

配合飼料の単独給餌によるアユ仔稚魚の飼育試験

元谷 剛・水戸 鼓・杉野博之・山本章造

Rearing Experiments for Larval Ayu *Plecoglossus altivelis* Using Various Commercial Diets

Tsuyoshi MOTODANI, Tsuzumi MITO, Hiroyuki SUGINO, and Shozo YAMOTO

キーワード: 1993, アユ, 餌料試験

アユの初期飼育は、全長20mmサイズから市販の初期配合飼料の単独給餌で飼育できることが明らかとなっている¹⁾。しかし、全長15~18mmサイズからの仔魚の初期配合飼料による飼育試験では実施機関によって成績にばらつきを生じ、脊索白化個体の出現や体形異常の発生率が高くなるなどの問題を生じている¹⁾。そこでこれらの問題について検討するために、再度15mmサイズの仔魚を対象にし、市販のアユ仔魚用配合飼料を用いて比較飼育試験を行った。

なお、本試験はアユ初期飼料研究会小規模試験として、試験実施要領に基づいて行った。

材料と方法

供試材料 試験には当栽培漁業センターの量産事業でシオミヅボワムシ *Brachionus plicatilis* (以下ワムシとする) 及びアルテミア *Artemia salina* 幼生及び配合飼料を給餌して飼育されたふ化後25日目の平均全長 13.8 ± 1.50 mm (標準偏差), 平均体重5.64mgの仔魚を用いた。

試験区 試験に使用した餌料の種類を表1に示した。試験区は飼料メーカーの異なる3種類の配合飼料を使用し、配合飼料単独区(以下配合区とする)のA, B, C区と対照として配合飼料, ワムシ及びアルテミア幼生を給餌した生物餌料併用区(以下生物区とする)の合計4

表1 試験区別の餌料種類

試験区	飼料
A	配合飼料
B	"
C	"
生物	生物餌料+配合(対照区)

区を設け、各区に2水槽ずつ合計8水槽を使用した。

各配合飼料メーカーの分析による一般成分, アミノ酸組成及び脂肪酸組成の値を表2, 3, 4に示した。

飼育条件 試験水槽にはポリカーボネイト製の0.5kl

表2 飼料の一般成分分析値 (%)

成分	A	B	C
水分		5.3	8.9
粗蛋白質	54.0	58.3	83.2
粗脂肪	10.0	18.3	11.9
粗灰分	13.0	11.6	13.0
粗組織	3.0	0.4	0.6
ビタミンC(mg%)	160	400	151

表3 飼料中のアミノ酸組成 (%)

種類	A	B	C
イソロイシン	4.53	2.0	2.61
ロイシン	9.08	3.9	4.32
リジン	7.60	3.7	7.32
メチオニン	3.55	1.2	1.69
シスチン	0.72	0.3	0.56
フェニルアラニン	4.85	2.2	2.07
チロシン	4.30	1.7	2.29
スレオニン	4.36	2.4	2.59
トリプトファン	1.2	0.4	1.08
バリン	5.18	2.3	3.11
アルギニン	5.5	3.5	3.06
ヒスチジン	2.7	1.3	0.86
アラニン	5.64	3.4	3.74
アスパラギン酸	8.26	5.3	5.44
グルタミン酸	16.2	6.6	8.36
グリシン	3.8	3.6	3.19
セリン	5.6	2.5	2.74

容水槽を使用し、屋内に配置した。水槽上には人工照明（蛍光灯）を設置し、水面の照度を一定に保つようにした。水槽の周囲は黒色のポリエチレンシートで覆い、側面からの光の透過を遮断した。各水槽には前記の仔魚を1,200尾ずつ計数して収容した。

飼育水は、ろ過海水を4 kL容FRP水槽に貯水し、水温が15~16°Cの範囲となるように加温及び冷却した後、水中ポンプを用いて飼育水槽に注水した。注水量は、1日当たり水槽容量の6~8倍量とした。底掃除はサイホンで原則的に隔日に行い、その際、へい死魚を計数した。

基本とした給餌量を表5に示した。生物区のワムシは、

表4 飼料中総脂質の脂肪酸組成 (%)

脂肪酸	飼料		
	A	B	C
12:0		0.1	
14:0		4.4	1.0
15:0		0.3	0.1
16:0		19.8	19.7
16:1		5.2	1.5
17:0		1.0	4.2
17:1		1.2	
18:0	6.0	5.0	4.6
18:1	26.9	21.2	13.9
18:2	12.4	8.0	28.3
18:3	1.5	1.1	
18:4	1.5	1.7	
20:0			3.6
20:1	1.8	3.4	2.1
20:2	0.2	0.2	
20:3	0.1		
20:4	1.8	2.0	
20:5	6.7	11.7	8.4
22:1	1.0		0.5
22:3			0.4
22:4			0.9
22:5	0.7	1.0	0.6
22:6	8.4	11.3	8.6
others			0.1
total	69.0	98.6	98.5

表5 大きさ別の給餌量

全長 (mm)	飼料サイズ (mesh)	給餌量 (mg/日/尾)
15	120-80	6
20	120-80	6
30	80-50	8
40	50-30	15
50	50-30	30

飼育5日目まで1日当たり5個体/ml与え、アルテミア幼生は、飼育開始から試験終了時まで、1日に0.2~3.0個体/mlの密度で与えた。ワムシはナンクロロプシス *Nannochloropsis oculata* と油脂酵母で培養したものを与えた。アルテミア幼生は、24時間培養でふ化するアメリカ(ユタ州)産を使用し、培養時に乳化油脂剤で強化し、さらにニフルスチレン酸ナトリウム1~2 mg/lの濃度で薬浴後、給餌した。

給餌回数は配合区が1日6回、生物区が6回の給餌のうち生物餌料を2回与えた。

飼育試験は1993年11月4日~12月14日までの40日間行った。仔魚を飼育環境に慣らすために飼育試験を開始する前に、3日間の予備飼育を行った。飼育期間中の成長を把握するために、10日毎に仔魚を30尾ずつ採集し、全長と総体重を測定し、試験終了時に全数を取上げて計数するとともに、各区60尾ずつの全長と総体重を測定した。体形異常魚の調査のため、取上げ時に仔魚100尾を10%ホルマリンで固定した。

試験結果については、ダンカンの検定法(パソコンによる資源解析プログラム集2, 東海水研, 数理統計理論による)により、試験区間の有意性を危険率5%水準で検定した。

結果と考察

飼育試験期間中の飼育環境を表6に示した。水温は13.7~18.0°C, 照度は370~570 lux及び溶存酸素飽和度(DO)は93~100%の範囲で、仔稚魚を飼育するうえで特に問題はないと考えられた。

A飼料は粒子が均一、B、C飼料は粒子が不均一であった。B、C飼料は飼料中の油分が流失しやすく、水槽底の残餌に粘りを生じ、飼育水を汚しやすかった。

配合飼料に対する仔魚の摂餌は、試験開始時は環境や配合飼料に慣れていないのでやや不活発であったが、試験が進むにつれて活発となった。

40日間の飼育試験結果を表7に示した。

生残率 試験区別の生残率は、A区が59.1~68.9%, B区が48.1~49.5%, C区が57.4~69.1%の範囲であった。一方、生物区は73.2~74.4%で配合区に比べて生残

表6 飼育環境

項目	範囲
水温(°C)	13.7~18.0
照度(lux)	370~570
DO(%)	93~100

表7 試験結果

試験区		A		B		C		生物	
		1	2	1	2	1	2	1	2
尾数 (尾)	開始時	915	877	1147	874	991	1078	807	1040
	終了時	541	604	552	433	569	745	591	774
生残率(%)		59.1	68.9	48.1	49.5	57.4	69.1	73.2	74.4
供試魚	平均全長(mm)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
	±SD	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
開始時	平均体重(mg)	5.64	5.64	5.64	5.64	5.64	5.64	5.64	5.64
	終了時								
平均全長(mm)	平均全長(mm)	39.3	39.8	32.8	33.1	30.9	30.0	44.0	43.0
	±SD	3.29	3.15	4.06	3.63	2.16	3.03	2.8	3.62
平均体重(mg)	平均体重(mg)	168.2	162.7	89.9	99.1	65.3	61.3	324.3	287.5
	±SD	59.9	53.4	39.0	38.0	20.9	23.6	71.7	76.2
増重量(g)		85.84	93.32	43.16	37.98	31.57	39.59	187.11	216.66
給餌量(g)		257	257.3	255.6	256.4	254.5	255.7	224.5* ⁴	224.6* ⁴
飼料効率(%) * ¹		33.40	36.27	16.88	14.81	12.40	15.48	83.35	96.46
日間成長率(%/日) * ²		8.48	8.40	6.91	7.16	6.12	5.96	10.12	9.82
平均肥満度* ³		2.77	2.58	2.55	2.73	2.21	2.27	3.81	3.62
体形異常率(%)		12	8	33	47	41	39	3	12

* 1 (増重量/給餌量) × 100

* 2 $\log(\text{終了時平均体重}/\text{供試魚平均体重}) \times 230 \div \text{日数}$ * 3 (体重/全長³) × 1000* 4 生物飼料を配合飼料と比較する場合の換算: シオミズツボワムシ $2 \mu\text{g}/l$ 個体, アルテミア幼生 $14 \mu\text{g}/l$ 個体で換算

換算式: 生物飼料の重量(g) = 配合飼料の重量(g) × 5

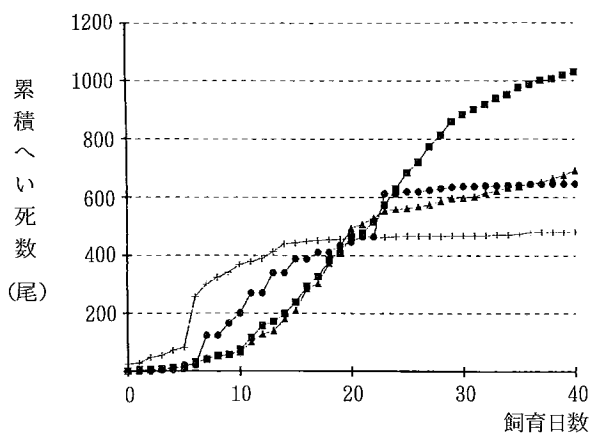


図1 試験区別の累積へい死数の推移

●—A ■—B ▲—C —生物

率が高い結果となった。

試験区別の累積へい死数の日変化を図1に示した。いずれの試験区も飼育20日すぎまではへい死が続き、配合飼料への餌付きが劣った小型の個体がへい死したものと考えられた。

飼育20日目以降はA、C及び生物区でへい死は減少したがB区は試験終了日まで続いた。B飼料は前述のとおり飼育水を汚しやすかったので、飼育環境が悪くなり仔魚に影響を与えたと考えられた。

成長 開始時、平均全長13.7mmの仔魚は全長30.0~44.0mm、体重61.3~324.3mgとなり、試験区間で成長差を生じた。

試験区別の成長の推移を図2に示した。

全長は飼育20日目から試験区間によって差が現れ、A及び生物区がB、C区に比べて優れた。

体重は、飼育20日目頃から試験区間によって差が現れ、生物区が優れ、B、C区が劣った。飼育20日目以降、試験区間の差は一層顕著となった。

肥満度は飼育11日目ですでに生物区が配合区に比べ優れていた。飼育11日目の平均値はいずれの区も低いが、これは飼育開始から11日目は仔魚の体重の増加がほとんど無く、それに比べて全長の伸びが大きいことが示唆された。

配合区間ではA区がB、C区に比べて優れたが、試験終了時にはほとんど変わらなかった。体重、全長及び肥満度の結果から、配合区の仔魚は生物区に比べ成長の遅れが認められた。特に肥満度及び体重で生物区と配合区の差が顕著であり、配合区の仔魚は生物区と比べると細身の仔魚であった。

試験終了時の成長結果を図3に示した。いずれの項目についても生物区が配合区より優れた。また、配合区間

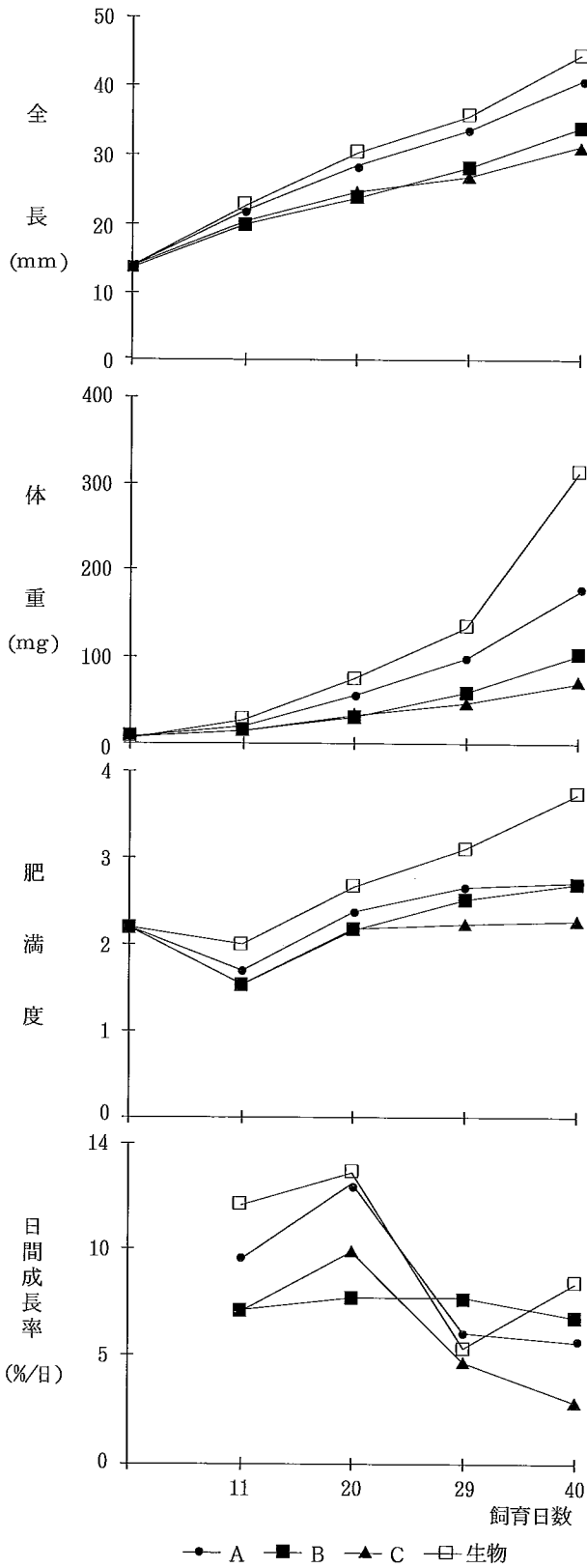


図2 試験区別の成長の推移

においても若干の差を示した。

淡水魚ではリノール酸及びリノレン酸が必須脂肪酸であることが知られている²⁾。そして、魚類の必須アミノ酸が知られ、必須アミノ酸総量と非必須アミノ酸総量と

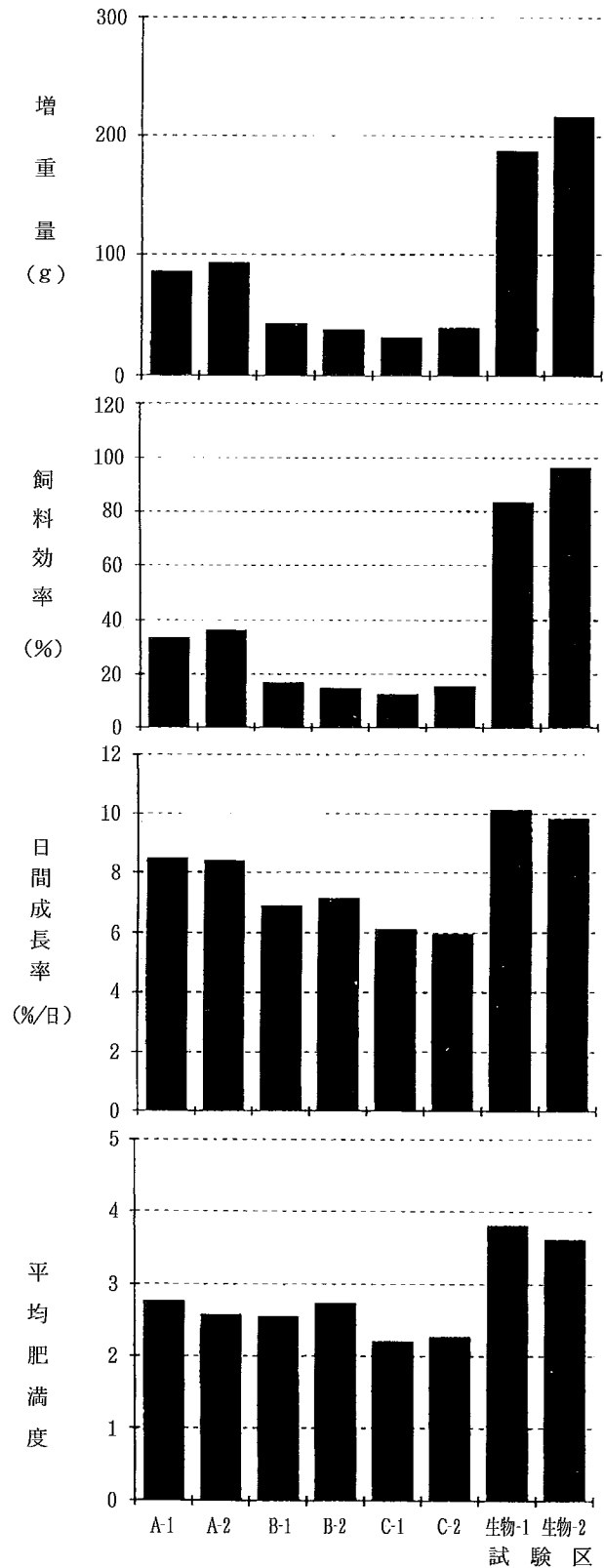


図3 試験終了時の成長結果

の比率も栄養価に大きな影響を与えることが知られている³⁾。

今回の試験に用いた配合飼料の飼料中のアミノ酸組成及び脂肪酸組成を比べると若干の差を生じていた。A飼

料はB, C飼料と比較してアユ仔魚に適していたことが考えられるが, 仔魚の実際の摂餌量を計ることは難しく, 配合飼料の嗜好性や消化吸収性が仔魚の摂餌や消化に関与し, 成長の差を生じることも考えられる。

脊索白化症 試験区別の脊索白化個体の累積へい死数, 脊索白化個体の累積へい死数の推移及び脊索白化個体の全長別出現頻度分布を図4~6に示した。脊索白化個体はA及び生物区では全く出現せず, B, C区で発生した。それは飼育25日目頃から発生し, 平均全長24~25mmで最も多く発生した。脊索白化症の発生はビタミンC欠乏症の1つではないかと考えられている^{4,5)}。アユ稚魚のビタミンC要求量は400mg%以上必要^{4,5)}とされており, 使用した配合飼料中のビタミンC含量は, A, B及びC飼料が, それぞれ160, 400及び151mg%と異なっていた。ビタミンCは水に対する溶解度が高く, 酸化しやすい性質を示し, 配合飼料の作成時から稚魚が魚体内に取り込むまでに減少することが考えられ, 飼料中のビタミンC含量と脊索白化症との関係を示すことは難しい。また, 同一の配合飼料を用いて試験を行った場合, 脊索白化症が発生する場合としない場合があるとの報告¹⁾もあり, 仔魚の状態や飼育環境の問題が影響していると考えられた。

体形異常 体形異常の出現状況の調査をした結果を表8に示した。体形異常の発生頻度は下顎不整合と体側湾が最も多かった。下顎不整合は配合区のみで発生し, 生物区では発生しなかった。体側湾はB, C及び生物区で発生し, A区では発生しなかった。ニジマスにおいてアスコルビン酸欠乏と体形異常との関係が指摘⁶⁾され, 人工生産アユ種苗についても同様の報告⁷⁾がされており, 体形異常の発生は前述の脊索白化症の発生と同様の原因と考えられた。

飼料間の有意差検定 ダuncan法による有意差検定結果を表9に示した。生残率は試験区間に有意差はなく, 全長, 体重及び日間成長率はA区が, B, C区より, またB区がC区よりも有意に優れた。そして, 飼料効率, 体形異常率ではA区がB, C区よりも有意に優れた。さらに肥満度はA, B区がC区よりも有意に優れた。

以上の結果から, 試験に用いた配合飼料間ではA区の稚魚の成長が最も良く, 次いでB区, C区の順となった。今回は試験成績と配合飼料の分析値との関係を検討することはできなかった。また, 最も優れたA飼料も生物区(対照)と比べると稚魚の生残率及び成長は劣っていた。いずれにしても, 配合飼料中の脂肪酸, ビタミン及びミネラルなどの添加量のバランスが重要であることが推測

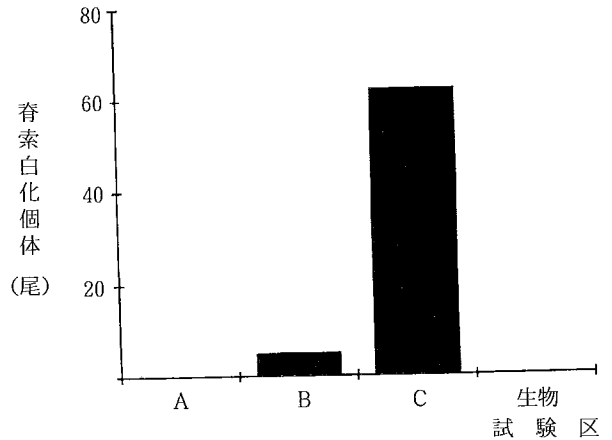


図4 脊索白化個体累積数

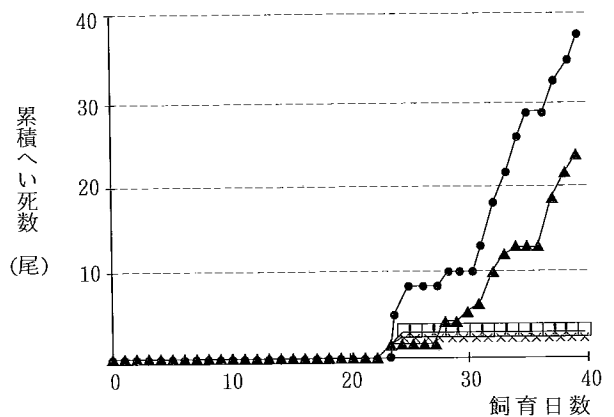


図5 脊索白化個体の累積へい死数の推移

—□— B-1 —×— B-2 —▲— C-1 —●— C-2

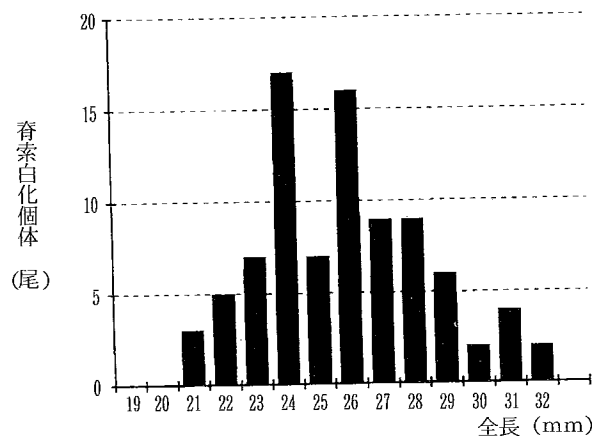


図6 脊索白化個体の全長別出現頻度分布

され, 今後は試験成績と配合飼料の分析値との関係を明らかにし, アユ用配合飼料の改良が重要な検討課題の1つと考えられる。

表8 体形異常魚調査

調査項目	試験区						生物	
	A		B		C			
調査尾数	100	100	100	100	100	100	100	100
外観異常魚尾数	12	8	33	47	41	39	3	12
頭部短縮(キャプオール)								
咽峡突出				1				
下顎不整合	12	8	17	18	10	19		
鰓蓋欠損								
脊鰭欠損								
背鰭過形成								
尻鰭基底湾入								
尾柄変形								
尾鰭發育不全								
胸鰭發育不全								
腹鰭發育不全								
腹鰭過形成								
体上下湾			1					
体側湾			15	28	31	20	3	12
短縮								
その他								

表9 ダンカン法の有意差検定結果

飼料	生残率 (%)	全長 (mm)	体重 (mg)	飼料効率 (%)	日間成長率 (%/日)	肥満度	体形異常率 (%)
A	64.0 a	39.6 a	165.5 a	34.8 a	8.44 a	2.68 a	10 a
B	48.8 a	33.0 b	94.5 b	15.9 b	7.04 b	2.64 a	40 b
C	63.3 a	30.5 c	63.3 c	13.9 b	6.04 c	2.24 b	40 b

注 a, b, c の符号が異なる飼料区間では5%の危険率で有意差が認められる

要 約

1. アユ初期飼料研究部会の小規模試験に参加し、配合飼料3種類と生物餌料(対照)を用いて、40日間の飼育試験を行った。
2. いずれの試験区も飼育20日目までへい死が続き、生残率は、A区が59.1~68.9%、B区が48.1~49.5%、C区が57.4~69.1%及び生物区が73.2~74.4%で、配合飼料区間ではA区が最も高かった。
3. 仔稚魚の成長は、生物区が最も良く、配合飼料区間ではA区が良く、次いでB区、C区の順となった。
4. 脊索白化個体は飼育25日目頃からB、C区で出現し、平均全長24~25mmで特に多く発生した。
5. 体形異常はいずれの試験区にも発生し、異常部位は下顎不整合と体側湾が多かった。
6. 配合飼料間の有意性をダンカン法で検定した結果、有意性が認められた。
7. 今後は、試験成績と配合飼料の分析値との関係の検討が必要なことが考えられた。

文 献

- 1) 全国湖沼河川養殖研究会・アユ初期飼料研究部会、1995: アユ初期飼料研究部会報告書、1-10
- 2) 竹内俊郎、1978: 淡水魚の必須脂肪酸と脂質の栄養価、養魚と飼料脂質、水産学シリーズ、22、23-42
- 3) 荻野珍吉編、1980: 魚類の栄養と飼料、初版、新水産学全集14、厚生社厚生閣、111-244
- 4) 全国湖沼河川養殖研究会・アユ人工種苗生産研究部会、1981: アユ人工種苗生産研究報告、22-28
- 5) 山本章造、1980: アユ仔魚期の配合飼料に関する試験-IV、仔魚の生残と成長、および体形異常発生に及ぼす飼料中リン酸塩及びビタミンCの影響、岡山水試事報、昭和54年度、173-178
- 6) 北村佐三郎・大原脩平・諏訪富雄、1965: ニジマスのビタミン要求に関する研究-I. アスコルビン酸について、日水誌、31、818-824
- 7) 田畑和男・柴田 茂・松井芳房、1976: 人工生産アユ種苗の変形発生要因に関する研究、兵庫水試研報、16、9-24