

北海道近海産マイナー魚28種の脂質特性

誌名	北海道大学水産科学研究彙報
ISSN	13461842
著者名	中塚,美紀子 安藤,靖浩
発行元	北海道大学大学院水産科学研究科
巻/号	66巻2号
掲載ページ	p. 69-76
発行年月	2016年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



北海道近海産マイナー魚 28 種の脂質特性

中塚美紀子¹⁾・安藤 靖浩²⁾

(2016 年 4 月 26 日受付, 2016 年 6 月 3 日受理)

Lipid Profiles of 28 Minor Marine Fish Species Caught from the Waters around Hokkaido, Japan

Mikiko NAKATSUKA¹⁾ and Yasuhiro ANDO²⁾

Abstract

Lipid content, lipid class composition, and fatty acid composition were determined for 28 minor marine fish species caught from the waters around Hokkaido, Japan. The samples include some rare fish such as dusky rockfish *Sebastes variabilis* “nagamenuke” and prowfish *Zaprora silenus* “bouzuginpo.” Most samples had low lipid contents, and therefore, can be used in low-fat fish foods. In contrast, the flesh of four species and the liver of eight species were rich in lipid as they contained triacylglycerols or diacylglycerylethers as major lipid classes. Such fatty fish can be used as a source of marine lipids. The liver of brown hakeling *Physiculus maximowiczi* “donko” and ocean sunfish *Mola mola* “manbou” was found to be useful for both eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) supplies, because they contained high content of lipids, including EPA and DHA. Prowfish and other two species were shown to contain tetracosahexaenoic acid in their fatty flesh and/or liver. These findings are useful fundamental information on the minor marine fish.

Key words : Minor fish, Lipid content, Lipid class composition, Fatty acid composition, EPA, DHA, Tetracosahexaenoic acid

緒 言

水産物とは海洋または陸水に生息する生物のうち人に何らかの目的で利用されているものを指し、日本では古くから重要な食料源として利用されてきた。水産物は農畜産物とは異なり種類が非常に多く、成分の種間差や季節変動も大きいといった点で特徴的である(福田, 2010)。また水産物は脂質成分としてエイコサペンタエン酸(EPA)とドコサヘキサエン酸(DHA)を含む点も特徴的である。これらの脂肪酸には血漿中の中性脂質低下作用や抗炎症作用などがあり(万倉・鹿山, 1995)、医薬品や特定保健用食品への利用も進んでいる。このため水産物の脂質に関する研究は盛んに行われてきた。しかし、産地消費魚や希少魚などのいわゆるマイナー魚の脂質の情報は必ずしも十分ではない。マイナー魚は近年の海産魚の消費拡大や嗜好の多様化に伴い徐々に流通し始めており、それらの栄養上の基本情報も得る必要性が高まってきてきた。中でも EPA や DHA の含量はマイナー魚の付加価値向上のために重要性が高い。

加えて、一部の海産魚では従来ほとんど報告のなかった脂質成分の存在が明らかにされている。アカガレイと

サメガレイには炭素数 24 以上の超長鎖高度不飽和脂肪酸が含まれている(Ota et al., 1994; Fukuda and Ando, 2011)。そのひとつであるテトラコサヘキサエン酸は EPA や DHA と同様に抗炎症作用などを示す(Ishihara et al., 1998)。マイナー魚を含めた未利用資源の利用を進める上で、このような特異な脂質成分に関する情報も有用である。

本研究では、北海道近海で見られるマイナー魚を収集し、脂質含量、脂質クラス組成、脂肪酸組成を分析することにより、EPA や DHA などの基本成分、並びに超長鎖高度不飽和酸の有無についてデータベースを得ることを目的とした。

材料と方法

試 料

供試魚は北海道札幌市の鮮魚取扱い商および函館市内の鮮魚店を通じて入手した。合計 28 魚種の産地、サイズ、分析部位を Table 1 に示した。試料は全て -20°C で保存し分析直前に解凍した。複数の個体が得られた魚種ではサイズの計測および以下の脂質分析は全て個体毎に行い、結果はそれらの平均値で示した。

¹⁾ 北海道大学大学院水産科学院生物資源化学講座
(Chairs of Marine Bioresources Chemistry, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)
²⁾ 北海道大学大学院水産科学研究院生物資源化学分野
(Laboratory of Marine Bioresources Chemistry, Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

Table 1. Fish samples subjected to the lipid analysis

English name	Scientific name	Japanese name	Number	Location	Body length	Body weight	Part for analysis
Skilfish	<i>Erilepis zonifer</i>	'Aburabouzu'	1	Erimo	57.5 cm	3.5 kg	Flesh
Angler	<i>Lophiomus setigerus</i>	'Ankou'	1	Habomai	46.1 cm	7.2 kg	Flesh
Japanese sand lance	<i>Ammodytes personatus</i>	'Ikanago'	1	Akkeshi	6.2 cm	21.8 g	Flesh
Striped beak perch	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	'Ishidai'	1	Funka Bay	11.4 cm	84.0 g	Flesh
Slatjaw cutthroat eel	<i>Synaphobranchus affinis</i>	'Irakoanago'	1	Mori	80.4 cm	689.2 g	Flesh Liver Pyloric ^a
Agassiz's snailfish	<i>Liparis agassizii</i>	'Ezokusauo'	2	Akkeshi	25.6 cm	362.3 g	Flesh
Antlered sculpin	<i>Enophrys diceraus</i>	'Onikajika'	4	Akkeshi	18.1 cm	185.5 g	Flesh
Capelin	<i>Mallotus villosus</i>	'Karafutoshishamo'	3	Hokkaido	13.1 cm	17.5 g	Flesh
Jelly eelpout	<i>Bothrocara tanakae</i>	'Kantengenge'	5	Konbumori Mori	51.1 cm	548.0 g	Flesh
Frog sculpin	<i>Myoxocephalus stelleri</i>	'Gisukajika'	2	Funka Bay	29.1 cm	1,040.8 g	Fresh
Black sole	<i>Paraplagusia japonica</i>	'Kuroushinoshita'	1	Akkeshi	29.3 cm	247.8 g	Flesh
Medusafish	<i>Icichthys lockingtoni</i>	'Kuromedai'	1	Mori	34.5 cm	472.4 g	Flesh
Nine spot chimaera	<i>Hydrolagus barbouri</i>	'Kokonohoshiginzame'	1	Konbumori	60.1 cm	1.3 kg	Flesh Liver
Smooth lumpsucker	<i>Aptocyclus ventricosus</i>	'Gokko' ('Hoteiuo')	3	Hakodate	25.7 cm	1.1 kg	Flesh Liver Egg
Saffron cod	<i>Eleginus gracilis</i>	'Komai'	3	Akkeshi	28.3 cm	306.5 g	Flesh Liver
Pink snailfish	<i>Careproctus rastrinus</i>	'Sakebikunin'	4	Hidaka	29.4 cm	675.4 g	Flesh
Longsnout poacher	<i>Brachyopsis rostrata</i>	'Shichirouo'	1	Akkeshi	21.6 cm	51.5 g	Flesh
Alaska pollack	<i>Theragra chalcogramma</i>	'Suketoudara'	2	Oshima	—	—	Testis
Mud prickleback	<i>Ascodia variegata</i>	'Doroginpo'	5	Habomai	39.3 cm	686.8 g	Flesh
Brown hakeling	<i>Physiculus maximowiczi</i>	'Donko' ('Ezoisoainame')	4	Hakodate Mori	35.6 cm	676.3 g	Flesh Liver
Dusky rockfish	<i>Sebastes variabilis</i>	'Nagamenuke'	1	Kushiro	40.3 cm	1,453.1 g	Flesh Liver
Pighead prickleback	<i>Acantholumpenus mackayi</i>	'Nuimegaji'	2	Akkeshi	34.9 cm	161.4 g	Flesh
Fringed blenny	<i>Chirolophis japonicus</i>	'Fusaginpo'	1	Konbumori	49.8 cm	1.8 kg	Flesh Liver
Yellowtail	<i>Seriola quinqueradiata</i>	'Buri'	6	Funka Bay Shiriuchi	36.1 cm	972.8 g	Flesh
Prowfish	<i>Zaprora silenus</i>	'Bouzuginpo'	3	Habomai Nemuro	58.0 cm	4.7 kg	Flesh Liver
Barfin flounder	<i>Verasper moseri</i>	'Matsukawa'	3	Samani	30.7 cm	801.2 g	Flesh
Ocean Sunfish	<i>Mola mola</i>	'Manbou'	2	Hakodate	—	—	Flesh Liver
Dybowsky's blenny	<i>Pholidapus dybowskii</i>	'Muroranganpo'	1	Akkeshi	24.3 cm	158.8 g	Flesh

^a Pyloric caeca.

総脂質含量の定量

各供試魚の分析部位 (10-100 g) から Bligh and Dyer (1959) の方法に従って総脂質 (TL) を抽出した。得られた TL を重量測定し試料中の脂質含量を算出した。

脂質クラス分析

脂質クラス組成の分析は HPTLC-デンシトメトリー (Olsen and Henderson, 1989) により行った。HPTLC プレート (Kieselgel 60, 10×10 cm×0.2 mm, 濃縮ゾーン付き,

Merck) に TL の 1 mg/ml クロロホルム溶液を 1-4 μ l スポットし、酢酸メチル/2-プロパノール/クロロホルム/メタノール/0.25% KCl (25 : 25 : 25 : 10 : 9, by vol) で 3.7 cm まで展開した。真空デシケーター中で 30 分間乾燥後、ヘキサン/ジエチルエーテル/酢酸 (80 : 20 : 2, by vol) で 7 cm まで展開した。硫酸銅-8% リン酸 (10% wt/vol) を噴霧、加熱発色させた後、薄層クロマトグラムをスキャナー (PX-045A, EPSON) で取り込み、Image J ソフトウェアでデンシトグラムを作成した。同一プレートにスポットした各脂質クラス標品のデンシトグラムから検量線を作成し定量に使用した。

脂肪酸分析

試料 TL (10 mg) にトルエン (1 ml) と 7% BF₃-メタノール溶液 (2 ml) を加え窒素ガスを充填した後、100°C で 1 時間加熱することにより脂肪酸メチルエステルを調製した。得られたメチルエステルは Silicagel G プレート (10×10 cm ×0.25 mm, Analteck) とヘキサン/ジエチルエーテル (85 : 15, by vol) を展開溶媒とする TLC により精製した。

脂肪酸メチルエステルをガスクロマトグラフィー (GC) に供し脂肪酸組成を分析した。GC の条件は、装置 : Shimadzu GC-18A, カラム : Restek FAMEWAX (30 m×0.32 mm i.d., 膜厚 0.25 μ m), カラム温度 : 174°C (0 min) → 4°C/min → 240°C (25 min), 注入口および検出器温度 : 240°C, キャリアガス : He (33.1 cm/s), スプリット比 : 25.5 : 1, 検出器 : FID であった。

GC ピークの同定は、脂肪酸メチルエステル標準物との保持時間の一致および GC-MS (Christie and Han, 2010) により行った。GC-MS の条件は以下の通りであった。装置 : JEOL JMS-Q1000GC, カラム : DB-WAX (30 m×0.25 mm i.d., 膜厚 0.25 μ m), カラム温度 : 45°C (0 min) → 50°C/min → 174°C (0 min) → 4°C/min → 240°C (20 min) → 45°C/min → 250°C (0 min), 注入口温度 : 240°C, キャリアガス : He, MS イオン化方法 : EI 法 (70 eV)。

結果と考察

供試魚

収集された 28 種の海産魚 (Table 1) はほとんどが可食魚であったが、アブラボウズ、クロメダイ、ココノホシギンザメの 3 種は摂食注意または摂食不可に相当する魚種であった。本研究ではこれらの魚種も含めて脂質の調査を実施した。また、供試魚のうち、エゾクサウオ、オニカジカ、ギスカジカ、クロウシノシタ、シチロウウオ、ドロギンポ、ナガメヌケ、ボウズギンポ、ムロランギンポの 9 種は筆者らの知る限り脂質に関する報告の見られない魚種であった。

脂質含量

脂質分析の結果を筋肉については Table 2 に、肝臓その

他については Table 3 に示す。筋肉の脂質含量は多くの魚種で 0-5% と低い値であった。脂質含量が 10% 以上であったのは、アブラボウズ、イラコアナゴ、カラフトシシャモ、クロメダイ、ボウズギンポの 5 種であった。このうちカラフトシシャモは干物であったため水分が少なく相対的に脂質含量が高くなったものと考えられる。一方、肝臓ではゴッコ (ホテイウオ) を除く 8 種で 10% 以上であり、特にココノホシギンザメ、ドンコ (エゾイソアイナメ)、マンボウの肝臓は 50% 以上の高値であった。また、肝臓以外の組織ではイラコアナゴの幽門垂で 23.9% と高く、ゴッコの卵とスケトウダラの精巣ではそれぞれ 4.0%、0.6% と低い値であった。

一般に、赤身魚 (主に回遊性の魚) は筋肉や皮下組織に脂質を蓄えるのに対して、白身魚 (主に定着性の魚) は筋肉の脂質は少なく肝臓に脂質を蓄える (隆島, 1985 ; 手島, 1991 ; 山口, 1991)。本研究の供試魚はブリを除いて全て白身魚であるため、筋肉の脂質含量が低く肝臓の脂質含量が高いという特徴は一般魚と一致した。しかし、アブラボウズ、イラコアナゴ、クロメダイ、ボウズギンポでは筋肉の脂質含量も高く、その値はマイワシ (13.8%) (山口, 1991) などの回遊魚と同等またはそれ以上であった。これら 4 種は筋肉に豊富に脂質を蓄積している白身魚という点で特徴的である。その理由として、これら 4 種は全て深海性であり、高い水圧への適応や、餌資源の不足に備えたエネルギー源として脂質を蓄積している可能性が考えられる。ただし、同じく深海性のサケビクニンやカンテンゲンゲでは脂質含量が非常に低く、脂質以外の成分が深海適応に関わっていると考えられる。サケビクニンなど脂質含量が非常に低い魚種は、低脂肪食品として利用できると思われる。同様に、ゴッコの卵の脂質含量はイクラ (15.6%) (Shirai et al., 2006) の 1/2 以下であったため低脂肪の魚卵食品として利用できるであろう。

脂質クラス組成

筋肉における主な脂質クラスはトリアシルグリセロール (TAG) とホスファチジルコリン (PC) であった (Table 2)。しかしクロメダイの筋肉にはジアシルグリセリルエーテル (DAGE) が豊富に含まれていた。ココノホシギンザメにも DAGE が見られた。肝臓では TAG が主要な脂質クラスであり、PC などのリン脂質は低い値であった (Table 3)。ココノホシギンザメでは肝臓でも DAGE が主要であった。幽門垂と卵では TAG が最も多かった。精巣では TAG は検出されず、PC、ステロール (ST) とホスファチジルエタノールアミン (PE) が同程度ずつ含まれた。

一般に、脂質含量が高い場合は貯蔵脂質である TAG が多くなり、脂質含量が低い場合は貯蔵脂質が少なくなるため膜脂質であるリン脂質が相対的に高い割合になるとされている (手島, 1991)。本研究でも脂質含量が高い魚種では TAG が主要であり一般的な特徴と一致した。ただし脂質含量が低いにもかかわらず PC ではなく TAG が主要

中塚・安藤：北海道産マイナー魚の脂質特性

'Komai'	'Sakebi kunin'	'Shichi rouuo'	'Doro ginpo'	'Donko'	'Naga menuke'	'Nuime gaji'	'Fusa ginpo'	'Buri'	'Bouzu ginpo'	'Matsu kawa'	'Manbou'	'Muro ranginpo'
3 Flesh	4 Flesh	1 Flesh	5 Flesh	4 Flesh	1 Flesh	2 Flesh	1 Flesh	6 Flesh	3 Flesh	3 Flesh	2 Flesh	1 Flesh
1.4	0.6	4.5	1.5	1.1	1.1	1.2	1.2	3.6	23.7	5.7	1.6	1.1
0.0	0.0	0.0	0.7	1.4	0.0	4.6	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.4	0.0	60.1	43.7	7.1	22.8	46.2	21.2	41.6	89.9	68.8	0.0	16.4
8.2	21.2	9.8	11.7	9.0	16.7	16.5	6.8	2.6	0.0	0.0	11.1	10.5
9.0	12.8	15.1	15.7	12.3	10.5	13.6	7.6	10.5	0.9	6.6	13.0	13.7
0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
28.1	22.7	5.3	7.6	23.6	22.6	5.5	23.6	15.6	0.0	4.3	24.5	10.8
12.0	0.0	0.0	1.6	6.6	0.0	0.0	7.2	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
39.2	43.3	9.8	17.5	40.2	27.5	13.8	29.4	27.2	9.2	20.4	51.7	40.0
0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1
0.7	0.4	2.0	1.5	1.0	4.3	2.2	1.6	1.8	3.3	3.0	1.3	1.4
0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1
0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
0.3	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.5	0.3	0.5	0.3	0.4	0.3	0.2
0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
16.7	18.7	21.5	16.0	20.9	15.6	15.7	15.0	21.2	11.5	15.2	14.0	18.7
3.0	1.4	10.4	11.3	2.1	4.6	8.1	7.3	3.7	10.7	10.7	2.6	8.4
0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4
0.4	0.1	0.4	0.3	0.2	0.5	0.8	0.7	0.5	0.9	0.4	0.5	0.3
0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0
0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0
0.1	0.0	0.3	0.8	0.1	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.5	0.1	0.5
0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.4	0.3	0.5	0.6	0.6	0.2	0.8	0.1
0.4	0.3	0.5	0.0	1.1	0.3	0.8	0.3	0.8	0.3	0.5	0.6	0.7
0.1	0.0	0.3	0.6	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.4	0.1	0.4
0.1	0.0	0.1	1.4	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.5	0.6	0.2
3.1	3.1	2.4	3.1	4.2	2.3	3.7	4.5	6.6	3.2	2.9	10.6	3.5
0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.1
7.0	10.0	16.0	10.3	11.0	8.1	8.1	9.2	16.0	14.3	13.7	10.2	8.4
5.2	4.2	6.0	4.8	4.0	2.4	7.2	4.8	2.8	4.9	5.5	2.3	4.1
0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.5	1.3	0.2	1.7	0.3	0.4	0.3
0.8	0.6	0.7	0.6	0.5	0.8	1.3	0.4	0.9	0.6	1.2	0.9	1.0
0.2	0.0	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
0.5	0.2	0.5	0.2	0.2	0.6	0.5	0.2	0.3	0.5	0.7	0.4	0.7
0.3	0.1	0.6	0.8	0.3	1.3	1.0	0.4	0.4	0.8	0.9	0.4	0.6
0.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0
0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1
0.2	0.5	0.0	0.4	0.4	3.9	0.7	2.0	0.0	5.8	0.7	1.5	0.0
0.4	1.5	0.8	1.3	0.8	0.0	0.7	1.6	0.6	3.2	1.3	1.5	0.8
0.2	0.2	0.2	0.4	0.1	0.7	0.8	0.9	0.1	1.8	0.9	0.7	0.3
0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3
0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
3.8	4.0	1.3	1.2	2.4	1.1	2.2	5.4	1.6	2.1	2.3	4.2	3.5
0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	1.0	0.4	0.2	0.3
20.8	13.8	15.7	24.6	13.5	17.9	19.3	14.7	4.6	8.3	12.4	9.5	20.3
0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	3.0	0.2	1.0	0.1	6.4	0.3	2.9	0.1
0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	2.1	0.2	0.4	0.1	1.5	0.2	1.9	0.1
0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1
0.4	0.1	0.3	0.8	0.2	0.3	0.5	0.2	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3
0.3	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
0.6	0.8	0.2	0.2	0.6	0.4	0.4	0.2	0.9	0.1	0.3	1.3	0.4
0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.5	1.7	1.3	1.6	1.9	1.1	2.2	1.6	1.4	2.4	5.7	1.7	1.4
27.0	34.2	11.9	9.9	28.4	21.8	12.6	18.1	27.7	5.5	9.5	18.7	18.0
0.3	0.2	0.3	0.6	0.8	0.6	0.5	0.5	1.0	0.6	0.4	1.3	0.7
0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.07	0.02	0.00	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00
0.00	0.03	0.00	0.05	0.04	0.06	0.10	0.53	0.04	1.16	0.08	0.07	0.00
2.3	2.1	2.9	3.8	2.9	2.0	4.4	2.8	3.3	3.2	4.5	6.5	2.5

な魚種(アンコウ, カンテンゲンゲ, ドロギンボ)も見られた。脂質含量の減少に対する貯蔵脂質の減少の程度は種によって異なると考えられる。また一部の魚種では DAGE の蓄積が見られ, 本研究の結果から北海道近海のクロメダイ, ココノホシギンザメもこれに該当することが示された。

脂肪酸組成

筋肉における主要な脂肪酸は 16:0, 18:1n-9, EPA (20:5n-3), DHA (22:6n-3) であった (Table 2)。また 14:0, 18:0, 16:1n-7, 20:4n-6 (アラキドン酸) も比較的多かった。アブラボウズ, アンコウ, イカナゴ, イラコアナゴ, クロメダイ, ゴッコ, ボウズギンボでは 20:1 と 22:1 も多かった。EPA や DHA の組成値はほとんどの試料で 5-20% であり一般魚と同様であった。ただし EPA はクロメダイでは 2.1% と低く, DHA はアブラボウズ, クロメダイでそれぞれ 2.7%, 1.8% と低かった。脂質含量が高かったイラコアナゴ, ボウズギンボの DHA も 5% 前後と比較的低い値であった。これらの種では 18:1n-9 の組成値が高く, ボウズギンボ以外の 3 種では 25-30% と特に高い値であった。

一般に EPA と DHA は中性脂質よりも細胞膜を構成する極性脂質に多く含まれる (手島, 1991)。DHA の組成値が低かった上記 4 種は全て TAG や DAGE といった中性脂質が主要であり, 一方, DHA の組成値が高かった種 (25-30%) では PC が主要な脂質クラスであったため, 脂質クラス組成の違いが EPA や DHA の組成値の違いに影響していると考えられる。また, DHA などの高度不飽和脂肪酸は飽和脂肪酸やモノ不飽和脂肪酸に比べてエネルギーとして消費されにくいことがマグロなどの回遊魚で DHA が豊富に蓄積されている理由として考えられている (齋藤, 1996)。DHA が低い値であった 4 種のうちクロメダイ以外は底生性であるため, エネルギーの消費が少ないことも DHA の組成値が低いことに関係していると考えられる。実際, これら魚種ではモノ不飽和脂肪酸 18:1n-9 の値が高かった。

一方, 肝臓 (Table 3) では 16:0, 16:1n-7, 18:1n-9 が主要な脂肪酸であり, EPA または DHA が 10% 以上であったのはコマイ, ドンコ, フサギンボ, マンボウであった。幽門垂では 18:1n-9 が最も多く, 卵および精巣では 16:0, 18:1n-9, EPA, DHA が主要であった。

全体を通して, DHA や EPA の組成値が高い魚種は脂質含量が低く, 脂質含量が高い魚種では EPA や DHA の組成値は低い値であり, 脂質が豊富でかつ EPA や DHA の組成値も高い魚種は見られなかった。しかし, ドンコとマンボウの肝臓では EPA が 11.2%, 7.4%, DHA が 8.8%, 11.0% と一般魚に匹敵しながら, 脂質含量は 65.0%, 57.8% とマグロの脂身の脂質含量の 2 倍近くであった。このため, これら 2 種の肝臓は EPA と DHA の供給源として有用であると考えられる。マンボウは時に大量に混獲

され漁業被害をもたらすため, EPA と DHA の供給源となればその付加価値向上に役立つ。

超長鎖高度不飽和脂肪酸

脂肪酸分析の結果, 炭素数 24 の超長鎖高度不飽和脂肪酸であるテトラコサペンタエン酸 (24:5n-3, TPA) とテトラコサヘキサエン酸 (24:6n-3, THA) を含む魚種が認められた (Table 2 と Table 3)。ボウズギンボの筋肉では, 総脂肪酸に対するこれらの組成値はそれぞれ 0.11% と 1.16% であった。ボウズギンボでは肝臓にも TPA と THA が見られ, 肝臓におけるそれらの組成値はそれぞれ 0.06%, 0.62% であった。この他に THA が含まれたのは, ココノホシギンザメの筋肉 (0.50%), 肝臓 (0.78%), フサギンボの筋肉 (0.53%), 肝臓 (0.88%) であった。

THA は EPA から DHA が体内で合成される際の中間生成物であり, 魚類自体の体内における特別な役割はないと考えられている (Suo et al., 2015)。しかし, マウスに対しては DHA と同様の抗炎症作用を示すことが報告され (Ishihara et al., 1998), さらにヒトの肝細胞を用いた研究では EPA, DHA よりも脂質蓄積を抑制する効果が高いことが報告されている (Nagao et al., 2014)。このため THA は生理機能成分として関心が持たれる。しかし THA を豊富に含む海洋生物はクモヒトデ (Takagi et al., 1986; Kawasaki et al., 2000), アカガレイ (Ota et al., 1994), サメガレイ (Fukuda and Ando, 2011) などが知られるのみである。本研究では, 異体類以外の海産魚としてココノホシギンザメ, ボウズギンボ, フサギンボの筋肉および肝臓の脂肪酸中に THA が 0.5-1.2% 含まれることが明らかになった。これらの THA の組成値はクモヒトデの 13.9% (Kawasaki et al., 2000) よりも低いが, 脂質含量はクモヒトデの 0.5% に比べるとココノホシギンザメの肝臓では約 100 倍, フサギンボの肝臓では約 35 倍, ボウズギンボの筋肉, 肝臓では 50 倍と非常に高い。よってこれら 3 種は THA の供給源として期待される。

以上, 本研究では北海道近海産の 28 種のマイナー魚の脂質特性を明らかにした。その結果, 供試魚のほとんどは脂質含量が比較的低く, 低脂肪の食品として有用であると考えられた。一方, 脂質含量の高い 4 魚種の筋肉および 8 魚種の肝臓が特定され, これらは脂質源として有用である可能性が示唆された。ドンコおよびマンボウの肝臓は EPA と DHA の供給源となり得, またボウズギンボの筋肉, ココノホシギンザメ, フサギンボ, ボウズギンボの肝臓, 筋肉は THA の供給源として有望であった。これらの情報は今後マイナー魚を利用する際の基礎資料として重要である。

中塚・安藤：北海道産マイナー魚の脂質特性

Table 3. Lipid contents, lipid class compositions, and fatty acid compositions of the minor fish liver and other parts

Japanese name	'Irako anago'	'Koko nohoshi ginzame'	'Gokko'	'Komai'	'Donko'	'Naga menuke'	'Fusa ginpo'	'Bouzu ginpo'	'Manbou'	'Gokko'	'Suketo udara'	'Irako anago'
Number	1	1	3	3	4	1	1	3	2	3	2	1
Part	Liver	Liver	Liver	Liver	Liver	Liver	Liver	Liver	Liver	Egg	Testis	Pyloric ^d
Lipid content (%)	19.1	53.8	8.8	22.3	65.0	16.3	17.5	30.7	57.8	4.0	0.6	23.9
Lipid class composition (wt%) ^a												
SE	5.6	0.0	28.5	0.0	4.6	6.2	23.5	10.6	0.0	13.7	0.0	19.2
DAGE	0.0	49.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TAG	45.3	32.2	37.4	58.9	81.5	52.2	55.8	61.4	92.3	41.4	0.0	71.1
FFA	13.9	11.7	6.0	9.6	5.1	15.7	11.9	11.5	0.0	0.0	10.3	0.0
ST	12.6	7.0	8.3	9.2	6.9	11.6	8.8	8.6	7.8	6.0	23.2	3.7
MAG	6.7	0.0	0.0	3.3	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PE	9.3	0.0	6.0	6.7	0.0	3.9	0.0	0.5	0.0	15.9	20.8	0.0
PI	0.0	0.0	0.0	2.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0
PC	6.7	0.0	13.9	10.0	0.4	5.5	0.0	7.4	0.0	23.0	31.1	6.1
Fatty acid composition (wt%)												
12:0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14:0	4.9	1.0	9.1	2.0	3.7	3.0	3.2	1.9	2.7	4.5	0.9	3.1
14:1n-5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.4	0.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1
iso-15:0	0.1	0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
anteiso-15:0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15:0	0.1	0.1	0.4	0.4	0.2	0.1	0.4	0.1	0.4	0.3	0.2	0.2
iso-16:0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
16:0	10.9	14.6	11.8	13.3	16.0	14.4	10.8	12.5	14.5	13.5	18.7	9.7
16:1n-7	6.4	5.0	4.8	10.8	6.5	18.4	12.4	9.1	5.9	3.1	2.2	7.0
16:1n-5	0.1	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.6	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2
iso-17:0	0.2	0.7	1.2	0.6	0.4	0.7	1.4	0.8	0.9	0.6	0.5	0.3
16:2n-6	0.0	0.4	0.0	0.4	0.1	0.2	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
anteiso-17:0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
16:2n-4	0.2	0.0	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.2	0.2	0.5	0.1	0.3
7-Me-16:1	0.0	0.4	1.7	0.1	0.2	0.6	1.2	0.6	0.9	0.2	0.6	0.2
17:0	0.0	0.4	1.1	0.5	1.0	0.5	0.5	0.3	0.7	0.3	0.4	0.7
16:3n-4	0.3	0.0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1
16:4n-1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
18:0	3.9	3.4	0.6	2.1	3.2	2.0	1.2	2.5	7.6	2.5	3.0	2.4
18:1n-13	0.0	0.3	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	0.0	0.1
18:1n-9	48.3	31.5	21.4	15.9	21.7	29.3	18.0	29.2	16.0	12.0	13.6	26.8
18:1n-7	6.1	5.4	3.3	9.2	7.4	5.2	6.6	5.7	2.5	2.8	5.3	4.6
18:1n-5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	1.6	1.5	0.6	1.3	0.5	0.4
18:2n-6	0.4	0.4	1.9	1.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.8	1.0	0.3	0.6
18:2n-4	0.1	0.0	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
18:3n-6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18:3n-4 ^b	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
18:3n-3	0.2	0.3	0.9	0.9	0.6	0.3	0.2	0.2	0.7	0.6	0.1	0.4
18:4n-3	0.1	0.2	1.1	1.0	1.2	0.5	0.6	0.2	1.2	1.4	0.2	0.4
18:4n-1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2
20:0	0.1	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1
20:1n-11+20:1n-13	3.5	2.5	10.1	0.8	2.0	3.0	2.7	4.1	1.8	4.0	1.7	9.0
20:1n-9	2.2	3.8	1.3	0.9	2.0	0.0	2.1	2.0	2.6	1.9	1.6	3.6
20:1n-7	0.2	2.4	0.5	0.8	0.3	0.6	1.0	1.1	1.8	0.7	0.2	0.4
20:1n-5	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.3	0.1	0.2	0.0	0.1
20:2n-6	0.1	0.4	0.3	0.5	0.2	0.1	0.3	0.1	0.6	0.2	0.2	0.1
20:3n-6	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
20:4n-6	0.7	1.0	0.3	2.2	0.9	0.2	2.1	1.6	1.2	0.5	2.7	0.5
20:3n-3	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1
20:4n-3	0.2	0.2	2.3	0.4	0.5	0.6	0.9	0.7	0.6	0.9	0.3	0.5
20:5n-3	1.1	3.1	5.4	16.7	11.2	5.5	10.9	6.0	7.4	19.6	16.5	3.1
22:1n-11+22:1n-13	0.9	2.0	3.6	0.2	1.9	2.1	0.6	3.7	2.3	1.6	0.5	12.4
22:1n-9	0.4	2.6	3.2	0.1	0.4	1.7	0.4	1.0	3.9	0.9	0.2	1.5
22:1n-7	0.0	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3
21:5n-3	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
22:4n-6 ^b	0.0	0.0	0.6	0.2	0.2	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
22:5n-6	0.1	0.6	0.0	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1
22:4n-3 ^b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22:5n-3	0.9	1.8	0.7	1.9	1.5	0.7	2.3	2.5	3.9	1.2	1.5	1.0
22:6n-3	4.6	3.3	3.4	8.1	8.8	4.2	6.9	5.9	11.0	18.2	22.1	4.5
24:1n-9	0.2	0.9	0.5	0.2	0.5	0.3	0.0	0.5	0.7	0.4	0.5	1.2
24:5n-3 ^{b,c}	0.00	0.11	0.03	0.02	0.06	0.06	0.04	0.06	0.05	0.03	0.06	0.09
24:6n-3 ^{b,c}	0.00	0.78	0.02	0.01	0.03	0.03	0.88	0.62	0.08	0.07	0.04	0.03
Others	2.0	7.4	4.3	3.8	2.1	2.5	4.1	2.8	3.6	2.6	4.0	2.7

Data are presented in the form of mean values for the replicated samples.

^a SE, sterolesters; DAGE, diacylglycerylethers; TAG, triacylglycerols; FFA, free fatty acids; ST, sterols; MAG, monoacylglycerols; PE, phosphatidyl-ethanolamines; PI, phosphatidylinositols; PC, phosphatidylcholines.

^b The GC peaks were identified by GC-MS.

^c Very long chain polyunsaturated fatty acid.

^d Pyloric caeca.

文 献

- Bligh, E.G. and Dyer, W.J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917.
- Christie, W.W. and Han, X. (2010) *Lipid Analysis, 4th edn.* The Oily Press, Bridgwater, pp 206-208.
- Fukuda, Y. and Ando, Y. (2011) Occurrence of all-*cis*-5, 8, 11, 14, 17, 20, 23-hexacosaeptaenoic acid (26 : 7n-3) in rough-schale sole *Clidoderma asperrimum* flesh lipids. *Fish. Sci.*, **77**, 875-882.
- 福田 裕 (2010) 水産物利用からみた水産物の特徴. pp. 431-432. 竹内俊郎・中田英昭・和田時夫・上田 宏・有元貴文・渡部終五・中前 明(編), 改訂水産海洋ハンドブック, 生物研究社, 東京.
- Ishihara, K., Murata, M., Kaneniwa, M., Saito, H., Shinohara, K., Maeda-Yamamoto, M., Kawasaki, K. and Ooizumi, T. (1998) Effect of tetracosahexaenoic acid on the content and release of histamine, and eicosanoid production in MC/9 mouse mast cell. *Lipids*, **33**, 1107-1114.
- Kawasaki, K., Nabeshima, Y.I., Ishihara, K., Kaneniwa, M. and Ooizumi, T. (2000) High level of 6, 9, 12, 15, 18, 21-tetracosahexaenoic acid found in lipids of Ophiuroidea *Ophiura sarsi* Lütken. *Fish. Sci.*, **66**, 614-615.
- 万倉三正・鹿山 光 (1995) AA, EPA, DHA の生理機能と利用. pp. 207-224. 鹿山 光(編), AA, EPA, DHA —高度不飽和脂肪酸, 恒星社厚生閣, 東京.
- Nagao, K., Nakamitsu, K., Ishida, H., Yoshinaga, K., Nagai, T., Mizobe, H., Kojima, K., Yanagita, T., Beppu, F. and Gotoh, N. (2014) A comparison of the lipid-lowering effects of four different n-3 highly unsaturated fatty acids in HepG2 cells. *J. Oleo Sci.*, **63**, 979-985.
- Olsen, E.R. and Henderson, J.R. (1989) The rapid analysis of neutral and polar marine lipids using double-development HPTLC and scanning densitometry. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **129**, 189-197.
- Ota, T., Chihara, Y., Itabashi, Y. and Takagi, T. (1994) Occurrence of all-*cis*-6, 9, 12, 15, 18, 21-tetracosahexaenoic acid in flatfish lipids. *Fish. Sci.*, **60**, 171-175.
- 齋藤洋昭 (1996) 海洋生物と n-3 高度不飽和脂肪酸. 化学と生物, **34**, 107-113.
- Shirai, N., Higuchi, T. and Suzuki, H. (2006) Analysis of lipid classes and the fatty acid composition of the salted fish roe food products, Ikura, Tarako, Tobiko and Kazunoko. *Food Chem.*, **94**, 61-67.
- Suo, R., Li, H., Yoshinaga, K., Nagai, T., Mizobe, H., Kojima, K., Nagao, K., Beppu, F. and Gotoh, N. (2015) Generation of tetracosahexaenoic acid in benthic marine organisms. *J. Oleo Sci.*, **64**, 721-727.
- Takagi, T., Kaneniwa, M. and Itabashi, Y. (1986) Fatty acids in Crinoidea and Ophiuroidea: Occurrence of all-*cis*-6, 9, 12, 15, 18, 21-tetracosahexaenoic acid. *Lipids*, **21**, 430-433.
- 隆島史夫 (1985) 組織学的にみた魚類筋肉脂質. pp. 101-102. 鹿山 光(編), 水産動物の筋肉脂質, 恒星社厚生閣, 東京.
- 手島新一 (1991) 魚介類の脂質とその代謝. pp. 34-55. 山口勝巳(編), 水産生物化学, 東京大学出版会, 東京.
- 山口勝巳 (1991) 魚介類の組織と構成成分. pp. 1-7. 山口勝巳(編), 水産生物化学, 東京大学出版会, 東京.