

II-319

蒸発量推定のための土壌水分観測

鹿島建設 正会員 三浦一彦
東京大学生産技術研究所 正会員 虫明功臣

1. はじめに

近い将来、人工衛星や航空機に登載された能動型マイクロ波リモートセンサから表層土壌水分の測定が可能となり、蒸発量推定への応用が期待されている。不飽和土壌からの蒸発は気温、放射などの気象条件と表層土壌水分と深く関係しているが、このうち土壌水分の変化と蒸発の関係を明らかにするため土壌水分の現地観測を行った。この観測により、深度毎の土壌水分の3時間変化と上向き水分フラックスの特徴が明らかになった。

2. 観測方法

土壌水分観測は東京大学生産技術研究所千葉実験所内に造成された裸地において、1991年8月22日から8月28日にかけて行った。観測が行われた裸地は約30×30mの面積に深さ30cmの成田砂を敷き詰めたもので、以下深さ75cm辺りまでは黒土、それ以深は関東ロームよりなる。表1に示すように、表層0cmから5cmまでは直接蒸発皿に土を採集し24時間の炉乾により含水比を求め予め測定しておいた乾燥密度(1.35[g/cm³])を用いて体積含水率に変換した。深さ3cm以深には自作したテンシオメータを埋設し水理ポテンシャルを測定し、次節で述べる水分特性曲線により体積含水率に変換した。

3. 水分特性曲線の当てはめ

吸引圧から体積含水率への変換は、通常は吸引法などによる室内実験の結果をvan Genuchtenの式などにて当てはめられる場合が多い。ここでは、室内実験の結果がどれほど実際の裸地の水分特性曲線を表しているかを確認するため、深さ3cmと5cmについて現場でのサンプリングによる体積含水率とテンシオメータによる吸引圧を比較し水分特性曲線を求め、室内実験による結果と比較した(図1)。図中の実線はvan Genuchtenの式を現場実験に当てはめたものであり、点線は室内実験に当てはめたものである。van Genuchtenの式は、

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_0 - \theta_r} = \left(\frac{1}{1 + (a\phi)^\lambda} \right)^{(1-\frac{1}{\lambda})} \quad (1)$$

θ は体積含水率、 θ_r は残留水分量、 θ_0 は飽和水分量、 ϕ は吸引圧。深さ5cmのテンシオメータに対し、 $a = 0.0266$, $\lambda = 3.2056$, $\theta_r = 17.3\%$, $\theta_0 = 40\%$ 。図1から深さ5cmでの室内実験と現地観測の変換曲線を比べると両者にはほとんど差がなく、室内実験が実際の土壌の水分特性をよく表していることが分かる。むしろ問題は、van Genuchtenの式は吸引圧が300cmH₂Oを越えた辺りでほとんど垂直に近く立ってしまい、これより大きな吸引圧では体積含水率が観測値より大きくなってしまいうことにある。

4. 土壌水分変化と上向き水分フラックス

図2に、観測期間中で晴天が続いた3日間の水分量の変化を示す。ここで、0から2cmまでは直接サンプリング、3cm以深の水分量はテンシオメータによる観測結果を用いている。0cmから1cmまでが水分の時間変化が最も激しく、2cm以降は緩やかな日変化を示している。また、0cmから3cmまでは午後3時頃に最も乾き朝方6時頃に最も湿るが、5cm以深では夕方6時頃に最も乾いた後水分はあまり補給されず、翌日の正午頃から再び乾き始める。図3に8月26日について深さ3cm以深について水理ポテンシャルプロファイルの時間変化を示す。こうして得られた土壌水分変化を用いて、水理ポテンシャルの一番高い面(ゼロフラックス面)から上層の水分変化量から上向き水分フラックスを求めたものが図4である。ここで、例えば12時の水分フラックスとは9時から12時までの3時間のフラックスである。尚、ゼロフラックス面は図3を見ても分かるように15cmないし10cmであった。0cmからの上向き水分フラックスは蒸発量を表すが、12-15時に最大となりその後急激に減少し、夜間はほぼ0mmである。15時までは蒸発量が他のフラックスより多いが、15時以降は深さ5cmでのフラックスが最も大きくなっている。この事から表層5cmまでを一つの層と考えると、昼間蒸発によって乾燥が進んだ表層に夕方から水分が供給されていることが分かる。また朝方、フラックスが負になっている所がある。この原因として、土中の水蒸気が夜間の温度降下により再凝結したこと、ゼロフラックス面の位置が実際はもっと深いのではないかという2つの理由が考えられる。

一日の全上向きフラックスを深度別に比較すると表2のようになる。深さ5cmの面を通過するフラックスは蒸発より約1mm程度少なく表層の乾燥が進んでいる事が分かる。

5. まとめ

蒸発量の推定に重点を置いて土壌水分を現地観測し、土壌水分変化と蒸発の関係について考察した結果、表層 5cm までは水分変化が大きく蒸発による乾燥と下層からの水分供給による湿潤による日変化が顕著にみられる層であることが分かった。今後は、マイクロ波リモートセンシングにより表層土壌水分を測定することを念頭におき、広域な裸地面蒸発量を推定するためのモデル化を行っていく必要がある。

謝辞

実験に際しては、当時千葉工業大学生の中川、縄田、佐久間の三君には多大な貢献を賜った。ここに記して謝意を表し、彼らの今後の健闘を祈る。

引用文献

- Deardorff, J.W., 1977: A parameterization of ground-surface moisture content for use in atmospheric prediction models. *J. Appl. Meteor.*, **16**, 1182-1185
- Jackson, R.D., 1973: Diurnal changes in soil water content during dring. in *Field Soil Water Regime*, Soil Science Society of America, Madison, Wis.
- Jackson, R.D., Reginato, R.J., et al., 1973: Diurnal soil-water evaporation. — Time-depth-flux patterns. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **37**, 505-509.
- Jackson, R.D., Reginato, R.J., et al., 1974: Diurnal soil water evaporation. — comparison of measured and calculated soil water fluxes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **38**, 861-866.
- 浅沼順, 虫明功臣, 沖大幹, 小池雅洋, 弘中貞之, 1991: 裸地面蒸発を対象とした大気境界層-土壌水分同時観測, 水文・水資源学会 1991 年研究発表会要旨集, 242-245

観測方法	観測深度	時間間隔
sampling	0,0-1,1,2,3,5cm	3hr
tensiometer	3,5,10,15,25,35, 50,75,100cm	10min

表 1: 土壌水分観測の概要

深度	0cm	1cm	2cm	3cm	5cm	10cm
25 日	2.69	2.08	1.89	2.01	1.78	0.86
26 日	3.50	2.92	2.67	2.45	2.11	1.01
27 日	2.47	1.87	1.56	1.44	1.23	0.58

表 2: 深度毎の一日の全上向き水分フラックス (mm)

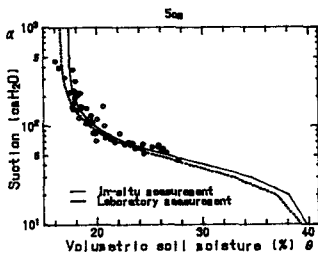


図 1: 吸引圧と体積含水率の関係

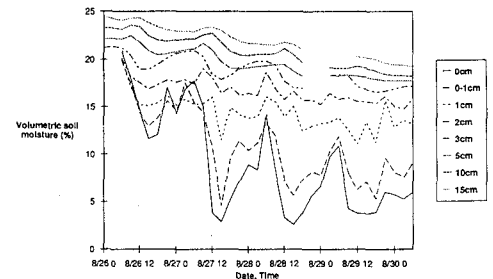


図 2: 土壌水分の 3 時間変化

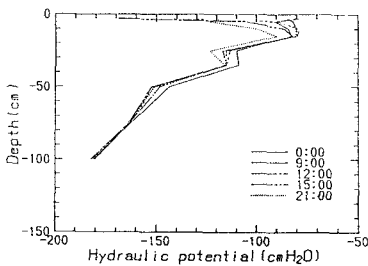


図 3: 水理ポテンシャルの深度プロファイル

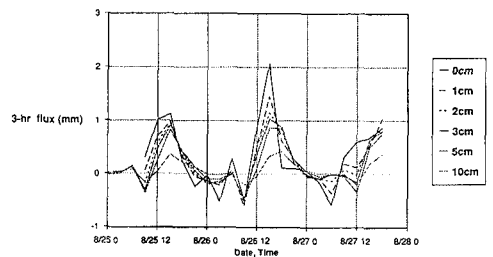


図 4: 上向き水分フラックスの 3 時間変化