

## 染色体操作による有用魚種の品種改善研究－V

### 極体放出阻止型および卵割阻止型雌性発生二倍体ニジマスの 飼育初期における特性について

桑田 知宣

Studies on Genetic Improvement Useful Fishes by Chromosome Manipulation－V

Characteristics of Meiotic- and Mitotic-Gynogenetic Diploid Rainbow Trout  
(*Oncorhynchus mykiss*) in Early Breeding

Tomonori KUWADA

近年、数種の養殖対象種において雌性発生の誘起が可能となり<sup>1) 2) 3)</sup>、この技術の育種への応用が期待されている。雌性発生魚を作出するには、極体の放出を阻止する方法と卵割を阻止する方法がある。前者の方法で作出した魚（極体放出阻止型雌性発生魚）は成熟分裂時の相同染色体の相互乗換えの影響によって、遺伝子座によっては高率でヘテロ接合体が出現することが確認されており、近交系の作出を図るために効率的でないことが指摘されている<sup>4)</sup>。一方、後者の方法で作出した魚（卵割阻止型雌性発生魚）は、総ての遺伝子が同祖接合型になると考

えられ、雌性発生を二回繰り返すとクローン集団が作出できるとされている<sup>5)</sup>。このため形質によっては、2つのタイプの雌性発生魚で、遺伝様式が異なることが考えられ、それらを明らかにすることは、効果的な育種技術を確立するために重要である。

著者は、1尾の親魚より作出した通常発生魚と二つのタイプの雌性発生魚の飼育初期の生残と体重組成を調査し、これらの形質の遺伝様式について若干の知見を得たのでここに報告する。

## 材料及び方法

供試魚の作出は1991年1月9日に行った。卵は当場飼育の6年魚雌1尾より採卵し用いた。精子は雌親魚と同腹の6年魚の雄魚より採精し、人工精漿<sup>6)</sup>で100倍に希釀し、4,800ergs/mm<sup>2</sup>の紫外線（照射強度40ergs/mm<sup>2</sup>・sec, 照射時間120秒）を照射し遺伝的に不活性化して用いた。媒精は等張液中で行い、媒精1分後に卵をふ化用水（水温6.8°C）に収容した。極体放出阻止型雌性発生魚（以下G-Iとする）は、吸水10分後に温度処理（26°C・20分）を施し作出了。水圧処理によるニジマスの第一卵割阻止の最適処理開始時期については、小林<sup>7)</sup>、田原ら<sup>8)</sup>、著者ら<sup>9)</sup>の報告があり、それぞれ積算水温60.9, 60, 55.8°C・hであるとされている。このため、卵割阻止型雌性発生魚（以下G-IIとする）は積算水温56.1～59.5°C・hまでの間に三回に分けて水圧処理（650kg/m<sup>2</sup>・6分間）を施し作出了。通常発生魚（以下ICとする）は紫外線未照射の精子を媒精し作出了。また、遺伝的不活性化精子を媒精し温度処理未処理のものを雌性発生半数体魚（以下GCとする）とした。検卵は35日後（積算水温213°C・day）を行い、眼胚の形成されているものを発眼卵として計数した。浮上期における調査は108日後（積算水温721°C・day）を行い、調査時の生残魚を浮上魚とした。正常魚と奇形魚の区別は脊椎骨の湾曲を指標にした。

初期生残状況の調査には正常魚のみを供試し、餌付け開始100日後までの斃死魚を5日ごとに

集計し、浮上期における各区の正常魚の個体数を100として、生残率の推移を調査した。

餌付け開始114日後に各区の生残魚121尾を無作為に抽出し、1尾ずつ体長と体重の測定を行った。

## 結果

各区の発眼および浮上成績を第1表に、8月5日（餌付100日後）までの生残率の推移を第1図に、ICとG-IとG-IIの8月19日（餌付開始114日後）における体重、体長、肥満度の平均値と分散と変動係数を第2表に、それらの組成を第2～4図に示した。

GCに正常魚が1尾浮上した。各区とも浮上期における調査で脊椎骨が螺旋状に湾曲した奇形魚が多数出現した。奇形の出現率は、G-II, IC, G-Iの順で高く、G-IIで特に高かった。餌付け100日後の生残率は、IC, G-I, G-IIの順で高く、それぞれ96.1%, 93.2%, 76.3%であった。G-IIの斃死魚は餌付け50～60日後に多く観察された。その他の期間は比較的安定していた。餌付け114日後の各群の体重、体長、肥満度の分散には、ICとG-Iの肥満度を除いてすべて有意水準1%で差が認められた。体重、体長、肥満度の分散および変動係数は、すべて、G-II, IC, G-Iの順で高かった。各項目の平均値には、G-IとICの体長、G-IとG-II, G-IとICの肥満度の間で、有意水準1%で差が認められた。平均体重はG-I, G-II, ICの順で高かった。平均体長も

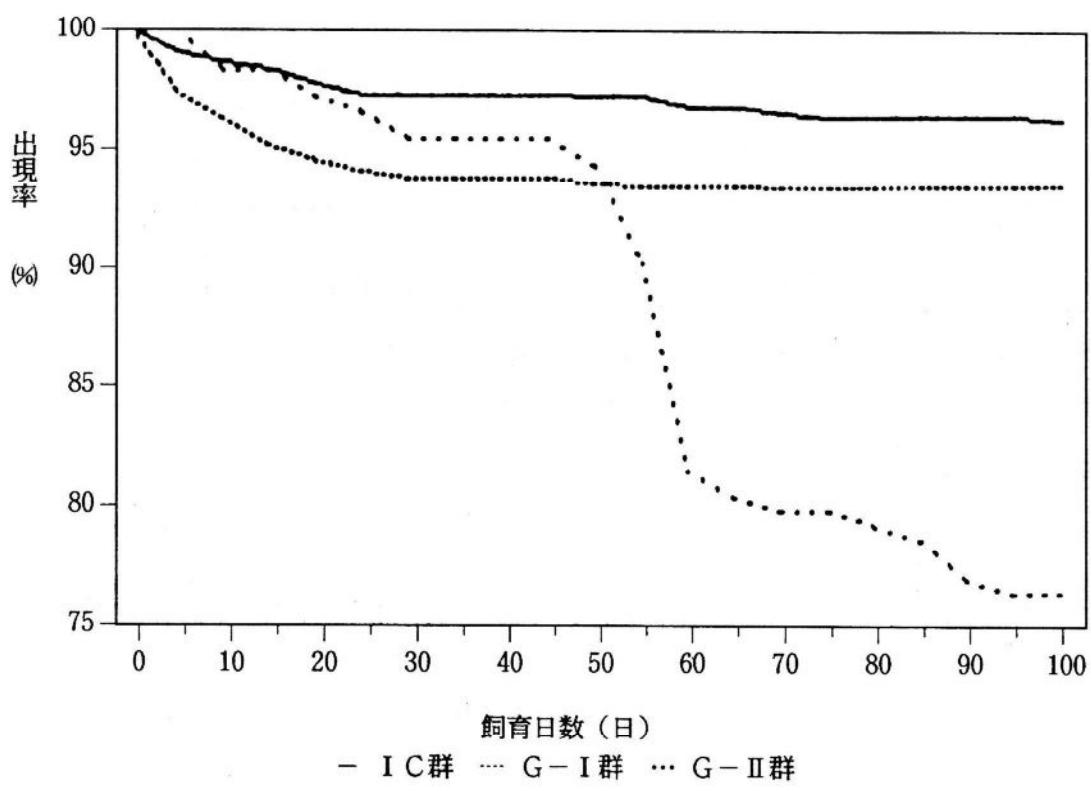
同様に、G-I, G-II, ICの順で高かった。で高かった。

肥満度の平均値は、IC, G-II, G-Iの順

第1表 作出成績

試験区	供試卵数	発眼率 粒	発眼率 %	浮上率 %	正常魚出現率 %	奇形率 %
G-II	5210	26.2	7.8	3.3	57.2	
G-I	1266	77.1	67.3	64.3	4.5	
IC	898	85.1	82.2	73.6	10.4	
GC	410	49.5	0.2	0.2	0	

発眼率, 浮上率, 正常魚出現率は, 供試卵数に対する割合  
奇形率は, 浮上魚に対する奇形魚の割合



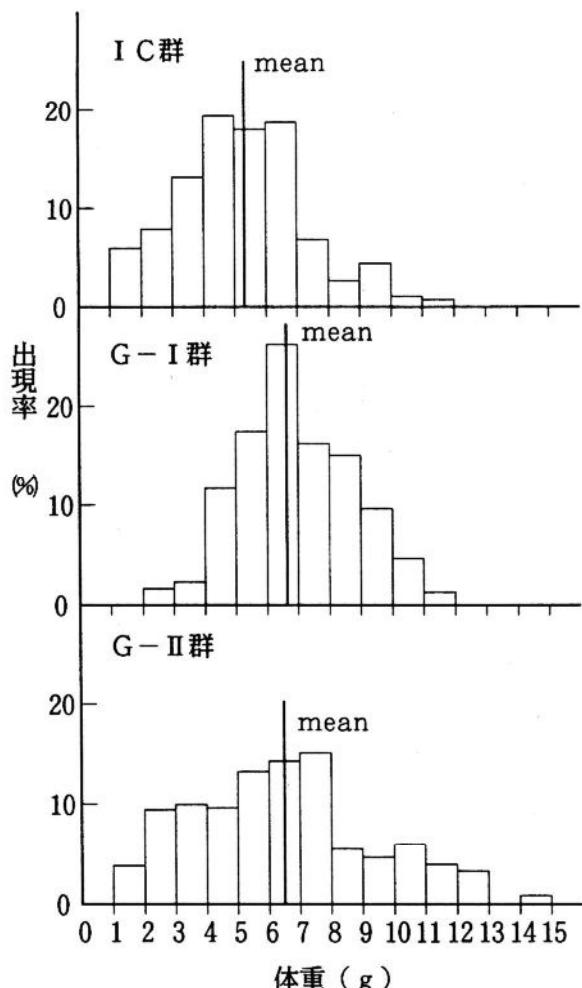
第1図 各区の初期生残状況

第2表 卵割阻止型 (G-II) および極体放出阻止型 (G-I) 雌性発生魚と通常発生魚 (IC) の体重, 体長, 肥満度の平均値, 分散 (V), 变動係数 (CV)

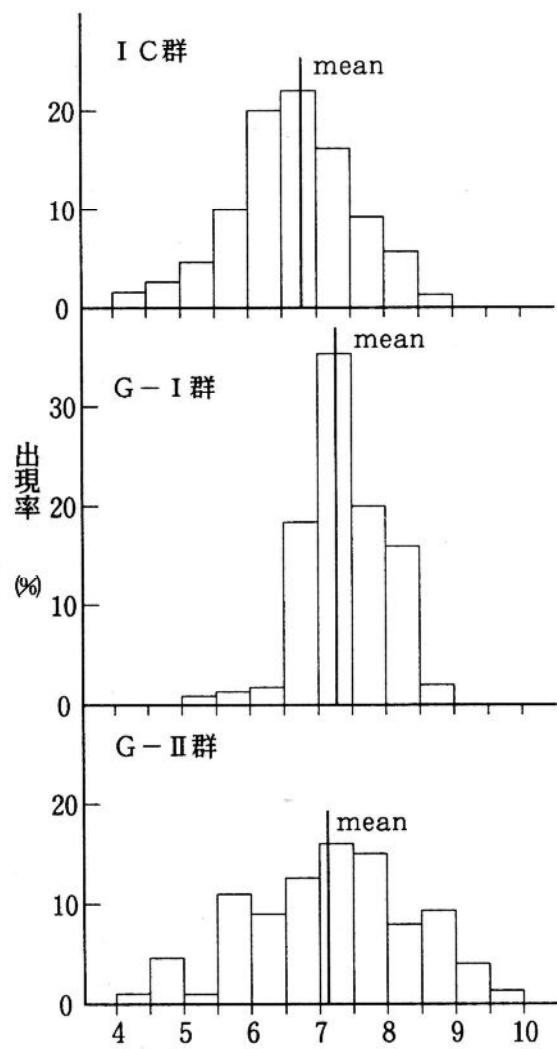
項目		IC	G-I	G-II
体重	Mean(g)	5.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
	V	89.1 <sup>a</sup>	40.5 <sup>b</sup>	145.9 <sup>c</sup>
	CV	41.2	25.7	45.5
体長	Mean(cm)	6.6 <sup>a,c</sup>	7.4 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b,c</sup>
	V	4.8 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	8.8 <sup>c</sup>
	CV	14.2	8.6	16.9
肥満度	Mean	16.8 <sup>a</sup>	16.1 <sup>b</sup>	16.7 <sup>a</sup>
	V	1.2 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	2.0 <sup>b</sup>
	CV	6.4	5.9	8.5

数字の肩記号が同じものは有意水準 5 %で有意差なし

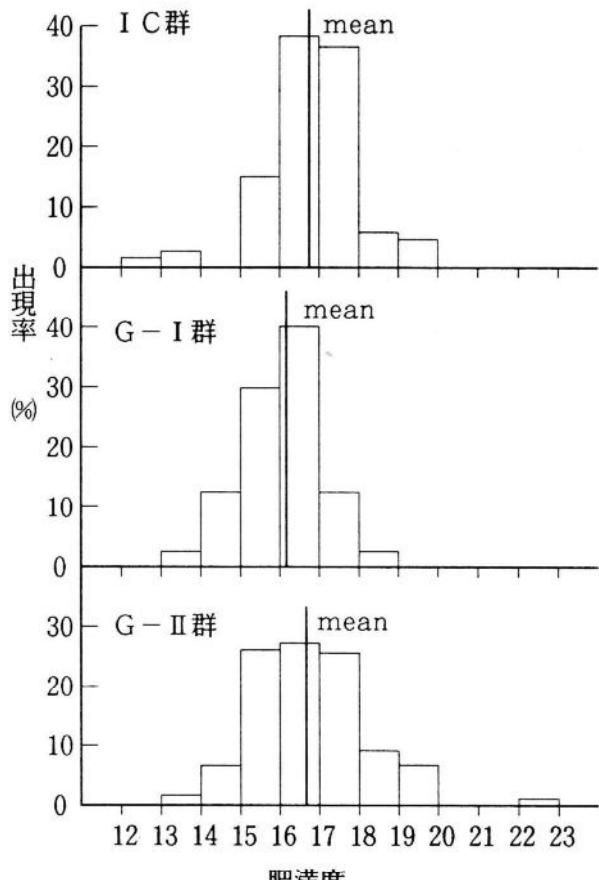
数字の肩記号が異なるものは有意水準 1 %で有意差あり



第2図 各群の体重の分布



第3図 各群の体長の分布



第4図 各群の肥満度分布

## 考 察

GCに浮上した正常魚は1尾(0.2%)であったことにより、精子の遺伝的不活性化はほぼなされ、自然倍数化もほとんどないと考えられる。このため、G-I, G-IIに出現した正常魚は、それぞれ極体放出阻止型および卵割阻止型雌性発生魚と判断される。

卵割阻止型雌性発生魚は、総ての遺伝子がホモ接合体であるため、悪性の劣性遺伝子が発現する。このため、奇形率が高く<sup>10)</sup>、生残率が低くなる<sup>11)</sup>ことが報告されており、今回の結果も同様であった。アユの卵割阻止型雌性発生魚では、量的形質の変異幅が増大することが報告されている<sup>12)</sup>。これは遺伝子型の分離による個体

変異の拡大によるものと考えられている。本試験においても、G-IIの餌付け114日目の体重、体長、肥満度の分散および変動係数がG-IやICのそれより高く、同様の傾向が認められた。このことは、今回使用した1尾の雌親魚が多くの遺伝的変異(ヘテロ型の遺伝子)を保有していたことを示す。一方、G-Iではこれらの現象は観察されず、むしろICに比べ、奇形率が低く、量的形質の変異幅が小さかった。これは、G-Iのこれらの形質に係わる多くの遺伝子がヘテロ接合体のままであることを示唆している。現在までのところ、極体放出阻止型雌性発生魚についてはほぼその作出技術が確立されている。一方、卵割阻止型雌性発生魚についてはそれより低率でしか作出できない。よって育種目的とする形質が、極体放出阻止型雌性発生でも固定可能ならば、それによって育種をする方が効率的であり、各形質ごとに雌性発生の利用法を考える必要がある。

極体放出阻止による雌性発生を繰り返した場合、動原体に近い遺伝子座では固定指数が急速に上昇するが、動原体から離れた遺伝子座ではいつまでも固定指数は上昇しないとされている<sup>4)</sup>。このことは、一腹による雌性発生を繰り返した場合、作出群内の遺伝子が、動原体に近い遺伝子座では、ホモ接合体となり、均質となるのに対し、動原体より離れた遺伝子座では、遺伝子型のホモ、ヘテロに係わらず、第一代目の雌親のコピーとなり、均質となることを意味する。したがって、これら二つの異なる遺伝的均質化の効果により、極体放出阻止型雌性発生

でも、一腹ごとの作出を繰り返せば、かなり群内の遺伝的純化度を高められるものと思われる。一方、育種した優良系統を実際に実用化する際は、雌性発生による種苗の量産は困難であるため、偽雄の利用による全雌生産となる。しかし、この方法によると、第一代目の雌親のコピーとなっている遺伝子座では、目的形質の遺伝的な均質性を維持できない。したがって、各形質に対する、極体放出阻止型雌性発生の育種利用の有効度を評価するためには、その継代による選抜効率だけでなく、その形質が、主にどの形で遺伝的に均質化されているかについて留意する必要がある。この点を考えると、極体放出阻止型雌性発生による育種に適している形質は、その形質に係わる遺伝子の多くが動原体の近くに位置しているものとなる。そのような形質は、一代目の極体放出阻止型雌性発生魚と卵割阻止型雌性発生魚で同様の傾向を示すと考えられ、一腹より作出したこれらを比較すれば、各形質ごとの有効な育種方法を判別できると考えられる。

今回の調査結果から、飼育初期における生残、成長、体型については、卵割阻止型雌性発生の利用による育種のほうが、実用化に際し効率的であると判断される。しかし、それらの形質にかかる遺伝子のうち変異のあるものが、今回の親魚では偶然動原体よりも遠くに位置していたことも考えられる。よって、結論をだすにはさらにいろいろな系統、個体について同様な知見を集積する必要がある。

このように、1尾の親魚から作出した極体放

出阻止型雌性発生第一代の各形質の個体変異を、卵割阻止型雌性発生魚や通常魚のそれと比較することは、雌性発生による各形質ごとの効果的な育種方法を決めるための基礎資料になり得ると考えられ、今後他の形質についても、同様な知見を集積する必要があろう。

## 要 約

1. 一尾の親魚より2つのタイプの雌性発生魚を作出し、その作出成績、初期生残状況、飼育初期の体長、体重、肥満度について調査した。
2. 卵割阻止型雌性発生魚では多数の奇形魚が出現し、飼育初期の生残が悪かった。一方、極体放出阻止型雌性発生魚では奇形魚の出現が通常発生魚より少なかった。
3. 卵割阻止型雌性発生魚の飼育初期の体重、体長、肥満度の分散と変動係数は通常発生魚のそれらより大きかった。これは遺伝子型の分離による個体変異の拡大によるものと考えられる。一方、極体放出阻止型雌性発生魚のそれらは通常発生魚のそれらより小さかった。
4. 実用化を考慮した場合、極体放出阻止型雌性発生による育種が適している形質は、雌性発生の1代目において卵割阻止型雌性発生と同様の傾向が認められるものであると考えられる。

## 文 献

- 1) 小野里坦・山羽悦郎, 1983; 紫外線照射

- によるサケ目魚類4種の雌性発生誘起、日水誌、49、693-699.
- 2) Nobuhiko Taniguchi, Akihiro Kijima, Junji Fukai, and Yoshikazu Inada, 1986 ; Conditions to Induce Triploid and Gynogenetic Diploid in Ayu *Plecoglossus altivelies*. Nippon Suisan Gakkaishi 52(1), 49-53.
- 3) 田畠和男・五利江重昭・中村一彦, 1986 ; 紫外線によるヒラメの雌性発生2倍体の誘起条件、日水誌、52, 1901-1904.
- 4) 谷口順彦, 1986 ; 魚類の雌性発生2倍体におけるG-C組換率と固定指數について、水産育種、No.11, 49-58.
- 5) Hyon-Sob Han • Nobuhiko Taniguchi • and Akio Tsujimura, 1991 ; Production of Clonal Ayu by Chromosome Manipulation and Confirmation by Isozyme Marker and Tissue Grafting. Nippon Suisan Gakkaishi 57, 825-832.
- 6) 高橋一孝, 1985 ; マス類の染色体操作による育種試験-1, 温度ショックによるニジマス染色体の倍数化, 昭和59年度山梨魚苗センター事報, 84-91.
- 7) 小林 徹・伏木省三・八木久則・木村忠亮, 1987 ; マス類の人為倍数体制による育種に関する研究, ニジマスの雌性発生における倍数化処理時期の検討 昭和62年度滋賀醒井鱒業報, 39-47.
- 8) 田原偉成・細江 昭・山本 聰, 1989 ; ニジマス第一卵割阻止条件の検討 平成元年度長野水試事報, 8.
- 9) 桑田知宣・臼田 博・熊崎隆夫・都竹仁一, 1992 ; ニジマスの卵割阻止最適処理方法について 染色体操作による有用魚種の品種改善研究-IV 岐水試研報, 37, 1-8.
- 10) 小野里坦, 1992 ; 第一卵割阻害による純系化魚の遺伝的特性解明 魚介類の雌性発生による育種技術の開発, 研究成果264, 57-60.
- 11) 小林 徹, 1988 ; マス類の人為倍数体制による育種に関する研究, 第一卵割阻止によるアマゴの雌性発生二倍体について, 昭和63年度滋賀醒井鱒業報, 48-57.
- 12) Nobuhiko Taniguchi•Akio Tsujimura and Shingo Seki, 1990 ; Genetic Variation in Quantitative Characters of Meiotic- and Mitotic-Gynogenetic Diploid Ayu, *Plecoglossus altivelies*, Aquaculture, 85, 223-233.