と簡易空撮画像を基にした調査地点の選定

調査方法：効果発現が確認できる状態となった散布後10日目，簡易気球により上空から試験ほ場を撮影し，効果の発現状況と散布ムラを確認した（B）。この観察から試験区内の飛行経路直下と往復飛行経路の中間付近にあたる地点に各4㎡の調査区を設け（ほ場内各2反復，畦畔部1反復），薬剤散布後の経過を観察した。

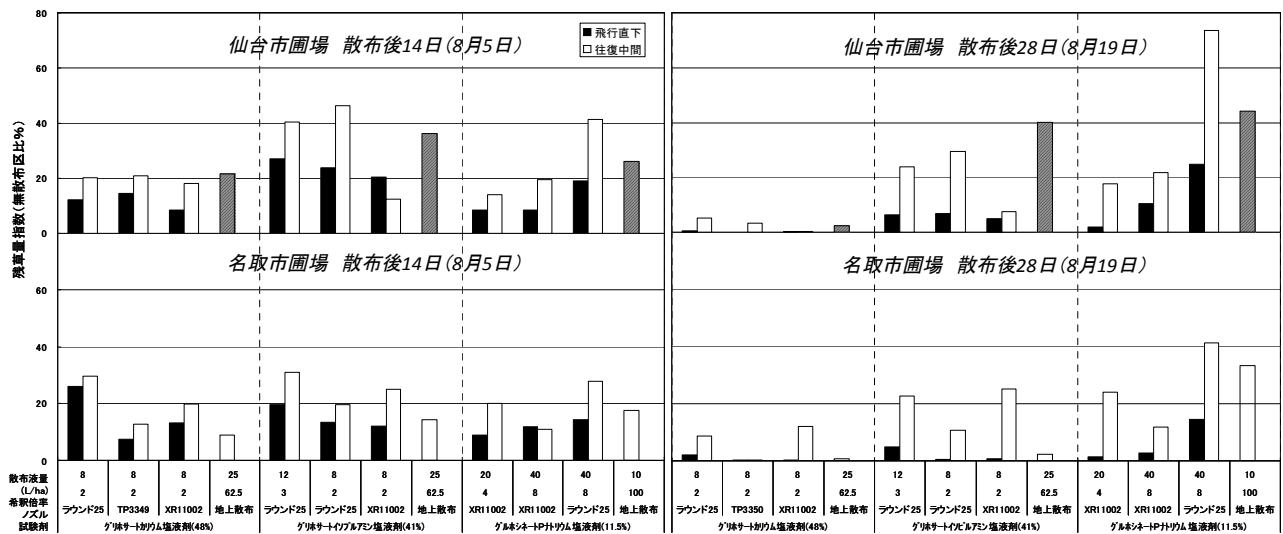


図2 散布後14日・28日における残草量の比較

注) 縦軸は残草指数の無処理区対比 (%) を示す。残草指数=草丈 (cm) × 残草ランク × 被度 (%) ただし，残草ランクは0 (完全枯死) ~10 (症状無し) の除草剤による黄化・褐変・部分枯死等の症状をランク分けした指数である。

津波被災農地における効果的なコウキヤガラ防除対策

宮城県古川農業試験場

1 背景と目的

宮城県沿岸部の農地には、耐塩性が高く塊茎による繁殖能力が高い水稲作の難防除雑草コウキヤガラが震災前から多発していた。東日本大震災の津波被害を受けたこれらの地域では復旧までの休耕期間にコウキヤガラが増殖し、復旧後の水稲作に影響を及ぼすことが懸念された。そこで、除塩復旧後の水稲作を想定し、コウキヤガラに有効な除草剤を選定してその防除効果を明らかにした。また、休耕期間におけるコウキヤガラの塊茎による増殖を抑制する効果的な防除対策を明らかにした。さらに、被災農地における農地復旧に伴う雑草植生の変化を明らかにし、コウキヤガラの分布と震災前後に整備された農地情報（GISデータ）との関係からコウキヤガラの発生リスクを予測した地図を作成した。これらの試験・調査の結果を踏まえて、コウキヤガラの体系的な防除対策の指針を明らかにした。

2 技術情報

- 1) コウキヤガラに対してはピラクロニルやアセト乳酸合成酵素（ALS）阻害剤を有効成分に含む水稲用除草剤の効果が高い。ただし、単用処理では効果が不十分になることもあるため、有効な前処理剤や後処理剤との体系で使用する（表1）。ピリミスルファン0.75%粒剤やメタゾスルフロン・アジムスルフロンを含有する剤は草丈30cmのコウキヤガラにも高い防除効果を示すものの、処理時期が遅くなるほど効果発現に時間がかかる場合もあるので有効な初期剤との体系で早めに使用する。
- 2) 土壌塩分濃度が高い砂質土壌であっても、コウキヤガラと砂壤土への適用をもつ水稲用除草剤であればコウキヤガラに対する防除効果は高く、茎葉および塊茎の生産を強く抑制し（図1）、水稲に対する薬害もない。
- 3) コウキヤガラが繁茂した休耕田では、5月上旬までにグリホサートカリウム塩を茎葉散布することで、当年の塊茎生産を抑制することが出来る。6月下旬までの散布では、当年の塊茎は生産されるものの、翌年の萌芽は抑制される（図2）。
- 4) コウキヤガラが繁茂した被災休耕田において、6月下旬に非選択性除草剤を散布した場合、コウキヤガラの塊茎サイズが直径1cm以下と小さくなる傾向がある。また8月下旬の時点では、塊茎は地下茎により連結されているため、発生土壌を直接2cmの篩目に通すことでその大部分を除去することができる（表2）。なお、作土を移動したりプラウにより反転耕することで、作土表層の塊茎数は減耗するが、ロータリ耕や越冬後早春期の作土の篩分けでは塊茎を除去できない。
- 5) 震災直後から継続して雑草植生の変化を調査した被災圃場では、水稲作付けの回復に伴い、コウキヤガラの発生頻度は低下しているが、未復旧休耕田を中心として震災後3カ年目に新たに調査に加えた地点では高い頻度でコウキヤガラの発生が認められる（表3）。
- 6) 震災後2カ年の調査結果をもとにした解析では、コウキヤガラの発生には圃場整備状況や被災程度が大きく影響しており、区画（圃区）面積が小さく、用水路が整備されているが排水不良で、津波による堆積土砂が厚く、地盤沈下量が著しい地域ほど出現率が高い（表4）。
- 7) 津波被災農地全域のGIS（地理情報）データと、被災当年・翌年のコウキヤガラの分布調査を基にした多重ロジスティック回帰モデルを作成し、コウキヤガラの発生確率を予測するリスクマップを作成した（図3）。震災後3カ年目に行った調査結果をもとに本マップにおけるリスク評価の精度を検証すると、リスクランク3・4と試算された地域では予測どおり高い頻度でコウキヤガラが確認される（図4）。
- 8) 以上から、復旧前後の被災農地では、図5のフローに従って体系的にコウキヤガラに対する対

策を実施する。

- (1) コウキヤガラ発生リスクマップを参考に事前に管理対象地域のコウキヤガラの発生リスクを把握し、実際に圃場を観察した上で、対策の必要性を判断する。
- (2) 復旧後水稲作付け圃場ではコウキヤガラに有効な除草剤および体系処理を選択することが重要であり、イネへの安全性を確保するため砂質土壌では砂壤土適用のある除草剤を使用する。
- (3) 未復旧休耕田でのコウキヤガラ対策としては除草剤による防除が効果的であり、グリホサートカリウム塩液剤を6月末までに散布することで翌年の萌芽を抑制することが出来る。地上防除が困難な場合には無人ヘリ散布が可能な登録剤もあるので、実施を希望する場合は指導機関に相談する。
- (4) 復旧工事において瓦礫除去に用いられる自走式スクリーン等によるコウキヤガラ株の物理的篩い分けも有効と考えられるが、塊茎が株に連結している夏季までに20mm以下の篩目で作土を篩う必要がある。コウキヤガラの発生した作土の移動やプラウにより反転させることも作土域の塊茎数の低減には有効と考えられるが、塊茎が死滅するわけではなくコウキヤガラ発生源の拡散につながる場合もあるので注意が必要である。

3 活用に当たっての注意点

- 1) 普及対象はコウキヤガラ発生地帯の耕作者、被災農地管理者、復旧事業者である。
- 2) 水稲作では適用雑草名として「コウキヤガラ」に登録のある除草剤、休耕田では適用場所として「休耕田」に登録のある除草剤を使用する。
- 3) 水稲作付け時には、丁寧に代掻きをして萌芽個体を埋没させ移植後の株の再生を抑制する。
- 4) 前年からの休耕田では、4月上旬に萌芽が始まり、5月上旬には出芽が揃い茎葉処理剤による防除適期となる。
- 5) コウキヤガラの多発した圃場の堆積土砂等を盛り土や客土に用いた場合に、新たにコウキヤガラの発生源として問題となる場合があるので注意が必要である。
- 6) コウキヤガラ発生のモデル作成に用いた雑草植生データは宮城県内の津波被災水田にて平成23・24年の2カ年にのべ85地点(南部沿岸41地点、北部沿岸44地点)で行った調査の結果である。
- 7) コウキヤガラの発生リスクマップは、農地復旧過程の耕地管理および営農再開後におけるコウキヤガラの広域的防除計画に活用できる。
- 8) 図3に示したリスクマップは下記UPLアドレスにて詳細を公開している。
<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/hk-nousi/koukiyagara-riskmap.html>

(問い合わせ先：宮城県古川農業試験場水田利用部 電話0229-26-5106)

4 参考データ等

表1 各種水稲用除草剤によるコウキヤガラ（コウキヤガラ）の防除

試験実施年度	No	除草剤区分	有効除草成分 (g/10a)				剤型	処理時期 (コウキヤガラ発生)	1年目			2年目		
			成分数	褐変剤	ALS阻害剤	その他成分			試験剤単用	体系処理		試験剤単用	体系処理	
										試験剤→初中期剤	試験剤→中後期剤		試験剤→初中期剤	試験剤→中後期剤
H20 H21	1	初期剤	1	ピラクロニル (18)			フロアブル	前	○	◎	◎	△	○	△
H21 H22	2	初中期剤	3	ピラクロニル (18)	ベンシルフロンメチル (7.5)	プロモブチド (90)	1キロ粒剤	始	◎		◎	△		◎
H22 H24	3	初中期剤	3	ピラクロニル (18)	イマゾスルフロン (9.0)	プロモブチド (90)	フロアブル	始	△		○			○
H21 H22	4	初中期剤	3	ベントキサゾン (39)	イマゾスルフロン (9.0)	プロモブチド (90)	1キロ粒剤	始	◎		◎	△		△
H20 H21	5	初中期剤	3		イマゾスルフロン (8.5)	オキサシクロメホン (6.0) ベンゾビシクロン (19)	フロアブル	1年目/2年目 前/始	△		○	○		◎
H20 H21	6	初中期剤	3		イマゾスルフロン (8.5)	カフェンストール (28.5) ベンゾビシクロン (19)	フロアブル	始			◎	△		○
H24 H25	7	初中期剤	4	カルフエンチロンエチル (9)	フルセスルフロン (2.2)	カフェンストール (21) ベンゾビシクロン (20)	1キロ粒剤	始	△		△	○		◎
H24 H25	8	初中期剤	2	ピラクロニル (20)	プロピリスルフロン (9.0)		1キロ粒剤	始	○		◎	◎		◎
H24 H25	9	中後期剤	1		ピリミスルフアン (7.5)		1キロ粒剤	草丈 20/30 cm	○ 30cm		◎ 20cm ◎ 30cm	◎ 30cm		◎ 18cm ◎ 30cm
H25 H26	10	初中期剤	2		メタズルフロン (10)	ダイムロン (100)	1キロ粒剤	10/20/30 cm	◎ 10cm ◎ 20cm ◎ 30cm			◎ 10cm ◎ 20cm ◎ 30cm		
H25 H26	11	初中期剤	3	ピラクロニル (20)	メタズルフロン (10)	ダイムロン (100)	1キロ粒剤	始/草丈30cm	◎ 始 ◎ 30cm			◎ 始 ◎ 30cm		
H25 H26	12	中期剤	3		ピリアクト (18) アジメスルフロン (1.8)	メソトリオン (10)	1キロ粒剤	草丈 10/30cm	◎ 10cm ◎ 30cm		◎ 30cm	○ 10cm ◎ 30cm		△ 30cm

注) H20～22年は沿岸部（現津波被災地域内）の現地圃場，H24～26年は試験場内圃場で実施。体系処理の中後期剤はベンタゾン液剤を用い（No. 1では中期剤としてイマゾスルフロン・カフェンストール・ベンゾビシクロン水和剤，1年目の中期剤としてシロップ・アチル・シメトリン・ベンフルレート・MCPB 粒剤），初期剤はアタロール・ベントキサゾン乳剤を用いた。除草効果は移植後81日～112日の調査結果により，◎：極大（残草量の無処理区対比10%未満），○：大（20%未満），△：中（40%未満）を示す。空欄は未実施。

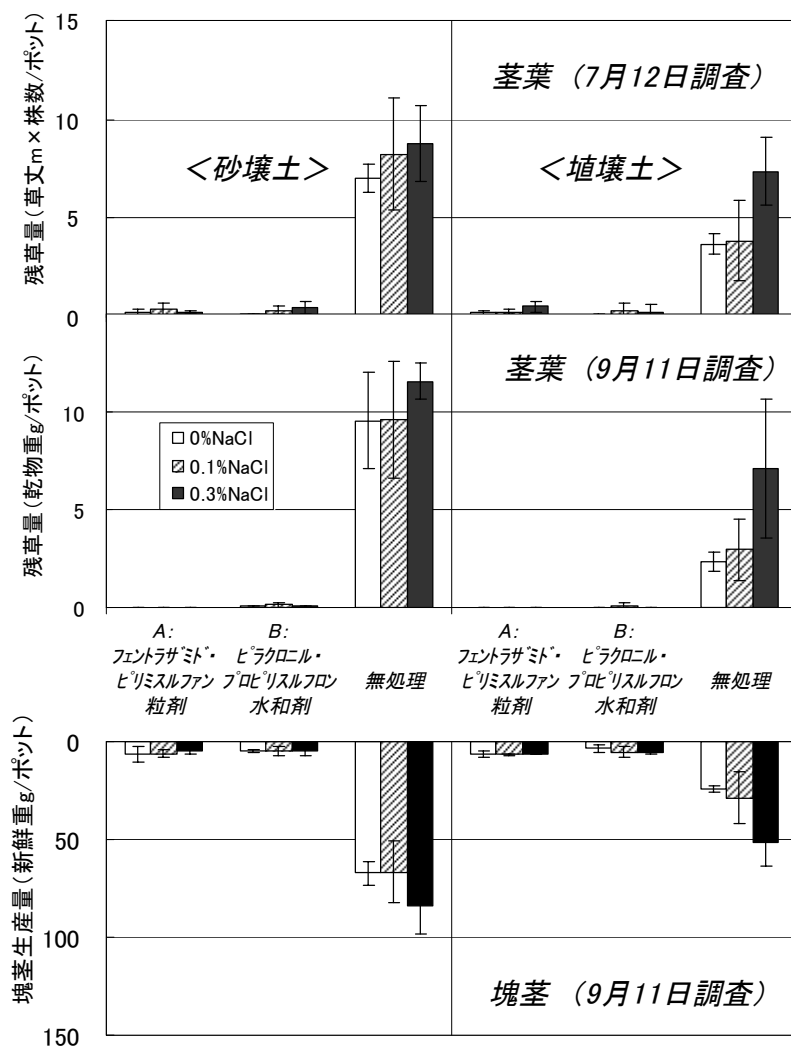


図1 砂質土壌塩分存在下での稲用除草剤のコウキヤガラに対する防除効果の比較 (ポット試験)

注) 砂壤土は沿岸部被災水田より採取した土壌、埴壤土は試験場内の水田より採取した土壌を用いた。平成25年5月23日 イネ移植。6月6日各除草剤を規定量散布。水稻成熟期にあたる9月11日にコウキヤガラの茎葉部および塊茎を採取し計量した。値は3反復の平均値、縦棒は標準偏差を示す。A・Bともにコウキヤガラと砂壤土への適用がある。

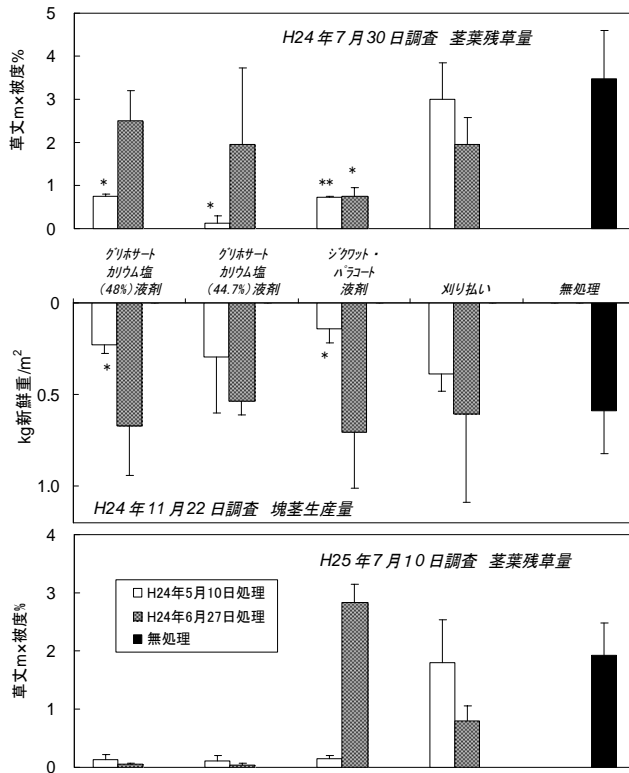


図2 復旧前休耕田におけるコウキヤガラに対する各防除法・処理時期の効果

注) 処理時はコウキヤガラ(被度60~95%, 発生密度~508本/m²)・除草剤は少量散布用ノズル装着電動散布機による散布。・試験区面積は4m×5m(2反復)。

表2 被災休耕田コウキヤガラ塊茎の残存状況

H24.8.17 採取調査								
圃場	春夏季管理法		塊茎量(a)	塊茎分離割合(個%)				
				採取土壌直接篩い		地下茎除去・洗浄後篩		
	管理日	管理法	個/m ² (g/m ²)	2cm<	2cm>	2cm<	2~1cm	1cm>
A	6月22日	除草剤散布	272 (120)	100	0	0	37	63
B	6月22日	除草剤散布	1300 (433)	100	0	0	9	91
C	7月中旬	刈払い	967 (597)	93	7	0	56	44
D	7月中旬	刈払い	589 (752)	99	1	8	79	13

H25.3.26 採取調査								
圃場	秋冬季管理法	塊茎量(b)		残存率(b/a:%)		塊茎分離割合(個%)		
		個/m ² (g/m ²)	個/個	(g/g)	2cm<	2~1cm	1cm>	
A	ロータリ耕起	200 (89)	73	(75)	0	39	61	
B	作土移動	211 (57)	16	(13)	0	32	68	
C	H25.3月作土篩	678 (468)	70	(78)	0	70	30	
D	プラウ耕起	106 (65)	18	(9)	0	47	53	

注) 平成23年にコウキヤガラが繁茂した津波被災休耕田について平成24年春夏季および翌秋冬季の管理の異なる圃場について調査。圃場A・Bではグリホサートカリウム塩(48%)液剤を無人ヘリコプターにて散布, 圃場C・Dは復興組合員による刈払いのみを実施。各圃場内の1地点について30cm×60cm枠内の土壌20cm深の土壌を調査した。H24年8月17日の調査では現地土壌を篩分け, その後全採取塊茎を洗浄し, 地下茎を除去した後に再度2cmおよび1cm目篩で分離した。H25年3月26日の調査では採取土壌を洗浄後篩分けした。

表3 津波被災水田の雑草植生の変化(発生地比率%)

科名	種名	圃場内				畦畔				
		継続調査		新規調査		継続調査		新規調査		
		H23	H24	H25	H25	H23	H24	H25	H25	
イネ科	イヌビエ	85	19	62	76	8	8	62	22	
	ルビエ	4	38	9	2	8	15	3	0	
	タイシビエ	4	19	3	3	0	0	0	0	
	メシハ	35	12	9	14	65	19	38	36	
	エノコログサ	15	0	3	8	35	8	12	12	
	ヨシ	0	0	9	22	19	12	15	10	
	オオクサキビ	4	4	6	8	0	8	0	2	
	アメリカセンダングサ	23	15	15	19	38	23	15	10	
	ヨモギ	8	0	3	3	35	23	9	25	
	タンポポ	8	0	0	2	27	4	3	2	
キク科	ノロギク	8	4	3	0	0	0	9	2	
	ヨメナ	0	0	3	0	27	4	0	2	
	セイタカアワダチソウ	0	0	3	8	0	19	12	19	
	オオブタクサ	4	0	0	2	12	8	3	10	
	タカサブロウ	12	0	0	12	0	4	9	2	
	タウコギ	19	8	6	5	0	0	6	2	
	トキンソウ	19	0	3	8	0	0	0	0	
	カヤツリグサ科	コウキヤガラ	35	31	18	68	12	8	9	5
	タマガヤツリ	35	15	12	31	0	0	0	0	
	イヌホタルイ	4	15	26	5	0	0	0	0	
マメ科	クログワイ	12	12	18	8	0	0	0	0	
	その他	15	4	0	0	0	12	0	0	
	シロツメクサ	0	4	3	7	12	31	38	31	
	クサネム	12	0	9	27	12	12	9	12	
	アカツメクサ	4	4	3	2	4	8	9	7	
	ツルマメ	0	0	6	3	12	12	12	10	
	タデ科	キンキン	4	4	0	5	23	15	18	14
		ヤナキタデ	8	12	9	17	12	0	0	3
		オオイヌタデ	15	12	12	3	19	4	6	8
	アカザ科	イヌタデ	19	4	6	10	8	0	6	7
シロザ		38	15	3	10	62	15	18	24	
アブラナ科	スカンタゴホウ	4	0	0	2	8	0	3	0	
セリ科	セリ	4	4	9	7	0	8	0	3	
ナス科	イヌホオズキ	8	4	0	2	15	4	6	2	
オオハコ科	オオハコ科	4	0	0	0	50	12	0	0	
ツユクサ科	ツユクサ	8	4	3	5	12	15	18	17	
ゴマノハグサ科	アゼナ	23	4	6	20	0	0	3	0	
ミスアオイ科	コナギ	12	4	6	12	0	0	0	0	
	ミスアオイ	0	8	0	8	4	0	0	0	
オモダカ科	オモダカ	8	4	12	10	0	0	0	0	
トクサ科	スキナ	0	0	0	3	35	19	29	27	
ガマ科	ガマ	4	15	3	22	4	0	0	2	
スベリヒユ科	スベリヒユ	23	0	3	5	23	0	3	2	
ウリ科	アレチウリ	4	0	0	0	8	4	3	5	
調査圃場数		26	26	34	59	26	26	34	59	
うち作付け圃場		3	14	27	10	3	14	27	10	

注) 7月から8月にかけて実施した圃場筆単位での見取り調査。「継続」はH23-24年またはH24-25年の継続調査地点、「新規」はH25年から調査に加えた地点、網掛けは出現率20%以上を示す。

表4 各種圃場条件が草種別発生確率に及ぼす影響

	変数	単位・レンジ	コウキヤガラ	イヌビエ
			係数	係数
地勢	標高値	m(1kmメッシュ)	-0.05	-0.01
	最大傾斜角	度(1kmメッシュ)	-0.14	0.13
	海岸線距離	km(最近接点)	-1.02	-0.34
	主要河川距離	km(最近接点)	0.39	0.64
面的整備	区画面積	ha(圃区図測面積)	-0.07 *	-0.01
	区画形状区分	1:1ha以上~9:不整合	-0.09	0.27
	農道	1:完備幅員4m以上~3:不備	0.18	-0.45
	用水	1:管水路、2:開水路、3:不備	-2.49 *	0.65
	排水	1:4時間排水70cm深~ 6:排水不良	0.68 +	0.32
被災程度	堆積土砂厚	m	0.35 **	0.00
	電気伝導率	S/m	-0.17	0.77 +
	沈下量	m	-10.24 **	1.28
管理	非選択性除草剤	0:無 1:有	-2.06	-0.77
	土壌攪拌	0:無 1:有	0.15	0.51
	作付け	0:無 1:有	0.34	-0.15
	被災後日数	日(2011/3/11起点)	0.00	-0.01 **
モデル精度		AIC	83.45	93.19
		判別的中率	0.89	0.85

注) コウキヤガラ・イヌビエの発生の有無を目的変数，調査地点の地勢・圃場整備・被災程度・管理等に関する要因を説明変数 X とした下記の多重ロジスティック回帰モデルにおいて，最尤法により推定した係数 b の値を示す。

$$p=1/[1+\exp\{-(b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+\dots+b_nX_n)\}]$$

係数は+ : 10%，* : 5%，** : 1%水準で有意であることを示す。

地勢データは国土交通省公表「標高・傾斜度3次メッシュ第1.0版」「河川第2.0版」「海岸線 第2.0版」を基に算出，面的整備データは東北農政局提供「農業基盤情報基礎調査」，被災程度は宮城県土地改良事業団体連合会提供の「水土里情報システム津波被災農地情報」10haメッシュ被害状況調査の値を用いて調査地点毎に算出した値を用いた。

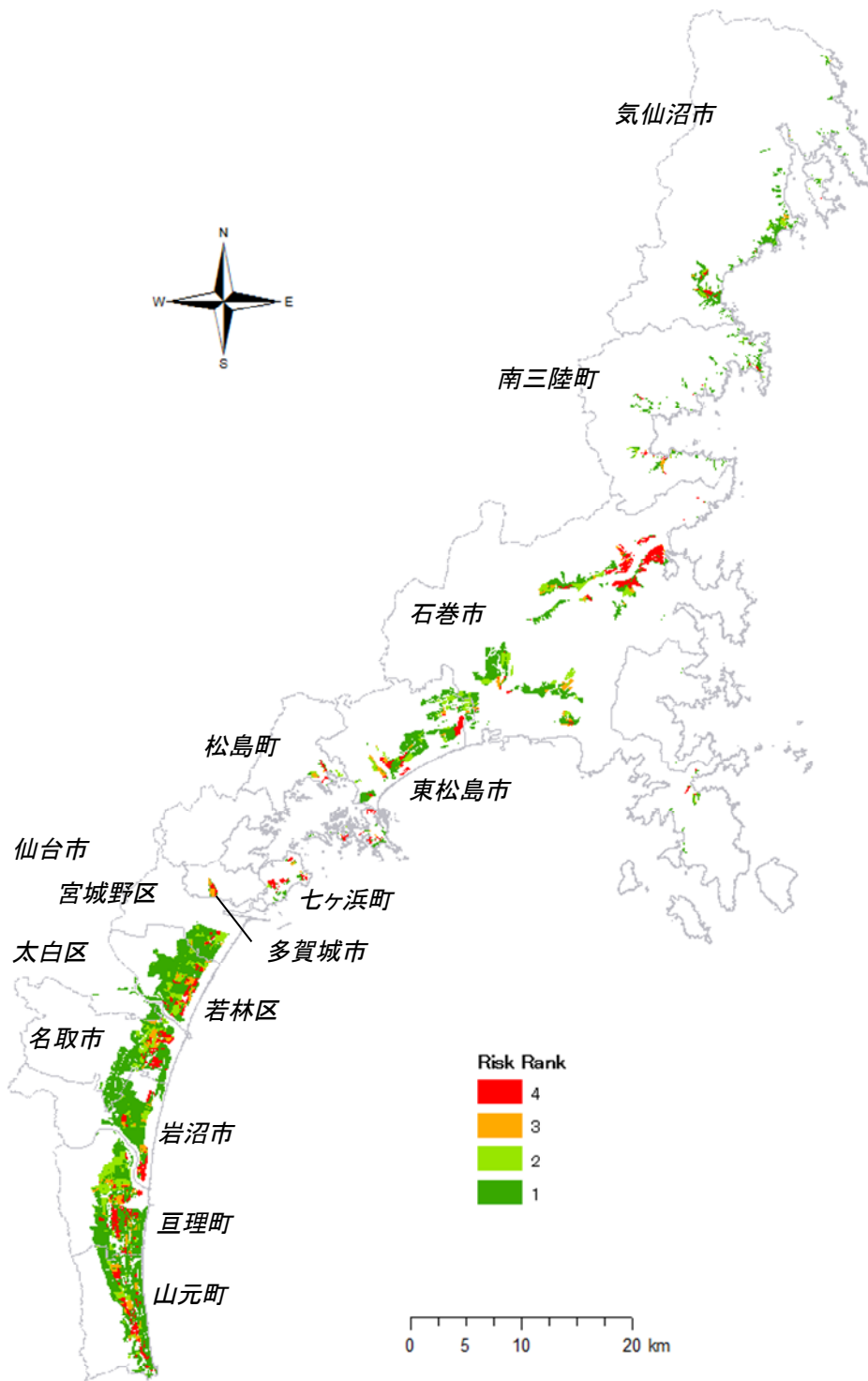


図3 津波被災農地におけるコウキヤガラ発生のリスクマップ

注) 表4に示した変数群からステップワイズ法によりモデル精度が最大となる説明変数を選択し作成した下記の多重ロジスティック回帰モデルを用い、県内津波被災農地全圃区に対してコウキヤガラ発生確率 (p) を算出した。

$$p=1/[1+\exp\{-(b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_4X_4)\}]$$

ただし、 X_1 : 圃区面積、 X_2 : 用水路整備評価ランク、 X_3 : 排水評価ランク、 X_4 : 堆積土砂厚、各係数 b の値は下記のとおり。 b_1 : -0.044, b_2 : -2.024, b_3 : 0.621, b_4 : 0.282 (モデル精度 AIC: 75.4, 判別率: 82.35%) p 値の度数分布を四分し、確率(リスク)が低い順にRiskRankを1($p < 0.03$), 2($p < 0.17$), 3($p < 0.5$), 4($p < 0.97$)とした。

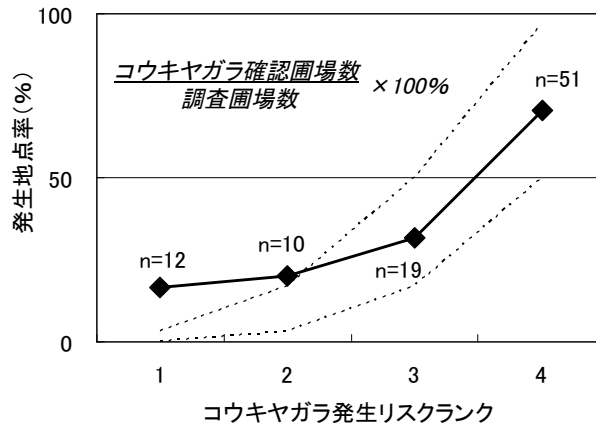


図4 コウキヤガラ発生リスクマップの精度検証

注) 平成23・24年の調査をもとに作成したコウキヤガラ発生リスクマップ（普及に移す技術88号）におけるリスクランク区分の想定確率（破線内）と、平成25年におけるコウキヤガラの確認地点率の実測値を示した。nは調査地点数。

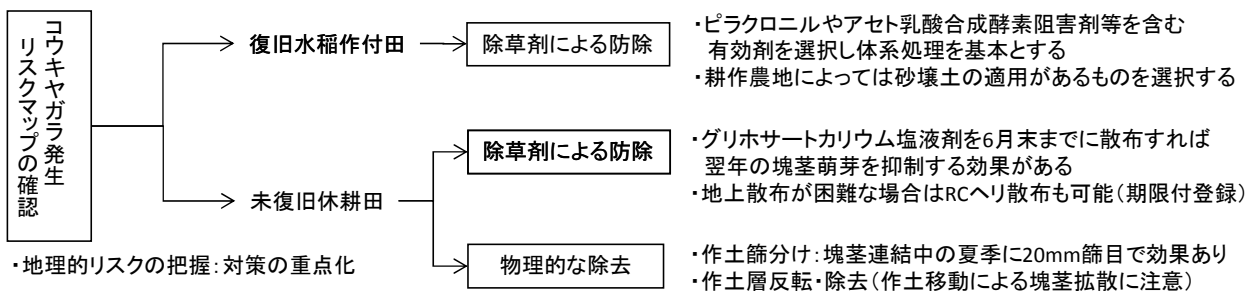


図5 コウキヤガラの対策フロー

津波被災農地における大豆作付け可能な土壌塩分濃度の目安

古川農業試験場

1 背景と目的

東日本大震災によって多くの優良農地が津波被害を受け、農地復旧後の除塩ほ場には水稻のみならず、今後は大豆等の転作作物の作付けが行われる。大豆転作には、大豆が生育可能な塩分濃度と季節別推移を把握することが重要である。

そこで、東日本大震災で海水の流入があったほ場において、土壌ECと大豆の生育の関係並びに代かき除塩後の層位別の土壌塩分動態を明らかにした。

2 技術情報

除塩ほ場の土壌EC（0-30cm平均）を0.3mS/cm以下に低下させることによって、大豆の生育に影響がなく、夏季の作土ECを大豆の生育可能な範囲に抑えられる（表1、表2）。

表1 土壌ECおよびNaCl濃度と出芽率および開花期の関係（ポット試験）

区	NaCl (mg/kg乾土)	EC (mS/cm)	出芽率* (%)	開花期（9月29日）		
				茎長(cm)	主茎節数	分枝数
海水無処理	133	0.13	100	44.9	9.7	3.5
NaCl 0.05%	522	0.34	100	44.6	9.3	4.0
NaCl 0.1%	1,017	0.52	93	38.7	8.8	2.7
NaCl 0.2%	2,129	0.88	40	26.6	7.5	0.3

*播種後2週間に測定

古川農業試験場 G3 ほ場作土、風乾土 10kg を 1/2000a ポットに入れ、海水処理し、最大容水量の 60% の水分に調整。施肥は慣行のとおり。平成 23 年 8 月 18 日播種。3 反復。

3 活用に当たっての注意点

- 1) 現地ほ場では作土（0-15cm）だけではなく、少なくとも次層（15-30cm）も土壌採取を実施し、土壌ECの確認をする必要がある。
- 2) 代かき除塩により、下層土（10-30cm）の土壌ECは作土（0-10cm）の土壌ECより高く、除塩後はほぼ同じ塩分濃度で推移することがある。
- 3) 降水量が少なく蒸発散が多い夏季には、下層土（10-30cm）の塩分濃度が高い場合には作土（0-10cm）への塩分上昇がみられる（図1、表1）。
- 4) 複数回代かきをすることによって、碎土率が低下しやすくなり、大豆の発芽むらが多くなる場合がある。また、下層への水みちが無くなり、排水性が低下するため、排水性を高めるには弾丸暗渠等の施工が必要となる。

（問い合わせ先：古川農業試験場土壌肥料部 電話0229-26-5107）

4 参考データ等

a 土壌分析方法

ほ場1筆につき土壌を田面から0-10cm, 10-20cm, 20-30cmの層に分けて5点採取し、土壌1に対して水分5の固液比(1:5)となるように蒸留水を添加し、1時間振とうした懸濁液のECを測定した。3反復。

b ほ場条件

石巻市内。ほ場整備済み(本暗渠あり)。津波堆積土砂の混入はなし。

代かきにより、6月中に2回除塩(用水供給, 粗代かき, 落水の繰り返し)を実施した。

土壌タイプ 調査区1 グライ土, 調査区2 灰色低地土。

表2 除塩ほ場の層別別土壌ECの推移(平成23年) 単位mS/cm

調査区 1	5/31 (除塩前)	6/28 (除塩後)	8/31 (夏季)	9/27 (台風後)
0-10cm	1.08	0.65	1.21	0.43
10-20cm	1.66	1.06	0.97	0.85
20-30cm	1.09	0.99	0.86	0.84
0-30cm 平均	1.28	0.90	1.01	0.71

調査区 2	5/31 (除塩前)	6/28 (除塩後)	8/31 (夏季)	9/27 (台風後)
0-10cm	0.20	0.16	0.44	0.11
10-20cm	0.65	0.29	0.34	0.25
20-30cm	0.84	0.59	0.52	0.49
0-30cm 平均	0.56	0.35	0.43	0.28

※調査区1は夏季に塩分が下層土から作土へ大きく上昇したほ場

調査区2は作土への塩分上昇が小さかったほ場

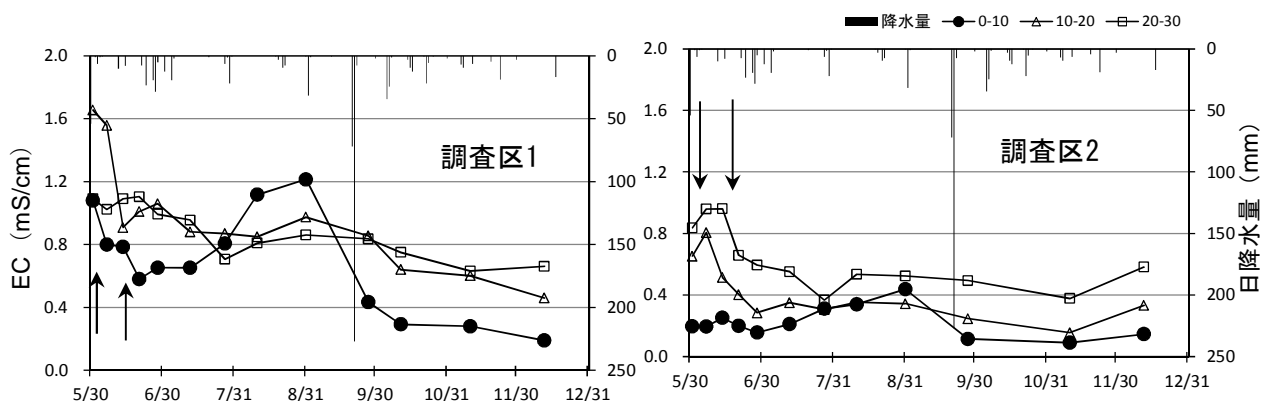


図1 除塩ほ場の層別別土壌ECの推移
(矢印は代かき実施日)

除塩後の土壌塩分濃度の動態と大豆生育への影響

古川農業試験場

1 背景と目的

津波に伴う高塩分濃度水田に対し、塩害に弱いとされる大豆作付について除塩後の塩分動態や生育状況から除塩方法及び作付の可否条件などについて検討する。過去に鹿島台淵花地区塩害田調査結果報告書(1988年宮城県農業センター-土壌肥料部)では、地下の蓄積塩分の毛管上昇による水稻被害が報告されている。そこで、除塩対策ほ場での塩害発生の特徴を把握し、土性層序から塩害発生の難易を検討した。

2 技術情報

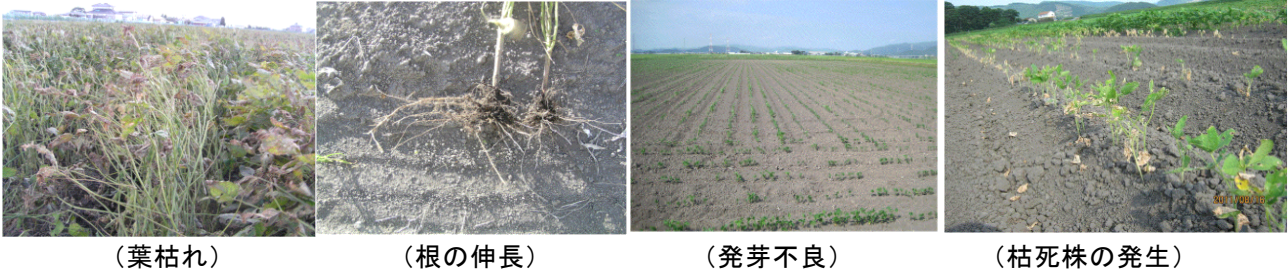
- 1) 除塩の方法による塩害回避状況に差はあるが、どの方法でも乾燥時には下層に残った塩分上昇による障害が起きている(図1,2)。
- 2) 除塩後、常に湛水状態にある水稻では表層(0-10cm)土壌のEC値は低下しその後も安定しているが、大豆栽培ほ場では、乾燥時期になると塩分上昇による表層集積で表層の塩分濃度が高まる(図3)。
- 3) 大豆の枯死したほ場では、地下水位が高く塩分が停滞しやすい条件にあること、又は作土の下に砂混じりの層があり、乾燥時に作土層に塩分濃度が上昇し易い条件となっている(図4)。除塩済みほ場であっても排水性の悪いほ場などでは、塩分濃度の上昇に注意が必要である。

3 活用に当たっての留意事項

- 1) 津波による被災した石巻市蛇田地区及び大瓜地区、仙台市六郷地区での調査である。
- 2) 大豆における除塩で、溶出法による代掻き除塩を実施すると、排水が悪くなり大豆の播種遅れや、碎土率低下がみられ発芽ムラが多くなる。
- 3) 除塩後の水田ほ場では、湛水管理が可能な水稻の作付を優先すること。大豆作付を推進したい地域においては、排水性の悪いほ場は避け、生育中の土壌乾燥による塩分上昇に注意し、常に排水条件向上を図りながら降雨による除塩効果を高めることが必要である。

(問い合わせ先：古川農業試験場水田利用部 電話0229-26-5106)

1 参考データ等



(葉枯れ)

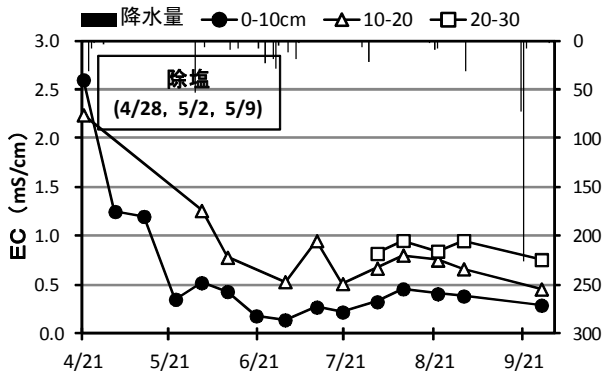
(根の伸長)

(発芽不良)

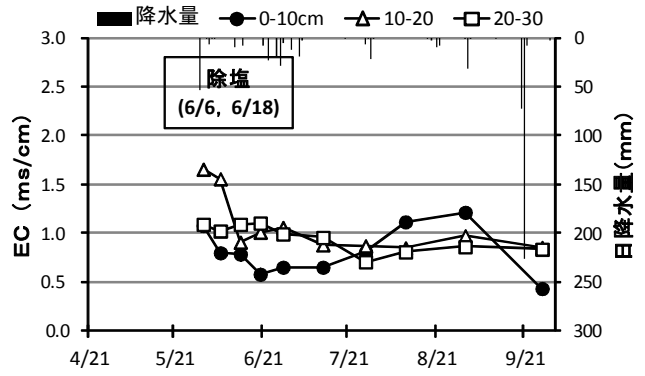
(枯死株の発生)

図1 塩害の状況(荒耕起除塩)

図2 塩害の状況(代掻き除塩)



水稻栽培ほ場



大豆栽培ほ場(図4のA地区大豆枯死ほ場)

図3 除塩後の水稻・大豆栽培ほ場の層別EC動態

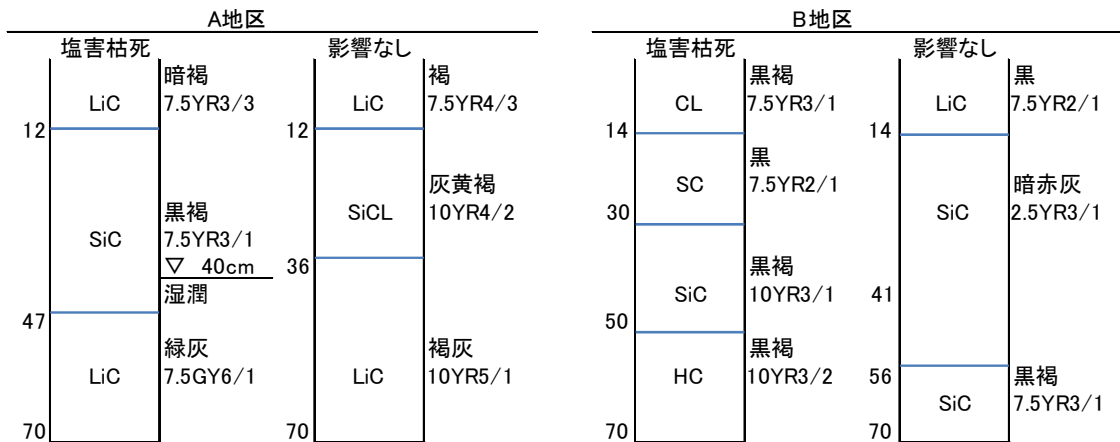


図4 大豆枯死ほ場の層別土壌(土性層序の比較)

津波被災後の復旧客土水田及び砂質水田における土壌物理性

宮城県古川農業試験場

1 背景と目的

東日本大震災による被災水田のうち、被害程度が大きいほ場の復旧においては、客土材（山土）や砂質土壌が作物栽培に適さない例が見られ、肥沃度が低下したほ場の技術対策が急務となっている。

このたび、栽培管理における留意のため、復旧工事後の客土水田や砂質水田において、主に土壌物理性の実態を明らかにした。

2 技術情報

- 1) 客土水田、砂質水田の作土の三相組成は類似しており、県内非腐植質土壌平均と比較し、固相率が $50 \pm 5\%$ （標準偏差）で12ポイント高く、孔隙率は $50 \pm 5\%$ で11ポイント低く、仮比重は 1.4 ± 0.1 で1.4倍大きい（図1、表1）。
- 2) 客土水田では礫含量（軟岩を含む）が $30 \pm 12\%$ と高く、粒径組成では粗砂の割合が $34 \pm 12\%$ で、県内非腐植質土壌平均の2.5倍となっている（図2）。
- 3) 客土水田、砂質水田では、1作作付け後の有機物含量が平均 $1.68 \pm 0.95\%$ で、県内非腐植質土壌平均と比較し、ほぼ5割以下と低い（表2）。
- 4) 以上の影響で、客土水田、および砂質水田の収量は、 $400\text{kg}/10\text{a}$ 以下と低い（図1）。

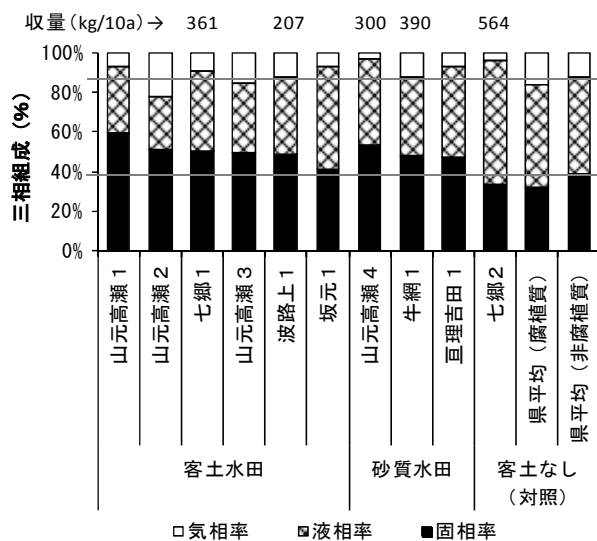


図1 客土水田・砂質水田における三相組成

- 注1) 客土材は山土
 注2) 2013年作後の1層目土壌のデータ、牛網1のみ2012年復旧水田
 注3) 県平均は環境基礎調査1992～1996年、n=68

表1 客土及び砂質水田の孔隙率、仮比重

項目	孔隙率(%)		仮比重	
	1層目	2層目	1層目	2層目
客土水田 (n=6)	平均 50.2	45.5	1.4	1.5
	最小-最大 40.7-59.4	39.4-54.5	1.1-1.5	1.2-1.6
砂質水田 (n=3)	平均 50.8	47.0	1.3	1.4
	最小-最大 46.8-53.2	46.1-48.7	1.3-1.5	1.3-1.5
客土及び砂質水田 (対照)	標準偏差	5.0	4.3	0.1
	七郷2(客土なし)	67.1	58.9	0.8
	県平均(腐植質)	68.5	65.2	0.8
	県平均(非腐植質)	61.6	56.5	0.9

注1) 対照 県平均は1992～1996の土壌環境基礎調査のデータ、n=68
 腐植質土壌は黒ボク、黒泥土、非腐植質土壌は灰色低地、グライ、褐色低地、泥炭、灰色台地、グライ台地、褐色森林、黄色土

3 活用にあたっての注意点

- 1) 客土水田や砂質水田では、たい肥の施用による土づくりや肥効調節型肥料の利用により、生育量を確保することが効果的である。

(問い合わせ先：古川農業試験場土壌肥料部 電話0229-26-5107)

4 参考データ等

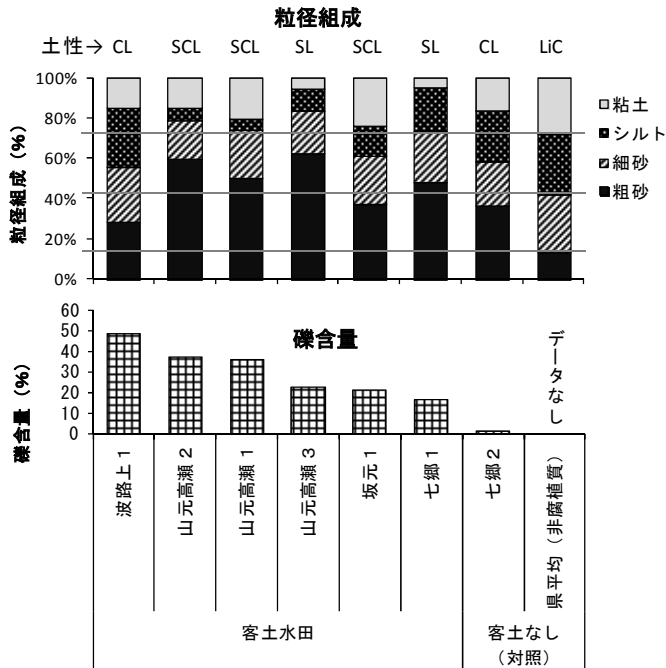


図2 客土水田の粒径組成と礫（軟岩を含む）含量

注1) 2013年作後の1層目土壌のデータ

注2) 県平均は環境基礎調査1984~1987年, n=76

表2 客土及び砂質水田における1層目の土壌有機物含量

項目	有機物含量(%)
1作後の有機物含量	平均 1.68
	標準偏差 0.95
(対照) 県内 非腐植質土壌	平均 4.47
腐植質土壌	平均 7.66

注1) n=6 (客土水田4(内1か所は2作作付け後), 砂質水田2ほ場)

注2) 対照は1984~1987の土壌環境基礎調査のデータ, n=76

腐植質は黒ボク, 黒泥土, 非腐植質は灰色低地, グライ, 褐色低地, 泥炭, 灰色台地, グライ台地, 褐色森林, 黄色土

注3) 有機物含量(%)=土壌炭素含量(%)×1.724