

選抜育種によるエゾアワビ成長優良系統の作出

杉田 大輔^{*1}・松浦 良^{*2}・須田 善治^{*3}・菊池 亮輔^{*3}・鈴木 金一^{*1}

Selective breeding for growth rate in Pacific abalone *Haliotis discus hannai*

Daisuke SUGITA^{*1}, Ryo MATSUURA^{*2}, Zenji SUDA^{*3}, Ryosuke KIKUCHI^{*3} and Kin-ichi SUZUKI^{*1}

キーワード：エゾアワビ，選抜育種，成長，種苗生産，養殖

アワビ類の養殖は各地で行われているが，成長の遅さが大きな障害となるため¹⁻⁵⁾，主に継代選抜した成長優良種苗を用いて生産が行われている。エゾアワビの成長に対する選抜の効果は高く²⁻⁴⁾，河原らは，数ヶ所の種苗生産機関で選抜された早成長個体から作出した子集団に選抜効果が認められることを示した²⁾。また，エゾアワビの天然集団では成長に対する遺伝的変異が見られ，これを利用して種苗生産における選抜育種の有効性が検証されている³⁾。

現在，宮城県では，アワビ養殖が複数の陸上施設で行われ，漁業者による海面養殖の気運も高まっている。このため宮城県では，選抜育種により成長が早く養殖に適したエゾアワビ種苗を作出することを目的として2001年から研究を開始した。その結果，天然貝を親として生産した放流用種苗のトビ（成長優良）個体から2回選抜を繰り返した個体（F2）を親とすることで，通常種苗と比較して成長の優れた個体群を作出し，選抜の効果を検証したので報告する。

なお，エゾアワビ選抜育種において，種苗生産段階だけでなく，養殖段階における成長にも留意して選抜育種を進める必要があるとした報告⁴⁾があるため，採苗後約1年以降の養殖段階においても飼育試験を行い，成長を追跡した。

材料と方法

1 種苗生産段階における成長

1) 産卵誘発と交配

交配に使用した親貝の殻長と体重の計測値を表1に示す。本研究に用いたF2は，1999年に宮城県産の天然貝を

表1 使用した母貝の計測値

	殻長(mm)	体重(g)	備考
F2♀	77.0	58.0	
F2♂a	77.0	57.8	
F2♂b	78.0	54.2	
天然貝♀A	110.0	189.6	産地：雄勝町東部
天然貝♀B	98.0	151.6	産地：北上町十三浜
天然貝♂a	102.0	163.7	産地：雄勝町東部
天然貝♂b	105.0	170.4	産地：北上町十三浜

用いて生産された放流用種苗のトビ個体（♀5個体，♂3個体）を親として2001年にF1を作出し，さらに2003年にF1のトビ個体（♀4個体，♂2個体）を親とする兄妹交配により作出したものである。一方天然貝としては，2004年11～12月に県内2箇所（北上町十三浜および雄勝町東部）で潜水採捕されたものを使用した。

表2に交配の組み合わせとlot.12の試験区を示す。2005年6月27日に，一般的な方法⁶⁾に従って産卵誘発を行い，F2のメス1個体オス2個体と，天然貝のメス2個体オス2個体の総当たり交配（♀3個体×♂4個体）で12の交配組を

^{*1}水産技術総合センター養殖生産部，^{*2}気仙沼地方振興事務所水産漁港部，^{*3}東部地方振興事務所水産漁港部

作出した。また、各ロットについて受精率とベリジャー幼生の奇形率を求めた。試験区は、lot.1, 2をF2同士の交配群 (F3), lot.3, 4をF2メスと天然貝オスの交配群 (F2♀×天然貝♂), lot.5~8を天然貝メスとF2オスの交配群 (天然貝♀×F2♂), lot.9~12を天然貝同士の交配群 (非選抜群) とし、その後の飼育試験により成長を比較した。

表2 交配の組み合わせと試験区

親	♀			
	F2	天然A	天然B	
♂	F2a	lot.1	lot.5	lot.7
	F2b	lot.2	lot.6	lot.8
	天然a	lot.3	lot.9	lot.11
	天然b	lot.4	lot.10	lot.12

2) 採苗と平板飼育

2005年7月1日に採苗した。100L円形パンライト水槽12槽に、採苗板として予め付着藻類を繁茂させた平板 (33×33cm, 26枚1セット) を入れ、積算水温900~930℃時に達し着底可能となった幼生をロットごとに各水槽へそれぞれ約1,500個体ずつ収容した。なお、通常は平板1枚あたり400~500個体を目安に採苗するが、環境要因による成長への影響を極力排除するため、1/7~1/9程度の低密度飼育とした。砂濾過海水を自然水温で1回転/時となるように掛け流し、自然発生する付着藻類を主餌料として飼育した。

3) 稚貝の網カゴ飼育

稚貝の成長に伴う摂餌量の増加に起因する餌不足を未然に回避するため、採苗から136日が経過した2005年11月14日に平板からの剥離と密度調整を行った。

稚貝を麻酔により剥離した後、殻長を測定するとともに平均体重を算出し、重量法により各ロット200個体ずつを無作為に抽出し、網カゴ (90×60×H20cm, タキロントリカルネットN598製、表面積約0.56m²のシェルター2枚入) に収容して継続飼育することとした。なお、生残数が少なかったlot.2は、全個体 (175個体) を継続飼育した。網カゴを屋外掛け流し水槽に設置して砂濾過海水を自然水温で1回転/時となるように掛け流し、アワビ類の大量種苗生産で一般的に使用される市販の配合飼料 (日本農産工業株式会社あわび3号およびコスモ海洋牧場株

式会社スタンダードタイプA型) を飽食量給餌した。試験期間は採苗から約1年となる2006年7月6日までとし、試験終了時に殻長と重量を計測した。

2 養殖段階における成長

1) 幼貝の網カゴ飼育

2006年7月6日から2007年2月20日までの229日間、網カゴ飼育を継続した。この期間における個体ごとの成長を追跡するため、河原らの方法³⁾ に従い、摂餌により殻が茶色を呈する配合飼料 (コスモ海洋牧場株式会社スペシャルタイプA型) を1ヶ月間給餌することで2006年7月6日の時点における殻長をマーキングした。

2) 混合飼育

2007年2月20日に、各ロットから殻長51mm以上の個体を抽出して個体識別の可能な標識を水中ボンドで貼り付け (図1)、同一水槽 (容量0.8m³, 表面積0.85m²のシェルター×3基設置) に収容して混合飼育した。砂濾過海水をボイラーで約19℃に調温して1回転/時となるように掛け流し、アワビ養殖で一般的に用いられる生ワカメまたは生コンブを飽食量給餌した。試験期間は2007年7月30日までの160日間とし、試験終了時に全個体について殻長と重量を計測した。

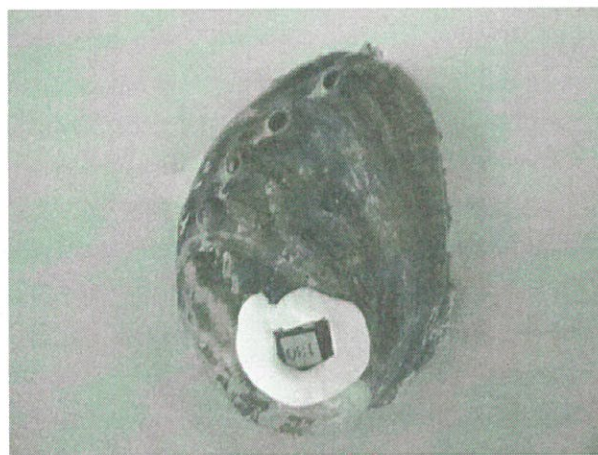


図1 水中ボンドによる標識装着

結 果

1 種苗生産段階における成長

1) 産卵誘発と交配

表3に各ロットにおける受精率とベリジャー幼生の奇形率を示す。F3 (lot.1, 2), F2♀×天然貝♂ (lot.3, 4), 天然貝♀×F2♂ (lot.5~8) および非選抜群 (lot.9~12) の平均受精率は、それぞれ96.0%, 98.6%, 91.6%および93.1%と総じて高く、奇形率はそれぞれ0%, 0%, 4.0%および3.3%と低い傾向にあった。

表3 受精率とベリジャー幼生の奇形率

group	lot.	受精率	奇形率
F3	1	94.3%	0.0%
	2	97.7%	0.0%
	平均値	96.0%	0.0%
F2♀×天然貝♂	3	97.3%	0.0%
	4	100.0%	0.0%
	平均値	98.6%	0.0%
天然貝♀×F2♂	5	97.0%	7.4%
	6	100.0%	8.7%
	7	82.4%	0.0%
	8	87.0%	0.0%
	平均値	91.6%	4.0%
非選抜群	9	95.7%	13.3%
	10	100.0%	0.0%
	11	88.0%	0.0%
	12	88.6%	0.0%
	平均値	93.1%	3.3%

2) 採苗と平板飼育

採苗後136日の2005年11月14日に平板からの剥離を行い、生残数と平均殻長を測定した(表4)。生残率は、F3 (lot.1, 2) が平均15.1%と低く、F2♀×天然貝♂ (lot.3, 4) および天然貝♀×F2♂ (lot.5~8) もそれぞれ平均29.5% および平均28.1%と、非選抜群 (lot.9~12) の平均46.1% に比べてやや低調であった。平均殻長はF3 (lot.1, 2) が平均19.4mm, F2♀×天然貝♂ (lot.3, 4) が平均16.5mm, 天然貝♀×F2♂ (lot.5~8) が平均17.8mm, 非選抜群 (lot.9~12) が平均14.0mmと、F3が非選抜群に比べ優れた成長を示し、F2と天然貝の交配群がそのほぼ中間の値となった。Tukeyの方法で殻長について多重比較を行ったところ、F3と非選抜群、天然貝♀×F2♂と非選抜群の間に有意な差が認められた (p<0.01)。

次に、飼育密度が稚貝の成長に及ぼす影響を考慮し、生残率が同程度であった群について比較すると、lot.3 (35.1%), lot.6 (28.5%), lot.10 (35.9%) およびlot.11 (36.7%) の平均殻長はそれぞれ17.3mm, 17.9mm, 15.3mmおよび13.6mmと、F2と天然貝の交配群 (lot.3, 6) が、非選抜群 (lot.10, 11) に比べ有意に優れた成長を示した (Tukeyの方法, p<0.01)。また、同様に生残率が約50%と同程度であったlot.7および12について比較すると、F2と天然貝の交配群であるlot.7が平均殻長16.0mmと、非選抜群であるlot.12の13.9mmに比べ有意に優れていた (Tukeyの方法, p<0.01)。

表4 平板飼育終了時の剥離個数、生残率と平均殻長 (2005年11月14日)

group	lot.	親		幼生投入数	剥離個数	生残率	平均殻長(mm)	
		♀	♂					
F3	1	F2	F2a	1500	279	18.6%	19.4	± 3.3
	2	F2	F2b	1500	175	11.7%	19.4	± 3.2
	平均値			1500	227	15.1%	19.4	
F2♀×天然貝♂	3	F2	天然a	1500	527	35.1%	17.3	± 1.8
	4	F2	天然b	1500	357	23.8%	15.7	± 2.2
	平均値			1500	442	29.5%	16.5	
天然貝♀×F2♂	5	天然A	F2a	1500	361	24.1%	18.6	± 2.3
	6	天然A	F2b	1500	427	28.5%	17.9	± 2.2
	7	天然B	F2a	1500	729	48.6%	16.0	± 2.4
	8	天然B	F2b	1500	375	25.0%	18.7	± 2.2
	平均値			1500	473	31.5%	17.8	
非選抜群	9	天然A	天然a	1500	884	58.9%	13.3	± 2.3
	10	天然A	天然b	1500	538	35.9%	15.3	± 2.2
	11	天然B	天然a	1500	551	36.7%	13.6	± 1.8
	12	天然B	天然b	1500	792	52.8%	13.9	± 2.0
	平均値			1500	691	46.1%	14.0	

表5 稚貝の網カゴ飼育終了時の生残率、平均殻長と飼育開始からの平均増殻長量
(2006年7月6日)

group	lot.	収容数	剥離個数	生残率	平均殻長(mm)			平均増殻長量(mm)
F3	1	200	210	105.0%	35.1	±	5.4	15.7
	2	175	169	96.6%	35.6	±	5.7	16.2
	平均值	187.5	190	101.1%	35.3			16.0
F2♀×天然貝♂	3	200	208	104.0%	31.9	±	3.9	14.7
	4	200	192	96.0%	31.7	±	3.7	16.0
	平均值	200	200	100.0%	31.8			15.4
天然貝♀×F2♂	5	200	192	96.0%	33.9	±	4.0	15.3
	6	200	193	96.5%	33.9	±	3.7	16.1
	7	200	203	101.5%	31.2	±	5.2	15.2
	8	200	194	97.0%	33.9	±	3.2	15.2
平均值	200	196	97.8%	33.2			15.4	
非選抜群	9	200	178	89.0%	27.9	±	3.9	14.6
	10	200	198	99.0%	30.0	±	4.3	14.7
	11	200	199	99.5%	26.6	±	3.6	13.1
	12	200	237	118.5%	28.6	±	2.5	14.7
	平均值	200	203	101.5%	28.3			14.3

3) 稚貝の網カゴ飼育

稚貝の網カゴ飼育開始から234日後、採苗後370日にあたる2006年7月6日における剥離個数、生残率、平均殻長および期間中の平均増殻長量を表5に示した。生残率はlot.9(非選抜群)が89.0%と若干低かったものの、その他のロットは96.0~100%となり、飼育期間中に目立った斃死はみられなかった。平均殻長は、F3(lot.1, 2)が平均35.3mm、F2♀×天然貝♂(lot.3, 4)が平均31.8mm、天然貝♀×F2♂(lot.5~8)が平均33.2mm、非選抜群(lot.9~12)が平均28.3mmと、F3が非選抜群に比べ優れた成長を示し、F2と天然貝の交配群がそのほぼ中間の値となった。Tukeyの方法で多重比較を行ったところF3、F2♀×天然貝♂および天然貝♀×F2♂の3グループと、非選抜群との間にはそれぞれ有意な差が認められた($p<0.05$)。飼育期間中の平均増殻長量についても、有意差は認められなかったもののF3が平均16.0mm、F2♀×天然貝♂が平均15.4mm、天然貝♀×F2♂が平均15.4mm、非選抜群が平均14.3mmと、F3およびF2と天然貝の交配群が非選抜群に比べ早成長の傾向にあった。

2 養殖段階における成長

1) 幼貝の網カゴ飼育

幼貝の網カゴ飼育開始後229日、採苗後599日にあたる

2007年2月20日における殻長組成と養殖段階試験に供した早成長個体の殻長範囲を図2に示す。なお、殻長組成については各グループとも全ロットを1つにまとめたものを示した。また、平均殻長はF3が50.8mm、F2♀×天然貝♂が46.5mm、天然貝♀×F2♂が47.9mm、非選抜群が42.2mmで、変動係数はF3が16.7%、F2♀×天然貝♂が10.5%、天然貝♀×F2♂が11.5%、非選抜群が14.5%であった。F3は早成長個体が多いことから平均殻長が大きかったが、成長の遅い個体も存在し、成長のバラつきが大きかった。F2と天然貝の交配群はF3と比較して成長のバラつきが小さい傾向にあった。

混合飼育試験の対象とした殻長51mm以上個体の出現割合は、F3が61.5%、F2♀×天然貝♂が17.2%、天然貝♀×F2♂が33.9%、非選抜群が3.7%で、この中からそれぞれ101個体、34個体、43個体、18個体を試験に供した。なお、2006年7月6日における殻長と、229日間飼育後の2007年2月20日における殻長の間には各グループとも強い相関が認められた(図3)。このことから、飼育期間中に殻長の順位に大きな変動はなかったものと推察される。一方、2006年7月6日の殻長組成は、殻長36mm以上の割合を見るとF3が59.8%、F2♀×天然貝♂が14.6%、天然貝♀×F2♂が29.8%、非選抜群が1.9%と、2007年2月20日にお

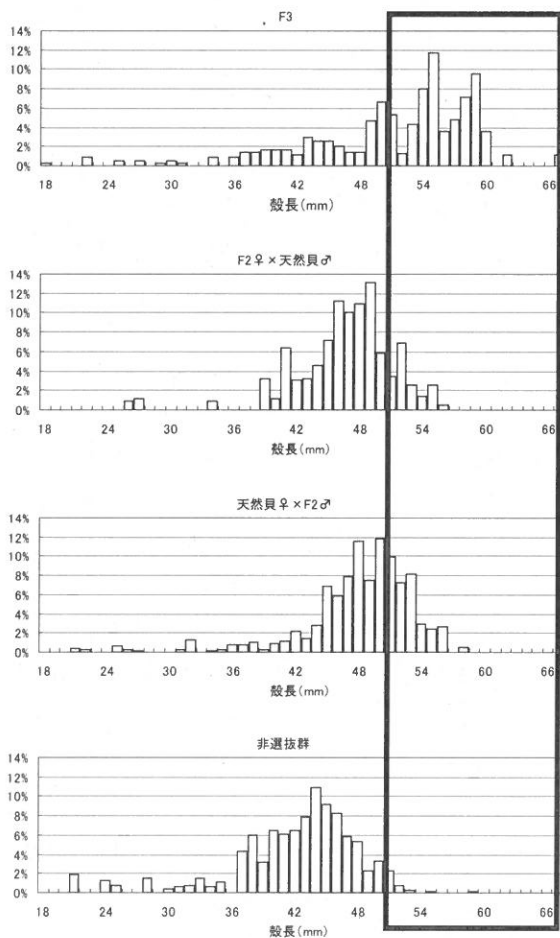


図2 各グループの2007年2月20日における殻長組成と養殖段階試験に供した殻長範囲

ける殻長51mm以上個体の出現割合に近い傾向を示した(表6)。このことから、2006年7月6日に概ね36mm以上であった個体が2007年2月20日には殻長51mm以上になったものと推定された。

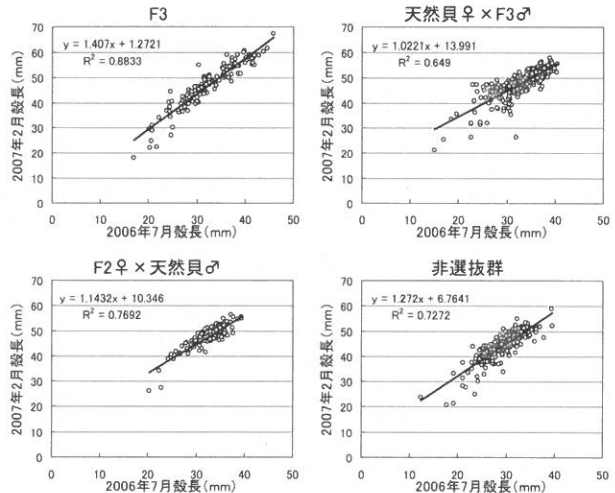


図3 各グループの2006年7月6日と2007年2月20日における殻長の相関

表6 2006年7月6日における殻長36mm以上個体の出現割合

group	lot.	殻長36mm以上出現割合	※2007年2月20日における殻長51mm以上出現割合
F3	1	57.0%	61.5%
	2	62.7%	
	3	16.2%	
F2♀ × 天然貝♂	4	13.0%	17.2%
	5	37.6%	
天然貝♀ × F2♂	6	35.8%	33.9%
	7	14.3%	
	8	31.3%	
非選抜群	9	1.3%	3.7%
	10	5.6%	
	11	0.5%	
	12	0.4%	
	平均値	1.9%	

2) 混合飼育

混合飼育を開始した2007年2月20日の平均殻長と平均重量、試験を終了した2007年7月30日の生残個数、生残率、平均殻長および平均重量を表7に、試験期間中の平均増殻長および平均増重量を表8に示す。試験期間中の生残率は、F3が93.1%、F2♀ × 天然貝♂が88.2%、天然貝♀ × F2♂が90.7%と、F2を交配に用いたグループが非選抜群

表7 混合飼育試験開始時(2007年2月20日)の収容数、平均殻長および平均重量と、試験終了時(2007年7月30日)の生残個数、生残率、平均殻長と平均重量

group	試験開始時			試験終了時			
	収容数	平均殻長(mm)	平均重量(g)	個数	生残率	平均殻長(mm)	平均重量(g)
F3	101	59.2 ± 3.0	27.4 ± 4.0	94	93.1%	71.2 ± 3.9	43.2 ± 7.3
F2♀ × 天然貝♂	34	55.3 ± 2.0	22.5 ± 2.3	30	88.2%	66.5 ± 2.7	36.1 ± 4.7
天然貝♀ × F2♂	43	55.7 ± 2.4	23.6 ± 3.2	39	90.7%	68.2 ± 4.0	40.0 ± 6.4
非選抜群	18	54.1 ± 2.1	22.1 ± 2.8	18	100.0%	63.2 ± 3.2	34.9 ± 5.6

は、F3が93.1%、F2♀×天然貝♂が88.2%、天然貝♀×F2♂が90.7%と、F2を交配に用いたグループが非選抜群(100%)と比較して若干低かった。

平均増殻長量は、F3が11.9mm、F2♀×天然貝♂が11.3mm、天然貝♀×F2♂が12.2mm、非選抜群が9.1mmとなり、F3およびF2と天然貝の交配群が非選抜群にくらべて有意に優れた成長を示した(Tukeyの方法、 $p<0.05$)。

また、平均増重量についてはF3が15.7g、F2♀×天然貝♂が13.5g、天然貝♀×F2♂が16.1g、非選抜が12.8gとなり、F3およびF2と天然貝の交配群が優れた傾向を示した。

表8 混合飼育試験における飼育期間中の平均増殻長量および平均増重量

group	平均増殻量(mm)		平均増重量(g)	
F3	11.9	± 3.1	15.7	± 5.5
F2♀×天然貝♂	11.3	± 1.9	13.5	± 3.2
天然貝♀×F2♂	12.2	± 2.8	16.1	± 4.3
非選抜群	9.1	± 2.3	12.8	± 3.7

考 察

種苗生産段階の初期にあたる平板飼育期間の成長では、F3の生残率が低くなるなど飼育個数についてロット間のバラつきがあったもののF3の成長が最も優れ、F2と天然貝の交配群が非選抜群より早成長であることがわかった。また、稚貝の網カゴ飼育期間と養殖段階においても、養殖段階の生残率は若干低かったもののF3およびF2と天然貝の交配群は非選抜群にくらべて優れた成長を示し、選抜の効果が認められた。これらのことから、種苗生産および養殖の両段階における成長に関して選抜の効果が確認され、F2を親として使用することにより通常種苗と比較して成長の優れた個体群を作出し、それらを用いて効率的な養殖生産が可能になるものと考えられた。

養殖用種苗生産では、成長の個体差が大きいいため、成長段階ごとに殻長により数回の選別を実施し、成長不良個体を除去して飼育や出荷を行うことが多い。これは選抜種苗を用いた種苗生産においても同様であり、養殖に適した早成長個体のみを選別して出荷することになる。そのため、生後約1年間の種苗生産期間で、どの程度のサイズになれば養殖用種苗として利用できるかを検討する必要がある。

東北地方においては、生後1年以降の稚貝を用い、養殖開始から約2年で7~8cmにして出荷するのがエゾアワビ養殖のサイクルとして一般的である。本研究で養殖段階の飼育試験に供したF3およびF2と天然貝の交配群は、養殖開始から1年に相当する生後約2年で平均殻長66.5~71.2mmになったことから、養殖用種苗として適しているといえる。試験には2007年2月20日に殻長51mm以上であった個体を供したが、これらの生後1年にあたる2006年7月6日の時点における殻長が、種苗生産機関から養殖現場への出荷サイズを検討する上で一つの基準になると考えられる。

2007年2月20日における殻長51mm以上の大型個体の出現割合と2006年7月6日における36mm以上個体の出現割合がほぼ一致すること、同一群内における期間中の殻長順位に変動がないことから、2006年7月6日に36mm以上であった個体が2007年2月20日には殻長51mm以上になったものと推定された。このことから、養殖用種苗の出荷サイズは生後1年でおおよそ36mm以上が基準になるものと考えられた。

一方、兄妹交配区であるF3について平板飼育期間の生残率が低かったが、期間中に目立った死殻が認められなかったことから着底前後の短期間に斃死したものと思われる。また、平板飼育以降は、生残率は高かったものの他グループにくらべ殻長のバラつきが大きく、早成長の個体も多いが、成長の遅い個体も見られた。これらのことから、今回作出したF3には成長や生残に対して有害な遺伝子が顕在化したものが含まれていた可能性があり、それらが早期に斃死したり、生き残っても成長が著しく悪かったりしたものと思われる。ただし、早成長の個体に関しては種苗生産段階から養殖段階にかけて優れた成長を示し、生残にも顕著な弊害は見られなかったことから養殖用種苗として利用することは十分可能であると考えられる。また、F3の早成長個体について継代を進めることで有害遺伝子が排除され、初期の斃死や成長のバラつき等は小さくなる可能性があると思われる。しかし、継代したエゾアワビ早成長系統において、1回の兄妹交配により選抜効果を期待できるレベルの変異が喪失し、生残に対する有害遺伝子の顕在化が認められた事例^{5,7,8)}も存在することから、既存の系統について継代を進めるとともに起源の異なるいくつかの系統を新たに作出し、継

代を進めながら系統間交雑について検討するなど近交弱勢への配慮が必要であると考えられる。本研究におけるF2と天然貝の交配群が、成長はF3に若干劣るものの非選抜群よりも優れ、F3と比べて平板期間の生残が良く成長のバラつきが小さかったことは系統間交雑の有効性を示唆するものと言える。

また、種苗の量産に進む段となつては、本研究で実施したような小規模試験により適切な交配の組み合わせを検討したうえで実際の種苗生産を行うことが望ましい。

要 約

放流用種苗のトビ個体をもとに作出したF2のメス1個体オス2個体と、天然貝のメス2個体オス2個体の総当たり交配で12の交配組を作出した。これらを用いて種苗生産段階から養殖段階にかけて飼育試験を行い、F3、F2と天然貝の交配群（F2♀×天然貝♂および天然貝♀×F2♂）、非選抜群について成長を比較することで、成長に対する選抜の効果を検証した。

- 1) 種苗生産段階においてF3の成長が優れ、F2と天然貝の交配群はF3および非選抜群の中間程度となり、選抜の効果が認められた。また、養殖段階においてもF3およびF2と天然貝の交配群は非選抜群と比較して優れた成長を示した。
- 2) F3およびF2と天然貝の交配群のうち、生後1年で36mm

以上であった個体は一定期間19℃の高水温で飼育したため成長に有利な条件ではあったが、その後約1年で平均殻長66.5～71.2mmになり、養殖用種苗として適していることが示された。

- 3) 平板飼育期間におけるF3の生残率は、幼生の着底前後の短期間に生じたと思われる斃死により低くなる傾向があった。また、他グループにくらべ殻長のバラつきが大きく、早成長の個体も多いが、成長の遅い個体も数多く存在し、有害遺伝子の顕在化が懸念された。ただし、早成長の個体については飼育期間を通して成長および生残に大きな弊害は認められなかったため、養殖用種苗として利用できるものと考えられた。
- 4) F2と天然貝の交配群について、成長が非選抜群よりも優れ、平板期間の生残が良く成長のバラつきが小さかったことから系統間交雑の有効性が示唆された。

謝 辞

エゾアワビの選抜育種試験に関し、東北大学大学院農学研究科 木島明博教授、水産総合研究センター養殖研究所 原素之博士、岩手県水産技術センター 小林俊将氏、の各位よりご指導をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。また、飼育試験を行うにあたり御協力いただいた（財）宮城県水産公社職員諸氏に心から感謝申し上げます。さらに、ご校閲をいただいた水産技術総合センター養殖生産部長 高橋清孝博士にも御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 原素之（1992）アワビの育種—アワビにおける選抜・交雑育種—。水産育種, **18**, 1—12.
- 2) 河原郁恵・野呂忠勝・大森正明・支倉理・木島明博（1997）種苗生産施設で選抜されたエゾアワビの成長に対する選抜効果。水産育種, **25**, 81—90.
- 3) 河原郁恵・野呂忠勝・大森正明・木島明博（1999）エゾアワビ稚貝期の成長に関する遺伝率の推定。水産育種, **28**, 95—103.
- 4) 小林俊将（2006）稚貝成長で4世代にわたって選抜育種されたエゾアワビ集団の稚貝および成貝での成長特性。水産増殖, **54** (2), 209—215.
- 5) 原素之（2008）アワビの遺伝・育種研究の現状。水産育種, **38**, 31—39.
- 6) 財団法人宮城県水産公社（2008）平成19年度エゾアワビ種苗生産。（財）宮城県水産公社事業報告書, 平成19年度, 18—28.
- 7) 木島明博（2005）アワビ類の育種の現状と将来。動物育種学会誌, **32**, 101—112.
- 8) 小林俊将（2003）アワビ類の成長優良系統作出技術の開発。交付金プロジェクト研究「水産生物育種の効率化基礎技術の開発」報告書。水研センター養殖研, 440—444.

