

# ブリ仔稚魚のアミノ酸組成について

竹田 正彦\* ・ 土津井 憲彰\*\*

(\*農学部水族栄養学研究室・\*\*高知県土佐清水漁業指導所)

## The Amino Acid Composition in the Yellowtail Larva

Masahiko TAKEDA\* and Noriaki TOTSUI\*\*

\* Laboratory of Nutritional Science of Aquatic Organisms, Faculty of Agriculture;

\*\* Station of Fisheries Guidance, Tosashimizu, Kochi Prefecture

**Abstract:** The amino acid analysis of yellowtail larva, *Seriola quinqueradiata*, reared in aquariums were conducted to obtain the information about their amino acid requirements and metabolism. The results obtained are summarized as follows:

1) During the early growth stage ranged from 3.9 mm to 15.4 mm in total length, there were some recognizable changes in body amino acid composition of the larva, while there was no significant change in it during the later growth stage ranged from 15.4 mm to 37.0 mm. The relative requirement of amino acids essential for the growth of yellowtail larva could be estimated from the essential amino acid pattern in the fish body (A/E ratio listed in Table 2).

2) The yolks from just hatched larva have been found to contained the high levels of lysine, glutamic acid, alanine, valine and isoleucine, while the contents of arginine, leucine and phenylalanine were low in comparison with those high A/E ratios in fish body.

3) The marked decreases in concentrations of alanine, valine, and isoleucine in fish body were recognized not only during the 8 days of starvation after hatching, but also during being fed less initial foods, from the fourth day after hatching until the 11th day.

4) These results indicate that the relatively high dietary levels of arginine, leucine and phenylalanine may be required by the yellowtail larva during the early growth stage, and that the glucogenic alanine, valine and isoleucine present in the yolk may be catabolized rapidly to supply the energy required for maintenance of the hatched larva's body under conditions of food deprivation or deficiency.

### 緒 言

仔稚魚の魚体アミノ酸組成を明らかにすることは、単に生化学的な興味があるばかりでなく、魚類栄養学および水産増殖学の立場からも、そのアミノ酸要求を明らかにし、また初期餌料の蛋白質栄養価を評価するうえにきわめて重要なことである。しかし、これまでのこの点に関する知見はきわめて乏しく、わずかに、ニジマスおよびクサフグの発生中の蛋白構成アミノ酸の変化について報告されているにすぎない<sup>1-3)</sup>。そこで、著者らは、現在種苗生産の研究が盛んなブリ仔稚魚 (*Seriola quinqueradiata*) を対象に、そのアミノ酸の要求と代謝に関する知見を得ることを目的として、まず、ふ化仔魚の成長に伴う魚体アミノ酸組成の変化を調べ、次いで、ふ化直後の仔魚における卵黄および胚、ならびに絶食仔魚および給餌仔魚のアミノ酸含量を比較検討した。

本研究を行なうにあたり、試料の提供に終始御協力いただいた高知県水産試験場の前場長高田和氏・同増殖科長田村光雄氏・同技師広沢国昭氏、アミノ酸分析を担当された高知大学農学部助教授山本重巳氏・同助手北村哲朗氏、試料の採取と調製に御協力いただいた高知大学農学部助教授示野貞夫氏・同助手細川秀毅氏、ならびに仔魚の飼育管理に御協力いただいた高知大学水産実験所事務官溝淵 勇氏・同技官奥田哲男氏に心より厚くお礼申しあげる。

## 実 験 方 法

試料 ふ化後の成長に伴うアミノ酸組成の変化を明らかにするために、1972年4月に、高知県水産試験場が、古満目実験場において、蓄養親ブリから採卵し人工ふ化したブリ仔魚を、大型水槽（45トン）中で約1カ月間、主として培養シオミズツボムシと天然コベポーダで飼育した魚群から、適当な間隔で試料を採取した。その他の実験に用いた試料は、上記の高知県水試古満目実験場で、同様に採卵・受精したブリ卵を、高知大学水産実験所に運び、0.5トンのパンライト水槽で、上記の生物餌料を与えて飼育したものである。試料の採取にあたっては、アミノ酸分析に必要な尾数を、全魚体のままアンプルにとって秤量し、 $-20^{\circ}\text{C}$ で凍結保存して後日の分析に供した。また、多数のふ化直後の仔魚から、毛細管を用いて卵黄嚢の内容物を吸い出して卵黄分析の試料とし、残りの魚体を胚分析の試料とした。

アミノ酸の定量 試料に6N塩酸を加え、 $112^{\circ}\text{C}$ で23時間加水分解したのち、柳本製アミノ酸自動分析器LC-2型を用いて、常法により各種アミノ酸含量を測定した。なお、全魚体をそのまま加水分解して分析したので、測定値はすべて蛋白質およびペプチドを構成する結合アミノ酸と、遊離アミノ酸の合計量を示す。また、本研究では tryptophan の定量を省略した。

## 結 果 お よ び 考 察

## ふ化後の成長に伴う魚体アミノ酸組成の変化

ふ化直後から32日後までの、平均全長が3.9-37 mmの範囲の8試料魚についてアミノ酸を分析し、Table 1に示すような結果を得た。この表から明らかなように、ブリ仔稚魚のアミノ酸組成には、成長段階による大差は認められなかった。しかし、詳細に検討すると、ふ化直後から全長15 mmまでの初期発育段階において、若干の変動が認められた。すなわち、全長3.9-5.4 mmの間に、lysine, arginine および glycine の増加、ならびに alanine, isoleucine および threonine

Table 1. Changes in amino acid composition of fish body during growth of yellowtail larva (% of total amino acids)

Amino acid	Total length of larva (mm)							
	3.9	5.4	7.2	13.4	15.4	19.0	29.7	37.0
Lysine	7.68	8.88	8.49	8.17	8.84	8.57	8.67	8.30
Histidine	2.87	3.63	2.50	2.28	2.46	2.18	2.37	2.01
Arginine	5.38	6.75	6.38	5.53	6.39	6.14	5.86	4.24
Aspartic acid	9.53	9.28	11.29	10.14	10.16	10.10	10.01	10.47
Threonine	5.30	4.30	5.43	4.76	4.84	4.95	4.81	4.93
Serine	4.94	5.05	5.68	4.94	4.79	5.02	4.75	4.77
Glutamic acid	14.44	15.31	15.45	14.94	15.17	14.62	14.39	15.08
Proline	4.98	5.53	2.47	5.11	4.11	4.86	5.84	4.95
Glycine	5.24	6.71	7.89	7.81	7.60	8.22	7.85	7.82
Alanine	7.93	6.78	7.17	7.24	7.24	7.45	6.92	7.33
Valine	6.51	5.95	5.71	5.28	5.93	5.78	5.58	5.61
Methionine	1.28	0.80	0.66	2.75	0.89	0.94	2.83	3.09
Isoleucine	5.51	4.38	4.69	4.74	4.55	4.71	4.50	4.84
Leucine	9.08	8.93	8.50	8.49	8.85	8.82	8.51	8.56
Tyrosine	3.54	2.90	2.58	3.11	3.60	3.13	2.66	3.38
Phenylalanine	5.81	4.85	5.09	4.72	4.59	4.52	4.45	4.62

の減少が認められ、また、その後の全長 5.4-7.2 mm の間に, aspartic acid, threonine および glycine の増加, ならびに histidine および proline の減少が認められた。しかし, 全長 15 mm 以上の成長段階にはアミノ酸含量の変化がほとんどなく, ほぼ一定な組成を示した。全長 15 mm までの初期発育段階には, 魚体の一般組成および核酸含量にも著しい変動が認められたので (未発表), この時期における魚体アミノ酸組成の変動は, おそらく活発な組織・器官の分化に基づくものと推察される。現在まで, 仔稚魚のアミノ酸組成についての報告はほとんど見当たらないので, 本実験結果を他魚種のそれと比較して, ブリ仔稚魚のアミノ酸組成の特徴を見出すことはできないが, 従来報先されたニジマス仔稚魚のそれに比べると<sup>1,2)</sup>, ブリ仔稚魚では serine, proline および methionine が少なく, glycine が多いようである。また, ふ化後 7 日目のクサフグ仔魚のそれに比べると<sup>3)</sup>, arginine, serine および methionine が少なく, alanine が多いようである。

次に, ブリ仔稚魚の必須アミノ酸の種類が, 従来報告された諸魚種のそれに<sup>4-9)</sup> 等しいと仮定して, 魚体の必須アミノ酸パターンを調べた。すなわち, 必須アミノ酸の総量を 1 g としたときの個々の必須アミノ酸含量 (mg) を求め, これを A/E 比として Table 2 に示した。それによると,

Table 2. Changes in essential amino acid pattern (A/E\* ratio) of fish body during growth of yellowtail larva

Amino acid	Total length of larva (mm)								Mean + SD
	3.9	5.4	7.2	13.4	15.4	19.0	29.7	37.0	
Lysine	155	183	179	175	187	184	182	180	178 ± 10
Histidine	58	75	53	49	52	47	50	44	53 ± 9.6
Arginine	109	139	134	118	135	132	123	92	123 ± 16
Threonine	107	89	114	102	102	106	101	107	104 ± 6.7
Valine	132	123	120	113	125	124	117	121	122 ± 5.7
Methionine	26	17	14	59	19	20	60	67	35 ± 23
Isoleucine	112	91	99	102	96	101	95	105	100 ± 6.5
Leucine	184	184	179	182	187	189	179	185	184 ± 3.5
Phenylalanine	118	100	107	101	97	97	94	100	102 ± 7.6

\* Milligrams of individual essential amino acids per gram of total essential amino acids.

histidine, arginine, methionine などの二, 三のアミノ酸を除き, 各成長段階における A/E 比はほぼ安定している。したがって, 表の最終欄に示した全試料の平均 A/E 比の値は, 一応標準的なブリ仔稚魚の必須アミノ酸パターンを示し, おそらく, ブリ仔稚魚における必須アミノ酸要求量の相互比率を示すものと考えられるので, これを基準にして, 各種初期餌料の蛋白質栄養価を評価することが可能であろう。なお, 本研究とは別に, 著者の一人が, 天然のブリ稚魚, すなわち天然海域で採取後, 魚肉ミンチに餌付けした平均尾又長 55 mm のモジャコ 6 尾について, 全魚体のアミノ酸組成を調べたところ (未発表), arginine, histidine, lysine などの塩基性アミノ酸の A/E 比が, Table 2 に示したそれぞれの値よりやや大きいことがわかった。このような差異が, 成長に伴う変化を示すのか, あるいは人工飼育稚魚と天然稚魚とのちがいを示すのかは不明であって, 今後の研究にまたなければならぬ。

ふ化直後の卵黄および胚のアミノ酸含量 ふ化直後の仔魚におけるアミノ酸要求に関する知見を得るために, ふ化直後の仔魚の卵黄, ならびに卵黄を取り除いた魚体 (胚) のアミノ酸含量を測定し, Table 3 に示すような結果を得た。この表から明らかなように, 卵黄中には lysine, glutamic acid, alanine, valine, isoleucine などが比較的高濃度に含まれ, histidine および methionine が低含量であった。一方, 胚では lysine, aspartic acid, glutamic acid, glycine, alanine など

Table 3. Amino acid contents in yolk, embryo and whole body from just hatched larva, and in starved and fed larva of yellowtail ( $\mu$  moles per 100mg wet wt)

Amino acid	Just hatched larva			Starved* larva	Fed** larva
	Yolk	Embryo	Whole body		
Lysine	3.65	7.36	3.50	2.47	3.13
Histidine	0.48	2.21	0.93	0.38	0.45
Arginine	1.15	3.99	1.61	1.14	1.28
Aspartic acid	2.59	7.98	3.50	2.74	5.04
Threonine	2.28	3.68	2.28	1.33	3.29
Serine	2.09	2.45	2.10	0.95	3.25
Glutamic acid	3.65	10.04	4.73	3.80	5.77
Proline	1.97	3.93	2.38	1.52	1.63
Glycine	2.11	6.14	2.80	2.74	5.74
Alanine	6.00	8.10	5.60	2.36	4.15
Valine	3.60	4.91	3.33	1.22	2.62
Methionine	0.22	0.37	0.18	trace	trace
Isoleucine	3.05	2.70	2.35	0.84	1.56
Leucine	1.92	3.07	1.47	1.03	1.44
Tyrosine	0.96	2.46	0.60	0.34	0.32
Phenylalanine	1.32	2.09	1.40	0.57	0.99

\* Larva were reared without feeding for 8 days after hatching.

\*\* Larva were fed less initial foods (*Brachionus* and *Copepoda*) from the 4th day after hatching until the 11th day.

が高含量で、methionine が低含量であった。

卵黄は餌付き前のふ化仔魚にとって、主要な栄養供給源であるから、その必須アミノ酸組成は、仔魚が要求するそれにはほぼ等しいことが望ましい。しかし Table 3 に示した卵黄の必須アミノ酸組成は、仔魚の魚体 A/E 比から推定された必須アミノ酸要求比 (Table 2) とあまり相関しないようである。とりわけ、arginine, leucine および phenylalanine は、いずれも魚体 A/E 比が高く、したがって、ふ化仔魚における要求比が比較的高いと考えられるにもかかわらず、卵黄中には比較的低濃度にしか含まれていなかった。その理由はよくわからないが、leucine と phenylalanine は、ケトゲニックのアミノ酸であることが知られているので<sup>10)</sup>、ふ化前後における急速な油球形成のために、消費されたのかもしれない。いずれにせよ、ふ化後の仔魚は、これら必須アミノ酸の要求を満たすために、できるだけ早い時期に、餌料からその不足分を摂取しなければならないであろう。このことは、ブリのふ化仔魚における、arginine, leucine および phenylalanine の餌料からの要求が比較的高いことを示している。しかし、この点を含め、ブリ仔稚魚のアミノ酸要求に関する正確な知識は、今後に残された重要な研究課題である。

魚体アミノ酸含量に及ぼす絶食および給餌の影響 ブリ仔魚の初期発育段階における、アミノ酸代謝についての知見を得ることを目的として、ふ化後 8 日間絶食させた仔魚、および、ふ化後 4 日目から 7 日間、シオミズツボムシとコペポダを給餌した仔魚の魚体アミノ酸含量を測定した。Table 3 に示した結果から明らかなように、絶食群では、すべてのアミノ酸がふ化直後におけるより減少し、とりわけ、alanine, valine および isoleucine の減少が著しかった。一方、給餌群では glycine, aspartic acid, threonine, serine, glutamic acid などが増加したが、その他のアミノ酸は減少し、とくに alanine, valine, isoleucine および proline の減少が目立った。このように、給餌群においても多くのアミノ酸の減少が認められたのは、おそらく摂餌量の不足によるものと考

えられる。

以上の結果より、卵黄中に豊富な alanine, valine および isoleucine は、ふ化後の長期間の絶食に伴い急速に分解・消費され、また、餌付き後の摂餌量が不足した場合にも減耗することが明らかになった。ニジマスにおいてもこれと同様に、ふ化後摂餌開始までの絶食期間に、alanine および valine が著減することが報告されている<sup>1,2)</sup>。alanine は非必須アミノ酸、valine と isoleucine は必須アミノ酸とみなされるが<sup>4-6)</sup>、前者は脱アミノ・アミノ基転移により、後2者は脱アミノ・脱炭酸によって、いずれもピクリン酸を生じて解糖系に入るグリコゲニックのアミノ酸であることが知られているので<sup>10)</sup>、本実験のように、ふ化仔魚が飢餓状態におかれた場合は、魚体にエネルギー(グルコース)を供給するために、卵黄中に豊富に存在するこれらアミノ酸が、急速に分解・利用されるものと考えられる。

## 要 約

ブリ仔稚魚におけるアミノ酸の要求と代謝に関する知見を得ることを目的として、人工ふ化したブリ仔魚を水槽飼育し、ふ化後の成長に伴う魚体アミノ酸組成の変化、ふ化直後の卵黄および胚のアミノ酸含量、ならびに、魚体アミノ酸含量に及ぼす絶食および給餌の影響について検討した。

1) 魚体アミノ酸組成は、ふ化後全長約 15 mm に成長するまでに若干の変動を示したが、その後全長約 37 mm までの成長段階ではほぼ一定であった。また、魚体の平均必須アミノ酸組成(A/E比)から、ブリ仔稚魚における必須アミノ酸要求比を推定した。

2) ふ化直後の卵黄中には、lysine, glutamic acid, alanine, valine および isoleucine が比較的高濃度に含まれていたが、histidine と methionine がきわめて少なく、arginine, leucine および phenylalanine も、その高い魚体 A/E 比にもかかわらず、比較的到低含量であった。

3) ふ化後 8 日間の絶食期間に、すべての魚体アミノ酸が減少し、とくに alanine, valine および isoleucine が著減した。また、これらアミノ酸は、餌付き後の摂餌量が不足した場合にも減少した。

4) 以上の結果より、初期発育段階のブリ仔魚では、arginine, leucine および phenylalanine の餌料からの要求が比較的高く、また、ふ化仔魚が飢餓状態におかれた場合は、魚体にエネルギー(グルコース)を供給するために、卵黄中に豊富に存在する alanine, valine, isoleucine などのグリコゲニックのアミノ酸が、すみやかに分解・利用されるものと推察される。

## 文 献

- 1) 荻野珍吉・須山三千三, ニジマス卵の発生中及び稚魚の成育中における蛋白質のアミノ酸組成の変化について, 日水誌, 23 (4), 227-229 (1957).
- 2) 須山三千三, ニジマス発生中の蛋白構成アミノ酸の変化, 日水誌, 23 (12), 789-792 (1958).
- 3) Suyama, M., Changes in amino acid composition of proteins during development of puffer eggs. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 32 (6), 533-535 (1966).
- 4) Halver, J. E., Delong, D. C. and Mertz, E. T., Nutrition of salmonid fish-V. *J. Nutrition*, 63 (1), 95-105 (1957).
- 5) Halver, J. E. and Shank, W. E., Nutrition of salmonid fishes-VIII. *J. Nutrition*, 72 (3), 340-346 (1960).
- 6) Shanks, W. E., Gahimer, G. D. and Halver, J. E., The indispensable amino acids for rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.*, 24 (2), 68-73 (1962).
- 7) Dupree, H. K. and Halver, J. E., Amino acids essential for the growth of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 99 (1), 90-92 (1970).
- 8) Arai, S., Nose, T. and Hashimoto, Y., Amino acids essential for the growth of eels, *Anguilla anguilla* and *A. japonica*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 38 (7), 753-759 (1972).

- 9) Cowey, C. B., Adron, J. W. and Blair, A., Studies on the nutrition of marine flatfish, the essential amino acid requirements of plaice and sole. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 50 (1), 87-95 (1970).
- 10) 島菌順雄・中川一郎(編), タンパク質アミノ酸の栄養学, p. 202-229, 朝倉書店, 東京(1964).

(昭和49年9月30日受理)