

干潟再生による生物生息環境改善効果の定量評価手法に関する研究

島 多 義 彦 袋 昭 太

概 要

浚渫や埋立等による干潟の減少、水質や底質の汚濁等による生物生息環境の悪化等により、閉鎖性の強い水域では生物多様性の低下や生物量の減少が問題となっている。干潟から水深 3m 以下の浅水域においては、多様な生物が生息し、アサリ等の水産資源となる生物の生産性が高い¹⁾ため、人工干潟の造成や生物の生息環境が悪化している既存干潟の修復が行われつつある。アサリやゴカイ等の底生動物は、生態系の重要な地位を占めるばかりでなく、環境浄化に影響する物質循環に重要な役割を担っている。したがって、底生動物の生息環境の改善効果を定量的に評価し、干潟再生の計画および設計に反映させることが必要と考えられる。

本報では、アメリカの環境アセスメントにおいて最も広く使用されている H S I (Habitat Suitability Index : 生息場適合度指数) モデルの干潟における底生動物の生息環境定量評価への適用方法を検討した。さらに、浜名湖松見ヶ浦において現存量が卓越していたアサリおよびウミナを対象に、人工干潟および自然干潟について H S I モデルを用いた生息環境の定量評価を行い、生息場の環境条件について得られた知見を示した。

Study on Evaluation Methods of Environmental Progress of Habitat

by Restoring Tidal Flats

Abstract

Loss of tidal flats through-reclamation, dredging or the impact of contaminated water or sediment has led to reduced biodiversity in enclosed coastal seas. Because tidal flats are the source of much of the oceans' productivity and are home to important organisms such as *Ruditapes philippinarum* or *Neanthes japonicain*, there are attempts to construct artificial tidal flats or restore existing tidal flats. As *Ruditapes philippinarum* and Batillariidae not only have important position of ecosystem, but also play important role in natural purification, it is important to evaluate habitat suitability for these organisms in planning and design of restoration of tidal flats.

In this study we showed the application methods of HSI (Habitat Suitability Index) model, which is the most popular method in Environmental impact assessment in USA, to evaluate habitat suitability for macrobenthos on tidal flats. Moreover we applied the HSI model method to evaluate habitat suitability for *Ruditapes philippinarum* and Batillariidae in the constructed tidal flats and natural tidal flats in Lake Hamana, and explain the environmental factor of habitat for the life.

キーワード: 干潟, 底生動物, 環境因子,
自然再生, 定量評価

§1. はじめに

内湾や海岸の河口付近に形成される干潟は、潮の干満により干出と水没を繰り返す地形であり、多様な生物が生息する。しかし、埋立や浚渫等による干潟の消失や底質の悪化等により、干潟生物の生息場が著しく減少したことから、干潟の再生が全国の自然再生事業に位置付けられている。

干潟は、多様な生物が生息するばかりでなく、水の浄化、漁業資源の生産の場、親水の場、環境学習の場として多様な機能を有する。このため、再生した干潟に定着する生物の種および現存量を予測し、計画および設計に反映させることは、干潟を再生する目的・目標を達成するために重要になると考えられる。

本研究では、アメリカの環境アセスメントで広く使用されている H E P (Habitat Evaluation Procedure: 生息場評価手続) で適用されている H S I モデルの考え方を干潟生物の生息環境の評価に適用し、干潟生物の生息環境を環境因子ごとにモデル化するとともに、総合的に定量評価を行うモデルの構築を行った。さらに、浜名湖松見ヶ浦における人工干潟および自然干潟に適用し、実験区域内で現存量が多く、水域の浄化に寄与していると考えられたアサリおよびウミニナまたはホソウミニナ(以下、ウミニナとする)の2種類の底生動物の生息場の定量評価を行った。

なお、本研究は平成 15 年度国土交通省の建設技術研究開発助成制度の研究助成によるものである。

§2. HSI モデルの概要

HSI モデルとは、ある特定の生物の生息場の適性を最適環境条件を 1 として表現する手法である。生物の生息に影響を与える環境因子について、理想的な環境条件での密度(個体数, 湿重量)に対してどの程度の割合で生息すると予測されるかを指数化した S I (Suitability Index) を求め、それらを統合して H S I を求める。評価方法の概要を次式に示し、実施フローを図 1 に示す。

SI = 各環境因子に関する生息場の質
= (その区域における各環境因子) / (最適な環境因子)
SI = 0.0 は、生息場の価値が全く無いことを示す。
SI = 1.0 は、最適な生息場の条件を示す。

HSI = SI モデルを統合した総合的な生息場の質(0.0 ~ 1.0)
= (その区域における生息場の条件) / (最適な生息場の条件)
生息場としての価値は、HSI(環境の質)と面積との積で表される。

§3. アサリおよびウミニナの HSI モデルの構築

アサリおよびウミニナの写真を図 2 に示す。アサリは主に干潟土壤中に生息する二枚貝であり、水中の植物プランクトン等の有機物をろ過し、採餌するとともに、水を直接浄化する作用がある。ウミニナは、干潟土壌表面に生息する腹足綱であり、土壌表面に沈降・堆積した植物プランクトンやアオサ等の有機物を採餌し、浄化する作用を有する。浜名湖の沿岸においては、これらの生物の現存量が干潟における浄化機能に大きく影響していると考えられ、干潟の再生により、その環境整備が課題になると考えられた。したがって、アサリおよびウミニナについて、HSI モデルにより干潟環境の評価を試みた。

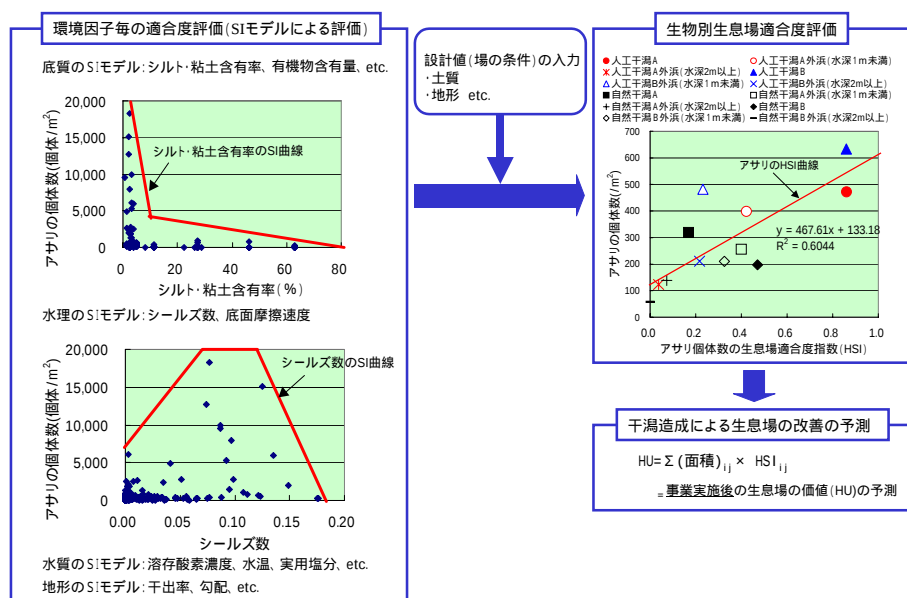


図 1 H S I モデルを用いた生物生息場評価の実施フロー
(アサリの個体数を対象とした場合)



図 2 アサリ(上の写真)および
ウミニナ(下の写真)

3.1 環境因子の選定

底生動物の生息場の環境因子を表1のように分類し、既往の文献および浜名湖人工干潟の生物データおよび環境データから各環境因子のS Iモデルを構築した。

表1 底生動物の生息場の環境因子

分類	環境因子	影響項目
底質	中央粒径、シルト・粘土含有率、砂含有率、礫含有率、有効径	潜砂・移動行動、採餌・採水
	水分、強熱減量、COD _{sed} 、TOC、ORP、硫化物量	生理的条件(呼吸、環境耐性)、採餌・採水
地形	勾配、地盤高(DL)、干出率 ¹	生理的条件(乾燥、採餌・採水)
水理	シールズ数 ² 、底面摩擦速度 ²	生息場の安定
水質	水温、DO、実用塩分 ³	生理的条件(環境耐性)

- 1：調査日を含めた過去15日間の平均値を適用した。
 2：調査日を含めた過去15日間の最大風速およびその風向に対する波高をSMB法により算出し、波高が最大となる条件の値を適用した。
 3：調査日の平均値を適用した。

3.2 浜名湖人工干潟および自然干潟の概要

浜名湖松見ヶ浦における人工干潟2ヵ所および自然干潟2ヵ所について、HSIモデルを使用して、アサリおよびウミナナの生息環境の適合度を評価した。

干潟の配置を図3に示し、人工干潟の構造および各干潟の土質をそれぞれ図4、表2に示す。

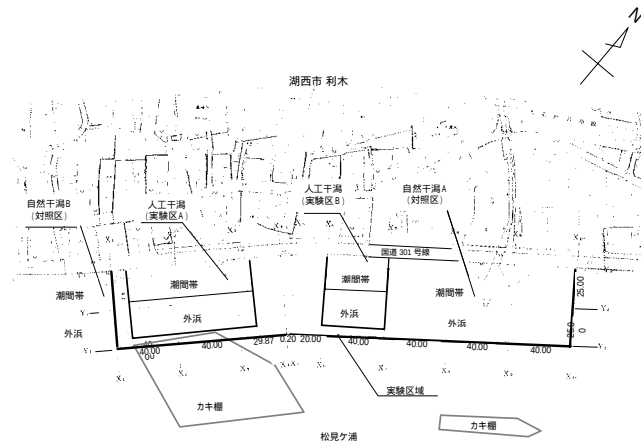


図3 干潟の配置

使用した干潟の生物および環境(地形、底質、水質、気象)に関するデータは、静岡県が公表しているもの²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾、または当社が独自に取得した1999年度から2003年度までの5年間のデータをもとに実施した。

また、評価モデルの構築および評価は各生物の個体数および湿重量について別々に実施した。調査・評価地点は、潮間帯、その外浜(水深1m未満)、外浜(水深2m以上)の3種類の地盤高とし、干潟ばかりでなく、その外浜(浅場)も対象とした。

3.3 アサリの生息場としての評価

(1) アサリの環境因子に対するS Iモデル

アサリの生息条件および最適条件を、個体数および湿重量別に検討した。底質、水理、地形、水質の各カテゴリー別に、最も調査地点のS Iに影響する環境因子として、シルト・粘土含有率、シールズ数、溶存酸素濃度(DO)、干出率が挙げられ、それらに対するS Iモデルを個体数、湿重量別にそれぞれ次頁の図5、図6に示す。

個体数と湿重量のS I曲線を比較すると、シールズ数に差が見られた。個体数では0.08~0.12に最適条件が見られたが、湿重量ではシールズ数0に最適条件が見られ、波浪による砂の移動が少ないほど湿重量について生息場の適合度が高いと考えられた。湿重量は年齢が長いほど増加することから、波浪による砂の移動がアサリの生息に大きく影響すると考えられる。

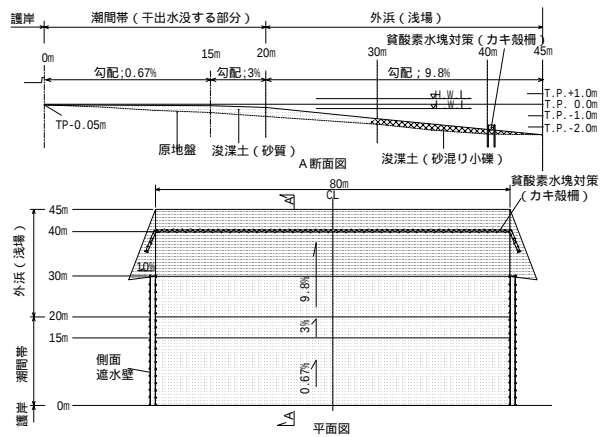


図4 人工干潟の構造

表2 干潟の土質

試験値:平成11年8月2日実施

項目	調査地点	実験区 A		実験区 B		自然干潟 A		自然干潟 B
		潮間帯	外浜	潮間帯	外浜	潮間帯	外浜	潮間帯・外浜
計画値	シルト・粘土含有率(%)	4未満	4未満	4以上	4以上	4未満	4未満	-
	透水係数(cm/s)	1×10^{-3} 以上	1×10^{-3} 以上	$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-3}$	1×10^{-3} 以上	1×10^{-3} 以上	-
試験値	礫 2~75mm	0.00	4.60	0.00	6.30	76.80	11.00	11.60
	粒度(%)							
	砂 75μm~2mm	79.80	78.20	73.42	57.46	22.70	82.80	79.90
	シルト・粘土 <75μm	20.20	17.20	26.58	36.24	0.50	6.20	8.50
	中央粒径(mm)	0.17	0.21	0.15	0.13	4.40	0.22	1.10
	均等係数(D_{60}/D_{10})	3.10	-	3.27	-	7.43	-	10.90
	透水係数(cm/s)	2.7×10^{-3}	-	8.6×10^{-4}	-	4.3×10^{-2}	-	1.5×10^{-4}

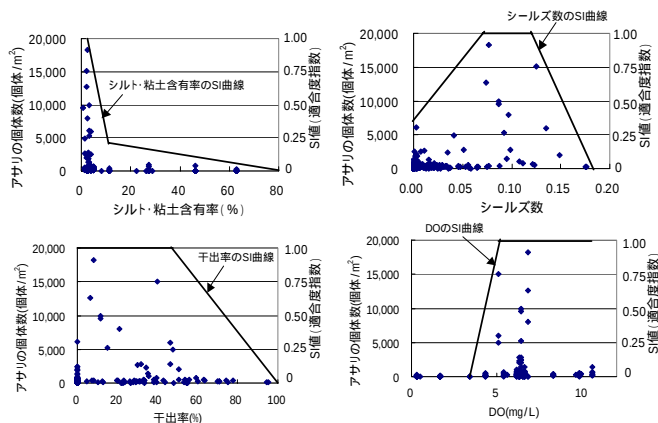


図5 アサリの個体数に対するS Iモデル

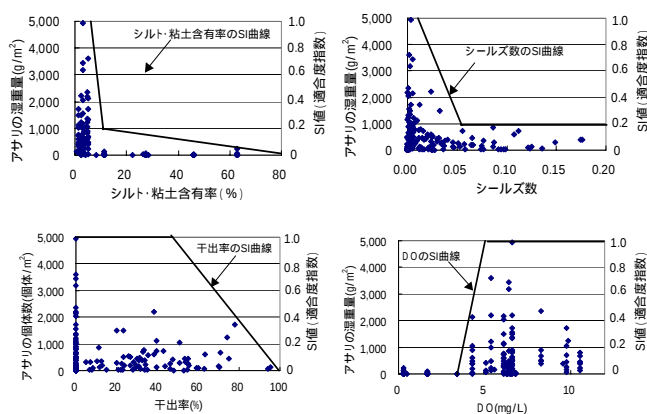


図6 アサリの湿重量に対するS Iモデル

(2) アサリのHSIモデル

浜名湖松見ヶ浦における干潟の調査データ(生物、底質、水質、気象、潮位)に基づき、HSIモデルによるアサリの生息場の定量評価を試みた。

評価方法

アサリの個体数および湿重量に対して、底質、地形、水質、水理との関連性を詳細に調査し、次式のようなHSIモデルを考案して評価を試みた。

$$HSI = (\text{底質SIおよび水理SIの最小値}) \times (\text{地形SIの最小値}) \times (\text{水質SIの最小値})$$

水理SIは、シールズ数を適用した。シールズ数とは、波や流れにより地表の土壌粒子が動かされる力と抵抗する力の比を表し、次の式で表される。

シールズ数は、粒度等の地質に影響するため、底質SIと水理SIの最小値を採用した。

$$\Psi = 1/2 \cdot f u_b^2 / (s-1)gd \quad (7)$$

(Ψ : シールズ数、 f : 摩擦係数、 u_b : 底面水粒子速度の振幅、 s : 底質粒子の比重、 g : 重力加速度、 d : 中央粒径)

浜名湖松見ヶ浦における干潟の評価結果

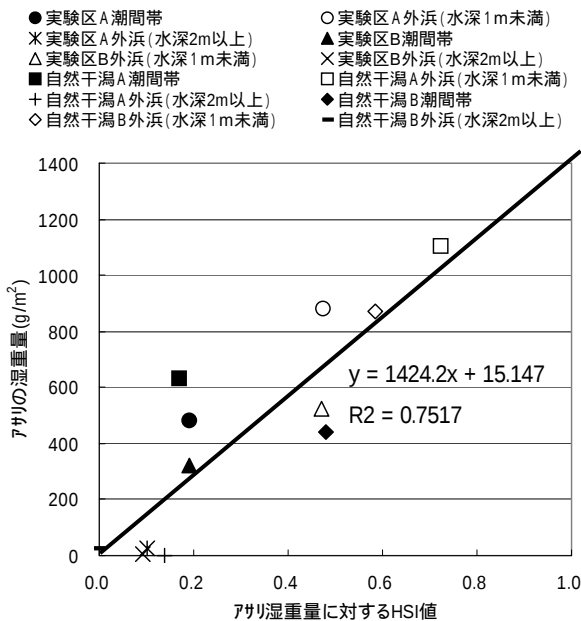
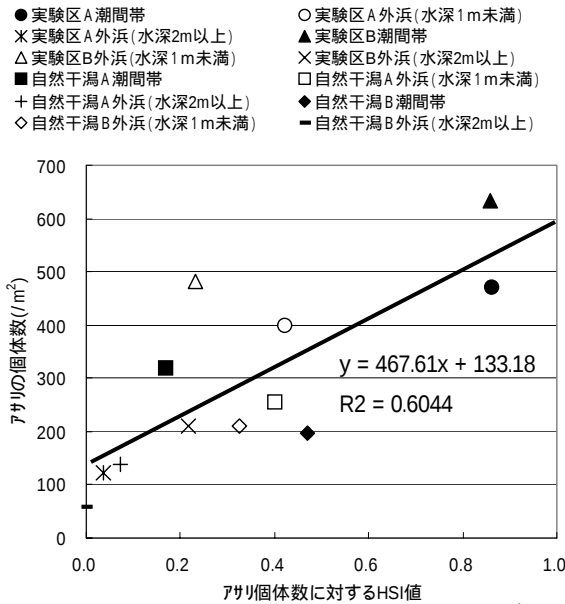
2000年8月から2003年7月までの3年間のアサリの個体数および湿重量と環境因子の平均値をもとに生息場の適合度をHSIモデルで評価した。これは、各調査データのばらつきが大きく、個々の調査データでは場の評価が困難と考えられたためであり、最低1年以上の調査データで評価する必要があると判断されたためである。評価結果を次頁の図7、図8に示す。

個体数に対する干潟およびその外浜の適合度評価の結果、実験区A、BのHSI値が高く、アサリの個体数を増加させるための生息場の条件としては良好と考えられた。自然干潟A、BはHSI値が比較的低かったが、その原因は底質の礫含有率が高かったこと、シールズ数が小さく波により砂粒子が移動しない条件であったことが示された。外浜については、水深1m未満の区域ではいずれの干潟もHSI値は0.4~0.8であり差が見られなかったが、実験区Aは自然干潟と比較して若干HSI値が高い結果が得られた。水深2m以上の区域については、個体数および湿重量ともにHSI値は低く、シルト・粘土含有率が高かったことや強熱減量が大きかったこと等の底質が悪影響したと考えられた。

湿重量に対する干潟およびその外浜の生息場の適合度評価の結果、いずれの干潟も外浜(1m未満)のHSI値が高く、潮間帯は0.15~0.5で低かった。潮間帯で湿重量が少なかった原因は、シールズ数が大きかったことが挙げられ、自然干潟と比較して粒径が小さく、波により砂が移動しやすかったことがアサリの生息に悪影響していたと考えられた。また、外浜(水深2m以上)については、個体数と同様に湿重量のHSI値が小さく、アサリの生息場として適さないと考えられた。

本調査結果によって、潮間帯では殻長の比較的小さいアサリの生息場としてのHSI値が高く、外浜(水深1m未満)において殻長の比較的大きいアサリのHSI値が高かったことは、アサリの成長段階における干潟から外浜にかけての地形の連続性および多様性が重要であることを示唆するものと考えられた。また、波浪による砂の移動がアサリの定着に著しく影響することが示された。

干潟再生による生物生息環境改善効果の定量評価手法に関する研究



3.4 ウミニナの生息場としての評価

(1) ウミニナ的环境因子に対するSIモデル

ウミニナの生息場の環境因子をアサリの場合と同様のカテゴリーに分類し、生息条件および最適条件を、個体数および湿重量別に既往の文献および浜名湖人工干潟の生物データ・環境データから検討した。

その結果、最も調査地点のSIモデルに影響した項目のうち、シルト・粘土含有量、シールズ数、DO、干出率のSI曲線を、個体数、湿重量別にそれぞれ図9、図10に示す。ウミニナについては、個体数と湿重量で比較すると、SIモデルに大きな差は見られなかった。

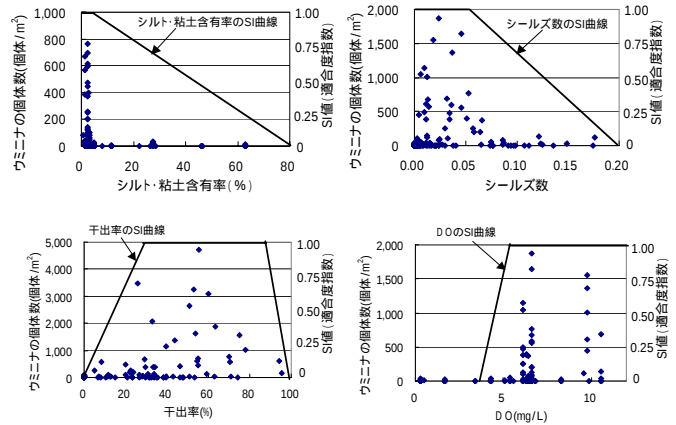


図9 ウミニナの個体数に対するSIモデル

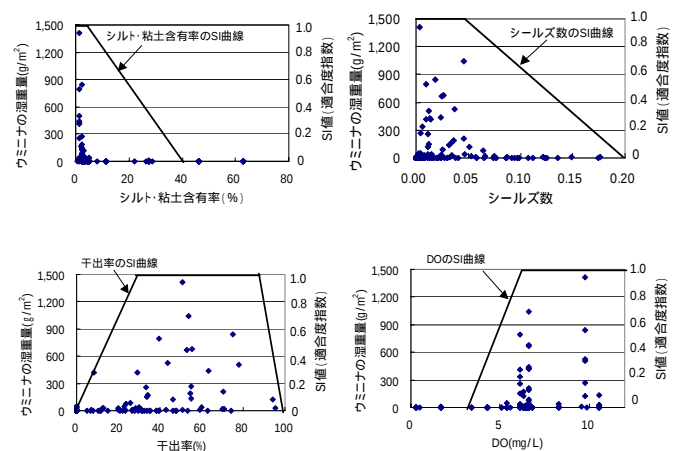


図10 ウミニナの個体数に対するSIモデル

(2) ウミニナのHSIモデル

アサリと同様に浜名湖松見ヶ浦における干潟の調査データ(生物、底質、水質、気象、潮位)に基づき、浜名湖松見ヶ浦における干潟に対するウミニナの生息場評価を試みた。2000年8月から2003年7月までのウミニナの個体数および湿重量と環境因子の平均値に対する生息場の適合度をHSIモデルで評価した結果を次頁の図11、図12に示す。

個体数、湿重量ともに、実験区A、BのHSI値は低く、ウミニナの生息場として適しない環境条件であったことがわかった。その主な原因は、粒度の細かさが考えられ、特にシルト・粘土含有率が影響したと考えられる。また、ウミニナは外浜のHSI値がいずれの干潟も0に近い値であり、ウミニナは潮間帯に生息し、外浜では生息しにくい生物であることが示された。

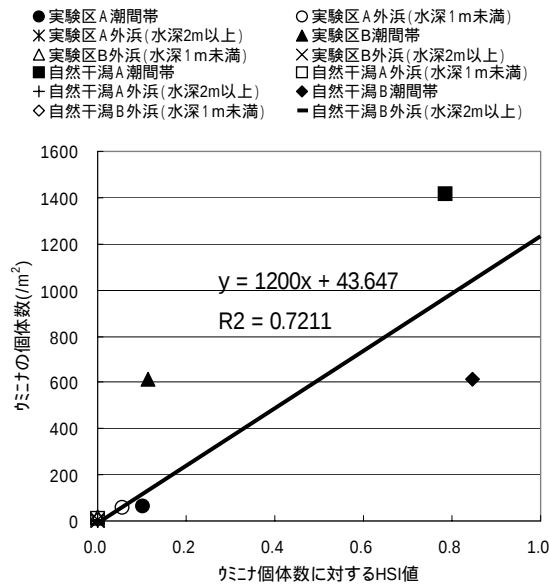


図 11 ウミナナの個体数に対する H S I モデル

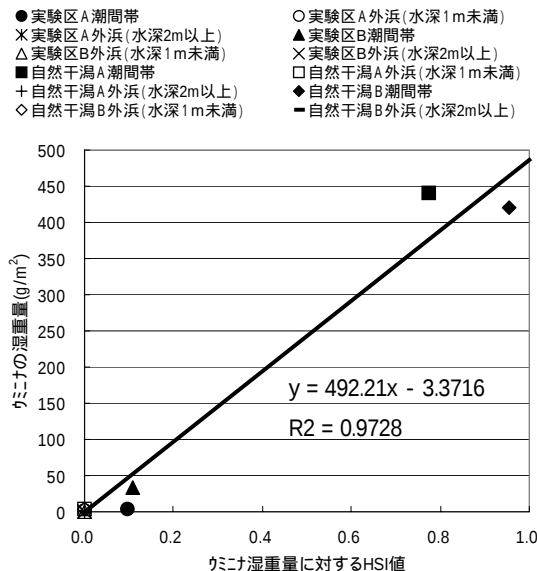


図 12 ウミナナの湿重量に対する H S I モデル

§ 4 . ま と め

H S I モデルの干潟の生物生息環境の評価への適用性を検討し、浜名湖人工干潟に適用した結果、次のような知見が得られた。

アサリおよびウミナナには、環境因子(底質、水質、水理、地形)に対する生息場の適合度を S I モデルで、総合的な生息適合度を H S I モデルで表すことができ、干潟の計画・設計および維持管理に適用できると考えられる。浜名湖松見ヶ浦における干潟の評価に H S I

モデルを適用した結果、アサリの生息場には、風波等による砂の移動が大きく影響することが示された。また、アサリの個体数に対する H S I 値は潮間帯で高く、湿重量に対する H S I 値は水深 1 m 未満の外浜で高かったことなどから、干潟を再生する際、地形の多様性、連続性が重要であることが示された。ウミナナは、干潟の外浜における H S I 値が著しく低く、潮間帯で生息する底生動物であることが示された。また、水域の波浪条件によっては細砂で造成した人工干潟はウミナナの生息に適しないことがわかった。

謝 辞 本研究に貴重なご意見をいただいた東北大学 西村修教授、野村宗弘助手に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 自然を活用した水環境改善実証事業評価検討調査(干潟水環境改善機能調査)事業総括報告書, 環境省・静岡県, 2004.3.
- 2) 自然を活用した水環境改善実証事業(生態系造成型浄化実証事業)事業報告書, 環境省・静岡県, 1999.3.
- 3) 平成 12 年度自然を活用した水環境改善実証事業評価検討調査(干潟水環境改善機能調査)事業報告書, 環境省・静岡県, 2000.3.
- 4) 平成 13 年度自然を活用した水環境改善実証事業評価検討調査(干潟水環境改善機能調査)事業報告書, 環境省・静岡県, 2001.3.
- 5) 平成 14 年度自然を活用した水環境改善実証事業評価検討調査(干潟水環境改善機能調査)事業報告書, 環境省・静岡県, 2002.3.
- 6) 平成 15 年度自然を活用した水環境改善実証事業評価検討調査(干潟水環境改善機能調査)事業報告書, 環境省・静岡県, 2003.3.
- 7) 環境圏の新しい海岸工学, pp.128-136, フジ・テクノシステム, 1999.8.

ひ と こ と

特定の干潟生物の生息場の定量評価のみならず、種多様性や浄化機能と干潟の環境条件との関係をモデル化する干潟の設計システムの開発を進めています。



島多義彦