

<報文>

大村湾におけるアサリ生息場適性評価モデルの構築*

粕谷智之**

キーワード ①HSI ②干潟 ③底生生物 ④二枚貝 ⑤被捕食

要 旨

大村湾の潮間帯におけるアサリを対象として、アサリの生息密度と環境要素との関係から、生息環境の棲みやすさを点数化する SI (Suitability Index: 適合指数) モデルを作成するとともに、SI モデルを統合した大村湾に適用した HSI (Habitat Suitability Index: 生息域適性指標) モデルを構築した。環境要素には中央粒径、強熱減量、そして含水率を採用し、3つの環境要素の SI の積から HSI を算出した。得られた HSI モデルを大村湾の覆砂場に適用した結果、アサリ生息密度の減少には底質以外の要因、例えば、アカエイなどによる捕食が関わっていることが示唆された。

1. はじめに

長崎県本土中央に位置する大村湾は、佐世保湾を介して針尾瀬戸および早岐瀬戸のみで外海と通じている非常に閉鎖性が高い湾である(図1)。湾内には形上湾や津水湾などの支湾があり、平均水深は 14.8 m、面積はおよそ 320 km²で琵琶湖の約 1/2 である。近年、栄養蓄積進行にともなう水環境の悪化が問題となっており、2001年度に海洋シンクタンク事業の一環として行われた海の健康診断において、「生息する生物にとって貴重な存在である自然の浅場が減少した影響に加えて、かつて陸域から多くの栄養が流れ込んだことによって、過剰な栄養が湾内に蓄積し、貧酸素化が進行している」と診断され、処方箋として、「生物による栄養の取り込みを促進して、余分な栄養を分解や食物連鎖の過程で消費することや、「既に湾内に余剰となっている栄養を取り上げる」ことなどが提言された¹⁾。

これを受けて、長崎県環境保健研究センターでは、2007年度より、アサリ (*Ruditapes philippinarum*) などの二枚貝類を増やして、漁獲することによって海から栄養物質を取り上げる環境改善手法の開発に着手し^{2, 3)}、得られた成果は、2014年度から開始された、長崎県環境部主体による「再生砂による浅場づくり実証試験事業」に発展した。この事業は、アサリの幼生が集まりやすいと予想される大村湾内の数カ所の海域に、廃ガラスなどを砕いた再生砂を覆砂して二枚貝の生息場とするものであり、1カ所目として、2016年6月に長崎空港に近い大村市森園地先に1ヘクタール規模の浅場を造成した。

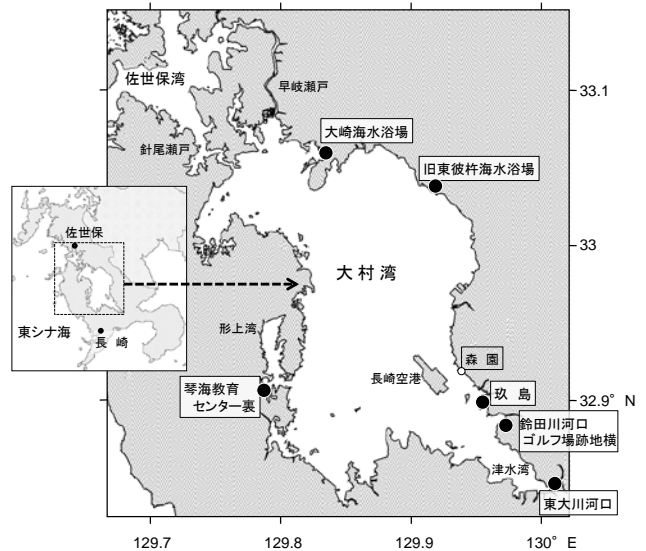


図1 アサリ生息密度および底質調査地点

事業を効果的に進めるにあたり、覆砂した場所がアサリの生息場として機能しているのか検証する必要があるが、アサリの生息密度の変動には、底質のみならず、被捕食や青潮などの突発的な環境悪化など、様々な要因が関わっている⁴⁾。そこで本研究では、米国において開発事業の影響評価と計画に用いるために開発された生物生息地適性評価手法である HEP (Habitat Evaluation Procedures) を参考に⁵⁾、大村湾におけるアサリの生息密度と環境要素との関係から、生息環境の棲みやすさを点数化する SI (Suitability Index: 適合指数) モデルを作成するとともに、SI モデルを統合した大村湾に適

*A Habitat Suitability Index Model for the clam *Ruditapes philippinarum* in Omura Bay, Nagasaki

**Tomoyuki KASUYA (長崎県環境保健研究センター) Nagasaki Prefectural Institute of Environment and Public Health

表 1 各調査地点におけるあさり生息密度と低質の実測値, および各環境要素の S I。あさり生息密度は各町 20 mm以下の個体を対象として算出した。

	アサリ密度 (個体/m ²)	中央粒径 (mm)	泥分率 (%)	強熱減量 (%)	含水率 (%)	酸化還元 電位 (mV)	S I		
							中央粒径	強熱減量	含水率
東大川河口	0	0.08	43.7	4.2	34.6	-150	0.04	1.00	0.54
大崎海水浴場	11	0.70	1.0	1.3	14.6	8	0.68	0.53	0.10
玖 島	163	0.75	3.9	7.7	31.5	-79	0.73	0.35	0.85
鈴田川河口ゴルフ場横	185	0.56	5.2	3.1	23.6	11	0.53	1.00	1.00
琴海教育センター裏	425	0.68	2.3	1.8	22.8	105	0.66	0.86	1.00
旧東彼杵海水浴場	595	1.17	2.5	4.7	26.6	-69	1.00	1.00	1.00

用した HSI (Habitat Suitability Index: 生息域適性指標) モデルを構築した。さらに, 作成した HSI を用いて, 「再生砂による浅場づくり実証試験事業」で造成した浅場の状況を検証した。

2. 材料と方法

2.1 現場観測

2.1.1 アサリ生息密度

調査は2010年5月~10月にかけて, 大村湾内の6調査地点(東大川河口, 大崎海水浴場, 玖島, 鈴田川河口ゴルフ場跡横, 琴海教育センター裏, 旧東彼杵海水浴場)で行った(図1)。各地点では, 目合 1 mm のコドラート付きサーバーネット(30 cm×30 cm)を用いて深さ 10 cm までの底質を3ヶ所から1回ずつ採取した。試料は冷凍保存した後, 解凍してアサリをソーティングし, 個体数を計数するとともに殻長を計測した。なお, アサリは潮干狩りなどの対象種であることから, 大型個体が漁獲されている可能性を考慮して, 一般的な漁獲禁止サイズである, 殻長 20 mm 以下のアサリを対象として生息密度を求めた。

2.1.2 底質

底質の採集は上記の6調査地点において, アサリ採集時に同時に行った。各調査地点では口径 35 mm のアクリルパイプを用いて, 深さ 10 cm までの底質を3ヶ所か

表2 環境要素間の相互相関行列。数値は相関係数 (r) を表す。

	中央粒径	泥分率	強熱減量	含水率	酸化還元電位
中央粒径	1				
泥分率	-0.81*	1			
強熱減量	0.11	0.12	1		
含水率	-0.36	0.66	0.75	1	
酸化還元電位	0.28	-0.67	-0.64	-0.72	1

*: $p < 0.05$

ら1回ずつ採取し, 3サンプルを1本の広口プラスチックボトルに合わせ入れて1試料とした。試料は冷凍保存した後, 中央粒径, 泥分率, 強熱減量, 含水率の測定に供した。

酸化還元電位はポータブル ORP 計(東亜 DKK 製 HM-21P)を用いて, センサー部を底質中に 2 cm 程度挿入して測定した。

2.2 環境要素の検討

新保ら⁶⁾が, 神奈川県横浜市の金沢八景周辺に生息するアサリを対象として作成した HSI モデルでは, 環境要素として, 底質では中央粒径, 泥分率, 強熱減量, 酸化還元電位, 水質では水温, 塩分, その他, 干出時間が取り入れられている。本研究では, アサリの着底や潜砂などに影響する要素として, 中央粒径と泥分率, および含水率を, 成長などに関わる要素として強熱減量と干出時間を, 生残などに関わる要素として水温と塩分, および酸化還元電位を当てはめ, 選択の検討を行った。

3. 結果と考察

3.1 アサリ生息密度と底質

各調査地点におけるアサリ生息密度は, 0~595 個体/m²の範囲であり, 最大密度は旧東彼杵海水浴場, 最小密度は東大川河口で得られた(表1)。

底質については, 中央粒径は 0.08~1.17 mm, 泥分率は 1.0~43.7%, 強熱減量は 1.3~7.7%の範囲であった。また, 含水率はおよび酸化還元電位は, それぞれ, 14.6~34.6%および -150~105 mV の範囲であった。泥分率から底質を区分すると⁷⁾, アサリが採集されなかった東大川河口は泥分率が 40%以上であることから泥質系の干潟, それ以外は砂質系の干潟であった。

3.2 環境要素の選択

大村湾の6調査地点から得られた底質データを用いて各環境要素間の相関を求めた(表1, 2)。

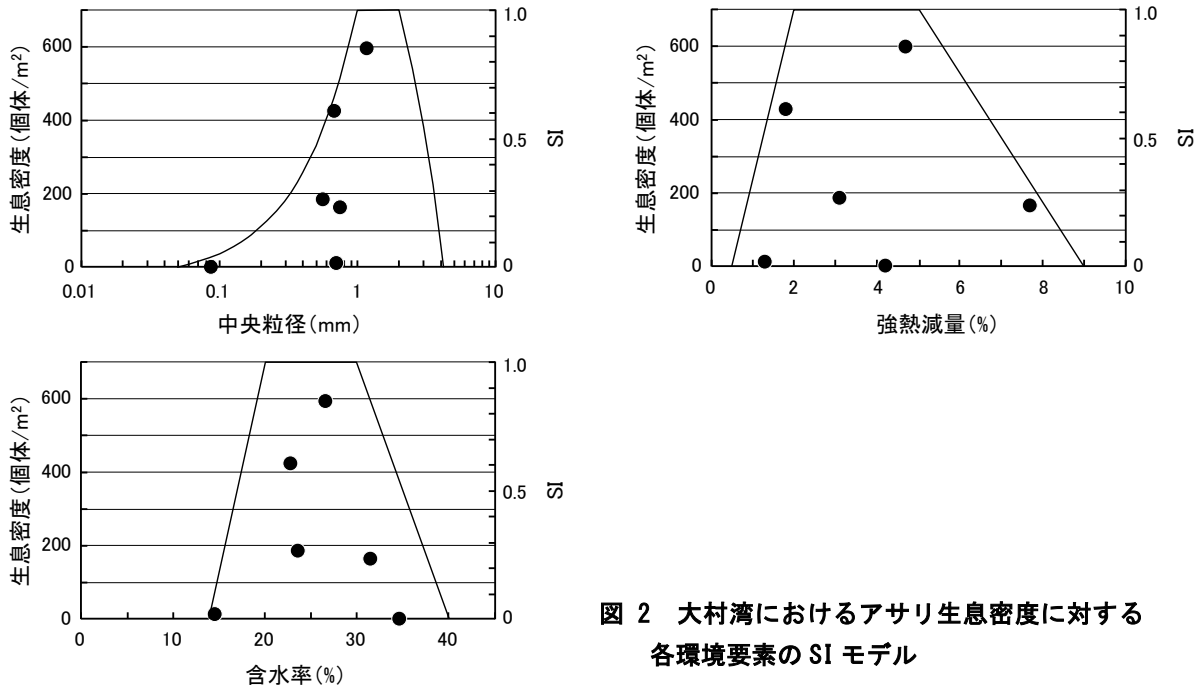


図 2 大村湾におけるアサリ生息密度に対する各環境要素の SI モデル

泥分率は中央粒径に対して統計的に有意な負の相関 ($r = -0.81$, $p = 0.04$) を示した。泥分率は中央粒径で代用されると考えられることから、選択しないこととした。

酸化還元電位は底質の好気性・嫌気性を表す指標であるが、本研究では大村湾の潮間帯を対象としたアサリ生息環境の定量化を目的としていることから、酸化還元状態の影響はそれほど大きくないと思われる。そこで、酸化還元電位は選択しないこととした。

水温と塩分はアサリの生理状態に影響することから、環境要素として選択される事例が多い⁶⁾。しかし、大村湾では大きな河川の流入がないことから、降雨などによる水温や塩分の変化は長期間続くことはない³⁾。また、干満差が最大で 0.7 m 程度しかなく⁸⁾、アサリの生息場所が長時間干出することはないと考えられることから、水温と塩分、および干出時間については選択しないこととした。

3.3 SI モデルの作成

SI とは環境要素ごとに生息場としての質を数値化したものであり、0.0~1.0 の値で表す。生息場としての価値が全くない場合は SI=0、最適な生息場の場合は SI=1.0 となる。本研究で選択した3つの環境要素、中央粒径、強熱減量、および含水率と、大村湾におけるアサリ生息密度との関係を基に、既存の知見を参考にして SI モデルを構築した (図2)。

(中央粒径) 中央粒径とアサリ生息密度との関係を表1および図2に示す。大村湾におけるアサリは、粒径

1.17 mm で最も高い生息密度 595 個体/m²を示した。アサリは粒径 0.25 mm 以下の底質では着底数が減少する⁹⁾。また、藤本ら¹⁰⁾ は粒径約 0.3 mm 以下では、アサリの分布が少ないと報告している。そこで、中央粒径の下限値は粘土となる 0.05 mm とし、SI=0.0 とした。また、生息密度が最大となった、粒径が 1~2 mm の範囲では SI=1.0、潜砂が困難となる粒径 4.2 mm 以上¹¹⁾ では SI=0.0 とし、その間を線形に補間した。

(強熱減量) 強熱減量は底質中の有機物量を表すことから、アサリの餌量の指標となるとともに、有機汚濁の指標ともなる。大村湾では強熱減量が 4.7%の底質において、最も高いアサリ生息密度となった (表1, 図2)。新保ら⁶⁾ によると、金沢八景周辺海域においては、アサリは強熱減量が約 0.5~9%の範囲に生息し、個体数は 3.5%で最大となった。そこで、強熱減量 2~5%で SI=1.0、0.5%で SI=0.0、%で SI=0.0 とし、その間は線形に補間した。

(含水率) 含水率は底質の硬さの指標となる。底質が硬化している場合、アサリの潜砂が阻害され、生息密度の低下につながる可能性がある。大村湾では含水率 26.6%でアサリ出現密度は最大となった (表1, 図2)。山口県の榎野川河口域においては、アサリは含水率 17.8~24.8%の底質環境で生残が確認されている¹²⁾。また、島根県の宍道湖においては、砂を入れたカゴ内で垂下式養殖されたアサリは、含水率 29~2%の環境下で生残した¹³⁾。そこで、含水率 20~30%で SI=1.0、含水率 14%で SI=0.0、含水率 40%で SI=0.0 とし、その間を線形に補間した。

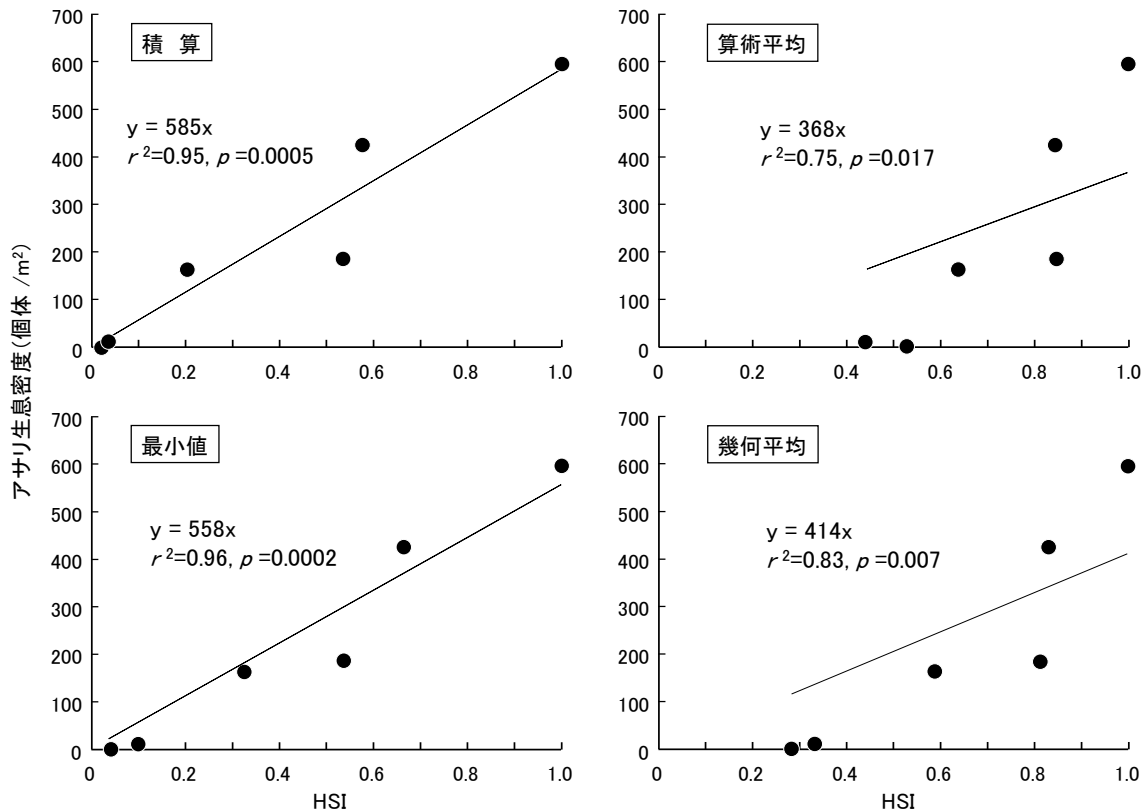


図 3 大村湾におけるアサリ生息密度と HSI との関係

3.4 HSI モデルの作成

HSI は SI モデルによって評価された環境要素を総合し、アサリ生息地としての適性を数値化したものであり、0.0 (不適) ~1.0 (最適) で表される。SI モデルの統合手法としては、一般に、

積 : $HSI = SI_{\text{中央粒径}} \times SI_{\text{強熱減量}} \times SI_{\text{含水率}}$

最小値 : $HSI = \min(SI_{\text{中央粒径}} \text{ or } SI_{\text{強熱減量}} \text{ or } SI_{\text{含水率}})$

幾何平均 : $HSI = (SI_{\text{中央粒径}} \times SI_{\text{強熱減量}} \times SI_{\text{含水率}})^{1/3}$

算術平均 : $HSI = (SI_{\text{中央粒径}} + SI_{\text{強熱減量}} + SI_{\text{含水率}}) / 3$

などが用いられる¹⁴⁾。そこで、これら4つの方法を用いて HSI を求めて、アサリ生息密度との関係を検討した。

HSI は積算と最小値選択で決定係数 r^2 がそれぞれ 0.95 と 0.96 となり、アサリ生息密度と高い相関を示した (図3)。アサリの生息密度には様々な要素が相互に作用していると考えられる。従って、一つの環境要素の値を採用する最小値選択は、本研究のように環境要素を3つに絞り込んだケースでは、生息地の適性を過大、または過小に評価する可能性がある。そこで本研究では積算による HSI を採用する。

3.5 本 HSI モデルの適用範囲

本研究で作成した HSI モデルは、大村湾における浅場造成事業の覆砂効果を検証するためのものである。従って、大村湾の泥質干潟および砂質干潟の潮間帯が対象と

なる。また、HSI に対応するアサリ生息密度は、大村湾の潮間帯において5月~10月にかけて測定したデータであることから、適用はこの期間内に限定される。

3.6 本 HSI モデルの実海域への適用

長崎県環境部はアサリなどの二枚貝を増やすことを目的として、大村市森園地先の海岸に、幅 200m × 沖出し 50m の規模で、廃ガラスを砕いた再生砂を用いて覆砂した (図1, 4)。覆砂工事は2016年6月に終了し、翌年1月には殻長 5mm 前後のアサリ稚貝が 522 個体/m² 出現した。同海域は覆砂以前にはアサリは殆ど生息しな



図 4 大村市森園地先に再生砂を覆砂して造成した浅場。写真は工事終了直前の2016年5月の様子。

表3 大村市森園地先に造成した覆砂場における底質の実測値と、そのSI

	中央粒径	強熱減量	含水率
測定値	1.2 mm	0.8 %	20 %
SI	1.0	0.2	1.0

かったことから、覆砂によるアサリ増殖効果が確認された。

しかしアサリ生息密度は、2017年8月には 24 個体/m²まで激減した。この時の底質は強熱減量が 0.8%と低く、SI=0.2 となったものの、中央粒径および含水率とも適性範囲で、いずれも SI=1.0 であった(表3)。従って、HSI は 0.2 であり、底質環境から予測されるアサリ生息密度は 117 個体/m²である。覆砂場におけるアサリ生息密度の減少には底質以外の要因も関わっていると考えられる。

2017年8月に覆砂場でアサリ生息密度の調査を行った際は、軟骨魚類のアカエイ (*Dasyatis akajei*) が複数個体観察された他、甲殻類のタイワンガザミ (*Portunus pelagicus*) なども観察された。これの生物はアサリを捕食することから⁴⁾、覆砂場におけるアサリ個体群は高い捕食圧を受けている可能性がある。今後、有明海などのアサリ漁場において行われている捕食対策⁴⁾を、大村湾においても実施する必要があると思われる。

4. 引用文献

1) 海洋政策研究財団, 長崎県:平成22年度「海の健康診断」を活用した大村湾の環境評価に関する調査研究報告書 -海の健康診断 大村湾モデル-. 海洋政策研究財団, 54 pp., 2011

2) 粕谷智之, 川井 仁, 山口仁士, 高橋鉄哉, 中田英昭:大村湾における底生水産生物浮遊幼生に関する研究. 長崎県環境保健研究センター所報, **53**, 54-61, 2007

3) 粕谷智之:リサイクル材を活用した二枚貝生息場造成の可能性について-IV 底質およびアサリ出現密度の推移について. 長崎県環境保健研究センター所報, **59**, 80-83, 2013

4) 水産庁漁港漁場整備部 整備課:干潟生産力改善のためのガイドライン. 水産庁, 206 pp., 2008

5) U. S. Fish and Wildlife Service : Habitat Evaluation Procedures Handbook, <https://www.fws.gov/policy/ESMindex.html> (2018. 7. 14アクセス)

6) 新保裕美, 田中昌宏, 池谷 毅, 林 文慶: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, **47**, 1111-1115, 2000

7) 水産庁, (社) マリノフォーラム21:砂質系干潟の健全度評価手法マニュアル, <http://www.mf21.or.jp/pdf/amamo/manual.pdf> (2018. 7. 25アクセス)

8) 松岡数充:大村湾 -超閉鎖性海域「琴の海」の自然と環境-. 長崎新聞社, 189 pp., 2004

9) 上田 拓, 山下輝昌:アサリ漁場の造成事例. 日本水産工学会誌, **33**, 213-218, 1997

10) 藤本敏昭, 中村光治, 小林 信, 林 功, 瀧口克己, 尾田一成, 鶴島治市:アサリの漁場形成について. 昭和58年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 34-106, 1985

11) 高橋清孝, 佐藤陽一, 渡辺 競:アサリの生存限界に関する実験的検討. 宮城県水産試験場研究報告, **11**, 44-58, 1986

12) 榎野川河口域・干潟自然再生協議会事務局:榎野川河口干潟再生実証試験の結果. 第17回榎野川河口域・干潟自然再生協議会会議 資料, 3-16, 2014

13) 山根恭道, 福井克也, 中村幹雄, 清川智之, 内田浩, 重本欣史:宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業 -垂下式貝類飼育試験-. 平成10年度島根県内水面水産試験場事業報告, 55-61, 1998

14) 国土交通省:浅海化・干潟化による影響緩和のための一体的な基盤政治方策検討調査. 平成19年度 社会資本整備事業(調査の部) 報告書, 水1-水64, 2007