

浜田漁港における藻場造成を考慮した 防波堤の効果評価

EVALUATION ON EFFECT OF BREAKWATER IN CONSIDERATION OF SEAWEED BED FORMATION IN HAMADA FISHING PORT

佐見誠¹・三橋宏次¹・鹿田正一¹・中西敬¹・勝部昌彦²・寺嶋博²
Makoto SAMI, Koji MITUHASHI, Shoichi SHIKADA, Takashi NAKANISHI,
Masahiko KATUBE and Hiroshi TERASHIMA

¹正会員 漁港漁村建設技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目14-10 内神田ビル7階)

²島根県農林水産部浜田水産事務所 (〒697-0041 島根県浜田市片庭町254)

In Hamada fishing port of Shimane Prefecture, the new technical strategy like application of grooved armor block (for propagation of abalone and top shell) and so on have been taken into consideration in planning of the improvement works with the purpose of amplifying the function as seaweed bed on the submerged mound portion and also base mound portion of revetment・breakwater. This paper presents the results of monitoring survey conducted over two years from the completion of the partial section of the works.

Key Words: Evaluation on effect, seaweed bed, grooved armor block, monitoring survey

1. はじめに

島根県浜田漁港では、近年のマイワシをはじめとする漁業生産量の減少、消費者ニーズの多様化による流通形態の変化、漁業就業者の高齢化といった地域の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ベ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。

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

を検証するためのモニタリング調査を実施している。

本論文では、現在実施されている工法の工夫内容とモニタリング調査の調査内容、解析手法及び効果評価の考え方及びその結果について述べる。

なかでも、効果評価については、採用した工法が水産有用種の増集効果の増強や特定大型海藻の繁殖のみならず、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ことを目的としており、そうした観点からの結論を述べる。

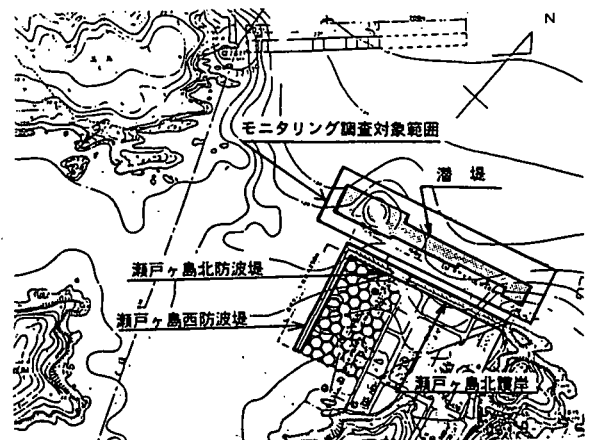


図-1 計画平面図

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（図-2に示す溝をブロック表面に付けたもの）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）

目的：海藻が付着した基質の有効利用、魚の蟄集効果の向上

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。図-2に設定した溝の形状を、図-3に溝付き被覆ブロックの姿図を、図-4には潜堤形状を示す断面図を示す。

また、図-5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。

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、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度指数、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。図-6にこの考え方を図示する。

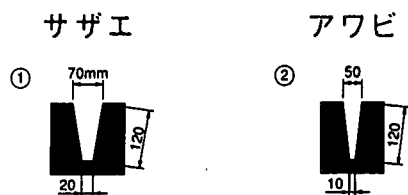


図-2 溝の形状

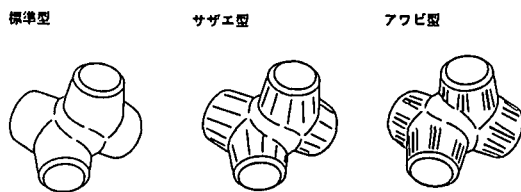


図-3 溝付き被覆ブロック

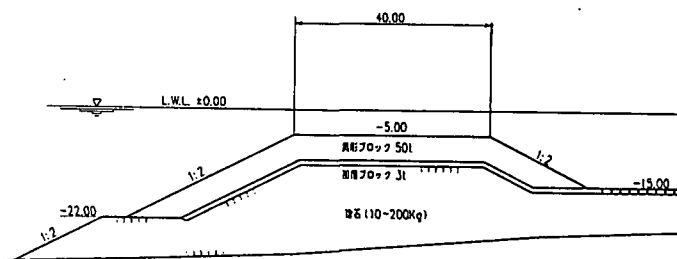


図-4 潜堤断面図

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枠取り調査、潜堤付近を遊泳する魚類についての目視観察等

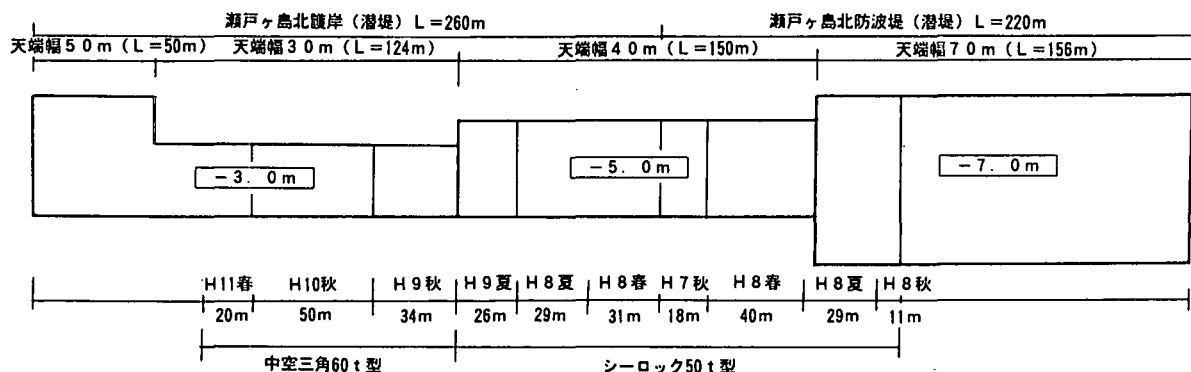


図-5 ブロック種別及び設置時期

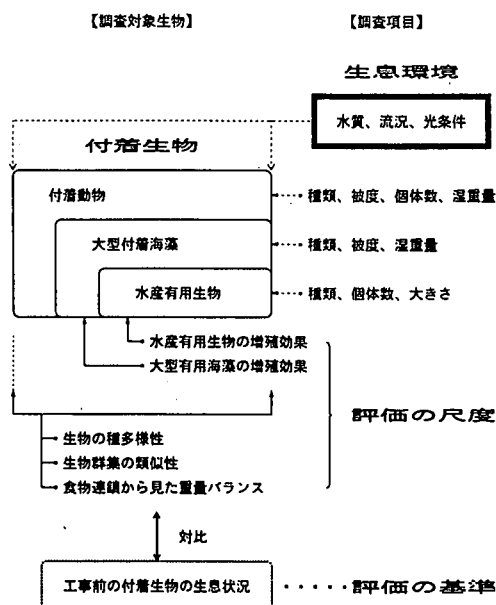


図-6 効果評価の考え方

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-6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-7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。

図-5に示したように、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。

(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^{1)・2)}から推定し、図-8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。

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-8 現存量最大時機及び調査時期

(3) 調査項目

表-1に調査項目一覧を示す。

表-1 調査項目一覧表

調査区分	調査対象	調査項目	作業内容
目視観察	有用海藻	種類・株数・大きさ	潜水目視観察及び写真撮影
	指標生物	種類・個体数・大きさ	潜水目視観察及び写真撮影
	遊泳動物	種類・個体数・大きさ	潜水目視観察及び写真撮影
採取り	大型海藻	種類・湿重量	潜水による採取り採取及び分析
	付着動物	種類・個体数・湿重量	潜水による採取り採取及び分析
水中撮影	付着生物	分布及び生態状況	潜水による水中TV撮影
水質測定	-	水温・塩分・DO 濁度(SS)・光量子量	船上からの機器測定

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、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。

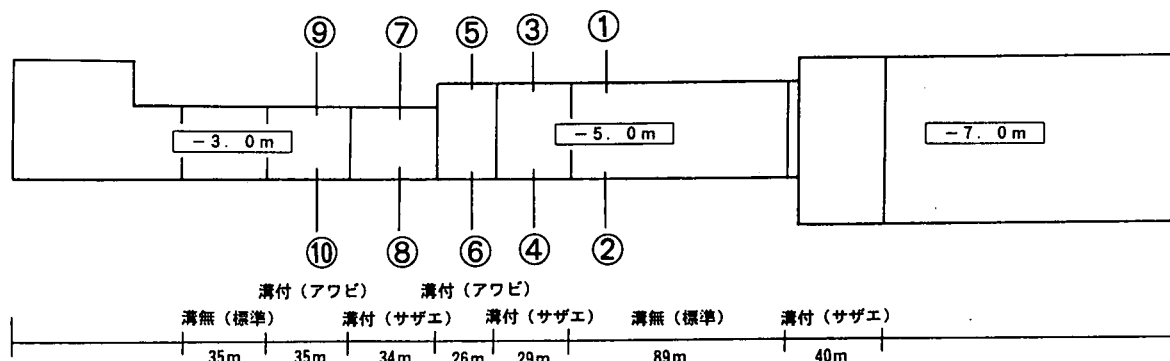


図-7 調査測線

(1) 調査箇所

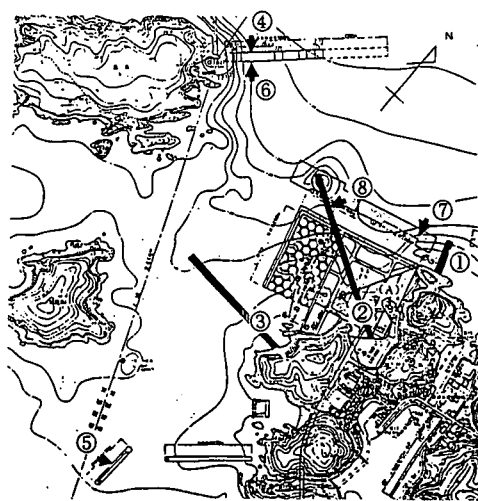


図-9 調査箇所

(2) 調査項目

表-2 事前調査項目一覧表

調査名	調査項目	調査方法
水質	水温、塩分（1m間隔）	ベリ-式STDによる船上測定
	溶存酸素（1m間隔）	ボ-ラブル 溶存酸素計による船上測定
坪刈り	大型海藻（種類・湿重量）	スコープ 潜水による生物採取（30×30cm枠）
	付着動物（種類・個体数・湿重量）	
目視	大型海藻（種類・被度）	スコープ 潜水による目視観察及び写真撮影（50×50cm枠）
	遊泳動物（種類・個体数）	

6. 解析手法

以下に主要な解析手法を示す。

(1) 魚類集効果の解析

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集効果

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）³⁾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) クラスタ解析

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解析を行い、作成したデンドログラム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（大型海藻及び付着動物を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。

分析の対象となる種（類）は、各調査毎に各測線2水深帯（5m及び10m）の地点のデータから、種（類）毎の出現地点数及びデータの合計を算出し、出現地点数が1回の種類を削除して、大型海藻では上位からの湿重量の合計が全体の90%を越える種（類）まで、付着動物では個体数の上位10種（類）まで、付着生物については上位からの湿重量の合計が全体の80%を越える種（類）までとした。

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。

クラスタ解析は、付着動物ではKimotoの類似度指数C_π、大型海藻及び付着生物では根本・清水（1988）によるC_π（w）を用いて、群平均法（UPGMA法）にてデンドログラムを作成した。

(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-3）に従って、湿重量を集計した。

7. 調査結果

(1) 被覆ブロックへの海藻の付着状況

図-10は大型海藻の種類数について同季節でモニタリング結果と事前四季調査結果を比較したものである。2年目の春の調査では、各水深での種類数は、

表-3 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 (サザエ食性)	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	ヒナガイ	ヒナガイ類	殆どの種類
		腹足	原始腹足類	殆どの種類
			中腹足類	ヒナガイ類
			アフリカ類	殆どの種類
	棘皮動物	海胆	ウニ類	ハナウニ類(浅海性・正心形)
第3栄養段階 (肉食性)	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	ヒナガイ類	殆どの種類
	紐形動物	ヒメムシ類	ヒメムシ類	殆どの種類
	環形動物	多毛	遊在目	殆どの種類
	軟体動物	ヒナガイ	ヒナガイ類	ハナウニ類
		腹足	中腹足目	ヒナガイ類・サザエ類ほか
			新腹足類	殆どの種類
			カタツムリ類	殆どの種類
	節足動物	甲殻	等脚類	殆どの種類
			十脚類	殆どの種類
	棘皮動物	蛇尾	カサガシ類	トゲカサガシ
		海星	ヒナガイ類	殆どの種類
		海胆	ウニ類	殆どの種類

事前調査の自然海岸部と同程度の値を示しているが、垂直構造物部よりは小さい。(垂直構造物部が自然海岸部よりも種類が多いのは紅藻類が多いためである。)全体的には、2年目でも、まだ事前調査でみられた種類数までは増えていない。

また、図-11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。

(2) 被覆ブロック部での水産有用生物の生息状況

表-4には、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の諸元を示す。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、溝付きと溝なしブロックにおけるサザエの生息密度は、溝付きが溝なしの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、表-6は、溝部における生息密度であるが、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、溝無しが溝あり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

図-12は、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をグラフにしたものであるが、2年目で事前調査を越える種類数が確認されている。

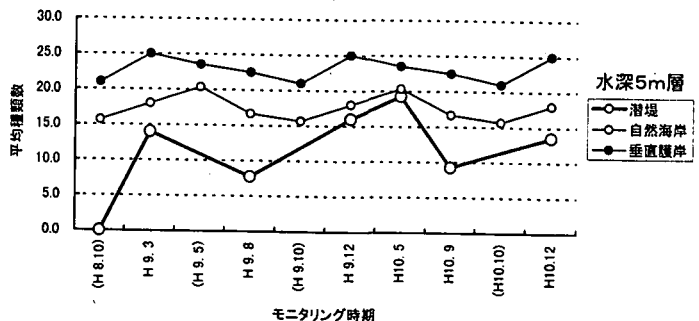


図-10 大型海藻の種類数

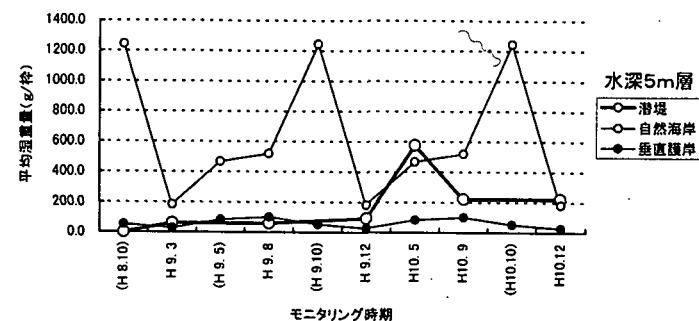


図-11 大型海藻の湿重量

表-4 溝付き被覆ブロックの諸元

ブロック名	シーロックB-50t型		テトラポッド型(参考)
項目	数値	その他	数値
表面積	45.25 m ²	—	25.19 m ²
法面1㎡当たり基数	0.12 基	空隙率: 50%	—
法面1㎡当たり表面積	5.43 m ²	45.25 × 0.12	—
溝の長さ(平均)	1.1 m	—	1.4 m
溝の本数	18 本	—	18 本
溝の総延長	19.8 m	1.1 × 18	25.2 m

表-5 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
当漁港	シーロック	H9.8	1.8	7.4
		H9.12	5.4	23.3
		H10.5	11.6	14.9
		H10.9	12.9	16.1
		H10.12	10.9	21.5
京都府	テトラポッド	—	1.7	16.7

表-6 溝部におけるサザエの生息密度(個体/基)

溝内部		時期				総計
位置	水深	H 9. 12	H10. 5	H10. 9	H10. 12	
沖側	5	36.4	13.0	19.0	23.7	23.0
	10	12.6	7.0	5.3	17.7	10.7
	15	0.6	4.7	2.3	12.0	4.9
沖側計		16.5	8.2	8.9	17.8	12.9
岸側	5	31.4	7.0	10.7	13.3	15.6
	10	13.4	5.7	12.3	12.3	10.9
	15	0.6	4.0	10.3	11.0	6.5
岸側計		15.1	5.6	11.1	12.2	11.0
総計		15.8	6.9	10.0	15.0	11.9

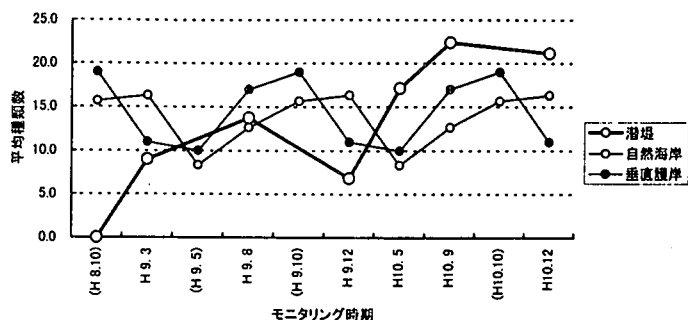


図-12 遊泳動物の種類数

(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

類似性から見ると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いる。大型海藻では、全体的に防波堤に近い類似性を示しているが、いくつかのポイントでは自然海岸に近い類似性を示しているのが確認された。

b) 多様度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、大型海藻や、付着動物の多様度指数では、事前調査の値よりも小さくなっている。

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-14は、事前調査(年平均)の栄養段階別の重量バランスは、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いる。

しかしながら、溝部で外敵から守られたと考えた場合、全体の生息量が増加するはずであるが、今回はそうした傾向がみられていない。これは、マウンド部等への移動や、漁獲による影響等が考えられ、今後はこうした点についての検討が必要になる。

(3) 潜堤の魚類の集効果

潜堤部での魚類の種類数増加は確認されたが、同時期での比較は行っていないため、今後は、モニタリング調査と同時期において自然海岸や垂直構造物周辺での調査を行い、確認する必要がある。

(4) 被覆ブロックにおける付着生物相の確認

サザエ、大型海藻、遊泳動物については、ある程度の増殖効果が確認されたが、生態系という観点からみるとまだ遷移の過程にあると考えられる。栄養段階別の重量組成や多様性からみると、自然海岸に近づいている傾向が確認できるが、さらに調査を続けることでその遷移の結果を確認する必要がある。

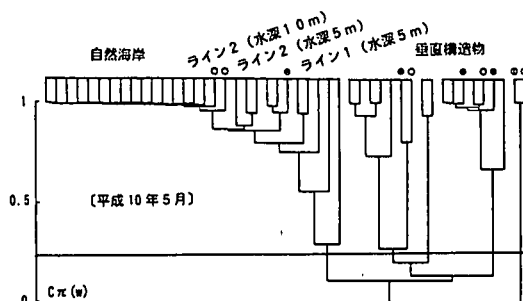


図-13 大型海藻群落の調査地点間の類似性

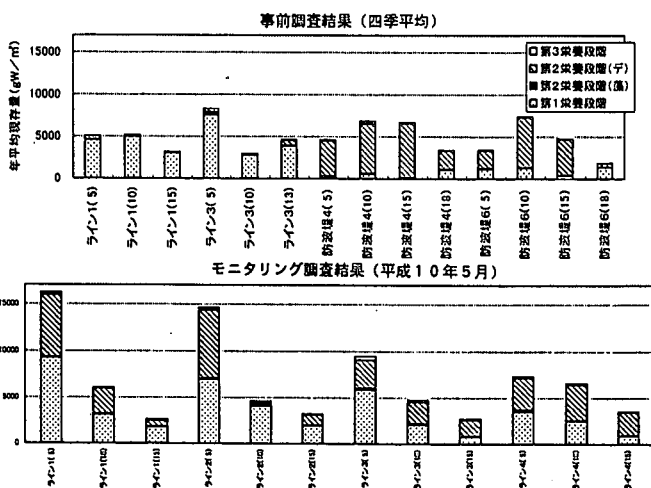


図-14 付着生物の栄養段階別湿重量

参考文献

- 1) 石田：昭和62年度島根県水産試験場事業報告，1989
- 2) 山田，勢村：平成2～4年度島根県水産試験場事業報告，1992～1994
- 3) 道家：サザエ漁獲礁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養殖担当者会議資料，1994

8. 考察及び今後の課題

(1) 被覆ブロックへの大型海藻の付着状況

2年目の春季調査において海藻の繁茂状態が確認されたが、通年でみると、まだ自然海岸部よりも湿重量が少ない。今後の多年草の成長により追いついていくものかどうかを見極める必要がある。

潜堤部の評価としては、すでに垂直構造物よりはるかに良好な藻場ができており、自然海岸に近い量に近づいている段階と考えられる。今後、自然海岸に追いつくことができるのか、また第2世代においても同様な繁茂が得られるのかという観点からモニタリング調査を継続する必要がある。

(2) 被覆ブロック部での水産有用生物の生息状況

被覆ブロックの溝付きと溝無しにおける生息密度を比較したとき、溝付きブロックの効果は確認できたが、初年度の4倍から2年目には1.3～2倍と差が少なくなっている。これについては溝で生息したサザエの移動によるもので溝無しブロックの生息密度が上がったためと考えられる。