

海水浸水後の水田土壌における縦浸透法の除塩特性

福井大学 正会員 ○寺崎寛章
福井大学 非会員 吉田淳平
広島工業大学 正会員 福原輝幸

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、東北地方を中心に多方面で大規模な被害が生じた。中でも津波(海水)による農地の塩害(土壌中の過剰な塩化ナトリウムに起因する作物の生育障害)は深刻である。特に、宮城県の被害は最も広範囲で約 1.5 万 ha(当県耕地面積の約 11%に相当)に及び、その内、約 85%が水田であり、現在もお復旧工事が行われている。

筆者らが 2017 年 12 月の宮城県名取市で行った農家へのヒアリングでは水利権の問題から、7 年経った今も圃場整備すら着手できていない農地があることが分かった。当該地域で進められている湛水除塩には大量の水を使うため、円滑な水利計画の実行および除塩の効率化が同時に求められる。しかしながら、湛水深や湛水期間については施工者の経験に委ねられる事が多く、除塩効果に関する知見は乏しいのが現状である。

このような状況を鑑み、代表的な除塩法の一つである縦浸透法に着目し、湛水深および湛水回数と除塩効率の関係性について調べたので、その結果を報告する。

2. 縦浸透除塩実験概要

図-1 は縦浸透除塩実験で用いた実験装置の概要を示す。実験ではまずアクリル製の実験装置(内寸：幅 900×奥行 200×高さ 900mm)を製作した。この実験装置に宮城県の水田から採取した土壌を、実際の農地に合

わせて、下層から粘土(深さ $z = 500 \sim 550\text{mm}$)、耕盤および疎水材($z = 200 \sim 500\text{mm}$)、作土($z = 0 \sim 200\text{mm}$ 、乾燥時平均充填密度： 950kg/m^3)の順に充填した。また疎水材は作土混入率 40%の粗殻を用いた。排水管(勾配：1/45)は実験装置中央の $z = 430\text{mm}$ に埋設した(表-1 を参照)。

土壌塩濃度 $C(\%)$ および土壌内含塩量 $M_{\text{salt}}(\text{kg/m}^3)$ を調べるために土壌センサーを図-1 に示すように設置した。土壌センサーにより土壌中の体積含水率 $\theta(\text{m}^3/\text{m}^3)$ および誘電率 $\epsilon(\text{dS/m})$ がリアルタイムで計測されるが、 C および M_{salt} の計算には校正式が必要となるため、予め θ および ϵ と C の関係をそれぞれ求めておいた。

次に実験手順を述べる。湛水深 $H_w(\text{mm})$ が 100mm となるように海水を模した塩水(3%)を投入し、24 時間静置する。その後、暗渠から排水を開始し、24 時間後に排水を終了した(これを初期状態とする)。次に、真水を $H_w=100\text{mm}$ (必要水量 31.4kg)となるように投入し、同様に 24 時間静置させた後、さらに 24 時間かけて排水させた。この真水の湛水および排水作業を除塩 1 回目と称して、合計 3 回実施した。なお、排水量 $Q_d(\text{kg/s})$ は電子天秤により、湛水中の C は塩分測定器により、それぞれ測定した。また実験終了後には土壌をサンプリングし、炉乾燥法と 1:5 抽出法により θ および M_{salt} の実測値を求めた。

表-1 実験条件

土壌センサー 詳細	CS655 (TDR 式, Campbell scientific 社) C-CR1000 (Campbell scientific 社)		
土壌センサー 設置位置	$x=0$ ($z=20, 70, 120, 190, 205$ および 390mm) $x=150$ および 300mm ($z=20, 70, 120$ および 185mm)		
飽和透水係数	作土 K_s	$7.54 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	
	疎水材 ($R=40\%$) K_m	$2.25 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	
湛水深 H_w	(湛水) 塩濃度 C	必要水量	湛水/排水時間
100mm	3.0% or 0%	31.4kg	24 時間

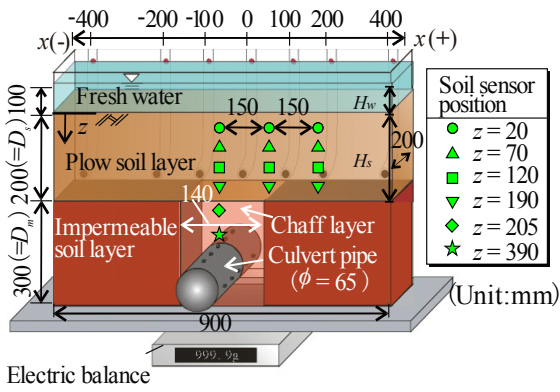


図-1 縦浸透除塩実験概要

キーワード：塩害，除塩，暗渠，縦浸透法，湛水深，水田土壌

連絡先：〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築・都市環境工学科 環境水理学研究室 TEL 0776-27-8595

3. 実験結果

図-2 は排水量 Q_d の経時変化の一例を示す。図中の□は実験値を示す。 Q_d の変化は概ね (i) 飽和排水期間, (ii) 第一減率排水期間, (iii) 第二減率排水期間に分けられ, 既往の実験結果¹⁾の再現性が見られた。また Q_d の経時変化(図中の実線)は図中の式により表される。

図-3 は $x = 0\text{mm}$ (中心部) の作土層の土壌内含塩量 M_{salt} (kg/m^3) の経時変化を示す。排水 1 回目に着目すると M_{salt} は塩水の暗渠からの排水に伴い急激に減少する。排水終了時の作土深層部の M_{salt} は作土表層のそれに比べて約 2.3 倍大きい。また, いずれの除塩(排水 2 回目以降)においても湛水静置期間の作土表層の M_{salt} は増加し, 深層の M_{salt} は減少した。これは土壌内の塩濃度勾配による拡散に起因すると推察される。

図-4 は除塩 1 回目における $x=0\text{mm}$ と 300mm の M_{salt} 鉛直分布の経時変化を示す。作土表層の M_{salt} は実験開始直後から減少し, 特に飽和排水期間 ($0 \sim 4\text{min}$) において顕著である。一方, 同期間における作土深層部の M_{salt} の変化は小さく, これは作土上層から深層部へ塩が流入したことに起因すると考えられる。また表層付近 ($z=20 \sim 70\text{mm}$) に着目すると, 端部 ($x=300\text{mm}$) における M_{salt} の低下は中心部 ($x=0\text{mm}$) に比べて大きい, $z=70\text{mm}$ 以深においては中心部の方が M_{salt} の低下は大きくなる。これより, 作土表層では中心部ほど, 深層部では暗渠から水平方向に離れるほど, M_{salt} は残留しやすい傾向があることが分かる。

図-5 は除塩回数 n と積算排出塩量 ΣM_{dsalt} (kg/m^3) の関係を示し, 図中の数字は除塩率 R_{salt} (%) を示す。同図より, $n - \Sigma M_{\text{dsalt}}$ 関係は図中の式で表され, 1 回目に 50% 以上の塩分が排出され, 2 回目以降の R_{salt} は緩やかに低下することが分かった。

4. おわりに

本研究では室内実験により, 縦浸透除塩法における除塩効果および残塩特性を調べた。その結果, 1) 浅層の(排水)中央部および深層の端部で塩分が残留しやすいこと, 2) 本実験に関する限り除塩回数の増加に伴い除塩効率は 0.4 乗で増加すること, がそれぞれ分かった。

参考文献

- 1) 寺崎寛章, 吉兼一晟, 福原輝幸: 暗渠排水量に及ぼす疎水材の透水性の影響, 土木学会第71回年次学術講演会, VII-041, pp. 81-82, 2016.

謝辞 本研究は平成26年度JSPS科研費(26420530)を受けて行われた。ここに記して深甚の謝意を表す。

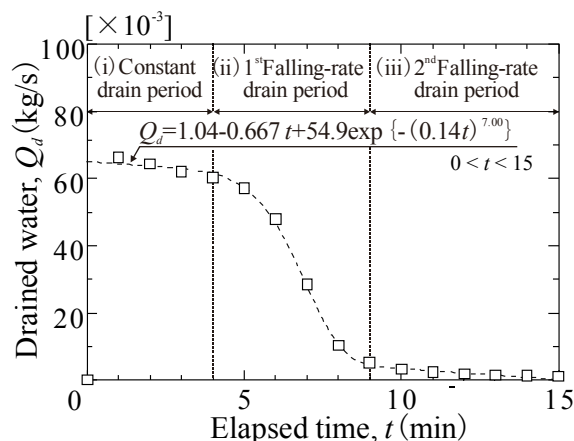


図-2 排水量 Q_d の経時変化

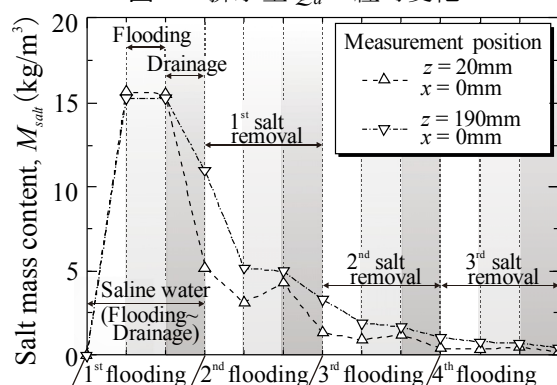


図-3 土壌内含塩量 M_{salt} の経時変化

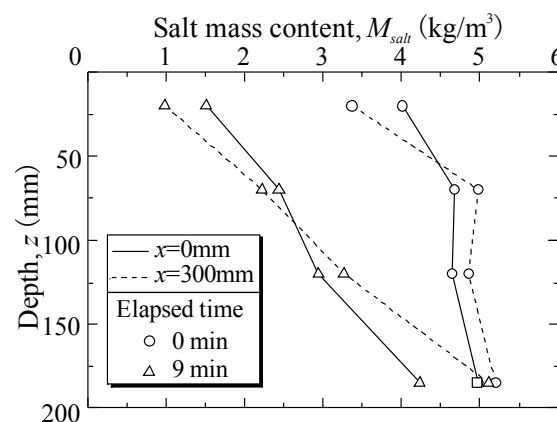


図-4 排水中の土壌内含塩量 M_{salt} 鉛直分布の経時変化

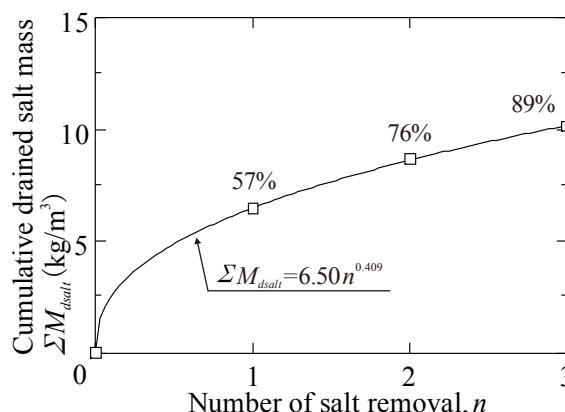


図-5 除塩回数 n と積算排出塩量 ΣM_{dsalt} の関係