

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 (その2)

DEVELOPMENT OF FISHING PORT FACILITIES AS NURSERY FOR FISHERY
RESOURCES THROUGH ENHANCING THE COLONIZATION OF NATIVE FISH
AND CULTURED AND RELEASED FISH (PART2)

押谷美由紀¹・伊藤靖¹・川合信也¹・古村振一²・小畑泰弘³・間辺本文⁴

Miyuki OSHITANI, Yasushi ITO, Nobuya KAWAI, Shinichi KOMURA,
Yasuhiro OBATA and Motobumi MANABE

¹(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岡山県水産試験場 (〒701-4303 岡山県邑久郡牛窓町鹿忍35)

³(独) 水産総合研究センター玉野栽培漁業センター (〒706-0002 岡山県玉野市築港5-21-1)

⁴正会員 水産庁漁港漁場整備部 (〒100-8907 東京都千代田区霞が関1-2-1)

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, 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。昨年の報告²⁾に引き続き, 3ヶ年の調査結果から, 新たな知見が得られたので報告する。



図-1 白石島新漁港の位置図

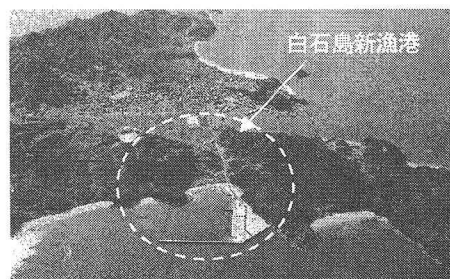


写真-1 白石島新漁港の概観

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。放流魚は、定着性魚類のキジハタ人工種苗（*Epinephelus akaara*）とした。

主な検討課題は、①漁港のナースリーグラウンドとしての機能と、②漁港内の防波堤背後の捨石基礎上に設置した保護育成施設（図-2）への幼稚仔の滞留機能である。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造成技術開発調査」（平成11～13年度、岡山県、日本栽培漁業協会）^{3)・4)} から得られた知見に基づき漁港内設置用に改良・小型化したものである。放流したキジハタ人工種苗は、放流直後（10月頃）から越冬する翌年の春季までの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保護により生残率を向上させるためのものである。平成14年10月に設置した保護育成施設（図-2）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、直径15cm、長さ100cmの円柱形トリカルパイプにホタテ貝殻を詰めたユニットと、セラミックを詰めた2種類を用いた。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。

育成施設は防波堤背後の捨石マウンド上に設置している。白石島新漁港は現在共用前の漁港であるため漁船の出入りはほとんど無く、また設置場所は漁船の通常航路から外れており共用開始後であっても通常の作業上問題はないと考えられた。

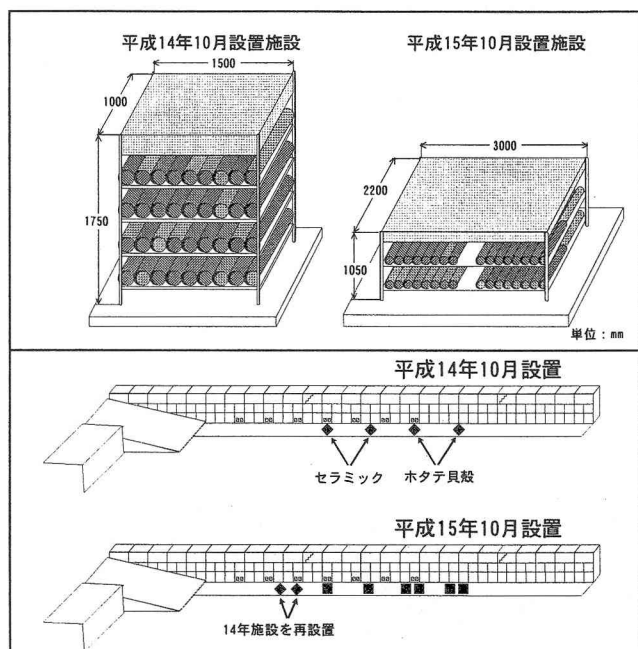


図-2 保護育成施設の形状を設置状況

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、防波堤マウンド等の大きさに合わせて大型化した（図-2）。平成15年10月に設置し、同月28日に人工種苗の放流を実施した。更に平成16年10月28日には放流初期の逸散に与える影響を調査するために放流サイズの異なる2タイプの人工種苗を比較放流した。

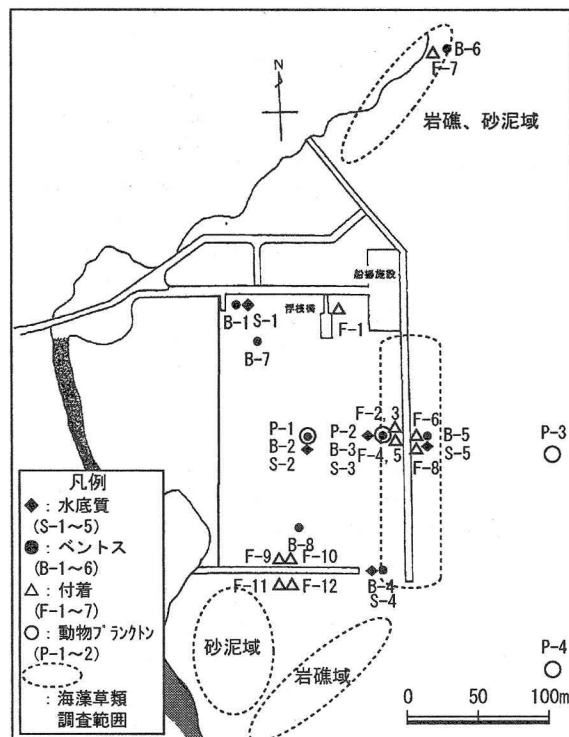


図-3 調査箇所 (1)

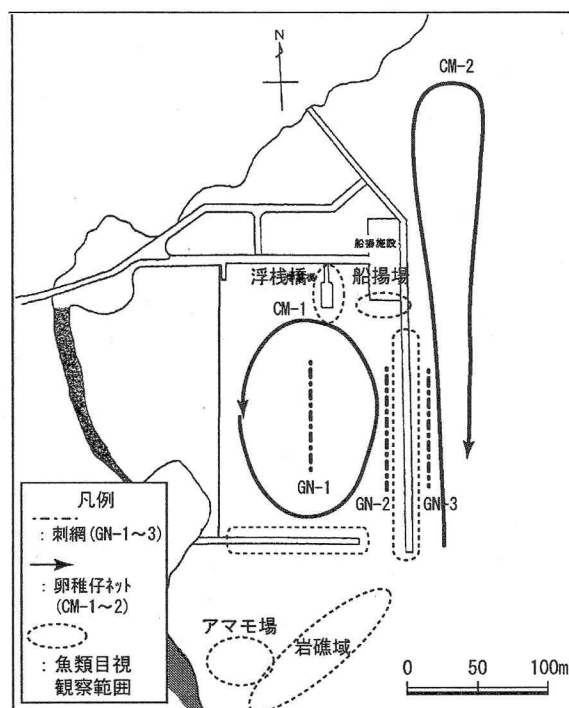


図-4 調査箇所 (2)

調査課題①については、立地環境調査（漁港の配置・構造、波浪・流況、水質、底質等）や生物調査（海藻草類、ベントス、付着生物、魚類〈卵稚仔、刺網、潜水目視〉、動物プランクトン）、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-3、4、5）を行った。

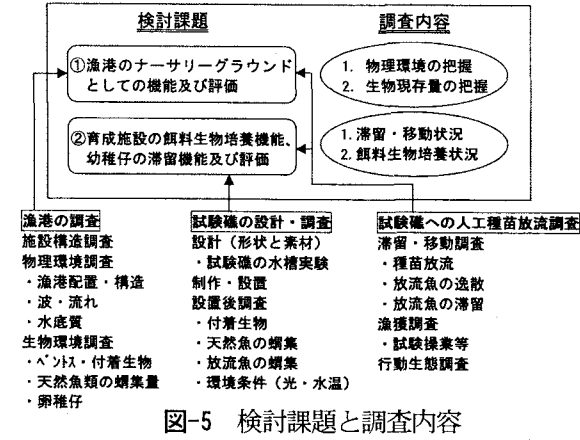


図-5 検討課題と調査内容

3. 漁港の環境特性に関する調査結果及び考察

(1) 漁港の配置

沿岸部を一部埋め立て、防波堤によって長方形に囲まれた水域面積2.8haの比較的シンプルな港形となっている。主な漁港構造物（施設）は、a) 防波堤、b) 通水孔、c) 浮桟橋、d) 船揚場により構成されている。保護育成施設を設置した東防波堤には、断面積1.4m²の通水孔が14個設けられており、波浪や流れに対して静穏性と潮通しを考慮した設計となっている。

(2) 地形

港内水深は-2～-8m程度であり、港口付近で浅く、北東側で深くなっている。底質は、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。漁港周囲を含め流入河川はない（図-6）。

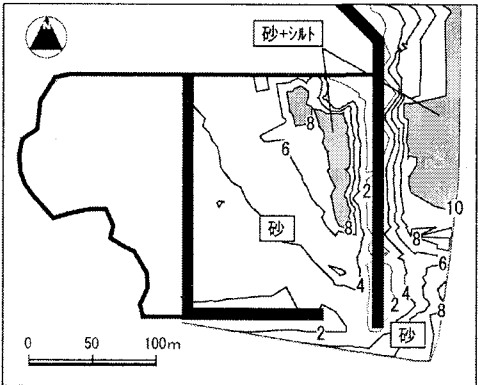


図-6 水深および底質

(3) 物理環境（波浪・流況）

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-7）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。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、大潮期に最大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7,000m³/時の導水量が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、潮汐流とそれに伴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。

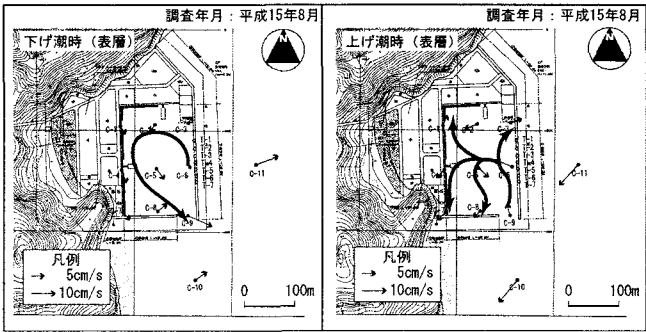
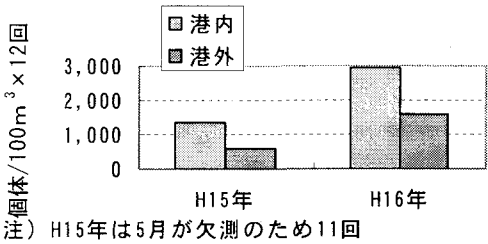


図-7 港内での流況

(4) 魚類の出現状況（卵・稚仔・刺網・潜水目視）

魚卵は、不明卵が多く、種として同定できたのは、コノシロ、カタクチイワシの2種のみであり、科や属レベルまで同定できた種としては、スズキ属、ネズボ科、メイタガレイ属、ウシノシタ科、オニオコゼ科、エソ科であった。時期的には春季～夏季に多く、10月以降はほとんど採捕されなかった。年間で累計すると港内は港外よりも多く、漁港内に集積しやすいものと思われた。

（図-8）



注) H15年は5月が欠測のため11回

図-8 魚卵の出現結果

稚仔魚は漁港内で21種、港外で14種、合わせて28種が

出現した。出現時期は冬季に多く、12月～3月にはカサゴが、7～8月にはイソギンポ科が多く採捕された。年間で累計すると魚卵と同様に、港内は港外よりも多かった。また漁港内外ともカサゴの稚仔魚の占める割合が高かった。(図-9) 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により、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。

刺網では、45種が採捕された。天然魚類の増集は個体数で漁港内外の防波堤で多く、中央部で少なかった。種類数については、地点間の差は僅かであった。主な出現種はカサゴ、メバル、スズメダイであった。

潜水目視観察では20種が確認された。場所別には浮桟橋で9種、船揚場で12種、港内の防波堤および通水孔周辺で14種、港外の防波堤で13種が確認された。主な出現種はメバル、クロダイ、スズメダイ、キュウセン、チャガラであった。

以上から出現魚類の目録を整理すると(表-1)、漁港水域には56種が出現しており、メバルやカサゴのように周年生息しているものから、カタクチイワシ、マルアジのように一時期のみ出現する魚類もみられた。成長段階別には卵～成魚までのあらゆる段階が確認されたが、特に幼魚～未成魚の出現量が多く、卵稚仔魚についても港外よりも高い出現傾向を示した。このように、白石島新漁港では幼稚魚が多く生息し、生活史の一部として利用されていることが明らかとなった。さらに、漁港によってもたらされる生息空間を機能分類するとa) 餌場、b) 休息場、c) 隠れ場、d) 産卵場に大別され、本調査ではいずれのケースも観察された。

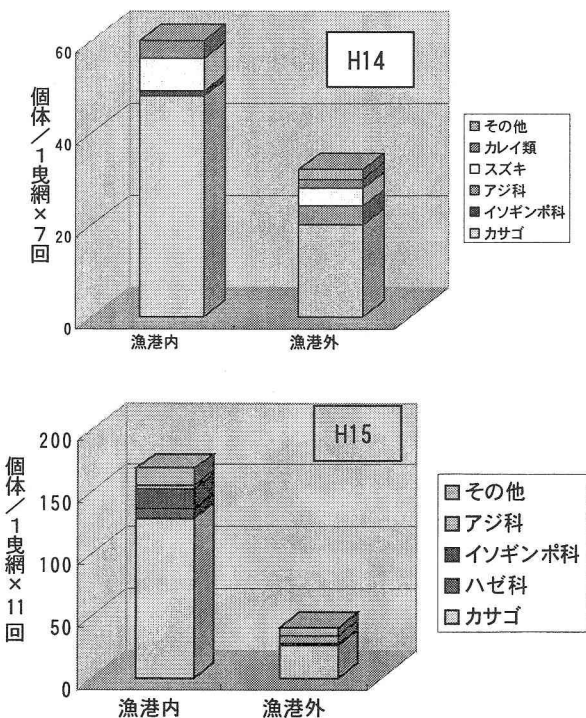


図-9 稚仔魚の採捕尾数

表-1 出現魚類目録

目名	種名	成長段階				相対出現量
		卵	稚仔	未成魚	成魚	
ウナギ	1 マアナゴ				×	少
ニシン	2 マイワシ			×		少
	3 サッパ				×	少
	4 コノシロ	◎	×		△	少
	5 カタクチイワシ	◎	×	◎		多
ナマズ	6 ゴンズイ			△		少
ヒメ	7 トカゲエソ			×		少
トゲウオ	8 クダヤガラ				×	少
ヨウジウオ	9 サンゴタツ		×			少
カサゴ	10 カサゴ		◎	○	○	普
	11 メバル			◎	○	多
	12 クロソイ			×		少
	13 ヨロイメバル			×		少
	14 オニオコゼ			△		少
	15 ハオコゼ			◎	◎	多
	16 マゴチ				×	少
	17 クジメ			○		少
	18 アイナメ			△	×	少
	19 アサヒアナハゼ			△	△	普
スズキ	20 スズキ			○	×	少
	21 キジハタ			○		少
	22 シロギス			×	×	少
	23 マルアジ			◎		少
	24 クロダイ			◎	○	多
	25 マダイ			×		少
	26 シログチ				×	少
	27 メジナ			×		少
	28 ウミタナゴ			◎	×	普
	29 スズメダイ	◎		◎	◎	多
	30 ボラ			×		少
	31 コブダイ			×	×	少
	32 ササノハベラ			○	○	普
	33 キュウセン			◎	◎	多
	34 ホンベラ			◎	◎	多
スズキ	35 イソギンポ			×	×	少
	36 ナベカ			×	×	少
	37 ムスジガジ			×	×	少
	38 ネズミゴチ			×	×	少
	39 チャガラ			◎	◎	多
	40 マハゼ			×		少
	41 アカオビシマハゼ			△	△	普
	42 ホシノハゼ					少
	43 ハゼ科			○	○	普
	44 アカカマス				△	少
カレイ	45 タマガンゾウビラメ			×	△	少
	46 イシガレイ		×			少
	47 マコガレイ			△	×	少
	48 セトウシノシタ					少
	49 イヌノシタ				×	少
	50 コウライアカシタビラメ			×		少
フグ	51 アミメハギ		×	◎	◎	多
	52 ウマツラハギ			○	△	普
	53 カワハギ			×		少
	54 ヒガンフグ			×		少
	55 コモンフグ			×		少
	56 クサフグ			×		少
計		3	6	44	33	-

◎：非常に多い ○：多い △：普通 ×：少ない
注) 種として同定されたもののみ記載

(4) 餌料生物の状況

漁港内に生息する生物群のうち、魚類の餌料生物として、動物プランクトン(かいあし類)、砂泥域に生息するベントス、漁港構造物に付着する付着動物が挙げられる。これらについて生産量を推定した(表-2)。魚類の初期餌料である動物プランクトン(かいあし類)の生産

量についてはIkeda and Motoda法⁵⁾により瀬戸内海における各季節の平均P/B比⁶⁾を用いて計算した。この結果、0.1tC/年と推定された。

ベントス、付着動物については年間平均現存量に回転率を乗じて概算するPY/BY法⁷⁾により平均回転率⁸⁾を3.4とした。この結果、ベントスで5.5t/年、付着動物で32.5t/年と推定され、付着動物はベントスの約6倍に相当する生産量であることが明らかになった。

表-2 漁港における魚類の餌料生物の生産量

対象生物	測定項目	調査結果
動物プランクトン(かいあい類)	種、体長組成	0.1tC/年
ベントス	年4回の坪刈り	5.5t/年
付着動物	"	32.5t/年

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及び考察

(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-10) 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³⁾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、育成施設1基当たりの全滞留尾数を容積で除した、付着基盤1m³あたりに換算して比較したところ、ほぼ同程度の滞留効果であることが示された。

15年度の保護育成施設調査では、2基連結+通水孔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、その他の試験区では、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。また育成施設から出たキジハタが、漁港内に留まり、成長していることも確認された。

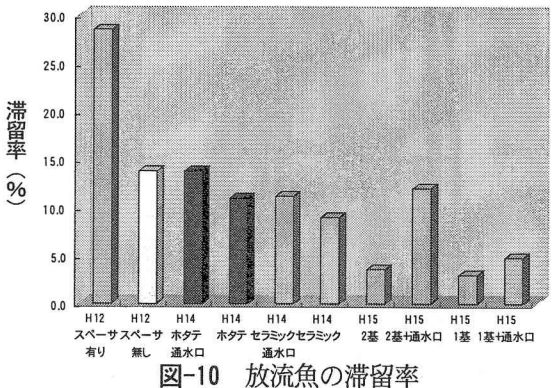


図-10 放流魚の滞留率

16年度のサイズ別比較放流調査では、5ヶ月後の滞留率は全長70mm種苗が8.4%、全長80mm種苗が3.8%であった。70mmの小型サイズでの滞留率が約2.2倍高くなり、この差は育成施設からの逸散の影響であると思われる。

このことから、育成施設を利用した種苗放流では、放流サイズを従来の全長80～90mmから小型化できることが示唆された。

(2) 天然魚の蛸集状況

15年度のモニタリング結果から、保護育成施設全体では27種の魚類が出現した。また、体長組成をみると、幼稚魚が主体であった。蛸集尾数の多い魚種としては、チャガラ、メバル、アミメハギ、スズメダイ、ハオコゼの順であった (図-11)。このうちメバル、スズメダイ、ハオコゼは周年出現した。蛸集尾数は2基連結のタイプが1基のタイプや平成14年に設置した旧礁に比べて多かった。場所別には通水孔前の試験区で卓越した (図-12)。また、稚ナマコやコウイカ、スズメダイの卵が確認され、産卵基質や幼生の着生基盤として利用されていることが明らかになった。

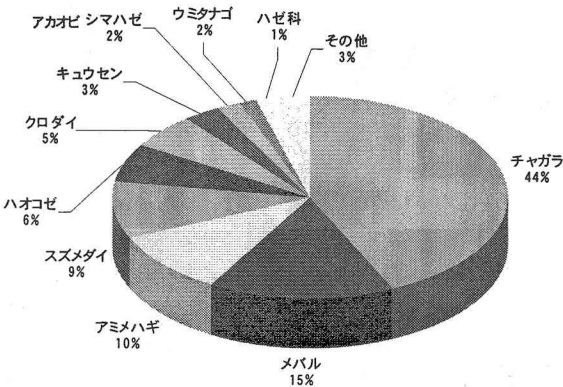


図-11 蛸集した天然魚の個体数組成

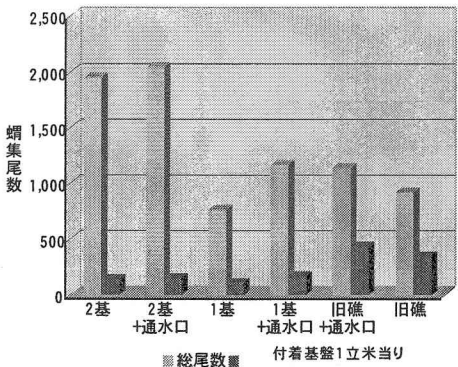


図-12 各試験区における天然魚の蛸集尾数の比較

(3) 保護育成施設への付着生物状況

15年度の保護育成施設から回収したテストピースにより、育成施設への付着生物の出現状況を比較した結果 (図-13)、付着量は経時的な増加傾向を示した。通水孔の有無による明確な差はみられなかった。設置7ヶ月以降の出現組成では軟体動物門が卓越し、次いで節足動物門、環形動物門であった。これらの多くは放流魚および天然魚の摂餌対象であると思われる。

また、設置11ヶ月後の保護育成施設の餌料培養効果を算定し、漁港構造物との比較を行った (表-3)。その結果、育成施設1基あたりの付着生物量は44kgと推定され、

防波堤垂直面（長さ200m×高さ3.6m）の1/53、被覆石設置範囲（長さ200m×幅3.5m）の1/8に相当した。これらの数値は滞留基盤のみで引き伸ばしを行っており、鋼製のフレームや天板、底板等を含んでいないことから、過少評価になっていると思われる。いずれにしても、漁港構造物に比べて、高い餌料培養効果を有していることが明らかになった。

以上より、ナーサリーグラウンドとしての機能を有する漁港内に保護育成施設を設置することにより、餌料培養効果が強化され、天然魚の増集を促し、放流魚の滞留基盤として機能することが明らかとなった。従って漁港内を「放流場」として活用することへの有効性も示された。

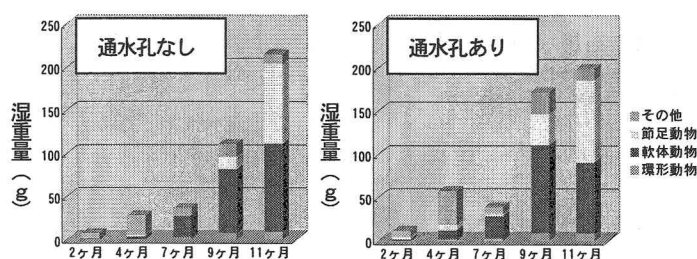


図-13 保護育成施設への付着生物出現量

表-3 保護育成施設の選好性餌料の培養効果

	調査重量 (g)	単位重量 (g)	総生産量 (kg)	比率
防波堤	147.5	3,278	2,360	53.4
被覆石	22.5	500	350	7.9
付着基盤	207.2	691	44	1
単位				
防波堤	g/0.045㎡	g/㎡	720㎡	
被覆石	g/0.045㎡	g/㎡	700㎡	
付着基盤	g/30cm	g/m	64本/基	

5. まとめ

- ① 漁港内は港外と比べて波高比で20～40％に減衰される高い静穏性と、潮差3mの潮汐流に加えて、通水孔による導水7,000m³/h（いずれも大潮期）により海水交換が促進されている。こうした物理特性が幼稚魚や放流魚の生息環境を良好に維持しているものと推察された。
- ② 漁港内では56種の魚類が出現しており、卵～成魚まであらゆる成長段階の利用がみられた。特に幼魚～未成年魚の出現量が多く、卵・稚仔魚についても港外よりも高い出現傾向を示した。また、こうした魚類の出現状況は漁港水域の生息環境を特徴づけているものと思われる。
- ③ 漁港内の餌料生物量を推定したところ、動物プランクトン（かいあし類）：0.1t/年、ベントス：5.5t/年、付着生物：32.5t/年であり、これらの多くは魚類の餌料として利用されていると考えられた。
- ④ 漁港内に設置する保護育成施設の滞留基盤の素材としてはホタテ貝殻が有効であり、設置位置は通水孔前が良好であった。
- ⑤ キジハタ人工種苗の滞留率は、放流サイズや水温に

影響されることが考えられ、港内設置型の保護育成施設の導入により、放流サイズを小型化でき、中間育成の経費節減に貢献するものと思われる。

- ⑥ 保護育成施設への天然魚の増集は27種が観察され、幼稚魚が主体であった。
- ⑦ 保護育成施設の餌料培養効果を算定したところ、育成礁1基あたり44kgと推定され、防波堤全体の1/53、マウンド被覆石全体の1/8の現存量であり、漁港構造物の単位面積と比較し、より高い培養効果が得られた。
- ⑧ 漁港における魚類の生息空間を機能分類すると、a) 餌場、b) 休息場、c) 隠れ場、d) 産卵場に大別され、さらに保護育成施設を設置することにより、e) 放流場としても有効利用でき、漁港水域における水産資源の増殖機能強化に結びつくものと結論づけられた。
- ⑨ 今後は、本研究で得られた知見をもとに、防波堤等の漁港施設に保護育成施設を組み込み、配置や構造等に改良を加えることにより、係船等の漁業活動に支障を与えることなく、漁港における多面的な水域利用に貢献するものと思われる。

また本報告における保護育成施設は、漁港漁場整備法に定める漁港施設ではないが、今後漁港施設とされるべきものであると考え漁港施設の開発と題したものである。

謝辞：本研究は水産庁の委託により、平成14～16年度に実施した調査に基づいて、取りまとめたものである。調査の実施及び解析に際しては、調査推進検討委員会（委員長：公立はこだて未来大学教授 長野 章）の委員の方々に貴重なご意見、ご指導を頂いた。また、本稿をまとめるにあたり（株）水土舎の三浦浩氏に協力頂いた。ここに記して謝意を表する。

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) 中泉昌光・川合信也・押谷美由紀・萱野泰久・古村振一・小畑泰弘：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，海洋開発論文集，Vol. 20, pp. 1163-1168, 2004.
- 3) 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.
- 4) 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魚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.
- 5) Ikeda, T. and S. Motoda: Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent seas. *Fish. Bull.*, Vol. 76, pp. 357-366, 1978.
- 6) Uye, S., H. Kuwata and T. Endo: Standing stocks and production rates of phytoplankton and planktonic copepods in the Inland Sea of Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, Vol. 42, pp. 421-434, 1986.
- 7) 玉井恭一：海洋と生物，10～11，1988-1989.
- 8) 岡市友利・小森星児・中西弘（編）：瀬戸内海の生物資源と環境，恒星社厚生閣，pp. 71-75, 1996.