

産卵回遊期におけるサケの生物学のおよび化学的特性^{*1}

清水幾太郎^{*2}・帰山 雅秀^{*2}

Biological and Chemical Characteristics of Chum Salmon during their Spawning Migration Period^{*1}

Ikutaro SHIMIZU^{*2} and Masahide KAERIYAMA^{*2}

Abstract

Maturity of chum salmon *Oncorhynchus keta* captured in the Chitose River and in coastal waters around Hokkaido from June to November in 1985 were divided into 5 ranks as follows: Keiji, Tokishirazu, Mejika, Ginke and Buna. Condition factors showed 13-15 in immature fish (Keiji and Tokishirazu), and 8-11 in mature fish (Buna). The ratio of body width to body depth showed 52-60% in Keiji and 43-50% in Buna. The ratio of head length to fork length showed 18-20% in Keiji and 21-25% in Buna. Besides, proximate lipid content of the muscle indicated 22-33% in Keiji, 11-35% in Tokishirazu, 7-12% in Mejika, 2-14% in Ginke, and 1-4% in Buna. Moisture content of the muscle indicated 61-73% in Keiji and Tokishirazu, 72-77% in Mejika and Ginke, and 76-83% in Buna, and hence lipid content decreased and moisture content increased in chum salmon muscle as their maturity increased during spawning migration. Biological and chemical characteristics of Keiji and Tokishirazu were markedly different from those of Mejika, Ginke and Buna.

はじめに

近年、わが国沿岸に来遊するサケ (*Oncorhynchus keta*) 資源の量的増大はめざましく、1990年の秋サケ沿岸来遊量は北海道4,392万尾で、本州2,355万尾を合わせると6,748万尾に達した。その中で体表が銀白で、肉色が赤みを呈すギンケの資源も着実に増加し、サケ資源の質的な転換が図られつつある。これからのサケ・マス人工ふ化事業においては、ますます量から質への転換を図る必要があり、そのためにサケではギンケ資源の割合を増やすこと、カラフトマスやサクラマス、ベニザケといった魚種を増加させることなどが重要な課題としてあげられる。

サケの場合、親魚の長期蓄養が技術的に可能になったことがギンケ資源の造成に大きく貢献したと考えられるが、量的には資源の安定供給の時代に入り、価格が低迷する中で少しでも経済性の高い品種が望まれる

北海道さけ・ますふ化場研究業績第330号

^{*1}本研究の一部は昭和61年度日本水産学会春季大会で口頭発表した。

^{*2}水産庁北海道さけ・ますふ化場 (Hokkaido Salmon Hatchery, Fisheries Agency of Japan, 2-2 Nakanoshima, Toyohira-ku, Sapporo 062 JAPAN)

ようになった。そこで肉質、肉色、味、体型、体色などで各地域で特徴のある資源づくりが、今後の増殖事業の展開の中で進めて行かなければならない課題となって来ている。そのためには沿岸に来遊するサケの生物学的特質を明らかにしていくことが必要と考えられ、これまで産卵回遊時の成熟に伴う筋肉の体成分の変化については多くの研究がなされてきた(五十嵐他 1953; 座間他 1954; Ando et al. 1985a, 1985b; 清水・野村 1986)。しかし、サケの形態的特徴と筋肉の体成分との関係に関する報告はなく、著者らは成熟度を異にするサケ親魚の形態形質と筋肉の体成分との関係について検討したのでここに報告する。

本文に先立ち、原稿の校閲と貴重な助言を頂いた北海道さけ・ますふ化場調査課魚病研究室長野村哲一博士に厚く感謝申し上げる。また標本の採取にあたり、便宜を図って頂いた阿部進一調査課長および調査課資源研究室長広井修博士に厚くお礼申し上げます。

材料と方法

北海道沿岸で漁獲されるサケは、通称成熟度合の低い順からケイジ、トキシラズ、メジカ、ギンケ、ブナにランク分けされている(広井 1985)。「ケイジ」は翌年以降に産卵する未成魚で、10-12月に道東沿岸で漁獲される。「トキシラズ」はソ連に産卵回遊途中5-7月に三陸および北海道の太平洋沿岸で漁獲される。「メジカ」は産卵回遊時の本州系サケで、10-12月にオホーツク沿岸や北海道太平洋沿岸に接岸する。「ギンケ」は沿岸に産卵回遊し、まだ婚姻色を呈しないサケで、「ブナ」は河川に溯上して十分に性成熟したサケをいう。

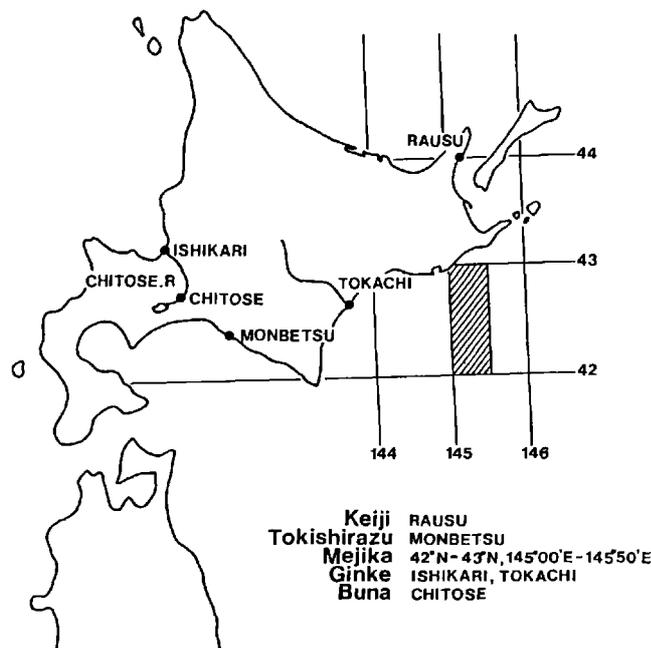


Fig. 1. Map showing the localities where chum salmon were collected during June to November of 1985. Samples were divided into 5 maturity ranks as follows: "Keiji" are immature fish captured in coastal waters of eastern Hokkaido in autumn and migrate to spawn the following year; "Tokishirazu" are immature fish captured in coastal waters on the Pacific side of Hokkaido in spring and originate in the Soviet region; "Mejika" were captured in coastal waters of the Okhotsk Sea and on the Pacific side of Hokkaido during spawning migration to rivers in Honshu Island; "Ginke" were captured in coastal waters around Hokkaido during spawning migration to rivers in Hokkaido and were more mature than Mejika; "Buna" are mature fish during upstream migration.

図1 標本採集地点。

ケイジは11月12-15日に羅臼沿岸で、トキシラズは6月13-27日に日高門別沿岸の定置網で漁獲された。メジカは釧路沖の海域(42°00' N, 43°00' N, 145°00' E, 145°50' E)の各線で囲まれた海域で9月6日から11月14日にかけて延縄で漁獲された。ギンケは9月6日-10日に石狩沿岸で、9月10日に十勝沿岸の定置網で漁獲された。ブナは9月13日石狩川上流の千歳川捕獲場で採捕された標本を用いた(図1)。

採取した標本は尾叉長(FL, 以下体長という)、頭長(HL)、体高(BD)、体幅(Bw)、体重(BW)を測定し、年齢査定のための採鱗後、生殖腺を開腹摘出して重量測定した。さらに体成分分析用試料として背前部筋肉(表皮を含む)を採取して、総脂質、水分および粗タンパク質各々の含量を測定した。筋肉の採取部位および体成分の分析方法のうち総脂質と水分含量については清水・野村(1986)と同様である。粗タンパク質含量は水分を測定した後の乾燥試料を一定量(10-20mg)秤量し、SUMIGRAPH NC-80(住友化学工業)で窒素含量を測定し、窒素係数6.25を乗じてタンパク質量に換算し、粗タンパク質含量は試料の湿重量に対する割合について算定した。なお窒素標準試料としてアセトアニリド C₈ H₉ ON (FW=135.17, N=10.36%)を用いた。

結果と考察

標本として用いたサケはケイジ15尾、トキシラズ10尾、メジカ15尾、ギンケ24尾、ブナ19尾で、形態の測定結果と筋肉体成分の分析結果を表1に示した。標本の年齢はケイジが3年魚主体で、他は4-5年魚が大部分を占めた。

表1 採集標本の測定結果と筋肉体成分の分析結果。

Table 1. Means and standard deviations (in parentheses) of fork length (FL), head length (HL), body depth (BD), body width (Bw), body weight (BW), composition of the muscle, and age composition of chum salmon captured in the Chitose River and in coastal waters around Hokkaido during June and November of 1985. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig.1.

Maturity ranks	Sampling date and locality	Sex	No. of Samples	FL	HL	BD	Bw	BW	GW	Lipid	Moisture	Protein	Age				
				cm	cm	cm	cm	g	g	%	%	%	2	3	4	5	
Keiji	Nov. 12-15 Rausu Coast	Male	7	57.6 (4.1)	11.1 (1.0)	13.5 (1.0)	7.6 (0.5)	2726 (506)	1.6 (0.6)	26.3 (3.3)	66.7 (1.9)	21.1 (0.2)	1 6				
		Female	8	58.6 (1.9)	11.0 (0.4)	13.4 (0.8)	7.7 (0.5)	2756 (383)	18.0 (2.8)	26.9 (3.0)	66.3 (2.5)	20.0 (0.2)	7 1				
Tokishirazu	Jun. 13-27 Monbetsu Coast	Male	7	71.1 (4.1)	15.8 (1.0)	17.4 (1.7)	7.9 (1.2)	5296 (958)	38.2 (25.0)	26.0 (7.8)	67.7 (1.6)	21.3 (0.2)	1 4 2				
		Female	3	67.6 (1.8)	14.8 (1.0)	16.5 (0.4)	7.5 (0.5)	4227 (216)	80.7 (19.8)	25.7 (5.4)	67.2 (4.5)	20.4 (0.3)	2 1				
Mejika	Sep. 6-Nov. 14 42.00N-43.00N 145.00E-145.50E	Male	7	64.3 (9.0)	12.8 (1.8)	13.6 (2.0)	7.2 (1.0)	3277 (990)	188.5 (58.1)	8.5 (3.1)	73.4 (1.1)	22.5 (0.6)	1 2 4				
		Female	8	67.4 (3.6)	12.3 (0.8)	14.7 (0.9)	7.7 (0.7)	3657 (688)	315.8 (108.4)	9.1 (1.8)	73.6 (0.6)	22.4 (0.4)	5 3				
Ginke	Sep. 6-10 Ishikari Coast Tokachi Coast	Male	12	64.3 (4.1)	14.1 (1.1)	13.5 (1.1)	7.0 (0.4)	2998 (500)	169.1 (30.2)	7.3 (2.3)	74.1 (1.1)	22.7 (0.6)	7 5				
		Female	12	63.8 (2.7)	12.8 (0.8)	13.1 (1.0)	6.9 (0.5)	2942 (485)	365.2 (68.1)	5.7 (3.3)	74.9 (1.9)	22.1 (1.1)	8 4				
Buna	Sep. 13 Chitose River	Male	9	61.6 (3.1)	14.3 (1.1)	11.8 (1.2)	5.6 (0.3)	2106 (388)	72.5 (24.6)	1.8 (1.0)	78.8 (1.4)	19.1 (0.4)	8 1				
		Female	10	62.5 (2.2)	13.3 (0.6)	13.4 (0.8)	6.1 (0.4)	2521 (383)	534.6 (82.9)	1.7 (0.7)	79.1 (1.5)	17.8 (1.0)	8 2				

成熟に伴う形態的变化 サケの体長と体重との関係から肥満度(BW/FL³×1000)をみると、ケイジとトキシラズの肥満度は13-15と高いが、ケイジ(FL50-65cm, BW1700-3560g)はトキシラズ(FL65-77cm, BW3940-6440g)に比べて明らかに小型であった。このことはケイジが翌年以降の産卵群で成長途上にあり、トキシラズは産卵回遊に向かう系群であるためと考えられる。その年のメジカやギンケの肥満度は10-13でケイジやトキシラズに比べてやや低く、さらに成熟度合が増すにつれて肥満度の低下がみられ、ブナでは8-11と低い値を示した(図2)。

サケは成熟に伴って、体形の変化や婚姻色の発現といった二次性徴を呈するが、その変化は特に雄において顕著である。雄親魚における体長に対する頭長の割合と体高に対する体幅の割合との関係には、負の相関($r=-0.590, P<0.001$)がみられ、ケイジは頭長/体長が18-20%で、体幅/体高が52-60%を示し、頭部が小さく紡錘形を呈する形態となっている(図3)。メジカも頭長が体長の20%前後と低く、二次性徴の発現指標とみられる上顎長の伸長はまだ観察されなかった。さらに成熟の進んだブナは頭長が体長の21-25%に及び、体幅が体高の43-50%に低下し、ケイジに比べて吻部の伸長が著しく、紡錘形の度合が弱いことが形態的な面から明かとなった。体部分長比をみると、未成熟のケイジとトキシラズの体高は23%以上を示したのに対して、メジカ、ギンケおよびブナの体高は21%以下で明らかに異なった(表2)。また体長に対する体幅比はケイジが13%で最も長く、ついでトキシラズ、メジカおよびギンケが11%、ブナが9%で最も低かった。これらの結果は魚体各部の形態形質が成熟に伴って変化したことを示している。

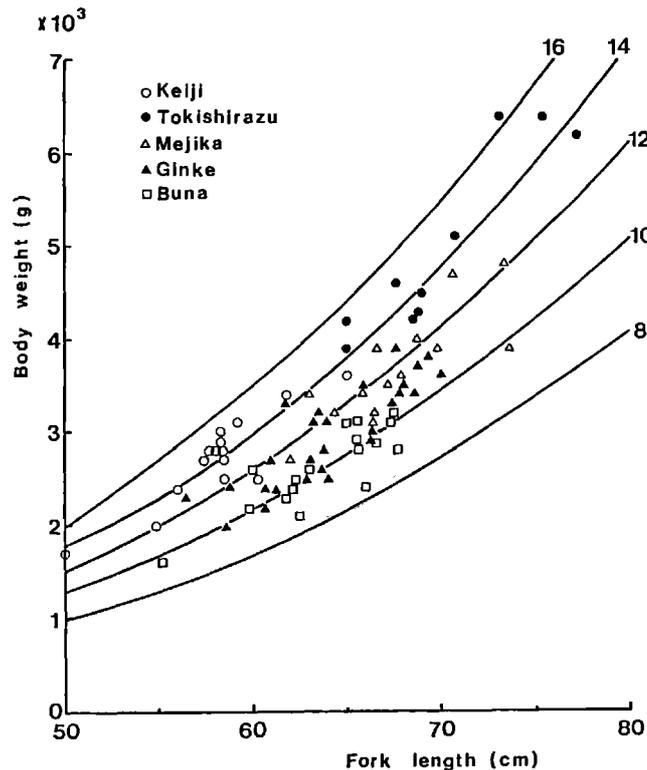


Fig. 2. Relationships between fork length (cm) and body weight (g) of chum salmon. Curves indicate relationships between fork length and body weight calculated with condition factor (BW/FL³×1000). Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig. 1.

図2 尾叉長と体重の関係。曲線は肥満度を示す。

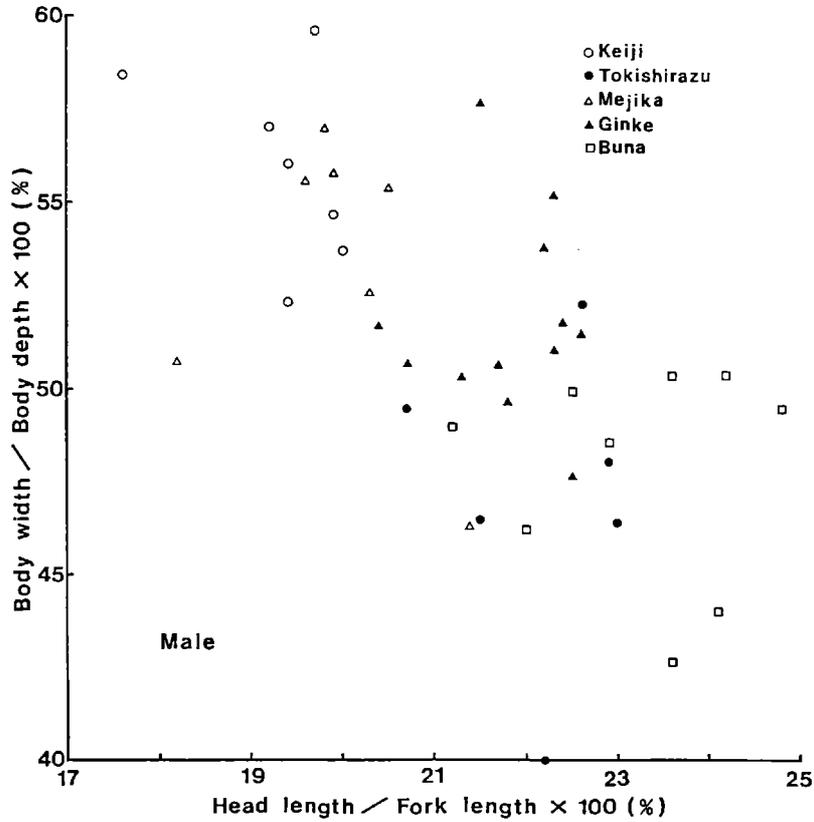


Fig. 3. Relationships between the ratio of head length to fork length and the ratio of body width to body depth in male chum salmon. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig. 1.
 図3 雄サケの尾叉長に対する頭長の比と体高に対する体幅の比との関係。

表2 雄サケの体部分長比, 肥満度および生殖腺指数.

Table 2. Means and standard deviations (in parentheses) of the ratio of head length (HF/FL), body depth (BD/FL) and body width (Bw/FL) to fork length, condition factor (CF), and gonadosomatic index (GSI) of male chum salmon. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig. 1.

Maturity ranks	HL/FL %	BD/FL %	Bw/FL %	CF	GSI %
Keiji	19.3 (0.7)	23.5 (1.1)	13.2 (0.4)	14.0 (0.6)	0.06 (0.01)
Tokishirazu	22.2 (0.8)	24.5 (1.6)	11.1 (1.2)	14.6 (1.0)	0.70 (0.42)
Mejika	20.0 (0.9)	21.2 (0.9)	11.3 (0.7)	11.8 (1.0)	5.89 (0.79)
Ginke	21.9 (0.8)	21.1 (1.3)	10.9 (0.7)	11.2 (0.9)	5.64 (0.40)
Buna	23.2 (1.1)	19.0 (1.2)	9.1 (0.4)	8.9 (0.7)	3.38 (0.69)

生殖腺指数 (GSI) も成熟に伴って変化した (図4)。ケイジは翌年以降に産卵群に加わる未成魚であるため、生殖腺の発達が見られず、トキシラズも索餌回遊中のため、雌雄とも生殖腺は未発達であった。雌ではメジカ、ギンケ、ブナと成熟が進むにつれ生殖腺が発達し、河川に溯上したブナのGSIは20%以上に達した。

一方、雄親魚ではメジカとギンケのGSIはほぼ等しい値を示した。このことは北太平洋に生息するサケが産卵回遊に移行する頃、雌の生殖腺の発育段階が卵母細胞の成長期に入るのに対し、雄のそれは精母細胞期に入り、すでに精巣の重さは変わらなくなる (山本 1977) ことから、雄は雌よりも早い時期に体重に対する生殖腺の大きさが一定になるためと考えられる。また河川に溯上したサケはすでに精子形成を終了し、精巣の質的变化を遂げ、放精が機能的に可能となっている (山内 1984; 広井 1985) ことから、雄ブナのGSIは低下したものと考えられる。

体成分の変化 サケの成熟に伴う筋肉中の総脂質含量は、先に示した生殖腺指数の変化とは逆の傾向を示した。すなわち、ケイジでは22-33%、トキシラズでは11-35%、メジカでは7-12%、ギンケでは2-14%に、さらにブナでは1-4%になり、成熟が進むに伴い総脂質含量は減少した (図5)。一方、水分含量は

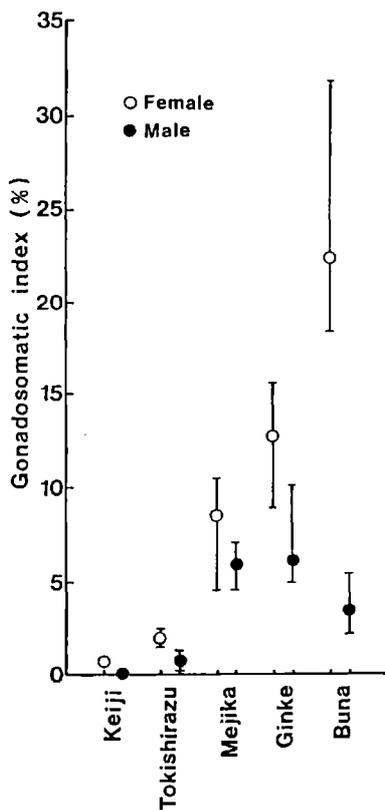


Fig. 4. Changes in gonadosomatic index of chum salmon. Circles indicate means and vertical lines indicate range. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig. 1.

図4 生殖腺指数の変化。

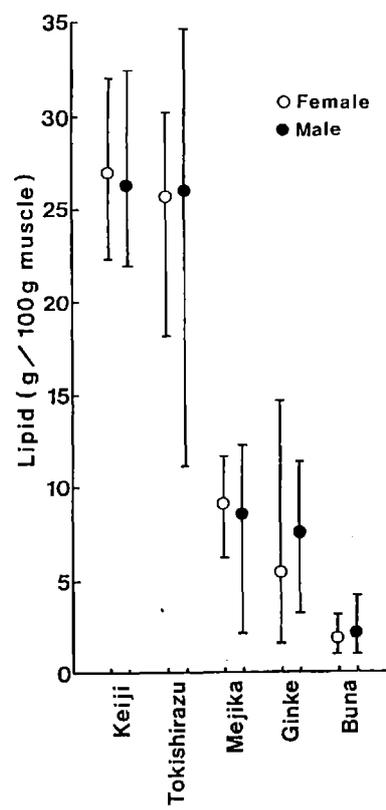


Fig. 5. Changes in lipid content of chum salmon muscle. Circles indicate means and vertical lines indicate range. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig. 1.

図5 総脂質含量の変化。

ケイジで61-70%, トキシラズでは63-73%, メジカでは72-75%, ギンケでは72-77%, さらにブナでは76-83%と成熟に伴い増加した(図6)。また粗タンパク質含量はケイジやトキシラズでは20-21%であるのに対して、メジカで22-23%, ギンケでは21-24%と微かに増加したが、ブナでは16-19%に減少した(図7)。

これらの関係をまとめて図8と図9に示した。すなわち、ケイジ、トキシラズ、メジカおよびギンケの総脂質含量と水分含量との間には、負の相関($r = -0.926, P < 0.001$)がみられ、成熟に伴い脂質は減少し水分は増加する傾向を示した。またケイジやトキシラズの脂質含量が30%前後で一定になる傾向を示しており、今回の供試魚の背前部筋肉に保持される脂質含量は皮下脂肪を含めて30%が限界に近い値であると推定された。ブナでは総脂質が1%のままではば一定であるのに対して、水分含量は76.2-81.3%と極めて高い値を示した(図8)。清水・野村(1986)によると総脂質は大部分トリグリセライドとリン脂質からなり、産卵回遊の過程でトリグリセライドは消費するが、リン脂質は1%前後の値を示してほとんど変化がみられないことを報告している。したがって、ブナ筋肉の総脂質は大部分がリン脂質であると考えられる。また成熟に伴う筋肉中の脂質の増加と水分の減少は、産卵回遊に入ると筋肉を含む体内の脂質が卵形成に利用され、脂質の減少分は水分の増加で置換されること(隆島 1974, 1985; 根本 1982; 飯島・鹿山 1985)を示唆している。

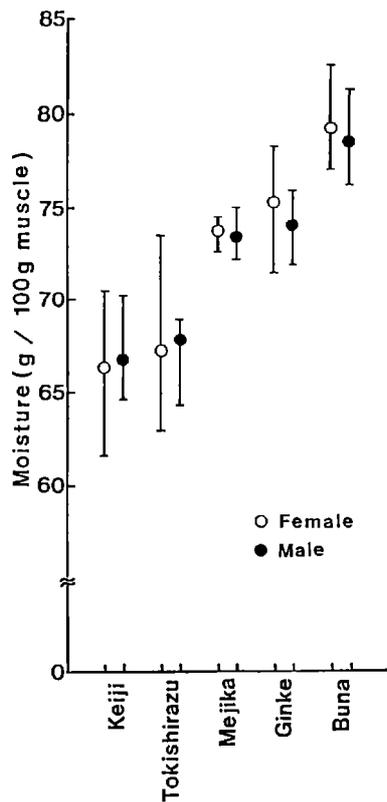


Fig. 6. Changes in moisture content of chum salmon muscle. Circles indicate means and vertical lines indicate range. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig. 1.

図6 水分含量の変化。

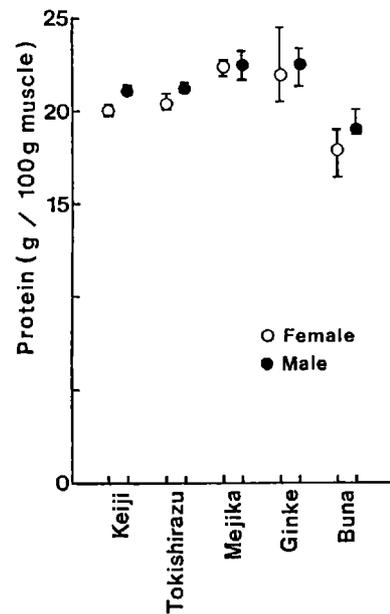


Fig. 7. Changes in protein content of chum salmon muscle. Circles indicate means and vertical lines indicate range. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig. 1.

図7 タンパク質含量の変化。

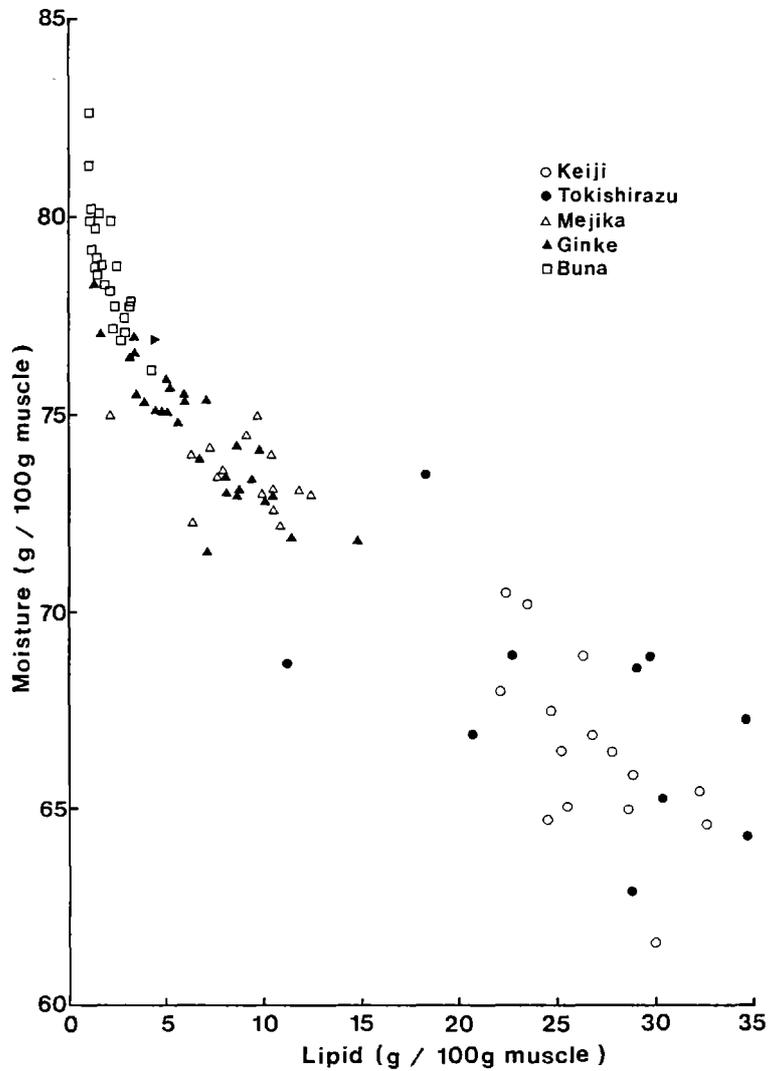


Fig.8. Relationships between lipid and moisture of chum salmon muscle. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig.1.

図8 総脂質と水分の関係。

次に粗タンパク質含量と水分含量との関係を見ると、脂質含量が15%以下のメジカ、ギンケおよびブナでは、タンパク質の減少に伴い水分が増加する傾向がみられた(図9)。産卵回遊期における脂質とタンパク質の減少は、サケが成熟に伴い最初に脂質をエネルギー源として消耗し、総脂質含量が1%にまで達したブナでは、羽田野(1985)も指摘しているように、脂質に替わってタンパク質をエネルギー源として利用していった結果を示していると考えられる。

タンパク質含量が21%前後ではば一定の値を示したケイジやトキシラズでは、水分含量が70%以下と低く、高い脂質含量を示したが、トキシラズはケイジに比べて脂質含量のばらつきが大きい傾向を示した。Okazaki

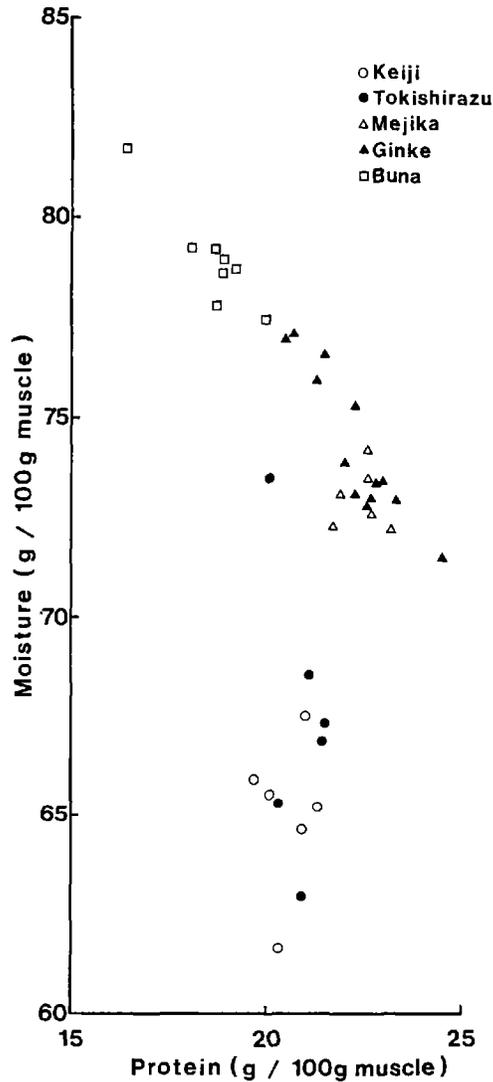


Fig. 9. Relationships between protein and moisture of chum salmon muscle. Maturity ranks of chum salmon were shown in Fig. 1.
 図9 タンパク質と水分の関係。

(1986)によればケイジとトキシラズは遺伝的に極めて近縁な同一集団で、秋に道東沿岸に接岸したケイジはその後南下して越冬し、ソ連のアムール河に回帰する系群と考えられる。したがってケイジが越冬前であるのに対して、トキシラズは越冬後という時期の違いからくる生息海域の栄養状態の差が体成分の変動に関与しているのではないかと考えられる。あるいはケイジが単一の個体群のみであるのに対して、トキシラズは形質の異なる複数の個体群により構成されている可能性が考えられることから、この系群の大きさの違いが体成分の変動に関与しているとも考えられる。しかし、この点についてはさらに十分な資料をもとに検討する必要がある。

ケイジとトキシラズはその熟度日数がそれぞれ1-2年、2-6ヶ月と長く(広井 1985)、またそれらの幽門垂数は本邦系サケより多く、形態的にも明らかな差が認められる(婦山・浦和 1990)ことから、メジカやギンケ、ブナといった産卵回遊中の本邦系のサケとは、形態的および遺伝的、さらに生理生態的に異なると考えられる。羽田野(1990)は多獲性回遊魚の脂質含量と脂肪酸組成に系群によって差がみられることについて、餌料の種類と摂餌量に関係があると考えている。したがって、生育環境条件の違いは体成分組成にも影響を与えることが十分予想されることから、回遊中のサケの筋肉と餌料生物各々の脂肪酸組成の関係を明らかにすることは興味ある課題である。このため今後さらに多くの資料の蓄積を図っていく必要があると考える。

文 献

- Ando, S., M. Hatano and K. Zama (1985a): Deterioration of chum salmon (*Onchorhynchus keta*) muscle during spawning migration-I. Changes in proximate composition of chum salmon muscle during spawning migration. *Comp. Biochem. Physiol.*, **80B** (2), 303-307.
 Ando, S., M. Hatano and K. Zama (1985b): A consumption of muscle lipid during spawning

- migration of chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Bull. Japan Soc. Fish.*, 51(11), 1817-1824.
- 羽田野六男 (1985): ブナ化と成分変化. 秋サケの資源と利用 (日本水産学会編), p. 68-83, 恒星社厚生閣, 東京.
- 羽田野六男 (1990): 栄養成分の分布と消長. 2. 脂質. 魚肉の栄養成分とその利用 (日本水産学会編), p. 34-43, 恒星社厚生閣, 東京.
- 広井 修 (1985): 性成熟. 秋サケの資源と利用 (日本水産学会編), p. 38-52, 恒星社厚生閣, 東京.
- 五十嵐久尚・座間宏一 (1953): 鮭の生化学的研究— I. 鮭産卵回遊時に於ける体成分の変化. 日水誌, 18 (11), 618-622.
- 飯島憲章・鹿山 光 (1985): 魚類における脂質の運搬および貯蔵. 水産動物の筋肉脂質 (日本水産学会編), p. 68-80, 恒星社厚生閣, 東京.
- 帰山雅秀・浦和茂彦 (1990): 北日本におけるサケ科魚類の幽門垂数. さけ・ますふ研報, (44), 1-9.
- 根本敬久・関口秀夫 (1982): 深海系に分布する動物の生態. 海洋動物の非グリセリド脂質 (日本水産学会編), p. 78-89, 恒星社厚生閣, 東京.
- Okazaki, T (1985): Distribution, migration and possible origins of genetically different populations of chum salmon *Oncorhynchus keta* along the eastern coasts of northern Japan. *Bull. Japan Soc. Fish.*, 52 (6), 983-994.
- 清水幾太郎・野村哲一 (1986): サケの産卵回遊時における体成分の変化. さけ・ますふ研報, (40), 1-9.
- 隆島史夫 (1974): 成熟と脂質代謝. 魚類の成熟と産卵—その基礎と応用 (日本水産学会編), p. 76-87, 恒星社厚生閣, 東京.
- 隆島史夫 (1985): 組織学的にみた魚類筋肉脂質. 水産動物の筋肉脂質 (日本水産学会編), p. 101-106, 恒星社厚生閣, 東京.
- 山本喜一郎 (1977): 生殖. 魚類生理 (川本信之編), p. 245-286, 恒星社厚生閣, 東京.
- 山本寿一 (1984): アキサケ精巢の成分等の調査. 青森県水産加工研報 昭和58年度, p. 63-67.
- 座間宏一・五十嵐久尚 (1954): 鮭の生化学的研究— II. 産卵回遊時に於ける体脂肪組成の変化. 日水誌, 19 (11), 1087-1091.