

## エゾアワビ 3 倍体の成長, 生残について

青戸 泉・森 勇 一 郎・伊 藤 史 郎

200海里時代の到来にともない、沿岸、河川域における水産資源の有効活用、放流事業、養殖業の推進等の重要性が強調されるようになり、より効率的な水産生物の利用法が検討されるようになってきた。このような中で、バイオテクノロジーを駆使した種苗生産技法も試みられるようになり、マス類の3倍体生産技術等はすでに特性評価の確認が行われ、実用化可能な段階にある。貝類についてみると、アコヤ貝やカキ、アワビ類などで、環境への影響も考慮しながら、生産効率の向上、生産物の品質の安定化や向上を目的として、3倍体の作出、利用技術等が研究開発中である<sup>1-4)</sup>。

佐賀県の玄海域にあっても、水産生物の増養殖について様々な試みが成されているが、アワビの養殖はエゾアワビ *Haliotis discus hannai* INO の導入にともない、比較的安定した生産を示すようになってきている。しかし、その主な餌料が天然の海藻類に依存し、生産増加の制限要因となっていること、夏期には性成熟や高水温によると思われる成長の停滞があることなど、改良が必要と思われる点が存在している。こうした中で、エゾアワビ生産の効率化を図るため、3倍体の特性について検討することとした。

### 材料および方法

1991年9月30日から1993年10月13日まで、8回にわたって3倍体作出処理を行った(表1)。

#### 採卵

使用した親貝は、主として種苗生産開始後2~3年経過した自家生産貝であった。20ℓ容量のスチロール製水槽に1~2個体の親貝を雌雄別々に収容し、20°Cに温度設定した紫外線照射海水を注水して放精、放卵を誘発した。水槽底に沈下した卵は、放卵のほぼ終了した段階でサイホンによ

り別の20ℓスチロール水槽に回収し、海水1mlあたりの卵数を計数したのち媒精した。

#### サイトカラシンB処理

媒精後数分放置した卵を適量とってスチロール製の小容器(底面直径45mm×高さ80mm、底面に目合い45μmのネットを張ってある)に収容し、表1に示した濃度のサイトカラシンB(以下C.B.と略す)を溶解した海水に浸漬し、緩やかに攪拌しつつ第一極体(以下1pbと略す)及び第二極体(以下2pbと略す)の放出阻止処理を行った<sup>5)</sup>。C.B.処理の終わった卵は、0.1ml/ℓの濃度のジメチルスルフォキシド(以下DMSOと略す)海水により30分洗卵し、通常海水でさらに洗卵した。以上の操作は媒精後2時間以内に終了させた。

#### 浮遊幼生の飼育

洗卵の終了した卵は、塩化ビニール製の円筒型飼育容器(内径22cm×高さ17cm、底面に45μmのネットを張ってある)に収容し、流水飼育を行った。注水量は300ml/分とした。孵化した浮遊幼生は、一日一回サイホンを用いて別の容器に移した。また、移槽後容器底に残存した死骸及び幼生を回収、計数した。

#### 一次飼育(付着珪藻板による飼育)

3~5日間飼育した幼生は、付着珪藻板(塩化ビニール製波板、40×32cm)を用いて採苗し、殻長約5mmに達するまで飼育した。付着珪藻板にはあらかじめ天然の珪藻を十分繁殖させ、100ℓ容量のコンテナ(内寸62.5×47.3×43.7cm)を飼育水槽とするため、このなかに1~2セット(1セットは付着珪藻板10枚)を収容した。この中に浮遊幼生を収容し、1~2日間止水、微通気で採苗した。採苗操作の終了後は、1.1~1.5ℓ/分で海水を注水しつつ、流水による飼育を行った。アワビが剝離サイズに達しないうちに付着珪藻板の珪藻を

表1 エゾアワビの3倍体作出処理条件

処理回次	採卵日	C.B.処理 濃度	C.B.処理時期 (媒精後)と時間	処理卵数 (千個)	洗卵回数・洗卵時間 (0.1ml DMSO/ℓ)	処理水温 (°C)	親貝
1	91.09.30	0	—	100	1回, 30分	21.1	89年自家生産貝
		1.5mg/ℓ	10分, 15分	100	1回, 30分	21.1	
		1.5mg/ℓ	30分, 15分	100	1回, 30分	21.1	
2	91.10.14	0	—	200	—	20.6	♀89年自家生産貝 ♂88年自家生産貝
		1.0mg/ℓ	10分, 10分	200	1回, 30分	20.6	
		1.0mg/ℓ	30分, 10分	200	1回, 30分	20.6	
3	91.10.23	0	—	200	—	20.0	88年自家生産貝
		1.2mg/ℓ	30分, 15分*	200	1回, 30分	20.0	
4	91.11.29	0	—	100	—	20.0	♀89年自家生産貝 ♂91東北導入貝
		1.2mg/ℓ	10分, 15分	100	2回, 10分, 20分	20.0	
		1.2mg/ℓ	30分, 15分	100	2回, 10分, 20分	20.0	
5	92.09.29	0	—	19	—	20.0	90年自家生産貝
		1.0mg/ℓ	10分, 15分	19	2回, 15分×2回	20.0	
		1.0mg/ℓ	30分, 15分	14.3	2回, 15分×2回	20.0	
6	92.10.20	0	—	64	—	20.0	90年自家生産貝
		1.0mg/ℓ	10分, 15分	64	2回, 15分×2回	20.0	
		1.0mg/ℓ	30分, 15分	64	2回, 15分×2回	20.0	
7	93.10.5	0	—	100	—	21.0	91年自家生産貝
		1.5mg/ℓ	8分, 15分	100	3回, 10分×3回	21.0	
		1.5mg/ℓ	10分, 15分	100	3回, 10分×3回	21.0	
		1.5mg/ℓ	28分, 15分	100	3回, 10分×3回	21.0	
		1.5mg/ℓ	30分, 15分	100	3回, 10分×3回	21.0	
8	93.10.13	0	—	179	—	20.6	90年自家生産貝
		1.0mg/ℓ	8分, 15分	179	3回, 10分×3回	20.6	
		1.0mg/ℓ	10分, 15分	179	3回, 10分×3回	20.6	
		1.0mg/ℓ	28分, 15分	179	3回, 10分×3回	20.6	
		1.0mg/ℓ	30分, 15分	179	3回, 10分×3回	20.6	

\* 7分30秒でC.B.海水を交換した。

食い尽くした場合には、珪藻が十分繁殖した新たな付着珪藻板と、アワビ飼育中の付着板を交互に差し替えて餌料の補給を行い、飼育を継続した。また、飼育水槽の排水、水位の調整は、サイホンによって行ったが、サイホンの吸水口側に幼生、稚貝が吸い込まれないよう、プランクトンネット、またはメッシュスクリーン製のネットを取り付けた。

**二次飼育** (哇波製シェルターによる平面飼育)  
アワビが平均殻長5mm程度に達した時点で麻醉剝離し、シェルター(塩化ビニール製哇波、幅25cm)に付着させて平面飼育を行った。剝離に使用した

海水は天然海水より5°C程度昇温させ、麻醉剤としてパラアミノ安息香酸エチルを60ppmとなるよう添加した。剝離したアワビは、シェルターに再付着させた後、100ℓコンテナまたは水槽(4m<sup>2</sup>, 15m<sup>2</sup>, 50m<sup>2</sup>を適宜使用)に設置した防虫網製イケス(50×50×50cm)で飼育した。また、この時点でフルイを使ってサイズと個体数の調整を行った。アワビは成長に合わせて防虫網製、ネトロンZ-28またはZ-13製のイケスに移し替えて飼育した(50×50×50cm, 50×50×50cm, Z-13製イケスについては50×50×50または80×80×45cm)。餌料としては、アオサ、ワカメ、アラムまたは配合飼料



を用いた。海藻類は、減少の程度を観察しつつ適宜投餌した。配合飼料は、原則的に3日に一度残餌をサイホンで排出し、新たに投与した。

1 回次処理群については、一次飼育中に2pb 処理区の水槽でひびわれによる漏水があり、アワビが逃げ出すことはなかったものの、一部の個体が干出して数の減少が見られた。二次飼育開始後は、採苗後231日目まで飼育密度の調節無しで飼育を行い、231日目に飼育密度の調節を行った後、最終的に採苗後367日目に無処理区、1pb 処理区、2pb 処理区とも42個体、殻長約40mmに調節して以後の飼育を行った。なお、1pb 処理区、2pb 処理区ともに倍数性の判定が済んでいなかったため、3倍体と2倍体を混合して42個体とした。

2 回次の処理群では、1pb 処理区の3倍体形成率が比較的高かったものの、2pb 処理区での形成率が0%であったため、採苗を中止した。

3 回次処理群の飼育では、剥離後数回飼育密度の調節を行った後、採苗後214日目に無処理区で144個体、2pb 処理区で145個体に調節し、以後723日目まで無調節で飼育した。2pb 処理区については、3倍体と2倍体の混合飼育であった。

4 回次処理群の飼育では、採苗後43日目に1回目の飼育密度の調節を行い、以後366日目まで無調節で飼育した。1pb 処理区については3倍体が形成されていなかったため、366日目に無処理区、2pb 処理区からそれぞれ200個体ずつ抽出して飼育を行った。この2pb 処理区については、3倍体と2倍体の混合飼育であった。472日目までに2pb 処理区の残りの個体の倍数性の判定を行い、3倍体のみから成る試験区を作り、無処理区ともそれぞれ32個体ずつとして飼育を行った。

5 回次以降の処理群については、飼育日数が短く、十分な結果が得られていない。

#### アワビ浮遊幼生の倍数性の判定

倍数性の判定は、DAPIを用いた顕微蛍光測光法により、DNAの相対量を測定する方法によった<sup>6)</sup>。浮遊幼生飼育中に適当量の幼生をカルノア固定液を用いて固定し、一昼夜-20°Cの冷凍庫中に保存した後、小刻法または小型のガラスホモジ

ナイザーを用いて標本を破碎し、風乾、染色し、蛍光測光装置で幼生細胞の核が発する蛍光の強度を測定して相対DNA量を判定した。

#### 採苗後のアワビの倍数性の判定

2 cm以上に成長した個体から、ピンセットを用いて上足触手突起を一個体当たり2~3本採取し、浮遊幼生と同様に固定した。サンプルは小刻法により処理し、染色、測定を行った。

#### 生殖巣の成熟度の判定

アワビの熟度判定については、菊地・浮<sup>7)</sup>の方法がよく用いられている。今回の試験ではこれとはやや異なり、以下の4段階に区分した。

- 0 生殖巣が全く発達していない状態
- 1 生殖巣の発達はずかであるが、雌雄の判別が可能な段階から、生殖巣がアワビの殻の周縁部を結んだ面を越えない程度に発達しているもの。
- 2 生殖巣が殻の周縁部を結ぶ面を越える段階のものから、この面に対して垂直に最も高く膨出しているものの、生殖巣の張り出しが殻の周縁に達せず、1.5mm程度の余裕のあるもの。
- 3 2の段階を越え、生殖巣の張り出しが殻の周縁部に達する、またはこれよりもややみ出すもの。

## 結果及び考察

### 浮遊幼生、稚貝の生残率、3倍体化率

表2と表3に浮遊幼生飼育終了時の生残率と、幼生及び稚貝のDNA量の測定結果を示した。また、図1にC.B.による処理濃度と幼生の生残率、倍化率との関係を示した。

無処理区(control)の浮遊幼生の生残率は、本試験に先立って行われた種苗生産期での値と比較して低い傾向が見られた。今回の試験では、C.B.の濃度を1.0mg/lから1.5mg/lに高めることにより倍化率が高くなる傾向が見られたが、生残率は逆に低下する傾向を示した。C.B.による処理では、倍化率と処理個体数の関係を検討するため、処理個体数を変化させたが、一定の傾向を示さな

かった。

生残率については、無処理区に比較して、ほとんどの場合 1/2 から 1/3 の値を示した。特に 1pb 処理区では、他の試験区に比較して幼生の浮

遊能力が弱く、水槽底で静止し、時として繊毛を動かすというような個体が多く見られた。このため、幼生の回収数、採苗数の絶対数は著しく少なかったが、このような幼生を採苗に供しても、採

表2 3倍体化処理を行ったエゾアワビの浮遊幼生の生残率 (%)

処理回次	1	2*	3	4	5*	6	7	8*
採卵日	91.9.30	91.10.14	91.10.23	91.11.29	92.9.29	92.10.20	93.10.5	93.10.13
飼育日数	5	4	4	5	3	3	3	3
control	36.3	92.1	48.6	56.8	61.0	48.0	35.3	31.5
1pb	1.5	33.6	-	18.0	32.6	-	8m 8.3 10m 11.7	8m 12.4 10m 20.8
2pb	23.4	84.0	29.2	10.3	13.5	64.4	28m 14.0 30m 19.7	28m 28.0 30m 25.7

\* 採苗中止

表中の 8 m, 30m等の表記は、媒精後 8分及び30分に C.B.による処理を行ったことを示す。

表3 エゾアワビ浮遊幼生及び稚貝の3倍体化率 (%)

処理回次	1	2	3	4	5	6	7	8
採卵日	91.9.30	91.10.14	91.10.23	91.11.29	92.9.29	92.10.20	93.10.5	93.10.13
飼育日数	5	4	4	5	中止	3	3	3
1pb	60.6	64.5	-	6.1	46.7	* 8m 89.8 10m 91.5	8m 19.4 10m 22.7	
1pb 稚貝	52.3	-	-	0	-	-	-	-
2pb	61.0	0	* 80.4	58.9	56.1	* 28m 91.3 30m 88.5	28m 79.6 30m 43.2	
2pb 稚貝	54.8	-	80.4	57.3	-	-	-	-

\* 印・・・サンプリング不適切で欠測

-印・・・サンプル無または未測定

表中の 8 m, 30m等の表記は、媒精後 8分及び30分に C.B.による処理を行ったことを示す。

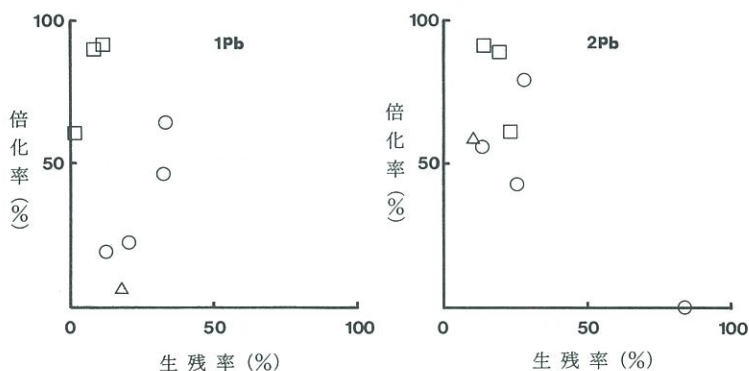


図1 サイトカラシン B(C.B.)処理濃度と生残率、倍化率の関係

○, C.B.濃度1.0mg/l ; △, 1.2mg/l ; □, 1.5mg/l.

苗率の点からは無処理区と比較して必ずしも劣るという結果にはならなかった。

C.B.は残留すると有害と考えられ、生残率の低下につながると推定されたので、DMSO 海水による1回の洗卵時間を短縮して、30分以内でのDMSO 海水の交換回数を3回まで増やしたが、効果は見られなかった。

支倉<sup>4)</sup>によれば、1.0mg~2.0mg/lのC.B.処理では、倍化率はほぼ100%で安定しているという。しかし、今回の実験では倍化率は不安定であり、この原因について今後検討の必要があるものと考ええる。また、生残率については、DMSO 海水での洗卵処理を、初めDMSO濃度1.0ml/lで15分、ついで0.5ml/lで15分行った場合に最も高い生残率を示すとしており、この点についても検討の必要があろう。

#### 採苗以降の生残率

図2に、2pb処理区の採苗後約1年間の生残率の変化を示した。1pb処理区については、採苗個体

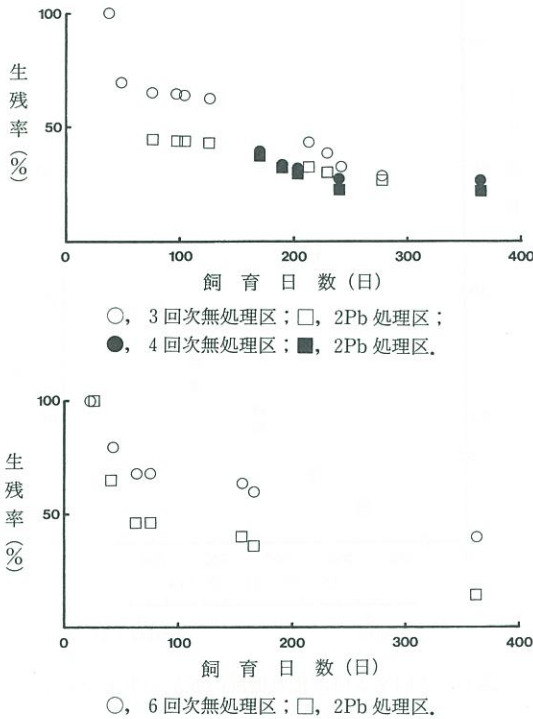


図2 採苗後約1年間の2Pb処理個体の生残率の変化

数が少なく、採苗初期の生残率について十分な検討ができていない。2pb処理区については、無処理区と比較して初期の段階で生残率の減少が大きい傾向が見られた。また、3回次の2pb処理区については、倍数性の確認のためのサンプリング時にやや長時間の干出を行ったため、568日目以降斃死が続いた。しかし、それ以外では10mmサイズに達したものについては、無処理区、1pb処理区、2pb処理区いずれについても大きく減耗することはなかった。

#### 3倍体アワビの成長

図3に1回次処理群の採苗後57日目から367日目までの殻長の変化を、図4に306日目から781日目までの殻長と重量の変化を、図5に3回次処理群の402日目から759日目までの殻長と重量の変化を、図6に4回次処理群の2pb処理区(3倍体と2倍体の混合飼育)と無処理区の366日目から693日目までの殻長と重量の変化を、図7に同処理群の2pb処理区から3倍体のみを抽出した試験区と無処理区の366日目から721日目までの殻長と重

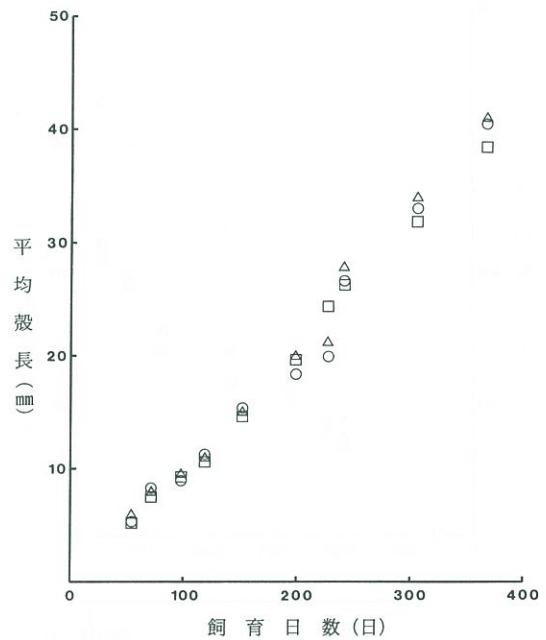


図3 1回次3倍体化処理群の殻長の変化  
○, 無処理区; △, 1Pb 処理区; □, 2Pb 処理区.



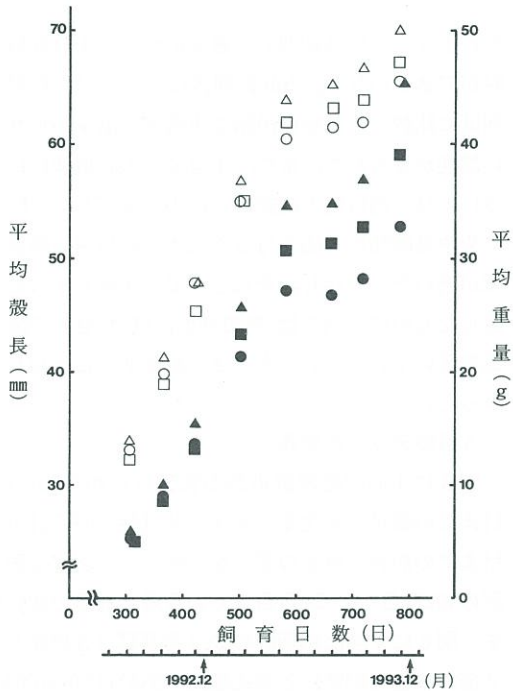


図4 1回次3倍体化処理群の殻長と重量の変化  
 ○, 無処理区殻長; △, 1Pb 処理区殻長;  
 □, 2Pb 処理区殻長.  
 ●, 無処理区重量; ▲, 1Pb 処理区重量;  
 ■, 2Pb 処理区重量.

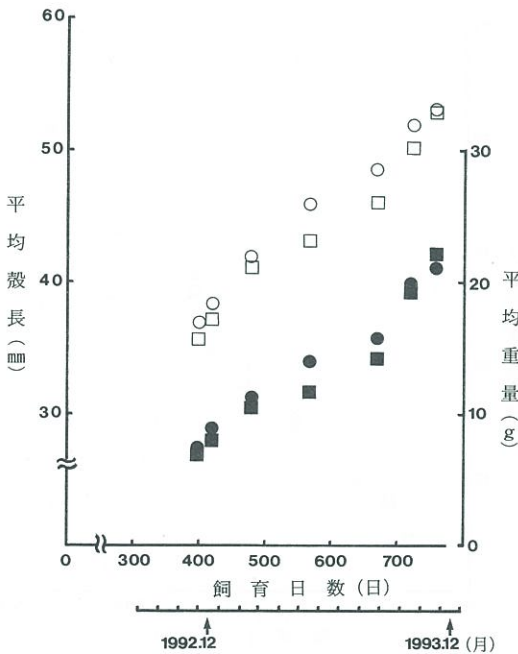


図5 3回次3倍体化処理群の殻長と重量の変化  
 ○, 無処理区殻長; □, 2Pb 処理区殻長.  
 ●, 無処理区重量; ■, 2Pb 処理区重量.

量の変化を示した。

1回次処理群では、飼育密度の違いに起因する成長差が228日目に無処理区と1pb処理区に見られたが、個体数と殻長の調節を行った結果、501日目までは有意な差を生じることなく成長した。しかし、雌雄の判別が可能となった587日目(1993年5月14日)頃までには、1pb処理区と無処理区に2.6mmの有意な差が見られ(t検定, 有意水準5%), 以後徐々に差が拡大する傾向を示し、採苗後約2年経過した717日目(1993年9月21日)には4.7mmの差を生じていた。現在佐賀県の玄海域で行われているアワビの海上養殖では、成長の良好な個体で月間成長量は2.1mm~2.8mmと推定され(養殖漁家からの聞き取りによる), 1pb処理によるこの差異は1.7~2.2か月の養殖期間短縮に相当する。2pb処理区については、587日目の測定で無処理区との間で殻長が逆転し、717日目に一時的に有意な

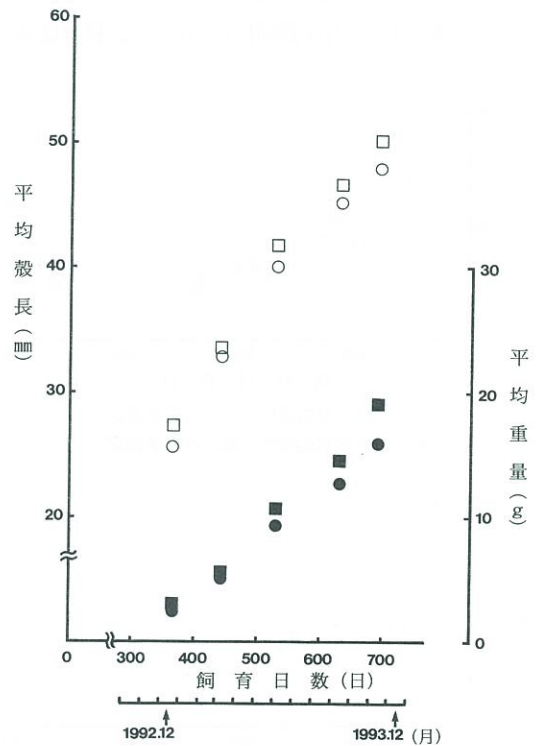


図6 4回次3倍体化処理群の殻長と重量の変化  
 (2nと3nの混合2Pb区)  
 ○, 無処理区殻長; □, 2Pb 処理区殻長.  
 ●, 無処理区重量; ■, 2Pb 処理区重量.

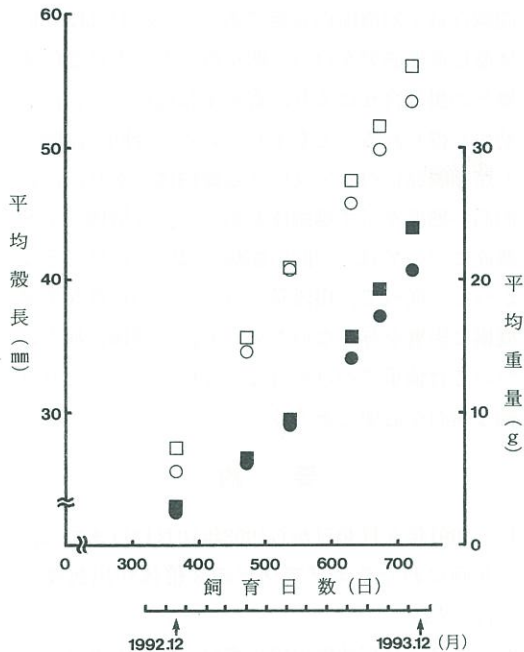


図7 4回次3倍体化処理群の殻長と重量の変化(3n単独2Pb区)  
○, 無処理区殻長; □, 2Pb処理区殻長.  
●, 無処理区重量; ■, 2Pb処理区重量.

差異が見られたものの、その後再び差が縮まり、有意差がなくなっている。

1回次処理群の重量については、501日目(1993年2月17日)には1pb処理区と無処理区の間で4.3gの有意な差が、また、2pb処理区についても587日目には3.5gの有意な差がみられた。587日目から717日目の測定では、重量の増加の著しい停滞が見られ、無処理区では重量の減少も見られた。これはアワビの性成熟に伴う現象と考えられる。781日目(1993年11月24日)の測定では、いずれの区でも再び重量が増加し始めていたが、1pb処理区と無処理区では12.4g、2pb処理区と無処理区では6.3gの差が生じていた。

3回次処理群の飼育では、2pb処理区と無処理区の比較を行ったが、採苗後759日目の段階で殻長、重量の点から有意な差は見られなかった。481日目(1993年2月19日)から669日目(8月26日)にかけて、殻長、重量の増加率が鈍っているが、これは1回次処理群と同様性成熟に伴う現象と考

えられる。また、その影響は1回次のやや大型の個体に比較して小さい。この処理群の2pb処理区では無処理区に比べてやや成長が悪く、飼育密度の調節飼育開始当初より殻長、重量ともにやや小さかったが、採苗後481日目から669日目の測定で差が大きくなっていった。また、先に述べたように、568日目以降干出の影響もあってか斃死が続き、必ずしも良い状態での飼育とは言えなかった。しかし、性成熟期を超過した723日目(1993年10月19日)には、殻長、重量の急速な伸びが見られ、無処理区との差はなくなっていた。

4回次処理群の飼育については、3倍体と2倍体の混合飼育試験区と無処理区の場合、693日目までは殻長、重量とも有意な差は測定されなかった。3倍体単独飼育試験区と無処理区については、成熟期を過ぎ、殻長が50mmを越えた頃から差が開き始め、採苗後721日目(1993年11月24日)の測定で殻長で2.6mmの有意な差を生じていた。重量では、538日目(1993年5月25日)頃から差が開き始め、721日目には3.3gの有意な差が見られた。この処理群についても1回次、3回次と同様、性成熟期に殻長、重量の成長の停滞が見られたが、無処理区、2pb処理区ともごく小さなものであった。

### 3倍体アワビの性成熟

図8に、1回次、3回次と、4回次の3倍体単独飼育試験区と無処理区のアワビの生殖巣の最も発達した時期の熟度を示した。いずれの回次についても、処理区は無処理区に比較して生殖巣の発達は悪かったが、一部の個体では生殖巣の成熟が明らかに認められ、特に3回次の雄については熟度が2に達する個体が見られた。

1回次の雄については、1993年9月22日に1pb処理区から6個体、2pb処理区から5個体の熟度1の個体を抽出し、紫外線照射海水を用いて放精の誘発を試みたが、放精は見られなかった。雌については、1pb処理区、及び2pb処理区からそれぞれ熟度1の個体1個体ずつを選び出し、同様の刺激を加えた結果、1pb処理区についてはわずかの卵が、また、2pb処理区については $3.3 \times 10^4$ 個の卵が産出された。同時に産卵誘発を行った無処理



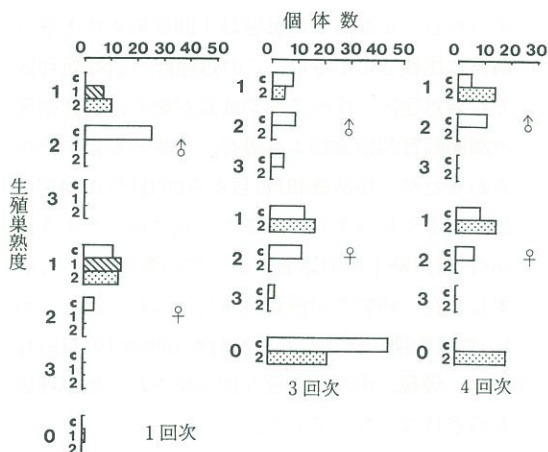


図8 各回次処理群の生殖巣の熟度  
 C□, 無処理区; 1▨, 1Pb 処理区;  
 2▩, 2Pb 処理区。  
 1 回次は1993年9月21日, 3 回次は8月26日, 4 回次  
 は10月9日の熟度を示している。

区及び極体放出阻止処理を行ったものの3倍体化しなかった雌個体では, 熟度が1~2の個体で $13.3 \sim 68.0 \times 10^4$ 個の卵が産出された。

今回の試験では, 3倍体の作出処理技術の習熟が未熟であったために, 1pb 処理区については十分な結果が得られたとは言い難い。しかし, いずれの処理でも殻長50mmに達する頃から無処理区との間に成長差を生じるようである。また, 殻長50mmに達するまではたとえ性成熟シーズンを経験しても, 殻長の点からは有意な差はほとんど見られないようである。重量の点からは殻長よりも早く差を生じ始め, 50mm未満でも有意な差が見られるようである。

佐賀県の玄海域では, エゾアワビの海上養殖が盛んになりつつあるが, 出荷サイズの主体は殻長50mm~60mmであり, かつ殻長を基準として販売されていることから, 現状では3倍体をアワビ養殖へ利用することの利点は小さいと言えよう。但し, このサイズ以上の養殖については, 飼育2年で1.7~2.2か月分の殻長の差, 数グラムから10数グラムの重量差を生じ得ることから, 大型個体の養殖には有効である可能性がある。

3倍体を実際に漁場等で利用する場合の最大の

問題点は生殖機能の有無であろう。支倉<sup>4)</sup>は, 3倍体雌に産卵誘発を行い, 卵を得るとともに2倍体雄との掛け合せにより, 奇形率は高いものの浮遊幼生が得られることを示している。今回の試験でも産卵誘発に対して反応する雌個体があり, 比較的高い熟度を示す雄個体があった。3倍体の生殖機能については, 今回の試験では明らかにできなかった。従って, 現段階ではアワビの正常な生殖機構に影響を与えないためにも, 3倍体の利用については慎重でなければならない。今後のより詳細な検討が必要であろう。

## 要 約

- 1991年9月30日から1993年10月13日までに, 8回にわたりエゾアワビの3倍体作出処理を行った。
- エゾアワビ幼生の倍化率は, サイトカラシンB濃度の上昇とともに高くなる傾向を示したが, 不安定であり, 生残率にもばらつきがあった。
- 2pb 処理3倍体については, 10mm未満の採苗初期個体で斃死率が高かった。1pb, 2pb いずれの処理区についても10mm以上では斃死は少なかった。
- 3倍体の成長については, 殻長では50mm前後までは無処理区と有意な差はほとんど見られなかったが, 1回次の1pb 処理区では約2年の飼育で1.7~2.2か月の養殖期間短縮に相当する殻長差を示した。また, 重量の点では殻長よりも早く有意差を生じたが, 50mm程度では無処理区との差は小さかった。しかし, 1回次の処理群では, 採苗後781日で1pb 処理区で12.4g, 2pb 処理区で6.3gの差を示した。
- 3倍体雄の一部の個体について放精誘発を行ったが放精しなかった。雌は1pb, 2pb 処理それぞれ1個体ずつに産卵誘発を行い, いずれも少量ではあるが卵が得られた。

## 謝 辞

アワビの倍数性判定のための顕微蛍光測光法について, 水産庁養殖研究所遺伝研究室の古丸主任



研究官にご指導頂いた。また、3倍体アワビの作出については、岩手県南部栽培漁業センターの支倉氏よりご助言を頂いた。ここに記して謝意を表す。

## 文 献

- 1) 日本水産資源保護協会(1992)：水産バイオテク技術基盤整備事業報告書，123-145.
- 2) 水産庁研究部研究課(1993)：地域バイオテクノロジー実用化技術研究開発促進事業（水産業関係）平成4年度成果概要，21-28.
- 3) 日本水産資源保護協会(1992)：昭和62年度～平成3年度水産バイオテク導入基盤整備事業報告書，99-256.
- 4) 農林水産技術会議事務局（1993）：アワビ・カキ等の育種技術の開発，78-90.
- 5) 林崎孝志(1989)：エゾアワビ三倍体作出。バイオテク応用技術(15)。養殖，26（11），4-87.
- 6) 古丸 明(1987)：二枚貝の3倍体作出。バイオテク応用技術(4)。養殖，24（8），74-77.
- 7) 菊地省吾・浮永久（1974）：アワビ属の採卵技術に関する研究第1報エゾアワビ *Haliotis discus hannai* INOの性成熟と温度との関係。東北区水産研究所業績，(284)，69-78.

