

研究分野	3 生産性・市場性の高い増養殖技術の開発	部名	漁業資源部
研究課題名	(1) 秋サケ増殖に関する研究 ① 増殖・管理技術の開発・改善		
予算区分	県単（さけ・ます増殖事業）、国庫委託（食料生産地域再生のための先端技術展開事業）		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24 年度～平成 30 年度		
担当	（主）太田 克彦、（副）清水 勇一、川島 拓也		
協力・分担関係	水産振興課、国立研究開発法人水産研究・教育機構（北海道区水産研究所、東北区水産研究所、水産工学研究所）、北海道さけます内水試、北里大学、北海道大学、東京大学、一般社団法人岩手県さけ・ます増殖協会、唐丹町漁業協同組合		

<目的>

岩手県の秋サケ回帰尾数は平成 8 年度をピークに近年低迷しており、その回復が喫緊の課題となっている。

サケ資源の減少要因として、沿岸海洋環境（春季の海水温、餌となる動物プランクトン種等）の変動がサケ稚魚の減耗に関係していると考えられている。このことから、民間ふ化場からは海洋環境の変動に適応した（生残率の高い）稚魚の生産・放流技術の開発が求められている。

本研究では、民間ふ化場と同規模で試験が可能なサケ大規模実証試験施設において、飼育密度（平成 26、27 年度）及び給餌飼料（平成 28、29 年度）についてそれぞれ異なる条件下で飼育した稚魚を放流し、その後の成長・生残を比較するほか、遊泳力、飢餓耐性について検証することを目的とする。

<試験研究方法>

1 サケ大規模実証試験施設での種苗生産・放流技術の開発

(1) 給餌飼料と平成 28 年級及び 29 年級の試験区

平成 28 年度と 29 年度は、給餌飼料の違いによるサケ稚魚の成長と生残、遊泳力、飢餓耐性を調査した。

平成 28 年級と 29 年級の飼育試験に使用した飼料、製法及び特徴を表 1 に示した。28 年級の飼育試験は、サケ DPC、サケ EPC、マス EPC の 3 試験区を設定した（詳細な方法及び結果は平成 28 年報を参照）。

29 年級の飼育試験は、サケ EPC、マス EPC、海産魚の 3 試験区を設定した。

表 1 平成 28 年級、29 年級の飼育試験で使用した飼料の製法及び特徴

飼料	試験年級	製法	特徴
サケ DPC	28	ドライペレット	・平成 25 年まで県内のサケ稚魚用標準飼料
サケ EPC	28, 29	エクストルーダー	・平成 26 年以降のサケ稚魚用標準飼料
マス EPC	28, 29	エクストルーダー	・マス用飼料 ・サケ DPC、サケ EPC と成分が異なる
海産魚	29	エクストルーダー	・海産魚用飼料 ・粗タンパク質及び粗脂肪の含量が多い

(2) 平成 28 年級稚魚の追跡調査

放流後の成長・生残等を比較するため、唐丹湾で平成 29 年 3 月 1 日から 6 月 7 日までの期間に漁業指導調査船「北上丸」による火光利用敷網調査を実施し、幼稚魚を採集した。採集したサケ幼稚魚は尾叉長・体重を測定後、耳石を採取し耳石温度標識の有無を確認した。標識魚については、標識パターンから試験区を判別し、耳石日周輪紋の観察により海水移行時の尾叉長と海水移行後の成長速度を推定した。

(3) 平成 29 年級稚魚の飼育試験

餌料の違いによる稚魚の成長を調べるため、概ね1週間に1回の頻度で30尾(放流時は100尾)の尾叉長と体重を測定し、肥満度を算出した。供試卵は、唐丹町漁業協同組合が平成29年11月10日(第1群)と12月2日(第2群)に採卵し、片岸第三ふ化場で発眼期まで管理したものをを用いた。第1群は平成29年12月1日、第2群は平成30年1月16日にサケ大規模実証試験施設に搬入し、ボックス型ふ化槽、浮上槽で卵管理を行った。また、試験区ごとに個別の耳石温度標識を施した。稚魚の浮上を確認後、浮上槽から稚魚を1池あたり約20万尾となるように収容した。飼育試験は、平成30年1月25日からの32日間と、3月20日からの29日間の2回行った。試験期間中の水温は、ふ化室に設置したサーモレコーダー(エスペックミック社製)で記録した。なお、給餌率や回数等は岩手県の「サケふ化飼育管理の手引き」に従い、飼育試験終了後は熊野川に放流した。

(4) 平成29年級稚魚の遊泳力試験

餌料の違いによる遊泳能力を調べるため、スタミナトンネル(Loligo System 社製、(有)高津産業社製)を用いて、池出し時(約0.4g)と放流直前(約1.2g)の稚魚の瞬発遊泳力と持続遊泳力を測定した。瞬発遊泳力は流速16cm/s以下で、体勢が安定したのを確認した後、1分以内に流速を急上昇させて遊泳できる限界速度を記録した。持続遊泳力は流速3cm/sで馴致後、1分間に1~1.25cm/sずつ流速を上昇させ、遊泳できる限界速度を記録した。試験には、平成30年4月18日放流群(第2群)を用いた。

(5) 平成29年級稚魚の飢餓耐性試験

餌料の違いによる降海後の飢餓耐性を調べるため、当センター内の巡流水槽を用いて試験を行った。供試魚は、飼育試験終了後のサケEPC、マスEPC、海産魚の各試験区から無作為に稚魚600尾を取り出して300尾ずつの2グループに分け(3試験区×2)で巡流水槽内に設置した小割飼育カゴに収容し、海水による流水飼育を行った。各試験区とも、1グループは無給餌で、もう1グループは対照として給餌(飽和量給餌)して飼育した。半数致死に達した試験区が出現した時点で飼育を終了し、試験区ごとに成長量・生残率を比較した。試験は平成30年2月27日からの38日間と、4月18日からの23日間の2回行った。

2 山田湾における馴致放流群の有効性の検証

(1) 回帰親魚調査

短期海水飼育放流、河川放流及び海中飼育放流の各放流群の有効性を検証するため、平成29年11月下旬から平成30年1月上旬にかけて織笠川に回帰した親魚を採捕し、尾叉長・体重を測定後、耳石を採取し、耳石温度標識の有無を確認した。標識魚については、その標識パターンから由来(短期海水飼育放流群、河川放流群、海中飼育放流群)を判別した。

<結果の概要・要約>

1 サケ大規模実証試験施設での種苗生産・放流技術の開発

(1) 平成28年級稚魚の追跡調査

平成29年3月1日から6月7日までの期間に、597尾のサケ幼稚魚を採捕し、そのうち42尾が耳石温度標識魚であった。各試験区の採捕数はサケDPC15尾、サケEPC8尾、マスEPC14尾と試験区間で明確な差は見られなかった。なお、サケ大規模実証試験施設から放流した稚魚以外の標識魚が5尾採捕された(表2)。また、採捕数が多かった、平成29年3月27日に放流した各試験区の標識魚について耳石日周輪紋の解析を行ったところ、マスEPCが海水移行後の尾叉長、海水移行後の成長速度ともに最も大きく、次いでサケDPC、サケEPCの順となった(表3)。

表2 唐丹湾で採捕した平成28年級(平成29年級春放流)の耳石温度標識魚

試験区名	耳石標識コード	放流日	放流数(千尾)	採捕数(尾)	合計
サケDPC	2,4,3H	平成29年2月21日	200	0	15
	2,4H	平成29年3月27日	202	15	
サケEPC	2,2,4H	平成29年2月21日	206	0	8
	2,2,3,2H	平成29年3月27日	200	8	
マスEPC	2,4H2	平成29年2月21日	200	1	14
	2,2,4H2	平成29年3月27日	204	13	
その他	2,6H	—	—	5	5

表3 平成29年春に唐丹湾で採捕した耳石温度標識魚の海水移行後の尾叉長と海水移行後の成長

	海水移行後尾叉長 (mm±SD)	海水移行後の成長 (mm/日±SD)	個体数(N)
サケDPC	52.8±3.9	0.55±0.15	13
サケEPC	51.5±2.7	0.48±0.19	6
マスEPC	55.6±4.2	0.68±0.20	10

(2) 平成 29 年級稚魚の飼育試験

サケ大規模実証試験施設の平成 29 年 12 月 1 日から平成 30 年 4 月 18 日までの原水温は、12 月 1 日の 13.6 °C から 4 月 17 日の 9.7 °C まで低下した (図 1)。

飼育開始から放流までの稚魚の平均尾叉長、平均体重及び平均肥満度の変化を図 2 に示した。試験 1 回目は 25 日目以降、2 回目は 22 日目以降の給餌区ごとの平均尾叉長と平均体重で有意な差が認められた。また、平均肥満度は試験終了時で有意な差が認められた。成長が促進された順は、海産魚、マス EPC、サケ EPC となった。

サケ EPC、マス EPC、海産魚の試験区の施標及び放流状況について表 4 に示した。試験 1 回目開始時の各試験区の平均尾叉長、平均体重及び平均肥満度は 39.1 mm、0.40 g、6.67 であった。試験終了時の平均尾叉長、平均体重及び平均肥満度は、サケ EPC 57.6 mm、1.44 g、7.47、マス EPC 57.4 mm、1.52 g、7.97、海産魚 59.1 mm、1.59 g、7.55 となり、海産魚で最も成長が促進された。試験 2 回目開始時の各試験区の平均尾叉長、平均体重及び平均肥満度は 39.1 mm、0.35 g、5.81 であった。試験終了時の平均尾叉長、平均体重及び平均肥満度は、サケ EPC 52.8 mm、1.11 g、7.46、マス EPC 52.8 mm、1.13g、7.61、海産魚 55.6 mm、1.24 g、7.10 となり、1 回目と同様に海産魚で最も成長が促進された。

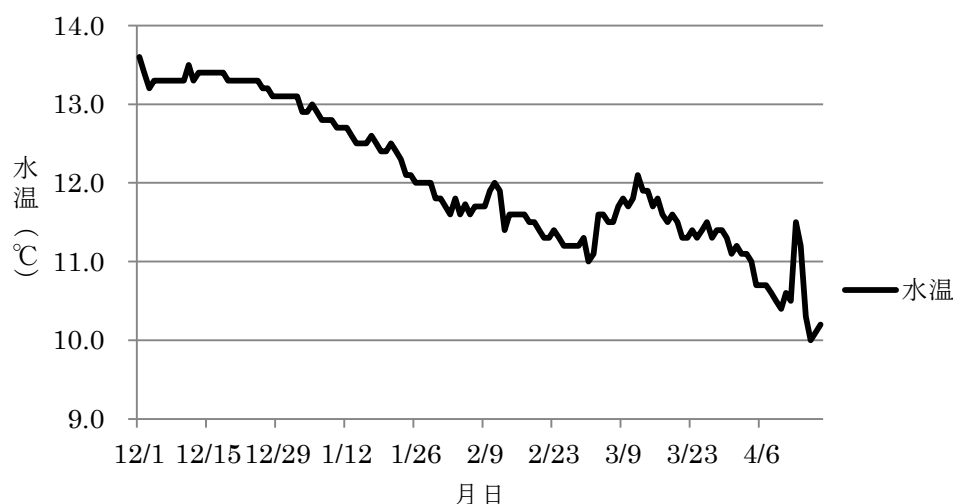


図 1 サケ大規模実証試験施設の水温変化

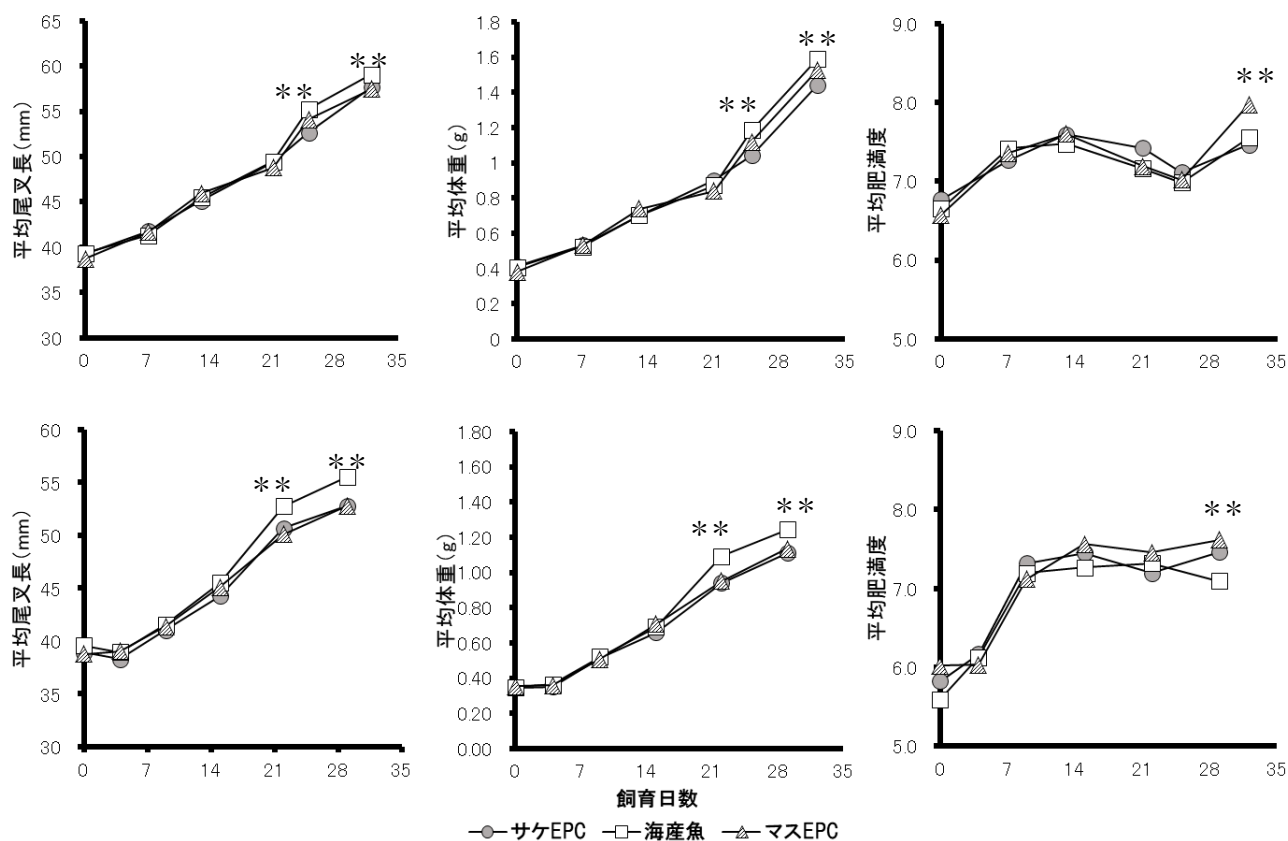


図2 サケ大規模実証試験施設で飼育された稚魚の平均尾又長、平均体重及び平均肥満度の変化
(上：試験1回目、下：試験2回目、**：one-way ANOVA、 $P < 0.01$)

表4 サケ大規模実証試験施設における施標及び放流状況

	採卵日	放流日	試験区名	耳石標識コード	平均尾又長(mm)	平均体重(g)	平均肥満度	放流尾数
第1群	平成29年11月10日	平成30年2月26日	サケEPC	2,2,4H	57.64	1.44	7.47	170,785
			マスEPC	2,4,3H	57.44	1.52	7.97	170,415
			海産魚	2,4H2	59.06	1.59	7.55	171,347
第2群	平成29年12月2日	平成30年4月18日	サケEPC	2,2,3,2H	52.79	1.11	7.46	200,908
			マスEPC	2,2,4H2	52.78	1.13	7.61	202,269
			海産魚	2,4H	55.57	1.24	7.10	202,068

(3) 平成 29 年級稚魚の遊泳力試験

瞬発遊泳力については、尾又長が大きくなるほど遊泳速度は速くなり、放流時は、海産魚、マス EPC、サケ EPC の順に高い値を示した (図3 上段)。持続遊泳力については、尾又長が大きくなるほど遊泳速度は速くなり、マス EPC、海産魚、サケ EPC の順に高い値を示した (図3 下段)。瞬発遊泳力、持続遊泳力ともにマス EPC、海産魚で強化される傾向があった。

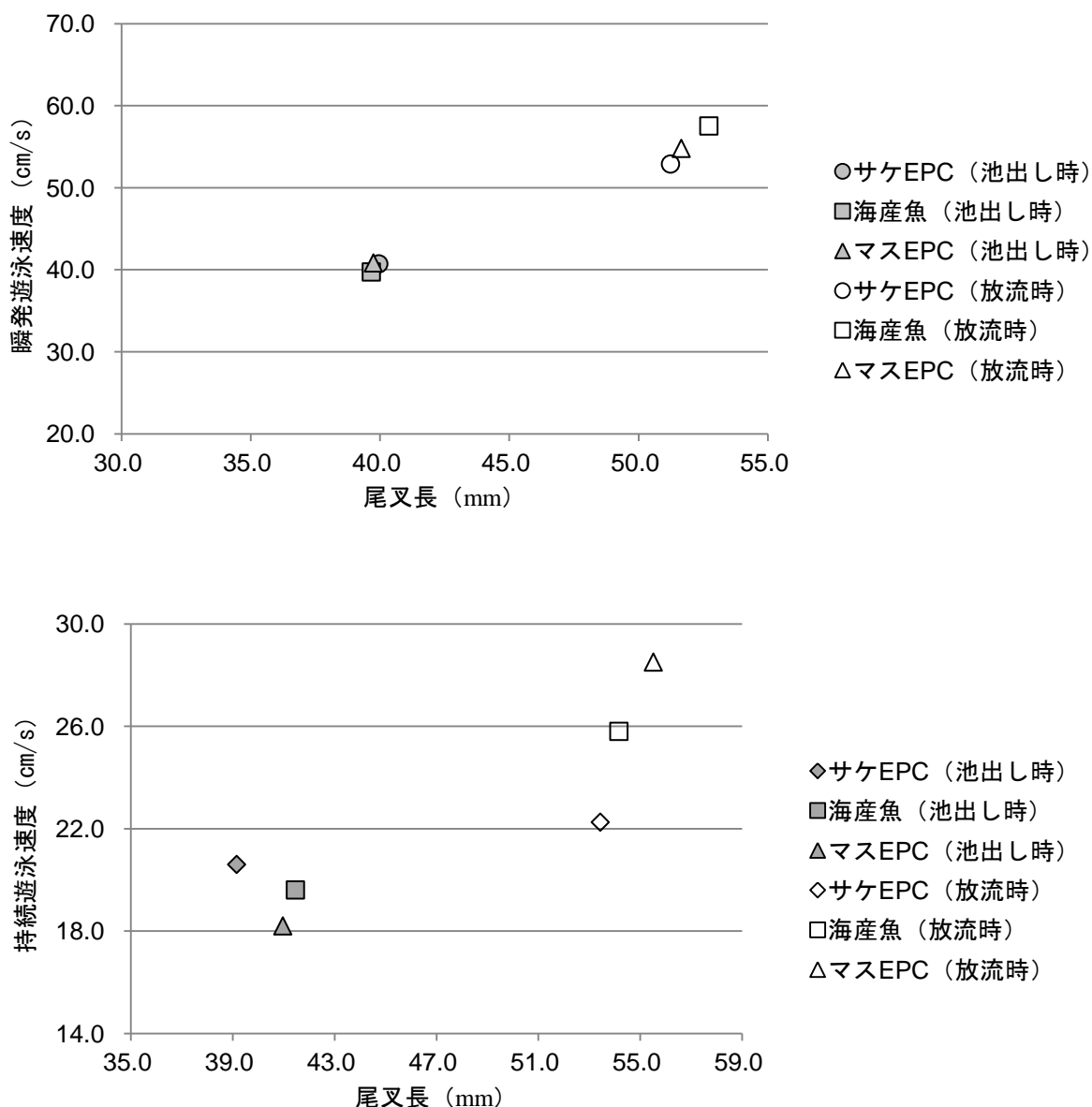


図3 尾叉長と瞬発遊泳力 (上段)、持続遊泳力 (下段) の関係

(4) 平成 29 年級稚魚の飢餓耐性試験

試験 1 回目と 2 回目の開始時と終了時の平均尾叉長、平均体重、平均肥満度、生残率及び平均水温を表 5 に示した。試験 1 回目の平均水温は 7.4℃であった。給餌飼育の生残率はサケ EPC、マス EPC、海産魚ともに 99%、一方、無給餌飼育の生残率はマス EPC 53%、サケ EPC 50%、海産魚 47%の順になった。試験 2 回目の平均水温は 9.5℃であり、試験 1 回目より高くなった。給餌飼育の生残率はサケ EPC 94%、マス EPC 96%、海産魚 96%、一方、無給餌飼育の生残率はサケ EPC 49%、海産魚 47%、マス EPC 34%の順になった。実験期間の水温が高かった 2 回目において、試験期間 (生存率が 50%を下回る日数) が短かった。また、試験 1、2 回目の両方で尾部が欠損し、滑走細菌症のような症状を呈する個体が見られた。

表5 飢餓耐性試験1回目と2回目の平均尾叉長、平均体重、平均肥満度、生残率及び平均水温

試験区	無給餌区				給餌区				飼育日数 (日)	平均水温 (°C)
	尾叉長(mm)	体重(g)	肥満度	生残率(%)	尾叉長(mm)	体重(g)	肥満度	生残率(%)		
サケEPC	開始	57.6	1.4	7.5	57.6	1.4	7.5			
	終了	58.0	1.1	5.4	73.2	3.6	9.0	99		
	増減率(%)	101	74	73	127	247	121			
試験1回目 マスEPC	開始	57.4	1.5	8.0	59.1	1.6	7.6			
	終了	56.7	1.0	5.7	76.1	4.0	9.1	99	38	
	増減率(%)	99	69	71	129	253	121		7.4	
海産魚用EPC	開始	59.1	1.6	7.6	57.4	1.5	8.0			
	終了	59.9	1.2	5.6	75.2	3.5	8.1	99		
	増減率(%)	101	77	74	131	227	102			
サケEPC	開始	52.79	1.11	7.46	52.79	1.11	7.46			
	終了	55.09	0.94	5.59	67.02	2.65	8.75	94		
	増減率(%)	104	85	75	127	239	117			
試験2回目 マスEPC	開始	52.78	1.13	7.61	52.78	1.13	7.61			
	終了	55.66	0.94	5.43	69.43	2.61	7.73	96	23	
	増減率(%)	105	83	71	132	230	102		9.5	
海産魚用EPC	開始	55.57	1.24	7.10	55.57	1.24	7.10			
	終了	57.44	1.06	5.51	70.01	2.99	8.65	96		
	増減率(%)	103	85	78	126	241	122			

2 山田湾における短期海水飼育放流群の有効性の検証

(1) 回帰親魚調査

調査期間内に織笠川にて捕獲した親魚 329 尾のうち、標識魚は河川放流群 39 尾、短期海水飼育放流群 18 尾、海中飼育放流群 9 尾であり、河川放流群の採捕数が最も多かった(表6)。4歳魚の回帰率を比較すると、河川放流群が0.102%、短期海水飼育放流群が0.051%、海中飼育放流群が0.026%で、河川放流群が最も高くなり、また平成25年放流と同様に短期海中飼育放流群が海中飼育放流群を上回った(表6)。

表6 平成25年級(平成26年春放流)の織笠川における4歳魚捕獲数と河川回帰率

放流年		河川放流	短期海水飼育	海中飼育
H26	採捕数	39	18	9
	河川回帰率(%)	0.102	0.051	0.026
H25	採捕数	26	32	12
	河川回帰率(%)	0.060	0.064	0.033

※食料生産地域再生のための先端技術展開事業(農林水産技術会議委託事業)による成果

<今後の問題点>

1 サケ大規模実証試験施設での種苗生産・放流技術の開発

- 平成29年級(平成30年春放流)の追跡調査を行うとともに、耳石日周輪紋を解析して餌(サケEPC、マスEPC、海産魚用EPC)が幼稚魚期の成長と生残に与える効果を把握する必要がある。
- 平成29年度の回帰親魚について、耳石観察を行って回帰状況を明らかにするとともに、これまでの試験放流群が親魚として回帰するため、回帰親魚調査を継続する必要がある。
- 放流した稚魚の健苗性を把握するため、体成分分析(一般成分、グリコーゲン、エネルギー量など)を行う必要がある。
- 餌料の違いにより成長や遊泳力が強化される傾向があったことから、餌料の成分や腸内細菌等に注目して安価かつ成長・遊泳力の促進に効果的な餌料の探索、飼育方法の検討を行う必要がある。
- 近年の高水温環境下に対応した種苗生産手法を検討する必要がある。

2 山田湾における短期海水飼育放流群等の有効性の検証

- これまでに放流した試験放流群が親魚として回帰するため、平成33年度まで、織笠川で回帰親魚を採集し、耳石温度標識からどの放流群が多く回帰したか調べる必要がある。
- 短期海水飼育放流が通常の海中飼育放流よりも回帰率が高まる要因を検討するとともに、より大型稚魚の放流が可能となる海中飼育手法を開発する必要がある。

＜次年度の具体的計画＞

1 大規模実証試験

- ・ 試験魚生産用種卵の確保、耳石温度標識の施標
- ・ サケ EPC と成分比の異なる配合飼料を用いた飼育比較試験の実施
- ・ 遊泳力試験、飢餓耐性試験、体成分・エネルギー測定等の実施
- ・ 高水温環境下に対応した種苗生産手法を検討するため、北上川水系と沿岸の種卵それぞれから生産した稚魚の発生状況等を比較し、北上川水系のサケ稚魚の特性を把握
- ・ 標識放流した稚魚の追跡調査
- ・ 熊野川における回帰親魚調査

2 さけ・ますふ化放流抜本対策事業

- ・ 遊泳力を強化する飼育試験の実施（低密度飼育やポンプシステムによる遊泳力強化を検討）
- ・ 生簀網の大目化による海中飼育手法の改良試験を実施
- ・ 標識放流した稚魚の追跡調査
- ・ 織笠川における回帰親魚調査

3 その他（耳石温度標識魚の追跡調査）

- ・ 試験結果を評価するため、標識放流と回帰親魚のモニタリングを継続

＜結果の発表・活用状況等＞

各種会議・研究会・セミナーにおいて研究結果の報告を行うとともに、適宜ホームページ等を通じて情報を発信した。

太田 岩手県におけるサケ資源動態について（さーもん・かふえ 2017）

清水 サケ稚魚の移動時期、回遊経路と魚体サイズの解明（サケ資源回帰率向上調査第 1 回検討会）

清水 サケ稚魚の移動時期、回遊経路と魚体サイズの解明（サケ資源回帰率向上調査第 2 回検討会）

清水 平成 29 年度岩手県秋さけ回帰予報（大謀交流会）

清水 岩手県におけるサケ増殖事業（漁業士育成講座・新任普及指導員研修会）

清水 平成 29 年度岩手県秋さけ回帰予報（岩手県さけ・ます増殖協会技術部会研修会）

太田 平成 29 年春ふ化場実態調査結果（岩手県さけ・ます増殖協会技術部会研修会）

清水 平成 29 年度秋サケ回帰予報（ぎょれん情報）

川島 三陸沿岸におけるサケ幼稚魚の分布、生息環境と親魚回帰（第 11 回サケ学研究会）

太田 秋サケの 29 年度回帰状況と 30 年度回帰予測について（定置講習会）

太田 今期の秋サケ漁獲状況と来期の見通し（岩手県さけ放流事業復興検討会）

太田 平成 29 年度秋サケ来遊状況について（平成 29 年度岩手県水産試験研究成果等報告会）

清水 サケについて（盛岡大学地域食材資源論講義）

太田 平成 29 年度秋サケの来遊状況について（漁青連上閉伊支部研修会）

太田 平成 29 年度秋サケの来遊状況について（漁青連気仙支部研修会）

太田 平成 29 年度秋サケの来遊状況について（女性部郡別研修会）

太田 平成 29 年度秋サケの来遊状況について、（漁海況相談会）

清水 平成 29 年度秋サケの来遊状況について（産地市場協議会）

川島 三陸沿岸におけるサケ幼稚魚の分布、生息環境と親魚回帰（平成 30 年度日本水産学会春季大会シンポジウム）

清水 岩手の現状（平成 30 年度日本水産学会春季大会ミニシンポジウム）

平成 29 年度岩手県秋サケ回帰予報 HP（年 1 回）

秋サケ回帰情報 HP（年 3 回）

サケ稚魚放流情報 HP（年 4 回）