

H E I F E 砂漠観測点での地中水分・温度の測定について

大同工業大学 正員 下島 栄一

1. はじめに

半乾燥地の中国北西部の河西回廊にある黒河(Heihe River)流域において、大気-地表面相互作用に関する日中共同研究(H E I F E ; Heihe river Field Experiment)¹⁾が1989年から5年間の計画で行われている。本文は、同研究に関連して、同流域内の砂漠での蒸発の状況を調べるために、1992年5月(乾期の末期)に現地で地中水分と地中温度の観測した結果を示したものである。

2. 観測点の概要と測定方法

観測点は甘粛省臨沢県臨沢の町より約40km北の砂漠にあり、またオアシスより約2kmほど入った所に位置する。同地は細かな砂とシルト質の土壌の上に、平均粒径が約0.25mmの比較的均一な砂丘(乾燥密度で1.6 g/cm³)²⁾が5m程度の高さで幾つも立ちはだかっており、砂丘間には上記の土壌面が露出し、表面部は数mmの厚さの塩・ダストクラストが形成されている。地下水面は丘間表面より約3mの深さにある。

水分・温度の測定は、砂丘や丘間地で深さ数10cmの穴を掘り、その側面より、前者については直径5cmの罐を水平に差し込んでサンプルを採取し、炉乾法で水分量を決定した。特に表面の土壌サンプルは手シャベルで採取した。また、温度は、長さ15cmのデジタル温度計を同様に差し込んで計測した。

砂丘砂の air-entry value は約-30cmH₂O、field capacity は体積含水率(θ)で約0.09 (= θ_f ; 下島・玉川(1992))、飽和体積含水率は約0.39、また、低水分領域($\theta < 0.051$)の土壌水分特性曲線は、 ψ をマトリックポテンシャル(H₂Ocm 単位)とすると、 $\psi = -\text{EXP}[-185.2\theta + 16.1] \cdots \textcircled{1}$ で与えられる(T. Kobayashi(1990))²⁾。以下では、用紙の都合上、砂丘での結果のみを記す。

3. 観測結果と考察

(1) 無降雨日が長期間続いた際の状況

図1は水分分布を示す。□印は5月4日(12時30分)の結果である。それまでに無降雨期間が約2ヶ月ほど続いていた。図より、40cm程度の深さの水分値でも $\theta_f (= 0.09)$ の約1/3にしか達せず、これより、これまでに砂丘の少なくとも上部では乾燥・脱水過程がかなり進行していたことが分かる。

図2は前図4日(13時)及び3日(17時)の地中の測定温度分布と水蒸気密度分布(g/m³)

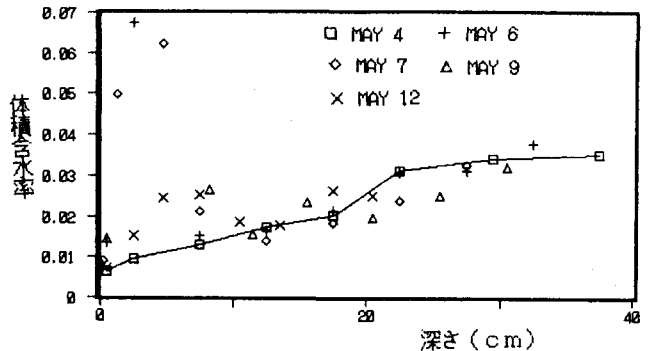


図1 水分量分布の変化(試料採取時は正午前後)

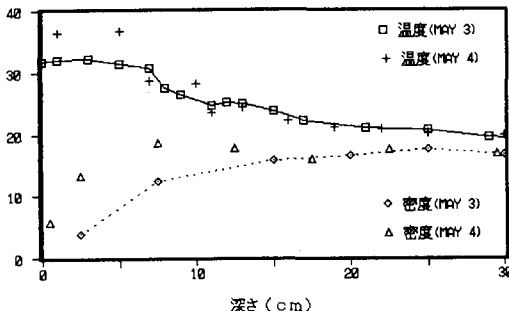


図2 温度と水蒸気密度の分布

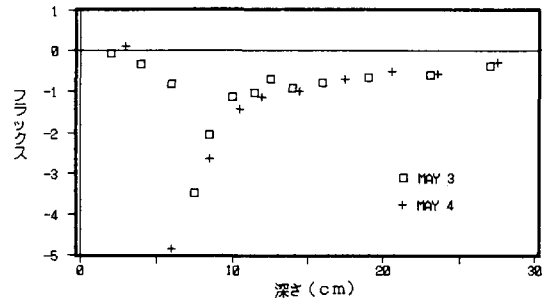


図3 熱フラックス分布

の計算値を示す。ここに、水蒸気密度は式①と Kelvin の式に測定水分・温度値を用いて求めた。なお、3日と4日の地面直上の気温はそれぞれ 26.1°C 、 31.2°C であった。両日とも温度は、表面直下を除外すれば、 $5-7\text{ cm}$ ($z = z_c$) の深さまではほぼ一定値を示し、その直下で急減し、その後次第に低くなっている。一方、水蒸気密度は深さ z 。付近から上方に向かって急に減少しており、またこの深さより下方では、4日の場合若干の低下が、また3日では緩やかな増加が認められるが、これらの変化は小さい。

図3は前図に対応した地中の熱フラックス(F)の計算値($\text{mcal/cm}^2/\text{s}$)であり、上向きを正符号としている。熱伝導率は、砂が石英のみで構成されているとして De Vries³⁾に従って与えた。 F は両日共、上方に向かって、深さ $12-13\text{ cm}$ より減少を始め、深さ $6-7\text{ cm}$ 辺りで最低値となり、そして逆に急増している。この最低値の深さは水蒸気密度分布での特徴的な深さ z_c にほぼ一致する。また地面直下で上向きのフラックスも認められる(図2参照)。これらより、 $z > z_c$ では熱の貯留が、 $z = z_c$ 直上では熱放出が起こっていることになる。HEIFE計画で常時計測されている深さ 5 cm 、 10 cm の温度は当該の時刻より大略19時辺りまで少なくとも低下していないという事実及び図2で密度勾配は水蒸気移動の駆動力であるということを考慮すると、熱収支条件より、 $z > z_c$ での貯留は、そこでの地温上昇と深さ z_c 直下での蒸発によって使われていることになる。また z_c 直上での熱放出は、その直下の蒸発で生じた水蒸気の一部の乾燥した砂への吸着(液化熱)によって補われているようである。いずれにしても、蒸発域は意外に浅い。

(2) 降雨後の水分分布： 同5日の夜、4時間の間に約 5 mm の降雨が観測された。この降雨による地中の湿潤の様子が前出の図1に示されている。降雨後約半日(6日の+印)での最大水分値は θ_f より低く、また浸潤面の移動は遅く、低水分量領域でのいわゆる水分の再分配現象が認められる。このような脱水・乾燥過程は下方の地下水面の存在とは無関係に生起しているようであり、また観測点付近の年降水量が 100 mm 程度と少ないことを考慮すると、年間を通した降水の蒸発と地下水涵養への配分割合や蒸発のソースとしての地下水の貢献度の解明は興味ある問題となる。そこでは、我国ではほとんど問題とならない土壌水と水蒸気の挙動を同時に解析する必要があることは言及するまでもない。

(3) 日中での水分・地温の時間変化： 図4と図5は、同10日の日中での、それぞれ表面と深さ $6-8\text{ cm}$ での体積含水率及び地表面直下、 2 cm 、 7 cm の深さと地上 150 cm での温度変化を示す。ここに、深さ 7 cm 付近には湿潤域が存在している(図1参照)。水分量は、午前中減少を続けて13時(北京時刻で、現地時間では-1時間)で最小値とり、その後次第に回復している。地中温度は水分変化とは逆に、増加した後減少傾向を示すが、地面直下(2 cm)での最高値を示す時刻は水分量が最小となるものにほぼ一致している。裸地蒸発の数値計算結果⁴⁾を参照すると、このような地面での水分量の変化特性は太陽放射強度の変化によるとみなせ、また蒸発強度も輻射熱の変化によって同様に変化していると考えられる。

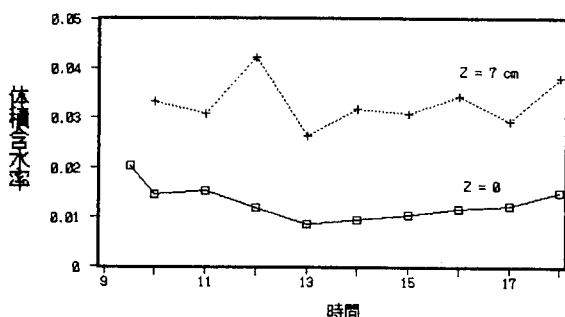


図4 水分量変化(地面の θ 値は2倍されている)

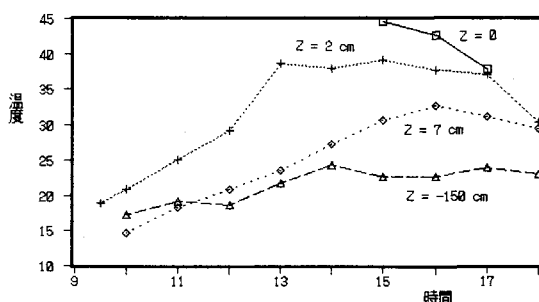


図5 温度変化

4. おわりに： 本観測にあたり、HEIFE関係者各位の援助を得たことを付記し、感謝の意を表す。

《参考文献》1)光田ら, 天気(気象学会), Vol.37, 1990. 2)HEIFE Report 5, PP.117-121. 3)Van Wijk, Phys. of Plant Environ., North Holland, pp.210-235, 1966. 4)葛葉ら, 京大防災研年報, 第31-B2, 1988.