

接地域における太陽熱地中伝播に関する数値解析について

熊本工業大学 大学院 学 ○金子裕司

同 正 武上成比古

同 正 上野賢仁

1.はじめに 地表における熱環境の形成は、太陽熱入射と夜間放熱の毎日の熱サイクル入力の一連の繰り返しによって、これに植生の被覆、水分蒸発・凝結、風や熱対流による拡散といった微気象の変化が加わえられている。この研究は、地表空間の熱環境形成の過程ではなくて、その地表空間が与えた熱サイクルがどのように地下に伝達され、地下恒温層をつくっているか、あるいは逆にその地下恒温層が接地域の微気象にどのような影響を与えているかについての、太陽熱地中伝播の数値解析を試みるものである。

前回¹⁾の西部支部研究発表会で示したが、熊本工業大学内260m²の庭園地における地表高10cmの温度分布を観測した結果では、昼間は植生や建物による太陽熱入力の不均一のため温度分布に変化が多いが、夜間は全体に1℃～2℃の範囲のほぼ均一な温度分布に戻っている。これは大地という大容量のエネルギー貯留の場が存在し、それが地表付近の熱環境、いかえれば、自然環境を支配するためと理解される。

2.水文学における流出関数法を援用した太陽熱伝播の数値解析 一つの仮定として、まず、地表付近の熱環境形成により単位時間ごとの大地の表層温度が発生する。そして、それより下層の地温に対して正、負の温度の方向にエネルギー伝播が起こり、地層ごとにその熱容量を満たしながら温度変化し、次の地層への温度伝播を起こす。この変化の経路において、そこに達するまでの熱容量が大きくなる程、すなわち、深い地層程、熱入力の波形伝播の遅れが大きく、変化の幅は小さくなると思われる。

このような時系列変化は、時間雨量の大小によって適用する単位関(単位時間別雨量の流出配分)を選択する流出関数法の計算方法に類似している。降雨を熱入力とし、流出を地層別温度とすれば、熱サイクル入力が地温という出力値に表わされ、地表に近い地層の入力値伝播の遅れ時間は小さく、変化の幅は大きい。一方、より深い地層の伝播の遅れ時間は大きく、変化の幅は小さいとされる。そこで、温度測定深度別のピーク値の遅れ時間を実測して適用単位関を決めれば、地表の熱入力から深度別の地温変化を予測する数値解析の手法が見出されるのではない。

3.観測方法 観測地点は、図-1に示す熊本市周辺、益城町における庭園地(600m²)の中央で、わずかな樹木を交える草地である。この図に示すように地表30cm高に気象観測として自記温・湿度計とロビッチ日射計を、地温測定は週巻き地中自記温度計を深度別0, 2, 10, 50cmに設置した。

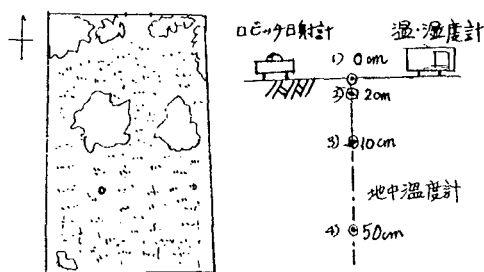


図-1 観測地点

図-2 測定配置

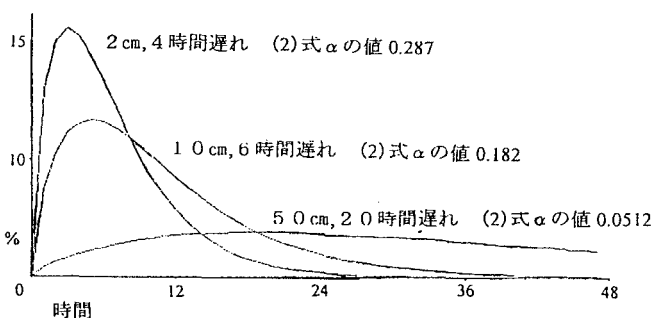


図-3 適用単位関

4.流出関数法における単位関作成 単位時間ごとの降雨が一定時間別の流出配分を持つ流出となり、その一降雨の時系列合成によって河川流量を求めるもので、流出Qはつぎの微分方程式で表す。

$$dQ/dt = A a t e^{-at} \cdots (1)$$

ここに、 t は降雨開始からの時間、 A は流域面積、 α は流出遅れを表す定数、 a は定数。

この式は、流出は t の増大とともに大となり、ピーク時を過ぎると減少することを示す。流出時間 t ごとの降雨量の流出配分率 $p\%$ は、 $t_0 = 1$ として (3) 式で求める。ただし、遅れ時間 t_p に対応する α の値は (2) 式によって求める。図-3 に深度別の遅れ時間測定による α の値を示す。

$$\alpha = 2.301 \log_{10} (t_p / (t_p - 1)) \quad \dots (2)$$

$$p = [e^{-\alpha(t-t_0)} \{ \alpha(t-t_0) + 1 \} - e^{-\alpha t} (\alpha t + 1)] \times 100 \quad \dots (3)$$

5. 観測結果と合成計算 図-4 はロビッチ日射計と、地温各層の温度測定結果を示したものである。ここで i) 表層温度 (0 cm ~ 0.5 cm) は日射計のピーク値に対し、遅れの無い変化波形を示しているが、その夜間は放熱の結果の負の方向の波形と判断される。そこで、昼間はロビッチ日射計が示す太陽エネルギー入力を、夜間は表層地温が示す形状の負のエネルギー入力があったと仮定した計算を行なった。 ii) 深度 2, 10, 50 cm について、表層温度に対するピーク値の遅れ時間は、それぞれ、4, 6, 20 時間と測定された。 iii) 単位図は、図-3 に示す 3 つの遅れ時間に対応した α の値を持つ流出配分の形で表わされ、ここでは 2 cm, 10 cm については 12 単位 (2 時間 $\times$ 12 = 24 時間) で合計 90% 以上の流出配分、50 cm については 24 単位 (2 時間 $\times$ 24 = 48 時間) で合計 80% 以上の流出配分となる。 iv) 単位図合成計算は表層からの単位時間ごとの熱入力を、それぞれの地層の単位図の流出配分に変換し、その時系列別合計値として求められる。図-5 の上段に表層からの熱入力変化を、つぎに 2 cm, 10 cm, 50 cm の各地層の実測値と計算値を示す。

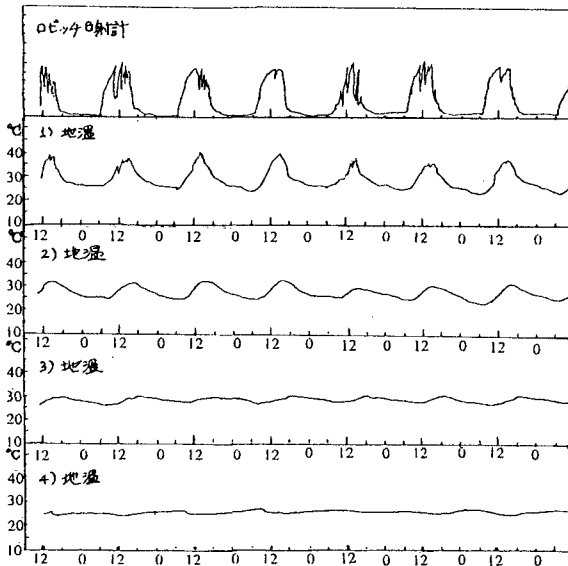


図-4 日射計と地温測定結果

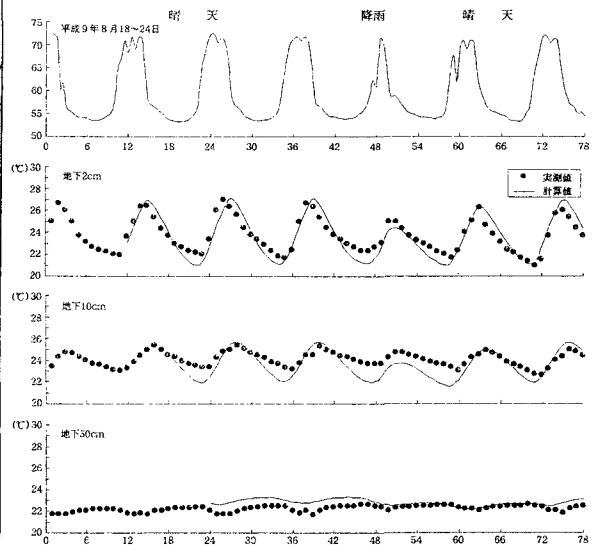


図-5 熱サイクル入力と地温測定値、計算値

6. 結果の評価 図-5 に示す実測値・印、計算—印のへだたりについては、i) 波形のずれは殆んどない。 ii) 8月22日に10mm程度の降雨があったため、50 cm についていえば、晴天日は計算値が高い値にずれ、雨天以後は、ほぼ適合している。一方、2 cm については、曇天日には計算値がより低い値にずれている。これは、土壌水分の大小による地下恒温層の効果で、定数 a を修正することにより適合性を高められると思われる。水分のもつ温度効果については、その熱伝導、蒸発・凝結効果について今後、十分な検討が求められる。《参考文献》 1) 上野賢仁、武上成比古：等温線表示ソフトの開発と緑地内の地表面付近の温度分布観測、平成8年度土木学会西部支部研究発表、p. 998-999。