

# 点滴灌漑における湿潤域での集積塩の数値予測 Numerical Estimation of Salt Accumulation at Wet Soil Surface under Drip Irrigation

○天野貴久，藤巻晴行  
AMANO Takahisa, FUJIMAKI Haruyuki

## 1. はじめに

乾燥地・半乾燥地において、圃場に設置したチューブから植物の根元に灌漑する点滴灌漑は灌漑水の節減の切り札として普及しつつある。しかしながら点滴灌漑は土壌面の湿潤域の周縁部すなわち作条間に塩類が集積し、それが点滴灌漑そのものによっては除去され得ないという欠点を有する。この条間集積塩が少量の降雨に伴い溶出し、根群域に侵入し、植物に塩ストレスを与える、という問題が古くから知られているが、条間集積塩の処理ないしは根群域への侵入防止対策は未だ確立されていない。そこで本研究では、基礎的研究の成果を可能な限り取り入れることにより、条間集積塩の集積過程を正確に予測できる数値モデルの開発を試みた。

## 2. 実験方法

防災科学技術研究所地表面乱流実験棟の風洞内で以下のような塩類集積実験を行った。幅 30cm、深さ 2cm、奥行 5cm の透明アクリル製土槽を二つ作成した。これらに供試土として鳥取砂丘砂(仮比重 1.55)、マサ土(仮比重 1.46)をなるべく均一となるように充填し、土壌面が風洞の下面と一致するように設置した。蒸発により表面から奪われる潜熱を表層に設置した熱電対を用いて白熱灯を地表面に自動的に照射して蒸発潜熱を補償し、温度をなるべく均一に保った。放射以外の気象条件は気温 25°C とし、湿度・風速を実験期間中ほぼ一定とした。3,000ppm 塩化ナトリウム水溶液を、土槽上端部に設置した直径 4mm のポーラスカップよりローラーポンプを用いて 85g day<sup>-1</sup>で灌水した。鳥取砂丘砂については浸潤過程におけるフィンガー流の発生を抑えるため、充填後純水で飽和させたのち塩水灌水での蒸発実験を行った。以後、蒸発開始時刻を 0 とし、3~12 時間毎に重量測定を行ない蒸発速度を求め、144 時間後に鳥取砂丘、122 時間後にマサ土の採土を行って終了した。

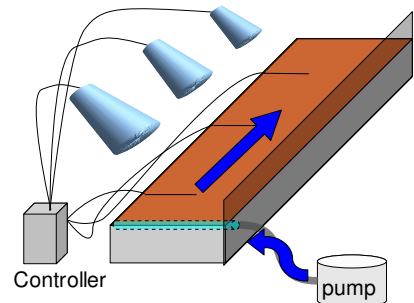


Fig 1:experimental setup

## 3. 数値解析

交互方向陰解法による水移動および溶質移動の数値解析プログラムを作成した。水移動の数値解析では等温水蒸気移動を考慮し、修正 Picard 型反復法により質量保存に努めた。下部境界条件はフラックスを 0 とし、大気境界条件において塩クラストによる水蒸気通過抵抗を考慮した。移流分散方程式の数値計算にあたっては、土壌面付近で下方への拡散移動を過大評価するとの知見に基づき、分散長を半分にした両供試土の水分移動特性ならびに溶質移動特性

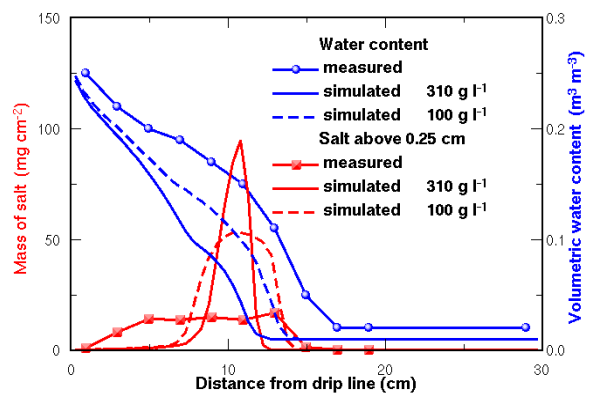


Fig. 2:Horizontal distribution of salt and water content above depth of 0.25 cm for Masa loamy sand

には、風洞実験とは別個に測定したものを  
用いた。深さ方向の空間増分は0.25cm、横方向  
のそれは0.5cmとした。

#### 4. 結果と考察

実験終了時におけるマサ土についての採土及  
び数値解析により得られた表層0.25cmより上  
部についての水分および塩分の分布をFig.2に  
示す。

数値解において、塩クラストの形成される範  
囲が実際よりも狭く局所的となった。エミッ  
タからの距離が同じでも局所的な水平方向の

濃度のばらつきがかなりあると推察されるため、上端の要素における塩クラスト形成時の塩濃度を、水溶液中の塩化ナトリウム飽和水溶液濃度である $310\text{ g l}^{-1}$ の代わりに、そのときの平均塩分濃度に近いと考えられる $100\text{ g l}^{-1}$ でも計算を行った。その結果、単位面積あたりの蒸発量が低下し、塩クラスト分布が広がってピークの値も小さくなった。一方、水分分布は数値解では手前で浸潤前線が止まってしまったが、これもより手前での塩クラスト成長を再現できれば前進するであろう。これらの傾向は鳥取砂丘砂についても見られた。

蒸発速度と浸潤前線の経時変化をFig.3に示す。両供試土ともに浸潤前線の前進にも関わらず全体の蒸発速度がほぼ一定である。これは前述のとおり、塩クラスト形成にともなう単位面積あたりの蒸発量が低下したため浸潤前線の前進が起こることを表している。

マサ土における実験終了時の単位体積あたりの塩分分布( $\text{mg/cm}^3$ )をFig.4に示す。内部蒸発を過大評価したため、分布が下方に広がっており、特にその影響が浸潤前線付近で大きいことが分かる。

#### 5. まとめ

点滴灌漑においては、塩クラストが形成されている湿潤域で蒸発が抑制されているものの、湿潤域がその分外側に広がることにより、蒸発抑制効果が打ち消されることが予想される。開発した数値モデルで表層の塩クラスト形成開始を平均塩濃度を飽和水溶液濃度より小さく与えることで、実際の分布に近づいたものの、実測値とはなお隔たりがある。形成された塩クラストの形態も、灌水点からの距離、つまり蒸発速度の違いにより異なったため、適切な析出開始平均塩濃度は一定ではないかもしれない。今後、塩クラスト形成開始時の表層における平均塩濃度をどのように与えるかの検討や、蒸発速度と塩クラスト形態を考慮したモデルの改良が必要である。

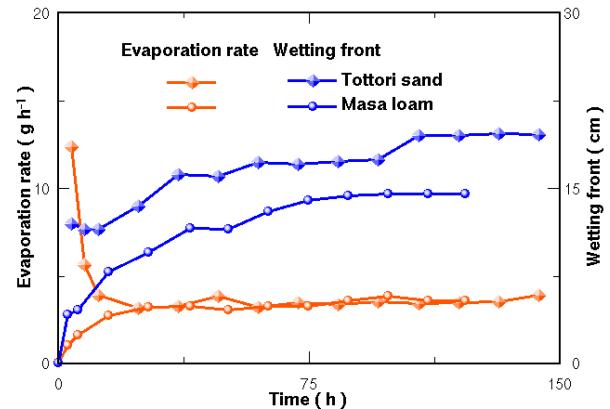


Fig.3:Temporal change of evaporation rate and wetting front

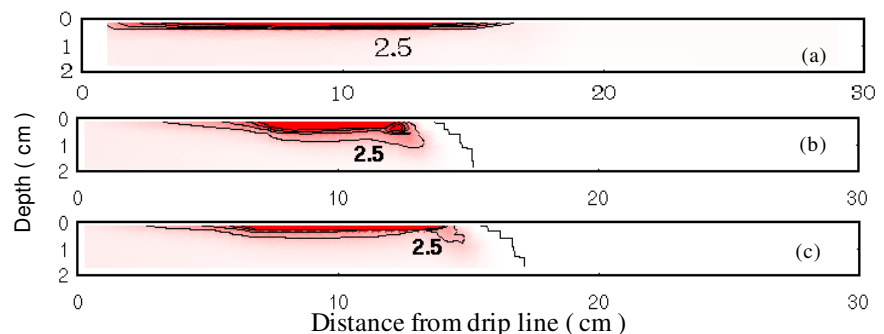


Fig.4:Distribution of salt content ( $\text{mg cm}^{-3}$ ) from above (a)measured, (b) calculated 310, (c) calculated 100 for Masa loamy sand