

タンクモデルによる河川水温予測

熊本大学工学部土木建築学専攻 学生会員 武田祐樹
 熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター 正会員 石田桂
 熊本大学自然科学教育部 学生会員 永里赴義
 熊本大学自然科学教育部 学生会員 坂口大珠

1. はじめに

地球温暖化によって日本の平均気温は1898年以降100年あたりおよそ1.2°Cの割合で上昇している。平均気温上昇とともに、日本国内の河川水温の上昇も確認されている。例えば、全国の公共用水域のうち、3, 4割程度の地点河川水温が有意に上昇していることが報告されている¹⁾。ここで、河川水温の上昇によって河川生物の生態系を変質させる可能性がある。したがって、生態系の保全において、河川水温の長期的な予測は重要である。

既往研究では、河川水温の予測において熱収支式が用いられている。例えば、近藤(1995)の計算モデルでは河川水温の日変化を水面・大気間の熱交換および河床の地中伝導熱が考慮された熱収支式を用いて河川水温を求めている。²⁾ここで、地球温暖化の影響による河川水温変化の予測を対象とする場合、より広範囲かつ長期的な河川水温の予測が求められる。しかしながら、多くの既往研究では小流域かつ、短期間の河川水温の予測を対象としている。そこで、本研究ではタンクモデルと熱収支式を組み合わせることにより、長期間の河川水温を対象とした予測を行う。

2. 手法

(1) タンクモデル

タンクモデルは、観測データのある降雨量と河川流量の関係を流域単位でモデル化する手法である。本研究では流域を図-1のような直列四段タンクに見立てたモデルを用いる。ここで、直列四段のタンクモデルでは16個のパラメータが必要である。

表-1 タンクモデルのパラメータ

変数名		単位	値
流出口係数	a1	1/d	0.2
	a2		0.2
	a3		0.05
	a4		0.01
	a5		0.001
流出口高さ	z1	mm	30
	z2		15
	z3		15
	z4		15
浸透口係数	b1	1/d	0.2
	b2		0.05
	b3		0.01
初期水深	S1(0)	mm	5
	S2(0)		10
	S3(0)		50
	S4(0)		300

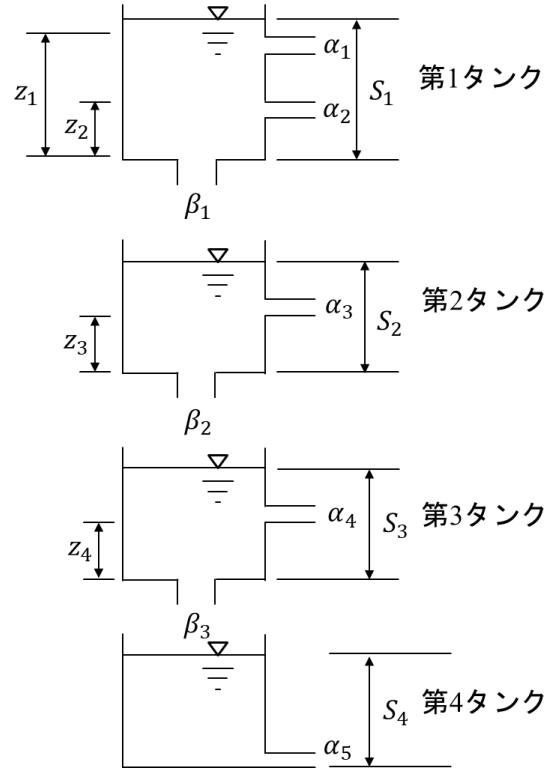


図-1 タンクモデル

(2) 熱収支式

河川水温推定の熱収支式は野澤ら(2009)が降雨浸透水による熱輸送量の計算式を用いた。³⁾

一般タンクモデル法の浸透量は流出高 R (mm) で表されるが、熱量の計算にはタンクの水平面積を1平方メートルとみなすことによって、同値の浸透量 R (kg) として用いることができる。当該タンクの水分量を W (mm), 上位からの流入水分量を R (mm,kg), 浸透熱量を q_r (kJ), 水の比熱 $C_w = 4.1855$ (kJ/kg*K), タンク内の水温を T とすると、流入水分が輸送する熱量は以下のように計算できる。

1段目のタンクは上位が大気層であるから、流入水分量は降水量 r (mm,kg) を用いるものとする、タンク ($n=1\sim 3$) に対する流入水分量 R の輸送熱量 $\Delta Q_{r(n)}$ は次式によって計算できる。

$$\begin{aligned}
 R_{(0)} &= r(\tau) \\
 \Delta W_{(n)} &= R_{(n-1)} - R_{(n)} \\
 \hat{W}_{(n)} &= W_{(n)} + \Delta W_{(n)} \\
 q_{r(n)} &= C_w R_{(n-1)} (kg) T_{(n-1)} \\
 \Delta Q_{r(n)} &= q_{r(n-1)} - q_{r(n)}
 \end{aligned}$$

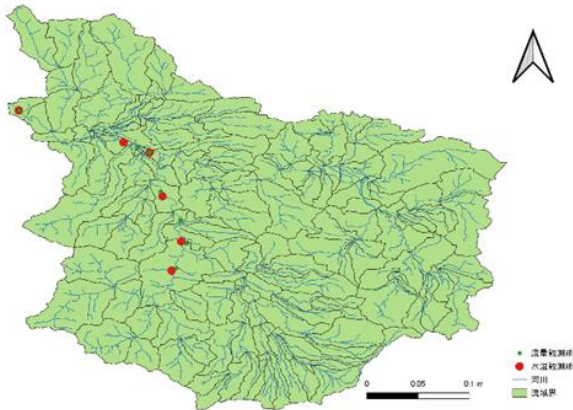


図-2 筑後川上流

到達熱容量 \hat{C}_n とすると到達熱量 \hat{Q}_n 及び到達温度 \hat{T}_n は

$$\begin{aligned} \hat{Q}_n &= Q_n + \Delta Q_{r(n)} \\ \hat{C}_n &= C_w \hat{W}_n \\ \hat{T}_n &= \hat{Q}_n / \hat{C}_n \end{aligned}$$

3. 対象地・データセット

本研究では筑後川上流を対象地とした(図-2)。筑後川は、九州最大の1級河川で幹川流路延長は143キロメートル、流域面積は2860平方キロメートル。筑後川には多様な生物が生息しており、上流ではアユ漁も盛んである。上流部にのみ限定した理由としては、必要なデータである流量と水温のデータを観測している観測所が近傍に存在している観測点が複数必要であり、下流ではそういった観測点が少ないためである。

降水量データはAsian Precipitation - Highly Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of Water Resources(APHRODITE)から取得したデータを用いた。APHRODITEは観測データを基にした空間解像度が5キロメートルである日降水量グリッドデータである、本研究ではグリッドデータから筑後川上流の流域平均日降水量を求めた。流量データと水温データは水文水質データベースから荒瀬観測所におけるデータを取得した。流量データは日平均流量である。水温データは年数回の計測が行われているデータを用いた。気温データは気象庁の過去のデータから大分県日田市の日平均気温を取得した。降水量データは1980~2015年、流量データは1976~1991, 1994~1996, 1999~2021年のデータが存在し、本研究では、いずれも1999~2015年のデータを用いた。

4. 結果

(1) 流量推定

荒瀬での流出解析の結果について図-3 に示す。今回の流量推定では NSE は 0.087 であった。したがって、モデルの推定精度は高いとは言えない。

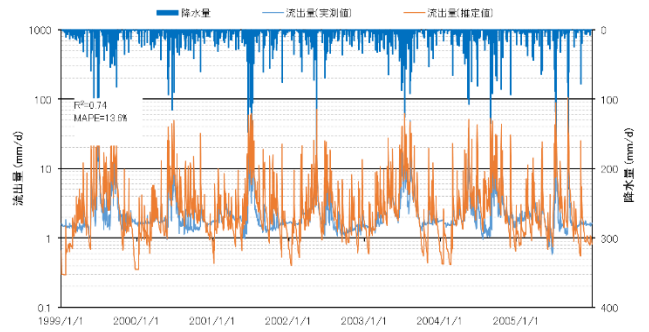


図-3 流量推定

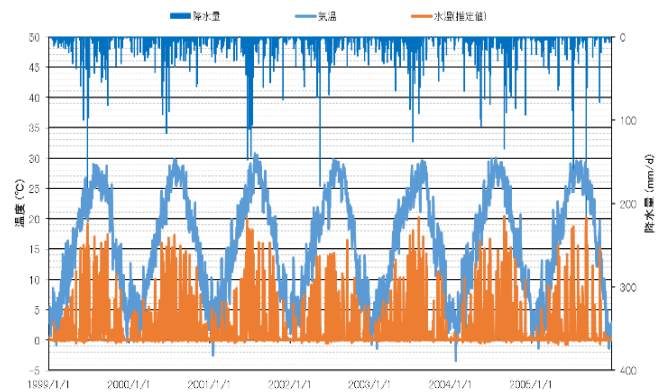


図-4 水温推定

(2) 水温推定

荒瀬での水温推定の結果について図-4 に示す。

5. まとめ

本研究では、タンクモデルを用いて気象データから河川の流量と水温を推定した。流量の推定については、モデルの推定精度は高いとは言えない。今後、SCE-UA法など、様々なパラメータの最適化法を検討する必要がある。水温の推定について、推定精度のより詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局水環境課：気候変動による水質等への影響解明調査，2013
- 2) 近藤純正：河川水温の日変化(1)計算モデル-異常昇温と魚の大量死事件-，水文・水資源学会誌，vol8No.2pp184-196,1995
- 3) 野澤種美，石井栄一，北野義則，宮野忠：熱収支を取り入れた降雨浸透型タンクモデルの同定に関する基礎的研究，関東学院大学工学会研究報告，(2)41-51,2009