

テトラセルミスで培養したシオミズツボワムシの ヒラメ仔稚魚に対する餌料価値の検討*

木 村 創

現在、シオミズツボワムシ (*Brachionus plicatilis* 以下 ワムシ) の餌料としては一般に海水に馴致したクロレラ (*Chlorella* sp.) や酵母を使用している。しかし、クロレラは魚に対して餌料価値の高いワムシを生産するものの、夏期の高水温期に不安定になることが多く、またパン酵母を餌料としたワムシは魚に対して餌料価値の低いことが知られている。そこで、当场では夏期においてクロレラに変わる餌料としてテトラセルミス (*Tetraselmis tetrathele*) を使用している。テトラセルミスは岡内らによりクロレラに比べて耐高温性であるのみならず、広温性であり、クロレラと同じ施肥で良好な増殖を示し、ワムシ培養にも好適な餌料であることが報告されている^{1,2)}。また、福所らはテトラセルミスで培養したワムシは ω 3高度不飽和脂肪酸 ($\Sigma\omega$ 3 HUF A) がクロレラで培養したワムシの半分量しか含まれないが、マダイ³⁾クロダイ⁴⁾ヒラメ仔魚⁵⁾に対しては餌料価値の高いことを報告している。そこで、本報ではテトラセルミスのみで培養したワムシでヒラメ (*Paralichys olivaceus*) 仔稚魚を飼育して、その餌料価値を検討するとともに、有眼側面の色素異常の出現状態をもみた。

材料および方法

供試魚：1984年5月1日当场の野外コンクリート池にて自然産卵したヒラメ卵をふ化させ、この仔魚を用いた。ふ化は5月3日、ふ化率は70%であった。供試魚は6,000尾ずつ500ℓパンライト水槽4つに収容し、各試験に供した。

試験方法：試験区はA区：テトラセルミスで培養したワムシ (テトラセルミスワムシ：TR) 給餌区、B区：クロレラで培養したワムシ (クロレラワムシ：CR) 給餌区、C区：パン酵母で培養したワムシ (酵母ワムシ：YR) 給餌区、D区：クロレラワムシ (CR) と超微粒子配合飼料 (協和発酵工業K・K製) の併用区の4区を設定した。各区ともすべてのヒラメの体色異常が識別できる着底期 (全長20~23mm) まで飼育した。各区とも飼育水はふ化後6日目までは止水とし、7日目からは夜間4ℓ/時の流水とし、昼間は止水とした。ふ化後11日目からは1ℓ/分、18日目からは1.5ℓ/分、31日目からは2ℓ/分、43日目からは4ℓ/分の流水とした。A、B、C区は飼育水中のワムシ密度を朝と夕方の2回計測し、飼育水中のワムシ密度が10個体/mlとなるよう給餌した。D区はふ化12日目までは他区と同様としたが、13日目からは飼育水中のワムシ密度が5個体/mlとなるよう朝・夕2回給餌し、日に3回 (11:00, 13:00, 15:00) 配合飼料を0.5~1.5g ずつ給飼した。配合飼料はふ化後25日目までは平均粒径200μのものを、ふ化後26日目から33日目までは

* 種苗生産技術開発研究費による。

給餌量の半分を平均粒径 400 μ のものとし、それ以後はすべて平均粒径 400 μ のものを給餌した。また、ふ化後13日目まで、A区は飼育水中のテトラセルミスが3万細胞/mlとなるよう、B、D区は飼育水中のクロレラが40万細胞/mlとなるようそれぞれにテトラセルミスとクロレラを適時添加した。C区にはなにも添加しなかった。へい死魚はふ化後18日目以降、水槽の底に沈んでいる魚をサイホンで取り上げ計数した。

魚体の測定並びに色素沈着状態の観察：各区ともすべてのヒラメが着定したことを確認したのち全魚体を取り上げ計数し、生残率を出すとともに、無作為に取り上げた 250 尾について全長を計測した。また、無作為に抽出したヒラメ稚魚 250 尾については有眼側の色素沈着状況を図 1 の分類によって、より分けそれぞれのタイプの出現率をみた。

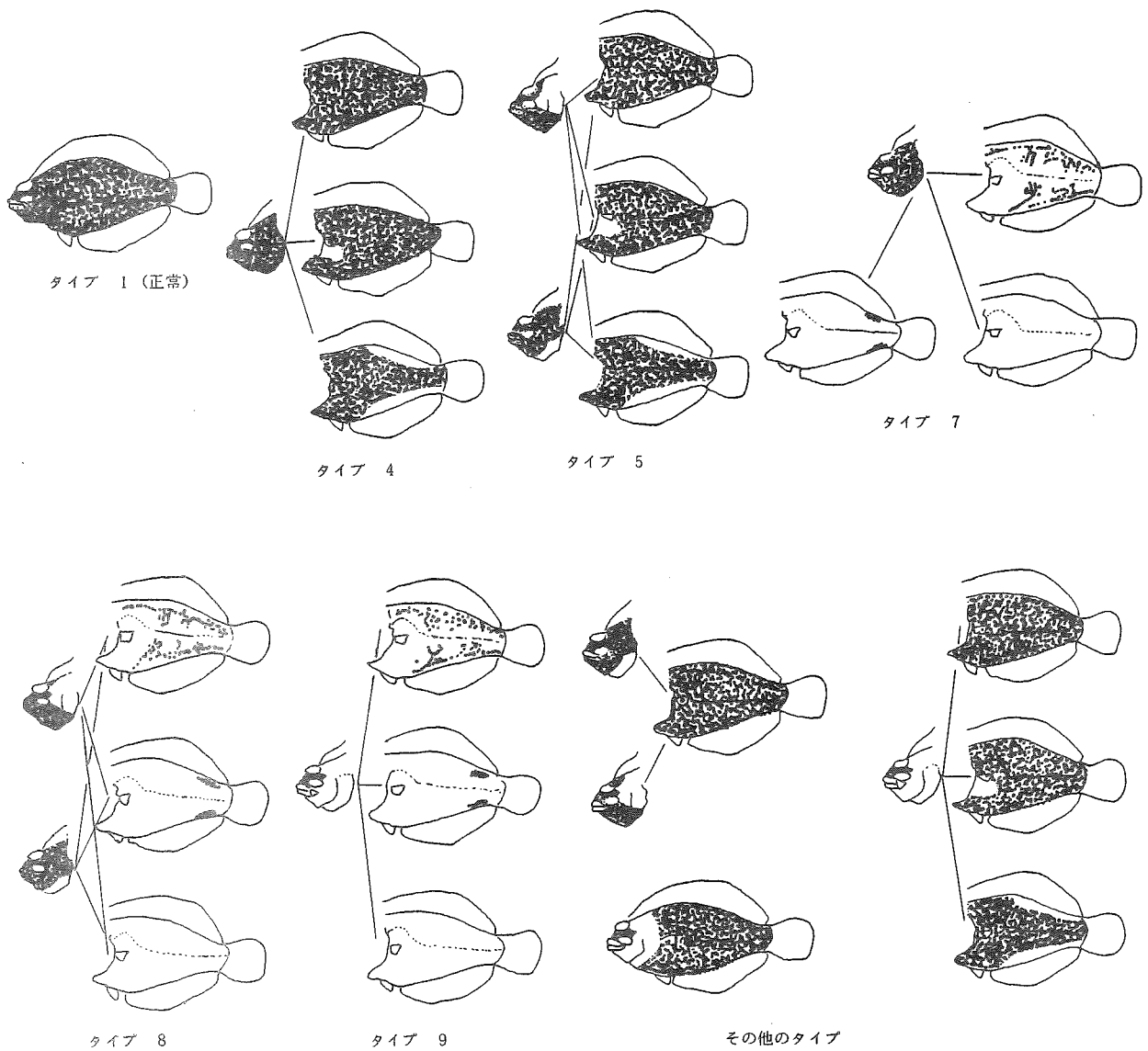


図 1 ヒラメの有眼側体色異常個体の分類方法

テトラセルミス並びにクロレラの培養：両微小藻類の培養には屋外に設けた1klパンライト水槽を使用した。各水槽にろ過海水を満した後、テトラセルミスでは $5 \sim 10 \times 10^4$ 細胞/ml, クロレラの場合には $5 \sim 8 \times 10^5$ 細胞/mlの密度となるよう接種した。接種時には流安100g, 尿素15g 過リン酸石灰15g, クレワット32 25gを施肥した。培養期間中は充分通気を行ない、テトラセルミスでは接種後3~4日目, クロレラでは接種後7~10日目のものを必要な量だけ採取ワムシに投与した。ワムシに投与した時の密度はテトラセルミスが $1 \sim 2 \times 10^6$ 細胞/ml, クロレラが $3 \sim 7 \times 10^7$ 細胞/mlであった。

各種ワムシの培養：テトラセルミスワムシ・クロレラワムシ・酵母ワムシの培養には屋内に設けた900ℓのコンクリート水槽を用いた。ワムシの培養密度は100~200個体/mlで間引き法により収穫した。

結 果

各試験区の給餌量および飼育環境は表1に示すとおりであった。

表1 各区における餌料系列と投餌量並びに水温変化と飼育水状況

月日	ふ日 化 後数	A 区		B 区		C 区		D 区			水温 ℃	飼育水の 状 況
		テトラワ ムシ×10 ³ 個/ml	アルテミ ア×10 ³ 個/ml	クロレラ ワムシ× 10 ³ 個/ml	アルテミ ア×10 ³ 個/ml	酵母ワム シ×10 ³ 個/ml	アルテミ ア×10 ³ 個/ml	クロレラ ワムシ× 10 ³ 個/ml	配 飼	合 料 g		
5 3	0										16.1	止
4 1	1										16.9	
5 2	2	4,000		4,000		4,000		4,000			16.8	
6 3	3										16.6	
7 4	4	3,600									17.2	
8 5	5	2,400		2,000		2,400		1,600			17.7	
9 6	6					600					19.4	
10 7	7										19.9	
11 8	8			900		2,200		1,800			19.2	
12 9	9	1,450		2,160		2,300		2,600			20.2	
13 10	10	1,380		1,640		2,110		3,640			21.5	
14 11	11	2,650		5,100		5,100		3,000	1.1		21.7	
15 12	12	2,660		4,620		5,520		2,550	1.1		21.1	
16 13	13	4,800	50	6,300	50	7,050	50	3,880	1.0		20.3	
17 14	14	4,420	55	6,430	55	5,150	55	3,480	1.5		18.9	
18 15	15	5,800	65	6,500	65	3,500	65	3,440	1.5		18.9	
19 16	16	6,500		7,200		6,200		5,000	1.5		19.4	
20 17	17	6,000	70	7,600	70	5,900	70	2,800	2.2		18.5	
21 18	18	5,400	80	7,100	80	4,400	80	3,100	2.2		17.9	
22 19	19	6,100	90	7,600	90	5,100	90	3,400	2.2		18.8	
23 20	20	4,200	100	6,500	100	3,800		4,500	2.4		19.3	
24 21	21	8,000	100	8,400	100	7,200	100	4,600	2.4		20.1	
25 22	22	7,000	120	9,400	120	7,600	120	3,600	2.4		20.5	
26 23	23	9,000	150	9,800	150	9,000	150	5,000	3.0		21.1	
27 24	24	7,200	160	9,000	160	7,000	160	5,000	2.6		21.6	
28 25	25	5,600	250	9,000	250	5,000	250	4,000	2.8		20.7	
29 26	26	6,400	220	8,000	220	8,500	220	4,500	3.1		21.0	
30 27	27	3,500	330	4,000	330	2,500	330	2,500	2.9		21.8	

表1 つづき

月日	ふ化後数	A 区		B 区		C 区		D 区			水温 ℃	飼育水の 状況
		テトラワムシ×10 ³ 個/ml	アルテミア×10 ³ 個/ml	クロレラワムシ×10 ³ 個/ml	アルテミア×10 ³ 個/ml	酵母ワムシ×10 ³ 個/ml	アルテミア×10 ³ 個/ml	クロレラワムシ×10 ³ 個/ml	配合飼料 g	アルテミア×10 ³ 個/ml		
31	28	4,000	400	5,000	400	4,000	400	3,000	2.9		22.3	2ℓ/分の流水
6 1	29	5,000	500	5,000	500	5,000	500	3,000	2.9		21.5	
2	30	3,000	650	5,000	650	5,000	650	3,000	2.9		22.1	
3	31	4,000	660	5,000	670	5,000	660	3,000	2.9		22.3	
4	32	4,000	720	5,000	710	5,000	720	3,000	2.9		22.1	
5	33	5,000	700	5,000	700	5,000	700	3,000	2.9		22.7	
6	34		1,200		1,200		1,200		2.9	400	22.6	
7	35		2,200		2,200		2,100		2.9	700	23.1	
8	36		1,140		1,140		1,140		2.9	380	23.3	
9	37		1,140		1,140		1,140		3.3	380	22.6	
10	38		1,330		1,330		1,330		2.9	400	23.2	
11	39		1,850		1,850		1,850		3.3	750	22.7	
12	40		2,400		2,400		2,000		3.3	600	22.7	
13	41		3,000		3,000		2,500		3.3	700	22.9	
14	42		2,800		2,800		2,800		3.5	700	23.9	
15	43	取り上げ			2,000		2,000		3.5	800	23.7	
16	44				3,300		2,800		3.5	800	23.9	
17	45				3,600	取り上げ			3.8	800	24.2	
18	46				3,800				4.2	700	24.1	
19	47			取り上げ					4.5	700	25.3	
20	48								4.5	1,000	25.1	
21	49								4.5	1,000	24.3	
22	50								4.5	1,000	24.6	
23	51								4.5	1,000	24.0	
24	52								4.5	1,000	23.5	
25	53								4.5	1,200	23.7	
26	54								4.5	1,200	24.7	
27	55							取り上げ				
計		133,060	22,530	163,250	35,230	149,180	26,230	97,640	130	16,210	平均 21.3	

生残率：試験終了時の各区の生残率は表2に、19日目以降のへい死状況は図2に示した。すなわち、A区、C区ではふ化後19日目以降のへい死は少ないものの取り上げ時の生残率はそれぞれ、49.8%（2,986尾）、33.0%（1,980尾）となり、B区、D区ではふ化後30日目以降のへい死がめだち取り上げ時の生残率はそれぞれ、56.8%（3,410尾）、28.4%（1,706尾）となった。

表2 試験終了時における各区ヒラメの生残率並びに平均全長

区	ふ化後の日数	生残尾数	生残率	平均全長	標準偏差
A	43日目	2,986尾	49.8%	21.5 mm	1.53
B	47	3,410	56.8	22.8	2.29
C	45	1,980	33.0	20.3	3.03
D	55	1,706	28.4	20.8	2.94

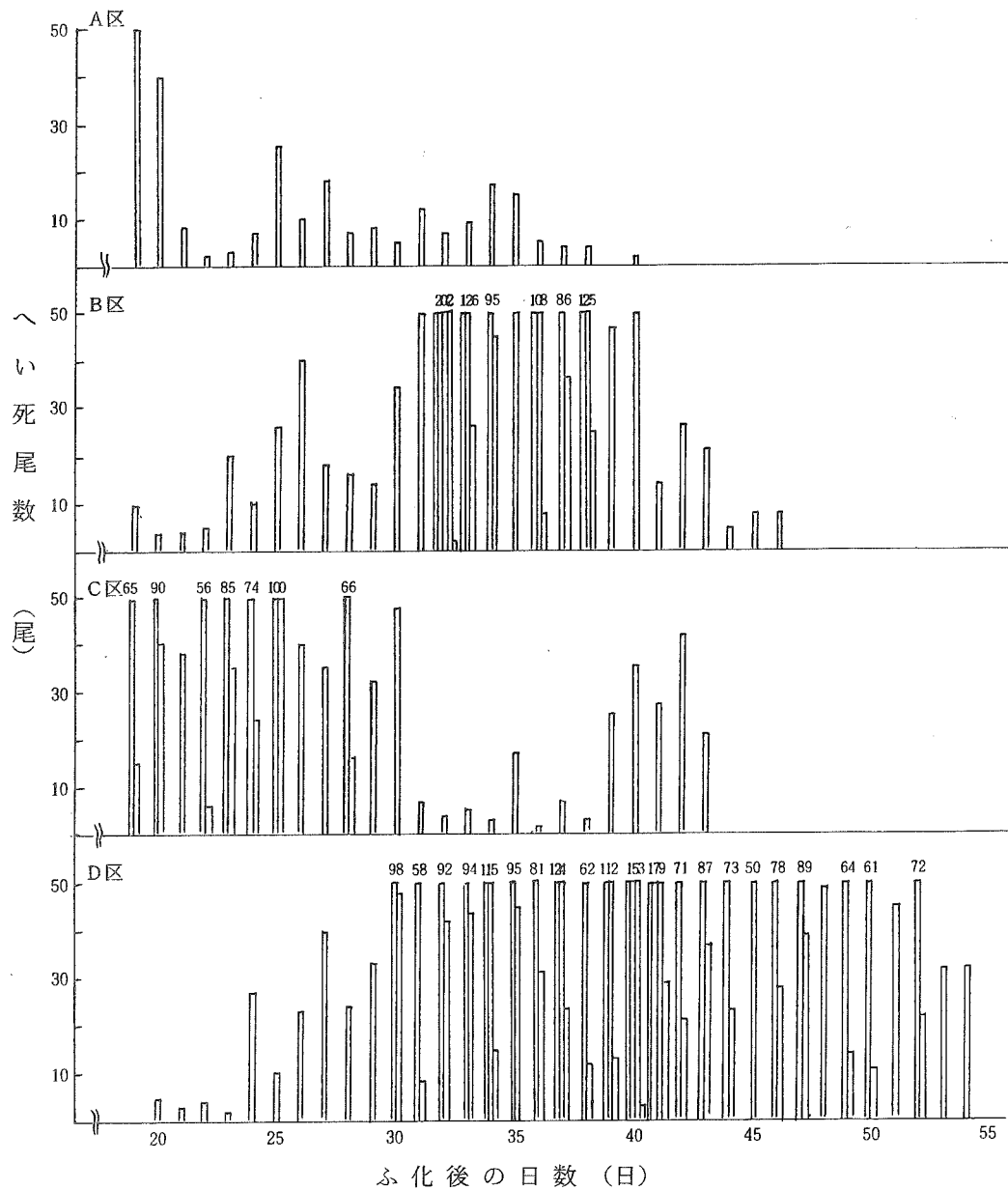


図2 ふ化後19日目以降の各区のへい死状況

成長：試験終了時、すなわちすべてのヒラメの着底を確認したのはA区でふ化後43日目、B区47日目、C区45日目、D区55日目で、そのときの平均全長は、A区215 mm、B区228 mm、C区20.3 mm、D区20.8 mmであり（表2）、特に配合飼料区は飼育期間が長いものの成長は他区と比較して悪い結果となった。各区250尾ずつの全長分布状況は図3にヒストグラムで表示した。

有眼側の色素沈着状況：各区の色素沈着状況は表3に示した。すなわち、正常魚（1のタイプ）の出現率はA区で94.4%、B区37.2%、C区で57.2%、D区で14.4%となり、A区、C区、B区、D区の順となった。特にA区（TR投餌区）では色素異常個体の出現率が低かった。また、有眼側がほとんどまっ白となる8、9タイプはB区、D区、C区、A区の順で高かった。

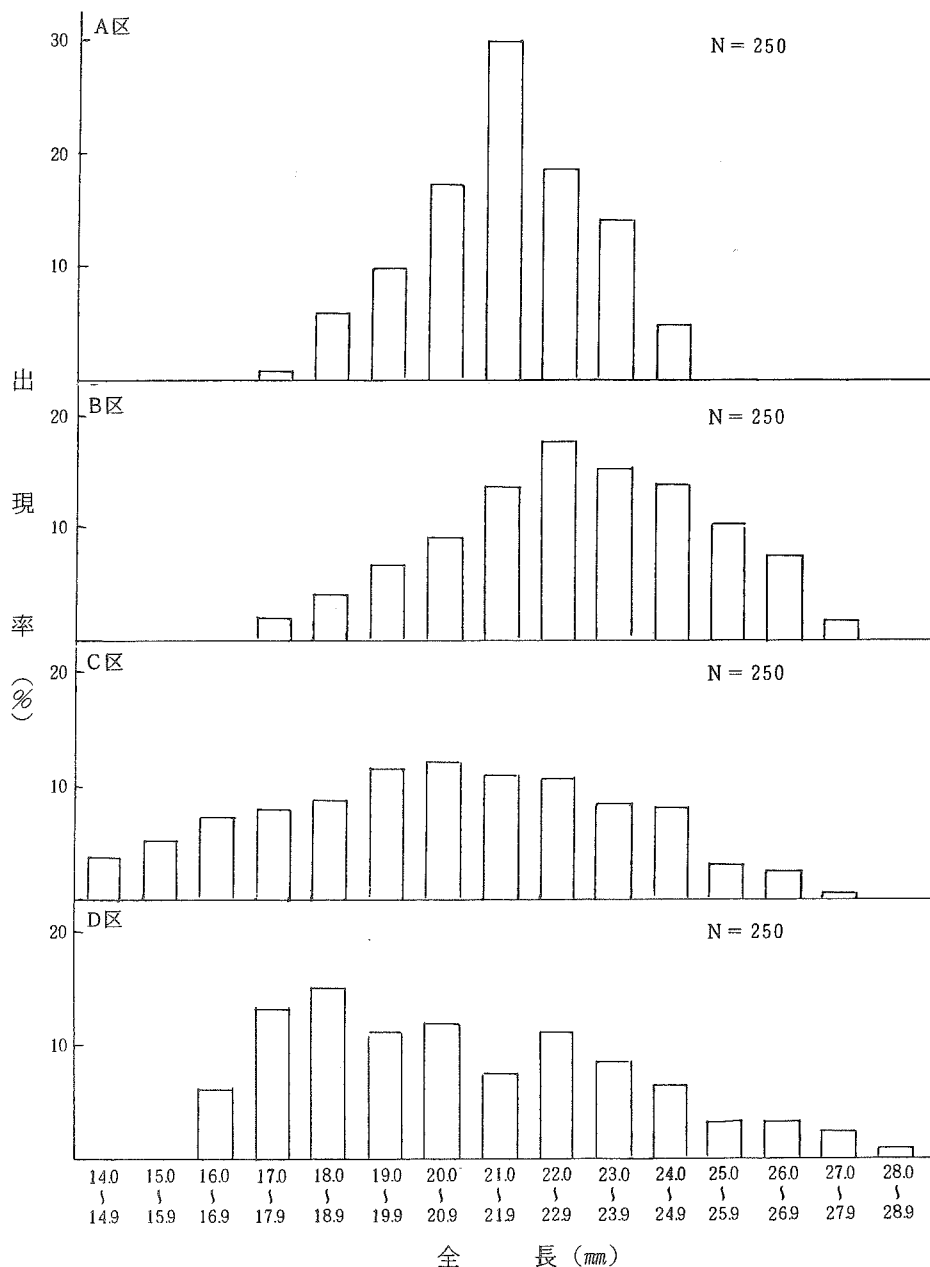


図3 各区のヒラメ全長ヒストグラム

表3 各区における有眼側の色素正常個体並びに異常個体の出現状況

区分	A 区		B 区		C 区		D 区	
	出現尾数	出現率	出現尾数	出現率	出現尾数	出現率	出現尾数	出現率
1タイプ	236尾	94.4%	93尾	37.2%	143尾	57.2%	36尾	14.4%
4タイプ	6	2.4	6	2.4	42	16.8	32	12.8
6タイプ	0	0	6	2.4	0	0	51	20.4
7タイプ	4	1.6	1	0.4	9	3.6	6	2.4
8タイプ	0	0	6	2.4	14	5.6	6	2.4
9タイプ	2	0.8	115	46.0	42	16.8	113	45.2
その他	2	0.8	23	9.2	0	0	6	2.4
	250	100	250	100	250	100	250	100

考 察

生残率並びにへい死状況：生残率については、TR給餌区（A区）、CR給餌区（B区）がともに50%前後なのに対して、YR給餌区（C区）、配合飼料併用区（D区）は30%前後となった。しかし、へい死状況をみるとA区、C区はふ化後19日目以前、すなわち全長8mmまでの仔魚のへい死が多く、19日目までのへい死はA区で45%、C区で61%となり、ふ化後19日目までのへい死が最終的な生存率に大きくかかわっているように思われる。C区はその後ワムシの給餌をやめるまでへい死が続き、ふ化後19日目からワムシの給餌をやめる33日目までのへい死はふ化仔魚の12%にまで及んだ。これらのことは、ワムシに含まれる ω 3HUF Aが大きく関与していると考えられる。すなわち、マダイに ω 3HUF A含有量の少ないパン酵母で飼育したワムシを与えた場合、全長6mm後に腹部が膨満し、狂奔遊泳しはじめ、大量にへい死することが北島ら⁶⁾により報告されており、またTR中に含まれる ω 3HUF AもCRのほぼ半分であることが福所ら⁴⁾によって報告されている。以上のことから、A区、C区における飼育前期のへい死はワムシ中の ω 3HUF A含有量の少ないことが原因ではないかと推察される。特にC区はYR中の ω 3HUF Aが非常に少ないためワムシの給餌をやめるまでへい死が続いたと思われる。B区は19日目以前、以降ともに20%前後がへい死している。この区はアルテミアのみの給餌に切り替えてからのへい死がめだっており、この理由についてははっきりとはしないが、この区は生残率が高く高密度になっていたことから、成長の遅い個体が数多く存在しており、アルテミアのみに切り替えた時期が少し早すぎたのではないかと考えられる。D区は19日目までにふ化仔魚の35%がそれ以降についても37%の仔魚がへい死し、最終的には28%の生残しかなかった。協和発酵工業K・Kの説明によると、超微粒子配合飼料1gはワムシ150万、アルテミア25万に換算できるとしている。本試験で使用した配合飼料のうち200 μ のものをワムシに、400 μ のものをアルテミアに換算すると、ワムシ6,300万、アルテミア2,500万となり、これに実際に投餌したワムシとアルテミアを加算するとワムシ1億6,000万、アルテミア4,100万となり他区と比較してアルテミア量の投餌が多くなっている。このことは配合飼料は摂餌されずに残餌となったことが示唆されており、配合飼料による環境悪化が生残率の低下を招いたものと考えられる。

成長：A、B、C区ともに大きな差はみられなかったが、A区（TR給餌区）はB区やC区と比較して標準偏差が小さく、大きさにバラツキの少ないことが示されている。このことはテトラセルミスで培養したワムシがヒラメに対して有効な飼料であることが示されたと考えられる。D区は魚体のバラツキも大きくヒストグラムも正規分布とはかけはなれており、配合飼料の有効性は認められなかった。

有眼側の色素異常：人工採苗したヒラメ稚魚には、有眼側の体色異常個体、いわゆる白化個体が多量に出現することが青海⁷⁾によって報告されている。その原因や発症機構については十分解明されていないが、北島ら⁸⁾や青海ら⁹⁾は8mm前後の成長段階における餌料の質に影響されることを報告しており、餌料中に含まれる白化現象を左右する成分の探索が行なわれている。また、白化原因は環境によるものとの意見もあり、換水率、光量、密度などの面からも調べられている。

しかし、現在ではこれといった結論は得られていないように思われる。本試験では環境面は配合飼料による水質悪化の考えられるD区を除いてほとんど同じであり、白化個体の出現率の差は明かに餌料の差によるものと考えられる。しかし、餌料中のなにが影響しているかは不明であり、今後検討してゆく必要がある。

以上のことからテトラセルミスで培養したワムシはヒラメの仔稚魚に対して成長・生残・健苗性などあらゆる面で明かに価値の高い餌料といえよう。

文 献

- 1) 岡内正典・福所邦彦, 1984: プラシノ藻類テトラセルミス *Tetraselmis tetrathele* の培養特性, 養殖研報 5, 1-11。
- 2) 岡内正典・福所邦彦, 1984: テトラセルミス *Tetraselmis tetrathele* のシオミズツボワムシに対する餌料価値-I バッチ式培養におけるワムシの増殖, 養殖研報, 5, 13-18。
- 3) 福所邦彦・岡内正典・Siti Nuraini・辻ヶ堂諦・渡辺武, 1984: テトラセルミスで培養したシオミズツボワムシのマダイ仔稚魚に対する餌料価値, 日水誌, 50(8), 1439-1444。
- 4) 福所邦彦・岡内正典・田中秀樹・P., Kraisingdecha・S., I., Wahyuni・渡辺武, 1985: テトラセルミスで培養したS型ワムシのクロダイ仔稚魚に対する餌料価値, 養殖研報, 8, 5-13。
- 5) 福所邦彦・岡内正典・田中秀樹・P., Kraisingdecha・S., I., Wahyuni・渡辺武, 1985: テトラセルミスで培養したシオミズツボワムシのヒラメ仔稚魚に対する餌料価値, 養殖研報, 7, 29-36。
- 6) 北島力・耕田隆彦, 1976: 酵母培養ワムシがマダイ仔魚に与える影響とクロレラの効果, 長崎水試研報, 2, 113-116。
- 7) 青海忠久, 1979: 人工採苗ヒラメの飼育条件と体色異常の出現頻度, 長崎水試研報, 5, 9-17
- 8) 北島力・林田豪介・下崎真澄・渡辺武, 1984: ヒラメ白化個体発現に及ぼす餌料の影響, 昭和59年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, P.1。
- 9) 青海忠久・下崎真澄・渡辺武, 1984: 初期餌料の組み合わせによるヒラメ体色異常決定時期の推定, 昭和59年度日本水産学会秋季講演要旨集, P.2。