

北川感潮域での水理水質変動シミュレーション

九州大学 学生会員○伊豫岡宏樹
九州大学大学院 呉 一権

九州大学大学院 学生会員 日宇洋平
佐賀大学低平地研究センター 正会員 山西博幸
九州大学大学院 フェロー 楠田哲也

1. はじめに

宮崎県五ヶ瀬川水系北川では、平成9年度より、大規模な河川改修工事が行われており、同時にその工事が北川の生態系に及ぼす影響についての検討がなされている。生態系に及ぼす影響を考慮した河川改修を行うためには、そこに生息する生物の生態や最適な生息環境を把握する必要がある。本研究では、カワスナガニの生息環境を解明するため、流動モデルを用いて数値解析を行い、実測データとの比較検証および有用性を示すことを目的とした。

2. 北川感潮域での水理水質変動特性に関する数値計算

2.1 流動モデルの基礎方程式 北川感潮域に適応した流動モデルは、密度の非一様性や流れの三次元性を考慮した解析法を用いる。基礎式は質量保存式・運動方程式・および塩分偏差に関する保存式から成る。なお、これらの基礎式を導く際の仮定は次のとおりである。(1)水は非圧縮性とみなす。(2)流れの鉛直方向加速度は、重力加速度に比して小さく、鉛直方向の運動方程式は圧力の静水圧分布により近似される。(3)密度の非一様性は重力項以外では無視するブーシネスク近似を適用する。

2.2 基礎式の差分化に関する概要 差分近似を得る方法として、有限体積法を用いる。各項の離散化に似ては、時間項に関しては、原則的に中央差分 (leap flog)、移流項には一次精度の風上差分、粘性・拡散項に関してはオイラーの前進差分を行う。差分格子にはスタッガード格子を用いている。すなわち、ベクトル量はコントロールボリュームの各方向でのそれぞれの境界の中央に与えることとし、スカラー量はコントロールボリュームの中央に与える。

3. 北川感潮区間への適応

3.1 計算方法 計算には、平成9年度に本研究調査にて北川感潮区間(0-7km)で実施された現地調査データ(山西ら, 2000, 2001)をもとにした。解析モデルは、横断方向を単位長さで一様として与え、2次元的な解析とした。計算の境界条件として河口部0km地点においては実測値に基づく潮位変動を与え、河川上流7km地点においては熊田(河口から15km地点)における流量測定値をもとに、単位幅流量に変換後流速として与えている。また、河川の淡水密度は 1000kg/m^3 、海水密度を 1025kg/m^3 とし、塩分に関する計算は淡水に対する相対浮力を用いて計算し、それをMamaev(1963)の式を用いて、水温を 20°C とする仮定のもとで塩分に換算して算出した。

計算手順として、最初の数潮汐間で前駆計算密度効果を含めない計算を行い水位変動の安定化を図り、その後10潮汐で密度効果を含めた計算を行い最後の1潮汐間のデータを出力している。差分間隔は $\Delta x=1\text{m}$ 、 $\Delta y=100\text{m}$ 、 $\Delta z=1\text{m}$ 、 $\Delta t=5\text{sec}$ である。計算中に含まれる係数は、底面摩擦係数: $\gamma_b=0.0026$ 、水平方向の渦動粘性係数: $A_H=0.02\text{m}^2/\text{s}$ 、鉛直方向の渦動粘性係数: $A_V=0.0001\text{m}^2/\text{s}$ 、水平方向の渦拡散係数: $K_H=40.0\text{m}^2/\text{s}$ 、鉛直方向の渦拡散係数: $K_V=0.0001\text{m}^2/\text{s}$ とした。計算を簡単にするため計算対象区間の河床高は平均河床を直線回帰して得られたモデル河床を用いた。計算対象とする調査データは過去の調査により得たもので、7km地点での単位川幅あたりの平均流量 $4.0\text{m}^3/\text{s}$ を与え、平均水位を 1.0m (T.P.)とし、潮位変動の振幅 ζ_0 を 0.5m とした。なお、流れが安定したという判断は、干潮時の潮位変動を前潮汐のものと比較して、その差の最大が1%以内に収まっているかどうかで判断し、ここでは前駆計算を5潮汐とした。

3.2 計算結果と実測データの比較検証 図-1~4は上記計算方法に基づいて行った塩分の計算結果の最後の一潮汐の縦断分布を経時的に示したものである。既往の実測データでは塩水楔の先端が7km付近まで存在することがわかっているが、計算結果はこの傾向をよく表しているといえる。

図-5は、数値計算結果の塩分分布と2002年9月の現地観測により得られたカニの生息密度を同時にプロットしたものである。なお、円の中心は観測点のT.P.を、円の濃淡はカワスナガニの密度を、白い点はカワスナガニの確認が出来なかった点を示す。現地観測は河口0km地点から400mごとに観測ポイントを設け、大潮の干潮時に行ったものである。また、カワスナガニが確認できる場所と確認できない場所を有する5.6kmの点に着

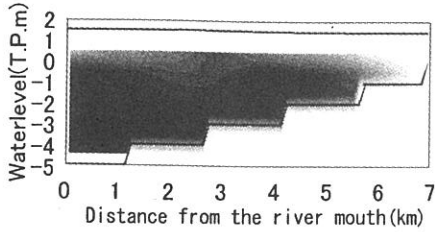


図-1 満潮時における塩分分布

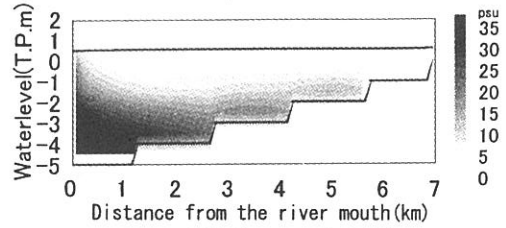


図-3 干潮時における塩分分布

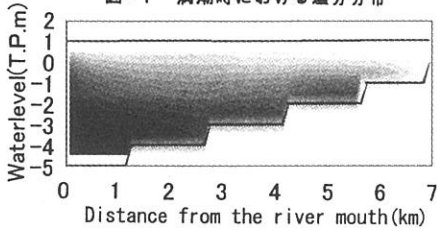


図-2 下げ潮時における塩分分布

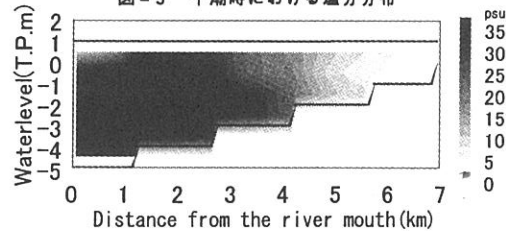


図-4 上げ潮時における塩分分布

目して、その塩分変化を示したものが図-6, 7である。図-6, 7はそれぞれカワスナガニの生息している範囲を代表する地点 (T.P.=0.5 m)と、生息が確認されなかった地点 (T.P.=-0.5 m) の塩分と水深の経時変化を示している。これによるとカワスナガニが生息している地点の塩分変化は、約2.5~18.6psu (平均:6.6psu) であるのに対し、カワスナガニの確認できない地点の塩分変化幅は、約3.6~26.6psu (平均12.1psu) である。現地での塩分の連続観測データの半月周期の平均値を使って求めた、カワスナガニの塩分に関する生息嗜好曲線(山西ら, 2001)によると、5.75kmにおいては10psu以上に生息が確認されていないが、今回の計算はその結果にはほぼ一致する。

4. おわりに

以上のように、計算結果と実測データを照らし合わせその適合性を見出すことにより、これまでの調査では断片的にしか分からなかった塩分、流速などを連続的に推測することが可能となった。今後はモデルを3次元化して、より現実性のあるものとしていく予定である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり河川生態学術研究「北川研究」グループ(代表:小野勇一)および科学研究補助金・基盤研究B2(代表:楠田哲也)より補助を受けた。また、数値計算については九州大学・山城賢助手に適切なアドバイスをいただいた。この場を借りて謝意を表す。

参考文献: 山西・楠田・李・原・村上(2000), 環境工学研究論文集, vol. 37, pp. 173-181.

山西・楠田・平田・呉・李(2001), 環境工学研究論文集, vol. 38, pp. 1-11.

O. I. Mamaev, A Simplified Relationship between Density, Temperature and Salinity of Sea Water, Bull. of Sci. USSR Geophys. Ser. 2(1964), p180-181

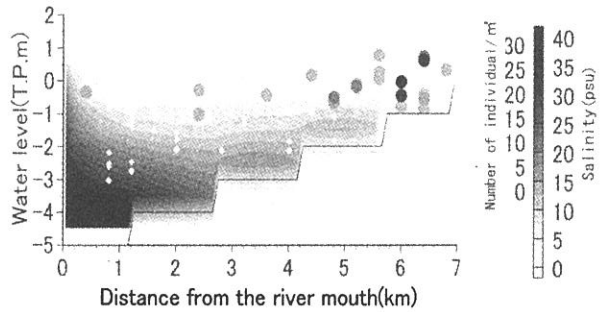


図-5 現地観測によるカワスナガニの密度分布

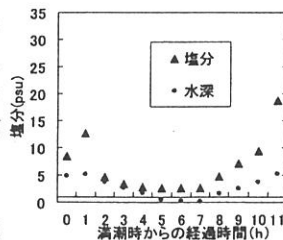


図-6 5.6km, T.P.=0.5mにおける塩分と水深の経時変化

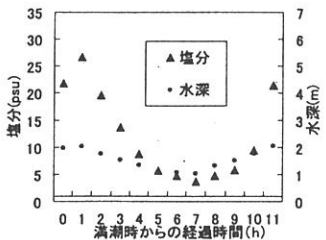


図-7 5.6km, T.P.=-0.5mにおける塩分と水深の経時変化