

漁港水域を利用した水産資源増殖機能強化に関する考察

伊藤 靖*・川合信也*・押谷美由紀*・間辺本文**
 古村振一***・小畑泰弘****・三浦 浩*****

本研究は、漁港水域における幼稚魚の育成場や放流場としての利用可能性を検討し、水産資源増殖機能を強化した漁港施設の開発に資することを目的とした。調査海域は岡山県白石島新漁港を選定し、1)漁港のナーサリーグラウンドとしての機能を評価するために、環境特性に関する調査を行った。さらに2)魚類の保護育成施設を漁港内の防波堤マウンド上に8基設置し、キジハタ人工種苗を放流し、滞留状況や天然魚の鰓集状況、餌料培養状況について調査を行った。この結果、漁港内の水域が幼稚魚の生息空間として機能しており、保護育成施設を設置することにより、放流場としても有効活用できることが示唆された。

1. はじめに
 近年、日本の漁業生産量は漁場環境や水産資源状態の悪化等により低下傾向にある。こうした中で水産行政は水産物の安定供給を図るため、漁港・漁場の一体的、効率的な整備を行い、水産物供給システムの効率化や、水産動植物の生育環境の保全、創造等を基本的な課題としている。一方、漁港の防波堤等には魚類が鰓集することが従来から知られており、遊漁等も行われている。こうした背景をふまえ、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に資すること目的とした。

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）を選定した。これは、白石島の周辺が地形変化に富んでおり、魚類の生息に適した多様な環境を有していることと、漁港の周辺には漁場施設が多数設置されており、漁港のナーサリーグラウンドとしての機能強化と漁場施設との連携により、漁港・漁場の一体とした水産生物の生息空間の創出が期待されるからである。放流魚は定着性魚類のキジハタ人工種苗（*Epinephelus akaara*）とした。本種は暖水系海域に広く分布する岩礁性魚類で、資源量が少なく、かつ漁獲量も減少しており、人為的な資源の増大が強く望まれる魚種の一つである。
 主な検討課題は、漁港の環境特性に関する調査として、1)施設配置や漁港構造物の物理的特性と魚類の生息空間との関係や、餌料面からの環境収容力について検討を

行った。さらに、漁港内設置型の保護育成施設に関する調査として、2)放流魚の滞留状況や天然魚の鰓集状況、餌料培養状況について調査を行った（表-1）。

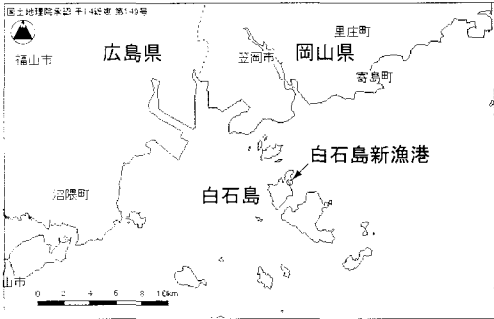


図-1 調査地点

表-1 調査内容

		14年度	15年度	16年度	備考
漁港の環境特性に関する調査	海底地形	●	●		
	水質	●	●	●	[毎月調査]
	底質			●	
	物理環境				
	波		●		
	流況		●		
	生物環境				[魚類：毎月、その他：4季]
	海藻草類		●	●	潜水目視・坪刈り
	ベントス	●	●	●	定量採集
	付着動物	●	●	●	定量採集
保護育成施設に関する調査	魚類	●	●	●	卵稚仔・刺網・潜水目視等
	プランクトン	●	●	●	
	育成施設の開発	●	●		セラミック、ホタテ貝殻
	育成施設の製作と設置		●		ホタテ貝殻
	人工種苗の放流実験		●	●	
	滞留調査		●	●	
	胃内容物調査		●	●	
	移動分散調査		●	●	
	放流サイズの検討			●	サイズ別比較放流
	餌料培養効果		●	●	
保護育成施設に関する調査	付着動物調査		●	●	
	浮泥量、空隙率調査		●	●	滞留空間等のモニタリング
	天然魚の鰓集		●	●	
	潜水調査		●	●	
	胃内容物調査		●	●	

* (財)漁港漁場漁村技術研究所
 ** 正 会 員 水産庁漁港漁場整備部整備課
 *** 岡山県水産試験場
 **** (独法)水産総合センター水産栽培漁業センター
 ***** (株)水十舎

3. 漁港の環境特性に関する調査

(1) 施設配置・地形

漁港は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シンプルな港形となっている。主な漁港構造物（施設）は、防波堤、通水孔、浮棧橋、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、通水孔（H1.1×B1.28 m）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（図-2）。港内水深は-2～-8 m 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、水深-8 m 以深では、シルトが堆積している。漁港周囲を含め流入河川はない。

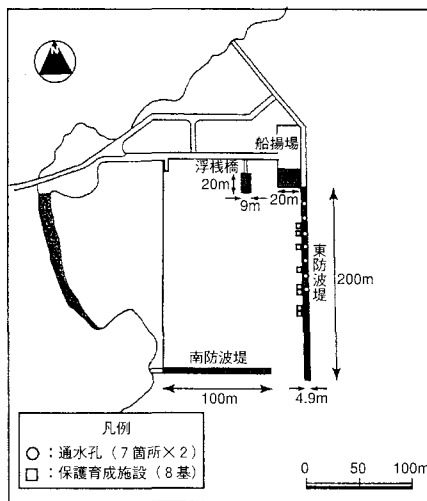


図-2 施設配置

(2) 物理環境

a) 波浪

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2.3 m、周期4.8 s、波向SSEについて、それぞれ0.85 m、2.4 sである。月別最大波（14年度の風観測データから波浪推算）は、主な波向ENE、波高が0.34～0.65 m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0.15 m以下の値が得られ、港内は静穏度が高い。

b) 流況

港内では、潮汐流が卓越しており、下げ潮時に反時計回りの還流が発生し、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（図-3）。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。大潮期の港口側と港奥側の2箇所の通水孔における自

記式流速計（ACM-8M：アレック電子製）による流速の連続測定結果では、最大36 cm/s、平均9～17 cm/sの往復流が観測されている（図-4）。また、パワースペクトルの解析結果から両地点とも約4時間を周期とする往復流であり、通水孔の平均流速を10 cm/sとすると、約7,000 m³/hの導水量が通水孔から流入・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。

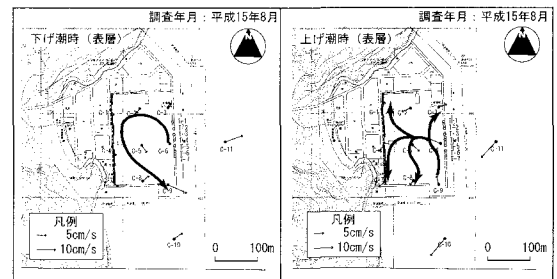


図-3 港内での流況

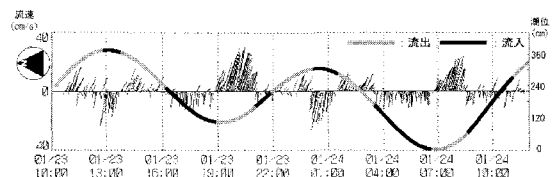


図-4 通水孔における流況と潮位の関係（港口側）

c) 海水交換機能

漁港・漁場の施設の設計の手引き（2003）によれば、海水交換に関して以下の式で定義されている。

$$q = \alpha Q \quad \dots (1)$$

$$\alpha = \frac{V - (Q/2)}{V - (Q/2) + \alpha_m Q} \quad \dots (2)$$

$$\alpha_m = \frac{\bar{v} T}{2l_b} \leq 1 \quad \dots (3)$$

ここで、 q は海水交換量（外海水と湾内水の一潮汐当たりの実質入れ替わり量）であり、 α は海水交換率を、 Q は海水交流量（外海水と湾内水の一潮汐当たりの流入または流出する総水量）を、 V は漁港容積である。また、海水交換率は式（2）、（3）によって規定され、変数の α_m は外海の水が湾内に入り、その一部が既存の水と混合し合う時、交流量 Q に対する割合であり、 $\bar{v}$ は湾口部平均流速を、 T は潮汐周期を、 l_b は湾軸長（奥行き）を示す。

本調査の場合には港口部の流速に対し、奥行きが小さいことや、淡水の影響も無視できることから、理論上は

完全混合しているものとして計算した。漁港容積は、漁港内を2m間隔の水深帯に分け、各々の面積を算出し、平均水深を乗じて求めた。この結果、漁港内の水面面積は28,330 m²、容積は199,083 m³であった。海水交換量は、一潮汐あたりの通水孔からの導水と潮汐流による流入(流出)量の総和とし、前者については、通水孔の断面積に平均流速、孔の個数、流入時間を乗じて、後者については、水面面積に潮位差を乗じて算出した(表-2)。以上の結果、海水交換量は、大潮期には65,660 m³/12h、小潮期には44,045 m³/12hであり、漁港内の水塊が完全に入れ替わるのに要する日数は1.5~2.3日と推定された。このように、白石島新漁港では、高い海水交換機能を有しており、この結果、漁港内の生物生息環境を良好に維持しているものと考えられた。

表-2 海水交換機能

		大潮期	小潮期	単位
海水交換量 (Q)	導水量	42,578	19,870	(m ³ /12h)
	潮汐流	84,990	39,662	(m ³ /12h)
	計	127,568	59,532	(m ³ /12h)
漁港容積に占める割合		64.1	29.9	(%)
海水交換率 (α)		0.51	0.74	
海水交換量 (q)		65,660	44,045	(m ³ /12h)
漁港容積に占める割合		33.0	22.1	(%)
水塊が完全に入れ替わるのに要する日数		1.5	2.3	(日)

(3) 水質・底質

水温・塩分については、漁港内への流入河川がないことから、通常は鉛直的な差が僅かであり、季節変動はあるものの、周辺の水産動植物が生息する水質環境は満足されていた。溶存酸素量は2.5~6.6 ml/lの範囲で変動しており、8月の港内最深部を除き、水産生物の生息環境は満たされていた。底質については、8月の港奥部や最深部(漁港面積の25%)において、CODと全硫化物に基づく有機汚染度が高かったが、その他については、正常値の範囲であった。

(4) 魚類の出現状況

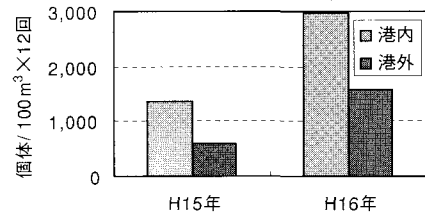
a) 卵・稚仔

港内と港外の各1箇所においてCMネット(口径71.5 cm, 目合い0.494 mm)を用い、2ノットで10分間の表層水平曳きを行った。調査時間帯は薄暮とした。

魚卵は、9種が出現したが、不明卵も多かった。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-5)。主な出現種はコノシロ、カタクチイワシ、ネズツボ科であった。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。

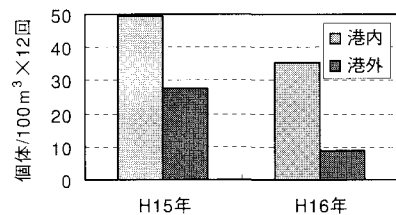
稚仔魚は漁港内で24種、港外で19種、合わせて24種が出現した。年間で累計すると魚卵と同様に、港内は港外

よりも多かった(図-6)。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。出現時期は冬季に多く、12月~3月にはカサゴが、7~8月にはイソギンボ科が多く採捕された。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場のある漁港に留まり、結果として集積したものと考えられる。



注) H15年は5月が欠測のため11回

図-5 魚卵の出現結果



注) H15年は5月が欠測のため11回

図-6 稚仔の出現結果

b) 幼魚~成魚

刺網による漁獲調査と潜水目視観察を行った。刺網(目合い13節, 23節の3枚網を計8反)は、港内2点、港外1点において実施した。潜水目視では、刺網で採捕されない魚類の生息状況を補完するために、漁港内の浮桟橋、船揚場、防波堤と港外の防波堤等を一定時間遊泳して、魚種、個体数、全長等を記録した。

刺網では44種が採捕された。このうち港内では43種が、港外では28種が出現した。個体数は漁港内外の防波堤近傍で多く、港内中央部で少なかった。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30種が確認された。場所別には浮桟橋で8種、船揚場で12種、港内の防波堤および通水孔周辺で26種、港外の防波堤で24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。

c) 成長段階別出現状況

以上から出現魚類を整理すると、漁港水域には12目38科76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。成長段階別の出現種数は、未成魚が最多であった(図-7)。また、卵・

稚仔魚・未成魚を含めた出現種数(67種)は、成魚(33種)の2倍に相当し、このような魚類の出現傾向は、漁港水域の生息環境を特徴づけているものと思われた。

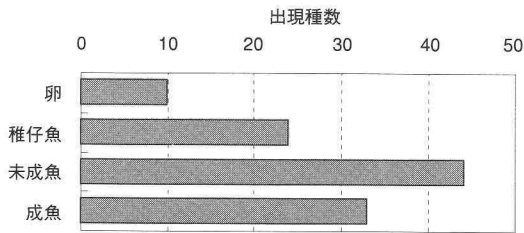


図-7 魚類の成長段階別出現種数

(5) 漁港内の生物生産

a) 栄養段階別生産量の推定

漁港内に生息する生物群のうち、植物プランクトン、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について、現地での測定結果から生産量を推定した(表-3)。

植物プランクトン(一次生産)については、タンク法によって測定した光合成量から、遠藤(1970)による Steemann Nielsen の式に準拠した方法を改変して計算した結果、6.8 tC/年と推定された。

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・Motoda (1978) に基づき、瀬戸内海における各季節の平均 P/B 比、Uye ら(1986)を用いて計算した。この結果、0.1 tC/年と推定された。

ベントス・付着動物については玉井(1989)の $P_Y/\bar{B}_Y$ 法より、年間平均現存量に回転率を乗じて概算した。平均回転率は岡市ら(1996)より3.4とした。また、付着動物の対象範囲は、東防波堤、南防波堤、浮桟橋(図-2)における海底面から M.L.W.L. までとした。この結果、ベントスで5.5 t/年、付着動物で32.5 t/年と推定され、付着動物の生産量はベントスの約6倍に相当した。

b) 主要魚種の餌料生物量からみた収容尾数の推定

漁港水域における幼稚魚育成に関する環境収容力の数量化を試みた。具体的には目視観察の結果から、漁港内の主要種であるクロダイ、メバル、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。計算にあたっては、本調査結果から種毎の成長モデルを設定した(表-4)。餌料生物としては、漁港内で生産されたベントスおよび、付着動物の計算値のうち、胃内容物調査等から出現組成の多い、軟体、環形、節足動物門を対象とした。また、軟体動物門については貝殻等を除いた、むき身の利用可能割合を10%として算出した(表-5)。

この結果、漁港に出現する主要魚種3種については、

暫定値ではあるが、5,000尾～8,000尾程度の収容尾数がみこまれた。

表-3 白石島新漁港における栄養段階別生産量の推定

対象生物	測定地点	測定間隔	測定項目	調査結果
植物プランクトン(一次生産)	港内1点	毎月	クロロフィル a, 水温, 透明度, 日射時間	6.8 tC/年
動物プランクトン(かいあし類)	港内2点	4季	種, 体長組成	0.1 tC/年
ベントス	港内6点	〃	種, 湿重量	5.5 t/年
付着動物	港内7点 港外4点	〃	〃	32.5 t/年

表-4 白石島新漁港における主要魚種3種の成長モデル

	出現期間	当初全長(mm)	当初体重(g)	期末全長(mm)	期末体重(g)
クロダイ	6～12月	20	0.1	100	15
メバル	4～12月	100	15	140	40
キュウセン	4～10月	150	35	190	85

表-5 白石島新漁港における主要魚種3種の推定収容尾数

	有効餌料(kg)	配分比	摂餌効率	同化量(kg)	成長量(g)	収容尾数(尾)
クロダイ	6,183	0.1	0.2	123.7	15	8,356
メバル	7,950	0.1	0.2	159.0	25	6,360
キュウセン	6,183	0.2	0.2	247.3	50	4,947
その他		0.6	0.2		—	
合計		1.0				

4. 保護育成施設に関する調査

ここで用いた保護育成施設は、岡山県・日本栽培漁業協会(2002)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。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-8)は、放流魚の隠れ場となる空間を創り出し、

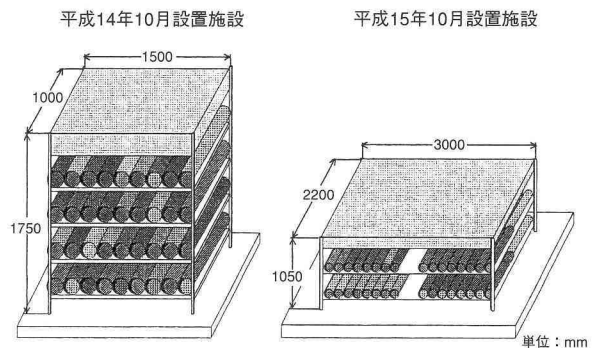


図-8 保護育成施設の形状

餌料生物を付着させるため、直径15 cm、長さ100 cm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、防波堤マウンド等の大きさに合わせて大型化した(図-8)。平成15年10月に設置し、人工種苗の放流を実施した。更に平成16年10月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。

(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%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。

15年度の保護育成施設調査では、通水孔前に設置した2基連結の試験区の滞留率は、前年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。

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70 mm 種苗が8.4%、全長80 mm 種苗が3.8%であった。70 mmの小型サイズでの滞留率が約2.2倍高くなり、従来の放流サイズより小型化できることが示唆された。

(2) 天然魚の蛸集状況

15年度の調査結果から、保護育成施設全体では27種の魚類が出現し、1基あたりの蛸集尾数は9~290尾であった。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、アミメバギ、スズメダイ、ハオコゼの順であった。場所別には通水孔前の試験区で卓越した。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。

(3) 餌料生物培養状況

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、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た。

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。その結果、育成

施設1基あたりの付着生物量は44 kgと推定され、防波堤垂直面(長さ200 m×高さ3.6 m)の1/53、被覆石設置範囲(長さ200 m×幅3.5 m)の1/8に相当した。

5. ま と め

白石島新漁港における魚類の生息空間を分類すると餌場、休息場、隠れ場、産卵場に大別され、幼稚魚を中心とした水域利用が確認された。さらに、このような、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、放流場としても有効利用が可能であり、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。

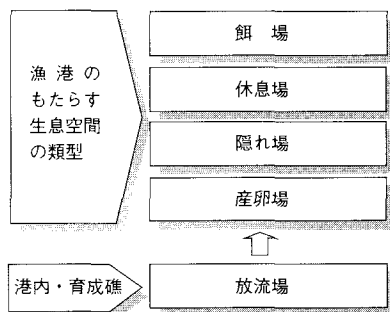


図-9 漁港における魚類の生息空間としての機能分類

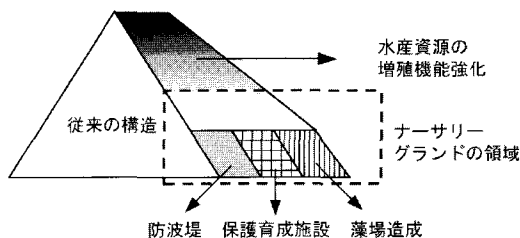


図-10 漁港における水産資源の増殖機能強化のイメージ

参 考 文 献

- 遠藤拓郎 (1970) : 瀬戸内海の一次生産に関する研究, 広島大学水産学部紀要, 第9巻, 2号, pp. 177-221.
- 岡市友利・小森星児・中西弘 (1996) : 瀬戸内海の生物資源と環境, 恒星社厚生閣, pp. 71-75.
- 岡山県・日本栽培漁業協会 (2002) : 放流キジハタの保護育成礁造成技術開発調査, 153p.
- (社) 全国漁港漁場協会 (2003) : 漁港・漁場の施設の設計の手引 2003年版, pp. 969-976.
- 玉井恭一 (1988-1989) : 海洋と生物, 第10~11巻.
- Ikeda, T. and S. Motoda (1978) : Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent seas. Fish. Bull., Vol. 76, pp. 357-366.
- Uye, S. H., Kuwata and T. Endo (1986) : 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.