

福井大学大学院工学研究科 学生員 ○何 超
福井大学建築建設工学科 正会員 福原 輝幸

1. 研究目的

乾燥地土壌の塩害は蒸発能が高い気象環境下での降雨・蒸発の繰り返しに加えて、人為的な水管理のミスで起こる場合もある。例えば、塩濃度高い灌漑水の散水、あるいは地下水位が高く高塩濃度の地域における過剰な淡水散水に原因する。現在のところ塩分移動を制御する決定的な解決策は未だ見出されておらず、農学、土木工学、土壌物理学、化学および他の分野からの総合的な技術協力が必要となる。水理、水文学的に観て、塩分濃縮や塩類集積は、地下水位および気象といった境界条件のもとで起こる不飽和土壌中の熱・水分および物質の同時移動に関連する。この機構を明らかにすることが塩害の予測と防止に重要となる。

そこで、本研究では砂層への散水浸透から蒸発に至る間での砂層中の塩分移動、濃縮および集積について実験的に検討を行った。

2. 実験概要

実験は福井大学構内の恒温恒湿室内(温度 20℃, 湿度 40%)で行なわれた。実験には Fig.1 に表すような直径 0.13m, 高さ 0.4m の塩ビ製カラム(厚さ 5mm) 6 本を使用した。塩ビ製カラムは 0.02m 間隔で土壌サンプルを採取できるように製作される。

各砂層カラムに豊浦標準砂を均一に充填させてから、濃度 0.5%NaCl 溶液を底部より自然に吸水させる。このとき、浸潤前線は地表面下 0.02m になる。その後、砂層上方にある赤外線ランプ(125W)で 24 時間照射し、各カラム上方より散水を行う。散水終了後、設定された時間に砂層カラムを分解し、炉乾燥法により含水量を求める。含塩量は塩分濃度計(ソルメイト 100 型)により得られる。また、蒸発量は 1 本のカラムを電子天秤の上に常時載せて 30 分ごとに自動計測される。実験条件が Table 1 に示される。

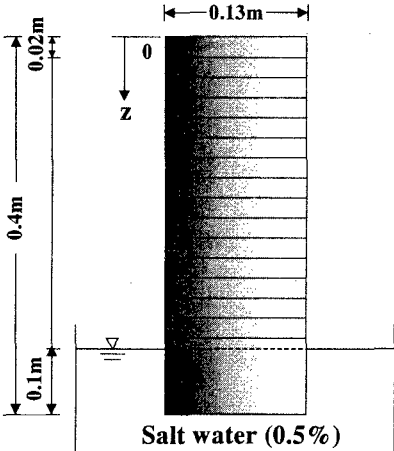


Fig.1 Separable soil column

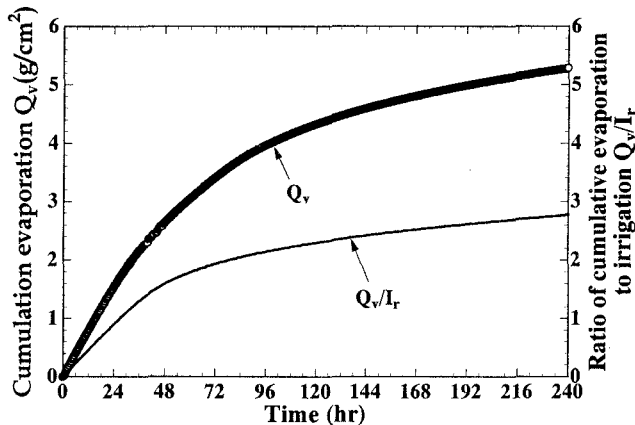


Fig.2 Time variation of cumulative evaporation

Table 1 Experimental conditions

CASE	Unit	Data
Duration	hr	240
Groundwater lever	m	- 0.05
Soil porosity		0.4
Dry bulk density	kg/m ³	1.68 × 10 ³
Lamp height	m	0.3
Air temperature	℃	20
Relation humidity	%	40
Initial concentration	%	0.5
Watering Quantity	kg	0.25
Watering period	min	6

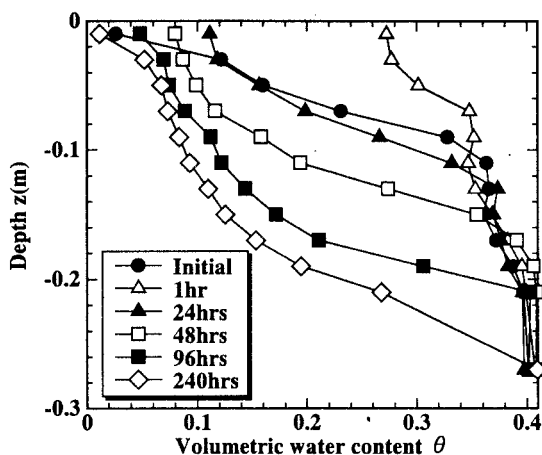


Fig. 3 Time variations of volumetric water content profiles after watering

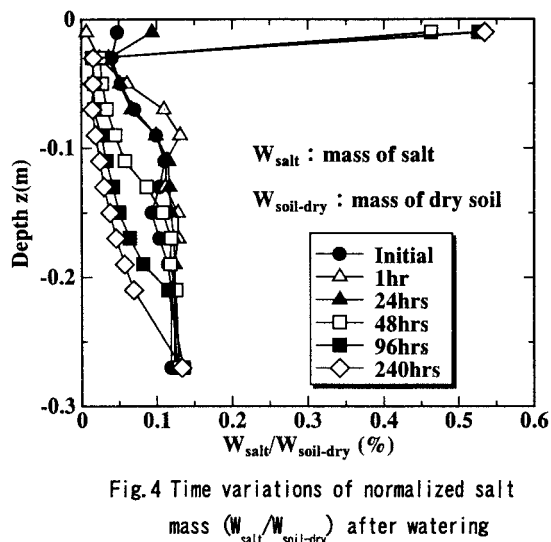


Fig. 4 Time variations of normalized salt mass ($W_{\text{salt}}/W_{\text{soil-dry}}$) after watering

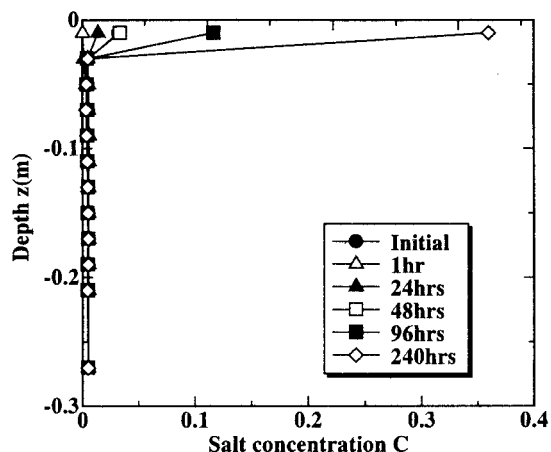


Fig. 5 Time variations of concentration profiles after watering

3.1 実験結果

(1) 蒸発量 Fig. 2 は散水開始から実験終了まで(0～240時間)の積算蒸発量 Q_v および蒸発率(=積算蒸発量 Q_v /散水量 I_t)の経時変化を示す。積算蒸発量および蒸発率の増大は、散水後約24時間までの間で最も顕著であり、ほぼ線形的である。その後 Q_v の増大は緩やかとなる。なお、蒸発率は散水後24時間に約1.0に達し、240時間後には約2.8となる。

(2) 土壌水分 Fig. 3 は体積含水率 θ 鉛直分布の経時変化を示す。蒸発に伴う体積含水率の減少は実験初期で最も激しい。散水24時間後、水分分布はほぼ散水前の状態に戻る(地表面下0.01m、即ち $z = -0.01\text{m}$ を除く)。その後は徐々に乾燥が土壌の深部へ向かって進行するとともに、表層は気乾状態となる。

(3) 土壌塩分 Fig. 4 および Fig. 5 は質量含塩率(以下含塩率と呼称)および塩分濃度鉛直分布の経時変化を示す。散水により、地表面下0.02mまでの塩分はリーチングされ、含塩率は0付近まで急激に減少する。減量分はそれより以深の約 $z = -0.2\text{m}$ までの砂層に最配分される。特に、 $z = -0.09\text{m}$ の含塩率は、散水前の0.01%から、散水1時間後には0.13%にまで増加し、砂層中で最大となる。しかしながら、その後の蒸発によって、地表面下0.2mまでの塩分は地表に向かって移動し、 $-0.22\text{m} < z < -0.03\text{m}$ の含塩率は次第に減少する。逆に、地表近傍($z = -0.01\text{m}$)の含塩率は散水1時間後の約0から、約24時間、約48時間、約96時間および約240時間の時点ではそれぞれ0.09%、0.46%、0.53%および0.54%となり、乾燥初期での増大が著しい。一方、Fig. 5より塩分濃度分布の変化は単純であることが知れる。塩分濃縮は地表面下0.02mまでに集中しており、それより以深における濃度変化はほとんどない。

4. 結論

本研究を通して、散水後の蒸発に伴う土壌塩分の集積および溶脱の挙動が明らかとなった。今後はより複雑な野外環境および土壌条件を考慮し、周期的な灌漑による土壌中の塩分移動メカニズムを明らかにする。