

## マダラ種苗生産技術開発の現状

與世田 兼 三

(日本栽培漁業協会能登島事業場)

日本栽培漁業協会では、昭和58年から本種の種苗生産技術開発に取り組んでいる。しかし、例年、全長7mm前後から起こる原因不明の初期減耗が大きく、昭和61年度の1万尾の生産を最高にここ数年は低迷を続けてきた。このため、平成2年度より、これまでに得られた知見の見直しを図るとともに、小型水槽を中心に基礎的知見を集積する試験を行ってきた。平成3年には、小型水槽で得られた知見を基に50<sup>m</sup>水槽2面で飼育を行ったところ、総計で9.5万尾（全長30mm）の種苗生産を達成し、量産化への第一歩を踏み出すことができた。ここでは、これまでの種苗生産技術開発に関連して取り組んできた事項及び京都大学田中克助教授（胃と胃腺の分化）、神戸女学院大学川合真一郎教授（消化酵素の発達）、東京水産大学竹内俊郎助教授（魚体と餌料の脂肪酸組成分析）との共同研究で得られた成果の概要を述べる。

稿を進めるにあたり、適切な御指導及び御助言を頂いた日本栽培漁業協会能登島事業場広川潤場長はじめ職員各位に深謝する。

### 1. これまでに得られた知見

#### (1) 外部形態

ふ化仔魚の全長は、約4.2mm、ふ化後3日目には開口し、ふ化後4日目頃から摂餌を開始する。ふ化後20日目で全長7mm、ふ化後30日目で全長10mmに達し、この時期より背鰭、臀鰭の軟条原基が出現し、遊泳力が増してくる。ふ化後45日目で全長15mmとなり、各鰭の軟条は定数に達する。ふ化後65日目頃には全長30mmに達し、成魚の特徴である下顎の髭が形成される（図1）。また、全長-体高、全長-頭長、全長-肛門前長の相対成長を調べたところ、全長8~10mmの間に変曲点が認められた。

#### (2) 内部形態

##### 1) 両顎の形成

成長に伴う両顎の観察は、透明化处理（トリプシン、水酸化カリウム）を行い、二重染色を施して行った。前上顎骨と下顎の顎歯は、全長9mmで形成され、この時期から食性が変化すると考えられる（図2）。

##### 2) 消化管及び胃の形成

後腸部の捻転は、全長約6mmで起こる。幽門垂は、全長10mmで出現し、全長12mmで胃を覆うようになる（図3）。また、胃は全長8mm、胃腺は全長10mmから分化が顕著であることから、この時期が消化能力の増大する時期と考えられる。

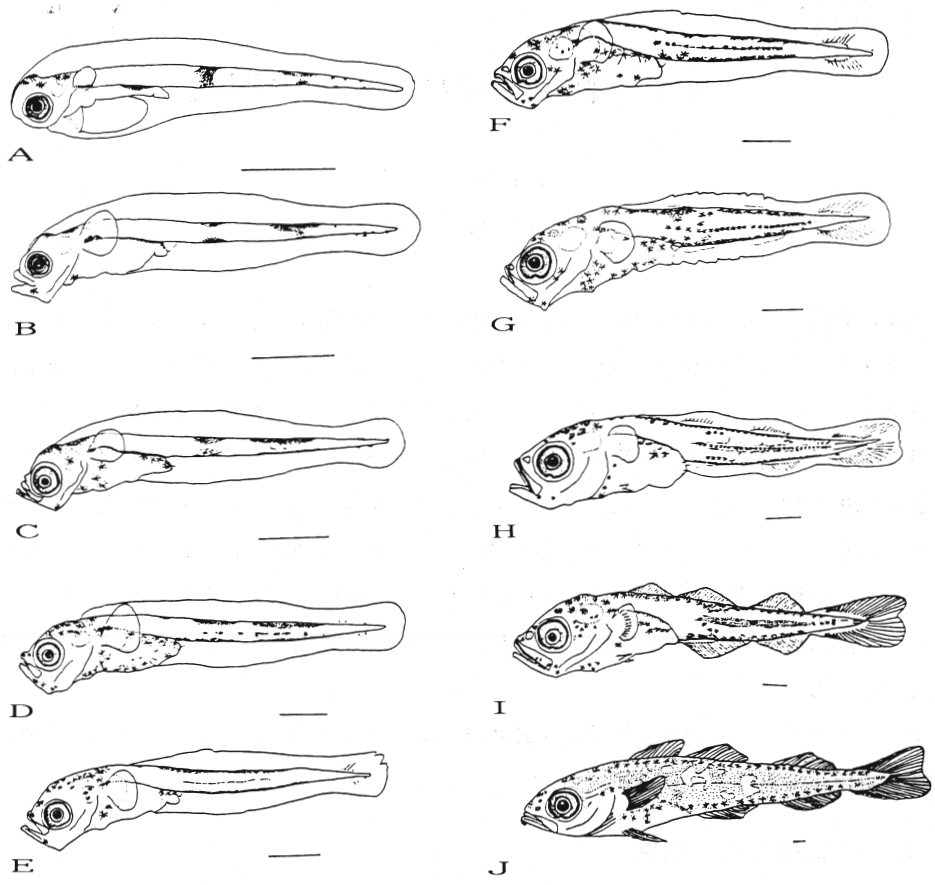


図1. マダラ稚仔魚の形態

A, 1 day old	TL4.3mm	B, 5 days old	TL4.9mm	C, 10 days old	TL6.0mm
D, 15 days old	TL6.7mm	E, 20 days old	TL7.3mm	F, 25 days old	TL8.3mm
G, 30 days old	TL9.5mm	H, 35 days old	TL11.1mm	I, 45 days old	TL15.6mm
J, 65 days old	TL36.3mm	scale: 1 mm			

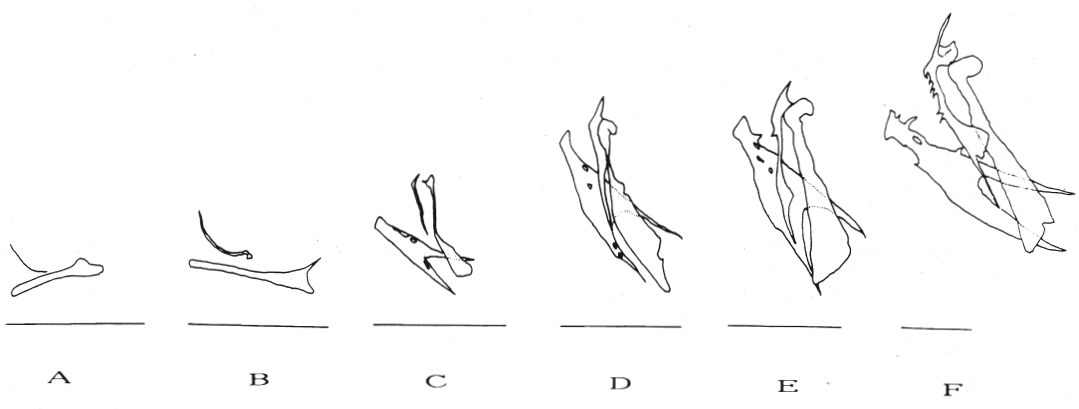


図2. マダラ稚仔魚の両顎の形成

A, 5 days old	TL4.3mm	B, 10 days old	TL5.0mm	C, 20 days old	TL6.9mm
D, 30 days old	TL7.4mm	E, 40 days old	TL9.4mm	F, 50 days old	TL16.3mm
scale: 0.5mm					

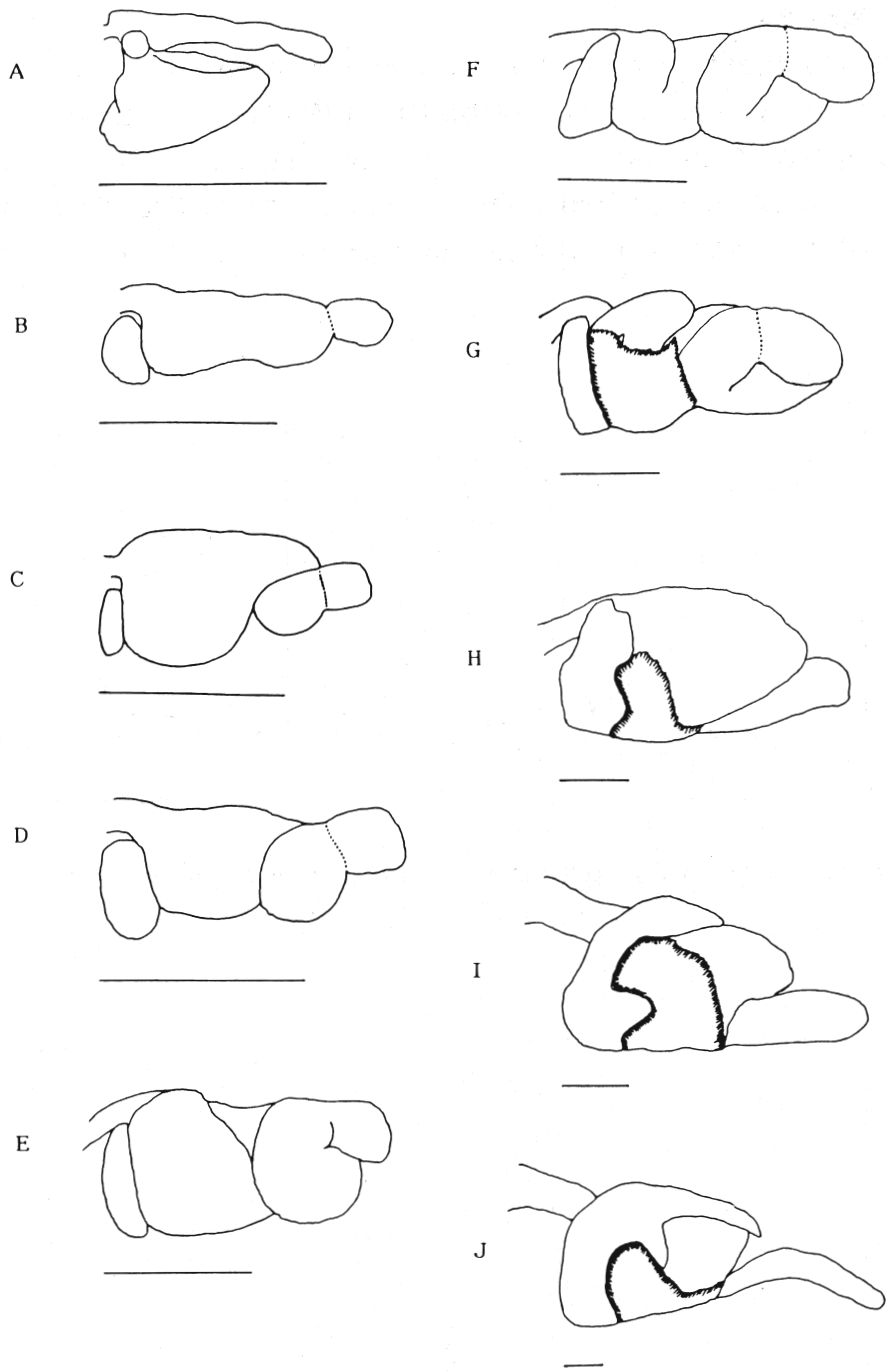


図3. マダラの成長に伴う消化管の発達

A, 0 day old TL4.08mm    B, 5 days old TL4.45mm    C, 15days old TL5.94mm  
 D, 20days old TL6.93mm    E, 30days old TL9.00mm    F, 35days old TL10.33mm  
 G, 40days old TL12.87mm    H, 50days old TL19.74mm    I, 60days old TL24.15mm  
 J, 70days old TL41.64mm

scale : 0.5mm

### (3) 消化酵素の発達

成長に伴う消化酵素（ペプシン、トリプシン、アミラーゼ）の発達を調べたところ、ペプシン、トリプシン、アミラーゼのいずれも、ふ化後20日目（全長約7mm）までの全活性は低い。しかし、ふ化後30日目頃（全長約10mm）からトリプシンの全活性の急激な高まりがみられ、ペプシンとアミラーゼはふ化後40日目頃に全活性は顕著に高くなった。このため、消化酵素においても急激な高まりがみられるふ化後30～40日目に消化能力が増大すると考えられる（図4、5、6）。

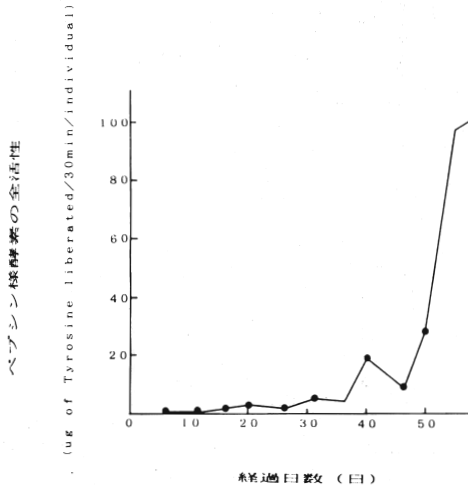


図4. マダラの成長に伴うペプシン様酵素の活性

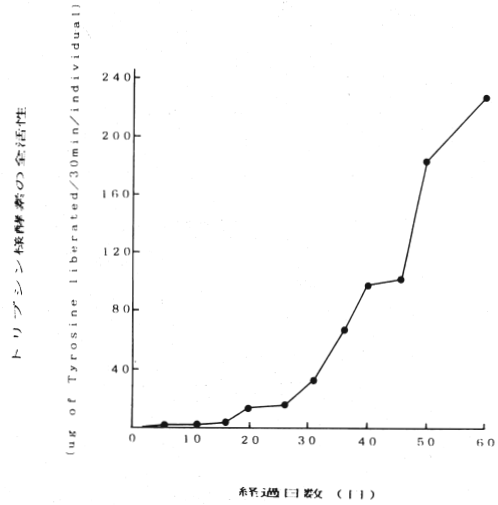


図5. マダラの成長に伴うトリプシン様酵素の活性

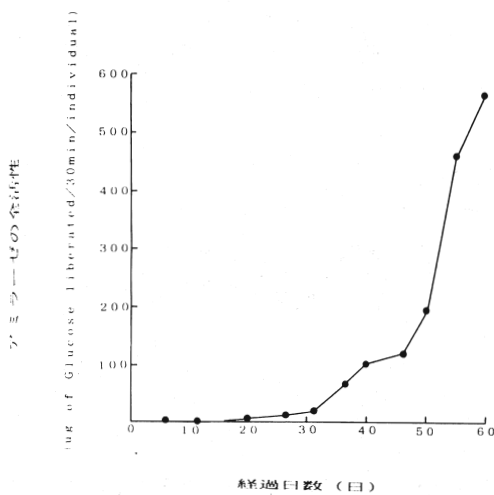


図6 マダラの成長に伴うアミラーゼの活性

#### (4) 魚体の脂肪酸組成の変化

成長に伴う脂肪酸組成中のDHAの変化について調べた。マダラの受精卵とふ化仔魚のDHA含量は、ヒラメ、シマアジ、マダイ、プリに比べて高く、その要求量が高いことが考えられた(図7)。

## 2. 小型水槽における飼育試験

成長に伴う外部形態、内部形態、消化酵素等については、マダラは全長7~10mm頃にクリティカルポイントがあると考えられる。種苗生産においても例年この時期から減耗が増大することと一致していることから、この時期の減耗要因の解明を最大課題とし、小型水槽を中心に飼育試験を行った。これらの試験結果の概要について以下に示す。

### (1) 餌料密度試験

餌料密度の違いによる生残率への影響をみるための試験を行った。表1に結果の概要を示した。生残率は、シオミズツボウムシ(以下ワムシと記す)の餌料密度が高い区程高く、成長も良かった。全長7mm(日齢20日目頃)までの遊泳を観察すると、ヒラメ、マダイ等に見られる『くの字』型の摂餌行動はとらずに水流に身をゆだねており、摂餌行動は緩慢であることから、餌料密度を高め、摂餌の機会を増やすことが特に重要と思われる。

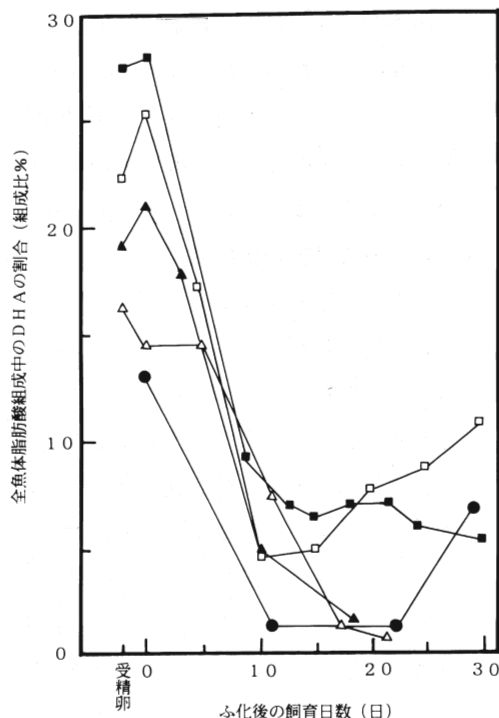


図7. 数種海産仔稚魚におけるふ化後飼育経過に伴う全魚体脂肪酸組成中のDHAの変化

(竹内1991より抜粋)

- マダラ
- プリ
- ▲ マダイ
- △ ヒラメ
- シマアジ

表1. 餌料密度試験の結果

区分	餌料密度 (コ/ml)	投餌量 (万)	投餌回数 (回/日)	投餌時間	収容尾数	収容時全長 (mm)	飼育日数	取り揚げ時全長 (mm)	取り揚げ尾数 (尾)	生残率 (%)
1	0.5	25	1	13:00	4,000	4.53 (4.3-4.8)	35	9.88 (8.8-11.3)	1,530	38.3
2	3	150	1	13:00	4,000	4.53 (4.3-4.8)	35	10.68 (9.0-11.8)	2,198	55.0
3	10	500	1	13:00	4,000	4.53 (4.3-4.8)	35	11.28 (9.5-13.0)	2,104	52.6

## (2) 投餌パターンの違いによる試験

投餌時間と投餌回数を変え、生残率、成長への影響をみるための試験を行った。表2に結果の概要を示した。1日1回の投餌では投餌時間を変えても生残率には大差なかった。しかし、同じ投餌量でも投餌回数を2回に増やすことにより、生残率は向上した。このため、投餌回数も生残には関わっていると思われる。

## (3) ワムシの栄養強化試験

ワムシを栄養強化することにより、ワムシの脂肪酸組成時に、DHA、EPA含量の違いが成長・生残・異常魚割合等にどのように関わっているかを調べた。表3に結果の概要を示した。ワムシに含まれる乾物当たりのEPA含量は、約5%で浮上魚割合が最小となり、生残率は最大となった。EPA含量がそれより低すぎても高すぎても生残率が低く、浮上魚割合は高くなった(図8)。DHA含量は、1%で浮上魚割合が最も低く、また、生残率は最も高くなり、それより低すぎても高すぎても浮上魚割合が高くなり、生残率が低下する傾向が認められた(図9)。このことから、ワムシの二次強化方法としては、冷凍ナンノクロロブシスにDHAオイルを添加する方法が最も良好であると思われた。また、ワムシの強化方法の違いにより、遊泳異常魚(浮上魚と水腫魚)割合に顕著な差がでており、これまでの浮上斃死はワムシの栄養状態に起因していたものと考えられた。

表2. 投餌パターンの違いによる試験の結果

区分	餌料密度 (コ/ml)	投餌量 (万)	投餌回数 (回/日)	投餌時間	収容尾数	収容時全長 (mm)	飼育日数	取り揚げ時全長 (mm)	取り揚げ尾数 (尾)	生残率 (%)
1	3	150	1	9:00	4,000	4.53 (4.3-4.8)	35	10.77 (9.2-12.6)	1,932	49.9
2	3	150	1	13:00	4,000	4.53 (4.3-4.8)	35	10.68 (9.0-11.8)	2,198	55.0
3	1.5×2	150	2	8:00 15:00	5,000	4.60 (4.2-4.9)	35	10.52 (8.9-11.8)	3,958	79.2

表3. ワムシの栄養強化試験の結果

区分	ワムシの強化	収容尾数	収容時全長 (mm)	飼育日数	取り揚げ時全長 (mm)	取り揚げ <sup>1)</sup> 尾数 (尾)	生残率 (%)	浮上魚割合 (%)	取り上げ時の水腫割合 (%)
1	生ナンノ+DHAオイル	12,000	4.43 (4.2-4.6)	23	7.61 (6.2-8.7)	8,251	68.8	6.1	67.0
2	冷凍ナンノ+DHAオイル	12,000	4.43 (4.2-4.6)	23	7.95 (6.9-8.8)	10,694	89.1	1.4	2.0
3	冷凍ナンノ+エステル85	12,000	4.43 (4.2-4.6)	23	7.74 (6.6-8.4)	8,585	71.5	11.6	34.0
4	珪藻+DHAオイル	12,000	4.43 (4.2-4.6)	23	7.19 (6.0-8.2)	8,358	69.7	21.9	87.0
5	無添加	12,000	4.43 (4.2-4.6)	23	7.90 (7.9-8.3)	8,082	67.4	6.1	28.0

1) 体分析用に取揚げたサンプル含む

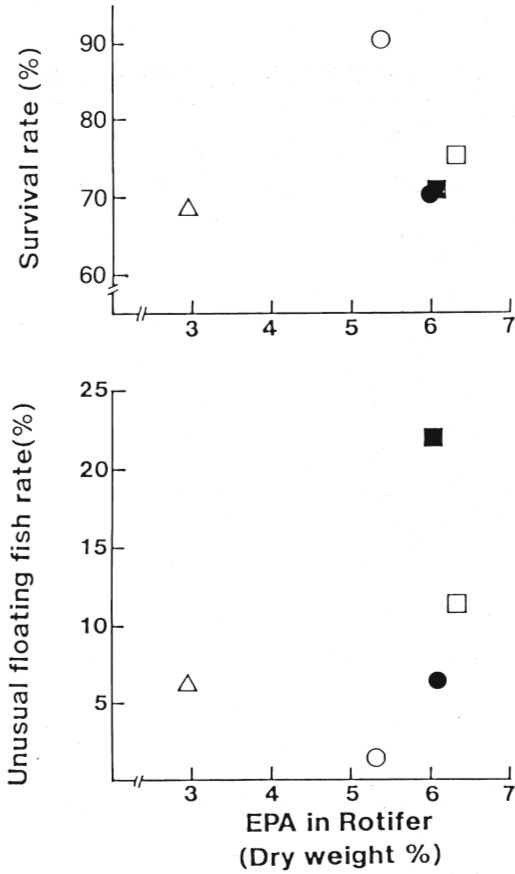


図8. ワムシに含まれるEPA含量の違いがマダラ仔魚の生残と浮上魚割合に及ぼす影響

● 試験区1    ■ 試験区4  
○ 試験区2    △ 試験区5  
□ 試験区3

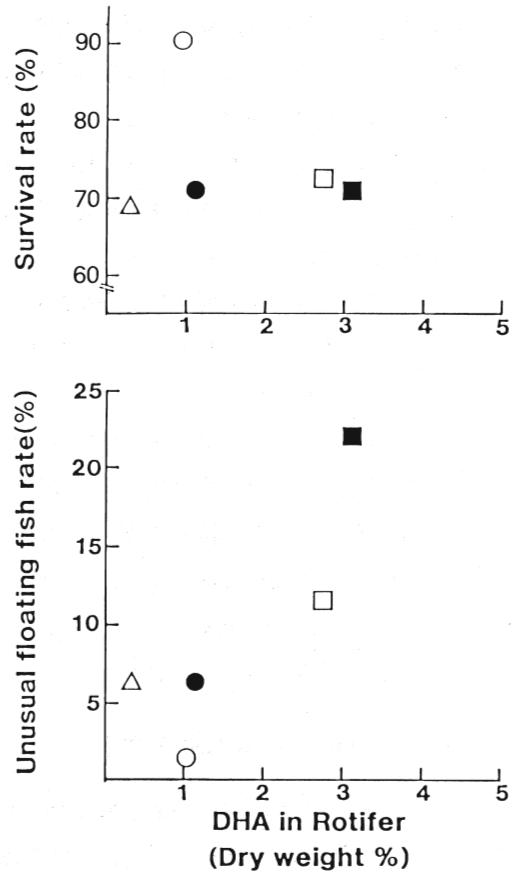


図9. ワムシに含まれるDHA含量の違いがマダラ仔魚の生残と浮上魚割合に及ぼす影響

● 試験区1    ■ 試験区4  
○ 試験区2    △ 試験区5  
□ 試験区3

#### (4) 市販の配合飼料を用いた飼育試験

餌料の探索を図るため、市販の配合飼料を使用した飼育試験を行った。表4に結果の概要を示し

表4. 市販の配合飼料を使用した飼育試験の結果

区分	配合飼料の種類	収容尾数	収容時全長 (mm)	飼育日数	取り揚げ時全長 (mm)	取り揚げ尾数	生残率 (%)
1	K社製配合	4,000	4.36 (4.23-5.50)	26	5.89 (4.78- 6.62)	74	1.9
2	R社製配合	4,000	4.36 (4.23-5.50)	50	10.84 (8.87-14.31)	65	1.6
3	N社製配合	4,000	4.36 (4.23-5.50)	41	7.73 (6.71- 8.71)	140	3.5
4	生物餌料	4,000	4.36 (4.23-5.50)	51	13.67 (9.70-17.88)	1,451	36.3

た。配合飼料は開口直後より摂餌が観察され、餌付きは良好であった。現在の配合飼料の単独投餌では、飼育は困難であった。しかし、摂餌の可能性は見出されたことから消化・吸収の時期を把握することで投餌時期を検討すれば、使用の可能性はあるものと考えられた。

#### (5) 天然プランクトンを利用した飼育試験

海上筏で夜間灯火に蟄集するプランクトンのみを用いて試験を行った。小割網は、周囲の四面をキャンバスシートで、底面のみは水流の循環を促すためニップ強力網60目で縫製したものを使用した。表5に結果の概要を示した。飼育57日間で、全長18.0mmの稚魚5尾を取り上げることができ、灯火採集した天然プランクトンでも飼育が可能であることが確認できた。

表5. 天然餌料を利用した飼育試験の結果

生産場所	海	上	筏
生産期間 (日)	1991. 2月15日	～	4月12日 (57)
使用小割 ( $m^3$ )	3 × 3 × 3	m	小割網 (25)
収容尾数 (万尾)			30
収容密度 (尾/ $m^3$ )			12,000 4.6
収容時全長 (mm)			(4.2～4.9)
取り揚げ尾数 (尾)			5
取り揚げ密度 (尾/ $m^3$ )			0.2
取り揚げ時全長 (mm)			18.0 (16.7～19.0)
生残率 (%)			0.00167

### 3. 大型水槽における飼育試験

上述した小型水槽での試験結果を基に大型水槽を用いた2回の飼育試験を行った。1回次、2回次の生産における餌料系列を図10に、各餌料の投餌量を表6に示した。1回次の生産で、アルテミアの投餌期間が長くなるにつれ衰弱魚が多くなる傾向が認められたことと、全長7mm(日齢20日)で養成アルテミアも十分捕食可能であることから、2回次ではアルテミアの投餌量を抑え、ワムシと養成アルテミアを主体に投餌した。表7に飼育結果の概要を示した。また、図11に1、2回次の成長と生残状況を示した。1、2回次での総取り揚げ尾数は、9.5万尾となり、生残率も2回次では12.9%とこれまでの飼育結果を大きく上回った。この理由としては、餌料培養方法の改善によりワムシの活力が良好で、栄養強化がうまくいったこと、さらに、投与後の沈殿もなくワムシが有効に利用されたことが原因で、これまでの飼育で最大の減耗要因であった全長7mm前後に発生する大量減耗がなかったことが考えられた。この結果は、小型水槽での試験結果とも一致していることから、これまでの大量減耗がワムシの活力や強化方法に起因していたものと思われた。また、全長20mm以降の減耗がみられるが、これは養成アルテミアの投餌量が増大し、絶対量の確保が困難となり餌不足になったことと、魚肉ミンチへの餌付きが緩慢であったことが原因であり、ミンチへの餌付け方法が今後の課題である。

### 4. 考 察

これまでの種苗生産は、飼育事例を積み重ねることにより、経験的に餌料の種類や投餌量を切り替えていた。しかし、田中(1969, 1971)が胃、胃腺、及び顎歯の形成時期から食性の変化時期を推定しているように、種苗生産においても形態的な特徴や生理的な知見を把握することによって投餌時期、餌の



種類等の推定が可能となりうると思われる。

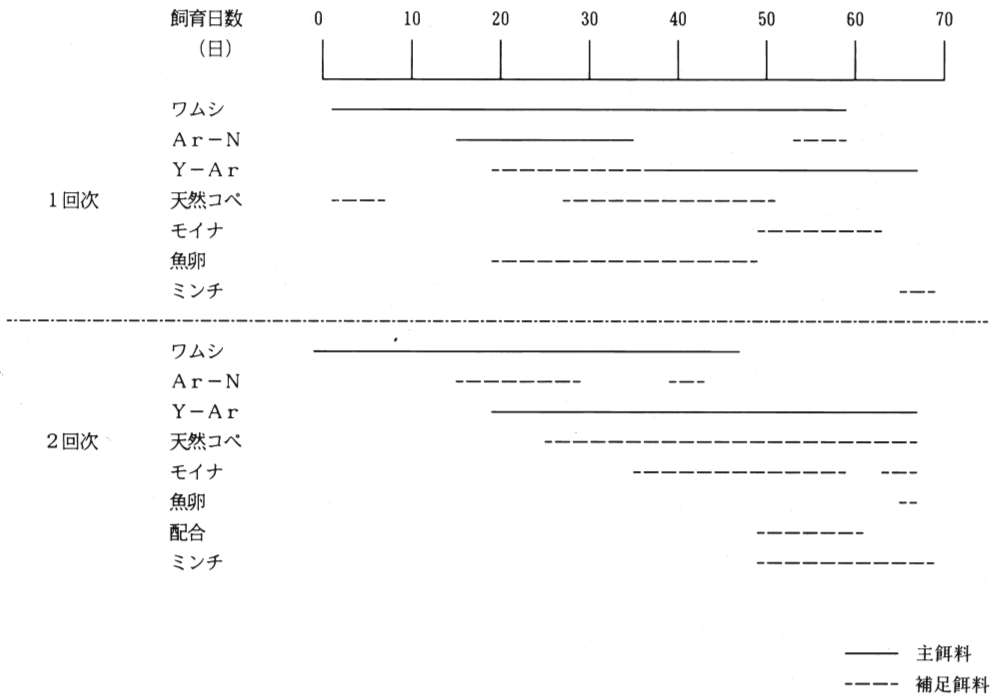


図10. マダラの餌料系列

表6. マダラ種苗生産に使用した餌料の総投餌量

餌料の種類		1回次	2回次	合計
ワムシ	(億個体)	158.3	220.7	379.0
アルテミア・ノープリウス	(億個体)	8.3	3.1	11.4
養成アルテミア	(億個体)	4.6	40.9	45.5
ミジンコ	(億個体)	0.8	3.3	4.1
天然コベポータ	(億個体)	1.0	1.4	2.4
魚卵*	(万個体)	459.5	1,730.0	2,189.5
魚肉	(kg)	-	340.8	340.8

\* 1回次はマガレイ卵, 2回次はマダイ卵を使用

表7. 大型水槽における飼育試験の結果

生産回次	1回次	2回次	計
生産期間 (日)	1991. 2月24日～4月30日 (66)	1991. 3月12日～5月20日 (71)	
使用水槽 (m <sup>3</sup> )	八角型コンクリート水槽 (50)	八角型コンクリート水槽 (50)	
収容尾数 (万尾)	50	58.8	108.8
収容密度 (尾/m <sup>3</sup> )	10,000	11,076	
収容時全長 (mm)	4.4 (4.2-4.6)	4.8 (4.6-5.0)	
取り揚げ尾数 (尾)	18,978	75,765	94,743
取り揚げ密度 (尾/m <sup>3</sup> )	380	1,515	
取り揚げ時全長 (mm)	29.7 (20.2-40.4)	32.3 (20.8-49.7)	
生残率 (%)	3.8	12.9	8.7

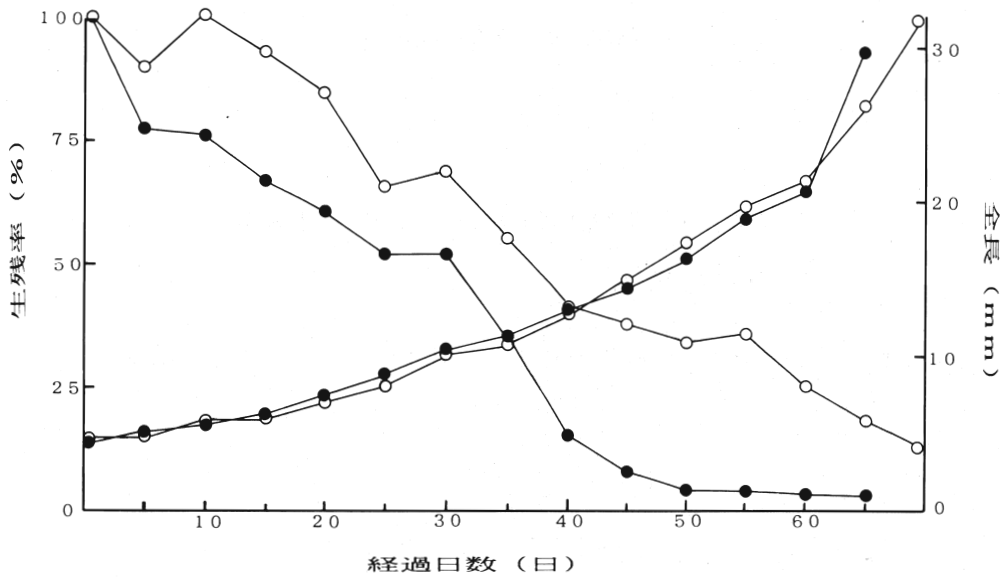


図11. マダラの成長と生残 (平成3年)

- 1回次
- 2回次

## 5. マダラ種苗生産の改良点

### (1) 卵 管 理

- 良質のふ化仔魚を得るため、ふ化容器の改良を行なった。

### (2) 餌 料 培 養

- ワムシの活力を高める培養を心掛けた。
- 拡大培養方式と冷凍した濃縮ナンノクロプシスの多用。

### (3) ワムシの二次強化

- 冷凍した濃縮ナンノクロプシス（4000万セル／ml）を使用し、強化を行った。

### (4) ワムシの投餌量と投餌回数

- 投餌量と投餌回数を増やし、また、残餌のチェック回数も増やした。

### (5) 餌料の投餌時期

- ワムシの投餌時期を長くすることと、養成アルテミアの投餌時期を全長7mm前後から開始し、アルテミアノープリウスの投餌はできる限り抑えた。

## 6. 今後の課題

### (1) アルテミアの二次強化方法の検討

### (2) 養成アルテミア以降の餌料の検討

### (3) 配合飼料の利用

### (4) 早期沖出し時期、サイズの検討

## 文 献

川合真一郎（1975） 稚魚の摂餌と発育．水産学シリーズ，恒星社厚生閣，30-40.

竹内敏郎（1991） 魚類における必須脂肪酸要求の多様性．化学と生物，29(9)，571-580.

田中 克（1969） 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究-I．前期仔魚の消化系の発達．魚類学雑誌，16(1)，1-9．

田中 克（1969） 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究-II．摂餌開始時の仔魚の消化系の特徴．魚類学雑誌，16(2)，41-49.

田中 克（1971） 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究-III．後期仔魚の消化系の発達．魚類学雑誌，18(4)，164-174.

## [質 疑 応 答]

塩垣（青森水増せ） ①養成アルテミアにDHAは含まれているか．②冷凍ナンクロはワムシの強化に有効か．③DHAの添加量が多すぎると良くないのか．

與世田（日裁協能登島） ①DHAは，冷凍ナンクロには含まれていないが養成アルテミアには含まれ

ている。②全長7mmまでの飼育であればEPA含量の高い冷凍ナシロの強化で有効であると考えている。従ってDHAは別の形で強化する必要がある。③ワムシに含まれる乾物あたりのDHA含量が3%になると浮上魚の割合が高くなり、生残率が低くなる傾向がある。このことから推察するとDHA含量が多すぎても悪いと思われる。原因は今のところわからない。現在、再試験と検討を行っており、その結果を見て判断したい。

尾串（山口外海栽セ） 活力あるワムシの培養方法は？

與世田 水温14～15℃で培養したワムシは活力が弱く、2次処理や飼育水の水温（10℃）に耐えられなかったと思われる。培養水温を16～17℃に上げたところ飼育水中へワムシを添加しても沈むこともなく、増殖も見られた。少し水温を上げて活力あるワムシを培養することとナシロなどを充分食わせることができる状態にしておくことが重要である。