

(3) 沿岸環境・幼稚魚追跡調査

① 北海道における沿岸環境・幼稚魚追跡調査(厚田、昆布森、えりも以西・以東定置網、宗谷海峡)

実施機関及び担当者:

北海道区水産研究所 さけます資源研究部: 斎藤寿彦*⁸、佐藤智希、本多健太郎、渡邊久爾、佐藤俊平*⁷、鈴木健吾、矢野豊

さけます生産技術部: 羅津三則*¹、栗林誠*²、鈴木栄治、平間美信、羽賀正人、高橋悟、永尾桃子、濱崎薫、八重樫博文、渡邊勝亮、箕輪ゆい、平林幸弘*^{3,6}、荒内勉、河野洋右、徳田裕志*⁴、加藤雅博*⁵、加藤毅、福田勝也、横田泰明

*1: (3)-①-1. 【厚田沿岸域】主担当

*2: (3)-①-1. 【昆布森沿岸域】主担当

*3: (3)-①-1. 【宗谷海峡】主担当

*4: (3)-①-2. 【えりも以西地区】主担当

*5: (3)-①-2. 【えりも以東地区】主担当

*6: (3)-①-2. 【宗谷港】主担当

*7: (3)-①-3. 【サケ幼稚魚の地理的起源推定】主担当

*8: (3)-①-4. 【サケ幼稚魚の耳石日周輪解析】、【(3)-①全体取りまとめ】主担当

【目的】

サケ幼稚魚の分布状況や生息環境等について、沿岸域の調査海域で用船を用いたモニタリングを実施するとともに、春定置網や港湾に蛸集するサケ幼稚魚を定期的に採集する。採集したサケ幼稚魚を用いて、耳石温度標識の確認や遺伝分析により地理的起源(放流地域)の推定を行い、それらの移動時期・経路・体サイズなどの変遷を把握する。また、耳石日周輪解析による降海・成長履歴の把握や調査データの分析などを通じて、放流魚(耳石温度標識魚)の生残条件について検討する。

【方法】

1. 用船を用いたモニタリング調査

用船を用いたモニタリング調査を、厚田沿岸域(北海道日本海)、昆布森沿岸域(道東太平洋)及び宗谷海峡(オホーツク海)で実施した。

【厚田沿岸域】厚田沿岸幼稚魚生息環境モニタリング調査は、石狩市厚田区吉田氏の第二十八長生丸(9.27トン)を用船し、3月26日から6月4日まで計8回、沿岸域のCTDによる海水温・塩分等の鉛直観測、透明度、プランクトン量等の情報収集および幼稚魚採集調査を行った。

【昆布森沿岸域】昆布森沿岸のモニタリング定点4ヶ所(岸からの距離は約0.4km(定点1)、1.3km(定点2)、3.5km(定点3)、及び7.8km(定点4))で6月上旬から7月下旬に計8回の計画でCTDを用いて水温・塩分の鉛直観測を行うとともに、改良型NORPACネットを用いて定点1は水深10m層から、定点2~4は水深20m層からそれぞれ鉛直曳きにより動物プランクトンを採集し、餌生物の組成と現存量を調べた(図1)。

各調査時において3ヶ所(岸からの距離: 約1.5~3.5km(③岸)、3.7~5.7km(②中間)、5.8~7.8km(①沖))で、従来の岸に対して平行に曳く方法から本年は岸に向かって曳く方法で2艘曳網による稚魚採集調査を実施した。2019年における曳網地点は幼

稚魚の採集数を増やすことに重点をおき、昨年までの定点 1～4 から変更した。曳網は 2km または 20 分間とし、濃霧などにより①沖で調査が実施できない場合には定点 3 において従来の岸に沿って曳く方法で実施した。採集したサケ幼稚魚は魚体測定後、左右の耳石、遺伝と栄養分析用標本を採集し、一部について胃内容物を調べた。

【宗谷海峡】宗谷岬のオホーツク海側に位置する稚内市東浦沖において、船曳き網（以降、一艘曳き網）によるさけます幼稚魚採集を行った。調査定点は 3 カ所（図 2）設け、陸からの距離をそれぞれ 1km、2km、4km とした。調査は、6 月 4 日、6 月 11 日および 6 月 18 日に行い、各定点において速度約 2 ノットで 30 分間、海岸線と平行に曳網した。

2. 春定置網及び港湾における調査

春定置網と港湾に蟄集するサケ幼稚魚の採集は、北海道太平洋側のえりも以西地区、同えりも以東地区及び宗谷港で実施した。

【えりも以西地区】図 3 に示した室蘭、虎杖浜、厚賀および春立沿岸で、それぞれ 1 ケ所の春定置網を調査地点とし、網起こし時に定置網周辺に蟄集するサケ幼稚魚をたも網で採集した。また各調査地点の距岸約 1km の水深 3m 層に設置した記録式水温計により、1 時間間隔で海水温の推移を調べた。

【えりも以東地区】調査定点は、大樹沿岸に設置された春定置（大樹サケ 4 号定置）とし、5 月下旬から 7 月上旬（5 月 28 日、6 月 4、11、18、25 日および 7 月 3 日）に合計 6 回、春定置網の網起こし時に蟄集するサケ幼稚魚をたも網で採集した。なお、先行事業である「サケ資源回帰率向上調査事業」の結果から、当該調査地ではたも網だけではサンプル数の確保が困難であることが想定されたため、調査時に春定置網で漁獲されたサケ幼稚魚の捕食者であるマダラ等を 10 尾購入し、捕食者の胃内容物中からサケ幼稚魚を収集することを併用した。また調査対象の春定置網の水深 3m 層に記録式水温計を設置して 1 時間間隔で海水温を記録するとともに、たも網調査時には CTD を使って水温・塩分の鉛直観測を行った。

【宗谷港】宗谷港での調査は、定位置（図 4）において、5 月 13 日～6 月 25 日の期間に計 10 回、それぞれ 2 時間 30 分程度行った。日没後、防波堤上から港内に向けて集魚灯を点灯し、灯下に寄ってきた幼稚魚をたも網ですくい捕った（図 5 以降、集魚灯採捕と記す）。また、調査時に海水温と塩分を測定するとともに、定位置の外海側（水深 1.5m 前後）に記録式水温計を設置して 1 時間間隔で海水温を記録した。

採集したサケ幼稚魚の分析

宗谷港での調査は、定位置（図 4）において、5 月 13 日～6 月 25 日の期間に計 10 回、それぞれ 2 時間 30 分程度行った。日没後、防波堤上から港内に向けて集魚灯を点灯し、灯下に寄ってきた幼稚魚をたも網ですくい捕った（図 5 以降、集魚灯採捕と記す）。また、調査時に海水温と塩分を測定するとともに、定位置の外海側（水深 1.5m 前後）に記録式水温計を設置して 1 時間間隔で海水温を記録した。

3. サケ幼稚魚の地理的起源推定

2019 年 4 月下旬～7 月下旬にかけ、春定置網混入サケ幼稚魚モニタリング調査（以下、春定置網調査：室蘭・虎杖浜・厚賀・春立・大樹）および沿岸幼稚魚モニタリング調査（以下、昆布森調査）が実施された（図 6）。これらの調査で採集されたサケ幼稚魚について、各個体の

尾叉長および体重を測定し、頭部より耳石標本を採集した。また同時に尾部または胸鰭を採集し、99%エタノールで固定して遺伝標本とした。採集した耳石標本は標準的な方法で標識の有無を確認し、標識魚については標識パターンからふ化場起源を特定した。また、遺伝標本から Puregene DNA Extraction Kit (QIAGEN)を用いて DNA を抽出した。抽出した DNA を 384 ウェルプレートに分注し、既知の SNP (一塩基多型) マーカー 45 遺伝子座を用いて TaqMan 法による遺伝子型の決定をリアルタイム PCR (QuantStudio 7 Flex リアルタイム PCR システム, ThermoFisher Scientific) で行った。得られた遺伝子型データをもとに条件付き最尤法による遺伝的系群識別を行い、採集場所別・尾叉長別 (小型魚: 10cm 未満、大型魚: 10cm 以上) で地理的起源を推定した。推定した地理的起源は、北海道日本海、北海道オホーツク海/根室海峡、北海道太平洋、本州太平洋、本州日本海の 5 地域である。

4. サケ幼稚魚の耳石日周輪解析

厚田沿岸域では、これまでのモニタリング結果から、幼稚魚の採集豊度 (曳網 1km あたりの採集尾数の年平均値) と当該年級の親魚の河川回帰数 (5 年魚までの合計) との間に正の相関関係が認められている (2001~2013 年級: $r = 0.89$, $p < 0.0001$)。この結果は、放流魚の年級群豊度 (回帰数の多寡) が厚田沿岸到達までの生残に大きく依存していることを示唆している。

昨年度分析した 2017 年は、例年以上に多数の耳石温度標識魚が採集され (千歳さけます事業所起源の標識魚の再捕数: 1,003 尾)、かつ、魚体サイズも大型であった (千歳さけます事業所起源の標識魚の尾叉長 FL $\pm$ 標準偏差: 64.3 ± 9.8 mm)。その一方、2018 年は、耳石温度標識魚の採集数が少なく (千歳さけます事業所起源の標識魚の再捕数: 149 尾)、かつ、魚体サイズは小型であった (千歳さけます事業所起源の標識魚の尾叉長 FL $\pm$ 標準偏差: 48.8 ± 7.9 mm)。最近の研究によれば、沿岸域で高成長を遂げたサケ幼稚魚は初期生残も良い可能性が指摘されている (例えば、Honda et al., 2017, 2019)。そこで、2018 年の採集個体について、個体の成長速度に、降海月日や降海サイズがどのように影響するかを明らかにすることを目的に、成長速度を従属変数、降海月日、降海サイズおよび耳石温度標識のハッチコード (以下、HC) を説明変数とする一般化加法モデルを構築した。モデル選択 (説明変数の組み合わせ) は、赤池情報量規準 (以下、AIC) により検討し、AIC が最小となるモデルを採択した。なお、構築するモデルの誤差分布は全てガンマ分布を仮定した。得られた結果について、昨年度の 2017 年の分析結果と比較した。

【結果および考察】

1. 用船を用いたモニタリング調査

【厚田沿岸域】

沿岸水温

厚田沿岸域での水温連続観測結果を図 7 に示す。メモリ式水温計は、岸から 2 km、水深 20m ラインの N43 度 22 分 54 秒、E141 度 24 分 24 秒の地点の、水面下 3m の位置に設置した。

2019 年春季の海水温は立ち上がりが遅く、日平均水温が 5℃に達したのは 4 月 8 日で近年の平均値から見ると 8 日ほど遅かった。また、海水温が 13℃に達したのは 5 月 26 日であり、近年の平均値から見ると 10 日ほど早かった。サケ幼稚魚の適水温帯を 5℃~13℃とすると、2019 年の適水温帯の期間は 48 日間となり、過去の平均期間である 62 日間と比べて 2019 年はかなり短かった。

2019 年にサケ幼稚魚が主に採集された時期 (海水温) は、4 月中旬 (6℃) ~ 5 月中旬 (10℃) であり、5 月下旬に沿岸水温が 11℃を超えると、サケ幼稚魚はほとんど確認されなくなった。

動物プランクトン

プランクトン湿重量を図 8 に示す。2019 年春期のプランクトン湿重量は、4 月中旬に定点 4 で高い値を示したが、その他の時期および定点においては、ほぼ例年並みかそれ以下であった。

2019 年の調査結果

表 1 に、調査月日、定点ごとの海洋観測結果およびサケ幼稚魚の採集数を示す。2019 年の調査では、浮上間際と思われる 0.2g 程のサケ稚魚から 5.1g までのサケ幼稚魚が採捕された。

サケ幼稚魚の採集状況における経年比較と旬比較

1996 年からの採集数を図 9 に示す。2019 年は、サケ稚魚採集のため曳き網調査を 8 回実施し、合計 529 尾のサケ幼稚魚を採集した。2019 年の採集数は、2018 年の 402 尾よりは多かったが、近年では 2018 年に引き続き少ない採集数となった。なお、2016 年は調査船トラブル(故障)のため、4 月下旬～5 月下旬まで調査が実施できなかったために採集数が少なくなっている。

旬別のサケ幼稚魚採集数を図 10 に示す。例年、サケ幼稚魚の採集数は 4 月下旬から増えはじめ、5 月中旬に採集ピークを迎え、5 月下旬には急激に減少する。2019 年は、4 月中旬から 5 月上旬にかけて幼稚魚の採集数が多く、それ以降はほとんどサケ幼稚魚が採集されなかった。

耳石の解析結果

2019 年に採集されたサケ幼稚魚について、耳石温度標識の確認結果(割合)を図 11 に示した。サケ幼稚魚の総採集数は 529 尾であり、石狩川放流由来が 45%(豊平川含む)、余市川放流由来が 15%、日本海共通コード(天塩・尻別・相沼内)が 0.6%であった。無標識魚の割合は 39%であった。2018 年までの無標識魚の割合は平均 45%であったことから、2019 年は平年よりも耳石温度標識魚の割合が多かった。

2019 年に厚田沿岸域で再捕された耳石温度標識魚の尾数から、放流由来河川別の採捕率を算出した(表 2)。2019 年の千歳川由来の耳石温度標識の放流では、7 つの試験区が設定されており、①の 3 月上旬、1.0g 放流群、②の 3 月中旬、1.0g 放流群、③の 3 月下旬、1.0g 放流群を比較したところ、③の放流群で採捕率が最も高く、3 月中の放流では遅い時期の放流において採捕率が高くなった。また、晚期放流群は、前期採卵群、中期採卵群に比べて、高い採捕率であった。余市川由来の 3 つの放流群では、4 月中旬放流群の採捕率が最も高かった。

サケ幼稚魚の体サイズ

2019 年に採集された採集魚全体の魚体重の推移と、耳石温度標識から判別した前期採卵放流群、中期採卵放流群および晚期採卵放流群の魚体重の推移を図 12 に示す。2019 年は、4 月中旬～5 月上旬にかけて多くの幼稚魚が採集され、また、耳石温度標識の再捕結果から、5 月中旬までに全耳石温度標識魚の約 90%が確認されており(表 3)、それ以降、採集数の減少が認められた。これらの結果から、2019 年は厚田沿岸域を平均魚体重 2～3g ほどに成長しながら離岸しているものとも考えられた。

厚田沿岸域調査の考察

2019 年春期については、適水温帯と思われる期間が短く、プランクトンの湿重量も例年に比べ低かったことから、サケ幼稚魚の生息環境としては厳しい年であった可能性がある。過去の

経緯において厚田沿岸での採捕数が多かった年の回帰は、河川への回帰率が高い傾向があったが、海洋環境等の影響により、近年その傾向は崩れつつあるのかもしれない。

【昆布森沿岸域】

沿岸水温の状況

昆布森 10 号定置に設置した定点観測(水深 3m層)の春期沿岸水温結果では、2019 年の沿岸水温は 2018 年と同様に 5 月は過去 5 ヶ年の平均水温より高く、6～7 月にかけては概ね 5 ヶ年平均並みで推移した(図 13)。放流適期とされている沿岸水温 5～13℃の期間は過去 5 ヶ年平均では 5 月中旬～7 月下旬の 8 旬であったが、2019 年は 5 月上旬～7 月下旬の 9 旬であり、過去 5 ヶ年平均と比べ、沿岸水温 5℃到達が 1 旬早く 13℃到達は同じ状況であった。2018 年の放流適期は 5 月上旬～7 月上旬の 7 旬であり、それと比べても 2019 年の放流適期(5～13℃の期間)はやや長い状況であった。

サケ稚魚の採集状況

2 艘曳網によるサケ稚魚の採集は、2019 年の 6 月下旬は時化により調査が出来なかったものの、6 月上旬から 7 月下旬までの間に合計 7 回実施した。総採集数は 905 尾となり、過去 5 年の採集数(32～281 尾)を大幅に上回った(表 4、図 14)。また、採集したサケ稚魚の耳石温度標識魚(以下、標識魚)を確認したところ、147 尾の標識魚が確認され、その混入率は 16.2%(147/905)と比較的高かった(図 14)。

2019 年の稚魚採集調査における CPUE(2 艘曳き 1km 当たりの採集尾数)は、③岸、定点 3、②中間では 7 月 2 週で高い状況となり、①沖では 7 月 3 週で高い状況となった。また、2019 年より曳網地点を変更したため過去との厳密な比較は出来ないが、2019 年の稚魚採集調査は概ねこれまでの定点 2～4 の範囲で実施しており、そこから推察すると 2019 年の CPUE は比較的高い状況であった(図 15)。

2019 年に確認された標識魚は北海道太平洋の釧路川から本州太平洋の岩手県までの広範囲にわたっており、内訳は釧路川へ放流された鶴居さけます事業所由来が 6 尾、芦別ふ化場由来が 1 尾、十勝川へ放流された十勝さけます事業所由来が 27 尾、広尾川へ放流された広尾ふ化場由来が 14 尾、えりも岬漁港へ放流された猿留ふ化場由来が 9 尾、静内川へ放流された静内さけます事業所由来が 20 尾、豊畑ふ化場由来が 8 尾、遊楽部川へ放流された八雲さけます事業所由来が 8 尾、えりも以西統一コード由来が 49 尾、青森県由来が 1 尾、岩手県由来が 4 尾であった(図 16)。また、各地点における標識魚の採集状況は、いずれの地点でも満遍なく標識魚が採捕されていたが、十勝川由来の標識魚は比較的岸寄りで採捕される割合が高く、えりも以西由来は沖ほど割合が高かった(図 17)。

尾叉長の度数分布について

2016～2019 年の 4 カ年で採集された幼稚魚の尾叉長の度数分布を図 18 に示した。2019 年は尾叉長 8.0～10.9cm の稚魚が 90%を占めたことから、平均値は 9.5 cmであった。地場の釧路川由来の稚魚も多く採捕されたことから、近年の中では平均尾叉長が小さめになったものと思われる。

サケ標識魚の由来について

①えりも以東東部地区由来サケ稚魚

2019 年のえりも以東東部地区由来標識魚の採集月日と尾叉長の関係を図 19 に示した。鶴居さけます事業所から釧路川へ放流された個体が 6 月 18 日～7 月 16 日に 6 尾(尾叉長 7.9～9.1cm)、芦別ふ化場から釧路川へ放流された個体が 6 月 18 日に 1 尾(尾叉長 10.1cm)採集された。

2019年に採集されたえりも以東東部地区由来のサケ稚魚において、鶴居さけます事業所および芦別ふ化場から一括放流された標識魚がそれぞれ1群ずつあり、放流・採集時の尾又長および瞬間成長係数を表5、図20に示した。鶴居さけます事業所由来の一括放流群は、3月29日に尾又長5.5cmで放流されたものが81日後の6月18日に尾又長9.1cmで採集され、瞬間成長係数は0.0063であった。また、芦別ふ化場由来の一括放流群は、4月3日に尾又長5.2cmで放流されたものが76日後の6月18日に尾又長10.1cmで採集され、瞬間成長係数は0.0087であった。この芦別ふ化場由来の一括放流群は、下流域へ輸送放流した試験群でもある。

②えりも以東西部地区由来サケ稚魚

2019年のえりも以東西部地区由来標識魚の採集月日と尾又長の関係を図19に示した。十勝さけます事業所から十勝川へ放流された個体が6月18日～7月23日に27尾(尾又長7.4～12.0cm)、広尾ふ化場から広尾川へ放流された個体が7月9日～7月16日に14尾(尾又長7.9～9.0cm)、また猿留ふ化場からえりも岬漁港へ放流された個体が7月9日～7月16日に9尾(尾又長7.8～9.0cm)採集された。

2019年に採集されたえりも以東西部地区由来のサケ稚魚において、十勝さけます事業所から一括放流された標識魚が4群あり、放流・採集時の尾又長および瞬間成長係数を表5、図20に示した。それぞれの状況は、3月25日に尾又長6.0cmで放流されたものが85日後の6月18日に尾又長9.6～10.9cm(平均10.3cm)で3尾採集され、瞬間成長係数は0.0055～0.0070(平均0.0063)であった。また、4月5日に尾又長6.3cmで放流されたものが74日後の6月18日に尾又長10.1cmで採集され、瞬間成長係数は0.0064であった。4月30日に尾又長5.8cmで放流されたものが70日後の7月9日に尾又長8.7cmと8.9cmの2尾が採集され、瞬間成長係数はそれぞれ0.0058、0.0061(平均0.0060)であった。5月15日に尾又長6.2cmで放流されたものが48～62日後の7月2日～16日に尾又長7.8～9.2cm(平均8.6cm)で7尾採集され、瞬間成長係数は0.0047～0.0072(平均0.0058)であった。それぞれ放流日や放流サイズが異なっているにもかかわらず、昆布森沿岸で採集されるまでの成長度合いは、瞬間成長係数にして0.006前後の値を示した。

③えりも以西日高地区由来サケ稚魚

2019年のえりも以西日高地区由来標識魚の採集月日と尾又長の関係を図19に示した。静内さけます事業所から静内川へ放流された個体が6月18日～7月23日に20尾(尾又長8.1～11.8cm)、豊畑ふ化場から静内川へ放流された個体が6月18日～7月9日に8尾(尾又長9.0～11.4cm)採集された。

④えりも以西噴火湾地区由来サケ稚魚

2019年のえりも以西噴火湾地区由来標識魚の採集月日と尾又長の状況を図19に示した。八雲さけます事業所から遊楽部川へ放流された個体が6月18日～7月9日に8尾(尾又長8.8～10.9cm)採集された。

⑤えりも以西統一コード由来サケ稚魚

2019年のえりも以西統一コード由来標識魚の採集月日と尾又長の状況を図19に示した。この標識魚は日高地区の日高幌別川、胆振地区の敷生川、噴火湾地区の鳥崎川、道南地区の尻岸内川から放流され、6月18日～7月23日に49尾(尾又長7.8～11.8cm)採集された。

⑤本州由来サケ稚魚

2019年の本州由来標識魚の採集月日と尾又長の状況を図19に示した。青森県の奥入瀬

ふ化場から奥入瀬川へ放流された個体が6月18日に1尾(尾叉長10.2cm)、岩手県の熊野ふ化場から熊野川へ放流された個体が7月9日～7月23日に2尾(尾叉長8.2cmと10.4cm)、また岩手県統一コードの個体が6月18日に2尾(尾叉長10.1cmと10.5cm)採集された。この岩手県統一コードの標識魚は安家川、明戸川、田老川、織笠川、甲子川、盛川、気仙川から放流されている。

プランクトンの湿重量について

2019年、2018年及び2012～2017年平均の調査期間中の1 m³当たりのプランクトン湿重量の推移を図21に示した。2019年は各定点とも6月2週で高い値を示し、過去並みもしくはそれ以上の高い状況であった。しかし、6月3週以降は減少して6月4週には例年になく低い値となった。

2013年から2019年のサケ稚魚の胃内容物組成

2艘曳網により採集された幼稚魚のうち、各調査日各定点最大10尾について胃内容物を調査した。2019年の調査個体数は146尾であり、空胃個体は出現しなかった(図22)。

胃内容物指数(魚体重に占める胃内容物重量の割合)は、0.02～6.4%の範囲であり、調査期間を通じての平均値は1.6%で、2016年から続く1～2%の傾向が2019年でもみられた。

胃内容物組成(個体数比)は、各調査日で優占する種類は異なるが、サケ幼稚魚はこれまでの報告と同様に多様な餌生物を利用していた(図23)。2013年から2017年には、体長2mm以上のカラヌス目カイアシ類や端脚類が第一優占群となる傾向にあったが、2019年には、2018年と同様に体長2mm以上あるいは体長2mm未満カラヌス目カイアシ類の占める割合が高かった。第一優占群となることが多かった端脚類の占める割合はいずれの調査日においても低かった。これまであまり優占することがなかったその他のカイアシ類(主にハルパクチクス類)が第一優占群となることがあった。

2019年の動物プランクトン個体数密度と分類群組成

ノルパックネットにより採集された動物プランクトン個体数密度(各調査日4定点の平均値)は、調査期間を通して $0.1 \times 10^3 \sim 5.4 \times 10^3$ 個体・m⁻³の範囲で変動した。個体数密度は、6月1週には過去(2013～2018年)と同程度(5.4×10^3 個体・m⁻³)であったが、それ以降は時期の経過ともに減少し、6月3週以降は 1.0×10^3 個体・m⁻³以下となり、2013年以降で最も少ない個体数密度を示した。(図24)。

分類群組成は、調査期間を通して体長2mm未満のカラヌス目カイアシ類(主に *Acartia longiremis* および *Pseudocalanus newmani*) が第一優占群となることが多かった。7月以降には、枝角類の占める割合が高くなる傾向にあり、7月3週には体長2mm未満のカラヌス目カイアシ類と同程度の割合を占めていた。

【宗谷海峡】

一艘曳網によるサケ幼稚魚の採集尾数を表6に示す。2019年の調査は6月上旬～中旬に3日(曳網回数計9回)実施し、サケ幼稚魚は6月18日に最も陸寄りの定点で4尾採集された。当海域における一艘曳網は、北海道区水産研究所の独自調査も含め、2015年春から5カ年、のべ36回実施しているが、採集できたサケ幼稚魚は5尾のみである。前年までの採集尾数が極めて少ない(1尾のみ)ことを踏まえ、2019年の調査では調査定点を、稚魚の生息密度が沖合よりも高いと考えられる陸寄りの海域へ変更したものの、採集尾数は僅かだった(図25)。当海域においては、船曳網による幼稚魚採集は、後述する宗谷港での集魚灯採捕に比べて幼稚魚の採集効率が著しく低く、本調査の目的に適う標本採集は困難であると考えら

れた。

なお、2019 年春に採集した 4 尾のサケ幼稚魚に耳石温度標識魚は認められなかった。また、尾叉長は 5.6～8.5cm(平均 7.0cm)であり、同日に宗谷港で採捕した幼稚魚(4.7～8.7cm, 平均 6.8cm)とほぼ同サイズだった。

2. 春定置網及び港湾における調査

【えりも以西地区】

沿岸水温

2019 年の各調査点における日平均水温の推移を図 26 に示す。虎杖浜では 5 月 15 日頃、室蘭では 5 月 13 日にそれぞれ 8℃を超え、いずれの調査点も 6 月上旬前半には水温が 13℃まで上昇した。厚賀と春立では、ともに 5 月 22 日頃より 8℃を超え、厚賀では 6 月初めに 13℃まで上昇したが 6 月下旬前半頃まで 12℃～13℃を上下しながら推移、春立では本格的な 13℃上昇は 6 月 26 日であった。

例年各調査点でサケ幼稚魚が見られる、日平均水温 8～13℃の期間を図 27 および図 28 に示す。2019 年春のこの期間は、虎杖浜では 5 月 15 日から 6 月 4 日の 21 日間、春立では 5 月 23 日から 6 月 26 日の 34 日間であった。8℃に達した時期は、虎杖浜および春立で昨年とほぼ同時期、最終的に 13℃に達した時期は、虎杖浜では昨年とほぼ同じく、春立では過去 5 年と大差なかった。2019 春の特徴として、室蘭、虎杖浜ともに 8～13℃の期間が例年より大幅に短かった。

各調査点のサケ幼稚魚採集状況

各調査点の調査期間および耳石標識魚数を表 7 に示す。のべ 33 回の調査で得られたサケ幼稚魚は 3,515 尾で、そのうち耳石標識魚は 20.4%にあたる 716 尾であった。

2019 年および過去 3 年の、各調査点のサケ幼稚魚採集状況を図 29 に示す。虎杖浜では 5 月上旬頃には 6cm 前後の幼稚魚が採集され、8cm 前後のものも採集されたが、日平均水温が 8℃に達した 5 月中旬以降は 6～7cm の個体が多かった。6 月中旬になると 10cm 以上も含め幅広い体サイズで採集され、採集調査日の 6 月 10 日では陸網・中網で数千尾の群れが多く目視され、採集されたものは 6～10 cm で平均 8 cm であった。室蘭では 5 月下旬から 6 月上旬にかけて採集された幼稚魚は 5～8cm で、調査最終日 6 月 20 日の中網と沖網では水深 1～2m で大型のサケ幼稚魚の 100 尾ほどの群れが数群見られたが、陸網では 7cm 前後の幼稚魚が数尾採集されたのみであった。厚賀および春立では、例年同時期の 6 月初めから幼稚魚が見られ始め、特に初期には尾叉長 14cm を超える大型の個体も採集された。採集される幼稚魚の体サイズは次第に小さくなる傾向にあったが、多くは離岸サイズと考えられる尾叉長 8cm 以上であった。なお、全調査点で、6 月中旬以降ではニシンやイワシの群れと混在してサケ幼稚魚の採捕が困難な状況であったが、最終的には日平均水温が 13℃を超えた 6 月末および 7 月初めまで幼稚魚が見られた。

採集魚の肥満度

調査時期を、胆振沿岸に幼稚魚が見られ始めた 5 月下旬まで、日高沿岸でも採集され始めた 6 月上、中旬、調査晩期の 6 月下旬以降の 3 つの時期に分けて、各時期の採集魚の尾叉長と肥満度を図 30 に示した。全期間において、肥満度が高い個体から低い個体まで幅広く分布した。しかし、6 月下旬以降は主に尾叉長 9 cm 前後の個体において肥満度分布は 6 月中旬より低い傾向を示した。昨年の図(図 31)でも、6 月下旬以降の肥満度分布は低い傾向にあり、2019 年と類似した状況であった。

耳石標識魚の放流および採捕状況

各調査点で採集された耳石標識魚の放流由来を表 8 に示す。最も多く見られたのは静内さけます事業所と豊畑ふ化場を含む静内川由来の 471 尾(同 65.8%)であり、次いでえりも以西の 4 河川から放流された共通標識群の 132 尾(標識魚の 18.4%)であった。このほか、遊楽部川、知内川および十勝川といった北海道太平洋側河川由来の耳石標識魚が、日高の調査点を中心として見られ、北海道日本海共通標識も数尾見られた。また、本州由来の岩手県各河川、秋田県川袋川、青森県奥入瀬川および山形県月光川の標識魚が 6 月上旬に少数見られた。主な標識魚の放流と採捕状況について、以下に放流由来ごとに記す。

・八雲さけます事業所由来(図 32)

3 月下旬から 5 月中旬にかけて 8 パターンの標識群が遊楽部川へ放流され、そのうち 7 標識群が確認された。ほとんどが日高沿岸で、6 月中旬を中心に採集され、標識魚の尾叉長は放流時期によらずほぼ 8~11cm の範囲であった。

図中に灰・黒・赤色で示した 5 月上旬放流群は 6 月 10~25 日の間に確認されており、その後、昆布森沿岸の曳き網調査によって 7 月 2 日と 9 日に計 7 尾が採集された。

・静内さけます事業所由来(図 33)

4 月上旬から 5 月下旬にかけて 7 パターンの標識群が放流された。例年同様、5 月中旬にかけての放流群が胆振沿岸で確認され、その後、より大型の標識魚が日高沿岸で採集された。4 月上旬放流群の採集時の体サイズは、4 月下旬の採集時には放流サイズとほぼ同じであったが、その後 6 月上旬の採集時には 10 cm 以上に成長しており、大型サイズが目立っていた。また、5 月上旬放流群では、9 cm 前後に成長した幼稚魚が胆振でも採集された。

・豊畑ふ化場由来(図 34)

4 月上旬から 5 月下旬にかけて 5 標識群が放流され、このうち全ての標識群が採集された。各標識群ともに数回に分けて放流の幅があり正確には捉えることが難しいが、6 月上旬以降の採集では体サイズが大きく成長していることが読み取れる。4 月下旬から 5 月中旬の放流群で胆振沿岸へ移動したと見られる点は、静内さけます事業所標識群と共通した傾向と言える。

考察

胆振沿岸の調査点において幼稚魚が出現し始めた時期は、例年の 8℃となる頃より 10 日ほど早い 4 月 30 日で、そのときの調査点付近の水温は 4~6℃であった。採捕された幼稚魚は調査期間を通して 8 cm 以下の小型が主体であった。一方、日高沿岸で調査初期に採集されたのは本州各県由来を含む大型の幼稚魚であったが、これらは 8℃未満では出現していない。過去の知見を考慮しても、大型の幼稚魚であっても 8℃以上の水温帯を選択しながら移動していると考えられる。

また、6 月 10 日の虎杖浜沿岸では、陸・中・沖の全ての定置網周辺で数千~数万尾規模のサケ幼稚魚の群れが多く見られた。6 月 20 日の調査時には、100 尾程度の大型魚の群れが目視され、採捕された個体(尾叉長 8~10 cm)の耳石標識を調べた結果、静内川由来とえりも以西共通を主体に、遊楽部川由来がわずかに含まれていた。調査点の位置から考えると、おそらく噴火湾内で成長した幼稚魚がこの時期にまとまって室蘭沿岸を通過していたものと思われる。

日平均水温が 13℃に達した時期は、室蘭から厚賀にかけて 6 月 2 日頃で、その後 6 月下旬まで 13℃前後の日が多かった。6 月下旬以降も特に春立では多くの幼稚魚が見られており、採集魚のほとんどは離岸サイズと考えられる 8cm 以上であった。その一方で、11 cm を超える大型は 6 月上旬以降には採捕されていないことから、水温上昇に伴い順次調査海域を移動しているように見える。

えりも以西沿岸の西側ほど、例年に比べて適水温帯の日数が短く、サケ幼稚魚の成長に厳しい条件であったことが推察される。餌料環境について調査はしていないものの、肥満度の低下が見られた 6 月下旬の採集魚においても、ほとんどの個体は肥満度 7 以上であり、直ちに死亡が懸念されるような危険な水準ではない。しかしながら、水温上昇による餌不足が 6 月下旬以降の肥満度低下を引き起こした要因の一つと考えられることから、このことが、えりも以西地区におけるサケ幼稚魚の放流時期・サイズを検討する上でポイントになると考える。

遊楽部川および静内川由来の耳石標識から推定される移動様式には、例年と大きな違いは見られなかった。胆振・日高沿岸において、放流から採捕されるまでの日数は、遊楽部川由来の魚では 33～84 日、静内川由来の魚では 6～63 日であった。すなわち、遊楽部川由来の幼稚魚はおそらく噴火湾内で離岸サイズまで成長した後、比較的短い期間にまとまって離岸するものと推察され、今年の場合も多くが 6 月 20 日前後に日高沿岸を通過したと見られる。静内川由来の幼稚魚は、放流された個体の一部が放流時期とサイズに関わらず胆振沿岸まで南下したのち、東へと移動したと見られる。

2019 年は昆布森沿岸域の調査でも、遊楽部川、静内川および広尾川由来の放流魚のうち、放流日を特定することができる標識群が再捕されている。遊楽部川由来の標識群が日高沿岸で採集されてから昆布森沿岸域で採集されるまで 30～40 日ほど日数が経過していることから、遊楽部川由来の標識魚は日高沿岸でさらに成長した後、東(昆布森方面)へ移動したと推定される。また、静内川由来の標識魚については、放流から採捕されるまでの日数は 53～103 日であり、平均すると 76 日であった。大樹沿岸では、放流から 60～75 日経過した同河川由来の標識魚が採捕されており、採捕時の尾叉長は 8 cm 以上であった。これらのことから、静内川由来の標識魚は放流後に多くは日高沿岸で離岸サイズまで成長した後、えりも以东(大樹沿岸方面)へ移動したと推定された。

【えりも以东地区】

沿岸水温

調査地点での日平均水温の推移を図 35 に示す。2019 年の大樹沿岸では、観測開始時の 5 月 15 日には 5.5℃であった。その後、6 月上旬まで 1 週間間隔で上昇と低下を繰り返しながら上昇した。6 月 8 日に 10℃に達し、それ以降は緩やかな上昇傾向となり、過去 3 年と比べてやや高めに推移しながら 7 月上旬に 13℃に達した。

サケ幼稚魚採集状況

調査月日、調査方法別のサケ幼稚魚採集尾数を図 36 に、採集したサケ幼稚魚の写真を写真 2 に示す。6 回の調査のうち、たも網では 6 月 18、25 日の 2 回で計 15 尾を採集した。定置網で漁獲されたマダラ等のサケ幼稚魚の捕食者の胃内容物調査では、6 回の調査で計 52 尾の捕食者を調査し、このうち 6 月 4、11、25 日に調査した 15 尾がサケ幼稚魚を捕食しており、胃内容より計 319 尾のサケ幼稚魚を採集した。その他、漁協より 6 月 10 日に採集したサケ稚魚 4 尾(ソイ胃内容物等)の提供を受け、分析サンプルに加えた。これらを合計すると、採集されたサケ幼稚魚の尾数は合計で 338 尾であった。

サケ幼稚魚の体サイズ

尾叉長の測定が可能であったサケ幼稚魚について、調査日別の尾叉長の分布を図 37 に示す。6 月 4 日に採集されたサケ幼稚魚の平均尾叉長は 6.55cm(4.84～8.15cm)であったのに対し、6 月 10～11 日に採集されたサケ幼稚魚の平均尾叉長は 10.44cm(6.49～12.84cm)と明らかに大きかった。6 月 18 日と 6 月 25 日に採集されたサケ幼稚魚の平均尾叉長はそれ

ぞれ 7.62cm(6.69～8.44cm)と 8.24cm(5.22～10.08cm)で、6 月 4 日と 6 月 11 日の中間のサイズであった。

耳石分析結果

耳石温度標識確認結果を表 9 に示す。採集した 338 尾のサケ幼稚魚のうち、309 個体の耳石分析が可能であった。このうち耳石温度標識は合計で 55 尾確認され、混入率は 17.8%であった。

確認された標識魚の起源については、えりも以東海区由来では十勝川 24 尾、釧路川 10 尾、広尾川 2 尾であった。また、えりも以西海区由来では静内川 10 尾、えりも漁港 2 尾、遊楽部川 1 尾、知内川 1 尾、日高幌別川と尻岸内川、鳥崎川、敷生川の共通コードが 4 尾であった。その他本州太平洋側の岩手県から放流された標識魚も 1 尾確認された(表 9)。えりも以東海区およびえりも漁港由来の標識魚は 6 月 4 日を中心に採捕されたのに対し、えりも以西由来の標識魚(えりも漁港由来を除く)と岩手県由来の標識魚はすべて 6 月 10 日以降の採捕であった(表 9)。

大樹地区の考察

6 月 4 日に採捕されたサケ幼稚魚は、確認された耳石標識魚の由来がすべて調査定点近隣または東側の海域の河川であったことから、十勝川、釧路川を中心とした東側の河川由来、及び近隣の河川由来の幼稚魚が中心であり、体サイズの分布から沿岸滞泳期の幼稚魚が中心であったと考えられる。また、6 月 10 日以降に採集された幼稚魚は、調査定点よりも西の地区由来の標識魚も見られること、および体サイズの分布から、えりも以西地区、本州太平洋側由来の幼稚魚の他、後述する理由により、えりも以西海区に移動したえりも以東海区由来の幼稚魚が、沖合移動期に東へ移動してきたものが中心であったと考えられる。

本調査で採集された十勝川由来の耳石温度標識魚について、放流月日別、調査月日別の再捕尾数を表 10 に示す。2019 年春期には十勝さけます事業所から、3 月 25 日から 5 月 22 日の期間に 9 種類の耳石温度標識を施標した合計 15,829 千尾のサケ稚魚が放流された。6 月 4 日の調査では、4 月 19 日以降に放流された標識魚(平均尾叉長 6.41cm、範囲 5.68～7.27cm)が再捕されており、これらは降海して間もない沿岸滞泳期の幼稚魚であると考えられた。これに対し、6 月 11 日の調査では、3 月 25 日と 4 月 5 日に放流された尾叉長 9.10cm、9.98cm の標識魚が再捕された。これらは 6 月 4 日の調査で再捕された幼稚魚と比較すると、早期に放流され、かつ再捕時のサイズが大型であることから、降海して間もない個体ではないと考えられる。えりも以東地区のサケ幼稚魚は、降海後、えりも以西の海域に移動していることは以前から知られている(高橋 2010)が、これらの幼魚は、えりも以西海区に移動した後、沖合移動期に東へ移動している個体である可能性が高い。これらのことから、十勝川に放流されたサケ幼稚魚は沿岸滞泳期に西向きの潮流の影響を受けて移動していることが考えられ、6 月 4 日の時点では 4 月 19 日以前に放流されたサケ幼稚魚は大樹沿岸の調査定点よりもさらに西の海域を中心に分布している可能性がある。しかし、降海したサケ幼稚魚のうち、どのくらいの割合で西に移動するのかなど分かっていないことも多い。今後は他の調査定点の標識魚の分析結果も合わせて、放流されたサケ幼稚魚の移動や成長など生残条件に関わる項目について検討を進めたい。

【宗谷港】

サケ幼稚魚の採集結果

5 月 13 日～6 月 25 日の 10 回の調査で、サケ 1,088 尾とカラフトマス 42 尾の幼稚魚を採集した(図 38)。採集尾数のピークは 5 月下旬と 6 月下旬にあり、この 2 旬に行った 5 回の調

査では何れの日も 100 尾以上の幼稚魚が採集された。特に 5 月下旬は、2017、2018 年にも多数の幼稚魚が採集されている。なお、2019 年の初回である 5 月 13 日は、当日の朝に宗谷港海中飼育稚魚が放流されたため、尾数制限を設けて採集した。

調査時の海水温

調査期間内の宗谷港表層水温は 10.3～14.8℃、港外の表層水温は 9.0～15.0 の範囲にあった(図 39)。5 月中旬 10℃前後から徐々に上昇した表層水温は、5 月下旬に 12-13℃台、6 月上旬には 14℃台へ更に上昇した後、6 月中旬以降は日毎の変動があるものの再び 12-13℃台となった。

サケ幼稚魚の体サイズ

宗谷港で採集したサケ幼稚魚の尾叉長は、海中飼育稚魚放流日の採集魚を除き、3.1～10.4cm の範囲にあり、平均は 5.6cm だった。体長組成(図 40)をみると、最も多かったのは 5cm 台の幼稚魚で全体の 52%を占めた。沖合移行サイズと考えられる 8cm 以上の個体は、6 月上旬以降に 16 尾採集された。

耳石分析結果

採集したサケ、カラフトマスの幼稚魚計 1,130 尾の耳石を分析した結果、耳石温度標識魚(標識魚)は 37 尾、9 種類の標識コードが確認された。その放流由来は、サケは北海道日本海側の河川 6 群とオホーツク海側の河川 2 群、カラフトマスは宗谷管内の 1 群だった(表 11)。天塩川(天塩さけます事業所)の標識魚は 5 月下旬に 11 尾が採集された(図 41)。天塩さけます事業所が放流した標識魚にはコードの異なる 5 つの標識群があるが、そのうち採集されたのは 3 群のみであり、2 月中旬及び 3 月上旬に全数放流した群は採集されなかった(図 42)。石狩川(千歳さけます事業所)の標識魚は 6 月 4 日に 1 尾採集されたのみだったが、尾叉長は 10.4cm あり、宗谷港の全標本の中で最大のサイズだった(図 41)。頓別・幌内川(2 河川共通標識)の標識魚は 6 月下旬に 7 尾、宗谷管内のカラフトマス(5 河川共通標識)は 6 月上旬と下旬に計 4 尾が採集された。

宗谷港の考察

宗谷港では、5 月下旬に多くサケ幼稚魚が採集されたが、その後 6 月上旬には採集数が急速に減少し、6 月下旬に再び増加した。このような採集数の増減傾向は、2017 および 2018 年にも見られている。また、北海道日本海に由来する標識魚が採集されたのは 5 月下旬、オホーツク・宗谷の標識魚は 6 月下旬に集中し、他の期間には殆ど採集されていない。サケ幼稚魚は、宗谷岬周辺海域に現れても短期間のうちに泳ぎ去っており、ここに滞留せず通過しているものと推察された。

宗谷港内外の表層水温は 5 月下旬にサケ幼稚魚の適水温域の上限といわれる 13℃に達し、同旬に幼稚魚採集数もピークとなった。また、6 月上旬には更なる水温の上昇と幼稚魚採集数の減少も同時に生じており、幼稚魚の移動分布に対する水温変動の影響が窺われた。なお、5 月下旬に採集数のピークが現れた一因としては、宗谷港海中飼育魚が 5 月中旬に放流されることも考えられる。2019 年の場合は、5 月 13 日に尾叉長 5.7cm のサケ幼稚魚が約 100 万尾放流されており、その一部が 5 月末まで港内に残り、無標識魚(特に尾叉長 5.0～5.9cm サイズ)として少なからず採集されている可能性がある。

宗谷港で採集された標識魚の由来地域は、北海道日本海とオホーツクの 2 地域だった。北海道日本海については、前年調査でもほぼ同時期(5 月下旬～6 月上旬)に同河川(天塩川、天塩・尻別・相沼内川共通、石狩川)の標識魚が採集されたため、同地域起源の魚の主な移動時期を反映しているのかもしれない。また、採集魚の尾叉長は、石狩川由来魚および

これと同時期に採集した4尾を除くと、標識魚・無標識魚とも沖合移行サイズといわれる8cmには達していなかった。天塩川をはじめとする北海道日本海の河川に放流されたサケ稚魚は成長しながら日本海を北上し、沖合移行サイズへ成長中の個体が5月下旬～6月上旬に宗谷岬周辺海域を通過している可能性が考えられた。一方、オホーツクに由来する標識魚の採集事例はこれまで2例のみであり、複数の標識魚が採集されたのは今回が初めてである。現在の情報量では移動分布経路の検討は難しいが、オホーツクの河川に放流されたさけます幼稚魚の中には、宗谷岬方面へ移動する幼稚魚もいると考えられた。

天塩さけます事業所から標識魚5群を放流しているが、前年と同様、3群のみが宗谷港で採集確認されている。この3群は放流時期やサイズが異なり、採集サイズも区々であるが、その大部分が適期放流され、ほぼ同時期に宗谷港に出現し採集された。一方、早期に全数放流した2群は、宗谷港では1尾も採集されなかった。早期に放流した群が採集できなかった要因として、適期放流群とは移動時期が異なる、移動経路が異なる可能性のほか、生き残りが悪い可能性が考えられたが、各放流群の移動分布や生き残り条件については今後も検討する必要がある。

3. サケ幼稚魚の地理的起源推定

北海道太平洋沿岸の定置網5ヶ所(室蘭・虎杖浜・厚賀・春立・大樹)および昆布森沿岸で実施した各種調査で、合計4,420個体のサケ幼稚魚が採集された(表12)。このうち春定置網調査5ヶ所におけるサケ幼稚魚の採集個体数は、室蘭197個体、虎杖浜628個体、厚賀744個体、春立1,946個体、大樹15個体で、春立において最も多かった。一方、昆布森における採集個体数は905個体で、春立に次いで多かった。大樹では採集個体数が15個体と少なかったことから、以降の分析からは除外した。採集されたサケ幼稚魚の平均尾叉長±標準偏差は、室蘭で 7.53 ± 1.19 cm、虎杖浜で 7.40 ± 1.24 cm、厚賀で 9.88 ± 1.42 cm、春立で 9.36 ± 1.45 cm、昆布森で 9.46 ± 0.96 cmとなり、例年同様に調査海域の西側(室蘭・虎杖浜)よりも東側(厚賀・春立・昆布森)の地点で大きくなる傾向が見られた(図43)。

採集したサケ幼稚魚について耳石温度標識の有無を調べた結果、各地のふ化場から放流された耳石温度標識魚が4,435個体中864個体(19.5%)確認された(表13)。放流起源は北海道日本海地域2個体、北海道えりも以西地域733個体、北海道えりも以东地域91個体、北海道根室地域1個体、本州太平洋地域26個体、本州日本海地域11個体であった。調査定点別では、春定置網調査を行った室蘭・虎杖浜・厚賀・春立の4定点でいずれも北海道えりも以西地域由来の耳石温度標識魚が優占し、その多くは静内川や日高幌別川など調査定点に近い河川から放流された個体であったが、知内川や遊楽部川など道南地域を起源とする個体も採集された(表13)。北海道えりも以东地域を起源とする耳石温度標識魚もこれら4定点で確認されたが、その数は調査海域の東側に位置する厚賀・春立で多かった。また厚賀で北海道日本海地域由来の耳石温度標識魚が2個体、春立で北海道根室地域由来の耳石温度標識魚が1個体、それぞれ見つかった。本州地域を起源とする耳石温度標識魚は虎杖浜・厚賀・春立で確認され、特に厚賀・春立で多かった。本州太平洋地域由来の個体は尾叉長10cm以上の大型魚が多かったが、7～9cm台の小型魚も例年と比較し多く見られた(表13、図44)。一方、本州日本海地域由来の個体は全て尾叉長10cm以上の大型魚だった。昆布森では北海道えりも以西地域を起源とする耳石温度標識魚が多いものの、えりも以东地域を由来とする個体も確認された。本州地域を起源とするサケ幼稚魚は全部で5個体見つかり、全て本州太平洋地域のふ化場から放流された個体であった(表13)。

各種調査で採集されたサケ幼稚魚の一部について小型魚と大型魚に分け、それぞれ遺伝的系群識別による地理的起源の推定を行い、2013年以降のデータと比較した。その結果、小型魚では例年と同様に北海道3地域(日本海・オホーツク/根室・太平洋)のサケが優占し、特に北海道太平洋系サケの割合が高かった(図45a)。また全ての定点において本州太平洋

系および本州日本海系のサケが推定された。大型魚では、厚賀と春立において本州太平洋系と本州日本海系サケの割合が高い傾向を示した。一方、昆布森では過去のデータと異なり、本州系サケの割合が低くなっていた(図 45b)。

2019 年の各調査定点で採集したサケ幼稚魚の平均尾叉長は例年と同程度か高い傾向を示し、また調査海域の西側(室蘭・虎杖浜)よりも東側(厚賀・春立・昆布森)で大きかった。耳石温度標識の解析結果から、本州太平洋地域および日本海地域を起源とする個体が厚賀・春立で多く見つかった。さらに遺伝的系群識別による地理的起源の推定を行ったところ、特に厚賀・春立において尾叉長 10cm 以上の大型魚で本州太平洋系および本州日本海系サケの割合が高いことが示された。過去の春定置網調査および昆布森調査の結果から、本州太平洋地域を起源とするサケ幼稚魚は、尾叉長 10cm 以上の大型魚で北海道太平洋沿岸の厚賀から春立周辺に移動してくると考えられている(佐藤ほか 2016)。このことから、2019 年は本州太平洋地域を起源とする個体が、少なくとも厚賀～春立周辺までは到達できていた可能性が考えられた。また、2019 年は例年と比較し厚賀・春立では尾叉長が 7～9cm 程度の本州太平洋地域由来の耳石標識魚が一定数確認され、小型魚を対象とした遺伝的系群識別の結果でも、全ての調査定点で本州太平洋系サケおよび本州日本海系サケが一定割合推定された。このことから、本年の本州太平洋由来のサケ幼稚魚は、小型魚であってもある程度は北海道太平洋沿岸まで到達できる状況だった可能性がある。一方、昆布森では厚賀・春立と比較し本州太平洋地域由来の耳石標識魚の再捕数は少なく、大型魚の遺伝的系群識別においても本州太平洋系サケおよび本州日本海系サケの割合が過去最も低かった。この結果から、2019 年は昆布森まで移動した本州太平洋地域由来のサケ幼稚魚は、例年よりも少なかった可能性が考えられた。

4. サケ幼稚魚の耳石日周輪解析

2018 年の厚田沿岸域では、4 月 6 日から 6 月 13 日までの期間に 8 回の曳網調査が実施され、402 尾のサケ幼稚魚が採集されている(羅津ほか 2019)。耳石温度標識を確認した結果、千歳さけます事業所から放流された標識魚は 37%を占めていた(羅津ほか 2019)。本分析では、これら千歳さけます事業所の標識魚のうち、調査日および調査定点ごとに最大 20～30 尾を無作為抽出したものを耳石日周輪解析のサンプルとした。分析に用いたサンプルの放流履歴、採集履歴および耳石日周輪解析の結果を表 14 に示す。

耳石日周輪解析の結果、推定された降海日は 3 月 14 日から 5 月 5 日に及んだ。このうち、実際の放流日以前に降海したと推定された個体は、ハッチコード(HC)2,4n,3H、HC2,6n,3H、HC2-3,3H および HC2-3-2H では 0 尾、HC2,3-3H では 12 尾(最も早い放流月日との差:平均 3.2 日、範囲:1-8 日)、HC2-2-3H では 6 尾(最も早い放流月日との差:平均 3.3 日、範囲:1-6 日)であった。しかし、これらの個体は推定降海日と実際の放流日との乖離が平均 3 日ほどと僅かであったことから、日周輪解析の測定誤差が推定結果に与える影響は軽微であるものと考え、これらの個体も含めて以後の分析を行うことにした。

推定降海サイズは、各 HC 群とも放流サイズを下回る値を示した(表 14)。HC 2-3-2H を除き、沿岸での再捕サイズ自体がいずれの HC 群も放流サイズに近い値であった(表 14)。したがって、降海サイズの推定に誤りがあったというよりも、そもそも各 HC 群とも小型の個体が採集個体の多数を占めた結果、降海サイズが小さく推定された可能性がある。

成長速度(降海から再捕までの体成長)は平均 0.34～0.71mm/日と推定され、最も成長速度の大きかった HC2-3-2H を除くと、他の HC 群は平均 0.34～0.47mm/日となり、昨年度に分析した 2017 年の 0.56～0.63mm/日よりも小さく(斎藤ほか 2019)、2016 年の成長速度である平均 0.45～0.47mm/日と同等あるいは下回る結果となった(斎藤ほか 2017)。2016 年の厚田沿岸域での調査は、用船の故障により 4 月下旬以降の標本が採集できず、そのことが低い成長速度の一因となっている可能性がある(4 月中旬までの低水温時に採集された標本のみ

が分析対象であった)。一方で、2018 年は 4 月上旬から 5 月中旬まで毎旬 57~100 尾のサケ幼稚魚が採集されており、2016 年のような採集時期の偏りによる成長速度の低下は考え難い。すなわち、2016~2018 年の厚田沿岸域におけるサケ幼稚魚の成長を概観すれば、2016 年はサンプリング時期の偏りのため判断は難しいが、2017 年は成長が良好だったのに対して、2018 年は成長が良くなかった可能性が窺える。

2018 年に観測された低成長速度の要因を検討するため、(1)2016~2018 年(2015~2017 年級群)の石狩川におけるサケ稚魚放流履歴(時期別放流数と放流サイズ)と、(2)厚田沿岸近傍の表面海水温 2016~2018 年を調べた。(1)のサケ稚魚放流履歴を比較すると、2016 年および 2017 年は 3 月中の放流において、放流サイズが 0.8g を下回る小型魚の放流が認められたが、2018 年は 3 月中の放流も 1g を超える大型サイズによる放流が実施されていた(図 46)。各年の放流の平均をみても、3 カ年とも大きな違いは認められず、2018 年に厚田沿岸で観測された低成長速度の原因を 2018 年の放流履歴に求めることは困難に思われた。(2)の厚田沿岸近傍の表面海水温を見ると、2018 年の表面海水温は、3 月下旬から 4 月中旬にかけて、2016 年および 2017 年の表面水温よりも低く推移していた(図 47)。一般に、水温はサケ幼稚魚の成長に影響する一因と考えられることから、2018 年の低成長は水温の影響に起因した可能性が考えられる。ただし、低水温といっても 2018 年の当該期間の表面海水温は 2016 年および 2017 年よりも 1~2℃ほど低いだけであり、このような水温差がサケ幼稚魚の成長速度にどの程度影響するのか、今後更なる検討が必要である。

成長速度を従属変数とする一般化加法モデルを検討するため、今回 123 個体分のデータセットを作成し、算出した成長速度の頻度分布を調べた結果、分布は正規分布を呈していた(コルモゴロフ・スミルノフ検定: $D=0.0932$, $p=0.2357$)。しかし、1 個体の成長速度(1.12mm/日)が成長速度の平均から +3 σ 以上離れており、外れ値として扱うことが妥当とみなされた。そのため、データセットのうち成長速度が平均から $\pm 3\sigma$ を超えるレコード(1 個体)を外れ値として除外した上でモデル構築に使用した。

モデル選択の結果、説明変数として降海月日、降海サイズおよび両者の交互作用を含んだモデルが採択された(表 15)。採択されたモデルは、2017 年のモデルと同一の説明変数から構成されていた。採択されたモデルによる成長速度の推定値を図 48 に示す。図 48 から、2018 年は 4 月までに降海した個体の成長速度が小さい傾向を示したが、成長速度のコンターが水平方向に層状を呈していることから、成長速度は小さいながらも降海サイズが大型のほうが成長速度は大きくなる傾向を示した。一方、5 月頃に降海した個体では成長速度は大きい傾向を示したが、成長速度のコンターが垂直方向に並んでおり、降海サイズが成長速度に与える影響は不明瞭になることが窺えた。2017 年は、4 月以前に降海した個体において降海サイズに依らず低成長を示す結果となっており、2018 年の結果とは様相が異なっていた。なぜ両年で成長速度に及ぼす降海月日および降海サイズの影響が異なるのか、その理由は不明である。ただ両年とも、ある特定の降海時期において、大型で降海した個体のほうが高い成長速度を獲得する傾向は認められることから、大型種苗の放流が高い成長速度の獲得、ひいては初期減耗の軽減に有効である可能性がある。

【参考文献】

Honda K., et al. (2017) Growth rate characteristics of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* originating from the Pacific coast of Japan and reaching Konbumori, eastern Hokkaido. Fish. Sci., 83: 987-996.

Honda K., et al. (2019) First report of growth rate of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* captured in the Sea of Okhotsk offshore. Ichthyol. Res., 66: 155-159.

羅津三則ほか. (2019)(3)-1-1.【厚田沿岸域】. 平成 30 年度さけ・ますふ化放流抜本対策事業調査事業 調査報告書. 27-33.

斎藤寿彦ほか. (2017) (2)サケ稚魚の回遊と生残に影響を与える要因の解明. 平成 28 年度サケ資源回帰率向上調査事業 調査報告書. 86-93.

斎藤寿彦ほか. (2019)(3)-1-4.【サケ幼稚魚の耳石日周輪解析】 平成 30 年度さけ・ますふ化放流抜本対策事業調査事業 調査報告書. 65-70.

佐藤俊平ほか. (2016) (1-6) 耳石標識と遺伝分析によるサケ稚魚の移動動態の解明. 平成 27 年度太平洋サケ資源回復調査委託事業 調査報告書. 47-55.

高橋 史久. 2010. 耳石温度標識魚から得られた知見 その 2(放流時期とサイズの検討. SALMON 情報, 4:12-14.



図 1. 調査地点図(国土地理院の電子地形図(タイル)に調査地点を追記)。

定点 1～4 は環境測定を実施した場所を、赤矢印①沖～③岸は二艘曳網による稚魚採集を実施した調査ラインをそれぞれ示す。破線赤矢印は、①沖で稚魚採集調査が出来ない場合に実施した調査ラインを示す。



図 2. さけます幼稚魚採集を行った位置。一艘曳網は稚内市東浦から 1km、2km、4km 沖合に設定した定点(赤の線分箇所)で実施。

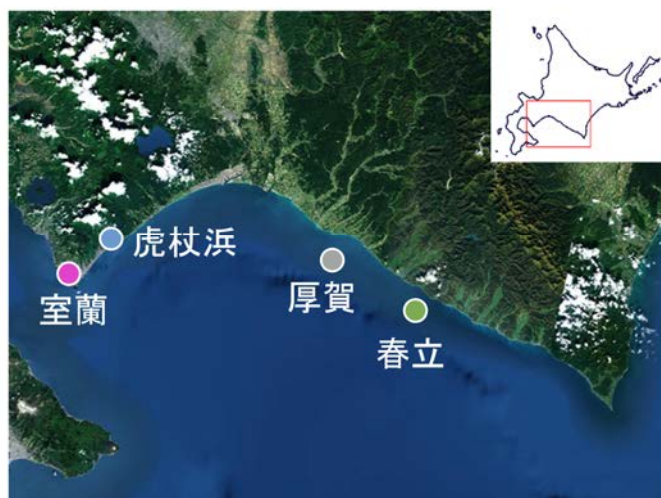


図 3. さけます類幼稚魚採集調査点
(えりも以西地区)

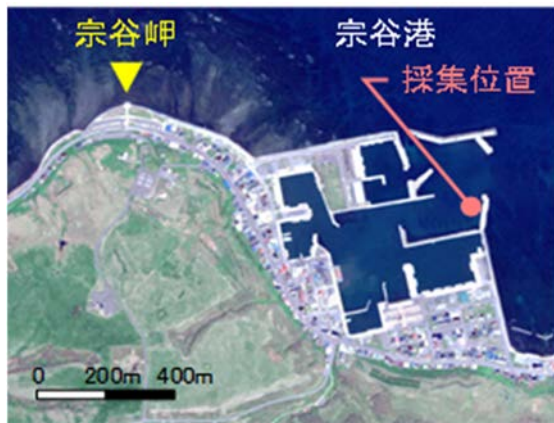


図 4. 宗谷港内の図示位置で集魚灯を用いて幼稚魚採集を実施。



図 5. 集魚灯採捕の様子。宗谷港において、日没後に集魚灯を点けて、さけます幼稚魚を採集した。集魚灯は海面を照らすように防波堤壁面に設置し、明かりに寄ってきた幼稚魚を 1 尾ずつたも網ですくい捕った。



図 6. 2019 年 4 月～7 月にサケ幼稚魚を採集した春定置網混入サケ幼稚魚モニタリング調査（春定置網調査）および沿岸サケ幼稚魚モニタリング調査（沿岸モニタリング調査）の調査地点。

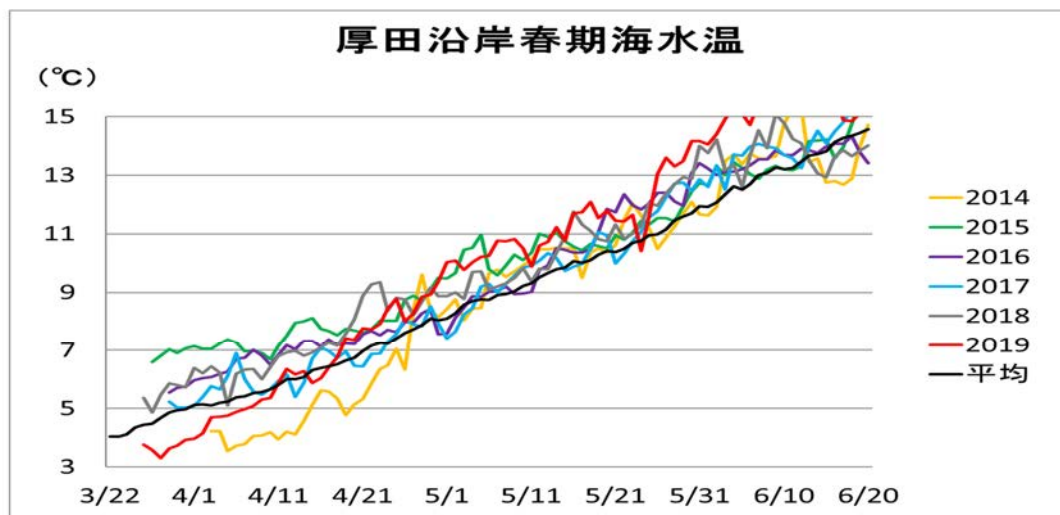


図 7. メモリ式水温計で測定した厚田沿岸域における春期海水温の推移（水深 3m）。

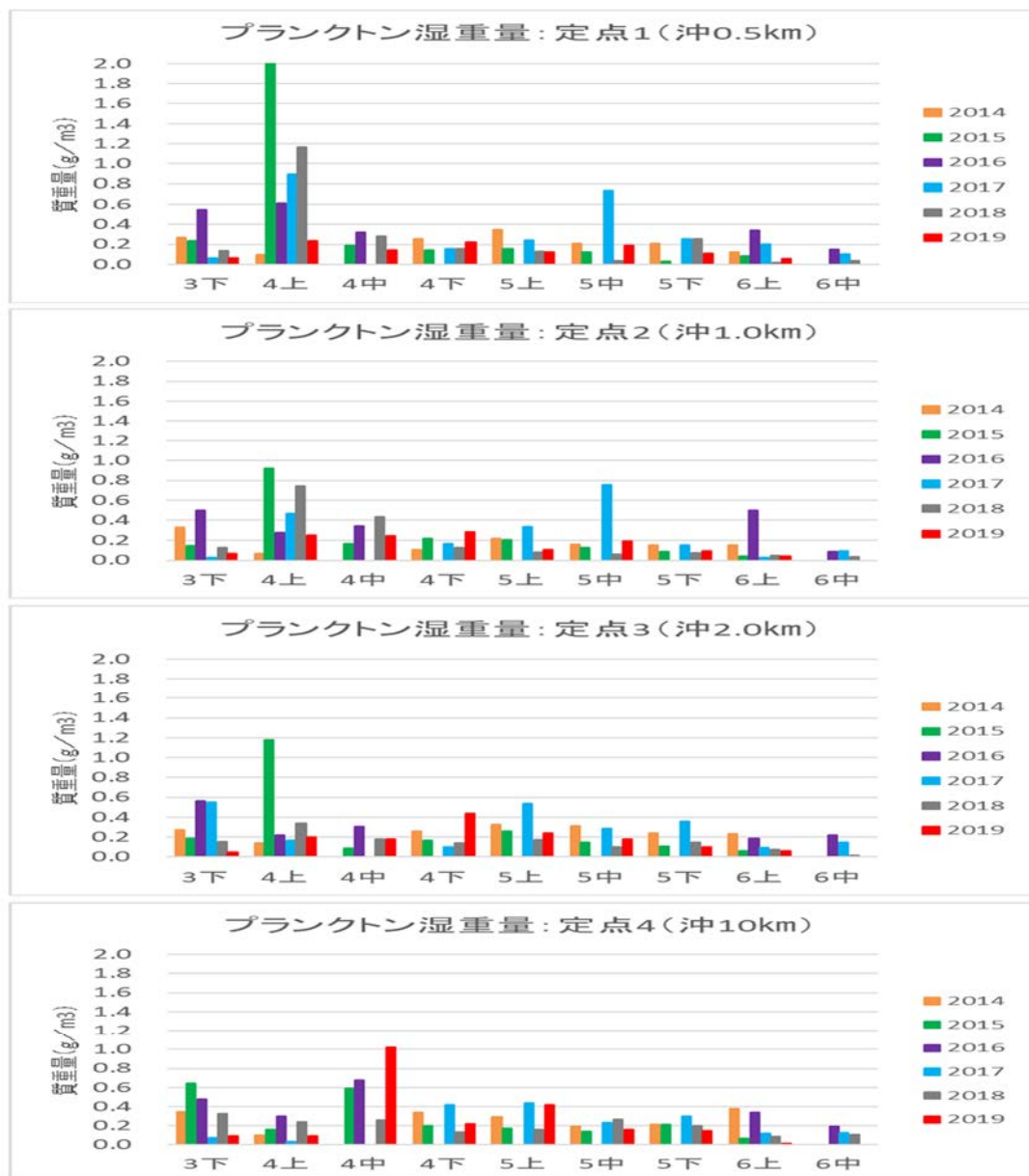


図 8. 厚田沿岸域における定点別の動物プランクトン湿重量。凡例の色の違いは、調査年 2014～2019 年を示す。

表1. 2019年厚田沿岸域における調査月日および定点ごとの海洋観測結果とサケ幼稚魚の採集数。

調査月日	定点	距岸(km)	水深(m)	観測時刻	水温(℃)	塩分(‰)	透明度(m)	プランクトン 湿重量(g/m ³)	サケ幼稚魚 採集数(尾)	サケ平均魚体重 (g/尾)
				開始	水深3m層	水深3m層				
3月26日	4	10.0	27	7:30	3.9	32.5	4.0	0.094	0	採集魚無し
3月26日	3	2.0	21	8:00	3.7	30.5	3.0	0.048	2	(0.16g、1.10g) 平均魚体重0.63g
3月26日	2	1.0	19	8:40	3.6	32.2	3.0	0.072	0	採集魚無し
3月26日	1	0.5	18	9:30	3.7	32.1	2.0	0.063	0	採集魚無し
4月4日	4	10.0	30	7:30	4.3	31.7	6.5	0.095	0	採集魚無し
4月4日	3	2.0	20	8:35	4.5	31.9	2.5	0.198	0	採集魚無し
4月4日	2	1.0	18	9:20	4.8	31.5	3.5	0.254	0	採集魚無し
4月4日	1	0.5	17	10:00	4.8	31.2	3.0	0.239	11	(0.15g～1.10g) 平均魚体重0.78g
4月15日	4	10.0	29	7:35	7.7	33.3	3.0	1.022	4	(0.44g～0.84g) 平均魚体重0.59g
4月15日	3	2.0	21	8:40	5.4	32.3	3.0	0.182	14	(0.18g～1.72g) 平均魚体重0.73g
4月15日	2	1.0	16	9:25	5.7	32.8	4.0	0.249	72	(0.29g～2.45g) 平均魚体重0.90g
4月15日	1	0.5	15	10:05	6.0	31.5	4.0	0.143	69	(0.23g～2.02g) 平均魚体重1.02g
4月26日	4	10.0	31	7:35	8.9	33.3	3.5	0.220	11	(0.26g～3.83g) 平均魚体重1.79g
4月26日	3	2.0	21	8:40	8.6	33.6	1.0	0.439	7	(0.21g～1.29g) 平均魚体重0.76g
4月26日	2	1.0	18	9:40	7.8	31.6	2.5	0.289	40	(0.44g～1.76g) 平均魚体重1.23g
4月26日	1	0.5	16	10:20	7.9	31.5	1.5	0.224	13	(0.34g～1.76g) 平均魚体重1.17g
5月9日	4	10.0	31	7:35	10.3	27.5	4.5	0.418	174	(0.40g～4.05g) 平均魚体重2.01g
5月9日	3	2.0	21	8:40	10.4	29.9	3.0	0.238	42	(0.64g～4.98g) 平均魚体重2.22g
5月9日	2	1.0	18	9:20	10.4	30.7	4.0	0.111	1	平均魚体重0.86g
5月9日	1	0.5	17	10:10	10.6	30.6	4.0	0.124	1	平均魚体重0.33g
5月14日	4	10.0	31	7:35	11.2	26.7	2.5	0.163	4	(0.64g～5.11g) 平均魚体重2.12g
5月14日	3	2.0	21	8:40	10.5	31.6	5.0	0.181	0	採集魚無し
5月14日	2	1.0	18	9:25	11.1	30.8	10.0	0.197	0	採集魚無し
5月14日	1	0.5	17	10:10	10.6	32.0	9.0	0.192	0	採集魚無し
5月23日	4	10.0	31	7:40	12.2	29.1	3.0	0.151	59	(0.42g～4.80g) 平均魚体重3.02g
5月23日	3	2.0	21	8:45	11.4	31.9	4.0	0.103	3	(0.48g～1.83g) 平均魚体重0.97g
5月23日	2	1.0	18	9:25	10.5	32.9	4.0	0.095	1	平均魚体重0.45g
5月23日	1	0.5	16	10:10	10.9	32.7	4.0	0.114	0	採集魚無し
6月4日	4	10.0	31	7:55	14.8	32.7	8.0	0.017	0	採集魚無し
6月4日	3	2.0	21	8:55	15.4	32.1	7.0	0.062	0	採集魚無し
6月4日	2	1.0	19	9:35	14.6	32.5	5.0	0.040	0	採集魚無し
6月4日	1	0.5	18	10:50	15.3	32.2	4.0	0.059	1	平均魚体重2.61g
									529	

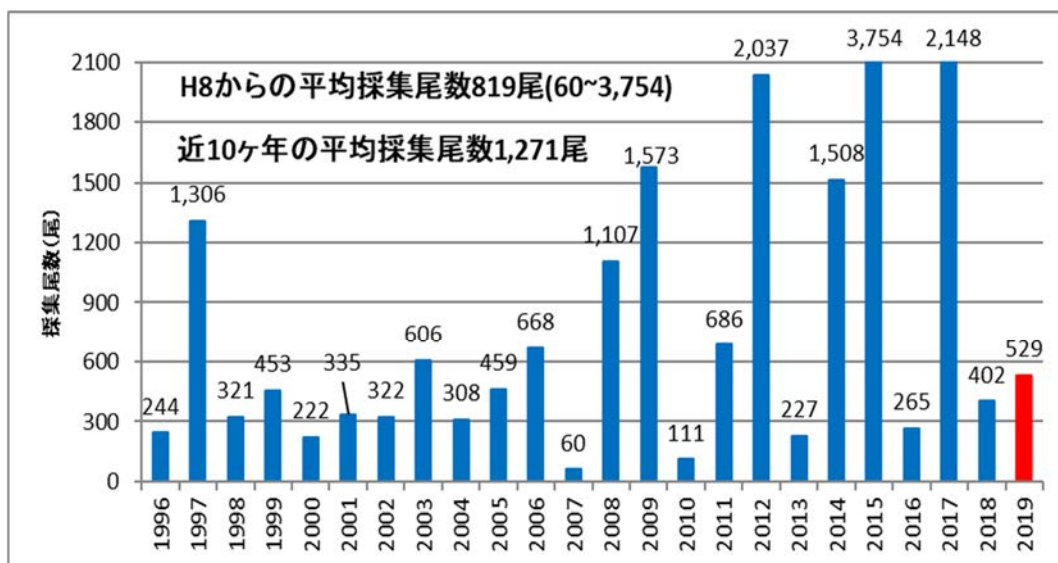


図 9. 1996～2019 年までの厚田沿岸域におけるサケ幼稚魚採集数。

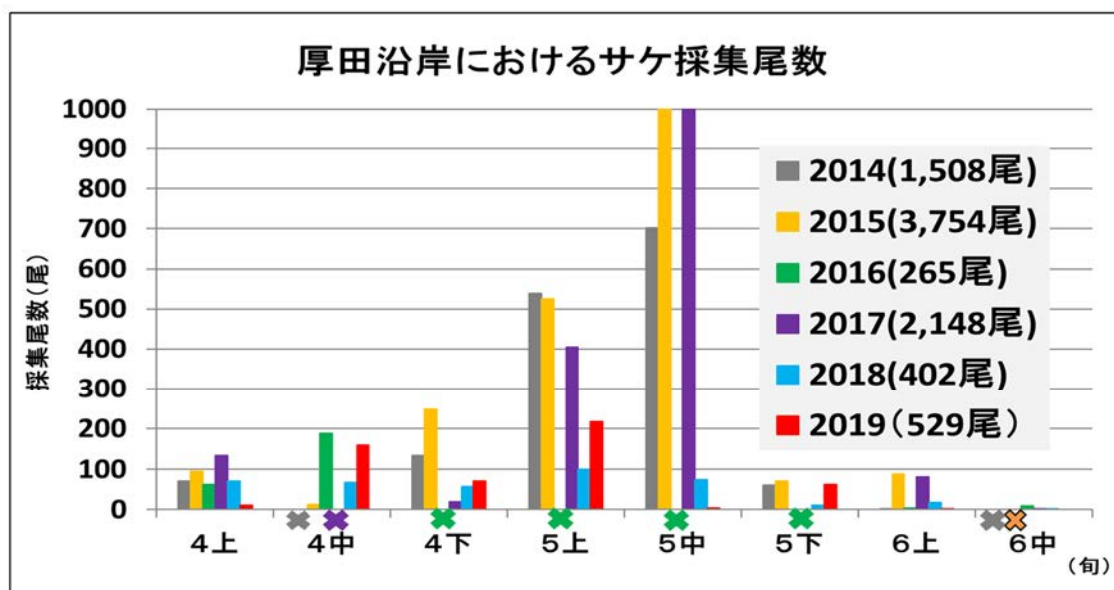


図 10. 2014～2019 年の旬別サケ幼稚魚採集数。

耳石温度標識魚割合(厚田沿岸採捕魚)
(2019年度春:2018年級サケ)

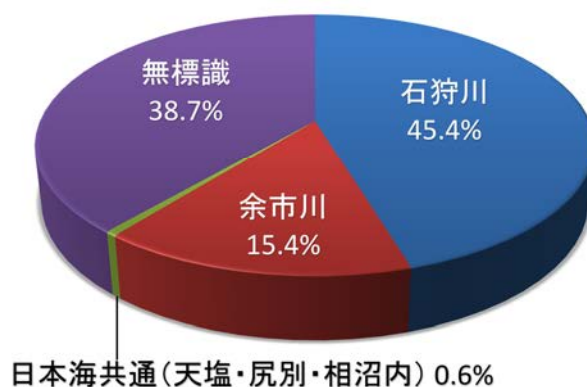


図 11. 2019 年度に厚田沿岸域で採集された耳石温度標識別（放流起源別）の割合。

表 2. 2019 年に厚田沿岸域で採集された耳石温度標識魚の採捕率

2019年に厚田沿岸で採集された耳石温度標識魚

放流由来河川	放流区分	採捕率(%)
千歳 (石狩川)	時期・サイズ別回帰比較試験① (3月上旬1.0g以上放流)	0.00008%
	時期・サイズ別回帰比較試験② (3月中旬1.0g以上放流)	0.00008%
	時期・サイズ別回帰比較試験③ (3月下旬1.0g以上放流)	0.00015%
	採卵期別の河川回帰率の把握 (前期)	0.00065%
	採卵期別の河川回帰率の把握 (中期)	0.00106%
	晩期放流群の時期別河川回帰率 試験④11月中旬群	0.00139%
	晩期放流群の時期別河川回帰率 試験⑤11月下旬群	0.00141%
	3月下旬放流群	0.00042%
余市	4月上旬放流群	0.00072%
	4月中旬放流群	0.00319%

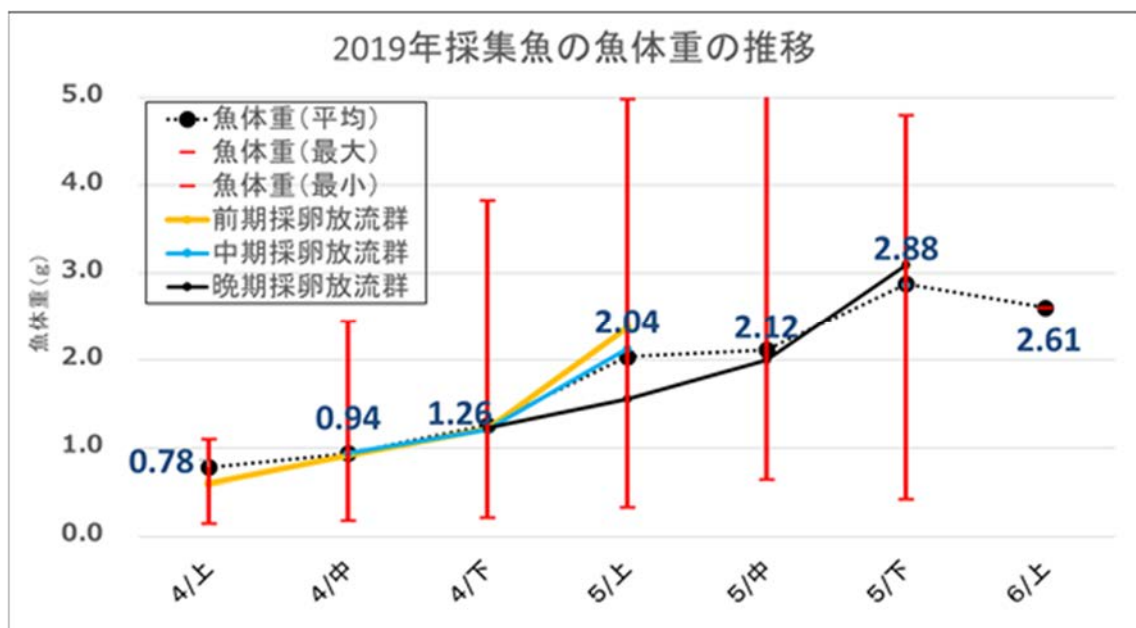


図 12. 2019 年におけるサケ幼稚魚の魚体重の推移。

表 3. 2019 年に再捕された耳石温度標識の採集旬別内訳(採集尾数)。ただし、日本海共通温度標識(天塩・尻別・相沼内)および耳石温度標識の確認に失敗した個体を除く。

2019年に採集された耳石温度標識魚

		3/下	4/上	4/中	4/下	5/上	5/中	5/下	6/上
千歳 (石狩川)	時期・サイズ別回帰比較試験① (3上1.0g以上放流)	1							
	時期・サイズ別回帰比較試験② (3中1.0g以上放流)			1					
	時期・サイズ別回帰比較試験③ (3下1.0g以上放流)			2					
	採卵期別の河川回帰率の把握 (前期)		2	31	17	32	1	4	
	採卵期別の河川回帰率の把握 (中期)			18	19	72		8	
	晩期放流群の時期別河川回帰 率試験④11月中旬群				2	9		4	
	晩期放流群の時期別河川回帰 率試験④11月下旬群					4		10	
	3月下旬放流群			3	1	2			
余市	4/月上旬放流群			7	2	4			
	4/中旬放流群			40	3	14		5	
	石狩川 豊平川サケ科学館			1					
無標識		1	9	55	27	77	3	31	1
合計		2	11	158	71	214	4	62	1

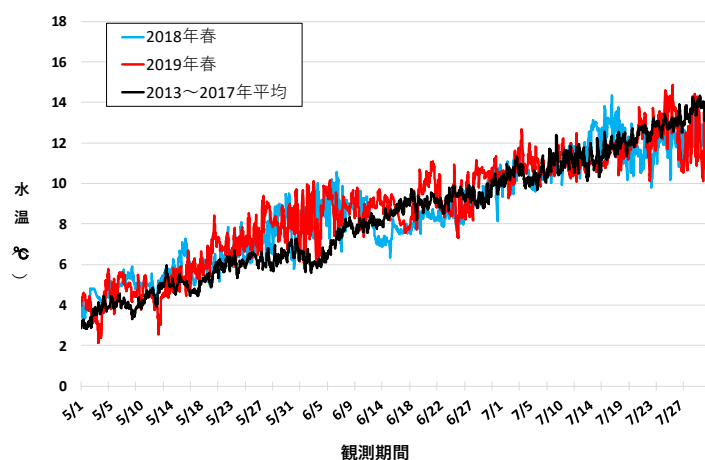


図 13. 沿岸水温の推移（昆布森沖 1.3km：水深 3m 層）

表 4. 調査年別採集数の推移（単位：尾）

2019 年 6 月下旬および 2016 年 6 月上旬は時化のため、2017 年 7 月下旬は曳網破損のため調査は中止した。

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
6月上旬	7	0	0	243	16	—	0	4	0
6月中旬	382	233	0	3	25	2	25	33	136
6月下旬	206	25	1,738	0	61	6	2	0	—
7月上旬	0	127	8	29	6	163	0	54	503
7月中旬	27	0	24	0	0	67	5	25	227
7月下旬	0	0	3	6	49	0	—	4	39
計	622	385	1,773	281	157	238	32	120	905

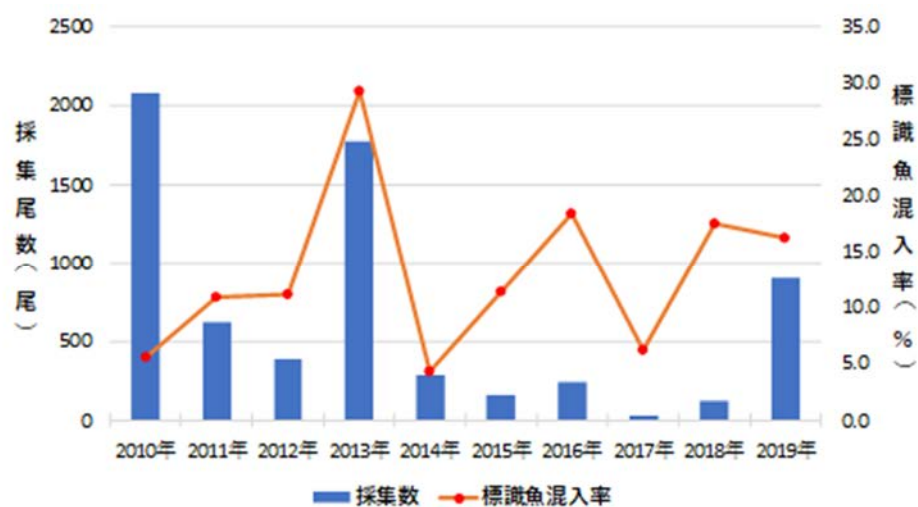


図 14. 昆布森沿岸域における調査年別のサケ幼稚魚採集数と耳石温度標識魚の混入率の推移

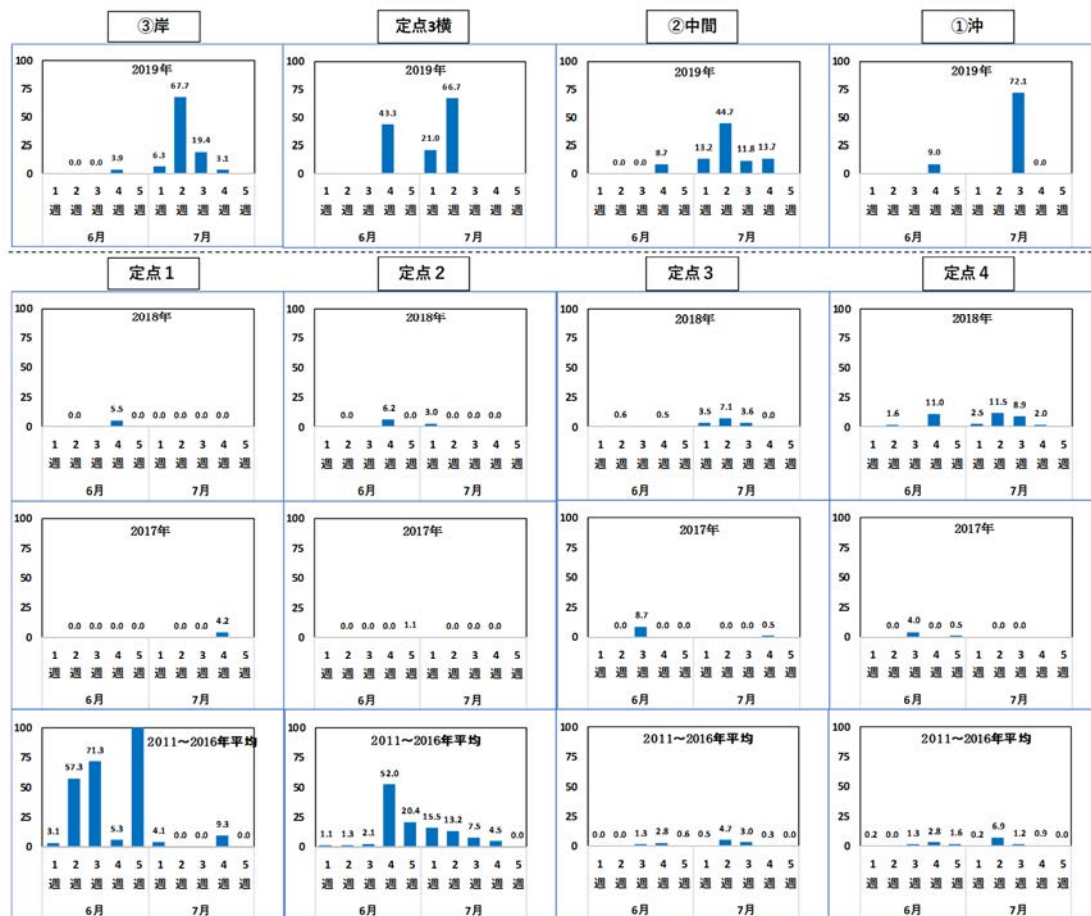


図 15. 昆布森沿岸域で採集されたサケ稚魚の調査地点別 CPUE (尾/km) の推移
最上段の図は 2019 年の調査地点別 CPUE を示し、その下は過去の近似地点の状況を示す。

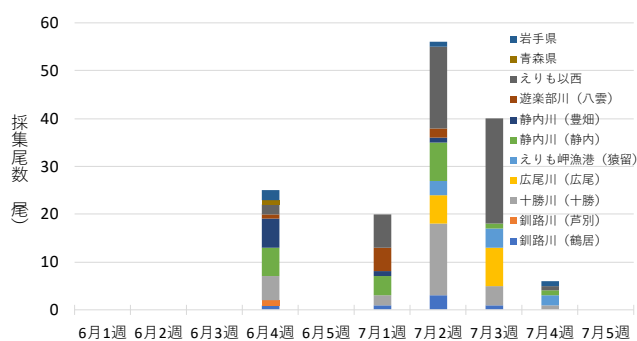


図 16. 2019 年に昆布森沿岸域で採集されたサケ幼稚魚の調査時期別の採集数および耳石温度標識由来 (括弧内はさけます事業所やふ化場を示す)