

東洋大学 工学部 正員 田中修三
東洋大学 工学部 正員 萩原国宏

1. はじめに

最近、地下ダムが水資源開発の一手法として検討されてきている。この場合、夏期には高い水温の水を、冬期には低い水温の水を人工的に注入することになり、貯水だけでなく貯熱の現象としても研究をすすめる必要性があることより、注入する以前の地温、地下水温がどのように変動しているかを調べた。ここでは、地温、地下水温の変動特性、および熱伝達係数の季節変動について報告する。

2. 観測方法

本学敷地内に、サーミスタ温度計を6本、図-1のように配置し、気温、地温、地下水温を連続的に観測している。No.1は気温、No.2(0.2m)、No.3(0.8m)、No.4(1.7m)、No.5(2.65m)で各地温を、No.6(3.5m)で地下水温を測定している。

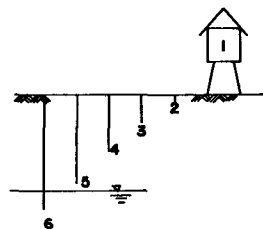


図-1

3. 観測結果

図-2に夏期、図-3に冬期の観測記録を示す。図-2は昭和56年7月25日から8月21日、図-3は昭和56年11月24日から12月26日の記録である。夏期には日中No.1(気温)は 30°C 以上の日もあり、No.2(0.2m)もそれに追隨して振幅が大きく、受熱期の様子をうかがうことができる。また、明確な日周期を示し、時間遅れについてもその規則性がわかる。No.3(0.8m)以下は日変動はみられず、No.3(22.2°C)、No.4(17.7°C)、No.5とNo.6(14.3°C)である。冬期には気温の振幅は夏期に比べて小さいが、地温(No.2)の振幅は大気への熱放射により小さくなっているのがわかる。またNo.3(13.3°C)、No.4(17.1°C)、No.5、No.6(18°C)であり夏期と逆転してきているのがわかる。

図-4に昭和56年8月から58年1月にかけての長期の変動を示す。この図は1日の3、6、9、12、15、18、21、24

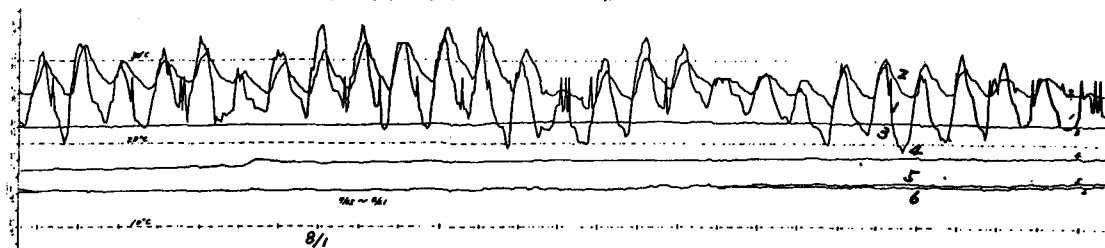


図-2

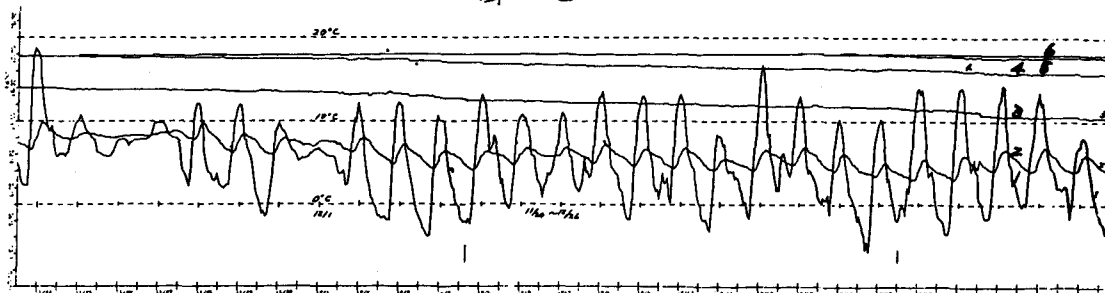


図-3

時の各温度を平均し、それをさらに10日間平均して整理したものである。No.1, No.2は8月項にピークを示し、No.3は9月項に、No.4は10月項、No.5は12月項、No.6は2月項にピークがきており、No.1(気温)とNo.6(地下水温)では丁度半年ずれていることがわかる。昭和56年、57年の8月期を比べると、昭和59年のこの時期は、雨、台風が多かったため、No.3, No.4, No.5が高くなってきており浸透水による熱伝流の影響をうかがうことが出来る。

4. 熱伝達係数

いま、地表で $T_A e^{i\omega t}$ なる周期変動がある場合の一次元の熱伝導は

$$\frac{\partial T}{\partial z} = k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

$$T_{z=0} = T_A e^{i\omega t}$$

$$T_{z=\infty} = 0$$

を解くことによって得られる。得られた解は、

$$T = T_A \exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2k}} \cdot z\right) \cdot \exp\left\{i\left(\omega t - \sqrt{\frac{\omega}{2k}} \cdot z\right)\right\} \dots (1)$$

つぎに、No.1, No.2の観測記録をもとに、気温(入力)スペクトル、気温と地温(入出力)のクロススペクトルよりシステム関数を求める。

さらに $T=24$ 時間でのシステム関数の位相要素のずれ中(4)の値と、式(1)による $(\sqrt{\frac{\omega}{2k}} \cdot z / \omega)$ をもとに1月毎の熱伝達係数を計算した。結果を図-5に示す。昭和56年8, 9, 10月と上昇し、10月中旬にピークに達し、その後57年3月中旬まで下降し、また、4, 5...と上昇し9月中旬にピークに達しており、周期性をうかがうことが出来る。参考に腐蝕土等の熱伝達係数を表-1に示している。

5. おわりに

システム関数の位相要素より熱伝達係数の季節変動を求めたが、今回はNo.1(気温)、No.2(0.2m)の地温についてのみ行なっているので不明な点が多い。今後は、同一の手法を用いて、地表と各点についてそれぞれに熱伝達係数の変動を調べ不明な点を明らかにしてゆきたいと考えている。

参考文献

1. 田中、萩原：地温・地下水温の季節変動について、第37回年報
2. 田中、萩原：地温・地下水温の長期観測、第27回水誌
3. J.R. ホールマン著：伝熱工学(上・下)、ブレイン図書出版

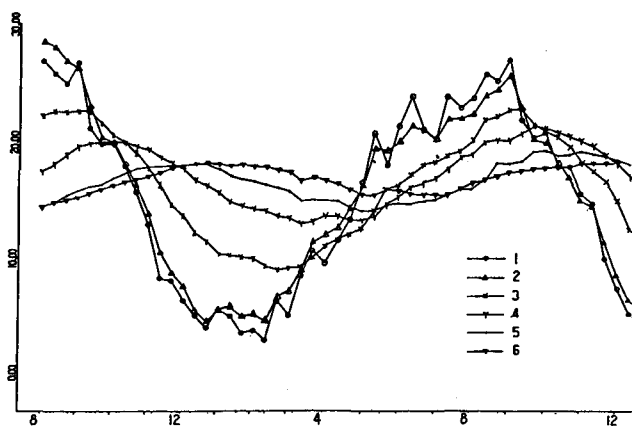


図-4

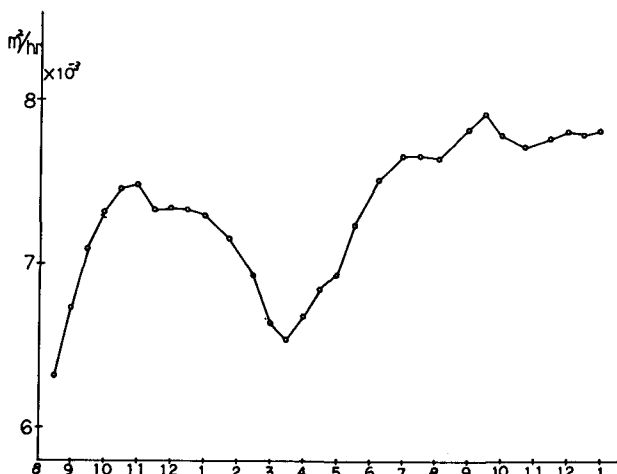


図-5

けいそう土	0.72~1.9 $\times 10^{-3}$ m/hr
花こう岩	2.88~6.48
石灰岩	2.02~2.12
大理石	3.60~4.90
砂岩	4.28
豊前標準砂	2.70

表-1