

日本太平洋岸の上りカツオおよび下りカツオの 各部位における脂質変化

守田麻由子,¹ 関 陽 平,¹ 後 藤 直 宏,¹ 藤 田 孝 夫,² 和 田 俊^{1*}

(2002 年 11 月 13 日受付, 2003 年 5 月 12 日受理)

¹東京海洋大学海洋食品科学科, ²共立女子大学家政学部

Variation of lipids in various parts of “Nobori-Katsuo”, skipjack tuna migration northward along the Pacific coast of Japan in spring, and “Kudari-Katsuo”, skipjack tuna migration to southward along the Pacific coast of Japan in autumn

MAYUKO MORITA,¹ YOHEI SEKI,¹ NAOHIRO GOTOH,¹
TAKAO FUJITA² AND SHUN WADA^{1*}

¹Department of Food Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato, Tokyo 108-8477, ²Department of Food Science and Nutrition, Kyoritsu Women's University, Chiyoda, Tokyo 101-8433, Japan

The lipid content and fatty acid composition of abdominal muscle, dorsal muscle, dark muscle, skin, ventricle, atrium, artery ball, liver, intestine, pyloric caecus, and orbit in the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, were investigated based on the comparison of lipids between “Nobori-Katsuo”, skipjack tuna migration northward along the Pacific coast of Japan in spring, and “Kudari-Katsuo”, skipjack tuna migration southward along the Pacific coast of Japan in autumn.

The amount of triglyceride in the dorsal muscle, dark muscle, atrium, pyloric caecus and intestine was fairly higher in “Kudari-Katsuo” compared with that of “Nobori-Katsuo”. The fact suggests that the triglyceride in these parts of “Nobori-Katsuo” was preferentially used for the energy of migration compared to the other parts.

Conversely, the amount of triglyceride and fatty acid composition in the orbit were almost the same between “Nobori-Katsuo” and “Kudari-Katsuo”. The relative amount of docosahexaenoic acid (DHA) was lower in almost all parts of “Kudari-Katsuo”.

キーワード：上りカツオ，下りカツオ，脂質，部位，変化

カツオ *Katsuwonus pelamis* は、主に外洋の暖流表層海域に生息し、その多くは体長、遊泳能力の類似した数千匹～数万匹が群れをなして回遊している。¹⁾ 日本近海では春夏に南海から黒潮に乗って太平洋岸を索餌回遊で北上する「上りカツオ」、晩秋に北海道沿岸の親潮に戻された黒潮で南下する「下り（戻り）カツオ」がよく知られている。²⁾ 上りカツオは 1 kg から 2 kg 程度のものが銚子や勝浦沖で漁獲・水揚げされ、下りカツオは 3 kg から 5 kg 程度のものが気仙沼、石巻、塩釜、銚子などに水揚げされる。²⁾ 日本人は古くよりカツオを食し、春と秋のカツオの味は日本の風物詩でもあり、その経験上、「下りカツオは上りカツオと比較して脂が乗ってい

る」ことを知っている。この脂はカツオの筋肉中に含まれる脂質のことで、実際、下りカツオの方がその含有率は高い。³⁾

魚類脂質は高度不飽和脂肪酸に富むが、カツオでは特にドコサヘキサエン酸（DHA）の含有率が高く、⁴⁻⁷⁾ その多くがトリグリセリド（TG）に結合して存在する。⁸⁾ DHA は哺乳類の脳神経系細胞を構成する主たる脂肪酸であり、⁹⁾ さらに網膜反射能にも影響を与えるため、⁹⁾ 近年、機能性食品素材として大きな注目を集めている。現在、DHA の供給源のひとつとして、カツオ眼窩油が用いられているが、眼窩油に限らずカツオ各部位において DHA 含量は多いので、¹⁰⁾ 可食部以外の廃棄部位脂質の

* Tel : 81-3-5463-0605. Fax : 81-3-5463-0626. Email : wada@tokyo-u-fish.ac.jp

DHA を機能性素材油として利用することなどが検討されている。

これまで種々の魚種に関し、脂質含量および脂肪酸組成の季節変化が調べられてきたが、^{11,12)} カツオ各部位における脂質含量の季節変化および脂質の質的变化に関して精査された報告はない。現在多くの魚を輸入している日本では、カツオは近海で多獲される貴重な魚種の1つであるので、¹³⁾ これを最大限に有効利用しなければならない。そこで本研究では、日本太平洋岸の上りカツオおよび下りカツオの種々の部位における脂質組成、脂肪酸組成、TG 分子種の変化について精査し、カツオ未利用部位の有効利用への基礎的な知見として役立てることを目的とした。

試料および方法

試料 供試カツオ *Katsuwonus pelamis* には房総半島沖で2000年4月に漁獲された上りカツオと、同じ海域で2000年11月に漁獲された下りカツオを用いた。体長および体重を測定後、筋肉、心臓、肝臓、消化管および眼窩の各部位に分けた。さらに筋肉は腹肉、背肉、血合肉および皮の4部位に、心臓は心房、心室および動脈球の3部位に、消化管は腸管および幽門垂の2部位に分け、合計11部位を試料として用いた。カツオ各部位は脂質を抽出するまで -80°C で保存した。

脂質の抽出 カツオ各部位の脂質の抽出には Bligh & Dyer 法¹⁴⁾を用いた。抽出には、上りカツオ10尾、下りカツオ6尾を用いた。一般にカツオは体長の近いもの、遊泳能力の近いもの同士が同じ群れで群性生活を行う。¹⁾従って、本研究では各個体を区別せず、上りカツオの10匹および下りカツオの6匹をそれぞれ1つの群としてまとめて抽出した。

脂質クラス分析 脂質クラスは薄層クロマトグラフィー (TLC) を用いて分析した。試料をスポットした TLC プレート (Kieselgel 60, 5×20 cm, 層厚 0.25 mm, Merck 社製) を、石油エーテル/ジエチルエーテル/酢酸 ($80:20:1$, v/v/v) で展開させ、展開後、30% 硫酸を噴霧し、加熱して発色させた。その後、発色した画分の黒色度をデンスイトメトリー (二波長フライングスポットスキャナー, CS-9000, 島津製作所社製) により測定^{15,16)}し、脂質クラスの組成比を求め、TG 含有率を明らかにした。

脂肪酸組成分析 脂肪酸組成分析では、脂肪酸を三フッ化ホウ素-メタノール法によりメチル誘導体化し、得られた脂肪酸メチルエステルを、水素炎イオン化検出器を接続したガスクロマトグラフ (GC-FID) (GC-14A, 島津製作所社製) に供した。カラムには SUPELCO-WAX 10 (長さ 30 m, 内径 0.25 mm, 層厚 0.25 μm , SUPELCO 社製) を用い、分析条件としてカラム温度:

Table 1 The gradient condition for analysis of triglyceride molecular species by HPLC

Time(min)	Acetone(%)	Acetonitrile(%)
0	60	40
60	65	35
100	75	25
140	90	10
160	100	0

$175^{\circ}\text{C} \sim 225^{\circ}\text{C}$ (昇温 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$), 注入口温度: 250°C , 検出器温度: 270°C , キャリヤーガス: ヘリウム ($1 \text{ mL}/\text{min}$) を採用した。定量の際の内部標準物質としてトリコサン酸メチルエステル (99%, SIGMA 社製) を用い、各種脂肪酸のメチルエステルの同定は、脂肪酸メチルエステル標準試薬 (Supelco 37 Component FAME Mix, SUPELCO 社製) の保持時間との比較、定量は内部標準物質とのピークエリア面積との比較で行った。分析結果は、クロマトパック (C-R6A, 島津製作所社製) にて処理計算した。

TG 分子種分析 先に示した TLC 条件で抽出脂質を展開し、TG に該当する画分を分画した。分画した TG 区をクロロホルム/メタノール混液 ($20:1$, v/v) により抽出し、精製 TG とした。精製 TG は光散乱検出器 (ELSD) (PL-ELS1000, Polymer Laboratories 社製) を接続した高速液体クロマトグラフ (HPLC) (LC-10AD, 島津製作所社製) に供し、TG 分子種を測定した。カラムには DOCOSIL-B カラム (4.6×250 mm, $5 \mu\text{m}$, 細孔径 8 nm, 炭素含量 23%, センシュエー科学社製) と DEVELOSIL C30-UG-5 カラム (4.6×250 mm, $5 \mu\text{m}$, 細孔径 14 nm, 炭素含量 18%, 野村化学社製) の2本を直列につなぎ、カラム温度を 20°C , 移動相にアセトン-アセトニトリル (流速 $0.8 \text{ mL}/\text{min}$) を用いてグラジエント溶出した (Table 1)。分析結果はクロマトパック (C-R6A, 島津製作所社製) で処理し、各 TG 分子種の組成比はピークエリア面積により求めた。また TG 分子種の同定は、高速液体クロマトグラフィー-質量分析計 (LC-MS) (ZMSD4000 2690XE/996, Waters 社製) によった。カラム、カラム温度および移動相には HPLC-ELSD 分析と同じ条件を用いた。また、イオン化は大気圧化学イオン化 (APCI) 法により行い、コーン電圧を 40 V, キャピラリー電圧を 3.5 kV, ヒーター温度を 400°C にて分析した。

結 果

脂質含量 供試カツオの体長および体重を Fig. 1 に示す。平均体長は上りカツオおよび下りカツオでそれぞれ 43.8 ± 1.6 cm, 53.1 ± 0.4 cm, 平均体重はそれぞれ

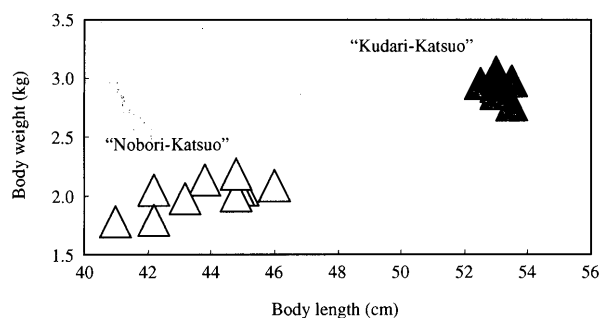


Fig. 1 The biological measurements of "Nobori-Katsuo" and "Kudari-Katsuo".

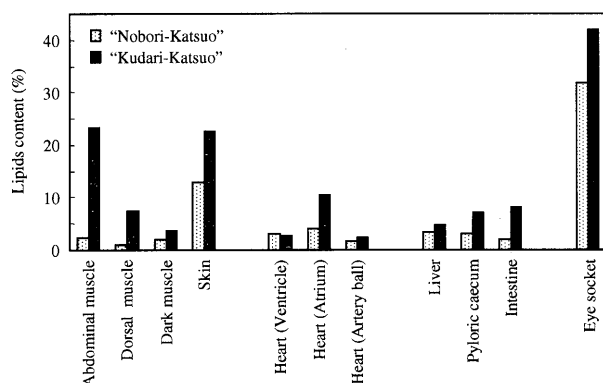


Fig. 2 Comparison of lipid content of various parts between "Nobori-Katsuo" and "Kudari-Katsuo".

2.01 ± 0.13 kg, 2.92 ± 0.10 kg であり, 下りカツオの方が上りカツオより体長および体重とも上回っていた。供試下りカツオは, 一般に漁獲される下りカツオの重さ (3 kg から 5 kg 台) より軽く, 下りカツオとしては小型であった。各部位の脂質含量を Fig. 2 に示す。下りカツオの腹肉, 背肉, 血合肉などの可食部では, 上りカツオのそれらに対しおよそ 2 倍以上の脂質含量があり, 腸管, 幽門垂, 心房においても, 下りカツオは同じく 2 倍以上の脂質が含まれていた。しかし, 心室, 動脈球, 肝臓, 眼窩においては, 上りカツオと下りカツオの脂質含量は筋肉部ほどの大きな変化は認められなかった。なかでも眼窩では, 上りカツオ, 下りカツオともに脂質含量は常に 30% 以上であり, 両群とも高含量を維持していた。

TG 含有率 Fig. 3 に各部位の脂質中の TG 含有率を示す。背肉, 血合肉, 心房, 幽門垂, 腸管において脂質中に占める TG 含有率が上りカツオに比べ, 下りカツオで大きく, 逆に, 腹肉, 皮, 心室, 動脈球, 眼窩では, 大差なかった。

脂肪酸組成 各部位の n-6 系脂肪酸と n-3 系脂肪酸の比 (n-6/n-3) を Fig. 4 に示す。n-6/n-3 の比は部位および上りと下りの両群すなわち季節で大きく変化せ

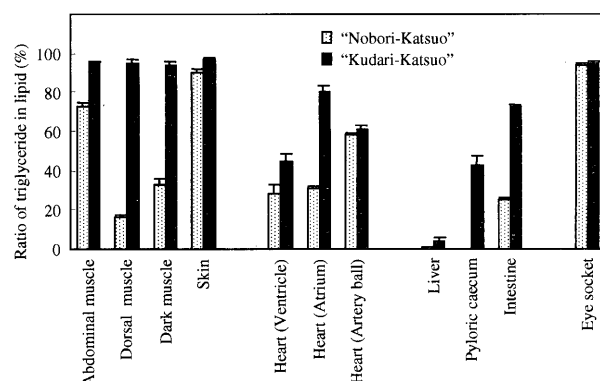


Fig. 3 Comparison of the ratio of TG content of various parts between "Nobori-Katsuo" and "Kudari-Katsuo".

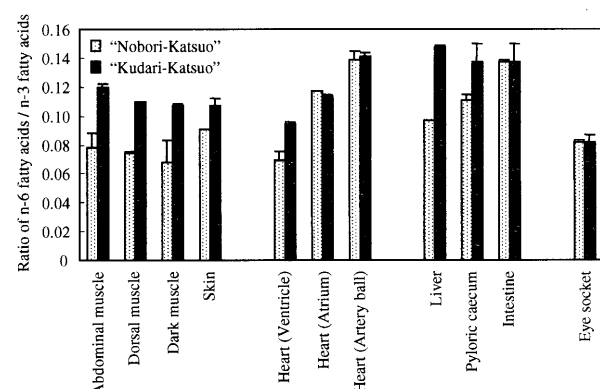


Fig. 4 Comparison of the ratio of n-6 fatty acids/n-3 fatty acids of various parts of skipjack tuna.

ず, 両系列の脂肪酸のバランスは大きく変化しないことが判明した。上りカツオおよび下りカツオ各部位の脂肪酸組成を Table 2 および Table 3 に示す。ドコサヘキサエン酸 (DHA (D), 22:6 (n-3)) が脂質中に占める量は, 眼窩で大きな季節変化は見られなかったが, 他の部位で, 上りカツオと比較して下りカツオで含量は減少する傾向があった。ステアリン酸 (S, 18:0) 量は, 上りカツオと比較して下りカツオのすべての部位で減少が認められた。逆にイコサペンタエン酸 (EPA (E), 20:5 (n-3)), オレイン酸 (O, 18:1 (n-9)), リノール酸 (L, 18:2 (n-6)) の含量では, 上りカツオと比較して下りカツオで増加する傾向が認められた。なお各部位のパルミチン酸 (P, 16:0) は, 季節変動が大きかった。

TG 分子種 カツオ脂質の主な TG 分子種は, パルミチン酸 (P), オレイン酸 (O), EPA (E), DHA (D) が組み合わさった TG (POD, PED, PDD, PPE, PPD) であった (Table 4)。幽門垂の脂質, 皮下脂肪, および眼窩油の TG 分子種の HPLC クロマトグラムを Fig. 5 ~ Fig. 7 に示す。幽門垂および皮下脂肪の TG はいずれも

Table 2 The fatty acid composition in the lipids of various parts of “Nobori-Katsuo”

(mg/g lipids)

Fatty acids	Abdominal muscle	Dorsal muscle	Dark muscle	Skin	Heart (Ventricle)	Heart (Atrium)	Heart (Artery ball)	Liver	Pyloric caecum	Intestine	Eye socket
14:0	38.0	8.4	13.7	42.4	9.4	3.7	24.9	4.4	12.4	13.3	44.0
15:0	8.2	6.3	4.6	6.9	3.8	2.1	6.6	4.2	4.7	4.0	13.0
16:0	220.2	138.4	148.7	201.0	209.6	110.6	174.0	136.8	174.8	122.6	215.1
16:1	39.3	9.8	17.1	45.4	10.2	4.7	23.8	8.0	12.5	13.4	55.6
16:2	10.2	4.0	7.2	8.9	3.3	2.3	6.6	7.0	7.7	7.8	13.9
17:0	9.4	6.0	8.5	7.6	7.5	5.8	8.0	6.9	7.4	5.8	11.0
16:3	3.7	1.5	2.3	3.7	n.d.	n.d.	3.2	0.9	1.2	1.6	7.5
16:4	1.4	1.7	n.d.	0.8	n.d.	0.5	n.d.	n.d.	1.1	1.8	n.d.
18:0	62.5	80.6	98.8	44.3	116.1	82.7	86.7	51.7	70.7	62.8	38.4
18:1(n-9)	69.4	45.8	69.2	149.2	42.8	31.7	77.8	23.2	35.2	34.4	104.4
18:1(n-7)	17.4	12.3	16.8	24.5	22.1	17.3	16.0	10.4	15.2	12.4	17.6
18:2(n-6)	10.9	6.2	8.5	12.5	6.7	5.9	8.6	4.1	5.9	5.4	11.7
18:2(n-3)	1.8	n.d.	n.d.	1.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.7
18:3(n-6)	5.7	1.1	2.3	3.7	n.d.	2.7	n.d.	n.d.	1.7	1.7	6.4
18:3(n-3)	9.3	2.8	4.2	6.7	3.2	1.5	5.1	2.4	3.5	3.2	7.0
18:4(n-3)	18.7	3.1	6.3	11.5	4.3	1.2	8.9	2.2	4.2	5.5	13.8
20:0	2.3	1.3	2.3	3.5	1.8	1.6	n.d.	1.0	1.6	1.2	2.9
20:1	3.5	2.1	4.0	12.8	2.8	2.3	3.8	1.5	2.7	1.5	4.8
20:4(n-6)	14.1	16.7	15.5	13.6	20.9	22.3	28.0	23.5	25.0	21.4	12.9
20:5(n-3)	84.6	45.9	52.6	67.5	53.1	45.1	61.1	66.0	62.7	48.1	75.8
21:5(n-3)	2.4	n.d.	n.d.	2.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.8
22:5(n-3)	8.6	6.2	7.99	11.7	8.5	6.7	17.6	5.5	6.4	7.8	7.5
22:6(n-3)	259.8	266.2	314.3	227.6	325.4	210.4	170.5	208.2	215.7	142.5	271.1
24:1	4.9	2.5	8.1	6.7	2.6	2.8	5.2	4.8	6.9	3.9	4.0
Others	35.4	66.2	49.1	106.5	47.0	32.3	62.7	31.7	33.3	36.2	44.6
ΣSFA	340.6	240.9	276.5	305.6	348.2	206.5	300.2	205.0	271.5	209.8	324.5
ΣMUFA	134.5	72.6	115.1	238.5	80.4	58.8	126.6	178.8	72.5	65.7	186.4
ΣPUFA	430.3	355.5	421.1	371.4	425.5	298.0	309.6	237.4	335.0	243.4	431.0
n-6/n-3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10	0.1	0.1	0.1

Means(n=3), n.d.: not detected (less than 0.2 mg/g lipids)

下りカツオでは上りカツオに比べて、PDDの割合がPEDと比較して著しく減少した。またPPDもPPEと比較して著しく減少した。しかし、PODはPOEと比較して大きく減少しなかった。眼窩油 (Fig. 7) のTG分子種では上りカツオのTGおよび下りカツオのいずれにおいてもその分布はほとんど変化なく、PDDおよびPODが主要TG分子種であった。(なお、ここで示したTG分子種は、脂肪酸の組み合わせを示したものであり、記述した略号の順番が、sn-1位からの結合順ではない。)

考 察

下りカツオの腹肉、背肉、血合肉、腸管、幽門垂および心房では、上りカツオのそれらに比べて脂質含量が高い。これは北への索餌回遊の結果、これら部位に貯蔵脂質の形で脂質を蓄積したためと考えられる。

脂質クラスでは、下りカツオの背肉、血合肉、心房、幽門垂、腸管の各部位においてTG含有率は、上りカツオのそれらが、それぞれ16.5%、33.1%、31.1%、0%、25.5%であったのに対し、全ての部位において95%以上に増加した。これは過剰な摂取エネルギーを主にTGの形で体脂肪として蓄積したことを意味し、幽門垂、腸管のTGは内臓脂肪となっているものと考えられる。一方、腹肉においては下りカツオでもTG含有率は大きく増加しなかった。これは、上りカツオ中に既に80%近いTG含有率を示していることに起因していると考えられる。回遊魚は摂餌が出来ない際は、体脂肪に蓄積したTGをエネルギー源として運動しているものと考えられる。すなわち、上りカツオの背肉、血合肉で脂質中のTG含有率が40%以下であったこと、回遊魚に多く見られる幽門垂においてほぼ0%であったことは、体脂肪として貯えられたTGをエネルギーとして使用した結

Table 3 The fatty acid composition in the lipids of various parts of “Kudari-Katsuo”

(mg/g lipids)

Fatty acids	Abdominal muscle	Dorsal muscle	Dark muscle	Skin	Heart (Ventricle)	Heart (Atrium)	Heart (Artery ball)	Liver	Pyloric caecum	Intestine	Eye socket
14:0	55.1	57.8	31.2	58.1	14.3	60.3	13.3	8.9	46.4	59.9	43.3
15:0	8.0	6.8	6.1	9.2	3.5	9.2	3.7	4.5	8.2	8.3	10.6
16:0	183.1	191.5	166.0	187.4	159.7	196.2	76.8	142.1	196.1	183.7	194.8
16:1	41.8	48.5	28.2	44.1	12.3	43.6	11.9	10.4	31.6	37.2	56.7
16:2	6.9	6.6	7.1	7.7	3.0	2.8	3.4	1.8	2.1	2.5	9.2
17:0	6.5	6.2	7.4	6.9	5.2	7.0	3.6	6.1	7.9	6.8	7.3
16:3	5.0	5.8	3.8	5.1	1.7	2.4	1.8	1.9	3.0	4.4	7.4
16:4	1.0	1.2	n.d.	1.5	n.d.	0.5	n.d.	n.d.	n.d.	1.0	n.d.
18:0	30.4	28.0	55.7	28.6	80.4	32.7	23.1	48.1	52.6	36.1	24.2
18:1(n-9)	103.6	117.2	103.1	102.2	44.7	103.6	47.4	49.0	80.8	93.5	111.2
18:1(n-7)	33.7	36.1	27.1	36.2	27.1	35.0	8.6	21.9	30.6	33.1	19.4
18:2(n-6)	20.8	22.1	15.6	22.0	10.8	20.9	8.0	11.1	17.7	19.2	14.0
18:2(n-3)	1.0	1.1	0.8	1.2	n.d.	0.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.2
18:3(n-6)	2.7	3.0	2.1	3.0	2.8	3.6	n.d.	n.d.	2.8	2.6	2.6
18:3(n-3)	12.7	14.6	7.0	14.0	3.9	13.1	2.1	4.3	10.8	11.7	7.1
18:4(n-3)	25.4	33.1	13.3	32.5	7.2	29.8	3.1	5.3	23.5	23.0	14.1
20:0	1.7	1.7	2.1	1.6	1.4	1.8	n.d.	n.d.	0.7	1.8	1.8
20:1	10.5	7.7	9.0	6.5	3.2	6.6	1.4	2.8	5.4	9.2	5.5
20:4(n-6)	13.2	12.0	14.4	12.4	20.5	13.8	9.4	25.7	19.2	15.0	12.5
20:5(n-3)	88.4	103.5	58.3	105.7	64.4	99.5	32.3	63.6	89.3	79.8	79.5
21:5(n-3)	2.2	2.5	1.6	2.6	n.d.	2.3	n.d.	n.d.	1.8	1.9	1.7
22:5(n-3)	9.4	9.2	8.7	8.0	10.0	8.7	6.4	6.3	8.0	9.4	7.5
22:6(n-3)	167.4	175.6	210.7	86.4	273.2	184.4	81.2	169.2	178.1	139.6	245.6
24:1	3.2	3.2	4.9	3.1	2.3	3.2	1.6	2.6	4.2	3.1	4.4
Others	76.4	68.7	71.2	81.0	40.6	60.9	9.6	51.8	56.6	90.3	45.3
ΣSFA	284.9	291.9	268.5	291.7	304.8	307.1	120.5	209.5	311.9	303.5	282.0
ΣMUFA	192.7	212.7	172.1	192.1	89.5	192.1	69.4	86.6	152.6	161.5	197.2
ΣPUFA	356.0	390.1	343.2	402.0	397.4	384.7	144.1	289.1	356.4	333.6	401.8
n-6/n-3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1

Means (n=3), n.d.: not detected (less than 0.2 mg/g lipids)

果だと考えられる。哺乳類においては、内臓脂肪は皮下脂肪に比べて代謝活性が高く、皮下脂肪より内臓脂肪が優先的にエネルギーとして使用されることが知られている。¹⁵⁾ よって、本研究で使ったカツオにおいて幽門垂中の TG 含有率が 0% であったことは、カツオにおいても内臓脂肪中の TG が優先的にエネルギーとして使用されている可能性を示す結果だと考えられる。また、上りカツオの筋肉中の TG 含有率は、背肉、血合肉、腹肉の順が多い。このことは、これら部位に体脂肪として蓄積された TG がエネルギーとして使用される際に、腹肉、血合肉、背肉の順番で使われやすいのではないかと考えられる。なお、下りカツオでは、腹肉、血合肉、背肉のいずれにおいても脂質中の TG 含有率が 95% 以上であり、この TG の蓄積状態はほぼその部位の限界域の蓄積状態と推察される。

DHA 含量は他の魚種と比較して非常に高く、眼窩以

外の各部位の脂質も眼窩脂肪と同様に、安定した DHA 供給源としての利用が期待される。全般に全ての部位において DHA 含量は高いが、眼窩以外の各部位においては季節変化を示し、下りカツオで減少した。ただしこの原因に関しては不明であった。

n-6 系脂肪酸と n-3 系脂肪酸の比 (n-6/n-3) は、部位および季節で大きく変化せず、カツオのどの部位においてもこのバランスは一定と考えられた。現在、日本人の摂取油の n-6/n-3 の比は 4.2 程度であり、健康人では 4 程度が目安とされている¹⁶⁾ ものの各種疾病予防にはこの比をもっと下げるべきとの議論もなされている。さらに、n-3 系脂肪酸の摂取量が若年層を中心に低下していることも健康との面から懸念されている。カツオ各部位の脂質では、上りカツオおよび下りカツオともに全ての部位で n-6/n-3 の比は小さく、カツオ脂質は n-3 系脂肪酸の利用、摂取に有用であるといえる。

Table 4 The main molecular species in the triglyceride of various parts

TG species	Abdominal muscle	Dorsal muscle	Dark muscle	Skin	Heart (Atrium)	Heart (Artery ball)	Intestine	Pylorus	Eye socket
“Nobori-Katsuo” (peak area %)									
EEE	n.d.	n.d.	0.2	n.d.	0.0	0.1	n.d.	n.d.	n.d.
EED	0.8	n.d.	0.5	n.d.	0.2	0.4	0.4	n.d.	0.1
EDD	1.3	n.d.	1.2	n.d.	0.5	0.8	0.8	0.7	0.3
DDD	n.d.	n.d.	1.0	n.d.	0.3	0.3	0.3	0.5	0.1
OED	1.8	1.6	1.5	1.3	1.9	1.5	1.1	0.9	1.3
PEE	2.6	1.5	0.8	n.d.	3.4	2.8	1.9	1.7	n.d.
ODD	2.5	2.6	2.7	3.9	2.1	1.7	1.5	1.3	3.5
PED	9.4	6.9	4.0	3.6	8.2	6.3	5.9	5.1	4.7
PDD	20.9	15.8	8.3	9.5	16.8	12.7	14.6	13.2	17.1
SED	3.3	2.8	2.6	1.8	4.6	3.6	2.7	2.3	1.0
SDD	8.4	7.6	8.1	5.4	6.2	5.7	7.3	6.7	8.3
OOE	1.0	n.d.	2.7	4.0	2.9	2.3	1.0	0.7	0.8
OOD	4.0	3.3	3.7	5.4	4.7	5.3	3.7	3.2	3.5
POE	1.9	2.4	2.6	2.3	1.7	1.5	1.6	1.1	2.1
POD	9.8	13.7	8.1	21.3	10.3	9.6	7.9	6.6	15.2
PPE	6.8	9.0	6.7	5.5	n.d.	1.4	6.7	6.3	5.5
PPD	5.9	5.9	4.3	10.6	n.d.	3.3	7.3	8.1	6.9
SPD	n.d.	2.9	2.9	n.d.	n.d.	5.5	1.7	2.7	n.d.
POO	n.d.	2.9	3.0	5.0	n.d.	3.6	2.3	n.d.	n.d.
PPO	n.d.	2.8	n.d.	5.0	n.d.	2.6	2.6	n.d.	n.d.
PPP	n.d.	3.2	2.5	3.4	n.d.	2.5	3.4	n.d.	n.d.
“Kudari-Katsuo” (peak area %)									
EEE	n.d.	0.0	0.0	0.0	n.d.	n.d.	0.0	0.0	0.0
EED	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
EDD	0.3	0.3	0.1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5
DDD	0.3	0.3	0.1	0.4	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1
OED	1.6	2.1	1.3	2.4	0.9	1.9	1.4	2.2	1.7
PEE	1.4	2.0	0.6	2.4	1.8	1.9	2.4	2.6	n.d.
ODD	1.5	1.3	1.7	1.5	3.1	2.0	n.d.	n.d.	4.2
PED	3.7	4.6	2.7	5.4	3.6	5.5	2.6	2.9	5.3
PDD	3.4	3.4	3.1	4.6	3.2	7.4	2.4	3.0	10.5
SED	1.8	2.2	1.9	2.2	1.9	1.4	1.3	1.3	1.2
SDD	4.0	4.7	4.5	4.2	3.4	5.0	2.8	3.3	6.5
OOE	1.3	3.7	2.6	3.8	3.8	3.8	1.2	1.0	0.7
OOD	4.3	4.0	5.0	3.8	3.9	3.7	3.7	3.5	3.5
POE	4.1	4.9	3.4	4.5	4.4	3.4	3.8	3.8	2.8
POD	9.7	11.0	12.6	10.5	10.1	13.1	8.1	9.5	16.0
PPE	6.6	6.6	6.2	6.8	6.7	7.4	5.6	6.3	5.1
PPD	6.4	4.6	5.9	4.7	5.3	4.1	6.2	5.2	6.2
SPD	3.6	3.4	3.6	2.9	n.d.	2.8	3.9	n.d.	n.d.
POO	4.5	3.8	3.8	3.4	5.9	5.0	6.8	n.d.	n.d.
PPO	3.4	3.3	4.5	2.0	3.2	2.5	3.7	n.d.	n.d.
PPP	2.8	2.5	3.7	1.9	2.9	2.8	3.7	n.d.	n.d.

n.d.: not detected

D: Docosahexaenoic acid, E: Icosapentaenoic acid, O: Oleic acid, P: Palmitic acid, S: Stearic acid

The order of the abbreviation on the TG species is only expressed the combination of fatty acids connected to the TG, not shown *sn*-position.

下りカツオにおける DHA 量の減少および EPA 量の増加は、各部位の TG 分子種変化にも影響を与えている。たとえば皮下脂肪や幽門垂の TG 分子種分布を、上

りカツオと下りカツオで比較すると、PPD と PPE のようにパルミチン酸を 2 分子有する TG 分子種では、下りカツオにおいて PPD が顕著に減少していた。同様に

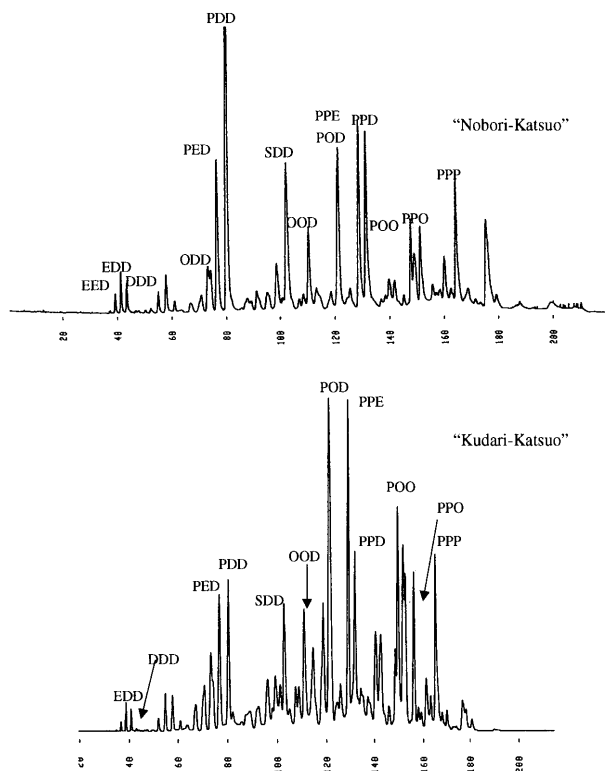


Fig. 5 HPLC profiles of TG in pyloric caecum of skipjack tuna.

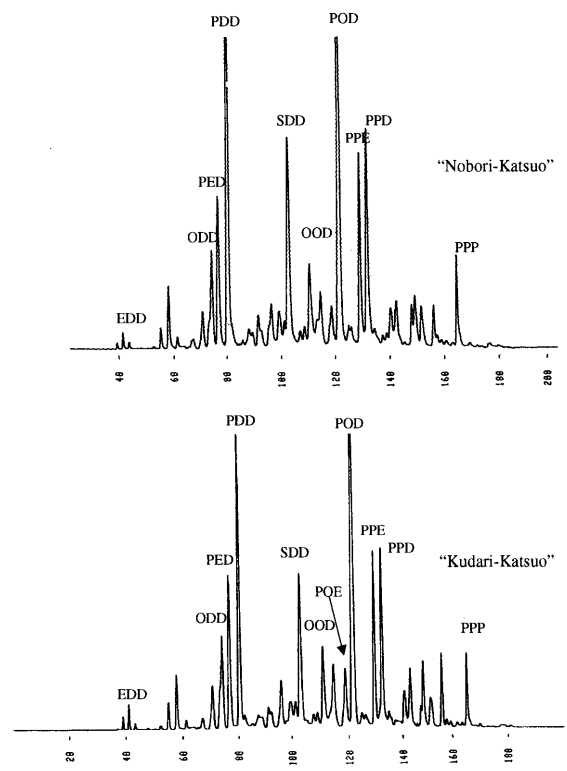


Fig. 7 HPLC profiles of TG in orbit of skipjack tuna.

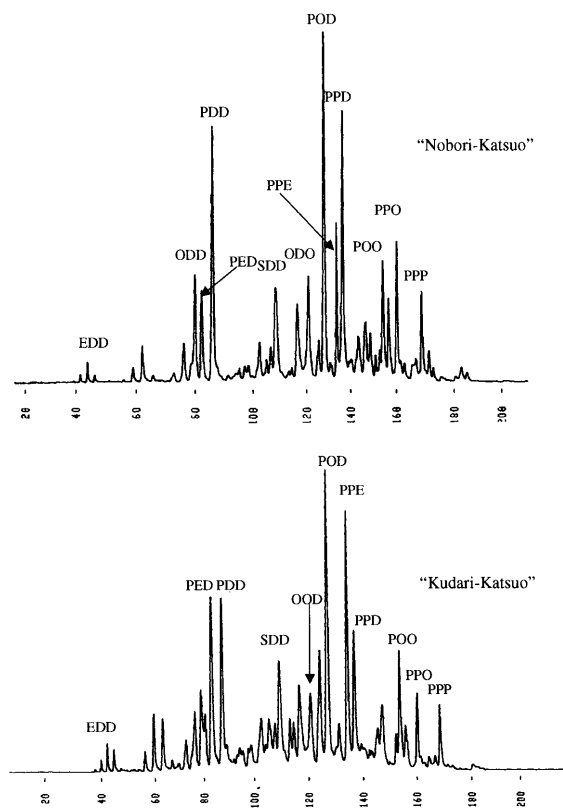


Fig. 6 HPLC profiles of TG in skin of skipjack tuna.

PED と PDD (PD 部分が共通) を比較すると、下りカツオにおいて PDD が減少しており、脂肪酸組成が TG 分子種に大きく影響を与えている可能性が示唆された。しかし POD は脂肪酸組成の影響を大きく受かず、常に主たる TG 分子種であった。このことより POD はカツオ体内の基本 TG 分子種と考えられた。

以上のように、カツオ脂質はそれぞれの部位において、季節により質・量ともに変化することが判明した。この結果、カツオ油を得るには下りカツオを利用すれば容易であり、高含有の DHA を得るためには、上りカツオの各部位を用いれば無駄がない。もしくは季節に関係なく眼窩脂肪を利用することが有利である。さらに腸管、幽門垂、心房などの部位は、従来から漁獲現場において脂質含量の予測に用いられてきたように、腹肉、背肉、血合肉の、可食部の脂の状態やつき具合を診断する部位として利用できることが示唆された。

カツオは日本近海で多く漁獲される海洋資源であり、本研究の基礎的知見を活用して、更なる有効利用が必要であると考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、サンプルを提供して下さいました日本水産株式会社および株式会社共和テクノスに厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 「太平洋の魚類」(ソ連科学アカデミー海洋学研究所編) ラテイス, 東京. 1971; 84-87.
- 2) 和田 俊. 「かつお節—その伝統から EPA・DHA まで—」 幸書房, 東京. 1999; 62.
- 3) Saito H, Ishihara K, Murase T. The fatty acid composition in Tuna (Bonito *Euthynnus pelamis*) caught at three different localities from tropic to temperate. *J. Sci. Food Agr.* 1997; **73**: 53-59.
- 4) Ishihara K, Saito H. The docosahexaenoic acid content of the lipid of Juvenile Bluefin Tuna *Thunnus thynnus* caught in the sea off Japanese coast. *Fish. Sci.* 1996; **62**: 840-841.
- 5) Saito H, Ishihara K, Murase T. Effect of prey fish lipids on the docosahexaenoic acid content of total fatty acids in the lipid of *Thunnus albacares* Yellowfin Tuna. *Biosci. Biotech. Biochem.* 1996; **60**: 962-965.
- 6) Saito H, Ishihara K. Docosahexaenoic acid content of the lipids of two species of frigate mackerel. *Auxis rocheri* and *Auxis thazard*. *Biosci. Biotech. Biochem.* 1996; **60**: 1014-1016.
- 7) Saito H, Yamashiro R, Ishihara K, Xue C. Lipids of three highly migratory fishes: *Euthynnus affinis*, *Sarda orrimalis*, and *Elagatis bipinnulata*. *Biosci. Biotech. Biochem.* 1999; **63**: 2028-2030.
- 8) 矢澤一良, 影山治夫. ドコサヘキサエン酸の生理活性. 日本油化学会誌 1991; **40**: 974-978.
- 9) Lauritzen L, Hansen HS, Jorgensen MH, Michaelsen KF. The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Prog. Lipid Res.* 2001; **40**: 1-94.
- 10) Saito H, Ishihara K, Murase T. Specificity of fatty acid composition of highly migratory fish. A comparison of docosahexaenoic acid content in total lipids extracted in various organs of bonito (*Euthynnus pelamis*). *Comp. Biochem. Physiol.* 1995; **111B**: 691-695.
- 11) Aro T, Tahronen R, Mattila T, Nurmi J, Sivonen T, Kallio H. Effect of season and processing on oil content and fatty acids of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*). *J. Agr. Food Chem.* 2000; **48**: 6085-6093.
- 12) Gamez MN, Higuera CI, Calderon de la Barca AM, Vazquez ML, Noriega PJ, Angulo GO. Seasonal variation in the fatty acid composition and quality of sardine oil from *Sardinops sagax caeruleus* of the Gulf of California. *Lipids* 1999; **34**: 639-642.
- 13) 「図説 水産白書 (平成 13 年版)」財団法人農林統計協会, 東京. 2002; 87.
- 14) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 1959; **37**: 911-914.
- 15) Dimici L, Wada S. Lipid changes in bonito meat in the Katsubushi processing and quality assessment of the commercial product based on lipid composition. *J. Jpn. Oil. Chem. Soc.* 1994; **43**: 470-478.
- 16) Shirai N, Suzuki H, Toukairin S, Wada S. Spawning and season affect lipid content and fatty acid composition of ovary and liver in Japanese catfish (*Silurus asotus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 2001; **129B**: 185-195.
- 17) Matsuzawa Y, Nakamura T, Shimomura I, Kotani K. Visceral fat accumulation and cardiovascular disease. *Obes. Res.* 1995; **3 suppl.** 5: 645S-647S.
- 18) 「第六次改定 日本人の栄養所用量 食事摂取基準」(健康・栄養情報研究会編) 第一出版, 東京. 1999; 56-57.