

人工魚礁漁場の生産効果調査

吉田 幹英・秋元 聡・大村 浩一

本調査は人工魚礁をはじめとする礁漁場を総合的に評価するとともに、各漁場の漁獲特性、環境特性等を明らかにし、効果的な漁場造成のための指針作りに資することを目的とする。

方 法

調査対象とした福岡市東区奈多地先のコンクリート製角型魚礁の設置海域を図1に示す。魚礁の設置された周辺海域は、水深が約20m、底質は砂質で、海底面は起伏が緩やかである。

コンクリート製角型魚礁の配置図を図2に示す。この魚礁は、単体礁の大きさが2m×2m×2mの角型魚礁約60個が縦に3段に積み上げられたもので、材質はコンクリートである。

魚礁に蝟集する魚類の出現状況を把握するために、調査船を調査海域の魚礁付近に固定し、調査船からさびき仕掛けの一本釣りで調査を実施した。

調査日は、10月13日、11月12日、11月24日の3回行い、

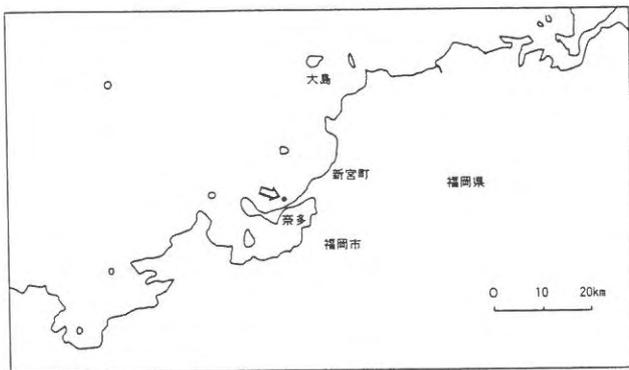


図1 調査点位置図

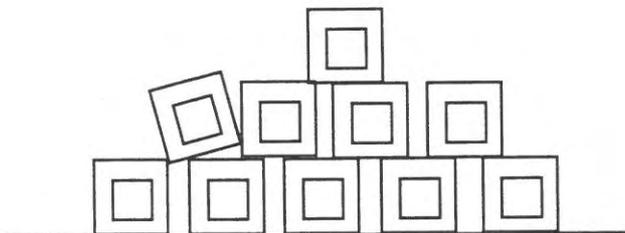


図2 魚礁の配置(模式図)

測定は魚種の査定を行い、全長を計測した。

また、スキューバ潜水により魚礁に蝟集する魚類の目視観察を行い、魚種と蝟集状況を観察した。調査日は、9月9日、10月17日、2月13日の3回実施した。

結果および考察

釣獲試験の結果を表1に示す。10月中旬、11月中旬、11月下旬に3回実施した釣獲試験で得られた魚種の種類数は8種類であり、月別には10月に3種類、11月上旬に2種類、11月下旬に5種類であり、種類数は各月とも比較的少ない傾向にあり、特定の魚種が魚獲される傾向が伺えた。釣獲試験は、特に潮時を考慮せずに行ったが、潮時による魚群の移動についての考察が必要である。

表1 釣獲試験結果

調査月日	10月13日	11月12日	11月24日
魚種名			
キュウセン	16 (12~22)		
カサゴ	6 (15~22)		
カワハギ	1 (20.5)		10 (15~20)
ウマズラハギ		10 (15~20)	
マダイ			8 (10~18)
チダイ			7 (10~23)
マアジ		4 (16~18)	10 (8~18)
マサバ			6 (15~20)
種類数	3	2	5

凡例：個体数
(全長組成cm)

スキューバ潜水による魚類の目視観察結果を表2に示した。9月、10月、2月の3回の調査で22種類の魚類の出現が確認された。調査月別に見ると9月が3種類、10月が17種類、2月が5種類であり、10月に種類が最も多く確認された。

表2 潜水目視観察結果

魚種名	調査月日		
	9月9日	10月17日	2月13日
マアジ	◎	●	
コロダイ	○		
ブリ	○	△	
ネンブツダイ		●	
メバル		○	
トゴットメバル		△	
カサゴ		△	+
ツノダシ		△	
キュウセン		△	
ササノハベラ		△	
チダイ		○	
カタクチイワシ		○	
イシダイ		△	
クロダイ		△	
アイゴ		△	
カレイ類		△	
アカエイ		+	
マダイ		△	
ショウサイフグ			○
ウミタナゴ			○
ダイナンギンポ			+
アイナメ			+

凡例：●：数万尾
 ◎：数千尾
 ○：数百尾
 △：数十尾
 +：数尾

3回のスキューバ潜水調査で確認された魚種数は、調査時期に違いはあるものの同一回数実施した釣獲試験の種類数よりも多く確認された。

魚礁への魚類の空間的な分布状況は、カサゴ、アイナメ等の底魚類が海底付近に蝟集し、マアジ、ブリ等の浮魚が魚礁の頂上付近から上面に蝟集しているのが確認され、魚礁周辺の空間を立体的に利用していることが確認された。

スキューバ潜水による魚類の目視観察結果を釣獲試験結果と比較すると、目視観察の方が多くの種類を確認することができたが、潜水観察は釣獲試験と同様に調査時の潮流について考慮していない。このため、調査結果の比較が行いがたい。そこで、水中ビデオを魚礁近くに設置し、魚群の行動を連続観察する必要があり、映像で得にくい魚種の全長等を釣獲試験で得ることが必要である。

漁海況予報事業

(1) 沿岸定線調査

吉田 幹英・秋元 聡・大村 浩一・濱田 弘之

本調査は、対馬東水道における海況の推移と特徴を把握し、今後の海況の予察並びに海況予報の指標とすることを目的としている。

方 法

観測は、原則として毎月上旬に図1に示す対馬東水道の10定点で実施した。観測内容は、一般気象、透明度、水色、水深、各層(0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, bm)の水溫、塩分及び魚群探知機による魚群探索である。

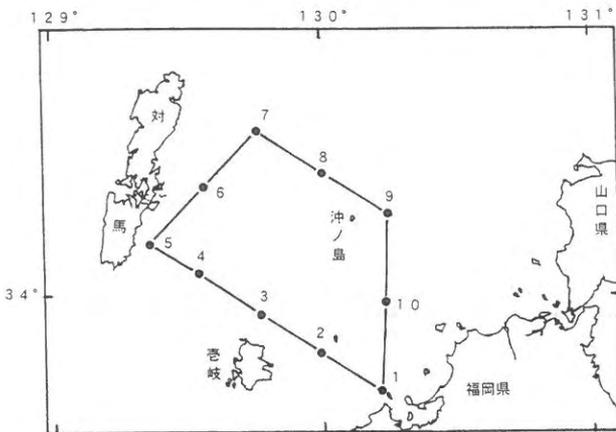


図1 観測点位置

結 果

1) 水溫の季節変化

対馬東水道の玄界島～巖原間(Stn. 1～5)における各月の水溫鉛直分布を図2に、平年偏差分布を図3に示した。

平成9年冬季1, 2月の水溫はやや高めであった。春季の3月4, 5, 6月は平年よりやや高めで推移した。

4月の表層水溫は13～16℃台で平年より0.4～1.4℃の高めであった。5月の水溫は17～19℃台で平年よりやや高めで、偏差は0.3～1.8℃の範囲であった。4月以降は水溫上昇期となり6月には水溫躍層が形成され始めるが、本年6月の水溫は19～20℃台で平年よりやや高めで、偏差は0.3～1.0の範囲であった。

例年通り6月から7月にかけての昇温は著しく、7月

の水溫は21～24℃台で平年よりやや高めで、対馬寄りのStn. 5, 6, 7では23℃台で平年より1.4～1.7℃高め、沖ノ島周辺のStn. 8, 9では23～24℃台で平年より1.1～1.6℃高めであった。また、7月から8月にかけての昇温も著しく、8月の水溫は25～27℃台で平年並みであった。8月から9月にかけての昇温は緩やかになり、9月の水溫は25～27℃台で平年並みであった。

秋季の10月の表層水溫は22～23℃台で平年に比べて低めで、沿岸域のStn. 1～3, 9, 10で22～23℃台で0.6～1.2℃低めであった。

昭和62年～平成6年まで冬季に高水溫傾向が続いたが、今年度は12月～3月まで表層水溫は、やや高めとなり高水溫傾向がみられた。12月はStn. 1では平年並みであったが、16～19℃台で平年より0.6～1.3℃高めであった。1月は13～16℃台で平年に比べてやや高めで、沖ノ島周辺のStn. 8～10で平年より0.6～1.2℃高めであった。2月は10～15℃台でStn. 1では平年に比べて低めであった以外は、やや高めであり、平年より0.8～1.2℃高めであった。3月は12～15℃台で平年に比べて0.3～1.6℃高めであった。

2) 塩分の季節変化

対馬東水道の玄界島～巖原間(Stn. 1～5)における各月の塩分鉛直分布を図4に、平年偏差分布を図5に示した。

春季の4月の塩分は34.2～34.6台で平年に比べてやや低めであった。

5月の塩分は33.6～34.6台で対馬寄りのStn. 6で33.60とかなり低めで、玄界島沖のStn. 1で平年並みであった他は、やや低めであった。

6月になると例年は、中国大陸沿岸水の増勢に伴って対馬暖流の表層域は低塩化するが、今年度は低塩化は認められず、6月～7月まで平年並みであった。6月は34.1～34.5台で平年並み、7月は33.1～34.1台で平年並みであった。8月は平年に比べてやや低めであった。

9月～10月は平年並みであった。9月は31.8～33.1台で平年並み、10月は33.3～34.0台で平年並みであった。

秋季の11月から春季の3月にかけて塩分は低め傾向であり、冬季の2月～3月にかけては、さらに低め傾向が顕著となった。

11月の塩分は33.5から34.0台でかなり低め、12月の塩

分は33.6～34.2台で、かなり低め、1月の塩分は33.8～34.4台でかなり低めとなった。

2月の塩分は33.5～34.4台で平年に比べ甚だ低め、3月の塩分は34.0～34.4台で平年に比べ甚だ低めとなった。

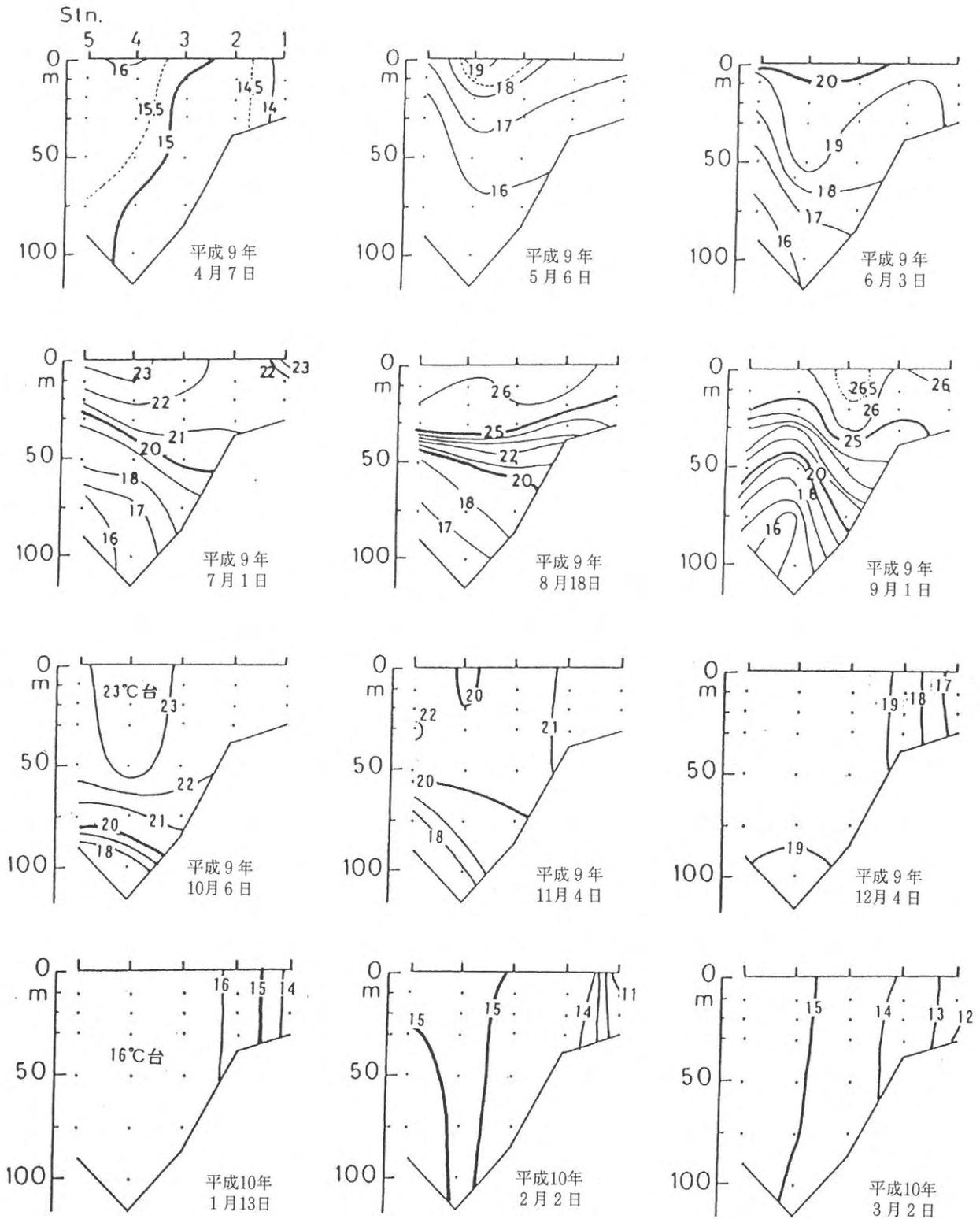


図2 水温断面分布図(厳原～玄界島間)

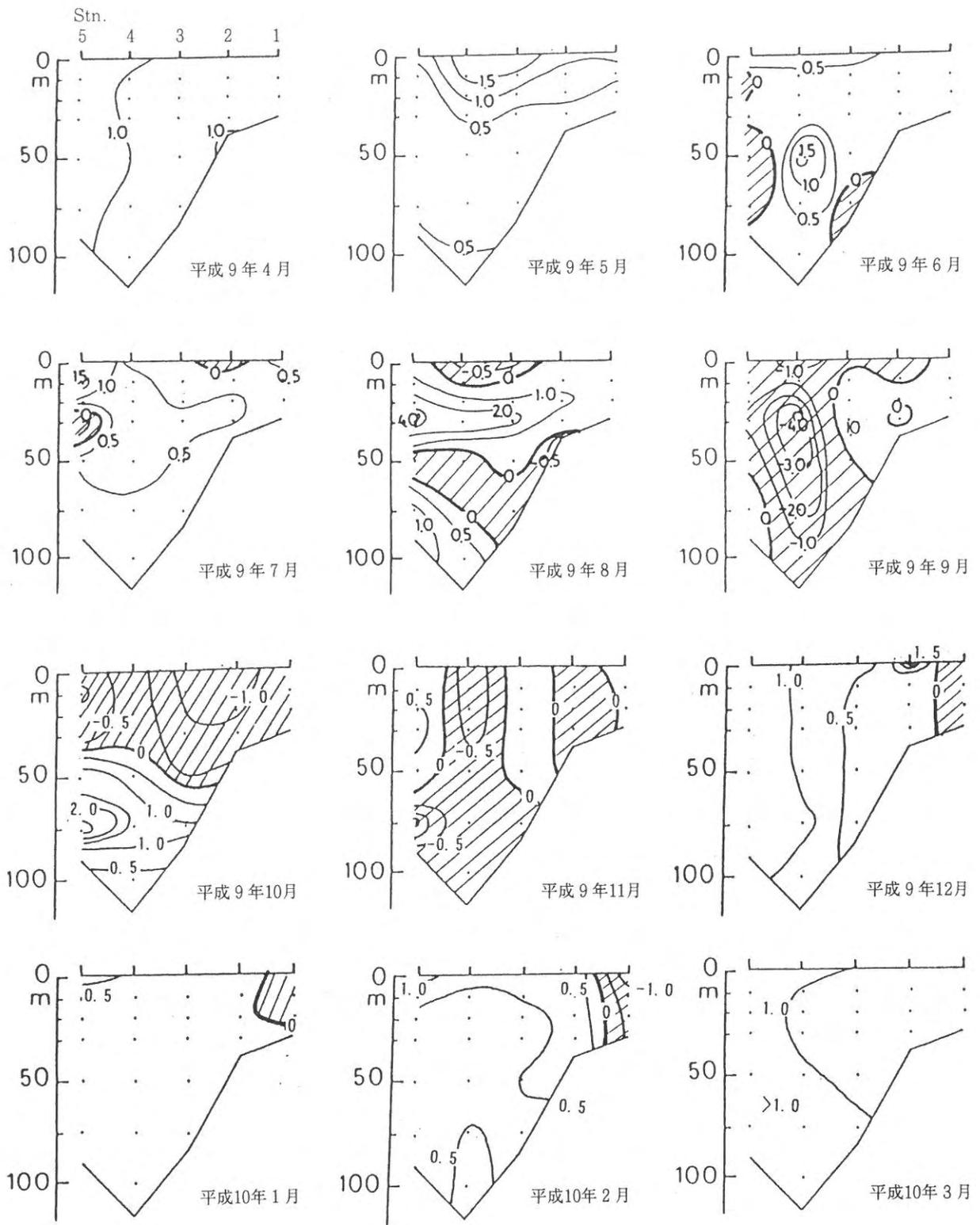


図3 水温平年偏差図(平均値昭和36~平成2年)

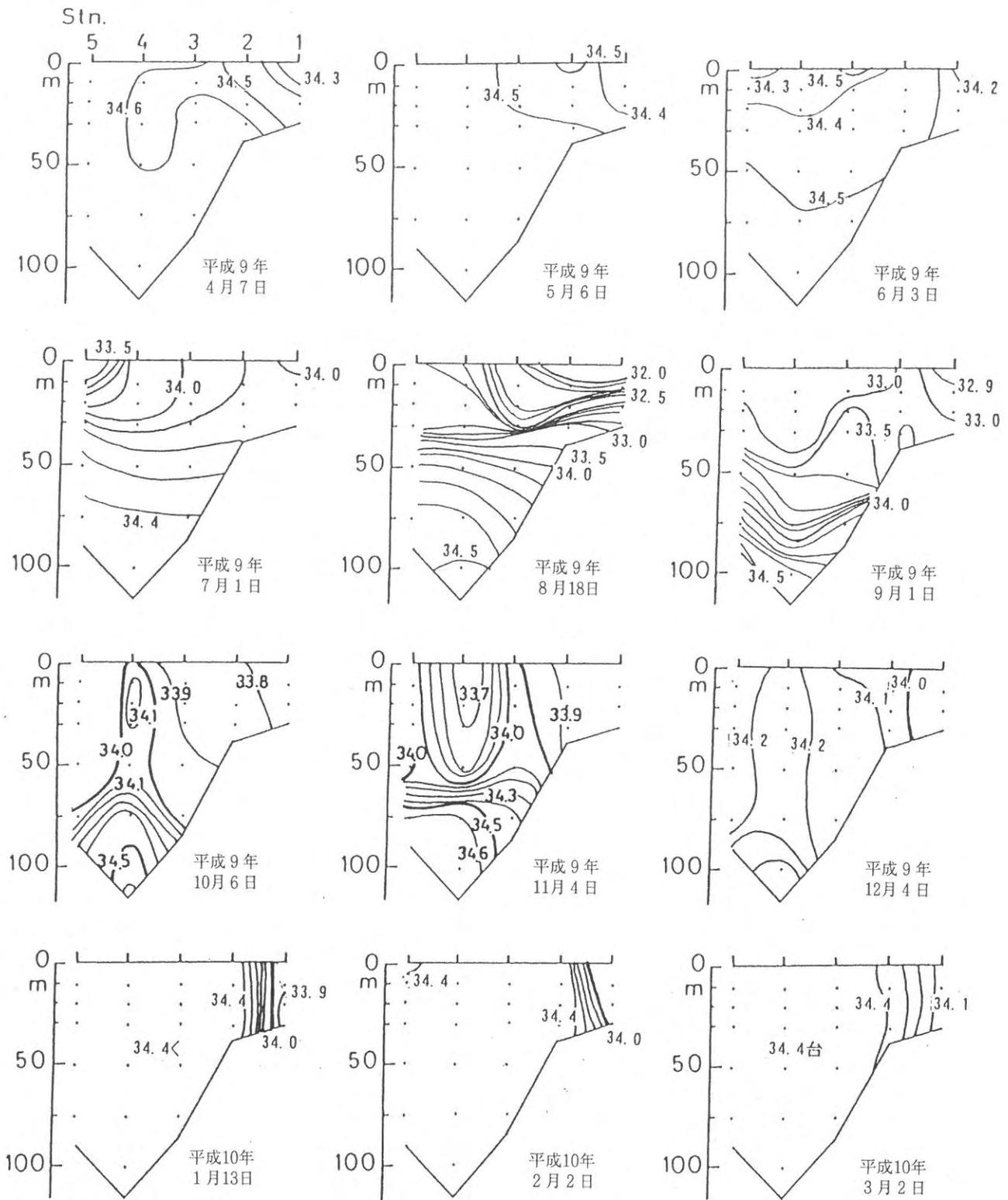


図4 塩分断面分布図（厳原～玄界島間）

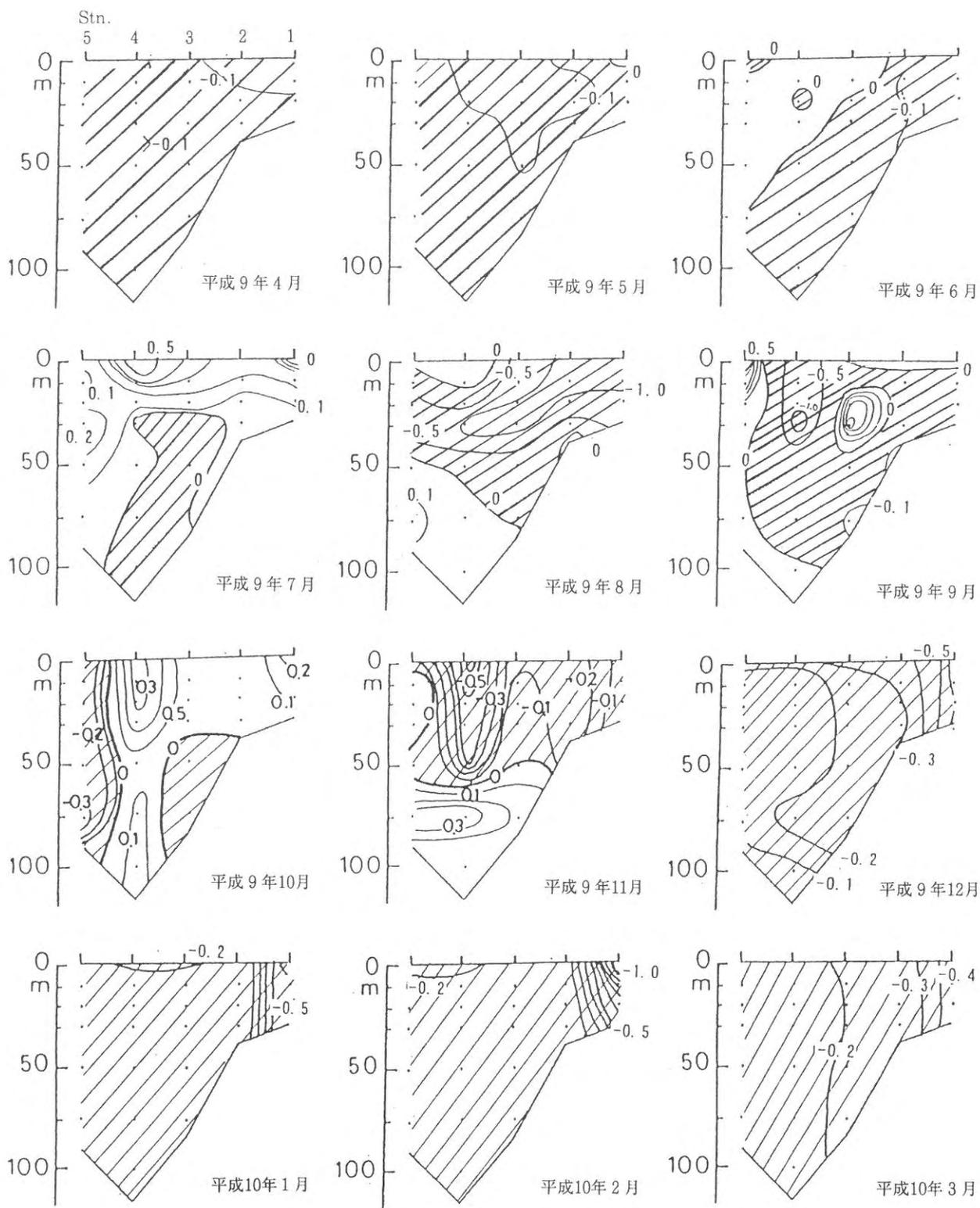


图5 塩分平年偏差図(平均值昭和41~平成2年)

な温度低下が認められ、水深150m以深では、3～4℃台の冷水が存在した。

11月の表層水温は17～21℃台、底層水温は4～20℃台であった。

東水道の調査点では、8月以降鉛直混合が進んで、上下の水温差がかなり少なくなっており、水深50m以浅には20℃台の水温が分布するが、西水道ではStn.12まで20℃台の表層水が存在するが、Stn.13では、17℃台と水温は低く、100m以深に顕著な成層構造が認められた。8月と同様に水深125mから150mにかけて急激な温度低下が認められ、水深150m以深までは、4～7℃台の冷水が存在した。なお、水深150m以深は機器の故障により欠測であった。

3月の表層水温は12～15℃台、底層水温は10～15℃台であり、西水道では成層がみられたが、東水道では成層構造がみられなかった。

2) 塩分の季節変化

対馬東水道から西水道にかけての沖の島～比田勝間(Stn. 9～13)における調査月の塩分鉛直分布を図3に示した。

4月の表層塩分は34台、底層塩分は34台であった。

8月の表層塩分は31～32台、底層塩分は32～34台で、調査海域全域で低めであった。

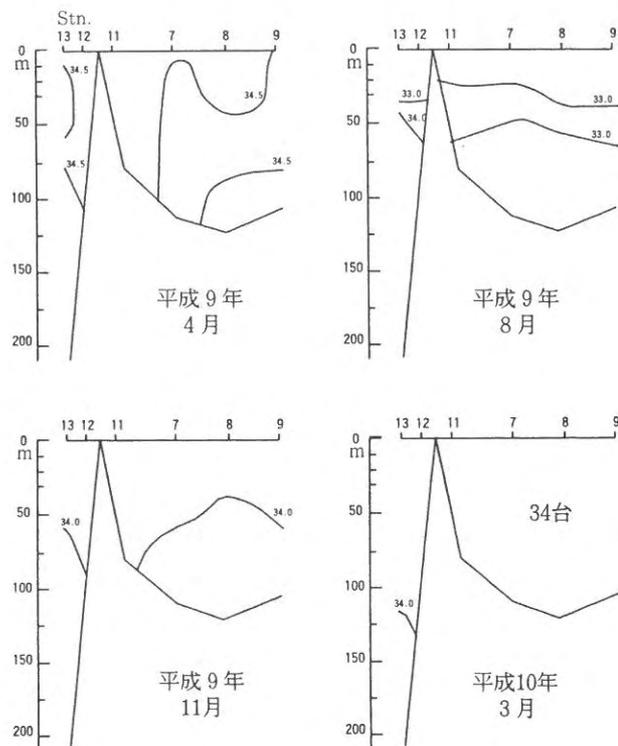


図3 塩分断面分布

11月の表層塩分は33～34台であった。底層塩分は33～34台であった。

3月の表層塩分は34台、底層塩分は34台であった。

漁海況予報事業

(3) 漁況予報調査

—マアジの漁況予測手法の検討—

秋元 聡・吉田 幹英

平成9年から海洋法の批准に伴いTAC制度が導入され、福岡県でもマアジ7,000トン（中型まき網漁業：6,000トン、浮敷網漁業：若干量）の漁獲数量規制が実施されることとなった。このような状況中、研究所としてより具体的な魚況予測を行い、漁業者に情報を提供する必要が生じてきている。

マアジの漁況予測については中川¹⁾が重回帰分析による1歳魚の漁況予測を考案しているが、予測が1歳魚に限られていることや、予測に必要なデータの継続的収集が難しいことなどから予報の実用化には至っていない。そこで、予測のためのデータの収集が容易で、1歳魚以外の予測も可能な手法について検討した。

方 法

まず、まき網の主要漁協であるK漁協中型まき網漁業のアジの銘柄別漁獲量を用い、表1に示す方式（中川²⁾の方法を若干改変）で年齢別漁獲重量に変換した。次に同一年級群を追跡し、ある年のX歳の漁獲量と翌年のX+1歳の漁獲量の関係を調べ、漁況予測に使用できるか検討した。

結果及び考察

それぞれの年齢別漁獲量の関係を図1～3、表1に示す。いずれの関係でも正の相関が見られたが、0歳魚と

1歳魚の相関が最も高かった。解析により求められた関係式に平成9年度の年齢別漁獲重量（速報値 0歳魚：80トン、1歳魚：201トン、2歳魚：400トン）を代入し、10年度の予測を試みたところ1歳魚：493トン、2歳魚：122トン、3歳魚以上32トンで合計647トンとなり、平成4～7年の平年値2,000トンを大きく下回り不漁になると予測された。

しかし、10年度は1歳魚主体に平年を上回る漁獲があり、6月現在で1,000トンを越え、予測がはずれた形となっている。これらのことから当海域の漁獲量のみから

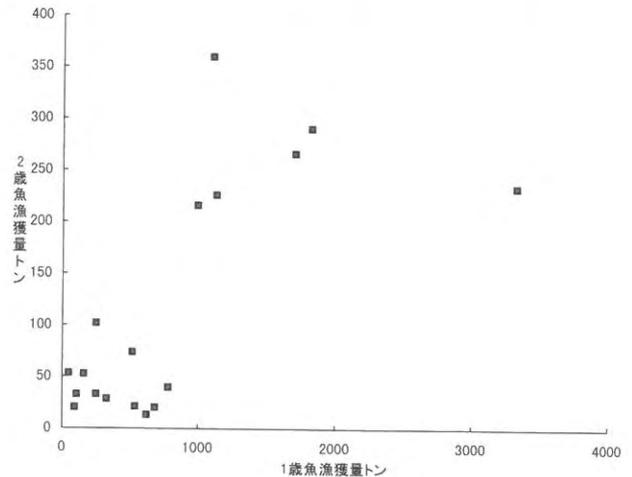


図2 1歳魚と翌年の2歳魚の関係

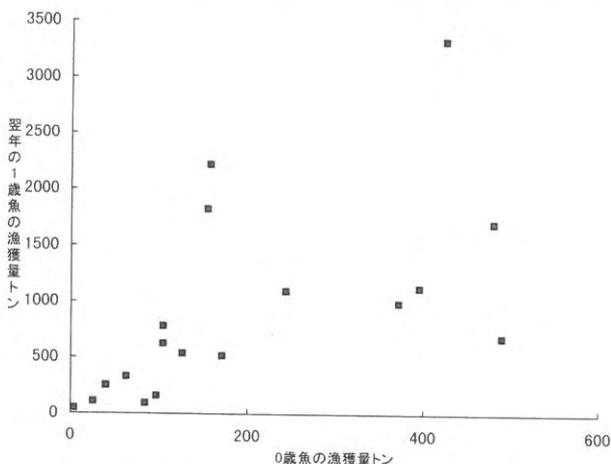


図1 0歳魚と翌年の1歳魚の関係

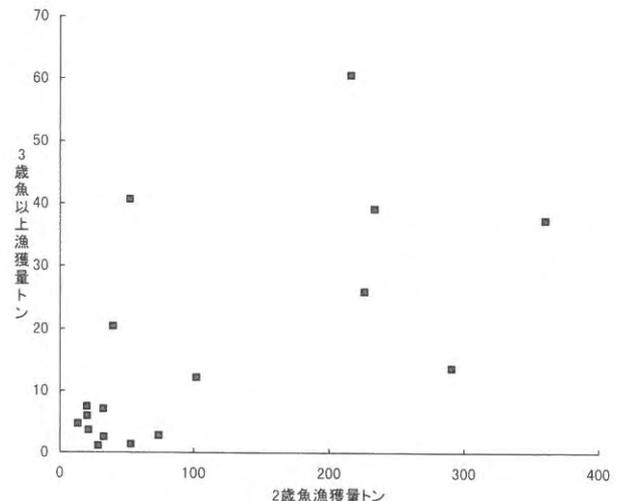


図3 2歳魚と翌年の3歳魚の関係

表1 マアジの銘柄別年齢組成（中川の方法を改変）

銘柄	期間	0歳	1歳	2歳	3歳以上
マメ	5月		100		
	6月	78.8	21.2		
	7～12月	100			
ゼンゴ	5～10月		100		
	11月	44.8	55.2		
	12月	89.5	10.5		
小	5月			100	
	6月		78.8	21.2	
	7～12月		100		
大中	5月			64.5	35.5
	6月			78	22
	7月			89.4	10.6
	8月			94.7	5.3
	9月			79.9	20.1
	10月			74	26
	11月			75.5	24.5
	12月			85.5	14.5

漁況予測を行うことは限界があると判断される。

今回の予測手法は漁況変動要因に環境要素を用いず、

表2 年齢別漁獲量の関係

項目	0歳と1歳の関係	1歳と2歳の関係	2歳と3歳の関係
関係式	$Y=3.01X+253$	$Y=0.13X+96$	$Y=0.05X+8$
相関係数R	0.602	0.523	0.517
F検定	1%レベルで有意	5%レベルで有意	5%レベルで有意

漁獲量のデータだけで行っており、今後、アジと環境要因の関係を解明し、漁況予測に応用する必要がある。また、筑前海に來遊するアジは東シナ海から日本海までを広く回遊しているが、沖合の漁況と福岡沿岸の漁況との関連には不明な点が多く、広域的なデータの収集によりアジの移動分布生態を明かにする必要がある。

文 献

- 1) 中川 清：重回帰分析によるマアジ1歳魚の漁況予測，福岡県福岡水産試験場研究報告第17号19-24（1991）
- 2) 中川 清：筑前海域におけるマアジの漁獲特性，福岡県福岡水産試験場研究報告第15号9-16（1989）

放流技術開発事業

(1) エゾアワビ、アカウニの放流技術開発調査

太刀山 透・深川 敦平・篠原 直哉・福澄 賢二・小島 茂明¹⁾

(研究部)

南方域における放流エゾアワビの放流技術開発、並びにアカウニの放流効果の向上を目的とした。

なお、野外調査は図1に示した場所で実施した。

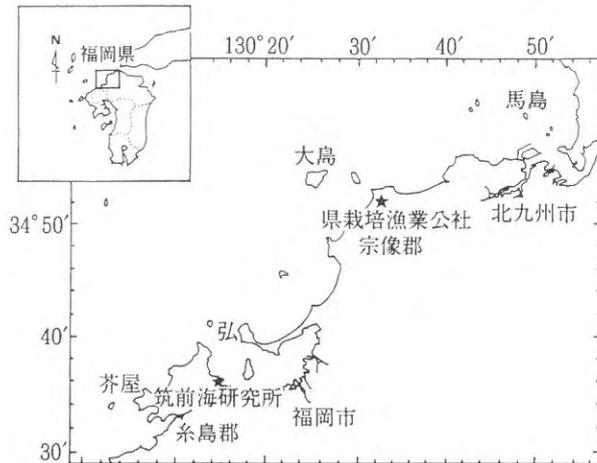


図1 調査地の位置

1. 南方域におけるエゾアワビの分布生態

福岡県でのエゾアワビ、*Haliotis discus hannai*の放流はクロアワビ、*Haliotis discus discus*の病害による種苗放流数の減少に対する暫時的対策として実施された。また、漁業者サイドでも、民間種苗生産業者からの購入により、種苗を入手し、放流する形態が定着しており、現在では年間数10万個が放流されている。しかしながら、暖海域における放流エゾアワビの生態は明らかにされておらず、事業が先行しているのが現状である。放流漁場におけるスキューバ潜水による観察では、エゾアワビは放流後、漁場の最も浅い水深帯へ移動し、潮間帯の低潮線付近（水深1m付近）の岩表面及び側面に生息している傾向がみられている。そこで放流エゾアワビと在来種であるクロアワビの分布生態の比較を行うために漁場における両種の生息状況の観察を行うとともに、屋内模擬漁場での実験と漁場への試験放流を実施し、表出状況の違いを検討した。

方 法

(1) 漁場における放流アワビの表出状況調査

1) 殻長30mmサイズの種苗を用いた放流試験

供試した種苗は平成5年度に福岡県栽培漁業公社で生産されたクロアワビ及びエゾアワビである。これらを6年6月～7年3月に、糸島郡二丈町福吉漁協地先で、縦1.2×横1.2m×高さ0.5mの生簀網を用いて中間育成した。中間育成時の生残率はクロアワビ49.5%、エゾアワビ43.7%であった。放流時の平均殻長はクロアワビが27.9±4.0mm、エゾアワビが26.0±3.3mmで、両種ともディスクタグにより標識を施した。放流場所は福吉地先に設置されている図2に示した稚貝保護礁4基で、7年3月14日に両種とも各500個を潜水により放流した。なお、放流時には0.5×0.5mの海藻坪刈りを3点実施した。

追跡調査は7年4月5日、8月2日及び8年1月18日に実施し、潜水により発見した放流種苗について、種別の生息場所を記録するとともに、殻長を測定した。

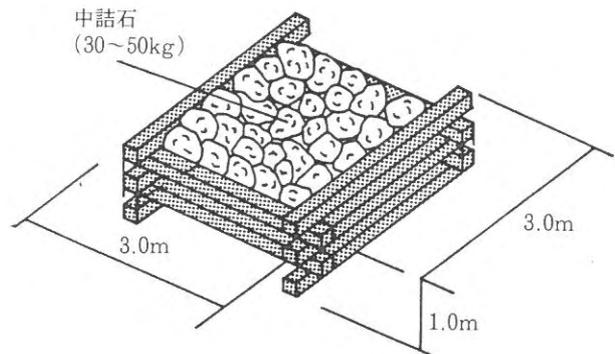


図2 稚貝礁の形状

2) サイズ別放流試験

供試した種苗は表1に示したように、殻長約30mm、50mm、80mmのクロアワビ及びエゾアワビで、割ピン及びディスクタグにより標識を施した。8年5月27日に宗像郡大島の山振地先の水深5mの15×15mの人頭大の投石からなる造成礁（15×15m）に潜水により放流した。

* 1. 東京大学海洋研究所

表1 大島でのアワビ放流試験の概要

種類	放流 (8年5月28日)		追跡調査 (8年5月28日)			追跡調査 (8年8月21日)						
	個数 (個)	殻長 (mm)	回収個数 (個)	回収率 (%)	付着場所の割合 (%)			回収個数 (個)	回収率 (%)	付着場所の割合 (%)		
					表出	間隙	底面			表出	間隙	底面
クロアワビ												
80mm	30	83.7± 6.6	5	16.7	20	0	80	2	6.7	50	0	50
50mm	16	46.3± 4.8	2	12.5	0	0	100	3	18.8	67	33	0
30mm	396	29.1± 1.5	138	34.8	8	25	67	1	0.3	0	0	100
エゾアワビ												
80mm	50	87.7± 2.5	11	22.0	27	18	55	11	22.0	64	9	27
50mm	200	45.9± 1.7	37	18.5	16	41	43	3	1.5	33	33	33
30mm	500	29.4± 2.9	84	16.8	11	35	55	6	1.2	0	0	100

また、放流時には動物 (2×2m, 1点) と海藻 (0.5×0.5m, 3点) の坪刈りを行った。追跡調査は、放流1日後の8年5月28日及び3ヶ月後の8年8月21日に実施し、潜水により発見した放流種苗について、種別の生息場所及び殻長を記録した。

(2) 屋内模擬漁場における表出状況観察

用いた施設は、図3に示すように、屋内角型コンクリート水槽 (3×3m) に人頭大の岩を積み上げた1.5×1.5mの岩礁域、砂域及びレキ域 (テニスボール〜こぶし大) からなる模擬漁場である。この施設にクロアワビとエゾアワビをに同数収容した。両種の投入サイズは年級ごとに分布生態の比較を行うために30mm, 50mm, 80mmの3サイズとした。

実験は2回に分けて行い、7年11月6日〜8年1月8日に殻長30mm及び80mmの2サイズについて、8年1月23日〜11月11日に30mm, 50mm, 80mmの3サイズについて表出状況の観察を行った。30mm, 50mmサイズのクロアワビ及びエゾアワビは5年度に福岡県栽培漁業公社で生産されたもので、80mmサイズのクロアワビ

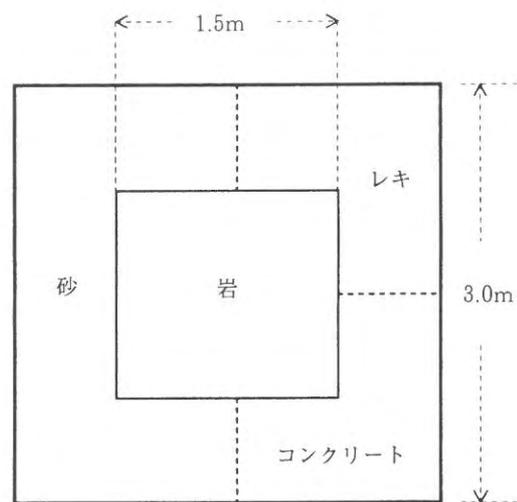


図3 水槽の形状

及びエゾアワビは宗像郡大島で採取したものである。それぞれの殻長と個数を表2に示した。また、天然の漁場環境に近づけるために、アカナマコ、サザエ、ウニ類 (アカウニ、ムラサキウニ、バフンウニ) 及びトコブシを供試アワビに影響のない範囲で数個収容し、餌料としてアラメ、ホンダワラ類を岩に固定し、適宜交換した。

表2 模擬漁場における試験概要

2サイズによる試験				3サイズによる試験			
種・サイズ・個数	殻長		種・サイズ・個数	殻長			
	試験開始時	試験終了時		試験開始時	試験終了時		
クロアワビ			クロアワビ				
80mmサイズ 10個	78.4± 4.7	81.5± 5.4	80mmサイズ 10個	81.5± 5.4	81.5± 5.4		
50mmサイズ 20個	30.6± 1.7	43.9± 1.8	50mmサイズ 20個	43.9± 1.8	43.9± 1.8		
			30mmサイズ 20個	26.9± 1.9	26.9± 1.9		
エゾアワビ			エゾアワビ				
80mmサイズ 10個	84.9± 2.5	90.2± 2.6	80mmサイズ 10個	90.2± 2.6	96.2± 4.2		
50mmサイズ 20個	32.0± 2.1	43.3± 2.8	50mmサイズ 20個	43.3± 2.8	61.4± 3.7		
			30mmサイズ 20個	30.0± 2.6	48.2± 4.3		

2回の実験を通じて、以下の2項目について観察結果をまとめた。

1) 水温別表出状況

調査期間は7年11月6日～8年11月11日の1年間で、水温の変化に伴うエゾアワビ、クロアワビの表出状況を見るために、毎日9時に種別及びサイズ別の表出個体数と水温を記録した。

2) 時間別表出状況

エゾアワビ、クロアワビの異なる水温帯における24時間の活動状況を知るために、水温18℃から2～3℃変化するごとに12時から翌日の12時まで1～2時間毎に種別及びサイズ別に表出個体数を記録した。

結 果

(1) 漁場における試験放流貝の表出状況調査

1) 殻長30mmの種苗を用いた放流試験

放流場所の海藻組成は、表3に示したように、アオサ、マクサ、ツノマタ等の小型の海藻が優占し、ホンダワラ類やクロメが点在しており、これらの着生量は2,728g/m²であった。

表3 放流場所の海藻組成

種 類			着 生 量
			単位: g/m ²
ア	オ	サ	620
ク	ロ	メ	260
イ	ソ	モ	144
ハ	ハ	キ	20
フ	ク	ロ	64
マ	ク	サ	620
ユ	カ	リ	76
タ	オ	ヤ	20
フ	ダ	ラ	372
ツ	ノ	マ	404
ヒ	ト	ツ	60
イ	バ	ラ	24
カ	バ	ノ	12
計			2,728

アワビの採取場所及び付着場所を表4に示した。8月2日に上面及び側面に付着していたエゾアワビの割合は41.7%で、クロアワビの19.4%に比べ高い表出割合であった。一方、1月18日の表出個体の割合はエゾアワビが83.6%、クロアワビが91.6%で両種とも高い結果となった。

このように、夏季においてはエゾアワビはクロアワビに比べ高い表出傾向があると認められたが、冬季では両種間に大きな差はみられず、いずれも高い表出傾向を示した。

回収したアワビの殻長は、表5に示したように、8年1月では両種間に成長の差はみられなかった。

表5 アワビ回収個体の殻長

種 類	単位: mm		
	7年3月14日	8月2日	8年1月18日
クロアワビ	27.9 ± 4.0	41.8 ± 5.8	54.1 ± 7.2
エゾアワビ	26.0 ± 3.3	44.3 ± 5.7	55.3 ± 7.1

2) サイズ別放流試験

放流場所の動物生息量を表6に、海藻着生量を表7に示した。当漁場は転石が積み重なっていることから、バフンウニ主体の動物組成であり、海藻はノコギリモクを主体とするホンダワラ類が優占し、ツルアラメやアラメもみられ、着生量は6,653g/m²であった。

放流アワビの採取個数及び付着場所を表1に示した。

表6 大島(山振)の動物生息量

種 類	個 数	大 き さ
	(個/m ²)	(mm)
サ	0.25	66.3 ± 0.0
ア	0.25	84.0 ± 0.0
バ	3.25	36.5 ± 3.3
ア	3.75	—
イ	0.25	—
ヤ	0.25	—

表4 アワビの採取場所及び付着場所

単位: 上段 個, 下段 %

調査年月日	7年8月2日							8年1月18日							
	採取場所	計	稚貝礁内			稚貝礁外			計	稚貝礁内			稚貝礁外		
			上面	側面	下面	上面	側面	下面		上面	側面	下面			
クロアワビ	31	0	6	21	0	0	4	24	1	1	1	12	8	1	
	100.0	0	19.4	67.7	0	0	12.9	100.0	4.2	4.2	4.2	50.0	33.2	4.2	
エゾアワビ	96	14	26	56	0	0	0	49	2	8	5	25	6	3	
	100.0	14.6	27.1	58.3	0	0	0	100.0	4.1	16.3	10.2	51.0	12.2	6.2	

表7 大島（山振）の海藻着生量

単位：g/m ²	
種類	海藻着生量（湿重量）
ツルアラメ	800
アラメ	680
ヤナギモク	920
ノコギリモク	3,853
マメダワラ	27
ユカリ	360
有節石灰藻	13
計	6,653

放流1日後の8年5月28日では、クロアワビ全体の回収率が32.8%，エゾアワビでは17.6%と低い。死殻も数個体しか発見できなかったことから、放流直後の大きな移動が考えられた。特に、放流3ヶ月後の8年8月21日では、礁内を徹底して回収したにもかかわらず、回収率はクロアワビで1.4%，エゾアワビで2.7%と極めて低い結果となり、両種の放流後の生残率の差を得ることはできなかった。

両種のサイズ別の生息場所の差を明らかにすることを本試験の目的のひとつとしていた。放流1日後ではエゾアワビはクロアワビに比べ若干表出する傾向が高いが、放流直後であることから、その行動が安定していないことが予測される。一方、放流3ヶ月後では、回収個数が少ないため、ここで得られた付着場所の割合は有意な結果とは言えない。

(2) 屋内模擬漁場における表出状況

1) 水温別表出状況

水温別サイズ別の表出割合を図4に示した。この期間は水温下降期に当たり、エゾアワビはクロアワビに比べて表出割合が高く、なかでも、大サイズは水温が16℃から12℃へ下降する秋から冬にかけてクロアワビの10~30%に対して50~80%と非常に高い値を示した。水温別表出割合を図5に示した。開始時の10℃でエゾアワビの表出割合は大サイズでクロアワビに比べ高いものの、両種の表出割合の差は小さかった。水温16~18℃前後で両種とも表出割合は最も低く、その後は両種とも再度上昇した。このように年間を通して、大中小サイズともエゾアワビがクロアワビに比べ表出割合が高い傾向は変わらなかった。また、両種の表出割合の差は水温下降期で大きく、水温上昇期には小さかった。また、大サイズでは両種の表出割合の差が最も大きく、中型、小型の順で低くなった。

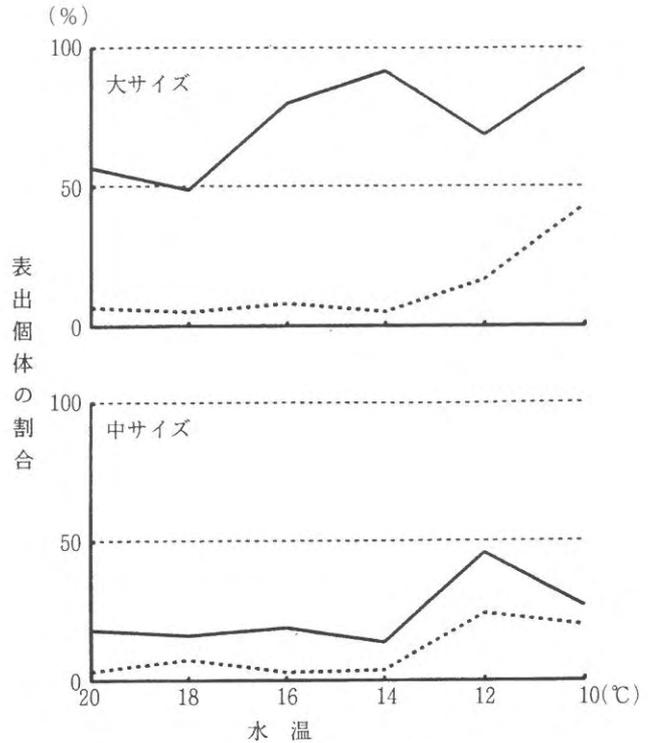


図4 水温別サイズ別表出割合の推移
(実戦はエゾアワビ、点線はクロアワビ)

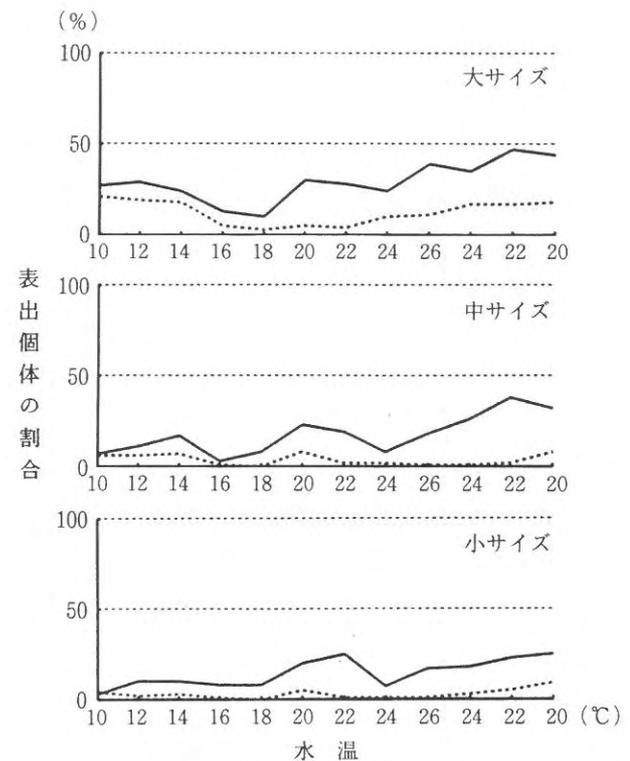


図5 水温別サイズ別表出割合の推移
(実戦はエゾアワビ、点線はクロアワビ)

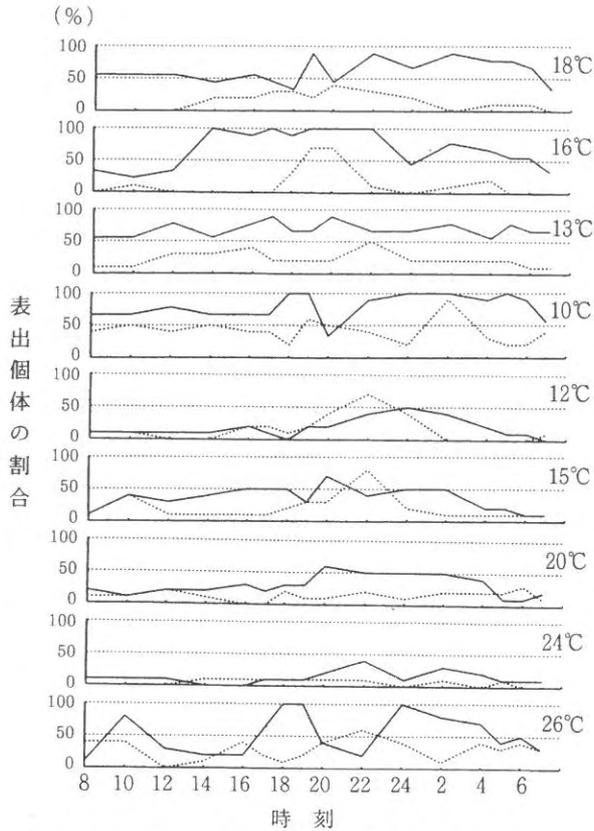


図6 水温別時間別表出割合の推移 (大サイズ; 80mm)
 (*実線はエゾアワビ, 点線はクロアワビを示す。)

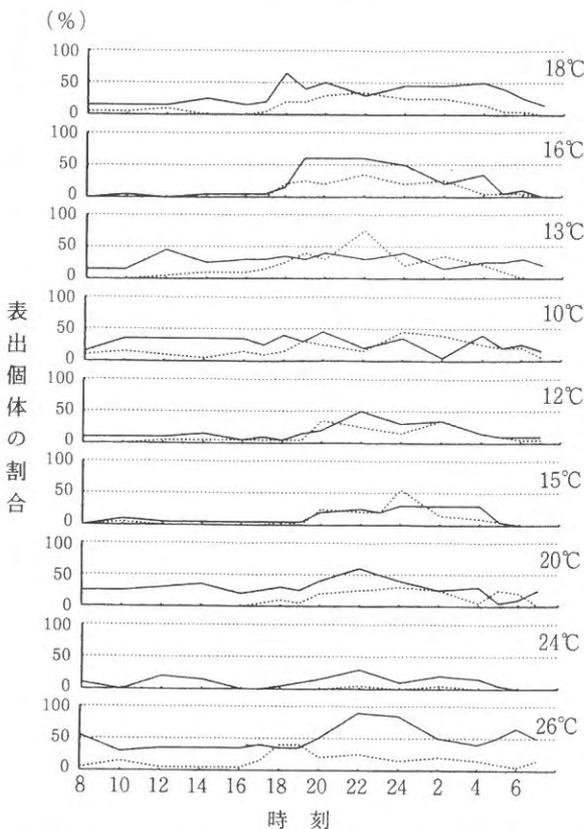


図7 水温別時間別表出割合の推移 (中サイズ; 50mm)
 (*実線はエゾアワビ, 点線はクロアワビを示す。)

2) 時間別表出状況

各水温別の時間別表出割合を図6 (大サイズ), 7 (中サイズ), 8 (小サイズ) に示した。各サイズとも一方, エゾアワビの表出傾向は昼夜問わず表出傾向が強い
 のに対し, クロアワビは時間別に顕著な差があり, 18~
 2時までの夜間に表出割合が高くなり, 日中には隠棲す
 る傾向が強かった。年間を通じて両種が積極的に活動し,
 摂餌を行っていたのは18~2時であり, 日中は表出して
 いるエゾアワビも餌を摂餌する個体はほとんどなかった。

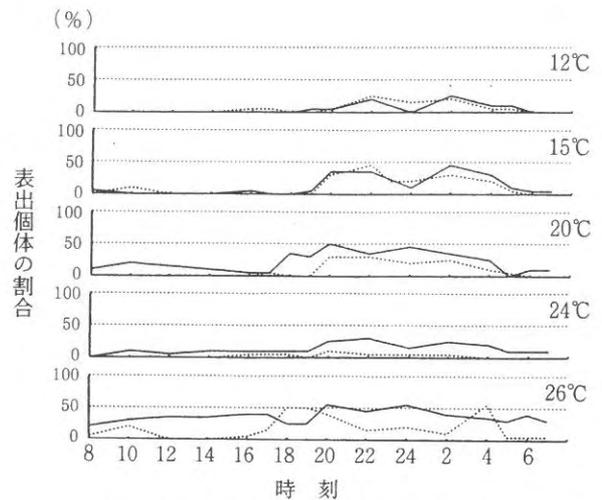


図8 水温別時間別表出割合の推移 (小サイズ; 30mm)
 (*実線はエゾアワビ, 点線はクロアワビを示す。)

考 察

漁場での観察で, 筑前海におけるエゾアワビは放流後
 は漁場内の浅い場所に移動し, 岩の上面及び側面に表出
 するという2つの性質を持つことが伺えた。

このうち, 放流エゾアワビが岩の上面及び側面に表出
 する性質は年間を通してエゾアワビはクロアワビよりも
 表出傾向が強いという屋内模擬漁場での実験結果, エゾ
 アワビがクロアワビよりも表出傾向が高いという試験放
 流の結果と一致しており, この性質が天然及び実験漁場
 で共通してみられることが明らかになった。

さらに模擬漁場での試験結果から, エゾアワビは秋か
 ら冬の降温期に表出傾向が強くなり, 春~夏の昇温期に表出
 傾向が弱いこと, エゾアワビとクロアワビの表出傾向の
 差は大型の個体ほど大きく, 中型, 小型の順に小さくな
 ることが明らかになった。これらの結果は屋内実験での
 みの確認であるが, 漁場においても同様の性質であるこ
 とが示唆される。

エゾアワビの分布域である北海道, 岩手県^{1) 2)} の報告
 によると岩の上面や側面に生息するとされており, その

表出する時期は秋から冬にかけて高くなり、その傾向は小型貝よりも大型貝で顕著であるとされている。これらの性質は本研究の模擬漁場での結果及び漁場での観察結果とよく一致しており、本来のエゾアワビ分布域でもみられる性質と考えられる。

一方、クロアワビがエゾアワビに比べ隠棲する傾向が強いことは漁場での観察結果、模擬漁場での観察結果から明らかである。また、クロアワビが暗所に多く、洞穴内に集団で付着している等隠棲する傾向が強いという野中ら^{3) 4) 5)}の報告とも一致する。これらのことから、表出状況について放流エゾアワビとクロアワビの分布生態に差があることは明らかである。

2. エゾアワビの回収率の把握

方 法

放流したエゾアワビの累積回収率を把握するため、宗像郡大島において、海士（夏季）漁並びに磯見（冬季）漁時に各2～3回、漁獲されたアワビの殻長の測定及び種類（エゾアワビ、クロアワビ、メガイアワビ、マダカアワビ）の識別を行った。

回収された放流エゾアワビの年齢の推定は、漁法別殻長組成から5～6年齢群に分離し、それぞれの年齢から放流年度を特定し、任意の放流年度の回収群を累計することにより、累積回収率を導いた。

調査対象とした放流群は、福岡県栽培漁業公社で生産した殻長10mmの種苗を、大島漁協において約1年間中間育成し、殻長約30mmまで育成し、漁場に放流したものである。

殻長約30mmで放流したクロアワビは、放流後3年目から漁獲され始め、その後5～6年間でほぼ回収が終了する。また、漁獲され始めてから3年間で総回収個数の約80%を漁獲する⁶⁾。さらに、エゾアワビとクロアワビの成長には大きな差は認められない⁷⁾ことから、本報では、6～9年度に漁獲された2～4年度放流群について解析した。

結果及び考察

総漁獲個数に占める調査した標本数の割合（標本抽出率）を表8に示した。調査したアワビの数は976～1,742個で、標本抽出率は6.5～12.3%であった。

6～8年度に漁獲したエゾアワビ、クロアワビ放流群のうち、2～4年度に放流したエゾアワビ、クロアワビの累積回収率を表9に示した。累積回収率はエゾアワビで1.0～1.5%、クロアワビで0.1～4.6%と極めて低い結果であった。

表9 放流アワビの回収状況（大島）

放流状況 年度 個数	漁獲年度別回収個数				累積回収 個 数	累 積 回収率
	6	7	8	9		
エゾアワビ						
2 68,000	445	282	118	44	889	1.3%
3 56,000	151	239	268	165	823	1.5%
4 69,000		190	315	206	711	1.0%
クロアワビ						
2 10,000	222	211	23	4	460	4.6%
3 3,000		53	13	8	74	2.5%
4 11,000				17	8	0.1%

同じ大島における昭和56～59年度のクロアワビ放流群の累積回収率は23～37%であり⁶⁾、2年度クロアワビ放流群の4.6%に比べ5～7倍の回収結果であった。

このように、クロアワビ放流群が過去の大島における回収結果と大きく異なるため、エゾアワビ放流群の回収率をその種がもつ一般的回収率とは考えがたい。回収率低下の原因として、放流時の環境条件（食害種の生息、活動状況等）や種苗の活力が考えられるが、今後、他の放流年度の回収状況を調査し、一般的な南方域でのエゾアワビの回収率を把握する必要がある。

3. 分子生物学的手法による南方域におけるエゾアワビの再生産の確認

クロアワビ（*Nordotis discus*）は、暖水域に生息す

表8 漁獲物調査における標本抽出率

調査 年度	漁獲個数(個)			調査個数(個)			標本抽出率(%)		
	海士	磯見	計	海士	磯見	計	海士	磯見	計
6	9,226	3,340	12,566	553	1,007	1,560	6.0	30.1	12.4
7	8,518	3,491	12,009	583	999	1,582	6.8	28.6	13.2
8	9,345	4,180	13,525	1,042	1,018	2,060	11.2	24.4	15.2
9	7,468	3,002	10,470	1,452	996	2,448	19.4	33.2	23.4

るクロアワビ (*N. discus discus*) と冷水域に生息するエゾアワビ (*N. discus hannai*) に分けられる。両者を別種とする説もあるが、多くの研究者は両者を同一種の亜種に相当すると考えている。

近年、クロアワビ生息域へエゾアワビ種苗の放流が実施されており、クロアワビ天然集団の遺伝的な攪拌をもたらす悪影響が懸念されている。こうした影響の有無や程度を評価するためには、①放流された種苗のうち、どの程度のものが成熟し、再生産を行っているのか、②どのくらいの頻度で雑種が形成されているのか、③雑種の遺伝形質は、2代目以降に受け継がれていくのか、などの点を定量的に明らかにする必要がある。しかし、幼若期に両者を形態から弁別するのは、非常に困難であるので、形態以外の情報に基づく識別手法の開発が急務である。

最近10年の、PCR法やダイレクトシーケンシング法の普及により、集団解析に十分な個体数のサンプルについて、遺伝子上の変異を直接定量化することが比較的短時間、低コストで行えるようになってきた。遺伝子の情報は、組織や細胞の種類、個体の発生段階によらず安定している。加えて、蛋白質遺伝子のうちアミノ酸配列を変えないような変異は、自然選択を受けないので、これまで行われてきたアイソザイム分析に比べ、より環境の影響をうけず、異なる環境下にある地方集団を、同じ尺度で比較することができる。また、極少量のサンプルで解析が行えるので、幼生期や着底直後の個体についても、個体毎に分析することが可能である。このような意図のもと、様々な遺伝子マーカーを用いた判別法が研究されている^{8), 9)}。

小島らは日本各地で採集されたサザエについて、ミトコンドリアDNA・チトクロームオキシダーゼI (COI) 領域の最も個体変異の大きな下流域の塩基配列を解析した結果、サザエ個体は、遺伝的に異なる2つのグループに分類されることを発見し、それぞれの主な生息地にちなみ、黒潮型・対馬暖流型と命名した。わが国におけるサザエ分布域をカバーする12ヶ所の集団について、2つの遺伝子型の個体出現頻度を比較したところ、①黒潮流域集団と対馬暖流域の集団の間には、大きな遺伝的差異が存在する。②瀬戸内海と日本海の間で、遺伝的交流がみられることが明らかになった^{10), 11)}。

そこで、クロアワビ及びエゾアワビのミトコンドリアDNA及び核DNAの塩基配列を解析し、クロアワビとエゾアワビの天然集団と種苗について、集団の特性を解析、比較した。なお、試料の解析及び評価は東京大学海洋研究所小島茂明助手に委託した。

方 法

(1) ミトコンドリアDNAによる遺伝的構造の解析

1) ミトコンドリアDNAの抽出

以下の操作により、分析するアワビ各個体からミトコンドリアDNAを抽出する。試料が少量の時は、すべての操作をエッペンドルフチューブ (1.5ml) 中で行う。また、他の個体のDNAによる汚染を防ぐため、乾熱滅菌 (180°C, 2時間) した金属製器具か使い捨てプラスチック製品のみを用いた。

- a. アワビの中腸腺を緩衝液中ですりつぶす。
- b. 4°C, 毎秒2,300回転で遠心分離する。
- c. 沈殿物 (細胞片や核) を取り除く。
- d. 4°C, 毎秒12,000回転で遠心分離する。
- e. 沈殿物 (ミトコンドリア文画) を緩衝液で2回洗浄する。
- f. SDSで、ミトコンドリア膜を破壊する。
- g. 塩化ナトリウムを添加し、SDSを沈殿させ、取り除く。
- h. フェノール/クロロフォルムによりタンパク質を除去する。
- i. ジメチルエーテルによりフェノールを除去する。
- j. エチルアルコールを加え、DNAを沈殿させる。
- k. 4°C, 毎秒12,000回転で遠心し、DNAを回収する。
- l. 70%エチルアルコールで洗浄し、塩類を取り除く。
- m. 乾燥し、滅菌蒸留水に溶解する。
- n. 冷凍保存する。

2) PCR反応

PCR反応を阻害する物質を除去するため、反応に先立ち、GeneReleaser (BioVenture社) による処理を行う。

PCR反応条件は、

- a. 94°C 1分
- b. 92°C 40秒
- c. 40°C 1分
- d. 72°C 1分30秒 b~dを40回繰り返す。

PCRプライマーとして、

COI-3 (5'-GTNTGTRGCNCAYCAYATRTTYACNGT-3')

COI-6 (5'-CCNCGNCGNTAY(TA)(CG)NGAYTAYCC-3')

を使用した。これらは、後生動物汎用プライマーとして設計された¹²⁾もので、ミトコンドリアDNA・COI領域の下流部分、約450塩基対を増幅することができる。

反応終了後、少量をミューピッド電気泳動装置 (ADVANCE社) で泳動し、産物の量を確認する。

3) シークエンス

PCR産物を鋳型として、Sequenase PCR product sequencing kit (United State Biochem社)を用いて、シークエンス反応をおこなう。産物は、放射性元素³²Pで標識し、アクリルアミドゲル (Longranger, AT Biochem社)で、電気泳動した後、オートラジオグラフィでバンドを検出する。

4) RFLP分析

PCR産物を制限酵素HinflまたはTspEIで、37℃で3時間消化した後、ミューピッド電気泳動装置またはサブマリン型電気泳動装置 (関東理化)で、泳動し、切断の有無を確認する。

(2) 核DNAによる遺伝的構造の解析

1) トータルDNAサンプルの調製

以下の操作により、PCR反応等を阻害する多糖類をほとんど含まない高純度のトータルDNA (核DNA+ミトコンドリアDNA)を抽出・精製する。すべての操作は、個体毎にエッペンドルフチューブ (1.5ml)中で行う。また、他の個体のDNAによる汚染を防ぐため、乾熱滅菌 (180℃, 2時間)した金属製器具か使い捨てプラスチック製品のみを用いた。

- アワビの筋肉を緩衝液 (100mM EDTA (pH 8), 10mM Tris (pH 8), 150mM NaCl) 0.5ml中ですりつぶす。
- 20% SDS 15 μ lを加え、緩やかに10分間攪拌する。
- 5M NaCl 60 μ lを加える。
- 水和フェノール、クロロフォルム各300 μ lを加える。
- 10分間攪拌する。
- 12000rpmで10分間遠心する。
- 上清を、500 μ lの100%エチルアルコールの入ったチューブに移す。
- 緩やかに10分間攪拌する。
- 析出したファイバー状のDNAを1ml 70%エチルアルコールの入ったチューブに移す。
- 12000rpmで5分間遠心する。
- 沈殿を乾燥し、100 μ l滅菌蒸留水に溶かす。
- i. でファイバーが析出しないときは、12000rpmで10分間遠心し、沈殿を70%エチルアルコールで洗浄する。
- 得られたサンプルは、-20℃で凍結保存する。

2) cDNAサンプルの調製

以下の操作により、アワビの組織からRNAを抽出し、逆転写反応によりcDNAサンプルを調製する。すべての操作は、個体毎にエッペンドルフチューブ (1.5ml)中で行い、乾熱滅菌 (180℃, 2時間)した金属製器具か使い捨てプラスチック製品のみを用いた。また、蒸留水は、DEPC (ジエチルピロカーボネート)処理した後、オートクレーブにかけて使用する。

- アワビの筋肉をすりつぶす。
- ISOGEN (ニッポンジーン) 1mlを加え、攪拌する。
- 室温で5分間おく。
- 0.2mlのクロロフォルムを加え、15秒間激しく攪拌した後、室温で2~3分間おく。
- 15000rpm 4℃で15分間遠心する。
- 液相 (上層)を別のチューブに移す。
- 0.5mlのイソプロパノールを加え、室温で5~10分間おく。
- 15000rpm 4℃で10分間遠心する。
- 沈殿をを1ml 75%エチルアルコールで洗浄し、軽く乾燥する。
- 10~100 μ lの蒸留水に溶解し、55~60℃で、10~15分間保温する。
- サンプル1 μ lに蒸留水99 μ lを加え、分光光度計で吸光を測定し、RNA濃度を計算する。
- RNA 1~5 μ gを鋳型として、Super script (Life Technologies社)による逆転写反応をおこない、cDNAサンプルを調製する。

3) PCR

a. エクソン領域

cDNAサンプルを鋳型として、以下のプライマー (表10)の組み合わせで反応を行う。

断片1 EF-1S EF-Gr

断片2 EF-F EF-B

断片3 EF-3 EF-A

断片4 EF-5V EF-6V

反応条件は、94℃ 1分
92℃ 40秒
50℃ 1分
72℃ 90秒 を30サイクル

b. イントロン領域

トータルDNAサンプルを鋳型として、プライマー

表10 使用したプライマーの塩基配列

Name	Sequence
EF-1S	5'-ATHGGNCAAYGTNGAYTCNGGNAARTC-3'
EF-Gr	5'-GTCTGACCATTCTTTGADATNCCNGCYTC-3'
EF-H	5'-GATATTGCTCTGTGGAARTTYGARAC-3'
EF-B	5'-CCNCCDATYTTTRTANACRTCYTG-3'
EF-C	5'-TAYATHAARAARRTNGGNTAYAAAYCC-3'
EF-A	5'-CCNGGRTGRTTNARDATDATNAC-3'
EF-5V	5'-CCNGGNGAYAAAYGTNGGNTTYAAAYGT-3'
EF-6VR	5'-ACNGCNACNGTYTGNCCKATRTC-3'
EF-F	5'-GCTTTCACCTTNGGNGTNAARCA-3'
EF-Cr	5'-GGATTATAACCGATYTYTTTDATRTA-3'
ABAL-1	5'-GGTTGATGCATATCATCGATCCC-3'
ABAL-2	5'-CTGAGTGGACAAGTAGTTGG-3'
ABALR-1	5'-TAGTGAACAATGGATGACTAGCAGC-3'
ABALR-2	5'-CAAGTCTGGACCATACAATCC-3'

EF-HとEF-Bを用いて、以下の条件でPCR反応を行う。

- 94℃ 1分
- 92℃ 40秒
- 45℃ 1分
- 72℃ 3分 を40サイクル

上記のPCR産物を鋳型として、プライマー EF-FとEF-Crを用いて、以下の条件でPCR反応を行う。

- 94℃ 1分
- 92℃ 40秒
- 45℃ 1分
- 72℃ 2分 を30サイクル

4) シークエンス

3) で得られた、PCR産物を鋳型として、Sequenase PCR product sequencing kit (United State Biochem社) を使用し、以下のプライマーを用いて、塩基配列を決定しする。

エクソン領域

- 断片1 EF-1S EF-Gr
- 断片2 EF-F EF-B
- 断片3 EF-C EF-A
- 断片4 EF-5V EF-6VR

イントロン領域 EF-F, ABAL-1, ABAL-2
EF-Cr, ABALR-1, ABALR-2

結果及び考察

(1) ミトコンドリアDNAによる遺伝的構造の解析

福島産エゾアワビ種苗と長崎産クロアワビ種苗、各10個体からミトコンドリアDNAを抽出し、PCR法でミト

コンドリアDNA・COI領域下流部の増幅を試みた。最小サイズの種苗1個体からも、この操作に十分な量の試料が得られた。

各PCR産物の塩基配列を決定したところ、無脊椎動物のCOI遺伝子とよく一致することからPCR産物が、正しく該当領域を増幅したものであることが、また配列が一通りに決まることから、他個体のDNAによって汚染されていないことが示された。

個体間の変異は、すべてアミノ酸配列を変えないタイプのもので、大きく2つのグループ配列に分けられた。(図9) 福島産エゾアワビ種苗個体は、すべて同じグループ(以下E型とする)に属し、一方長崎産クロアワビ種苗では、2個体のみが福島の個体と同じタイプのミトコンドリアDNAをもっていたのを除き、別のグループ(以後K型とする)に分類された。

図9にみられるように、K型とE型は、3ヶ所(図9の1~3)で完全に異なる塩基に固定している。うち、2ヶ所は、制限酵素HinfI(配列GANTCを認識)およびTspEI(同AATT)のサイト中に存在した。制限酵素は、特定の短い塩基配列の部分のみを切断する性質を持つ酵素で、上記の配列を認識・切断する。したがって、K型の配列では、HinfIにより図9の下線aの部分(GAATC)で、またTspEIにより下線b部(AATT)で、PCR産物が切断されるのに対し、E型ではこの部分の配列がそれぞれGGATCとAACTに変わっており、制限酵素により切断されない(表11)。切断の有無は、電気泳動により確認することができる。



図9 クロアワビK型個体、E型個体のミトコンドリアDNA-COI領域下流部のコンセンサス塩基配列

表11 E型個体およびK型個体に由来するPCR産物における、制限酵素HinfIとTspEIの制限サイトの有無

遺伝子型	制限酵素	
	HinfI	TspEI
E型	ない(切れない)	ない(切れない)
K型	ある(切れる)	ある(切れる)

制限酵素による切断の有無によって、遺伝的差異を検出する手法を、制限断片長多型 (RFLP) 分析といい、塩基配列を直接決定するより、はるかに短時間、安価に遺伝的差異を検出することができる。今回の例では、2つの異なる制限酵素を併用することにより、たとえ片方の制限サイトに新たな変異が生じた個体があっても、遺伝子型を誤って判定することが避けられる。2ヶ所で同時に塩基置換が生じる確率は無視しうるほどに小さいので、2種類の制限酵素による結果が一致しない場合のみ、塩基配列決定により遺伝子型の確認を行えばよいのである。実際、今回解析を行った258個体中のすべてで、2種の酵素の切断パターンが一致していた。

RFLP分析により、福岡、山口、長崎のクロアワビと福岡、山口、福島、宮城のエゾアワビについて、上記の方法で遺伝子型の判別をおこなった。(表12)

クロアワビ集団では、一般にエゾアワビ集団に比べ、K型頻度が高い (K型頻度41.9%)。特に、長崎産種苗では、25個体中23個体がK型で、この傾向が突出している。しかし、これを除いてもK型頻度は28.3%で、エゾアワビの8.1%に比べ、なお高めである。逆に山口産のクロアワビ種苗では、全個体がE型で、他のクロアワビ集団とは大きく異なっている。今回分析した種苗の由来ははっきりしないが、山口県の天然クロアワビ個体には、K型個体が出現していることを考えると、種苗生産に使用した母貝の遺伝的組成が偶然E型に偏っていたことに起因するアーティファクトである可能性もあり、由来のわかる種苗による追試が必要であろう。

エゾアワビ集団は、大部分の個体 (91.9%) が、E型ミトコンドリアを持っている。福岡県で使用されている

三陸産エゾアワビ種苗 (表12の福島産種苗を含む) は、2年にわたり、全ての個体がE型であった。山口県で今年度使用された種苗や宮城県の天然集団には1割程度のK型個体が含まれていた。福岡県の天然集団では、さらに、若干多め (17.6%) のK型個体が検出された。福岡県のクロアワビ天然集団では、逆にE型が若干多めで、両者間に、雑種が過去に形成され、天然集団中に存在している可能性も考えられる。

今回の解析により以下のことが明らかになった。

- ①クロアワビ・エゾアワビ集団は、遺伝的に異なる2つのグループ (K型/E型) から構成される。
- ②クロアワビ集団では、一般にエゾアワビ集団に比べK型個体の頻度が高い。
- ③種苗の、K型・E型比は、その由来により大きく変動する。

解析結果 (表12) をサザエの場合と比較すると、日本海の外側の九州西岸と太平洋岸で、異なる遺伝子型の個体がほぼ独占的に出現する点が一致している。最終氷河期の最盛期 (3万年-2万年前) の日本海は、還元化がすすみ、多くの海洋海底生物が絶滅したと考えられている¹³⁾。現在、九州西岸や三陸海岸に生息する集団は、それぞれ日本海の外で氷河期を生き延びた集団の子孫であり、異なる遺伝子型 (九州西岸はK型、太平洋岸はE型) の個体にほぼ固定していたと考えられる。氷期後、サザエが対馬暖流により対馬海峡のみから日本海に再侵入したのに対し、クロアワビは、南からのルートに加え、親潮によって北からも再侵入したことが想定される。ここで注意したいのは、今回の研究で、西九州の唯一のデータが、種苗を材料にしている点である。種苗は少数の

表12 各集団のK型個体およびE型個体の出現頻度

産地	種類	K 型		E 型		履 歴	殻 長 (mm)
		個体数 (頻度)	個体数 (頻度)	個体数 (頻度)	個体数 (頻度)		
クロアワビ	福岡	天然個体	6 (28.6%)	15 (71.4%)	福岡県大島山振沖採取貝	163.7± 9.0	
		人工種苗	9 (45.0%)	11 (55.0%)	母貝は福岡県豊前海産 (6年度生産群)	—	
		人工種苗	8 (40.0%)	12 (60.0%)	母貝は福岡県豊前海産 (6年度生産群)	23.9± 1.9	
		7年度種苗再捕	0	1	母貝は福岡県豊前海産 (7年度生産群)	29.0	
	山口	天然個体	3 (30.0%)	7 (70.0%)	山口県地先採取貝	—	
		人工種苗	0 (0.0%)	20 (100%)	母貝は山口県地先産	—	
長崎	人工種苗	23 (92.0%)	2 (8.0%)	母貝は長崎県野母産 (6年度生産群)	—		
エゾアワビ	福岡	人工種苗再捕	6 (17.6%)	28 (82.4%)	母貝の履歴は特定できない	107.0±12.9	
		人工種苗	0 (0.0%)	22 (100%)	母貝の履歴は特定できない (民間種苗)	29.7± 2.1	
		民間種苗再捕	0 (0.0%)	8 (100%)	母貝の履歴は特定できない (民間種苗)	36.8± 7.4	
	山口	人工種苗	2 (10.0%)	18 (90.0%)	母貝の履歴は特定できない	—	
	福島	人工種苗	0 (0.0%)	28 (100%)	母貝は福島県産	—	
	宮城	天然個体	3 (12.5%)	21 (87.5%)	宮城県地先採取貝	—	

母貝から生産されることが多いため、母貝の遺伝的組成に偏りがあると、天然集団と組成が大きく異なる危険がある。したがって、この件について最終的に結論する前に、西九州の天然集団の個体のデータを得る必要がある。

サザエの場合、日本海集団には、太平洋岸と共通する遺伝子型の個体が、1割程度出現するが、大部分は九州西岸集団と共通する遺伝子型の個体で構成されている。これに対し、クロアワビでは形態がクロカエゾによらず、九州西岸との共通型(K型)が、むしろ少数派である。これは、放流による人為的な攪乱の結果である可能性がある。別の可能性として、「最終氷期以後の日本海へ、津軽海峡由来のE型個体と対馬海峡由来のK型個体が侵入し、交雑した結果である」と考えることができるかもしれない。

(2) 核DNAによる遺伝的構造の解析

1) EF-1 α 遺伝子エクソン部の塩基配列と固体間変異

ミトコンドリアDNAの解析により対照的な遺伝的組成を持つことが示された、福島のエゾアワビ種苗および長崎のクロアワビ種苗から、ミトコンドリアDNA遺伝子型が解っている各1固体を選び、エロンゲーションファクター1 α (EF-1 α) 遺伝子エクソン部のほぼ全領域について塩基配列を決定した。得られた配列から推定されるアミノ酸配列は、同じ腹足類のサザエの配列⁴⁾とよく一致し、アミノ酸配列が異なる場所は、いずれも動物群間で高頻度に変異がみられるサイトであった。このことから、今回得られた配列が、アワビの該当遺伝子であることは確実である。エゾアワビの塩基配列とクロアワビの配列は、1カ所を除き完全に一致した(図10)。この1ヶ所の変異サイト(図10の*印)の塩基は、クロアワビではTであるのに対し、エゾアワビではTとCのヘテロ(2本の相同染色体上の遺伝子が異なる配列を持つ)であった。この変異は、コードするアミノ酸を変えない同義的塩基置換によるピリミジン塩基間の変異という、最も起こりやすいタイプのものである。このような、比較的容易に生じる変異さえ、1215塩基中に1ヶ所(0.0008%)しか存在しないことから、エゾアワビとクロアワビが、遺伝的に極めて近いことが示唆される。以上のことから、この遺伝子のエクソン領域は、エゾアワビ/クロアワビの集団構造解析のための遺伝子マーカーとして不适当であると考えられる。そこで次に、エクソン領域に比べ、自然選択の影響を受けにくい、より進化速度が速く、多くの変異を持つことが期待されるイントロン

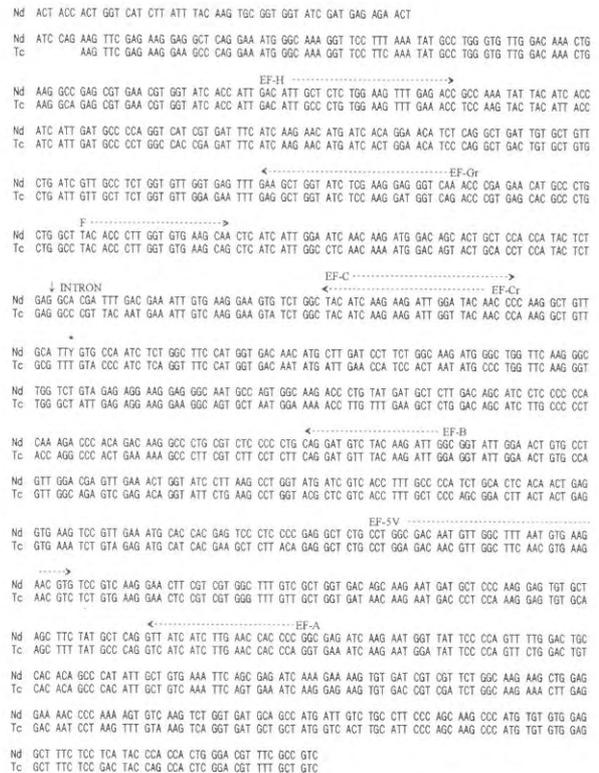


図10 クロアワビ(Nd)及びサザエ(Tc)のEF-1 α 遺伝子のエクソン部の塩基配列。

本研究で使用したプライマーの位置を図中で示す。矢印は、クロアワビのイントロンの位置を示す。*はクロアワビにおける多型サイト。

領域¹⁵⁾について、遺伝子マーカーの検索をおこなった。

2) イントロンの位置の特定とプライマー作成、PCR条件設定

腹足類の遺伝子のイントロンに関する報告は、これまでに皆無であるので、1)でエクソン領域の塩基配列が明らかになったEF-1 α について、イントロン領域の検索を行った。

1)と同じ個体から調製したトータルDNAを鋳型に、同じプライマーの組み合わせで、PCR反応を行いイントロンを含む領域を検索した(2つのプライマーに対応する領域の間にイントロンがある場合、cDNAを鋳型とした時より長いPCR産物が得られる)。その結果、プライマーEF-CとEF-Hの間にイントロンが存在することが明らかになった。トータルDNAを鋳型としたPCR断片のシーケンスにより得られた塩基配列をcDNA配列と比較し、イントロンの位置を特定した(図10)。イントロンをはさむ位置に1組のプライマーEF-FとEF-Crを作成し、PCR最適条件を検討した結果、「方法」の項で述べたように、さらに外側のEF-H~EF-B間でPCR反応を行い、得られた産物を鋳型として、EF-F~EF-Cr

間のセカンドPCRを行うことにより、好適なPCR産物が得られることがわかった。

3) EF-1 α 遺伝子イントロン領域の塩基配列と個体間変異

2) で位置が特定されたイントロン領域を両方向から完全にシーケンスするため、さらに正逆各2つのプライマー (ABAL-1, ABAL-2, ABALR-1, ABALR-2) を設計・合成した。福島のエゾアワビ種苗および長崎のクロアワビ種苗から、各8個体について、このイントロン領域のシーケンスを行った。なお、ミトコンドリアDNAの遺伝子型は、福島の個体がすべてE型、長崎の個体は2個体がE型で残りはK型であった。イントロン領域の長さは、840~843塩基対で、1ヶ所に3塩基の挿入/欠失がみられた (図11の下線部)。解析した個体の遺伝子型を表13にまとめた。今回の解析は、個体数が少ないので、統計解析は行っていないが、サイト6や挿入部に福島-長崎間で遺伝子頻度の差がみられた。また、長崎のE型ミトコンドリアを持つ2個体は、核については、福島のE型個体より長崎のK型個体に近い傾向があり、ミトコンドリアDNAと核DNAの間の不一致が示唆される。これは、雑種形成によるクロアワビ集団へのエゾアワビ由来のミトコンドリアの取り込みである可能性がある。今回決定したEF-1 α 遺伝子イントロン領域は、クロアワビ/エゾアワビの集団構造を解析するのに十分な変異を持っており、今後多くの集団について、核遺伝子型の組成とミトコンドリア遺伝子型の組成の比較をおこなうことで、各集団の遺伝的特性や履歴を明らかにできるものと期待される。

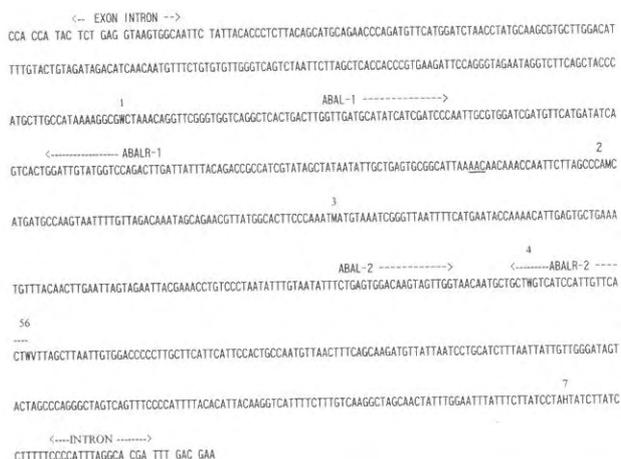


図11 クロアワビのEF-1 α 遺伝子のイントロン部の塩基配列。数字は多型サイト。下線は、3塩基の挿入を示す。本研究で使用したプライマーの位置を図中で示す。

表13 イントロン領域における多型サイトの遺伝子型組成

集団	ミトコンドリアDNA遺伝子型	福島		長崎	
		E型	E型	K型	K型
塩基置換					
サイト	遺伝子型				
1	AA	5	2	4	
	AT	3	0	2	
2	AA	4	1	4	
	AC	4	1	2	
3	CC	5	1	4	
	AC	3	1	2	
4	AA	5	1	6	
	AT	2	1	0	
5	AA	6	2	6	
	AT	1	0	0	
6	AA	4	2	5	
	AG	2	0	0	
	AC	1	0	1	
7	TT	5	2	4	
	TA	3	0	2	
挿入(+)/欠失(-)					
	++	1	2	4	
	+-	6	0	2	
	--	1	0	0	

(4) 産卵実験による南方域におけるエゾアワビの再生産の確認

太刀山¹⁶⁾は、室内試験においてクロアワビとエゾアワビの正逆交雑1代目の発生を確認している。又門間¹⁷⁾はクロアワビ♀×エゾアワビ♂の交雑1代目と、それらを親具に用いた交雑2代目の発生を確認しているが、その他の組み合わせについては検討されていない。

そこで、在来種であるクロアワビと北方種のエゾアワビ交雑2代目の各種組み合わせによる再生産の可能性について検討した。

方 法

1) 自然産卵時期の確認

エゾアワビ及びクロアワビの自然産卵状況を把握するために、両種の成貝をそれぞれ別の水槽で飼育した。飼育水には濾過海水を用い、排水を60 μ mのミューラガーゼを張った網で受け、毎日、網内の卵の有無を確認した。試験期間は7年8月24日~12月28日で、餌料としてアラメを用いた。

供試貝は試験直前に宗像郡大島で採取したもので、クロアワビは殻長120.7 \pm 11.5mm、体重225.8 \pm 61.2gのもの9個体、エゾアワビは殻長111.7 \pm 12.2mm、体重183.5 \pm 61.9gのもの10個体である。

表14 孵化幼生及び着底確認試験区の概要

♂ \ ♀	純系クロアワビ	純系エゾアワビ	F1 (エゾ♀×クロ♂)	F1 (クロ♀×エゾ♂)
純系クロアワビ	◎○×	◎○×	○	○
純系エゾアワビ	◎○×	◎○×	○	○
F1 (エゾ♀×クロ♂)	○	○	○×	○×
F1 (クロ♀×エゾ♂)	○	○	○×	○×

○は孵化幼生確認試験を行った試験区，×は着底確認試験を行った試験区を示す。
◎は既に幼生までの発生が確認された報告があるもの。

2) クロアワビ×エゾアワビ交雑1代目・2代目の再生産

① 孵化幼生確認試験

親貝は糸島郡芥屋地先産クロアワビ，青森県産エゾアワビ及び平成5年度に筑前海研究所で生産したエゾアワビ♀×クロアワビ♂，クロアワビ♀×エゾアワビ♂それぞれの交雑1代目を用いた。飼育は砂濾過海水による流水で行い，アラメ等の生海草や乾燥コンブを残餌を確認しながら給餌した。採卵は8年10月30日（水温20.4℃）に行った。それぞれの親貝を雌雄別に5～10個体30lパンライトに収容し紫外線照射海水と暗黒処理による誘発刺激を加えた。

試験区は表14に示した16区をそれぞれ各2セット設定した。受精は1lビーカー内で行い，800ccの紫外線照射海水を入れ，未受精卵を10粒/cc（8000粒/区）の密度で収容し，媒精した。受精後は同ビーカーを用い止水にして弱い通気を行い，コイトロンにて20℃恒温状態とし12時間照明，12時間暗黒状態で飼育した。

受精6時間後に各試験区100個体以上の光顕観察を2回行い，卵割の確認をもって受精率とした。孵化率は1cc中に存在するベリジャー幼生の正常個体数を各試験区

12回計数し，最大値，最小値を削除した10回分の平均値によるものとした。

② 着底確認試験

親貝は孵化幼生確認試験と同じものを用い，採卵は8年11月12日（水温19.3℃）に行った。誘発刺激は紫外線照射海水，暗黒処理，干出2時間及び3.7℃の加温を行った。

試験区は表14に示した8区を設定し，受精は30lパンライト水槽内で行った。受精後は，200l角形水槽に1.0粒/cc（200千粒/区）の密度で収容し，砂濾過海水を微流水にして弱い通気を行って飼育した。採苗時には予め珪藻をつけた波板を30枚収容した。着底は，波板上に付着した稚貝の有無によって確認した。

結果及び考察

1) 自然産卵時期の確認

飼育水温は図13に示したように28～10℃であった。産卵が確認できたのは，エゾアワビでは10月16日（水温21.7℃）及び10月20日（21.2℃）の2回であったが，10月16日に得られた卵では精子の付着，受精及びその後の発生が認められなかったことから，放精はなかったと考えられる。一方，10月20日の卵は受精しており，その後付着稚貝まで確認した。他方，クロアワビの放卵はみられなかった。7年度に生海水を用いた同様な試験を山口県が実施しており，エゾアワビ，クロアワビとも卵を得

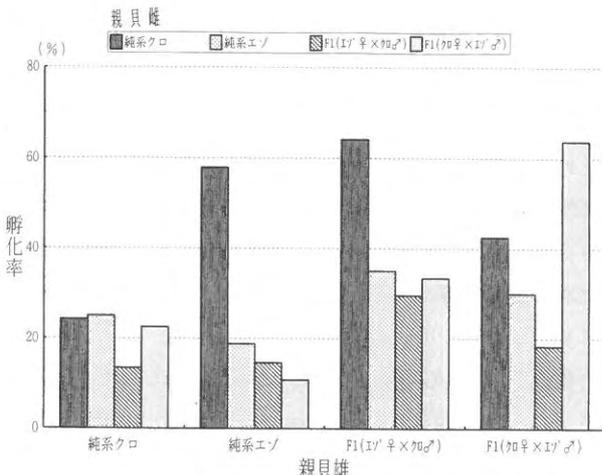


図12 各試験区における孵化率

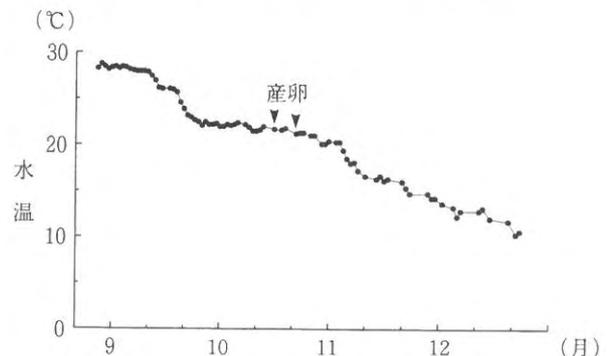


図13 飼育水温の推移

ている。本県でクロアワビの卵が得られなかった原因として、本県が用いた飼育水が濾過海水であったことが推測される。

2) クロアワビ×エゾアワビ交雑1代目・2代目の再生産親貝(雌)の殻長及び放卵数を表15に示した。交雑1代目のエゾアワビ♀×クロアワビ♂(平均殻長87.5mm)8個体は10,575千粒、クロアワビ♀×エゾアワビ♂(平均殻長69.7mm)6個体は6,945千粒を放卵した。また交雑1代目の雄についても十分な放精が見られた。

表15 母貝の放卵状況

母貝	放卵母貝数(個)	放卵数(千粒)	殻長	履歴
純系クロアワビ	16	12,800	—	糸島郡芥屋地先採取
純系エゾアワビ	5	1,695	85.6~89.1	青森県地先採取
F1(エゾ♀×クロ♂)	8	10,575	72.2~97.6	5年度生産貝
F1(クロ♀×エゾ♂)	8	6,945	62.8~74.5	5年度生産貝

各試験区における受精率を表16に、孵化率を表17に示した。エゾアワビ♀×クロアワビ♂、クロアワビ♀×エゾアワビ♂の交雑1代目雌が関与する試験区では受精率の平均が65.0, 69.7%, 孵化率が19.0, 32.6%, 純系クロアワビ、純系エゾアワビの雌が関与する試験区では受精率が80.0, 66.5%, 孵化率が47.2, 27.2%であった。またエゾアワビ♀×クロアワビ♂、クロアワビ♀×エゾアワビ♂の交雑1代目雄が関与する試験区においては受精率が86.0, 81.3%, 孵化率が40.6, 38.7%, 純系クロアワビ、純系エゾアワビの雄が関与する試験区では受精

表16 各試験区における受精率 単位: %

雄	雌			
	純系クロ	純系エゾ	F1(エゾ雌×クロ雄)	F2(クロ雌×エゾ雄)
純系クロ	84.5	87.7	93.8	92.8
純系エゾ	59.1	26.4	15.9	11.3
F1(エゾ雌×クロ雄)	88.3	76.9	88.4	89.3
F2(クロ雌×エゾ雄)	90.7	77.5	69.3	80.8

表17 各試験区における孵化率 単位: %

雄	雌			
	純系クロ	純系エゾ	F1(エゾ雌×クロ雄)	F2(クロ雌×エゾ雄)
純系クロ	24.2	25.0	13.4	22.5
純系エゾ	57.9	18.8	14.6	10.8
F1(エゾ雌×クロ雄)	64.2	35.0	29.6	33.4
F2(クロ雌×エゾ雄)	42.5	30.0	18.3	63.8

率が89.7, 29.7%, 孵化率が21.3, 25.5%であった。なお、全ての試験区でベリジャー幼生までの発生が確認された。

着底確認試験では、全試験区で付着稚貝が確認された。

孵化幼生確認試験において全ての区で受精、孵化、及びベリジャー幼生までの発生が確認された。ただ、受精率、孵化率が全体的に低い値を示していた。これは、ピーカー内で受精したため、洗卵が不十分であったことに加え、飼育環境が良好でなかったことによると考えられる。また、純系エゾアワビの精子を用いた試験区は他の精子を用いた試験区に比べ受精率、孵化率ともに低い傾向を示した。しかし、エゾアワビの雌と受精させたエゾアワビ純系区の場合も同様に低い値であったことから、媒精時に用いた純系エゾアワビの精子が良好な状態でなかったと推定される。

今回の実験でクロアワビとエゾアワビの交雑2代目は、受精、孵化、および着底まで人為的には可能であることが確認された。しかしながら、天然域においてアワビの交雑種が発生するためには、両種が同じ場所に存在し、成熟期及び放卵・放精時期が重複すること等が必要条件となる。したがって、人為的に交雑した今回の実験から天然域での交雑種発生の有無を判断することはできない。

しかし、筑前海における放流エゾアワビの成長は在来種であるクロアワビと差がないこと⁷⁾、今回の実験で少なくとも交雑1代目のエゾアワビ♀×クロアワビ♂は殻長97.6mm、エゾアワビ♀×クロアワビ♂は殻長74.5mmで放卵することから、4年秋にはクロアワビとエゾアワビの交雑1代目が、8秋には交雑2代目が発生している可能性も否定できない。

4. 漁場におけるアワビの異常へい死(ヤセ貝)状況の把握

昭和60年6月に宗像郡地島でアワビの異常へい死が初めて報告され、以降、平成2, 3, 4年の6月に地島で、4年8月に岩屋で、6年6月には筑前海一帯でへい死の報告があった。また、極めて肥満度の低い「ヤセ貝」も認められている。

そのため、漁場における「ヤセ貝」の発現状況を調査した。

方 法

(1) 飢餓試験

無給餌状態でのアワビの肥満度の変化をみるために、0.2tのFRP製角型水槽にアワビ2個体を収容し、無給餌

で流水飼育した。さらに、FRP製の蓋で覆い付着珪藻の増殖を防いだ。また、アラメを餌料として与える対照区を設けた。両区とも供試アワビには割ピンにより個体識別が可能な標識を施し、それぞれ2水槽、計4水槽設定した。試験期間は、8年5月7日～9年1月8日で、試験終了時に、殻長、体重、軟体部重量を測定し、肥満度を導いた。

(2) 漁場における「ヤセ貝」発現状況

海士漁期（7～9月）は8年度に3回、9年度に2回、磯見漁期（12～2月）は8年度に2回、9年度に2回、宗像郡大島で、漁獲された全てのアワビのうち外観上で極めて肥満度の低い「ヤセ貝」を抜き取り、「ヤセ貝」の発現状況を調べた。また、ヤセ貝が認められた9年1月13日調査分では、「ヤセ貝」及び「正常貝」の殻長、体重、軟体部重量を測定し、肥満度を比較した。

結果及び考察

(1) 飢餓試験

試験期間中のアワビのへい死は、無給餌区で8年7月15日に1個体、9月26日に1個体の2個体で、試験に用いた4個体のうち2個体は、約8ヶ月の試験期間、無給餌状態でもへい死せず生存した。また、給餌した対照区のへい死個体は1個体であった。

9年1月8日試験終了時に測定した肥満度を表18に示した。肥満度（軟体部重量/体重）の平均は、無給餌区は 0.53 ± 0.02 に対し、給餌区は 0.64 ± 0.04 であり、両者に有意な差（ $\alpha = 0.01$ ）が認められた。

(2) 漁場における「ヤセ貝」発現状況

「ヤセ貝」の出現割合を表19に示した。海士（夏季）漁では、8年度1,042個体、9年度1,452個体を調べたが、そのうち、外観で肥満度が低い個体は0個体であった。磯見（冬季）漁では、8年度は700個体のうち8個体、9年度は740個体のうち3個体の「ヤセ貝」が認められたが、両年ともその割合はそれぞれ1.1%、0.4%と低かった。

磯見漁において肥満度が低かった8個体のうち6個体について肥満度を測定し、その結果を表18に(1)の飢餓試験結果とあわせて示した。肥満度の平均値は、痩せた貝が 0.62 ± 0.03 で、正常貝の 0.71 ± 0.02 に比べ低い値であった。

表18 「ヤセ貝」の出現状況

漁業種類 調査年度	海士		磯見	
	8年度	9年度	8年度	9年度
サンプル数(個)	1,042	1,452	700	740
ヤセ貝の数(個)	0	0	8	3
出現割合(%)	0	0	1.1	0.4

表19 アワビの肥満度

試験区	肥満度（軟体部重量/重量）
飢餓試験	
無給餌区	0.53 ± 0.02
給餌区	0.64 ± 0.04
漁場	
痩せた貝	0.62 ± 0.03
正常貝	0.71 ± 0.02

5. アカウニの移動生態調査

(1) 標識技術の開発

アカウニの移動生態、回収率の推定のためには、標識放流による追跡調査が有効な手段となる。ウニ類の標識に関しては、ナイロン糸でダイモテープ切片をウニの外面に貫通させ装着する方法¹⁰⁾やALCによる染色法等があるが、へい死率が高いことや、内部標識であるため継続観察が不可能であること等の問題がある。さらに、標識の装着によってアカウニの移動や成長に影響がもたらは、意味をなさない。

そこで、標識ウニの生態に対する影響が少なく、継続観察が可能な標識を検討した。

方 法

8年12月6日に、アカウニ（殻径34.6～66.1mm）の肛門部周辺にステンレス製のコーデッドワイヤータグ（以下CWTとする）を装着した。標識装着時には、CWTがアカウニの殻の中に止まり、腹腔内に入らないように注意した。アカウニに標識が装着されていることを調べるため、標識したウニをろ過海水で洗浄した後、金属探知器を用いて確認した。

飼育方法は標識アカウニ60個体と、無標識個体30個体を45×30×38cmの籠にそれぞれ30個体ずつ収容し、流水飼育した。

標識の装着後、約1ヶ月を経過した9年1月16日と、約3ヶ月を経過した、3月5日にへい死個体数と、標識の脱落状況を金属探知器を用い調べた。

結果及び考察

CWTによる標識脱落率及びへい死率を表20に示した。9年1月16日までに、標識区で7個体(11.7%)、対照区で5個体(16.7%)のアカウニがへい死したが、その後3月5日までは両区ともへい死がなかった。標識区と対照区でへい死率に差がないことから、標識直後に見られたへい死は、標識装着作業時のハンドリングによるものと判断され、CWT標識は、アカウニの生残に影響しないと考えられた。

表20 CWTによる標識脱落率及びへい死率

試験区 個数	へい死数 (へい死率)		脱落数 (脱落率)	
	9年1月16日	3月5日	1月16日	3月5日
標識区 60	7 (11.7%)	0 (11.7%)	15 (25.0%)	6 (35.0%)
対照区 30	5 (16.7%)	0 (16.7%)	—	—

試験期間 平成8年12月6日～9年3月5日

標識の脱落は、1月16日までに15個体(25.0%)、さらに3月5日までに6個体(35.0%)であった。3月5日までの殻径別標識脱落結果を表21に示した。殻径50～60mmサイズの脱落率は57.1%であったのに対し、35～40mmサイズでは35.3%と低く、60～66mmではすべての個体に標識が認められた。このように、サイズ別の脱落率に傾向は見られなかった。

また、3月5日に標識の有無を確認した際、アカウニの側部及び口部周辺で金属探知器が反応した個体が見られた。装着した標識が、時間をかけて吐き出される可能性もある。CWTの有効期間、CWTの存在部位、及びより小型サイズでのCWT標識の有効性を把握する必要がある。

表21 殻径別標識脱落結果

殻径 (mm)	個数 (個)	脱落数 (個)	脱落率 (%)
35～40	17	6	35.3
40～50	22	7	31.8
50～60	14	8	57.1
60～66	7	0	0.0

(2) 移動生態調査

これまでの調査から、アカウニの主たる漁獲漁場である浅所での漁獲率は70～80%で、漁期後のアカウニの生息数は漁期前の20～30%になるにもかかわらず、次年度

の漁期には資源が回復していること、稚ウニの生息は浅所より深所に多く認められたこと、さらには、深所に移植放流した天然アカウニの放流後の水深別生息密度の変化から、アカウニ資源は深所から浅所へ補給されると考えられた。

そこで、アカウニの移動生態を調査した。

方法

1) 放流群の追跡調査

調査場所は漁業者からの聞き取り調査の結果、アカウニの優良な漁場で、生息数も多いと判断された大島のヨ瀬を選定した。ヨ瀬の海底地形は図14に示した。ヨ瀬は東側が隆起した岩盤域、西側が砂域であり、その間幅約20mに転石域が存在する。アカウニのすみ場に対する選択性は転石域が高く、岩盤域では極めて低い¹⁹⁾。また、砂域には生息しないことから、転石域から岩盤域及び砂域への移動、あるいは岩盤域及び砂域から転石域への移入はほとんどないと考えられる。そこで、この幅約20mの転石域を調査範囲とした。

調査に当たって、6年11月21日及び29日に水深2mか

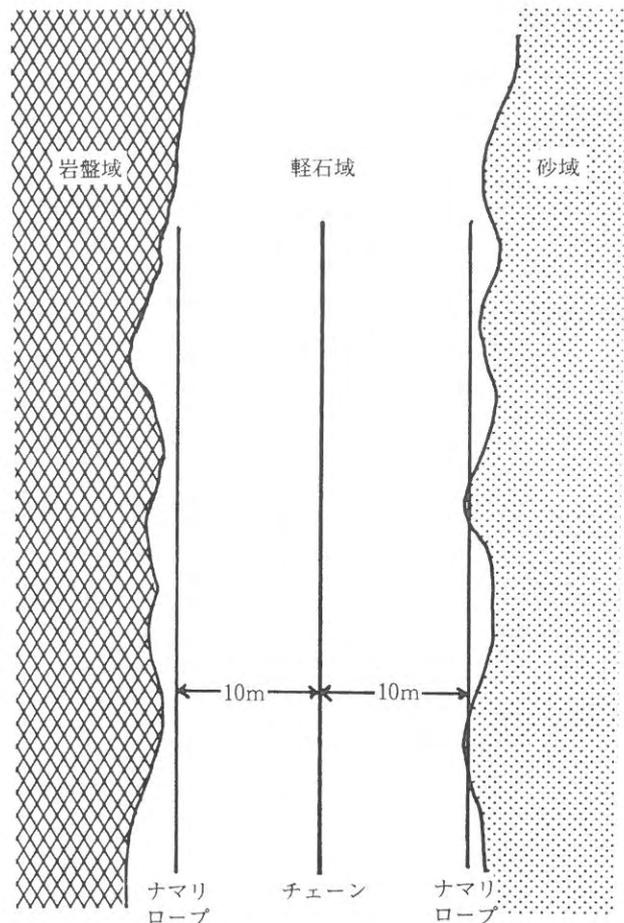


図14 大島(ヨ瀬)の海底地形平面図

ら8m域にかけてチェーンを敷設し、図15に示したように水深別に調査定点を定めた。定線に沿って海底地形を調べるとともに、St.1(水深8m)、St.3(水深5m)及びSt.5(水深2m)において、動物生息量(2×2m, 3点)及び海藻着生量(0.5×0.5m, 3点)の坪刈り調査を行った。

次に、調査範囲内をアカウニの低生息域とするため、発見したアカウニを採取・駆除した。さらに、駆除効果を確認するためSt.1, St.3, St.5において5×5m枠内の徹底採取を行った。採取したすべてのアカウニは水深8m域に移植放流した。以後、各調査点で5×5mの枠取りを行い、放流後の移動、拡散状況を調査した。

結果及び考察

大島ヨ瀬の海底地形は図15に示したように、離岸距離110mで水深8mとなる緩やかな傾斜を持ち、底質は50~500kg程度の転石域である。

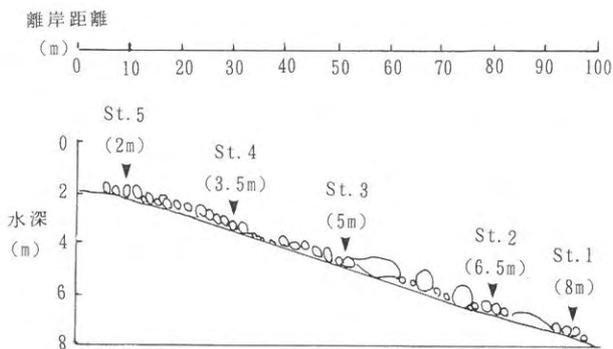


図15 大島(ヨ瀬)の海底地形模式図及び調査定点

ヨ瀬の水深別海藻着生量は、表22に示したように、ホンダワラ類が優占する海域であり、水深2m域ではジョ

表22 ヨ瀬の水深別海藻着生量(湿重量)

種類/定点	単位: g/m ²		
	St.5(2m)	St.3(5m)	St.1(8m)
ヤツマトク	840	620	0
ジョロモク	3,813	0	0
ノコギリモク	13	1,433	3,813
ヤナギモク	73	0	0
ホンダワラ	300	0	0
マメダワラ	0	107	0
アカモク	0	4	0
イソモク	0	127	0
アラメ	20	13	0
マクサ	47	0	0
計	5,107	2,304	3,813

ロモクが、5m及び8m域ではノコギリモクが多い。海藻着生量としては2m域は計5,107g/m²、5m域が2,304g/m²、8m域が3,813g/m²で、2m域が最も多い。水深別動物生息量を表23に示したが、採取前のアカウニの生息数は水深2m域では0.8個/m²、5m域では1.7個/m²、8m域では3.4個/m²と水深が深いほど多い傾向にあった。採取後の各調査点のアカウニ生息数は、5m及び8m域が0個、2m域が0.4個/m²となった。

表23 ヨ瀬の水深別動物生息量(アカウニ採取前)

単位: 個/m², mm

定 点	St.5(2m)		St.3(5m)		St.1(8m)	
	個数	体長	個数	体長	個数	体長
アカウニ	0.8	36.3±15.7	1.7	40.6±16.4	3.4	48.3±12.5
ムラサキウニ	0.3	25.4±4.2	0.5	38.1±18.8	2.1	41.8±6.7
バフンウニ	15.3	23.3±6.1	3.2	30.2±6.0	0.4	33.2±3.7
アワビ	0	—	0	—	0	—
サザエ	0	—	0.4	56.2±15.0	0.4	49.0±21.9
トコブシ	0	—	0.1	60.2±0.0	0	—

放流したアカウニ2,006個の殻径は8.2~80.1mmで、図16に示したような殻径組成であった。

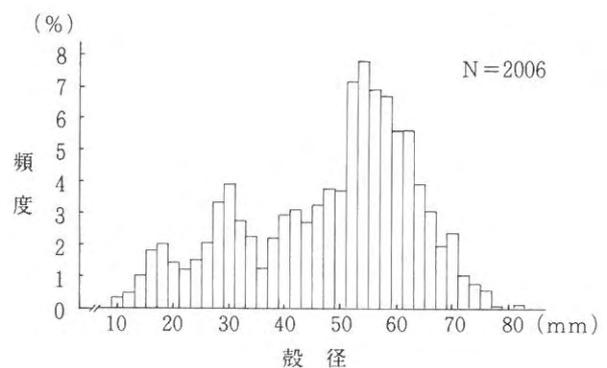


図16 標識放流したアカウニの殻径組成

移植放流後のアカウニの水深別生息密度を表24に示した。水深8m域において、放流約1ヶ月後である6年12

表24 移植放流後のアカウニの水深別生息密度

単位: 個/m²

調査日/水深(m)	8	6.5	5	3.5	2
放流前	0	—	0	—	0
H6.12.27	6.60	0.48	0.44	0.24	0
7.4.17	3.80	0.12	0.60	0.16	0.56
7.6.28	1.72	—	0.60	—	0.48
7.8.22	1.04	0.38	0.75	0.44	0.96

月27日の生息密度は6.6個/m²であったが、7年8月22日には1.04個/m²と低下した。一方、5m域では、6年12月27日に0.44個/m²であったが、7年8月22日には0.75個/m²と増加した。さらに、2m域も同様に6年12月27日の0個/m²から7年8月22日には0.96個/m²となり、アカウニの深所から浅所への移動が伺われた。

2) 標識放流による追跡調査

前述の調査によりアカウニの深所から浅所への移動が伺われたが、これを実証するために標識放流試験を実施した。

方 法

8年10月18日及び24~25日に、潜水により採取した天然アカウニ1,165個体に船上でCWTを装着し、水深8m域に放流した。標識放流したアカウニの殻径は21.8~73.8mmで、図17に示したような殻径組成であった。

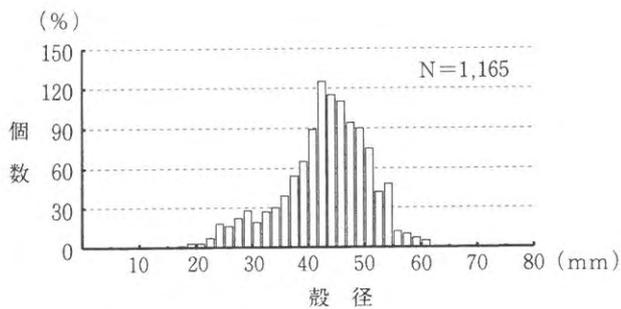


図17 標識放流したアカウニの殻径組成

結果及び考察

9年5月22日に追跡調査を行った。放流点付近で回収されたアカウニ44個体のうち、CWTが装着されていたものが9個体発見されたが、放流点周辺域の水深6.5m域で回収された190個体からは標識個体は発見されず、水深5m域では83個体中1個体発見された。今回の調査結果では水深8m域から5m域へと移動した個体が1個体発見されたが、アカウニの深所から浅所への移動生態は、発見された標識個体数が少なく明確に確認することができなかった。発見率が低かった原因として、調査範囲よりさらに広い範囲に移動したか、室内試験の結果から、肛門部周辺に打ち込んだCWTが、時間の経過とともに側部及び口部周辺へ移動していく傾向が見られたことから、CWTが吐き出された等が考えられる。

(3) 事業サイクルの検討

アカウニは既に平成2年度から事業化しており、殻径10mmの種苗100万個を安定的に生産している。しかし、地先によって放流効果に大きな差が生じている。現在のアカウニ事業サイクルは秋採卵、3月放流で、この時期は北西の季節風が強く、特にこれまで放流場所としてきた浅所の波浪は激しい。一方、放流時のアカウニの付着力は極めて弱いことから、放流初期の波浪による減耗が放流効果を下げる大きな要因であると考えられる。そこで、アカウニの事業サイクル(放流時記、放流サイズ)の検討、稚ウニ期の生息生態を明らかにし、より高度な放流技術を開発し、放流効果の向上、さらには放流適正海域の拡大を図る必要がある。

そこで、放流サイズ別の生残率の比較と、秋採卵種苗の事業サイクルから見た適正放流時期、サイズを把握するための調査を行った。

方 法

1) サイズ別放流試験

供試した種苗は表25に示したように、平成8年度に福岡県栽培漁業公社で生産された殻径約10mm群、13mm群及び15mm群の計14,700個体で、9年7月3日に宗像郡大島村山振り地先にある人工礁(15×15m, 人頭大投石)2基に潜水により放流した。また、放流時には海藻(0.5×0.5, 3点)の坪刈りを行った。

表25 山振でのアカウニ放流状況

種 類	殻 径 (mm)	個 数 (個)
10mm群	9.5±0.9	5,000
13mm群	12.6±1.4	5,000
15mm群	14.8±1.5	4,700

2) 漁場環境別種苗放流試験

通常アカウニの種苗放流は、3月に10mmサイズで行われるが、本試験は夏期の比較的波の穏やかな時期に大型種苗を放流することによる有効性と、放流環境の違いによる成長、生残、及び漁獲効果の把握を目的に試験設定を行った。

平成8年度に福岡県栽培漁業公社で生産された平均殻径13.9±3.5mmの大型種苗を、9年8月18日に宗像郡大島村地先のアラメ優占域である赤瀬と、ホンダワラ優占域である長崎鼻に、それぞれ7万個、8万個の計15万個放流した。放流には地元漁業者も約40名参加し、職員は

スキューバ潜水、漁業者は素潜りにより広範囲に低密度で放流した。

追跡調査は10年2月6日に実施し、潜水により発見した放流種苗について殻径を測定するとともに、0.5×0.5mの海藻坪刈りを3点実施した。

結果及び考察

1) サイズ別放流試験

放流場所の海藻組成は、表26に示したように、ノコギリモク、ホンダワラ等のホンダワラ類が優占し、ウミウチワ、ユカリ等の小型海草類が点在しており、これらの着生量は2,513g/m²であった。9年12月26日に追跡調査を行った結果、放流漁場にアカモクが繁茂していたため、15mm群しか発見できなかったが、85個体計測した結果平均殻径23.4±4.5mmに成長していた。今回の調査では、この成長が10mm群及び13mm群と比較した場合の良否の判断ができなかったが、今後引き続き追跡調査を行う予定である。

表26 山振の海藻着生量

種 類	着 生 量
ノコギリモク	2,173 g/m ²
ホンダワラ	280
マメダワラ	40
ウメウチワ	13
ユカリ	7
合 計	2,513

2) 漁場環境別大型種苗大量放流試験

漁場別の海藻着生量を表27に示した。天然礁である赤瀬では、ヤナギモクやエンドウモク、ノコギリモク等の

表27 赤瀬と長崎鼻の海藻着生量

海 藻 種	赤瀬	長崎鼻
ア ラ メ	613g/m ²	2,347g/m ²
ヤナギモク	687	40
エンドウモク	440	0
アカモク	33	0
ノコギリモク	333	3,133
ヤツマタモク	40	0
ホンダワラ	13	0
アミジグサ	193	0
シワヤハズ	0	7
合 計	2,353	5,526

ホンダワラ類が多く、アラメも点在している。一方造成礁の長崎鼻は、アラメとノコギリモクが繁茂し赤瀬と比較すると、アラメ類の優占率の高い漁場である。着生量は赤瀬が2,353g/m²、長崎鼻は5,526g/m²と、長崎鼻の方が多。追跡調査時における平均殻径は赤瀬が26.8±4.8mm、長崎鼻が23.4±4.8mmと赤瀬の方が成長が良好であった。

文 献

- 1) 干川 裕・元谷 怜：造成漁場におけるエゾアワビ放流具の表面からの発見数と裏側の生息数について、北海道水産試験場研究報告、第43号、45-48 (1993)
- 2) 岩手県：平成3年度放流技術開発事業報告書（放流漁場高度利用技術開発事業あわび類）、1-34 (1992)
- 3) 野中 忠・中川征章 他：静岡県沿岸の磯根資源に関する研究-I アワビの分布と漁場の形状、静岡県水産試験場研究報告 第2号、19-26 (1969)
- 4) 野中 忠・佐々木 正・翠川忠康：静岡県沿岸の磯根資源に関する研究-II アワビの住み場、静岡県水産試験場研究報告 第2号、27-30 (1969)
- 5) 野中 忠・翠川忠康・佐々木正：静岡県沿岸の磯根資源に関する研究-III 住み場に関するアワビの行動、静岡県水産試験場研究報告 第2号、31-36 (1969)
- 6) 太刀山 透・二島賢二：筑前海におけるアワビの種苗放流効果、福岡県水産海洋技術センター研究報告、第1号、129-136、1992。
- 7) 深川敦平・伊藤輝昭：筑前海域におけるエゾアワビの成長について、福岡県福岡水産試験場研究報告、18、47-52. (1992)
- 8) 朝日田 卓・高見秀輝・河村和彦・山田潤一・斉藤和敬・山下 洋：秋田県産天然アワビと放流エゾアワビのミトコンドリアDNA塩基配列比較、平成8年度日本水産学会秋期大会。(1996)
- 9) 清本節夫・水上 譲・梅沢 敏・小林正裕・藤吉栄次・皆川 恵、アワビ核DNAのフィンガープリント、平成8年度日本水産学会秋期大会。(1996)
- 10) 小島茂明・瀬川涼子・林 育夫：ミトコンドリアDNAによる日本周辺におけるサザエ集団の遺伝的構造の解析、1995年度ベントス学会大会。(1995)
- 11) 小島茂明・瀬川涼子・林 育夫：太平洋・日本海間にみられるサザエ集団の遺伝的差異、1996年度海洋学会春季大会。(1996)
- 12) 渡辺公綱・横堀伸一：ミトコンドリア遺伝子の進化、

- 日本生化学会編「新生化学実験講座16, 分子進化実験法」科学同人, 241-259. (1993)
- 13) 佐藤任弘: 氷河時代の日本海「日本列島をめぐる海」, 岩波書店, 237-247. (1987)
- 14) Kojima, S: Paraphyletic status of Polycheta suggested by phylogenetic analysis based on the amino acid sequences of Elongation factor-1 α . Mol. Phylogenetic. Evol. (in press). (1998)
- 15) 小島茂明・藤倉克則・橋本 惇・太田 秀: シロウリガイ (*Calyptogenasoyoe*) 种群の分布と遺伝的構造, JAMSTEC深海研究13, 691-696 (1997)
- 16) 太刀山透・的場達人・柴田利治: 栽培漁業技術推進事業 (1)エゾアワビの放流技術開発試験, 福岡県水産海洋技術センター事業報告, 43-46. (1994)
- 17) 門間春博: V 貝類種苗培養技術開発試験 1. エゾアワビ, 北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, 27-29. (1989)
- 18) 岩手県: 平成5年度放流技術開発事業報告書(放流漁場高度利用技術開発事業 あわび・うに類), 9-10
- 19) 伊藤輝昭 他: アワビ, サザエ, ウニ類のすみ場選択性について, 福岡県福岡水産試験場研究報告, 18, 53-58 (1992)