

河川汽水域に生息する甲殻類の 浮遊幼生分散のモデリングと回帰戦略について

伊豫岡 宏樹¹・齋田 倫範²・田井 明³・八坂 康平⁴
渡辺 亮一⁵・浜田 晃規⁶・山崎 惟義⁷

^{1,5,6,7}正会員 福岡大学 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0104福岡市城南区七隈8-19-1)
E-mail: iyooka@fukuoka-u.ac.jp

²正会員 鹿児島大学大学院理工学研究科 (〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元1-21-40)
E-mail: saita@oce.kagoshima-u.ac.jp

³正会員 九州大学高等研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)
E-mail: tai@civil.kyushu-u.ac.jp

⁴正会員 東京都下水道局 (〒163-8001東京都新宿区西新宿2-8-1)

本研究では、宮崎県五ヶ瀬川水系北川河口域を対象地域とし、汽水域に生息するペントス（カニ類）の浮遊幼生期の挙動を明らかにすることを目的としている。特に汽水域上流部に生息するカワスナガニに着目し、河口につづく浅海域ではプランクトンネットによる幼生分布調査を行った。また、実験室にてふ化させた浮遊幼生を用いて塩分勾配を持たせた円筒型水槽内での挙動についての実験を行ない、移動特性についての定量化を行った。浮遊幼生は孵化直後に強い走光性を示し昼夜の日周鉛直移動を行うが、数日後には高塩分領域に留まると考えられた。この移動特性により汽水域上流部で孵化後、走光性により低塩分領域に侵入することで迅速に幼生の生育に適した高塩分領域に移動し、その後は高塩分領域にとどまることで、出水等により沖合に流されるリスクを低減していると考えられる。

Key Words : *Deiratonotus japonicus*, *phototaxis*, *salinity*, *migration*, *estuary*

1. はじめに

生物生息に係る種々の環境因子が時空間的に大きく変化する汽水域では、複雑な環境に応じた生態系が維持されているが、その維持機構は未解明な点が多い。純粋な淡水域や海水域と比較して汽水域は圧倒的に狭い空間であるため自然攪乱や人為的改変の影響を受けやすく、環境変動耐性を有する種のみが生息可能な空間であるといわれている¹⁾。河川汽水域の底生動物の代表種は貝類、多毛類、貧毛類、甲殻類、ユスリカの幼生等の水性昆虫であるが、甲殻類のうちカニ類（短尾類）は、河口域に多産する底生動物で重要な生態的地位を占める群衆であるにもかかわらずその生息環境はまだ十分に理解されているとはいえない現状にある^{2,3)}。汽水性の甲殻類のほぼすべては、浮遊幼生期間を持ち、海域で浮遊生活を送るが、浮遊幼生の分散距離が現場の海水の流動による分散距離の推定値よりもはるかに短い例も示されており、浮遊幼生期からポジティブなハビタットの選択を行っている可能性が指摘されており⁴⁾、汽水域の生物多様性を確保するためにも、生息する生物の個体数維持機構を解明

し、沿岸域管理に反映させることが急務である。

本研究では、宮崎県五ヶ瀬川水系北川感潮域に特徴的に生息するカニ類を対象とし、浮遊幼生の現地での分布状況および選好性による移動特性を考慮した分散回帰戦略についての検討を行ない、出水や暴浪等の気象擾乱が浮遊幼生の分布状況に与える影響や回帰率を定量的に評価する手法を確立することを目的としている。本報では、北川汽水域上流部に特徴的に生息するカワスナガニの生活史をととしたハビタットスケールを把握するために行った、浮遊幼生についての現地調査および室内実験の結果について報告する。

2. 方法

(1) 塩分選好性実験

浮遊幼生期の分布を決める移動特性として、塩分および光に着目して室内実験を行った。実験には、福岡県糸島市、宮崎県延岡市で採取したカワスナガニの抱卵個体より孵化・飼育した浮遊幼生（ゾエア幼生）を用いた。

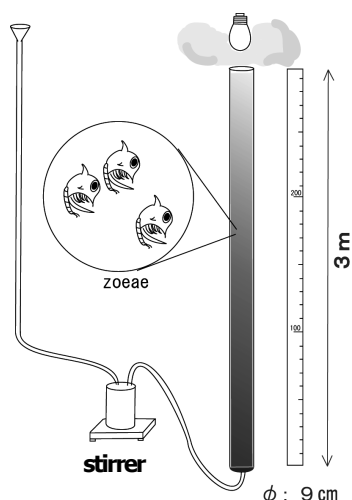


図-1 塩分選好性実験装置概要

採取した抱卵個体は5倍希釈した海水で飼育し、ゾエア幼生は孵化後水温26℃、塩分30PSUに調整した濾過海水を用いてワムシ(*Branchionus plicatilis*)を餌として飼育した。実験装置は、アクリル製パイプで作成した直径9cm、高さ300cmの円筒型水槽を用いた。水槽内に塩分躍層を形成させるため、濃度調整した海水を攪拌装置を通して塩分の低い順に水槽底面から注入した。水柱上層の塩分は0、底層の塩分は海水と同程度とし、中層には塩分勾配約0.15cm-1程度の変化を持たせた。塩分の鉛直分布は、実験の前後に測定した。浮遊幼生を水柱に放つ際は、飼育環境からの急激な環境の変化をさけるため、チューブを用いて塩分20PSU付近に投入した(図-1)。幼生は、水槽の上方から白熱灯を照射し水面で7500lux、水槽底面で500luxとなるような条件(明条件)で投入し30分後、および白熱灯を消灯し暗幕で水槽を覆った状態(暗条件)で30分後にそれぞれ2回、計4回目視で速やかに分布を観察し記録した。水槽には孵化後0日(1齢)、2日(1齢)、4日(1齢)、8日(ほぼ2齢)、15日(ほぼ3齢)のゾエア幼生を各条件で1030個体投入した。

(2) 幼生分布調査

現地での幼生分布調査は、北川にてカワスナガニが幼生を多く放出する期間と重なる9月10日から11日の日没後に行った。宮崎県延岡市北川の河口の延岡湾沿岸域約30km²を対象に対象領域がほぼ均等となるようサンプリング地点を18地点設置した。調査船が調査地点に到着した後、北原式定量プランクトンネット(メッシュサイズ100μm)を投入し、海底からの鉛直引きによるサンプルを採取した後、再度プランクトンネットを投入し、表層を5分程度曳航して表層のサンプルを採取した。鉛直

引きのサンプル回収時には、多項目水質計(HYDROLAB社DS5)を用いて、水深30mまでの塩分を約10cm毎に記録した。帰港後、サンプルを100%エタノールに保存し、実験室にてカニ類の幼生のみを抽出し顕微鏡で遊泳毛を観察することにより成長ステージを記録した。

3. 結果

(1) 塩分選好性実験

図-2に孵化後0日、2日、4日、8日、15日の水柱内の幼生および塩分の分布を、表-1に幼生が観察された場所の平均塩分を示す。図-3には、塩分を縦軸にとった幼生分布の経日変化を示す。いずれの実験でも、塩分の鉛直分布は、実験の前後で大きな変化は見られず、実験期間内で鉛直混合は見られなかった。浮遊幼生の選好塩分の平均値は明条件、暗条件ともに齢期が高くなるにつれて高くなっていた。孵化後0日目は明条件で選好塩分の平均値が0.8PSU、暗条件で15.8PSUとなり強い正の走光性を示した(U-test, $p < 0.01$)。孵化後2日目には明暗条件ともにほぼ同じ塩分の領域に分布しており、孵化後0日目のように光の有無による分布の有意な差はみられなかった。孵化後15日目になるとほとんどの幼生が海水と同程度の高塩分領域に分布し、光の有無による分布の有意な差はみられなかった。

塩分選好性実験の結果より、孵化直後に急激な高塩分への選好性の移行がみられ、4日目以降は高塩分の領域にとどまる傾向があることからモノ一式を参考にして塩分選好性の変化についての式(1)のように定式化した。

$$S = \frac{D}{a+D}(35-b)+b \quad \dots(1)$$

ここに、 S ：浮遊幼生孵化からの経過日数における選好塩分(PSU)、 D ：浮遊幼生孵化からの経過日数、 a 、 b ：係数である。最小二乗法により白熱灯で照射した条件と暗幕をかけた条件の選好塩分の中央値を近似する係数 a 、 b を決定したところ上方から白熱灯を照射した条件での回帰式の係数は $a=1.52$ 、 $b=0.30$ 、円形型水槽に暗幕をかけた条件での係数 $a=2.08$ 、 $b=16.9$ となった。

(2) 幼生分布調査

図-4に北川河口域での幼生分布調査の結果を示す。表層では、延岡平野沿いおよび大瀬川河口部から沖側に3km程低い値が観測された。採取されたカニ類の幼生には、浮遊幼生の最終ステージであるのメガロパ幼生が10%程度含まれていた。延岡平野沿いの表層塩分が低い

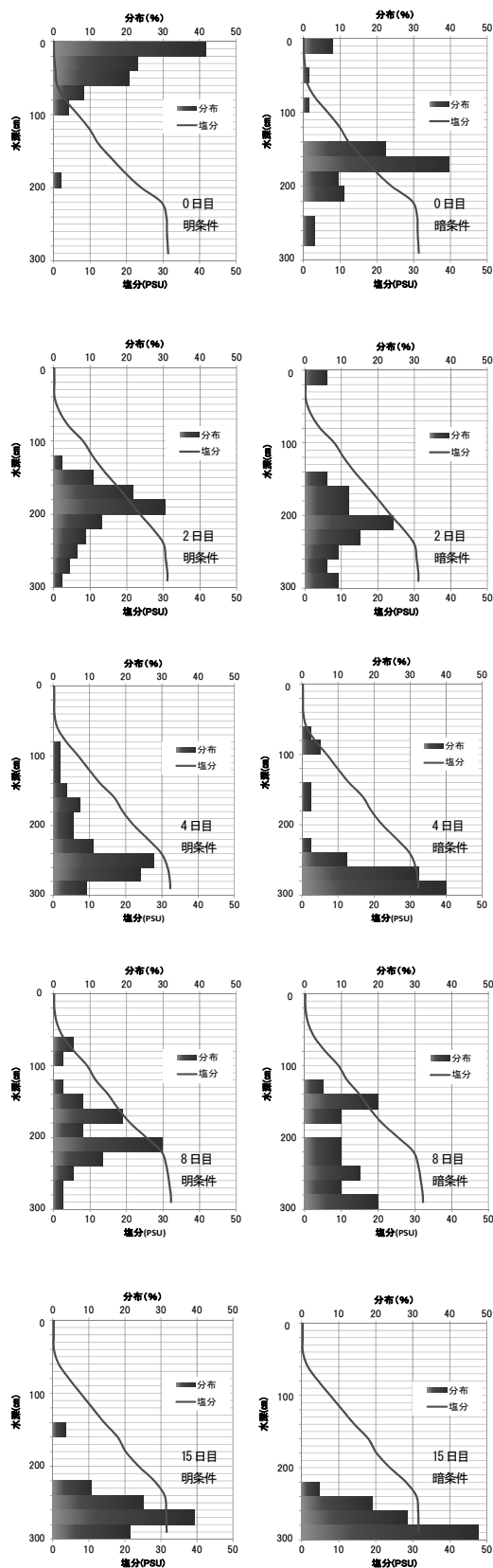


図-2 塩分選好性実験の結果(左：明条件，右：暗条件)

表-1 選好性塩分の平均値

日齢	選好塩分の平均値				
	0	2	4	8	15
明条件	0.8(n=24)	21.2(23)	26.5(27)	22.0(18.5)	30.5(14)
暗条件	15.8(32)	22.7(17)	28.7(20)	24.8(10)	31.3(11)
W-value	245	574	583	278.5	205
P-value	<0.01	0.07	<0.01	0.13	0.05

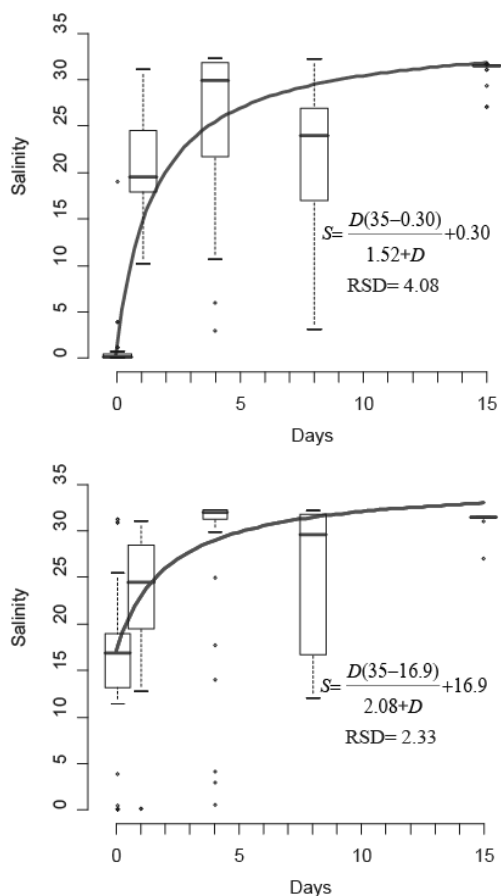


図3 選好塩分の変化(上：明条件，下：暗条件)

層のサンプルでは、延岡湾の北部で1齢幼生が多く採取された。幼生密度は、表層よりも鉛直引きのほうが高く、メガロパ幼生を除く3齢以上の高次幼生は鉛直引きでのみ採取された。

4. 考察

浮遊幼生は孵化直後に強い走光性を示し昼夜の日周鉛直移動を行うと考えられるが、その数日後には、数日後には高塩分領域に留まると考えられる。現地調査でも高次幼生が鉛直引きでのみ採取されたことから同様の現象が起こっていると考えられる。カニ類幼生が低塩分の沿岸域でほとんど採取されなかったが、汽水性のカニ類で

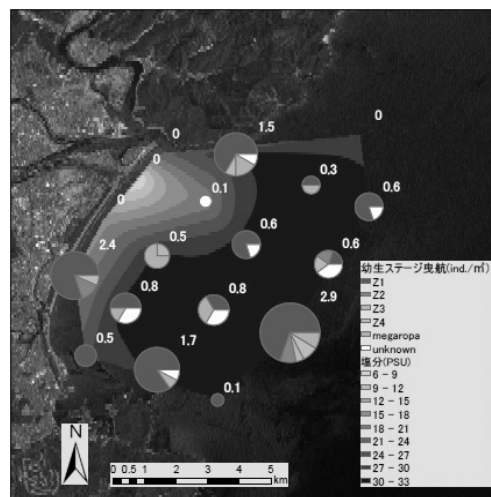
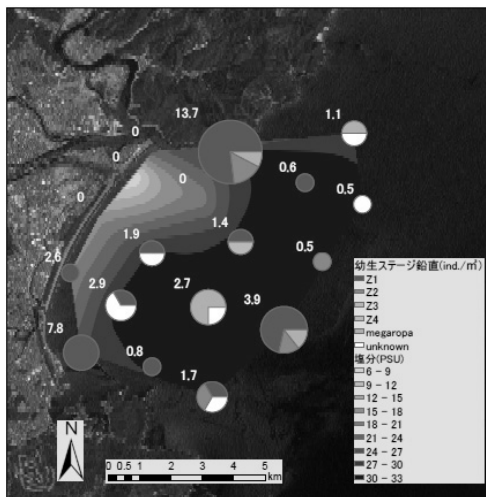


図-4 カニ類幼生の分布密度・幼生ステージ・表層塩分 (左：表層曳航引, 右：鉛直引)

も成長には海水と同程度の塩分が必要であることから、室内実験で孵化後2日目にはすでに低塩分領域への侵入がみられなかったように、汽水性のカニ類は海水と同程度の塩分環境に至ると速やかに高塩分での生活へとシフトすると考えられる。この移動特性により汽水域上流部で孵化後、走光性により低塩分領域に侵入することで迅速に幼生の生育に適した高塩分領域に移動し、その後は高塩分領域にとどまることで、出水等により沖合に流されるリスクを低減していると考えられる。今後は、現地調査により採取された幼生のDNA解析を進め、汽水性のカニ類の分布を明らかにするとともに、塩分選好性の変化を考慮した浮遊幼生期移流分散モデルを河川及び湾沿岸の流動計算に組み込み、生活史を考慮した汽水性甲殻類のハビタットスケールの推定を行う予定である。

謝辞：本研究は平成25年度前田記念工学振興財団の助成を受けたものです。ここに記して謝意を示します

参考文献

- 1) A. Remane and C. Schlieper, Biology of brackish water. , Schweizerbart, 1971.
- 2) 鈴木 廣志, 生活史を網羅した個体群動態学のすすめ コメツキガニを例に, 天草の渚 浅海性ベントスの生態学, 東海大学出版会, pp. 33- 58, 2006.
- 3) 小林哲, 河川環境におけるカニ類の分布様式と生態: 生態系における役割と現状, 応用生態工学, Vol. 3, No. 1, pp. 113-130, 2000.
- 4) A. L. Shanks, Pelagic larval duration and dispersal distance revisited. , Biol. Bull. , vol. 216, no. 3, pp. 373-85, 2009.
- 5) 関口秀夫, 沿岸域で生まれた海洋生物の分散とその生態学的意義(シンポジウム: 海洋生物の漂流・沿岸からの輸送と生態), 沿岸海洋研究, vol. 46, no. 2, pp. 85-100, 2009.

(2014. 7. 11 受付)

DEVELOPMENT OF LARVAL TRANSPORT MODEL OF THE BRACKISH CRUSTACEANS

Hiroki IYOOKA, Tomonori SAITA, Akira TAI, Kohei YASAKA,
Ryoichi WATANABE, Teruki HAMADA and Koreyoshi YAMASAKI

Vertical distribution and migration patterns of estuarine planktonic organisms play an important role to keep the population from being swept out of the estuary. *Deiratonotus japonicus* is one of the characteristic species inhabits upper end of the River Estuary. In this study, controlled laboratory experiments to understand zoeal distributions of *D. japonicus* in the saline gradated water column were conducted. Placing laboratory-bred zoeae in the column emitting light from the surface of the water, zoeal distributions were recorded.

The results are as follows. 1) 0 day old zoeae distributed near surface layer exhibiting strong positive phototaxis even the low salinity condition. 2) Zoeae distribute higher salinity layer and positive phototaxis became weaker as zoeae become older. These results indicated that early *D. japonicus* zoeae hatched around the upper end of the estuary transported seaward as they distribute low salinity layer. Then they grew up in the high salinity layer. These changes on vertical distribution affected maintaining zoeal location around the estuary.