

# ヤマメの三倍体について

## II. 産卵期の一般体成分

高島 葉二・野内 孝則\*<sup>1</sup>・高木 英夫\*<sup>2</sup>・星野 悟\*<sup>2</sup>  
山口 安男・佐藤 陽一・位田 俊臣\*<sup>3</sup>

### はじめに

本県の北部山間地域で養殖されるヤマメは、主として100g前後のものが商品サイズとして流通している。しかし商品サイズ以下のものでも雄の場合には産卵期になると成熟に伴う黒色化等によりいわゆる“ブナ毛”の状態になるものがあり、そのことが商品価値を下げる原因になっている。そこで養殖漁家では、電照によって成熟を抑制したり、商品サイズに達しても出荷しない場合には魚を冷凍してブナ毛になることを防ぐなどの手段を講じて商品価値の維持に努めている。ところが、このような手法を採用することによるコスト高や、活魚を冷凍品にしてしまうことによって商品価値の低下を招くという問題が生じている。養殖魚のなかに成熟雄魚が含まれていなければ、これらの成熟によって生ずる生産性の低下を改善できるとともに、外観上好ましい体色の商品だけを揃えることができるので養殖経営上の利点になるとと思われる。

一方、第二極体放出阻害による三倍体化技術はニジマス等で実用化されつつあり、三倍体の雄は成熟するが雌は成熟せずに産卵期に脂が乗った味の良い魚ができると言われている<sup>1) 2) 3)</sup>。

本研究ではヤマメを三倍体化することによってニジマスと同様に成熟の抑制や品質を改善することが可能かどうかを明らかにするために、ヤマメの三倍体について満1年目、2年目の産卵期における成熟状態を調べるとともに2年魚については産卵期に一般体成分を分析した。また通常養殖されているヤマメは2年目の成熟後にはほとんどすべてが斃死するので、三倍体魚の産卵期以降の生残状況についても調べた。

### 材料と方法

#### 1. 供試魚およびその飼育条件

本研究に用いたヤマメは1985年10月および1986年11月に人工受精によって三倍体化処理をしたものである。三倍体の誘起には、前報<sup>4)</sup>に述べた方法と同様、受精後第二極体の放出を阻害するために温度処理を施した。

1985年産のものは里美養魚場で常法により卵管理した後、浮上稚魚を本場に輸送して500ℓ

\*1 現霞ヶ浦北浦水産事務所

\*2 現茨城県水産試験場

\*3 現漁政課

のFRP水槽2槽で配合飼料を給餌して水温16~19℃の地下水により飼育した。1986年10月に2群2水槽に分けたうち1水槽分の全個体44尾について、同年12月に他方の1水槽分の全個体45尾について体長、体重の測定を行った。その後両者を7.5㎡コンクリート池1面で飼育した。満2年目の1986年10月に25尾の体長・体重・生殖腺重量を測定した。

1986年産のものは1年間里美養魚場で飼育し、その後本場に輸送して4㎡あるいは15㎡コンクリート池で地下水によりさらに1年間飼育した。1988年11月に27尾について体長、体重、生殖腺重量を調べた後、3枚に卸し魚肉部分の重量を測定して魚肉歩留まりを算出した。一般体成分の分析試料には、この3枚に卸した魚肉の部分を一20℃で凍結保存したものを用いた。さらに25尾を継続して飼育し、産卵期後の三倍体、二倍体の生残状況を調べた。

三倍体・二倍体の判別は、赤血球の長径により前報<sup>1)</sup>に準じて行った。血液の塗抹標本は、鯉あるいは尾部静脈から採血して作成した。二倍体魚と三倍体魚の成熟、体成分等を比較するために、いずれの飼育群においても三倍体化処理を施さない同腹子を同時に飼育した。

## 2. 魚体の成分分析法

凍結保存した魚体の半身について水分、タンパク質、脂質、灰分、エネルギーを調べた。また他方の半身については水分と脂質含量の部位による差異を明らかにするために図1に示すように背部、腹部、尾部の三部位に分けて分析した。分析は下記の方法により行った。

水分：80℃送風乾燥により恒量に達するまで行った。

タンパク質\*：ケルダールほう酸吸収法。

脂質\*：ソックスレー・エーテル抽出法。

灰分\*：580℃2時間加熱灰化。

エネルギー\*：ボンブカロリーメーター（YM熱研式デジタル熱量計）。

\*タンパク質、脂質、灰分、エネルギーは水分を測定した後の試料を用い、湿重量に換算した。

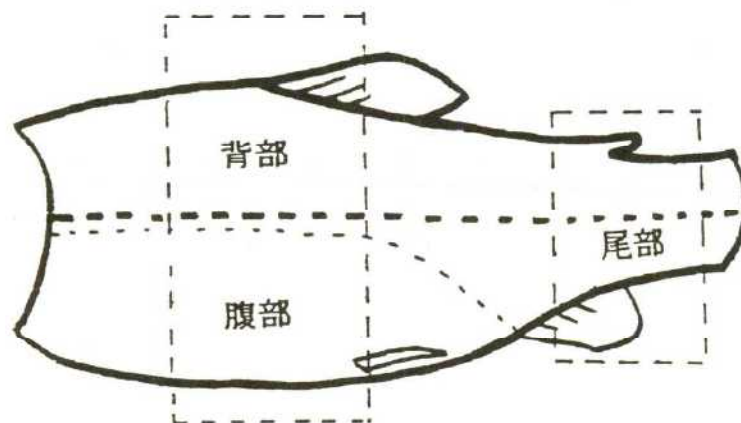


図1. 部位別魚体分析に供した位置

## 結 果

### 1. 1985年産1年魚の体長・体重について

赤血球の長径により判別した三倍体と二倍体に区分して、魚体計測結果を測定日ごとに表1、表2および図2に示した。10月測定分および12月測定分のいずれにおいても二倍体のほうが三倍体にくらべて全長、体長、体重、肥満度の平均値が大きかった。しかし、三倍体の尾数の多い12月測定分においては10月測定のものより二倍体と三倍体との差は小さかった。また供試魚のなかには顎の先端部が内側に湾曲していわゆる“鼻まがり”の状態になるものあるいは排精しているものがあったが、このような現象は二倍体魚、三倍体魚のいずれにも共通してみられた。なお、血球径による二倍体・三倍体の判別にあたって、血球が異形となる標本の不良のため標本個体によっては二倍体・三倍体の判別ができないものがあった。これは塗沫標本作成上、技術的に留意しなければならない課題である。

表1. ヤマメの1年魚における体計測結果（1986年10月測定）

	全長 cm	体長 cm	体重 g	肥満度*	測定尾数
二倍体	15.1 ± 3.0	12.8 ± 2.7	41.2 ± 31.9	16.9 ± 1.4	21
三倍体	14.0 ± 2.2	11.7 ± 2.0	27.4 ± 12.0	15.7 ± 0.9	19
総平均	14.4 ± 2.7	12.1 ± 2.4	33.6 ± 24.9	16.3 ± 1.3	44

\* 体重 / 体長<sup>3</sup> × 1,000

表2. ヤマメの1年魚における体計測結果（1986年12月測定）

	全長 cm	体長 cm	体重 g	肥満度*	測定尾数
二倍体	14.7 ± 2.4	12.4 ± 2.1	35.2 ± 17.0	16.8 ± 1.6	13
三倍体	14.6 ± 2.4	12.2 ± 2.2	32.1 ± 13.7	16.1 ± 1.3	19
総平均	15.1 ± 2.5	12.1 ± 2.3	37.1 ± 18.9	16.4 ± 1.4	45

\* 体重 / 体長<sup>3</sup> × 1,000



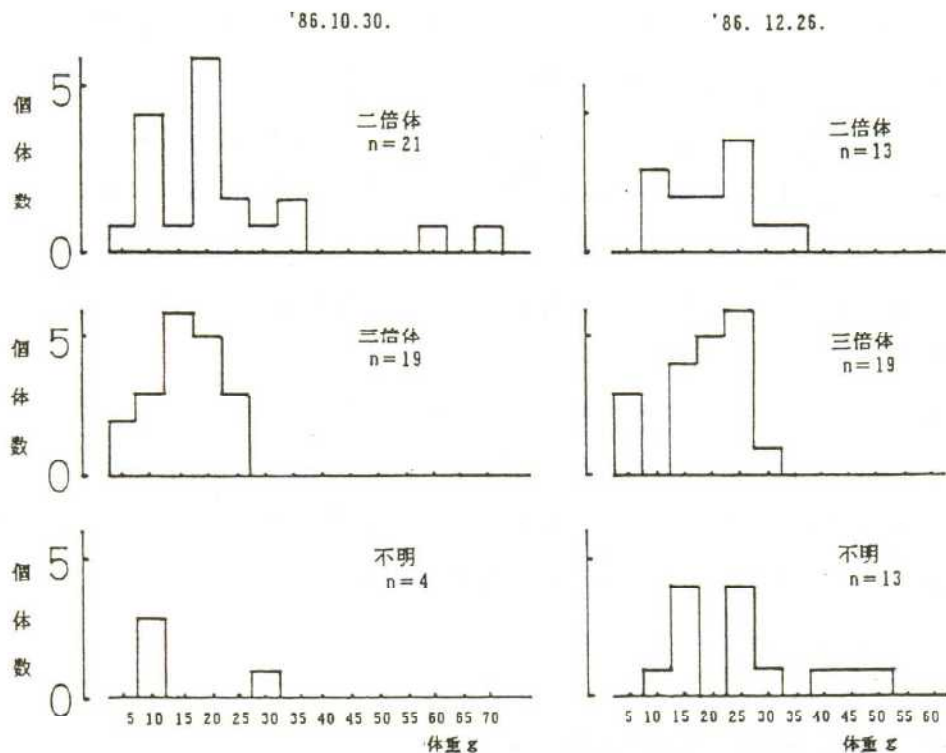


図2. ヤマメ1年魚の体重分布

## 2. 1985年産2年魚の体長・体重と成熟について

通常ヤマメの雌雄は2年魚の産卵期において生殖腺の肉眼観察によって容易に判別することができるが、本試験の供試魚のなかには、生殖腺が発達せず肉眼では確認できない個体、生殖腺の発達が不良で細い紐状を呈する個体があった。これらの個体は血球の長径から判断するといずれも三倍体であったので、本試験では三倍体のうち生殖腺の発達が不良で細い紐状を呈するものを三倍体不稔魚とした。

魚体計測結果を二倍体の雌・雄および三倍体の雄、三倍体不稔魚に区分して表3に示した。

表3. ヤマメの2年魚における体計測結果 (1987年10月測定)

	体長 cm	体重 g	肥満度 *1	G S I *2	測定尾数
二倍体雄	19.2 ± 6.1	199.9 ± 221.2	20.5 ± 3.2	1.8*3	4
二倍体雌	28.0 ± 3.5	423.4 ± 153.0	18.6 ± 3.1	13.4 ± 9.9	9
三倍体雄	23.5 ± 2.7	237.2 ± 71.7	18.0 ± 3.2	0.3 ± 0.2	4
三倍体不稔魚	20.3 ± 3.2	138.7 ± 56.1	15.9 ± 1.0	-	8

\*1 体重 / 体長<sup>3</sup> × 100

\*2 生殖腺重量 / 体重 × 100

\*3 2尾の測定結果他は欠測

体長は二倍体雌が 28.0 cm, 三倍体雄が 23.5 cm, 三倍体不稔魚が 20.3 cm, 二倍体雄が 19.2 cm, であった。体重においても同様に二倍体雌が 423.4 g, 三倍体雄が 237.2 g, 二倍体雄が 199.9 g, 三倍体不稔魚が 138.7 g の順位であった。肥満度については三倍体不稔魚が低く 15.9 を示したが二倍体雌・雄と三倍体雄では 18.0 ~ 20.5 であった。GSI (生殖腺重量/体重×100) は二倍体雌が 13.4, 二倍体雄が 1.8, 三倍体雄が 0.3 を示した。三倍体不稔魚の生殖腺は細い紐状に認められるかあるいは全く視認できないものであり, 秤量の可能であったものは 1 尾でありその GSI は 0.1 であった。

二倍体雄 4 尾のうち 60 g 以下の小型のものが 2 尾含まれていたが, いずれも採精可能な成熟状態に達しておりかつ形態的には鼻まがりの状態になっていた。三倍体雄 4 尾のなかにも鼻まがりあるいは“背張り”のものが 2 尾含まれており, その精巣は白色のものと赤色になっているものがあつた。二倍体雌の 9 尾のうち 6 尾に排卵が認められたが, 2 尾は銀毛でありその GSI はともに 0.3 であった。

### 3. 1986年産の2年魚の体長, 体重と成熟について

魚体計測結果を二倍体の雌雄および三倍体の雄, 三倍体不稔魚に区分して平均値を表 4 に示した。体長, 体重は, 二倍体雌・雄と三倍体雄との間には大きな差はなく 29.7~32.1 cm, 476.6 ~ 554.8 g であった。しかし, 三倍体不稔魚では体長・体重ともに上記とくらべて小さく 25.4 cm 297.9 g であった。

GSI については二倍体雌が最も大きく 14.1 を示し, 次いで二倍体雄が 1.8, 三倍体雄が 0.3 を示した。GSI は個体間に差が見られるので区分したもののなかで範囲をもって示すと二倍体雌では 9.7~21.8, 二倍体雄では 0.4~2.2, 三倍体雄では 0.2~1.4 であった。三倍体不稔魚では, 一尾は雌であつてその生殖腺重量は 0.07 g, GSI は 0.02 であつたが, その他の個体では 1985年産のものと同様に紐状の生殖腺がわずかに認められるかあるいはほとんど生殖腺を認め

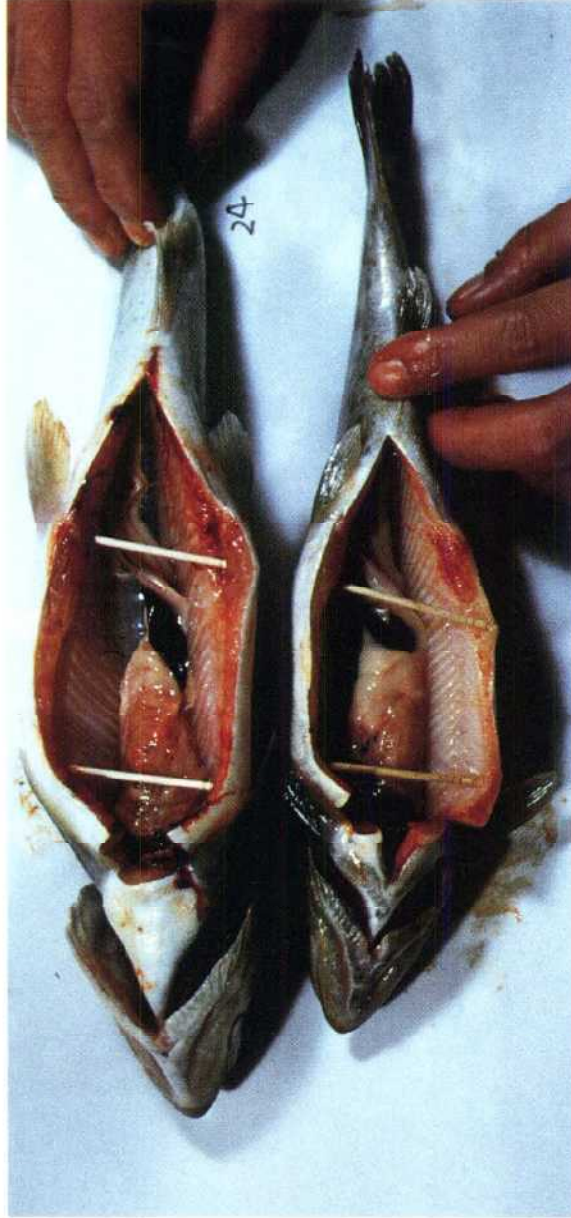
表 4. ヤマメの 2 年魚における体計測結果 (1988年11月測定)

	体長 cm	体重 g	肥満度 * <sup>1</sup>	G S I * <sup>2</sup>	魚肉歩留り* <sup>3</sup>	測定尾数
二倍体雄	32.1 ± 2.6	554.8 ± 125.1	16.6 ± 0.8	1.4 ± 0.6	62.8 ± 2.7	6
二倍体雌	29.7 ± 4.2	490.8 ± 177.9	18.0 ± 2.2	14.1 ± 3.8	56.1 ± 2.7	10
三倍体雄	30.1 ± 4.1	476.6 ± 227.1	16.5 ± 1.5	1.0 ± 0.7	63.9 ± 0.3	3
三倍体不稔魚	25.4 ± 2.5	297.9 ± 92.6	17.8 ± 1.8	—	66.7 ± 2.5	8

\*<sup>1</sup> 体重/体長<sup>3</sup> × 100

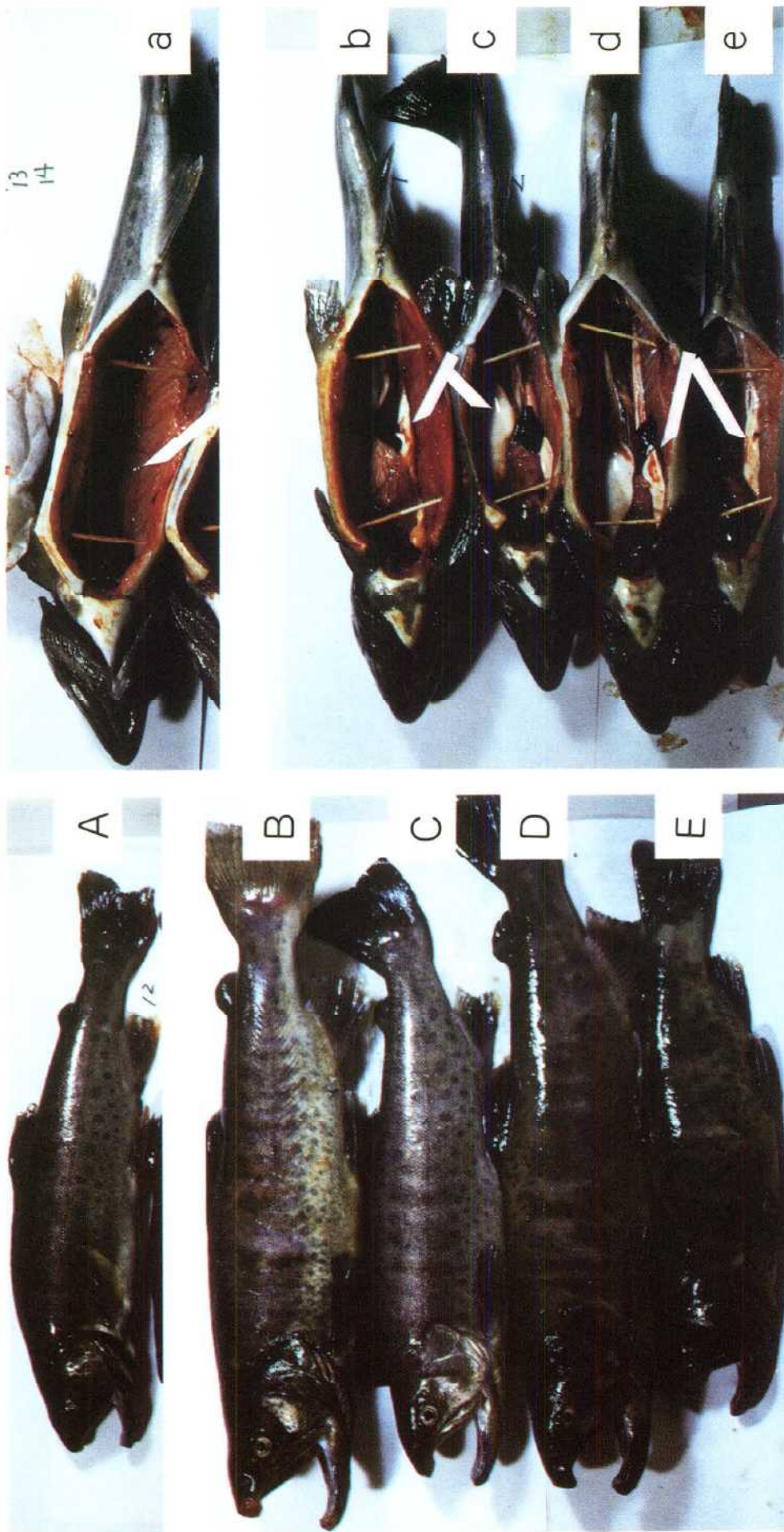
\*<sup>2</sup> 生殖腺重量/体重 × 100

\*<sup>3</sup> 肉重量/体重 × 100



図版 1. ヤマメ三倍体不稔魚の生殖腺  
三倍体雄と異なり生殖腺は明瞭ではない。





図版2. ヤマメ2年魚の外観と生殖腺

AaBb: 三倍体, CcDdEe: 二倍体, 同名 アルファベットは同一個体

Aでは赤色の精巣, Bでは白色の精巣であった。

られない状態のものであり秤量できなかった。図版1に剖検時の三倍体不稔魚の写真を示した。

図版2は二倍体雄と三倍体雄の外観および生殖腺の状態を示す写真である。この写真に見られるように三倍体の雄の場合、外観上二倍体の雄と区別できないもの、およびいくらか鼻まがりを呈しているものがあった。また生殖腺においても二倍体と同様に白色を呈しているものと、1985年産のものと同様に赤色を呈しているものがあった。

次に3枚に卸した場合の魚肉歩留まりを肉の重量/体重×100で表した百分率についてみると、三倍体不稔魚では66.7%、二倍体雄では62.8%、三倍体雄では63.9%、二倍体雌では56.1%であった。個体別のGSIと魚肉歩留まりとの関係を図3に示した。この図に見られるようにGSIが高いものほど魚肉歩留まりの低い傾向が認められる。

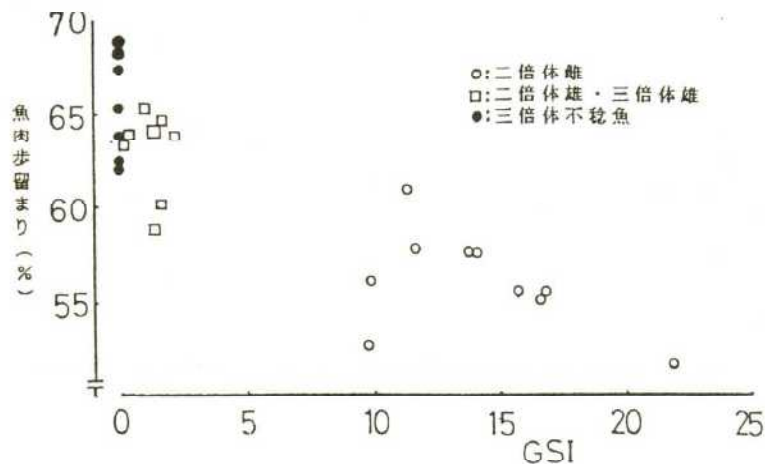


図3. GSIと魚肉歩留まり(肉重量/体重×100)との関係

#### 4. 体成分について

片側半身の一般成分分析結果を二倍体の雌雄および三倍体の雄、三倍体不稔魚に分けて表5に示した。タンパク質および灰分については二倍体と三倍体との間にも、雌雄間にも差は認められず、タンパク質は18~19%、灰分は1.9~2.2%であった。しかし水分に関しては二倍体雌が76.3%、二倍体雄が74.0%、三倍体雄が73.9%、三倍体不稔魚が71.0%であり、GSIが高いほど低い値を示した。脂質およびエネルギーの分析結果をみるといずれもGSIが低い

表5. ヤマメの2年魚における半身の一般成分分析結果

	水分%	脂質%	タンパク質%	灰分%	総エネルギー-kcal/100g	測定尾数
二倍体雄	74.0±2.6	4.7±2.1	19.1±0.8	2.2±0.2	150±20	6
二倍体雌	76.3±1.8	2.8±1.3	18.8±0.9	2.2±0.3	130±20	10
三倍体雄	73.9±1.8	5.8±0.5	19.2±0.9	2.1±0.5	160±10	2
三倍体不稔魚	71.0±1.7	7.4±2.2	19.2±0.7	1.9±0.2	170±20	8



ほど高く、脂質では7.4%~2.8%，エネルギーでは170~130kcal/100gであり、三倍体不稔魚が最も高い値であった。また、三倍体不稔魚の脂質は成熟魚の1.3~2.7倍であった。

体成分と成熟度との関係をより詳細に明らかにするために、三倍体不稔魚、二倍体雌、二倍体・三倍体雄に分け個体別にGSIと体成分分析値を図4~8に示した。体成分のうちタンパク質および灰分とGSIとの関係は図4および図5に示すように、いずれも個体によるばらつきはあるもののタンパク質では17~20%，灰分では1.6~2.6%であり、GSIの高低との間には関係は認められない。脂質およびエネルギーについては図6および図7に示すようにGSI

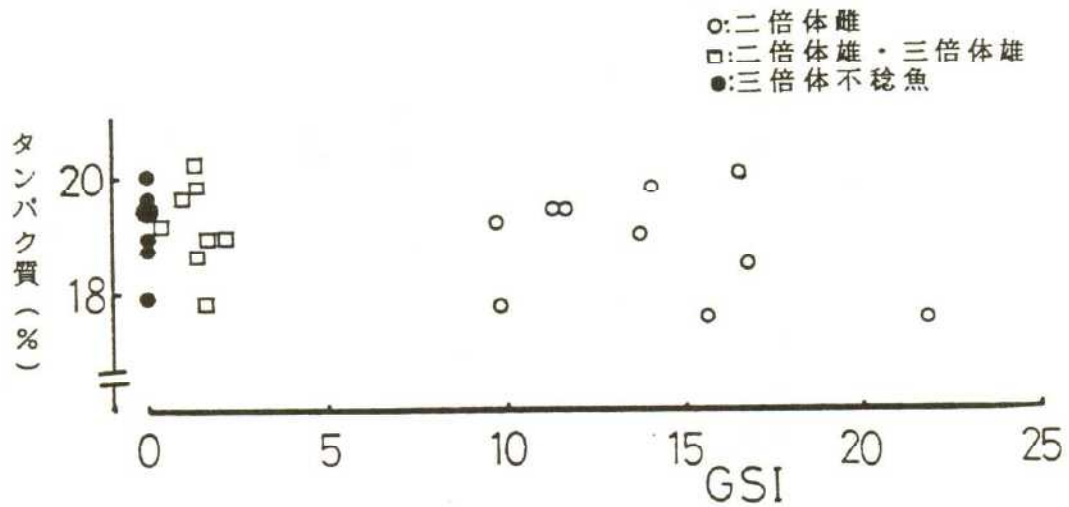


図4. GSIとタンパク質との関係

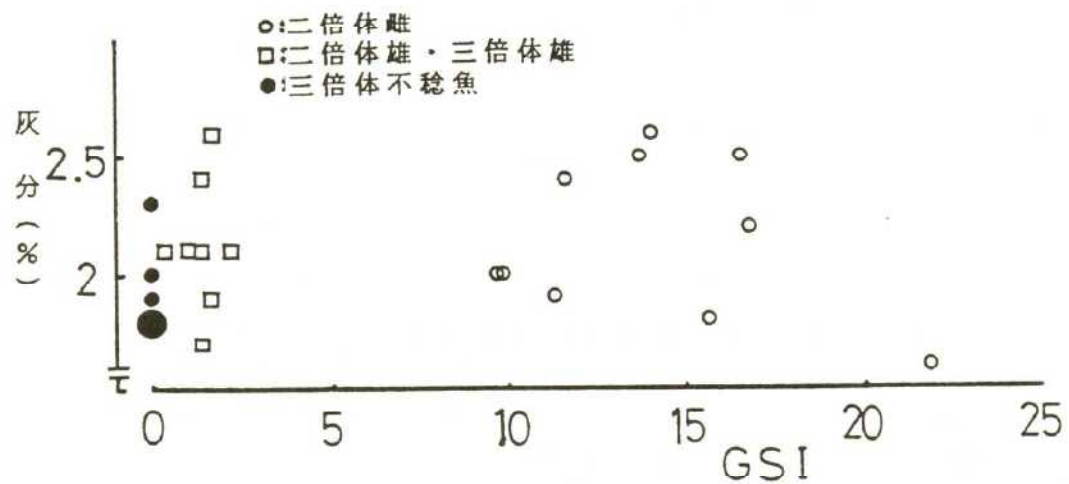


図5. GSIと灰分との関係

が高いほど低い傾向にあり，三倍体不稔魚では高い値であるが，成熟雄，雌では低い値になっている。ところが水分含量の場合には図8に示すようにGSIが高いと高い傾向であり，三倍体不稔魚が低い値であるのに対して，二倍体雌，二倍体・三倍体雄では高い値である。

そこで，水分含量とその他の成分組成との関係を見るために相関図を図9に示した。水分と脂質との間には負の相関 ( $r = -0.97$ ) が認められるがタンパク質および灰分の場合は水分の大小にかかわらずほぼ一定の値を示している。このように成熟魚において低い脂質含量を示すのは，水分含量が大きいために相対的に脂質が少なく見えるということではなく，脂質含量に絶対的な差があるものと考えられる。

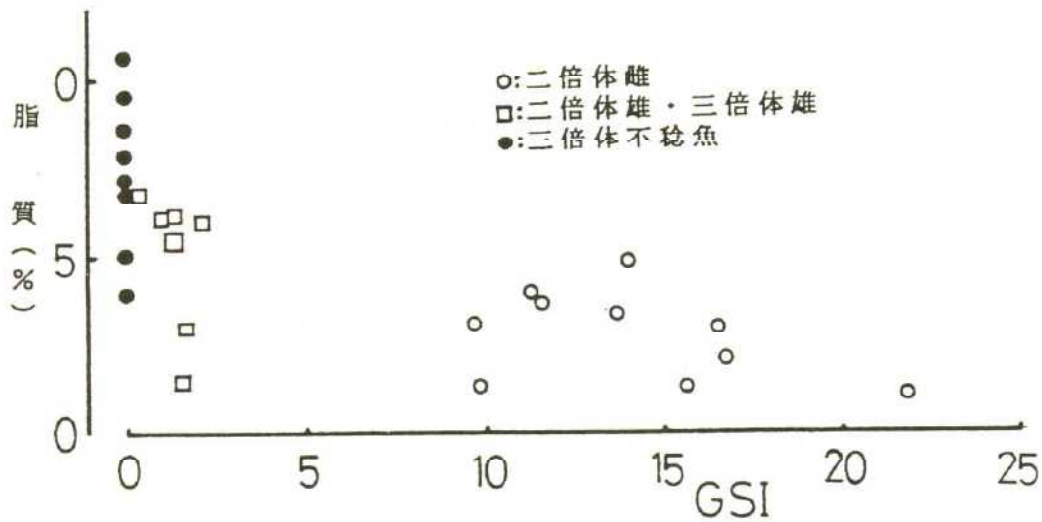


図6. GSIと脂質との関係

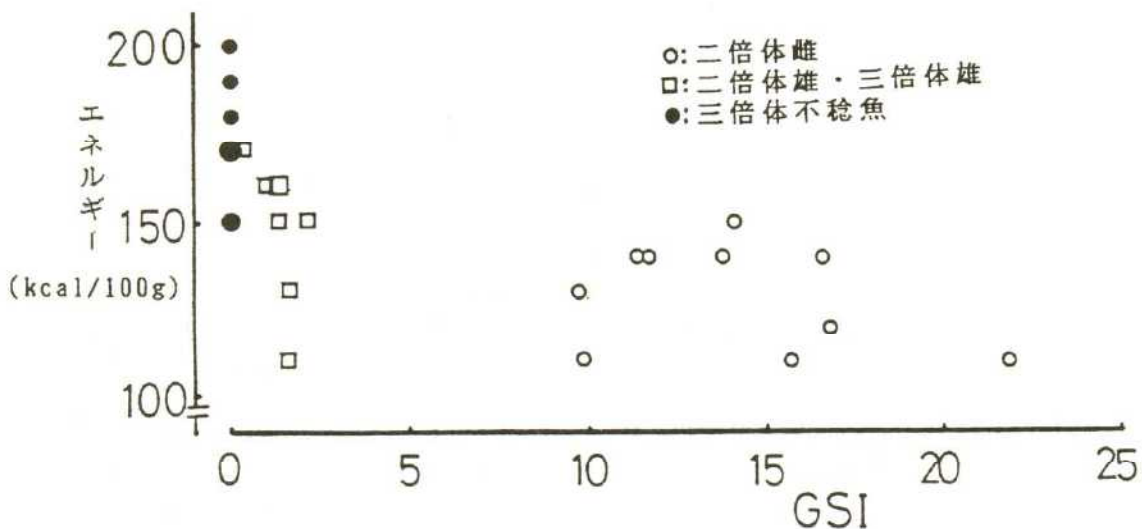


図7. GSIとエネルギーとの関係

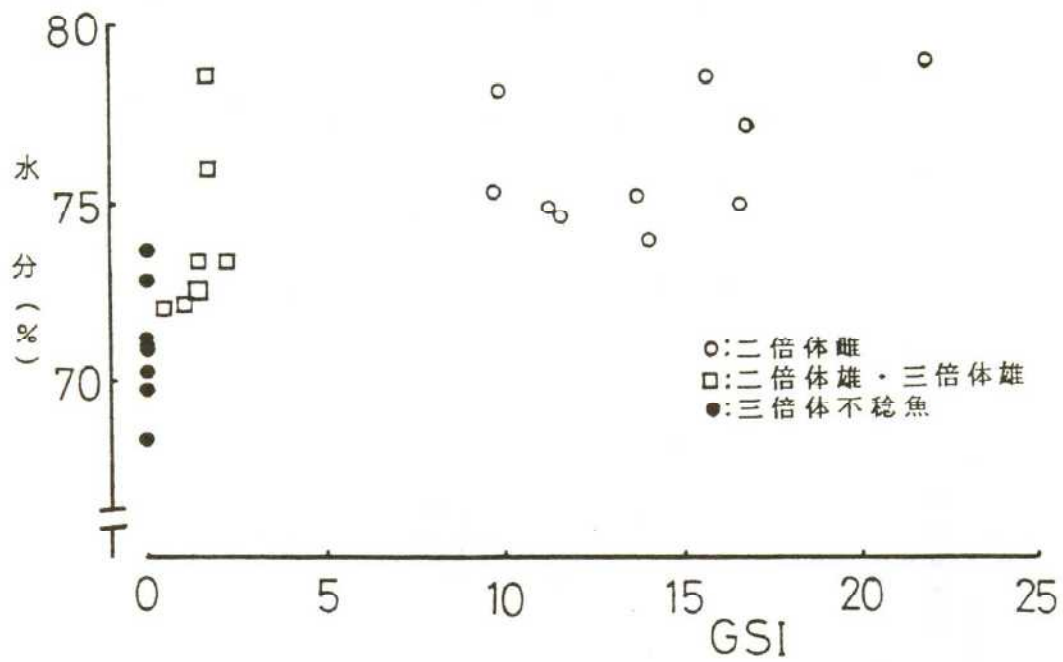


図8. GSIと水分との関係

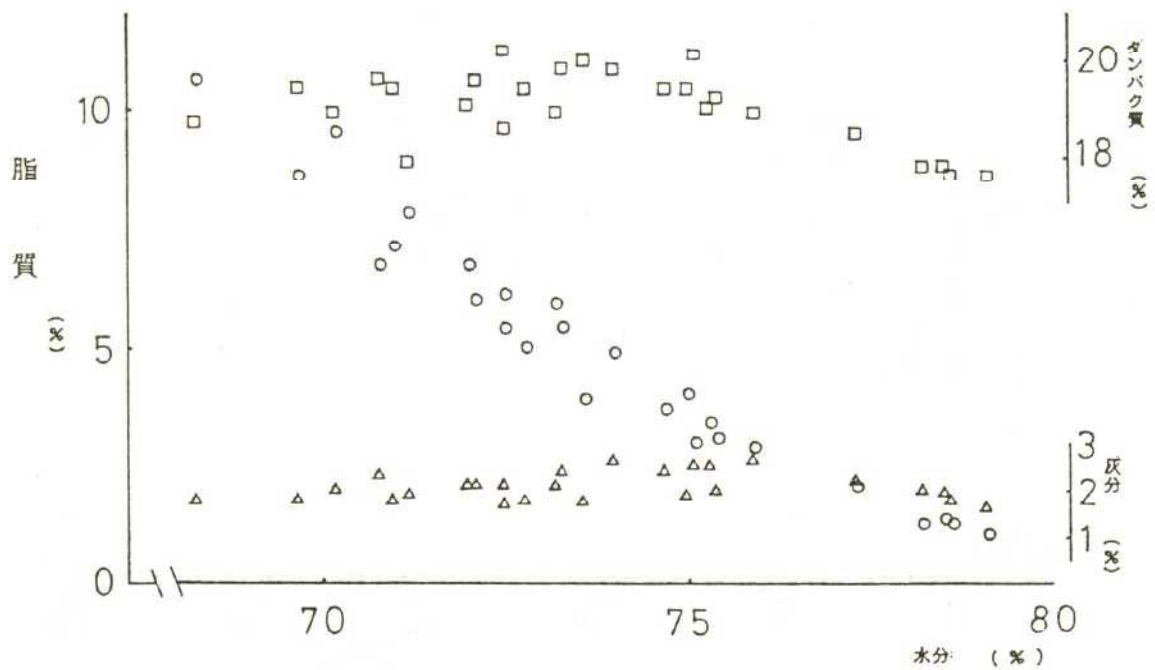


図9. 水分と脂質，タンパク質，灰分との関係



部位別に水分と脂質を測定した結果を表6に示した。水分は尾部において最も高く、次に背部、腹部、尾部の順に低くなっている。また脂質はこれと逆に腹部において最も高く、背部、尾部の順に低くなる傾向がある。一方、三倍体不稔魚と二倍体雌雄、三倍体雄との間には差がみられ、三倍体不稔魚ではいずれの部位でも水分が低い値を示し、脂質は二倍体雌雄、三倍体雄より1.5～3.1倍の高い値を示した。また脂質では13.2%の高い値であった。

表6. ヤマメの2年魚における部位別の水分と脂質の分析結果

	腹部		背部		尾部		測定尾数
	水分%	脂質%	水分%	脂質%	水分%	脂質%	
二倍体雄	71.8±4.2	7.9±4.2	74.5±3.1	4.2±2.5	75.8±1.6	2.2±0.9	6
三倍体雌	75.2±3.0	4.3±2.7	76.3±2.1	2.5±1.6	76.9±1.4	2.1±1.2	10
三倍体雄	71.6±1.2	7.7±1.7	74.7±0.5	3.5±0.6	76.2±0.1	1.8±0.3	3
三倍体不稔魚	66.5±2.7	13.2±3.6	72.0±1.7	6.3±2.2	74.5±0.7	3.2±0.6	8

#### 5. 1986年産魚の産卵期以降の生残状況

産卵期以降飼育した25尾は1989年6月5日までにすべて斃死した。これらの個体については斃死した時点で体長、体重および生殖腺重量を測定し、GSIを算出した。その結果を表7に示した。1989年1月までに斃死したものの性別をみると、雌が7尾、雄が5尾、雌雄の不明なもの2尾であった。また同年2月から6月までに斃死したものでは雌1尾、雄1尾、三倍体不稔魚と考えられる雌雄の不明なもの9尾であった。

表7. ヤマメ2年魚産卵期以降の斃死記録

年月	体重g	GSI*	雌雄	年月	体重g	GSI*	雌雄
'88.12	387	-	♂	'89. 2	579	8.1	♀
'89. 1	378	22.2	♀		434.3	-	-
	551.1	1.2	♂		347.7	-	-
	508.5	20.0	♀		598.5	0.7	♂
	625.2	16.0	♀	'89. 6	447.6	-	-
	398.1	0.3	♂		440.9	-	-
	629.3	1.2	♂		504.2	-	-
	432.9	16.2	♀		599.7	-	-
	426.4	22.7	♀		287.8	-	-
	127.0	0.0	-		396.6	-	-
	388.1	18.9	♀		244.2	-	-
	475.7	0.0	♂				
	700.9	15.7	♀				
	-	-					

\* 生殖腺重量 / 体重 × 100

## 考 察

第二極体の放出を温度処理により阻害し三倍体化を図り不稔化する技術は、ニジマス等で実用化されつつあり<sup>2)3)</sup>、三倍体雌では成熟を抑制されるので成熟により消費されるエネルギーを魚体内組織器官へ振り替えることによって成長への転換効率が改善されることから飼料効率の向上が予想されている<sup>5)</sup>。今回の試験においてヤマメの場合にも三倍体化することによって、一部のものについてはあっても成熟の抑制が可能であることが明らかにされた。しかし、1年魚、2年魚ともに三倍体の中には成熟した雄が含まれており、養殖経営上の課題である成熟雄個体の出現の防止には、雌雄混合の三倍体群を作成することでは解決できないこともまた明らかになった。

三倍体不稔魚には雌が1尾含まれていたが、そのGSIは0.02であり成熟魚と比べると低かった。また雄の成熟個体のなかに三倍体が認められたにもかかわらず、雌の成熟個体に二倍体がみられなかったことを考えると、ヤマメ雌の三倍体はニジマス<sup>2)</sup>、フナ<sup>6)</sup>同様に成熟しない不稔魚である可能性が高いといえる。従って、雄の成熟個体の出現防止にはニジマス<sup>1)</sup>同様全雌魚群を作成することあるいは全雌魚群の三倍体化を図ることが必要と考えられる。

県内のヤマメ養殖では早期出荷の対象が雄の大型魚であり、全雌魚群、全雌三倍体魚群の場合でも成長が早く、早期に出荷できる魚が望ましい。ニジマスの場合、三倍体と二倍体とを混養して飼育すると三倍体よりも二倍体の成長が勝り、三倍体と二倍体をそれぞれ単独で飼育した場合には二倍体より三倍体の成長が勝っているという試験結果が沢田らによって報告されている<sup>2)</sup>。またニジマス三倍体の雄では受精能はあっても奇形を誘発する精子を持つ可能性もあるので<sup>1)</sup>、本試験に際しては三倍体魚の一部が天然水域に逃亡することによって生ずる天然の個体群への影響を回避するため、霞ヶ浦に面した試験池を用いた。このため水質、水量等飼育環境は好ましい条件ではなかったが、三倍体と二倍体を同一水槽で飼育した結果、ニジマス同様にいずれの飼育群でも三倍体の成長が劣っていた。好適飼育条件下で成熟しないと考えられる全雌魚の三倍体群あるいは全雌魚群と従来の二倍体魚群について成長、飼料効率等飼育成績を比較検討して、三倍体魚の利点を明らかにする必要がある。

サケ、サクラマスの成熟途上においては、筋肉部の脂質が減少し、水分が増加するといわれている<sup>7)8)</sup>。これらの変動は性成熟と深く関わりとされている<sup>9)</sup>。ヤマメの成熟魚と三倍体不稔魚の一般体成分を比較した結果、脂質は雌雄の成熟魚が低くGSIが高いほど低い値で、三倍体不稔魚は高い脂質含量であった。二倍体魚において成熟に伴って肉質部から脂質が減少するのに対して、三倍体化され成熟を抑制された個体では高い脂質を維持できるものと考えられる。2年魚の産卵期において成熟した雄より三倍体不稔魚の脂質が高い値であったことは、成熟雄のみられる1年魚の産卵期にも同様の差異が生じると思われるが、商品サイズまでの雌の成熟過程が明らかではないため、全雌化あるいは全雌三倍体化によって商品サイズにおいて体成分に利点が生ずるかどうかを明らかにし、全雌魚群を作成すればよいのか更に三倍体化を図る必要があるのか



うか検討していかなければならない。

2年魚の成熟期において三倍体不稔魚には脂質が多く含まれていることが明らかにされたので、従来味わうことのできなかつた新しい品質のヤマメを養殖できるものと考えられる。また産卵期以降飼育した個体においては三倍体不稔魚と考えられるものが多く生残していたので、周年にわたり魚肉歩留まりの高い大型魚を提供できる可能性もある。しかし腹部には極めて高い脂質が蓄積される傾向がみられるため、消費者の嗜好にあった脂質含量の魚を養殖できる飼育技術や飼料の改善等が必要であるかもしれない。

## 参考文献

- 1) 岡田鳳二：北海道立水産孵化場研究報告第40号，1-49. (1985).
- 2) 沢田守伸他：栃木県水産試験場研究報告第10号，1-12. (1989).
- 3) 第14回全国養鱒技術協議会：昭和63年度全国サケ科魚類種苗生産および需給実態調査結果報告書. (1989).
- 4) 茅根正洋他：本誌第26号.
- 5) 小野里担：遺伝38巻8号，17-23. (1984).
- 6) Yamaha, E. and Onozato, H.: Bull. Fac. Fish. Hokkaido. Univ 36, 170-176. (1985).
- 7) 羽田野六男：秋サケの資源と利用（座間宏一，高橋裕哉編），恒星社厚生閣，東京，1985，pp68-83.
- 8) 寺尾俊郎他：北海道立水産孵化場研究報告第31号，1-21. (1976).
- 9) 隆島史夫：魚類の成熟と産卵 その基礎と応用（日本水産学会編），恒星社厚生閣，東京，(1974)，pp76-87.