

II-9 ダム減水区間における水温分布の再現モデル

川商ジェコス株式会社 正会員 ○ 藤田 博行
徳島大学工学部 正会員 岡部 健士

1. はじめに ダム減水区間における水環境諸問題への対応策の 1 つとして行われている河川維持放流の評価には、減水区間が河川生態系の構造や生物群集に及ぼす影響と維持放流の効果に関する状況把握が不可欠である。本研究では、その影響を示す指標の 1 つと考えられる水温に着目する。ここではダム減水区間における水温分布の再現モデルの構築を試みることを目的とし、今後はそのモデルを用いて溪流の水温環境改善の検討を行う予定である。なお、本研究は 1999 年より 6 カ年計画で徳島県より土木学会に委託された勝浦川の河川環境調査の一環として実施されたものである。

2. 対象地域 対象河川は徳島県内を流れ紀伊水道に注ぐ二級河川勝浦川である。この河川には河口から 31.7km 地点に多目的ダムである正木ダム（有効貯水量 1190 万 m^3 ）が設置されている。ここで取水された発電用水は約 8km 下流の勝浦発電所までバイパスされている。そのため正木ダムから勝浦発電所までの間は流量が少ない減水区間となっている。また、平常時に水路式発電を行う正木ダム減水区間では、特に夏季の晴天日に異常な水温上昇が生じ、減水区間の生態系に何らかの影響を及ぼしているものと思われる。図-1 にダム減水区間概略図を示す。

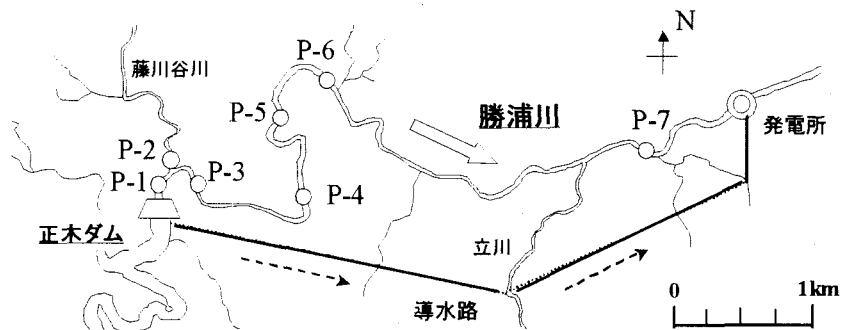


図-1 ダム減水区間概略図

3. 数値解析 本モデルでは、流れ計算に対しては 1 次元不定流方程式を用い、水温計算に対しては 1 次元熱収支方程式を用いる。以下 (1) ~ (3) に基礎式を示す。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_s \quad \cdots \cdots (1) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} - D_M \frac{\partial Q}{\partial x} \right) = -gA \left(\frac{\partial H}{\partial x} + I_E \right) \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (AT) + \frac{\partial}{\partial x} \left(QT - AD_H \frac{\partial T}{\partial x} \right) = \frac{B_{ws} T_H}{c_w \rho_w} + q_s T_s \quad \cdots \cdots (3)$$

ここに、 t = 時間、 x = 流れ方向の座標、 A = 流れの断面積、 Q = 流水流量、 q_s = 単位長さの側方流入量、 H = 水深、 I_E = エネルギー勾配、 T = 断面内の平均水温、 T_s = 流入水の平均水温、 B_{ws} = 水面幅、 T_H = 水面を介した熱収支量、 c_w = 水の比熱、 ρ_w = 水の密度、 D_M = 運動量拡散係数、 D_H = 熱拡散係数、 g = 重力加速度である。本モデルの計算手順として、曇天日に対して再現計算を行った後、晴天日における水温分布再現計算を行うという 2 段階を経ている。このような手順を経るのは、(3)式右辺第 1 項に示す水面熱交換項 T_H で考慮している因子（潜熱、顕熱、有効逆輻射、日射）のうち、曇天日では顕熱と日射の因子を除外して考えることができるためである。なおここで再現対象とするのは、夏季の連続した晴天日とした。次に、本計算で用いる水温初期条件および諸条件を述べる。

①計算区間および水温初期条件：対象区間はダム下流約 4km (P-1~6) であり、上流端より環境維持放流量である $0.24 \text{ m}^3/\text{sec}$ を定常的に供給し続ける。上流端断面と横流入河川の水温初期条件は、P-1、P-2 での現地計測により得られた水温データを用いる。また、対象区間において実施した河道測量で設定された全 133 横断面の水温初期条件は、P-3~6 での実測水温データを元に、ダムからの流程に比例して水温が上昇するように定めた。

②気温および相対湿度：ダムに隣接する公園内に設置した温度計および湿度計で計測した結果のうち、時間毎の値のみを抽出して用いた。

③日射量：計算区間は山が川にせまってきており、また河道も東西方向から南北方向へと大きく蛇行しているという非常に複雑な地形のため、陽の当たり方も場所によって大きく異なると考えられる。そこで次の3種類の日射量パターンを設定した。i)早朝より陽が当たり出すが夕方早い時間に陽は陰る場合、ii)陽が当たり出す時間は少し遅れるが、夕方遅くまで陽が当たる場合、iii)河道が南北方向に沿っているため、山林によって陽が遮られるので陽が高い時間帯のみ陽が当たる場合、の3種類である。

④風速：2002年8月下旬に現地気象観測を実施したが、天候不良により有効な風速データを得ることができなかった。そのため、徳島県立農林水産総合技術センター農業研究所の気象データベースから計算対象日における風速データを収集して、参考とした。

⑤雲量：ここでいう雲量とは、全天を雲が覆う割合のことである。本計算においては、晴れた日の一般的な雲量として、3割の雲量を与えた。

4. 計算結果 図-2に2002年8月3～5日の連続した晴天日における水温分布再現計算結果を示す。本計算を行うにあたり、計算の安定化のため、計算対象日の前に1日分のデータを追加し、述べ4日分の計算を行っている。図-2より、本数値モデルは実測水温分布を良好に再現できていることが分かる。ただし、詳細に見ていくと不一致な箇所も見られる。P-4の1日目の正午から深夜にかけて、水温の上昇傾向が実測と異なっている。この原因としては、P-3とP-4の間には大小様々な淵が存在しており、流下してきた水はそれらの淵で充分混合されずに、淵の水面近傍の比較的温暖な水が流下しているためと考えられ、実測水温が計算値より高くなっていると推察される。またP-5は二筋流路のうち、左岸側流路が左に折れる直前に位置している。そこは水裏に相当する場所であり、ワンド状になっている。本計算では、水が充分混合しながら流下する状況を想定しているために、計算により実測値と大きく異なる水温分布が得られたと考えられる。

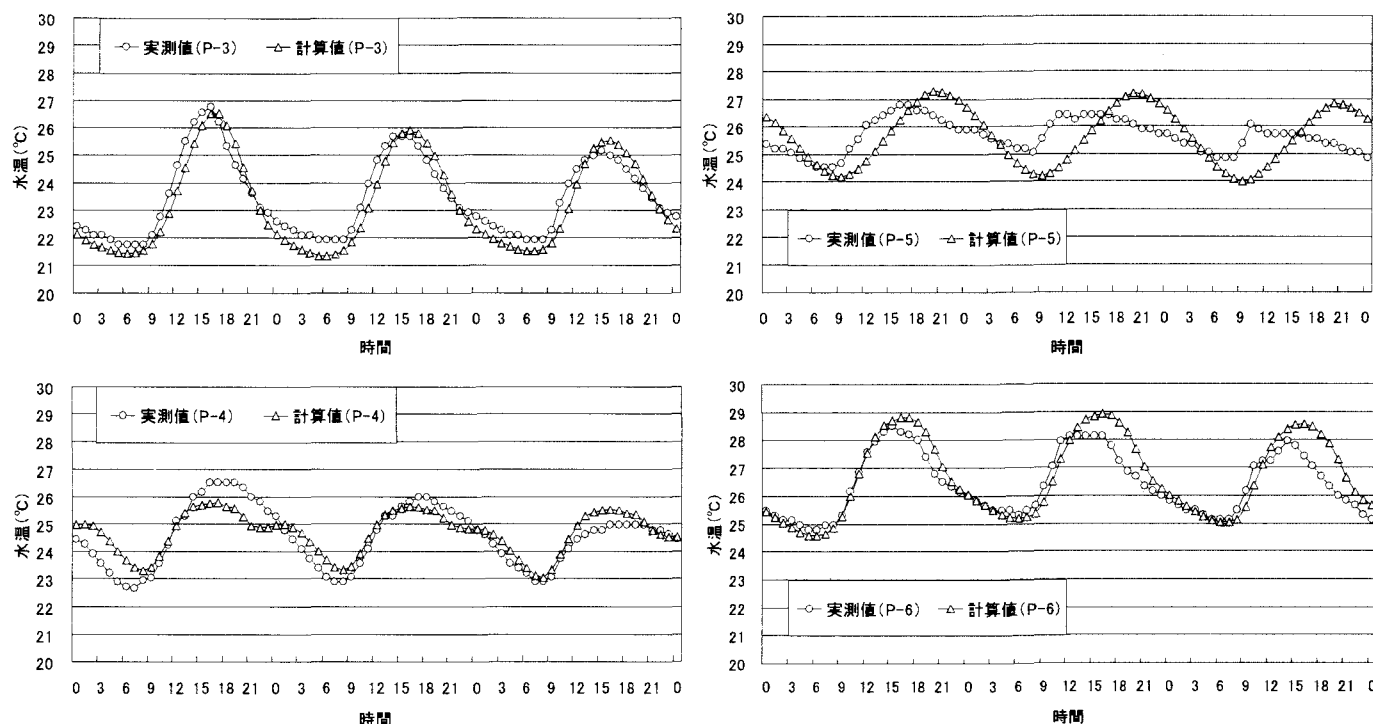


図-2 水温分布再現計算結果（8月3～5日）

5. まとめ 本研究では、徳島県正木ダム減水区間を対象とした水温分布モデルを構築し、それを適用させて水温分布の再現を試みた。本モデルを用いた再現計算結果は、概ね良好な水温分布の再現を示すことができた。今後はさらに、本モデルを用いて渓流水温環境の改善策を検討していく予定である。

参考文献 藤田博行：ダム減水区間における水温環境に関する研究、徳島大学修士論文、2004