

北見工業大学 正員 佐渡 公明

北見工業大学 正員 ○ 中尾 隆志

1. まえがき

河川水の熱収支は大きく、河川水面と大気との水面熱収支、河床面と河床地盤の間の河床伝熱量の2つに大別される。従来、河川の熱収支を検討する場合、殆んど河床伝熱量は考慮されていなかったが、実際には水温と河床地盤の地温には温度差があるため熱の伝導が生ずる。

図-1は1981年9月23日～9月30日まで釧路川若松大橋(北見市)で行った熱収支観測のうち全熱収支量(H_T)と河床伝熱量(H_b)を示したものである。図からもわかるように全熱収支量と河床伝熱量は逆位相の関係があり全熱収支量を減少させる作用がある。¹⁾

河床伝熱量の大小は先にも述べたように水温と地温の差に大きく依存するが地温の昼夜の日較差は水温より小さいので、水温の日較差は河床伝熱量の変化に大きな影響を与える。

本研究は、河床伝熱量が地温、水温差と強い相関があることを示し、これらの相関が昼夜、天候によりどのような違いがあるか比較検討したものである。

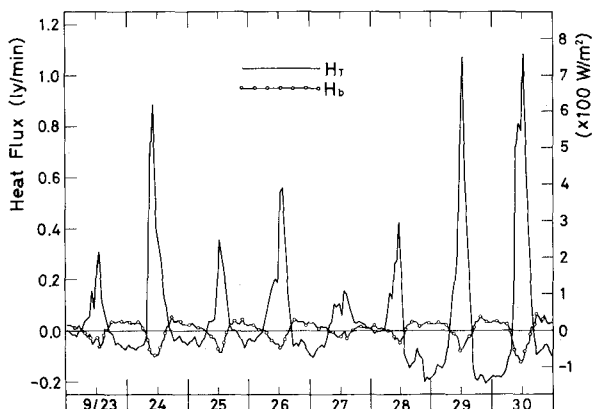


図-1 全熱収支量と河床伝熱量

2. 河床伝熱量の測定

河床伝熱量の測定は、河床面下2mまでをいくつかの土層に分け、各土層に貯えられた熱量と深さの位置にある熱流素子を通過する熱量の総和から求めることができる。各土層の体積熱容量は深さが比較的浅い場合ほぼ一定とみなすことができるため、 Δt 時間における河床伝熱量は次式で求められる。

$$H_b = H_h + C_b \rho_b \sum_{i=1}^n \Delta h_i \frac{\Delta \vartheta_i}{\Delta t} \quad (1)$$

ここに、 H_h : 深さ z に設置した熱流素子を通過する熱量、 Δh_i : 土層 i の厚さ、 $C_b \rho_b$: 土の体積熱容量(C_b : 土の比熱、 ρ_b : 土の密度)、 $\Delta \vartheta_i / \Delta t$: Δt 時間内の i 層の地温変化、 n : 土層の数

式(1)を用いて、河床伝熱量を求めるには各土層間の地温変化と土の体積熱容量が必要となる。本報告では、河床面下-5cmに熱流素子を埋設し、地温を深さ0cm(水温)、-1,-2,-3,-5cmの5地点にCC熱電対を埋設し、5層に分けた。なお、地温センサーの埋設にあたっては河床の振りがこしによる地温の乱れを防ぐため7日前に地温センサーの埋設を行った。一方、体積熱容量は現地より採取した河床

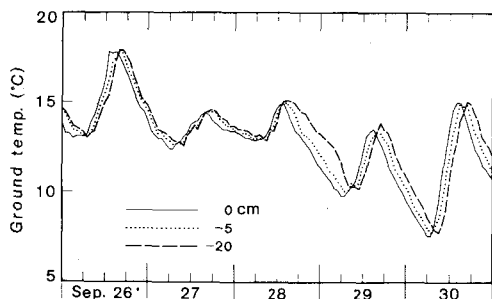


図-2 地温の変化

材料より $C_b \rho_b = 0.78 \text{ cal/cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ を得た。

3. 考察

図一は深さ 0, -5, -20 cm の地温の変化を表わしたものである。この3者の地温はほぼ同様の傾向をみせるが最高・最低温度の出現時間は, 0, -5, -20 cm の順に遅れており位相差のあることがわかる。また9月27日~28日にかけて水温・地温の較差はあまりみられないが, これはこの期間の天候が曇または雨であったためである。

図一は河床伝熱量と河床面下-5cmの地温・水温差を日の出, 日の入を境に昼夜別に表わしたものである。夜間は水面からの放射冷却のため水温は地温よりも小さくなる。このため温度の高い河床から水体内に熱の伝導を生じ河川水温を上げる作用をし H_b は正である。一方, 昼間では逆に地温より水温の方が高いため負の河床伝熱量を示す。しかしながら, 日の出直後~午前8時頃までは水温<地温となり河床伝熱量は正の値を示している。

図一, 図一は天候別にみた河床伝熱量と地温(-5cm)・水温差の関係を示したものである。一般に水温は快晴時には昼間, 日射等の影響で水温の上昇が激しく夜間, 放射冷却のため水温の低下が大きくなり地温・水温差は他の天候に比べ大きくなる。一方, 雨天時には水温変化はあまりなく水温・地温差は小さなものとなる。また図一5中, 夜間晴天時における地温・水温差が図一4の快晴時に比べ大きくなっているがこれは晴天時以前は快晴が続き, このため水温が低下したものである。

4. まとめ

以上の結果を要約すると次のようになる。

1) 河床伝熱量を河床面下-5cmの地温と水温の差で表わした場合, パラメータとして昼夜, 天候別にとるといずれの場合も強い相関がみられた。各回帰式と相関係数は次の通りである。

i) 昼間	$H_b = -0.0087 + 0.0543 \times (\vartheta_b - \vartheta_w)$	$r = 0.948$
夜間	$H_b = 0.0016 + 0.0410 \times (\vartheta_b - \vartheta_w)$	$r = 0.751$
ii) 快晴時	$H_b = -0.0095 + 0.0563 \times (\vartheta_b - \vartheta_w)$	$r = 0.982$
晴天時	$H_b = -0.0065 + 0.0528 \times (\vartheta_b - \vartheta_w)$	$r = 0.953$
曇天時	$H_b = -0.0085 + 0.0532 \times (\vartheta_b - \vartheta_w)$	$r = 0.926$
雨天時	$H_b = -0.0064 + 0.0502 \times (\vartheta_b - \vartheta_w)$	$r = 0.881$

快晴, 晴天, 曇天, 雨天の順に相関係数は悪くなっているがこれは, 回帰直線からのバラツキはほぼ同程度であるが河床伝熱量の範囲が違うからである。

2) 天候別に見た場合, 地温・水温差の範囲は快晴, 晴天, 曇天, 雨天の順に小さくなるため, 河床伝熱量の範囲もこの順に小さくなる。

参考文献

1) 佐渡公明; 河川の水温と熱収支機構について, 土木学会北海道支部論文報告集 38号, 1982年, 2月

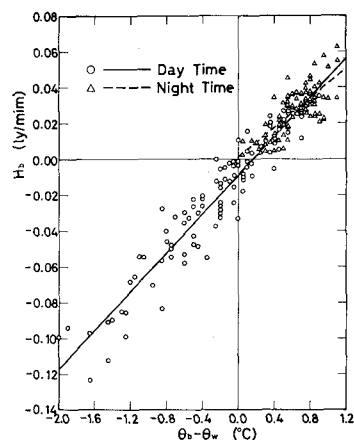


図-3 河床伝熱量と地温・水温差(昼夜)

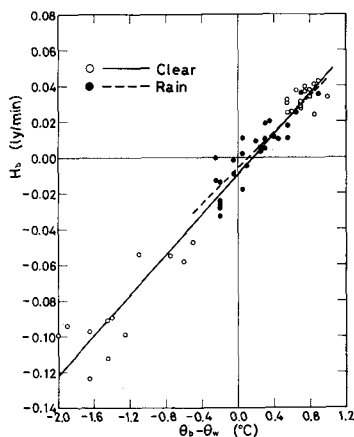


図-4 河床伝熱量と地温・水温差(快晴・雨天)

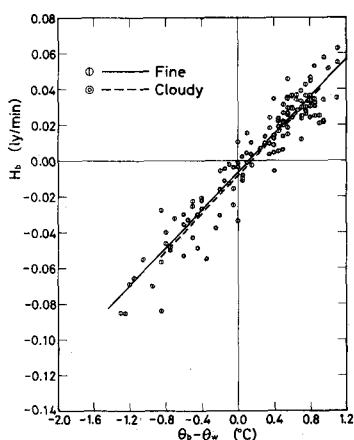


図-5 河床伝熱量と地温・水温差(晴天・曇天)