

# 鮭 *Oncorhynchus keta* (W.) 仔魚期の卵黄吸収に伴う諸形質の変化について<sup>1)2)</sup>

白石 芳一 (淡水区水産研究所) ・ 内 田 至 (江ノ島水族館)

On the morphological changes of the salmon fry with the absorption of yolk

SHIRAISHI, Y. & I. UCHIDA

## 目 次

は し が き

調査方法——実験材料、測定法、飼育水温

臍囊の形態的变化

卵黄吸収と相対成長の屈折点について

卵黄吸収と肥満度について

卵黄の増肉係数について

卵黄の吸収状態と生態との関係

摘 要

引 用 文 献

## は し が き

鮭 *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) は吾国における漁業対象の重要なものの一つで、多大の国費を用いて人工孵化放流、漁法制限等の管理により資源の維持増殖につとめていることは今更述べるまでもない。然るに本種の降海後の生態は勿論、産卵期における水産生物学的研究さえも未だ充分であるとは言い難く、人工孵化放流の効果を検討する場合の資料は極めて乏しい状態である。

一方本種が孵化後降海するために、長期間の淡水飼育は極めて困難とされ、わずかに、CHIN, Z. & K. KURODA (1935), 矢部 (1938), 松井、小暮 (1941) 等の1年ないしは2年の淡水での飼育記録があるにすぎない。又最近小林外 (1953) は甲状腺活動の面から鮭を人工的に陸封する研究を行つているが、鮭の淡水飼育が可能になれば、実験的にその形態変化や生態等を追求して、海における形態的生態的研究の基礎的資料とする事が出来、更に他の鮭鱒に準じた養殖魚としての可能性を生じ、その得る所は大きい。

以上の目的で1953年11月以降本研究所にて鮭の長期飼育が試みられて、1年半以上多数の鮭が元気に発育した。本報告はその一部として仔魚期の形態学的変化について調査したもので、寡聞にして未だこの種の研究についての文献に接しないので、<sup>3)</sup> ここに不備を省みず一応発表して諸兄の御批判を仰ぐ次第である。

本研究の材料たる鮭卵の入手については水産庁五十嵐技官の御配慮を賜つた。又鮭の孵化及び飼育管理は本研究所吉原、丸山両氏が担当し、又研究の推進にあつては本研究所々長黒沼勝造氏に負う所が多く、又加福技官には種々御教示を賜つた。以上の諸氏に対しここに深謝の意を表する次第である。

1) 陸封性鮭鱒類の研究 第2報

2) 淡水区水産研究所業績 第22号

3) ワシントン大学 R. Van CLEAVE 博士の私信によるもこの種の研究に関する文献を知る事が出来なかつた。

## 調 査 方 法

### 1) 実 験 材 料

本実験に使用した材料は1953年10月12日、北海道さけます孵化場西越支場において捕獲された親魚（雌48尾、雄20尾）から採卵したもので、同年11月10日発眼し、11月30日、東京日本橋三越で開催中の展示会に空輸され、展覧後淡水区水産研究所で孵化発育したものである。孵化は同年12月6日に5尾、他は総て12月11日、12日の両日に孵化したので、便宜上12日を孵化日と定めて孵化後の日数を算定した。調査尾数は540尾で主として飼育中のものを適時10%フオルマリンで固定保存した。

給餌は臍嚢を吸収した直後は鶏卵黄、牛肝等を適度に混合して与え、その後逐次植物性餌料を混合して与えた。

### 2) 測 定 法

卵黄はその外部を被っている卵膜を除いて、ガーゼでよく水分を除いた後、500mgまで測定し得るトーションバランス又は上皿天秤（感度0.1gr）を用いて測定した。

体長は標準体長即ち吻端より最終脊椎骨までを測定した、即ち孵化後間もない仔魚においては顕微鏡下で下方から強い光を投射して脊椎骨の末端を決定した後、マイクロメーター（精度1/200mm）を用いて測定し、臍嚢吸収後の魚体ではすべて尾部を解剖し、脊椎骨を露出し、時計修理用ルーペ及びキヤリパス（精度1/20mm）にて測定した。

背鰭、臀鰭の基底長の測定にはその第一軟条基部より最終軟条基部までを測定し、胸鰭はその基部より最先端までの長さを測定したが、これ等の孵化後間もない個体の半透明膜質の鰭は黒色紙にのせて測定部位を明らかにして測つた。又眼径は眼球の直径を以て、頭長は吻端部より鰓蓋骨の末端までを測定した。

### 3) 飼 育 水 温

飼育水は全て湧水を使用した。湧出口では余り差がないが（15°～16°C）、池水温は気温の影響を受けて、その旬間平均水温の最高は8月上旬の18.8°、最低は1月下旬の13.5°Cと相当の較差を示している。

さて北日本における鮭の人工孵化に使用する水温は平均8°C内外で、これからみると本飼育中の13.5°～18.8°Cは鮭の孵化又は飼育水温としては極めて高いものであり、それにも拘わらず大部分が良好な状態で孵化し、且つ1年5ヶ月後なおその一割余が生育した事、更に孵化後の鱗相や脊椎骨数等の形態にこの高温が如何なる影響を及ぼしているかは鮭の知見として興味あるもので、それらについては測定調査を進めた上、報告することにする。

## 臍 嚢 の 形 態 的 変 化

臍嚢内の卵黄の化学的成分が孵化後如何に変化して行くかについては高田(1931)、関根(1921, 1932)等により詳しく研究されているので、ここでは臍嚢の外部形態の変化について述べる。

孵化当初魚体の5～6倍の重量のある卵黄が、その後日時の経過と共に漸次吸収されて行く様子は第1図に示した如くで、孵化当初腹部についている臍嚢は細長く下方に垂れているが、（第1図A）間もなく運動が活潑になってくると、矢印にて示した如く次第に後方に扛挙すると共に紡錘形に変つてくる（第1図B）。この事は重い臍嚢を下げた魚体の運動を容易にするための適応変化と思われる。

その後卵黄が次第に吸収されると同時に腹膜が延びて臍嚢を包み、卵黄は腹腔内にかくされ、次第に腹面に於て左右両側の皮膚が合着する。この後暫らくの間は外観的にみて、腹部が黄色を呈するが、これは卵黄でなく幽門垂の色がみえるので、この期の卵黄は細長い糸状を呈し、消化

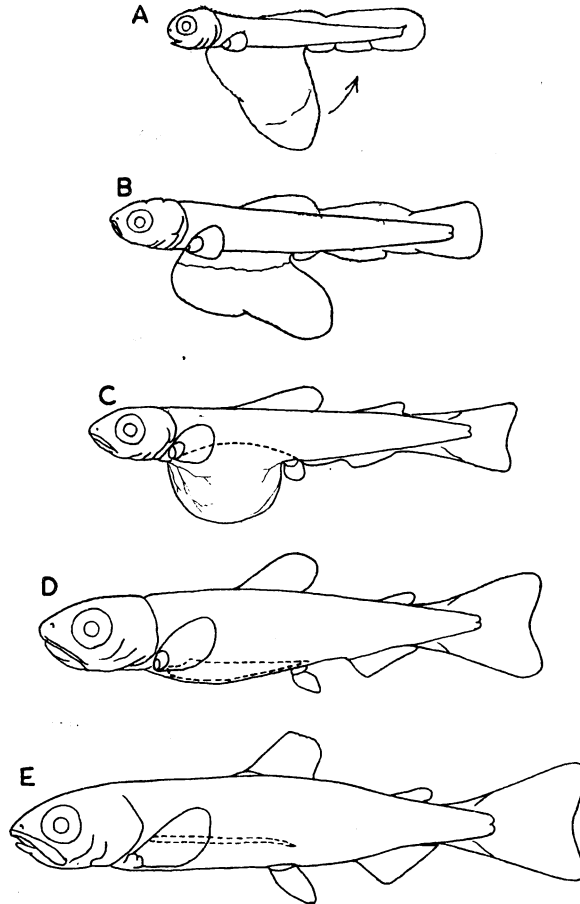


Fig. 1. サケの孵化後の卵黄吸収状態を示す。Aは孵化直後（標準体長 16.0mm）、Bは孵化後10日（21.0mm）、Cは孵化後20日（25.5mm）、Dは孵化後35日（30.5mm）、Eは孵化後49日（33.0mm）、点線は腹腔内における卵黄の位置を示す。

管に沿って腹中深くに残っている。（第1図D、E）

### 卵黄の吸収と相対成長の屈折点について

J. S HUXLEY (1931) が发育途上の形態変化を相対成長の問題として取扱つて以来、多くの研究者がこの問題を研究した結果、体全部の大きさ又は標準部位  $x$  と一器管の大きさ  $y$  の間には

$$y = ax^b$$

なる関係が成立つことが明かにされた。この式は相対成長の式 (Allometric equation) 又は相対成長函数 (Relative growth function) と呼ばれ、 $a$ ,  $b$  は共に常数で、 $a$  は基本係数又は始原成長指数 (Initial growth index)、 $b$  は成長係数又は相対成長係数 (Growth coefficient or equilibrium constant) と呼ばれる。この両辺の対数をとると

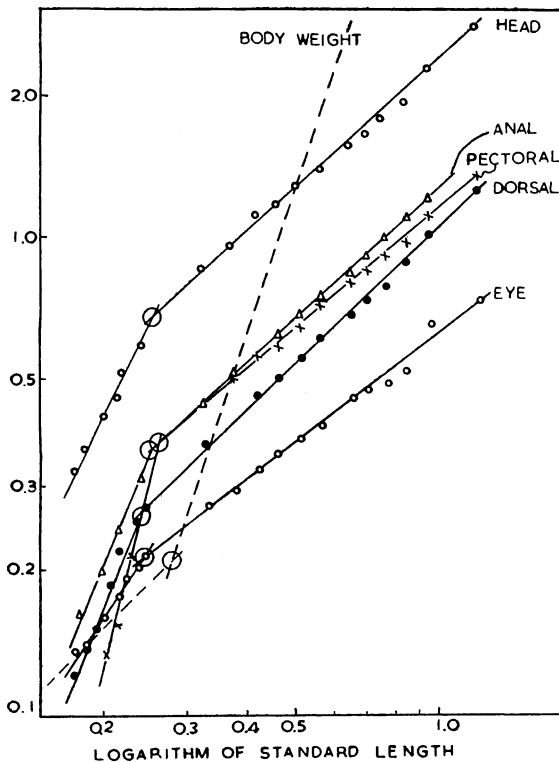
$$Y = A + bX$$

の一次式となり直線で現わされる。

今横軸に標準体長 (cm) の対数、縦軸に頭長、背鰭及び臀鰭の基底長、胸鰭長、眼径、体重等の対数をとれば夫々第1表及び第2図の様な直線が得られ、各々が折線となり、その屈折点はいずれも標準体長 2.50~2.95cmの間 (平均  $2.68 \pm 0.216$ cm) に起つている。

第 1 表 屈折点前後における標準体長に対する他の部分の相対成長曲線及び屈折点

x(cm)—y(cm 又は gr)	屈折点前	屈折点后	屈折点
標準体長—頭長	$y=0.100$ $x^{1.8971}$	$y=0.285$ $x^{0.9060}$	2.75
〃 一眼径	$y=0.053$ $x^{1.5885}$	$y=0.112$ $x^{1.1584}$	2.50
〃 一背鰭基底長	$y=0.046$ $x^{1.9544}$	$y=0.115$ $x^{0.944}$	2.50
〃 一胸鰭長	$y=0.024$ $x^{2.6374}$	$y=0.135$ $x^{0.9489}$	9.90
〃 一臀鰭基底長	$y=0.043$ $x^{2.3390}$	$y=0.155$ $x^{0.8999}$	2.50
〃 一体重	$y=0.003$ $x^{3.9088}$	$y=0.008$ $x^{3.1146}$	2.95
			$x=2.68$ $\pm 0.216$ $\sigma=0.0427$



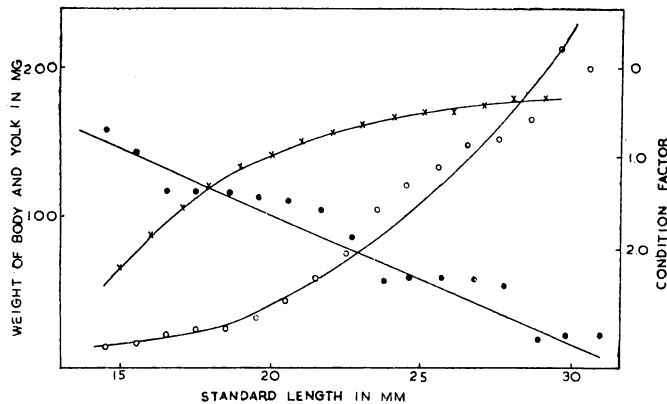
第 2 図 標準体長に対する体各部の部分成長曲線  
横軸は標準体長 (対数), 縦軸は体各部の重量又は長さ (対数), 大円は屈折点を示す。

体が見られ (第 1 図 E)、屈折は卵黄が完全に吸収されなくても卵黄のみでは体の栄養が充分に供給し得なくなつた時期に起るものと考えられる。尙体長体重関係の屈折点は標準体長 2.95 cm の所にあり、他に比して多少遅れているがこれは卵黄の完全吸収の時期と関係があると思われる。

卵黄の吸収された時期は今迄卵黄とゆう理想的栄養源のみに頼つて来た仔魚が、外界から積極的に餌をとらねばならない時期であり、このことが生理学的に各器官の成長速度を変化せしめ、従つて形態学的には屈折点をひきおこす重要な内的原因と考えられる。同時にこの生理学的変換

さて MARTINE(1949) によれば魚類の成長における屈折点は鱗の現われる時期、化骨期、生殖巣の発達し始める時期、性的に成熟した時期等に起きると云う。然し乍ら以上の  $2.68 \pm 0.216$  cm の屈折点はこの何れにも該当しないと思われ、この屈折点附近で何か他に生理的、生態的变化が起つているかどうかを考えてみるに、その最も大きい変化は卵黄の吸収であろう。そこで上記標準体長  $2.68 \pm 0.216$  cm で起つている屈折点が臍囊中の卵黄吸収と密接な関係があるかどうかをみるため、孵化後の卵黄重量の変化と体長の関係を調べてみた。その結果は第 3 図に示す如く、卵黄は階段状の減少をしている事を知り、かつ卵黄の吸収される時の体長が大体標準体長で 28mm 前後で、屈折をおこしている体長より僅かにおそいことが明らかになつた。

但し卵黄吸収の状態を詳しくみると 28mm 以後でも時には 38.4mm までも糸状の卵黄が残存している個

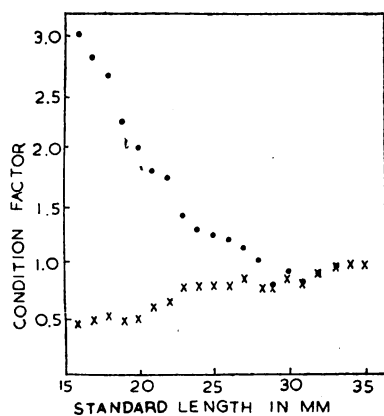


第3図 体重(○印)と卵黄重(●印)の増減より算出した卵黄の増肉係数(×印)と体長の関係

次に屈折を起す前の形態の変化について K. H. DOAN (1939) は Bass の仔魚について胸鰭、臀鰭等は眼径、頭長等よりも体長との成長の比率が大きいと述べているが、鮭についても同様で成長係数は胸鰭、臀鰭は夫々2.6374, 2.3390、眼径、頭長は 1.5885, 1.8971 で前二者の方が遙かに大きな値を示している。即ち胸鰭、臀鰭等は眼径又は頭長よりも標準体長に対する成長がより大きい事を示すもので、この事は孵化後の仔魚に於て意義がある様に思われる。即ちこれ等各鰭は浮上迄は重要な器官ではないが、浮上及びそれ以後の生活に於ては欠く事の出来ない重要な運動器管であり、従つて体長との均衡をとるべく臍嚢吸収に伴つて速かに發育して来るものと思われる。

これに反し眼は孵化機構において特に重要な役割をつとめていると思われるが(白石未発表)、一応孵化が終つた後では体との不均衡を回復する様、ゆるやかに發育してくるものと思われ、頭長は眼の發育に順応して行われているものと思われる。

### 卵黄の吸収と肥満度について



第4図 卵黄を加へての体重(●印)と除いての体重(×印)より算出した肥満度の変化

孵化直後より体長3.5mm迄の魚体につき、臍嚢を有する時とそれを除いた時について K. D. CARLANDER (1953) の図表より肥満度  $K = 100 \frac{W}{L^3}$  を求め、図示すると第4図の如く、孵化当初は両者の差は著しく大きく、卵黄が吸収されるにつれて急激に前者の値が小さくなり、屈折を起した直後において卵黄が完全に吸収されると共に両者は一致する。しかして魚体のみの肥満度は孵化当初は極めて小さく、0.5内外を示すが、20cm 前後より次第に増加し卵黄吸収完了の頃には1.0に近づく。勿論成体における肥満度は3.0に近いから、その後更に増大を続けるものと思われる。

### 卵黄の増肉係数について

養殖魚に与える餌料がどの位の割合で魚肉に変つて行くかを一般には増肉係数として表わしている。即ち今或時の体重を  $W_0$ 、それから一定時後の体重を  $W_1$ 、その間の

点の一つの Critical point (加福 1954) であり、養殖業者間では言われている如く魚の"落ち"の最も多い時期にあたつている。

かくの如く卵黄吸収より摂餌への変換点が屈折の起る時期であり、従つて一つの危険な時期であるとすれば、臍嚢の栄養分と外界の栄養分との比較研究により、この時期の斃死を最小限に留める方策が求められるべきであろう。

総投餌量を  $F$  とすれば増肉係数は  $f = \frac{F}{W_1 - W_0}$  で表わされる。

そこで卵黄を有する鮭仔魚においてその卵黄の減少と魚体重の増加の割合から卵黄の増肉係数を求めた。

先ず孵化前より卵黄吸収迄の標準体長  $x$  に対する体重  $y$  の増加の割合は、 $y = 0.0038x^{3.9088}$   
 $0.50 > P[x^2 < 18.0173] < 0.20$ , 又卵黄の減少は第4図の如く階段状になるが、これを一つの直線とみなして卵黄  $Z$  の標準体長  $x$  に対する割合を最小自乗法で計算すると、

$Z = 279.662 - 8.822x$   $0.50 > P[x^2 > 30.1568] > 0.01$  となり、後者は  $x^2$  の検定の結果余り当てはまりの度合は良くないが、大体の傾向を示すものとして、この二つの式の  $y, z$  を増肉係数の式に代入すると

$$f = \frac{z_a - z_{a-1}}{y_{a+1} - y_a} = \frac{88.2(x_{a+1} - x_a)}{0.00038(x_{a+1}^{3.909} - x_a^{3.909})} = \frac{23215(x_{a+1} - x_a)}{x_{a+1}^{3.909} - x_a^{3.909}}$$

となり、この式から計算した増肉係数は第4図の如くなる。これによると卵黄の増肉係数は孵化当初に於ては大きな値2.23を示し、卵黄の餌料効率は余りよくないが、日数の経過と共に漸次減少しその餌料効率がよくなっている。尚卵黄が完全に吸収される頃には増肉係数は0.3程度になるが、その後外部より摂餌するので、餌料効率は悪くなり増肉係数は急に大きな値をとる様になると思われる。

さて関根(1921, 1932), 高田(1931)等は鮭の受精卵から仔魚に至るまでの生化学的、膠質化学的研究に於て共に、孵化後の仔魚が卵黄の吸収に伴つて体内に多量の水分を取入れる事を指摘している。尚高田(1931)によれば乾燥物質の絶体量は孵化迄は著しい変化がなく、孵化後逐次減少して行く。この事は孵化後の稚魚が未だ栄養を外よりとらず臍囊中の卵黄を吸収利用している事を示しており、乾燥物質量は減少して行くのに全体重が増加して行くのは、発育過程において仔魚が水分を多量に吸収するためであると述べている。このことは仔魚の増肉係数が小さくなっている事からも考えられる。

以上の事から孵化後の仔魚はその初期においては水分の吸収が少く、増肉係数が大きい、卵黄の吸収消化に従つてその減少量以上の水分を体外から吸収して体を構成して行くため所謂増肉係数は逐次小さくなり、卵黄の餌料効率は卵黄の完全吸収時まで見掛上逐次大きくなる事になる。一般にサケに近いニジマスでの増肉係数は2.5~5.0と云われているが、サケの卵黄では2.0~0.3で極めて小さく、仔魚にとつて如何に良好なエネルギー源であるかが推定される。

### 卵黄の吸収状態と生態との関係

次に鮭仔魚の卵黄の減少傾向は、前述の如く一応直線として示したが、実際は第4図に見る如く三つの段階をもつて減少して行く。

最初の段階は体長16.5mm附近に現われる、これは孵化当時の体長に相当し、今迄卵膜内部にあつた仔魚が、孵化し又環境条件の異つた所に出るので、体の物質代謝が盛んになり、急激に多量の卵黄が消費されるものと考えられる。

また第2回目の急激な減少は体長23.5mm附近で起きているが、これは砂礫中に埋れていた仔魚が、その間を縫つて河底に這い出る所謂浮出期に相当するのではないかと思われるが、この点今後の研究に待たねばならない。

最後の卵黄の急激な減少は相対成長に於ける屈折点を起している時と一致する。この時期は大體卵黄を吸収し終つた時であり、仔魚は愈々流水中に浮上する時期であり、浮上運動によつて多量の卵黄を消費するものと思われる。

その後游泳生活に入ってから即ち 28~29mm 以後は胃中に摂取した餌料も見られ、卵黄は僅かに細い針状となつて残つて居り、(第1図 D, E) その吸収は極めて緩慢で、時に標準体長38 mmの魚体でも卵黄が見られた。

さて以上の卵黄の吸収過程が三段階に分かれ、それが各々生態的に孵化期、浮出期、浮上期の三つの特に活動の著しい、従つてエネルギー消費の激しい時期に相当するものとすれば、この三つの時期こそ斃死の多い仔魚期の中でも特に危険な時期ではなからうかと考えられる。

又自然状態でない孵化槽の中でも以上三つの時期には卵黄がより多く吸収されることは、これ等の時期の活動が外界の条件によつて起るものでなく、内的条件としてははじめから具わつていて考えざるを得ない。

## む す び

鮭に限らず一般鮭鱒族の産卵生態は他の魚族に比して特に観察し易い様な浅所で行われ、かつその産卵行動が特異であるので古くより研究者の注意を引いてきたが、これ等の自然に於ける産卵孵化状態に関する知見は、これ等魚族の人工孵化の効果を検討し又有効に実施するには未だ不充分的状態にあると思われる。

筆者等は偶々鮭卵を入手、飼育する機会を得、その仔魚期の形態的变化より推察して、少くとも仔魚期の間いくつかの変化の著しい時期が存在することを推定した。即ち卵黄の吸収状態から、孵化期、浮出期、浮上期の三つの卵黄吸収の急激な時期がみられ、特に卵黄が吸収され尽して、外界より餌料を摂取するために浮上する時期は体の各部の成長率が変化する事によつても伺われる様に仔魚にとつて最も危険な時期であり、実際養殖家もこの時期に最も落ちが多い事を認めている。

然し乍ら自然の場合には恐らく巧妙な "しくみ" により、これ等仔魚はさまで多くの斃死魚を出さずに浮上し、その多くは大海へ降下して行くことであろう。

人工孵化効果を高めるためにも又検討するためにもこれ等の点は更に深く自然の妙に学ぶべき点があらうと推察される。

又一方鮭としては上記の如く異常なる高温湧水中で孵化発育した材料から得た結果であつて、天然産卵場の水温に近い北海道はじめ北日本の孵化場において同様な結果が認められるであろうか。これ等については更に今後研究の機会を待つと共に先輩諸兄の御教示を願う次第である。

## 摘 要

- 1) 本研究は本研究所の湧水池 (水温 13.5~18.8°C) の異常なる高水温中で孵化飼育された鮭の仔魚期について、卵黄の吸収を中心にして形態的变化を追求した研究である。
- 2) 孵化直後仔魚の臍嚢は下方に垂れ下つているが、間もなく体軸と併行になり且つ紡錘形になり、仔魚の運動に便なる形態をそなえる。
- 3) 標準魚長に対する頭長、眼径、背鰭及び臀鰭基底長、胸鰭長、魚体重等の成長をみると、夫々標準体長で 2.50~2.95cm (平均 2.68±0.216cm) 附近に屈折点がある。この点は卵黄が略吸収され、外界より餌料を摂取しはじめる時期と一致し、生理学的変化が屈折点の生じた原因と思われる。
- 4) 各鰭の成長率が大きいのは、卵黄吸収による摂餌のため浮上する時の準備と考えられる。
- 5) 肥満度は孵化当初0.5内外であるが、漸次大きくなり、卵黄吸収完了時には1.0内外となる。
- 6) 標準体長に対する卵黄の減少曲線と、体重の増加曲線から増肉係数を算出すると、孵化当初は2以上であるが、卵黄吸収完了時には0.3程度となり、見掛の上の餌料効果は次第に良くなる

が、これは発育に伴つて水分をより多く吸収するためと思われる。

- 2) 卵黄吸収の状態を詳しくみると、15~16mm(孵化時期)、23~24mm(浮出期)、28~29mm(浮上期)に急激に卵黄が吸収され、恐らくこれ等の時期は生理学的にみて critical な時期と思われる。

## 文 献

- CHIN, Z. & K. KURODA, 1935: Sur l'élevage du saumon (*Oncorhynchus keta* WALBAUM) pendant une longue durée dans l'eau douce. Keijo Journ. Medicine, vi (1), 30—40.
- DOAN, K. H. 1939: Growth of bass fry. Copeia, No. 2, 81~87.
- 伊藤 隆 1951: 相対成長の推測統計学的考察. 科学教育研究会, 1~45.
- 加福竹一郎 1954: 増殖雑考. 水産科学, 14, 24—28.
- 小林哲夫 1953: さけ稚魚の生態調査(3), さけ稚魚の降下について. さけます孵化場報告, viii (1.2), 81~85.
- MARTIN, W. R. 1949: The mechanics of environmental control of body form in fishes. Univ. of Toronto, Biol. Series, 58.
- 関根秀三郎 1921: 鮭卵より稚鮭に至る発育期間中に起る生物化学的变化に就て. 第1報. 水溝試報, vii (2).
- 関根秀三郎, 柿崎樞辞 1932: 鮭鱒類の生物化学的研究. 養殖会誌, ii (2, 3), 1~11.
- SATO, R. 1952: Larval development of the pond smelt, *Hypomesus olidus* (PALLAS). Tohoku Journ. Agricult. Research, ii (2), 41~48.
- 矢部桂雄 1938: 鮭池中飼育の一記録. 鮭鱒彙報, (35), 14~17.