

天然幼稚魚や放流魚の滞留, 生育場を創出する 漁港施設の開発

DEVELOPMENT OF FISHING PORT FACILITIES AS NURSERY FOR FISHERY
RESOURCES THROUGH ENHANCING THE COLONIZATION OF NATIVE FISH
AND CULTURED AND RELEASED FISH

中泉昌光¹・川合信也²・押谷美由紀²・萱野泰久³・古村振一⁴・小畑泰弘⁵

Masamitsu NAKAIZUMI, Nobuya KAWAI, Miyuki OSHITANI,
Yasuhisa KAYANO, Shinichi KOMURA and Yasuhiro OBATA

¹正会員 (財)漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

²(財)漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

³岡山県水産課 (〒700-8570 岡山県岡山市内山下2-4-6)

⁴岡山県水産試験場 (〒701-4303 岡山県邑久郡牛窓町鹿沼35)

⁵(独) 水産総合研究センター玉野栽培漁業センター (〒706 岡山県玉野市築港5-21-1)

This paper presents the study on the development of fishing port facilities as a nursery for fishery resources through enhancing the colonization of native fish and artificially cultured and released juvenile fish (*epinephelus akaara*). This field survey and experimental study were conducted in the fishing port on the Shiraishi Island of Okayama prefecture. Through the field survey, we firstly clarified the functions of fishing port facilities to provide juvenile fish with food and shelter, which are relevant to hydraulic and physical conditions regarding to the port itself and port facilities. And then we observed both species and biomass of fish and food organism as well as the colonization of released fish after releasing cultured juvenile on the artificial reefs, which were installed on the rubble base mound of breakwater. The results suggest that the artificial reefs have functions equivalent to those of the prototype installed off the coast of the Shiraishi Island and enhance nursery functions of the port.

Key Words : Nursery, fishing port facilities, colonization of released fish, artificial reefs

1. はじめに

近年, 資源の悪化等水産業をめぐる状況が厳しさを増す中で, 資源の生産から増殖, そして漁獲, 陸揚げ・流通まで一貫した水産物供給システムの構築に向けて, 漁港は, 漁船利用主体から, 幼稚魚の保護・育成場, 養殖など多面的な水域利用¹⁾や水産動植物が生息できる自然調和型漁港への転換が求められている. 漁港水域の高度な利用の観点から, 防波堤等漁港施設の配置と構造を検討し, 水産資源増殖機能を強化することは今後の重要な課題である.

このため, 本研究では, 漁港のナーサリーランドとしての機能を評価するとともに, このような漁港内に, 放流魚の滞留機能等を有する保護育成施設を設置し, 天然幼稚魚の生息環境の整備および放流魚の滞留・生育場の創出を行い, 水産資源増殖機能を強化した漁港施設の開発を行うことを目的とする.

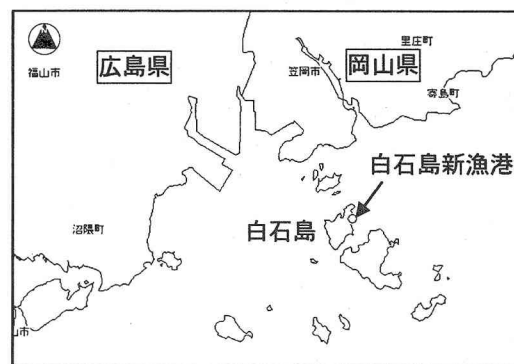


図-1 白石島新漁港の位置図

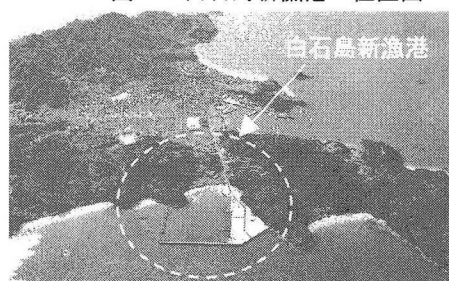


写真-1 白石島新漁港の概観

2. 調査および研究の内容

調査の対象海域は、岡山県白石島新漁港（図-1、写真-1）とした。これは、白石島の周辺が天然魚や放流魚（キジハタ）の生息に適した岩礁域が多いことと、白石島漁港の周辺には魚礁が既に設置されており、漁港のナースリーグラウンドとしての機能分担の強化と、魚礁との有機的な連携により、漁港及び周辺海域一帯が、水産生物の生育場の創出が図られるからである。検討課題（図-2）は、①漁港のナースリーグラウンドとしての機能と、②防波堤背後の捨石基礎に設置した保護育成施設（図-3、4、5）への幼稚魚の滞留機能である。③これらの調査結果の総合的評価検討により、水産資源増殖機能を強化した漁港施設の設置条件や構造、並びに放流場としての利用・管理について検討を行った。

ここで用いた保護育成施設は、「放流キジハタの保護育成礁造成技術開発調査」（平成11から13年度、岡山県、日本栽培漁業協会）²⁾、³⁾ から得られた知見に基づき漁港設置用に改良したものである。放流した人工種苗（キジハタ）は、放流直後（10月頃）から越冬する翌年の春季までの間に減耗が著しいことから、この期間に保護育成施設に滞留させ、環境への馴致と外敵からの生残を向上させるためのものである。平成14年10月17日に設置した保護育成施設の構造は、放流魚の隠れ場となる空間を創り出し、餌料生物を付着させるため、円柱トリカルパイプにホタテ貝殻を詰めたユニットと、ホタテ貝殻に替えてセラミックを詰めたユニットの2種類である。人工種苗の放流は、平成14年10月29日に実施した。沈設1年後に一旦引き揚げ、一部を引き続き調査に使用し、同時に新たに改良を加えた育成施設を設置した。新規施設は、前年の結果から滞留率の高い2段式のユニットで、素材も全てホタテ貝殻とし、マウンド等の大きさに合わせて大型化した。平成15年10月8日に設置、同月28日に人工種苗の放流を行った。

課題①については、物理環境調査（漁港の配置・構造、波・流れ、水質、底質等）や生物現存量調査（ベントス、付着生物、天然魚類の蛸集量、卵稚仔）、課題②については、保護育成施設における放流魚（キジハタ）の滞留状況調査、天然魚の蛸集調査、餌料生物培養状況調査（図-6）を行った。

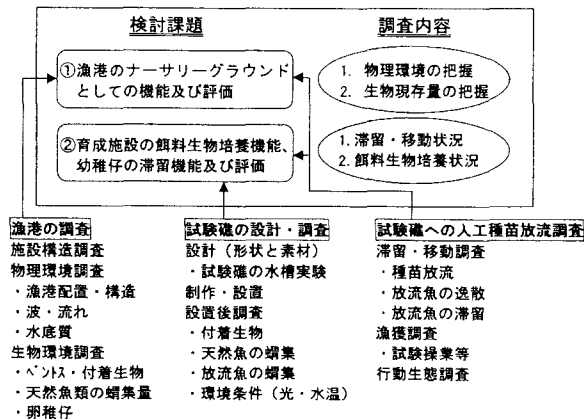


図-2 検討課題と調査内容

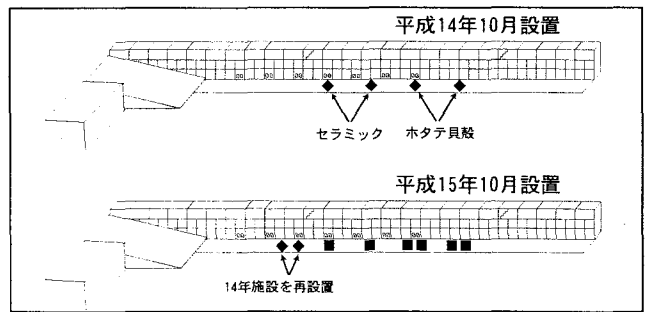


図-3 保護育成施設の設置位置

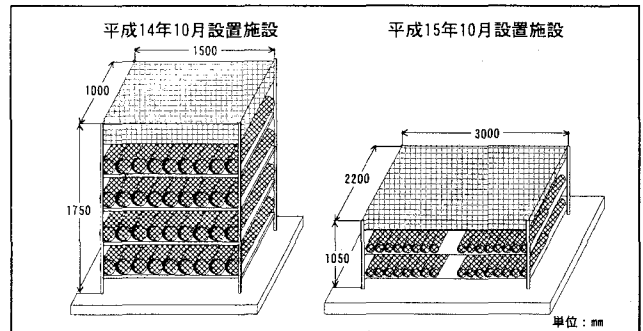


図-4 保護育成施設

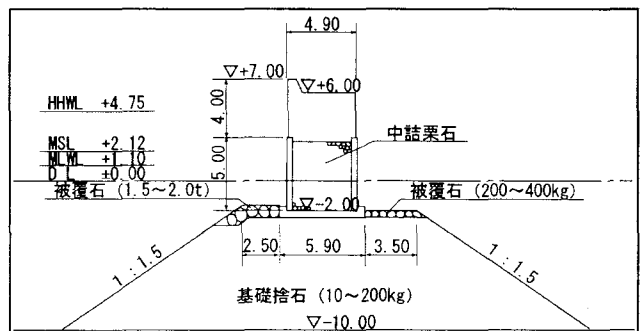


図-5 防波堤の断面構造

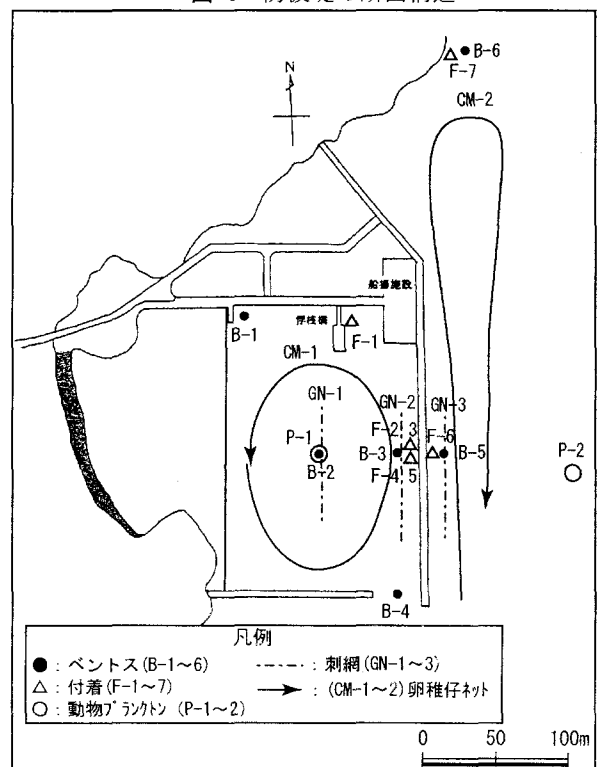


図-6 調査箇所

3. 漁港の環境特性に関する調査結果

(1) 地形・底質

漁港の白石島東側の入り込んだ沿岸部を一部埋め立てし、防波堤を設置して静穏水域を確保している。底質（図-7）は、細砂～粗砂が中心であり、所々でシルトが混じっている。また、港内側の水深-8m以深では、シルトが堆積している。港外の水深-10m以深ではシルトが多くなる傾向がある。

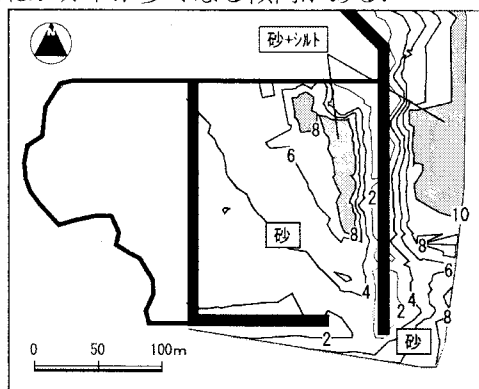


図-7 水深および底質

(2) 物理環境（波・流れ）

波浪条件を整理すると、設計沖波（30年確率波（有義波））は波向ENEについて、波高2.3m、周期4.8s、波向SSEについて、それぞれ0.85m、2.4sである。月別最大波（2001.3～2002.2の風観測データから波浪推算）は、主な波向ENE、波高が0.34～0.65mと比較的穏やかな海域である。また、月別最大波（有義波）に対しての漁港内の静穏度は、数値計算により概ね0.15m以下の値が得られ、港内は静穏度が高いといえる。一方、潮汐により港内には、下げ潮時に反時計回りの還流が発生（図-8）し、上げ潮時には防波堤沿いに流入し、中央付近で分散している。港口部では、12時間周期、通水孔では4時間周期の流れ（図-9）が生じている。層別には、上げ潮・下げ潮時ともに表層で強く、下層で弱い傾向がみられた。

港奥に近い通水孔では、最大36cm/s、平均10～17cm/sの往復流が観測されている。また、港口に近い通水孔では、最大で31cm/s、平均9～13cm/sの往復流が観測された。通水孔の平均流速を10cm/sとすると、約15,000m³の導水量が2時間毎に通水孔を通じて流入・流出を繰り返していることになる。こうした現象は、潮汐流とそれによって港内外に発生する水位差に起因しているものと考えられる。

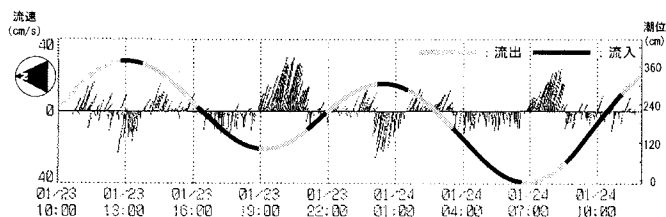


図-9 通水孔における流速と潮位の関係

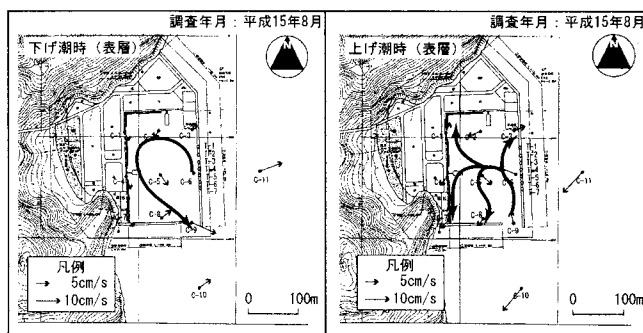


図-8 港内での流況

(3) 水質（水温・塩分・pH・DO等）

水温・塩分については、底層がやや低いが、港内外の差や港内の表層と底層の差はほとんどない。また、漁港内に流入する河川等がないことから、通常は鉛直的な差がないものと思われる。夏期、冬期の変動はあるものの、周辺の水産動植物が生息する水質環境は満足されている。

pHは、港内外ともに7.8～8.2の範囲で変動しており水産用水基準の7.8～8.4を満足している。港内の溶存酸素量は、3.1～6.6ml/l（水産生物の下限の濃度は満足）の範囲で変動しており、水温の上昇する夏期に低い傾向を示していた。概ね表層が高く、港内と港外では、底層において港内が低い傾向がみられた。

(4) 生物（ベントス・付着生物・魚類・卵稚仔等）

ベントス（図-10）は、魚類等の餌料生物や底泥の浄化機能の観点から重要である。ベントスは、春期から夏期にかけては港外が多いが、その他の時期は、港内外の差はない。場所的には、海底に浮泥の堆積しているところ（B-1、B-3）では、冬期を除いて個体数、湿重量とも少なかった。港口（B-4）及び防波堤の港外側（B-5）で高かった。放流魚（キジハタ）や天然幼稚魚の餌料生物であるフジツボ類、端脚類、多毛類等が優占している。

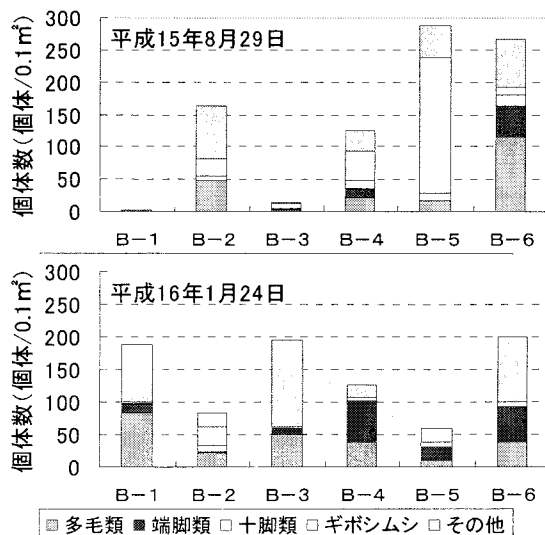


図-10 ベントスの出現結果（餌料の観点からの分類）

付着生物（図-11）は、魚類の餌料生物や隠れ場として重要であるが、浮桟橋（F-1）や防波堤直立壁面（F-2, 3）、において出現量は多く、フジツボ類、端脚類が優占している。春期から夏期にかけては港外が多いが、その他の時期は、港内外とも同程度である。

白石島新漁港は細砂～粗砂を中心として所々でシルトが混じる底質上に立地するため、漁港構造物が良好な付着生物の生息基盤になっており、単位面積当たりの付着生物量（3～4.6kg/m²）は、ベントス（6～172g/m²）に比べると、極めて高い値を示している。調査地点の中では、通水孔付近での防波堤において最も高い現存量を示している（図-12）。

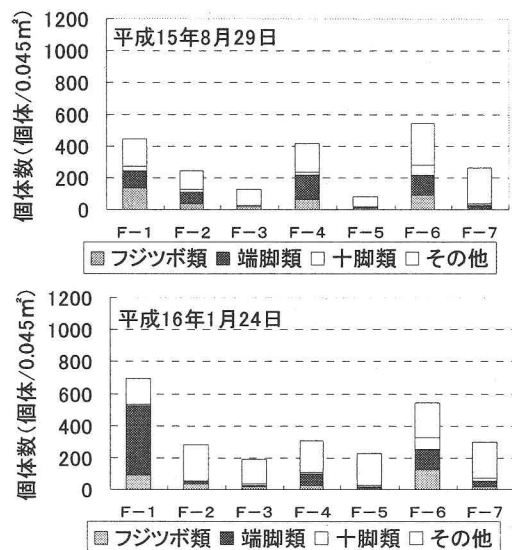


図-11 付着生物の出現結果(餌料の観点からの分類)

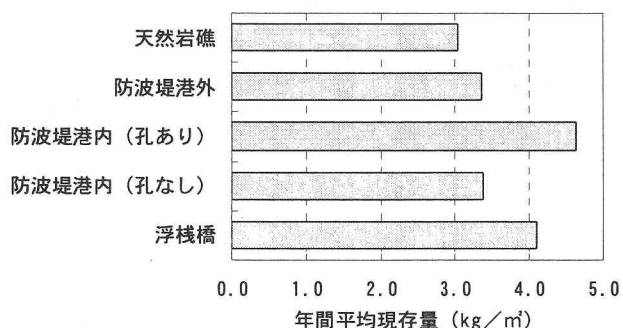


図-12 付着生物の地点別現存量(年間平均)

刺網（図-13）では、天然魚類の蜆集は、個体数で防波堤港外側が多く、次いで防波堤港内側、港内中央付近となっている。出現種は、メバル、カタクチイワシ、スズメダイである。潜水目視観察（表-1）では、港内の防波堤周辺において、スズメダイ、チャガラ、メバルが群れていた（写真-2）。スズメダイ、メバルは通水孔付近に多かった。捨石の法面にはカサゴが多かった。浮桟橋にはマダコ、メバル、船揚場では、チャガラの幼魚が群れで定位していた。港外の防波堤周辺では、捨石付近を中心に大型のクロダイ、スズメダイ、メバルが多数群れていた。

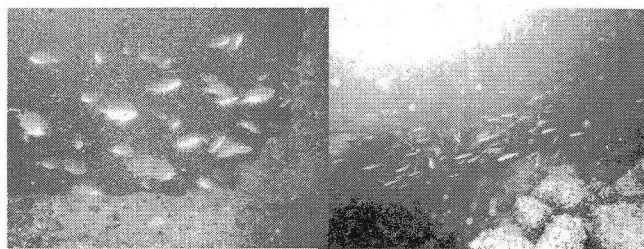


写真-2 スズメダイ・チャガラの群れ

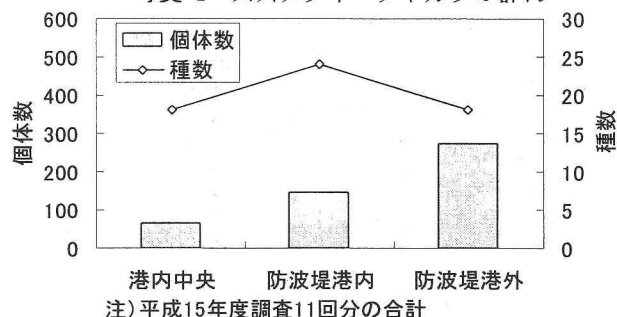


図-13 刺網調査結果

表-1 魚類の潜水目視観察

No	種名	港内			港外
		防波堤周辺	浮桟橋	船揚場	防波堤周辺
1	カタクチイワシ	○			○
2	コノシロ	△			
3	カサゴ	△	×	×	△
4	メバル	○	○	△	◎
5	ハオコゼ	○			○
6	アイナメ	○	×	×	△
7	クジメ	○	×	×	△
8	オニオコゼ	△			
9	スズキ	△	△	×	
10	スズメダイ	◎			◎
11	イシダイ				×
12	メジナ				△
13	コブダイ				○
14	キュウセン	○		×	○
15	ササノハベラ	○		×	○
16	チャガラ	◎		○	○
17	ウミタナゴ	△			△
18	マルアジ	△			△
19	アカカマス	△			
20	クロダイ	○			◎
21	アミメハギ	△	×	×	△
22	マコガレイ	×		△	
23	ゴンズイ	△		×	△
1	コウイカ	○			
2	マダコ	△	△		△
3	サザエ	○		○	△
魚類合計		20	6	11	18

注) ◎:非常に多い ○:多い △:普通 ×:少ない

稚仔魚（図-14）は、港内が多く、港内外ともカサゴが優占している。出現時期をみると、冬期を中心に出現し、11月～1月はカサゴが、8月にはイソギンポ科が、5月はカサゴとコノシロが多く出現した。潮流により港内に入った稚仔魚は、その生態と生息環境条件より、流れに対して定位でき、餌料があり、また、外敵に対して隠れるところがある漁港に留まり、結果として集積したものと考えられる。卵は、不明卵が多く、同定できたのはカタクチイワシとコノシロである。

動物プランクトンは港内で多かったが、魚類の初期餌料として利用されるかいあし類は、港内外とほぼ同程度であった。

胃内容物調査から、スズメダイは動物プランクト

ン（かいあし類、ウミホタル）と十脚目、カサゴは十脚目、カタクチイワシ等、ササノハベラは十脚目に加えてフジツボ類を捕食していた。

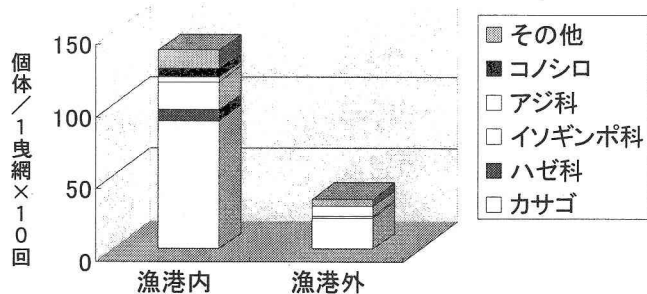


図-14 稚仔魚の出現結果

4. 放流魚の滞留状況及び天然魚の蛸集状況に関する調査結果

(1) 放流魚の滞留状況

14年度保護育成施設の調査では、キジハタを放流して1ヶ月後の滞留率は18～25%、4ヶ月後の滞留率は9～13%（図-15）であった。ユニットの素材としては、ホタテ貝殻、場所別には通水孔付近に設置したものが良好であった。周辺海域で試験²⁾を行った保護育成礁は、今回の育成施設に比較して規模が大きいなど、構造的な差異がある。このため、付着基盤1m²当たりの滞留尾数（図-16）に換算して比較すると、ほぼ同程度の滞留効果があることがわかる。

15年度保護育成施設の調査では、2基連結+通水孔（口）の試験区の滞留率は、これまでのものと同程度であったが、その他の試験区のものは、4～6%と低い値となった。この理由として、14年度より放流魚のサイズが大きかったこと、海水温が高かったことなどにより、逸散が促進されたものと考えられる。

(2) 天然魚の蛸集状況

14年度保護育成施設について1年間モニタリングを行った。10～12月頃は、チャガラ、翌年5月頃からは、メバルの稚魚が多く観察され、日ごとに大きくなっていることから、漁港と育成施設がメバルの稚魚の蛸集と育成に関与しているものといえる。保護育成施設を設置1年後に引き揚げ調査（図-17）を行ったが、コウイカの卵や稚ナマコが多く確認され、産卵場や、浮遊幼生の着生基盤としても機能したのと考えられる。15年度保護育成施設と引き続き設置した14年度保護育成施設（図中では旧礁）のその後の蛸集状況（図-18）を比較すると、空m³当たりでは、通水孔付近に設置した14年度保護育成施設が最も良好な結果を得た。

(3) 保護育成施設への付着生物状況

14年度保護育成施設の設置4ヶ月後に回収したテストピースより、付着生物（図-19）は、キジハタ

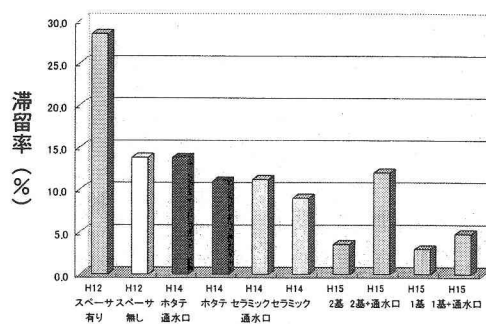


図-15 滞留率（放流4ヶ月後）

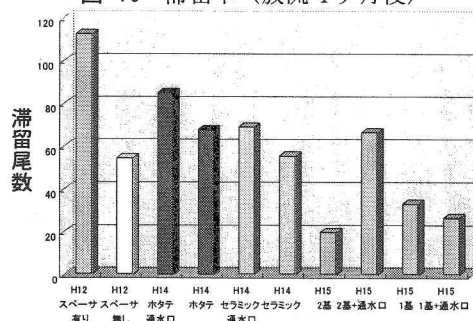


図-16 付着基盤1m²当たりの滞留尾数

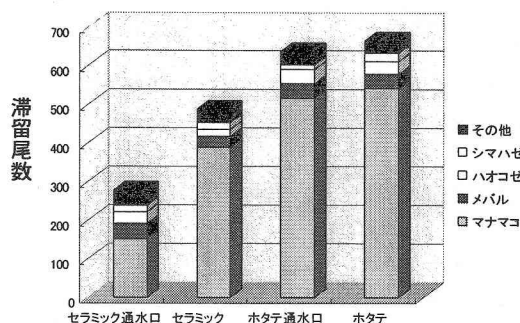


図-17 設置1年後における天然魚の滞留尾数

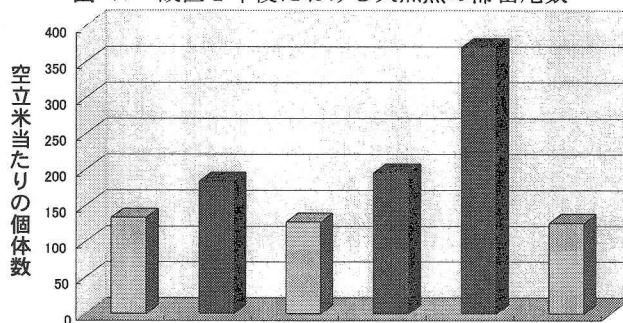


図-18 空m³当たりの天然魚の蛸集個体数

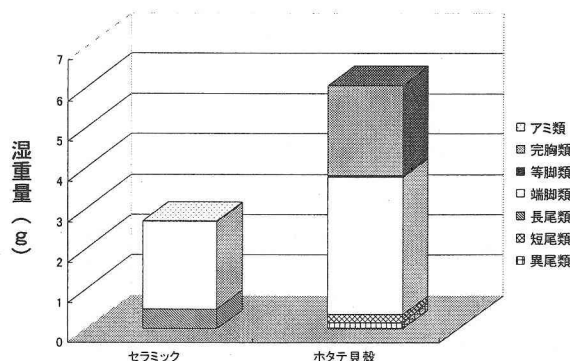


図-19 テストピース1本当たりの付着生物

の摂餌対象である、端脚類、等脚類が多かった。場所的には、通水孔付近が多く、構造的には、ホタテ貝殻がセラミックの2倍と多かった。餌料培養効果を評価（表-2）すると、育成施設1基当たりでの餌料培養効果は、漁港の防波堤（総延長350m）の概ね25分の1に相当することになる。

表-2 育成施設の選好性餌料の培養効果

	調査重量	単位重量	総重量
防波堤	1.07	47.56	21,876
張石	0.51	22.44	18,068
付着基盤	4.15	13.83	885
単位			
防波堤	g/0.0225㎡	g/㎡	460㎡
張石	g/0.0225㎡	g/㎡	805㎡
付着基盤	g/30cm	g/m	64本/基

5. 天然魚及び放流魚の滞留及び生育場の創出する漁港施設に関する考察

(1) 漁港のナースリー機能

瀬戸内海は、人口密集地帯に囲まれているので、栄養塩の供給量が高いことから、全体としては生産力が高いうえに、低次生産段階でのエネルギー転送効率がよく行われている海域であることが既往の知見より指摘されている。白石島新漁港周辺は環境基準の水域類型では類型Ⅱ（水産1種）に指定され、水底質の測定結果からも水産生物の生息環境が比較的良好に維持されているものと推測される。漁港は底質が砂泥の沿岸域に建設され、防波堤により静穏な泊地を創出している、比較的シンプルな港形を有しているが、港外とは港口と通水孔により潮汐による直接的に良好な水質環境を維持している。防波堤等漁港構造物は、捨石基礎を有する混成堤である。このような立地環境において、漁港構造物によってもたらされる遮蔽効果（高い静穏性や隠れ場の形成）に加えて、漁港内が一定の水底質を満足することにより、餌料培養効果（ベントス、付着生物、海藻草類が多種多様に生息）が付加され、多様な生息空間が創出される。こうした結果、幼稚仔魚を中心とした魚類の生息が可能となる。あるいは魚類の生活史の一部として漁港が利用されているものと考えられる（図-20）。さらにこうした機能を高めるには、マウンドの天端幅を広げたり、高さを上げるなどの方策が考えられる。

(2) 資源増殖機能を強化した漁港施設

保護育成施設は、放流魚（キジハタ）の滞留機能を有するとともに、防波堤自体に比べて高い餌料生物培養機能を有していた。すなわち、滞留機能、隠れ場機能、餌料培養機能といった増殖機能を有する保護育成施設を、漁業活動に支障のない潮通しの良好な防波堤背後に設置することで、漁港のもつ機能を強化することが可能である。構造的には、放流魚の初期減耗を低減するために、ホタテ貝殻を詰めた滞留ユニットを有する保護育成施設が最適である。

また、滞留ユニットを一体的に組み込んだ防波堤等構造も考えられる。一方、放流魚の滞留場の造成に着目してみても、保護育成礁を周辺海域に設置するのに比較して、漁港の静穏でかつ管理の容易な漁港に設置することは、建設コストや維持管理コストの面でも優位性が高いものと考えられる。

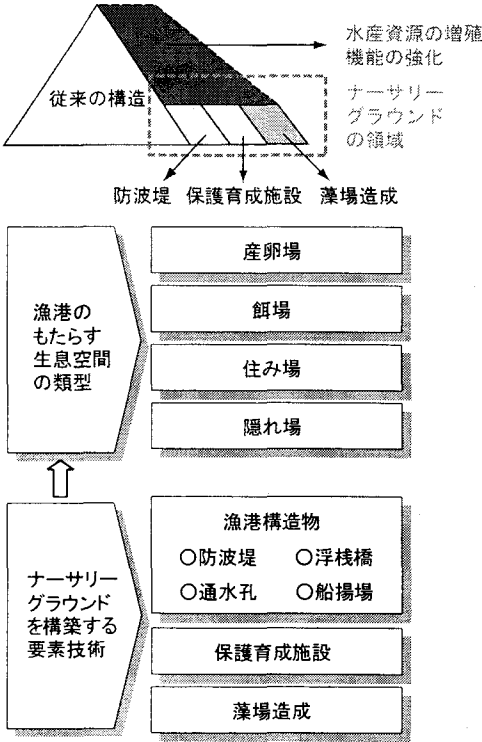


図-20 漁港における水産資源増殖機能強化のイメージ

6. おわりに

以上より、防波堤等構造物自体と構造物が創出する水域は、稚仔魚や卵の集積及び着生を促すとともに、幼稚仔魚の餌料生物培養や隠れ場、棲み場を形成し、対象生物の好適な生息環境を創出していることが明らかになった。また、潮通しの良好な防波堤背後に、放流魚の滞留のための保護育成施設を設置することで水産資源増殖機能を強化できることがわかった。今後は放流魚のサイズを変えて放流試験を行い、滞留率の向上が図られる放流魚のサイズを検討する予定である。また構造については、滞留ユニットを一体的に組み込んだ防波堤等構造も検討していくこととしている。

謝辞：本調査の取りまとめに当たり、ご協力いただいた（株）水土舎の三浦浩氏に謝意を表する。

参考文献

1) 今村茂生：種苗放流技術の現状と課題，全国漁港建設技術研究発表会，VOL. 46, pp. 7-20, 2001.
2) 岡山県・日本栽培漁業協会：放流キジハタの保護育成礁造成技術開発調査，1999-2001.
3) 萱野泰久・林浩志・片山貴之：音響馴致放流したキジハタの人工漁礁域における滞留状況，日本水産工学会水産工学，VOL. 38, pp. 185-191, 2001.