

アマゴの増殖に関する研究—XXVI

アマゴ及びヤマメの相分化に及ぼす飼育条件の影響について

熊崎 博・田代文男

Studies on the Reproduction of Amago Salmon, *Oncorhynchus rhodurus*—XXVI

Effect of the Rearing Conditions on the Phase Differentiation
of Amago Salmon 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、生態、生理、内分泌等に関する報告がある。サクラマスについては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、系統によって出現率が異なることが明らかにされている。^{7), 8), 9)}

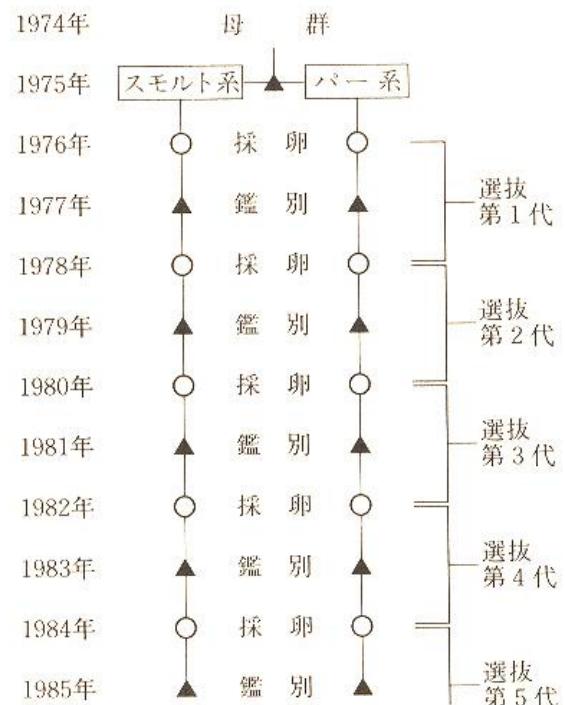
著者等は、アマゴのスモルト化に飼育条件及

び系統がどのように関与するかを検討するため、^{10), 11)} 前報では発眼後期から稚魚期まで水温の高い条件で飼育し成長を早めたところ、従来の知見とは異なり、0年魚の春期にスモルト（以下、0年魚スモルトと称する）の出現が見られた。またアマゴのスモルト系とバー系では、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。さらに前報では、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ところ、発眼後期から稚魚期まで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が見られなかった

のに対し、水温の高い条件で飼育し成長を早めた群ではその出現率が高くなつたが、雄魚については系統的な差異のあることを考慮すると明らかな差は見られなかつた。また、東京都多摩川産ヤマメについてアマゴと比較すると、満1年で成熟する雌魚の出現率はヤマメの方が高く、魚種による差異のあることが推察された。さらにアマゴでは、孵化後およそ1年目の秋期におけるスモルトの出現率についてもスモルト系とバー系の間に明瞭な差が認められ、スモルトの出現について系統的な差異のあることが判明した。しかし、同一卵群で比較できたのは交配に用いた両親の系統の不明なアマゴについて11月22日の最終採卵日の卵群を用いたもののみであり^{10), 11)}、前報である程度明らかとなつた魚種及び系統によるスモルトの出現率の差、また孵化後およそ満1年で成熟する雌雄魚の出現率の差をさらに検討するため、本報では岐阜県飛騨川産アマゴ及び東京都多摩川産ヤマメの池中継代飼育魚を使い、採卵開始時の卵群と終期の採卵群を用いて、水温の高い用水と水温の低い用水を使用してそれぞれの卵群を発眼後期から稚魚期まで飼育して成長差を誘起させ、0年魚スモルトの出現率及び孵化後およそ1年目における相の分化状況を調査したので、その結果を報告する。
また同時に、サクラマス^{*1)}（前報までは北海道産ヤマメと称していた）についても採卵前期の卵群を用いて飼育を行い、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温変化等を第1表に示した。郡上系アマゴ（以下、アマゴと称する）とは第1図に示したとおり、1976年にスモルト系、バー系の2つの系統^{*2)}の選抜に着手し、郡上試験地で3代、その後当場で2代、計5代継代したものであり、スモル



第1図 郡上系アマゴの系統図

*1) 原産は北海道千走川産であり、1970年11月に札幌の養殖場より発眼卵で移入し、当場で継代したものである。その後、新潟県内水面水産試験場小出支場を経て養殖研究所日光支所に導入された系統であり、小出系サクラマスとも称されている。

*2) 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。

ト系はスマルトより出現した雌雄を、バ一系はバ一より出現した成長の良い雌雄を親魚に用了た。

東京都多摩川産ヤマメ（以下、ヤマメと称する）は1968年11月に東京都水産試験場奥多摩分場より発眼卵で移入し、当场で継代したものである。

各供試卵の発眼までの孵化用水は、Pump-1 の用水を使用した。発眼後期以降は水温の高い Pump-2 または水温の低いPump-1 の用水を用いて発眼卵を孵化させ、稚魚期まで飼育した（以下、水温の高いPump-2 の用水を用いた区を高水温区、水温の低いPump-1 の用水を用いた区を低水温区と称する）。1985年5月2日以降、

第1表 供試卵の由来と飼育用水

採卵年月日	魚種	系統	飼育用水		期間(日数)	水温(℃)	発眼卵平均卵重	飼付開始年月日
			受精卵～発眼卵	発眼卵～稚魚				
'84 10.15	アマゴ	郡上系 スマルト系	Pump-1		'84.10.15～ '84.11.7(23)	16.3～12.4(14.5)	mg	
			Pump-2 ^{*1}		'84.11.7～ '85.5.2(177)	17.4～10.3(13.0)	108	'84.12.7
			Pump-1 ^{*2}		'84.11.7～ '85.5.2(n)	12.9～4.4(7.9)		12.17
	ヤマメ	東京都 多摩川産	Pump-1					
			Pump-2		同 上	同 上	103	同 上
			Pump-1					
11.7	アマゴ	郡上系 スマルト系	Pump-1		'84.11.7～ '84.12.5(28)	12.9～9.2(11.2)		
			Pump-2		'84.12.5～ '85.5.2(149)	15.8～10.3(12.5)	83	'85.1.5
			Pump-1		'84.12.5～ '85.5.2(n)	9.8～4.4(7.2)		1.21
	ヤマメ	郡上系 バ一系	Pump-1					
			Pump-2		同 上	同 上	103	同 上
			Pump-1					
9.28	サクラマス	北海道 千走川産	Pump-1		'84.9.28～ '84.10.25(27)	(14.0)		
			Pump-2		'84.10.25～ '85.5.2(190)	17.5～10.3(13.1)	146	'84.11.26
			Pump-1		'84.10.25～ '85.5.2(n)	15.0～4.4(8.2)		12.6

注) *1 : Pump-2 飼育区 = 高水温区

*2 : Pump-1 飼育区 = 低水温区

結 果

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。受精卵の収容から屋外池へ移収し河川水で飼育するまでの高水温区の平均水温は、アマゴ2系とヤマメでは10月15日採卵群（以下、前期採卵群と称する）13.2℃、11月7日採卵群（以下、後期採卵群と称する）12.3℃に対し、低水温区の平均水温は前期採卵群8.7℃、後期採卵群7.9℃であった。9月28日採卵のサクラマスでは高水温区13.2℃、低水温区8.9℃の平均水温であった。また、河川水へ移収後の5月2日から6月10日までの水温変化は18.2~10.4℃（平均13.5℃）であった。Pump-1、Pump-2及び河川水の旬別水温変化を第2図に示した。

スモルトについては、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。

1. 成長差について

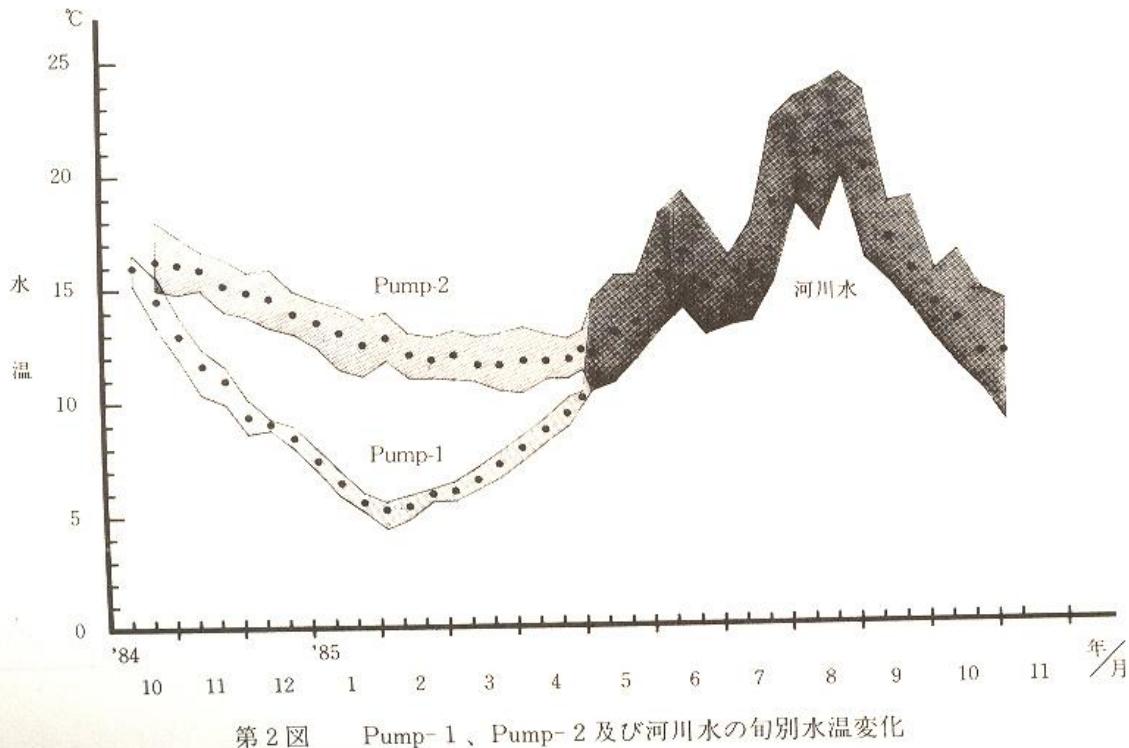
餌付開始時からの各区の平均体重の推移を第3図に示した。

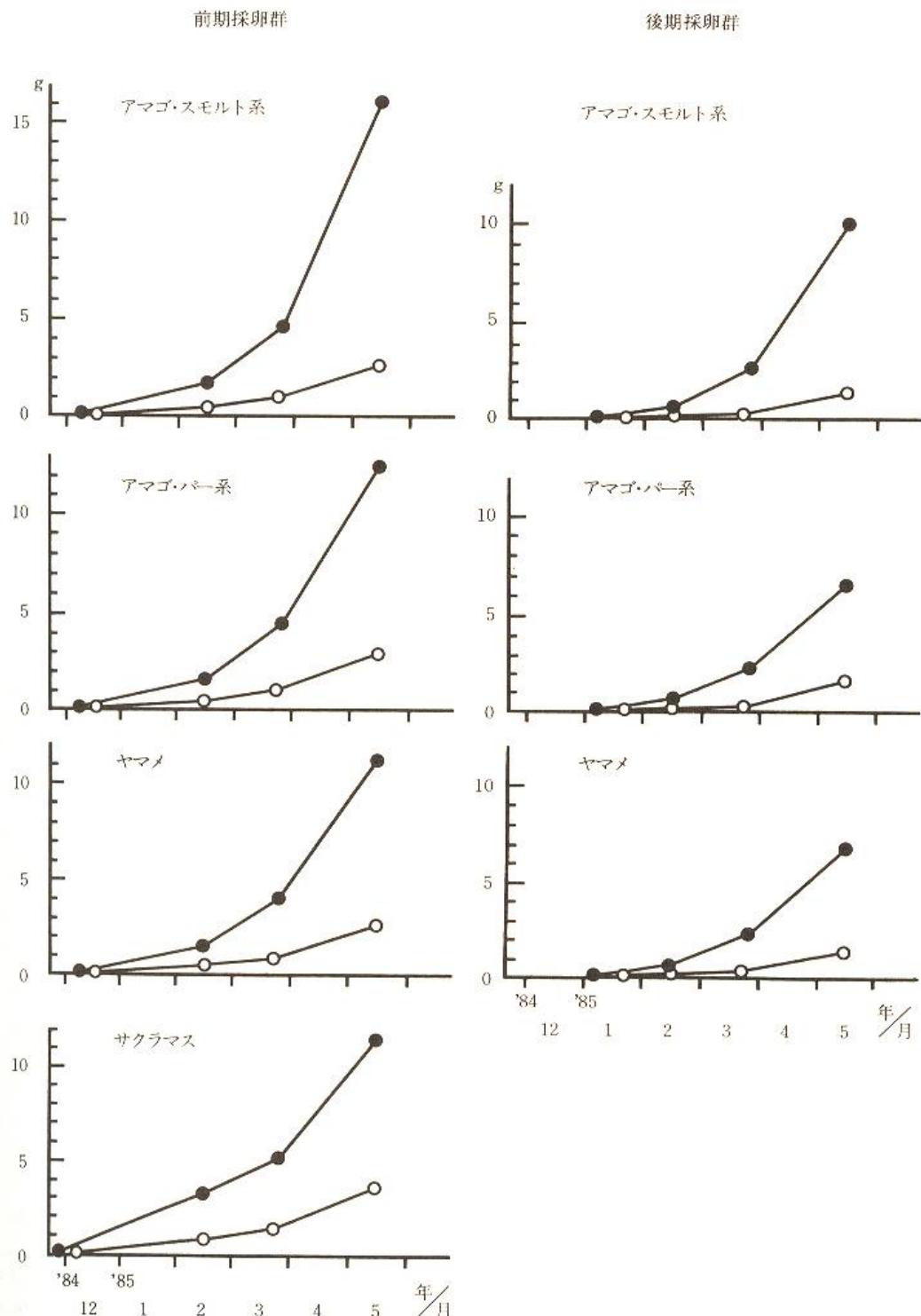
高水温区の成長は、低水温区にくらべて非常に良く、1985年5月13日の時点での比較すると、前期採卵群ではアマゴのスモルト系6.0倍、パ一系4.3倍、ヤマメ4.3倍、後期採卵群では順に7.1倍、4.2倍、5.0倍の成長差が見られた。また、サクラマスでは3.2倍の成長差があった。

2. 0年魚スモルトの出現について

0年魚スモルトの出現率の第1回目の調査は1985年5月13日に行なった。調査結果は第2表及び第4図に示した。

スモルトが確認されたのは、すべて高水温区であった。スモルトの出現率について見ると、前





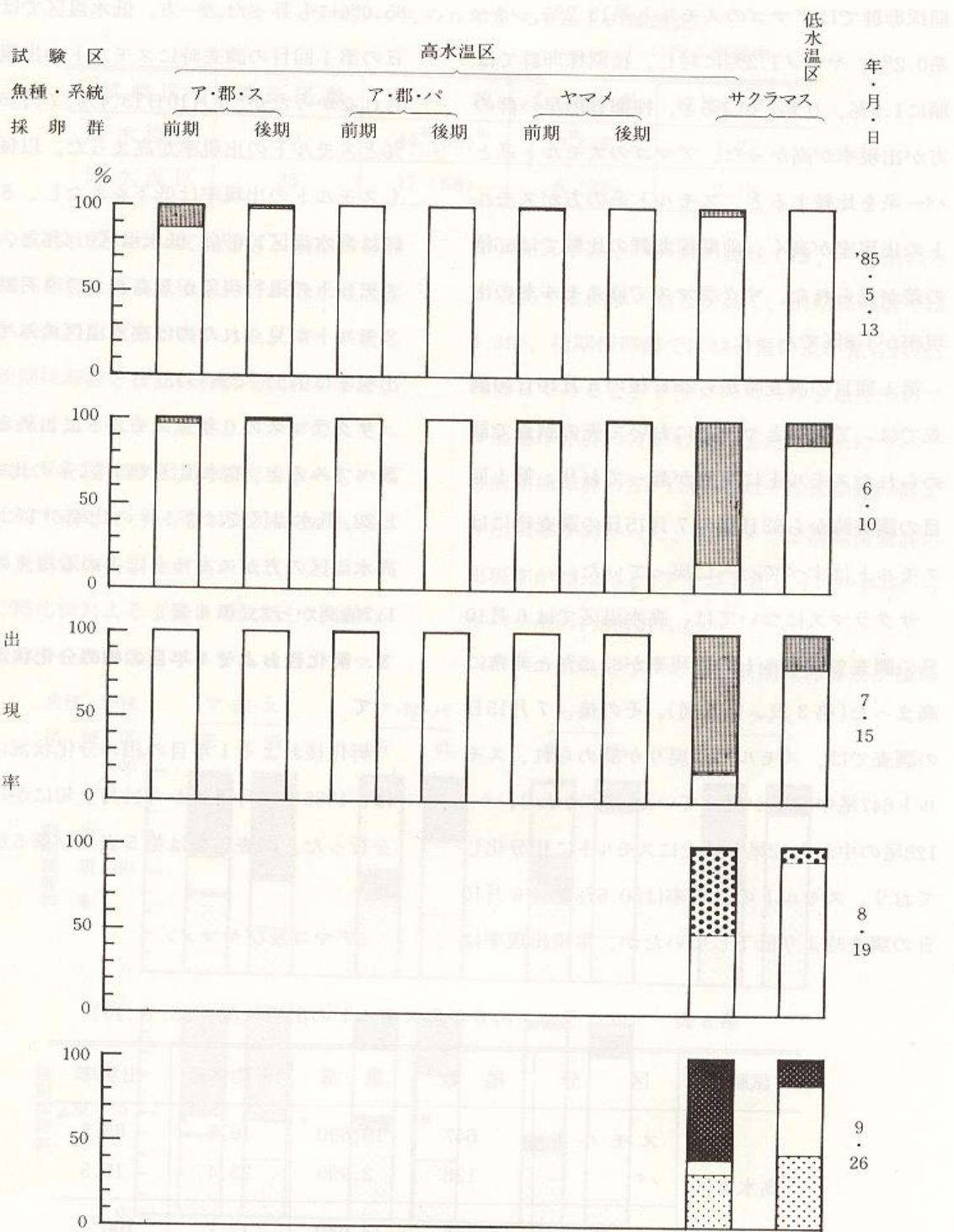
第3図 平均体重の推移

前期採卵群
 アマゴ・ヤマメ：10月15日採卵
 サクラマス：9月28日採卵
 後期採卵群：11月7日採卵

●—●：高水温区
 ○—○：低水温区

第2表 0年魚スモルトの出現状況 ('85.5.13)

採卵年月日	魚種	系統	試験区	区分	尾数	重量	平均体重	出現率	
'84 10.15	アマゴ	郡上系 スモルト系	高水温区	スモルト	112	2,670	23.8	13.2	
				バ一	734	10,950	14.9	86.8	
				計	846	13,620	16.1	100	
		低水温区		バ一			2.7	100	
	ヤマメ	郡上系 バ一系	高水温区	スモルト	2	65	32.5	0.2	
				バ一	855	10,570	12.4	99.8	
				計	857	10,635	12.4	100	
		低水温区		バ一			2.9	100	
11.7	アマゴ	東京都 多摩川産	高水温区	スモルト	11	260	23.6	1.2	
				バ一	890	9,770	11.0	98.8	
				計	901	10,030	11.1	100	
		低水温区		バ一			2.6	100	
	ヤマメ	郡上系 スモルト系	高水温区	スモルト	19	320	16.8	1.9	
				バ一	991	9,750	9.8	98.1	
				計	1,010	10,070	10.0	100	
		低水温区		バ一			1.4	100	
9.28	サクラマス	郡上系 バ一系	高水温区	スモルト	2	35	17.5	0.2	
				バ一	992	6,590	6.6	99.8	
				計	994	6,625	6.7	100	
		低水温区		バ一			1.3	100	
	サクラマス	北海道 千走川産	高水温区	スモルト	30	450	15.0	3.8	
				バ一	750	8,460	11.3	96.2	
				計	780	8,910	11.4	100	
		低水温区		バ一			3.6	100	



第4図 0年魚スモルトの出現状況

■:スモルト □:ペー ◉:退行型スモルト ■:〔退行型スモルト 錫化ペー〕 ◉:成熟雄魚

(ア:アマゴ 郡:郡上系 ス:スモルト系 バ:ペー系)
前期採卵群:10月15日採卵 後期採卵群:11月7日採卵)

期採卵群ではアマゴのスモルト系13.2%，バー系0.2%，ヤマメ1.2%に対し，後期採卵群では順に1.9%，0%，0.2%と，採卵日の早い群の方が出現率が高かった。アマゴのスモルト系とバー系を比較すると，スモルト系の方がスモルトの出現率が高く，前期採卵群の比較では66倍の差が見られた。サクラマスではスモルトの出現率が3.8%であった。

第1回目の調査時から28日後の6月10日の調査では，アマゴとヤマメにおいて先の調査で認められたスモルトに戻りが起っており，第1回目の調査時から63日後の7月15日の調査時にはスモルトはすべてバーに戻っていた。

サクラマスについては，高水温区では6月10日の調査でスモルトの出現率が83.5%と非常に高まった(第3表，第5図)。その後，7月15日の調査では，スモルトに戻りが認められ，スモルト647尾中33尾が戻っていた。そのかわり，バー128尾の中から12尾が新たにスモルトに相分化しており，スモルトの出現率は80.8%と，6月10日の調査時より低下していたが，累積出現率は

85.0%にも昇った。一方、低水温区では5月13日の第1回目の調査時にスモルトの出現は認められなかったが，6月10日13.4%，7月15日20.3%とスモルトの出現率が高まった。以後両区ともスモルトの出現率は低下をきたし，8月19日には高水温区1.6%，低水温区0.4%と，急激にスモルトの退行現象が見られた。9月26日にはスモルトが見られたのは高水温区のみで，その出現率は0.5%であった。

サクラマスの0年魚スモルトに占める性比を調べてみると，高水温区では♀：♂の比率が1：1.22，低水温区では♀：♂の比率が1：2.13と，高水温区の方がスモルトに占める雄魚の割合が1.7倍高かった(第4表)。

3. 孵化後およそ1年目の相の分化状況について

孵化後およそ1年目の相の分化状況については，1985年10月下旬から11月上旬にかけて調査を行った。調査結果は第5表及び第5図に示した。

〈アマゴ及びヤマメ〉

第3表 サクラマスの0年魚スモルトの出現状況 ('85.6.10)

試験区	区分	尾数	重量	平均体重	出現率
高水温区	スモルト	647尾	10,690g	16.5g	83.5%
	バー	128	2,990	23.4	16.5
	計	775	13,680	17.7	100
低水温区	スモルト	197	1,680	8.5	13.4
	バー	1,278	8,150	6.4	86.6
	計	1,475	9,830	6.7	100

第4表 サクラマスの0年魚スモルトの雌雄比

()内: 出現率

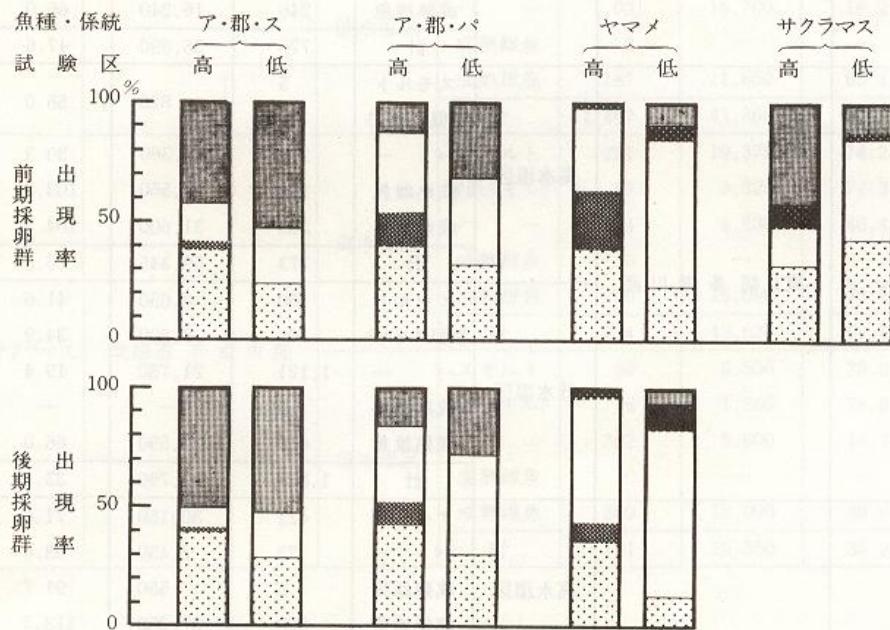
試験区	調査尾数	♀尾数	♂尾数	性比(♀/♂)
高水温区	80 尾	44尾(55)%	36尾(45)%	1.22
低水温区	25	17 (68)	8 (32)	2.13

雄魚の成熟状況について見ると、前期採卵群及び後期採卵群とも高水温区の方が低水温区よりも成熟雄魚の出現率が高かった。同一系統について前期採卵群と後期採卵群を比較すると、明らかな差は見られなかった。アマゴのスモルト系とバー系を同採卵日、同飼育用水のものについて比較すると、バー系の方がスモルト系よりも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、高水温区のみであった。アマゴ

のスモルト系とバー系の比較では、バー系の方が成熟する個体の割合が高く、前期採卵群では4.3倍、後期採卵群では13.1倍の差が見られた。採卵日でみると、アマゴのスモルト系については前期採卵群の方が4.4倍、またバー系についても前期採卵群の方が1.4倍それぞれ後期採卵群より出現率が高かった。ヤマメでは前期採卵群の出現率が23.2%と、アマゴで出現率の一番高かったバー系の1.8倍あった。

バーの出現については、前期採卵群及び後期



第5図 孵化後およそ1年目の相の分化状況('85年10月下旬~11月上旬)

[■] : スモルト [■] : 疑似スモルト [□] : バー [■] : 成熟雌魚 [■] : 成熟雄魚

(ア:アマゴ 郡:郡上系 ス:スモルト系 バ:バー系 高:高水温区 低:低水温区)
 前期採卵群 { アマゴ・ヤマメ:10月15日採卵 後期採卵群:11月7日採卵
 サクラマス : 9月28日採卵 }

第5表 孵化後およそ1年目の相の分化状況 ('85.10月下旬~11月上旬)

採卵年月日	魚種	系統	試験区	区分	尾数	重量	平均体重	出現率
'84 10.15	アマゴ	郡上系 スモルト系	高水温区	スモルト	279	23,160	83.0	42.7
				バ一	106	3,720	35.1	16.2
				成熟雌魚	20	2,200	110.0	3.1
				成熟雄魚	249	29,080	116.8	38.1
				計	654	58,160	88.9	100
			低水温区	スモルト	399	25,550	64.0	53.4
				バ一	170	3,520	20.7	22.8
				成熟雌魚	0	—	—	—
				成熟雄魚	178	12,530	70.4	23.8
				計	747	41,600	55.7	100
'84 11.7	アマゴ	郡上系 バ一系	高水温区	スモルト	92	6,850	74.5	12.7
				バ一	243	8,870	36.5	33.7
				成熟雌魚	95	10,080	106.1	13.2
				成熟雄魚	292	38,460	131.7	40.4
				計	722	64,260	89.0	100
			低水温区	スモルト	245	14,400	58.8	31.8
				バ一	279	6,050	21.7	36.2
				成熟雌魚	0	—	—	—
				成熟雄魚	246	16,240	66.0	32.0
				計	770	36,690	47.6	100
'84 11.7	ヤマメ	東京都多摩川産	高水温区	スモルト	5	825	55.0	0.6
				疑似スモルト	10		—	1.3
				バ一	276	8,360	30.3	35.7
				成熟雌魚	179	18,560	103.7	23.2
				成熟雄魚	303	31,600	104.3	39.2
				計	773	59,345	76.8	100
			低水温区	スモルト	160	6,650	41.6	8.9
				疑似スモルト	109	3,800	34.9	6.0
				バ一	1,121	21,750	19.4	62.0
				成熟雌魚	0	—	—	—
				成熟雄魚	418	27,590	66.0	23.1
				計	1,808	59,790	33.1	100
'84 11.7	アマゴ	郡上系 スモルト系	高水温区	スモルト	421	30,150	71.6	50.8
				バ一	73	2,450	33.6	8.8
				成熟雌魚	6	550	91.7	0.7
				成熟雄魚	329	37,280	113.3	39.7
				計	829	70,430	85.0	100
			低水温区	スモルト	297	17,700	59.6	52.8
				バ一	105	1,800	17.1	18.6
				成熟雌魚	0	—	—	—
				成熟雄魚	161	10,980	68.2	28.6
				計	563	30,480	54.1	100

採卵 年月日	魚種	系 統	試験区	区分	尾 数	重 量	平均体重	出現率
11.7	アマゴ	郡上系 パー系	高水温区	スモルト	93	5,200	55.9	16.1
				パ 一	186	4,550	24.5	32.2
				成熟雌魚	53	3,950	74.5	9.2
				成熟雄魚	246	23,640	96.1	42.5
				計	578	37,340	64.6	100
			低水温区	スモルト	232	13,450	58.0	28.2
				パ 一	343	6,250	18.2	41.7
				成熟雌魚	0	—	—	—
				成熟雄魚	248	14,760	59.5	30.1
				計	823	34,460	41.9	100
9.28	ヤマメ	東京都 多摩川産	高水温区	スモルト	5	} 1,550	48.4	0.7
				疑似スモルト	27		3.5	—
				パ 一	402	11,060	27.5	52.3
				成熟雌魚	59	6,010	101.9	7.7
				成熟雄魚	275	28,460	103.5	35.8
				計	768	47,080	61.3	100
			低水温区	スモルト	104	4,850	46.6	7.1
				疑似スモルト	145	5,900	40.7	9.9
				パ 一	1,031	18,760	18.2	70.3
				成熟雌魚	0	—	—	—
				成熟雄魚	187	11,850	63.4	12.7
				計	1,467	41,360	28.2	100
11.7	サクラマス	北海道 千走川産	高水温区	スモルト	261	19,375	74.2	41.8
				疑似スモルト	59	4,325	73.3	9.5
				パ 一	104	4,830	46.4	16.7
				成熟雌魚	0	—	—	—
				成熟雄魚	200	15,090	75.5	32.0
				計	624	43,620	69.9	100
			低水温区	スモルト	89	6,500	73.0	12.3
				疑似スモルト	16	1,260	78.8	2.2
				パ 一	307	5,600	18.2	42.6
				成熟雌魚	0	—	—	—
				成熟雄魚	309	12,000	38.8	42.9
				計	721	25,360	35.2	100

採卵群とも低水温区の方が高水温区よりも出現率が高かった。アマゴのスモルト系とバー系を同採卵日、同飼育用水のものについて比較すると、バー系の方がバーの出現率が高かった。

スモルト化については、9月に入ってから再び始まり、鱗にグアニンがしだいに沈着して銀白化が強まつた。孵化後およそ1年目の調査では、スモルトの出現はすべての区で見られ、スモルトの出現率は系統及び採卵日に関係なく、低水温区の方が高水温区よりも高かった。採卵日の違いによるスモルトの出現率は、高水温区では後期採卵群の方が、反対に低水温区では前期採卵群の方が出現率が高かった。アマゴのスモルト系とバー系では、前期採卵群及び後期採卵群とも飼育水温の高低に関係なくスモルト系の方が出現率が高かった。

〈サクラマス〉

アマゴ及びヤマメとは反対にスモルトの出現率は高水温区の方が低水温区よりも3.4倍高く、成熟雄魚の出現率は低水温区の方が高水温区よりも1.3倍高かった。成熟雌魚の出現については、アマゴ及びヤマメでは見られた高水温区でも見られず、魚種による差異が認められた。

再スモルト化については、アマゴ及びヤマメでは今回調査できず、サクラマスについてのみ調査を行つた。調査結果は第6表に示した。高水温区では、0年魚スモルトのうちその年の秋までに生残した529尾を調査したところ、261尾(49.3%)が再度スモルト化し、117尾(22.1%)が¹²⁾成熟雄魚に、残りは疑似スモルト59尾(11.2%)とバー92尾(17.4%)に分化した。また、バーのう

ち生残した95尾を調査したところ、83尾(87.4%)が成熟雄魚に分化し、残り12尾(12.6%)はバーのままであった。

低水温区では、0年魚スモルトのうちその年の秋までに生残した133尾を調査したところ81尾(60.9%)が再度スモルト化し、2尾(1.5%)が成熟雄魚に、残りは疑似スモルト15尾(11.3%)とバー35尾(26.3%)に分化した。また、バーのうち生残した588尾を調査したところ、8尾(1.4%)がスモルトに、1尾(0.2%)が疑似スモルトに分化し、大部分はバー272尾(46.2%)と成熟雄魚307尾(52.2%)になった。

考 案

1. 成長とスモルト化

池中飼育されているサクラマスでは系統によって0年魚スモルトの出現率は大きく異なり（小出系では40~80.1%，北海道系やその池産系では0~9.8%），またその出現時期は5月末~7月中旬と、出現時期、出現期間に年変動が見られる。^{13), 14), 15), 16), 17), 18)} 0年魚スモルトの出現率の変動については、稚魚期の初期成長と密接な関係があることが知られており、佐藤らは卵・稚仔魚期における飼育水温を高くして成長を早め、3月下旬以降に9℃の比較的低い水温で飼育した場合には、0年魚スモルトの出現率をかなり高めることができた（小出系では15~9℃区79%，12~9℃区82%，9~9℃区66%）。当場では0年魚スモルトの出現率は稚仔魚期の初期成長の良否によっ

第6表 サクラマスの再スモルト化状況 ('85.11.8)

試験区	0年魚の春期における相区分	区分	尾数	出現率
高水温区	スモルト	スモルト	261	49.3
		疑似スモルト	59	11.2
		パ 一	92	17.4
		成熟雄魚	117	22.1
		計	529	100
	パ 一	スモルト	0	0
		疑似スモルト	0	0
		パ 一	12	12.6
		成熟雄魚	83	87.4
		計	95	100
低水温区	合 計	スモルト	261	41.8
		疑似スモルト	59	9.5
		パ 一	104	16.7
		成熟雄魚	200	32.0
		計	624	100
	スモルト	スモルト	81	60.9
		疑似スモルト	15	11.3
		パ 一	35	26.3
		成熟雄魚	2	1.5
		計	133	100
	パ 一	スモルト	8	1.4
		疑似スモルト	1	0.2
		パ 一	272	46.2
		成熟雄魚	307	52.2
		計	588	100
	合 計	スモルト	89	12.3
		疑似スモルト	16	2.2
		パ 一	307	42.6
		成熟雄魚	309	42.9
		計	721	100

て異なり、従来0~47%であった(Pump-1の用水使用)が、本研究では低水温区の出現率が20.3%であったのに対し、高水温区では累積出現率が85%にも達した。^{4),10)}

アマゴとヤマメでは卵・稚仔魚期における飼育水温を高くして成長を早めると0年魚スモルトの出現が見られ、0年魚スモルトの出現率は成長の良い群の方が高い結果であった。出現率は前報にくらべて低く、特にヤマメでは大幅に低下した。¹⁰⁾前報と採卵日の近い前期採卵群について0年魚スモルトがはじめて確認された時の群の平均体重とスモルトの出現率について比較してみると、アマゴでは前報と系統が違うので一概には言えないが、体重は前報の方がアマゴのスモルト系では1.4倍、バー系では1.5倍、ヤマメでは2.3倍、サクラマス(低水温区)では1.2倍大きかった。一方スモルトの出現率はアマゴのスモルト系では1.2倍、バー系では8.5倍、ヤマメでは27倍前報の方が高く、本研究ではこのように成長が劣ったことが原因でスモルトの出現率の低下を招いたものと推察された。しかしサクラマスでは、前報より群の平均体重が小さかったにもかかわらずスモルトの出現率が2.4倍高く、スモルト化と成長は密接な関係にあるがかなり複雑であることを示唆しているように思われた。¹⁰⁾

2. 飼育水温とスモルト化

佐藤らは池産サクラマスを用いスモルト化への変態時における水温条件を検討したところ、終始15°C、あるいは3月上旬から15°Cで飼育すると、成長の割には0年魚スモルトの出現率が

低く、スモルト変態時に15°Cの高水温ではスモルト化の促進よりむしろ抑制が強く働いているように思われ、北海道池産系15~15°C区、小出系9~15°C区では出現率はかなり低かったが、他の試験区にくらべ約1カ月早い5月上旬にスモルトが出現し、スモルト出現時期の早期化が期待できると報告している。

本研究ではじめてスモルトが確認された時点までの飼育水温を比較すると、9月28日の受精卵の収容から5月2日の屋外池へ移収し、河川水で飼育するまでの飼育水温は、高水温区17.5~10.3°C(平均13.2°C)、低水温区15.0~4.4°C(平均8.9°C)であった。高水温区では5月13日にはじめてスモルトが確認され、5月2日から5月13日までの河川水の水温変化は14.8~10.4°C(平均12.3°C)、低水温区では6月10日の調査ではじめてスモルトが確認され、5月14日から6月10日までの河川水の水温変化は18.0~10.8°C(平均14.0°C)であった。

飼育水温は第2図に示したように一定ではなく変動があるのではっきりした比較はできないが、高水温区はスモルトの出現率から見ると佐藤らのいう15~9°C区の79%、12~9°C区の82%に近く、出現時期の早期化から見ると9~15°C区、15~15°C区に近く、これらの要件を合せ持ったような結果であった。

3. 成長とスモルトの出現時期

サクラマスにおいて高水温区ではじめてスモルトの出現が見られたのは5月13日の調査で、平均体重で比較すると、スモルトの方がバーよりも1.3倍大きく、低水温区と群の平均体重で比

較すると、高水温区の方が3.2倍大きかった。低水温区ではじめてスモルトの出現が見られたのは6月10日の調査で、スモルトはバーよりも1.3倍大きかった。両区ではじめて出現したスモルトの大きさを平均体重で比較すると、高水温区15.0g、低水温区8.5gで1.8倍の開きが見られ、飼育条件によりスモルト化サイズの異なることがうかがわれた。

出現時期の盛期は、高水温区では6月中旬であるのに対し低水温区では7月中旬と、成長促進によりスモルトの出現時期を約1ヵ月早期化することができた。

アマゴとヤマメでは、稚仔魚期の初期成長を早めることにより0年魚スモルトの出現率を高めることができたが、スモルト出現時期の早期化については、5月13日の第1回目の調査時がスモルト出現率のピークであり、以後スモルトの戻りが見られたことにより判然としなかった。サクラマスに見られた成長促進によるスモルト出現時期の早期化について検討するためには、もっと早い時期から屋外池へ移収してスモルトの出現状況を調査する必要がある。

しかし、サクラマスの降海時期は天然では1年魚の4～5月頃であり、0年魚スモルトを放流用種苗として利用しようとした場合、その出現時期をさらに1ヵ月以上早める必要がある。

²⁰⁾ 佐藤らは北海道池産系サクラマス(尻別川産)を用い水温、光条件による早期スモルト化を図る目的で水温(15°C, 12°C, 9°C)と光条件(18L 6D, 自然光周期模写, 6L 18D)を組み合わせた9区で試験を実施したところ、スモルト

の出現率は光条件、水温条件が影響し、北海道池産系では自然光周期模写区で5月を中心に0年魚スモルトが出現し、稚仔魚期の成長を早めた15-9°C区が89%と一番高かったこと(範囲9-89%)、また長日化がスモルトの出現時期を早めることを報告している。さらに千走川産(小出系)²¹⁾を用いた試験では、0年魚スモルトの出現率はすべての試験区で80%以上であり、尻別川産系とはかなり異っていたと報告している。

このように0年魚スモルトの出現時期を早めるためには、成長促進を図ったのち長日化処理を行うことで早期スモルトを効率よく作出できるものと考えられる。

4. 再スモルト化

アマゴのスモルトの出現と消失について当場の養魚池における観察では、0年魚スモルトの出現は5月上旬にはじまり、6月上旬にはスモルトの戻りが見られ、7月に入るとスモルトが全く見られなくなる。スモルト出現率の盛期は5月中～下旬頃と見られ、その出現期間は非常に短い。しかし、孵化後およそ1年目の秋から冬に出現するスモルトはその出現期間が非常に長く、9月に入ると鱗にグアニンがしだいに沈着して銀白化を強め、10月にはスモルトが見られるようになる。そして晩秋から初冬にかけてスモルト化のピークがおとずれ、スモルトの戻りは翌春の3月頃からはじまり、5～6月頃には完全にバーに戻る。

^{10), 11)} 本研究では前2報と同様、稚仔魚期の初期成長を早めると、アマゴでもサクラマスと同様にスモルトの出現について年2峰性を持つことが

観察され、アマゴとサクラマス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、反対にサクラマスでは春の方が高く、両種のスマルトの出現パターンが違っていた。

ヤマメでは、前報では0年魚スマルトがかなり高率に出現すると、その年の秋には再スマルト化が起らず、またバーからスマルトに相分化する個体が1尾も出現しなかったが、本研究では0年魚スマルトの出現率が1.2%と前報(出現率32.8%)にくらべて非常に低かったことによるのか、孵化後およそ1年目の秋期にスマルトの出現が見られ(出現率0.6%)、スマルトの出現に年2峰性を持つことが認められた。

再スマルト化については、池中継代飼育サクラマスでは、0年魚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。²²⁾

本研究ではアマゴ及びヤマメの再スマルト化は調査できなかつたので、前報の結果によると、アマゴでは0年魚スマルトの戻りはその年の秋に再度スマルト化する率が高く、残りは成熟雄魚、成熟雌魚、バーに相分化することが観察された。本研究で孵化後およそ1年目の秋期における高水温区のスマルトの出現率が低水温区にくらべて低くなつたのは、稚仔魚期の成長を早めて0年魚スマルトの出現を誘起させると、その戻りはかなり高い率で秋に再スマルト化するが、一部はバー、成熟雄魚、成熟雌魚に相分化するため、0年魚スマルトの出現が見られなかつた低水温区にくらべ孵化後およそ1年目の秋期に出現するスマルトの出現率を低下させるため

であろうと推察される。サクラマスでは秋に再びスマルトが出現したが、その出現率は0年魚スマルトの出現率より低率であった。これはアマゴとは違い、晩春にバーであった個体から秋にスマルト化する個体は非常に少なく(高水温区で0%，低水温区で1.4%)、孵化後およそ1年目の秋期に出現するスマルトの大部分は0年魚スマルトの戻りが再度スマルト化することにより出現したことから、0年魚スマルトの出現率の高い高水温区の方が低水温区よりも高くなる結果となつた。

このように、アマゴ、ヤマメ及びサクラマスのスマルト化には飼育条件(成長、水温、光周期等)及び系統が大きく関与しており、スマルトの出現時期、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明らかとなつた。

5. 成熟魚の出現

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。^{23), 24)} 雌魚では稚魚期に高い水温で飼育し、成長を早めると満1年で成熟するものが出現してくるが、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、成熟の若令化が起ることが知られている。^{10), 11)} 前報では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早めたところ、水温の低い用水で飼育した群では孵化後およそ1年目で成熟する雄魚の出現は見られなかつたのに対し、その出現率が高くなつたが、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つた。

本研究では孵化後およそ1年目における成熟雄魚の出現については、アマゴ及びヤマメでは稚仔魚期に水温の高い用水で飼育し成長を早めると、その出現率が水温の低い用水で飼育した群よりアマゴでは1.3~1.6倍、ヤマメでは1.7~2.8倍高くなつたが、サクラマスではこれらの魚種とは違つて、水温の低い用水で飼育した群の方が、水温の高い用水で飼育した群よりも1.3倍出現率が高くなつた。このようにサクラマスでは、稚仔魚期に水温の高い用水で飼育して成長を早め0年魚スモルトの出現率を高めると、その年の秋期に孵化後およそ1年目で成熟する雄魚の出現率を約10%低く抑えることができた。このことは、稚仔魚期に水温の高い用水で飼育した群では、孵化後およそ1年目で成熟する予定の雄魚をスモルト化させ、成熟雄魚の出現率を低下させるためであろうと推察させる。このことは0年魚スモルトの性比を見ても明らかで高水温区では♀：♂の比率が1：1.22であるのに対し低水温区では1：2.13と、スモルトに占める雄魚の割合がおよそ2倍高いことからもうかがえる。

成熟雌魚の出現については、サクラマスでは稚仔魚期に水温の高い用水で飼育し成長を早めてもアマゴやヤマメと違つてその出現は見られず、魚種による相違が推察された。

またアマゴのスモルト系とバー系では孵化後およそ1年目で成熟する雌雄魚の出現率がバー系の方が高く、系統による差異のあることが認められた。

このように、孵化後およそ1年目で成熟する雌雄魚の出現について、魚種、系統及び成長による差異のあることが明らかとなつた。

6. 残された課題

アマゴにおいてサツキマス(降海性アマゴ)資源の増大を図る目的で放流用種苗を降海時期である孵化後およそ1年目の秋期に大量に確保しようとした場合、稚仔魚期の成長を早めて0年魚スモルトの出現を誘起させると、その戻りはかなりの高率で再スモルト化するが、一部はバー、成熟雄魚、成熟雌魚に相分化するため、0年魚スモルトの出現が見られなかつた群にくらべて孵化後およそ1年目の秋期に出現するはずのスモルトの出現率を低下させることから、0年魚スモルトの出現を抑えることが必要である。さらにスモルトに占める雌雄比を調べてみると絶対的に雌の比率が高いことから、スモルトの出現率を高めるためには雄のスモルト化が絶対条件になる。そのため、スモルト化しやすい系群を選抜するとともに、スモルト化と成長は密接な関係があるので成長を促進する必要がある。しかし、成熟と成長もまた密接な関係にあることから、成長促進を図ると孵化後およそ1年目で成熟する雄魚の出現率を高めることにもなる。このため雄魚の出現を抑える必要がある。その方策として、孵化後およそ1年目で成熟する雄魚に相分化する時期とサイズを明らかにして、その時期までは成長を抑え、その後スモルト化サイズまで成長を促進させる方法によりスモルトの出現率をより高めることができるのでないかと考えられる。

えられる。

要 約

1. アマゴ、ヤマメ及びサクラマス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異なる用水で飼育した。
2. 水温の高い用水で飼育した各試験区の平均水温はアマゴとヤマメでは13.2°Cと12.3°C、サクラマスでは13.2°C、また水温の低い用水のそれはアマゴとヤマメでは8.7°Cと7.9°C、サクラマスでは8.9°Cであった。
3. サクラマスでは低水温で飼育した場合には0年魚スモルトの出現率が20.3%であったのに対し、高水温で飼育し稚仔魚期の初期成長を早めた場合は累積出現率が¹⁰⁾85%にも達し、スモルト化と成長は密接な関係にあることが明らかとなったが、低水温区では前報にくらべ小型であったにもかかわらず出現率が高くなつたことから、かなり複雑であるように思われた。
4. サクラマスでは稚仔魚期の初期成長を促進させることにより、0年魚スモルトの出現時期を約1ヶ月早めることができたが、アマゴとヤマメでは判然としなかった。
5. アマゴ、ヤマメ及びサクラマスではスモルトの出現について年2峰性を持つことが観察され、スモルト化には飼育条件（成長、水温、光周期等）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明らかとなった。

6. 孵化後およそ1年目の成熟雄魚の出現率は、アマゴ及びヤマメでは稚仔魚期に水温の高い用水で飼育し成長を早めると、水温の低い用水で飼育した群より高くなつたが、サクラマスではこれらの魚種と違って水温の低い用水で飼育した群の方が水温の高い用水で飼育した群よりも出現率が高くなつた。また成熟雌魚の出現は、サクラマスでは稚仔魚期に水温の高い用水で飼育し成長を早めてもアマゴ及びヤマメと違ってその出現は見られず、孵化後およそ1年目で成熟する雌雄魚の出現について魚種、系統及び成長による差異のあることが明らかとなった。

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 DICOFF, W. W., 1980; the Parr-Smolt Transformation (Smoltification) and Seawater Adaptation in Salmonids. A Review of Selected Literature. Aquaculture,21, 1~37.
- 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 39~54.
- 5) 本荘鉄夫, 1977; アマゴの増養殖に関する基礎研究、Ibid, No.22, 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, 81~90.
- 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(マリーンランチング計画)プログレス・レポート, 病害防除技術(1), 42~45.
- 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, No.28, 1~8.
- 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,
- No.28, 9~16.
- 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(1), Ibid, No.30, 13~20.
- 11) — — — —, 1987; Ditto—XXV, Ditto(2), Ibid, No.32, 1~12.
- 12) 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, No.28, 9~26.
- 13) 阿刀田光紹, 1974; 池中養殖サクラマスの生態に関する知見、I. 種苗の初期生残、性比、0年魚の分化及び親魚の卵数について、道立水産孵化場研報, 29, 97~112.
- 14) 新谷康二, 1982; 池中養殖サクラマスによる種卵生産事業の現況、魚と水, 20, 1~8.
- 15) 加藤楨一, 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), 1~12.
- 16) 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, No.39, 113~121.
- 17) 佐藤良三・福田善三・阿久津梅二, 1984; サクラマス0年魚におけるスモルトと戻り、Ibid, (4), 9~19.
- 18) — — — —, 1985; サクラマス0年魚スモルトにおける変動,

- Ibid, (5), 1~9.
- 19) ——, 1986; サクラマス 2 系統の飼育水温の違いによる 0 年魚のスモルト化, Ibid, (6), 65~72.
- 20) ——, 1986; サクラマス早期スモルト系群の選抜, 昭和61年度「マリーンランチング計画」サクラマス研究グループの研究打合せ会(現地検討会)資料.
- 21) ——, 1987; 好適系群の選抜育成, 昭和62 年度Ibid.
- 22) 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+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, No.40, 87~94.
- 23) 立川 互・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, No.21, 41~49.
- 24) 林 不二雄・大塚博正・高柳芳夫, 1969; ヤマメ増殖—I, 0 年魚の給餌量の差による成熟割合, 群水試報告, No.17, 73~77.
- 25) ——, 1968; ヤマメ増殖—II, 当才魚の採卵と採卵後の生残, Ibid, No.16, 72~78.
- 26) 箱島養鱈場, 1971; 種苗生産研究(ヤマメ増殖), Ibid, No.20, 33~34.