# 環境保全型漁港構造物の研究

A Study on Fishing Port Structures with Improved Environmental Protection Technology

杉本雅一*・千葉茂樹**・岡貞行*
Masakazu Sugimoto, Shigeki Chiba and Sadayuki Oka

Fishing ports are the productive base of fishing industry, and fishing port structures are essential to the operation of the industry. However, their construction sometimes causes harmful impact on fishing environment:loss of seaweed bed and fishing grounds, inhibition of seawater exchange, interruption and changing of fishways.

Not only to lessen these kinds of effects, but also to promote fishing environmental improvement through utilization of fishing port structures, the following points are discussed.

1) Enhancement of water exchange within the port
2) Creation of new site for seaweed bed
3) Attraction for desirable marine life

This paper enumerates several proposals and claims the necessity of field survey on actual fishing port structure with such devices.
Keywords : fishing port structures, environmental protection, enhancement of water exchange, creation of seaweed bed

## 1．はじめに

漁港は、漁業の生産基盤として必要不可欠な施設であるが、その建設によって藻場の喪失、磯根漁場の減少、海水交換の悪化、魚道の変化などが問題となるケースも見られる。このため、これらの悪影響を緩和する、すなわち、漁港建設によっても周辺の水産環境へ悪い影響を及ぼさないような構造物の開発が望まれる。さらに、積極的に周辺の水産環境を改善するような構造物についても検討が要望されている。本研究では防波堤・護岸等の漁港構造物の本来機能に加えて、以上のような機能を付加したものを環境保全型の漁港構造物と名付け、その開発のための基礎資料を得ることを目的として実施した。

環境保全型の漁港構造物を検討するに当たって、構造物が持つべき環境上の機能を十分に理解しておく必要がある。そこで、平成元年度に全国約 3,000漁港のアンケート調査を行い、その結果から“漁港建設に係わる水産環境上のプラス面とマイナス面”が顕著に現れた重点事例を絞り込み、この重点事例について平成2年度に現地調査を実施した。現地調査では、漁港管理者・漁港利用者へのヒアリング調査により水産環境上のプラス面とマイナス面の原因をさらに掘り下げ、資源培養という観点で、要因が結果にどのように影響を及ぼしているかを定性的に整理した。

また、環境保全型の漁港構造物の開発のためには、対象となる有用水産生物の成育段階や望ましい環境を理解しておく必要がある。そこで、水産有用種の成育段階別の生息環境条件を整理するとともに、これまで水産庁の沿岸漁場整備開発事業で実施した構造物を検討し、漁港構造物として活用可能なものを抽出した。更に、構造物の開発に当たっては、漁港整備に携わっている企業サイドの積極的なアプローチが必要であるので、各企業からの改良案の提案を検討し、新たな漁港構造物の建設計画に反映させようとした。

## 2．漁港事例調査結果の概要

### (1) 港内海水交換の促進

① 背景

漁港は漁獲物の陸揚げ、出漁準備、休憩、避難の場といった機能を併せもっている。このため、これらの機能

＊　正会員　(財)漁港漁村建設技術研究所　調査研究部（107 東京都港区赤坂 6-13-16 ｱｼﾞﾐｯｸﾋﾞﾙ2F)
＊＊　正会員　(株)東京久栄　企画部 開発課

を完遂するために泊地の静穏度の保持を具備すべき第一の条件としている。しかし、静穏さを求めるあまり、漁港内外の海水交流が抑止され、港内の水質悪化が問題となってきている。また、荷捌場などでは、海水をフロアの洗浄水などに利用しているため、清潔で衛生的な海水が必要とされる。さらに、近年、漁港内を活魚の一時蓄養場や養殖場としても利用することが多くなり、より一層の水質の清浄化が要求されている。

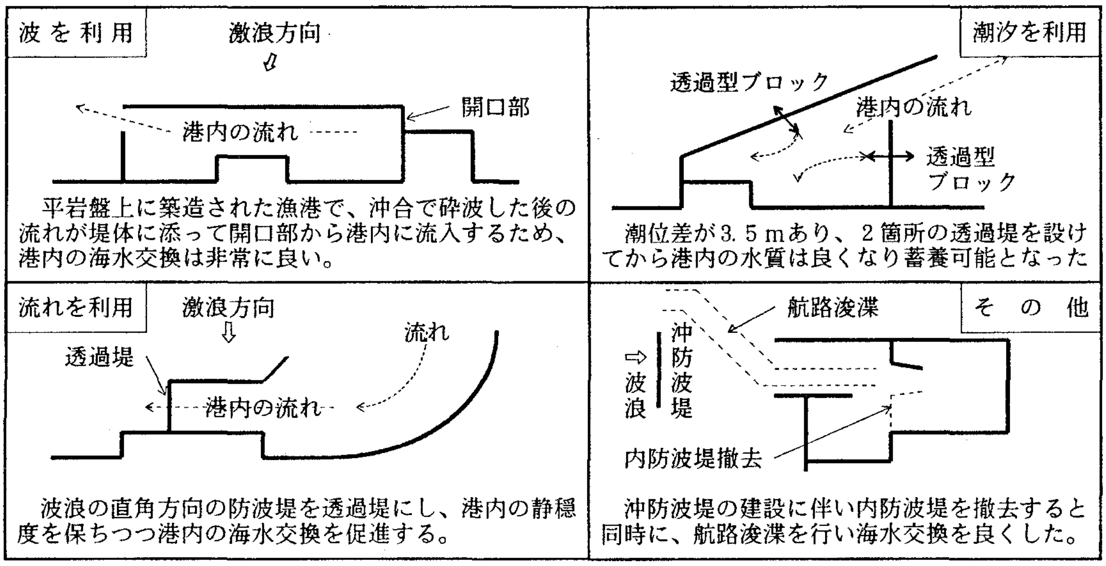
これまでの漁港の海水交流の手法は、防波堤を透過堤にするなど防波堤に開口部を設けたりするものが主流であった。ただし、この方法にはエネルギーが必要で、例えば波のエネルギーを利用する場合、静穏時には海水交換が期待できず、また逆に激浪時には開口部からの侵入波により泊地の静穏を確保するのが困難な場合もみられている。このような観点から水産庁水産工学研究所で開発されたのが、潜堤付防波堤である。この潜堤付防波堤は、平成２年度に工事を開始した福岡県宗像郡大島村の大島漁港と富山県富山市の四方漁港が最初の事例となる。従って、潜堤付防波堤の海水交換の効果は今後の調査・研究の成果を待たなければならない。

② 事例調査結果

海水交換の促進に関する現地ヒアリング調査結果によると、海水交換の良否は透過部の長さや面積の大小とは関係なく、海水交換に寄与しているエネルギーが有効に活用できた場合には促進され、そうでない場合には停滞している。漁港の海水交換を促進させるためにはエネルギーが必要であり、良く知られたエネルギー源としては、波・流れ・潮汐などがある。現地調査結果からみても、これらのエネルギーを利用して海水交換の促進を図ろうとしているが、うまくいく場合といかない場合がある。海水交換が促進されている事例をみると、図－１に示すように透過型防波堤から港外のきれいな海水が流入し、港口から港内の海水が流出する（あるいは、逆のケース）というように、港内の海水が停滞しないような流れが生じている。また、図－１の「その他」のケースは透過型防波堤の事例ではないが、漁港の拡大に伴って不要となった内防波堤を撤去するとともに、航路浚渫を行ったものであり、これによって海水交換が促進され、水質浄化につながっている。

漁港の海水交換を促進するには必要なエネルギー源として何を利用するか、港内の海水をどのように循環させるかなどはそれぞれの漁港により異なる。従って、海水交換の促進を図るには、現地調査で実態を把握し、シミュレーション・模型実験などによって対策を講ずることが必要である。

10




図－１　　海水交換促進事例模式図

⑵ 藻場造成

① 背景

藻場造成は、水産生物の産卵場・稚魚の保育場・育成場・餌料場を造成する水産上の目的と、海中の窒素・燐などの栄養塩類の吸収や光合成による酸素供給などの効果を期待する環境上の目的とがあり、近年、それぞれを目的とした造成事例が報告されてきている。資源増殖型の漁港構造物を考える場合、単に魚介類を蝟集させるだけでなく海域の基礎生産力を高めることが必要であり、そのためには水産生物の産卵場・稚魚の保育場・育成場・餌料場となる藻場を造成することが不可欠である。藻場は一般に、それぞれの群落を構成する大型海藻（草）の種類によってガラモ場・海中林・アマモ場の三つに大別されている。

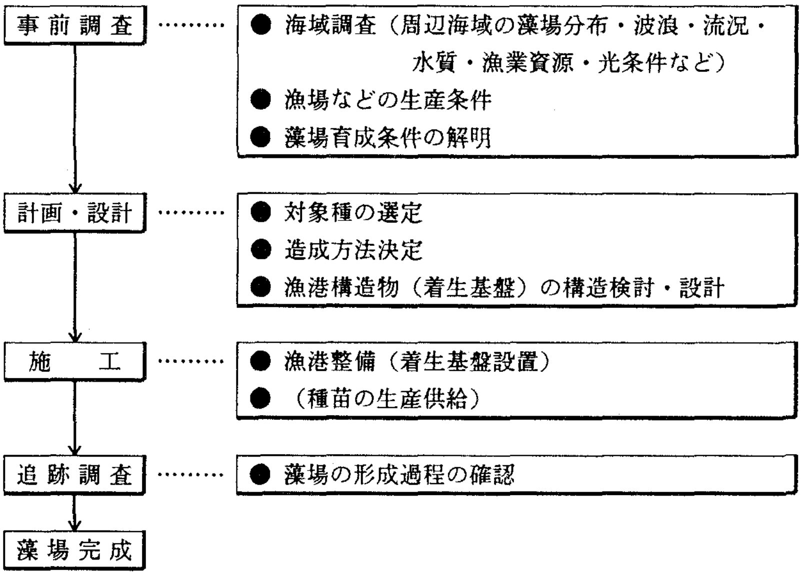
漁港整備事業において防波堤などの整備により静穏海域を確保すると同時に、これらの構造物を付着基盤とした岩礁性の藻場が形成されやすいように積極的に構造などを工夫した資源増殖型の漁港構造物の建設が可能であろう。

② 事例調査結果

これまでの漁港整備では、特に藻場造成を配慮して計画しているわけではないが、防波堤等の基礎捨石や消波ブロックが基盤となり、海藻が繁茂する場合がしばしば見られる。しかし、有用海藻が繁茂するまで年月を要したり、折角基盤となる捨石や消波ブロックを投入しても海藻が繁茂するのに適した水深でないため藻場が形成されないような事例も見られる。

現地ヒアリング調査結果によると、漁港建設が藻場に与える影響としては、防波堤・護岸等の築造や航路・泊地浚渫などで藻場が消滅する場合と、基礎捨石・消波ブロックなどに新たに藻場が形成される場合とがある。前者は漁港整備上止むを得ないものであるが、後者は工夫しだいでは藻場が広く形成される場合もある。現地ヒアリング調査結果から得られた藻場造成を図るために考慮すべき事項としては、a．漁港構造物の天端水深のうち当該海域に生育する海藻の育成に適した水深帯を広くする、b．当該海域に生育する海藻の遊走子や胞子が出る時期に基盤（捨石マウンド、消波ブロック、被覆ブロック等）を投入する、c．遊走子や胞子が付着し易い形状の基盤を用いる、d．付近に藻場がない場合は、母藻移殖や人工種苗移植などが必要である、の4点が挙げられる。なお、これらの事項については海域毎に条件が異なっており、藻場造成を図るためには、現地の実態を把握してから当該海域に適した方法を検討する必要がある。

藻場造成を配慮した漁港整備には図－2に示すようなフローに従った手順で計画することが必要である。




図－2　　藻場造成を配慮した漁港整備フロー

### (3) 魚介類の蝟集

漁港の防波堤や消波ブロックなどは、海藻類を始めとする岩礁性の有用水産生物の付着基盤や生息場となっており、一部の漁港では好漁場として活用されている事例もある。このことは、漁港施設が本来の機能に加えて一種の魚礁効果を併せて持っていることを示すものである。しかしながら、漁港施設を始めとして一般の港湾施設などと水産生物の生息状況との関係についての実態やメカニズムついては若干の報告例はあるものの未だ不明な点が多いのが実情である。これらの実態を把握し、水産協調型構造物の開発のための基礎的検討が建設省土木研究所[1)]や北海道開発局[2)]で開始されているが、まだ結論を得るには至っていない。

## 3．環境保全型漁港構造物の提案

### (1) 沿岸漁場整備開発事業から見た環境保全型漁港構造物

水産庁振興部が行っている沿岸漁場整備開発事業（以下、「沿整事業」という）は、つくり育てる漁業の中心的な役割を果たす事業として位置づけられ、A：魚礁設置事業、B：増殖場造成事業、C：養殖場造成事業、D：沿岸漁場保全事業、E：海域開発基幹事業、F：海域高度利用システム導入事業、G：沿岸漁場適性利用促進事業の各事業が実施されている。

この内、B：増殖場造成事業では、表－１に示すように目的・機能が異なるものの潜堤、投石、離岸堤など水産庁漁港部が行っている漁港構造物と類似または共通した構造物を整備することによりアワビ、ウニ、サザエ、コンブ、イセエビなどの岩礁性水産生物からホッキガイ、ハマグリ、アサリ、ナマコなどの砂泥性水産生物を対象とした増殖場の整備を行っている。

表－１　増殖場造成事業で整備した構造物の一例

| 対象種 | 主要構造物 | 場所（都道府県） |
|---|---|---|
| アワビ | 嵩上げ礁 | 久慈北（岩手） |
| | 離岸潜堤・潜堤 | 茂師、角の沢、種市北、越喜来、青の滝、山田、野田（岩手）<br>大島（福岡）<br>東安房（千葉）<br>志摩（三重）<br>平戸（長崎） |
| | 囲い礁 | 熊石　（北海道） |
| | 育成礁 | 都農　（宮崎県） |
| ホッキガイ | 離岸堤 | 苫小牧（北海道） |
| | | 浜中　（北海道） |
| アサリ | 消波潜堤 | 大海湾（山口県） |
| ハマグリ | 捨石堤 | 宇佐・中津（大分県） |

| 対象種 | 主要構造物 | 場所（都道府県） |
|---|---|---|
| イセエビ・サザエ | 潜堤 | 外房南（千葉県） |
| | 消波堤 | 外房北（千葉県） |
| イセエビ | 潜堤 | 都井　（宮崎県） |
| | 保護礁 | 南部（和歌山県） |
| ウニ | 囲い礁 | 南利尻、枝幸、積丹西（北海道） |
| | 潜堤 | 福島、広尾、北利尻、上磯（北海道）、恩納（沖縄） |
| コンブ | 囲い礁 | 南茅部、釧路、新礼文、東利尻（北海道） |
| マダイ | 保護礁 | 佐伯湾（大分） |
| 魚類 | 保護礁 | 別府湾北（大分） |

増殖場造成事業では対象種の選定を第一に行い、それから具体化していく。資源増殖型の漁港構造物を考える場合、増殖場造成事業のアプローチを参考にし何を対象にするかを決定し、直接対象とする水産生物あるいは間接的に影響を受ける水産生物の成育段階別の生理・生態的特性を考慮する必要がある。「沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針」[3)] に沿整事業に関連する水産動物４５種、植物１０種を対象として、生息環境条件に関するデータ及び断片的ではあるが環境条件に対する行動性状・着生性状に関する知見が成育段階別に整理されている。この一例を表－２に示す。

表－２　有用水産生物の成育段階別生息環境（一例）

| 種名 | | 標準分布域 | | 生殖期 | |
|---|---|---|---|---|---|
| エゾアワビ | | 茨城県・山形県以北～北海道沿岸 | | 北海道：７月下旬～11月下旬<br>三　陸：９～10月 | |
| 区分＼生育段階 | | 卵 | 稚仔期 | 幼・未成体期 | 成体 |
| 標準サイズ | | 200～250μm | 殻長 270μm | 殻長 0.3～7cm | 殻長4～15cm |
| 標準期間 | | 12.6h (20℃) | 浮遊期4～7日 | 3年 | 4～7年 |
| 卵の性状と生育段階別主要餌料 | | 分離沈性 | 着底後付着硅藻 | 褐藻 | 褐藻，紅藻，緑藻 |
| 環境 | 水深（m） | | | 2～20 | 3～20 |
| | 底質 | | 岩盤～岩礁 | 岩盤～岩礁 | 岩礁 |
| | 水理 | | 渦流域 | 渦流域 | |
| 行動 | 移動距離 | | | | 460～850m/年 |
| | 魚礁 | | ＋＋＋ | ＋＋＋ | ＋＋＋ |
| | 酸素消費量 | | | 83.8mℓ/kg・h | 50.9mℓ/kg・h |

| 種名 | | 標準分布域 | | | | 生殖期 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ワカメ | | 稚内～根室間及び北海道室蘭北東の太平洋沿岸、伊豆七島、高知を除く日本各地沿岸 | | | | 4～7月 |
| 区分＼生育段階 | | 成熟 | 配偶体など | 配偶体成熟（果胞子） | 幼芽 | 成葉 |
| 標準サイズ | | 8~9×5~6μm | 顕微鏡的 | 微小体 | 微小体 | 1～2m |
| 標準期間 | | 5～6h | 北方 1~2箇月<br>南方 3~5箇月 | 秋以降 | 秋以降に出現 | 1年 |
| 発生形態　標準形状 | | 洋梨形・2本繊毛 | 分枝単列糸状 | | 笹葉状 | 中筋あり両側に広い葉をつける |
| 環境 | 水深（m） | | | | | 低潮線～5 |
| | 照度（LX） | 成熟 1,000<br>生長 2,000~6,000 | 2,000~3,000 | 2,000～ | | |
| 着生 | 干出性 | | なし | | なし | 殆どなし |
| | 食害生物 | | | | 藻食性動物 | 藻食性動物 |
| | 付着器 | | | | | 樹枝状の枝を輪正して固着 |

沿整事業で整備している原理、構造物などを漁港整備事業に取り入れた資源増殖型の漁港構造物を、以下に提案する。

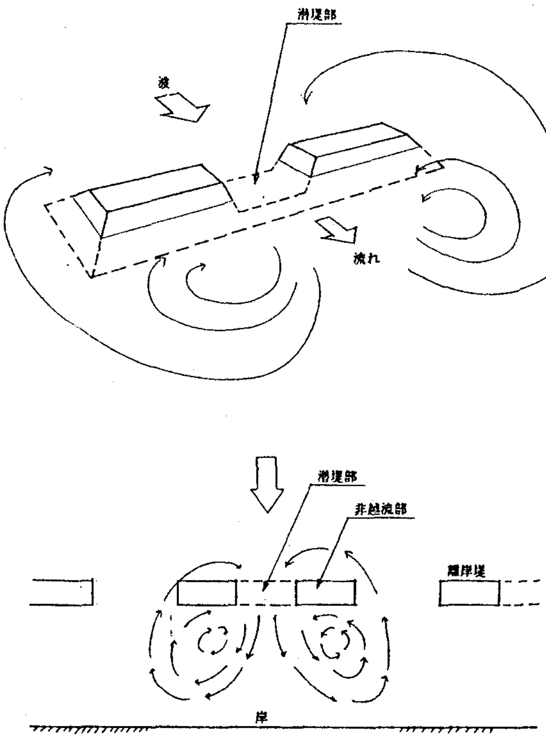
① 離岸堤に循環流工の原理を導入（図－３）

漁港整備事業で行っている離岸堤に、沿整事業の増殖場造成事業で行っている循環流発生工の原理を導入する。

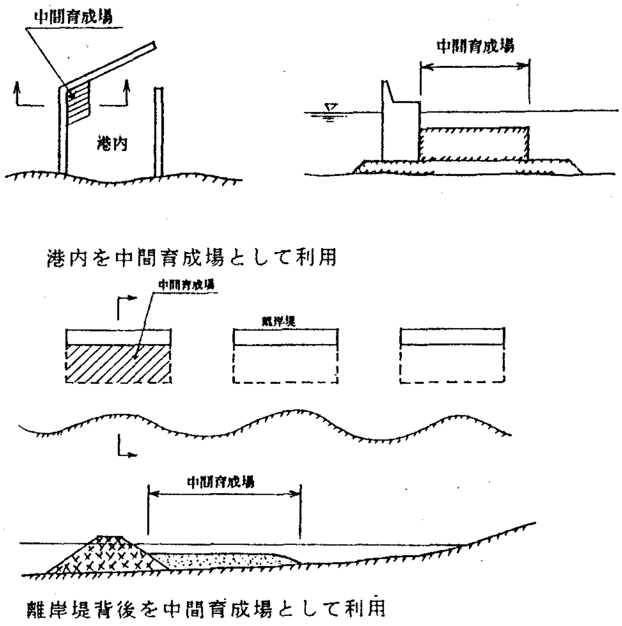
循環流発生工の原理は、離岸堤の中央部を潜堤とし、潜堤上で波を砕波させ向岸流を発生させることにより離岸堤背後に平面的循環流を起こし水塊に含まれている有用水産生物の卵・浮遊幼生・海藻類の胞子・遊走子・流れ藻などを滞留させ、この海域を増殖場として利用する。海水は淀まずに循環するので卵稚仔の生存に適する。

② 漁港整備で形成された静穏海域を放流種苗の中間育成海域として整備（図－４）

中間育成場を整備する場合、ある程度の静穏度の確保と水質の保全が必要である。港内または離岸堤の背後など漁港整備で確保された静穏海域を利用して、放流種苗の中間育成場として整備すれば中間育成場を独自に整備するより安価に整備が可能となる。この場合も、港内海水交換の促進、藻場造成などが必要である。




図－３　循環流発生工の原理




図－４　漁港施設を中間育成海域として利用

③ 人工魚礁の有する機能・形状を漁港構造物に取り入れる

漁港整備で使用している被覆ブロック、波消ブロック、堤体などの形状に、魚礁設置事業で整備している魚礁の有する機能・形状を取り入れ資源増殖型の漁港構造物として整備する。

### (2) 企業サイドによる環境保全型漁港構造物の提案

環境保全型漁港構造物の開発に当たっては、実際に漁港整備に携わっている企業側からの積極的なアプローチが重要である。即ち、設計・製作・施工面での制約を考慮し、物を作る側のアイデア・ノウハウを取り込むことによって、環境保全型漁港構造物建設技術の開発はより現実的なものになる。そこで、『漁港新技術開発研究会（多様化した漁港・漁村のニーズに対応し、適切な施設を整備していくために必要な新技術の開発を目的に、民間活力を集結して設立された研究会）』に各種構造物の改良案の提案を依頼し、提案された構造物について整理した結果を表－３に示す。

表－3　環境保全型漁港構造物の提案（漁港新技術研究会）

| 目的 | 施設名 | 概要 | 実用化の習熟度 |
|---|---|---|---|
| 水質保全及び資源増殖型 | 海水交換型ﾊｲﾌﾞﾘｯﾄﾞｹｰｿﾝ、杭打ち連結ﾌﾞﾛｯｸ、砂泥床・中間床を有する桟橋・浮消波堤、有孔ﾌﾞﾛｯｸ防波堤、透過式防波堤 | 各施設とも透過部を有し、港内の海水交換を図ると同時に空隙部に魚礁機能を持たせる。 | 構想～既実用化 |
| | 増殖機能付被覆ブロック | 被覆ブロックの形状を工夫し増殖、魚礁機能を付加する。 | 既実用化 |
| | 多目的防波堤 | 防波堤前面に人工磯、潜堤を設け、藻場形成・生物育成場として利用 | 実証中 |
| | 水産協調型人工リーフ | 潜堤（人工リーフ）を藻場形成、生物育成の場として利用する | 実験済 |
| | 緩傾斜式離岸堤 | 離岸堤を緩傾斜式とすることにより生物育成の場とする。 | 既実用化 |
| | 藻場形成ブロック | 消波ブロック、被覆ブロック、堤体などに凹凸をつける等海藻が着生し易い様に形状を工夫する。 | 実験済 |
| 栽培漁業型 | 養殖生簀型消波防波堤 | 消波ケーソン内部のスペースを養殖生簀として利用する。<br>また、生簀の下部に残餌や糞が堆積しない構造とする。 | 構想 |
| | 蓄養施設を併設した防波堤 | 消波堤内に隣接して蓄養施設を設け施設内に曝気された海水を導入し良好な環境を保つ。 | 構想 |
| 水質保全型 | 海水交換型防波堤、漁港 | 堤体の形状、漁港の平面計画を工夫し波浪や潮汐エネルギーを利用して港内の静穏度を保ちつつ海水交換を促進する。 | 既実用化 |
| | 水質浄化型防波堤 | 防波堤背後の礫層を利用して水質を浄化する。<br>防波堤を割石、ブロック等の透水性構造とし、透過する海水を礫間接触酸化法により浄化する。 | 構想 |
| | 生物浄化型防波堤 | 堤体にスリットを設け、濾過食性生物・デトリタス食性生物の付着表面積を大きくし、これらの生物により海水を浄化する。 | 構想 |
| | 曝気型防波堤 | 堤体の形状を工夫し、消波により海水を曝気し水質浄化を図る | 実証中～既実用化 |

## 4．今後の課題

『水質保全型構造物』については、漁港形状や泊地の形状、規模等に応じて透過堤や開口部の配置について充分配慮することが必要であり、これらの検討のためには、当該漁港の実態を充分把握し、実態を踏まえてより効果的な配置をシミュレーションや模型実験で確認することが必要である。また、水産工学研究所で開発した潜堤付防波堤が平成2年度から設置され始めており、その効果を確認するためには現地調査が必要となる。更に、透過堤の新しい構造物については種々の提案があるので、それぞれの効果については実証実験結果を収集・整理していく必要がある。

一方、『資源増殖型構造物』については、種々の構造物の提案もあるので、これらの構造物を用いた場合の藻場造成・魚介類の蝟集等の効果を検討するための現地での実証試験が必要である。

## 参考文献

1）宇多高明・松永博史(1990)：有脚式離岸堤の魚礁効果に関する現地調査，海洋開発論文集 Vol.6 pp31-35.
2）武内智行・宮本義憲・増田亨(1990)：防波堤周辺の水産物生息分布状況調査，海岸工学論文集 Vol.37 pp828-832
3）㈳全国沿岸漁業振興開発協会(1985)：沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針（昭和59年度） pp293-348