



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	生息深度を異にする海産動物の脂質Ⅴ. : イトヒキダラのロウエステルおよびトリグリセリド組成
Author(s)	林, 賢治; HAYASHI, Kenji; 山田, 実 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 26(4), 356-366
Issue Date	1976-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23574
Type	departmental bulletin paper
File Information	26(4)_P356-366.pdf



生息深度を異にする海産動物の脂質 V.
イトヒキダラのロウエステルおよびトリグリセリド組成

林 賢 治*・山 田 実*

The Lipids of Marine Animals from Various Habitat Depths V.
Composition of wax esters and triglycerides of the
gadoid fish, *Podonema longipes*

Kenji HAYASHI* and Minoru YAMADA*

Abstract

A gadoid fish, *Podonema longipes*, caught from ca. 400-m depth, had larger amounts of the 57.1% total lipids in the liver comparing with the 5.3% or 0.7% of the viscera or flesh. The neutral lipids of the liver contained 24.8% of liquid unsaponifiable matters, consisting largely in fatty alcohols.

By a column and thin-layer chromatographic methods wax esters and triglycerides were fractionated from the neutral lipids of each part, then the compositions of those fractions were determined by gas-liquid chromatography.

In the neutral lipids of the liver wax esters and triglycerides contributed 47.7% and 42.2%, respectively, and the former were predominant over the latter. The fatty alcohols in the wax esters of each part were composed of saturated C₁₂₋₂₁ alcohols and of monoenoic C₁₄₋₂₄ alcohols, and the major 22:1 and 20:1 alcohols remarkably consisted 70.7-74.9% of the total fatty alcohols.

A little difference in the fatty acid compositions between wax esters and triglycerides for each part showed that the contents of the monoenoic fatty acids in the former and the saturated fatty acids in the latter were relatively larger, respectively. The monoenoic fatty acids, consisting in major fatty acids of 16:1, 18:1, 20:1 and 22:1, of the liver yielded larger amounts in both wax esters and triglycerides when compared with those in the viscera and flesh.

緒 言

海産魚に含有される脂質は、一般にトリグリセリドを主成分とする。一方、ボラ (*Mugil cephalus*)¹⁻⁸⁾、メルルーサー (*Merluccius capensis*)^{5,7)}、グーラミー (*Trichogaster cosbyi*)⁸⁾ などの魚卵脂質がロウエステルの非グリセリド脂質を含有することは従来知られている。また、近年、筋肉、肝臓などにロウエステルを多量に含有する数種属の深海魚が見出されている。すなわち、それら深海魚は、アブラソコムツ (*Lepidocybium flavobrunneum*)^{9,10)}、バラムツ (*Ruvettus pretiosus*)^{5,10-14)}、クロオオマトウダイ (*Allocyttus verrucosus*)¹⁵⁾、シーラカンス (*Latimeria chalumnae*)¹⁶⁾ および中・深層性魚類マイクロネクトンのハダカイワシ科 (Myctophidae)、ムネエソ科 (Sterophychidae)、ヨコエソ科 (Gonostomatidae)、トカゲハダカ科 (Astronesthidae)、ハダカエソ科 (Paralepideidae)

* 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)

に属する数種¹⁷⁻²⁰⁾である。

著者らは、水深約 400 m 層より捕獲されたイトヒキダラ (*Podonema longipes*) の肝臓脂質から多量の脂肪アルコールを検出し、ロウエステル²¹⁾の存在を指適した。小森ら²²⁻²⁵⁾ および上野ら^{26,27)}も、イトヒキダラと同一種とみられるウケグチダラまたはトウジン (*Laemonema morosum*) の肝臓脂質からそれぞれドコセノール、多不飽和アルコールを検出している。

本報では、イトヒキダラの肝臓、筋肉、内臓の含有脂質中のロウエステルとトリグリセリド成分について、そのアルコール組成および脂肪酸組成をガスクロマトグラフィーで明らかにしたので、それら成分の特徴について述べる。

試 料

試料としたイトヒキダラは、1969 年 4 月、北海道十勝沖の水深約 400 m 層より捕獲されたものである。試料魚の供試尾数、体長、体重および肝臓重量については、表 1 に示す。

Table 1. Characteristics of 'Itohikidara', *Podonema longipes*, examined.

Fishes	sum	8
Body length, cm	range	40-52
	mean	48
Body weight, gr	range	500-800
	mean	614
Liver weight, gr	range	30-80 (60-80)*
	mean	50 (67)*

* % to viscera wt.

実験方法

中性脂質

イトヒキダラ魚体は、筋肉、肝臓および内臓とに分割処理し、それぞれの部位の全脂質を Bligh & Dyer 法²⁸⁾ に準じて抽出した。次に、常法に従って全脂質よりアセトン可溶性の中性脂質を分別した。中性脂質の酸価、ヨウ素価 (Wijs 法)、ケン化価および不ケン化物含有率を測定²⁹⁾した。

カラムクロマトグラフィー (CC)

遊離脂肪酸の分画 肝臓中性脂質の遊離脂肪酸の分画は、McCarthy³⁰⁾の方法に準じ、珪酸に KOH を含浸させた CC により行った。試料 : 0.603 g, 吸着剤 : 2.0 g KOH/40 ml イソプロパノールで調製した珪酸, 20 g, カラム : 18 mm (i. d.) × 175 mm (high), 溶出溶媒 : エーテル, 2% 脂肪酸-エーテル。遊離脂肪酸は 2% 脂肪酸-エーテルで溶出した。

ロウエステルおよびトリグリセリドの分画 遊離脂肪酸を除いた肝臓中性脂質 (0.593 g) を、150°C で 5 hrs 活性化した珪酸-セライト 545 (2:1 w/w, 20 g) のカラム (18 mm i. d. × 170 mm high) に附した。次いで、ヘキサン, 5%-, 10%-, 30%- および 50%- ベンゼン-ヘキサン, ベンゼン, 80%- ベ

ンゼン-メタノール, メタノールの溶媒を用いて, 1画分 10 ml として各脂質成分に分画し, ローエステルおよびトリグリセリドを得た。

薄層クロマトグラフィー (TLC)

CC により分画した各脂質成分の定性は TLC で行った。プレート板: 20×20 cm, 吸着剤: Wakogel B-5, 250 μ, 活性化: 110°C, 60 min, 展開距離: 12 cm, 試料濃度: 5% soln (クロロホルム), 展開溶媒: ヘキサン-エーテル-酢酸 (90:10:1, v/v), 検出: 重クロム酸カリウム硫酸混液を噴霧後, 180°C, 20 min, oven 中で焦化。

分取 TLC 分取 TLC により筋肉, 肝臓および内臓の中性脂質のローエステルとトリグリセリドを分画した。プレート板: 20×20 cm, 吸着剤: Wakogel B-5, 500 μ, 活性化: 110°C, 60 min, 試料濃度: 10% soln (クロロホルム), 100 mg/plate, 試料を帯状に塗布し, ヘキサン-エーテル-酢酸 (90:10:1, v/v) で 12 cm まで展開した。ローエステルおよびトリグリセリド成分は, プレート上より吸着剤とともに削りとり, エーテル抽出して得た。

ガスクロマトグラフィー (GLC)

脂肪酸分析 脂肪酸を BF₃-メタノール^{3D} にて脂肪酸メチルとしたのち GLC で分析した。その GLC 条件は次の通りである。柳本ガスクロマトグラフ GCG-5DH (FID 検出器), カラム: 10% DEGS (Chromosorb W AW, 80-100 mesh), 3 mm (i. d.) × 1.5 m ステンレスカラム, カラム温度: 180°C, N₂: 0.7 kg/cm², H₂: 15 ml/min, Air: 0.6 l/min.

脂肪アルコール分析 ローエステルを常法によりケン化して, 得られた脂肪アルコールにピリジン (20 倍量, w/w) および無水酢酸 (10 倍量, w/w) を加え, 室温暗所に 24 hrs 放置した。生成した脂肪アルコール・アセテートはエーテル抽出して得た。脂肪アルコール・アセテートの GLC 分析は脂肪酸メチルの場合と同一条件で行った。なお, 脂肪酸および脂肪アルコールの組成比は wt% で表わした。

結 果

脂質含量および中性脂質の性状

イトヒキダラの筋肉, 肝臓, 内臓の全脂質含有率と中性脂質の性状を表 2 に示す。内臓の 60-80 % を占める肝臓は, その全脂質含有率が著しく高く, それに比較して筋肉, 内臓では低かった。全脂質に含まれるアセトン可溶性の中性脂質含有率は, 筋肉, 内臓に比較して, 肝臓で高値を示し, このこ

Table 2. Total lipid contents and properties of the neutral lipids in flesh, viscera and liver from 'Itohikidara', *Podonema longipes*.

	Flesh	Viscera	Liver
Total lipid %*	0.7	5.3	57.1
Neutral lipid %**	73.4	54.0	98.5
Acid value	4.5	2.9	1.3
Iodine value (Wijs method)	178.2	129.9	112.8
Sap. value	154.6	134.2	133.9
Unsap. matter %	9.5	19.1	24.8

* % to wet weight. **% to total lipid.

Table 3. Major fatty acids of the neutral lipids in flesh, viscera and liver from 'Itohikidara', *Podonema longipes*. (% wt).

Fatty acid	Flesh	Viscera	Liver
	%		
14:0	2.2	3.1	4.2
16:0	23.6	14.8	13.5
18:0	2.8	2.5	2.0
16:1	4.3	7.5	8.8
18:1	20.0	28.8	28.9
20:1	6.6	11.1	12.5
22:1	5.3	9.1	11.4
20:5	9.9	6.7	5.1
22:6	18.6	5.8	2.8
Saturated acid	30.7	23.9	23.5
Monoenoic acid	36.9	59.4	65.2
Polyenoic acid	32.5	16.8	11.3

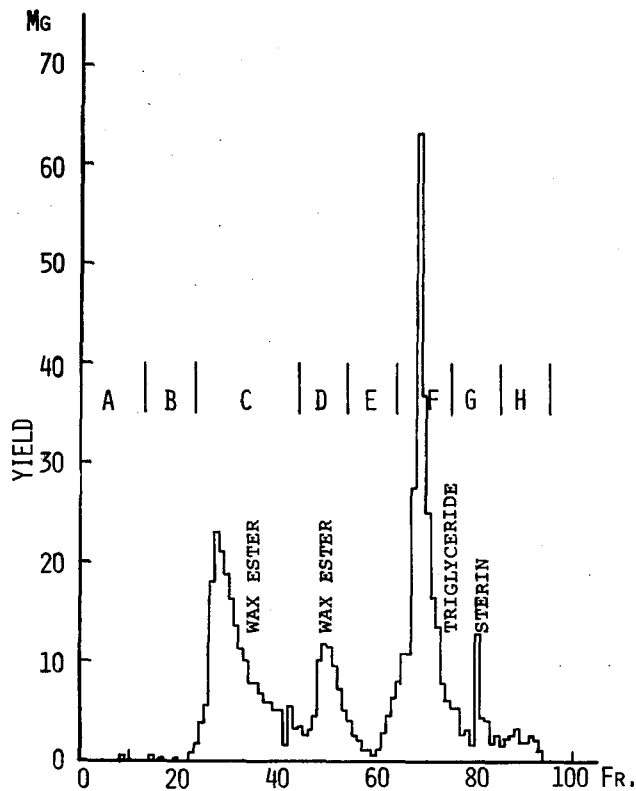


Fig. 1. Column chromatogram of neutral lipids, removing free fatty acids, in liver of 'Itohikidara', *Podonema longipes*.
 Eluent: (1) n-hexane, (B) 5% benzene-hexane, (C) 10% benzene-hexane, (D) 30% benzene-hexane, (E) 50% benzene-hexane, (F) benzene, (G) 80% benzene-methanol, (H) methanol. Sample: 0.593 g.

とは筋肉と内臓でリン脂質含有率が比較的高いことを示唆した。

中性脂質のヨウ素価は、筋肉に比較して、肝臓と内臓で低値を示した。肝臓と内臓の不ケン化合物含有率はともに高く、両者のケン化価が低値であることと対応した。また、とくに肝臓の不ケン化合物は液体状を呈した。

各部位中性脂質の脂肪酸組成²¹⁾の主要脂肪酸含有率を表3に示した。肝臓ではとくに、16:1, 18:1, 20:1, 22:1 酸のモノエン酸含有率が著しく高く、それに対して20:5, 22:6 酸のポリエン酸含有率が低い結果を示した。この傾向は、内臓でも認められたが、筋肉では他部位の脂肪酸組成比と若干相違した。

Table 4. *Composition of wax esters, triglycerides and free fatty acids in the neutral lipids of the liver from 'Itohikidara', Podonema longipes, fractionated by column chromatography. (% wt).*

Component alcohol or acid	Fatty alcohol		Fatty acid			
	Wax ester 23-41 fr.	Wax ester 42-60 fr.	2% formic acid in ether fr.*	Wax ester 23-41 fr.	Wax ester 42-60 fr.	Triglyceride 61-77 fr.
	%					
12:0	1.5			trace	3.0	1.0
13:0	1.3					
14:0	2.7	2.8	5.0	5.4	1.7	5.2
15:0	0.6	0.6	2.8	1.5	1.3	0.6
16:0	13.9	9.9	13.3	13.3	2.3	17.4
17:0			3.4	1.6	2.7	2.1
18:0	1.1	1.5	3.4	1.3	2.7	3.0
19:0		0.9	trace	trace	3.1	0.2
20:0			2.8	trace	4.1	
total	21.1	15.7	30.7	23.1	20.9	29.5
14:1			4.4	1.9	1.8	0.7
15:1			3.8	2.0	1.2	0.3
16:1	3.5	7.5	12.3	10.8	23.9	9.1
17:1		1.2	3.1	1.6	5.0	1.1
18:1	1.9	6.9	21.2	33.6	13.2	33.4
19:1		0.3	2.7	0.7	1.8	0.3
20:1	17.3	27.7	5.3	16.0	1.8	10.5
22:1	53.7	39.2	5.3	10.3	2.5	9.1
24:1	2.6	1.5	3.5			0.5
total	79.0	84.3	61.6	76.9	51.2	65.0
18:2			2.3	trace	5.4	0.9
18:3			1.5	trace	7.3	0.5
18:4			2.7	trace		trace
20:4				trace	1.5	trace
20:5			1.3	trace	13.7	2.6
21:5						trace
22:5				trace		
22:6				trace		1.4
total			7.8	trace	27.9	5.4

* This fraction contained free fatty acids.

肝臓中性脂質のCCによるロウエステルとトリグリセリドの分画

まず、肝臓中性脂質について、アルカリ性の珪酸を用いたCCを行い、中性脂質 (0.603 g) よりエーテル溶出部 (0.593 g) と遊離脂肪酸を含有する2%ギ酸-エーテル溶出部 (0.006 g) を得た。

次に、遊離脂肪酸を除いたエーテル溶出部の中性脂質 (0.593 g) を珪酸-セライト 545 (2:1, w/w) のCCに附した。その結果を図1に示す。各溶出画分についてTLC分析の結果、23-41画分 (0.189 g) および42-60画分 (0.096 g) はロウエステルを、61-77画分 (0.252 g) はトリグリセリドを、そして78-85画分 (0.033 g) は遊離ステリンを、それぞれ含有した。すなわち、イトヒキダラ肝臓中性脂質のロウエステルとトリグリセリドの含有率は、それぞれ47.7%と42.2%であり、両者の含有比は1:0.9を示し、ロウエステルはトリグリセリドより多量に存在した。なお、ロウエステル画分の不ケン化合物のTLC分析では、ステリンの存在は認められず、脂肪アルコールのみ検出された。

図1に示したように、CCでロウエステルを2画分に分画した。その2画分のロウエステルの脂肪アルコール組成と脂肪酸組成およびトリグリセリドと遊離脂肪酸の脂肪酸組成をそれぞれGLC分析で求めた。その結果は表4に示す。ロウエステルの脂肪アルコール組成については、23-41画分、42-60画分ともに炭素数12-19の飽和アルコールおよび炭素数16-24のモノエンアルコールが認められたが、モノエン以上の多不飽和アルコールは検出されなかった。また、両画分とも22:1, 20:1アルコール含有率が著しく高く、16:0アルコールが前者に次いだ。そして、両画分の22:1, 20:1, 16:0, 18:1および16:1アルコール含有率に差異が認められた。

次に、ロウエステルの脂肪酸組成について述べると、23-41画分と42-60画分の差異は、前者で18:1, 20:1, 22:1酸などのモノエン酸含有率が高く、逆に後者では20:5酸などのポリエン酸含有率が高いことである。

これらの結果から、珪酸-セライト 545 (2:1, w/w) のCCでは、主としてロウエステルの構成脂肪酸の不飽和度の差により、ロウエステルが2画分に溶出分離したものと考えられた。

一方、トリグリセリドの脂肪酸組成について述べると、飽和酸では16:0酸の、モノエン酸では18:1, 20:1, 22:1, 16:1酸の含有率がそれぞれ比較的高く、逆にポリエン酸含有率は低かった。

また、遊離脂肪酸の組成もトリグリセリドのそれとおおむね類似していた。

筋肉、内臓および肝臓中性脂質のロウエステルとトリグリセリド組成

前述のCCではロウエステルが2画分に分離したが、TLC分析によると図2に示すように、ロウエステルはoneスポットで出現する。それで、分取TLCを用い、各部位中性脂質のロウエステルとトリグリセリド成分の分画・抽出を行い、両者について脂肪アルコール組成および脂肪酸組成をGLC分析した。その結果は表5に示す。

まず、ロウエステルの脂肪アルコール組成について述

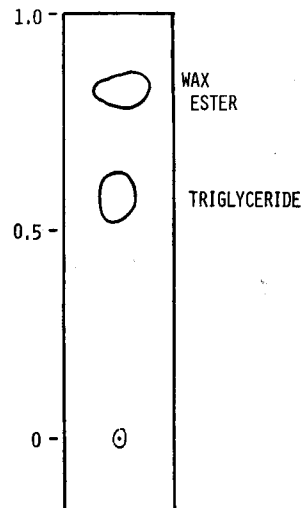


Fig. 2. Thin-layer chromatogram of neutral lipids, removing free fatty acids, in liver of 'Ito-hikidara', *Podonema longipes*. Adsorbent: Wakogel B-5. Solvent: n-hexane-diethyl ether-acetic acid (90:10:1, v/v).

Table 5. Composition of wax esters and triglycerides in the neutral lipids of the flesh, viscera and liver from 'Itohikidara', *Podonema longipes*, obtained by thin-layer chromatography. (% wt).

Component alcohol or acid	Flesh			Viscera			Liver		
	Wax ester		Triglyceride	Wax ester		Triglyceride	Wax ester		Triglyceride
	Alc*	FA**	FA	Alc	FA	FA	Alc	FA	FA
	%								
12:0		trace	trace		0.2	2.0	trace	trace	0.8
13:0		1.9	trace		0.2	1.6	trace		
14:0	2.2	10.7	11.8	2.2	6.0	21.3	3.0	4.6	6.3
15:0	0.2	2.2	3.4	0.2	0.6	1.8	0.4	1.3	0.7
16:0	10.4	14.7	20.2	11.2	9.9	15.3	15.1	9.3	19.3
17:0	0.2	0.3	0.9	0.1	1.2	0.3	trace	1.5	2.6
18:0	1.0	6.5	9.0	0.8	1.4	2.8	0.9	1.0	2.8
19:0	0.2	0.5	0.6	0.1	0.8	0.8	trace	trace	trace
20:0	0.4	trace	trace	0.6	0.1	trace	trace	trace	trace
21:0	0.6			trace					
total	15.2	36.8	45.9	15.2	20.4	45.9	19.4	17.7	32.5
12:1		trace	trace		trace	trace			
13:1		0.8	1.0		trace	0.2			
14:1	0.2	1.2	1.2	0.1	1.2	3.3	trace	1.9	0.7
15:1	0.1	1.0	1.5	0.1	0.1	0.4	trace	trace	0.5
16:1	1.5	18.7	11.7	2.0	16.7	22.4	5.0	11.9	9.7
17:1	0.2	5.2	2.7	0.1	2.0	3.5	trace	2.1	1.3
18:1	3.0	11.8	13.0	3.1	29.2	10.9	2.9	29.1	33.1
19:1		1.0	trace		0.4	trace		1.0	0.7
20:1	23.5	3.8	1.5	22.2	11.5	1.2	21.7	15.0	9.5
22:1	49.9	12.6	16.0	52.7	8.1	4.6	49.0	13.2	7.4
23:1	0.6			trace			trace		
24:1	5.9	trace	trace	4.5	0.3	trace	2.0	trace	trace
total	84.9	56.1	48.6	84.8	69.5	46.5	80.6	74.2	62.9
18:2		0.8	1.8		1.3	0.8		1.1	0.8
18:3		0.9	0.9		1.5	1.0		0.9	0.4
18:4		2.2	0.7		1.3	2.2		0.5	trace
20:2		trace	0.7		0.3	trace			
20:4		trace	0.5		0.2	trace		0.2	0.3
20:5		3.1	1.0		4.6	3.7		4.7	1.4
21:5		trace	trace		0.3	trace		trace	trace
22:5		trace	trace		trace	trace		trace	
22:6		trace	trace		0.6	trace		0.7	1.7
total		7.0	5.6		10.1	7.7		8.1	4.6

* Alc: Fatty alcohol. **FA: Fatty acid.

べると、各部位とも炭素数 12-21 の飽和アルコール（主成分は 16:0 アルコール）と炭素数 14-24 のモノエンアルコール（主成分は 22:1, 20:1 アルコール）を含有し、モノエン以上の多不飽和アルコールは検出されなかった。とくに (20:1+22:1 アルコール) の合計は、各部位において 70.7-74.9% を占め、極めて特徴的であった。

次に、ロウエステルの脂肪酸組成について述べると、筋肉では、16:0, 14:0, 18:0 酸の飽和酸, 16:1,

18:1, 22:1 酸のモノエン酸を主な成分とするが, 20:5, 22:6 酸などのポリエン酸は低含有率を示した。内臓および肝臓では, 16:0, 16:1, 18:1, 20:1, 22:1 酸が主な成分であり, 20:5, 22:6 酸含有率は筋肉と同様に低かった。また, 14:0, 16:0 酸は筋肉で, 20:1 酸は内臓と肝臓で, それぞれ比較的高含有率を示した。

一方, トリグリセリドの脂肪酸組成については, 筋肉で 16:0, 18:0, 22:1 酸, 内臓で 14:0, 16:1 酸, そして肝臓で 16:0, 18:1, 20:1 酸を, それぞれ比較的多量に含有した。

ロウエステルとトリグリセリドの脂肪酸組成における若干の差異として, 各部位とも飽和酸含有率はトリグリセリドで, モノエン酸含有率はロウエステルで, それぞれ高い傾向が認められた。とくに, 肝臓では, ロウエステルおよびトリグリセリドとも, モノエン酸含有率が著しく高い結果を示した。

考 察

タラ類では内臓に占める肝臓の割合が一般に高く, そしてその脂質含有率も他部位より著しく高い²¹⁾。イトヒキダラは, その肝臓中性脂質に 24.8% の高含有率の不ケン化物を有し, その組成は多量の脂肪アルコールを含有する特異なタラ類の一種である。CC 分析, TLC 分析の結果, 脂肪アルコールはロウエステルに由来し, とくに肝臓中性脂質中には, 47.7% のロウエステルを含有した。

各部位中性脂質の主要脂肪酸含有率を表 3 に示したが, 肝臓および内臓で 16:1, 18:1, 20:1, 22:1 酸のモノエン酸含有率が高く, 逆に 20:5, 22:6 酸のポリエン酸含有率が低かった。この結果は, 深海魚に含有される中性脂質の脂肪酸組成において, モノエン酸含有率が高いという特徴^{21), 32-34)}を示した。この傾向は, 表 5 に示したように, 各部位中性脂質のロウエステルおよびトリグリセリドの脂肪酸組成においても認められ, とくに肝臓において顕著であった。Lewis³²⁾ は深海魚脂質の脂肪酸組成中, 18:1 酸含有率が著しく高いことを指適したが, イトヒキダラでは, 18:1 酸に加えて 20:1, 22:1 酸含有率も比較的高いのが特徴であり, この傾向は深海魚であるパラメヌケ (*Sebastes baramenuke*), ホテイウオ (*Aptocyclus ventricosus*), シロゲンゲ (*Bothrocara mollis*), イラコアナゴ (*Synphobranchus kaupii*) の中性脂質脂肪酸組成³³⁾ とよく類以した。

一方, ロウエステルの脂肪アルコールは, その組成中に炭素数 12-21 の飽和アルコールと炭素数 14-24 のモノエンアルコールを含有し, 飽和アルコールとモノエンアルコールの含有比は, 各部位とも 1: 4.2-5.6 を示し, モノエンアルコールが極めて少量である。モノエンアルコール中では, 22:1, 20:1 アルコール含有率が著しく高く, 全アルコールの 70.7-74.9% を占めるのが特徴である。小森ら²⁵⁾ もウケグチダラ肝臓脂質よりドコセノール (22:1 アルコール) を単離・同定している。

表 6 にロウエステルの非グリセリド脂質を多量に含有する深海性魚種について, そのロウエステルの主要な脂肪アルコール含有率を示したが, ハダカイワシ科の数種とクロオオマトウダイでは, 20:1, 22:1 アルコール含有率が高く, イトヒキダラとよく類以しており, 他魚種ではいずれも 16:0, 18:1 アルコールを主成分とする結果と著しく異なる。また, 上野ら²⁷⁾ はトウジン肝臓脂質中に多不飽和アルコールの存在することを推定している。Sand ら⁸⁾ も多不飽和アルコールについて, グーラミーの卵脂質中に微量検出しているが, 今回我々の用いたイトヒキダラの肝臓, 筋肉, 内臓の脂肪アルコール中には, GLC 分析の結果, 多不飽和アルコールは認められなかった。

とくに深海魚に多量に含有されるロウエステルの非グリセリド脂質は, 浮力, エネルギー源, 低温度に対する絶縁作用などの機能^{16), 35-37)}を有するものと推論されている。一方, ロウエステルの生合成に関する研究は比較的少なく, まだ不明の点も多いが *in vitro* の実験^{36), 38), 39)}によると, 海産硬骨魚の組織はとくに活性化させることなく長鎖アルコールと脂肪酸からロウエステルを生成することが知られ, また *in vivo* の実験⁴⁰⁾によると炭素数を減少することなく長鎖アルコールが脂肪酸に変換することが認められている。さらに, 最近, Benson & Lee⁴¹⁾ は橈脚類を用いた実験で, 食物

Table 6. Typical fatty alcohol contents of wax esters in some deep-sea fishes. (% wt).

Species	Part	Fatty alcohol						Reference
		16:0	16:1	18:0	18:1	20:1	22:1	
<i>Podonema longipes</i>	Flesh	10.4	1.5	1.0	3.0	23.5	49.9	
	Viscera	11.2	2.0	0.8	3.1	22.2	52.7	
	Liver	15.1	5.0	0.9	2.9	21.7	49.0	
<i>Allocyttus verrucosus</i>	Flesh	8.7	1.8	5.7	18.7	26.4	26.4	15
<i>Cyclothone atraria</i>	Whole	7.2	1.8	1.2	6.5	28.0	45.2	20
<i>Cyclothone pseudopallida</i>	Whole	28.3	3.0	2.3	3.9	14.5	30.8	
<i>Cyclothone alba</i>	Whole	27.3	3.5	6.0	10.9	13.7	23.6	
<i>Cyclothone pallida</i>	Whole	16.8	3.6	2.6	2.7	18.3	41.5	
<i>Gonostoma gracile</i>	Whole	37.5	4.9	3.6	11.1	11.9	20.1	
<i>Stenobranchius nanochir</i>	Whole	28.1	3.5	2.2	5.0	15.7	35.1	
<i>Lepidocybium flavobrunneum</i>	Flesh	33.7	4.1	10.4	24.6	11.2	4.5	10
<i>Ruvettus pretiosus</i>	Muscle	57.6	5.9	2.9	29.0	0.9	0.1	13
<i>Latimeria chalumnae</i>	Dorsal muscle	45.0	trace	11.2	40.4	2.7	—	16
<i>Stenobranchius leucopsarus</i>	Muscle	81.9	0.7	0.4	3.7	0.7	1.0	17
<i>Triphoturus mexicanus</i>	Whole	74.3	3.9	2.9	5.5	0.8	1.1	
<i>Lampanyctus ritteri</i>	Muscle	81.5	1.1	0.4	6.8	0.4	0.3	

を充分利用できる期間はロウエステルの代謝を触媒する酵素は不活性であり、飢餓のストレスを受けて初めて賦活されるという結果を報告しており、とくに、深海動物に多量に含有されるロウエステルについては、その生物の生理・生態学的機能の観点からも興味深い。

終りに、供試魚の捕獲にご便宜をいただいた本学部練習船北星丸の斎藤昭二船長並びに乗組員の方々に、また種の同定にご尽力くださった本学部仲谷一宏助手に感謝します。

文 献

- 1) 辻本満丸 (1933). カラスミ油に就て. 工化 36, 1616-1618.
- 2) 加藤均三・畑 忠太 (1934). からすみ鱈の卵巣油. 同誌 37, 1035-1038.
- 3) 辻本満丸・小柳半二 (1937). イングワンダラメ油及びカラスミ油の減圧蒸留に就て. 同誌 40, 865-868.
- 4) 辻本満丸 (1938). カラスミ油の不飽和アルコールに就て. 同誌 41, 641-643.
- 5) Mori, M. and Saito, T. (1966). The occurrence and composition of wax in mullet and stockfish roes. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 32, 730-736.
- 6) Iyengar, R. and Schlenk, H. (1967). Wax esters of mullet (*Mugil cephalus*) roe oil. Biochemistry 6, 396-402.

- 7) 鹿山 光・堀井郁夫・池田康行 (1974). 魚卵脂質、とくにボラ卵巢のワックス・エステル. 油化学 **23**, 290-295.
- 8) Sand, D.M. and Schlenk, H. (1969). The polyunsaturated alcohols in wax esters of fish roe. *Lipids* **4**, 303-304.
- 9) 松本太郎・曾根 博・新谷 勲 (1955). アブラソコムツの脂質について. 油化学 **4**, 131-133.
- 10) Mori, M., Saito, T., Nakanishi, T., Miyazawa, K. and Hashimoto, Y. (1966). The composition and toxicity of wax in the flesh of castor oil fishes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **32**, 137-145.
- 11) 木村包介 (1926). イングワンダラメ油. 工化 **29**, 620-623.
- 12) Cox, W.M. Jr. and Reid, E.E. (1932). The chemical composition of oil of *Ruvettus pretiosus*, the "castor oil fish". *J. Am. Oil Chem. Soc.* **54**, 220-229.
- 13) Nevenzel, J.C., Rodegker, W. and Mead, J.F. (1965). The lipids of *Ruvettus pretiosus* muscle and liver. *Biochemistry* **4**, 1589-1594.
- 14) Sato, Y. and Tsuchiya, Y. (1969). Studies on the lipids of "*Ruvettus pretiosus*" I. The composition of alcohols and fatty acids. *Tohoku J. Agr. Res.* **20**, 89-95.
- 15) Mori, M., Saito, T. and Nakanishi, Y. (1966). Occurrence and chemical properties of wax in the muscle of an African fish, *Allocyttus verrucosus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **32**, 668-672.
- 16) Nevenzel, J.C., Rodegker, W., Mead, J.F. and Gordon, M.S. (1966). Lipids of the living coelacanth, *Latimeria chalumnae*. *Science* **152**, 1753-1755.
- 17) Nevenzel, J.C., Rodegker, W., Robinson, J.S. and Kayama, M. (1969). The lipids of some lantern fishes (Family Mycetophidae). *Comp. Biochem. Physiol.* **31**, 25-36.
- 18) Lee, R.F., Hirota, J. and Barnett, A.M. (1971). Distribution and importance of wax esters in marine copepods and other zooplankton. *Deep-Sea Res.* **18**, 1147-1165.
- 19) Lee, R.F. and Hirota, J. (1973). Wax esters in tropical zooplankton and nekton and the geographical distribution of wax esters in marine copepods. *Limnol. Oceanogr.* **18**, 227-239.
- 20) 鹿山 光・池田康行 (1975). 相模、駿河湾産魚類マイクロネクトンの脂質、とくにそのワックス・エステルについて. 油化学 **24**, 435-440.
- 21) 林 賢治・山田 実 (1975). 生息深度を異にする海産動物の脂質 II. クラ類 6 種の中性脂質の脂肪酸組成について. 日水誌 **41**, 1153-1160.
- 22) 小森三郎・阿河利男 (1953). ひげ鱈肝油の新アルコールについて. 日化 **74**, 1025.
- 23) 阿河利男・平尾義夫・小森三郎 (1953). ひげ鱈肝油について. 油化学 **2**, 246-249.
- 24) 小森三郎・阿河利男 (1954). うけぐちだら肝油について (第 2 報). ドコセノールについて. 日化 **75**, 1051-1054.
- 25) Komori, S. and Agawa, T. (1955). An investigation of the oil of *Laemonema morosum* Matsubara I. Research on the docosenol fraction. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **32**, 525-528.
- 26) 上野誠一・日高 徹・岡本 巧 (1955). 「トウジン」肝油中に高度不飽和アルコールおよび F₂, F₃ 列不飽和アルコールの現存について (予報). 油化学 **4**, 26-27.
- 27) 上野誠一・松島健児 (1957). トウジン肝油中の高度不飽和アルコールおよびトリエン, ジエン, モノエン, 飽和列高級アルコールの現存について (主として高度不飽和ならびにジエン, モノエン列不飽和アルコールについて). 同誌 **6**, 222-225.
- 28) Bligh, E.G. and Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* **37**, 911-917.
- 29) 日本油化学協会編 (1966). 基準油脂分析試験法. pp. 268. 朝倉書店. 東京.
- 30) McCarthy, R.D. and Duthie, A.H. (1962). A rapid quantitative method for the separation of free fatty acids from other lipids. *J. Lipid Res.* **3**, 117-119.
- 31) Morrison, W.R. and Smith, L.M. (1962). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *Ibid.* **3**, 600-608.
- 32) Lewis, R.W. (1967). Fatty acid composition of some marine animals from various

- depths. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 24, 1101-1115.
- 33) 林 賢治・山田 実 (1975). 生息深度を異にする海産動物の脂質 III. 深海魚の中性脂質脂肪酸組成の特徴について. *日水誌* 41, 1161-1175.
 - 34) Hayashi, K. and Yamada, M. (1975). The lipids of marine animals from various habitat depths IV. On the fatty acid composition of the neutral lipids in nine species of flatfishes. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 26, 265-276.
 - 35) Lewis, R.W. (1969). The densities of three classes of marine lipids in relation to their possible role as hydrostatic agents. *Lipids* 5, 151-153.
 - 36) Nevenzel, J.C. (1969). Occurrence, function and biosynthesis of wax esters in marine organism. *Ibid.* 5, 308-319.
 - 37) 鹿山 光 (1971). 深海生物と非グリセリド脂質—水圧変化の体内調節—. *化学と生物* 9, 368-370.
 - 38) Malins, D.C. (1966). Lipid metabolism in fish: On the possible role of long-chain alcohols as precursors of plasmalogens. *Biochem. J.* 101, 39-40.
 - 39) Friedberg, S.J. and Greene, R.C. (1967). The enzymatic synthesis of wax in liver. *J. Biol. Chem.* 242, 234-237.
 - 40) Nevenzel, J.C. and Kayama, M. (1968). The biosynthesis of wax esters from labelled acetate, fatty acids, and long-chain alcohols in fish muscle. *Federation Proc.* 26, 647.
 - 41) Benson, A.A. and Lee, R.F. (鹿山光訳) (1975). 食物連鎖とワックス. *サイエンス* 5, 98-107.