

地表面の水分量が水蒸気輸送係数に与える影響について

○建設省土木研究所 正員 児玉 法彰
 埼玉大学工学部 正員 Vu Thanh Ca
 埼玉大学工学部 正員 浅枝 隆
 建設省土木研究所 正員 寺川 陽

はじめに

地表面における大気との熱交換の過程を解明するために、地中の水と熱の移動を評価するモデルが開発・提案されている。これらのモデルには、地表面の境界条件に潜熱輸送量が含まれている。蒸発量を表す式として、一般的には Louis の式やバルク式を用いている。しかし、これらの式は、地表面での比湿を表す式の係数 h ($=\exp(g\phi/RT)$; g :重力加速度, ϕ :土壌吸引圧, R :ガス定数, T :土の絶対温度) を空気と水が平衡状態であるという前提で求めていること、及びリチャードソン数による大気場の安定度に基づいた鉛直方向の輸送の大きさを示す関数において温度と水蒸気の乱れの比が地表面の状態によらず一定 ($F_v=C \cdot F_h$; $C=0.68$) であると仮定していること等が挙げられる。 h および C に含まれる誤差は主に地表面の水分量の違いによるものと考えられる。本報では、式(1)に示される Louis の式の補正係数として表層土壌水分量 θ の関数 $f(\theta)$ を導入したシミュレーションを行い、地中温度については実測値と比較した結果を、蒸発量については θ の関数を導入した場合としない場合とでの比較結果について報告したい。

$$e = \left[\rho_a \frac{a^2}{N} U_a (hq'(T_s) - q_a) 0.68 F_h \right] f(\theta) \quad (1)$$

ここで、 e :蒸発量、 ρ_a :空気密度、 N :係数 ($=0.74$)、 U_a :高さ z の風速、 a^2 :風速の鉛直分布から求められる係数、 T_s :地表面の絶対温度、 q_a :高さ z の比湿、 q' : T_s の飽和比湿、 h :土壌内の相対湿度、 F_h :大気の安定度で決まる輸送係数 を表す。

観測項目および観測結果

建設省土木研究所構内水文観測場では、以下に示すような熱収支観測および地中温度・土壌吸引圧等の観測を行っている。計測は1分インターバル、データ収録は10分毎にその平均値を入力している。

熱収支観測:入射短波、反射短波(地上120cm)、放射収支量(地上120cm)、乾湿温度(地上70, 120cm)、

風速(地上200cm)、地中熱流量(深度5cm)

土壌の観測:地表面温度、地中温度(深度5, 10, 20, 40, 100cm)、土壌吸引圧(深度5, 10, 20, 50, 100cm)

今回解析の対象とした1994年9月3日~9月7日の正味放射量・地中熱流量・乾湿温度(地上120cm)・風速の時間変化は、図1~4に示すとおりである。

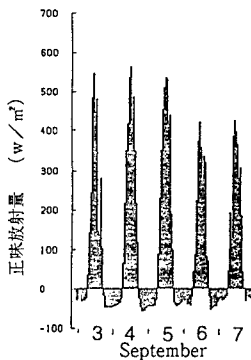


図1 正味放射量の変化図

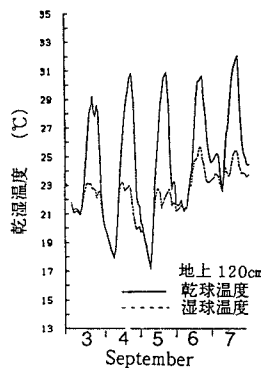


図2 乾湿温度計の変化図

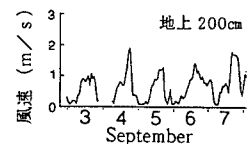


図3 風速の変化図

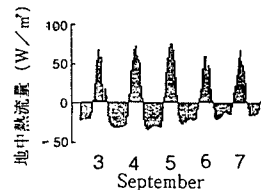


図4 地中熱流量の変化図

解析方法

浅枝とVuが開発した地中の水熱同時移動シミュレーションモデル¹⁾を用いて、土壌水分と地中温度の空間的な時間変化、および地表面からの潜熱輸送量の時間変化を求めた。モデルの初期条件としては、観測で得られた地中温度の鉛直分布および土壌吸引圧の鉛直分布を入力した。なお、地表面での放射収支量、大気中の比湿、および風速は観測値を用いた。

地表面の境界条件は次式で与えている。

$$-G \frac{\partial T}{\partial z} = R_n + H - Le - C_i(T - T_0) e$$

ここで、 G :土の熱伝導係数、 R_n :放射収支量、 H :顕熱輸送量、 Le :潜熱輸送量、 T :温度、 T_0 :エンタルピーを考慮するときの基準温度(=20℃)、 C_i :水の比熱を表す。

地表面での水蒸気の輸送能力は、単位体積当たりの湿潤土壌において土粒子の占める割合と間隙中に存在する水分量の和に比例するものと考え、(1)式中の $f(\theta)$ は次式を仮定した。

$$f(\theta) = (1 - \theta_{sat} + \theta) \quad (2)$$

解析結果と観測結果の比較

図5は、解析期間中の地中温度の変化について、モデルによる計算結果と実測値を比較したものである。地中温度が日中にかけて増加しその後は減少する日変化や温度が最大となる時間が深度の増加に伴い遅れる傾向がよく再現されている。また、図6は、解析期間中の蒸発量の変化について、 θ の影響を考慮した場合としない場合での計算値を比較したものである。計算の結果によると、特に地表面の乾燥が著しく水蒸気輸送能力が減少する日中に、 θ の影響を考慮したことによる蒸発量の減少がみられている。

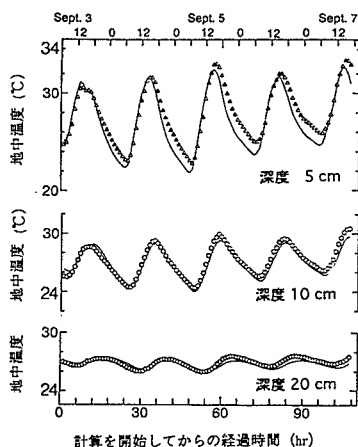


図5 1994年9月3日～9月7日間の各深度における地中温度の計算結果と観測結果の時間変化
—— 計算値, Δ or $\circ$: 観測値

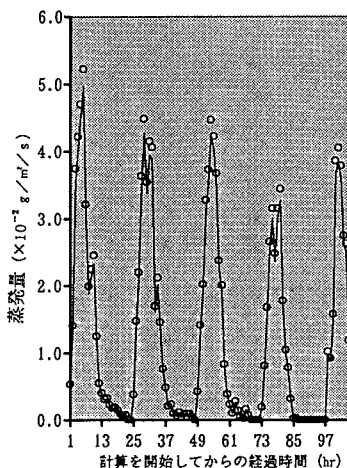


図6 1994年9月3日～9月7日の蒸発量の計算結果
—— $\circ$ 地表面の水分量を考慮した場合
--- $\circ$ 地表面の水分量を考慮しない場合

参考文献

- 1) Asaeda T & Vu T. C., The Subsurface Transport of Heat and Moisture and Its Effect on the Environment: A Numerical Model, *Boundary - Layer Meteorol.* 65: 159 - 179, 1993.
- 2) Kondo J & Saigusa N, Modeling the Evaporation from Bare Soil with a Formula for Vaporization in the Soil Pores, *Journal of the Meteorological Society of Japan* 413 - 420, 1994.
- 3) Kondo J & Saigusa N & Sato T, A Parameterization of Evaporation from Bare Soil Surface, *Journal of the Applied Meteorology*, 29, 385-389.
- 4) Louis, J. F. A Parametric Model of Vertical Eddy Fluxes in The Atmosphere, *Boundary - Layer Meteorol.* 17: 187 - 202, 1979.