

1. 調査課題名：漁港における幼稚仔育成施設の開発調査

2. 実施機関及び担当者名

- ・(独) 水産総合研究センター 玉野栽培漁業センター 小畑 泰弘
- ・岡山県水産試験場 古村 振一
- ・(財) 漁港漁場漁村技術研究所 第1調査研究部 川合 信也
- ・ " 第1調査研究部 押谷 美由紀

3. 調査のねらい

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、漁港のナーサリーグラウ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。

4. 調査内容

(1) 調査実施年度

平成 14～16 年（3ヶ年継続）

(2) 調査海域

岡山県笠岡市白石島新港で行った（図 1、写真 1）。



図 1 調査地点



写真 1 白石島新漁港の概観

(3) 調査体制

本調査の調査体制は図2のとおりで、学識経験者から構成される調査推進検討委員会を設け、調査計画及び結果についての提案及び評価を行った。漁港における調査は、岡山県が漁港内外の生物的化学的調査、育成礁の製作及び設置を、玉野栽培漁業センターが育成礁の開発、育成礁に関する種苗放流及び生物培養機能調査を、(財)漁港漁場漁村技術研究所が漁港内の物理的生物的環境調査等を行った。

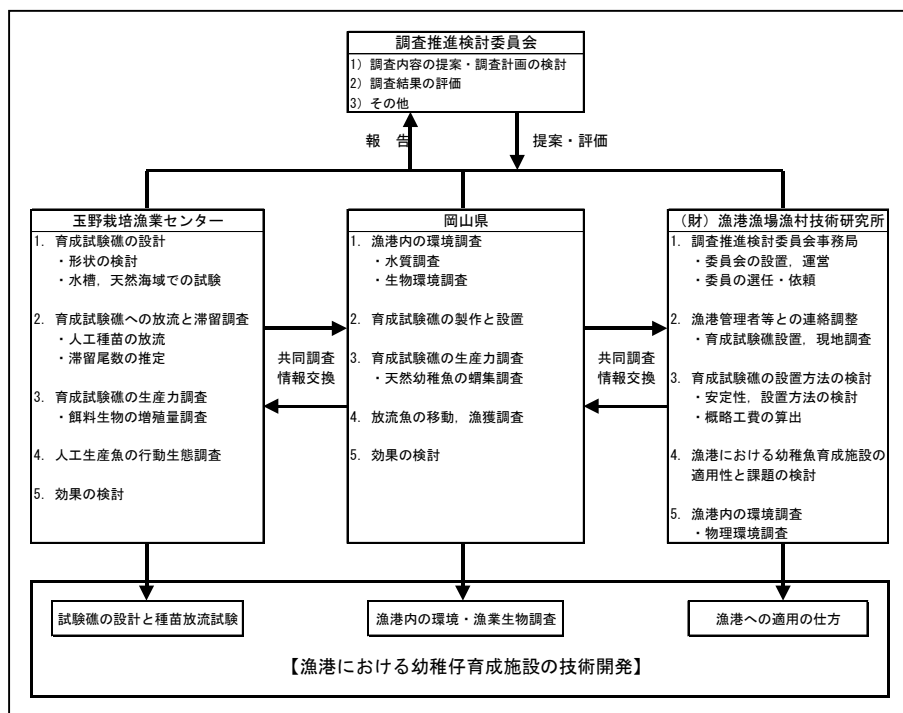


図2 調査体制

(4) 調査方法

1) 漁港の環境特性に関する調査

①物理環境（波高・流況）

波高観測は港内外の各1点において船舶の動揺を一定時間ビデオ撮影し、波高換算した。流況は大潮期に港内9点、港外2点において流向流速計を用いて測定を行った。また、通水孔内において自記式流速計による1昼夜連続観測を行った。

②水質（透明度・水温・塩分・pH・溶存酸素量・COD・DIN・クロロフィルa）

港内4点、港外1点において毎月採水を行い、各項目の分析を行った。なお、CODおよびDIN、クロロフィルaはH16年度のみ実施した。

③底質（強熱減量・全硫化物・COD・粒度組成）

H16年度の夏季に、水質調査点と同様の5点とベントス調査の港外1点を加えた計6点において、潜水によりコアサンプラーを用いて海底面から10cm程度採取して、各項目の分析を行った。

④生物（海藻草類・ベントス・付着生物・魚類〈刺網、潜水目視、卵稚仔〉・プランクトン）

ア) 海藻草類

漁港北側岩礁及び砂泥域、東防波堤外側及び内側、漁港南側岩礁及び砂泥域の4ヶ所を潜水目視観察し、代表的な植生の場所において、一定面積を採刈りした。

イ) ベントス・付着生物調査

港内6～7点、港外2～3点において一定面積を採取した。

ウ) 魚類

漁港内外の蛸集状況（種類、量、大きさ等）を把握するために刺網・潜水目視観測を行った。さらに、刺網で漁獲された主な魚類について胃内容物を調査した。

エ) 卵稚仔調査

小型稚魚ネット（CMネット）を用い、港内と港外において2ノットで10分間の表層曳きを行った。

オ) プランクトン調査

港内外の各2点において、簡易プランクトンネットによる鉛直曳きを実施した。

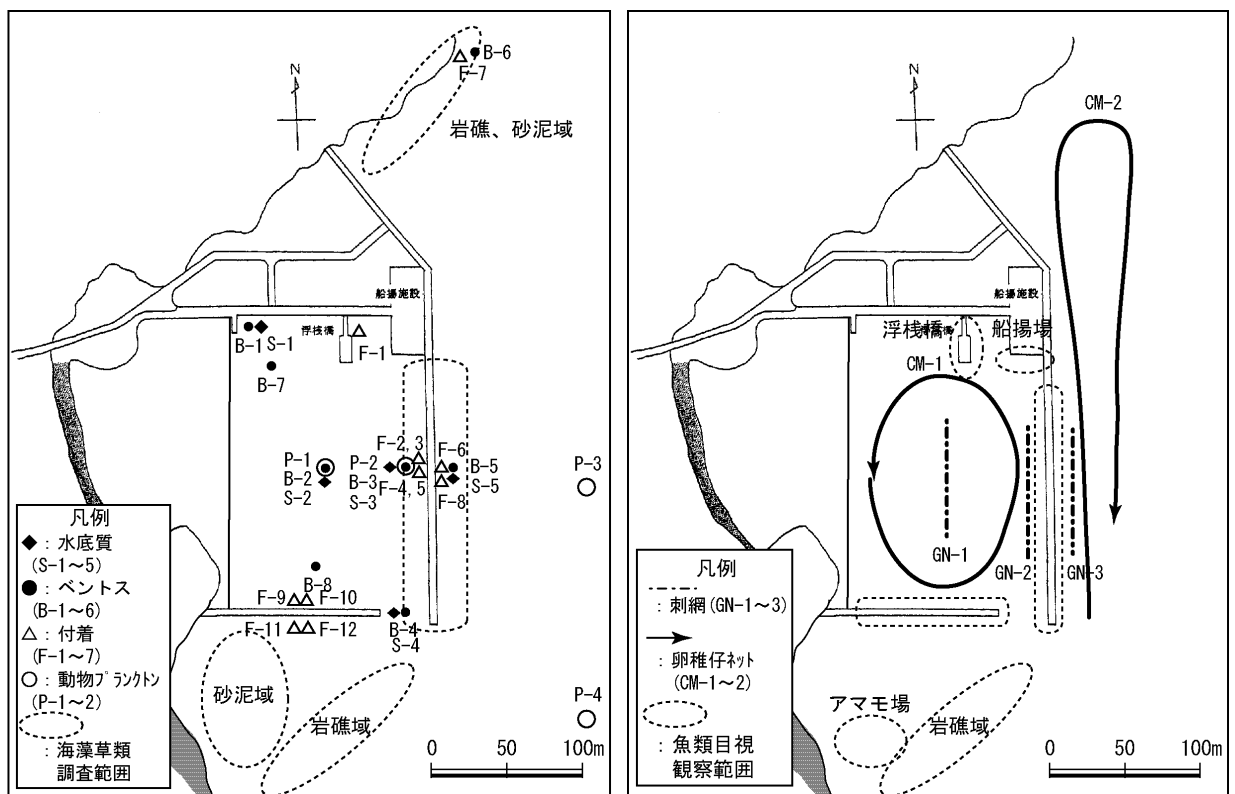


図3 (1) 調査地点

図3 (2) 調査地点

2) 育成施設の開発

漁港内の防波堤沿いに設置できる条件を備えた育成施設の形状、滞留基盤の素材の検討を行うため、人工種苗を用いた水槽実験及び試験礁による放流実験を行うとともに、試験礁による餌料培養効果、天然魚の蛸集効果などにより比較を行った。

2) 育成施設における放流魚の滞留状況及び天然魚の蝟集状況に関する調査

1) で得られた結果に基づき育成施設を作製、設置し、育成施設がもつ人工種苗の放流後の保護効果、天然魚の保護育成効果、餌料培養効果などを調査した。

5. 調査結果

(1) 漁港の環境特性に関する調査

1) 調査海域の概要

白石島のある笠岡市は岡山県南西部に位置し、広島県福山市に接している。白石島は笠岡諸島のほぼ中間に位置し、笠岡港から約10kmの沖合いにある。周辺の海域は水深10～20mの平坦な砂泥域となっているが笠岡諸島周辺には岩礁帯が発達し、水深40m以深の深みも見られる複雑な海底地形となっている。高島と白石島に挟まれた海域は、平成3年から12年にかけて多数の自然石や魚礁を設置し大規模な漁場造成が行われ、海洋牧場区域に指定されている。また、音響給餌ブイが設置され、種苗放流も盛んに行われている。

今回の調査場所である白石島漁港は、海洋牧場区域に近く、白石島の東側に新設された漁港で、平成3年に着工され現在も造成中の漁港である。地元漁協はキジハタ等の中間育成に熱心で、調査にも協力的である。

2) 海底地形

白石島東側の入り込んだ地形を一部埋立て、防波堤によって長方形に囲んで静水域を確保している。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。港外側の水深-10m以深ではシルトが多くなる傾向がある。南防波堤の外側には天然の岩礁域が汀線付近から漁港出口にかけて伸びており、満潮時には水没、干潮時には露出する。この岩礁域と南防波堤で囲まれた範囲は、砂泥底でポケットビーチとなっている。

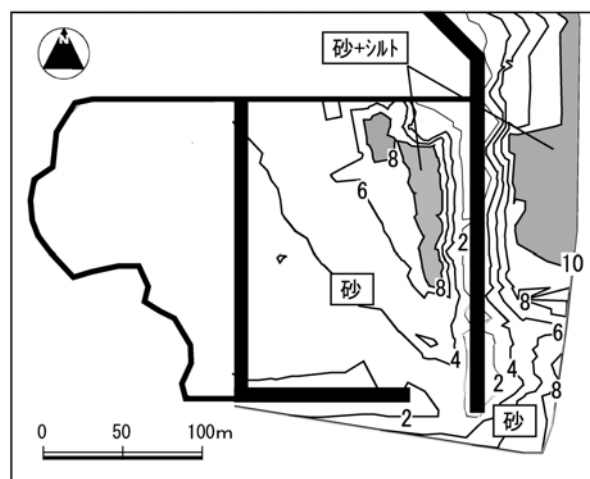


図4 水深および底質

3) 物理環境 (波・流れ)

① 波浪条件

設計沖波 (30 年確率波・有義波高) は波向 ENE の時、波高 2.3m、周期 2.4s であった。また月別最大波 (2001.3~2002.2 の風観測データから推算) は主な波向、ENE、波高 0.34~0.65m であり、比較的穏やかであった。

静穏度解析結果から、東防波堤では概ね 30cm 以下の波高であり、北側の浮棧橋や南防波堤では波向きによって最大波高 50cm~80cm が予想された。波高比では、港口と北東側の一部の防波堤を除けば、沖波の 20~40% 程度の減衰が予想された。

ビデオ撮影による実測では、港外の有義波高 20cm に対し、港内では 5cm であり、約 20% の減衰がみられた。また航跡波 (1t 未満の船) により有義波高 50cm の波が観測されたことから、静穏時には航跡波が卓越した。

② 流況

下げ潮時には、漁港内を反時計回りにまわって、港口から流出する環流が形成されていた (図 5)。上げ潮時には港口から東防波堤沿いに流入し、中央部付近で分散していた。層別には、上げ潮時、下げ潮時ともに表層で強く、下層で弱い傾向がみられた。港口部では 12 時間周期の流れが観測され、潮汐流が卓越していることを示していた。

通水孔の流速結果では、港奥側の通水孔では、最大 36cm/s、平均 10~17cm/s の往復流が観測された (図 6)。また、港口側の通水孔では、最大で 31cm/s、平均 9~13cm/s の往復流が観測された。パワースペクトルの解析結果では、周期は 4 時間と推定された。通水孔の平均流速を 10cm/s とすると、漁港全体では約 2m³/s、2 時間毎に約 15,000 m³/s 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。

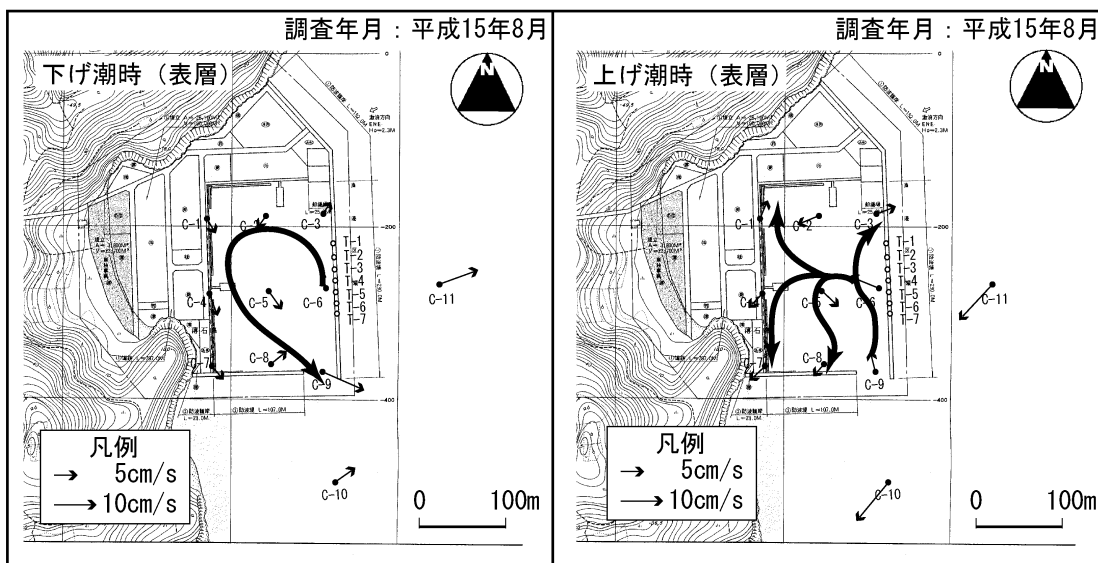


図 5 港内の流況 (大潮期)

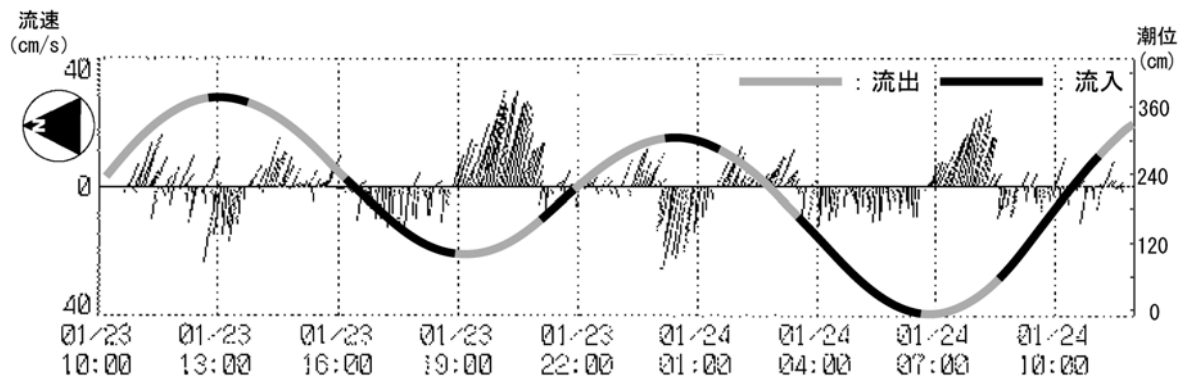


図6 通水孔における流速と潮位の関係

4) 水質

水温は9.1～29.5℃の範囲で推移した。4月～7月で表層が底層より2℃程度高かったが、その他の月では差は僅かで、港内と港外の差も僅かであった。

塩分は夏季に低く、冬季に高い傾向が見られた。平成16年度は例年に比べ雨が多く、塩分濃度は低めに推移し、表層と底層の差が見られるときもあった。漁港内と港外については、ほとんど差が見られなかった。平成15年7月の表層における低塩分は高梁川からの河川水流入に伴う現象で、塩分は一時的に20psuまで減少した。

pHは7.8から8.2の範囲で変動しており、冬季を除いて表層で高い傾向が見られた。平成16年度の夏季にS-1、S-3の底層で7.8よりも低くなった。

溶存酸素量は2.54～6.63ml/lの範囲で変動しており、冬季に高く夏季に低く、概ね表層で高く底層で低い傾向であった。港内と港外では、底層で港内が低い傾向が見られ、S-1では夏季の最低値として2.54ml/lを記録した。

CODは1.34～0.45mg/lの範囲で変動しており、岡山県海域の平均値と比べても大きな違いは見られなかった。

DINは、0.36～18.91μg-at/Lに範囲で、クロロフィルa量は1.07～21.63μg/Lの範囲で変動しており、概ね岡山県海域の平均値と比べて低い値となっている。

5) 底質

強熱減量は1.05～8.17%、全硫化物は0.03～1.75mg/g乾泥、CODは1.71～23.15mg/g乾泥の範囲であった。全ての項目でS-1とS-3が非常に高かった。また、粒度組成でも泥分の割合が高かった。

水産用水基準の「CODと全硫化物に基づく底質の有機汚染度」に当てはめるとS-1、2、4、5、B-6は正常泥であるのに対してS-1とS-3は汚染された泥であるという結果となった(図7)。

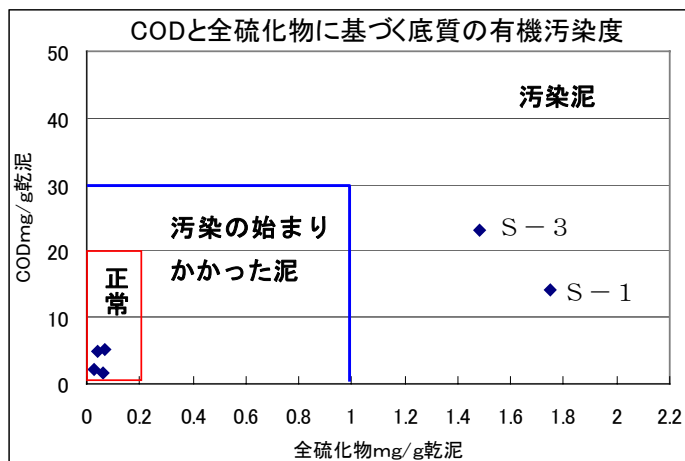


図7 底質の有機汚染度（8月）

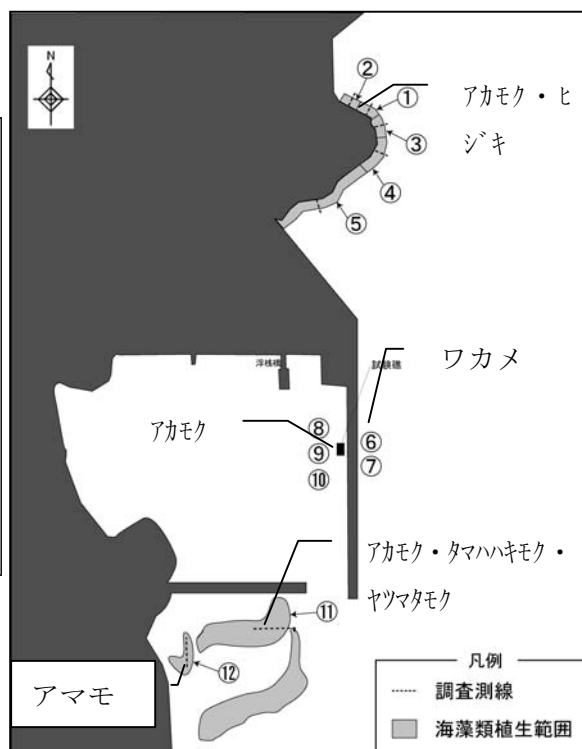


図8 海藻草類の分布状況

6) 生物

① 海藻草類

漁港北側の岩礁域の水深2～4mでは主にアカモクが、水深0.5～1mではヒジキが多数見られた。沖の砂浜には少量ではあるが直径50cmほどのアマモ場がパッチ状に繁茂している場所が確認されたが、H17年1月の調査では確認できなかった。

H16年3月には東防波堤外側側面でワカメが被度100%で密生していたが、H17年1月にはワカメの被度は40%であった。

漁港南側の岩礁域の水深2～6mでも主にアカモクが見られた。その他としてタマハキモクや、ヤツタモクも確認された。水深0～3mではヒジキ、ウミトラノオ見られた。岩礁周囲は礫交じりの砂泥質の海底が広がっておりアマモが30本/m²程度繁茂していた。点在する大礫上にはアカモク、タマハキモクが着生していた。

育成礁の上面にもアカモクが見られた。

② ベントス

測点の概要を表1に、出現結果を図9～12に示す。年間を通じた出現傾向は、調査年によって異なっており、平成15年度には、夏季に多く、春季で少なかった。平成16年度には春季～秋季で多く、冬季は少なかった。

地点別には港外（B5、B6）や港口（B4）で多かった。港内では水深が深くなり、さらに港奥にいくほど出現量が少ない傾向がみられた。

出現組成（個体数別）では軟体、環形、節足動物門がほとんどを占めていた。水深

の深いB 1～3、また港口付近のB 4、B 8 では節足動物門が優占していた。

表 1 測点の概要

	場所	水深 (m)	底質		場所	水深 (m)	底質
B-1	港内	6.9	シルト	B-5	港外	9.6	砂
B-2	"	4.1	砂	B-6	港内	1.4	砂
B-3	"	8.4	砂+シルト	B-7	"	6.7	砂
B-4	"	2.7	砂	B-8	"	2.9	砂

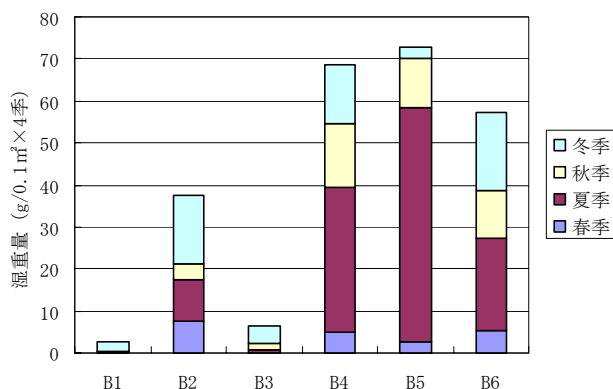


図 9 ベントスの出現結果 (H15)

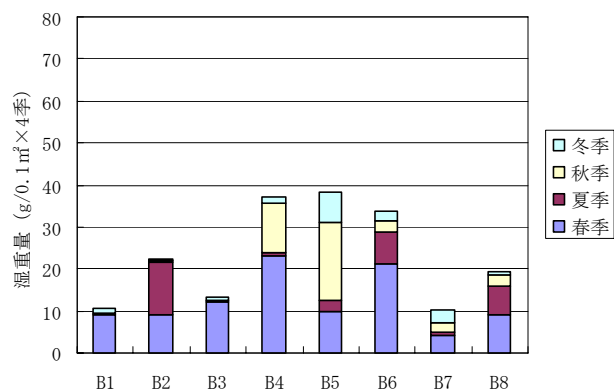


図 10 ベントスの出現結果 (H16)

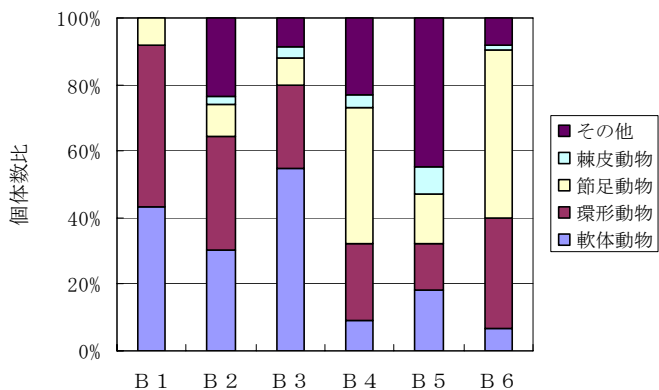


図 11 ベントスの出現組成 (H15)

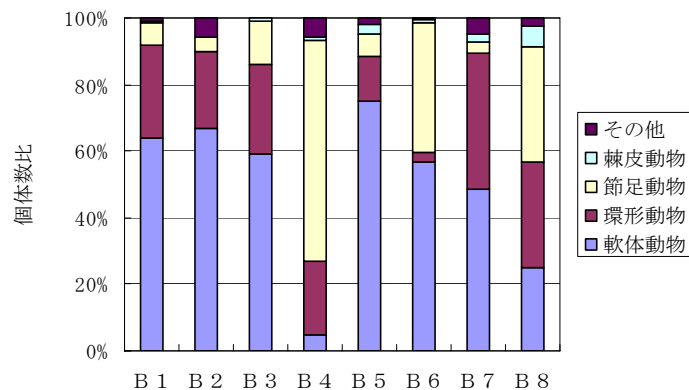


図 12 ベントスの出現組成 (H16)

③付着生物

測点の概要を表 2 に、出現結果を図 13～16 に示す。季節的な消長は年度によって異なっていたが、年間を通じた出現傾向は類似していた。地点別には港内外ともに防波堤の垂直面で出現量が多く、張り石では少なかった。通水孔付きの防波堤の付着量が全地点の中で最も多かった。

出現組成（個体数別）では軟体、環形、節足動物門が大部分を占めていた。中でも節足動物門が多い傾向を示した。浮棧橋では、軟体動物門の出現量が少なかった。

表2 測点の概要

	場所	水深 (m)	付着基盤		場所	水深 (m)	付着基盤
F-1	港内	0.5	浮き桟橋	F-7	港外	0.7	岩盤
F-2	"	2.1	孔無防波堤	F-8	"	2.4	張り石
F-3	"	2.4	孔無張り石	F-9	港内	2.3	防波堤
F-4	"	2.3	孔有防波堤	F-10	"	2.4	張り石
F-5	"	2.4	孔有張り石	F-11	港外	2.3	防波堤
F-6	港外	2.1	防波堤	F-12	"	2.4	張り石

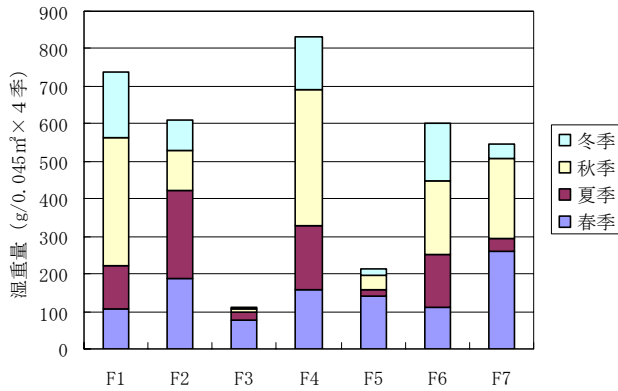


図13 付着生物の出現結果 (H15)

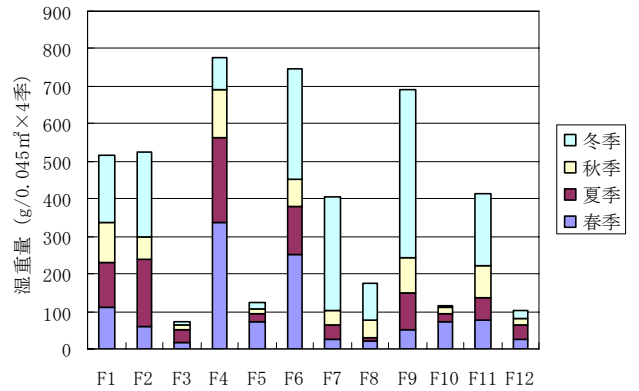


図14 付着生物の出現結果 (H16)

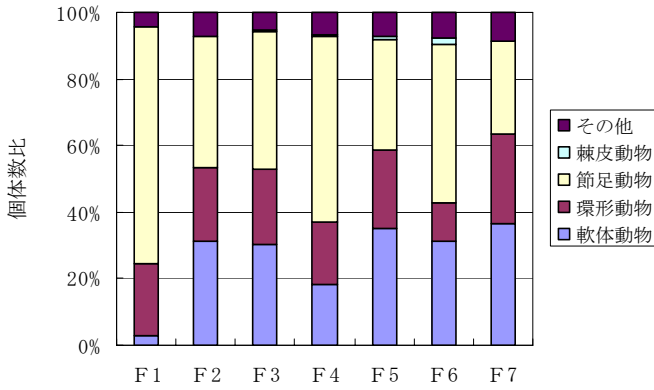


図15 付着生物の出現組成 (H15)

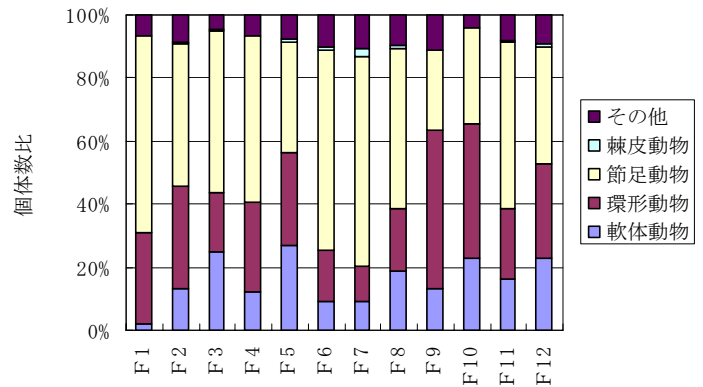


図16 付着生物の出現組成 (H16)

④魚類

ア)魚卵

魚卵は、不明卵が多く、種として同定できたものは、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、ネズッコ科、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。時期的には春から夏に多く10月以降はほとんど採捕されなかった。港内と港外では港内の方が採捕数は多かった。

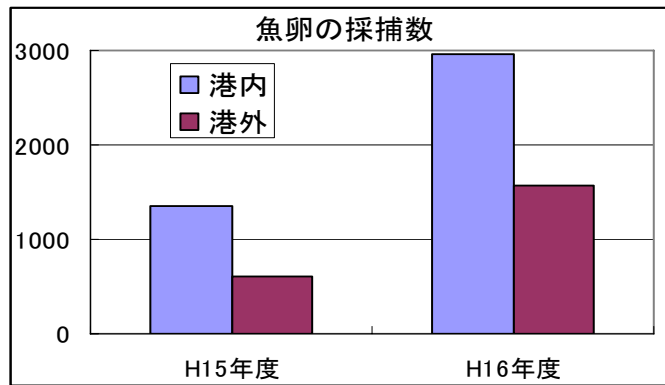


図 17 魚卵の出現結果

イ) 稚仔

稚仔は漁港内で21種、港外で14種、合わせて28種類が出現した。漁港内港外ともカサゴの稚仔魚が占める割合が特に高く港内で73%、港外で64%を占めた。漁港内の方が港外よりも稚魚の出現量は多かった(図18、19)。

出現時期は魚卵と異なり冬期を中心に出現し、12月～3月がカサゴ、7、8月にイソギンポ科が多く出現した。漁港内外で多く見られる、メバル、スズメダイは稚仔魚の段階ではほとんど採捕されなかった。12月以降漁港内の刺網で採捕されたカサゴの中には、稚仔魚を孕んでいる個体が見られるため、漁港内で生まれた稚仔魚が滞留していると思われる。

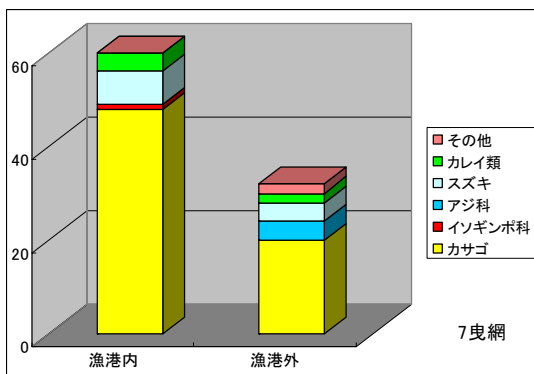


図 18 稚仔魚の採捕尾数 (H14)

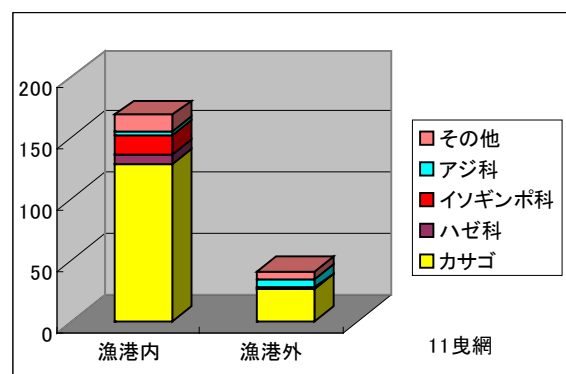


図 19 稚仔魚の採捕尾数 (H15)

ロ) 刺網

刺網では56種、2250尾が採捕された。GN-1での主な出現魚種はマルアジ、イシガニ、カタクチイワシ、GN-2ではメバル、カサゴ、スズメダイ、GN-3ではズメダイ、メバル、ササノハベラであった。漁港中央部よりも防波堤内外の方が採捕尾数は多かったが、種類数はあまり変わらなかった。

キジハタはGN-1で2尾、GN-2で15尾、GN-3で5尾、合計22尾再捕され、内鱗切除個体は10尾認められた。

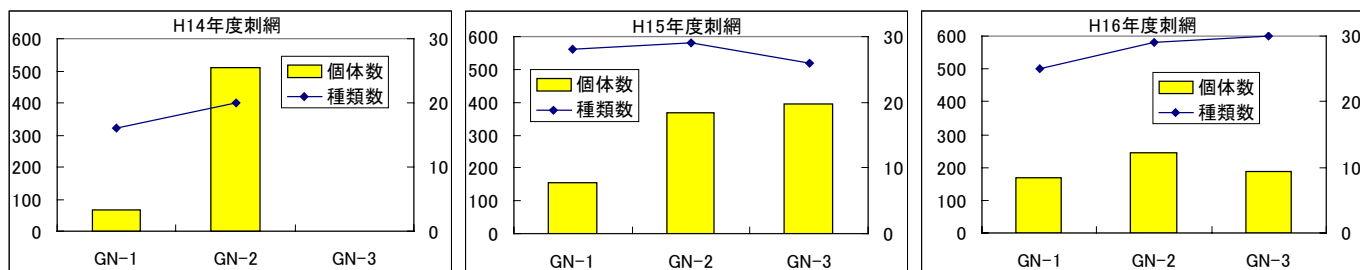


図 20 刺網の採捕結果

表 3 刺網で採捕された魚類

目名	種名	漁港中央 GN-1	防波堤内側 GN-2	防波堤外側 GN-3	目名	科名	種名	漁港中央 GN-1	防波堤内側 GN-2	防波堤外側 GN-3	
ウナギ	1 マアナゴ	×			カレイ	ヒラメ	45 タマガンゾウビラメ	×		×	
	2 マイワシ	×					46 イシガレイ				
	3 サツバ	×					47 マコガレイ	×	×	×	
	4 コノシロ	△		×			48 セトウシノシタ	×			
	5 カタクチイワシ	○	○	△			49 イヌシタ	×			
ナマズ	6 ゴンズイ	△	△	×	フグ	カワハ	50 コウライアカシタビラメ		×		
	7 トカゲエソ	×		×			51 アミメハギ	×	×	△	
ヒメ	8 クダヤガラ		×		フグ	カワハ	52 ウマヅラハギ	×			
トゲウオ	9 カサゴ	×	◎	○			53 カワハギ		×	×	
カサゴ	11 メバル	△	◎	◎	その他	その他	54 ヒガンフグ		×	×	
	12 クロソイ	×	×	×			55 コモンフグ	×	×	×	
	13 ヨロイメバル		×	×			56 クサフグ		×		
	14 オニオコゼ	△	×	×			57 ガザミ	×			
	15 ハオコゼ	×	○	◎			58 イシガニ	◎	○	×	
	16 マゴチ	×					59 フタハベニツキガニ		×	×	
	17 クジメ	×	△	×			60 ヒシガニ	×			
	18 アイナメ		×	×			61 シヤコ	×			
	19 アサヒアナハゼ		×				62 コウイカ	×	×	△	
	スズキ	20 スズキ	×	×			×	63 カミナリイカ		×	
21 キジハタ		×	△	×	64 アオリイカ		×				
22 シロギス		×		×	65 ヒメコウイカ		×				
23 マルアジ		◎	×		66 マダコ			×			
24 クロダイ		×	×	×	67 サザエ		△	×			
25 マダイ			△	×	68 ヒメセミエビ		×				
26 シログチ				×	69 トリガイ	×					
28 ウミタナゴ		×	×	×	70 マナマコ	△	×	×			
29 スズメダイ			◎	◎	71 アカニシ	×					
30 ボラ		×									
32 ササノハベラ			×	◎							
33 キュウセン		×	△	△							
38 ネズミゴチ		×	×								
42 ホシノハゼ			×	×							
44 アカカマス		△	△								

◎:非常に多い(51尾以上) ○:多い(30~50尾) △:普通(10~30尾) ×:少ない(1~10尾)

エ) 目視観察

浮棧橋では9種、984尾が観察され、真下、周辺、アンカーチェーンにメバルが多数定位していた。8月にはスズキが観察された。船揚場(スロープ)では12種、864尾が観察され、チャガラ、スズメダイが群れで定位していた。防波堤内側では

捨石やセルラーブロック付近を中心に14種、2689尾が観察され、クロダイ、スズメダイ、メバル、キュウセン、ウミタナゴの順に多く出現した。防波堤外側では13種、1626尾が観察されスズメダイ、クロダイ、メバル、キュウセン、ウミタナゴ、チャガラの順に多く出現し、特にスズメダイが多数群れていた。外側の方が内側よりも大型の個体が多く、個体数も多かった。通水口周辺では、スズメダイ、クロダイ、ハオコゼ等14種、611尾が観察された。刺網では漁獲されないメジナ、コブダイ、ウマズラハギも確認され、21種類以上が観察された。

表4 目視観察で確認された魚類

目名	種名	相対出現量	確認場所							
			港内				港外			
			防波堤	浮棧橋	育成礁	船揚場	通水口	防波堤	アマモ場	岩礁域
ニシン ナマズ カサゴ	1 カタクチイワシ	◎	◎	◎						
	2 ゴンズイ	×			×					×
	3 メバル	◎	○	◎	◎	△	△	◎	×	◎
	4 カサゴ	×				×	×		×	
	5 オニオコゼ	×	×		×					
	6 ハオコゼ	◎	◎		◎	×	◎	○	△	×
	7 アイナメ	×			×		×			×
	8 クジメ	△		×	△		×		×	×
スズキ	9 スズキ	○		○						
	10 キジハタ	△	×		◎	×	×	×		
	11 クロダイ	◎	◎	×	○	△	○	◎	△	
	12 メジナ	×					×			
	13 ウミタナゴ	○	○	△	○	×	×	◎	×	×
	14 ホンベラ	△				×		◎	×	
	15 スズメダイ	◎	◎		◎	◎	◎	◎		○
	16 コブダイ	×	×							
	17 キュウセン	◎	◎		○	△	◎	◎	△	×
	18 チャガラ	◎	◎		◎	◎	△	◎		
フグ	19 アミメハギ	○	△	△	◎	×		△	×	
	20 ウマズラハギ	△	×	×	×		△	△		×
	マナマコ	△	×		○					

◎:非常に多い(51尾以上) ○:多い(30~50尾) △:普通(10~30尾) ×:少ない(1~10尾)

*4月から1月までの結果

カ) 胃内容物

スズメダイはホヤ類の幼生と単脚類、メバルは多毛類とカイアシ類、ハオコゼは単脚類を主に捕食していた。キジハタは魚類と十脚類を重量比でほぼ半分であった。クジメは単脚類、多毛類、十脚類の他に海藻類、マコガレイは主に多毛類を捕食していた。

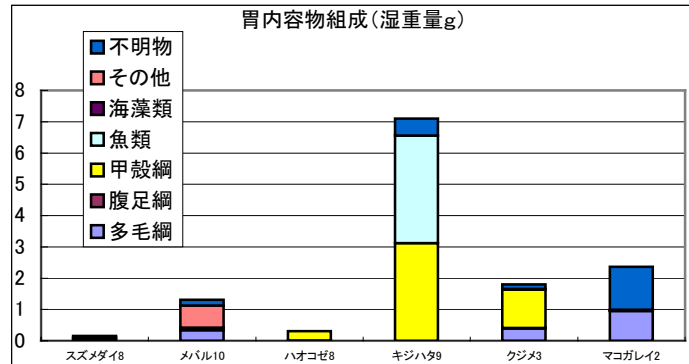


図 21 胃内容物 (湿重量)

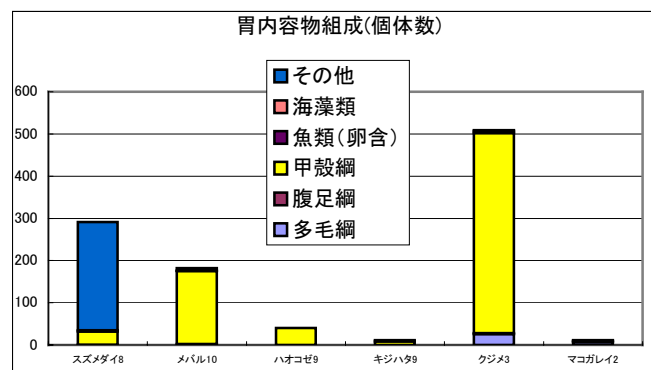


図 22 胃内容物 (個体数)

⑤動物プランクトン

動物プランクトン全体および、かいあし類の出現結果を図 23、24 に示す。港内では 20～42 種の出現があり、1 立米あたりの出現量は 8 千～11.8 万個体であった。港外では、25～45 種の出現があり、1 立米あたりの出現量は 8 千～8.6 万個体であった。港内、港外とも春季～夏季に多く、秋季～冬季に少ない傾向がみられた。

かいあし類の 1 立米あたり出現個体数は港内で 5 千～4.2 万、港外で、5 千～3.7 万個体であった。出現傾向は、動物プランクトン全体とほぼ同様であった。

港内における動物プランクトンおよび「かいあし類」の出現量は港外に比べて、遜色なく、港内においても港外同様の餌料環境が維持されているものと思われる。

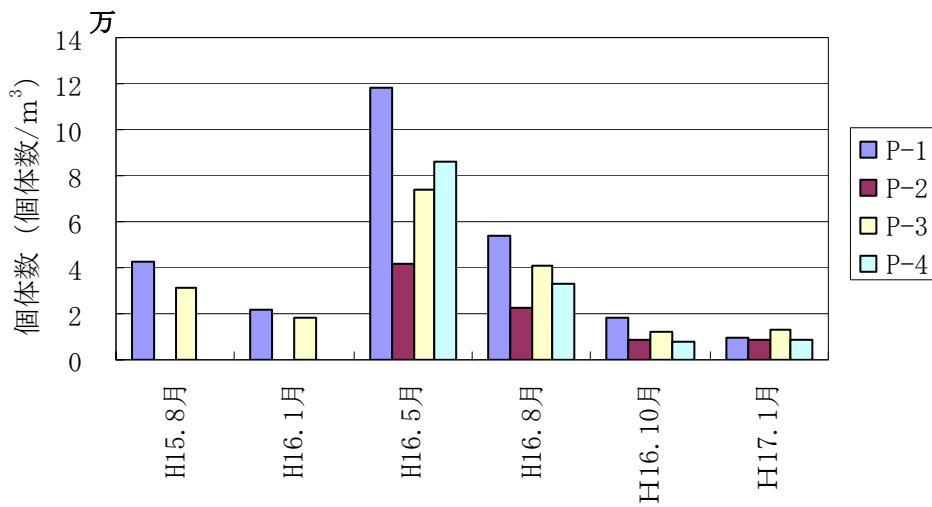


図 23 動物プランクトンの出現結果

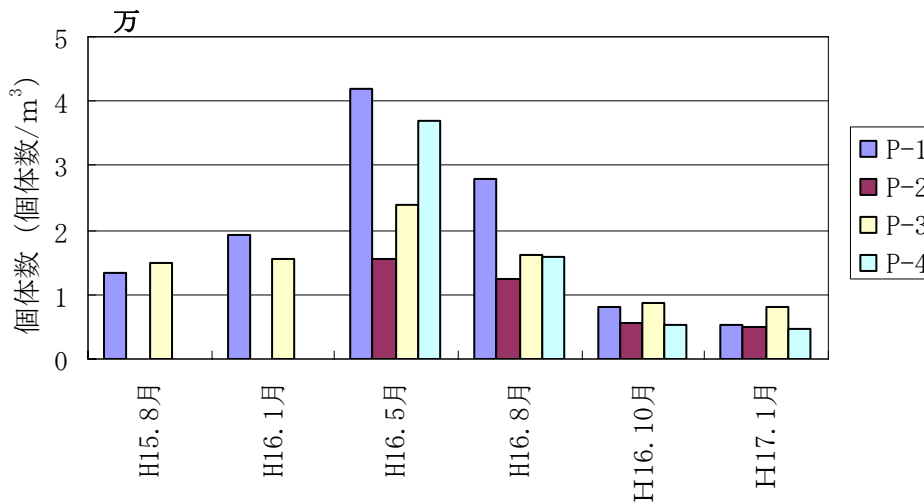


図 24 かいあし類の出現結果

(2) 育成礁の開発

1) 育成試験礁の制作

育成試験礁の大きさは設置予定場所の最低水深（約 2.5m）を考慮して高さ約 2m 以内とし、形状は通水性を考慮して柵型とした（図 25）。滞留基盤には直径 15cm、長さ 100cm の円柱形のトリカルパイプに、ホタテ貝殻礁は 3cm のスペーサ付き、セラミック礁は空隙率 80%以上になるよう備前焼の破片をトリカルパイプに詰めたものを用いた。それぞれ 2 基ずつを通水口の有無により防波堤沿いの 4 カ所に設置した。

平均全長 79.7mm のキジハタ人工種苗を各試験礁へ 500 尾ずつ計 2,000 尾、対照区として、セラミック試験礁 2 基の中間地点及びホタテ貝殻試験礁 2 基の中間地点へ、500 尾ずつ計 1,000 尾を放流して、4 ヶ月後に各試験礁を引き揚げて滞留尾数を計数した。その結果、ホタテ貝殻試験礁の通水口前が 69 尾（13.8%）で最も滞留率が高かった（表

5)。ホタテ貝殻試験礁の方がセラミック試験礁に比べて滞留率が高く、通水口前の方が通水口なしに比べて滞留率が高かった。また、キジハタ人工種苗の滞留は、試験礁の位置でも違いが見られ、上部2段より下部2段の方が滞留尾数が多かった。

天然魚の蛸集効果を比較するため、設置後

4ヶ月までに9回の潜水目視観察調査を行った結果、総観察尾数はホタテ貝殻試験礁の通水口前が1,528尾(19種類)と最も多く、次いでセラミック試験礁の通水口前が1,257尾(12種類)であった。ホタテ貝殻試験礁の方がセラミック試験礁に比べて蛸集尾数も多く、通水口前の方が通水口なしに比べて蛸集尾数が多かった。

素材別の付着動物量を比較するため、長さ30cmの付着基盤を設置し、育成試験礁設置4ヶ月後に引き揚げた。その結果、個体数はホタテ貝殻試験礁の方が多かったが、湿重量ではセラミック試験礁の方が多かった。主な餌料生物になると思われる甲殻類についてみたところ、総個体数は両育成試験礁ともほぼ同じで、個体数組成も端脚類が90%以上を占めた。総重量はホタテ貝殻試験礁の方がセラミック試験礁より約2倍多かった。

水槽実験では、照度が3,000lx以上ではセラミック素材の方がキジハタ人工種苗の蛸集が多かったが、試験礁と同程度の約500lxでは、ホタテ貝殻素材の方が蛸集が多かった。

以上の結果から設置場所は通水口の前、滞留基盤の素材はホタテ貝殻が優れていると考えられた。また、キジハタ人工種苗は試験礁の下部に多く滞留したこと、最干時に試験礁の天井部が露出したことから、育成施設の高さは半分の1m程度が適当と考えられた。

(3) 育成施設における放流魚の滞留状況及び天然魚の蛸集状況に関する調査

1) 育成施設の製作と設置

育成礁は3.0×2.2×1.1mの鉄製のフレーム内に2段の棚を取り付け、1段当り32本の滞留基盤を設置した(図25)。放流時から放流後10日目まで縦0.5mの逸散防止用ネット(8mmメッシュ)を育成礁下部の外側周囲に設置した。滞

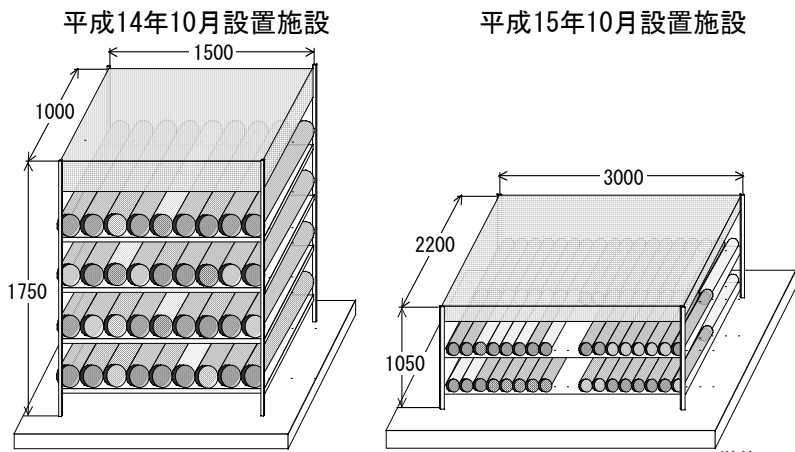


図25 調査に用いた試験礁と育成礁

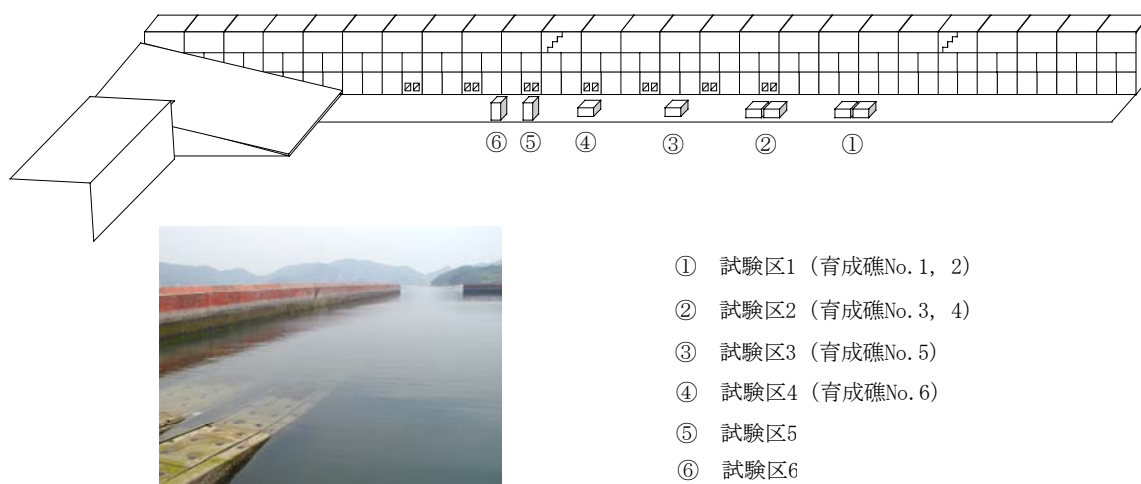
表5 育成試験礁におけるキジハタ人工種苗の滞留結果(放流4ヶ月後)

試験礁	通水口	放流尾数	取り揚げ尾数	滞留率(%)
セラミック	有り	500	56	11.2
	なし	500	45	9.0
ホタテ貝殻	有り	500	69	13.8
	なし	500	55	11.0

留基盤には直径 0.15m×長さ 1.0m の円柱型トリカルパイプ（4cm メッシュ）の中にホタテ貝殻を 3cm のスペーサで区切って詰めたものを用いた。育成礁は育成礁の長辺が防波堤と平行になるよう設置した（図 26）。放流調査に当っては育成礁の設置位置と育成礁の置き方を比較するため、試験区を 6 区設定した（表 6）。試験区 5 及び 6 については平成 14 年度に使用したホタテ貝殻育成試験礁を用いた。

表 6 育成礁における試験区の設定

調査項目	設置方法の検討		天然魚の蛸集
	設置位置の検討	2基連結	
通水口なし	試験区1	試験区3	試験区6
通水口あり	試験区2	試験区4	試験区5



- ① 試験区1（育成礁No. 1, 2）
- ② 試験区2（育成礁No. 3, 4）
- ③ 試験区3（育成礁No. 5）
- ④ 試験区4（育成礁No. 6）
- ⑤ 試験区5
- ⑥ 試験区6

図 26 育成礁の設置位置

2) 育成施設への放流実験

平均全長 94.7mm、平均体重 13.9g のキジハタ人工種苗を、各試験区へそれぞれ 1,000 尾、合計 4,000 尾を放流した。育成礁を 2 基設置した試験区 1 及び 2 においては港奥側の 1 基（育成礁 No. 2 及び No. 4）へ放流した。また、試験区を区別するために、試験区 1 及び 2 へは右腹鰭を切除した標識魚を、試験区 3 及び 4 へは左腹鰭を切除した標識魚を放流した。

潜水目視観察結果から各試験区における放流キジハタの減少傾向を比較するため、放流 1

表 7 育成礁におけるキジハタ人工種苗の滞留尾数の推定（放流 4 ヶ月後）

試験区	推定滞留尾数（尾）			平均全長 (cm)
	推定値	95%信頼区間		
1	36	18	～ 54	9.5
2	120	89	～ 151	9.4
3	60	33	～ 87	9.2
4	48	26	～ 70	9.5

日後から4カ月後までのキジハタ目視尾数を対数に変換して減少率を比較した。その結果、1基と2基の設置方法では差がなかったが、通水口の有無では減少傾向に差がみられ、日間減少率は通水口の前に設置した育成礁が0.025、通水口のない場所へ設置した育成礁が0.040であった。

最低水温期でキジハタが逃避しないと思われる2月(112日後)に行った滞留基盤の引き揚げ調査により、各試験区における放流キジハタの滞留尾数を推定した結果、36〜120尾であった(表7)。また、採集されたキジハタの標識を調査したところ、各試験区とも放流時と同じ標識をもつキジハタであり、育成礁間における移動は見られなかった。

放流4カ月後における調査結果から最も多く滞留していた2基連結+通水口の試験区は滞留率が12%であったが、最も少なかった2基連結区では滞留率が3.6%であった。昨年度の結果が8〜13%であったのでやや低い結果となった。この理由として、昨年より放流種苗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た。

キジハタ人工種苗の放流サイズが放流初期の逸散に与える影響を調査するため、平成16年10月に73mmと83mmのキジハタ種苗の比較放流を行った。放流は、それぞれ1,000尾ずつをNo.5及びNo.6の育成礁へ行った。調査は滞留基盤の引き揚げ調査により行い、各育成礁8カ所(16/64本)を引き揚げて、キジハタを計数した。その結果、73mm種苗は83mm種苗より約3倍滞留しており、育成礁への放流キジハタの滞留は放流サイズに影響を受けることが明らかとなった。再捕尾数の対数値から日間減少率を推定した結果、73mm種苗が0.0474、83mm種苗が0.0455となった。日間減少率に違いが見られなかったため、滞留尾数は放流初期の逸散の影響を受けると考えられた。また、2基の育成礁の周りにカニカゴを37個設置して、放流直後の逸散個体の再捕を行った結果、83mm種苗の方が約2倍多く再捕されたとともに、単位努力量当りの再捕尾数が時系列で減少した。この結果は滞留尾数の調査結果とほぼ同様の傾向を示した。

3) 育成施設の餌料培養効果

図27に通水口の有無による滞留基盤の空隙率の変化を示した。空隙率は、設置288日後の7月に最低となった後、やや増加した。通水口の前に設置した育成礁の方が空隙率は低かった。浮泥量の変化を図28に示した。浮泥量は、設置288日後の7月に最大となった後、約1/2に減少した。通水口の前に設置した育成礁の方が浮泥量は低かった。テストピースへの付着動物量の推移を図29に示した。種類数と個体数はともに通水口の前に設置した育成礁の方が多かったが、湿重量はほぼ同じであった。

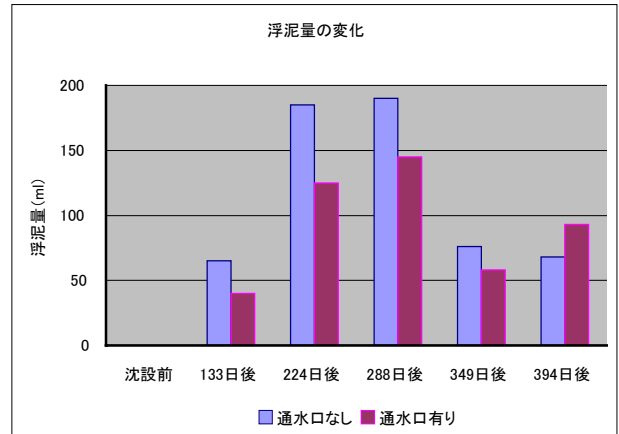
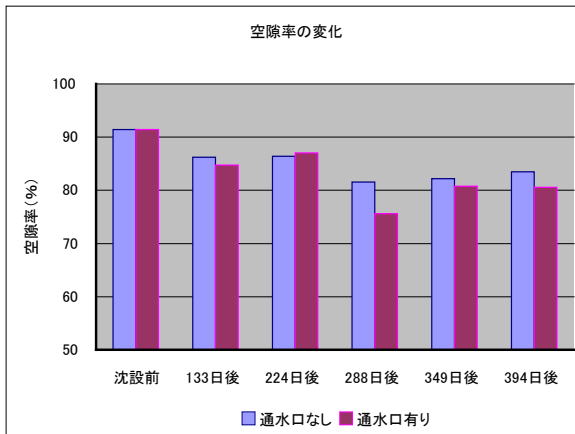


図 27 テストピースにおける空隙率の変化 図 28 テストピースにおける浮泥量の変化

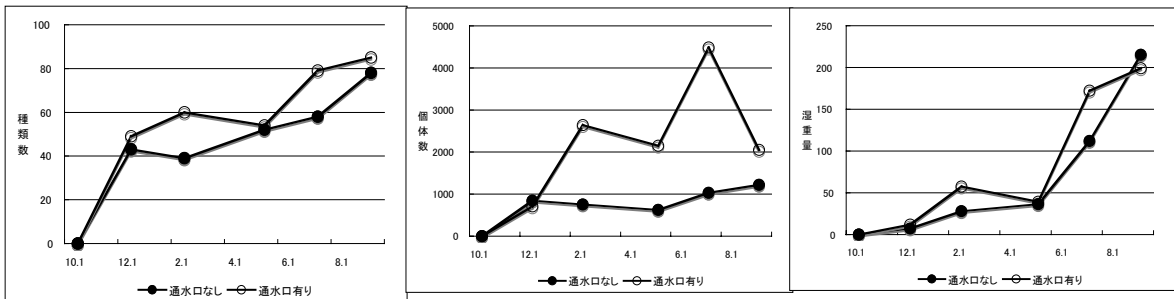


図 29 テストピースにおける付着動物量の変化

4) 育成施設における天然魚の蛸集効果

育成礁へ蛸集した天然魚の種組成を図 30 に示した。蛸集した天然魚はチャガラが最も多く、約 44%であった。次いで、メバル 15%、アミメハギ 10%、スズメダイ 9%の順であった。チャガラは夏から秋にかけて蛸集し、メバル、スズメダイ、ハオコゼ、クロダイは周年蛸集していた。各試験区で蛸集重量を比較すると、通水口の前に設置した育成礁の方が蛸集量は多かった (表 8)。

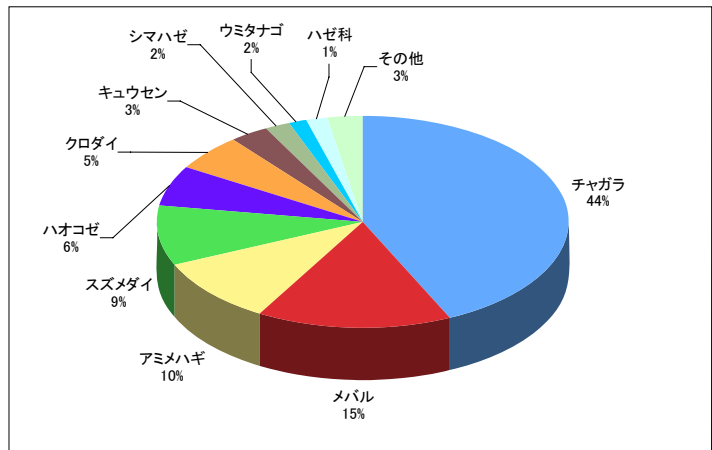


図 30 蛸集した天然魚の個体数割合

表 8 各試験区における天然魚の蛸集重量の比較

試験区	平均重量 (g)	空・当り 平均重量	空・
試験区1 2基	2,086	151	13.9
試験区2 2基+通水口	3,681	266	13.9
試験区3 1基	1,231	178	6.9
試験区4 1基+通水口	1,701	245	6.9
試験区5 旧礁+通水口	1,354	516	2.6
試験区6 旧礁	712	271	2.6

6. まとめ

(1) 漁港のナーサリーグラウンドとしての機能

1) 立地環境

漁港の周囲にはポケットビーチや岩礁域が隣接し、小規模な藻場（アマモ場、ガラモ場）が形成されている。漁港は砂泥域の海底に整備されており、防波堤は高基捨石基礎を有する混成堤である。これらによって長方形に囲まれ、隅角部に1箇所のみ出入口を設けたシンプルな港形をしており、保護育成施設を設置した東防波堤には、断面積1.4 m²の通水孔が14個設けられている。漁港内の波高は港外の2～4割まで減衰される静穏性と、潮位差約3mの潮汐流に加えて、通水孔による7,000m³/時（いずれも大潮期）の導水により、海水交換が促進され、潮通しの良い構造となっている。また、本調査における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。

2) 出現魚類

魚類は60種以上が出現しており、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。

メバル、カサゴの様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あった。防波堤、浮桟橋、育成礁等の漁港構造物周辺に多数魚類が蟄集していたが、漁港中央部の砂泥域にもタマガンゾウビラメ、シロギス、オニオコゼが出現した。主な出現種としてはクロダイ、メバル、キュウセンであった。

カサゴは漁港内で仔魚が多く採捕され、冬に防波堤周辺で採捕された中には産仔中の個体も混じっていたため、漁港内で産仔していることが確認された。卵稚仔魚は、潮流や風波により集積されやすく、また漁港内が静穏であることから留まりやすいものと思われる。

育成礁及びテストピースでコウイカ卵、育成礁のコンクリート底板及び張石でスズメダイの卵塊が確認された。スズメダイの親が、卵を守っている状況も確認された。

試験礁の引き揚げ時に稚ナマコが、非常に多く確認され定着基盤となっている。

放流したキジハタの一部は、二歳魚になっても漁港内に生息していることが刺網調査で明らかになり漁港内が放流場所として適していることがわかった。

表 9 出現魚類目録

目名	種名	成長段階				確認時期				相対出現量	目名	種名	成長段階				確認時期				相対出現量	
		卵	稚仔	未成魚	成魚	春	夏	秋	冬				卵	稚仔	未成魚	成魚	春	夏	秋	冬		
ウナギ ニシン	1 マアナゴ			×	×			×		少	スズキ	36 ナベカ			×	×			×	×	少	
	2 マイワシ			×				×		少		37 ムスジガジ			×	×			×	×	少	
	3 サッパ				×				×	少		38 ネズミゴチ			×	×				×	少	
	4 コノシロ	◎	×		△			△	×	少		39 チャガラ			◎	◎	○	◎	◎	◎	多	
	5 カタクチイワシ	◎	×	◎					◎	×		多	40 マハゼ			×				×	少	
ナマズ	6 ゴンズイ			△				△	△	少	41 アカオビシマハゼ			△	△	×		×	×	普		
ヒメ	7 トカゲエソ			×				×		少	42 ホシノハゼ							×		少		
トゲウオ	8 クダヤガラ				×			×		少	43 ハゼ科			○	○	×	×	×	×	普		
ヨウジウオ	9 サンゴタツ		×					×		少	44 アカカマス				△			△		少		
カサゴ	10 カサゴ		◎	○	○	△	×	○	◎	普	カレイ	45 タマガンゾウビラメ			×	△	×	×	×	×	少	
	11 メバル			◎	○	◎	◎	◎	◎	多		46 イシガレイ		×						×	少	
	12 クロソイ			×		×	×	×	×	少		47 マコガレイ			△	×	×	×		×	少	
	13 ヨロイメバル			×					×	少		48 セトウシノシタ					×			×	少	
	14 オニオコゼ			△		×	×	×	×	少		49 イヌノシタ				×				×	少	
	15 ハオコゼ			◎	◎	◎	○	△	○	多		50 コウライアカシマヒラメ			×		×				少	
	16 マゴチ				×				×	少		フグ	51 アミメハギ		×	◎	◎	×	◎	◎	×	多
	17 クジメ			○		△	×	×	△	少			52 ウマツラハギ			○	△	○	○	○		普
	18 アイナメ			△	×	×	×	×	×	少			53 カワハギ			×			×	×		少
	19 アサヒアナハゼ			△	△	×	×	×	×	普			54 ヒガンフグ			×		×	×			少
スズキ	20 スズキ			○	×	×	○	×	×	少	55 コモンフグ				×		×	×	×		少	
	21 キジハタ			○			×	○	×	少	56 クサフグ				×		×				少	
	22 シロギス			×	×	×	×	×	×	少	その他	57 ガザミ								×	少	
	23 マルアジ			◎				◎	×	少		58 イシガニ			○	○	△	○	△	△	多	
	24 クロダイ			◎	○	○	◎	○	×	多		59 フタハベニツキガニ						×	×	×	少	
	25 マダイ			×				×		少		60 ヒシガニ				×			×		少	
	26 シログチ			×	×	×		×	×	少		61 シヤコ						×			少	
	27 メジナ			×			×			少		62 コウイカ	○		×	△	△	×	×		少	
	28 ウミタナゴ			◎	×	△	○	◎	×	普		63 カミナリイカ			×		×				少	
	29 スズメダイ	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	多		64 アオリイカ			×				×		少	
	30 ボラ			×		×	×			少		65 ヒメコウイカ					×				少	
	31 コブダイ			×	×	×	×			少		66 マダコ			×	×	×	×	×	×	少	
	32 ササノハベラ			○	○	○	△	△	×	普		67 サザエ			○		×		△	△	少	
	33 キュウセン			◎	◎	○	◎	◎		多		68 ヒメセミエビ			×						少	
	34 ホンベラ			◎	◎	○	◎	○		多		69 トリガイ						×			少	
	35 イソギンボ			×	×			×	×	少		70 ナマナゴ			◎	△	×			△	少	
												71 アカニシ			×				×	少		

◎：非常に多い ○：多い △：普通 ×：少ない

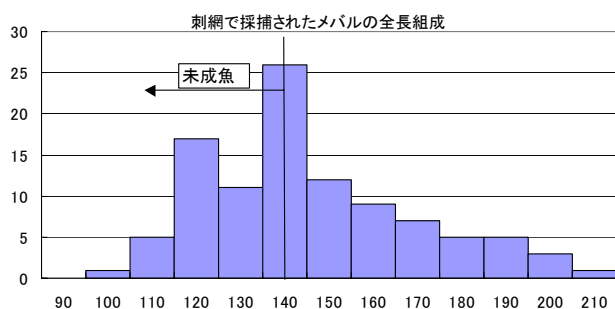


図 31 刺網で採捕されたメバルの全長組成

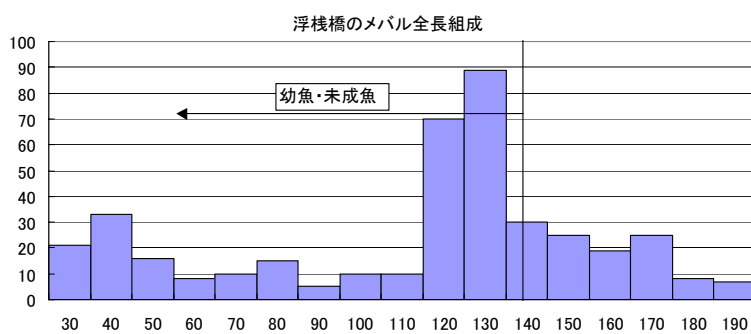


図 32 浮棧橋のメバルの全長組成

3) 餌料生物

① 漁港内の物質生産の推定

漁港内の物質生産の推定を表 10 に示す。植物プランクトンおよび動物プランクトン、海藻草類は炭素量ベースで計算した。その結果、植物プランクトンでは 6.8tC/年、動

物プランクトン（かいあし類）は0.1tC/年と推定された。動物プランクトンには成長速度の速い繊毛虫類などの微小動物プランクトンや、甲殻類の幼生等が含まれることから動物プランクトン全体ではさらに数値が大きくなる。海藻草類は、防波堤に生育する大型海藻（ワカメ）と育成礁の天端に生育するホンダワラ類（アカモク）について算定した。その結果、港内では0.1tC/年と推定された。また、漁港周囲の岩礁域や砂泥域には、さらに多くの海藻草類が分布していた。

港内は水深2～8m、面積約2.8haの砂泥域であり、多毛類や端脚類などのベントスの生息場所となっている。これらの生産量は5.5t/年と推定された。また防波堤や浮桟橋等の漁港構造物は、付着生物の生息基盤となり、個体数では、フジツボ類や端脚類、十脚類等が優占している。これらの生産量は32.5t/年であり、ベントスの約6倍と推定された。

表 10 漁港内の物質生産

対象生物	測定項目	調査結果
植物プランクトン	クロフィルa、水温、透明度、日射時間	6.8tC/年
動物プランクトン（かいあし類）	種、体長組成	0.1tC/年
〃（微小プランクトン）	〃	1.8tC/年
海藻草類	ガラモ、アマモの分布面積	0.1tC/年
ベントス	年4回の坪刈り	5.5t/年
付着動物	〃	32.5t/年

②天然魚の胃内容物からみた餌料の選択性

刺網で採集された天然魚の胃内容物の組成を図32～34に示す。多くの魚類が甲殻類、多毛類、腹足類などを摂食しており、これらは防波堤や張り石の付着生物相や、砂泥域のベントス相に多く含まれていた。軟体動物門（貝類）を摂餌する魚種が少ない結果となっているが、今回の出現魚類のうち、クジメ、コブダイ、クロダイ、カワハギ、ウマヅラハギ、フグ類、ベラ類では摂餌しているものと思われる。

一般に磯魚の多くは食性の幅が広く、その場に多く存在し、食べやすい餌生物を食べていると考えられている。一方で、個別には餌料の選択性の高い魚種も存在し、特定の餌料をめぐる同種、異種間で競合関係にあることも推定される。いずれにしても、漁港内の餌料（動物プランクトン、魚卵稚仔、ベントス、付着生物）が、周囲に比べて同程度～多い状況では、より多くの魚類が生息できるものと考えられた。

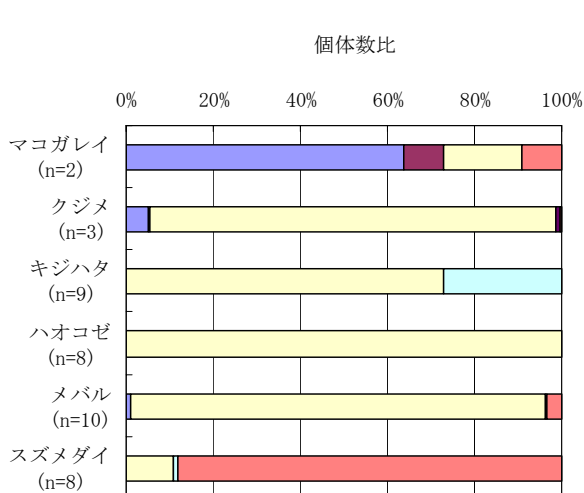


図 33 天然魚の胃内容物組成（個体数）

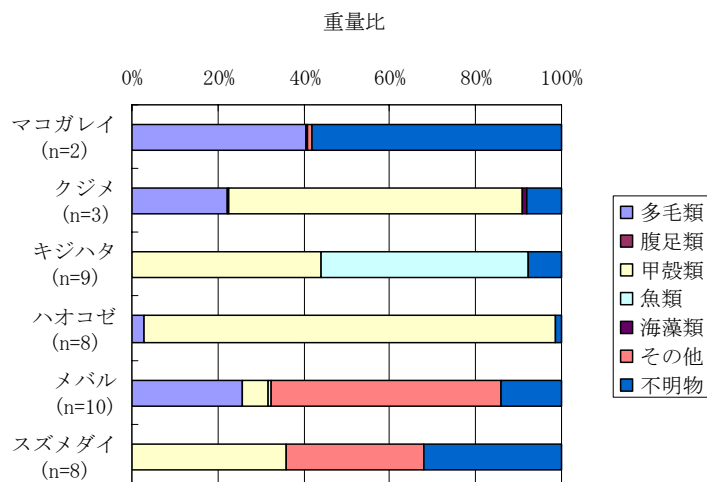


図 34 天然魚の胃内容物組成（湿重量）

③主要魚種の収容尾数の推定

目視観察の結果から、主要種であるクロダイ、メバル、ベラ類（キュウセン）について漁港内の餌料との関係から収容尾数を推定した。各魚種の収容尾数の推定にあたっては種毎の成長モデルを設定した。実際には、これらの魚類については未成魚から成魚までの成長段階が出現したが、漁港内で特に出現の多い未成魚（当歳～1，2歳魚）を対象とした。また冬季には越冬場へ移動、あるいは冬眠により、漁港内で生産される餌料が消費されないことも考慮した。

計算の結果、漁港に出現する主要魚種3種については、5000尾～8000尾程度の収容尾数がみこまれた。

表 11 主要魚種の収容尾数の算定

	年生産量 (t/年)	選好性餌料 (t/年)
附着動物（防波堤）	32.5	9.5
ベントス	5.5	1.1
合計	38.0	10.6

注) 餌料生物として軟体、環形、節足動物門とし、軟体動物門の湿重量の10%を利用すると仮定した。

成長モデル

	出現期間		当初全長 (mm)	当初体重 (g)	期末全長 (mm)	期末体重 (g)	備考
クロダイ	6～12月	7ヶ月	20	1	100	20	文献
メバル	4～12月	9ヶ月	100	15	140	40	刺網調査
キュウセン	4～10月	7ヶ月	150	35	190	85	刺網調査

	有効餌料 kg	配分比	餌料利用量 kg	摂餌効率	同化量 kg	当初体重 g	期末体重 g	成長量 g	収容尾数 尾
クロダイ	6,183	0.1	618	0.2	123.7	0.1	15	15	8,356
メバル	7,950	0.1	795	0.2	159.0	15	40	25	6,360
ベラ類	6,183	0.2	1,237	0.2	247.3	35	85	50	4,947
その他		0.6		0.2		-	-	-	

4) 漁港における魚類の生息空間としての機能分類

魚類にとって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)産卵場、b)餌場、c)棲み場、d)隠れ場に大別され、白石島新漁港においては、いずれのケースも観察された。

2) 保護育成施設への幼稚仔の滞留機能・餌料生物培養機能等

1) 人工種苗の滞留効果

放流初期の滞留調査結果から、種苗の滞留率は約3～13%となり、漁港外で行われた同様の調査結果と比較して、滞留基盤の空トン当り滞留尾数はほぼ同じであった(図9)。しかしながら、平成14年度と15年度に行ったキジハタの人工種苗放流調査で、初期の滞留尾数に差がみられ、放流サイズが原因と考えられたため、16年度にサイズ別の比較放流を行った結果では放流サイズにより滞留に差がみられ、大きい放流サイズでは滞留尾数が少ないという14年度及び15年度の結果を支持した。この要因は、滞留基盤の収容量、サイズによる行動生態などが考えられるが、今のところ不明である。しかし、今回の結果から、育成礁を用いた種苗放流は従来の放流サイズを小型化でき、中間育成時の減耗及び経費などを軽減できる可能性が示唆された。このことは、キジハタなどの定着性種の栽培漁業の促進に役立つものと思われる。また、14年度に放流したキジハタの再捕が漁港内でみられたことから、漁港内は人工種苗の放流場のみならず育成場として評価できると考えられた。

放流サイズを小型化し、育成礁への滞留が高くなると、それに応じて育成施設の数が必要となる。しかしながら、漁港内へ育成施設を設置できる場所は限られているため、より多くの施設を設置するためには、施設の小型化が必要と考えられた。また、本調査では防波堤付近に限って評価を行ったが、漁港全体を有効に利用するためには、それ以外の場所の効果を調査する必要があると思われた。

人工種苗放流調査に用いたキジハタを始めとして人工礁を利用できる定着性の魚類は、成長がそれ程早くないことから、本事業が終了するまでには漁獲サイズまでの放流効果を把握することができない。したがって、本事業で人工種苗を用いる場合は、放流初期の逸散の防止効果、人工礁で培養された餌料の利用状況及びその効果など放流後1年以内の人工礁の利用状況を中心に調査する必要がある。16年度に行ったキジハタ人工種苗の放流初期の減耗に関する放流サイズ別の試験では、育成礁への滞留に放流サイズによる差がみられた。このような調査は、育成礁などの滞留基盤を用いないと行えない調査であり、これまでブラックボックスとなっていた放流初期の減耗に関して、開発した育成礁を用いた調査により明らかになることが期待される。

2) 餌料培養効果

設置約1年後の9月における付着動物の湿重量は、育成礁1基当り約44kgと推定された。これは育成礁を設置した東側防波堤の港内側全体と比較して約1/53、マウンド

の被覆石部全体の約 1/8 の生産量であった。このうち、キジハタ種苗及び天然魚が主に摂餌していた環形動物、軟体動物及び節足動物は約 42kg と推定された。ただし、育成礁については滞留基盤のみで引き伸ばしを行っているため、過小評価となっている。

本調査では、育成礁を 10 月に設置したが、設置時期により優先する付着動物が異なる可能性があるため、今後は設置時期別の付着動物種類のモニタリングが必要である。この結果、任意の次期が選択されたならば、より有効に施設が利用できるものと考えられる。

3) 天然魚の蝟集効果

潜水目視観察による育成礁 1 基当りの天然魚の蝟集尾数は、9～290 尾であった。これを重量に換算すると 134～3,814g となり、空トン当たりでは、19～551g/空トンであった。蝟集した天然魚は、全長 2～40cm と大きさの幅が大きかったが、中央値は約 8cm であり、小型の成魚又は幼稚魚が主であったことから、蝟集重量は外海域に比べて大きくない。しかしながら、大型の魚に比べこれら幼稚魚は、育成礁により培養された小型甲殻類などを餌料として有効に利用できると思われる。

4) 育成施設の製作と設置

本調査結果から、通水口の前に置いた育成礁の方が餌料培養効果、天然魚の蝟集効果とも優れていた。人工種苗の滞留効果については、大きな差はみられなかった。このことから、漁港の防波堤に通水部がある場合においては、通水性に考慮しながらも通水部付近に施設を設置した方が、より効果があると思われる。また、本漁港では防波堤のマウンド部の幅が 3.5m であったため、育成礁の底版の大きさをこれに合わせて作製した。また、最干時の水深が 2m 程度であったため、これに高さを合わせて育成礁を作製した。このことから、育成施設を製作する場合には、設置場所のマウンドの状況及び水深に関して調査を行い、施設の大きさを決定する必要がある。

5) 施設の利用と管理

開発された本施設は、天然幼稚仔の有効な餌料生物の培養に役立ち、漁港の生産性を向上させることが明らかとなった。また、定着性種の種苗放流基盤としても有効であることが明らかとなった。これらを合わせて考えると天然資源の増殖効果のみならず、人工種苗放流による新たな資源の構築も期待される。

滞留基盤における空隙率及び浮泥量の経時的変化から、付着物及び浮遊物などによる目詰まりは考えにくく、2～3 年で交換する必要はないと思われる。ホタテ貝殻の耐久性の範囲内で定期的な交換が望まれる。また、漁港内に育成施設を設置することは、一般海域に設置する場合に比べて、建設コストや維持管理コストの面でも優位性が高いと思われる。

摘要

- ・ 漁港内の生産量を推定したが、精度を上げるため底質別のベントス調査、構造物別の付着生物調査が必要。また、魚類の胃内容物からベントス、付着生物の利用状況調査も必要。
- ・ 成長した放流キジハタが漁港周辺で生息していることを確認したが、漁獲サイズ(500 g 以上)になるには3年以上が必要であるため、引き続きモニタリングが必要。
 - ・ 漁港内に設置する育成施設の素材としてホタテ貝殻が有効であった。
 - ・ 育成施設を設置する場所は通水口の前が有効であった。
 - ・ キジハタ人工種苗の滞留は、放流サイズに影響されると考えられた。
 - ・ 育成礁を利用することにより、キジハタ人工種苗の放流サイズを小型化できる可能性があり、中間育成経費の節減に役立つと考えられた。
 - ・ 設置約1年後における付着動物の湿重量は、育成礁1基当たり約44kgと推定され、育成礁を設置した東側防波堤の港内側全体と比較して約1/53、マウンドの被覆石部全体の約1/8の生産量であった。
 - ・ 育成礁の天然魚の蛸集重量は、19～551g/空トンであった。蛸集した天然魚の中央値は約8cmであり、小型の成魚又は幼稚魚が主であった。
 - ・ 設置288日後に滞留基盤の空隙率は最小、浮泥量は最大となり、その後やや増加及び減少したことから、滞留基盤は付着物及び泥などで目詰まりせず、継続して利用できると考えられた。
- ・ 開発された本施設は、天然資源の増殖効果のみならず、人工種苗放流による新たな資源の構築効果も期待される。

水産基盤整備直轄調査【漁港における幼稚仔育成施設の開発調査】
調査推進検討委員会 委員名簿

氏 名	所 属 及 び 役 職	備 考
長野 章	公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科 教授	委員長
鈴木 伸洋	東海大学 海洋学部 水産学科 助教授	委 員
柿元 皓	(財) 漁港漁場漁村技術研究所 技術委員	