

アサリの生息密度の推定法に関する研究

鈴木 誠*・磯部 雅彦**・佐々木 淳***

1. 緒 論

1.1 本研究の背景

沿岸域は古くから漁業や諸外国との貿易や渡航という産業面、交通面において重要な役割を担っている。特に近年では親水のためのレクリエーションの場としても強く注目される一方で、高潮や津波など甚大な災害が起こり得る地域でもある。日本では全人口に対する海に面した市町村に居住する人口の割合は46%というほど海とは関係が強い。そのため沿岸域には、港湾・漁港、発電所・エネルギー備蓄基地、レクリエーション施設などが建設され、さらにこの需要は年々大きくなる傾向にある。

その傾向に対する結果として干潟や砂浜、藻場などのいわゆる自然の海岸は急速に姿を消し、そのため沿岸域の生態系の破壊や水質汚濁、漁獲量の減少などの弊害が発生している。

この状況を憂慮し、事業計画と自然環境や社会環境との調和を図るためのさまざまな手段が講じられている。平成11年6月12日には「環境影響評価法」（環境アセスメント法）が施行された。これは自然には自らの力で汚染を浄化する自浄作用があるが、人間が利便性や快適性のみを求めるあまりに、その自浄作用が追いつかず、また自然自体が破壊されるということを背景としている。そして、環境に著しい影響を及ぼす可能性のある開発事業を実施する前にその事業が環境へどれほど影響を及ぼすかを調査、予測、評価しこれを公表し、地域住民などからの意見を聴いて事業に反映させることによって、影響をできるだけ小さくしようとすることになる。

また、アメリカでは環境悪化に対する意識の高まりから、1970年代にミティゲーションと呼ばれる環境影響の緩和措置が制度化された。これは、ある事業が実施される前後における環境の質を比較し、失う環境と同程度またはそれ以上の環境をほかの地域に創造することによって、環境の代償措置を含むという点で環境影響評価よりも一歩進んだものであり、近年日本に導入しようという

機運が高まっている。

このような場合、沿岸域の生態系評価が必須となるが、以下にその代表的な手法を示す。

1.2 生態系評価の手法

a) エーカーレイジ

単に面積のみを比較する手法のため、簡易である。小規模なミティゲーションに用いられ、最も多用されている。

しかし面積のみでは生態系に対する考慮が不足してしまうため、同種（河口域、沿岸域、淡水域）の湿地帯の場合に制限したり、その他の評価方法と結びつける事が多い。

b) Wetland Evaluation Technique (WET)

幅広い項目を考慮できる湿地帯評価手法であり、用意された問に対して社会的的重要性、有効性(能力)、機能を発揮する(必要とされる)機会の多さという3つの観点から評価することによって、地下水貯留・流出、洪水調節、底質安定、底質・有毒性物質保持、栄養塩除去・変換、生産物排出、水環境多様性・多量性、野生生物多様性・多量性、レクリエーション、及び独自性・伝統の10項目の多岐にわたる機能について High, Moderate, Low, Uncertain という定性的な評価を行うことができ、代償措置が十分かを検討できる。また、複雑な評価を整理することが可能となり、多くの質問に答えるために主観が入りにくいという利点もある(新保ら, 1997)。

c) Habitat Evaluation Procedure (HEP)

まず生態系の最上位に位置する生物を数種類選択し、それぞれの生息に影響を与える環境要因について、理想的環境のもとでの密度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標化した適合度指数 (Suitability Index SI) を求める。次にそれらを統合して(基本的には相乗平均)、生息場適合度指数 (Habitat Suitability Index HSI) を求める。

選択された全ての生物についての HSI を推定し、それを対象となる面積に対して乗じたものを生息場評価点 (Habitat Unit HU) として、それらの和を計算する。

これを用いて、代償措置によって得られる総合点が開発などによって失われる総合点以上となるように代償措

* 修(工) 首都高道路公団 東京建設局

** フェロー 工 博 東京大学大学院教授 新領域創成科学研究科環境学専攻

*** 正 会 員 博(工) 東京大学大学院助教授 同上

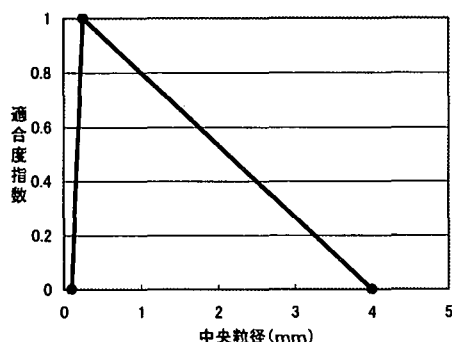


図-1 中央粒径を用いた適合度指数の評価例

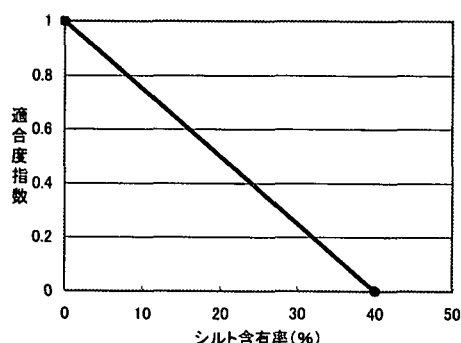


図-2 シルト含有率の適合度指数の評価例

置の質と量を決定する(磯部, 1998)。

適合度指数は、0 から 1 までの間の値を取り、0 は生息できない状態を、1 は理想的状態を表す。また、適合度指数は、適合度グラフによって求めることができる。適合度グラフはある生物が生息できない状態と生息に最適な状態を実験や観測によって推定し、直線で結ぶという方法が多く採られるが、これは HEP の簡易性という特徴にとって重要な手法である。中央粒径、シルト含有率の適合度指数の評価例を図-1, 2 に示す(酒井・高橋, 1992; 杉山, 1993; 上田・山下, 1997; 山本, 1997)。

1.3 本研究の目的

このような状況から、沿岸域の生態系評価は重要であり、そのためには物質循環の把握が肝要だが、アサリは干潟・浅海域の物質循環に大きく寄与し、水質浄化機能を果たすため、その生息密度の推定は重要である。推定に際して、従来の海岸工学の研究成果により物理化学的環境要因の予測は、ある程度可能である。

そこで本研究では、それによりアサリ生息密度を推定するための関係式を求めることを目的とした。関係式は東京湾三番瀬のデータに基づいたが(千葉県, 1999)、さらに全国数箇所のデータに適用し、より一般的な適用性を検証した。

2. 研究方法と結果

2.1 用いたデータ

アサリの生息密度推定式を求めるに際して本研究では、東京湾三番瀬の 38 地点における中央粒径・シルト含有率・強熱減量・酸化還元電位・水温・水深・干出時間について平成 6 年から 8 年の平均値を用いた。

また三番瀬は、東京湾最奥部の船橋から行徳にかけての江戸川放水路を中心とした干潟であり、その中央は市川航路で二分され、海岸部にあった干潟や周辺部は既に埋め立てられている。しかし船橋側を中心に干潟が広がり干潮時の水深が 1 m 以内の浅海底は沖合い約 3 km にまで伸びている。この干潟と浅海底は大部分が砂地で形成され、その面積は約 1,200 ha あり、内湾性の種を中心に多用で豊富な生物の生息が見られる。

2.2 研究結果

a) 重み付けによる推定

中央粒径、シルト含有率、強熱減量、酸化還元電位や水深の適合度指数に種々の重み付けを行い、生息場適合度指数を求め、それとアサリ生息密度との関係を調べた。以下にその式の一部を示す。

$$HSI = \{ \{ \text{中央粒径の SI} \cdot (\text{強熱減量の SI})^{2/3} \cdot \text{水深の SI} \}^{1/2} \} \quad (1)$$

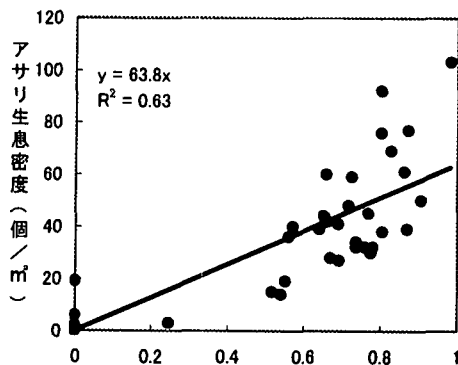
$$HSI = \{ \{ \text{中央粒径の SI}^2 \cdot \text{強熱減量の SI} \}^{1/3} \cdot \text{水深の SI} \}^{1/2} \quad (2)$$

$$HSI = \{ \{ \text{中央粒径の SI} \cdot (\text{酸化還元電位の SI})^{2/3} \cdot \text{水深の SI} \}^{1/2} \} \quad (3)$$

式(1)の結果を図-3 に示すが、どの式で求めた生息場適合度指数とアサリ生息密度の関係も、決定係数がほぼ 0.64 もしくはそれ以下の回帰直線を当てはめることができた。

b) 底質をさらに考慮した推定

底質に関する環境要因である、中央粒径、シルト含有率、強熱減量、酸化還元電位は互いに相関関係が強い。

図-3 $\{ \{ \text{中央粒径 SI} \cdot (\text{強熱 SI})^{2/3} \cdot \text{水深 SI} \}^{1/2} \}$ とアサリ生息密度

いため、底質に関する生息場適合度指数は、それらの適合度指数の最小値とした場合の一部を以下に示す。

HSI=底質(中央粒径・シルト含有率・強熱減量・酸化還元電位)の SI の最小値 ……(4)

HSI={底質(中央粒径・シルト含有率・強熱減量・酸化還元電位)の SI の最小値・水深の SI}^{1/2} ……(5)

HSI={底質(中央粒径・シルト含有率・強熱減量・酸化還元電位)の SI の最小値・水深の SI・平均水温の SI}^{1/3} ……(6)

上記の式(4)から(6)によって求めた生息場適合度指数とアサリ生息密度の関係を図-4~6に示す。これらの場合でも決定係数は0.64前後となっており、ある程度の精度での推定が可能となっている。

c) 他地域への適用

これらの推定式の他地域への適用可能性を検証するため、島根県中海(4地点)(島根県内水面水産試験場, 1999), 山口湾(9地点)(山口県内水面水産試験場, 1989), 利根川下流部(2地点)(千葉県内水面水産試験場, 1982),

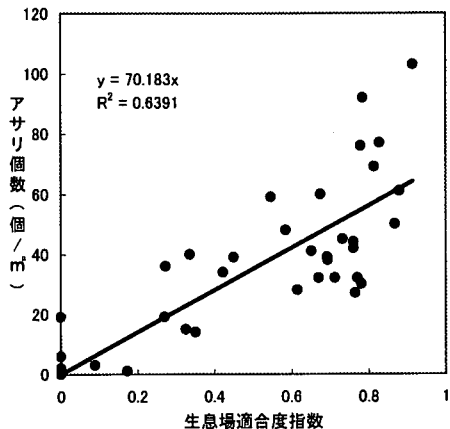


図-6 生息場適合度指数とアサリ個数

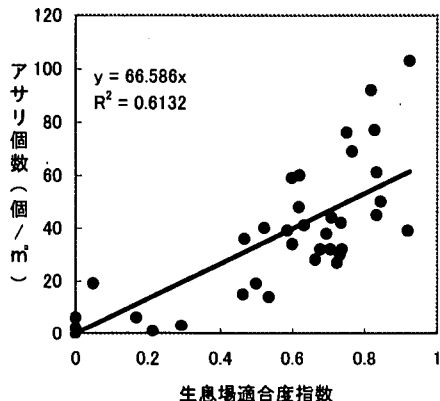


図-4 生息場適合度指数とアサリ個数

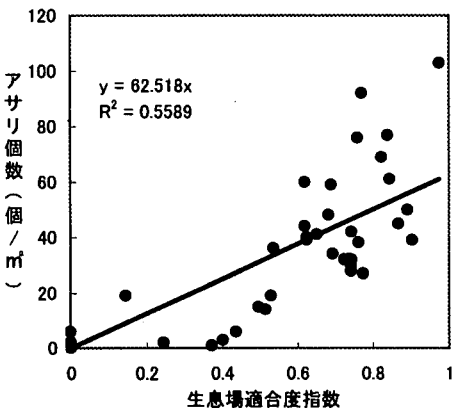


図-5 生息場適合度指数とアサリ個数

盤州干潟(3地点)(運輸省港湾技術研究所, 1996)のデータについて、その推定式に適合するという仮説に対する有意水準0.05の χ^2 検定を行った。ただし、中海は平成10年4月から11年3月までの原則として各月1回、山口湾は昭和60年の4月と10月の観測値の平均、利根川は昭和55年3月から翌年2月までの隔月6回、盤州干潟は1995年の2, 6, 10, 3月の観測値の平均値を用いた。

測定された環境要因が三番瀬よりも少ないため、それに合わせて三番瀬の推定式を若干変更した。以下に各々のHSIを求める式を示す。

HSI(中海)={底質 SI の最小値・(年間平均水温の SI・年間平均 DO の SI)}^{1/2}

HSI(山口湾)=底質 SI の最小値

HSI(利根川下流部)=底質 SI の最小値

HSI(盤州干潟)=(底質 SI の最小値・干出時間)^{1/2}

三番瀬におけるグラフにそれぞれのデータを重ねて示したものが図-7~10であり、全地域において χ^2 検定では棄却されなかった。

d) 環境要因の絞込み

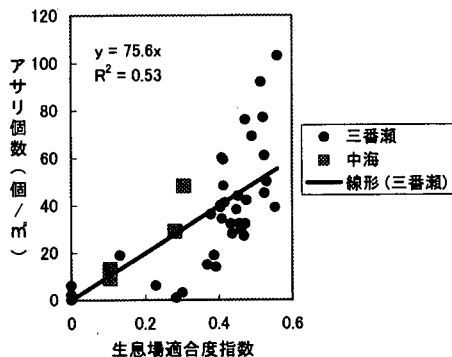


図-7 島根県中海の生息場適合度指数とアサリ個数

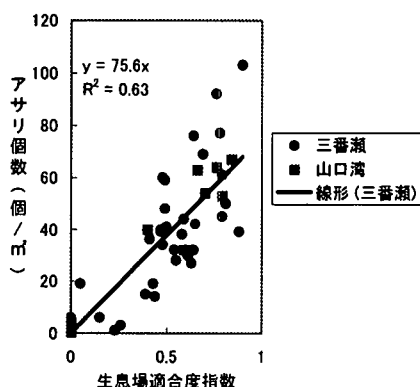


図-8 山口湾の生息場適合度指数とアサリ個数

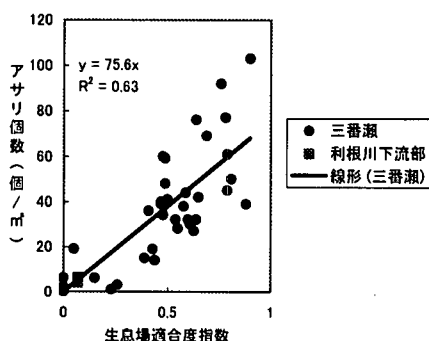


図-9 利根川下流部の生息場適合度指数とアサリ個数

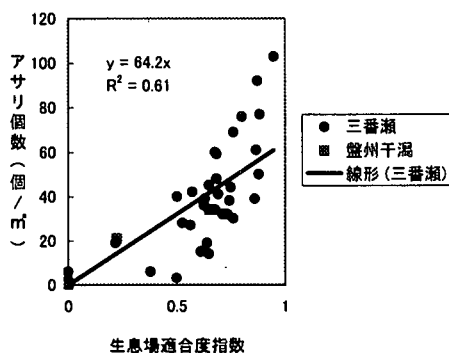


図-10 盤州干潟の生息場適合度指数とアサリ個数

上記の4地域での底質に関する環境要因の適合度指数を詳しく見てみる。

三番瀬では、4つの環境要因(中央粒径・シルト含有率・強熱減量・酸化還元電位)の適合度指数の比較で最小値となったのは、中央粒径が38個の観測地点中23地点、酸化還元電位は38地点中19地点であった。この中には中央粒径と酸化還元電位がともに同じ値で最小値となった点が4地点含まれており、また最小値となったのはこの2つの環境要因のみであった。

島根県中海では、3つの環境要因(中央粒径・シルト含有率・硫化物)の適合度指数の比較で最小値となったのは、4地点中3地点で中央粒径、残り1地点でシルト含有率であった。しかし観測したアサリ生息密度に対して、仮にシルト含有率の代わりに中央粒径による適合度指数を用いたとしても、その推定密度はわずかに変わるだけであった。またこれらの観測地点は水深が4m前後であり、潮汐の影響も小さいため干出時間は考慮していない。

山口湾では、4つの環境要因(中央粒径・シルト含有率・強熱減量・硫化物)についての同様の比較で最小値となったのは、観測した全11地点でシルト含有率であった。ここで、前の例では中央粒径を用いていたが山口湾ではシルト含有率を用いることになった背景を記す。シルト含有率は湾外波高と水深の比をパラメータとした2次式でよく表されることが知られている(中村ら, 1995)。山口湾の湾外波高は年平均で約0.3m、水深は5m前後であるため、シルト含有率が高くなり、よってその適合度指数が小さくなることがわかる。またこれらの地点はほぼ干出しない。

利根川下流部では3つの環境要因(中央粒径・強熱減量・硫化物)の適合度指数の最小値は、全3地点で中央粒径であった。またこれらの地点でも干出時間は考慮していない。

最後に盤州干潟であるが、3つの環境要因(中央粒径・シルト含有率・強熱減量)の適合度指数の最小値は、全3地点で中央粒径であった。またこの地域は干出時間が無視できない数値であるため、アサリの生息密度の推定には中央粒径とこれを用いなければ精度がよい。

上記のものをまとめると、5地域における生息場適合度指数は次のような環境要因によって求めることができる。

- ・三番瀬：中央粒径
- ・中海：中央粒径
- ・山口湾：シルト含有率
- ・利根川下流部：中央粒径
- ・盤州干潟：中央粒径、干出時間

これらから、年間の水温が三番瀬とほぼ同様の10°C～30°C前後で変化し、干出時間が適合度指数から影響が大きいと考えられる2～3時間、またはそれ以内である海域ならば水温と干出時間という環境要因を考慮せず底質に関する環境要因のみを用いればよいことになる。さらにこれらの中で適合度指数が最も低いもので生息場適合度指数を推定するが、その際1つの環境要因のみを用いることによってそれを求めることができ、以下の式でアサリ生息密度を推定することができる。

$$y = 75.7x_1 \dots\dots\dots (7)$$

また干出時間の影響が大きくなった場合は次のようにな

る。

$$y = 64 \cdot 2(x_1 x_2)^{1/2} \dots \dots \dots (8)$$

但し、 x_1 ：底質における環境要因の適合度指数の最小値

x_2 ：干出時間における適合度指数

y ：アサリ生息密度（個/m²）

3. 結 論

本研究では、まずアサリの生息に影響を与えと考えられている環境要因に関して、適合度指数グラフを推定した。そのために文献による既知の研究結果や東京湾三番瀬におけるデータを参考にした。この結果、生息場適合度指数と実際のアサリ生息密度の観測値をプロットしたグラフに決定係数が0.65程度の回帰直線が引けることを確認した。その後、考慮する環境要因を絞り込んだ推定式を考え、この推定式が他の地域でも適用できることを確認した。

本研究では考慮した環境要因に、アサリの餌料であるプランクトンの量の指標となるクロロフィルといったものを含んでいないことを始めとして、データの制約から、考慮した環境要因が十分であるとは言い難い。したがって、得られた推定式の適用範囲は限られたものであると考えられる。今後、データの蓄積を待って、より一般化していく必要がある。

参 考 文 献

- 磯部雅彦（1998）：ミティゲーションの調査分析と沿岸域環境管理の枠組みの提案，海岸工学論文集，第45巻，pp. 1236-1240。
- 上田 拓・山下輝昌（1997）：アサリ漁場の造成事例，水産工學論文集，vol. 33，pp. 213-218。
- 運輸省港湾技術研究所（1996）：盤州干潟（小樫川河口付近）におけるアサリによる濾水能力分布調査。
- 酒井敬一・高橋清孝（1992）：松嶋湾におけるアサリ増殖場の造成，水産工學論文集，vol. 29，pp. 41-45。
- 島根県内水面水産試験場（1999）：島根県内水面水産試験場事業報告 H10年度，pp. 96-110。
- 新保裕美・阪東浩造・田中昌宏（1997）：WET（Wetland Evaluation Technique）を用いた干潟域の機能と価値の評価，土木学会第52回年次学術講演会概要集II，pp. 222-223。
- 杉山元彦（1993）：アサリ分布域制限要因に関する二、三の知見，日本水産工学会学術講演会，pp. 41-42。
- 千葉県土木部・千葉県企業庁（1999）：市川二期地区・京葉港二期地区計画に係る補足調査結果報告・予測編。
- 千葉県内水面水産試験場（1982）：千葉県内水面水産試験場試験調査報告 第4号。
- 中村義治・田口 哲・飯泉 仁・三村信男・村井克詞（1995）：二枚貝の飼料環境と資源変動モデルに関する一考察，海岸工学論文集，第42巻，pp. 1121-1123。
- 山口県内水面水産試験場（1989）：山口県内海水産試験場報告昭和63年度，pp. 55-137。
- 山本正昭（1997）：アサリ漁場の物理環境，水産工學論文集，vol. 33，No. 3，pp. 193-199。