

(1)調査課題名

音響給餌ブイと中層浮魚礁から成る
海洋牧場システム造成技術の開発

(2)実施機関名

大分県海洋水産研究センター
栽培漁業部 田村 勇司

(3)調査実施年度

平成8年度～平成10年度(3ヶ年)

(4)緒言(まえがき)

昭和62年に社団法人マリノフォーラム21が、津久見市保戸島地先にマダイ資源の増大を目的に、音響給餌ブイシステムを試験的に設置した。その結果、本システムに関する多くの知見が得られ、システムの有効性が確認された^{1)・2)}。また、音響給餌ブイ周辺に、対象魚種のマダイ以外にも多くの魚種の蛸集が確認され³⁾、付随的な効果が期待された。

さらに平成7年度には、表層の音響給餌ブイと中層浮魚礁様係留装置(以下、中層浮魚礁と言う)から成る海洋牧場システムが設置され、表層の音響給餌ブイ、中層浮魚礁、従来から造成されていた底層の滞留魚礁群が一体化されることになり、表層、中層、底層と海域の高度利用が促進されるものと期待された。

そこで、平成8年度から、中層浮魚礁の有効性について検討するため、水中テレビシステムによる観測、釣獲試験、環境調査及び中層浮魚礁フロート部表面の付着生物相と付近のプランクトンの出現状況調査を行い、中層浮魚礁の効果を調べた。

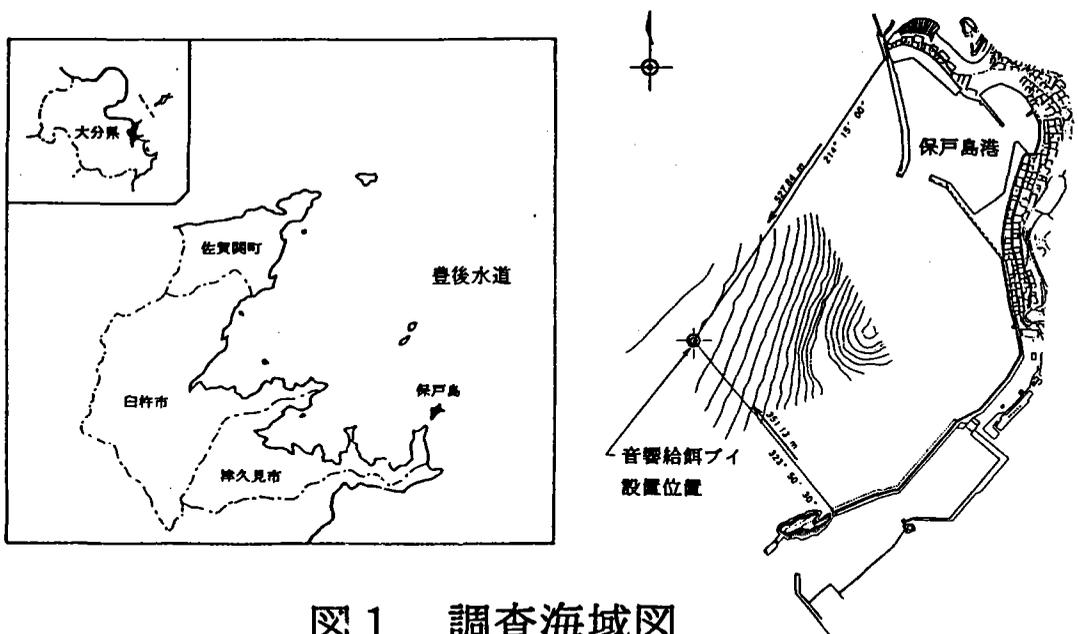


図1 調査海域図

(5)調査方法

調査海域の大分県津久見市保戸島(図1)は、黒潮分岐流と瀬戸内海系水が混合する豊後水道北部に位置し、マダイなどを対象とした一本釣り漁業が盛んであり、マダイ稚魚の放流も毎年行われている。

現在、大分県内にはマダイを対象にした海洋牧場システムが4基設置されていて、そのうち、保戸島地先の海洋牧場システムは水深55~60mに設置され、表層の音響給餌ブイと中層浮魚礁からなり(図2)、海底に3点で係留されている(図3)。潮位の変動によって中層浮魚礁は角度を変え、水深が4m程変化する。また、給餌ブイは1日4回、定時に給餌を行っている。前述の通り、システム設置海底には高さ5mの箱型魚礁が50個ほど設置されている。

中層浮魚礁の先端部は直径2.4mのフロートになっているので、この部分に魚礁としての効果があるか検証するため、以下の調査を行った。尚、調査の一部は(株)パスコに外部委託して行った。

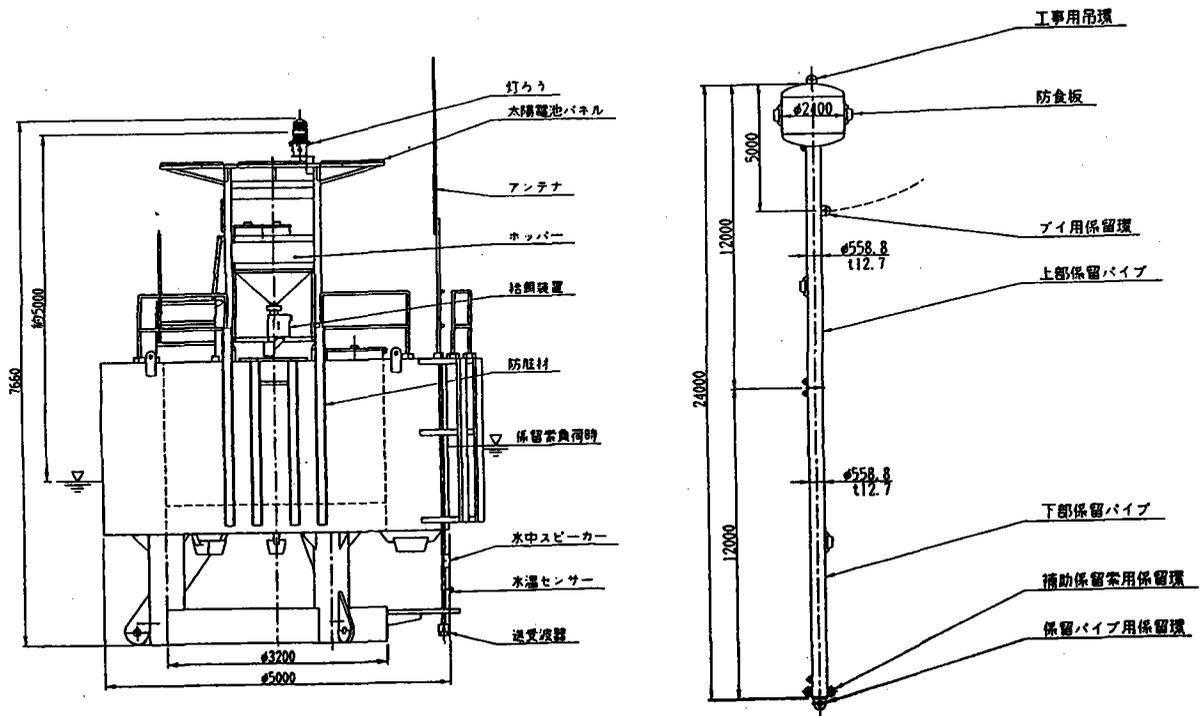
① 蛸集生物観察調査

中層浮魚礁への蛸集生物相を調査するために、フロート部に水中テレビシステム(アイボール：日立造船製)のセンサー部を設置して、平成8年度は6月、9月、11月の3回、平成9年度は7月、9月、10月の3回の計6回、24時間観察を行った。平成8年度の第1回調査の際、フロート部の上方にセンサー部を固定したが、付近の魚類相を観察しにくかったため、それ以降の調査では側方に固定した。平成10年度は、夕方、夜間、朝方の1日3回、海面下から海底直上まで水中テレビシステムのセンサー部を上下させて蛸集生物相を鉛直的に観察し、夜間は魚群探知機(FCV-663:古野電気製)を使用して、撮影用照明光を使用した場合と使用しない場合の生物の蛸集状況の差を調べた。

観察は、船上に設置したモニターで行い、蛸集生物の様子をビデオに記録した。表1に水中テレビシステムの仕様を示した。

表1 水中テレビシステムの仕様

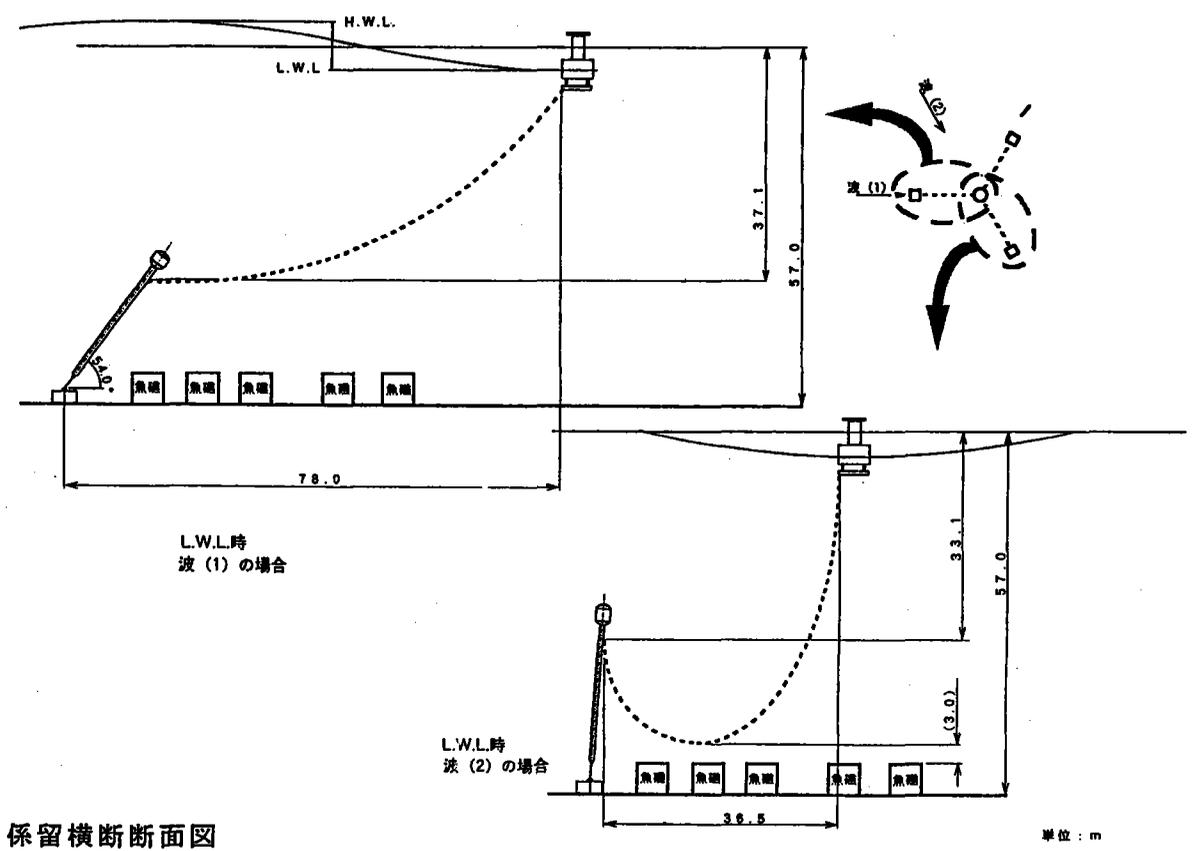
本 体	材 質：耐触アルミニウム、アクリル 外形寸法：径220mm 重 量：6.5kg(空中)	
	TV カメラ	撮影素子 : MOS型固体撮像素子 解像度 : 340本以上(水平) レンズ : f=4.8mm F1.8固定焦点 最低被写体照度 : 25LUX(F1.8) 撮影範囲 : 水平360° , 垂直215°
	ライト	150Wハロゲンランプ×2
コントロール ボックス	寸 法：423(mm)(幅)×149(高)×435(奥行) 電 源：A C 100 V	
	モニター	6型カラーテレビ
ケーブル	直 径：11mm 長 さ：150m	



音響給餌ブイ外観図

中層係留装置外観図

図2 音響給餌ブイと中層係留装置外観図



係留横断断面図

単位：m

図3 音響給餌ブイシステム係留図

②釣獲試験調査

給餌ブイ付近の海域で釣獲試験を行い、蛸集する魚類の種類、体長、体重を調査した。仕掛けと餌は毎回同じものを用いて、フロート部から底層にかけての水深20m以深を釣獲対象とした。平成8年度は4回、平成9年度は5回、平成10年度は3回の計12回、釣獲試験を行った。月別では、6月1回、7月2回、8月1回、9月2回、10月2回、11月1回、12月1回、3月2回である。平成9年度8月の釣獲試験は、夕刻から夜間にかけて行ったが、それ以外は全て早朝から午前中にかけて、大潮の時期に行った。

③付着生物調査

平成9年度、平成10年度の蛸集生物観察調査の際に、ダイバーが中層浮魚礁フロート部表面の付着生物を目視観察し、側面及び上面を一定面積(30cm×30cm)スクレーパーで掻き取って付着生物を採集した。採集した生物は、種類別に湿重量を測定した。

④プランクトン調査

中層浮魚礁周辺の動物プランクトンの出現状況を調べるため、底層から表層までプランクトンネットによる鉛直曳きを行った。採集試料はホルマリンで固定して持ち帰り、魚卵、稚仔、プランクトンに分けた。平成9年度は北原式定量プランクトンネットを使用し、7月、9月、10月の3回、各1ヶ所ずつで採集を行い、平成10年度はノルパックネットを用いて、10月に中層浮魚礁の潮上と潮下の2ヶ所で18時から23時までの間、1時間毎に6回採集を行った。

⑤物理環境調査

平成8年度、平成9年度は1回の調査について6時間毎計4回、メモリ式-STD(AST-500；アレック電子製)で水温、塩分を測定し、電磁流向流速計(ACM210-D；アレック電子製)で流向・流速を水深1m毎に底層まで測定した。平成10年度は、大潮と小潮の時期に、給餌ブイ直下の水深30mに電磁流向流速計(ACM4M；アレック電子製)を垂下係留して、水温、塩分及び流向・流速を1潮汐間10分間隔で連続測定した。

表2 時間別の出現生物相

魚 種 名	時 間 帯											
	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00	9:00	11:00
カワハギ	△	△	△	△					△	△	△	
ウマヅラハギ	△	○	○									
インダイ									△	△		
マアジ				○	○	○	○	○				
カツチイワシ				○	○	○	○					
タチウオ						△	△					
ブリ							△					
ケンキイカ						△	△					
マダイ											△	
シマアジ											○	
ツマイサキ											○	

△ 1~10尾 ○ 10~100尾 ● 100尾以上

(6) 調査結果

① 蛸集生物観察調査

平成8年度、平成9年度に行った計6回の調査で、マアジ、カワハギ、タチウオなど11種を中層浮魚礁周辺で観察した。表2に時間別の出現生物相を示した。マアジが最も出現頻度と出現数が多く、20時頃から3時頃までの間に時には数千尾単位で出現し、カタクチイワシが混じることもあった(図4、図5)。また、夜半にはタチウオやケンサキイカがマアジをねらって出現し、マアジを捕食する場面が観察された。一方、カワハギやイシダイなどは早朝から昼間に出現した。

平成10年度は、水中テレビシステムを表層から底層まで鉛直的に移動して観察し、また、夜間の撮影用照明光の有無による蛸集状況の差を調査した。その結果、給餌ブイ直下ではメジナ、イシダイ、ツムブリの蛸集がみられ、中層から底層にかけてはマアジ、カタクチイワシ、タチウオ、カワハギ等がみられた。平成10年度に水中テレビカメラで確認できた生物相を表3に示した。

また、夜間の調査で撮影用照明光を消すと、蛸集していたマアジ、カタクチイワシは逸散するが、光をつけると再度蛸集することが魚群探知機を使った調査で明らかになった。

表3 水中テレビシステムで確認された魚種(平成10年度)

魚種	体長	時間帯	観察時の状況
マアジ	15~20cm	17:50~6:30	夜間、水中カメラ付近に蛸集し、数百尾単位の群を形成していた。水中カメラの光に蛸集し、光を消すと分散するが、光をつけると再び蛸集した。
カタクチイワシ	5~10cm	17:50~6:30	マアジの群れに混じって光に蛸集した。
タチウオ	50~60cm	1:20, 19:40	夜間、マアジの群れをねらって出現した。
イカ類	外套長 約30cm	1:15, 23:25	ケンサキイカまたは7カイカと思われる。中層から底層にかけて単独で出現した。前年度まではマアジの群れをねらって出現した。
カワハギ	約10cm	5:50	水深50m付近に単独で出現した。前年度までは、中層浮魚礁付近で付着物を採餌しているのが観察できた。
ウマツラハキ	約30cm	17:45	底層の箱型魚礁の間に単独で出現した。カワハギと出現状況は似ている。
ヤガラ	約40cm	6:24	海底面上5m付近を遊泳しているのが確認できた。
メジナ・イシダイ・ツムブリ		昼間	潜水士が作業中に給餌ブイ直下に蛸集しているのを確認した。

② 釣獲試験調査

平成8年度から平成10年度にかけて計12回の釣獲試験を行い、30種388個体の魚介類を漁獲した。表4に釣獲試験の結果を示した。

イサキが最も漁獲数が多く、次いでマアジであった。図6に漁獲数の多かった魚種の体長範囲を示したが、カサゴやチダイは小型のものから大型のものまでを漁獲した。水中テレビシステムで観察されなかったイサキ、カサゴ、コモンフグ、タマガシラ等が多く漁獲され、逆に、水中テレビシステムで観察できたタチウオ、シマアジ、ブリは漁獲できなかった。また、各回毎のCPUE(g/人・h)を図7に示したが、平成9年度はCPUEが他年に比べて低い傾向にあり、また、各年度とも秋にCPUEが高くなっていた。

③ 付着生物調査

潜水士の目視観察では、3回の調査で中層浮魚礁のフロート部分の上面、側面とも、サンカクフジツボが優先していた。海藻類は平成9年7月の調査の目視観察でクロメが、平成10年度の坪刈り調査で紅藻類のコノハノリ科が見られただけである。

平成10年度の坪刈り調査(30cm×30cm)の結果を表5に示した。採集した付着生物数は上面、側面合計で65種類であった。上面、側面を合わせた採集個体数はワレカラ科が最も多く、次いでヒバリガイであった。



図4 フロート部付近に蝟集したマアジと調査中のダイバー



図5 水中テレビシステムと蝟集したマアジ

表 4 釣獲試験の結果

魚 種	H8.7月	9月	11月	H9.3月	7月	8月	9月	10月	H10.3月	6月	10月	12月	合計
イサキ	3		7		13	2	6	1		29	23	1	85
アマツラハキ		14	31				2				5	2	52
カサゴ	20	5	31					11		3			50
コソフク		3	4	1	3	3	3			4	1		41
イシダ		3	2	5	3	4				12	3	3	40
カワハギ	4	3	1	1				11		7	5	5	31
タマカシ			1					1		1	2	2	13
チダ			1		4			1		4	3		13
トコメハ	1	1		2				2		1			7
マダ		2	2							1		1	6
イラ		1					1						5
アカアマタ							1			1	2		5
クラケトラ					1		1				3		5
ヒカソフク	5	1									1		5
カタチイ					1								5
ササノハ		3											3
ササノハ				3									3
キダ												2	2
ミノカサ			2										2
ウルメ					1					1			2
レンシ	2												2
トケ											1		1
アミウツ											1		1
キレ		1								1			1
ウス													1
アカタマ		1								1			1
ワニ													1
マル											1		1
オキ					1								1
スル	1					2							3
種類数	7	11	9	6	7	2	6	6	9	10	13	7	30
個体数合計	36	35	81	13	26	4	17	27	18	64	51	16	388

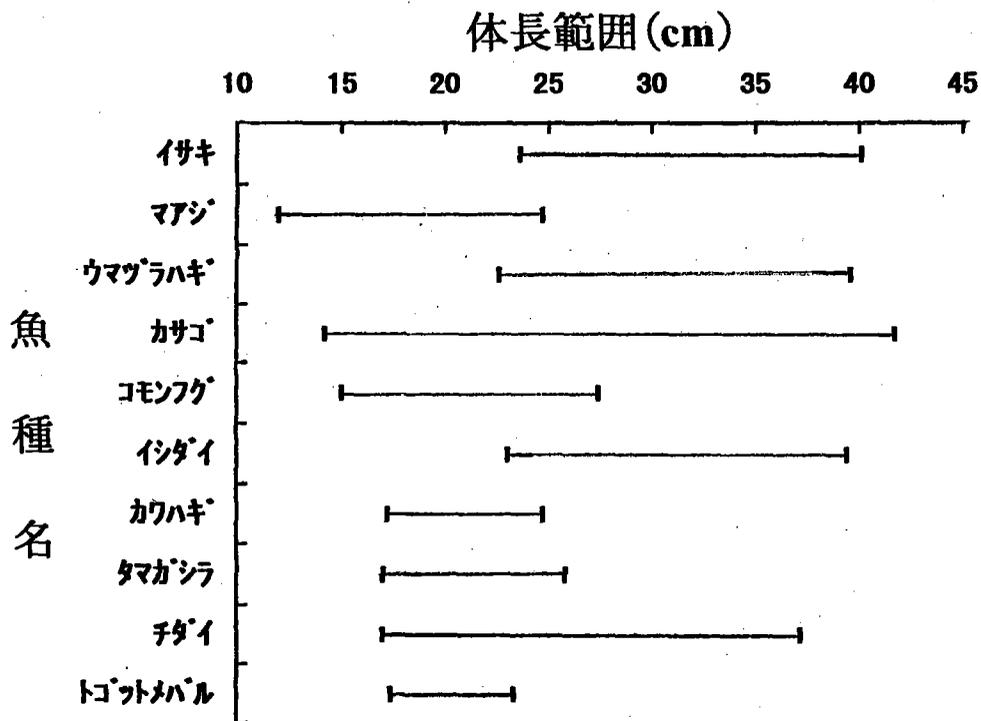


図6 釣獲した魚類の体長範囲

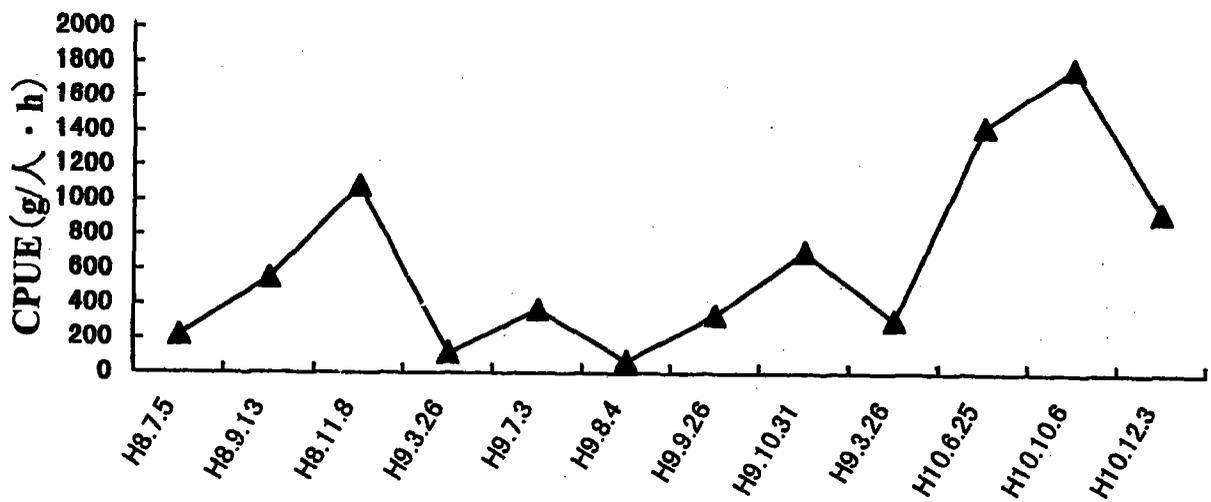


図7 釣獲試験のCPUEの変化

が、ヒバリガイは上面で多く、側面では非常に少なかった。採集種類数は上面と側面で大きな違いはないが、採集個体数は上面が側面の約3倍であった。これは、軟体動物の採集数が上面で多く、側面で少なかったためである。

表 5 中層浮魚礁坪刈り調査の結果

分 類	上 面 部			側 面 部		
	種 類 数	個 体 数	湿 重 量	種 類 数	個 体 数	湿 重 量
海綿動物	1	*	5.38	1	*	4.22
腔腸動物	1	*	0.26	1	*	2.64
扁形動物	1	5	0.04	1	4	0.05
紐形動物	1	1	+	1	1	+
星口動物	2	3	0.02	0	0	0
環形動物	11	27	0.18	18	31	0.40
触手動物	1	*	5.22	1	*	2.13
軟体動物	15	470	2.71	7	14	0.15
節足動物	11	394	12.49	11	260	29.33
棘皮動物	5	3	+	3	3	0.02
合 計	49	903	26.30g	44	313	38.94g

* : 群体性種、+ : 0.01g以下

④プランクトン調査結果

平成9年度3回の調査では、魚卵15個、稚仔魚を6尾採集した。採集数は7月が多く、プランクトン湿重量では10月が最も多かった。ヤムシ類、橈脚類、端脚類、珪藻類、ゾエアなどが主なプランクトンであった。

平成10年度の調査結果を図8に示した。魚卵、稚仔、プランクトンに分けて、潮上、潮下による採集数の差をみた。魚卵、稚仔は潮下の方が潮上より採集数が多く、プランクトンは潮上の方が多かった。プランクトンの中では、橈脚類が全体を通じて最も多く、21時に採集数が最も多くなっていた。

⑤物理環境調査

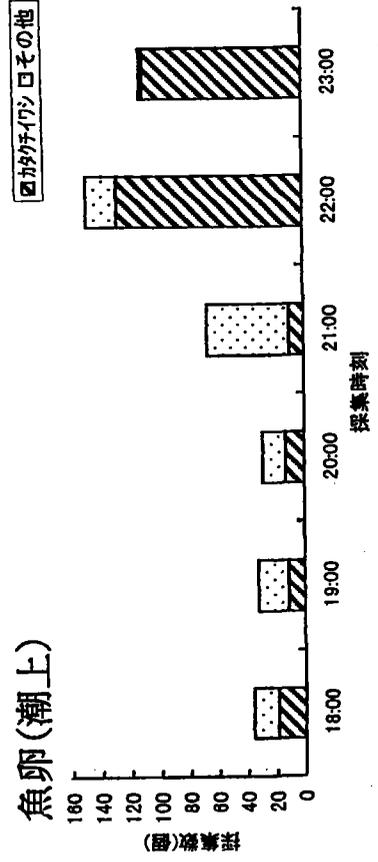
図9に平成9年7月の流向、流速の測定結果を示したが、北流の時に流速が大きく、南流の時に流速が小さい傾向が良く表れている。流向は、上げ潮、下げ潮の方向に大体一致していて、表層から底層まで流向が大きく変わることは少なく、上げ潮時は南向きの流れ、下げ潮時には北向きの流れになっていた。全体として、北流の方が南流よりも流速が大きく、大潮時に北流が20~30cm/secあるのに対して南流は10cm/sec程度であった。小潮時の最大流速は20cm/secを越えることはなかったが、流向の傾向は大潮時と同様であった。

調査期間中の水深30mの水温は20~24℃、塩分は33.5~34.2で、40m以深の底層に低温、高塩分の水塊が現れることもあったが、概ね表層から底層まで水温、塩分の大きな変化はなかった。

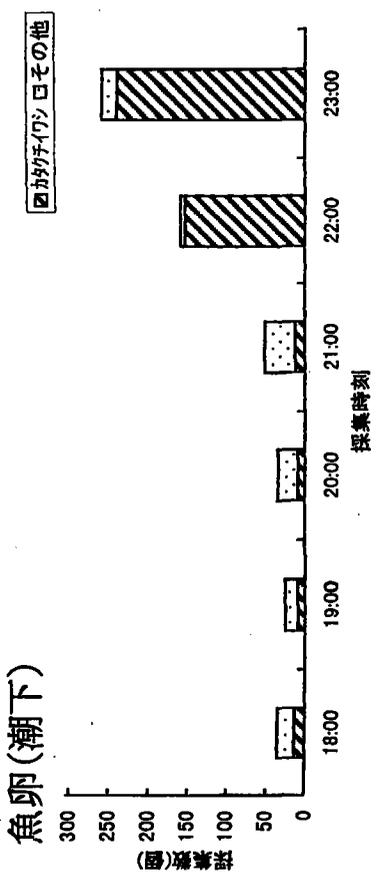
(7)考察

水中テレビシステムによる観測と釣獲試験により、海洋牧場システムの中層浮魚礁付近の魚類の蜻集状況が確認できた。前者で観察できた魚類は11種、後者では30種の魚類を漁獲した。特に、釣獲試験で最も多く漁獲したイサキは、水中テレビシステムでは観察できなかった。釣獲試験では餌を用いたので、中層浮魚礁から離れた所に生息している魚類も蜻集した可能性もある。また、底層の魚礁付近に生息していた

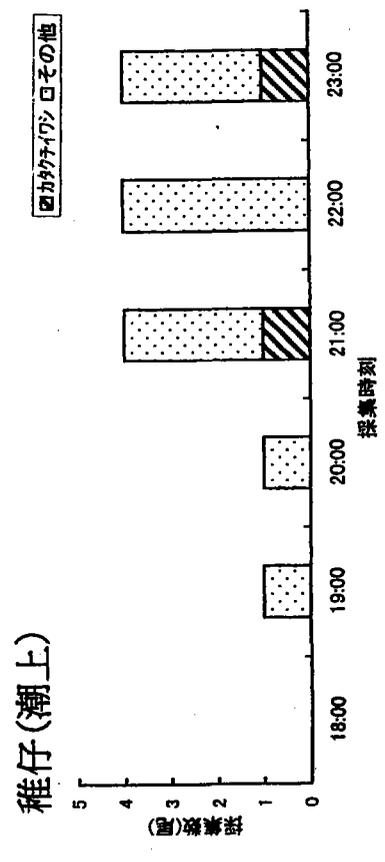
魚卵(潮上)



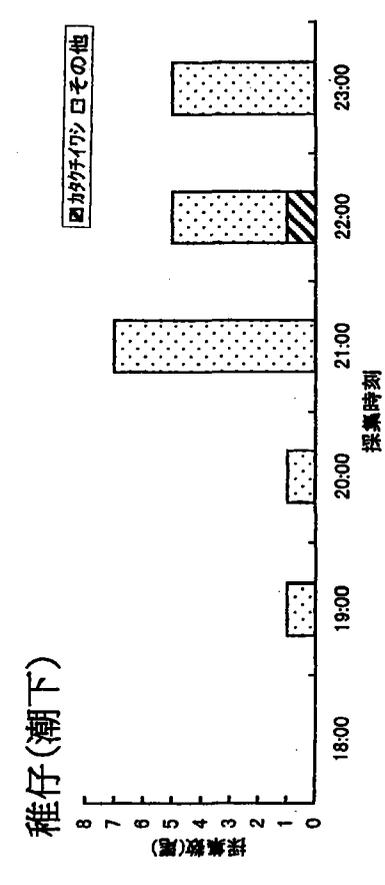
魚卵(潮下)



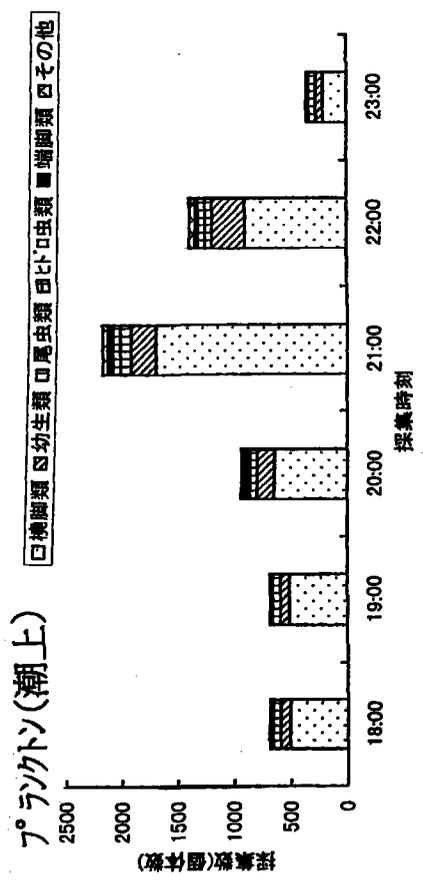
稚仔(潮上)



稚仔(潮下)



プランクトン(潮上)



プランクトン(潮下)

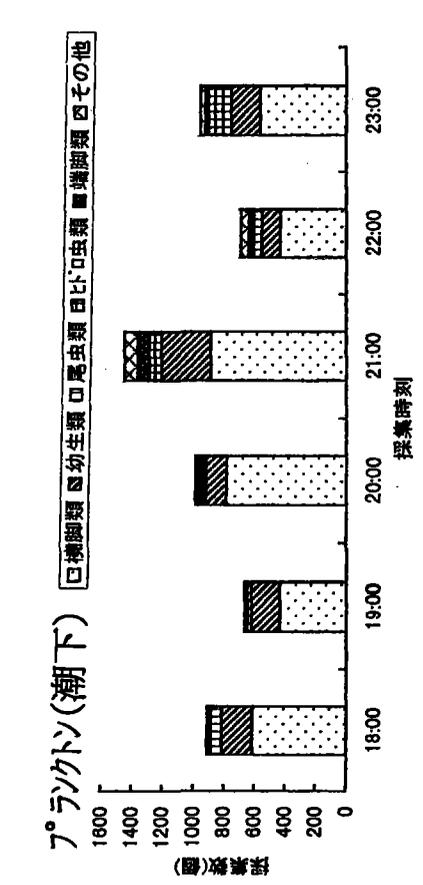


図8 プランクトンの採集数の変化

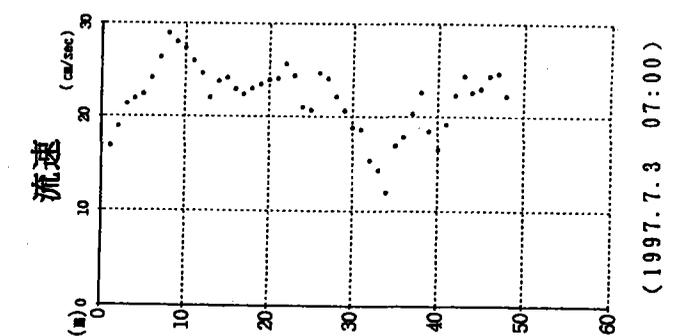
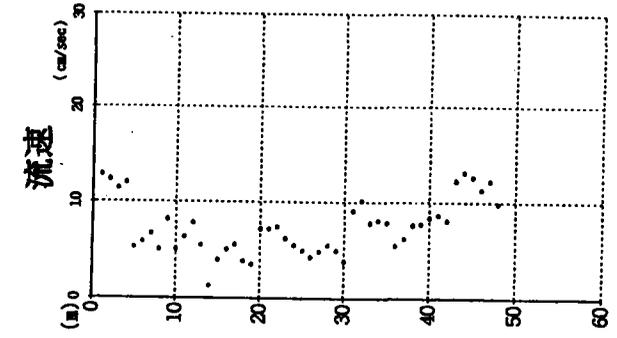
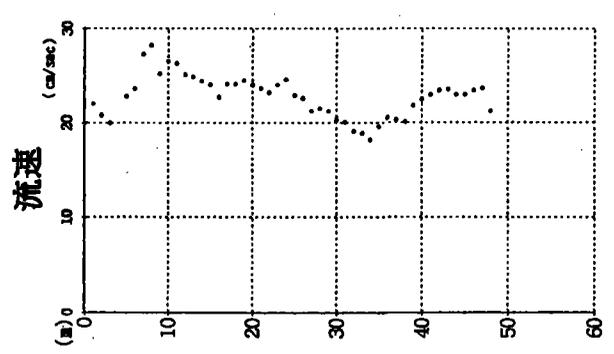
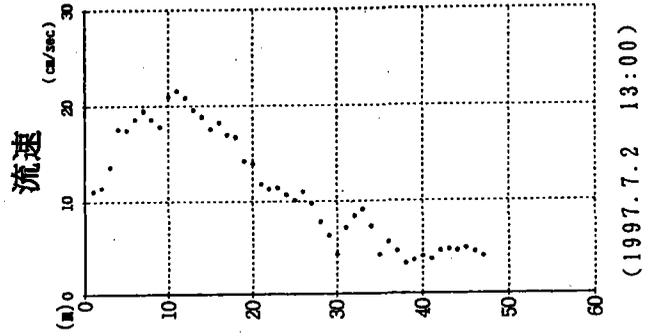
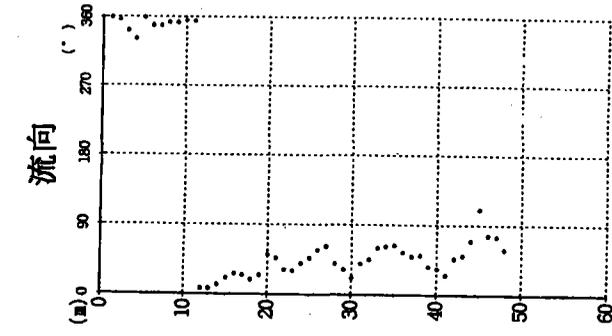
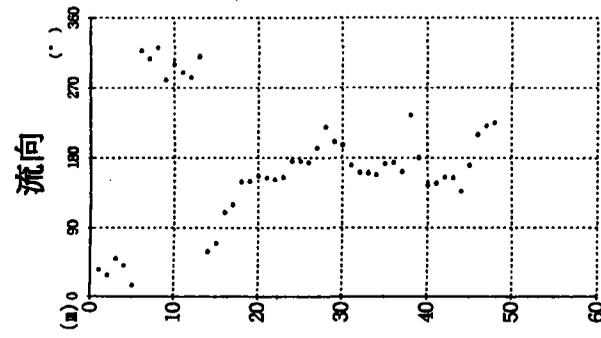
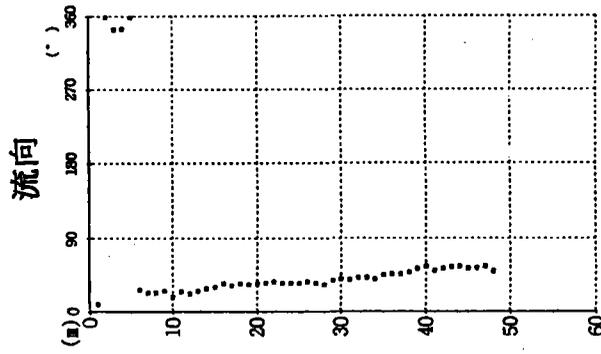
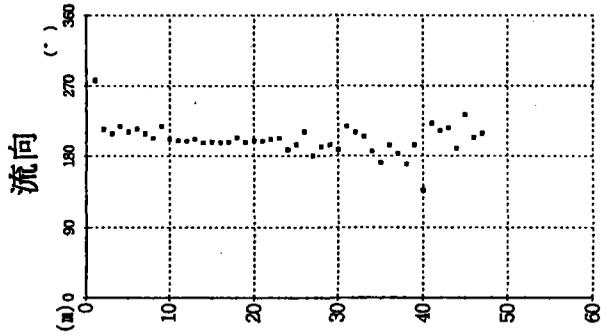


図9 流向・流速の変化(平成9年7月)

ため、水中テレビシステムでとらえることができなかった魚類もいたと思われる。このため、生物相を調べるには、いくつかの方法を併用することが必要と思われた。

また、水中テレビシステムによる連続観測の結果、時間帯によって中層浮魚礁付近に蛸集する魚類は異なっており、浮魚礁自体を生息場とする魚類はいないと思われる。ウマヅラハギ、カワハギ、イシダイは中層浮魚礁の付着物を餌料として利用していることが映像で確認されているし、フジツボ類やワレカラ類が付着生物では優先していることなどから、餌料による集魚効果が認められた。中層浮魚礁の設置水深が深いため海藻類の付着がほとんどなく、側面より上面の方が付着生物の個体数が多かったことなどから、設置水深や形状を変えることにより餌料による集魚効果を高めることができるであろう。一般の魚礁のように、魚類が隠れることができる空間や影があれば、更に効果があると思われる。

中層浮魚礁付近で最も多く観察されたマアジは、撮影用照明光に蛸集したことが確認できたが、走光性の強いマアジ、カタクチイワシをねらってブリ、タチウオ、ケンサキイカなどが中層浮魚礁付近に蛸集したことは注目され、蛸集効果が小型魚に有効であれば、大型魚類の二次的な蛸集効果も期待できる。

大分県では、1975年に県南部の米水津湾内に中層浮魚礁を設置して、魚群の蛸集状況を調査した例⁴⁾があり、イワシ、サバ、アジを主体とした魚群の蛸集を確認している。また、沖縄県⁵⁾、静岡県⁶⁾、高知県⁷⁾、宮崎県⁸⁾、千葉県⁹⁾でも、中層浮魚礁を設置して調査を行ってきた。これらは、外洋の大型回遊魚を対象魚種とし、設置水深も深いので、本調査のような沿岸域の小規模な中層浮魚礁と単純に比較できないが、いずれも魚類の蛸集が認められている。今回調査対象の中層浮魚礁は、当初から魚礁として設計されたものではなく小型であるため、前述の中層浮魚礁のような陰影効果は期待できないものの、流れの強いこの海域では渦流を発生させてプランクトンの集積に影響を与えている可能性が考えられる。図8をみると、21時頃に採集数が増加しているが、採集数の変動は流速の変動とよく一致しており、流速の大きいときに採集数は多かった。強い潮流により渦流が発生しプランクトンが集まれば、それをねらって、マアジ、カタクチイワシ等が蛸集するので、中層浮魚礁としての有効性が認められた。

今回の調査で、中層浮魚礁付近のプランクトンの集積や魚類の蛸集について、まだ不明な点もあるが、幾つかの点が明らかになり、沿岸域の小規模な中層浮魚礁でもアジ、カタクチイワシなどを蛸集させることができ、それによって、ブリ、タチウオ、ケンサキイカなども蛸集することがわかった。沿岸域で小型魚類を蛸集させるため、形状や設置水深を考慮した中層浮魚礁を開発すれば、大型補食魚介類も蛸集するので、魚礁の効果的な利用が期待できる。その際、海中に光を導入すれば走光性のある魚類が蛸集しやすいが、設備やコストの面で効果に見合うか検討が必要である。

(8) 適要

1. 大分県津久見市保戸島地先に設置されている、海洋牧場システムのうちの中層浮魚礁様係留装置の魚礁効果を、水中テレビシステムによる観察、釣獲試験等で調査した。
2. 水中テレビシステムによる観察で、マアジ、カタクチイワシ、タチウオなど11種の魚介類が中層浮魚礁付近で見られた。
3. 中層浮魚礁付近でみられる魚介類は、時間帯によって種類が異なり、マアジ、カタクチイワシは夕刻から夜半過ぎまで、タチウオなどは深夜、カワハギ、イシダイなどは朝方から昼間にみられた。
4. マアジ、カタクチイワシは、水中テレビシステムの撮影用照明に蛸集し、照明を消すと逸散した。
5. 平成8年度から平成10年度にかけて計12回の釣獲試験を行い、30種388個体の魚介類を漁獲した。漁獲数が最も多かったのはイサキであった。
6. 水中テレビシステムによる観察でよくみられた魚種と、釣獲試験でよく漁獲した魚種は一致していなかった。
7. 中層浮魚礁の付着生物は、目視観察ではサンカクフジツボが優先し、坪刈り調査では、ワレカラ科の

個体数が最も多かった。

8. 中層浮魚礁付近でプランクトンを採集した結果、魚卵、稚仔は潮下の方が潮上より採集数が多く、プランクトンは潮上の方が多かった。プランクトンの中では、橈脚類が全体を通じて最も多く、21時に採集数が最も多くなっていた。
9. 流向は上げ潮、下げ潮の方向に大体一致していて、北流の方が南流よりも流速が大きかった。
10. 沿岸域で小型魚類を蛸集させる中層浮魚礁を開発すれば、大型の捕食魚介類も蛸集するので、魚礁の効果的な利用が期待できる。

(9)引用文献

- 1)上城義信・寿久文・大石節・益田信之・橋本晋策, 1990: 海洋牧場における漁業管理, 大分県水産試験場調査研究報告, 14, 40-55.
- 2)工藤勝宏・木本秀明, 1994: 大分県の海洋牧場における漁業管理, 水産工学, 31(2), 121-126.
- 3)大分県水産試験場, 1994: 平成5年度海洋牧場推進事業調査報告書, 1-16.
- 4)能津純治・高野傑・篠田慶弘, 1978: 浮魚礁における魚群のい集状況, 大分県水産試験場調査研究報告, 10, 1-7.
- 5)沖縄県水産試験場, 1983: 中層浮魚礁設置試験報告書, 1-48.
- 6)静岡県, 1983: 昭和57年度浮魚礁設置技術開発委託事業報告書, 1-55.
- 7)高知県, 1985: 浮魚礁設置技術実用化試験, 高知県水産試験場事業報告書, 81, 10-98.
- 8)児玉康則・黒木克紀・栗田寿男・天野忠二, 1987: 浮魚礁の開発・試験-V, 昭和60年度宮崎県水産試験場事業報告書, 34-51.
- 9)飯田隆重・秋元清治・瀬戸口明弘・鈴木茂男, 1990: 中層浮魚礁設置試験調査, 千葉県水産試験場研究報告, 48, 43-58.