

雌雄混合三倍体ヤマメの養殖特性

米沢純爾・長谷川敦子・斉藤修二・吉野典子*・渡辺裕之*

サケ科魚類における三倍体の飼育特性についてはニジマスやアマゴを対象とする研究が行われ、雄と雌で成熟状況が異なることや、二倍体と混合飼育した場合と分離飼育した場合とでは成長が異なることなどが報告されている¹⁻⁵⁾。一方、三倍体ヤマメについては飼育例が少なく、養殖特性については不明な点が多い。米沢ら⁶⁾は雌雄混合三倍体ヤマメを高率で作出するための条件を明らかにしたが、今後生産した種苗を養殖業に活用していくためには、三倍体ヤマメの飼育特性を明らかにしておく必要がある。

そこで三倍体と二倍体を混合飼育した場合および分離飼育した場合について両者の成長を比較した。また、成熟期における生殖腺熟度指数と血液性状を、三倍体と二倍体間および雌雄間で比較検討したので報告する。

材料と方法

実験 1 混合飼育における成長比較

供試魚 東京都西多摩郡奥多摩町大沢養魚場産親魚より採取した卵と精子を用い、1986年10月に高温処理法³⁾により作出した雌雄混合三倍体ヤマメと、同一親魚群から通常交配により作出した二倍体ヤマメを実験に供した。これら供試魚の倍数性は核小体数の計数により確認した⁷⁾。

飼育実験 飼育期間は1987年7月11日から翌年2月4日までの209日間で、この間を測定日に対応し8期に区分した。飼育開始時に二倍体50尾と、脂鰭切除による標識を施した三倍体50尾を同一水槽に収容した。飼育開始から10月22日までは屋内に設置した長さ60×幅35×水深25cmの塩ビ水槽を、それ以降は長さ3.1×幅2.0×水深0.6mの屋外コンクリート水槽を使用した。いずれも河川水のかけ流しによる注水を行ったが、飼育期間中の水温は7~17℃台であった。測定日とその前日を除く毎日、ライトリッツ給餌率

表⁸⁾の8割量の市販配合飼料を1日1回給餌した。2週ごとに給餌量を補正したが、魚体測定日の中間に補正を行う場合には、直近の成長率に基づき供試魚の重量を推定して補正した。

測定と検定方法 4週ごとに供試魚を取り上げ、個体別に体重を測定し、生残率、平均体重、および日間成長率⁹⁾を算出した（以下、本報では日間成長率をたんに成長率という）。なお、実験の都合で第3期のみ飼育期間を13日とした。平均体重の有意差検定にはStudentの t 検定あるいはWelchの t 検定を使用した。

実験 2 分離飼育による0+年魚の成長比較

供試魚 東京都水産試験場奥多摩分場産親魚から採取した卵と精子を用い、1987年10月に高温処理法により作出した雌雄混合三倍体ヤマメと、同じ親魚群から普通交配により作出した二倍体ヤマメを試験に供した。これら供試魚の倍数性は核小体数の計数により確認した。

飼育実験 飼育期間は1988年3月24日より11月1日までの223日間で、この間を測定日に対応して16期に区分した。成長率と飼料効率の有意差を検定するため、二倍体と三倍体をそれぞれ3水槽に収容し、計6水槽による分離飼育実験を行った。飼育には屋内に設置した長さ60×幅35×水深25cmの塩ビ水槽を使用し、二倍体と三倍体をともに1槽当たり200尾収容した。供試魚の成長に伴い収容密度が高くなったため、6月30日に供試魚を各水槽150尾に減らすとともに、長さ1.4×幅1.5×水深0.35mの屋外コンクリート水槽に移した。いずれも河川水のかけ流しによる注水を行い、実験期間中の水温は6~18℃台で推移した。

測定日を含む毎日、ライトリッツ給餌率表の8割量の市販配合飼料を給餌した。実験開始当初は規定量を1日5回に分け給餌したが、成長に伴って回数を減ら

* 日本大学農獣医学部

し、最終的な給餌回数は1日1回とした。給餌量は2週ごとに補正した。

測定と検定方法 2週ごとに魚を取り上げて水槽別に生残尾数と総重量を計測し、生残率、平均体重、成長率および補正飼料効率⁹⁾を算出した(以下、補正飼料効率を飼料効率と略記)。なお、実験の都合により最終第16期のみ飼育期間を13日とした。成長率と飼料効率について、三倍体と二倍体の差を実験1と同様の方法で検定した。

実験3 分離飼育による1+年魚の成長比較

供試魚 大沢養魚場産雌親魚と奥多摩分場産雄親魚より採取した卵と精子を用い、1985年11月に高温処理法により作出した三倍体ヤマメと、同じ親魚群から通常交配により作出した二倍体ヤマメを実験に供した。倍数性は染色体数あるいは赤血球の長径により確認した。

飼育実験と測定方法 飼育期間は1987年3月17日から10月22日までの220日間で、この間を測定日に対応して8期に区分した。飼育開始時に三倍体と二倍体をそれぞれ31尾、別水槽に収容した。飼育開始から5月27日までは長さ1.4×幅1.5×水深0.35mの屋外コンクリート水槽で、それ以降は長さ3.1×幅2.0×深さ0.6mの屋外コンクリート水槽で飼育を行った。水槽には河川水のかけ流しによる注水を行い、飼育期間中の水温は7～18℃台で推移した。

測定日とその前日を除く毎日、ライトリッツ給餌率表の8割量の市販配合飼料を1日1回給餌した。実験1と同様の方法で測定日およびその中間で給餌量の補正を行った。

測定と検定方法 3週間から1ヶ月間隔で魚を取り上げ、個体別に体重を測定して生残率、成長率および飼料効率を算出した。実験終了時には全個体について性別、標準体長(BL:cm)、および体重(BW:g)を測定し、雌雄別に平均体重と肥満度($BW/BL^3 \times 10^3$)を算出した。実験1と同様の方法で三倍体間および雌雄間の差を検定した。

実験4 成熟期の熟度指数、血液性状等の比較

供試魚 実験1と由来を同じくする三倍体と二倍体各100尾を1987年9月18日以降、ライトリッツ給餌率表の8割量を毎日1回給餌して分離飼育を行った。

これらの中から、1988年9月30日～10月15日に

三倍体の雄17尾と雌19尾、および二倍体の雄12尾と雌19尾を無作為に抽出し検体に供した。

測定と検定方法 体重(BW:g)、生殖腺重量(GW:g)、肝臓重量(HW:g)を個体別に計測し、生殖腺熟度指数($GSI=GW/BW \times 100$)と肝臓重量指数($HSI=HW/BW \times 100$)を算出した。また各個体から採血し、ヘマトクリット値(Ht値)、ヘモグロビン濃度(Hb濃度)および赤血球数(RBC)を計測した。ヘマトクリット値の測定にはマイクロヘマトクリット法を、ヘモグロビン濃度の計測にはヘモグロビンメーターを、赤血球数の計数にはトーマの血球算定盤を、それぞれ使用した。上記の測定値について三倍体と二倍体間、および雌雄間の差を実験1と同様の方法で検定した。

結 果

実験1 混合飼育における成長比較

実験期間中の通算生残率は三倍体が88%、二倍体が100%であった。平均体重と成長率の推移を図1、2に示した。平均体重は実験開始時から終了時まで、三

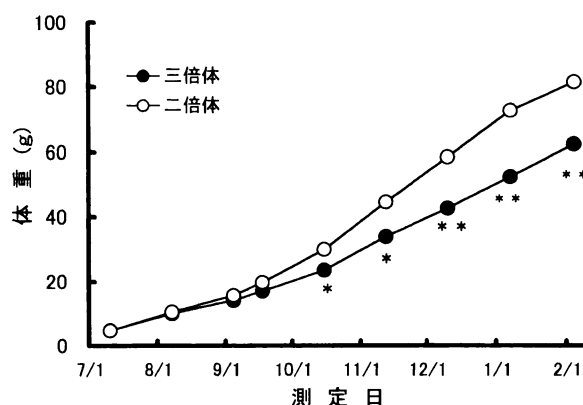


図1 混合飼育における平均体重の推移。三倍体と二倍体間に危険率1%水準で有意差がある場合は**を、5%水準で有意差がある場合には*を付した。

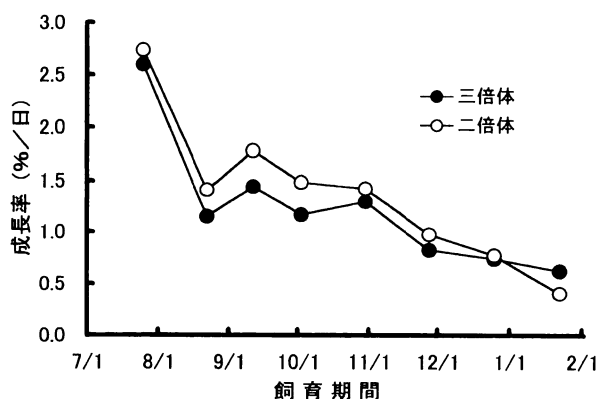


図2 混合飼育における日間成長率の推移。各期の成長率を飼育期間の中間日にプロットした。

倍体が4.9gから62.3gに、二倍体が4.9gから81.2gにそれぞれ増加した。実験開始時には両区の平均体重間に有意差はなかったが、10月以降、二倍体の値が三倍体を有意に上回った。成長率は三倍体、二倍体ともに実験開始時から終了時にかけて、時間の経過とともに低下する傾向がみられた。期別の成長率は三倍体が0.62～2.6%/日、二倍体が0.4～2.74%/日で、最終第8期を除き二倍体が三倍体を上回った。実験期間を通算した成長率は三倍体が1.2%/日、二倍体が1.34%/日であった。

実験2 分離飼育における0⁺年魚の成長比較

前期(3月24日～6月29日)における通算生存率の3水槽平均値は三倍体が98.0%、二倍体が98.8%であった。後期(6月30日～11月1日)における平均通算生存率は三倍体が92.4%、二倍体が93.8%であった。

平均体重の推移を図3に示した。平均体重は三倍体が前期に0.78gから16.5gに、後期は16.1gから81.7gに増重した。二倍体は前期に0.64gから13.6gに後期は13.9gから76.7gに増重した。試験開始時における

三倍体の体重が二倍体より重かったこともあり、試験期間中、終始三倍体の体重が二倍体を上回った。

成長率の三水槽平均値を図4に示した。三倍体、二倍体ともに4～5月に高い値を示し、その後は低下する傾向がみられた。期別にみると三倍体が二倍体を有意に上回ったのが3期で、逆に二倍体が三倍体を有意に上回ったのは2期であった。前期通算の成長率は三倍体、二倍体ともに3.12%、後期通算の成長率は三倍体が1.30%で、二倍体は1.32%であった。前期、後期とも三倍体と二倍体間に有意差はなかった。

飼料効率の三水槽平均値を図5に示した。成長率と同様4～5月に高い値を示し、その後は低下する傾向がみられた。期別の傾向も成長率と同様で、三倍体が二倍体を有意に上回ったのが3期に対し、二倍体が三倍体を有意に上回ったのが2期であった。前期における通算飼料効率は三倍体が122.0%、二倍体は120.0%、後期における通算飼料効率は三倍体が89.7%、二倍体が89.4%であった。前、後期とも三倍体と二倍体間に有意差はなかった。

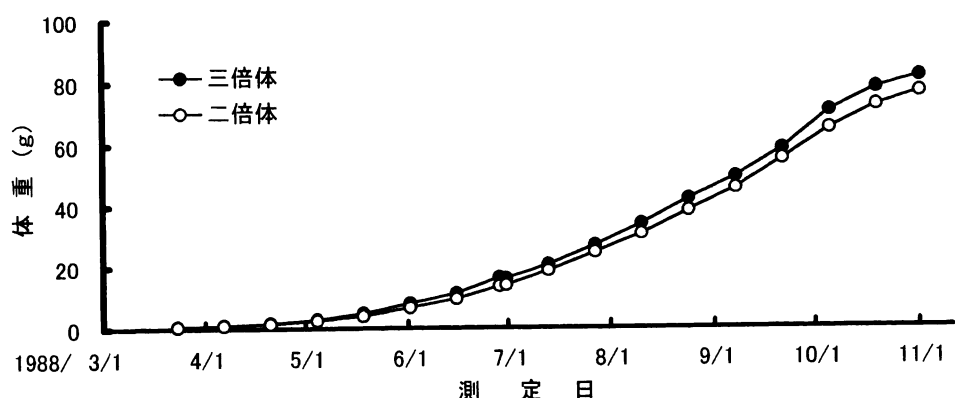


図3 0⁺年魚の分離飼育における平均体重の推移

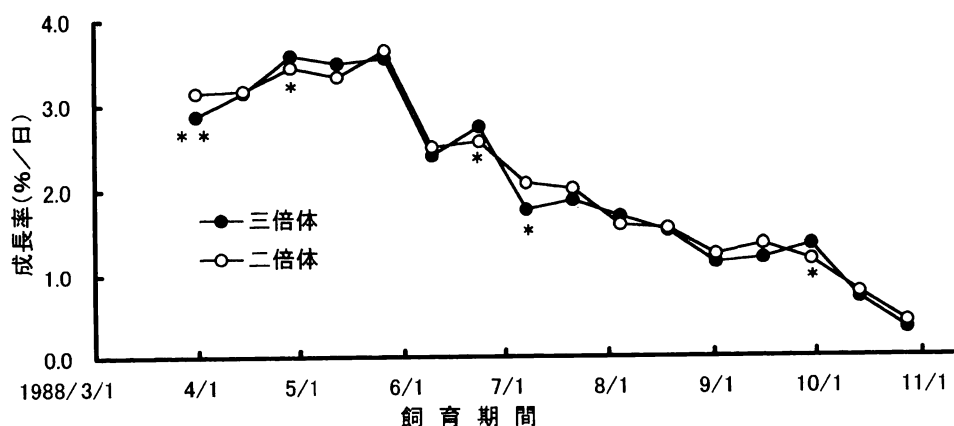


図4 0⁺年魚の分離飼育における日間成長率の推移。各期の中間日に成長率をプロットした。三倍体と二倍体に危険率1%水準で有意差がある場合は**, 5%水準で有意差がある場合は*を付した。

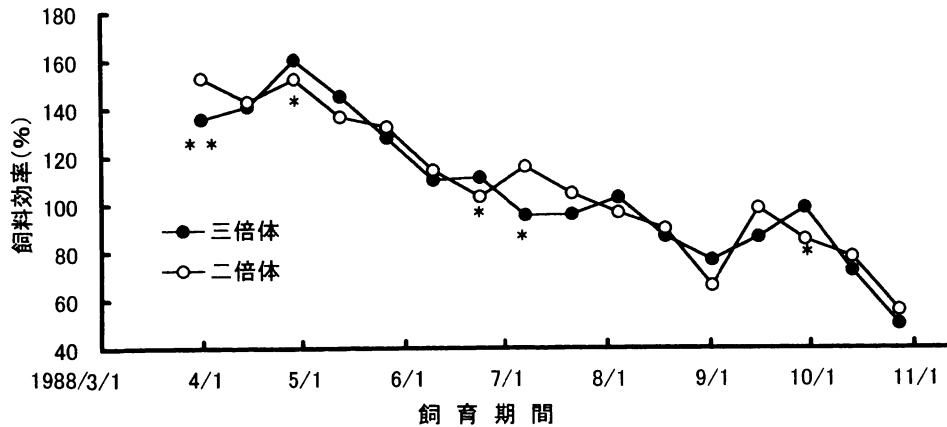


図5 0+年魚の分離飼育における飼料効率の推移。各期の中間日に飼料効率をプロットした。三倍体と二倍体間に危険率1%水準で有意差がある場合は**, 5%水準で有意差がある場合は*を付した。

実験3 分離飼育における1+年魚の成長比較

通算生存率は三倍体が90.3%, 二倍体は100%であった。平均体重の推移を図6に示した。実験期間中の平均体重は三倍体が104.0gから490.4gに, 二倍体は94.1gから506.7gに増加した。実験開始時の供試魚の体重は, 三倍体が二倍体を上回っており, 9月までは三倍体の平均体重が二倍体よりも大きかった。しかし両者は10月に入って逆転した。ただし, 全飼育期間

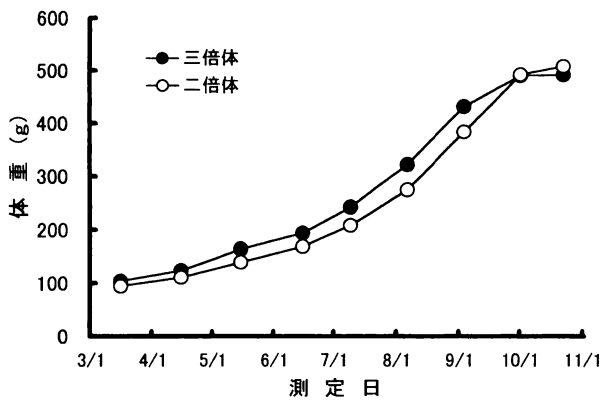


図6 1+年魚の分離飼育における平均体重の推移

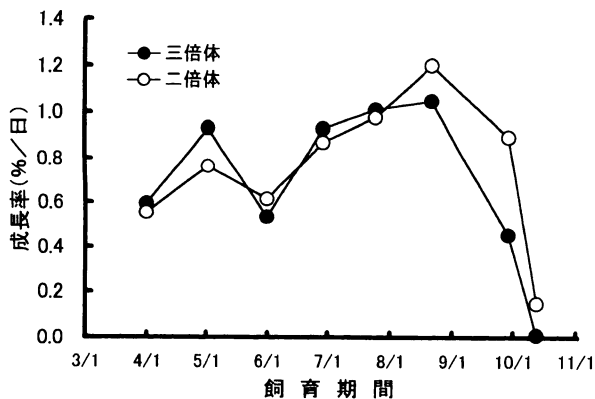


図7 1+年魚の分離飼育における日間成長率の推移。各期の成長率を飼育期間の中間日にプロットした。

を通じて三倍体と二倍体の平均体重間に有意差は検出できなかった。

成長率の推移を図7に示した。期別の日間成長率は三倍体が0.01~1.05%/日, 二倍体が0.15~1.20%/日で, 異常渇水に伴う細菌性鰓病の発症により5月から6月にかけて値が大きく低下した。この発症期間を除くと, 成長率はおおむね7月までは三倍体が二倍体より高く, 8月以降に逆転する傾向がみられた。実験期間を通算した成長率は三倍体が0.71%/日, 二倍体は0.77%/日であった。

飼料効率の推移を図8に示した。期別の飼料効率は三倍体が3.2~92.1%, 二倍体が24.2~97.6%であった。飼料効率は成長率とほぼ同様の傾向を示し, 概ね7月までは三倍体が二倍体より高く, 8月以降は二倍体が三倍体を上回った。実験期間を通算した飼料効率は三倍体が68.3%, 二倍体が76.2%であった。

飼育実験終了時における三倍体と二倍体の外部形態および生殖腺の発達状況を図9に, 体重と肥満度の測

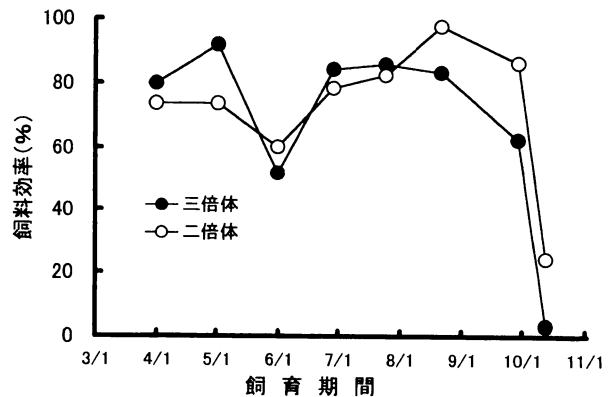


図8 1+年魚の分離飼育における飼料効率の推移。各期の飼料効率を飼育期間の中間日にプロットした。

定結果を表1に示した。三倍体の雄には体色黒化や吻部伸長などの二次性徴がみられ、外見は二倍体雄と同様であった。生殖腺は二倍体に比べ小さく、精液を搾出することはできなかった。三倍体の雌は体表が銀白色を呈し、斑紋が不明瞭で、生殖腺はほとんど発達せずに糸状であった。実験終了時の雌雄別の平均体重は、三倍体で雄が526.9g、雌が280.9g、二倍体では雄が574.6g、雌が442.2gであった。三倍体内の雌雄間、および二倍体内の雌雄間の比較では、いずれも雄の値が雌を有意に上回った。雌間の比較では二倍体の値が三倍体を有意に上回ったが、雄間では有意差は検出されなかった。

肥満度の平均値は三倍体で雄が17.10、雌が17.15、二倍体で雄が18.04、雌が18.62であった。三倍体内の雌雄間、および二倍体内の雌雄間に有意差はなかったが、雄間、および雌間の比較ではいずれも二倍体の値が三倍体を有意に上回った。

実験4 熟度指数、血液性状等の比較

生殖腺、肝臓、血液性状等の計測結果を表2に示した。GSI値の平均値は三倍体で雄が0.68%、雌が0.07%、二倍体では雄が1.90%、雌が27.19%であった。三倍体の雌は生殖腺がほとんど発達せず、雄のGSI値に比べ有意に低い値を示した。三倍体の雄は二倍体の雄に比べ有意に低い値を示したものの、帯状の生殖腺が形成されている個体が多かった。

HSI値の平均値は三倍体で雄が1.68%、雌は1.21%、二倍体では雄が1.57%、雌は1.33%であった。三倍体で雄の値が雌よりも有意に高かった。RBCの平均値は三倍体で雄が 84.15×10^4 個/mm³、雌は 76.58×10^4 個/mm³、二倍体では雄が 120.78×10^4 個/mm³、雌が 106.22×10^4 個/mm³であった。三倍体雄の赤血球数は二倍体雄の70%、三倍体雌の赤血球数は二倍体雌の72%であった。雌雄ともに三倍体の値は二倍体に比べて有意に少なかった。二倍体内の比較では雄の値が雌より有意に高かった。ヘモグロビン濃度の平均値は三倍体で雄が10.75g/dl、雌は8.80g/dl、二倍体では雄が10.02g/dl、雌が8.22g/dlであった。三倍体、二倍体とも雄が雌より有意に高い値を示した。ヘマトクリット値は三倍体で雄が45.03%、雌が38.24%、二倍体では雄が42.98%、雌は36.16%であった。三倍体、二倍体とも雄が雌よりも有意に高い値を示した。

考 察

実験1の結果から、ヤマメの0+~1+年魚（ふ化後7~14ヶ月）を混合飼育した場合に、三倍体の成長は二倍体に劣ることがわかった。沢田²⁾はニジマスの三倍体と二倍体を混合飼育した場合、二倍体に比べ三倍体の成長が劣ると述べ、その原因として摂餌をめぐる競合関係を示唆している。小林⁴⁾は給餌率を3段階に設定したニジマス三倍体と二倍体の混合飼育実験を行い、

表1 1+年魚における雌雄別の体重と肥満度

項目	三倍体		二倍体		検定結果			
	雄 (a)	雌 (b)	雄 (a)	雌 (d)	ab 間	cd 間	ac 間	bd 間
測定数 (尾)	17	11	16	14				
体 重 (g)	625.9±31.2	280.9±32.6	574.6±18.8	442.2±35.7	a>b**	c>d**	—	d>b**
肥満度	17.10±0.32	17.15±0.25	18.04±0.30	18.62±0.31	—	—	c>a*	d>b**

表中の数値は測定数を除き平均値±標準誤差で示した。検定結果欄のa~dは、魚種区分欄のa~dに対応。

**は危険率1%水準で、*は5%水準で有意を示す。—は5%水準で有意差がないことを示す。

表2 1+年魚における雌雄別の熟度指数、肝臓重量比および血液性状

項目	三倍体		二倍体		検定結果			
	雄 (a)	雌 (b)	雄 (a)	雌 (d)	ab 間	cd 間	ac 間	bd 間
測定数 (尾)	17	19	12	19				
G I S (%)	0.68±0.07	0.07±0.03	1.90±0.13	27.19±1.99	a>b**	d>c**	c>a**	d>b**
H S I (%)	1.68±0.08	1.21±0.08	1.57±0.06	1.33±0.14	a>b**	—	—	—
RBC (×10 ⁴ /mm ³)	84.15±3.81	76.58±2.32	120.78±3.70	106.22±2.94	—	c>d**	c>a**	d>b**
Hb 濃度 (g/dl)	10.75±0.31	8.80±0.29	10.02±0.33	8.22±0.26	a>b**	c>d**	—	—
H t 値 (%)	45.03±1.81	38.24±0.89	42.98±1.15	36.16±1.27	a>b*	c>d**	—	—

表中の数値と記号の意味は表1に同じ。



図 9 産卵期におけるヤマメ 1+ 年魚の外部形態と生殖線

給餌量が少ないほど三倍体と二倍体の成長差が拡大することを示した。そしてこの現象は、三倍体が二倍体との摂餌をめぐる競合に敗れる結果であると結論づけている。

今回の混合飼育実験においても、三倍体ヤマメの成長が二倍体に比べ明らかに劣り、上記のニジマスと同様の結果となった。従ってヤマメにおいても、摂餌をめぐる競合において、三倍体が二倍体に対し劣位にあるものと考えられる。

実験2の結果から、0⁺年魚（ふ化後4～12ヶ月）のヤマメを分離飼育した場合には三倍体と二倍体間には成長差がないと考えられた。

実験3の結果から、1⁺年魚（ふ化後15～22ヶ月）を分離飼育した場合、体重に有意差はみられなかったものの、成長率と飼料効率の推移から、3～7月は二倍体に比べて三倍体がやや良好な成長を示し、8～10月は逆に二倍体の成長が優ると考えられる。産卵期に行った雌雄別の魚体測定結果から、8月以降における成長率の逆転は、二倍体が雌雄ともに生殖腺が発達し体重が増加したのに対し、三倍体は生殖腺が発達せず体重の増加が少なかったためと考えられる。

ヤマメの分離飼育実験において、0⁺年魚では三倍体と二倍体間に成長差がなかった。これに対して、1⁺年魚の3月から7月の期間は三倍体が二倍体に比べてやや良好な成長を示し、8月から10月にかけては両者は逆転した。沢田²⁾と小林⁴⁾はニジマスの分離飼育では二倍体より三倍体の成長が良いと述べており、今回のヤマメとは異なる結果を報告している。これは二倍体ヤマメとは異なる結果を報告している。これは二倍体ヤマメが0⁺年魚で雄が、1⁺年魚では雌雄ともに成熟し、生殖腺の発達に伴って体重が増加することと関係していると思われる。なお、1⁺年魚の産卵期に三倍体内の雌雄間と二倍体内の雌雄間で体重に有意差がみられたが、分離飼育においても雌雄間に餌をめぐる競合が生じている可能性がある。上述の混合飼育と分離飼育の結果から、三倍体ヤマメを養殖する際には二倍体とは分離して飼育することが望ましいと考える。

池田ら¹⁰⁾によると、赤血球数、ヘマトクリット値、およびヘモグロビン量の各値が多い魚は活発に遊泳する魚が多いという。今回の実験結果から三倍体ヤマメの赤血球数は二倍体の約70%程度しかなく、また三

倍体、二倍体とも赤血球数、ヘマトクリット値、およびヘモグロビン量の各値は、雌より雄が多いことがわかった。従って、混合飼育における三倍体と二倍体の成長差や、分離飼育における雌雄間の成長差に、血液性状の違いが反映されている可能性もある。

ニジマス¹⁴⁾やアマゴ⁵⁾では三倍体の雄が不完全な成熟をし、精液を搾出できる個体も出現することが報告されている。今回の実験で三倍体ヤマメ1⁺年魚の雄についても全て二次性徴を示し不完全な成熟をすることがわかった。一方、三倍体ヤマメ1⁺年魚の雌は産卵期に卵巣がほとんど発達せず不妊化することが確認された。従って、三倍体技術を活用し長寿大型ヤマメを養成していくには、今後、全雌三倍体の生産技術を開発していくことが望まれる。

文 献

- 1) 岡田鳳二 (1985) ニジマスの人為性統御に関する研究. 北海道立水産孵化場研報, (40): 1-49.
- 2) 沢田守伸・石島久男・糟谷浩一・野沢貢 (1989) 三倍体ニジマスの作出とその特性. 栃木水試研報, (10): 1-12.
- 3) 小林徹 (1992) 長期混合飼育下での人為三倍体ニジマスの成長, 生残および生殖周期. 水産増殖, 40 (1): 57-70.
- 4) 小林徹・伏木省三 (1997) ニジマスの三倍体と二倍体の摂餌競合と, その競合が三倍体の成長に及ぼす影響. 水産増殖, 45 (1): 87-96.
- 5) 白田博 (1986) 染色体操作による有用魚種の品質改善研究—I, 温度処理による3倍体アマゴの作出と飼育. 岐阜水試研報, (31): 15-19.
- 6) 米沢純爾・長谷川敦子・吉野典子 (2000) 高温処理による雌雄混合三倍体ヤマメの作出. 東京水試調査研報, (212): 21-25.
- 7) Phillips, R. B., K. D. Zajicek, P. E. Ihssen, and O. Johnson (1986) Application of silver staining to the identification of triploid fish cells. *Aquaculture*, 54: 313-319.
- 8) 野村稔 (1982) 淡水養殖技術, 新水産学全集, 16. 厚生社厚生閣, 東京: 359p.
- 9) 全国湖沼河川養殖技術研究会養鱒部会編 (1976) 養鱒の研究. 緑書房, 東京: 97-99.
- 10) 池田弥生・尾崎久雄・瀬崎啓次郎 (1986) 魚類血液図鑑. 緑書房, 東京: 289-291.