

気候変動が高津川流域の河川水温に及ぼす影響に関する基礎的検討

山口大学 学生会員 ○福丸大智

山口大学 学生会員 大中臨

大阪大学教授 正会員 入江政安

山口大学教授 正会員 赤松良久

1. はじめに

気候変動に伴う河川水温の上昇は、水質や河川生態系に大きな影響を及ぼすと考えられている。こうした影響を評価するためには、気候変動下の河川水温を流域網羅的に予測する必要がある。

本研究では、高橋ら¹⁾が開発した河川水温予測モデルを高津川流域に適用し、有用性を検討するとともに、d4PDFの4度上昇実験の気温値を入力値とし、河川水温の将来予測を実施した。

3. 方法

(1) 対象流域

本研究では、島根県の高津川(流域面積: 1090km², 一級水系)を対象とした(図-1)。なお、高津川にはダム等の水温変動に大きな影響を及ぼし得る構造物はほとんど存在しない。高津川では流域を網羅するような13地点(St.1~13)で水温ロガーを設置し、2016年7月以降に水温の連続観測を実施しており、水温の再現性検証にはこの観測水温を用いた。

(2) 河川水温予測モデルの概要

本研究で用いた河川水温予測モデルは、降雨流出氾濫モデル(RRIモデル)²⁾に一次元河道における熱収支式を組み込んだものである。このモデルは、流域を斜面部と河道部に分割し、斜面流は二次元不定流モデルを解き、河道は一次元不定流モデルおよび熱収支式を解くことで流量、水位および水温を算出する。熱収支式は、河道における熱の移流に加え、短波放射、長波放射、長波逆放射、潜熱、顕熱で表現される水面の熱交換および河床を通過する伝導熱を考慮している。

(3) 計算条件

検証は、水温予測モデルの精度評価と河川水温の将来



図-1 高津川流域

来予測に分かれる。水温予測モデルの精度評価に関して、2020年の1年間で河川流量および水温の再現計算を実施した。地形情報に関して、国土数値情報から得たDEM(5m間隔+10m間隔)を約450m間隔にスケールアップしたものを使用した。河道断面は、図-1中の直轄区間はH27年定期横断測量データ(200m間隔)を使用し、それ以外は底面が三角形の断面を仮定した。雨量は、レーダーアメダス解析雨量を用いた。水温予測に必要な気象要素に関して、気温は農研機構メッシュ農業気象データを、風速、蒸気圧は高津川流域周辺のアメダス気象観測所の観測値を用いた。雲量は観測値が存在しなかったため、アメダス気象観測所の観測天気を基に快晴の場合は0.5、晴れの場合は5.0、曇りの場合は9.5、雨の場合は10.0と推定した。パラメータに関して、水田、山地、その他農用地、都市域、水域の土地利用ごとに設定し、山地は側方流を、それ以外は鉛直浸透流を仮定した。

河川水温の将来予測に関して、d4PDFの4度上昇実験の気温にバイアス補正をしたものをモデルの入力に使用した。バイアス補正手法は、福丸ら³⁾に従い、2008年を基準に全球平均気温が4度上昇した期間の将来気温を算出した。気温以外の気象要素(雨量、蒸気圧、風速、雲量)は2008年のものを使用した。また、将来予測水温の比較対象として現況期間である2008年の気象要素(雨量、気温、蒸気圧、風速、雲量)を入

キーワード 河川水温予測、気候変動、降雨流出氾濫モデル、d4PDF

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 TEL0836-85-9339

力に与えた水温予測も実施した。

3. 結果と考察

(1) 河川流量および水温の再現性

高角水位流量観測所における実測流量と予測流量の比較を図-2に示す。まず、ピーク流量が $500\text{m}^3/\text{s}$ を下回る出水時のピーク流量は過大評価し、ピーク流量が約 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の大規模出水は大幅に過小評価した。これは、側方流に関するパラメータのキャリブレーションが不十分であった可能性が考えられる。また、流量の通減に影響を与える基底流出の影響を考慮できず、通減時および平水時の流量を過小評価した。本川最下流の St.1 および支流の St.6 における実測水温と予測水温を日平均で比較したものを図-3に示す。両地点で実測水温の季節変動を概ね良好に予測したものの、St.1 における 5～8 月の水温は 5°C 以上の大幅な過大評価となっている期間が多い。これは、特に通減時や平水時の流量を過小評価したことで、水温が上昇しやすくなったことや、用いた河道断面データの解像度が低く、潤辺の熱交換が正確に再現できなかったためと考えられる。また、両地点ともに 1～2 月および 10～12 月の冬季の水温を最大で 5°C 程度過小評価した。これは、本研究で用いたモデルで地下水流入に伴う熱輸送を考慮していないことが要因の一つとして考えられる。

(2) 河川水温の将来予測

将来気温と 2008 年の現況気温を St.1 において比較したものを図-4に示す。特に 1～2 月および 11～12 月の冬季の気温上昇幅が大きく、平均で 5.2°C の気温上昇が予測された。将来水温と 2008 年の現況水温を日平均で比較したものを図-5に示す。なお、将来気候と現在気候下における水温の傾向の違いを調べるために、30 日間の移動平均も示している。将来気候下においては、年間を通して顕著な河川水温の上昇が確認された。特に、本川最下流の St.1 において現況水温は年間を通して 30°C 以下であるのに対し、将来水温は 7 月下旬から 8 月にかけて 30°C 以上を記録していることが分かる。また、各季節における水温の上昇幅に着目すると、6～8 月の夏季は両地点ともに上昇幅が 5°C 程度であるが、冬季は 5°C を大きく上回っていることが分かる。これは、水温との依存性が高い気温の上昇幅が夏季に比べ、冬季が大きかったためと考えられる。

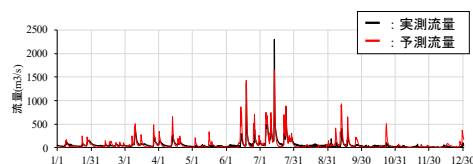


図-2 高角水位流量観測所での実測流量と予測流量の比較

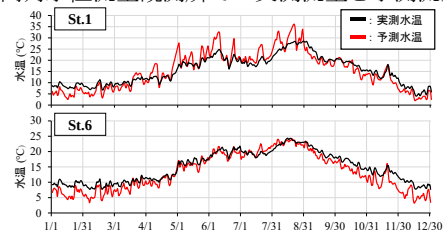


図-3 実測水温と予測水温の比較

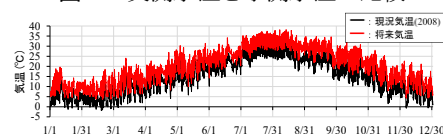


図-4 St.1 における実測気温と予測気温の比較

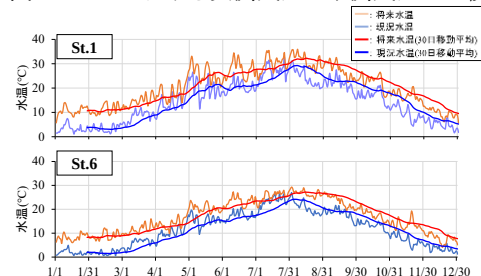


図-5 現況水温と将来水温の比較

4. まとめ

本研究では、高橋ら¹⁾が開発した河川水温予測モデルの高津川流域に適用し、精度検証を実施するとともに、d4PDF の 4°C 上昇実験の気温値を入力とした河川水温の将来予測を実施した。モデルの精度検証により、夏季の過大評価傾向や冬時期の過小評価傾向は見られたものの、季節を通しての水温波形の傾向を概ね良好に予測可能であった。河川水温の将来予測より、気温の上昇に伴う顕著な河川水温の上昇が確認された。また、水温の上昇幅は季節間で大きく異なり、冬季の上昇幅は 5°C を大きく上回った。今後は、高解像度な地形、河道断面データを反映することによる予測精度の向上を図るとともに、地下水流入に伴う熱輸送の考慮等のモデルの高度化を通して、気候変動が河川水温に及ぼす影響をより詳細に検討する必要がある。

参考文献

- 1) 高橋ら：土木学会論文集 B1(水工学), Vol.77, No.1, pp.98-110, 2021.
- 2) 佐山ら：土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.1, pp.14-29, 2013.
- 3) 福丸ら：土木学会論文集 B1(水工学), Vol.78, No.2, pp.925-930, 2022.