

油脂酵母あるいはサメ卵乾燥粉末で栄養強化したアルテミアのマダコ浮遊期幼生に対する餌料価値

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/2014509

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



油脂酵母あるいはサメ卵乾燥粉末で栄養強化したアルテミアのマダコ浮遊期幼生に対する餌料価値

浜崎 活幸*1, *2・竹内 俊郎*3

Dietary Value of *Artemia* Enriched with ω -Yeast or Shark Eggs as Feed for Planktonic Larvae of *Octopus vulgaris*

Katsuyuki HAMASAKI, and Toshio TAKEUCHI

2000 年 11 月 20 日受理

海産魚はエイコサペンタエン酸 (EPA, 20:5n-3) やドコサヘキサエン酸 (DHA, 22:6n-3) などの n-3 系列の高度不飽和酸 (n-3HUFA) を必須脂肪酸として要求し, その種苗生産では生物餌料であるワムシ *Brachionus* sp. やアルテミア *Artemia* sp. へこれら脂肪酸を栄養強化することによって, 仔稚魚の成長, 生残率並びに活力の向上が図られている¹⁾³⁾。マダコ *Octopus vulgaris* は重要な漁業資源であり, 増殖を目的とした種苗生産研究が 1960 年代から行われてきたにもかかわらず, 種苗を大量に生産した事例はほとんどなく⁴⁾, その栄養要求に関する知見は皆無である。本研究ではマダコ種苗生産技術を改善する一環として, 油脂酵母あるいはサメ卵乾燥粉末で栄養強化したアルテミアのマダコ浮遊期幼生に対する餌料価値を, マダコ幼生とアルテミアの EPA と DHA 含量に着目し, 飼育実験により評価することを試みたので, その結果について報告する。

材料と方法

実験の設定とアルテミアの栄養強化 飼育実験は 2 回行

い, それぞれ実験 I および II とした。アルテミアの栄養強化剤として, 実験 I では油脂酵母⁵⁾ (協和発酵製), 実験 II ではサメ卵乾燥粉末⁴⁾ (商品名, アクアラン; 武田科学飼料製) を用い, それぞれ油脂酵母区とサメ卵乾燥粉末区とした。また, 両実験とも対照として無強化区を設けた。使用したアルテミアは北米産 (バイオマリン製) で, アルテミア飼料 No. 4 (ニッチク薬品工業製) を餌料として平均全長 1.8~1.9 mm まで養成した。アルテミアの養成方法は既報⁶⁾ に従い, 栄養強化は表 1 に示す条件

表 1. アルテミアの栄養強化条件

	実験 I	実験 II
水槽 (l)	400	100
アルテミア収容密度 (個体/ml)	5	25
アルテミア全長 (mm)*1	1.8±0.2	1.9±0.4
油脂酵母添加量 (g/400 l)*2	150	—
サメ卵乾燥粉末添加量 (g/100 l)*3	—	20
栄養強化時の水温 (°C)	25	20
栄養強化時間 (時間)	16	3

*1 平均値±標準偏差。

*2 協和発酵製。

*3 アクアラン (武田科学飼料製)。

*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 (Japan Sea-Farming Association (JASFA), Tamano Station, 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: JASFA, Yaeyama Station, 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.

*4 竹内俊郎・杉浦雅行・鄭 鋒・D. JUSADI・山本喜彦・渡邊 武 (1992): サメ卵による生物餌料の栄養強化. 平成 4 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 51.

表 2. マダコ幼生の飼育条件

	実験 I	実験 II
飼育水温 (°C)	25	25
飼育水槽 (l)	500	500
供試ふ化幼生数 (個体/槽)	1,500	1,500
ふ化幼生吸盤数 (個)*	4.0±0.0	3.6±0.5
飼育水回転率 (%/日)	200	200
給餌頻度 (回/日)	1	1
アルテミア給餌量 (万個体/槽)	50	50
ナンノクロロプシス添加密度(万細胞/ml)	100	100
飼育期間 (日)	16	20

* 右第一腕の吸盤数 (平均値±標準偏差, $n=30$).

で行った。

マダコ幼生の飼育 親ダコは瀬戸内海で漁獲されたもので、既報⁶⁾と同様の方法でふ化まで養成した。飼育は表 2 に示す条件で行い、各実験区に 500 l 黒色水槽 2 面を用いた。また、給餌後のアルテミアの脂肪酸組成等の分析を行う目的で、マダコ幼生を収容しない水槽を各実験区に 1 槽ずつ設けた。基本的な飼育方法は既報^{6), 7)}に従い、飼育水へナンノクロロプシス *Nannochloropsis* sp. を 100 万細胞/ml になるよう定量ポンプで 24 時間連続的に添加した。アルテミアは毎日 10 時から 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、顕微鏡下で右第一腕の吸盤数⁸⁾を 30 個体について計数した。

アルテミアとマダコ幼生の分析 アルテミアについては、給餌前の栄養強化と無強化のアルテミアを、また毎日の給餌前に、水槽内に残存したアルテミアを採取した。マダコ幼生については、飼育開始時には同じロットのふ化幼生を、終了時には各水槽の生残個体を採取した。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 -80°C で凍結保存した。分析項目は、水分、粗脂肪および総脂質中の脂肪酸組成とし、アルテミアについては実験期間を前期、中期、後期の 3 期間に分け、各期間で毎日の試料をプールして分析した。分析方法は既報^{9), 10)}に従った。

結 果

マダコ幼生の生残と成長 飼育終了時の生残率と吸盤数を表 3 に示した。実験 I の生残率は油脂酵母区の方が無強化区より高い値を示した。吸盤数は油脂酵母区で多い傾向があり、Kruskal-Wallis 検定に基づく多重比較¹¹⁾で検定を行ったところ、 $\omega 1$ 水槽と C2 水槽の間に有意な差が認められた。実験 II の生残率は無強化区内でばらつきが認められ、C1 水槽を除いて水槽間で大差はなかった。吸盤数はサメ卵乾燥粉末区で多い傾向を示し、上述の検定によると S1, S2 水槽と C1 水槽の間に有意な差が認められた。

アルテミアの分析値 分析値を表 4 に示した。実験 I で

表 3. 飼育終了時の生残率と吸盤数

実験	実験区	水槽番号	生残率 (%)	吸盤数*
I	油脂酵母	$\omega 1$	45.3	11.1±1.6 ^a
		$\omega 2$	44.5	11.0±1.3
	無強化	C1	31.1	10.5±1.6
		C2	34.1	9.9±1.5 ^a
II	サメ卵乾燥粉末	S1	24.2	14.5±0.9 ^a
		S2	22.3	14.6±1.0 ^b
	無強化	C1	12.9	13.3±1.3 ^{a, b}
		C2	22.1	13.7±1.5

* 右第一腕の吸盤数 (平均値±標準偏差, $n=30$). 各実験区ごとに吸盤数の多少を Kruskal-Wallis 検定に基づく多重比較¹¹⁾で検定した結果、同じ上付文字を共有する区間で統計的な差があることを示す ($p<0.05$).

は、粗脂肪含量は給餌前の油脂酵母区で高かったが、飼育水槽内では無強化区と同じレベルまで低下していた。脂肪酸組成をみると、給餌前の油脂酵母区の EPA と DHA 含量は無強化区に比較して高い値を示した。油脂酵母区の飼育水槽内では EPA 含量は維持されたが、DHA は検出されなくなった。また、無強化区の飼育水槽内でも DHA は検出されなかったが、EPA 含量は油脂酵母区と同じレベルまで増加していた。実験 II においてもほぼ同様の傾向がみられ、給餌前のサメ卵乾燥粉末区の粗脂肪、EPA および DHA 含量は無強化区より高い値を示したが、飼育水槽内では両区に差は認められなかった。

マダコ幼生の分析値 分析値を表 5 に示した。ふ化幼生の分析値をみると、実験 I と II でモノエン酸と n-3HUFA の割合に差がみられるが、ふ化幼生はアルテミアの分析値と比較して高濃度に DHA を含有し、しかも DHA 含量は EPA 含量より高い値を示すのが特徴的であった。実験終了時の分析値をみると、両実験とも栄養強化の有無による差は認められず、EPA 含量は増加し、DHA 含量は大きく減少していた。

考 察

栄養強化したアルテミアの EPA と DHA 含量は無強化のアルテミアに比較して高い値を示し、実験 I では栄養強化アルテミアを給餌した区が生残率と成長が、実験 II では成長が改善される傾向を示した。以上の結果から、マダコ種苗生産では、給餌するアルテミアに EPA と DHA を強化することは有効と判断される。

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⁾、給餌されたアルテミアがすべて摂餌されることはなく、翌日の給餌時には飼育水槽内に残餌として認められる⁷⁾。今回、水槽内に残存したアルテミアの脂肪酸組成を分析したところ、栄養強化したアルテミアの EPA 含量は維持され、無強化アルテミ

表 4. アルテミアの水分、粗脂肪含量および主な脂肪酸組成

	実 験 I				実 験 II			
	給 餌 前* ¹		水 槽 内* ²		給 餌 前* ¹		水 槽 内* ²	
	ω	C	ω	C	S	C	S	C
水分 (%)	89.7* ⁴	90.2	89.8	90.1	89.3	88.5	89.8	89.8
粗脂肪 (%) ^{*3}	16.2	13.2	13.0	13.0	19.3	18.6	16.3	15.7
脂肪酸組成 (組成比%)								
14:0	1.8	1.2	2.1	2.2	1.1	1.1	1.1	1.0
16:0	13.4	13.3	14.0	13.5	10.9	10.1	10.3	9.7
16:1n-7	10.6	12.6	13.7	13.9	9.3	10.9	10.0	9.8
18:0	6.9	7.8	6.9	7.5	7.3	9.1	8.0	8.6
18:1n-(9+7)	28.2	27.3	27.6	26.6	28.4	29.9	33.2	32.7
18:2n-6	6.0	8.4	4.8	5.9	6.7	7.9	6.2	6.7
18:3n-3	4.2	5.5	2.5	2.9	5.4	6.8	4.1	4.1
20:4n-6	1.0	0.8	2.3	2.3	1.5	0.9	2.3	2.1
20:5n-3	10.1	8.0	13.5	12.6	9.0	7.1	13.9	14.5
22:5n-3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1
22:6n-3	1.8	0.5	0.2	0.1	4.0	0.6	0.4	0.3
Σ n-3	18.5	15.7	17.2	16.6	21.3	16.6	19.8	20.0
Σ n-6	8.8	10.4	10.1	10.4	9.1	9.4	9.1	9.4
Σ Monoene	41.1	41.3	42.3	41.3	40.6	42.2	44.4	43.6
Σ n-3HUFA	12.8	9.0	14.0	13.0	14.6	8.4	14.8	15.2
EPA (%) ^{*3}	1.6	1.1	1.8	1.6	1.7	1.4	2.7	2.8
DHA (%) ^{*3}	0.3	0.1	0.0	0.0	0.8	0.1	0.1	0.1

*¹ ω , 油脂酵母; S, サメ卵乾燥粉末; C, 無強化.*² マダコ幼生を収容していない水槽を設け, 毎日の給餌前にアルテミアを採取して分析に供した.*³ アルテミア中の含量 (乾燥重量基準).*⁴ $n=3$

表 5. マダコ幼生の水分、粗脂肪含量および主な脂肪酸組成

	実 験 I					実 験 II				
	ふ化幼生	ω 1	ω 2	C1	C2	ふ化幼生	S1	S2	C1	C2
水分 (%)	86.7	82.6	82.0	82.2	82.0	87.4	83.0	83.6	83.0	82.7
粗脂肪 (%) ^{*1}	12.0	14.4	14.4	14.0	13.3	12.6	12.3	14.8	14.6	14.7
脂肪酸組成 (組成比%)										
16:0	26.7	15.6	15.8	13.5	15.4	20.8	13.2	16.8	14.2	15.5
16:1n-7	nd* ²	4.1	4.0	3.7	4.6	0.3	3.8	3.1	3.7	3.4
18:0	3.7	11.8	12.6	12.6	12.9	8.4	12.1	16.4	12.6	17.0
18:1n-(9+7)	15.8	19.6	21.6	18.9	21.2	3.8	18.0	20.0	18.6	21.6
18:2n-6	0.5	2.7	2.9	3.8	3.7	0.3	3.0	2.6	2.4	2.4
18:3n-3	0.3	1.2	1.3	1.7	0.4	nd	1.7	1.2	1.1	0.9
20:1n(11+9)	3.4	3.2	3.3	3.6	2.8	3.5	2.4	2.6	2.9	3.9
20:4n-6	4.8	3.4	3.3	3.2	2.9	4.3	3.5	3.1	4.1	3.6
20:5n-3	12.7	18.4	16.9	19.0	16.4	15.9	21.3	17.3	20.3	14.7
22:5n-3	1.3	0.9	0.9	0.7	0.6	1.5	0.9	0.7	1.2	1.0
22:6n-3	18.2	4.6	3.9	3.8	2.9	21.8	3.2	2.4	4.3	3.1
Σ n-3	34.5	29.2	26.7	30.0	24.4	47.8	33.1	24.3	31.8	22.8
Σ n-6	8.2	7.9	8.0	9.1	8.7	6.3	8.2	7.3	8.2	8.1
Σ Monoene	19.6	27.3	29.5	26.4	29.5	9.8	24.6	26.1	25.8	29.6
Σ n-3HUFA	33.5	25.3	23.1	24.8	21.2	40.7	26.8	21.7	27.1	20.2
EPA (%) ^{*1}	1.5	2.6	2.4	2.7	2.2	2.0	2.6	2.6	3.0	2.2
DHA (%) ^{*1}	2.2	0.7	0.6	0.5	0.4	2.7	0.4	0.4	0.6	0.5

*¹ マダコ幼生中の含量 (乾燥重量基準).*² nd, 未検出.

アの EPA 含量は増加して栄養強化したものと大差ない値を示した。また、両アルテミアとも DHA はほとんど検出されなくなった。このようなアルテミアの EPA 含量の維持・増大は、既報⁷⁾と同様にアルテミアが飼育水へ添加されたナンノクロロプシスを摂餌したことに起因するものと考えられる。また、DHA 含量減少の一因は、アルテミアが DHA を EPA に retroconversion (短鎖化) する³⁾ ことにあるものと考えられる。

ふ化時のマダコ幼生は EPA に比較し、DHA を高濃度に含有していたが、飼育終了時には EPA 含量は増加し、逆に DHA 含量は大きく減少した。また、飼育終了時の分析値に栄養強化の有無による差は認められなかった。親ダコの脂肪酸組成の分析結果によれば、DHA の割合は今回のふ化幼生と同様に高い値を示す (日本栽培漁業協会伯方島事業場、未発表) ことから、今回給餌したアルテミアの DHA 含量はマダコ幼生の栄養要求を大きく下回るものと推察される。前述のようにアルテミアは DHA を短鎖化する³⁾ ことから、今後さらにマダコ幼生の生残と成長を改善するには、アルテミアの DHA 含量を増加させる飼育手法、すなわちマダコ幼生の飼育水槽へ DHA を高濃度に含有する栄養強化剤を直接添加する方法を開発する必要があるものと考えられる。

謝 辞

飼育実験にご協力いただいた日本栽培漁業協会玉野事業場職員各位に厚くお礼申し上げます。また、本論文をとりまとめるにあたり、有益な助言を頂いた日本栽培漁業協会の古澤 徹技術常務に深謝する。

文 献

- 1) 渡辺 武 (1978) 脂質からみた仔稚魚用生物餌料の栄養価. 「水産学シリーズ 22 養魚と飼料脂質」 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 93-111.
- 2) 北島 力 (1985) 生物餌料. 「水産学シリーズ 54 養魚飼料—基礎と応用」 (米 康夫編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 75-88.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 今田 克・景山百合明・渡辺 武・北島 力・藤田矢郎・米 康夫 (1979) 魚介類種苗生産用酵母 (油脂酵母) の開発. 日水誌, **45**, 955-959.
- 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) 浜崎活幸・竹内俊郎 (2000) 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. 栽培技研, **28**, 13-16.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 竹内俊郎・石崎靖郎・渡邊 武・今泉圭之輔・清水 健 (1998) DHA 含量が異なるワムシを摂餌したブリ仔稚魚のアルテミア摂餌期における DHA 要求. 日水誌, **64**, 270-275.
- 11) 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.
- 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.