

マダコ浮游期幼生の生残と成長に及ぼす飼育水への ナンノクロロプシスの添加効果

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2025-04-24
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 浜崎, 活幸, 竹内, 俊郎
	メールアドレス:
URL	所属:
	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014503

This work is licensed under a Creative Commons
Attribution 4.0 International License.



マダコ浮遊期幼生の生残と成長に及ぼす飼育水への ナンノクロロプシスの添加効果

浜崎 活幸^{*1, *2}・竹内 俊郎^{*3}

Effects of the Addition of *Nannochloropsis* to the Rearing Water on Survival and Growth of Planktonic Larvae in *Octopus vulgaris*

Katsuyuki HAMASAKI, and Toshio TAKEUCHI

2000年6月1日受理

マダコ *Octopus vulgaris* の種苗生産に関する研究は1960年代から行われており、エビ類幼生等の大型動物プランクトンを餌料に用いることで、沈着稚ダコまでの飼育が可能であることが明らかにされている¹⁾。しかし、そのようなプランクトンを多量にしかも長期にわたって確保することは困難なことから、最近では全長1.5~2 mmに養成したアルテミア *Artemia* sp. を餌料に用いて、種苗生産に関する技術開発が実施されている²⁾。

微細藻類のナンノクロロプシス *Nannochloropsis* 属藻類は海産仔稚魚の必須脂肪酸であるエイコサペンタエン酸 (EPA, 20: 5n-3) を含有し³⁾、海産魚の種苗生産では餌料の栄養強化⁴⁾に、あるいは飼育水への添加素材⁵⁾として利用されている。浜崎ら⁶⁾はマダコ浮遊期幼生の生残と成長に及ぼす飼育水へのナンノクロロプシス添加の影響を水温25~27°Cの範囲で調べた結果、その添加効果が認められたことを報告している。本研究では引き続きナンノクロロプシス添加の影響を3段階の水温で試験するとともに、ナンノクロロプシスの添加が給餌後のアルテミアの粗脂肪含量と総脂質中の脂肪酸組成に及ぼす影響を調べたので報告する。

材料および方法

実験区の設定 飼育実験は1990年に3回行い(表1)、飼育水温を実験Ⅰ、ⅡおよびⅢそれぞれ21°C, 24°Cおよび27°Cに設定した。各温度区内にナンノクロロプシスの添加密度を無添加、50万、100万、200万、および400万細胞/mlにした4~5区を設けた(以下、実験区を各添加密度で呼称する)。

飼育方法 親ダコは瀬戸内海で漁獲されたもので、その養成とふ化の方法は前報⁶⁾に従った。マダコ幼生の飼育は表1に示す条件で行い、実験ⅠとⅡは9月29日に、実験Ⅲは7月12日に開始し、各実験とも前日の夜間にふ化した幼生を飼育に供した。飼育には屋内に設置した500 l 円型黒色ポリエチレン水槽を各区1面用い、砂ろ過海水による流水飼育とした。飼育水温は冷却機とヒーターで調節した。飼育水への通気は円柱型のエアーストン(直径3 cm, 長さ5 cm)1個を用いて行い、微量に調整した。照度と日長の調節は行わなかった。ナンノクロロプシスは露天培養したものを扱い、その添加は所定の細胞密度になるよう定量ポンプを使用して24時間連続的に行った。マダコ幼生の餌料としては、前報⁶⁾と同様

^{*1} 日本栽培漁業協会玉野事業場 〒706-0002 岡山県玉野市築港5-21-1 (Tamano Station, Japan Sea-Farming Association (JASFA), Tamano, Okayama 706-0002, Japan).

^{*2} 現所属: 同協会八重山事業場 〒907-0451 沖縄県石垣市字桴海大田148 (Present address: Yaeyama Station, JASFA, Ishigaki, Okinawa 907-0451, Japan).

^{*3} 東京水産大学資源育成学科 〒108-8477 東京都港区港南4-5-7

表 1. マダコ幼生の飼育条件

	実験 I	実験 II	実験 III
ナンノクロロプシス密度 (万細胞/ml)	0, 50, 100, 200, 400	0, 50, 100, 200, 400	0, 50, 100, 200
水温 (°C)	21	24	27
飼育水槽 (l)	500	500	500
供試ふ化幼生数 (個体)	700	700	1,000
ふ化幼生吸盤数 (個) *	4.0±0.0	4.0±0.0	4.0±0.0
飼育水回転率 (%/日)	200	200	200
給餌頻度 (回/日)	1	1	1
アルテミア給餌量 (万個体/槽)	50	50	50
飼育期間 (日)	24	15	20

* 右第一腕の吸盤数 (平均値±標準偏差, $n=30$).

の方法で養成したアルテミア (平均全長: 実験 I, 1.0~1.9 mm; 実験 II, 0.9~2.0 mm; 実験 III, 1.2~2.7 mm) を用い, 毎日 10 時~11 時の間に各水槽へ 50 万個体を給餌した。飼育開始時と終了時にはマダコ幼生の全数を計数し, 成長の指標として右第一腕の吸盤数⁷⁾を 30 個体について顕微鏡下で計数した。

飼育環境の測定 飼育期間中には毎日 7 時~9 時の間に飼育水の水温, 比重 (塩分に換算), および pH を測定した。また, アンモニア態窒素濃度をデジタル直読水質分析器 DR/2000 (HACC 社製) で測定した。また, ナンノクロロプシスとアルテミアの密度を計数し, アルテミアの全長を 30 個体について測定した。

アルテミアの分析 飼育水槽へ給餌後のアルテミアの粗脂肪含量と総脂質中の脂肪酸組成の変化を明らかにする目的で, 2 回の分析実験を行った。第 1 の実験では給餌後の分析値の経時変化を調べ, 第 2 の実験では飼育水中のナンノクロロプシス密度と各分析値の関係を調べた。なお, 両実験に用いたアルテミアは前報⁶⁾と同様の方法で養成した。第 1 の実験ではマダコ幼生の飼育実験と同じ条件で 500 l 水槽 8 面を準備し, そのうち 4 面にナンノクロロプシスを 100 万細胞/ml になるよう連続的に添加した。水槽水温は 25°C に調節した。各水槽には 100 万個体のアルテミア (平均全長, 1.5 mm) を収容した。分析用試料は収容時に採取し, その後ナンノクロロプシス添加水槽と無添加水槽 1 面ずつから 3, 6, 12 および 24 時間後に採取した。第 2 の実験では 500 l 水槽 5 面を準備し, そのうち 4 面にナンノクロロプシスを 50 万, 100 万, 200 万および 400 万細胞/ml になるよう連続的に添加した。水槽水温は 25°C に調節し, 各水槽には 100 万個体のアルテミア (平均全長, 1.6 mm) を収容した。分析用試料は収容時に採取し, 次に各水槽から 24 時間後に採取した。採取した試料は水道水で洗浄後, 水分を十分に切り, ビニール袋に入れて分析まで -80°C で凍結保存した。分析方法は既報^{8,9)}に準じた。

表 2. 飼育終了時の生残率と吸盤数

実験回次	実験区*1	生残率 (%)	吸盤数*2 (個)
I	無添加	16.0	8.8±0.6 ^a
	50 万	32.3	10.5±0.7 ^b
	100 万	82.7	11.6±1.0 ^c
	200 万	88.4	12.4±0.8 ^c
	400 万	82.0	12.4±0.9 ^c
II	無添加	15.6	8.1±0.7 ^a
	50 万	46.3	9.8±0.7 ^b
	100 万	50.1	9.7±0.9 ^b
	200 万	54.7	10.0±0.8 ^b
	400 万	52.3	9.8±0.9 ^b
III	無添加	1.3	10.2±1.4 ^a
	50 万	26.5	13.5±1.3 ^b
	100 万	25.5	15.1±1.3 ^c
	200 万	31.9	15.5±0.9 ^c

*1 ナンノクロロプシスの添加密度 (細胞/ml) を示す。

*2 30 個体について計数した右第一腕の吸盤数 (平均値±標準偏差)。各実験回次ごとに区間で吸盤数の多少を Kruskal-Wallis 検定に基づく多重比較¹⁰⁾で検定した結果, 同じ上付文字を共有しない区間に統計的な差があることを示す ($p<0.05$)。

結 果

飼育結果 飼育終了時の生残率と吸盤数を表 2 に示した。各実験ともナンノクロロプシスを添加した区が生残率は, 無添加区に比較して高い値を示した。添加区内の生残率は実験 II と III では大差ない値を示し, 実験 I では 50 万区で低い値を示した。各区の吸盤数の有意差を Kruskal-Wallis 検定に基づく多重比較¹⁰⁾によって検定したところ, 吸盤数の多小には実験 I と III では無添加区 < 50 万区 < 100 万~400 万区の関係が, 実験 II では無添加区 < 50 万~400 万区の関係が認められ, 添加区の成長, 特に 100 万細胞/ml 以上の添加区の成長が優れていた。

飼育環境の測定値 飼育期間中の環境測定値をとりまとめて表 3 に示した。飼育水温はほぼ設定値を示し, 区間差はなかった。ナンノクロロプシスの密度は設定値を下回る区もみられたが, 段階的な区間差を設定できた。塩

表 3. 飼育期間中の水温 (WT), ナンノクロロプシス密度 (DN), 塩分 (S), pH, アンモニア態窒素濃度 (total ammonia-N), アルテミアの密度 (DA), およびアルテミアの全長 (TL)

実験 回次	実験区	WT (°C)	DN (万細胞/ml)	S (‰)	pH	Total ammonia-N (mg/l)	DA (個体/ml)	TL (mm)
I	無添加	21.2±0.6	0	31.0±0.4	8.03±0.05	0.2±0.1	0.5±0.2	1.5±0.2
	50 万	21.1±0.5	50±15	30.7±0.7	8.05±0.05	0.3±0.2	0.6±0.2	1.5±0.2
	100 万	21.1±0.7	105±24	30.7±0.8	8.06±0.04	0.6±0.6	0.7±0.3	1.5±0.2
	200 万	21.2±0.5	201±50	30.2±1.2	8.04±0.05	1.2±1.0	0.7±0.3	1.6±0.2
	400 万	21.2±0.6	377±73	29.4±1.9	8.04±0.09	2.0±1.7	0.7±0.3	1.7±0.2
II	無添加	24.0±0.1	0	31.1±0.6	8.04±0.04	0.2±0.1	0.3±0.2	1.5±0.2
	50 万	24.0±0.2	51±14	30.9±0.7	8.05±0.03	0.5±0.3	0.4±0.2	1.5±0.1
	100 万	23.9±0.2	107±31	30.6±0.6	8.05±0.04	0.8±0.5	0.5±0.2	1.5±0.2
	200 万	24.0±0.1	180±44	30.2±0.8	7.98±0.08	1.5±1.0	0.5±0.2	1.6±0.2
	400 万	24.1±0.1	367±94	29.5±1.1	7.89±0.16	2.5±1.5	0.5±0.3	1.7±0.2
III	無添加	27.5±0.7	0	29.7±0.3	7.75±0.14	0.3±0.2	0.3±0.2	1.7±0.5
	50 万	27.5±0.7	49±13	29.7±0.3	7.73±0.14	0.5±0.2	0.4±0.2	1.7±0.5
	100 万	27.5±0.7	95±26	29.7±0.3	7.74±0.14	0.6±0.3	0.4±0.2	1.8±0.6
	200 万	27.4±0.7	190±45	29.7±0.3	7.72±0.15	0.8±0.5	0.4±0.2	1.9±0.5

表中の数値は平均値±標準偏差である。データ数は各実験回次の飼育日数に一致する。アルテミアの全長は毎日の平均値 (n=30) が元データである。

分は実験Ⅲでは区間差はなかったが、実験ⅠとⅡではナンノクロロプシスの高密度添加区で若干低下する傾向を示した。なお、この塩分の低下は添加用ナンノクロロプシスの塩分が降雨によって低下したことに起因する。pH は実験Ⅲで全体的に低い値を示したが、大きな区間差は認められなかった。アンモニア態窒素濃度はナンノクロロプシスの添加密度に従って増加する傾向を示した。アルテミアの密度と全長は各区で大差ない値を示した。

アルテミアの分析値 第1の分析実験におけるアルテミアの粗脂肪含量と脂肪酸のうち海産仔稚魚の生残、成長および活力に深く関与するといわれている EPA とドコサヘキサエン酸 (DHA, 22: 6n-3)¹¹⁾ の組成比の経時変化を図1に示した。ナンノクロロプシス無添加水槽では、粗脂肪含量と DHA の割合は減少した。EPA の割合は12時間後まではほぼ一定の値であったが、24時間後には若干高い値を示した。ナンノクロロプシス添加水槽では粗脂肪含量はほぼ一定であったが、EPA の割合は増加し無添加水槽より高い値を示した。DHA の割合は無添加水槽と大差ない値を示した。次に第2の分析実験におけるナンノクロロプシスの密度と粗脂肪含量、EPA および DHA の割合の関係を図2に示した。DHA の割合は水槽間で大差ない値を示し、実験開始時より低下した。ナンノクロロプシス無添加水槽では、粗脂肪含量と EPA の割合は実験開始時と大差ない値を示した。ナンノクロロプシス添加水槽では粗脂肪含量と EPA の割合は実験開始時より増加し、無添加水槽より高い値を示したが、各分析値とナンノクロロプシスの密度との間に関連は認められなかった。

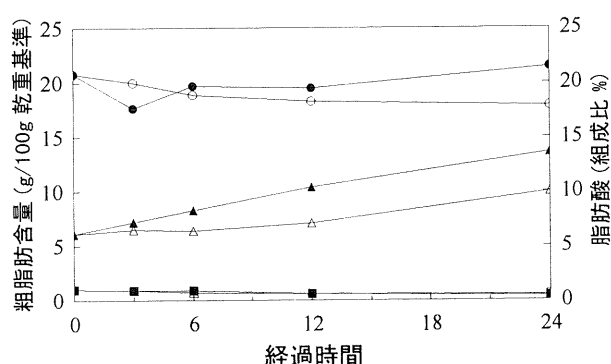


図1. アルテミアの粗脂肪含量および EPA と DHA の組成比の経時変化

ナンノクロロプシス無添加水槽: ○, 粗脂肪; △, EPA; □, DHA. ナンノクロロプシス添加水槽 (100 万細胞/ml): ●, 粗脂肪; ▲, EPA; ■, DHA.

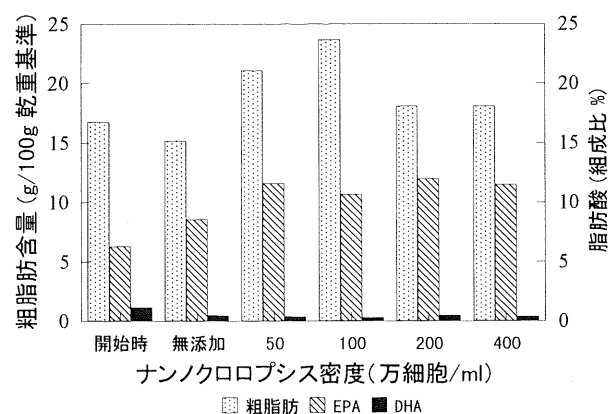


図2. アルテミアの粗脂肪含量および EPA と DHA の組成比に及ぼすナンノクロロプシス密度の影響

考 察

本研究ではマダコふ化幼生を飼育水中のナンノクロロプシスの密度別に3段階の水温(21, 24, 27℃)で15~24日間飼育した結果、いずれの水温でもナンノクロロプシスを添加した区の生残と成長は無添加区に比較して優れていることを明らかにした。前報⁶⁾では水温25~27℃の範囲でナンノクロロプシスの添加効果を明らかにしたが、今回の結果からナンノクロロプシスの添加効果はマダコ浮遊期幼生の飼育適水温(21~25℃)^{*4}を含む広い水温帯で認められることが明らかとなった。飼育期間中の環境測定値は、水質悪化の指標となるアンモニア態窒素濃度が飼育成績の良かったナンノクロロプシス添加区で高かった以外は、各区で差ない値を示した。したがって、ナンノクロロプシスの添加効果はここで測定した環境要因に起因するものではないと判断される。

著者ら^{*5}が別途行った飼育実験結果によれば、EPAとDHA等の高度不飽和酸を栄養強化したアルテミアをマダコ浮遊期幼生に給餌したところ、生残あるいは成長が改善された。今回、給餌後のアルテミアのEPAの割合はナンノクロロプシス密度(50万~400万細胞/ml)の違いにかかわらず、無添加水槽より高い値を示した。これはアルテミアがEPAを含むナンノクロロプシス³⁾を摂餌し、しかもナンノクロロプシスの添加が連続的に行われていたことに起因するものと考えられる。マダコ種苗生産におけるアルテミアの適正給餌密度は1個体/ml程度であるが¹²⁾、マダコ幼生は給餌したアルテミアをすぐに摂餌し尽くすことはなく、半分程度は翌朝の給餌まで水槽内に残存する。したがって、マダコ幼生はその間にEPA含量を上昇させたアルテミアを摂餌することが可能になると考えられる。以上のことから、ナンノクロロプシスの添加効果の一つは、給餌したアルテミアの飼育水槽内における栄養(EPA)強化によるものと考えられる。

マダコ浮遊期幼生はvisual feederであり、生残と成長あるいは摂餌量から判断した飼育適正照度は300~450 luxといわれている^{7, 13)}。今回は照度の定期的な測定を実施しなかったが、実験Ⅲにおける日中の水面照度は最高5,000 lux程度であった(データ未記載)。植物プランクトン濃度と光の消散係数は比例する¹⁴⁾ことから、ナンノクロロプシスの添加効果には、アルテミアの栄養強化に加え、水中照度の低下も関与していることが推察される。このことは、一部の実験で低い添加密度(50万細胞/ml)区の生残と成長が劣ったことから支持される。

以上のことから、マダコ浮遊期幼生の飼育方法としては、ナンノクロロプシスを100万細胞/ml程度になるよう添加しながら水中照度を適正な範囲に調整する方法が有効と考えられる。

謝 辞

飼育全般にわたりご指導いただいた日本栽培漁業協会(現大阪府漁業振興基金栽培事業場)の福永恭平氏に深謝する。本論文をとりまとめるにあたり、有益な助言を頂いた同協会の古澤 徹技術常務に深謝する。

文 献

- 1) 伊丹宏三・井沢康夫・前田三郎・中井昊三(1963) マダコ稚仔の飼育について。日水誌, 29, 514-520.
- 2) 今村茂生(1990) マダコ種苗生産技術の現状。採集と飼育, 52, 339-343.
- 3) 岡内正典・周 文堅・郜 婉虹・福所邦彦・金沢昭夫(1990) 異なる増殖相におけるナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* の栄養価の相違。日水誌, 56, 1293-1298.
- 4) 北島 力・藤田矢郎・大和史人・米 康夫・渡辺 武(1979) クロレラで二次培養したパン酵母ワムシの餌料効果。日水誌, 45, 469-471.
- 5) 吉松隆夫・林 雅弘・戸田享次・古市政幸・北島 力(1995) 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, 912-918.
- 6) 浜崎活幸・福永恭平・吉田儀弘・丸山敬悟(1991) マダコ浮遊期幼生の生残・成長に及ぼすナンノクロロプシスの効果および20 m³水槽を用いた飼育事例について。栽培技研, 19, 75-84.
- 7) 今村茂生(1993) Ⅲ-3 種苗生産技術の開発, M-1 マダコ。日本栽培漁業協会事業年報平成3年度, pp. 232-233.
- 8) TAKEUCHI, T. (1988) Laboratory work-chemical evaluation of dietary nutrients, in "Fish Nutrition and Mariculture" (ed. by T. Watanabe), Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency, pp. 179-226.
- 9) 鄭 鋒, 竹内俊郎, 小林真人, 廣川 潤, 渡邊 武(1997) 形態の異なるビタミンEのワムシおよびマダラ仔魚への取り込みとワムシ中のDHA含量の影響。日水誌, 63, 77-84.
- 10) 白旗慎吾(1987) パソコン統計ハンドブック, IV ノンパラメトリック編, 第1版, 共立出版, 東京, pp. 136-140.
- 11) 竹内俊郎(1991) 魚類における必須脂肪酸要求の多様性。化学と生物, 29, 571-580.
- 12) 森岡泰三(1988) Ⅲ-3 種苗生産技術の開発, M-1 マダコ。日本栽培漁業協会事業年報昭和61年度, pp. 259-266.
- 13) 伊丹宏三(1971) マダコふ化稚仔の摂餌について—I, 明るさの影響。兵庫水試報告, 11, 1.
- 14) 門脇秀策・田中啓陽(1995) クルマエビ養殖池海水の消散係数に関する一考察。水産増殖, 43, 213-217.

*4 浜崎ら, 未発表。

*5 浜崎活幸・竹内俊郎・関谷幸生(1995) マダコ浮遊期幼生の生残と成長に及ぼす数種餌料による強化養成アルテミアの効果。平成7年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 40.