

# 沿岸域における複数生物の生息地環境評価 —生態系連続性の配慮にむけて—

HABITAT EVALUATION PROCEDURE FOR REED FIELD, TIDAL FLAT AND  
SEAGRASS BEDS WITH FOCUSING ON THEIR ECOLOGICAL RELATIONS

林 文慶<sup>1</sup>・高山百合子<sup>2</sup>・田中昌宏<sup>3</sup>・上野成三<sup>4</sup>・  
新保裕美<sup>5</sup>・織田幸伸<sup>6</sup>・池谷 毅<sup>7</sup>・勝井秀博<sup>8</sup>

<sup>1</sup>正会員 学博 鹿島技術研究所環境技術研究部 研究員 (〒182-0036 東京都調布市飛田給二丁目19-1)

<sup>2</sup>正会員 大成建設技術センター海洋水理研究室 研究員 (〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1)

<sup>3</sup>正会員 工博 鹿島技術研究所環境技術研究部 グループ長 (〒182-0036 東京都調布市飛田給二丁目19-1)

<sup>4</sup>正会員 大成建設技術センター海洋水理研究室 主任研究員 (〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1)

<sup>5</sup>正会員 鹿島技術研究所環境技術研究部 研究員 (〒182-0036 東京都調布市飛田給二丁目19-1)

<sup>6</sup>正会員 大成建設技術センター海洋水理研究室 研究員 (〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1)

<sup>7</sup>正会員 工博 鹿島技術研究所土木技術研究部 グループ長 (〒182-0036 東京都調布市飛田給二丁目19-1)

<sup>8</sup>フェロー 大成建設技術センター海洋水理研究室 室長 (〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1)

Reed field, tidal flat and seagrass beds are essential components of coastal ecosystem. Field observations were conducted in Ena Bay and Kanazawa-hakkei Estuary which include the three components. Habitat suitability index models for reed and fiddler crab were developed, which were selected as the representative organisms of reed field and tidal flat respectively. Observed data on seagrass beds indicated the environmental requirements of eelgrass. Some organisms use the different fields according to each stage of their life cycle and to each living activity such as feeding, spawning, etc. These habitat requirements tell that it must be necessary not only to understand ecology in each field but also to establish their ecological relations of components to restore the coastal nature.

**Key Words :** Coastal ecosystem, Habitat evaluation procedure, Reed field, Tidal flat, Seagrass bed

## 1. はじめに

欧米では、ダム撤去、湿地の回復など河川、海岸の水際線における自然再生が大規模に進められている。ようやく我が国でも「環の国」会議から、自然再生型の公共事業が提案され、自然と共生した水際線の再生が検討され始めた。既に干潟や藻場などは我が国でもいくつかの造成例があるが、自然再生という観点からすると十分とは言えない。この理由は、これらを創る技術が未熟というだけでなく、干潟、藻場といった自然の中での個々の構成要素を単独で創っていることに、根本的な問題があると考えられる。本来自然は干潟や藻場などの重要な構成要素の存在とそれら相互の空間的な連続性によって、生物が多様に生息する豊かな自然が形成されている。したがって、沿岸の自然を再生していくためには、沿岸生態系の構成要素個々の評価と共にその連続性を考慮した

総合的な環境評価手法の確立が必要となる。

著者らは、人工化された沿岸域を再生するための基本技術として、自然環境を総合的に評価する技術の開発に着手した。本研究で対象とする沿岸再生のイメージは図-1に示すように、内湾の直立護岸によって直線化された水際線を、勾配を持った海岸線に再生することである。この勾配の意味は、海底地形が物理的に勾配を持つことと、図のように陸からヨシ原→干潟→藻場と生物の生息に勾配、すなわち連続性を持たせる意味が重要である。本研究では、この連続性を当初から意識し、まずその構成要素の個々の特徴を定量化するため、図-1に示すような場における代表的な生物の棲み家の環境を評価する。つまりヨシであれば、ヨシが好む場というものはどうゆうものなのかを評価する。生物そのものではなく生物の生息地の評価を主体にする理由は、最終的に自然を再生する具体的な人為的行為は、生息基盤の再生であるからである。生物の生息地の環境評価手法は、既に米国では

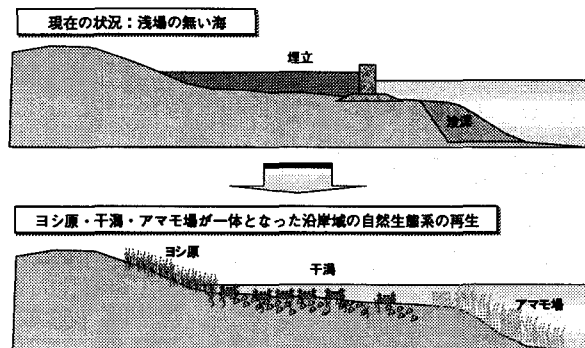
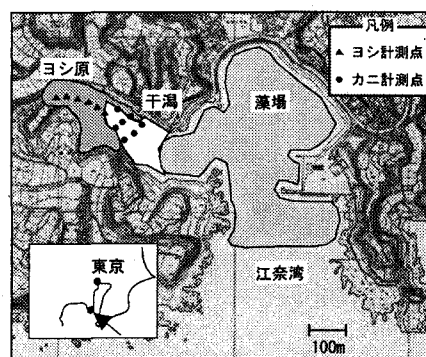
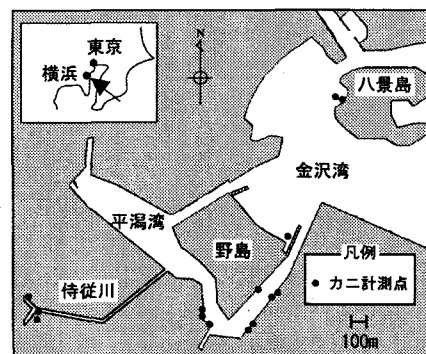


図-1 沿岸の自然再生のイメージ



(a) 江奈湾



(b) 金沢八景

図-2 調査海域

数多く開発されており、本研究ではその中から HEP (Habitat Evaluation Procedure)<sup>1)</sup> をベースにした。

以上の考え方にに基づき、本研究では、ヨシ原、干潟の代表生物としてヨシ、カニについて生息環境評価モデルを作成した。藻場についてはデータが不十分なため、現地調査の考察に留めた。最後に、生態系の連続性を考慮した環境総合指標の方向性について考察した。

## 2. 連続性を重視した現地調査

### (1) 調査海域と代表生物

本調査では神奈川県三浦半島の江奈湾と金沢八景海域を対象とした(図-2)。江奈湾はヨシ原、干潟、アマモ場の3ゾーンが連続した沿岸生態系を持つ場である。各ゾーンの代表生物としてヨシ(*Phragmites australis*)、チゴガニ(*Ilyoplax pusilla*)、アマモ(*Zostera marina*)を選択し、各代表生物の生息地の環境評価に必要な物理・化学データを調査した。金沢八景海域では、チゴガニの生息地環境を調査し、江奈湾の調査結果と合わせてチゴガニの生息地環境評価の精度を向上させた。

### (2) ヨシ原環境調査

ヨシ原調査では、ヨシの陸側境界から海側境界までの6点において、表-1に示す地形、水質、底質、植生に関する項目を調査した。調査日は平成12年11月30日に全点調査を、平成13年5月29日に追加調査を行った。また、ヨシの生長調査を1～2カ月間隔で現在も実施中である。本調査のポイントとして、ヨシの葉茎、地下茎、根のバイオマスと、地下水・表層水の水質、底質の関係把握に重点を置いた。ヨシのバイオマスは地上部(葉、茎)と地下部(根、地下茎)を別途採取し、その単位面積当たりの乾燥重量をバイオマス( $\text{gDW}/\text{m}^2$ )とした。地下水の水質は地盤をハンドオーガーで掘削し浸透流出した水を採水・分析した。地下水位は1～2時間後の掘削穴の水位レベルから地盤面までの距離(以下、地下水面深さとする)を計測した。しかし、後述するように地下水レベルが完全には定常状態に達しておらず、計測値には有意

表-1 ヨシ原調査項目

| 項目 | 調査項目                             |
|----|----------------------------------|
| 地形 | 地盤高、地下水位                         |
| 水質 | 水温、塩分、濁度、pH、酸化還元電位、TOC、D-TN、D-TP |
| 底質 | 酸化還元電位、粒度、含水比、強熱減量、TC、TN、TS      |
| 植生 | 草丈、密度、TC、TN、TP、TS                |

表-2 カニの生息環境因子と調査方法

| 活動 | 環境因子            | 調査方法                                                                      |
|----|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 出現 | 地盤高             | 東京湾平均海面(T.P.=0m)を基準                                                       |
|    | 表層酸化還元電位        | デジタル酸化還元電位計で測定                                                            |
|    | 間隙水塩分           | -10cm底質層内の間隙水を塩分屈折計で測定                                                    |
|    | 照り返し            | 底質上20cmの上向・下向の照度をデジタル照度計                                                  |
|    | 他の底生生物種類        | カニ密度調査サンプル中のマクロベントス採取                                                     |
| 摂餌 | 強熱減量            | 乾燥底質を500℃で2時間加熱処理 <sup>3)</sup>                                           |
|    | クロロフィルa量とフェオ色素量 | アセトン抽出法に準じて分析 <sup>4)</sup><br>乾燥砂重量当たりの濃度( $\mu\text{g}/\text{g}$ )として表示 |
|    | 中央粒径            | 底質の粒度分布分析より求めた(D50 mm)                                                    |
|    | 粘土分             | 底質の粒度分布分析より求めた(0.005mm未満)                                                 |
|    | 支持強度            | 土壌硬度計(プッシュ・コーン)で測定                                                        |
|    | 含水率             | 底質を110℃24時間加熱乾燥処理で測定                                                      |
| 果造 | -10cm酸化還元電位     | デジタル酸化還元電位計で測定                                                            |
|    | 均等係数            | 底質の粒度分布より算出( $(D_{60}-D_{10})/D_{10}$ )                                   |
|    | 淘汰度             | 底質の粒度分布より算出( $(D_{84}-D_{16})/D_{10}$ )                                   |
|    | カニ生息密度          | 25cm正深さ10cmのコードラートで採集した底質を1mmの篩で捕った甲長3mm以上のもの採取                           |

な誤差を含んでいる。底質は、表層からヨシの根が発達している層(100～120cm)までを20cm毎に採取・分析した。

### (3) 干潟環境調査(カニ)

干潟の代表生物としてカニを選び、本調査では宮城県

以南から沖縄までの干潟に数多く生息するチゴガニを調査の対象生物とした。調査場所は江奈湾と横浜市金沢区野島周辺(図-2)の干潟である。調査は2001年2月(冬期)と7月(夏期)に、両調査場所において、計42定点の現地調査を行った。干潟に生息するカニは、主に地盤高と底質という環境条件で棲み分けていると報告されているが<sup>2)</sup>、本調査ではより明確な生息環境条件を把握するために、上述した地盤と底質の環境条件を含めて、チゴガニの群れ作り、摂餌及び巣造りの活動に係わると考えられる因子計15項目を設けた(表-2)。

(4) アマモ場環境調査

アマモ場調査では、江奈湾全域で音波探査(シングルビーム、周波数200kHz)を行い、水深とアマモ分布を計測した。アマモの分布は音探エコーに現れる高周波成分を元に目視・潜水観察により確認した。さらに、水質、底質、光量などのアマモの生息地環境データを取得した。

3. 生物生息地の環境評価モデルの構築

著者らの一部はアサリを対象にその生息環境を定量的に評価する手法を開発している<sup>5)</sup>。これは米国で開発されたHEP (Habitat Evaluation Procedure) <sup>1)</sup>をベースにするもので、まず対象生物の生息環境の支配因子を洗い出し、個々の支配因子毎に1点満点の評定を行う。これをSIモデルと呼び、最後にそれらをひとつの指標HSIにまとめる。

ヨシとチゴガニについては、今回の調査結果と文献調査により生息環境の支配因子を抽出し、個々の支配因子のSIモデルとHSIの構築を試みた。アマモ場については、現在調査データの解析中であり、本論文では調査結果の一例を示すことに留める。

(1) ヨシの生息地の環境評価モデル

a) 環境因子の抽出

調査結果を元にヨシ生息地の環境因子を抽出する。まず、ヨシのバイオマスと地盤・地下水レベル、地下水の塩分の関係を図-3に示す。横軸は水際線からの各調査点の距離である。ヨシのバイオマスは、0m地点を除き、水際からの距離とともに減少している(同図(a))。地下水面深さ(地盤レベル-地下水レベル)は水際から離れるにしたがって増大することから、地下水面深さの増大によりバイオマスが減少することが分かる(同図(b))。また、海側の塩分が非常に高いことが分かり、0m地点でバイオマスが減少する要因は、海側の塩分の上昇にあることが明確である(同図(c))。以上より、ヨシのバイオマス分布は、海側境界では塩分により、陸側境界では土壌の水分量を示す地下水面深さにより規定されることが明らかになった。

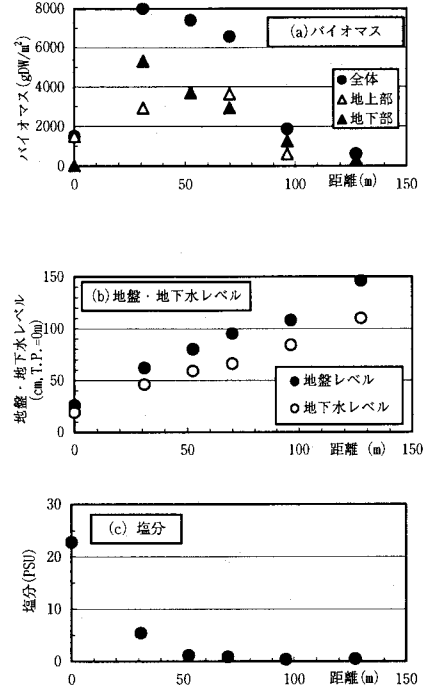


図-3 ヨシのバイオマス、地下水レベル、塩分の分布

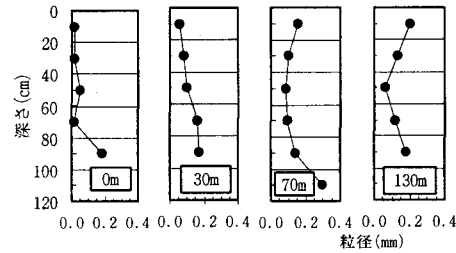


図-4 土壌粒径の鉛直分布

次に、ヨシの生息に適する土壌条件として、底質の中央粒径の鉛直分布を図-4に示す。図中には水際線から各点の距離を示す。各点とも90cm以深の底層で粒径が粗い砂層が存在した。また、ここでは示さないが、ヨシの根の発達はこの砂層より上層で止まっていた。以上より、ヨシの根が発達する土壌条件として砂質土は好ましくないこと、ヨシ生息可能な土壌厚さは100cmあれば十分であることが推定された。ただし、各点における粒径や土壌厚さに著しい差がないため、バイオマス分布との明確な関係は見られない。

b) ヨシのHEPの作成

ヨシの生息環境因子として、本調査や既往文献から水分・水質因子(地下水面深さ、塩分、没水深)、土壌因子(強熱減量、土壌厚さ、土壌粒径)、地盤安定因子(波エネルギー)を選定し、合計7つの環境項目についてSIモデルを構築し、これらを統合してHSIを構築した。  
【地下水面深さ】地下水面深さとバイオマスの関係を図-5に示す。バイオマスは地下水面深さが15cm以上で減少した。また、吉良<sup>6)</sup>は地下水位の低下はヨシ原の崩壊に繋がると指摘しており、地下水面深さはヨシ原の陸側境界を規定する因子と言える。以上より、地下水面深さ

の $SI_{GW}$ は、地下水面深さが15cm以下でSIを1.0、35cm以上でSIを0.0とし、その間を線形補間した。なお、計測値がSIを上回る点があるが、これは2章(2)で述べた様に地下水面深さに含まれる計測誤差が原因である。

【塩分】地下水の塩分とバイオマス(図-6)の関係を示す。バイオマスは塩分が5PSU以下で増大し、23PSUでは減少した。また、一時的冠水の生息可能限界値が20PSUであること<sup>7)</sup>、ヨシの発芽率が10PSU以上で低下すること<sup>8)</sup>などが報告されている。以上より、塩分の $SI_S$ は、塩分が10PSU以下でSIを1.0、20以上でSIを0.0とし、その間を線形補間した。

【没水深】没水深は淡水域におけるヨシの水際境界を規定する因子であり、海域を対象とした本調査からは知見が得られない。しかし、淡水域の調査事例は豊富で、没水深が0.45m以上でヨシの生長が急激に衰えること<sup>9)</sup>、没水深1.35mまでヨシの生息が確認されていること<sup>10)</sup>などの知見が報告されている。これらを元に、没水深の $SI_{SW}$ は、没水深が0.45m以下でSIを1.0、1.35m以上でSIを0.0とし、その間を線形補間した。

【強熱減量】Cizková et al.<sup>11)</sup>は極度に有機汚染された土壌(強熱減量約70%)ではヨシが生息していないことを報告しており、有機汚染によるヨシの生息阻害を規定する因子として底質の強熱減量を選定した。また、一般の湿地の遷移過程として、土壌中の有機物が減少することにつれてヨシが衰退し水コケ類に遷移することが言われている。以上より、底質の強熱減量の $SI_{IL}$ は、強熱減量が0%でSIを0.0、5%以上20%以下でSIを1.0、60%以上でSIを0.0とし、その間を線形補間した。ただし、上記のSIを規定する定量的なデータが十分に得られていないことに注意を要する。

【土壌厚さ】天然のヨシ群落にはいずれも数10cm以上の土壌堆積層が見られ、場所による差があまり見られない項目であるが、新たにヨシ原を設計する場合には適正および限界土壌厚さを知る必要がある。桜井<sup>12)</sup>はヨシ原造成には50~60cm土壌厚さが必要と指摘している。以上より、土壌厚さの $SI_B$ は、土壌厚さが0cmでSIを0.0、50cm以上でSIを1.0とし、その間を線形補間した。

【土壌粒径】桜井ら<sup>13)</sup>はヨシの生息には粒径0.2mm程度の土壌が好ましく、礫や石では生息不可能であると報告している。また、シルトや粘土質にヨシが生息した報告はない。以上より、土壌粒径の $SI_D$ は、粒径が0mmでSIを0.0、0.02mm以上0.3mm以下でSIを1.0、5mm以上でSIを0.0とし、その間を線形補間した。なお、土壌の粒径は表層から60cmまでの土壌の中央粒径の平均値とする。

【波エネルギー】ヨシ帯へ入射する波エネルギーが強くなると根が洗われヨシ帯の直接崩壊へと繋がる。また、波エネルギーはヨシ帯前面の土壌粒径や地形勾配を決定するため、二次的にヨシの生息環境を左右する。よって、波エネルギーはヨシ帯前面の生息環境の限界を規定する因子となる。中村<sup>14)</sup>は波エネルギー $E$ を次式で定義し、 $E$ の適正値を18以下、限界値を24としている。

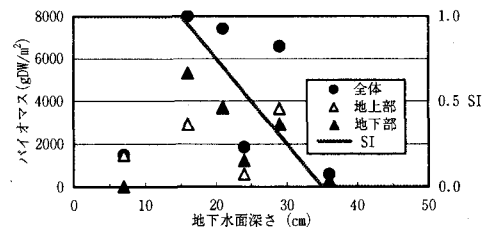


図-5 地下水面深さのSI

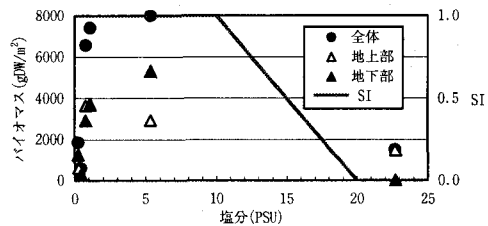


図-6 塩分のSI

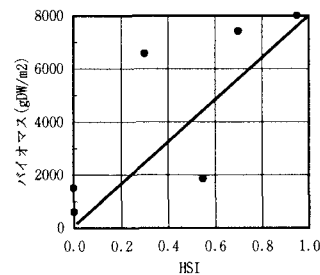


図-7 ヨシのHSI

$$E = \frac{w_0 H^2}{16} \cdot \frac{gT}{2\pi} \cdot f \quad (1)$$

ここで、 $w_0$ は水の単位重量( $tf/m^3$ )、 $H$ は波高(m)、 $T$ は周期(s)、 $f$ は10年間の風発生日数(日)で、 $E$ の単位は $tf$ 日/sとなる。波エネルギーの $SI_E$ は、中村<sup>14)</sup>の指標を用いることとし、波エネルギーが18以下でSIを1.0、24以上でSIを0.0とし、その間を線形補間した。

【HSIモデル】上記の7つの環境項目のSIモデルを統合したヨシのHSIを次式で定義する。

$$HSI = SI_{GW} \cdot SI_S \cdot SI_{SW} \cdot SI_{IL} \cdot SI_B \cdot SI_D \cdot SI_E \quad (2)$$

江奈湾で実測したバイオマスと式(2)で算出したHSIの関係を図-7に示す。本調査でHSIを決定している環境因子は地下水面深さと塩分のみであり、他因子のSI値は全て1.0であった。そのため、地下水位の計測誤差により、いくつかの計測値と理論値が大きく異なつたと考えられる。今後の課題として、地下水の計測方法を再検討し地下水面深さのSIの精度を向上させることが上げられる。さらに、HSIを実用化するためには、各環境項目の適正値を決定するデータを追加すること、地下水位とヨシ帯勾配や入射波と土壌粒径など、各環境項目の相互関係を

明らかにする必要がある。

## (2) チゴガニの生息地の環境評価モデル

チゴガニについては、生息環境因子がある程度明らかとなっているので出現、摂餌、巣づくりについてSIモデル及びHSIモデルを作成する。

### a) 出現因子のSIモデル

図-8(a)に示すように、地盤高はT.P. 平均水面より高くなるにつれてカニの生息密度も高くなる傾向が見られた。上月<sup>15)</sup>の報告によると地盤高1.5mまでカニが分布するので、0.2~1.5mでSIを1.0、-1.0mでSIを0.0とし、その間を線形補間した。表層酸化還元電位は、-200から50mVまで、酸化還元電位の増加に伴いカニの生息密度が高くなった(図-8(b))。従って、調査結果より、SIは50mV以上で1.0、-250mVで0.0とし、その間を線形補間した。塩分については0.2PSU以上があれば生息可能となり、また、稚ガニより成体のほうが低塩分に強いと報告されたので<sup>16)</sup>、底質間隙塩分5PSU以上でSIを1.0と設定した。他のマクロベントスとの空間競争では、種類数が多くなるとカニ密度も低くなると考えられるので、2種類まではSIを1.0とし、4種類以上ではSIを0.0とした。底質の湿潤状態を現す指標として測定した照り返しは、2~6%でSIを1.0、0%および8%でSIを0.0とし、それらの間を線形補間した。

### b) 摂餌因子のSIモデル

チゴガニは微細粒子の選択能力が低いので、底質中の微細粒子含量が少ない底質では摂餌が容易ではないと報告された<sup>17)</sup>。従って、調査結果に基づいて粘土分10~20%でSIを1.0と設定した(図-8(c))。また、中央粒径は値が小さいほど生息密度が高くなる傾向にあり、ここでは0.02~0.3mmでSIを1.0とした。底質の有機物量を現

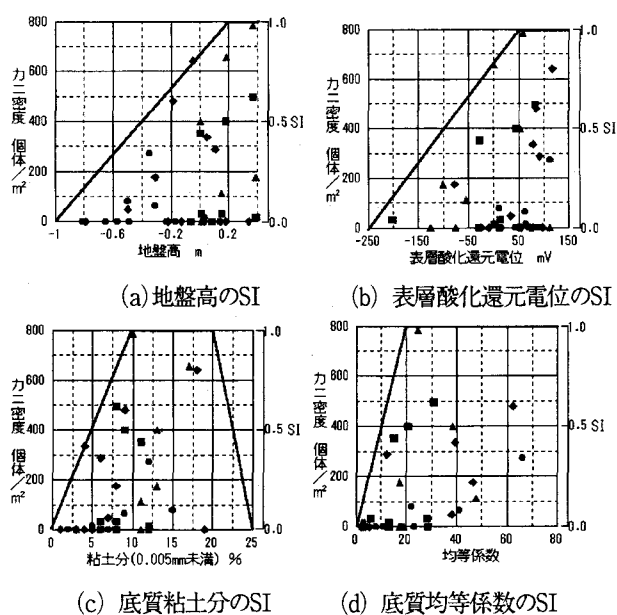


図-8 地盤高、酸化還元電位、粘土分、均等係数のSI

す指標として測定した強熱減量、クロロフィルaとフェオ色素は、調査結果より強熱減量2%、クロロフィルa 3.0 $\mu$ g/g、フェオ色素4.5 $\mu$ g/g以上であればカニが生息可能と推定し、それら以上の値でSIを1.0とした。

### c) 巣造り因子のSIモデル

カニの巣穴造りにおいては底質の粒度特性が第一に重要である。調査結果より均等係数(図-8(d))と土壌支持強度の値が大きくなるにつれてカニの密度が高くなる傾向が見られた。ここでは、均等係数20以上、支持強度1kg/cm<sup>2</sup>以上でSIを1.0とし、それらの値以下0まで線形内挿した。チゴガニが好む底質の淘汰度は0.35~1.13と報告されているが<sup>18)</sup>、本調査では淘汰度0.1にもカニが高密度で生息していたので、淘汰度0.1~2.0でSIを1.0とした。底質含水率は、調査結果より32~45%でSIを1.0、20%及び60%でSIを0.0とし、それらの間を線形補間した。底質内の還元状態が進むと、カニが巣を作ることができなくなる可能性が高いと考えられる。一般好気細菌が生息できるのは-200mVまでと報告されている<sup>19)</sup>。そこで、-200mVがカニの生息限界と考え、-300mVでSIを0.0、-200mVでSIを1.0とした。

### d) HSIモデル

本HSIモデルでは、各因子がカニの生息に対して同じ影響の度合であると考え、式(2)と同様に全SIの積とした。HSIと実測カニ密度との関係を図-9に示す。HSIと個体数の線形関係は良好であり、特にカニ密度400個体/m<sup>2</sup>以上では高い相関が得られた。

## (3) アマモ場の調査結果

水深コンターとアマモ場分布を図-10に示す。アマモ場は水深1~2mまでの領域と明確に一致して存在することから、アマモの生息条件は水深と非常に高い相関があることが分かった。これは、海底へ到達する日射量によりアマモの生息範囲が規定できることを示している。

## 4. 連続性を考慮した環境総合指標について

最後に、ヨシ原、干潟、アマモ場の連続性の生態学的な意味を考察し、環境総合指標の方向性をまとめる。

ヨシ原、干潟、アマモ場の3ゾーンが連続する沿岸生

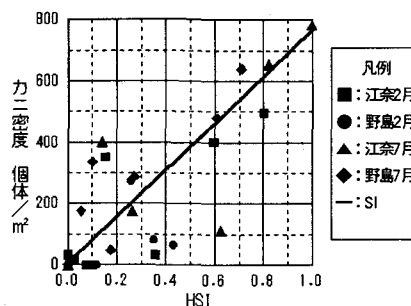


図-9 チゴガニのHSI

態系において、多くの生物は各ゾーンのみ生息するのではなく3ゾーンを相互に利用している(図-11参照)。例えば、シギやチドリ類などの渡り鳥は、休息場、餌取り場としてヨシ原と干潟の両方を利用するし、アマモ場に育つ稚魚類は、干潟を餌場として利用する。すなわち、自然構成要素が連続して存在することにより、生物のライフスタイルや生活史に対応できる生息環境が大幅に広がるのが意味している。これに対して、従来の環境修復事業では各ゾーンを単独に復活させることが多く、HEPを代表とする環境評価手法の枠組みも、ローカルな環境因子を元に生物生息地を評価するものである。

以上より、連続性を考慮した沿岸域の環境総合指標を確立するには、ヨシ原、干潟、アマモ場の個々の環境条件のみならず、各ゾーンの連続性の度合いによっても生物生息地環境が規定されることを直接的に表現していく必要がある。

## 5. おわりに

本研究では、連続性を持つ沿岸生態系という観点から沿岸域を調査し環境評価手法の構築を試みた。本論文では、ヨシ原、干潟、アマモ場の代表生物であるヨシとチゴガニの生息地環境評価手法を構築し、アマモ場の生息分布の一例を示した。今後は、各ゾーンの生態学的な連続性の評価方法を検討し、総合的な沿岸域の環境評価技術を開発する予定である。

謝辞：本研究の現地調査では松輪漁協、芙蓉海洋開発(株)からご協力を頂いた。ここに記して深謝する。

## 参考文献

- 1) Division of Ecological Services U.S. Fish and Wildlife Service: Habitat Evaluation Procedures, 1980.
- 2) 和田恵次：干潟の自然史-砂と泥に生きる動物たち、生態学ライブラリー11, p.205, 京都大学学術出版会, 2000.
- 3) 桑原 連：浅海堆積物における強熱減量測定の見直し, 水産増殖, 第25巻, 1号, pp.61-76, 1987.
- 4) 西條八東：クロロフィルの測定法, Jpn.J.Limnol., Vol.36, No.3, pp.103-109, 1975.
- 5) 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, 海岸工学論文集, 第47巻, pp.1111-1115, 2000.
- 6) 吉良竜夫：ヨシの生態おぼえがき, 滋賀県琵琶湖研究所所報, pp.29-37, 1991.
- 7) 堀江毅・細川恭史・三好英一・関根好幸：植物体(ヨシ)による浄化能力の検討, 港湾技資料, No.591, pp.1-18, 1987.
- 8) 加藤智博・徐開銀・千葉信男・榎内孝信・細見正明・須藤隆一：浚渫ヘドロ上におけるヨシ原の創出手法の開発とその評価, 土木学会論文集, No.594, VII-7, pp.1-10, 1998.
- 9) 森川和夫・中山繁・掘野善司：深池型ヨシ帯浄化実験, 琵琶

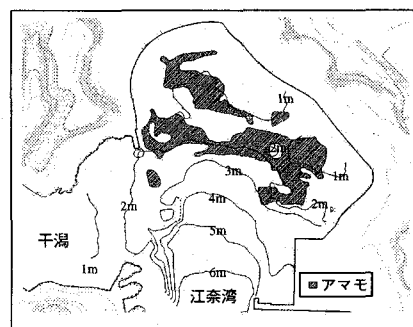


図-10 水深コンターとアマモ分布

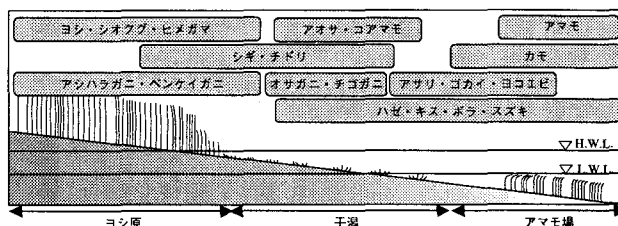


図-11 沿岸生態系のヨシ原・干潟・アマモ場の連続性

湖・淀川水質浄化共同実験センター成果発表会講演集, pp.27-83, 1999.

- 10) 大塚泰介・岩崎敬二・熊谷昭生・小西民生：琵琶湖南湖東岸における抽水植物帯面積の減少について, Jpn.J.Limnol., Vol.57, No.3, pp.261-266, 1996.
- 11) Čížková, H., Strand, J. and Lukavsk, J.: Factors associated with reed decline in a Eutrophic fishpond, Roznberk (South Bohemia, Czech Republic), Folia Geobot. Phytotax, Vol. 31, pp.73-84, 1996.
- 12) 桜井善雄：抽水植物群落復元技術の現状と課題, 水草研究報, No.43, pp.1-8, 1991.
- 13) 桜井善雄・芋木新一郎・上野直也・渡辺義人：ヨシ植栽地の土壌条件に関する実験的検討, 水草研究報, No.38, pp.2-5, 1989.
- 14) 中村充：環境要因解析法, 沿岸の環境圏, (株)フジテックノシステム, pp.543-548, 1998.
- 15) 上月康則, 倉田健悟, 村上仁士, 鎌田磨人, 上田薫利, 福崎亮：スナガニ類の生息場からみた吉野川汽水域, 干潟・ワンドの環境評価, 海岸工学論文集, 第47巻, pp.1116-1120, 2000.
- 16) Ono, Y.: On the ecological distribution of ocyroid crabs in the estuary. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol) Vol.4, No.1, pp.1-56, 1965.
- 17) 和田恵次：コメツキガニとチゴガニの底質選好性と摂餌活動, ベントス研会誌, 第23巻, pp.14-26, 1982.
- 18) 和田恵次：和歌川河口におけるスナガニ科3種の分布-底質の粒度との関係を中心にして-, 生理生態, Vol.17, pp.321-326, 1976.
- 19) 栗原 康：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, 東海大学出版会, pp.34-36, 1988.

(2001.10.1受付)