水田土壌における湛水土壌表面からの塩溶出実験

住化分析技術(上海)有限公司　正会員　○仇　啓涵
福井大学大学院　正会員　寺崎寛章
福井大学大学院　正会員　福原輝幸

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災では津波により，東北地方を中心に大規模な塩害が発生した．その被害面積は 2.4 万 ha に上り，特に沿岸域ではその被害は深刻であり，営農再開には多大な時間を要した．

筆者らが調査対象とする宮城県名取市の海岸付近の一部の水田では震災当時，海水浸入に伴い地表に析出塩が観られるなど，水田は高塩濃度状態であった．除塩対策として現地では主に溶出除塩法(水田上の湛水に土壌中の塩分を溶出させ，水尻から排出する方法(**図-1** を参照))[1)]が行われた．一般に湛水期間は 1 週間から 10 日間であり，湛水深は 10cm が目安とされているが，その科学的根拠は不明瞭であり，除塩効果についても不明な点が多い．

実際，農家へのヒアリングからは，除塩工事の遅れのみならず営農再開時期や除塩効果に関する情報不足を指摘する声が聞かれた．従って，安心した営農再開に向けては除塩効果を適切に評価し，農家へ情報を提供することが重要である．そのためには溶出除塩法の特性を把握し，それを基に塩移動モデルを構築し，数値シミュレーションを活用した除塩計画が必要である．

そこで本研究では，土壌塩の湛水溶出に関する基礎的知見を得るために塩溶出実験を行ったので，その結果の一部を報告する．

2. 塩溶出実験概要

塩溶出実験は恒温室(室温:22℃)にて実施された．まず瓦礫や雑草などの不純物を取り除いた東北塩害農地(宮城県名取市)の土壌(シルト質粘土)を乾燥密度ρ_{soil}＝1650kg/m^3 でアクリル製樹脂カラム(内径：76mm，長さ：100mm)に充填した後，蒸発を防ぎながらカラム下方から塩水を毛管飽和させる．次に，湛水のために排水口(土壌表面より高さ:3mm，直径:3mm)付きカラム(内径:76mm，長さ:200mm)を土壌カラムに接続するとともに，2 極センサー(CS655, Campbell Scientific 製, ロッド長さ:120mm, ロッド直径：3.2mm)を土壌表面下 z_s＝5，10，20，50 および 85mm の位置に挿入する．他方，湛水の塩濃度測定のために，4 極センサー(サンケイ理化製，ロッド長さ：50mm，ロッド直径：5mm)を土壌表面より上方高さ z_w＝10，30 および 50mm の位置に設置する(**図-2** を参照)．なお，湛水深 h_w に応じて湛水中のセンサー位置は適宜変更する．

次に実験手順を述べる．

(1) 湛水時に土壌を乱さないように，スポイトで静かに規定量の淡水を入れる．

(2) 土壌および湛水中の温度，塩濃度 C(＝NaCl 質量/水の体積，kg/m^3，以下，塩濃度と呼称)を 1 分間毎に 168 時間(実験終了)までデータロガーに記録する．

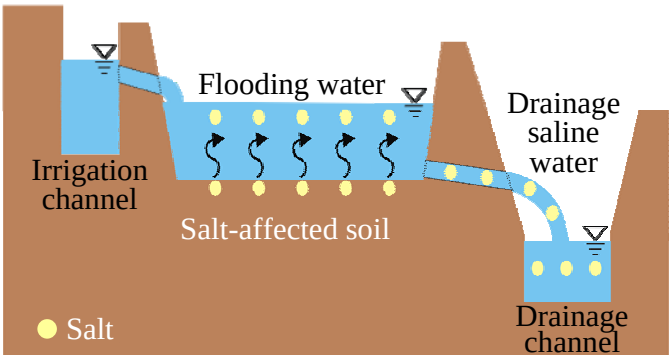


図-1　溶出除塩法概要 [1)]

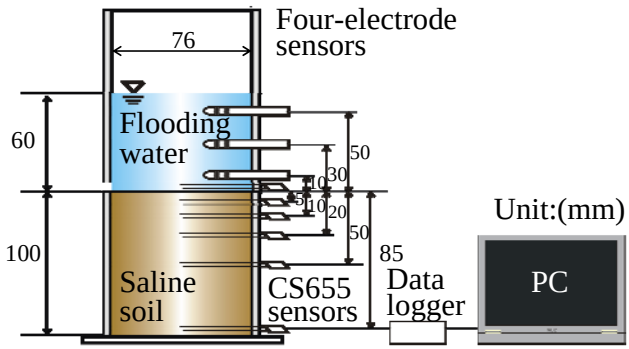


図-2　塩溶出実験概要

キーワード：塩害，除塩，塩溶出，カラム試験，塩移動
連絡先：〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築建設工学科 環境熱･水理研究室 TEL 0776-27-8595

(3) 実験終了後，排水口を開いて流出した塩水および土壌表面の残留水をスポイトや吸水紙で収集し，電量滴定式塩分計により塩化物イオン濃度を測定し，C に換算する．

(4) 土壌を乱さないように鋼管(内径：20mm，長さ：100mm)を土中鉛直に差し込み，取り出した後，深度毎に土壌を採取する．

(5) 採取された土壌を炉乾燥法により θ を，上述のように C をそれぞれ求める．

3. 塩溶出特性

図-3(a)および(b)は，h_w＝60mmおよび10mmにおける湛水塩濃度C_wの経時変化をz_w毎に示す．いずれのh_wにおいてもz_w＝0mmおよび10mmのC_wは，淡水を注入直後から24時間までに急増する．また湛水表面に近づくほどC_wの増加開始は遅くなる．h_w＝10mmでは土壌表面から湛水表面までのC_wは時間とともに増加するが，両z_wにおける濃度差は小さくなり，48時間以降は殆ど濃度勾配は無視できる($dC_w/dz \fallingdotseq 0$)．h_w＝60mmでは常に明確な濃度勾配が存在し，時間とともに塩は湛水上部に拡散移動する．

図-4(a)および(b)は，h_w＝60mm および 10mm における土壌塩濃度 C_s の経時変化をそれぞれ示す．z_s＞50mm 以上を除く全ての z_s において，C_s は時間の経過とともに減少し，土壌表面下 20mm までの C_s の低下は顕著である．特に，h_w＝10mm では最初の 24 時間で C_s の低下は著しい．また，h_w＝60mm では概ねどの z_s においても C_s は減少し続けており，これは h_w＝10mm と大きく異なる．

4. おわりに

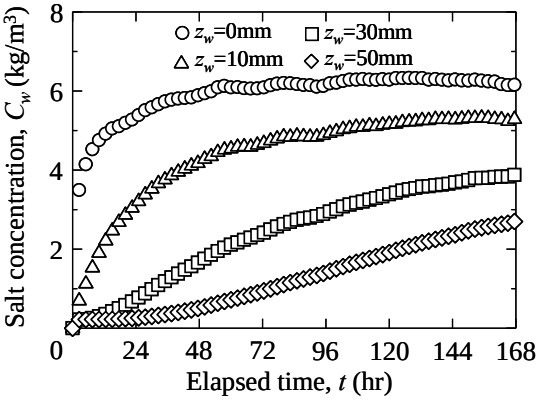
本研究では，塩溶出の基礎的知見を得ることを目的として塩溶出実験を実施した．その結果，本実験の範囲内では塩溶出は初めの 24 時間で著しく，湛水深が大きいほど除塩効果は長続きすることが分かった．今後は，塩移動モデルを構築し，数値シミュレーションより除塩工事を定量評価する．

参考文献

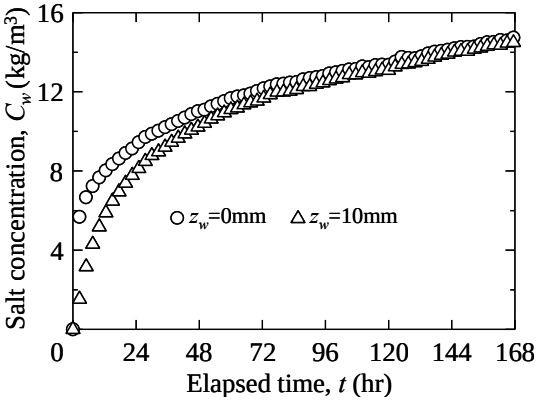
1) 農林水産省農村振興局：農地の除塩マニュアル，pp. 1-18，2011.

2) 一般財団法人日本土水総合研究所:農地の除塩技術研修会報告書，pp. 63-73，2013.

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．

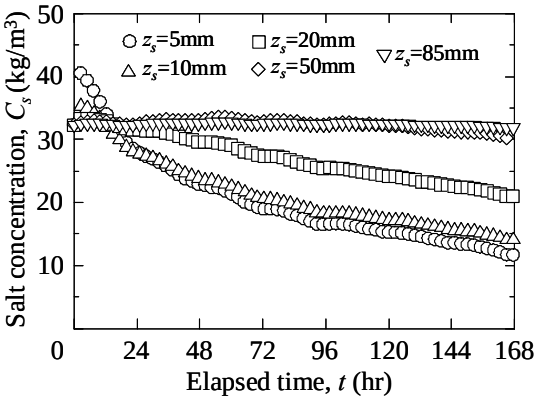


(a) h_w=60mm

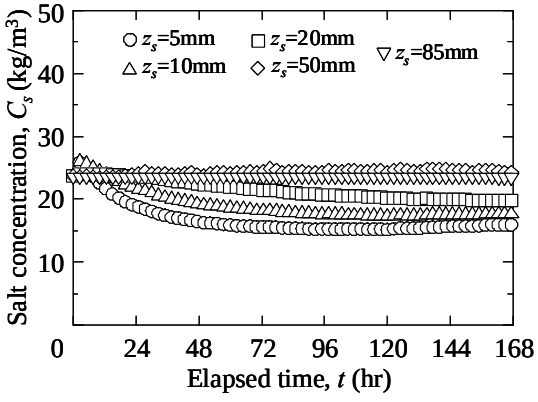


(b) h_w=10mm

図-3 湛水塩濃度 C_w の経時変化



(a) h_w=60mm



(b) h_w=10mm

図-4 土壌塩濃度 C_s の経時変化