

干潟環境再生に向けた生物生息環境評価モデルの活用に関する検討

Study on the Evaluation Method using the Habitat Suitability Index (HSI) for the Tidal Flat Restoration

倉原義之介¹・森本剣太郎²・増田龍哉³・鐘ヶ江潤也⁴・古川恵太⁵・滝川 清⁶

Yoshinosuke KURAHARA, Kentaro MORIMOTO, Tatsuya MASUDA
Jyunya KANEGAE, Keita FURUKAWA and Kiyoshi TAKIKAWA

A lot of environmental restoration projects at the coastal zone have been implemented, though the evaluate method is still under the developing stage. Therefore it is important to understand the ecosystem and establish the evaluation technique for the tidal flat ecosystem. This study applied and examined the Habitat Suitability Index (HSI) model to evaluate benthos habitat suitability on the tidal flat. As a result, to use a method of "Minimum Function" which selects the minimum Suitability Index (SI) could improve the accuracy of the HSI model. This does not means improvement of the data obtained, but specification and selection of the dominant factor affecting on the benthos habitats.

1. はじめに

干潟は多くの生物が生息し、高い水質浄化機能など様々な機能を有している。しかしながら、近年沿岸域の開発に伴い多くの干潟が失われ、海域環境の悪化に影響を及ぼしているものと思われる。そうした状況の中、干潟再生に向けて多くの事業が行われているが(滝川ら, 2006), 現段階では試行錯誤の段階にあり, 具体的な干潟再生手法や事業前後の評価手法は確立されていない。効果的な事業の実施には, 干潟生態系の理解とその評価手法の開発が重要な課題であると考えられる。本研究では, 有明海沿岸干潟域における生物生息環境の評価手法を確立することを最終目的として, ①熊本港「野鳥の池」における HSI モデルの評価, ②熊本県沿岸の干潟を対象とした干潟環境(場)評価の可能性について検討した。

2. 熊本港「野鳥の池」における HSI モデルの評価

(1) ハビタット適性指数 HSI の概要と評価対象

HSI(Habitat Suitability Index)とは, 評価種の生物生息環境(ハビタット)の適性を 0(まったく不適)から 1(最適)の間の数値で示した数式あるいは文章のことである(田中, 2006)。この HSI は, 個々の環境要因の適性指数 SI(Suitability Index)を統合することにより算出される。本研究では, 観測が容易であること, さらに野鳥の池の多様性の主因が節足動物にあること(森本ら, 2006)から, 表在性の底生生物 7 種(ヤマトオサガニ, チゴガ

ニ, シオマネキ, ハクセンシオマネキ, アシハラガニ, トビハゼ, フトヘナタリ)を評価種とした。また, その生息を評価するための環境要因は, 底生生物の生活基盤となる「底質環境」(含泥率, 地盤支持力, 地盤高), 植生や落筋, 岩場などの地表の局所的な変化を表した「局所環境」(植生, 落筋, 木柱, 岩場, 石積み)とした。

(2) 野鳥の池の概要と調査内容

調査対象地である熊本港親水緑地公園野鳥の池(以下「野鳥の池」と略す)は, 野鳥観察及び干潟環境の場の創生を目的として, 2002 年に熊本港北東角に造成された人工潟湖干潟である。野鳥の池は図-1 に示すように石積護岸により外海と隔てられており, 北部と東部に 2ヶ所ずつ計 4ヶ所設置された通水管により, 潮汐の干満に応じて海水が自由に出入りする仕組みとなっている。

本研究では, 野鳥の池において図中に示す 5m 四方の

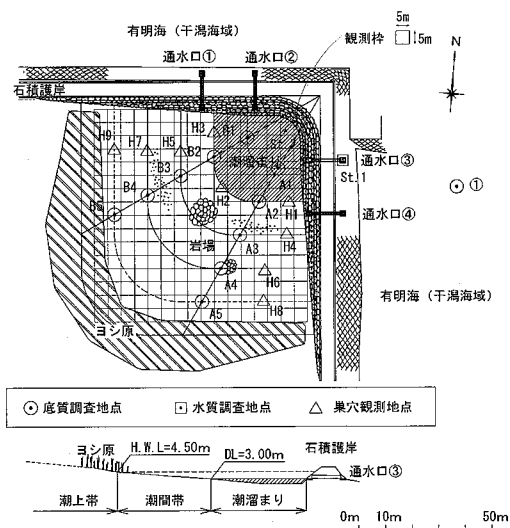


図-1 野鳥の池概要

- | | |
|------------|-----------------------|
| 1 学生会員 | 熊本大学大学院自然科学研究科 |
| 2 正会員 博(工) | 熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター |
| 3 正会員 | 熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター |
| 4 正会員 工修 | 日本ミクニヤ(株) |
| 5 正会員 工博 | 国土技術政策総合研究所 海洋環境研究室 |
| 6 フェロー 工博 | 熊本大学教授沿岸域環境科学教育研究センター |

観測枠(潮溜まり, ヨシ原内を除く 190 箇所)を設け, 枠内の生物個体数を 2006 年 6, 8, 11 月の 3 回にわたり目視観測した. 分析においてはその平均値を用いた. また, 環境要因の調査は, 表層 5 cm の含泥率を 23 地点, コーンペネトロメータを用いた地盤支持力を 18 地点, トランシットを用いた地盤高を 5 m 間隔の測線について測定し, これらのデータを補完することで観測枠個々の値とした. また, 植生の繁茂状況により 6 段階, 滞筋・木柱の有無による 2 段階, 石積み・岩場からの距離を 5 m ごとに 6 段階定め, 各観測枠にその階級値を用いた.

(3) SI の構築と HSI 算出及び結果と精度検証

SI の構築は, 図-2 の一例に示すように, 観測プロットを包絡することや階級値としてモデルを作成した. これは一般的に広く使われる方法であり, モデル下側の個体数の少ない観測結果を他の環境要因による減少と捉えることで, 環境要因単独の適正を表すことができる. SI を統合し HSI とする算出方法は, 生物生息には最も適正の低い環境要因が制限的に強く影響を及ぼしているという考えから限定要因法を選定し,

$HIS = (\text{底質環境の SI 最小値}) \times (\text{局所環境の SI 最小値})$

とした.

図-3(a)及び図-3(b)に結果を示す. 上から実測の個体数, HSI 算出値, 及びそれらの 16 区分相関図である. 図-3(a)の右中段は局所環境を, 右下段は生態的な変動や観測誤差を補正するために 190 の観測枠を 16 区分に統合した区域を示した. 色の濃淡は実測個体数または HSI 算出値の多寡を示している. これより, 今回作成したモデルで, 野鳥の池の生物分布を把握することができ, 個体数の予測も一定の精度で可能であることが得られた.

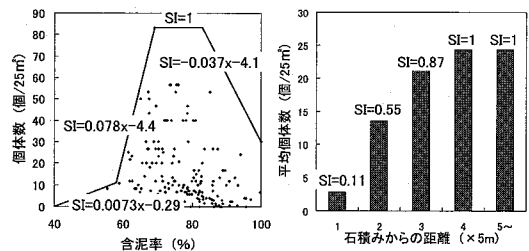


図-2 ヤマトオサガニにおける SI の作成一例
(左: 含泥率, 右: 岩場からの距離)

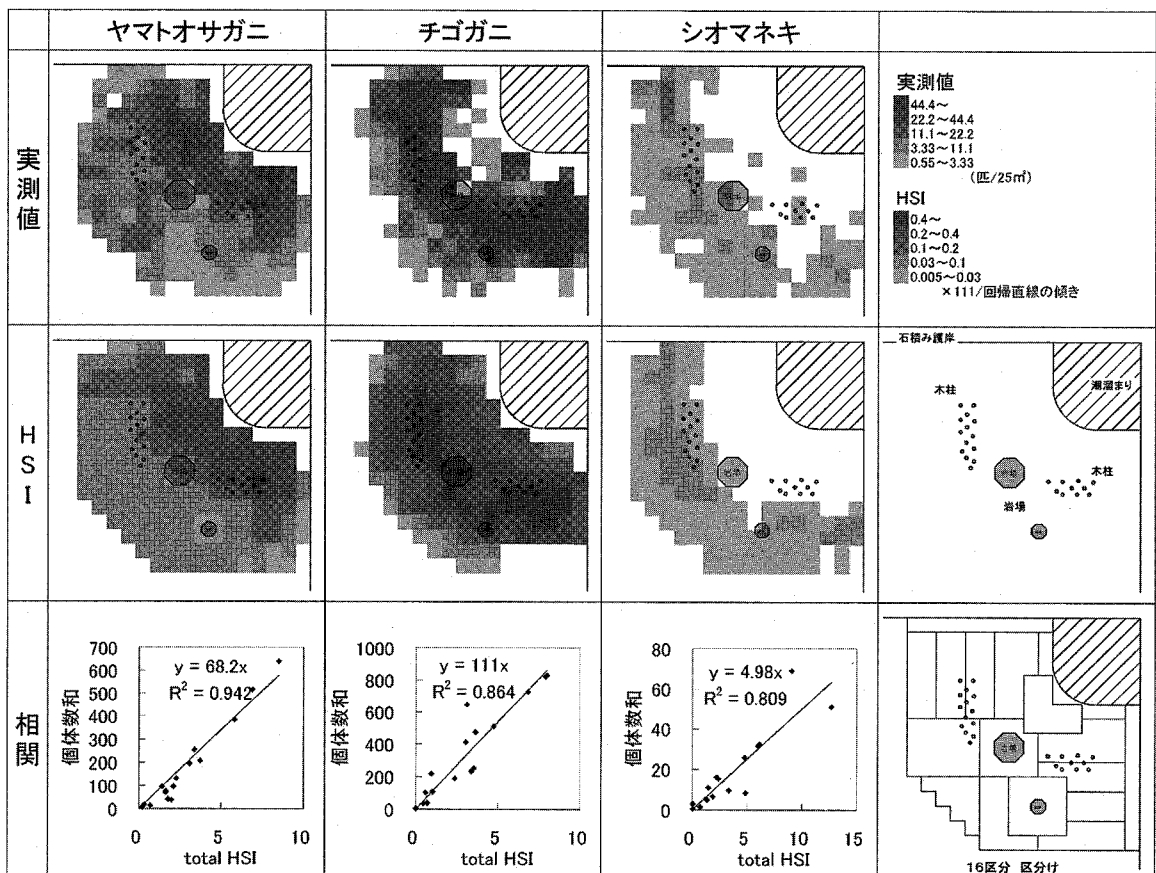


図-3(a) 生物分布の実測値, HSI 算出値, 16 区分相関, 局所環境と 16 区分の区分け

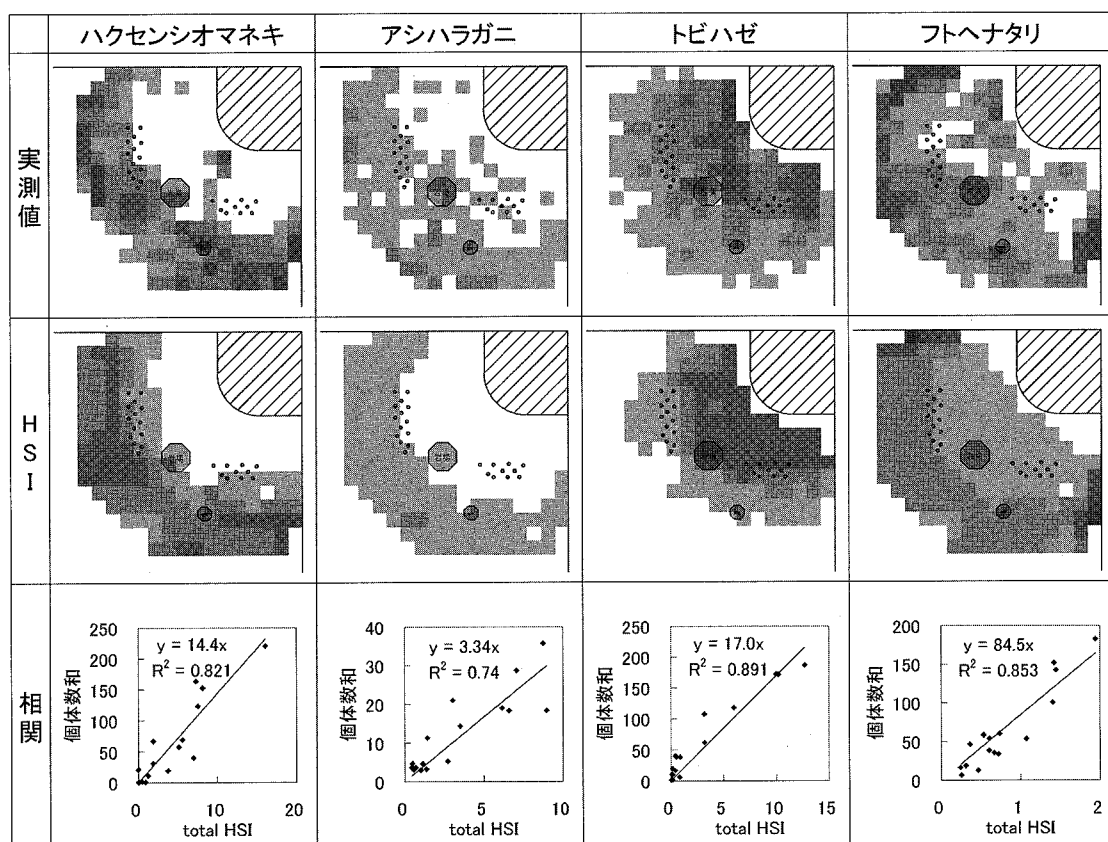


図-3(b) 生物分布の実測値, HSI 算出値, 16 区分相関

(4) HSI モデルによる生物変動予測

図-4 は, 作成した HSI モデルを用いて, 含泥率と地盤支持力を任意に変化させた場合の生物変動予測を行った結果である。図に示した生物変動予測量は, 現状に対する増減の割合を示している。これらの結果は, 評価種の生息場特性とおおむね一致しており, このような手法により環境変動が及ぼす影響予測が可能であることを示唆している。また, 実現象としての地盤支持力の変化は干出時間(地盤高)や含泥率といった項目と密接に関係しており, 単独で変化するには考えにくい, そこで, 過去の調査データを分析し, 底質環境(含泥率, 地盤支持力, 地盤高)の総合的な変動の予測を行い, その結果を用いて HSI を算出し, 2006 年 10 月より 1 年後の生物変動予測を行った。結果を図-4 に合わせて示す。

3. 熊本県の干潟域を対象とした干潟環境(場)評価

(1) 調査対象地・調査概要

調査対象干潟の位置を図-5 に示す。北から順に, 菊池川河口干潟, 塩屋干潟, 百貫港干潟, 小島干潟, 白川河口干潟, 熊本港北干潟, 野鳥の池, 熊本港東干潟, 沖新干潟, 緑川河口干潟の 10 箇所である。熊本県沿岸域のタ

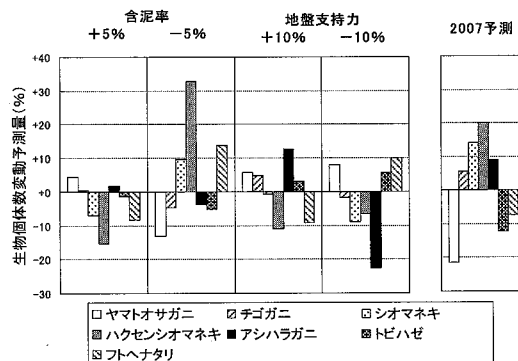


図-4 環境変動の及ぼす生物変動への影響予測

イブの異なる干潟域を網羅できるよう調査地点の選出を行った。沖新干潟は 2004 年夏季に行なった干潟耕耘効果の追跡調査データを用いた。白川河口干潟, 緑川河口干潟, 百貫港干潟, 熊本港東干潟は 2005 年夏季, 野鳥の池は 2005, 2006 年夏季, 熊本港北干潟, 菊池川河口, 塩屋干潟, 小島地先干潟は 2006 年夏季に調査を行った。調査内容は, 生物調査(コドラート枠により 25 cm 四方, 深さ 20 cm の採泥を行い, その中の生物種・個体数を観測),

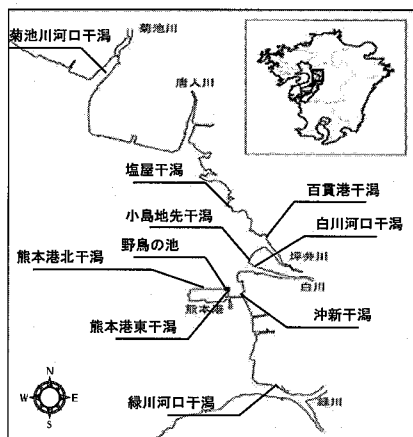


図-5 調査対象干潟位置図

表層採泥による分析（深さ1cm，分析項目：含泥率，CODsed，硫化物，強熱減量，含水率，全窒素，全リン），地形測量，多項目水質計による塩分濃度の観測である。

(2) 生物群の分類と HSI モデルの作成

10 干潟で確認された生物種は全 97 種であり，種類数が最も多かったのは環形動物 45 種，順に節足動物 27 種，軟体動物 17 種，紐形動物 3 種，脊椎動物 2 種，棘皮動物 1 種，刺胞動物 1 種，扁形動物 1 種である。

本モデルでは場の評価を目的とし，生物群ごとにモデル作成を行った。生物群は同じ生育・生息環境を有している種ごとに，生活基質（軟泥・泥質，砂泥質，砂礫・砂質の 3 タイプ），生活様式（表在性，内在性の 2 タイプ），食性（草食，肉食，堆積物食，懸濁物食の 4 タイプ）で 24 群に分類した（表-1）。生息環境が不明な種も含まれていたが，HSI モデルの評価種として生息環境が不明な種を混合するのは適切でないためここでは除外した。本研究では，それらの生物群のうち出現地点数が多い堆積物食者（生物群 A～F）についてモデルの作成を行った。

モデルの作成にあたり環境要因は CODsed，硫化物，含泥率，地盤高，塩分濃度，外力（流れ）の 6 項目を用い，HSI，SI の算出は野鳥の池の場合と同様に限定要因法を用いた。

$$HIS = (6 \text{ 項目中最小の SI}) \cdots \cdots (2)$$

(3) 精度検証と改良

今回作成した HSI モデルでは全体的に $R^2=0.156 \sim 0.361$ と決定係数が低く，さらに改良が必要であった。精度が低い原因は，生物群の分類が大きく特性が出にくかったことや生息環境を判定する環境要因が少なかったことにあって考えられる。以下に，生物群 A について再考した。

生物群 A は節足動物のスナガニ科の 4 種であった。図-6 にその地盤高に対する SI を示す。生物群 A の 4 種

表-1 生物群分類

食性	生活基質	生活様式	
堆積物食	軟泥・泥質	表在性	…生物群 A
		内在性	…生物群 B
	砂泥質	表在性	…生物群 C
		内在性	…生物群 D
	砂質・砂礫	表在性	…生物群 E
		内在性	…生物群 F
肉食	軟泥・泥質	表在性	
		内在性	
	砂泥質	表在性	
		内在性	
	砂質・砂礫	表在性	
		内在性	
草食	軟泥・泥質	表在性	
		内在性	
	砂泥質	表在性	
		内在性	
	砂質・砂礫	表在性	
		内在性	
懸濁物食	軟泥・泥質	表在性	
		内在性	
	砂泥質	表在性	
		内在性	
	砂質・砂礫	表在性	
		内在性	

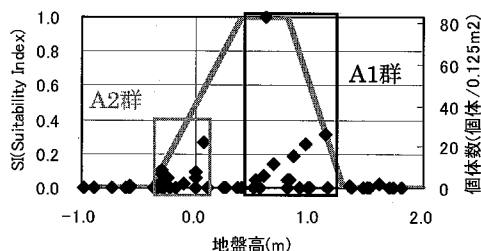
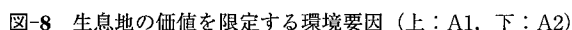
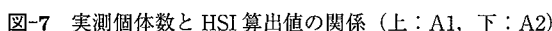


図-6 生物群 A 群 地盤高 SI

のうちチゴガニ，アリアケガニ（生物群 A1）は比較的地盤の高い地点に生息し，ヤマトオサガニ，ムツハアリアケガニ（生物群 A2）は低い地点に生息する。この結果，生物群 A 全体としては地盤高の広範囲に生息可能なモデルとなり，精度が低くなったと考えられる。そこで，生物群 A を先の A1，A2 群に分類し再度モデルの作成を行い，その結果，図-7 に示すように実測値をある程度シミュレーションすることが可能となった。このときの決定係数は，A1 群が 0.539，A2 群が 0.530 であった。

(4) 生物生息場の評価

図-8 に生物群 A1，A2 の生息場を支配する環境要因について SI の一覧を 0.5～0.1 を灰色，0.1 以下を黒色として示す。灰色よりも黒色が支配要因として強いことを意味する。この表より，A1 群，A2 群共に CODsed，含泥率，地盤高が生息を制限する主要要因となっていることが分かる。これは，A1，A2 群共に堆積物食者であるため，泥中の有機物量がその生息に重要となること，また，いずれの種も巣穴を形成するため，含泥率や干出時間（地盤高）等の底質の物理的条件に影響を受けるためと考えられる。また，A1 群では塩分濃度も強い制限要素と



本研究で対象とした種は水産資源としては有用ではなく、その生態は現在のところ明らかとなっていない種が多い。しかしながら、環境問題を考えた時に、これらの種が生態系の一部を形成し、底質の有機物除去など様々な機能を持っており、その保護は重要な意味を持つてくる。本モデル作成は今回の調査で得られたデータのみをもとに行っている。このことは、モデルの作成が HSI として場の得点を示すのみでなく、その過程で作成した SI 値を解析することで、生物の生息を制限した要因を見つけることにも繋がり、その場の持つ問題点の抽出が可能であることを示している。

本研究では有明海沿岸干潟域における生物生息環境の評価手法を確立することを最終目的として HSI モデルを用いた生物生息場の評価について検討を行った。その結果、HSI モデルはある程度の精度を持った評価手法であることが示された。さらに、野鳥の池では、HSI モデルの作成により環境の変化が生物生息に与える影響を予測することが可能となり、人工干潟においてその造成目

滝川 清・増田龍哉・森本剣太郎・松本安弥・大久保貴仁
(2006): 有明海における干潟海域環境の回復・維持に向けた
対策工法の実証試験, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp.
1206-1210.

田中 章(2006): HEP 入門, 朝倉書店, 266p

森本剣太郎・滝川 清・古川恵太・増田龍哉・幸田亜季・山
下絵里子(2006): 人工潟湖干潟における生態系発達機構と
物質収支に関する研究, 第 53 巻, pp. 1241-1245.