

サクラマスの成長と鱗相に関する研究

2. 1982年に回帰したスマルト放流魚の鱗相と成長

大熊 一正*, 真山 紘*

On the Studies of Scale Pattern and Growth
of Masu Salmon (*Oncorhynchus masou*).
2. Growth and Scale Pattern of Hatchery
Reared Masu Salmon Returned in 1982

Kazumasa OHKUMA* and Hiroshi MAYAMA*

In the spring of 1981, 72,700 hatchery reared masu salmon were released to the Mena River, one of branches of the Shiribetsu River, Hokkaido. And, 496 of them were returned and captured in coastal area of Suttsu, especially surrounding area of the mouth of the Shiribetsu River in the next spring. Scales collected from these masu salmon, were examined.

The fork length of them at the beginning of their seamigration were estimated by the formula as follows:

$$EFL = (R_n - R_o) / (R - R_o) \times (FL - IL) + IL$$

IL: fork length at firstly scale formed: 4.0 cm in this paper

R_o: radius of focus R: scale radius

R_n: scale radius at estimation

It did not show significant correlation between fork length (or their growth in sea water) and estimated fork length (EFL). In another words, large smolts at releasing do not always grow larger until they return. The proportion of having resting zone in their scales tend to be lower in larger body weight and higher in smaller. 73.1% of these masu adults has an intermediate band in its scale. This is known that it is formed during seaward migration. And, average number of circuli and average width of this band are 5.38 and 0.158 mm, respectively. From the supposing that fork length at first scale formation is 4.0 cm, the following allometry equation, showing relationship between scale radius and fork length, was obtained.

$$R = 0.09796(FL - 4)^{0.810663}$$

R: scale radius in mm

FL: fork length in cm

北海道さけ・ますふ化場研究業績第295号

* 水産庁北海道さけ・ますふ化場

(Hokkaido Salmon Hatchery, Fishery Agency, 2-2 Nakanoshima, Toyohira-ku, Sapporo, 062 JAPAN)

But, it is not sufficiently satisfied in the period just after the beginning of scale formation. From this result, further examination is needed to clear the relationship between scale formation and body growth.

はじめに

サクラマス資源増大のために種々の研究、放流事業等が行われてきているが、いまだ顕著な資源増をもたらすには至っていない。そのような中で、北海道さけ・ますふ化場では回帰親魚から得た卵を降海型幼魚(いわゆるスマルト)となるまで人工的に飼育管理した後、放流するという手法を用い、回帰効果を高め、資源増をはかろうとしている。このようにして放流された幼魚の回帰時の来遊状況、成長、資源量等を把握することは、実施された諸々の計画、方法の評価をする上でも重要であるだけでなく、さらに直接的にサクラマスの資源増大につながる有意義な指標となることも期待される。幼魚放流後、産卵回帰して河川内で捕獲されるまでのすべての生活期間にわたって追跡調査を行うことが可能であれば、より詳細な検討が加えられるが、現在のところ不明部分が少なくないため、得られる知見も限られたものとなっている。しかしながら、鱗にはその生活の履歴が残ることから、それらを用いて解析することにより、降海から回帰に至る期間のある程度までの知見を得ることができると考えられる。そのためには河川生活中(飼育期間中)の幼魚の鱗相や成長、生息環境の変化などについてもよく理解しておくことが必要となることは勿論だが、これについては別に並行して調査を行っているので、今回は1981年春に1+ 幼魚として放流されたサクラマスの沿岸回帰時に得られた鱗標本をもとに鱗相、成長等について調べ、一応の結果を得たのでここに報告する。

なお報告に先立ち、標本採集に御尽力いただいた寿都町漁業協同組合の輪島隆司氏、北海道さけ・ますふ化場尻別事業場の松村幸三郎場長及び有意義な御助言をいただいた北海道さけ・ますふ化場の野村哲一主任研究官、ならびに校閲の労をいただいた北海道さけ・ますふ化場の小林哲夫調査課長に厚く御礼申し上げる。

材料と方法

今回用いた親魚の鱗標本は1981年春に1+ スマルトとして尻別川水系目名川に放流したサクラマス標識魚(脂鰭切除)72,700尾のうち、降海後約1年間の海洋生活を経て翌1982年春沿岸に回帰し、採捕されたもの496尾から得た。これらの1+ スマルト放流群の履歴については真山他(1985)にくわしく述べられているので、ここでは省略する。また、幼魚の鱗標本は同じく、目名川にて採捕されたものを用いた。標本の作製方法及び鱗の観察方法は大熊・真山(1984)と同様に行なった。

結 果

1) 河川残留の1+ 放流魚の鱗相

1981年から1982年にかけて目名川で採捕された標識幼魚48尾のうち、1981年5月20日に採捕した44尾についてその鱗相、雌雄等について調べた(Fig. 1)。

44尾中9尾はスマルトで、35尾はいわゆる残留型であった。また、これら44尾のうち淡水1年目の休止帯の認められない個体(鱗の縁辺まで隆起線の間隔の著しい変化の生じていない個体)が7尾認められた。

2) 海洋生活移行期に見られる中間帯について

降海したサクラマスの鱗には中間帯と呼ばれる隆起線間隔のやや広い部分の認められる個体が現れるが、この中間帯の形成率、幅及び隆起線数について調べた。

沿岸で採捕された496尾のうち再生鱗を除いた402尾について調べたところ294尾(73.1%)に中間帯が認められた。また、これらの中間帯の幅及び隆起線数の頻度分布を調べた(Fig. 2)ところ、平均で、5.38本、幅0.158mmであった。

サクラマス成長と鱗相に関する研究.

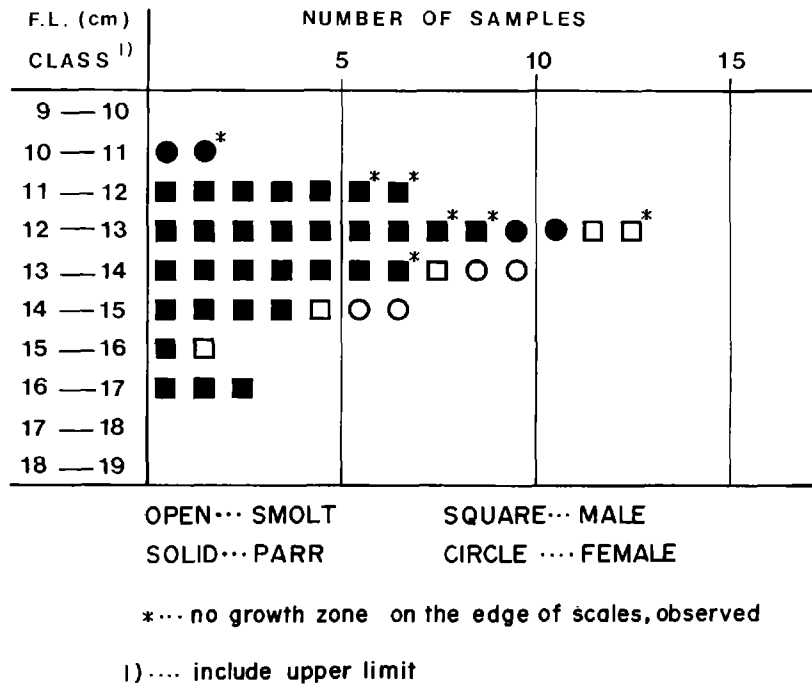


Fig. 1 Frequency distribution of 1+ masu salmon without growth zone on the edge of their scales. These 44 hatchery reared masu salmon were captured at the Mena River about 1 month after their release.

3) 海洋生活中に形成される休止帯について

サケ科魚類は海洋生活中、主として冬季に隆起線間隔の密な帯をもつことが知られているが、サクラマスに関してはその休止帯の形成について不明の点も多い。そこで、便宜的に2, 3, 4月を前期, 5, 6月を後期として、この海洋休止帯の有無と体成長との関係について調べ、Fig. 3に体重別の休止帯形成割合を示した。前期における休止帯の形成率は後期に比べて低く、前期の3kgを越えるものでは休止帯を持たない個体が75%を占めたが、後期のそれは約45%と下がっている。他の体重階級についてもこれと同じく、後期のほうが高い休止帯の形成率を示した。また、前・後期とも大型魚の休止帯形成率が低く、小型魚になるほど高くなる傾向を示した。さらにこれらの標識魚の中に休止帯を2本あるいは3本持つ個体も認められた。

4) 降海時体長の推定及び採捕時体長との関係

鱗初生時の体長を4.0cmとして

$$(L_n - L_o) / (L - L_o) = (R_n - R_o) / (R - R_o)$$

というBelding (1934) が示した式を変形した式

$$EFL = (R_n - R_o) / (R - R_o) \times (FL - IL) + IL$$

ただし EFL: 推定体長 (Ln)

Rn : 体長を推定する際の鱗径

Ro : 核径

IL : 鱗初生時体長 (Lo)

R : 採捕時鱗径

FL : 採捕時体長 (L)

より中間帯を持つ294尾について降海時の体長を推定し、その体長と採捕時の体長の関係について調べた (Fig. 4)。この図から明らかな様に、2, 3の例外的に小さな個体も認められるが、大部分は体長12cmを越

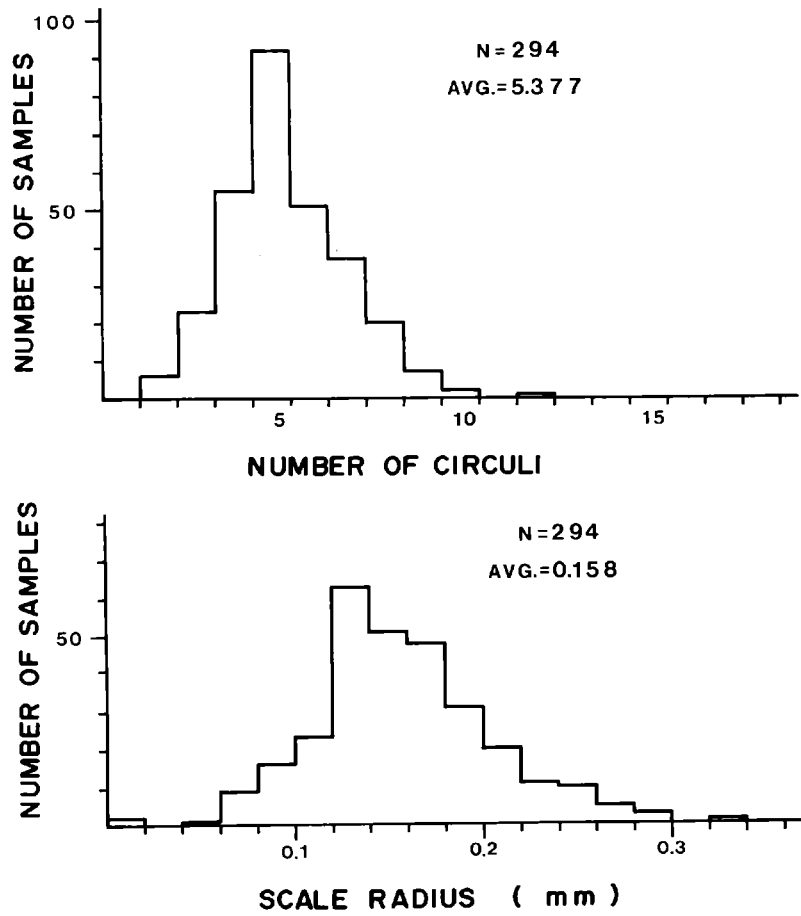


Fig. 2 Frequency distribution of scale radius and number of circuli of intermediate band.

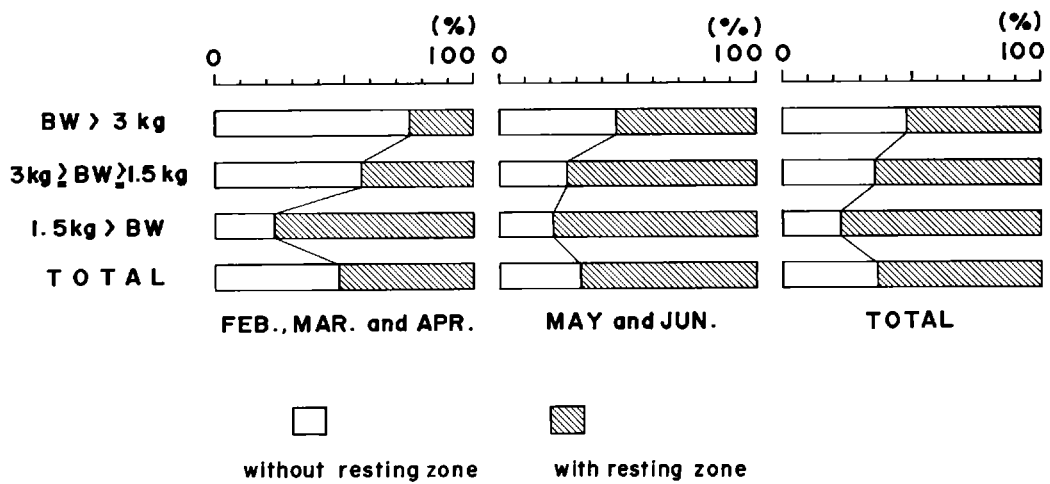


Fig. 3 The proportion of fish with or without resting zone.

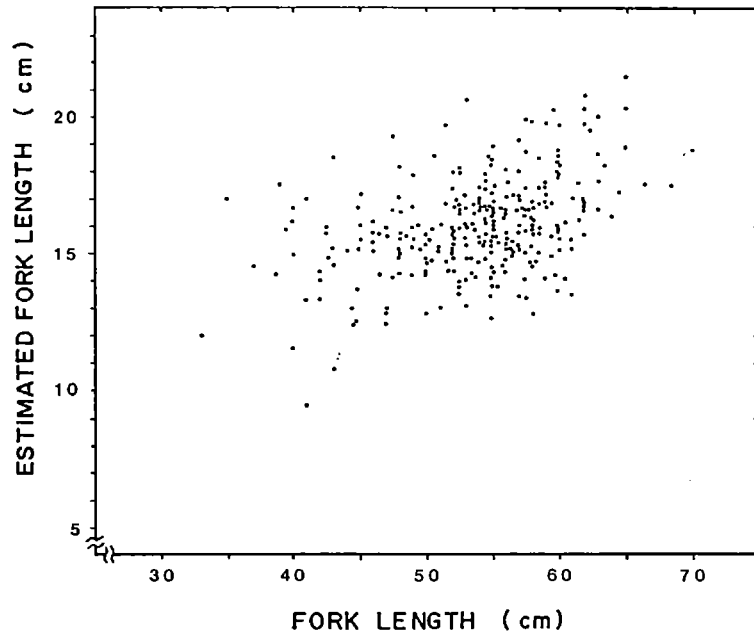


Fig. 4 The relationship between fork length at the time of recovery and estimated fork length (EFL) at the beginning of sea water life.

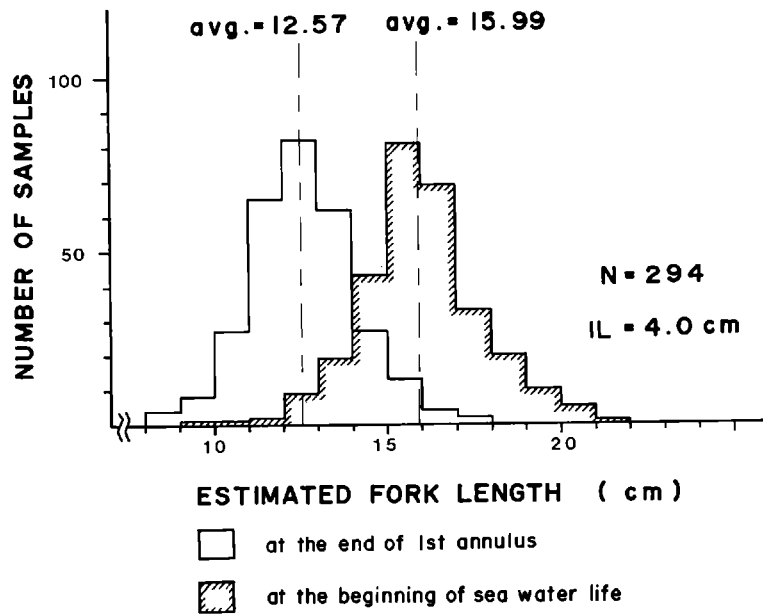


Fig. 5 Size composition of hatchery reared masu salmon. These were estimated by the formula as follows:

$$EFL = (R_n - R_0) / (R - R_0) \times (FL - IL) + IL$$
 IL: fork length at the time of scale formation (initial length)

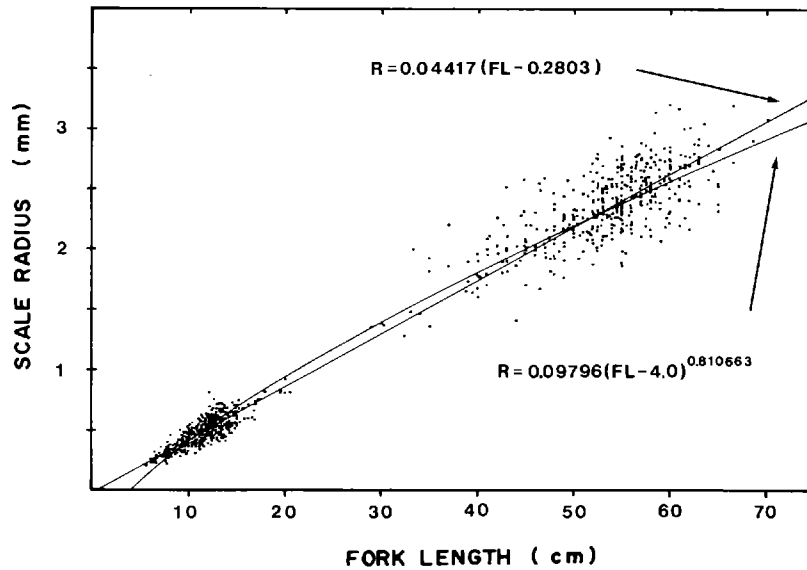


Fig. 6 The relationships between scale radius and fork length of masu salmon.

えている。これら小さな個体はやはり回帰時の体長も小さく、海洋での成長が悪かったためと容易に想像できるが、大部分はばらつきが大きく、降海時の体長と採捕時の体長についてはほとんど相関が認められなかった。さらに、先に示した式を用いて、淡水1年目の休止帯形成時と降海時の平均体長を求めたところ、それぞれ12.57cm、15.99cmとなり、この間に約3.5cmほどの成長を示した (Fig. 5)。

5) 鱗径と体長との関係について

親魚402尾と幼魚608尾の計1010個体のデータをもとに鱗径と体長との関係を図示したのがFig. 6である。幼魚の標本については数年にわたって目名川で採捕されたものから得た。これらの鱗径と体長の関係を直線的比例と見なして回帰式を求めると

$$R (\text{mm}) = 0.04417 (FL (\text{cm}) - 0.2803)$$

であり、この関係をいわゆるアロメトリー式と見なして求めた式が

$$R (\text{mm}) = 0.09796 (FL (\text{cm}) - IL)^{0.810663}$$

ただし $IL = 4 \text{ cm}$ である。

両式とも比較的良好な関係を表わしている。ここで、 $IL = 4 \text{ cm}$ とは先に述べた鱗初生時体長である。この初生時体長については後述する。

考 察

河川に残留していた幼魚のうち、鱗の縁辺部に隆起線間隔の広い部分が認められなかった7尾については、人工的な飼育環境と放流後の河川環境に大きな違いが生じていたためか、あるいは逆に違いがなかったためか考慮する必要があると思われる。この点、降海途中と考えられるスモルトについて、その鱗の縁辺部に広い間隔の部分を持たない個体も認められている (杉若・小島, 1979)。河川内に残留した幼魚がその後1年越冬した後の鱗(2+の夏)でも1年目の休止帯の外縁についてはっきりしない個体が見られる。Bilton(1975)は、ベニザケ幼魚を用いて飼育、餌止めした時の隆起線の発現状況について、給餌レベルが上がった時かあるいは餌止め後の十分な給餌が休止帯の形成をもたらすと述べているが、時間的ずれの可能性も否定してお

サクラマス成長と鱗相に関する研究

らず、この点についてはまだはっきりしていない。また、他の大部分の幼魚は残留魚であっても縁辺部に広い間隔の部分をもつこと、さらに、1+ 放流魚は天然魚に比べて大型であることなどを考慮すると、残留魚については放流後そのまま成熟へ向う個体があらわれ、それが縁辺部に隆起線間隔の広い部分を持たないという結果に繋るのかも知れない。

次にスモルトの時期の縁辺部の広い部分、つまり中間帯については降海後のいわゆる海洋移行帯として理解されている（佐々木他、1984）が、スモルトとなって降海する幼魚の河川内の鱗相にも縁辺部にも広い隆起線間隔を持つものが認められており（杉若・小島 1979; 佐野 1951）、これらの形成は降海前の成長期から降海後にかけて起こると見てさしつかえない。また、海洋に移行したスモルトが生理的諸性質（たとえばCa、Naイオン等の代謝）に変化をきたす（久保 1980; 野村・大熊 1983）ことなどから鱗相にもその影響が現われると考えてもおかしくないだろう。ただ、佐々木ら（1984）が調べた積丹海域での未成魚の海洋移行帯の形成割合は最高で52.27%と今回の標識魚の73.1%に比べ低くなっている。さらに佐野（1951）が千歳川で調べたものでは92.3%に中間帯が認められている。この差が時期的なものか、あるいは系統的なものであるか、または中間帯の読みとり方法の不統一によるものか詳しくはわからない。ただ、先述した佐々木ら（1984）の報告によると時期、年度によって形成割合に変化が見られ、さらに佐野（1951）が調べた道内の河川のサクラマス成魚の鱗の観察結果でも形成割合が著しく異なることなどから考えると降海の直前直後の生息環境やその年の成長等に左右されるのではないかと思われる。

この標識放流群の放流時からの体長の変化を推察すると、放流時（4月27日）には平均13.8cmで、鱗相から推定した体長では淡水1年目の休止帯形成時期で、12.57cm、降海時と推定される時期で15.99cmとなった。これらの推定体長は、放流時の体長と比較して、かなり信頼できる体長であると考えられる。しかし、この海洋移行帯の認められない個体については、隆起線間隔が広くなりはじめたところが果して淡水冬季帯の形成完了時であるのか、あるいは海洋移行帯と考えるべきか疑問が生じる。このような問題の残る理由に、河口・沿岸で採捕され集められる幼魚標本の数が著しく少ないことと、しかも定置網で採捕される場合ほとんどの鱗が脱落してしまっている状態にあるということなどがあげられる。よって今後河口、沿岸域での幼魚の標本採集にも力を注ぐ必要があると考えられる。

沿岸で漁獲されるサクラマス成魚は体長、体重ともバラツキが大きいことが知られており、田中（1965）はこのような変異の理由をサクラマスの生息環境の違いによるものと見ていた。今回採捕された標識魚を見ても、体長29.0cm～70.0cm、体重で200g～6100g（ちなみに河川内では39.0cm～68.0cm）（真山他 1985）と、同一年級群の同一放流群の中でさえかなり大きな変異が認められており、サクラマスの摂餌特性と生息環境によってこのような差が生じるものと考えられる。また、今回採捕された標識魚の降海時の推定体長と採捕時の体長との関係を先に示したが、これによるとスモルト化して降海する時点である程度大きさの選別が自然になされているにもかかわらず、海洋生活開始後、体成長に大きな変異が生じることを意味している。別の観点から言うと、人工生産スモルトを放流し、サクラマス資源の増大をはかる場合、放流魚のサイズをどれくらいにするかということは非常に重要な問題であるが、スモルトの大小が放流後の生残率にさほど影響を与えないとするならば、あまり大きくして放流する必要があるのかどうかについても検討する必要がある。

サクラマスの海洋生活については1年という見解が一般的である（待鳥、1981）が、これまでサクラマスの海洋生活期間について混乱が生じた理由に休止帯数や先述した体長のばらつきなどの問題があげられていた。今回、再生鱗をもつものを除いた409尾の標識魚について調べたところ、前、後期とも大型魚ほど休止帯の形成率が少なく、また、どの大きさの魚体も前期は後期より休止帯の形成率が低いという結果になった。休止帯をもたないサクラマスの存在は既に知られており（岡田・桜井 1937; 北水試・北水研 1956; 佐々木他 1984）、この中で岡田らは餌量との関係を示唆している。今回調査した結果でも魚体重毎の休止帯の形成率の変化はそれをある程度支持するものとなった。しかし、時期による形成率の差についてはサクラマス

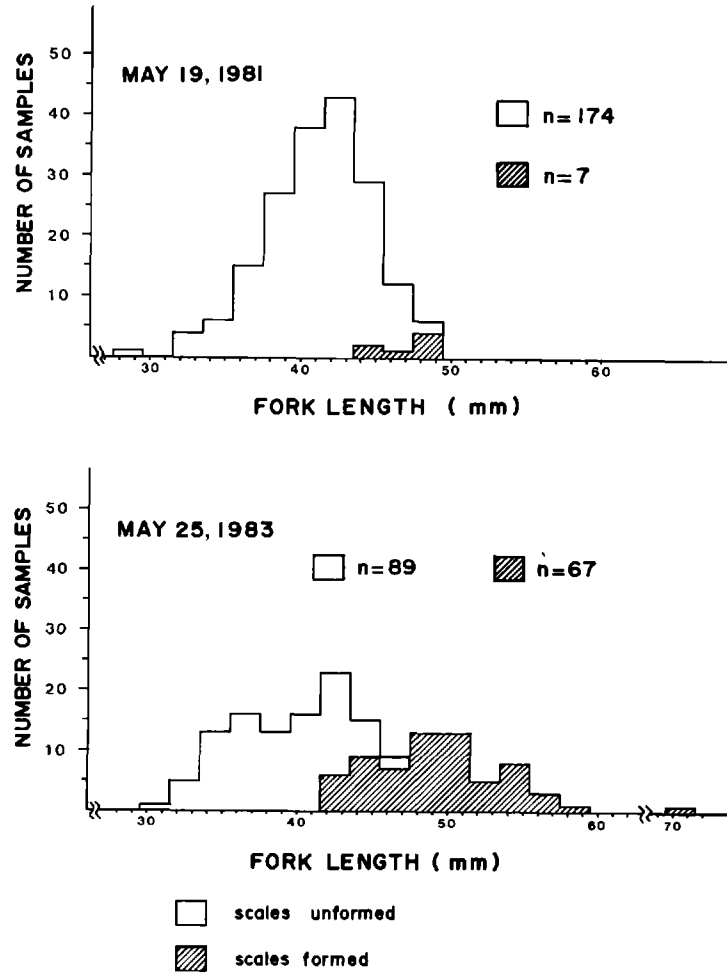


Fig. 7 The relationship between scale formation and fork length of masu salmon fry captured at the Mena River.

の成長様式や回遊経路等を考えあわせた上で、さらに検討する必要がある。

鱗径と体長の関係について筆者らも既に報告した(大熊・真山 1984)が、得られた関係式は特に鱗発生初期においては両者の関係にうまく適合しているとは言えなかった。また、この点は加藤(1970)にも述べられている。今回求めた鱗径と体長の関係式はいわゆるアロメトリー式($Y=aX^b$)で、さらに $b=1$ のとき、すなわち鱗と体長の成長が等しい場合(直線式)も合わせて考えてみた(Fig.6)。ここで $FL=4\text{cm}$ と仮定したが、これは稚魚の鱗の形成状況を実体顕微鏡下で観察した結果(Fig.7)から想定した値である。 FL が 10cm 以下の幼稚魚時代の鱗径-体長の関係は直線式のほうがより適合している様に見られる。しかしこの式にしても $FL=0.28\text{cm}$ のときに鱗が発生したことになり、いささか不都合となる。これらを考え合わせると、鱗発生初期は体長の伸びに優る鱗の成長を示し、ある時期以降はほぼ一定の相対成長をすると理解する方が妥当かも知れない。今回鱗の発生状況の観察は鱗の発生が認められるかどうかに限って行ったため、この時点での鱗径-体長の関係を把握することはできなかった。今後この点についても検討していく必要がある。また、鱗の発生時期はいつかという点についても、現在は体長との関係においてのみとられがちであるが、ふ上稚魚に既に体長のバラツキも存在するわけだから、あるいはふ化後日数か、または積算水

温等との関係を考えながら鱗の発生について観察する必要がある。

ま と め

1981年春に1+ スモルトとして尻別川水系目名川へ放流した標識サクラマス幼魚が1982年春尻別川河口周辺の寿都湾地区に回帰し496尾採捕された。これらの標識魚の鱗を中心に解析し、次のようなことがわかった。降海時の体長を

$$EFL = (R_n - R_o) / (R - R_o) \times (FL - IL) + IL$$

ただし EFL: 推定体長 FL: 採捕時体長

R_n : 推定時鱗径 R_o : 核径

R : 採捕時体長 IL: 鱗初生時体長

という式から推定し、その体長と採捕時の体長との関係を調べたところあまり相関は見られず、降海時の体長の大小は回帰時の体長の大小に結びついていなかった。休止帯の有無と体成長の関係では、大型魚ほど休止帯を形成する割合が低い傾向が認められた。また、海洋生活移行時に形成されるという中間帯(海洋移行帯)の形成率は73.1%で、これらの隆起線の平均は5.38本、幅は0.158mmであった。鱗初生時の体長を4cmと仮定して鱗径と体長のアロメトリー式を求めたところ

$$R = 0.09796 (FL - 4)^{0.810663}$$

という式が得られたが、鱗発生初期についてはあまり適合しなかった。この点については鱗の発生時の体長、鱗径についてさらに詳細な検討を要する。

引 用 文 献

- Belding, D. L. 1934. Improved technical method for determining the annual growth of salmon parr by scale measurements. Trans. Amer. Fish., (64)
- Bilton, H. T. 1975. Factors influencing the formation of scale characters. Bull. Int. North Pac. Fish. Comm., (32): 102-108.
- 北水試・北水研 1956. 日本海マスに関する調査. 北海道区資源調査要報, (13): 185-232.
- 加藤 守 1970. サクラマス成魚の鱗による年齢査定上の問題点に関する2, 3の検討. 日水研報, (22): 15-29.
- 久保達郎 1980. 北海道のサクラマス生活史に関する研究. 北海道さけ・ますふ化場研報, (34): 1-95.
- 待鳥精治 1981. サクラマスの生活史と沖合分布. サケマス調査研究資料, 1-163, 遠水研.
- 真山 紘・大熊一正・野村哲一・松村幸三郎 1985. 尻別川におけるサクラマスのスモルト放流試験-1981年春放流標識魚の回帰-. 北海道さけ・ますふ化場研報, (39): 1-16.
- 野村哲一・大熊一正 1983. サクラマス幼魚の生理生態. マリンランチング計画(サクラマス)プロGRESSレポート. (3): 82-91, 北海道さけ・ますふ化場.
- 大熊一正・真山 紘 1984. サクラマスの成長と鱗相に関する研究. 1. 淡水生活時の鱗相と年齢. 北海道さけ・ますふ化場研報, (38): 25-32.
- 岡田 篤・桜井基博 1937. 櫻鱒の鱗に見出された第二冬期帯不形成の数例. 鮭鱒彙報, (34): 19-25
- 佐野誠三 1951. 櫻鱒の鱗相. 鮭鱒彙報, (52): 8-12.
- 佐々木文雄・大宅伊佐人・辻 敏 1984. 日本海北部海域における生態特性. マリンランチング計画(サクラマス)プロGRESSレポート. (4): 62-76 北海道さけ・ますふ化場.
- 杉若圭一・小島 博 1979. 厚田川における降海型サクラマス幼魚に関する研究. 1978年降海群の年齢と生態. 北水研報, (34): 25-39.
- 田中昌一 1965. サクラマスに関する生物学的知見. 北太平洋漁業国際委員会研究報告, (16): 67-111.