

# 雌性発生法によるアユの有用形質の識別・評価に関する研究－Ⅳ

辻村明夫，宇野悦央

魚類の品種改良を効率的に進めるため，アユを材料として雌性発生二倍体を作成し，それらの各形質に関して基礎的データを積み上げ，有用形質を識別・探索するとともに，適切な形質評価手法の検討を行なう。さらに，有用形質の遺伝的固定のため雌性発生二倍体の継代作出を試み，作出魚の育種評価を行う。また，有用形質を導入するため，天然品種の形質評価に関する調査研究を併せて実施する。

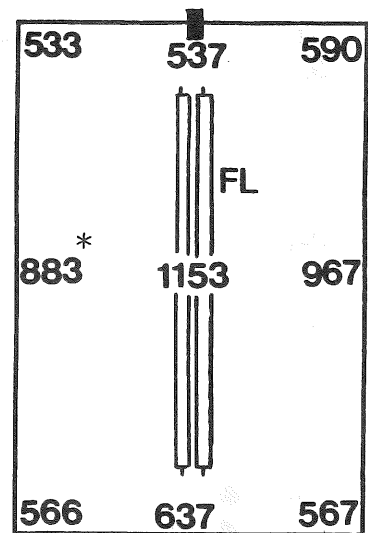
本年度はアユの成長と再生産形質の識別・評価のため，各品種およびクローンの平均値と変異幅を測定し，特性把握を行った。また，極体放出阻止型雌性発生二倍体の継代飼育魚を用いて成長と再生産形質の選択反応の評価を試みた。

## 1. 湖産，海産および奄美産アユにおける系統間の差異

湖産，海産および奄美産アユにおける再生産形質の特性を把握するため，成熟に関する光周性の差異を検討した。

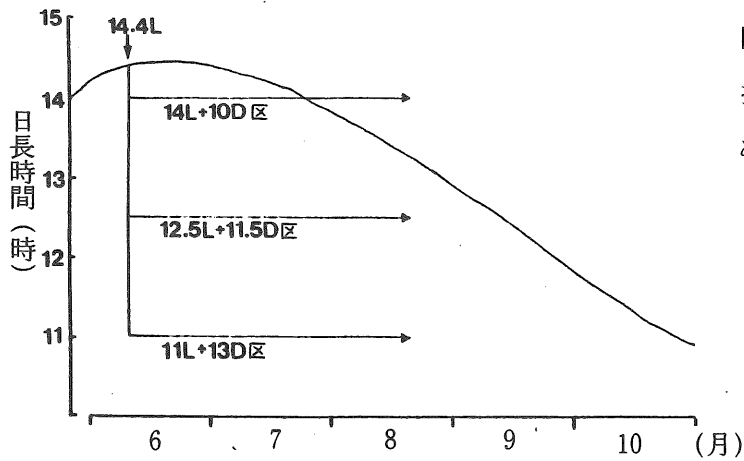
### 実験方法

電照区は3つの特立した暗室に1tFRP水槽を設置し，上部に37W白色蛍光灯を2本取り付けた。点灯時の水面照度を図1に示した。自然日長で飼育していた平均体重4.7gの湖産アユ，2.9gの海産アユおよび3.7gの奄美産アユを6月10日にFRP水槽に100尾ずつ混養し，14L+10D，12.5L+11.5D，11L+13Dの光周期とした。また，同時に自然日長区として30m<sup>2</sup>（3×10×0.7m）の屋外コンクリート池に湖産アユ378尾，海産アユ719尾および奄美産アユ1,000尾を混養した。本試験に用いた湖産アユおよび海産アユは，前年，同一日に採卵したものである。試験区の日長条件を図2に示した。これらの魚にアユ用配合資料を給餌し，電照区は8月20日まで，自然日長区は10月29日まで飼育した。成熟度調査は6月10日からほぼ2週間隔で，雄雌2～11尾について行った。期間中の水温は電照区で16.0～20.8℃，自然日長



\*lux

図1 点灯時の水面照度



区で16.0~19.7°Cであった。なお、成熟度指数は生殖腺重量/体重×100により求めた。

図2 試験区の日長時間

### 結果 および 考察

電照区における成熟度指数の変化を図3に示した。14L + 10D 区では各系統とも生殖腺の発達は認められなかった。12.5L + 11.5D 区では湖産、海産は30日以降急激に成熟した。45日目の成

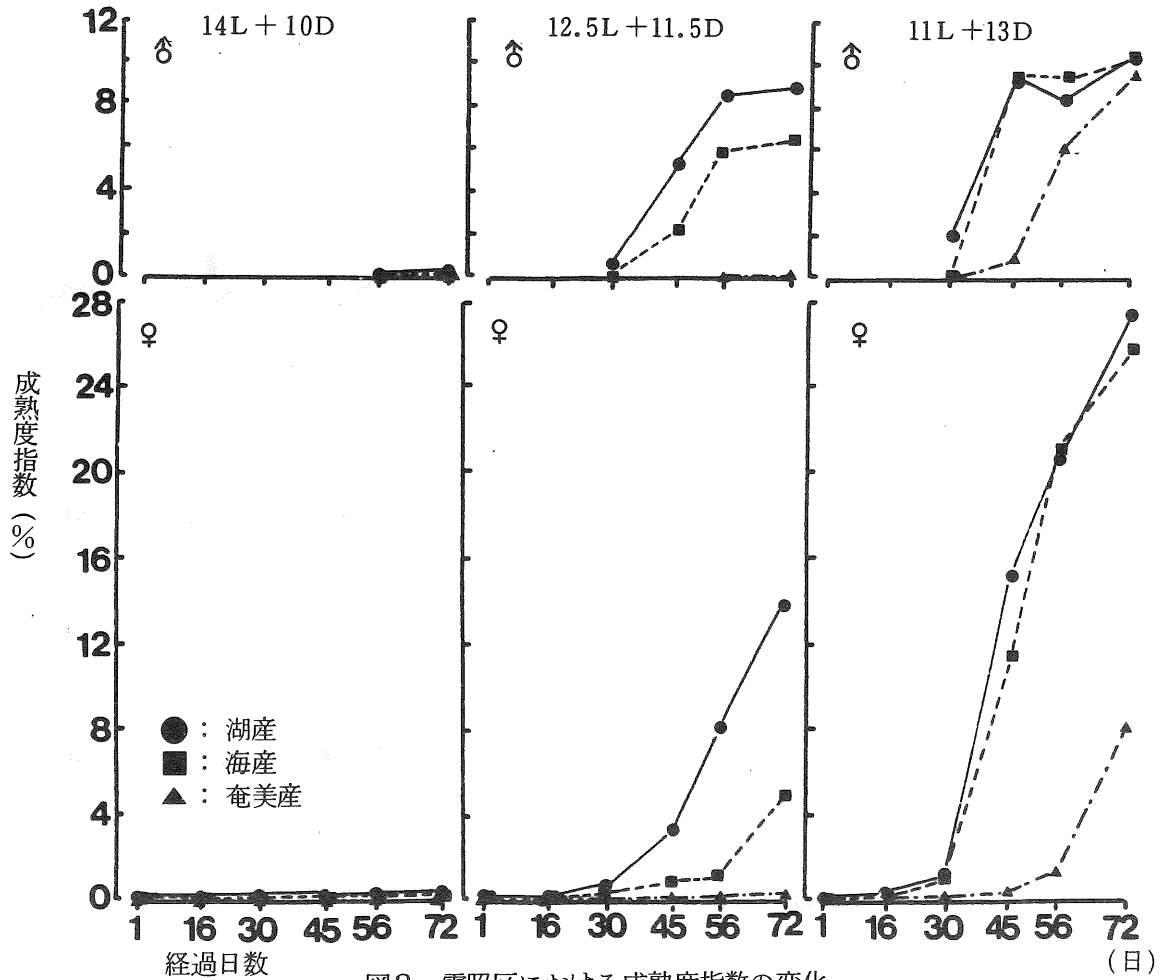


図3 電照区における成熟度指数の変化

熟度指数の平均値は湖産雄5.4%，雌3.3%，海産雄2.3%，雌1.0%となり，72日目には湖産雄8.9%，雌13.8%，海産雄6.6%，雌5.0%となって湖産が早く成熟する傾向を示した。一方，奄美産の成熟度指数は0.3%以下で生殖腺の発達は認められなかった。11L + 14D 区では湖産，海産は12.5L + 11.5D 区よりさらに急激に成熟し，45日目の成熟度指数は湖産雄9.5%，雌15.3%，海産雄9.7%，雌10.5%および奄美産雄1.0%，雌0.5%，となり，72日目には湖産雄10.6%，雌27.2%，海産雄10.4%，雌26.8%および奄美産雄9.7%，雌8.1%となった。夏至に近い日長から急激に日長時間を低下させた本区では，湖産と海産の成熟過程の差はみられなかった。また，奄美産も成熟を開始したが，湖産，海産より遅れる傾向を示した。

自然日長下における成熟度指数の変化を図4に示した。湖産，海産は8月4日以降急激に成熟

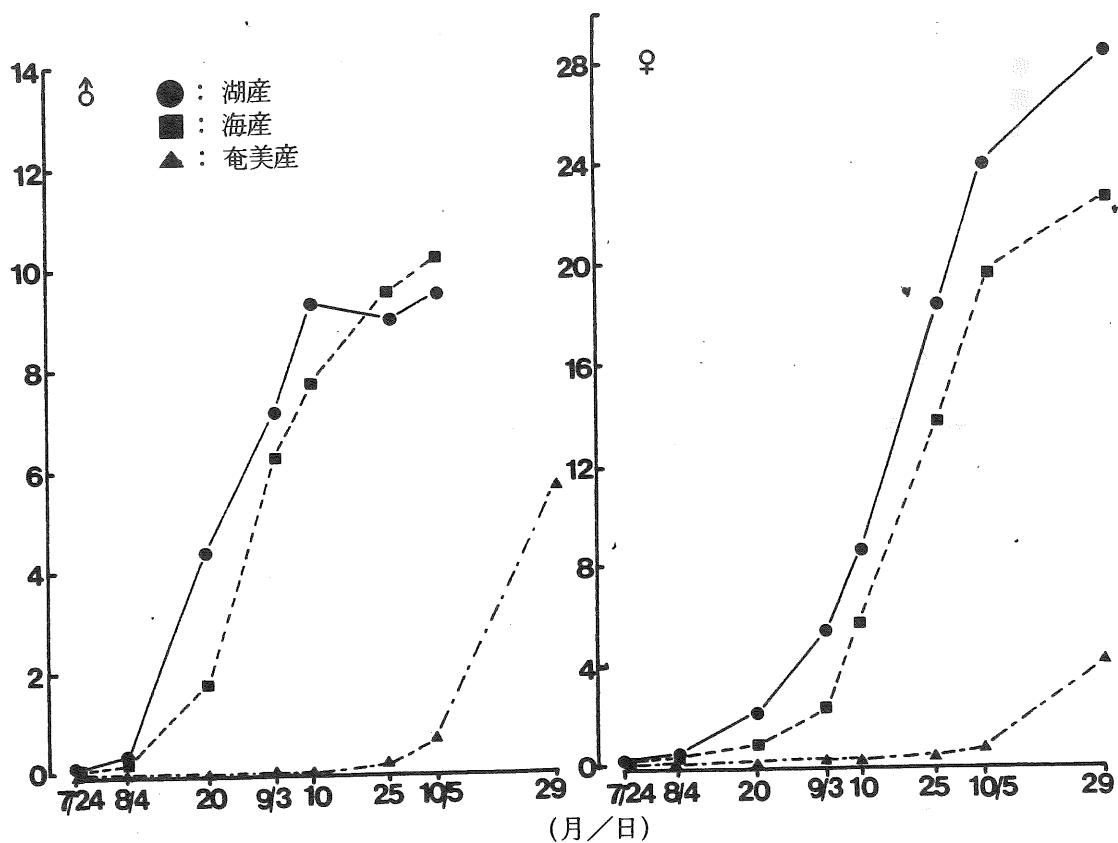


図4 自然日長下における成熟度指数の変化

し，この時点の日長時間は13.7L程度であった。また，奄美産は10月5日以降急激に成熟し，この時点の日長時間は11.7L程度あった。

本試験では同一日に採卵した湖産および海産を用いたことから，12.5L + 11.5D 区ならびに自然日長区の湖産の先熟傾向は，湖産が海産より早く日長時間の変化に反応することを示している。これらの結果から，各系統は成熟に関する独自の光周期性をもつものと考えられ，系統差の

存在が示唆された。

次に、電照区における各系統の初期の成熟度指数の変化を図5に示した。16日目までは各系統ともどの光周期下においても成熟しなかったが、30日目では12.5L + 11.5D区および11L + 13D

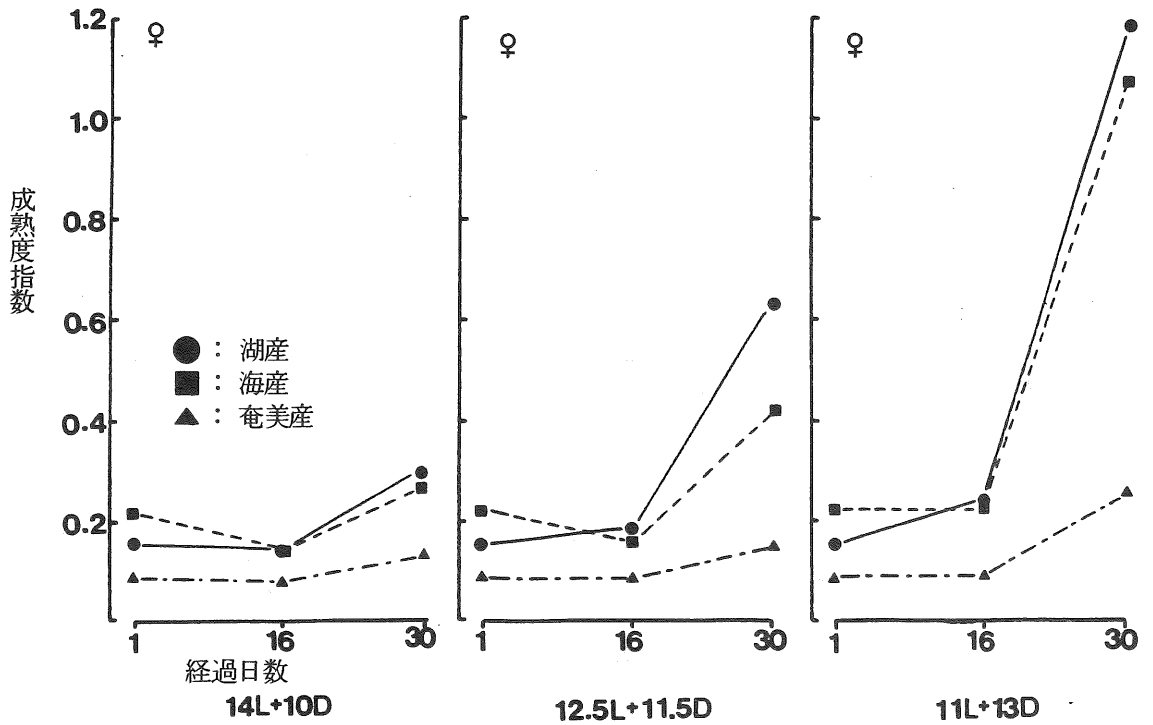


図5 電照区における初期の成熟度指数の変化

区で成熟が認められ、12.5L + 11.5D区で系統間の差が最も大きくなった。この系統差は図3に示すように、その後の成熟過程においても認められたことから、夏至に近い日長から12.5Lの日長に落として1ヶ月飼育することにより、その後の成熟過程を推測できる可能性が示された。また、日長時間に対する反応の差により早期および晩熟系等に分かれるとするならば、系統内における選択の方法としても利用できるかもしれない。

### 3. 雌性発生二倍体における成長形質の評価

試験に用いたホモ型クローンについて組織移植法によりクローン作出の証明を行なうとともに、混合および分離飼育によりホモ型クローン間の成長比較を行い、クローン毎の成長特性を把握した。また、ヘテロ型クローンを用いて各群間の成長特性を把握するとともに、海産系極体放出阻止型雌性発生二倍体 (G2N-A) の初代と3代目の成長を比較することにより選択効果の検討を行った。

## 実 験 方 法

1) ホモ型クローン間の成長比較 (1) ホモ型クローンの証明 供試魚として、1988年に作出し、継代飼育を行ってきた海産系クローン(クローンWA 1)、1991年に作出した3種類のクローン(クローンWA 2、クローンWA 3、クローンWA 4)を用いた。組織移植は自己とグループ内の鰓蓋を移植した。移植は10月14日から16日にかけて行い、44~46日後の11月28日に判定を行った。

(2) 混合飼育 供試魚は平均体重約6gの海産系対照群(Control, 以下Cont)、クローンWA 1、クローンWA 2およびクローンWA 4を各60尾ずつ用い、群間の体重組成ができるだけ同一になるよう調整した。これらの魚を10m<sup>2</sup>(2×5×0.35m)の飼育池に混養し、8月1日から10月9日までの70日間、アユ用配合飼料を与えて飼育し、40日目の9月9日に中間測定を行った。開始時に個体識別のため、体側筋肉部にピットタグ(IDENTIFICATION DEVICE S, INC. 製)を挿入した。飼育期間中の水温は17.9~19.6°Cであった。

(3) 分離飼育 供試魚は平均体重約4.9gのCont、クローンWA 1、クローンWA 2およびクローンWA 4を各100尾ずつ用い、群間の体重組成ができるだけ同一になるように調整した。各クローンは2m<sup>2</sup>(1×2×0.35m)の屋内池に、Contは3m<sup>2</sup>(1×3×0.35m)の屋内池に放養した。試験区は各クローン毎に給餌率2、4、6%区を、Contは4%区のみ計10区を設けた。給餌量は開始時には同一給餌率区の総魚体重の平均値に各給餌率を乗じた量とし、ほぼ7日毎に飼料効率を80%として開始時と同様な方法で各給餌率区の給餌量を算出した。飼育期間は7月17日から8月19日とし、30日間給餌を行った。飼育期間中の水温は18.0~21.6°Cであった。

2) ヘテロ型クローンの成長比較 供試魚は前年度、第一卵割阻止型雌性発生二倍体(G 2N-B)親魚に偽雄化したクローンWA 1を交配させた2群(ヘテロ型クローン1および2)、クローンWA 1に偽雄化したクローンWA 1を交配させた1群(クローンWA 1)およびContを用いた。供試尾数はヘテロ型クローン1、ヘテロ型クローン2、クローンWA 1はそれぞれ800尾、Contは600尾を用いた。これらの魚を50m<sup>2</sup>(5×10×0.7m)の飼育池に混養し、6月25日から10月21日までの117日間、アユ用配合飼料を給餌し飼育した。識別のため、ヘテロ型クローン1の脂鱗、クローンWA 1の左腹鱗およびContの脂鱗と右腹鱗を切除した。魚体重の測定は開始時、33日目、61日目、83日目および117日目に行った。飼育期間中の水温は16.1~19.6°Cであった。

3) G 2N-A 3代目の成長比較 供試魚は前年度報告<sup>1)</sup>のG 2N-A 選択群のうち2尾の大型サイズを選択して作出したG 2N-A 3代目群600尾と天然親魚3尾より作出したG 2N-A 初代群600尾およびCont 600尾を用いた。G 2N-A 3代目作出のための親魚の選択範囲を図6に示し

た。これらの魚を $50m^2$  ( $5 \times 10 \times 0.7m$ )の飼育池に混養し、6月13日から10月12日までの122日間、アユ用配合飼料を給餌し飼育した。開始時に識別のため、G2N-A 3代目群は脂鱗を、Cont は左腹鱗を切除した。魚体重の測定は開始時、31日目、60日目、89日目および122日目に行った。飼育期間中の水温は $16.0 \sim 19.7^\circ C$ であった。

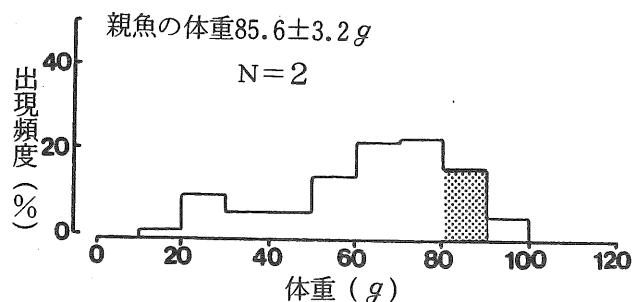


図6 G2N-A 3代目作出のための親魚の選択範囲

### 結果および考察

1) ホモ型クローンの成長比較 (1) ホモ型クローンの証明 組織移植結果を表1に示した。いずれのクローンも自己およびグループ内のすべての移植片を受け入れ、拒絶率は0%となり、クローン化の成功が示唆された。

表1 ホモ型クローンの組織移植結果

受 容 者	供与者	供与者/ 受容者数	受 容	拒 絶	拒絶率 (%)
クローンWA 1 (G-A 処理)	自 己	13/13	13	0	0
	グループ内	13/13	13	0	0
クローンWA 1 (ニセオス交配)	自 己	18/18	18	0	0
	グループ内	18/18	18	0	0
クローンWA 2	自 己	18/18	18	0	0
	グループ内	18/18	18	0	0
クローンWA 3	自 己	15/15	15	0	0
	グループ内	15/15	15	0	0
クローンWA 4	自 己	11/11	11	0	0
	グループ内	11/11	11	0	0

クローンWA 1: 1988年に作出した海産系継代クローン, 極体放出阻止およびニセオス交配で継代  
クローンWA 2: 1991年に作出した海産系初代クローン  
クローンWA 3: 1991年に作出した海産系初代クローン  
クローンWA 4: 1991年に作出した海産系初代クローン

(2) 混合飼育 結果の取りまとめは各区とも斃死があったので終了時点で生残していた魚のデータを基に行った。飼育結果を表2に、増重量の分布を図7に、体重、増重量および日間成長率の変動係数を図8に示した。終了時の増重量はCont で $37.52g$ 、クローンWA 1で $30.99g$ 、クローンWA 2で $23.54g$ およびクローンWA 4で $20.00g$ であり、Contで最もよく、次い

表2 飼育結果

項目	C o n t	クローンWA1	クローンWA2	クローンWA4
開始時平均体重 (g)	5.97	6.00	5.98	6.04
標準偏差 (g)	0.29	0.35	0.26	0.27
変動係数	0.049	0.058	0.044	0.045
中間時平均体重 (g)	28.65	21.51	18.39	17.51
標準偏差 (g)	4.1	1.43	1.08	1.15
変動係数	0.143	0.067	0.059	0.066
終了時平均体重 (g)	43.49	36.99	29.52	26.04
標準偏差 (g)	7.69	1.74	1.70	2.03
変動係数	0.177	0.047	0.058	0.078
中間一開始増重量 (g)	22.67	15.51	12.41	11.47
標準偏差 (g)	4.03	1.26	1.02	1.14
変動係数	0.178	0.082	0.082	0.100
終了一開始増重量 (g)	37.52	30.99	23.54	20.00
標準偏差 (g)	7.61	1.69	1.67	2.04
変動係数	0.203	0.054	0.071	0.102
中間一開始日間成長率 (%)	3.90	3.19	2.81	2.66
標準偏差 (%)	0.34	0.15	0.15	0.19
変動係数	0.088	0.046	0.053	0.071
終了一開始日間成長率 (%)	2.82	2.6	2.28	2.08
標準偏差 (%)	0.25	0.09	0.09	0.13
変動係数	0.087	0.036	0.041	0.062

C o n t : 1991年に海産系養成親魚より作出した人工1代目

クローンWA1: 1988年に作出した海産系継代クローン

クローンWA2: 1991年に作出した海産系初代クローン

クローンWA4: 1991年に作出した海産系初代クローン

測定尾数: C o n t 59尾, クローンWA1 57尾, クローンWA2 47尾,  
クローンWA4 52尾

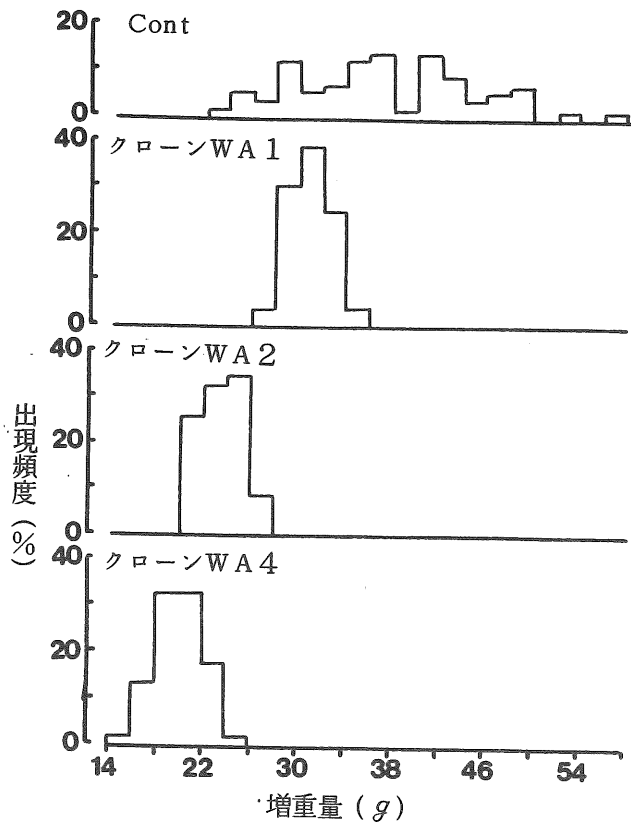


図7 増重量の分布

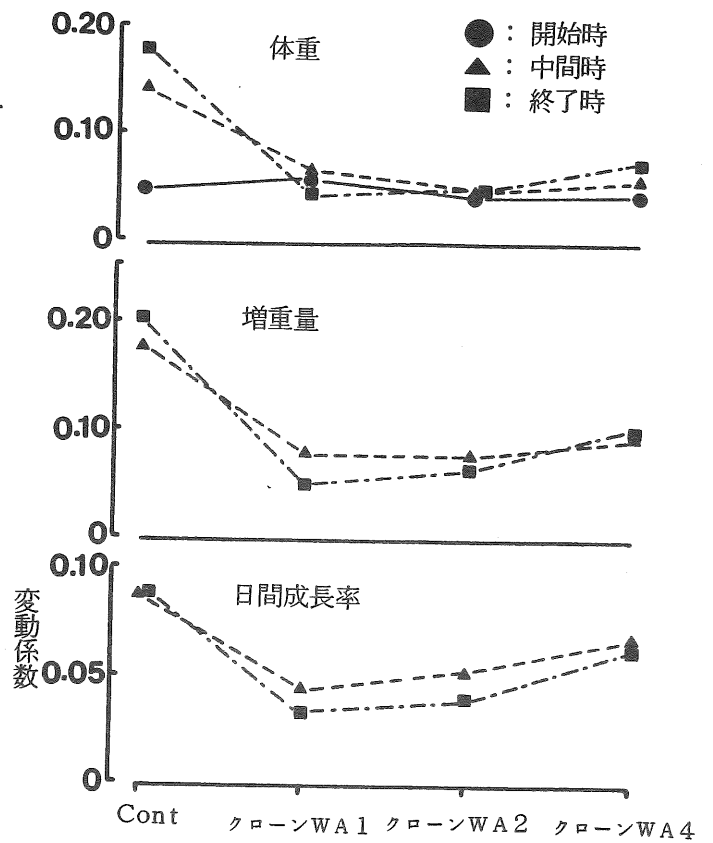


図8 体重、増重量および日間成長率の変動係数の変化

でクローンWA 1, クローンWA 2, クローンWA 4となった。日間成長率も同様の結果となり、クローン間に成長差が認められた。体重、増重量、日間成長率の変動係数は、Contに比べいずれのクローンでもかなり低く、特に体重ではContの $\frac{1}{2}$ 以下となり、成長の均一性が示された。しかし、クローンWA 4の変動係数はやや高く、クローンの系統により差がみられた。

(3) 分離飼育 飼育結果を表3に、給餌率と飼料効率および日間成長率の関係を図9に示

表3 飼育結果

給餌率 (%)	Cont	クローンWA 1			クローンWA 2			クローンWA 4		
	4	2	4	6	2	4	6	2	4	6
開始時平均体重 (g)	4.89	4.96	4.91	4.91	4.87	4.88	4.82	4.83	4.79	4.81
標準偏差 (g)	0.31	0.29	0.30	0.29	0.27	0.28	0.28	0.27	0.24	0.30
変動係数	0.063	0.058	0.061	0.059	0.055	0.057	0.058	0.056	0.050	0.062
終了時平均体重 (g)	10.94	7.55	11.88	18.03	7.22	11.59	15.38	6.21	10.5	11.65
標準偏差 (g)	1.43	0.35	0.71	1.42	0.74	1.09	1.39	0.42	0.94	1.00
変動係数	0.131	0.046	0.060	0.079	0.103	0.094	0.091	0.067	0.090	0.085
飼料効率 (%)	73.8	74.7	85.1	91.6	66.8	81.7	70.6	39.6	69.6	46.0
日間成長率 (%)	2.68	1.40	2.95	4.34	1.31	2.88	3.87	0.84	2.62	2.95

Cont: 1991年に海産系養成親魚より作出した人工1代目  
クローンWA 1: 1988年に作出した海産系継代クローン  
クローンWA 2: 1991年に作出した海産系初代クローン  
クローンWA 4: 1991年に作出した海産系初代クローン



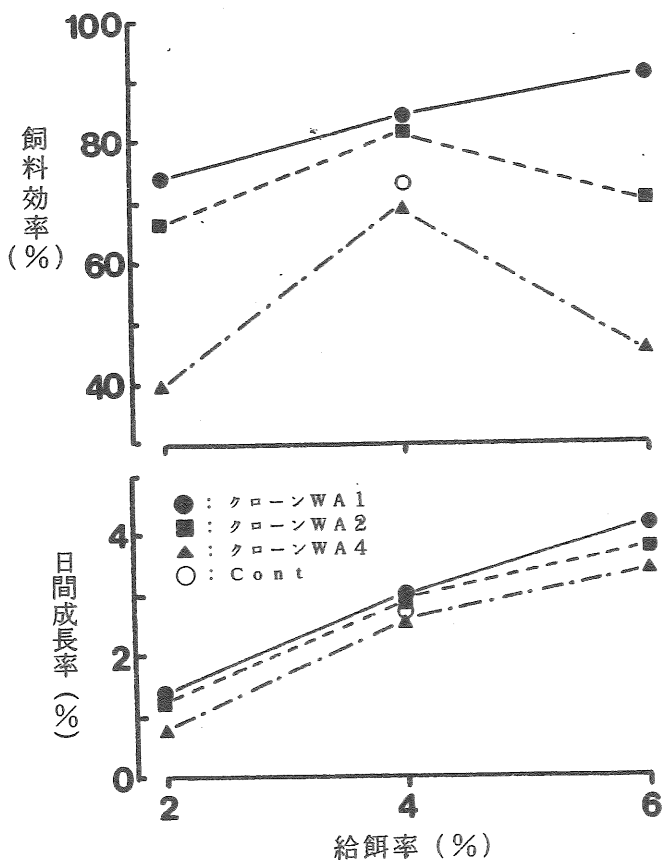


図9 給餌率と飼料効率および日間成長率の関係

比較から、成長形質においてもかなりの遺伝的影響があることが推定された。

2) ヘテロ型クローンの成長比較 ヘテロ型クローンおよびクローンの証明は高知大学で行われ、Gpi, 6-Pgd, Me-1, Me-2, Idh およびPgmの遺伝子座で、クローンWA 1は単一の同型接合体が出現し、ヘテロ型クローン1, 2はGpiの遺伝子座で単一の異型接合体が出現し、他の遺伝子座では単一の同型接合体が出現した。このことから、ヘテロ型クローンおよびクローンWA 1の作出の成功が推察された。

成長の推移を表4に、体重の変動係数と日間成長率の推移を図10に示した。117日目の日間成長率はヘテロ型クローン1で2.04%、ヘテロ型クローン2で2.13%とホモ型クローンであるクローンWA 1の1.51%およびContの1.64%を上回った。また、変動係数はいずれのクローンもContに比べ小さく、変異の縮小が認められた。

これら結果は前年度<sup>1)</sup>と同様な傾向を示した。このようにクローン間の交配によるヘテロ型クローンを利用することにより有用形質を備えた均一なアユを生産することが可能であると思われる。

した。いずれの給餌率においても飼料効率、日間成長率はクローンWA 1が最もよく、次いでクローンWA 2、クローンWA 4の順となり、特に低給餌率の2%区と高給餌率の6%区でその差は顕著となった。また、Contの4%給餌率区の飼料効率および日間成長率はクローンWA 1を下回った。4%給餌率のContの変動係数に比べ、各クローンの変動係数は小さく、成長の均一性が示唆された。

以上、混合飼育および分離飼育の結果から、クローンでは成長の均一化がみられ、クローン間に成長差が存在することが解った。このクローン間の成長差の原因の一つとして飼料効率の違いがあげられるが、クローンにより水温等の至適環境条件が違う可能性もあり、さらに検討が必要である。また、Contと各クローンの変動係数の

表4 ヘテロ型クローンの体重推移

種別	項目	開始時	33日目	61日目	83日目	117日
ヘテロ型クローン1	平均体重 (g)	3.9	10.12	16.73	24.01	42.47
	標準偏差 (g)	0.60	1.48	2.35	2.85	5.42
	変動係数	0.156	0.145	0.14	0.119	0.128
	日間成長率 (%)	—	2.89	2.39	2.19	2.04
	測定尾数	100	77	79	80	79
ヘテロ型クローン2	平均体重 (g)	3.39	10.13	17.21	25.14	41.05
	標準偏差 (g)	0.44	1.19	2.49	3.05	4.02
	変動係数	0.130	0.118	0.145	0.121	0.098
	日間成長率 (%)	—	3.32	2.66	2.41	2.13
	測定尾数	101	80	79	80	81
クローンWA1	平均体重 (g)	4.68	9.87	14.4	18.37	27.29
	標準偏差 (g)	0.57	1.36	2.13	2.03	2.67
	変動係数	0.121	0.138	0.148	0.111	0.098
	日間成長率 (%)	—	2.18	1.84	1.65	1.51
	測定尾数	100	80	80	80	75
Cont	平均体重 (g)	5.85	15.13	22.62	29.78	39.93
	標準偏差 (g)	1.16	2.67	3.59	4.32	7.09
	変動係数	0.199	0.177	0.159	0.145	0.178
	日間成長率 (%)	—	2.88	2.22	1.96	1.64
	測定尾数	98	80	81	86	21

ヘテロ型クローン1: 偽雄化したクローンWA1×卵割阻止型親魚(1尾)  
 ヘテロ型クローン2: 偽雄化したクローンWA1×卵割阻止型親魚(1尾)  
 クローンWA1: 偽雄化したクローンWA1×クローンWA1親魚

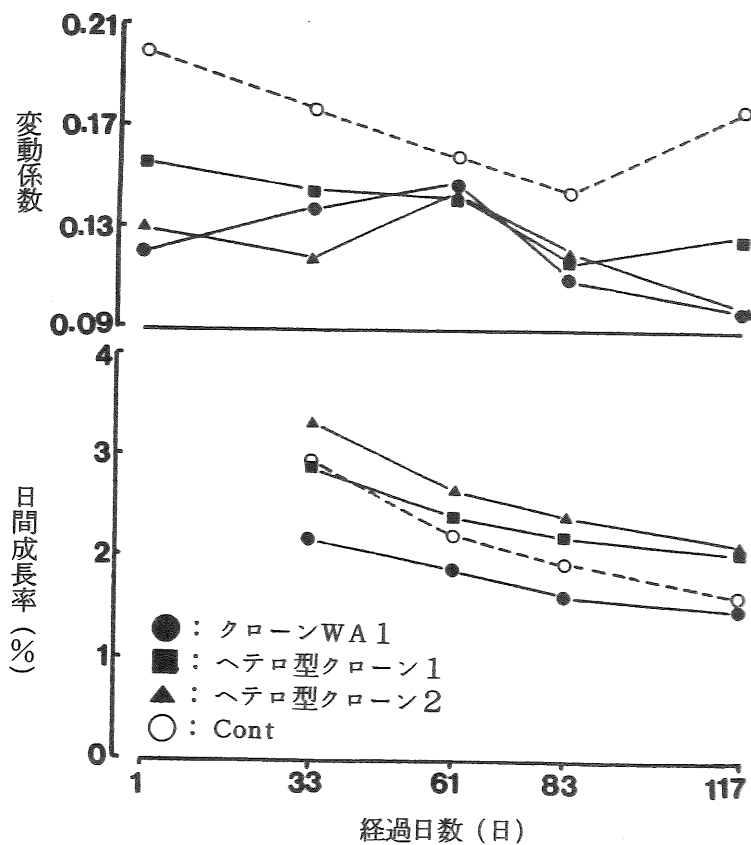


図10 ヘテロ型クローンの体重の変動係数と日間成長率の推移

3) G2N-A 3代目の成長比較 体重の推移を表5と図11に示した。G2N-A 3代目群と初代群の比較では、31日目より明らかに3代目群の成長が優れ、122日目の平均体重はG2N-A 3代目群の64.93gに対し、初代群は40.94gに過ぎなかった。また、G2N-A 3代目群とContの比較ではほぼ同様な成長を示した。体重の変動係数は開始時を除き、G2N-A 初代群で最も大きくなった。G2N-A 3代目群とContの比較では122日目にはContの0.185に対し、G2N-A 3代目群では0.109と小さくなっていた。

122日目における体重の分布を図12に示した。G2N-A 初代群において60g以上の魚は13%出現したのみであったが、G2N-A 3代目群では76%みられ、Contの59%を上回った。

これらのことはG2N-Aの大型魚を継代することにより、成長に関する選択効果が期待できることを示している。

表5 G2N-A 3代目の体重推移

種別	項目	開始時	31日目	60日目	89日目	122日目
G2N-A 初代群	平均体重 (g)	5.47	9.43	17.12	27.79	40.94
	標準偏差 (g)	1.19	2.53	5.90	9.77	11.73
	変動係数	0.217	0.268	0.345	0.352	0.287
	測定尾数	96	70	80	81	150
G2N-A 3代目群	平均体重 (g)	4.77	11.52	23.14	38.73	64.93
	標準偏差 (g)	0.98	1.88	3.21	4.68	7.09
	変動係数	0.206	0.163	0.139	0.121	0.109
	測定尾数	99	70	81	83	150
Cont	平均体重 (g)	4.45	11.40	24.04	41.89	63.64
	標準偏差 (g)	1.10	2.60	4.34	7.74	11.74
	変動係数	0.247	0.228	0.181	0.185	0.185
	測定尾数	99	69	79	81	100

G2N-A 初代群: 1991年に作出した初代海産系極体放出阻止型

G2N-A 3代目群: 1990年に作出した大型の海産系極体放出阻止型の3代目

Cont: 1991年に海産系養成親魚より作出した人工1代目

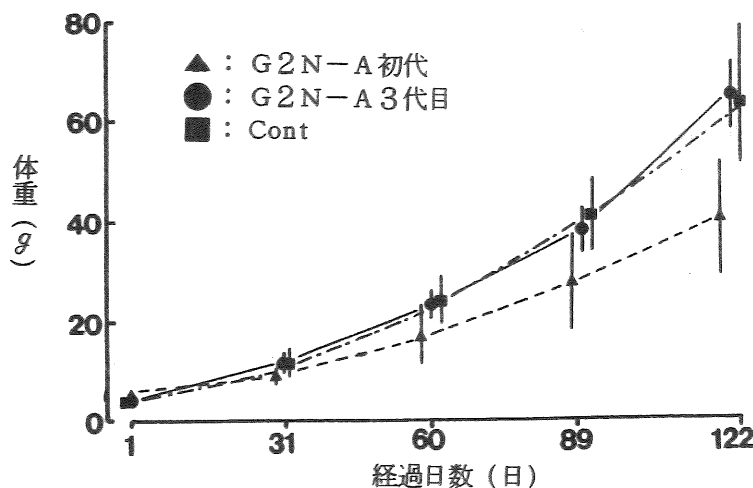


図11 G2N-A 3代目の体重の推移

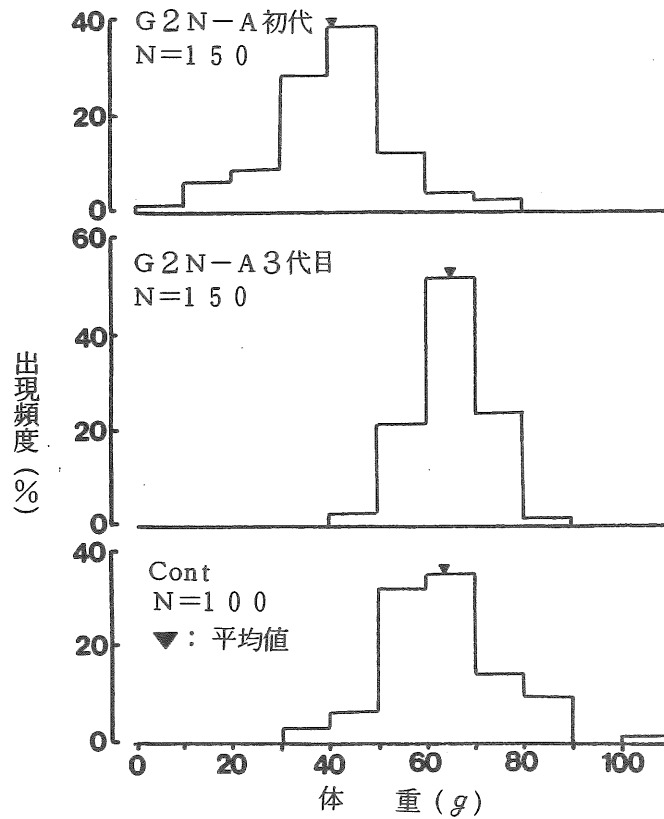


図12 G2N-A 3代目の体重分布

### 3. 雌性発生二倍体における再生産形質の評価

再生産形質の遺伝性を検討するためにホモ型およびヘテロ型クローンの成熟過程と産卵時期の変異を把握するとともにクローン間の卵径の比較を行った。また、G2N-A 3代目の成熟指数を調査し、初代との比較を行った。

### 実験方法

1) クローンの成熟過程と産卵時期の変異 (1) 成熟過程 供試魚は海産系Contの雌, G2N-B, クローンWA 1およびクローンWA 2を用いた。Contの雌, クローンWA 1およびクローンWA 2は, 7月10日より同型の10m<sup>2</sup> (2×5×0.35m) の飼育池に分離飼育されていたものである。また, G2N-Bは9月21日に収容した。成熟度調査は9月4, 21日, 10月7および22日に10~21尾について行った。

(2) 産卵時期の変異 ピットタグにより個体識別した海産系Contの雌, クローンWA 1, クローンWA 2およびクローンWA 4を27~59尾用いた。これらの魚は8月1日より10m<sup>2</sup> (2×5×0.35m) の飼育池に混養されていたものである。10月24日に雄と雌の比率が1:2になるように海産系Contの雄を放養した。10月24日から12月7日までの間に計14回, 全数を取り上げ

産卵調査を行った。調査時点で未排卵魚（腹部を押しても卵の出ない魚）、排卵魚（腹部を押すと卵の出る魚）および放卵魚（産卵を終えた魚）に分け、排卵魚および放卵魚の合計を産卵魚とした。飼育期間中の水温は14.2～18.5℃であった。

2) ヘテロ型クローンの成熟過程と産卵時期の変異 (1) 成熟過程 供試魚は海産系Contの雌、クローンWA 1, ヘテロ型クローン1および2で、これらの魚は6月25日から50m<sup>2</sup> (5×10×0.7m) の飼育池に混養されていたものである。成熟度調査は9月17日, 10月5, 21および30日に10～23尾について行った。

(2) 産卵時期の変異 供試魚はクローンWA 1, ヘテロ型クローン1および2を150尾ずつ用いた。これらの魚は7月10日より同型の10m<sup>2</sup> (2×5×0.35m) の飼育池に分離飼育されていたものである。10月26日に雄と雌の比率が1:2になるように海産系Contの雄を放養した。10月26日から11月11日まで1～5日毎に計9回, 全数を取り上げ産卵調査を行った。飼育期間中の水温は17.1～18.5℃であった。

3) クローン間の卵径の比較 雌親として海産系Cont, クローンWA 1およびクローンWA 2は8月1日より混養していたものを用い, ヘテロ型クローンは7月10日から同型の飼育池で分離飼育をしていたものを用いた。いずれも10尾から個体別に採卵した。

採卵した卵は海産系の精子と受精させ, 水中に1時間置き, 十分に吸水させてから5%のホルマリンで固定した。卵は万能投影機で50倍に拡大した卵の直径と短径を測定し, その平均を求めた。これを30回繰り返し, その平均を求めその親魚の卵径とした。

4) G2N-A 3代目の成熟度指数の比較 供試魚はG2N-A 初代群および3代目群で, これらの魚は6月13日から混養されていたものである。成熟度調査は9月6, 24日および10月12日に20～43尾について行った。

## 結果 および 考察

1) ホモ型クローンの成熟過程と産卵時期の変異 (1) 成熟過程 成熟度指数の推移を図13に示した。10月22日における変動係数はG2N-Bで0.355, Contで0.154, クローンWA 1で0.079およびクローンWA 2で0.109となり, 変異幅はG2N-Bで拡大し, クローンで縮小した。これは平成2年度の結果<sup>2)</sup>と同じであった。

(2) 産卵時期の変異 クローンの産卵状況を図14に示した。Contは10月24日の調査時点ですでに放卵魚がみられ, その後, 11月24日まで産卵を継続し, 12月7日の調査終了時点で約7%の未排卵魚が存在した。クローンWA 1は11月10日より排卵魚がみられ, 11月22日にはすべての個体が産卵を終了していた。これに対し, クローンWA 2は11月13日よりわずかに排卵魚が

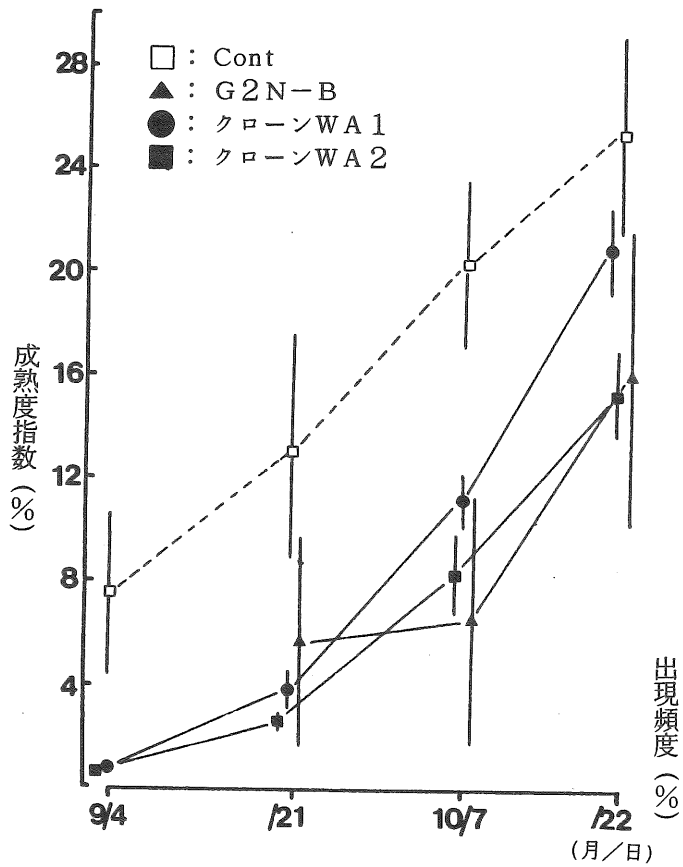


図13 ホモ型クローンの成熟度指数の推移

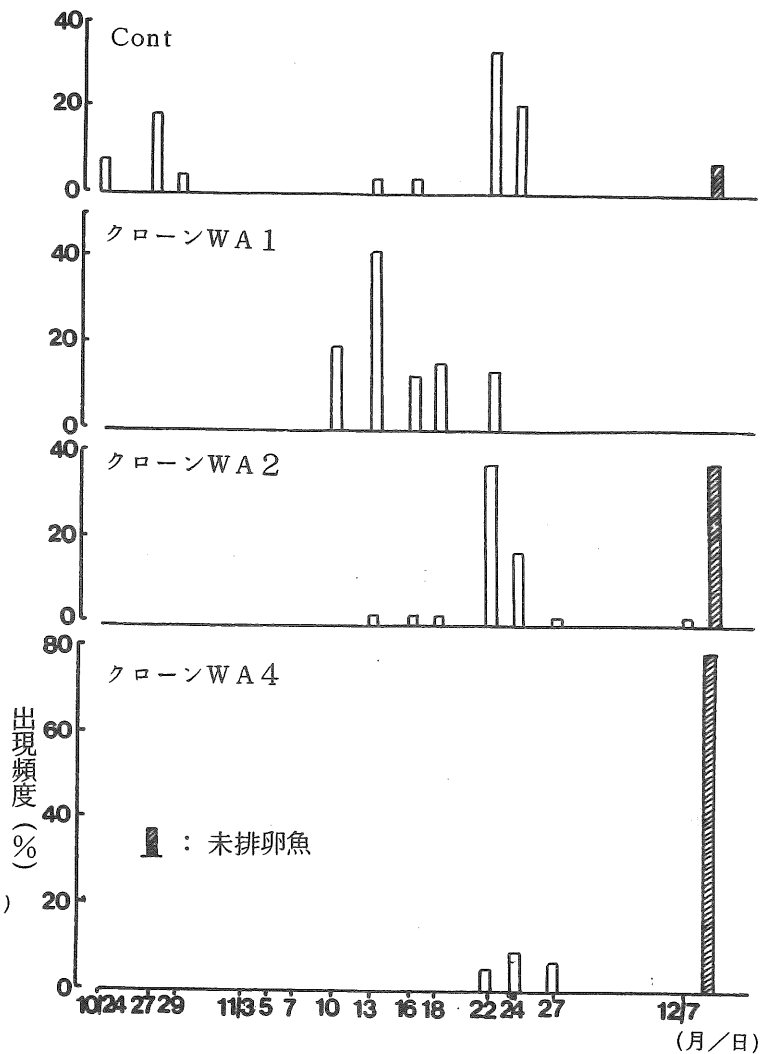


図14 ホモ型クローンの産卵状況

みられ、11月22日にピークとなったが、調査終了時点で約36%の未排卵魚が存在した。未排卵魚はすべて成熟しており、その成熟度指数は $29.4 \pm 2.2\%$ 、変動係数0.075 (N=18)であった。クローンWA 4は11月22日から散発的に排卵が認められたが、調査終了時点で約79%の魚が未排卵魚であった。未排卵魚のうち、全く成熟が認められない魚が約38%出現し、また、成熟した魚の成熟度指数は $34.4 \pm 2.5\%$ 、変動係数0.073 (N=21)であった。

クローンWA 1の産卵期間は、13日間と前回までの調査に比べやや長くなったが、別の親魚養成池のクローンWA 1の産卵は次のように極めて集中した。産卵は11月12日から始まり、11月14日に622尾について調査した結果、放卵魚510尾(82%)、排卵魚108(17%)および未排卵魚4尾(1%)であった。このことから、クローンWA 1は集中して産卵する特性を維持していると考えられる。クローンWA 2の未排卵現象は排卵したものでも搾取卵数が非常に少ないことから、生殖形質における生理障害および排卵障害とみられ、有害遺伝子の存在が示唆される。クローンWA 4は成熟しないか、又は完熟するか2極となり、中間的なものは存在しな

かった。この現象の理由については不明であり、今後検討が必要である。

このように、クローンにより近交弱勢が顕在化する場合もあるが、クローンWA 1のように優れた性質のもつものもあることに注目する必要がある。

2) ヘテロ型クローンの成熟過程と産卵時期の変異 (1) 成熟過程 成熟度指数の推移を図15に示した。10月21日における変動係数はContで0.115, ヘテロ型クローン1で0.081, ヘテロ型クローン2で0.055およびホモ型クローンであるクローンWA 1で0.069となり, 変異幅はContが最も大きく, いずれのヘテロ型クローンもクローンWA 1と同様に小さくなった。

(2) 産卵時期の変異 産卵状況を図16に示した。クローンWA 1の産卵は, 11月3日に始まり11日までに全個体が終了し, 産卵期間は9日間であった。ヘテロ型クローン1および2の産卵は, 10月29日に始まり11月4日までに全個体が終了した。産卵期間は7日間と短く, ヘテロ型クローンにおいても産卵の集中化がみられた。

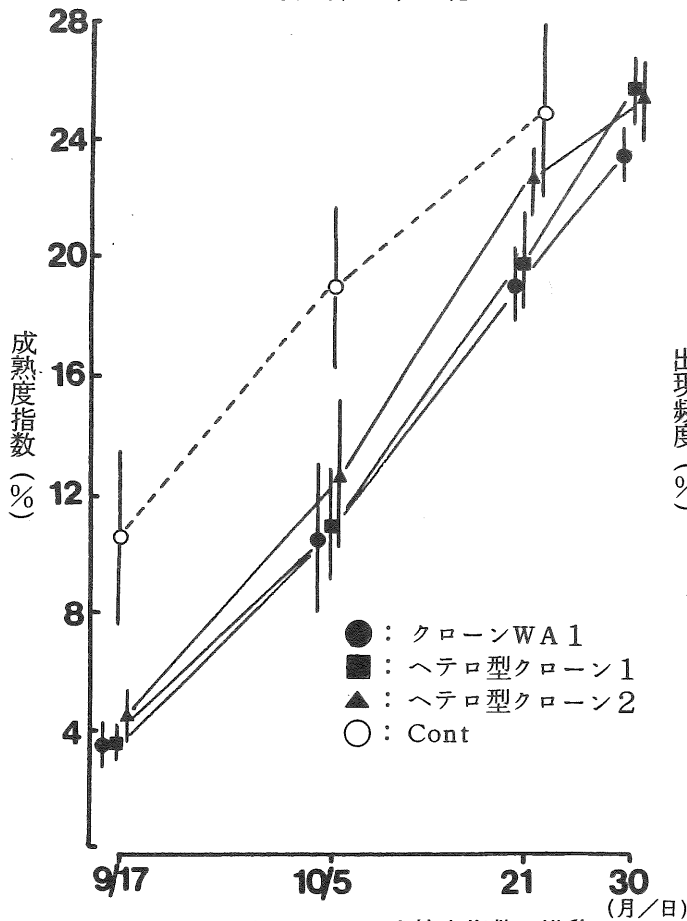


図15 ヘテロ型クローンの成熟度指数の推移

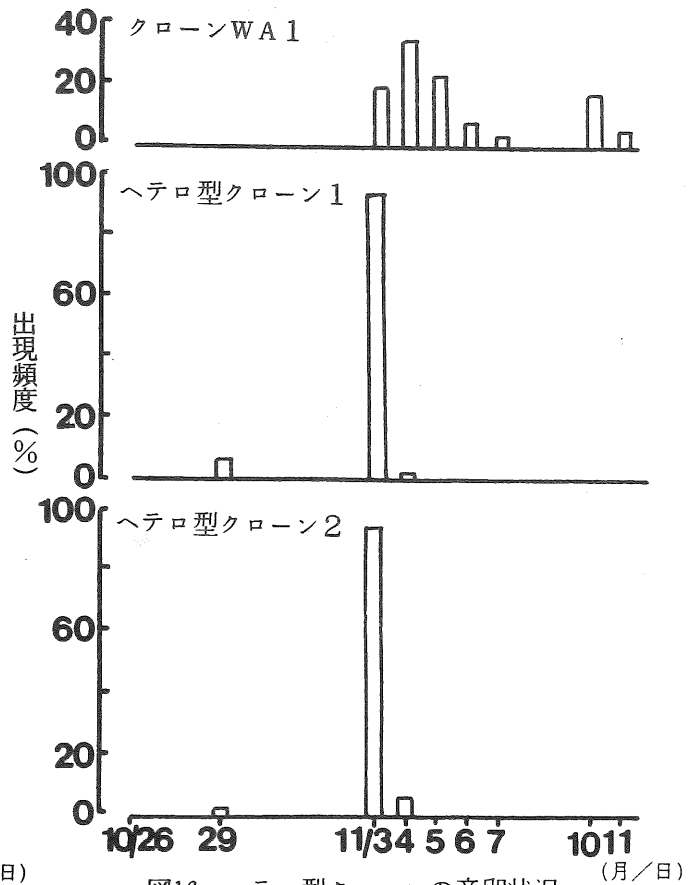


図16 ヘテロ型クローンの産卵状況

3) クローン間の卵径の比較 各クローンの親魚別卵径を表6および図17に示した。変動係数はContの0.020に比べ, クローンおよびヘテロ型クローンでは0.003~0.011と小さく, 変異の縮小が認められた。また, 卵径の平均値も0.982から1.026とクローン間で異なり, クローン毎に均一で異なる卵径を持つものと考えられた。このことから卵径についての遺伝的影響が示唆された。

表6 クロウンの親魚別卵径

種 類	親魚数	平均値	標準偏差	変動係数
Cont	10	1.030	0.021	0.020
クローンWA 1	10	0.982	0.005	0.005
クローンWA 2	10	1.008	0.011	0.011
ヘテロ型クローン1	10	1.026	0.003	0.003
ヘテロ型クローン2	10	1.005	0.007	0.007

Cont: 1991年に海産系養成親魚より作出した人工1代目  
 クローンWA 1: 1988年に作出した海産系の継代クローン  
 クローンWA 2: 1991年に作出した海産系の初代クローン  
 ヘテロ型クローン1: 偽雄化したクローンWA 1×卵割阻止型親魚(1尾)  
 ヘテロ型クローン2: 偽雄化したクローンWA 1×卵割阻止型親魚(1尾)

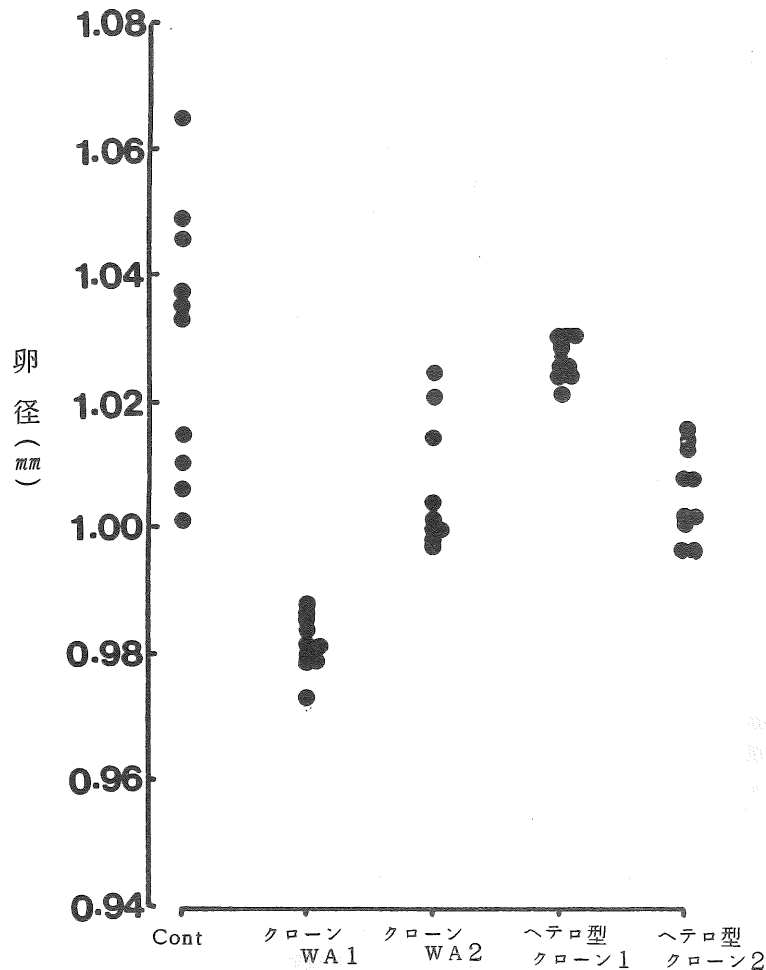


図17 クロウンの親魚別卵径

4) G2N-A 3代目の成熟度指数の比較 成熟度指数の変化を表7に、10月12日の成熟度指数の分布を図18に示した。変動係数は初代群に比べ、3代目群ではいずれの測定時においても $1/2$ 以下程度と小さく、また、成熟度指数が極端に低い個体は全くみられなかった。このことから継代飼育を実施することにより成熟不良個体を除去することが可能であると思われる。



表7 G2N-A 3代目の成熟度指数の変化

種別	測定日	92.9.6	9.24	10.12
G2N-A 初代群	平均値 (%)	3.96	5.91	12.40
	標準偏差 (%)	2.20	4.66	5.66
	変動係数	0.556	0.788	0.456
	測定尾数	20	20	40
G2N-A 3代目群	平均値 (%)	2.64	6.62	14.92
	標準偏差 (%)	0.77	2.11	2.46
	変動係数	0.292	0.319	0.165
	測定尾数	20	20	43

G2N-A 初代群: 1991年に作出した初代海産系極体放出阻止型

G2N-A 3代目群: 1990年に作出した大型の海産系極体放出阻止型の3代目

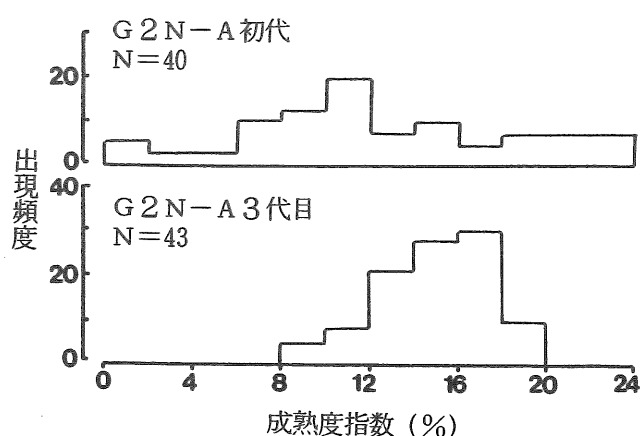


図18 G2N-Aの成熟度指数の分布 (92.10.12)

#### 4. 雌性発生二倍体における形態形質の評価

体形の遺伝性を検討するため、クローン間の体形を比較するとともに、G2N-A 2代目のうち特徴のある体形を選択した場合の次世代の体形について調査した。

#### 実験方法

1) ホモ型クローンの体形比較 供試魚は7月10日より同型の10m<sup>2</sup> (2×5×0.35m) の飼育池で分離飼育されていたクローンWA 1, クローンWA 2およびクローンWA 3を用いた。9月4日に20尾ずつ取り上げ、10%ホルマリンで固定後、体長、尾長、尾柄高、吻長、頭長、体高および体幅をノギスで計測した。

2) G2N-A 3代目の体形比較 供試魚は前年度、高成長でスマートな体形をしたタイプ (Bタイプ) を極体放出阻止により継代したG2N-A 3代目B'タイプを用いた。飼育池は前年

と同一池（5×10×0.7m）とし、飼育方法もほぼ同一とした。10月12日に20尾を取り上げ10%ホルマリンで固定した後、クローン間の体形比較と同じ方法で測定した。

## 結果および考察

1) ホモ型クローンの体形比較 ホモ型クローンにおける計量形質の体長比を表8に、クローンWA 1の値を1とした場合のクローンWA 2およびクローンWA 3の比率を図19に示した。クローンWA 1に比べクローンWA 2およびWA 3は、尾長比が低く、尾柄高比、体高比および体幅比が高かった。また、クローンWA 2とWA 3の比較では、クローンWA 2は尾長比、尾柄高比、体高比および体幅比が低く、吻長比および頭長比は高かった。このように、クローンは互いに異なる体形を示し、肉眼的にも三者を判別できた。変動係数はContに比べ、小さく体形の均一化がみられる。これらのことから、クローンにおける体形の差は遺伝的差であることが推察された。

表8 ホモ型クローンにおける計量形質の体長比

種類 (個体数)	項目	尾長	尾柄長	尾柄高	吻長	頭長	体高	体幅
クローンWA 1 (20)	平均値	29.30	12.89	7.39	7.72	23.57	18.14	12.78
	標準偏差	0.33	0.22	0.14	0.23	0.31	0.27	0.25
	変動係数	0.011	0.017	0.020	0.030	0.013	0.015	0.019
クローンWA 2 (20)	平均値	26.61	13.14	7.82	7.86	23.57	18.83	13.05
	標準偏差	0.35	0.20	0.13	0.20	0.48	0.37	0.19
	変動係数	0.013	0.015	0.016	0.025	0.020	0.020	0.015
クローンWA 3 (20)	平均値	27.21	12.99	8.11	7.65	23.16	19.53	13.21
	標準偏差	0.44	0.34	0.14	0.16	0.35	0.29	0.23
	変動係数	0.016	0.026	0.018	0.021	0.015	0.015	0.017
Cont (20) *	平均値	28.91	13.58	8.01	7.84	23.4	20.24	14.92
	標準偏差	0.79	0.78	0.21	0.35	0.44	0.85	1.14
	変動係数	0.027	0.057	0.026	0.045	0.019	0.042	0.076

クローンWA 1: 1988年に作出した海産系の継代クローン

クローンWA 2: 1991年に作出した海産系の初代クローン

クローンWA 3: 1991年に作出した海産系の初代クローン

\* : 平成3年度報告の数値

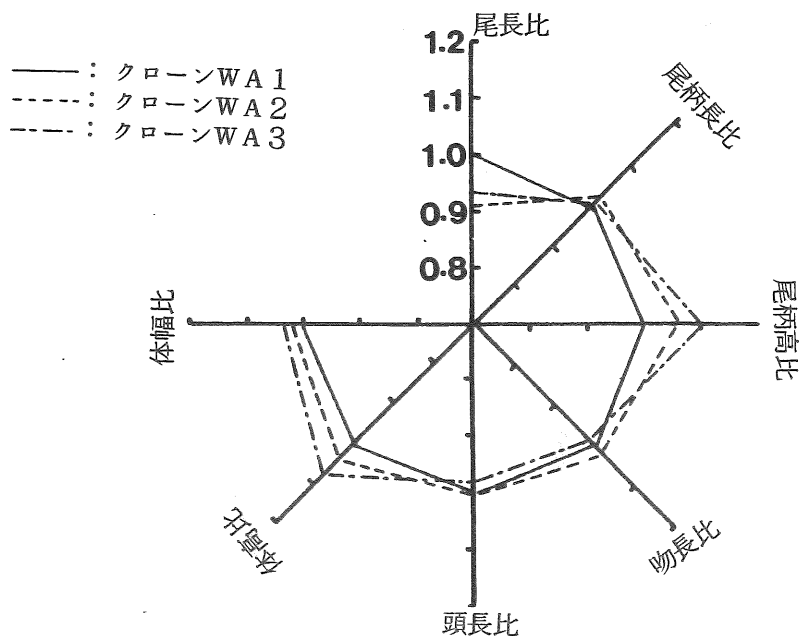


図19 ホモ型クローンの体形の比較

2) G2N-A 3代目の体形比較 前年度報告<sup>1)</sup>のA, BタイプおよびG2N-A 3代目B'タイプの計量形質の体長比を表9に示した。BタイプとB'タイプ間では、尾長比、尾柄高比、頭長比および体高比には有意差はみられなかったが、尾柄長比、吻長比および体幅比ではみられた。有意差がみられた部位は、前年度クローンの測定結果から環境効果による変異が大きいと考えられた部位と一致した。全体のプロポーションを決めるうえで大きな要素と考えられる体高/体長比および頭長/体長比を図20に示した。BおよびB'タイプ間の比率は近く、AタイプとB'タイプは異なった。これらのことから体形は環境によって影響を受けるものの、G2N-Aにおいて特徴ある体形のものを選択して継代することにより、遺伝的固定をある程度達成できるものと考えられる。

表9 G2N-A 3代目のアユの計量形質の体長比

種類 (個体数)	項目	尾長	尾柄長	尾柄高	吻長	頭長	体高	体幅
G2N-A 2代目 Aタイプ(5)	平均値	28.28	13.61	7.97	7.46	21.75	24.50	17.25
	標準偏差	0.72	0.26	0.24	0.39	0.41	0.59	0.61
	変動係数	0.026	0.019	0.030	0.052	0.019	0.024	0.036
G2N-A 2代目 Bタイプ(5)	平均値	28.60	13.73	7.89	7.12	21.02	22.36	16.31
	標準偏差	0.60	0.41	0.16	0.20	0.40	0.33	0.28
	変動係数	0.021	0.030	0.020	0.028	0.019	0.015	0.017
G2N-A 3代目 Bタイプ(20)	平均値	28.06	12.81	7.72	6.89	20.87	22.38	14.50
	標準偏差	0.60	0.40	0.21	0.19	0.26	0.55	0.36
	変動係数	0.021	0.031	0.027	0.028	0.013	0.025	0.024

Aタイプ: 1990年に大型サイズの45.5±2.5gの初代極体放出阻止型親魚8尾より作出した2代目のうち体高の高いタイプ

Bタイプ: 1990年に大型サイズの45.5±2.5gの初代極体放出阻止型親魚8尾より作出した2代目のうち高成長でスマートな体形をしたタイプ

B'タイプ: Bタイプを極体放出阻止により継代したもの

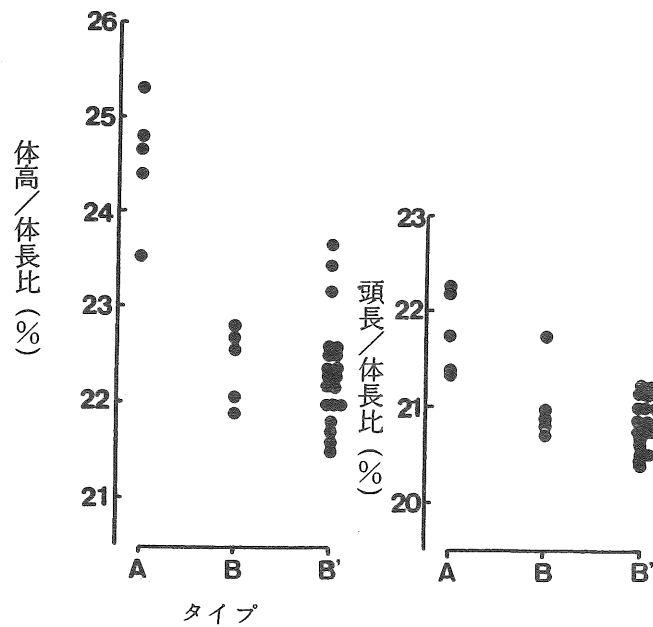


図20 G2N-Aおよび3代目における体高/体長比, 頭長/体長比

## 文 献

- 1) 辻村明夫, 宇野悦央, 松本全弘: 雌性発生法によるアユの有用形質の識別・評価に関する研究-Ⅲ, 平成3年度和歌山県内水面漁業センター事業報告, 7-32 (1993).
- 2) 辻村明夫, 堀江康浩, 松本全弘: 雌性発生法によるアユの有用形質の識別・評価に関する研究-Ⅱ, 平成2年度和歌山県内水面漁業センター事業報告, 8-25 (1992).

## 謝 辞

本研究を行なうにあたり, 試験魚の分与およびアイソザイム分析をしていただいた高知大学農学部栽培漁業学科谷口順彦教授に深謝いたします。