

藻場造成を考慮した防波堤の効果評価

佐見 誠* ・三橋宏次** ・鹿田正一**
吉村直孝*** ・勝部昌彦**** ・寺嶋 博****

1. はじめに

近年, わが国においては自然との共生を目指した沿岸域での事業が展開されつつあるが, 適切な環境評価法が未確立のため, 目標が必ずしも明確になっていない状況にある。

島根県浜田漁港では, 水産業を取り巻く厳しい現状に対応すべく, 浜田地域において浜田マリノーション構想が策定され, その中で瀬戸ヶ島地区を高度沿岸漁業ゾーンとして位置づけており, その実現に向けて, 栽培漁業センター, 活魚出荷センター等を建設する計画が進められている。そのための用地整備(埋立)に伴い一部の良好な磯場の消失が避けられないことから, 図-1に示す潜堤部及び護岸・防波堤の基礎マウンド部に, 藻場機能を付加することを目的として, ①潜堤部における溝付き(アワビ用, サザエ用)被覆ブロックの採用, ②潜堤背後の平場への埋立予定地に現存する自然石の転用, ③護岸, 防波堤の基礎マウンド部での鋼製石詰め被覆の採用, 等の改良・工夫を行っている。

本調査では, この潜堤部で現在実施されているモニタリング調査結果を基に第一段階として①工法の工夫内容に対するの効果評価, ②潜堤の海藻繁殖効果, ③潜堤の魚類の増集効果, といった定量的な評価を行うだけでなく, さらに第二段階として人工構造物としての潜堤が生態系の一部として時間とともにどのように遷移するのか, また生物多様性の確保, 食物連鎖のピラミッドバランス等の観点から, その遷移の方向が望ましい自然に近い状態へと向いているのかどうかという点に着目した検証を行った。具体的には, 季節毎(春, 夏, 冬)の観測を継続して行い, その結果を生物現存量, 付着動物の種類別個体数から算出する多様性指数, 栄養段階別重量組成, さらにクラスター解析による類似度を尺度に, 工事前の周辺海岸における調査データと対比することにより評価を行うこととした。

本論文では, こうした調査の内容, 解析手法及び効果

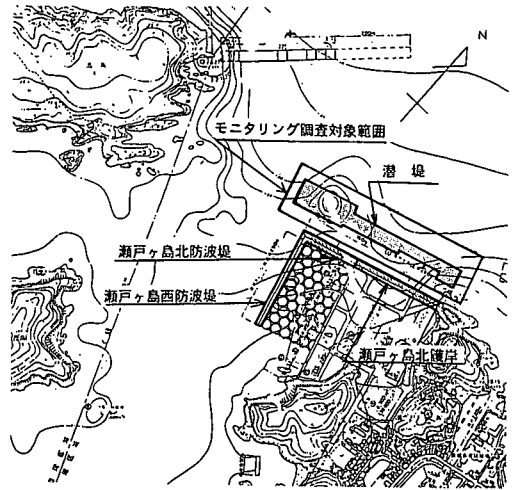


図-1 計画平面図

評価の考え方とその結果, 特に第二段階での評価について詳しく述べるものである。

なお, 浜田漁港では, 平成7年度から事前調査を実施し, この結果を踏まえ平成8年度からは溝付き被覆ブロックの設置を開始し(現在も工事は続けられている), 平成9年度, 10年度には, 潜堤の一部完成工区からその効果を検証するためのモニタリング調査を実施している。

2. 工法における工夫内容

浜田漁港では, 当初, 波浪制御の目的で設計された潜堤断面に工夫を施すことで, よりよい藻場を造成しようと試みたものである。以下に工夫事例を示す。

- ① 溝付き(アワビ用, サザエ用)被覆ブロックの採用
目的: 海藻の繁殖, 水産有用生物(アワビ, サザエ)の繁殖場の造成
- ② 鋼製石詰め被覆の採用
目的: 海藻の繁殖, 餌としての流れ藻の滞留場の創出
- ③ 埋立予定地に現存する自然石の転用(潜堤の背面にある-15m平場に設置)

* 正会員 工 修 (財) 漁港漁村建設技術研究所
** 正会員 (財) 漁港漁村建設技術研究所
*** 水産修 (財) 漁港漁村建設技術研究所
**** 島根県農林水産部浜田水産事務所

目的：海藻が付着した基質の有効利用，魚の蛸集効果の向上

以上のような改良・工夫を計画しているが，本論文では工事の進捗状況との関係から，既に施工されている①の溝付きブロックの効果及び潜堤構造の効果について，2年間にわたるモニタリング調査の結果を基に検討した内容を報告するものである。

また，図-2に示すようにブロックの種類ごとに工区を分け，溝付きブロックの施工箇所では，混入率を50%（溝付きと溝無しブロックが50%ずつになるように施工する）と設定している。この設定については，餌場面積との兼ね合いから決めたものである。

3. 効果評価の考え方

モニタリング評価に基づく効果評価では，第一段階として，潜堤に付着する生物の目視及び採取調査，潜堤付近を遊泳する魚類についての目視観察等を実施し，指標生物（水産有用種，大型海藻）の定量的評価による効果の検証を行い，さらに第二段階として，多様度指数，栄養段階別重量組成，クラスター解析による類似度といった観点から，この地区特有の生態系を維持できているかどうかを評価するものである。図-3にこの考え方を図示する。

4. モニタリング調査内容

モニタリング調査の実施に当たっては，前述した図-3

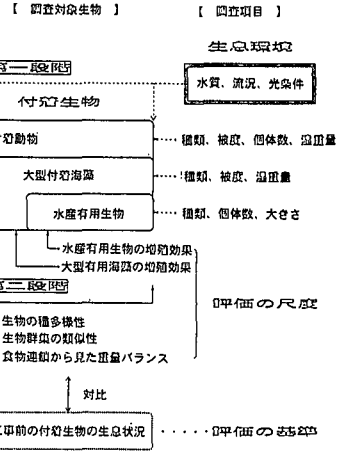


図-3 効果評価の考え方

に示す考え方にに基づき，調査項目，調査頻度を設定した。

(1) 調査箇所

図-4に調査測線を示す。測線は，施工にあわせて順次増えていくが，本論文では，2年にわたり調査を続けてきた測線1～4に絞り，説明を行う。測線1，2は溝無しの被覆ブロックを施工した場所である。測線3，4はサザエ用の溝を設けた被覆ブロックを施工した場所である。この4測線については，潜堤の天端が水深-5.0mであり，背面の平場が-15mであることから，5m間隔で3点（水深-5m，-10m，-15m）を調査点とした。

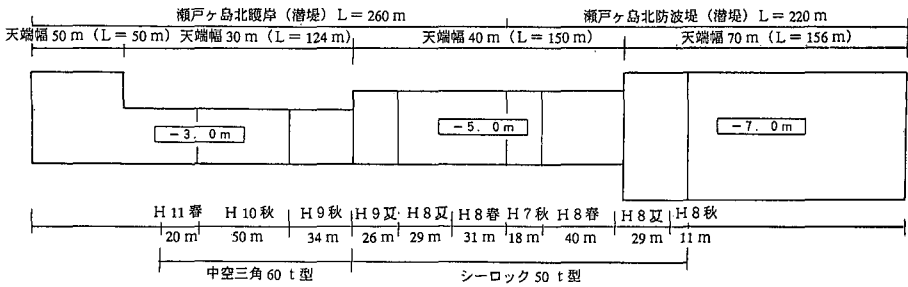


図-2 ブロック種別及び設置時期

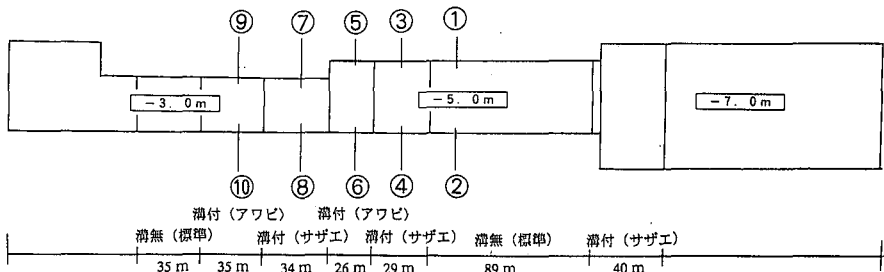


図-4 調査測線

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
サザエ				最大								
アワビ											最大	
クロメ		最大										
調査月	○				○					○		

図-5 現存量最大時期及び調査時期

(2) 調査頻度

当海域におけるモニタリング調査時期については、指標生物(サザエ、アワビ)及び好飼料となる大型海藻(クロメ)の現存量が多い時期に設定することとした。この現存量の最大時期については、島根県における既存知見から推定し、図-5に示したような期間を設定した。これにより、春季、夏季、冬季にそれぞれ1回ずつのモニタリング調査を計画した。

5. 事前調査内容

ここでは、モニタリング調査の比較対象となる事前調査について述べる。この調査は、四季調査として平成7年10月、12月、平成8年3月、7月の計4回、図-6に示すような既設構造物周辺と自然海岸を対象に8測線で実施している。このうち埋立予定地周辺の測線1~3を自然海岸、馬島防波堤周辺の測線4、6を垂直(人工)構造物としてデータ処理することで、モニタリング調査結果との比較を行う。

6. 解析手法

以下に主要な解析手法を示す。

(1) 魚類・蛸類効果の解析

潜水目視観察から遊泳魚類の種類ごとの分布状況をまとめ、調査時期ごとの比較検討を行った。

(2) 溝付き被覆ブロックでのサザエの蛸類効果

潜堤に設置された溝付き被覆ブロックの効果について

は、溝無し及び溝付き(サザエ用)の被覆ブロックに付着しているサザエの個体数を潜水目視観察にて確認し、その結果を比較することにより効果を検証した。1調査地点当たり5基のブロックを観察し、その個体数の平均値を1基当たりの生息密度として算出することとした。

また、この結果を京都府立海洋センターにおける溝付き被覆ブロック(テトラポッド型)の効果試験(道家、1994)のデータとも比較した。

(3) 大型海藻

枠取り調査の結果のうち、大型付着海藻について、調査地点別の種類数及び湿重量、種類別湿重量を求め、比較検討した。

(4) 種多様性の解析

潜堤に生息する付着動物の多様性(種多様性)の変化を確認するため、大型海藻及び付着動物の種類数を調査し、比較検討を行った。また、付着動物については、Simpsonの多様度指数を算出し比較検討した。

(5) クラスタ分析

潜堤における付着生物の枠取り採取サンプルの分析結果のうち、生物量が比較的多い水深帯(水深-5m~-10m)のデータを用いてクラスタ分析を行い、作成した dendrogram から各調査点間の付着生物群集の類似性について検討した。

分析に使用するデータは、付着動物では個体数、大型海藻及び付着生物(大型海藻と付着動物を1つにまとめたもの)では湿重量を用いた。なお、湿重量については、小数第1位を切り上げた整数データを使用した。

なお、比較に使用する事前調査のデータにサザエが出現しないことから(当事業着手前に全て採取されたため)、指標生物であるサザエは除外した。また、魚類は遊泳生物に該当することから、ここでは除外した。

クラスタ分析は、付着動物では Kimoto の類似度指数 $C\pi$ 、大型海藻及び付着生物では根本・清水(1988)による $C\pi(w)$ を用いて、群平均法(UPGMA法)にて dendrogram を作成した。

(6) 重量バランス

潜堤に生息する付着生物の生物量(ここでは湿重量)について、食物連鎖の関係に基づく生態学的な区分(3つの栄養段階)にまとめて、事前に実施した四季調査の自然海岸が示すピラミッド型との類似性について検討した。

潜堤における付着生物の枠取り採取サンプルの分析結果(湿重量)を用いて、食物連鎖の関係に基づく付着生物の栄養段階区分(表-1)に従って、湿重量を集計した。

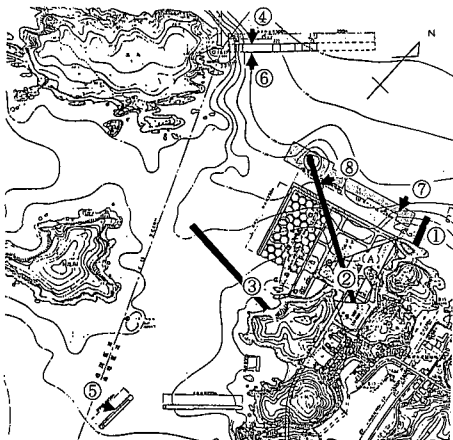


図-6 調査箇所

表-1 栄養段階別構成種

区分	門	綱	種類名	該当種	
第1栄養段階	付着植物全般		大型付着海藻	全ての種類	
第2栄養段階 (デトリタス食性)	付着動物全般		付着動物	第2栄養段階(藻食性)及び第3栄養段階を除いた付着動物	
第2栄養段階 (藻食性)	軟体動物	ヒザラガイ	ヒザラガイ類	殆どの種類	
			原始腹足類	殆どの種類	
			中腹足類	タマキビガイ類	
			アメフラシ類	殆どの種類	
			腹足		
	棘皮動物	海胆	ウニ類	バフソウニ類(浅海性・正心形)	
	第3栄養段階 (雑食性)	腔腸動物	花虫	イソギンチャク類	殆どの種類
		扁形動物	渦虫	ヒラムシ類	殆どの種類
		紐形動物		ヒモムシ類	殆どの種類
環形動物		多毛	遊在目	殆どの種類	
			ヒザラガイ	ヒザラガイ類	
軟体動物		腹足	中腹目	タマガイ類・ザクロガイ類ほか	
			新腹足類	殆どの種類	
			ウミウシ類	殆どの種類	
			等脚類	殆どの種類	
			節足動物	甲殻	等脚類
棘皮動物	海星	クモヒトデ類	トゲクモヒトデ		
		ヒトデ類	殆どの種類		
		海胆	ウニ類	殆どの種類	

表-2 サザエの生息密度 (個体/基)

調査場所	ブロック名	調査時期	溝なし	溝付き	溝内部
当漁港	シーロック	H 9.8	1.8	7.4	—
		H 9.12	5.4	23.3	15.8
		H 10.5	11.6	14.9	6.9
		H 10.9	12.9	16.1	10.0
		H 10.12	10.9	21.5	15.0
京都府	テトラポット	—	1.7	16.7	—

ロックの重複部における生息密度を比べた場合、表面部よりも重複部の生息密度が高くなっている。また重複部についてみると、溝無しが溝付きに比べて大きな値を示しているが、どちらも冬には少なく、春、夏期に多い傾向を示している。

(3) 魚類の目視観察結果

事前四季調査において確認された種類数とモニタリング調査で確認された種類数の比較では、2年目で事前調査を越える種類数が確認されている。

(4) 被覆ブロックにおける付着生物相の確認

a) 工事前の自然海岸と被覆ブロック部との生物相の対比(クラスター解析)による類似性の評価

図-8は事前調査とモニタリング調査2年目の春の時点での付着動物群集のデンドログラムを示したものである。縦軸の類似度指数は0~1の値をとり、1に近いほど類似性が高いことを示す。付着動物群集では馬島防波堤沖側に近い類似性を示しており、初年度、2年目ともに自然海岸への遷移はみられない。しかしながら、図-9に示すように、大型海藻では全体的には防波堤に近い類

7. 調査結果

(1) 被覆ブロックへの海藻の付着状況

図-7は、大型海藻の湿重量について示したものであるが、2年目の春の時点では、事前調査の自然海岸に匹敵する値が得られているが、全体的には自然海岸より小さい。しかしながら、初年度から2年目にかけて増加傾向が見られる。

(2) 被覆ブロック部での水産有用生物の生息状況

本調査対象の溝と京都府立海洋センターで用いられた溝ではブロック1基当たりの延長が異なるため、比較に用いた値は、溝の延長を考慮し補正を加えている。

初年度においては、溝付きと溝無しブロックにおけるサザエの生息密度は、溝付きが溝無しの4倍程度になっていたが、2年目には1.3~2倍程度になってきている。

これを部位別にみていくと、溝部における生息密度では、初年度、2年目ともに冬季に高い密度がみられる。これは、サザエの稚貝がこの時期には運動量が少なく、隠れ場所として溝の中に生息し、春以降の活発化に伴い溝から出ていくものと考えられる。

また、被覆ブロックの表面における生息密度と被覆ブ

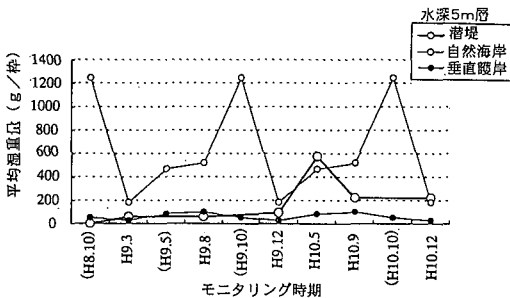


図-7 大型海藻の湿重量

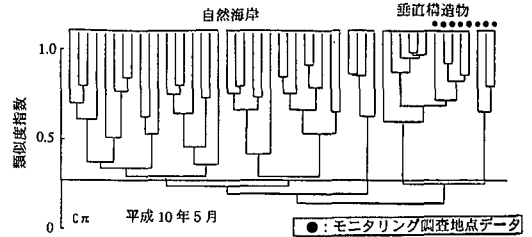


図-8 付着動物群集の調査地点間の類似性

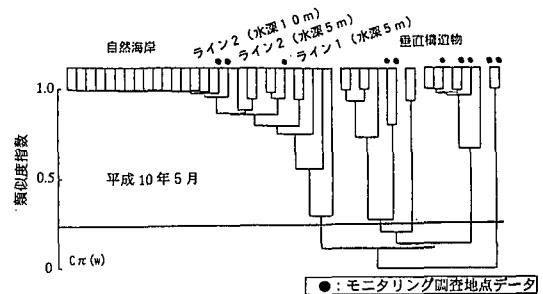


図-9 大型海藻群落の調査地点間の類似性

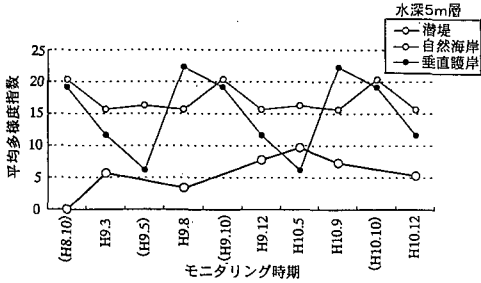


図-10 付着動物の多様性指数

似性を示しているが、2年目では、いくつかのポイントが自然海岸に近い類似性を示しており、遷移の兆候が確認された。

b) 多様性指数を用いた人工構造物における生物群集の多様性の評価

付着動物、付着生物の種類数では事前調査と同じような種類数になってきているが、図-10に示すように付着動物の多様性指数でみると、事前調査の値よりも小さくなっている。しかしながら、初年度から2年目にかけて、多様性指数は増加傾向にある。

c) 栄養段階別の生物量による食物連鎖ピラミッドの形状評価

図-11は、事前調査(年平均)の栄養段階別の重量バランスと1年目夏、2年目春のモニタリング調査結果による重量バランスを示したものである。事前調査の結果をみると、自然海岸では第一栄養段階の比率が高く、垂直構造物では第二栄養段階のデトリタス食性の比率が高いという特徴がある。モニタリング調査の結果は、事前調査と比較すると自然海岸と防波堤の中間の傾向を示しており、初年度から2年目にかけて第一栄養段階の比率が高まってきている。

8. 結 論

以下に主要な結論をまとめる。

- (1) 溝の効果としては、サザエ用の溝付きブロックでは、調査1年目に溝付きが溝無しブロックの4倍、2年目には1.3~2倍のサザエの生息密度を示していることから、採用した工法の有効性が検証された。
- (2) 大型海藻の付着状況については、2年目の春に事前調査と同程度の種類数、湿重量が得られたが、通年でみると少ない。これはまだ多年草が成長過程にあることも影響していると考えられる。
- (3) 遊泳魚類の種類数が増加しており、潜堤には魚礁効果があると考えられる。
- (4) 生態系からみると、現在もまだ遷移の途中と考

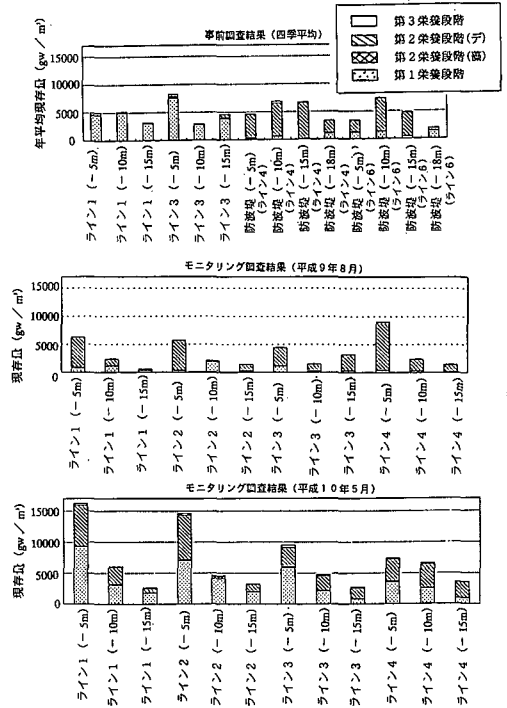


図-11 付着生物の栄養段階別湿重量

えられるが、潜堤は垂直構造物(防波堤)に比べて自然海岸に近い生態系を有していることが確認された。

栄養段階別の重量組成や種の多様性、大型海藻群落の類似性等からみると、潜堤の生態系が自然海岸に近づいている傾向が確認できる。今後、さらに調査を続けることでその遷移の結果を確認し、人工構造物としての潜堤がどの程度の遷移傾向(回復傾向)を持つのかを確認する必要がある。

また、潜堤のような構造物では、いくつかの工夫を加えることで、地区特有の生態系を良好に維持することが可能であると考えられ、こうした改良を考えるうえでも生態系としての評価が重要と考える。

こうした知見を集積することが、環境評価における目標設定の一助になるものとする。

参 考 文 献

- 石田健次(1989): 昭和62年度島根県水産試験場事業報告。
 仲宗根琢磨・武内智行(1998): 沿岸域の生態環境評価手法について、平成10年度日本水産工学会学術講演会講演論文集、pp. 79-82。
 道家章生(1994): サザエ漁獲網としての溝付きテトラポッドの効果試験、平成6年度西部日本海ブロック増殖担当事業会議資料。
 山田正・勢村均(1992-1994): 平成2-4年度島根県水産試験場事業報告。