

海岸保全施設設置に伴う生態系変化予測手法

檜山博昭*・今村 均**・田中茂信***・岩崎福久****

1. はじめに

我が国においては海岸侵食の進行に伴い、海岸保全の重要性が増し、その対策として離岸堤、人工リーフ等の沖合施設の設置が進んでいる。近年における自然環境保全への関心の向上とともに、海岸事業においても海岸保全施設の設置に伴う生態系への影響を把握する必要性が高まっている。このような背景のもと、海岸保全施設周辺の生態系調査が幾例か行われており、砂浜に離岸堤・人工リーフが設置された場合、施設周辺に海藻類や岩礁性生物を中心とする新たな生態系が形成されたという事例が報告されている。しかし、これらは調査対象施設周辺の変化を把握するに止まっており、施設の影響を系統的に理解するには至っていない。海岸保全事業へのミチゲーションという制度の導入に伴い、保全計画の策定・事業の実施の際、海岸保全施設と生態系との関連を把握することは今後ますます重要となってくることが予想される。本研究では、既存の生態関連資料および生態系調査によって得られた知見をもとに海岸保全施設設置に伴う生態系変化予測手法を作成し、その妥当性の検証を行った。

2. 海岸保全施設設置に伴う生態系変化予測手法

(1) 概要

本研究で作成した海岸保全施設設置に伴う生態系予測手法は、生態系データベースと、各生物間の関係をまとめた生態系関連図、および各海岸毎の構造物設置に伴う物理変化が生じた場合の生態系変化予測モデルにより構成される。本手法が対象とした種々の条件と予測モデルを説明する。

(2) 対象構造物、対象海区

今回の手法で対象とした構造物は堤防・護岸、突堤、離岸堤、人工リーフ、人工海浜の5構造物である。また

海区は、宇多・小俣(1992)が海域の生態と最も関係が深いと考えられる自然条件である海流と表面水温を根拠に海区分けを行なった日本沿岸の9海区を対象とした。図-1に対象とした海区図を示す。

(3) 対象生物種

海岸保全施設の設置に伴う生態系の変化を予測するためには、理想的には保全施設の影響海域に生息する全ての生物種を対象とするべきであるが、そうすると予測モデル自体の肥大化と膨大なデータ処理により操作が煩雑となることが懸念された。また、生態的知識が全ての生物に対しては十分とはいえないため今回の予測モデルでは、沿岸域に生息する生物の中から水産有用種、一般的にみられる生物種、および生態系の中で重要な位置付けがなされる生物を選んだ。さらに、さまざまな地域特性、生息条件が偏らないように抽出し、135の生物グループ(海藻類 39, 魚類 49, 付着生物・底生生物 47)に分類し

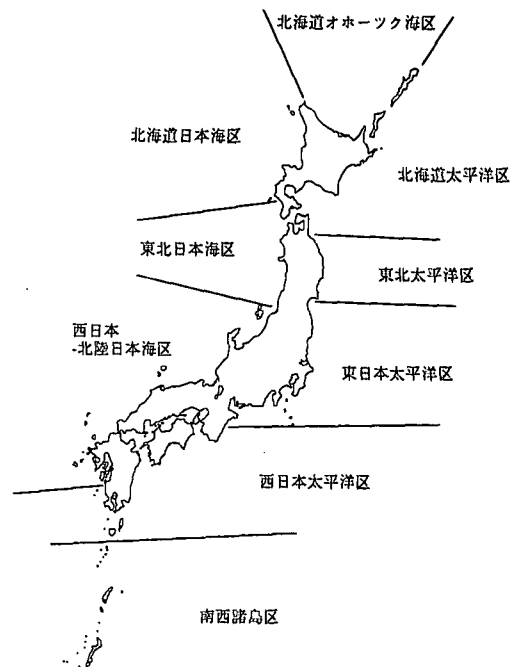


図-1 本邦沿岸の海区区分

* 農修 五洋建設(株) 第一技術部
 ** 正会員 五洋建設(株) 第一技術部
 *** 正会員 工修 建設省土木研究所 海岸研究室室長
 **** 正会員 工修 前 建設省土木研究所 海岸研究室研究員
 現 建設省 河川局治水課係長

た。

(4) 構造物設置により生態系に影響を及ぼすと考えられる物理要因

構造物が設置されることにより生態系に影響を及ぼすと考えられる物理要因の中から直接影響を及ぼす要因を抽出した。抽出した8項目の物理要因の影響が生物にどのような影響を直接的に及ぼすのかを検討し、予測モデルに反映させた。それぞれの物理要因が生物に与える影響の評価基準を以下に示す。

a) 定位目標の出現

蛸集作用によって生物が増加あるいは新規に参入する。

b) 基盤の出現

固着及び付着する生物の足場の存在・接触基盤の存在によって付着生物が増加あるいは新規に参入する。砂泥等を生活空間とする生物はその生活空間が縮小することによって減少する。

c) 空隙の出現

空隙を生息場・隠れ場とする生物が増加あるいは新規に参入する。

d) 物質の集積

遊泳能力の小さい生物が寄せ集められることにより、それらの生物は増加する。懸濁物質が集積され海藻類の葉体に、懸濁物質が堆積する事によりそれらの生物は成長阻害を受ける。

e) 底質の砂泥化

底質が砂泥化することにより砂泥域を生息場とする生物の生息場が拡大あるいは新規に創出されることから、それらの生物が増加あるいは新規に参入する。シルト分が砂に含まれるのを好まない生物は減少する。また、付着基盤の表面が砂によって覆われることにより付着基盤を必要とする生物は減少する。

f) 海底の洗掘

底質が常に攪乱されるために砂泥域を生息場とする生物は減少する。また、底質が常に更新されることにより海底を付着基盤とする生物は付着基盤が不安定となるため減少する。

g) 海底の安定化

底質の攪乱が抑えられることにより、砂泥域を生息場とする生物は増加する。また安定した海底が得られるため、海底を付着基盤とする生物は増加する。

h) 浅場の形成

水面が攪乱されることにより生じる溶存酸素の増加を好む生物は増加する。また、浅場には大型の捕食生物が進入できないので、対象となる被捕食生物は増加する。しかし、水面が攪乱され続けること嫌う生物は増加しない。

(5) 予測モデルの構成

a) 生態系データベース

生態系予測モデルの基本となる生態系データベースは対象生物毎にその成長過程における生息場と摂餌生物をまとめたものであり、各物理的要因が及ぼす影響について

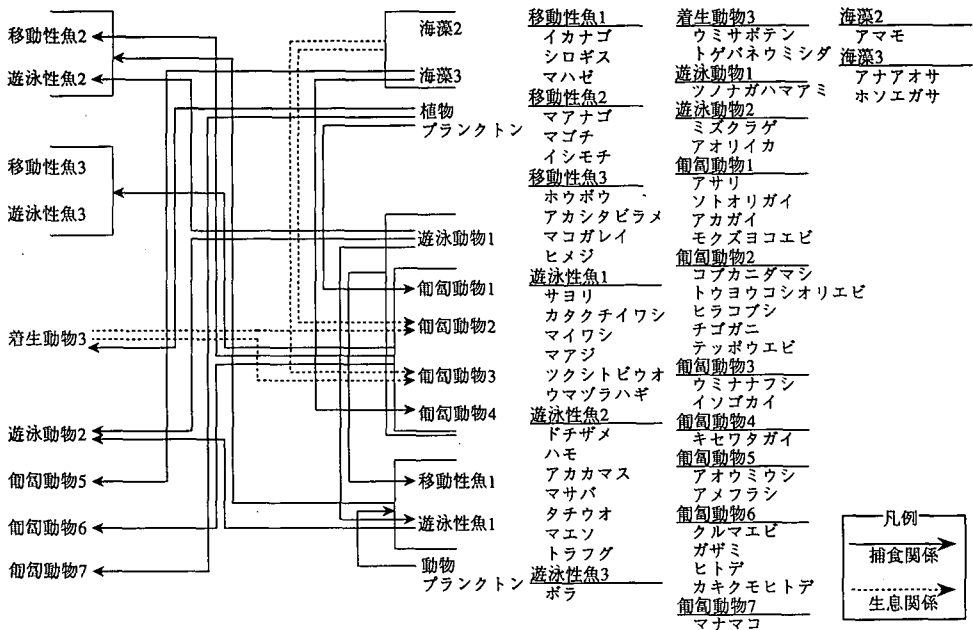


図-2 生態系関連図 (西日本太平洋区砂質域)

ても整理した。

b) 生態系関連図

個々の生物間の関連を把握するため、生態系データベースをもとに生息関係と摂餌関係から自然状態における生態系の関連を一つの図にまとめた。この関連図は、日本沿岸の9海区、3底質（岩礁、礫質、砂泥域）の合計27ケース作成した。さらに構造物設置に伴い生じる物理要因が与える生態系変化を各物理要因毎に検討し図にまとめた。例として図-2に西日本太平洋区砂質域の自然状態の生態系関連図を示す。図中の実線は捕食関係を表したものであり、被捕食生物から捕食生物へ矢印が伸びている。また点線は生息関係を表したものであり、生息場を提供する生物から利用する生物へ矢印が伸びている。なお、図示した生態系関連図はモデル作成時に選出した135種の生物を生活形態、捕食関係を考慮し29のグループとして取りまとめた図と、グループ内の構成種を示した補助図からなる。

c) 予測モデル（組み合わせモデル）

実際の構造物の設置に伴い生じる生態系の変化は、構造物の設置に伴う複数の物理要因の影響が組み合わさった結果生じたものである。したがって予測モデルは複数の物理要因の変化が重なった状況を再現する必要がある。よって本予測モデルでは複数の物理要因の変化を扱うために、対象となる物理要因毎の生態系関連図を組み合わせ、それを生態系変化予測モデルとした。

3. 現地海岸への適用

(1) 概 要

予測モデルを適用した海岸は吉田浜海岸（離岸堤）、下新川海岸（人工リーフ）、駿河海岸（新型離岸堤）、皆生海岸（突堤）、高知海岸（離岸堤）の5海岸である。また、適用し出現すると予測された結果と現地調査より得られた出現生物を比較し、予測モデルの精度を検証する。5海岸の位置を図-3に、構造物設置により生ずると考えられた物理要因の変化を表-1に示す。

(2) 適用 結果

ここでは、代表として高知海岸の例を示す。表-1から

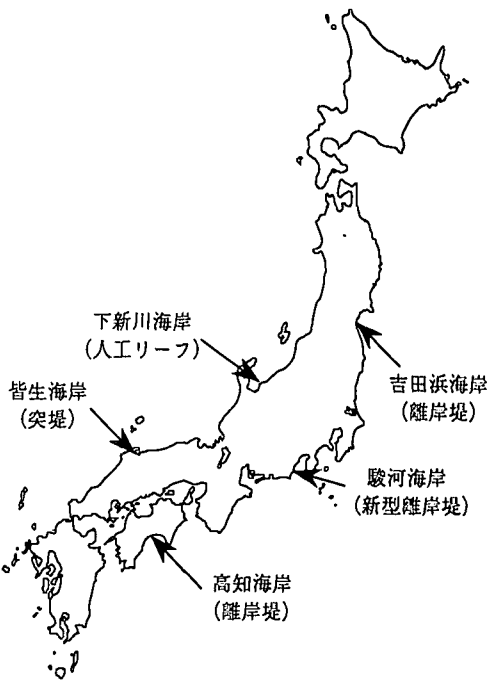


図-3 適用5海岸位置図

わかるように、8つの物理要因のうち定位目標の出現・基盤の出現・空隙の出現・底質の安定性の4つの影響を考慮する。したがって4つの物理影響の変化を組み合わせた予測モデルを作成した。図-4に各物理要因の影響を組み合わせた生態系変化予測モデルを示す。袋文字は当初からその海岸にいた生物で、物理要因の変化後増加すると予測された生物である。また、網掛文字は当初その周辺に存在しなかったが、物理要因の変化後新規に出現すると予測された生物である。図中の矢印の意味は図-2と同様であり、細線が物理要因変化前後でその関係に変化が無い場合であり、太線はその関係が強くなった場合を表している。また、生物名に付随している「餌」は物理要因の影響により二次的に餌料環境が整った場合に増加する種を、「生」は物理要因の影響により二次的に生息環境が整った場合に増加する種を表している。

表-1 5海岸の物理要因の変化

海岸名	施 設	海 岸	構造物設置に伴う物理要因の有無							
			定位目標 の出現	基盤の 出現	空隙の 出現	物質の 集積	底質の 砂泥化	海底の 洗掘	海岸の 安定化	浅場の 形成
吉田浜海岸	離岸堤	東北太平洋区	有り	有り	有り	無し	無し	無し	有り	無し
駿河海岸	離岸堤	東日本太平洋区	有り	有り	有り	無し	無し	無し	無し	無し
下新川海岸	人工リーフ	西日本一北陸日本海区	有り	有り	有り	有り	無し	無し	有り	無し
皆生海岸	突堤	西日本一北陸日本海区	有り	有り	有り	無し	無し	無し	有り	無し
高知海岸	離岸堤	西日本太平洋区	有り	有り	有り	無し	無し	無し	有り	無し

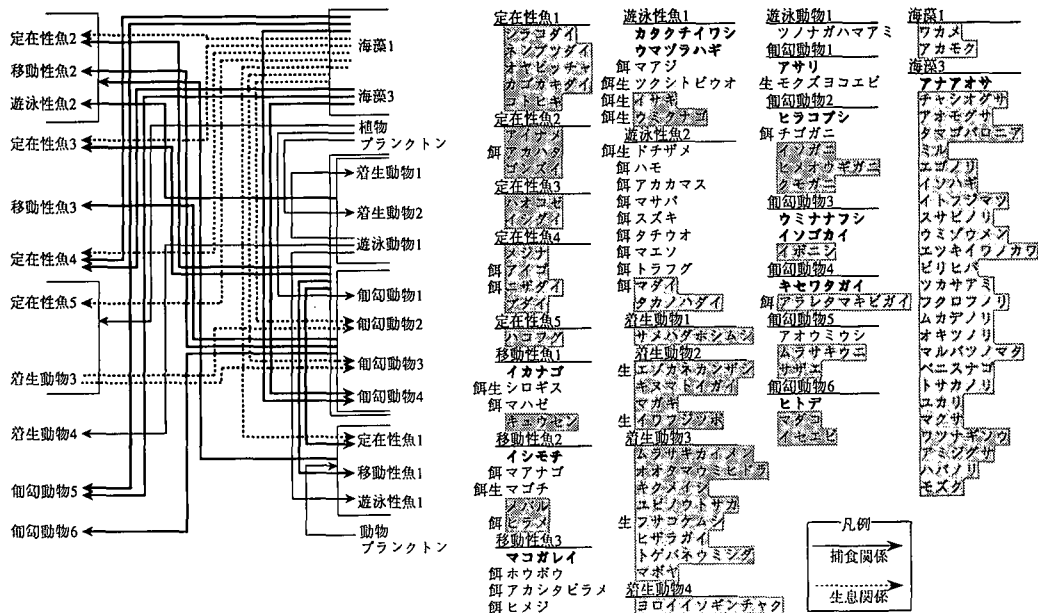


図-4 生態系変化予測モデル（高知海岸）

表-2 生態系変化予測モデル精度一覧

	予測精度 A	予測精度 B	予測精度 C
魚 類	77/202=38%	77/102=75%	41/ 96=43%
動 物	123/147=84%	123/191=64%	83/ 97=86%
海 藻	73/135=54%	73/ 98=74%	66/129=51%
全生物	273/484=56%	273/391=70%	190/322=59%

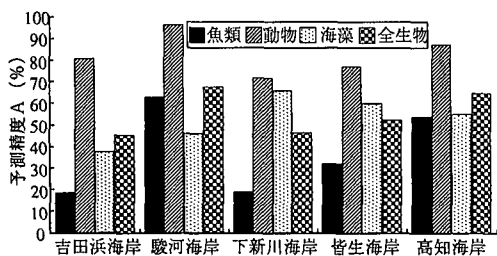


図-5 適用海岸毎の予測精度 (精度 A)

図-2と図-4を比較すると、物理要因の変化後は自然海岸に比べて、定在性魚、着生動物、匍匐動物、海藻が新規に出現すると予測される。

(3) 妥当性の検討

予測モデルの妥当性は、出現すると予測された生物種数のうち現地調査で確認された予測種数の割合より求めた精度A、現地調査で確認された生物種数のうち出現すると予測された予測種数の割合より求めた精度Bと、新規に出現すると予測された生物種数のうち現地調査で施

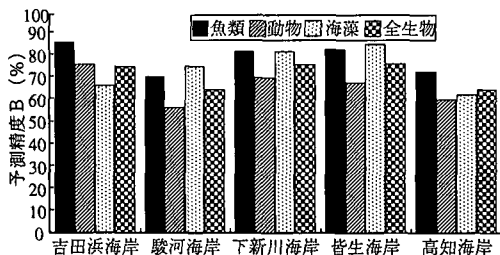


図-6 適用海岸毎の予測精度 (精度 B)

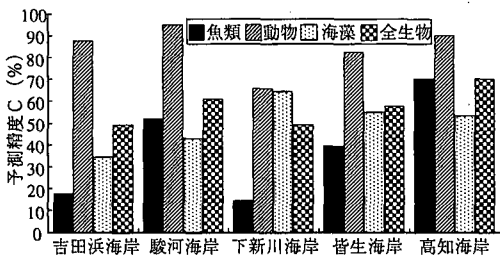


図-7 適用海岸毎の予測精度 (精度 C)

設周辺でのみ確認された予測種数の割合より求めた精度 C の 3 精度をもって検討を行なった。

表-2 は予測モデル自体の精度を予測モデルの予測結果と現地調査結果を比較し生物種毎に求めたものであり、図-5～図-7 は精度別に適用した海岸毎の予測精度を示したものである。

予測モデル自体の精度は精度 A、精度 C の魚類について

ていえば 50 % 以下となっているが、他については精度は 50 % を越えるものとなっており、80 % を越えるものも得られた。

海岸毎の検討ではモデル本来の確からしさを表す指標である精度 A において、動物についていえば吉田浜海岸、駿河海岸、高知海岸で 80 % を越える高精度が得られ、特に駿河海岸では 97 % の精度が得られており予測モデルの妥当性を裏付ける結果が得られた。しかしながら、魚類については吉田浜海岸、下新川海岸で 20 % 未満の精度となり、モデルの妥当性を裏付けることはできなかった。

モデルの大きさを表す指標としての精度 B では、70 % 以上の精度が得られたものが多く、最も低い値は駿河海岸の動物において 57 % の値であり、予測モデルに使用した生物種数は妥当であったと考えられる。

新規加入生物をどれだけ把握できるかの指標としての精度 C は傾向として精度 A に近いものであり、新規に加入する生物を十分把握できる結果が得られたが、下新川海岸の魚類において全精度中最低の 15 % となり、新規加入生物を把握するには不十分な結果となった。

精度 A、C で特に低い精度となった魚類において吉田浜海岸、下新川海岸では、魚類に関する十分な調査が行われていなかったことが低精度の直接原因となったと考えられる。また、魚類に対する精度が他の生物に比べ低くなった原因として遊泳力が大きい種や、砂中に身を潜める種の存在により VTR や目視観察では確認することが困難となる種が多いことに起因していると推測される。よって、生息生物の捕捉率の高い調査を行うことにより、予測精度の向上が期待できる。ちなみに例えば高知海岸において調査方法に起因し、観察されなかった魚類が観察されたとすれば、予測精度 A は魚類で 82 % となり総合では 67 % となり高い予測精度が得られると考えられる。このことから、モデル本来の確からしき、および新規加入生物の把握に関しては十分対応できることが

明かとなった。

海藻類で確認できなかった理由として高波浪の影響による藻類の流失が考えられるが、どの程度の波浪が藻類の生育および消失に影響を及ぼすか現在の知見では明らかにされていないため、予測モデルで高波浪の影響を考慮することは困難であると考えられる。この点を明らかにしない限り精度 A、C から見たこれ以上のモデル妥当性の向上は困難である。

精度 B の精度低下は出現を予測できなかった生物のほとんどが予測モデル作成時に対象生物として取り上げていない生物であった。これらの種を対象生物種に新たに付加することにより高精度化は図れるが、前述したように現状のモデルの大きさは妥当であると思われ、また、むやみに対象種を増やすことは予測モデルが大型化・複雑化するため、あまり好ましくない。したがって、その海岸固有の生物や、海岸の生物環境を代表するような種のみを新たにモデルに付加することを考える必要がある。

4. おわりに

本研究は、海岸保全施設の設置により生ずる物理変化が生態系に及ぼす影響に着目し、日本沿岸 9 海区と 3 底質を対象とし 135 種の生物を用いて生態系変化予測手法を開発した。5 海岸に適用した結果、その予測精度は満足のいくものとなった。

参考文献

- 宇多高明・小俣 篤 (1992): 離岸堤設置に伴う生態系変化予測手法に関する調査報告書—離岸堤周辺の生態変化予測マニュアル, 土木研究所資料第 3106 号, 149 p.
- 海岸保全と生態系に関する研究 (1993): 第 47 回建設省技術研究会, 河川部門指定課題論文集, 75 p.
- 田中茂信・岩崎福久 (1995): 海岸保全施設が生態系に及ぼす影響に関する調査報告書, 土木研究所資料第 3346 号, 185 p.