



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	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
Author(s)	太田, 亨; ŌTA, Tōru; 山田, 実 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 22(2), 151-158
Issue Date	1971-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23447
Type	departmental bulletin paper
File Information	22(2)_P151-158.pdf



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

太田 亨*・山田 実*

Lipids of *Masu* Salmon *ONCORHYNCHUS MASOU*

I. Variations of the Lipid Content and the Fatty Acid Composition of
Juvenile *Masu* Salmon during the Period of Smolt-Transformation,
and on the Influence of Light upon those Variations

Tōru ŌTA and Minoru YAMADA

Abstract

The purpose of this work was to investigate the variations of the lipid content and the fatty acid composition in the muscle of the cultivated juvenile *Masu* salmon during the period of smolt-transformation, and the influence of light upon those variations.

The lipid content of the control group decreased rapidly at the mid-smolt stage, but remained almost unchanged from the mid-smolt stage to the post-smolt stage. On the contrary, the lipid content of the illuminated group was held constant from the pre-smolt stage to the mid-smolt stage, but decreased gradually from the mid-smolt stage to the post-smolt stage and it was smaller than that of the control group at the post-smolt stage.

The contents of the total saturated and monoenoic acids decreased from the pre-smolt stage to the post-smolt stage in both groups. Especially, the rate of the decrease of the total monoenoic acids was greater in the illuminated group than in the control group at the post-smolt stage.

It was estimated that hexadecanoic acid and octadecenoic acid were mainly used as the source of energy during the period of smolt-transformation.

The fact that light accelerates transformation of the juvenile *Masu* salmon at the early stage, but delays it at the latter stage in the period of smolt-transformation,⁵⁾ also became clear from the variations of the lipids in the muscle of the juvenile *Masu* salmon.

緒 言

サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の一生を通じての生活様式は他のサケ、マス類と同様にその形態や生理機能に応じて生態学的にいくつかの段階に区分され、おのおの名称があたえられている。生物体内におけるエネルギー源としての脂質の役割についてはすでに多くの研究者によって報告されているが、サクラマスの成長過程においても生理機能の変化にともない含有脂質は量的、質的に変

* 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)

動してゆくものと考えられる。特に、サクラマス幼魚が変態して淡水から海水へ降海移動をはじめるときには外部環境に適應するため塩分調節機能をもつことが知られており、このような生理機能の変化とともに体内の脂質もなんらかの変動をおこすものと考えられる。また、一般に魚類の成長には外部の環境要因が大きく支配し、その主なものとして光エネルギー、水温および餌料などがあげられている²⁾。これらのものは魚類の含有脂質にも影響をあたえる要因になると考えられ、すでに Reiser ら³⁾、Knipprath ら⁴⁾、豊水⁵⁾が水温や餌料の影響について報告している。光は魚類の生殖細胞の成熟に大きく影響し、カワマスについておこなった実験では強い照明を受けた魚群は普通の照明下の魚群にくらべて成熟が促進される。しかしながら光は生殖腺を強く發育させる作用をあたえたあとで生殖腺の發育を急激に低下させることもある⁶⁾。久保⁷⁾はサクラマス幼魚の変態時期に正常の日照のほか、夜間の一定時間人工照明をあたえて飼育した場合、光処理がその初期においてはサクラマス幼魚の変態の促進に役立ち、後期ではその停滞に関与することを見ている。このように光は魚類の生理機能に一定の影響をあたえるものと考えられるが、それが同時に体内含有脂質にどのような変化をあたえるかは興味のある問題である。

著者らは以上の問題の解明のため、サクラマス幼魚を試料としてその変態時期における脂質成分の変化およびこれらにおよぼす光の影響について検討したのでその結果を報告する。

実験方法

試料 実験にもちいたサクラマス幼魚は北大水産学部七飯養魚実習場において飼育されたもので、1963年12月に変態をおこすものと推定される魚体76尾をえらび、これを二つの水槽(縦5.4m, 横1.8m, 水深60cm)にそれぞれ38尾ずつ移し一方の水槽は自然光のもとで、他方の水槽では自然光のほかに人工光(蛍光灯20W, 1個)を夜間6時間水面に照射し、Table 1に示した餌料をあたえて飼育した。これら2群について変態のはじまる1964年3月から5月にかけて約20日間の間隔をおき、毎回数尾を無作意的にとり供試料とした。以下人工光照射下で飼育された魚群を光処理群、無照射の魚群を無処理群と略称する。

脂質の抽出 粗脂質は魚体の筋肉部よりアセトン、エーテルなどの溶剤をもちいて抽出した。脂質の変化を防ぐため抽出、濃縮等は炭酸ガス気流中、減圧下でおこなった。

混合脂肪酸メチルエステルの調製 粗脂質をアセトン処理し、アセトン可溶性脂質を分離した。そのアセトン可溶性脂質から常法により混合脂肪酸を調製し、さらに3% HCl-メタノール溶液をもちいて混合脂肪酸をメチルエステルとした。

ガスクロマトグラフィー 脂肪酸組成の分析はさきに調製したメチルエステルを試料として、柳本ガスクロマトグラフ GCG-2型を使用し伊東⁸⁾の方法と同じく2種のポリエステルカラムをもちいてTable 2に示した条件でおこなった。各成分の同定は標準物との比較または炭素数と相対保持時間(ステアリン酸メチルエステルを100.0とする)の対数値との直線関係によつておこなった。定量値は各成分ピークの面積を半値巾法で求めその百分率であらわした。

結果および考察

脂質含量の変動 光処理群、無処理群各試料魚の体長および脂質含量をTable 3に示した。両群とも変態にともない脂質含量が低下するが、その減少の度合に多少異なった傾向が認められた。通常の日照時間のもとで飼育された無処理群における脂質含量は変態初期より中期にかけて平均値が3.8%から2.3%へと急激に低下したが、その後変態終期までほとんど変化しなかった。このような脂質含量の変動は魚体の生理機能の変化と関連があるようである。すなわち、変態初期より中期にかけては

Table 1. Composition of basal diet (%)

Artificial feed A*	45.2
Artificial feed B**	14.3
Dried neomysis	16.7
Bran	23.8

(Lipid content 5.5%)

* Nihon Haigo Shiryo K.K

** Nihon Kagaku Shiryo K.K

Table 2. Operating conditions of gas-liquid chromatography

Instrument:	Yanagimoto Gas Chromatograph GCG-2
Column:	1) 20% Polydiethylene glycol succinate on Celite 545 (60-80 mesh) 2) 15% Polypropylene glycol succinate on Celite 545 (60-80 mesh) 5 mm i.d. × 2 m
Column temp.:	215°C
Carrier gas:	Helium, Flow rate 60 ml/min
Detector:	TCD, Sens. 2mV, Bridge Curr. 170 mA

脂質は体内で変態のためのエネルギー源として消費される度合いが大きく、たとえこの時期において索餌活動が通常通りおこなわれても脂質の消費をおぎなうまでに至らないことを示すものようである。

一方、光処理群の脂質含量は無処理群の場合と異なり変態初期から中期までは約 4% とほとんど変化しない。しかし中期から終期にかけて徐々に減少し、終期では無処理群より 1% 低い値を示した。久保⁷⁾ はサクラマス幼魚の変態時において人工光による日照時間延長の処理をした場合の魚体成長に対する影響を調べ、変態の初期より中期にかけて体成長は良好であるが、中期より終期にかけては逆に停滞する傾向があることをみている。脂質含量の変動も体成長の変化と同じような傾向を示すものと考えられる。すなわち、光処理が変態初期では魚体の機能に対して効果的に作用し索餌活動を活発にさせ、したがって体成長もよく脂質もその消費を充分おぎない得るよう蓄積される。また中期から終期にかけては光処理が逆に体内の機能をおさえるとともに蓄積されていた脂質は消費され、その結果筋肉中の脂質含量が減少するのであろう。

構成脂肪酸 供与餌料およびサクラマス幼魚の変態初期、終期における脂肪酸組成を Table 4 に示した。サクラマス幼魚脂質構成脂肪酸としては、炭素数 12 より 24 までの約 20 種の飽和、不飽和脂肪酸が検出されたが、この中で 16:0, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2, 18:3, 20:5, 22:6 などがとくに含量が多かった。供与餌料とサクラマス幼魚の脂肪酸組成を比較すると 18:0, 16:1, 22:6 がサクラマス幼魚に多く、逆に 18:2, 20:5 はすくなかった。ここでは餌料の影響を調べることが本来の目的ではないので、基本餌料供与前のサクラマス幼魚の脂肪酸組成については検討を加えなかったが、サクラマス幼魚が餌料中の脂肪酸組成とは異なった組成をもつことから考えると長期間同一餌料で魚を飼育した場合、餌料の影響をある程度受けるとしてもその中で徐々に魚の生理や環境にあうような脂肪酸組成を形成してゆくものと考えられる。

脂肪酸組成の変動 主要脂肪酸および総飽和、モノエン、ポリエン酸含量、また脂肪酸含量比の変態初期より終期にかけての変動を Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Table 5 に示した。両群に共通した主要脂肪酸の変動では、飽和酸のうち 16:0 が減少の傾向があった。モノエン酸では 16:1 は両群とも変態初期より終期にかけて 10% 前後でほとんど変化しないが、18:1 は無処理群では 27.9% から 24.3% へ、光処理群では 28.3% から 23.2% へといずれも減少した。またポリエン酸では個々の脂肪酸の

Table 3. Body length and lipid content of juvenile *Masu* salmon

Date	Stage	Control group			Illuminated group		
		Sex	Body length (cm)	Lipid content (%)	Sex	Body length (cm)	Lipid content (%)
Mar. 10	Pre-smolt	F*	13.3	3.8	F	13.0	4.6
		F	12.9	3.8	M	12.2	4.1
		F	12.0	4.0	F	10.9	3.6
		M**	12.5	3.6			
				Aver. 3.8			Aver. 4.1
Apr. 1	Mid-smolt	F	11.7	3.5	F	12.7	4.1
		F	11.4	2.8	F	12.8	4.8
		F	10.2	1.8	M	11.2	3.5
		F	9.8	1.5	F	13.1	3.7
		M	10.1	2.0			
		Aver. 2.3			Aver. 4.0		
Apr. 22	Mid-smolt	F	12.4	3.1	F	12.8	3.4
		F	12.1	2.5	F	12.8	3.9
		F	10.7	2.2	F	12.8	2.9
		F	11.3	2.1	F	11.2	2.6
		M	11.9	2.6	F	10.5	2.8
		F	10.9	2.3			
		Aver. 2.5			Aver. 3.1		
May 7	Post-smolt	F	15.0	2.5	F	12.6	2.4
		M	12.5	2.2	M	12.1	2.6
		F	13.2	2.8	F	12.7	2.5
		F	11.8	2.6	F	11.5	3.1
				Aver. 2.5	F	11.6	1.4
					Aver. 2.4		
May 22	Post-smolt	M	14.5	2.4	F	12.7	1.0
		M	14.6	2.9	M	12.8	1.4
		M	12.4	2.1	F	12.8	1.8
		F	12.7	2.5	F	12.3	1.4
		F	13.5	2.0	F	13.0	1.2
		Aver. 2.4			Aver. 1.4		

* Female ** Male

変動にばらつきが多く両群に共通かつ一貫した増減の傾向は認められなかった。両群の総飽和、モノエンおよびポリエン酸含量の変動では、総飽和酸、総モノエン酸含量が減少し、逆に総ポリエン酸含量は増加した。

さきに述べたごとく脂質含量は変態初期から終期にかけて減少したが、これは脂質が魚の生理機能の変化(変態)にともないエネルギー源として消費されたためと推定した。ここに示した脂肪酸の変動結果から考察すると消費される脂肪酸は 16:0, 18:1 が主体をなしていると考えられる。

光の脂肪酸組成に対する影響について 両群の脂肪酸組成の相異を脂肪酸含量比についてみると (Table 5), $\Sigma\omega3/\Sigma\omega6$ 比は実験期間をとおして常に光処理群の方が高い値を示した。これは 18:3 の含量が光処理群で多いことに基因するのであろう。また、変態終期においては 16:1, 18:1 は光処理群の方が含量がすくなかった (Table 4)。総モノエン酸、総ポリエン酸含量についても実験期間中総

Table 4. Fatty acid composition of acetone soluble lipids of basal diet and juvenile *Masu* salmon (%)

Fatty acid	Basal diet	<i>Masu</i> salmon			
		Control group		Illuminated group	
		Mar. 10	May 22	Mar. 10	May 22
Saturated acids					
12:0	tr	0.2	0.4	0.3	0.4
14:0	1.6	2.4	2.3	2.0	1.8
15:0	0.5	0.5	0.7	0.4	0.6
16:0	18.9	19.1	17.0	17.9	16.8
17:0*	1.2	0.7	1.3	0.7	1.3
18:0	3.3	5.7	5.8	5.8	5.4
Total	25.5	28.6	27.5	27.1	26.3
Monoenoic acids					
14:1	tr	0.4	0.9	0.4	0.6
15:1	tr	tr	tr	tr	tr
16:1	4.6	10.6	10.8	9.5	9.3
17:1**	tr	0.8	1.7	1.1	1.6
18:1	24.1	27.9	24.3	28.3	23.2
20:1	1.9	2.2	1.8	1.3	1.5
22:1	1.6	0.7	0.7	0.7	0.8
24:1	tr	tr	tr	tr	tr
Total	32.2	42.6	40.2	41.3	37.0
Polyenoic acids					
18:2	25.1	10.3	11.4	8.5	12.2
18:3	2.2	1.9	2.9	4.8	3.7
18:4	1.2	1.7	2.2	1.5	2.0
20:2	tr	0.4	0.7	0.5	0.7
20:3	tr	tr	tr	tr	tr
20:4	0.9	0.8	1.3	1.5	1.8
20:5	8.4	4.9	5.4	4.1	5.7
22:5	tr	0.4	1.2	1.2	1.2
22:6	4.5	8.4	7.2	9.5	9.4
Total	42.3	28.8	32.3	31.6	36.7

* Includes 16:2

** Other acid may be present

モノエン酸含量は光処理群の方がすくなく、逆に総ポリエン酸含量は多かったが、とくに変態終期では両群における差が変態初期や中期より大きくなっている。また光処理群における5月7日から5月22日にかけてのポリエン酸の変動をみると18:2が12.8%から12.2%へ、18:3が6.6%から3.8%へと減少するに對し20:5は4.7%から5.7%へ、22:6が7.7%から9.4%へと増加した。18:2、18:3はいずれも外因性の脂肪酸であり、18:2、18:3の減少とさきの総モノエン酸含量の減少とをあわせ考えると、これらの変動は光処理が変態終期において魚の索餌活動を低下させるとともに筋肉脂質がエネルギー源として消費される割合を大きくさせた結果と推定できよう。また、20:5、22:6の増加は18:3から22:6への相互変換を考慮すると18:3の減少と関連があるかもしれないが、光処理が不飽和脂肪酸の相互変換にどの程度関与するかについては今回の実験では結論を出すことはむずかしい。なぜなら今回の試料が変態時期という通常の生活状態とは多少異なった状態のものであり、魚の生体

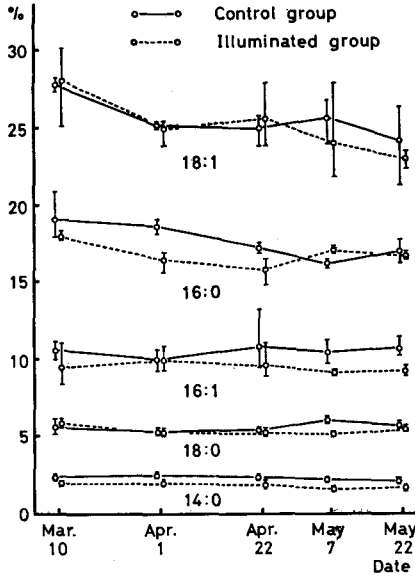


Fig. 1. Variations of saturated and monoenoic acids in acetone soluble lipids of juvenile *Masu* salmon

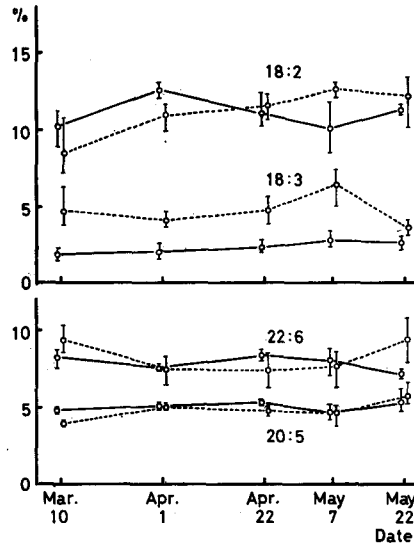


Fig. 2. Variations of polyenoic acids in acetone soluble lipids of juvenile *Masu* salmon

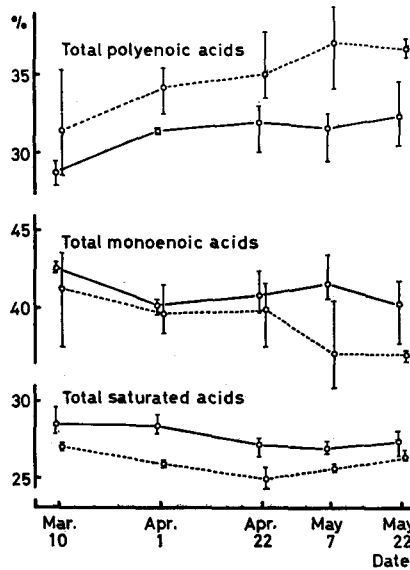


Fig. 3. Variations of total saturated, monoenoic and polyenoic acids in acetone soluble lipids of juvenile *Masu* salmon

Table 5. Variations of several ratios of fatty acids in acetone soluble lipids of basal diet and juvenile *Masu* salmon

Ratios	Basal diet	<i>Masu</i> salmon				
		Mar. 10	Apr. 1	Apr. 22	May 7	May 22
Control group						
16:0/Total sat. acids	0.74	0.67	0.65	0.64	0.61	0.62
16:1/Total mono. acids	0.14	0.25	0.25	0.27	0.25	0.27
18:1/Total mono. acids	0.75	0.65	0.63	0.62	0.62	0.60
$\Sigma_{\omega 3}/\Sigma_{\omega 6}$	0.63	1.52	1.18	1.45	1.48	1.40
Illuminated group						
16:0/Total sat. acids		0.66	0.63	0.64	0.67	0.64
16:1/Total mono. acids		0.23	0.25	0.24	0.25	0.25
18:1/Total mono. acids		0.68	0.63	0.64	0.65	0.63
$\Sigma_{\omega 3}/\Sigma_{\omega 6}$		2.06	1.53	1.53	1.50	1.52

内物質の変動には種々の要因が関連すると思われるからである。したがって光が一般に魚の脂質代謝にどのように関与するかについては、魚の生理状態をよく考慮してさらに検討を加えることが必要と考える。

本実験では、養殖サクラマス幼魚を試料として変態時期における脂質の変動を脂質含量と脂肪酸組成についてのみ考察した。今後は天然の河川に生活するサクラマス幼魚を試料として変態時期ばかりでなくその成長過程中的脂質成分をさらに分画し、トリグリセライド、遊離脂肪酸、リン脂質などの消長を検索する必要がある。これらの資料の集積はサクラマスの資源保護上の問題点を解明するいとぐちとなるに違いない。

要 約

1) 養殖サクラマス幼魚を試料として変態時期における筋肉部の脂質含量と脂肪酸組成を調べ、さらにそれらにおよぼす光の影響について検討した。

2) 無処理群における脂質含量は変態初期より中期にかけて 3.8% から 2.3% へと急激に減少したが、その後変態終期までほとんど変化しなかった。これに対し光処理群の脂質含量は変態初期より中期までは約 4% と変動しないが、中期から終期にかけて徐々に減少し終期では無処理群より 1% 低い値を示した。

3) 両群の総飽和酸、総モノエン酸含量は変態がすすむにつれて減少するが、変態終期における総モノエン酸含量の減少の度合は光処理群の方がはげしい。これらのことは光処理が魚の索餌活動を低下させるとともに筋肉脂質をエネルギー源として消費させた結果と推察される。

4) 変態時期においてサクラマス幼魚脂質中で消費される脂肪酸としては 16:0, 18:1 が主なものであると推定される。

5) 久保⁹⁾ は光処理がサクラマス幼魚の変態時期において、その初期では変態を促進させ後期では停滞させるということを明らかにしているが、脂質成分の変動の点からもこれを確認することができた。

本実験をおこなうにあたり北海道大学水産学部 久保達郎助教授、東北海区水産研究所 小坂淳氏に多大の御助言をいただいた。深く感謝の意を表す。

文 献

- 1) ニコルスキー(1963). 魚類生態学 (亀井健三訳). 316p. 米子; 新科学文献刊行会.
- 2) Reiser, R., Stevenson, B., Kayama, M., Choudhury, R. B. R. & Hood, D. W.(1963). *J. Am. Oil Chem. Soc.* 40(10), 507-513.
- 3) Knipprath, W. G. & Mead, J. F. (1966). *Lipids.* 1(2), 113-117.
- 4) 豊水正道・川崎賢治・富安行雄(1963). 日水誌 29(10), 957-961.
- 5) 久保達郎 (1959). 北海道さけ・ますふ化場研究報告 (14), 15-19.
- 6) 伊東祐隆・福住一雄 (1963). 油化学 12(5), 278-281.
- 7) 久保達郎 (1964). 日本水産学会北海道支部大会講演要旨.