

カワハギとアイゴの脂肪酸組成に与えるサンマ給餌の影響  
 Effect of *Cololabis saira* As Feed on the Fatty Acid Composition of the Thread-Sail Filefish,  
*Stephanolepis cirrhifer* and the Rabbitfish, *Siganus fuscescens*

吉本 亮子\*<sup>1</sup>, 市川 亮一\*<sup>1</sup>, 上田 幸男\*<sup>2</sup>, 竹尾 仁良\*<sup>3</sup>, 阪上 浩\*<sup>4</sup>  
 Ryoko Yoshimoto, Ryoichi Ichikawa, Yukio Ueta, Jiro Takeo and Hiroshi Sakaue

## 抄 録

魚類各部位の長鎖一価不飽和脂肪酸 (LC-MUFA) をはじめとする各種脂肪酸分布に対する餌料の影響について調べるため、飼育下のカワハギおよびアイゴに対し、対照区としてイカナゴ・イワシおよび LC-MUFA の C20:1 および C22:1 を高含有するサンマ切り身を給餌する試験区を設けた。その結果、サンマを給餌することにより、カワハギは肝臓に、アイゴは腹腔および筋肉部に脂質の増加が認められ、C20:1n-11, -9 および C22:1n-11, -9 の 4 種は、サンマ給餌によりアイゴおよびカワハギ魚体内で割合が増加する傾向が見られた。特に C22:1n-11 および C20:1n-11 の増加率が高かった。

## 1 はじめに

イワシ、ハマチ、マグロ類に多く含まれるエイコサペンタエン酸 (EPA) やドコサヘキサエン酸 (DHA) といった高度不飽和脂肪酸はほとんどが海産物由来であり、動脈硬化が関与する疾患予防に効果があるとされている<sup>1)</sup>。現在では、魚油から精製した EPA は特定保健用食品や医薬品としても実用化されており、既に大きな市場が形成されている。

一方、サンマには、イコセン酸 (C20:1) やドコセン酸 (C22:1) などの長鎖一価不飽和脂肪酸 (LC-MUFA) が多く含まれている。これらには動脈硬化を予防する効果や脂質代謝の改善作用があることが既に報告されているが<sup>2)-5)</sup>、さらなる機能的な研究が進められているところである。筆者らは EPA や DHA とは異なる新たな魚油由来脂肪酸の機能的な創出を見据え、これまでに、これら脂肪酸に含まれるいくつかの異性体 (n-9, n-11) の分析方法の検討と県産魚類に含まれる脂肪酸の分析を行ってきた<sup>6)</sup>。

本報では、新たな LC-MUFA 等脂肪酸の供給源の探索と産業的課題解決の観点も踏まえ、魚類各部位の LC-MUFA をはじめとする各種の脂肪酸分布に対するサンマ給餌の影響を調べる目的で、短期間の飼育試験を実施した。供試魚として、肝臓に価値があり、養殖への応用の可能性があるカワハギと、低利用資源であり藻食性魚類として磯焼けの原因種であ

るアイゴを選んだ。

## 2 実験

## 2・1 給餌試験

## (1) カワハギ

2016 年 11 月に徳島県鳴門市北灘町大浦の播磨灘沿岸に敷設された小型定置網で漁獲されたカワハギを水産研究課鳴門庁舎へ搬入し、イカナゴ、カタクチイワシを与え予備飼育した。サンマ給餌区は 12 月 6 日から 12 月 22 日の 17 日間、対照区としてイカナゴ給餌したものは 12 月 12 日から 12 月 27 日の 16 日間で、1 日 1 回飽食量の餌を与えた。日々の給餌量と翌日の残餌量を記録した。飼育時の水温として汲み上げ海水の日平均水温を用いた。

## (2) アイゴ

2016 年 11 月に徳島県鳴門市北灘町大浦の播磨灘沿岸に敷設された小型定置網で漁獲されたアイゴを水産研究課鳴門庁舎へ搬入し、イカナゴ、カタクチイワシを与え飼育した。この試験の対照区は 12 月 1 日の飼育開始前の 3 個体とした。サンマ給餌区は 12 月 5 日から 12 月 22 日の 18 日間で、1 日 1 回飽食量の餌を与えた。給餌量と翌日の残餌量を記録した。飼育時の水温として汲み上げ海水の日平均水温を用いた。

サンプリング後直ちに凍結し、分析に供するまで

\*1 食品・応用生物担当, \*2 農林水産総合技術支援センター水産研究課, \*3 日本水産 (株),

\*4 徳島大学

凍結保管した。解凍後、筋肉部を背部肉と腹部肉に分け、さらに肝臓と、消化管を含む腹腔内脂肪組織を採取した。このとき体重と肝重量を測定した。

## 2・2 分析方法

脂質はクロロホルム-メタノール法により抽出し、脂質含有量測定用および脂肪酸分析用試料とした。エステル化等の前処理は定法に従い<sup>7)</sup>、ガスクロマトグラフィー分析条件は表1の条件で行った。また、

表1 GC-FID分析条件

装置	GC2010plus (株) 島津
カラム	CP-Select FAME, 100m×0.25mmID
カラム温度	80℃ (2分), 198℃まで10℃/分, 220℃まで0.5℃/分, 250℃まで2℃/分 (20分)
注入温度	250℃
検出温度	250℃
キャリアーガス	ヘリウム
検出器	FID
注入方式	スプリット

標準試料として、市販の脂肪酸メチルエステル混合試薬 Supelco37ComponentFAMEMix (Sigma-Aldrich), C20:1n-9 および C22:1n-9 (ジーエルサイエンス) を用いた。C20:1n-11 および C22:1n-11 は日本水産(株)より提供された。脂肪酸組成は、検出された脂肪酸の総面積値に対する各脂肪酸の面積比率で示した。定量は、内部標準物質としてトリコサン酸 (C23:0)

を用い、脂肪酸の感度補正係数は1として計算した。

## 3 実験結果

### 3・1 給餌試験

カワハギのサンマ給餌区における飼育終了時の全長、体重は173~183mm, 102~129g (n=3), イカナゴ給餌区におけるそれらは142~188mm, 98~136g (n=3)であった。飼育試験時の水温は17.5~15.1℃であった。

アイゴの対照区における全長、体重は180~203mm, 82~150g (n=3), サンマ給餌区における試験終了時のそれらは191~205mm, 122~146g (n=3)であった。飼育試験時の水温は17.5~15.1℃であった。

カワハギ、アイゴともに日々の給餌直後に摂餌行動を観察することができ、翌日嚙み跡のある残餌を確認できたことから、この時期の水温下でも供試魚が確実にサンマやイカナゴを摂餌していることを確認でき、飽食状態にあったと推定した。

肝臓の体重に対する重量比から比肝重を算出した。カワハギは対照区で3.4%, サンマ給餌区は、6.2%であった。アイゴは対照区で2.5%, サンマ給餌区2.3%であった。

### 3・2 各部位の脂質含有量

表2に試料部位ごとの脂質含有量を示した。今回の試料においては、カワハギの脂質のほとんどがサンマ給餌区、対照区ともに肝臓に分布し、筋肉部は非

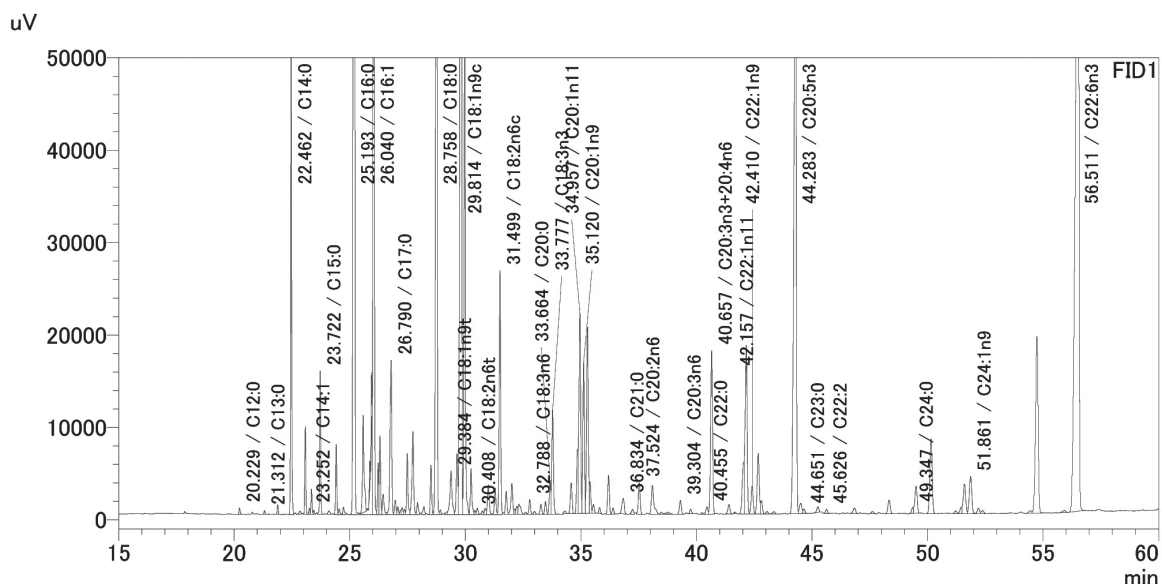


図1 サンマ給餌区におけるカワハギ（肝臓）の脂肪酸クロマトグラム

常に少なく、さらに腸管への脂肪の付着はほとんど観察できなかった。アイゴの脂質は腹腔内が多く、つ

表2 脂質含有量 (g/100g)

試験区	カワハギ		アイゴ	
	対照	サンマ	対照	サンマ
背部肉	0.6	0.5	3.9	4.6
腹部肉	0.7	0.5	3.9	6.5
腹腔	nd	nd	33.5	43.4
肝臓	43.4	45.4	21.8	18.4

nd: データなし

いで肝臓、筋肉部であった。サンマを給餌することにより、イカナゴ給餌に比べ筋肉部および腹腔内脂肪が増加し、肝臓の含有量が減少した。

### 3・3 各組織の脂肪酸組成

サンマ給餌区におけるカワハギ肝臓の脂肪酸分析例を図1に示した。位置異性体は互いに近接して検出され、ベースライン分離はできていないため、垂直分割で面積値を算出した。C20:3n3とC20:4n6は共溶出した。いずれの標準品とも一致しない脂肪酸が約1~2割程度あった。カワハギ各部位の脂質中の脂肪酸組成を表3に、アイゴの脂肪酸組成を表4に示した。

カワハギの対照区、サンマ給餌区ともに多価不飽和脂肪酸、飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸の順に多いのに対し、アイゴでは飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸の順で異なる脂肪酸組成を呈した。カワハギ各部位の主な脂肪酸は、両試験区とも

表3 対照区およびサンマ給餌区におけるカワハギ魚体各部の脂肪酸組成比

脂肪酸	イカナゴ給餌(対照区)			サンマ給餌区		
	背部肉	腹部肉	肝臓	背部肉	腹部肉	肝臓
脂肪酸 (面積, %)						
12:0	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03
13:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:0	0.38	0.45	1.82	0.51	0.67	2.22
15:0	0.25	0.26	0.62	0.28	0.31	0.63
16:0	18.03	17.97	19.82	18.86	18.64	19.32
17:0	0.91	0.93	1.22	0.95	0.98	1.14
18:0	6.92	7.15	6.35	7.42	7.45	6.61
20:0	0.14	0.17	0.38	0.12	0.14	0.27
21:0	0.02	0.03	0.16	0.03	0.03	0.15
22:0	0.02	0.01	0.11	0.01	0.00	0.08
24:0	0.06	0.06	0.08	0.06	0.05	0.07
飽和脂肪酸 合計	26.71	27.00	30.57	28.25	28.27	30.50
14:1	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03
15:1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:1	1.72	1.95	7.70	1.91	2.36	7.52
17:1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:1n-9t	0.25	0.29	0.36	0.42	0.43	0.45
18:1n-9c	10.72	10.97	13.69	10.82	10.88	11.81
20:1n-11	0.24	0.25	0.56	0.83	0.91	1.66
20:1n-9	0.51	0.54	1.14	0.60	0.66	1.29
22:1n-11	0.21	0.25	0.92	0.41	0.54	1.69
22:1n-9	0.05	0.06	0.25	0.07	0.07	0.27
24:1n-9	0.06	0.14	0.49	0.10	0.14	0.46
一価不飽和脂肪酸 合計	13.75	14.43	25.13	15.16	16.00	25.18
18:2n-6t	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
18:2n-6c	0.98	1.01	1.78	1.22	1.28	2.03
18:3n-6	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.12
18:3n-3	0.29	0.32	0.87	0.31	0.36	0.93
20:2n-6	0.18	0.18	0.27	0.23	0.23	0.32
20:3n-6	0.12	0.11	0.10	0.19	0.18	0.13
20:3n-3+20:4n-6	6.69	6.36	1.57	6.48	5.97	1.32
20:5n-3	9.23	8.88	7.57	9.53	9.10	7.50
22:2	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.04
22:6n-3	27.82	27.07	13.70	23.29	22.35	13.32
多価不飽和脂肪酸 合計	45.39	44.00	25.99	41.32	39.54	25.72

表 4 対照区およびサンマ給餌区におけるアイゴ魚体各部の脂肪酸組成比

	イカナゴ給餌(対照区)				サンマ給餌区			
	背部肉	腹部肉	腹腔	肝臓	背部肉	腹部肉	腹腔	肝臓
脂肪酸 (面積, %)								
12:0	0.29	0.11	0.39	0.27	0.28	0.29	0.30	0.67
13:0	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:0	2.99	3.02	3.58	2.05	3.15	3.19	3.55	3.15
15:0	0.56	0.57	0.62	0.36	0.51	0.51	0.57	0.28
16:0	24.66	24.47	26.48	27.07	22.90	22.79	24.21	24.99
17:0	0.98	1.03	1.04	0.95	0.91	0.97	0.98	0.68
18:0	5.31	5.26	5.79	4.36	4.22	4.17	4.82	2.41
20:0	0.29	0.28	0.34	0.14	0.24	0.24	0.32	0.13
21:0	0.22	0.21	0.30	0.11	0.14	0.15	0.19	0.12
22:0	0.11	0.12	0.13	0.08	0.13	0.08	0.14	0.04
24:0	0.07	0.08	0.10	0.04	0.06	0.06	0.08	0.03
飽和脂肪酸 合計	35.48	35.13	38.76	35.39	32.54	32.44	35.12	32.47
14:1	0.05	0.06	0.05	0.07	0.08	0.08	0.06	0.23
15:1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:1	8.61	8.64	9.30	10.86	8.60	8.76	8.91	14.97
17:1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
18:1n-9t	0.25	0.26	0.28	0.25	0.29	0.29	0.29	0.43
18:1n-9c	10.57	10.42	10.49	13.54	11.84	11.94	12.24	12.16
20:1n-11	0.09	0.10	0.07	0.19	1.31	1.41	0.97	3.17
20:1n-9	0.83	0.85	0.78	1.09	1.12	1.13	0.97	1.28
22:1n-11	0.49	0.53	0.40	0.87	1.50	1.54	1.06	2.54
22:1n-9	0.16	0.16	0.17	0.14	0.19	0.21	0.19	0.25
24:1n-9	0.22	0.23	0.22	0.26	0.31	0.33	0.26	0.24
一価不飽和脂肪酸 合計	21.25	21.23	21.75	27.26	25.22	25.71	24.94	35.25
18:2n-6t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
18:2n-6c	1.11	1.06	1.35	0.85	1.01	0.94	1.13	0.57
18:3n-6	0.24	0.23	0.31	0.10	0.17	0.16	0.27	0.08
18:3n-3	0.72	0.74	0.80	0.58	0.69	0.70	0.66	0.30
20:2n-6	0.24	0.23	0.25	0.19	0.25	0.22	0.24	0.16
20:3n-6	0.24	0.23	0.27	0.15	0.18	0.16	0.23	0.14
20:3n-3+20:4n-6	2.92	2.87	2.32	1.31	2.19	1.95	2.21	0.84
20:5n-3	3.73	3.83	3.32	1.78	2.79	2.67	2.62	0.66
22:2	0.03	0.02	0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01
22:6n-3	12.84	13.02	9.14	14.32	15.59	15.32	12.22	13.82
多価不飽和脂肪酸 合計	22.04	22.20	17.78	19.28	22.86	22.12	19.58	16.56

に C16:0, C18:0, C18:1n-9, C20:5n-3, C22:6n-3 であった。これらの脂肪酸はサンマ給餌による明らかな増加はみられず、逆に C18:1n-9 が肝臓で、C22:6n-3 が背部肉および腹部肉で減少した。一価不飽和脂肪酸の C20:1n-11, -9 および C22:1n-11, -9 の 4 種は、組成比率としては非常に小さいが、どの部位においてもサンマ給餌により増加した。また、肝臓におけるこれら以外の脂肪酸組成は、餌料による大きな差は無

かった。各脂肪酸組成比合計としてみると、背部肉および腹部肉の飽和脂肪酸および一価不飽和脂肪酸は増加し、多価不飽和脂肪酸合計は減少したが、肝臓でほぼ一定であった。

アイゴのすべての試験区の主な脂肪酸は、C16:0, C18:0, C16:1, C18:1n-9, C22:6n-3 であった。これらの脂肪酸のうちサンマ給餌により、C16:1 が肝臓で、C18:1n-9 および C22:6n-3 が背部肉、腹部肉、腹腔で

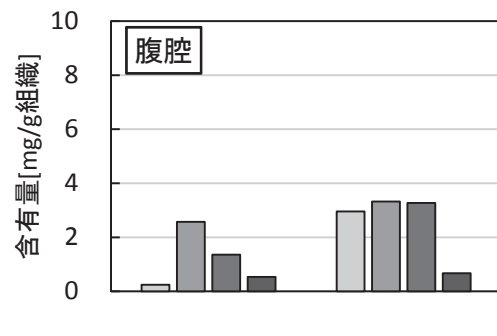
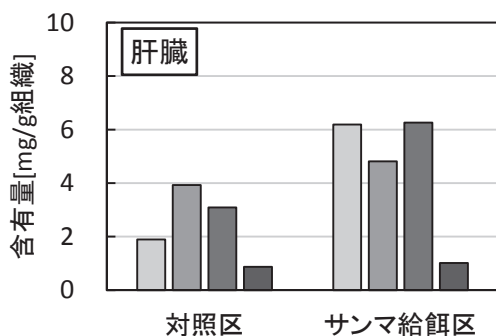
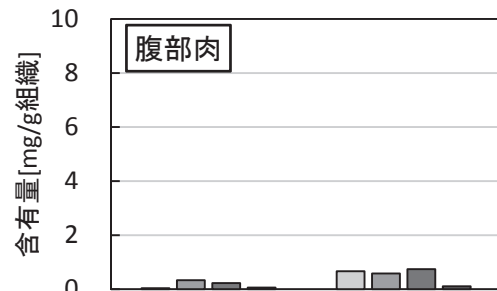
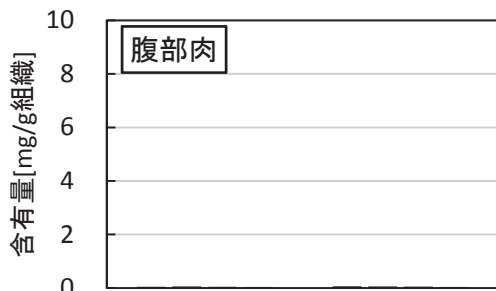
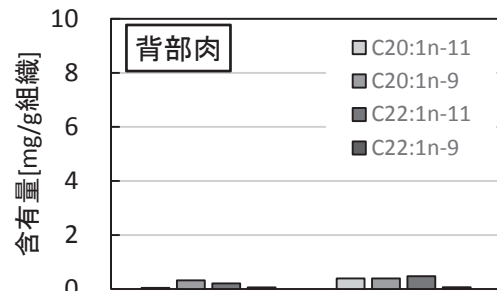
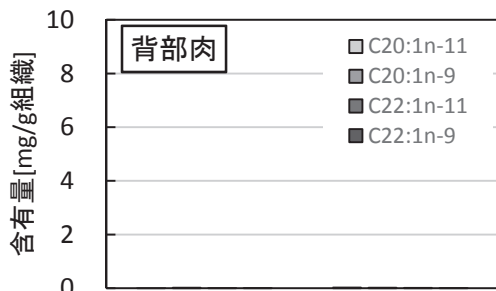


図2 カワハギ組織中の対照区とサンマ給餌区の LC-MUFA 異性体含有量

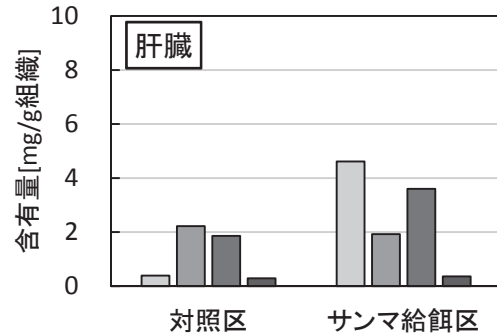


図3 アイゴ組織中の対照区とサンマ給餌区の LC-MUFA 異性体含有量

増加した。逆に C16:0 および C18:0 はいずれの部位においても減少，C18:1n-9 は肝臓で減少した。一価不飽和脂肪酸の C20:1n-11, -9 および C22:1n-11, -9 の 4 種は，カワハギと同様にどの部位においてもサンマ給餌により増加した。C20:5n-3 はどの部位も減少した。各脂肪酸組成比合計としてみると，飽和脂肪酸は減少し一価不飽和脂肪酸は増加する傾向であった。

### 3・4 LC-MUFA 異性体の含有量

図 2 に，カワハギ各部位 1g 中の LC-MUFA 異性体 4 種の含有量を示した。カワハギでは，筋肉部への当該脂肪酸の蓄積はほとんど無く，サンマ給餌をしてもほとんど変化が無かったが，これに比べると肝臓の含有量は高く，サンマ給餌によりさらに増加

した。増加率は C20:1n-9 および C22:1n-9 が 1.2 倍，C20:n-11 は 3.3 倍，C22:1n-11 は 2.0 倍となり，n-11 の増加率が高い傾向を示した。

アイゴ各部位への 4 種の異性体の分布は，合計量で背部肉<腹部<腹腔<肝臓の順であった。図 3 に，アイゴ各部位 1g 中の LC-MUFA 異性体 4 種の含有量を示した。いずれの部位においても，サンマ給餌

することにより異性体は増加傾向で、特に C20:1n-11 の増加率は各部位で高い数値を示し、背部 9.4 倍、腹部肉 18.8 倍、腹腔 12.1 倍、肝臓 11.9 倍となった。

#### 4 考察

今回の試験に供試した両魚種の脂質の組織分布は全く異なり、サンマを与えることにより、アイゴは筋肉部にも脂質が増加し、よく言えば魚体の大きさに比べて、「脂が乗った」状態であった。アイゴは海藻を主とする雑食性で、特有の臭気を持つことと、鱗の棘に毒があることから、漁獲が進まないと言われる。この匂いを構成する主成分としてヘキサナールが報告されている<sup>8)</sup>。この成分は大豆においてはリノール酸 (C18:2n-6) の酵素的酸化反応により生成することが報告されており<sup>9)</sup>、アイゴの臭気の原因についても (不明な点が多い)、エサに含まれる脂質の影響を受けやすいのではないかと考えられるが、今回の給餌試験からは、対照区とサンマ給餌区との臭気の差は感じられなかった。アイゴの利用を阻害する臭気の改善については、餌料に含まれる脂質 (脂肪酸) との関係について定量的に検討することも必要と思われる。

一方、カワハギの脂質は筋肉部や腹腔内への蓄積はなく、肝臓においてのみ蓄積され、サンマ給餌により増加した。比肝重値も、対照区 3.4% に対しサンマ給餌区は 6.2% と大きくなった。魚類の生態や行動により、肝細胞内の貯蔵物質は変化する<sup>10)</sup>。魚類の肝臓はトリグリセライドの形で脂質が貯蔵される脂肪性肝臓とグリコーゲンを主体としたグリコーゲン肝臓に大別され、カワハギは前者、運動性の高いアイゴは後者に分類される<sup>10)</sup>。前者の場合、脂質は脂肪滴として肝臓に蓄えられ、カワハギもサンマ由来の脂質が、肝臓に蓄積されたものと思われる。

脂肪酸については、LC-MUFA がサンマ給餌によりアイゴおよびカワハギ魚体内で増加することが確認された。食品成分データベース (文部科学省) によると、サンマ (生) の C20:1 含有量は可食部 100g あたり 3,200mg (イカナゴ (生) の 40 倍)、C22:1 は 4,800mg (同 50 倍) と非常に多く、サンマの給餌が LC-MUFA の含有率を高める効果があると考えられた。また、以前の分析結果<sup>6)</sup> から、サンマ油中の n-11/n-9 比は C20:1 では約 4、C22:1 では 19 であった

ことから、カワハギとアイゴの n-11 の著しい増加の一因としてサンマの n-11 の移行が考えられる。そのほかの要因については不明である。

今回の給餌期間は 17~18 日と短期間であったこと、カワハギ、アイゴともに本質的に南方系の魚類であり<sup>11,12)</sup>、12 月の水温低下による摂餌量の低下があったと考えられること、LC-MUFA 供給源として今回はサンマ切り身を直接与えたが、ペレット等餌量を工夫すること等、最適な条件下での給餌によりさらに含有量は増えることが予想される。

一方で、サンマに多いその他の脂肪酸 (C14:0, C16:0, C20:5n-3, C22:6n-3) については必ずしも増加していない。アイゴでは C20:5n-3 および C16:0 は減少、カワハギでは C22:6n-3 が明らかに減少した。

以上の結果から、サンマを与えることにより、脂質の量的な増加と、LC-MUFA 含有量はエサからの移行が期待できるが、他の脂肪酸はそのまま移行するとは限らず、LC-MUFA 以外の機能性脂肪酸の含有量の増加を求めるのであれば、さらなる検討が必要と思われる。

本県では、カワハギは秋から冬にかけて漁獲され鍋物商材として取引されているが、その肝臓に大きな価値があるとして各地で養殖が行われている。養殖魚の比肝重値は 10% を超え、臭みも少ないと言われる。現段階で、カワハギ養殖における LC-MUFA の有効性について肯定することはできないが、可能性として報告したい。

#### まとめ

カワハギおよびアイゴの各部位の LC-MUFA をはじめとする各種の脂肪酸分布に対する餌料の影響について、短期間の給餌試験を実施した。その結果は以下のとおり。

- (1) サンマを給餌することにより、カワハギは肝臓に、アイゴは筋肉部に脂質が増加した。
- (2) C20:1n-11, -9 および C22:1n-11, -9 の 4 種は、サンマ給餌によりアイゴおよびカワハギ両魚体内で増加した。
- (3) 特に、n-11 の増加率が n-9 より著しく高かった。

## 謝辞

本研究は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（農林水産省）の一部として行われた。関係各位に感謝する。

## 参考文献

1) 水産庁. “第1部, 第1章, 第1節, (3) 日本人の健康的な食生活を支える水産物”. 平成24年度水産白書. [http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h24\\_h/trend/1/t1\\_1\\_1\\_3.html](http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h24_h/trend/1/t1_1_1_3.html), (参照 2018-8-20).

2) Yang ZH; Miyahara H; Takemura S; Hatanaka A. Dietary saury oil reduces hyperglycemia and hyperlipidemia in diabetic KKAY mice and in diet-induced obese C57BL/6J mice by altering gene expression. *Lipids*. 2011, vol. 46, no. 5, p. 425-434, doi:10.1007/s11745-011-3553-1.

3) Yang ZH; Miyahara H; Mori T; Doisaki N; Hatanaka A. Beneficial effects of dietary fish oil-derived monounsaturated fatty acids on metabolic syndrome risk factors and insulin resistance in mice. *J Agric Food Chem*. 2011, vol. 59, no. 13, p. 7482-7489, doi:10.1021/jf201496h.

4) Yang ZH; Inoue S; Taniguchi Y; Miyahara H; Iwasaki Y; Takeo J; Sakaue H; Nakaya Y. Long-term dietary supplementation with saury oil attenuates metabolic abnormalities in mice fed a high-fat diet: combined beneficial effect of omega-3 fatty acids and long-chain monounsaturated fatty acids. *Lipids Health Dis*. 2015, vol. 14, p. 155. doi: 10.1186/s12944-015-0161-8.

5) Yang ZH; Bando M; Sakurai T; Chen Y, Emma-Okon B; Wilhite B; Fukuda D; Vaisman B; Pryor M; Wakabayashi Y; Sampson M; Yu ZX; Sakurai A; Zarzour A; Miyahara H; Takeo J; Sakaue H; Satama M; Remaley AT. Long-chain monounsaturated fatty acid-rich fish oil attenuates the development of atherosclerosis in mouse models. *Mol Nutr Food Res*. 2016, vol. 60, no. 10, p. 2208-2218. doi: 10.1002/mnfr.201600142.

6) 吉本亮子, 市川亮一, 山本澄人, 竹尾仁良, 阪上浩. 新規魚油由来脂肪酸の事業化を見据えた基盤・実証研究 魚由来脂肪酸の解析. 平成28年度徳島県

立工業技術センター業務報告. 2017, p. 41.

7) 日本食品衛生協会. 食品衛生検査指針理化学編. 2005, p. 54-59.

8) 宮崎泰幸, 藤岡侑祐. 海藻食魚の香り成分. *水産増殖*. 2012, vol. 60, no. 2, p. 189-197.

9) 高村仁知. 食品中の脂質酸化生成物による風味変化. *オレオサイエンス*. 2007, vol. 7, no. 6, p. 11-15.

10) 秋吉英雄, 井上明日香, 濱名昭弘. 海水産魚類の行動と肝臓の組織生化学的相関に関する比較形態学的研究. 島根大学生物資源科学研究報告. 2001, no. 6, p. 7-16.

11) 上田幸男. 飼育下のカワハギの生残, 游泳行動および摂餌に及ぼす冬季の低水温の影響. 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課研究報告. 2015, no. 10, p. 11-14.

12) 上田幸男, 棚田教生. 飼育下のアイゴの生残および摂餌に及ぼす冬季の低水温と餌の影響. 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課研究報告. 2018, no. 12, p. 11-19.