

シマアジ稚魚用飼料におけるn-3高度不飽和酸の適正量と過剰量

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
巻/号	431
掲載ページ	p. 75-81
発行年月	1995年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



シマアジ稚魚用飼料における n-3 高度不飽和酸の適正量と過剰量

中嶋雅司¹⁾・竹内俊郎¹⁾・渡邊 武¹⁾・関谷幸生²⁾・兼松正衛²⁾・今泉圭之輔²⁾

(¹⁾東京水産大学資源育成学科, ²⁾日本栽培漁業協会)

Adequate and Excess Amounts of n-3 Highly Unsaturated Fatty Acids in the Diet for Juvenile Striped Jack, *Pseudocaranx dentex*

Masashi NAKAJIMA, Toshio TAKEUCHI, Takeshi WATANABE,
Sachio SEKIYA, Masaei KANEMATSU, and Keinosuke IMAIZUMI

Abstract

This experiment was conducted to clarify the adequate and excess amounts of n-3 highly unsaturated fatty acids (HUFA) in the diet for juvenile striped jack, *Pseudocaranx dentex*. Experimental diets were formulated to contain 65 % white or brown fish meal as protein source. Dietary lipid contents and n-3HUFA levels were adjusted to about 15 % and 1.5-6.1 %, respectively, using triglycerides (EPA 28 oil), a n-3HUFA mixture (Ester 85), beef tallow and palm olein. After a 10-week feeding experiments, best weight gain and feed efficiency along with the lowest hepatosomatic index (HSI) were observed in fish fed diets containing 2.3-3.4 % n-3HUFA. Further elevation of dietary n-3HUFA content resulted in reduced growth and increased HSI. In the liver, moisture contents decreased and crude lipid contents increased with increase of dietary n-3HUFA level.

It is suggested that adequate levels of n-3HUFA in the diet and in the dietary lipid for juvenile striped jack are 2.3-3.4 % and 15-25 %, respectively, whereas excess amounts are more than 4.8 % and 30 %, respectively, at the 15 % dietary lipid level.

魚類の必須脂肪酸 (EFA) に関しては、多くの魚種でその欠乏症や要求量が明らかにされており、海水魚の EFA は n-3 高度不飽和酸 (n-3HUFA) であることが知られている¹⁻³⁾。一方、EFA の過剰投与により成長や飼料効率の低下を引き起こす、いわゆる過剰症も報告されていることから⁴⁻⁹⁾、魚類の EFA の適正量を

明らかにすることは重要である。また、EFA の要求量は飼料脂質含量の増加に伴って増加することも報告されているため⁷⁻¹⁰⁾、適正脂質含量とあわせて考える必要がある。

そこで本研究では、シマアジ稚魚用飼料の適正脂質含量 15 %* における EFA としての n-3HUFA の適正

受領日：1994(H6)年9月27日

索引語：シマアジ／飼料／n-3 高度不飽和酸／適正量

連絡先：〒108 港区港南4-5-7 東京水産大学資源育成学科 竹内俊郎

Address: T. TAKEUCHI, Dept. Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, 4-5-7 Konan, Minato, Tokyo 108, Japan

* 渡邊 武・荒川敏久・竹内俊郎・佐藤秀一・北島 力 (1987)：シマアジの栄養要求に関する研究-I 脂質要求 (a)。昭和62年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.43.

量および過剰量を明らかにすることを目的に実験を行った。

材料および方法

試験飼料 基本飼料組成を Table 1 に、飼料脂質源および一般成分を Table 2 に示す。タンパク質源には北洋魚粉 (実験 I) と沿岸魚粉 (実験 II) を、炭水化物源としては α -デンプンを、脂質源にはトリグリセリド (EPA 28 オイル; EPA 26.2 %, DHA 10.5 %, 総 n-3HUFA 40.1 %; 日本水産(株)製, n-3HUFA 混合物 (エステル 85; EPA 30.1 %, DHA 46.3 %, 総 n-3HUFA 81.7 %; 日本化学飼料(株)製, 牛脂 (融点 (MP) 39.9 °C; C_{16:0+16:1} 28.7 %, C_{18:0} 16.8 %, C_{18:1} 43.4 %, C_{18:2} 2.4 %; 理研ビタミン(株)製

およびパームオレイン (ヨウ素価 65.9; MP 9 °C; C_{16:0+16:1} 36.6 %, C_{18:0} 3.1 %, C_{18:1} 47.0 %, C_{18:2} 12.0 %; 理研ビタミン(株)製) をそれぞれ用いた。各飼料には荻野処方^{11,12)} のミネラル混合物を 5 %, ビタミン混合物を 2 % 添加した。なお、塩化コリンおよびビタミン E はビタミン混合物とは別にそれぞれ 0.9 % および 0.1 % (ビタミン E 50 % 濃縮物) 添加した。

飼料の脂質含量は実験 I, II ともに 15 % に調整し、飼料中の n-3HUFA 含量は実験 I ではトリグリセリドと牛脂, 実験 II ではトリグリセリド, n-3HUFA 混合物およびパームオレインを用いてそれぞれ 6 および 5 段階になるように調整した。また、実験 II の試験飼料には酸化防止のため、外割で 0.005 % のエトキシキン を添加した。

試験飼料は原料を万能混合攪拌機でよく混合した後、蒸留水を加えて練り上げ、ガーリックプレスを用いてペレット状に成型した。飼料の乾燥には真空凍結乾燥機 (共和真空技術株式会社製: RLE-206) を使用した。試験飼料は飼料脂質の酸化を防ぐため、数日分ずつ脱気後真空包装 (サララップ販売株式会社製; SQ-202) し、使用するまでの間 -30 °C の冷凍庫中に保存した。

飼育方法 供試魚のシマアジ, *Pseudocaranx dentex* 稚魚は、日本栽培漁業協会上浦事業場において市販配合飼料で育成されたものである。これらシマアジ稚魚を実験 I では予備飼料 (飼料 1) で 1 週間予備飼育し、平均体重が 4.2 g 前後になったものを、実験 II では予

Table 1. Composition of the basal diets for juvenile striped jack in Experiments I and II (%)

Ingredient	Expt. I	Expt. II* ¹
White fish meal	70	0
Brown fish meal	0	70
α -Starch	15	15
Mineral mixture	5	5
Vitamin mixture	2	2
Choline chloride	0.9	0.9
Vitamin E* ²	0.1	0.1
Lipid* ³	7	7

*¹ All diets include 0.005 % ethoxyquin.

*² Vitamin E content was 50 %.

*³ See Table 2.

Table 2. Composition of the dietary lipids and proximate composition of diets for juvenile striped jack in Experiments I and II (%)

Dietary lipid	Diet no.										
	Experiment I						Experiment II				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Triglycerides* ¹	0	1	2.25	3.5	4.75	6	0	0.75	1.5	2.5	3.5
n-3HUFA* ²	0	0	0	0	0	0	0	0.75	1.5	2.5	3.5
Beef tallow	7	6	4.75	3.5	2.25	1	0	0	0	0	0
Palm olein	0	0	0	0	0	0	7	5.5	4	2	0
Analytical result											
Moisture	4.6	4.6	4.5	4.5	3.7	3.8	4.2	4.8	3.8	4.2	4.2
Crude protein	53.0	52.4	52.9	53.1	53.2	53.2	53.3	53.2	53.7	53.7	53.4
Crude lipid	15.0	15.5	15.0	15.3	15.5	15.4	14.6	14.4	14.5	14.5	14.4
Crude ash	10.7	10.7	10.7	10.7	10.8	10.7	12.3	12.3	12.6	12.4	12.5
EPA in diet	0.8	1.1	1.2	1.9	2.2	2.6	0.5	0.9	1.4	2.1	2.8
DHA in diet	0.6	0.7	0.6	1.0	1.0	1.2	0.9	1.2	1.7	2.3	2.9
n-3HUFA in diet	1.5	1.9	2.0	3.0	3.5	4.1	1.6	2.3	3.4	4.8	6.1
n-3HUFA in dietary lipid	9.9	12.1	13.2	19.9	22.3	26.3	11.1	16.0	23.5	33.0	42.5

*¹ Triglycerides containing 26.2 % EPA, 10.5 % DHA and 3.4 % other n-3HUFA (EPA28oil).

*² Methyl esters containing 30.1 % EPA, 46.3 % DHA and 5.3 % other n-3HUFA (Ester85).

備飼料（飼料 7）で 1 週間予備飼育し、平均体重が 4.8g 前後になったものを使用した。飼育には 100 l パンライト水槽を用い、各区の平均魚体重が等しくなるように選別した個体を 30 尾ずつ収容した。飼育は流水方式とし、飼育水には濾過海水を用い、実験 I では 3 l/min、実験 II では 2 l/min の割合で注水した。通気量は 500 ml/min（実験 I）および 1 l/min（実験 II）に調整した。飼育期間は 10 週間とし、飼育期間中の水温は 18.7～24.2℃（実験 I）および 18.7～23.7℃（実験 II）であった。給餌は 1 日 3 回行い、毎回飽食量を与えた。

試験開始時および試験終了時に各試験区の魚を全数取り上げ 2-phenoxyethanol（200 ppm）で麻酔し、体重を測定した。

分析方法 試験飼料は乳鉢でよくすりつぶし、粉末にしたものを試料とした。試験魚は試験終了後分析に供するまで -30℃ で凍結保存した。試験魚の分析は全魚体、筋肉（実験 I のみ）および肝臓について行った。全魚体の分析には各試験区より採取した 4 尾（実験 I）および 5 尾（実験 II）を用い、筋肉および肝臓の分析には各試験区より 8 尾（実験 I）および 15 尾（実験 II）から背側筋肉および肝臓を取り出し、均一となるようにそれぞれよく混合したものを試料とした。

各試料については、一般組成および総脂質の脂肪酸組成について調べた。水分は常圧加熱乾燥法、粗灰分は灰化法、粗タンパク質はセミミクロケルダール法（三田村理研工業株式会社製：QDS-20M、VS-KT.P）を用いて測定した。粗脂肪および脂肪酸組成の分析については既報¹³⁾に準じて行った。

結 果

飼育結果 10 週間の飼育結果を Table 3 および Fig. 1 に示す。飼育期間中の日間摂餌率は実験 I および II とも各試験区間で大きな差はなく、いずれの試験区の魚も活発に摂餌したが、飼料中の n-3HUFA 含量の増加に伴ってやや低下する傾向がみられた。成長および増重率については、実験 I では 1～4 区（1.5%～3.0%）、実験 II では 8 および 9 区（2.3%～3.4%）が、また飼料効率については、実験 I では 4 区、実験 II では 8 および 9 区が最も優れ、それ以上 n-3HUFA 含量を増加させるとやや低下した。比肝重値は n-3HUFA 含量の増加に伴い減少し、4 区および 8 区（3.0% および 2.3%）で最も低い値を示したが、さらに n-3HUFA 含量が増加するのに伴い高くなる傾向がみられた。

Table 3. Results of a 10-week feeding trial*1

Diet no.	n-3HUFA in diet (%)	Av. body weight (g)*2		Daily feed consumption
		Initial	Final	
Experiment I				
1	1.5	4.2±0.4	32.0±4.6	3.0
2	1.9	4.2±0.4	32.2±5.0	2.9
3	2.0	4.2±0.4	30.8±4.3	2.8
4	3.0	4.2±0.5	31.6±5.1	2.7
5	3.5	4.2±0.3	30.3±4.8	2.7
6	4.1	4.2±0.4	28.5±5.2	2.7
Experiment II				
7	1.6	4.8±0.4	36.8±4.3	3.0
8	2.3	4.8±0.4	39.8±4.6	2.9
9	3.4	4.8±0.5	39.2±6.8	2.8
10	4.8	4.8±0.5	36.7±5.2	2.8
11	6.1	4.8±0.4	36.7±5.9	2.9

*1 Water temperature: 18.7～24.2℃ in Expt. I, 18.7～23.7℃ in Expt. II.

*2 Mean±SD, n=30.

分析結果 全魚体、筋肉および肝臓の一般組成を Table 4 に示す。全魚体および筋肉については各試験区間に大きな差はみられなかった。一方、肝臓に関しては、実験 I において分析値にばらつきがみられたが、実験 II では n-3HUFA 含量の増加に伴い、水分含量が増加し（Table 4）、粗脂肪含量が減少する傾向がみられた（Fig. 1）。

全魚体および肝臓の総脂質の脂肪酸組成のうち、組成割合の高い 18:1 および n-3HUFA について Fig. 2（全魚体）および 3（肝臓）に示す。全魚体、肝臓とも飼料中の n-3HUFA 含量の増加に伴い 18:1 は減少し、n-3HUFA は増加する傾向がみられた。また、全魚体と肝臓を比較すると 18:1 は肝臓が、n-3HUFA は全魚体の方がやや高い傾向がみられた。さらに、図表には示していないが、全魚体および肝臓とも実験 I では 16:0 と 18:0、実験 II では 16:0 と 18:2n-6 の割合が、飼料中の n-3HUFA 含量の増加に伴い減少する傾向がみられた。

考 察

シマアジ稚魚の EFA 要求量に関する研究は既に行われており、飼料脂質含量 12～14% における要求量は 1.7% 前後とされている¹³⁾。一方、EFA 要求量は飼料脂質含量の増加に伴い増加することがニジマス¹⁰⁾、red drum⁷⁾、マダイ⁸⁾ およびブリ⁹⁾ などについて報告されていることから、今回の実験は飼料脂質含量をシマアジにおける適正量とされる 15% 前後に調整した飼料を用いて行ったところ、飼料中 2.3～3.4

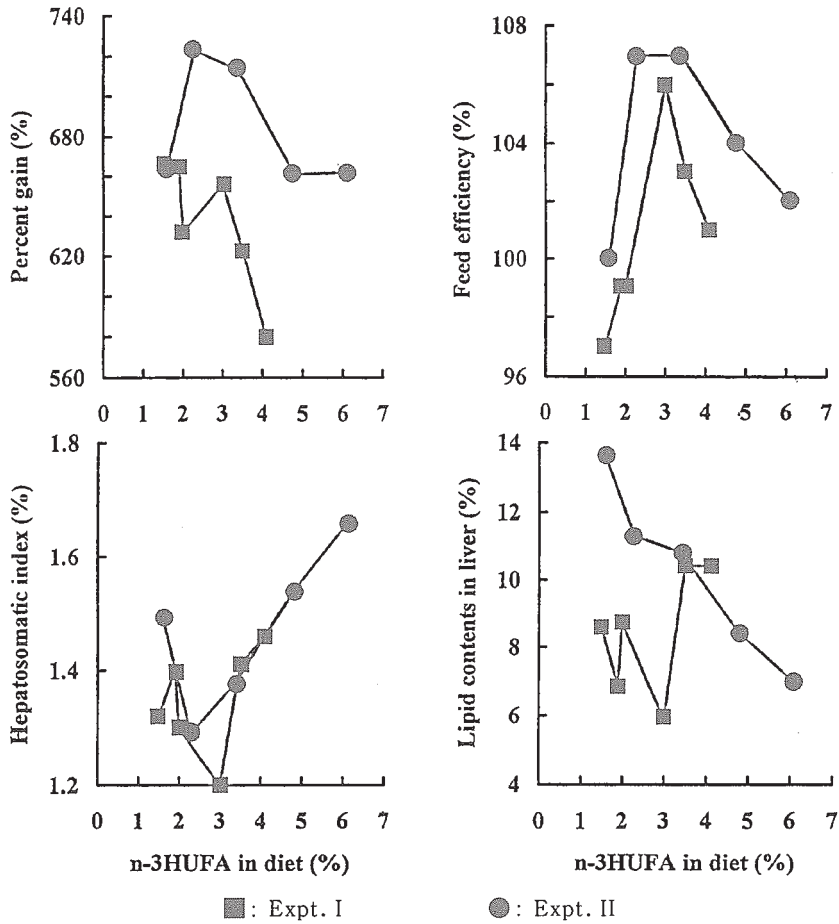


Fig. 1. Effect of n-3HUFA levels in the diet on percent gain, feed efficiency, hepatosomatic index, and lipid content in liver of striped jack.

Table 4. Proximate composition of the whole body, muscle and liver of striped jack fed the experimental diets (%)

Diet no.	Experiment I							Experiment II					
	Initial	1	2	3	4	5	6	Initial	7	8	9	10	11
n-3HUFA in diet		1.5	1.9	2.0	3.0	3.5	4.1		1.6	2.3	3.4	4.8	6.1
n-3HUFA in dietary lipid		9.9	12.1	13.2	19.9	22.3	26.3		11.1	16.0	23.5	33.0	42.5
Whole body* ¹													
Moisture	74.6	72.2	72.5	73.0	73.5	72.0	73.6	73.9	72.0	72.2	72.1	72.1	72.3
Crude protein	16.8	18.4	18.6	18.9	17.9	18.2	18.5	17.8	19.6	18.7	18.8	18.7	18.8
Crude lipid	5.9	6.9	5.9	5.8	5.7	6.6	5.1	5.9	6.6	7.7	8.1	7.8	7.6
Crude ash	4.0	3.4	3.3	3.4	3.6	3.5	3.5	3.3	3.3	2.6	2.6	2.8	2.6
Muscle* ²													
Moisture	76.0	75.5	75.7	75.7	76.3	75.4	75.2	-* ³	-	-	-	-	-
Crude protein	21.4	22.2	22.7	22.6	21.9	22.8	22.0	-	-	-	-	-	-
Crude lipid	1.4	1.5	1.3	1.1	1.0	1.3	1.6	-	-	-	-	-	-
Liver* ⁴													
Moisture	-	69.5	73.7	73.7	77.2	68.6	71.1	70.2	68.1	70.5	71.1	72.7	74.5
Crude lipid	12.4	8.6	6.9	8.7	5.9	10.4	10.4	12.9	13.6	11.3	10.8	8.4	7.0

*¹ The values were obtained from pooled samples of 4 (Expt. I) and 5 (Expt. II) fish.

*² The values were obtained from pooled samples of 8 fish.

*³ Not analyzed.

*⁴ The values were obtained from pooled samples of 8 (Expt. I) and 15 (Expt. II) fish.

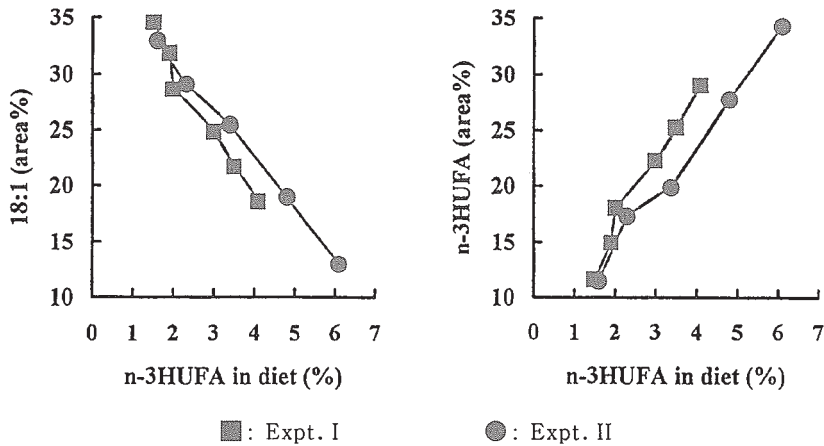


Fig. 2. Effect of n-3HUFA levels in the diet on fatty acid composition of total lipids from whole body of striped jack.

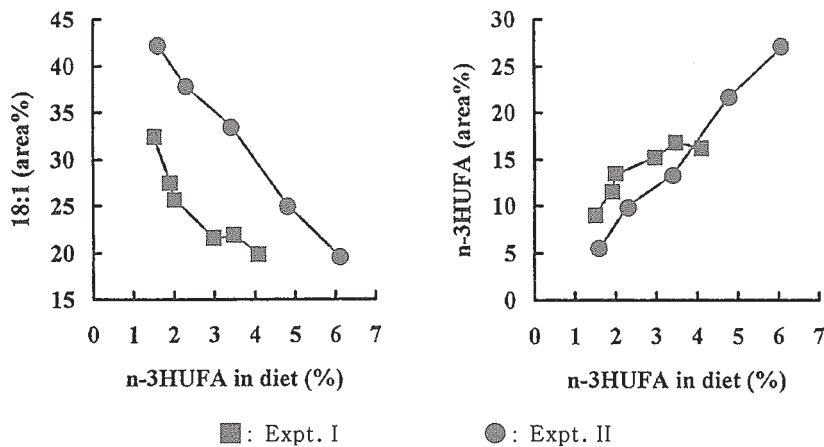


Fig. 3. Effect of n-3HUFA levels in the diet on fatty acid composition of total lipids from liver of striped jack.

%の n-3HUFA を含む飼料を与えた試験区で最も優れた成長および飼料効率を示し、また、n-3HUFA 含量の最も低い試験区 (1.5%) でも斃死や摂餌の低下はみられず、既報の結果と一致した。ところが、それ以上の n-3HUFA を含む飼料を与えた試験区では成長および飼料効率がやや低下したことから、n-3HUFA 過剰による影響が示唆された。

比肝重値は成長および飼料効率の最も優れた試験区、即ち飼料中 2.3 および 3.0% の n-3HUFA を含む飼料を与えた試験区の魚で最も低い値が得られ、n-3HUFA 含量の増加に伴い高くなる傾向を示した。この結果はニジマス⁴⁾とは異なるものの、ブリ⁹⁾と同様の結果であることから魚種による違い、あるいは淡

水魚と海水魚による違いがあるものと推察された。さらに、全魚体および筋肉の一般組成に対する飼料 n-3HUFA 含量の影響は特に認められなかったのに対し、肝臓においては n-3HUFA 含量の増加に伴い水分含量が増加し、粗脂肪含量が減少する傾向がみられた。このことから、n-3HUFA 過剰の飼料は主にシマアジ稚魚の肝臓に影響を及ぼすものと推測された。しかし、本実験では n-3HUFA 過剰区においても EFA 欠乏飼料給与時にみられるような斃死や著しい摂餌の低下¹³⁾は認められなかった。さらに、比肝重値および肝臓の粗脂肪含量もどの程度までが正常なのかについて明らかにできなかったため、成長および飼料効率の低下との関連については今後、生理学あるいは病理学

的な観点をも含めて総合的に検討する必要があると思われる。

一方、全魚体、筋肉および肝臓の脂肪酸組成の変化は飼料脂肪酸の影響によるものが大きいと考えられ、本実験における n-3HUFA 含量では魚体脂肪酸組成への影響はほとんどないものと推察された。

最後にシマアジ稚魚用飼料における飼料中および飼料脂質中に占める n-3HUFA の適正量および過剰量をまとめて Table 5 に示す。脂質含量 15% における n-3HUFA 適正量は飼料中 2.3~3.4%, 飼料脂質中に占める割合は 15~25% であり、過剰量は要求量の約 3 倍、即ちそれぞれ 4.8% 以上、30% 以上であることがわかった。この値をすでに報告されているマダイ⁸⁾およびブリ⁹⁾と比べると、飼料中の n-3HUFA 適正量はほぼ等しく、過剰量はいずれの魚種よりもシマアジの方がやや高かった。また、ニジマス⁴⁾と比較するとシマアジの方が適正量および過剰量とも 3 倍以上も高いが、これはニジマスの値が飼料脂質含量 5% と、低脂質飼料における結果によるものと思われる。即ち、いずれの魚種においても飼料脂質中に占める n-3HUFA の適正量はおおむね 10~20% であり、シマアジがやや高いものの大差はなく、また過剰量もマダイでは 25% 以上とやや低いものの、その他の魚種では 30% 以上と同じ値を示した。

Table 5. Adequate and excess amounts of n-3HUFA in diet and in dietary lipid of juvenile striped jack (%)

	In diet *	In dietary lipid
Adequate	2.3~3.4	15~25
Excess	4.8<	30<

* At a level of 15% lipid.

以上のように、EFA として n-3HUFA を要求する魚種におけるその適正量および過剰量は、飼料中ではなく飼料脂質中に占める割合で示すことにより、ほぼ一定の値を示した。飼料を作製する際にはその魚種の EFA 要求を満たすばかりでなく、過剰にならぬように注意を払い、脂質含量に対応した適正 EFA を考慮に入れることが必要である。

謝 辞

本研究を行うに当たり、魚粉および供試油を提供していただいた日本水産株式会社、供試油を提供していただいた理研ビタミン株式会社ならびにオリエンタル酵母株式会社に厚くお礼申し上げます。

要 約

タンパク質源に北洋魚粉又は沿岸魚粉、脂質源にトリグリセリド、n-3HUFA 混合物、牛脂およびパームオレインを用いて飼料脂質含量を 15%、飼料 n-3HUFA 含量を 1.5~6.1% に調整した飼料で、平均体重約 4g および 5g のシマアジ稚魚を 10 週間飼育し、EFA としての n-3HUFA の適正量および過剰量を調べた。その結果、飼料中 2.3~3.4% の n-3HUFA を含む飼料を与えた試験区において成長および飼料効率が最も優れ、比肝重値は最も低い値を示した。一方、それ以上の n-3HUFA を含む飼料を与えた試験区では成長および飼料効率がやや劣り、比肝重値は高くなる傾向を示した。また、肝臓においては n-3HUFA 含量の増加に伴い水分含量が増加し、粗脂肪含量が減少する傾向がみられた。また、n-3HUFA 過剰区においても斃死や著しい摂餌の低下は認められなかった。

本実験の結果、飼料脂質含量 15% 前後の場合、シマアジの n-3HUFA 適正量は飼料中 2.3~3.4%、飼料脂質中に占める割合は 15~25% 前後、過剰量は飼料中 4.8% 以上、飼料脂質中 30% 以上であると推察された。

文 献

- 1) Watanabe, T. (1982): Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B(1), 3-15.
- 2) Kanazawa, A. (1985): In "Nutrition and Feeding in Fish" (ed. by C. B. Cowey, A. M. Mackie, and J. G. Bell), Academic Press, London, pp. 281-298.
- 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(9), 571-580.
- 4) 竹内俊郎・渡辺 武 (1979): ニジマスの成長に対する必須脂肪酸過剰投与の影響. *日水誌*, 45(12), 1517-1519.
- 5) Satoh, S., W. E. Poe, and R. P. Wilson (1989): Effect of dietary n-3 fatty acids on weight gain and liver polar lipid fatty acid composition of fingerling channel catfish. *J. Nutr.*, 119(1), 23-28.
- 6) Yu, T. C. and R. O. Sinnhuber (1979): Effect of dietary n-3 and n-6 fatty acids on growth and feed conversion efficiency of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 16(1), 31-38.
- 7) Lochmann, R. T. and D. M. III. Gatlin (1993): Evaluation of different types and levels of tri-

- glycerides, singly and in combination with different levels of n-3 highly unsaturated fatty acid ethyl esters in diets of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 114 (1/2), 113-130.
- 8) Takeuchi, T., Y. Shiina, and T. Watanabe (1992): Suitable levels of n-3 highly unsaturated fatty acids in diet for fingerlings of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(3), 509-514.
- 9) Takeuchi, T., Y. Shiina, T. Watanabe, S. Sekiya, and K. Imaizumi (1992): Suitable levels of n-3 highly unsaturated fatty acids in diet for fingerlings of yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(7), 1341-1346.
- 10) 竹内俊郎・渡辺 武 (1977): ニジマスのリノレン酸要求量におよぼすラウリン酸添加量の影響. *日水誌*, 43(7), 893-898.
- 11) 萩野珍吉・竹内レビエン・武田 博・渡辺 武 (1979): コイおよびニジマスにおける飼料燐の有効性について. *日水誌*, 45(12), 1527-1532.
- 12) Ogino, C. and G. Y. Yang (1978): Requirement of rainbow trout for dietary zinc. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 44(9), 1015-1018.
- 13) Watanabe, T., T. Takeuchi, T. Arakawa, K. Imaizumi, S. Sekiya, and C. Kitajima (1989): Requirement of juvenile striped jack *Longirostris delicatissimus* for n-3 highly unsaturated fatty acids. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55(6), 1111-1117.