

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

RELATIONSHIP BETWEEN INTERTIDAL BENTHOS “GENUS *UCA*”
AND TIDAL FLOW IN THE YOSHINO RIVER MOUTH

中野 晋¹・藤井 勇²・真子 昌樹³・北野 利一⁴・三井 宏⁵
Susumu NAKANO, Yu FUJII, Masaki MANAGO, Toshikazu KITANO and Hiroshi MITSUI

¹ 正会員 工博 徳島大学助教授 工学部建設工学科 (〒770 徳島市南常三島町2-1)

² 正会員 工修 元徳島大学大学院 (〒690 松江市東津田町1351)

³ 学生員 徳島大学大学院 工学研究科博士前期課程 (〒770 徳島市南常三島町2-1)

⁴ 正会員 工修 徳島大学助手 工学部建設工学科 (〒770 徳島市南常三島町2-1)

⁵ 正会員 工博 徳島大学教授 工学部建設工学科 (〒770 徳島市南常三島町2-1)

The intertidal flat in the Yoshino River mouth is one of the few remaining habitats for fiddler crabs, Genus *Uca*, designated as a rare species in the Japanese Red Data Book for endangered species. To understand the influence of tidal flow on drifting larvae of *Uca*, Zooplankton sampling in this estuary and a numerical simulation of the larvae movement after hatching was conducted. The following was found: 1) Many zoeae were present near the water-route at depths of more than 5m and such areas varied due to tidal flow. 2) The density of zoeae reaches a maximum in August. 3) The relationship between larval release time and tide has influences on the survival rate of zoeae at an initial stage of development.

Key words: river mouth, Genus *Uca*, drifting larva, intertidal flat, tidal flow

1. はじめに

吉野川下流部は河口から第十堰まで 14.5km が汽水域となっている。この水域では干潟を中心に多様な動植物が育まれている。中でも河口から約 2km の南岸に位置する住吉干潟は塩性ヨシの群落や希少種に指定されている十脚甲殻類(カニ類)シオマネキ属(シオマネキ *Uca arcuata*, ハクセンシオマネキ *Uca lactea*)の生息地であり、その生態系の継続的な維持は河川工学上も重要な課題となっている。

著者らはこの干潟を対象としてカニの成熟個体の

活動個体数と底質の関係についての調査に加えて、干潟周辺の水域でカニの浮遊幼生の挙動を調べるため、動物プランクトン採集などの調査を行っている。

昨年の水理講演会では 1995 年と 1996 年前半の調査結果について報告¹⁾したが、調査結果の提示が主であり、河口部の水理現象と動物との関連についてはあまり議論できていなかった。

潮間帯動物であるシオマネキは、親ガニから放出され、元の干潟に回帰するまでの 20~30 日間を干潟周辺の水域で浮遊生活すると考えられている。この間には上位動物による捕食、水質の急変、陸域へ

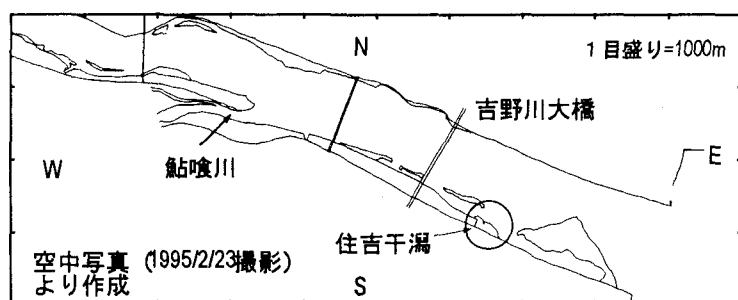


図-1 調査対象河川の概要図

の打ち上げや外海への流出など多くの要因により、干潟への回帰率は低下する。したがって、潮間帯動物の保全を考える上で浮遊幼生と河口の水質及び流れ特性との関連を知ることは重要であると考えられる。

そこで本論文では主として河口周辺の流れや水質がカニのゾエア幼生の生息分布に及ぼす影響について、プランクトン調査結果を基に考察する。また潮間帯動物の浮遊幼生期における潮汐流の影響を理解するため、幼生放出実験と放出された直後の幼生の移動解析を実施した。

図-1に調査対象河川の概要図（国土地理院の空中写真をもとに作成）を示す。

2. 浮遊幼生調査

(1) 動物プランクトン調査

調査は河口よりスナガニ類の多く生息する住吉干潟の上流までの間 2.5km の範囲において、1995 年（以下 95 年と略記）は 8 月 2-3 日、10 月 18-19 日、1996 年（以下 96 年）は 5 月 12 日、6 月 23 日、8 月 23 日、10 月 5 日の計 6 回、いずれも日中の時間帯にプランクトンの採集および水質調査を行った。

プランクトンの採集は深度における分布量の違いを調べるため、各地点で水面下 50cm、水底上 50cm、水深中央部の 3 点（水深の浅い箇所では水深中央部を除く 2 点）で採水し、プランクトンネット（網目 160 μ m）で浮遊生物を 25cc に濃縮分離した。なお、6 回目の調査では波浪の影響があり、河口付近の数点で調査ができなかった他、停泊時間を短縮するため、表層、底層のみ採水した。1 回の採水量は 95 年が 10 リットル、96 年は 15 リットルである。光

学顕微鏡による同定では経験不足によりカニ類、カイアシ類などの類までに止まっている。

採水地点の位置測定は 95 年がハンドコンパスを用いる簡易的な後方交会法、96 年はハンドヘルド GPS レシーバ（SI-TEX, HG-7）による単独測位法で行った。

(2) 水質調査

プランクトンをネットで分離採集した後の水を用い、水温、電気伝導度、溶存酸素（DO）、pH、酸化還元電位（ORP）の 5 項目について携帯型水質計（TOA 製、DO-11P, HM-12P, RM-12P, CM-11P）を用いて船上で測定した。電気伝導度は、NaCl 溶液により求めた検定曲線を用いて塩分に換算した。

(3) 幼生孵化実験

幼生孵化と潮汐の関係を知るために、抱卵メスからの幼生孵化を観察した。シオマネキ（*U. arcuata*）抱卵メスは四万十川河口（支流竹島川、高知県中村市鍋島）で 1997 年 8 月 4 日（大潮）に 2 個体採集し、半海水中で 2 週間飼育し、孵化時刻を調べた。なお、孵化実験に供するため、吉野川河口でも抱卵メスの採集を試みたが、残念ながら発見できなかった。なお、*Uca* 属の抱卵個体が巢孔の外へ出るのは極めて稀である。

3. 調査結果

(1) ゾエア幼生の分布特性

図-2に96年の調査結果を示す。調査地点は河口から約 500m 間隔、2.5km 地点までの 20 箇所であり、□または■で示す。記号■はゾエアが採集できた箇所での右側に水深、上下に表層（U）及び中・底層（L）でのゾエア採集数を記載した。なお、建

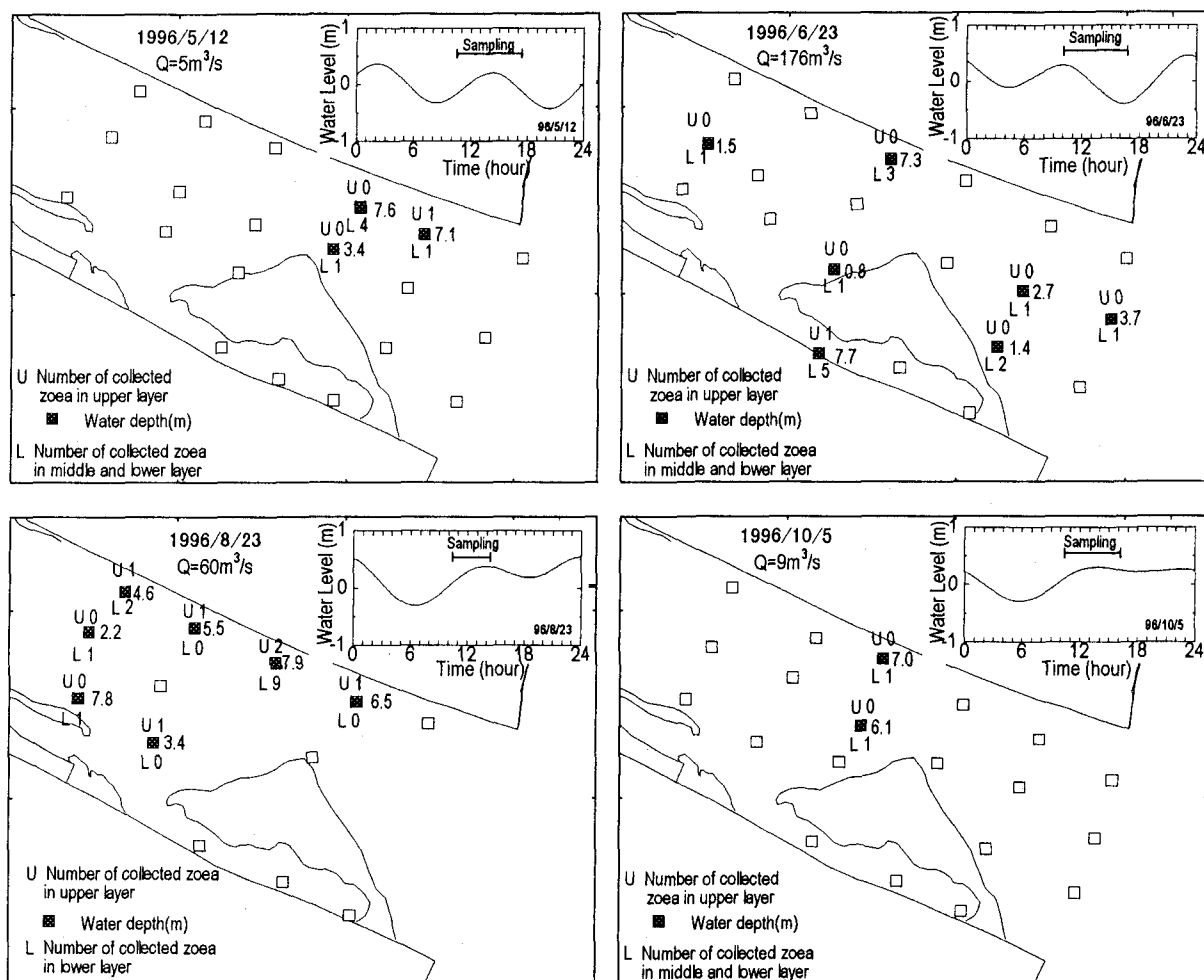


図-2 ゾエア幼生の採集状況（1996年、□■は調査地点、■は採集地点）

設省の速報値によると第十堰を通過した流量は4回の調査に対し、5/12以降、順に5, 176, 60, 9m³/sである。塩分変化をまとめた図-3に示すように流量の多い6/23には1kmより上流で表層の塩分が3%程度に低下していたことがわかる。一方、その他の日も表層と中層以下では塩分差があり、成層効果が認められる。潮汐による流出入量に比べると平常時の河川流量は1オーダー以上少ないため、流れ全体の特性に及ぼす成層効果は小さいが、浮遊生物の成長過程などのメカニズムを明らかにするためには重要な要素である。10/5の調査では塩分が40‰以上と外海水より高い値となっている。同時期(10/3)に、河口より3kmの吉野川大橋で表層水のCl⁻が17000mg/lを記録（徳島市が測定）しており、当日も高塩分状態であったとしてもやはり異常値であり、以下の考察では用いていない。なお、図-3に

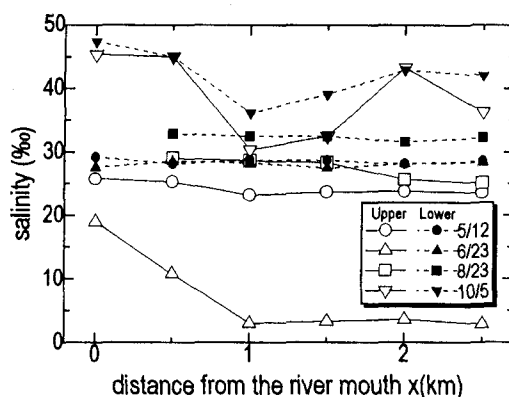


図-3 塩分の変化

示した各断面の塩分は砂州南側の3点と水深3m以下の測定点は除き、表層、中層+底層に分けて断面の測定値を算術平均したものである。また調査時の潮汐状況も図中に示しており、5/12が満潮前後、6/23が下げ潮時、8/23が上げ潮から満潮に至るまで、10/5

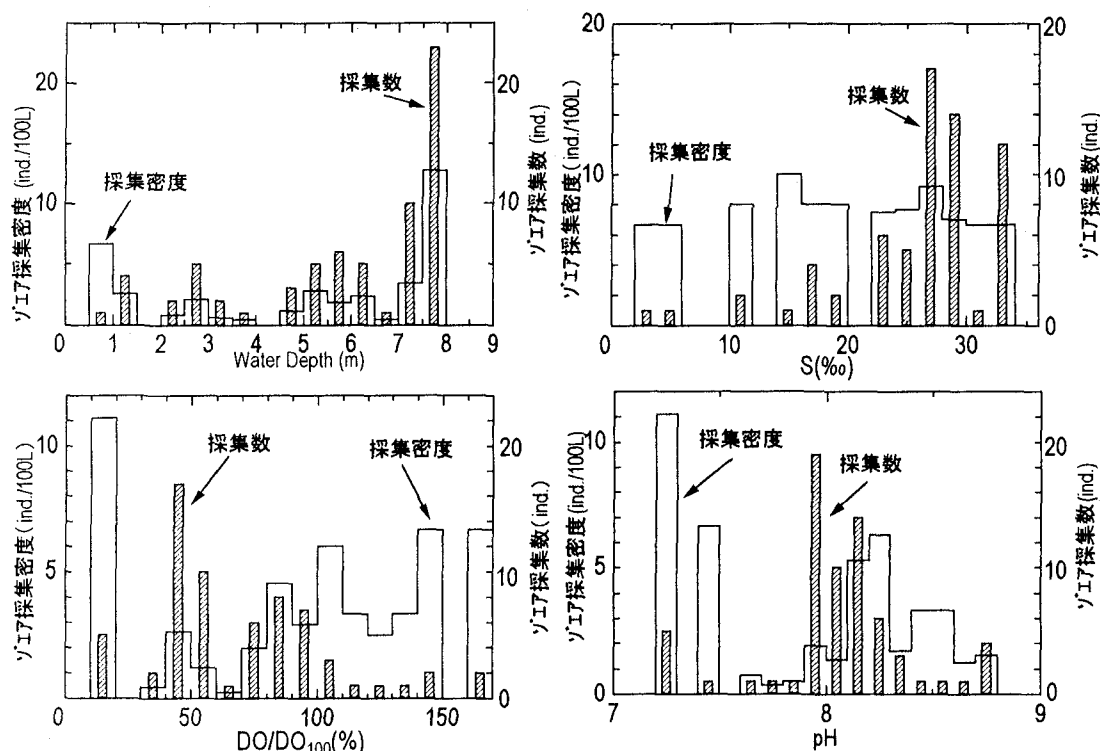


図-4 ゾエア採集地点の環境特性（水深，塩分，酸素飽和度，pH）
（白抜き記号は100リットル当たりの採集数，ハッチング記号は採集数を示す）

が満潮前後である。満潮時前後の調査で河川流量が小さい5/12と10/5は0.5～1.5kmの砂州北側水域の中・底層部で採集されている。一方、河川流の影響が最も大きい6/23はゾエアが採集された範囲は広いが、流れの速い滞筋では採集されていないことと河口（0～0.5km）と砂州南側で多いことは河口向きの流れが影響していると思われる。8/23は多くのゾエアが採集されたが、上げ潮の影響を受け、1kmより上流の部分だけで採集されていることと表層での採集数が多いことが特徴である。表層の生息数が多い原因は全体的に浮遊幼生数が多いことに加えて、表層のpH、酸素飽和度が中・底層より高く、植物プランクトンの活性度が高かったと推定されるため、ゾエアも何らかの影響を受けた可能性も考えられる。95年8月の調査でもDOが過飽和状態となっている表層で多く採集されている。

図-4は95年の結果も含めて、水質などの環境因子（水深，塩分，酸素飽和度，pH）とゾエア採集数と採水100リットル当たりの採集密度の関係を調べたものである。

水深別に見ると、水深5m以上の場所で多く採集されており、特に7.5～8.0mの地点で採集数、採集密度とも最大となっている。河口部に生息するゾエア幼生は潮汐に応じた上下移動を行い、上下の流れの違いを利用して海域への流出からまぬがれていると考えられている²⁾。水深の大きい地点では上下層の流れの変化が大きいため、こうした機構を利用しやすく、生息密度が高くなるのではないかとと思われる。なお、水深1.5m以下の場所でも採集密度は高いが、サンプル数が少ないため、考察の対象からは除いた。

塩分について見ると、多くが22‰以上の海水中に生息している。しかし、採集密度で見ると、ほとんど変化がなく、河口から2.5kmの範囲では塩分が生息密度を規定する要因とはなっていない。酸素飽和度は調査日による違いが大きい。95年8月の全部と96年8月の一部で表層部が100%以上になっており、この時の表層で採集されているため、過飽和状態での採集密度が高い。また酸素飽和度20%以下でも生息しており、比較的低濃度の溶存酸素下

でも生存できることがわかる。pHは7.2~7.5, 8.2~8.6で採集密度がやや高くなっているが、ゾエアの生息との直接的な関係は見られない。

図-5はゾエアの採集密度を月変化としてまとめたもので、5月以降急増し、8月に最大になった後、10月頃には終了することがわかる。従って、本河口干潟のカニ類の生殖活動は概ね5~9月であることがわかる。

(2) 幼生孵化と潮汐の関係

図-6には四万十川で採集したメス2個体が、実験室で放幼させた時刻を四万十川河口（実崎水位観測所）の潮位変化と比べたものである。これまでも潮間帯に生息するカニ類の孵化と潮汐の関係はいくつか検討されており（たとえば Christy³⁾）、シオマネキの場合には大潮の満潮前後に幼生放出が行われるとする報告がある⁴⁾。孵化は8/18（大潮）の朝と夜の満潮を2時間余り経過した時刻（7:35, 21:14）に始まった。朝、夜の違いはあるが、満潮からの経過時間が2~2.5時間とほぼ同じ潮位条件で孵化が始まっており、何らかの生物リズムの存在が示唆される。今回は2個体だけの観察であり、さらに実測が必要である。

4. 孵化直後の幼生移動計算

潮間帯のベントスの保全を考える上で、浮遊幼生期の挙動に及ぼす流れ特性を理解することが重要である。昨年¹⁾の水講では河川流量を0~200 m³/sの範囲で変化させて、満潮時に孵化した幼生が流れに乗って移動する状況を調べ、豊水流量に相当する100 m³/sを超えると海域へ流出する幼生が多くなることを示した。今回は孵化実験の結果を重視し、孵化時刻の違いによる移動分散の変化を調べた。なお、昨年の計算では用いた要素が粗く、地形再現性が十分でなかったため、要素を細かく作成し直した。

計算方法は昨年¹⁾と同様に流れについては平面2次元浅水方程式を有限要素法で離散化したものを用いた。要素は3角形1次要素であり、河口から上流に10km、沖合いに6kmの範囲を2000節点、3283要素に分割して計算した。住吉干潟に満潮前後に放

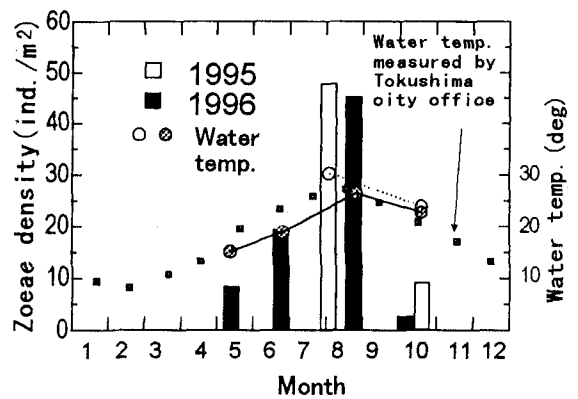


図-5 ゾエア採集密度の月変化

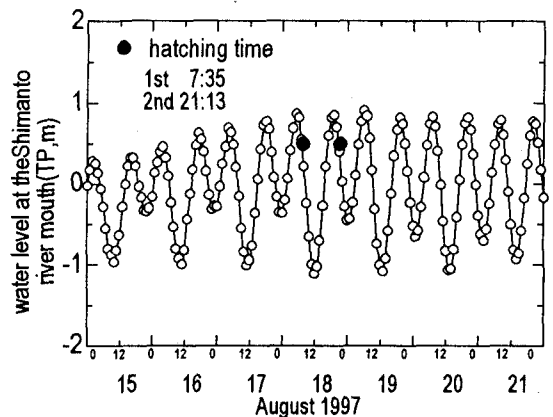


図-6 孵化時刻と潮汐の関係

出された幼生1000個体の移動をオイラー・ラグランジュ手法で求めた。放出直後の第1ゾエア期（2, 3日間）のシオマネキは遊泳能力に乏しく、ほとんど流れに逆らうことはできない。2次元計算では鉛直方向の流速変化の影響は考慮できないので、ゾエアの上下運動の効果を評価できない。従って、本計算では単純な中立粒子とみなした取り扱いを行った。なお、これらの粒子の中で投入後、陸境界付近の水深が0.01m以下となる地点まで移動した粒子は、干潟に打ち上げられて死亡する可能性が高いと見なし、その後の移動追跡から除外した。

図-7に上流端からの河川流量 $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ で満潮時に孵化した場合と満潮から2時間後に孵化した場合の幼生の移動状況を比較して示す。両者に明確な違いは見られないが、両者ともに満潮から4時間後には下流側の砂州の浅瀬付近に到達し、干潮となる6時間後には河口付近に達している。その後、上げ潮に乗って上流に向かっており、外海へ流出するこ

となく、河道内で滞留しやすくなっている。両者いずれも、生存率が急激に減少しているが、いずれも0.01m以下の水域に到達したため、生存可能性が低くなったと判断されたため、この基準が妥当かどうか、今後検討が必要である。

図-8には孵化時刻を満潮の2時間前～2時間後と変化させて、生存率の時間変化を調べた結果を示すが、満潮前に孵化すると短時間で上下流の干潟に到達して生存率が急減しているのに対し、0～2時間後に孵化した場合にはほぼ同じような傾向を示す。

5. まとめ

本研究で得られた内容は以下のようである。

- 1)河川流や潮汐の状況に応じて、ゾエア幼生の採集位置は異なっていたが、水深7m以上の深い地点で採集密度が最大となった。またゾエア幼生は8月に最も多く採集された。
- 2)シオマネキ2個体の孵化実験では、採集地点の潮汐で満潮約2時間経過後の孵化が観察された。
- 3)孵化直後を対象とした幼生の移動解析では満潮または満潮直後に放出された幼生の生存率が高くなることがわかった。

河口部の生態系を考える上で流れの3次元性は無視できない。特に浮遊幼生の挙動を評価する上では幼生の日周運動や水質の影響なども考慮する必要がある、今後の大きな課題である。

謝辞：

四国大学教授・酒井勝司先生にはこの研究を実施するに当たり、シオマネキの調査方法など全般にわたり、丁寧なご指導を頂いた。各種調査データは建設省徳島工事事務所、徳島県土木部、建設省中村工事事務所、徳島市保健環境部より提供を受けた。また本研究は、文部省科学研究費として、基盤研究(A)（代表：東北大学教授・澤本正樹氏）、基盤研究(B)（代表：大阪大学教授・中辻啓二氏）、基盤研究(C)（代表：徳島大・中野晋）計3件の補助を受けた。ここに付記し、各位に感謝の意を表する。

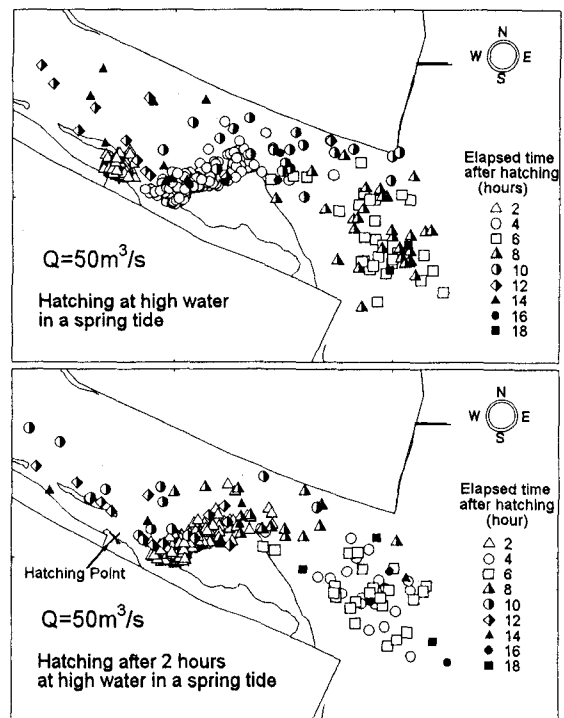


図-7 孵化直後の幼生移動状況

(上：満潮時放出，下：満潮2時間後放出)

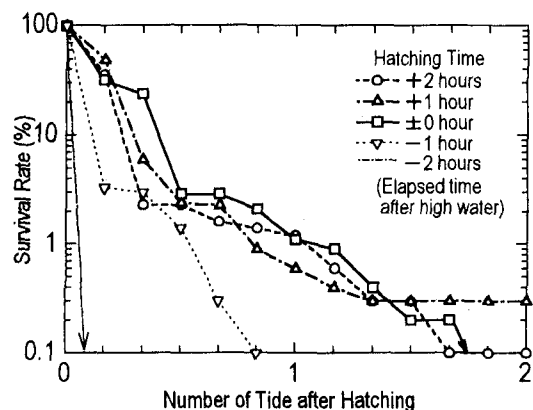


図-8 孵化直後の河道内滞留生存率変化

参考文献

- 1)中野晋・真子昌樹・酒井勝司・北野利一・三井宏：河口の環境指標生物「シオマネキ」の生態と水理・底質特性，水工学論文集，Vol.41，pp.283-288，1997。
- 2)たとえば，栗原康：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー，pp.150-160，東海大学出版会，1988。
- 3)Christy J.H.: Timing of larval release by intertidal crabs on an exposed shore, Bulletin Marine Science 39(2), pp.176-191,1986.
- 4)山口隆男：干潟のスター・シオマネキ，pp.118-122。アクアライフ，(発行年不明)

(1997.9.30受付)