

II-397

蒸発量推定式 ($\alpha - \beta$ 法) による砂層表面層厚の検討サンワコン
福井大学工学部正 員 櫻井里江
正 員 福原輝幸

1. はじめに

大気循環モデルで重要となるのが、大気と地盤を結び付ける地表面での熱・水分収支である。数値計算により地表面の温度や水分量を求めるに際して、あるいは実際にそれらを現場で測定する際にも（サンプリングなどの関係上）、工学的には地表面を有限厚として捉えざるを得ない。しかし、地表面での熱収支に関する実測において各研究者で表層厚の扱い方が明確でないために、地表熱収支を支配する地中の伝達エネルギーの測定に関して、その位置は研究者毎に異なっている。これは、互いのデータの引用や比較において好ましくない。

そこで本研究では蒸発実験を通して工学的見地より砂層の表層厚の決定を試み、その結果を報告する。

2. 土壌表層からの蒸発量推定式 ($\alpha - \beta$ 法)

本研究では土壌表層からの蒸発量推定式の代表的なモデルである $\alpha - \beta$ 法を用いる。これは次式で表される。

$$M_v = \beta \gamma_m (\alpha \rho_{vsat} - \rho_{va}) \quad (1)$$

ここに、 M_v ：蒸発フラックス密度、 β ：蒸発効率、 γ_m ：地表面飽和時の蒸発バルク係数、 α ：地表面の相対湿度（ $= RH_s (\%) / 100$ ）、 ρ_{vsat} ：地表面の飽和水蒸気密度、 ρ_{va} ：空気の水蒸気密度である。

3. 実験概要

工学的に妥当と思われる砂層の表層厚を決定するために、本研究では直径 10 cm、高さ（表層厚）が 1、2、3 および 5 cm の塩化ビニール製カラムを用いる。蒸発・乾燥実験は環境条件が一定（温度 25 °C、相対湿度 50 %）な恒温恒湿室で行われる。表層厚の違いによる層平均体積含水率 θ 、および砂層表面の体積含水率 θ_s と砂層表面の相対湿度 RH_s 、および蒸発フラックス密度 M_v との関係を明らかにするために、砂層表面の温度 T_s 、 RH_s 、 θ_s 、 θ および M_v を測定する。これらを 1 つのカラムで測定することは困難であるため、 T_s と RH_s 測定用カラム（ $T - RH$ カラム）および重量変化測定用カラム（ $\theta - M_v$ カラム）の 2 種類を用い、両カラム内部には豊浦標準砂（平均粒径 0.2 mm）が間隙率 0.4 で充填される。 T_s と RH_s は砂層表面に取り付けた熱電対と湿度センサーにより 5 分毎に、蒸発量は電子天秤（精度 1 / 1000 g）により 30 分毎に自動測定される。 $T - RH$ カラムについては、同時に測色

計により色差 ΔE^* も 0.5 ~ 1 時間毎に測定される。これは、表面体積含水率 θ_s と層平均体積含水率 θ とを区別するためであり、 θ_s は表面の色の変化を表す ΔE^* の値から求められる。

4. 実験結果

Fig. 1 は θ_s と RH_s の関係を、Fig. 2 は θ と RH_s の関係をそれぞれ示す。両者を比較すると、表層厚に関係なく θ の減少に伴う RH_s の低下は、 θ_s に対するそれよりも高い含水状態（ $\theta \approx 0.04$ ）で生じることが

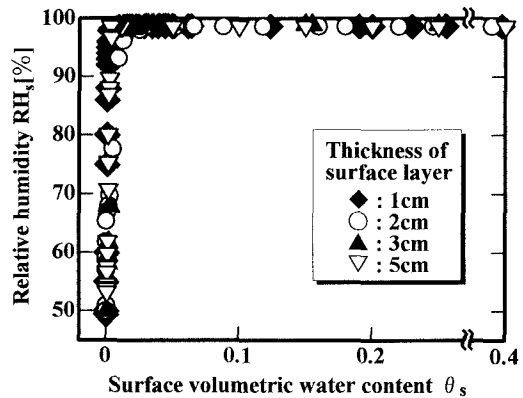


Fig. 1 表面体積含水率と相対湿度の関係

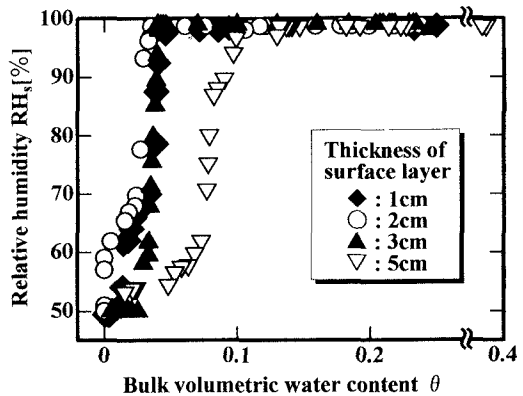


Fig. 2 層平均体積含水率と相対湿度の関係

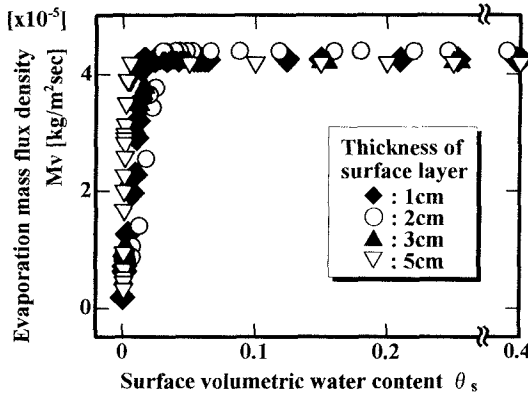


Fig. 3 表面体積含水率と蒸発フラックス密度の関係

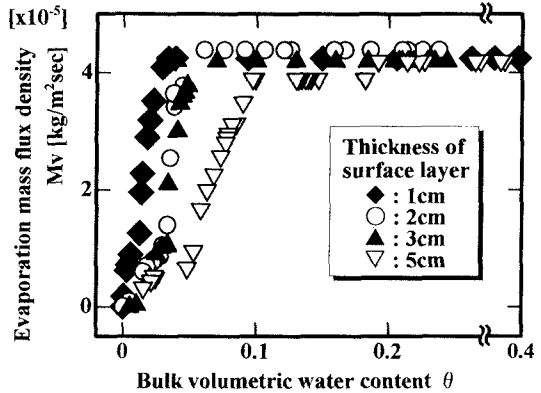


Fig. 4 層平均体積含水率と蒸発フラックス密度の関係

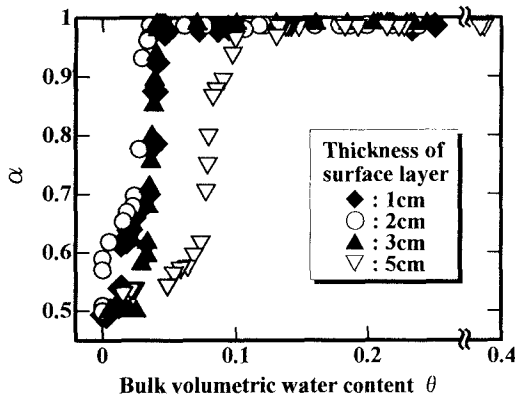


Fig. 5 層平均体積含水率とαの関係

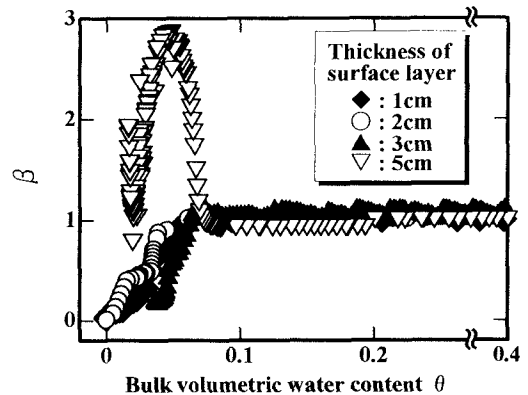


Fig. 6 層平均体積含水率とβの関係

判る。また、 θ_s と M_v の関係を示す Fig. 3 と、 θ と M_v の関係を示す Fig. 4 を比較しても同様であり、 θ の減少に伴う M_v の低下は θ_s に対するそれよりも高い含水状態 ($\theta \approx 0.04$) から起こる。このことより、土粒子数個分の表層は乾燥しても層全体からの蒸発は依然として活発である（恒率蒸発にある）ために、 θ_s が十分に小さくならないと RH_s および M_v は共に低下しないと考えられる。Fig. 1 および Fig. 3 より θ_s と RH_s および θ_s と M_v の関係は表層厚にあまり依存しないと思われるが、Fig. 2 および Fig. 4 では明らかに表層厚が 1、2 および 3 cm と 5 cm とで分布の傾向が異なる。 M_v および RH_s は共に、表層厚 1、2 および 3 cm では $\theta \approx 0.04$ から低下するが、表層厚 5 cm ではより高い含水率 ($\theta \approx 0.1$) から低下し始める。

Fig. 5 および Fig. 6 は、 θ と α および θ と β の関係を示す。ここで、 α は実測より、 β は式(1)より算出された値である。乾燥過程において、表層厚 1、2 および 3 cm では α および β と θ の関係はそれぞれ 1 つの曲線で近似でき、 α は 1 から 0.5（空気の RH を 1 / 100 した値に対応）の範囲で、また β は 1 から 0 の範囲で変化する。この場合、 β が減少し始めるときの θ の値は約 0.06 である。しかし表層厚 5 cm では $\beta > 1$ という不自然な現象が現れている。この様に、表層厚の違いによって α および β の θ 依存性の様子が異なる。これは表層厚を 5 cm にも採ると、もはや層内鉛直方向の体積含水率の非一様性が無視できなくなるからである。従って、表層厚 5 cm では上層が乾燥しても内部は十分湿潤しているために、表面蒸発から内部蒸発に移行する θ は表層厚 1、2 および 3 cm よりも高くなると考えられる。 $\beta > 1$ という現象も、層内鉛直方向の体積含水率の非一様性が大きいことに起因する。

5. おわりに

表層厚を種々変えた砂層の表面蒸発実験を行い、表層厚の合理的な決定を $\alpha - \beta$ 法により試みた。その結果として、砂層の表層厚としては 3 cm までが適当と考えられる。