

南限域における天然サケの産卵および 降海回遊と水温との関係について*1

藤原 正夢・大橋 徹・生田 哲郎

The Relationships between the Spawning, Seaward Migration of Natural Chum Salmon, *Oncorhynchus keta*, and the Water Temperature in its Southern Range.

Masamu FUJIWARA, Tooru OOHASHI*2 and Tetsuro IKUTA

Synopsis

Attempts to clarify the migrating conditions of a chum salmon *Oncorhynchus keta* in its southern range were made in the coast of Kyoto Prefecture and Yura River.

The salmon returned to the coastal waters with temperature 20—22°C from the middle to late of October, and arrived the spawning area in the river after about 10 days. The eggs were laied in the redds in the stream and took about 42 days to hatch, according to the temperature (about 10.6°C) in the redds. After living in the river for about three months (about one month in the redds, about two months in the stream), the fry went down to the sea with temperature 10—11°C, staid in the coastal waters for about a month, and then left away the coastal waters during the period from the late of April to early May. The water temperature during this period was about 15°C.

According to the relationships between above salmon behaviors and the temperature in the southern range, it was found that the temperature during returning season in the southern range was quite high, however during leaving season almost same, compared with the migrating conditions of the temperature in the northern part of Japan.

日本海側において、サケの溯上河川は山口県以北に分布しているが、量的に充分確保されて産業的な利用価値がある水域は富山県以北である。したがって、京都府はサケが息息する南限域に位置している。とりわけこの南限域でサケ資源を人為的に増大するためには、その地域の天然サケの生態を詳細に調査して、人工ふ化事業を実施することがより重要であると考えられる。しかし、日本海南限域での天然サケの生態に関する報告はほとんどみられないので、1979年以来、京都府沿岸域および由良川における天然サケの生態、特に、サケ成魚の回帰および稚魚の降海状況と水温との関係を調査した。その結果に基づき、南限域である本府の天然サケの水温適応について考察し、人工ふ化事業におけるサケの移殖放流方法

について検討を加えた。

報告にさきだち、この研究の機会を与えていただいた京都府立海洋センター所長塩川司博士、また本報をとりまとめるにあたり貴重な助言と校閲をしていただいた水産庁北海道さけ・ますふ化場小林哲夫博士、同場広井修博士に厚く御礼申し上げる。さらに、サケ成魚の採捕報告および稚魚の採集に多大の御協力をいただいた、関係漁業協同組合および京都府漁業協同組合連合会ならびに京都府淡水漁業協同組合連合会の皆様に感謝の意を表する。

材料および方法

ここで使用した天然サケ成魚の採捕に関する資料は、1979年から1981年までの京都府沿岸の各漁業協同組合と京都府漁業協同組合連合会（京漁連）および由良川漁業協同組合と京都府淡水漁業協同組合連合会からの採捕報告、ならびに京漁連宮津魚市場における魚体調査による

*1 本研究の一部は、農林水産省さけ・ます資源増大対策調査事業補助金によった。

*2 京都府水産課 (Fisheries Section, Kyoto Government Office, Kyoto City)

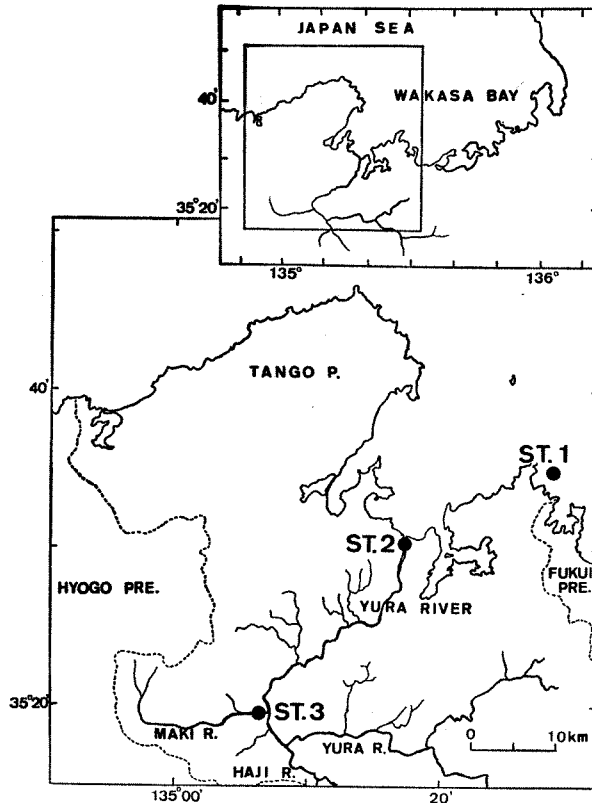


Fig. 1 Maps showing the stations recorded water temperature.

ものである。なお、1980年3月由良川上流から移殖放流された稚魚の一部が、1981年には2年魚として帰帰していると思われる。しかしながら、同年の総採捕尾数のうち2年魚の割合は4%と低く、さらにその中に占める放流回帰魚の割合は、全採捕魚から見れば僅少なため、1981年に採捕された個体はすべて天然魚として扱った。

天然サケ稚魚は、1981年3月19日から4月18日までに由良川河口で操業されたシロウオ地曳網の混獲物から採集された。採集した稚魚は、直ちに100%アルコールで固定し、実験室に持ち帰り全長を測定した。シロウオ地曳網は由良川河口において、例年3月中旬頃から4月中旬頃まで1ないし2統が操業されている(1981年の操業統数は1統)。その地曳の網口は13×3mの長円形、網の長さは5m、網目はナイロンモジ網3mmである。操業方法は、水深1m以下(岸から10m以内)で、網を砂浜に沿って約70m(約10分間)曳き、河川へ溯上するシロウオを漁獲するものである。なお、1981年4月13日に由良川河口より約26~38km上流において、平均全長3.4±

0.2cmの稚魚158万尾が移殖放流された。しかし、地曳混獲物から採集した稚魚のほとんどは、移殖放流日までに採集されており、またそれ以降に採集された個体の全長も約6cmであったことから(後述)、調査期間内に採集した稚魚はすべて天然産卵による稚魚であると判断した。

沿岸・河口・河川の水温測定の定点をFig. 1に示した。沿岸水温は、田井地先(st. 1)に設置した自記水温記録計により、水深1m、5m、10m、15mおよび25m層を30分間隔で同時測定された。ただし、1979年9月上旬~10月上旬、翌年の1月中旬~3月上旬と11月上旬~12月中旬は、測器の故障のため欠測となった。河口水温(表層)は、由良川河口より約500m上流左岸(st. 2)で、1979年11月から毎日午前10時に棒状温度計で測定された。河川水温(表層)は、由良川河口より約34km上流の石本堰堤右岸(st. 3)で、1980年10月から毎日午前10時に、棒状温度計で測定された。なお、河口および河川水温とも1982年4月上旬は測定されなかった。また、天

然産卵床内の水温は、例年サケの天然産卵がみられる石本堰堤 (st. 3) 下流において、1980年10月下旬から翌年5月下旬まで、産卵床内 (深さ40cm) の小石間にサーミスター温度計のセンサーを埋没して連続測定された。

結 果

天然サケ成魚の回帰時期と水温

1979年から1981年までの京都府沿岸および由良川河川域における、天然サケ成魚の旬別採捕尾数を Fig. 2 に示した。沿岸域での採捕は、9月下旬から10月上旬に始まり、12月下旬には終了した。この採捕の盛期は1979年、1980年は10月下旬に、1981年は10月中～下旬であった。河川での採捕は10月中旬以降に始まり、その盛期は3カ年とも沿岸域での盛期に比べ約1旬遅れてみられた。年別場所別採捕尾数を Fig. 3 に示した。沿岸域では、由良川河口から半径約20km以内の養老、栗田、成生地区で多く採捕されており、各年ともその3地区で沿岸総採捕尾数の8割前後を占めた。その採捕漁具はほとんど大・小定置網であるが、1981年には刺網と地曳網によりそれぞれ1尾採捕された。また、河口より約30~50km上流で、毎年多く採捕されており、その地区内にはサケの天然産卵床が数多く分布していた。また、同地区内で採捕された雌ザケの40~70%が産卵終了後の個体であった

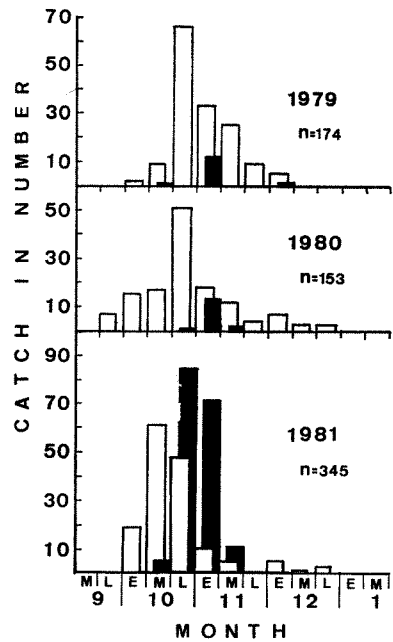


Fig. 2 Numbers of adult chum salmon caught in the coast of Kyoto Prefecture (open bar) and the Yura River (closed bar), 1979 to 1981.

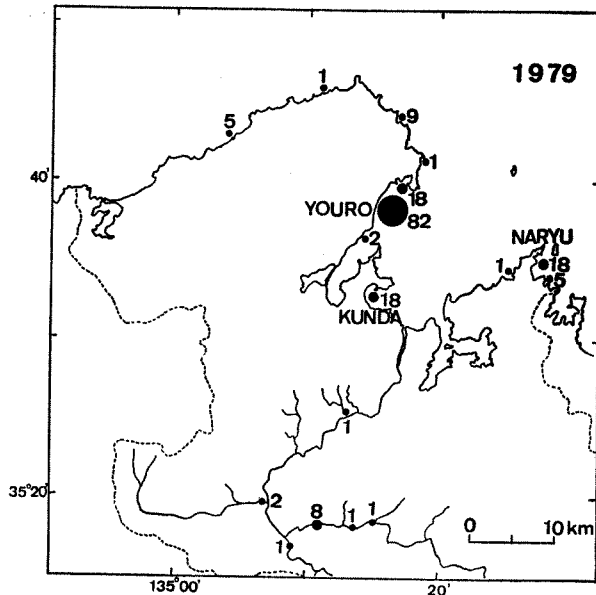


Fig. 3-a Distribution of adult chum salmon caught in Kyoto Prefecture in 1979. Numerals indicate number of adult fish.

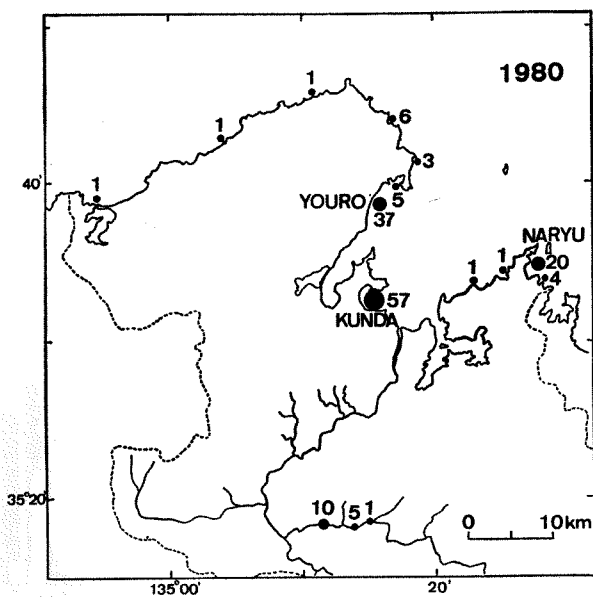


Fig. 3-b Result in 1980.

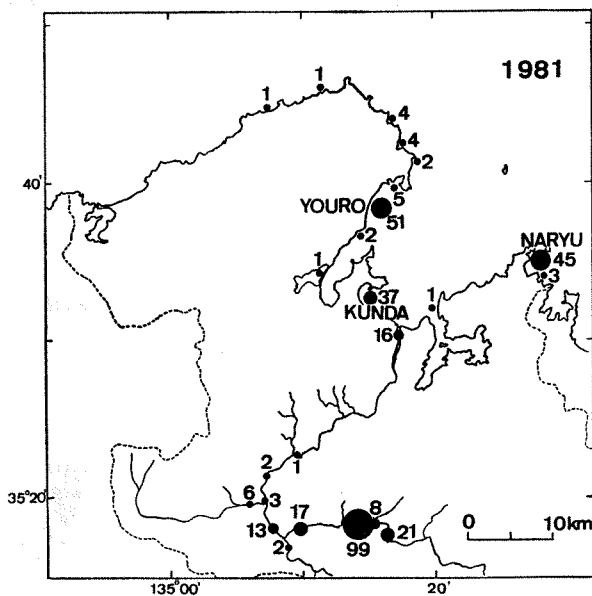


Fig. 3-c Result in 1981.

め、この天然産卵場に到達したものは、短期間のうちに産卵することがわかった。

天然サケが回帰する時期の沿岸水温（水深1m層）、河口水温（表層）、河川水温（表層）を Fig. 4 に示した。沿岸域での3カ年の採捕期間中における沿岸水温は、13~24°C とかなり大きな幅が認められたが、採捕盛期の沿岸水温は 20~22°C と各年ともほぼ一定の値を示した。

また、採捕盛期の水深1m層と25m層の水温差は、各年とも 1°C 以内で大きな差は見られなかった。河川での採捕期間中における河川水温（1980, 1981年）は 9~17°C の範囲であり、採捕盛期の水温は 11~15°C であった。また、沿岸域の採捕盛期から河川での採捕盛期までの間の河口水温（1980, 1981年）は、13~16°C の範囲であった。沿岸域での採捕盛期の水温と、河川での採捕

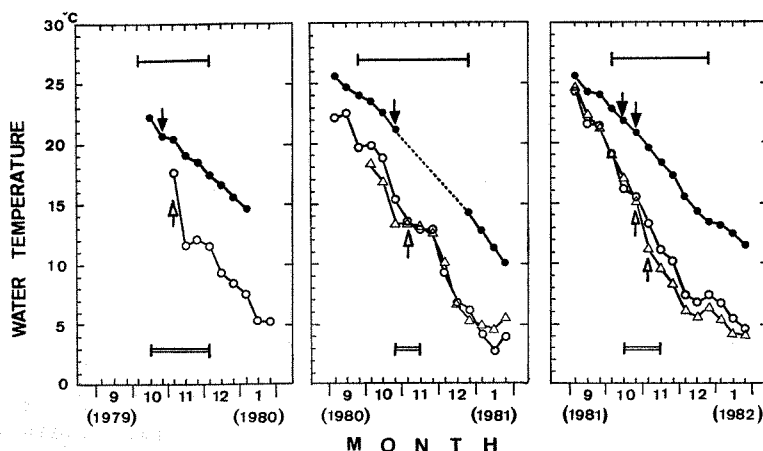


Fig. 4 Changes of water temperature in the mean of every ten day at each of the station during the spawning migration of chum salmon.

- : coast (St. 1) ○—○ : estuary (St. 2)
- △—△ : river (St. 3)
- ▼ : Peaks of adult catch in the coast of Kyoto Prefecture.
- ▲ : Peaks of adult catch in the Yura River.
- |— : Period of adult catch in the coast.
- ||— : Period of adult catch in the river.

盛期の水温との差をみると、Fig. 4 から知られるように1980年は 8°C, 1981年では採捕盛期が長期間にわたり最大で 11°C, 最小で 5°C で、いずれも沿岸水温の方が高く推移した。

以上、天然サケは主に沿岸水温が 20~22°C の時期 (10月中~下旬) に本府沿岸に来遊し、河川水温が 11~15°C の時期 (10月下旬~11月上旬) に由良川河口より約 30~50km 上流の天然産卵場に達して、短期間のうちに産卵することが明らかになった。また、回帰したサケが接岸から産卵場に達するまでに遭遇する水温差は 5~11°C とかなり大きいと思われ、特に、河口域で急激な温度差 (3~9°C) を経験するものと推測された (Fig. 4)。一般に北太平洋におけるサケの適水温範囲は 2~13°C (宇田, 1960) で、また北海道沿岸におけるサケの盛漁期の水温は 4~13°C, 溯上最盛期の河川水温は 5~8°C である (佐野, 1959)。これらに比較すると本府におけるサケの回帰水温は格段に高い。サケ成魚の高水温耐性に関する詳細な知見は、著者らの調べでは見当たらないが、母川回帰中のサケ成魚にとって 20~22°C の沿岸水温は、好適な水温とは考え難く、限界に近い高水温であろう。

天然産卵床の水温

天然産卵床内水温と河川水温の日変化を Fig. 5 に示

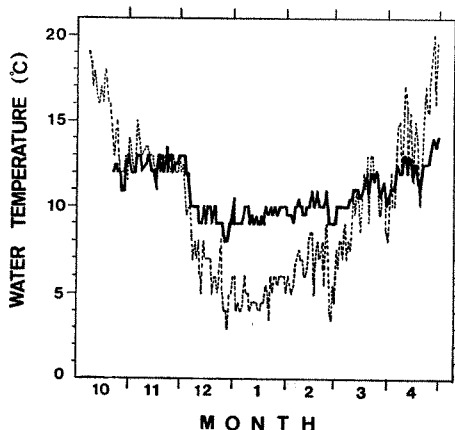


Fig. 5 Seasonal changes of water temperature at the natural spawning bed of chum salmon (solid-line) and the river (broken-line) in the Station 3, during the period of October, 1980 to April, 1981.

した。河川水温が 3.5~6.0°C と最も低下する 1 月でも、床内水温は 9.0~10.5°C と高く、その平均温度差は 4.6°C である。また、10月下旬から 3 月上旬までの床内水温の範囲は 8.0~13.5°C であり、平均 10.6±1.3°C と変化が少なくほぼ一定であった。これは産卵床内の水

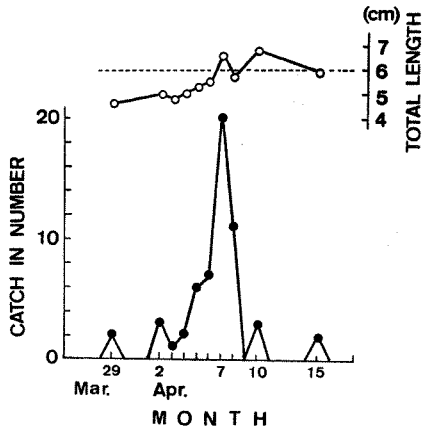


Fig. 6 Number and mean total length of natural chum salmon fry caught at estuary of the Yura River, from March 19 to April 18, 1981.

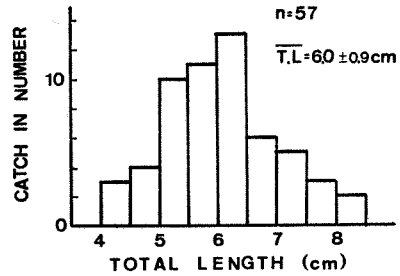


Fig. 7 Total length compositions of natural chum salmon fry caught from estuary of the Yura River, from March 29 to April 15, 1981.

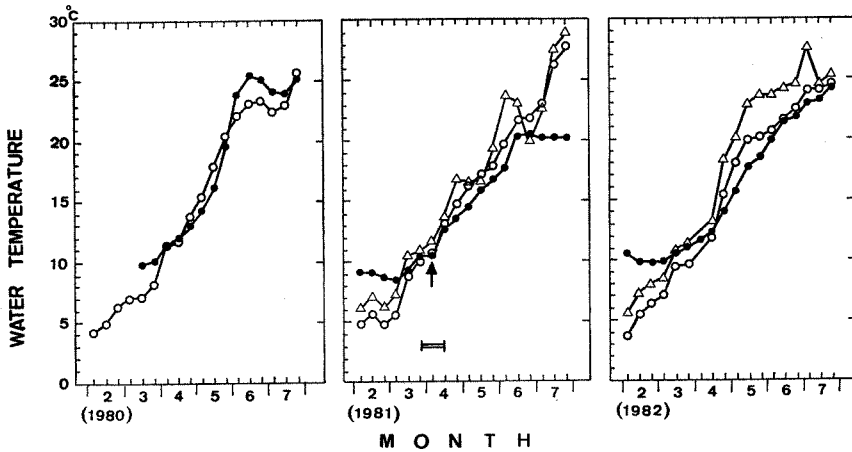


Fig. 8 Changes of water temperature in the mean of every ten days from each of the stations during the seaward migration of natural chum salmon fry.
 ●—● : coast (St. 1) ○—○ : estuary (St. 2) △—△ : river (St. 3)
 ▲ : Peak of the natural salmon fry collected from the estuary.
 ┌─┐ : Period of the natural fry collected from the estuary.

が、湧水系に由来していることを示している。北海道での天然産卵床調査 (小林, 1968; 佐野, 1959) によれば、天然産卵床は湧水地帯に見られ、床内水温は6~11°Cおよび7~8°Cを示すところが多いとされている。本府の天然産卵床内水温は、北海道に比べ2°C前後高いが、回帰水温ほどの大きな差ではなかった。

天然サケ稚魚の降海と水温

天然サケ稚魚の河口域への出現時期は、3月29日~4月15日であり、その出現量が最も多かったのは4月7日

であった。稚魚の全長は降海初期ほど小さく、時期の推移にもなって大きくなる傾向が認められた (Fig. 6)。稚魚の全長組成を Fig. 7 に示した。全長は4.0~8.5cmとかなり大きな幅が認められ、平均6.0±0.9cmであった。稚魚の河口域への出現盛期は、河川、河口および沿岸の水温がほぼ同一になる時期となり、その時の水温は10~11°Cであった (Fig. 8)。河川、河口および沿岸の水温がほぼ同じになる時期は、各年とも3月中旬~4月中旬であった。

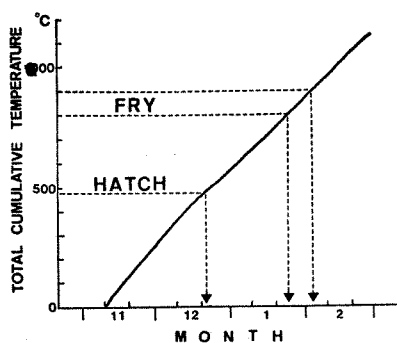


Fig. 9 Total cumulative temperature per a day at the natural spawning bed of chum salmon between November 10 and February 28, 1981.

一般に、サケ卵のふ化およびふ上時期までの日数と、その平均水温との乗積（積算温度）は一定であり、それぞれの積算温度は 480°C, 800~900°C（三原ほか, 1964）とされている。そこで、本府における天然サケのふ化、ふ上時期は、河川での天然サケ成魚の採捕盛期直後（11月10日）を天然産卵盛期とすれば、天然産卵床内水温の積算温度から、ふ化は12月22日頃、ふ上は1月下旬~2月上旬であると推定された（Fig. 9）。また、天然サケ稚魚の河口域での出現状況から、ふ上した稚魚は約2カ月間の河川内滞留後に平均全長6.0cmに成長し、河川、河口および沿岸の水温がほぼ一致する3月下旬から4月中旬に降海する。今回の調査結果から、天然サケ稚魚の離岸時期に関する情報は得られていない。しかし、本府における移殖放流稚魚の離岸時期は、沿岸表面水温が15°C前後の4月下旬~5月上旬であることが確認されている。したがって天然サケ稚魚においても、離岸時期の水温は15°C前後（4月下旬~5月上旬）であり、沿岸域での滞留期間は約1カ月間であると推定される。すなわち、南限域におけるサケ稚魚の離岸期水温は、北海道、岩手県の北方海域とほぼ同じであると考えられた（小林, 1977; 関, 1978）。

考 察

南限域における産卵の特色

青森県から富山県までの本州日本海沿岸地方におけるサケの河川溯上盛期は、11月上旬から12月前半にみられ、青森県から南に進むにしたがって溯上時期は遅くなる。しかしながら、山形と新潟の県境付近を変曲点としてさらに南下すると逆に溯上時期は早くなる傾向がみられる。

また、同様な現象は、太平洋側の地方にもみられ、その変曲点は岩手県中部にある（待鳥, 1978）。

岡崎（1982 b）はアイソザイムによる遺伝的組成の近似性から、これらの変曲点を境にしてサケの河川集団を、日本海および太平洋側でそれぞれ南北の地方集団に大別している。このように南限域近くに分布するサケは、河川溯上時期を早め、早く産卵することにより、その稚魚を不適な高水温期前までに離岸させており（待鳥, 1978）、遺伝的に分化したものであると推定されている（岡崎, 1982 a）。

本府における天然サケの溯上盛期は10月下旬から11月上旬で、富山県よりもさらに早い。前述したように、そのために接岸期の沿岸水温は20~22°Cと他の地方にみられない高水温で、溯上するサケは河口域で急激な温度差を経験しなければならない。その結果、稚魚が河口域に出現する時期の水温は10~11°Cと低く、河川、河口および沿岸水温がほぼ同一になる時期である。

放流技術と天然サケの生態

これまで各地の天然サケ資源が細々と生残してきた歴史的事実から、待鳥（1978）は、天然サケ稚魚の降海時期は最も生残率の高い時期に調整されているはずであると述べている。したがって、人工ふ化事業においてサケ稚魚の放流を実施する場合は、できるだけその地区の天然稚魚の降海時期・サイズに近づけることが望ましい。南限域である本府の場合、適性な放流条件を決定することは特に重要であると考えられる。本府のように移殖卵により人為的にサケ資源を増大する場合には、11月上旬頃に採卵され、12月下旬頃にふ化するような発眼卵の移殖が適当であり、それらのふ化・飼育水温は天然産卵床水温と同じ10~11°Cが適切であると考えられる。

人工ふ化稚魚の放流時期は、河口域への天然稚魚の出現盛期が4月上旬であること、また1980年から1982年に由良川河口より26~38km上流地点から放流した稚魚の河川内滞留期間が10日間前後であった（大橋, 未発表）ことから、3月20日頃が最適であると推定される。河口域へ出現する天然稚魚は、降海初期ほど小さく、時期の推移ともなって大きくなり、全長が平均 6.0 ± 0.9 cmであるから、人工ふ化稚魚の放流サイズについては、少なくとも全長5cm以上とすることが望ましい。

要 約

京都府沿岸域および由良川において、1979年9月から1982年7月まで、天然サケの生態について調査したところ、以下の知見が得られた。

- 1) 天然サケは、主に10月中～下旬に京都府沿岸に来遊し、約1旬後の10月下旬～11月上旬には由良川河口より約30～50km上流の天然産卵場に達して、短期間のうちに産卵する。
- 2) 接岸盛期の沿岸水温は20～22℃であり、富山県以北にはみられない高水温であった。また、溯上盛期の河川水温は11～15℃であり、溯上するサケは河口域で急激な温度差を経験する。
- 3) 天然産卵床は湧水帯に見られ、その床内水温は変化が少なく、平均10.6±1.3℃であった。
- 4) 天然サケ稚魚の河口域への出現盛期は、4月上旬であり、その時の水温は、河川、河口および沿岸ともほぼ同じで、10～11℃であった。
- 5) 天然産卵床内水温の積算温度から、天然サケのふ化ピークは12月22日頃、ふ上時期は1月下旬～2月上旬と推定され、産卵床を離れた稚魚は2カ月前後河川内に滞留するものとみなされた。
- 6) 天然稚魚は、沿岸域で約1カ月間の滞留後、沿岸表面水温が15℃前後の4月下旬～5月上旬に北上回遊に移行すると推定された。
- 7) 天然サケの生態から人工ふ化事業における移殖放流方法について検討し、以下の結果を得た。
 - a) 採卵日が11月上旬で、12月下旬にふ化する発眼卵の移入が適当である。

b) ふ化飼育水は10～11℃が適切である。

c) 放流適期およびサイズは、各々3月20日頃で全長5cm以上が望ましい。

引用文献

- 宇田道隆. 1960. 海洋漁場学, 水産学全集16. 347 pp. 恒星社厚生閣, 東京.
- 岡崎登志夫. 1982 a. シロサケの集団構造. 遺伝, 36 (7) : 61-70.
- Okazaki, T. 1982 b. Geographical distribution of allelic variations of enzymes in chum salmon, *Oncorhynchus keta*, river populations of Japan and the effects of transplantation. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48 (11) : 1525-1535.
- 小林哲夫. 1968. サケとカラフトマスの産卵環境. 北海道さけますふ化場研報, 22 : 7-13.
- . 1977. 沿岸滞泳期におけるサケ・マス幼魚期の生態. 水産海洋研究会報, 31 : 39-44.
- 佐野誠三. 1959. 北日本サケ属の生態と蕃殖について. 北海道さけますふ化場研報, 14 : 21-90.
- 関二郎. 1978. 気仙沼付近におけるサケの生態—II, 沿岸域の混獲稚魚の成長と餌料生物. 岩手県気仙沼水産試験場, 4 : 10-18.
- 待鳥精治. 1978. 本州日本海沿岸地方のシロザケの増殖と水温問題. さけとます, 20 (33) : 6-23.
- 三原健夫・佐野誠三・江口弘. 1964. サケ・マス人工ふ化事業, 水産増養殖叢書5. 60 pp. 日本水産資源保護協会.