

緑藻ヒトエグサ (*Monostroma nitidum*) 添加飼料 による養殖アユの体成分変化

天野秀臣・野田宏行
三重大学水産学部

Changes of Body Composition of Ayu, *Plecoglossus altivelis*, Fed
Test Diets Supplemented with Marine Green Algae "Hitoegusa",
Monostroma nitidum

Hideomi AMANO and Hiroyuki NODA

Faculty of Fisheries, Mie University

Feeding trials of marine algae to fish were carried out to investigate the effect on fish growth and body composition. Ayu (*Plecoglossus altivelis*) of 6 g in body weight were reared for one month on four different diets. Control group (group 1) was fed the basal diet, experimental groups 2, 3 and 4 were respectively fed 2.5, 5 and 10% of the powder of cultured "Hitoegusa" (*Monostroma nitidum*) added to the basal diet.

(1) Experimental groups 2-4 showed higher feeding activity than the control. The growth rate of fish was the highest in experimental group 2, but groups 3 and 4 were lower than that of the control. Though improvement of body color was not effected, all the test diets containing algae gave a fresh odor to the fish simultaneously with the disappearance of a fishy odor.

(2) As for the chemical composition of the muscle, experimental groups 2 and 3 were almost the same as that of the control. However, in group 4, crude protein and ash were decreased. Carotenoid contents of experimental group 2 were close to those of the control. In group 4, however, the contents were decreased in skin, fin, and especially in subcutaneous tissue.

(3) Total free amino acid contents in the extract of muscle were the highest in group 3, and lowest in group 4. Of the free amino acids, concentrations of taurine were decreased in the experimental groups fed algae, while those of anserine were increased in groups 2 and 3, and decreased remarkably in group 4.

(4) The composition of fatty acids differed with the increase of algal levels in the test diet: The increase of C18:3, and the decrease of C18:1 and C18:2 in the muscle were remarkable.

Key Words: *Monostroma nitidum* Feed supplementary Chemical composition
Plecoglossus altivelis

昭和58年漁業養殖業生産統計年報によれば、養殖アユは今や全アユ生産量の約40%を占めるまでに技術水準も向上した。しかし、養殖アユは、天然アユと比較して体形や体色はもとより、食味や香りの点でも劣ることが指摘されている。この原因は、究極的には現在の魚粉主体の配合飼料や養殖環境の影響などによると考えられるが、天然アユの食する附着藻類を大量に培養して、そのみで養殖アユを養成することは現状では困難である。既に、クロレラ、スピルリナあるいはセネデスムスを添加した配合飼料を用いて、養殖アユの成長、飼料効率、体色改善、抗病性の向上による品質の改善が試みられている（鈴木・幡谷 1976, 田畑・柴田 1978, 中川ら 1981, 1983, 渡辺ら 1983, 幹ら 1983, NAKAGAWA *et al.* 1984, 平野・須山 1985）。

アユは本来藍藻や珪藻を主体とした微細な附着藻類を食し、大型藻類を餌とする食性はないが、粉碎して配合飼料に添加すれば抵抗なく摂取、吸収されることは周知の事実である。さらに、藍藻や珪藻と異なり比較的安価に大量生産され、保管条件も確立され、栄養価も優れているので、配合飼料の改良剤として採用される可能性は大きい。本研究は、現在新用途の開発が望まれている海産緑藻の利用拡大の一環として、養殖ヒトエグサ (*Monostroma nitidum*) 粉末を添加した飼料による養殖アユの飼育を試み、体成分を測定して海藻添加の効果を調べた。

材料および方法

実験魚 琵琶湖産アユを三重県水産技術センター内水面分場で養成し、平均体重 6 g のものを用いた。

飼育方法 同分場の屋外コンクリート池 (1 m × 4 m, 水深 0.4 m) 4 面に70尾ずつ収容し、水温 17~18°C の地下水を用いて 1 ヶ月間飼育した。1 日に 2 回にわけて体重の10%を給餌した。試験終了後、魚体は即殺し、体長、体重、肥満度を計測し、-80°C に保存した。

試験飼料組成 Table 1 に示すように、北洋ホワイトフィッシュミールを主体とする基本飼料

Table 1. Percentage composition of the experimental diets

Ingredient	Lot No.			
	1	2	3	4
White fish meal	60	60	60	60
<i>Monstroma nitidum</i> powder	0	2.5	5	10
Dextrin	10	10	10	10
Vitamin mixture* 1	1.3	1.3	1.3	1.3
Mineral mixture* 2	2	2	2	2
Feed oil* 3	6	6	6	6
Carboxymethylcellulose	3	3	3	3
Cellulose powder	17.7	15.2	12.7	7.7
Crude protein	39	41	42	42
Carbohydrate	37	34	33	32
Crude lipid	8	8	8	8
Crude ash	12	13	14	13

* 1 "Premix" manufactured by Kokin Kagaku Co. Ltd.

* 2 McCollum's salt mixture No. 185

* 3 A product of Riken Vitamin Oil Co. Ltd.

(1区)に、50メッシュの篩を通したヒトエグサの乾燥粉末をそれぞれ2.5、5.0、10%添加した3種類の飼料(2、3、4区)のペレットを調製した。次に、50℃の温風乾燥器中で乾燥、粉碎後、篩にかけ粒子の大きさを揃えた。試験飼料の一般成分をTable 1に併記した。

分析方法 各試験区35尾の筋肉、鱭、皮、および皮下組織をそれぞれ集め、よく混合した後、筋肉について一般成分、脂肪酸組成、遊離アミノ酸および低分子ペプチドを、鱭、皮、皮下組織についてカロテノイド含量を以下の方法で分析した。

一般成分 常法により水分、灰分を、セミマイクロケルダール法で粗タンパク質を、ソックスレー法で粗脂肪を定量した。

カロテノイド 鱭、皮、および皮下組織2~5gをアセトンに浸し、抽出液に色が認められなくなるまで抽出した。アセトン層をエチルエーテルに転溶して水洗後、無水硫酸ナトリウムで脱水し、窒素気流中35℃以下で減圧乾固し、ベンゼンで定容して最大吸収波長で吸光度を測定した。その値に2,500を乗じて総カロテノイド量を算出した(MCBETH 1972)。

脂肪酸組成 魚肉10gからBLIGH and DYER (1959)の方法により、クロロホルム・メタノール混液を用いて全脂質を抽出した。常法によりけん化後、三フッ化ホウ素・メタノール・ベンゼン溶液を加えエステル化した(小沢ら 1982)。生じた脂肪酸のメチルエステルを5%シンクロームE71を充填した3mガラスカラムを用いる柳本ガスクロマトグラフG-1800にかけ、標品との相対保持時間を比較して脂肪酸の同定を、各ピークの相対面積比によって脂肪酸組成を算出した。

遊離アミノ酸および低分子ペプチド KONOSU *et al.* (1974)の方法に準じて三塩化酢酸抽出液を調製し、エチルエーテルで三塩化酢酸を除去後、アミノ酸自動分析計(アト-MLC-203型)を用いて定量した。

結果と考察

アユの成長、体色、香り ヒトエグサ添加飼料で1ヶ月間飼育した結果をTable 2に示した。全飼育期間を通じ、いずれの試験区でもアユは活発に摂餌し、ヒトエグサに対する忌避反応は見られなかった。ヒトエグサ2.5%添加区(2区)は体長、体重共に基本飼料区(1区)よりやや増加したが、添加率を5、10%にあげると逆に減少した。肥満度は海藻添加区はいずれも基本飼

Table 2. Results of the one month feeding experiment with Ayu*1

	Lot No.			
	1	2	3	4
Body length (cm)	9.7	10.0	9.7	9.7
Body weight (g)	13.9	14.4	13.1	12.8
Condition factor*2	15.2	14.4	14.4	14.0
Coloration of body	good	good	good	good
Flavor	fishy	fresh	fresh	fresh

* 1 Initial body length (cm), body weight (g), and condition factor was 7.9, 6.0, and 12.2, respectively.

* 2 $\frac{\text{Body weight}}{(\text{Body length})^3} \times 1000$

料区（1区）より低下し、10%添加区（4区）では外観でもかなりやせて見えた。体側の黄色斑紋や鱗の黄色は、基本飼料区（1区）に比べて10%添加区（4区）の方がややうすいように見受けられた。養殖アユには、天然アユ特有のウリ臭と呼ばれる香りが無いことが欠点とされる。本研究では、いずれの海藻添加区にもこの香気は認められなかったが、生魚特有の生臭さが消失して、むしろさわやかで好ましい香気を感じられた。微細藻類添加飼料によるアユの成長促進効果は、クロレラ50%添加飼料（鈴木・幡谷 1976）、スピルリナ15~50%添加飼料（田畑・柴田1978、平野・須山 1985）で認められている。しかし、セネデスムス15%添加飼料（平野・須山 1985）、クロレラエキス1~2%添加飼料（中川ら 1983, NAKAGAWA *et al.* 1984）では成長促進効果がないと報ぜられている。これらの知見と本結果を考え併せると、藻類の種類やその添加量によって成長に対する効果が異なるものと思われる。

一般成分 Table 3 に示す如く、ヒトエグサ5%添加区（3区）で水分がやや増加し、粗脂肪が減少したほかはほとんど差がなかった。鈴木・幡谷（1976）、中川ら（1983）、および平野・須

Table 3. Proximate composition of the muscle of experimental Ayu (%)

	Diet No.			
	1	2	3	4
Moisture	77.9	77.8	78.9	77.8
Crude protein	15.4	15.7	15.2	15.0
Crude lipid	3.4	3.4	2.5	3.7
Crude ash	4.2	4.1	4.3	3.9

山（1985）はクロレラ、クロレラエキス、あるいはセネデスムスの添加でアユ筋肉の水分が若干増加し、脂質含量が低下することを報告しているが、スピルリナの添加では逆の結果を得ており（平野・須山 1985）、藻種による差異がうかがわれる。

カロテノイド 各試験アユの体側の黄色斑紋や鱗の色は肉眼的にはいずれも明瞭に現われた。アユのカロテノイド総量は予想に反して基本飼料区（1区）が最も高く、ヒトエグサの添加率を2.5~10%に上昇させるにつれて減少し、10%添加区（4区）では10.2mg/100gで1区に比べて約29%減少していた（Fig 1）。魚体の部位別で比較すると、皮が44~54%で最も多く、次いで

Lot No.	Skin	Subcutaneous tissue	Fin	Carotenoids contents (mg/100g)
1	53.5%	13.2%	33.3%	14.4
2	48.9	12.8	38.3	14.1
3	47.3	14.5	38.2	13.1
4	44.1	8.8	47.1	10.2

Fig. 1. Changes of total carotenoid levels of experimental Ayu.

鱭の33~47%で、皮下組織は約9~15%で最も少なかった。皮と皮下組織は添加量がふえるにつれて減少し、鱭のカロテノイドは逆に増加する傾向が認められた。一般に天然アユは養殖アユに比べて、体側の黄色斑紋部や鱭にカロテノイドがよく蓄積することが知られている。又、養殖アユの体色は、クロレラ、スピルリナ、セネテスムスやカロテノイド等を飼料に添加すると改善されることを見ている（鈴木・幡谷 1976, 幹ら 1983, 平野・須山 1985）。しかし、海産大型海藻のヒトエグサ粉末添加飼料による1ヶ月間の飼育試験では体色を向上させるには至らなかった。

脂肪酸組成 各試験区的全脂質の脂肪酸組成を Table 4 に示した。1区の組成と対比させると、ヒトエグサを添加した2~4区では飽和酸とモノエン酸が減少し、ポリエン酸が増加するように見受

Table 4. Fatty acid composition of total lipid from the muscle of experimental Ayu (%)

Fatty acid	Lot No.			
	1	2	3	4
14:0	3.8	3.6	3.8	3.2
16:0	19.3	18.6	17.7	16.2
16:1	10.2	9.7	9.3	8.1
16:2	1.5	1.6	1.5	1.4
17:0	2.0	2.0	1.9	2.4
18:0	3.1	3.0	3.2	3.2
18:1	19.5	17.4	16.6	15.4
18:2	6.6	6.1	5.8	5.6
18:3	2.8	3.2	3.5	3.6
18:4	1.6	1.7	1.7	2.9
20:1	5.7	4.7	4.8	4.8
20:3	1.2	1.1	1.1	1.7
20:4	2.0	2.2	2.1	1.8
20:5	5.3	5.5	5.4	5.0
22:1	2.7	2.8	2.8	3.1
22:5	1.5	1.7	1.7	1.5
22:6	6.0	6.9	6.0	5.7

けられた。特に、平野・須山(1983)によって養殖アユに多いとされるC18:1, C18:2が減少して、天然アユに多いとされるC18:3, C20:5などのうちC18:3が増加する点が注目された。一般に筋肉中の脂肪酸組成は餌の脂肪酸組成に影響されやすいと言われる。一方、飼料中の脂肪酸組成のうち1区と4区を比較すると(Table 5), 問題のC18:1, C18:2ならびにC18:3の組成比は、基本飼料区(1区)との間に有意の差異は認め難い。それにも拘らず、僅か1ヶ月間の添加試験で養殖アユ筋肉の脂肪酸組成が天然アユのそれに近似した傾向を得たことは、ヒトエグサの特異的な作用と考えられる。

遊離アミノ酸および低分子ペプチド 各試験区に共通してタウリン, スレオニン, プロリン, グリシン, アラニン, ヒスチジン, リジン, アンセリンが多く含まれる(Table 6)。ヒトエグサを添加すると、タウリン, ヒスチジン, リジンがやや減少したが、アンセリンはヒトエグサ2.5%(2区), 5%(3区)添加区が若干高まり、10%添加区(4区)で低下している。上記アミノ酸以外のアミノ酸は対照の1区と著明な差異が見られなかった。須山ら(1977), 平野・須山(1980)

Table 5. Fatty acid composition of experimental diet

(%)

Fatty acid	Lot No.	
	1	4
14 : 0	4.1	4.6
16 : 0	13.5	14.9
16 : 1	7.0	7.0
16 : 2	0.8	0.9
17 : 0	0.3	0.7
18 : 1	23.6	24.0
18 : 2	8.5	8.5
18 : 3	1.9	2.2
18 : 4	2.7	3.0
20 : 1	10.1	9.9
20 : 3	0.6	0.5
20 : 4	0.7	0.5
20 : 5	6.9	5.0
22 : 1	6.6	5.7
22 : 5	0.3	0.5
22 : 6	4.4	3.5

Table 6. Changes of the levels of amino acids and peptides in the extracts from the muscle of experimental Ayu

(mg/100g)

Amino acids	Lot No.			
	1	2	3	4
Phosphoserine	1	1	1	1
Taurine	134	125	131	121
Phosphoethanolamine	1	1	1	1
Aspartic acid	1	1	1	1
Hydroxyproline	8	6	7	7
Threonine	21	22	24	21
Serine	9	11	10	8
Asparagine	tr.	tr.	0	0
Glutamic acid	7	7	9	10
Proline	24	17	26	27
Glycine	28	32	30	25
Alanine	23	24	24	22
α -Amino-n-butyric acid	tr.	tr.	tr.	tr.
Valine	4	4	5	4
Cystine	1	1	1	1
Methionine	2	2	3	2
Isoleucine	2	2	3	3
Leucine	3	4	6	6
Tyrosine	1	2	3	3
Phenylalanine	2	3	3	3
β -Alanine	1	2	1	1
Ethanolamine	3	3	4	4
γ -Amino-n-butyric acid	tr.	tr.	tr.	tr.
Ornithine	1	2	1	1
Histidine	44	42	39	37
Lysine	39	40	29	32
Arginine	7	8	7	8
Anserine	82	83	96	73
Carnosine	2	2	4	4
Ammonia	(13)	(14)	(14)	(13)

によれば、天然アユは養殖アユに比べて2~4倍アンセリンが多く、タウリンが約半に低下すると指摘されている。養殖アユにヒトエグサを給餌した本試験でも、変動幅は小さいが同様の傾向が得られたので、遊離アミノ酸組成が天然アユに近づいたものと評価される。

以上ヒトエグサを2.5~10%添加すると、養殖アユは基本飼料投与区(1区)よりむしろ活発に摂餌することが判った。ヒトエグサの添加量を成長率、肥満度、香りなどの面から見ると、2.5%添加飼料(2区)の成績が良好であった。又、エキシアミノ酸組成は5%添加区(3区)が、脂肪酸組成は10%添加飼料区(4区)が天然アユの組成に近づくことが判明した。アユの成長率、カロテノイド含量、粗タンパク質量およびエキシアミノ酸組成から、ヒトエグサ粉末の10%添加は多過ぎるようである。したがって、基本飼料に2.5%あるいは5%のヒトエグサを添加すると肥満を防ぎ、エキシアミノ酸や脂肪酸組成が天然アユに類似し、養殖魚の筋肉を改善するのに効果があるように見受けられたが、ヒトエグサ10%添加飼料はアユの健全な成長にとって問題があるように考えられる。本研究では飼育開始時に魚体重が6gの小型魚を用いたが、別に平均体重が14gのものをを用いて同一条件下で飼育したところ、ヒトエグサ10%添加飼料のみならず、スジアオノリ(*Enteromorpha prolifera*)10%添加飼料、アナアオサ(*Ulva pertusa*)10%添加飼料でも基本飼料区(1区)に比較して、成長率、カロテノイド含量、アンセリン含量はほとんど低下しなかった。今回ヒトエグサ粉末は50メッシュ以下のものを用いたが、排泄物中にはまだ未消化の藻体が多く認められるので、試験魚の大きさに対するヒトエグサ粉末の粒度や量についての考慮が不足していたと推察される。クロレラやスピルリナの試験(鈴木・幡谷 1976, 平野・須山 1985)は藻体が極めて微小で消化・吸収されやすいこと、供試魚として体重約16~45gの成魚を使用したことが良好な結果をもたらしたものと考えられる。したがって、実用的にヒトエグサを添加するにはより微細粒度のものを用いたり、添加量を加減し、投与期間を延長するなど工夫すべき点はいくつかある。中川ら(1984)はクロダイでアナアオサ粉末を配合飼料に10%添加して145日間飼育した結果、タンパク質、脂肪代謝を促進し、低酸素に対する耐性が高まると指摘している。本試験が終了時には、アユがより細長くなり、養殖アユの生臭さが消えて芳ばしさを発することを認めたので、海藻粉末のアユ飼料添加の見通しは明るいと判断された。

要 約

海産緑藻の用途拡大と養殖アユ肉質の改良を目指して、養殖ヒトエグサ粉末をアユ配合飼料に添加し、養殖アユの成長と体成分の変化を調べ、次のような結果を得た。

1. アユはヒトエグサ添加飼料に対して忌避反応を示さず、むしろ摂餌は盛んになった。添加率が2.5%のとき成長が最もよく、5~10%添加すると成長は低下した。又、体色向上効果はなかったが、生臭さが消夫した。

2. 基本飼料区に比較して、ヒトエグサ2.5%、5%添加区では筋肉の一般成分は変わらず、10%区は粗タンパク質と粗灰分が低下した。カロテノイド含量は2.5%区が基本飼料区に近く、10%添加区は皮、鱗でも低下するが皮下組織での減少が著しい。

3. エキシアミノ酸総量は基本飼料区に比べて5%添加区が最高値を、10%添加区が最低値を示し、タウリンはヒトエグサ添加区が減少し、アンセリンは2.5%、5%添加区が高く、10%添加区で急減した。

4. ヒトエグサ添加率を増加させるにつれて、筋肉中の全脂質の脂肪酸組成は天然アユに多いC18:3が増加し、養殖アユに多いC18:1、C18:2が減少した。

5. ヒトエグサの適度の添加は、アユの成長が良くなるのみならず、養殖アユ特有の脂肪酸組成やエキシアミノ酸組成を天然アユのそれらに近づける可能性がある。

本研究を実施するに当たり、アユの飼育をしていただいた三重県水産技術センター内水面分場藤吉利彦氏をはじめ職員各位、飼料調製に便宜をはかっていただいた農林水産省養殖研究所新井茂室長、ヒトエグサを提供していただいた三重県漁業協同組合連合会に厚く謝意を表す。また、水産生物化学講座の藤井猛久氏と青木信子氏には実験ととりまとめに協力をお願いした。記して心からの謝意を表す。

文 献

- 鈴木克宏・幡谷雅之, 1976. アユ用飼料へのクロレラの利用. 静岡県水産試験場研究報告, 10: 47—60.
- 田畑和男・柴田 茂, 1978. 池中養成アユの採卵に関する研究—II. 2・3の新魚養成餌料の比較. 水産増殖, 26(1): 21—25.
- 中川平介・笠原正五郎・宇野悦央・見奈美輝彦・明楽公男, 1981. 養殖アユの抗病性に及ぼすクロレラ添加飼料の効果. 同誌, 29(2): 109—116.
- , 1983. 養殖アユの血液性状, 体成分に及ぼすクロレラエキスを添加飼料の効果. 同誌, 30(4): 192—201.
- 渡辺 武・佐藤秀一・竹内俊郎・渥美 敏・上原良吾, 1983. アユ実用飼料について. 昭和58年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 38.
- 幹 渉・村中隆司・山口勝巳・鴻巣章二・渡辺 武, 1983. アユにおけるカロテノイドの代謝. 同要旨集, p. 205.
- NAKAGAWA, H., S. KASAHARA, A. TSUJIMURA and K. AKIRA, 1984. Changes of Body Composition during Starvation in *Chlorella*-Extract fed Ayu. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50(4): 665—671.
- 平野敏行・須山三千三, 1985. 養殖アユの品質に及ぼす微小藻類配合飼料の影響. 東京水産大研報, 72(1): 21—41.
- MCBETH, J. W., 1972. Carotenoid from Nudibranchs. *Comp. Biochem. Physiol.*, 41B: 55—68.
- BLIGH, E. G. and W. J. DYER, 1959. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37(8): 911—917.
- 小沢昭夫・高柳香都子・藤田孝夫・平井愛山・浜崎智仁・寺野 隆・田村 泰・熊谷 朗, 1982. ガスクロマトグラフィーを用いたヒト血しょう総脂質の高級脂肪酸の定量法について. 分析化学, 31(2): 87—91.
- KONOSU, S., K. WATANABE and T. SHIMIZU, 1974. Distribution of Nitrogenous Constituents in the Muscle Extracts of Eight Species of Fish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 40(9): 909—915.
- 平野敏行・須山三千三, 1983. 天然および養殖アユの脂質の脂肪酸組成とその季節変化. 日水誌, 49(9): 1459—1464.
- 須山三千三・平野敏行・岡田憲明・渋谷智晴, 1977. 天然および養殖アユの品質に関する化学的研究—I. 一般成分, 遊離アミノ酸および関連物質. 同誌, 43(5): 535—540.
- 平野敏行・須山三千三, 1980. 天然および養殖アユの品質に関する化学的研究—III. 含窒素エキス成分の季節変化. 同誌, 46(2): 215—219.
- 中川平介・笠原正五郎・杉山瑛之・和田 功, 1984. クロダイに対するアオサ添加飼料の効果. 水産増殖, 32(1): 20—27.