

# サクラマス幼魚の変態に及ぼす 環境要因の影響について (予報)

(委嘱) 久保達郎  
(北海道大学水産学部)

## A Preliminary Study on the Effects of Environmental Factors upon the Attainment of the Smolt Stage in Juvenile *Masu* Salmon.

Tatsuro KUBO  
(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

The influences of some environmental factors upon the changes of the body colour and the osmoconcentration of blood of juvenile *masu* salmon (*Oncorhynchus masou*) during the smolt transformation, which respectively represent the external and internal features of the metamorphosing fish, were experimentally investigated.

In the experimental fish under night light beyond the normal daylight, the mid-smolt characteristics became apparent faster than in the controls, but the transformation from mid to post-smolt was markedly delayed. In addition to these factors, there was found a tendency for the silver phase of the experimental fish to be maintained for a long time.

The relatively higher water temperature (10~14°C) effected the acceleration of metamorphosis in fish. Particularly the post-smolt features in the fish reared at higher temperature appeared notably earlier than in those reared at the lower temperature (4~7°C).

Transformation of the fish reared in shallow water (about 30 cm depth) tended to be delayed in comparison with those reared in deep water (about 110 cm depth).

サケマス類の幼魚の降海に先立つ変態の発現と環境との関係については、Hoar (1953) は光週期が主として変態を支配するものであろうと推測し、又久保 (1955) は血液に示される変態の特徴と水温との関係について観察している。しかし乍らこれらを例証すべき実験的研究は殆ど行われていない。

久保 (1956) は先にサクラマス (*Oncorhynchus masou*) の幼魚のスマルトの出現率と成長度が光処理によって変化する事を示した。その後同様の実験を重ね、光処理が魚の変態時の外観及び血液の性状に対しても大きい影響を与える事を知つた。又水温及び水深と変態との関係についても一、二の実験を行つた。ここにその結果の概要を報告して一般の批判を乞う次第である。

本研究の大部分は 1956 年—1959 年、北大水産学部七飯養魚実習場に於て行われた。

魚の飼育管理に関しては吉田弘、山本晋太郎両氏の労を煩した。実験材料であるサクラマスの種苗 (発眼卵) の準備については北海道さけ・ます孵化場特に尻別事業場の長谷川友之助氏の厚意を戴いた。北大水産学部山本  
北海道さけ・ます・ふ化場研究業績 第 151 号

喜一郎教授からは有益な批判忠言を戴いた。ここに記して上記の各位に深甚の謝意を表する。  
尚本研究の一部は北海道科学研究費補助金によつた。

### 光の影響に関する実験

1956 年夏より 1959 年春にかけて下記の三系列の実験が行われた。

A. 1956 年 7 月—1957 年 12 月    B. 1957 年 5 月—1958 年 12 月    C. 1959 年 1 月—1959 年 6 月  
各系列の実験共サクラマス<sup>1</sup>の幼魚を略々同数の二群に分け、その一群には正常の日照の外、夜間 100 W 電灯で照明を与え、他の群を対照とした。両群は先に関する処置以外全く同一の条件で飼育された。その詳細は久保 (1956) に示す通りである。

実験 A 及び B の場合は全長約 4 cm の稚魚の時期より飼育を始めたのに対して、実験 C の場合はすでに変態の徴の現れ始めた魚を用いた。

#### 実験 A 及び B

放養の翌年の春 (A では 5 月 10 日, B では 6 月 2 日), スモルト後期\*に達した魚を取り上げ、外観上の変態並に血液の性状を調べた。血液の処理方法に久保 (1953, 1955) によつた。A, B 何れかに於ても実験群, 対照群共に外観上の中期を過ぎていたが、しかし対照群の魚の銀白化の著しいのに比べると実験群のそれは極めて僅か乍らグアニンの沈着が薄い傾向が見られた。実験 A における両群の典型的個体を比較すれば第 1 図の通りである。

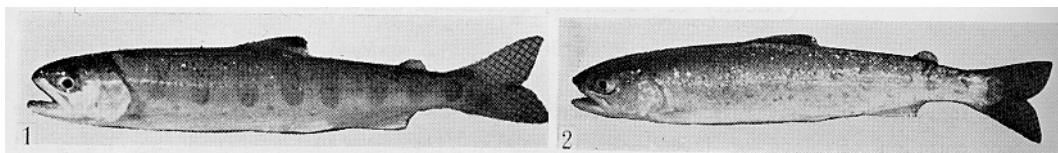


Fig. 1 Comparison of the outward appearance between the illuminated fish (1) and the control (2) during the post-smolt stage, May 10, 1957

血液の諸性状の中で変態と密接な関係があると考えられる氷点降下度と塩分含量とを調べた結果は下に示す通りである。

		Freezing point Δ.°C	Cl <sup>-</sup> content mg/dl
Exp. A	Illuminated group	0.68	420
	Control group	0.67	390
Exp. B	Illuminated group	0.66	405
	Control group	0.65	390

即ち A と B のいずれの場合にも氷点降下度, 塩分含量共に光処理をされた群よりも対照群の方が低い事は特徴的である。久保 (1955) は 5 月末より 6 月初にかけてサクラマスのスモルトの血液の滲透濃度が低下し、これが海水への移行と深い関係がある事を暗示したが、本実験に於ける対照群の魚の血液は明にそのような濃度低下の相にある事を示すものである。

光処理された魚の血液が濃度, 特に塩分含量に於て対照のそれよりも高い事は少くとも魚体内部の特性に於てスモルト後期に到達していない事を示すようである。この事と第 1 図の写真と併せて考えるならば、変態の正常でない事と光処理との間に深い関係があるものと見ているようであろう。

これらの魚は引つづき飼育されたが、光処理をされた群に於てはかなり遅く迄そのスモルトの相の外的特徴が維持された。特に実験 A に於てはその傾向がよく認められ、12 月に至つてもその状態が見られた。但しその体色は幾分紫色を帯びた銀白色であつた。その血液の滲透濃度は下記の通りで実験 A に於ては明に実験群, 対照群の間に差異が認められ春に於ける場合とは逆にむしろ光処理された魚の方が血液の滲透濃度に於て低く、後期ス

\* スモルト期の区分に関する術語について：久保 (1955) は先にスモルトの段階を前期, 後期に二区分したが、その後の研究 (未発表) で次の三段階を区分定義している。スモルト前期 (Pre-smolt stage) スモルト中期 (Mid-smolt stage) スモルト後期 (Post-smolt stage) 本文中にこれら未発表の術語を引用した。

サクラマス幼魚の変態と環境要因との関係について

モルトの状態にあつた。

		Freezing point $\Delta$ .°C	Cl <sup>-</sup> content mg/dl
Exp. A	Illuminated group	0.66	400
	Control group	0.68	420
Exp. B	Illuminated group	0.67	390
	Control group	0.67	390

実 験 C

1月10日実験池に放された魚は3月上旬以来変態の過程を追つて5回の観察が行われた。但し3月9日並に4月1日の採血の材料は両群共魚の数が少いため対照群と殆んど同一の条件に飼育されていた別の群より採られた。

魚体の外観は3月9日の観察では実験開始当時とはそれ程大きな差は無く、両群共変態は余り進んでいなかった。

4月1日に於ては光処理された群はやや変態が進み、特に背ビレ末端の黒化が明となつた。

4月21日の観察に於ては両群の差は極めて明で、最も特徴的な差異は対照の魚は一般に側線部並に尾ビレ下部が薄い紅色を呈しているに反し光処理をされた魚はそのような紅色は殆んど消失し、しかも銀白色の度合が対照のそれに勝つていた。

5月8日の観察に於ては両群共に外観上かなり進んだモルトの状態にあつたが、しかし光処理をされた魚は対照が銀白色の後期モルトとなりパーマークが見えなくなつていたのに比べて幾分変態の遅れている傾向が認められ、これは丁度実験Aの場合と良く似ていた。

6月10日の観察の結果では、光処理をされた魚は完全な後期モルトの外観を呈していたが、対照のそれは5月8日の場合よりも一般に銀白色の度合が僅かにうすくなり且紫色を帯びる傾向が認められた。

この系列に於ける血液の滲透濃度の変化を示せば第2図の通りである。比較のために同じ季節の天然のモルト

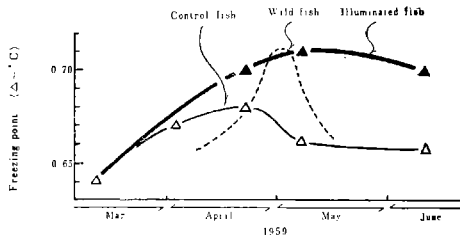


Fig. 2 The effect of light on the osmoconcentration of blood of the metamorphosing fish; the data for the wild fish were cited from an unpublished study by the writer

トより得られた資料(久保, 未発表)を引用してかかげた。

対照の魚の血液の滲透濃度は3月初より4月末にかけて徐々に上昇し、外観上のモルト中期にはピークに至り、完全な銀白化の時期即ちモルト後期に於ては再び下降している。しかも上昇のピークに於ても0.7°Cに達しない。これに反して光処理をされた魚の血液に関するカーブは外観上の変態の進捗と併行するように初の上向きの傾斜は比較的急であり、モルト中期には天然のモルトの血液のそれと殆んど同一の値を示すに至る。しかしその後の下向きの傾斜は比較的緩かであり、この事もモルト中期より後期に至る外観上の変化の著しくない事と相似た現象である。

以上三系列の実験を総合して考察すれば次の事を推論し得る。即ち光処理がサクラマス幼魚の降海前の変態に対す

る影響は極めて有意的でもあり、変態の初期に於てはその促進に、後期に於てはその停滞に役立つような傾向にある。このような現象は鳥類の毛換りが長日処理によつて抑制される現象(小林, 1954; 1955)と一部類似した面を有しており、恐らく甲状腺機能の調節と関係があるものであろう。

温度の影響に関する実験

サクラマス幼魚の変態が果して水温の影響を受けるか否かを検するため、1956年春、簡単な予備的観察を行った。即ち水温以外の条件の良く似た二つの池に前年の秋より飼育され、5月21日、変態の末期に至つた二群の魚の血液の性状を比較した所下記のような差異を見出した。

	Density Sp. gr.	Water content %
Higher temp. group	1,0323	91.5
	1,0301	88.5
	1,0412	87.5
	1,0376	
Lower temp. group	1,0495	85.0
	1,0413	85.5
	1,0528	81.2
	1,0442	84.3

即ち低温水中の魚は明に高温水中の魚よりも濃い血液を有する事が推測された。

1958年6月2日、再び同様な観察を行つたが、前回の場合と同じく温度が変態に深い関係を有する事を知つた。

	Freezing point Δ-°C	Cl <sup>-</sup> content mg/dl	Density Sp. gr.		Water content %	
Higher temp. group	0.65	390	1,0364	1,0412	85.0	88.0
			1,0371	1,0413	88.3	87.6
			1,0381		87.0	82.6
Lower temp. group	0.67	480	1,0425	1,0432	89.1	87.5
			1,0377	1,0441	85.2	88.0
			1,0427	1,0450	87.5	86.0
					85.5	86.0

1959年春、室内に於て温度調節装置と水の循環濾過装置を具えたガラス水槽を用い、水温の影響に関する実験的観察を行つた。

3月7日、僅に変態の徴の現れた幼魚を10尾宛の二群に分け、各々25ℓのガラス水槽に入れ、24日間飼育したが、この間一方の水温は7°Cより逐次上昇させて13.5°Cに至らしめ、一方は対照として水道水の温度(4-6.5°C)に保つた。両群に昆虫の水棲幼虫を与えたが何れもよくこれを食ひ、特に後半期に於ては高温処理の魚は他に比して著しく活発に食を求めるようになった。実験開始10日目には高温処理の魚ではすでに体色の銀白化が認められ、20日目頃には益々その傾向が著しく、背ビレ末端の黒色化も目立つて来た。

3月30日全部の魚を殺して採血し、外観の比較を行つた。高温処理をされた魚の全てがその色相に於て末期のスモルトの状態になつていたが、低温水に飼育された魚は実験の当初より僅に変態が進んだ程度であり、グアニンの沈着も極めて微弱であつた。

血液の性状を比較すれば第1表に示す通りで、氷点降下度、塩分含量及び比重に於て実験群は対照群よりも低

**Table 1** The effect of temperature on some characteristics of blood of the metamorphosing fish

	Freezing point Δ-°C	Cl <sup>-</sup> content mg/dl	Density Sp. gr.		Water content %	
Experimental group (Higher temp.)	0.65	405	1,0362	1,0399	88.4	88.2
			1,0371	1,0383	88.1	87.5
			1,0392	1,0378	86.5	86.8
			1,0362		86.8	
Control group (Lower temp.)	0.67	410	1,0387	1,0411	87.8	85.3
			1,0396	1,0390	86.5	87.5
			1,0433	1,0430	84.4	

い値を示しており、且水分量に於ては実験群の方が多い傾向にある。尚本実験に於ける対照群と池中に普通に飼育された魚とは外観及び血液性状に於て極めて似た状態にあり、対照群の変態はその季節に於ける正常のものであると考えられる。

実験群に於ける血液の濃度の低下と外観上の著しい銀白化とを併せて考えるならば高温処理が後期スモルトの

## サクラマス幼魚の変態と環境要因との関係について

状態を招来する事に役立つ事は明である。しかし乍ら光処理の場合に見られたような変態中期の血液の滲透濃度の上昇を確認し得なかつた。

### 水深の影響に関する実験

1957年2月15日、僅に変態の徴の現れ始めた幼魚を略々同数の二群に分け、同形の二つの池に放した。一つの池の水位を約110cmとし、他のそれを約30cmとした。その他の条件を全く同一として8月7日迄飼育を続け、その間4回標本を採り外観上の変態並に血液の性状を比較した。

4月25日の観察では高水位群は変態が正常に進み中期スモルト期に到達したが低水位群の変態ははるかに遅れていた。

5月22日の観察では高水位群の殆ど全個体が完全に銀白化して後期スモルトとなつていたが、低水位群のそれはまだ中期スモルトの状態であつた。

6月1日の観察では両者共完全な後期スモルトの状態になつていた。

8月7日の観察では低水位群に於ては大部分の個体はその銀白色と背ビレ末端の黒色を失う傾向にあつた。しかし高水位群に於てはそのような傾向は著しくなかつた。

血液の滲透濃度の変化を見れば第3図の通りである。但し高水位群の初の2回の(3月2日、4月8日)の観

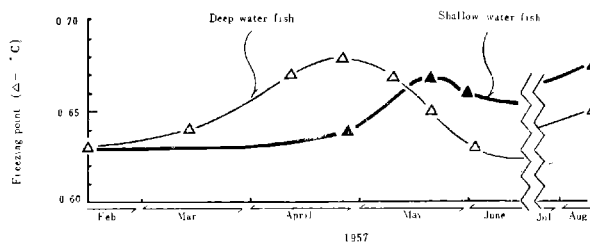


Fig. 3 The effect of water depth on the osmoconcentration of blood of the metamorphosing fish

察値及び5月10日のそれは殆んど同一の条件のもう一つの別の群より採つた標本によるものである。

両群のカーブには同一形状の上昇と下降が認められ、それぞれのピークの現れる時期は丁度外観上の中期スモルト期に該当する。

同様に濃度低下の時期は外観上の後期スモルト期である。高水位群に於ける中期スモルト期は第1図に示した自然生活のスモルトの時期と殆んど同一である。従つて水位の著しく低い事は魚の変態が正常のものよりも遅れる事と関係があるようである。

### 摘 要

外観並に血液の性状の変化を実験的に観察することにより、サクラマス幼魚の降海前の変態(ギンケ化)に対する環境要因の影響を調べた。

正常の日照以外に夜間照明される場合、初期の変態は促進され、後期のそれは停滞する傾向がある。

水温の上昇により一般に変態は促進され、特に後期に於てはそれが著しい。

低水位の場合には高水位の場合よりも変態が遅れる傾向がある。

### 文 献

Hoar, W. S. (1953). Control and timing of fish migration. *Biol. Rev.*, **28**, 437-452.

久保達郎 (1953). 日本産サケマス類の洄游時における血液について、第1報 血液の水点降下度. 北大水産彙報, **4**, 138-148.

久保達郎 (1955). サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の Smolt の降海途中に於ける血液性状の変化. 北大水産彙報, **6**, 201-207.

久保達郎 (1956). サクラマス幼魚の変態と成長に及ぼす光の影響, 孵化場試験報告, No. 11, 19-23.

Kobayashi, H. (1954). Effects of lengthening daily period on molting, thyroid and thyrotropin content of the pituitary body of the canary. *Annot. Zool. Japon.*, **27**, 19-21.

Kobayashi, H. & Okubo, K. (1955). Prolongation of molting period in the canary by long days. *Science*, **121**, 339.