

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震による津波被災農地における平成23年春期除塩作業の実施状況と今後の課題

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 公開日: 2025-12-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 友正, 達美, 坂田, 賢, 内村, 求 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002001445

〔農工研技報 213〕
79～87, 2012

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による 津波被災農地における平成23年春期除塩作業の 実施状況と今後の課題

友正達美*・坂田 賢*・内村 求*

目 次	
I 緒 言	79
II 調査の方法	80
III 調査の結果	80
1 除塩作業の手順	80
2 除塩作業を行わなかった場合の理由	80
3 除塩作業を行っても塩分濃度が低下しなかった 場合の理由	82
4 除塩・作付け後の生育障害の状況と原因	82
5 除塩作業の留意点, 「失敗」を回避する方策	83
6 今後の除塩作業の課題	83
7 小括	83
IV 今後の課題	83
V 結 言	86
参考文献	86
Summary	87

I 緒 言

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、沿岸部の農地が広範囲にわたって流失・冠水等の被害を受けた。その農地面積は、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉6県の合計で水田が20,151 ha、畑が3,449 ha、計23,600 haと推定されている(Table 1)¹⁾。

津波による具体的な被災状況は場所によって大きく異なっている。津波が到達した最も内陸側では、津波が畦畔を乗り越えて侵入するのではなく、海水のみが排水路等から逆流して浸入し、その後引いただけの農地もあった(Fig.1)。しかし、一般に沿岸部に近づくほど、海水は畦畔を越流して農地に浸入するようになり、海水と同時に塩分を含んだ土砂、ヘドロ、瓦礫等も流入した。海

岸付近では土砂が厚く堆積して、従前の区画がわからなくなった農地も多い。また、地震に伴う地盤沈下や排水施設の被災によって排水条件が悪化し、津波の後、長い期間海水が引かず、また海水が引いてもその後の降雨で繰り返し湛水状態になった農地も見られた²⁾。津波による塩分の浸入は、被災農地で最も一般的な被害の形態であり、津波被災農地において除塩作業を行うには、その前提条件として、用排水の水利施設の機能が回復しており、かつ農地内の瓦礫や土砂等の撤去が済んでいることが必要となる。従って、農地復旧の観点からは、除塩作業は営農再開に向けた最終段階での作業となる。そのため、震災後、Fig.1のような比較的被害の小さな津波被災農地を対象として、平成23年度の作付けのために1,800haの農地(5月20日までの集計)³⁾で除塩事業が実施され、除塩作業が終わった水田では田植えが行われた(Fig.2)。

平成23年度春期に行われた除塩作業は、被災後の最

Table 1 津波による農地の推定被害面積 (ha)
Estimated area of the tsunami damaged farmland

県 名	流失・冠水 等被害推定	田畑別内訳試算	
		田	畑
青森県	79	79	3
岩手県	1,838	1,172	666
宮城県	15,002	12,685	2,317
福島県	5,923	5,588	335
茨城県	531	525	6
千葉県	227	105	122
合計	23,600	20,151	3,449

* 農地基盤工学研究領域用水管理担当

平成23年12月15日受理

キーワード：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震、津波被災農地、除塩



Fig. 1 海水のみが浸入した津波被災農地(宮城県石巻市, 3月20日著者撮影)

The tsunami damaged farmland flooded with sea water (Ishinomaki City, Mar.20,2011)



Fig 2 除塩作業後に田植えを行っている津波被災農地（宮城県石巻市，5月20日著者撮影）

Rice transplanting after the salt removal (Ishinomaki City, May 20)

初の農地復旧作業であり，過去に例のない津波被災農地における大規模な除塩として今後の農地の復旧・復興の貴重な先行事例である。そのため，除塩作業の実施状況を把握し，問題点等の課題を把握するために，県，土地改良区等関係機関を対象としたアンケート調査を実施した。

II 調査の方法

平成23年度に除塩事業を行った青森，岩手，宮城，福島，茨城，千葉の各県の除塩事業担当部署を通じて，農村工学研究所主催の「農地からの除塩に関する技術検討会」（以下，技術検討会）へ機関単位に参加者を募集し，参加希望のあった機関ごとにアンケート調査票を配布した。調査票の主な設問は，①除塩作業の手順，②除塩作業を行わなかった場合の理由，③除塩作業を行っても塩分濃度が低下しなかった場合の理由，④除塩・作付け後の生育障害の状況と原因，⑤除塩の留意点，「失敗」を回避する方策，⑥今後の除塩作業の課題，である。

平成23年6月24日に宮城県仙台市で開催された技術検討会には30名が出席した。提出された調査票はそのまま会議資料として使用した。そのうち内容公開の許諾を得た12の調査票の内容について質問項目事に整理した。12の調査票の回答者と除塩作業の対象面積は，青森県上北地域県民局（35.2ha），岩手県久慈農業改良普及センター（1.1ha），岩手県大船渡農業改良普及センター（3.9ha），岩手県宮古農業改良普及センター（1.5ha），蛇田土地改良区（宮城県，246ha），株式会社日本総合地質（宮城県，766ha），福島県農村基盤整備課（61ha），福島県いわき農林事務所農村整備部（61ha），福島県いわき農林事務所農業振興普及部（60ha），福島県相双農林事務所農業振興普及部（10ha），千葉県海匠農業事務所（50ha），千葉県長生農業事務所（1ha）である。

上記の面積には重複も含まれていることから，得られ

た数字は集計的な意味を持たない。このアンケート調査は悉皆的な調査でも全体の傾向を知るためのサンプル的調査でもなく，除塩作業に関する様々な問題を可能な限り広く拾い上げることを意図して実施したものである。そのため，以下の記述においても元の情報の加工は最小限にとどめ，また内容の詳細や回答者による相違の要因について，技術検討会での討議を通じて得た情報を元に記述を行った。

III 調査の結果

1 除塩作業の手順

平成23年度の春期に行われた除塩作業の手順をTable 2に示す。除塩の方法には大別して，農地の塩分を水の縦方向の浸透で下方に抜く縦浸透法と，水と土壌を攪拌した後に側方に落水する溶出法がある。アンケート調査では，青森県では縦浸透法1回の後に基準となる塩分濃度に達するまで溶出法を繰り返す手順で両者が併用されていた。岩手県では縦浸透法を繰り返す手順，宮城県，福島県では溶出法を繰り返す手順となっていた。技術検討会での討議によれば，どちらを採るかは被災地の状況，主として排水性の良否と田植えまでの時間的制約に応じて判断されていた。岩手県の被災地は沿岸部の比較的排水性の良好な農地であったため縦浸透法が基本とされた。宮城県，福島県では排水性が悪い低平地の農地が主体であったことから溶出法が選択された。一般に除塩は，降雨を利用でき追加的な用水量が少ない縦浸透法で行われるが，排水性が悪く縦浸透が期待できない場合や，縦浸透を図る十分な時間がない場合は，代かきを伴う溶出法が行われる。現地での対応はこの原則に照らして妥当なものであったと評価できる。

また，除塩作業の際に石灰質資材を投入すると土粒子に吸着されたNaがCaと交換されより効果的に除塩できることが知られている。平成23年度春期の除塩作業では，投入の有無については対応が別れている。これは震災直後に必要な量の資材を確保できるかどうか等の理由による。

2 除塩作業を行わなかった場合の理由

平成23年度の春期に除塩作業を予定していたにも関わらず，結果的に一部の農地で作業を行わなかった場合について，その理由をTable 3に示す。理由は①用排水路の破損など，除塩作業のための前提となる物的条件が整わなかった場合，②瓦礫や土砂の撤去に時間を要したことなど，作業的な制約が厳しかった場合，③田植えの準備が間に合わない，営農意欲が失われるなど，営農を行う農家側の条件が整わなかった場合に大別できる。いずれも震災後間もない時期に実施された時間的な制約が大きい。

Table 2 除塩作業の手順
Processes of salt removal

回答者	除塩作業の手順
青森県上北地域県民局	① 土砂堆積があれば撤去。 ② 粒状苦土石灰を100kg/10a施用し耕起・乾燥。 ③ 耕土の流出（10cm程度）があれば苦土石灰施用後に客土。 ④ 入水→排水→入水・代かき→排水→EC測定。 EC=0.5以上なら入水・代かきを繰り返す。
岩手県久慈農業改良普及センター	【水田】 ① ガレキ・土砂除去。 ② 土壌EC測定（除塩展示圃については層位別に実施）。 ③ 荒起こし、畦畔補修、サブソイラー・ブラソイラー等耕盤破碎作業（可能な場合）。 ④ 湛水して静置し減水程度をチェック。 ⑤ 落水し、土壌EC測定→④に戻りECが目標レベルに達するまで繰り返す。 【畑】 ① ガレキ・土砂撤去。 ② 土壌EC測定（除塩実証圃においては層位別に実施）。 ③ 表面流去水等が滞水しないよう明きょや畦立てを実施。 ④ 可能であれば散水を行う（300mm以上）。不可能であれば、降雨を待つ。 ⑤ 雑草の発芽等を目安に塩分濃度が低下したと見られる畑で土壌ECを測定し、葉物等を作付けする。 ⑥ 土壌EC値、散水の可否等によって次年度対策とする農地を検討。
岩手県大船渡農業改良普及センター	【水田】 ① 土壌塩分を確認、EC値0.9mS/cm以上を除塩対策の対象とする。 ② 用水が確保できるか確認（給水のみでなく、排水も確認）。 ③ 耕起。粘土質で排水不良の土壌では石灰資材の施用を検討する。 ④ 土の表面が隠れるまで湛水、その後2～3日湛水状態を維持（自然減水はそのまま）。 ⑤ 湛水後2～3日待ち、排水口や明きょ等を活用して積極的に排水する。 ⑥ 土壌塩分を確認、0.6mS/cm程度まで下がっていない場合は④～⑥を繰り返す。 ⑦ 排水性の悪い場合は、代かき後排水する。 【畑】 ① 表層泥の除去。 ② 消石灰の散布。 ③ 灌水チューブによる湛水处理。
岩手県宮古農業改良普及センター	① 除塩前のEC測定。 ② 荒起こし、石灰散布。 ③ 入水→落水→EC測定を繰り返す。
蛇田土地改良区（宮城県）	① 暗渠水閘を開放して内部の海水を排除した後、暗渠水閘を閉鎖する。 ② かんがい(H=10～15cm)して代掻き、電気伝導度測定して落水、これを2反復。 ③ かんがい、沈泥、暗渠水閘開放、電気伝導度測定。 ④ 暗渠水閘閉鎖、EC値を確認した後に田植え。
株式会社日本総合地質（宮城県）	① 用水条件の確認。用水源：NaCl<500mg/Lであれば可、NaCl>500mg/Lであれば別水源を確保するか除塩を実施しない。 ② 排水条件の確認。排水機場ポンプが稼働し、かつ排水の下流域悪影響の懸念がない場合のみ可。 ③ 土壌間隙水のNaCl濃度と水稲への影響評価。評価基準は下記の通り。 NaCl<1000mg/L：殆ど問題がない。 NaCl=1000～2000mg/L：軽い悪影響の可能性→充実した水管理が必要。 NaCl=2000～3000mg/L：悪影響がある→生育障害、減収→充実した水管理が必要。 NaCl>3000mg/L：悪影響がある→枯死、著しい減収。 ④ 除塩目標の設定。原則はNaCl<1000mg/Lの除塩を目指す。 ただしNaCl<2000mg/Lであれば来年以降の営農に繋げるため、水稲作付けは実施する。 ⑤ 除塩対策の組織づくり。宮城県、市、土地改良区、JA、分析機関などで組織する塩害対策会議を設置。情報、課題の共有化、耕作者への情報提供及び助言を行う。
福島県農村基盤整備課	① 塩分濃度に合わせて、炭酸カルシウム散布。 ② 灌水+代かき+排水を1～3回。
福島県いわき農林事務所農村整備部	① 真水の確保。 ② 耕起→湛水→代掻き→落水→EC測定（代掻き～EC測定は2・3回繰り返す）。 ③ EC0.3(0.6)ms/cm未満であれば除塩完了。
福島県いわき農林事務所農業振興普及部	塩害被害水田において、耕起前の作土（10cm）のECを測定し換算式（EC-0.0434）/17.755×6により塩分濃度を推定した。その後、移植後の水稲の分けつ発現が抑制されると思われる土壌塩分濃度である0.2%を超えるような時、以下のような対策を行った。 ① 炭酸カルシウム（CaCO ₃ ）を散布。 土壌塩分0.5%未満（EC値 1.5mS/cm）→ 50kg/10a 0.5～1.0%（EC値 1.5～3.0mS/cm）→ 100kg/10a 1.0%以上（EC値 3.0mS/cm）→ 200kg/10a ② 土質の違いに応じて以下のように代掻き回数を通常より多くした。 ・壤土 → 3回以上 ・砂質壤土 → 6回程度 ・排水不良田 → 6回以上 注1）土壌pHが高いと①、②の対策により、除塩効果が低下する恐れがある。そのため、代掻き後、2日程度位、水のかけ流しをする。 注2）水田に流入した稲ワラかすやがれき等は、それ自体に塩分が含まれるため、水田内で焼却をせず、水田から除去をする。 ③ 健苗をなるべく風の穏やかな気温の高い日を選んで移植。 移植後の分けつ抑制による茎数不足に備え、移植時の栽植密度は通常より高めるようにした。 ④ 移植後の水深が浅いと葉先枯れや枯死苗が多くなるため、深水にして水を切らさないような管理をした。また、活着まで水を切らさず、その後も湛水管理をするようにした。
福島県相双農林事務所農業振興普及部	① 土壌の塩分濃度に応じて炭酸カルシウムを施用。 基準は塩分0.5%未満の土壌には50kg/10a、塩分0.5～1.0%には100kg/10a、1.0%以上には200kg/10a ② 代かきによる除塩も行う。

Table 3 除塩作業ができなかった場合の理由
The causes of suspend of salt removal

回答者	除塩作業を予定していなかったができなかった理由
岩手県大船渡農業改良普及センター	・瓦礫除去が間に合わなかった。 ・灌漑排水路が破損していた。
岩手県宮古農業改良普及センター	・耕作者の田植え準備作業が間に合わなかった。
蛇田土地改良区	・耕作者の営農意欲が衰退したため。
福島県いわき農林事務所農村整備部	・原発事故により農家が避難しており、実施に当たり確認がとれなかったため。 ・土砂及びがれきの撤去に時間がかかったため。 ・津波堆積土砂のある農地では、土壌調査と排土の必要があり間に合わなかった。
福島県いわき農林事務所農業振興普及部	・瓦礫除去が間に合わなかった。
千葉県海匝農業事務所	・排水不可能な水田では実施できなかった。 ・土壌の水分過多で均平や畦畔の構築ができない水田では実施できなかった。 ・用水が不足していたため、作付け適期および用水可能期間内で除塩作業の段取りが不可能だった。
千葉県長生農業事務所	・代かき前の入水および排水が、用水事情から実施できない地区があった。

3 除塩作業を行っても塩分濃度が低下しなかった場合の理由

平成23年度の春期に除塩作業を行ったが塩分濃度が十分に低下しなかった場合について、その理由を **Table 4** に示す。なお、除塩を実施した農地ではいずれも概ね順調に塩分濃度が低下しており、塩分濃度が低下しなかったのはごく一部であった。塩分濃度が低下しなかった原因としては、①除塩のための用水量の絶対的な不足、②溶出法で落水、縦浸透法で浸透が不十分だったこと、③海水の浸入した用水からの塩分流入、④隣接農地等側方からの塩分流入、⑤地下水等下方からの塩分流入の可能性が指摘されている⁴⁾。①は除塩を実施できる期間が短く、かつ溶出法が多くを用水を必要とする除塩方法であることによる。②は溶出法、縦浸透法いずれの場合にも、水の移動が少ない場合に短時間で除塩することの難しさを示している。③、④は水管理上の問題であり、こ

の時期の除塩作業が個別農家の労力で分散的に行われたことに起因している。

4 除塩・作付け後の生育障害の状況と原因

除塩・作付け後の生育障害の状況と原因を **Table 5** に示す。**Table 2** に示した除塩作業の手順では、塩分濃度が基準値以下に低下するまで縦浸透法ないし溶出法による除塩作業を繰り返すことになっている。にもかかわらず、一部の農地では作付け後に生育障害が発生している。この原因については、①作付け時期の遅れに伴う障害であって、塩分とは直接関係ない原因の可能性、②除塩作業時の塩分濃度のムラなど、測定方法や測定誤差などの問題から、十分に除塩が行われなかった可能性、③除塩作業を実施した後で、蒸発散による塩分の濃縮や、用水からの新たな塩分の流入の可能性が指摘されている。

Table 4 塩分濃度が低下しなかった場合の理由
The causes of insufficient salt removal

回答者	塩分濃度が低下しなかった理由
青森県上北地域県民局	・水稲作付予定ほ場では、ほとんどのほ場で濃度は除塩対策前より下がった（除塩前平均EC値2.1→除塩後平均EC値1.0）。 ・ただし、田植えまでに、EC 0.5以下という目標まで下がらなかったほ場は約6割に達した。 ・下がらなかった理由は①用水が潤沢でなく、用水の少ない状態で代かきを繰り返したため、塩分濃度が下がりにくかった。②秋耕ほ場では海水が停滞し、塩分濃度がかなり高かった。また、耕起により稲わらや残渣の混入が多かったほ場も塩分が下がりにくかった。 ③用水の不足から一部の農家は除塩作業を繰り返さずに田植えを行ってしまった。 なお、一部のほ場で代かきを繰り返すたびECが上昇する現象が見られた。原因は不明。
岩手県久慈農業改良普及センター	・当初想定したよりも減水深が小さく、期待した塩分濃度の低下が得られず、やや移植時期が遅れた。ほ場の透水性が小さかったことと、周辺水田からの横浸透による水の浸入が考えられる。
岩手県大船渡農業改良普及センター	・堆積泥の層が厚い場合は塩分濃度が低下しにくいと思われる。表層を除去するなどの作業が必要。
岩手県宮古農業改良普及センター	・重粘土壌で下層土への地下浸透が不十分であった。 ・事前の分析土壌のサンプリングで塩類集積部分が採集されていなかったかもしれない。（下層に集積していたものを表層のみを採集したとか）
蛇田土地改良区	・10アール区画、用排水兼用水路で除塩に係る完全な用排水の維持管理形態が確立できなかった。 ・代掻きが丁寧に実施されなかった。 ・落水状態が完璧でなかった。
福島県いわき農林事務所農業振興普及部	・一部のほ場では代かき不足及び、炭酸カルシウム未施用であった。
福島県相双農林事務所農業振興普及部	・用水にも通常より高濃度の塩分が含まれていた。 地域としてまとまった除塩ではなかったため、周囲の除塩未実施水田から塩分濃度の高い雨水等が用水に流れ込んだと考えられる。
千葉県長生農業事務所	・水利条件の制約があり、除塩作業を十分に行うことができなかった。

Table 5 生育障害の発生状況
Damages to crops after salt removal

回答者	生育障害の発生状況とその原因
青森県上北地域県民局	・用水の不足、苗の生育状況等からECが下がるのを待ちきれず、高いEC状態で田植えしてしまったほ場での代枯れが目立つ。またそれを助長した要因として、①5月末の低温・強風の直前の田植え。②除塩作業の影響で田植えが遅くなったことによる苗質の悪化。③水口と水尻など、同一ほ場内においても土壌の塩分ムラがある。が、あげられる。
岩手県大船渡農業改良普及センター	・一部塩害による葉先枯れがあった。
岩手県宮古農業改良普及センター	・除塩前の土壌分析ではECが低かったことから除塩しないで作付けした水田で塩害症状が見られた。原因（推定）は秋起しをした水田であり、海水は下層の耕盤に付近に集積したと思われる。土壌分析では作土を採取したが、耕盤付近の採土は特に意識していなかった。このため海水の滞水が少なかった上層の作土部分のみが採取され分析した結果と思われる。 ・ECの測定で、水田の水の測定値と泥（土壌）の測定値が混同されている（現地で塩類集積状況を把握するには水田の水分析が容易であり、この方法で判定することの適否はどうか）
蛇田土地改良区	・十分な用水を湛水しなかったため。 ・除塩、植え付け後塩分濃度が基準値付近の水田について、「用水の掛け流し」を実施するよう営農指導で啓蒙していたがその実施が十分でなかった。
株式会社日本総合地質	・3ほ場で作付け後に活着障害が発生した。原因はかんがい水の塩分（NaCl>1000mg/L）。 ・対策としてかんがい水の入替えを実施した（NaCl>100mg/L）。 ・対策後の状況として3～4日間で回復の兆しが顕著に確認できた。
福島県いわき農林事務所農村整備部	・一部で田植え後に葉先枯れが発生したが、現段階では生育障害は発生していない。
福島県いわき農林事務所農業振興普及部	・除塩・作付け後の水田において、塩害に起因すると思われる水稻の活着不良が発生した。原因として、以下のことが考えられた。①耕起前の土壌塩分濃度が約0.2～0.4%の水田において、炭酸カルシウムを規定量(50kg/10a)散布しなかった。②炭酸カルシウムを規定量散布したが、その後の代かきを2回しか実施せず、除塩対策が不完全であった。③除塩対策を行ったが、水稻移植後、深水管理を行わなかったために、植痛みが発生した。
福島県相双農林事務所農業振興普及部	・炭酸カルシウム散布と代かきを3回程度行ったが、田植え晩限まで日が無かったので土壌塩分が0.3%程度のまま移植を行った。そのため植え傷みが起こり、一部では株が消失した。
千葉県長生農業事務所	・除塩作業が十分に行えず、塩分を十分に除去できなかった。 ・除塩は十分にできていなくとも、作付けに踏み切った生産者がほとんどであった。

5 除塩作業の留意点、「失敗」を回避する方策

除塩作業を実施する上での留意点、またどうすれば「失敗」が回避できたかについての回答を、Table 6 に示す。なおここでの「失敗」とは、回答者がそれぞれの除塩の実施方法において目標とした基準まで除塩できなかったことを意味する。用水量、排水性、石灰質資材など、除塩の成否を左右する条件の確保について回答は多岐にわたっているが、特に除塩の必要性の有無や除塩の進捗に直接関係する塩分濃度の計測について、その精度や作業効率が制約要因になりやすいことが回答から伺える。

6 今後の除塩作業の課題

今後の除塩作業の技術的課題についての回答を Table 7 に示す。①農地の瓦礫、土砂、稲わら等の除去が重要な除塩作業であることが再認識されたほか、②ほ区単位での集団的な除塩作業（側方からの塩分流入の防止）、用排水系統に応じた上流地区からの除塩作業（用水からの塩分流入の防止）など地区内、地区間での除塩作業スケジュールの調整の重要性、③作業する農家に理解しやすい説明の重要性が指摘された⁵⁾。

7 小括

平成 23 年度春期の除塩作業についての調査結果を総括すると、3 月 11 日の津波発生から田植えの晩限の 6 月上旬まで、極めて短期間で実施しなければならなかったことが、除塩作業の方法や問題点を規定する大きな要因になっていたと言える。除塩作業を実施する対象農地

の選定や除塩業手順の策定を、時間をかけた十分な実態調査に基づいて行う時間的な余裕がなく、また瓦礫の撤去作業などの、除塩作業の前提条件づくりが間に合わなかった例もあった。また、除塩のための用水の不足も、対象面積に対する作業期間の短さが大きな要因になっている。更に、実際の作業が個別農家による個別的な作業となったことも、組織的な除塩作業体制を構築するだけの時間的余裕がなかったことが背景となっており、その結果、横浸透による除塩済み農地への塩分の再流入といった問題が生じることとなった。

このような限られた期間で実施されつつも、全体として除塩が順調に進んだことは高く評価されるべきであろう。また、それ故に一部では予定していた除塩作業ができない、あるいは期待した除塩効果が得られない等の問題があったことも今回の調査で明らかとなったが、先行事例からの貴重な教訓として今後活かすことができる。

IV 今後の課題

平成 23 年春期以降これまでに、被災地における瓦礫等の災害廃棄物の撤去作業は、東京電力福島原発事故の影響のある福島県では遅れているものの、岩手県、宮城県では既に 90%以上進捗している (Table 8)⁹⁾。この作業は、除塩作業を行うための前提条件を整えると同時に、塩分の付着した瓦礫や稲ワラ等の植物残渣を除去し、更に雑草の処理の際に根と一緒に表土の一部が削り取るなどして、農地からの除塩自体にも一定の効果を持つと考

Table 6 除塩作業にあたって留意した点、どうすれば「失敗」を回避できたか
Key points of salt removal, how to avoid failures

回答者	除塩作業にあたって留意した点、どうすれば失敗を回避できたと考えられるか
青森県上北地域県民局	<ul style="list-style-type: none"> ・全筆調査を前提としたため測定数が制約され、ECの測定箇所は1は場1か所としたがばらつきが大きく、測定箇所不足であった。 ・用水の利用調整など、除塩に要する時間が想定以上に長くなった。 ・農家の除塩作業の取りかかりが遅く、苗質の悪化につながった。 ・稲わらや稲株等のほ場外への除去を強調すべきだった。
岩手県久慈農業改良普及センター	<ul style="list-style-type: none"> ・特に失敗事例はなかったが、除塩実証を行ったわずか3戸の農家に対しても、こちらの意図を正確に伝え、行動してもらう事は容易ではなかった。配布・説明資料は出来るだけイメージしやすいように図を用いたり、関係者が同じ認識で生産者に接する事ができるよう、より事前準備に時間を割くべきだった。
岩手県大船渡農業改良普及センター	<ul style="list-style-type: none"> ・状況に応じた除塩の方法。代をかくか、自然落水を待つか、資材も投入するか。 ・土質とコストによる適切な除塩方法の選択をする。 ・本来の作土の塩分濃度はそれほど高くはないので、堆積泥を除去できれば作付可能。
岩手県宮古農業改良普及センター	<ul style="list-style-type: none"> ・除塩せず田植えした水田で塩害と思われる葉先枯れ症状が見られた水田に対して、入水と落水を繰り返したところ回復している。
株式会社日本総合地質	<ul style="list-style-type: none"> ・落水不十分による除塩効果の低下→改善策：除塩指導の徹底。 ・未整備地区の濃度低下が緩慢→原因：常時地下水位が高い、排水路未整備で十分な落水効果が得られない→改善策：小排水路断面の拡張→強制排水→地下水位低下、落水効果向上。 ・根拠希薄な自己流除塩→現象：濃度低下が緩慢→改善策：除塩教育の徹底。
福島県いわき農林事務所農村整備部	<ul style="list-style-type: none"> ・代掻き回数が少なかった。 ・炭酸カルシウムを散布しなかった。 ・排水が十分でなかった。
福島県いわき農林事務所農業振興普及部	<ul style="list-style-type: none"> ・用排水路が破損していない水田では、通常の除塩作業が出来る。しかし、用排水路が破損している水田では、そのままにせず水田を定期的に耕耘し、降雨によって土壌の塩分を洗い流すようにする。 ・海水ばかりではなく、瓦礫、土砂及びびのろ等が流入した水田では、それらを除去した上で、除塩対策をすること。 ・早い時期からの用水供給には土地改良区の費用負担が生じるため、何らかの対策が必要である。

えられる。

また、平成23年度に作付けされなかった津波被災農地においても、その後の自然降雨等によって、徐々に農地からの除塩が進んでいるが確認されている⁶⁾。ただし、その塩分濃度の変化は土壌や排水条件によって異なり、透水性の高い砂質の農地では表層の土壌の塩分が低下しているが、透水性の低い粘土質の農地では逆に表層の塩分濃度が高い場合も見られている⁷⁾。

除塩作業の手順については、農林水産省によりマニュアルが公開され、平成23年度春期の除塩作業では混乱の見られた塩分濃度の測定方法にも統一的な方法が示された。また、被災農地の一部を使った除塩実証試験の実施により、縦浸透法による除塩効果と、弾丸暗渠の施工による除塩の促進効果が確認されている¹⁰⁾¹¹⁾。

このように、平成23年度春期の時点より技術情報が整理された状況の下で、現在、自治体ごとに復興計画の策定と併行して、平成24年度の作付け範囲が検討され、作付け予定農地では、暗渠が整備されている場合には弾丸暗渠の施行、未整備の場合には明渠の施工が行われ、除塩のための用水を確保した上での除塩作業が実施されている。そのため、平成23年春期の技術的な問題点は

概ね解消が可能となったと見ることができる。

ただし、除塩作業に関する水管理については、除塩作業中の具体的な操作が重要となるため、前記から指摘された除塩の進みにくい要因(**Fig.3**)に関する知見を活かして、以下の点に留意すべきと考えられる。

①排水不良の農地では、塩分を除去する水移動そのものが遅いため、縦浸透法、代かきを行う溶出法いずれの場合でも、除塩には時間がかかる。そのため、なるべく早

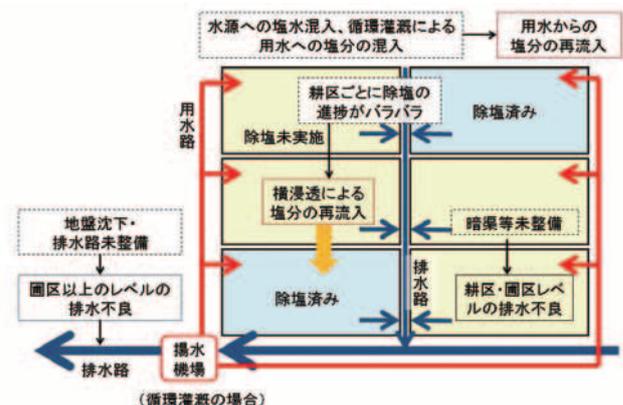


Fig. 3 除塩が進みにくい水管理上の要因
Water management factors leading to hinder salt removal

Table 7 今後の除塩作業の課題
Future technical problems

回答者	今後の課題
青森県上北地域 県民局	<ul style="list-style-type: none"> ・災害復旧工事により土砂の排除や客土が行われた地域は、ECの低下が早かった。しかし、海水流入のみのほ場では、耕土の移動はなく、粒状苦土石灰施用・耕起（乾燥）の作業後、代かき、排水の繰り返しのみで除塩しようとしたが、思うように下がらなかった。更に暗きよなし、用水不足というマイナス要因があった。そこで、海水流入のみのほ場でも耕土の表層を剥土すること等により、今回よりスムーズな除塩が実施できたのではないかと考える。 ・砂質土壌では除塩が進み、粘土質土壌では除塩しにくいというイメージがあったが、砂質土壌でも抜けにくいほ場があった。残渣の混入程度や排水性の問題も併せて考える必要がある。
岩手県久慈農業 改良普及セン ター	<ul style="list-style-type: none"> ・農家にわかりやすくシンプルに技術を伝える工夫が必要である。 ・ほ場毎の透水性や地下水水位等について情報があると、適切な対応が可能となる。 ・新聞やネット上に様々な情報があふれており、どのような技術を選択するのかに迷う状態にあり、どのような条件でどの技術を採用するかについて整理が必要。 ・除塩効果を確認するためには基本的に一筆毎の土壌採取が必要である。地権者あるいは耕作者が土壌採取を行い、スムーズにその結果が伝達されるような仕組み作りが必要である。 ・除塩後水稲作付けを行った場合、なんらかの生育障害や生育のバラツキが生じる事が想定される。それに対する補償といった声が上がらないような事前説明等が必要。
岩手県大船渡農 業改良普及セン ター	<ul style="list-style-type: none"> ・ガレキの処理、灌漑排水路の修復、どの圃場を優先するか。 ・畑地等においては、自然降雨だけでどれくらい塩分濃度が下がるか。 ・投入資材に対する補助。 ・土地が少ないため、市の復興計画次第では農地以外に転用される可能性がある。
岩手県宮古農業 改良普及セン ター	<ul style="list-style-type: none"> ・除塩完了の判定方法をどのようにするか。「水の分析」か「泥の分析」か？泥の分析の場合、土壌サンプリングの層位はどの部分か、サンプリング時の土壌水分程度はどの程度か（泥か、湿った土程度か、落水の程度） ・入水後に、代かきをする方法と、代かきしない方法があるが違いは何でしょうか。（当地区では代かきを行わないことを基本とし、粘土質水田では代かきを行うこととしている。迷った場合はどちらを選択するのがベターか） ・一旦低下した塩分が栽培中に水に戻ることはあるのか。 ・作付けに当たっては堆積物の除去を基本としている。しかし、堆積物が薄い場合現実的には除去は困難。対応はどのようにするか。
蛇田土地改良区	<ul style="list-style-type: none"> ・除塩代掻きを機械化集団によって一斉に実施する事が必要である。 ・塩分濃度の基準が統一されなかったこと。 ・塩分濃度検査における検査方法の統一。 ・農業団体の各々の責任・指導の明確化。 ・塩害に係る水稲、転作作物の補償制度である農業共済対応の早期周知の履行。 ・農家個々の除塩に対する問題意識の啓蒙。 ・除塩作業が単年度終了でなく継続作業の実施の啓蒙。
株式会社日本総 合地質	<ul style="list-style-type: none"> ・Ec<0.3mS/cmの迷走。 ・塩害、除塩に対する不十分な基礎知識。 ・画一的除塩手法への依存。 ・除塩作業の個人差。 ・塩分(NaCl)濃度の変化把握。
福島県農村基盤 整備課	<ul style="list-style-type: none"> ・災害復旧事業について：津波浸水区域で、農地の排土を災害復旧で行う場合、排土厚5cm以上は暫定法による復旧となる。しかし、暫定法による復旧額が40万円に満たないような小面積である場合もあり、除塩事業区域内であれば、排土厚にかかわらず除塩事業で対応できるような弾力的な運用が可能であればよい。（同一箇所を特例法と暫定法とに分けて申請することから、事務手続が煩雑であること。また、場合によってはどちらの申請要件にも該当しない場合があることから、被災農家間の不公平感につながる。） ・土壌塩分濃度の測定方法について：土壌サンプルを採取し、試験研究機関で測定する方法だとそれなりの日数が必要のため、除塩事業の範囲確定に時間を要している。携帯型EC測定器の測定値から塩分濃度を換算する方法があるが、一般的な使用頻度を考慮すると、事業主体（市町村、土地改良区）の厳しい財政下では購入が困難な機器である。県でも測定のための支援体制を敷いたが、事業主体自らが実施できるような簡易な塩分測定方法の開発が望まれる。
福島県いわき農 林事務所農村整 備部	<ul style="list-style-type: none"> ・用水の確保（水利権の許可が4月末であり3月末ごろから除塩作業を行いたかったが縛りがあるため思うように進めなかった。）このような事態の時には柔軟に対応出来るようにしてほしい。
福島県いわき農 林事務所農業振 興普及部	<ul style="list-style-type: none"> ・水田に流入した海水由来のナトリウムイオン (Na+)、塩化物イオン (Cl-) は、水で洗い流すことにより、除去できる。しかし、海水中に含まれる硫酸イオン (SO4-) やマグネシウムイオン (Mg2+) 等の他の不純物の作物への影響を評価すること。また、それらの不純物の効果的な除去方法の検討。 ・高濃度の塩分が蓄積したほ場での塩分を特異的に吸収する作物（ローズグラス等）による効果的なファイトレメディエーション技術の確立について。
福島県相双農林 事務所農業振興 普及部	<ul style="list-style-type: none"> ・除塩作業の集団化(個々のほ場で除塩を行っても周辺ほ場から塩分濃度の高い水が流入する)。 ・津波により堆積した土砂やワラのほ場外への持ち出し(搬出手段(作業用機械)、予算、搬出先の用地の確保が必要)。
千葉県海匠農業 事務所	<ul style="list-style-type: none"> ・代かき回数が多くなることで耕盤の損壊でトラクターの走行が不安定となった。
千葉県長生農業 事務所	<ul style="list-style-type: none"> ・それぞれの地域において、除塩に用いる農業用水を十分に確保できることおよび用水を塩害を被った水田へ適切に配分できるかどうか課題となる。

く除塩作業を開始して、除塩の期間を長くすることが推奨される。
②特に地盤沈下や排水路水位の問題で地区全体が排水不良の場合は、除塩の際になるべく農区（農道で囲まれる

範囲)以上を水管理の操作単位にすることが推奨される。排水不良の農地では水の移動が遅いため、内部で区切って水管理を行うと地区全体としての作業が遅れるためである。

Table 8 災害廃棄物処理の進捗状況
Progress of the disaster waste disposal

県	がれき推定量 (千t)	仮置き場への (千t)	搬入率 (%)	撤去率 (%)
岩手県	4755	3819	80	96
宮城県	15691	9235	59	99
福島県	2280	1148	50	56

③横浸透（畦畔浸透など）による塩分の再流入を防止するため、用排分離された農地であっても、水管理の単位は圃区（支線用水路と支線排水路でかこまれる範囲）以上とすることが推奨される。

④用水から塩分の再流入を防止するため、除塩開始前には用水路のフラッシングを行うべきである。なお、開水路はもちろんパイプラインでも海水が侵入していることがある。

⑤除塩実施中、用水の塩分濃度を監視し、上昇した場合は入水を停止する。特に循環灌漑の場合、農地からの排水に含まれる塩分が用水に戻る危険がある。また、縦浸透法による除塩を行う場合、湛水させた農地からすぐに暗渠排水せず、水管理の単位となる農地全体を湛水させてから、暗渠の水甲を開いて排水を始めることが推奨される。

V 結 言

平成23年度春期に除塩作業を実施した機関を対象にアンケート調査を行った結果、除塩は概ね順調に実施されたものの、一部で除塩が実施できない農地、除塩が進みにくい農地が見られた。その原因の多くは、津波被害の発生から田植えの晩限までの期間が短かったこととに起因していた。除塩作業を実施する対象農地の選定や除塩作業の実施方法については除塩マニュアルの整備等によって解決しているが、除塩作業における水管理については、平成23年春期作業の教訓に基づき、時間的制約の少ない利点を生かして、①除塩の期間を長くとり、②水管理の面的単位を大きく設定し、③塩分の再流入がないよう監視することが重要である。

参考文献

- 1) 農林水産省(2011)：東日本大震災(津波)による農地の推定被害面積, <http://www.maff.go.jp/j/tokei/saigai/pdf/shinsai.pdf>
- 2) 農村工学研究所(2011)：農地塩害及び除塩害策, 東日本大震災における農地・農業用施設等の技術支援報告会資料, <http://www.nkk.affrc.go.jp/2011fukkoushien/houkokukaisiryu/pdf/5-6.pdf>
- 3) 農林水産省(2011)：東日本大震災について～津波による冠水被害からの除塩事業による水田の復旧について～, <http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/sekkei/110525.html>
- 4) 農村工学研究所(2011)：「農地からの除塩に関する技術検討会」資料, http://www.nkk.affrc.go.jp/2011fukkoushien/fukkyuuhouhou/nouchi/joententou_2.pdf
- 5) 農村工学研究所(2011)：農地からの除塩に関する技術検討会の開催, http://www.nkk.affrc.go.jp/2011fukkoushien/pdf/joententou_1.pdf
- 6) 亀山幸司・宮本輝仁・塩野隆弘(2011)：津波により冠水被害を受けた砂質畑の土壌塩分モニタリング, 土壤物理学会大会講演要旨集, 74-75
- 7) 冠秀昭・関谷博幸・大谷隆二(2011)：電磁探査法による海水浸水農地の電気伝導度の測定, 土壤物理学会大会講演要旨集, 22-23
- 8) 嶺田拓也・友正達美(2011)：津波被災農地の植生状況調査, http://nkk.naro.affrc.go.jp/2011fukkoushien/fukkyuuhouhou/nouchi/syokusei_110705.pdf
- 9) 環境省(2011)：沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況, <http://www.env.go.jp/jishin/shori111108.pdf>
- 10) 千葉克己・加藤徹(2011)：雨水による塩害農地の除塩効果, 土壤物理学会大会講演要旨集, 70-71
- 11) 東北農政局(2011) 農地の除塩実証試験結果について, <http://www.maff.go.jp/tohoku/press/seibi/bousai/pdf/110929-01.pdf>

The Situation of the Salt Removal in Spring 2011 from the Tsunami Damaged Farmland by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and Future Technical Problems

TOMOSHO Tatsumi, SAKATA Satoshi and UCHIMURA Motomu

Summary

We describe a survey of the salt removal in spring 2011 from the tsunami-damaged farmland that was affected by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake and discuss future technical problems. Although the salt removal was successful on the whole, the salt concentration did not decrease sufficiently in some cases. The causes may be lack of fresh water, insufficient drainage and/or salt runoff from neighboring plots or groundwater. Future technical problems will be (1) the disposal of disaster waste, sand and plants that contain salt, (2) collective removal or appropriate scheduling of removal to avoid plot-to-plot moving of salt, and (3) simple and collective explanation of the process to the farmers.

Keywords : the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, tsunami-damaged farmland, salt removal