

トラフグ稚魚の必須脂肪酸要求

韓, 慶男
九州大学農学部附属水産実験所

吉松, 隆夫
九州大学農学部附属水産実験所

北島, 力
九州大学農学部附属水産実験所

<https://doi.org/10.15017/23553>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 50 (1/2), pp.11-17, 1995-11. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

トラフグ稚魚の必須脂肪酸要求*

韓 慶 男・吉 松 隆 夫・北 島 力

九州大学農学部附属水産実験所
(1995年6月19日受理)

Requirement of Juvenile Puffer Fish *Takifugu rubripes* for Essential Fatty Acids

Kyung-nam HAN, Takao YOSHIMATSU and Chikara KITAJIMA

Fishery Research Laboratory, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 811-33

緒 言

現在までにマダイ *Pagrus major* を始めとするいくつかの魚種で明らかにされているように、海産魚とくにその仔・稚魚の飼餌料中の脂肪酸の種類とその量は成長や生残に著しい影響を及ぼす (Izquierado *et al.*, 1989a, b; Watanabe *et al.*, 1989; 竹内, 1991b, c; Takeuchi *et al.*, 1992a, b). 従って魚類の種苗生産においては対象とする魚種の必須脂肪酸要求を把握し、その飼餌料中における至適含量を求めておく事は事業の成否に関わる重要な研究項目の一つである。しかしながら現在までのところトラフグ *Takifugu rubripes* の必須脂肪酸要求に関しては僅かにワムシ給餌期の仔魚について検討されたのみで (荒川ら, 1978), 稚魚期以降についての報告は皆無である。

本研究では各種脂肪酸を強化したアルテミア *Artemia* sp. を用い、稚魚期におけるトラフグの必須脂肪酸要求を明らかにする目的で行った。

材料および方法

1. 供試魚

1992年5月4日に福岡県栽培漁業公社で孵化した日齢32 (平均全長 10.4 ± 0.6 mm, 平均体重0.2g) の稚魚を九州大学水産実験所に輸送し、実験に供した。

飼育方法

屋内に設置した100l容円形ポリカーボネイト水槽9

槽に、各区300尾ずつ分養し、エアストーンを介して200~300ml/分の通気と、100~200ml/分の砂濾過海水の流水下で15日間の飼育試験を行った。給餌量は北島・林田 (1984) に拠り、各区1尾当りの餌料個体数がほぼ同じになるように調整し、2回/日に分けて与えた。また毎日数回サイフォンにより水槽の底掃除を行い、残渣・汚物等の除去とともに、斃死魚数の確認に努めた。そして毎日の斃死魚数と飼育終了時の生残尾数より各区の最終的な生残率を求めた。実験期間中の水温は20.5~21.7℃であった。

2. 供試魚の測定および活力評価

全長測定は実験開始時、終了時およびその間に2回、MS 222で麻酔した各区20尾について行い、t-検定によりそれらの間の有意差を求めた。また、稚魚の活力比較のため、実験終了日に空中干出耐性による比較 (北島, 1993) を行った。すなわち、各区20尾ずつ2回、計40尾を手網で飼育水から掬い上げた後、17分間* 空中に露出した状態で静置した後別の水槽に移し、24時間後の生残率を調べた。

3. 脂肪酸強化

実験にはカルフォルニア産アルテミア卵を用いた。アルテミアの強化処理に用いた各脂肪酸は Table 1 に示したように、1区 (対照区: 無処理), 2区 (オレイン酸, 以下 OA), 3区 (リノール酸, 以下 LA), 4区 (リノレン酸, 以下 LNA), 8区 (エイコサペンタエン酸, 以下 EPA) および9区 (ドコサヘキサエン酸, 以下 DHA) の脂肪酸エチルエステルの5種で、

* 九州大学農学部附属水産実験所業績, No. 204

*. 空中露出時間は予備実験によって決定した。

Table 1. Fatty acids used for enrichment of *Artemia* nauplii.

Diet No.	Kind of fatty acid* ¹	Purity (%)
1	Control	
2	Oleic acid (OA)	91.8
3	Linoleic acid(LA)	97.7
4	Linolenic acid (LNA)	58.0** ²
5	EPA 25%+DHA 75%	
6	EPA 50%+DHA 50%	
7	EPA 75%+DHA 25%	
8	Eicosapentaenoic acid (EPA)	90.8
9	Docosahexaenoic acid (DHA)	91.6

*¹ Ethyl esters. Each fatty acid of 0.2g was emulsified with 0.1g of raw egg yolk and 100ml of sea water by homogenizing with a mixer for 3 min.

**² 19% of oleic acid and 15% of linoleic acid were contained in the fatty acids of No.4.

さらに EPA と DHA を容量比で 1:3, 1:1, 3:1 に混合した EPA・DHA 混合区 (5~7 区) を設定した。各脂肪酸は酸化による変性を避けるため、常時密閉状態で-20℃で保存した。アルテミアへの脂肪酸強化は Watanabe *et al.* (1983) の方法に準じ、20l の海水を満たした 30l 容小型円形ポリカーボネイト水槽にアルテミアを 10-30 万個体収容した後、脂肪酸 0.2g と鶏卵黄 0.1g を海水 100ml とともに 3 分間ミキサーにかけて作製した乳化液を添加して、通気下で約 18 時間行った。

4. 脂肪酸分析

総脂質の抽出はクロロホルム・メタノール (容量比で 2:1) 混合溶液を用いて行い、脂質含量は乾量当りの重量%で表記した。抽出した脂質は HCl-メタノールを用いたメタノリシスの後、ガスクロマトグラフィー (GLC) で脂肪酸組成・n-3 HUFA 含量を決定した。GLC 分析は以下の条件で行った。

Table 2. Fatty acid compositions of total lipid from *Artemia* used in the experiment.

Fatty acids	Diet No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Control	OA	LA	LNA	EPA 1 +DHA 3	EPA 1 +DHA 1	EPA 3 +DHA 1	EPA	DHA
13:0	-	-	-	-	Tr.	-	0.2	-	-
14:0	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
14:1	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.
16:0	10.5	7.6	8.3	8.8	8.4	8.2	7.8	7.8	8.7
16:1	2.2	2.5	2.3	2.2	2.4	2.2	2.2	2.1	2.4
17:0	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
17:1	1.2	1.0	0.9	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
18:0	6.9	4.9	5.5	6.0	5.4	5.1	5.1	4.9	5.4
18:1	27.6	51.5	21.2	26.0	20.9	20.4	19.6	19.9	21.7
18:2 n-6	5.0	3.9	26.3	8.3	4.0	4.0	3.8	4.0	4.1
18:3 n-6	0.6	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
18:3 n-3	25.8	16.0	19.8	32.6	18.7	18.1	17.4	17.5	19.9
18:4 n-3	4.7	3.1	3.9	3.6	3.2	3.2	3.2	3.3	3.5
20:0	Tr.	0.2	Tr.	0.2	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.
20:1	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
20:2	Tr.	0.2	0.4	0.3	Tr.	0.2	Tr.	Tr.	0.2
20:3	-	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.
20:4 n-6	0.8	0.6	0.7	0.8	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6
20:4 n-3	0.9	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7
20:5 n-3	3.1	2.0	2.4	2.2	13.4	19.2	26.8	31.2	7.2
22:1	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.
22:4 n-6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
22:5 n-3	-	Tr.	Tr.	Tr.	0.3	0.2	Tr.	Tr.	0.3
22:6 n-3	-	-	-	-	14.3	10.5	5.2	-	17.6
24:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total lipid (%)*	22.06	24.58	22.79	23.18	23.97	25.17	25.92	26.27	23.78
n-3 HUFA (%)*	0.78	0.57	0.63	0.60	6.11	6.84	7.52	7.46	5.46

* Dry basis.

ガスクロマトグラフ; 島津 GC-14
 カラム; Thermon - 3000 B (0.25mm×30m)
 カラム温度; 150~220℃ (2℃/min)
 キャリアーガス; ヘリウム (1.5kg/cm²)
 検出器; FID

結 果

1. アルテミアと魚体の脂肪酸組成

アルテミアと魚体の総脂質の脂肪酸組成の一部を Table 2 と 3 にそれぞれ示した。本試験に用いたアルテミアは、OA と LNA が主成分となっており、C₂₀以上の n-3 HUFA の含量が低い (1 区)。各脂肪酸を強化したアルテミアの脂肪酸組成を見ると強化に

用いた各々の脂肪酸をよく反映していた。すなわち、2 区においては OA, 3 区; LA, 4 区; LNA, 8 区; EPA, 9 区; DHA, そして 5~7 区は EPA : DHA の混合率に比例して他区に比べて各脂肪酸がそれぞれ高い値を示していた。各区における n-3 HUFA の含量は、1~4 区では 1%以下と低く、またそれらのほとんどは EPA で DHA は含まれていなかった。逆に 5~9 区では 5.5~7.5%と n-3 HUFA 含量は高く、1~4 区に比べて n-3 系の脂肪酸がよく強化されていた。

魚体の分析値も餌料であるアルテミアの脂肪酸組成をよく反映し、強化脂肪酸の影響が魚体の脂肪酸組成の上にも鋭敏に現われていた。すなわち、対照区に比べて 2~4 区ではそれぞれ OA, LA, LNA が多く、

Table 3. Fatty acid compositions of total lipids from the juvenile puffer fish fed *Artemia nauplii* enriched with each fatty acid.

Fatty acids	Diet No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Control	OA	LA	LNA	EPA 1 +DHA 3	EPA 1 +DHA 1	EPA 3 +DHA 1	EPA	DHA
13:0	Tr.	-	Tr.	-	Tr.	0.5	Tr.	Tr.	-
14:0	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4
14:1	Tr.	Tr.	0.2	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.
16:0	15.1	11.4	12.4	12.4	13.2	13.2	12.5	13.3	12.8
16:1	4.2	3.7	3.6	3.8	3.8	3.4	3.9	4.8	3.9
17:0	0.9	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
17:1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9
18:0	9.3	6.9	7.3	7.2	7.4	7.8	6.8	6.8	7.4
18:1	25.0	34.4	21.6	24.9	21.8	21.3	21.1	22.4	22.0
18:2 n-6	4.5	5.4	17.1	7.2	4.3	4.3	4.2	4.4	4.5
18:3 n-6	Tr.	0.3	0.2	0.2	Tr.	Tr.	0.2	0.2	0.3
18:3 n-3	11.1	10.4	11.3	16.9	13.2	11.9	13.3	13.6	13.0
18:4 n-3	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.0	1.2	1.4	1.1
20:0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
20:1	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
20:2	0.3	0.3	0.6	0.3	Tr.	Tr.	0.3	0.3	0.3
20:3	Tr.	Tr.	0.2	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.
20:4 n-6	2.4	1.8	1.9	1.7	1.6	1.8	1.6	1.4	1.6
20:4 n-3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5
20:5 n-3	3.1	2.6	2.3	2.4	6.4	9.2	12.3	12.9	3.8
22:1	Tr.	0.3	0.3	1.1	Tr.	0.3	0.2	Tr.	0.2
22:4 n-6	0.6	Tr.	0.3	Tr.	Tr.	Tr.	0.3	Tr.	0.2
22:5 n-3	1.8	2.1	2.7	2.0	3.1	3.6	4.6	4.5	2.2
22:6 n-3	7.0	2.5	2.9	2.4	13.2	11.8	7.6	1.5	15.8
24:0	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.7
Total lipid (%)*	17.37	13.99	14.48	15.88	15.72	15.3	16.2	17.9	16.08
n-3 HUFA (%)*	1.98	1.00	1.14	1.08	3.37	3.53	3.74	3.19	3.31

* Dry basis.

また5~9区ではEPAとDHAが高い値を示した。

2. 飼育結果

15日間の飼育試験における各区の平均全長の推移をFig. 1に、それらの有意性検定および飼育結果をTable 4にそれぞれ示した。LAの3区を除く他の各区は、対照区に比べて優れた成長を示した。成長は、 $LA < OA = LNA = EPA < DHA < EPA \cdot DHA$ 混合脂肪酸区の順で、とくにEPA 25%・DHA 75%の5区およびEPA 50%・DHA 50%の6区は他区に比べて良好な成長を示した ($p < 0.05$)。また、EPAとDHAの有効性の比較ではDHA単用の9区がEPA単用の8区より若干優れたが、OA強化の2区とLNA強化の4区の成長に比べて大きな差は認められなかった。全期を通しての生残率は62~75%の範囲で、脂肪

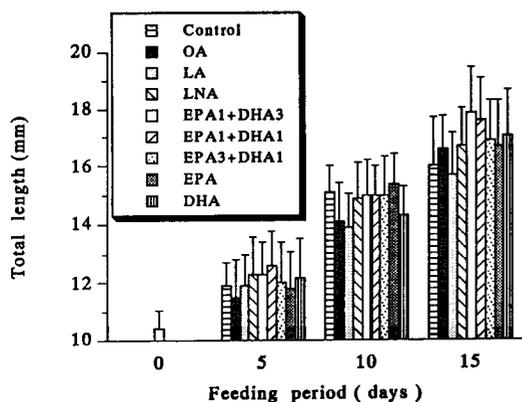


Fig. 1. Growth in total length of the juvenile puffer fish fed on the *Artemia* enriched with various fatty acids.

酸強化による影響は認められなかった。活力試験の結果に関しては、各区の生残率は20~40%の範囲で一般的に低く、各区の間に差は認められなかった (Table 4).

考 察

今回、一般的な淡水魚の必須脂肪酸とされているLA, LNA (Lee *et al.*, 1967; Castell *et al.*, 1972a, b, c; Watanabe *et al.*, 1974a, b, c; Yu and Sinnhuber, 1972; 竹内ら, 1980) と、海産魚の必須脂肪酸であるEPA, DHA等のn-3 HUFA (米ら, 1971; Yone and Fujii, 1975a, b; Owen *et al.*, 1975; Cowey *et al.*, 1976a, b; Fujii and Yone, 1976) などの各種脂肪酸を用い、アルテミア給餌期におけるトラフグの必須脂肪酸要求を検討した。その結果、EPA 25%・DHA 75%の5区とEPA 50%・DHA 50%の6区の両脂肪酸混合区で優れた成長が得られた。このことはマダイ (Izquierdo *et al.*, 1989b; 竹内ら, 1991a), プリ (竹内ら, 1989; 豊田ら, 1991), シマアジ (Izquierdo *et al.*, 1988) およびヒラメ (Izquierdo *et al.*, 1988) などの海産魚と同様に、トラフグの場合も仔魚期 (荒川ら, 1978) に続いて稚魚期においてもEPAやDHA等のn-3 HUFAを必須脂肪酸として要求することを示している。また、必須脂肪酸としてのEPAとDHAの有効性を比較した結果、DHA単用の9区がEPA単用の8区より若干勝ったが、OAを強化した2区あるいはLNAを強化した4区と比べてもそれほど大きな差は認められなかった。今回の実験結果からはトラフグのアルテミア給餌期における必須脂肪酸の至適含量を把握することはできなかったが、EPAとDHAを併用

Table 4. Effect of *Artemia* enriched with various fatty acids on growth, survival rate and activity of the juvenile puffer fish.

Diet No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fatty acids used	Control	OA	LA	LNA	EPA 1 +DHA 3	EPA 1 +DHA 1	EPA 3 +DHA 1	EPA	DHA
Initial number of fish	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Initial total length (mm) (Mean±SD)					10.4 ±0.64				
Final total length (mm)*1 (Mean±SD)	16.0 ^a ±1.69	16.6 ^{ac} ±1.17	15.7 ^{ad} ±1.47	16.7 ^{ac} ±1.36	17.9 ^{bc} ±1.59	17.6 ^{bc} ±1.48	16.9 ^{ac} ±1.39	16.7 ^{ac} ±1.60	17.1 ^{ce} ±1.58
Survival rate (%)	75.0	71.7	62.3	69.0	65.0	72.7	74.7	67.7	73.0
Activity test (%)	31.5	30.0	44.5	22.3	40.0	40.0	33.4	30.0	40.0

*1 Same letters indicate not significantly different ($p < 0.05$).

した強化がアルテミアの栄養価をより向上させると思われ、今後さらに両者のレベルを変えた飼育実験が必要がある。

一方、アルテミアと魚体の脂肪酸組成の分析結果を見ると、アルテミアに多く含まれる18:3 n-3 (LNA)は魚体では少なく、またn-3 HUFAをほとんど含まないアルテミアを摂餌した1~4区の魚でもDHAを含む1~2%のn-3 HUFAが認められた。渡辺ら(1978)によると、アルテミア体内ではLNAからEPAへの脂肪酸の経時的転換が多少行われると報告されている。また、荒川ら(1978)はトラフグはEPAからDHAへの変換能を有していると報告した。上記の報告を総合的に考慮すると、摂餌されたアルテミアのLNAの一部がトラフグ体内でEPAへ変換し、さらにそれがDHAへ転換すると推察できる。

今回の試験でEFA欠乏に起因すると思われる種々の症状や現象は、いずれの区でも現われなかった。また、生残率や活力比較でも各区間の差は認められないことから、稚魚期の本種はアユ(北島ら, 1980)と同様、必須脂肪酸としてのn-3 HUFA要求量がマガイ(Izquierdo *et al.*, 1989a)、ブリ(竹内ら, 1989; 豊田ら, 1991)、シマアジ(Izquierdo *et al.*, 1988)より比較的低いと考えられる。

最後に、実験魚を供試していただいた福岡県栽培漁業公社と脂肪酸分析に御尽力いただいたハリマ化成株式会社筑波研究所の皆様へ感謝します。

要 約

トラフグの稚魚期における必須脂肪酸要求を明らかにするため、各種脂肪酸で強化したアルテミアを用いて検討した。その結果、多くの海産魚と同様EPAやDHAなどのn-3 HUFAを必須脂肪酸として要求することが明らかとなった。その中でもEPA・DHA混合区がEPAまたはDHA単用区より優れた成長を示した。必須脂肪酸としてのEPAとDHAの有効性の比較においては、DHA単用区はEPA単用区より若干成長が勝ったが、n-3 HUFA以外のOAやLNA強化区と比べてもそれほど大きな差は認められなかった。一方、アルテミアと魚体の脂肪酸組成の分析結果を見ると、アルテミアに多く含まれるLNAは、魚体では少なく、またn-3 HUFAをほとんど含まないアルテミアの試験区でもDHAを含む1~2%のn-3 HUFAが認められた。このことは摂餌されたアルテミアのLNAが魚体内でEPAに変換し、さらにそれがDHAに転換すると推察された。今回の試験で

EFA欠乏に起因すると思われる種々の症状や現象は、いずれの区でも現われなかった。また、生残率や活力比較でも各区間に差が認められないことから、稚魚期の本種は必須脂肪酸としてn-3 HUFAを要求するが、その要求量は他の海産魚に比べて比較的低いと考えられた。

文 献

- 荒川敏久・与賀田稔久・渡辺 武 1978 培養餌料の異なるワムシによるトラフグ仔魚の飼育。長崎水試研報, 5: 5-8
- Castell, J. D., R. O. Sinnhuber, J. H. Wales and D. J. Lee 1972a Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*): Growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. *J. Nutr.*, **102**: 77-86
- Castell, J. D., R. O. Sinnhuber, D. J. Lee and J. H. Wales 1972b Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*): physiological symptoms of EFA deficiency. *J. Nutr.*, **102**: 87-92
- Castell, J. D., D. J. Lee and R. O. Sinnhuber 1972c essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*): Lipid metabolism and fatty acid composition. *J. Nutr.*, **102**: 93-100
- Cowey, C. B., J. W. Adron, J. M. Owen and J. Roberts 1976a The effect of different dietary oils in tissue pathology in turbot, *Scophthalmus maximus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **53B**: 399-403
- Cowey, C. B., J. M. Owen, J. W. Adron and C. Middleton 1976b Studies on the nutrition of marine flat fish. The effect of different dietary fatty acids on the growth and fatty acid composition of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Br. J. Nutr.*, **36**: 479-486
- Fujii, M. and Y. Yone 1976 Studies on nutrition of red sea bream-XIII. Effect of dietary linolenic acid and ω 3 polyunsaturated fatty acids on growth and feed efficiency. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **42**: 583-588
- Izquierdo, M. S., T. Watanabe, T. Takeuchi, T. Arakawa and C. Kitajima 1988 Essential fatty acid requirements of larval Japanese Flounder (*Paralichthys olivaceus*) and Larval Striped Jack (*Longirostris delicatissimus*). Abstracts for the Meeting of Japanese Society of Fisheries Science, Tokyo, April p.251

- Izquierdo, M. S., T. Watanabe, T. Takeuchi, T. Arakawa and C. Kitajima 1989a Requirement of larval red seabream *Pagrus major* for essential fatty acids. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**: 859-867
- Izquierdo, M. S., T. Watanabe, T. Takeuchi, T. Arakawa and C. Kitajima 1989b Optimum EFA levels in *Artemia* to meet the EFA requirements of red seabream (*Pagrus major*). *Proc. Third Int. Symp. on Feeding and Nutr. in Fish*, 221-232
- 北島 力・吉田満彦・渡辺 武 1980 アユ仔魚に対する油脂酵母ワムシの餌料効果. 日本水誌, **46**: 47-50
- 北島 力・林田豪介 1984 トラフグ仔稚魚のワムシおよびアルテミア幼生日間摂餌量. 長崎水試研報, **10**: 41-48
- 北島 力 1993 健苗性評価手法(飼育過程での評価方法). 北島 力編: 放流魚の健苗性と育成技術, 水産学シリーズ 93, 恒里社厚生閣, 東京, 31-40頁
- Lee, D. J., J. N. Roehm, T. C. Yu and R. O. Sinnhuber 1967 Effect of ω 3 fatty acids on the growth rate of rainbow trout, *Salmo gairdnerii*. *J. Nutr.*, **92**: 93-98
- Owen, J. M., J. W. Adron, C. Middleton and C. B. Cowey 1975 Elongation and desaturation of dietary fatty acids in turbot, *Scophthalmus maximus* L.. *Lipids*, **10**: 528-531
- 竹内俊郎・新井 茂・渡辺 武・新聞弥一郎 1980 ウナギの必須脂肪酸要求量. 日本水誌, **46**: 345-353
- 竹内俊郎・丹羽幸泰・渡辺 武・藤本 宏・今泉圭之輔 1989 ブリ仔魚のn-3 HUFA 要求量. 日本水産学会春季大会講演要旨集, 99頁
- 竹内俊郎・豊田雅典・渡辺 武 1991a EPA およびDHA 強化アルテミアによるマダイ仔稚魚の飼育試験. 日本水産学会春季大会講演要旨集, 38頁
- 竹内俊郎 1991b 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
- 竹内俊郎 1991c 魚類における栄養素の欠乏症と要求量. 「平成3年度栽培漁業技術研修事業基礎理論コース 仔稚魚期の発育シリーズ」, 水産庁, 1-68頁
- Takeuchi, T., Y. Shiina and T. Watanabe 1992a Suitable levels of n-3 highly unsaturated fatty acids in diet for fingerlings of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**: 509-514
- Takeuchi, T., Y. Shiina, T. Watanabe, S. Sekiya and K. Imaizumi 1992b Suitable levels of n-3 highly unsaturated fatty acids in diet for fingerlings of yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**: 1341-1346
- 豊田雅典・竹内俊郎・渡辺 武・藤本 宏・今泉圭之輔 1991 EPA およびDHA 強化アルテミアによるブリ仔稚魚の飼育試験. 日本水産学会春季大会講演要旨集, 38頁
- Watanabe, T., F. Takashima and C. Ogino 1974a Effect of dietary methyl linolenate on growth of rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **40**: 181-188
- Watanabe, T., I. Kobayashi, O. Utsue and C. Ogino 1974b Effect of dietary methyl linolenate on fatty acid composition of lipids in rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **40**: 387-392
- Watanabe, T., C. Ogino, Y. Koshiishi and T. Matsunaga 1974c Requirement of rainbow trout for essential fatty acids. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **40**: 493-499
- 渡辺 武・大和史人・北島 力・藤田矢郎 1978 脂肪酸組成からみた *Artemia* の栄養価. 日本水誌, **44**: 1115-1121
- Watanabe, T., T. Tamiya, A. Oka, M. Hirata, C. Kitajima and S. Fujita 1983 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
- Watanabe, T., M. S. Izquierdo, T. Takeuchi, S. Satoh and C. Kitajima 1989 Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in larval red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**: 1635-1640
- 米 康夫・古市政幸・酒本秀一 1971 マダイの栄養に関する研究-III. 各種油脂の栄養価と至適脂肪量. 九大水実研報, (1): 49-60
- Yone, Y. and M. Fujii 1975a Studies on nutrition of red sea bream-XI. Effect of ω 3 fatty acid supplement in a corn oil diet on growth rate and feed efficiency. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **41**: 73-77
- Yone, Y. and M. Fujii 1975b Studies on nutrition of red sea bream-XII. Effect of ω 3 fatty acid supplement in a corn oil diet on fatty acid composition of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **41**: 79-86
- Yu, T. C. and R. O. Sinnhuber 1972 Effect of dietary linolenic acid and docosahexaenoic acid on growth and fatty acid composition of rainbow trout. *Lipids*, **7**: 450-454

Summary

A 15 days feeding experiment was carried out to investigate the requirement for essential fatty acids (EFA) of the juvenile puffer fish *Takifugu rubripes*, using *Artemia nauplii* enriched with various types of different fatty acids. Experiment was conducted under laboratory condition and ambient water temperature. There was no significant difference in the growth among the juveniles fed on *Artemia* enriched with oleic acid (OA), linolenic acid (LNA) and eicosapentaenoic acid (EPA) alone. Whereas, the results obtained show that docosahexaenoic acid (DHA) alone or n-3 highly unsaturated fatty acids (n-3 HUFA) were much more effective as EFA for juvenile puffer fish to achieve the best feeding performance. On the other hand, final survival rate and activity test of juvenile puffer fish were not significantly different among all of the groups during the experimental period. The best results, however, were obtained in the groups fed on *Artemia* containing n-3 HUFA rather than enriched with fatty acids of either EPA alone or DHA alone. These results suggest that the juvenile puffer fish required both EPA and DHA as their EFA, although DHA was more effective than EPA.