

佐波川における水温予測モデルの開発

山口大学大学院 学生会員 ○河野誉仁

山口大学大学院准教授 正会員 赤松良久

山口大学大学院特命助教 正会員 乾隆帝

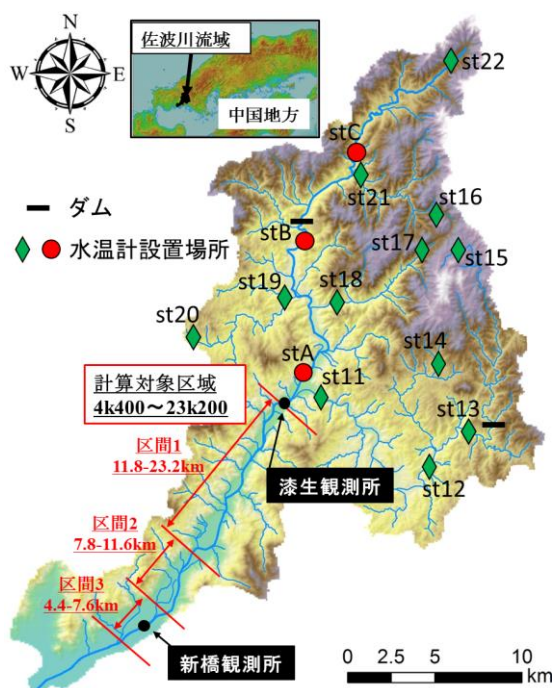


図-1 水温計設置場所と計算対象区間

1. 緒論

近年、気温上昇の影響等による水温の上昇が河川生態系を変質させることが懸念されている。河川生物は水温変化に敏感であるため、環境保護を目的とした河川管理の際には高精度な水温予測を行うことが重要となる。しかし、上流から下流までの長い区間において長期的に高い再現性を持った水温予測モデルの開発には至っていない。

そこで本研究では、流域スケールの水温広域調査を実施し、流域スケールの水温変動特性を把握し、河川の水系について上流域から下流域までの長い区間において長期的に適用可能な高精度の水温予測モデルの開発することを目的とする。

2. 現地観測概要と流域の水温変動特性

流域における水温変動特性を把握するために水温の

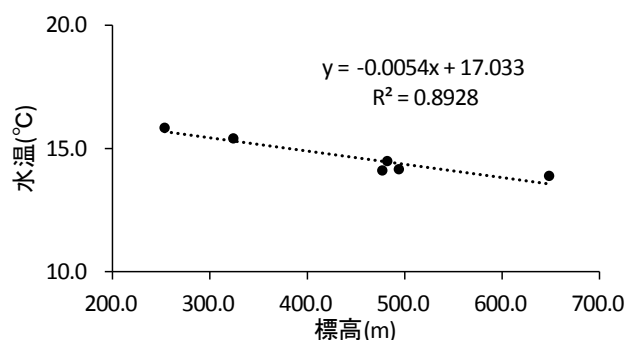


図-2 上流端水温の対象期間内における平均水温と標高の関係

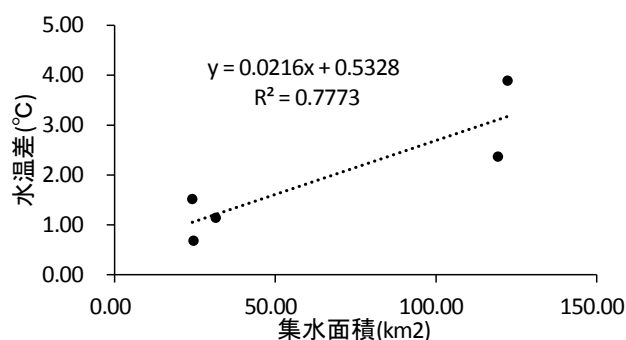


図-3 支流における上流端と下流端の平均水温差と集水面積の関係

広域調査を実施した。対象河川は山口県の一級河川である佐波川とし、主要な支流と本流に水温計を設置し(図-1)、2016/8/9～2017/1/6において観測を行った。なお、本流の地点に関してはアルファベット、支流及び上流端の地点については11から通し番号で名前をつけている。

広域調査の結果から、上流端平均水温と標高、集水面積、傾斜角、土地利用、支流における上流端と下流端の平均水温差と標高差、集水面積、流下距離、土地利用のそれぞれについて単回帰分析を行った。その結果、上流端水温は標高、水温差は集水面積と最も高い

キーワード 佐波川、水温予測モデル、単回帰分析、熱収支

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9301

相関を示し、それぞれ R^2 値が 0.8928, 0.7773 となった (図-2, 図-3)。

3. モデルの概要

(a) 河川流動モデル

流れ場の解析には以下の2式を用いた。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_{in} - q_{out} \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) = -gA \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{g}{2} Ah \right) - gAI_e \quad (2)$$

ここに、 A ：流水断面積[m²], Q ：流量[m³/s], z ：河床高[m], g ：重力加速度[m/s²], h ：水深[m], I_e ：エネルギー勾配, q_{in} ：流れ方向の単位長さ当たり横流入量, q_{out} ：流れ方向の単位長さ当たり取水量である。

(b) 水温予測モデル

水温 T_w [°C] は、式(3)に示す一次元移流分散方程式により求めた。

$$\frac{\partial BhT_w}{\partial t} + \frac{\partial BhT_w}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} (BhD_x \frac{\partial T_w}{\partial x}) + B \frac{TE}{c_w \rho_w} \quad (3)$$

$$D_x = (0.01B)^{4/3} \quad (4)$$

$$TE = R_{net} - IE - H_T - G + S_h \quad (5)$$

ここに、 T_w ：河川水温, B ：川幅, D_x ：分散係数, TE ：単位面積当たりの水面及び河床でのエネルギーフラックス, h ：水深, $c_w \rho_w$ ：水の熱容量, x ：流下方向座標, t ：時間座標, R_{net} ：水面での正味放射量, IE ：潜熱量, H_T ：顕熱量, G ：河床へ伝わる河床伝熱量, S_h ：横流入水からの熱量である。横流入水温は佐波川における水温広域調査の結果を用いて算出した。

4. 佐波川への適用

(a) 計算条件

対象区間は河口から 4k400～23k200 (図-1), 計算期間は 2016/9/5～2016/12/27 とした。横流入量の算出には、下流端の新橋の流量に計算区間中の合計取水量を合計したものから上流端の漆尾の流量を差し引いた流量差を各支流の面積割合によって分配した。また、佐波川は堰による取水の多い河川であるため堰による取水を考慮した。図-4 に漆尾観測所の実測流量・水温、新橋観測所の実測流量及び計算区間内の合計取水量を示す。上流端には漆尾観測所で観測された流量と水温を与え、下流端は等流水深としている。また、マンニングの粗度係数は 0.035 を与えている。

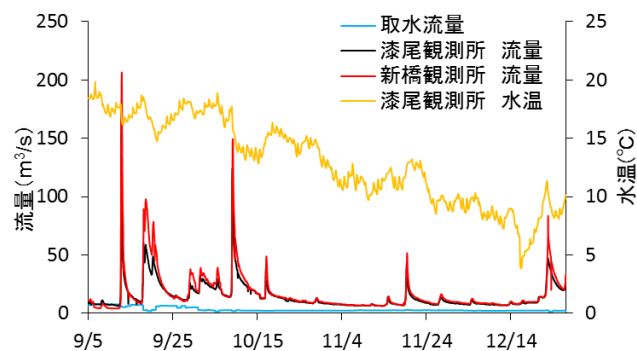


図-4 上流端流量・水温、下流端流量および合計取水量

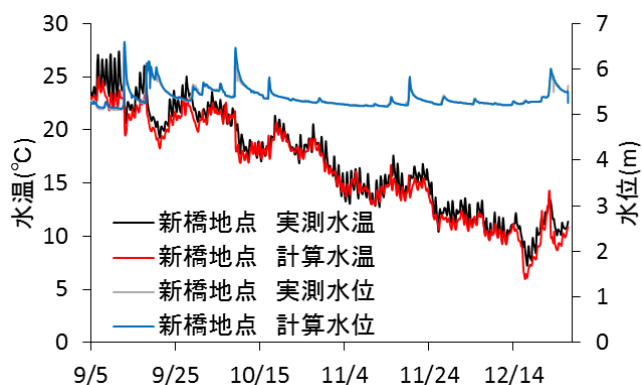


図-5 新橋地点における水位および水温の比較

(b) 再現性の検討

図-5 に新橋地点 (図-1) における実測水位と計算水位の比較および計算水温と実測水温の比較を示す。実測水位と計算水位が概ね一致していることから、流れ場については高い再現性を持つことが分かる。計算水温と実測水温を比較すると、長期的に計算水温が過小評価となっているものの、概ね実測値と一致している。水温の日変動に着目すると、夏季における計算水温の日変動が過小評価となることが分かる。これは支流における日射の影響を考慮できていないためと考えられる。

5. 結論

本研究では水温の広域調査により流域スケールの水温水温変動特性を明らかにした後、河川の水系について上流域から下流域までの長い区間において長期的に適用可能な河川水温予測モデルの開発を行った。その結果、上流端水温は標高、支流の水温水温変動は集水面積と最も関係性が高いことが分かった。また、十分な再現性を持つ水温予測モデルを開発することができた。