養殖ハマチの血液・体成分に及ぼす藻類添加飼料の効果

中 川 平 介・熊 井 英 水

中 村 元 二・笠 原 正 五 郎

(1984 年 6 月 28 日受理)

Effect of Algae Supplemented Diet on Serum and Body Constituents
of Cultured Yellow TailHeisuke NAKAGAWA,*¹ Hidemi KUMAI,*² Motoji NAKAMURA,*²
and Shogoro KASAHARA*¹

The effect of algae as feed supplementary was determined on yellow tail *Seriola quinqueradiata* in terms of serological parameters and proximate composition of the dorsal muscle. Fish of 144 g in body weight were reared for 60 days in floating nets. Control group was fed on sand lance *Ammodytes personatus*.

One percent of hot water-extract from *Chlorella vulgaris* (*Chlorella*-extract group) or 0.5% of kelp *Laminaria digitata* (kelp meal group) was supplemented to the above basal diet (sand lance). The supplementaries had no effect on body weight gain or feed conversion efficiency. The kelp meal depressed the lipid, non-protein nitrogen, and amino nitrogen levels in the serum, and elevated the muscle lipid level. *Chlorella*-extract, however, did not cause significant alteration in serum constituents and proximate composition of the muscle.

After 60 days of feeding, the fish were kept in indoor tanks without feeding for 23 days. Body weight loss was not significantly distinct among the 3 groups. Nevertheless, the serum lipid and nonesterified fatty acid levels were characteristically changed under the starvation period in response to the dietary regimen. The muscle lipid loss was higher in the kelp meal group than the control group. Furthermore, the suppression of breakdown of muscle protein was found in the *Chlorella*-extract group and the kelp meal group.

These results showed that the kelp meal contributed to accelerate the lipid deposition to the muscle and to mobilize the lipid to energy. The importance of algae supplement in yellow tail, was discussed in relation to improvement of lipid metabolism which had a close connection with the health condition of the fish.

養魚飼料に藻類を添加して魚に投与すると、総じて成長に対する効果は認められないが¹, 抗病性の増大^{1),*3} 低酸素耐性^{2),*3} や Air dipping に対する耐性の向上^{4),*5} タンパク効率の向上^{5),*6} 絶食期間中の体重減少の抑制^{2),*5} さらに代謝面での体脂質量の調節および脂質のエネルギーへの転換能の亢進が認められる^{2),*5} など、種々の生理的効果が現われることが明らかになった。

このように、植食性のアユ *Plecoglossus altivelis* や雑食性といわれるクロダイ *Acanthopagrus schlegelii* にそれぞれクロレラ *Chlorella vulgaris* エキス^{1,2,5} アオサ

Ulva pertusa 粉末⁵などの藻類を投与した場合のほか、さらに肉食性の強いハマチへのクロレラエキスの投与^{4,6}においても、魚の健全性を示すと考えられる種々の指標に関して有効性が認められたことは、食性の如何を問わず魚類の健全性を保つ上で藻類の摂取が重要な意義を有するものと推察される。

そこで、本研究では欧州産コンブ *Laminaria digitata* 粉末およびクロレラエキスをそれぞれ添加した飼料をハマチに投与し、血液成分、体成分に及ぼす影響をみるとともに、さらにその後絶食させて起こるそれらの成分変

*¹ 広島大学生物生産学部 (Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, Fukuyama 720, Japan).

*² 近畿大学水産研究所蒲神実験場 (Fishery Laboratory, Kinki University, Uragami, Wakayama 649-51, Japan).

*³ 黒木 昭・袈裟丸倉基・武田 博・延岡 真: 昭和 55 年度日本水産学会講演要旨集 No. 448, p. 110.

*⁴ 米 康夫・古市政幸・浦野寿也: 昭和 58 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, No. 213, p. 41.

Table 1. Composition of diets

	Group		
	Control	Chlorella-extract	Kelp meal
Sand lance	100 g	100 g	100 g
Chlorella-extract	—	1.0 g	—
Kelp meal	—	—	0.5 g
Starch	0.7 g	0.7 g	0.7 g
Total	100.7 g	101.7 g	101.2 g

化から藻類の投与が代謝に及ぼす効果について検討した。

材料および方法

供試魚 平均体重 144 g のハマチ *Seriola quinqueradiata* を 70 尾ずつ 3 つの網生簀 (2×2×2.5 m) に収容し、昭和 57 年 7 月 15 日より 9 月 12 日までの 60 日間、和歌山県東牟婁郡の近畿大学水産研究所浦神実験場で飼育した。

飼料 Table 1 に示すように、基本飼料として冷凍イカナゴ *Ammodytes personatus* を用い、これに展着剤として澱粉を 0.7% 添加したものを対照区飼料とした。また、2 つの試験区のうち、一方には栗本鉄工所 (株) 製淡水クロレラ *Chlorella vulgaris* E-25 の熱水抽出物を基本飼料に対し 1% の割合で澱粉に吸着させたものを投与し (クロレラ区)、他方には理研ビタミン (株) 提供のコンブ *Laminaria digitata* 粉末を同じく 0.5% の割合で澱粉と混合したものを投与した (コンブ区)。給餌は 1 日当たり総魚体重の約 25% 相当量を 2 回 (午前・午後) にかけて手撒きで行った。

血液成分の分析 採血の 2 日前より無給餌とし、各区 10 尾の魚の心臓より 10 ml のプラスチック注射器を用いて採血した。採取した血液の一部は直ちに Hematocrit 値の測定に供し、残りの血液は 3000 rpm 10 分間遠心分離して血清を採り、それを分析時まで -20°C に保存した。血清タンパク質はビウレット法 (片山化学工業 KK, ビウレット試薬)、血清総脂質はリン酸パニン法 (国際試薬 KK, リン酸ワニン試薬)、アルブミン/グロブリン比 (A/G 比と略記) は硫酸塩析・比濁法 (旭東製薬工業 KK, アルグロ比テストキット)、Triglyceride は酵素法 (国際試薬 KK, トリグリセリド-E)、リン脂質は酵素法 (国際試薬 KK, PL-E 試薬)、遊離脂肪酸は酵素法 (日本商事 KK, NEFA キット-K)、非タンパク性窒素は Rappaport-梅田変法 (和光純薬工業 KK, キット)、アミノ態窒素は LORENTZ and FLATTER⁷⁾ の方法に準じてそれぞれ測定した。

背肉の一般分析 各区 5 尾の背肉を細切して一般分析

の試料とした。水分、灰分は常法、粗タンパクはケルダール法、脂質は BLIGH and DYER 法⁸⁾ に準じてメタノールクロロホルム系で抽出後重量法で求めた。

脂質の薄層クロマトグラフィー 上記の方法により抽出した背肉の脂質について、シリカゲル薄層 (メルク社製 HPTLC プレート, シリカゲル G60) を用いて脂質クラス、リン脂質組成の分析を行った。最初の展開はクロロホルム・メタノール・水 (65:25:4, v/v/v) で薄層の中間まで行ってリン脂質を分離し、風乾させたのち直ちに *n*-ヘキサン・エーテル・酢酸 (87.5:12.5:1, v/v/v) で先端まで展開して脂質クラスを分離した。検出は、重クロム酸カリウム飽和 75% 硫酸を噴霧し 110°C に加熱して各成分を発色させた。

絶食試験 60日間飼育した各区の魚 10 尾をそれぞれ室内の 0.5 t パンライト水槽に移したのち無給餌で 23 日間置き、絶食期間の経過によって各区の魚にみられる体重、血液成分および背肉の一般成分の変化を調べて比較した。

結 果

60日間の飼育期間における中間・最終測定時の各区のハマチの平均体重の変化を Fig. 1 に示す。イカナゴにクロレラエキスをあるいはコンブ粉末を添加して投与した場合、それぞれの摂餌状態にはイカナゴのみを与えた場合に比べ変化は認められなかった。Table 2 に各区の魚の成長、死亡率、ならびに飼料効率を示す。クロレラ区、コンブ区の平均体重の増加、飼料効率はともに対照区より多少低い値を示しており、成長に関しては藻類の投与効果は認められなかった。

血清成分の測定値を Table 3 に示す。ハマチは測定時の取扱いにより急激な Hematocrit 値の上昇が起こり易く血清成分量にも影響を及ぼす^{4,9)}ので、血清成分量は血液 100 ml 中の値に換算して示した。Hematocrit 値、血清タンパク質量、Albumin 量には、クロレラ区、コンブ区の何れも対照区との間に有意差は認められなかった。一方、コンブ区の血清総脂質量は対照区に対し 1% の危険率で、またタンパク質/脂質比においては 5% の危険率で、それぞれ有意の差が認められた。しかし、Triglycerides/リン脂質比 (TG/PL 比)、血清遊離脂肪酸量においては 3 区の間には有意差のなかったことから、各区の魚の血清脂質組成には著しい差異はないと考えてよいであろう。非タンパク性窒素 (NPN) およびアミノ態窒素 (AN) はコンブ区で低い値が得られた。

Table 4 に各区 5 尾の背肉の一般分析の各平均値とその標準偏差を示す。クロレラ区の背肉の脂質含量は対照区と有意差はないが、コンブ区では高い値 ($P < 0.05$) が得られ、この場合脂質含量の高いことに対応して水分含

Fig. 1. Growth of yellowtail during experimental period.

Table 2. Effect of algae on growth

	Group		
	Control	Chlorella-extract	Kelp meal
Body weight (g)	300	286	284
Mortality (%)	11.4	15.7	12.9
Feed conversion efficiency	4.88	4.21	4.31
Fatness	13.8	14.7	15.4

Initial body weight was 144 g.

量はわずかながら低かった。

上述のようにコンブ区の背肉脂質含量に差がみられたので、薄層クロマトグラフィーにより各区の脂質組成の分析を行い、その結果を Fig. 2 に示す。脂質の主成分として何れも Triglycerides, Phosphatidyl choline が検出され、定性的には3つの区で背肉の脂質組成に著しい違いは認められなかった。

脂質代謝、タンパク質代謝に及ぼす藻類投与の影響をみるため、60日間網生簀で飼育したハマチを室内水槽に移し23日間無給餌下に置き、絶食時に生ずる血清成分、背肉成分の変化を調べた。まず、絶食後10日目と23日目の魚の性状を Table 5 に示す。肥満度、内臓重量比(腎臓を除く)、比肝重量は絶食により極端に減少したが、何れの値も3つの区で有意の差は認められない。体重の減少率は、絶食10日後においては対照区が8.1%と最も大きい値を示したが、23日後では3つの区で差は殆んどみられなくなった。

絶食23日後における各区の魚の血清成分を Table 6 に示す。Hematocrit 値、血清タンパク質、脂質、NPN

および AN は各区とも絶食により減少したが、中でもクロレラ区の脂質量の減少は大きい。これに対しコンブ区の脂質量の減少は小さく、結果的にその脂質量は3区のうちで最高となった。絶食により、TG/PL 比はクロレラ区を除く2つの区で上昇し、遊離脂肪酸量は対照区を除く2つの区で増加を示した。また、NPN および AN は絶食によりすべての区で減少したが、対照区における減少が最も大きい。

絶食23日後の背肉の一般分析の結果を Table 7 に示す。何れの区も絶食後タンパク質と脂質が減少し、逆に水分、灰分の増加がみられた。なかでも、タンパク質の減少は対照区が最も大きく絶食開始前の92%となったが、クロレラ区、コンブ区の減少は少ない。一方、脂質の減少は対照区とクロレラ区で差はないが、コンブ区の減少率はそれらを上まわり絶食前の40%となった。Fig. 2 に絶食後の背肉脂質のクロマトグラムを示す。総じて Triglycerides の選択的な消費とリン脂質、脂肪酸の相対的増加がみられている。

60日間飼育した各区のハマチを刺身として試食に供したところ、クロレラ区、コンブ区は対照区に比べ肉組織がしまっているとの大方の感触が得られ、さらに一夜冷蔵後のものではその差がより鮮明になったことから、藻類の投与は肉質にも影響していると考えられる。

考 察

これまでに藻類の魚類への投与はその健全性の面からみて効果的であることをみたが²⁻⁷⁾、これらの場合、魚の血清あるいは筋肉の脂質量の変化を伴うことから、藻類の投与は魚の脂質代謝に対しても影響を及ぼしている

Table 3. Effect of algae supplementary on serum constituents

Group	Hematocrit (%)	Serum protein (g/100 ml)	A/G* ¹	Serum albumin (g/100 ml)	Serum lipid (mg/100 ml)	L/P* ² (×100)	TG/PL* ³ (×100)	NEFA* ⁴ (μEq/l)	NPN* ⁵ (mg/100 ml)	Amino nitrogen (mmol/l)
Control	36.8±4.1 n=10	2.69±0.81 n=10	0.87±0.53 n=10	1.08±0.32 n=10	228±59 n=10	868±214 n=10	264±75 n=10	299±64 n=10	37.3±4.1 n=10	14.5±1.9 n=9
<i>Chlorella</i> - extract	38.7±3.1 n=10	2.48±0.25 n=10	0.84±0.32 n=10	1.04±0.29 n=10	221±74 n=10	867±273 n=10	335±128 n=10	300±71 n=10	35.0±3.3 n=10	13.7±1.4 n=8
Kelp meal	36.2±4.9 n=10	2.32±0.19 n=10	0.93±0.21 n=10	1.11±0.17 n=10	149±42* ⁶ n=10	624±158* ⁷ n=10	286±44 n=10	304±36 n=10	32.0±4.9* ⁷ n=10	12.7±1.8* ⁷ n=9

Results shown are the mean±SD. The levels of serum constituents are expressed as the amount in blood.

*¹ Albumin/globulin ratio. *² Serum lipid/serum protein ratio. *³ Triglycerides/phospholipids ratio. *⁴ Nonesterified fatty acids. *⁵ Nonprotein nitrogen. *⁶ Significantly different from control ($p<0.01$). *⁷ Significantly different from control ($p<0.05$).

Table 4. Proximate composition of dorsal muscle

Group	Moisture	Ash	Crude protein	Lipid
Control	74.4±0.9	1.4±0.1	22.6±1.2	1.6±0.3
<i>Chlorella</i> -extract	74.8±0.8	1.4±0.1	22.1±0.8	1.7±0.1
Kelp meal	73.7±1.1	1.4±0.1	22.9±1.3	2.0±0.1*

Results shown are the mean±SD (5 animals in each group).

* Significantly different from control ($p<0.05$).

Fig. 2. Schematic TLC-diagram of muscle lipid before and after 25 day-starvation.

1: Control group, 2: *Chlorella*-extract group, 3: Kelp meal group. TG: Triglycerides, FA: Nonesterified fatty acids, Chol: Cholesterol, Lec: Phosphatidyl cholin.

ことが予測される。藻類の投与により体脂質量の変化が示された例としては、上記報告中のアユ、^{2,5)} クロダイ⁸⁾のほか、マダイ *Pagrus major* での報告⁹⁾が挙げられる。ハマチに対するクロレラエキスならびにコンブ粉末の投与を行った本研究においては、体脂質含量は前者では変化がなかったが後者では増加がみられ、脂質量に及ぼす影響に差のある結果が示された。この場合、コンブ粉末の投与による背肉脂質の増加には食物繊維の作用が関与している可能性が考えられよう。ところで、体脂質含量について養殖魚と天然魚を比べた場合、クロダイ⁸⁾でみたように飼育条件によっては天然魚の方が高い例もあるが、一般にはアユ⁵⁾でみたように養殖魚の方が高いといわれており、ブリ³才魚の場合も養成魚の方が天然魚より著しく高く、貯蔵脂質の殆どは筋肉に含まれることが報告されている¹⁰⁾。本実験に用いたハマチの背肉脂質量をみると天然の成熟魚より少ないが、これは成長段階の差異によるとも考えられるが、また天然魚と養成魚の間で生育条件の相違が脂質代謝にも相違を生ぜしめている可能性もあろう。

Table 5. Changes of biological measurements by starvation

	Control	<i>Chlorella</i> -extract	Kelp meal
Initial (n=10)			
Body weight (g)	297±57	296±82	297±62
Fatness	14.1 ±0.5	13.9 ±1.0	13.7 ±0.7
Hepatosomatic index	1.25±0.15	1.26±0.13	1.25±0.16
Viscerosomatic index	5.70±0.84	5.86±1.09	6.11±0.45
10 days starvation (n=10)			
Body weight (g)	273±54 (8.1%)	280±79 (5.4%)	280±62 (5.7%)
Fatness	12.9 ±0.4	12.7 ±0.7	12.7 ±0.8
23 days starvation (n=10)			
Body weight (g)	242±60 (18.5%)	243±75 (17.9%)	241±49 (18.9%)
Fatness	11.5 ±8.0	11.2 ±0.8	10.9 ±0.4
Hepatosomatic index	0.64±0.08 (48.8%)	0.64±0.06 (49.2%)	0.73±0.06 (41.6%)
Viscerosomatic index	3.75±0.34 (34.2%)	3.99±0.34 (31.9%)	3.78±0.35 (38.1%)

Results shown are the mean±SD.

Parentheses indicate percentage loss.

Table 6. Serum constituents after 23 days of starvation

Group	Hematocrit (%)	Serum protein (g/100 ml)	A/G	Serum albumin (g/100 ml)	Serum lipid (mg/100 ml)	L/P (×100)	TG/PL (×100)	NEFA (μEq/l)	NPN (mg/100 ml)	Amino nitrogen (nmol/l)
Control	35.7±1.9 (97.0) n=6	1.83±0.34 (68.0) n=6	1.90±0.18 n=6	1.02±0.18 (94.4) n=6	92±6 (40.4) n=6	392±57 n=6	395±117 n=6	310±163 (104) n=6	26.6±3.6 (71.3) n=6	12.1±1.4 (83.4) n=4
<i>Chlorella</i> - extract	33.7±1.9 (87.1) n=6	1.93±0.17 (77.8) n=6	2.16±0.23 n=6	1.27±0.15 (122) n=6	68±10*1 (30.8) n=6	340±73 n=6	324±48 n=6	403±86 (134) n=6	31.8±4.4*2 (90.9) n=6	11.7±1.5 (85.4) n=6
Kelp meal	36.6±5.3 (98.9) n=7	2.05±0.23 (88.4) n=7	1.69±0.26 n=7	1.19±0.15 (107) n=7	105±16 (70.5) n=7	451±77 n=7	360±51 n=7	435±206 (143) n=7	28.7±6.8 (89.7) n=7	11.7±1.2 (92.1) n=7

Results shown are the mean±SD. Parentheses indicate the values when the values before starvation are expressed as 100.
 Legend, see Table 3. *1 Significantly different from control ($p<0.01$). *2 Significantly different from control ($p<0.05$).

Table 7. Proximate composition of dorsal muscle after 23 days of starvation

Group	Moisture	Ash	Crude protein	Lipid
Control	76.8±0.5 (103)	1.5±0.1 (107)	20.8±0.5 (92.0)	0.9±0.0 (56.3)
<i>Chlorella</i> -extract	76.2±1.1 (102)	1.5±0.1 (107)	21.3±1.1 (96.4)	1.0±0.2 (58.8)
Kelp meal	75.7±0.7* ² (103)	1.5±0.0 (107)	22.0±0.6* ¹ (96.1)	0.8±0.2 (40.0)

Results shown are the mean±SD (5 animals in each group).

Parentheses indicate the value when the value before starvation was 100.

*¹ Significantly different from control ($p<0.01$).

*² Significantly different from control ($p<0.05$).

適切な環境や飼料で飼育した魚は絶食下でも体重の減少が少ないとされている。¹¹⁻¹⁴⁾ この現象は貯蔵脂質が有効にエネルギーに転換され、タンパク質の消費が少ないことによるものと推定される。藻類を投与して飼育したアユ、クロダイを絶食させた場合、体内の貯蔵脂質がより有効に利用され体重の減少は藻類を投与しない魚より緩慢であった^{2,3)}。本研究におけるハマチの絶食試験でも、絶食 10 日後における藻類投与区の魚の体重減少率は少ないことを示した。しかし、23 日後ではその後のエネルギー消費が激しいせいか対照区のものと同様に差はみられなくなった。このように絶食が長期間になると体重の減少は同様になったが、この場合でもコンブ区では肉脂質の明瞭な減少ならびに相対的なタンパク質の増加が認められ、アユ、クロダイにおける結果^{2,3)}と同様の結果が得られた。ハマチの無給飼料下における生理状態、体成分の変化をみた研究には藤谷・塚原、¹⁵⁾坂口、¹⁶⁾藤田など^{17,18)}の報告があり、絶食当初は主として肝臓グリコーゲンが消費され、続いて肉脂質とタンパク質の消費が起って体重が減少することを述べている。

今回の実験では、クロレラエキスを投与しても前報^{4,7)}でみられたような血清脂質量の増加は認められず、コンブ粉末の投与ではむしろ逆に血清脂質量の減少がみられた。それらの血清成分は、絶食により遊離脂肪酸を除いて総じて減少する傾向を示した。また、タンパク質、脂質の量的減少は大きいものの、Hematocrit 値、Albumin 量には著しい変化はなかった。坂口¹⁶⁾は、絶食 50 日目の分析結果から血清タンパク質の各画分がほぼ均等に絶食時に消費されてゆくとしているが、本研究では Albumin 量には変化がなく、その点異なった結果が得られた。坂口¹⁶⁾はまた、血清 Triglycerides は絶食の経過にしたがい減少と増加をくり返し、血清 Triglycerides の高い時期に筋肉脂質のエネルギーへの動員が亢進するとしている。しかし、本実験における絶食前後の血清脂質、TG/PL 比をみると、コンブ区の血清脂質量と Tri-

glycerides 量は絶食後も絶対量の減少が少なく、このことは脂質代謝が絶食後も活発に行われていることを示すものであろう。血清 NPN および AN は共に絶食により各区とも減少していることから体タンパク質の分解と腎臓からの窒素排泄状況には差異がないことになり、絶食後血清遊離脂肪酸量が上昇する傾向にあったクロレラ区、コンブ区が体脂質のエネルギーへの動員能が高いといえよう。

魚類は糖新生を中心とする一連の代謝が活発で、絶食期間中は体タンパク質を分解して血清アミノ酸として放出し、その一部を肝グリコーゲンに取り込みエネルギーを補う。一方、貯蔵脂肪のエネルギーへの転換は体タンパク質の消費の節約に役立つ。しかしながらシロザケ稚魚の絶食試験で、死亡率の高い稚魚ほど残存脂肪量が高かったという例¹⁹⁾からも必ずしも貯蔵脂肪の多いことのみがエネルギーに満ちた生理状態とは断定し難い。エネルギーとしての動員能の高い脂質の蓄積と貯蔵脂肪の動員が亢進されるような生理状態こそエネルギー代謝において健全といえるであろう。このような観点からアユ²⁾やクロダイ*のみならず肉食性の強いハマチに対しても藻類の投与が有効であるといえよう。

肉の一般分析で得たコンブ区の脂質含量と食味試験での脂濃さとは必ずしも一致しなかった。肉の組織がしまっているという評価は、薄木・金田²⁰⁾が指摘しているように組織内の脂質の存在状態および脂肪酸組成も関係しているものと考えられる。

要 約

平均体重 144 g のハマチ *Seriola quinqueradiata* を用い、基本飼料 (イカナゴ) の投与区 (対照区)、基本飼料にクロレラ *Chlorella vulgaris* エキス 1% 添加飼料投与区 (クロレラ区)、同じくコンブ *Laminaria digitata* 粉末 0.5% 添加飼料の投与区 (コンブ区) の 3 区に分けて 60 日間飼育し、飼育終了時ならびにその後絶食に

置いた各区の魚の血清成分、体成分の分析を行い比較した。

1) クロレラエキスおよびコンブ粉末の投与は成長や飼料効率の向上に効果はなかった。

2) コンブ区では対照区より血清脂質量が高く、非タンパク性窒素、アミノ態窒素が低い値を示した。

3) コンブ区では背肉の脂質量は有意に高い値を示したが、クロレラ区では背肉の一般成分に明瞭な変化は現われなかった。

4) 各区のハマチについて 23 日間の絶食試験を行った結果から、コンブ粉末の投与は肉脂質のエネルギーへの転換を亢進させ、タンパク質の消費を抑制する効果を有することが認められ、クロレラエキスの投与ではタンパク質の消費の抑制に効果がみられた。

謝 辞

本研究の遂行にあたりクロレラエキスを提供頂いた栗本鉄工(株)青野順三氏、コンブ粉末を提供頂いた理研ビタミン(株)八島千代視氏に深謝致します。

文 献

- 1) 中川平介・笠原正五郎・宇野悦央・見奈美輝彦・明楽公男：水産増殖，**29**，109-116 (1981).
- 2) H. NAKAGAWA, S. KASAHARA, A. TSUJIMURA, and K. AKIRA: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 665-671 (1984).
- 3) 中川平介・笠原正五郎・杉山瑛之・和田 功：水産増殖，**32**，20-27 (1984).
- 4) 中川平介・熊井英水・中村元二・笠原正五郎：水産増殖，**30**，76-83 (1982).
- 5) 中川平介・笠原正五郎・宇野悦央・見奈美輝彦・明楽公男：水産増殖，**30**，192-201 (1983).
- 6) 中川平介・稲塚洋一朗・山崎繁久・平田八郎・笠原正五郎：水産増殖，**30**，67-75 (1982).
- 7) K. LORENTZ and F. BARBARA: *Clin. Chem.*, **20**, 1553-1555 (1974).
- 8) E. G. BLIGH and W. J. DYER: *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917 (1959).
- 9) H. NAKAGAWA, K. NANBA, M. KAYAMA, and S. MURACHI: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 75-81 (1977).
- 10) 落合 明・鍋島 浩・榎田 晋・長谷川泉：日水誌，**46**，407-412 (1980).
- 11) 松本 勉：鳥取県水試報告，**24**，37-42 (1982).
- 12) S. SAKAMOTO and Y. YONE: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **44**，227-229 (1978).
- 13) S. SAKAMOTO and Y. YONE: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**，1227-1230 (1980).
- 14) 竹内昌昭・中添純一：日水誌，**47**，347-352 (1981).
- 15) 藤谷 超・塚原宏子：南西水研報告，**1**，63-69 (1969).
- 16) 坂口宏海：日水誌，**42**，1267-1272 (1976).
- 17) 藤田真吾・大橋 徹：京都海洋センター報告，**1**，113-129 (1977).
- 18) 藤田真吾：京都海洋センター報告，**5**，55-60 (1981).
- 19) 村井武四・平澤康弘・秋山敏男・能勢健嗣：養殖研報，**4**，79-86 (1983).
- 20) 薄木理一郎・金田尚志：油化学，**19**，612-619 (1970).