

吉野川河口におけるシオマネキ幼生孵化と潮汐応答

RESPONSE OF LARVAL RELEASE OF *UCA* TO TIDE
IN THE YOSHINO RIVER MOUTH中野 晋¹・宇野宏司²

Susumu NAKANO and Koji UNO

¹正会員 博(工) 徳島大学助教授 工学部建設工学科 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)²学生会員 徳島大学大学院 工学研究科博士前期課程 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

The intertidal flat at the mouth of the Yoshino River is well-known as one of few remaining habitats for fiddler crabs, *Genus Uca*, that are classified in the near threatened species in the Red Data List edited by the Environmental Agency of Japan. To understand characteristics of this benthic animal's life history on and around the intertidal flat is useful for examining conservation methods of the area. In this study, the hatching and dispersion process of the larvae of *Genus Uca* were investigated through laboratory experiments and field observations. The results are summarized as follows: 1) The larvae of *Genus Uca* are hatched during a restricted period around a flood tide in a spring tide. 2) The adaptability of zoeae to variations of salinity is considered to be fairly high because they were collected at positions with a wide range of salinity. 3) The amount of zoea individuals emerging in one hour at this intertidal flat was estimated to be about 150,000.

Key words: *Uca arcuata*, the Yoshino river mouth, larval release of crab, intertidal flat, tide, ecosystem

1. はじめに

吉野川河口干潟は有明海や島原湾と並ぶシオマネキ(十脚甲殻類スナガニ科シオマネキ属)の一大群生地として知られている。図-1は調査対象である吉野川河口の概略図である。吉野川におけるシオマネキの生息分布は河口砂州より名田橋付近の干潟まで広範囲にわたっている。河口干潟は、生物生産、水質浄化、親水機能などさまざまな環境機能を有する空間であるといわれている。したがって、社会基盤整備事業をおこなう際には、貴重な自然環境、景観への影響を十分に考慮し、これらの機能が損なわれないようにする必要がある。

吉野川で見られるシオマネキは甲幅 25mm 以上になるシオマネキ(*Uca arcuata*)と同 15mm 程度のハクセンシオマネキ(*Uca lactea*)の2種で、ともに河口周辺で静穏な環境が保たれる潮間帯にのみ分布が限られており、今後個体数の減少が予測されるため、希少種に分類される。本種をはじめ、干潟生態系を形成する生物の多くは浮遊生活期、底生生活期など複数の生活ステージを持っており、これらの調査を行うためには生活ステージ全体を通じてのアプローチが必要で、これまでにも浮遊幼生の分散過程の解析などを通じた検討が土木分野でも行われている(たとえば、中野ら¹⁾、清野ら²⁾、新保ら³⁾)。

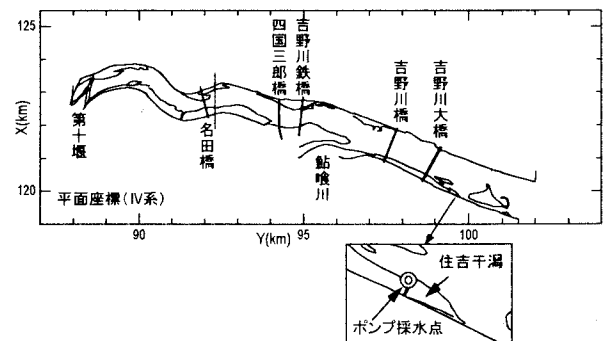


図-1 吉野川河口の概略図と調査地点

清野らはカブトガニ(*Tachpleus tridentatus*)幼生を対象にラグランジュ粒子移動シミュレーションを用いて、幼生の分散・定着機構を検討し、数値シミュレーションの有用性を示している。しかし、数値シミュレーションの信頼性を高めるためにも対象生物の環境適性や運動特性を十分に把握する必要があるが、生態学的なデータを中心に検証に必要な現場データの不足は深刻である。このためには、長期にわたる定期的なモニタリングにより、現場でのデータの蓄積が不可欠である。生態系の保全を

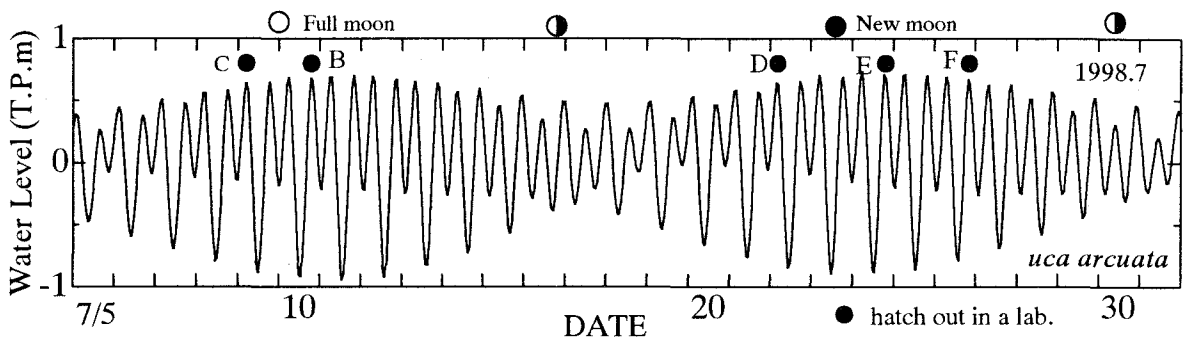


図-2 室内実験による幼生孵化と現地潮汐変動との関係

表-1 孵化実験結果

No.	採集日	採集場所	放出日	放出開始時刻	高潮時刻	月齢
α	08/04/97	竹島川	08/18/97	7:35	5:19	14.8
β	08/04/97	竹島川	08/18/97	21:13	18:28	14.8
A	07/07/98	吉野川	07/21/98	15:05-24:00	22:43	27.0
B	07/07/98	吉野川	07/10/98	19:11	19:20	16.0
C	07/08/98	吉野川	07/09/98	4:54	5:11	15.0
D	07/21/98	吉野川	07/22/98	4:41	4:30	28.0
E	07/21/98	吉野川	07/24/98	19:40	19:14	0.6
F	07/21/98	吉野川	07/26/98	20:27	20:19	2.6
G	08/07/98	竹島川	08/10/98	8:36	7:04	17.6

考える上では代表生物の生態学的な面から理解した上で工学的アプローチを行うことがますます重要になると考えられ、本研究ではそうした点を特に意識し、生物情報を定量的に把握することを目的として、①幼生孵化の潮汐応答に関する室内実験、②幼生の運動特性についての実験、③幼生孵化状況についての現地観測を実施した。

2. 幼生孵化に関する室内実験

潮間帯に生息するカニの孵化タイミングと月齢、潮位、昼夜の別などの関係について生態学分野で得られた成果が Morgan⁴⁾によってまとめられている。なかでも *Uca* 属の多くは Biweekly で夜間の高潮時に孵化する傾向があることが報告されているが、*Uca arcuata* についての調査はまだのようである。幼生の孵化はその種の生存戦略上重要であり、幼生孵化時の水域環境との関係を知ることが、生態系の保全策の検討に繋がるものと考え、シオマネキについて孵化現象について考察する。

(1) 実験方法

干潟で抱卵個体を採集した後、実験室で飼育し、プラスチック水槽 (W:35cm, L:25cm, H:25cm) の側方からビデオカメラまたは赤外線ビデオカメラで連続撮影することにより、幼生孵化時刻を求めた。飼育は塩分 S=18~20‰の人工海水中で行い、無給餌状態とし、1日1回

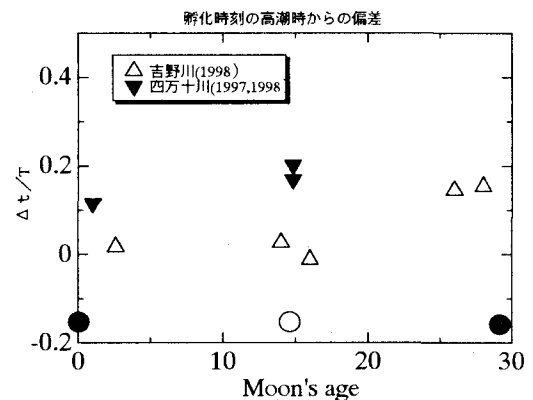


図-3 孵化と潮汐リズム

海水だけを取り替えた。水位、温度、光量の調整などは一切行っていない。1997年は竹島川(四万十川支流、高知県中村市鍋島, N32° 56' 53", E132° 59' 12")で2個体、1998年は吉野川(徳島市住吉, N34° 04' 53", E134° 34' 22")で6個体、竹島川で1個体採集して実験に用いた。孵化実験結果を表-1に示す。なお、Aの個体はビデオカメラの不調で孵化開始時刻は測定できていないが、Dの孵化の約半日前である。

(2) 結果

図-2にB~Fの個体の孵化時刻と現地の潮位変化の関係を示す。実験室での幼生孵化は新月または満月の前後3日以内のほぼ高潮時に生じている。図-3では竹島川で採集した個体の結果も含めて、孵化時刻と高潮時との関係についてまとめ直している。縦軸の $\Delta t/T$ (T : M_2 潮の周期) は孵化時刻の高潮時からの位相遅れを示している。両河川ともシオマネキの孵化行動は高潮時~高潮時後2時間の限られた時間に行われていることがわかる。この孵化のタイミングは幼生の分散過程と密接に関係しており、孵化直後の幼生を生育に適した水域に移動させるためなど、種の保存戦略に重要な要素となっていると考えられる。

3. 幼生の運動特性に関する室内

実験

孵化直後の幼生は zoea 幼生と呼ばれ、海中でプランクトン生活を送ったあと、megalopa 幼生に変態して再び干潟に戻ってくる。その分散・定着機構については、依然として不明な点が多いが、幼生自身のもつ運動特性が大きく関与していることが推察される。特に孵化直後の流況は、高潮時であるため水塊が滞りやすく、この間は幼生自らの力で生息に適する位置に移動しているものと思われる。ここでは、走光性と塩分選好性に関する実験を行った。

(1) 実験方法

a) 走光性に関する実験

幼生の入った水槽(W:65cm, L:30cm, H:30cm)の両側約1mのところに設けた屋内用レフランプ(300W形)を光源として、片側のみ点灯および両側点灯の場合について、幼生の運動をビデオに記録した。

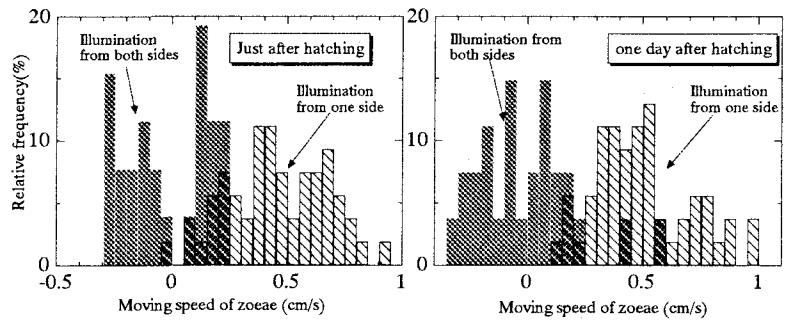
b) 塩分選好性に関する実験

あらかじめ塩分勾配をもたせた海水の入っているメスシリンダーにスポイドで $z=18\text{cm}$ (z :メスシリンダーの底からの高さ)の位置に zoea を投入し、投入3分後の zoea 鉛直分布と電気伝導度(EC)を測定した。ECより、あらかじめ調べておいたECと海水密度 σ_t の関係をを用いて海水密度に換算した。テストは $\sigma_t=0\sim 9.9\text{psu}$ の低塩分のケースと $\sigma_t=6.9\sim 24.1\text{psu}$ の高塩分のケースについて行った。

(2) 結果

図-4は zoea の走光性に関する実験結果である。片側点灯では、光源に向かう場合の移動速度を正とし、両側点灯の場合は単に右側への移動速度を正としている。その結果、(a)孵化直後、(b)孵化1日後では有意な差はみられなかった。いずれの場合も片側のみ点灯した場合には、最高で1cm/sの移動速度で光源方向へ移動することがわかった。一方、両側点灯の場合には、光の効果が相殺されるため、移動方向は決まらないが、0.5cm/s程度の移動能力は有するようである。住吉干潟では、高潮時の水深は高々1m程度なので、水面の明るさを感じて上昇するとすれば、孵化後まもない幼生は、早ければ数分で、水面に到達することが可能であると考えられる。

図-5に zoea の塩分選好性に関する実験の結果を示す。図には zoea 飼育水槽の海水密度($\sigma_t=7.98\text{psu}$)を矢印で示している。zoea は飼育水と同程度か低密度の海水中に浮遊し、飼育水の約2倍を超える高密度の海水には浮



(a) 孵化直後

(b) 孵化一日後

図-4 zoea の走光性テスト

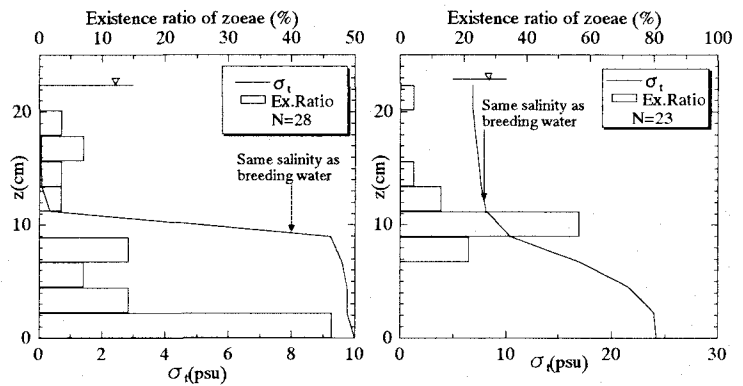


図-5 zoea の塩分選好性テスト

遊していないことがわかる。これは zoea の密度が海水とほぼ同じであるため、浮力効果により高密度の海水へは移動しにくいことが主な理由とも考えられるが、初期には高塩分より低塩分への適応性が高いためではないかと考えられる。

4. 幼生孵化に関する現地観測

(1) 調査方法

ポンプによる採水調査を、吉野川河口から上流約2kmにひろがる住吉干潟の西北端部でおこなった(図-6)。

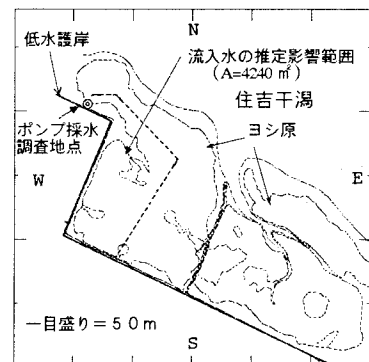


図-6 調査干潟

表-2 現地調査一覧表 (採水調査)

観測日	月齢	潮汐	満潮時刻	観測時刻
06/20/00	17.6	中潮	20:54	18:00-2:00
07/02/00	0.3	大潮	5:39	1:00-8:00
07/16/00	14.3	大潮	5:16	0:30-8:30
07/17/00	15.3	大潮	5:54	1:40-9:00
07/18/00	16.3	大潮	6:31	3:00-10:00
08/21/00	22	小潮	22:21	18:00-2:00

ここは干潟と吉野川を結ぶ「みお筋」が形成されており、概ね図-6の破線で囲んだ干潟部分(面積 $A=4240\text{m}^2$)への主要な流入地点となっている。また破線内ではシオマネキのほか、アシハラガニ、ヒメアシハラガニ、チゴガニ、ハクセンシオマネキ、ヤマトオサガニなどが生息しており、その中でもシオマネキが優占種となっている。そこで、シオマネキの幼生出現時期と生息環境条件を調べるには適当な場所であると考え、表-2の日時に以下のポンプ採水調査を行った。なお、6~8月に実施した活動個体数調査によると成熟したシオマネキの雌(甲幅 25mm 以上)の活動個体密度は 1.75 ± 1.67 個体/ m^2 ($N=8$)である。

採水は図-7に示すように表層と底層の2点において1時間間隔で1回に80リットルを小型エンジンポンプで採水した。ただし、調査開始と終了時には干潮で水位が低いため、底層からのみ採水した。浮遊生物は採水の際に小型プランクトンネットで分離し、腐敗防止のために中性ホルマリンで固定した。これを実験室に持ち帰り、実体顕微鏡を用いてゾエア幼生の出現数を計数した。なお、採水時に携帯型水質計で水温、電気伝導度(東亜電波工業CM-11P)、溶存酸素濃度(同DO-11P)、pH(同HM-12P)

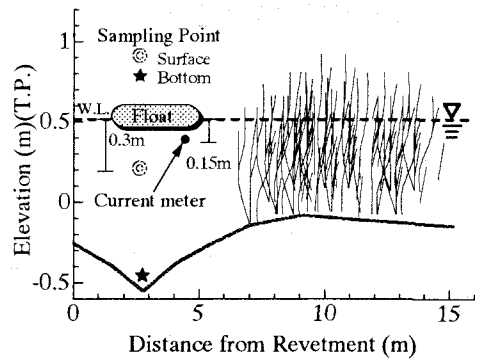


図-7 採水と流速測定位置とみお筋の断面形状

を測定した。なお、図-7は低水護岸に対して垂直な断面内の採水点や流速計配置の概略を示している。水位が高いときにはヨシ植生帯も冠水するが、植生抵抗などの影響で植生内の流速は小さく、みお筋を通過して干潟に流出する量の割合が高いと思われる。

(2) 調査結果と考察

図-8に調査日の潮汐状況を示す。調査時間は高潮時の前後4時間を目安としたが、いずれの調査においても幼生の出現が確認された。

図-9は6/20、7/2、7/17、8/21の4回の調査における幼生の出現状況をまとめたものである。横軸の $\Delta t/T$ は高潮時からの時間偏差である。ここで T は M_2 潮の周期(12時間25分)である。なお、*U. arcuata*の幼生は、5段階の*zoea*期と*megalopa*期を経て、稚ガニになり、干潟に回帰する。孵化直後の第1段階の*zoea*は正の走光性をもつため、水面近くに漂う傾向があると考えられる。一方、*megalopa*になって数日経過すると底層に移動し、匍匐と遊泳運動を繰り返し、最

適な着底位置を探すようになる(大谷⁵⁾)。孵化直後の*zoea*は表層で、着底間近の*megalopa*が底層で多く出現するのではないかと考えていたが、7月の調査では*zoea*が底層で多く採集されている。採水を始めた頃の上げ潮時に*zoea*密度が高いが、干潟の近くの水域表面に浮遊していたものが潮流で流入してくるものと推定される。また高潮1、2時間後にも小さなピークがあり、放出直後の*zoea*の流出に対応すると考えられる。また、*zoea*の

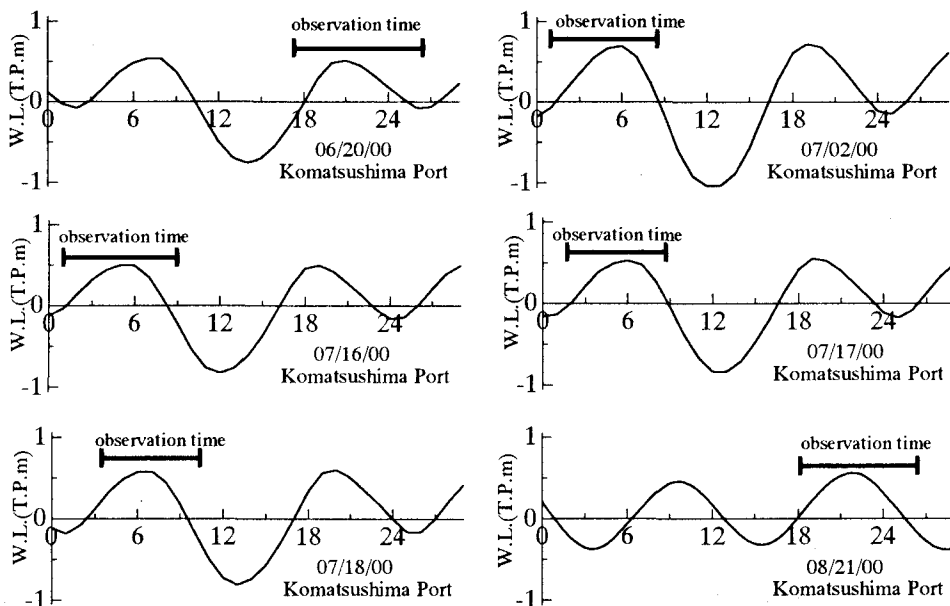


図-8 調査日の潮汐状況

出現のピークは7月までで、8月にはほとんど採集されていない。なお、8月の調査は小潮にあたっており、幼生の放出が少ない期間でもある。megaloopa は7月と8月の調査で出現しており、主として着底が7月以降に行われることを示している。また、上げ潮では主として表層で採集され、高潮時以降には底層でしか採集されていない。上げ潮時に遊泳活動し、干潟に回帰する性質をもつ magaloopa の特徴を表すものと注目される。

種の保存戦略の一環として幼生放出が適当な水質下で行われると考えると初期 zoea 採集地点の水質は zoea にとって良好なものと思われる。図-10 はポンプ採水試料の DO, pH, 塩分、海水密度と zoea 採集数との関係である。zoea が採集された時の水質の概略範囲は DO=4~7mg/l, pH=7.5~8.0, S=17~30‰, $\sigma_t=10\sim20$ psu である。このうち、塩分は幼生の生理的ストレス条件として、密度は浮遊、沈降などの物理機構に特に重要である。

採集された zoea 数にポンプ採水地点での流量をかけると各時間における zoea 通過量が推計される。採水地点で電磁流速計による測定（水面から15cm下で測定）を7/18と8/21の調査で行ったが、他の日の調査で測定していなかったこと、時間変動が大きいことなどを考慮して水位変化から通過流量を推定することとした。図-7に示したポンプ採水付近から流出入により、図-6の破線内部の干潟（面積A）の水位が一様に上昇・下降すると仮定すると水位 η と流量 Q の関係は

$$Q = A(d\eta/dt) \quad (1)$$

で近似できる。図-11は、こうして評価した推定流量と実測流速に断面（護岸から植生帯までの断面）をかけて求めた流量を比較したものである。なお、水位データは建設省の沖州水位観測所（干潟より約500m下流）で測定された水位記録を用いた。また流速データは風や波浪による

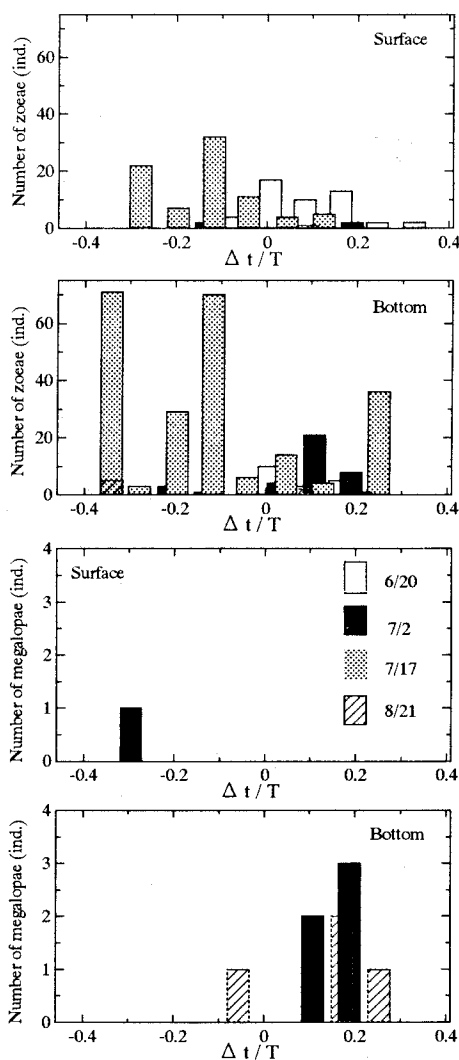


図-9 幼生の出現状況

変動が大きいため、10分の移動平均をかけてスムージングしたものを用いた。図からわかるように流速測定データを用いたものは変動が激しいが、水位変化からの推定結果と概略その変化状況は一致しており、平均的な流出入の状況を式(1)で近似することが可能と考えられる。

図-9の結果と式(1)を用いて、単位時間あたりに採水地点を通過する zoea 幼生個体数を推算した結果が図-12で、正は干潟から河川へ、負は河川から干潟方向への移動を示す。これによると7/18の調査では海水が流入し始めた際に大量の zoea が干潟に流入しているが、その他の日には満潮後2,3時間後に zoea の流出がピークとなり、1時間あたりに10~15万個体程度の幼

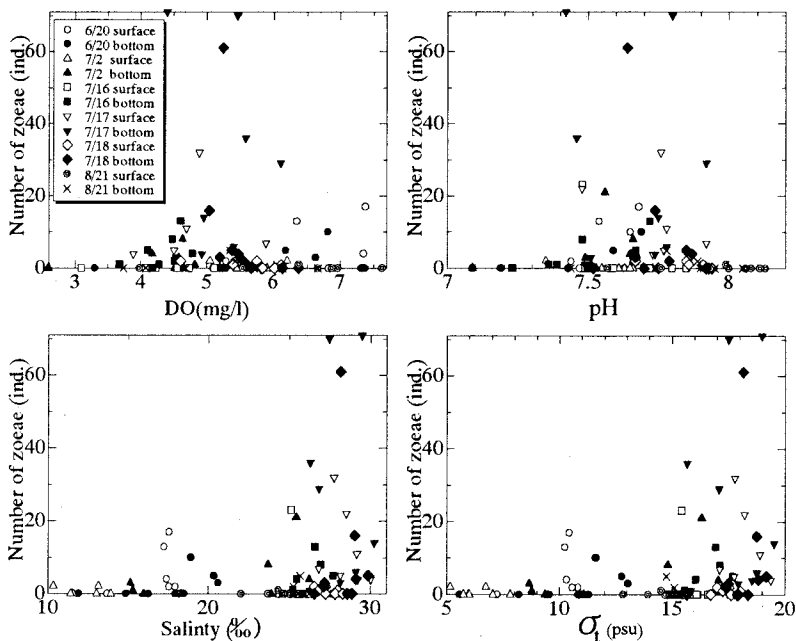


図-10 zoea 採集地点の水環境特性

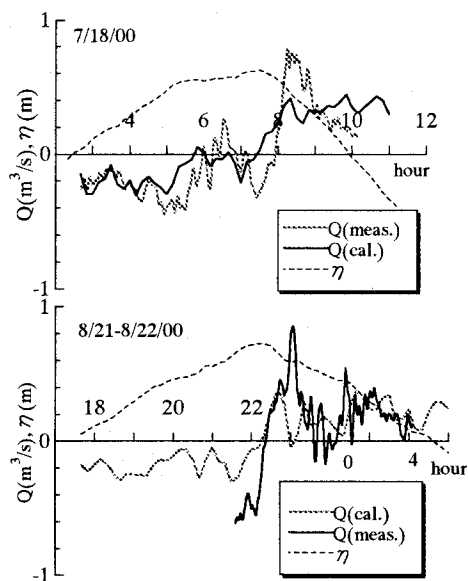


図 - 11 流量の推定方法の検証

生が河川へ流出していることがわかる。*U. arcuata* は著者の実験 (表 - 1 の B, C) では 1 個体あたり、30000 個体程度、大谷⁵⁾ の実験では 45000~60000 程度の幼生を放出しており、これを考慮すると 1 時間あたりの流出量は 2~5 個体の孵化に相当する。対象干潟では生殖可能なサイズの雌の *U. arcuata* は 1 m² あたり、約 2 個体 (干潟全体では約 8000 個体) 生息しており、生殖期間を 5~8 月の 4 ヶ月で大潮ごとに 6 日間幼生放出があると仮定すると、1 年間に 50 日程度は幼生が放出されている可能性がある。成熟雌が年に 1 回幼生を放出するとして、対象干潟では一晩で 160 個体の雌から放出があると推定されるが、今回測定された通過 *zoea* 量は少なすぎるようである。サンプリング間隔を密にすることや干潟での抱卵雌の割合など干潟生態系の理解のためにさらに詳しい検討が必要である。

5. まとめ

本研究では、シオマネキの浮遊生活期の生息状況を把握するため、室内実験および現地調査を実施した。その結果、幼生孵化のタイミングが分散過程と密接に関係していることや幼生の運動特性、現地での幼生孵化の実態の一部が理解された。しかし、本実験、観測からは断片的な情報が得られたに過ぎず、今後引き続きモニタリングを行い、データの蓄積に努めることが必要である。得られた主な成果をまとめると次のようである。

- 1) シオマネキ (*U. arcuata*) の幼生孵化は大潮前後の 2, 3 日のほぼ満潮の時刻に行われることが室内実験で明らかになったが、現地でも満潮の 2~3 時間後に *zoea* 幼生の流出がピークとなることがわかった。
- 2) 孵化直後の *zoea* は明るい方向へ移動する走光性を示

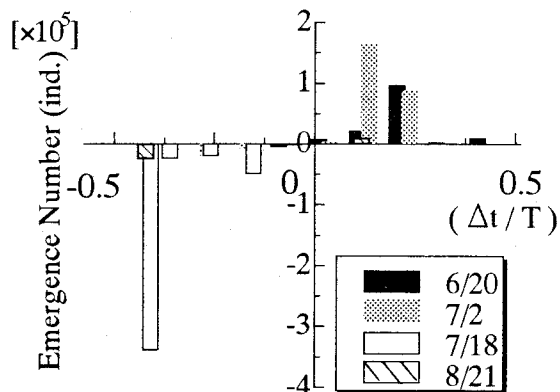


図 - 12 *zoea* 幼生の 1 時間あたり断面通過量

し、移動速度は光の影響下では最大 1 cm/s 程度であり、光の影響が少ないところでは 0.5 cm/s 程度である。

3) 現地で *zoea* と *megalopa* を採集した結果、*zoea* 幼生は 6, 7 月に多く採集され、*megalopa* は 7, 8 月に採集された。これより幼生放出は 7 月までがピークであり、7 月以降には *megalopa* として底着をはじめ。

4) みお筋の断面を河川方向に通過する *zoea* 個体数は最大でも 1 時間あたり 15 万個体程度であり、対象干潟の生息可能雌ガニの生息数から考えると過少である。

謝辞：

本研究は科学研究費補助金 (基盤研究 C-2, #10650509 代表：中野晋, 基盤研究 B-2, 代表：鎌田磨人) の補助を受けておこなわれた。水位データは建設省四国地方建設局徳島工事事務所から提供いただいた。幼生の孵化実験を行うにあたり、四国大学家政学部・酒井勝司教授にご指導をいただいた。ここに記して各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 中野晋, 藤井勇, 真子昌樹, 北野利一, 三井宏：浮遊幼生期を持つ潮間帯動物「シオマネキ」と河口部の流れとの関係, 水工学論文集, 第 42 巻, pp. 1153-1158, 1998.
- 2) 清野聡子, 宇多高明, 前田耕作, 山路和雄：守江湾内の八坂川河口沖干潟におけるカブトガニ孵化幼生の分散機構の解析, 水工学論文集, 第 44 巻, pp. 1209-1214, 2000.
- 3) 新保裕美, 田中昌宏, 越川義功, 棚瀬信夫, 池谷毅, 現地調査によるアサリ生息量と環境要因との関係の検討, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp. 1216-1220, 1999.
- 4) Morgan S. G. : The Timing of Laval Release, Ecology of Marine Invertebrate Larvae, L. McEdward ed, CRC Press, pp. 157-191, 1995.
- 5) 大谷拓也：シオマネキ幼生の飼育と観察, 水産増殖, 第 37 巻 7 号, pp. 297-301, 1989.

(2000.10.2 受付)