

海面サーモンの地域特産品化技術事業

牛崎 圭輔、高橋 進吾、鳴海 一侑、沢目 司、松田 忍

目的

サーモン海面養殖の効率化のために、海面養殖用種苗としての利用が増えている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）の淡水における成長特性を把握する。

材料と方法

1. 淡水での大型養殖用種苗の効率的生産技術の開発

(1) 試験魚

海面養殖用種苗の短期育成試験¹⁾において作出したスチールヘッド系全雌二倍体及び全雌三倍体それぞれの150%給餌群及び対象群を内水面研究所の湧水で継続飼育した。

(2) 試験方法

残餌の発生を抑えるため、内水面研究所で飼育している大型のニジマスへの手撒き給餌のデータをもとに大型魚用の給餌率表を作成し（表1）、2022年3月28日から内水面研究所内の屋外8.5トンコンクリート水槽でスチールヘッド系全雌二倍体及び全雌三倍体それぞれについて大型魚用の給餌率表の150%を給餌する150%給餌群と同給餌率表に従った給餌を行う対照群を設け、手撒き給餌を開始した。

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給餌率表から算出した。その後は成長に応じて飼料効率を40%から100%で設定し、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、飼育尾数及び給餌率から給餌量を算出し、給餌した。

2022年3月28日の手撒き給餌開始時のスチールヘッド系全雌二倍体の飼育尾数は150%給餌群で76尾、対照群で75尾、スチールヘッド系全雌三倍体の飼育尾数は150%給餌群で67尾、対照群で77尾で開始した。成長に伴い飼育密度が過密になったことから2022年7月7日に飼育尾数を60尾、2022年10月27日に試験魚を30尾に調整した。

また、満2才となる2022年10月28日に各群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。

表1. 大型魚用の給餌率表

体重 (g)	445~ 945	945~ 1,445	1,445~ 1,945	1,945~ 2,445	2,445~ 2,945	2,945~ 3,445	3,445~ 3,945	3,945~ 4,445	4,445~ 4,945
1日の給餌率 (%)	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

2. 大型養殖用種苗の海水耐性

(1) 試験魚

上記淡水育成試験の各群について、2022年10月26日の魚体測定後、8~10尾を試験魚とした。

(2) 試験方法

2022年11月7日に対照群の全雌二倍体及び全雌三倍体各10尾につ

表2. 海水馴致の実施状況（対照群）

		飼育水に占める海水の割合 (%)
2022年11月7日	10:00	50
	6時間後	60
	24時間後	70
	30時間後	80
	48時間後	100

いて、内水面研究所内の屋内1トン水槽に収容し、人工海水による海水馴致を行った。海水馴致は50%海水から始め、48時間かけて100%海水になるよう調整した(表2)。

海水馴致終了後、6日間人工海水中で飼育し、生残数を確認した。

2022年11月16日に150%給餌群の全雌二倍体及び全雌三倍体各8尾について対照群と同様の方法で人工海水による海水馴致を行い(表3)、生残数を確認した。

表3. 海水馴致の実施状況(150%給餌群)

		飼育水に占める海水の割合(%)
2022年11月16日	10:00	50
	6時間後	60
	24時間後	70
	30時間後	80
	48時間後	100

3. 海面サーモンの肉色測定及び成分分析

(1) 試験魚

短期育成種苗の海水育成時の成長確認¹⁾のスチールヘッド系全雌二倍体及び全雌三倍体について海水育成終了後、それぞれ5尾を肉色測定用のサンプルとして用いた。また、比較対照として市販のノルウェー産アトランティックサーモン及びチリ産サーモントラウトを用いた。

(2) 試験方法

スチールヘッド系では成田(2020)²⁾に従い、2022年6月9日に背骨より背側で頭の後ろから背鰭の前端までの部分の身を取り出した。サーモン類の肉色を比較するために用いられるSalmoFanTM(DSM社)を用いて目視により各サンプルの肉色に最も近い色の番号を記録した。

2022年11月25日にノルウェー産アトランティックサーモンで3検体及びチリ産サーモントラウトで2検体について、背側と思われる部分をスチールヘッド系と同様の方法で肉色を測定した。同年12月1日にチリ産サーモントラウトについて1検体で背側と思われる部分をスチールヘッド系と同様の方法で肉色を測定した。

肉色測定後、冷凍保存したスチールヘッド系全雌二倍体、スチールヘッド系全雌三倍体、ノルウェー産アトランティックサーモン及びチリ産サーモントラウトのサンプルについてそれぞれ1検体について、青森県内の分析機関に成分分析を依頼した。

結果と考察

1. 淡水での大型養殖用種苗の効率的生産技術の開発

2022年10月26日の満2才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3,562g、対照群で2,364gであった。スチールヘッド系全雌三倍体の平均体重は、150%給餌群で3,212g、対照群で2,226gであった。生残数は全雌二倍体で150%給餌群、対照群ともに59尾であった。全雌三倍体では、150%給餌群で58尾、対照群で60尾であった。2023年3月13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3,916g、対照群で2,865gであった。スチールヘッド系全雌三倍体の平均体重は、150%給餌群で3,956g、対照群で3,079gであった(図1、2)。2023年1月31日にスチールヘッド全雌二倍体両給餌群ともに過熟卵を搾り出しており、一時的に平均体重が減少した。生残数は全雌二倍体の150%給餌群で23尾、対照群で24尾であった。全雌三倍体では150%給餌群で29尾、対照群で30尾であった(表4、5)。飼育尾数調整前の期間生残率をみると、2022年7月7日までは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ともに150%給餌群での減耗がやや大きく、成長に伴う飼育密度の影響が考えられた。また、満2才以降の期間生残率では、全雌二倍体の減耗が大きく、性成熟の影響が示唆された。

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10.44~14.51%、対照群で7.42~16.51%であった。スチールヘッド系全雌三倍体では両給餌群ともに0.03~0.08%であった(図3)。全雌二倍体では満2才で生殖腺が発達し性成熟が進んでいること、全雌三倍体では満2才でも生殖腺は未発達であり性成熟しないことを確認した。また、スチールヘッド系全雌二倍体の淡水での長期飼育では生殖腺の発達とへい死リスクの増加を確認し

た。そのため、スチールヘッド系を用いた淡水での長期飼育による大型サーモンの生産には全雌三倍体が適していると考えられた。なお、満3才までの成長、成熟を確認するため2023年10月まで継続飼育予定である。

2021年3月の飼育開始から2023年3月の魚体測定間の水温は全給餌区で10.5~15.0℃の範囲で推移した。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³⁾、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4、5)。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~9.3mg/l、対照群で6.5mg/l~9.5mg/lで推移した(図6、7)。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⁴⁾。試験期間中の溶存酸素量はスチールヘッド系全雌三倍体の一部で若干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。

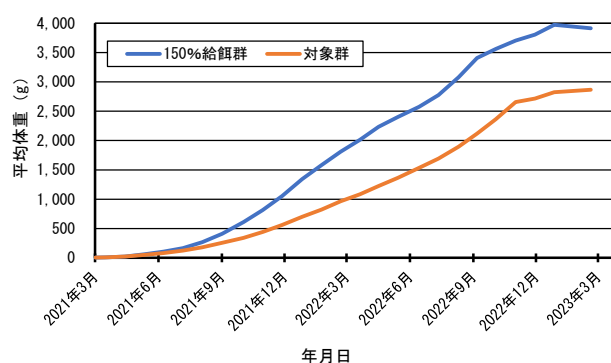


図1. スチールヘッド系全雌二倍体の平均体重の推移
(2023年1月31日、両群とも過熟卵を搾り出した)

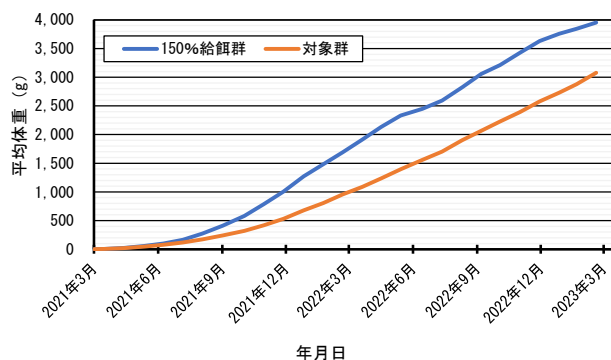


図2. スチールヘッド系全雌三倍体の平均体重の推移

表4. スチールヘッド系全雌二倍体の魚体測定結果

	150%給餌群					対照群				
	平均尾叉長 (cm)	平均体重 (g)	肥満度	生残数 (尾)	期間生残率 (%)	平均尾叉長 (cm)	平均体重 (g)	肥満度	生残数 (尾)	期間生残率 (%)
淡水育成開始 (2021年3月24日)	—	4	—	150	—	—	4	—	150	—
令和4年度開始前 (2022年3月15日)	47	1,810	18	75	—	40	966	15	76	—
飼育尾数調整前 (2022年7月7日)	54	2,576	16	69	92.0	47	1,534	15	74	97.4
満2才での魚体測定* (2022年10月26日)	59	3,562	17	59	98.3	52	2,364	16	59	98.3
令和4年度終了時** (2023年3月13日)	61	3,916	17	23	76.7	57	2,865	16	24	80.0

*成長に伴い飼育水槽が過密になったため、2022年7月7日に飼育尾数を60尾に調整(60尾に対する生残率)

**成長に伴い飼育水槽が過密になったため、2022年10月27日に飼育尾数を30尾に調整(30尾に対する生残率)

表 5. スチールヘッド系全雌三倍体の魚体測定結果

	150%給餌群					対照群				
	平均尾又長 (cm)	平均体重 (g)	肥満度	生残数 (尾)	期間生残率 (%)	平均尾又長 (cm)	平均体重 (g)	肥満度	生残数 (尾)	期間生残率 (%)
淡水育成開始 (2021年3月24日)	—	4	—	150	—	—	4	—	150	—
令和4年度開始前 (2022年3月15日)	45	1,691	18	67	—	40	958	15	78	—
飼育尾数調整前 (2022年7月7日)	52	2,447	17	63	94.0	47	1,560	15	77	98.7
満2才での魚体測定* (2022年10月26日)	56	3,212	18	58	96.7	52	2,226	16	60	100.0
令和4年度終了時** (2023年3月13日)	60	3,956	19	29	96.7	57	3,079	17	30	100.0

*成長に伴い飼育水槽が過密になったため、2022年7月7日に飼育尾数を60尾に調整(60尾に対する生残率)

**成長に伴い飼育水槽が過密になったため、2022年10月27日に飼育尾数を30尾に調整(30尾に対する生残率)

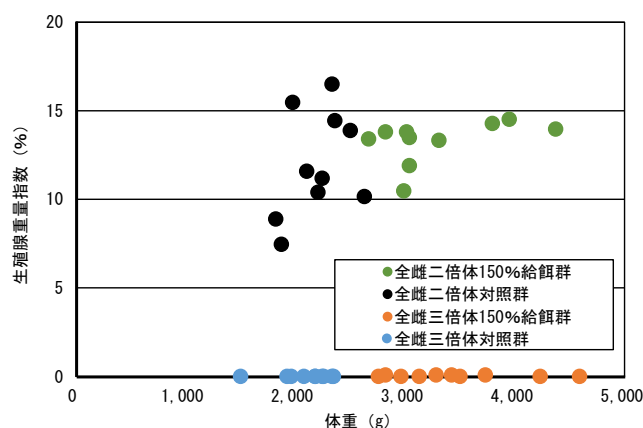


図 3. スチールヘッド系の生殖腺重量測定結果

(測定日：2022年10月28日)

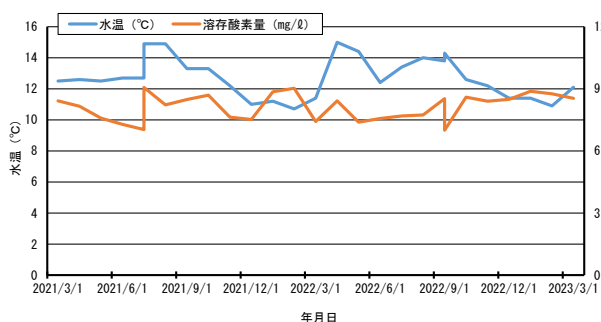


図 4. スチールヘッド系全雌二倍体の淡水育成時の水温及び溶存酸素量の推移 (150%給餌群)

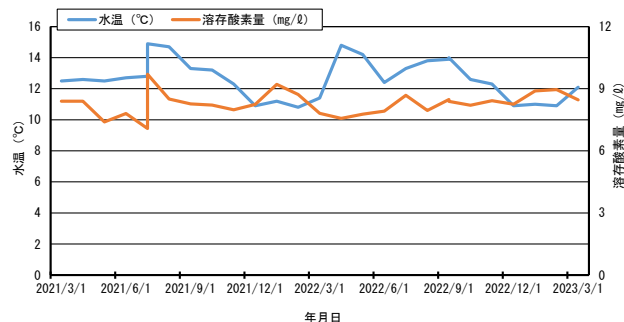


図 5. スチールヘッド系全雌二倍体の淡水育成時の水温及び溶存酸素量の推移 (対照群)

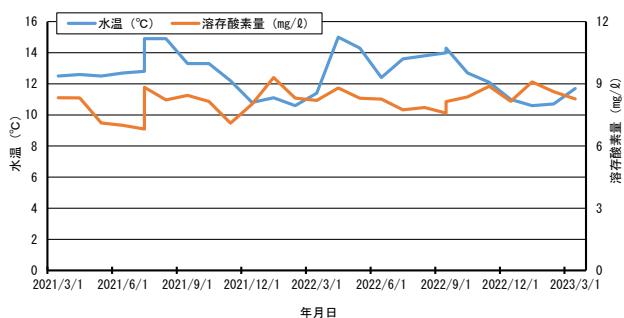


図 6. スチールヘッド系全雌三倍体の淡水育成時の水温及び溶存酸素量の推移（150%給餌群）

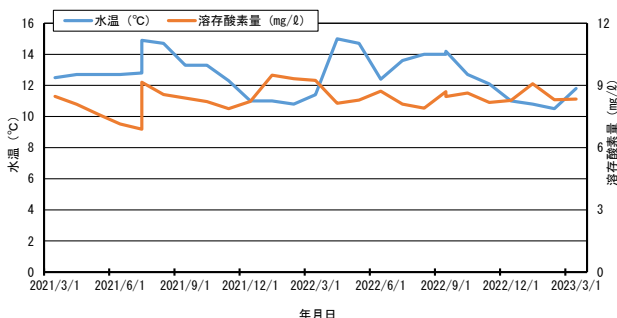


図 7. スチールヘッド系全雌三倍体の淡水育成時の水温及び溶存酸素量の推移（対照群）

2. 大型養殖用種苗の海水耐性

2022年11月7日の海水馴致開始前のスチールヘッド系全雌二倍体対照群の平均尾叉長は53cm、平均体重は2,394g、スチールヘッド系全雌三倍体対照群の平均尾叉長は52cm、平均体重は2,253gであった（表6）。また、2022年11月16日の海水馴致開始前のスチールヘッド系全雌二倍体150%給餌群の平均尾叉長は60cm、平均体重は3,599g、スチールヘッド系全雌三倍体150%給餌群の平均尾叉長は55cm、平均体重は2,957gであった（表7）。

海水馴致時及び海水馴致終了後も各給餌群でへい死は見られず、満2才のスチールヘッド系で平均体重2,000g以上の大型魚でも海水馴致ができることを確認した。海水馴致時及び海水馴致後もへい死が見られなかったことから、海水での給餌飼育による成長及び生残を確認し、飼料費、種苗費などのコスト面も考慮することで満2才のスチールヘッド系の養殖魚としての適性を評価する必要があると考えられた。

表 6. 海水馴致前の魚体測定結果（対照群）

No.	スチールヘッド系 全雌二倍体		スチールヘッド系 全雌三倍体	
	尾叉長 (cm)	体重 (g)	尾叉長 (cm)	体重 (g)
1	53	2,455	56	2,475
2	52	2,244	48	2,252
3	52	2,101	50	2,255
4	56	2,489	50	2,184
5	52	2,412	55	2,447
6	54	2,497	55	2,527
7	53	2,378	51	2,251
8	51	2,217	53	2,366
9	52	2,556	54	2,238
10	55	2,588	49	1,537
平均	53	2,394	52	2,253

表 7. 海水馴致前の魚体測定結果（150%給餌群）

No.	スチールヘッド系 全雌二倍体		スチールヘッド系 全雌三倍体	
	尾叉長 (cm)	体重 (g)	尾叉長 (cm)	体重 (g)
1	56	2,948	57	3,267
2	61	3,275	57	2,759
3	60	3,646	56	2,978
4	62	3,769	55	3,690
5	61	3,842	59	3,696
6	61	3,607	49	1,566
7	61	3,921	48	2,222
8	62	3,782	55	3,474
平均	60	3,599	55	2,957

3. 海面サーモンの肉色比較及び成分分析

SalmoFan™ 番号の平均値については、スチールヘッド系全雌二倍体で27と最も高く、スチールヘッド系全雌三倍体とチリ産サーモントラウトで26と同じ値となり、ノルウェー産アトランティックサーモンで22と最も低い値であった。スチールヘッド系については、海水育成期間中の色揚げ用の配合飼料の給餌期間がやや短かった。色揚げ用の配合飼料の給餌期間を長くすることで、SalmoFan™ 番号の平均値が高くなると考えられた。

成分分析の結果、脂質については、ノルウェー産アトランティックサーモンで13.0gと最も高く、次いで、スチールヘッ

ド系全雌三倍体で 12.1g、スチールヘッド系全雌二倍体で 8.7g となり、チリ産サーモントラウトで 7.9g と最も低い値となった（表 12）。また、その他の成分では試験魚ごとの差は見られなかった。淡水での育成期間を約 10 か月に短縮し、海水育成したスチールヘッド系では、ばらつきはあるものの、市販のサーモンと同様の成分であった。

表 8. 肉色測定及び成分分析結果

検体名	SalmoFan™ 平均値	エネルギー (Kcal) /100g	たんぱく質 (g) /100g	脂質 (g) /100g	炭水化物 (g) /100g	食塩相当量 (g) /100g	ナトリウム (mg) /100g	水分 (g) /100g	灰分 (g) /100g
スチールヘッド 系全雌二倍体	27	161	20.6	8.7	0.1g<	0.08	31	69.6	1.1
スチールヘッド 系全雌三倍体	26	193	21.1	12.1	0.1g<	0.08	33	66.3	1.1
ノルウェー産ア トランティック サーモン	22	198	20.3	13.0	0.1g<	0.09	34	65.6	1.1
チリ産サーモン トラウト	26	161	22.4	7.9	0.1g<	0.08	30	69.1	1.2

文献

- 1) 牛崎圭輔・前田穰・沢目司・松田忍（2023）海面サーモンの地域特産品化技術事業．2021 年度青森県産業技術センター内水面研究所報告，24-29
- 2) 成田留衣（2020）売れる「新サーモン」利用促進事業．2019・2020 年度青森県産業技術センター内水面研究所報告，35-49
- 3) 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
- 4) 日本水産資源保護協会（2018）．水産用水基準第 8 版