

揖保川水系における河川水温の流域観測と変動要因の解析

神戸大学大学院 ○菅原 康之 神戸大学大学院 宮本 仁志
神戸大学大学院 中山 和也 神戸大学大学院 道奥 康治

1. はじめに

近年の河川整備においては、流域で一貫した水環境の保全や整備が重要となっている．筆者らは、河川水質の代表指標のひとつである河川水温を全流域スケールでモニタリングし、得られたデータを基に水温解析を行っている¹⁾．本報では、観測データにより河川水温の流域分布に検討を加えるとともに、水温日周変動を対象として一次元熱輸送方程式による解析を行い、日射や流速などの気象・水文量が流水水温に及ぼす影響を考察した．

2. 対象流域と観測水温の概要

本研究で対象とする流域は、兵庫県南西部に位置する揖保川流域である．河道位数ごとに流水水温の観測点を数箇所設け、全流域がカバーされるように 27 の観測点を設けている．水温は一時間毎に自動計測され、水温ロガー内のメモリに蓄積される．図 1 に各季節における月平均水温分布を示す．図 1 をみると、どの月においても、河川水温が流下に伴って昇温していることが確認できる．月平均水温の年最大値は夏季の 8 月、最小値は冬季の 1 月となり、流域平均はそれぞれ 22.6℃、6.3℃である．また、源流部 (#7) と最下流部 (#17) の水温差は図 1 (a)–(d) より、それぞれ、7.7℃、9.7℃、7.4℃、4.6℃となることから流域全域での昇温幅は季節によって異なり、夏季は冬季の 2 倍程度になる．これは第一義的には、日照時間が長い夏季の方が流下の際に日射からの熱量をより多く吸収するためである．

3. 解析方法

次の一次元熱輸送方程式 (1) を用いて、流域中流部の河川水温を対象とし、気象・水文量など各種要因が河川水温変動に及ぼす影響を検討した．

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} = -V \frac{\partial T_w}{\partial x} + \frac{1}{c_w \rho_w h} (H_s + H_a - H_{br} - H_{la} - H_{se} + H_{bed}) + \frac{q_x}{A} (T_{wl} - T_w) \quad (1)$$

(I) (II) (III) (IV) (V) (VI) (VII) (VIII) (IX)

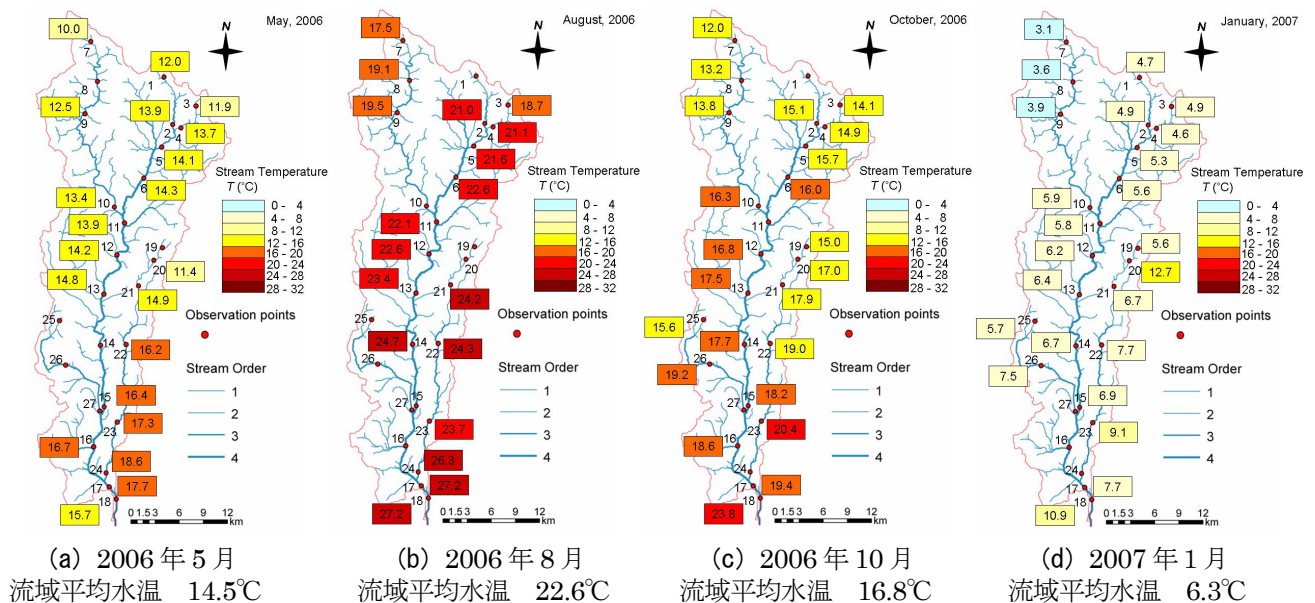


図 1 揖保川における月平均水温の流域分布

ここに、 T_w : 河川水温、 V : 流下方向断面平均流速、 c_w : 水の定圧比熱、 ρ_w : 水の密度、 h : 水深、 A : 流水断面積、 q_x : 横流入量、 T_{w1} : 横流入水の水温、 t : 時間座標、 x : 流下方向座標である。 H^* は水面・潤辺からの各熱フラックスを表す。(I)~(IX)は、非定常・移流・短波放射・長波放射・長波逆放射・潜熱・顕熱・地熱および横流入の各項である。各項の算出に際しては前報¹⁾と同じ式を使用し、気象データにはアメダス(一ノ宮)、水文データとしては国土交通省(山崎第2)の観測値を用いた。また、非定常項の評価にはNo.13の観測水温を、移流項の評価にはNo.12,13の観測水温を用い、(I)~(VIII)の残差として横流入項(IX)を評価した。

4. 解析結果と考察

図2に河川水温と水面・潤辺からの熱フラックスの時系列を示す。水面・潤辺からの熱フラックスの中では短波放射の変動が卓越し、長波放射・長波逆放射が次に大きい。一方、潜熱、顕熱、地熱の影響は小さい。晴天の5月3~5日の熱フラックスと河川水温を比較すると、短波放射の変動に伴って水温が大きく変化する。一方、雨天の5月7日は水温変動に及ぼす短波放射の影響が小さくなり、水温がほとんど変化しない。これより、河川水温の日周変動では短波放射の影響が支配的であるといえる。

図3は、晴天時における一次元熱輸送方程式の各項のバランスと水温変動の時系列である。これより一日を通して大きく変化するのは、短波放射(III)、横流入(IX)、移流(II)である。河川水温の日周変動においては短波放射の影響が支配的であるが、各項のバランスより、変動に対する横流入と移流の寄与も大きいことがわかる。横流入(IX)は地下水を含む横方向からの流入を示すが、この流入水は相対的に定常な温度を維持すると考えられる。そのため、図3に示すように、水温が急激に上昇する日中は水温を下げる方向に働き、それ以外では水温を上げる方向に働く。移流(II)の影響は、日射のない夜間は大きくなり、日中は逆に小さくなる。長波放射(IV)、長波逆放射(V)、潜熱(VI)、顕熱(VII)、地熱(VIII)は一日を通して比較的一定値をとり、日周水温変動への寄与は小さい。

5. 結論

揖保川水系を対象として、連続観測の結果から河川水温の流域分布を考察するとともに、水温の日周変動特性を検討した。その結果、源流-最下流部間における水温の流域昇温幅は日照時間の異なる夏季と冬季で概ね2倍の違いがあること、中流域での水温日周変動は晴天時においては短波放射の影響が支配的であり、横流入・移流の影響が次いで大きいこと、がわかった。今後は、流域上流森林域や下流の都市部における河川水温の成因分析を行い、流域土地利用の変化が水温形成に及ぼす影響を解析する予定である。

参考文献 1) 宮本仁志・道奥康治: 流域水温の連続観測と解析, 水工学論文集, 第51巻, pp.1105-1110, 2007.

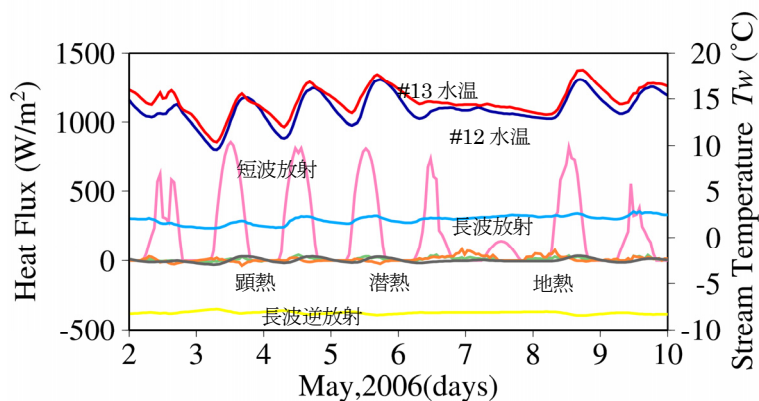


図2 河川水温と水面・潤辺からの熱フラックスの経時変化 (2006年5月2~9日)

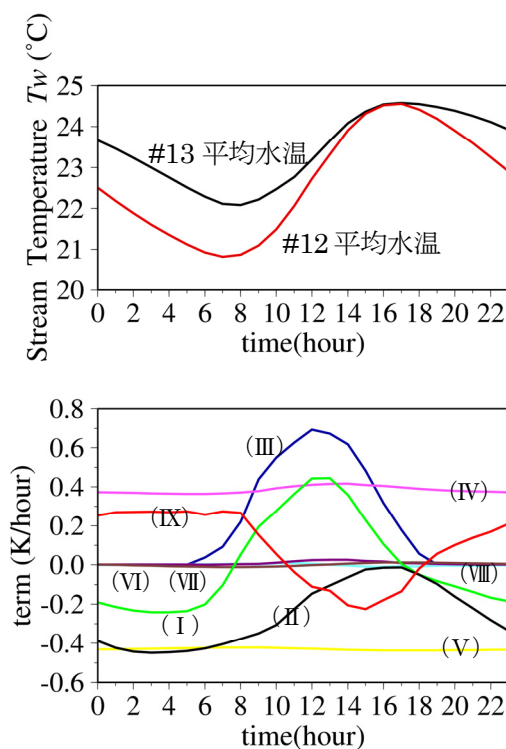


図3 水温日変動と熱保存式各項の時系列 (2006年8月, 晴天時平均)