

土壌水分移動と地中温度の変化について

熊本大学工学部○学生員 江崎 良彦

同上 正会員 下津 昌司

同上 学生員 岸川 雄次

同上 西村 勉

1. はじめに

恒温層までの地下水温は、浸透水の浸透過程での地温と密接な関係があるが、地下水帯までの浸透深さや浸透する水分の熱量にも影響される。いま沖積低平地の比較的浅い地下水を対象として、不飽和帯での地中温度と浸透過程での水分の移動による影響について現地観測ならびに室内実験を通して浅層地下水温形成の過程を明らかにする研究の一部である。

2. 観測及び実験概要

野外観測の場所は、熊本沖積低平地の江津湖につながる洪積地の末端部に位置し、ここに移動水分の測定のためのテンシオメーターと地温計を図-1に示すように埋設している。なお地下水面の深さは地表面から約3.5mで土質は火山灰粘性土で表面から50cmまでが黒ぼく、その下位は赤ぼく層となっている。このように自然状態での現場計測を行うと共に圃場の土壌を用いて図-2のような実験装置を用い種々の温度の水分を与え浸透実験を行った。

3. 現地観測結果

いま、現地観測の一例を図-3に示す。同図は1989年8月25日から9月10日までの降雨量、地中温度および毛管吸引圧の変化を示している。毛管吸引圧は降雨に敏感に反応を示し、9月1日からの191mmの降雨によって深さ50cmまで飽和状態に近づいている。ここで注目したいのは、この雨水の浸透に対し地温は深さ50cmまでは低下しているが、100cm以深では逆に上昇を示していることである。これは土壌水分の移動による熱の供給があったと考えられる。

4. 土壌の水分および熱特性

不飽和帯での水分および熱移動の数値解析のために必要な土壌の水分特性値ならびに熱特性値を得る目的で、現地土壌について次の測定を行った。土壌堆積含水率 θ に対する毛管ポテンシャル ψ および不飽和透水係数 K もしくは、土壌拡散係数 D との関係及び土壌の熱伝導率である。ここで、 $\psi-\theta$ には土柱法を採用し吸排水過程について行い、 $K-\theta$ 関係は、 $D-\theta$ と $\psi-\theta$ 関係から吸水過程についてのみ計算により求めた。また、

$$D = K \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \quad (1)$$

である。表層の黒ボクについてそれぞれ図-4、5に示す。熱伝導率は、 2.7×10^{-3} (cal/cm/sec/°C) である。

5. 土壌水分移動に伴う地中温度の解析

地表からの浸透水分の移動は、鉛直下向きのみを考え、斜面方

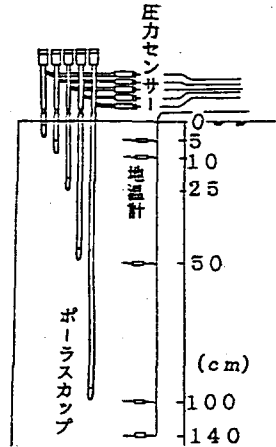


図-1 現地センサー埋設状況

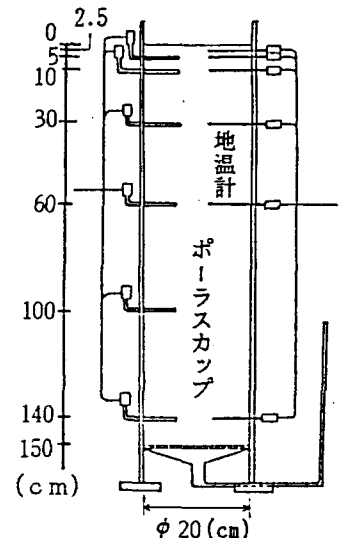


図-2 実験装置概要

向および蒸発現象は考えない。基礎式としては、不飽和領域に拡張されたダルシー式と、水分に関する連続式から導かれた次のリチャーズ式を用いる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) - \frac{\partial K}{\partial z} \quad (2)$$

ここで、 θ ：土壌水分体積含水率 (cm^3/cm^3)
 ψ ：毛管ポテンシャル (cm), t ：時間 (sec)
 K ：不飽和透水係数 (cm/s)
 z ：地表面からの鉛直深さ, 下向きに正 (cm)

次に、土壌水分の移動を加味した鉛直次元の熱伝導方程式は次のように表わされる。

$$c \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - q c_w \rho_w \frac{\partial T}{\partial z} \quad (3)$$

T ：温度 ($^{\circ}\text{C}$), λ ：熱伝導率 (cal/cm/sec/ $^{\circ}\text{C}$)
 c, c_w ：土壌と水の比熱 (cal/g/ $^{\circ}\text{C}$)
 ρ, ρ_w ：土壌と水の密度 (g/cm 3)
 q ：土壌水分移動量 ($\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$)

(2)式を基に、実験から得た関係を用いた鉛直水分移動のシミュレーションを図-6に示す。初期値として水分の移動がほとんどなくなったときの値を用いた。これは、時間降雨3.2mmで10時間与えており、1時間ステップで10時間描かせている。また、水分の移動に対する地温の変化を(3)式を基に差分化して解析するが、この詳細については講演時に発表する。

[参考文献]

佐倉保夫：土壌水分移動と地中温度分布の関係について、筑波大学水理実験センター報告 No.2 37~45(1978)

八幡敏雄：土壌の物理，東京大学出版会

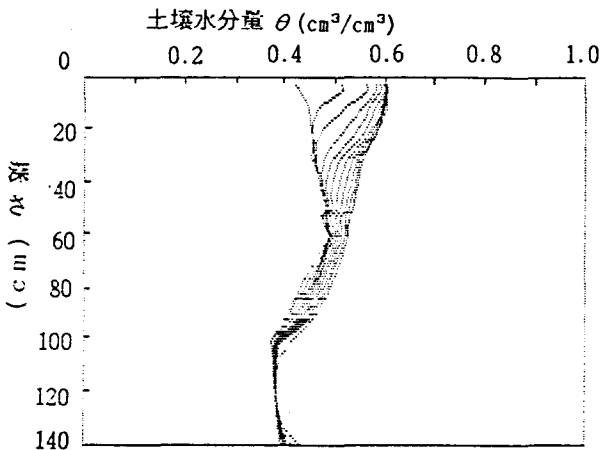


図-6 水分時間変化分布

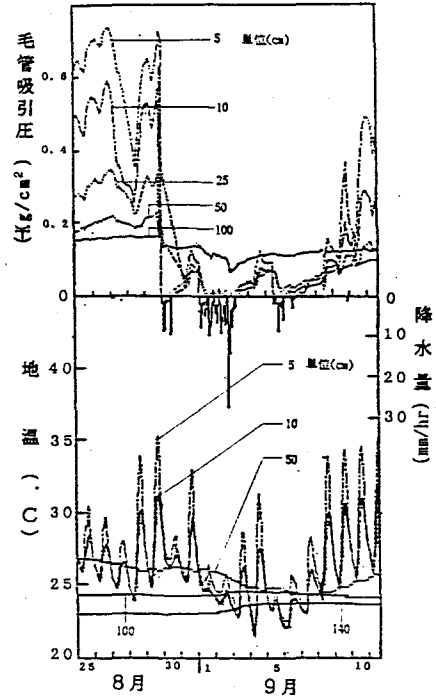


図-3 毛管吸引圧、地温の時間変化

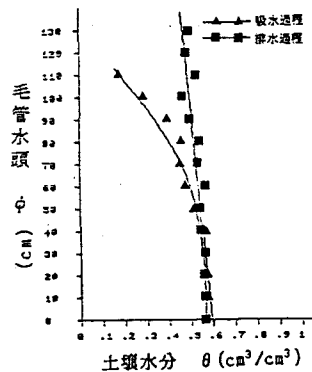


図-4 $\psi - \theta$ 曲線

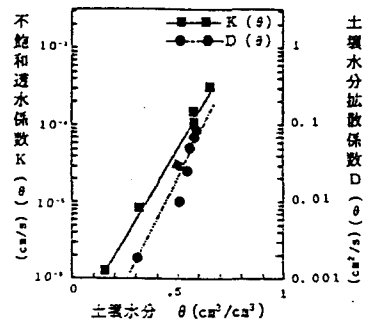


図-5 $K - \theta$ 、 $D - \theta$ 曲線