

ニジマス×イワナ三倍体雑種の酸素飢餓状態に対する耐性

渡辺祐介・網田健次郎

Hypoxic tolerance in triploid hybrids between female rainbow trout
and male white-spotted char

Yusuke Watanabe and Kenjiro Amita

キーワード：ニジマス、イワナ、三倍体、酸素飢餓耐性

染色体操作技術を用いての異質全雌三倍体魚が、近年商業ベースで作出され、作出魚は地域特産品化されてきている¹⁾。ニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) 三倍体魚には、不妊のため、産卵期における成長の停滞による肉質の劣化を回避できるなど生食用大型魚として利用価値がある。さらに、ニジマス養殖業界に多大な被害をもたらしている IHN 症に対する抗病性を持つ異質三倍体魚も存在する²⁾ など、三倍体魚の利用には利点がある。一方、三倍体魚は低酸素状態に弱いことが報告され³⁾、輸送・取りあげ時における死亡など、ニジマス飼育管理に関して懸念されるところがある。そこで、日本北部に生息し、イワナの 1 つの型であるアメマス (*Salvelinus leucomaenis* f. *leucomaenis*) を雄親魚、ニジマスを雌親魚とした異質全雌三倍体魚の酸素飢餓状態に対する耐性に関する知見を得る目的で本研究を実施した。

材 料 と 方 法

試験には、新潟県内水面水産試験場魚沼支場で 2005 年秋に作出された二倍体ニジマス (以下二倍体)、同質三倍体ニジマス (以下同質三倍体)、ニジマス♀×イワナ (アメマス) ♂による異質三倍体ニジマス (以下異質三倍体) の 3 つの群を用いた。

(1) 止水方式による酸素耐性試験

酸素耐性試験は 2006 年 6 月 20 日～21 日に 3 区、7 月 10 日～11 日に 2 区の合計 5 区で実施した。供試魚への給餌は、試験開始の 2 日前に止め、試験

期間中は給餌を行わなかった。試験は、飼育水 4 L が入った 10 L 角形水槽で行った。10 L 水槽は、恒温状態になるよう流水水槽中に置き、試験開始直前まで一昼夜通気した。通気を止めた状態で供試魚を各 5 尾ずつ同一水槽に収容し、24 時間後の生残個体を計数した。供試魚の平均体重が、二倍体、同質三倍体、異質三倍体の 3 群ともに 11g になるように供試魚を選抜した。水温と溶存酸素量は、試験開始時、試験開始後 1、2、3、4、5 および 24 時間後に飯島電子社製 D0 メーターを用いて測定した。

(2) 空中曝露によるストレス負荷試験

曝露試験は 2006 年 6 月 21 日に 3 回、7 月 10 日に 2 回実施した。試験には、(1) の試験と同様に平均体重が 11g になるように選抜された供試魚を用いた。給餌条件は、(1) の試験に準じた。試験は、流水式角形水槽を用いて行った。それぞれの角形水槽のカゴを置き、カゴ内に 5 尾ずつをまず収容した。その後、供試魚を 8 分間空气中に曝露し、通気した流水式水槽に再度戻し、10 分経過後に生残個体数を計数した。なお、6 月 21 日の流水式水槽の水温は 12°C、気温は 23°C で、7 月 10 日の水温は 12°C、気温は 22°C であった。

(3) 飼育試験

飼育試験は二倍体と異質三倍体を用いて、2006 年 7 月 27 日から 9 月 2 日まで実施した。試験は、60 L の飼育水が入った 100 L 円形水槽で行い、63 日間給餌飼育を行った。試験区の試験開始時の収容量は、収容量 $W = (O_i - O_0) V / K$ の式⁴⁾

表1 比較飼育試験の設定条件

	注水量 (l/h)	換水率 (回/h)	収容魚	収容重量 (g)	個体数	平均体重 (g)
試験区 (1, 267尾/m ³)	20	2.0	異質三倍体	1420	76	18.9
			二倍体	1420	76	18.9
対照区 (833尾/m ³)	288	4.8	異質三倍体	950	50	19.0
			二倍体	900	50	18.0

{(W ; 収容量 (kg) O_i ; 流入水中の溶存酸素量 (ml/l) O_o ; 溶存酸素量の健全臨界値 (ml/l) V ; 注水量 (l/hr) K ; 飼育魚の平常時の酸素消費量 (ml/kg・hr)} に基づいて算出した。それに対し、対照区の収容量は、本試験場で通常のニジマス生産業務で行っている飼育条件に従って設定した (表1)。

試験区には、二倍体魚と異質三倍体魚をそれぞれ1,420g (76尾) ずつ収容し、混養飼育を行った。対照区では、二倍体魚を900g (50尾)、異質三倍体950g (50尾) を同一水槽に収容した。給餌量はライトリッツの給餌率表⁴⁾を基に算出し、休日を除いて1日2回給餌を行った。試験期間中は、休日を除く日に斃死数、水温、溶存酸素量、遊泳状況を観察・計測し、試験開始後31日および63日に魚体重を計測した。水温および溶存酸素量は飯島電子社製D0メーターを用いて1日2回測定した。

結 果

(1) 止水方式による酸素耐性試験

試験期間中の水温は20.0~20.4℃で、試験開始時の溶存酸素量は4.1~4.7mg/lで、終了時は2.1~3.8mg/lであった。

止水状態での24時間後の生残率は、同質三倍体

表2 止水状況での24時間後の生残性の比較

	生残数 (尾)	生残率 (%)
二倍体	9	36
同質三倍体	2	8
異質三倍体	10	40

※生残数は5回次の合計値を示した

区が最も低く8%で、異質三倍体区が40%、二倍体区が36%であった (表2)。フィッシャーの直接法による検定の結果、同質三倍体と二倍体間 (p=0.037) と、同質三倍体と異質三倍体間 (p=0.018) の生残率の差は統計学的に有意であったが、二倍体と異質三倍体間 (p>0.999) には有意差は認められなかった。

(2) 空中曝露によるストレス負荷試験

曝露試験における生残率は、同質三倍体区が36%と最も低く、二倍体区が生残率が88%、異質三倍体区が92%であった (表3)。統計学的な解析の結果、同質三倍体と二倍体間 (p<0.001) と、同質三倍体と異質三倍体間 (p<0.001) には、有意さが認められたが、二倍体と異質三倍体間 (p>0.999) には有意差は認められなかった。

表3 空中曝露試験における生残性の比較

	生残数 (尾)	生残率 (%)
二倍体	22	88
同質三倍体	9	36
異質三倍体	23	92

※生残数は5回次の合計値を示した

(3) 比較飼育試験

試験期間中における試験区の溶存酸素量は試験開始時は3.5mg/lであったが、その後徐々に減少し、試験終了時では2.6mg/lであった (図1)。また0~31日までの平均溶存酸素量は3.0mg/l、32~63日での平均溶存酸素量は2.5mg/lであった。斃死魚数は全試験期間中で異質三倍体では6尾、二倍体では1尾で、斃死率は異質三倍体で7.9%、二倍体で1.3%であった。遊泳状況は、魚体重測定後の31日以降に顕著な変化がみられ、群泳して

表4 試験区および対照区での魚体重 (g) の推移

飼育日数	試験区		対照区	
	異質三倍体	二倍体	異質三倍体	二倍体
試験開始日	18.9	18.9	18.0	18.0
31日目	32.2	24.7	33.7	31.6
63日目	46.6	35.1	50.0	46.9
斃死率	7.9	1.3	6.0	2.0

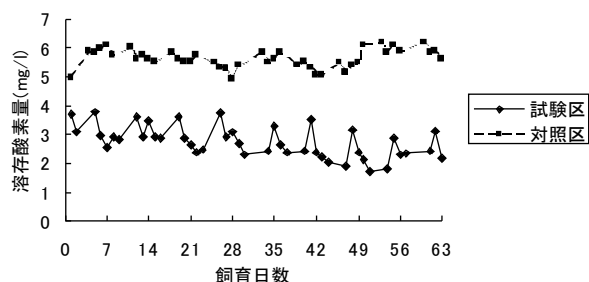


図1 飼育期間中の溶存酸素量の推移

いた個体が、慢性的な鼻あげ状態を呈し、条件性疾患である細菌性鰓病の発生が確認された。一方、対照区では異質三倍体魚が3尾、二倍体魚が1尾斃死し、斃死率は異質三倍体で6.0%、二倍体で2.0%で、斃死の原因については不明であった。遊泳状況については、円形水槽に沿って群泳し、鼻上げ行動などの顕著な遊泳変化は観察されなかった。対照区の試験期間中での溶存酸素量は、0～31日までの平均溶存酸素量は6.0mg/l、32～63日での平均溶存酸素量は5.6mg/lで変化はみられなかった。また、比較した4つの群間の斃死率に有意な差は認められなかった ($p>0.1$)。

飼育試験における魚体重の推移を表4に示した。試験区のうち、異質三倍体の31日後平均体重が32.2g、63日後平均体重が46.6gで、どちらの測定日においても二倍体の約1.3倍であった。それに対し、対照区では、31日後、63日後のどちらにおいても異質三倍体と二倍体の平均体重に著しい差異は認められなかった。

考 察

ニジマスの同質三倍体は、ニジマス二倍体より

も低酸素状態に弱いことが知られている³⁾。本研究の止水方式での試験においても、ニジマスの同質三倍体の生残率はニジマス二倍体より著しく小さく、ニジマス同質三倍体の低酸素に対する耐性は低いと推定される。一方、ニジマス×アメマスの異質三倍体とニジマス二倍体の生残率には差異は認められなかった。このことから、ニジマス×アメマスの異質三倍体の低酸素耐性は、ニジマス二倍体と同じ程度であると推測される。

ニジマス×アメマスの異質三倍体の成長特性についてみると、対照区では、2つの品種間の斃死率に差異は認められず、ほぼ同じ程度の成長を示した。これらのことから、対照区の飼育環境が、2つの品種の生産に大きな影響を与える可能性は少ないと考えられた。一方、試験区におけるニジマス×アメマスの異質三倍体の斃死率は、ニジマス飼育における一般的な値の範囲内で、異質三倍体の成長は、ニジマス二倍体より良かった。試験区では、鼻上げ行動が観察されたことから、良好な飼育環境とは考えられない状況下においても、ニジマス×アメマスの異質三倍体は、対照区のニジマス二倍体とほぼ同じ程度の成長を示す傾向が認められた。同質三倍体と二倍体を混合飼育した場合、同質三倍体の成長量は、二倍体より小さくなるのが一般的に言われている⁵⁾。しかし、本研究で用いたニジマス×アメマスの異質三倍体は、ニジマス二倍体との混合飼育においても同程度の成長を示した。これらのことから、ニジマス×アメマスの異質三倍体の飼育は、通常ニジマスと同様な方法で行えると考えられる。

空中曝露試験において、ニジマスの同質三倍体の生残率が最も低く、ニジマス×アメマスの異質三倍体とニジマス二倍体との値は、ほぼ同じ程度であった。ニジマスの同質三倍体は、マス類の養

殖業者からハンドリングに弱いことが指摘されていたが、本試験の結果はその報告を支持するものであった。一般的に、空中曝露試験の結果は種苗の取り扱いやすさや、種苗の強さも表している⁶⁾とされている。本研究の結果から、ニジマス×アメマスの異質三倍体は、ニジマス二倍体と同じ程度の耐性を持っていると推測され、ニジマス×アメマスの異質三倍体は、通常のニジマス飼育管理のハンドリングと同じ程度の取り扱いができると考えられた。

以上のことから、ニジマス×アメマスの異質三倍体魚は、通常のニジマス飼育管理技術の適応が可能と考えられ、既存のニジマス飼育施設において飼育できる可能性が高いと考えられた。しかし、事業規模での試験や、体サイズ、水温、水質（溶存酸素量、pHなど）を異にした飼育試験は実施されておらず、ニジマス飼育管理技術が、ニジマス×アメマスの異質三倍体魚の生産に適応可能であるかを今後検討する必要がある。

要 約

ニジマスを雌親魚、アメマスを雄親魚とした異質三倍体魚を作出し、ニジマスの二倍体魚および三倍体魚との間で酸素飢餓に対する生残および成長を比較した。

止水状態での24時間後の生残率および空中暴露後の生残率を比較した結果、同質三倍体の生残率は、2倍体ニジマスやニジマス×アメマスの異質三倍体と比べて有意に低かったが、2倍体ニジマ

スとニジマス×アメマスの異質三倍体間では有意な差は認められなかった。

約2ヶ月間の給餌飼育試験におけるニジマス×アメマスの異質三倍体とニジマス二倍体の生残率はともに90%以上と高く、試験区（1,267尾/m³、換水率2.0回/h）でのニジマス×アメマスの異質三倍体の平均体重は、ニジマス二倍体の1.3倍であった。

文 献

- 1) 廣瀬一美他：内水面地域特産魚の養殖と販売，日水誌. 70, 368-372 (2004)
- 2) 落合真哉・峯島史明・服部克也：異質三倍体ニジイワのIHNウイルス人工感染試験. 平成6年度愛知県水産試験場業務報告. 24 (1995)
- 3) 山本淳・飯田貴次：三倍体ニジマスの酸素消費量と低酸素耐性. 魚病研究. 29, 245-251 (1994)
- 4) T. Refstie : Effect of density on growth and survival of rainbow trout. Aquaculture. 11, 329-334 (1979)
- 5) Earl Leitz : Trout and Salmon Culture. Fish Bulletin. 107, 1-169 (1959)
- 5) 育種・バイオテクノロジー研究部会：連絡試験ニジマス. 育種・バイオテクノロジー研究部会報告書. 5-37 (1997)
- 6) 小林保博・垣田誉志史・茂木実：ギンヒカリの特性評価－II. 群馬県水産試験場研究報告. 11, 30-31 (2005)