

北川感潮域における水理モデル作成とカワスナガニの浮遊幼生(ゾエア)の移動特性

九州大学 学生会員 ○伊豫岡 宏樹

九州大学 学生会員 呉 一権

九州大学 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに 生態系に好ましい河川を創り出すためには、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、宮崎県五ヶ瀬川水系北川に生息するカワスナガニの生息環境を解明するために、流動モデルを作成し実測データと比較検証することによりモデルの有用性を示すことを目的とする。また、作成されたモデルと、実験を通して得られた浮遊幼生(ゾエア)の移動特性を考慮して、カワスナガニのゾエアの移動分散のシミュレーションを試みた。

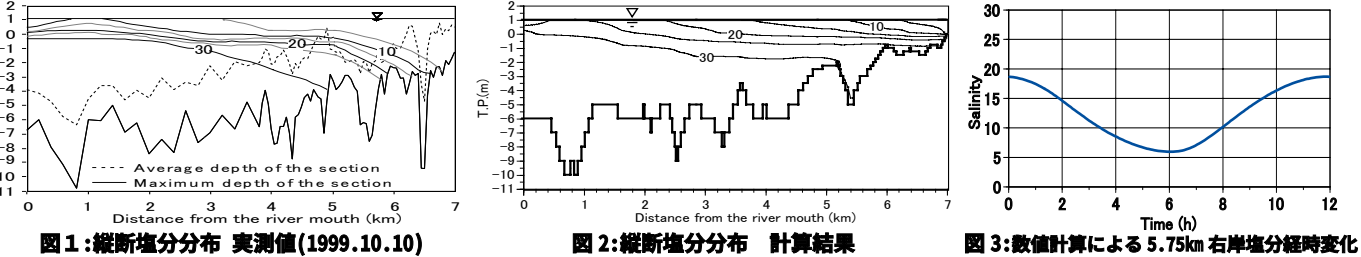
2. 北川干潮域に適応させた水理変動モデル

2.1 モデルの作成 北川感潮域に適用する流動モデルでは、密度の非一様性や流れの三次元性を考慮する。基礎式は質量保存式・運動方程式・および塩分の保存式からなる。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)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できる。(2)重力項以外には密度の非一様性を無視するブーシネスク近似を適用する。差分化にはスタッガード格子を用いた有限体積法を用いる。各項の離散化に際し、時間項には原則的に中央差分を、移流項には一次精度の風上差分を、粘性・拡散項にはオイラーの前進差分を適用する。

表 1 に計算条件をまとめる。計算には平成 9 年度に北川感潮区間(0-7km)で実施した現地調査データ(山西ら,2000,2001)を用いた。

下流端境界条件は、河口 0km 断面で塩分分布をあるプロファイルで与え、潮汐変動を実測された変動幅にて与えた。塩分・温度に依存する密度の計算は、Mamaev(1963)の式によった。渦動粘性係数、渦拡散係数は、スマゴリンスキー型(SGS)モデル、リチャードソン数の関数型モデル、リチャードソンの相似則を用いて算出した。

2.2 計算結果 満潮時の縦断塩分分布の実測値と計算結果をそれぞれ図 1, 2 に示す。いずれも 30 程度の海水と同程度の塩分が 5km 付近の河床がやや盛り上がっている河床部分まで達しているのが分かる。また、図 3 に 5.75km 右岸端の河床に接する解析領域での塩分の経時変化を示す。5.75km 最右岸地点はカワスナガニの生息が比較的多く確認されている場所である。これによると、塩分の時間変動幅は 5.8~18.5 で平均値が 12.2 程度である。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選好曲線(山西ら,2001)によると、塩分 15 以上にカワスナガニの生息が確認されていない。計算結果によると 5.75km の水質はカワスナガニの生息に適したものになっており、現地での現象が概ね再現されているといえる。



キーワード: カワスナガニ, ゾエア, 数値計算, 感潮域

連絡先 : 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6 丁目 10-1 九州大学大学院 都市環境工学研究室 T E L 092-642-3303

3. カワスナガニの浮遊幼生（ゾエア）の移動特性に関する実験

3.1 沈降性実験 実験には、実験室において孵化させたゾエアの死骸を用いた。図4に実験装置図の概略を示す。幼生の死骸を蒸留水で満たした円筒容器に沈降させ、その沈降速度を測定した。次に、測定された沈降速度を基に、ゾエア幼生の形状をほぼ球形とみなし、Stokesの沈降速度式により、見かけの密度を求めた。また、ゾエアの代表長さ(D_p)は頭部最大径(d_1)と、最小径(d_2)を用いて、 $D_p=0.2 \times d_1 + 0.8 \times d_2$ として算出した値を用いた。

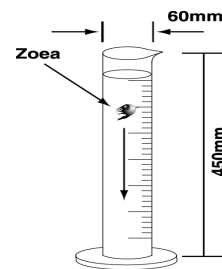


図4：沈降性実験装置

3.2 走光性実験 実験には、実験室において孵化後、飼育中のゾエア幼生(2齢, 3齢)を用いた。図5に実験装置の概略を示す。壁面はすべて黒色で光を通さない水槽の上部に、一方の端が黒色で、もう一方の端が無色透明なグラデーションのある半透明フィルムを被せ、水槽の上部から蛍光灯で照射した。水槽に、ゾエア幼生の飼育に用いていた飼育水と同様の塩分30の人工海水を満たし、暗い方の端にゾエア幼生を放ち、実験に用いたゾエア幼生1個体につき、以下の5条件で実験した。(1)蛍光灯を消して120秒後(2)蛍光灯を照射・フィルムを被せ120秒後、(3)蛍光灯を照射・フィルムを被せ15秒後、(4)蛍光灯を照射・フィルムを被せ30秒後、(5)蛍光灯を照射・フィルムを被せ120秒後、(1)～(4)より最大移動速度を求め、(5)をもって移動距離をとした。なお、すべての実験において、光源は、水槽上部の蛍光灯のみであった。

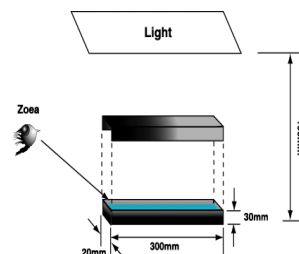


図5：走光性実験装置

表2：ゾエアの見かけの密度

	$\rho_a(\text{kg/m}^3)$
全平均密度	1022
1齢平均密度	1038
2齢平均密度	1020
3齢平均密度	1015

3.3 実験結果 3.1, 3.2の実験結果を表2、図6にまとめる。見かけの密度はゾエアの成長にしたがって小さくなっているが、これは体の成長に伴ってゾエアの体の仕組みが複雑になり、沈降速度が遅くなったためと考えられる。また、走光性実験によると、生育ステージによる走光性の違いは認められなかったものの、正の走光性は認められ、最大移動速度が $2 \times 10^{-3}(\text{m/s})$ 程度であることがわかった。今回の実験は冬季に行ったためサンプル数が少なく、特徴ある傾向をつかむことができなかった。今後、実験方法も改良し再度実験を行う予定である。

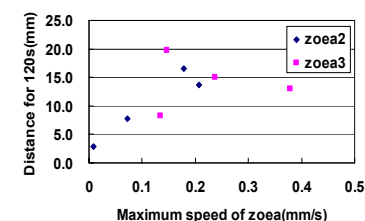


図6：ゾエアの移動速度と120秒間移動距離

4. 北側干潮域でのゾエア幼生の移動分散シミュレーション

4.1 概要 カワスナガニのゾエア幼生の移動分布特性を知るため、lagrange的手法を用いてゾエアの移動状況のシミュレーションを試みた。ここでは、ゾエアの浮遊・沈降過程をStokesの沈降速度式で表現できるものとした。本シミュレーションでは移流・沈降による移動に加えて、ゾエアの走光性とし12時間周期での鉛直上向きの運動を考慮した。今回はこの計算では、他のスナガニ類が大潮の満潮時前後でゾエアを放出するということから、満潮時に、これまでカワスナガニの生息が比較的多く確認されている5.75km右岸から1000個体のゾエアを放出しその軌跡を追った。また、河口0kmより下流、もしくは7kmより上流に移動したゾエアは海域に放出され解析対象域内帰ってくることが困難、または生息条件が適さないため死亡するとみなし、計算から除外している。本計算ではゾエアの密度を $1038(\text{kg/m}^3)$ 、代表長さを $5 \times 10^{-4}(\text{m})$ とした。

4.2 計算結果 図7に放出時、放出後12時間後、放出後72時間後の分布の様子を示す。今回の計算結果では、走光性による移動を考慮した間(日中)は河口に流れ、考慮しない間(夜間)は河床の深い部分にとどまり、上潮時に上流に向かう傾向は見られるものの、全体として河口方向に移動していくという結果になった。主の保存の観点から考えると、ゾエアは成体になるまでに親ガニと同じ生息域まで戻る必要がある。つまり幼生はゾエアもしくはそれ以降の成長の過程で別の移動特性をもつ可能性が示唆される。

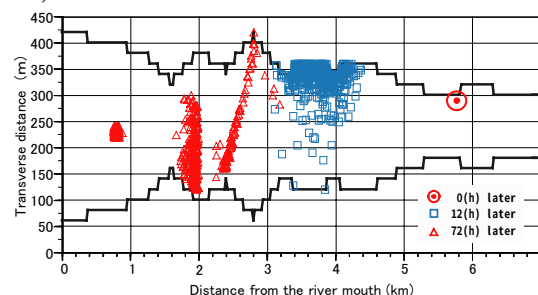


図7：ゾエア移動分散シミュレーション結果

参考文献

楠田哲也：生物絶滅確率を指標とする水域環境保全手法の確立に関する基礎的研究，平成15年度科学研究費基盤B報告書，2004