

貝殻を利用した幼稚魚保護育成施設の開発

DEVELOPMENT OF NURSERY INSTITUTION WITH SHELL FOR YOUNG FISH

青山智¹・藤澤真也¹・瀧岡仁志²・川畑智彦³・伊藤靖⁴・柿元皓⁴
Satoshi AOYAMA, Shinya FUJISAWA, Hitoshi TAKIOKA, Tomohiko KAWABATA
Yasushi ITO and Hiroshi KAKIMOTO

¹ 海洋建設株式会社 (〒711-0921 岡山県倉敷市児島駅前1丁目75番地)

² 香川県漁業協同組合連合会 (〒760-0031 香川県高松市 北浜町8-25)

³ 社団法人香川県水産振興協会 (〒760-0031 香川県高松市 北浜町8-25)

⁴ 財団法人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)

Red spotted grouper *Epinephelus akaara* is a target species for artificial production and stock because of high market value and their poor migrate habit. But it is feared to decrease for predation and/or starvation immediately after stock. To increase survival rate of grouper seeds, we proposed to stock them into the artificial reefs with shells to provide prey organisms. These reefs were attached the protection units with scallop shells, having achievements as refuge. Results as post-research 8 days after stock, it's suggested that reefs with units have seeds stay as 2.8 times high as without units (24.1% to 8.6% both on the average). Reefs with more complicated units, moreover, could hold 1.3 times more seeds than uniformed ones (29.2% to 23.3% both on the average) and accommodate more various length seeds than smaller ones (*F*-test, $P<0.05$). Their gut contents coincided with small animals increasing in reefs. Judging from those results, the institutions are effective for seeds to forage and inhabit as the nursery. We are convinced that this technique makes harbor area strengthen the aquaculture function to insert into the harbor facilities.

Key Words : Spotted grouper, *Epinephelus akaara*, survival rate, stock, artificial reef, harbor area, aquaculture

1. はじめに

キジハタ *Epinephelus akaara* は岩礁域に生息するハタ科の魚類で、定着性が強く、市場価値も高いことから人工種苗の生産技術開発が進み、岡山県、香川県などの瀬戸内海海域を初め各地で盛んに放流が行われている。種苗放流においては放流基盤として人工魚礁が利用されており、これまでの研究では、従来型の人工魚礁へキジハタ0歳魚を放流した場合には滞留率は低い、1歳魚を放流した場合は滞留率が高く、その後の水域への定着も期待できることが知られている¹⁾。この要因として、0歳魚は放流初期において大型魚類による食害や餌不足による飢餓のため減耗が大きいことが理由として考えられる^{1), 2)}。しかし、キジハタ0歳魚を1歳まで育成することは経済的に負担が大きい。そこで、キジハタ0歳魚の食害防止と餌料生物の供給を行い、1歳魚までを効率的に保護するための施設開発が進み、直径15cmのポリエチレン製メッシュパイプ内にホタテガイ殻を30mmの間隔で取り付けしたもの（以下、ホタテガイ



写真-1 キジハタ (*Epinephelus akaara*)

殻パイプ) がキジハタ種苗の保護施設の基本構造として優れていることが実証された^{3), 4), 5)}。しかし小畑らは、30mm間隔のパイプを使用した施設では、放流初期の滞留尾数は放流サイズにより差が見られたことを述べ、放流基盤の収容量やサイズによる行動生態の違いが要因となった可能性を示唆している⁶⁾。

そこで本調査では従来のホタテガイ殻パイプの効果を確認すると共に、キジハタ種苗の保護育成効果をさらに向上させるため、ホタテガイ殻パイプの改良を行った。また、貝殻をメッシュパイプに充填した餌料培養基質を付加した貝殻増殖施設は、貝殻の重なりによって形成される複雑な

空間によりエビ類, カニ類等のキジハタの餌料となる動物⁷⁾を効率的に増殖することが分かっている⁸⁾. このホタテガイ殻パイプを使用して製作した保護育成ユニットを貝殻増殖施設に装着してキジハタ種苗の放流を行い, 種苗への餌料供給効果や保護育成効果を明らかにし, 幼稚魚への保護育成機能に優れた施設を開発することを目的とした.

2. 調査内容、および方法

(1) 調査海域と調査対象

調査対象とした貝殻増殖施設(礁高 1.8m, 幅 3.4m×3.4m 図-1)は, 2000 年 2 月に香川県さぬき市(図-2)の水深 6m の海底に 3 基が一塊となって東西方向に合計で 34 基が沈設された. 本施設の構造は, 餌料培養基質(写真-2)をパネル状にして施設側面や内部に配置し, 上面にはコンクリート板を配置している. これにより施設内部には複雑な空間, 陰影が形成され, 魚介類の餌場, 隠れ場として利用される.

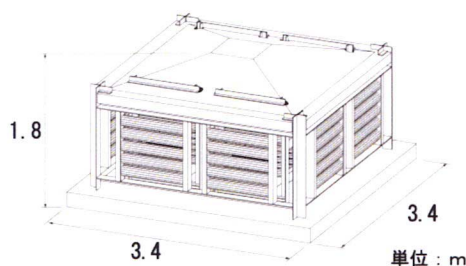


図-1 貝殻増殖施設

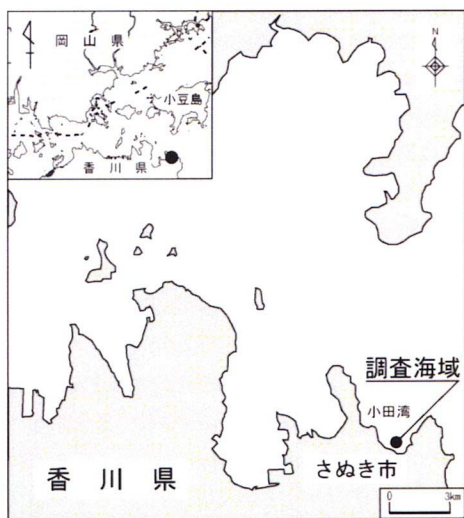


図-2 調査海域

また, ホタテガイ殻パイプ(写真-3)を 9~20 本組み合わせた保護育成ユニット(以下, ユニット)を貝殻増殖施設の側面に設置した.

ユニットはメッシュパイプ内部のホタテガイ

殻の配置間隔および形状を組み合わせることにより表-1 に示す 4 種類を製作した. ホタテガイ殻の配置間隔を 30mm の 1 種類にしたメッシュパイプのみを使用した I 型と 30mm と 15mm 間隔の 2 種類のメッシュパイプを交互に配置した II 型を用意した. また形状は, 長さ 0.5m のメッシュパイプ 9 本をステンレス製枠に配置した 0.5m×0.5m×0.5m (0.125m³) の大きさの A 型(図-3 左)と, 1.0m のメッシュパイプを 20 本組み合わせた 1.0m×0.75m×0.6m (0.450m³) の B 型(図-3 右)の 2 種類を用意した.

表-1 使用した保護育成ユニットの一覧

ユニット略称	I-A型	I-B型	II-A型	II-B型
ホタテガイ殻の間隔 (間隔(mm))	I 型 (30)		II 型 (30&15)	
ユニットの大きさ (m ³)	A型 (0.125)	B型 (0.450)	A型 (0.125)	B型 (0.450)

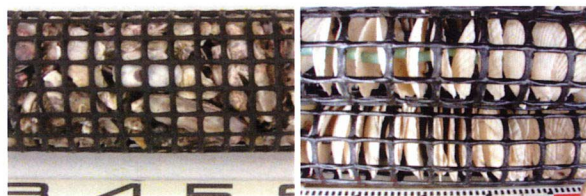


写真-2 餌料培養基質

写真-3 ホタテガイ殻入りメッシュパイプ (上: 間隔30mm, 下: 間隔15mm)

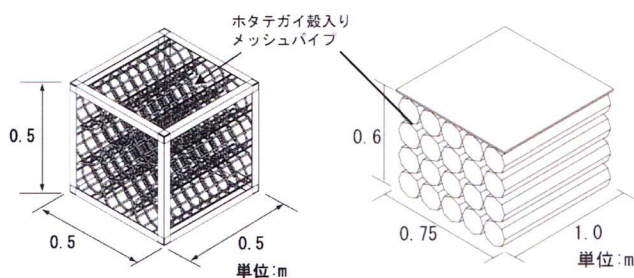


図-3 保護育成ユニット (左: A 型、右: B 型)

(2) 調査方法

調査は2005年9月から2007年10月までの間に, 以下に示す内容について計 9 回を実施した. なお, 3 年間の調査期間中に, 海域の環境条件が著しく変化するような攪乱はなかったと判断され, 調査年度毎の海域条件の変化は無視することとした.

a) 貝殻増殖施設の幼稚魚保護育成機能を強化する調査

調査は, I-A 型のユニットのみを設置した貝殻増殖施設 2 区画(以下, 設置区①, ②)と, ユニットを設置しない貝殻増殖施設 2 区画(以下, 未設置区③, ④)を設定して, 2005 年 9 月 12 日に各試験区にキジハタ種苗を 500 個体(計 2,000 個体)放流した. 種苗は香川県水産試験場栽培漁業セン

ターにて生産された、平均全長 66.1 ± 0.5 mm, 平均体重 5.8 ± 1.1 g のものを用いた。放流後一定期間が経過した時点でスキューバ潜水により貝殻増殖施設やユニット内部に潜入する種苗の計数を実施した。貝殻増殖施設については目視観察による計数、ユニットについては船上に引き揚げて計数した。

b) ユニットの改良し種苗の保護育成機能を向上させる調査

ユニットは表-1 に示す4種を使用して貝殻増殖施設側面に設置した。これらユニットに2006年9月20日に種苗（平均全長 59.8 ± 3.8 mm, 平均体重 3.5g）を各305個体（計1,830個体）を放流し、その後一定期間が経過した時点でユニットの引き揚げを行い、内部に潜入した種苗の計数を実施した。

c) キジハタ1歳魚に対する貝殻増殖施設の保護育成効果を確認する調査

スキューバ潜水により貝殻増殖施設やユニット内部で確認されたキジハタ1歳魚について目視観察を行い、個体数の計数を実施した。

d) 種苗の消化管内容物と貝殻増殖施設に生息する動物との関連性についての調査

各調査日においてユニットの引き揚げにより採集した種苗の全長、体重を測定した後、任意の数個体について消化管を摘出してその内容物の種、個体数を記録した。

3. 調査結果

a) 貝殻増殖施設の幼稚魚保護育成機能を強化する調査

2005年9月の放流から8日経過後における各試験区の種苗の滞留率（各試験区における種苗の滞留個体数/放流個体数 $\times 100$ ）を表-2に示す。

ユニット未設置区における種苗の滞留率は10.6%, 6.6%（平均8.6%）であったのに対し、ユニット設置区の滞留率はユニット内部に多くの種苗が潜入したことにより26.2%, 22.0%（平均24.1%）となった。両試験区の平均値を比較するとユニット設置区の方が2.8倍高くなり、ホタテガイ殻の間隔を30mmにしたI型（従来型）のユニットにより放流初期における貝殻増殖施設のキジハタ種苗に対する保護機能が強化されたと考えられた。

また、各調査ではキジハタ種苗以外にもメバル、カサゴ、オニオコゼ、ハゼ類といった魚類の小型個体がユニット内部に潜入していたので、2006年1月27日にユニット内部から採集した全ての魚類の全長を測定した。その結果、最も頻度高く出現したのは全長71~80mmの個体で（図-4）、配置間隔を30mmにしたI型のユニットはこの全長範囲の様々な魚種にとって最適な隠れ場となっ

ていたと考えられた。奥村⁹⁾は、このI型と同型のユニットに全長70mm以下の種苗を放流した場合、それよりも大型で放流した場合に比べて滞留率が低下したとしており、放流サイズをこれ以下にすると滞留効果が低下する可能性がある。

表-2 放流8日後における保護育成ユニットの設置の有無による種苗の滞留率の比較

試験区		ユニット設置区		ユニット未設置区	
		①	②	③	④
放流個体数		500	500	500	500
確認 個体 数	貝殻増殖施設	31	18	53	33
	保護育成ユニット	100	92		
合計滞留個体数		131	110	53	33
滞留率(%)		26.2	22.0	10.6	6.6
平均滞留率(%)		24.1		8.6	
設置区/未設置区		2.8			



写真-4 ホタテガイ殻パイプに潜入するキジハタ種苗

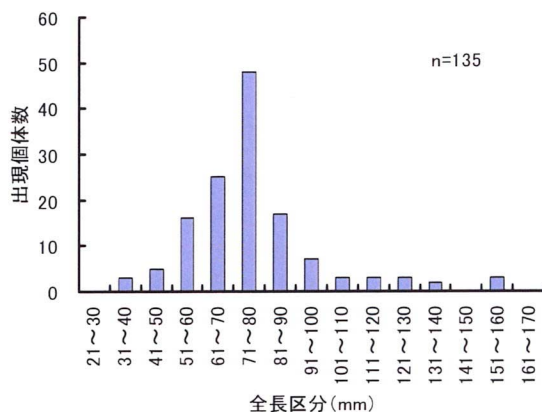


図-4 保護育成ユニットに潜入した魚類の全長ヒストグラム

b) ユニットの改良し種苗の保護育成機能を向上させる調査

2006年9月の放流から8日経過後の引き揚げにより確認された各ユニットの種苗の計数結果を表-3に示す。

各ユニットにおける種苗の滞留率を比較すると、ホタテガイ殻の配置間隔を複雑にしたII型のユニット（34.1%, 24.3%）はいずれも、30mm間隔のみのI型のユニット（23.6%, 23.0%）より高くなり、その差は平均して1.3倍となった。また、同じ

大きさのユニットを比較してもⅡ型のユニットの方が1.1～1.4倍高くなった。

Ⅰ型及びⅡ型のユニットにおけるキジハタ種苗の単位体積当たりの収容量は、Ⅰ型では110個体/m³であったのに対し、Ⅱ型のユニットでは132個体/m³となり、Ⅰ型ユニットの1.2倍の収容力があると考えられた。

さらに、放流8日後において、Ⅱ型のユニットとⅠ型のユニットのそれぞれから採集した種苗の全長ヒストグラムを図-5に示す。その結果、Ⅱ型のユニットがⅠ型のユニットよりも幅広い全長範囲の個体を収容していた（F=1.4793 P<0.05）。

表-3 内部構造や形状による保護育成ユニットのキジハタ種苗の滞留率の比較（放流8日後）

ユニット略称	Ⅰ-A型	Ⅰ-B型	Ⅱ-A型	Ⅱ-B型
放流個体数	305	305	305	305
ユニットの滞留個体数	70	72	74	104
滞留率(%)	23.0	23.6	24.3	34.1
間隔別の平均滞留率(%)	23.3		29.2	
単位体積当たり滞留個体数(個体/m ³)	110		132	

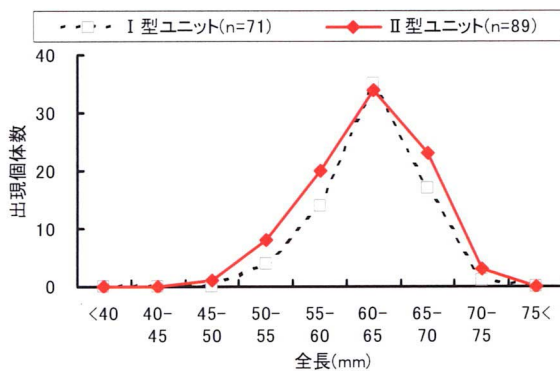


図-5 Ⅰ型及びⅡ型ユニットにおいて採集した種苗の全長ヒストグラムの比較



写真-5 ユニット内部に潜入していたキジハタ種苗

放流時の種苗は個体差があることや放流時期により、常に同じサイズが放流されるわけではない。さらに放流個体は日々成長することから、ユニット内に異なる大きさの生息空間を創ることにより、大小様々なサイズの種苗をより多く、より長

く滞留させ放流効果を向上させることが可能であると考えられた。

C) キジハタ 1 歳魚に対する貝殻増殖施設の保護育成果を確認する調査

各調査日における貝殻増殖施設で確認されたキジハタ 1 歳魚の確認個体数を、調査年毎にまとめて平均したものを表-4に示す。

当海域では2004年からキジハタ0歳魚の放流(3,300個体)が実施されており、2005年にはわずかではあるが貝殻増殖施設においてキジハタ 1 歳魚（以下、1歳魚）が確認された。さらにこの調査を開始した2005年以降、貝殻増殖施設で確認される1歳魚の個体数は徐々に増加傾向を示した。これは調査年毎の放流個体数や調査回数、観察基数は異なるが、ユニットの設置や改良により保護育成機能が向上し、1歳魚までがより多く滞留できる環境条件が形成されたことがその要因として考えられた。

また、2006年9月の放流から404日後の2007年10月30日には、放流を実施していない貝殻増殖施設においても1歳魚が確認されたことから、1歳魚が当海域に設置された施設全体に展開したものと推察された。1歳魚が施設全体に展開したものと仮定して滞留率を推定したところ8.7%となった（表-5）。これは水域や年度、放流個体数は異なるが、本調査と同様の貝殻を用いた施設における放流111日後の滞留率が9～13%であったとする伊藤ら¹⁰⁾の報告とほぼ同等の値となった。また、この結果は萱野らが行った貝殻を利用していない人工魚礁における放流1年後の結果（滞留率1.8%）¹⁾よりも高い値を示した。これらのことから貝殻増殖施設は放流初期の種苗の生残率を向上させ、さらに1歳魚以上の保護育成果の向上に寄与していることがわかった。

表-4 当海域における調査年ごとの貝殻増殖施設1基当たりのキジハタ 1 歳魚の平均確認個体数

調査年	総観察基数	放流個体数	平均確認個体数(個体/基)
2005	12	2,000	—
2006	4	1,830	2
2007	3	—	5

※表中の“—”は1個体未満を示す。

表-5 放流404日後における施設全体のキジハタ 1 歳魚の滞留率

調査年月日	2007年10月30日	
経過日数	404日	
放流時の種苗の全長(mm)	59.8±3.8	
施設1基当たり確認個体数	A	5
当海域の施設設置基数	B	34
施設全体の滞留個体数	C=A×B	159
放流個体数	D	1,830
滞留率(%)	E=C/D×100	8.7

※施設1基当たりの確認個体数は四捨五入による値を示す。

d) 種苗の消化管内容物と貝殻増殖施設に生息する動物との関連性についての調査

2005年9月12日の放流から36日後までのユニットから採集した種苗の群摂餌率（サンプル個体中の消化管内容物が確認された個体数／サンプル個体数×100）の推移を図-6に示す。

各調査においてユニットから採集した種苗の群摂餌率は放流からの日数の経過と共に増加しており、放流8日後には50.0%であったが放流36日後には76.5%に増加した。このことから、種苗は時間の経過と共に徐々に新しい環境に馴致され摂餌をするようになったと考えられた。

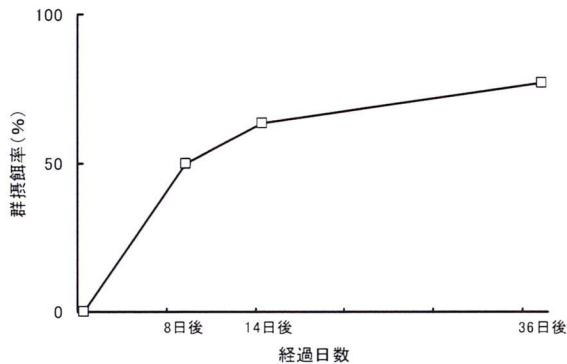


図-6 ユニットから採集した種苗の群摂餌率の推移

放流種苗の消化管内容物は消化が進行しており、湿重量の測定が困難であったことから個体数のみを測定したが、それらの消化管内容物について、調査日毎の個体数組成を表-6に示した。キジハタ0歳魚については、各調査においてヨコエビ亜目を頻度高く摂餌しており、2005年の調査ではその他にも長尾類やアミ目、マキガイ綱が高い割合で確認された。2006年の調査ではヨコエビ亜目のほかにカイアシ下綱が高い頻度で確認された。1歳魚については内容物のほとんどが消化が進行しており同定が困難であったが長尾類、短尾類、多毛綱など0歳魚と同様な動物を摂餌しており、その他に蔓脚下綱（フジツボ類）を摂餌していた。

表-6 キジハタ種苗の消化管内容物の個体数組成

調査年月日	2005年			2006年		2007年
	9/20	9/26	10/18	9/29	11/13	10/30
経過日数	8	14	36	8	53	404
測定個体数	5	7	10	10	4	2
個体数組成 (%)	多毛綱		5.0			25.0
	マキガイ綱	5.7	29.6			
	蔓脚下綱					25.0
	カイアシ下綱			75.0		
	アミ目	25.7	14.8	65.0		
	ヨコエビ亜目	57.1	40.7	12.5	100.0	
	ワレカラ亜目	2.9				
	長尾類	8.6	-	20.0		25.0
	短尾類			-		25.0
	甲殻綱			5.0	-	
	クモヒトデ綱		14.8			
	硬骨魚綱			5.0	12.5	
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

※1 表中の“-”は消化が進行していたため測定不可能であった種を示す。

これら消化管内容物にみられた動物と餌料培養基質で増殖する動物との関連性、及び施設に滞留する種苗の成長について検討するため、本調査海域と同じ瀬戸内海中央部にあって、水深、底質、流況などの海域条件が類似していると考えられた香川県及び岡山県海域における過去の知見との比較を行った。香川県三豊市及び岡山県倉敷市海域において野田ら⁸⁾の行った餌料培養基質における固着・潜入動物調査の結果と本調査における消化管内容物を比較すると、カイアシ下綱を除く全ての内容物が餌料培養基質内部で確認された動物群と一致していた。またこの結果は、キジハタ0歳魚が魚礁由来の生物を摂餌したという岡山県笠岡市において実施した奥村ら⁴⁾の報告とも一致しており、貝殻増殖施設が種苗に対する餌料供給機能を備えていると考えられた。

さらに、放流404日後の種苗は平均全長137.5mm、平均体重34.0gに成長していた（表-7）。岡山県笠岡市において実施された調査では、0歳で天然海域に放流されたキジハタ種苗は満1歳で全長120～150mmに成長し¹¹⁾、萱野らが放流に用いた1歳のキジハタ種苗の全長は7～9月で120～148mmであった¹⁾。これらのことから、今回採集された個体は過去の放流個体や人工種苗などと同等の成長を示したと判断された。

表-7 放流当日と放流404日後における種苗および1歳魚の平均全長及び平均体重

	2006年9月20日 (放流日)		2007年10月30日 (放流404日後)	
	全長(mm)	体重(g)	全長(mm)	体重(g)
測定個体数	30	263	2	
平均	59.8	3.5	137.5	34.0
標準偏差	3.8	-	0.1	4.2



写真-6 種苗の消化管内容物（長尾類）



写真-7 餌料培養基質に生息する長尾類

4. まとめ

本調査の結果より、30mm 間隔のホタテガイ殻パイプに 15mm 間隔のホタテガイ殻パイプを併用することにより、ユニット内部には異なる大きさの生息空間が創出され、これによって幅広いサイズの幼稚魚を多く滞留させることが可能になることがわかった。

また、ユニットを付加した貝殻増殖施設にはキジハタ 1 歳魚が生息しており、その個体数は年々増加傾向を示した。これはユニットの保護育成機能の向上により、1 歳魚までがより多く滞留できる環境条件が形成されたことが要因として考えられ、貝殻増殖施設は放流初期の種苗の生残率を向上させ、さらに 1 歳魚以上の保護育成効果の向上に寄与していることがわかった。

さらに、種苗の消化管内容物のほとんどが餌料培養基質内部で確認された動物群と一致しており、貝殻増殖施設が種苗に対する餌料供給機能を備えていることがわかった。

以上の結果から、貝殻増殖施設にホタテガイ殻パイプを用いて、大きさの異なった生息空間を創出することにより、餌場、隠れ場機能に優れたキジハタ種苗の保護育成施設を開発することが可能であり、この技術を活用することによって、種苗生産における中間育成のコストを削減することにも寄与する⁶⁾と考えられた。

本調査では、ユニットの生息空間量から単位体積当たりの種苗の収容力を検討したが、環境収容力は生物の利用可能な空間量、餌料生物量、競合生物量、生物種間のなわばり等の生態的特性により変化する¹²⁾。また、餌料面からみた種苗の収容力についての検討は本調査では行われていないが、加村ら¹³⁾は餌料生物量と魚類蠕集量には強い相関がみられたと報告しており、今後は両者の関係についても検討する必要がある。

5. おわりに

奥村¹⁴⁾は閉鎖的な漁港内と開放的な岩礁地帯にキジハタ種苗を放流したところ、閉鎖的な漁港内の方が種苗の滞留期間が長いと報告している。このように、港湾施設や漁港施設は施設内部の静穏性等の要因により、天然幼稚魚の生息場や放流種苗の滞留場としての利用が注目され研究が行われている。また、伊藤ら¹⁰⁾は漁港施設自体の生物資源増殖機能を評価するとともに、施設内に放流種苗の滞留機能を有する保護育成施設を設置することにより漁港施設の機能が強化されたと報告している。

これらのことから、本調査において人工種苗への保護育成機能が実証された当施設を港湾施設

や漁港施設の内外に利用することにより天然の幼稚魚や放流種苗の生息場を新たに創出し、港湾施設等の生物資源増殖機能を強化することにも応用が可能であると考えられた。

謝辞：本調査は社団法人香川県水産振興協会による平成 17 年度～平成 19 年度放流効果実証事業の一環として行われた。本調査を実施するにあたり、ご指導頂きました香川県水産課、香川県水産試験場、小田漁業協同組合の皆様には感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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. 水産工学, Vol. 38, No. 2, pp. 185-191, 2001.
- 2) 奥村重信, 小畑泰弘. キジハタ増殖魚礁の開発と漁港への応用. 日本栽培学会誌, Vol. 72, No. 3, pp. 463-466, 2006.
- 3) 奥村重信, 津村誠一, 丸山敬悟. 水槽実験によるキジハタ幼魚保護礁の素材評価. 日本水産学会誌, Vol. 68, No. 2, pp. 186-191, 2002.
- 4) 奥村重信, 津村誠一, 丸山敬悟. 野外放流実験による二種類のキジハタ幼魚保護実験礁の比較. 日本水産学会誌, Vol. 69 No. 1, pp. 57-64, 2003.
- 5) 奥村重信, 萱野泰久, 草加耕司, 津村誠一, 丸山敬悟. ホタテガイ殻を利用した人工魚礁へのキジハタ幼魚の放流実験. 日本水産学会誌, Vol. 69, No. 6, pp. 917-925, 2003.
- 6) 小畑泰弘, 古村振一. 漁港内に設置した幼稚魚育成施設における人工放流魚の滞留効果と餌料培養効果. 第 4 回全国漁港漁場整備技術研究発表会講演集, pp. 81-91, 2005.
- 7) 萱野泰久. 人工魚礁域に蠕集するキジハタの食性. 水産増殖, Vol. 49, No. 1, pp. 15-21, 2001.
- 8) 野田幹雄, 田原実, 片山貴之, 片山敬一, 柿元皓. 内部空隙をもつ管状基質が無脊椎動物、特に魚類餌料動物の加入に与える効果. 水産増殖, Vol. 50, No. 1, pp. 37-46, 2002.
- 9) 奥村重信. キジハタ増殖礁の開発と効果. 平成 16 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp. 297-300, 2004.
- 10) 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. 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. 海岸工学論文集, Vol. 52, pp. 1056-1060, 2005.
- 11) 萱野泰久, 田中丈裕, 林浩志. 複合型海洋牧場における放流魚の定着状況と魚類相. 水産工学, Vol. 35, No. 3, pp. 303-309, 1998.
- 12) 柿元皓. 人工魚礁による魚類生息場の造成. 全国沿岸漁業振興開発協会, pp. 1-23, 1998.
- 13) 加村聡, 穴口裕司, 片山真基, 伊藤靖. 貝殻を用いた餌料培養基質における餌料生物の増加と魚類蠕集量の関係. 平成 19 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp. 105-108, 2007.
- 14) 奥村重信. 漁港や魚礁を利用したキジハタの放流実験. さいばい. No. 97, pp. 27-31, 2001.