



Title	サクラマスの脂質 - . : 海水生活初期におけるサクラマス幼魚筋肉脂質の脂質組成と脂肪酸組成の変動
Author(s)	太田, 亨
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 27(1), 30-36
Issue Date	1976-06
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23581
Type	bulletin (article)
File Information	27(1)_P30-36.pdf



[Instructions for use](#)

サクラマス¹⁾の脂質 -IV.

海水生活初期におけるサクラマス幼魚筋肉脂質の
脂質組成と脂肪酸組成の変動

太田 亨*

Lipids of Masu Salmon-IV.

Changes of lipid composition and fatty acid composition
in flesh lipids of juvenile masu salmon in the
early stage of sea water life

Tōru ŌTA*

Abstract

The lipid class distribution and the fatty acid composition in each lipid class of the flesh lipids of the juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in the early stage of sea water life were investigated, and were compared with the previous results with regard to the flesh lipids of river-caught juvenile masu salmon.

Squalene was a major component of hydrocarbons in the flesh lipids, but pristane which was not detected in the flesh lipids of river-caught masu salmon was present as a minor component.

Triglycerides in the total lipids decreased at the early stage of sea water life and increased at the end of June. The content of phospholipids in the flesh did not change much during early life in sea water (about 800 mg/100 g of flesh). In the fatty acids of triglycerides, the ratio of (18:2+18:3) to the polyenoic acids, C₁₆ and C₁₈ acids decreased, while the ratio of total ω3 to ω6 fatty acids, C₂₀ and C₂₂ acids increased.

The fatty acid composition in sterol esters contained more 20:5ω3 at the early stage in sea water life than that in other lipid classes. Palmitoleic and oleic acids in sterol esters increased; on the contrary, 20:5ω3 and 22:6ω3 progressively decreased with the growth of the fish in sea water.

It was considered that the fatty acid composition in the flesh lipids of the juvenile masu salmon in the early stage of sea water life was rapidly converted from fresh-water fish type to marine fish type by the effects of marine environmental factors and that sterol esters played an important role in lipid metabolism.

緒 言

サケマス幼稚魚の降海時期における含有脂質の変動に関しては Sandler¹⁾, Parker²⁾ の研究があり、降海した初期では魚体中の脂質含量および脂質構成脂肪酸中で総モノエン酸量が減少することが明らかにされている。しかしこの時期において他の脂質成分がどのように変化するかについては調

* 北海道大学水産学部魚油化学講座
(Laboratory of Chemistry of Fish Oil, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

べられていない。

著者は魚類が発育生長する過程で起る体内脂質成分の変動と魚類の生理生態および環境要因などの関連について、サクラマス (*Oncorhynchus masou*) を試料とした実験で検討して来たが³⁻⁵⁾、河川で生長したサクラマス幼魚においても春に降海した場合、生活環境が河川から海へと変化することにより他のサケ・マスと同様に体内の脂質成分もその影響を受けて急速に変化すると考えられるので、この点を明らかにする目的で本報では海水生活初期のサクラマス幼魚筋肉脂質の脂質組成と脂肪酸組成を調べ、さらに降海前のサクラマス幼魚筋肉脂質の脂質成分⁵⁾とも比較しながら、海水生活初期におけるサクラマス筋肉脂質成分の変動に関して検討した。

実験方法

試料魚および脂質の抽出： 実験に供したサクラマスは1972年5月中旬と下旬に北海道上磯沿岸で、また同年6月下旬に北海道日高の様似沿岸で捕獲した。各魚について体長、体重を測定した後、筋肉より Bligh and Dyer 法⁶⁾で脂質を抽出した。

クロマトグラフィー： 脂質分画に用いたケイ酸カラムクロマトグラフィー (CC)、脂質成分の分取精製に用いた薄層クロマトグラフィー (TLC) は前報⁵⁾と同様の方法で行った。脂質成分確認の TLC はワコーゲル B-5 の薄層プレート (厚さ 0.25 mm, 20×20 cm) を用い、110°C で 60 分活性化後、脂質成分を n-ヘキサン-エチルエーテル-酢酸 (90:10:1 または 80:20:1 v/v) で展開した。検出試薬は 10% リンモリブデン酸エタノール溶液を用いた。炭化水素、ステロールおよび脂肪酸のガスクロマトグラフィー (GLC) による分析は 10% DEGS カラムおよび 2% OV-17 カラムを使用し、ステロールは酢酸エステル、脂肪酸はメチルエステルとした後、前報⁵⁾と同様の条件で行った。

結果および考察

脂質含量の変動： 試料魚の体長、体重および筋肉中の脂質含量を表1に示す。前報⁵⁾で明らかにしたように降海前の降海型サクラマスの筋肉中の脂質含量は 1.9% と河川残留型 (4.2%) の約 1/2 であったが、海水生活初期の5月中旬および下旬ではそれぞれ 1.5%、1.4% と降海前よりもさらに脂質含量が減少する傾向が認められた。また沖合深層へと移動をはじめる前の6月下旬⁷⁾⁸⁾では体長も大きくなり、筋肉中の脂質含量も 2.7% と増加した。このような海水生活初期の脂質含量の減少はサケ (Chum salmon)¹⁾ やカラフトマス (Pink salmon)²⁾ における変動と同様であり、生活環境が変ることによる食餌の質、量的な変化や外部環境に対応するために脂質代謝が活発となり、脂質がエネルギー源として利用されることが原因と考えられる。

脂質組成の変動： 表2にサクラマス筋肉脂質の脂質組成を示す。表2に示した脂質成分のほか TLC による分析結果から、ワックスエステル、シアシルグリセリルエーテルおよび脂肪アルコールなどが微量成分として含まれることがわかった (図1)。

Table 1. *Body length, body weight and lipid content in the flesh of the juvenile masu salmon.*

Date of catch Locality	May 16, '72 Coast of Kamiiso	May 30, '72 Coast of Kamiiso	June 22, '72 Coast of Samani
Number of fish	9	7	2
Sex	Female	Female	Female
Body length (cm)	16.1	14.4	23.9
Body weight (g)	56	41	191
Lipid content in flesh (%)	1.5	1.4	2.7

Table 2. Lipid class distribution in the flesh of the juvenile masu salmon (as per cent of total lipids).

Lipid class	May 16	May 30	June 22
Hydrocarbons	0.1	0.2	0.2
Sterol esters*	0.6	0.5	0.4
Triglycerides	24.9	19.0	50.9
Diglycerides	2.2	1.8	3.6
Free fatty acids	3.8	10.3	8.3
Sterols**	4.6	5.1	3.6
Phospholipids	57.5	60.2	28.9
Unknowns***	6.2	2.9	4.0

* Includes small amounts of wax esters and diacyl glyceryl ethers.
 ** Includes small amounts of fatty alcohols.
 *** Monoglycerides may be present.

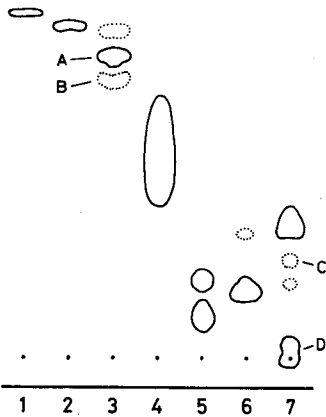


Fig. 1. Thin-layer chromatograms of each fraction in neutral lipids separated by the silicic acid column chromatography.
 1: Hydrocarbon fr., 2,3: Sterol ester fr., 4: Triglyceride fr., 5: Diglyceride fr., 6: Sterol fr., 7: Free fatty acid fr. A-Wax esters, B-Diacyl glyceryl ethers, C-Fatty alcohols, D-Unknowns. WAKOGEL B-5 (0.25 mm), Activation: 110°C, 60 min. Solvent: n-Hexane-Ethyl ether-Acetic acid (No. 1-3 90:10:1 and No. 4-7 80:20:1 v/v)

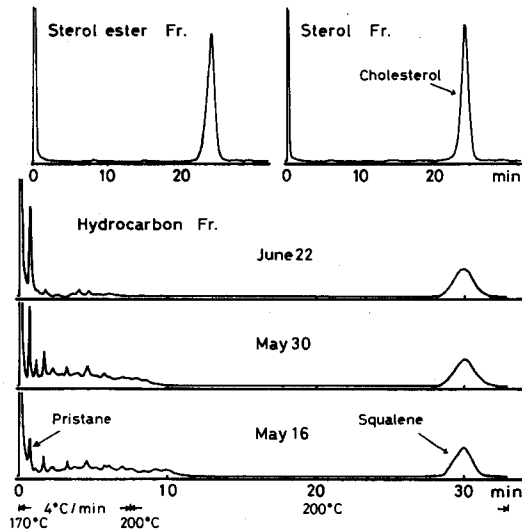


Fig. 2. Gas liquid chromatograms of hydrocarbons and sterol acetates in flesh lipids of the juvenile masu salmon.

脂質成分中その主要なものはトリグリセリドとリン脂質であり、ステロールはエステル型、遊離型とも河川期のサクラマス⁵⁾にくらべやや低含量であった。筋肉 100 g 中のリン脂質量は約 800 mg でほぼ一定の値を示すのに対し、トリグリセリド量は降海後減少した。従って海水生活初期では前述のように筋肉の脂質含量が少なくなるが、減少する脂質成分はトリグリセリドが主であり、リン脂質は大きく変化しないものと思われる。

太田: サクラマス¹の脂質-IV

炭化水素, ステロールの GLC による分析結果は, 図 2 に示すように炭化水素ではスクワレンが主要成分であるが, そのほか河川期のサクラマス筋肉脂質で確認できなかったプリスタンも存在した。しかもプリスタンは海水生活の日数が経過するに従い量が多くなる傾向が認められた。海水生活初期のサクラマスは動物プランクトンを主な餌としており, このように炭化水素中の成分としてプリスタンが検出されるのは, プランクトン脂質の影響を受けた結果と推定される⁹⁾¹⁰⁾。またステロールはコレステロールが主要成分であった。

脂肪酸組成の変動: 筋肉脂質成分中の脂肪酸組成を表 3 に示す。トリグリセリドとジグリセリドの脂肪酸組成は比較的類似しておりモノエン酸量が他成分におけるより多い。これに対し遊離脂肪酸とリン脂質では 16:0 が多く, またリン脂質中の 22:6 ω 3 は特に高含量であった。ステロールエステルの脂肪酸組成は 16:1 量がトリグリセリド, ジグリセリドの場合と類似しているが, 16:0, 18:1 などは

Table 3. Fatty acid composition of lipid classes in flesh lipids of the juvenile masu salmon (%).

Fatty Acid	Sterol esters			Triglycerides			Diglycerides			Free fatty acids			Phospholipids		
	A*	B*	C*	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Saturated acid															
12:0	1.1	2.7	1.4	0.5	0.3	0.2	1.1	0.2	0.3	0.3	Tr	Tr	Tr	0.5	Tr
14:0	1.6	1.7	6.6	5.2	4.9	5.7	4.4	4.3	5.7	2.7	3.1	4.0	1.9	1.5	2.2
15:0	0.7	0.9	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2
16:0	30.1	36.5	24.6	19.9	24.0	20.0	28.8	25.8	17.9	43.5	37.1	35.0	30.1	32.5	27.0
17:0	2.0	2.5	1.4	1.1	1.4	0.7	1.2	1.9	1.0	0.9	1.1	0.8	1.1	1.2	0.7
18:0	2.4	2.2	5.3	4.6	5.3	3.9	3.6	4.3	3.4	3.8	3.4	4.3	4.0	3.4	5.9
Total	37.9	46.5	41.3	31.9	36.5	31.0	39.6	37.2	29.0	51.7	45.0	44.4	37.5	39.5	36.0
Monoenoic acid															
14:1	0.9	1.4	2.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.2	0.2	0.3	0.2	Tr	Tr
15:1	0.4	0.7	0.9	0.1	0.1	0.1	Tr**	0.2	0.2	0.1	Tr	Tr	1.0	0.4	0.2
16:1	7.4	10.0	11.2	11.6	7.2	8.7	8.9	7.3	9.8	5.1	4.5	5.3	4.5	2.8	2.9
17:1***	0.9	1.0	1.3	1.1	0.7	0.8	0.5	0.6	0.9	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4	0.3
18:1	10.9	11.5	14.2	23.3	20.2	21.7	18.1	22.6	24.8	12.8	12.0	15.9	11.2	10.3	13.5
19:1	0.3	Tr	Tr	0.4	0.4	Tr	0.4	0.3	0.3	0.2	Tr	0.5	0.2	Tr	Tr
20:1	1.1	1.0	1.0	3.0	2.5	6.7	2.4	2.3	6.9	1.7	1.2	4.3	0.6	0.8	1.8
22:1	0.8	Tr	Tr	1.9	1.2	4.2	1.2	1.4	3.7	1.1	Tr	1.9	—	—	0.5
24:1	Tr	Tr	3.1	1.1	0.6	0.5	Tr	1.0	0.8	Tr	Tr	Tr	0.4	Tr	Tr
Total	22.7	25.6	34.3	43.0	33.3	43.1	31.8	36.1	48.0	21.7	18.3	28.8	18.6	14.7	19.2
Polyenoic acid															
18:2 ω 6	1.2	1.4	2.2	3.9	2.3	1.7	2.3	2.0	1.7	1.5	1.9	1.3	1.3	1.3	0.6
18:3 ω 3	0.8	1.2	0.9	3.0	1.6	1.3	2.0	1.2	1.4	1.7	1.7	1.3	1.2	1.3	0.5
18:4 ω 3	0.8	0.8	1.1	1.7	2.1	2.3	1.4	1.3	1.9	0.9	0.9	1.5	0.4	1.1	0.5
20:2 ω 6	Tr	Tr	0.6	0.4	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
20:3 ω 6	Tr	Tr	Tr	0.4	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
20:4 ω 6	2.1	1.5	1.5	1.0	1.0	0.6	1.2	1.3	0.7	1.7	1.5	0.7	2.3	2.6	0.9
20:4 ω 3	2.1	1.8	5.4	1.5	1.7	1.2	1.0	1.2	1.9	1.5	1.6	1.4	1.3	1.7	0.9
20:5 ω 3	17.0	11.3	6.3	4.2	6.0	7.0	5.6	4.3	5.3	8.7	11.6	9.0	8.5	8.8	7.6
21:5 ω 2?	Tr	Tr	Tr	0.5	Tr	0.4	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0.4	—	Tr
22:5 ω 3	1.2	1.3	1.0	1.8	2.0	2.4	1.9	1.7	1.7	1.3	2.0	1.7	2.1	2.9	2.2
22:6 ω 3	14.2	8.6	5.4	6.7	13.5	9.0	13.2	13.7	8.4	9.3	15.5	9.9	26.3	26.1	31.6
Total	39.4	27.9	24.4	25.1	30.2	25.9	28.6	26.7	23.0	26.6	36.7	26.8	43.8	45.8	44.8

* A-May 16, B-May 30, C-June 22 ** Trace *** Includes 16:2 ω 4

Table 4. *Fatty acid chain length composition and several ratios of fatty acids in triglycerides of flesh lipids of the juvenile masu salmon.*

	Fresh-water*	Sea water		
	Apr. 30	May 16	May 30	June 22
Fatty acid chain lengths (%)				
C ₁₂	0.7	0.5	0.3	0.2
C ₁₄	4.9	5.7	5.3	6.1
C ₁₅	0.9	0.7	0.7	0.6
C ₁₆	35.6	31.5	31.2	28.7
C ₁₇	2.5	2.2	2.1	1.5
C ₁₈	45.7	36.5	31.5	30.9
C ₁₉	0.3	0.4	0.4	Tr**
C ₂₀	6.8	10.5	11.2	15.5
C ₂₁	—	0.5	Tr	0.4
C ₂₂	2.6	10.4	16.7	15.6
C ₂₄	—	1.1	0.6	0.5
Ratios				
16:0 as % of saturated acids	65.3	62.4	65.8	64.5
16:0/16:1	1.5	1.7	3.3	3.0
16:0/(16:1+18:1)	0.54	0.57	0.88	0.66
(20:1+22:1+24:1)/Monoenoic acids	0.02	0.14	0.13	0.26
(18:2+18:3)/Polyenoic acids	0.6	0.3	0.1	0.1
Σω3/Σω6	1.9	3.3	8.2	10.1

* Data quoted from the previous paper⁵⁾ about river-caught masu salmon. ** Trace

リン脂質における含量と類似している。20:5ω3 は降海した初期の5月中旬で 17.0% と他の成分におけるより含量が多かった。

サクラマス河川から海への移行過程における脂肪酸の変動をトリグリセリド構成脂肪酸についてみると、表4に示す数種の脂肪酸の比率¹¹⁾からもわかるように淡水、海水期とも 16:0 量に大きな変動はなく総飽和酸中の 16:0 の割合は約 65% と一定している。16:1 および 18:1 は降海後減少の傾向があり、従って 16:0/16:1 比、16:0/(16:1+18:1) 比は増大した。これに対し 20:1 は降海後増加し、さらに 22:1, 24:1 も検出され、この結果総モノエン酸量に対する (20:1+22:1+24:1) の比は淡水期の値にくらべ高い値を示した。ポリエン酸中淡水期で含量が多かった 18:2ω6, 18:3ω3 は降海後だけに減少し、20:5ω3, 22:6ω3 は逆に増加した。このようなポリエン酸の変動は (18:2+18:3)/総ポリエン酸量比および Σω3/Σω6 などの値にも示されている。Saddler ら¹⁾ はサケ (Chum salmon) が降海した初期では脂質構成脂肪酸中モノエン酸が減少するのに対し、ポリエン酸が増加することを明らかにしたが、サクラマスの場合も類似の傾向を示した。

淡水魚と海産魚脂質構成脂肪酸における相違については、すでに知られているように淡水魚では 16:1, 18:2ω6, 18:3ω3 が多く、海産魚では 20:1, 22:1, 20:5ω3 および 22:6ω3 が多い⁹⁾¹¹⁾¹²⁾。サクラマスが河川から海へと移動するに従い脂質構成脂肪酸の中で C₁₆ および C₁₈ 酸の減少と C₂₀, C₂₂ 酸の増加が認められるが、降海後のサクラマス筋肉脂質成分は餌脂質などの影響を受けて急速に変化するものと考えられ、表4に示した脂肪酸比の変動は脂質構成脂肪酸の淡水魚型から海産魚型への変化の過程をよく表していると言える。

ステロールエステル中の脂肪酸はさきにも述べたように降海した初期で 20:5ω3 量が多いが、この傾向は河川期のサクラマス筋肉脂質でも同様であり、しかも河川残留型が 7.6% に対し降海型では 9.3% と降海型の方で含量が多かった⁵⁾。Addison ら¹³⁾ はタラ (*Gadus morhua*) 筋肉の脂質成分を

太田： サクラマス¹⁴⁾の脂質-IV

調べ、トリグリセリド中の 20:5 ω 3 量が 7.3~8.9% であるのに対しステロールエステルでは 25.9~27.5% と高含量であると報告している。また Glomset¹⁴⁾ は血漿中の コレステロールエステルが Lecithin-cholesterol acyltransferase (LCAT) によってレシチンの 2 位の脂肪酸とコレステロールから生成されると述べていることから、ステロールエステル構成脂肪酸の中で 20:5 ω 3 が多いのはリン脂質の脂肪酸に原因するのかもしれない。さらにステロールエステルを構成する脂肪酸の変動についてみると、降海した初期に高含量であった 20:5 ω 3 や 22:6 ω 3 は降海後の日数が経過するとともに減少するのに対し、16:1, 18:1 などは増加する傾向を示すが、これはトリグリセリドにおける上記脂肪酸の場合とは逆の変動となっている。このような脂肪酸の変動と、ステロールのエステル化の際には脂肪酸の不飽和度が大きくなるほどエステル化が促進される¹⁵⁾ ことをあわせて考察すると、降海した初期では脂質の代謝が活発であると推定され、またこの時期のサクラマス体内における脂質代謝にステロールエステルが密接に関与しているものと考えられる¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾。

要 約

海水生活初期におけるサクラマス筋肉脂質の脂質組成と脂肪酸組成を調べ、降海初期の脂質成分の変動について検討した。その結果を要約すると次のとおりである。

- 1) 炭化水素の主成分はスクワレンであるが、河川期のサクラマス筋肉脂質では検出されなかったプリスタンも存在した。
- 2) トリグリセリド量は脂質含量の変動と同様に降海初期において減少するが、沖合へ移動をはじめの時期には増加した。一方、リン脂質量は大きな変動はなく、筋肉 100 g 中約 800 mg であった。
- 3) トリグリセリド構成脂肪酸のなかで、C₁₆, C₁₈ 酸量や (18:2+18:3)/総ポリエン酸量比は降海後減少し、C₂₀, C₂₂ 酸量および $\Sigma\omega 3/\Sigma\omega 6$ 比は逆に増加した。
- 4) ステロールエステルの構成脂肪酸は他の脂質成分のそれとは異なり、降海初期では 20:5 ω 3 が多い。さらに、16:1, 18:1 は海水生活が長くなるとともに増加し、20:5 ω 3, 22:6 ω 3 は減少するなど、トリグリセリドにおけるこれら脂肪酸の変動とは逆の傾向を示した。
- 5) 海水生活初期のサクラマス体内における脂質の代謝は活発であり、さらに餌など外部環境の影響を受けて、筋肉脂質構成脂肪酸は急速に淡水魚型から海産魚型へと変換するものと思われる。そしてこの時期の脂質代謝にステロールエステルが密接に関与していることが推定された。

この報告を終るにあたり、本稿の校閲をいただいた北海道大学水産学部高木 徹教授に謝意を表します。

文 献

- 1) Saddler, J.B., Koski, K.V. and Cardwell, R.D. (1972). Fatty acid alterations during migration and early sea water growth of chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Lipids* 7, 90-95.
- 2) Parker, R.R. and Vanstone, W.E. (1966). Changes in chemical composition of central British Columbia pink salmon during early sea life. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 23, 1353-1384.
- 3) 太田 亨・山田 実 (1971). サクラマス *ONCORHYNCHUS MASOU* の脂質. 第1報 変態時期におけるサクラマス幼魚の脂質含量および脂肪酸組成の変動とそれらにおよぼす光の影響について. 北大水産彙報 22, 151-158.
- 4) 太田 亨・山田 実 (1974). サクラマスの脂質-II. 河川で生活するサクラマス幼魚の筋肉脂質の季節的変動. 日水誌 40, 699-706.
- 5) 太田 亨・山田 実 (1974). 同上-III. 降海時期における河川残留型および降海型サクラマス

- 幼魚の脂質組成の相異, 同誌 40, 707-713.
- 6) Bligh, E.G. and Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911-917.
 - 7) 大野磯吉 (1933). 北海道産サクラマス在生活史. 鮭鱈彙報 5, 15-26.
 - 8) 久保達郎 (1968). ます類の増殖について. さけとます 15, 11-23.
 - 9) Yamada, M. (1972). New observations on the lipids of aquatic origin. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 19, 35-136.
 - 10) Avigan, J. and Blumer, M. (1968). On the origin of pristane in marine organisms. *J. Lipid Res.* 9, 350-352.
 - 11) Ackman, R.G. (1967). Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with marine oils and lipids. *Comp. Biochem. Physiol.* 22, 907-922.
 - 12) 新聞弥一郎・田口脩子 (1964). 魚類背肉中のコレステロール量と脂肪酸組成について. 日水誌 30, 179-188.
 - 13) Addison, R.F., Ackman, R.G. and Hingley, J. (1968). Distribution of fatty acids in cod flesh lipids. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 25, 2083-2090.
 - 14) Glomset, J.A. (1968). The plasma lecithin: cholesterol acyltransferase reaction. *J. Lipid Res.* 9, 155-167.
 - 15) Stefanovich, V. (1969). Cholesterol esterification in rabbit plasma. *Biochem. J.* 115, 555-561.
 - 16) Phleger, C.F. (1971). Liver triglyceride synthesis failure in post-spawning salmon. *Lipids* 6, 347-349.
 - 17) 渡辺悦生・安藤一夫 (1972). ニジマス卵発生中におけるコレステロールの消長. 日水誌 38, 711-715.
 - 18) Kluytmans, J.H.F.M. and Zandee, D.I. (1973). Lipid metabolism in the northern pike (*Esox lucius* L.) - II. The composition of the total lipids and of the fatty acids isolated from lipid classes and some tissues of the northern pike. *Comp. Biochem. Physiol.* 44B, 459-466.