

成長優良系アユの作出に関する研究—VII

藤井久之, 加藤邦彰

養殖アユの生産性の向上は現在までのところ、飼料や飼育環境を工夫することにより行われているが、安定した生産を確保するためには品種改良により作出した優良系統を用いて生産の増大を図る必要がある。アユの成長に関する育種学的研究では、これまでに選抜育種法により成長性が遺伝形質であり、体重により選抜された大方向群は切断型選抜により継代を重ねるほど成長は改良されるが、その効果は1代目で最も大きく2代目以降は緩やかになること、¹⁾ また雑種強勢効果の発現を目的とし2系統の大方向群の交雑により作出した交雑群の成長は従来の大方向群より若干優れているか又は同じ程度であり、明確な雑種強勢効果はみられないことがわかった。²⁾

本年度は、成長優良系アユのさらなる可能性を探るため、成長優良系交雑群の雌性発生2倍体の飼育特性、飼育密度についての検討、海産アユとの成長比較等を行った。

材料および方法

成長優良系交雑群の雌性発生2倍体の飼育特性 供試魚は、表1に示した5代目×10代目(F1)と4代目×9代目(F1)を親魚として極体放出阻止法により作出した雌性発生2倍体(以下、G2N-A

供試魚	採卵月日	親魚		備考
		♀	♂	
6代目大方向群	H14/ 10/22 ~ 10/23	5代目大方向群	5代目大方向群	5代目大方向群を体重による上位20%の切断型選抜で再選抜
5代目×10代目(F1)	10/18 ~ 10/23	5代目大方向群又は10代目大方向群	5代目大方向群又は10代目大方向群	5代目、10代目大方向群とも体重による上位20%の切断型選抜で再選抜
4代目×9代目(F1)の極体放出阻止型雌性発生2倍体	H13/ 10/25	4代目×9代目(F1)		♂は適宜手に入るものを使用
海産		本県地先海面で採捕したもの		

とする)である。G2N-Aの作出は次のようにして行った。精液は3尾分を希釈液(NaCl 7.61 g, KCl 1.49 g, pH7.0)で100倍希釈し、9 cmシャーレに5 ml入れ、6,000 erg/mm²の紫外線照射により精子を遺伝的に不活化した。これを15 gの卵と媒精し、低温処理(倍精5分後より0.5~1.3℃で30分間)により染色体を倍数化した。ふ化した仔魚はシオミズツボワムシ、アルテミア幼生および配合飼料を給餌して供試サイズまで飼育した。

(1)混合飼育

5代目×10代目(F1)100尾とG2N-A100尾を10 m²(2×5×0.35 m)の屋外コンクリート池で混合飼育し、成長を比較した。試験開始時の平均体重は、5代目×10代目 5.2 g, G2N-A(F1) 5.1 gであった。識別のため、G2N-Aは無標識とし、5代目×10代目(F1)はアブラ鰭を切除した。飼育は、アユ用配合飼料を1日当たり魚体重の2~3%投与し、給餌量は週1回補正した。魚体測定は1ヶ月毎に行った。試験は、6月19日から9月12日まで行った。

(2)分離飼育

5代目×10代目(F1)200尾とG2N-A200尾を10m²(2×5×0.35m)を屋外コンクリート池で分離飼育し、成長を比較した。試験開始時の平均体重は、5代目×10代目5.1g、G2N-A(F1)5.5gであった。飼育は、アユ用配合飼料を1日当たり魚体重の2～3%投与し、給餌量は週1回補正した。魚体測定は1ヶ月毎に行った。試験は、6月18日から9月12日まで行った。

海産アユとの成長比較 供試魚は表1に示した6代目大方向群、5×10代目(F1)、海産の3群で、混合飼育と分離飼育を行った。

(1)混合飼育

6代目大方向群70尾、5×10代目(F1)70尾、海産70尾を10m²(2×5×0.35m)の屋外コンクリート池で混合飼育し、成長を比較した。試験開始時の平均体重は6代目5.5g、5×10代目(F1)5.5g、海産5.5gであった。識別のため、6代目は脂鰭切除、5×10代目(F1)はハラビレ切除、海産は無標識とした。飼育は、アユ用配合飼料を1日当たり魚体重の2～3%投与し、給餌量は週1回補正した。魚体測定は1ヶ月毎に行った。試験は、6月25日から9月18日まで行った。

(2)分離飼育

6代目大方向群200尾、5×10代目(F1)200尾、海産200尾を10m²(2×5×0.35m)の屋外コンクリート池で分離飼育し、成長を比較した。試験開始時の平均体重は6代目5.6g、5×10代目(F1)5.5g、海産5.4gであった。飼育は、アユ用配合飼料を1日当たり魚体重の2～3%投与し、給餌量は週1回補正した。魚体測定は1ヶ月毎に行った。試験は、6月24日から9月18日まで行った。

飼育密度についての検討 供試魚は表1に示した6代目大方向群、5×10代目、海産の3群である。供試魚は、2m²の室内池(2×1×0.35m)に設置した20メッシュのステンレス金網(0.5×0.65×0.5m)の中に1群当たり50尾/m²、100尾/m²、200尾/m²の密度になるよう収容し、流水で飼育した。試験開始時の平均体重は5.9～6.2gにそろえ、またできるだけバラツキが小さくなるよう調整した。給餌率は3%とし、給餌量は週1回補正した。魚体測定は、試験開始時と終了時に行い、試験は、平成15年7月1日から7月29日まで行った。

成長優良系アユの場外飼育試験 成長優良系アユを実際のアユ養殖現場に近い環境で飼育した場合の飼育特性を検討するため、5代目×10代目(F1)2万尾を河川放流用種苗の育成を主業務として行っている河川漁協に飼育依頼した。試験は、3月14日から7月23日まで行い、1ヶ月毎に魚体測定を行った。

結果および考察

成長優良系交雑群の雌性発生2倍体の飼育特性 混合飼育結果を表2に、分離飼育結果を表3に、平均体重の推移を図1に、また終了時の体重組成を図2に示した。混合飼育、分離飼育とも、両群とも成長に有意差はみられなかった。また、体重の変動係数はG2N-A群で常に高かったが、極端な低成長個体はみられなかった。一般に成長に関する変異は、通常2倍体魚、G2N-A、G2N-Bの順に拡大し、これは、G2N-A、G2N-Bでは有害劣性遺伝子の発現によると考えられる極端な低成長個体がみられるのが原因とされているが、³⁾ 今回の試験ではこのような極端な低成

表2 交雑群とその雌性発生2倍体の混合飼育結果

項目	5代目×10代目(F1)	G2N-A
開始時体重(g)	5.21 ± 0.66 ^{a*}	5.14 ± 0.89 ^a
尾数	100	100
変動係数(%)	12.58	17.24
最大	6.85	8.80
最小	3.91	3.30
肥満度	11.78	11.97
4週目体重(g)	12.11 ± 1.08 ^a	11.51 ± 1.37 ^b
尾数	99	100
変動係数(%)	8.89	11.86
最大	14.69	14.98
最小	9.56	7.44
肥満度	13.51	13.52
補正日間成長率(%)	3.18	3.06
8週目体重(g)	26.71 ± 2.23 ^a	25.24 ± 2.55 ^b
尾数	98	100
変動係数(%)	8.34	10.10
最大	33.38	30.93
最小	20.20	15.92
肥満度	14.22	14.39
補正日間成長率(%)	2.59	2.58
12週目体重(g)	60.70 ± 6.34 ^a	58.08 ± 7.78 ^a
尾数	87	90
変動係数(%)	10.44	13.40
最大	76.17	71.83
最小	35.87	37.15
肥満度	16.00	15.75
補正日間成長率(%)	2.42	2.46

* 異なる符合(ab)で各群間に有意差(t検定、P<0.01)がみられることを示す

長個体はみられなかった。体重による切断型選抜により成長優良個体を作出した場合、1代目から選抜効果がみられることから成長に関する優良遺伝子は優性ホモである可能性が高いと考えられる。これより、成長優良系アユは通常アユよりも切断型選抜により有害劣性遺伝子が淘汰されている割合が高いので、雌性発生を行っても極端な低成長個体が出現しないのではないかと考えられる。一般に、G2N-Bを作出し、これを供試魚としてG2N-Aを作出すると2代で子は母親のコピーとなり、遺伝的に同一のクローンを作出することができる。しかし、G2N-Bの作出は技術的に難しいことが多く、その代案として提案されているのがG2N-Aを作出し、これを極体放出阻止法で継代する方法である。⁴⁾この方法でク

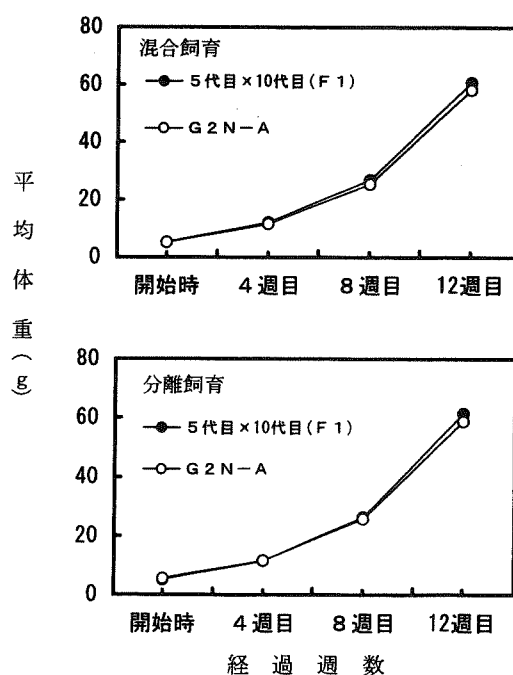


図1 交雑群とその雌性発生2倍体の平均体重の推移

表3 交雑群とその雌性発生2倍体の分離飼育結果

項目	5代目×10代目(F1)	G2N-A
開始時体重(g)	5.10 ± 0.73 ^{a*}	5.46 ± 0.76 ^a
尾数	200	200
変動係数(%)	14.34	13.79
最大	7.84	7.25
最小	3.94	3.99
肥満度	11.94	11.94
4週目体重(g)	11.52 ± 1.13 ^a	11.63 ± 1.40 ^a
尾数	196	199
変動係数(%)	9.82	12.05
最大	14.51	14.27
最小	8.32	7.54
肥満度	13.26	12.99
補正飼料効率(%)	110.6	111.4
補正日間給餌率(%)	2.78	2.59
補正日間成長率(%)	3.07	2.88
8週目体重(g)	25.76 ± 2.56 ^a	26.36 ± 2.45 ^a
尾数	196	197
変動係数(%)	9.94	14.07
最大	30.51	31.69
最小	18.65	19.1
肥満度	14.02	14.07
補正飼料効率(%)	110.3	112.5
補正日間給餌率(%)	2.39	2.37
補正日間成長率(%)	2.63	2.67
12週目体重(g)	61.46 ± 5.00 ^a	59.81 ± 8.03 ^a
尾数	196	197
変動係数(%)	8.14	13.42
最大	75.77	75.10
最小	47.58	20.26
肥満度	16.04	16.34
補正飼料効率(%)	108.4	103.1
補正日間給餌率(%)	2.44	2.43
補正日間成長率(%)	2.64	2.50

* 異なる符合(ab)で各群間に有意差(t検定、P<0.01)がみられることを示す

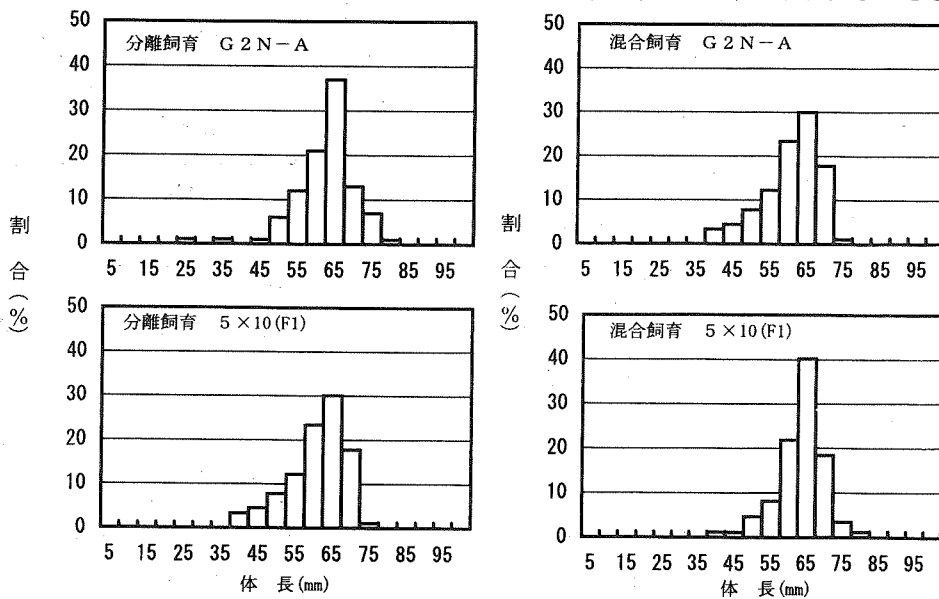


図2 交雑群とその雌性発生2倍体の試験終了時の体長組成

ローンを作成する場合、成長優良系の交雑群は極体放出阻止法により極端な低成長個体が出現しないので通常2倍体等よりも有利であると考えられる。

海産アユとの成長比較 混合飼育結果を表4に、分離飼育結果を表5に、また平均体重の推移を図3に示した。6代目と5×10代目(F1)の成長に混合飼育では有意差はみられなかったが、分離飼育では12週目に差がみられた。これは、混合飼育では群間の摂餌の際の競合があるので成長差がでなかったが、分離飼育では群間の成長差がそのまま発現するためと考えられる。しかし、その差はわずかで実用上問題になるようなものではなかった。6代目、5×10代目(F1)は海産とは4週目から差がみられ始め、以後、その差は拡大した。今回の結果は、海産と成長比較したこれまでの試験結果¹⁾と同様であり、成長優良系アユの高成長が再確認された。

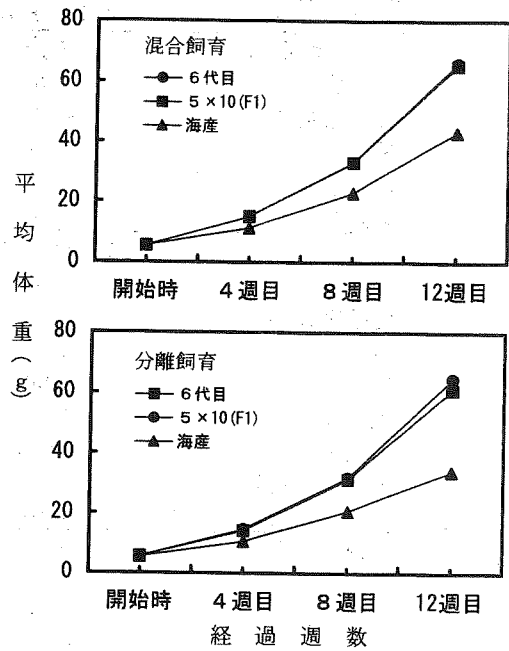


図3 成長優良系と海産の平均体重の推移

表4 成長優良系と海産の混合飼育結果

項目	6代目大方向群	5×10(F1)	海産
開始時体重(g)	5.48 ± 0.65 ^{a*}	5.49 ± 0.79 ^a	5.52 ± 1.01 ^a
尾数	70	70	70
変動係数(%)	11.89	14.41	18.25
最大	7.30	8.04	8.16
最小	4.22	4.16	3.37
肥満度	12.04	11.84	12.97
4週目体重(g)	15.03 ± 2.11 ^a	14.99 ± 2.14 ^a	11.25 ± 2.02 ^b
尾数	70	70	70
変動係数(%)	14.07	14.25	17.98
最大	19.13	19.66	15.76
最小	9.58	10.80	6.52
肥満度	14.45	14.33	14.71
補正日間成長率(%)	3.73	3.71	2.73
8週目体重(g)	32.99 ± 4.12 ^a	32.96 ± 3.62 ^a	22.94 ± 3.93 ^b
尾数	70	70	67
変動係数(%)	12.50	10.99	17.15
最大	40.81	41.48	31.26
最小	23.45	25.44	12.55
肥満度	14.93	14.61	16.02
補正日間成長率(%)	2.67	2.68	2.41
12週目体重(g)	65.99 ± 10.05 ^a	65.20 ± 5.95 ^a	43.00 ± 8.10 ^b
尾数	70	70	67
変動係数(%)	15.22	9.13	18.83
最大	85.02	75.58	58.37
最小	40.75	52.02	21.18
肥満度	16.14	15.6	15.79
補正日間成長率(%)	2.22	2.19	2.03

* 異なる符合(ab)で各群間に有意差(t検定、P<0.01)がみられることを示す

表5 成長優良系と海産の分離飼育結果

項目	6代目大方向群	5×10(F1)	海産
開始時体重(g)	5.58 ± 0.49 ^{a*}	5.51 ± 0.66 ^a	5.43 ± 1.04 ^a
尾数	200	200	200
変動係数(%)	8.75	12.01	19.13
最大	7.32	7.64	8.23
最小	4.36	4.15	2.82
肥満度	12.37	12.18	13.28
4週目体重(g)	14.09 ± 1.37 ^a	14.55 ± 1.81 ^a	10.50 ± 1.99 ^b
尾数	187	195	200
変動係数(%)	9.69	12.43	18.91
最大	17.46	18.92	15.78
最小	8.90	9.13	5.93
肥満度	13.91	13.82	14.16
補正飼料効率(%)	128.3	127.5	76.0
補正日間給餌率(%)	2.65	2.81	3.35
補正日間成長率(%)	3.40	3.58	2.55
8週目体重(g)	31.36 ± 2.78 ^a	31.87 ± 3.80 ^a	20.74 ± 4.00 ^b
尾数	186	193	200
変動係数(%)	8.86	11.91	19.30
最大	38.88	42.05	29.98
最小	25.36	16.79	12.33
肥満度	14.73	14.56	14.42
補正飼料効率(%)	114.5	110.9	91.2
補正日間給餌率(%)	2.28	2.31	2.48
補正日間成長率(%)	2.62	2.56	2.26
12週目体重(g)	60.99 ± 5.71 ^a	64.72 ± 6.32 ^b	33.95 ± 7.59 ^c
尾数	184	193	197
変動係数(%)	9.36	9.76	22.35
最大	73.60	83.04	55.24
最小	46.07	47.78	10.92
肥満度	16.07	15.73	13.98
補正飼料効率(%)	88.4	96.1	58.4
補正日間給餌率(%)	2.41	2.36	2.74
補正日間成長率(%)	2.13	2.27	1.60

* 異なる符合(ab)で各群間に有意差(t検定、P<0.01)がみられることを示す

飼育密度についての検討 飼育結果を表6に、終了時の密度別各系統の生残率を図4に示した。終了時の生残率はどの密度区においても5代目で最も低く、5×10代目と海産では特に差はみられなかった。しかし、5代目の生残率は密度とは関係がなく、50尾/m²で最も低く、200尾/m²で高かった。これより、5代目が必ずしも高密度飼育に弱いと考えることはできない。しかし、体重による上位方向の切斷型選抜により作出された成長優良系アユは高密度で飼育すると他個体からの攻撃行動によりへい死率が高くなるという報告もあり、^{5) - 7)} 成長優良系アユの密度耐性についての飼育試験の結果は異なっている。今回の試験で系統による密度耐性の違いは明確にならなかったが、高成長以外にストレスに耐性のある系統のアユは養殖用種苗として重要であり、今後さらに検討が必要である。

成長優良系アユの場外飼育試験 飼育結果を表7に示した。開始から80日目位までは特に目立ったへい死はなく順調であったが、それ以降は冷水病の発生により給餌量を抑えたため成長は充分で

表6 密度試験の飼育結果

項目	6代目大方向群			5代目×10代目(F1)			海産		
	50尾/m ³	100尾/m ³	200尾/m ³	50尾/m ³	100尾/m ³	200尾/m ³	50尾/m ³	100尾/m ³	200尾/m ³
開始時体重(g)	6.22 ± 0.53	6.17 ± 0.58	5.96 ± 0.56	6.05 ± 0.61	6.21 ± 0.58	6.07 ± 0.64	5.88 ± 0.89	6.07 ± 1.14	5.90 ± 0.93
尾数	17	33	66	17	33	66	17	33	66
変動係数(%)	8.54	9.33	9.40	10.08	9.33	10.56	15.11	18.80	15.82
最大	7.01	7.39	6.96	7.36	7.59	7.35	7.61	8.48	8.83
最小	5.30	5.07	4.07	5.02	5.33	4.34	4.61	4.30	4.31
肥満度	12.04	12.27	12.24	11.84	11.97	12.08	12.88	12.98	12.84
4週目体重(g)	7.44 ± 1.27	6.65 ± 1.25	7.88 ± 1.07	6.93 ± 0.80	7.28 ± 0.99	7.34 ± 0.86	6.14 ± 0.97	6.98 ± 1.17	7.26 ± 1.09
尾数	10	22	56	17	33	60	17	31	63
生残率(%)	58.8	66.7	84.8	100.0	100.0	90.9	100.0	93.9	95.5
変動係数(%)	17.07	18.86	13.63	11.54	13.62	11.73	15.76	16.82	15.02
最大	9.78	8.81	10.44	8.70	9.60	9.74	8.38	10.14	9.47
最小	5.95	4.12	5.14	5.65	5.40	5.2	5.09	4.74	5.21
肥満度	11.99	11.55	12.19	11.78	11.72	11.87	11.78	12.09	12.42
補正飼料効率(%)	18.1	8.3	34.9	16.4	19.4	22.7	4.9	16.0	24.0
補正日間給餌率(%)	3.19	3.04	2.97	3.30	3.27	3.20	3.56	3.39	3.37
補正日間成長率(%)	0.58	0.25	1.04	0.54	0.63	0.73	0.17	0.54	0.81

なく、適切な評価はできなかった。今後、成長優良系アユの養殖用種苗としての利用を考えると、高成長以外に耐病性も重要な検討項目になると考えられる。

結果および考察

- 1) 辻村明夫, 藤井久之: アユの有用形質の遺伝性検出評価に関する研究 (H 4~8年度), 平成8年度和歌山県内水面漁業センター事業報告, 22, 9-26 (1997).
- 2) 藤井久之, 田上伸治, 岩橋恵洋: 成長優良系アユ作出に関する研究-V, 平成13年度和歌山県農林水産総合技術センター内水面漁業センター事業報告, 27, 1-9 (2002).
- 3) 谷口順彦: 水産増養殖と染色体操作, 水産学シリーズ75, 恒星社厚生閣, 104-117 (1989).
- 4) 荒井克俊: 染色体操作, 魚類のDNA, 恒星社厚生閣, 32-62 (1997).
- 5) 内田和男: アユの行動特性評価及びその遺伝性の検討, 平成11年度先端技術開発研究水産生物育種の効率化基礎技術の開発プロジェクト研究推進会議資料, 113-114 (1999).
- 6) 内田和男: アユの行動特性評価及びその遺伝性の検討, 平成12年度先端技術開発研究水産生物育種の効率化基礎技術の開発プロジェクト研究推進会議資料, 37-38 (2000).
- 7) 内田和男: アユの行動特性評価及びその遺伝性の検討, 平成13年度先端技術開発研究水産生物育種の効率化基礎技術の開発プロジェクト研究推進会議資料, 37-38 (2001).

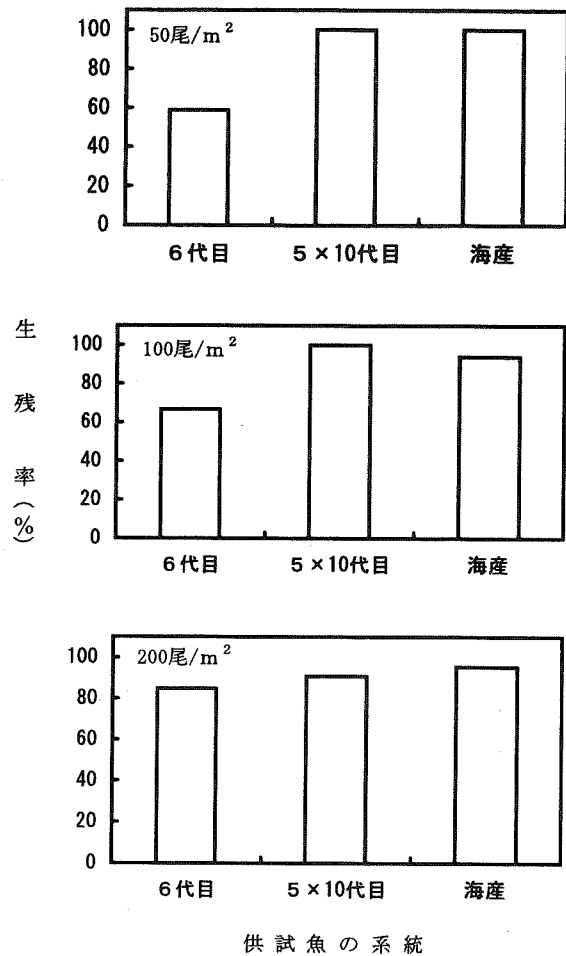


図4 試験終了時の密度別各系統の生残率