

海面サーモンの地域特産品化技術事業

牛崎 圭輔、前田 穰、沢目 司、松田 忍

目的

サーモン海面養殖の効率化のために、22 か月間の淡水育成期間をふ化から 10 か月間に短縮したスチールヘッド系ニジマス（以下「スチールヘッド系」とする）種苗の生産技術について検討する。また、海水育成時の成長特性を把握し、次期海面養殖用サーモン候補としての好適性を確認する。

材料と方法

1. 海面養殖用種苗の短期育成試験

(1) 試験魚

2020年11月から12月に作出したスチールヘッド系全雌二倍体及びスチールヘッド系全雌三倍体を2021年3月24日から10月25日まで内水面研究所の湧水で飼育した。

(2) 試験方法

スチールヘッド系全雌二倍体及びスチールヘッド系全雌三倍体それぞれについてライトリッツの給餌率表の150%の給餌を行う150%給餌群とライトリッツの給餌率表に従った給餌を行う対照群を設け、2021年3月24日に各群150尾をそれぞれ屋内0.15トン水槽に収容し、3月25日から給餌を開始した。成長に伴い、4月28日から7月28日まで屋内1トン水槽に、7月29日から10月25日まで屋外8.5トンコンクリート水槽に収容し、育成した。

育成試験開始時のスチールヘッド系全雌二倍体の平均体重は150%給餌群で3.8g、対照群で3.7gであった。スチールヘッド系全雌三倍体の平均体重は150%給餌群、対照群ともに3.9gであった。

おおよそ4週間に1回の頻度で試験魚全数の尾叉長及び体重を測定し、生残数を確認した。測定日翌日の給餌量は平均体重とライトリッツの給餌率から算出し、その後は飼料効率を100%として、次の測定日までの試験魚の体重変化を推定して、推定した体重、飼育尾数及びライトリッツの給餌率から給餌量を算出し、給餌した。給餌試験期間中の試験魚の増重量と総給餌量から飼料効率を求めた。また、10月25日の魚体測定後、各群10尾について生殖腺重量を測定した。

魚体測定とあわせて、ポータブルマルチメータ（HACH社、HQ30d）で水温と溶存酸素量を観測した。

2. 短期育成種苗の海水育成時の成長確認

(1) 試験魚

淡水での短期育成試験で育成した150%給餌群のスチールヘッド系全雌二倍体及びスチールヘッド系全雌三倍体各60尾を海水育成試験に供した。

(2) 試験方法

2021年11月9日に内水面研究所から水産総合研究所へ試験魚を運搬し、海水育成用屋外15トン陸上水槽2基に収容した。海水馴致後、2022年6月8日まで海水育成を行った。海水育成試験開始前の平均体重はスチールヘッド系全雌二倍体で610.3g、スチールヘッド系全雌三倍体で611.7gであった。

表1. 海水馴致の実施状況

| | | 飼育水に占める海水の割合 (%) |
|------------|-------|------------------|
| 2021年11月9日 | 13:00 | 40 |
| | 20時間後 | 50 |
| | 26時間後 | 60 |
| | 44時間後 | 70 |
| | 50時間後 | 80 |
| | 68時間後 | 100 |

海水馴致は、40%海水から始め、68時間かけて100%海水になるよう調整した（表1）。

2021年11月15日から自動給餌機（福伸電機株式会社、PFX-17LS-DA）を使用して給餌を開始した。給餌は朝、昼、夕の1

日3回とした。給餌率を1.0%、飼料効率を100%として、海水育成試験終了時までの試験魚の体重変化を推定して、推定した体重、飼育尾数及びライトリッツの給餌率表から給餌量を算出した。

海水育成試験の間、週1回程度ポータブルマルチメータ（HACH社、HQ30d）で水温と溶存酸素量を観測した。

結果と考察

1. 海面養殖用種苗の短期育成試験

2021年10月25日の魚体測定時のスチールヘッド系全雌二倍体の平均体重は、150%給餌群で609.5g、対照群で341.5gであった（図1、表2、3）。また、スチールヘッド系全雌三倍体の平均体重は、150%給餌群で580.6g、対照群で319.9gであった（図2、表4、5）。

青森県では海面養殖用種苗としてふ化から22か月後の11月までに平均体重が500g以上に達した淡水育成種苗を用いることが多いが、150%給餌群のスチールヘッド系全雌二倍体及び全雌三倍体はふ化から約10か月で平均体重が600g前後に達し、淡水での育成期間を約1年短縮できることを確認した。一方、対照群では全雌二倍体、全雌三倍体ともに平均体重が500g未満であり、約10か月間の淡水育成では海面養殖用種苗としては不適であった。以上のことからスチールヘッド系を種苗としてライトリッツの給餌率表の150%の給餌を行うことで採卵から約1年（ふ化から約10か月）で海面養殖を開始できる可能性が示された。

生殖腺重量指数（GSI（%）＝生殖腺重量×100/体重）はスチールヘッド系全雌二倍体の150%給餌群で0.05～0.16%、対照群で0.05～0.14%であった（図3）。また、スチールヘッド系全雌三倍体の150%給餌群で0.01～0.10%、対照群で0.03～0.06%であった（図4）。ニジマスは性成熟が進み、生殖腺が発達すると海水適応能を失うが、各群ともに測定した全個体でGSIは非常に低く、満1才のスチールヘッド系では性成熟する個体がないことを確認した。

試験期間全体を通してのスチールヘッド系全雌二倍体の飼料効率（（%）＝（試験期間中の増重量×100/同期間中の総給餌量））は150%給餌群で81%、対照群で99%となった。また、スチールヘッド系全雌三倍体の飼料効率は150%給餌群で77%、対照群で97%となった（表6）。全雌二倍体、全雌三倍体ともに対照群に比べ、150%給餌群では飼料効率が低下するが、飼育池での管理期間を約1年短縮できるため、限られた規模の養魚場でも効率的に海面養殖用種苗を生産できる可能性があると考えられた。

試験期間中の水温は全給餌区で12.5～14.9℃で推移した。ニジマスの淡水での養殖適水温は10～18℃と考えられており¹⁾、養殖適水温の範囲内で淡水育成を行うことができた。スチールヘッド系全雌二倍体の水槽の溶存酸素量は150%給餌群で7.0mg/ℓ～9.1mg/ℓ、対照群で7.1mg/ℓ～9.7mg/ℓで推移した（図5、6）。スチールヘッド系全雌三倍体の溶存酸素量は150%給餌群で6.8mg/ℓ～8.8mg/ℓ、対照群で6.9mg/ℓ～9.2mg/ℓで推移した（図7、8）。サケ科魚類では淡水域における溶存酸素量は7.0mg/ℓ以上が求められる²⁾。淡水育成期間中の溶存酸素量は一部で若干7.0mg/ℓを下回ったものの概ね7.0mg/ℓ以上で推移していた。したがって水温、溶存酸素量共に適正でニジマスにとって比較的良好な環境であったと考えられた。

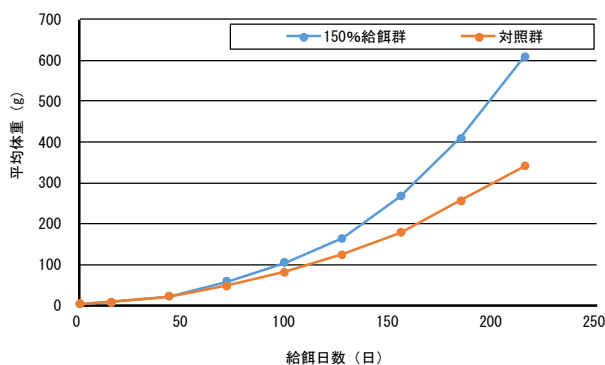


図1. スチールヘッド系全雌二倍体の給餌区別平均体重の推移

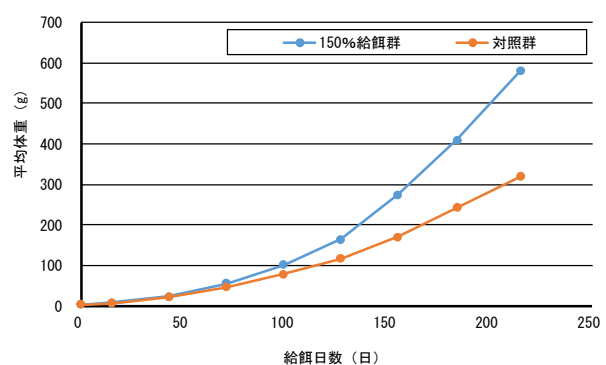


図2. スチールヘッド系全雌三倍体の給餌区別平均体重の推移

表 2. スチールヘッド系全雌二倍体 (150%給餌群) の魚体測定結果

| 給餌日数 | 平均尾叉長 (cm) | 平均体重 (g) | 肥満度 | 生残数 (尾) | 飼育水量 (トン) | 飼育密度 (%) | 総給餌量 (g) | 増重量 (g) | 飼料効率 (%) |
|------|---------------|-------------|------|------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 0 | | 3.8 | - | 150 | 0.11 | 0.5 | - | - | - |
| 15 | 8.5 | 7.8 | 12.7 | 149 | 0.11 | 1.1 | 760.6 | 4.0 | 78.4 |
| 43 | 12.1 | 22.5 | 12.7 | 149 | 0.46 | 0.7 | 2,951.5 | 14.7 | 74.2 |
| 71 | 16.3 | 58.8 | 13.6 | 149 | 0.46 | 1.9 | 5,358.8 | 36.3 | 100.9 |
| 99 | 19.9 | 105.4 | 13.4 | 148 | 0.91 | 1.7 | 7,936.9 | 46.6 | 86.9 |
| 127 | 23.0 | 164.6 | 13.5 | 148 | 0.91 | 2.7 | 10,676.7 | 59.2 | 82.1 |
| 155 | 26.1 | 267.2 | 15.0 | 148 | 3.5 | 1.1 | 16,668.4 | 102.6 | 91.1 |
| 184 | 29.8 | 409.6 | 15.5 | 147 | 3.5 | 1.7 | 27,544.8 | 142.4 | 76.0 |
| 215 | 33.7 | 609.5 | 15.9 | 145 | 7.0 | 1.3 | 38,165.1 | 199.9 | 75.9 |

表 3. スチールヘッド系全雌二倍体 (対照群) の魚体測定結果

| 給餌日数 | 平均尾叉長 (cm) | 平均体重 (g) | 肥満度 | 生残数 (尾) | 飼育水量 (トン) | 飼育密度 (%) | 総給餌量 (g) | 増重量 (g) | 飼料効率 (%) |
|------|---------------|-------------|------|------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 0 | | 3.7 | - | 150 | 0.11 | 0.5 | - | - | - |
| 15 | 8.5 | 7.7 | 12.5 | 147 | 0.11 | 1.0 | 427.6 | 4.0 | 137.5 |
| 43 | 11.8 | 21.5 | 13.1 | 147 | 0.46 | 0.7 | 1,515.6 | 13.8 | 133.8 |
| 71 | 15.5 | 48.4 | 13.0 | 147 | 0.46 | 1.5 | 2,830.1 | 26.9 | 139.7 |
| 99 | 18.3 | 81.7 | 13.3 | 147 | 0.91 | 1.3 | 4,103.5 | 33.3 | 119.3 |
| 127 | 21.2 | 124.3 | 13.0 | 147 | 0.91 | 2.0 | 5,941.0 | 42.6 | 105.4 |
| 155 | 23.8 | 178.8 | 13.3 | 147 | 3.5 | 0.8 | 9,041.8 | 54.5 | 88.6 |
| 184 | 26.4 | 256.7 | 14.0 | 147 | 3.5 | 0.5 | 11,453.8 | 77.9 | 100.0 |
| 215 | 29.2 | 341.5 | 13.7 | 147 | 7.0 | 0.7 | 14,657.5 | 84.8 | 85.0 |

表 4. スチールヘッド系全雌三倍体 (150%給餌群) の魚体測定結果

| 給餌日数 | 平均尾叉長 (cm) | 平均体重 (g) | 肥満度 | 生残数 (尾) | 飼育水量 (トン) | 飼育密度 (%) | 総給餌量 (g) | 増重量 (g) | 飼料効率 (%) |
|------|---------------|-------------|------|------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 0 | | 3.9 | - | 150 | 0.11 | 0.5 | - | - | - |
| 15 | 8.5 | 7.9 | 12.9 | 148 | 0.11 | 1.1 | 789.0 | 4.0 | 75.0 |
| 43 | 11.9 | 23.0 | 13.6 | 148 | 0.46 | 0.7 | 2,961.9 | 15.1 | 75.5 |
| 71 | 16.0 | 55.6 | 13.6 | 148 | 0.46 | 1.8 | 5,429.3 | 32.6 | 88.9 |
| 99 | 19.4 | 101.5 | 13.9 | 146 | 0.91 | 1.6 | 7,114.7 | 45.9 | 94.2 |
| 127 | 22.7 | 164.2 | 14.0 | 146 | 0.91 | 2.6 | 10,141.7 | 62.7 | 90.3 |
| 155 | 25.9 | 274.9 | 15.8 | 146 | 3.5 | 1.1 | 16,408.2 | 110.7 | 98.5 |
| 184 | 29.6 | 410.5 | 15.8 | 145 | 3.5 | 1.7 | 28,785.4 | 135.6 | 68.3 |
| 215 | 33.3 | 580.6 | 15.7 | 145 | 7.0 | 1.2 | 37,730.4 | 170.1 | 65.4 |

表 5. スチールヘッド系全雌三倍体 (対照群) の魚体測定結果

| 給餌日数 | 平均尾叉長 (cm) | 平均体重 (g) | 肥満度 | 生残数 (尾) | 飼育水量 (トン) | 飼育密度 (%) | 総給餌量 (g) | 増重量 (g) | 飼料効率 (%) |
|------|---------------|-------------|------|------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 0 | | 3.9 | - | 150 | 0.11 | 0.5 | - | - | - |
| 15 | 8.5 | 7.6 | 12.4 | 150 | 0.11 | 1.0 | 449.8 | 3.7 | 123.4 |
| 43 | 11.9 | 21.5 | 12.8 | 150 | 0.46 | 0.7 | 1,520.4 | 13.9 | 137.1 |
| 71 | 15.4 | 47.3 | 13.0 | 150 | 0.46 | 1.5 | 2,896.0 | 25.8 | 133.6 |
| 99 | 18.3 | 78.7 | 12.8 | 150 | 0.91 | 1.3 | 4,088.7 | 31.4 | 115.2 |
| 127 | 21.0 | 116.6 | 12.6 | 150 | 0.91 | 1.9 | 5,843.3 | 37.9 | 97.3 |
| 155 | 23.4 | 171.2 | 13.4 | 149 | 3.5 | 0.7 | 8,608.9 | 54.6 | 94.5 |
| 184 | 25.9 | 242.8 | 14.0 | 149 | 3.5 | 1.0 | 11,111.7 | 71.6 | 96.0 |
| 215 | 28.7 | 319.9 | 13.5 | 149 | 7.0 | 0.7 | 14,053.5 | 77.1 | 81.7 |

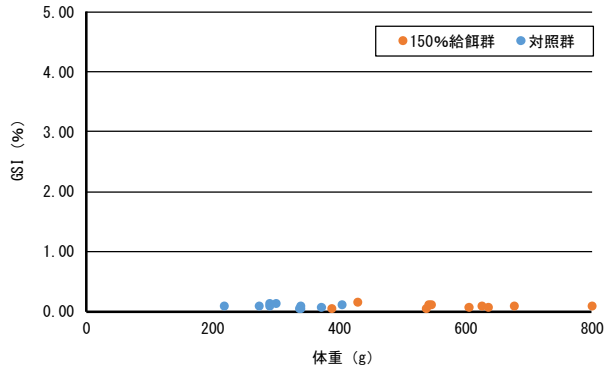


図3. スチールヘッド系全雌二倍体の生殖腺重量測定結果

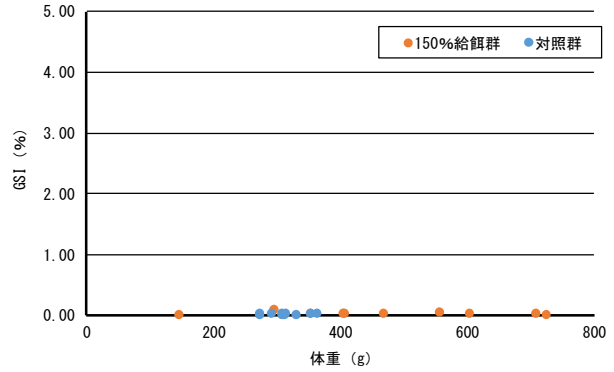


図4. スチールヘッド系全雌三倍体の生殖腺重量測定結果

表6. 試験期間全体を通しての飼料効率（1尾当たり）

| | 総給餌量 (g) | 増重量 (g) | 飼料効率 (%) |
|------------------------|-------------|------------|-------------|
| スチールヘッド系全雌二倍体（対照群） | 340 | 338 | 99 |
| スチールヘッド系全雌二倍体（150%給餌群） | 746 | 606 | 81 |
| スチールヘッド系全雌三倍体（対照群） | 325 | 316 | 97 |
| スチールヘッド系全雌三倍体（150%給餌群） | 750 | 577 | 77 |

$$\text{飼料効率 (\%)} = (\text{試験期間中の増重量} / \text{同期間中の総給餌量}) \times 100$$

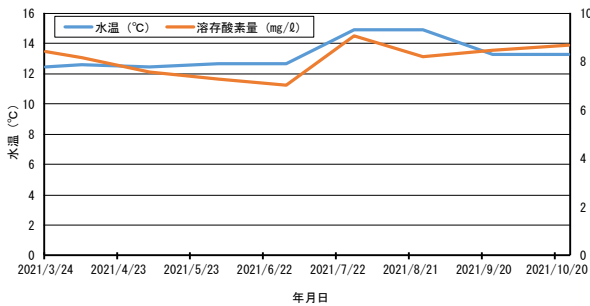


図5. スチールヘッド系全雌二倍体の淡水育成時の水温及び溶存酸素量の推移（150%給餌群）

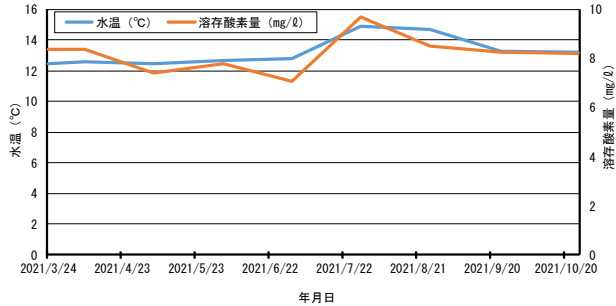


図6. スチールヘッド系全雌二倍体の淡水育成時の水温及び溶存酸素量の推移（対照群）

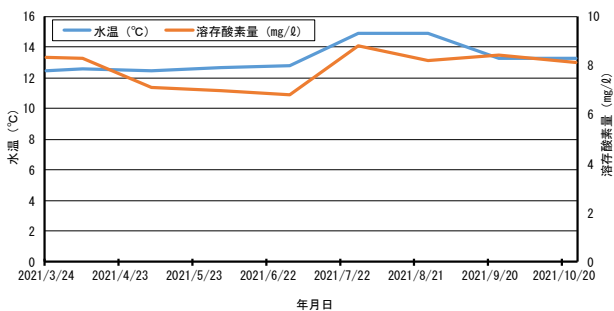


図7. スチールヘッド系全雌三倍体の淡水育成時の水温及び溶存酸素量の推移（150%給餌群）

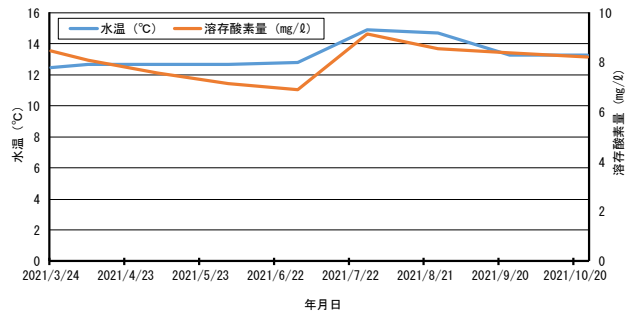


図8. スチールヘッド系全雌三倍体の淡水育成時の水温及び溶存酸素量の推移（対照群）

2. 短期育成種苗の海水育成時の成長確認

2022年6月8日の海水育成終了時の平均体重はスチールヘッド系全雌二倍体で2,001.0g、スチールヘッド系全雌三倍体で1,687.7gであった(図9)。青森県のサーモン海面養殖では海面養殖用種苗(平均体重500g以上)を約5~8か月間の海水育成を行った後、概ね2kg以上で出荷をするが、全雌二倍体では出荷サイズの2kg以上まで成長することを確認した。また、海水育成終了時の生残数は全雌二倍体で55尾、全雌三倍体で48尾となり、スチールヘッド系全雌二倍体に比べ、スチールヘッド系全雌三倍体の生残数が少ない結果となった(図9)。よって、ライトリッツの給餌率表の150%給餌によって淡水での育成期間をふ化から約10か月に短縮したスチールヘッド系では、全雌二倍体が海面養殖用種苗として好適と考えられた。

水槽収容時の水温及び溶存酸素量はスチールヘッド系全雌二倍体の水槽で15.6℃、8.0mg/l、スチールヘッド系全雌三倍体の水槽で15.6℃、8.1mg/lであった。スチールヘッド系全雌二倍体の水槽の水温は4.4℃~16.1℃、溶存酸素量は7.6mg/l~11.5mg/lで推移した(図10)。スチールヘッド系全雌三倍体の水槽の水温は4.6℃~16.3℃、溶存酸素量は8.1mg/l~11.5mg/lで推移した(図11)。海産生物の育成条件として、海水中の溶存酸素量は6.0mg/l以上が求められる²⁾が、海水育成終了まで溶存酸素量が6.0mg/lを下回ることがなく、良好な環境であったと考えられた。

今回の海水育成試験では、スチールヘッド系全雌三倍体の生残数はスチールヘッド系全雌二倍体より減少する傾向を示した。ドナルドソン系ニジマスから海水適応能の高い群を選抜した海水耐性系ドナルドソンを親魚として作出した全雌三倍体を2014年~2015年にかけて海水育成したところ、生残率が50%となり、十分な成長も見られなかった³⁾。スチールヘッド系全雌三倍体も海水育成中の成長及び生残がスチールヘッド系全雌二倍体と比べ劣ることから、ニジマスの全雌三倍体は全雌二倍体より海水適応能が低い可能性が考えられた。なお、スチールヘッド系全雌二倍体のへい死は海水育成試験中における水槽からの飛び出しによるものであった。

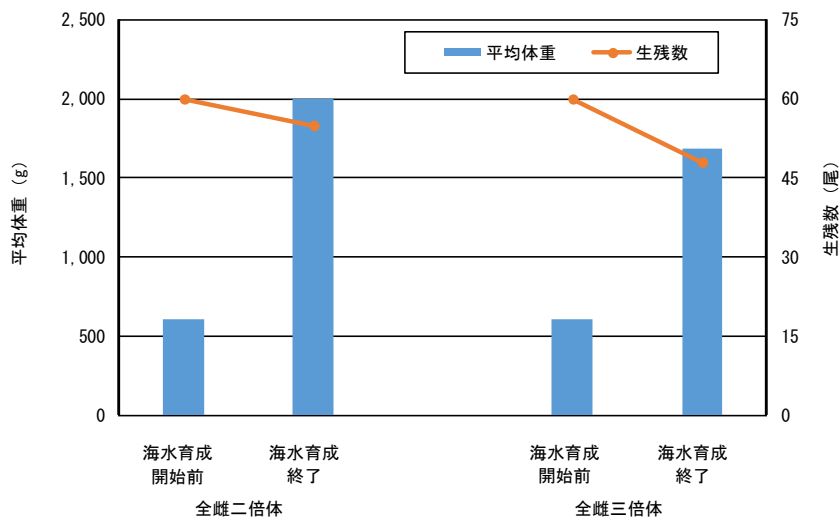


図9. 海海水育成時の体重と生残数の変化

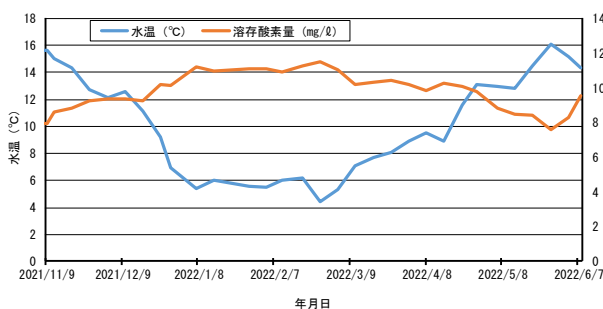


図10. スチールヘッド系全雌二倍体の海水育成時の海水温及び溶存酸素量の推移

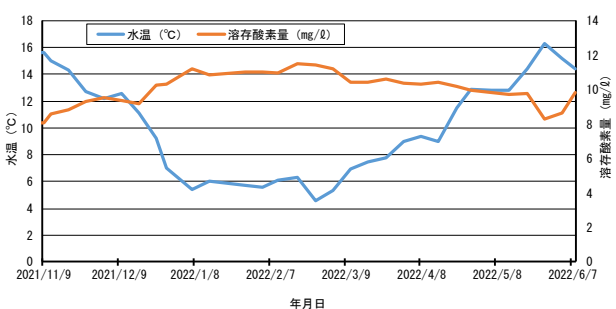


図11. スチールヘッド系全雌三倍体の海水育成時の海水温及び溶存酸素量の推移

文献

- 1) 田代文男・立川亘・鎌田淡紅郎・田村栄治・青江弘・矢辺芳治（1974）養魚講座第10巻ニジマス，14.
- 2) 日本水産資源保護協会（2018）．水産用水基準第8版
- 3) 前田穰（2020）大とろニジマス作出試験．平成27年度青森県産業技術センター内水面研究所報告，3-4.