

Fig. 28 Growth curves of Amago and Biwamasu.

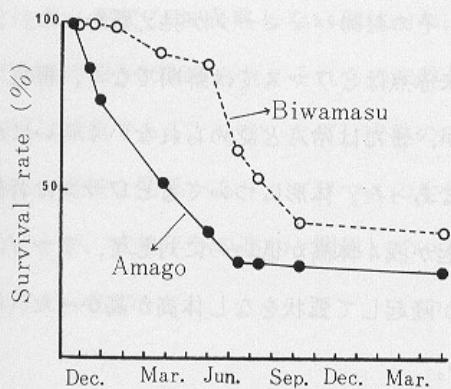


Fig. 29 Seasonal changes in survival rate of Amago and Biwamasu.

ったためであろう。平均体重が1 gに達した時期は、ビワマスは4月上旬、アマゴは5月上旬で、その時期までの生残率はアマゴが約43%に対してビワマスは約91%であった。

6月1日には、アマゴの大きさには著しい個体差を生じたが、ビワマスにはこれが少なかつた。これは、餌付け当初における生長がビワマスでは均一であったのに対してアマゴでは個体

差があったことに起因するものであろう。

せっそう病による被害は両者間で若干相違がみられた。6月の最初の発生時には両者とも1日1~3%に達する激しい斃死率が7~10日間続き、サルファ剤の投薬で一旦終息したが、その後両魚種ともに再発がみられた。アマゴはサルファ剤の第2回目の投薬で全治して、7月以降発病をみなかった。これに対して、ビワマスは発病期間がアマゴより約2か月長びいて3か月の長期にわたった。そのため、せっそう病による減耗は、アマゴで約20%に対してビワマスは約50%に達した。

ふ化後、約16か月の4月末の平均体重はアマゴが78.3 gに対してビワマスは26.6 g、発眼卵からその時点までの生残率はアマゴが25.3%に対してビワマスは37.5%であった。

飼料効率:飼料効率は第18表に示すとおりで、4~5月の稚魚期には両魚種とともに90%以上の

Table 18. Conversion factor of fingerling to yearling of Amago and Biwamasu.

Term	Amago	Biwamasu
Mar. 28 - Apr. 28	93 %	108 %
Apr. 28 - Jun. 1	101	91
Jun. 1 - Jul. 13	86	46
Jul. 13 - Aug. 10	92	37
Aug. 10 - Aug. 30	70	-253
Aug. 30 - Oct. 11	81	45
Oct. 11 - Mar. 27	58	44
Mar. 27 - May 1	80	77
Total	75.2	47.1

比較的良好な値を示したが、翌年4月末までの通算ではアマゴは約75%に対してビワマスは約47%と低い値であった。

体長—体重の関係：餌付け後約4~10か月の4~10月にわたって採取した標本の体長 (L cm) と体重 (W g) の関係は、第30図に示すとおり、おおむねアマゴの方がビワマスより体長の割に体重が大きかった。それらの回帰式は、それぞ

れアマゴ ; $\log W = 3.13 \log L - 1.9615$ 、ビワマス ; $\log W = 2.96 \log L - 1.8683$ で示され、アマゴについては白石ら (1957)^a が三重県馬野川の天然魚について求めた $W = 0.0282L^{2.7024}$ と比較すると体長10cm附近では一致するが、それより小さい体長では体重が小さく、それより大きい体長では体重が大きかった。

ビワマスについては、加藤 (1966) の $\log W = 3.04 \log L - 1.92$ と近似した。

その他の観察：形態、習性には次のような相違が認められた。稚魚期にはアマゴとビワマスの識別は困難であったが、6~7月の幼魚期から、ビワマスは腹部の鱗にグアニンが多く沈着し、そのためパーマークが見え難かった。また、朱赤点はビワマスでは鮮明でなく、橙色で淡いか、または殆んど認められにくいくらいにかすかであった。体形についてもビワマスは背部の隆起が浅く体高が低いのに対して、アマゴは背部が隆起して弧状をなし体高が高かった(第19表)。

また、ビワマスはアマゴより集団性が強く、群をなして泳ぐことが多かった。またアマゴより敏捷で、飼育池に覆網をしておかないと外へ飛び出しやすかった。

成熟年令の相違については、満1年における成熟雄魚の出現率がアマゴの14.5%に対してビワマスは僅か0.5%であり、満2年の成熟はアマゴが雌雄ともほぼ100%であったのに対してビワマスは成熟雄魚が生残尾数の21.7%を占めたのみで雌魚には成熟するものがなかった。加藤 (1966) によると、池中飼育したビワマス

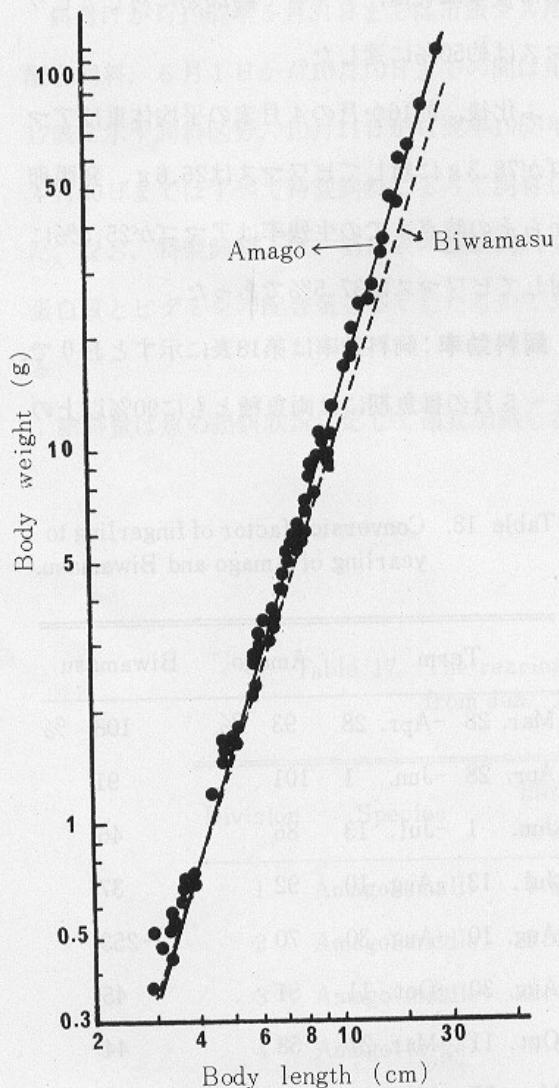


Fig. 30 Body length-body weight relationship of fingerling of Amago and Biwamus.

Table 19. The mean and range of the coefficient of fatness and ratio of body length to body height of Amago and Biwamasu.

Date	Fatness *		Ratio of B. H. to B. L.	
	Amago	Biwamasu	Amago	Biwamasu
Jun. 1	13.6	11.8	4.43	4.64
	12.6-15.6	10.9-13.0	4.0-4.7	4.2-5.1
Jul. 13	14.2	11.8	4.25	4.74
	13.2-15.2	10.8-12.5	3.8-4.7	4.4-5.1
Aug. 18	14.4	12.9	4.36	4.60
	13.0-17.4	11.1-14.3	3.7-4.7	4.2-4.9
Oct. 18	14.3	12.4	4.42	4.83
	11.9-17.6	11.3-13.3	3.7-4.9	4.3-5.1

*; Coefficient of fatness = Body weight (g) $\times 10^3$ / (Body length (cm))³

では満3年でなお成熟しない個体が年によつて全体の12~36%みられ、それらの未熟魚の約80%は雌魚であるという。ただし成熟の成否は生長と密接な関係があり、ビワマスの生長の遅いことが、成熟年令の遅れと関連していることも考えられよう。

試験2 アマゴとヤマメの比較飼育

アマゴとヤマメは、その分布区域は異っていても生息環境と習性は類似し、研究者によって両者を分類学上同種または異種として扱っている。そこで、両魚種を並行して飼育し、その飼育成績を比較した。

材料および方法

供試したアマゴは、岐阜水試で1968年10月に養殖魚から採卵したものであり、ヤマメは東京都水試奥多摩分場より1968年11月に発眼卵で移入したものである。

本試験の飼育期間は、餌付け後約3か月の1969年3月25日から1970年2月6日まで、期首の供試尾数はアマゴが12,760尾、ヤマメが8,080尾である。飼育期間中6月2日、7月1日、7月26日、10月18日および1970年2月6日の6回全供試魚を取上げて尾数と重量を測定した。なお、10月18日以降は成熟雄魚と未成熟魚を選別して別の池で飼育した。

飼育用水は河川水で、その水温は第31図に示すとおり、最高約19°C、最低約3°Cであった。

飼料には、マス用市販配合飼料を使用し、6月以降に市販養魚用オイルを5%添加した。給

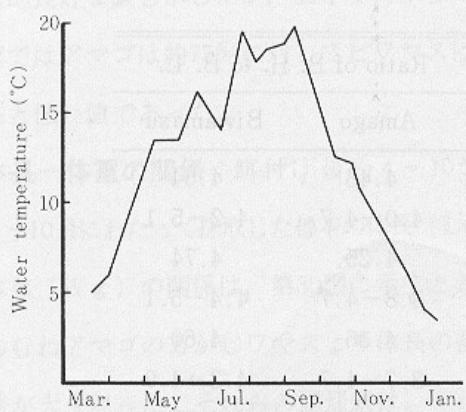


Fig. 31 Seasonal change in the water temperature in the pond.

餌量は魚の摂餌状況に応じて適宜加減した。

結果および考察

生長は第32図に示したように、試験開始時の

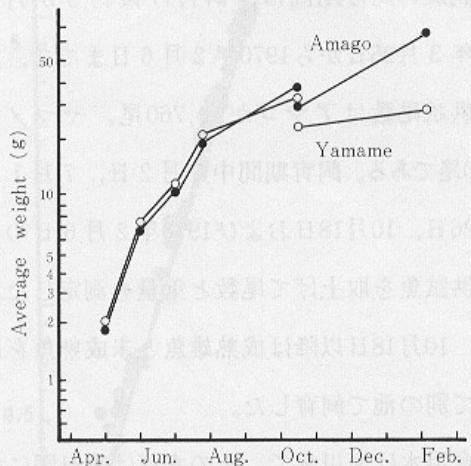


Fig. 32 Growth curves of Amago and Yamame.

(Those after Oct. 19 are derived from immature male and female.)

平均体重はアマゴ0.72 g、ヤマメ0.87 gであり、6月3日には平均体重がアマゴ5.62 g、ヤマメ6.40 gとなり、この頃までの生長率は両者ではほぼ近似していたが、その後ヤマメの生長がやや鈍り、アマゴの方が良い生長を示した。10月18日における平均体重は、アマゴが44.8 gに対してヤマメは35.2 gであった。10月以降の未成熟魚の日間生長率は、アマゴが0.58%に対し、ヤマメは0.21%と著しく異ったが、この点については、スモルト型の出現頻度がヤマメよりアマゴに高く、スモルト型の魚の方がバー型の魚より良い生長を示した結果であると思われる。なお、バー型とスモルト型の分化については第3章第1節で述べる。

試験開始時（3月25日）より10月18日までの約7か月間における生残率は、第33図に示すよ

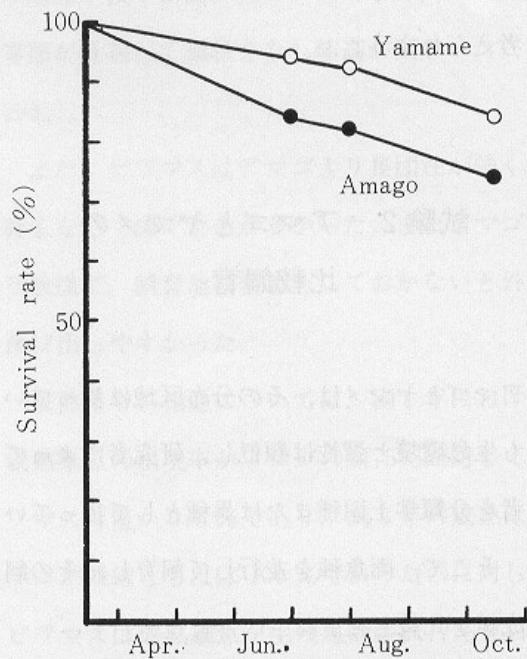


Fig. 33 Survival curves of Amago and Yamame.

Table 20. Conversion factor of fingerling of Amago and Yamame.

Term		Amago	Yamame
May	1-Jun. 2	99.9%	107.2%
Jun.	3-Jul. 1	80.6	80.5
Jul.	2-Jul. 26	80.5	74.2
Jul.	27-Oct. 18	57.3	47.2
	Total	65.4	61.9

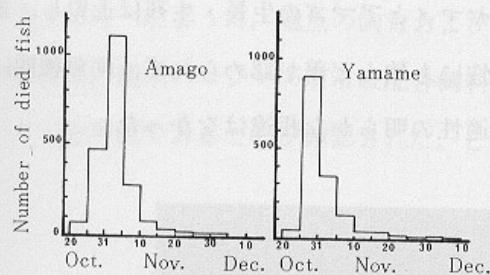


Fig. 34 Mortalities of mature male of yearling of Amago and Yamame during the spawning period.

うにアマゴがヤマメより10%ほど低いが、これは野鳥の食害などの不明減耗が多かったことによるものであり、それ以外の斃死率はアマゴ5.22%に対してヤマメ7.25%で大差がなかった。

飼料効率は第20表に示すとおり、5月1日～10月18日通算でアマゴが65.4%，ヤマメが61.9%であった。

第34図に満1年で成熟したアマゴとヤマメの雄魚の斃死状況を示した。斃死は両種とも10月下旬～11月上旬に集中し、その間の斃死率は、アマゴ約81%，ヤマメ約57%であった。

以上のように本試験結果からアマゴとヤマメの養殖適性には差がないことが判明したが、同時に同一の種卵を使用して、東京都水試奥多摩分場でも本試験とほぼ同様の結果を得ている。

要 約（第2節）

本節では、親魚飼育から採卵ふ化および稚魚の飼育に至る一連の養殖試験の結果を述べた。

人工採卵・ふ化：養殖親魚から人工採卵・ふ化を行った。採卵時の雌親魚の大きさは86～670 g、平均243 g で、1尾当たりの平均採卵数は661粒であった。採卵数 (En) は体重 (Wg) の増大につれて増加し、その回帰式は $En = 2.77W - 40.1$ で表わされた。これらの結果を1967年の天然捕獲親魚と比較すると、養殖親魚の方が魚体が大きく、しかも体重当りの採卵数および採卵重量が多かった。

ふ化成績は、ふ化用水を水温の低い水源に替えたことによって向上し、発眼率は90.6%の好成績であった。

成熟の制御：雄魚は雌魚より早期に成熟し、そのため採卵盛期に雄魚の過半数が斃死してしまい、採卵期の後半に雄魚が不足する。この対策として、雄魚の成熟期を雌魚の採卵期に一致させる目的で成熟制御の試験を行った。

それぞれ9月1日、9月16日および10月1日から採卵終期の11月4日まで24時間明期の光処理を行ったところ、光処理の開始時期に応じて成熟が抑制された。9月1日から開始した区で

は光処理期間中に成熟せず、また、成熟に伴う“さび”も現われなかつたが、10月1日から開始した区では採卵期を通じて斃死は少なく、採精可能期間が延長された。

次に、採卵時期を通常より1ヶ月遅延化する目的で次の2つの長日性光周處理を行つた。

1つは7月1日から産卵開始まで毎日60分間日長を自然状態より延長した。他の1つは7月1日から30日間は7月1日の日長とし、以後採卵開始までの間その日の日長が30日前の自然日長となるようにした。

両試験区はいずれも産卵期が所期どおり自然日長の対照区より約30日遅延した。

採卵適期：排卵後の卵が腹腔内で正常な発生能力を維持する期間を調べた。

発眼率、ふ化率および奇形発生率は、排卵後12日以内では日数による有意の差はなかつた。

ふ化水温と採卵ふ化成績：アマゴ卵のふ化用水の適温の上限を究明するため、それぞれ13°C、14.5°Cおよび16°Cに調節した水温でふ化を行ふ化成績を比較した。

発眼率、ふ化率および奇形発生率は水温が低いほど良好となる傾向を示し、14.5°Cと16°Cの間にふ化適温の上限があると推察された。

親魚養成飼料：親魚飼料として適正な原料配合を検討するため、蛋白質ならびにビタミンの含有量を多くした試験飼料を試作し、これと市販飼料を比較した。また、併せてサフラワー油5%の添加効果を検討した。

生長ならびに飼料効率は試験飼料区が市販飼料区より優り、また、サフラワー油を添加した

区が添加しない区より優っていた。

また、採卵重量の体重に対する比率および平均卵重は、試験飼料区が市販飼料区より大きかった。

稚魚期における生長と生残：アマゴの稚魚を、本種と分類学上同種または異種として扱われているビワマスあるいはヤマメと並行飼育し、主として養殖上の適性を比較した。

ビワマスは、ふ化後約5か月目以降の生長・生残がアマゴより劣り、また、形態・習性などにも両魚種間に若干の相違が認められた。

ヤマメとアマゴの生長・生残は近似し、また、習性にも殆んど差が認められず、両魚種間に養殖適性の明らかな相違はなかった。

第3節 食用魚養成

アマゴの食用魚養成技術は、ニジマスのそれと基本的に大きな差はないと考えられたが、ニジマスと異なる幾つかの問題点があり、これらについて検討を要すると思われた。その1つは、養殖生産されたアマゴにおいても、天然アマゴに与えられている佳魚としてのイメージを維持し、商品価値を高めることであった。それには、養殖アマゴも天然アマゴに劣らぬ姿、色彩の美しさを具備することが要件と考えられた。

その2は、アマゴの成熟した雄魚は、産卵期が近づくとやせて体色が黒化するため著しく商品価値を減ずるだけでなく、その多くが産卵期の後半に斃死するので、第2次性徴が発現する

以前に雄魚を選別して販売できれば、雄魚の有効利用が可能になる、ということであった。これらの対策は、アマゴの養殖技術の重要なポイントとなると考えられた。

本節では、これらのアマゴに特有な食用魚養成上の技術についての研究成果を述べる。

第1項 アマゴ体側の朱赤点の着色と飼料添加物

すでに述べたように、親魚の飼育および稚魚の飼育は、従来のニジマス用市販配合飼料を用いて十分可能であることが確認された。しかし、

従来のニジマス用市販配合飼料によってアマゴを飼育すると、体側の朱赤点の色が薄く、天然魚の朱赤点の鮮明さに比べて見劣りがする（第35図）という問題が生じた。

本項では、アマゴの体側の朱赤点を鮮やかにし、商品価値を高める目的で、飼料中に添加する色素の種類とその有効な添加量について試験を行ったので、その結果について述べる。

試験1 飼料中の色素とアマゴ体側朱赤点の着色効果

本試験では、アマゴの体側の朱赤点の色が撰

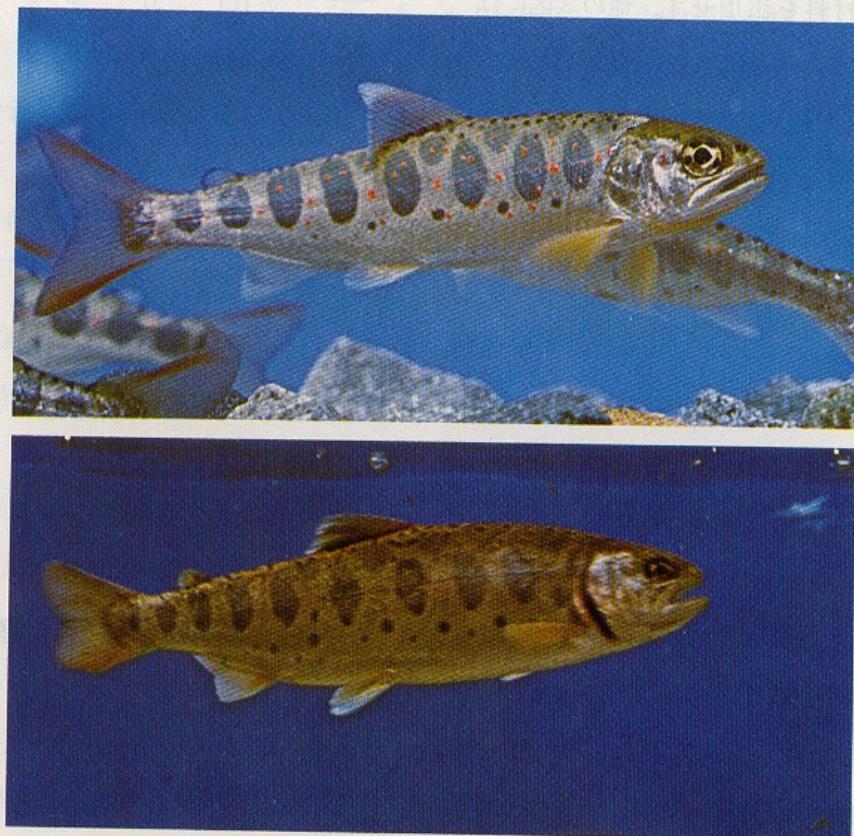


Fig. 35 Wild Amago salmon (above) and hatchery Amago salmon (below) reared with commercial compound diet.

取する飼料中の色素に影響されるか、また有効な色素は何かを調べるために、色素成分の異なる飼料でアマゴを飼育し、体側の朱赤点の色の変化を観察した。

材料および方法

市販マス用配合飼料で飼育された養殖アマゴ1年魚を供試魚として、この中から朱赤点の色の濃さがその魚群の中位程度を示す個体を選び、かつ、体重をできるだけ揃えた。6月17日に供試魚を4面の池(各池5m²)に122尾ずつ放養した。

試験飼料の配合組成は第21表に示したように、A区には色素材料を添加せず、他の3区にはそれぞれ色素アスタキサンチン源としてアミエビ(B区)を、カンタキサンチン源として合成カンタキサンチン(C区)を、ルテイン源としてアルファアルファD(D区)を添加した。

給餌は1日2回、飽食量の80%を目安として与えた。

試験開始時、2週間目、4週間目および8週間に各区からそれぞれ10個体を無作為に抽出し、判定のための標本とした。標本は約5°Cに冷却した1%食塩水中で窒息させ、そのまま同温度で約4時間放置した後測定した。それぞれの区について朱赤点の色の濃さを肉眼的に評価した。評価の方法は、対照区(A区)の濃い方から5番目の個体の評価を±0と定めて比較の基準とし、それよりやや濃いものを+1、明らかに濃いものを+2、非常に濃いものを+3と

Table 21. Experiment 1;
The component of test diet.

Constituent	A	B	C	D
White fish meal	59%	52%	59%	58%
Wheat meal	30	30	30	30
Trulla yeast	5	5	5	5
α-starch	4	1	4	1
Vitamine mixture	1	1	1	1
Mineral mixture	1	1	1	1
Shrimp	—	10	—	—
Synthetic Canthaxanthin	—	—	100mg/kg	—
Alfalfa D	—	—	—	4
Total	100	100	100	100
Kind of pigment	—	Astha-xanthin	Cantha-xanthin	Lutein

し、さらに必要な場合には+4を設けた。逆に薄い方は、やや薄いものを-1、明らかに薄いものを-2、朱赤点の存在が判り難いほどの濃さを-3とした。

8週目以後は、B区およびC区の半数を対照飼料(A区)に切替えて飼育し(B'区、C'区)、着色の残存性を調べた。

結果および考察

試験開始時には、朱赤点の色は薄い橙黄色、魚肉の色は白色であった。朱赤点は、2週間後にはB区(アミエビ区)とC区(カンタキサンチン区)で明らかな着色が認められた(第22表)。

Table 22. Experiment 1; Changes in relative value of pigmentation of the red spot on lateral body surface of Amago fed test diet.

Term	Group*	Average weight	Sex		Relative value of pigmentation of the red spot Range	Average \pm S.E.
			♀	♂		
At beginning		83.9 g	6	14	-2 ~ +2	0 \pm 0.21
On the 14th day	A	105.6	5	5	-1 ~ +1	0 \pm 0.21
	B	105.0	2	8	+1 ~ +3	+2.1 \pm 0.17
	C	104.1	4	6	+2 ~ +3	+2.4 \pm 0.09
	D	108.1	4	6	-1 ~ +1	+0.1 \pm 0.17
On the 28th day	A	127.9	6	4	-1 ~ +1	-0.1 \pm 0.10
	B	124.6	4	6	0 ~ +3	+2.2 \pm 0.34
	C	127.5	9	1	+1 ~ +3	+2.1 \pm 0.23
	D	108.0	5	5	-2 ~ +1	+0.3 \pm 0.28
On the 56th day	A	172.7	5	5	-2 ~ +1	-0.2 \pm 0.34
	B	191.2	5	5	+1 ~ +3	+2.3 \pm 0.15
	C	165.9	5	5	+3 ~ +4	+3.3 \pm 0.07
	D	164.5	6	4	-2 ~ +1	-0.2 \pm 0.27

* ; A: Control, B: Shrimp, C: Canthaxanthin, D: Alfalfa.

また、B区とC区では8週間に個体によつては魚肉にサーモンピンクの着色が認められた。しかし、D区（アルファルファ区）は8週目においても明らかな着色効果が認められなかった。8週目以後、対照飼料（A区）に切替えたB'区とC'区については、切替後に体表ならびに魚肉の着色は切替えない区(それぞれB区とC区)に比べてやや薄らいだが、朱赤点の赤色は依然として鮮明であった。

16週目におけるC区の魚肉は、全個体にサーモンピンクの着色が認められたが、その濃度は

著しい個体差があった。

アミエビなどを飼料に使用して飼育されたニジマスは、体側のいわゆる虹彩が赤く着色することは古くから知られており、また、DEUFEL(1965)は、カンタキサンチンを40mg/kg·diet 添加した飼料でニジマスを9か月間飼育し、数か月で魚肉、皮、卵などに赤色の着色効果があったと報告している。

本試験においては、朱赤点の色は摂取する飼料に含まれる色素に影響され、アミエビあるいはカンタキサンチンが着色に有効であり、アル

ファルファは明らかな効果を示さないことが判明した。また、着色は皮ふや魚肉に比べて朱赤点の部分に特異的に速やかに発現し、色素投与を打ち切った場合には、皮ふや魚肉ではいく分褪色するのに対して、朱赤点の濃度には明らかな変化がないことから、朱赤点に蓄積された赤色色素は比較的安定であるように考えられた。

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

試験1において、カンタキサンチンがアマゴの体側の朱赤点の着色に有効であることが明らかとなったので、カンタキサンチンの添加量の異なる飼料でアマゴおよびヤマメの0年魚を飼育し、体表の朱赤点あるいは各鱗の着色効果を肉眼的に観察し、着色に有効な添加量を求めた。

材料および方法

市販マス用配合飼料で飼育された養殖アマゴおよび養殖ヤマメの0年魚の中からそれぞれ中位の大きさの個体を選別して供試魚とし、アマゴについては、試験1と同じように、朱赤点の色の濃さについて群の中位程度を示す個体を選んだ。8月24日にそれぞれ5m³の池にアマゴは312尾（平均体重23.4g）、ヤマメは323尾（平均体重21.7g）ずつ放養した。

試験飼料は、試験1の対照区の配合を基本と

Table 23. Experiment 2; Amount of synthetic Canthaxanthin added into the test diets.

Group	Synthetic Canthaxanthin	Species
A	0 mg/kg	Amago
B	10	Amago
C	40	Amago
D	0	Yamame
E	10	Yamame

して、これに第23表に示したとおり、合成カンタキサンチンをB区とE区に10mg/kg、C区に40mg/kg 添加したものであり、給餌の際に飼料に対して5%のスケソウ肝油を加えた。給餌は1日1回、飽食量の80%を目安にして与えた。開始時、10日目、28日目および66日目に各区からそれぞれ10個体を無作為に抽出して判定のための標本とした。標本の処理方法と朱赤点の肉眼判定方法は試験1と同様である。各鱗、肉色および体表の着色についてもアマゴとヤマメを対比して観察した。実施期間の終わりが産卵期と合致して、雄魚の多くが成熟したが、婚姻色の影響を避けるため、標本としては成熟雄魚を除外した。

結果および考察

朱赤点の濃度は第36図に示すとおり、C区(40mg/kg区)では10日目に着色が認められ、66

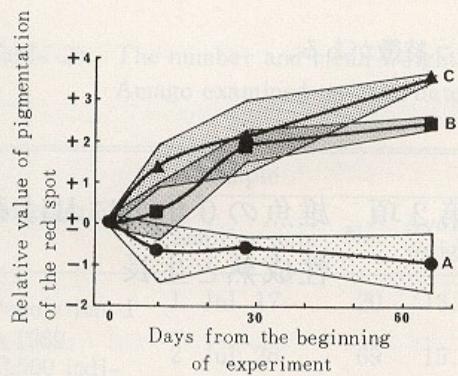


Fig. 36 Experiment 2. Changes in relative concentration of pigment in the red spot on lateral body surface of Amago salmon fed test diet.

The marks, ●, ■ and ▲, represent the mean value of relative concentration in each period and the area shows the standard error. The alphabets A, B and C show the test group fed test diets containing 0, 10 and 40 mg Canthaxanthin per kg diet respectively.

日目にはすべての個体の朱赤点が鮮明な赤色となった(第37図)。しかし、28日未満では、個体差が大きく、顕著な着色が認められた個体は約

70%であった。B区(10mg/kg区)では10日目に約半数の個体に着色が認められたが、全個体について明らかな着色を示したのは66日目であった。

着色は朱赤点のほか、アマゴとヤマメに共通して鰓ならびに淡くであるが体表全体にも現われ、日数の経過にしたがって濃度を増した。また、濃度は添加色素量が多いほど濃くなかった。ヤマメについては、E区(10mg/kg区)では66日目に体側に美しい赤紫色の帯が現われたが、D区(対照区)にはこれは認められなかった。魚肉の色は66日目にも明らかな着色は認められなかった。

合成カンタキサンチンによって朱赤点の着色効果を期待する場合に、飼料中に添加すべき色素の最小有効量は、出荷までの飼育期間とどの程度の着色が要求されるかによってかわる。アマゴの商品性からみると、小さいものは20gぐらいから食用魚として使われ、特に一定の規格はないので、20g以上なら、どのサイズでも朱



Fig. 37 Left plate shows the pigmentation on the 66th day in the red spot of Amago salmon fed test diet added Canthaxanthin at the level of 40 mg per kg and right plate shows the control red spot on the 66th day.

赤点が鮮明であることが望ましい。

着色の程度は、天然魚が一応の基準とされ、試験2における着色の程度+2～+3がほぼ天然魚に匹敵すると考えられる。そこで、実際的には体重10gぐらいから、飼育飼料中にカンタキサンチンをほぼ10mg/kg添加するのが実用的であろう。

色調の点では、天然魚の朱赤点はカンタキサンチンによって得られる着色と比較してやや黄色味を帯びていた。このことは、原田ら(1974)による魚皮中の色素の分析結果において、天然魚は養殖魚より色素の種類が多く、特にルティン含量が多かったことでも裏付けられている。

ヤマメについてもカンタキサンチンの飼料添加によって鰓や体側に美しい紅微が現われるので、やはりアマゴの場合と同様商品価値が向上する。

魚肉への着色については、ニジマスについてDEUFEL(1965)はカンタキサンチン40mg/kg・dietで数か月を要しており、また、小林ら(1970)は同じくニジマスについて40mg/kg・dietの70日間飼育では着色が全個体におよばなかったと報告している。着色効果に個体差のあることについては、金子ら(1970)も指摘しているところである。本試験でも40mg/kg・diet 66日間飼育では魚肉への明らかな着色は認められず、さきに述べた試験1では100mg/kg・diet 100日間飼育で着色が認められたが、なお、著しい個体差があった。このように、魚肉への十分な着色効果を期待するためには、大量でしかも長期間の色素投与を要するが、それに比べて、朱赤点の着色は少量でも速やかに特異的に効果が現われる

という特徴がある。

第2項 雄魚の0年魚における性成熟と生長

アマゴの雄魚は、早いものは満1年で成熟する。第3節のはじめに述べたとおり、成熟した雄魚は、第2次性徴として体色が黒化してやせ、いわゆる“黒そぶ”となって著しく商品価値を減ずるだけでなく、サケ属の特徴としてその多くが産卵期の後半に斃死する。さらに、人工採卵受精に際して、雄魚は雌魚の約10分の1の尾数で十分であるため、食用魚養成の立場からは、雄魚が成熟しないうちにこれを選別して販売する方が有利である。しかし、成熟する雄魚の第2次性徴の発現は、産卵期の直前にならないと顕著でなく、それ以前の早い時期に外観から雄魚を識別することは困難であった。

ところが、アマゴの飼育過程において、満1年で成熟する雄魚は他の未成熟魚に比べると大形であることを経験した。そこで本項では、アマゴの0年魚において、早期に雄魚を選別する方法を確立することを目的として、雄魚が成熟魚と非成熟魚に分化する時期と体重、ならびに雄魚の性成熟と生長との関連について調べた。

材料および方法

供試魚は、岐阜水試産アマゴ0年魚で、供試

Table 24. The number and mean weight of Amago examined on each date.

Population	Sample		
	Sampling date	No.	Average weight
Population I in 1969 23,500 individuals	1 Jul. 17	20	13.0 g
	2 Jul. 28	69	15.8
	3 Aug. 13	70	17.5
Population II in 1970	1 Jun. 19-25	450	5.2
	2 Aug. 12	300	21.3
Population III * in 1969	Oct. 18	600	78.9

* The population III is composed of large fish that had been sorted out on the level of larger size than about 30 grams from the population I on July 28.

魚の採取月日、尾数、平均体重ならびに供試魚を採取した母集団については第24表に示した。

第1群（1969）および第2群（1970）の供試魚については、体重、性別および生殖腺の発達状態を調べた。ただし、生殖腺の発達状態については、その年の産卵期に成熟するか否かを調べるのを目的としたため主として肉眼観察によった。肉眼観察で雌雄の判定ができない場合には、生殖腺をホルマリン固定後 25μ の凍結切片にし、その組織像を検鏡して確認した。第3群（1969）の供試魚については、成熟の有無と成熟後の生残率を調べた。

結果および考察

第1群の7月17日、7月28日、8月13日の各時期における抽出標本および第2群の6月19～25日、8月12日の各時期における抽出標本について、それぞれ体重と性別および性成熟の有無を調べた結果を第38図に示した。

第1群の7月17日の抽出標本20個体の体重は5.1～23.0 g、平均14.7 gで、雌雄組成は雄11尾に対して雄9尾であったが、18 g以上の大形魚7尾はすべて雄魚であった。なお、この時期には、その年の産卵期に成熟する雄（成熟見込雄魚）と成熟しない雄（非成熟雄魚）を判別する

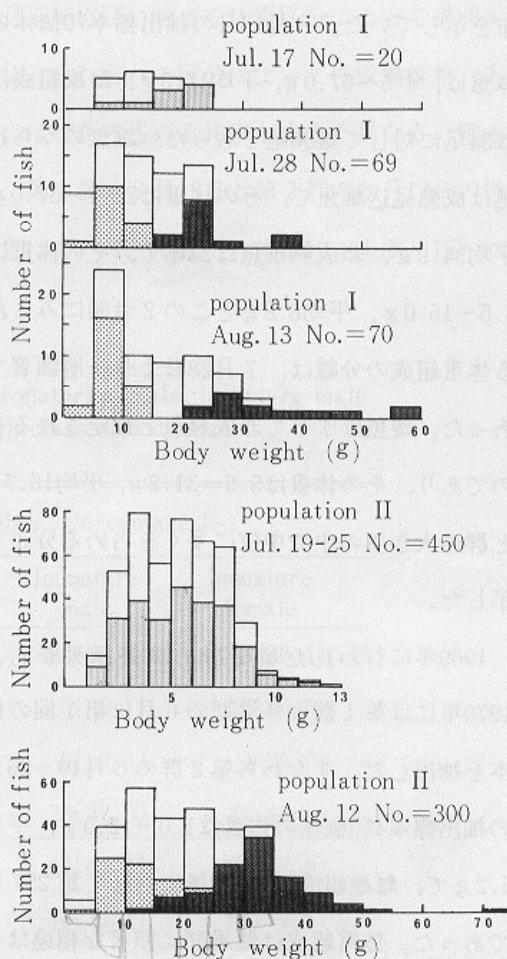


Fig. 38 Body weight frequency distributions in female □ and male ■, or female, maturing male ▒ and immature male ▓.

ことは困難であった。7月28日の抽出標本69個体の体重は2.5~38.0g, 平均13.6gで、雌雄組成は雌41尾に対して雄28尾であった。雌魚はすべて卵巣が未発達の状態であったが、雄魚は、精巢の大きさから、成熟見込雄魚と非成熟雄魚に区別することができ、前者が13尾、後者が15尾であった。雄魚は性成熟の有無によって体重組成が明瞭に2つの山に分離し、成熟見込雄魚の体重は15.5~38.0g, 平均22.1g, 非成熟雄魚の体重は5.0~12.0g, 平均8.1gであった。これに対して雌魚の体重は2.5~23.5g, 平均12.4gであり、群全体の小形および中形にわたる分布を示していた。8月13日の抽出標本70個体の体重は、4.5~57.0g, 平均17.5g, 雌雄組成は雌34尾に対して雄36尾であった。雄魚のうち13尾は成熟見込雄魚で、その体重は21.8~57.0g, 平均34.9g, 非成熟雄魚は23尾で、その体重は4.5~15.0g, 平均8.8gとこの2者間にみられる体重組成の分離は、7月28日より一層顕著であった。雌魚はすべて非成熟魚と推定されるものであり、その体重は5.5~31.2g, 平均16.7gと群の大きさの中で中位に多くを占める分布を示した。

1969年に行われた第1群の調査結果から、1970年には第1群より早期の6月に第1回の標本を抽出した。すなわち第2群の6月19~25日の抽出標本450個体の体重は1.0~12.9g, 平均5.2gで、雌雄組成は雌193尾に対して雄257尾であった。体重組成は雌雄間に顕著な相違はみられず、ともにほぼ群の平均値を中心とする正規分布を示した。なお、生殖腺は、いずれの個

体もまだ痕跡状であった。8月12日の抽出標本300個体の体重は2.0~70.6g, 平均21.3gで、雌雄組成は雌139尾に対し雄161尾であった。雄魚のうち、105尾は成熟見込魚で、その体重は10.2~70.6g, 平均32.3g, 非成熟雄魚は56尾でその体重は4.1~24.0g, 平均10.6gであり、成熟の有無によって体重組成が明らかに2つの山に分かれた。雌魚はすべて非成熟魚と推定されるものであり、その体重は2.0~33.3g, 平均17.6gであった。雌魚の体重組成は前記雄魚2者の中間的位置を占め、1つの山とみなされるものであった。

成熟見込雄魚の生殖腺の発達を経時的にみると、精巣増大の徵候が初めて認められたのは7月17日で、7月28日には精巣の増大したものと依然として痕跡的なものとが明らかに区別された。成熟見込雄魚の生殖腺重量比（精巣重量/体重）は7月28日には約0.1~0.3%であったが、8月13日には0.2~1.9%, 平均0.72%を示した。このことから、成熟魚と非成熟魚の分化する時期は7月中~下旬頃と推定された。

成熟見込雄魚と非成熟雄魚の体重を比較すると、7月下旬には12.0~15.5g, 8月中旬には約15~20gをそれぞれ境として成熟見込雄魚はそれより大形、非成熟雄魚はそれより小形と明瞭に体重組成が分離していた。このことから、雄魚がその年に成熟するかしないかは、さかのぼって7月中旬頃の体重が15g前後を越えるか越えないかによっておよそ分かれるのではないかと考えられた。ある時期にある体重以上に成長していることが、その年の成熟の成否の条件

となることは、ニジマスについて野村（1963）^bおよび山本ら（1965）も指摘しており、また、加藤禎一（1970）はニジマスで、飼料を多く与えて生長を早めたものほど群成熟度が高くなることを実証している。ちなみに、同時期における第1群（8月13日）と第2群（8月12日）の群平均体重はそれぞれ17.5gおよび21.3gと後者の方がやや大きく、その結果雄魚の群成熟率は、第1群が36%に対して、第2群は65%と後者の方が大幅に高い値を示している。

体重組成の経時的変化は、雄魚の性成熟と密接な関連を示し、性成熟の未分化時期の体重組成には雌雄間に顕著な相違が認められないが、性成熟の徴候の現われる7月中旬以降には大形魚の多くは雄魚によって占められた。7月下旬には、その年に成熟すると見込まれる雄魚とそうでない雄魚との間には、体重組成に大きな相

違を生じ明瞭に2つの山に分離した。この体重格差は8月中旬には更に拡大した。ちなみに、第1群の供試魚について成熟見込雄魚の平均体重と雌雄を含めた非成熟魚のそれを比較すると、7月28日には前者が22.1gに対して後者が11.2gで、平均体重に2.0倍の差を生じたが、8月13日には前者が34.9gに対して後者が13.5gで、その比は2.6倍となり、産卵期に近づくにつれて体重差は拡大する傾向を示した。つまり、雄魚の性成熟は生長の促進を伴っていると考えられた。

成熟に向う雄魚の生長促進現象は、次のように養魚技術に応用されるであろう。すなわち、7月下旬以降に適当な体重区分によって選別すれば、それぞれの区分によって性成熟雄魚、あるいは雄魚の占める比率が大きく異なる。例えば、第1群の8月13日と第2群の8月12日の供試魚について、それぞれ体重15g未満、15~25

Table 25. The number and percentage of maturing male, immature male and female of Amago within each class of body size.

Group	Body size	Number (Percentage %)		
		Maturing male	Immature male	Immature female
Population I Aug. 13 av. 17.5 g	Under 15g	0(0)	23(63.9)	13(36.1)
	15~25g	2(10.5)	0(0)	17(89.5)
	Over 25g	11(73.3)	0(0)	4(26.7)
	Total	13(18.6) 36%	23(32.9)	34(48.6)
Population II Aug. 12 av. 21.3 g	Under 15g	2(2.0)	46(45.1)	54(52.9)
	15~25g	16(17.8)	10(11.1)	64(71.1)
	Over 25g	87(80.6)	0(0)	21(46.3)
	Total	105(35.0) 55%	56(18.7)	139(46.3)

194

g および 25 g 以上の 3 階級に分割すると、第 25 表 に示すとおり、25 g 以上の大形魚はそれぞれ 73.3 % あるいは 80.6% が成熟見込雄魚によって占められる。しかもこの階級には供試魚中の成熟見込雄魚の 84.6% あるいは 82.9% が含まれている。群の平均体重附近である 15~25 g の中形魚はそれぞれの 89.5% あるいは 71.1% が雌魚で占められ、15 g 以下の小形魚には成熟見込雄魚が殆んど含まれない。

第 1 群の母集団から 7 月 28 日に約 30 g 以上の

Table 26. The number and percentage of mature male in the Group III.

Date	No.	Percent.	B.W.
Jul. 28	600	36.0g	
Mature male	582*	97.0%	79.8
Oct. 18 Immature	18	3.0	47.2
Total	600	100	78.9

* ; Eleven died fish from Oct. 10 to Oct. 18 are included.

大形魚を選別して飼育した第 3 群の供試魚について、産卵期になった 10 月 18 日に成熟雄魚の割合を調べた。その結果は第 26 表に示すとおり、成熟雄魚は供試魚 600 尾中 582 尾を占め、その割合は 97.0% であった。なお、この成熟雄魚 582 尾中 420 尾 (72.3%) は 10 月中旬から 12 月上旬にかけて斃死し、成熟による減耗が著しかった。以上の結果から、成熟見込雄魚を早い時期に選別する方法としては、7 月下旬から 8 月上旬

に大形魚を選別するのが有効であり、雌魚を多く残すためには中形魚を選別するのが有効である。こうして 8 月中旬頃までに成熟見込雄魚の多くが選別できれば、それを出荷するかあるいは光周處理によって成熟を抑制して飼育するなどの対策を講ずることもでき、成熟に伴う損失を免れることができる。

要 約（第 3 節）

本節では、アマゴの食用魚養成において、ニジマスのそれと比較して、特に留意すべき 2 つの相違点について検討を行った。

体側朱赤点の着色と飼料添加物：アマゴを従来のマス用市販配合飼料で飼育すると、この朱赤点は薄くなり、天然アマゴと比較すると見劣りがして商品価値を減する。そこで体側朱赤点を鮮明に着色する目的で飼料に添加する色素の種類とその添加量について検討した。

色素（源）として、アミエビ（飼料中 10%）、合成カンタキサンチン（飼料 1 kg 中 100 mg）、アルファルファ D（飼料中 4%）を添加した 3 種の飼料および対照区として無添加飼料を用いてアマゴ（平均体重 84 g）を飼育した結果、アミエビならびに合成カンタキサンチン添加飼料において、それぞれ投与 2 週間後にすべての供試魚の朱赤点に天然魚と同様な鮮明な着色が認められ、8 週後には魚肉も「サーモンピンク」となった。8 週以降、色素（源）無添加飼料に切換えたところ、その後 8 週目には魚肉の着色は

やや薄くなつたが、朱赤点の着色には変化がなかった。アルファルファDには着色効果は認められなかつた。

次に合成カンタキサンチンを飼料1kg中に10mg, 40mg添加した2種の飼料および無添加の飼料を用いてアマゴ（平均体重23g）を飼育した結果、朱赤点の着色は、10mg/kg添加では66日、40mg/kg添加では40～50日間飼育したときにはほぼ天然魚に匹敵する濃度に達した。

ヤマメでは、カンタキサンチンを10mg/kg添加飼料による66日間の飼育によって体側に赤紫色の帶が現われた。

雄魚の性成熟と生長：雄魚は多くの個体が満1年で成熟し、体色の黒化による商品価値の低下と、斃死率の著しい増加を生ずる。しかるに、アマゴでは第2次性徴の発現によってはじめて雌雄の判別が可能となるので、成熟前に雌雄を判別することはできなかつた。そこで、成

熟前に雌雄を判別する方法を見出す目的で雄魚の0年魚における性成熟と生長との関係を調べた。その結果、アマゴ雄魚が成熟魚と非成熟魚に分化する時期は、7月中～下旬と推定され、それ以前は雌雄間で体重に差異は認められないが、それ以後は群中の大形魚の多くは雄魚によって占められるようになることを見出した。さらに、7月下旬以降は、その年に成熟する雄魚とそうでない雄魚との間に大きな体重の差を生じ、8月中旬に体重25g以上の大形魚では73～81%が成熟見込雄魚で占められ、15g以上のものはその年に成熟するすべての雄魚が含まれることがわかつた。したがって、成熟見込雄魚を早期に選別する方法としては、7月下旬～8月上旬に大形魚を選別することが有効であり、雌魚を多く残すには中形魚を選ぶ必要があることを明らかにした。

第3章 種苗放流による増殖

アマゴという呼称は一般に生涯を河川で過し、幼魚の象徴であるバーマークを残してそのまま成魚となるいわゆるバー型のことを指し、同じくバー型の呼称であるヤマメと対比されるものである。

第2章で述べた種苗生産は、このバー型を対象とし、第3章の人工生産種苗による放流試験も当初は溪流域を対象にして、バー型の増殖対

策を意図したものである。この放流試験において降河するものに雌が多いことを推察し、また一方では池中飼育中にバー型の中から銀白化する個体が出現して、その大部分が雌であったことから、アマゴにおいても銀毛ヤマメと同じように、この銀白化したものが降海するものであり、これがいわゆる“スモルト”（後記）であると推定し、スモルト型の放流試験へと発展さ

せるにいたった。スマルト型の放流は、最初は上流部でバー型との同時放流を行い、スマルト型の降河性の確認をした。次いで下流部で同様の追試を行い同じ結果を得たので、木曽三川で漁獲されるいわゆる“カワマス”は、このアマゴのスマルト型が降海したものであると推測されたので、スマルト型の放流によるカワマス増産の可能性を考えるにいたった。

第1節では、溪流域におけるバー型の放流試験について放流魚の定着性(分散)、生長、再捕率を、またバー型とスマルト型を同時に放流した場合の動向について述べた。第2節では下流域におけるスマルト型の放流試験について放流魚の降海性と母川回帰を、また再捕魚の体形、肥満度、生殖腺、鱗、胃内容物等について天然魚と対比して述べ、各分類形質についても天然のカワマスと比較して述べた。

第1節 溪流域におけるバー型アマゴの放流

河川に定住し、幼魚型を保ったまま成魚とな

るバー型アマゴの増殖要望が強いので、バー型アマゴの放流効果を調べた。

なお本研究では、バーマークが認められるアマゴをバー型とし(第35図)、いわゆるバー・スマルト相分化以前のものもこれに含めた。また第39図に示すように、体色の銀白化、背鰭頂端部の黒色化、体高の低下などが見られ、鱗がはげやすくなるアマゴをスマルト型とした。アマゴを池中養殖した場合のスマルト型の出現状況は、ふ化後約11か月の10月上旬頃から出現はじめ、その出現率は12月中旬頃に最も高く、飼育量の10%強となる。このスマルト型は、体形が同一魚群のバー型よりも大きく、また雄魚の出現率が極めて低い。

第1項 放流魚の定着性(分散)と生長

バー型アマゴの溪流域における定着性、分散と生長を調べる目的で、次の3つの試験を実施した。

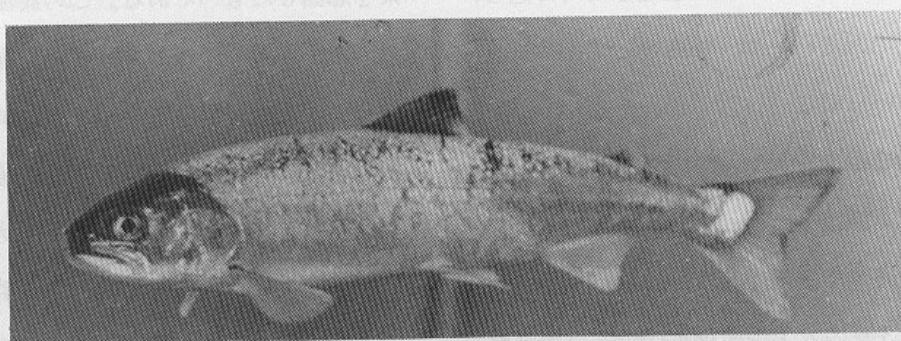


Fig. 39 Smolt phase of Amago salmon.

試験1 輪川における0年魚の放流

本試験は、初めて人工生産種苗のアマゴを溪流部に放流したもので、河川への定着性、生長を調査した。

材料および方法

放流河川：木曽川水系飛驒川支流の輪川を放流河川とし、蛇之尾地区を試験区間とした(第40図)。試験区間は延長500mで、浅瀬と落ち込み渕の連続する平均川幅5mの山間小溪流であり、全区間ともおおむね同様の景観を呈している。水温は第41図に示すとおり年間の変動範囲は1.5~23.5°Cである。

放流前に行った箱眼鏡による観察と引網による採捕調査では、多数のアマゴが先住しており、他にアユ(放流)、アジメドジョウ、カワムツ、アブラハヤ、カワヨシノボリ、カジカが見られ



Fig. 40 The map of study area in the Wa river.

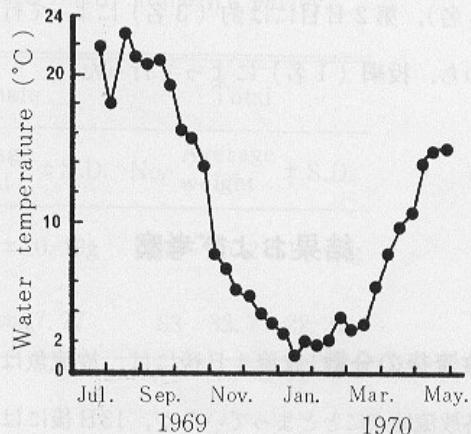


Fig. 41 The change of mean water temperature examined at 10:00 a.m. in the Wa valley.

た。魚類以外の水生動物では、カワゲラ、カゲロウ、トビケラ、ヘビトンボ、オニヤンマの各幼虫、カワニナ、ヒルの類が見られた。

放流魚および放流方法：放流魚は、岐阜水試で1968年11月に養成親魚より採卵ふ化したバ一型アマゴ0年魚(平均体重13.2g)である。標識として、放流4日前に脂鰭を切除し、1969年7月18日に試験区全域に分散して放流した。放流尾数は1532尾で、その密度は河川の状況に応じて、「落ち込み」、「渕」には1mにつき1尾、その他の個所には、0.5尾とした。

試験採捕：放流後の定着性を調査するため、1969年7月22日から9月3日までの間に4回箱眼鏡による調査と引網による試験採捕を行い、かつ食性を知るために採捕魚の胃内容物を調査した。その後放流97日目の10月23日に中間採捕を行い、放流後293日目の1970年5月8日から2日間最終採捕を行った。中間採捕では地元熟練者1名の投網による採捕を試験区のほぼ全域

にわたって行った。最終採捕は、第1日目に釣（8名）、第2日目には釣（3名）によって行つたのち、投網（1名）によって行った。

結果および考察

放流後の分散：放流4日後には、放流魚はまだ各放流地点にとどまっていたが、13日後には、各放流地点に近い「落ち込み」や「渓」など水深の深い場所に集まっており、46日後も同様の状態であった。試験区外への放流魚の分散については、放流約1か月後に試験区の最下流点より約600m下流の「落ち込み」を箱眼鏡で調査

したが、放流魚は見られなかった。しかし、その後の聞き取り調査で、試験区外（下流）で多数の放流魚が再捕されたことを確認した。

先住魚との外観、胃内容物の比較：標識のための脂鰓の有無を除いて、先住魚と放流魚の外観的な相違は、放流2か月後までは明白で、箱眼鏡による調査でも区別が可能であった。すなわち、先住魚は放流魚に比較して、各鰓の周辺部の赤味が強く、バーマークも鮮明であった。しかし、約2か月半後には、両者の相違は少くなり、約3か月後の中間採捕時には、両者の間に外観の差は全く見られなかった。

放流魚と先住魚は、放流直後から混じりあって群をなしており、試験採捕魚の胃内容物は、

Table 27. The number and mean weight of the planted and native fish captured in the Wa valley in 1969 to 1970.

Sampling	Test capture*	Midterm capture**	Final capture***	Total
Number	7	21	205	233
Recapture rate	0.46%	1.37%	13.38%	15.21%
Average weight	16.4 g	21.5 g	35.2 g	
Weight at the recapture / Weight at the planting	1.24	1.63	2.67	
Number of native fish	6	8	83	
Average mean weight of native fish	11.8	42.1	32.7	

*; Jul. 22-Sep. 3 in 1969

**; Oct. 23 in 1969.

***; May 8-9 in 1970