

サケ *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) の卵および
仔稚魚の発育に関する研究
特に衛生処理場放流水の影響について

阿 部 襄

(山形大学農学部応用動物学研究室)
(昭和42年8月31日受領)

Studies on the Development of Egg and Embryo of the Chun Salmon, *Oncorhynchus keta* (WALBAUM). Especially on the Influence of Pollution by Supernatant Liquor of Night-Soil Treatment.

Noboru ABE

(Laboratory of Applied Zoology, Faculty of Agriculture, Yamagata University)

緒 言

サケ *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) は、昔から、水産資源中の重要なものとして、各方面からの研究も多くなされている。しかし近年になって、この漁獲量が少なくなり、資源保護の立場から、多くの問題が提起されている。

この資源減少の理由には、種々あると思うが、主な原因は、乱獲と人工ふ化事業の不備、特に、工場廃水等による河川の汚染により、魚の溯上率が減少したり、稚魚が死滅したりすることであると思う。又、河川の砂利等の採取により、自然産卵場が荒廢されることも一つの原因になっている。それで、近年は、これらの諸原因に対する対策研究が多くなされるようになった。(Ishio, 1964; Alabaster, J. S. and Abram, F. S. H. 1964; Sprague, J. B., Elson, P. F. and Saunders, R. L. 1964; Beak, T. W. 1964; Fujiya, M. 1964; Aubert, M. Lebout, H. and Aubert, J., 1964)

水質の面からの調査は、北海道の河川についての研究が多く(久保, 小坂, 井上, 伊藤, 吉住1961; 吉住1959; 吉住1960, 吉住, 尾崎1961; 吉住1962; 吉住, 伊藤, 細川1963; 吉住, 大久保, 早坂1965) 山形県では、月光川について研究されている。(山形県水産試験場1966) 尚、サケの人工ふ化事業に対する河川汚染の問題は、北海道における状況が報告されている。(秋庭, 佐野, 田口1966)

そこで、私は、近年次第に多くなった都市衛生処理廃水が、魚類に如何なる影響を及ぼしているものであるかを、サケの卵および稚魚を材料にして昭和38年から、42年まで、山形県東根市野田字シタの養魚場で、実験した。この結果は一部、中間報告(阿部1963)として発表した。ここでまとめて報告したいと思う。

報告に先だって、この研究に着手するきっかけを作って下さった西原環境衛生研究所の西原脩三社長に、まず心から感謝申し上げたい。氏は、サケ等魚族資源の増殖を熱望さ

れ、サケふ化場の建設から、その後の研究に至るまで、総て、物心両面にわたって援助して下さったので、お蔭で、この研究も成し得たのである。又、同研究所の技術部長早川登氏を始め、多くの研究所員の方々からお世話になった。

又、東根市長を始め、市当局の方々、東根市外二市一町共立衛生処理場の事務局長石川蘆氏、坂係長、深瀬技師、その他の方々には、飼育について大変お世話になった。サケ卵の分譲については、最上川第二漁業協同組合の理事長青木明義氏を始め、高木ふ化場、大富ふ化場の組合員の方々には一方ならぬお世話になった。

山形県農林部水産課の方々、特に現在水産試験場長の渋谷啓一氏、水産出張所の加藤技師からは、必要な法制上の便宜を与えて頂き、種々御助言を頂いた。

尚、直接実験に際しては、私の研究室の助教授村井貞彰博士にお手伝い頂き、水質や、プランクトンについては、高橋永治氏の御助力を頂いた。又養魚場の駒沢久由氏は、最初の三年間、深瀬技師からは、第四年目の一年間、ふ化場の管理をして頂き、又、種々実験の手助けをして頂いた。

こうした多くの方々の御厚意によって、とにかく研究ができたことを明記し、茲に、深甚の謝意を表し上げたい。

I 養魚場の場所

サケのふ化実験を行なった養魚場は、昭和38年5月に新築されたもので、場所は、東根市外二市一町共立衛生処理場の隣接地になっている。敷地の東側を荷口川が流れているが、この川の上流では、ニジマスの養殖が行なわれている。荷口川は、右岸堤防の水門を通ると間もなく野川に合流し、北西に流れて約1kmで、最上川本流に合流している。

この河川地帯は、湧水が多く、秋冬期においても、水温は、8°~11°C位で、川底は、礫が多く、サケが多く溯上して自然産卵していたそうである。そして50年ほど前は、一冬に1000尾余のサケが獲れたそうである。現在は、大富採捕場があるが、和昭20年頃は、一冬数尾のサケしか溯上しなくなったという。それが、昭和32年から、サケの人工採卵ふ化を始め、現在では、300尾余は溯上するようになった。

野川、荷口川の魚類としては、サケの他には、ニジマス、*Salmo gairdnerii* f. *iridens* (GIBBONS)、ウグイ、*Tribolodon hakonensis hakonensis* (GÜNTHER)、アブラハヤ *Moroco steindachneri steindachneri* (SAUVAGE)、オイカワ、*Zacco platypus* TEMMINCK et SCHLEGEL) コイ、*Cyprinus carpio* LINNAEUS、キンブナ、*Carassius burgeri burgeri* (TEMMINCK et SCHLEGEL) が多く見られ、ナマス、*Parasilurus asotus* (LINNAEUS)、ウナギ、*Anguilla japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL、タナゴ、*Acheilognathus moriokae* JORDAN et THOMPSON も見られ、荷口川の藻場には、トミヨ、*Pungitius pungitius sinensis* (GUICHENOT) も、かなり生息している。

水辺湿地にはマコモ、アシがよく繁り、コリヤナギの類が多く、アメリカセンダングサ等の茎に、ゴキズル、ツルマメの類が、からみ付いている。荷口川の岸寄りのところには、オランダガラシ(ミズガラシ)が繁るところが多く、水面にはアカウキクサ、イチョウゴケが多く浮いている。水中には、セキショウモ多く、エビモ、ケナガシヤジクモ、マツモなどが生えている。

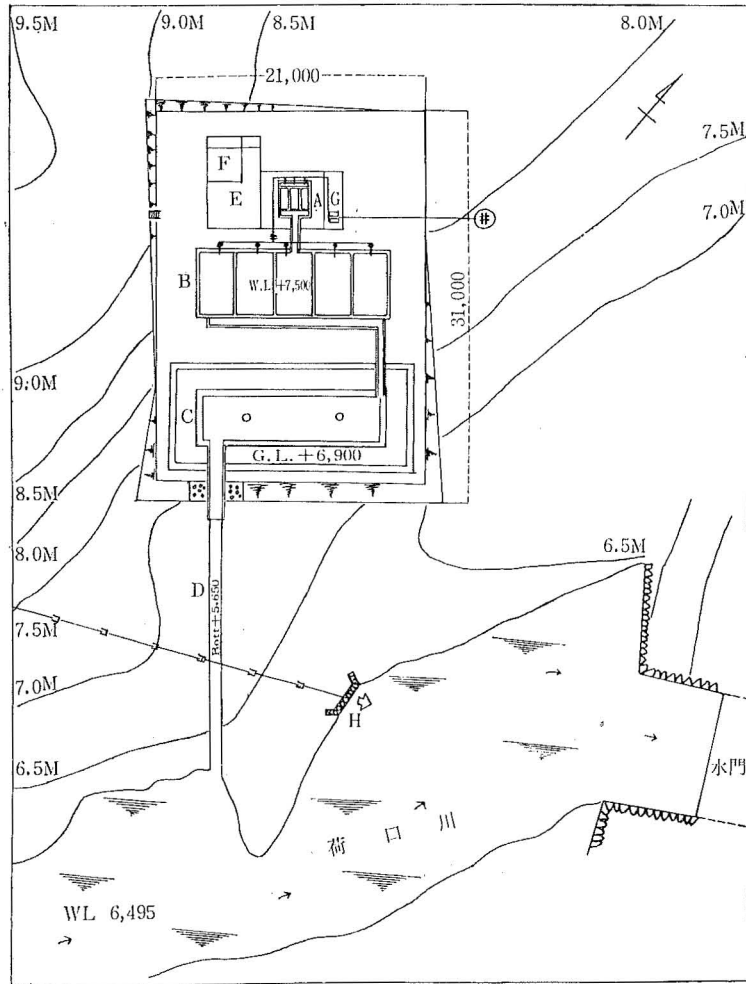
このような河川であるために、秋から冬春にかけては、カモ類が多く集まり、河原には、ヒバリがよく営巣している。川岸には、セグロセキレイが、よく見かけられた。

II 養魚場の設計

ここの養魚場は、サケ卵のふ化・稚魚の放流時までの飼育を主目的にして設計したものであるが、この見取図は、第1図に示すようなものである。

第1図のAは、ふ化実験室で、巾70cm、長さ150cm、深さ40cmのふ化槽3箇が並んでいる。このふ化槽の端に堀抜井戸から汲み上げた水が流入するよう、夫々蛇口がある。

ふ化槽の水は、合同された巾40cmの樋を通して、屋外の飼育槽Bにはいる。この飼育槽は、巾3m、長さ5m、深さ1mで、これが5箇並んでいる。各飼育槽には、やはり堀



第1図 東根養魚場の設計図

A. ふ化実験室, B. 飼育槽, C. 飼育池, D. 放流溝, E. 実験室, F. 宿泊室, G. ポンプ室, H. 衛生処理場放流水放出口

掘抜井戸からの蛇口があり、各槽の流出水は、合同された樋で、飼育池(第1図, C)に注ぐ、飼育池は、巾4m、長さ15m、深さ1.5mであるが、ふ化槽と飼育槽が、コンクリート枠であるに反し、飼育池は、周壁は玉石を積重ねたもので、底は、砂礫底になっている。

飼育池からは、巾1m、深さ30cm位の溝を掘り、20mほど流れて、荷口川に流入する。この放流溝と、飼育池とは、普通は、金網で仕切って置くが、稚魚の放流時等には、仕切りの金網を開くようになっている。

この附近は、昔は、最上川の川底であつたらしく、底は、砂利地になっているので、飼育池は自然に底から川水が滲透してくる。

尚、この衛生処理場の放流水は、飼育池からの放流溝口よりも、10mほど下流に放出されている。第1図の荷口川は、少し下流に下って水門を通り抜けると、堤防の外側を流れている野川に合流する。

又、ふ化室Aに続いて、実験室Eがあり、その奥に宿泊室Fがある。

III 予 備 実 験

サケの産卵ふ化は、稲葉氏(1961)によれば、9月から1月で、水温8~9°Cが普通らしく、宮地、川那、水野氏(1963)によれば、根室で9~11月、新潟で10~12月で水温は4~11°Cの湧水ある場所を選んで行なう。Nikolsky(1963)によれば、サケは0~12°Cの間で産卵し、又稚魚が育つが成魚になると零下の温度から、18°C又は20°C、あるいはおそろくもっと高温にも、容易にたえることができる。そして、水は両者とも清浄なところと言っている。

それで、サケのふ化実験を行なう前に、掘抜井戸の水をコンクリート槽に流した場合の水質を検しておく必要がある。又衛生処理場の放流水を実験に使用する場合は、どの程度に稀釈すると害がないか等、予備的に実験することにした。

(1) 水質について

東根養魚場のコンクリート工事が完成したのは、5月16日で、その後、掘抜井戸からポンプ揚水をして、ふ化槽から水を流し続けた。そして、なるべく早く、コンクリート灰を流すようにした。そして、約2カ月後、7月22日に、水質を検べてみると、第1表の通りであった。

第1表を見ると、掘抜井戸からの水道水は、pH=6.4であるが、飼育池では7.2になっている。これは、アルカリ性のコンクリート灰が、まだ浸出していることがわかる。又、溶存酸素の量は、荷口川水門の所で、3.79cc/lで、この量は、普通の河川の溶存酸素より少なく、半分位しかない。その上、掘抜井戸の溶存酸素は、0.78cc/lで、非常に少ないように思った。

この酸素が少ないことは、魚類飼育上、支障があるのではないかと思つて、水道蛇口から流出する際の水を、なるべく拡散するように、拡散装置を取付けてもらった。

第1表 東根養魚場の水質(7月22日)

測定場所	水温(°C)	pH	O ₂ (cc/l)
水道出口の水	17.5	6.4	0.78
餌 育 池	22.0	7.2	
荷 口 川	20.5	6.8	
荷口川水門	18.0	7.0	3.79

そして、9月10日に、この水で、魚類を飼育してみた。

魚は、飼育槽 No. 1……キンギョ、8尾、コイ、100尾

飼育槽 No. 2……アブラハヤ、60尾

飼育槽 No. 3……フナ、300尾

であるが、その後どの魚も元気に、泳ぎ廻っていた。

この9月10日の水質は

ふ化槽 水温 18.0°C, pH 6.5 (室温 27.5°C)

飼育槽 pH 6.75

飼育池 水温 20.0°C, pH 7.0

即ち、飼育池の pH を見ると、7月22日頃より、コンクリート灰の浸出が少なくなっていることがわかるが、溶存酸素は、少なくとも、魚類の生活には、目立った害はないことがわかった。

(2) 魚類に対する脱離液の影響

東根衛生処理場のし尿処理法は、まず、し尿を消化槽で、嫌気性バクテリア、*Bacillus*, *Escherichia*, *Closterium* 等や *Spirillum*, *Vibrio* 等で、加温分解し、その液を、沈澱物と液部とに分ける。この沈澱物は、いわゆる消化汚泥であるが、液の方を、脱離液といっている。脱離液は、水で15倍位に稀釈し、これを浄化槽に送る。浄化槽は、10cm 角位の礫が充たされているが、この表面に、多くの生物群集が発生し、脱離液中の有機物などを摂食分解する。

浄化槽の生物群集は、*Carchesium*, *Opercularia*, *Epistylis*, *Vorticella*, *Amoeba*, *Arcella*, *Bodo*, *Oikomonas*, *Oscillatoria*, *Rotifera*, *Nematoda* 等 (中島, 1959) で *Navicula* 等のケイソウ類も多い。こうした生物によって浄化された液は、クロールで殺菌消毒され、河川に放流される。この最終の液を衛生処理場では、放流水とよんでいる。

以上の処理を経た脱離液は、一例では B.O.D. にして 330ppm~1301ppm 位で、放流水は、昭和42年2月27日、山形県衛生研究所試験成績書によると、C.O.D. は 5.64ppm, B.O.D. は、20.84ppm であった。

このような放流水は、植物性のものにとっては、繁殖には極めて有効であろうとは考えられるが、魚類にとっては、ある程度有害ではないかと考えられる。しかし、荷口川の例を見ると、この衛生処理場が運転を開始した昭和37年10月以来、放流水の放流口付近では、以前よりも魚が集まり、魚釣りも、この付近で多くなったそうである。又、藤沢衛生処理場では、直ぐ傍の稀釈水汲上げポンプの管に、長さ81cm, 体重1.1kg の巨大なウナギが潜入していた。これは、放流開始後16箇月の頃である。(Nishihara, 1963)

以上の例を見ると、放流水は、魚類にとっては、むしろ増殖に有効ではないかという考えも持ち得るようである。少なくとも、魚種によっては、かえって、有効であるかもしれないと考えられる。そこで、次の予備的実験を行なってみた。

a) 脱離液と藻類の増殖との関係

容積 1 l のピーカー 4 箇に、夫々 500cc の掘抜井戸水を入れ、夫々次のような割合で、脱離液を混合した。

ビーカー	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
水(cc)	500	500	500	500
脱離液(cc)	100	50	10	5
脱離液濃度	20%	10%	5%	1%

これは、10月10日(水温16.4°C, 気温18°C)で、その後、このビーカーは、室内に放置してみたが、どのビーカー内にも、藻類が出現した。その様子は、第2表の通りである。

第2表 脱離液希釈率の差による藻類発生状態

月日	ビーカー	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
10月18日 (8日後)		藻類出始める	藻類出始める	—	—
10月23日 (13日後)		藻類増殖する	次第に増殖	藻類少し出現	—
10月25日 (15日後)		更に増殖する	更に増殖	次第に増殖	藻類少し出現
10月29日 (19日後)		底に一面増殖 藻群の沈澱発生	底に一面増殖 (水緑色半透明)	藻類の Colony で きる(水透明)	藻類の Colony 少 し出現(水透明)

第2表を見ると、脱離液を、20%以下に希釈した場合は、1週間後、又は2週間後以内には、藻類が、明らかに出現し、黄褐色に濁った液は、次第に、透明に近くなる。つまり浄化されることがわかる。No. 2の水が緑色になったのは、中にクロレラが発生したためである。従って、脱離液は、予想されたように、植物の発生には、好都合であることがわかる。

b) 脱離液と魚類との関係

長さ35cm, 巾15cm, 深さ15cmのポリエチレン製水槽2箇を用意し、その両方に、掘抜井戸水を水深13cmまで注いだ。そして水槽No. 1には、キンギョモ25cm位のものを入れNo. 2には、何も入れない。その両方に10cmほどのアブラハヤ1尾と、4cmほどのアブラハヤの稚魚とを入れた。これは、まず、掘抜井戸水の溶存酸素が0.78cc/lで少ないので、魚が、生息できるか否かを試すつもりで、そのまま、10月10日まで放置した。この結果、両水槽の魚とも、弱った様子がなく、No. 1とNo. 2の間で、特に魚の様子に差違は認められなかった。

そこで、10月10日に、水槽No. 1に脱離液100ccを注入した。(脱離液の濃度は約1.5%)このために、No. 1の水槽の水は、僅かに黄褐色になったが、アブラハヤは、特に異状が認められなかった。それで、このまま10月19日まで放置した。

そして、両方の状態を見ると、水槽No. 1の方は、藻類が、全体的に繁殖し、底には、茶緑色の藻類が沈澱していた。アブラハヤは、4尾共に元気であった。水槽No. 2の方は、藻類が発生していたが、水が、僅かに緑色がかった程度であった。以上から、1.5%程度の脱離液では、魚(アブラハヤ)は死なないし、藻類の発生を促すために、魚にとっては、かえって好都合ではないかと思われた。

以上、魚の飼育に際して掘抜井戸の溶存酸素の不足に対する心配と、脱離液に対する不安は、共に、あまり問題にならないことが判明したので、東根養魚場では、サケのみ化、飼育実験の準備をすすめた。

IV サケ親魚採捕場と採捕の方法

東根養魚場近くにあるサケ親魚採捕場は、高木採捕場と大富採捕場とがあるが、実験に使用したサケ卵は、この両採捕場で捕獲した親魚から採卵したものである。それで、この親魚採捕場の様子と採捕方法を、略記したいと思う。

東根養魚場の東南方約6.5km離れて高木村があるが、ここに高木ふ化場がある。そして、この北方約1km離れて押切川が流れている。押切川は、西北に流れて、乱川と合流し最上川に注いでいる。この押切川に高木採捕場がある。

この辺の川は、巾約2m、水深30~35cm位、底は砂礫地で、砂礫は最大、直径10cm位のもので、多くは直径3~4cm位のものである。この礫の間に細砂が埋っており、セキショウモが、生えている。流速は、かなり急であったが、湧水も多く出ている所である。

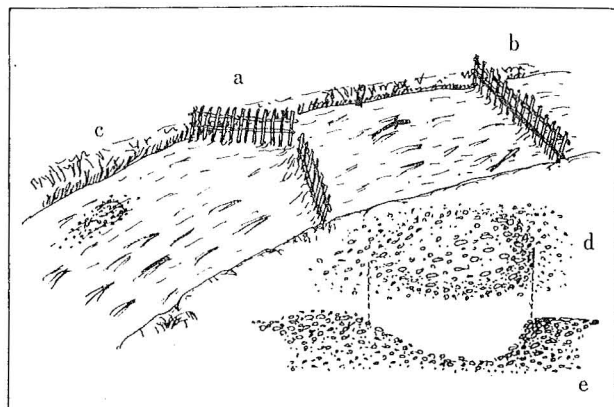
採捕場は、第2図に示すように、まず、aの部分に、兩岸から斜めに竹柵を張ってあった。兩岸から立てられた竹柵は、川の中央位のところが、巾30cmほどの入口になっている。そして、この上流7m位のところに、川巾いっぱい、鉄格子の柵が張られていた。(第2図b) サケはaから溯上して、両柵の間にはいると、まず、ここから逃げ出すことはできなくなる。

こうして、何尾かのサケが、はいた時に、傍の土手に仮設されたサケ小屋で待期していた漁師が、大きな網を使って捕える。

尚、この附近には、自然産卵もされるが、aの下流4mほどのところにも、サケの産卵場所があった、漁師は、ここを掘つきあとと称している。産卵場は、流れの方向に長軸をもった長卵形の形で、砂礫が新しく掘られ、後この上に再び砂礫をかぶせているので、附近の砂礫とは判然区別ができる。

産卵場の大きさは、魚の大きさによっても違うそうであるが、そこで見たものは、長径75cm位、短径60cm位、深さは砂礫面から35cm位である。(第2図d, e)

又、サケが、溯上してくるのは、9月下旬から12月下旬にかけてが多い由である。又、溯上は、昼間も行なわれるが、多くは夜間で、しかも雨降後などで、水が濁った時の方が



第2図 サケ親魚採捕場

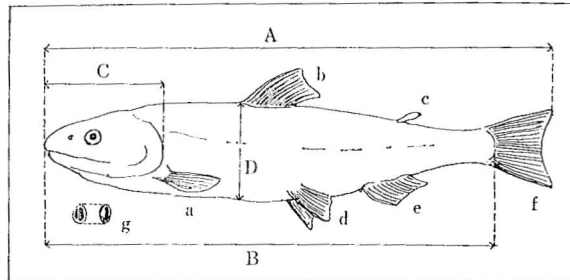
a. 竹製柵 b. 鉄製柵 c. 自然産卵場 d. 産卵床 (上面図) e. 産卵床 (横断面)

最も多く溯上するそうである。

尚, 採捕場の様子は, Plate II にも見られる。

V サケ親魚の形態

高木及び大富の採捕場で捕ったサケ親魚の大きさを測定してみたが, 測定部位は, 第3図に見られる通りである。又, 測定の結果は, 第3表に示す通りである。



第3図 サケ親魚の測定部位

A. 全長, B. 体長, C. 頭長, D. 体高, a. 胸ビレ, b. 背ビレ, c. アブラビレ, d. 腹ビレ, e. 尻ビレ, f. 尾ビレ, g. 鼻孔

第3表の中で, 鱗の輪数が, 3となっている場合は, 4年魚になるわけである。この表を見てわかることは, 同年魚では, ♀よりも, ♂が小形であり, 胸ビレ, 尻ビレの長さは♂よりも♀の方が良く発達しているし, アブラビレは, ♀よりも♂の方が発達しているようである。このことは, 次の第4表を見ても知られることである。

尚, 第3表 No. 1 の個体で鼻孔を測定したが, この形は, 第3図に見られる通りである。そして, 鼻孔は前後2室に分れ, 普通は, 前方の孔は膜で閉じられている。孔の大きさは, 前方は縦の長さ 4.5mm であるのに対し, 後方のものは, 長さ 6.5mm で明らかに大きい。

目の直径は, 14.0mmで, 中の黒い直径は 5.5mm であった。

第3表 サケ親魚の大きさ測定結果

個体番号	性	全長 (cm)	体長 (cm)	体高 (cm)	頭長 (cm)	体重 (kg)	胸ビレ (cm)	背ビレ (cm)	アブラビレ (cm)	腹ビレ (cm)	尻ビレ (cm)	尾ビレ (cm)	鱗年輪数
1	♀	71.4	66.8	15.2	15.3	4.25	8.2	7.1	2.0	6.2	6.3	10.0	3
2	♀	68.8	59.8	12.7	13.3	2.75+	8.4	7.6	2.2	6.2	6.2		3
3	♀	66.6	55.7	12.3	13.8	2.80+	7.9	7.9	2.4	6.0	6.6		3
4	♂	60.0	51.0	11.5	12.8	1.76	7.3	5.1	2.8	5.0	4.6		3
5	♂	57.8	49.6	11.4	13.2	1.62	7.4	5.8	2.0	5.3	4.8	10.0	3
6	♂	48.2	40.3	8.5	10.4	0.82	5.9	5.2	1.5	4.6	4.0	8.8	2
7	♂	44.3	37.0	7.1	9.2	0.54	5.4	5.1	1.6	4.2	3.3	7.1	2

個体 No. 2 は産卵後の個体で, 体内には残留卵 300 粒位, 個体 No. 3 は2200粒の卵を人工的にしぼった後の体重である。卵2200粒の重量は, 430g位である。

歯の長さは、上顎の歯は最大のもので長さ 1.5mm であるが、下顎の最大の歯の長さは 4.5mm で、はるかに大きい。しかしこの歯は、♀の歯よりも目立って大きく、例えば全長 66.4cm の♀の下顎の歯の長さは 4.0mm であるが、全長 63.5cm の♂の下顎の長さは、7.0mmであった。

VI サケの採卵と卵数

高木採捕場で、11月26日早朝に採捕されたサケは、20尾、最大 6.0kg、最小 545gr、平均 2.25kg、20尾総計 45kg であった。このサケの♀は、卵が熟しているのに、生殖孔から流出するのを防ぐために漁師は、生殖孔に直径 1cm 余、長さ 4cm ほどに切った木の枝をさしこみ、ふ化場に運搬していた。

サケ卵の採卵方法には、腹部を切開する方法もあるが、高木・大富のふ化場では、卵をしぼり出す方式で行なっている。即ち、♀サケの腹部を、上方から、下方へとしごくようにして、静かになで下す。これを 3~4 回繰り返す。卵は、洗面器に受け入れていたが、採卵を終ると♂サケの腹部をしごくようにして、洗面器内の卵上にかける。そして、♂サケの尾ビレで、この精液と卵を静かにかき混える。

こうして受精させた卵は、10l 容積位のバケツに移されるが、何尾かの採卵が終って、バケツ内の卵が 5l 位になると、これを川の流れ (水温 11.5°C) の中に静かに沈め、バケツに水を流しこんで、表面に浮いた血液等を流し去る。こうして、水を入れたバケツは、そのまま 1時間ほど静止する。その後、サケ卵は、ふ化盆に移し飼育をするわけである。

サケの体内卵数は、体の大きさによって違いますが、700~7000 程度 (宮地・川那部・水野 1963) であるといわれている。高木採捕場に溯ってくるサケは、卵数は、どの位かと思つて、測定してみた。この結果は、第 4 表に示す通りである。

第 4 表の中で、体重 1 は採捕したサケの体重で、体重 2 は、これから、漁師が卵をしぼった後の体重である。この卵をしぼる場合は、体内の卵が完全にしぼり出されることはなく、技術上、僅かの卵が、体内に残留する。それで、第 4 表の個体 No. 2 の卵をしぼった後、切開して残留卵数を数えてみた。

この残留卵は、全部で 103gr であったが、この中の卵 100 粒の重量は 19.45gr であつ

第 4 表 サケの体内卵数の測定

個体番号	全長 (cm)	体長 (cm)	体高 (cm)	体重 1 (kg)	体重 2 (卵をしぼった後のもの)	差 (kg)	採卵数	体内全卵数 (推定)	鱗輪数	アブラビレ (cm)
1	71.5	66.5	14.8	4.25	3.55	0.70	3,600	4,100	3	2.6
2	71.4	66.8	15.2	4.25	3.55	0.70	3,600	4,120	3	2.0
3	71.0	63.4	13.8	3.40	2.90	0.50	2,570	2,900	3	2.4
4	66.4	62.8	13.5	3.55	2.95	0.70	3,600	4,100	3	2.3
5	65.7	60.6	12.0	2.90	2.45	0.45	2,310	2,610	3	—
6	63.5	59.7	12.0	2.55	2.50	0.05			3	3.0
7	56.9	52.5	11.0	1.90	1.85	0.05			3	2.8

この表の個体 No. 2 は、第 3 表の個体 No. 1 と同個体である

た。それで、卵総重量 800gr として、卵数は 4120 箇となる。この残留卵重量はしぼり出された卵重量の 12% 位になるので、第 4 表中の体内全卵数 (推定) 欄の数は、採卵数の 12% 増にしたものである。しかし、これは大凡の数であり、採捕した時に、既に、1 回産卵した後の個体もあり、時には、全く産卵を終った個体もある。第 4 表の個体 No. 3 は、おそらく、ある程度産卵したものである。

次に、 δ サケの精巢をしぼった場合は、放出されるものは、僅かの部分であり、大部分は、体内に残るようである。この精巢の重量は、第 3 表の個体 No. 5 と No. 7 とで測定してみたが、次の通りであった。

個体 No. 5……左側精巢 40.5g, 右側精巢 29.0g (計 69.5g)

個体 No. 7……左側精巢 11.2g, 右側精巢 9.6g (計 20.8g)

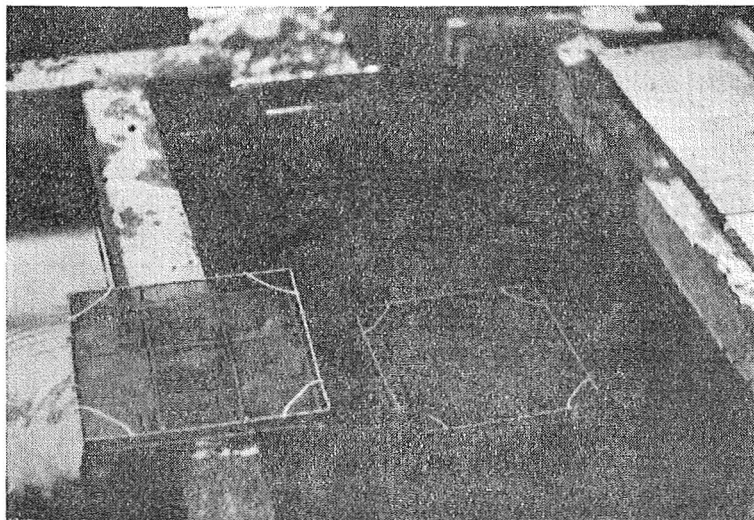
即ち、精巢の総重量は、体重の 4~4.3% 位であるが、精巢の大きさは、 α 等に見られるように、左右で、その大きさが違っている。サケの卵数及び卵巢の重量が、体の左右で差違があることは、よく知られている。(早栗, 1938, after Okada, 1959)

VII サケ卵の飼育

サケ卵の飼育, 続いて稚魚の飼育は, 昭和38年から, 同41年まで, 各秋冬期に, 計4回行なわれた。第1回目から, 第3回目までは, 掘抜井戸水を使用して飼育したが, 第4回目は, 荷口川の川水を汲み上げて, この水で飼育した。この4回の飼育結果は, まとめて記すことにする。

(1) サケ卵の予備飼育試験

サケ卵の本飼育を始める前に, 私達は, 試験的に, 少数の卵を飼育し, 水温, 溶存酸素脱離液等の問題を考え, 飼育に支障があるか否かを試してみた。



第4図 ふ化槽に置かれた庄内式ふ化盆

高木ふ化場で採卵したサケ卵は、11月26日午前8時に受精させ、前記の通り1時間放置した。この卵の中600粒をもらって、濡れたガーゼに包み、更にビニール袋に入れ、自動車で東根養魚場に運んだ。

この受精卵は、3分して養魚場のふ化槽 No. 1, No. 2, No. 3 に入れた。この際使用したふ化盆は、庄内式ふ化盆で、第4図に見られるようなものである。

第4図を見てわかるように、一枚のふ化盆は、縦横共に30cm、深さ3cmの浅い網皿で、この一枚にサケ卵は2500粒並べることができる。網の目は巾3mm、長さ1.5cm位の長方形の目をしていて、後で稚魚がふ化した場合は、この網の目から、稚魚は、潜り落ちることができるようになっている。尚、この金網には、水色のほうろう引きがしてある。

サケ卵をふ化盆に分けて、ふ化槽に静置したのは、午前10時頃であった。そして、ふ化槽 No. 1 には、脱離液を僅かずつ流し、ふ化槽 No. 2 と No. 3 とは掘抜井戸水を流した。そして、その後死卵が生じる状態を検べたが、この結果は、第5表の通りになった。

第5表の結果を見ると、この17日間については、死卵の出現率は少なく、特に、脱離液を僅か注入したふ化槽 No. 1 に於いては、偶然かもしれないが、死卵は最も少ない。しかし、受精を行なった11月26日の夕に見た時の死卵は、不受精卵又は傷のついた卵である場合が多いとのことであった。26日の死卵数を除けば、その外は死卵は殆んど出現しないと云ってよい位である。

つまり、水温、溶存酸素、脱離液の点で、サケ卵飼育には、ほとんど心配がないことが判明した。

次に、1ℓ容積のビーカー5箇用意し、各々に掘抜井戸水500ccを注入し、ビーカーNo.1からNo.5までに、脱離液を夫々3cc, 2cc, 1cc, 0.5ccと注入し、その中に、サケ卵10粒ずつを入れ、死卵の出現状態を検べた。この方は、15日間放置したが、その間で、死卵が出現したのは、ビーカー No. 3 (稀釈度500倍) だけで、それも、1箇だけであった。従って、脱離液による悪影響は、認めることができなかった。そこで次のようにサケ卵の本飼育を始めた。

第5表 サケ卵の死卵出現状態

ふ化槽	検卵日	11月26日夕	11月27日	11月28日	12月10日までの分	12月13日までの分	最初の卵数	17日間の死卵数
No. 1		0	1	0	0	0	271	1
No. 2		3	1	0	1	0	230	5
No. 3		2	0	0	0	0	138	2

(この期間の水温 = 13.2°~13.4°C, pH = 6.6) (気温 = 9.0°~12.7°C)

(2) サケ卵の本飼育

i) 掘抜井戸水による飼育

材料は11月30日に高木ふ化場で採卵受精させ、高木ふ化場に於いて飼育したもの15,000粒を、12月3日に東根養魚場のふ化室に移した。そして、大体3等分してふ化槽 No. 1, No. 2 および No. 3 の庄内式ふ化盆夫々2枚ずつに入れた。

このふ化槽に使用した水は、掘抜井戸水 (水温 13.5°C) で、12月6日からふ化槽 No. 1

には、脱離液を、同 No. 2 には、放流水を次の割合で流入させた。

ふ化槽 No. 1: 脱離液流入量=15cc/min (但し脱離液 COD=254ppm)

水道水流入量=50l/min

即ち、脱離液を3333倍に希釈したことになり、脱離液だけについては、0.077ppm となる。

ふ化槽 No. 2: 放流水流入量=7l/min (但し放流水 COD=33ppm)

水道水流入量: 54l/min

即ち、ふ化槽内の放流水は、4.1ppm となる。

ふ化槽 No. 3: 水道水のみ流入

以上のような状態で飼育した結果の死卵出現状態は第6表の通りであった。

第6表で見られるように、死卵は、放流水(4.1ppm)を流したふ化槽で、一番多く現われているが、脱離液を流した方は、真水のみふ化槽と大差は認められない。

尚死卵の表面には、多くのものは、ミズカビが着生し、放流水流入のふ化槽の死卵ではこのミズカビの上に、茶褐色の微細なゴミが附着していた。

掘抜井戸水を使用したサケ卵の飼育は、昭和38年の他、昭和39年と昭和40年にわたって3カ年行なわれた。この3回に於ける卵の発育状態は殆んど同様であったので、結果を記すことは略すが、第3回目、昭和40年になると、稚魚飼育の項に詳記するように、掘抜井戸水に、ゴミ捨場の腐廃水が浸入して、魚類飼育には不適當になったので、荷口川の水を直接ポンプで汲み上げ、ふ化槽に流して卵等の飼育をすることにした。

第6表 サケ卵(11月30日採卵)の死卵出現状態

ふ化槽	月日	12月3日 夕	12月7日	12月10日	12月13日	12月19日	4日以降 死卵計	1日平均 死卵数
No. 1		195	73	73	33	36	215	13.4
No. 2		200	78	101	51	77	307	19.2
No. 3		210	40	95	33	33	201	12.6

水温 12.7°C~13.4°C

ii) 川水による飼育

川水汲上ポンプは、東根養魚場の放流口の2mほど上流地点に取付けた。汲上口は、岸から1mほど沖の方で、川底から40cm程、上方に取付けた。ポンプは5馬力で、一分間に200~250lの水量を汲み上げる能力のものである。

このポンプで、川口を汲上げると、川底の泥や附近に泳いで来たヨコエビの類なども、一緒に吸上げられ、ふ化槽に流入するので、ふ化槽の水道流下口に、サラン網を張って、除去するようにした。

昭和41年は、ふ化槽 No. 1 及び No. 3 は、川水だけを流入したが、No. 2 には、川水他に放流水を流入した。このために、ふ化槽 No. 2 は、薄茶褐色に濁り底は見えないほどである。しかしふ化槽 No. 3 は、川水だけ流しているのであるが、No. 2 から流出した水が、No. 3 に回流していた。

第7表 ふ化槽の水質

ふ化槽	C.O.D. (ppm)	Cl. (ppm)	pH.
No. 1	0.8	8.86	7.0
No. 2	12.56	21.06	7.4
No. 3	9.44	8.86	7.0

(12月25日測定) (水温 9.0°C)

この各ふ化槽の COD 等は、第 7 表に示す通りである。

第 7 表に示す測定値は、放流水の濃度が、その日によって変化するので、この数値も、多少変化する。

尚、荷口川の川水の水温は、湧水量が多いので、冬期になっても、あまり変化は甚しくないが、卵の飼育中の11月16日から、翌年(昭和42年)1月5日頃までの水温は、9~11°Cで、ただ12月14日(気温最高3.0°C, 最低-2.0°C)は、寒い日で、水温は6.5°Cになった。

サケ卵は、大富採捕場で捕獲された親魚から、採卵したもので、採卵方法は、高木採捕場で捕獲する場合と全く同じである。卵数は、11月14日採卵したもの6000粒、11月16日採卵したもの16,000粒、11月17日10,000粒、21日4000粒、22日10,000粒、24日14,000粒、合計60,000粒である。

この中、11月14日、16日、17日に採卵した卵のその後の死卵出現状態は、第 8 表に示す通りであった。

第 8 表には、採卵日の夕方、又は翌朝までに出現した死卵数も記してある。この死卵数は、主として、不受精卵数を現わすものだとされているが、不受精卵の出現率は、採卵の日によって、相違があるようである。

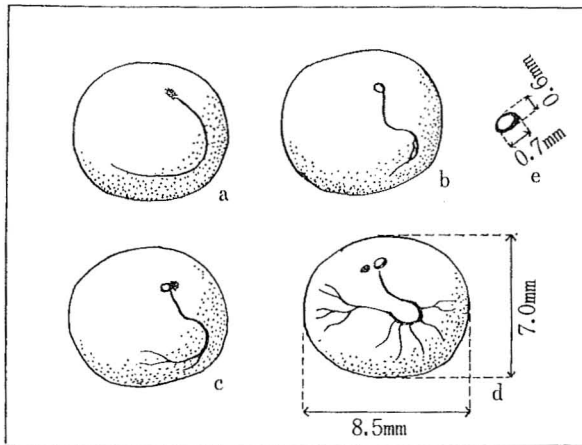
この不受精卵といわれるものを除き、その後出現した死卵数を総計すると、最後の欄のようになった。このうち、11月16日に採卵した卵は、第 8 表に見られるように、総数の3/4は、ふ化槽 No. 1 に、又残りの 1/3、即ち、4000粒は、ふ化槽 No. 2 に入れて飼育した。この両者を比べてみると、放流水を注入したふ化槽 No. 2 の方が、死卵数出現率が、明らかに多くなっている。

第 8 表 サケ卵(昭和41年採卵)の死卵出現状態

採卵日 ふ化槽	11月14日 (6,000)			11月16日 (12,000) (4,000)		11月17日 (10,000)	採卵日 ふ化槽	11月14日 (6,000)			11月16日 (12,000) (4,000)		11月17日 (10,000)
	検卵日	No. 1	No. 1	No. 2	No. 1	検卵日		No. 1	No. 1	No. 2	No. 1		
11月15日	440						12月4日	7	26	14		11	
16	92						6	53	50	14		8	
17	4	742	117				7	4	16	5		4	
18	5	21	8	389			9	5	4	8		1	
19	0	15	3	7			12	*11	*14	*13		*2	
22	191	145	11	41			14	12	10	5		1	
24	66	100	31	18			16	6	9	5		5	
25	54	71	12	17			20	4	12	6		7	
26	13	59	24	15			23	2	5	5		3	
28	14	21	28	20			25	0	46	2		3	
29	27	19	216	20			27	3	6	4		2	
12月1	9	121	52	11			29	3	6	4		2	
3	8	34	14	15			1月5	9	49	4		17	
* 12月12日発眼卵になる							総計 (%)	602 (10.0)	859 (7.16)	488 (12.20)		230 (2.30)	

VIII 発 眼 卵

サケ卵は、普通「8~9°Cならば発眼まで約30日、ふ化まで約60日」といわれている。(稲葉, 1961) つまり、サケ卵は卵膜内で、分裂を進め、魚体が次第に形作られ、眼が現われた時期のものを発眼卵といっているが、この頃は、卵膜が最も肥厚する時期で、色も白濁してくるので卵膜内の様子は、あまり判然とはわからない。Nikolsky, G. V. and Soin, S. G (1954) はサケとカラフトマス, *Oncorhynchus gorbuscha* (WALBAUM) の発育過程における卵膜の硬さ (resistance) の変化について記載しているが、サケについては、受精前は100g, 受精後2時間は700g, 桑実期後期は3.3~4kg, 心臓搏動開始期は4~5kg, ふ化5日前は2~3kg, ふ化直前は200gということである。この心臓搏動開始期は、発眼期で、血管よりも、眼の方は少し遅れて発達するようである。



第5図 発眼卵の発育過程 (12月16日の様子)
a. 11月24日受精の卵. b, c, d. 11月16日受精の卵

卵膜を通して見える血管および、眼の発育状態は、第5図に示す通りであった。

第5図のaは、眼よりも前に、まず血管が一本見えるようになる。この時の眼は、黒い色素の集合部のようで、まだ2箇の眼はわからない。cになると、血管の枝分れも見えてくるが、眼は、周囲の黒い輪と中央部の白い部分が見えてくる。dになると、眼は、明らかに2箇になり、レンズもできてくるし、血管の分枝も、かなり進んでくる。

以上のような時期の卵は、第8表の12月12日、即ち、受精後25日から28日頃に見られる状態である。(水温 9°~11°Cの日が多く、2日ほど7°Cになる。) 放流水を流した水槽中の卵と、川水だけの水槽中の卵と比べてみたが、発眼卵になるまでの期間の遅速は、区別することができなかった。つまり、放流水の影響らしいものは、発眼卵頃までは、あまりはつきりは現われなかった。

IX ふ 化

サケ卵が、ふ化する頃になると、前記のように、卵膜は、再び薄くなり、少し透明に近くなる。これは、胚体の頭部に分布する孵化腺 (hatching gland) から、孵化酵素が分泌されて、膜が溶解されるためである。(Zotin, 1954)

その頃は、卵膜内の胚体も、魚の形に進み、膜内で、僅かに運動するようになる。そして、頭頂のコブ状突起で、卵膜を破り、頭部を現わす。そこで、外部の水を呼吸しながら

暫く休息するが、次の運動で、卵黄も膜外に出、ふ化が完了する。

受精から、ふ化までの期間は、水温によって違うが、東根養魚場で飼育した結果は、次の通りである。

i) 掘抜井戸水による飼育

昭和38年におけるサケ卵飼育の際の死卵発現状態は、第6表に示してあるが、その後の状態を示すと、第9表の通りになる。

第9表を見ると、死卵出現の割合は、脱離液注入槽と井戸水だけのふ化槽を比べると、前者が僅かに多くなっている。まず殆んど同じであるとしてよいかもしれない。しかし、放流水を注入した方は、明らかに死卵数が多くなっている。この点については、後で検討することにする。

又、ふ化完了までに要する日数をみると、第9表から次のように計算された。

- ふ化槽 No. 1 1月13日完了 卵期44日
- ふ化槽 No. 2 1月26日完了 卵期57日
- ふ化槽 No. 3 1月17日完了 卵期48日

即ち、脱離液注入槽の卵は、最も早くふ化完了し、放流水注入槽の卵は、目立ってふ化が遅れている。この原因については、又後に項を改めて考察する。

ii) 川水による飼育

昭和41年度のサケ卵飼育状態は、前に記し、死卵出現状態は、第8表に示してある。そ

第9表 サケ卵の死卵出現状態 (昭和38年、高木ふ化場で11月30日採卵したもの)

月日	ふ化槽 No. 1	No. 2	No. 3	月日	ふ化槽 No. 1	No. 2	No. 3
12月22日	62	259	12	1月10日	~	~	32
25	~	48	~	13	ふ化完了	158	~
27	~	143	~	14	—	~	13
31	66	94	28	17	—	79	ふ化完了
1月 2日	~	150	~	22	—	9	—
3	57	~	31			未ふ化30	
5	~	100	~	26	—	13	—
9	~	183	~			ふ化完了	
(水温 10.8°C~13.5°C) (最初の各槽の卵数は、約5000粒)				計 12月20日以降	185	1223	116
				12月3日以降 総計	400	1530	317

第10表 採卵から発眼およびふ化までの日数 (1966~'67)

採卵日	ふ化槽	発眼日	1月5日	1月9日	1月11日	1月16日	1月20日	発眼から ふ化日まで	採卵から ふ化日まで
11月14日	No. 3	12月16日	90%	100%	100%	100%	100%	24日	56日
16	No. 1	〃	80	90	100	100	100	24	56
17	No. 3	〃		90	100	100	100	25	55
21	No. 2	12月23日				50	100	27	60
22	No. 2	〃				50	100	26	59
24	No. 1	〃				50	100	24	57

(水温 12月16日~1月20日 = 10.5~8.5°C)

して、その後は、間もなく仔稚魚がふ化したが、その状態は、第10表の通りである。

第10表を見ると、ふ化槽 No. 1 および No. 3 のサケ卵と、ふ化槽 No. 2 のサケ卵とは、発眼からふ化完了までの日数が、僅かに違うことが見られる。即ち、ふ化槽 No. 1 および No. 3 に於いては、その日数は24日あるいは25日であるが、No. 2 に於いては、26日および27日になっている。この日数は正確には、決定できなかったが、この傾向は、うかがわれるようである。

X サケ稚魚の生長

ふ化した後のサケ仔稚魚は、周知のように、腹に臍嚢を抱いている。この様子は、第9図にも見られる通りである。仔稚魚は、この卵黄を栄養分にして、次第に生長するので、臍嚢の大きさは次第に変形縮小してくる。この仔稚魚の体長と、臍嚢の大きさとの関係は大体第11表の通りであった。

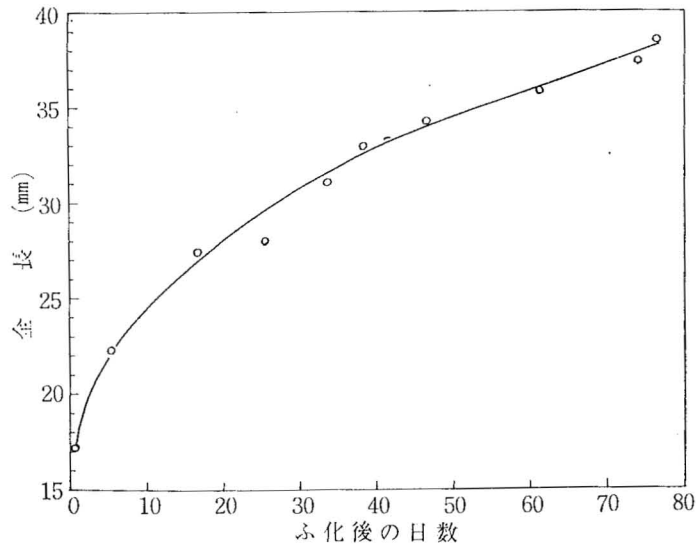
即ち、第11表を見ると、臍嚢の長さは、ふ化直後は、少し丸みをもっているが、その後

第11表 サケ仔稚魚の大きさと臍嚢の大きさとの関係

全長 (mm)	体長 (mm)	臍嚢長 (mm)	全長 (mm)	体長 (mm)	臍嚢長 (mm)
16.0	1.0	11.0	20.0	18.0	12.5
16.0	1.0	10.5	22.0	20.0	12.0
17.0	1.0	11.0	24.0	21.0	10.5
18.0	1.0	11.5	27.0	23.0	9.0
18.0	1.0	10.5	33.0	29.0	7.5
19.0	1.0	12.0	34.0	30.0	7.0

第12表 サケ仔稚魚の生長 (水温 8~9°C)

測定月日	ふ化後の日数	全長 (平均) (mm)	測定月日	ふ化後の日数	全長 (平均) (mm)
	当日	17.1	2月13日	38	33.0
1月9日	5	22.3	21	46	34.3
21	16	27.4	3月9日	61	36.0
30	25	28.0	22	74	37.3
2月8日	33	31.3	24	76	38.7



第6図 サケ仔稚魚の生長曲線 (水温 8~9°C)

少し細長になり、これが、そのまま短縮してくる。そして、臍囊の色彩は、初めは黄紅色であるが、臍囊の大きさが短縮されるにつれて、鮮紅色が次第に紫色をおびてくる。最後には、臍囊は、ただ、腹部下面の傷口のようになり、色も、青紫色に変わる。そして、終りに、腹部左右の皮膚が接合して、傷口のようなスリットもわからなくなる。

こうしたサケ仔稚魚の大きさは、飼育中、時々体長、体重等を測定した。この体長の生長の様子は、第12表の通りであった。

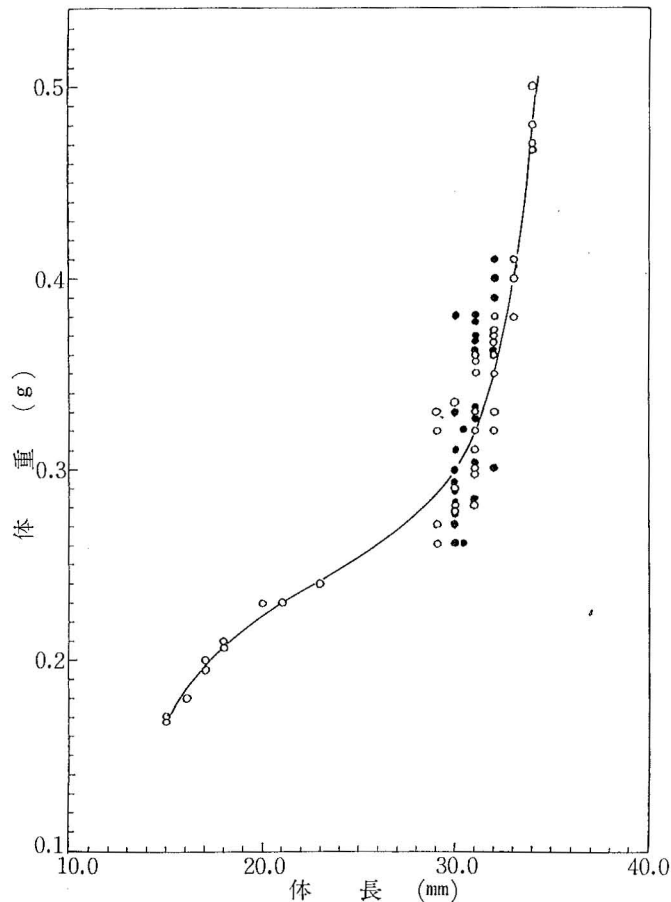
この結果を図示すると、第6図のようなになる。

第6図の生長曲線を式で現わすと、次式が得られる。

$$y = 17.0x^{0.18}$$

但し y は体長を mm で現わしたもので、 x は日数を現わしたものである。

次に、サケ稚魚の体重増加の状態をしらべてみた。まず、ふ化直後の仔稚魚について測定したが、その後、時々、全長、体長、体重を測定した。この結果は、第7図に示してある。又、体長に対する体重の平均値は、個体数が少ないので、正確なものではないが、第13表の通りである。



第7図 サケ仔稚魚の体長と体重との関係

第7図および、第13表の結果から、体長と体重との関係を、対数グラフに現わしてみると、第8図のようになる。

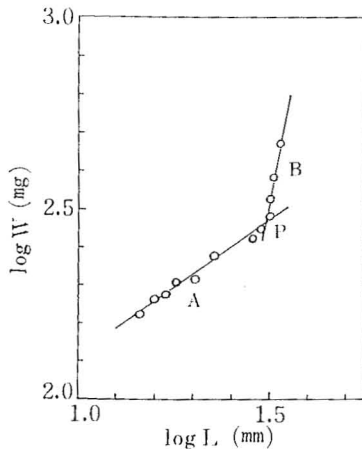
第8図から、サケ仔稚魚の体重増加のしかたは、明らかに、A線とB線とで違っているし、両線の交叉点Pは、全長30mmのところである。全長30mmの稚魚は、臍囊が吸収されてしまう時期である。

又、A、Bの式は夫々次のようになる。

$$A : y_1 = 29.2x^{0.66}$$

$$B : y_2 = 0.00317x^{4.1}$$

x = 全長 (mm), y = 体重 (mg)



第8図 サケ仔稚魚の体長(L)と体重(W)との関係を示す対数グラフ

第13表 サケ仔稚魚の体長と、体重平均値

体長 (mm)	体重 (g)	体長 (mm)	体重 (g)
15	0.170	29	0.295
16	0.180	30	0.300
17	0.197	31	0.322
18	0.200	32	0.364
20	0.225	33	0.396
21	0.230	34	0.480
23	0.240		

XI サケ仔稚魚のヒレの発育状態

サケ仔稚魚は、卵からふ化したばかりの時は、体が半ば透明で、脊椎の数も数えられるくらいであるが、特に目立つのは、ヒレが背部も腹部も尾にかけて、一枚の薄い膜からできていることである。この一枚の一続きのヒレが、いつ親魚に見られるような、夫々独立したヒレに分化するものであるか、その点を、しらべてみた。

この結果は、第9図に見られるように、分化は、A、B、C、Dの順に進むことがわかった。

第9図における仔稚魚の全長は、A. 18.0mm, B. 23.0mm, C. 24.0mm, D. 27.0mmであるが、胸ヒレは、ふ化直前の稚魚に既にでき上っている。

第9図Aにおいては、背ヒレのできる部分は、粒状になっているが、化骨は、まだのようである。尻ヒレは、14条の軟条の化骨が始まっている。腹ヒレは、粒状物が見られるだけである。

Bになると、背ヒレの軟条9本ができ始めアブラヒレは分化の初期状態で、僅かに粒状物が現われる。尻ヒレは、基部の軟条が、14条化骨しているが、先の方は、まだ粒状物が

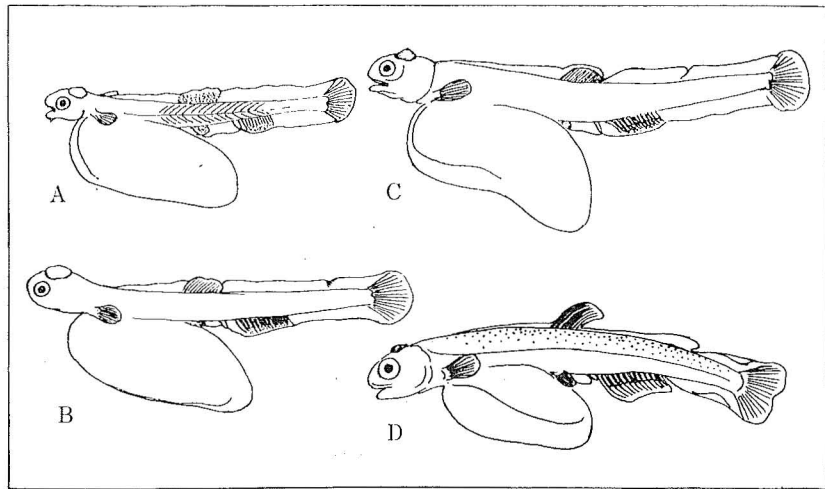
できた程度である。腹ビレは、まだ粒状物ができた程度である。

Cは、背ビレの後方に仕切りが現われ始め、アブラビレの分化の仕切りが少し現われる。

Dは、背ビレの軟条11条判然でき上り、後方との分離も進む。アブラビレは、後方の薄いヒレと、はっきり分れるが、まだ、アブラビレの形は完成しない。腹ビレは、殆んどでき、尻ビレは、この個体では、軟条13条、基部も、先の方も化骨している。尾ビレは、A, B, Cの時期は、先が一樣に半円状の端であるが、Dになると、上下の区別が生じ始め、軟条は上下共に11条ずつ現われる。

次に、体表の色素胞の出現状態を見ると、Aは全く透明であるが、Bは、色素胞の小粒子が全面に散在するようになる。Cでは、色素胞の数が多くなり、Dでは、斑点がますます大きくなり、特に背部に多く見られるようになる。そして、臍嚢が全く吸収されて、見えなくなる頃に、体側には、9箇ほどのパーマークが現われる。

このパーマークは、ヤマメ、イワナ等では、成魚でも見られるが、サケ等では、成魚では見られず、ただ仔稚魚の時期にだけ現われる。このパーマークは、底棲色 (Demersal coloration) といわれ、礫を背景にした清流に適応したものと考えられているようである。(Nikolsky, 1963)

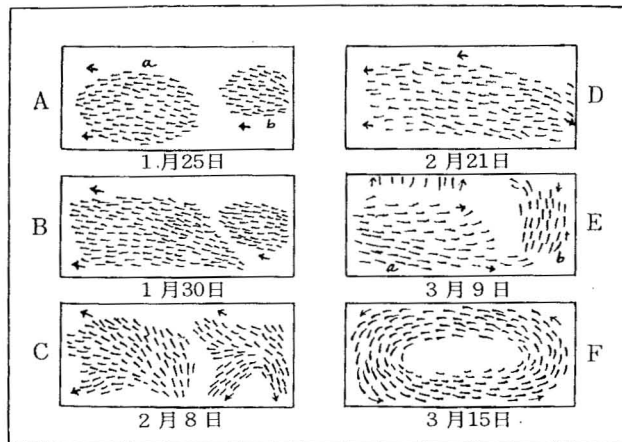


第9図 サケ仔稚魚のヒレの分化
A: 全長 18.0mm, B: 全長 23.0mm, C: 全長 24.0mm, D: 全長 27.0mm

XII 仔稚魚の行動の変化

ふ化直後の仔稚魚は、まだ泳ぐ力はなく、底に横になって休息する。そして、時々、体を大きくくねらせて2~3cmほど泳ぐだけである。又、個々に底に散在して、群をつくる性質は現われない。

しかし、ふ化後2週間位の仔稚魚になると、ふ化槽の底に、群をつくって休息するようになる。(第10図A) この時期は、仔稚魚の向きは、まちまちであるが、(a) 中で、少し大



第10図 サケ仔稚魚の行動の変化

きくなり、色素胞が発達してきて、黒味がかった群 (b) は、頭を上流に向けるようになり、又、振動などに反応して、さわぎ易くなる。

その後、仔稚魚の行動は、第10図に示すように変化してくる。即ち、第10図Bは、ふ化後、20日位の時期であるが、仔稚魚は、殆んど総ての個体が、上流の方に頭を向けて静止するようになる。又臍嚢は少し縮小し、体の色素胞が、ますます発達してくるので、全体として群は、黒味がかって見える。Cは、まだ臍嚢が赤く目立っているのがあがるが、多くは黒くなり、頭の向きは上流向きの他に、下流向きのものもあり、又側壁の方に向っているものもある。運動性の方は、底に静止するものが多いが、遊泳しているのが、一部に始まる。

Dは、体長 33~35mm 程になり、群は赤い卵黄殆んど見えなくなり、一体に黒く見える。底に静止しているものもいるが、浮いて泳ぎ廻るものも多く、これは、上流に向いている。しかし、全般的に横向が目立ってくる。

Eは、体長 36~41mm の頃で、殆んど全個体が泳ぎ廻っている。そして、aの群は、下流向きが多く、bの群は、流れの方向に対して、右向き、左向きと混在する。Fになると全個体が浮いて、図のように、大きく左廻りに泳ぎ廻るようになる。又、この時期は、よく餌(鮭鱒飼料)をとる。その後は、放流まで、同様に左廻りの大きい円形の遊泳を続けていた。

XIII 一呼吸の運動

魚類の呼吸に関する研究は、非常に多くなされている。鰓呼吸の運動については、フナとキンギョについての研究 (Kobayashi, 1931) 等がある。私は、サケの仔稚魚の飼育をしていて、鰓呼吸の運動が、淡水に飼育したものと、放流水中に飼育したものとで、著しく違うことに気がつき、次の鰓呼吸数の実験をしてみた。

i) 鰓呼吸数と体長との関係

鰓呼吸の数は、仔稚魚の生長につれ、時々測定してみたが、この結果は、第11図のようである。

第11図は、水温が 9.0°~11.5°C までの間で測定した結果をプロットしてあるが、大体の傾向は、体長が大きくなるにつれて、鰓呼吸数が多くなることがわかる。

この鰓呼吸数の増加の割合は、大凡、体長10mm長くなると、呼吸数は、50%近く多くなるようである。

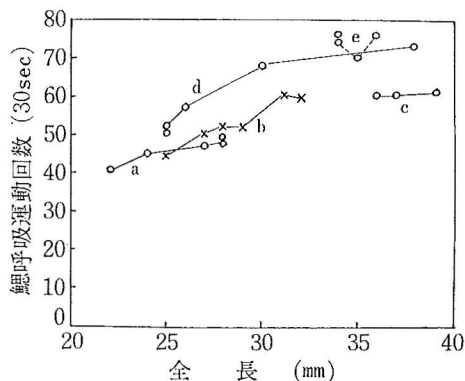
ii) 鰓呼吸数に及ぼす放流水の影響

ふ化槽 No. 1 のサケ仔稚魚と、ふ化槽 No. 2 即ち放流水を注入しているふ化槽の中のものと比較してみた。鰓呼吸数は、後に実験結果をのべるが、水温によって差が現われるし、又、仔稚魚がさわぎ出すと、回数が多くなる。それで実験は、かなり困難で、採用のできないdataが多かった。しかし、少数でも、確実に思われるdataを第12図に示した。

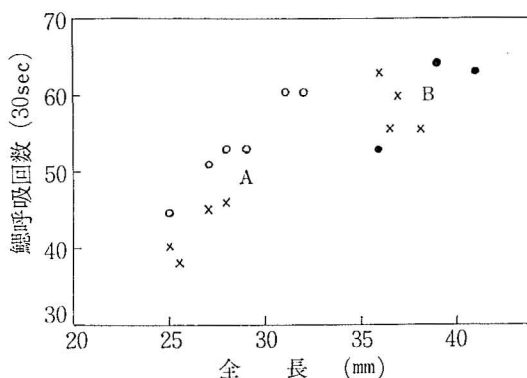
第12図を見ると、体長25mmから32mmまでの仔稚魚では、放流水を注入したふ化槽の仔稚魚は、鰓呼吸数が明らかに少ないことがわかる。体長37mmから41mmの方は、水温10.5°Cで実験したが、放流水中のもとの、川水中のものとの違いが判然しない。尚この場合の C. O. D は、ふ化槽 No. 1 では、0.8ppm、ふ化槽 No. 2 では11.28ppmであった。

これと並んで、11月24日にふ化した仔稚魚を、5匹ずつ川水（ふ化槽 No. 1 の水）、川水と放流水と半々に混じたもの及び、放流水そのままのものを、3 l 入のポリエチレン製バットに入れて置いた。そして、水は、夫々同じ割合のものを、3日毎に交換した、こうして、36日後、1月30日に見ると、全部生存していた。しかし、次の点で相違していた。

即ち、川水だけのものは、仔稚魚の発育よく、卵黄は目立って縮小し、体は黒色化していた。これに反し、放流水中のものは、卵黄がまだ大きいままで、体表には色素胞が出始



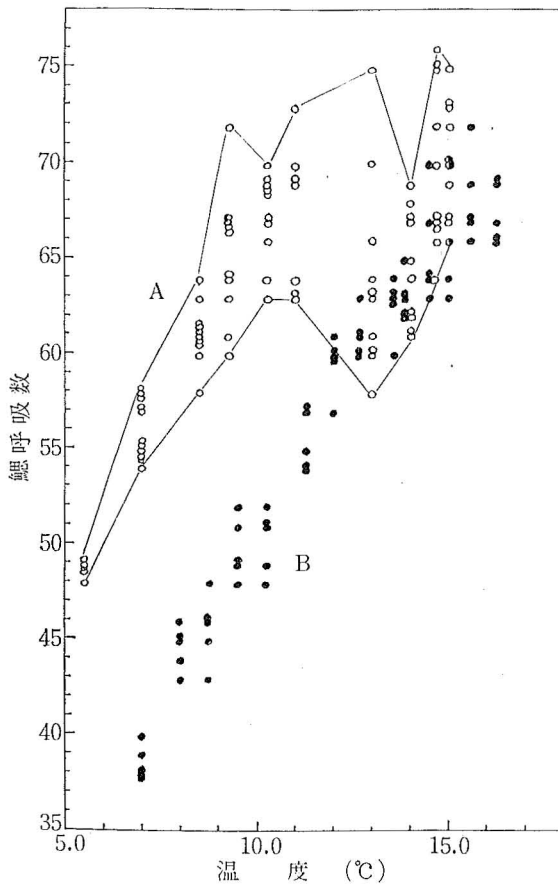
第11図 サケ仔稚魚の鰓呼吸数と体長との関係
a: 9.4°C, b: 9.0°C, c: 10.5°C, d: 11.0°C, e: 11.5°C



第12図 鰓呼吸に及ぼす放流水の影響
A : 9.0°C, B : 10.5°C
○, ●……ま水中の仔稚魚の鰓呼吸数
×……放流水注入液中の仔稚魚の鰓呼吸数

第14表 サケ仔稚魚の鰓呼吸数及び心臓搏動数と放流水との関係

飼育水の区別 (水温 9.0°C)	全長 (mm)	鰓呼吸数 (30sec)	搏動数 (30sec)
川水	24	43~44	37~38
半放流水	25	39~40	20~21
放流水	24	19~20	13~14



第13図 サケ仔稚魚の鰓呼吸数(30sec)と温度との関係
A:(全長 36~38mm) B:(全長 28~32mm)

めている程度であった。そして川水の方の仔稚魚は、元氣よく泳いでいたが、放流水中のものは殆んど泳がず、器の底に静止していた。放流水を半分に稀釈したものは、大体両者の中間の状態であった。そこで、この三者の鰓呼吸数と、ついでに心臓搏動数を測定してみたが、結果は第14表の通りであった。

第14表を見ると、放流水中でも、サケ仔稚魚は、生存できるが、発育程度は遅れるようである。そして、鰓呼吸数も心臓搏動数も、放流水によって、明らかに少なくなることがわかる。

iii) 鰓呼吸数と温度との関係

生物の生理現象は、温度が10°C上昇すると、作用が2倍余に活性化することは広く知られている。しかし、温度の高さは生物によって限界がある。サケ仔稚魚においては、どうであるかを知るために、次の実験を行ってみた。

第15表 サケ仔稚魚の鰓呼吸数と温度との関係 (全長36~38mm)

水温	個体	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
5.5°C		48	49	49	49	49						48.8
7.0°C		54	55	55	55	55	57	57	58	58	58	56.2
8.5°C		58	60	61	61	61	61	61	61	63	64	61.1
9.3°C		60	61	63	64	64	67	67	67	67	72	65.2
10.3°C		63	64	66	67	67	69	69	69	69	70	67.3
11.0°C		63	63	64	69	69	70	73				68.4
13.0°C		58	60	60	61	63	63	64	66	70	75	64.0
14.0°C		60	60	61	61	63	64	66	66	67	69	63.7
14.7°C		64	66	67	67	67	70	72	75	75	76	69.9
15.0°C		66	67	67	69	70	70	72	73	73	75	70.2
6.5°C		48	51	51	51	52	52	52	54	55	55	52.1

鰓呼吸数は30秒間の回数

ふ化槽 No. 1. で飼育してきたサケ仔稚魚10匹を、自宅に持ち帰り、直径22cm, 深さ8cmのポリエチレン製バットに入れ、フサモを入れて放置した。そして、室内でストーブを燃き、気温22°Cに高め、ここに冷い水道水を注いだバットを持ちこみ、この中の水温が高まるにつれて、サケ仔稚魚の鰓呼吸数を数えた。この結果は第15表および第13図Aに示す通りである。尚実験したのは、3月15日夜間(午後5時40分から10時16分まで)である。

第15表中、最後の欄に6.5°Cの実験結果をのせてあるが、これは、15.0°Cで実験した後、次第に水道水を注いでバットの水温を下げ再び、鰓呼吸数を数えたものである。

第15表及び第13図Aを見ると、サケ仔稚魚においても、温度が上昇するに従って、鰓呼吸数は増加するが、11°Cくらいまでは $Q_{10}=1.91$ くらいになる。しかし、13°Cくらいからは、上昇率が下る他に、鰓呼吸数が、非常にまちまちになり分散している。

次に、自宅で飼育していたサケ稚魚について、同様の実験をしてみた。自宅飼育のサケ稚魚は、室温が低く夜間は、2~3°Cになるので、発育が遅れていた。この5個体の全長は、夫々28mm, 29mm, 29mm, 30mm, 32mmで、東根ふ化場で飼育していたもの(36~38mm)より、目立って小さいものである。実験は3月17日夜行なわれた。この結果は、第16表の通りであるが、図は、第13図Bにまとめて示してある。

第16表及び第13図Bを見ると、14°C位までは、 $Q_{10}=2.07$ 位で、呼吸数が殆んど直線的に増加することがわかる。又、水温13°C以上になっても、より大きい仔稚魚の群Aに見られるような、呼吸回数分散が、現われていない。これは、どういう理由によるものか判明しないが、全長36~38mmくらいの仔稚魚になると、呼吸生理の調節が行なわれるのかもしれない。この調節作用は、より小さな仔稚魚の場合は、まだ現われないのだと考えることはできないだろうか。

何れにしても、全長36~38mm位になった仔稚魚は、水温13°C以上位になると、呼吸回数がまちまちに分散することは、サケが冷水型の魚で、普通は、8~11°C位の河川に生活することと併せ考えると、何か意味があるように思われる。

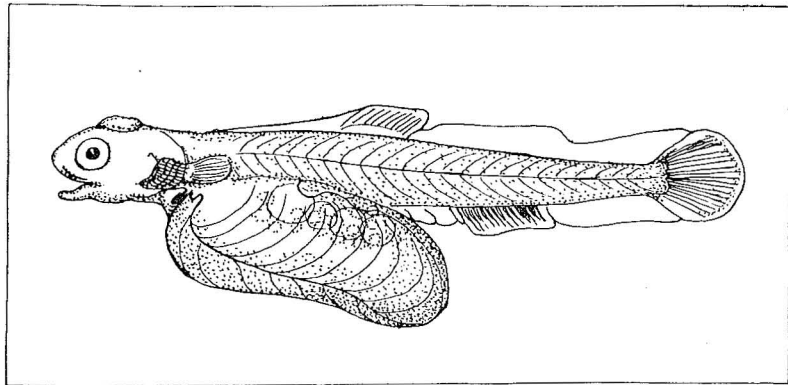
第16表 サケ仔稚魚の鰓呼吸数と温度との関係 (全長 28~32mm)

水温	個体	1	2	3	4	5	平均
7.0°C		38	38	38	39	40	38.6
8.0°C		43	44	45	45	46	44.6
8.8°C		43	45	46	46	48	45.6
9.5°C		48	49	49	51	52	49.8
10.3°C		48	49	51	51	52	50.2
11.3°C		54	54	55	57	57	55.0
12.0°C		57	60	60	60	61	59.6
12.7°C		60	60	61	61	63	61.0
13.6°C		60	63	63	63	64	62.6
13.9°C		63	63	64	64	66	64.0
14.5°C		63	64	64	67	70	65.6
15.0°C		63	64	66	70	70	66.6
15.6°C		64	67	67	69	72	68.2
16.3°C		66	66	67	69	69	67.4
5.5°C		37	37	38	40	40	38.4
5.7°C		36	36	38	38	42	38.0

鰓呼吸数は30秒間の回数

XIV サケ仔稚魚の血管と心臓の鼓動

サケの発眼卵の項に、胚体の血管のことを少し記載したが、仔稚魚になると、血管系は



第14図 サケ仔稚魚の血管系

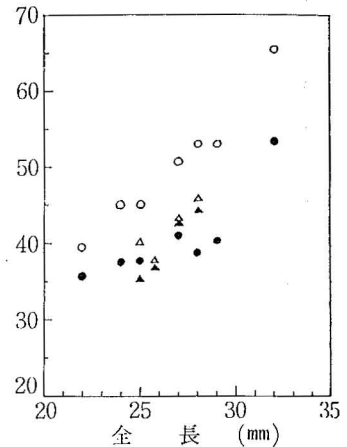
よく目立つようになる。この仔稚魚の血管系はニコルスキー (1964) の図38, Nikolsky (1863) の Fig. 17 に、立派な図がのっている。私が見た血管系の模式的な図を第14図に示したが、卵黄上に、前方から後下方に走る少々太い血管があり、これから、細かい血管が網目状に走って卵黄の表面を包んでいる。この太い血管は、卵黄の左側にあるだけで、右側は細かい網目状の血管が走っているだけである。

又、体表に色素胞が発達しない期間は、鰓が紅く透って見え、この直ぐ後下方に、小さな心臓が動いているのがよくわかる。血液は、心臓から鰓に流れ、鰓から、脊椎の下部を後方に走っている背大動脈に流れて行くようである。又、卵黄表面を包んでいる網状血管は、卵黄の栄養分を血液中に取り入れて、心臓に流入するようである。

次に心臓の鼓動数を測定しようとしたが、全長が30mm以上になった仔稚魚は、鰓部附近の色素が多くなるので、外部から心臓を見ることはできなくなる。

この時期の前に測定した数例のみを示すと、第15図のようになる。

第15図には、ふ化槽 No. 1 で飼育したものと、ふ化槽 No. 2 で飼育したものとを、一緒に示してある。第15図を見ると、前記のように、放流水注入槽で育った仔稚魚の鰓呼吸数は、淡水中で育ったものより少なくなっている。そして、ふ化槽 No. 1 の仔稚魚の心臓鼓動数は、鰓呼吸数よりも、明らかに少ない。しかし、放流水を注入したものでは、心臓鼓動数は、鰓呼吸数と同じか、それよりすこし少なくなっている程度で、淡水に於けるものほど、目立った差はない。



第15図 サケ仔稚魚の心臓鼓動数
 ふ化槽 No. 1
 ○鰓呼吸数, ●心臓鼓動数
 ふ化槽 No. 2
 △鰓呼吸数, ▲心臓鼓動数

XV 奇形仔稚魚

サケ仔稚魚の奇形については、駒井卓先生 (1937) の奇形双生児の研究があり、この奇

形は、高温飼育の場合多く発生すると、普通いわれている。東根養魚場で、4年間サケ卵のふ化を行なった場合は、掘抜井戸水使用の3回は、奇形仔稚魚は見ることができなかった。しかし、川水を使用した第4年目の場合は、奇形仔稚魚を、8匹見ることができた。

即ち、奇形仔稚魚は、せむし型のもの4匹、頭胸部だけのもの2匹、奇形双生児2匹の計8匹である。この様子は、第16図に示すようなものであった。

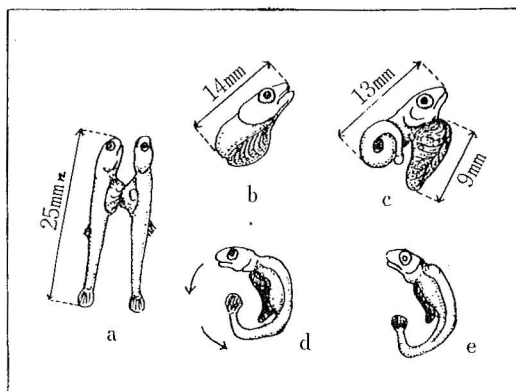
第16図のaは奇形双生児で、全長25mmの2尾が臍囊の部分で、2匹付着している。体全体は、色素胞少なく、黄褐色に見える。臍囊は黄橙色で、中に橙色の油滴が見える。又、付着している部分は5mmで、境のところに少し太い血管が走り、これから、左右に細い血管が走っている。体重は、2匹のままで0.26gであった。この時期(2月21日)は、普通の仔稚魚は、平均して全長34mm位、体重は0.23~0.29gであるから、奇形双生児の方は、2匹で、普通のもの1匹の体重くらいである。運動は、時々、すっと泳ぎ廻るが、方向は、一定しない。多くの場合は、底に静止していた。

第16図bは、頭部だけが大きく発育し、これに胸部が付着している姿である。臍囊は紫色で、この表面を紫黒色に見える血管が走っていた。第16図cは、同じく頭部が大きく発達した奇形で、頭長7mm位、腹部は細く柔かく、しかも巻いた形でついている。この柔い胴の上に背ビレができていて、動いていた。臍囊は、前後の長さ9mmで、黄橙色に少し赤みがあり、まず普通の仔稚魚の臍囊の色と同じである。この上の血管は赤く見えていた。この奇形稚魚は、鰓呼吸をしているので、底面を、僅かに動くだけで、泳ぎ上るようなことはなかった。

第16図dは、せむし型奇形で、体が鉤形に曲っている。臍囊は、殆んど吸収されて、紫色がかった。そして、この奇形稚魚は、円形に泳いで、くるくる廻るだけであった。

eもほとんどdと同様である。

奇形の出現率は、6万粒の卵に対して、頭胸奇形が2匹、奇形双生児が2組、せむし型が4匹の割合である。



第16図 サケ奇形仔稚魚
a. 奇形双生児 b, c. 頭部巨大型奇形
d, e. せむし型奇形

XVI 標 識 放 流

サケ仔稚魚は、普通3月中・下旬、全長が4~5cmになった時に、河川に放流する。しかし佐野(1950)によると、卵黄(臍囊)を吸収し、仔稚魚が浮上するようになると、体の消耗を来たさない内に、自然に河川に泳ぎ出るようにした方がよいとのことである。

東根養魚場の場合は、2月21日頃は、仔稚魚は、卵黄が大部分吸収され、僅かに腹部に

紫色を呈して残っている時期である。そして、3月9日頃は、全稚魚が浮上し、3月15日頃は、殆んど総ての稚魚は、腹部左右の皮膚が隔合している。この時期には、粉状の鮭鱒用飼料を与えると、さかんに摂食した。全長は36~38mmほどである。

そして、3月22日から、標識放流を始めた。標識は、アブラビレを切除する方式をとったが、川水で飼育したものは、アブラビレだけを切除、放流水を注入したところで飼育したものは、アブラビレを切除すると共に、腹ビレを切除した。腹ビレは、再生するといわれているが、普通のヒレと区別できるか否か、将来試すつもりである。

昭和38年度の飼育の場合は、教室の自分たちだけで、アブラビレを切除したが、3日間で、標識放流したものは、

堀抜井戸水のみで飼育したもの……244尾

放流水を混入して飼育したもの……784尾

だけで、他は自然放流した。

昭和39年度は、よく育ったが、放流しようと思っていた時、春の雪どけ水で、東根養魚場付近に洪水が来て、40年の4月12日には、仔稚魚は、殆んど全部流されてしまった。従って、自然放流の形になった

昭和40年度は、1月初め頃からふ化槽内に、藻が着生してきたが、41年1月12日は、仔稚魚は、よく育っていたが、それから1週間くらいのうちに、ふ化槽から逃げ出したものの他は、殆んど死んでしまった。この理由については、次の項で詳述する。

昭和41年度、即ち第4年目は、前述の通り川水を使用したが、標識をつける作業は、東根衛生処理場の事務局長石川蘆氏のお世話で、5人の婦人を頼み、アブラビレ等を切除してもらった。この年も、ふ化槽から逃げたものは、かなりあったが、標識をつけたものは、5人で5日間で次の通り完了した。

ふ化槽 No. 2 の仔稚魚……8176尾

ふ化槽 No. 1 の仔稚魚……7705尾 計 2,4508尾

ふ化槽 No. 3 の仔稚魚……8627尾

XVII サケ仔稚魚飼育に対する放流水等の問題

東根養魚場では、昭和38年以来、4回の飼育を行なったが、その間起った種々の障害になつた点、及び気のついた点を、ここでまとめて考えてみたいと思う。

i) 飼育水中の溶存酸素量について

サケは、湧水の出る砂礫底の河川に、産卵、ふ化するのので、溶存酸素は、一般に多く含まれていなければならないと考えられている。ニコルスキー(1963)によると「サケ科魚類は、水1lあたり7~8ccの溶存酸素量で生活でき、多くのコイ科魚類は、水1lあたりの溶存酸素量が3ccにまで低下するところで、容易に堪える。」(亀井訳)又、サケ卵の酸素消費量について研究した半田(1936)、佐野(1959)によると、サケ卵10,000粒1時間当りの酸素消費量は、日数がたつに従って多くなるが、1日後は、1cc、発眼期の30日後は、10cc、ふ化期の62日後は60ccである。(稲葉、1961より)

東根養魚場で飼育に使用した堀抜井戸水は、酸素含有量は、0.78cc/lで、明らかに酸素は少な過ぎると思われる位であるが、実際飼育した結果は、特別の異状はなかった。これ

は、ふ化槽 1 箇に流入する水量は 50l/min で、酸素の供給量から見ると、1 分間 44cc 1 時間では、2640cc 供給できることになる。ふ化期のサケ卵 1 万粒で、1 時間に 62cc の酸素を消費することから計算すると、サケ卵 42 万余粒を飼育することができる計算になる。実際は、1 ふ化槽に 2 万粒足らずのサケ卵を飼育していたので、酸素の量は充分であったものと思われる。この酸素の供給量ということが、サケ卵等の飼育の場合は、考える必要があるように思われる。

ii) 放流水の物理的影響

放流水を、ふ化槽に注入する場合は、放流水の化学成分は、勿論考えなければならないが、放流水に含まれる微細な塵が、又重要な要因として考えられなければならないことがわかった、それは、ふ化槽に、放流水を絶えず注入すると、いわゆるゴミが、ふ化槽底に沈積する。このゴミは、ふ化盆上の卵の上にも付着するが、これは目立った障害にはならないと思った。しかし、底に沈積するゴミは、仔稚魚がふ化すると、このゴミの中に埋まり、窒息するものが多かった。

それで、この沈積したゴミを検鏡してみると、ゴミの中には、微細な繊維の切片が、茶褐色に混り、この間には、第 17 表のような生物群が生息していた。

第 17 表を見ると、ツリガネムシ類の *Epistylis* が非常に多く、他に繊毛虫類の主なものは 4 種、Nematoda の生きたものが見られる。*Arcella* と Copepoda の殻は、多く見られたが、皆、殻ばかりであった。Bacteria では、桿状菌・糸状菌ともに非常に多い。そして、この生物群は殆んど衛生処理場の散布濾床の礫岩上の生物群と同じであるの

第 17 表 放流水からの沈積物中の生物

種 名	発生量	種 名	発生量
<i>Epistylis</i> sp.	c. c	Flagellata 3 spp.	c
<i>Colpoda</i> sp.	+	<i>Arcella</i> (殻)	c
<i>Loxophylum</i> sp.	+	Copepoda (脱殻)	c
<i>Paramecium</i> sp.	+	Bacteria	c. c
<i>Stylonychia</i> sp.	+	藍藻類の 1 種	+
Nematoda	+		

で、散布濾床の生物が、汚泥粉末と一緒に流出されたものと思われる。この散布濾床の生物群については、中島 (1959, '60, '61, '61²) の詳しい研究があり、その表にも、同様の生物群が見られる。又、津田 (1964) の総合的な研究がある。

iii) 放流水の化学的影響

脱離液を 3300 倍くらい薄めて注入したふ化槽のサケ卵は、ふ化までの日数が、淡水だけのものより短縮されたことは、既に述べた。しかし、濃度が高い場合は、確かに、発育に悪い影響を与えるので、どの程度の濃度が適するものかを試すために、次の実験を行なった。

まず 500cc 容積のビーカー 5 箇を用意し、No. 1 には放流水 100%, No. 2 には 50%, No. 3 には 25%, No. 4 には 12.5% の割合で混合し、No. 5 は真水だけとし、夫々 200cc を入れ、これに、サケ卵 (12 月 4 日採卵したもの) 10 粒ずつを入れた。そして、その後の状態を観察したが、この結果は第 18 表の通りである。

第 18 表を見ると、放流水 100% の中でも、サケ卵は、38 日間は全部生存しており、発育を続けていたことがわかる。そして、放流水 25% の中のものは、54 日間は生存していたが 12.5%, 0% のものに比べると、早く死亡している。発眼卵になるまでの日数は、各ビーカーとも大体同じで採卵後 38 日 (普通は 24, 25 日) であるが、室内に置いて実験したため

に、各ビーカーの水温が、気温と同様に低くなり、ふ化槽の水温よりも低くなっているからであると思う。

ふ化は、放流水 12.5%中のサケ卵の方が、淡水だけのビーカー中のものより5日ほど早くなっている。その後のふ化状態も、放流水 12.5%混合しているものの方が早いようである。

この実験では、ビーカー内の溶存酸素の量は測定していないが、1週間に1回位ずつ、水は交換していた。それで、No. 1, No. 2, No. 3においては、放流水が混じられているので、酸素が割合少なくなることが考えられる。そこで、更に次の実験を行なってみた。

即ち、ポリエチレン製バットを使用して、No. 1 には放流水 100%, No. 2 には50%, No. 3 には0%の液、夫々 2l を入れ、各々に発眼卵 5粒ずつを入れた。その後、3日毎に、液を交換した。尚、このバットは、ふ化槽に浮かし、なるべく水温の変化、低下を防ぐようにした。この結果は、第19表の通りである。

第19表に見られるように、1月11日頃、各バットともふ化したが、その後、1月30日までは、各バット中の仔稚魚とも生存していた。ただ、鰓呼吸数の項で既に記したように、鰓呼吸数は、放流水中の仔稚魚は、淡水中のものに比べて少なく、運動もあまり活発では

第18表 種々の濃度の放流水中におけるサケ卵の發育状態 (12月4日採卵)

月 日	ビーカー		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
	気温	放流水					
			100%	50%	25%	12.5%	0%
12月7日	max 11.6°	min ~6.0°C	10	10	10	10	10
18日	11.0°	~6.0°C	10	10	10	10	10
29日	8.0°	~5.2°C	10	9 1(死卵)	10	10	9 1(死卵)
1月5日	9.0°	~0.6°C	10	10(死卵)	10	10	9
11日	7.4°	~0.8°C	10(発眼)	0	10	10(発眼)	9(発眼)
19日	9.5°	~0.4°C	6		10(発眼)	9(//)	9(//)
2月2日	12.5°	~4.5°C	0		10	9(//)	9(//)
11日	12.6°	~2.8°C			3(7死卵)	9(//)	9(//)
12日					1(9死卵)	9(//)	9(//)
13日					0(10死卵)	{1(ふ化) 8(発眼)	9(//)
15日						{2(ふ化) 7(発眼)	9(//)
16日						{3(ふ化) 6(発眼)	9(//)
17日						{4(ふ化) 5(発眼)	9(//)
18日						{6(ふ化) 2(卵) 1(死)	{1(ふ化) 8(//)
19日						{7(ふ化) 1(発眼)	{1(ふ化) 8(//)
20日						8(ふ化)	{3(ふ化) 6(//)
22日						8(//)	{7(ふ化) 2(発眼)
23日	12.5°	~1.4°C				8(//)	9(ふ化)

ない。

こうした実験に使用した放流水は、後で問題になると思うので、山形県衛生研究所による放流水試験成績を略して表示する。

iv) 掘抜井戸水の腐敗

サケ卵飼育第3年目の実験は、昭和40年11月21日から行なわれた。この年は、高木・大富ふ化場からサケ卵25,000粒ほど分譲してもらって飼育した。12月10日頃は、発眼を始め、1月12日頃は、仔稚魚が多くふ化していた。しかし、その頃から、ふ化槽内のセメント壁に、灰白色の藻類が多く発生し始めていた。この藻類は1週間に1回位ずつの割合で、ブラシで除去したが、サケ仔稚魚の死亡が目立ってきた。3月初めには、逃げたものは大部あったがふ化槽中の仔稚魚は、全部死亡した。

それで、水質が悪くなったに違いないと思って、3月28日に掘抜井戸水と、飼育池の水と、又これに比べるために、荷口川の水とを分析してもらった。この分析結果は、第21表の通りである。

第21表 掘抜井戸水、飼育池および荷口川の水質比較 (昭和41年3月28日)

項目	場所	掘抜井戸	飼育池	荷口川	項目	場所	掘抜井戸	飼育池	荷口川
油度		5 (度)	4 (度)	1 (度)	マンガン		1.10(ppm)	0.58(ppm)	0.06(ppm)
臭味		異臭味あり	異臭味あり	異臭味あり	総硬度		181.6 (〃)	129.5 (〃)	49.2 (〃)
水素イオン濃度		pH 6.0	pH 7.3	pH 6.6	蒸発残留物		459.0 (〃)	307.5 (〃)	107.5 (〃)
アンモニア性窒素		3.4(ppm)	1.45(ppm)	検出せず	銅		検出せず	検出せず	検出せず
亜硝酸性窒素		0.13 (〃)	0.40 (〃)	0.125(ppm)	亜鉛		検出せず	検出せず	検出せず
硝酸性窒素		1 以下	2 以下	1 以下	導電率		575(μv/cm)	500(μv/cm)	143(μv/cm)
塩素イオン		120.6 (〃)	74.5 (〃)	11.35 (〃)	アルカリ度		96	88	26
過マンガン酸カリウム消費量		7.90 (〃)	8.53 (〃)	5.00 (〃)	硫酸イオン		43.4(ppm)	31.7(ppm)	15.4 (ppm)
鉄		0.48 (〃)	0.40 (〃)	0.34 (〃)	浮遊物質		稍多量	稍多量	少量

山形県衛生研究所水質試験成績

第19表 サケ仔稚魚の生存に及ぼす放流水の影響

バット 月日	放流水		
	No. 1 100%	No. 2 50%	No. 3 0%
1月 7日	発眼卵 5	// 5	// 5
11日	ふ化 5	ふ化 5	ふ化 5
30日	5	5	5
2月 8日	2	4	5

第20表 放流水試験成績書

採取場所	東根市大字野田シタ同処理場放流水		
採取日時	昭和42年 1月25日 11時45分	天候	前日 曇り 当日 晴
気温	3.5°C	C. O. D.	5.64(ppm)
水温	11.5°C	B. O. D.	20.84 (〃)
色	微類黄蛋白石油	アルブミノイド窒素	12.57 (〃)
臭気	微下水臭	アンモニア性窒素	6.86 (〃)
透視度	13.5	塩素イオン	30.50 (〃)
pH	7.45	ヨウ素消費量	4.65 (〃)
		遊離塩素	検出せず

(備考) 上記検査成績によれば、本水は清掃法施行規則第九条第十項の放流水基準に適合するものと認める。

昭和42年 2月27日

山形県衛生研究所長

第21表を見ると、掘抜井戸水と荷口川の水の水質に非常に差があることがわかる。特にアンモニア性窒素、塩素イオン、硫酸イオンは、掘抜井戸水が目立って多く、総硬度、蒸発残留物、アルカリ度導電率が共に甚しく高くなっている。飼育池の水は、掘抜井戸水が流入する他に、池底からの湧水が多く出て混合されたものである。

掘抜井戸が、このように変化したのは、何故であるか、これは、判然したことは、わからないが、養魚場敷地は、衛生処理場敷地よりも、1m程低くなっているので、養魚場の実験室の後方に、東根市等から集めたゴミを捨てて埋め立てを開始している。その作業は9月末頃からであるが、1月にはいつて降雪のため、ミカンの皮等を含んだゴミが雪で包まれ、この雪下で腐敗したものと考えられる。そして、腐敗した液が、地下水に浸透し、掘抜井戸水から、第21表のような水が出るようになったのではないと思われる。ふ化槽壁に、灰白色の藻類が発生するようになったのも、水質が汚濁のため悪化したためと思われる。この事実から見て、ふ化場付近に塵捨場を置くことは、注意しなければならないと思う。

v) 川水使用の場合の障害

昭和41年度は、この掘抜井戸水が使用できなくなったので、荷口川の水を直接、ポンプアップして、ふ化槽に流した。これは、5馬力のモーターを使用した。吸込む力が強かったためか、川底の泥が少しずつ水に混ってきた。従って、ふ化槽の底には、2~3日くらいで泥が1cm位沈積した。又吸引口付近に生息しているヨコエビ類も、よく、ふ化槽に流入してきた。それで、ヨコエビ類は、水道の落口に、サラン網を置いて、流入を防いだ。しかし、泥は流入し、サケ仔稚魚がふ化した後は、この泥に埋って、窒息死するものができてきた。

そこで、衛生処理場の坂技師・深瀬技師の考案により、サラン網の籠を造ってもらい、底から10cmほど上げた部分に、このサラン網籠を沈め、これでサケ仔稚魚を飼育することにした。この籠の大きさは、巾60cm、長さ1m、深さ30cm位のものであるが、12月19日からこの籠を実際に使用したが、籠の中には、泥は殆んど沈積しないので、成績は、非常に良かった。ただ、サラン網の前後、左右の垂直面のサランの目に、泥が僅かずつ付着するので、水流量が少なくなるのをさけるために、2日毎に、側の網を、ブラシで掃除した。

XVIII 放流水、放出による河川汚濁の程度

放流水を河川に放流した場合の河川汚濁の状態は、放出口のある河川の水の流量に關係

第22表 荷口川水系の放流水による汚濁の状態
(昭和42年1月19日測定)

場所	項目	C. O. D. (ppm)	Clイオン (ppm)	pH	I消費量 (ppm)
荷口川		0.8	8.86	6.83	1.27
水門の側		11.28	17.09	7.30	1.27
荷口川・野 川分流点		2.40	17.09	7.30	1.27
当日放流水		258.0	972.0	8.70	300

することは、勿論である。東根の衛生処理場の場合は、荷口川に放流されるが、この場合の荷口川及び、下流地点の川水汚濁状態を、深瀬技師から測定してもらった結果は、第22表の通りである。

第22表の結果を得た日は、放流水は、C.O.D=258.0(ppm)になっ

ているが、こんなに濃厚な日はめったになく、普通は、40～70ppm位だとのことである。

それで、この日は、脱離液稀釈水が不十分であった特別の日と考えてよいと思う。しかしこの日の水門の側の C.O.D は 11.28ppm で、この付近には、前記のように、コイ、フナ、ニジマス、ウナギ、アブラハヤ等が多く生息しているし、衛生処理場から、放流水を放出し始めた昭和37年10月以降、次第に魚類が多く集まるようになったとのことである。

現在この付近で魚釣をする人が多いのを見ても、それが伺われる。

サケの方は、どうであるかを確かめるために、大富ふ化場で採捕したサケの数を教えてもらった。同ふ化場の榎力蔵氏の話によると、採捕場のある野川には、30～40年前は、1月を最盛期（これを、一月川、又は寒川といった）にして、1000本以上のサケが溯ってきた。しかし、当時は、採卵ふ化事業などは行なわれないし、卵も食用に供した。それで、サケは次第に少くなり、戦時中の乱獲もあって、11年前頃は、野川には、サケは殆んど溯ってこなくなった。それで、榎氏は、10年前（昭和32年）に、乱川の支流に当る大町ふ化場からサケ卵 10,000粒をもらい、野川の砂礫を掘って、その中に埋めてみた。これでも、サケ仔稚魚は、よくふ化した。ふ化盆を使用して、本格的にふ化を始めたのは、昭和34年からであるという。こうした結果、サケは次第に多く溯上するようになったが、この様子は、第23表の通りである。

第23表は、いろんな立場から見られると思うが、大富採捕場は、荷口川と野川の合流点から、50mほど下流のところにある。それで、採捕場付近の川水は、第22表から見て、C.O.D は 2.4ppm か、あるいは、もう少し低い位と思われる。即ち、ここは、荷口川と比べて、明らかに汚染しているわけであるが、サケの溯上は、むしろ、次第に多くなってきている。又、大富採捕場の付近は、自然産卵も行なわれており、私も、この10m、20m下流で、サケの産卵床を見ることができた。

東根の衛生処理場では、前記のように、昭和37年から放流水を放出し続けてきたわけであるが、その後になって、むしろ、サケの溯上数が多くなっている。勿論、放流水を放出したためにサケの溯上が多くなったとは、簡単には言えないが、サケ溯上に、この程度の放流水は少なくとも悪影響は及ぼしていないということはあると思う。

第23表 大富サケ採捕場における親魚採捕状態

採捕年	採捕♀	♀の中の老魚	採捕♂	計	採卵に使用したもの		ふ化卵数
					♀	♂	
昭和32年	15	10	20	35	5	5	10,000
33	35	25	40	75	10	10	20,000
34	25	18	30	55	7	7	21,000
35	20	15	20	40	5	5	12,000
36	31	21	40	71	10	10	25,000
37	30	10	50	80	20	25	60,000
38	36	6	88	124	30	40	101,500
39	50	10	50	100	40	50	120,500
40	39	9	113	152	30	40	114,000
* 41	83	13	179	262	70	80	177,000

* 41年12月2日現在の数を示したもので、採捕末期までは、この2倍の採捕数があったようである。

XIX 一般考察

河川、あるいは湖水、又海岸における都市廃水、工場廃水の影響についての研究は、多

くある。毒性物質についての研究では、魚類についての Ishio (1964) が次のように言っている。“Through the experiments of reaction tests of fishes to OH , NH_4OH , CuCl_2 and H_2CO_3 , we can determine that fish are always attracted in water with lower concentrations of carbonic acid. Therefore, the attractive action of those toxicants is attributable to the action of lowering the concentration of carbonic acid.”、又、Alabaster and Abram (1964) は使用水中の溶存酸素の重要性に注目し次のように言っている。

“A continual flow of well-aerated fresh solution can maintain an adequate level of dissolved oxygen and will automatically prevent a rise in concentration of respired carbon dioxide and of excreted ammonia and also appears to be ample to offset any effect fish might have on the toxicity of the solution.”

Sprague, Elson and Saunders (1964) は、カナダの Northwest Miramichi River で、大西洋サケ (Atlantic salmon, *Salmo salar* L.) が、溯上する数を調査した。そして、上流部に銅と鉛の鉱山が採掘され、廃液を流すようになると、サケは、毒性をさけて下降する数が多くなったが、この様子を図示している。彼等は更にこうのべている。“Salmon parr in the laboratory avoided less than one tenth of incipient lethal levels (ILL). Mixtures showed modest potentiation in causing avoidance. Avoidance thresholds were 0.09 ILL of zinc, 0.05 ILL of copper, or 0.02 ILL of equitoxic copper-zinc mixtures, added to the experimental water. Avoidance thresholds were higher in nature, abnormal downstream movements past the counting-fence occurring when pollution exceeded 0.35-0.43 ILL.

Young salmon populations were severely depressed every year in the polluted Miramichi. Low supply of eggs and poor survival rates were both contributory causes. Lethal or near-lethal periods of pollution occurred most years, whereas young salmon must live successfully in the river for three successive years.”しかし、このサケも、都市廃水の部分は避けることなく、川を溯上している。

犬飼・岡田・井上 (1960) は、都市し尿処理脱離液の魚卵、稚魚に及ぼす影響について研究し、次のような結論を出している。「サケ卵に及ぼす有害濃度(脱離液の)は発眼前期では10%、5%、2%のいずれも有害作用を示す。発眼期後では、5%、2%でも有害作用を殆んど示さない。1%以下の濃度では、受精後より発生まで有害作用は認められず、ふ化率も対照区と差が認められない。サケ稚魚に及ぼす有害濃度は1%以上で、0.1%以下では有害作用は認められない。」そして「サケ、ニジマス、コイ稚魚に及ぼす1%以上の濃度の脱離液による死亡の原因については、10%以上の濃度では、溶存酸素の不足が原因になっていると思われるが、それ以下の濃度では明らかでない。」

以上の諸研究を見ると、pollution といっても、鉱山等の廃水と、都市し尿処理廃水とは性質が違うことが明らかである。そして、犬飼・岡田・井上 (1960) は脱離液の0.1%以下では無事なことを明らかにしているが、私は、脱離液の3300倍に薄めた液は、かえってサケ卵の発育を促進することを確かめた。又、第18表によると、放流水を12.5%に稀釈した場合は、淡水だけよりも、サケ仔稚魚は、数日早くふ化している。この場合は、脱離液を0.008%位に稀釈したことになる。

又、犬飼・岡田・井上 (1960) は、脱離液10%以上の濃度の害作用は、溶存酸素の欠乏

によるといっていることは、私も同様な結果を得た、即ち、放流水そのままの中に、サケ稚魚を入れて飼育しても、水を交換すれば、死亡しない。これは、放流水の化学的成分が稚魚に毒作用を及ぼすのではないことがわかるように思う。

北海道の天塩川水系についての研究（吉住、大久保、早坂、1965）によれば、この水系には、澱粉工場、製糖工場、製紙工場の3種の廃水が放流されているが、中でも製紙、澱粉廃水の処理には、かなり問題点が多いと考えられるし、この他に本流中一下流から加わる泥炭水による自然障害がある。これらの中、澱粉、製紙工場は鮭鱒親魚溯上期と同じく秋から冬にかけての季節操業であり、その間河川の汚染源となるが、本調査では、天塩川本流の水量が豊富で、いわゆる稀釈率が大きいので、河川に対する負荷量は、それほど大とはならず、目立つほどの影響は与えておらず、操業終了後は、比較的早い時期に、ほとんど影響はなくなるようである。」といている。千歳川について吉住（1962）は、「ママチ川はし尿、司厨廃水の流入を受け有機物が多く、下流部においてもD.O.の減少、B.O.D., P_2O_5 , NH_3-N 等の増大が認められ、特にB.O.D.は水質汚濁限界の5ppmを超えた状態にあるが、千歳川に及ぼす影響は顕著でない。」といている。

山形県水産試験場（1966）の調査によれば、月光川の現状は、養豚し尿のため、月光川の支流べと川でB.O.Dが2.88ppmであることを明らかにし、「今後多頭飼育する場合は衛生処理が必要である。又都市廃水も将来戸数増加による場合は同様処理場の設置も必要となる。」ことを指摘している。

さて、衛生処理場放流水が濃くなると、鰓呼吸数も、心臓鼓動数も少なくなり（第14表）、そのために、稚魚の発育が遅れるようである。これは、放流水中の、何の成分が、このような現象を起させるのか、今のところわからない。これは、残された興味ある問題であると思う。

又、放流水等媒体の成分が、魚体内に入ることについては、吉井・渡部・岡田（1955）が P^{32} , S^{35} , Ca^{45} , St^{89} を使用して実験している。そして、鰓や皮膚を通して、直接水から、魚の組織内に透入することを明らかにしている。

ニコルスキー（1963）によると、「水のなかに一定の無機塩類が存在することで、魚類はいっそう速かな生長を促されるのである。カルジンスキーとシエハノフ（1957）の実験では、放射性的の燐 P_{32} を使って、これが魚の体内に入るのは、口腔を通してだけでなく、鰓と皮膚の被覆を通して入ることが観察された。すなわち、大きな鱗をもつコイの品種では、鰓と口腔とによって、これら塩類の93%が吸収され、体表面からは、6.3%が吸収されたのである。——同じ著者たちは、さらに次のようにのべている。水の中の燐の濃度が10mg/lまで高まる場合には、チョウザメの一種 *Acipenser güldenstädtii* BRANDT の稚魚の生長は、著しく促進される。しかし、燐の濃度が更に高まると、この稚魚の生長促進は、もはや、みられなくなった。」

これは、サケ仔稚魚と放流水との関係についての解釈に、一つの暗示を与えるもののように思われる。

摘 要

1. 山形県東根市野田字シタの荷口川岸に、サケふ化を主目的にして養魚場を建設したが、この設計と付近の生物相について略述した。

2. 水源は、掘抜井戸水を使用した。この溶存酸素含有量は、0.78cc/l で、甚しく少ないが、50l/min くらいの割合で水を流した場合は、サケの卵及び仔稚魚の飼育上、何ら支障が認められなかった。

3. 最上川の上流部の支流、野川にサケ親魚が溯上してくるのは、9月下旬から12月下旬にかけてである。そこでは、自然産卵もするが、この産卵床の様子、及び、親魚採捕場の様子について記した。

4. この付近に溯上するサケ親魚の体長、体重、ヒレの長さ等を測定した。(第3表)

5. この地方で行なわれている採卵方法について記したが、抱卵数は、1尾2500~4000位のものが多し。

6. 東根養魚場におけるサケ卵飼育の際は、真水を流したものと、放流水、脱離液を注入したものと、比較した。この場合、脱離液を3300倍位に薄めて流したものは、ふ化までの日数が、最も少なく、また、死卵数も少なかった。しかし、放流水を少し多く注入したもの(C.O.D 12~13)は、少し発育が遅れた。

7. 発眼卵および、仔稚魚の形態について記し、特にヒレの分化過程についてのべた。ヒレの中最も早く完成するのは胸ビレで、最もおそいのはアブラビレである。

8. サケ仔稚魚の生長測定を行なった。体長(y , in mm)とふ化後の日数(x)との間には、 $y=17.0x^{0.18}$ の関係が成立つ。又、体長(x in mm)と、体重(y in mg)増加の様子は、臍嚢が吸収される時期、即ち体長30mm位の時を变異点とし、臍嚢期は $y=-29.2x^{0.66}$ 臍嚢吸収後は、 $y=0.00317x^{4.1}$ の関係がある。

9. サケ仔稚魚のふ化後から浮上を始める時期までの、行動の変化を観察した。(第10図)

10. 鰓呼吸の数は、個体が大きくなるほど増加するが、体長10mm生長すると、呼吸数は50%ほど増加する。

11. 鰓呼吸数は、温度によって相違するが、全長28~32mm位の個体では、温度係数は $Q_{10}=1.91$ 位である。しかし、全長36~38mm位の個体では11°C位までは、同様であるが、13°C以上になると、呼吸数が甚しくまちまちになり、調節作用らしいものが見られる。

12. 心臓鼓動数について少し測定したが、全長が大きくなるにつれ、鼓動数は増加する。しかし、一般に、鰓呼吸数よりも、鼓動数が少ない。

13. 放流水の鰓呼吸及び心臓鼓動に及ぼす影響を見たが、共に、放流水によって、回数が少なくなる。これは、放流水が、鰓や皮膚から透入して作用するためかと思われる。このために、放流水の濃度が高くなると、生長は遅れる。

14. サケ仔稚魚の奇形について観察した。即ち、せむし型、頭だけの奇形、奇形双生児が見られたが、出現数は、6万粒の卵から、夫々4, 2, 2個体だけであった。

15. サケ卵及び仔稚魚の飼育に当っては、放流水の化学的影響は、あまりないと考えられるが、消化汚泥が沈積するような場合は、注意が必要であると思う。又、湧水、掘抜井戸水等を使用する場合は、この近くにゴミ捨場等を置かないように注意する必要がある。

16. しかし、自然河川に放流水を放出する場合は、この放流水がどの程度に稀釈されるかによって、害の有無が違って来るが、荷口川、野川等の河川では、悪い影響は認められず、むしろ、魚類の生息には好都合になったと考えられた。

引用文献

- 1) 阿部 襄 (1963) サケ *Oncorhynchus keta* (WALBAUM) の増殖に関する研究, 特に衛生処理場放流水の影響について (中間報告) 西原環境衛生研究所
- 2) 秋庭鉄之・佐野誠三・田口喜三郎 (1966) 日本のサケ人工孵化事業, 日本水産資源保護協会, pp. 1-55
- 3) Alabaster, J. S. and Abram, F. S. H. (1964) Development and use of a direct method of evaluating toxicity to fish. Second International Conference on Water Pollution Research. 1964. Section 1, Paper No. 3.
- 4) Aubert, M. Lebout, H. and Aubert, J. (1964) Ilcid. Section III, Paper No. 14
- 5) Beak, T. W. (1964) A biotic index of polluted streams and its relationship to fisheries. Ibid. Section, I, Paper No. 10
- 6) Fujiya, Masaru (1964) Physiological estimation on the effects of pollutants upon aquatic organisms. Ibid, Section, III, Paper No. 15
- 7) 半田芳男 (1932) 鮭鱒人工養殖論 (稲葉, 1961による)
- 8) 稲葉伝三郎 (1961) 淡水増殖学, pp. 280-292
- 9) 犬飼哲夫・岡田 雋・井上 聡 (1960) 都市し尿処理脱離液の魚卵, 稚魚に及ぼす影響の研究, 汚物の資源利用1966, 西原環境衛生研究所, pp. 75-87
- 10) Ishio, Shinya (1964) Behavior of fish exposed to toxic substances. Second International Conference on Water Pollution Research. 1964. Section 1, Paper No. 2
- 11) Karzinkin, G. S. and Shekhanova, I. A. (1957) Some essentially new proposals in the fertilization of water-masses. Trans. Cong. on Fish-cultivation. (after Nikolsky, G. V, 1963)
- 12) Kobayashi, Shinjiro (1931) On the so-called "cleaning reflex" in *Carassius auratus* (L.), iron fish and goldfish. Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ., Ser. 4, Vol. 6, No. 3, pp. 533-543
- 13) 久保達郎・小坂 淳・井上 聡・伊藤哲司・吉住喜好 (1961) 石狩川中流部に流入する工場廃水の生物分布に及ぼす影響, 水産増殖資料第号
- 14) 駒井 卓 (1937) The twin embryo and reversed visceral organs of salmon. Zool. Mag. 49, pp. 108-109. after Okada, 1959
- 15) 宮地伝三郎・川那部浩哉・水野信彦 (1963) 原色日本淡水魚類図鑑, 保育社
- 16) ニコルスキー (1963) 魚類生態学 (亀井健三訳) 新科学文献刊行会
- 17) Nikolsky, G. V. (1963) The ecology of fishes (Tr. by Birkett, L.) Academic Press.
- 18) Nishihara, Shuzo (1963) Experimental result by pilot plant on clarifying a polluted small stream in Tokyo, and its suggested application to the Sumida River that flows through the center of Tokyo City. Nishihara Environmental Sanitation Research Corp., Ltd.
- 19) 中島文夫 (1959) 汚水浄化及び飲料水に関する生物生態学的研究, (II) 公衆衛生院研究報告, 8巻 pp. 63-82
- 20) — (1960) 同 (III) 同上9巻, pp. 115-137
- 21) — (1961¹⁾) 同 (IV) 同上10巻, pp. 160-168
- 22) — (1961²) 同 (V) 同上10巻, pp. 187-196
- 23) Okada, Yaichiro (1959) Studies on the freshwater fishes of Japan. I. General part. 三重県立大学水産学部紀要, 第4巻, 第1号, pp. 1-265
- 24) 佐野 誠三 (1958) 北海道さけますふ化場研究報告, 14 (稲葉, 1961より)
- 25) Sprague, J. B, Elson, P. F. and Saunders, R. L. (1964) Sublethal copper-zinc pollution in a salmon river- a field and laboratory study. Second International Conference on Water Pollution Research. Section, I, paper No. 4
- 26) 津田 松苗 (1964) 汚水生物学, 北隆館
- 27) Zotin, A. I. (1954) Characteristics of the secretion of the hatching enzyme in sturgeon and salmon embryos. C. R. Acad. Sci. U. S. S. R. 95, No. 5. (after Nikolsky, 1965)
- 28) Yoshiji, Giichi. Watanabe, Norimitsu and Okada, Yaichirô. (1955) Studies on the uptake of P³², S³⁵, Ca⁴⁵ and St⁸⁹ in the tissues of fish., Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., Vol. 22. No. 4, pp. 240-243. (after Okada, 1959)
- 29) 山形県水産試験場 (1966) 水産汚濁防止対策調査結果報告書 (月光川水系水域) pp. 1-39
- 30) 吉住 喜好 (1959) 斜里川水系の水質並びに底質の季節的变化について, 水産孵化場研究報告, 第14号, pp. 13-24

- 31) 吉住 喜好 (1960) 常呂川の水質並びに底質の季節的变化について, 孵化場研究報告, 第15号, pp. 17-27
- 32) 吉住 喜好, 尾崎豈志 (1961) 十勝川水系(帯広-幕別)の水質並びに底質の季節的变化について, 水産孵化場研究報告, 第16号, pp. 7-28
- 33) 吉住 喜好 (1962) 千歳川の水質について, 同上, 第17号, pp. 9-19
- 34) 吉住喜好・伊藤安男・細川澄夫 (1963) 十勝川水系(千代田大橋-大津, 十勝太)の水質並びに底質の季節的变化について, 同上, 第18号, pp. 59-81
- 35) 吉住喜好・大久保正一・早坂誠一 (1965) 天塩川水系(士別-天塩)の水質について, 同上, 20号, pp. 37-63

Summary

1. Hatching and culturing Station is newly built by the side of the Nikuchi-river, a branch stream of the Mogami-river, Higashine, Yamagata Prefecture. And studies on culturing of egg and embryo of chun salmon have been done from 1963 to April of 1967.

2. The water used in the experiment was pumped up from the well which was digged in the neighbourhood of the Station. Contents of dissolved oxygen of the water is about 0.78 cc/1, but when water is poured into the hatching pool at the rate of 50 cc/min., we cannot find out any bad influence upon the development of egg and embryo of the salmon.

3. The salmon migrate to the Nikuchi-river district from October to January, and burry their spawn in the shigle of the river.

4. Eggs used in the experiment were fertilized artificially and cultured in the hatching pool, and examined the influence of supernatant liquor of night-soil digestion and it becomes clear that when little amount (C. O. D., 0.88 ppm) of supernatant liquor is poured, the development of the egg is accelerated, but when larger amount of supernatant liquor is poured to the density of 11 to 12 ppm. in C. O. D., the development of the egg is delayed.

5. The growth rate of the embryo of the chun salmon is represented by a formula $Y=17.0X^{0.18}$, where Y represents body length in mm and X represents days after hatching.

6. Growth in body weight is different according to the stage of embryo, and it is represented by a formula $Y=29.2 X^{0.66}$ in the younger embryo with yolk-sac, and it is represented by a formula $Y=0.00317 X^{4.1}$ in the embryo after absorption of the yolk, where X represents body length in mm and Y represents body weight in mgs.

7. Number of operculum is increasing according to the growth of body length, and the rate of increase of number of operculum is about 50% in proportion to the growth of 10 mm in body length.

8. Temperature coefficient, Q_{10} of the embryo is about 1.9 in the smaller embryo with body length of 28 to 32 mm, but in the larger embryo with body length of 36 to 38 mm, though the value of Q_{10} is about the same in the water colder than 11°C, the value becomes irregular in the higher temperature than 13°C. This fact seems to show that the salmon is a kind of cold-water fish.

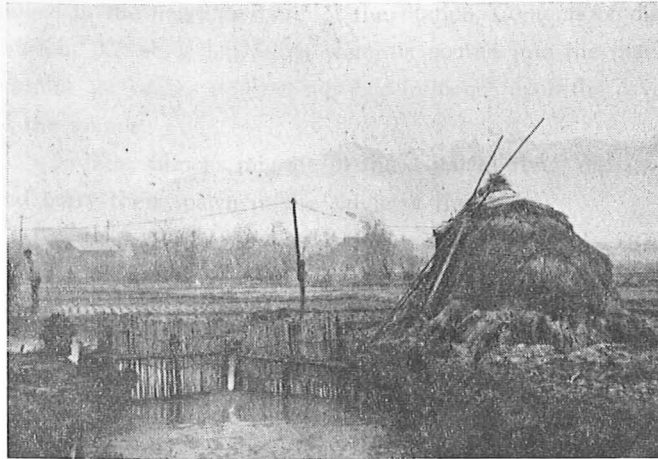
9. The number of pulsation is increased according to the growth of body length and the number of pulsation is generally fewer than the number of operculation.

10. Both the number of pulsation and that of operculation are decreased by the water which is mixed with larger amount of supernatant liquor of night-soil digestion (C.O.D., 12 to 13 ppm), and consequently, the growth rate of the embryo is decreased. But the death rate of the egg and embryo is decreased by the smaller amount of supernatant liquor (C.O.D., 0.88 to 2 ppm).

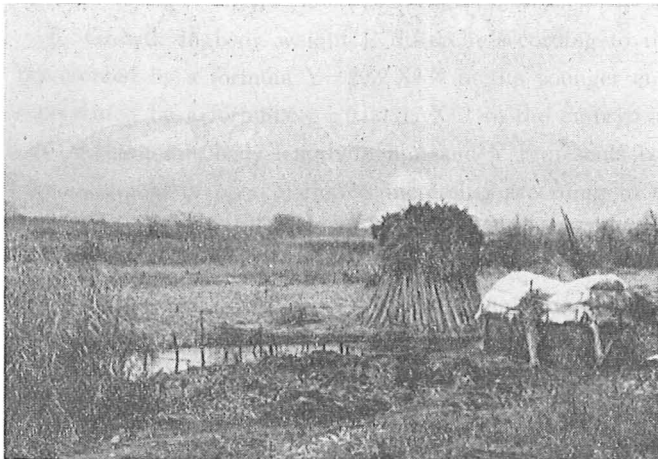
11. Deformed embryos of the chun salmon are observed, namely, two pairs of twin embryo, 4 individuals of crookback embryo and 2 individuals of gigantic headed embryo were seen among the embryos hatched from 60,000 eggs.



東根養魚場
右端ふ化室
手前の川は荷口川



高木親魚採捕場
(11月14日, 夜明)



大富親魚採捕場
右手, ビニール屋根の家
は見張小屋



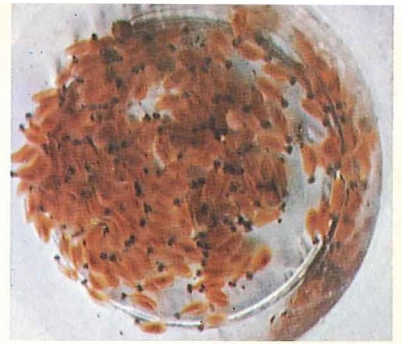
1



2



3



4



5



6



7

1. サケ *Oncorhynchus keta* (WALBAUM)

高木採捕場で捕獲したもの

2. 採卵受精のため、尾ビレで攪拌しているところ

3. ふ化後5日のサケ仔稚魚（ふ化槽内のもの）

4. ふ化直後の仔稚魚

5. ふ化後2週間

6. ふ化後60日の仔稚魚

7. サケの奇形魚