

北海道立水産試験場研究報告

第 34 号

(北海道立水産試験場報告改題)

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 34

北海道立水産試験場

(平成2年3月)

(March, 1990)

北海道立水産試験場研究報告

第 34 号

目 次

齊藤節雄・佐々木睦子・李 海鷗・清水幹博・山田寿郎

ヒラメ稚魚の成長と代謝に及ぼす低塩分環境の影響…………… 1－8

森 立成・草刈宗晴・三浦宏紀・齊藤節雄・中島幹二

ヒラメ仔魚期のワムシとアルテミアの給餌量について…………… 9－20

辻 浩司・川合祐史

秋サケ筋肉タンパク質の粘性と筋肉の

レオロジーに及ぼすブナ化と加熱処理の影響…………… 21－32

(平成2年3月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No.34

CONTENTS

SAITOH, Setsuo, Atsuko SASAKI, Hai-Ou LI, Motohiro SHIMIZU
and Juro YAMADA

Effects of low salinities on the growth and metabolism of juvenile
Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) 1 — 8

MORI, Tatsunari, Muneharu KUSAKARI, Kouki MIURA, Setsuo SAITO
and Kanji NAKAJIMA

The amount of feeding for Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*)
larvae reared on rotifers and *Artemia* nauplii 9 — 20

TSUJI, Koji and Yuji KAWAI

Effect of heat-treatment on the rheological properties of chum salmon
Oncorhynchus keta muscle in association with the maturation 21 — 32

(March, 1990)

ヒラメ稚魚の成長と代謝に及ぼす低塩分環境の影響

齊 藤 節 雄

(北海道立栽培漁業総合センター)

佐々木 睦 子・李 海 鷗・清 水 幹 博・山 田 寿 郎

(北海道大学水産学部)

Effects of low salinities on the growth and metabolism of juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*)

Setsuo SAITOH, Atsuko SASAKI*, Hai-Ou LI*,

Motohiro SHIMIZU* and Juro YAMADA*

Hokkaido Institute of Mariculture,

Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan

**Faculty of Fisheries, Hokkaido University,*

Hakodate, Hokkaido 041, Japan

The growth, feed efficiency, body composition and standard metabolic rate of juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) reared in 100%, 75% and 50% sea waters were compared. Fish weighing about 0.44g (60 days after hatch) were reared on sufficient food supply for 50 days. The growth rate and feed efficiency were highest in the group reared in 50% sea water, and decreased in the order of 100% and 75% sea waters. Moisture, ash and crude protein contents of the whole body decreased with a fall in salinity. On the contrary, lipid contents increased with decreased salinity. The standard rate of oxygen consumption declined with the growth of the fish, especially in 50% sea water. In comparison with the others, fish reared in 50% sea water showed a better growth by allotting more energy to the growth than to the basal metabolism.

緒 言

ヒラメはわが国周辺沿岸域に広く生息し、高級魚として全国的に高い市場価値を有している。近年ヒラメの増養殖事業が盛んになり、より効率よく種苗から放流あるいは商品サイズまで育成する技術開発¹⁻³⁾が様々な方面から行われている。

一般に環境水の塩分濃度の変化とそれに伴う浸透圧の変化は、魚類の塩・水代謝を通じてエネルギー代謝に影響するが、特に浸透圧調節機能が未発達な仔稚魚においてはその影響は大きいと考えられる。ヒラメは広塩性の海産硬骨魚であり、浮遊生活期を終え底生生活期に入った稚魚は河川水等の影響を受ける比較的低鹹な水域に分布し⁴⁾、極めて強い低塩分耐性を備えていること⁵⁻⁸⁾が報告されている。一方、1～2週間といった短期間の飼育では25‰程度までの低塩分はヒラメ稚魚の成長にとってむしろ有利な条件になること⁹⁾も報告されている。しかし、塩分濃度がヒラメの成長や体組成に及ぼす影響についての知見はほとんどない。

本研究では、着底後のヒラメ稚魚を塩分濃度の異なる希釈海水で飼育し、成長、体組成及び酸素消費量を比較して、塩分濃度が稚魚の成長、代謝にどのような影響を及ぼすかを検討した。

材 料 と 方 法

材料として、孵化後約60日目の平均全長3.85cm、平均体重0.44gのヒラメ(*Paralichthys olivaceus*)の稚魚を用いた。これらの稚魚は、北海道立栽培漁業総合センターにおいて養成した親魚から採卵し、孵化後シオミズツボワムシ、アルテミア孵化幼生及び配合飼料を餌として飼育した着底後のものである。

成長、生残、摂餌に対する低塩分の影響

同センターで揚水している、沖出し480m、水深6mの鹿部沿岸水を100‰海水(32.3‰)として、それを市販の塩素中和剤(ヤシマノイクロール)で脱塩素した水道水で希釈し、75‰海水(21.1‰)及び50‰海水(16.4‰)を作製し、水温を20℃に調節し、3試験区を設定した。100ℓ角型プラスチック水槽3基にそれぞれ300尾ずつの稚魚を収容し、流水にて、配合飼料(初期飼料協和C-2～4タイプ)を一日4回飽食量給餌して飼育した。飼育期間は1988年7月7日から8月26日までの50日間とし、試験開始後0、10、30、50日目に各々50尾ずつ無作意に取り上げ全長、体長、湿重量を測定し、生残数は全数計数により求めた。なお肥満度(CF)、日間成長率(G)、日間摂餌率(f)及び飼料効率(fe)¹⁰⁾は下記の式から求めた。

$$CF = BW / BL^3 \times 100$$

$$G = (W_t - W_0) / \{ t \cdot (W_0 + W_t) / 2 \} \times 100$$

$$f = [F / t \cdot \{ (W_0 + W_t) / 2 \}] \times 100$$

$$fe = (W_t - W_0) / F \times 100$$

但し BL: 体長

F: 期間中の摂餌量

BW: 湿重量

f: 日間摂餌率

W₀: 飼育開始時の湿重量

fe: 飼料効率

W_t: t 日後の湿重量

体組成に対する低塩分の影響

飼育開始後0、10、30、50日目のヒラメについて以下に述べる方法で体組成の分析を行った。

12～13尾を60℃で48時間乾燥し、乾重量を測定し水分含量を求めた。更にその乾燥個体のうち5～6尾を600℃で24時間加熱して灰分含量を求めた。また粗蛋白質含量をミクロケルダール法¹¹⁾、脂肪含量をブライ・ダイヤー法¹²⁾により求めた。

基礎代謝量に対する低塩分の影響

飼育開始後0、10、30日目に各試験区からそれぞれ4～10尾を用い止水式で安静時酸素消費量(標準代謝量)を測定した。酸素消費量の測定にはO₂ アップテスター(大洋科学、10B型)を用い、水温を20℃に設定した。

結 果

成長、摂餌に対する低塩分の影響

供試魚を 100 ‰海水から各飼育海水区に直接移行したにも拘らず、行動、摂餌に異常を示した個体は見られなかった。Table 1 に各測定日における各塩分濃度区の稚魚の全長、湿重量、肥満度を、Table 2 に日間成長率、日間摂餌率、飼料効率及び生存率を示した。

Table 1. Sequential changes of total length (TL), wet body weight (BW) and condition factor (CF) of juvenile flounder reared in different salinities for 50 days.

Lot	Item	Rearing period in days			
		0	10	30	50
100 ‰SW	TL (cm)	3.853±0.038	5.125±0.061	8.007±0.110	11.004±0.153
	BW (g)	0.443±0.012	1.069±0.039	4.423±0.191	12.257±0.790
	CF	1.239±0.021	1.320±0.018	1.436±0.026	1.615±0.023
75 ‰SW	TL (cm)	3.853±0.038	5.111±0.074	7.979±0.118	10.754±0.163
	BW (g)	0.443±0.012	1.067±0.043	4.406±0.199	12.127±0.841
	CF	1.239±0.021	1.377±0.036	1.493±0.027	1.727±0.017**
50 ‰SW	TL (cm)	3.853±0.038	5.290±0.068	8.276±0.115	11.459±0.154*
	BW (g)	0.443±0.012	1.122±0.040	4.937±0.231	13.405±0.743
	CF	1.239±0.021	1.225±0.017**	1.408±0.023	1.718±0.035*

All values are means ± S.E. of randomly sampled 50 individuals. SW: sea water

*Significantly different ($P < 0.05$) from values in 100 ‰SW

**Significantly different ($P < 0.01$) from values in 100 ‰SW

Table 2. Changes of daily growth rate, daily feeding rate, feed efficiency and survival rate of juvenile Japanese flounder reared in different salinities for 50 days.

Lot	Rearing period (days)	Daily growth rate (%)	Daily feeding rate (%)	Feed efficiency (%)	Survival rate (%)
100 ‰SW	0-10	8.28	5.75	70.93	99.33
	11-30	6.11	4.75	120.45	97.32
	31-50	4.80	3.58	85.46	89.66
75 ‰SW	0-10	8.26	12.58	64.36	99.00
	11-30	6.10	6.21	92.64	97.64
	31-50	4.62	4.60	96.36	99.31
50 ‰SW	0-10	8.68	11.67	72.90	99.00
	11-30	6.30	5.57	111.04	99.33
	31-50	4.86	3.63	132.71	99.66

成長は全長、湿重量とも50‰海水区で最も良く、次いで100‰、75‰海水区の順であった。特に50‰海水区の魚の全長は100‰海水区のものに比べ有意に大きい値を示した。

肥満度は各海水区とも飼育日数の経過とともに増大した。10日目では100‰海水区に比べ50‰海水区で有意に低い値を示したが、50日目には75‰が最も高く、以下50‰、100‰の順に値が低くなり、100‰海水区に比べ50‰、75‰海水区ともに有意な差が認められた。

日間摂餌率は、0～10日目については、75‰、50‰海水区では100‰海水区に比べ約2倍の値を示した。この0～10日目の50‰、75‰海水区での高い値は、11～30日目にかけて $\frac{1}{2}$ に減少し、50日目ではさらに低くなったが、依然として100‰海水区より高い値を示した。一方、飼料効率は各海水区とも11日目から30日目にかけて急激に増加したが、31日目から50日目には50‰及び75‰海水区でわずかに増加し、100‰海水区では減少していた。また0～10日目で日間摂餌率が最も高かった75‰海水区では、飼料効率は最低であった。これに対して各期間を通して日間摂餌率が最も低かった100‰海水区の飼料効率は、0～30日目に限り75‰海水区のそれに比べ高い値を示し、また11日目から30日目には50‰海水区の飼料効率をも上回っていた。しかし、31～50日目の飼料効率は50‰が最も高く、以下75‰、100‰海水区の順になった。

実験期間中を通して、死亡個体は50‰及び75‰海水区で各々10個体前後であったが、100‰海水区では40個体であった。

体組成に対する低塩分の影響

稚魚の水分含量、灰分含量、粗蛋白含量及び脂肪含量をTable 3に示した。水分含量は各海水区とも飼育日数の経過にともない減少し、塩分濃度が低い海水区ほど減少する傾向を示した。

Table 3. Sequential changes of contents of moisture, ash, crude protein and lipids of juvenile Japanese flounder reared in different salinities for 50 days.

Lot	Days	Moisture	Ash	Crude protein	Lipids
		/ Wet Wt (%)	/ Dry Wt (%)	/ Dry Wt (%)	/ Wet Wt (%)
100‰ SW	0	80.14±0.15 (13)	15.78±0.47 (6)	69.34±0.96 (5)	2.328±0.085 (5)
	10	79.69±0.16 (13)	15.23±0.51 (6)	67.98±0.43 (5)	2.368±0.156 (5)
	30	77.37±0.16 (13)	14.59±0.28 (6)	73.26±1.78 (5)	2.446±0.091 (5)
	50	76.51±0.31 (12)	14.53±0.25 (5)	70.80±0.97 (5)	3.444±0.134 (5)
75‰ SW	0	—	—	—	—
	10	79.24±0.14* (13)	15.01±0.28 (6)	69.88±0.55* (5)	2.654±0.067 (5)
	30	77.30±0.16 (13)	14.15±0.22 (6)	71.06±1.54 (5)	2.810±0.068* (5)
	50	76.42±0.31 (12)	13.61±0.46 (5)	67.22±0.32** (5)	3.456±0.255 (5)
50‰ SW	0	—	—	—	—
	10	79.33±0.26 (13)	14.50±0.22 (6)	73.72±1.08** (5)	2.604±0.067 (5)
	30	77.04±0.47 (13)	12.95±0.40** (6)	69.69±0.97 (5)	3.090±0.136** (5)
	50	75.90±0.18 (12)	13.68±0.19* (5)	66.62±0.61** (5)	3.638±0.193 (5)

Values are means ± S. E. Figures in parentheses show the number of fish examined. SW; sea water

*Significantly different ($P < 0.05$) from values 100‰ SW

**Significantly different ($P < 0.01$) from values 100‰ SW

乾重量当りの灰分含量は飼育日数の経過にともない、また塩分濃度が低いほど減少し、特に50%海水区では、30日目と50日目に100%海水区に比べ有意に低い値を示した。

乾重量当りの粗蛋白含量は、10日目では50%海水区が最も高く、100%海水区に比べ有意に高い値を示し、次いで75%海水区も100%海水区に比べ有意に高い値を示した。しかし、30日目、50日目ではこの関係は逆転し、塩分濃度が低い区程低い値を示し、特に50日目の50%と75%海水区では100%海水区に比べ有意に低い値を示した。

湿重量当りの脂肪含量は、75%及び50%海水区では30日目に100%海水区に比べ有意に高い値を示していたが、50日目では各海水区間で有意差はみられなかった。

標準代謝量に対する低塩分の影響

供試魚の湿重量1g、1時間当りの安静時酸素消費量の経日変化をFig. 1に示した。安静状態における酸素消費量は、各海水区とも飼育日数の経過に伴い著しく減少していることが分かった。特に50%海水区で酸素消費量は最も低い値を示した。

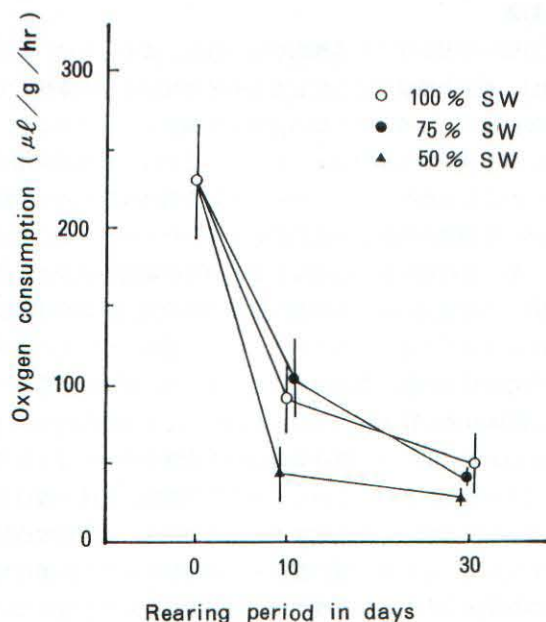


Fig. 1. Changes of oxygen consumption of juvenile Japanese flounder reared in different salinities. Values are means $\pm$ S. E. of 4~10 individuals.

考 察

成長、摂餌に対する低塩分の影響

成長は、全長及び湿重量とも50%海水区で最も大きく、次いで100%、75%海水区の順であった。肥満度は各区とも経日的に増加していた。10日目の50%海水区で肥満度が他区より有意に低かったのは、0~10日目までの間湿重量より全長の方が他の海水区に比べ大きく増加したためであろう。しかし、50日目においては肥満度は75%海水区に次いでいたものの、他の試験区より体重の増加が認められ、日間成長率の結果からも、50%海水区で最も良い成長が認められた。

日間摂餌率は0～10日目の間で50%及び75%海水区で12%前後の高い値を示したのに対して、100%海水区ではその約半分の5.75%であった。しかし、75%海水区では摂餌量が多い割には成長が不良で、飼料効率は最低であったが、100%海水区では摂餌量が少ない割に成長が良好で、75%海水区とは逆に飼料効率は高い値を示した。成長が最も良かった50%海水区では、飼料効率も最も高かった。これらのことから、50%海水区では高い生残率と併せて成長率、飼料効率ともに最高であり、100%あるいは75%海水よりも飼育条件としてより好適であると考えられた。

飼育水の塩分濃度が成長、摂餌に影響することは、ギンザケ、ニジマス、ナマズ等の淡水魚¹³⁻¹⁵⁾で知られており、これらの魚種では塩分濃度を高くした方が淡水よりも成長が促進されるといわれている。しかし、本研究のヒラメ稚魚の場合は、逆に低塩分海水で飼育した方が良好な成長を示すことが明らかとなった。ヒラメ稚魚の成長率に対する低塩分の影響を調べた奥石⁹⁾の結果では、75%海水区で成長、飼料効率とも最大となっており、本研究結果と多少相違している。これはおそらく、稚魚の大きさと飼育期間の長さの違いによると思われる。今後はヒラメの各発育段階に応じた最適な塩分濃度を調べて行くことが必要であると考えられる。

体組成に対する低塩分の影響

水分含量は、塩分濃度が低いほど少なくなる傾向がみられた。このことは、50%海水区で認められた最も大きな湿重量の増加が、水分の吸収により生じたものではないことを意味している。

灰分含量は、骨などの硬組織や、無機イオン類の含量を反映するものであるが、各試験区とも経日的に減少し、塩分濃度が低いほど減少する傾向にあった。このことは、低塩分環境ほど骨や無機イオンの全体に占める割合が減少したことを意味するが、一般に骨の重量は成長と共に増加するので、灰分含量の減少はこの場合、骨以外の軟組織の増加が相対的に大きかったためと考えられる。

蛋白質含量の減少は、一般に蛋白質代謝の増加による蛋白質の蓄積の減少によるが、サケ稚魚を異なる塩分濃度で飼育した場合、塩分濃度の高い方が蛋白質蓄積率や蛋白質効率は減少する傾向を示し、塩分濃度が高まるほど代謝が高まる¹⁶⁾と考えられている。ヒラメ稚魚についての本研究の結果から、10日目では低塩分ほど乾重量当りの粗蛋白質含量が高く、30日目以降は逆に塩分濃度が高いほど蛋白質含量が高い傾向を示していた。魚体の蛋白質含量のみから考えるなら、はじめの10日間は塩分濃度が高いほど稚魚の蛋白質代謝は活発に行われ、30日目以降は低塩分ほど代謝が活発になると考えられ、飼育日数の経過により蛋白質代謝の変化が推測される。しかし、蛋白質代謝は、魚体の蛋白質含量よりは、摂取した餌料中の蛋白質を魚がどの程度蓄積したかを示す蛋白質蓄積率や、どの程度成長に使われたかを示す蛋白質効率にむしろ関連しており、また餌の蛋白質含量や摂餌量により魚体蛋白質含量は左右される¹⁷⁻¹⁹⁾。したがって、本研究の結果のみから塩分濃度が蛋白質代謝に与える影響について述べることはできない。今後、環境水の塩分濃度とヒラメ稚魚の蛋白質蓄積率及び蛋白質効率との関係を検討する必要がある。

脂肪含量は、低塩分試験区ほど増加した。脂肪の蓄積はエネルギーの蓄積を意味し、低塩分環境ほどエネルギー支出が少なかったことを反映しているものと考えられる。また、低塩分海水区ほど脂肪蓄積率が大きく、50%海水区で高い成長率を示した一原因であろうが、100%海水区の方が75%海水区より脂肪含量が少ない割には成長が良かったことから、エネルギー蓄積率は必ずしも成長と対応していないと考えられる。

標準代謝量に対する低塩分の影響

単位重量当りの酸素消費量は、成長と共に減少していた。酸素消費量はエネルギー支出の一つの目安であり、50%海水区で他の海水区より低い酸素消費量を示したことは、基礎代謝に使われるエネルギーが他の海水区より少なかったことによると思われる。このことは、ヒラメの血液浸透圧により近い50%

海水区の方が、浸透圧調節に使われるエネルギーが少ないことに関係し、また、50%海水区で最も脂肪含量が多かった理由でもあったと考えられる。

要 約

ヒラメ稚魚の成長と代謝に及ぼす低塩分環境の影響を明らかにするため、塩分濃度の異なる海水（100%、75%及び50%海水）で、配合飼料を給餌し、50日間飼育した。全長、体重の増加率及び飼料効率、50%海水区で最も良く、次いで100%、75%海水区の順であった。水分、灰分、粗蛋白質含量は塩分濃度が低いほど低く、脂肪含量は逆に塩分濃度が低いほど高くなる傾向を示した。安静時酸素消費量は100%及び75%海水区に比べ50%海水区で低くなる傾向が認められた。これらの結果から、50%海水区では他の海水区に比べ餌からのエネルギー吸収が良く、基礎代謝に使われるエネルギー支出が少ないため、より良好な成長が得られたと考えられた。

文 献

- 1) 山本栄一・増谷龍一郎(1988) ヒラメの染色体操作技術等を応用した優良種苗生産に関する研究 II 鳥取県栽培漁業試験場事報 6 68-94
- 2) 渡辺 武(1988) 海産仔稚魚の栄養要求と人工配合飼料の開発 昭和63年度栽培漁業技術研修事業基礎理論コース 餌料生物シリーズ No.9
- 3) 藤田征作・高野瀬和治・新谷寛治・瀬戸口勇(1982) 魚類種苗量産過程の自動化、省力化にむけての考え方の一例と、その施設設計への応用 栽培技研 11(2) 1-8
- 4) 清野清次・坂野安正・浜中雄一(1977) 若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究-IV 浮遊期ヒラメ仔魚の輸送機構 昭和52年度京都水試報告 16-26
- 5) 安永義暢(1975) 海産魚類卵仔魚期の環境、主に水温・塩分・溶存酸素・水素イオン濃度について 東海水研報 81 171-183
- 6) 安永義暢(1975) ヒラメ卵稚仔の発生・生残に及ぼす水温・塩分の影響について 東海水研報 81 151-169
- 7) 安永義暢・興石裕一(1980) ヒラメ増殖上の諸問題に関する基礎的研究 1、低塩分順化、摂餌及び蛸集性について 日水研報 31 17-31
- 8) 日向野純也・安永義暢(1986) 酸素消費量からみたヒラメ仔魚 *Paralichthys olivaceus* の低塩分耐性について 水工研技報 水産土木 7 33-39
- 9) 興石裕一(1985) ヒラメ稚魚の成長に対する塩分の影響、近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究(マリーナランシング計画) プロGRESS・レポート(ヒラメ・カレイ) 1 61-67
- 10) KOSHISHI Y. (1986) Effect of salinity on food intake, growth and feed efficiency of chum salmon, *Oncorhynchus keta* (WALBAUM), and ayu, *Plecoglossus altivelis* TEMMINCK et SCHLEGEL. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 36 1-14
- 11) 菅原 潔・副島正美(1984) 蛋白質の定量法(生物化学実験法7) 学会出版センター 25-73
- 12) 藤野安彦(1987) 脂質分析法入門(生物化学実験法9) 学会出版センター 42-44

- 13) CANAGARATNAM, P. (1959) Growth of fishes in different salinities. *J. Fish. Res. Board Can.* 16(1) 121-130
- 14) ARUNACHALAM, S. and S. RAVICHANDRAREDDY (1979) Food intake, growth, food conversion and body composition of catfish exposed to different salinities. *Aquaculture* 16 163-171
- 15) LALL, S. P. and F. J. BISHOP (1976) 海水中及び淡水中で育てたニジマス (*Salmo gairdneri*) の栄養要求に関する研究 FAO 水産増養殖国際会議論文集 II. 水産庁 113-119
- 16) KOSHIISHI, Y. (1986) Effect of feeding level and dietary composition on growth and feed efficiency of chum salmon, *Oncorhynchus keta* (WALBAUM), fed in seawater and freshwater. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.* 36 15-27
- 17) 荻野珍吉・斎藤邦男 (1970) 魚類の蛋白質栄養に関する研究-I. コイにおける飼料蛋白質の利用 日水誌 36(3) 250-254
- 18) 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉 (1978) ニジマス飼料におけるたん白質および脂質の至適添加量 日水誌 44(6) 683-688
- 19) TABACHEK J. L. (1986) Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *J. Fish Biol.* 29 139-151

ヒラメ仔魚期のワムシとアルテミアの給餌量について

森 立成・草刈宗晴・三浦宏紀

齊藤節雄・中島幹二

(北海道立栽培漁業総合センター)

The amount of feeding for Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae reared on rotifers and *Artemia* nauplii

Tatsunari MORI, Muneharu KUSAKARI, Kouki MIURA,
Setsuo SAITO and Kanji NAKAJIMA
Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido
041-14, Japan

The satiation time and amount, digestion time, and diurnal changes in the food amount of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae (4-12mm TL) were studied to elucidate the optimum amount and frequency of feeding. The diurnal food demand was estimated based on the satiation amount and digestion time. The larvae were reared on two types (S-type and L-type) of rotifers (*Brachionus plicatilis*) and *Artemia* nauplii at 18°C under the density of 100,000 fish/ton. The results are as follows:

1. There were some peaks within a day in the amount of food consumed by the larvae greater than 8mm TL. The highest peak occurred after the first feeding.
2. In the feeding techniques currently employed, the amount of rotifers is a little too sufficient for the larvae less than 5mm TL but that of *Artemia* is insufficient for those greater than 9mm TL.
3. The optimum frequencies of giving rotifers in a day are 3 and 4 times for 4 and 5-7mm long larvae, respectively, and those in case of *Artemia* are also 3 and 4 times for 8 and 10-12mm long larvae, individually.

緒 言

ヒラメは、1975年頃から栽培漁業対象魚種として全国的に種苗生産及び放流の技術開発研究がなされている。当場では1986年から量産試験を行い現在では30mmサイズで20万尾規模の生産技術は開発されているが、今後、より大量の種苗を計画的に生産するためには初期餌料として必須であるシオミズボウムシ（以下、ワムシという）およびアルテミアの孵化幼生（以下、アルテミアという）等の必要量を把握し、安定かつ効率的に生産することが肝要となる。即ち、現行では、飼育海水1mlあたりの餌料個体数に給餌量の基準がおかれているので、大型の水槽を用いる場合、その生産には大規模な施設と装置の整備や、大掛りな飼育管理体制が要求されるという問題がある。このために、これらの給餌期間について、各発育段階の摂餌生態を明らかにし、その時の成長や収容密度に見合った給餌法を見出す必要がある。

海産魚の摂餌に関する研究はマダイ、イシダイ、およびクロダイなどでみられるが¹⁻³⁾、ヒラメについては知見が殆ど見られない。

ここでは、孵化後、4.0 mm から全長12 mm迄の仔魚を用い、各発育段階とその時に給餌したS型とL型のワムシ及びアルテミアの孵化幼生について、飽食時間、飽食量、消化時間、及び摂餌量の日変化などを調べ、これらの結果を用いて仔魚期の給餌法について検討したので報告する。

材料および方法

1988年5月14日～29日に摂餌量の日間変化の調査、および1989年5月14日～6月11日に飽食時間、飽食量、消化時間の調査を行った。供試魚には当センターで養成している5、6、7歳の親魚から自然産卵により採卵した受精卵を1t円形パンライト水槽に収容し孵化させ、トンあたり10万尾の密度で18～19℃で飼育したヒラメ仔魚を用いた。

ワムシは当センターで原種継代培養しているS型（平均背甲長176.8 μm ）およびL型（平均背甲長227.7 μm ）を、ナンクロロプシスとパン酵母で生産培養したものをを用いた。アルテミアは北米産の乾燥卵を27℃、28～30時間で孵化させた平均体長が560.3 μm の孵化幼生を用いた。給餌回数は1日4回（8:00、11:00、14:00、17:00）とし、毎回、残餌数を計数し、ワムシS型で10個体/ml、L型で5個体/ml、アルテミアで3個体/mlになるように給餌した。また、給餌後は約1時間を止水とし、その後流水とした。なお、仔魚の全長が5mmになるまではワムシのみを給餌し、それ以降10mmまではワムシとアルテミアを1日に2回ずつ交互に給餌し、成長に伴い、アルテミアの給餌数を2回から3回に増やした。

1. 仔魚の全長および体重の測定

仔魚の成長を調べるため、1tパンライト水槽から2～5日おきに20～30尾を採集し10%ホルマリン海水で固定し、デジタルノギスで全長を測定した。体重の測定はホルマリン固定した仔魚の水分を濾紙で十分に除いた後、化学天秤（0.1mg）で湿重量を測定した。なお、1尾ずつ測定できない大きさの場合は十数尾をまとめて測り1尾あたりの平均重量を算出した。

2. 飽食時間

全長4.4、5.7、7.1、8.5および9.9mmの仔魚について調査を行った。飽食時間の基準は一定時間の絶食後、給餌を開始してから消化管内容物の平均餌料個体数がほぼ一定の値をとるまでの時間とした。試験は前日に仔魚を1tパンライト水槽から30ℓパンライト水槽に移して一晩絶食させ、消化管内に餌料が残っていないことを確認してから行った。1t槽での仔魚の飼育は18℃恒温下で行うため、30ℓパンライト水槽を18℃のウォーターバスに設置し、給餌量、仔魚の収容密度も1t槽の場合と同様とした。

給餌後、10分おきに90分まで1回につき20～30尾をピーカーですくい取り、直ちに10%ホルマリン溶液で固定した。供試魚は、各時間で10尾ずつ、実体顕微鏡下で解剖針により開腹しワムシおよびアルテミア幼生を計数した。なお、ワムシの場合は観察を容易にするため、開腹時に0.1%エオシン溶液で1～2分間染色後、計数した。

3. 飽食量

ワムシの場合は仔魚の全長が3～7mmの期間、アルテミアの場合は仔魚の全長が5～12mmの期間に、それぞれ2～3日おきに1tパンライト水槽より20～30尾を採集して各成長段階における飽食量を求めた。ここでいう飽食量は毎回、採集した全仔魚の消化管内における餌料個体数の最大値とした。採集は、初回給餌後、十分に飽食状態に達したと思われる60～70分経過後に行った。固定、計数方法は2.と同様である。

4. 消化時間

全長5.7、7.1および9.9mmの仔魚について、ワムシおよびアルテミアの消化時間を調べた。消化時間は、飽食状態の仔魚が飽食によって、その消化管内の餌料個体数が調査した個体すべてで0になるまでの時間とした。飽食時間の試験と同様に18℃恒温下で30ℓパンライト水槽を用いて行った。予め30ℓ水槽において十分飽食させた一定尾数の仔魚を素早く別の30ℓ無給餌水槽に移し、30分おきに420分まで毎回20～30尾を採集し、直ちに固定した。固定、計数方法は2.と同様である。

5. 摂餌量の日間変化

全長3.9、6.0、8.0および10.6mmの仔魚について1日における摂餌量の変化を調べた。調査は1tパンライト水槽から行い、初回給餌の午前8時直前より午後5時までの間30分おきに1回につき20～30尾の仔魚を採集、固定し各時間毎に消化管内の餌料数を調査した。各成長段階における給餌種、給餌回数、給餌量は前記の通りとした。

結 果

1. 仔魚の成長および全長と体重の関係

孵化後の仔魚の全長は直線的に増加したが、1988年と1989年で若干異なり、1988年は孵化後20日間で1989年は30日間でそれぞれ約10mmに達した（Fig. 1）。飼育水温は1988年と1989年で大きな変化はなく、18～19℃で推移した。体重は成長にともない急速に増加し、全長（L）と体重（W）の関係は $\ell n W = 3.5515 \ell n L - 12.9563$ （ $r = 0.988$ 、 $n = 45$ ）で表わされた（Fig. 2）。

2. 飽食時間

給餌後、10分おきに消化管内のワムシおよびアルテミアの平均個体数を調べた結果をFig. 3に示した。ワムシの場合、各成長段階で給餌後40～60分で飽食状態に達した。飽食時間は成長にともない若干長くなる傾向を示した。アルテミアの場合は各成長段階でいずれも70分で平均個体数が最大値を示し、60～70分で飽食に達した。

3. 飽食量

全長と消化管内のワムシおよびアルテミアの個体数の関係をFig. 4に示した。同一全長では消化管内のワムシおよびアルテミア数の最大値を飽食数とし、各全長における最大摂餌数を結ぶ曲線により飽食数を求めた。曲線の読み取りから、ワムシS型は全長4mmで11個体、5mmで21個体、6mmで42個体、7mmで85個体、L型は全長4mmで6個体、5mmで13個体、6mmで27個体、7mmで51個体と推定された。同様にアルテミアは5mmで13個体、7mmで28個体、9mmで61個体、12mmで164個体と推定された。このように全長4～7mm仔魚ではS型ワムシを用いた場合の飽食数はL型ワムシのほぼ2倍であった。また、

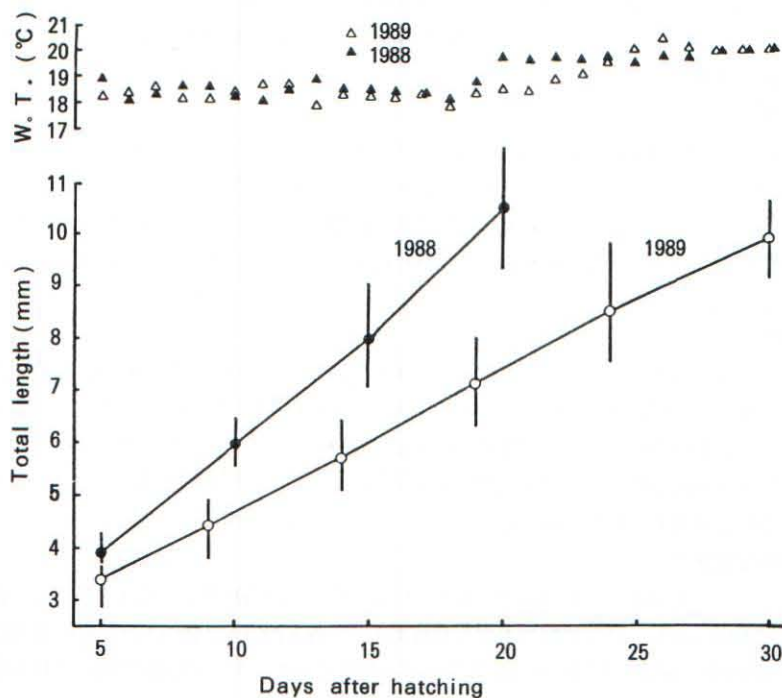


Fig. 1. Changes in water temperature (above) and average total length of Japanese flounder larvae (bottom) after hatching. Vertical bars show the ranges of measurements.

アルテミアの飽食数は全長 5～12mmの仔魚で成長にともない、ワムシと同様に指数曲線的に増加する傾向が見られた。

4. 消化時間

飽食後、30分おきに消化管内の平均個体数を調べた結果を Fig. 5 に示した。ワムシの場合は各成長段階の仔魚でいずれも飽食状態から150分で消化管内が空になった。アルテミア幼生の場合は全長 5.7、7.1 および 9.9 mmの仔魚でそれぞれ 300、240、および 210 分と成長にともない少しずつ短くなった。

5. 摂餌量の日間変化

各成長段階で給餌種やその給餌回数が異なるため、各餌料の平均重量から30分ごとに消化管内の内容物重量を求め、更にその値の1日の経時変化を、Fig. 6 に示した。

全長 3.9 mmおよび全長 6.0 mmの仔魚では1日を通して消化管内のワムシおよびアルテミア重量はそれぞれ $10 \mu\text{g}$ 、 $100 \sim 150 \mu\text{g}$ とほぼ一定しており、常時一定のワムシ、アルテミアが消化管内に存在したことを示している。一方、全長 8.0 mmおよび全長 10.6 mmの仔魚では、摂餌量のピークは1日の内で各給餌後に見られたがその中でも初回の給餌後に最大値を示した。

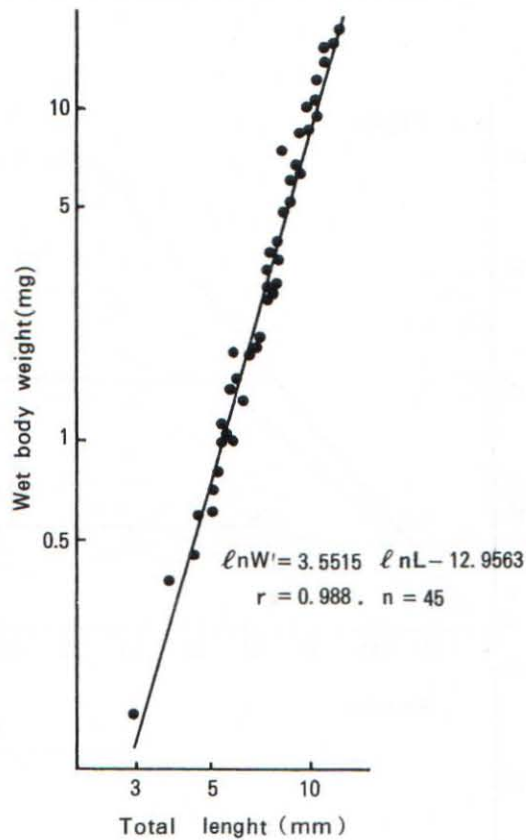


Fig. 2. Relation between total length and wet body weight of the larvae.

6. 仔魚10万尾あたりの必要餌料数の試算

1.~4.の結果から安永⁴⁾の理論式を用いて、以下のように飽食率、および仔魚10万尾あたりの必要餌料数を試算し、飼育水1 mℓあたりワムシで10個体、アルテミアで3個体として1988年に実際に給餌した場合の餌料数と比較した (Table 1)。

$$\text{飽食率} = (\text{飽食数} \times \text{餌料重量} / \text{魚体重}) \times 100$$

10万尾あたりの

$$\text{日間必要餌料数} = \text{飽食数} \times (\text{摂餌可能時間} / \text{餌料の消化時間}) \times 100,000$$

ここで摂餌可能時間Hは午前8時から午後7時までの11時間とし、餌料の消化時間は4.で行った消化時間の結果に基づき、ワムシで2.5時間、アルテミアで4時間とした。また、餌料重量はワムシS型を1.4 μg、L型を3.0 μg、アルテミアを11.0 μgとした^{5,6)}。

飽食率は全長4~7 mmの仔魚ではワムシS型で5.0~5.8%、L型で5.9~7.3%前後と成長にともない、ほとんど変化がないか、わずかに増加する傾向を示した。一方、アルテミアの場合は全長5 mmの

仔魚で 24.9 % とワムシに比べ高い値を示し、その後成長とともに減少した。

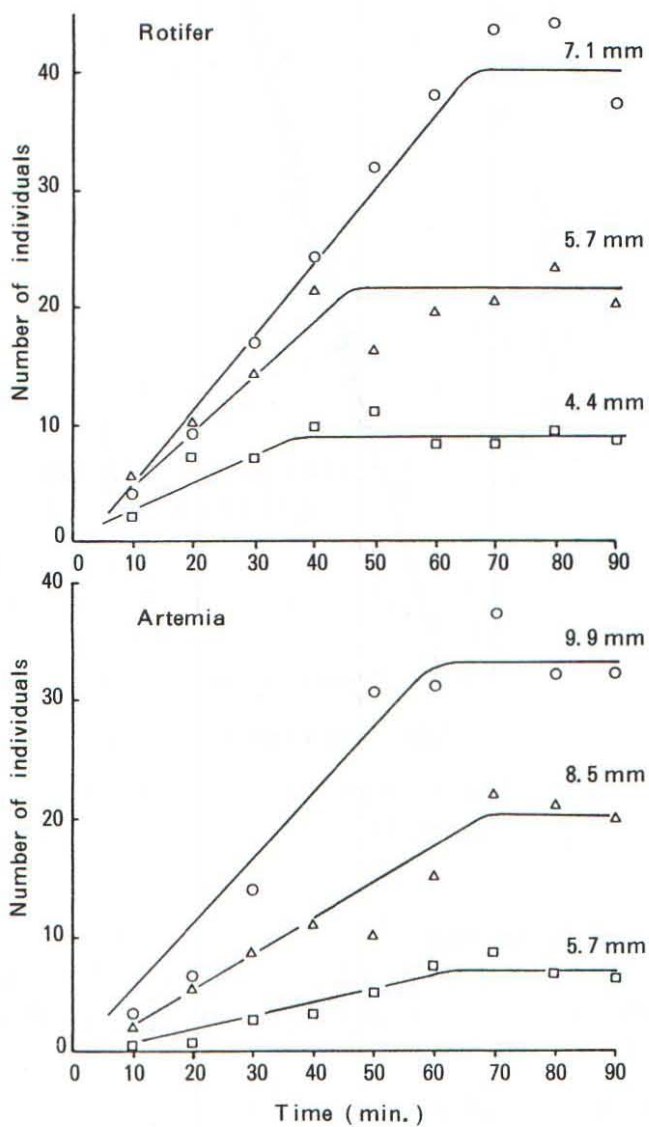


Fig. 3. Changes in the number of rotifers (above) and of *Artemia* nauplii (bottom) in the digestive tract of the larvae of various sizes after feeding.

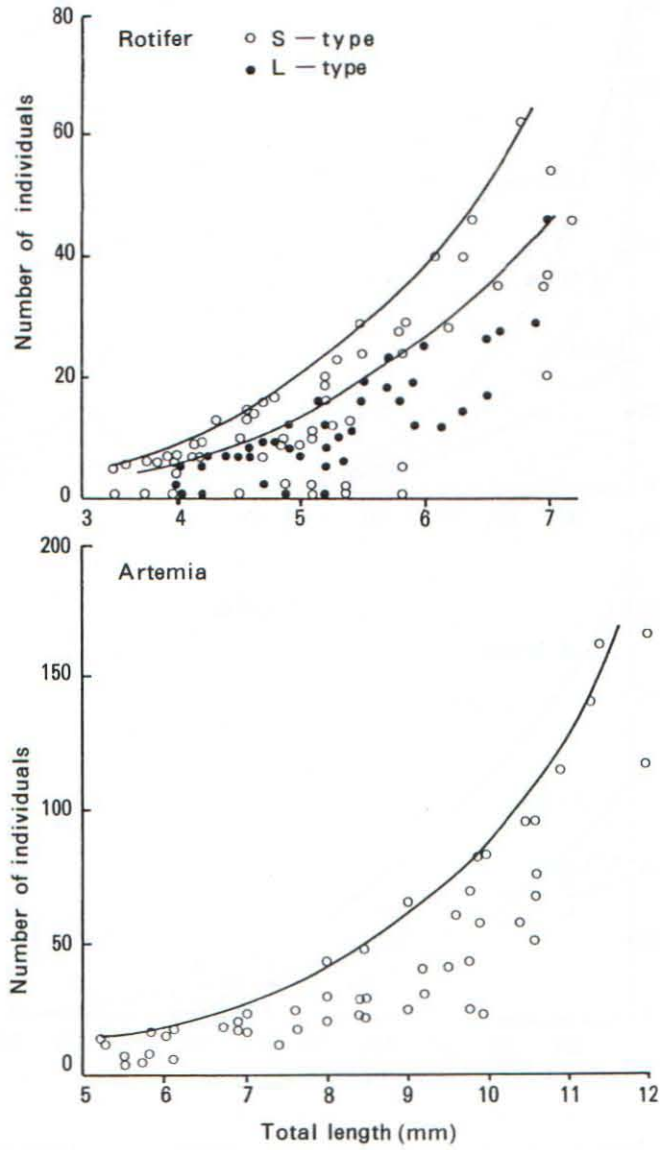


Fig. 4. Relation between total length and amount of satiation of rotifers (above) and of *Artemia* nauplii (bottom) in the larvae.

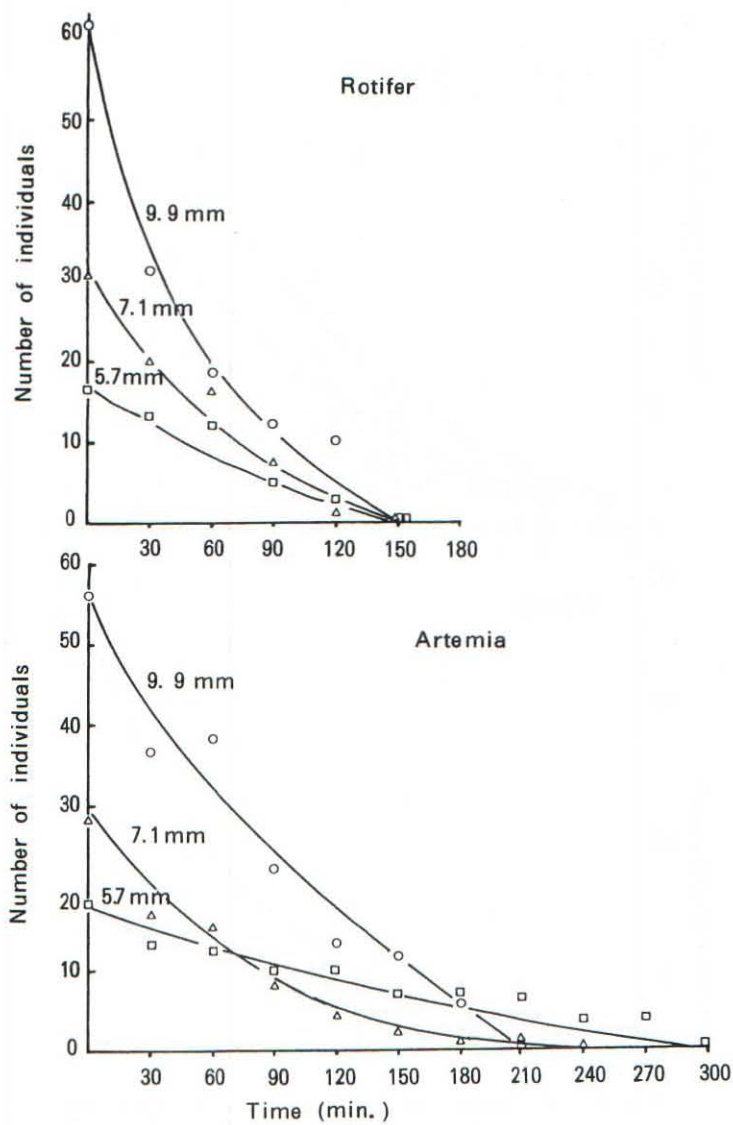


Fig. 5. Changes in the number of rotifers (above) and of *Artemia* nauplii (bottom) in the digestive tract of the larvae of various sizes after satiation.

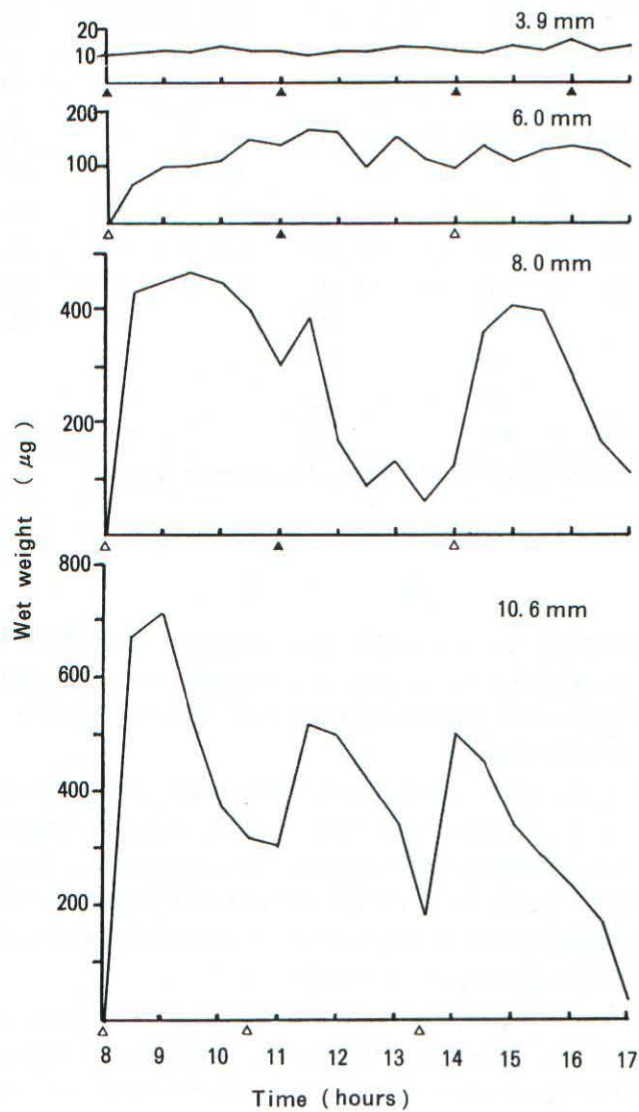


Fig. 6. Diurnal changes in the amount of food consumed by the larvae of various sizes reared 1kl tank. ▲, the feeding time of rotifers; △, the feeding time of *Artemia* nauplii.

Table 1. Number of satiation, rate of satiation amount, estimated number of diurnal food demand and actual number of food for 100,000 larvae.

Total length mm	Total weight mg	Number of satiation			Rate of satiation amount %			Estimated food demand for 100,000 larvae $\times 10^6$			Actual number of food for 100,000 larvae $\times 10^6$		
		Rs*	RL*	Ar*	Rs	RL	Ar	Rs	RL	Ar	Rs	RL	Ar
4.0	0.31	11	6		5.0	5.9		4.8	2.6		16.0	—	
5.0	0.57	21	13	13	5.1	6.8	24.9	9.2	5.7	3.6	34.4	—	
6.0	1.16	42	27	19	5.1	7.0	18.0	18.5	11.9	5.2	33.7	—	4.8
7.0	2.06	85	51	28	5.8	7.3	14.9	37.4	22.4	7.7	32.9	—	5.3
8.0	3.33			43			14.2			11.8	45.5	—	9.2
9.0	5.11			61			13.1			16.8			10.7
10.0	7.46			86			12.7			23.7			18.0
12.0	14.26			164			12.7			45.1			—

* Rs: S-type rotifer, RL: L-type rotifer, Ar: *Artemia* nauplii

考 察

ヒラメ仔魚の飽食時間について、ワムシの場合、安永⁴⁾は給餌後10～20分で消化管内の摂餌個体は急速に増大し、以後平衡に達するとしている。また、イシダイの稚魚では15～25分と報告²⁾されている。今回の結果は40～60分を要したが、飽食時間は仔魚の収容密度、飼育水温、餌料密度、あるいは魚体の大きさなどによって変化するとと思われる。

魚の飽食量の基準として、石渡^{7,8)}は魚群の慣れと空腹を前提条件としてあげている。すなわち、魚群が摂餌に慣れることによって、効率よく摂餌できるようになり、それによって飽食時間の短縮や、飽食量の増大も考えられる。摂餌量の日間変化の調査では、8.0 mmおよび10.6 mmの仔魚において初回給餌後に摂餌のピークが最大となった。このような仔魚の摂餌行動に対して空腹による影響があるとすれば一晩の絶食によって空腹状態にある初回給餌時のほうが、ある程度消化管内に餌料が残っている状態の2回目、3回目の給餌よりも高い摂餌量を示したとも考えられる。

今回用いた両型のワムシの平均背甲長を比べるとL型はS型の約1.3倍であるが、ワムシの体積を背甲長の3乗として計算すると、L型はS型の約2.1倍となる。仔魚の飽食数でS型がL型の約2倍となったことは、両型の体積の差によるものと考えられ、飽食数はワムシの体積によって規定されていることが示唆された。

ヒラメ仔魚のワムシの飽食率について安永⁴⁾は孵化後6日で5.7%であるが、20日目になると31.8%と急激に増大するとしており、またマダイ仔魚ではワムシの飽食率は全長3～9 mmで11%から7%に漸減すると報告¹⁾されている。今回の結果は3～7 mmで5.0～7.3%とほぼ一定の値であった。

全長5～12 mmでアルテミアの飽食率はワムシとは逆に成長にともない減少する傾向が見られ、全長5 mmでは、24.9%と、ワムシの場合の5.1～7.3%と比べるとかなり高い値であった。安永⁴⁾はワムシからアルテミアへの餌料の切り替え時間を早くすることによって、仔魚の成長が良くなるとしており、したがって、仔魚の消化能力や消化時間の問題もあるがアルテミアを摂餌できる全長5 mm前後から早めにアルテミアの給餌を増やすことが効率的な給餌方法につながると考えられる。

消化時間は全長 5.7～9.9 mm でワムシが 2.5 時間、アルテミアが 4 時間と餌料によって違いが見られた。このことは各餌料の給餌回数に大きく影響してくると思われる。消化は成長に伴う消化管の伸長、分化、消化酵素の発達と関連があり、アルテミアの場合は特に胃の分化が進む 35～40 日（全長 13 mm）以降⁹⁾では消化吸収能力の増大から更に消化時間が短くなることが予想される。

飽食時間、消化時間、および摂餌量の日間変化の調査から、現在の給餌回数および給餌方法を検討すると、全長 5 mm 以下の仔魚では 1 日中ほぼ飽食に近い状態で消化管に餌料が満たされており、飼育水 1 mℓ 当たりに基準をおいた実際の給餌量は今回の試算値よりも多いことや、各給餌時に餌料が残っていたことから実際の給餌量がむしろ過剰であったと思われる。今回の試算値は消化時間を 2.5 時間とし、摂餌可能時間を 11 時間としたため、給餌回数は 4 回となるが、全長 4 mm の仔魚のワムシ消化時間は、2.5 時間以上と考えられ、餌料が完全に消化されないうちに次ぎの給餌が行われている。したがって、給餌回数は 1 日 3 回が望ましいと思われる。マダイではワムシの餌料密度が 1～2 個体/mℓ で摂餌量が減少する¹⁾としており、今、最低 2 個体/mℓ を維持するように給餌した場合、全長 4 mm の仔魚 10 万尾あたりのワムシ S 型の適正給餌量および給餌方法は Table 1 の試算値より、4 個体/mℓ で 1 日 3 回となる。同様に 5 mm では、5 個体/mℓ で 1 日 4 回と考えられる。

全長 5～8 mm の仔魚では、ワムシおよびアルテミアを併用給餌するが、1 日の給餌回数は各餌料の消化時間から考えると、アルテミア 2 回、ワムシ 1 回となる。併用給餌の場合は、それぞれの餌料の栄養価や嗜好性の問題を考慮する必要がある、各成長段階での各餌料の給餌回数については今後の課題である。

アルテミアを単一給餌した場合は、アルテミアの消化時間を 4 時間として試算したため、給餌回数は 3 回となるが、10 mm 以上の仔魚では更に消化時間が短くなるため、給餌回数は 4 回としたほうが望ましいと思われる。全長 9 mm 以上の仔魚の実際の給餌量は試算値よりもやや少ない。これは全長 10.6 mm の仔魚の初回給餌時のアルテミアの摂餌量が 63 個体、一方、飽食量の推定値が 86 個体であることから、現状の給餌方法では 1 回の給餌で仔魚が飽食に達するまで給餌していないためと思われる。仔魚が飽食量を摂餌し、かつ残餌が出ないように給餌し、ほぼ餌料が消化されてから次の給餌を行うとすれば、全長 8 mm の仔魚の 10 万尾あたりの給餌量は、4 個体/mℓ で 1 日 3 回、同様に 10 mm で 6 個体/mℓ で 1 日 4 回と考えられる。

要 約

水温 18℃、トンあたり 10 万尾の飼育条件下で、ヒラメ仔魚（全長 4～12 mm）の飽食時間、飽食量、消化時間、および摂餌量の日間変化を調べた。これらの値を用いて、仔魚 10 万尾当りの必要餌料数を試算し、適正給餌量および給餌方法について検討した。

1. 全長 4.4～7.1 mm の仔魚でワムシの飽食時間は 40～60 分、全長 5.7～9.9 mm の仔魚でアルテミアの飽食時間は 60～70 分であった。
2. 全長 5.7～9.9 mm の仔魚でワムシの消化時間は 2.5 時間、アルテミアの消化時間は 4 時間であった。
3. 飽食量は成長にともない急速に増加し飽食率は全長 3～7 mm の仔魚でワムシ S 型の場合 4.5～5.8 %、L 型で 5.4～7.3 %、全長 5～12 mm の仔魚でアルテミアの場合は 12.7 %～24.9 %であった。
4. 全長 8.0 mm 以上の仔魚の消化管内容物重量は毎回給餌後にピークが見られ、1 日のうちで初回給餌後が最大であった。
5. 現在の給餌方法では全長 5 mm 以下の仔魚のワムシの給餌量はやや過剰であり、全長 9 mm 以上の仔

魚のアルテミアの給餌量はやや不足であると思われた。

6. ワムシの給餌回数は全長4mmの仔魚で1日3回、5～7mmで1日4回、また、アルテミアの給餌回数は全長8mmの仔魚で1日3回、10mm以上で1日4回が適正と考えられた。

文 献

- 1) 北島 力(1978) マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究 長崎水試論文集 5 51-55
- 2) 福所邦彦(1979) イシダイ種苗生産に関する基礎的研究 長崎水試論文集 6 57-102
- 3) 岡内正典(1980) クロダイ仔稚魚の日間ワムシ摂餌量 養殖研研報 1 39-45
- 4) 安永義暢(1988) ヒラメ仔稚魚の生理生態に関する研究 水工研報告 9 44-57
- 5) 福所邦彦(1983) 3. 形態とその変異 シオミズツボワムシ - 生物学と大量培養(日本水産学会編) 水産学シリーズ 44 恒星社厚生閣 35-49
- 6) 伏見 徹(1975) 4. 餌料 稚魚の摂餌と発育(日本水産学会編) 水産学シリーズ 8 恒星社厚生閣 79-80
- 7) 石渡直典(1968) 魚の摂餌に関する生態学的研究 - II. 魚群の慣れと飽食量の関係 日水誌 34(6) 498-502
- 8) 石渡直典(1968) 魚の摂餌に関する生態学的研究 - III. 空腹状態と飽食量の関係 日水誌 34(7) 604-607
- 9) 安永義暢(1972) ヒラメ稚仔魚消化器管の発達について 東海水研報告 69 75-87

秋サケ筋肉タンパク質の粘性と筋肉のレオロジーに 及ぼすブナ化と加熱処理の影響

辻 浩 司・川 合 祐 史*

(北海道立釧路水産試験場・*北海道大学水産学部食品製造学講座)

Effect of heat-treatment on the rheological properties
of chum salmon *Oncorhynchus keta* muscle
in association with the maturation

Koji TSUJI and Yuji KAWAI*

Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station,
Kushiro, Hokkaido 085, Japan

*Laboratory of Marine Food Technology, Faculty of Fisheries,
Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041, Japan

The effect of heat-treatment on the viscosity of total protein (T-P) solution and rheological properties of muscle block of fall chum salmon (*Oncorhynchus keta*) were investigated in association with the commercial quality grade of the fish judged from the degree of nuptial coloration: S grade, silvery; A grade, slight nuptial coloration; B grade, moderate nuptial coloration; C grade, strong nuptial coloration; D grade, very strong nuptial coloration. S, A, B and C-graded fish were captured at coastal sea, and D-graded fish was captured in a river.

T-P solution showed a non-Newtonian pseudo-plastic flow, and had a maximal value of apparent viscosity at 30-35°C. The viscosity of T-P at 20°C was correlated to the myofibrillar protein content in the protein of the higher grade fish.

Unheated muscle became more tender, less elastic and more viscous with the lowering of the quality grade of fish. Muscle heated at 100°C for 30 min also became more tender when lowering the quality grade. The elasticity of the heated muscle was not related to the quality grade. The heat-treatment of muscle made clearer the tendency of muscle tenderization when lowering the quality grade.

It was considered that the rheology of muscle might be affected by the decrease in protein content, changes in protein composition, and the decomposition of protein

by a stronger protease activity in the muscle during spawning migration.

緒 言

シロサケ (*Oncorhynchus keta*) は、産卵期になると体表が婚姻色を呈してブナ化し、肉質は軟弱化することが知られている。産卵期には、種々の生化学的变化が生じるために筋肉の化学成分には変動が見られ¹⁾、また、筋肉構成タンパク質にも筋形質、筋原繊維タンパク質の量的、質的变化が生じており²⁾、これらの変化はタンパク質の機能特性にも影響を及ぼすことが認められている。川合ら²⁾は、筋形質タンパク質画分 (Sp-P)、筋原繊維タンパク質画分 (Mf-P)、全タンパク質画分 (T-P) の熱凝固特性を検討し、ブナ化によって熱凝固性が低下することを明らかにした。また、金子・川合³⁾は、秋サケ筋肉-コーン油の乳化物とその加熱物の物性がブナ化によって影響されることを観察し、筋肉タンパク質の乳化特性のブナ化による変化がそれに関与している可能性を示した。

筋肉および筋肉タンパク質の物理化学的性質のうち、粘性を含むレオロジー特性は食品加工工程における混合、乳化などに関与する重要な性質の一つである。また、加熱処理によるそれらの性質の変化は加熱加工・調理食品の物性に影響するものである。加熱処理に伴う魚肉の物理的特性の変化については、川合ら⁴⁾のコイ筋肉のミオシンの粘性、Isoら^{5,6)}の加熱コイ肉、高温加熱処理魚肉のレオロジー的性質についての報告などがある。

本報では、秋サケを食品素材、加工原料として使用する場合について、そのブナ化の影響を調べるとを目的に、ブナ化度合の異なる秋サケの筋肉タンパク質溶液の粘性と筋肉ブロックのレオロジー特性の比較と加熱処理によるそれらの変化について検討を行った。

試料および実験方法

供 試 魚

1985年9～10月に北海道羅臼町および標津町沿岸で捕獲された銀毛、A、B、Cランクのサケ（以下、それぞれ銀毛、Aブナ、Bブナ、Cブナと記する）と羅臼川で捕獲、採卵・採精されたサケ（以下、採卵・採精ブナと記する）について、各ランクとも雌雄各2尾ずつを実験に用いた。供試魚は、分析時まで-30℃で凍結保存し、各種分析には背部普通肉を凍結状態のまま採取して使用した。なお、供試魚のブナ化度合のランク付けは羅臼および標津漁業協同組合の格付け基準によった。すなわち、銀毛は体表が銀白色で婚姻色が見られないもの、Aブナは若干婚姻色が見られるもの、Bブナは婚姻色が若干強いもの、Cブナは婚姻色が非常に強いものである。採卵・採精ブナは、河川に遡上し、婚姻色が非常に強いもので、ランクをDとした。

化学成分の分析

筋肉の水分、粗タンパク質は常法により、全脂質はFOLCHら⁷⁾の方法によって定量した。リン脂質は、STEWART⁸⁾の方法によりジバルミトイルレシチンとして定量し、全脂質量からリン脂質量を差し引いたものを単純脂質量とした。カロテノイドは、脱水後アセトンによって抽出し、477nmの吸光度からアスタキサンチンとして定量した。遊離アミノ酸は、80%エタノールで抽出し、脂溶性成分をクロロホルムで除去した後、組成をO-フタルアルデヒド-次亜塩素酸法による反応高速液体クロマトグラフ（日立 655-15 HPLC使用）によって分析し、検出された遊離アミノ酸の総量を遊離アミノ酸量とした。

自己消化活性の測定

筋肉の自己消化活性は、小長谷⁹⁾の方法に従い、pH 3.5とpH未調整 (pH 6.3) で測定し、活性は

1時間当たりに筋肉1gから遊離するアミノ酸をチロシン量として表した。

タンパク質組成の分析

筋肉タンパク質をHASHIMOTOら¹⁰⁾の方法に準じて分画し、GORNALLら¹¹⁾のビュレット法によってタンパク質濃度を求めた。

全タンパク質溶液の調製

筋肉を10倍量の0.45M KCl-リン酸塩緩衝液(pH 7.0)でホモジナイズして全タンパク質を抽出した後、 $10,000 \times g$ 、15分間の遠心分離を行い、上澄を全タンパク質溶液(T-P)とした。

熱凝固性の測定

秋サケ筋肉タンパク質の溶解性は加熱時間15分間では60℃ではほぼ最低となることが示されており²⁾、本報ではこの温度処理における溶解性を測定し、熱凝固性の指標とした。すなわち、タンパク質の分画で得られた水溶性画分(Sp-P)と塩溶性画分(Mf-P)および全タンパク質画分(T-P)について10mℓ容量のポリカーボネート製遠沈管中で60℃、15分間の加熱処理を行い、 $10,000 \times g$ 、15分間の遠心分離後の上澄のタンパク質濃度を測定し、溶解性を求めた。

粘性の測定

T-Pの10mg/mℓ溶液を20、30、35、40、60、80、100℃の各温度で15分間加熱処理し、それぞれの粘性を測定した。すなわち、B8L型回転粘度計(東京計器K.K.)にHM型少量サンプルアダプターを装着し、No.1ローターを使用(回転数1.5~60rpm)して、T-P溶液の粘性を20℃で測定し、流動方程式を求めた。T-Pは擬塑性流動を示したので、粘度は見掛けの粘度として表した。

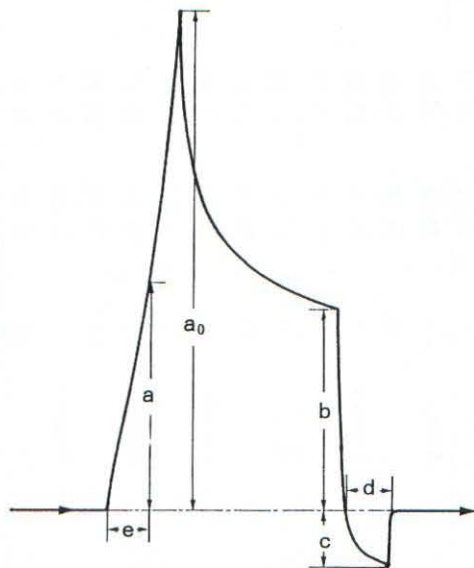


Fig. 1. Rheometer profile for determination of hardness, elasticity and viscosity of muscle blocks.

Rheological parameters were measured using Rheometer NRM-2002J (Fudoh Kogyo Co., Ltd.) with a cylindrical plunger ($\phi=10\text{mm}$):

Sample thickness, 20mm; clearance, 10mm; sample stage speed, 60mm/min.

Hardness, a_0 was defined as a stress at 5mm deep (e) from the surface; elasticity, $b/a \times 100$; viscosity, d/c .

Table 1. Chemical composition of dorsal muscle of chum salmon.

Stage	Quality grade* ¹	Sex	Sample No	Moisture (g/100g)	Protein* ² (g/100g)	Free amino acid (g/100g)	Simple lipid (g/100g)	Phospholipid (g/100g)	Astaxanthine (mg/100g)
Pre-spawning	S	Male	1	74.64	22.29	1.09	1.58	1.00	0.830
			2	72.83	21.24	0.98	3.63	0.94	0.566
		Female	3	74.32	22.69	1.08	1.38	1.02	0.521
			4	75.62	21.54	1.19	0.42	0.88	0.687
	A	Male	5	74.58	21.98	1.13	1.27	1.10	0.609
			6	74.64	21.68	1.01	1.68	0.98	0.533
		Female	7	76.83	21.51	1.13	0.39	0.93	0.611
			8	77.36	20.13	1.13	0.59	0.89	0.501
	B	Male	9	75.61	21.28	1.13	0.70	1.05	0.673
			10	75.19	22.07	1.01	1.00	0.96	0.561
		Female	11	77.39	20.44	1.15	0.28	0.99	0.530
			12	76.23	21.47	1.08	0.56	0.91	0.499
	C	Male	13	76.60	20.42	1.14	1.03	1.14	0.039
			14	76.34	20.58	1.12	0.92	0.93	0.124
		Female	15	77.24	20.32	1.22	0.55	1.08	0.343
			16	75.90	21.01	0.56	1.61	0.98	0.178
Spawning	D	Male	17	80.21	17.95	1.27	0.29	0.69	0.051
			18	78.80	18.39	1.09	0.62	0.88	0.031
		Female	19	77.57	19.07	1.16	1.44	1.10	0.047
			20	79.30	17.24	1.31	0.84	0.95	0.031

*¹ The commercial quality grades of fish judged from the degree of nuptial coloration: S grade, silvery; A grade, slight nuptial coloration; B grade, moderate nuptial coloration; C grade, strong nuptial coloration; D grade, very strong nuptial coloration.

*² (Total N) $\times$ 6.25 - (Free amino acid)

レオロジーの測定

背部筋肉ブロックの加熱区と未加熱区について、レオメーター（不動工業K. K. NRM-2002J型）によってレオロジーを測定した。すなわち、魚体を凍結状態のまま、厚さ2 cmの輪切りにして、皮を除去し、背部筋肉のみのブロックとし、さらに真空包装を施した。これらのブロックについて、パックのまま沸騰水中で30分間処理した後、急冷し、さらに20℃の水浴中に保持したものを加熱肉とし、加熱せずに20℃の恒温水槽中で解凍したものを未加熱肉とした。これらの筋肉ブロックの硬さ、弾性、粘性について、円柱形プランジャー（φ10mm）を用い、クリアランス10mm、試料台スピード6 cm/min、停止時間20秒で、側線に沿った方向から測定した（Fig. 1）。

結 果

供試魚の背部普通肉の化学成分については、Table 1 に示すように、ブナ化度合が強くなるに従い、水分の増加、全脂質の減少などの傾向が見られた。リン脂質量は、いずれのブナ化度合においてもほぼ1 %前後を示しており、全脂質量の変化は中性脂質量の変化を反映していた。また、採卵・採精ブナで

Table 2. Autolytic activity and sarcoplasmic, myofibrillar and alkali-soluble protein content of chum salmon muscle.

Stage	Quality grade* ¹	Sex	Sample No	Autolytic activity* ²		Protein composition* ³		
				pH 3.5	pH 6.3	Sarcoplasmic	Myofibrillar	Alkali-soluble
Pre-spawning	S	Male	1	0.972	0.137	8.26	11.94	2.29
			2	0.727	0.217	8.33	11.64	2.50
		Female	3	0.718	0.142	8.41	12.26	2.25
			4	1.190	0.175	7.52	11.74	2.34
	A	Male	5	1.246	0.203	9.36	11.74	2.09
			6	1.298	0.170	8.50	11.88	2.55
		Female	7	2.035	0.255	6.85	11.59	1.68
			8	2.332	0.208	6.48	11.90	1.67
	B	Male	9	1.289	0.019	7.74	11.46	2.47
			10	1.133	0.260	6.53	11.41	2.32
		Female	11	1.728	0.038	6.86	11.08	1.55
			12	1.888	0.212	7.09	12.28	1.93
Spawning	C	Male	13	2.101	0.179	6.54	11.76	2.10
			14	2.724	0.255	6.33	12.51	2.12
		Female	15	2.129	0.170	6.64	10.74	1.91
			16	1.298	0.260	7.33	12.11	2.01
	D	Male	17	4.966	1.256	5.20	9.46	1.72
			18	5.008	1.855	4.83	11.14	1.70
		Female	19	3.082	0.269	6.10	11.06	2.51
			20	4.999	1.053	4.03	11.32	1.79

*¹ The commercial quality grades of fish as shown in Table 1.

*² $\mu\text{mol Tyr/g muscle/h}$

*³ g/100g muscle

Table 3. Solubility of sarcoplasmic (Sp-P), myofibrillar (Mf-P) and total protein (T-P) heat-treated at 60°C for 15 minutes.

Stage	Quality grade*	Sex	Sample No	Protein solubility (%)		
				Sp-P	Mf-P	T-P
Pre-spawning	S	Male	1	9.44	80.43	63.72
			2	8.57	64.77	45.61
		Female	3	8.44	80.99	65.41
			4	12.57	84.76	73.05
	A	Male	5	11.20	84.94	73.30
			6	13.36	65.87	64.43
		Female	7	12.32	91.17	87.20
			8	18.48	82.29	84.75
	B	Male	9	11.86	80.75	72.42
			10	12.81	74.55	67.10
		Female	11	7.72	88.59	79.88
			12	14.13	81.27	80.00
	C	Male	13	14.67	82.35	78.30
			14	16.04	74.43	71.35
		Female	15	13.98	91.18	87.10
			16	14.61	79.94	77.87
Spawning	D	Male	17	26.47	89.49	91.23
			18	23.08	73.64	90.58
		Female	19	23.36	68.97	74.73
			20	27.27	79.11	83.14

* The commercial quality grades of fish as shown in Table 1.

は、銀毛、A、B、C ブナの沿岸捕獲サケ（以下、海サケと略記）に比較して粗タンパク質の減少も認められた。

筋肉の自己消化活性とタンパク質組成のブナ化の進行に伴う変化については、川合ら²⁾の結果とはほぼ同様の傾向であり、Table 2 に示すように、採卵・採精ブナでは銀毛からC ブナまでの海サケと比較して著しく自己消化活性が高く、筋形質タンパク質の減少も見られた。

Sp-P、Mf-P、T-P の60°C加熱処理後の溶解性について、Table 3 に示した。銀毛のSp-P の熱凝固性は比較的高く、採卵・採精ブナのSp-Pではかなり低かった。Mf-Pについてはブナ化による著しい熱凝固性の変化は認められなかったが、T-P は Sp-P の影響を受け、Sp-P とほぼ同様の傾向を示した。

T-P の加熱処理による粘度変化についてFig. 2 に、流動方程式を Table 4 に示した。T-P の流動特性は、流動方程式 $s = \mu D^n$ を用いて表わした時に $0 < n < 1$ となる非ニュートン性の擬塑性流動を示すものが大部分であった。流動方程式の n 値は、30~35°C 付近の温度で処理した T-P で最少であり、80~100°C 処理では1 近くまで増大した。また、粘性係数 μ や見掛けの粘度 η_a は、 n とは逆に30~35°C 付近の処理で最大となった。20°C 処理した T-P の粘性係数と粘度は、海サケで雄よりも雌で大

Table 4. Flow equations^{*1}, $s = \mu D^n$ of heat-treated T-P solutions from chum salmon muscle.

Stage	Quality grade ^{*2}	Sex	Sample No	20°C		30°C		35°C		40°C		50°C		60°C		80°C		100 °C	
				μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n
Pre-spawning	S	Male	1	1.88	0.41	2.89	0.35	—	—	0.39	0.54	0.09	0.74	0.10	0.70	0.07	0.77	0.15	0.59
			2	1.54	0.50	2.75	0.38	2.89	0.34	0.17	0.76	0.10	0.75	0.17	0.67	—	—	0.06	0.81
		Female	3	2.47	0.34	2.44	0.37	—	—	0.18	0.70	0.09	0.71	0.13	0.63	0.07	0.77	0.05	0.83
			4	2.82	0.41	4.59	0.31	4.12	0.30	0.41	0.60	0.14	0.68	0.12	0.74	—	—	0.03	1.08
	A	Male	5	0.53	0.62	1.58	0.42	—	—	0.18	0.67	0.07	0.75	0.14	0.62	0.05	0.88	0.06	0.78
			6	1.17	0.49	2.23	0.37	2.19	0.34	0.20	0.68	0.06	0.85	0.08	0.77	—	—	0.04	0.86
		Female	7	2.94	0.37	4.30	0.31	—	—	0.34	0.64	0.08	0.82	0.13	0.70	0.04	0.94	0.03	1.07
			8	3.91	0.35	5.49	0.29	6.45	0.27	0.65	0.53	0.13	0.73	0.18	0.67	—	—	0.17	0.59
	B	Male	9	1.73	0.47	4.00	0.31	—	—	0.20	0.73	0.10	0.74	0.08	0.79	0.03	1.02	0.03	0.99
			10	1.04	0.55	2.71	0.34	2.22	0.36	0.25	0.64	0.04	0.94	0.06	0.85	—	—	0.03	0.94
		Female	11	3.85	0.37	5.40	0.30	—	—	0.36	0.66	0.13	0.73	0.07	0.89	0.08	0.79	0.03	1.06
			12	2.95	0.38	4.30	0.31	4.11	0.30	0.40	0.61	0.13	0.69	0.15	0.69	—	—	0.08	0.73
	C	Male	13	1.48	0.48	2.78	0.36	—	—	0.24	0.64	0.14	0.63	0.16	0.56	0.03	1.04	0.07	0.75
			14	1.44	0.53	3.41	0.35	3.60	0.31	0.26	0.69	0.06	0.85	0.09	0.77	—	—	0.04	0.88
		Female	15	1.22	0.56	3.00	0.38	—	—	0.32	0.62	0.08	0.79	0.03	0.06	0.07	0.80	0.02	1.15
			16	0.82	0.60	2.58	0.37	3.49	0.29	0.11	0.85	0.09	0.73	0.06	0.85	—	—	0.01	1.19
Spawning	D	Male	17	3.48	0.39	6.52	0.28	—	—	0.43	0.61	0.08	0.87	0.07	0.89	0.09	0.81	0.08	0.80
			18	1.90	0.50	6.10	0.28	6.11	0.27	0.57	0.56	0.13	0.75	0.14	0.72	—	—	0.09	0.74
		Female	19	0.86	0.59	2.38	0.39	—	—	0.17	0.72	0.07	0.79	0.14	0.61	0.09	0.73	0.05	0.78
			20	1.90	0.47	4.27	0.31	3.62	0.35	0.31	0.64	0.06	0.83	0.07	0.80	—	—	0.03	1.00

Protein solutions were heated for 15 minutes at each temperature, and their flow properties were measured using B8L rotational viscometer (Tokyo Keiki, Co., Ltd.) with HM-1 rotor.

*¹ Flow equations, $s = \mu D^n$: s, shear stress; D, shear rate; μ , non-Newtonian coefficient of viscosity; n, non-Newtonian index of viscosity.

*² The commercial quality grades of fish as shown in Table 1.

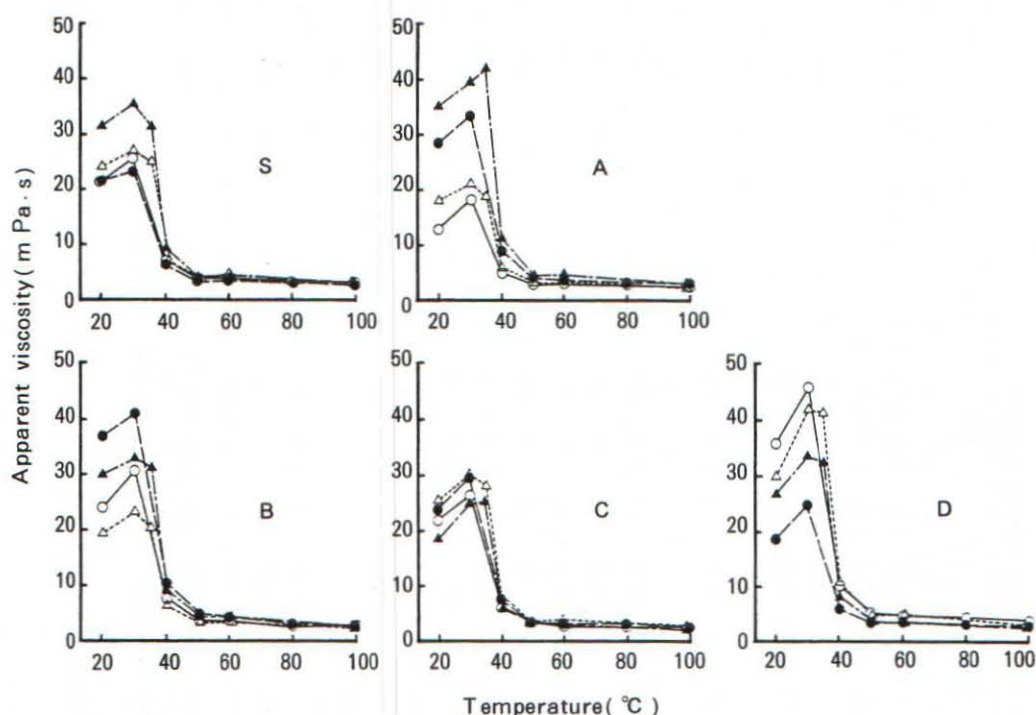


Fig. 2. Effect of heat-treatment on the apparent viscosity of total protein (T-P) solution from chum salmon muscle.
Viscosity was measured using Viscometer B8L (Tokyo Keiki Co., Ltd.) with HM-1 rotor at 30 rpm at 20°C.
Protein concentration: 10 mg/ml.
S, A, B, C and D are the commercial quality grades of fish as shown in Table 1.
○—, odd-numbered male; △---, even-numbered male; ●---, odd-numbered female; ▲---, even-numbered female.

きく、採卵・採精ブナでは逆に雄が雌より大きかった。ブナ化度合別に見ると採精ブナとA、Bブナ雌では他より粘度が高い傾向にあったが、ブナ化度合と粘度との間に特に顕著な関係は認められなかった。

筋肉のレオロジーについて、レオメータープロフィールによる未加熱肉（凍結—解凍肉）と加熱肉の硬さ、弾性率、粘度をFig. 3、4に示した。

未加熱肉の硬さについては、海サケで雌よりも雄の方が硬い傾向があった。ブナ化度合別に見ると、採精ブナ筋肉の硬さが他と比べて著しく小さかったが、その他にはさほどはっきりした傾向は認められなかった。弾性率については、海サケではブナ化によって若干低下する傾向であり、雌雄差は見られなかった。粘性は海サケの雄では変化がなかったが、雌ではブナ化によって上昇する傾向にあった。また、採精ブナでは非常に高い粘性を示した。官能的にも、ブナ化の進行したものの筋肉は、軟弱で弾力性がなく、粘性が強く感じられた。

一方、加熱肉の硬さについては、ブナ化に伴って明らかに低下する傾向が見られ、採卵・採精ブナでは、著しく硬さが小さかった。硬さとブナ化の関係は、未加熱肉より加熱肉で強調され、特に雌の筋肉でその傾向が認められた。同じブナ化度合で比較したときの硬さの雌雄差は未加熱肉ほど大きくなっ

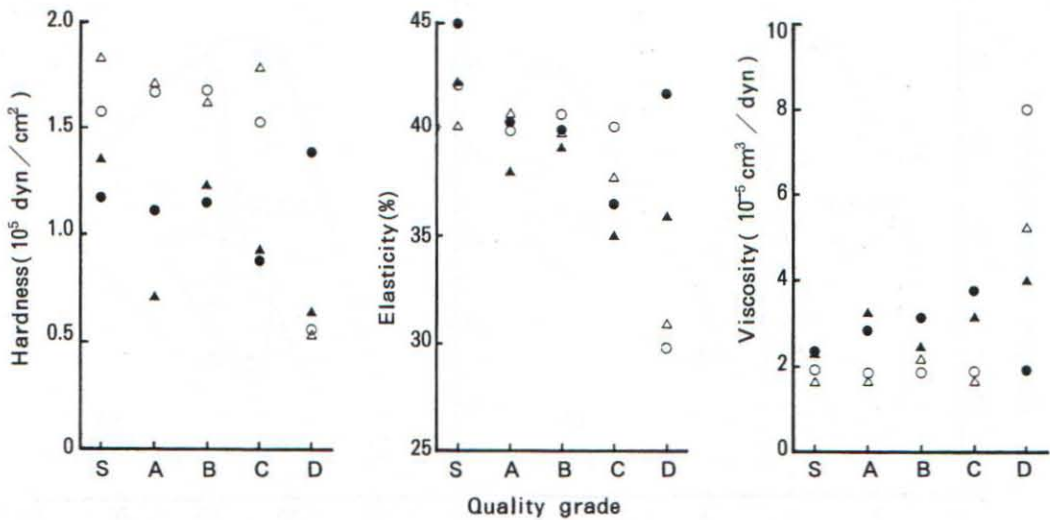


Fig. 3. Hardness, elasticity and viscosity of unheated muscle of chum salmon. S, A, B, C and D are the commercial quality grades of fish as shown in Table 1. Symbols are the same as in Fig. 2.

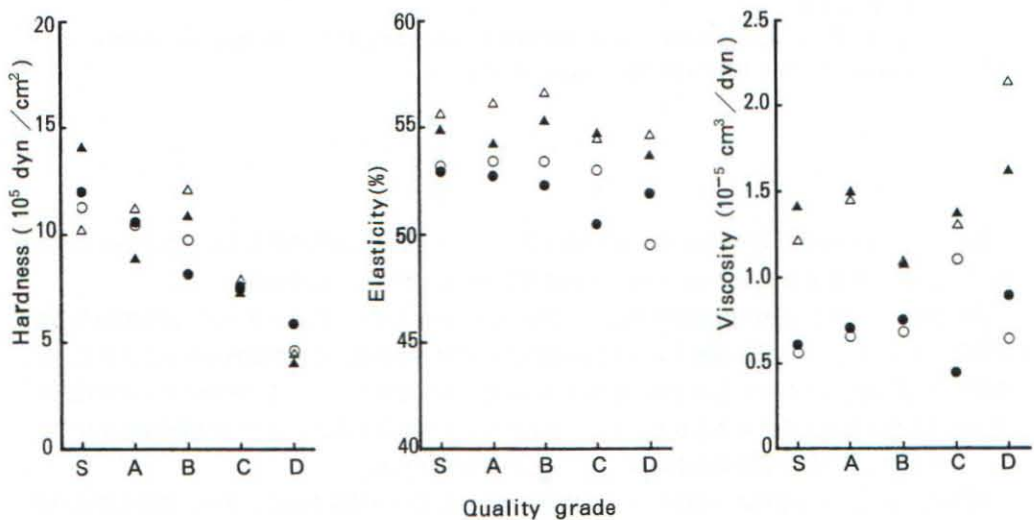


Fig. 4. Hardness, elasticity and viscosity of muscle heat-treated at 100°C for 30 minutes of chum salmon. S, A, B, C and D are the commercial quality grades of fish as shown in Table 1. Symbols are the same as in Fig. 2.

た。また、ブナ化に伴って未加熱肉に生じる弾性率の低下傾向は、加熱肉ではほとんど観察されず、ほぼ一定であった。なお、加熱処理することによって、硬さ、弾性率については若干増加することが見られ、粘性はかなり減少した。

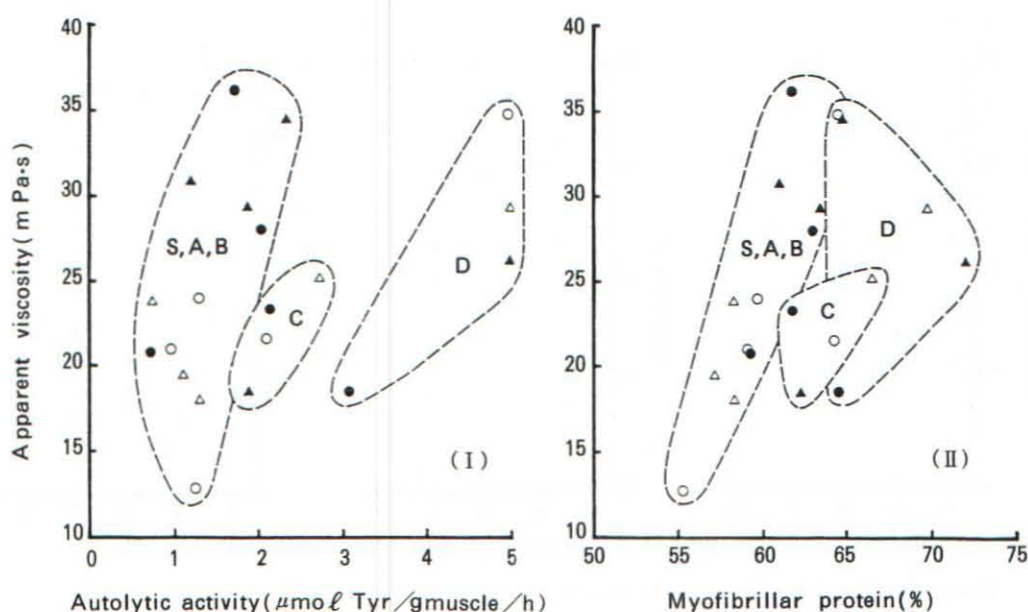


Fig. 5. Relation between apparent viscosity of T-P solution at 20°C and autolytic activity of muscle at pH 3.5 (I) and myofibrillar protein content in the T-P (II).

S, A, B, C and D are the commercial quality grades of fish as shown in Table 1. Symbols are the same in Fig. 2.

考 察

筋肉ブロックのレオロジーについては試料魚のブナ化度合とある程度関係があることが認められたが、塩可溶液の T-P 溶液の粘度についてはブナ化度合との関係はほとんど見られなかった。

20°C 処理した T-P 溶液の見掛けの粘度は、Fig. 5 に示すように、銀毛～B ブナでは筋肉の自己消化活性よりも T-P 中の筋原繊維タンパク質の割合との相関がやや強い傾向が認められることから、比較的ブナ化の進行していないものでは、筋肉タンパク質の質的变化よりも、T-P 中のタンパク質組成に大きく影響されるものと考えられる。また、さらにブナ化が進行すると、タンパク質組成ばかりではなく、筋肉タンパク質の質的变化も影響してくるものと推測される。

擬塑性流体は、ずり変形力の増大によって構造破壊が進むという特性を持ち、また、流動方程式の非ニュートン粘性指数 n が小さいほど流体の凝集構造が弱いことを表している¹²⁾。したがって、T-P の処理温度とその粘度の関係については、30～35°C 付近ではタンパク質分子の unfolding によって粘性抵抗が増大するために粘度が上昇し、40°C 以上の温度では分子の凝集、不溶化によって粘度が低下するものと思われる。T-P の溶解性も 35°C を過ぎると急激に低下することが報告されており²⁾、また、ほぼ同様の温度-粘度関係についてはコイ筋肉のミオシンでも観察されている⁴⁾。

筋肉では、コラーゲン含量が生肉の硬さと強い正の相関があるとされている^{13,14)}。しかし、秋サケでは、ブナ化によって筋基質タンパク質の含量に有意差が認められない^{1,2)} ことから、ブナ化による肉物性の変化は、筋基質タンパク質、筋原繊維タンパク質の減少や、筋肉組織やタンパク質の質的变化のため

めと推察される。

加熱魚肉のテクスチャーに魚種差が生じる一因としては、筋繊維の特徴や全タンパク質に対する筋形質タンパク質の割合の違いが挙げられる¹⁴⁾。志水ら¹⁵⁾は、マアジの筋形質タンパク質と筋原繊維タンパク質の混合物の熱凝固性に関して、筋形質タンパク質の効果が大きいことを報告している。また、川合ら²⁾は、秋サケのSp-P、Mf-P、T-Pの熱凝固性（加熱後の溶解性から測定）は、ブナ化によって低下することを観察した。本報においても、採卵・採精ブナではSp-Pの熱凝固性が低く、タンパク質組成の面でも筋形質タンパク質の比率の低下が見られていることから、T-Pの熱凝固性の低下には、筋形質タンパク質の減少と筋肉タンパク質の質的变化が影響していると考えられる。筋肉タンパク質の熱凝固性は加熱筋肉組織のテクスチャーにもある程度反映されるものと考えられ、採卵・採精ブナの加熱肉が軟らかいことに関しても、筋形質タンパク質の減少と筋肉タンパク質の熱凝固性の低下が影響しているものと推察できる。さらに、筋肉タンパク質の質的变化には、高プロテアーゼ活性による分解が大きく影響している可能性が考えられる。

ブナザケは、冷凍貯蔵中にタンパク質の不溶化も筋原繊維の Ca^{2+} -ATPase活性の低下もほとんど認められないことから、生化学的に冷凍耐性が高い魚種である¹⁶⁾とされている。本報で得られた筋肉のレオロジーの測定結果は凍結-解凍魚のものであるが、物性値に及ぼす凍結処理の影響についてはさらに確認する必要がある。

筋肉の物性は、肉加工食品製造における混合、らいかいなどの機械的操作や、ソーセージやその他の乳化食品製造における乳化機能特性および製品のテクスチャーに影響を及ぼすことが考えられる。秋サケ肉を食品素材や加工原料として利用する場合には、ブナ化の程度と、筋肉の物理・化学的特性を含めた原料特性を十分に考慮しなければならない。

要 約

秋サケ筋肉タンパク質の粘性と筋肉のレオロジー性に及ぼすブナ化と加熱処理の影響について検討した。

1. T-Pの流動特性は、非ニュートン性の擬塑性流動であり、見掛けの粘度は、30～35℃に最大が認められた。20℃におけるT-Pの粘度は、銀毛～BブナではT-P中の筋原繊維タンパク質の割合との間に比較的相関があった。
2. 未加熱肉では、ブナ化に伴って、硬さと弾性率の低下、粘性の増大傾向が認められ、特に採精ブナではその傾向が著しかった。加熱肉では、ブナ化に伴う硬さの低下傾向が未加熱肉よりも強調されたが、弾性率の低下傾向はほとんど観察されなかった。
3. 筋肉のレオロジーのブナ化による変化は、筋肉タンパク質の減少と組成の変化、およびプロテアーゼによる筋肉タンパク質の質的变化などに起因するものと考えられた。

文 献

- 1) 羽田野六男(1985) ブナ化と成分変化 秋サケの資源と利用(座間宏一・高橋裕哉編) 水産学シリーズ 55 68-83 恒星社厚生閣 東京
- 2) 川合祐史・辻 浩司・北川雅彦・一杉哲郎・相沢 悟(1986) アキサケ筋肉たん白質の熱凝固特性について 北水試月報 43 26-38

- 3) 金子博実・川合祐史 (1989) 秋サケ筋肉-コーン油乳化物とその加熱ゲルの物性に及ぼす NaCl 濃度の影響 北水試研報 33 31-39
- 4) 川合祐史・羽田野六男 (1986) 加熱処理コイ筋肉ミオシンとトリオレインのエマルジョンの流動特性 北大水産彙報 37 326-331
- 5) N. ISO, H. MIZUNO, T. SAITO, F. OHZEKI and L. C. YANG (1984) Studies on the rheological properties of heated carp meats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 50 349-353
- 6) N. ISO, H. MIZUNO, T. SAITO, Z. WANG and M. NARITA (1986) The changes in the rheological properties of fish meats during treatment at high temperatures. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52 1055-1059
- 7) J. FOLCH, M. LEES, and G. H. SLOANE STANLEY (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226 497-509
- 8) J. C. M. STEWART (1980) Colorimetric determination of phospholipids with ammonium ferrothiocyanate. *Anal. Biochem.* 104 10-14
- 9) 小長谷史郎 (1983) 産卵回帰シロザケ筋肉中の高プロテアーゼ活性と軟化融解現象 東海水研報 109 41-55
- 10) K. HASHIMOTO, S. WATABE, M. KONO and K. SHIRO (1979) Muscle protein composition of sardine and mackerel. *Nippon Suisan Gakkaishi* 45 1435-1441
- 11) A. G. GORNALL, C. J. BARDAWILL and M. M. DAVID (1949) Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.* 117 751-766
- 12) 川崎種一 (1980) 回転粘度計による粘性測定の実験 (1) *New Food Industry* 22(4) 57-63
- 13) K. SATO, R. YOSHINAKA, M. SATO and Y. SHIMIZU (1986) Collagen content in the muscle of fishes in association with their swimming movement and meat texture. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52 1519-1600
- 14) 畑江敬子・飛松聡子・竹山まゆみ・松本重一郎 (1986) 魚肉の物性とその魚種差に対する結合組織の寄与 日水誌 52 2001-2007
- 15) 志水 寛・西岡不二男 (1974) マアジ・アクトミオシンと筋形質たん白の熱凝固の際の相互作用 日水誌 40 231-234
- 16) 徳永俊夫 (1985) 利用・加工 秋サケの資源と利用 (座間宏一・高橋裕哉編) 水産学シリーズ 55 97-113 恒星社厚生閣 東京

ヒラメ稚魚の成長と代謝に及ぼす低塩分環境の影響

齊藤節雄・佐々木睦子・李 海鷗
清水幹博・山田寿郎

ヒラメ稚魚の成長と代謝に及ぼす低塩分環境の影響を明らかにするため、塩分濃度の異なる海水(100%、75%及び50%海水)で、配合飼料を給餌し、50日間飼育した。全長、体重の増加率及び飼料効率率は50%海水区で最も良く、次いで100%、75%海水区の順であった。水分、灰分、粗蛋白質含量は塩分濃度が低いほど低く、脂肪含量は逆に塩分濃度が低いほど高くなる傾向を示した。安静時酸素消費量は、100%及び75%海水区に比べ50%海水区で低くなる傾向が認められた。これらの結果から、50%海水区では他の海水区に比べ餌からのエネルギー吸収が良く、基礎代謝に使われるエネルギー支出が少ないため、より良好な成長が得られたと考えられた。

A 164 北水試研報 34 1-8 1990

ヒラメ仔魚期のワムシとアルテミアの給餌量について

森 立成・草刈宗晴・三浦宏紀
齊藤節雄・中島幹二

ヒラメ仔魚の発育に伴うワムシおよびアルテミアの適正給餌量および給餌方法を明らかにする目的で、全長4mmから12mmまでの仔魚を用い、水温18℃で、S型とL型ワムシを1mℓ当たり10個体と5個体、アルテミア孵化幼生を3個体になるように給餌し、各サイズでの飽食時間、飽食量、消化時間、および摂餌量の日間変化を調べた。これらのデータを用いて4mmから12mmまでの各サイズの仔魚10万尾飼育するのに必要な餌料数を試算した。仔魚の飽食量および消化時間から試算した10万尾あたりの日間給餌量は現在の給餌量と比べ、全長5mm以下の仔魚のワムシの給餌量では少なく、また、全長9mm以上の仔魚のアルテミアの給餌量で多い値となった。給餌回数は仔魚の成長に伴う消化時間の変化に応じて、1日に3回および4回とするのが望ましいと考えられた。

A 165 北水試研報 34 9-20 1990

秋サケ筋肉タンパク質の粘性と筋肉のレオロジーに及ぼすブナ化と加熱処理の影響

辻 浩司・川合祐史

秋サケ筋肉全タンパク質溶液(T-P)の流動特性は、非ニュートン性の擬塑性流動であり、粘度は各ブナ度合とも30~35℃処理で最大を示した。20℃におけるT-Pの粘度は、銀毛~BブナではT-P中の筋原繊維タンパク質の割合との間に比較的高い相関が認められた。

未加熱肉では、ブナ化に伴って、硬さと弾性率の低下、粘性の増大傾向が認められ、特に採精ブナではその傾向が著しかった。加熱肉では、ブナ化による硬さの低下傾向が未加熱肉より明白に認められたが、弾性率の低下はほとんど観察されなかった。

秋サケ筋肉のレオロジーのブナ化による変化は、筋肉タンパク質の減少の組成の変化、およびプロテアーゼによる筋肉のタンパク質の質的变化などに起因するものと考えられた。

A 166 北水試研報 34 21-32 1990

北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	046 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi, Hokkaido 046, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯川町1-2-66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町1-133-31 (Funamicho, Muroran, Hokkaido 051, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町2-6 (Hamacho, Kushiro, Hokkaido 085, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市鱒浦31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-31, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町7 (Minatomachi, Monbetsu, Hokkaido 094, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来4-5-4 (Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-14 茅部郡鹿部町字本別539-112 (Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan)

1990年3月31日 発行

編集兼
発行者

北海道立中央水産試験場
北海道余市郡余市町
電話 0135 (23) 7451 代
FAX 0135 (23) 3141

印刷所

日東印刷株式会社
小樽市相生町7番4号
電話 (0134) 23-1559 番