

※

アマゴの増養殖に関する基礎的研究

本莊 鉄夫

Studies on the Culture and Transplantation of
Amago Salmon, *Oncorhynchus rhodurus*.

TETSUO HONJOH

Amago salmon, *O. rhodurus*, which is a kind of the genus *Oncorhynchus*, is districtly distributed on the western pacific side from the Chubu District on the Mainland of Japan. It has been attracting considerable attention because this fish provides people in the country with protein and is one of the commercial fishes. Besides, this fish is a valuable species for the sport fishing in the brook. As the resource of Amago salmon is decreasing due to the disturbed habitat and intensive fishing in recent years, the urgent conservation for the resource of Amago salmon has become the necessity of the day.

Accordingly, this study was conducted with a view to increase the resource of Amago salmon which is decreasing recently, and a series of results with regard to the seed production, feeding, transplantation, etc., are reported here.

SEED PRODUCTION AND FARMING OF EDIBLE FISH

Until now, only a few reports have been published on the seed production of Amago salmon, but all these reports deal mainly with the results on the taking of eggs from the wild fish or hatch. The study on the seed production under artificial environments has not yet been conducted. The author tried to feed the wild fish in the pond since 1964, and from 1966 to 1967 succeeded in feeding a great number of wild fish in order to take ripe eggs from the wild one, and in rearing through successive generations from the first obtained eggs.

It is said that the feeding technique of Amago salmon corresponds to that of rainbow trout, *Salmo*

※本編は、東京大学大学院農学系研究科に提出した学位論文である。

gairdnerii. However, some differences of habit between Amago salmon and rainbow trout were recognized, and it was necessary to exploit particular technique for the feeding of Amago salmon. It was revealed that adult fish can mature and eggs can hatch normally if the water temperature in the spawning period decreases below 14°C, and the lethal limit of the high water temperature for the incubation is about 14.5°C to 16.0°C. Maturity had relevance to growth. Male fish of the high growth rate almost matured as one-year old fish. On the other hand, female fish which matured as one-year old fish were very rare and they almost matured as two-years old fish. It was difficult to take ripe eggs from the same female more than two times as the mortality was very high after the oviposition.

The following two points posed difficulties in egg taking. Firstly, it was not possible to obtain enough sperm quantity to fertilize ripe eggs throughout the spawning period as the male fish became precocious and died after the ejection of sperm. However, the above problem was solved by the prolongation of the ejection period of sperm treating with the long-day photoperiod to a part of male fish. Secondly, the water temperature in the spawning period decreased later than the every year case. As for this point, it was confirmed that the eggs matured normally by making the spawning period coincide the appropriate water temperature controlling the maturity of female and male fish with the photoperiod treatment.

The fecundity of the wild Amago salmon is only 200 to 300 eggs as the size of its female was small, but the large fish which was fed in the pond had 1000 to 2000 eggs. Concerning the fecundity of the matured fish fed in the pond, there was an individual variation, but a linear positive relationship was recognized between the body weight and the fecundity, and the number per 100gr. was about 250 eggs. The maturity index - the percentage of egg weight to body weight - increased to more than 20 %, and was much higher than that of rainbowtrout. A positive correlation was recognized between the egg size and the body weight. The development of the fertilized egg was slower than that of rainbow trout. When the cumulative temperature reached to about 400°C, hatching started and reached the highest frequency at about 450°C, but as the cumulative temperature approached 800°C, the provisionization started to advanced fry.

Regarding compound diet, when Amago salmon was fed with the commercial compound diet for trout, Amago salmon grew up rapidly, but the specific red spot on the body surface became dim. Besides, the addition of carotinoid red pigment to the compound diet revealed the effect of pigmentary deposit on the red spot.

As for compound diet for adult fish, protein and vitamins were added to the commercial compound

diet for trout in order to increase the content of both nutrients. The egg weight of fish fed on this diet was found to have increased.

From the appearance it was difficult to discriminate between female and male fish of underyearling of Amago salmon except for the matured male. From the phenomenon that male, which will mature as one-year old fish, showed the rapid growth particularly with the increase of its testis from middle July, the author could roughly discriminate male from female by the method of dividing culture group into each size group after late July. In the case of division into large, middle and small size group, most of the fish in the large size group were male which will mature in the same year. On this basis, the male fish can be used systematically and effectively before it matures. In the middle size group, almost all of fish were female and the smolt transformation on these fish occurred in the late fall. It was established that fish in the middle size group can be utilized as the spawning fish in the next fall.

The author tried the rearing of three species from fertilized eggs to adults comparing Amago salmon with "Biwa Masu", *O. rhodurus*, from the Lake Biwa which is demonstrated to be the same species as Amago salmon taxonomically, and the closely related species, "Yamame", *O. masou*. As a result, the clear differences in the habit, morphological characteristics and possibility on the propagation were recognized between Amago salmon and "Biwa Masu", and it was suggested that "Biwa Masu" did not belong to the same strain as Amago salmon. On the other hand, between Amago salmon and "Yamame" in the Mainland of Japan the difference on the above-mentioned aspects except for the red spot was not recognized.

REPRODUCTION BY TRANSPLANTATION

The author conducted a study on the transplantation of the hatchery-reared fingerlings for six years since 1969, performing the study on the seed production at the same time. In the first three years the transplanting of the freshwater resident type, i.e., "parr" was conducted for the reproduction of Amago salmon in the upper courses of the river, later the transplanting of "smolt" which tends to go downstream, was conducted for the increase in resources of the sea-run form.

In the upper courses, mainly juvenile was transplanted into the valley of the Kiso River system. The difference between the transplanted fish and wild fish regarding the characteristics and habits was not recognized for two to three months after transplanting. Therefore, it was established that the transplanted fish became wild for a short time and could adapt well to the natural conditions. As the growth rate of the transplanted fish corresponded to that of the wild fish within the planting density of 0.5 individual / m², it was clear that this density was moderate for the effective planting. The

recapture rate of this study was higher than the results of published report on the planting of juvenile rainbow trout. As regards the size of the planted juvenile, the recapture rate of 10 gr fish was higher than that of 1 gr fish, but the growth rate per day of the latter was relatively higher. As the diffusion of the planted fish in the valley was very slow, it was considered that juvenile had better be planted into some dispersal stations in the valley. During the planting of yearling "parr" and "smolt", "parr" tended to stay within the study area, whereas "smolt" tended to go downstream.

From the results that "smolt" tended to go downstream and the planted Amago salmon showed the same characteristics and size as "Sokamasu" - Masu salmon on the ascending migration -, the author tried to increase the resource of "Sokamasu" by the transplanting of a large number of "smolt". "Smolt" was transplanted into the lower courses of the Nagara River in the early Winter. Later, during March and April in the next Spring, many planted fish were recaptured in the Ise and Mikawa Bay. In April to May the author could recapture many ascending fish in the Nagara River. The author also conducted the planting study in the Nagara and Kiso River in 1973 and 1974. As a result, many data were acquired with regard to the seaward migration, food habit in the marine life, growth, period of the marine life, season of the ascending migration, homing, etc. Judging from the results that the transplanted fish always constituted 10 to 20 % of the captured individuals, it was suggested that the resource of wild Amago salmon was poor. Comparing the morphological characteristics of the transplanted fish, which ascended the river after inhabiting in the sea during a certain period, with those of wild fish, that is, the so-called "Kawamasu", any significant difference could be not recognized. Therefore, it was confirmed that the fish, which is called as "Kawamasu" by the fishermen in the Ise and Mikawa region, is truly the sea-run form of Amago salmon.

目 次

緒 言	6
第1章 アマゴに関する研究史	6
第2章 種苗生産と食用魚養成	10
第1節 天然魚の飼育馴致と人工採卵 ふ化	10
第2節 養殖魚からの種苗生産	18
第1項 人工採卵ふ化について	18
第2項 成熟の制御	22
試験1 雄魚の成熟制御	22
試験2 雌魚の成熟制御	27
第3項 採卵適期	30
第4項 ふ化水温と採卵ふ化成績	32
第5項 親魚養成飼料	34
第6項 稚魚の飼育における生長と 生残	39
試験1 アマゴとビワマスの比較 飼育	39
試験2 アマゴとヤマメの比較飼 育	43
第3節 食用魚養成	46
第1項 アマゴ朱赤点の着色と飼料 添加物	47
試験1 飼料中の色素とアマゴ体 側朱赤点の着色効果	47
試験2 朱赤点の着色に有効なカ ンタキサンチンの添加量	50

第2項 雄魚の0年魚における性成 熟と生長	52
第3章 種苗放流による増殖	57
第1節 渓流域におけるパー型アマゴ の放流	58
第1項 放流魚の定着性（分散）と生 長	58
試験1 輪川における0年魚の 放流	59
試験2 黒石谷における0年魚 の放流（1）	61
試験3 黒石谷における0年魚 の放流（2）	70
第2項 スモルト型とパー型アマゴ の放流効果の比較	73
第2節 降海型アマゴの増殖	78
第1項 スモルト型アマゴの放流効 果	79
第2項 海域および遡上河川におけ る再捕魚について	86
第4章 総括および結語	98
謝 辞	100
文 献	101

緒 言

本邦中部以西の太平洋側に限定的に分布するサケ属の1種であるアマゴ、*Oncorhynchus rhodurus* JORDAN et Mc GREGOR は、古くから農山村の蛋白食品として、また漁業者の主要な収入源として高い評価を得てきた有用な魚種である。したがって、その分布域に当たる各府県当局は、採捕規制を設けて資源保護に対処してきたが、近年、特に日本経済の高度成長とともに急速に発展した水資源開発事業は、アマゴ生息域の多くの水界を質的にも量的にも改変悪化させ、また経済成長に歩を合わせて増加した釣り人口は、山間道路の開発整備と相まって採捕の苛酷をまねき、アマゴ資源の衰微に一層の拍車を加えるにいたった。端的に言えば、昭和30年代後期に

は既に魚影の消失した水域事例の話も聞かされるにいたり、最早、禁漁期の設定や幼稚魚採捕の禁止といった消極的な保護対策のみでは、資源維持は不可能なところまで迫込まれ漁業者、遊漁者間にも資源衰滅に対する憂慮感とともに種苗放流に対する要望も一段と切実さを加えるにいたった。

本研究は、このような社会情勢を踏まえ、アマゴの種苗放流による資源回復さらには倍増を意図して行われたもので、はじめて採苗成果を得た1965年以降から約10年間に得られた採苗技術並びに種苗の河川放流に関する研究の結果をとりまとめたものである。

第1章 アマゴに関する研究史

アマゴと関連のある従来の研究は、大別すると分類、分布、生活史、増養殖の分野に分けられ、それ等をまとめると大略次のようになる。

分類：本邦に在来から分布しているサケ属の分類は、幾度かの変遷を経て今日にいたった。その中でもサクラマス系統とビワマス系統の分類論争は有名である。

大島(1936)は陸封型のヤマメ(ヤマベ)と呼称されてきた北方系の1群とアマゴ(アメゴ)と呼ばれてきた南方系の1群とを比較し、鱗相

に差異が見られること、アマゴには朱赤点があるが、ヤマメには存在しないこと、並びに両群は画然と分布区域が分かれている等をあげ、両群は異種とすべきことを唱えた。前者の降海型はホンマス、サクラマスと呼ばれてきたものであり、ヤマメ、ヤマベと呼ばれてきたものはサクラマスの陸封型に相当すること、後者の湖沼型(希に降海型)がアメノウオ、カワマスであって、河川上流域で幼魚型を保持しながら成熟するものがアマゴ(別名、アメゴ、ヒラメ、ヒラベ)に相当するものとした。

学名については、前者を *Oncorhynchus masou* (BREVOORT) とし、後者を *Oncorhynchus rhodurus* JORDAN et MCGREGOR とし、標準和名については *Oncorhynchus masou* の降海型をサクラマス、河川型をヤマメとすること、*Oncorhynchus rhodurus* については、湖沼型、河川型をアマゴと呼称することを提唱した。

これに対し、田中(1929)はマス、ヤマメ、アマゴと呼ばれるものは *Oncorhynchus kisutch* (WALBAUM) に統一し、マスと呼ばれるものは、降海型、ヤマメは北日本の山間河川型、アマゴは南日本の山間河川型とした。また、吉田(1967)も両者の分離程度は種に区分されるほどのものではないとの考えからサクラマスを *Oncorhynchus masou masou* (BREVOORT) とし、ビワマスを *Oncorhynchus masou rhodurus* JORDAN et MCGREGOR とすることを提唱した。丹羽(1954)も田中(1936)が後に改変した *Oncorhynchus milktschitsch macrostomus* (GÜNTHER) をアマゴの学名として使っている。一方、アマゴについては、松原(1955)、青柳(1957)、岡田(1960)、中村(1963)、宮地(1963)、吉安(1968)等は、いずれも *Oncorhynchus rhodurus* を採用しており、現在のところは2種区分説が支配的である。

大島(1957)は、*Oncorhynchus rhodurus* に湖沼型(希に降海型)と河川型の存在することを示唆した。中村(1963)も本種をビワマス(湖沼型)とアマゴ(河川型)の2系統に分別し、ビワマスとは琵琶湖、諏訪湖のほかに琵琶湖から移殖後再生産の見られた中禅寺湖、芦の湖産のものを言い、希に伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海

で漁獲されるマスは、このビワマスか、またはアマゴが降海したものと推定した。さらに中村(1970)は、アマゴとビワマスは同種ではあっても全く同一のものではないこと、次いで1972年には長良川のマス(地方名、カワマス)はアマゴの降海型に間違いないとの見解を明らかにした。宮地(1963)は、ビワマスとアマゴの関係はサクラマスとヤマメの関係と同様であって前者の降海型が無くなってしまい、海に代って湖に生息するもののみが残存し、これがビワマスであるとした。藤村(1970)は、山口県錦川において、河川型アマゴと銀毛型(藤村はこれを降海型アマゴと呼称)および遡河マスを採集し、その分類形質を検討して、これがアマゴに一致することを明らかにするとともに、この遡河マスは大島の言う降海型ビワマスに当たるものであろうと述べている。また加藤(1973)は長良川に遡上するマスの体節的形質は河川型アマゴのそれに一致するが、琵琶湖産のビワマスとでは若干の差異があるので、長良川の遡上マスにビワマスの名称を当てることは不適當であり、新たにこれをアマゴマスと呼ぶことを提唱した。吉安(1968)は、ビワマスとアマゴでは鱗に相違が見られることと醒井養鱒試験場におけるビワマスとアマゴの飼育観察上の違いをあげて、ビワマスはアマゴの亜種とすべきこと、したがってアマゴは大島(1957)の言うビワマスの河川封入型ではなく、仮称ヤマトマスの河川型と解すべきとの見解を表明した。次いでYOSHIYASU(1973)は電気泳動法によりヘモグロビンを分析し、ビワマスとアマゴとの差を追証

した。

本研究においてもビワマスとアマゴを発眼卵から並行して飼育し、習性形態上の差異を指摘した。伊藤ら(1973)は愛媛県面河ダムで採集したマスについて、その形態的特徴が *Oncorhynchus rhodurus* の記載と違うこと、体側に朱赤点が存在することで諏訪湖産のアメとは一致するが、琵琶湖産のビワマスとは異なること、このダムには未だビワマスの移殖例もなく、遡上してくる可能性もないことから、このマスは同湖につながる注入河川産のアマゴが降って湖沼型化したものと判定した。

分布: 大島(1931)は、アマゴの分布は、酒匂川の上流部(静岡県内)より以西の本州の太平洋側、瀬戸内側と四国全域、九州の瀬戸内側の河川に限ることを明らかにした(この分布境界線を仮に大島線と呼ぶ)。YOSHIYASU(1973)は、この大島説を検討した結果、その正当性を確認したが、同時に大島線に接するヤマメ分布域にアマゴの生息する諸例をあげ、その一因が人為移殖によるものであることを明らかにした。丹羽(1954)は、分水嶺に近い木曽川上流の味噌川には朱赤点のあるアマゴのみが生息するのに対し、分水嶺の北側にある奈良井川では朱赤点のないヤマメのみの生息を確めた。利重(1966)は、中国地方のヤマメ、アマゴの分布を調査し、瀬戸内海への注入河川には全て朱赤点のあるアマゴが生息するが、日本海注入河川では殆んどが朱赤点のないヤマメであることを確認した。しかし、ヤマメ域である天神川上流(鳥取県)

と高津川上流(島根県)にアマゴの生息地があること、これが何れも人為移殖によることを確めた。立川(1971)は、庄川水系の分水嶺近く支流にアマゴの生息地帯の存在することを確めたが、そのいわれについては明らかにされていない。そのほかに千曲川上流、九頭竜川上流、神通川上流等のヤマメ分布域にもアマゴが生息しているらしいが、これらは何れも移殖によるものと言われている。概して大島線に隣接するヤマメ域にアマゴが移殖される例が多いが、これに反してアマゴ域にヤマメを放流した事例やヤマメが繁殖しているという報告例がない。恐らくその一因は朱赤点が美感覚を伴って標識的興味を誘い、これがアマゴの分水嶺越えをもたらししたことが想像される。特に近年になって種苗生産が各地で行われるようになってからは、無雑作な放流も行われており、今後自然分布はますます乱されてゆくものと推測される。なお、降海型、湖沼型の最近の生息状況については、前記の長良川、錦川、琵琶湖、中禅寺湖、諏訪湖のほかに木曽川、揖斐川(岡崎ら、1973)の漁獲高報告、宮川(木村、1975)の採捕記録がある。また加藤(1975)は、1974年にアマゴ分布域内の6か所(天竜川河口、諏訪湖、宮川中流域、児島湾、岩国沖、那珂川下流域)からマスを採集し、その何れもがアマゴの形質と変わらないことを報告している。

生活史: アマゴの生活史に関する研究は極めて少く、白石ら^{a,b}(1957)、白石(1958)と三重県馬野川産アマゴについての研究が河川型アマゴ

の最初の唯一とも言うべきもので、周年にわたり多数の材料を得て生長、食性、産卵習性につき詳細な調査を行っている。このほかには丹羽、(1954)の木曽川上流部のアマゴ(方言、タナビラ)の産卵習性に関する記載、長野県水産指導所(1973)による放流アマゴの産卵行動の観察記録があるに過ぎない。湖沼型については、野村ら(1958)が産卵期における諏訪湖産アメノウオについて記述している。降海型については、藤村(1970)の錦川における年令、生長、生殖巣に関する研究、加藤^b(1973)の長良川における年令、生長、食性等の生態学的研究がある。

増養殖：河川からアマゴの成熟親魚を採捕し、採卵受精からふ化までの間を人工管理下におき、次いでふ化仔魚を河川に放流するという、いわゆる増殖試験は古くから行われており、岐阜県では1898年に恵那郡地内においてアマゴの増殖を行ったとの記録と、1917年に郡上郡和良村にてアマゴの人工ふ化放流事業を指導したとの記録があるが(岐阜県農務課、1959)、内容に関しては全く不明である。不完全ながらも試験記録の残されているものは、平木(1923)の採苗試験である。平木は天然魚から採卵ふ化を行い、引続いてこれの池中飼育を試みているが、飼育記録は稚魚期中断している。また平木(1924)は木曽川上流および神通川上流で採捕した遡河マスと馬瀬川(木曽川支流)の河川型アマゴの交配試験を行ったが、その成果については記されていない。五島はアマゴを材料として搾出

法と切開法の優劣、体腔液、清水の受精への影響、卵と精の受精能力と時間の関係等について知見を報告している(水産試験場、1931)。ビワマスについては、滋賀県水産試験場が明治末年頃より遡河魚からの採卵を事業化し、その発眼卵の一部は全国各地へ移殖されてきたが、一部の湖を除いては定着再生産までの成果を得ていない。次いで同水試はふ化仔魚からの飼育実験を重ねてきたが、飼育魚からの恒常的な採苗には至らずに終わっている(水産試験場、1931)。そのほかには野村ら(1958)が諏訪湖産アメノウオと中禅寺湖産ビワマスを発眼卵から飼育し、アメノウオとビワマスの成熟年令およびアメノウオの採卵成績について報告している。

以上のように往年のアマゴ、ビワマスの増養殖は、天然ビワマスの採卵ふ化事業を除いては、何れも散発的であり事業規模にまで発展せず、単なる試験段階で終止している。これは本種のみならず日本在来の陸封型サケ科魚類全部に言えることで、単に天然魚からの採卵ふ化にとどまり、生活環を全て人工管理下におく種苗生産にまでの発展は見られなかった。1961年になって東京都水産試験場(清水ら、1966)が養成したヤマメから採卵したのに続いて、1964年には岐阜県水産試験場(本荘、1968)でも池中馴致したアマゴからの採卵実績が得られた。加藤(1966)もこの頃に中禅寺湖産ビワマスの池中養殖研究に着手し、生長、生残、銀毛出現等につき多くの知見を得ている。

このような情勢を受けて、1966年には全国湖沼河川養殖研究会養鱒部会に陸封型マス類を主

とした在来マス類増殖分科会が誕生し、種苗生産技術開発研究が全国的な規模で展開されるに

いたった。

第2章 種苗生産と食用魚養成

河川からアマゴの成熟親魚を捕獲し、これより採卵して稚魚を育てる試みは古くから行われていた。しかし、いずれも散発的で事業として定着するに至らなかったことは第1章で述べた通りである。それについては、アマゴの増殖に対する要望が今日ほど切実でなかったという一面もあろうが、その基礎となる養殖技術が今日のように進歩していなかったことも見落せない。

種苗生産の原材料を天然の親魚に求めることは、種苗生産技術の開発の当初には必要とされた一つの過程であった。しかし、天然親魚を大量に採集することは容易でないので、種苗生産を事業化するためには養殖魚からの一貫生産でなければならない。

養殖魚からの種苗生産が可能になれば、放流用種苗の生産のみに止まらず、当然食用魚用種苗としての需要も生ずる。そこで、食用魚養成技術の開発研究も併せて必要とされた。

アマゴの種苗生産の事業化を進めるうえに必要とされる基礎的なデータを収集し、かつ技術開発上の問題点について若干の試験を行った。本章は、それらの一連の成果をとりまとめたものである。

第1節 天然魚の飼育馴致と人工採卵ふ化

アマゴの種苗生産の事業化を図るに先立って親魚の量的な確保が必要なので、天然魚の収集から着手した。本節では、捕獲された天然産アマゴの飼育経過と採卵ふ化結果について述べる。

材料および方法

供試魚：天然魚の捕獲は益田川漁業協同組合に依頼した。捕獲尾数は1966年3月20日から同年4月29日までの1,915尾と、1967年2月9日から9月9日までの3,856尾である。供試魚の捕獲場所はいずれも岐阜県益田郡内の飛驒川支流で、その大部分は馬瀬川、次いで山之口川、小坂川などである（第1表）。捕獲魚の時期的内訳とその大きさについては、1966年3月20日から4月29日の間に捕獲された魚について、5月2日に測定した平均体重は約420gであった。1967年には、第2表に示した通り3～6月に多くの魚が捕獲され、全期間を通じての捕獲魚の平均体重は59.7gであった。

Table 1. The each river and number of collected wild fish in 1967.

River	No.	Percentage
Maze r.	2417	63.2%
Yamanokuchi r.	1830	21.5
Osaka r.	449	11.7
Mashita r.	63	1.6
Ogawa stream	53	1.4
Sakura stream	22	0.6
Total	3856	100.0

Table 2. The number and average body weight of collected fish in each month in 1967.

Month	No.	Average weight
Feb.	69	49.3 g
Mar.	631	50.7
Apr.	1359	53.8
May	752	56.5
Jun.	508	84.0
Jul.	227	91.2
Aug.	281	50.9
Sep.	29	55.2
Total	3856	59.7

1967年の捕獲魚は、5月9日までの捕獲魚2,446尾とそれ以後の捕獲魚1,410尾に分けて飼育経過をとりまとめた。以下前者を春期捕獲魚、後者を夏期捕獲魚と呼称する。

飼育条件：1966年の捕獲魚は、幅1.35m、長

さ3.3m、水深0.3mのコンクリート池5面に放養し、河川水を1池当り毎秒約3ℓ通水して飼育した。1967年には同試験池6面と幅2.5m、長さ12m、水深0.3m、注水量毎秒約6ℓの池2面の合計8面の池を使用した。

飼育用水は河川水で、水温は第1図に示したように1966年には最高21.5℃、最低7.6℃、1967年には最高20.7℃、最低6.7℃であった。

飼育飼料：1966年には、捕獲後数日間は塩漬ニジマス卵を給餌し、その後5月2日までは市販マス用配合飼料、5月2日から9月29日までは池によって、市販マス成魚用飼料または餌付け用飼料を使用し、また池によってはこれに少量のミミズまたは養魚用オイルを添加した。9月29日以降は餌付け用飼料を使用した。

1967年には、池によって市販マス用配合飼料または特製飼料（第12表中の試験飼料と同一）を使用し、また池によってはこれにサフラワー油を添加した。

供試魚の計量：1966年には、5月2日から12月1日までの間1～2か月毎に6回、1967年に

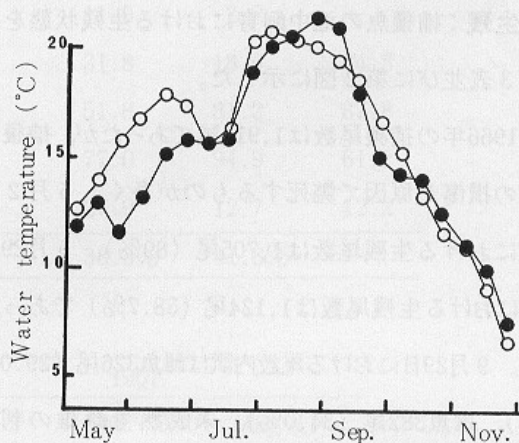


Fig. 1 Seasonal changes in pond temperature in 1966(●) and 1967(○)

は、5月9日から11月27日までの間1～2か月毎に5回、全個体を取上げて尾数と重量を測定した。

採卵・ふ化に関する調査：1966年には、10月18～19日および10月31日の2回、1967年には、10月9日から11月11日まで大体4日目毎に採卵を行った。採取卵については、その後発眼率、浮上率、平均卵重などを調べた。発眼率は採卵数に対する正常な発眼卵数の割合であり、浮上率は発眼卵数に対する浮上稚魚の尾数の割合であり、平均卵重は発眼卵1粒の平均卵重を指す。また、親魚の体重に対する被鱗体長（以下体長という）、採卵重量、採卵数、平均卵重などの各関係をそれぞれ明らかにするために、1967年春期捕獲魚のうち市販飼料を与えて飼育した魚群の採卵魚の全個体81尾並びに雄魚20尾について個体別に測定した。

結果および考察

生残：捕獲魚の池中飼育における生残状態を第3表並びに第2図に示した。

1966年の捕獲尾数は1,915尾であったが、捕獲時の損傷が原因で斃死するものが多く、5月2日における生残尾数は1,705尾（89%）、9月29日における生残尾数は1,124尾（58.7%）であった。9月29日における尾数内訳は雌魚326尾（29.0%）、雄魚382尾（34.0%）、未成熟で雌雄の判別のできない魚416尾（37.0%）の割合であった。その後産卵期を経過して雌魚は51.8%、雄魚は

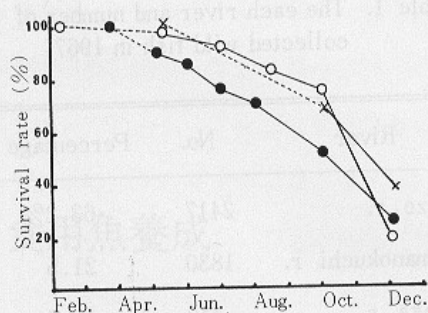


Fig. 2 Seasonal changes in survival rate of the collected fish on the process of rearing in pond.

Each mark shows the survival rate of fish collected in spring 1966 (●), spring 1967 (○) and summer 1967 (×). Broken lines show the survival rate during the collection period.

77.0%、未成熟魚は27.9%が斃死し、12月1日の生残尾数は合計482尾で捕獲尾数の25%となった。成熟魚の産卵期における斃死尾数の時期別内訳は第3図に示すとおり、雄魚は10月中旬に、雌魚は10月下旬にそれぞれ最高を示し、雌雄の間で斃死時期に1旬のずれがあった。

1967年の春期捕獲魚2,446尾の生残尾数は9月28日に1,828尾（74.7%）で、生残率は前年の58.7%を上回った。生残尾数の内訳は雌魚623尾（34.1%）、雄魚795尾（43.5%）、未成熟魚410尾（22.4%）で、前年より雄魚が多く、未成熟魚が少なかった。産卵期を経過した9月28日～11月27日における斃死率は成熟雌魚が81%、成熟雄魚が95%に対して未成熟魚は13%であった。産卵期を過ぎた11月27日における生残尾数は合計425尾で捕獲尾数の17.4%になった。

夏期捕獲魚は飼育池へ収容してからの斃死が多く、9月28日における生残尾数は965尾で、生

Table 3. Rearing process of the fish collected in 1966 and 1967.

Item	Period	Sex	1966, Fish in spring	1967, Fish in spring	1967, Fish in summer
Number of fish	Collected		1915	2446	1410
	Beginning of period II		1705	2371	0
	Ending of period II	Mature female	326	623	197
		Mature male	382	795	237
		Immature	416	410	531
		Total	1124	1828	965
	Ending of period III	Mature female	150	44	17
		Mature male	45	24	74
		Immature	287	357	466
		Total	482	425	557
Average weight (g)	Collected		—	51.8	73.5
	Beginning of period II		42.1	54.3	—
	Ending of period II	Mature female	144	157	93
		Mature male	160	181	95
		Immature	45	50	37
		Total	113	143	63
	Ending of period III	Mature female	114	124	100
		Mature male	120	140	69
		Immature	54	75	47
Mortality (%)	period I		11.0	2.8	—
	period II		31.8	18.9	24.5
	Period III	Mature female	51.8	81.2	87.8
		Mature male	77.0	94.9	61.2
		Immature	27.9	12.7	12.2
	C. F. * Period II		38.3%	41.8%	—

C. F. *: Conversion factor

	1966	1967
Period I	Mar. 20 ~ May 2	Feb. 9 ~ May 11
Period II	May 2 ~ Sep. 29	May 11 ~ Sep. 28
Period III	Sep. 29 ~ Dec. 1	Sep. 28 ~ Nov. 27

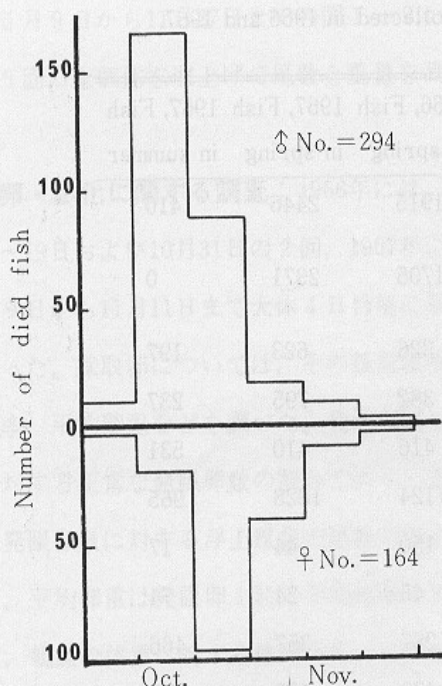


Fig. 3 Frequency distribution of mortality of Amago salmon of mature male and female in spawning season in 1966.

残率は68.0%と春期捕獲魚の74.7%と比べて低く、また未成熟魚が過半数を占めた。

採卵できた雌魚の数は、1966年捕獲魚は304尾、1967年春期捕獲魚は587尾、1967年夏期捕獲魚は190尾で、それぞれ捕獲尾数に対して15.9%、24.0%、および13.5%であった。

餌付きおよび生長：捕獲直後の魚は、最初は配合飼料には餌付かなかったが、ニジマス卵やミミズには餌付いた。また、2～3か月経っても配合飼料に餌付かないでやせ細った魚でもミミズは捕食した。早春に捕獲した魚は餌付きが比較的良かったが、夏期に捕獲した魚は極めて餌付きが悪かった。

捕獲魚の池中飼育における生長は第3表にみられるとおり、1966年捕獲魚は5月2日の平均

体重42.1gが9月29日に113gと約2.7倍になった。1967年の春期捕獲魚も5月11日の平均体重54.3gが9月28日に143gと約2.7倍になり、1966年の結果と一致した。しかし、夏期捕獲魚は、捕獲時の平均体重73.5gに対し9月28日には63gと体重が減少した。

早春に捕獲した魚は概してやせて黒ずんだ体色であったのに対して、夏期に捕獲した魚は概して大型でよく肥えており、明るい体色をしていたが、池中飼育馴致の成績はこのように早春に捕獲した魚の方が良かった。

春期捕獲魚の5～9月の間の飼料効率、1966年には38.3%、1967年には41.8%と近似した。しかし、同期間に捕獲された魚については、約39kgの飼料を使用したにもかかわらず約39kg減重した。

採卵親魚の大きさ、ならびに体重と体長

の関係：1967年の採卵雌魚(777尾)の大きさは、最大体重400g(体長28.0cm)、最小体重41.5g(体長13.9cm)平均体重141gであった。春期捕獲魚と夏期捕獲魚について採卵時の雌親魚の大きさを比較すると、前者の平均体重は157gに対して後者の平均体重は93gと前者の方が大形であった。

採卵時における親魚の体重(Wg)と体長(Lcm)の関係は第4図に示すとおりで、それぞれ雌魚については $\log W = 2.90 \log L - 1.6676$ 、雄魚については $\log W = 2.66 \log L - 1.3905$ の回帰式で表わされた。

採卵期：1966年には10月18日に286尾、10月31日に18尾採卵して、採卵できる魚全部の採卵

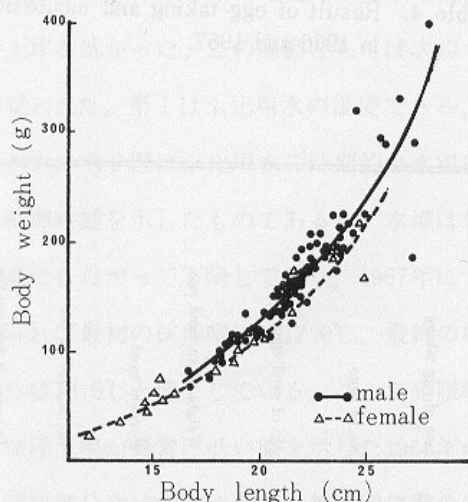


Fig. 4 Relation between the body weight and body length of mature Amago salmon.

を完了した。1966年の第1回の採卵時には適期を過ぎた個体もみられたので1967年には10月の初旬から4日目毎に熟度鑑別を行った。採卵尾数の時期的な分布は第5図に示すとおり10月中旬を中心として大体10月上～下旬の間であった。これは、天然魚の産卵期（白石ら、1957）とはほぼ一致した。

採卵数：1966年の搾出卵総数は304尾から113,503粒で、1尾当り374粒、1967年には758

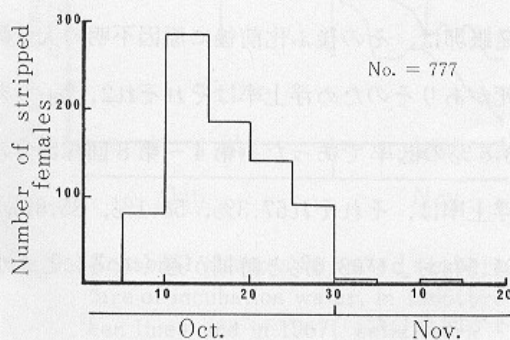


Fig. 5 Frequency distribution of females stripped in each 5-day period.

尾から272,423粒で1尾当り359粒、採卵時期別にみると春期に捕獲したものでは魚体が大きく、1尾当り409粒に対し、夏期に捕獲したものでは魚体が小さく、1尾当り211粒であった。

採卵時における体重（Wg）と採卵数（En）の関係は第6図に示すとおりで、その回帰式は $En = 2.43W + 1.4$ で表わされた。採卵数は体重にほぼ比例し、近似的に大体体重を2.43倍することによって得られた。

採卵重量：採卵重量（Ew g）と体重（Wg）

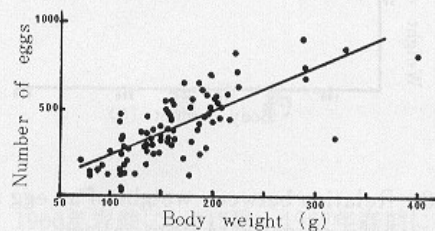


Fig. 6 Relation between number of eggs and body weight of Amago salmon.

の関係は第7図に示すとおり、採卵重量は体重の増大につれて直線的に増加し、その回帰式は $Ew = 0.209W - 5.4$ で表わされた。採卵重量の体重に対する割合は、4.3～27.4%、平均19.6%で

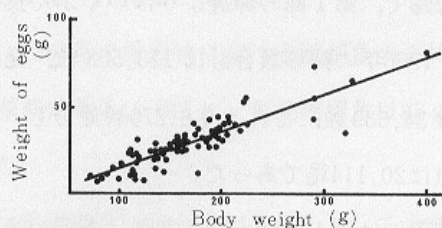


Fig. 7 Relation between weight of eggs and body weight of Amago salmon.

あった。

1粒の卵重量(平均卵重)：平均卵重は40～123 mg, 平均79.3mgであり, ニジマスと比較して魚の大きさの割に大きい。平均卵重($E\bar{E}\bar{w}$ mg)と体重(W g)との関係は第8図に示すとおりで, 体重の増大につれて1粒の卵重も増大する傾向が認められ, その回帰式は $E\bar{E}\bar{w} = 0.099W + 62.2$ で表わされた。

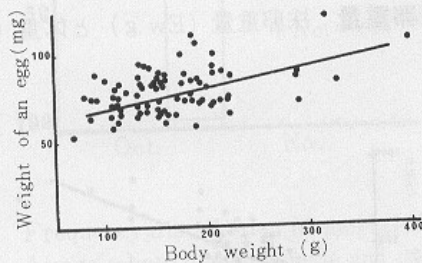


Fig. 8 Relation between weight of an egg and body weight of Amago salmon.

発眼率, 浮上率等採卵ふ化成績：採卵ふ化成績は第4表に示した。1966年の第1回採卵した卵は発眼期以降ふ化に至るまでに過半数が斃死し, ふ化直前における発眼卵数は31,757粒で, 発眼率は29.5%と低い値であった。ふ化後も斃死するものが多く, 浮上率は74.8%であった。第2回に採卵した卵の発眼率は47.0%, 浮上率は91.2%で, 第1回の卵群よりはいくぶん良かった。1966年の採卵数合計は113,503粒, 発眼卵数は34,539粒, これより8,270粒処分し, 浮上稚魚は20,114尾であった。

1967年には第1回採卵分の卵群は虚弱で発生不全のものが多く, 発眼率は40.9%と低率であったが, 第2回以降の採卵分の発眼率は66.1～

Table 4. Result of egg taking and incubation in 1966 and 1967.

Date of egg taking	No. of eggs	No. of eyed eggs	Weight of an eyed egg	Percent eyed	No. of feed up fry	Percent of feed up fry
			mg	%		%
1966						
Oct. 18						
—19	107581	31757 *	79.0	29.5	17578	74.8
Oct. 31	5922	2782	73.5	47.0	2536	91.2
Total	113503	34539 *	78.6	30.4	20114	76.5
1967						
Oct. 9	33549	13699	85.4	40.9	286	2.1
Oct. 13						
—14	113686	97285 **	82.7	85.6	7	0.0
Oct. 17	47897	41661	75.3	87.0	3600	8.8
Oct. 21	41377	31093	77.5	75.1	17300	57.3
Oct. 25	5364	3545	80.5	66.1	2060	58.1
Oct. 30	14230	9971	59.8	70.0	8530	85.6
Nov. 4	285	224	48.2	78.6	205	91.5
Nov. 11	89	85	40.0	95.5	80	93.6
Total	256477	197563 **	79.3	76.9	32628	18.4

*: 8270 eyed eggs were disposed.

**: 20000 eyed eggs were disposed.

95.5%の範囲であった。第1～第3回採卵分の発眼卵は, その後ふ化前後に原因不明の大量斃死がありそのため浮上率はそれぞれ2.1%, 0%, 8.8%の低率であった。第4～第8回採卵分の浮上率は, それぞれ57.3%, 58.1%, 85.6%, 91.5%および93.6%と時期が遅くなるにしたがって向上した。

以上述べたように, 両年度を通じて, その年の第1回目に採卵した卵は発眼率が低く, また,

11月以降の採卵分を除いて総体に発眼率または浮上率が低かった。この原因としては次の2点が疑われた。第1はふ化用水の温度である。すなわち、第9図はふ化用水の時期的な水温変化と採卵時期を示したものであるが、水温は日数経過にしたがって下降しており、1967年についてみれば最初の採卵時には17.0℃、最終の採卵時には13.5℃と低下している。ここで発眼率または浮上率が異常に低い値を示した1966年の第1回採卵分や1967年の第1～第5回採卵分は、ふ化用水の温度の最高値が14.9℃を越えており、良好なふ化成績の得られた1967年の第8回採卵分においては、ふ化用水の温度が13.9℃以下となっている。白石ら(1957)^bは、天然アマゴの産卵は水温が14℃になった頃に始まり、9～11℃が好適と述べている。本試験でもふ化用水の温度がふ化成績に重大な影響をおよぼしていると考えられた。

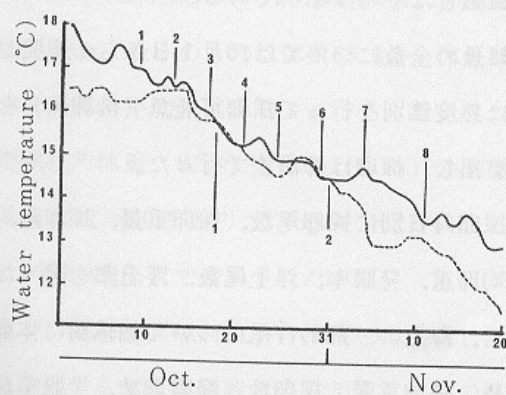


Fig. 9 Seasonal changes in water temperature of incubation water, in 1966(broken line) and in 1967(solid line).

Numerals in this figure show the order of egg taking operation.

第2は採卵適期の問題である。すなわち、1966年の第1回の採卵は1967年の第1回より14～15日遅く、その際に過熟卵を産出した個体が多数認められている。また1966年の第2回の採卵は第1回より12～13日後に行われている。これらの経過日数が卵の過熟化につながったことが考えられる。

積算温度：受精から各発育段階までの積算温度は、ふ化開始が約 400℃、ふ化盛期は約 450℃、ふ化完了は約 560℃、浮上が700～950℃であった。

要 約

1966年春季に1,915尾、1967年春季に2,446尾、同年夏期に1,410尾の天然魚を捕獲して、池中飼育し、その親魚から採卵・ふ化を行った。

産卵期前、産卵期後の生残率は、それぞれ、1966年の捕獲魚は58.7%および25.0%、1967年春季捕獲魚は74.7%および17.4%、同年夏期捕獲魚は68.0%および39.5%であった。

春季捕獲魚は両年度とも産卵期前には、捕獲時の約2.7倍に生長したが、夏期捕獲魚は餌付きが悪く、体重が減少した。

1967年の採卵時における雌親魚の平均体重は、春季捕獲魚は157g、夏期捕獲魚は93gであった。

産卵期は、10月中旬を中心として大体10月上旬～下旬の間であった。

採卵できた雌魚の数は、1966年は304尾、1967

年には春期捕獲魚587尾、夏期捕獲魚190尾で、それぞれ捕獲尾数に対して15.9%、24.0%および13.5%であった。これら親魚から1966年には11万粒、1967年には27万粒を採卵することができた。

1尾当り採卵数は、1966年には374粒、1967年には359粒で、親魚の体重(Wg)と採卵数(E_n)の回帰式は $E_n = 2.43W + 1.4$ で表わされた。なお、親魚の体重(Wg)と採卵重量(E_w)の回帰式は $E_w = 0.209W - 5.4$ で表わされた。

1粒の卵重量は40~123mg、平均79.3mgであった。

発眼率は1966年には30.4%、1967年には76.9%、浮上率は1966年に76.5%、1967年には18.4%であった。

受精からふ化ならびに浮上までの積算温度はそれぞれ、400~560℃、700~950℃であった。

以上のとおりアマゴ天然魚の飼育馴致と採卵は可能であることが明らかにされたが、採卵初期の発眼率、浮上率などの採卵ふ化成績が特に劣った点に問題が残された。

第2節 養殖魚からの 種苗生産

アマゴ天然捕獲魚の飼育馴致と採卵を行って好成績を得たので、池中で養成した親魚から採卵、ふ化および稚魚飼育にいたる一連の種苗生産技術の確立を図るため1967年からアマゴの池

中養殖試験に着手した。

第1項 人工採卵・ふ化 について

1966年秋に天然魚から採卵して飼育したものが満2年たった1968年秋に成熟し、これらの親魚群から採卵・ふ化を行ったので、その結果について述べる。

材料および方法

供試親魚は1966年10月に岐阜水試で天然魚から採卵して得た発眼卵31,269粒から飼育した1年魚群の中から、1968年9月30日に雌魚1792尾(平均体重243g)、雄魚784尾(平均体重249g)である。ただし、雄魚は前年の産卵期に満1年で成熟したものは除いてある。

雌魚の全数については10月1日から1週間ごとに熟度鑑別を行って採卵可能魚(排卵魚)を選び出し、採卵は搾出法で行った。

採卵月日別に採卵尾数、採卵重量、採卵数、平均卵重、発眼率、浮上尾数、浮上率を調べた。また、雌魚の一部の77尾について個体別に体重、体長、採卵重量、採卵数、発眼卵数、発眼率および平均卵重を調べ、親魚の体重に対する体長、採卵重量、採卵数および平均卵重の諸関係について調べた。

ふ化用水の温度は第10図に示したように10.0

～18.0℃であった。

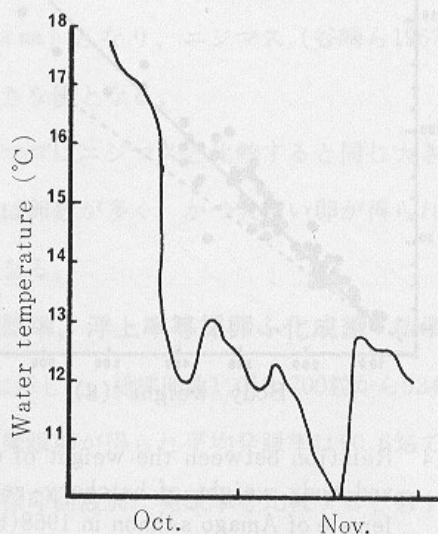


Fig. 10 Seasonal change in temperature of incubation water.

結果および考察

採卵親魚の大きさ： 9月30日における雌魚の供試魚数は1792尾であったが、その後、採卵終了時（11月8日）までに斃死したものがあつたため、採卵に供した雌親魚数は1542尾であった。これら雌親魚のうち最大のものは体重670 g、体長32 cm、最小のものは体重85.5 g、体長15.9 cmであり、平均体重は 243 g であった。これら雌親魚の体重（W g）と体長（L cm）の関係は第11図に示すとおりで $\log W = 2.74 \log L - 1.4015$ の関係式で表わされた。

この結果を天然河川から捕獲して飼育した魚と比較すると、養殖親魚の方が同じ体長では体重が大きい。また、採卵に供した雌親魚の体重も天然捕獲魚の平均体重141 g に対して243 g と大きい。

採卵期： 採卵は1968年10月7日から11月8日

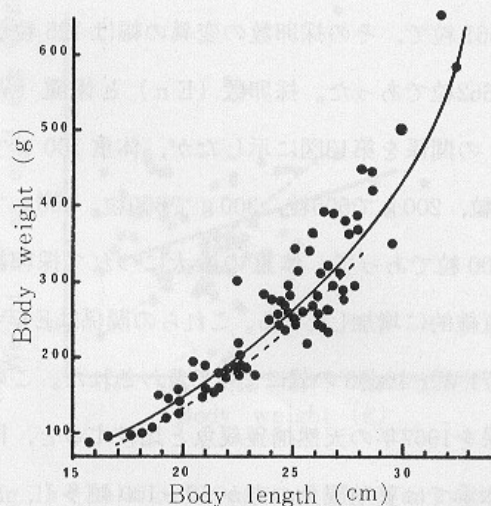


Fig. 11 Relation between the body weight and body length in hatchery-reared female of Amago salmon in the spawning season in 1968 (black points and solid line), comparing with that of collected wild female in 1967(broken line).

までの1か月間に7回行うことができたが、大部分は10月中旬に集中し10月15日および10月22日の2回で全体の87%を占めた（第12図）。この結果は前節で述べた天然河川から採捕して飼育した親魚と大差がなかった。

採卵数： これらの雌魚から合計 1,018,700 粒

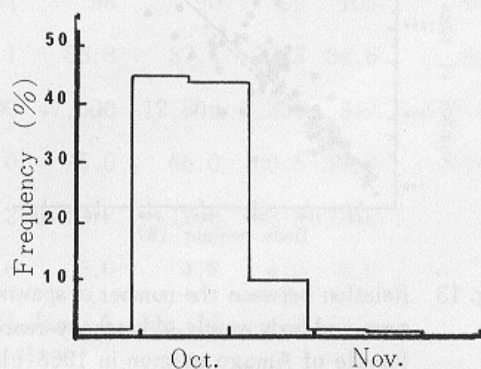


Fig. 12 Frequency distribution of stripped fish during the spawning period.

採卵することができた。1尾当りの平均採卵数は661粒で、その採卵数の変異の幅は125粒から1662粒であった。採卵数 (E_n) と体重 (W g) の関係を第13図に示したが、体重 100 g で250粒、200 g で500粒、300 g で800粒、400 g で1,000粒であって、体重の増大につれて採卵数は直線的に増加している。これらの関係は $E_n = 2.771 W - 40.06$ の式によって表わされた。この結果を1967年の天然捕獲親魚と比較すると、同一体重では養殖親魚の方が50~100粒多く、また野村 (1964) の示したニジマスの場合 ($E_n = 1.1042 W + 739.86$ 或いは $E_n = 1.1248 W + 1206.3$) より大きな値となっている。

採卵重量: 採卵重量 (E_w g) と体重 (W g) の関係は第14図に示した。

採卵重量は体重100 g で15 g、200 g で45 g、300 g で70 g、400 g で100 g であり、体重の増大につれ直線的に増加した。それらの関係式は

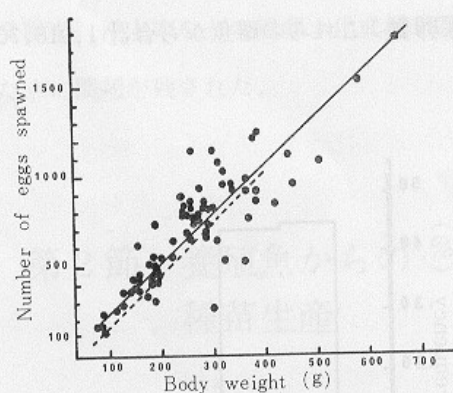


Fig. 13 Relation between the number of spawned eggs and body weight of hatchery-reared female of Amago salmon in 1968 (black point and solid line), comparing with that of collected wild female in 1967 (broken line).

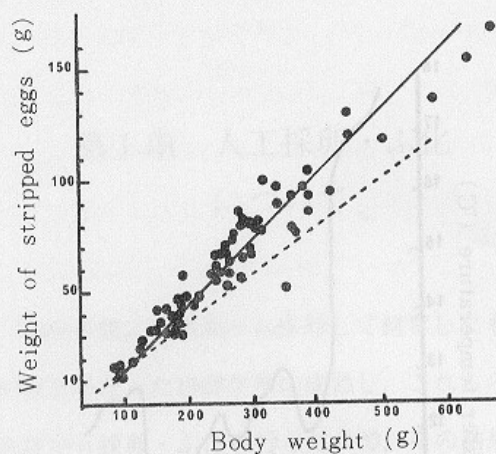


Fig. 14 Relation between the weight of eggs and body weight of hatchery-reared female of Amago salmon in 1968 (black point and solid line), comparing with that of collected wild female in 1967 (broken line).

$E_w = 0.298 W - 16.13$ で表わされる。採卵重量の体重に対する比率は大形魚ほど大きく、体重 100 g で13%、200 g で22%、300 g で24%、400 g で26%であった。全体の平均値は22.9%、変異の幅は9.9~30.7%であった。採卵重量の体重に対する比率を養成親魚と天然捕獲飼育魚とで比較すると、体重 100 g の小形魚ではほぼ等しいが、大形になるほど養殖魚の方が大きい値を示した。また、満2年のニジマスの値 (7.81~17.50%、平均11.67%) ・ (野村1963) と比較するとアマゴの方が大きな値となる。

1粒の卵重量 (卵重): 発眼期の1粒の平均卵重は、最小65mg (卵径4.7mm)、最大142mg (卵径6.1mm)、平均94.5mg (卵径5.3mm) であった。平均卵重 ($EE\bar{w}$ mg) と体重 (W g) の関係は第15図に示したように個体変動が大きい、有意な正の相関関係があり、 $EE\bar{w} = 0.0377 W +$