

CS 79

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

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
 福井大学 工学部 学生員 高野保英

1. はじめに

乾燥地農業、砂漠の緑化は主として農学、土壌学、農業土木工学、土木工学さらには化学工学の分野を中心に研究が進められている。現在、灌漑水の使用量を節約し、砂漠での安定的な水供給を確保するための方法としては、保水剤法、アスファルト被膜法、海水淡水化法、地下ダム法等が挙げられる。筆者等は同じ吸水性物質でも顆粒ではなく、繊維物、すなわち吸水性繊維物（Moisture Absorbent Textile、MATと名付ける）に着目して、砂層内にMATを布設する方法（MAT Laying Method、以下では MATLMと呼ぶ）を提案し、砂層中の水分分布の制御および蒸発量の抑制を試みている。

本論文は、今までに得られた結果を報告するものである。

2. 実験方法と実験条件

蒸発・乾燥実験には5つのアクリル樹脂製のカラム（縦0.1m、横0.1m、高さ0.6m）が用意され、図-1に示されるような4種類の蒸発抑制方法が試みられた。Type-Aは何も手を加えない砂層、Type-Bは顆粒状の高吸水性樹脂（SAP）を毛管帯に混成する方法（混成層厚0.05m、重量比0.1%）、Type-CはMATを砂層表面に布設する方法、Type-DはMATを乾燥帯（砂層表面下0.05m、すなわち $z=-0.05$ m）に布設する方法、Type-EはMATを毛管帯（ $z=-0.2$ m）に布設する方法、である。MATは厚さ約0.25mmの不織布であり、SAPはサンウエット（三洋化成）である。なお、SAP混成層の下部がType-EのMATの布設位置に等しくなるように、SAP混成層は地表面下0.15m～0.2mに選ばれる。地下水位は5つのカラムとも同じ位置になるように定水位タンクで制御される。本実験では30℃、45%の恒温恒湿室に5本のカラムを放置し、一定期間毎に水分分布および蒸発量を測定した。なお、水分分布は中性子水分計により、乾燥帯と毛管帯の内部境界（以下では、界面と呼ぶ）の位置は目視観察により、蒸発量は電子天秤により、それぞれ求められる。

3. 実験結果

積算蒸発量の経時変化を図-2に示す。積算蒸発量は直線的に増大しており、実験は恒率蒸発期間に属する。本実験の恒率蒸発期間は、筆者等が従来行ってきたヒートランプによる蒸発実験¹⁾のそれに比べて長い。これは大気の水蒸気能力が小さいために、蒸発を補う砂層下部からの水分供給が長期間持続できることに起因する。積算蒸発量はType-A、Type-C、Type-D、Type-B、Type-Eの順で減少しており、全ての方法で蒸発量の抑制が認められる。

図-2を基に、蒸発フラックス密度 m_v を計算する。Type-Aの蒸発フラックス密度 $m_{vA}=1.41 \times 10^{-6}$ (kg/m²s)を基準とみなし、その他の砂層カラム（Type-B～Type-E）の蒸発フラックス密度 m_{vi} との比 $1-(m_{vi}/m_{vA})$ を蒸発抑制率（ ER_i 、添字 $i=B \sim E$ 、 i : タイプ名）と定義する。各蒸発抑制率は、 $ER_B=0.31$ 、 $ER_C=0.18$ 、 $ER_D=0.28$ 、

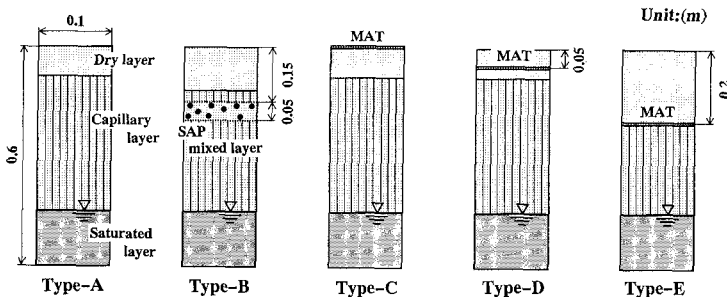


図-1 蒸発抑制方法

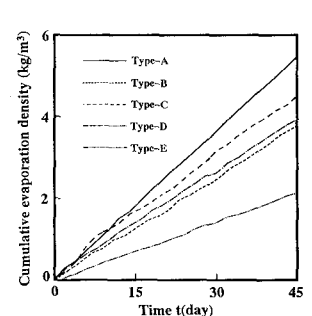


図-2 積算蒸発量

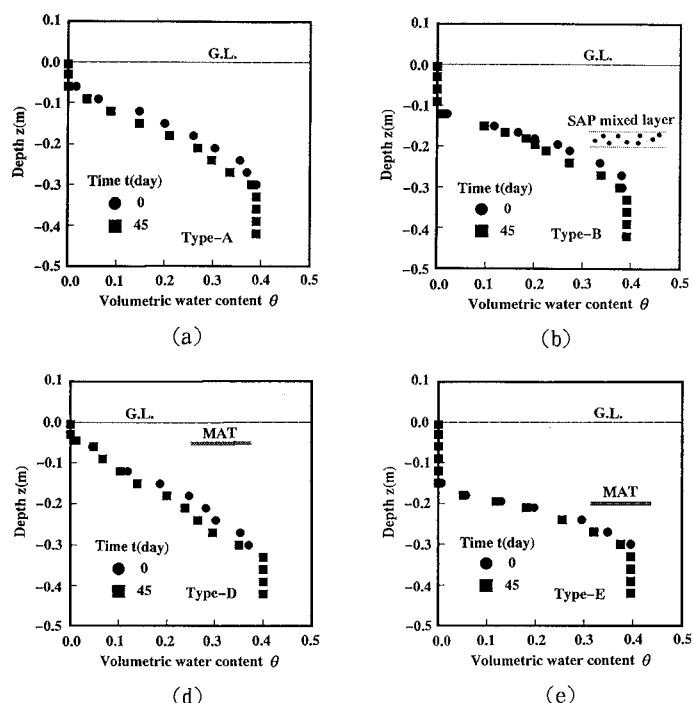


図-3 水分分布の経時変化

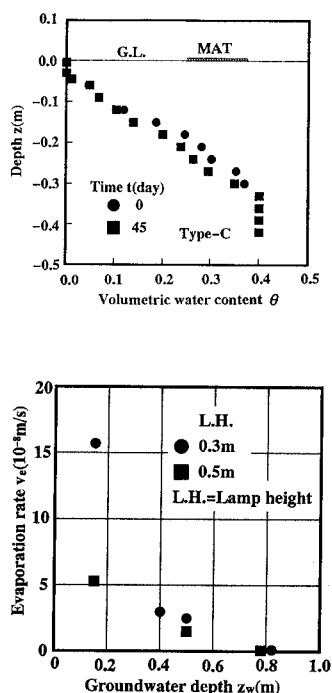


図-4 蒸発率と地下水位の関係

$ER_E=0.61$ となり、MATの布設深さは蒸発抑制率に微妙な影響を及ぼすことが判る。

次に、水分(体積含水率)分布および界面位置について論じる。図-3は各カラム内の水分分布の経時変化を表す。45日にわたる積算蒸発量そのものが小さいために明確なことは言えないが、Type-Eを除く全ケースで水分分布の痩せ細りは毛管帯全域に及んでいるように思われる。これは、蒸発により地下水位は低下しているにもかかわらず、界面位置は変化しないことから察することができる。界面の位置はType-Eで最も低い。通常界面は約 $z=-0.08\text{m}$ に位置するが、Type-EではMATの布設位置、 $z=-0.2\text{m}$ にくるため、あたかもMATが界面のように見える。ただし、図-3(e)の $z=-0.18\text{m}$ の体積含水率は約0.05であり、完全な乾燥状態を示していない。これはMATとカラムの隙間から上昇した液状水の影響であり、MATを浸透してきたそれではない。一方、MAT直下の砂層は体積含水率が約0.2であり、湿潤している。Type-Eに次いでType-Bの界面が低い。界面はSAP混成層の上縁 $0.03\text{m}\sim 0.04\text{m}$ ($z=-0.12\text{m}$ 前後)に位置し、SAP混成層を横切る液状水移動が認められる。残りのType-A、Type-CおよびType-Dの界面位置はほぼ同じであり、水分分布にも大きな差異はない。

最後に、蒸発抑制に関する考察を述べる。蒸発速度は図-4に示すように、水蒸気移動に対する一種の抵抗層である乾燥層が厚く(地下水位が深く)なるにつれて小さくなるから²⁾、本実験による蒸発抑制効果は、(1)MATやSAPの保水性による水分分布の制御(液状水移動の遮断効果と水蒸気移動に対する抵抗層の増大)、(2)MATについては水蒸気移動に対する遮断効果、に起因すると考えられる。

4. おわりに

吸水性繊維物(MAT)による蒸発抑制方法(MATLM)を提案し、その第一歩としてMATを種々の深さに布設して、等温蒸発実験を行なった。また比較のために、高吸水性樹脂混成層を含む砂層からの蒸発実験も行なった。MATLMは蒸発量の抑制および水分分布の制御に効果のあることが判った。しかしながら、現時点でMATとSAPのどちらが有効であるかは判断し難い。さらにMATの性能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・馬場富夫：砂層カラム内の水蒸気移動と蒸発メカニズム、水工学論文集、第36巻、1992。 2) 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。