

第II部門

揖保川水系の本川・支川における気候変動に対する流水水温の感度分析

神戸大学大学院 学生員 ○前羽 洋 神戸大学大学院 正会員 宮本 仁志  
 神戸大学大学院 学生員 中山 和也 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥 康治

1. はしがき

河川は源流から河口まで河道網によって繋がるため、流域全体を一貫して捉えた河川整備が重要となる。筆者らは重要な水質指標のひとつである河川水温を対象として、流域全域にわたる水温の連続観測を行い、その解析手法を検討している。前報<sup>1)</sup>では、試験流域である揖保川の本川を対象に水温形成要因の感度分析を行うとともに、将来の気候変動<sup>2)</sup>が河川水温に及ぼす影響を予測評価した。本報では、支川も含めて感度分析を行い、流域全体への気候変動の影響を評価した。

2. 対象流域と現地観測

対象流域は兵庫県南西部に位置する一級河川揖保川水系である。図-1に2009年11月における月平均水温の流域分布を示す。源流から河口まで流域全域が網羅されるように水温プローブを31地点設置している。水温は1時間毎に自動計測され、メモリにデータが蓄積され、定期的に回収される。図-1より、特異な値が検出される箇所はあるが、全般的に上流から下流に向けて水温が増加することがわかる。

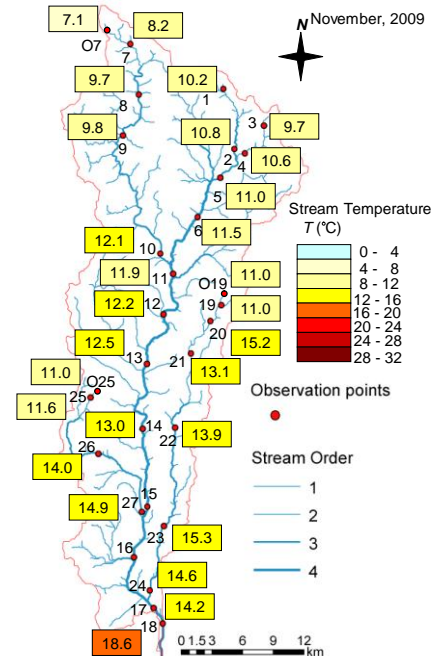


図-1 月平均水温分布(2009年11月)

3. 現地観測による月平均河川水温の経年変化特性

図-2に上流(No.6)・中流(No.14)における月平均河川水温の経年変化を示す。夏季と冬季に年ごとの違いが特徴的に現れる。2月の水温は2008年のものが相対的に低く、逆に7月では高い。これは対応する気温挙動と同じ特徴である。2008年においては梅雨時期の降雨が少なく大きな出水がなかったことが、同年7月の水温が他の年よりも高くなった原因の一つと考えられる。一方、2009年8月の河川水温は相対的に低い。これは、2009年において梅雨明けが遅れて8月の降水量が多く、気温が他の年と比較して低かったためと考えられる。このように河川水温と気象・水文量との間には強い相互関係があることが確認される。

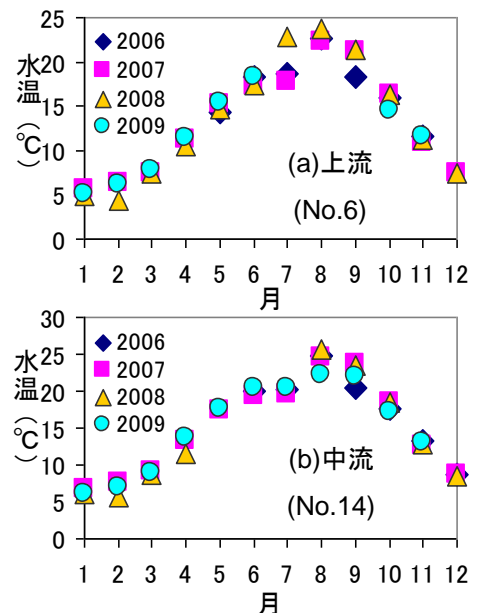


図-2 月平均水温分の経年変化

4. 流域各部の河川水温に対する気候変動の感度分析

水温予測には以下の一次元熱輸送方程式を用いる。

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

ここに、 $T_w$  : 河川水温、 $V$  : 断面平均流速、 $c_w$  : 水の定圧比熱、 $\rho_w$  : 水の密度、 $h$  : 水深、 $H_s$  : 短波放射量、 $H_a$  : 長波放射量、 $H_{br}$  : 長波逆放射量、 $H_{la}$  : 潜熱量、 $H_{se}$  : 顕熱量、 $H_{bed}$  : 河床伝熱量、 $A$  : 流水断面積、 $q_x$  : 横流入量、 $T_{wl}$  : 横流入水温、 $t$  : 時間座標、 $x$  : 流下方向座標である。観測点間のコントロールボリューム (C.V.) を

Hiroshi MAEBA, Hitoshi MIYAMOTO, Kazuya NAKAYAMA and Kohji MICHIOKU

miyamo@kobe-u.ac.jp

対象として、上流側からの流入熱と C.V.が受け取る熱フラックスの和から下流側観測点での水温を予測する。感度分析の方法は前報<sup>1)</sup>と同じであり、水温予測に必要な関連気象・水文量は相関解析より求めた。表-1 に、気温上昇が最も大きい A1FI シナリオと最も小さい B1 シナリオについて、約 100 年後の 9 月における気温、降水量変化の予測値<sup>3)</sup>を示す。図-3 に気温、降水量変化に対する水温変化の感度分析結果を、表-2 に表-1 の各予測値に対応する河川水温の予測値を示す。図-3 より、降水量が増加すると水温上昇が小さくなることからわかる。水温上昇は本川下流において最大となり、A1FI シナリオでは 3.4℃、B1 シナリオでは 1.4℃の上昇が見込まれる。本川においては上流から下流にかけて昇温量が大きくなる。これは、流下するにつれて流水断面が広幅形状へと変化して水面からの受熱量が大きくなり、水温が平衡温度に漸近していくためと考えられる。また、本川上流では降水量変化に伴って相対的に流量変化が大きく、熱容量が大きく変化するため降水量変化に対する感度が大きい。下流域になると降水量変化の影響は小さくなる。一方、支川引原川(No.8)は本川上流と同様の昇温傾向を示し、林田川(No.24)、栗栖川(No.27)では本川中流に近い昇温が見込まれる結果となった。これらは、流水断面形状を介して水温上昇に影響する河道地形の条件が引原川では本川上流と、林田・栗栖川では本川中流と、それぞれ類似するためと考えられる。今後は、他の月においても同様の感度分析を行い、水温上昇の季節性を検討する予定である。

表-1 将来 9 月の気温・降水量の変化

モデル	AOGCM	
	SRESシナリオ	
気温上昇量(°C)	5.51	3.04
降水量変化(%)	11	4

表-2 将来 9 月の河川水温の上昇量(°C)

モデル	AOGCM	
	シナリオ	
上流No.4	2	1.1
中流No.12	2.3	1.3
下流No.16	3.4	1.8
林田川No.24	1.8	1
引原川No.8	2.2	1.2
栗栖川No.27	2.6	1.4

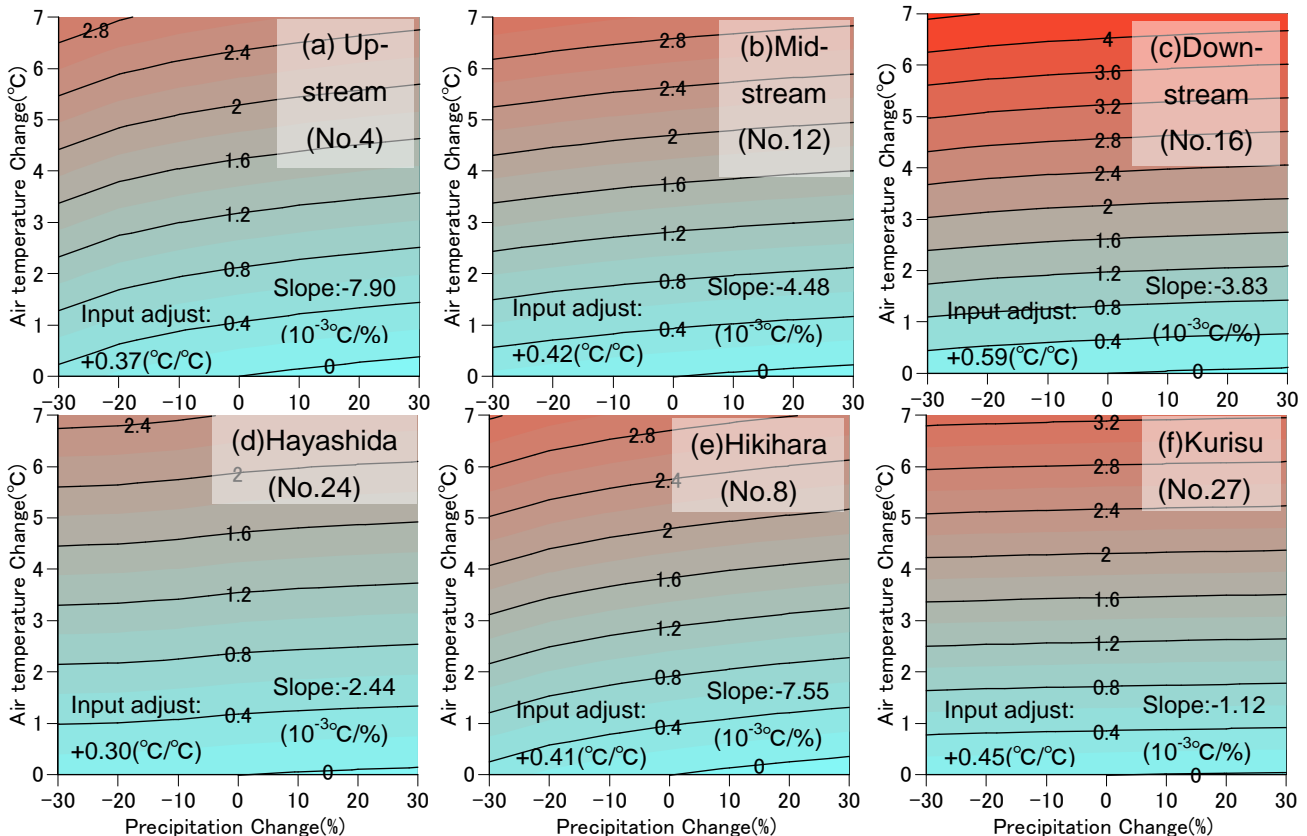


図-3 流域各部における将来 9 月の気温、降水量変化に対する水温変化のコンター図

【参考文献】 1) 宮本・菅原・道奥：気候変動が流域の河川水温に及ぼす影響解析，水工学論文集，第 54 巻，pp.1207-1212,2010. 2) IPCC Climate Change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III, pp.7-8, 2007. 3) Crus, R.V. et al: Asia, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II, pp.478-480, 2007.