

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、山根 広大、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。サケ資源の減少には、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）の変動によるサケ稚魚の減耗が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稚魚大規模実証試験施設において、飼育密度（平成27年度）及び給餌飼料（平成28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、放流サイズ及び海水馴致放流等の放流手法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

平成28年度は、唐丹湾に放流された平成27年級の稚魚の成長・生残状況を調べ、飼育密度の違いによる成長・生残の効果を検証した。給餌飼料が回帰率に与える影響を調べるため、耳石温度標識を施した後に岩手県内のふ化場で使用されている①岩手県の標準的な配合飼料であるサケ稚魚用飼料DPC（以下、DPC）、②原料がDPCとほぼ同じでエクストルーダーで作成されたサケ稚魚用飼料EPC（以下、EPC）、及び③DPC、EPCと異なる原料を用いて、エクストルーダーで作成されたマス用飼料EPC（以下、マス）の3種類の配合飼料を用いて飼育試験、遊泳力試験及び飢餓耐性試験を行った。試験終了後は熊野川へ放流した。

なお、本試験の一部は公益財団法人さんりく基金調査研究事業助成金により実施した。

#### （1）平成27年級稚魚の追跡調査

平成27年級稚魚の放流後の成長・生残等を比較するため、唐丹湾で平成28年3月11日から旬に1回の頻度で漁業指導調査船「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、耳石温度標識から低密度区（15 kg/m<sup>3</sup>）、密度対照区（20 kg/m<sup>3</sup>）、高密度区（25 kg/m<sup>3</sup>）の個体を判別した。

#### （2）配合飼料の成分分析

飼育試験に用いる餌料の栄養成分を比較するため、平成28年度の飼育試験で用いた3種の配合飼料の粗タンパク、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、糖質、脂肪酸（多価不飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、飽和脂肪酸）の分析を外部機関に委託して行った。なお、DPC及びEPCは全てのサイズで原料及び成分が同じであるため1種類のみ、マスはサイズ間で原料配合の割合が異なるため、使用する全サイズの分析を行った。

#### （3）サケ大規模実証試験施設での標識魚の飼育・放流

試供卵は、唐丹町漁協が平成28年11月14日（第1群）と12月9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用いた。唐丹町漁協から搬入した発眼卵をボックス型ふ化槽、浮上槽で卵管理を行った。

搬入した発眼卵に耳石温度標識システム TR-H200DCHAS（タカツ電機商会社製）を用い、原水温から一定時間、約4℃下げた水に浸漬することで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20万尾となるように収容し、1、2群ともにDPC給餌区（以下、DPC区）、EPC給餌区（以下、EPC区）及びマス給餌区（以下、マス区）の3試験区を設けて飼育した。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」に準じて行い、稚魚の体重が1gを超えた段階で放流した。

#### （4）稚魚の体成分分析

餌料の違いが、稚魚の体成分に影響を与えるか調べるため、第1群について外部機関に委託し、各試験区の池出し直後と放流直前の稚魚の体成分（タンパク質、脂質）の分析を行った。

#### （5）遊泳力試験

餌料の違いが、放流後の遊泳能力に影響を与えるか調べるため、東京大学大気海洋研究所が所有しているスタミナトンネルを用いて、放流直前の稚魚の遊泳力を測定した。また、体長による遊泳力への影響を除くため、遊泳力を尾叉長で除して尾叉長速度を求め、試験区間で比較した。

#### （6）飢餓耐性試験

餌料の違いが、降海後の飢餓耐性にどのような影響を与えるか検討するため、当センター内の巡流水槽を用いて、海水中での無給餌飼育を行った。各試験区300尾ずつを無作為かつ均等になるよう2群に分け、6つの区画を設け、半数致死に達した試験区が出現するか、もしくは1ヶ月が経過するまで飼育し、試験区間の生残率を比較した。

## 2 山田湾における馴致放流群等の有効性の検証

### （1）平成27年級稚魚の追跡調査

山田湾において、夜間照明を用いて天然プランクトンを集めてサケ稚魚に摂餌させることにより海水順応を促す「馴致放流群」、対照区の「河川放流群」、県内のふ化場よりも早い時期に放流する「早期放流群」、の3群をそれぞれ276千尾、255千尾、336千尾、合計867千尾を放流した。放流日は、馴致放流群及び河川放流群を4月13日、早期放流群を2月16日とした。また、放流場所は、馴致放流群を山田湾、河川放流群及び早期放流群を織笠川とした。それぞれの群の放流後の成長・生残を比較するため、巻き網でサケ幼稚魚を採集した。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、耳石温度標識から馴致放流群、河川放流群、早期放流群の個体を区別した。

### （2）回帰親魚調査

織笠川における親魚の回帰状況を調査し馴致放流、河川放流及び海中飼育の有効性を検証するため、平成28年11月下旬から29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、耳石を採取した。さらに、耳石温度標識から馴致放流群、河川放流群、海中飼育群の個体を区別した。

## <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27年級稚魚の追跡調査

平成28年3月11日から5月30日までの期間に、388尾のサケ幼稚魚が採捕され、そのうち32尾がサケ大規模実証試験施設で飼育・放流された幼稚魚であった。耳石温度標識から試験区を判別して採捕率を比較すると、第1群は対照区が0.0005%（1尾）、低密度区が0.0013%（2尾）、第2群は高密度区が0.0045%（10尾）、対照区が0.0071%（7尾）、低密度区が0.0095%（12尾）で、各群とも低密度区で高い傾向にあった（図1）。また、採捕されたサケ幼稚魚の尾叉長・体重は、試験区間で顕著な成長の差は見られなかった。

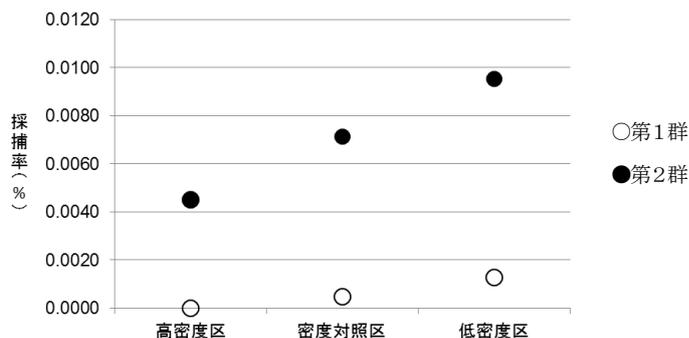


図1 放流群別の採捕率

#### (2) 配合飼料の成分分析

各配合飼料の分析結果を図2に示す。EPCは糖質が他の2種類より多く含まれており、マスは粗脂肪が他の2種類より多く含まれていた。各飼料の脂肪酸含有量を図3に示す。マスは他の2種類と比較すると、一価・多価不飽和脂肪酸、飽和脂肪酸の3種とも含有量が多かった。

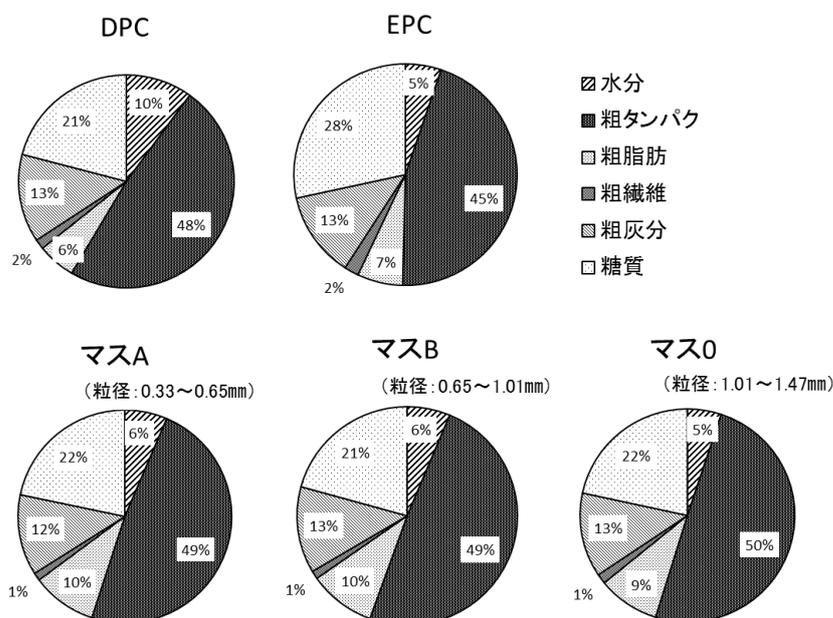


図2 各配合飼料の成分分析結果

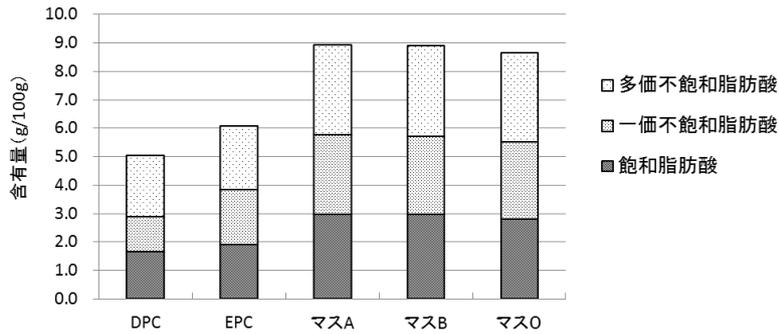


図3 各配合飼料の脂肪酸含有量

(3) サケ大規模実証試験施設での標識魚の飼育・放流

施設の平成28年12月7日から平成29年3月27日までの原水温を図4に示す。水温は12月7日の13.5℃から1月26日の12.0℃まで緩やかに低下した。その後、12.0℃前後で上昇と低下を繰り返し、2月13日から再び低下していった。3月3日に11.4℃に上昇し、その後は低下していった。

第1群は平成28年11月14日に採卵した発眼卵を12月7日に、第2群は12月9日に採卵した発眼卵を12月30日に、それぞれ635,000粒ずつ搬入した。なお、搬入時の積算水温は、第1群が295℃、第2群が283℃だった。各試験区の収容卵数、収容場所及び耳石温度標識は表1のとおり。

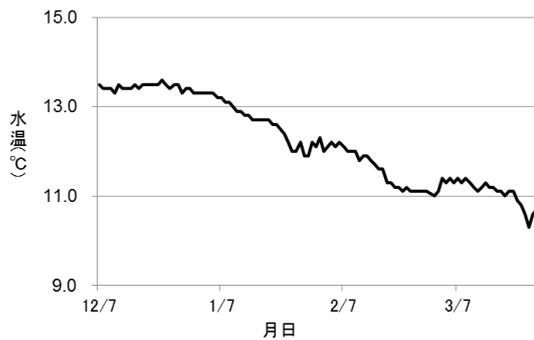


図4 サケ大規模実証試験施設原水の水溫変化

表1 サケ大規模実証試験施設の卵管理

	試験区名	収容卵数(粒)	収容場所	耳石温度標識
第1期	DPC区	210,517	ボックス型ふ化槽	2,4,3H
	EPC区	210,517	ボックス型ふ化槽	2,2,4H
	マス区	207,134	浮上槽	2,4H2
第2期	DPC区	207,602	ボックス型ふ化槽	2,4H
	EPC区	205,935	ボックス型ふ化槽	2,2,3,2H
	マス区	210,041	浮上槽	2,2,4H2

飼育開始から放流までの稚魚の尾叉長、体重、肥満度の変化を図5に、放流日、放流時の尾叉長・体重・肥満度及び放流尾数を表2に示す。第1群は飼育21日目まで、第2群は飼育28日目までマス区、EPC区、DPC区の順で成長が良い傾向が見られた。第1群の放流時のDPC区、EPC区、マス区の平均尾叉長はそれぞれ53.8mm、51.9mm、54.3mm、平均体重は1.22g、1.20g、1.30g、肥満度は7.7、8.4、8.0だった。第2群の放流時のDPC区、EPC区、マス区の平均尾叉長はそれぞれ57.1mm、58.9mm、57.7mm、平均体重は1.35g、1.56g、1.56g、肥満度は7.2、7.4、8.1であった。

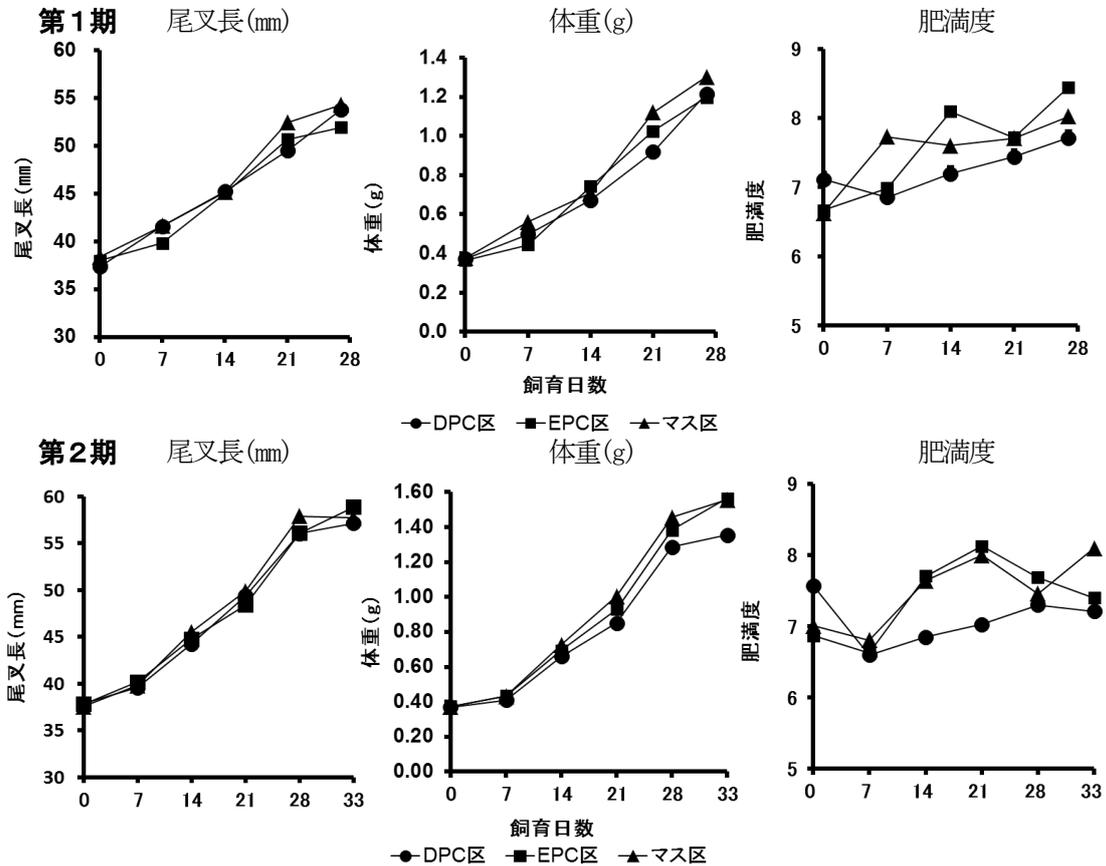


図5 サケ大規模実証試験施設で飼育された稚魚の尾叉長、体重および肥満度

表2 サケ大規模実証試験施設の稚魚放流

	採卵日	試験区名	給餌飼料	ハッチコード	放流年月日	平均尾叉長 (mm)	平均体重 (g)	肥満度	放流尾数
第1期	平成28年11月14日	DPC区	サケDPC	2.4,3H	平成29年2月21日	53.77	1.22	7.7	199,615
		EPC区	サケEPC	2.2,4H	平成29年2月21日	51.94	1.20	8.4	206,049
		マス区	マスEPC	2.4H2	平成29年2月21日	54.30	1.30	8.0	199,636
第2期	平成28年12月9日	DPC区	サケDPC	2,4H	平成29年3月27日	57.14	1.35	7.2	201,871
		EPC区	サケEPC	2.2,3,2H	平成29年3月27日	53.87	1.56	7.4	199,514
		マス区	マスEPC	2.2,4H2	平成29年3月27日	57.71	1.56	8.1	204,308

#### (4) 稚魚の体成分分析

第1群の稚魚の体成分（タンパク質、脂質）の分析結果を図6に示す。脂質の含有量は池出し直後の3.6g/100gから放流直前の2.6g/100gに減少し、それに対し、タンパク質は池出し直後の14.6g/100gから放流直前の16.5g/100gに増加した。なお、試験区間に明瞭な差は見られなかった。

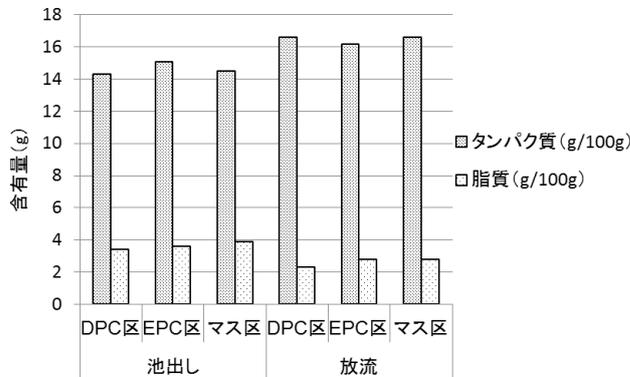


図6 池出し時及び放流直前の稚魚の体成分（タンパク質、脂質）

#### (5) 遊泳力試験

第1、2群の尾叉長速度を図7に示す。第1群については、EPC区及びマス区が高く、DPC区が低い値となった。第2群については、要因は不明だが、各試験区でバラつきが大きく試験区間で明瞭な差が見られなかった。

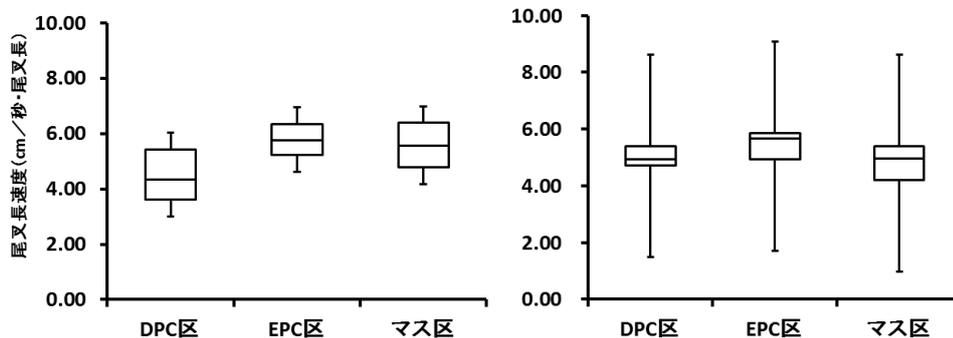


図7 試験区別の稚魚の尾叉長速度（左：第1群、右：第2群、第二四分位数：中央値、上下のバー：標準誤差）

#### (6) 飢餓耐性試験

第1群の飢餓耐性試験の結果を図8に示す。第1群で生残率を比較すると、DPC区が66%、EPC区が76%、マス区が81%となり、マス区が最も高く、DPC区が最も低い値となった。第2群については、飼育9日目で全区に滑走細菌症による大量への死が発生したため、試験を中止した。

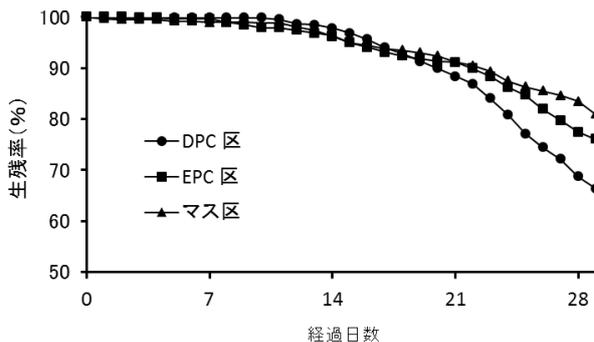


図8 試験区別の生残率

## 2 山田湾における馴致放流群等の有効性の検証

### (1) 平成27年級稚魚の追跡調査

4月18日から5月30日までの期間に合計1,543尾のサケ幼稚魚を採集した。そのうち337尾が耳石温度標識魚であった。標識から試験群を判別すると、馴致放流群が211尾、河川放流群が96尾、早期群が5尾、その他の事業の標識が25尾であり、馴致放流群の採捕数が最も多かった。採捕された試験区間で日間成長速度を比較したところ、馴致放流群が0.87mm/日、河川放流群が0.52mm/日、早期群が0.30mm/日で、馴致群が最も速く、早期群が最も遅かった。

### (2) 回帰親魚調査

織笠川において、11月下旬から1月上旬に採捕された河川捕獲親魚493尾、海産親魚150尾の年齢査定を行ったところ、3歳が31尾、4歳が440尾、5歳182尾、6歳が7尾、不明が3尾であった。また、耳石温度標識の有無を確認したところ、河川捕獲親魚100尾、海産親魚20尾で標識が確認できた。さらに標識から試験群を判別すると、河川捕獲親魚では馴致放流群が40尾、河川放流群が29尾、海中飼育群が13尾、その他の事業の標識が18尾であった。海産親魚では、馴致放流群が3尾、河川放流群が3尾、海中飼育群が4尾、その他の事業の標識が10尾であった。河川捕獲親魚について、4歳魚の尾叉長・体重を調べたところ、雌雄ともに試験群間で明瞭な差は見られなかった。また、4歳魚の回帰率を比較すると、馴致放流群が0.008%、河川放流群が0.006%、海中飼育群が0.003%で、馴致放流群が最も高く、海中飼育群が最も低かった。

## <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

- ・H28年度は、第1群と第2群で成長やその後の遊泳力、飢餓耐性に違いがあったことから、再現性の確認が必要である。
- ・遊泳力試験や飢餓耐性試験等を実施するにあたり、試験区毎の体サイズが結果に影響を与える可能性が考えられるため、測定条件(体サイズ、飼育日数等)を検討する必要がある。
- ・放流した稚魚の成長及び降海後の生残について、耳石日周輪紋の観察を行うなどにより、推定する必要がある。
- ・平成29年度以降、試験放流群が親魚として回帰してくるため、回帰親魚調査を実施して試験の有効性を評価する必要がある。

### 2 山田湾における馴致放流群等の有効性の検証

- ・平成25年放流魚(平成24年級)及び平成26年放流稚魚(平成25年級)がそれぞれ5歳魚、4歳魚として回帰することから、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。
- ・得られた結果をとりまとめ、ふ化場への技術普及を行う必要がある。

## <次年度の具体的計画>

### 1 サケ大規模実証試験施設での飼料試験選定用の標識魚の飼育・放流

- ・平成28年級第2群の池出し直後及び放流直前の稚魚の体成分(タンパク質、脂質)分析
- ・成長・回帰率向上が期待される飼料の成分分析
- ・試験用種苗への耳石温度標識の施標と飼育・放流
- ・唐丹湾での火光利用敷網調査による平成28年級幼稚魚の採集と耳石温度標識の判別
- ・熊野川における回帰親魚調査

### 2 山田湾におけるH28年級(幼稚魚)の試験放流群とH25年級(4歳魚)の評価

- ・採捕された幼稚魚の耳石輪紋に基づく成長解析
- ・織笠川における4歳魚の採集と耳石温度標識の判別

## <結果の発表・活用状況等>

各種会議・研修会・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 2016

横澤、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

山根、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

山根、岩手県のサケ資源について、南限のさけ

山根、平成28年度岩手県秋さけ回帰予報、大謀交流会

山根、岩手県の秋サケ漁業について、漁業士育成講座・新任普及指導員研修会

太田、平成28年度岩手県秋さけ回帰予報、岩手県さけ・ます増殖協会理事会

山根、平成28年度岩手県秋さけ回帰予報、定置講習会

山根、平成28年度秋サケ回帰予報について、ぎょれん情報

太田、今期の秋サケ漁獲状況と来年度の見通し、岩手県さけ放流事業復興検討会

山根、平成28年度サケの回帰動向について、成果報告会

山根、サケについて、盛岡大学地域食材資源論講義

山根、サケについて、大槌町出前講座

太田 平成28年度秋サケの来遊予測と回帰の状況について、産地市場若手協議会

太田 平成28年度秋サケの来遊予測と回帰の状況について、漁業士会久慈支部漁船漁業研修会

平成28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5回）