

ヤマメの三倍体について

I. 高温処理法による作出条件

茅野正洋 ・ 高島葉二 ・ 山口安男 ・ 佐藤陽一

位田俊臣^{*1}・野内孝則^{*2}・高木英夫^{*3}・星野 悟^{*3}

サケ・マス類で特に顕著である成熟期における成長の停滞、肉質の低下、体色の劣化等は商品価値の低下を招き、業界ではそれらを生産・販売するうえでの問題とされている。これらを養殖している県内の業者は、商品価値の低下を防ぐために、電照による成熟抑制や、成熟前に凍結保存するなどの手段を講じているが、生産コストの増大や価格の低下など新たな問題も生じており、このような方法が必ずしも最善の策とは言えない状況となっている。もし、成熟しない魚を作り出すことができれば、成熟のために消費されていた栄養を肉質部の生産に向けることができるとともに、肉質の維持・向上、体色の劣化防止など種々の利点を生み出すこともできると考えられ、商品価値の高い活魚を周年に渡って販売することができるようになると予想される。

近年、遺伝子工学の技術によって、成熟しないと言われている不稔三倍体魚の作出も可能となってきた。ニジマスの三倍体魚では、雄は成熟し、雌は成熟しないとの報告もある²⁾。そこで、他のサケ・マス類でも、この技術を応用して三倍体魚を作出すれば、不稔となる可能性が高いと考えられる。

本試験では、県内で養殖されているサケ・マス類のうち、需要の最も多いヤマメを用い、高温処理による三倍体魚作出方法の至適条件について検討した。

材料及び方法

1. 供試魚

供試したヤマメは1975年に群馬県水産試験場箱島養鱒場より茨城県内水面水産試験場里美養魚場に移入され、継代飼育したもので、親魚にはその2年魚を用いた。使用親魚尾数は各実験毎に記した。なお、実験はすべて当里美養魚場において実施した。

*1 現在漁政課勤務

*2 霞ヶ浦北浦水産事務所勤務

*3 現在水産試験場勤務

2. 方法

常法により媒精した卵を吸水温度11～15℃で吸水時間5～20分で、有糸分裂中期とおぼしき時期まで卵の発生を進行させ、処理温度24～33℃、処理時間1～30分の高温処理法³⁾により第2極体放出を阻害し、三倍体魚の作出を試みた。各実験により各々の条件の組合せを変えたため、詳細については各実験毎に記すとともに附表に示した。また、通常の卵の発生及びこの操作による卵の発生を模式的に図-1に示した。

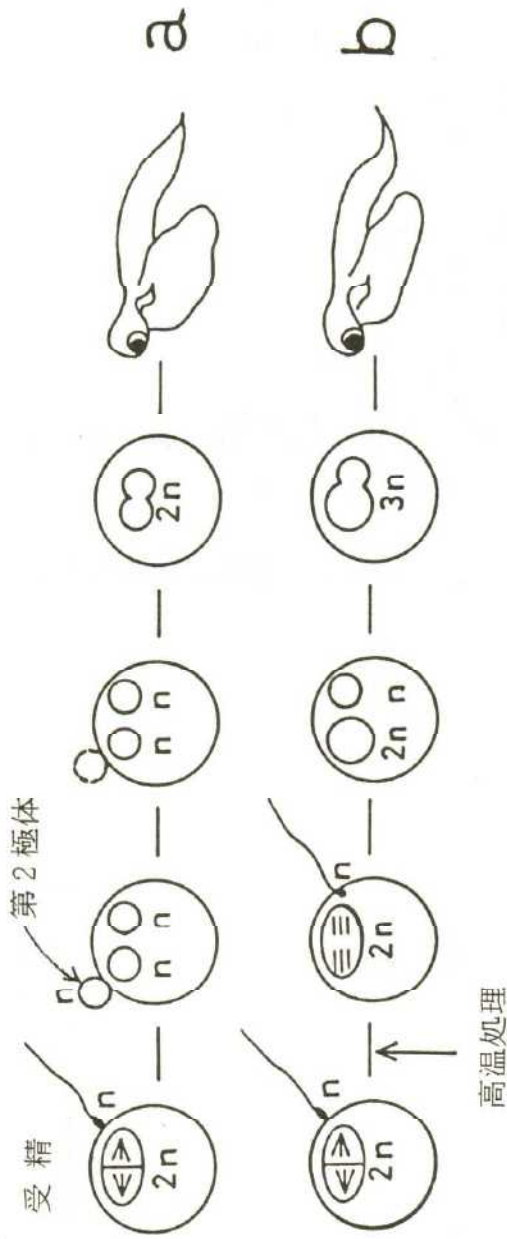
コントロールは、各試験において高温水処理試験区と同じ親魚の腹子を無処理のまま使用した。また、孵化率は孵化尾数/供試卵数×100で算出し、倍数化率は倍数化した尾数/調査尾数×100で算出し、百分率で示した。孵化率×倍数化率は三倍体魚の作出率として用い、孵化率と倍数化率を乗じたうえ百分率で示した。

なお、試験時の吸水温度及び処理温度の変化を防ぐため大洋サービスセンター(株)製のステン断熱水槽(40cm×30cm×20cm)に20ℓの高温水を入れ、同社製ヒーター(サーモミルダー, G-100)により水温を調整した。

3. 倍数化の判定法

YAMAHAらは、二倍体魚(通常魚)と三倍体魚では細胞の大きさに顕著な差が認められると報告しており⁴⁾、小野里はキンギョとフナの赤血球の長径を測定することにより倍数化の判定を行っている⁵⁾。そこで本試験では、浮上まで飼育管理した魚体毎に血球標本を作成し、光学顕微鏡により1尾当り20個以上の計測した結果から求められた赤血球長径の平均値の違いから倍数化の判定を行った。なお、血球標本は、稚魚の尾部を切断し、スライドガラスに採血、30分風乾し、99.5%エタノールで固定した後、6%ギムザ液で30～40分染色することにより作成した。

判定結果の例として、実験-4におけるコントロールの赤血球長径の計測結果の度数分布を図-2に、倍数化処理を施した魚体別の赤血球長径平均値の度数分布を図-3に示した。コントロールにおける赤血球長径をみると14～21μmの範囲にあり平均は16.7±1.8μmであった。倍数化処理を施した魚体別の赤血球長径の平均値についてみると範囲14～20μm及び範囲20～25μmの2群に分けることができる。そこで、前者を二倍体魚に、後者を三倍体魚に判別した。なお、二倍体、三倍体各々の赤血球の顕微鏡写真を図-4に示した。



図一： 高温処理法による三倍体魚発生の模式図

a : 二倍体魚 b : 三倍体魚

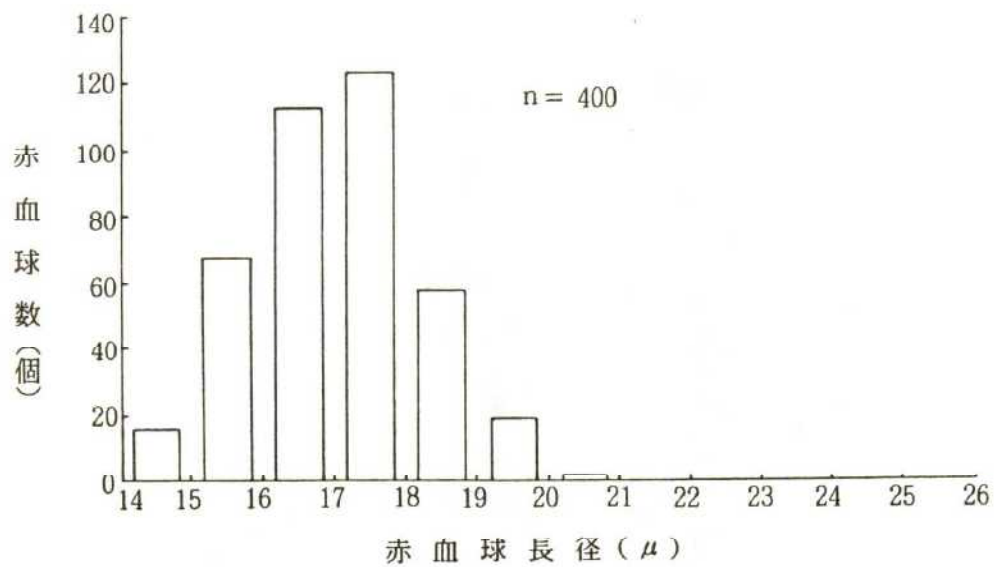


図-2 コントロールの赤血球長径の度数分布

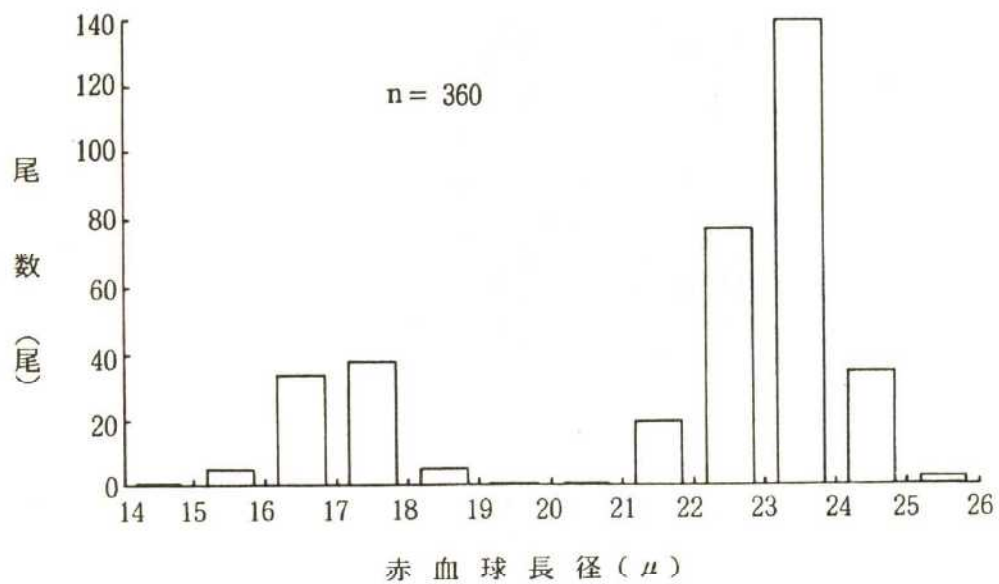


図-3 魚体別の赤血球長径平均値の度数分布

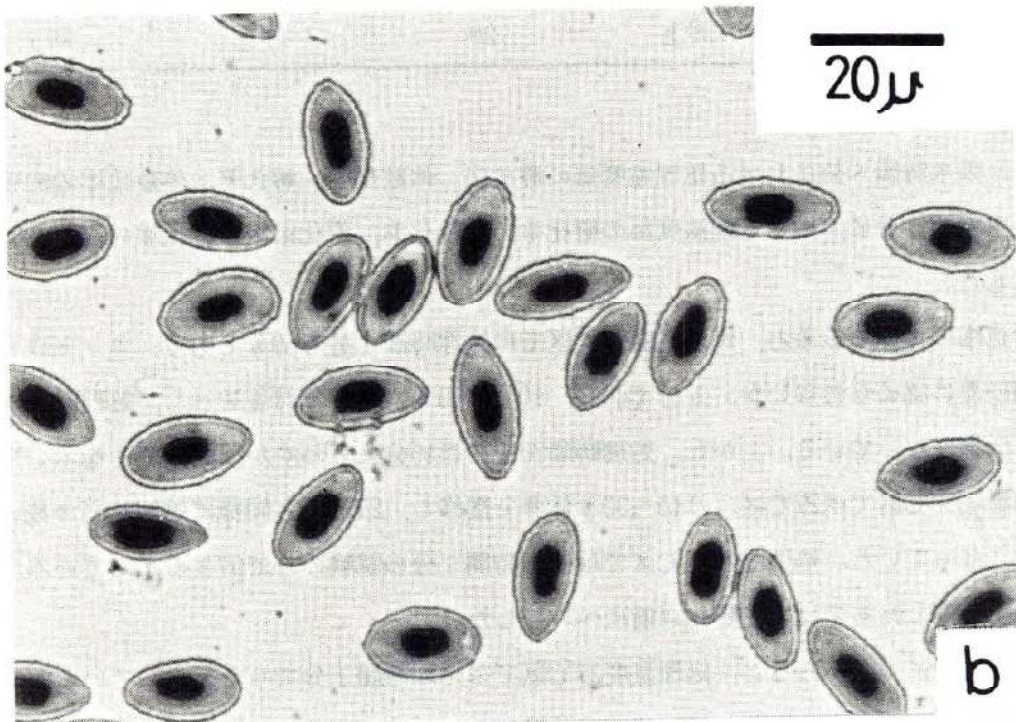
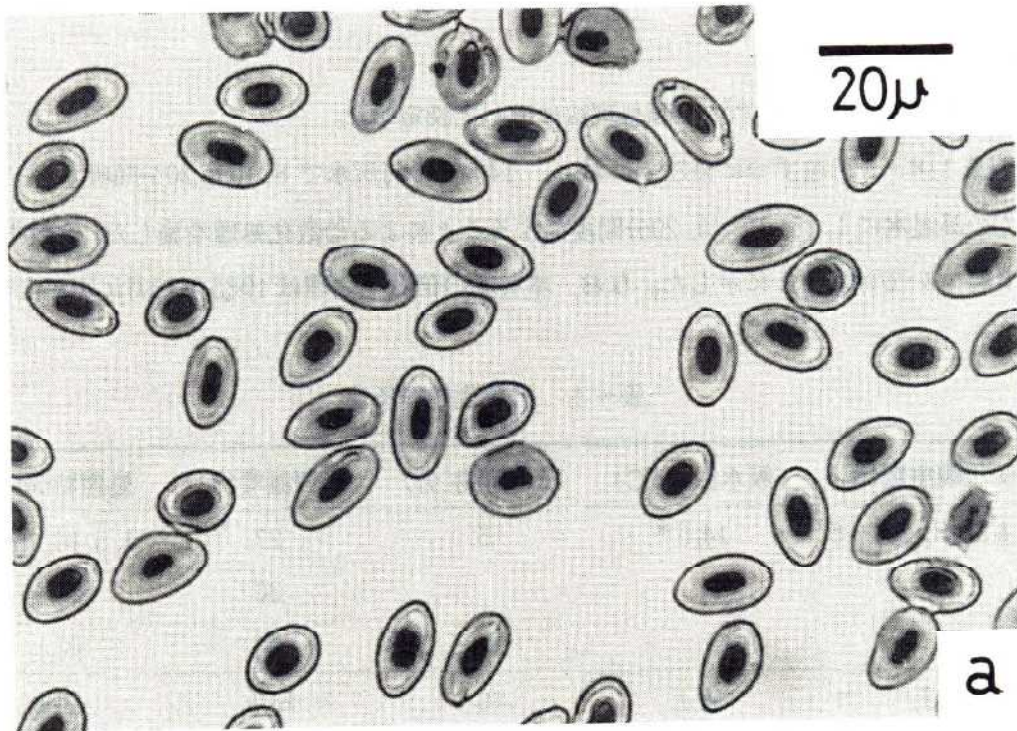


図-4 ヤマメ二倍体と三倍体の赤血球
a : 二倍体 b : 三倍体

試験結果及び考察

実験 - 1

倍数化処理条件は、小野甲³⁾の高温処理法に準じて設定した。

受精卵を 118～728粒ずつに分けて供試し、14.5℃の河川水で 5, 10, 15, 20分間吸水させた後、27, 30, 33℃の高温水に 1, 5, 10, 15, 20分間浸漬することによる倍数化処理を施した。倍数化処理条件の組合せについては表 - 1 に示した。なお、本実験の倍数化処理は 1985年10月に実施した。

表 - 1 倍数化処理条件

使用親魚数(尾)	吸水温度(℃)	吸水時間(分)	処理温度(℃)	処理時間(分)
♂2～3, ♀4～6	14.5*	5	27	1, 5, 10, 15, 20
			30	同上
			33	同上
同上	同上	10	同上	同上
同上	同上	15	同上	同上
同上	同上	20	同上	同上

* : 河川水温

1 - 1) 吸水時間 5分における処理温度毎の孵化率, 倍数化率, 孵化率×倍数化率の変化

吸水時間 5分における処理温度毎の孵化率, 倍数化率, 孵化率×倍数化率の変化を図 - 5 に示した。

孵化率についてみると、処理温度27℃区では処理時間 1分で69%であり、コントロールとの間に差は認められないが、5分で60%、10分で50%、15分で24%を示し、処理時間が長いほど低率になっている。しかし、処理時間20分では15分よりわずかに高い31%を示している。処理温度30℃区では27℃区より10～30%低率で推移し、27℃区と同様に処理時間が長いほど低率になっている。処理温度33℃区では処理時間 1分の試験のみで97%を示しているが、5分以上処理したものは全て孵化以前にへい死した。

倍数化率についてみると、処理温度27℃区では処理時間 1分で0%を示しているが、処理時間が長いほど高率になり、処理時間 5分で4%、10分で14%、15分で68%、20分で85%を示している。処理温度30℃区では処理時間 1分、5分で0%を示しているが、27℃区と同様に処理時間が長いほど高率になり、10分、15分、20分処理で67～85%を示している。処理温度33℃区では孵化稚魚が得られた処理時間 1分で6%を示している。

孵化率×倍数化率についてみると、処理温度27℃区では処理時間 1分で0%であるが、処

理時間が長いほど高率になり、処理時間20分で27%を示している。

処理温度30℃区では処理時間10分で最高の32%を示しているが、処理が10分より長くても短くても低率になっている。処理温度33℃区では孵化稚魚が得られた処理時間1分で6%を示している。

1-2) 吸水時間10分における処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率の変化

吸水時間10分における処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率の変化を図-6に示した。

孵化率についてみると、吸水時間5分での変化と同様に処理時間が長いほど低率になっており、処理温度30℃区では処理時間20分で0%を示しており、処理温度33℃区では処理時間5分で0%を示している。しかし、処理温度27℃区では処理時間10、15、20分において50%前後を推移しており、低下を示していない。

倍数化率についてみると、吸水時間5分での変化と同様に処理時間が長いほど高率になっており、処理温度30℃区では処理時間10分、15分で100%を示している。

孵化率×倍数化率についてみると、吸水時間5分での変化と同様の傾向になっているが、吸水時間10分の方が、若干高率で推移している。

1-3) 吸水時間15分における処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率の変化

吸水時間15分における処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率の変化を図-7に示した。

孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率とも吸水時間5分、10分と同様の傾向であり、処理時間が長いと孵化率は低率になり、倍数化率は高率になっているが、いずれの処理温度でも倍数化率が100%を示すものはなかった。また、孵化率×倍数化率での最高は処理温度27℃、処理時間15分の36%であった。

1-4) 吸水時間20分における処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率の変化

吸水時間20分における処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率の変化を図-8に示した。

孵化率についてみると、吸水時間5、10、15分と同様の傾向を示しており、処理時間が長いほど低率となっている。

倍数化率についてみると、処理温度30℃区では処理時間が長いほど高率になり、処理時間20分で100%を示しているが、処理温度27℃区では15%以下で推移し、処理時間20分で0%を示している。処理温度33℃区では処理時間1分で0%を示している。

孵化率×倍数化率についてみると、吸水時間5、10、15分より低率で推移し、いずれの処理時間でも16%以下を示している。

これらの結果から各条件について考えると、処理温度については、33℃区の5分以上の処理と30

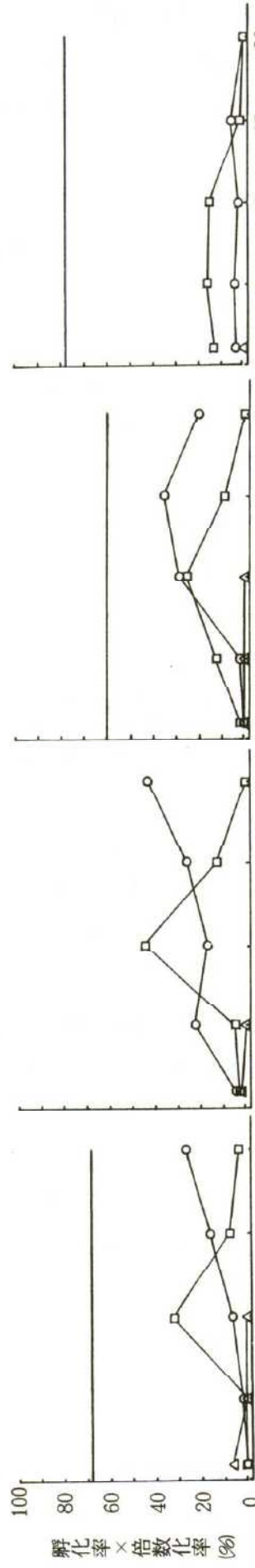
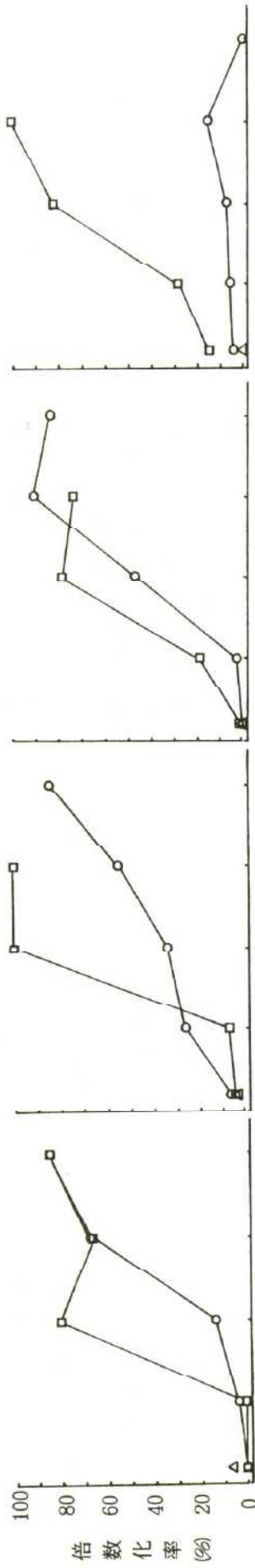
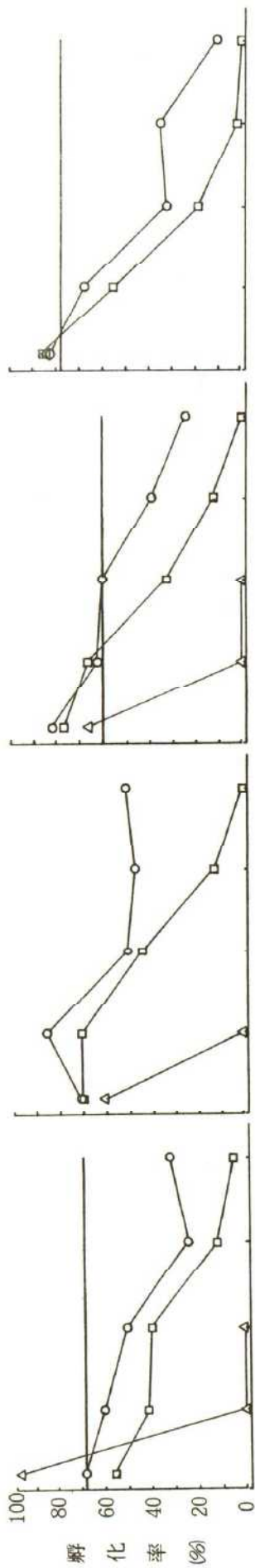


図-5 吸水時間5分における
処理温度毎の孵化率、
倍数化率、孵化率×倍
数化率

— コントロール
—○— 処理温度27°C
—□— 処理温度30°C
—△— 処理温度33°C

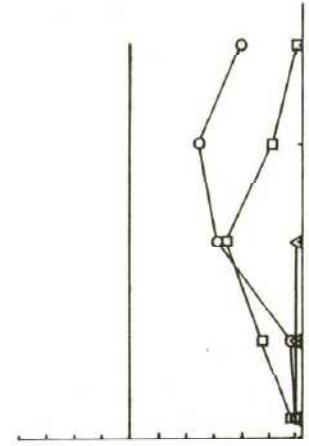
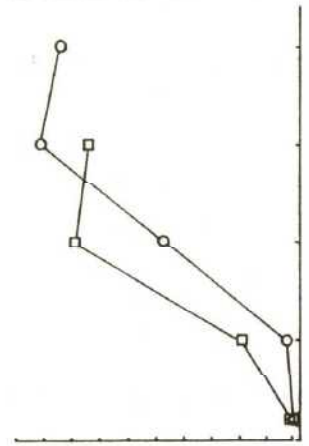
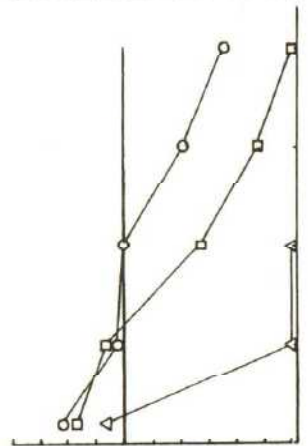


図-6 吸水時間10分における
処理温度毎の孵化率、
倍数化率、孵化率×倍
数化率

— コントロール
—○— 処理温度27°C
—□— 処理温度30°C
—△— 処理温度33°C

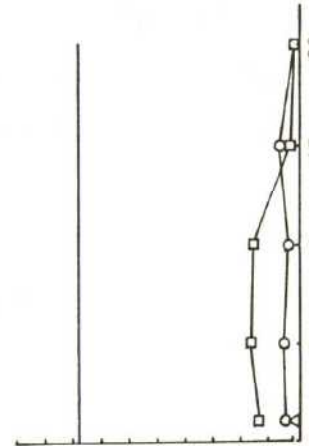
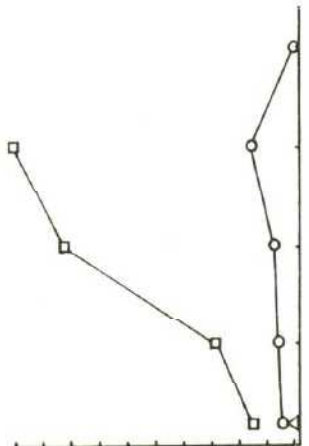
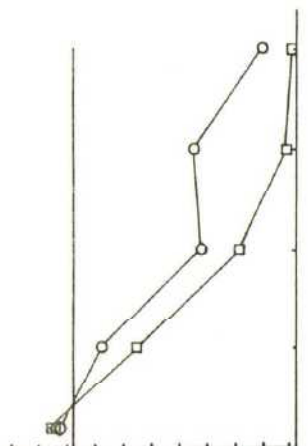


図-7 吸水時間15分における
処理温度毎の孵化率、
倍数化率、孵化率×倍
数化率

— コントロール
—○— 処理温度27°C
—□— 処理温度30°C
—△— 処理温度33°C

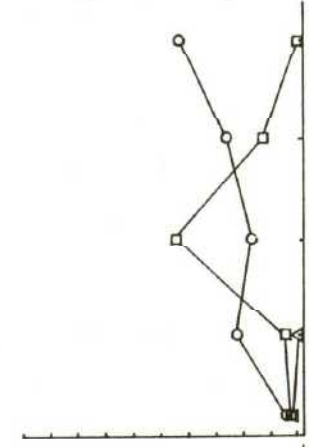
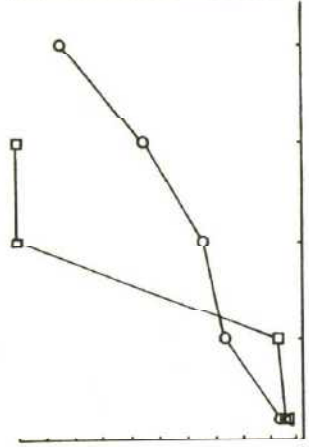
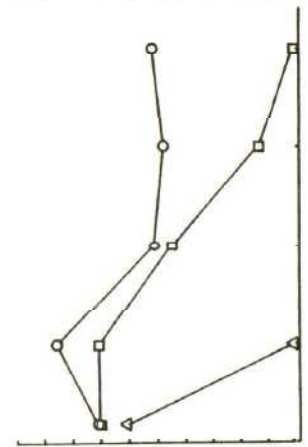


図-8 吸水時間20分における
処理温度毎の孵化率、
倍数化率、孵化率×倍
数化率

— コントロール
—○— 処理温度27°C
—□— 処理温度30°C
—△— 処理温度33°C

℃区の20分処理で孵化率が5%以下を示していることから、30℃の高温水が処理の上限であると考えられる。処理時間については、1分処理で倍数化率がいずれも15%以下を示していることから、5分以上の処理が必要であると考えられる。吸水時間については、20分吸水で孵化率×倍数化率がいずれも15%以下を示していることから、15分以内の吸水が適当と考えられる。また、全体的にみると、孵化率は処理温度が高いほど処理時間が長いほど低率になっているが、倍数化率は孵化率とは逆に、処理温度が高いほど処理時間が長いほど高率になっている。

実験－2

実験－1の結果を基に処理温度及び処理時間を変えて実験を行った。受精卵は251～807粒ずつに分けて供試し、14.0℃の河川水で吸水させた。吸水時間は孵化率が比較的安定し、100%の倍数化率が得られた10分に設定した。処理温度は28.30℃に設定し、5, 8, 10, 15, 20分間浸漬することによる倍数化処理を施した。倍数化処理条件の組合せについては表－2に示した。なお、本実験の倍数化処理は1986年11月に実施した。

表－2 倍数化処理条件

使用親魚数(尾)	吸水温度(℃)	吸水時間(分)	処理温度(℃)	処理時間(分)
♂ 2, ♀ 5	14.0 *	10	28	5, 8, 10, 15, 20
			30	同上

*：河川水温

処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率の変化を図－9に示した。

孵化率についてみると、処理温度28℃区では処理時間に関係なくコントロールの66%とほぼ同率で推移している。しかし、処理温度30℃区では実験－1と同様に処理時間が長いほど低率となっており、処理時間5分の59%から20分の1%まで漸減している。

倍数化率についてみると、処理温度28℃区では処理時間8分までは35%以下を示しているが、10分以降は80%以上になり、20分で100%を示している。処理温度30℃区では処理時間5分で56%、8分で100%を示しているが、20分で33%に低下している。

孵化率×倍数化率についてみると、処理温度28℃区では処理時間8分までは20%以下を示しているが、10分以降は50%以上になっている。処理温度30℃区では処理時間5分、8分で30%前後を示しているが、20分で1%以下になっている。なお、処理温度30℃区、処理時間10分及び15分での倍数化率については、実験魚を飼育試験⁶⁾に供したために欠測した。

処理温度毎に比較すると、孵化率については28℃区が30℃区より高率を示している。倍数化率については短時間の処理では30℃区の方が高率を示しているが、長時間の処理では28℃区の方が高率

を示している。孵化率×倍数化率については28℃区の処理時間10～20分で50%以上を示しており、30℃区の処理時間5分、8分における30%前後の率とは倍近い差がみられる。これらのことから、処理温度は28℃の方が好適と考えられる。

実験－3

処理温度を実験－1、2より低い26℃及び24℃に設定し、実験－1、2と比較のために28℃を加えて実験した。処理時間は、実験－2の処理温度28℃区で倍数化率が極めて低かった5分及び8分を除き、更に設定した処理温度が従来より低いため30分まで延長した。受精卵は113～252粒ずつに分り供試し、14.3℃の河川水で10分間吸水させた後、前記の条件で倍数化処理を施した。倍数化処理条件の組合せについては表－3に示した。なお、本実験の倍数化処理は1987年10月に実施した。

表－3 倍数化処理条件

使用親魚数(尾)	吸水温度(℃)	吸水時間(分)	処理温度(℃)	処理時間(分)
♂2～3, ♀5	14.3*	10	24	10, 15, 20, 25, 30
			26	同上
			28	同上

*：河川水温

処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率の変化を図－10に示した。

孵化率についてみると、処理温度24℃区では処理時間20分の93%までは漸増しているが、25分、30分処理では低下している。処理温度26℃区では処理時間10分で75%を示しており、15分では52%に低下しているものの、その後漸増し、30分で71%を示している。処理温度28℃区では処理時間毎に変動がみられるものの、処理時間が長いほど低率になる傾向が認められる。

倍数化率についてみると、処理温度24℃区ではどの処理時間でも20%以下を示している。処理温度26℃区では処理時間10分で20%を示しているが、15分から25分まで65%前後で推移しており、30分で30%に低下している。処理温度28℃区では処理時間10分で68%を示しているが、15分以上の処理したものは全て90%以上になっている。

孵化率×倍数化率についてみると、処理温度24℃区ではどの処理時間でも13%以下を示している。処理温度26℃区では処理時間25分まで処理時間が長いほど高率になり、15%から48%まで漸増しているが、30分では21%に低下している。処理温度28℃区では処理時間毎の変動がみられるものの、40～80%で推移している。

処理温度についてみると、孵化率においては明確な差が見受けられないが、倍数化率及び孵化率

×倍数化率では処理温度が高いほど高率を示していることから、28℃が好適と考えられる。また、処理時間についてみると、処理温度26℃区及び28℃区のいずれも、30分処理でかなりの低下を示すことから、25分以内の処理が適当と考えられる。

実験 - 4

3つの実験結果から、処理温度については28℃、処理時間については10～25分が適当と考えられた。そこで、本実験では吸水温度及び吸水時間について検討した。吸水温度は里美養魚場のヤマメ採卵時期である10月上～中旬の河川水温10～16℃に合わせ11, 13, 15℃に設定した。吸水時間は実験 - 1の結果から20分を除いて5, 10, 15分に設定した。受精卵は154～815粒ずつに分け供試した。倍数化処理条件の組合せについて表 - 4に示した。なお、本実験は1988年10月及び11月に実施した。

表 - 4 倍数化処理条件

使用親魚数(尾)	吸水温度(℃)	吸水時間(分)	処理温度(℃)	処理時間(分)
♂ 2 - 3, ♀ 4	11.0	5	28	10, 15, 20, 25
		10	同上	同上
		15	同上	同上
♂ 2 ~ 3, ♀ 4	13.0	同上	同上	同上
♂ 2 ~ 3, ♀ 6	15.0	同上	同上	同上

1 - 1) 吸水温度11℃における処理温度毎の孵化率, 倍数化率, 孵化率×倍数化率の変化

吸水温度11℃における吸水時間毎の孵化率, 倍数化率, 孵化率×倍数化率の変化を図 - 11に示した。

孵化率についてみると、どの吸水時間区でも処理時間が長いほど低率になっている。

倍数化率についてみると、吸水時間5分区ではどの処理時間でも100%を示している。吸水時間10分区では処理時間10分で80%を示しているが、15分以上処理したものは全て100%になっている。吸水時間15分区では処理時間10分で50%、15分で100%を示しているが、その後漸減し、20分で70%になっている。

孵化率×倍数化率についてみると、吸水時間5分区及び10分区では処理時間が長いほど低率になっている。吸水時間15分区では処理時間10分で25%、15分で34%を示しているが、20分で30%、25分で15%に低下している。

1 - 2) 吸水温度13℃における処理温度毎の孵化率, 倍数化率, 孵化率×倍数化率の変化

吸水温度13℃における吸水時間毎の孵化率，倍数化率，孵化率×倍数化率の変化を図-12に示した。

孵化率についてみると，吸水温度11℃と同様にどの吸水時間でも処理時間が長いほど低率になっている。

倍数化率についてみると，吸水時間5分區では処理時間が長いほど高率になり，処理時間10分で60%，15分と20分で90%を示し，25分で100%になっている。吸水時間10分區では処理時間10分で20%，15分で50%，20分で80%を示しているが，25分では70%に低下している。吸水時間15分區では処理時間10分で0%，15分で10%，20分で40%を示したが，25分では20%に低下している。

孵化率×倍数化率についてみると，吸水時間5分區では処理時間10分で13%，15分で45%を示しているが，20分で29%，25分で13%に低下している。吸水時間10分區では処理時間10分で13%，15分で16%を示しているが，20分で8%，25分で6%に低下している。吸水時間15分區ではいずれの処理時間でも6%以下を示している。

1-3) 吸水温度15℃における処理温度毎の孵化率，倍数化率，孵化率×倍数化率の変化

吸水温度15℃における吸水時間毎の孵化率，倍数化率，孵化率×倍数化率を図-13に示した。

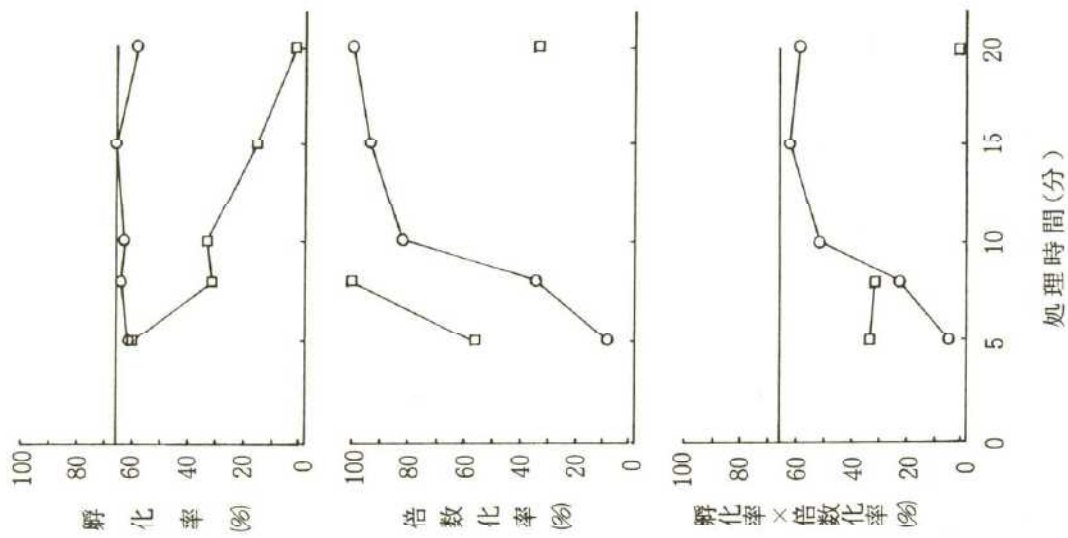
孵化率についてみると，吸水温度11℃，13℃と同様にどの吸水時間でも処理時間が長いほど低率になっている。

倍数化率についてみると，吸水時間5分區では処理時間10分で80%であるが，15分以上処理したものは全て100%を示している。吸水時間10分區では処理時間10分で40%であるが，15分以上処理したものは全て90%以上を示している。吸水時間15分區ではいずれの処理時間でも60%以下を示している。

孵化率×倍数化率をみると，どの吸水時間でも処理時間が長いほど低率になっている。

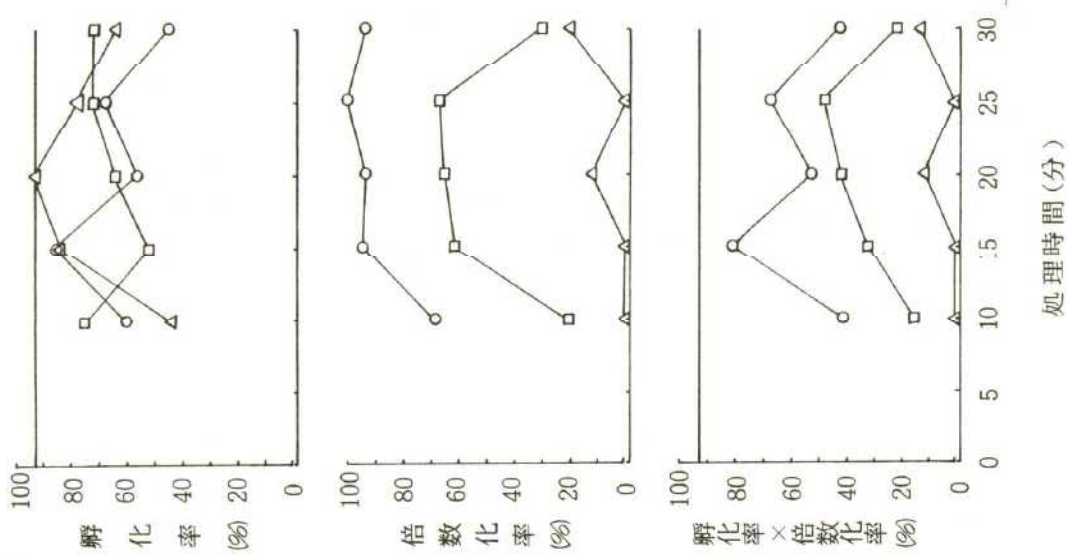
吸水時間毎にみると，孵化率では明確な差が見受けられないが，倍数化率及び孵化率×倍数化率については吸水時間が短いほど高率を示しており，吸水時間5分の処理時間10，15，20分で他より高い孵化率×倍数化率になっている。

第2極体放出阻害による三倍体魚の作出条件を，吸水温度，吸水時間，処理温度，処理時間の4項目に着目して検討してきた。各実験結果をまとめてみると倍数化率については，低温，短時間の吸水においては低温，短時間の処理で高率を示しているが，高温，長時間の処理では低率になっている。高温，長時間の吸水において，低温，短時間の処理で低率を示しているが，高温，長時間の処理では高率になっている。吸水時間を延長していくと倍数化率が著しく低下し，倍数化が行われなくなってしまう。この原因としては，卵の発生が進み，第2極体放出阻害による倍数化処理の適期を逸してしまうためであると考えられる。この時期を実験結果から推察すると，積算温度で290℃・分付近と考えることができる。孵化率については，低温，短時間の処理で高率を示しているが，



図一9 処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率

- コントロール
- 処理温度28°C
- 処理温度30°C



図一10 処理温度毎の孵化率、倍数化率、孵化率×倍数化率

- コントロール
- 処理温度28°C
- 処理温度26°C
- △ 処理温度24°C

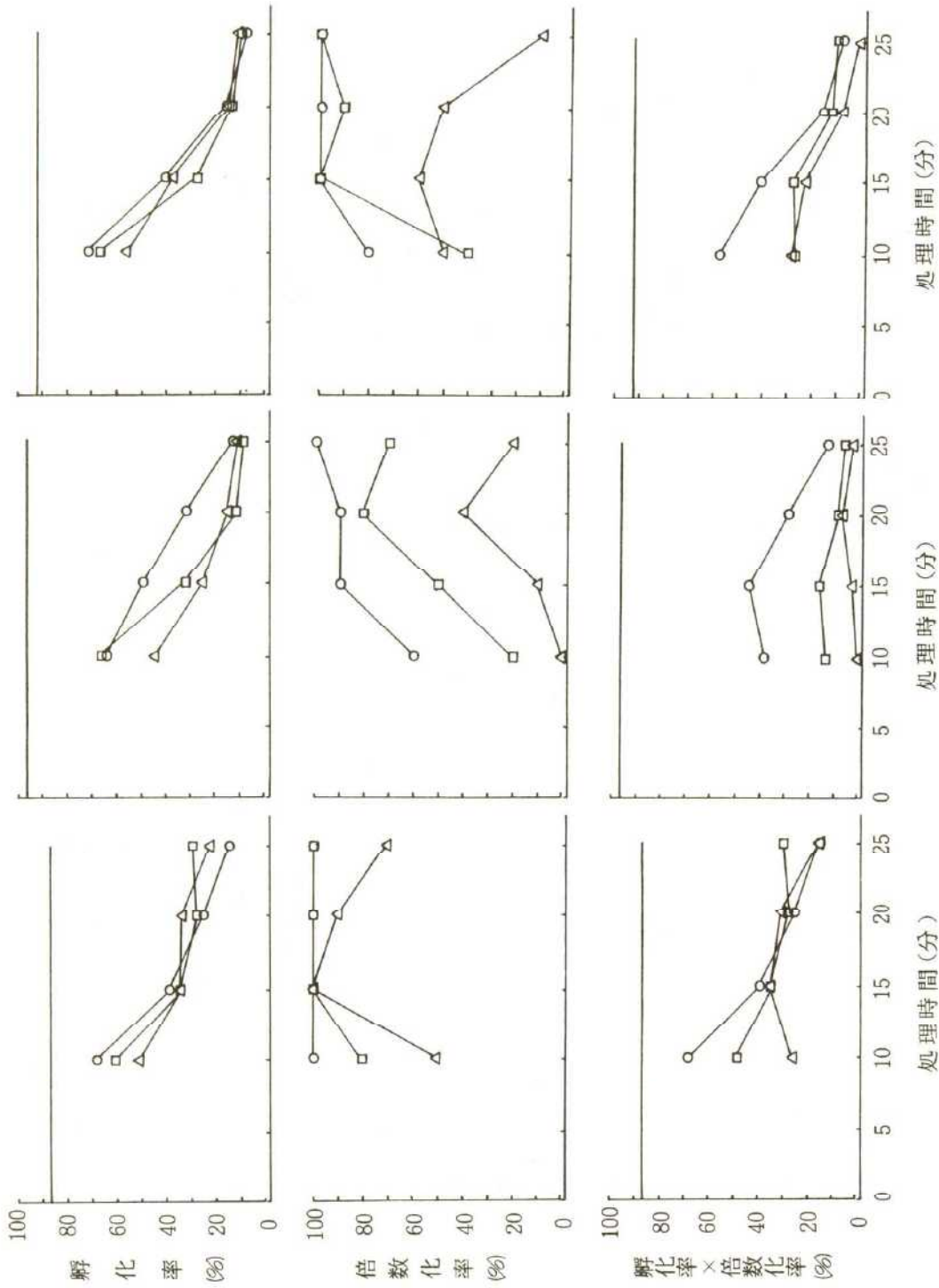


図-11 吸水温度11℃における
吸水時間毎の孵化率、
倍数化率、孵化率×倍
数化率

— コントロール
—○— 吸水時間 5分
—□— 吸水時間10分
—△— 吸水時間15分

図-12 吸水温度13℃における
吸水時間毎の孵化率、
倍数化率、孵化率×倍
数化率

— コントロール
—○— 吸水時間 5分
—□— 吸水時間10分
—△— 吸水時間15分

図-13 吸水温度15℃における
吸水時間毎の孵化率、
倍数化率、孵化率×倍
数化率

— コントロール
—○— 吸水時間 5分
—□— 吸水時間10分
—△— 吸水時間15分

高温、長時間の処理では低率になっている。この原因としては、卵にある一定温度以上が加えられると卵の生存に悪影響を及ぼし、死滅してしまうためと考えられる。今回の試験で、孵化率が高くなると倍数化率が低くなり、孵化率が低くなると倍数化率が高くなる傾向がみられ、孵化率と倍数化率が共に高率を示す条件は、明らかに出来なかった。

そこで、三倍体魚の作出率として用いた「孵化率×倍数化率」が高率を示した時の条件をヤマメ三倍体魚作出の至適条件として考えると、吸水温度11～15℃、吸水時間5分、処理温度28℃、処理時間10～15分が適当であると言える。

しかし、ほぼ同じ設定条件でも実験毎に孵化率、倍数化率に差が見受けられた。この原因としては、ニジマスにおいて報告されている親魚毎の排卵日の違い⁷⁾や親魚飼育水温と吸水温度の差がヤマメの倍数化に何等かの影響を与えていることが考えられる。本試験は多年に渡るため、実験毎に使用親魚及び親魚飼育水温が異なっている。今後は、親魚による卵質の違いが、ヤマメの倍数化に影響を与えるかを検討しなければならないだろう。

本試験の結果から、ヤマメにおいても高温処理により高率で三倍体魚を作出出来ることが明らかとなった。今後は作出した魚が不稔であり、商品価値の高い魚であるかどうかを確認する必要がある。そのためには、作出した三倍体魚を飼育し、成熟の有無、通常魚との成長の違い、肉質の良否、外観の変化等について調査を進めていく必要があるだろう。

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) 北海道立水産孵化場育種餌料科：第9回全国養鱒技術協議会要録， 20-30， (1984)。
- 3) 小野里坦：遺伝38巻8号， 17-23， (1984)。
- 4) Etsuro YAMAHARA and Hiroshi ONOZATO：Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 36(4)， 170-176. (1985)。
- 5) 小野里坦：水産育種 6， 11-18， (1981)。
- 6) 高島葉二他：本誌第26号。
- 7) 長野県水産試験場：昭和63年度地域バイオテクノロジー技術開発促進事業内水面ブロック会議資料， (1988)。

付 表

実験-1 (昭和60年度試験) 結果

吸水 温度 (°C)	吸水 時間 (分)	処 理 温 度 (°C)	処 理 時 間 (分)	供試 卵数 (粒)	発眼卵数	孵化尾数	浮上尾数	奇形・ へい死数		三倍体尾数	孵 化 率 × 倍 数 化 率 (%)
					(粒)	(尾)	(尾)	(尾)	※A	※B	
14.5	5	コントロール		118	84 (71.2)	81 (68.6)	75 (63.6)	4	2	-	-
		27	1	216	157 (72.7)	148 (68.5)	132 (61.1)	8	8	0/26 (0.0)	0.0
			5	265	182 (68.7)	159 (60.0)	143 (54.0)	1	15	1/28 (3.6)	2.2
			10	354	192 (54.2)	178 (50.3)	147 (41.5)	11	20	4/29 (13.8)	7.0
			15	728	273 (37.5)	176 (24.2)	164 (22.5)	3	9	23/34 (67.6)	16.4
			20	596	136 (22.8)	187 (31.4)	171 (28.7)	4	12	29/34 (85.3)	26.8
		30	1	173	107 (61.8)	96 (55.5)	87 (50.3)	2	7	0/14 (0.0)	0.0
			5	223	146 (65.5)	92 (41.3)	80 (35.9)	4	8	0/16 (0.0)	0.0
			10	300	144 (48.0)	119 (39.7)	100 (33.3)	5	14	16/20 (80.0)	31.8
			15	576	128 (22.4)	68 (11.8)	52 (9.0)	6	10	6/ 9 (66.7)	7.9
			20	419	22 (5.3)	18 (4.3)	12 (2.9)	1	5	11/13 (84.6)	3.6
		33	1	174	84 (48.3)	169 (97.1)	156 (89.7)	6	7	2/32 (6.3)	6.1
			5	※C							
				10	※C						
		10	コントロール		-						
	27		1	134	104 (77.6)	95 (70.9)	88 (65.7)	4	3	1/16 (6.3)	4.5
			5	181	162 (89.5)	155 (85.6)	152 (84.0)	0	3	8/30 (26.7)	22.9
			10	292	175 (59.9)	148 (50.7)	135 (46.2)	5	8	9/26 (34.6)	17.5
			15	475	256 (53.9)	225 (47.4)	191 (40.2)	12	22	20/36 (55.6)	26.4
			20	416	186 (44.7)	215 (51.7)	201 (48.3)	0	14	34/40 (85.0)	43.9
30	1		215	182 (84.7)	151 (70.2)	138 (64.2)	5	8	1/26 (3.8)	2.7	
	5		226	176 (77.9)	159 (70.4)	148 (65.5)	5	6	2/28 (7.1)	5.0	
	10		170	118 (69.4)	76 (44.7)	50 (29.4)	21	5	10/10 (100.0)	44.7	
	15		306	57 (18.6)	39 (12.7)	26 (8.5)	2	11	5/ 5 (100.0)	12.7	
	20		※C								
33	1		326	241 (73.9)	197 (60.4)	182 (55.8)	4	11	1/36 (2.8)	1.7	
	5		※C								

※A : 調査日 1985. 11. 25. 積算水温 = 孵化後 50°C

※B : 調査日 1985. 12. 19. 積算水温 = 孵化後 213°C

※C : 発眼もしくは孵化以前に全滅

吸水 温度 (°C)	吸水 時間 (分)	処理 温度 (°C)	処理 時間 (分)	供試 卵数 (粒)	発眼卵数	孵化尾数	浮上尾数	奇形・ へい死数		三倍体尾数	孵化率 × 倍数化率 (%)
					(粒)	(尾)	(尾)	(尾)	※A	※B	
14.5	15	コントロール		165	102 (61.8)	100 (60.6)	96 (58.2)	0	4	-	-
		27	1	204	169 (82.8)	167 (81.9)	159 (77.9)	1	7	0/30 (0.0)	0.0
			5	250	159 (63.6)	156 (62.4)	151 (60.4)	0	5	1/30 (3.3)	2.1
			10	314	208 (66.2)	190 (60.5)	180 (57.3)	3	7	17/36 (47.2)	28.6
			15	336	134 (39.9)	131 (39.0)	118 (35.1)	1	12	20/22 (90.9)	35.5
			20	455	171 (37.6)	111 (24.4)	91 (20.0)	7	13	15/18 (83.3)	20.3
		30	1	443	344 (77.7)	340 (76.7)	331 (74.7)	1	8	1/61 (1.6)	1.2
			5	382	257 (67.3)	253 (66.2)	247 (64.7)	1	5	9/49 (18.4)	12.2
			10	336	142 (42.3)	109 (32.4)	99 (29.5)	2	8	14/18 (77.8)	25.2
			15	274	34 (12.4)	32 (11.7)	19 (6.9)	5	8	11/15 (73.3)	8.6
			20	226	6 (2.7)	1 (0.4)	0 (0.0)	0	0	-	-
		33	1	441	297 (67.3)	291 (66.0)	283 (64.2)	1	7	0/52 (0.0)	0.0
			5	※C							
			10	※C							
	20	コントロール		317	263 (83.0)	247 (77.9)	228 (71.9)	8	11	-	-
		27	1	309	258 (83.5)	255 (82.5)	242 (78.3)	6	7	2/48 (4.2)	3.5
			5	331	231 (69.8)	223 (67.4)	216 (65.3)	0	7	2/36 (5.6)	3.8
			10	306	189 (61.8)	98 (32.0)	82 (26.8)	14	2	1/15 (6.7)	2.1
			15	458	241 (52.6)	158 (34.5)	131 (28.6)	14	13	4/26 (15.3)	5.3
			20	537	90 (16.8)	56 (10.4)	43 (8.0)	3	10	0/ 8 (0.0)	0.0
		30	1	350	303 (86.6)	298 (85.1)	284 (81.1)	1	13	8/54 (14.8)	12.6
			5	402	256 (63.7)	223 (55.5)	198 (49.3)	10	15	11/39 (28.2)	15.7
			10	444	119 (26.8)	80 (18.0)	53 (11.9)	9	18	9/11 (81.8)	14.7
15			383	12 (3.1)	5 (1.3)	3 (0.8)	0	2	2/ 2 (100.0)	1.3	
20			※C								
33		1	369	315 (85.4)	309 (83.7)	286 (77.5)	9	14	0/53 (0.0)	0.0	

※A：調査日 1985. 11. 25,積算水温=孵化後 50℃

※B：調査日 1985. 12. 19,積算水温=孵化後 213℃

※C：発眼もしくは孵化以前に全滅

実験-2 (昭和61年度試験) 結果

吸水 温度 (°C)	吸水 時間 (分)	処 理 温 度 (°C)	処 理 時 間 (分)	供試		孵化尾数 (尾)	浮上尾数 (尾)	奇形・ へい死数 (尾)	三倍体尾数 (尾) /調査尾数 (尾)	解 化 率 × 倍 数 化 率 (%)
				卵数 (粒)	発眼卵数 (発眼率%)					
14.0	10	コントロール		394	259 (65.7)	259 (65.7)	257 (65.2)	0 (0.0)	—	—
		28	5	438	275 (62.8)	268 (61.2)	276 (63.0)	0 (0.0)	4/49 (8.2)	5.0
			8	385	249 (64.7)	247 (64.2)	237 (61.6)	6 (2.4)	17/49 (34.7)	22.3
			10	427	279 (65.3)	268 (62.8)	252 (59.0)	6 (2.2)	41/50 (82.0)	51.5
			15	574	385 (67.1)	380 (66.2)	366 (63.8)	3 (0.8)	45/48 (93.8)	62.1
			20	807	515 (63.8)	475 (58.9)	434 (53.8)	8 (1.7)	50/50 (100.0)	58.9
		30	5	298	189 (63.4)	177 (59.4)	160 (53.7)	0 (0.0)	28/50 (56.0)	33.3
			8	251	81 (32.3)	78 (31.1)	77 (30.7)	0 (0.0)	49/49 (100.0)	31.1
			10	346	117 (33.8)	113 (32.7)	103 (29.8)	12 (10.6)	※	—
			15	362	56 (15.5)	54 (14.9)	50 (13.8)	3 (5.6)	※	—
20	549		15 (2.7)	9 (1.6)	6 (1.1)	0 (0.0)	2/ 6 (33.3)	0.5		

※ 飼育試験に供したため欠測。

実験 - 3 (昭和62年度試験) 結果

吸水 温度 (°C)	吸水 時間 (分)	処 理 温 度 (°C)	処 理 時 間 (分)	供試					三倍体尾数		
				卵数 (粒)	発眼卵数 (粒)	発眼率(%)	孵化尾数 (尾)	孵化率(%)	浮上尾数 (尾)	浮上率(%)	奇形数 (尾)
14.3	10		コントロール	159	149 (93.7)	148 (93.1)	146 (91.8)	0 (0.0)	-	-	
			28	10	218	174 (79.8)	131 (60.1)	122 (56.0)	3 (2.3)	13/19 (68.4)	41.1
				15	252	223 (88.5)	215 (85.3)	210 (83.3)	2 (0.9)	18/19 (94.7)	80.8
				20	247	182 (73.7)	139 (56.3)	138 (55.9)	9 (6.5)	15/16 (93.8)	52.8
				25	216	149 (69.0)	146 (67.6)	144 (66.7)	5 (3.4)	17/17 (100.0)	67.6
				30	206	95 (46.1)	93 (45.1)	86 (41.7)	1 (1.1)	17/18 (94.4)	42.6
				24	10	220	203 (92.3)	164 (74.5)	161 (73.2)	1 (0.6)	4/20 (20.0)
			15	222	176 (79.3)	115 (51.8)	105 (47.3)	0 (0.0)	11/18 (61.1)	31.6	
			20	113	72 (63.7)	72 (63.7)	71 (62.8)	1 (1.4)	13/20 (65.0)	41.4	
			25	212	186 (87.7)	151 (71.2)	※0 (0.0)	5 (3.3)	6/9 (66.7)	47.5	
			30	195	168 (86.2)	139 (71.3)	128 (65.6)	1 (0.7)	6/20 (30.0)	21.0	
			24	10	203	184 (90.6)	89 (43.8)	84 (41.4)	1 (1.1)	0/10 (0.0)	0.0
				15	178	159 (89.3)	149 (83.7)	148 (83.1)	0 (0.0)	0/10 (0.0)	0.0
				20	162	152 (93.8)	151 (93.2)	0 (0.0)	1 (0.7)	2/17 (11.8)	11.0
				25	129	109 (84.5)	100 (77.5)	98 (76.0)	1 (1.0)	0/20 (0.0)	0.0
				30	135	116 (85.9)	86 (63.7)	85 (63.0)	2 (2.3)	4/20 (20.0)	12.7

※ 事故により144尾へい死。

実験 - 4 (昭和63年度試験) 結果

吸水温度 (°C)	吸水時間 (分)	処理温度 (°C)	処理時間 (分)	供試卵数 (粒)	発眼卵数 (粒)	孵化尾数 (尾)	奇形数 (尾)	三倍体尾数 (尾) /調査尾数 (尾)	孵化率 × 倍数化率 (%)	
					(発眼率%)	(孵化率%)	(奇形率%)	(倍数化率%)	(%)	
11	コントロール			258	225 (87.2)	224 (86.8)	3 (1.3)	-	-	
	5	28	10	247	170 (68.8)	168 (68.0)	3 (1.8)	10/10 (100.0)	68.0	
			15	235	97 (41.3)	91 (38.7)	7 (7.7)	10/10 (100.0)	38.7	
			20	218	56 (25.7)	54 (24.8)	2 (3.7)	10/10 (100.0)	24.8	
			25	154	24 (15.6)	22 (14.3)	0 (0.0)	10/10 (100.0)	14.3	
	10	28	10	195	128 (65.6)	117 (60.0)	6 (5.1)	8/10 (80.0)	48.0	
			15	170	65 (38.2)	58 (34.1)	2 (3.4)	10/10 (100.0)	34.1	
			20	276	77 (27.9)	76 (27.5)	5 (6.6)	10/10 (100.0)	27.5	
			25	659	204 (31.0)	192 (29.1)	6 (3.1)	10/10 (100.0)	29.1	
	15	28	10	202	102 (50.5)	101 (50.0)	5 (5.0)	5/10 (50.0)	25.0	
			15	177	61 (34.5)	60 (33.9)	2 (3.3)	10/10 (100.0)	33.9	
			20	241	83 (34.4)	80 (33.2)	7 (8.8)	9/10 (90.0)	29.9	
			25	439	102 (23.2)	96 (21.9)	5 (5.2)	7/10 (70.0)	15.3	
	13	コントロール			296	285 (96.3)	285 (96.3)	9 (3.2)	-	-
		5	28	10	222	157 (70.7)	142 (64.0)	4 (2.8)	6/10 (60.0)	38.4
				15	189	112 (59.3)	94 (49.7)	7 (7.4)	9/10 (90.0)	44.7
20				221	75 (33.9)	70 (31.7)	0 (0.0)	9/10 (90.0)	28.5	
25				776	101 (13.0)	98 (12.6)	8 (8.2)	10/10 (100.0)	12.6	
10		28	10	229	156 (68.1)	151 (65.9)	3 (2.0)	2/10 (20.0)	13.2	
			15	193	64 (33.2)	60 (31.1)	2 (3.3)	5/10 (50.0)	15.6	
			20	228	27 (11.8)	24 (10.5)	1 (4.2)	8/10 (80.0)	8.4	
			25	394	33 (8.4)	32 (8.1)	8 (25.0)	7/10 (70.0)	5.7	
15		28	10	202	90 (44.6)	89 (44.1)	3 (3.4)	0/10 (0.0)	0.0	
			15	224	58 (25.9)	55 (24.6)	2 (3.6)	1/10 (10.0)	2.5	
			20	202	30 (14.9)	30 (14.9)	1 (3.3)	4/10 (40.0)	6.0	
			25	319	37 (11.6)	35 (11.0)	8 (22.9)	2/10 (20.0)	2.2	

吸水温度 (°C)	吸水時間 (分)	処理温度 (°C)	処理時間 (分)	供試 卵数 (粒)	発眼卵数	孵化尾数	奇形数	三倍体尾数	孵化率 × 倍数化率 (%)
					(粒)	(発眼率%)	(尾)	(孵化率%)	
15	コントロール			239	222 (92.9)	221 (92.5)	1 (0.5)	—	
	5	28	10	190	141 (74.2)	136 (71.6)	3 (2.2)	8/10 (80.0)	57.3
			15	408	175 (42.9)	166 (40.7)	9 (5.4)	10/10 (100.0)	40.7
			20	233	44 (18.9)	36 (15.5)	2 (5.6)	10/10 (100.0)	15.5
			25	606	60 (9.9)	48 (7.9)	2 (4.2)	10/10 (100.0)	7.9
	10	28	10	199	138 (69.3)	133 (86.8)	4 (3.0)	4/10 (40.0)	26.7
			15	209	60 (28.7)	57 (27.3)	4 (7.0)	10/10 (100.0)	27.3
			20	231	36 (15.6)	30 (13.0)	2 (6.7)	9/10 (90.0)	11.7
			25	584	75 (12.8)	57 (9.8)	0 (0.0)	10/10 (100.0)	9.8
	15	28	10	172	97 (56.4)	96 (55.8)	1 (1.0)	5/10 (50.0)	27.9
			15	241	107 (44.4)	89 (36.9)	4 (4.5)	6/10 (60.0)	22.1
			20	169	31 (18.3)	25 (14.8)	1 (4.0)	5/10 (50.0)	7.4
25			815	98 (12.0)	93 (11.4)	7 (7.5)	1/10 (10.0)	1.1	