潮間帯における付着生物と水質を指標とした 環境評価手法に及ぼす潮位の影響

EVALUATION METHOD OF FISHERY ENVIRONMENT WITH WATER QUALITY AND SESSILE ORGANISM IN INTERTIDAL ZONE

古林将¹・島田広昭²・市瀬友啓³
Masaru KOBAYASHI, Hiroaki SHIMADA and Tomohiro ICHISE

¹学生会員 関西大学大学院 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

²正会員 博(工) 関西大学環境都市工学部 (同上)

³正会員 兵庫県県土整備部土木局港湾課 (〒650-8567 兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

To preserve the fishery resources, some maintenance works have been done in Japan. However, it is not easy to assess the effect of these projects because of increasing research cost on the relation between fisheries and environment. In this paper, a simple method of environmental assessment, has been proposed by using Habitat Evaluation Procedure Method (HEP). A model of HSI(Habitat Suitability Index) with two indexes is used to estimate the quality of biotope in an intertidal zone. These two indexes are water quality and number of attached organism there. From the results, it is found that HSI value is closely related to fish catches based on statistical data. This means that the method is available for assessing the effect of environmental change on the resources of fisheries in the intertidal zone.

Key Words : Intertidal zone, sessile organism, fishing ground environment, HEP

1. 研究の目的

港湾・海岸事業の実施にあたっては、環境アセスメントを検討するための生物環境調査が実施されることがある。しかしながら、こうした調査の実施に際しては、費用面や工程等の事情により、調査時期、頻度、時間帯等の条件が限定されることが多いのが現状である。

そこで本研究では、生物生息環境や漁場環境を簡便かつ定量的に評価できるハビタット評価手続き¹⁾(Habitat Evaluation Procedure 以下、「HEP」)を用い、潮間帯付近の付着生物と水質を指標とした予測モデルの精度に及ぼす潮位の影響について検討し、限定された調査条件下における環境評価手法の精度向上を試みた。

2. 研究の内容

(1) 調査地点の設定と調査の概要

調査地点の選定は、既存の水質調査結果の有無、現地調査の作業工程等を勘案し、図-1に示す大阪湾、播磨灘及び紀伊水道に面する6地点の人工海浜に設置された石積突堤や人工磯等の周辺を調査地点として設定した。

図-1 調査地点位置図

調査は、2009年10月から2010年12月にかけて合計6回実施し、付着生物の確認種数、水質(水温、塩分濃度、pH、DO、COD)、及び気象(気温・風向・風速等)を測定した。なお、湊(南あわじ市)の調査地点については、第2回調査より追加し、2009年

12月から2010年12月にかけて合計5回実施した。

(2) 付着生物の確認種調査結果の考察

付着生物の確認種数調査については、現地調査で得られた付着生物の確認種数を構築する予測モデル指標とするため、調査時期の違いにより付着生物の確認種数が変動すると構築する予測モデルの精度に影響する。そのため、それらの影響について考慮することが重要であると考えて、調査時期の違いによる付着生物の確認種数の変動について考察した。

図-2に示すとおり、調査時期、すなわち季節によって潮間帯付近の確認種数は変動することが確認され、春季には他の時期と比較して6割程度多くなる傾向がみられた。調査日毎の確認種数について、その最大値は第4回調査時における阿万で41種であり、阿万においては調査時期にかかわらず確認種数が多い傾向であった。一方、確認種数の最小値は第2回調査時における的形で7種であり、的形においては調査時期によらず確認種数が少ない傾向がみられた。よって、調査結果は調査地点毎に概ね同様の傾向を示すことが確認された。また、図-3に示すとおり、調査地点毎に確認された重複を含まない累積の確認種数についても、阿万で53種と最も多く確認され、的形と湊ではともに29種であった。

図-2 調査時期による確認種数の変動

図-3 付着生物の確認種調査結果

(3) 調査に影響を及ぼす海象条件

前節では調査時期による確認種数の変動について考察したが、調査行程の事情により6地点の現地調査を1日で実施しているため、各調査地点ごとに潮位状況が異なっている。したがって、その影響についても考慮することが重要であると考えて、調査地点近傍の検潮所の記録²⁾をもとに考察した。

まず、確認種数と調査時の潮位の関係については、図-4に示すとおり、相関性はみられたものの、その相関係数は $R^2=0.39$ と高いものではなかった。これについては、潮位以外の要因もあるものと考えられるが、付着生物の確認種数調査は、波浪の影響を受けると付着生物の生息環境に影響を及ぼすだけでなく、潮間帯における目視観測にも影響すると考えて、それらの影響について考察することとした。

現地調査時に実施した風向・風速の観測結果を活用し、調査時に4 m/s以上の風速が観測された調査地点では波高が大きく、目視観測が困難であったことから、その影響を受けたと考えられる表-1に示す調査結果を排除した場合の確認種数と調査時の潮位の関係について考察した。その結果、相関係数は $R^2=0.55$ となり、波浪の影響を考慮しない場合と比較して相関性は向上した。このことから、調査時の波浪が付着生物の生息環境及びその調査に影響を及ぼすことが示唆された。

図-4 確認種数と潮位との関係

表-1 4 m/s以上の風速が観測された調査結果

調査地点	風速 (m/s)	備考
湊	8.8	第4回
的形	6.2	第5回
湊	5.8	第6回
東浦	5.0	第1回
一宮	4.8	第2回
一宮	4.7	第4回
東浦	4.6	第2回
一宮	4.6	第6回
湊	4.5	第2回
阿万	4.3	第6回
阿万	4.0	第2回

よって、本研究では、波浪の影響を受けた調査結果を排除しない場合と排除した場合について、前者

を「波浪の影響を考慮しない」ものとして、後者を「波浪の影響を考慮した」ものとして取り扱うこととした。

(4) 予測モデルの構築

本研究では、現地調査で得られた波浪の影響を考慮しない場合と波浪の影響を考慮した場合の付着生物の確認種数と水質調査結果を用いてHEPによる予測モデルを構築しようとした。なお、予測モデルの構築方法は、波浪の影響の有無によらず同様の方法とした。

まず、現地調査を実施した大阪湾、播磨灘及び紀伊水道に面する6調査地点をHEPによる比較対象として設定した。また、評価の対象は、調査地点で確認された付着生物とし、特定の付着生物を対象とするのではなく調査地点で確認された付着生物の種数を評価対象とした。

HEPによる予測モデルの構築は、調査結果やその他の既存文献を勘案しつつ、基本的に橋中ら³⁾の方法に従い、塩分濃度（単位：PSU）、pH、DO（単位：mg/L）、COD（単位：mg/L）の4項目の適正指標モデル（Suitability Index 以下、「SI(x)」） SI_s 、 SI_p 、 SI_D 、 SI_C の構築を以下のとおり行った。

付着生物の確認種調査における確認種数と水質の調査結果との関係を散布図にプロットし、それらの点の大部分を包絡するような直線を算出した。

確認種数の最大値を n とし、SIの最大値は n を $SI=1.00$ と設定した。また、確認種数の最小値を m とし、SIの最小値は $SI=x$ 、 $x=m/n$ と設定した。今回の調査結果で、確認種数の最大値 n は阿万（南あわじ市）における $n=41$ であったことからこれを基準点として $SI=1.00$ とした。また、DOが0の環境、すなわち無酸素の環境では生物は生息できないと考えて、 $m=0$ と設定しSIの最小値を $SI=0$ と設定した。

以上の方法により構築した予測モデルについて、図-4に波浪の影響を考慮しないSIモデルを、図-5に波浪の影響を考慮したSIモデルを示した。 SI_p 、 SI_D については、波浪の影響を考慮しない場合と波浪の影響を考慮した場合で変化はみられなかったが、 SI_s 、 SI_C については、波浪の影響を考慮しない場合と波浪の影響を考慮した場合で変化がみられ、現地調査を実施した海域においては、塩分濃度とCODの指標が付着生物の生息環境に及ぼす影響が大きいといえる。

次に、 SI_s 、 SI_p 、 SI_D 、 SI_C を統合して式(1)に示す限定要因法によるハビタット適正指数（Habitat Suitability Index以下、「HSI」）モデルを構築した。HSIの構築についても、橋中ら³⁾の方法に従い、SIのうち最小のものが付着生物の生息環境に大きく影響を与え、そこに生息できる種数を制限するとした。

$$HSI = \min(SI_s, SI_p, SI_D, SI_C) \quad (1)$$

図-4 波浪の影響を考慮しない水質に関するSIモデル

図-5 波浪の影響を考慮した水質に関するSIモデル

(5) 構築した予測モデルの検証

波浪の影響を考慮しない場合と波浪の影響を考慮した場合について、構築した予測モデルの妥当性を比較・検証するため、図-6および7中には、HSIと付着生物の6調査地点における確認種数最大値との関係を●印で、HSIと最大値以外の付着生物の確認種数との関係を▲印で示した。なお、この図には理想的な算出結果を表すものとして、原点とHSI及び確認種数が最大の点{(HSI, n)=(1, 41)}を通る直線を記入した。

HSIの算出結果の妥当性は、プロットした点がこの直線よりも右下部にあり、かつ、この直線の付近にあることを基準に判断する。まず、波浪の影響を考慮しない場合のHSIと付着生物の6調査地点における確認種数最大値との関係について、図-6に示すとおり、その相関係数は $R^2=0.61$ となり、波浪の影響を考慮しない場合においても調査地点周辺の付着生物の生息環境を概ね再現したといえる。

一方、波浪の影響を考慮した場合のHSIと付着生物の6調査地点における確認種数最大値との関係については、図-7に示すとおり、その相関係数は $R^2=0.91$ となり、波浪の影響を考慮しない場合と比較して予測モデルの精度が大きく向上し、調査地点周辺の付着生物の生息環境を再現したといえる。

よって、簡便に調査時の波浪の影響を考慮する手法として、調査地点における風向・風速の観測結果を活用する有効性が示唆された。

図-6 水質に関するHSIモデル

図-7 水質に関するHSIモデル

(6) 確認種数の予測

現地調査地点周辺の確認種数の予測を試みるため、波浪の影響を考慮して構築した予測モデルに図-1に示した播磨灘の6箇所における1997年から2006年の10年間の水質観測結果⁴⁾（以下、「県水質観測」）を適用し、観測期間における10年間の平均HSIを算出することにより、評価海域における確認種数の予測値を算出した。

図-10に示すとおり、一宮と湊では、予測値が実測値を上回っているが、その原因については、表-1に示したとおり、付着生物が多く出現する春季の調査である第4回調査時の風速が湊では8.8m/s、一宮では4.7m/sであり、波浪の影響を考慮して、調査結果を排除したこと、図-8に示すとおり、調査結果を排除しない場合においても同日に実施した他の調査地点の潮位状況と比較して高潮位であったことから、確認種数の実測値が小さくなっているものと推察される。一方、的形及び魚住の調査地点については、実測値に近い値を再現することができたが、的形と魚住では春季の低潮位時に調査が実施できたことにより、付着生物の生息環境が精度よく再現できたものと推察される。

更なる予測モデルの精度向上のため、図-9に示すとおり、一宮と湊の調査地点における春季の調査において低潮位時の調査の実施が必要であるものの、構築した予測モデルに周辺海域の水質調査結果を適用することにより評価対象地点と周辺海域との相対的な関係を比較することが可能であり、すなわち、港湾・海岸事業等における工事区域内外における環境アセスメントにも活用できることが示唆された。

図-8 春季（第4回）調査時の潮位状況

図-9 確認種数最大値が観測された調査結果の潮位状況

図-10 HSIモデルより推算した確認種数

3. 主要な結論

本研究で得られた主要な結論を以下に示す。

- 調査時期の違いにより付着生物の確認種数は変動し、春季には他の時期と比較して6割程度多くなる傾向がある。
- 簡便に調査時の波浪の影響を考慮する手法として、調査地点における風向・風速の観測結果を活用する有効性が示唆された。HSIの高い海域では確認種数（潮下帯）も高くなり、確認種数（潮間帯）と同様の傾向を示すことが確認された。
- 付着生物の生息環境を再現した本モデルは、評価対象地点と周辺海域との相対的な関係を比較することが可能であり、港湾・海岸事業等における工事区域内外における環境アセスメントに活用できることが示唆された。

4. 今後の課題

本研究は、約1年間の現地調査結果を基にHEPによるHSIモデルを構築した。そのため、継続した調査と調査地点の拡充等によりさらなるモデル精度の向上が不可欠であり、さらに別の海域に適用した場合の再現性についても検証の余地がある。

春季かつ波浪の影響を受けない時に一宮と湊の調査し、検討する必要がある。さらに、調査地点毎潮位変動についても検討する必要がある。

謝辞：本研究は、「潮間帯における付着生物と水質を指標とした漁場環境評価手法に関する研究⁵⁾」において構築した予測モデルの精度向上を目指して継続して実施した現地調査結果等の知見を加えて、検討したものである。本研究の遂行にあたり、現地調査に助力してくれた関西大学環境都市工学部の学生

諸君ならびに貴重なデータをご提供いただいた関係官庁の各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 田中章：HEP入門＜ハビタット評価手続き＞マニュアル，朝倉書店，2006.
- 2) 兵庫県海の防災情報：<http://hyogo-kouwan.info/>
- 3) 橋中秀典，井上雅夫，島田広昭，田中賢治，西澤博志：豊かな付着動物相の形成を目指した人工磯の適地選定手法，海岸工学論文集，第50巻，pp. 1216-1220，2003.
- 4) 水質観測結果：（兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター調べ）
- 5) 市瀬友啓，島田広昭，加藤官司，高木英男，中桐栄：潮間帯における付着生物と水質を指標とした漁場環境評価手法に関する研究，海洋開発論文集，第26巻，pp. 1281-1286，2010.