

II-335

白石川水温の日周変動

東京工業大学大学院 学生員 梅田 信
 東京工業大学大学院 学生員 横山勝英
 東京工業大学大学院 学生員 正岡孝治
 東京工業大学総理工 正 員 石川忠晴

1. はじめに

貯水池内における濁水の運動を記述する上で、貯水池の水温構造と流入河川の水温の相対的な関係が決定的な役割を果たす。そこで本研究では、阿武隈川水系七ヶ宿貯水池に流入する白石川の河川水温を計測し、日周変動特性について解析した。

2. 現地観測と測定結果

水温観測地点を図-1に示す。測定にはアレック電子(株)製MDS-Tを用い、1時間ごとの値を記録した。また気温と日射量は建設省七ヶ宿ダム管理所で1時間ごとに計測されている値を使用した。

水温と気温の観測結果の一例を図-2に示す。なお、鏡清水と長井橋の水温は同時に測ったデータが無いので別々の期間のものを示した。この図を見ると、上流の長井橋と関ではほとんど同じような水温変動を示している。すなわち、河川を流下する間の水温変化は無視できるほど小さい。一方、源流の鏡清水には日周変動はほとんど見られない。源流の湧水は、地下の深いところの温度を持って湧き出しているためだと思われる。したがって、七ヶ宿貯水池に流入する河川水の水温日周変化は、流域から河川に滲み出す際の熱の授受によって概ね決まっていると考えられる。

3. 水温日周変動の解析

関地点で得られた水温時系列データに24時間移動平均をかけ、それを元のデータから差し引くことによって日周変動成分を求めた。結果の一例を図-3に示す。

2節でも述べたように、水温の日周変動は地盤から河川に滲み出す際に形成されると考

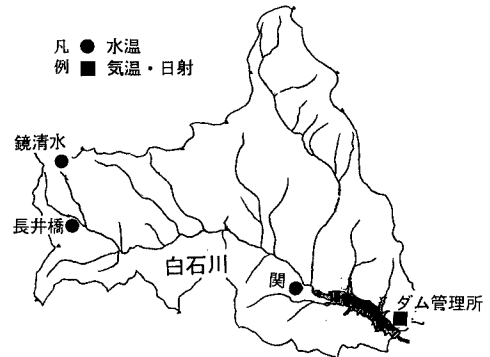


図-1 流域観測点

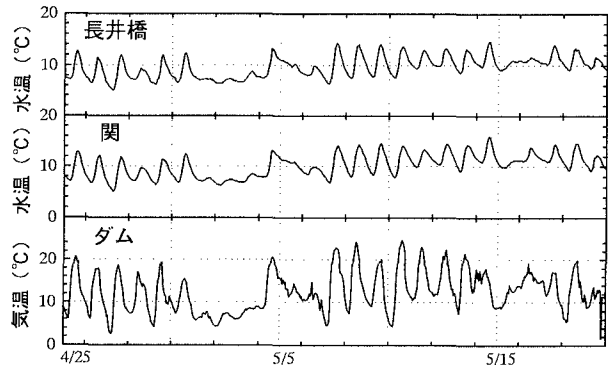


図-2a 上流地点（長井橋）と下流地点（関）の水温比較

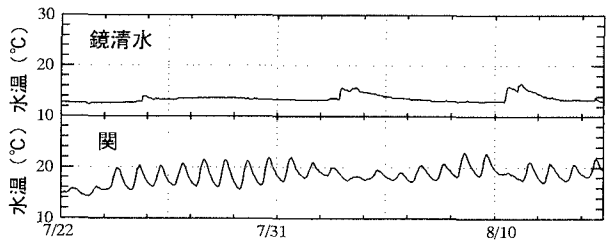


図-2b 源流地点（鏡清水）と下流地点（関）の水温比較

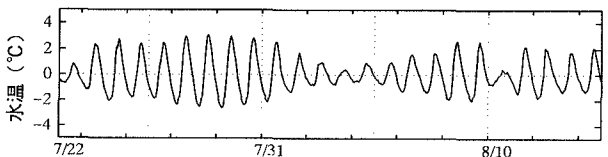


図-3 水温の日周期変動

えられる。そこで以下では、ごく表層の地盤の熱収支の様子を念頭に置いて、解析のフレームを構成する。

単位時間での温度上昇は、その間での外部との熱収支に因っているので、次のような関係があると考える。

$$\Delta(T_w) \sim Sr - Lr$$

ここで、 $\Delta(T_w)$ は単位時間での水温変化、 Sr は日射量、 Lr は放射による熱損失である。この他に顕熱や潜熱による輸送が存在するが、その量は小さいので、取りあえず置いておく。上式を時間ステップごとに足すと、次のようになる。

$$T_w(i-1) - T_w(0) = \sum Sr - \sum Lr$$

ここに $T_w(0)$ は時間原点における水温だが、いま日周変動を対象としているので、一日に二回はゼロになる。その時を原点とすれば、 $T_w(0)$ を消去できる。また、右辺の一日平均はゼロになるはずである。そして一般に、 Lr の日間変動は Sr のそれに比べて小さいと考えられる。そこで $\sum Lr$ を $\sum Sr$ の24時間移動平均で代用し、その差を放射収支量とし、これを Pr と書く。すなわち

$$\begin{aligned} Pr &= \sum Sr - \sum Lr \\ &= \sum Sr - \sum Sr \end{aligned}$$

Pr の作成例を図-4aに、 Pr の時系列の一例を図-4bに示す。

以上のものにさらに、外気との熱の授受を含めると、次のような形の式になる。

$$T_w \sim c_1 Pr + c_2 (Ta - T_w)$$

ここに c_1 、 c_2 は定数、 Ta は気温の日変動成分である。右辺の T_w を移項すると、次式になる。

$$T_w \sim c_3 Pr + c_4 Ta$$

そして、 T_w と Ta 、 Pr の波形の相関を調べ、変数の組み合わせを次式のように定め、重回帰分析により係数を決定する。

$$T_w(i) = \alpha_1 Ta(i) + \alpha_2 Ta(i-1) + \alpha_3 Pr(i+2) + \alpha_4 Pr(i+3) + \alpha_5$$

その結果、次式が得られた。

$$T_w(i) = -0.030Ta(i) + 0.171Ta(i-1) + 0.0295Pr(i+2) - 0.060Pr(i+3) + 0.277$$

上式を用いて再現計算した結果が図-5である。残差が平均的に0.5℃以内に収まり、再現性は非常に良いと思われる。

4. おわりに

本研究により、気温と日射という比較的手に入りやすい情報から水温変化を良好に再現できることが解った。今後はその物理性について実地に検討したいと考えている。

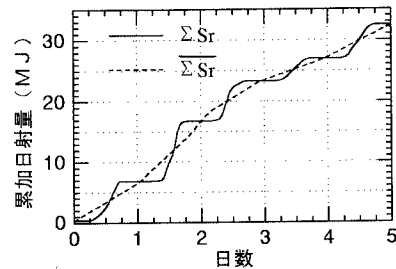


図-4a 累加日射量と
累加日射量の24時間移動平均

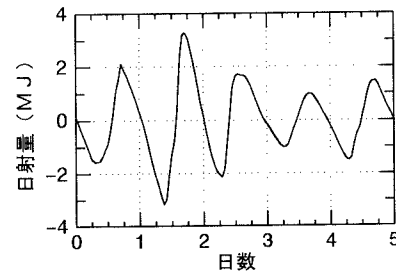


図-4b 放射収支曲線

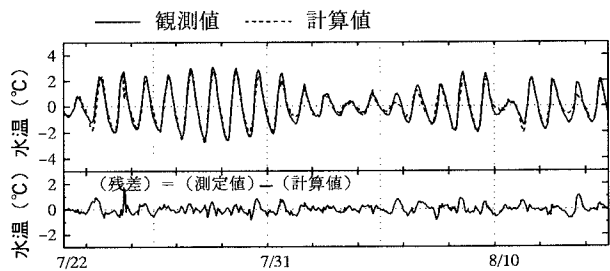


図-5 再現計算の結果