

兵庫県における準絶滅危惧種 ハクセンシオマネキの生息地ネットワーク 形成に関する基礎的研究

STUDY ON HABITAT NETWORK OF FIDDLER CRAB *Uca lactea*
IN HYOGO PREFECTURE

宇野宏司¹・辻本剛三²・柿木哲哉³・中野晋⁴

Kohji UNO, Gozo TSUJIMOTO, Tetsuya KAKINOKI and Susumu NAKANO

¹正会員 博(工) 神戸工業高専講師 都市工学科 (〒651-2194 神戸市西区学園東町8-3)

²フェロー会員 工博 神戸工業高専教授 都市工学科 (〒651-2194 神戸市西区学園東町8-3)

³正会員 博(工) 神戸工業高専准教授 都市工学科 (〒651-2194 神戸市西区学園東町8-3)

⁴正会員 博(工) 徳島大学准教授 環境防災センター (〒770-8506 徳島市南三島町2-1)

The ecological network formation of *Uca lactea* which is one of the Near Threatened species in Red-data Book published by Japan Environment Agency was considered. Study site is the tidal flats in Awaji Island which is located between Hrima-Nada, Osaka Bay and Kii Channel and around there. In this study, first, to confirm the habitat distribution of *Uca lactea* in Awaji Island, field observations were carried out. Secondary, to examine the possibility of the ecological network formation of *Uca lactea* around Awaji Island, the numerical simulations were run. Main results are as follows; 1) The habitats of *Uca lactea* in Awaji Island distributes on both east and west sides of Awaji Island. 2) In some of the habitats of *Uca lactea* in Awaji Island, the alternation of generations might be proceeding. 3) There is limited possibility that the movement of *Uca lactea*'s larvae can reach to other habitats which is located across-the-sea neighbor in one month.

Key Words : *Uca lactea*, tidal flat, ecological network, Habitat Suitability Index, Awaji Island

1. はじめに

平成 14 年に策定された「新・生物多様性国家戦略」¹⁾では、従来の保全に加えて失われた自然をより積極的に再生、修復していく「自然再生」の提案を大きな柱の一つに定めている。地域固有の生物相の安定した存続、あるいは減少した生物相の回復を図るためには十分な規模の保護地域を核としながら、それぞれの生物の生態特性に応じて、生息・生育空間のつながりや適切な配置が確保された生態的ネットワークを保全していくことが重要である。

特に浅海域の干潟に生息する底生生物にとっては、陸域と水域の連続性が保たれていることが重要で、なおかつ浮遊幼生期に移動分散を可能とする干潟ネットワークの形成が対象種の長期的な存続のためには必要となる。

本研究で対象とするハクセンシオマネキ (*Uca lactea*) (写真-1) は、旧・環境庁のレッドデータリストで準絶滅危惧(NT)に指定されており、環境のわずかな変化によっても絶滅する恐れがあるため、



写真-1 ハクセンシオマネキ (*Uca lactea*)

開発の進んだ閉鎖性水域における干潟の重要性、希少性を示す有用な指標種となることが期待される。本種はかつて西日本の多くの河口干潟でその生息が確認されたが、全国的に干潟の減少にともなってその生息数は減少している。本種の生息分布については、和田らが WWF JAPAN Science Report²⁾のなかで詳しく報告しているが、淡路島周辺の生息状況につ

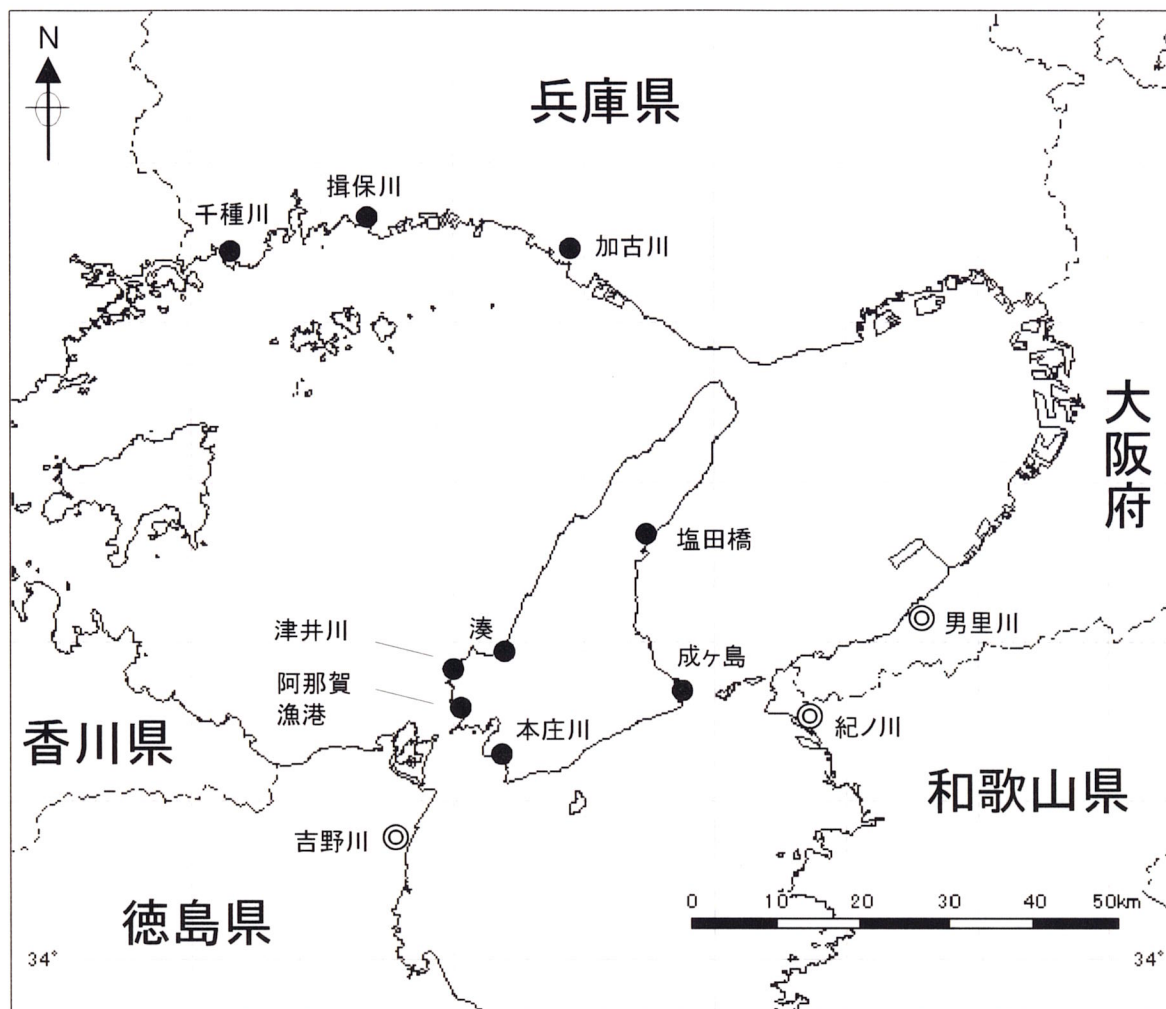


図-1 ハクセンシオマネキの生息地点 (●本研究で確認された生息地◎はハクセンシオマネキのコア生息地)

いては報告がなく、空白域となっている。淡路島は、瀬戸内海東部に位置し、播磨灘、大阪湾、紀伊水道に囲まれており、これらの水域を介して、吉野川（徳島県）、紀ノ川（和歌山県）、加古川（兵庫県）といった本種にとってコアとなる生息地が存在することから、干潟ネットワーク形成の可能性の検証に適したフィールドであると考えられる。

本研究では、淡路島における本種の生息状況把握に係る現地調査と、数値モデルによる幼生分散シミュレーションの結果から、閉鎖性水域における干潟間の生態系ネットワーク形成の可能性について検討することを目的とする。

2. 淡路島周辺のハクセンシオマネキ生息分布状況の把握に係る現地調査

(1) 調査方法

和田らによって報告されている加古川、揖保川、千種川河口に加え、淡路島一帯の河口域（32 地点）において、ハクセンシオマネキの生息状況を調べた。調査日時は活動個体数が最大となるとされる大潮の干潮時 1～2 時間前後とした。生息が確認さ



写真-2 水域と陸域の連続性が絶たれた河口(佐野川)

れた干潟では、1 m 四方のコドラートを複数設け、目視により雌雄別・サイズ別の活動個体数、巣穴数をカウントした。活動個体数のサイズは、雌雄とも甲幅 15mm 以上を「大 (L)」7～15mm を「中 (M)」7mm 以下を「小 (S)」と区分した。またコドラート内で採取した表層泥を実験室に持ち帰り、含水比や強熱減量、粒径 2,000 μ m 以下の微細粒子の粒度分布を測定した。

表-1 地点別平均活動個体数密度

	加古川	揖保川	千種川	塩田橋	成ヶ島	本庄川	阿那賀漁港	津井川	湊
♂	6	4	8	7	7	4	8	5	9
♀	1	2	3	2	3	1	3	1	2
計	7	6	11	9	10	5	11	6	11

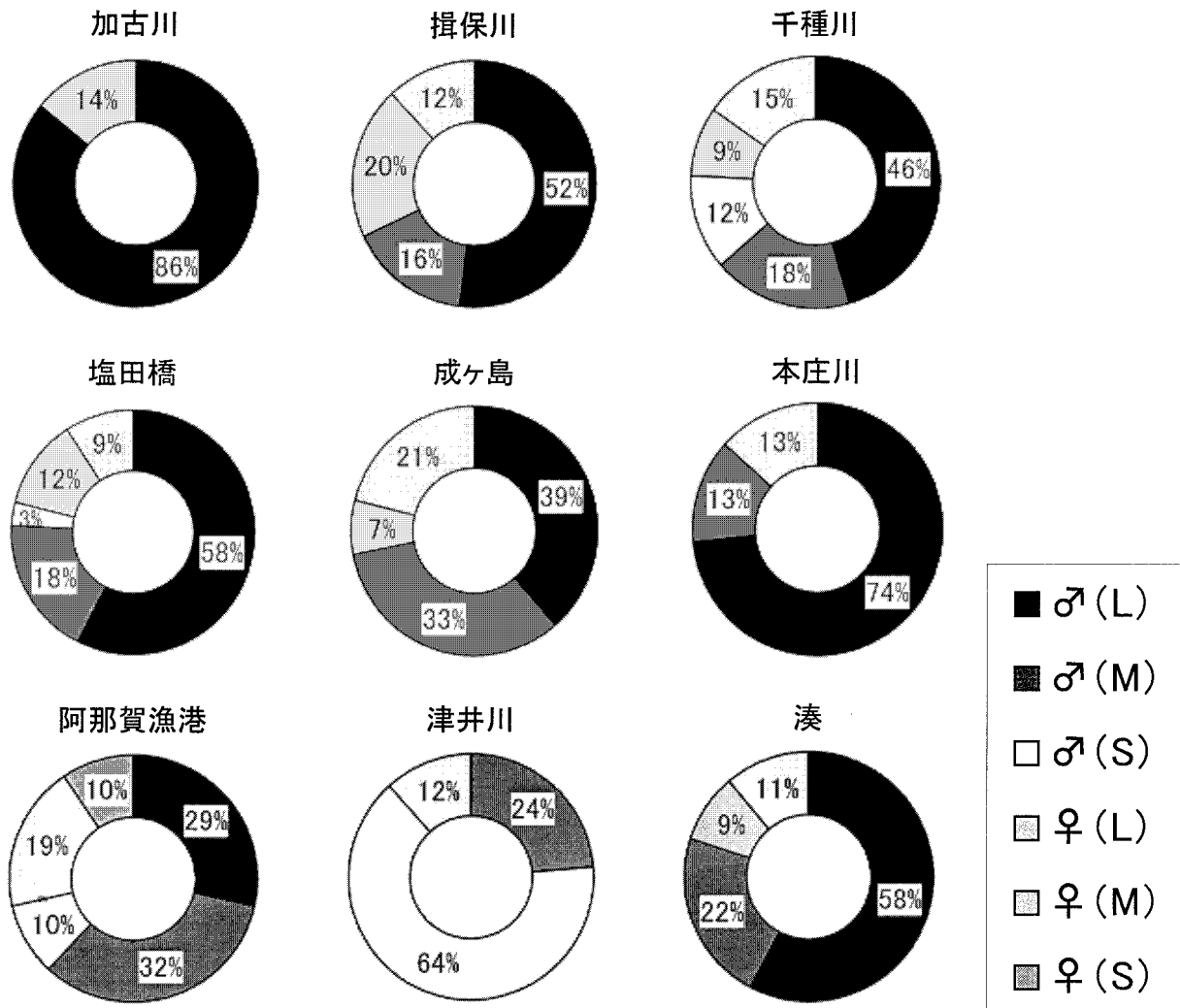
(単位：活動個体数/m²)

図-2 雌雄別・サイズ別の活動個体数

(2) 調査結果

淡路島一帯の河口域 32 地点のうち、ハクセンシオマネキの生息が確認されたのは、塩田橋、成ヶ島、本庄川河口、阿那賀漁港、津井川河口、湊の 6 地点であった（図-1）。本種の生息が確認された地点の底質はいずれも砂質で、特にヨシの生え際で高密度に生息していた。一方、写真-2 に示すような海岸構造物の設置等により陸域と水域の連続性が断たれている河口や上流からの土砂の過剰供給によって河口閉塞しているところでは本種の生息は全く確認されなかった。

表-1 に地点別のコドラート内平均活動個体数を示す。また、図-2 にコドラート内で確認された活動個体の雌雄別・サイズ別の割合を示す。いずれの

地点とも雄カニの占有率が雌カニを上回っていた。加古川、揖保川、本庄川、津井川の平均活動個体数が 5~7ind./m² と他の地点と比較して若干小さい値となっている。図-2 より加古川、揖保川、本庄川の 3 地点については、比較的サイズの大きなカニで占められている。ハクセンシオマネキの巣穴は、巣穴付近で摂餌活動を行うため、隣接する巣穴のカニとの競合を避けて造巣することが知られている。したがって、個体サイズの大きいものが占有する場所では、単位面積当たりの活動個体数は少なくなるものと考えられる。津井川についても、サイズが中以下の雌雄しか生息していないが、ここでの活動個体数が少ないのは上述の密度効果によるものではなく、比較的新しい生息地であることが原因と考えられる。

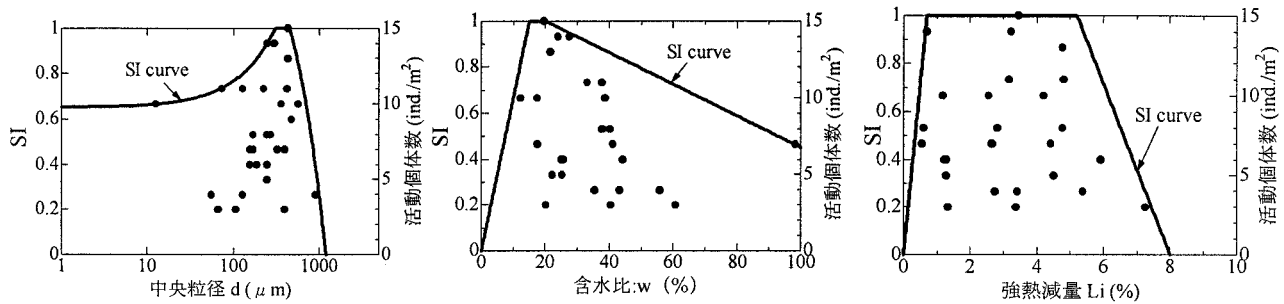


図-3 SI 曲線（中央粒径，含水比，強熱減量）

ハクセンシオマネキは着底から2年後以降に繁殖可能となる。山口の研究³⁾から2年目には雄の場合で甲幅 14.3mm，雌の場合で甲幅 13.3mm に達すると見積もることができる。このことから，本調査で確認された大サイズ（甲幅 15mm 以上）の個体については，繁殖可能な個体とみなすことができる。雌雄とも大サイズの個体の生息が確認された加古川，揖保川，千種川，塩田橋，成ヶ島，湊の6地点であった。これらの地点では，世代交代が進んでいることが考えられ，安定した生息場となっているものと考えられる。一方，その他の干潟については，現時点では独自に再生産を行っているかの判断はできず，今後の継続したモニタリングが必要である。

(3) 干潟の生息地適正評価指数の算定結果

親ガニの生息地の適正度を評価するために，現地観測で得られた活動個体数，底質調査結果をもとに HSI（生息適正評価指数）モデルを作成した。HSI モデルの作成方法については多数提案されている⁴⁾が，本研究ではデータの蓄積が十分ではないために，本研究では重み付けや統計的手法による評価手法の選択は行っていない。ここでは，造巣条件や摂餌環境を示す中央粒径・含水比・強熱減量を指標として選定し，それぞれの SI 曲線を図-3 に示すとおり作成した。

SI 曲線の作成手順は以下のとおりである。①各因子と活動個体数との関係をプロットする，②調査期間の最大個体数が SI=1.0，最小個体数が SI=0 となるよう任意の直線または曲線を作成する。この時，観測値がすべて包含されるようにする，③各観測値に対する SI 値を求め，HSI 値を式(1)より算出した。

$$HSI = SI_{\text{中央粒径}} \times SI_{\text{含水比}} \times SI_{\text{強熱減量}} \quad (1)$$

図-4 は上式により各コドラート内の HSI スコアから調査地点ごとの平均値を算出したものである。これによると，塩田橋（HSI=1.0）が親ガニの生息地としては最も適切な環境を備えていることになる。塩田橋と同じく淡路島東岸に位置する成ヶ島についても，HSI=0.87 と高い値を示していた。一方，淡路島西岸では，湊で最も高く（HSI=0.91），津井川で最も低くなっていた（HSI=0.50）。これに対し，本州側では千種川で最も高く（HSI=0.87），揖保川

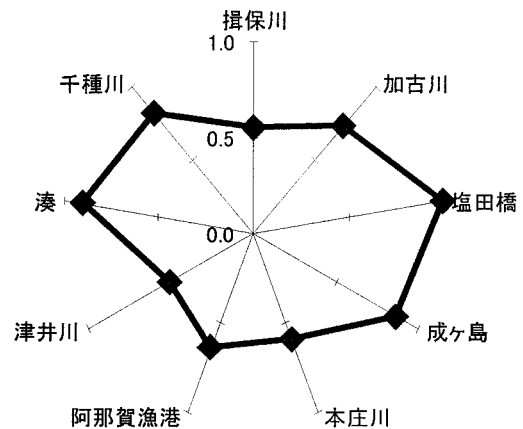


図-4 HSI スコアの算出結果

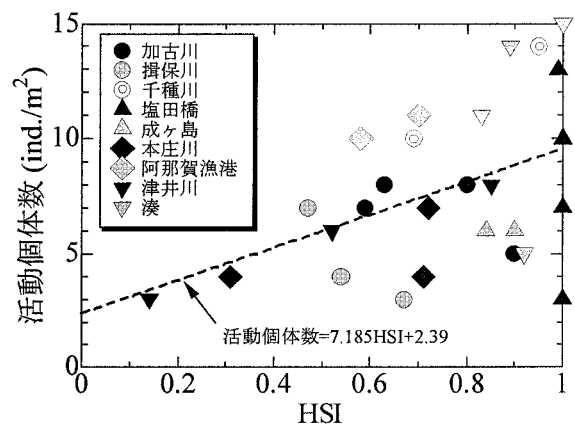


図-5 HSI スコアと活動個体数との関係

で最も低くなっていた（HSI=0.56）。これらの結果から，ハクセンシオマネキ生息地の環境の質としては，淡路島と本州側ではそれほど大きな差はないことがわかる。しかし，生息地や流入河川の規模と比較すると，淡路島の生息地は本州側に比べて規模が小さいため，安定して個体群を維持することが困難な状況にある。

図-5 は，算出された HSI スコアと活動個体数との関係を示したものである。生息地によってばらつきが見られるものの，両者は正比例の関係にあり HSI モデルとして正当な評価を得ていることを確認することができた。

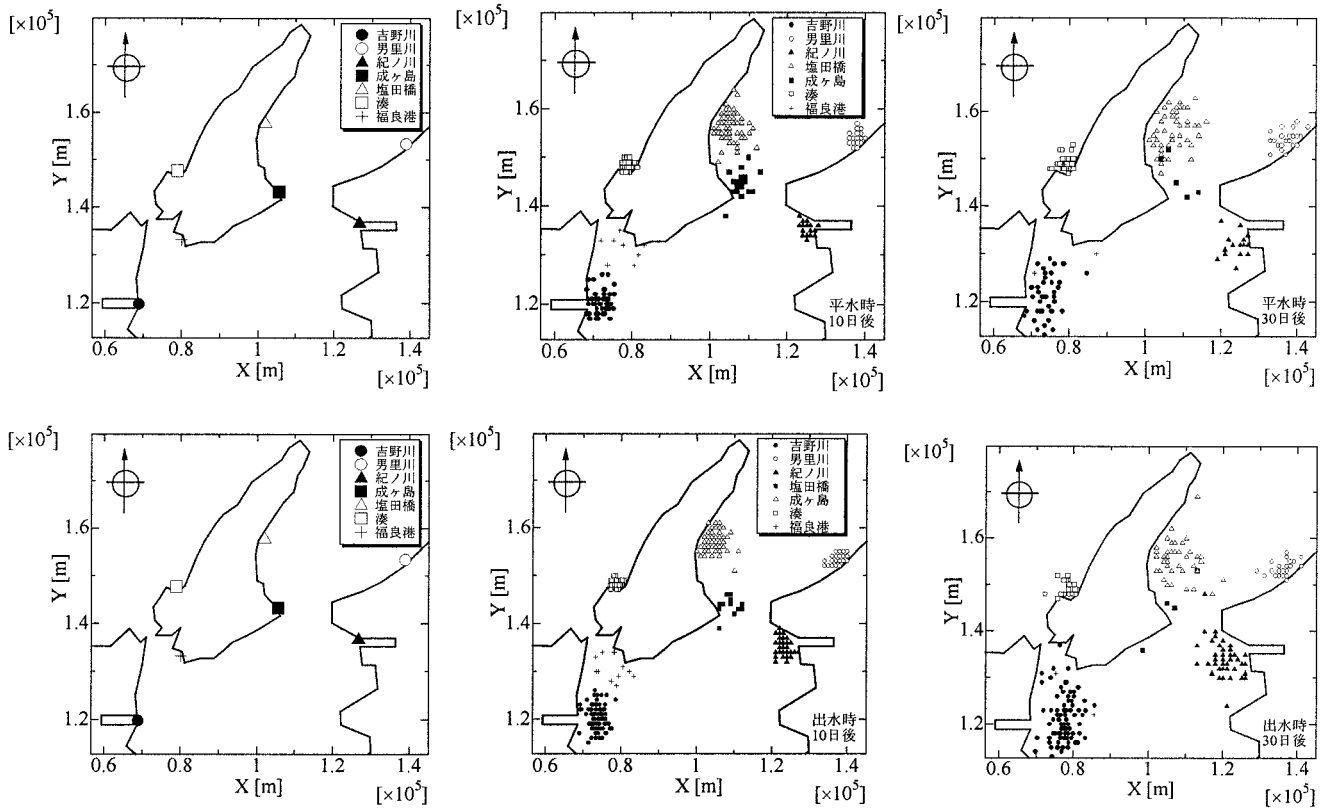


図-6 2次元浮遊幼生分散シミュレーションの結果（初期位置，10日後，30日後）

3. 浮遊幼生分散シミュレーションによる 淡路島周辺の干潟ネットワーク可能性の検証

(1) シミュレーションの概要

シオマネキ浮遊幼生の移動分散過程については、これまで幼生を中立粒子に見立てて Lagrange 的に追跡することで検討されてきた⁵⁾が、湾・灘スケールでの検討は行われていない。そこで本研究では、瀬戸内海東部を解析領域とした2次元 FEM 潮流シミュレーションを行った。境界条件として、宇野、高松、室戸、串本の推算潮位（主要4分潮）と、河川流量（吉野川、千種川、加古川、揖保川、淀川、大和川、紀ノ川）を与えた。河川流量の程度による分散過程の違いを検討するために、1982～2001年の流量年表の日平均流量（8月）の平均値を「平水時」、最大値を「出水時」とした。

浮遊幼生の移動分散については、以下に示す早川ら⁶⁾の方法によって評価した。

いま、 x 方向、 y 方向の流速 u 、 v における浮遊幼生の移動を考える。

時刻 $n\Delta t$ に (x^n, y^n) の位置にあった浮遊幼生は、1階の偏微分まで考慮すると、時刻 $(n+1)\Delta t$ には、

$$x^{n+1} = x^n + u^n \Delta t + \frac{\Delta t}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^n (x^{n+1} - x^n) + \frac{\Delta t}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^n (y^{n+1} - y^n) \quad (2)$$

$$y^{n+1} = y^n + v^n \Delta t + \frac{\Delta t}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^n (x^{n+1} - x^n) + \frac{\Delta t}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^n (y^{n+1} - y^n) \quad (3)$$

に移動する。1ステップあたりの水平方向の移動距離は、分散を考慮して次式で評価される。

$$\Delta x = \frac{u \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial y} \Delta t \right) + \frac{1}{2} v \frac{\partial u}{\partial y} \Delta t}{\left(1 - \frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial x} \Delta t \right) \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial y} \Delta t \right) - \frac{1}{4} \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial v}{\partial x} (\Delta t)^2} \Delta t + \gamma \sqrt{2K\Delta t} \quad (4)$$

$$\Delta y = \frac{v \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial x} \Delta t \right) + \frac{1}{2} u \frac{\partial v}{\partial x} \Delta t}{\left(1 - \frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial x} \Delta t \right) \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial y} \Delta t \right) - \frac{1}{4} \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial v}{\partial x} (\Delta t)^2} \Delta t + \gamma \sqrt{2K\Delta t} \quad (5)$$

ここに、 γ は平均値 0、標準偏差 1 の正規乱数、 K は乱流拡散係数である。

幼生の放出地点は既往の知見ならびに今回の現地観測の結果に基づいて、吉野川、男里川、紀ノ川、成ヶ島、塩田橋、湊、福良港の7点とし、それぞれの地点で大潮の満潮時に100個体の幼生が放出するものとした。

(1) シミュレーション結果

図-6は平水時、出水時のそれぞれについて、初期位置、10日後、30日後の分散状況を示したものである。吉野川や紀ノ川河口は、流量規模の違いによって分散の様相が大きく変わっている。また、塩

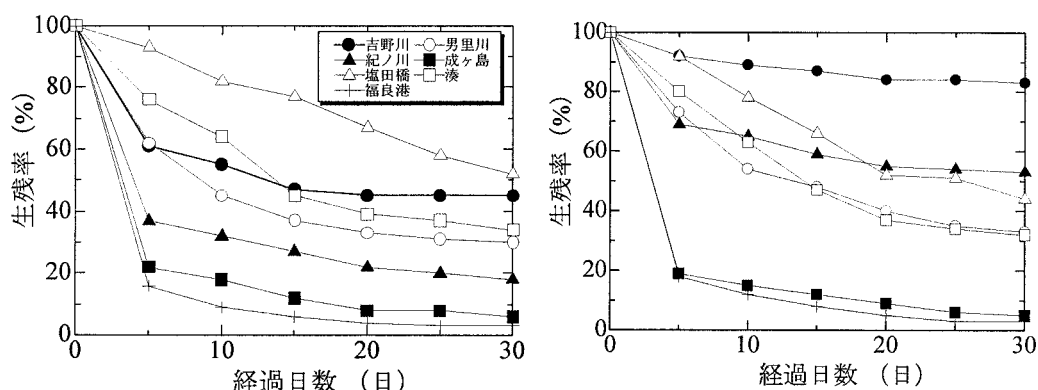


図-7 幼生放出後の生残率（平水時，出水時）

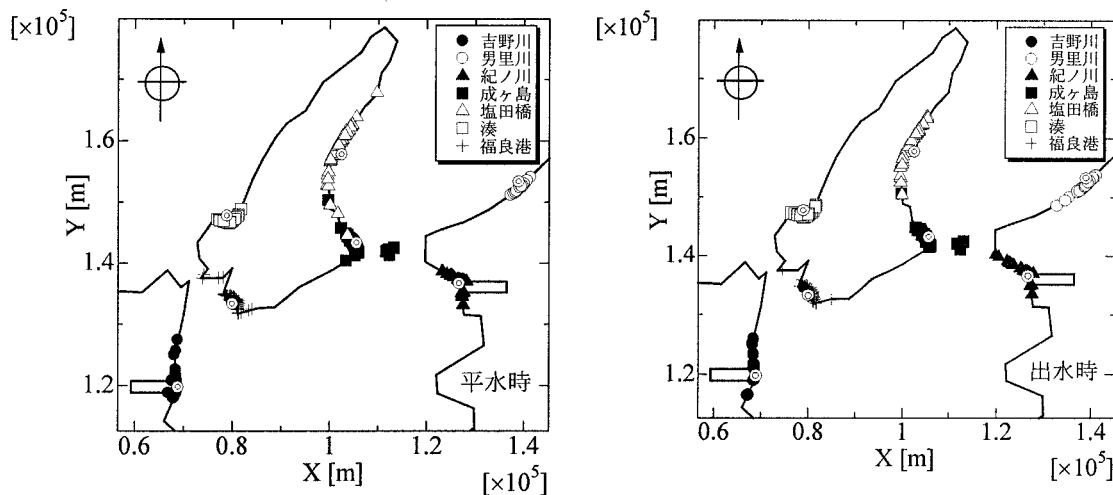


図-8 幼生の着底位置

田橋や福良港については、流入河川を考慮しないに関わらず、平水時と出水時で分散状況に違いが見られる。これは周辺の河川水流出の影響が湾スケールに及んでいることを示唆している。一方、成ヶ島や湊では、河川流出の程度によらず他の地点に比べて分散効果が小さいことがわかった。

図-7 は、各地点から放出された幼生の生残率の経時変化を示したものである。ここでの生残率は、幼生が陸域に到達した場合に打ち上げられたものとみなして算出している。成ヶ島や福良港では初期減耗が大きく、放出後5日以内の生残率は20%以下となっていた。これに対し、塩田橋では河川水流出の規模によらず、90%以上を保っていた。吉野川や紀ノ川では平水時より出水時の方が生残率が高くなっていた。これは河川流量が多いほど、幼生が海域に移送され打ち上げられにくくなったためであると考えられる。

図-8 は、幼生の着底位置を示したものである。放出された幼生の多くは、放出地点周辺の陸域に到達しており海域を隔てて隣接する干潟との交流は見られない。本計算では幼生の遊泳力や生理条件を考慮できていないが、幼生の浮遊期間内に海を介して他の干潟に到達することはほとんど不可能であると考えられる。したがって、現在の生息地の分布状況はかつて形成されていた干潟ネットワークが寸断され、その結果残された可能性が高いものと思われる。

4. まとめ

淡路島におけるハクセンシオマネキの生息状況を確認したところ、世代交代が繰り返されていると考えられる生息地が確認された。また、数値シミュレーション結果から淡路島周辺の海域を介した幼生ネットワークの形成は考えにくいことも明らかとなった。

参考文献

- 1) 環境省 編：生物多様性国家戦略-自然の保全と再生のための基本計画，ぎょうせい，pp.68-70，2002.
- 2) 和田恵次ほか：WWF Japan Science Report, vol.3, (財)世界保護基金，1996.
- 3) 山口隆男：ハクセンシオマネキの生活史と個体群生態学的研究（予報），ベントス研究会連絡誌，15/16，pp.10-15，1978.
- 4) 田中章：HEP 入門，朝倉書店，pp.150-198，2006.
- 5) 中野晋・宇野宏司：底生生物「シオマネキ」の浮遊幼生分散と塩分環境，海岸工学論文集，第48巻，pp.1181-1185，2001.
- 6) 早川典生・細山田得三・西川誠・宝田盛康・犬飼直之：ラグランジュ的粒子追跡による広島湾湾底部の海水交換に関する研究，海洋開発論文集，vol.11，pp.103-108，1995.