

CS - 121 吸水性繊維物布設法による砂層塩分濃縮・塩類集積抑制実験

福井大学工学部

学生員 高野保英

福井大学工学部

正 員 福原輝幸

福井県工業技術センター

正 員 黒川和男

1. はじめに

乾燥地農業あるいは砂漠緑化の実施の際には、安定的な水供給の確保が重要な問題となる。ただしその際、適切な水管理を怠ると乾燥化の副次的作用として塩害の問題が生じる。筆者等の一人は、塩分濃縮の進行速度は乾燥速度に比例することを指摘している¹⁾。このことはまた、蒸発を抑制することで塩害の進行をも抑制することが可能であることを示唆する。

筆者等は、砂層内に吸水性繊維物 (Moisture Absorbent Textile、以下 MAT と称する) を布設する方法 (MAT Laying Method、以下 MATLM と称する) により、蒸発抑制の実験を行っている。その結果、MATLM により蒸発量の抑制および水分分布の制御が可能であることを示した²⁾。

そこで新たに、MATLM による砂層中の塩分濃縮および塩類集積の抑制実験を試みた。ここではその実験から得られた結果を報告する。

2. 実験概要

実験には内径 0.1 m、高さ 0.6 m のアクリル樹脂製円筒コラムが使用された。コラムに砂を充填した後、温度 25 °C、相対湿度 50 % の恒温恒湿室にコラムを設置し、所定の地下水位 (地表面下 0.35 m) を設定する。地下水の塩分濃度は 1 % (0.01 kg NaCl / 1 kg H₂O) とする。コラム上方 0.3 m の位置からヒートランプを照射することで蒸発・乾燥を促進させ、10 日間に渡って砂層内の体積含水率 θ 、温度 T 、塩分濃度 C の鉛直 (z) 方向分布および蒸発フラックス密度 M_v を測定する。なお地下水位は、蒸発量に等しい塩分濃度 1 % の塩水を補給することにより、実験中常に一定に保たれる。サンプリング方式により $C(z)$ および $\theta(z)$ の経時変化を測定するために、実験には 5 本のコラムが用意され、各コラムは 15 の層 (層厚 0.025 m) に分解することができる。温度測定には熱電対が、塩分濃度測定には塩分濃度計 (朝日ライフサイエンス製) が、また蒸発フラックス密度測定には電子天秤がそれぞれ使用される。

実験は、MAT を砂層内に布設しない CASE-1 および MAT を地表面下 0.25 m ($z = -0.25$ m) の位置に布設した CASE-2 の 2 種類について行われる。

3. 実験結果および考察

Fig. 1 に鉛直方向の砂層内水分分布 $\theta(z)$ の経時変化 (初期、3 日後、6 日後、10 日後) が示される。実験中地下水位が一定であるため、両ケースとも水分分布の時間的な変化は見られない。目視観測で得られた両ケースの界面 (毛管帯と乾燥帯の境界、図中 Interface と表記) の位置に注目すると、界面位置は CASE-1 では $z = -0.01$ m、CASE-2 では $z = -0.047$ m であり、CASE-1 に比べて CASE-2 の界面位置が低い (乾燥層が厚い) ことがわかる。塩水に対する MAT の吸水能 10.3 (MAT の自重とそれが吸水した水の重量との比、kg H₂O / kg MAT) は蒸留水に対するそれ 28.8 の約 1/3 に低下するが、MAT の遮水効果により毛管上昇が抑えられる。その結果、CASE-2 の乾燥層は厚くなったものと考えられる。

次に蒸発フラックス密度 M_v を両ケースで比較した場合、CASE-1 では $M_v = 1.67 \times 10^{-5}$ kg/m²s、CASE-2 では $M_v = 0.53 \times 10^{-5}$ kg/m²s であり、CASE-2 の蒸発量は CASE-1 のそれに比べて約 1/3 になる。蒸発量は水蒸気移動に対する一種の抵抗層である乾燥層が厚くなるにつれて小さくなるので³⁾、乾燥層が厚い CASE-2 の蒸発量は CASE-1 の蒸発量よりも少なくなる。以上より、地下水が塩水であっても MAT による水分分布の制御および蒸発量の抑制効果が確かめられた。

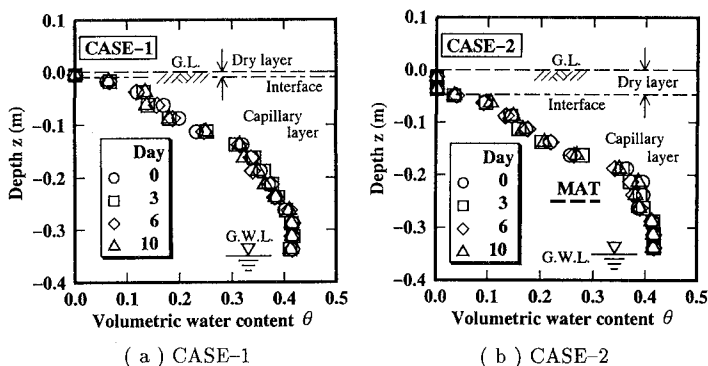


Fig. 1 砂層内水分分布経時変化

Fig. 2 に砂層内温度分布 $T(z)$ の経時変化が示される。両ケースとも地表面は乾燥し、ヒートランプの放射エネルギー強度も同じであることから、表面付近の温度の経時変化に差異はない。さらに、MAT の有無に関係なく砂層内の昇温過程の挙動はほぼ同じであり、分布形状にも大きな違いは見られない。

Fig. 3 は塩分濃度 C の鉛直方向分布 $C(z)$ の経時変化を、Fig. 4 は塩分密度 W_{SL} （単位体積当りの NaCl 重量）の鉛直方向分布 $W_{SL}(z)$ の経時変化を表したものである。塩分濃度は塩分濃縮の度合いを、塩分密度は塩類集積の度合いをそれぞれ表す。砂層内蒸発は界面で起きることから⁴⁾、本実験でも塩分濃縮および塩類集積は界面付近を中心に進行していることが判る。また、いつの時点でも界面の塩分濃度および塩分密度の値はともに、蒸発量の小さい CASE-2 の方が CASE-1 に比べて小さい（例えば、CASE-2 の10日後の W_{SL} は CASE-1 のそれの約 1/2 である）。ただし、毛管帯内の塩分濃度および塩分密度は両ケースとも時間的に変化していない。

本実験結果からも、界面での塩分濃縮および塩類集積は毛管力によって界面に運ばれた塩水がそこで蒸発することにより起こり、かつその進行速度は蒸発速度によって規定される¹⁾ことが再確認される。

また、MAT 中に保水された地下水の塩分濃度は常に初期の塩分濃度（1%）と変わらず、MAT による塩分保持の効果は見られなかった。

4. おわりに

MATLM による塩分濃縮および塩類集積抑制の効果を調べるため、温度勾配下での蒸発実験を行った。その結果、MAT の蒸発量の抑制効果により塩分濃縮および塩類集積が緩和されることが確かめられた。今後は、塩分保持効果等の付加価値を高めた MAT の開発について研究を重ねていく必要がある。

参考文献

- 1) 福原輝幸・佐藤邦明：砂層表面蒸発に伴う塩類集積に関する基礎的研究、水工学論文集、第38巻、pp.241-246, 1994.
- 2) 福原輝幸・黒川和男・高野保英：吸水性繊維布設法による砂層内水分分布および蒸発制御、土木学会第48回年次学術講演会概要集、CS 79, pp34-pp35, 1993.
- 3) 竹川秀夫：砂層カラム中の蒸発特性に関する実験的研究、福井大学卒業論文、1990.
- 4) 福原輝幸・佐藤邦明・今井竜也：一定な気象条件下での砂層内蒸発・水蒸気移動と大気との相互作用、土木学会論文集投稿中

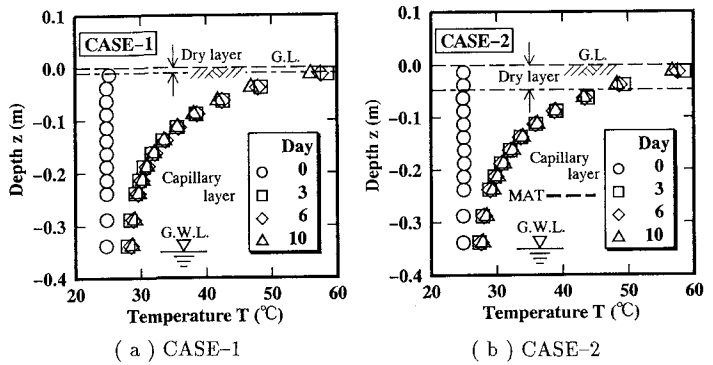


Fig. 2 砂層内温度分布経時変化

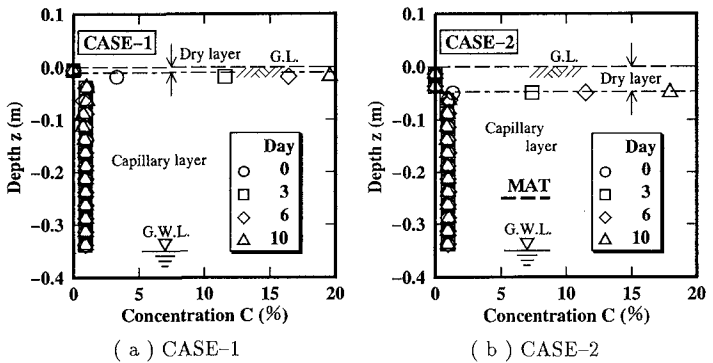


Fig. 3 砂層内塩分濃度分布経時変化

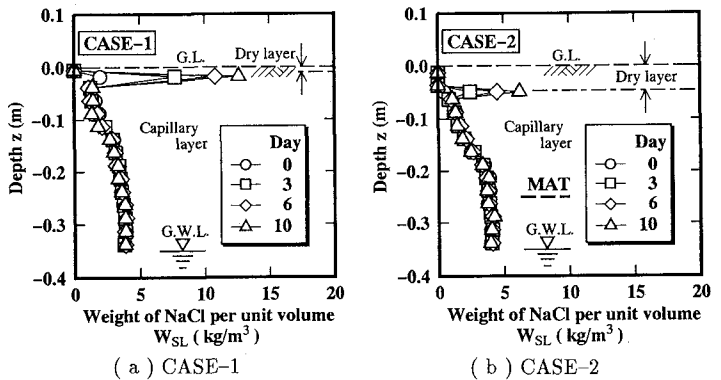


Fig. 4 砂層内塩分密度分布経時変化