

アマゴのスマルトおよび早熟個体の出現時期および体型

藤岡 康弘

Size and Season of Smoltification and Precocious Sexual Maturation in Amago Salmon

Yasuhiro Fujioka

Size and season of smoltification and precocious sexual maturation were studied in captive amago salmon *Oncorhynchus rhodurus*. Amago salmon transformed from parr to smolt in underyearling October to December, and transformed back gradually to parr by yearling May. Precocious matured males and females appeared in underyearling autumn. The size range of smoltification was between 14 and 15 cm in early autumn but expanded between 12 and 18 cm in late autumn. The minimum size of smolt (12.5cm) was smaller than that of precocious mature females (13.1cm), but was greater than that of precocious mature male (9.9cm). The fish showed a unimodal length frequency distribution in underyearling autumn, and smolts and precocious mature specimens distributed in the large sized group. A bimodal length frequency distribution was seen in yearling autumn and upper modal group was mainly composed of the fish which smolted and precocious matured in the underyearling autumn.

サケ科魚類にみられるスマルト変態は、降海回遊に関連した形態・行動および生理的变化で、サケ科魚類の増養殖を実施するうえで考慮しなければならない重要な現象である。¹⁾ このためサクラマス *Oncorhynchus masou masou* の増養殖を強化する目的からスマルト化に関連した種々の項目が検討されたきた。アマゴ *Oncorhynchus rhodurus* においては、ふ化後満1年の秋から冬にかけてスマルトが出現し、強い降海性を示すことが報告されている。²⁾ また、降海したスマルトは急激な成長をすることから、アマゴスマルトの増殖が図られている。一方、河川における増殖用あるいは池中養殖用としてのアマゴは、パー型の個体が好まれる。これはパー型のアマゴが河川残留性を示し種苗放流による増殖効果がスマルトより高いこと、およびスマルトはパーマークが消失しアマゴらしさを欠き、かつ鱗が剥がれ易いことによるものと考えられる。

以上のように、アマゴの増養殖においてもスマルト

化は重要な形質の1つであるが、その詳細が充分明らかになっているとは言い難い。特に、スマルトとふ化後1年で成熟する早熟個体の出現サイズや時期について検討したものは見あたらないことから、本研究ではこれらの項目について池中飼育したアマゴを用いて調査を行った。

材料および方法

実験は、1983年10月25日に岐阜県由来のアマゴ(満2年魚)より採卵し $12 \pm 1^\circ\text{C}$ の湧水でふ化し飼育した幼魚(平均体重11.4g)500尾を用いて行った。実験魚は、1984年6月23日に屋外に置いた容積1.0トンの丸型FRP水槽に收容し、水温 $12 \pm 1^\circ\text{C}$ の湧水を毎秒400-700cc注水のもとで、ニジマス用配合飼料(日本農産工業)を日曜日を除く毎日、朝夕の2回ほぼ飽食するまで与えて飼育した。1985年6月4日にはコンクリート池(7.5×1.2×0.4m)に実験魚を移し同年9月4日

まで上記と同様にして飼育した。

実験魚は、ほぼ1ヶ月毎に全ての個体の標準体長と全体の平均体重を測定した。体色の銀白化と背鱗の濃黒色化を基準にスマルトの出現状況を調査し、スマルトと判別した個体は脂鱗を切って標識した。また、スマルトの特徴が消失した個体は左の腹鱗を切って識別した。さらに、ふ化後1年で成熟する早熟な雄は、排精状態となった個体の右腹鱗を切って標識し出現時期や体型を調査した。ふ化後1年で成熟する早熟な雌は、1984年11月30日に腹部を押さえ発達した卵巣を確認して判別した。

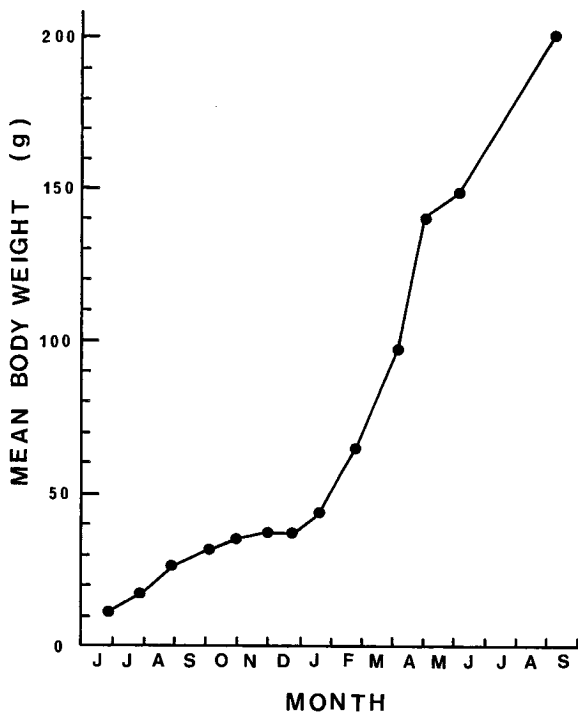


Fig. 1. Growth of amago salmon cultured in the pond. Solid circles represent the mean body weight.

結 果

スマルトおよび早熟個体の出現時期 6月に平均体重11.4 gで飼育を開始した実験魚は、同年10月には平均体重35gに成長した(Fig. 1)。10月から12月にかけて成長が停滞したものの翌年1月以降の成長は急激で、9月には平均体重は200gとなった。この間にスマルトを始めて確認したのは1984年10月4日(2尾)であった。11月30日までは新たに56尾がスマルト化しこの

時点でのスマルト総数は58尾に達した(Fig. 2)。12月にスマルト化した個体は3尾にとどまり、翌年1月以降にスマルト化した個体は1尾(2月27日から4月5日の間)であった(Fig. 3)。実験魚のスマルト出現総数62尾で全体の12.4%であった。一方、スマルトからパーへの退行が1984年12月から始まり、1月には最も多い16尾が、2月以降も毎月5尾以上が退行し、6月4日にはスマルトは全く認められなくなった。

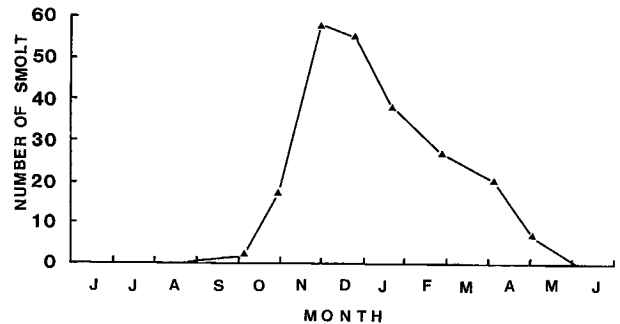


Fig. 2. Seasonal changes in appearance of smolts in amago salmon.

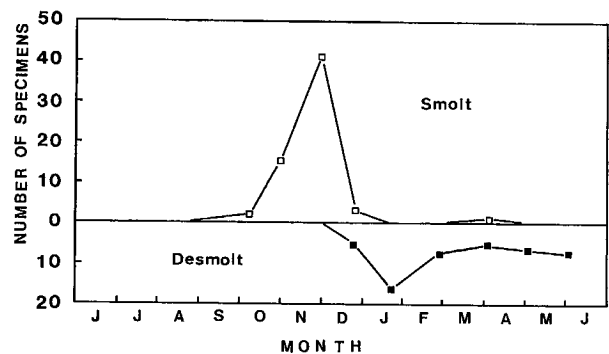


Fig. 3. Monthly changes in number of smolting and desmolting of amago salmon.

ふ化後満1年で成熟する早熟雄は、体色等の外観から8月頃から判別できたが、排精状態の個体は9月から翌年1月まで認められた(Fig. 4)。排精状態となった個体は10月上旬にはまだ一部の個体にとどまっていたが、10月31日の調査では全ての早熟雄が排精状態となり、その割合は35.8%に達した。しかし、11月下旬にその割合は急減し、翌年1月21日には5尾となり、2月にはまったく認められなかった。また、早熟雌は11月30日の調査で15尾が確認できた。

Table 1. Change in size and number of fish transformed from parr to smolt for each period.

Standard Length (cm)	Period	Aug. 29 ~Oct. 4	Oct. 5 ~Oct. 31	Nov. 1 ~Nov. 30	Dec. 1 ~Dec. 24	Feb. 27 ~Apr. 5
	11. 6-12. 0				1	
12. 1-12. 5				3		
12. 6-13. 0				1		
13. 1-13. 5			1	4		
13. 6-14. 0			1	5	1	
14. 1-14. 5	1		2	6	2	
14. 6-15. 0	1		4	7		
15. 1-15. 5			3	3		1
15. 6-16. 0			1	5		
16. 1-16. 5			2	3		
16. 6-17. 0			1	1		
17. 1-17. 5				1		
17. 6-18. 0				1		
18. 1-18. 5				1		
18. 6-19. 0						
Total		2	15	41	3	1

スモルトおよび早熟個体の体型 実験魚の0+6月から1+6月における標準体長の頻度分布の変化をFig. 5に示した。スモルトの体型は体長12.5cm以上で、その分布は大型個体に片寄って分布する傾向を示した。各測定日毎に新たにスモルト化した個体の体長区間毎の出現数の変化をTable1に示した。10月4日までにスモルト化したのは体長14cmの2個体であった。10月5日から31日までの間には13-17cmの範囲の個体が、さらに11月には体長12-18.5cmの個体がスモルト化した。スモルト化は体長14-15cmの個体を中心に起こり、その盛期には広い体型にまで及んだ。早熟雄の出現体型は体長9.9cm以上で、その体長分布はスモルト同様に大型の個体に片寄って認められた(Fig.5)。また、早熟雌15個体の11月30日における体長は13.1-16.4cmで、スモルトとほぼ同じ体長範囲であり、全体の体長分布における早熟雌の分布はスモルトや早熟雄同様に大型個体であった。11月30日において体長13cm以上の個体は全体の53.7%を占めたが、そのうちスモルトおよび早熟個体は76.4%であった。

スモルト化および早熟化がその後の成長に及ぼす影響を検討するため、ふ化後2年の9月における体長の頻度分布をFig. 6に示した。全体の体長分布は2峰型を示したが、大型群にはスモルトあるいは早熟個体であった魚が多く分布し、小型群は多くが未熟なパーであった個体で構成されていた。

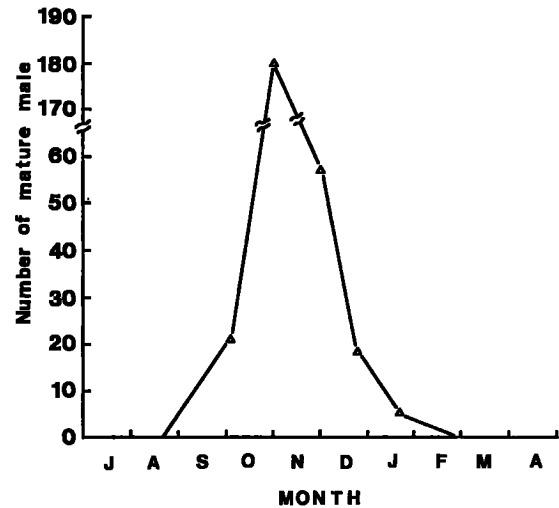


Fig. 4. Monthly changes in number of precocious matured males.

考 察

本実験において、アマゴのスモルト化は主に0+年の10月から11月の2ヶ月間に急激に起こり、12月以降にはほとんどスモルト化が進展しないことが明らかとなった。また、スモルトの退行現象はその直後の12月からすでに始まり1+年の5月まで徐々に進行した。加藤³⁾によれば、伊勢湾で捕獲された降海型のアマゴは12月から6月に認められたと報告している。また、長良川の中流域ではスモルト化が10月下旬から始まることを観察している。これらの結果は、今回の池中アマゴの調査結果とよく一致していた。降海型のアマゴ

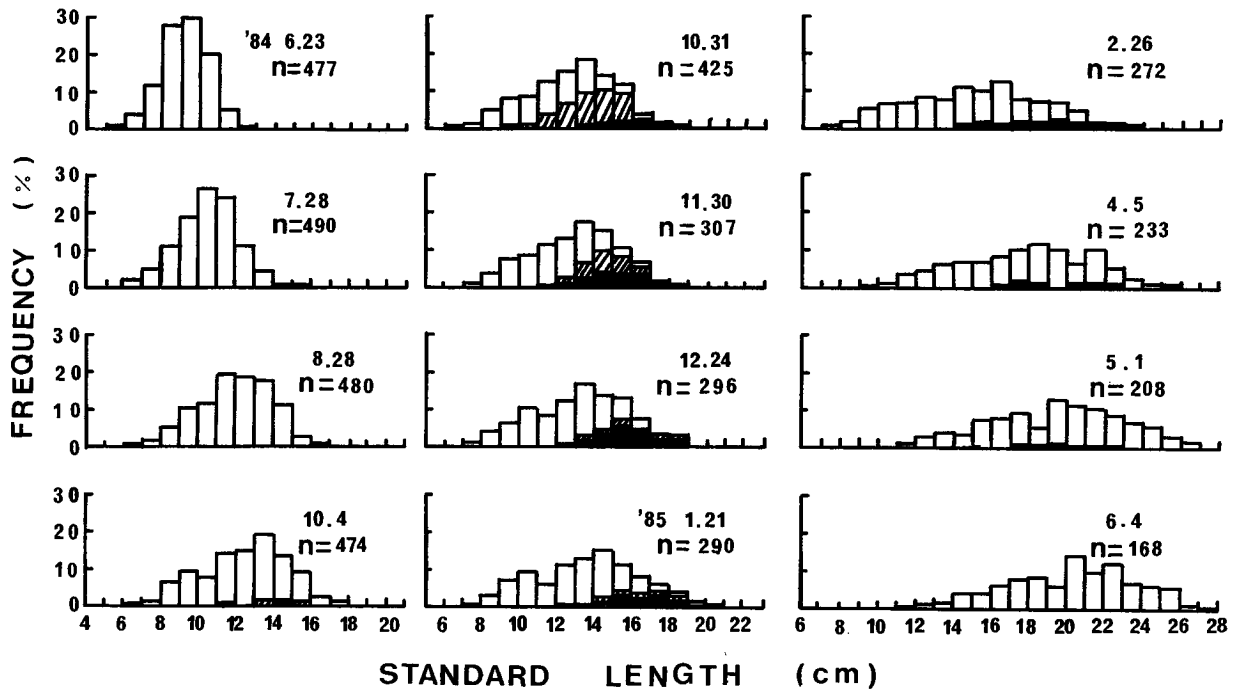


Fig. 5. Seasonal changes in standard length distributions of each phase in amago salmon.
 □: Parr, ▨: Precocious matured male. ■: smolt.

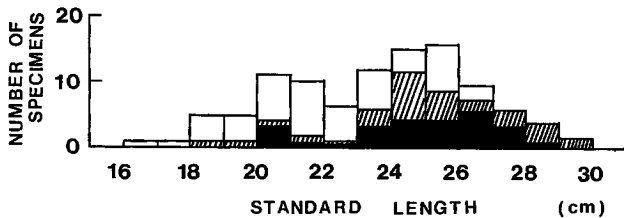


Fig. 6. Comparison of standard length distributions in yearling September among smolted specimens (▨), precocious matured males (■) and the others (□) in the previous autumn.

の河川への遡上は4-6月で5月が盛期であるとされている。今回の池中アマゴの場合、1+年の5月までスモルトが認められたことから時期的には一致していたが、スモルトからの退行はすでに12月から起こり、4月におけるスモルトの数は盛期の20%以下に減少していた。このようなスモルトからの退行が早期に起こりスモルトである期間が短い現象が池中アマゴに特有のものであるのか検討が必要である。また、河川中流

域でスモルト化途中で再び上流へ遡上するアマゴの存在が報告されているが、³⁾このような現象が今回の実験において明らかとなった早期に退行が起こりスモルト化期間の短い現象と共通するものか興味もたれる。また、アマゴのスモルトは高い海水適応能を示すことが知られているが、⁴⁾早期に退行したスモルトとスモルトの様相を長く保った個体との間の海水適応などの生理的な差異がどの程度であるのか明らかにする必要がある。

アマゴのスモルト化体型については体長12cm以上であることを藤岡⁵⁾がすでに報告しているが、今回の結果も体長12.5cmとほぼ一致していた。しかし、スモルト化の進行は体長12cm以上に達した個体から起こるのではなく、体長14-15cmの個体を中心に盛期には広範囲にわたってスモルト化が進行した (Table1)。このことはスモルト化の要因として体長12cm以上に達することが必要条件であっても十分条件ではないことを示している。アマゴの成長を早めると0+年の初夏にスモルトが出現することを著者は見ているが (藤岡、未発表)、この場合でも大型の個体が全てスモルト化するわけではなかったことから、各個体の遺伝的な要素と日長の変化等の季節的な条件が相互に一致したと

きスモルト化が起こるのではないかと考えられる。

早熟化は初期成長と密接に関連し、早熟個体の出現はスモルトの出現を抑制することがサクラマス⁶⁾で報告されている。また、新聞ら⁷⁾はアマゴにおいて春季における体型と早熟個体の出現率に強い相関のあることを見ている。今回の実験で成熟した早熟雄の最小サイズは体長9.9cmであった。この値はスモルトの最小体型より約2cm小さく、また早熟雌の13.1cmとは3cm以上の差があった。これらの結果は雄は雌より小型で成熟できること、および雄の成熟体型がスモルト化体型より小型であることを示している。今回の実験で早熟雄の出現率が全体の35.8%と高率であったことは、雄が小型で成熟できることがその原因であると考えられる。また逆に、早熟な雌の出現がわずかに15尾(3%)であったことは、雌の成熟体型がスモルト化の起こる体型より大きいためにスモルト化により雌の成熟が抑制されたのではないかと考えられた。新聞ら⁷⁾は高率で早熟雌の出現するアマゴの系群があることを報告している。これらの結果は早熟化やスモルト化が遺伝的な要素によっても支配されていることを示している。

以上のように、アマゴにおいてスモルトや早熟個体の出現時期と体型について検討を行った。今回の結果は成熟時のものであり、相分化の決定される発育初期についてスモルトや早熟個体の体型にどのような関係があるのか遺伝的な関係とも合わせてさらに検討する必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり有益な御助言をいただいた当時の滋賀県醒井養鱒場長の伏木省三博士と実験魚の飼育に協力していただいた中村信子氏に感謝します。

文 献

- 1) Folmar, L.C., and Dickhoff, W.W. (1980) : The parr-smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids. *Aquaculture* 21. 1-37.
- 2) 本荘鉄夫 (1977) : アマゴの増養殖に関する基礎的研究. 岐阜水試研報 22号. 1-103.
- 3) 加藤文男 (1973) : 伊勢湾へ降海するアマゴ (*Oncorhynchus rhodurus*) の生態について. 魚類学雑誌, 20(4). 225-234.
- 4) Fujioka, Y and Fushiki, S (1989) : Seasonal changes in hypoosmoregulatory ability of biwa salmon *Oncorhynchus rhodurus* and amago salmon *O. rhodurus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55 (11). 77-86.
- 5) 藤岡康弘 (1987) : ビワマスのパー・スモルト変態. 日水誌 53(2). 253-260.
- 6) 宇藤 均 (1981) : サクラマス *Oncorhynchus masou* Brevoort の生活史と生態分岐. 博士学位論文. 北海道大学. 函館. pp 1-288.
- 7) 新聞 子・香川浩彦・広瀬慶二 (1994) : 成長が早熟アマゴの出現率に及ぼす影響. 養殖研報23号. 55-63.

