数種餌料で培養したワムシのガザミ幼生に対する餌料価値

浜崎 活幸, 竹内 俊郎, 関谷 幸生

(1997 年 12 月 22 日受付)

Dietary Value for Larval Swimming Crab *Portunus trituberculatus* of Marine Rotifer *Brachionus rotundiformis* Cultured with Several FeedsKatsuyuki Hamasaki,^{*1,*2} Toshio Takeuchi,^{*3} and Sachio Sekiya^{*1}

Larvae of swimming crab were reared in 1-2 l tanks, supplied with marine rotifers cultured with several feeds: baker's yeast, baker's yeast fortified with cuttlefish liver oil, freshwater *Chlorella*, and marine micro algae *Nannochloropsis*. The fatty acid compositions of the rotifers were analyzed to evaluate their dietary value. Larval survival, growth and velocity of development were improved according to the amount of n-3 highly unsaturated fatty acids (n-3HUFA) contained in rotifers. Consequently, it was considered that the larval swimming crab demanded the n-3HUFA in feeds as essential fatty acid and enrichment of feed rotifers should be a routine technique in the seed production process of the swimming crab.

キーワード: ガザミ, 幼生, ワムシ, 餌料価値, 高度不飽和酸

ガザミ *Portunus trituberculatus* は重要な栽培漁業対象種であり, 近年では北海道と沖縄を除く全国の 27~29 機関で年間 5,000 万個体前後の稚ガニが生産されている。¹⁾ しかし, 種苗を生産できない失敗事例が全飼育事例の 20~30% も占めており,²⁾ 必ずしも安定した種苗生産技術が確立されているとは言い難い状況にある。

近年多くの海産魚に関する栄養学的な研究が進展した結果, 海産仔稚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) 等の n-3 系列の高度不飽和酸 (n-3HUFA) を必須脂肪酸 (EFA) として要求することが明らかにされ, その種苗生産では生物餌料のワムシやアルテミアへこれら脂肪酸を栄養強化することによって, 成長や生残率の向上が計られている。³⁻⁵⁾ 一方, ガザミの栄養要求について研究した事例はほとんどみられず, ガザミ幼生が n-3HUFA を要求するか否かさえも明らかにされていない。そこで, 本研究では安定したガザミ種苗生産技術を確立する一環として, 数種餌料で培養したいわゆる S 型ワムシ *Brachionus rotundiformis* のガザミ幼生に対する餌料価値を, 飼育実験とワムシの脂肪酸組成の分析に

よって明らかにするとともに, ガザミ幼生の EFA 要求の特性について検討した。

材料と方法

実験区の設定 飼育実験は 4 回行った (Table 1)。実験 I~III ではワムシの二次培養用餌料の種類により, それぞれ次の 3 区を設けた。BY 区, パン酵母; ω Y 区, 油脂酵母⁶⁾; NA 区, ナンノクロロプシス *Nan-*

Table 1. Secondary culture feeds of rotifer used for larval rearing of swimming crab in Experiments I-IV

Group	Feed	Experiment
BY	Baker's yeast	I-III
ω Y	ω -Yeast ^{*1}	I-III
NA	<i>Nannochloropsis</i>	I-IV
CH	Condensed <i>Chlorella</i> ^{*2}	IV

^{*1} Baker's yeast supplemented with cuttlefish liver oil.⁶⁾

^{*2} Freshwater *Chlorella* condensed upto 10^{10} cells/ml (Nissin Fine Chemical Co. Ltd.).

^{*1} 日本栽培漁業協会玉野事業場 (Tamano Station, Japan Sea-Farming Association, Tamano, Okayama 706-0002, Japan).

^{*2} 現所属: 日本栽培漁業協会八重山事業場 (Present address: Yaeyama Station, Japan Sea-Farming Association, Ishigaki, Okinawa 907-0451, Japan).

^{*3} 東京水産大学資源育成学科 (Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, Minato, Tokyo 108-8477, Japan).

Table 2. Secondary culture conditions for rotifer in Experiments I-IV

	Experimental no.			
	I	II	III	IV
Tank volume (l)	20	20	20	2
Rotifer (ind./ml)*	500	500	500	500-1000
Baker's yeast (g/l)	10	10	10	—
ω -Yeast (g/l)	10	10	10	—
<i>Nannochloropsis</i> (10^6 cell/ml)	20	20	20	20
Condensed <i>Chlorella</i> (ml)	—	—	—	6
Culture period (h)	18	18	18	6-7
Water temperature ($^{\circ}$ C)	21.6-23.4	21.6-23.4	24.8-26.1	21.7-23.5

* Rotifers cultured with baker's yeast and *Nannochloropsis* were fed on baker's yeast and ω -Yeast during 24 h before secondary culture in Experiments I-II and III, respectively. Rotifers were cultured with condensed *Chlorella* before secondary culture in Experiment IV.

nannochloropsis sp.。実験Ⅳでは次の2区を設定した。NA区、ナンノクロロプシス；CH区、淡水クロレラ *Chlorella* sp. (フレッシュグリーン600, 日清ファインケミカル社製)。

ワムシの培養方法 実験Ⅰ～Ⅲで用いたワムシはパン酵母とナンノクロロプシスで併用培養されたもので、二次培養を行う前に100 lの海水(水温26 $^{\circ}$ C)にワムシを500個体/mlになるよう収容し、実験Ⅰ, Ⅱではパン酵母で、実験Ⅲでは油脂酵母で24時間培養した。各酵母の添加は培養開始時と17時間後に行い、毎回の添加量は25 gとした。実験Ⅳで用いたワムシは淡水クロレラで培養されたもので、直接二次培養に供した。二次培養はTable 2に示す条件で行い、実験Ⅰ～Ⅲでは、各酵母は水道水とともに小型ミキサーで攪拌して、ナンノクロロプシスはその培養水を直接用いた。また、実験Ⅳでは濃縮冷凍保存したナンノクロロプシスを用いた。

ふ化幼生 親ガニの養成とふ化幼生の入手方法は、既報¹⁾に従った。ただし、ふ化槽へのワムシの添加は行わず、真菌症防除のためにホルマリンを25 ppm⁷⁾になるよう添加した。各実験に供した幼生のふ化日は、以下のとおりであった。実験Ⅰ, Ⅱ, 1992年6月12日；実験Ⅲ, 同年7月12日；実験Ⅳ, 1993年7月4日。

飼育方法 飼育方法の概要をTable 3に示した。幼生の飼育には、実験Ⅰ～Ⅲでは2 lの、実験Ⅳでは1 lの白色ポリエチレンビーカーを各区2個使い、ふ化幼生を30個体/lの割合で収容した。メガロバが出現した場合、共食を防ぐためにメガロバとゾエアを別のビーカーで飼育した。飼育水への通気は、バスターピペットを用いて極微量に行った。餌料として、メガロバへ脱皮するまでは各二次培養ワムシを用い、メガロバ以後は北米産のアルテミアノープリウスを栄養強化することなく

用いた。ワムシの給餌密度は40個体/mlとし、アルテミアの密度は5個体/mlとした。飼育には砂ろ過海水を用い、毎日9時～10時の間に飼育幼生を5～10 ml容の駒込ビペット(先端をカットして広口としたもの)で新しいろ過海水と餌料を満たしたビーカーに移槽した。幼生の移槽後には、幼生への糸状細菌の付着を防ぐために、硫酸ストレプトマイシンを10 μ g/mlになるよう飼育水へ添加した。幼生を移槽する際には生残個体を計数し、生残個体と死亡個体の齢期を確認した。実験Ⅰ～Ⅲでは飼育幼生が全滅するか、生残個体すべてが第1齢稚ガニ(1区)あるいはメガロバ(2区)へ脱皮するまで飼育し、稚ガニの全甲幅⁸⁾とメガロバの全甲長⁹⁾を万能投影機で測定した。なお、実験ⅠのBY区と ω Y区では、ゾエア幼生が遊泳しなくなった実験開始24日後に飼育を中止した。実験Ⅳでも実験Ⅰ～Ⅲの1区と同様に飼育を行ったが、CH区では遊泳ゾエアがみられなくなった17日後に飼育を中止した。実験期間中の飼育水温と塩分は、Table 3に示すとおりであった。

餌料の分析 ワムシとアルテミアは毎日プランクトンネットで採取し、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 $^{\circ}$ Cで凍結保存した。各餌料は採取時期ごとに2～3試料に分けて、水分、粗タンパク質(実験Ⅳを除く)、粗脂肪および総脂質中の脂肪酸組成を分析した。分析方法は既報^{9,10)}に従った。

結 果

飼育結果 各齢期へ脱皮した幼生数の割合(脱皮率)と各齢期までの所要日数をTable 4に示した。実験Ⅰ～Ⅲでは、第4齢ゾエア以後の脱皮率にBY区< ω Y区<NA区の関係が認められ、NA区で最も多くのメガロバと稚ガニが得られた。実験Ⅰ, ⅡのBY区では第3

Table 3. Rearing conditions for larval swimming crab in Experiments I-IV

	Experimental no.			
	I	II	III	IV
Tank volume (l)	2	2	2	1
Number of larvae	60	60	60	30
Water temperature (°C)*	24.2	28.0	28.0	27.8
Salinity (‰)*	33.2	34.1	32.8	32.5
Rearing period (days)	15-24	15-24	10-21	16-17

Two rearing tanks were used in each experiment and larvae in one tank (no. 2) were sacrificed after reaching to megalopa for the measurement of carapace length in Experiments I-III. Larvae were transferred every morning into a tank with new seawater and feed. Rotifers (40 ind./ml) and *Artemia* nauplii (5 ind./ml) without enrichment were supplied once a day to the larval rearing tank during the period from the first to fourth zoeal stage and megalopal stage, respectively.

* Mean value during the course of experiment.

Table 4. Molting rate and developmental period to reach each larval stage of swimming crab in Experiments I-IV

Tank no. of each group	Stage*1									
	Z2		Z3		Z4		M		C1	
	MR*2	D*3	MR	D	MR	D	MR	D	MR	D
Expt. I										
BY1	95.0	3.0±0.3	90.0	6.2±0.4	3.3	15.5±0.5	0			
BY2	88.3	3.0±0	86.7	6.4±0.5	1.7	11.0	0			
ωY1	98.3	3.0±0	91.7	6.0±0	75.0	10.8±0.5	18.3	18.3±1.5	1.7	22.0
ωY2	95.0	3.0±0	88.3	6.0±0.2	83.3	10.9±0.7	3.3	20.5±0.5	—	
NA1	100	3.0±0	98.3	5.1±0.2	96.7	8.1±0.2	86.7	12.2±0.5	13.3	19.0±1.2
NA2	95.0	3.0±0	95.0	5.0±0.2	95.0	8.1±0.3	91.7	12.3±0.5	—	
Expt. II										
BY1	100	2.2±0.4	95.0	5.0±0.7	0					
BY2	96.7	2.1±0.3	91.7	5.2±0.6	5.0	10.0±0.8	0			
ωY1	100	2.0±0.2	96.7	4.2±0.4	63.3	8.6±0.9	0			
ωY2	96.7	2.1±0.3	80.0	4.5±0.5	56.7	8.6±1.1	0			
NA1	100	2.0±0.2	98.3	4.0±0.2	93.3	6.1±0.3	85.0	9.3±0.5	26.7	14.2±0.7
NA2	100	2.1±0.2	98.3	4.0±0	93.3	6.1±0.4	75.0	9.5±0.9	—	
Expt. III										
BY1	78.7	2.1±0.3	76.7	4.1±0.3	56.7	7.3±0.6	3.3	12.0±0	1.7	17.0
BY2	91.7	2.1±0.3	88.3	4.0±0.2	68.3	7.5±0.5	0			
ωY1	90.0	2.0±0.1	88.3	4.0±0	78.3	7.0±0.3	35.0	11.3±0.8	23.3	16.5±1.1
ωY2	98.3	2.0±0	98.3	4.0±0	83.3	6.0±0	0			
NA1	98.3	2.0±0.1	98.3	4.0±0.1	96.7	6.0±0.1	81.7	9.0±0	36.7	13.6±0.5
NA2	93.3	2.0±0	91.7	4.0±0.1	90.0	6.0±0.2	83.3	9.0±0.1	—	
Expt. IV										
NA1	100	2.0±0	100	4.0±0	96.7	6.1±0.4	80.0	9.8±0.4	56.7	14.3±0.9
NA2	100	2.0±0	100	4.0±0	93.3	6.2±0.6	63.3	10.0±0.8	36.7	14.8±0.6
CH1	100	2.0±0	100	4.0±0	70.0	7.3±0.5	0			
CH2	100	2.1±0	96.7	4.0±0	83.3	7.6±0.8	0			

*1 Z1-Z4, first to fourth zoea; M, megalopa; C1, first crab.

*2 Molting rate(%) = (number of larvae molted to each stage) / (number of larvae stocked) × 100.

*3 Developmental period in days (Mean ± SD).

Fig. 1. Prolonged development of reared swimming crab larvae observed in groups BY, ω Y and CH of Experiments I-IV.

Result of tank no. 1 was shown because there was no significant difference between tanks in the same group. Figures in parenthesis indicate the Σ n-3HUFA in rotifers supplied for each tank. See Table 6 for Σ n-3HUFA. Symbols=larval stage; ○, Z1; ●, Z2; △, Z3; ▲, Z4; □, M; ■, C1.

齡ゾエアの発育が、実験ⅢのBY区と実験Ⅰ、Ⅱの ω Y区では第4齡ゾエアの発育が著しく遅延した (Fig. 1)。実験ⅣでもNA区で多くのメガロバと稚ガニが得られ、CH区では第4齡ゾエアの発育が著しく遅延し (Fig. 1)、メガロバは得られなかった。実験Ⅰ～Ⅲの各齡期までの所要日数には、BY区> ω Y区>NA区の関係が、また実験ⅣではCH区>NA区の関係が認められ、その関係は齡期の進行に伴い明瞭になる傾向を示した。

次に、実験Ⅰ～Ⅲで得られたメガロバと稚ガニの大きさを Table 5 に示した。測定数が10個体以上の区間を Kruskal-Wallis 検定に基づく多重比較¹¹⁾によって比較すると、メガロバでは実験ⅡNA区<実験ⅠNA区=実験ⅢNA区の関係があり、稚ガニでは実験ⅡNA区=実験Ⅲ ω Y区<実験ⅢNA区の関係があった。メガロバと稚ガニの大きさには、総じてBY区< ω Y区<NA区の関係が認められた。

餌料の分析値 各餌料の分析値を Table 6 に示した。ワムシの水分含量には各実験とも区間で差はなかったが、粗タンパク質含量はNA区で若干低い値を示した。粗脂肪含量は実験Ⅰ、ⅡのBY区と ω Y区で低い以外は、区間で大差なかった。次に実験Ⅰ、Ⅱで用いたワムシの脂肪酸組成をみると、各二次培養ワムシ間で大差が認められた。すなわち、18:1n-9+7等のモノエン酸の割合はBY区、 ω Y区、NA区の順に低く、逆に

Table 5. Carapace length (CL) of megalopa and carapace width (CW) of first crab in Experiments I-III

Tank no. of each group	Experimental no.		
	I	II	III
CL (mm)*1			
BY2	—	—	—
ω Y2	2*2 1.89±0.05*3	—	—
NA2	55 2.46±0.08a	45 2.35±0.09b	50 2.48±0.08a
CW(mm)*4			
BY1	—	—	1 3.44
ω Y1	1 3.98	—	14 3.96±0.15a
NA1	8 4.08±0.27	16 3.88±0.27a	22 4.23±0.18b

*1 Carapace length was measured from the tip of rostrum to the posterior margin of carapace. Values which bear different letters are significantly different at $P<0.05$ (Compared among tanks of more than 10 specimens by Scheffe's method based on Kruskal-Wallis test¹¹⁾).

*2 Number of specimens measured.

*3 Mean±SD.

*4 Carapace width was measured as maximum width of carapace including lateral spines. Different letters are same as in CL.

EPAの割合は高い値を示した。DHAの割合はBY区とNA区で差はなく、 ω Y区の方が高かった。n-3HUFAの割合は主にEPAの割合を反映してBY区、 ω Y区、NA区の順に高い値を示した。実験Ⅲで用いたワムシの脂肪酸組成は実験Ⅰ、Ⅱと同様の傾向を示したが、一次培養に油脂酵母を使用した実験Ⅲの方がモノエン酸の割合は低く、EPA、DHAおよびn-3HUFAの割合は高かった。実験Ⅳのワムシでは、EPAとn-3HUFAの割合はNA区の方が高かった。また、実験Ⅰ～Ⅲのワムシに比較して、モノエン酸の割合が低く、リノール酸(LA, 18:2n-6)の割合が高いことが特徴的であった。アルテミアの分析値は各実験間で大差なく、リノレン酸(LNA, 18:3n-3)の割合が高く、EPAの割合が低かった。

考 察

ガザミ幼生の飼育成績は給餌したワムシの二次培養餌料の種類によって大きく異なり、3回の実験ともメガロバと稚ガニまでの生残、成長および発育速度は、ワムシ中のn-3HUFAの割合が高い区で改善された。したがって、ガザミゾエア幼生は餌料中にn-3HUFAを要求するものと推察され、ガザミ種苗生産では給餌するワムシにn-3HUFAを栄養強化する必要があるものと結論付けられる。

安元・吉田¹²⁾はガザミ幼生を小容器(シャーレ)で

Table 6. Moisture, crude protein, crude lipid and fatty acid composition of total lipid from rotifer (BY, ω Y, NA, CH) and *Artemia* (Ar) in Experiments I-IV

	Group										
	Expts. I, II* ¹				Expt. III* ¹				Expt. IV* ²		
	BY	ω Y	NA	Ar	BY	ω Y	NA	Ar	NA	CH	Ar
Moisture (%)	85.7	85.7	85.4	78.6	86.6	86.2	86.1	80.7	82.0	82.0	82.0
Crude protein (%) ^{*3}	69.6	69.2	64.5	60.6	70.7	68.8	64.2	61.2	—	—	—
Crude lipid (%) ^{*3}	12.6	13.4	17.3	23.2	17.6	17.4	18.2	22.6	19.2	19.0	22.1
Fatty acid (area %)											
14 : 0	1.9	2.4	4.2	1.0	2.3	3.0	4.1	1.1	3.3	2.5	1.0
15 : 0	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.2	0.5	0.5	0.1
16 : 0	6.0	8.2	16.2	12.3	9.8	11.8	19.7	13.0	15.1	15.7	8.1
16 : 1n-7	24.4	22.0	27.1	4.2	18.9	17.5	22.9	4.2	2.4	3.5	3.2
17 : 0	1.2	1.0	0.5	1.2	0.8	0.8	0.4	1.2	1.1	1.6	2.6
16 : 3n-6	1.5	1.0	0.8	0.7	1.4	1.4	0.8	0.6	1.2	1.3	2.2
16 : 3n-3	nd**	nd	nd	0.7	nd	nd	nd	0.7	nd	nd	nd
16 : 4n-1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.2	0.2	tr**
18 : 0	4.6	4.8	3.2	3.8	4.8	4.9	3.1	3.9	2.7	2.8	2.2
18 : 1n-(9+7)	36.9	34.7	20.3	25.1	34.5	30.7	18.7	25.8	5.4	5.3	11.5
18 : 2n-6	7.7	6.4	4.5	6.4	7.1	6.1	4.0	6.1	31.2	34.5	3.5
18 : 3n-6	0.3	0.2	0.2	0.7	0.2	0.2	0.1	0.6	0.1	0.1	0.9
18 : 3n-3	0.4	0.6	0.3	27.2	0.6	0.8	0.3	26.9	2.6	3.2	35.6
18 : 4n-3	0.1	0.3	nd	4.7	0.1	0.4	0.1	4.4	0.2	0.7	11.4
20 : 1n-(11+9)	2.5	2.6	1.3	0.7	2.8	2.9	1.5	0.7	0.7	1.5	2.4
20 : 2n-9	0.4	0.8	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.5
20 : 2n-6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	2.7	2.9	0.2
20 : 3n-6	0.6	0.5	0.5	0.1	0.5	0.6	0.5	0.2	1.1	1.1	0.2
20 : 4n-6	0.3	0.5	2.2	0.4	0.5	0.7	2.5	0.4	1.0	0.4	0.1
20 : 3n-3	0.1	0.1	nd	0.6	0.1	0.1	0.1	0.6	0.3	0.4	0.9
20 : 4n-3	0.3	0.7	0.2	0.7	0.8	1.2	0.5	0.7	0.4	0.4	1.3
20 : 5n-3	1.0	2.8	9.9	1.6	2.2	4.2	10.7	1.8	4.1	0.3	0.5
22 : 1n-(13+11)	0.7	0.6	0.5	0.1	0.7	0.7	0.6	nd	0.2	0.2	nd
22 : 4n-6	nd	nd	nd	0.1	tr	0.1	0.2	0.1	nd	nd	nd
22 : 5n-6	nd	0.1	0.1	nd	0.1	0.1	nd	nd	0.1	nd	nd
22 : 5n-3	0.3	0.6	1.1	nd	0.7	1.1	1.9	nd	0.6	nd	nd
22 : 6n-3	0.1	1.0	0.1	nd	0.3	2.4	0.5	nd	0.2	nd	nd
Σ Monoene	65.1	60.3	49.5	30.0	57.3	52.2	43.9	30.6	10.1	11.6	17.1
Σ n-3HUFA	1.8	5.2	11.3	2.9	4.1	9.0	13.7	3.1	5.6	1.1	2.7

*¹ n=3. *² n=2. *³ In dry matter basis. ** nd, not detected; tr, trace.

飼育し、ナンノクロロブシスやパン酵母等で24時間二次培養したワムシを給餌した結果、ガザミ幼生の生残率はワムシの培養餌料によって異なることを報告しているが、ワムシの脂肪酸組成の分析は行われていない。一方、丹下・柄多¹³⁾はいわゆる海産クロレラとパン酵母で2~3日間培養したワムシをガザミ幼生に給餌した結果、生残率と発育状況から判断して両ワムシの餌料価値に大差はなかったと報告している。彼らは飼育に1 k/

水槽を用いており、飼育水中には珪藻が高密度に繁殖していた。ガザミゾエラ幼生は細菌や珪藻等の微小生物を摂取することが可能で、¹⁴⁾動物プランクトンを摂取した場合に比べて発育は著しく遅延するものの、最高第4齢ゾエラまで発育できるという。¹³⁾したがって、丹下・柄多¹³⁾の結果は、ガザミゾエラ幼生が飼育水中に繁殖した珪藻等の微小生物を、直接または給餌したワムシを介して間接的に摂取し、栄養状態が改善されたことに起

因するものと推察される。これに対して本研究で明瞭な結果が得られたのは、飼育に小容器を用い、飼育水とワムシを毎日新しいものに交換する手法を採用したこと、すなわち飼育水中の微小生物の影響を排除することができたことによるものと考えられ、今後この種の研究において有効な飼育手法になるものと思われる。

カニ類幼生のEFA要求に関する研究事例は少なく、*Rhithropanopeus harrisi*¹⁵⁾、*Cancer irroratus*¹⁵⁾および*Eurypanopeus depressus*¹⁶⁾などがEPAやDHA等のn-3HUFAを要求すると報告されているにすぎない。その中で、*E. depressus*ではLAやLNAが生残と発育の向上に若干の効果を持つと報告されている¹⁶⁾が、ガザミではLAの割合が高いワムシを給餌しても第4齢ゾエアの発育は進行せず、メガロパは得られなかったことから、ガザミゾエア幼生に対するLAのEFAとしての効果はほとんどないものと推察される。また、数種の海産仔稚魚ではEFAとしての効果はEPAよりもDHAの方が高い⁵⁾が、今回用いたワムシ中のDHAの割合は低く、ガザミ幼生に対するDHAのEFAとしての効果について検討できなかった。今後は油脂を用いた直接法¹⁷⁾で二次培養したワムシを用い、ガザミ幼生のEFA要求の特性をより明確にするとともに、その要求量について明らかにする必要がある。このことによって、幼生の栄養状態を改善することが可能になり、飼育水中の珪藻等の繁殖状態、すなわち「水作り」¹⁸⁾の成否に影響を受けない飼育手法を確立することが可能になるものと考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、餌料の培養にご協力頂いた日本栽培漁業協会玉野事業場職員各位に厚く感謝する。本研究をとりまとめるにあたり、有益な助言を賜った同協会古澤 徹常務に深謝する。

文 献

- 1) 浜崎活幸：ガザミの生殖と発育に関する研究。日本栽培漁業協会特別研究報告，8，1-124 (1996)。
- 2) 安東 徹：Ⅱ幼生飼育，1概要，「栽培漁業技術シリーズNo. 3 ガザミ種苗生産技術の理論と実践」(ガザミ種苗生産研究会編著)，日本栽培漁業協会，東京，1997，pp. 37-38。
- 3) 渡邊 武：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，東京，1978，pp. 93-111。
- 4) 北島 力：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，東京，1985，pp. 75-88。
- 5) 竹内俊郎：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 (1991)。
- 6) 今田 克，景山百合明，渡邊 武，北島 力，藤田矢郎，米 康夫：魚介類種苗生産用酵母(油脂酵母)の開発。日水誌，45，955-959 (1979)。
- 7) 浜崎活幸，畑井喜司雄：ガザミおよびノコギリガザミの卵とふ化幼生の真菌症に対するホルマリン浴の効果。日水誌，59，1067-1072 (1993)。
- 8) 浜崎活幸：Ⅱ幼生飼育，2-2成長過程と脱皮の予測，「栽培漁業技術シリーズNo. 3 ガザミ種苗生産技術の理論と実践」(ガザミ種苗生産研究会編著)，日本栽培漁業協会，東京，1997，pp. 41-45。
- 9) T. Takeuchi: 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, 1988, pp. 179-226。
- 10) 鄭 鋒，竹内俊郎，小林真人，廣川 潤，渡邊 武：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 (1997)。
- 11) 白旗慎吾：パソコン統計ハンドブック，Nノンパラメトリック編，第1版，共立出版，東京，1987，pp. 136-140。
- 12) 安元 進，吉田範秋：ガザミ種苗生産におけるメガロパ期前後の大量へい死について。長崎水試研報，20，61-65 (1994)。
- 13) 丹下勝義，柄多 哲：有機性懸濁物によるガザミの種苗生産研究—K，餌料としてのクロレワワムシとイーストワムシの検討。兵庫水試研報，20，33-39 (1981)。
- 14) M. Maeda, K. Nogami, and N. Ishibashi: Utility of microbial food assemblages for culturing a crab, *Portunus trituberculatus*. Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture, 21, 31-38 (1992)。
- 15) J. R. McConaughy: Nutrition and larval growth, in "Crustacean Issues 2, Larval Growth" (ed. by A. M. Wenner), A. A. Balkema, Rotterdam, 1985, pp. 127-154。
- 16) D. M. Levine and S. D. Sulkin: Nutritional significance of long-chain polyunsaturated fatty acids to the zoal development of the Brachyuran crab, *Eurypanopeus depressus* (Smith). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 81, 211-223 (1984)。
- 17) T. Watanabe, T. Tamiya, A. Oka, M. Hirata, C. Kitajima, and S. Fujita: Improvement of dietary value of live foods for fish larvae by feeding them on ω 3 highly unsaturated fatty acids and fat-soluble vitamins. Nippon Suisan Gakkaishi, 49, 471-479 (1983)。
- 18) 水島 浩：Ⅱ幼生飼育，3飼育方式，「栽培漁業技術シリーズNo. 3 ガザミ種苗生産技術の理論と実践」(ガザミ種苗生産研究会編著)，日本栽培漁業協会，東京，1997，pp. 45-49。