

アユ仔魚におけるワムシ代替飼料の検討試験 - I

戸井田伸一・佐藤 勉*・吉村意作**

現在、アユの人工種苗生産時の初期飼料は、シオミズツボワムシ（以下、ワムシという）が主体をなしている。当場においてもふ化後10日目以降、配合飼料を併用給餌するとはいえ、飼育初期の飼料に占めるワムシの割合は大きく、その必要数量の確保のために多くの労力と経費が費やされている。

そこで、当場ではワムシに代わる微粒子飼料（Artificial Micro Diet以下AMDと略す）の開発を目的として昭和57年度より日本農産工業（株）、高砂香料工業（株）と共同で研究を進めている。昭和60年度にワムシの削減量を試験した結果、総給餌量のうち乾燥重量で試験飼料の割合が59.8～85.6%のとき生残成長がよい結果となった。本年度は、この試験飼料にいくつかの改良を加えその効果を調べた。

材料及び方法

アユ種苗生産施設において昭和61年8月31日から9

月29日までの30日間実施した。

供試魚は当場養成親魚から人工採卵して得られた仔魚で、ふ化後7日令のものを各2,000尾ずつ0.5トンパンライト水槽に収容し3日間予備飼育した後（10日令）から試験を開始した。

予備飼育中にへい死した魚はそのつど補い、試験開始時に各試験区とも2,000尾になるようにした。

飼育水はアレン氏処方的人工海水の1/5濃度とし、湧水を毎分20から200ml程度注水しながら飼育し、比重が低下した分は人工海水の濃縮したものを添加して比重計で1.003になるよう調節した。水温は棒状水温計、pHはpHメーター、比重は赤沼式比重計、NH₄-Nは、電量滴定法によるチッソ計を用いて計測した。

AMDは日本農産工業（株）と高砂香料（株）が作成したもので、全卵黄・オキアミ・ミルクカゼインを主原料にし、凍結乾燥・凍結粉碎法によって製造したものである。原料組成を第1表に示した。

60-2 AMDは昭和60年度に実施した試験に用いた

第1表 供試飼料の原料組成

原料	飼料名	60-2 AMD	61-3 AMD	61-4 AMD	61-5 AMD	61-6 AMD
全	卵 粉	35.0	35.0	20.0	20.0	35.0
	オキアミ・ミルクカゼイン	28.5	28.0	28.0	28.0	28.5
	フィードオイル	2.5	0	0	0	0
	イカオイル	0	2.5	2.5	2.5	2.5
	レンチン・EPAオイル	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	アミノ酸混合物	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0
	ビタミン混合物	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	ミネラル混合物	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	赤色色素	0	0.05	0	0	0.05
	魚 粉	0	0	15.0	0	0
	魚 エ キ ス	0	0	0	10.0	0
	ビール酵母	0	0	0	5.0	0
	その他	15.5	15.45	15.5	15.5	13.45

* 日本農産物業株式会社, ** 高砂香料工業株式会社

もので、本年度はこの微粒子飼料を基に改良を加えたものを4種作成し、従来飼料との比較の意味で当場で使用している市販配合飼料4社の混合投与区とワムシ単用区を1面ずつ設けた。

主な改良点は、仔魚の嗜好性を高めるため赤色色素

を添加したもの(61-3 AMD)、全卵黄の一部を魚粉に代えたもの(62-4 AMD)、全卵黄の一部を魚エキスをビール酵母に代えたもの(61-5 AMD)、アミノ酸の添加量を増やし、赤色色素を添加したもの(61-6 AMD)である。試験区を第2表に示した。

第2表 試験区と供試飼料の内容

試験区	内 容
1	ワムシ単用区
2	昭和60年度使用試験飼料(60-2 AMD)
3	フィードオイルの代わりにイカオイルを使用(4~9区も同様)、赤く着色
4, 5	主要成分である全卵黄の一部を魚粉に代えた
6, 7	主要成分である全卵黄の一部を魚エキスをビール酵母に代えた
8, 9	アミノ酸の配合割合を増やした、赤く着色
10	当場で使用しているアユ用配合飼料4社の混合

ワムシは、淡水産濃縮クロレラ(日本クロレラ製)とパン酵母により培養したものを使用した。栄養強化は行っていない。

各区の給餌割合は第3表のとおりである。

第1区はワムシ単用区、第2区から第10区がワムシとAMDまたは市販配合飼料の併用投与区で乾燥重量比でワムシ単用区の75%を配合飼料で置き換えるように設定した。

AMDは6%の水分含有率とし、ワムシは乾燥重量

(0.22mg/千個体)で換算した。

ただし、AMDはワムシに比べ残餌がしやすいのでその効率をワムシに対して1/2とした。

給餌方法は、ワムシが1日2回、AMDは1日4回給餌し、水面に散布した。残餌除去のため底掃除を毎日行いへい死魚を計数除去した。またへい死魚については可能な限り全長と体重を計測した。

試験終了後全数を取り上げそのうち100尾について計測した。

第3表 給 餌 量

試験区 \ 日		1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	合 計
1	ワムシ	3,000	3,300	3,700	4,300	4,900	5,400	123,000
	ワムシ	750	830	930	1,100	1,100	1,350	30,950
2~10	A M D	1,040	1,180	1,300	1,500	1,720	1,900	43,200

(単位: ワムシは千個体, AMDはmg)

結 果

水質の測定結果を第4表に飼育結果を第5表に示した。また水温の変動を第1図に示した。

各区の生残状況を生残率で現したのが第2図と第3図で、ワムシ単用区である1区を除いて試験開始後7日目までに20~40%近くがへい死した。

これは、試験期間中熱帯夜が続き、また注水量が少

なかったことも影響して試験水槽の水温が24℃を上回る日が続いたこと、(最高の水温は9区で25.7℃まで上昇している)AMDの残餌による水質の悪化が原因と考えられる。

なお、6区は試験中に水質の悪化及び疾病により全滅した。3区の61-3 AMDは水温、水質とも安定した後もへい死が続き試験終了時には17尾と全滅に近い状態であった。

最終生残率を比べると61-4 AMD(4・5区)が

第4表 各試験区の水量

試験区		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
水温 (°C)	平均	20.3	21.1	20.6	21.4	21.4	21.5	21.5	21.8	21.8	21.5
	最大	24.3	24.7	24.2	24.4	24.4	24.5	24.5	25.6	25.7	24.8
	最小	17.5	18.0	17.6	19.1	18.9	19.0	18.6	18.2	19.1	18.8
DO (mg/ℓ)	平均	8.5	8.6	8.3	8.3	8.3	8.0	8.3	8.2	8.4	7.9
	最小	9.8	9.3	9.6	9.1	9.2	9.3	9.0	9.6	9.3	9.2
	最大	5.9	7.1	4.9	5.1	5.1	6.8	6.4	6.1	7.0	5.3
pH	平均	7.1	7.3	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	7.3
	最大	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.5	7.7	7.7	7.7	7.6
	最小	6.5	7.0	6.8	6.9	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	6.9
NH-N (mg/ℓ)	平均	0.30	0.41	0.35	0.75	0.80	0.67	0.80	0.77	0.78	0.57
	最大	0.79	0.73	0.63	1.25	1.27	0.67	1.05	1.19	0.96	1.10
	最小	0.11	0.09	0.09	0.35	0.55	0.63	0.28	0.34	0.51	0.22

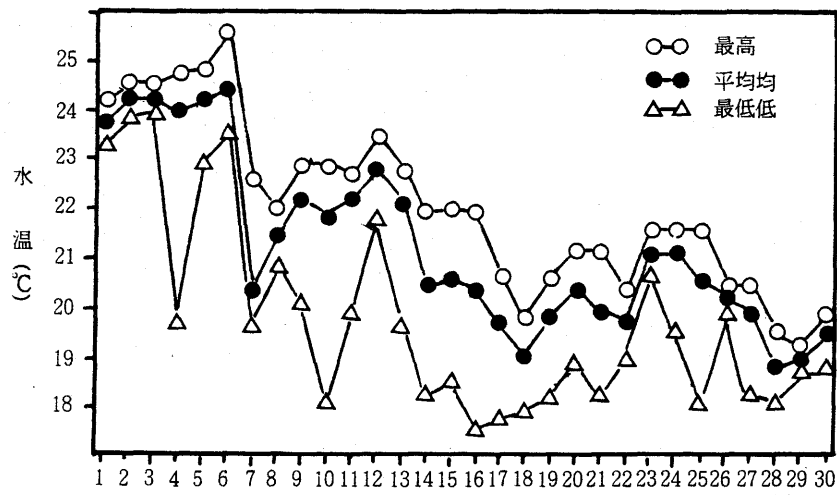
第5表 飼育結果

試験区	生残数 (尾)	生残率 (%)	生残 指数 (A)	全長 (mm)	款準 誤差	成長 倍率	増重 (mg)	増重 倍率	増重 指数 (B)	餌料効果 指数 (A×B/ 100)
1	509	26.0	57	18.1	0.165	0.79	15.2	7.54	65	37
2	900	46.0	100	21.2	0.185	1.10	22.4	11.58	100	100
3	17	0.9	2			—	—	—	0	0
4	1,192	60.9	132	21.6	0.162	1.14	24.6	12.82	111	147
5	1,247	63.8	139	22.6	0.212	1.24	28.6	15.07	130	181
6	0	0.0	0			—	—	—	0	0
7	1,051	53.6	117	20.8	0.188	1.06	22.6	11.70	101	118
8	1,051	53.6	117	22.4	0.187	1.22	30.0	15.85	137	160
9	1,013	51.8	113	24.2	0.165	1.40	40.0	21.47	185	209
10	848	43.3	94	19.2	0.119	0.94	19.4	9.90	85	80

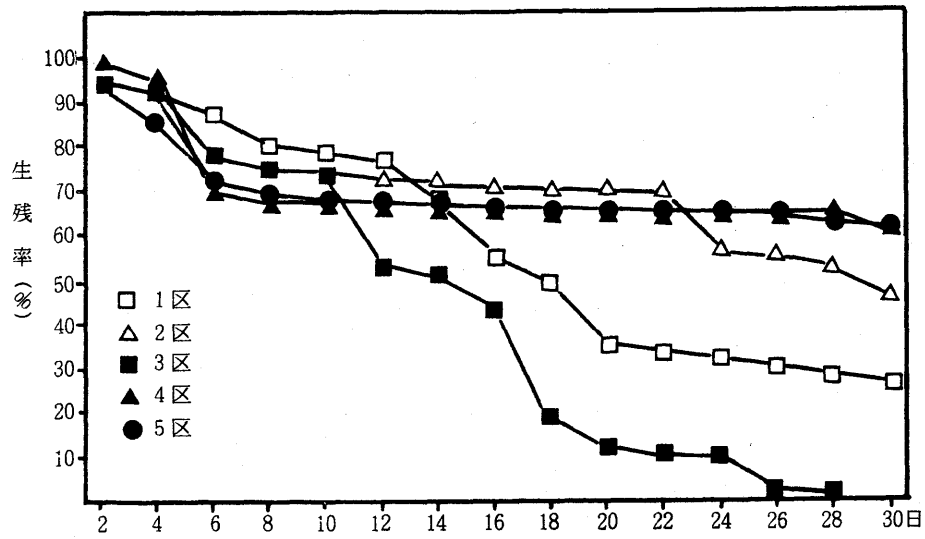
開始時の全長 : 10.1mm, 体重 1.78mg

成長倍率 : $(L_t - L_o) / L_o$, L_o は開始時の平均全長, L_t は終了時の平均全長

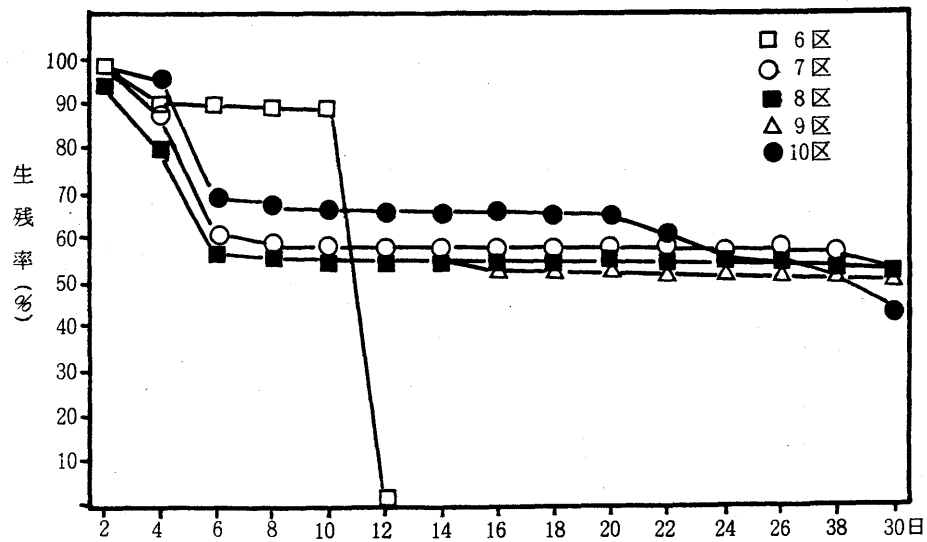
増重倍率 : $(W_t - W_o) / W_o$, W_o は開始時の平均体重, W_t は終了時の平均体重



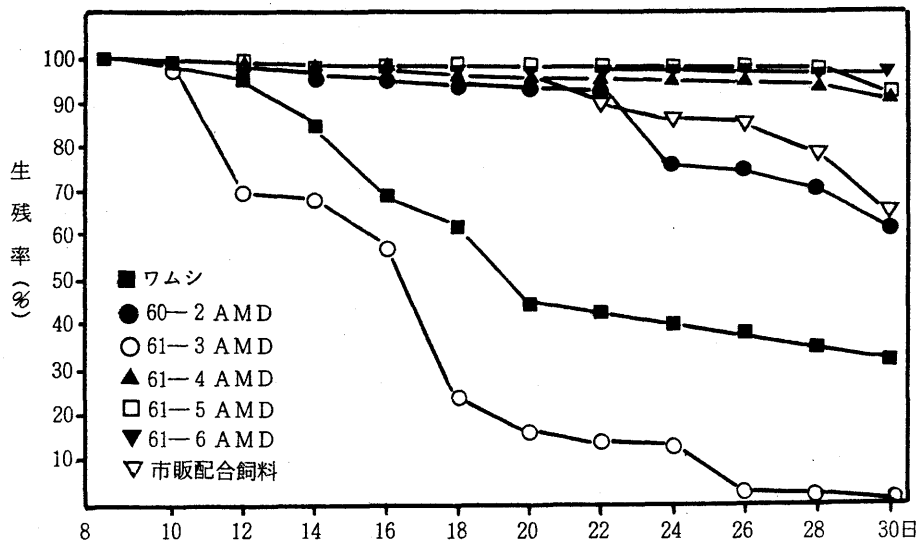
第1図 試験期間中の水温



第2図 生存状況 (1~5区)



第3図 生存状況 (6~10区)



第4図 試験開始後8日目からの生残率

60%台で最もよく、次に61-5 AMD (7区)と61-6 AMD (8・9区)が52~54%、60-2 AMD (2区)46%、市販配合飼料区(10区)43%、ワムシ単用区(1区)26%という結果になった。試験開始直後のへい死数が多いことから、へい死が治まった8日目の生残数を基準にして各飼料ごとに生残率を第4図に示した。試験区が2面ある区は平均値で示した。

これを見ると、61-4 (4・5区)、61-5 (7区)、61-6 (8・9区)の各AMDは殆どへい死がなく90%以上生残しているが、60-2 AMD (2区)と市販配合飼料 (10区)は20日目頃からへい死が増え61.9%と64.4%の生残率であった。ワムシ単用区と61-3 AMDは試験終了時までへい死が続き32.6%と1.1%の生残率であった。

成長倍率を比べると61-6 AMD (8・9区)が良く、次に61-4 AMD (4・5区)60-2 AMD (2区)、61-5 AMD (7区)、市販配合飼料区(10区)、ワムシ単用区(1区)の順であった。平均全長を小さい順に並べ飼料間の分散を比較したところ全て等分散であるので ($P=0.01$)、 t 検定により比較を行ったところ第6表のとおり有意水準5%で有意差が認めら

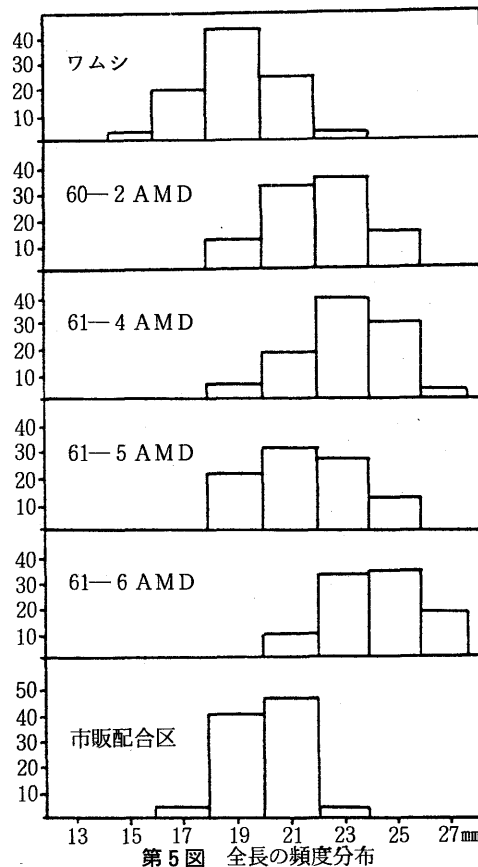
第6表 平均値の差の検定(t 値)

飼料の種類	4社混合	61-5 AMD	60-2 AMD	61-4 AMD	61-6 AMD
ワムシ	5.899				
4社混合		8.069			
61-5 AMD			1.937		
60-2 AMD				2.872	
61-4 AMD					8.1479

注) $t(94, 0.05)=1.98$, $t(94, 0.01)=2.617$

れた。このうち60-2 AMDと61-5 AMDの間を除いては有意水準1%でも有意な差となっている。

試験終了時の全長を個体別に比較するため、各飼料ごとの頻度分布 (相対度数) を図5に示した。60-2 AMDを基準にすると61-6 AMDが大きく、61-4 AMDはやや大きめ、61-5 AMDはやや小さめ、市



第5図 全長の頻度分布

販配合飼料とワムシは小さいという結果であった。

分散分析結果とDuncanの多範囲検定法により検定をおこなった結果を第7表と第8表に示した。60-2 AMDと61-5 AMDの間は有意水準5%で有意差が認められず、また61-4 AMDと60-2 AMDの間が有意水準1%で有意差が認められない。その他は有意水準1%で有意差が認められた。

第7表 分散分析表

要 因	変 動	自由度	不偏分散	分散比
全 体	3217.58	569		
飼料間	1602.44	5	320.48	111.91 **
誤 差	1615.14	564	2.864	

** p = 0.01 で有意

第8表 各飼料間の平均値の差

飼料の種類 平均値(mm)	ワ ム シ (18.11) ^a	4 社 混 合 (19.18) ^b	61-5 AMD (20.78) ^c	60-2 AMD (20.78) ^{cd}	61-4 AMD (21.69) ^d	61-6 AMD (23.28) ^e
ワ ム シ	0	1.07 **	2.68 **	3.05 **	3.59 **	5.17 **
4 社 混 合		0	1.61 **	1.97 **	2.51 **	4.10 **
61-5 AMD			0	0.37	0.91 **	2.49 **
60-2 AMD				0	0.54 *	2.12 **
61-4 AMD					0	1.58 **

SE=0.1736 ** p=0.01で有意 * p=0.05で有意

注) 飼料ごとの平均値の肩の符号が異なるものの間では有意水準1%で有意差が認められる。

また生残指数(2区の生残率を100としたときの数値)と増重指数(2区増重倍率を100としたときの数値)を掛け合わせた餌料効果指数で比べると、60-2 AMDを100とすると61-6 AMDが209と160、61-4 AMDが147と181、61-5 AMDが118と60-2 AMDを全て上回っている。しかし市販配合飼料とワムシ単用区は80と37で劣っていた。

考 察

ワムシ代替飼料として開発中の微粒子飼料(AMD)の改善を目的として、原料組成を変えた新しいAMDを4種類作製しその効果を調べた。

作製上の品質に問題があったのか不明であるが添加オイルをフィードオイルからイカオイルに変え赤色色素を添加した61-3 AMDは、飼育中へい死が続きほぼ全滅したものの、他の3種の新しいAMDは生残率、成長共に改善効果がみられた。特に全卵粉の一部を魚粉に変えた61-4 AMDとアミノ酸混合物の割合を増やした61-6 AMDは生残率が優れており、餌料効果指数を求めると60-2 AMDの値の1.5倍から2倍で改善の効果がみられた。特に試験初期のへい死を除けば生残率は全て90%以上と高い値を示した。また成長(全長)については、アミノ酸の混合割合を増やした

61-6 AMDが非常に大きくなったものの他の区はあまり大きくならなかった。

稚魚への摂餌誘引効果を期待して添加した赤色色素は摂餌状況を見る限り添加効果は見られず、飼育水に赤い油膜ができるなど好ましくない結果となった。

また、現在当場の量産規模で使用している市販配合飼料(4種類の混合)と比較したところ61-3 AMDを除き全ての供試飼料が優れ、特に61-4 AMDと61-6 AMDは優れた生残率と成長を示していることから、既存の配合飼料に代わるものとしての期待が持てる。

今回ワムシの単用区を含め、7種類の飼料によりアユ仔魚を飼育したが、各区のへい死状況を検討すると第4図から次の3つの傾向が見られた。1つはワムシ単用区と61-3 AMDのようにだらだらとへい死が続くパターン。2つ目は60-2 AMDと市販配合飼料の混合区のように試験開始後20日目頃からへい死が増えだすパターン。3つ目は61-4、61-5、61-6 AMDのようにへい死がほとんどないパターンである。

アユ仔魚に与える人工飼料としては、1のパターンのへい死を示す飼料は不適な飼料、2のパターンの飼料はふ化後20日目までは利用できる飼料、3のパターンの飼料は良好な飼料であるといえる。

今後これらの傾向がでる原因についてアユ仔魚の栄養要求の面から検討していきたい。

参 考 文 献

- 1) 岡 彬他 1986, 微粒子飼料によるアユ仔魚の飼育, 水産増殖, 34(1), 15-23.
- 2) 伊東 隆: 1971, アユ種苗の人工生産に関する研究-LXXVI, アユの人工養殖研究, 1, 187-216.
- 3) 石居 進: 1975, 生物統計学入門, 培風館.