

マツカワ仔魚の初期摂餌及び生残に及ぼすナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* 添加飼育の影響

萱場隆昭*, 杉本 卓*, 佐藤敦一*

Effects of supplements of *Nannochloropsis oculata* to rearing water on initial feeding and survival in larval barfin flounder *Verasper moseri*

Takaaki KAYABA*, Takashi SUGIMOTO* and Nobukazu SATOH*

The present study examined the effects of supplements of unicellular alga *Nannochloropsis oculata* to rearing water on feeding and survival in larval barfin flounder *Verasper moseri*. Feeding characteristics after rotifer addition to 8 hours later were investigated in 13- and 20 day-old larvae kept in *Nannochloropsis*-supplemented water at density of 50×10^4 cell/ml. The larvae reared without inflow of seawater showed active feeding immediately after rotifer addition, and the number of rotifers ingested per fish increased linearly, reaching peak values 6 hours later. However, with continuous inflow of fresh seawater, a decrease of rotifer uptake was apparent by 2 or 4 hours after rotifer addition, in accord with the decreased density of *Nannochloropsis* in rearing water. In second experiment, 10 day-old larvae were reared in water supplemented with *Nannochloropsis* at a different density of 0, 40, 160 and 320×10^4 cell/ml, for 25 days. Both feeding incidence of larvae and the number of rotifer ingested per fish were higher in groups provided with at least 40×10^4 cell/ml than in non-supplemented group throughout the experimental period. Especially, early on in the trial, when larvae were between 13 and 16 day-old, there was a tendency for higher feed uptake by larvae maintained in high densities of *Nannochloropsis*. In almost all *Nannochloropsis*-supplemented groups, larval survival rates were high, ranging between 70.5 to 90.7%. In contrast, in non-supplement group, large mortality occurred while 18- to 22 day-old, resulting in survival rates of only 7.1 to 34.0%. Moreover, upon observing the intestine of these dead larvae, the mortality could be tentatively attributed to a shortage of feed intake early on in the trial. These results demonstrate that rearing of barfin flounder larvae in *Nannochloropsis*-supplemented water is an effective means to accelerate initial feeding and to increase survival.

キーワード：マツカワ, *Nannochloropsis oculata*, 初期生残, 初期摂餌, シオミズツボウムシ

まえがき

マツカワ *Verasper moseri* は、北日本の太平洋岸及びオホーツク海域に生息する冷水性の大型カレイ類である。低水温でも成長が早く、また、商業的価値が優れていることから、ヒラメに次ぐ栽培漁業対象魚種として重要視されている¹⁾。近年、本道では、マツカワの資源増大を目指して100万尾規模での種苗放流事業を計画して

おり、道立栽培漁業総合センター（以下、道栽培センターと略）では1990年から人工種苗の量産技術の開発に取り組んでいる。

魚類の種苗生産において、健康な種苗を生き残りよく育成することは最も重要な課題である。一方、本種の種苗生産過程の中で、ふ化後18日齢～20日齢（上屈前仔魚：Dステージ）及び26日齢～28日齢（上屈仔魚：Eステージ）の発育段階において、仔魚の大量へい死が生じやす

報文番号 A364 (2002年7月22日受理)

*北海道立栽培漁業総合センター(Hokkaido Institute of Mariculture, Honbetsu Shikabe, Hokkaido 041-1404, Japan)

い²⁾。そのため、生産終了時における生残率は1.0～40.5% (1995～2000年) と生産年度によって大きな変動がみられ、このことは、安定的な種苗生産技術を開発するうえでの問題点となっている。従って、大量減耗が発生する要因を早急に解明し、適切な飼育システムを確立する必要がある。そのためには、まず、マツカワ仔魚の摂餌や成長などの発育特性を詳細に把握するとともに、種々の飼育環境因子が、仔魚の発育過程にどのような影響を及ぼすかについて検討することが不可欠である。

一般に、多くの魚種の種苗生産過程において、飼育海水中に単細胞緑藻類³⁾や渦鞭毛藻類⁴⁾などの植物プランクトンを添加し仔魚を飼育する手法が用いられている。中でも、ナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* (以下、ナンノと略)は、大量培養が可能であることから、仔魚の飼育水添加用プランクトンとして最も広く利用されている⁵⁾。ナンノ添加海水飼育の利点として、水質の安定化、初期餌料であるシオミズツボワムシ(以下、ワムシと略)の活力維持、水中照度の低下などが期待されているが、ナンノが仔魚の発育過程に対してどのような役割を果たしているかについては十分検討されていない。また、従来、マツカワの種苗生産においても、ナンノ添加海水による飼育を行ってきたが、マツカワ仔稚魚に対する有効性や適正な添加濃度についてはまったく知見がない。

そこで、本研究では、ナンノ添加海水による飼育が、マツカワ仔魚のワムシ摂餌、成長及び初期生残に及ぼす影響を明らかにするため、通水条件別及びナンノ添加濃度別の飼育実験を実施した。さらに、その知見に基づき、マツカワ仔魚の初期減耗を抑制できる飼育条件について考察したので報告する。

材料及び方法

1. 供試魚

道栽培センターにおいて、養成した3～5歳の人工魚の雌雄から、卵・精子を搾出し、人工授精を行って受精卵を得た。受精卵を水温8℃、流水及び強通気条件下でふ化まで管理し、得られた仔魚を実験に供した。通水条件別飼育実験においては、3歳魚から得られたふ化仔魚を用い、また、ナンノ添加濃度別飼育実験には、5歳魚由来(Lot. 1)及び4歳魚由来(Lot. 2)のふ化仔魚を使用した。

2. 生物餌料の培養

飼育水に添加するナンノは、北海道栽培漁業振興公社瀬棚事業所から譲り受けた株及び道栽培センターで培養した株を元種とし、栄養塩を添加しながら拡大培養したものである。実験期間中、7tキャンパス水槽4基を用いて培養し、培養密度が2000万 cell/ml をこえた水槽

から飼育水添加のため収穫した。

仔魚の初期餌料として給餌したワムシは、道栽培センターで継代的に培養していたS型・L型混合ワムシである。また、25日齢から給餌したアルテミアは、市販の北米産アルテミア乾燥卵を水温28℃、強通気条件下でふ化させたものである。なお、ワムシ及びアルテミアには、給餌前にそれぞれアクアラン(B S F A社)及びDH Ace (オリエンタル酵母)・メガビット(フジタ薬品)で栄養強化を施した。

3. 通水条件別飼育実験

1999年4月、1t水槽3基に5日齢の仔魚を2万尾ずつ收容し、実験区A～Cを設けた。10日齢からナンノを50万 cell/mlの濃度になるように添加し、同時にワムシ給餌を開始した。いずれの区も、毎朝9:00にナンノ及びワムシを添加した後は、一時通水を停止した。また、通水環境の違いが、仔魚のワムシ摂餌に及ぼす影響を比較するため、A区では給餌2時間後から、B区では4時間後から、またC区では8時間後から通水を再開した。ワムシ給餌は実験を終了する35日齢時まで実施し、また、25日齢以降はアルテミアを併用して給餌した。ワムシ及びアルテミアの給餌密度は、それぞれ10～20個体/ml及び1～2個体/mlとした。仔魚を收容後、飼育水温を9℃から0.5℃/日の割合で徐々に上昇させ、16日齢以降は13～14℃の範囲になるように調温した。実験期間における通水量及び通気量は、それぞれ1,000～3,000 l/日及び0.6～0.8 l/分とした。

仔魚が13日齢及び20日齢になった時点で、ワムシ摂餌状況を調べた。給餌から2時間おきに仔魚をサンプリングし、それらを10%ホルマリン海水で固定した後、実体顕微鏡下で開腹して消化管内におけるワムシの個体数を計数した。また、給餌8時間後において、採集した全仔魚のうち消化管内にワムシが認められた仔魚の割合(群摂餌個体率)を求めた。併せて、35日齢時に全生存魚を計数し、生残率を求めた。

4. ナンノ添加濃度別飼育実験

2000年4月、0.5t水槽4基に5日齢の仔魚を1万尾ずつ收容して、実験区①～④とした。10日齢から飼育水中にナンノを①区で320万 cell/ml、②区で160万 cell/ml、③区で40万 cell/mlとなるように添加した。また、④区では実験期間を通してナンノを全く添加しなかった。全実験区ともに、10日齢からワムシ給餌を開始した。いずれの実験区も、ワムシ給餌後は、8時間止水状態のまま飼育した。その他の基本的な飼育条件は前実験と同様に設定した。

10日齢から25日齢まで、3日おきに各実験区における仔魚の成長、給餌8時間後の群摂餌個体率及び摂餌が認められた仔魚における消化管内ワムシ数を調べた。また、35日齢まで、毎日、底掃除を行い、日間死亡魚数を計数して、生残率の経時変化を調べた。なお、実験結果の信頼性を高めるため、本実験はLot. 1及び2のふ化仔魚を用いて2回繰り返した。

結果

1. 通水条件別飼育実験における初期摂餌及び生残

実験区A～Cにおける飼育水中のナンノ及びワムシ密度の変化を Fig. 1 に示した。ナンノ及びワムシ添加

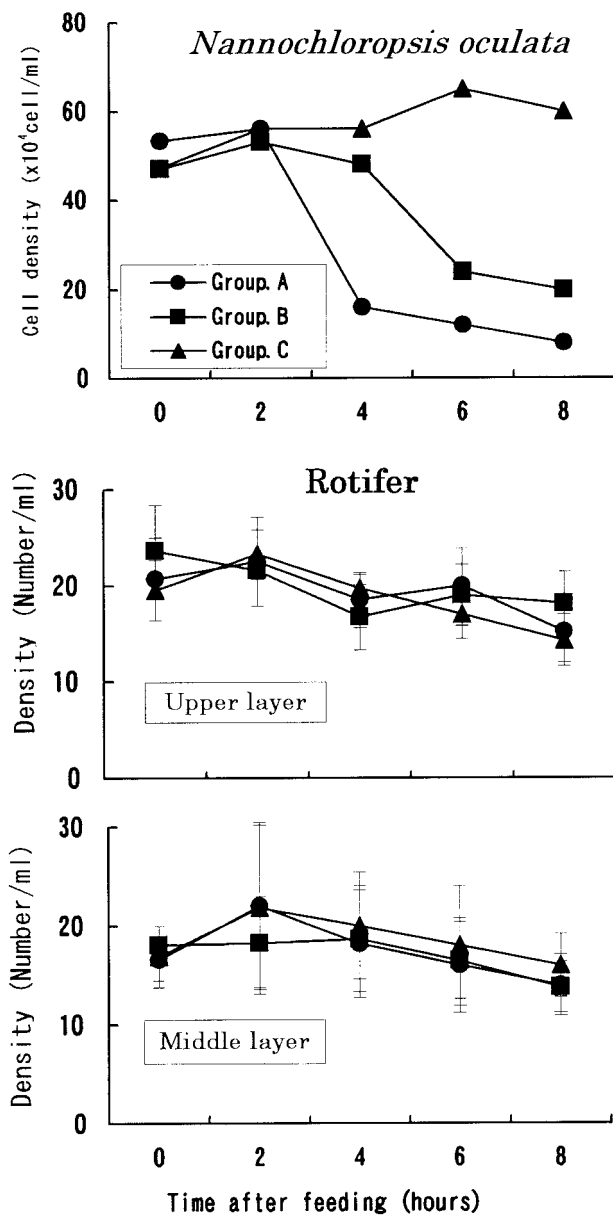


Fig.1 Changes in the density of Nannochloropsis and rotifer in the rearing water during experiment. Each bar indicates SD.

後、8時間通水を止めたC区において、ナンノ濃度は47.3～65.0万 cell/mlと添加直後の値のまま推移した。一方、給餌2時間後及び4時間後から通水したA区及びB区では、通水開始後、ナンノ濃度は直線的に低下し、8時間後にはそれぞれ8.0 cell/ml及び20.1万 cell/mlとなった。飼育水中のワムシ密度は、どの区も添加後の時間経過に伴って徐々に低下した。また、ナンノとは異なり、飼育水上層及び中層のいずれにおいても、実験区間でワムシ密度に明確な違いが認められなかった。

Fig. 2 に、給餌8時間後の群摂餌個体率を示した。摂餌を開始したばかりである13日齢時、C区では約80%以上の仔魚がワムシを摂餌していたのに対し、A区及びB区の摂餌個体率はそれぞれ18.5%及び30.4%とC区に比べて明らかに低かった。また、摂餌がみられた個体において、消化管内ワムシ数の経時変化を調べたところ、C区の仔魚では、給餌後、消化管内ワムシ数が直線的に増加し、6時間後において最高値(30.5個体/尾)に達した(Fig. 3)。一方、B区の仔魚においては、4時間後まで消化管内ワムシ数が増加したが、通水を開始すると仔魚の摂餌が停滞し、6時間後にピークとなったものの、その値はC区を大きく下回った。さらに、最も早くから通水したA区の仔魚においては、実験期間を通して消化管内ワムシ数が10個体/尾以下であり、摂餌活性が最も劣った。

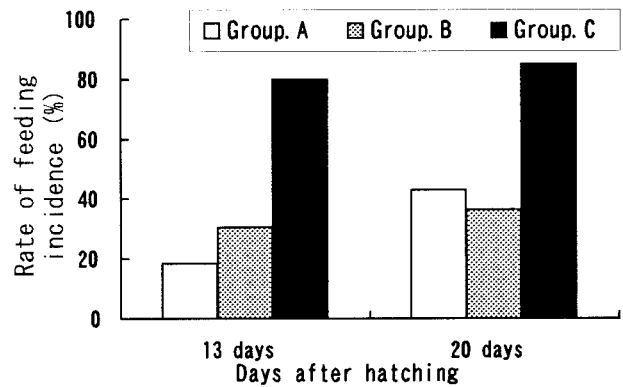


Fig.2 Rate of feeding incidence 8 hours after rotifer addition of 13 day-and 20 day-old larval barfin flounder

Table 1 Growth and survival rate of larval barfin flounder under different conditions of inflow of seawater

Group	Total length (mm)		Survial rate (%)
	3days(Initial)	25days	
A	5.71±0.09	6.63±0.11	5.5
B	5.71±0.09	6.50±0.08	1.8
C	5.71±0.09	6.61±0.04	38.1

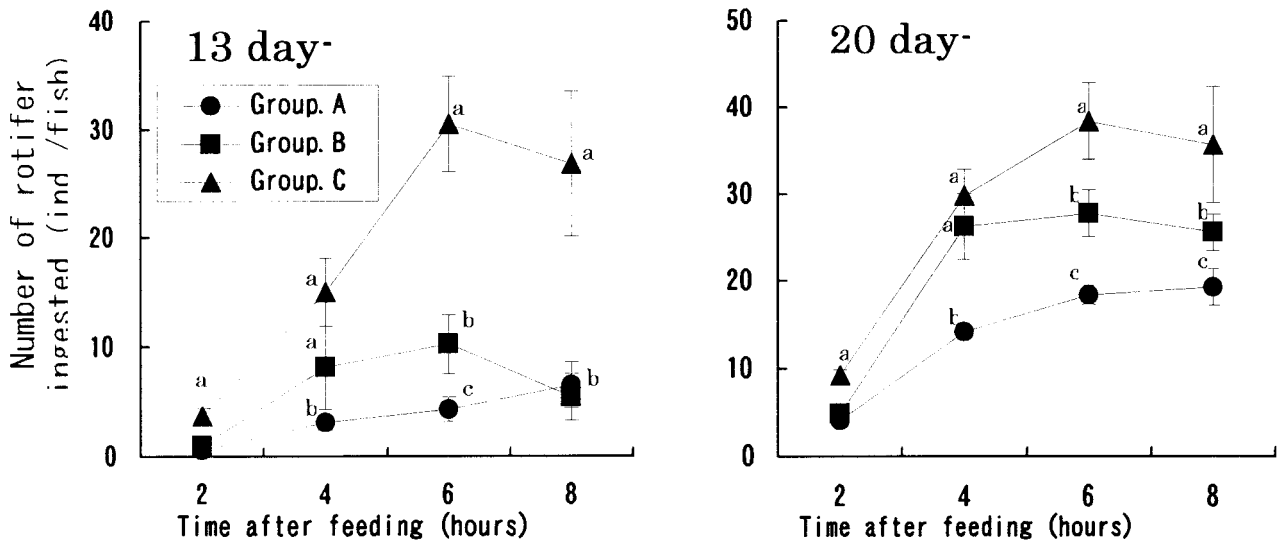


Fig.3 Changes in the number of rotifer ingested of larval barfin flounder under the different conditions of inflow of seawater. Symbols and vertical bars represent means and SD of number of rotifers eaten by one larva, respectively. Symbols with the different letters represent means that are statistically different at $P < 0.05$

20日齢の成長段階においても、群摂餌個体率及び消化管内ワムシ数は13日齢時のそれとほぼ同様のパターンを示し、C区の子魚において、最も活発な摂餌が認められた (Fig.2, 3)。

Table 1に35日齢時における各実験区の子魚の生残率を示した。いずれの実験区も18~21日齢にかけて子魚の減耗が急増し、中でも、A区及びB区では、90%以上の子魚がこの時期に死亡した。最も活発な摂餌がみられたC区において、生残率が38.1%と3区中、最も高かった。

2. ナンノ添加濃度別飼育実験における子魚の初期摂餌、成長及び生残

10日齢から25日齢までの子魚の群摂餌個体率を Fig. 4に示した。ナンノを添加しない④区では、他区と同様に13日齢から摂餌した個体が観察されたが、群摂餌個体率は Lot. 1で19.0%及び Lot. 2で32.3%と低く、その後も19日齢まで低値のまま推移した。これに対し、ナンノ添加濃度が最も高い①区においては、群摂餌個体率が13日齢時で既に71.4% (Lot. 1) 及び93.3% (Lot. 2) と極めて高く、16日齢以後はほぼ全ての子魚が摂餌していた。また、Lot. 1及び2に共通して、13日齢及び16日齢の発育段階において、ナンノ添加濃度が高い実験区ほど、群摂餌個体率が高い傾向が認められた。

Fig. 5に、摂餌個体における給餌8時間後の消化管内ワムシ数を示した。13日齢及び16日齢時、消化管内ワムシ数はナンノ添加濃度に比例して値が有意に大きくなっ

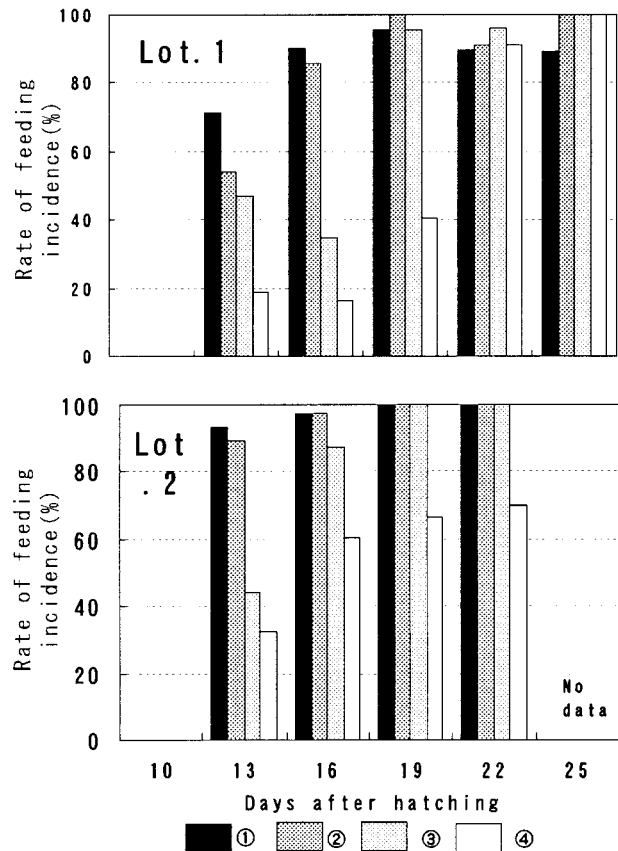


Fig.4 Changes in rate of feeding incidence 8 hours later after rotifer addition of larval barfin flounder reared in Nannochloropsis supplemented water at various densities.

た。19日齢以降も、Lot. 1の①区を除き、ナンノを添加した②～③区では、消化管内ワムシ数が、④区の値を上回った。Lot. 1の①区では、16日齢まで活発な摂餌が認められたが、19日齢以後、摂餌が停滞し、25日齢時には消化管内にワムシが観察されても、その数は10個体/尾以下と少なかった。

Fig. 6及びTable 2に、各実験区の仔魚の成長を示した。実験開始時における仔魚の全長は、Lot. 1で7.13±0.14mm、Lot. 2で6.79±0.24mmであり、5歳魚由来であるLot. 1の仔魚の方が大きかった。実験期間を通して成長に有意な違いは認められなかったが、④区の仔魚は他区に比べて、やや成長が劣る傾向がみられた。

Fig. 7及びTable 2に、生残率の変化を示した。ナンノを添加した①～③区においては、③区で19～22日齢時にへい死がやや増加したが、実験終了時の生残率はいずれの区も50%以上と高かった。中でも、Lot. 1の②区は、実験期間を通して仔魚の減耗はほとんどみられず、生残率が90.7%と最高値を示した。これに対し、ナンノ無添加である④区では、17～22日齢時に仔魚の大量へい死が生じた。そのため、生残率は34.0% (Lot. 1) 及び7.1% (Lot. 2) となり、①～③区を大幅に下回った。また、④区において、正常に生き残っていた仔魚と、死亡した仔魚の外部形態を比較したところ、生存魚の消化管には摂食したワムシが認められたのに対し、死亡した

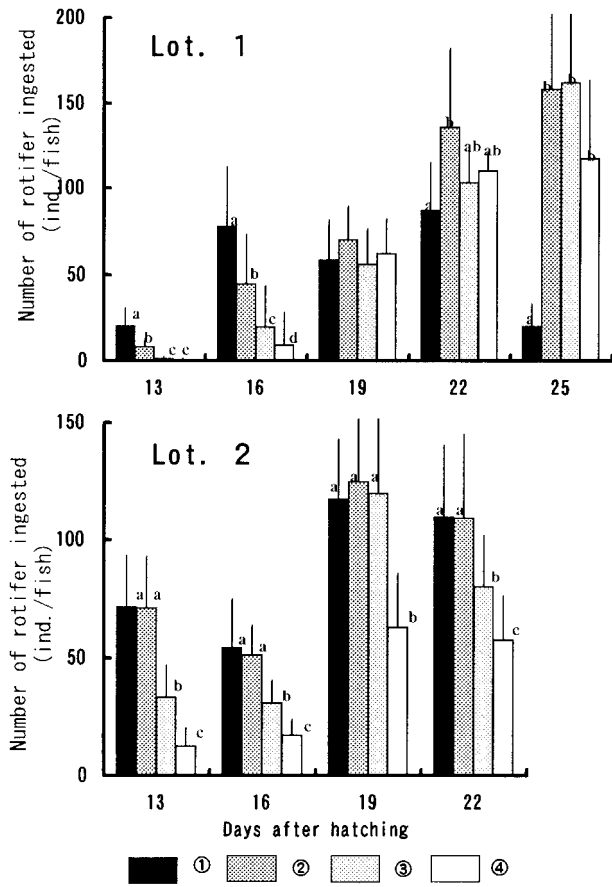


Fig.5 Changes in number of rotifer ingested 8 hours after rotifer addition of larval barfin flounder reared in Nannochloropsis supplemented water at various densities. Columns and vertical bars represent mean and SD of number of rotifer eaten by one larva, respectively. Columns with the different letter represent means that are statistically different at P<0.05.

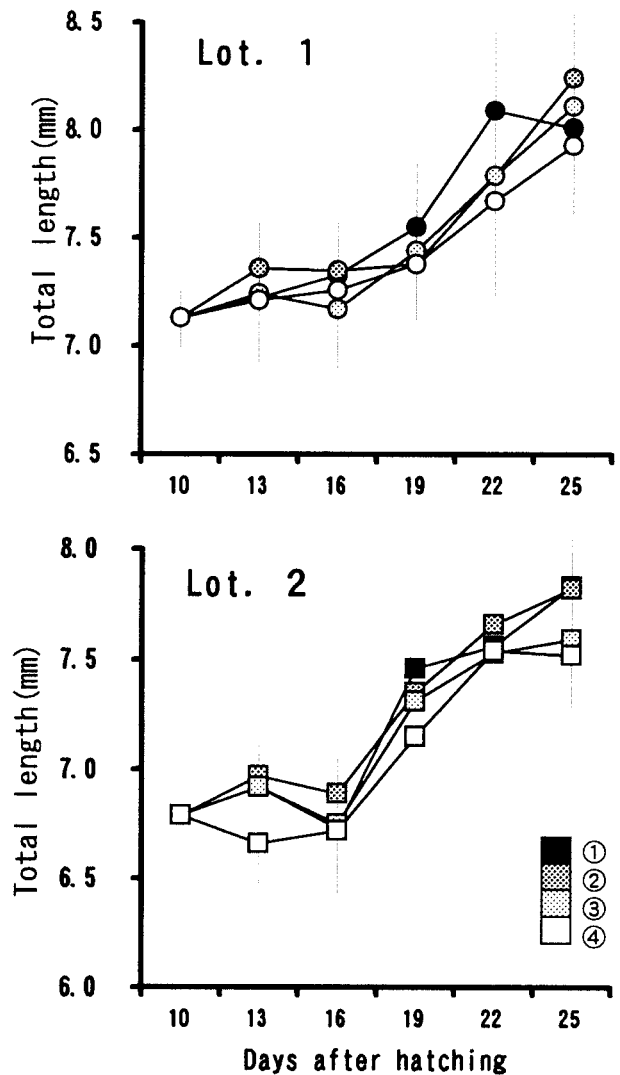


Fig.6 Changes in total length of larval barfin flounder reared in Nannochloropsis supplemented water at various densities.

Table 2 Growth and survival rate of larval barfin flounder reared in *Nannochloropsis* supplemented water at various densities

Lot.	Group	Density of <i>N.oculata</i> ($\times 10^4$ cell/ml)	Total length (mm)		Survival rate (%)
			10days(Initial)	25days	
1	①	320	7.13 \pm 0.14	8.01 \pm 0.31	57.6
	②	160	7.13 \pm 0.14	8.24 \pm 0.24	90.7
	③	40	7.13 \pm 0.14	8.11 \pm 0.44	77.9
	④	0	7.13 \pm 0.14	7.93 \pm 0.25	34.0
2	①	320	6.79 \pm 0.24	7.83 \pm 0.25	76.9
	②	160	6.79 \pm 0.24	7.82 \pm 0.30	70.5
	③	40	6.79 \pm 0.24	7.59 \pm 0.29	71.1
	④	0	6.79 \pm 0.24	7.52 \pm 0.25	7.1

仔魚は、全く摂餌していなかった。さらに、実験期間中、摂餌が急に減退した Lot. 1 の①区では、24日齢以降、へい死が連続的に続き、生残率は57.6%であった。

考 察

本研究では、マツカワ仔稚魚飼育における種々の飼育環境因子の内、飼育水に添加するナンノが、仔魚の初期摂餌、成長及び生残に及ぼす影響について解析した。

ナンノ添加海水中における仔魚の摂餌と通水との関連を調べた。13日齢の仔魚において、ワムシ添加から8時間、通水せずに飼育した場合、活発な摂餌が認められ、給餌6時間後には、ほぼ全ての仔魚が飽食状態に達した。これに対し、給餌2時間後、または4時間後から通水を行った場合、通水開始後、摂餌が急激に減退し、給餌から8時間経過しても60%以上の仔魚は全く摂餌できていなかった。また、通常、最も活発にワムシを摂食する20日齢時においても、これとほぼ同様の現象が認められた。これらの結果は、通水によっておこった水槽内の環境変化が、マツカワ仔魚のワムシ摂餌活性を低下させたことを明確に示している。

仔魚の摂餌に関わった要因として、流れの強さなどの物理的な環境変化が直接的に影響したことも示唆されるが、一方、本実験では、通水を開始すると、飼育水中のナンノ濃度が、流出によって急速に低下したことも示されている。そのため、ナンノ濃度の低下が、仔魚の摂餌を減退させた原因である可能性も考えられ、それらの相互関連について詳しく解析する必要がある。

ナンノ添加濃度別飼育実験において、10~25日齢までの摂餌状況を比較した。その結果、ナンノを添加しない飼育群においては、止水条件下でも、仔魚のワムシ摂餌は不活発であり、19日齢になっても空胃の個体が高い割

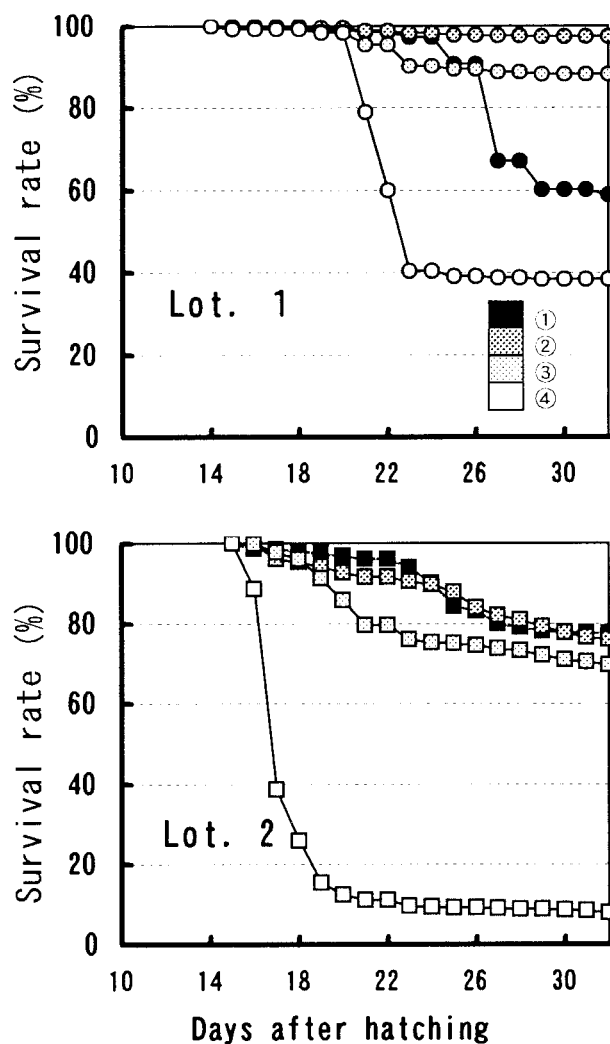


Fig.7 Changes in survival rate of larval barfin flounder reared in *Nannochloropsis* supplemented water at various densities

合で観察された。これに対し、40万 cell/ml以上の濃度でナンノを添加した群では、早い発育段階（13日齢）から活発な摂餌が認められ、群摂餌個体率及び消化管内ワムシ数のいずれも、実験期間を通してナンノ無添加群を上回った。さらに、13日齢及び16日齢の発育段階において、ナンノ添加濃度が高い飼育群ほど、群摂餌個体率及び消化管内ワムシ数が有意に高くなること示された。これらの結果は、飼育水に添加したナンノには、マツカワ仔魚のワムシ摂餌を活性化させる生理作用があり、また、その摂餌促進効果は、仔魚がワムシ摂餌を始めたばかりの発育段階において特に強く現れることを示している。そのため、前実験で、通水を開始すると仔魚の摂餌が減退した原因として、飼育水の置換により水槽内のナンノ濃度が低下したことによる影響が大きいと考えられた。従って、仔魚の初期摂餌を向上するためには、飼育水中にナンノを高濃度で添加するとともに、仔魚が飽食するまでは通水を止めてナンノの流出を防ぐといった飼育管理が必要と思われる。

一方、本実験結果から、ナンノがどのような作用機構によってマツカワ仔魚の摂餌を活性化するかは明らかにできなかった。他魚種において、ナンノと仔魚の摂餌との関連を示した飼育実験例はみあたらないが、数種の異体類⁶⁾では、天然海域で採集した仔魚の消化管から、種々の植物プランクトンが検出されている。特に、冷水性の魚種や冬季に産卵する魚種の仔魚においては、植物プランクトンの摂食が頻繁に確認されている⁷⁾。さらに、これらの低水温域で生息する魚種では、内部栄養（卵黄吸収）から外部栄養（餌の摂取）へと、栄養源を転換する時期が長く、しかも基礎代謝量が少ないために植物プランクトンを取り込み、それらを大型餌料が摂餌できるようになるまでの補助的な餌料として利用することが推察されている⁸⁾。従って、冷水性カレイ類であるマツカワでも、内部栄養から外部栄養へと転換する10日齢～16日齢時、餌料として植物プランクトンの要求性が高まることも考えられる。また、本実験で用いたナンノは、高度不飽和脂肪酸であるエイコサペンタエン酸（EPA）を多量に含有することが報告されている^{9,10)}。EPAは、マダラ¹¹⁾、メナダ¹²⁾、マコガレイ¹³⁾において、仔稚魚期のへい死を抑制する効果があるとともに、マダイ仔稚魚¹⁴⁾ではEPAが不足すると、開鰓阻害や脊椎屈曲が生じることが報告され、仔稚魚の発育過程における重要な生理活性因子であることが知られている。マツカワ仔魚のEPA要求については不明だが、ナンノ添加群の仔魚は、卵黄吸収期から摂餌初期にかけて飼育水中のナンノを受動的、または能動的に取り込み、その栄養を利用した結果、遊泳力などの摂餌能力が高まって、早い成長段

階から活発にワムシを摂餌できたのかもしれない。

併せて、ナンノ添加が仔魚の摂餌促進に繋がったもう一つの要因として、水槽内の照度の低下が考えられる。ニシンの種苗生産過程において、ナンノ、または淡水クロレラを添加して水面照度を2～450luxに下げることにより、刺激に対する過剰反応を軽減できることが示されている¹⁵⁾。また、イカナゴ仔魚では、100lux以上の明るさがワムシ摂餌に必要なことが飼育実験により確かめられている¹⁶⁾。マツカワ仔魚の光に対する行動学的な反応について知見がないが、照度は正常な摂餌行動をおこす上での重要なファクターである可能性が高い。そのため、今後、ナンノ無添加の条件下で照度別の飼育実験を行い、飼育環境の明るさが仔魚の摂餌活性に及ぼす影響を把握する必要がある。

ナンノ無添加の飼育群では、17～22日齢の間に仔魚の死亡が急増し、35日齢時における生残率は30%以下と低かった。一方、ナンノを40万 cell/ml以上の濃度で添加した飼育群では、同時期にやや死亡が増えたものの、生残率が70%以上と高かった。中でも、160万 cell/mlの濃度で添加した飼育群においては、実験期間中、仔魚のへい死はほとんどみられず、生残率は90%をこえた。ナンノやその他の植物プランクトン、またはその濃縮品を添加した海水で飼育した結果、生残率が向上したという事例は、マダイ³⁾、キジハタ¹⁷⁾、マハタ¹⁸⁾、マガレイ（佐藤：私信）など多くの魚種で報告されている。それらの役割として、水質の安定化、ワムシ及び仔魚の餌料、ストレス軽減などが推測されている。一方、本実験の場合、ナンノ無添加飼育群で死亡した仔魚は、ワムシをほとんど摂餌しておらず、空胃の個体ばかりであった。また、大久保ら¹⁹⁾は、マツカワ受精卵及びふ化仔魚中の栄養物質の変化を解析した結果、仔魚の発育において重要度が高いリン脂質や必須アミノ酸は、10日齢でふ化時の半分以下となることを報告している。これらの結果は、ワムシを摂餌できるようになる13日齢時に残された栄養源はごくわずかであり、この時点で十分摂餌ができない場合、内部栄養の供給が完全に枯渇する18～20日齢の成長段階でへい死に至ることを示唆している。このことから、飼育水にナンノを添加すると、特に初期の摂餌が促進されるため、内部栄養から外部栄養への転換がスムーズに行われて、栄養不足による大量減耗は生じないと考えられた。

併せて、吉松ら¹²⁾は、栄養強化したワムシをナンノ無添加海水中に給餌すると、ワムシ中のn3系高度不飽和脂肪酸濃度は直線的に低下するが、一方、ナンノ添加海水中（40～50万 cell/ml）では脂肪酸濃度はほとんど変化しないことを報告している。本実験のナンノ添加群に

においても、給餌したワムシの餌料価値が長期間維持され、二次的要因として生残率の向上に関わった可能性がある。

今回、最も高濃度でナンノを添加した飼育群 (320万 cell/ml) の中には、19日齢まで良好な摂餌及び生残を示したが、その後、摂餌が停滞し、へい死も増加した事例があった。この時点で、①区の飼育水の水質 (溶存酸素、アンモニア濃度、亜硝酸濃度、pH) を検査したところ、他区に比べてpHが顕著に低下していることがわかった (pH7.4)。現在のところ、高濃度でナンノを添加したことと、pH低下との因果関係は明らかではない。しかし、過剰にナンノを添加すると、仔魚の遊泳や摂餌行動の観察が困難となるため、飼育環境の異常な変化を感知し、対処が遅れることも懸念される。従って、摂餌活性を高め、なおかつ、適正な飼育管理を行うためには、100~160万 cell/ml の濃度範囲でナンノを添加するのが最適であろう。

本実験の結果から、ワムシ給餌期、飼育水槽にナンノを100~160万 cell/ml の濃度で添加することによって、マツカワ仔魚のワムシ摂餌活性を顕著に向上できることが示された。さらに、ワムシを摂餌し始めた時期 (13~16日齢) の摂食量をできる限り高めることによって、本種の種苗生産で生じやすい18~20日齢時の大量減耗を抑制できることが示唆された。これらの知見は、生産不調を防ぎ、より安定的な種苗量産技術を開発するうえで極めて有用と思われる。一方、実際の種苗生産現場において、ナンノを維持及び大量培養するには、設備投資や人的労力の負担が大きいなどのマイナス面も懸念される。そのため、今後、市販の濃縮ナンノや淡水クロレラの有効性についても検討し、種苗生産におけるコスト低下を図る必要がある。また、マツカワ仔魚の摂餌活性や初期生残には、卵質の良否^{20,21)}や水温 (萱場: 未発表) などのその他の飼育環境因子も影響することが示されている。これらの知見を整理し、マツカワ仔魚の発育特性に適合した飼育条件を確立することが重要と思われる。

要 約

飼育水中のナンノクロロプシスが、マツカワ仔魚の初期摂餌活性及び生残に及ぼす影響を明らかにするため、5日齢のマツカワ仔魚を用い、通水条件別及びナンノ添加濃度別の飼育実験を行った。

1. ワムシ給餌後、通水したまま飼育した場合、止水飼育に比べて、仔魚の摂餌が著しく減退し、また、初期減耗も増加した。その原因として、通水したことによる物理的環境の変化及び飼育水中のナンノ濃度の低下が示唆された。

2. ナンノ添加濃度が高い飼育群ほど、群摂餌個体率及び摂餌個体における消化管内ワムシ数が有意に高かった。また、その傾向は、摂餌を開始したばかりの仔魚において (13~16日齢)、特に顕著であった。
3. ナンノ添加濃度が高い飼育群では、実験期間を通して、仔魚の減耗はみられず、35日齢時における生残率は高かった。一方、ナンノ無添加群においては、17~22日齢時に大量へい死が生じ、生残率はナンノ添加群のそれを大幅に下回った。
4. ワムシ給餌期、飼育水槽に100~160万 cell/ml の濃度でナンノを添加することにより、マツカワ仔魚の初期摂餌活性を向上できることが示された。また、この時期、仔魚の摂餌を高めることにより、初期減耗を防除できることが示唆された。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ナンノクロロプシス元株の提供に快く協力頂いた北海道栽培漁業振興公社に深謝する。また、本稿の英文を校閲していただくとともに、有意義な助言をいただいた New Zealand Otago 大学 M. Rockman 博士に感謝の意を表す。本研究の一部は水産庁補助による「特定海域新魚種定着促進事業」ならびに「放流技術基礎調査事業・マツカワ種苗生産」によって行われた。

参考文献

- 1) 安藤 忠, 渡邊研一, 松原孝博: マツカワの栽培漁業における問題点と将来展望 (総説). 北水研報告. 63, 19-33 (1999)
- 2) 北海道: マツカワ種苗生産技術. 放流技術開発事業総括報告書. 1-22 (2000)
- 3) 九州・山口ブロック水産試験場マダイ種苗生産研究会: “II 飼育”. マダイ種苗生産技術の現状と問題点. 東京, 日本水産資源保護協会, 1977, 23-91.
- 4) 日本栽培漁業協会: シロギス. 日本栽培漁業協会事業年報. 156-158 (1984)
- 5) 太平洋北区栽培漁業協議会技術部会ヒラメ作業部会: “2. 種苗生産”. 太平洋北区におけるヒラメ種苗生産技術集. 東京, 日本栽培漁業協会, 1997, 12-53.
- 6) Last, J. M. : The food of four species of pleuronectiform larvae in the eastern English Channel and southern North sea. *Mar. Biol.*, 45, 359-368 (1978)
- 7) Last, J. M. : The food of three species of gadoid larvae in the eastern English Channel and southern North sea. *Mar. Biol.*,

- 48, 377-386 (1978)
- 8) 田中 克：海産仔魚の摂餌と生残 1 天然海域における食性. 海洋と生物. 11, 440-447 (1980)
- 9) 太田 亨, 安藤靖浩：植物プランクトンの脂溶性生物活性物質の利用に関する研究. 水産学術研究・改良補助事業報告, 47-54 (1996)
- 10) Servel, M. O., C. Claire, A. Derrien, L. Coiffard, Y. R. Holtzhauer : Fatty acid composition of some marine microalgae. *Phytochemistry*, 36, 691-693 (1994)
- 11) 鄭 鋒, 竹内俊郎, 與世田兼三, 小林真人, 廣川潤, 渡邊 武：アルテミア幼生給餌期のマダラ仔魚のアラキドン酸, EPAおよびDHA要求. 日水誌. 62(4), 669-676 (1996)
- 12) 吉松隆夫, 林雅 弘, 戸田享次, 古市政幸, 北島力：メナダ仔魚の必須脂肪酸要求と飼育槽へのナンノクロロプシスの添加効果. 日水誌. 61(6), 912-918 (1995)
- 13) 竹内俊郎：“魚類における栄養素の欠乏症と要求量”. 平成3年度栽培漁業基礎理論コース仔稚魚の発育シリーズ. 東京, 水産庁, 1991, 1-68.
- 14) Kanazawa, A., S. Teshima, N. Tanaka, O. Imada and A. Inoue : Tissue uptake of radioactive eicosapentaenoic acid in the red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 48, 1441-1444 (1982)
- 15) 山本義久：“Ⅶ 仔稚魚の発育.”ニシンの種苗生産技術. (社)日本栽培漁業協会, 2001, 31-41
- 16) 日下部敬之, 中嶋昌紀, 佐野雅基, 渡辺和夫：大阪湾におけるイカナゴ *Ammodytes personatus* 仔魚の鉛直分布と摂餌に対する水中照度の影響. 日水誌, 66(4), 713-718 (2000)
- 17) 濱本俊策, 吉松定昭：渦鞭毛藻類 *Dinophyceae* 種のキジハタ *Epinephelus akaara* (Temminck et Schelegel) 仔魚への投餌効果. 香川水試報告, 21, 63-72 (1984)
- 18) 土橋靖史, 栗山功, 黒宮香美：マハタ仔稚魚の生残と濃縮淡水クロレラ添加の影響. 平成14年度日本水産学会講演要旨. (2002)
- 19) Ohkubo, N. and T. Matsubara : Sequential utilization of free amino acids, yolk protein, and lipids by developing embryos and larvae in barfin flounder *Verasper moseri*. *UJNR Technical Report*, 26, 61-66 (1999)
- 20) 萱場隆昭, 杉本 卓, 佐藤敦一：放流技術基礎調査事業 マツカワ種苗生産技術開発. 北海道立栽培漁業総合センター事業報告書. 56-65 (2001)
- 21) 今井千文, 田中昌一：摂餌開始期のカタクチイワシ仔魚の生残能力に対する卵サイズの影響. 日水誌, 64(1), 8-15 (1998)