

筑後川上流の堰上流湛水域における滞留特性が水環境に与える影響に関する現地観測

九州大学大学院 学生員 齋藤正徳 正会員 矢野真一郎 フェロー 小松利光
 西日本技術開発株式会社 正会員 井芹 寧 西松建設株式会社 高木太志
 国土交通省筑後川河川事務所 中村健一・山本隆利

1. 目的

近年、大河川に設けられている河口堰の直上では、滞留時間の増大により浮遊性藻類が増殖し、水質障害の発生が報告されている¹⁾。筑後川上流の日田市市内にある三川分岐地点の堰上流湛水域において、停滞水域の発生に伴う水環境の悪化が危惧されているが現在のところ重大な水質汚濁は報告されていない^{2),3)}。しかし、視覚的な問題として、ゴミや泡の浮遊、ならびに河川水の透明感の欠如などが恒常的に見られる。鶴飼い見物のための屋形船で有名なこの湛水域一帯は、市民の憩いの場や観光資源としての景観の改善や、アユの生息環境保全という高度な水環境の改善が住民等により要望されている。

そこで、本研究では同湛水域における水環境の保全・改善策を検討することを最終的な目的として、流動構造と水質構造の現地観測を実施し、流量の増減に伴う滞留特性が水環境に与える影響を検討した。

2. 現地観測について

(1) 現地観測の対象領域

対象領域は三川分岐後の堰（三隈堰・島内堰・庄手堰）直上から上流に向かって約1kmの区間である(図-1)。湛水域の面積は0.18km²、容積は43万m³、平均水深は2.4mである。三川の分派比は、現地調査結果^{2),3)}より、本川：隈川：庄手川 = 7：1：2となっていた。

(2) 現地観測の概要

2003年の1月16、17日の両日、7月10日、ならびに12月16日に超音波ドップラー流速計(以下、ADCP)(Workhorse ADCP 1200kHz, RD-Instruments 社製)1台を使用し、観測船の船首にADCPとDGPSを設置して、おおむね20～50mの間隔で測線を設定し曳航観測を行った。また、2003年の7月11、25日、8月11、22日、9月4日と2004年の7月27日、8月4、11、18日に多項目水質計YSI6600(YSI ナノテック社製)を使用して図-1に示す測点で水質観測を行った。観測項目は水温、溶存酸素濃度、pH、電気伝導度、濁度、クロロフィルaである。2004年7月27日のみ図-1に示す2カ所の採水点において表層水を採水し、ホルマリン固定した。その後、試験室に持ち帰り、各試料を遠心分離器(3,000rpm, 10min)で濃縮後、罫線入り計数板に分取し、位相差顕微鏡を用いて植物プランクトンの計数を行った。

(3) 現地観測結果

2004年7月27日に水質観測の結果によると、水面下0.5mにおけるクロロフィルaの水平分布図(図-2)より、島内堰の上流域のみでクロロフィルaが高く、20µg/Lを超え

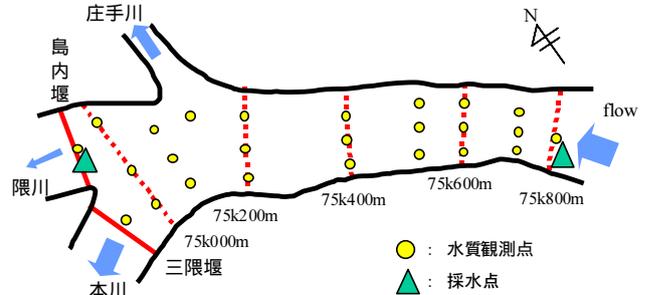


図-1 観測領域と水質観測の測点

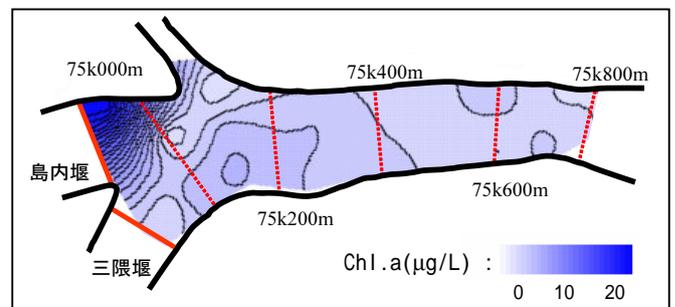


図-2 7月27日のChl. a濃度分布図(水表面下0.5m)

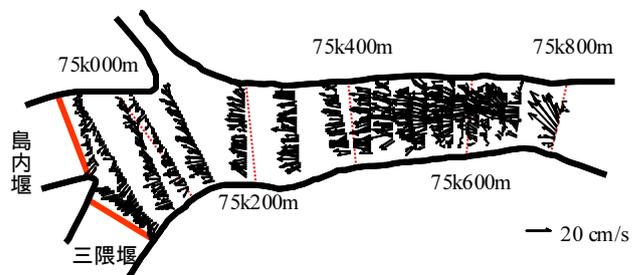


図-3 水深平均流速ベクトル(流量43.8m³/s)

ていることが分かる。湛水域上流に位置している小測地点の流量によると、このときの流量は40.5m³/sであり豊水流量に相当していた。4回のADCP流動観測の中で、この流量に最も近い流量のとき(43.8m³/s)の水深平均流速ベクトル図を図-3に示す。島内堰上流域では流れが弱く、停滞していることがわかる。また、図-4に示す島内堰直上における小測での流量と濁度の関係から、流量が減少すると濁度が低下する傾向にあることが分かる。

次に、藻類調査結果によると湛水域上流端地点で2,085cells/mL、島内堰地点で1,624cells/mLの現存量が確認された。そのうち浮遊性藻類のMicrocystis sp、Chroococcus spについては、流下に伴って細胞数が135157cells/mLと増加を示した。また、河川付着藻類については細胞数が1,023410cells/mLに減少した。これは湛

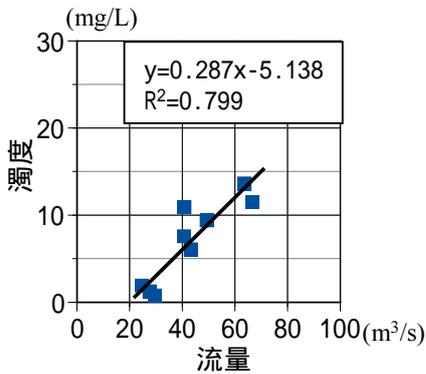


図-4 島内堰直上における流量と濁度の相関

水域内で流下に伴って沈降していくことによる減少と思われる。このように湛水域内で藻類の生産、沈降作用が確認された。

3. 島内堰上流域の滞留特性について

(1) 粒子追跡計算

島内堰上流域の滞留特性を把握するために、ADCP による流動観測データを使用し3次元粒子追跡計算を行った。計算領域は湛水域全域とし、計算に使用する流速データは、以下の手順で作製した。まず、離散的なADCP観測データをIDW(Inverse Distance Weighted)空間補間により、水平方向10m、鉛直方向1mのスタッガード格子に内挿した。その後、それら格子上の流速データが連続条件を満足するようにマスコンモデルにより修正した。粒子追跡計算には、石塚⁴⁾のオイラー・ラグランジュ法による3次元粒子追跡計算コードをベースに使用した。水平方向の渦動拡散係数にはSGSモデルを採用し、鉛直方向の渦動拡散係数は0.0022m²/sとした。

図-5に示す粒子投入箇所から1分毎に約130個流し続け、湛水域に存在する粒子がほぼ均等になるまで計算し、それぞれの領域に存在する粒子の平均年齢を求めた。また、図-5に示す島内堰上流域に約8,200個の粒子を均等に配置し、その投入粒子の残存率の時間変化である残余関数を時間積分することにより算出した平均滞留時間を求めた。

(2) 計算結果

まず、流量が43.8m³/sのときの水深0mから1mまでの表層に存在していた粒子の平均年齢の分布図を図-6に示す。島内堰上流域で他の2つの堰直上に較べて高い値を示し、図-5に示す島内堰直上の領域では平均年齢は約6時間となった。次に、島内堰上流域における流量と平均滞留時間の関係を図-7に示す。流量が減少すると平均滞留時間が大きくなり、滞留傾向が強くなるのがわかる。また、流量43.8m³/sのときは平均滞留時間が2時間程度であった。

以上の計算結果を藻類調査の結果と照らし合わせてみた。Microcystis spとChroococcus spの湛水域上端における細胞数が、島内堰直上での細胞数へ増加するのに要する時間を比増殖速度を用いて計算したところ、5~6時間程度となった。これは、湛水域上流端から島内堰直上まで流下するのに要する時間と同程度である。したがって、本調査による浮遊性藻類の増殖は上流端から流下する間

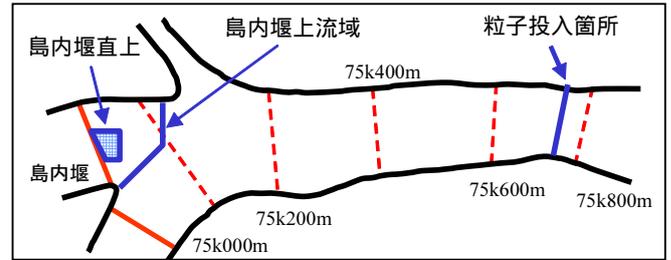


図-5 粒子追跡計算の設定

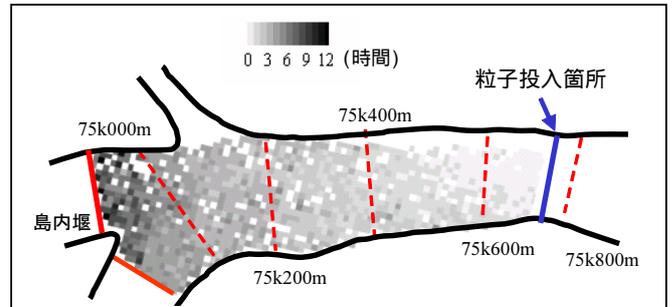


図-6 表層の平均年齢の分布図 (流量 43.8m³/s)

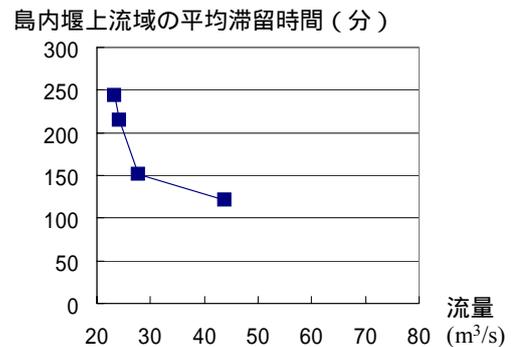


図-7 島内堰上流域における流量と平均滞留時間の関係

に行われた可能性が示唆された。

4. 結論

筑後川上流域の日田市内の堰上流湛水域で以下のような知見が得られた。この湛水域では特に島内堰上流域で滞留傾向が強い。流量が減少すると、より滞留傾向が強くなり、濁度が減少することに伴い水中の光量子が増加し浮遊性藻類が増殖しやすい環境になると考えられる。なお、本研究は、国土交通省筑後川河川事務所による筑後川における「筑後川上流河川環境特性検討会」における総合的な調査研究の一環として実施されたことを付記する。

参考文献

- 1)村上哲生, 西條八束, 奥田節夫: 河口堰, 講談社, 2000.
- 2)株式会社建設技術研究所: 日田地区水環境調査検討業務報告書, 2000.
- 3)株式会社建設技術研究所: 日田地区水環境調査検討概要報告書, 2001.
- 4)石塚正秀: オイラー・ラグランジュ法による3次元粒子追跡シミュレーション, 水理公式集例題プログラム集平成13年度版, 土木学会, 2002.