

## 縦浸透除塩の有効性と宮城県の津波被災農地の除塩対策

Effectiveness of Desalinization by Infiltration of Water and Desalinization of  
Tsunami-hit Farmlands in Miyagi Prefecture千葉 克己<sup>†</sup>  
(CHIBA Katsumi)加藤 徹<sup>†</sup>  
(KATO Toru)富樫 千之<sup>†</sup>  
(TOGASHI Chiyuki)冠 秀昭<sup>††</sup>  
(KANMURI Hideaki)

## I. はじめに

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大津波によって青森県から千葉県に至る太平洋沿岸部では約 21,500 ha の農地が塩害を受けた。このうち宮城県の津波被災農地面積は約 14,300 ha であり、その大半は水田であった。

農地の除塩対策には、土壌中の塩分を下方に押し流す方法（縦浸透法）と塩分を湛水させた水に溶出させ落水する方法（溶出法）がある。いずれの方法も対象農地に大量の灌漑水を導水し、塩類を大量の水とともに農地外に排出することが基本であり、その実施には用水経路と排水経路の確保が必要である。しかし、この震災では排水機場などの主要な排水施設が壊滅的な被害を受け、地区排水機能が著しく低下したため、ほとんどの津波被災農地は排水施設が復旧するまで除塩が実施できない状況に陥った。

そこで筆者らは、塩害を受けた水田の除塩対策のためにまず暗渠排水を利用した自然の雨水による縦浸透除塩の有効性を検討した。また排水施設復旧後に実施された灌漑水利用の縦浸透除塩の効果を検討した。その結果、弾丸暗渠、耕起、灌漑水利用の有効性が認められたので報告する。さらに本報では、宮城県内で実施されている水田の除塩対策とその課題を整理する。なお、本報で解説する雨水による縦浸透除塩の効果については文献<sup>1)</sup>も参照されたい。

## II. 津波被災農地における縦浸透除塩の検証

## 1. 調査地および調査法

調査地は海岸から約 4 km 西に位置する名取市内の 2 筆の水田である。5 日間ほど海水が湛水したが、がれきや津波土砂の流入はなかった。土壌は有機物の多い黒泥土である。弾丸暗渠の除塩効果を検討するため、調査区は弾丸暗渠未施工区（A 区）、弾丸暗渠施工区（B 区）を設定した。両区とも作土の飽和透水係数は  $10^{-3} \text{cm s}^{-1}$  のオーダーであり、深度 -15 cm 程

度に難透水性層（耕盤）が発達していた。弾丸暗渠は B 区において平成 23 年 6 月 14 日に間隔 2 m、深さ 40 cm で施工した。両区とも本暗渠は整備後約 15 年経過しており、疎水材のもみ殻はすべて腐朽し、土が充填された状態であった。

調査は暗渠の排水口に電磁流量計と水質計を取り付け、暗渠排水量と排水の電気伝導度（以下、「EC」という）および降水量を 1 時間間隔で測定した。さらに、降雨終了後に随時、土壌を深度ごとに採取し、土壌 EC を 1:5 水浸出法で測定した。

## 2. 弾丸暗渠の有効性

平成 23 年 6 月 23 日から 7 月 5 日にかけて総降水量 161 mm、最大時間雨量 20.5 mm の長雨があった。この長雨により A 区、B 区とも 6 月 23 日から 7 月 8 日に暗渠から排水が認められた。図-1 に A 区と B 区の降雨開始から排水が停止するまでの暗渠排水量、排水の EC、塩素イオン排出量を示す。なお、塩素イオン排出量は希釈した海水の EC と塩素イオン濃度 (ppm) の関係式<sup>2)</sup>を利用し、1 時間ごとの暗渠排水量と EC の観測値から換算した。

暗渠排水量は A 区、B 区とも降雨が強くなると増加し、降雨が弱くなると減少する傾向が認められた。期間中の総暗渠排水量は A 区 133 mm、B 区 180 mm、最大 24 時間排水量はそれぞれ 24 mm、31 mm であり、B 区は弾丸暗渠の施工により暗渠排水量が増加したと考えられた。

排水の EC は排水量の増加に伴い急激に上昇する傾向が認められた。また、降雨イベントごとに EC のピーク値が低下しており、調査区で除塩が進んでいることが示唆される。

期間中の総塩素イオン排出量は A 区 473 kg、B 区 609 kg と算出され、弾丸暗渠を施工した B 区の排出量が大きかった。

調査区において観測された降雨前後の土壌 EC を表-1 に示す。両区とも降雨後に 0~10 cm 層で大きく低下したが、特に B 区では 10~20 cm 層でも大きく

<sup>†</sup>宮城大学<sup>††</sup>東北農業研究センター

東日本大震災、津波被災農地、除塩、縦浸透法、溶出法、暗渠排水、弾丸暗渠

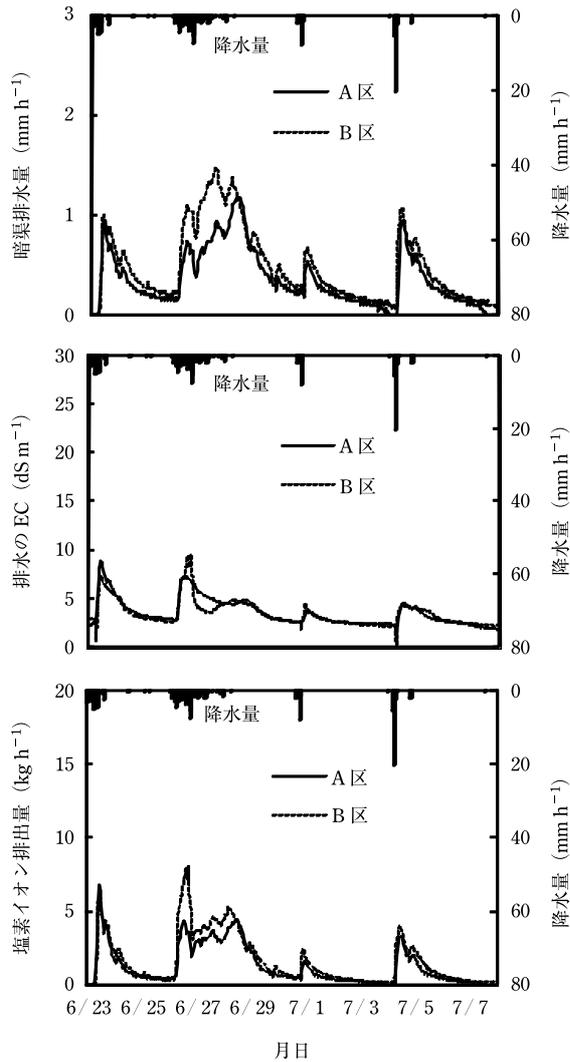


図-1 暗渠排水量，排水のEC，塩素イオン排出量

表-1 土壌ECの推移 (dS m<sup>-1</sup>)

調査区	深度 (cm)	6月14日	7月9日
A区	0~10	1.5	0.5
	10~20	1.1	0.9
B区	0~10	0.9	0.3
	10~20	1.3	0.6

降雨期間 平成23年6月23日~7月5日

低下したことが認められた。弾丸暗渠の施工により、暗渠排水量が大きくなったことで作土下層の除塩も進んだと考えられた。

また、暗渠排水量と塩素イオン排出量の関係を見ると、明瞭な比例関係があることが認められた(図-2)。したがって、暗渠を利用した浸透水除塩を実施する場合は、弾丸暗渠などを施工し、暗渠排水量を大きくすることが重要である。

### 3. 灌漑水利用と耕起の有効性

調査区では平成23年秋までに排水施設が復旧し、灌漑水の利用が可能となり、11月に弾丸暗渠の施工

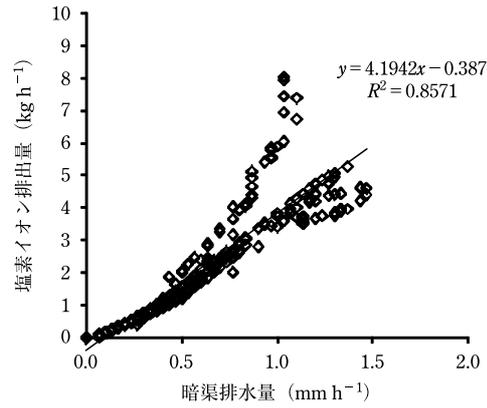


図-2 暗渠排水量と塩素イオン排出量の関係

(深さ30cm, 間隔5m) → 耕起 → 水入れ(湛水深10cm程度) → 暗渠の水開解放という工程で除塩対策が実施された。図-3にこのときのA区における入水量と暗渠排水量を示す。総入水量は116mmであり、代かき用水量とほぼ同じであった。また、水開開放後5日間の暗渠排水量は87mmであり、最大24時間排水量は55mmであった。最大24時間排水量は6月下旬の24mmと比べ大幅に増加したことが認められた。

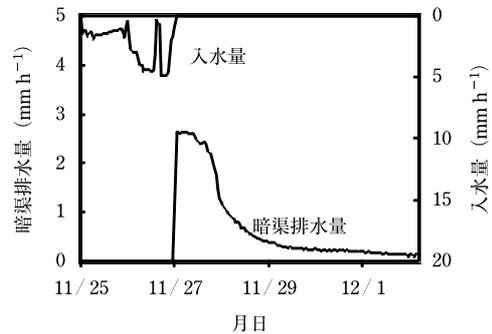


図-3 除塩対策による入水量と暗渠排水量 (A区)

この除塩対策実施後、A区の土壌ECは10cm以上の層で大きく低下したことが認められた(表-2)。これはすでに弾丸暗渠を施工していたB区においても同様であった。

したがって、縦浸透法の効果を高めるためには前述した弾丸暗渠の施工に加え、耕起を実施することが有効と考えられる。また、灌漑水を利用した除塩対策は自然の雨水よりも暗渠排水量を大きくすることが可能で高い除塩効果が期待できる。

## III. 宮城県における津波被災農地の除塩対策

### 1. 除塩対策対象農地および除塩対策の進捗状況

宮城県における津波被災農地は約14,300haであるが、農地復旧および除塩対策を要する対象面積は被

表-2 土壌 EC の推移 (dS m<sup>-1</sup>)

調査区	深度 (cm)	10/11	12/2
A 区	0~10	0.3	0.1
	10~20	0.8	0.3
	20~30	2.5	1.1
	30~40	2.0	1.2
B 区	0~10	0.2	0.2
	10~20	0.7	0.5
	20~30	2.1	0.8
	30~40	1.8	0.8

除塩対策 (水入れ) 期間: 平成 23 年 11 月 25~27 日

害が軽微な 1,300 ha を除く 13,000 ha となっている。管内別にみると、気仙沼管内 1,130 ha、石巻管内 3,520 ha、仙台管内 8,350 ha であり、仙台管内が全体の約 2/3 を占める (表-3)。また、1,000 ha を超えている市町は、石巻市、東松島市、仙台市、名取市、岩沼市、亶理町、山元町となっている。

平成 23 年春時点の除塩対策済面積は 1,150 ha であったが、平成 23 年秋以降はがれきや津波土砂が少ない区域で除塩対策が実施された。23 年秋から 24 年 4 月現在までの除塩対策済面積は 4,630 ha であり、全体の進捗率は 44.5% に達しており、24 年 1 月末に公表された県のロードマップ (同時点進捗率 40%) より順調に推移している。

地域別に進捗率をみると、気仙沼管内 10.6%、石巻管内 53.4%、仙台管内 45.3% であり、気仙沼管内の進捗が低調な状況である。また、市町村別の進捗率をみると、仙台市 31.0%、岩沼市 36.7%、山元町 37.1% でやや低迷している。がれきや津波土砂の量、また排水施設の復旧割合が進捗に影響している。

県内で平成 24 年 4 月以降に除塩対策を必要とする農地は 7,220 ha にも及ぶ。これらのほとんどは津波

表-3 除塩対策対象面積と対策済面積

管内市町村	除塩対策対象面積 (ha)	除塩対策済面積 (ha)	進捗率 (%)	H 24 年度以降除塩面積 (ha)
気仙沼管内				
気仙沼市	670	100	14.9	570
南三陸町	460	20	4.3	440
管内計	1,130	120	10.6	1,010
石巻管内				
石巻市	2,120	1,160	54.7	960
東松島市	1,400	720	51.4	680
管内計	3,520	1,880	53.4	1,640
仙台管内				
仙台市	2,000	620	31.0	1,380
七ヶ浜町	250	230	92.0	20
名取市	1,500	950	63.3	550
岩沼市	1,200	440	36.7	760
亶理町	2,000	1,020	51.0	980
山元町	1,400	520	37.1	880
管内計	8,350	3,780	45.3	4,570
県計	13,000	5,780	44.5	7,220

数値は平成 24 年 4 月見込み

被害が甚大であったために除塩対策実施の前に農地復旧を必要とする農地である。海水の浸水期間が長かったために塩分濃度が高い農地が多く、地盤沈下により現在も海水が浸水している農地もある。

## 2. 除塩対策 - 溶出法と縦浸透法 -

除塩対策対象農地のうち、がれきや津波土砂が少なく、速やかに用水と排水経路が復旧された区域では平成 23 年春に除塩対策が実施された。このときの除塩対策は当該農家などを中心に、水入れ→代かき作業→落水→塩分濃度の確認、という溶出法であり、塩分濃度が目標値以下に達しない場合には再度水入れから繰り返しという形で実施された。塩分濃度の目標値は作土層の土壌 EC (1:5 水浸出法) で 0.3 dS m<sup>-1</sup> 以下と設定された。この除塩対策により圃場整備済水田では目標値に達したが、用排水兼用の未整備水田では目標値に達しない水田がみられた。田面と排水路の高低差が小さいために、除塩水が速やかに排水できなかったことなどが原因と考えられている。また除塩対策実施後、稲は農業改良普及センターの指導により、水を切らさず中干しをしないという対応がなされ、塩害は発生せず、生育が順調であったことが認められた。さらに稲を栽培する過程で土壌の塩分濃度が低下したことも認められた。しかし、転作田の大豆については 8 月下旬から 9 月上旬に塩害により枯死したものがみられた。干天が続き、作土層が極端に乾燥したため、作土下層の残留塩類が作土層に上昇し、塩害が発生したと考えられる。溶出法で除塩が可能な範囲は代かきの及ぶ作土 (地表から 10~15 cm 程度) とされ<sup>3)</sup>、作土下層の除塩は難しい。したがって、溶出法の実施後、水田の畑地利用は避けるべきである。やむを得ず畑地として利用する場合には土壌塩分のモニタリングなどを行い、作土層の塩分濃度が上昇した際は灌漑水を入水するなどの対応が必要である。

平成 23 年春の除塩対策が溶出法で実施されたのに対し、23 年秋から 24 年 4 月に実施された除塩対策は、弾丸暗渠の施工 (深さ 30 cm、間隔 5 m) →耕起 →水入れ (湛水深 10 cm 程度) →2 日間静水 →暗渠の水閘解放 (暗渠排水未整備区域では明渠で対応) →塩分濃度の確認、という縦浸透法であった。塩分濃度が目標値以下に達しない場合には再度水入れから繰り返し実施された。このときの目標値は塩素イオン濃度で 0.1% 以下であるが、安全をみて実際には 0.06% 以下となるまで工程が繰り返された。暗渠排水整備水田ではほとんどが 1 回の工程で目標値に達したが、暗渠排水未整備水田では工程を 3~4 回繰り返した水田が多かった。明渠の排水が速やかに進まなかったことが原因と考えられる (写真-1)。



写真-1 明渠内にたまった除塩水 (平成 24 年 1 月 31 日, 名取市)

土壌塩分の確認作業は、平成 23 年春には農業改良普及センターの普及指導員などが主体的に行っていたが、23 年秋以降においては土地改良区の職員もイオンクロマトグラフィーなどを用い自前で確認作業を行っている。

なお、宮城県による除塩対策は、除塩対策のみを行う区域は県営除塩対策事業として、また津波土砂除去と除塩作業を行う区域は県営農地災害復旧事業として業者に委託、実施されている。

#### IV. おわりに

宮城県内の津波被災農地において行った縦浸透除塩の現地試験から暗渠排水量を増大させることで除塩効果を高められることを確認することができた。また、弾丸暗渠、耕起、灌漑水利用の有効性を認めることができた。一方、圃場整備が実施されていない水田や暗渠排水未整備水田は、除塩水が速やかに圃場外に排除できず、除塩に時間がかかることが認められた。

今後除塩対策を要する津波被災農地は対策済みの農地より塩分濃度が高い場合が多く、除塩対策だけでなく圃場整備と一体的に行わなければ復旧しない農地も少なくない。

したがって、今後の除塩対策を確実に進めていくためには、暗渠排水量を増大させる弾丸暗渠の施工間隔と深さ、耕起深さなどを検討することが重要である。また、除塩水を速やかに排水可能とする地区排水の充実が求められる。

今後も普遍的な除塩技術の構築のため、引きつづき現地試験などを継続するとともに、除塩対策済み農地における塩害の再発防止に努めていきたい。

最後に、現地試験、調査において宮城県農林水産部農村振興課、同農村整備課、ならびに名取土地改良区、亘理土地改良区の関係各位に大変お世話になりました。記して、謝意を表します。

#### 引用文献

- 1) 千葉克己：雨水の浸透除塩と弾丸暗渠，最新農業技術土壌施肥 4，農山漁村文化協会，pp.35～40 (2012)
- 2) 兼子健男，村川雅己，小財 伸，身次幸二郎：塩類が集積した水田の暗渠排水を利用した急速除塩技術，農士誌 70 (7)，pp.27～30 (2002)
- 3) 原口暢朗：灌漑水による除塩，最新農業技術土壌施肥 4，農山漁村文化協会，p.31 (2012)

[2012.6.5.受稿]

#### 千葉 克己 (正会員)



1996年 宮城県入庁，古川農林振興事務所，産業経済部農村基盤計画課，古川農業試験場，農業短期大学を経て  
2009年 宮城大学食産業学部講師  
現在に至る

#### 略歴

#### 加藤 徹 (正会員)



1971年 宮城県入庁，仙台土地改良事務所，農業短期大学助手，講師，助教授，教授を経て  
2005年 宮城大学食産業学部教授  
現在に至る

#### 富樫 千之 (正会員)



1976年 宮城県農業短期大学助手，講師，助教授，教授を経て  
2005年 宮城大学食産業学部教授  
現在に至る

#### 冠 秀昭 (正会員)



1999年 宮城県入庁，迫農林振興事務所，古川農業試験場などを経て  
2010年 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター生産基盤研究領域研究員  
現在に至る