

四国周辺の干潟における稀少種「シオマネキ」の 生息地適性評価

HABITAT EVALUATION MODEL FOR GENUS *UCA* IN SHIKOKU ISLAND

宇野 宏司¹・中野 晋²・亘 隆史³

Koji UNO, Susumu NAKANO and Takashi WATARI

¹学生会員 修(工) 徳島大学大学院 工学研究科博士後期課程(〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

²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)

³正会員 徳島市役所(〒770-8571 徳島市幸町2-5)

The purpose of this study is to use HEP (Habitat Evaluation Procedure) for studying rare species on tidal flats and to evaluate the value of tidal flats themselves. In this study, based on the results both of field observations and numerical simulations, SI (Suitability Index) curves for each mud property and physical factors such as friction velocity were plotted. Then, HSI (Habitat Suitability Index) for each tidal flat was calculated by multiplying each SI curves score and comparing the HSI value among the tidal flats. The following results were obtained: 1) The Yoshino River mouth, which is the largest habitat of genus *Uca* in Shikoku Island, had the highest SI score. 2) The suitability of habitation for other kinds of tidal-living crabs may be estimated as the Yoshino River also had the highest score. Using this method, the value of tidal flats could be discussed indirectly, that is, as the HSI score becomes larger, the necessity of tidal flats becomes great.

Key words: *Uca arcuata*, *Uca lactea*, the Yoshino River mouth, salinity, lagrangean analysis, ecosystem

1. はじめに

近年、沿岸域の高度利用化にともなう干潟への関心が高まるなかで、干潟の存在価値をどのように評価するかが重要な課題となっている。干潟のもつ機能には1) 生物生産機能、2) 生物生息機能、3) 水質浄化機能、4) 親水機能などが考えられるが、これらの機能を定量的に評価する手法の開発が現在試みられている。なかでも干潟生態系を構成する生物を用いた干潟の生物生息環境の定量的評価として、アサリや多毛類、ヨシやアマモなどの優占種を対象に評価モデルの構築がおこなわれているが、稀少生物を例にした報告はまだ少ない。

「干潟の存在価値」を考える上での基準尺度は千差万別であることはいうまでもないが、著者らは稀少生物が生息できる干潟こそ存在価値が高いのではないかと考えている。稀少種の保全には希少化したハビタットの保全という視点が重要であり、ミチゲーション等の自然環境の保全・修復技術においては、稀少種の保全は1つの個体群の安定性よりはメタ個体群としての持続性に配慮されることがのぞま

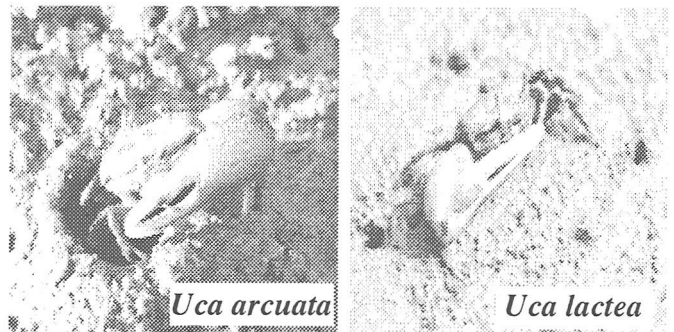


写真-1 四国地方に生息する *Uca* 属

しい。

このため著者らは、WWF Japan Science Report でもとりあげられているシオマネキ(*Uca arcuata*; 十脚甲殻類スナガニ科 *Uca* 属)ならびにハクセンシオマネキ(*Uca lactea*)を指標生物に選定し、継続的な現地調査により個体群の把握に努めてきた。本種は吉野川河口干潟(徳島県)をはじめ、四国周辺の干潟でまとまった個体群を確認することができるが、近い将来には人為的な影響による絶滅が危惧されているため、こうした稀少生物を保全しうる干潟の修復・創造技術の確立が求められている。そこで本研

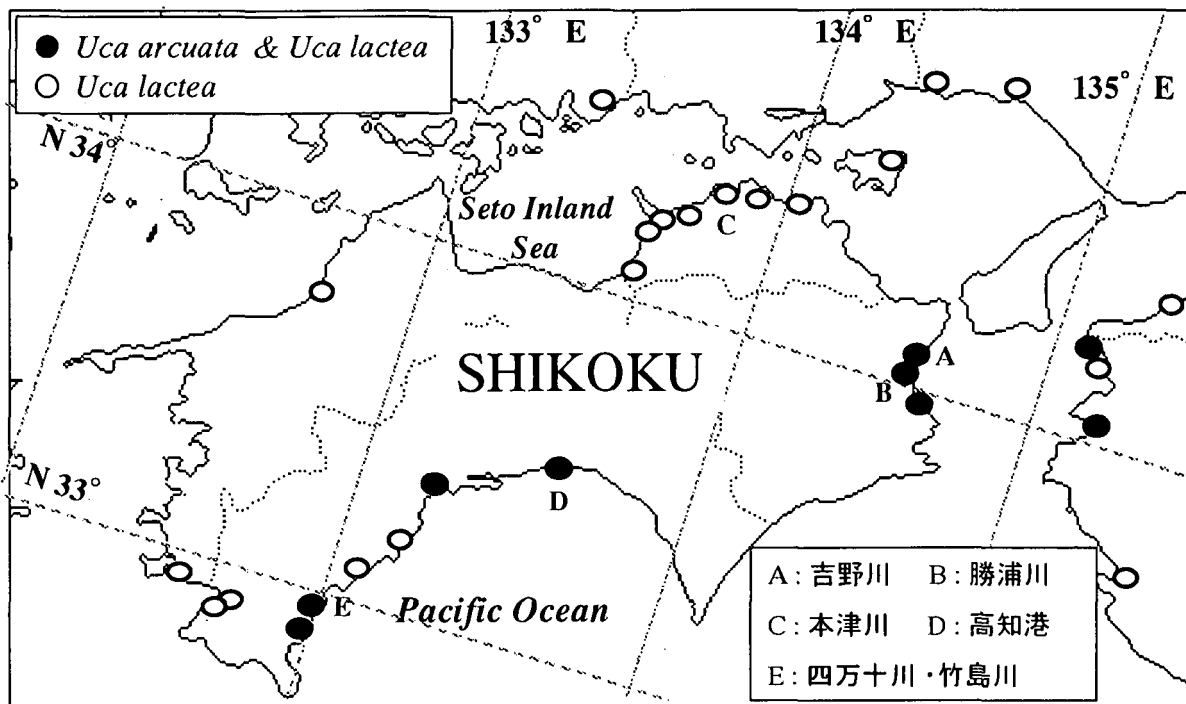


図 - 1 四国地方の *Uca* 属生息分布状況 (2001 年までに著者らが確認した地点のみ掲載)

表 - 1 河川情報

	A 吉野川	B 勝浦川	C 本津川	D 高知港	E 四万十川 (竹島川)
<i>Uca arcuata</i> 活動数	6.8 ind./m ²	5	0	1.9	8(3.5)
<i>Uca lactea</i> 活動数	12.3 ind./m ²	15.3	30	1	0(0.5)
<i>Uca</i> 属生息 干潟面積 (m ²)	30000	1200	30000	40	10(800)
河口からの距離 (km)	2.0-2.8	1.8-2.3	0.4-0.8	1.4	1.6(2.5)
河口低水路幅 (m) (砂州部を除く)	480	120	120	300	-
周辺植生	ヨシ	ヨシ ハマツナ	ハマサジ フクド	-	ヨシ (ヨシ)

注) ここで高知港は、高知市の孕・棧橋地区のデータ

究では、これまで4年間にわたる現地調査ならびに数値シミュレーションの結果から、シオマネキ属を対象にした HEP モデルを作成し、これをもとに四国周辺の干潟での生息地適性評価ならびにシオマネキの生息適性からみた干潟の存在価値について考察をおこなった。

2. *Uca* 属成体の生態に関する現地調査

干潟生態系を構成する生物の多くは複数の生活ステージを有するため、その保全にあたっては各生活ステージで生態に影響を及ぼす因子を吟味する必要がある。本研究で対象とする *Uca* 属は5期のゾエア期、1期のメガロツバ期からなる浮遊期と幼生の底着から成体期にかけての底生期にわけられるこ

とが知られている。本章では底生期の生息環境に影響を及ぼす因子である底質や気象条件を把握することを目的に実施した現地調査の方法ならびに結果について報告する。

(1) 調査方法

調査地点を図 - 1 に、おもな河川情報を表 - 1 に示す。吉野川、勝浦川では、1m四方の固定式コドラートを設置し、*Uca* 属の活動期 (3~9月) に毎月1回、その他の河川では、年に1~2回 *Uca* 属の生息が確認された地点に 1m四方のコドラートを設けて活動個体数調査をおこなった。調査日はいずれも大潮の干潮時前後 1~2時間である。

調査項目は、コドラート内の *Uca* 属の活動個体数密度 (種別・雌雄別・サイズ別)、巣穴数、気温、土温、汀線からの高度である。またコドラート内の表層の底質を採取し、実験室に持ち帰って含水率、含泥率を求めた。粒度分析は、持ち帰ったサンプルを 24 時間炉乾燥させた後、水ぶるいにより 2 mm 以上の粒子とそれ以下の粒子にわけ、細粒分についてはレーザー粒度分析装置を用いてさらに細かく分析した。その後底質の粗粒分および細粒分の確率密度関数が対数正規分布に従うものとして干潟の粒径の相対頻度を算出し、細粒分の中央粒径、粗粒分の中央粒径を求めた。

(2) 調査結果

図 - 1 の●または○で示される地点で、シオマネキ、ハクセンシオマネキの生息が確認された。ハクセンシオマネキは比較的まとまった個体群が四国

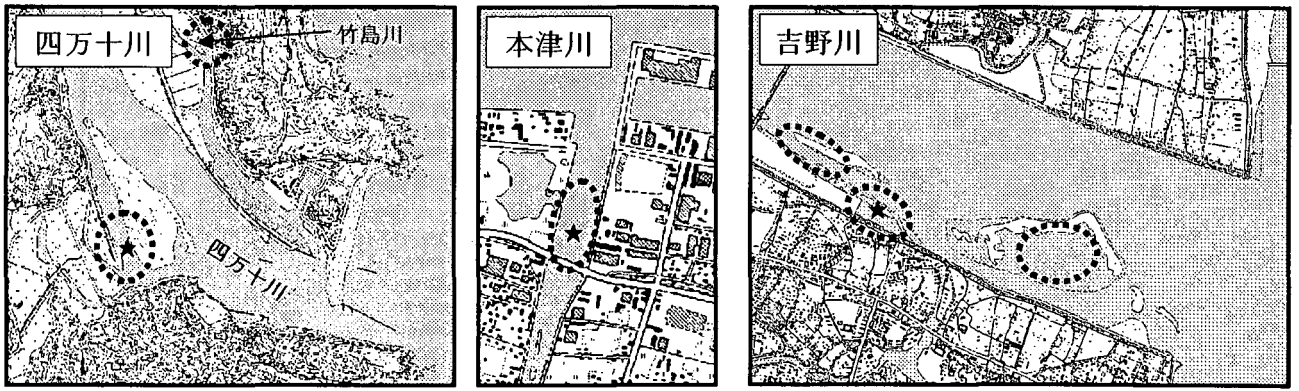


図-2 各河川における *Uca* 属生息地点 (★はシミュレーションでの幼生放出地点)

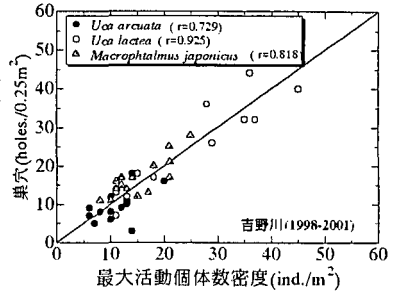
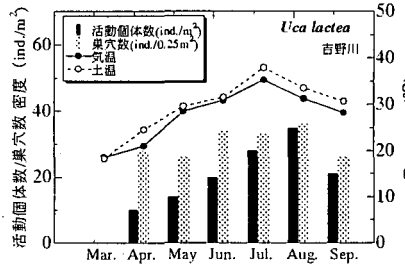
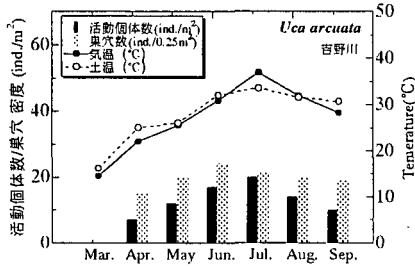


図-3 活動個体数の時系列変化

図-4 *Uca* 属の最大活動個体数と巣穴数との相関

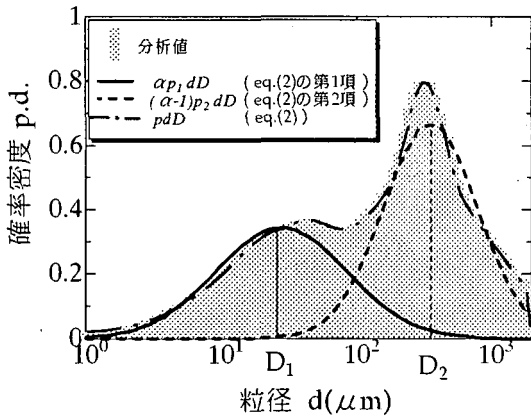


図-5 底質特性値の定義

周辺で確認されたが、シオマネキについては吉野川河口を除いてはいずれも個体数が少なく、特に高知県西南部では絶滅の危機にさらされている。図-2には、地域別に *Uca* 属生息地点の詳細図を示した。図-2ならびに表-1から、*Uca* 属のうちシオマネキが生息できる地理条件としては、①生活ステージを全うできる場が用意されていること、すなわち干潟-汽水域-外洋への連続性が絶たれていないこと②波浪の直接の侵入を遮る砂州や砂嘴が存在していること、が最低限必要であり、さらに③塩性植物が存在しているとより望ましいと考えられる。

図-3に *Uca* 属の活動個体数と巣穴数の時系列変化を示す。*Uca* 属の活動は3月下旬に始まり、その後気温(土温)の上昇とともに活動数は増加し夏場にピークを迎えるが、このときの活動個体数は

巣穴数に最も近くなる。そこで *Uca* 属ならびに同スナガニ科のヤマトオサガニ (*Macrophthalmus japonicus*) について最大活動個体数(1回の調査で確認された活動個体数の最大値)と巣穴数との関係を調べたところ、いずれも高い相関が得られた。したがって、*Uca* 属の現存量は、年間最大活動個体数から推定することができる。本来マクロベントスの調査では、コドラート内をある深度まで掘り下げて採泥したものをふるいにかける方法がとられるが、稀少種においてはこうした調査そのものが稀少種を絶滅させる恐れを含んでいる。しかし著者らがおこなった方法によれば、間接的ではあるが人為的な攪乱を加えることなく現存量を把握することができ、稀少種には有効な調査方法であるといえる。

3. *Uca* 属生息地の評価項目

(1) 底質特性値による底生期生息場の評価項目

Uca 属をはじめスナガニ科の成体にとって、底質は摂餌・造巣に関わる重要な物理因子である。しかし、干潟底質の粒度分布は、洪水末期や平常時に堆積する細粒分と、洪水最盛期の高せん断応力状態で堆積する粗粒分が重合して堆積するため、複数のピークを持つことが多く、代表値の選択が難しい。そこで、干潟の粒度分布が式(1)で表現されると仮定した。

$$p(D)dD = \alpha p_1(D)dD + (1-\alpha)p_2(D)dD \quad (1)$$

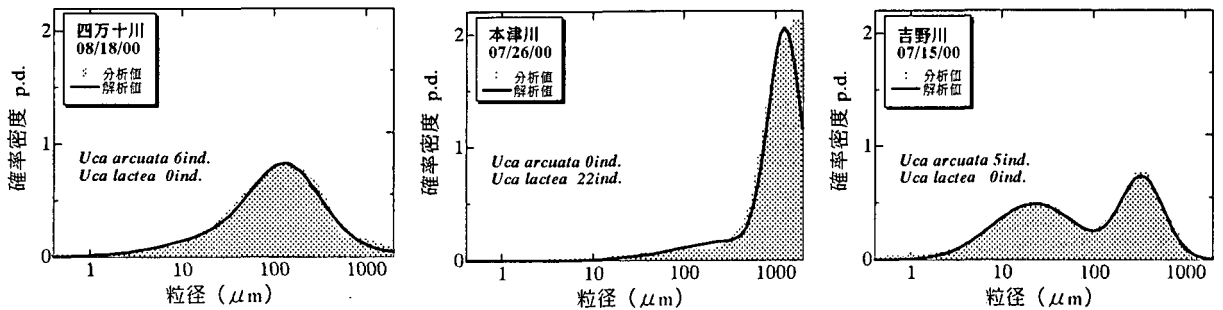


図 - 6 各生息地における粒度分布 (四万十川河口・本津川河口・吉野川河口)

ここで p_1 , p_2 は細粒分, 粗粒分の確率密度, α は全体に占める細粒分の割合である. p_1 , p_2 がそれぞれ対数正規分布に従うものと仮定すると式 (1) は次式 (2) のようになる.

$$p(D)dD = \alpha \frac{1}{\log \sigma_{g1} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(\log D - \log D_1)^2}{2 \log^2 \sigma_{g1}} \right\} d(\log D) + (1-\alpha) \frac{1}{\log \sigma_{g2} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(\log D - \log D_2)^2}{2 \log^2 \sigma_{g2}} \right\} d(\log D) \quad (2)$$

ここで, D_1, D_2 は細粒分, 粗粒分の中央粒径, σ_{g1}, σ_{g2} はそれぞれの幾何標準偏差である. この式では粒径の代表量である $D_1, D_2, \sigma_{g1}, \sigma_{g2}$ のほかに α が未知定数となっている. そこで測定された粒度分布との自乗誤差が最小となるように, これら 5 つの量を決定した. 解析結果を図 - 6 に示す. 図 - 2 から明らかなように四万十川, 吉野川河口は, 河口砂州の存在や河口閉塞によっていずれも外洋から波浪が直接侵入しにくい地形が形成されており, *Uca* 属生息地付近での流速が小さく粒径 100 μm 以下の細粒分が堆積しやすい状況にある. これに対し, 本津川河口では潮汐が直接侵入してくるためこうした細粒分は堆積しにくくなっている.

(2) 流れ解析による *Uca* 属生息場の評価項目

幼生期の生息環境に影響を及ぼす因子としては水温, 塩分, DO などの水質や気象条件, 餌資源量などが考えられるが, 幼生放出後の分散や底着過程に影響を及ぼす流れも重要である. また, 底生期の生息場である干潟においても, 周辺水域からの微細粒子や栄養塩の輸送・供給が必要となる. こうした干潟周辺水域の流れ場は人為的に管理することも可能である. そこで, 詳細な地形データの得られた吉野川, 四万十川, 本津川の 3 河川について, 河口部の流れ特性を FEM による平面 2 次元浅水流計算から検討した.

計算条件を表 - 2 に示す. *Uca* 属幼生は, 一般に大潮の満潮時前後 1~2 時間の間に放出されること

表 - 2 計算条件

	吉野川	四万十川	本津川
水平拡散係数	cu ₁ (h+ η) (c=100)		
Manning 粗度係数	0.031		
節点数	2162	2250	2000
要素数	4075	3975	3697
河川流量 (m ³ /s)	250	310	10
潮汐振幅 (m) (M ₂ +S ₂)	大潮時 0.623	0.746	0.886

注) h : 平均水深 (m) η : 水位 (m)

が知られている. そこで, 流れの計算は夏場の大潮時を想定して, 上流端で各河川の 8 月の平均流量を, 海境界で大潮時の潮汐 (M₂+S₂) を与えた. 計算時間はいずれも 2 潮汐 (24 時間 50 分) である.

幼生期の生息地である干潟周辺水域を評価する項目としては, 以下に定義する指標を取り扱った.

a) 1 潮汐間移動距離

吉野川河口において著者らは, *Uca* 属の幼生が親個体周辺の干潟に滞留する傾向にあることを確認している. ここでは大潮の満潮時に各河川の *Uca* 属生息地の中心 (図 - 2 ★印) から幼生の放出があったと仮定して, 孵化直後の幼生の分散過程を Lagrange 的に追跡し, 1 潮汐間の平均移動距離を算出した.

b) 生残率

Uca 属の幼生は大潮の高潮時に放出されることが知られているが, 放出直後の生残率は種の存続上重要な影響を及ぼす. ここでは幼生の移動が河道内を離れて陸域に到達した場合に, 打ち上げられて死亡したものとみなすことで 1 潮汐間に干潟に打ち上げられる割合を算出した.

また底生期の評価項目として, 微細粒子の輸送に関連が深いと考えられる次の指標を用いた.

c) 冠水時最大摩擦速度

干潟が冠水している時の局所水深 h とエネルギー勾配 I_e より計算される $u_* = \sqrt{gh|I_e|}$ の最大値. エネルギー勾配 I_e は Manning 式に Manning 粗度係数, 平面 2 次元浅水流計算で得られる局所平均流速, 局所水位を与えて算出した.

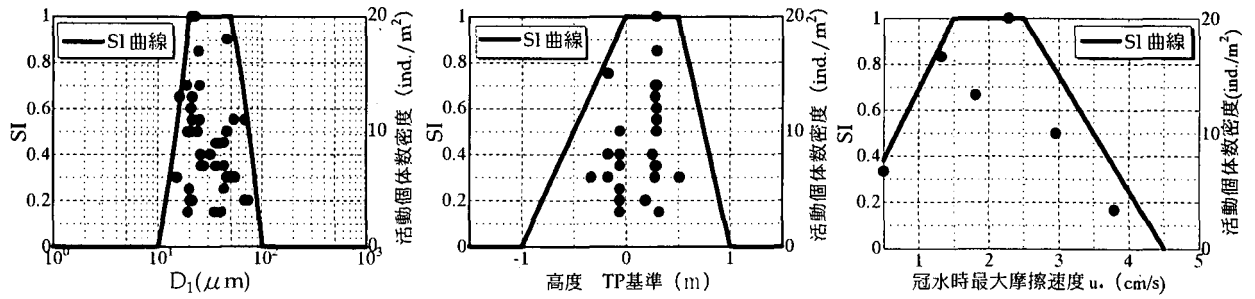


図-7 シオマネキに対する SI 曲線の例

表-3 Uca 属 HSI モデルの評価指標

	評価指標	説明しうる内容
底生期	D_1	摂餌環境
	D_2	洪水・波浪の規模の履歴
	含泥率	造巣・摂餌
	高度	干潟干出時間・活動時間
	冠水時最大摩擦速度 u_c	微細粒子の堆積
幼生期	1 潮汐間移動距離	滞留効果
	生残率	干潟-汽水域の連続性

4. HEP モデルによる Uca 属生息地適性評価

(1) HEP の概要

Uca 属のハビタットとその機能を評価するために HEP (Habitat Evaluation Procedure: 生物生息環境評価手順) による生息地適性評価を実施した。HEP は、生態系をそこに生息する野生生物のハビタットとして評価するため、まず保全対象とする野生生物種を選定し、その種のハビタットとしての適性値を生息条件ごとに検討し、最終的には開発事業の時間的な流れも考慮して、生態系の価値を総合的に評価する仕組みである。我が国でもアサリや多毛類を対象にした HEP モデルが既に紹介されているが、稀少種を対象にした報告は少ない現状にある。そこで、現地調査と数値シミュレーションより得られた評価項目を用いて、生活ステージを全うする Uca 属 HEP モデルの開発を試みた。本研究では、HEP の指標である HSI (Habitat Suitability Index: 生物生息環境適合度指数) について検討する。

HSI を評価する手順は、まず、生息に環境を及ぼす環境因子をリストアップし、各因子について生息環境の点数化をおこなう。点数化にあたっては、各因子ごとに SI (Suitability Index: 適性指数) モデルを作成する。さらにこれらを総合化して一つの数値 HSI を求める。本研究では、さきに定義した底質特性値と流れ特性に対する指標の値にもとづいて SI モデルを作成し Uca 属に対する HEP の指標である HSI について検討した。

(2) SI モデルの作成指針および HSI

SI は、各評価指標について生物の棲みやすさを数値化した指数であり、0.0~1.0 の数値であらわされる。SI は、生息不可能な条件で 0.0、最適な生息条件で 1.0 とする。SI モデルの作成方法をシオマネキの活動個体数密度と細粒分の中央粒径 D_1 との関係であらわした SI モデルを例に説明する (図-7 左)。まず、現地調査で得られたシオマネキの活動個体数密度とその地点の底質特性値 (細粒分の中央粒径 D_1) をプロットする。次に、シオマネキの活動個体数密度が高い場合、 15 ind./m^2 を越える $D_1 = 20\text{--}50 \mu\text{m}$ の範囲で $SI = 1.0$ 、活動が見られない $D_1 < 10 \mu\text{m}$ および $D_1 > 100 \mu\text{m}$ で $SI = 0.0$ として、その間を直線で接続して SI 曲線を作成した。

HSI は、地域の生息地としての適性を数値化した指標であり、0.0~1.0 の数値で表す。HSI = 0.0 でその地域が対象種の生息地としてまったく不適であり、HSI = 1.0 で生息地として最適であることを表している。HSI は、各 SI によって評価された環境要因を相乗することで総合化する。本研究では HSI の基礎式として次式を用いた。

$$HSI = \prod \text{底生期 HSI} \times \prod \text{幼生期 HSI} \quad (3)$$

ここで、底生期 HSI には、底質特性値である D_1, D_2 , 含泥率と、T.P.からの基準高さ(m), 冠水時最大摩擦速度を、幼生期 HSI には、1 潮汐移動距離、放出後 1 潮汐間の生残率を選択した。各因子の説明項目は表-3 のとおりである。これらの評価項目はいずれも人為的に管理可能で、将来、干潟の保全・修復技術において設計基準となりうる因子である。

なお、SI 曲線の作成にあたってはできるだけ実際の現存量に近い状況で評価するのがのぞましいと考え、年間最大個体数出現時の底質、計算値を用いた。このように作成した HSI モデルを吉野川、勝浦川、本津川、高知港、竹島川に適用した。図-8 に HSI とシオマネキ、ハクセンシオマネキの関係を示す。シオマネキ、ハクセンシオマネキとも HSI がある一定以上の値を超えない場合には、生息

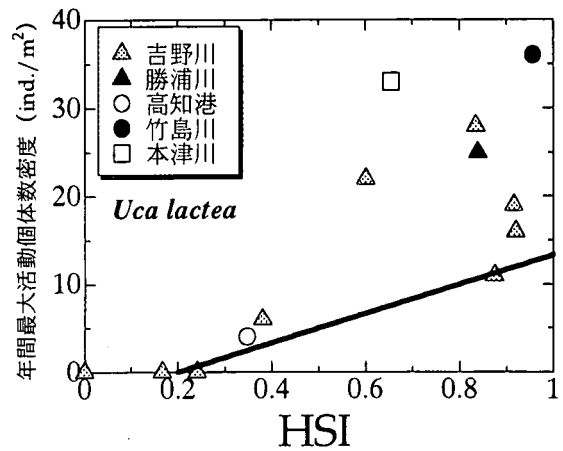
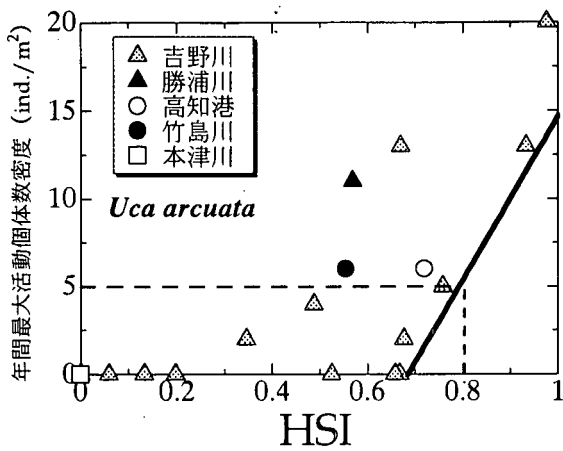


図-8 HSI と *Uca* 属の関係

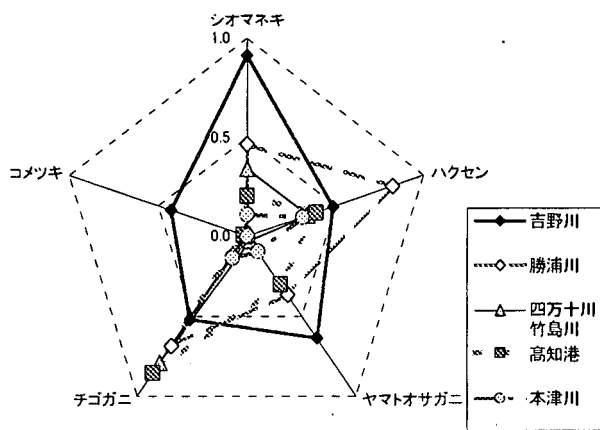


図-9 干潟別にみたカニの生息適合度

5. まとめ

本研究では、代表的なミチゲーション手法である HEP を用いて四国周辺に分布する稀少種 *Uca* 属の生息地適性を評価した。HEP による分析の結果、吉野川河口干潟では、HSI スコアが高い地点がもつとも多く、また *Uca* 属以外のカニにとっても生息しやすい環境にあることがわかった。今回、幼生期 HSI については数値計算の結果のみを用いて算出したが、モデルの信頼性を高めるためにも、評価指標の見直しと幼生の生態の実態把握が必要である。

参考文献

- 1) 宇野宏司, 中野晋: 吉野川河口における塩分環境とシオマネキ幼生分布状況, 水工学論文集, 第 46 巻, pp.1175-1180, 2002.
- 2) 宇野宏司, 中野晋: 四国地方における稀少種「シオマネキ」の生息環境特性, 地球環境シンポジウム講演論文集, vol.8, pp.99-104, 2000.
- 3) 新保裕美, 田中昌宏, 池谷毅, 林文慶: 干潟における生物生息環境の定量的評価に関する研究 - 多毛類を対象として -, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.1321-1325, 2001.
- 4) 新保裕美, 田中昌宏, 池谷毅, 越川義功: アサリを対象とした生物生息地適性評価モデル, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp.1111-1115, 2000.
- 5) 吉安勇介, 畑中秀典, 井上雅夫, 島田広昭, 端谷研治: HEP による人工磯の付着動物に関する生息地適性評価, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.1316-1320, 2001.
- 6) 林文慶, 高山百合子, 田中昌宏, 上野成三, 新保裕美, 織田幸伸, 池谷毅, 勝井秀博: 沿岸域における複数生物の生息地評価 - 生態系連続性の配慮にむけて -, 水工学論文集, 第 46 巻, pp.1193-1198, 2002.
- 7) 和田恵次ほか: 日本における干潟海岸とそこに生息する底生生物の現状, WWF Japan Science Report vol.3, 182p., 1996.

が全く期待できないことがわかる。シオマネキの生息限界 HSI は 0.7, ハクセンシオマネキの生息限界 HSI は 0.2 程度である。図中に示すラインは、HSI スコアに対する *Uca* 属の最低出現個体数をあらわしている。たとえば、シオマネキの場合、HSI=0.8 の場を造れば、少なくとも 5 個体/m² 程度の *Uca* 属の出現が期待できるであろうということである (図-8 左図中の破線)。この図からシオマネキ、ハクセンシオマネキともに吉野川河口での HSI が高く、吉野川河口域は、*Uca* 属にとって生息適応度の高い環境を有していることがわかった。

さらに *Uca* 属と共存しているヤマトオサガニ、チゴガニ、コメツキガニについても同様の手順で SI 曲線を作成し、それぞれの種で HSI を計算した。図-9 は、干潟別にみた *Uca* 属生息地に対するカニの生息適合度である。チゴガニについては、吉野川河口よりむしろ他の干潟での HSI が高かった。吉野川河口干潟の *Uca* 属のハビタットはコメツキガニやヤマトオサガニにとっても適応度の高い空間となっており、生物多様性の観点からみても良好な干潟環境を有しているといえる。