

サクラマス¹の生理学的研究— I

筋肉内粗脂肪量について

野村 哲一

A Study on the Physiology of Masu Salmon (*Oncorhynchus masou*) - I Change in Crude Fat Content

Tetsuichi NOMURA

Changes in the crude fat content in muscle tissue of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in freshwater and seawater were determined using the Soxhlet method.

The samples were collected from rivers and coastal waters of Hokkaido and Niigata Prefectures.

The crude fat content in the muscle tissue of fish in freshwater increased from release time to summer and rapidly decreased in autumn. In winter, the crude fat content declined to approximately one percent of muscle wet weight. In spring of the next year the crude fat content increased in parr but declined in smolt.

The crude fat content in the muscle tissue of fish collected from the coastal sea increased over time and significantly higher than that of fish collected in freshwater.

サクラマス (*Oncorhynchus masou*) はサケ (*O. keta*)、カラフトマス (*O. gorbusha*) とともに、我が国における主要な増殖対象魚種であるが、他の二魚種とは異なり1~2年の長期の河川生活を有するという特質をもっている。一般に河川の生産力は海洋に比べて著しく小さいと考えられており、その上我国の河川環境の荒廃で自然条件下でサクラマス資源の培養をもちこむことは不可能に近く、サクラマスの生態や河川条件からしてサケのような人工増殖効果を望むことは極めて難しいのが実情である。しかしサクラマスは食品的にもサケ、カラフトマスに比べて勝るとも劣らない価値を有しており、その資源の増大による経済的効果は極めて高いと見なされ、資源増大のための技術開発が強く望まれている。このため著者は、サクラマスの生理学的特質を明らかにし、人工増殖技術開発のための一助にしたいと考え、まずサクラマスの各生活期における筋肉内粗脂肪量についての検討を試みた。

魚類の脂質に関する研究は、魚類生理学、生化学、魚類栄養学、等の広範な分野においてなされているが、対象魚種は主として池中飼育の養殖魚であり、その対象となる脂質も種々である。しかしサクラマスの天然生育魚に関する報告は少なく、著者の知るかぎりでは太田・山田(1971, 1974)、クリフチン(1962)の報告があるにす

ぎない。魚類においても、脂質の一部はエネルギー源としても重要であり、環境条件に大きく支配され、影響され易い、天然生育魚にあっては脂質の動態を明らかにすることは増殖技術の確立のためにも、有意義であると考えられる。

本報告ではソックスレー法により、サクラマスの筋肉内粗脂肪量（以下粗脂肪量とする）について検討した結果について報告する。

材料および方法

供試魚：図1の北海道および新潟県三面川沿岸で採集したサクラマスを供試した。供試魚は出来得る限り生鮮な状態で分析に供したが、一部は採集後、密封して、 -90°C で凍結保存した後分析した。

粗脂肪量の定量：粗脂肪量の定量はジエチルエーテルを用いソックスレー法により行なった。分析用試料は大型魚では、図2に示した筋肉部を採取し、皮膚、骨格を除去し、筋肉2～3gを細切後、精秤し、粗脂肪抽出用試料とした。小型の供試魚では、内臓、頭部、皮膚、骨を除去した全筋肉部のみを試料とした。前記した試料を脱水のため7～8倍量の無水硫酸ナトリウムとともに乳鉢内で磨砕し、ソックスレー抽出器により16時間抽出した。抽出終了後、溶媒を留去し、恒量として粗脂肪重量を求め、試料の湿重量に対するパーセントで表示した。

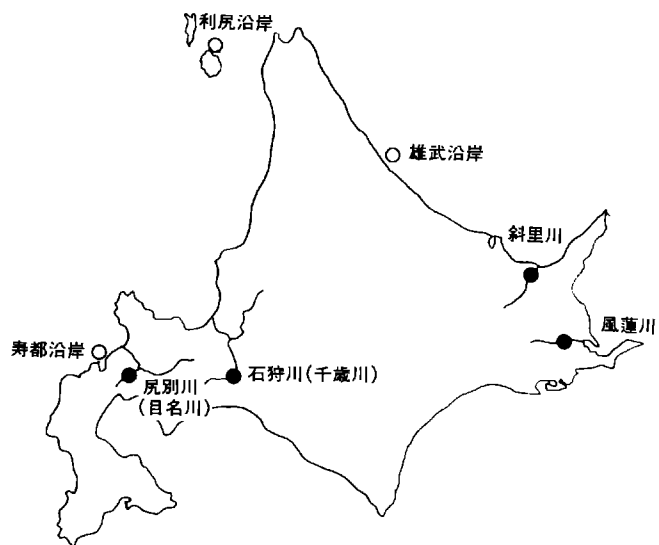


図1 サクラマス採集地点 ○海洋生活期サクラマス採集地点 ●淡水生活期サクラマス採集地点

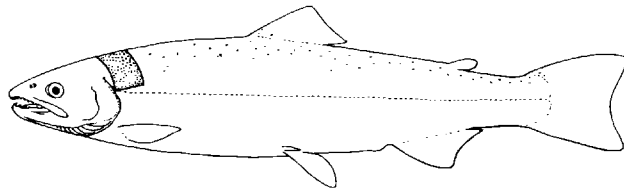


図2 大型魚における試料採取部位(虚線)

結果および考察

I) 河川生活期サクラマス幼魚の粗脂肪量

1 **スマルト化幼魚期以前の粗脂肪量：**サクラマスはふ化後、河川内で1年もしくは2年間、淡水生活を行なう。この淡水生活期の内スマルト化幼魚の出現する以前までの粗脂肪量の変化について尻別川および千歳川で採集したサクラマス幼魚を用いて検討した。両河川とも定点において月1回、投網により10～20尾の幼魚を採集し

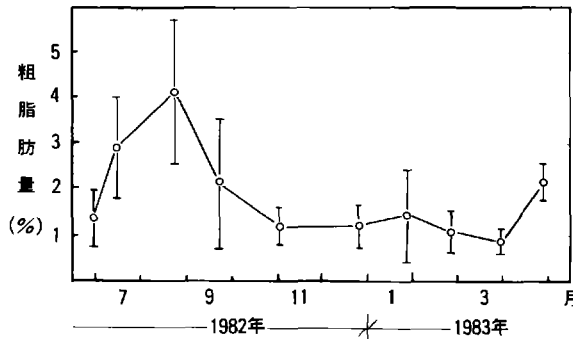


図3 尻別川におけるサクラマス幼魚の粗脂肪量の変化 平均値(○)および標準偏差(I)

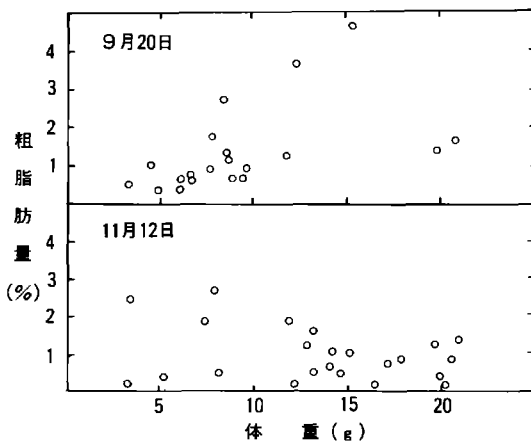


図4 尻別川において9月20日および11月12日採取されたサクラマスの体重と粗脂肪量の関係

よれば尻別川におけるサクラマス幼魚の胃内容指数(胃内容物重量/魚体重)は8月前後には低下するとされており、これら粗脂肪量の低下は河川水温の低下による摂餌量と代謝量のバランスのくずれによるものと推察されるが、更に詳細に検討する必要がある。

次に、石狩川の支流、千歳川における粗脂肪量を測定した結果は夏期においても粗脂肪量の増加は認められず、図5に示されるとおり尻別川とは全く異なる変動が認められた。このような千歳川と尻別川における粗脂肪量の動態における相違は河川の生育環境によって、個体の粗脂肪量も大きく左右されることが暗示される。このことについて河川の生育条件による魚体の生長並びに脂肪含量との相互関係について更に検討が待たれる。

2 スモルト期における粗脂肪量の変化: 尻別川におけるサクラマス幼魚は越冬後4～5月にスモルト化幼魚となり降海移動をする個体と、さらに河川内での生活をするもの(残留型)とに分かれる。それらスモルト化幼魚と残留型幼魚における粗脂肪量について比較した。分析標本は尻別川の支流目名川(図1)において1982年3月～5月に採集し、スモルト化幼魚の判定は体色の銀白化および背鳍先端の黒色化を目安として行なった。残留型幼魚については図6に示されるように体重の増加に伴い粗脂肪量は高くなる傾向が認められたが、スモルト化幼魚では逆に体重の増加に伴い粗脂肪量の低下が認められ、同じ体重レベルにおいてはパー型幼魚が高い値が示された(図6)。

分析に供した。

尻別川における供試魚の測定結果および粗脂肪量の平均値は表1に、粗脂肪量の変化は図3に夫々示した。尻別川における河川生活期の幼魚の粗脂肪量は測定開始の7月より8月末までは急激に増加し、8月20日には平均4.1%を示した。しかし、その後は減少し11月1日には1.3%にまで低下し、その後も1月には若干高い値を示したものの、ほぼ3月末まで1.0～1.4%と低い値を示した。なお9月および11月における体重と粗脂肪との関係は図4に示されるとおりである。9月には体重の大きいものは粗脂肪量がより多いという関係が見られたが、11月には逆に体重の増加に伴い、粗脂肪量の低下が認められた。

また9月より11月が同じ体重であっても低い粗脂肪を示すなど時期によっても体重と粗脂肪の関係に差が認められた(図4)。

以上のように尻別川における粗脂肪量の変動は、太田・山田(1974)が久根別川において測定した結果と同様、夏期には高く、秋期には急激に低下し、冬期間の越冬中には1.4%以下の低い値が示された。真山 他(1983)の報告に

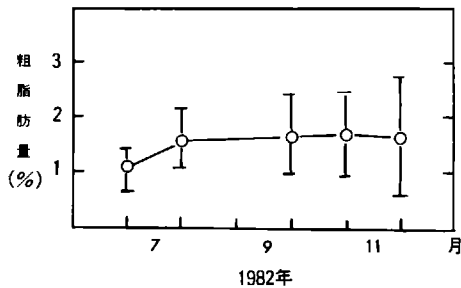


図5 石狩川(千歳川)で採取されたサクラマスの粗脂肪量の変化

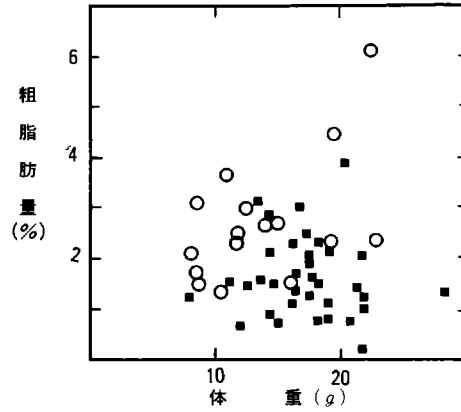


図6 尻別川におけるスモルト化期サクラマス幼魚の粗脂肪量(1982年3月~4月)○パー型サクラマス幼魚 ■スモルト型サクラマス幼魚

前記の河川生活期におけるサクラマスにおいては粗脂肪量は夏期に増加し越冬時に減少し、再び春先に上昇したが(図3)、スモルト化時には粗脂肪量は再び減少することが示された。スモルト化時における粗脂肪の低下が脂質組成中のどのような成分の減少によるものかは今回明らかにすることが出来なかったが、通常、リン脂質の量はほぼ一定で、魚体重の0.4~0.9%程度であるとされていることから、これら粗脂肪量の減少は主に中性脂質の減少ではなからうかと推察される。太田、山田(1974)のサクラマスについて、Sheridan et al.(1983) Woo et al.(1978)のスティールヘッドについての

研究によれば、スモルト化の時期においてはスモルト化幼魚より残留型幼魚が高い脂肪含量を示し、また減少する脂質画分はエネルギー源となる中性脂質画分であると報告している。今回報告されたスモルト時における粗脂肪の減少は、スモルト期における代謝速度の増加によってエネルギー源である中性脂質が減少し、その結果粗脂肪が減少したと見られよう。何れにしても粗脂肪の減少は生理的に重要なスモルト化の指標ともなり得るとも考えられる。降海移動にはより多くのエネルギーを必要と考えられることからこれらエネルギー源となる中性脂質の低下が以後の降海行動にどのような影響があるのか、降海移動後の生理生態の早期の解明が期待される。

表1 供試魚の平均体長・体重・供試尾数

年	月	日	供試尾数	体長 (cm)		体重 (g)		粗脂肪 (%)	
				平均	S. D.*	平均	S. D.	平均	S. D.
1982	7	1	10	6.5	0.57	2.86	0.75	1.2	0.30
	7	16	10	8.1	1.02	6.67	2.52	3.0	1.20
	8	20	10	7.6	1.09	5.02	1.85	4.1	1.63
	9	20	20	8.8	1.40	9.42	4.96	2.2	1.47
	11	1	10	9.5	1.26	8.48	3.62	1.3	0.42
	12	21	18	9.9	1.11	11.37	3.57	1.2	0.60
1983	1	24	12	10.2	1.23	11.16	3.56	1.4	0.65
	2	25	9	10.1	0.98	10.76	3.28	1.0	0.32
	3	28	11	10.8	0.94	14.24	3.74	1.4	0.39
	4	14	11	10.1	1.25	12.62	5.93	1.8	1.04

*S. D. 標準偏差値

3 尻別川に秋季に放流したサクラマス幼魚の粗脂肪量の変化: 前項までに主として天然河川で生育したサク

ラマス幼魚の粗脂肪量の動態について記したが、越冬時における粗脂肪量の動態についての知見をさらに集積するために、秋季に尻別川に放流した飼育サクラマス幼魚の冬期間の粗脂肪量の動態について検討した。放流したサクラマス幼魚は1981年9～10月に尻別川にそ上したサクラマス親魚より採卵し、翌年ふ化後、敷生事業場において幼魚まで飼育したものである。これら飼育魚の内、平均体重10.1gの57,700尾を右腹ビレ切除後、尻別川に1982年11月4～5日に放流した。放流後、毎月約10尾前後を定期的に支流の目名川において採集し粗脂肪含量を測定した。

放流時の粗脂肪量は1.8%であったが12月には2.4%を示した。その後は図7に示される通り天然サクラマス幼魚の越冬期の粗脂肪量と同様に0.8～1.0%の低い粗脂肪量が示された。

これらの結果から推察すると前記した天然生育サクラマスと同様に冬期には粗脂肪量は著しく低下すると推察される。しかし放流時における粗脂肪量が低かったため粗脂肪量の減少度合について十分に検討するに至らなかったが、前記天然生育サクラマスにおいても秋口から冬期には急激に粗脂肪量が低下することから見て人工飼育魚を秋期に放流した場合、冬期間その粗脂肪量の低下が生ずるものと推察され、放流後の河川環境に順応するまでに必要なエネルギー源となる脂質を十分蓄積させたのち放流することが望ましいと考えられる。以上、淡水生活期の幼魚の粗脂肪量の動態を観察した結果、夏期の成長期には増加するが、冬期の水温低下にともなう摂餌の不活発化にともない、急激に低下し、低い水準で越冬し、春期に再び増加を示すが、スモルト化個体は低い粗脂肪量を示して降海移動することが明らかになった。

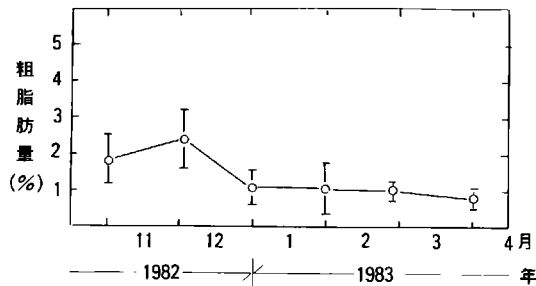


図7 1982年11月に尻別川に放流されたサクラマス幼魚の粗脂肪量の変化 ○は平均値、⊖は標準偏差を示す

II) 海洋生活期サクラマスにおける粗脂肪量

海洋生活期における粗脂肪量については、図1に示された雄武沿岸、利尻沿岸、寿都沿岸、さらに新潟県三面川沿岸で採集された計74尾の供試魚について分析した。供試魚はいずれも生殖腺指数の低い、未熟の個体であり、それらの平均体重、体長、肥満度((体重/体長³)×100)は表2に示されるとおりである。

表2 海洋生活期サクラマス供試魚の平均体重・体長・肥満度

採取地点	年月日	体長 (cm)		体重 (g)		肥満度*	
		平均(S.D)	平均(S.D)	平均(S.D)	平均(S.D)		
雄武沿岸	1982.11.17	9	33.4 (4.05)	473	(211.1)	1.17	(0.09)
利尻沿岸	1983.1.7	19	35.4 (2.35)	519	(120.2)	1.13	(0.21)
三面沿岸	1982.5.10	24	47.7 (9.77)	1777	(1003)	1.47	(0.19)
寿都沿岸	1983.3.28	22	44.6 (2.46)	1397	(235)	1.51	(0.21)

* (体長/体重³)×100

1982年11月にオホーツクの雄武沿岸で漁獲されたサクラマス未成魚(平均473g)の粗脂肪量は2.1～11%と淡水期サクラマスの夏期における値より高い値が示された。1983年1月に利尻沿岸で採集されたサクラマス雌15尾、雄4尾(平均体重518g)の粗脂肪量は1.0～7.4%であったが、その平均値は前記した雄武沿岸で漁獲されたサクラマスより高い値を示した。さらに、3月28日に寿都沿岸の定置網で漁獲された雌13尾、雄9尾についての測

定結果では前記した2地点で採集されたサクラマスに比較して8.4~29.3% (平均16.7%)と極めて高い粗脂肪量となっている。また河川そ上前と考えられるサクラマスについて、新潟県三面川沿岸で採集された供試魚について、雌13尾、雄11尾を分析した所、いずれも寿都沿岸で漁獲された個体と同様に平均20.2%と高い値が示された。以上の海洋生活期におけるサクラマスの粗脂肪量と体重との関係については図8から知られるように、海洋生活期においては体重の増加に伴い粗脂肪量が増加することが明らかとなった。

海洋生活期サクラマスの回遊経路についてはまだ推測の段階ではあるが、待鳥(1981)によって想定された回遊路にそっての標本分析を試みた所、時期の推移にともなって体重、肥満度の増加が認められ、同時に粗脂肪の増加も見られるなど、想定される回遊コースの妥当性が暗示される。また、3月に寿都沿岸で採集されたサクラマスの粗脂肪量が30%にも及ぶ個体も出現し、サケ(シロザケ)に見られない特徴が示されるなど、食品学的にも極めて価値ある魚種であることが知られた。

Ⅲ) 河川そ上後のサクラマス親魚の粗脂肪量の変化

海洋生活のサクラマスは、春から初夏にかけ、河川にそ上し、成熟に至るまで再び淡水域で生活するが、成熟に伴い大きな生理的な変化も予測される。摂餌活動も殆んど停止すると見なされていることから、粗脂肪量にも大きな変化が起ると考えられ、河川にそ上後のサクラマスの粗脂肪量について測定した。供試魚はオホーツク海沿岸の斜里川、太平洋岸の風連川にそ上したサクラマス雌親魚を用いた。斜里川については、6月5日、7月6日、9月4日に計24尾を供試し、風連川では10月6日に採集した8尾を供試した。供試魚は、斜里川では捕獲後、河川水を用いた蓄養池内で、風連川では河川内で成熟まで催熟のため蓄養を行なった個体である。蓄養過程の親魚の筋肉内の粗脂肪量は図9に示されるとおり時間の経過とともに、ほぼ直線的に減少し、9月4日には1.9%まで低下した。また肝臓における粗脂肪量は7月6日には3.4%にまで低下したが、9月4日には逆に若干の増加が認められ、10月の風連川では肝、筋肉とも斜里川

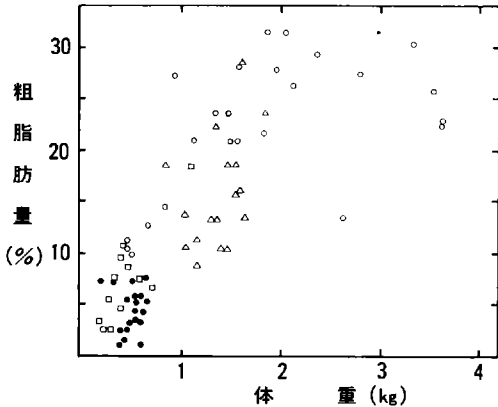


図8 海洋生活期サクラマスにおける粗脂肪量と体重の関係 ●利尻沿岸, ○三面沿岸, △寿都沿岸, □雄武沿岸

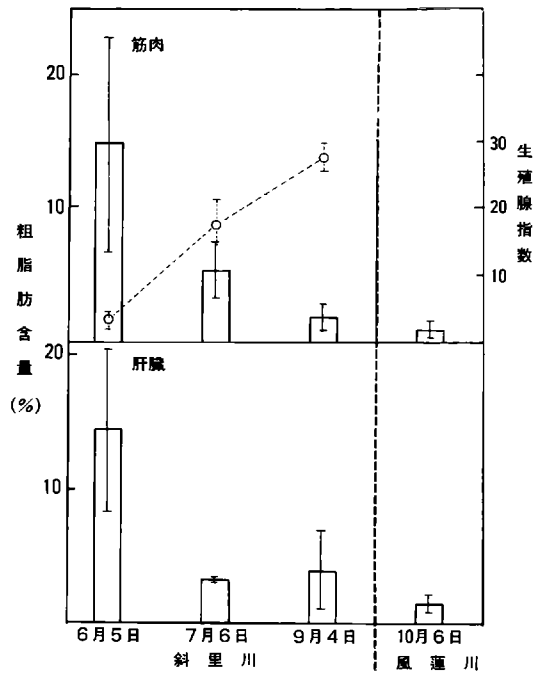


図9 斜里川および風連川に溯上したサクラマスの筋肉内と肝臓内の粗脂肪量の変化. ヒストグラムは粗脂肪量. ○標準偏差 ○標準誤差 ○生殖腺指数 (卵巣重量/体重) × 100) を示す

より低い粗脂肪量が示された(図9)。次に生殖腺指数(卵巣重量/体重)×100と粗脂肪の関係は図10に示されるとおりであり、海洋生活期において高い粗脂肪量を示したサクラマスも河川上流後は性成熟ともなると急激に粗脂肪量が低下することが明らかとなった。なお供試魚は長期間蓄養されたもので、それら蓄養条件が、粗脂肪量にどのような影響を与えるかも充分検討する必要がある。

以上サクラマスにおける粗脂肪量は各生活期によって大きく変動し、各生活期におけるサクラマスの生理生態との密接な関連のあることがうかがわれる。この点について本報告で得られた粗脂肪量について若干の考察を加えたい。魚類においてはその一次的なエネルギー源は中性脂質であるが、脂質の貯蔵部位は魚種により異なるとされている。本報告では主として筋肉内の粗脂肪量について観察し

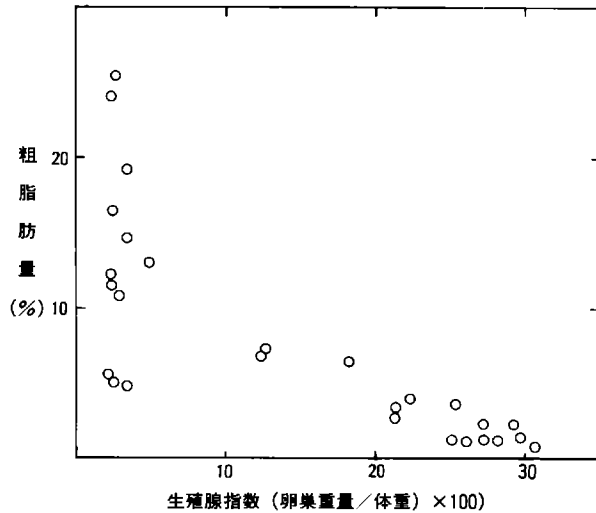


図10 斜里川に溯上したサクラマスの筋肉内粗脂肪量と生殖腺指数(卵巣重量/体重)×100の関係

たが、Driedzic and Hochaka (1978)によると、サケ科魚類における脂質の貯蔵部位は体側筋であるとされていることから、筋肉内の粗脂肪量が、サクラマスにおける脂肪量をほぼ代表していると考えられる。しかしソックスレー法による結果はあくまでも粗脂肪量であって、抽出により得られた粗脂肪中には、脂質以外のジエチルエーテル可溶性物が全て含まれている。またジエチルエーテルによる抽出では体構成脂質の主要な脂質であるリン脂質の抽出が不完全であるといわれている。しかし脂質以外の粗脂肪中に混入する物質はわずかであり、リン脂質はほぼ一定の量であるとされていること、およびソックスレー法による結果の報告が多く見られることから、サクラマス各生活期の脂質量の変化を検討するには本法で十分であると考えられる。しかしこれらの脂質量の変化とエネルギー代謝を合せ考える上にはエネルギー源となる中性脂質量の測定は不可欠であり、今後これらの点についてさらに詳細な検討が必要であろう。

淡水生活期におけるサクラマスの粗脂肪量は尻別川などにおいて放流後から8月まで上昇し、その後急激に低下している。しかし千歳川においてはこのような変化が認められず、成長や餌料条件によるものか、水温条件によるものかを本報告では明らかにすることが出来ないが、粗脂肪量は河川環境によって相違することは明らかであろう。従って増殖事業においては適正密度や餌料条件の把握と併せて、放流魚の生化学的面からの検討も重要であると考えられる。

スモルト期における粗脂肪の低下は太田・山田(1971・1974)、Woo et al.(1978)らの報告と同様な知見が得られたが、健康な降海種苗の放流を目的とする増殖事業において、深く考慮すべき問題と云えよう。しかしこのような淡水生活期から海水生活期への移行時の生理生態学的知見は乏しく、今の段階では、これらの低い粗脂肪が、降海後の生活、生残りにどのような影響を与えるかは明らかにすることは出来ない。一方秋から春の間の

海洋生活期における粗脂肪量が体重の増加に伴い、経時的に増加することは、冬期における活発な摂餌活動が行われていることを暗示し、サクラマス成魚の生態的特性が指摘されるとともに、成長過程におけるサクラマスのより経済的負荷価値を高めて利用するということが資源の有効利用という面から検討することも有意義であると考えられる。

謝 辞

本研究の推進にあたって多大の助言を得たさけますふ化場小林哲夫調査課長、標本採取に助言、便宜を図っていただいた北海道立水産ふ化場粟倉輝彦魚病科長、さけますふ化場阿部進一資源研究室長、広井修主任研究官、真山 紘主任研究官、大熊一正技官、機器の使用を快よく許可していただいた北海道立水産ふ化場岡田鳳二餌料科長に対して深く御礼申し上げます。

また粗脂肪の定量には加藤郁子さんに多大の協力をいただいた。記して深謝いたします。

要 約

- 1 北海道内の河川および海洋生活期サクラマスの粗脂肪量をソックスレー法によって測定した。
- 2 河川生活期におけるサクラマス幼魚における粗脂肪量は春から夏につれて増加するが越冬時には1%程度まで減少した。
- 3 1歳魚となった春先には残留型幼魚では粗脂肪量は増加するが、スモルト化幼魚は粗脂肪量が減少することが明らかとなった。
- 4 秋から翌春の海洋生活期サクラマスの未成魚は体重の増加とともに経時的に粗脂肪量の増加が示された。
- 5 河川内にそ上した親魚では性成熟ともない粗脂肪量が時間の経過ともなって略々、直線的に減少することが観察された。

文 献

- 1) Driedzic, W.R. and P.W. Hochaka 1978. Metabolism in fish during exercise. 503-543. In *Fish Physiology*, Academic Press, London.
- 2) クリフチン, エム・エリ 1962. シーマの河川生活期に関する資料. 太平洋漁業海洋研究所研報, 48: 34-50.
- 3) 待鳥精治 1981. サクラマスの生活史と沖合分布. 遠水研サケマス調査研究資料; 163pp.
- 4) 真山 紘・大熊一正 1983. 河川滞留期サクラマス幼魚の摂餌特性. 大型別粹研究グループ. レポート(3): 92-102.
- 5) 太田 享・山田 実 1971. サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の脂質. 第一報 変態時期におけるサクラマス幼魚の脂質含量および脂肪酸組成の変動とそれにおよぼす光の影響について. 北大水産研集報, 22(2): 151-158.
- 6) 太田 享・山田 実 1974. サクラマスの脂質-II. 河川で生活するサクラマス幼魚の筋肉脂質の季節変動. 日水誌, 40(7): 699-706.
- 7) Sheridan, M.A., W.V. Allen and T.H. Kerstetter 1983. Seasonal variations in the lipid composition of the steelhead trout, *Salmo gairdneri* Richardson, associated with the parr-

smolt transformation. J. Fish Biol., 23: 125—134.

- 8) Woo, N.Y.S. and R.S. Nishioka 1978. Changes in body composition associated with smoltification and premature transfer to seawater in Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and King salmon (*O. tshawytscha*). J. Fish Biol., 13: 421—428.