総 説

魚 の 必 要 脂 肪 酸 と 種 苗 生 産

渡 辺 武

東京水産大学水産養殖学科 (港区港南 4-5-7)

Nutritional Quality of Live Foods Used in the Seed
Production of Fish from the View-point of Essential
Fatty Acids

Takeshi WATANABE

Laboratory of Fish Nutrition, Tokyo University of
Fisheries (Konan 4, Minato-ku, Tokyo)

1 はじめに

近年、魚類の種苗生産*における技術面での進歩は著しく、種苗生産対象魚種は年々増加しつつある。しかし、その基礎研究は、種苗の初期減耗の例でみられるように、し(仔)稚魚の栄養要求や生物し(餌)料の栄養価に関する研究はかなり遅れた。最近、し(仔)稚魚用生物し料の栄養価に関して、タンパク質¹⁾、ミネラル²⁾、ビタミン及び脂質^{3)~13)}などの観点から総合的に検討が開始され、いくつかの問題点が明らかにされた。ここでは本総説の趣旨から脂質にしばって、特に最近急速に進展した魚類の必要脂肪酸(EFA)の観点から、種苗生産用生物し料及びその栄養価改善法について論じてみたい。なお、脂質以外の成分については最近発刊された「魚類の栄養と飼料」(荻野珍吉編)¹⁴⁾を参照されたい。

1-1 し料系列における問題点

現在、ふ化し魚用の人工配合飼料は完成されておらず、ほとんどすべてのふ化し魚の飼育には生物し料が使用されている。各地の種苗生産の現場で採用され、ほとんどすべての海産魚の種苗生産に通用するし料系列を模式的に示したのが図-1である。ふ化し魚が2.3mm以上の魚においては、最初のえさをしおみずつぼわむし(わむし)から始めてもよく¹⁵⁾、二枚貝幼生→わむし(ふ化後4dから30d)→甲殻類プランクトン(13~18dから35d)→魚介肉ミンチ(15~25d以後終了まで)が確

立されている。ここで最も多用されているのが袋形動物門、輪虫綱に属する体長80~350µmのわむしであり、初期し料に適していることが見いだされて以来、し稚魚の飼育技術は飛躍的な進歩をとげたといわれている。わむしは従来海産クロレラ *Chlorella* sp. をし料として培養されていたが、10年程前に酵母類がその培養し料として優れていることが明らかにされ^{16)~18)}、種苗生産の大量化に対応してわむしの培養に酵母を使用することが普及した¹⁹⁾。

ところが、酵母で培養したわむしで飼育したし稚魚は刺激への反応が緩慢となり、腹部が著しく膨満する例や著しい場合には給じ(餌)開始後10d前後で全滅する例がまだい^{19),20)}やいし^{21),22)}などで多数報告された。これを予防するにはわむしの培養に当たりえさとして酵母とクロレラの併用、または給じ前にわむしにクロレラを摂取させるなどの方法が有効とされており、“クロレラ処理”などと称されている。

つぎにわむしでし魚後期末まで飼育された変態期前後の稚魚を、魚介肉ミンチにえ付けさせる時期に甲殻類プランクトンが与えられるが、このときアルテミア幼生(ブライン・シュリンプ)が補助的に使用されている。しかし、アルテミア幼生を単独に連続給じすると多くの魚で大量へい死が起こり²³⁾、へい死しないものも活力が低下し、またこの現象は魚種によって差異があるといわれている。この原因としては、残存農薬、消化不良、栄養欠陥などがあげられている。

このほか、異質の問題として、このし料系列には生物し料の大量培養または採集上の問題点がある。たとえば、10mmサイズのまだい100万尾を生産しようとするれば、ピーク時には1日50億個程度のわむし(わむし1個体が約3r)を必要とするが、この生産には粗放培養では200t槽4基程度を必要とし、かつわむしの増殖のピークと需要のピークを一致させることが難しいこと、甲殻類プランクトンの採集が量的に追いつかないこ

Minced fish					
Artemia					
Cope : Tigriopus, Paracalanus					
Acartia, Oithona					
B. plicatilis					
0	5	10	20	30	40
					50d
3.4	4.2	7.3	9.8	15	30mm

図-1 し料系列の模式図

* 天然あるいは養成親魚から採卵した後、ふ化後1~2か月間飼育し、体長数cmの稚魚を生産することをいう。生産された種苗は放流あるいは養殖に用いられる。

と、などがある¹⁵⁾。

1.2 魚の必要脂肪酸

各種生物し料の栄養価をEFAの観点から論ずる前に、本誌の読者のために魚類のEFA要求についてごく簡単に概説しておく必要がある。

魚もほ乳動物と同じようにある種のEFAを要求することが最初に指摘されたのはかなり以前のことである²⁵⁾。すなわち、アセタート-1-¹⁴Cがリノール酸(18:2 ω 6)*へほとんど取り込まれないことから、18:2 ω 6は魚類によって合成されず、魚にとってもEFAであろうと考えられた。また魚の肝臓スライスによるアセタート-1-¹⁴Cからの脂肪酸合成をみた実験で、魚類におけるC₂₀及びC₂₂ポリエン酸は外因性の親酸から導かれることが示された。

これらの脂肪酸代謝に関する研究とは別に、飼育実験によっても魚のEFAの必要性が検討され、ますのすけ稚魚では18:2 ω 6欠乏により成長阻害と皮膚の退色が起こるが、リノレン酸(18:3 ω 3)欠乏では成長低下のみが起こり、18:3 ω 3は体色に関与しないことが報告された²⁴⁾。一方、にじますでも無脂肪飼料による成長低下に対して、高度不飽和酸>18:3 ω 3>18:2 ω 6の順でその添加効果が認められている²⁵⁾。このように、魚もEFAを要求することは古くからわかっていたが、その要求量や魚種によるEFA要求の違いが明らかにされたのはごく最近のことである。

魚類で最初にEFAの要求量や欠乏症が明らかにされたのはにじますである。Castellら^{26)~28)}によると、にじますをEFA欠乏飼料で飼育すると成長が劣り、飼料効率が低く、さらに欠乏症として、ひれ(鰭)のびらん、心筋の炎症、生理的食塩水中でのミトコンドリアの膨潤度の増加、血液ヘモグロビン含量の低下及び筋肉水分含量の増加などが起こる。そして飼育魚の成長の改善や、欠乏症発生の防止に対しては、18:2 ω 6よりも18:3 ω 3の方が優れていたことから、にじますにおいては人や高等動物で18:2 ω 6が果たすとしている重要な役割を18:3 ω 3が果たすものと結論している。

渡辺ら^{29)~31)}もにじますについてCastellらとほぼ同様の結論を得るとともに、EFA要求量は飼料中の脂質含量によって左右されることを明らかにした³²⁾。さらに後の実験で、肝油などに含まれるC₂₀以上の ω 3高度不飽和酸(20:5 ω 3, 22:6 ω 3など)(ω 3 HUFA)は、18:3 ω 3よりも2倍以上のEFA力価を有することを明らかにした^{33)~35)}。

一方、こいのEFA要求量はにじますよりもかなり低

く、ある程度成長したこいではEFA欠乏はほとんど出現しない³⁶⁾。またEFA欠乏飼料に18:2 ω 6あるいは18:3 ω 3を添加すると、成長がかなり改善されるが、両者を併用した方が、より優れた成長が得られ³⁷⁾、こいの両脂肪酸に対する要求量は飼料中各1%であることがわかった³⁸⁾。

うなぎは、18:3 ω 3添加により成長が著しく改善される点にはにじますに似ているが、18:2 ω 6と18:3 ω 3の付加効果(additive effect)が認められる点にはこいに似ている。両脂肪酸に対する要求量は飼料中各0.5%前後であった。

最近、養殖生産量が増加しつつあるティラピアのEFAは他の魚とはかなり異なることがわかった。すなわち、18:3 ω 3を含めて ω 3脂肪酸にはEFAとしての効果がみられず、18:2 ω 6がEFAとして優れた成長促進効果を有することがわかった^{40),41)}。高等動物のEFA要求と似ている。

また最近、淡水及び海水中におけるしろぎのEFA要求も明らかにされた^{42),43)}。スモルト化**によるEFA要求の変化はないようで、いずれの環境においても18:3 ω 3あるいは ω 3 HUFAの添加によって成長が著しく改善される点にはにじますに似ており、18:2 ω 6と18:3 ω 3の付加効果が認められる点は上記のこいやうなぎに似ている。最大成長に必要なEFAの要求量は、18:2 ω 6及び18:3 ω 3を各1%、 ω 3 HUFAならば0.5~1%である。これはこいやにじますのEFA要求量に匹敵するものである。

なお、あゆのEFA要求についてはまだ明確ではないが、添加脂肪酸の体脂質脂肪酸組成へ及ぼす影響をみると、他の淡水魚と同じ脂肪酸代謝経路をもつことがわかる^{44),45)}(表-1)。また、あゆのし稚魚用生物し料として用いているわむしに ω 3 HUFAを取り込ませると、わむしの飼料効率あるいは栄養価が著しく改善される^{12),13),46)}ことから、あゆもにじますに似たEFA要求をするものと推察される。

一方、海水魚が陸上動物あるいは上記の淡水魚のいずれとも異なったEFA要求をもつことが、最近の研究によって明らかにされた^{47)~54)}。すなわち、まだい、はまち、ひらめ⁵⁵⁾などでは18:2 ω 6や18:3 ω 3がEFAとしての効果をもたず、いずれも20:5 ω 3や22:6 ω 3などの ω 3 HUFAをEFAとして要求することがわかった。また淡水魚でEFAとして重要な役割をもつ18:3 ω 3を4%まで飼料に添加してもまだいでは効果がなく、逆に脂肪肝をひき起こすことが報告されている⁴⁷⁾。

* 不飽和脂肪酸の二重結合の位置を表示する場合、本誌説などの分野ではメチル基(ω 位)の炭素から番号をつける表示法が一般的である。この表示法では、オレイン酸は18:1 ω 9、リノール酸は、18:2 ω 6、リノレン酸は18:3 ω 3となる。

** 河川でふ化したさけ・ます類の稚魚は、ある期間淡水で生活した後降海するが、この時期になると体表が銀色になる銀毛体(スモルト)となり、魚体の生理条件に多くの変化が現れ、海水適応の機能が発達する。この現象をいう。

表-1 淡水魚の肝臓(肝すい臓)極性脂質の脂肪酸組成に及ぼす飼料脂質の影響 (%)

脂 肪 酸	大豆油+肝油 (3:2)		とうもろこし油+肝油 (2:1)		ラ ウ リ ン 酸 (EFA 欠乏)				
	にじます	こ い	う な ぎ	あ ゆ	にじます	こ い	う な ぎ	あ ゆ	しろざけ
16:0	23.2	20.0	25.5	26.6	19.1	12.4	20.6	26.7	17.8
16:1	6.4	4.7	3.3	2.9	12.5	8.8	5.4	5.6	4.4
18:1	21.4	18.6	17.9	16.1	35.5	34.6	19.2	22.7	28.8
18:2 ω 6	5.0	4.1	3.5	4.6	2.9	0.3	1.6	2.4	2.1
18:3 ω 3	0.3	0.3	Tr.	0.2	0.1	Tr.	0.2	0.4	—
20:3 ω 9	2.3	2.8	3.9	2.9	6.5	25.9	21.9	10.3	10.6
20:4 ω 6	5.1	10.9	11.1	8.9	0.9	1.2	3.6	5.8	1.4
22:5 ω 6	1.6	1.2	3.3	3.4	—	0.4	1.6	2.2	0.8
22:6 ω 3	14.6	18.7	11.6	17.9	3.7	0.5	3.6	7.7	14.9

脂 肪 酸	リ ノ レ ン 酸					リノール酸+リノレン酸 (1:1)				
	にじます	こ い	う な ぎ	あ ゆ	しろざけ	にじます*	こ い	う な ぎ	あ ゆ	しろざけ
16:0	16.8	18.9	20.9	30.4	16.8	16.4	18.3	21.1	26.9	17.5
16:1	6.6	7.7	3.3	3.8	3.4	10.3	5.5	3.5	3.1	2.6
18:1	24.5	22.1	18.2	19.9	25.4	24.5	18.6	20.4	16.3	18.9
18:2 ω 6	1.0	0.3	1.9	2.2	1.7	5.6	2.6	3.3	4.1	4.3
18:3 ω 3	0.8	1.5	0.7	1.4	2.7	1.2	1.3	0.6	1.2	2.5
20:3 ω 9	4.3	9.3	8.8	5.3	5.4	2.3	5.8	7.5	3.5	3.2
20:4 ω 6	2.1	1.8	9.1	4.2	1.0	2.8	10.0	6.7	9.1	6.6
22:5 ω 6	1.6	0.5	3.3	0.4	1.1	2.2	2.5	3.7	2.7	3.1
22:6 ω 3	19.1	20.9	11.5	15.5	18.5	14.7	15.6	9.6	16.3	18.5

* 全魚体

このように海水魚では淡水魚の EFA である 18:2 ω 6 や 18:3 ω 3 は成長促進効果がなく、 ω 3 HUFA を必要とし、両者の間では EFA 要求が大きく相違し、同じ淡水魚あるいは海水魚でも魚種によって多少異なることが明らかにされた。淡水魚と海水魚の EFA 要求の相違の原因として、両魚種における脂肪酸代謝の相違が考えられている。淡水魚では 表-1 に示したように、18:3 ω 3 は ω 3 HUFA (最終 ω 3 脂肪酸は 22:6 ω 3) に転換されるが、まだいなどでは 18:3 ω 3 から 20:5 ω 3 や 22:6 ω 3 などの ω 3 HUFA に転換する能力が低いと推測されている。

最近、その推測を裏付ける研究がアイソトープを用いて Owen ら⁵⁶⁾、米ら⁵⁷⁾及び金沢ら⁵⁷⁾によってなされた。

以上述べたことから、海水魚は主に ω 3 HUFA を EFA として要求し、淡水魚の EFA である 18:2 ω 6 や 18:3 ω 3 は EFA としての働きをもたないこと、また ω 3 HUFA は逆にほとんどすべての魚にとって EFA 力価を有するということがおわかり頂けたかと思う。

このような魚の EFA 要求に基づいて、種苗生産用生物原料の栄養価をみてみたい。

2 しおみずつばわむし *Brachionus plicatilis*

2.1 海産クロレラで培養したわむし

パン酵母 *Saccharomyces cerevisiae* の使用によってわむしの量産が容易になり、また方法が簡便化されたが、酵母単用によるわむし(酵母わむし)で稚魚を飼育すると、虚弱で大量へい死する事例が多いので、実際には給じ前にクロレラで二次培養するか、あるいはクロ

図-2 長崎水試増養研で培養した酵母わむし、併用わむし及びクロレラわむしのモノエン酸及び 20:5 ω 3 の含量

レラと酵母の併用給じによって培養したわむし（併用わむし）が使用されている。

長崎県水産試験場増養殖研究所（長崎水試）で 1975～1977 年に培養した各わむしの総脂質のモノエン酸及び 20:5 ω 3 含量を 図-2 に示した¹³⁾。各わむしの培養条件や時期は年によって多少異なるが、その組成に同じ傾向がみられる。酵母わむしでは、モノエン酸含量が高く 20:5 ω 3 のような ω 3 HUFA の割合が低く、魚類の EFA 欠乏の状態と大変よく似ている。一方クロレラわむしでは逆にモノエン酸含量が低く、20:5 ω 3 の割合が著しく高く、酵母わむしの 1～2% に対して、20～28% も含まれている。併用わむしはほぼその中間の値である。ここでわむし中の 20:5 ω 3 の含量が問題となるのは、前述したように 20:5 ω 3 が 22:6 ω 3 と並んでまだいをはじめ海水魚の EFA であるからである。酵母わむしのように ω 3 HUFA のみならず、淡水魚の EFA である 18:3 ω 3 をも含まないし料は、まだいなどの海水魚に限らず、淡水魚にとっても栄養価が低いといえよう。このように酵母わむしとクロレラわむしの脂肪酸組成では、20:5 ω 3 の含量に顕著な相違があることが明らかにされた。渡辺ら¹⁴⁾は、この ω 3 HUFA 含量の差が両わむしの栄養価を左右している主要因であり、酵母わむしを海産クロレラで二次培養すると栄養価が改善されるのも、二次培養によってクロレラから 20:5 ω 3 を取り込むためと推察している。このことはまた、両わむしの中間の 20:5 ω 3 含量をもつ併用わむしで、まだい、いしだいなどの種苗の量産が行われていることからもうかがわれるとしている。

2.2 淡水クロレラで培養したわむし

岐阜県水産試験場で培養した酵母わむし、あゆに給じする前に酵母わむしを淡水クロレラで二次培養したクロレラわむしならびにパン酵母と光合成細菌の併用で培養したわむしの脂肪酸組成の一部を 表-2 に示した³⁾。酵母わむしとクロレラわむしの脂肪酸組成には培養年度による差が多少あるが、両わむしには同じ傾向がみられる。酵母わむしは長崎水試のものと非常によく似た組成を示し、モノエン酸含量が高く、 ω 3 HUFA の含量が非常に低い。このようにパン酵母で培養したわむしはいずれの場合も魚類に対する EFA の含量が低く、栄養価の低い生物し料といえよう。この酵母わむしを淡水クロレラで二次培養すると、モノエン酸の割合が減少し、18:2 ω 6 及び 18:3 ω 3 の割合が著しく増加したが、海産クロレラによる場合と異なり、 ω 3 HUFA の増加は認められない。同じクロレラでも海産と淡水産クロレラを用いた場合とでは、わむしの脂肪酸組成は大きく異なり、淡水クロレラで培養したわむしはあゆなどの淡水魚に対してはともかくとして、まだいなどの海産魚に対してはし料効果が低いといえよう。

なお、パン酵母と光合成細菌の併用で培養したわむしでは、18:2 ω 6 の含量が著しく高く、 ω 3 脂肪酸含量が低いので、いずれの魚種に対しても栄養価は低いものと考えられる。

2.3 培養し料の脂肪酸組成

各わむしでみられた脂肪酸組成の相違は、培養に用いたし料、パン酵母、海産クロレラ、及び淡水クロレラの脂肪酸組成の相違によるものである。

表-2 岐阜水試でパン酵母及び淡水クロレラを用いて培養した各わむし、ならびに酵母と光合成細菌の併用で培養したわむしの各脂質画分の脂肪酸組成の一部

脂 肪 酸	11 月 1975						1976 総 脂 質			
	総 脂 質		極 性 脂 質		トリグリセリド		8 月 酵母わむし	12 月 クロレラわむし		8 月 パン酵母+ 光合成細菌
	酵母わむし	クロレラ わむし	酵母わむし	クロレラ わむし	酵母わむし	クロレラ わむし		I	II	
14:0	2.8	4.6	2.4	1.5	3.1	3.0	2.7	3.2	1.5	1.0
16:0	6.7	8.9	10.3	11.7	7.1	9.9	6.8	9.3	9.9	9.6
16:1 ω 7	23.4	18.9	16.9	10.7	22.9	12.4	21.3	14.7	13.7	4.4
16:4 ω 3	—	3.9	—	0.6	Tr.	0.9	—	0.2	2.2	0.7
18:0	5.6	1.6	6.7	6.1	7.0	9.0	5.3	5.1	4.2	4.8
18:1 ω 9	31.2	9.0	28.4	20.1	28.5	27.4	36.2	22.4	24.4	17.0
18:2 ω 6	5.9	15.7	5.9	18.0	3.9	12.9	5.9	18.5	19.3	36.5
18:3 ω 3	0.6	10.2	1.9	5.1	0.4	1.7	1.2	3.7	7.7	2.1
20:1	0.6	0.3	5.4	8.3	3.7	4.8	4.9	3.4	2.9	3.0
20:3 ω 3	1.3	0.8	1.1	2.0	2.0	1.5	0.6	1.0	1.2	1.7
20:4 ω 6										
20:4 ω 3	0.4	1.1	0.5	1.3	0.2	0.5	0.6	1.1	0.1	Tr.
20:5 ω 3	2.0	1.9	3.5	2.1	1.6	—	2.0	1.9	1.2	1.5
22:1	1.0	4.1	1.3	2.8	2.2	—	—	—	—	—
22:5 ω 3	—	0.3	—	0.4	0.2	—	1.1	0.2	0.6	0.6
22:6 ω 3	1.0	—	0.5	Tr.	0.5	—	—	—	—	—

表-3 パン酵母及び海産クロレラの総脂質の脂肪酸組成

脂 肪 酸	パン酵母 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>				海 産 ク ロ レ ラ					熊本水試 <i>Nannochloris coccoides</i> Nauman 11月 1978
	カ ネ カ		協 和	オリエン タル	長崎水試 <i>Chlorella minutissim</i>		山口外海 水試 ^{*1}	広島水試 ^{*2}	乾燥クロ レラ	
	1975	1977			9月 1977	5月 1976	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlorella sp.</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>	
14:0	0.3	2.2	1.1	3.1	4.8	4.3	4.8	5.2	0.5	5.6
16:0	8.3	16.8	11.2	20.0	26.1	22.5	20.2	19.7	23.4	11.1
16:1 ω 7	38.2	32.8	14.2	27.2	26.3	22.3	29.5	30.5	6.6	25.2
18:0	4.1	3.4	8.4	4.7	1.1	1.0	Tr.	0.7	5.7	0.1
18:1 ω 9	43.9	28.5	38.0	26.1	6.2	3.1	8.6	2.7	21.2	3.5
18:2 ω 6	2.8	7.6	15.1	10.9	2.3	3.4	4.1	2.4	21.9	2.5
18:3 ω 3	0.5	1.8	6.4	3.2	0.2	0.1	Tr.	0.2	4.6	0.1
20:1	0.2	Tr.	1.6	0.8	0.1	0.1	—	—	0.3	Tr.
20:3 ω 3 } 20:4 ω 6 }					3.9	4.7	2.4	3.6	0.1	4.9
20:4 ω 3					—	0.1			0.1	Tr.
20:5 ω 3					24.8	31.8	26.6	27.8	—	37.8
22:5 ω 3								1.7	0.3	—
22:6 ω 3								0.8	—	—

*1 協和醗酵(株) 今田 克氏提供

*2 広島県水産試験場, 昭和 51 年度指定調査研究総合助成事業報告

パン酵母の脂肪酸組成をみると, 各社のパン酵母に同じ傾向がみられ, いずれも 16:1 ω 7, 18:1 ω 9 の割合が高く, 両モノエン酸だけで 52~82% にも達し, ω 3 HUFA を含有しない (表-3)。このような組成のパン酵母で培養したわむしでモノエン酸含量が高く, ω 3 HUFA 含量が低いのは当然といえよう。

一方, 長崎水試の海産クロレラでは, モノエン酸含量が低く, ω 3 HUFA の割合が高い。1976 年と 1977 年のクロレラでは培養の時期と条件が異なるためか, 多少差はあるが, いずれも 20:5 ω 3 の割合が高く, 25~32% に達している。山口県内海栽培漁業センター及び広島県水産試験場のクロレラも, 種類は異なるが, 長崎水試のクロレラとほぼ同じ組成をもち, 20:5 ω 3 の含量の高いのが特徴となっている。また熊本県水産試験場でクロレラわむしの培養に使用しているものは, クロレラではなく, *Nannochloris coccoides* であるが, やはりクロレラと同じような組成をもっている。すなわち, 海産クロレラで培養すると, わむしがクロレラ中の 20:5 ω 3 を直接取り込む結果, クロレラわむしで 20:5 ω 3 含量が高いわけである。しかし, 同じ *Chlorella vulgaris* でも, 人工海水を用いて培養したものでは, 20:5 ω 3 を含まず, 18:2 ω 6 の割合が著しく高く, 後述する淡水クロレラの脂肪酸組成に似ている。同一種のクロレラでも培養条件などによってその組成が異なるものと推察される。

乾燥粉末の淡水クロレラ及び岐阜水試で酵母わむしの二次培養に使用した生の淡水クロレラの脂肪酸組成の一部を 表-4 にあげた。*Chlorella regularis* では乾燥粉末で 16:4 ω 3 の割合が高く, 18:2 ω 6 の含量が低いが,

表-4 淡水産の乾燥及び生クロレラの総脂質脂肪酸組成

脂 肪 酸	生	乾			
	<i>Chlorella regularis</i>	<i>Chlorella regularis</i>			
	1976	1975	1976	1977	<i>Chlorella sp.</i> 1976
14:0	0.5	1.0	0.7	0.3	1.2
16:0	16.9	11.1	6.3	23.5	13.0
16:1 ω 7	2.7	1.7	3.5	2.0	23.5
16:2 } 17:0 }	18.0	15.4	26.3	12.3	3.7
16:4 ω 3	6.8	37.7	37.3	7.0	2.3
18:0	4.1	0.5	0.8	5.6	8.8
18:1 ω 9	3.5	1.6	0.7	3.5	6.1
18:2 ω 6	37.3	11.1	8.3	32.9	9.7
18:3 ω 3 } 18:4 ω 3 }	9.1	14.4	12.0	9.8	13.5
20:0	0.1	—	—	0.3	2.6
20:1	0.1	Tr.	0.4	0.1	—
20:3 ω 3 } 20:4 ω 6 }	Tr.	—	0.6	Tr.	0.1
20:5 ω 3	0.2	Tr.	0.3	0.2	1.0
22:1	—	Tr.	0.4	0.6	—

いずれの淡水クロレラも海産クロレラと大きく異なり, ω 3 HUFA の含量が著しく低く, 18:3 ω 3 の含量が高い。このような組成をもつ淡水クロレラで培養した結果, 岐阜水試のクロレラわむしで 18:2 ω 6 及び 18:3 ω 3 の含量が高く, ω 3 HUFA の割合が低くなったものと考えられる。

淡水クロレラには 16:4 ω 3 や 18:3 ω 3 などの ω 3 脂肪酸が比較的高濃度に含まれているが, 培養されたわむしには ω 3 HUFA がほとんど存在しないことから,

渡辺らはわむし体内では 16:4 ω 3 や 18:3 ω 3 は 20:5 ω 3 や 22:6 ω 3 などの ω 3 HUFA へはほとんど転換されないものと推察している。18:3 ω 3 はにじますなどの EFA であるが、まだいに対しては EFA の効果をもたず、むしろ過剰の 18:3 ω 3 は肝臓に脂肪の蓄積をもたらすことが知られているので⁽⁴⁷⁾、上記のような脂肪酸組成をもつわむしは、淡水魚の場合は別として、海産魚に対しては栄養価が低いものと考えられる。そのため、淡水クロレラや乾燥粉末のクロレラを使用する場合には、その組成を十分に吟味する必要があるだろう。

3 アルテミア *Artemia salina*

わむしでし魚後期末まで飼育した変態期前後の稚魚と魚介肉ミンチにえ付けさせる時期に甲殻類プランクトンはたいへん優れたし料であるが、現状では入手が不安定なため、アルテミア幼生が補助的に使用されている。しかし、アルテミア幼生を単独に連続給じすると、大量へい死を招くことが数種の魚種で知られている。天然プランクトンや魚介肉ミンチを併用すると、この現象が緩和されるといわれ^{(58)~(60)}、アルテミアを使用する場合は天然プランクトン、わむし、魚介肉ミンチなどと混合給じをし、その間に魚介肉ミンチへのえさの切り替えが行われる。

最近、アルテミアの栄養価を EFA からみた場合、その脂肪酸組成に問題があることが指摘されている⁽⁶⁾。

渡辺ら⁽⁶⁾が分析した 1975 年のサンフランシスコ産アルテミアの脂肪酸組成の一部を表-5 に示した。各機関でふ化条件やふ化後経過日数などに多少の相違があるが、いずれのアルテミアもよく似た脂肪酸組成を示して

いる。総脂質の脂肪酸組成をみると、18:1 ω 9 及び 18:3 ω 3 が主成分となっており、C₂₀ 以上の高度不飽和酸の含量が低い。18:3 ω 3 の含量が約 28% と高く、海産の動物し料としては大変珍しい脂肪酸組成といえよう。Wickins⁽⁶¹⁾ もユタ産及びサンフランシスコ産アルテミア幼生で同じような組成をみている。

図-3 1976年サンフランシスコ産アルテミア幼生の脂肪酸組成に及ぼすし料の影響

アルテミアの脂質に多量に存在する 18:3 ω 3 は、淡水魚あるいはくるまび^{(62)~(64)}などの EFA なので、淡水魚に対しては有効な生物し料といえよう。しかし、まだいなどの海水魚の EFA である 20:5 ω 3 や 22:6 ω 3 などの ω 3 HUFA の含量が非常に低い。さらに前述したように、18:3 ω 3 はまだいにとって EFA としての効果はなく、むしろ悪影響を及ぼすので、この年のサンフランシスコ産アルテミアの海産魚に対する栄養価は低いものと推察される。

表-5 各機関でふ化させた 1975 年度サンフランシスコ産アルテミア卵及び幼生の各脂質画分の脂肪酸組成

脂 肪 酸	総 脂 質				極 性 脂 質				トリグリセリド			
	卵 幼 生				卵 幼 生				卵 幼 生			
	東水大	長崎水試	岐阜水試	東水大	東水大	長崎水試	岐阜水試	東水大	東水大	長崎水試	岐阜水試	東水大
14:0	1.1	0.9	0.8	1.1	1.2	0.5	0.4	0.3	1.2	1.1	1.5	1.3
16:0	13.2	11.4	10.7	11.2	16.3	9.6	10.0	10.3	14.1	13.6	14.2	13.5
16:1 ω 7	4.5	3.2	4.1	4.3	3.2	1.7	2.7	2.5	4.1	4.0	4.8	4.7
16:2	1.4	2.0	2.0	1.5	0.8	1.6	1.8	1.4	1.8	2.3	2.2	2.2
17:0												
18:0	4.0	6.0	5.0	4.4	6.6	10.8	11.3	8.2	3.7	4.4	3.4	3.6
18:1 ω 9	27.8	28.7	28.7	25.1	33.1	36.7	39.0	36.8	26.6	29.1	28.8	25.5
18:2 ω 6	6.2	6.6	6.6	6.1	6.1	6.1	6.8	5.4	6.6	6.2	6.7	6.3
18:3 ω 3	27.7	27.6	28.1	28.4	16.6	19.2	14.3	19.1	29.9	26.6	23.9	29.4
18:4 ω 3	3.6	3.1	3.5	4.5	4.8	2.5	1.9	3.3	3.3	1.5	1.9	2.2
20:0												
20:3 ω 3	0.6	1.2	1.0	1.0	2.3	2.1	1.7	2.1	0.4	0.8	0.8	0.7
20:4 ω 6												
20:4 ω 3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3	1.3	0.4	0.3	0.2	0.3
20:5 ω 3	1.8	2.3	2.1	3.1	3.1	4.2	3.3	5.0	1.4	1.1	1.4	1.2
$\Sigma \omega$ 6	7.4	8.2	7.9	7.7	9.4	8.7	9.4	8.3	7.3	7.5	8.1	7.2
$\Sigma \omega$ 3	35.2	34.7	35.5	38.0	25.8	27.2	20.9	29.4	36.5	31.3	28.7	34.3

このような脂肪酸組成をもつアルテミアを、各種し料で飼育すると、脂質含量及び 18:3 ω 3 の割合が減少し、20:5 ω 3 の含量の増加がみられる⁹⁾ (図-3)。ふ化後の経過時間が長くなると、脂質含量が激減することは藤田ら⁶⁵⁾も認めている。また Morris ら⁶⁶⁾は、ふ化直後のアルテミアはし魚のし料として好適であるが、卵黄を吸収しつくしたものは劣ると報告している。恐らく脂質含量の低下と水分含量の増加による総エネルギー含量の減少によるものと思われるが、ふ化後経過時間が長くなるにつれて 18:3 ω 3 が減少し、20:5 ω 3 が増加するので、海産魚に対する栄養価はむしろ改善されるものと考えられる。

また、 ω 3 HUFA を多量に含む海産クロレラや後述する油脂酵母などで飼育すると、アルテミアの 20:5 ω 3 の割合が増加するので、し料効果も改善されると推察される。渡辺ら¹⁰⁾は、18:3 ω 3 含量の高いアルテミアを海産クロレラあるいは油脂酵母で飼育し、まだい稚魚に対するし料効果を調べた結果、海産クロレラや油脂酵母から ω 3 HUFA を取り込むことによって、し料効果が著しく改善されたと報告している (表-6)。Wickins⁶¹⁾

表-6 海産クロレラ及び油脂酵母で飼育したアルテミアのし料効果

	アルテミア			
	カナダ産	サンフランシスコ産		
	ふ化直後 幼生	ふ化直後 幼生	海産クロレ ラで24h飼 育した幼生	油脂酵母で 24h飼育し た幼生
供試尾数	500	500	500	500
全長(mm)				
開始時	6.91 $\pm$ 0.63	6.91 $\pm$ 0.63	6.91 $\pm$ 0.63	6.91 $\pm$ 0.63
終了時	9.57 $\pm$ 1.35	10.13 $\pm$ 1.34	11.13 $\pm$ 1.73	11.67 $\pm$ 2.03
生残率(%)	68.0	49.2	66.0	86.4
活力テスト(%)	37.5	24.1	46.1	50.0

も、*Isochrysis galbana* をアルテミア幼生に給じることによって、すじえび類に対するユタ産アルテミア幼生のし料欠陥を補ったという。渡辺ら⁶⁷⁾の分析結果では、*I. galbana* は 20:5 ω 3 及び 22:6 ω 3 の含量が高い。これら ω 3 HUFA を取り込んだ結果とも考えられる。このことはまた、 ω 3 HUFA 含量の高い *Tigriopus* や *Acartia* などと併用すると同じ効果がみられることからうかがわれる⁶⁸⁾。

つぎに、1977 年度のサンフランシスコ、南アメリカ、及びカナダ産アルテミアの脂肪酸組成の一部を表-7 に示す。卵の脂質含量は産地によりかなり差があるが、幼生では大差ないようである。またいずれの産地のアルテミアも、卵と幼生は互いによく似た脂肪酸組成をもっている。南アメリカのアルテミアは従来のサンフランシスコ産のものに比較的近い組成をもっており、18:3 ω 3 の含量が高く、 ω 3 HUFA 含量が低い。しかし、サンフ

表-7 1977年度サンフランシスコ産、カナダ産及び南アメリカ産アルテミアの卵及び幼生の脂肪酸組成

脂 肪 酸	卵			ふ化直後幼生		
	サンフラン シスコ	南アメ リカ	カナダ	サンフラン シスコ	南アメ リカ	カナダ
14:0	1.4	0.6	0.9	0.9	0.5	0.6
16:0	12.0	10.6	10.2	9.5	7.9	8.4
16:1 ω 7	18.4	6.4	9.9	12.0	5.8	7.3
16:2	1.0	1.7	1.5	0.9	1.9	2.2
17:0						
18:0	3.6	5.5	3.7	6.8	5.9	7.0
18:1 ω 9	31.5	25.0	27.8	36.1	26.3	30.0
18:2 ω 6	4.0	5.6	7.2	3.4	5.2	6.0
18:3 ω 3	9.0	18.6	13.7	10.3	21.0	13.5
18:4 ω 3	1.7	4.2	1.4	1.2	6.5	0.6
20:0						
20:3 ω 3	1.6	0.3	2.4	2.7	0.6	3.2
20:4 ω 6						
20:4 ω 3	0.9	0.5	0.3	0.4	0.7	0.2
20:5 ω 3	7.1	0.2	10.3	9.5	0.3	12.1
脂質含量 %	6.4	10.5	4.8	2.0	1.6	2.1

ランシスコ産とカナダ産のアルテミアはこれらのものと大きく異なり、18:3 ω 3 含量が従来のものの半量以下で、逆に 20:5 ω 3 の含量が高い。この年の両アルテミアの海産魚に対する栄養価は従来のものよりは高いと考えられる。

このように、アルテミアの脂肪酸組成は産地によって異なり、また同一産地のものでも年度によって大きく異なることが明らかにされた。アルテミアの捕食する生物し料相が年度や産地によって異なるためと考えられ、大

表-8 中国天津産 (1979~1981年) アルテミア卵の総脂質脂肪酸組成

脂 肪 酸	1979					1980			1981
	A*1	B*1	A	B	C	A	B	C	
14:0	0.9	0.8	3.0	2.8	2.0	5.0	5.5	2.1	2.0
16:0	9.7	9.3	12.1	12.7	12.7	23.0	21.2	12.5	13.1
16:1 ω 7*2	13.6	13.4	22.6	24.0	22.4	24.7	22.8	20.1	19.1
18:0	6.0	6.0	3.5	2.9	3.3	4.4	3.8	3.2	3.3
18:1 ω 9*2	33.5	33.8	26.2	20.2	28.3	22.1	17.4	24.9	25.3
18:2 ω 6	4.4	4.4	4.1	3.8	4.3	1.6	2.2	4.2	5.0
18:3 ω 3	5.3	5.1	5.5	6.0	5.1	0.4	0.6	6.4	6.6
18:4 ω 3	0.6	0.6	0.9	1.0	0.7	0.4	0.9	1.0	1.3
20:1	0.7	0.7	0.2	0.4	—	1.7	1.9	0.4	0.4
20:4 ω 6	2.8	3.0	1.2	1.1	1.5	0.8	0.7	1.8	1.4
20:4 ω 3	0.7	0.7	—	—	—	—	—	0.2	0.1
20:5 ω 3	13.0	13.2	9.2	10.2	11.3	1.9	1.3	10.9	9.3
22:1	—	—	—	—	—	0.6	0.6	Tr.	0.7
22:6 ω 3	—	—	—	—	—	0.2	0.3	Tr.	—
$\Sigma\omega$ 3 HUFA	13.7	13.9	9.2	10.2	11.3	2.1	2.2	11.1	9.4
Lipid %	4.2	4.4	3.7	3.9	5.2	—	—	9.3	2.5

*1 卵A及びBの幼生

*2 他のモノエン酸を少量含む

表-9 1980年度ブラジル及びオーストラリア産アルテミア卵の総脂質脂肪酸組成

脂 肪 酸	Brazil 1980							Australia 1980
	A	B	C	D	E	E*	F	
14:0	3.3	3.4	2.1	3.6	2.4	1.7	2.0	1.6
16:0	16.0	18.2	13.7	18.0	14.7	12.2	13.7	13.9
16:1 ω 7**	18.6	14.4	13.8	14.6	14.7	12.8	14.1	9.9
18:0	1.9	2.9	3.2	2.8	2.7	4.1	2.6	2.8
18:1 ω 9**	21.8	23.7	28.9	16.2	26.6	30.7	28.3	33.3
18:2 ω 6	7.2	6.4	8.5	3.1	7.7	9.3	11.8	5.2
18:3 ω 6	1.9	3.2	0.8	5.1	—	—	—	0.1
18:3 ω 3	3.3	1.1	3.2	0.9	3.6	3.3	2.7	10.1
18:4 ω 3	0.3	Tr.	0.6	Tr.	0.7	0.4	0.9	3.8
20:1	0.9	1.2	0.4	1.9	0.5	0.5	0.3	0.4
20:2 ω 6	0.5	0.3	0.1	0.2	0.1	—	—	0.2
20:4 ω 6	2.7	3.2	4.5	3.2	4.0	4.6	3.6	1.1
20:4 ω 3	0.1	Tr.	0.4	Tr.	0.3	0.4	0.2	1.0
20:5 ω 3	3.9	3.5	5.9	4.6	5.8	6.5	5.8	8.6
22:1	0.7	1.0	0.4	1.8	0.5	—	—	Tr.
22:4 ω 6	0.4	0.5	0.1	0.9	—	—	—	Tr.
22:6 ω 3	0.4	0.6	Tr.	1.6	0.1	—	0.2	0.2
$\Sigma\omega$ 3 HUFA**	4.4	4.1	6.3	6.2	7.2	6.9	6.2	9.8
Lipid %	—	—	—	—	—	—	—	7.9

*1 卵Eの幼生 ** 他のモノエン酸を少量含む **C_{20:3}< ω 3 脂肪酸

変興味深い。

渡辺ら⁶⁹⁾は、1978~1981年のサンフランシスコ、カ

ナダ、ブラジル、天津及びオーストラリア産のアルテミアについても調べており、1977年と同じ傾向がみられ、産地などによってかなり異なっていたと報告している(表-8, 9及び10)。

さらに、20:5 ω 3含量の高い海産魚タイプのアルテミアでは単用しても大量へい死を起こさないとしている。18:3 ω 3含量の高い淡水魚タイプのアルテミアに ω 3HUFAを取り込ませることによって海産魚に対するし料効果を改善できることを併せ考えると、アルテミア単用によるし稚魚の大量へい死などの原因の一つは、その脂肪酸組成によるものと推察される。このことからアルテミアの含有するEFAの内容が不明な場合には、できるだけ単用は避け、他の生物し料と併用することが好ましいと考えられる。

4 チグリオパス *Tigriopus japonica*

チグリオパスは7mm以降のし稚魚のし料として各地の種苗生産の現場で使用されており、し料効果も優れている。最近、長崎水試ではパン酵母、しょう油かすあるいは鶏ふんによる量産方法を検討し、パン酵母給じによるチグリオパスとわむしの混合生産が最も効果的であることを明らかにした⁶⁹⁾。この方法によると、種苗生産期間中に80~100kgのチグリオパスを計画的に生産できるという。

各種し料を用いて培養したチグリオパスの脂質含量、及び総脂質の脂肪酸組成の一部を表-11に示した⁷⁰⁾。

表-10 サンフランシスコ産(1979~1981年)アルテミア卵及び幼生の総脂質脂肪酸組成

脂 肪 酸	1979	1980								1981		
	A	A	B	C	D	E	F*	G*	H*	A	B	C
14:0	2.3	3.5	2.9	3.6	1.3	2.1	2.2	0.6	0.7	1.6	1.1	0.7
16:0	13.3	26.6	25.3	25.9	14.9	23.7	9.2	11.0	12.2	15.2	13.6	10.6
16:1 ω 7**	16.4	16.3	15.7	12.9	5.5	7.4	14.8	3.8	10.4	10.5	4.3	5.4
18:0	2.4	5.1	5.1	3.7	3.5	4.1	2.0	3.3	3.2	2.9	3.2	3.0
18:1 ω 9**	28.2	25.8	27.6	19.8	28.0	23.7	19.1	26.7	34.9	28.5	27.1	26.3
18:2 ω 6	8.3	2.6	2.9	2.5	6.3	5.4	8.3	8.9	6.6	7.1	6.1	7.6
18:3 ω 6	0.9	0.5	0.4	0.6	—	—	1.2	—	0.4	0.6	—	0.8
18:3 ω 3	2.3	3.3	4.2	4.8	22.4	14.7	5.4	27.6	17.2	17.2	28.1	27.0
18:4 ω 3	0.2	0.3	0.9	1.1	3.2	3.4	0.6	6.0	2.5	2.7	3.6	5.2
20:1	0.1	0.9	1.2	1.1	0.3	1.0	Tr.	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5
20:2 ω 6	0.1	1.2	1.2	1.0	0.3	0.6	Tr.	0.1	0.1	—	—	0.1
20:4 ω 6	7.7	2.7	0.7	0.6	0.8	0.8	3.5	1.1	1.4	1.4	0.7	1.3
20:4 ω 3	—	0.1	Tr.	Tr.	0.2	0.5	0.3	0.9	0.3	0.4	—	0.9
20:5 ω 3	7.5	3.9	1.7	0.9	2.7	0.6	6.8	0.3	3.5	3.6	2.4	2.1
22:1	—	0.7	0.5	0.3	0.6	0.3	Tr.	—	0.3	—	0.2	Tr.
22:4 ω 6	—	0.3	0.2	0.4	—	—	0.2	0.1	—	—	—	0.2
22:6 ω 3	0.1	4.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	—	Tr.	—	—	—
$\Sigma\omega$ 3 HUFA**	7.6	4.4	1.8	1.1	3.0	1.2	7.3	1.2	3.8	4.0	2.4	3.0
Lipid %	2.9	—	—	—	—	—	1.9	3.9	2.3	—	—	3.5

*1 ふ化直後の幼生 ** 他のモノエン酸を少量含む ** C_{20:3}< ω 3 脂肪酸

表-11 各種し料で培養したチグリオパス *Tigriopus japonicus* の総脂質脂肪酸組成

脂 肪 酸	自然条件下 11月～2月 1975～1976	<i>Tigriopus japonicus</i>									
		バ ン 酵 母			バン酵母+クロレラ			バン酵母+ くるまえば 用配合飼料	油脂酵母	しょう油かす	
		12月1976	11月 I	1977 II	6月 I	1976 II	11月 1977	11月 1977	11月1977	12月1976	11月1977
14:0	1.7	1.2	1.1	1.5	0.9	1.1	1.4	1.3	2.4	0.5	0.9
14:1	0.2	4.5	5.0	6.5	3.9	3.5	6.6	5.1	2.0	2.3	2.9
15:0	2.1	2.0	2.2	1.6	2.0	1.9	3.0	2.2	1.5	1.3	1.9
16:0	14.0	10.4	8.5	13.3	10.5	10.6	10.3	11.5	12.1	20.1	15.5
16:1 ω 7	6.3	10.9	14.2	11.1	11.5	10.7	10.9	8.7	8.1	5.1	4.7
18:0	2.3	6.0	5.0	4.6	4.5	3.8	3.1	3.1	3.6	4.3	3.6
18:1 ω 9	20.1	11.2	23.0	15.3	19.4	18.6	16.6	20.1	21.3	15.0	19.9
18:2 ω 6	2.5	3.6	2.1	2.7	3.5	3.8	3.1	5.2	1.7	7.0	18.1
18:3 ω 3	8.2	6.0	1.8	5.5	6.1	7.8	7.4	6.1	1.3	1.8	2.7
18:4 ω 3 } 20:0 }	3.2	1.9	1.2	4.3	2.0	2.2	3.7	1.4	0.8	2.0	0.3
20:1	1.0	2.1	1.3	0.9	1.8	1.0	0.4	1.1	4.8	0.5	0.8
20:3 ω 3 } 20:4 ω 6 }	1.7	2.1	1.3	0.7	2.0	2.5	1.4	1.8	2.6	1.6	2.2
20:4 ω 3	2.5	2.5	1.2	1.3	2.9	3.1	1.3	2.2	1.0	1.0	1.2
20:5 ω 3	8.2	7.2	5.7	4.2	5.8	5.9	6.8	6.8	10.8	9.3	4.4
22:5 ω 3	0.7	1.6	0.5	0.5	2.0	2.2	0.6	0.6	1.2	0.5	0.6
22:6 ω 3	6.5	12.0	10.0	8.5	9.6	9.7	6.4	7.8	13.6	16.7	7.9
$\Sigma\omega$ 3 HUFA	17.9	23.3	17.4	14.5	20.3	20.9	15.1	17.4	26.6	27.5	14.1
脂質含量 %	2.6	3.2	2.2	2.4	3.6	2.8	3.1	2.6	2.6	1.7	3.0

脂質含量は 1.7～3.6% の範囲にあり、培養年度、季節あるいはし料によって異なっている。同じ傾向が脂肪酸組成にもみられるが、いずれのチグリオパスも魚類、特に海産魚の EFA である ω 3 HUFA の含量が高く、14～27% に達し、EFA からみて優れた生物し料といえよう。また ω 3 HUFA を含まないバン酵母やしょう油かすで培養しても ω 3 HUFA 含量が高く、チグリオパスの脂肪酸組成はわむしほど顕著には培養し料の影響を受けないようである。これは培養が粗放的であるため、培養の過程で生じる微小藻類、わむしあるいはデトリタス*などを培養し料とともに捕食していることや、培養時期によって水温、天候などの条件が異なる結果、発生する生物相が変化するためとも考えられる。そのためチグリオパスの培養にあたっては、最高の増殖密度が効率よく安定して得られる方法を採用すべきであろう。

5 その他の生物し料

アカルチア *Acartia* sp. もチグリオパスと同様 7 mm 以降の稚魚に有効なし料として使用されている。しかし、チグリオパスと異なり現状では増殖方法がほとんど解明されておらず、天然採集に依存している。採集方法は夜間の燈火採集か、潮流利用のネット採集が行われて

いる。

海産プランクトンの入手が困難な場合には、淡水産のみじんこもアルテミアと同じように補助的に使用され

表-12 たまみじんこ *Moina*, アカルチア *Acartia* 及びけい藻の総脂質脂肪酸組成

脂 肪 酸	<i>Moina</i> sp.					<i>Acartia clausi</i>			くるま えび用 けい藻
	パン酵母		パン 酵母 + 鶏 ふん	鶏 ふ ん		天 然 採 取			
	岐阜 水試	広島 水試		5 d	10 d	5月 1976	12月 1976	9月 1977	
14 : 0	2.5	2.4	0.8	1.3	3.2	4.2	4.4	12.1	23.1
16 : 0	6.6	6.5	5.8	10.7	9.2	16.9	16.5	18.3	9.9
16 : 1 ω 7	37.9	33.6	19.9	13.8	18.1	2.4	1.8	10.7	14.5
18 : 0	1.4	2.5	3.0	5.6	2.3	5.4	3.8	5.0	0.2
18 : 1 ω 9	25.1	24.1	26.2	10.4	3.1	4.1	3.6	5.4	2.2
18 : 2 ω 6	4.9	4.2	6.6	7.3	2.1	1.1	0.6	1.1	1.7
18 : 3 ω 3	0.6	0.8	0.8	10.1	2.3	1.1	0.7	1.0	0.2
18 : 4 ω 3 } 20 : 0 }	0.1	—	1.1	2.0	2.3	3.2	2.5	—	0.1
20 : 1	0.2	0.3	0.2	0.1	—	0.7	0.7	2.3	1.6
20 : 3 ω 3 } 20 : 4 ω 6 }	0.3	4.4	8.9	5.5	1.7	1.1	0.4	1.0	1.7
20 : 4 ω 3	—	0.1	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	0.4	0.2
20 : 5 ω 3	0.2	1.5	7.0	14.5	20.8	20.1	29.2	16.6	12.9
22 : 5 ω 3	—	—	0.2	0.2	0.5	0.5	1.0	0.8	—
22 : 6 ω 3	—	—	0.3	Tr.	Tr.	28.6	27.2	12.3	—
$\Sigma\omega$ 3HUFA	0.2	1.6	7.7	14.9	21.5	49.8	58.0	30.1	13.1
脂質含量%	2.9	—	1.3	1.3	3.3	1.1	1.5	1.3	1.8

* プランクトンやネクトンが生きたまま、あるいは死がいとなくって水底にたまったものをいい、底棲性動物の重要なし料となっている。

る。これには *Daphnia* と *Moina* の類があるが、海水魚以外にあゆやこいの初期し料としても用いられている。

モイナの脂質含量は 1.3~3.8% で、培養条件やし料によって多少異なるが、脂肪酸組成はわむしと同様、培養し料に大きく左右される(表-12)。パン酵母で培養したモイナをみると、いずれもパン酵母の脂肪酸の影響を受けて、16:1, 18:1 などのモノエン酸含量が非常に高く、 ω 3 HUFA 含量が低い。この組成は酵母わむしとたいへんよく似ており、このような組成をもつモイナの栄養価はいずれの魚種に対しても低いと推察されるので単用は避けるべきであろう。

一方、パン酵母に鶏ふんを併用すると、16:1 が著しく減少し、20:5 ω 3 が増加した。さらに鶏ふん単用で培養すると、モノエン酸が激減し、20:5 ω 3 は 5d の培養で 14.5%, 10d で 20.8% へ著増する。このモイナの組成は、海産クロレラで培養したわむしに似ており、し料効果は高いと考えられる。これはチグリオパスの場合と同様、鶏ふんを水中に散布することにより発生したさまざまな微小生物を捕食したためと推察される。

長崎県野母湾において採集したアカルチアをみると、脂肪酸組成には顕著な季節の変動が認められるが、いずれのアカルチアも 20:5 ω 3 及び 22:6 ω 3 の割合が高く、総 ω 3 HUFA が 30~58% に達している。いか肝油の脂肪酸組成と似ており、海産魚の EFA からみて優れた生物し料といえよう。アルテミアのし料効果が、チグリオパスやアカルチアなどと併用すると改善されるのは、この辺に理由があるのかも知れない。また天然のまだ稚魚で ω 3 HUFA 含量が高い⁷¹⁾のは、アカルチアのような脂肪酸組成をもつプランクトンを捕食しているためと考えられる。

表-13 みじんこ *Daphnia* の脂肪酸組成

脂 肪 酸	総 脂 質	極性脂質	トリグリセリド
12:0	0.8	0.1	2.4
14:0	2.1	1.5	3.6
15:0	2.2	1.2	1.8
16:0	15.3	14.3	17.1
16:1 ω 7*	12.4	9.6	12.2
18:0	4.8	6.6	6.3
18:1 ω 9*	12.8	17.7	16.7
18:2 ω 6	4.4	4.7	3.9
18:3 ω 3	11.0	11.0	6.4
18:4 ω 3	2.9	2.0	1.8
20:0			
20:3 ω 3			
20:4 ω 6	3.6	4.0	5.2
20:4 ω 3	0.6	0.4	0.4
20:5 ω 3	16.5	16.2	7.5
22:6 ω 3	0.2	0.7	—

* 他のモノエン酸を少量含む

こいの初期し料として培養したみじんこの脂肪酸組成をみると⁷⁰⁾、 ω 3 脂肪酸として 18:3 ω 3 を 11%, 20:5 ω 3 を 16.5%, ω 6 脂肪酸として 18:2 ω 6 を 4.4% 含んでいる(表-13)。このみじんこの培養条件は不明であるが、脂肪酸組成からみたところでは鶏ふんで培養したモイナの組成によく似ており、魚類の初期し料として適しているようである。

6 酵母わむしのクロレラによる二次培養とし料効果

酵母わむしのし料効果の改善策として、給じ前にクロレラを摂らせる処理は、まだい、いしだいなどでなされ、効果が認められている。このクロレラの処理による効果は、20:5 ω 3 の取り込みによると推察した渡辺^{71,72)}は、酵母わむしを海産あるいは淡水クロレラで二次培養し、20:5 ω 3 の取り込みの経時的変化とし料効果との関連について調べている。

6.1 海産クロレラによる二次培養

酵母わむしにクロレラを 10 min~7 d 経時的に与えた後、直ちに回収したものと、1.5 h 及び 24 h 海水中に放置し、飢餓の状態にさせたものについて 20:5 ω 3 の濃度を調べるとともに、し稚魚に対するし料効果を試験した。

その結果、図-4 に示したように、いずれの場合も培

A: 培養直後 B: 培養後 24 h 海水中に放置後
図-4 海産クロレラによる二次培養酵母わむしの 20:5 ω 3 濃度の経時的変化

養時間に比例して 20:5 ω 3 の濃度が増加し、6 h 後で併用わむしの 10~12% レベルに達した。さらに二次培養を継続すると、20:5 ω 3 の割合は 6h→24h の間で急激に増加し、2d の培養で 27% とほぼ最大に達したが、以後培養を 7d 継続してもそれ以上の濃縮は認められなかった。この 20:5 ω 3 の取り込みの最大値は今までのクロレラわむしで得られている値とよく一致する。20:5 ω 3 の濃度に反比例して 18:1 の割合が減少し、やはり 2d ころからほぼ一定となった。また、一昼夜飢餓の状態にさせると、20:5 ω 3 の割合は数% 減少するが、22:5 ω 3 の割合が逆に増加しているの、わむし体内で 20:5 ω 3 から 22:5 ω 3 への転換が多少行われているものと推察される。

このようにクロレラによる二次培養わむしの 20:5 ω 3 の割合は、ほぼ 6h の培養で併用わむしのレベルに達し、それにともない酵母わむしのし料効果は表-14 にみられるように著しく改善されることがわかった。すなわち、酵母わむしとクロレラわむしの栄養価の相違は、20:5 ω 3 の濃度の相違によるものであり、酵母わむし

表-14 海産クロレラによる二次培養酵母わむしのし料効果

わむし	実験開始時	実験終了時		生残率 (%)	活力テスト*1 (%)
	供試尾数	取り上げ尾数	全長(mm)		
クロレラ	24,000	12,800	7.15 $\pm$ 0.52	53.3	92.7
Y24C*2	"	14,400	6.55 $\pm$ 0.81	60.0	96.1
Y12C	"	9,600	6.12 $\pm$ 0.38	49.0	87.3
Y6C	"	11,900	6.31 $\pm$ 0.54	49.6	90.7
Y2C	"	11,800	5.72 $\pm$ 0.53	49.2	79.2
酵母わむし	"	5,300	4.73 $\pm$ 0.30	22.1	65.6
Y6DC*3	"	10,700	5.13 $\pm$ 0.45	44.6	82.4

*1 手網で 5s すくった後の生残率

*2 海産クロレラ 24h で二次培養した酵母わむし

*3 乾燥淡水産クロレラで 6h 二次培養した酵母わむし

によるし稚魚の大量へい死は EFA 欠乏によるものであることがほぼ明らかにされた。

長崎水試その他で種苗の量産に使用されている併用わむしの脂質含量と 20:5 ω 3 の濃度を一つの目安として、二次培養わむしのし料効果と併せ考えると、酵母わむしをし稚魚に与える前にクロレラで 6h 以上再培養することが好ましいと考えられる。

6.2 淡水クロレラによる二次培養

一方、わむしの培養に淡水クロレラを用いる方法が一部で試みられており、わむしに対するし料効果が認められている⁷²⁾。淡水産の乾燥クロレラを使用できれば、クロレラ培養の手間が省けるとの理由によるものと考えられる。また海産クロレラの培養が困難なところでは、酵母わむしを給じ前に生の淡水クロレラで処理して仕上げを行っているところもある。

渡辺ら⁷¹⁾は、乾燥粉末及び生の淡水クロレラを用いて、

海産クロレラの場合と同じ条件で酵母わむしを二次培養している。淡水クロレラには、海産クロレラとはかなり異なり 16:4 ω 3, 18:2 ω 6, 18:3 ω 3 が比較的高割合で含まれており、C₂₀ 以上の高度不飽和酸が少ない。このような組成の淡水クロレラで酵母わむしを二次培養した結果は図-5 に示すとおりである。海産クロレラを給じた場合と大きく異なり、培養時間に比例して、18:2 ω 6 と 18:3 ω 3 の割合が増加し、2~3d の培養

図-5 淡水産クロレラによる二次培養酵母わむしの脂肪酸の経時変化

で最大に達した。しかし 20:5 ω 3 などの ω 3 HUFA の増加は認められなかった。先に渡辺らは、淡水クロレラには 16:4 ω 3 や 18:3 ω 3 などの ω 3 脂肪酸が比較的高濃度に含まれているのに、岐阜水試で培養したクロレラわむしには ω 3 HUFA がほとんど存在しないところから、わむし体内では 16:4 ω 3 や 18:3 ω 3 は 20:5 ω 3 や 22:6 ω 3 などの ω 3 HUFA には転換されないのではないかと報告している。今回の結果からも、わむしは淡水魚のような ω 3 脂肪酸の代謝経路⁷³⁾をもたないものと推測している。

この乾燥粉末のクロレラで、6h 二次培養したわむしのし料効果は表-14 にみられるように、酵母わむしに比べるとわずかに改善されたが、海産クロレラによるものと比較すると明らかに劣っていた。

このように 20:5 ω 3 や 22:6 ω 3 などの ω 3 HUFA を含まない淡水産クロレラでわむしを培養しても、わむしは 16:4 ω 3 や 18:3 ω 3 を ω 3 HUFA に転換する

能力をもたないと考えられることや、また過剰の 18:3 ω 3 は海産魚に好ましくないで、あゆのように EFA が不明な場合はともかく、生産されたわむしは海産魚に対しては栄養価が低いものと考えられる。

クロレラの化学組成は種類や培養条件などによってかなり異なるので、乾燥クロレラなどで、わむしを培養する場合にはクロレラの脂肪酸組成を十分に吟味してから使用することが好ましい。

7 酵母わむしの栄養欠陥と高度不飽和酸の添加効果

いままでの実験結果から、酵母わむしがクロレラわむしに比べてし料効果の劣る理由、すなわち酵母わむしの

表-15 パン酵母、油脂酵母及びそれらで培養した各わむしの主な脂肪酸(%)

脂 肪 酸	パ ン 酵 母				協和油脂酵母			酵 母 わむし	油脂酵母 わむし
	協和 1977	A社 1977	B 社		冷 蔵 品		冷凍品		
			1977	1975	1976	1977	1977		
16:0	11.2	20.0	16.8	8.3	16.9	13.4	15.0	2~7	10~12
16:1	14.2	27.2	32.8	38.2	5.0	6.6	6.1	26~27	10~11
18:0	8.4	4.7	3.4	4.1	2.6	2.4	2.3	3~4	2~3
18:1	38.0	26.1	28.5	43.9	16.0	16.4	15.5	26~30	22~24
18:2 ω 6	15.1	10.9	7.6	2.8	1.0	1.1	1.1	7~9	2~4
18:3 ω 3	6.4	3.2	1.8	0.5	0.9	0.8	0.8	3~4	0.7~0.8
20:1	1.6	0.8	Tr.	0.2	8.4	9.1	9.2	1~2	8~10
20:4 ω 6									
20:3 ω 3					3.0	3.0	3.0	1~2	3~4
20:5 ω 3					13.9	17.7	17.4	~0.4	9~12
22:5 ω 3					1.0	1.0	0.9		2~3
22:6 ω 3					15.6	12.8	13.5		7~9
$\Sigma\omega$ 3					33.5	34.7	34.5		25~26

栄養欠陥がどこにあるのかは明らかになったので、つぎにわむしの栄養価を改善することを試みた。すなわち、従来のパン酵母に 20:5 ω 3 のような ω 3 HUFA を取り込ませた酵母(油脂酵母)でわむしを培養し、そのし料効果を酵母わむしと比較した^{73),74)}。従来のパン酵母と油脂酵母及びそれらで培養したわむしの脂肪酸組成を表-15 に示した。従来のパン酵母は ω 3 HUFA を含まず、従って培養されたわむしも ω 3 HUFA の含量が著しく低い。一方、油脂酵母は ω 3 HUFA 源として添加したいか肝油に由来する 20:5 ω 3 及び 22:6 ω 3 を多量に含み、総 ω 3 脂肪酸が 34% に達する。この酵母で培養した油脂酵母わむしは総 ω 3 脂肪酸が 25% に達し、前述したチグリオパスとアカルチアの中間的な値を示した。

このような組成をもつ油脂酵母わむしのし料効果を試験したところ、表-16 にみられるように、油脂酵母わむしで飼育したし稚魚は、まだい、くろだいいずれにおいても、成長、生残率、活力テストなどで優れており、酵母へ添加した ω 3 HUFA の効果が明らかに認められた。また実用試験においても、まだい、いしだいの量産に成功している⁷⁵⁾。

まだい、いしだい及びくろだいで認められた油脂酵母わむしのし料効果は、上述したように ω 3 HUFA によることは明らかであり、このことから酵母わむし給じによるし稚魚の大量へい死などの原因は、主に酵母わむしの ω 3 HUFA 不足にあるといえよう。

なお、最近渡辺ら^{70),76)}は、 ω 3 HUFA を高濃度で含有するいか肝油等を乳化して直接

表-16 油脂酵母わむしのし料効果

試 験 魚	わ む し	実験開始時	実 験 終 了 時		生 残 率 (%)	活力テスト (%)	摘 要
		供試尾数	全 長 (mm)	取り上げ尾数			
まだい	油 脂 酵 母	30,000	9.28 $\pm$ 0.77	22,000	73.5	76.0	5月1日ふ化
	酵 母	"	7.44 $\pm$ 0.78	4,000	13.0	12.5	5月21日終了
	油 脂 酵 母	15,000	9.18 $\pm$ 0.87	11,132	74.2	92.9	6月17日ふ化
	ク ロ レ ラ	12,000	10.10 $\pm$ 1.60	5,200	43.3	91.7	7月8日終了
	Y12C*1	12,000	9.25 $\pm$ 1.24	3,320	27.7	93.2	
	(冷蔵)油脂酵母	24,000	10.10 $\pm$ 0.63	8,700	37.8	96.3	5月3日ふ化
	(凍結)油脂酵母	"	9.78 $\pm$ 0.65	9,822	42.7	98.1	5月30日終了
	Y3C*1	"	7.96 $\pm$ 0.98	9,524	39.7	80.7	
	油 脂 酵 母	15,000	10.32 $\pm$ 1.28	7,586	50.6	88.2	5月25日ふ化
	ク ロ レ ラ	"	9.78 $\pm$ 1.11	6,496	43.3	91.5	6月21日終了
くろだ	油 脂 酵 母	10,000	10.91 $\pm$ 0.94	6,550	65.5	95.5	5月3日ふ化
	酵 母	"	6.24 $\pm$ 0.62	317	3.2	93.8	6月3日終了

*1 海産クロレラでそれぞれ 12h 及び 3h 二次培養した酵母わむし

わむしの培地へ添加することによって、わむしに $\omega 3$ HUFA を取り込ませ、わむしの栄養価を改善できることを報告している。油脂酵母による栄養価改善策を間接法とすれば、後者は直接法といえるものである。

(昭和 56 年 12 月 3 日受理)

文 献

- 1) 渡辺 武, 荒川敏久, 北島 力, 藤田矢郎, 日水誌, **44**, 985 (1978)
- 2) 渡辺 武, 荒川敏久, 北島 力, 福所邦彦, 藤田矢郎, 日水誌, **44**, 979 (1978)
- 3) 渡辺 武, 北島 力, 荒川敏久, 福所邦彦, 藤田矢郎, 日水誌, **44**, 1109 (1978)
- 4) 渡辺 武, 大和史人, 北島 力, 藤田矢郎, 日水誌, **44**, 1115 (1978)
- 5) 渡辺 武, 荒川敏久, 北島 力, 福所邦彦, 藤田矢郎, 日水誌, **44**, 1123 (1978)
- 6) T. Watanabe, Proc. 7th Japan-Soviet Joint Symp. Aquaculture, Sept. 1978, p. 49~57
- 7) 北島 力, 藤田矢郎, 大和史人, 米 康夫, 渡辺 武, 日水誌, **45**, 469 (1979)
- 8) 渡辺 武, 大和史人, 北島 力, 藤田矢郎, 米 康夫, 日水誌, **45**, 883 (1979)
- 9) 今田 克, 影山百合明, 渡辺 武, 北島 力, 藤田矢郎, 米 康夫, 日水誌, **45**, 955 (1979)
- 10) T. Watanabe, F. Oowa, C. Kitajima, S. Fujita, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 35 (1980)
- 11) 北島 力, 荒川敏久, 大和史人, 藤田矢郎, 渡辺 武, 米 康夫, 日水誌, **46**, 43 (1980)
- 12) 北島 力, 吉田満彦, 渡辺 武, 日水誌, **46**, 47 (1980)
- 13) 岡 彬, 鈴木規夫, 渡辺 武, 日水誌, **46**, 1413 (1980)
- 14) 渡辺 武, 魚類の栄養と飼料, 新水産学全集 14, p. 81~110, 恒星社厚生閣, 東京 (1980)
- 15) 藤田矢郎, 稚魚の摂餌と発育, 水産学シリーズ No. 8, 100~113, 恒星社厚生閣, 東京 (1975)
- 16) 伏見 徹, 稚魚の摂餌と発育, 水産学シリーズ No. 8, 67~83, 恒星社厚生閣, 東京 (1975)
- 17) 野沢卓爾, 小林慎策, 北村佐三郎, 昭和 47 年度日本水産学会春季大会講演要旨, p. 126
- 18) 大原脩平, 野沢卓爾, 小林慎策, 北村佐三郎, 昭和 49 年度日本水産学会春季大会講演要旨, p. 401
- 19) 隅田征三郎, 尾脇満雄, 浦田勝喜, 昭和 48 年度熊本水試事業報告, 373 (1974)
- 20) 北島 力, 耕田隆彦, 長崎水試研報, **2**, 113 (1976)
- 21) 福所邦彦, 長崎水試研報, **3**, 152 (1977)
- 22) 藤田矢郎, 日本プランクトン学会報, **20**, 49 (1973)
- 23) 鹿山 光, 水産増殖, **20**, 247 (1972)
- 24) N. Nicolaides, A.N. Woodall, *J. Nutr.*, **78**, 431 (1962)
- 25) 東 秀雄, 金子徳五郎, 石井清之助, 牛山宗弘, 杉橋孝夫, ビタミン, **30**, 271 (1964)
- 26) J.D. Castell, R.O. Sinnhuber, J.H. Wales, D.J. Lee, *J. Nutr.*, **102**, 77 (1972)
- 27) J.D. Castell, R.O. Sinnhuber, D.J. Lee, J.H. Wales, *J. Nutr.*, **102**, 93 (1972)
- 28) J.D. Castell, D.J. Lee, R.O. Sinnhuber, *J. Nutr.*, **102**, 93 (1972)
- 29) T. Watanabe, F. Takashima, C. Ogino, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **40**, 181 (1974)
- 30) T. Watanabe, I. Kobayashi, O. Utsue, C. Ogino, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **40**, 387 (1974)
- 31) T. Watanabe, C. Ogino, Y. Koshiishi, T. Matsunaga, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **40**, 493 (1974)
- 32) 竹内俊郎, 渡辺 武, 日水誌, **43**, 893 (1979)
- 33) T. Watanabe, T. Takeuchi, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **42**, 893 (1976)
- 34) T. Takeuchi, T. Watanabe, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **42**, 907 (1976)
- 35) T. Takeuchi, T. Watanabe, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 947 (1977)
- 36) T. Watanabe, O. Utsue, I. Kobayashi, C. Ogino, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **41**, 257 (1975)
- 37) T. Watanabe, T. Takeuchi, C. Ogino, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **41**, 263 (1975)
- 38) 竹内俊郎, 渡辺 武, 日水誌, **43**, 541 (1977)
- 39) 竹内俊郎, 新井 茂, 渡辺 武, 新聞弥一郎, 日水誌, **46**, 345 (1980)
- 40) A. Kanazawa, S. Teshima, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 1353 (1980)
- 41) 竹内俊郎, 佐藤秀一, 渡辺 武, 昭和 56 年度日本水産学会秋季大会講演要旨, p. 93
- 42) 竹内俊郎, 渡辺 武, 能勢健嗣, 日水誌, **45**, 1319 (1979)
- 43) 竹内俊郎, 渡辺 武, 昭和 55 年度日本水産学会秋季大会講演要旨, p. 28
- 44) 竹内俊郎, 養魚と飼料脂質, 水産学シリーズ No. 22, 23~42, 恒星社厚生閣, 東京 (1978)
- 45) 金沢昭夫, 手島新一, 小野和夫, 昭和 52 年度日本水産学会秋季大会講演要旨, p. 12
- 46) 岡 彬, 水産増殖, **27**, 202 (1980)
- 47) Y. Yone, M. Furuichi, *Rept. Fish. Res. Lab. Kyushu Univ.*, **1**, 49 (1976)
- 48) Y. Yone, M. Fujii, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **41**, 71 (1975)
- 49) Y. Yone, M. Fujii, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **41**, 79 (1975)
- 50) 中山博文, 米 康夫, 昭和 52 年度日本水産学会春季大会講演要旨, p. 189
- 51) M. Fujii, Y. Yone, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **42**, 583 (1976)
- 52) 米 康夫, 高橋康之, 昭和 52 年度日本水産学会春季大会講演要旨, p. 189
- 53) 山田和雄, 小林邦男, 米 康夫, 昭和 52 年度日本水産学会春季大会講演要旨, p. 85
- 54) 山田和雄, 米 康夫, 昭和 52 年度日本水産学会春季大会講演要旨, p. 190
- 55) C.B. Cowey, J.M. Owen, J.W. Adron, C. Middleton, *Br. J. Nutr.*, **36**, 479 (1976)
- 56) J.M. Owen, J.W. Adron, C. Middleton, C.B. Cowey, *Lipids*, **10**, 528 (1975)
- 57) 金沢昭夫, 手島新一, 小野和夫, 昭和 52 年度春季大会講演要旨, p. 85
- 58) 伏見 徹, 広島水試研報, **3**, 29 (1972)
- 59) 平田 満, 藤田忠勝, 水産増殖, **22**, 120 (1974)
- 60) 福所邦彦, 水産増殖, **21**, 71 (1974)
- 61) J.F. Wickins, *J. Exp. Mar. Biol.*, **10**, 151 (1972)
- 62) A. Kanazawa, S. Tokiwa, M. Kayama, M. Hirata, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 1111 (1977)
- 63) 手島新一, 養魚と飼料脂質, 水産学シリーズ No. 22, 60~77, 恒星社厚生閣, 東京 (1978)
- 64) 金沢昭夫, 手島新一, 鹿大水産学紀要, **26**, 49 (1977)
- 65) 昭和 39~41 年度指定試験研究, 餌料生物大量培養技術研究総合報告, 長崎水試 (1967)

- 66) R.W. Morris, *J. du Conseil*, **20**, 255 (1955)
- 67) T. Watanabe, R.G. Ackman, *J. Fish. Res. Board Can.*, **31**, 403 (1974)
- 68) 渡辺 武, 太田雅大, 北島 力, 藤田矢郎, 昭和 56 年度日本水産学会秋季大会講演要旨, p. 345
- 69) 藤田矢郎, 昭和 51 年度指定調査研究報告 (長崎水試) (1976)
- 70) 渡辺 武, 養魚用飼料油脂研究会, Bシリーズ, B9-1~B9-6 (1979)
- 71) 渡辺 武, 養魚と飼料脂質, 水産学シリーズ No. 22, 93-111, 恒星社厚生閣, 東京 (1978)
- 72) 平山和次, 中村光治, *Aquaculture*, **8**, 301 (1976)
- 73) 渡辺 武, 化学と生物, **13**, 289 (1975)
- 74) 渡辺 武, 海洋科学, **10**, 740 (1978)
- 75) 福所邦彦, 岩本 浩, 松岡正信, 今田 克, 藤田矢郎, 昭和 52 年度日本水産学会秋季大会講演要旨, p. 337
- 76) 渡辺 武, 田宮知則, 平田 満, 岡 彬, 北島 力, 藤田矢郎, 昭和 56 年度日本水産学会秋季大会講演要旨, p. 78

書 評

プロスタグランジンの生化学

—基礎と実験—

室 田 誠 逸 編

A 5 判 280 ページ

東京化学同人発行

定価 4,600 円

プロスタグランジン (PG) は 1930 年代に von Euler らによって発見されたが, 1960 年代に入り Bergström らにより 6 種類の PG の構造が決定され, それらの生合成経路, 生理作用の解明の研究が盛んになった。1973 年の PG エンドペルオキシド (PGG₂, PGH₂) の単離を契機とし, 従来の PG より短寿命にもかかわらずた違いの生物活性を有するトロンボキサン (TX), プロスタサイクリン (PGI₂) の発見及びぜん息の原因物質であるロイコトリエン (LT) の構造決定など大きな発見が相次ぎ, ここ数年における PG 研究の進歩発展には目を見張るものがある。しかし一方では PG の複雑多岐な作用及び生合成経路に関する膨大な数の発表論文が, 初心者に対しどのようにまとめて理解すべきか戸惑いを与える要因ともなっている。

このたびわが国における PG 研究の第一人者である室田誠逸博士を編者とする本書が刊行されたのは, まことに時機にかなうといえる。本書は第 1 部基礎編, 第 2 部実験編の 2 部に分かれており, PG は初めてという方方に PG の基礎知識と実験技術を伝えることを目的としている。第 1 部では, PG のあらまし, ホスホリパーゼ (PLase) 反応, シクロオキシゲナーゼ反応, PGI₂, LT, PG の医薬への応用, 第 2 部ではシクロオキシゲナーゼ代謝物の抽出・分離・同定・生合成活性の測定, PLase 活性の測定, リポキシゲナーゼ代謝物の生合成活性の測定, ラジオイムノアッセイ, ガスクロマトグラフィー/質量分析法, 生合成酵素の調整法とその応用, PGI₂ の化学合成について述べているが, ここ数年間に発見された PGG₂, PGH₂, TX, PGI₂, LT の生合成及び生理作用に重点をおいてまとめていることが本書の特徴といえる。ゆえに PG 関連物質の化学合成については紙数が少ないので足りなく感じるかもしれない。全体をみわたすと図表が多く, 図では漫画風に示すなど読者が理解しやすいよう配慮しており, 読みやすい本といえる。引用文献も豊富にあり PG 領域の最新の基礎知識を得るための必読の書といえる。付録として PG の分子量, 安定性, 略語, PG 関連試薬の販売元, PG 溶液の濃度計算なども掲載されているが, これは初心者にとって大いに役立つと思う。なおアラキドン酸と共に PG 生合成の前駆体不飽和脂肪酸である「イコサペンタエン酸」の旧称 (エイコサペンタエン酸) を用いているが第 2 版では訂正を望みたいと思う。

(三浦洋四郎: 帝京大学医学部生化学)