

降海期サクラマス幼魚によるサケ稚魚の捕食試験

田子 泰彦
(2003年10月20日受理)

Examination of Predation on Chum Salmon Fry by Juvenile Masu Salmon

Yasuhiko TAGO*

Predation on chum salmon fry, *Oncorhynchus keta* by juvenile masu salmon, *O. masou*, during the period of seaward migration was examined in the pond of the Shougawa Hatchery in Toyama Prefecture in 1995 and 1996. The predation rate and mean number of chum salmon fry eaten by parr type masu salmon were 45.1% and 1.1 individuals, respectively, and those by smolt type masu salmon were 29.2% and 0.4 individuals, respectively, in 1995. In 1996 those by parrs were 60.0% and 1.1 individuals, and those by smolts were 50.0% and 1.0 individuals, respectively. Fork lengths of the juvenile masu salmon which fed on chum salmon fry ranged from 11.8 to 17.1 cm. Larger parrs tended to feed on more chum salmon fry than smaller ones in 1995, and larger juveniles tended to feed on larger chum salmon fry, regardless of parr or smolt, in 1996. In order to multiply chum salmon more effectively in a river in which chum and masu salmon are released during the same time, it is preferable that juvenile masu salmon be released at the upper reaches than at the releasing sites for chum salmon fry.

Key words: chum salmon fry, juvenile masu salmon, seaward migration, predation

日本沿岸海域においてサケ *Oncorhynchus keta* 稚魚は、ホッケ *pleurogrammus azonus*, ウグイ *Tribolodon hakonensis*, ヒラメ *Paralichthys olivaceus*, カラフトマス *O.gorbuscha*, アブラツノザメ *Squalus acanthias*, スズキ *Lateolabrax japonicus*, マルタ *Tribolodon brandti*, アメマス *Salvelinus leucomaenis*, アイナメ *Hxagrammos otakii* およびサクラマス *O.masou* によって捕食され (長澤・帰山 1995, 長澤・真山 1997, Nagasawa 1998), 特に降海時期の重なるサクラマスにとって, サケ稚魚は降海直後の重要な餌の一つとなっていると考えられている (長澤・真山 1997)。河川ではサケ稚魚はオシロコマ *S.malma malma*, アメマス, カワマス *S.fontinalis*, サクラマス, ニジマス *O.mykiss*, ウグイ, イトウ, *Hucho perryi* (久保 1946), ウキゴリ *Chaenogobius urotaenia* (Hiyama et al 1972a, 網田・岡田 1973), ハナカジカ *Cottus nozawae* (河村 1980, 永田・宮本 1986) などによって捕食され, 北海道ではアメマスとウグイによるサケ稚魚の捕食量が大きいと考えられている (久保 1946)。

また, 捕食によるサケ稚魚の減耗割合について, 北海道の河川におけるハナカジカによる捕食は極めて少ないという報告があるものの (永田・宮本 1986), 同じサケ科魚類のベニザケ *O. nerka* 稚魚においては, アラスカにあるチグニック湖では1985~1987年の3カ年に全稚魚の約59%の個

*富山県水産試験場 (Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan)
富山県水産試験場業績A15第1号

体がギンザケ *O. kisutch* 幼魚によって捕食されたと推定されていて (Ruggerone and Rogers 1992), 魚類による稚魚の捕食はサケ科魚類の自然死亡の大きな要因の一つと考えられている。

著者は先に富山県庄川においてサクラマス幼魚の降海時期が3~4月で、同時期に放流されるサケ稚魚が降海期サクラマスの主要な餌になっていることを明らかにした (Fig.1, 田子 1993, 1994)。そして、庄川のようにサクラマスとサケを同時に増殖している河川では、サケ稚魚の減耗を少しでも減らすために、サクラマス幼魚によるサケ稚魚の捕食実態のより詳細な調査の必要性を指摘した。しかし、庄川の3~4月は融雪増水期に当たり河川水量が著しく増加すること、および庄川の河川環境の悪化により大きな淵が減少したことなどから、調査に供する降海期サクラマス幼魚の採捕が極めて困難な状況になっている (田子 2001)。また、全国的にみてもサクラマス幼魚によるサケ稚魚の捕食を詳細に述べた報告は、ほとんどみられない。

このため、本研究では庄川養魚場の飼育池において降海期のサクラマス幼魚によるサケ稚魚の捕食実態を実験的手法により明らかにするとともに、捕食によるサケ稚魚の自然死亡を減らすた

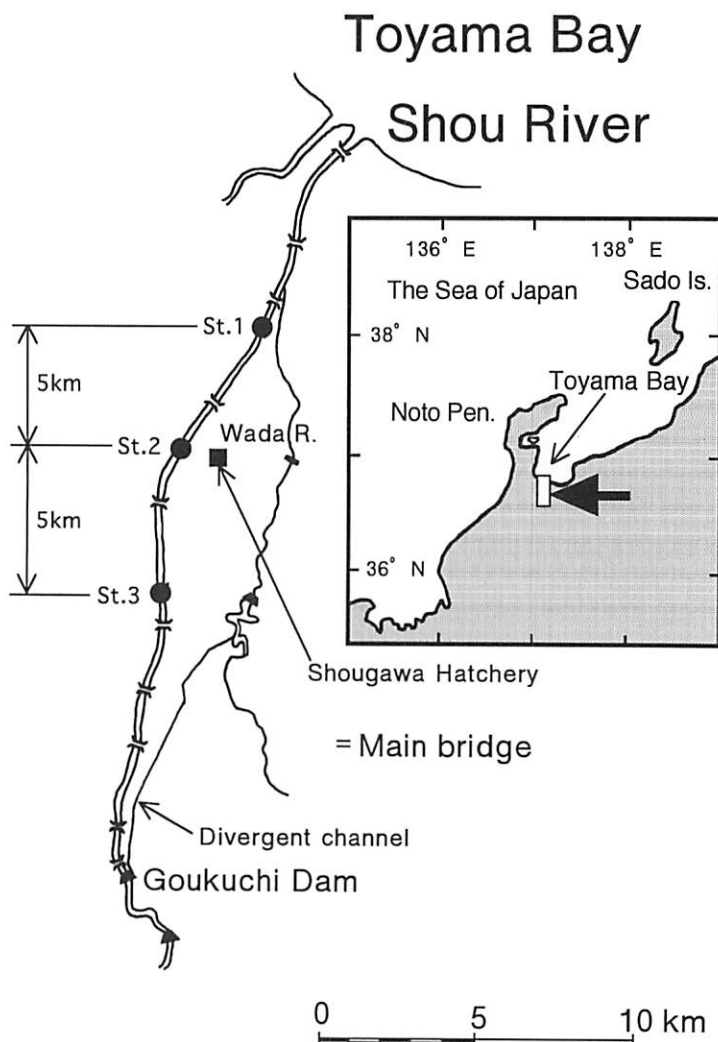


Fig.1 Location of the Shou River and Shougawa Hatchery. Closed circles indicate the releasing sites of juvenile masu salmon (St.1,3) and chum salmon fry (St.2).

めに、両者のより効果的な放流方法についても検討した。

材料と方法

サクラマス幼魚によるサケ稚魚の捕食試験は1995年3月24日および1996年3月12日に、富山県射水郡大門町にある庄川沿岸漁業協同組合連合会の庄川養魚場で行った (Fig.1)。試験に用いたサクラマス幼魚は、1995年では同養魚場で飼育されていた北海道尻別川遡上系のパー (河川残留型幼魚) 82尾、スモルト (降海型幼魚) 65尾の計147尾で、試験前日には餌止めを行った。1996年では同養魚場で飼育されていた神通川遡上系のパー 70尾、スモルト44尾の計114尾で、前日には通常通り給餌し餌止めを行わなかった。パーとスモルトの形態による区分は久保 (1980) に従った。

試験の手順は、サケ稚魚の飼育池 (屋外池：長さ8.2m、幅1.7m、深さ0.4m) に試験前日にサクラマスを収容し、当日の9時に同養魚場で飼育されていたサケ稚魚300尾を収容した。そして、12時にはサクラマス幼魚の捕食を促すため、新たにフレッシュな100尾のサケ稚魚を追加した。

当日の16時に両者を回収し、サクラマス幼魚の尾叉長を測定の後、胃を切開し、サケ稚魚の捕食の有無と捕食されたサケ稚魚の標準体長 (尾鰭の消化が進んだ個体も含まれていたため) を測定した。1996年では生残したサケ稚魚の標準体長も測定した。飼育池の注水は地下水で、試験時の飼育水温は両日ともに約12℃、天候は曇時々晴であった。

結 果

試験に供したサクラマス幼魚の尾叉長の平均値は、全体では1996年のそれは1995年よりも有意に大きかった (t -検定, $t=4.50$, $P<0.001$)。また、1995年、1996年ともにスモルトのそれはパーよりも有意に大きかった (Table 1 ; t -検定, 1995年: $t=4.91$, $P<0.001$, 1996年: $t=4.91$, $P<0.001$)。

試験に供したサクラマス幼魚をパーとスモルトに区分して、それぞれの尾叉長とサケ稚魚の捕食割合を Table 1 に示した。サケ稚魚の捕食率は、1995年ではパーが45.1%、スモルトが29.2%、

Table 1. Rate of predation on chum salmon fry by juvenile masu salmon and mean number of chum salmon fry per masu salmon juvenile in the pond of Shougawa Hatchery in Toyama Prefecture

| Date | Phase of smoltification | Number of juveniles examined | Fork length (cm) * ¹ | Rate of predation (%) * ² | Mean number of chum salmon * ³ |
|--------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|
| 24 Mar., '95 | Parr | 82 | 12.9±1.5 | 45.1 | 1.1±1.5 |
| | Smolt | 65 | 13.8±0.7 | 29.2 | 0.4±0.8 |
| 12 Mar., '96 | Parr | 70 | 13.6±1.4 | 60.0 | 1.1±1.3 |
| | Smolt | 44 | 14.8±1.2 | 50.0 | 1.0±1.1 |

*¹ Mean ± S.D.

*² Number of masu salmon juveniles feeding on chum salmon fry × 100 / total number of masu salmon juveniles.

*³ Mean number of chum salmon fry per a juvenile masu salmon.

1996年ではパーが60.0%, スモルトが50.0%で, 2カ年ともパーの捕食率はスモルトのそれを上回った。サクラマス幼魚1尾当たりのサケの捕食尾数は1995年ではパーが1.1尾, スモルトが0.4尾で両者の間には有意な差が認められたものの (t-検定, $t=3.45$, $P<0.001$), 1996年ではパーが1.1尾, スモルトが1.0尾で, 両者の間には有意な差は認められなかった (t-検定, $t=0.63$, $P=0.531$)。パーとスモルト併せてのサケ稚魚の捕食尾数は, 1995年では0.8尾, 1996年では1.1尾であった。

サケ稚魚の捕食の有無別にサクラマス幼魚の尾叉長分布をパーとスモルトに区分して Fig. 2 に示した。パー, スモルトともに, サケ稚魚を捕食していたサクラマス幼魚は尾叉長11.8cm以上の個体であった。パーでは両年ともサケ稚魚を捕食していた個体の尾叉長はサケ稚魚を捕食していなかった個体のそれよりも有意に大きい側に分布した (Kolmogorov-Smirnov 検定, d.f.= 2 $D=0.947$ 1995年, d.f.= 2 $D=0.978$ 1996年, 各 $P<0.001$)。これに対して, 体長範囲が12cm以上であったスモルトでは両年とも両者の分布に有意な違いはみられなかった (Kolmogorov-Smirnov 検定, d.f.= 2 $D=0.153$ $P>0.999$, 1995年, d.f.= 2 $D=0.273$ $P=0.389$, 1996年)。

サケ稚魚を捕食していた尾叉長11.8cm以上におけるパーとスモルトの尾叉長の平均値±標準偏差は, 1995年ではそれぞれ13.3±1.0cmと13.8cm±0.7でスモルトの方がパーよりも有意に大きか

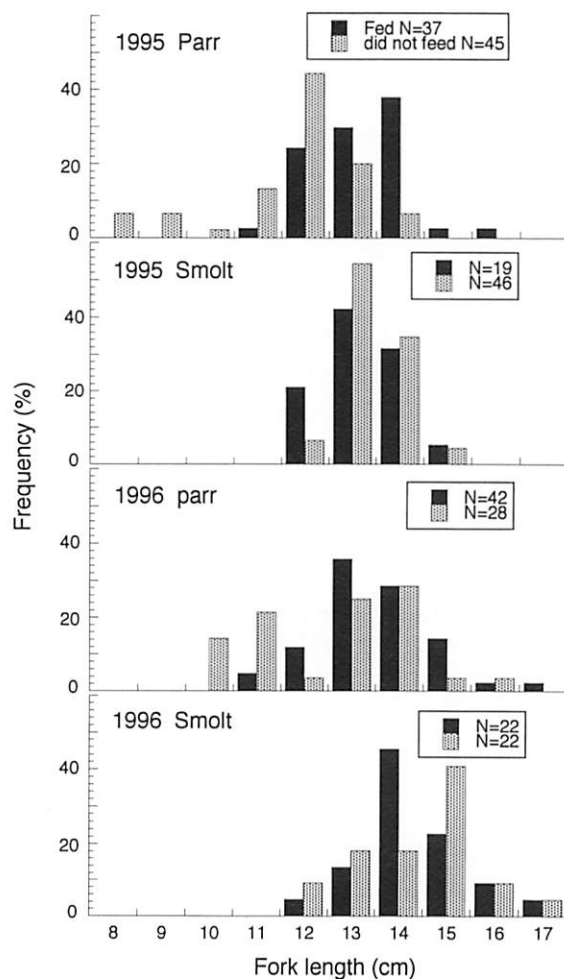


Fig.2. Frequency distribution of fork lengths of masu salmon juveniles which fed (shaded column) and did not feed (dotted column) on chum salmon.

った (t -検定, $t=3.31$, $P<0.001$)。しかし, 体重のそれは 27.8 ± 7.5 g と 27.0 ± 4.6 g で両者には有意な差は認められなかった (t -検定, $t=0.77$, $P=0.441$)。1996年の尾叉長はそれぞれ 13.9 ± 1.1 cm と 14.8 ± 1.2 cm, 体重のそれは 33.5 ± 9.4 g と 38.0 ± 8.9 g でどちらもスマルトの方がパーよりも有意に大きかった (t -検定, 尾叉長: $t=3.82$, $P<0.001$, 体重: $t=2.48$, $P=0.013$)。

サケ稚魚を捕食していた体長11.8cm以上のサクラマス幼魚の尾叉長 (x :cm) と, サクラマス幼魚1尾当たりのサケ尾数 (y :尾) との関係を示して Fig. 3 に示した。両者の関係式は1995年のパーでは $y = -13.2 + 1.10x$ ($r_{1.69}=0.663$, $P<0.001$), 1995年のスマルトでは $y = -0.82 + 0.0906x$ ($r_{1.63}=0.079$, $P=0.532$), 1996年のパーでは $y = -1.78 + 0.221x$ ($r_{1.60}=0.195$, $P=0.129$), 1996年のスマルトでは $y = 0.54 + 0.0310x$ ($r_{1.42}=0.032$, $P=0.839$) で示され, 1995年のパーのみ大型の個体ほど1個体当たりのサケ稚魚の捕食尾数が有意に多い傾向が認められた。

サケ稚魚を捕食していたサクラマス幼魚の尾叉長 (x :cm) と, サクラマス幼魚に捕食されたサケ稚魚の標準体長 (y :cm) との関係を示して Fig. 4 に示した。両者の関係は1995年のパーでは $y = 3.65 + 0.0523x$ ($r_{1.82}=0.102$, $P=0.102$), 1995年のスマルトでは $y = 4.00$

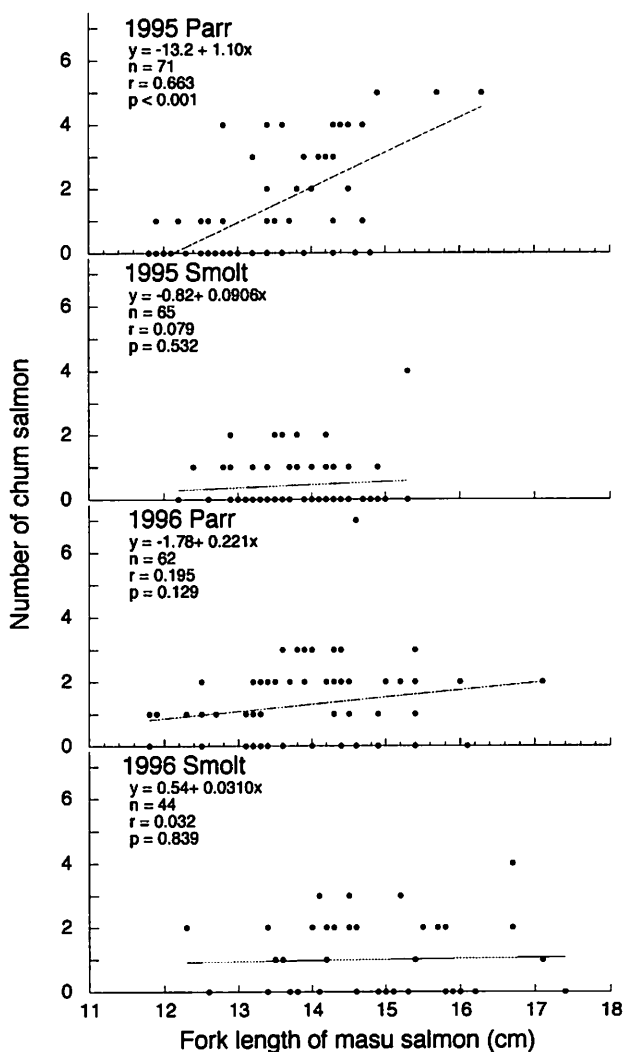


Fig.3. Relationship between fork lengths of masu salmon juveniles and number of chum salmon fry eaten by a juvenile masu salmon.

+0.0275x ($r_{1,21}=0.060$, $P=0.786$), 1996年のパーでは $y = 2.47+0.110x$ ($r_{1,80}=0.316$, $P=0.004$), 1996年のスマルトでは $y = 0.88+0.208x$ ($r_{1,39}=0.592$, $P < 0.001$) で示され, 1995年の個体では明確でなかったものの, 1996年の個体にはパー, スマルトともに大型の個体ほど捕食されたサケ稚魚の体長が大きい傾向が認められた。

1995年と1996年にサクラマス幼魚に捕食されたサケ稚魚の標準体長分布, および1996年に捕食されなかった稚魚の標準体長分布を Fig. 5 に示した。1995年にサクラマス幼魚に捕食されたサケ稚魚の体長は1996年のそれに比べ有意に大きい側に分布し (Kolmogorov-Smirnov 検定, d.f.= 2 $D=0.188$ $P=0.009$), 平均値 (4.4 ± 0.5 cm) は1996年のそれ (4.0 ± 0.4 cm) よりも有意に大きかった (t-検定, $t=5.74$, $P < 0.001$)。また, 1996年にサクラマス幼魚に捕食されなかったサケ稚魚の体長は, 捕食された個体のそれに比べ有意に大きい側に分布し (Kolmogorov-Smirnov 検定, d.f.= 2 $D=0.248$ $P < 0.001$), 捕食されなかったサケ稚魚の尾叉長の平均値 (4.2 ± 0.4 cm) は, 捕食された個体のそれ (4.0 ± 0.4 cm) よりも有意に大きかった (t-検定, $t=4.25$, $P < 0.001$)。

考 察

サクラマス幼魚によるサケ稚魚の捕食状況 飼育池におけるパーとスマルト別のサケ稚魚の捕食

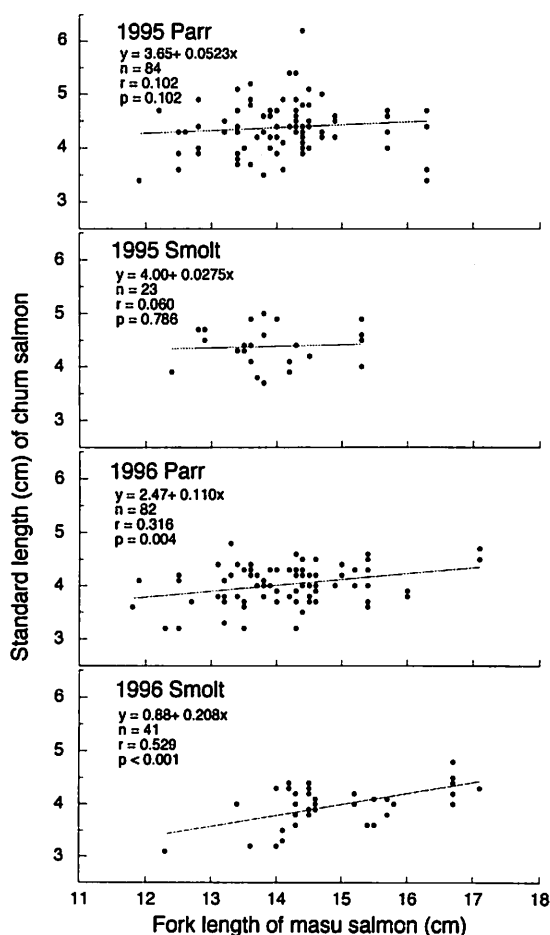


Fig.4. Relationship between fork lengths of juvenile masu salmon and standard length of a chum salmon fry eaten by a juvenile masu salmon.

率は、1995年、1996年ともにパーの体長が小さいにもかかわらずスモルトよりも高い値を示した (Table 1)。サクラマス幼魚1尾当たりのサケ稚魚の捕食尾数をみても、パーはスモルトよりも多いか、同等な値を示した。また、1995年のパーでは大型の個体ほどサケ稚魚を多く捕食する傾向がみられており (Fig. 3)、パーはスモルトに比べサケ稚魚を多く捕食する傾向が認められた。降海期における体高比はスモルトではパーに比べ低下することが知られている (真山 1992)。このことは、同じ尾叉長ならパーの方が魚体重が大きくなることを示しており、本試験でもサケ稚魚を捕食していた体長11.8cm以上の個体では同様な傾向が認められた。降海期におけるパーとスモルトでのサケ稚魚の捕食状況の若干の相違は、この時期の両者の体型の違いに起因するものと考えられる。

木曾・熊谷 (1989) は、魚体の大きさが同じなら河川残留型パーとスモルトでは餌料の大きさに大差はなく、尾叉長の大きい個体ほど捕食している動物の重量が大きい傾向があることを報告している。本試験でも1996年ではパー、スモルトともにサクラマス幼魚の体長が大きいほど捕食したサケ稚魚のサイズが大きい傾向が認められたが、1995年では両者ともその傾向が顕著でなかった (Fig. 4)。これは1996年のサクラマス幼魚の個体がパー、スモルトとも1995年の個体より大きかったこと、1995年にサクラマス幼魚に捕食されたサケ稚魚の体長分布が1996年のサケ稚魚よりも大きい側に分布していること、および1996年ではサクラマス幼魚に捕食された稚魚は捕食されなかった稚魚よりも小さい側に分布していることから、1996年より体長が小さいサクラマス幼魚が1996年より体長の大きなサケ稚魚に遭遇したことに起因するものと推察される (Table 1, Fig. 5)。これらのことや、河川でも大型のサケ稚魚は小型のサケ稚魚より生残率が高いことが報告されていることから (Hiyama et al 1972b)、両年の捕食率の違いは、捕食魚と被食魚のサイズの相互関係を反映しているものと考えられる。

以上から、降海期におけるサクラマス幼魚は、パー、スモルトにかかわらず、尾叉長約12cmに達した個体の多くは、同時期に河川に生息しているサケ稚魚を捕食することができるものと推定される (Fig.2)。

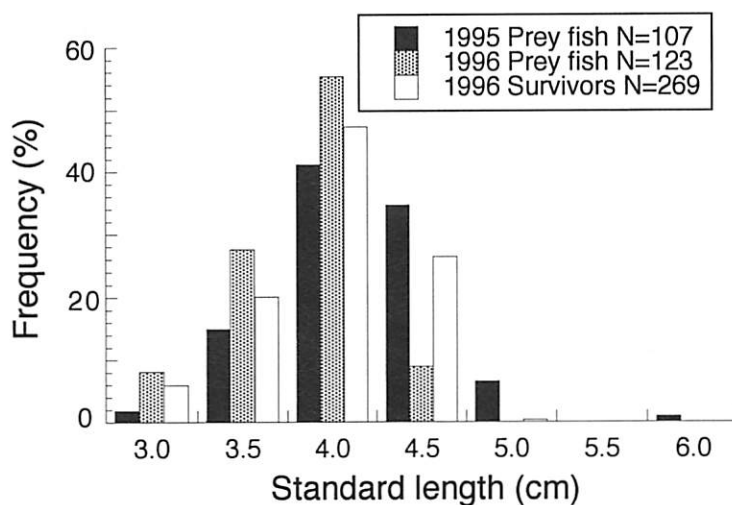


Fig.5. Frequency distribution of the standard lengths of chum salmon fry eaten by juvenile masu salmon (shaded and dotted columns) during the experiment of 1995 and 1996, and the survivors (open column) during the experiment of 1996.

サクラマス幼魚の放流地点の選択 飼育池の観察ではサクラマスの存在に影響を受けたサケ稚魚が池の角の底に集まり、ほとんど動かなくなる傾向が認められたが、サケ稚魚は河川において流れに向かって定位しながら、流下してくる小動物を摂餌するので、後方からの攻撃に無防備になり、その捕食は飼育池よりも容易であると推測される(小林 1977)。庄川でスマルト放流を行っていた1988～1998年には、1千万尾を越えるサケ稚魚が河口から約12kmの地点 (Fig.1: St.2) で放流されていた(富山県水産漁港課 1999)。ほぼ同じ時期に1～5万尾のサクラマスのスマルト幼魚が、海までの到達距離の短かさという利点を考慮して、サケ稚魚の放流地点よりも2～5 km下流 (Fig.1: St.1) で放流されていた(若林 1991, 辻本 1998)。本試験において1日当たりサクラマス幼魚1尾につき約1尾のサケ稚魚を捕食していたこと、および庄川で採集したサクラマス幼魚も降海盛期の4月には胃内容重量の40.2～93.7%をサケ稚魚が占め、特に4月中旬では1尾当たり約1尾のサケ稚魚を捕食していたとの既往の知見もある(田子 1994)。これらのことから、上記地点でスマルト放流を行っていた時には、結果的に多くのサケ稚魚がサクラマス幼魚に捕食されていたと推定される。スマルト幼魚が海に降海するまでにサケ稚魚と遭遇する期間を1カ月と仮定すると、多い年では最大150万尾ものサケ稚魚が捕食されたと算出される(田子 1994)。この稚魚数は富山県内では小矢部川さけ・ますふ化場などの小規模なふ化場の生産規模に匹敵する。

降海時期ではパーは放流地点付近に滞留する傾向が強いことが知られており(真山・大熊 1983)、放流されたヤマメ当歳魚についても、大型の個体ほど上流域へ遡上する傾向が強いことが観察されている(本多ら 1981)。また、庄川において1994年2月にサケ稚魚の放流地点 (Fig.1: St.2) より5 km上流に (Fig.1: St.3) サクラマス幼魚を放流し、サケ稚魚の降海時期を含む同年3月30日～5月18日に同地点で6回の調査で42尾のパー(尾叉長範囲9.7～17.3cm)、14尾のスマルト(同11.6～15.4cm) および47尾の両者の中間型(同10.9～13.9cm)を再捕して、その胃内容物を調べたところ、幼魚全体の83.5%が尾叉長11.8cm以上であったにもかかわらず、サケ稚魚は1尾も捕食されていなかった(田子 1995)。

なお、北海道ではサクラマス幼魚の降海時期はサケ稚魚よりも2～4週間遅れるが(真山 1992)、本州のほぼ中央部に位置する富山県では両者の降海時期の盛期は3月下旬から4月上旬でほぼ一致する(田子 1993, 角 2003)。このため、サケ稚魚の放流地点よりも上流域に放流されたサクラマス幼魚でも、降海途中にサケ稚魚と遭遇する機会は多いと考えられる。しかし、サクラマスのスマルト幼魚の降下移動は、スマルト化が進んだ後期スマルトでは日中でも頭部を流れの下に向けて水流よりもかなり速い速度で泳ぎ下るなど、積極的に降下遊泳することが知られており(久保 1976)、降下途中のスマルトがサケ稚魚に遭遇しても、それを捕食する可能性は生息場で定位している場合に比べかなり低いと考えられる。

サクラマスとサケの種苗は同一の増殖場で生産されることが多く、飼育池や飼育水が互いに競合している。庄川のようにサクラマス幼魚とサケ稚魚を同時に増殖している河川では、サクラマス幼魚の捕食によるサケ稚魚の減耗を抑制し、両資源の共存を図るために、サクラマス幼魚の0+秋放流や1+スマルトの放流地点は、サケ稚魚より上流に設定すべきだと考えられる。

謝 辞

本論文をとりまとめるに際しては、さけ・ます資源管理センターの真山 紘博士に査読並びに多くのご助言をいただいた。本研究の実施に当たっては、庄川沿岸漁業協同組合連合会の役職員のご理解とご協力を得た。ここに、心を込めて感謝の意を表する。

要 約

降海期におけるサクラマス幼魚によるサケ稚魚の捕食実態を明らかにするために、1995年と1996年の3月に飼育池において捕食試験を行った。サクラマス幼魚によるサケ稚魚の捕食率と平均捕食尾数は、1995年ではパーが45.1%と1.1尾、スモルトが29.2%と0.4尾、1996年ではパーが60.0%と1.1尾、スモルトが50.0%と1.0尾であった。サケ稚魚を捕食していたサクラマス幼魚の尾叉長範囲は11.8~17.1cmであった。1995年では大型のパーほど1個体当たりが捕食したサケ稚魚の個体数が多い傾向が認められた。また、1996年ではパー、スモルトともにサクラマス幼魚の尾叉長が大きいほど捕食したサケ稚魚のサイズが大きい傾向が認められた。降海時期ではパーは放流地点付近に滞留する傾向が強いことから、サクラマス幼魚とサケ稚魚を同時に増殖している河川では、サクラマス幼魚の捕食によるサケ稚魚の減耗を抑制するために、サクラマス幼魚の0+秋放流や1+スモルト放流の放流地点はサケ稚魚より上流に設定すべきと考えられた。

文 献

- 網田健次郎・岡田 稔 1973. サケの減耗要因に関する研究- I, シロサケ稚魚の食害魚としてのウキゴリの習性について. 水産増殖, 21: 62-64.
- Hiyama, Y., Y. Nose, M. Shimizu, T. Ishihara, H. Abe, R. Sato and T. Maiwa 1972a. Predation of chum salmon fry during the course of its seaward migration- I, Otsuchi River investigation 1961-1963. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 38: 211-221.
- Hiyama, Y., Y. Nose, M. Shimizu, T. Ishihara, H. Abe, R. Sato, T. Maiwa and T. Kajihara 1972b. Predation of chum salmon fry during the course of its seaward migration - II, Otsuchi River investigation 1964 and 1965. *ibid.*, 38: 223-229.
- 本多信行・片岡哲夫・星野正邦・網田健次郎 1981. 在来マス類の放流効果に関する研究 V- 河床勾配が急な水域でのヤマメの分散と定着についての観察. 新潟内水試研報, 9: 1-9.
- 河村 博 1980. サケ・マス生産河川におけるハナカジカによるサケ稚魚の捕食減耗について. 北海道水産孵化場研報, 35: 53-62.
- 木曾克裕・熊谷五典 1989. 三陸地方南部大川水系における河川生活期サクラマスの食物の季節変化. 東北水研研報, 51: 117-133.
- 小林哲夫 1977. サケの生活. 母なる川での死と誕生. アニマ, 47: 6-19.
- 久保達郎 1946. 各種河川魚の鮭鱒稚魚食害に就て. 北海道水産孵化場試報, 1: 51-55.

- 久保達郎 1976. サクラマス幼魚の河川生活期における移動習性. 生理生態, 17: 411-417.
- 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.
- 真山 紘 1992. サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の淡水域の生活および資源培養に関する研究. 同誌, 46: 1-156.
- 真山 紘・大熊一正 1983. 河川滞留期サクラマス幼魚の摂餌生態. pp.92-102, 昭和57年度マリ
ンランディング計画プログレス・レポート サクラマス(3), 北海道さけ・ますふ化場.
- Nagasawa, K. 1998. Fish and seabird predation on juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in
Japanese coastal waters, and an evaluation of the impact. NPAFC Bull., 1: 480-495.
- 長澤和也・帰山雅秀 1995. 日本沿岸水域における魚類と海鳥類によるサケ幼稚魚の捕食. 北海
道さけ・ますふ化場研報, 49: 41-53.
- 長澤和也・真山 紘 1997. 日本沿岸域におけるサケ幼稚魚の魚類捕食者の追加とサクラマス幼
魚の捕食者としての重要性. pp. 29-33, 魚と卵, 166, 北海道さけ・ますふ化場.
- 永田光博・宮本真人 1986. 歌別川におけるサケ稚魚の降下移動とハナカジカによるサケ稚魚捕
食量の推定. 北海道水産孵化場研報, 41: 13-22.
- Ruggerone, G. T. and D. E. Rogers 1992. Predation on sockeye salmon fry by juvenile coho salmon in the
Chignik Lakes, Alaska: Implications for salmon management. North American Journal of Fisheries
Management, 12: 87-102.
- 田子泰彦 1993. 庄川へ放流したサクラマス降海幼魚の大きさと降海時期. 富山水試研報, 4:
41-52.
- 田子泰彦 1994. 富山県庄川における降海期サクラマス幼魚の食性. 同誌, 5: 13-20.
- 田子泰彦 1995. IV放流効果測定調査 1 幼魚調査 (1)河川. pp.19-20. 平成6年度さくらます
資源増殖振興事業報告書, 富山県水産試験場.
- 田子泰彦 2001. 神通川と庄川の中流域における最近の淵の消長. 水産増殖, 49: 397-404.
- 富山県水産漁港課 1999. 第12内水面漁業. 富山の水産, pp.88-100.
- 辻本 良 1998. II生産技術調査 1 管理技術向上調査. pp.16-17. 平成9年度さくらます資源
増殖振興事業報告書, 富山県水産試験場.
- 角 祐二 2003. サケ. 富山湾を科学する. 平成15年2月13日付け北日本新聞朝刊.
- 若林 洋 1991. 1 スモルト育成事業及び飼育環境調査. pp.1-9. 昭和60年度～平成元年度降
海性ます類増殖振興事業報告書, 富山県水産試験場.