

多摩川における河川水温の解析と鮎遡上との相関性に関する研究

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○西俣 淳一
 芝浦工業大学 鹿嶋 俊介
 芝浦工業大学 正会員 宮本 仁志

1. はじめに

近年、グローバルな気候変動が地先の河川環境に大きな影響を及ぼすことが懸念されている。この河川環境を規定する重要指標の一つとして河川水温が挙げられる。河川水温は水圏の生態系や人間の経済活動に深く関連しており、例えば、都市の人工排水が河川水温を上昇させて水生生物に対して影響を及ぼすことなどが例示される。本研究では、この河川水温の変動特性について首都圏を貫流する多摩川を対象にしてモデル解析を実施した。また、河川水温に敏感に反応する鮎に着目して河川水温と鮎の遡上数の関係を検討した。

2. 対象

2.1 河川流域

図-1に本研究で対象とする多摩川流域と河川水温の観測地点を示す。多摩川は流域面積 1240km²、南北方向に 20km、東西方向に 115km の羽状流域であり、流域内人口は約 425 万人である。上流域は森林に覆われているのに対し、下流域は東京都と神奈川の県境を流れており都市化が著しい。また、中下流域では 8 つの水再生センターが点在しており、年間を通して 23℃前後の温排水が多摩川に流入している。

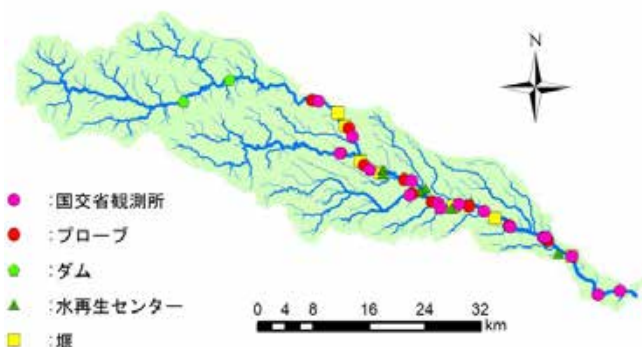


図-1 多摩川流域と水温観測地点

2.2 データ

本報では、2014 年から 10 地点でモニタリングしている河川水温に加え、水文水質データベースより多摩川の流量データ、気象庁より気象観測データを使用した。また、鮎の遡上数は東京都が実施する調査データ¹⁾を使用した。これは、河口より 11km の調布取水口付近において 1 日あたりに定置網で採取された鮎の個体数および水温を計測したものである。ここで、各年の推定総遡上数は期間中に採取された鮎の個体数を入網率(0.054~0.1)で割ることで算出されている。鮎遡上数分析の対象期間は 2006~2017 年度のうち欠損の多い 2008 年度を除く 11 年間とした。

3. 水温解析モデル

3.1 基礎方程式

本研究では、次式の一次元熱輸送方程式²⁾を用い、多摩川下流部においての水温解析を行った。

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

ここに、 T_w ：河川水温、 V ：流下方向断面平均流速、 A ：流水断面積、 C_w ：水の定圧比熱、 ρ_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} ：蒸発に伴う潜熱量、 H_{se} ：熱伝達に伴う顕熱量、 H_{bed} ：潤辺からの熱フラックス、 x ：流下方向座標、 t ：時間座標、 q_x ：単位長さ当りの横流入量、 T_{wl} ：横流入水の水温、である。

3.2 解析方法の概要

モデル²⁾の解析区間は、2014 年度より水温モニタリングを行っている#2(河口より 24km)と#1(河口より 18km)地点の間とし、下流側の#1 地点の河川水温を予測した。解析期間は 2015/1/1-2015/1/8 の 8 日間である。解析に必要な気象データは気象庁府中気象観測所と東京気象台のデータを用いた。流量は水文水質データベースで公開されてい

キーワード 河川水温 下水温排水 一次元熱輸送方程式 鮎 多摩川

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 宮本仁志 miyamo@shibaura-it.ac.jp

る石原観測所での観測値を補正³⁾することで解析対象地点の流量を推定し、解析に用いた。

解析の実行に際して、観測地点の水深 $h_{\#1}$ と解析区間の横流入水温 T_{wl} は観測値が得られていないため、本報ではモデルパラメータとして取り扱い、観測水温と解析水温の二乗誤差が最小になるように同定した。水深 $h_{\#1}$ に関して、具体的には表-1に示すように、解析区間の流水断面積を長方形幅広断面と仮定し、マンニングの粗度係数 n および川幅の補正係数 a をパラメータとして設定している。

表-1 モデルにおける水深と横流入水温の設定

種類		設定範囲	刻み幅
粗度係数	$h'_{\#1} = \left(\frac{nQ_{\#1}}{ai\sqrt{B}}\right)^{\frac{3}{5}}$	$n = 0.020 \sim 0.060$	0.005
川幅の補正係数		$a = 0.75 \sim 3.00$	0.05
横流入水温	$T_{wl} = b$	$b = 0.0 \sim 12.0$	1.0

その結果、 $n = 0.06, a = 2.95, b = 12.0$ と同定された。川幅の補正係数 a が大きな値となるが、これは解析区間内の堰堤が流速を低減させる効果が川幅のパラメータに反映されたためと考えられる。

4. 結果と考察

4. 1 水温解析

図-2に解析モデルによる予測水温と観測水温の時系列を示す。ここでは、#1 地点の水温に加えて、上流端の#2 地点での河川水温も併示している。これより、地点#2 から#1 へ流下するに伴って河川水温は下降しており、冬季の多摩川下流部では河川水塊は放熱過程にあることがわかる。予測水温はこの降温変化を

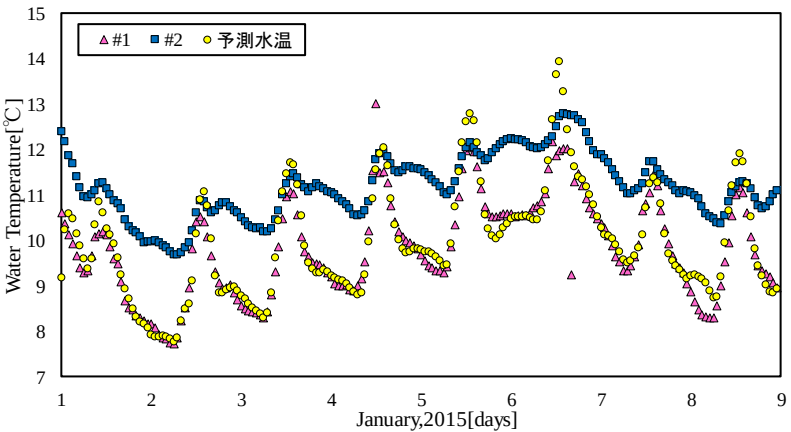


図-2 解析モデルによる予測水温と観測水温の時系列

よく再現できていることが確認される。観測水温と予測水温の平均残差は 0.30°C であった。ただし、水温の極大・極小の部分で誤差が大きくなる場合があり、それらの検討は今後の課題である。

4. 2 鮎の遡上数と河川水温の関係

図-3 に鮎が平均日遡上数以上を記録した日の平均水温の分布を示す。ここでは、鮎の遡上数と河川水温との関係を明確に検討するために、それぞれの年において平均日遡上数以上となった日の水温データのみを集計に用い、さらに、大量遡上を記録した年の箱ひげ図を赤色で着色させた。ここで、大量遡上年は観測開始 1983 年から 2017 年まで 35 年間における平均年遡上数の 2 倍(346 万匹)を超える年と定義した。図-3 より、赤色の箱ひげ図で示された大量遡上年における鮎の日遡上数と高河川水温のあいだに明確な相関があることが確認できる。

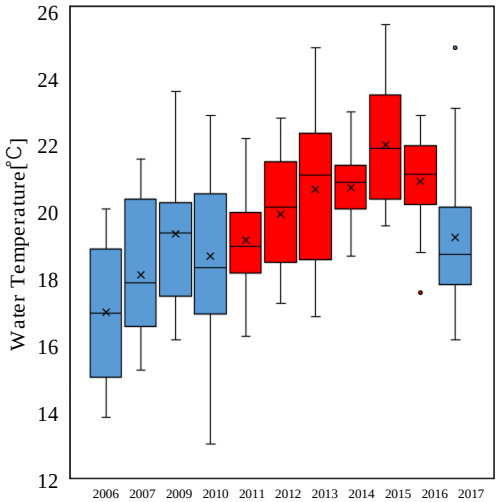


図-3 鮎が平均日遡上数を

記録した日の平均水温の分布

特に、2013～2016 年はその傾向が顕著であり、高い河川水温を記録した日に多くの鮎が遡上したことがわかる。今後は、河口域での海水温や気温との関連性も吟味した上で、地球温暖化や下水温排水の影響を考慮した河川の熱環境と鮎の生態との関係性を検討していく予定である。

4. 3 まとめ

本報では、多摩川下流部における河川水温の変動特性についてモデル解析を行い、河川水温に敏感に反応する鮎に着目して河川水温と鮎の遡上数の関係を検討した。その結果、大量遡上年における鮎の日遡上数と高河川水温のあいだで明確な相関が確認された。今後は、モデル解析を多摩川流域の全体に適用するとともに、河川の熱環境と鮎の生態との関係性を詳細に検討する予定である。

【参考文献】1)東京都島しょ農林水産総合センター <http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/1.html> 2)宮本、菅原、道奥:上・中・下流域における河川水温の形成要因に関する解析的検討,水工学論文集,第 53 巻,pp.1153-1158, 2009. 3)宮本、橋本、道奥:河道リンク/マグニチュードと流域面積・河川流量の関係,水工学論文集,第 54 巻,pp.1201-1206, 2010.