

⑤ 山形県における沿岸環境・幼稚魚追跡調査

執筆者（山形県水産研究所 高澤俊秀）

実施機関及び担当者

山形県内水面水産研究所 生産開発部（以下、山形内水研）：齋藤哲

山形県水産研究所 海洋資源調査部（以下、山形水研）：高澤俊秀

【目的】

山形県のサケ資源は昭和終期から平成初期にかけての大きく落ち込んだものの、その後、回復基調に向かい、比較的良好な回復（2008～2015年の平均では来遊19万尾、単純回復率0.59%）を維持してきたが、続く2016～2018年は3カ年連続で14万尾と低迷した。サケの減耗は放流直後から沿岸生活期にかけて最も大きいとされていることから、耳石温度標識魚（以下、標識魚）を沿岸域において追跡再捕し、本州日本海における幼稚魚の初期生態（移動、成長）を把握するとともに沿岸水温や動物プランクトンなど海洋環境との関係を解明することにより、放流魚の生残条件について検討する。

2020 年級

【方法】

1. 標識稚魚放流（山形内水研 担当）

これまでと同様、月光川水系の枡川ふ化場と高瀬川ふ化場、箕輪ふ化場の3つの団体に對して、計100万尾の標識魚の生産を依頼した。最上川水系の放流場所に変更はなく、前期群は3月中旬に寒河江川と最上小国川の2河川へ、後期群は3月下旬に鮭川へ移送放流する計画とした。

2. 沿岸調査（山形水研 担当）

1) 沿岸稚魚調査

前年の吹浦沖2及び5km、象潟沖5kmの3定点を取り止めて新たに象潟沖1kmを加え、調査場所を吹浦沖1km、象潟沖1km、2kmの岸寄りの3定点に絞った（図1）。また、各定点での採集は片道曳きから往復曳きへ変更した。調査項目等の変更はない。

時期：2021年2月下旬～5月中旬（各旬1日）

時期：2021年2月下旬～5月中旬（各旬1日）

場所：山形県遊佐町吹浦沖の1km、秋田県にかほ市象潟沖の1、2kmの計3定点

項目：幼稚魚の尾数、体サイズ、耳石温度標識の判別、耳石分析 他

2) 沿岸環境調査

時期：2021年2～5月

データ項目及び手法：

①水温・・・上記の定点等におけるCTD測定、県栽培漁業センターの定時観測

②塩分・・・上記の定点等におけるCTD測定

③動物プランクトン・・・上記の定点等における採集と分析

【結果及び考察】

1. 標識稚魚放流（表1）

（採卵）前期群は2020年11月2日に枡川ふ化場で49.3万粒、高瀬川ふ化場で22.2万粒の計71.5万粒を採卵した。高瀬川採卵群は吸水後直ちに枡川ふ化場へ移送して管理した。後期群については11月24日に箕輪ふ化場で41.4万粒を採卵した。

（発眼卵施標）枡川ふ化場内に設置された耳石温度標識装置（TR-H90DCHA/有限会社タカツ産業）を用いて、全ての発眼卵を施標した。前期群71.5万粒は11月30日に淘汰、翌12月1日に検卵をした後、同日（積算水温332.1℃）に施標（2-2,1,2H）作業を開始し、12月

14日に完了したが、用水温が設定温度より高くなる不具合が発生し、施標完了前日の13日から一部の稚魚が孵化する事故が発生した。他方、後期群41.4万粒は12月22日に淘汰、翌23日に検卵をし、枅川ふ化場へ移送した後、同日（積算水温317.1℃）に施標（2,2,1-2H）作業を開始し、2021年1月3日に完了した。使用前に装置のメンテナンスを行い、用水温は設定水温どおりに推移し、完了前にふ化する卵はなかった。

（飼育管理）施標後、前期群は枅川、高瀬川の両採卵群ともに枅川ふ化場の同じ飼育池で、後期群は箕輪ふ化場に戻して飼育管理を行った。

（最上川水系への移送放流）2021年3月9日に前期群69万尾のうち34.5万尾を寒河江ふ化場へ移送、飼育した後、3月15日に最上川水系の寒河江川へ放流した（平均体重1.37 g/尾）。残りの34.5万尾は3月12日に同水系の最上小国川支流の舟形川へ移送放流した（同1.30 g/尾）。他方、後期群40万尾は3月15日に鮭川ふ化場へ移送し、飼育した後、3月22日に同水系の鮭川へ放流した（同1.01 g/尾）。

2. 沿岸調査

(1) 調査実施日と往復曳網数

沿岸調査は2021年2月25日、3月8日、3月15日、3月24日、4月2日、4月12日、5月7日の計7日間で、往復曳網数は計21回であった。

(2) 調査日別の採集数

調査期間中の総採集数は計2,651尾であり、前年の約10倍、2年前の約2倍であった(表2)。調査日別の採集数は、2月25日～4月2日は177～897尾であったが、4月12日、5月7日はそれぞれ6尾、42尾と少なくなった(図2)。採集のピークは2019年、2020年も3月中であり、4月中下旬を出現のピークとした30年程前の調査結果（阿部信彦ほか1998、鈴木裕之ほか1993）とは異なる推移を示しており、北方移動が早まっている可能性が示唆された。

(3) 調査定点別の採集数

調査期間中の吹浦沖1kmの採集数は計1,280尾であった。象潟沖の1km、2kmの2定点はそれぞれ計1,073尾、298尾であり、1kmの方が多かった(図3)。

(4) 幼稚魚の体サイズ

調査期間中の無標識魚を含む体サイズは平均体重（尾叉長）で0.7～2.9 g（42～65 mm FL）であり、最終日の5月7日の象潟沖2kmのそれが最大であった。2月25日～4月2日の間の体サイズを見ると、吹浦沖は概ね1.0 g前後で変わらなかったが、象潟沖は3月24日に限り、2.3 g、1.7 gと1km、2kmの2定点とも大型個体が多かった(図4)。

(5) 標識魚の放流状況と再捕数

本調査では、秋田県の川袋川、本県の月光川と最上川、新潟県の三面川の4水系起源の標識魚の再捕が期待された。これらの標識魚の放流は最上川を別にすれば2月中旬からであり、3月中下旬までに4～5回の放流が行われ、放流サイズ（平均体重）は0.45～1.07 gであった。最上川は3月中下旬の3回放流であり、放流サイズは1.01～1.37 gと他と比べてやや大型であった(表3)。標識魚は耳石コード判別により県内の月光川と最上川、秋田県川袋川、新潟県三面川の4水系の標識魚が計360尾確認された(表2)。調査海域に面する川袋川と月光川起源はそれぞれ124尾、178尾と多く、最上川と三面川の方はそれぞれ28尾、30尾であった(図5～8)。

(6) 標識魚の再捕日と体サイズ

川袋川の標識魚は2月25日～4月2日まで再捕され、3月8日の再捕数(82尾)が最も多く、3月24日（平均体重1.9 g）を除いて、平均体重0.8～0.9 gで推移し、放流サイズとさほど変わらなかった。月光川の標識魚は3月8日から再捕され始め、4月2日の再捕魚が全体の約8割を占め、平均体重0.6～1.4 gで推移し、放流サイズよりもやや大きい傾向であった。最上川の標識魚は3月15日～4月2日に再捕され、平均体重1.3～1.6 gで推移し、放流サイズよりもやや大きかった。三面川の標識魚は2月25日～4月2日まで再捕され、2月

25 日 (0.7 g) を除いて平均体重 1.3~2.2 g と明らかに放流サイズよりも大きかった (表 3、図 5~8)

(7) 沿岸水温

調査期間中の表層水温 (水深 2 m) は吹浦沖では 8.1 から 13.0℃ (図 2)、象潟沖では 7.7 から 13.0℃へと上昇した。なお、調査海域から約 50 km 南に位置する県栽培漁業センター (鶴岡市三瀬) の水温 (水深 6 m 取水) は月平均で 3 月は 10.2℃、4 月は 11.7℃、5 月は 14.5℃であり、1991 年からの過去平均 (9.3℃、10.8℃、14.2℃) より 0.9℃、0.9℃、0.3℃高かった (図 9)。

(8) 動物プランクトン

調査期間中の動物プランクトン量 (湿重量) は、吹浦沖 1 km が 8.5~70.4 mg/m³ (平均 24.9 mg/m³)、象潟沖 1 km が 2.2~10.5 mg/m³ (同 5.2 mg/m³)、象潟沖 2 km が 0.7~52.3 mg/m³ (同 18.4 mg/m³) であった (図 10)。この 3 年間 (2019~2021 年) の年ごとの動物プランクトン量を吹浦沖 1 km における 3 月上旬から 4 月中旬までの平均湿重量で比べると、2019 年が 59.5 mg/m³ と比較的高く、2020 年と 2021 年は 26.1 mg/m³、24.4 mg/m³ と 2019 年のおよそ半分の量であった (図 11)。

(9) 今後の課題

今後、再捕された標識魚を中心に耳石日周輪解析により降海経過日数や成長率を推定する。併せて、海水温や動物プランクトン等の海洋環境との関係を探る。

2021 年級

【方法】

1. 標識稚魚放流 (山形内水研 担当)

これまでと同様、月光川水系の枡川ふ化場と高瀬川ふ化場、箕輪ふ化場の 3 つの団体に対して、計 100 万尾の標識魚の生産を依頼した。最上川水系の放流場所に変更はなく、前期群は 3 月中旬に寒河江川と最上小国川の 2 河川へ、後期群は 3 月下旬に鮭川へ移送放流する計画とした。

2. 沿岸調査 (山形水研 担当)

前年度と同様の調査を計画した。

1) 沿岸稚魚調査

時期：2022 年 2 月下旬~5 月中旬 (各旬 1 日)

場所：山形県遊佐町吹浦沖の 1 km、秋田県にかほ市象潟沖の 1、2 km の計 3 定点

項目：幼稚魚の尾数、体サイズ、耳石温度標識の判別、耳石分析 他

2) 沿岸環境調査

時期：2022 年 2~5 月

データ項目及び手法：

①水温・・・上記の定点等における CTD 測定、県栽培漁業センターの定時観測

②塩分・・・上記の定点等における CTD 測定

③動物プランクトン・・・上記の定点等における採集と分析

【結果及び考察】

1. 標識稚魚放流 (表 4)

(採卵) 前期群は 2021 年 11 月 6 日、11 月 7 日に枡川ふ化場で 46.0 万粒、11 月 9 日に高瀬川ふ化場で 22.1 万粒の計 68.1 万粒を採卵した。高瀬川採卵群は吸水後直ちに枡川ふ化場へ移送して管理した。後期群については 11 月 23 日に箕輪ふ化場で 49.9 万粒を採卵した。

(発眼卵施標) 枡川ふ化場内に設置された耳石温度標識装置 (TR-H90DCHA/有限会社タカツ産業) を用いて、全ての発眼卵を施標した。前期群 68.1 万粒のうち 46.0 万粒は 12 月 4 日に淘汰、翌 12 月 5 日に検卵をした後、同日に施標 (2-2,1,2H) 作業を開始し、12 月 16 日に

完了した。前期群 68.1 万粒のうち 22.1 万粒は 12 月 6 日に淘汰、翌 12 月 7 日に検卵をした後、同日に施標 (2-2,1,2H) 作業を開始し、12 月 18 日に完了した。他方、後期群 49.9 万粒は 12 月 21 日に淘汰、翌 22 日に検卵をし、枅川ふ化場へ移送した後、同日に施標 (2,2,1-2H) 作業を開始し、2022 年 1 月 2 日に完了した。

(飼育管理) 施標後、前期群は枅川、高瀬川の両採卵群ともに枅川ふ化場の同じ飼育池で、後期群は箕輪ふ化場に戻して飼育管理を行った。

(最上川水系への移送放流) 前期群 64 万尾のうち 32 万尾は 2022 年 3 月 8 日に寒河江ふ化場へ移送後 7 日間飼育し、3 月 15 日に最上川水系寒河江川へ放流した (体重は欠測)。残りの 32 万尾は 3 月 11 日に同水系最上小国川支流の舟形川へ移送放流した (平均体重 1.04 g/尾)。他方、後期群 40.4 万尾は 3 月 15 日に鮭川ふ化場へ移送後 7 日間飼育し、3 月 22 日に同水系の鮭川へ放流した (同 1.02 g/尾)。

2. 沿岸調査

2022 年 2 月 4 日に WEB 方式にて秋田県側の関係者への調査説明会を開催した。

(1)調査実施日と往復曳網数

沿岸調査は 2022 年 3 月 1 日、3 月 8 日、3 月 14 日、3 月 30 日、4 月 7 日、4 月 12 日、4 月 28 日、5 月 11 日の計 8 日間で、往復曳網数は計 24 回であった。

(2)調査日別の採集数

採集幼稚魚の精査中であるため、暫定尾数での説明とする。

調査期間中の総採集数は 1 千 6 百尾であり、前年より千尾少なかった。調査日別の採集数は、3 月 1 日～3 月 30 日はおよそ 180～720 尾であり、4 月 7 日以降 0～30 尾とわずかであった。2019 年、2020 年、2021 年の採集のピークは 3 か年続けて 3 月であった。

(3)調査定点別の採集数

調査期間中の吹浦沖 1 km の採集数は計 420 尾であった。象潟沖の 1 km、2 km の 2 定点はそれぞれ計 640 尾、530 尾であった。

(4)幼稚魚の体サイズ

現在、精査中である。後継事業の「さけます不漁対策事業」の報告書に掲載する予定である。

(5)標識魚の放流状況と再捕数

本調査では、秋田県の川袋川、本県の月光川と最上川、新潟県の三面川の 4 水系起源の標識魚の再捕が期待される。現在、採集魚の耳石温度標識の判別作業中である。結果は後継事業の「さけます不漁対策事業」の報告書に掲載する予定である。

(6)標識魚の再捕日と体サイズ

耳石温度標識の判別完了後、整理する。後継事業の「さけます不漁対策事業」の報告書に掲載する予定である。

(7)沿岸水温

調査期間中の沿岸 1 km の表層水温 (水深 2 m) は吹浦沖では 7.5 から 13.4℃、象潟沖では 7.7 から 14.8℃へと上昇した。なお、調査海域から約 50 km 南方に位置する県栽培漁業センター (鶴岡市三瀬) の用水温 (水深 6 m 取水) は 1991 年からの過去月平均 (9.3℃、10.8℃、14.2℃) と比べて 3 月は 9.1℃で 0.2℃低く、4 月は 11.2℃で 0.4℃、5 月は 14.6℃で 0.2℃高かった。

(8)動物プランクトン

現在、分析中である。結果は後継事業の「さけます不漁対策事業」の報告書に掲載する予定である。

回帰親魚調査 (2021 年度)

【方法】

1. 河川回帰親魚調査 (山形内水研 担当)

時期：2021 年 10 月中旬～11 月下旬
場所：最上川水系支流の寒河江川、最上小国川、鮭川
項目：魚体測定、鱗による年齢査定
耳石温度標識の判別（水産資源研究所さけます部門に依頼）
目標検体数：各河川 100～200 尾

2. 海面親魚調査（山形水研 担当）

時期：2021 年 10 月中旬～12 月上旬
場所：山形県漁業協同組合 由良水産加工場（鶴岡市由良）
項目：魚体測定、鱗による年齢査定
耳石温度標識の判別（水産資源研究所さけます部門に依頼）
目標検体数：定置網水揚げ個体 600 尾（各旬 100 尾）

【結果及び考察】

1. 河川回帰親魚調査（表 5）

(1)寒河江川

当該孵化場の捕獲法はウライで総捕獲数は 338 尾であった。調査日は 10 月 15 日、10 月 18 日、10 月 27 日、11 月 1 日、11 月 5 日の 5 日間で、計 60 尾を使用した。

標識魚は 3 年魚 1 尾が確認され、混入率は 1.7%であった。

(2)最上小国川

当該孵化場の捕獲法はウライで総捕獲数は 1,531 尾であった。調査日は 10 月 29 日、11 月 5 日、11 月 17 日の 3 日間で、計 242 尾を使用した。

標識魚は 2 年魚 3 尾、3 年魚 16 尾の計 19 尾が確認され、混入率は 7.9%であった。

(3)鮭川

当該孵化場の捕獲法はウライと刺し網であり、総捕獲数はそれぞれ 1,677 尾、148 尾の計 1,825 尾であった。調査日は 11 月 9 日、11 月 17 日、11 月 25 日の 3 日間で、ウライ 80 尾、刺し網 15 尾の計 95 尾を使用した。

標識魚は 2 年魚 1 尾、3 年魚 5 尾の計 6 尾が確認され、混入率は 6.3%であった。

2. 海面親魚調査

調査は 10 月 25 日、11 月 1 日、11 月 15 日、11 月 18 日、11 月 22 日の 5 回実施し、計 320 尾の魚体測定、鱗による年齢査定を行った。最上川水系の標識魚は 2 尾（3 歳魚、2018 年級、寒河江川又は最上小国川の前期群）を確認した。なお、他水系の標識魚の確認数は 24 尾であった。

【参考文献】

阿部信彦ほか（1998）平成 10 年度さけ・ます増殖管理推進事業報告書 山形県, 14-17
鈴木裕之ほか（1993）日本海におけるサケ初期生活史に関する調査結果（1）. 水産庁北海道さけ・ますふ化場, 22-23

2～5月 3定点

秋田県象潟沖
距岸 2km、1km

川袋川 秋田県

/: 表層曳による幼稚魚の採集、環境観測

○: 環境観測（水温、プランクトン等）のみ



図 1. 沿岸調査の位置（2021 春）

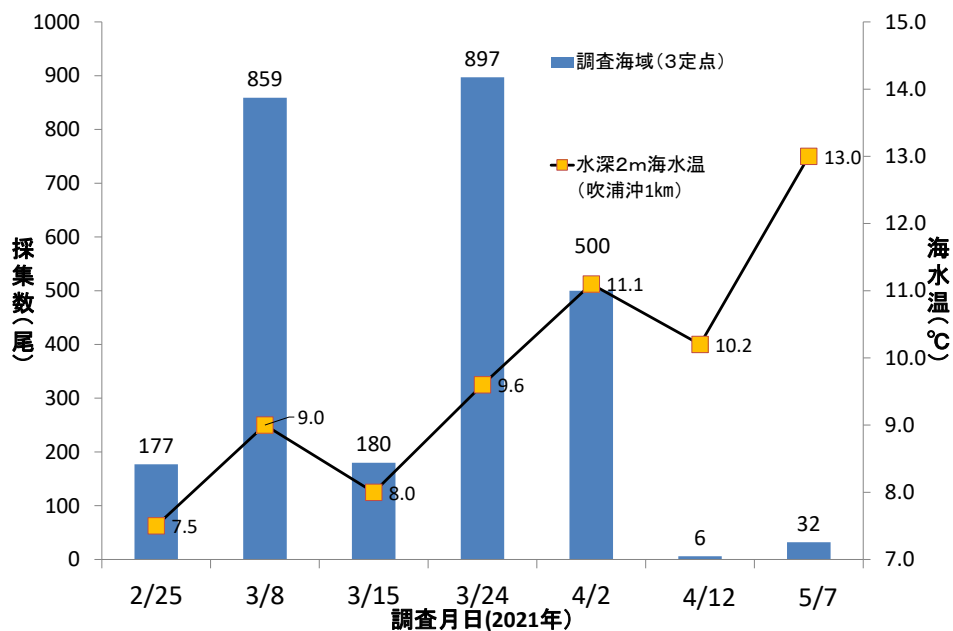


図 2. 調査日別の採集数(2021 年春)

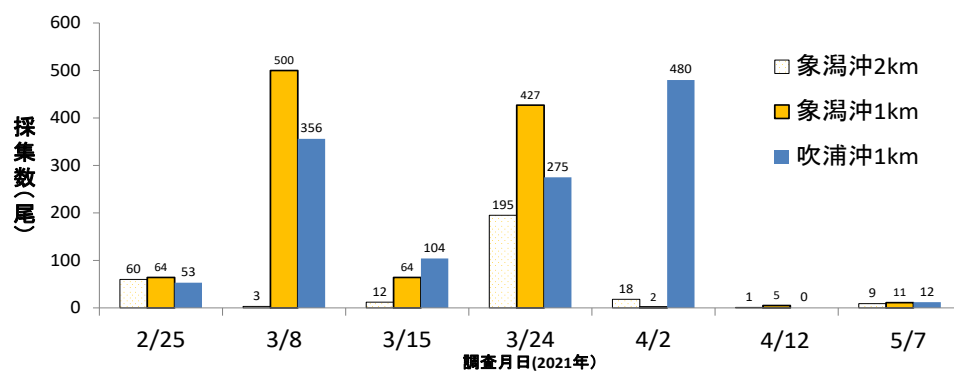


図 3. 調査定点別の採集数(2021 年春)

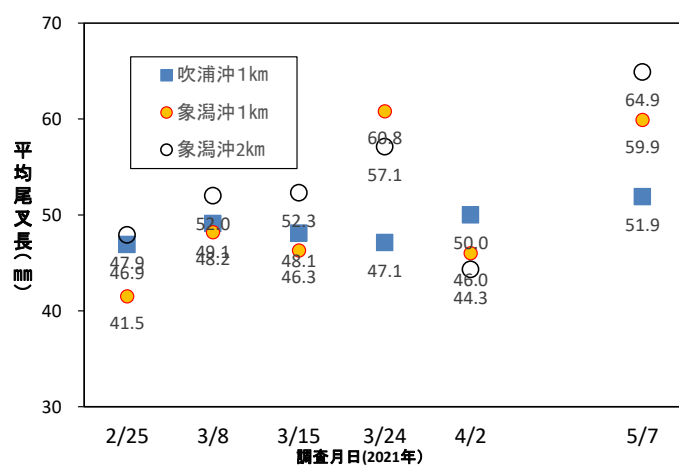
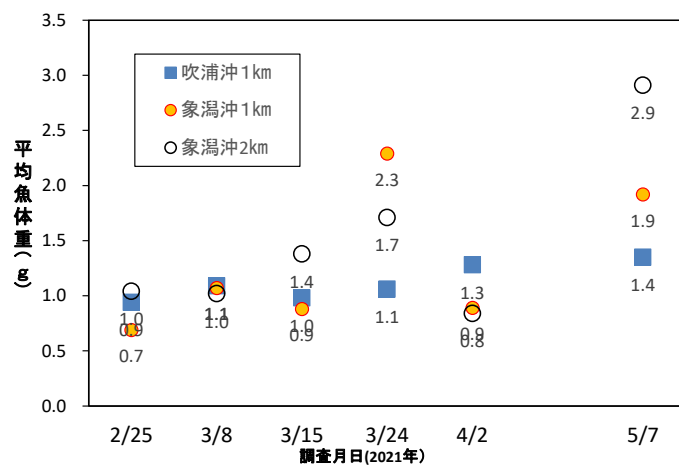


図 4. 調査定点別の体サイズの推移(2021 年春)

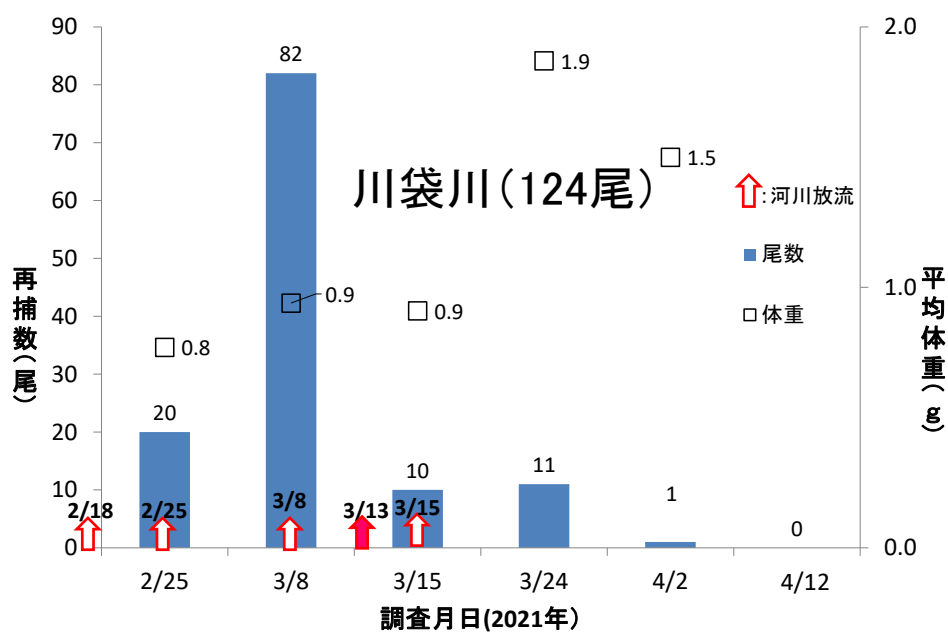


図 5. 川袋川起源の標識魚の再捕状況(2021 年春)

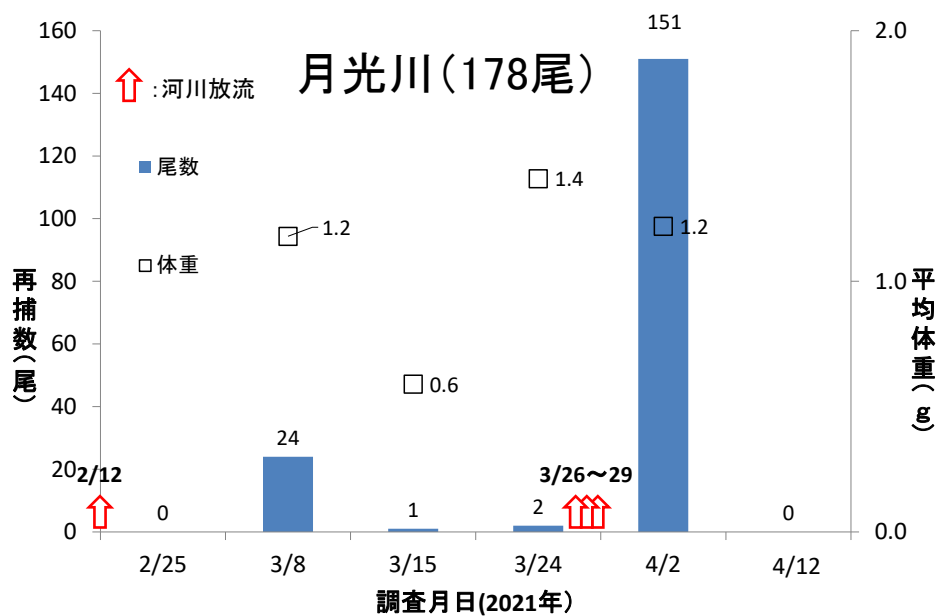


図 6. 月光川起源の標識魚の再捕状況(2021 年春)

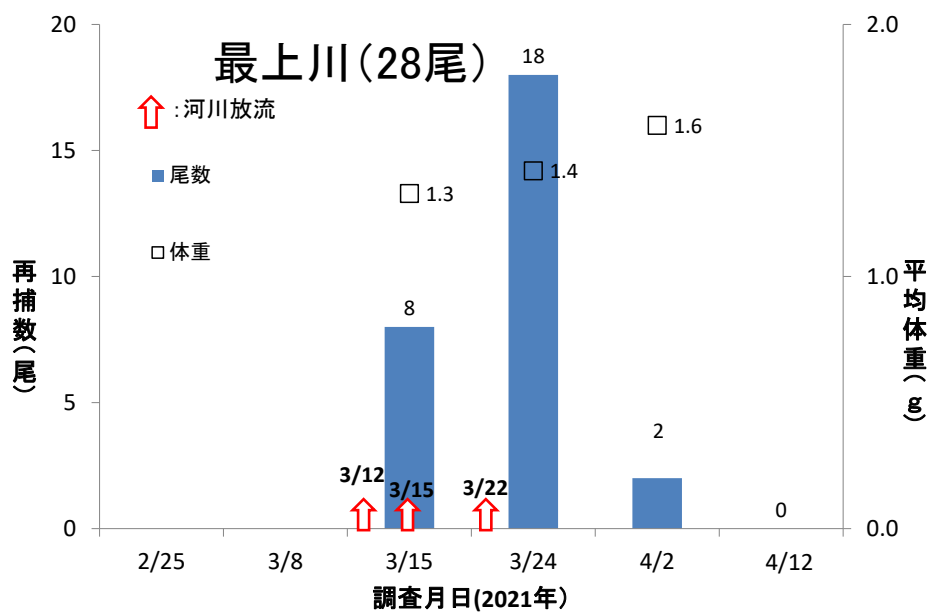


図 7. 最上川起源の標識魚の再捕状況(2021 年春)

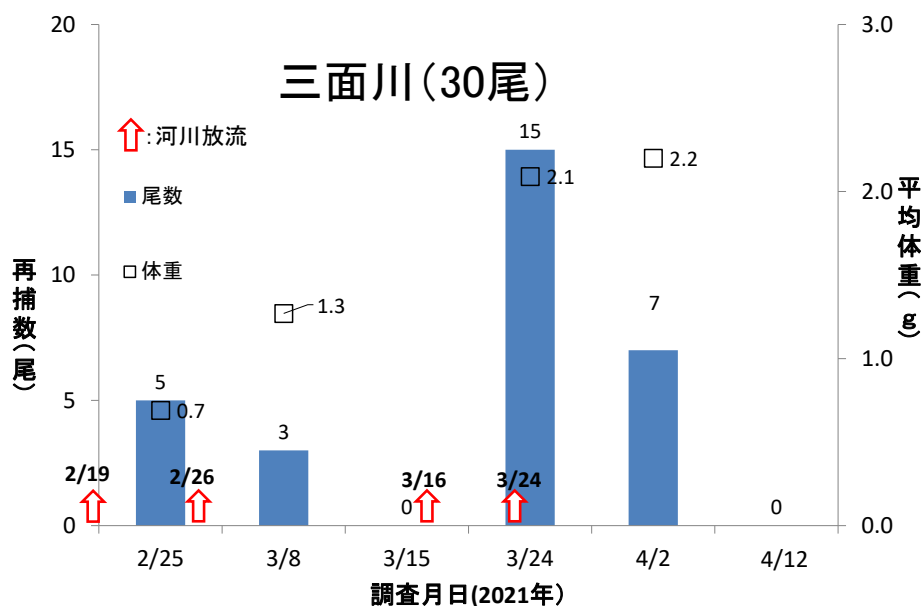


図 8. 三面川起源の標識魚の再捕状況(2021 年春)

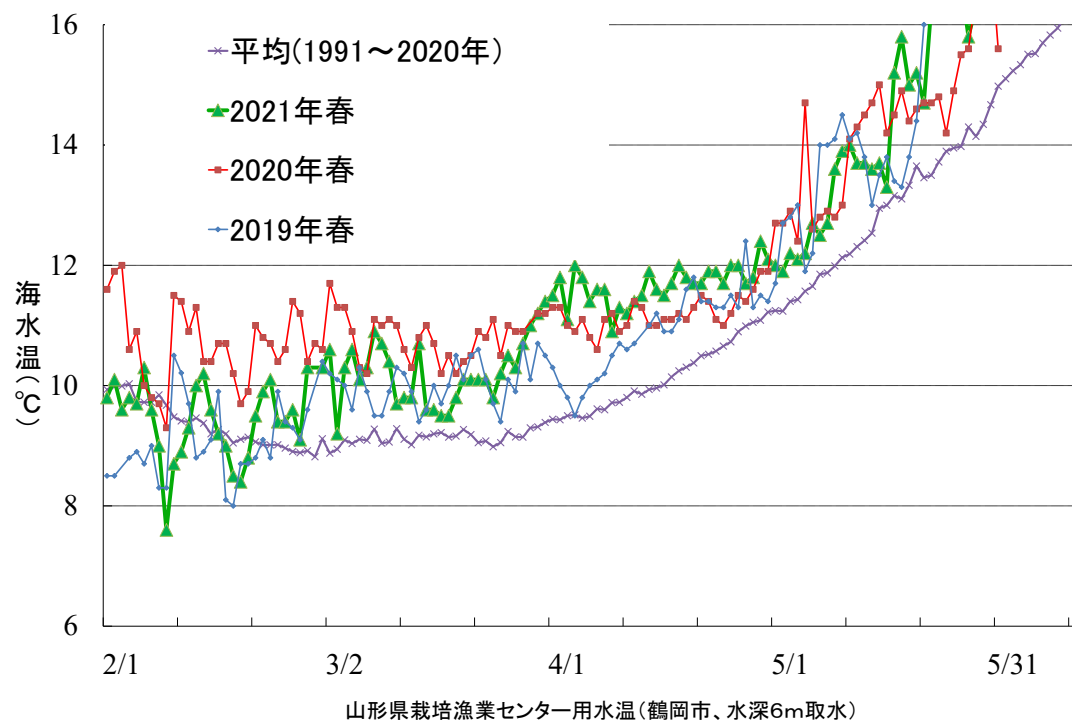


図 9. 沿岸表層の海水温の推移(2019~2021 年春)

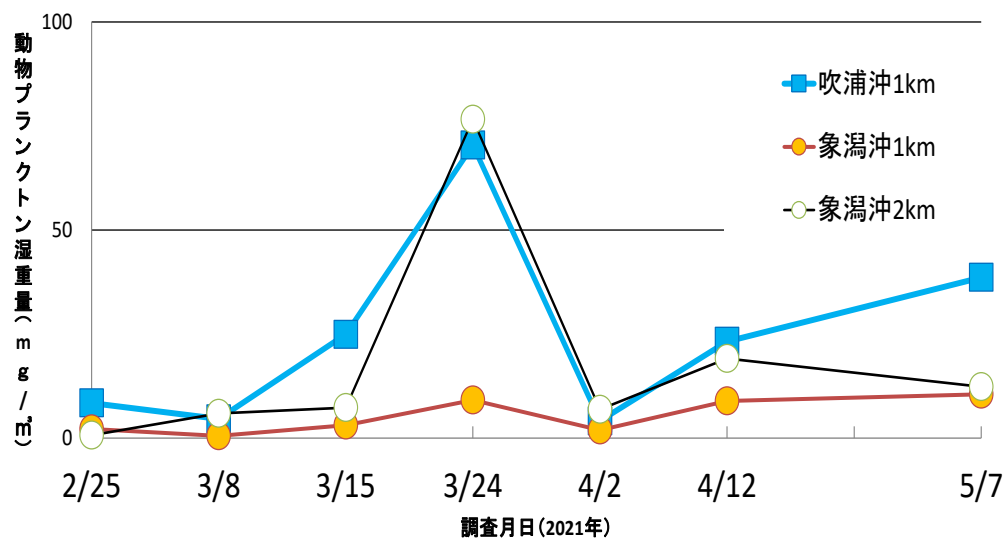


図 10. 沿岸の動物プランクトン(2021 年春)

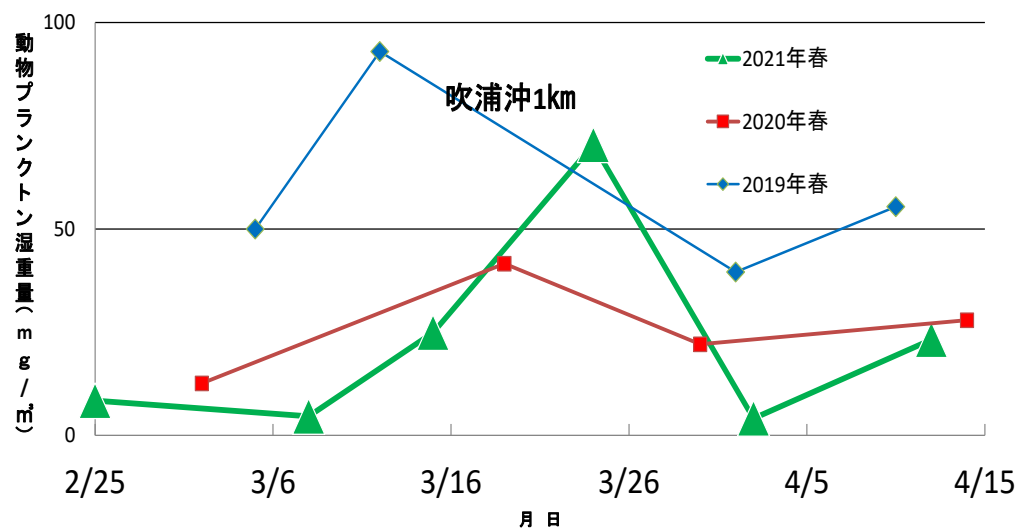


図 11. 沿岸の動物プランクトン(吹浦沖 1km、2020～2021 年春)

表 1. 標識稚魚放流の結果（2020 年級）

2020年級 (令和2年級)	月光川水系 ふ化場名	採卵月日	採卵数 (千粒)	最上川水系 放流場所	放流日	放流尾数 (千尾)	備考
前期	枅川	11月2日	493	寒河江川	3月15日	345	3/9寒河江川ふ化場に移送後、7日間の馴致飼育
	高瀬川	11月2日	222	最上小国川	3月12日	345	放流後、河川内給餌
後期	箕輪	11月24日	414	鮭川	3月22日	400	3/15鮭川ふ化場に移送後、7日間の馴致飼育
計			1,129			1,090	

※ 高瀬川ふ化場の採卵群は吸水後直ちに枅川ふ化場へ移送して管理した。

表 2. 沿岸調査の概要（2019～2021 年春）

	2018年級 (2019年春 降海群)	2019年級 (2020年春 降海群)	2020年級 (2021年春 降海群)
調査時期 (日数)	3月5日～ 5月20日(7日間)	3月2日～ 5月12日(6日間)	2月25日～ 5月7日(7日間)
調査海域	山形県北部 (距岸1、2、5km)	山形県北部 (距岸1、2、5km) 秋田県南部 (距岸2、5km)	山形県北部 (距岸1km) 秋田県南部 (距岸1、2km)
採集魚	1125尾	278尾	2651尾(往復)
標識魚	172尾	30尾	360尾

表 3. 秋田、山形、新潟 3 県の標識魚の放流情報(2021 年春)

県名	河川名	放流日	耳石コード	平均体重(g)	放流数(千尾)	事業名
秋田県	川袋川	21/02/18	2-1,2H	0.86	1,430	転換事業
秋田県	川袋川	21/02/25	2,1,2,2H	0.88	776	転換事業
秋田県	川袋川	21/03/08	2-1,2H	0.90	1,485	転換事業
秋田県	川袋川	21/03/13	2,6H	0.45	289	県単独 (発眼卵放流)
秋田県	川袋川	21/03/15	2,1,2,2H	0.92	553	転換事業
山形県	月光川(牛渡川)	21/02/12	2,1-2H	0.79	379	転換事業
山形県	月光川(牛渡川)	21/02/12	2,3nH	0.82	379	転換事業
山形県	月光川(牛渡川)	21/03/26	2,1-2H	0.86	384	転換事業
山形県	月光川(牛渡川)	21/03/26	2,3nH	0.84	384	転換事業
山形県	月光川(滝淵川)	21/03/27	2,1-2H	1.05	723	転換事業
山形県	月光川(滝淵川)	21/03/29	2,3nH	1.01	724	転換事業
山形県	最上川 (最上小国川)	21/03/12	2-2,1,2H	1.30	345	抜本対策
山形県	最上川 (寒河江川)	21/03/15	2-2,1,2H	1.37	345	抜本対策
山形県	最上川(鮭川)	21/03/22	2,2,1-2H	1.01	400	抜本対策
新潟県	三面川	21/02/19	2-3H	0.96	567	転換事業
新潟県	三面川	21/02/26	2,7nH	1.07	473	転換事業
新潟県	三面川	21/03/16	2-3H	0.93	1,358	転換事業
新潟県	三面川	21/03/24	2,7nH	0.98	1,054	転換事業

表 4. 標識稚魚放流の結果 (2021 年級)

2021年級 (令和3年級)	月光川水系 ふ化場名	採卵月日	採卵数 (千粒)	最上川水系 放流場所	放流日	放流尾数 (千尾)	備考
前期	枅川	11月6日 11月7日	460	寒河江川	3月15日	320	3/8寒河江川ふ化場に移 送後、7日間の馴致飼育
	高瀬川	11月9日	221	最上小国川	3月11日	320	放流後、河川内給餌
後期	箕輪	11月23日	499	鮭川	3月22日	404	3/15鮭川ふ化場に移送 後、7日間の馴致飼育
計			1,180			1,044	

※ 高瀬川ふ化場の採卵群は吸水後直ちに枅川ふ化場へ移送して管理した。

表 5. 河川回帰親魚調査の結果(2021 年 10～11 月)

最上川水系 河川名	捕獲法	総捕獲数 (尾)	調査数 (尾)	年齢別標識魚捕獲数(尾)		標識魚 混入率
				2年魚 (2019年級)	3年魚 (2018年級)	
寒河江川	ウライ	338	60	1	0	1.7%
最上小国川	ウライ	1,531	242	3	16	7.9%
鮭川	ウライ	1,677	80	1	2	3.8%
	刺網	148	15	0	3	20.0%