

神戸大学工学部 学生員 ○萩迫 隆弘
 神戸大学大学院 学生員 浦野 仁志

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

1. はじめに

近年、源流から河口に至るまでを一貫した、流域全域で整合のとれた河川環境整備が重要となっている。井堰はその上流側の河道区間において河川の流れを相対的に滞留させる。その結果、流速の低下や水深の増大といった流水環境の変化をもたらす。河川において井堰の設置数は非常に多いので、井堰は水系規模で河川環境に影響を及ぼす可能性がある。本報では、河川環境指標の中でも重要な指標である河川水温に着目し、井堰をモデル化した水温解析モデルを構築する。試験流域の中流部を対象にして、井堰の有無による河川水温への影響を検討する。

2. 対象流域と河川水温モニタリング

対象流域は兵庫県南西部に位置する一級河川揖保川流域である。水温観測地点は、河道位数ごとに数点選び、流域全体が網羅されるように31地点を設定¹⁾しており、その各地点で水温を1時間毎に自動計測する水温プローブを設置している。図-1に揖保川流域における、水温プローブの設置位置、土地利用及び井堰等の位置を示す。これより、井堰は水田に水を引く灌漑目的のために設置されているため、土地利用の形態にほぼ合わせるかたちで水系全体に挿入されていることがわかる。

図-2に2011年7~9月における揖保川本川の河川水温（上流 No.6, 中流 No.12, 下流 No.17）と降水量・日照時間との関係を示す。上流から下流に伴って河川水温は上昇する傾向が見られる。9月上旬, 中旬においては台風の襲来に伴い大きな出水が発生し、それによって河川水温が低下していることが明瞭に判断できる。出水時においては、日照時間の減少に加えて河川の流速・水深が増大することから、河川水温の挙動は流速・水深の影響を大きく受けることがわかる。井堰は流速・水深を変化させるものであるため、井堰の有無によっても河川水温の挙動は変化することが示唆される。

3. 井堰モデルの概要

井堰をモデル化した水温解析モデルは、既往の水温解析モデル¹⁾に井堰による流速・水深の変化を導入することによって構築した。本報では、観測点 No.11-12 間を対象にして井堰モデルを構築する。No.11 の観測水温

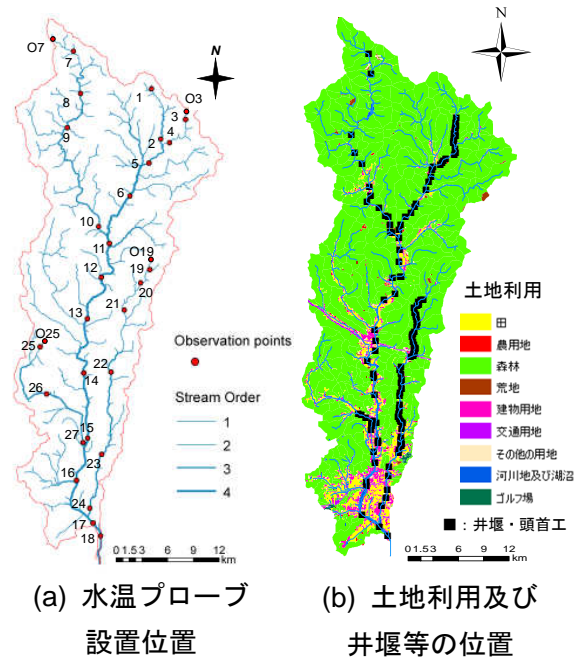


図-1 揖保川流域図

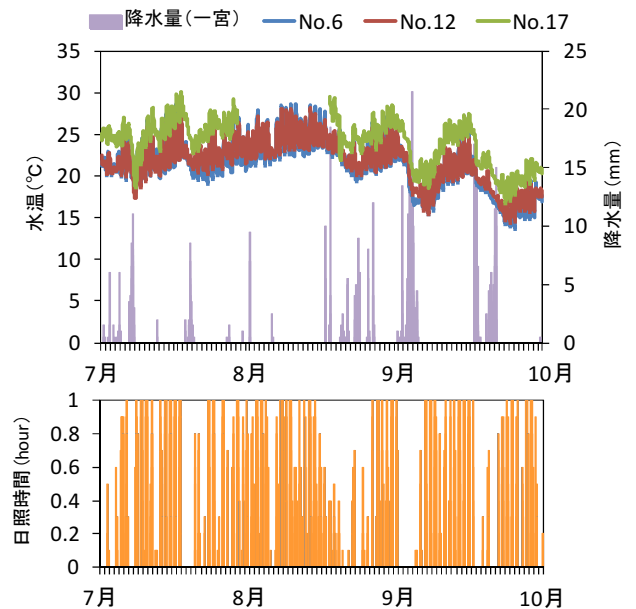


図-2 河川水温と降水量・日照時間との関係 (2011年7~9月, 揖保川 No.6,12,17)

をインプットデータとして、No.12 の水温を解析的に求める。井堰によって変化する流速・水深を求めるにあたっては、以下に示す修正レーボック式²⁾による井堰の越流量公式を用いた。

$$Q = CBH_{of}^{\frac{3}{2}} \tag{1}$$

$$C = 1.785 + \left(\frac{0.00295}{H_{of}} + 0.237 \times \frac{H_{of}}{H_d} \right) (1 + \varepsilon) \tag{2}$$

ここに、 Q : 越流量 (m³/s), B : 堰幅(m), H_{of} : 越流水深 (m), C : 流量係数 (m^{1/2}/s), H_d : 堰高 (m), ε : 補正項 ($H_d \leq 1$ のとき $\varepsilon = 0$, $H_d > 1$ のとき $\varepsilon = 0.55(H_d - 1)$) である。

本報では、越流量 Q を河川流量、堰幅 B を河川幅として扱う。これら Q, B をもとに越流水深 H_{of} を式(1), (2)で繰り返し計算することにより導出し、これより堰上流側での平均水深 H は次のように求まる。

$$H = H_d + H_{of} \tag{3}$$

また、平均流速 V は、河川流量 Q と二次放物線を仮定した水深 H の流水断面積を用いて算定した。

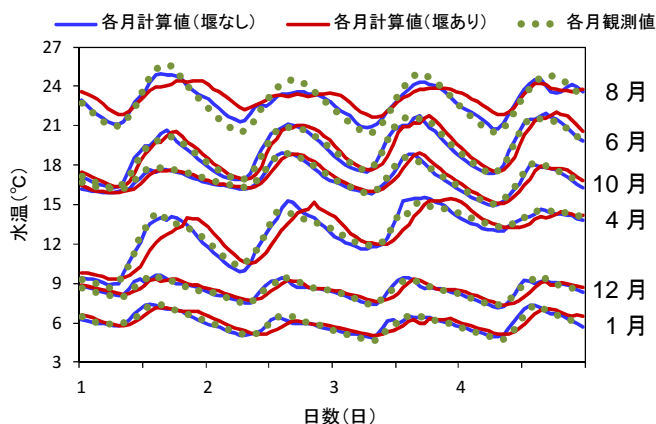
4. 井堰が水温に及ぼす影響

図-3に2006年6月11~14日, 8月7~10日, 10月11~14日, 12月3~6日, 2007年1月12~15日, 4月19~22日における、井堰のモデル化の有無による計算水温の違い及び日最高水温・日最低水温の差(モデル化ありーモデル化なし)を示す。図-3(a)より、水温日変動の位相に関して、いずれの月においても井堰をモデル化した場合の方が2~4時間の遅れをとることがわかる。遅れが生じる原因は流速が遅くなるためであるが、これは河川水温モニタリングの結果からは現実的な水温挙動とは言えないため、井堰モデルを改善する余地がある。

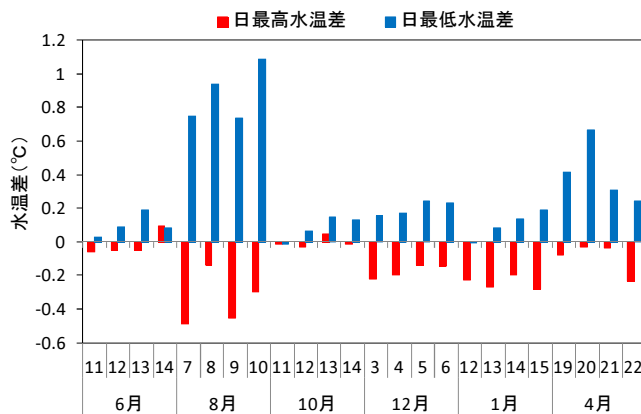
図-3(b)より、全体的な傾向として、井堰モデルを導入した場合、日最高水温は下降する方向に、日最低水温は上昇する方向に変化することがわかる。また、その下降・上昇度合を月別に見てみると、8月が最も大きく、反対に6月や10月は小さいことがわかる。よって、日較差に関しては、井堰モデルを導入した場合の方が減少する傾向があることがわかり、日較差の減少の度合いは8月が最も大きく、6月や10月は小さいことがわかる。以上から、8月は井堰が河川水温に及ぼす影響が最も大きくなり、それは日変動の仕方を鈍くするという形で現れると推測される。

以上、本報では中流域の一部の河道区間を対象にして井堰モデルを構築し、水温挙動の変化を検討した。その結果、井堰の存在は水温日較差を小さくする方向に働く結果となった。今後は、現地観測データを用いて井堰モデルの改良を行い、水系全体に存在する井堰が水温形成機構に及ぼす影響を検討する予定である。

【参考文献】1) 宮本ら, 水工学論文集, 第53巻, pp.1153-1158, 2009. 2) 椿東一郎, 荒木正夫: 水理学演習上巻, 森北出版, 288p, 1974.



(a) 計算水温



(b) 日最高水温・日最低水温の差

図-3 井堰のモデル化の有無による違い
(2006年6月, 8月, 10月, 12月,
2007年1月, 4月の各4日間)