

養殖ハマチの血清成分量の食後変動

池田 弥生・尾崎 久雄・沢田 茂樹・藤井 淳司・荒木 育生

Changes of Serum Constituents Levels after Feeding in Cultured Yellow-tail, *Seriola quinqueradiata*

Yayoi Ikeda, Hisao Ozaki, Sigeiki Sawada, Atsushi Fujii, and Ikuo Araki

(Received April 8, 1976)

Some serum constituents levels were examined before and after a single feeding in yellow-tail (*Seriola quinqueradiata*) fed on raw fish or a compound diet.

In the group fed on raw fish, total protein, its fractions II and III, urea-N, total cholesterol, magnesium and phosphate-P levels returned to the pre-feeding values at 14 hrs, with the peaks at 6 to 10 hrs after feeding. The orange color index expressed in the arbitrary unit and triglyceride levels returned to the pre-feeding values at 18 hrs, via prominent and prolonged elevations with peaks at 6 hrs after feeding. Transitory declines at 1 hr after feeding were observed in the serum levels of total protein, total cholesterol, magnesium and phosphate-P.

In the group fed on the compound diet, the absence of orange color, more prompt increases in triglyceride and NEFA, and decreases in calcium and phosphate-P levels were observed after feeding.

The causes of these variations and the post-feeding time for blood sampling were discussed.
(YI, HO, SS, AF: Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo 108, Japan;
IA: Research Laboratory, Nippun Shiryo Kaisha, Ltd., Chidori 2-9-16, Minato-ku, Nagoya
455, Japan)

血液成分量が摂餌の影響により経時的な変動を来すことは哺乳類の研究から十分に推察される。他方、血液学的研究に際して、採血は通常一定期間餌止めした後に行われている。この時間の長さは経験的に設定されているようであるが、食後変動が消失する時間から決められるべきものであるし、餌止め時間が長過ぎれば飢餓の影響も出て来るであろう。魚類において食後変動を調べた研究は少なく、二、三の成分に関する報告だけである(Nose, 1973; Phillips, 1961; 示野, 1974; 新間ら, 1974; 米ら, 1969)。

本研究では養殖ハマチを用いて、血清成分量の食後変動を調べ、採血条件を検討するとともに、配合飼料の完成していない現在、最もよい餌料とされている生餌と未完成の配合飼料とを比較検討し、飼料改善への手懸りとした。

材料および方法

供試魚は和歌山県田辺湾内で網生簀養殖された0年魚ハマチ (*Seriola quinqueradiata*) で、生餌で飼育された

もの(生餌区と略称)33尾(体長 23.2 ± 0.8 cm, 体重 245.5 ± 24.0 g)と配合飼料で飼育を始めて一週間のもの(配合区)26尾(23.3 ± 0.9 cm, 225.8 ± 25.5 g)を用いた。飼料は池田ら(1976)のものと同様である。

検査は1972年8月23日(水温 $27 \sim 29^{\circ}\text{C}$)に実施した。給餌は何れも午前8時に行ない、飽食に達するまで与えた。食前(午前6時)および食後1~4時間毎に両区から3~5尾ずつ取り上げ、食後18時間まで検査した。供試魚は釣り上げ、直ちに尾柄部切断により採血し、血清は1時間以内に分離した。

検査項目および定量方法は、血清のトリグリセライド:アセチルアセトノン発色法で、市販の臨床検査用試薬キット(和光純薬工業 K.K. 製)を使用した。その他に、総コレステロール、総蛋白とその分画、カルチコステロン、尿素-N、カルシウム、マグネシウムおよび無機磷について測定した。方法は池田ら(1976)に記したものと同じである。なお、血清に橙色の着色がみられたので試料中の最も濃いものを5、着色の認められないものを0として、6段階に分けて記録した。血清成分の測定

と平行して消化管内の餌料の消化状態も併せて観察した。生餌区では食後すぐには釣れないので、1時間後に釣れた1個体は参考とした。

結 果

消化管内における餌料の状態 Table 1 に示した。生餌区では食後1時間の胃には8gの餌があった。2時間後から腸への内容物の移動が認められ、腸内容物は4時間後に最も多く、消化管内から完全に内容物が消失したのは18時間後であった。消化開始とともに胆汁は排泄され、8時間後まで胆嚢は空であった。配合区では食後1時間から5時間までの胃内残餌量は平均2.3gで、生餌区より少なかったが、腸内容物は逆に多かった。腸への移行が生餌区より早いことは餌の形態的な差に基づくもので、竹田・上岡(1974)も同様のことをみている。胆汁の排泄は生餌区のように完全ではなく、常に少し残っていた。

血清の色調 血清の色調と各成分量の結果はFig. 1に示した。生餌区では食前の血清にも軽度の着色がみられたが、摂餌によって増強され、10時間後まで高値を示した。配合区では食後5~8時間のものにごく僅かに認められただけであった。この色素については、着色度0の血清と着色度5のものとで総ビリルビン量に差がなかったこと、また溶血によるものでもないことを確認している。この色素はトリグリセライドとの相関が高かった($P<0.01$)ことから脂溶性のものと考えられる。

トリグリセライド量 血清のトリグリセライド量は生餌区では食後速かに増加し、6~8時間で高値を示した。1時間後の1個体の値は242mg/dlで、食前値に比して高かった。配合区の増加量は生餌区の約1/2で食後3時間で最高値を示した。食前値に戻るまでの時間は生餌区よりも配合区の方が短かった。トリグリセライドは餌料脂質の大部分を占めており、量的にも多く、ハ

マチでの消化率も高いことから、血清値に及ぼす影響は大きい。食後血中濃度が最高になる時間はニジマスで6時間(新間ら、1974),ヒトでは4~5時間(Thannhauser, 1964)と報告されている。

総コレステロール量 生餌区では6~10時間で高値を示し、18時間後に食前値に戻った。1時間後の値は279mg/dlで、食前値に比して低かった。配合区の食前値は生餌区に比して約100mg/dl低かった。食後は3時間目から増加し始めたが、8時間の観察では生餌区に比し増加量は少なかった。米ら(1969)はマダイで食後1時間で減少し、3~5時間後に高値を示すと報告している。ヒトでは食後45分で減少し(Annino and Relman, 1959),その後5~7時間増加が続く(Thannhauser, 1964)が何れも僅かな変動であるという。本結果も経的にはこれらによく似た変動パターンを示している。

総蛋白量 生餌区では6~8時間では高値を示し、14時間後に元の値に戻った。1時間後の値は3.13g/dlであった。配合区では1時間後に11%の減少があったが、以後増加し、10時間後には108%に達した。しかしその後再び減少した。ヒトでは食後45分で少し減少し、2時間後には元に戻るといわれている(Annino and Relman, 1959)。本結果でも食直後に減少する点はヒトと同じであった。

蛋白分画量 生餌区の結果では、分画Iは統計的に有意な変動を示さなかった。分画IIは食後増加し、8時間で最高値に達したがその後急減した。分画IIIは2時間と6~8時間後に高値を示した。分画IVには変動はなかった。食後1時間の値は何れの分画も低値であった。分画Iをアルブミン、分画II~IVをグロブリンとみたA/Gは食後2~8時間で低下がみられた。配合区では分画Iのみが総蛋白と似た変動を示したが、他の分画では変動は極めて小さかった。A/Gには統計的に有意な変動はなかった。

Table 1. The amounts of stomach or intestinal contents and bile in gall bladder following feeding in yellow-tail fed on raw fish or the compound diet. Results are expressed as the mean value of wet weight (g) from 3 to 5 fish.

Diet	Organ	Time following feeding (hrs)											
		6:00 AM	8:00 AM	1	2	3	4	5	6	8	10	14	18
Raw fish	Stomach	0		8.0*	6.6		8.0		4.1	1.0	1.1	0.1	0
	Intestine	0	(feeding)	0*	0.1		0.5		0.3	0.2	0.1	0.1	0
	Bile	+		+*	—		—		—	—	+	+	+
Compound diet	Stomach	0		2.3		2.0		2.7		0.4	0	0	0
	Intestine	0	(feeding)	0.3		0.8		0.4		0.4	0	0	0
	Bile	+		±		±		±		±	+	+	+

* One fish.

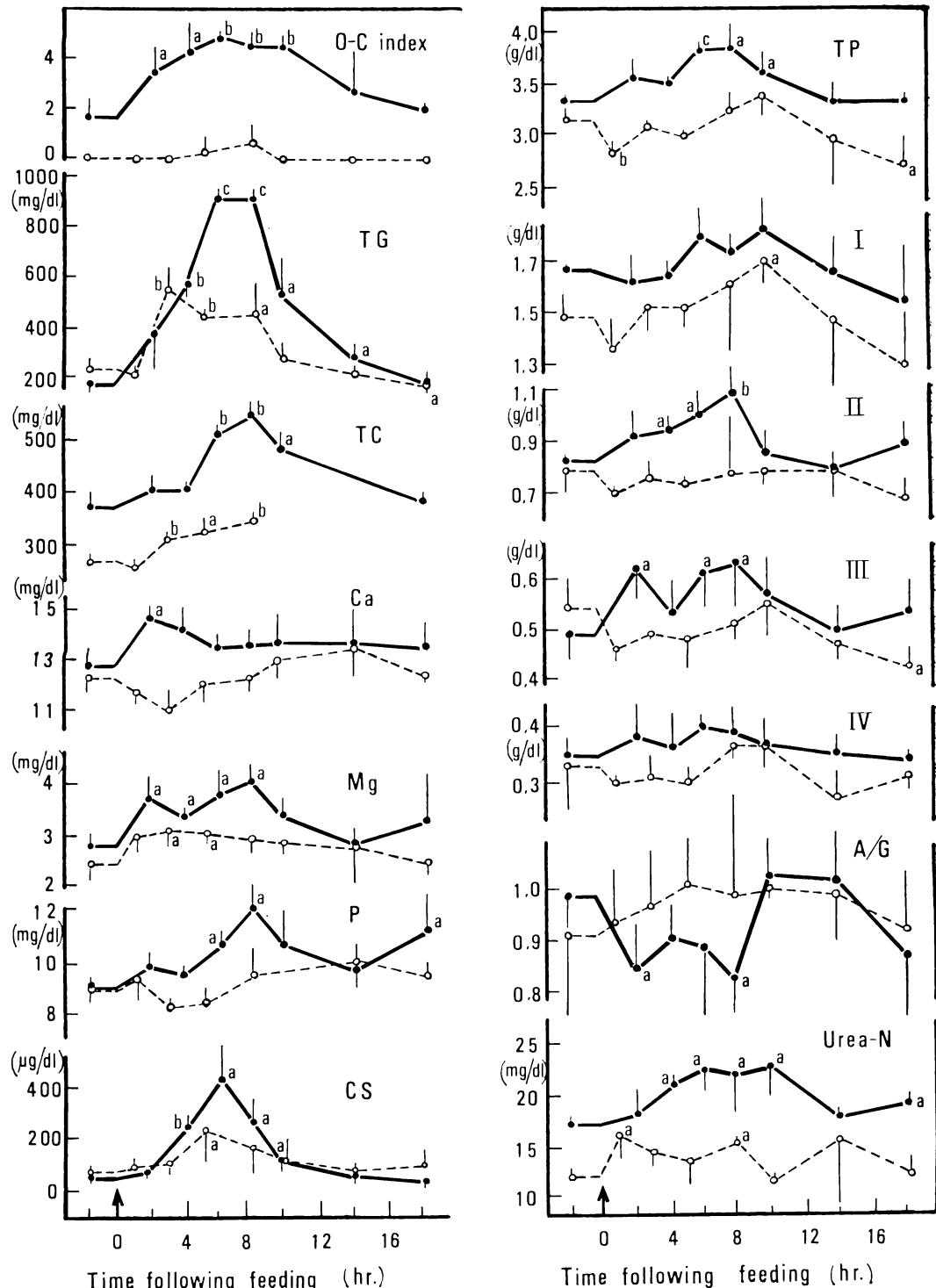


Fig. 1. Variations following feeding in serum levels of orange color index (O-C index), triglyceride (TG), total cholesterol (TC), calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphate-P (P), corticosterone (CS), total protein (TP), I-IV fractions of protein, A/G and urea-N in yellow-tail fed on raw fish (—●—) or the compound diet (---○---). Results are given as the mean \pm S.D. from 3 to 5 fish.
a, b, and c: Significantly different from the values before feeding at $P < 0.05$, $P < 0.01$, and $P < 0.001$, respectively.

尿素-N量 生餌区では食後増加し、6~10時間で最高値を示し、14時間後に元の値に戻った。1時間後の値は16.2 mg/dlで、食前値に比べて差がみられなかった。配合区では1時間後に急増し、8時間後まで続いた。ヒトでは食後僅かに増加するといわれている(Annino and Relman, 1959; 浦壁ら 1973)。

カルシウム量 生餌区では2時間後に最高値を示し、その後は18時間まで僅かであるが高値が続いた。1時間後の値は12.7 mg/dlで、食前値と差がなかった。配合区では逆に食後減少し、3時間後に最低値を示して、以後増加したが、食前値に対しては統計的に有意な変動ではなかった。しかし、最低値に対して14時間後の値は有意に増加している($P < 0.05$)。蛋白量との間に相関がみられなかったことから、主にイオン型カルシウムの変動によると思われる。

マグネシウム量 生餌区では2時間から8時間後にかけて高値がみられた。1時間後の値は2.39 mg/dlで、食前値より僅かに低いだけであるが、池田ら(1976)に示したように摂餌しない場合でも午前6時から10時における増加するため、ここでみた1時間後(午前9時)の値はかなり低いものとなる。配合区では食後1時間から増加し、8時間後まで続いたが増加率は生餌区より低かった。ヒトではマグネシウムを摂取すると、1時間後より吸収が始まり8~12時間続くが最高値は4時間後といわれている(Aikawa et al., 1958)。

マグネシウム・カルシウム比 生餌区では食前値0.22に対して、食後増加し8時間後に最高値0.30を示し、その後減少して14時間後には最低値0.21を示した。配合区でも変動傾向、値共に生餌区の結果に近かった。

無機燐量 生餌区では8時間後に最高値を示した。1時間後の値は7.2 mg/dlで、食前値に比して低かった。配合区では3~5時間後の値は減少しており、その後増加しているが統計的に有意差はなかった。ヒトでは食後45分で減少し、2時間後には食前値に戻るといわれている(Annino and Relman, 1959)。

コルチコステロン量 生餌区では食後4時間から増加し始め、6時間後に最高値を示した。配合区も生餌区に似た変動傾向を示したが最高値は低かった。測定方法からみて、この値には他のステロイドも一部に含まれている可能性もある。

考 察

血清成分量に食後変動を起こさせる原因としては餌料の消化・吸収に由来するもの、内因性のもの、この双方に由来するものなどがある。内因性のものには摂餌しな

い場合の日内変動(池田ら, 1976)によるものや、摂餌ストレスに由来するものなどが考えられる。摂餌ストレスに由来する量は摂餌しない場合の日内変動曲線と食後変動曲線の差、ここでは両実験で共通している午前6時の値を100%とした相対値の差で推測できる。

本結果を上記の観点から検討すると、餌料の消化・吸収に由来する成分として血清の橙色々素やトリグリセライドが代表とされる。血清濃度は消化管内の餌の存在状態や消化・吸収状態と深い関係にあり一峯性の食後変動を示す。カルシウムや無機燐は食後長時間に亘って増加がみられるが、これは餌料中の骨成分の吸収によるものであろう。餌料とともに摂取される海水も血清成分量に変動を与えるであろう。

内因性のものとしては、蛋白、尿素-N、コレステロールおよび摂餌しない時でも昼間増加するマグネシウムや無機燐(池田ら, 1976)が考えられる。これら成分は日内変動を差し引いても食後6~10時間では明らかに増加が認められ、その差は給餌前の値の10~30%にも及んだ。蛋白分画のIIとIIIには明らかな食後変動がみられた。その理由は主に肝臓における蛋白の生成促進や動員が、消化・吸収の刺激によって起こったためと思われる。一部には消化管から吸収されたアミノ酸がこのような形となって血中に出て来る可能性もあるうし、吸収された脂質や無機物の担体として出る可能性なども考えられよう。尿素-Nと無機燐の増加は体蛋白の異化によると考えられ(浦壁ら, 1973)、摂餌に伴う代謝亢進を反映していると思われる。総コレステロールの食後増加は胆汁分泌に伴う肝臓での生成増加や腸肝循環に由来するものと思われる。食後に血清コルチコステロン量が増加したことは、哺乳類ではカルシウムやマグネシウムがコルチコイドの生成を促進させること(川村ら, 1972; 渡辺, 1975)からみて、食後1~2時間にみられた無機物量の変動が何らかの影響を及ぼしている可能性もある。川村(私信)もこの可能性を認めている。

食直後に一過性に減少する成分に総コレステロール、蛋白、無機燐およびマグネシウムがあった。摂餌開始による一時的な擾乱によるとみられるが説明は容易でない。総コレステロールの減少はネズミでみられている(Eriksson, 1957)ように、胆汁が胆嚢から腸へ排泄されることにより胆汁生成促進が起こり、血中コレステロールが肝臓へ取り込まれるためと考えられる。摂餌に伴う血液の pCO_2 の変動(Annino and Relman, 1959)や消化液や胃酸の分泌などの関係も無視できないであろう。

摂餌しない時には多くの血清成分に夜間減少する傾向

がみられた(池田ら, 1976)。しかし、摂餌した場合には前者ほどの減少がみられなかつことは興味ある現象であるが、この相違の説明は難かしい。

本結果からみた配合区の特徴はまず橙色々素の欠除である。これは栄養学的な面のみならず、飼料による体色の違いとも関係あるかも知れない。カルシウム、マグネシウムおよび無機磷の血中濃度が低いことは飼料のもつ形態と成分に原因する吸收不全が考えられる。哺乳類ではマグネシウムは胆汁酸の生成を促がし(永田, 1970), Oddi 氏括約筋を弛緩させ利胆作用を有する(加藤・山内, 1969)ことが知られている。配合区での胆汁生成あるいは腸への排泄不全にマグネシウム値の低いことが関与しているかも知れない。また、カルシウムやマグネシウムはコルチコステロン始め多くのホルモンの生成や分泌にも関与し、膜透過や酵素の賦活にも重要な働きをしている。これら成分の血中濃度の低いことは種々の代謝系に影響を及ぼしていると考えられる。本実験でみた配合区の血清コルチコステロン量の食後の増加量は生餌区のそれに比して少なかったが、食前および食後 10 時間以降の値には差がみられなかつた。池田ら(1976)でみた結果との違いは、配合飼料で飼育した期間の差によると推察される。

最後に、食後変動が消失するまでの時間を生餌区についてまとめてみると、食後 14 時間を要するもの：総蛋白、その分画、A/G、尿素-N、マグネシウムおよびコルチコステロン、18 時間：トリグリセライド、総コレステロールおよび橙色々素、18 時間以上：カルシウムと無機磷であった。この結果から採血条件を検討すると、例えば 15 時に給餌したとき、翌日の 9 時には 18 時間を経過したことになり、日内変動の結果(池田ら, 1976)と考え合せて、10~15 時頃に採血すれば安全であると考えられる。

謝 辞

本研究に際し、御協力いただきました東京慈恵会医科大学薬理学教室の川村将弘・中村幹雄両先生に深謝するとともに、御便宜をいただきました和歌山県水産増殖試験場の皆様にお礼申し上げます。

引 用 文 献

- Akikawa, J. K., E. L. Rhoades, and G. S. Gordon. 1958. Urinary and fecal excretion of orally administered Mg²⁺. Proc. Soc. Exp. Biol. Med.,

98: 29~31.

- Annino, J. S. and A. S. Relman. 1959. The effect of eating on some of the clinically important chemical constituents of the blood. Am. J. Clin. Path., 31: 155~159.
- Eriksson, S. 1957. Biliary excretion of bile acids and cholesterol in bile fistula rats. Bile acids and steroids. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 94: 578~582.
- 池田弥生・尾崎久雄・沢田茂樹・藤井淳司・荒木育生. 1976. 養殖ハマチの血清成分量にみられる日内変動. 魚類学雑誌, 23 (2): 93~99.
- 加藤嘆一・山内 真. 1969. 体液バランスの基礎と臨床. 文光堂, 東京, pp. 155~165.
- 川村将弘・中村幹雄・松葉三千夫. 1972. 副腎皮質ミトコンドリアクリステ膜における corticoidsgenesis 及び corticoidsgenesis に参与する電子伝達系に対するニッケルイオンの影響. 日本国内分泌学会誌, 47: 891.
- 永田直一. 1970. 細胞レベルにおけるマグネシウムの作用. 代謝, 7: 578~585.
- Nose, K. 1973. Changes in pattern of free plasma amino acid in rainbow trout after feeding. Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., 22: 137~144.
- Phillips, A. M., Jr. 1961. Effect of water temperature and diet on the blood glucose of brook trout. Prog. Fish-Cult., 23: 66~69.
- 示野貞夫. 1974. 魚類の炭水化物代謝に関する研究. 高知大学水産実験所研究報告, (2): 1~107.
- 新間弥一郎・柴田宣和・市村 博. 1974. ニジマスにおける給餌後の血漿脂質の変化. 日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 72.
- 竹田正彦・上岡一児. 1974. ハマチにおける蛋白質の消化吸収-I. 生魚と魚粉の消化過程について. 日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 71.
- Thannhauser, S. J. 1964. Thannhauser's textbook of metabolism and metabolic disorders (ed. by Grune and Stratton), Vol. II, Grune, New York, p. 555.
- 浦壁重治・折田義正・白井大禄・安東明夫・上田尚彦. 1973. 血液化学検査. 日本臨床, 31 (増刊号): 1272~1284.
- 米 康夫・古市政幸・四反田勝久. 1969. 飼料中のグルコースがマダイの成長、飼料効率および魚体、肝臓、血液の諸成分におよぼす影響. 魚病研究, 3: 1~8.
- 渡辺晃祥. 1975. 各種動物の副腎遊離細胞におけるステロイド産生に及ぼすカルシウムの影響. 日本国内分泌学会誌, 51: 580~588.

(池田・尾崎・沢田・藤井: 108 東京都港区港南 4-5-7
東京水産大学; 荒木: 455 名古屋市港区千鳥 2-9-16
ニップン飼料株式会社技術部研究所)