秋田県沿岸海域で漁獲されたハタハタ *Arctoscopus japonicus* の 肉および生殖巣中の脂質成分の季節的変動

塚本 研一,^{1*} 戸枝 一喜,¹ 船木 勉,²
和田 芙美子,³ 松本 祥子,³ 松永 隆司⁴

(2006 年 10 月 10 日受付, 2007 年 4 月 5 日受理)

¹秋田県農林水産技術センター総合食品研究所, ²秋田県農林水産技術センター水産振興センター,
³聖霊女子短期大学, ⁴秋田県立大学

Seasonal changes in lipid components in meat and gonads of Japanese sandfish
Arctoscopus japonicus caught in Akita offshore

KENICHI TSUKAMOTO,^{1*} KAZUKI TOEDA,¹ TSUTOMU FUNAKI,²
FUMIKO WADA,³ SACHIKO MATSUMOTO³ AND RYUUJI MASTUNAGA⁴

¹Akita Research Institute for Food and Brewing, Akita 010-1623, ²Akita Prefectural Institute for Fisheries and Fisheries Management, Oga, Akita 010-0531, ³Seirei Women's Junior College, Akita 011-0937, ⁴Faculty of Bioresource Science, Akita Prefectural University, Akita 010-0195, Japan

Seasonal changes in lipid components in meat and gonads of Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus* caught in Akita offshore were investigated. The moisture, crude lipid contents and fatty acid composition were analyzed. The crude lipid levels in meat were maximum in September, and were low in December. Significant differences of fatty acid composition of meat were not found. The gonad weight and crude lipid increased with sexual maturing, particularly in ovaries, but almost no changes in crude lipid content and fatty acid composition of gonads were found. These results suggested that these changes were related to diet and sexual maturity. As foods, these results suggested that the meat in September and ovaries in December are delicious. Regarding food processing, the meat could be used as a material of enkanhin and surimi, and ovaries could be used as a material of fish egg products.

キーワード：季節的変動, 脂肪酸組成, 生殖巣, 精巣, 粗脂肪含量, 肉, ハタハタ, 卵巣

日本においてハタハタ *Arctoscopus japonicus* は日本海と北海道沿岸を中心に生息しており, 秋田県沿岸海域で漁獲されるハタハタは青森県から新潟県沖を回遊・移動する日本海北部系群に属している。¹⁾ 毎年 11 月下旬から 12 月上旬にかけて産卵のため秋田県の沿岸を中心に回遊するため, 季節ハタハタ漁の対象となり秋田県の年間ハタハタ漁獲量の半数以上が水揚げされる。したがって, 秋田県にとってハタハタは重要な魚種であり地域特産物でもある。秋田県におけるハタハタ漁獲量は昭和 40 年代には年間 2 万トンを超えることもあったが, 昭和 50 年代には 1 万トンを下回り平成 3 年には約 70 トンまで落ち込んだ。資源回復を目指した秋田県の漁業関

係者等の努力で平成 4 年から 3 年間の自主禁漁した後資源管理や種苗生産放流を実施した結果, ハタハタ資源は順調に回復しており,²⁾ 日本における資源管理型漁業の代表例となっている。³⁾ 今後も資源管理型漁業による漁獲量の順調な回復が予想されることから, 鮮魚や加工原料としての流通量の増大に伴い品質保持や原料特性の把握, 新規加工技術の開発等, 研究開発の必要性が大きくなっている。ところがハタハタを食料や加工原料としての観点からとらえた研究は少なく, これまでのハタハタ化学成分に関する研究としては産卵期近くのものに関して大野⁴⁾や浅野ら^{5,6)}の研究があるのみで, 加工に関しては元広, 沼倉⁷⁾の冷凍すり身に関する研究と山浜⁸⁾

の燻製加工に関する研究のみであった。また、秋田県のハタハタ漁は漁業種類では沖合底曳き（主に9～11月）と沿岸定置網・さし網等（12月）が主であるが、漁業関係者の間では漁獲時期の違いによりハタハタの食味、特に脂の乗りが異なり、産卵期前の9～10月に漁獲されたハタハタは美味であることが経験的に知られているのみで、それを科学的に検証した研究例はない。そのため漁獲時期でハタハタの食味が違う理由を明らかにすること、加工原料としての特性を把握すること、加工廃棄物有効利用の可能性を明らかにすることなどについて調査・分析研究を進め情報を蓄積する必要があると考えた。そこで初めにハタハタの脂質成分の季節的変動とその特徴を明らかにすることにより、ハタハタの市場評価向上や加工用途拡大などハタハタの利用拡大のための基礎的知見を得ることを目的とした。

試料および方法

試料 2003年4～11月（7, 8月を除く）に秋田県漁業調査指導船千秋丸で秋田県男鹿半島沖合において底曳き網により漁獲した雄, 雌のハタハタから漁獲の主群である2, 3歳魚を試料とした（Table 1）。漁獲後は水水中で陸上まで運び、頭部を裁断し魚肉, 精巣および卵巣に分けて -40°C で凍結し -20°C で保存した。また主に12月にハタハタは産卵のため沿岸に回遊することから、男鹿市の沿岸定置網により漁獲した雄, 雌の2, 3歳魚を12月の試料とした。試料は水揚げ日に下水で保冷, 搬入し、同様に処理, 保存した。それぞれの試料を 5°C の冷蔵庫中で15時間解凍した後、各10尾を包丁で3枚におろし、皮付きの状態で魚肉部分を解剖用ハサミで細かく刻んだものを乳鉢で均一に磨碎混合し肉の分析試料として用いた。また卵巣, 精巣は各10尾分を魚肉同様に処理したものを分析試料とした。ただし卵巣および精巣については4～6月の時期は未発達で採取できなかったため、9～12月を分析試料とした。

一般成分 水分含量は分析試料5gを常圧加熱乾燥法⁹⁾で 105°C 、3時間加熱乾燥した乾燥減量より算出し

た。粗脂肪含量は試料20gをクロロホルム-メタノール混液改良抽出法¹⁰⁾により分析した。

脂肪酸組成 粗脂肪含量測定のため抽出した脂質を1N水酸化カリウムでケン化し遊離脂肪酸を調製し,¹¹⁾これをトリメチルシリルジアゾメタン¹²⁾によりメチルエステル化してガスクロマトグラフィー分析に供した。¹³⁾すなわち、脂肪酸組成分析はガスクロマトグラフ（HEWLETT PACKARD社製, GC5890 II Plus）を使用し、検出はFID, カラムはWCOT FUSED SILICA（0.25 mm I.D.×50 m L.; Varian社製）を使用した。カラム温度では $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ は $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の昇温, $200\sim 225^{\circ}\text{C}$ は $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の昇温で 225°C を8分保持とした。また検出器温度は 250°C 、キャリアーガスはHe（1 mL/min）、スプリット比は10:1の条件で分析した。脂肪酸組成は標準脂肪酸メチルエステル（PUFA No. 3, from Menhaden Oil; SUPELCO社製）から各脂肪酸を同定して算出した。

結果および考察

ハタハタ肉および生殖巣の水分含量と粗脂肪含量の季節的変動 ハタハタ肉の水分含量と粗脂肪含量の季節的変動をFig. 1に示した。水分含量は雌, 雄とも6, 9および10月に最小値（メス77.3～77.8%, オス74.8～75.9%）を示した。それ以外の時期は約80%の高い水

Fig. 1 Moisture and crude lipid contents in *Arctoscopy japonicus* meat. Results are expressed as mean $\pm$ SD of ten samples.

Table 1 Body length of *Arctoscopy japonicus* sample

Date	Body length ^a (mm)	
	Female	Male
2003 Apr. 8	169.7 $\pm$ 11.8	160.0 $\pm$ 13.2
May. 6	172.1 $\pm$ 11.6	156.9 $\pm$ 8.7
Jun. 2	170.3 $\pm$ 7.4	152.6 $\pm$ 5.2
Sep. 3	187.5 $\pm$ 7.8	163.4 $\pm$ 8.0
Oct. 21	186.7 $\pm$ 10.4	162.1 $\pm$ 8.9
Nov. 6	179.5 $\pm$ 14.0	157.7 $\pm$ 11.3
Dec. 10	181.3 $\pm$ 13.0	158.2 $\pm$ 8.6

^a Values are mean $\pm$ standard deviation of ten samples.

Table 2 Weight, moisture and crude lipid contents of *Arctoscopus japonicus* gonads

Date	Ovary			Testis		
	Weight ^a (g)	Moisture (%)	Crude lipid (%)	Weight ^a (g)	Moisture (%)	Crude lipid (%)
2003 Sep. 17	6.9±0.9	69.6	6.4	9.8±1.0	84.2	1.2
Oct. 21	14.9±1.7	69.9	4.9	11.4±1.7	82.4	2.9
Nov. 6	18.2±2.6	70.2	4.5	6.9±0.7	81.5	3.0
Dec. 10	21.5±3.3	78.4	3.3	6.8±0.5	80.4	3.1

^a Values are mean ± standard deviation of ten samples.

分含量であった。この傾向とは逆に、粗脂肪含量は雌、雄ともに水分含量が少ない9月に最高の値を示し、雌、雄それぞれ7.6%と6.9%に達した。それらは最も含量の少ない4月に比べ約3倍となり、雌、雄で明らかな違いは見られなかった。その後は10、11、12月となって減少した。大野⁴⁾によると、11月の雌雄不分別ハタハタ肉の水分、粗脂肪含量はそれぞれ79.6%、4.6%であり、今回の分析値に近い値であった。ハタハタ生殖巣の平均重量、水分含量および粗脂肪含量の季節的変動を調べた。ただし生殖巣として分析が可能であったのは9～12月のみであった。Table 2に結果を示した。卵巣の平均重量は、9月に6.9 gであったものが産卵期の12月には約3倍の重さの21.5 gとなった。肉眼的観察では卵巣の重量増加とともに卵径も明らかに大きくなっていた。また、粗脂肪含量は卵巣が大きくなるにつれ低下し9月では6.4%であったものが、12月には3.3%まで減少した。一方、精巣の平均重量は9～10月で約10 g前後であったものが11月から12月の間で減少し、12月には6.8 gまで低下した。粗脂肪含量は卵巣に比べ低く9月の1.2%を最低とし、10～12月の間は約3%を保っていた。この結果は大野の報告⁴⁾を支持するものであった。ハタハタ雄の生殖腺指数（生殖腺重量/内臓を除く魚体重×100）は10月に20前後の最大値を示した後は11月から12月の間で減少するため生殖腺指数のピークと産卵時期は一致しないと報告されており、¹⁾ 今回の精巣重量季節的変動もそれを支持する結果であった。また、雌では生殖腺指数のピークと産卵時期は一致すると報告されていることから、¹⁾ 本研究結果の生殖巣平均重量変動はハタハタの性成熟と関連すると考えられる。生殖巣全体の粗脂肪量変動を卵巣と精巣についてFig. 2に示した。ハタハタ卵巣では9～12月で粗脂肪含量が徐々に減少することをTable 2に示したが、平均卵巣重量が増加しているため10～12月では粗脂肪量としてはFig. 2のように変動が少なく、このことは粗脂肪が蓄積されていることを示している。精巣においてもこの粗脂肪量は10月以降にはほぼ一定となり粗脂肪が蓄積されているが、粗脂肪蓄積は卵巣で多く精巣の約3倍であった。魚介類の粗脂肪含量の季節的変動要因とし

Fig. 2 Crude lipid and weight in *Arctoscopus japonicus* gonads. Results are expressed as mean of ten samples.

ては、性成熟、水温、餌料などの関連が示唆されている。¹⁴⁻¹⁷⁾ 日本海北部系群のハタハタ成魚の摂餌率（胃内容物重量/内臓除去重量×100）は4～8月には10%以上であるが、9～10月は5%以下、11月は1%以下となり12月は0%になると報告されている。¹⁾ ハタハタでは性成熟の進行と摂餌率の低下は関連があり、摂餌率低下と性成熟が同時に進行すると考えられる。したがって摂餌を継続している9月は肉の粗脂肪含量が最大値となるが、摂餌率低下と性成熟が進む12月は減少すると考えられる。一方ハタハタ生殖巣ではFig. 2のように10～12月で粗脂肪量がほぼ一定であった。ニシンの場合には肉脂質が消耗し生殖腺の粗脂肪含量が維持されることが知られており、¹⁸⁾ ハタハタでも同様に肉脂質を消耗し粗脂肪含量は維持されると考えられる。またFig. 1で11～12月には雄の肉粗脂肪含量が雌のそれよりやや

Table 3 Fatty acid composition^a of total crude lipids in *Arctoscopus japonicus* meat

Fatty acids	Date													
	Apr. 8		May. 6		Jun. 2		Sep. 3		Oct. 21		Nov. 6		Dec. 10	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Total saturates	25.8	27.0	26.1	27.3	22.2	23.5	22.8	23.9	21.2	20.7	20.5	22.8	21.3	19.6
C 14 : 0	4.3	4.7	4.7	5.0	2.8	2.8	3.1	2.8	2.6	2.6	2.9	2.6	2.9	2.2
C 16 : 0	18.2	19.4	19.1	20.4	17.4	17.8	17.7	18.4	17.0	16.2	15.8	17.6	16.6	15.9
C 18 : 0	3.3	2.8	2.3	1.9	2.1	2.8	2.0	2.6	1.7	1.9	1.8	2.5	1.8	1.6
Total monoenes	36.9	34.9	42.6	37.0	43.7	39.8	45.2	46.1	48.0	46.2	47.1	47.9	48.7	48.3
C 16 : 1n7	9.5	9.4	10.8	10.7	9.8	9.5	11.8	10.0	10.3	8.5	10.1	10.1	10.3	10.1
C 18 : 1n9	18.6	17.8	22.5	18.5	22.7	22.3	24.1	28.1	28.2	28.9	28.3	27.3	28.0	29.3
C 18 : 1n7	6.9	6.3	7.4	6.9	6.4	6.6	7.6	7.4	7.2	6.3	6.5	8.2	7.9	7.2
C 20 : 1n9	1.2	0.8	1.1	0.9	4.8	0.8	1.2	0.6	1.2	1.2	1.1	1.1	0.9	0.9
C 22 : 1n9	0.8	0.6	0.8	0.0	0.0	0.6	0.6	0.0	1.1	1.3	1.2	1.2	1.5	0.8
Total polyenes	35.6	36.1	30.2	33.4	34.0	36.0	32.0	30.0	30.8	33.0	32.4	29.4	29.2	32.0
C 18 : 3n3	2.4	1.2	1.3	0.0	1.7	1.7	0.9	0.7	1.4	1.9	2.8	2.1	3.3	2.3
C 18 : 4n3	1.5	1.8	1.3	1.5	2.2	2.7	2.0	1.9	2.4	3.2	4.0	2.7	3.8	3.5
C 20 : 4n3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
C 20 : 5n3	17.0	17.5	14.4	18.7	14.1	14.8	12.2	11.2	10.7	10.4	10.8	12.4	10.2	10.8
C 22 : 5n3	0.6	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
C 22 : 6n3	10.1	11.4	9.5	9.5	12.3	12.8	13.5	13.1	13.5	12.6	10.6	9.0	7.6	12.9
C 18 : 2n6	0.9	1.0	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	0.9	1.3	1.7	1.4	1.4	1.7	1.3
C 20 : 4n6	3.1	2.7	2.3	2.0	2.0	2.3	1.1	1.6	1.4	1.7	2.8	1.7	2.7	1.3
Total others	1.7	1.9	1.1	2.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
DHA/IPA ^b	0.6	0.6	0.7	0.5	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.2	1.0	0.7	0.7	1.2

^a Results are expressed as weight percentage of total fatty acid.

^b Results are expressed as DHA per IPA composition. DHA, Docosahexaenoic acid (C22 : 6n3); IPA, Icosapentaenoic acid (C20 : 5n3)

高い値を示していることは、Fig. 2 で示した精巢の粗脂肪量が卵巣の粗脂肪量より低い値であることと関連し、ハタハタ雌では卵巣の成熟を維持するため雄より多くの肉脂質を消耗したと推定される。以上からハタハタ肉および生殖巣の粗脂肪含量の季節的変動は摂餌と性成熟の影響が大きいと考えられる。

ハタハタ肉および生殖巣の脂肪酸組成の季節的変動
ハタハタ肉粗脂肪の脂肪酸組成の季節的変動を Table 3 に示した。季節、雌、雄により変動は少なかった。多く含まれている脂肪酸はパルミチン酸 (C 16 : 0, 15.8~20.4%), オレイン酸 (C 18 : 1n9, 17.8~29.3%), イコサペンタエン酸 (C 20 : 5n3, 10.7~18.7%) であり、ドコサヘキサエン酸 (C 22 : 6n3, 7.6~13.5%) やパルミトレイン酸 (C 16 : 1n7, 8.5~10.8%) がこれに次いで多かった。これらの脂肪酸組成は先の分析値 (パルミチン酸 17.6%, パルミトレイン酸 9.6%, オレイン酸 29.0%, イコサペンタエン酸 9.4%, ドコサヘキサエン酸 12.7%)¹⁹⁾ に近似していた。Fig. 3 に示したように全飽和脂肪酸は 4, 5 月で雌、雄ともに 25% 以上であったが、10 月以降は 20% 前後に減少した。全 1 価不飽和脂肪酸は 4~9 月で増加し、10~12 月は 46% 以上の高い割合でほぼ一定であった。全多価不飽和脂肪酸は 9

月以降 30% 前後ではほぼ一定であった。このことから性成熟が進む 10 月以降は全飽和脂肪酸と全多価不飽和脂肪酸に対する全 1 価不飽和脂肪酸の割合は高くなった。Table 3 に示したドコサヘキサエン酸とイコサペンタエン酸の比率 (DHA/IPA) は 4~6 月が 9~12 月より低い値を示した ($p < 0.01$)。ハタハタ生殖巣粗脂肪の脂肪酸組成の 9~12 月における季節的変動を Table 4 に示した。基本的な組成は肉とよく似ており、パルミチン酸 (11.3~19.4%), オレイン酸 (9.3~17.8%), イコサペンタエン酸 (13.3~22.4%), ドコサヘキサエン酸 (20.9~38.6%) の割合が高かった。しかし、生殖巣中の脂肪酸組成の特徴は Fig. 4 に示したように全多価不飽和脂肪酸が多いことである (46.9~57.1%)。それに対して全 1 価不飽和脂肪酸の割合は低かった。季節的変動では卵巣の脂肪酸組成は 9 月~12 月ではほとんど変動が見られなかったが、精巣中では Table 4 に示した DHA/IPA が 9 月以降高くなった。また、DHA/IPA は卵巣と精巣で比較すると時期に関わらず精巣が高かった ($p < 0.01$)。魚介類では肉の脂肪酸組成の季節的変動要因としては環境、性成熟、食餌などの関連が知られ、²⁰⁻²¹⁾ 肉中粗脂肪の脂肪酸組成は養殖魚では餌料からの影響を受ける魚種があることが報告されてい

Fig. 3 Fatty acid composition of crude lipid in *Arctoscopus japonicus* meat. Results are expressed as weight percentage of total fatty acid. Total saturates (white column) means total percentage of C14:0, C16:0 and C18:0. Total monoenes (gray column) means total percentage of C16:1n7, C18:1n9, C18:1n7, C20:1n9 and C22:1n9. Total polyenes (black column) means total percentage of C18:3n3, C18:4n3, C20:4n3, C20:5n3, C22:5n3, C22:6n3, C18:2n6 and C20:4n6.

Table 4 Fatty acid composition^a of total crude lipids in *Arctoscopus japonicus* gonads

Fatty acids	Date							
	Sep. 17		Oct. 21		Nov. 6		Dec. 10	
	Ovary	Testis	Ovary	Testis	Ovary	Testis	Ovary	Testis
Total saturates	20.7	15.8	23.3	22.9	21.0	22.0	22.0	16.9
C 14 : 0	1.3	0.7	1.1	1.1	1.2	0.8	1.4	1.1
C 16 : 0	17.2	11.3	19.4	16.6	17.6	16.6	18.7	12.8
C 18 : 0	2.2	3.8	2.8	5.3	2.1	4.6	1.9	3.0
Total monoenes	27.6	26.3	29.7	23.4	27.2	21.1	25.1	28.3
C 16 : 1n7	5.0	6.7	5.5	3.7	5.0	2.1	5.5	7.3
C 18 : 1n9	16.3	12.0	17.8	10.0	15.9	9.3	13.4	12.0
C 18 : 1n7	6.2	7.6	6.4	8.0	6.2	8.5	6.3	8.7
C 20 : 1n9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
C 22 : 1n9	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	1.2	0.0	0.3
Total polyenes	51.8	57.1	46.9	52.6	51.8	56.2	52.9	54.0
C 18 : 3n3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C 18 : 4n3	1.0	0.0	1.3	0.0	1.1	0.0	1.1	0.0
C 20 : 4n3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C 20 : 5n3	20.0	21.0	19.1	14.6	19.0	13.3	22.4	14.7
C 22 : 5n3	1.0	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7	0.5
C 22 : 6n3	24.6	29.3	20.9	32.9	26.3	38.6	24.7	34.7
C 18 : 2n6	1.0	0.0	1.2	0.0	1.0	0.0	1.2	0.0
C 20 : 4n6	4.3	5.9	3.0	4.2	3.8	3.4	2.7	4.1
Total others	0.0	0.9	0.0	1.1	0.0	0.8	0.0	0.8
DHA/IPA ^b	1.2	1.4	1.1	2.3	1.4	2.9	1.1	2.4

^a Results are expressed as weight percentage of total fatty acid.

^b Results are expressed as DHA per IPA composition. DHA, Docosahexaenoic acid (C22 : 6n3); IPA, Icosapentaenoic acid (C20 : 5n3)

Fig. 4 Fatty acid composition of crude lipid in *Arctoscopus japonicus* gonads. Results are expressed as weight percentage of total fatty acid. Total saturates (white column) means total percentage of C14:0, C16:0 and C18:0. Total monoenes (gray column) means total percentage of C16:1n7, C18:1n9, C18:1n7, C20:1n9 and C22:1n9. Total polyenes (black column) means total percentage of C18:3n3, C18:4n3, C20:4n3, C20:5n3, C22:5n3, C22:6n3, C18:2n6 and C20:4n6.

る。²²⁻²⁷⁾ ニシンでは餌料生物のプランクトン *Calanus finmarchicus* が影響を及ぼし,¹⁸⁾ 養殖ナマズでは脂肪酸組成が季節変動し、それが産卵行動の影響であると報告されている。²⁷⁾ ハタハタ成魚の摂餌内容はテミス *Themisto* sp. が多く、他にツノナシオキアミ *Euphausia pacifica* なども見られる。¹⁾ テミスの脂肪酸組成は不明であるが、ハタハタはツノナシオキアミ²⁸⁾ (パルミチン酸 18.3~20.1%, パルミトレイン酸 5.8~7.0%, オレイン酸 13.6~16.4%, イコサペンタエン酸 20.5~25.9%, ドコサヘキサエン酸 12.8~14.7%) やナンキョクオキアミ²⁹⁾ (パルミチン酸 18.4%, パルミトレイン酸 10.9%, オレイン酸 21.2%, イコサペンタエン酸 18.7%, ドコサヘキサエン酸 9.3%) と比較すると、4~6月の肉中粗脂肪の脂肪酸組成が雌、雄ともに近かった。DHA/IPA はこれらのオキアミでは1以下であるが、ハタハタ肉でも4~6月が1以下となりオキアミに近く、9~12月より低い値を示した (Table 3) ことから餌料生物の影響を受けている可能性が示唆される。また魚類の絶食試験や大型回遊魚の場合、エネルギー源としてエネルギー効率のよい飽和脂肪酸から選択的に使用されることが知られているが、³⁰⁾ 摂餌減少と性成熟が進む10~12月の肉中粗脂肪の脂肪酸組成は4~6月のそれと比較して全飽和脂肪酸の割合は低いことは、肉中粗脂肪がエネルギー源となることが考えられる。以上からハタハタ肉中粗脂肪の脂肪酸組成の変動は摂餌率の高い時期は餌料生物の影響を主に受け、摂餌率の低い性成熟の時期は生殖巣への脂質成分供給や活動エネルギー消

費により主に影響を受けると考えられる。しかし、脂肪酸組成の変動要因としては餌料生物からの供給、活動エネルギー消費のための脂肪酸分解や生体維持のための脂肪酸合成、³¹⁾ 生殖巣への脂肪酸供給など多くの要因が関連していると考えられる。一方、ハタハタ生殖巣中粗脂肪の脂肪酸組成はハタハタ肉と比較して変動が少ないことがわかった。さらに全時期で肉と大きく異なり全多価不飽和脂肪酸が多いことから、生殖巣での多価不飽和脂肪酸の重要性が示唆される。特に精巣についてはDHA/IPAが高いことを示したが (Table 4), これはドコサヘキサエン酸が生体内で精子に多く含まれる^{20,30)} ことと一致している。また生殖巣中のドコサヘキサエン酸は主にリン脂質の構成脂肪酸となっているが、卵巣では卵黄中のリン脂質、精巣では精子中のリン脂質中に多いとともに、リン脂質が総脂質に占める割合も多い。^{30,32)} このことがFig. 3とFig. 4の肉と生殖巣での多価不飽和脂肪酸比率の違いとなっていると考えられる。ハタハタ生殖巣中粗脂肪の脂肪酸組成はハタハタ肉と比較して変動が少なく多価不飽和脂肪酸比率が高いことは、産卵のために生殖巣の発達が優先的に維持されることによると推定される。

これらの結果から食品や加工原料としてのハタハタについて考察する。一般に魚類は産卵前期の粗脂肪含量が多い時期は水分が少なく、呈味成分などが濃縮され美味であり魚の旬と呼ばれることが多いという。¹⁴⁾ したがってFig. 1の9月のハタハタは肉中の水分含量が低く粗脂肪含量が高いことから美味しい条件を備えていると言

うことができる。これは、漁業関係者の間で経験的に9月のハタハタが美味しいとされていた科学的根拠となる。また、12月のハタハタ卵巣は生かずのこ³³⁾と比較して水分含量が高く粗脂肪含量が低い値であった。しかし、ハタハタ卵巣の評価要素は、その重量が多いことや魚卵としては大きい直径3 mm前後の卵粒が潰れる時の食感が、脂質含量よりも重要である。産卵直前であるほどその要素を満たしているため12月の雌ハタハタの評価が高くなっている。以上から9月のハタハタは粗脂肪含量が高いため焼き魚等で食べると肉が美味しく、12月のハタハタは卵巣巣量が多く卵粒も大きいため卵巣が美味しいと結論することができる。また、ハタハタの加工特性については今後の課題となるが、現在の主な加工品は生なれずしに分類される³⁴⁾ハタハタずしのみであり種類が少ない。日本海西部系群のハタハタを原料として兵庫県や鳥取県で多く製造される一夜干しハタハタは原料として脂の乗りが重視されているが、³⁵⁾9月に秋田県沖合で漁獲されるハタハタは比較的水分含量が低く粗脂肪含量が高いため一夜干しなどの塩干品に適していると考えられる。また、12月に沿岸で漁獲されるハタハタは産卵期であり肉の脂質含量はやや低いが、この時期の漁獲量は年間で最も多くここ数年は1,000トン以上であるため、加工原料としては比較的安定していると考えられる。元広ら⁷⁾によるとハタハタから調製したすり身のかまぼこ形成能はスケトウダラよりやや劣るが、十分にかまぼこ原料として利用可能とされる。したがって12月に沿岸で漁獲されるハタハタの加工方法としてすり身加工が考えられる。また、12月の雌ハタハタ卵巣はブリコと呼ばれ最も好まれるが、現在その加工品はなく新しい魚卵加工品の可能性が考えられる。一方、精巢はハタハタ加工の際には廃棄物となっているが、その高いドコサヘキサエン酸含有率の観点から付加価値を高めた高度利用が望まれる。以上、本研究結果を基礎として今後は加工に関する研究が重要と考えられる。

謝 辞

本研究の一部は水産庁研究事業「高品質水産加工品技術開発事業」及び「バイオマス利活用フロンティア推進事業」において行われたものである。

文 献

- 1) 杉山秀樹. ハタハタの生物特性. 「ハタハタの生物特性と種苗生産技術」(財)日本栽培漁業協会, 東京. 2002; 7-20.
- 2) 東北農政局秋田統計・情報センター. 平成16年 秋田県漁業の動き. 東北農政局秋田統計・情報センター, 秋田. 2006; 26.
- 3) 農林統計協会. 図説 漁業白書 平成7年度版. 財農林統計協会, 東京. 1996; 108-109.
- 4) 大野悦子. 秋田県特産食品の研究Ⅳ ハタハタの化学成分とアミノ酸組成. 秋田大学教育学部研究紀要 1971; 21: 71-79.
- 5) Asano M. Properties of arctoscapine, a new protamine from *Arctoscopus japonicus*. *Memories of Faculty of Education Akita University* 1974; **25**: 110-116.
- 6) 浅野元一. 秋田県特産食品の研究Ⅶ ハタハタから調製したタンパク濃縮物 (FPC). 秋田大学教育学部研究紀要 1978; **28**: 77-93.
- 7) 元広輝重, 沼倉忠広. ハタハタ冷凍すり身のアクトミオシンについて. 冷凍 1974; **49**: 17-21.
- 8) 山浜敏一. ハタハタの燻煙加工について (第2報) 市販ハタハタの実態と製品特性について. 山形農林学会報 1974; **31**: 40-46.
- 9) 堤 忠一. 水分. 「食品分析法」(日本食品工業学会食品分析編集委員会編) 光琳, 東京. 1982; 61-62.
- 10) 堤 忠一. 脂質. 「食品分析法」(日本食品工業学会食品分析編集委員会編) 光琳, 東京. 1982; 133-136.
- 11) 田島 真. 脂肪酸組成. 「食品分析法」(日本食品工業学会食品分析編集委員会編) 光琳, 東京. 1982; 543-544.
- 12) Hashimoto N, Aoyama T, Shioiri T. A simple efficient preparation of methyl esters with trimethylsilyldiazomethane and its application to gas chromatographic analysis of fatty acids. *Chem. Pharm. Bull.* 1981; **29**: 1475-1478.
- 13) 田島 真. 脂肪酸組成. 「食品分析法」(日本食品工業学会食品分析編集委員会編) 光琳, 東京. 1982; 547-549.
- 14) 竹内昌昭, 山口敏康. 水産物の栄養成分. 「水産食品の辞典」(竹内昌昭, 藤井建夫, 山澤正勝編) 朝倉書店, 東京. 2000; 20-31.
- 15) 鈴木たね子. 化学的特性. 「水産利用原料」(野中順三九編) 恒星社厚生閣, 東京. 1987; 173-191.
- 16) 隆島史夫. 成熟と脂質代謝. 「魚類の成熟と産卵」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京. 1974; 76-87.
- 17) 森下達郎, 宇野和明, 井上直樹, 高橋喬. 養殖マダイの成長に伴う一般成分組成の変動. 日水誌 1987; **53**: 1601-1607.
- 18) 座間宏一. 脂質. 「水産学シリーズ13 白身の魚と赤身の魚—肉の特性」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京. 1976; 53-67.
- 19) 日本水産油脂協会. ハタハタ. 「魚介類の脂肪酸組成表」(阿部芳郎, 金田尚志, 鹿山 光, 高木 徹, 吉松藤子, 和田 俊編) 光琳, 東京. 1989; 182-185.
- 20) 齋藤洋昭. 水産物中のDHA分布—カツオ・マグロ類とDHA—. 食品工業 1993; **36** (No. 14): 33-43.
- 21) 羽田野六男. 脂質. 「魚肉の栄養成分とその利用」(竹内昌昭編) 恒星社厚生閣, 東京. 1990; 34-43.
- 22) 國崎直道, 鷹田 馨, 松浦宏之. 天然および養殖アジの脂肪含有量, 筋肉硬度および脂肪酸組成について. 日水誌 1986; **52**: 333-336.
- 23) 宇野和明, 森下達郎, 高橋喬. 養殖マダイの成長に伴う脂質の脂肪酸組成の変動. 日水誌 1987; **53**: 1609-1615.
- 24) 山口敏康, 佐藤善夫, 伊藤正雄, 盛谷直弘, 秦 正弘. 養殖および北洋産ギンザケ諸組織の脂質および脂肪酸組成. 日水誌 1988; **54**: 1601-1605.
- 25) 青木隆子, 鷹田 馨, 國崎直道. 天然および養殖魚6種の一般成分, 無機質, 脂肪酸, 遊離アミノ酸, 筋肉硬度および色差について. 日水誌 1991; **57**: 1927-1934.
- 26) 西塔正孝, 國崎直道. 天然および養殖トラフグ筋肉の一般成分, 脂肪酸組成, 遊離アミノ酸, 無機質および筋肉硬度について. 日水誌 1998; **64**: 116-120.
- 27) 白井展也, 宮川正也, 東海林 茂, 荏原 紘, 和田俊. 天然および養殖ナマズの可食部の脂肪酸組成. 日水誌 2000; **66**: 859-868.
- 28) 齋藤洋昭. オキアミ類の成分組成について—脂質成分を

- 中心として一. 月刊 海洋 1994; **26**: 224-228.
- 29) 日本水産油脂協会. 南極オキアミ. 「魚介類の脂肪酸組成表」(阿部芳郎, 金田尚志, 鹿山 光, 高木 徹, 吉松藤子, 和田 俊編) 光琳, 東京. 1989; 238-241.
- 30) 齋藤洋昭. 海洋生物と n-3 高度不飽和脂肪酸. 化学と生物 1996; **34**: 107-113.
- 31) 手島新一. 魚介類の脂質とその代謝. 「水産生物化学」(山口勝巳編) 東京大学出版会, 東京. 1995; 34-55.
- 32) Hiratsuka S, Kitagawa T, Matsue Y, Hashidume M, Wada S. Lipid class and fatty acid composition of phospholipids from the gonads of skipjack tuna. *Fisheries Sci.* 2004; **70**: 903-909.
- 33) 科学技術庁. 魚介類. 「五訂 日本食品標準成分表」(科学技術庁資源調査会編) 大蔵省印刷局, 東京. 2000; 160-212.
- 34) 佐々木政則, 森山 充, 塚本研一, 古谷治男, 木村武志. なまなれずし. 「全国水産加工品総覧」(福田 裕, 山澤正勝, 岡崎恵美子編) 光琳, 東京. 2005; 366-382.
- 35) 磯田美也子. 一夜干しはたはた. 「全国水産加工品総覧」(福田 裕, 山澤正勝, 岡崎恵美子編) 光琳, 東京. 2005; 38-41.