

利根川感潮域における塩水流動の現地観測および数値計算

国土交通省 北陸地方整備局 信濃川下流河川事務所工務課
 東京工業大学大学院
 東京工業大学大学院

正会員 ○小林 侑
 非会員 佐々木努
 フェロー 石川忠晴

1. はじめに

感潮域に河口堰が建設されると塩水楔が停滞し、鉛直混合が抑制されるため貧酸素水塊が発生しやすくなる¹⁾。一方、流量が増大して塩水楔が大きく移動すると底層に酸素が供給されるため水環境が改善されると考えられる。しかし塩水楔が大きく移動する様子を観測した事例はほとんどない。そこで本研究では、利根川感潮域を対象に、流量が増加した期間に塩分および流速の現地観測を行い、塩水楔の運動状況を把握するとともに、楔先端付近の流れ構造について解析した。また鉛直二次元塩水流動モデルを用いて水理条件と塩水楔の運動の関係を解析し観測結果と比較し検討した。

2. 現地観測

図-1 に本研究の対象水域を示す。“KP”は河口からの縦断距離を表す。河口から18.5kmに河口堰があり、布川流量（河口から76.5km）と堰上下流の水位に応じてゲート操作が行われる。布川流量が約250m³/sを超えるとゲートが全開される。河道は複断面であり、大きな蛇行部はなく概ね直線的で、河床はほぼ水平である。

観測区間は2～18KPとした。多項目水質計（JFEアレック製：AAQ1182）とADCP（RD Instruments製：1200kHz）を用いて、塩分と流速の鉛直プロフィールを計測した。塩水楔先端から下流に概ね6kmの区間で1kmごとに計測を行い、それを1roundとして、一日に4～6roundを行い、潮位変動に伴う塩水流動の変化を計測した。観測は2009年6月23日～25日、9月3日～5日に行った。以下、それぞれ6月観測、9月観測と呼ぶ。6月観測は大潮で潮位の干満差は1.63m、9月観測は大潮で干満差1.03mであった。

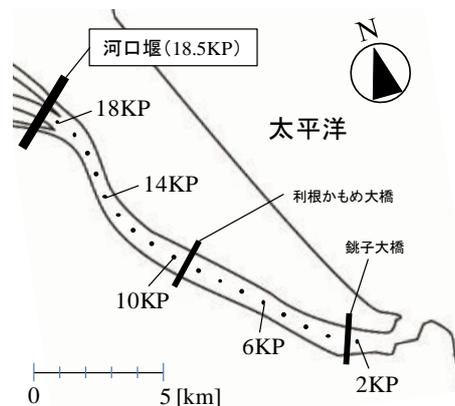


図-1 利根川感潮域の平面図

3. 観測結果

(1) 6月観測

6月観測は下げ潮の半ばで観測を開始し、低潮時の堰通過流量は700～1,200m³/s程度で、3日間とも塩水楔の後退する様子が捉えられた。その例として6月25日の観測結果を図-2に示す。a)は水理条件と観測時間帯、b)とc)は塩分と流速の分布図である。round1で塩水楔は11KPまで後退していた。淡水層の順流が卓越しており、潮位の低下とともに塩水楔は後退した。round4では塩水楔は3KPまで後退した。平均的な塩水楔の後退速度は約0.65m/sであり、これは塩水楔先端付近で計測された流速（大きくて0.5m/s）よりも大きかった。このことから、塩水楔が後退していく現象は塩水自体の移流と、塩水楔先端付近における拡散の二つの要因の組み合わせであると考えられる。

(2) 9月観測

9月観測では4日に塩水楔の遡上が捉えられた。図-3に観測結
 キーワード：感潮域，塩水楔，塩水流動計測，鉛直二次元モデル
 連絡先：〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町4259 G5-3

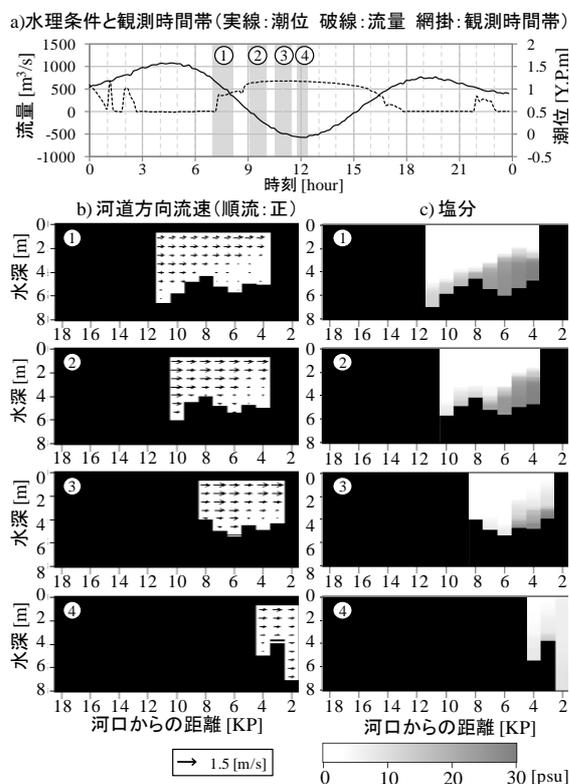


図-2 6月25日観測結果

Email:koba84u@hotmail.com

果を示す。低潮時の堰通過流量は $500\text{m}^3/\text{s}$ 程度であった。round1では塩水楔は 7KP まで後退しており、淡水層で順流、塩水層で逆流であった。その後潮位の上昇に伴い淡水層が徐々に逆流に転じ、塩水層での逆流はより明確に見られるようになった。これに伴い塩水楔は 12KP まで遡上した。塩水楔が遡上を開始したのは round2以降であり、塩水楔の運動が潮汐の位相に遅れることが分かる。また、塩水楔の遡上速度は約 0.28m/s であり、塩水楔先端付近の流速 ($0.3\sim 0.5\text{m/s}$) よりも小さい傾向にあった。これは塩水楔先端付近で希釈された塩水が上層に連行されるためと考えられた。

4. 数値計算

(1) 計算の概要

中村ら²⁾が開発した CIP-Soroban 法に基づく鉛直二次元モデルを用いて塩水楔の運動のシミュレーションを行った。計算期間は観測の前1週間を助走期間とし、それぞれ6月15日～6月25日、8月25日～9月5日とした。本モデルでは、河床からの高さと同幅の関係を与える必要がある。本研究では、500m ごとの横断面測量結果に基づき、べき関数により平均的な断面形を作成し、一様断面の河道として計算を行った。

(2) 計算結果

底面塩分に関する計算結果を図-4、図-5に濃淡で示す。図中の ⊗ は現地観測で捉えられた塩水楔先端位置である。なお図の上側には潮位波形を示している。23日と25日に低濃度の塩分が河道内に多少残るものの、全体として高濃度の塩水の挙動は観測結果とほぼ一致しており、塩水楔の後退の様子は再現できていると言える。潮位波形と比較すると、塩水楔の運動の位相は潮位変動の位相から遅れることがわかる。また塩水楔の後退速度が遡上速度より大きいことがわかる。9月の計算結果は4日から5日にかけては概ね再現できているが、3日から4日にかけて再現性が悪い。これは、8月31日から9月1日にかけて関東沖海上を通過した台風の影響が計算で加味されていないことが原因ではないかと考えられる。9月4日12:00以降は、観測値と計算値は概ね一致していると言える。6月と9月の計算結果を比較すると、6月の方が一潮汐間の移動距離が大きいことから、塩水楔の移動範囲は潮汐振幅に依存すると言える。

5. まとめ

流量増加時の塩水流動計測の結果、利根川では堰通過流量が $500\sim 1,200\text{m}^3/\text{s}$ 程度の範囲で塩水楔の位置が大きく変化し、その移動範囲は潮汐振幅に依存することが分かった。この流量と潮位変動に伴う大局的な塩水楔の運動は、鉛直二次元モデルにより概ね良く再現することができた。

参考文献

1) 鈴木伴征, 石川忠晴ほか: 利根川河口堰下流部における貧酸素水塊の発生と流動, 水環境学会誌, 第23巻, 第10号, pp.624-637, 2000.
 2) 中村恭志, 小島崇, 石川忠晴: CIP-Soroban 法による河道幅を考慮した汽水域二次元数値モデルの開発, 水工学論文集, 第50巻, pp.805-810, 2006.

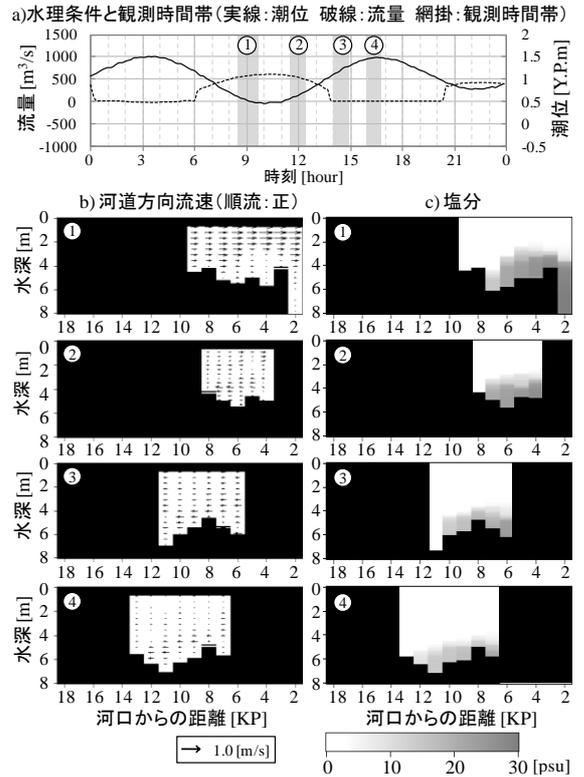


図-3 9月4日観測結果

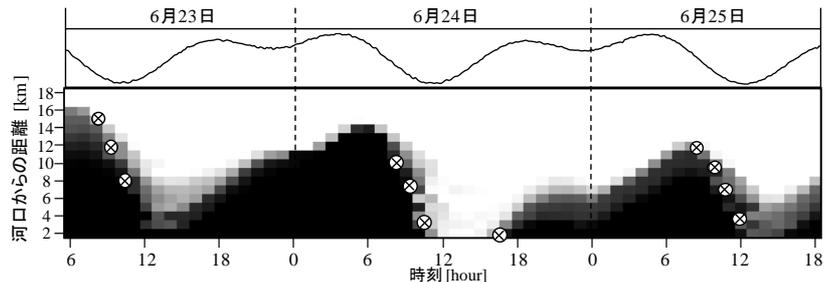


図-4 6月観測結果と計算結果の比較

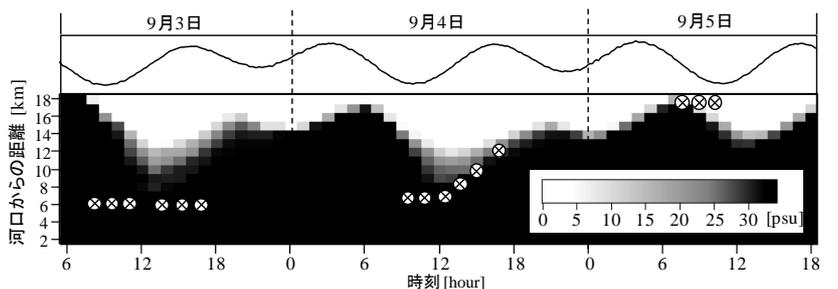


図-5 9月観測結果と計算結果の比較