

水産基盤整備直轄調査委託事業報告書
水産基盤整備生物環境調査
放流キジハタの保護育成礁造成技術の開発調査

I. 調査の目的および概要

1. 調査課題名 放流キジハタの保護育成礁造成技術の開発調査

2. 実施機関および担当者

社団法人	日本栽培漁業協会	第1技術部長	水田洋之介
		玉野事業場長	丸山 敬悟
岡山県		玉野事業場主任技術員	奥村 重信
		玉野事業場主任技術員	津村 誠一
		水産課課長補佐	山野井英夫
		水産課主任	草加 耕司
		水産試験場特別研究員	篠原 基之
		水産試験場専門研究員	萱野 泰久

3. 調査実施年度 平成11年度～13年度

4. 調査のねらい

キジハタは沿岸域に生息する岩礁性の底生性魚類で市場価値も高い高級魚であるが、近年漁獲量の減少が著しい。このキジハタの資源増大を目的として、資源分布、生息環境、行動生態等の調査を行い、好適生息環境条件を解析するとともに、保護育成礁を製作、設置し、人工種苗を放流して調査することによって漁場造成手法の開発を行う。

5. 調査実施状況

(1) 調査海域

岡山県 笠岡市 白石島周辺海域

(2) 調査体制

本調査は、日本栽培漁業協会と岡山県が共同で分担協力して実施した。また本調査を効率的に推進するため、学識経験者等により構成する調査推進検討委員会(表1)を設置し、調査の実施計画、調査内容の検討および結果の評価を行った。調査推進検討委員会は、平成11年度に3回、平成12、13年度にはそれぞれ2回開催した。

表1 調査推進検討委員会の構成

委員長	柿本 皓	(元水産大学校教授, 全国沿岸漁業振興開発協会 技術委員)
委員	鈴木 伸洋	(水産庁養殖研究所 研究室長)
委員	伊藤 靖	(全国沿岸漁業振興開発協会 業務課長)
委員	小野 秀次郎	(岡山県水産課 課長)
委員	松村 眞作	(岡山県水産試験場 場長)

(3) 調査内容

1) 水槽実験

保護育成礁の素材、構造を検討するため、キジハタ人工種苗を使用して水槽実験を行った。また、キジハタ幼魚の行動生態に関する基礎的知見を得るため、餌、水質環境等と行動生態に関する飼育実験を行った。その他、将来の漁業に対する効果調査を目的として標識実験を行った。

2) 天然海域での放流実験

水槽実験で選定した素材、構造をもとに、数種類の保護育成礁を試作し、天然海域（倉敷市 児島沖 釜島）に設置した。周辺海域の環境、保護育成礁への天然餌料生物の増殖等を調査するとともに、キジハタ人工種苗を放流して、滞留と逸散、摂餌、成長、他魚種との関係等を調査し、保護育成礁の基本形状を決定した。また、保護育成礁への滞留率を高めるための放流方法の検討を行った。

3) 実験海域での調査

笠岡市沖の白石島において、周辺海域の海底地形、潮流等の環境調査を行うとともに、水槽実験、天然海域での実験により決定された保護育成礁を製作して沈設した。キジハタ人工種苗を放流し、保護育成礁でのキジハタの滞留と逸散、摂餌、成長および他魚種の増殖状況を調査した。保護育成礁での天然餌料生物の増殖、浮泥の堆積と生息空間の変化、また、保護育成礁から逸散したキジハタの移動分布調査を行った。

II. 調査報告

1. 調査海域の概要

調査海域には、岡山県笠岡市白石島地先の水深5～8mの水深帯を選定した。本海域は、岡山県が県西部海域における漁業資源の供給源並びに資源管理型漁業のモデル漁場として整備した「海洋牧場」の一面に位置する。保護育成礁の沈設海域は砂浜域で、周囲には転石、投石礁およびコンクリート製の人工魚礁群が散在することから、保護育成礁に放流したキジハタが成長とともに、周辺の人工魚礁に移動し易いと考えられる。

キジハタに対する生息環境を明らかにするため、調査海域の水質、流況、海底地形について調査した。

(1) 海域環境

毎月1回、図1に示した定点①の水温、塩分、溶存酸素量、pHおよび透明度を測定した。水温は8.6～28.3℃、塩分は27.8～33.2psu、溶存酸素飽和度は78～110%、pHは7.78～8.38を推移した。

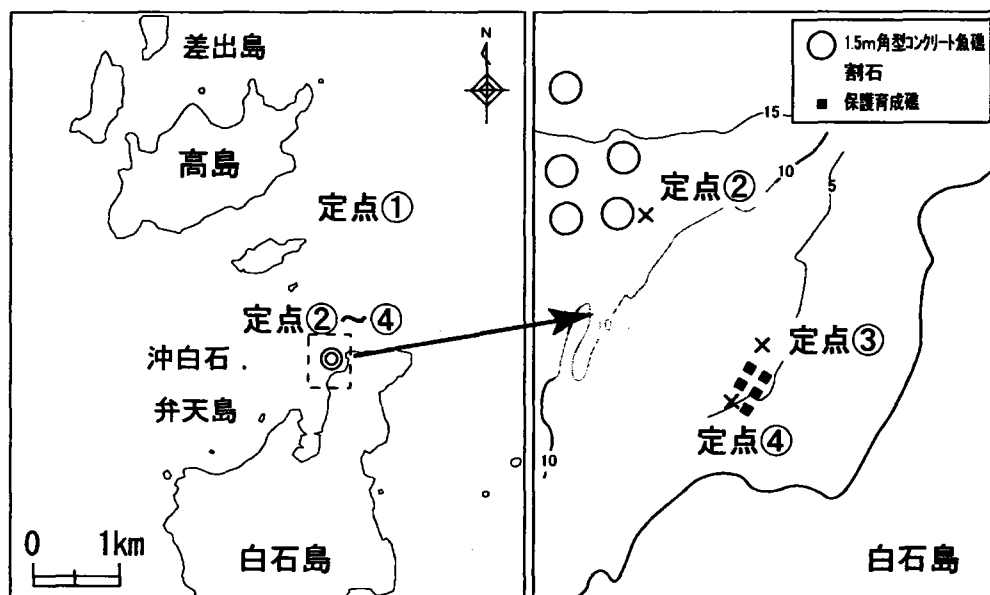


図1 調査実施海域

平成13年4月19日、干潮時に魚群探知機を用いて保護育成礁設置海域の深浅測量を実施した。また、大潮に当たる平成12年4月18~19日および9月25~26日に、1昼夜連続して、定点②、③で電磁流速計を用いて、流向、流速を測定した。さらに同年10月17~18日には、保護育成礁内部(定点④)の流向、流速を1昼夜連続して測定した。

保護育成礁の設置水深は干潮時が4~6m、満潮時が6~8mであった(図2)。沿岸部の植生は乏しく、離岸50~90mまでは水深10m程度の砂泥底で、花崗岩の転石が散在した。沖側の水深7~10mには投石礁、さらに沖側には、コンクリート製の並型魚礁が乱積みされていた。保護育成礁の周囲20m以内には、岩礁域や構造物がないことから、保護育成礁におけるキジハタの滞留効果を判定する上で適した海域と考えられた。

潮流は複雑で、地形的な影響で逆流が生じていた。流速は本流に近い定点②が定点③より速く、定点②の最大流速は32.4 cm/sで、東方流速が速かった。一方、人工魚礁内部(定点④)の流向は、引き潮時に北東方向、満ち潮時に南東方向で、流速は引き潮時にやや速いものの、最大流速は6.7 cm/sで緩やかであった。

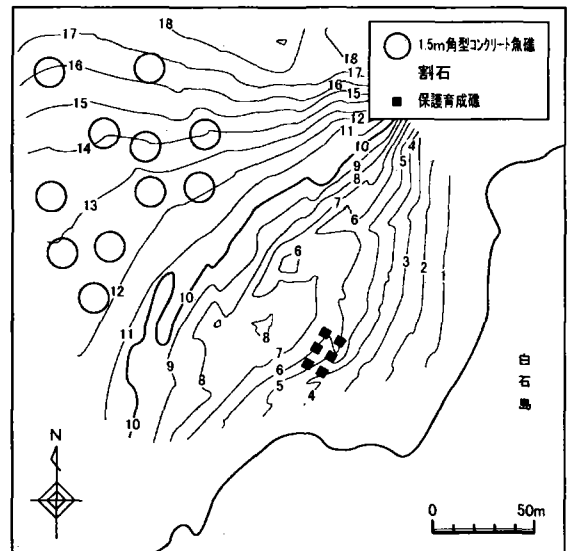


図2 保護育成礁設置海域の等深線図

2. 保護育成礁の開発

(1) 基本構造の検討

1) 水槽実験による魚礁素材の比較実験

① 1対1の蛸集比較実験

1辺が30cmの小型魚礁4種(図3, A~D)を試作し、1.5 m³水槽底面に2種類の小型魚礁を別々に入れ、キジハタ1歳魚または0歳魚を10尾収容した。収容後3時間おきに中心線からそれぞれの小型魚礁側にいるキジハタの尾数を計数した。

1対1の対応のあるt検定により計数値の有意差を両側検定した。危険率5%未満で有意差が認められた場合は、蛸集尾数の多かった小型魚礁に+1点を与え、少なかった方は-1点とした。有意差が認められない場合は双方を0点とした。得点はホタテ型が+4点、キンラン型が+3点、パイプ型が-3点、立方体型が-4点となり、蛸集度はこの順で高いと認められた。

② 同一水槽での比較実験型

60 m³角型コンクリート水槽1面に上述

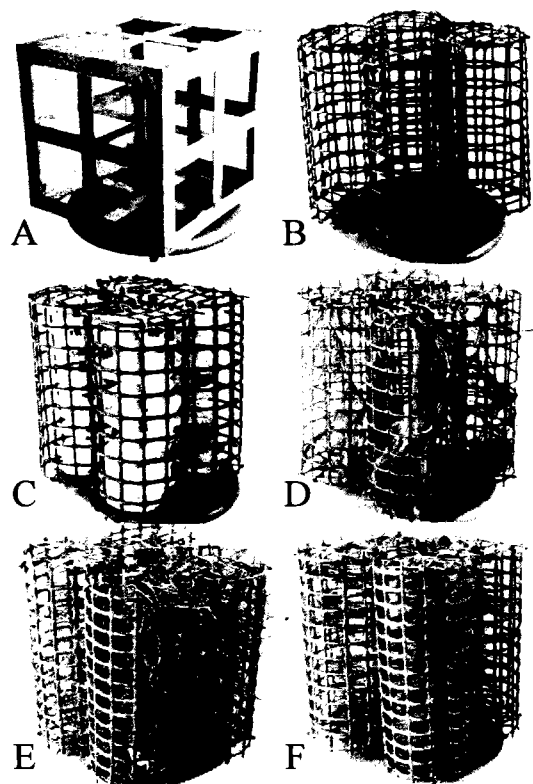


図3 実験に使用した小型魚礁

A 立方体型, B パイプ型, C キンラン型
D ホタテ型, E マブシ型, F 植毛材型

の4種類の小型魚礁を同時に設置し位置を交換しながら、蛸集尾数を4回計数した。蛸集尾数はホタテ型が20尾、キンラン型が17尾、パイプ型が12尾、立方体型が5尾であり、蛸集度はこの順で高いと認められた。

③ 被食実験

1.5m³水槽に小型魚礁を設置し、キジハタ人工種苗を10尾ずつ収容した後にカサゴを3尾収容して、2時間後と翌朝のキジハタの生残尾数を計数した。3回の実験の通算生残尾数はキンラン区43尾、ホタテ区42尾、立方体区34尾、パイプ区39尾であり、魚礁を設置しなかった対照区は22尾であった。

④ キンラン型・マブシ型・植毛材型の比較

①と同様の方法で3種類の小型魚礁(図3, D~F)へのキジハタの蛸集度を比較した。3種類の小型魚礁への蛸集度に有意な差はなかった。

⑤ 考察

キジハタ幼魚は立方体型やパイプ型のような隙間の多い構造より、ホタテ型やキンラン型のような隙間が小さく詰まった構造のピースに蛸集し易いことがわかった。小型魚礁の設置によってカサゴによるキジハタの被食が少なくなり、ホタテ型やキンラン型の魚礁が食害を防ぐ効果が高い傾向が認められた。このため、ホタテ型とキンラン型を用いて放流実験を行い、両者を比較する必要があると考えられた。キンランは海中での耐久性が低いと思われたので、同様な性能を有する植毛材を利用する方がよいと判断された。

2) 放流実験による魚礁素材の比較

1)の結果から、ホタテ貝殻および植毛材を材料とした2種類の放流実験礁を製作した。放流実験礁は図4に示したようにコンクリート台(D)から4本の鉄柱によってカキ殻を充填した屋根部分(A)を固定した。台と柱および屋根部分のみを倉敷市釜島西地先に平成11年8月に2基沈設した。ホタテ貝殻または植毛材を入れたメッシュパイプ(直径15cm, 長さ1m, 目合(内径)2.8cm角, トリカルP568, タキロン(株)からなるユニット(図5)を4個ずつ製作し、10月にそれぞれの放流実験礁に取り付けた(図4B)。

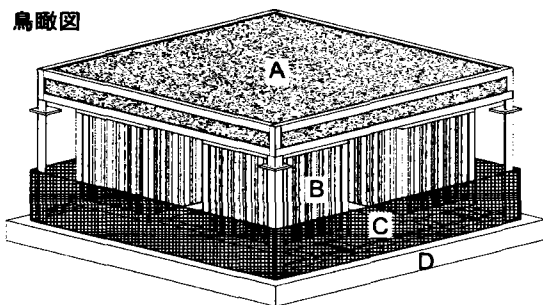


図4 放流実験礁

A カキ殻ケース, B ユニット,
C 保護ネット, D コンクリート台

(単位 cm)

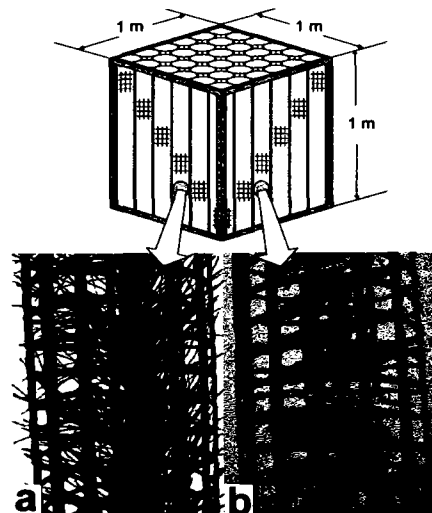


図5 ユニット

a 植毛材, b ホタテ貝殻。
ホタテ貝殻の間には3 cmのスペーサを取り付けた。

放流魚が海底へ直接移動するのを防ぐため高さ 50 cm の保護ネットを放流 1 週間後まで取り付けた (図 4 C)。11 月にそれぞれ 1,000 尾ずつのキジハタ幼魚 (平均全長 95 mm) を放流し、潜水観測と引き揚げ調査によってキジハタの滞留状況を調査した。放流 5 カ月後の平成 12 年 4 月にすべてのユニットを引き揚げて、放流キジハタを計数した。

ホタテ貝殻礁では 204 尾、植毛材礁では 103 尾の放流キジハタが再捕され、ホタテ貝殻礁の滞留尾数が有意に多かった (Mann-Whitney の U 検定, $p < 0.05$)。ホタテ貝殻礁の滞留率は植毛材礁の約 2 倍高く、キジハタの保護育成礁にはホタテ貝殻を利用したユニットが適していると判断された。

再捕されたキジハタの胃内容物はワレカラ亜目やヨコエビ亜目の端脚目がほとんどを占めていた。カキ殻ケースの付着生物数ではワレカラ亜目およびヨコエビ亜目が全個体数の 31% と 24% を占め卓越していた。このため、実験放流礁は放流キジハタの滞留を促すとともに、放流魚の餌料生物培養機能を併せ持つことが示された。実験礁内外では潜水観測時に放流キジハタ以外にカサゴ、メバル、アイナメ、クジメ、マダコなどの水産重要種も観察され、キジハタ以外の魚種に対する蝸集効果も認められた。

(2) 保護育成礁の製作と設置

(1) により、決定された基本構造に従い、ホタテガイの貝殻を材料とした実用規模の保護育成礁を製作した (図 6)。ホタテガイは、直径 15 cm、長さ 75 cm、目合い 4 cm の高密度ポリエチレンメッシュパイプに詰め、これを 25 本束ねて鋼製枠に納め、立方体とした (以下ホタテユニット)。ホタテユニットは、貝殻と貝殻の間にスペーサを挟み広い空隙を持つ形状 (スペーサ付き) と、スペーサを挟まない形状 (スペーサなし) の 2 種類を作製した。

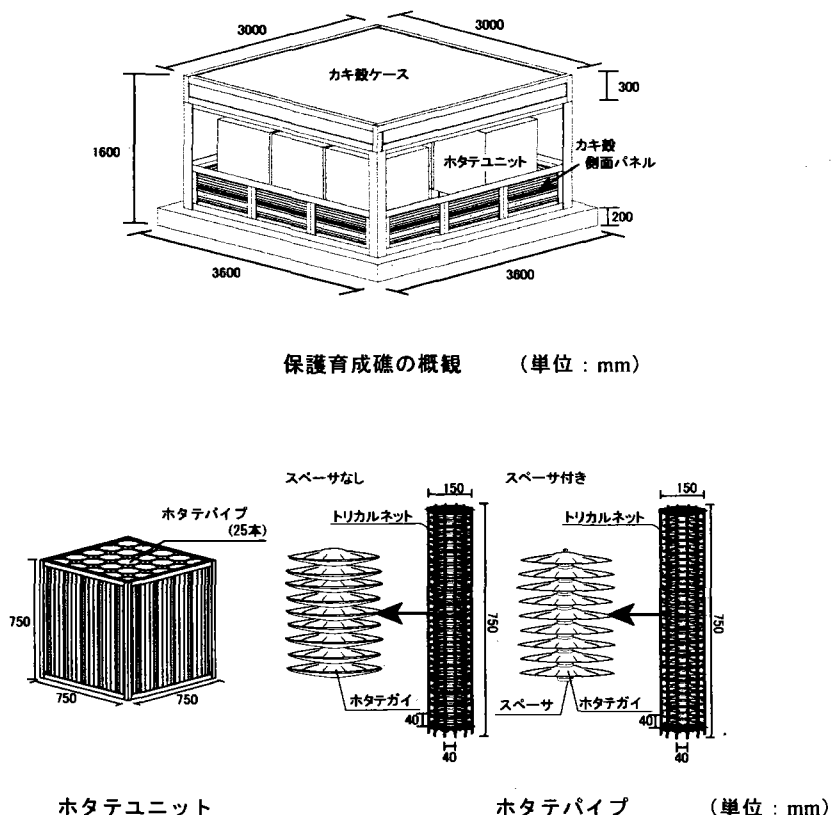


図 6 保護育成礁の概要

保護育成礁 1 基の大きさは 3.6×3.6×1.6 m で、コンクリート台座の上にホタテユニット 6 組を 2 列で配置した。また上部には 3.0×3.0×0.3 m のカキ殻を充填したケースを配置した。本魚礁の特徴は、パイプの網状構造による隠れ場機能を持つこと、カキ殻ケースによる陰影効果、貝殻による餌料培養機能を強化した点にある。また、魚礁の素材として一般廃棄物となった貝殻を利用していることも特徴である。

保護育成礁はスペーサ付きとスペーサなしをそれぞれ 3 基、合計 6 基作製し、平成 12 年 7 月 28 日に笠岡市白石島地先の海底に沈設した。

3. 保護育成礁への放流実験

(1) 生息空間と付着動物

保護育成礁の浮泥堆積状況、ホタテユニット内部の空隙率および付着動物量は、保護育成礁の支柱部分に取り付けた直径 15 cm、長さ 30 cm のテストピース（スペーサ付きおよびスペーサなしの 2 種）4 組を用いて調査した。各テストピースは平成 12 年 10 月 18 日（設置後約 3 カ月）、平成 13 年 1 月 18 日（約 6 カ月）、平成 13 年 4 月 19 日（約 9 カ月）、平成 13 年 8 月 8 日（約 12 カ月）に回収した。

1) 浮泥堆積量

テストピースに堆積した浮泥はブラシを用いてかき落とし、これを 1 mm 目の篩でろ過した。ろ過後の浮泥液は 24 時間静置後、浮泥の沈殿量を求めた。浮泥堆積量は、沈設後経時的に増加し、スペーサ付きでは 6 カ月後に 205 ml、スペーサなしでは 9 カ月後に 510 ml と、それぞれ最も多くなった（図 7）。しかし浮泥堆積量は、その後減少し、いずれの形状においても 3 カ月後と同レベルとなった。

2) 空隙率の変化

テストピース内部の空間（空隙）容積を定期的に測定した。なお、スペーサなしの空隙率は、上下のホタテ貝殻内の容積を差し引いて求めた。空隙率は、沈設前のスペーサ付きが 91%、スペーサなしが 66% で、前者の空間量が 1.4 倍多かった（図 8）。9 カ月経過した平成 13 年 4 月の空隙率は、スペーサ付きが 75%、スペーサなしが 32% となり、それぞれ当初の 83% および 49% となった。その後 8 月の空隙率は、スペーサ付きが 80%、スペーサなしが 43% となり、やや向上した。

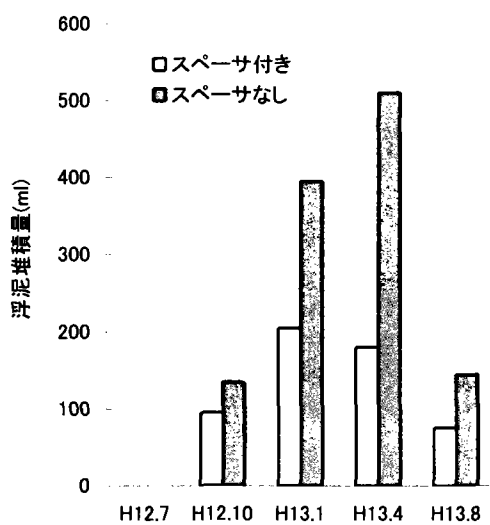


図 7 テストピースの浮泥堆積量

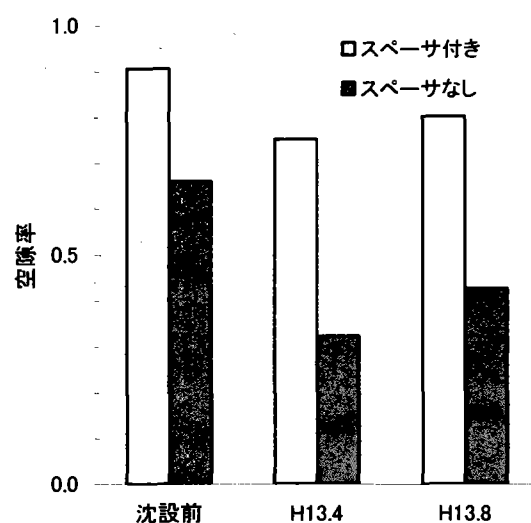


図 8 テストピースの空隙率

3) 付着生物

付着動物の分析には、浮泥採取後の篩に残った試料を用いた。分類の精度は綱から目あるいは亜目レベルとし、可能なものは種まで分類し、類別の個体数および重量を計測した。保護育成礁を沈設後、付着動物量は経時的に増加した（図9）。個体数はスパーサ付きが平成13年1月（6カ月後、1,177千個体/m³）に、スパーサなしが（9カ月後、1,567千個体/m³）に、それぞれ最も多くなった。湿重量は平成13年4月が最も多く、スパーサ付きが97.2 kg/m³、スパーサなしが180.9 kg/m³となった。種類数はいずれも平成13年1月が最も多く、スパーサ付きで81種類、スパーサなしで68種類であった。

類別個体数は、平成12年10月（3カ月後）にスパーサ付きおよびスパーサなしいずれも、軟体動物と甲殻類の合計が80%以上を占め、その後、多毛類の個体数が増加した。類別重量は、平成12年10月がスパーサ付きおよびスパーサなしいずれも、軟体動物が88%以上を占め、その後、甲殻類の重量が増加した。キジハタの餌料生物として有効と考えられる甲殻類の個体数は、まずフジツボ類が着生した後、スパーサ付きでは端脚類の個体数が増加した。さらに平成13年8月には、長尾類の個体数がスパーサ付き、スパーサなしともに増加した。フジツボ類を除く甲殻類の重量は、長尾類、短尾類がスパーサ付き、スパーサなしともに年間を通じて高い値を示したが、平成13年1月および4月は端脚類の重量が増加した。

付着生物の着生により、パイプ内の生息空間（空隙）は減少したが、スパーサ付きの方が減少率は低かった。放流魚の生息空間を維持するためには、魚礁構造をさらに改良する必要がある。一方、テストピースにおける甲殻類の重量は、スパーサなしの方が1.5~2.4倍多かったことから、餌料の生産性の面からみるとスパーサなしの方が高かった。これは、端脚類の重量では差がないものの、長尾類、異尾類および短尾類の重量がスパーサなしで多かったことによる。保護育成礁の摂餌場機能は、キジハタ放流魚の摂餌生態および摂餌量からも評価する必要がある。

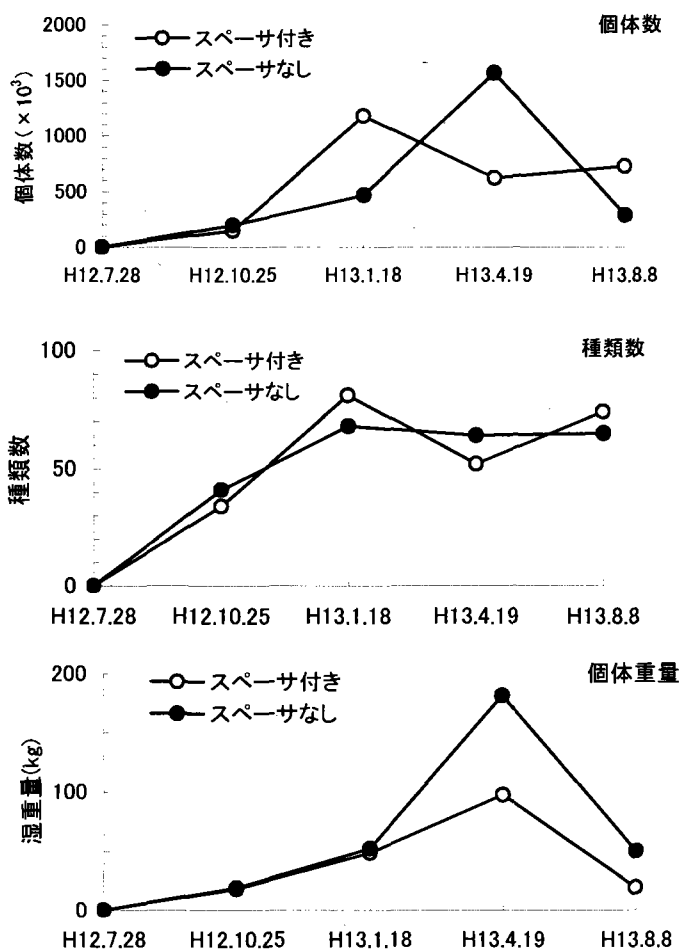


図9 ホタテユニット 1m³ 当たり付着動物量の推移

(2)保護育成礁におけるキジハタの滞留

1) ユニットの構造（スペーサの有無）の比較

保護育成礁の構造の違いと滞留率を比較するため、ホタテ貝殻とスペーサを入れたメッシュパイプを縦置きに取り付けたユニット6個からなる保護育成礁（スペーサ付き区）を3基、ホタテ貝殻のみを入れたメッシュパイプを縦置きに取り付けたユニット6個からなる保護育成礁（スペーサなし区）を3基の計6基を平成12年7月に岡山県笠岡市白石島北西沖（水深8～9m）に沈設した（図10, 11）。

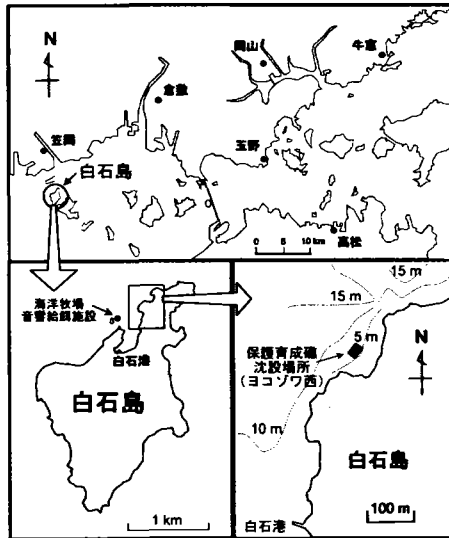


図10 調査海域と保護育成礁沈設地点

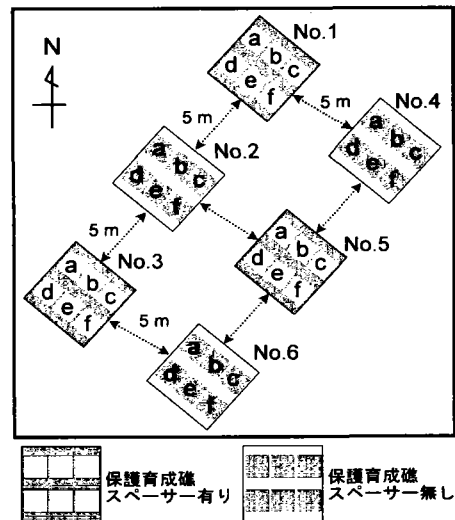


図11 保護育成礁およびユニットの配置

平成12年10月にスペーサ付きの礁に1,000尾ずつ3群の右腹鰭を切除したキジハタ人工種苗を、スペーサなしの礁には左腹鰭を切除した種苗を1,000尾ずつ3群放流した。放流魚の平均全長は80mmであった。

放流後は潜水観測と引き揚げ調査により、放流魚の滞留を調査した（表2）。放流4カ月後の平成13年2月にユニットの一部引き揚げを行った。

スペーサ付き区では合計95尾（礁1基当たりの推定滞留尾数：285尾）、スペーサなし区では合計46尾（同：138尾）が再捕され、スペーサ付き区の再捕尾数の方が2倍以上多かった。

平成13年5月、7月、9月にスペーサ付きおよびスペーサなし礁のユニットを2個ずつ引き揚げ、キジハタ放流魚を再捕計数した（表2）。

スペーサ付きのユニットに比べてスペーサなしのユニットでは滞留尾数が少なかった。この原因はスペーサが無いと貝殻間の空隙が狭く、付着生物による目詰まりによって、キジハタが潜入できる空間が少なくなったためと考えられた。放流したキジハタを効率よく保護育成するためにはスペーサ付きのユニットが優れていると考えられた。スペーサなしのユニットは付着生物による目詰まりが進行しており、次の放流実験前に新規の基盤と交換する必要があると思われる。

表2 平成12年度放流キジハタの滞留尾数（白石島）

年月日	放流後経過 日数（日）	水温 （℃）	推定滞留尾数（尾数／礁）			
			スぺーサ付き		スぺーサなし	
			目視計数 ^{*1}	引揚計数 ^{*2}	目視計数 ^{*1}	引揚計数 ^{*2}
H12.10.17	0	23.4	231		269	
H12.10.18	1	23.2	143		157	
H12.10.24-25	7-8	22.7	163	450	144	474
H12.11.17	31	18.5	106		99	
H12.12.20	64	14.1	103		97	
H13.2.14-15	120-121	9.2	7	285	5	138
H13.5.15-16	210-211	17.0	3	129	1	30
H13.7.18-19	274-275	24.5	5	21	2	6
H13.9.20-21	340-341	26.2	7	0	9	3

*1：潜水観測によって確認した尾数

*2：ユニットを1個ずつ引き揚げ、1個あたりの尾数を6倍して求めた

2) ユニットの新旧と放流尾数の比較

1年間経過したユニットと新しいユニットの滞留状況の違いを比較するため、平成13年10月12～13日にスぺーサなしのユニットをすべて回収しスぺーサ付きの新品に交換した。保護育成礁1基当たりの適正な放流尾数を推定するため、放流尾数を違えて各礁にキジハタ人工種苗（平均全長 67.6±7.0 mm）を放流した（表3）。

表3 白石島保護育成礁へのキジハタ放流尾数（平成13年10月16日）

礁番号*	ユニット設置年	尾数	腹鰭	礁番号*	ユニット設置年	尾数	腹鰭
1	平成12年度	500	右切除	2	平成13年度	1,000	左切除
3	平成12年度	2,000	右切除	4	平成13年度	500	左切除
5	平成12年度	1,000	右切除	6	平成13年度	2,000	左切除

*：図6参照

表4 白石島保護育成礁のユニット引き揚げ結果（平成13年度 白石島）

保護 育成礁 番号 ^{*1}	放流 尾数 （尾）	10月23-24日		11月12-13日		2月21日	
		放流7～8日後		放流27～28日後		放流128日後	
		再捕尾数	滞留率 ^{*2}	再捕尾数	滞留率 ^{*2}	再捕尾数	滞留率 ^{*2}
1	500	32	38	17	20	13	16
2	1,000	67	40	32	19	11	7
3	2,000	111	33	28	8	7	2
4	500	34	41	14	17	13	16
5	1,000	81	49	23	14	11	7
6	2,000	97	29	61	18	21	6
合計	7,000	418	36	175	15	76	7

*1：図6参照

*2：ユニットの再捕尾数×6÷礁への放流尾数（%）

放流後の潜水観測調査により滞留尾数の比較を試みた。潜水計数尾数は常に新しいユニットが多かった。また、放流1週間後および1カ月後にすべての礁からユニットを1個ずつ引き揚げ、滞留尾数を推定した（表4）。1週間後の再捕尾数は2,000尾を放流した礁が多い傾向にあったが、1カ月後の引き揚げ調査では明瞭な差はみられなかった。平成14

年2月19日にすべての保護育成礁からユニットを1個ずつ引き揚げて、滞留尾数を推定した(表4)。各ユニットからの再捕尾数は7~21尾で、再捕尾数と放流尾数の相関は明瞭ではなかった。

今回の実験では後述するように滞留尾数が全体に少なかったため一概には言えないが、保護育成期間を長期に設定する場合は放流尾数を少なくして、滞留率を向上させることが有利であり、1週間程度の短期馴致を目的とすれば多数を放流して滞留尾数を多く保つほうが合理的であると考えられた。保護育成礁への放流適正尾数を考える場合、どの程度の期間を保護育成するのかを明確にして対応する必要があると結論付けられた。

ユニットの新旧と滞留率の関係では、放流後1週間後および1カ月後の再捕尾数は新しいユニットの方が多い傾向にあった。このため、放流キジハタの滞留には新しいユニットが優れていると思われる。しかし、将来実用規模の保護育成礁を設置する場合はユニットを頻繁に交換することは困難である。そのため、経年変化により付着物が付いてもキジハタの滞留率が低下しにくい構造の保護育成礁を開発する必要があると思われた。

本実験の通算滞留率は放流4カ月後で7%であった。これは平成12年度の放流実験の同時期のスパーサ付き礁の通算滞留率(28.5%)に比べて、四分の一程度の低い値であった。この原因として本年度の放流サイズが67.6mmと比較的小型であったことが第一に挙げられる。本事業では本実験以外ではすべて全長79~91mmのキジハタを魚礁に放流しており、それらの場合4~5カ月後の滞留率は18~32%であった。魚礁へ放流するキジハタの適正なサイズは本事業では検討していないが、少なくとも全長80mm以上のキジハタを1基あたり1,000尾放流すれば、4~5カ月後の滞留率は20~30%が期待できると考えられた。

放流サイズ以外に考えられる要因は捕食魚の存在である。平成12年度の放流実験では放流後1カ月までの潜水調査で、カサゴは1日に数尾しか観察されなかったが、13年度では数十尾が観察された。また、12年度に放流したキジハタが全長20~25cmに成長し、これも数十尾が保護育成礁内外で観察された。これらが放流キジハタをどの程度捕食したかは不明であるため、今後の調査とさらに捕食を回避するための工夫が必要であろう。

ユニットの引き揚げは第1回次と2回次は日の出直後、昼間、日没直後に行い、再捕魚の胃内容物から摂餌の日周期を調査した。摂餌率の日周性は明瞭ではなかったが、早朝と昼間に群摂餌率と平均摂餌率が高く、夜間に低い傾向であった。再捕魚の胃内容物は十脚目と端脚目が優先し、これらの餌料生物は保護育成礁内で繁殖したものと思われた。したがって、白石島海域においてもカキ殻やホタテ貝殻を主体とする保護育成礁の構造物が、甲殻類を主体とする餌料生物の培養に有効であり、それらの生物が放流キジハタに摂餌されていることがわかった。

(3) 保護育成礁からのキジハタの逸散

放流キジハタの保護育成礁からの逸散動向を明らかにするため、保護育成礁から放射状に5本の観測ラインを設け、観測ラインおよびライン上に配置したホタテユニットに滞留するキジハタ放流魚の個体数の変化を、潜水目視観測により計数した。平成13年は、ホタテユニットを各観測ライン上に5m間隔で配置した(図12)。

平成12年放流魚の場合、ホタテユニットで観測されたキジハタ放流魚の時期別平均観測尾数は、1基当たり0~5.6個体で、放流後64日(平成12年12月20日)までは増加傾向を示した。その後、観測尾数は減少し、放流後210日(平成13年5月15日)から253日(同年6月27日)の間は観測されなかったが、放流後295日(8月8日)には、再び観測された。場所別の平均観測尾数は、F(1.8個体)、E(1.6個体)、B(1.2個体)、A(1.1個体)、C(0.8個体)の順に多く、EおよびFでやや多かった。放流後64日までの逸散が多く、潮下への移動傾向がうかがわれた。

平成13年放流魚の場合、時期別平均観測尾数は、1基当たり0.6~5.8個体で、放流後、観測尾数は次第に減少した(表5)。保護育成礁から15m以内のホタテユニットにおける場所別の平均観測尾数は、Dライン(4.8個体)、Cライン(4.2個体)、Eライン(3.8個体)、Bライン(3.7個体)、Aライン(1.8個体)、Fライン(1.2個体)の順に多く、AおよびFラインで少なかった。距離別観測尾数は、越冬期にあたる1月16日を除き保護育成礁に近いほど多かった(表6)。

平成13年放流魚は平成12年放流魚と異なる逸散状況を示した。平成13年は保護育成礁毎に放流尾数が500~2,000尾の範囲で異なったが、放流尾数の多かった保護育成礁からキジハタが潮上方向へ逸散したためと考えられた。また平成13年の場合、岸側のEラインへの移動も多かった。

平成13年放流魚について保護育成礁6基および周辺のホタテユニットにおける時期別平均観測尾数と放流後日数との関係から、日当たりの全減少係数(Z)を求めた。Zは保護育成礁が-0.024、周辺のホタテユニットが-0.023で、いずれも近い値が得られた。これを周辺海域への逸散量とみると、越冬期に入る前の放流魚は1日当たり2.4%が周辺海域へ逸散したと考えられた。

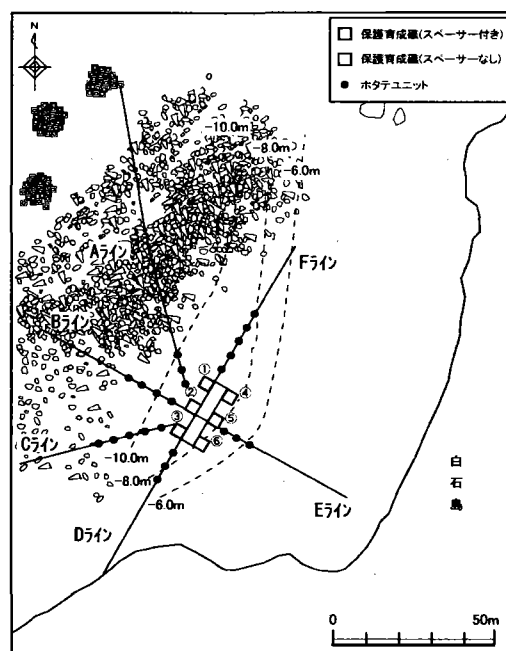


図12 観測用ガイドライン

表5 観測ライン別の観測尾数(ホタテユニット1基当たり)

観測月日	経過日数	水温(°C)	ガイドライン						平均
			A	B	C	D	E	F	
H13.10.23	7	22.7	1.3	6.7	8.7	10	7.3	0.7	5.8
H13.11.12	27	19.5	4.3	6	6	6.7	4.7	2	5.0
H13.12.11	56	14.7	1	1	1.7	2	2.7	1.3	1.6
H14.1.16	92	12.1	0.7	1	0.3	0.3	0.3	0.7	0.6
平均			1.8	3.7	4.2	4.8	3.8	1.2	

表6 距離別観測尾数

観測月日	保護育成礁からの距離					合計
	5m	10m	15m	20m	25m	
H13.10.23	55	33	16	10	3	117
H13.11.12	39	26	24	9	3	101
H13.12.11	10	8	11	3	7	39
H14.1.16	5	3	2	4	2	16
	109	70	53	26	15	

(4) 保護育成礁に蛸集する魚類

保護育成礁に蛸集する魚類の魚種別、サイズ別の個体数を、毎月、潜水目視観測により推定した。魚種別、サイズ別の観測個体数は相対成長式から重量に換算し、魚群量とした。また、保護育成礁のホタテユニットを引き上げ、キジハタ放流魚と同時に採捕されたハオコゼ、カサゴ、メバルの胃内容物を調査した。

潜水目視観測の結果、魚種によって蛸集場所が異なるが、魚礁の潮上側に蛸集する種が多く、また分布量も多い傾向がうかがえた。保護育成礁内で観測された魚類は、放流キジハタのほか、シマハゼ、ハオコゼ、メバル、カサゴ、アイナメ、クジメ、キュウセン、ウマヅラハギなど 25 種類であった。6 基当たりの魚群量は、次第に増加し、設置後 15 カ月経過した平成 13 年 10 月に 67 kg (1 基当たり 11.2 kg) となった (図 13)。サイズ別個体数は、カサゴで 10 cm 以上の未成魚および成魚、メバルで 10 cm 以下の幼魚が多かった。

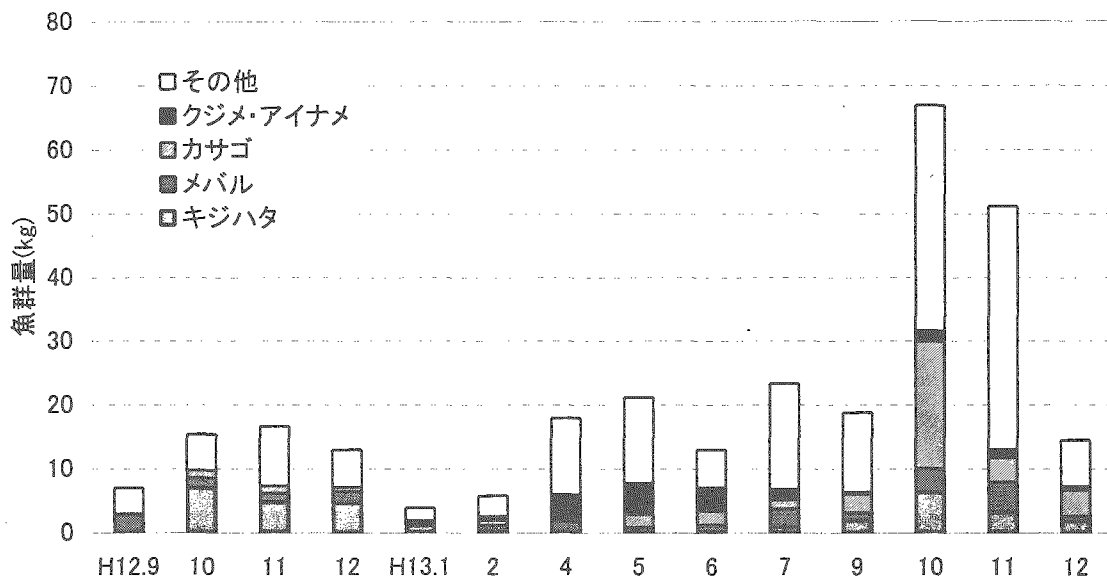


図 13 保護育成礁 6 基当たりの魚群量の推移

ハオコゼ (平均全長 7.43 cm, 平均体重 8.36 g) の胃からは、2 目 5 種が認められ、長尾類の出現頻度が高く、空胃率は 0%、平均摂餌率は 3.4% であった。カサゴ (平均全長 7.11 cm, 平均体重 6.98 g) の胃からは、7 目 15 種が認められ、端脚類、長尾類の出現頻度が高く、空胃率は 0%、平均摂餌率は 1.9% であった。メバル (平均全長 7.52 cm, 平均体重 7.52 g) の胃からは、11 目 26 種が認められ、カイアシ類、ヤムシ類の出現頻度が特に高く、多毛類、ヨコエビ類、十脚類幼生、尾索類の出現頻度も高かった。空胃率は 0%、平均摂餌率は 0.7% であった。

保護育成礁は、放流キジハタのほか、水産上有用なメバル、カサゴ、アイナメなどの幼稚魚に対する増殖効果が期待された。一方、カサゴは全長 10 cm の出現量が多く、放流キジハタを食害することが懸念された。

4. キジハタの放流に関する実験

(1) 馴致飼育の効果

1) 馴致飼育およびユニットのパイプの置き方が滞留に及ぼす影響 (平成 12 年度 釜島)

放流前の馴致飼育の有無と放流礁の構造 (ユニット内のパイプの置き方) が放流魚の滞留に及ぼす影響を調査した。

放流礁は、ホタテ貝殻のみを入れたメッシュパイプ縦置きユニット (1 m³) を 4 個取り付けた縦置き礁と、同パイプ横置きユニット (1 m³) 4 個から成る横置き礁を 1 基ずつ平成 12 年 10 月に設置した。

両方の放流礁に、小割網内にシェルターを入れて 40 日間養成した馴致魚 (左腹鰭切除)

と、シェルターを入れずに養成した非馴致魚（右腹鰭切除）を460尾（平均全長 91.2 ± 7.4 mm）ずつ平成12年11月1日に放流した。

平成13年2月27日にユニットをすべて引き揚げて、放流魚を再捕した。再捕尾数に関しては、馴致魚の再捕尾数の方が多い傾向にあったが有意差は無かった（Mann-WhitneyのU検定、 $p > 0.05$ ）。また、パイプの縦置き（再捕率17.5%）と横置き（17.9%）による差はなかったが、潮流の上流と下流のユニット間の再捕尾数に差があり、上流部のユニットで再捕尾数が有意に多かった（Mann-WhitneyのU検定、 $p < 0.05$ ）。

2) 馴致飼育およびユニットのパイプの本数が滞留に及ぼす影響（平成13年度 釜島）

平成13年10月18日に釜島の実験礁1基にメッシュパイプ36本型のユニット（ 1m^3 ）を4個取り付け、もう1基にはメッシュパイプ24本型のユニットを4個取り付けた。

平成13年10月29日に1カ月間小割網内にシェルターを垂下して育成したキジハタ（馴致群）と、シェルターを入れずに育成したキジハタ（対照群）を両方の礁へ500尾ずつ放流した（平均全長 83.6 ± 5.3 mm）。

放流後の潜水観測による計数値は常に36本型礁が多かった。放流から1週間後および4カ月後に両礁からユニットを引き揚げて滞留尾数を調査した。両回次ともに再捕尾数は36本型礁の方がそれぞれ1.7倍と2.0倍多かった。馴致群と対照群の再捕尾数はほぼ同数で、馴致飼育の効果は認められなかった。

2カ年の調査結果から、中間育成時の馴致飼育が、放流後の滞留に与える影響は小さく、このような馴致飼育方法では放流種苗に滞留性を付与することは困難であると考えられた。今後は、中間育成時の馴致飼育方法を改良するとともに、滞留率の向上が期待できるような保護育成礁の改良が必要であろう。

(2) 標識実験（平成11～13年度、水槽実験）

放流したキジハタ人工種苗を識別する手法の開発を目的として、標識装着および脱落実験を実施した。

1) 外部標識比較実験

腹鰭切除、色素（エラストマー）注入、ポリエチレン製リボンタグ装着の3種類の標識を比較した結果、10カ月後の識別率では腹鰭切除（94%）が最も有効であった。

2) 内部標識実験

① ALC（アリザリン・コンプレクソン）の経口投与による鱗の染色

ALCを1,000ppm含む配合飼料を3週間給餌することによって、鱗からの蛍光反応を確認することができた。鱗の脱落により標識識別が困難になると思われるので、放流後の鱗の脱落について調査する必要がある。

② CWT（コーデッド・ワイヤータグ）の装着実験

0～2歳魚の期間は脱落がなく、標識として使用できることがわかった。

5. 行動生態基礎調査

キジハタは放流後、放流場所の環境に順化する期間、飢餓状態が起こる可能性が高く、10月頃に放流するとその後水温が徐々に低下していく。そのような条件を小型魚礁を入れた小型水槽で与え、全長70～90 mmのキジハタの行動を観察し、キジハタの行動パターンを把握し、保護育成礁について検討するための基礎データとした。

(1) 飢餓条件におけるキジハタの小型魚礁に対する行動変化

2×1.2×深さ0.5 mのFRP水槽中央にホタテ型小型魚礁（図3D、以下小型魚礁とする）を設置し、給餌区と無給餌区を設け、10尾ずつ収容した。20日間、昼間目視で観察した。キジハタは飢餓になると明瞭ではないが小型魚礁から出やすい傾向が見られた（図14）。

(2) 水温を変化させた場合のキジハタの小型魚礁に対する行動変化

2×1.4×深さ 0.9 m の FRP 水槽中央に小型魚礁を設置し、冷却装置で水温を自然水温 25 °C から徐々に 10 °C まで低下させ、再び自然水温に戻した。試験期間は 19 日間で、毎日給餌し、昼間目視観察した。

水温が 15 °C になる頃から摂餌は不活発になり 13 °C 以下では摂餌しなかった。また 11 °C 以下ではすべての個体は小型魚礁に入り込み泳ぎ出ることにはなかった。

(3) 自然水温低下時におけるキジハタの小型魚礁に対する行動変化

上述 (1) の試験終了後、自然水温でそのまま飼育し 155 日間観察を行った。(2) とほぼ同じ行動が示され、越冬後、約 13 °C を超える頃から小型魚礁から出始め、摂餌が始まった。

(4) キジハタの小型魚礁に対する日周行動変化

1.5×1.06×深さ 0.6 m のポリエチレン水槽の中央に小型魚礁を設置し、供試魚 10 尾収容し、真上から低照度インターバル自動撮影装置で 2〜3 日間観察記録した。日の出、日の入り前後に小型魚礁から出る傾向が示された。

(5) キジハタの小型魚礁内での日周行動変化

透明アクリル水槽の一部 80×50×40 cm に 30×30 cm のトリカルネット 6 枚、間隙 5 cm の棚状の観察用小型魚礁を設置し、供試魚を 15 尾収容し、真横から低照度インターバル自動撮影装置で 3 日間観察記録した。日の出、日の入り前後、夜間に遊泳する個体が多くなり、午後の明るいときは観察用小型魚礁に入りやすい傾向が見られ、3 日間の観察では遊泳率(観察時間に遊泳している尾数の%)が徐々に低下した(図 15)。

(6) キジハタの学習と小型魚礁に対する日周行動変化

2×1.2×深さ 0.5 m の FRP 水槽中央に小型魚礁を設置し、学習区と非学習区を設け、20 尾ずつ収容し、30 日間飼育した。学習区では先端を T 型にした直径 15 mm の塩ビパイプで 1 日 1 回、供試魚を小型魚礁に強制的に追い込む、または小型魚礁の回りを 5 周回して脅かした。30 日間飼育後、両区を上述 (4) の方法で 3 日間観察した。30 日間昼間の目視観察では、学習区が小型魚礁に蟻集する傾向にあったが、学習後の 3 日間の観察では学習区と非学習区の明瞭な差は見られなかった。

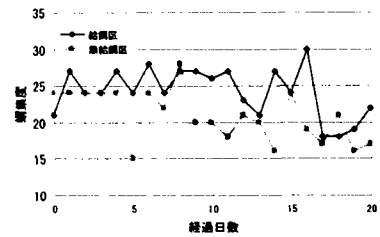


図 14 飢餓条件におけるキジハタの行動変化

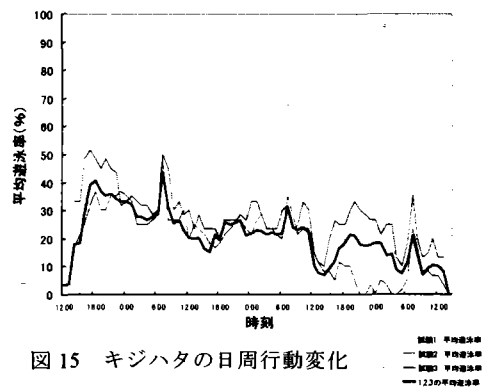


図 15 キジハタの日周行動変化

III 調査のまとめおよび今後の課題

キジハタは西日本、特に瀬戸内海においては最も魚価が高い魚種の 1 つであり、漁業者の資源増殖に対する要望が多い。昭和 50 年代から本種の栽培漁業技術開発が本格的に始められ、国の地域特産種増殖技術開発事業、量産放流技術開発事業でも取り上げられた。以後、種苗生産の技術開発が進展し、放流も継続的に行われているが、未だ本種の資源回復には至っていない。その原因の 1 つとして、当歳魚を放流した場合には放流後初期の減耗が大きいという点があげられ、この問題の解決方法が課題となっている。放流後初期の減

耗は、放流場所からの早期逸散の他に、カサゴなどによる食害の影響も指摘されている。従って今回、放流キジハタの保護育成礁の開発においては、キジハタ当歳魚が滞留可能な天然生物餌料の培養環境を整備するとともに、食害魚から逃避できる隠れ場の機能も付帯することを意図して開発を実施した。

水槽実験および天然海域での実験結果を元に、ポリエチレンのメッシュパイプにホタテ貝殻を並べたユニットからなる保護育成礁を製作し笠岡市沖の白石島調査海域に沈設した。人工生産したキジハタを放流した後一部のユニットを引き上げて調査した結果、放流後1週間目では放流した尾数の半分近くが滞留していると考えられた。さらに放流約4ヵ月後の2月の水温低下時期には、潜水目視観測ではユニットの周りにはわずかな尾数しかみられなかったが、ユニットの中には20%以上が滞留していると推定された。この時の水温は10℃以下に下がっており、これは水槽実験における行動生態調査で、水温が11℃以下になるとユニットの中に入り込んで殆ど出てこなくなるという実験結果と一致した。

保護育成礁の天井部分は餌料培養を目的としたカキ貝殻礁が設置されており、小型甲殻類を中心とした天然生物餌料が多く増殖した。保護育成礁に滞留しているキジハタの胃内容物を調べると、端脚類などの小型甲殻類が主体であり、十分な量ではないがこれらの餌料がキジハタの滞留を促進する効果があったと考えられる。

保護育成礁に滞留し越冬したキジハタは、5月以降徐々に逸散し、9月に滞留しているキジハタは非常に少なくなった。これは水温上昇にともなう行動の拡大とともに、付着物や浮泥の堆積とキジハタが成長したことによる滞留空間の減少が原因と考えられる。ただ、付着物や浮泥の堆積は4月をピークとして徐々に少なくなり、夏以降は急激に減少した。従って、次の放流時期である10月には新しい放流群が滞留できる空間が確保されており、これはその後平成13年度に行った、新しく設置したユニットと1年経った古いユニットへの放流比較実験において確かめられた。今後さらに改良の余地はあるものの、この保護育成礁には毎年当歳魚が放流できることがわかった。

今回の調査で開発された保護育成礁では、放流した人工キジハタ当歳魚が比較的長期間にわたって高い割合で滞留し、放流初期の減耗防止に効果があることが証明された。また、この保護育成礁においては放流キジハタだけでなく、カサゴ、メバルなどの蛸集が観察され、天然稚魚の培養効果も確認された。今回開発された保護育成礁を事業化へと発展させるためには、放流するキジハタのサイズの検討、保護育成礁に対する適正放流尾数（保護育成礁の収容力）の把握などが必要であり、ここで滞留したキジハタがその後どのように移動し漁獲へ加入していくかを調査しなければならない。また、現在の実験段階から今後の事業化に向けて、長期間耐用できる保護育成礁の構造を検討する必要がある。これらにより、将来、水産基盤整備と栽培漁業の技術が合体した事業として、キジハタの資源培養が大きく進展することが期待される。