

アマゴの増殖に関する研究—XXV

※

アマゴ及びヤマメのスモルト化に及ぼす飼育条件の影響について(2)

熊崎 博・田代文男

Studies on the Reproduction of Amago Salmon, *Oncorhynchus rhodurus*-XXVEffect of the Rearing Conditions on the Smoltification of Amago and Yamame
Salmon, *O. masou*

Hiroshi KUMAZAKI・Fumio TASHIRO

サケ科魚類のスモルト化については、形態、^{1), 2)}生態、生理、内分泌等に関する報告があり、我が国のサケ科魚類については、サクラマスについて久保がその総説によって明らかにしているが、アマゴについては報告されたものは少ない。

サクラマスのスモルト化は降海に先立つ変態³⁾とされているが、サクラマスの近縁種であるアマゴも降海前の孵化後およそ1年目の秋期にスモルトが出現する。^{4), 5), 6)}アマゴの池中飼育群に一般

に見られるこのスモルトは原産地、成長、系統^{7), 8), 9)}によって出現率が異なることが明らかにされている。

著者等は、アマゴのスモルト化に飼育条件及び系統がどのように関与するかを検討するため、¹⁰⁾前報では発眼後期から稚魚期まで水温の高い飼育条件下で飼育し成長を促進したところ、従来の知見とは異なり、0年魚の春期にスモルトの出現が見られ、アマゴ及びヤマメのスモルト化には成長が大きく関与していることが明らかとなった。またアマゴのスモルト系とパー系では0年魚においてもスモルトの出現率に明瞭な差が

※ アマゴの増殖に関する研究—XXIV, アマゴのスモルト化に及ぼす飼育条件の影響について(岐水試研報No.30, 1985)を(1)とする。

見られ、スモルトの出現について系統的な差異のあることが認められた。

本報では、前報に引き続いて飼育を行い、孵化後およそ1年目におけるスモルトの出現状況について調査を行ったので、その結果を報告する。また、成長の促進に伴う成熟の若令化についても知見を得たので併せて報告する。

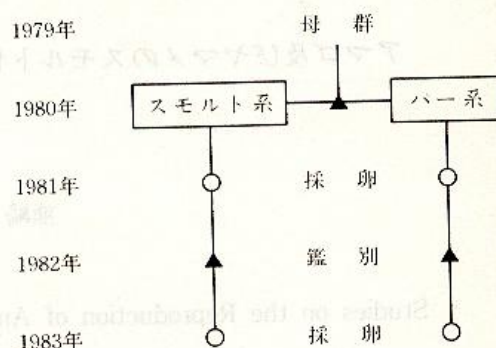
試験の方法

供試卵の由来と孵化、飼育に用いた用水の水

第1表 供試卵の由来と飼育用水

魚種	系 統	採 卵 年 月 日	飼 育 用 水		期 間 (日数)	水 温 (℃)	発 眼 卵 平均卵重	餌付開始 年 月 日
			受精卵～発眼期	発眼期～稚魚				
アマゴ	水試系 スモルト系	'83 10/26	Pump-1	Pump-2 Pump-1	'83 10/26～ 11/21(26) 11/21～'84 5/9(170) '84 5/9～ 5/15(6)	13.9～10.6(12.3) 16.9～ 9.4(12.8) 11.2～ 9.3(10.3)	mg 106	'83.12.17
	水試系 パー系	10/20,28	Pump-1	Pump-2 Pump-1	'83 10/20～ 11/21(38) 11/7～'84/5/9(184) '84 5/9～ 5/15(6)	14.8～10.6(12.7) 17.4～ 9.4(13.1) 11.2～ 9.3(10.3)	83	'83.12.7
	郡上系 パー系	10/20,26 11/1,7	Pump-1	Pump-2 Pump-1	'83 10/20～ 12/7(48) 11/7～'84 4/10(155) '84 4/10～ 5/15(35)	14.8～ 9.2(11.9) 17.4～ 9.4(13.4) 11.2～ 6.0(8.3)	103	'83.12.10
	郡上系 最終採卵群	11/22	Pump-1 Pump-1	Pump-2 Pump-1	'83 11/22～ 12/22(30) 12/22～'84 5/15(145) '83 11/22～ 12/22(30) 12/22～'84 5/15(145)	11.3～ 7.8(9.6) 15.5～ 9.4(12.2) 11.3～ 7.8(9.6) 11.2～ 3.6(6.0)	106	'84.1.30 '84.3.15
	郡上系 スモルト系	10/18	Pump-1	Pump-1	'83 10/18～ 11/5(18) 11/5～'84 5/15(192)	14.8～12.2(13.5) 13.0～ 3.6(7.1)	107	'83.12.26
ヤマメ	東京都産	10/11,11/8	Pump-1	Pump-2 Pump-1	'83 10/11～ 12/6(56) 11/4～'84 4/10(158) '84 4/10～ 5/15(35)	15.1～ 9.2(12.4) 17.4～ 9.4(13.5) 11.2～ 6.0(8.3)	112	'83.12.1
	北海道産	10/6	Pump-1	Pump-1	'83 10/6～ 10/28(22) 10/28～'84 5/15(200)	15.5～13.0(14.4) 13.5～ 3.6(7.3)	125	'83.12.8

温変化等を第1表に示した。アマゴのうち水試系とは第1図に示したとおり、当场において2代継代したものであり、スモルト系はスモルトより出現した雌雄を、パー系はパーより出現し



第1図 水試系アマゴの系統図

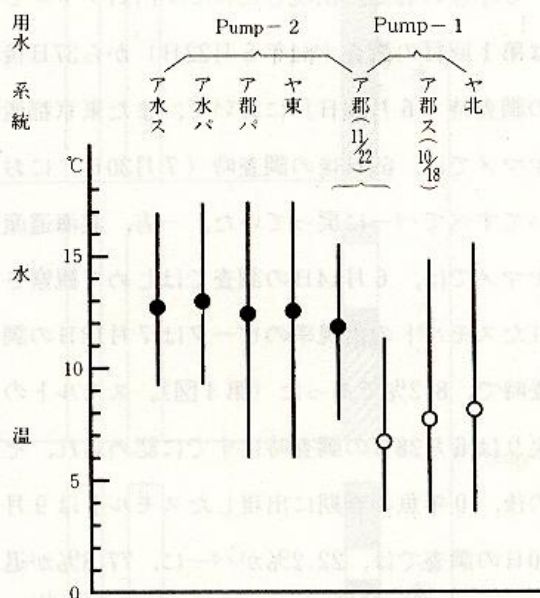
た成長の良い雌雄を親魚に用いた。一方、郡上系とは、田代等の系統とは別に、1976年にスマルト系、パー系の2つの系統の選抜に着手し、^(※)スマルト系は郡上試験地で3代、その後当场で1代、計4代継代したものであり、パー系は1983年に当场でスマルト系からパー系を選抜したものの第1代である。また郡上系の最終採卵群とは、採卵期の最終となった11月22日に採卵した群であり、交配に用いた雌雄の系統が不明のものである。

ヤマメについては、東京都産は1968年11月に東京都水試奥多摩分場より、また北海道産は1970年11月に北海道より発眼卵で移入し、当场で継代したものである。^{4), 10)}なお、北海道産ヤマメは、千走川産のサクラマスである。

各供試卵の発眼までのふ化用水は、Pump-1の用水を使用した。発眼後期以降は水温の高いPump-2または水温のひくいPump-1の用水を用いて発眼卵をふ化させ、稚魚期まで飼育した。1984年5月15日以降、各試験区とも飼育用水として河川水を用い、屋外で飼育を行った。Pump-2の用水を用いた各試験区の平均水温は11.8~12.7℃、Pump-1の用水を用いた各試験区の平均水温は6.7~8.1℃であった(第2図)。Pump-2及びPump-1の用水の期間中の旬別平均水温変化を第3図に示した。河川水の期間中(84年5月15日~10月30日)の水温変化は、最高24.7℃、最低10.0℃、平均17.0℃であった。

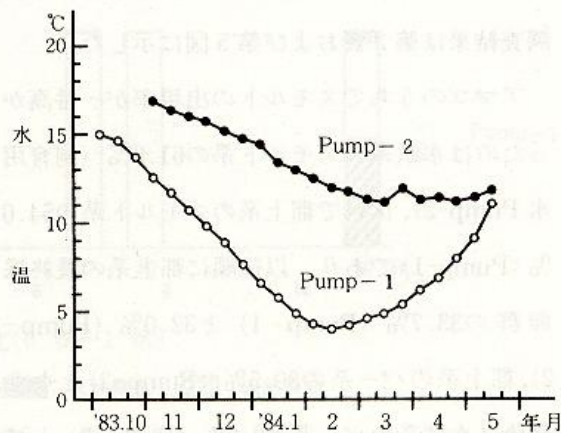
スマルトについては、体色の銀白化と背鰭、

尾鰭先端の“ツマグロ”を鑑別の基準として肉眼で鑑別し、その出現率を求めた。



第2図 飼育水温の範囲

ア: アマゴ ヤ: ヤマメ
水: 水試系 郡: 郡上系
ス: スマルト系 バ: パー系
東: 東京都産 北: 北海道産
()内: 採卵月日



第3図 Pump-1及びPump-2の旬別平均水温変化

※ 岐阜県魚苗生産試験調査事業郡上試験地、昭和57年6月30日廃止。

結 果

1. スモルトの戻りと再スモルト化について

0年魚の春期に出現したスモルトは、アマゴでは第1回目の調査(84年5月22日)から37日後の調査時(6月28日)において、また東京都産ヤマメでは、69日後の調査時(7月30日)においてすべてパーに戻っていた。一方、北海道産ヤマメでは、6月14日の調査ではじめて観察されたスモルトの出現率のピークは7月12日の調査時で、8.2%であった(第4図)。スモルトの戻りは6月28日の調査時にすでに認められ、その後、0年魚の春期に出現したスモルトは9月10日の調査では、22.2%がパーに、77.8%が退行型スモルト¹¹⁾と新たに出現してきた銀化パー¹¹⁾になっており、すべての魚が完全にパーに戻らないうちに次のスモルト化が開始された。

アマゴのスモルト化は9月に入ってから再び始まり、鱗にしだいにグアニンが沈着して銀白化が強まった。孵化後およそ1年目の相の分化状況について1984年10月30日に調査を行った。調査結果は第2表および第5図に示した。

アマゴのうちでスモルトの出現率が一番高かったのは水試系のスモルト系の61.8%(飼育用水 Pump-2)、次いで郡上系のスモルト系の54.0%(Pump-1)であり、以後順に郡上系の最終採卵群の33.7%(Pump-1)と32.0%(Pump-2)、郡上系のパー系の30.5%(Pump-2)となり、最後に水試系のパー系が9.2%(Pump-2)とスモルトの出現率が一番低かった。水試系アマゴのスモルトの出現率は、スモルト系61.8%に対

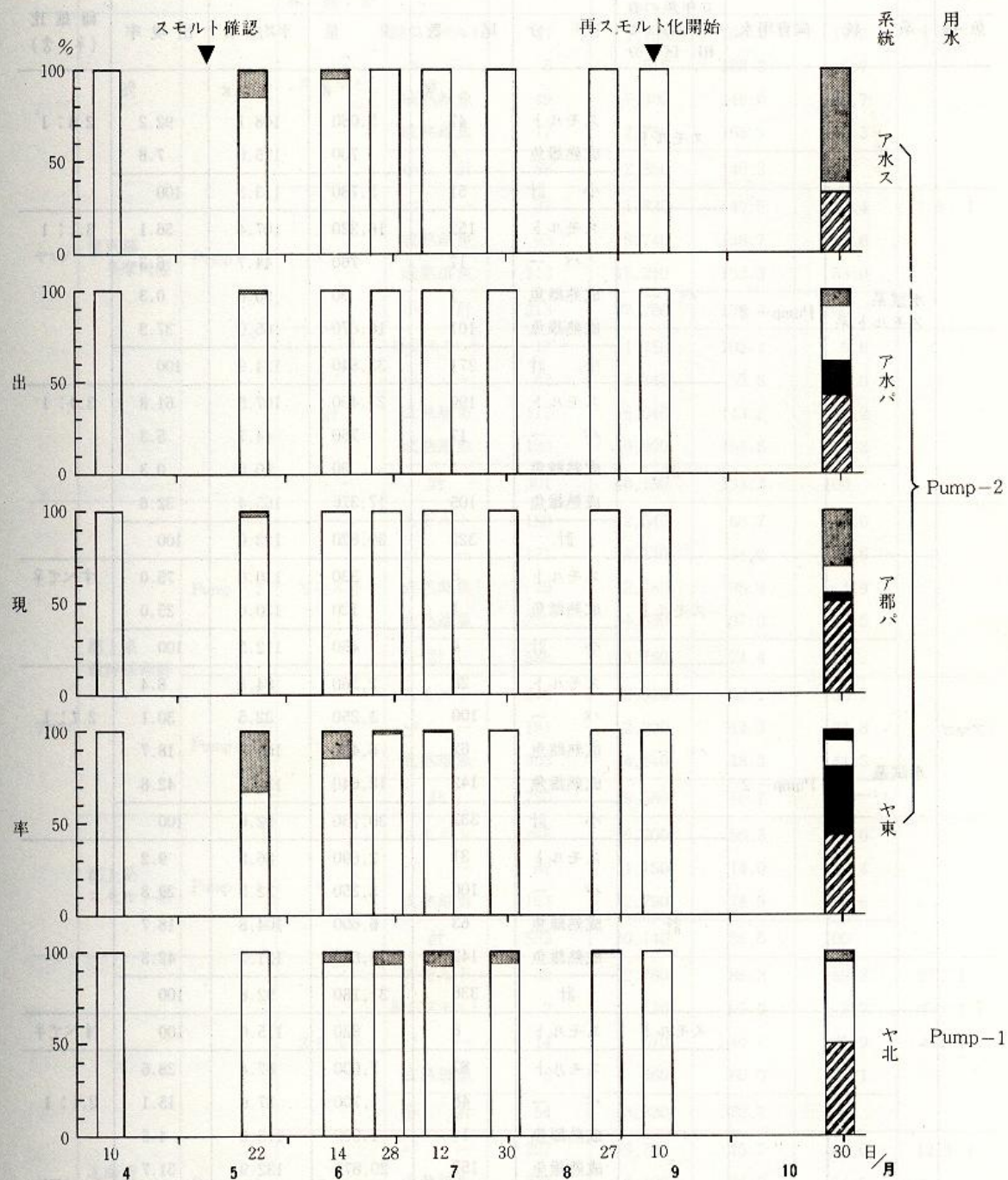
しパー系9.2%と、6.7倍の開きがあった。

ヤマメのうちでスモルトの出現が見られたのは北海道産だけで、その出現率は5.6%であった。東京都産ではスモルトは出現せず、疑似スモルト¹¹⁾様のものが5.6%認められた。

再スモルト化については、東京都産ヤマメを除く他の0年魚の春期にスモルトが出現した群で認められた。水試系アマゴのスモルト系では、0年魚の春期に出現したスモルトはその年の孵化後およそ1年目の秋期にその92.2%が再度スモルト化し、他の7.8%は成熟雄魚に相分化した。またパー系では75%(3/4尾)が再度スモルト化し、他の1尾は成熟雌魚に相分化した。郡上系のパー系では調査尾数が8尾と少なかったが、すべて再度スモルト化した。北海道産ヤマメでは59.3%が再度スモルト化し、他は3.7%が疑似スモルトに、25.9%がパーに、11.1%が成熟雄魚に相分化した。東京都産ヤマメでは19.3%が疑似スモルトに、5.7%がパーに、55.7%が成熟雌魚に、そして19.3%が成熟雄魚に相分化した。

孵化後およそ1年目の秋期にはじめてスモルト化した個体の出現率は、水試系アマゴのスモルト系では56.1%、郡上系アマゴのスモルト系では54.0%と高く、水試系のパー系では8.4%、郡上系のパー系では28.6%と低かった。また、郡上系アマゴの最終採卵群では Pump-2 区が32.0%、Pump-1 区が33.7%と、Pump-1 区の方がわずかにスモルトの出現率が高かった。

孵化後およそ1年目の秋期に出現したスモルトに占める雌雄比を調べてみると、水試系アマ



第4図 スモルト出現率の季節変化(0'春~1'秋)

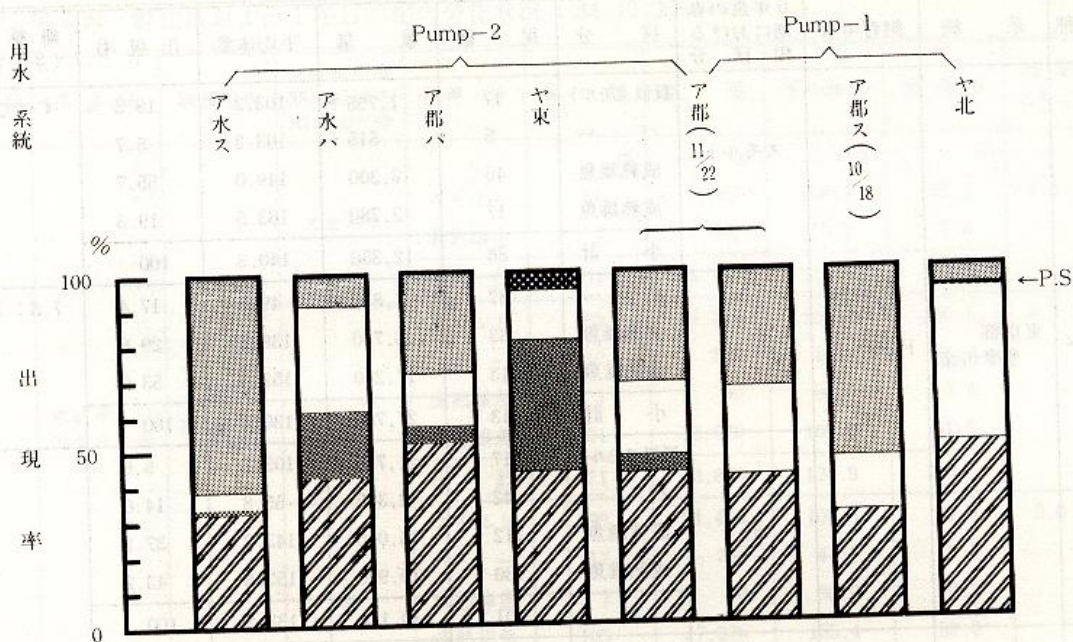
■: スモルト ■: 疑似スモルト □: パー ■: 成熟雌魚 ▨: 成熟雄魚

(ア: アマゴ ヤ: ヤマメ 水: 水試系 郡: 郡上系)
(ス: スモルト系 パ: パー系 東: 東京都産 北: 北海道産)

第2表 孵化後およそ1年目の相の分化状況 ('84.10.30)

魚種	系 統	飼育用水	0年魚の春 期における 相 区 分	区 分	尾 数	重 量	平均体重	出 現 率	雌 雄 比 (♀:♂)
アマゴ	水試系 スモルト系	Pump-2	スモルト	スモルト	47	5,080	108.1	92.2	2.8:1
				成熟雄魚	4	700	175.0	7.8	
				小 計	51	5,780	113.3	100	
			バ ー	スモルト	152	16,320	107.4	56.1	3.1:1
				バ ー	17	760	44.7	6.3	
				成熟雌魚	1	90	90.0	0.3	
				成熟雄魚	101	16,670	165.0	37.3	
				小 計	271	33,840	124.9	100	
			計	スモルト	199	21,400	107.5	61.8	3.0:1
				バ ー	17	760	44.7	5.3	
				成熟雌魚	1	90	90.0	0.3	
				成熟雄魚	105	17,370	165.4	32.6	
				計	322	39,620	123.0	100	
	水試系 バ ー系	Pump-2	スモルト	スモルト	3	330	110.0	75.0	すべて♀
				成熟雌魚	1	120	120.0	25.0	
				小 計	4	450	112.5	100	
			バ ー	スモルト	28	2,360	84.3	8.4	2.7:1
				バ ー	100	3,250	32.5	30.1	
				成熟雌魚	62	6,480	104.5	18.7	
				成熟雄魚	142	18,640	131.3	42.8	
				小 計	332	30,730	92.6	100	
			計	スモルト	31	2,690	86.8	9.2	
				バ ー	100	3,250	32.5	29.8	
				成熟雌魚	63	6,600	104.8	18.7	
				成熟雄魚	142	18,640	131.3	42.3	
				計	336	31,180	92.8	100	
郡上系 バ ー系	郡上系 バ ー系	Pump-2	スモルト	スモルト	8	920	115.0	100	すべて♀
			バ ー	スモルト	87	7,600	87.4	28.6	2.1:1
				バ ー	46	1,700	37.0	15.1	
				成熟雌魚	14	1,590	113.6	4.6	
				成熟雄魚	157	20,870	132.9	51.7	
				小 計	304	31,760	104.5	100	
			計	スモルト	95	8,520	89.7	30.5	
				バ ー	46	1,700	37.0	14.7	
				成熟雌魚	14	1,590	113.6	4.5	
				成熟雄魚	157	20,870	132.9	50.3	
				計	312	32,680	104.7	100	

魚 種	系 統	飼育用水	0年魚の春期における相 区 分	区 分	尾 数	重 量	平均体重	出 現 率	雌 雄 比 (♀:♂)
ヤマメ	東京都 多摩川産	Pump-2	スモルト	疑似スモルト	17 尾	1,755 g	103.2 g	19.3 %	すべて♀
				パ —	5	515	103.2	5.7	
				成熟雌魚	49	7,300	149.0	55.7	
				成熟雄魚	17	2,780	163.5	19.3	
				小 計	88	12,350	140.3	100	
			パ —	パ —	37	1,830	49.5	17.4	7.8 : 1
				成熟雌魚	63	8,740	138.7	29.6	
				成熟雄魚	113	17,210	152.3	53.0	
				小 計	213	27,780	130.4	100	
			計	疑似スモルト	17	1,755	103.2	5.6	
				パ —	42	2,345	55.8	14.0	
				成熟雌魚	112	16,040	143.2	37.2	
				成熟雄魚	130	19,990	153.8	43.2	
				計	301	40,130	133.3	100	
アマゴ	郡上系 最終採卵群	Pump-2	スモルト	スモルト	188	12,540	66.7	32.0	
				パ —	121	4,110	34.0	20.6	
				成熟雌魚	29	2,780	95.9	4.9	
				成熟雄魚	250	24,330	97.3	42.5	
				計	588	43,760	74.4	100	
		Pump-1	パ —	スモルト	246	12,820	52.1	33.7	
				パ —	181	2,220	12.3	24.8	
				成熟雄魚	303	14,640	48.3	41.5	
				計	730	29,680	40.7	100	
				計	730	29,680	40.7	100	
	郡上系 スモルト系	Pump-1	パ —	スモルト	288	16,200	56.3	54.0	
				パ —	82	1,150	14.0	15.4	
				成熟雄魚	163	12,790	78.5	30.6	
				計	533	30,140	56.5	100	
ヤマメ	北海道 千走川産	Pump-1	スモルト	スモルト	32	2,760	86.3	59.3	27 : 1
				疑似スモルト	2	130	65.0	3.7	
				パ —	14	570	40.7	25.9	
				成熟雄魚	6	360	60.0	11.1	
				小 計	54	3,820	70.7	100	
			パ —	パ —	237	3,720	15.7	46.0	12.5 : 1
				成熟雄魚	278	10,180	36.6	54.0	
				小 計	515	13,900	27.0	100	
			計	スモルト	32	2,760	86.3	5.6	
				疑似スモルト	2	130	65.0	0.4	
				パ —	251	4,290	17.1	44.1	
				成熟雄魚	284	10,540	37.1	49.9	
				計	569	17,720	31.1	100	



第5図 孵化後およそ1年目における相の分化状況('84.10.30)

■ : スモルト
 ■ : 成熟雌魚
 ■ : 成熟雄魚
 ■ : 疑似スモルト (P.S.)
 □ : パー

ア: アマゴ
 水: 水試系
 ス: スモルト系
 東: 東京都産
 ()内: 採卵月日
 ヤ: ヤマメ
 郡: 郡上系
 パ: パー系
 北: 北海道産

ゴではスモルト系の秋期に再度スモルト化した群では雌対雄の比率が2.8:1で、孵化後およそ1年目の秋期にはじめてスモルト化した群では3.1:1であった。パー系の秋期に再度スモルト化した群では調査個体数が少なかったが(3尾)、すべて雌であった。また、郡上系のパー系でも秋期に再度スモルト化した群はすべて雌(8尾)であった。北海道産ヤマメでは秋期に再度スモルト化した群では雌対雄の比率が27:1と、雌魚の占有率が非常に高かった。

2. 成熟魚の出現について

雄魚の孵化後およそ1年目における成熟状況について見ると、各群とも30~50%の出現が見られた。アマゴのスモルト系では2群ともおよそ30%の出現率であったのに対し、パー系ではおよそ40%と、パー系の方が成熟する個体の割合が高かった。

雌魚で孵化後およそ1年目で成熟した個体が見られたのは、発眼後期から稚魚期まで水温の高い Pump-2 の用水で飼育し成長を促進した群のみであった。同一群で比較すると、1983年

11月22日の最終採卵群のアマゴでは水温の高い Pump-2 の用水で飼育した群が4.9%の出現率であるのに対し、水温の低い Pump-1 の用水で飼育した群では成熟雌魚の出現は見られなかった。水試系アマゴのスマルト系とパー系における成熟雌魚の出現率を比較してみると、スマルト系では0.3%であるのに対しパー系では18.7%とパー系の方が成熟雌魚の出現率が約60倍も高かった。パー2系の比較では、水試系のものは出現率が18.7%と高く、郡上系のものは出現率が4.5%と低かった。東京都産ヤマメでは成熟雌魚の出現率が他の群よりも高く、37.2%であった。

考 察

1. スマルトの出現と再スマルト化について

北海道産ヤマメでは、孵化から稚魚期までの成長の良し悪しによって0年魚の晩春に出現するスマルトの出現率に差が見られ、さらにこの群を飼育すると、秋にまたスマルトが出現するピークがあり、このように北海道産ヤマメのスマルト化は晩春と秋の年2回スマルトが出現する2峰性をもつことが知られているが、今回の調査によって、発眼後期から稚魚期まで水温の高い条件下で飼育し成長を促進させると、アマゴでもスマルトの出現について年2峰性を持つことが観察された。

再スマルト化については、池中継代飼育サクラマスでは、O+スマルトの戻りはそのほとんど

が翌春再度スマルト化することが報告されているが、アマゴでは0年魚の春期にはじめてスマルト化した個体とその年の秋に再度スマルト化する率が非常に高いことが判明した。北海道産ヤマメでは秋に再びスマルトが出現したが、その出現率は0年魚の晩春における出現率よりも低率であった。これはアマゴとは違い、晩春にパーであった個体から秋にスマルト化する個体が1尾も出現せず、春にスマルト化した個体のうちの一部のもののみが秋に再度スマルト化することによるものである。

スマルトの出現に年2峰性を持つといっても、アマゴと北海道産ヤマメでは春と秋の出現率に差が見られ、アマゴでは秋の方が高く、反対に北海道産ヤマメでは春の方が高く、両種のスマルトの出現パターンが違っていた。

またアマゴのスマルト系とパー系では、孵化後およそ1年目の秋期におけるスマルトの出現率についても両系の間に明瞭な差が見られ、スマルトの出現について系統的な差異のあることが認められた。

一方東京都産ヤマメのスマルト化は、従来アマゴと同様に孵化後およそ1年目の秋期にスマルトの出現がはじめて見られ、その出現率はアマゴにくらべて非常に低く、数パーセント止りであったが、前報で発眼後期から稚魚期まで水温の高い条件下で飼育し成長を促進させたところ、0年魚の春期にスマルト化が起り、その出現率が約33%もの高率に昇った。しかし、孵化後およそ1年目の秋期には、春期にスマルト化した個体の再スマルト化は見られず、疑似スモ

ルト様のものが約6%認められただけであった。これは再スモルト化する個体が出現せず、またパーからスモルトに相分化する個体も出現しなかったことによるものであり、0年魚の春期に高率にスモルト化が起これば、その年の秋には再スモルト化がおこらず、またパーからスモルトに相分化する個体も出現しないのではないかと推察された。

このように、アマゴ及びヤマメのスモルト化には成長及び系統が大きく関与しており、スモルトの出現時期、サイズ、出現率、出現パターン等にそれぞれの種の特異性を持つことが示唆された。

2. 成熟魚の出現について

アマゴ、ヤマメでは成長の良い雄魚は孵化後およそ1年目で成熟し、成長の良い群ではその出現率も高いことが知られている^{15), 17)}。雌魚では稚魚期に飼育水温の高い条件で飼育し、成長を促進させると満1年で成熟するものが出現し^{16), 17), 18)}てくるが、通常は満2年で成熟し、斃死する。このように、稚魚期に成長を促進させると、成熟の若令化が起これることが知られている。

従来当場のアマゴでは、満1年で成熟する雌魚の出現は極めて少なかったが、今回の調査では、水試系のパー系では稚魚期に水温の高い条件下で飼育し成長を促進させると、非常に小型(約30g)であるにもかかわらず成熟する個体が出現することが特徴的であった。水試系アマゴのスモルト系とパー系における成熟雌魚の出現率を比較してみると、スモルト系では0.3%であるのに対してパー系では18.7%と、パー系の

方が成熟雌魚の出現率が約60倍も高かった。パー2系で成熟雌魚の出現率に差が見られたのは、水試系のものは2代継代を繰り返したものであり、出現率が18.7%と高く、郡上系のものについてはスモルト系から選別されたパー系の選抜第1代であるため出現率が4.5%と低かったものと推察される。

このように、アマゴ及びヤマメを発眼後期から稚魚期まで水温の高い用水で飼育し成長を促進させたところ、水温の低い用水で飼育した群では孵化後およそ1年目で成熟する雌魚の出現は見られなかったのに対し、その出現率が高くなったが、雄魚については飼育水温の違いによる出現率の差はほとんど見られなかった。また東京都産ヤマメについては成熟雌魚の出現率が約37%と、アマゴのうちで一番出現率の高かったパー系の約2倍高く、稚魚期の成長を促進させた時の満1年で成熟する雌魚の出現について魚種による差異のあることが推察された。

要 約

1. アマゴ及びヤマメの相分化に成長及び系統がどのように関与するかを検討するため、発眼後期から稚魚期まで水温条件の違う用水で飼育した。
2. 水温の高い用水を使用した各試験区の平均水温は11.8~12.7℃、また水温の低い用水のそれは6.7~8.1℃であった。
3. 前報では0年魚の春期におけるスモルトの

出現状況について調査を行ったが、本報では、前報に引き続いて飼育を行い、孵化後およそ1年目の秋期における相の分化状況について調査を行った。

4. アマゴのスモルト系とパー系では、孵化後およそ1年目の秋期におけるスモルトの出現についても両系の間に明瞭な差が見られ、スモルトの出現について系統的な差異のあることが認められた。

5. 発眼後期から稚魚期まで水温の高い条件下で飼育し成長を促進させると、アマゴでも北海道産ヤマメと同様にスモルトの出現について年2峰性をもつことが観察された。また、0年魚の春期にはじめてスモルトした個体はその年の秋期に再度スモルト化する率が非常に高いことが判明した。

6. スモルトの出現について年2峰性を持つといてもアマゴと北海道産ヤマメでは春と秋の出現率に差が見られ、アマゴでは秋の方が高く、反対に北海道産ヤマメでは春の方が高く、両種のスモルトの出現パターンが違っていた。

7. アマゴ及びヤマメのスモルト化には成長及び系統が大きく関与しており、スモルトの出現時期、サイズ、出現率、出現パターン等にそれぞれの種の特異性を持つことが示唆された。

8. アマゴ及び東京都産ヤマメを発眼後期から稚魚期まで水温の高い条件下で飼育し成長を促進させたところ、満1年で成熟する雌魚の出現が見られ、その出現率については系統及び魚種による差異のあることが推察された。

文 献

- 1) HOAR, W. S., 1976 ; Smolt Transformation : Evolution, Behavior, and Physiology. J. Fish. Res. Board Can., Vol.33, 1233~1252.
- 2) FOLMAR, L. C. and DICHOFF, W. W., 1980; the Parr-Smolt Transformation (Smoltification) and Seawater Adaptation in Salmonids. A Review of Selected Literature. Aquaculture, 21, pp1~37.
- 3) 久保達郎, 1980; 北海道のサクラマス の生活史に関する研究, 北海道さけ・ます孵化場研報, No.34, 1~95.
- 4) 茂木 博・本荘鉄夫, 1975; 在来マス類の育種に関する研究-I, ヤマメ及びアマゴの産地別飼育成績について, 岐水試研報, No.20, pp39~54.
- 5) 本荘鉄夫, 1977; アマゴの増養殖に関する基礎研究, Ibid, No.22, pp 1~103.
- 6) NAGAHAMA, Y., S. ADACHI, F. TASHIRO and E. G. GRAU, 1982 ; Some Endocrine Factors Affecting the Development of Seawater Tolerance During the Parr-Smolt Transformation of the Amago Salmon (*Oncorhynchus rhodurus*), Aquaculture, 28, pp81~90.
- 7) 森川 進・荒井 真, 1984; 降海性アマゴ

- における耐病性種苗の養成，養殖研，昭和55～57年度近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究（マリーナランチング計画）プログレス・レポート，病害防除技術（1），pp42～45.
- 8) 田代 文男・高橋 誠・天野 賢，1983；アマゴの増殖に関する研究－XXII，アマゴのスモルト化に及ぼす成長の影響について，岐水試研報，No28，pp1～8.
- 9) ————，1983；Ditto－XXIII，スモルト型アマゴの出現率の異なる2つの系統について，Ibid，No28，pp9～16.
- 10) 熊崎 博・田代文男，1985；Ditto－XXIV，アマゴ及びヤマメのスモルト化に及ぼす飼育条件の影響について，Ibid，No30，pp13～20.
- 11) 久保達郎，1974；サクラマス幼魚の相分化と変態の様相，北海道さけ・ます孵化場研報，No28，pp9～26.
- 12) 加藤禎一，1983；池中飼育サクラマスの成熟とスモルト化，北海道さけ・ます孵化場，サクラマス研究グループレポート（3），pp1～12.
- 13) 小島 博・喜多正広，1984；池中継代飼育サクラマス0歳魚の銀毛化変態と早熟雄の出現，道立水産孵化場研報，No39，pp113～121.
- 14) 黒川忠英・宮本真人・小島 博，1985；飼育一年目に特異的なスモルト変態をする池中継代飼育サクラマスにおける0歳スモルトの出現機構および戻りの分化過程，道立水産孵化場研報，No40，pp87～94.
- 15) 立川 亙・熊崎隆夫，1975；アマゴの増殖に関する研究－XX，アマゴ0年魚の体重組成にみられる成熟雄魚の特異な生長，岐水試研報，No21，pp41～49.
- 16) 林 不二雄，1968；ヤマメ増殖－II，当才魚の採卵と採卵後の生残，群水試報告，No16，pp72～78.
- 17) 林 不二雄・大塚博正・高柳芳夫，1969；ヤマメ増殖－III，0年魚の給餌量の差による成熟割合，Ibid，No17，pp73～77.
- 18) 箱島養鱒場，1971；種苗生産研究（ヤマメ増殖），Ibid，No20，pp33～34.