⑤ 山形県における沿岸環境・幼稚魚追跡調査

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):　髙澤俊秀

【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低迷期の後、来遊 19 万尾、単純回帰率 0.59%(2008(平成 20)～2015(平成 27)年の平均)という比較的良好な回帰を維持してきたが、2016～2018(平成 28～30)年漁期の 3 年連続で 14 万尾と低迷した。サケの減耗は放流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、本調査は耳石温度標識魚(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)の把握、水温や動物プランクトンなど環境要因との関係の解明により、放流魚の生残条件について検討する。

2019 年級

【方法】

1. 標識稚魚放流(山形内水研)

沿岸調査のため最上川へ 100 万尾の標識魚を放流した。これら標識魚の確保については、山形県月光川水系滝淵川の枡川鮭漁業生産組合(以下、枡川ふ化場)と高瀬川の高瀬川鮭漁業生産組合(以下、高瀬川ふ化場)、牛渡川の箕輪鮭漁業生産組合(以下、箕輪ふ化場)の 3 団体から、それぞれ 40 万尾(前期群)、20 万尾(前期群)、40 万尾(後期群)の標識魚を購入した。

最上川の放流場所については、前期群は最上小国川に 30 万尾と寒河江川に 30 万尾(2018 年級:鮭川 25 万尾、最上小国川 35 万尾)、後期群は鮭川に 40 万尾(同:寒河江川 40 万尾)放流することに変更した(図1)。

2. 沿岸調査(山形水研)

沿岸調査は、標識魚を再捕する「沿岸稚魚調査」と海洋環境を計測する「沿岸環境調査」の 2 つに分け、それぞれの時期、場所、手法、項目等は次のとおり計画した(図2)。

1)沿岸稚魚調査
時期:2 月下旬～5 月中旬(旬 1 日の計 8 日間)
場所:山形県遊佐町吹浦沖の 1、2、5 ㎞、秋田県にかほ市象潟沖の 2、5 ㎞の計 5 定点
手法:山形県漁業試験調査船「最上丸」が海岸と平行に 2kt の船速で 2km を曳網
データ項目:幼稚魚の尾数、体サイズ、耳石温度標識の識別、耳石分析、胃内容物組成

2)沿岸環境調査
時期: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

【結果と考察】

1. 標識稚魚放流

(採卵)前期群は 2019 年 11 月 6 日に枡川ふ化場で 45.0 万粒、高瀬川ふ化場で 20.5 万粒の計 65.5 万粒を採卵した。なお、高瀬川採卵群は前年、両ふ化場における用水温の違いから発眼卵施標中にふ化が始まる事故が発生したため、吸水後直ちに枡川ふ化場へ移送して管理する措置を取った。

他方、後期群は 11 月 24 日に箕輪ふ化場で 41.0 万粒を採卵した。

(発眼卵施標)前年同様、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)で全ての発眼卵の施標を実施した。前期群 65.5 万粒は 2019 年 12 月 2 日に淘汰、翌 3 日に検卵をした後、12 月 4 日(積算水温 319.3℃・日)に施標(2-2,1,2H)作業を開始し、12 月 14 日に完了した。他方、後期群 41.0 万粒は 12 月 22 日に淘汰、翌 23 日に検卵をし、枡川ふ化場に移送した後、24 日(積算水温 327.3℃・日)に施標(2,2,1-2H)作業を開始し、2020 年 1 月 3 日に完了した。

施標完了後の北海道区水産研究所による耳石標識コードの確認で、前期群は半数の個体に、後期群は全ての個体にノイズが発生していたため、北太平洋遡河性魚類委員会(NPAFC)への登録に際しては、前期群は一部に「2-2,1,3H」と「2-2,1,4H」の個体が含まれ、後期群は「2,2,1-3H」に変更し、一部に「2,2,1-3nH」の個体が含まれると報告された。

(飼育管理)枡川、高瀬川の前期群は枡川ふ化場の同一の池で、箕輪ふ化場の後期採卵群は同ふ化場に戻して飼育された。

(最上川支流への移殖放流)2020 年 3 月 10 日に前期群 62.4 万尾のうち 31.2 万尾を寒河江川のふ化場へ移送、飼育した後、3 月 17 日に寒河江川本流へ放流した(平均体重 1.38g/尾)。残りの 31.2 万尾は 3 月 12 日に最上小国川の支流の舟形川へ移送放流した(同 1.51g/尾)。舟形川への放流魚は最上小国川との合流点(放流地点から 100m 下流)に稚魚の滞泳場所として造成した深みで 3 月 18 日まで給餌した。他方、後期群は 3 月 16 日に鮭川ふ化場へ移送し、飼育した後、3 月 23 日に鮭川へ放流した(同 1.14g/尾)。

2. 沿岸調査

1)調査実施日と総採集数

沿岸調査は 2020 年 3 月 2 日、3 月 19 日、3 月 30 日、4 月 14 日、4 月 28 日、5 月 12 日の計 6 日間、実施した。 曳網数は計 33 回でサケ幼稚魚は計 278 尾採集された。なお、2 月下旬は時化のため調査を断念し、3 月 2 日は諸事情により秋田県象潟沖での調査は実施しなかった。

2)調査日別の採集数と海水温

図3に調査日別の採集数と海水温の推移を示す。調査期間中の採集数は計 278 尾であり、調査日別にみると、3 月 2 日は 188 尾、3 月 19 日は 85 尾であったが、3 月 30 日～5 月 12 日は 0～3 尾/日とわずかであった。調査定点の水深 2m海水温は 3 月 2 日が 10.1～10.4℃、3 月 19 日は 10.1～10.6℃、3 月 30 日は 10.0～10.9℃、4 月 14 日は 10.7～10.8℃、4 月 28 日は 11.3～11.6℃、5 月 12 日は 13.7～14.0℃であり、前年の調査に比べて 3 月は高く、4 月は低かった。3～4 月の県栽培漁業センターの用水温(取水水深 5m)は 3 月上旬が 10.2～11.7℃、同中旬は 10.2～11.0℃、同下旬は 10.5～11.2℃、4 月上旬は 10.6～11.3℃、同中旬は 11.0～11.4℃、同下旬は 11.0～11.9℃であり、それぞれの平年差は 2.0℃、1.6℃、1.5℃、1.0℃、0.4℃、-0.1℃であり、3 月はかなりの高水温であった。

3)調査定点別の採集数

表1に調査定点別の採集数を示す。全採集数は吹浦沖 1km が 245 尾と際立って多く、次いで吹浦沖 2km(19 尾)、吹浦沖 5km(8 尾)、象潟沖 2 km (6 尾)であり、象潟沖 5km は皆無であった。ただし、象潟沖の 2 点(2km、5km)は、他の定点で採集数が多かった 3 月 2 日の調査をしていないため、多寡の判断はできない。

4)幼稚魚の体サイズ
最も採集数の多かった 3 月 19 日の吹浦沖 1km の平均体長(尾叉長)と体重は 46 ㎜と 1.05g であり、3 月 2 日より大型化していた(図4)。また、吹浦沖の離岸距離が異なる 3 定点(1km、2km、5km)における 3 月 2 日の体長の平均値と階級モードは、1km が 45 ㎜と 46～50 ㎜、2km が 41 ㎜と 41～45 ㎜、5km が 54 ㎜と 51～60 ㎜であり、5km は岸寄りの 2 定点に比べて大きい傾向があった(図5)。
5)標識魚の判別結果
表2に標識魚の放流情報を、表3に再捕状況を示す。本県の標識魚は月光川(遊佐町)、最上川(鮭川村、舟形町、寒河江市)の 2 水系、隣県は新潟県三面川(村上市)、秋田県川袋川(にかほ市)の 2 水系であり、それぞれ 7 尾、10 尾、2 尾、1 尾の計 30 尾が再捕された。調査日別では 3 月 2 日が 1 尾(吹浦沖 5km)、3 月 19 日が 29 尾(象潟沖 2km:1 尾、吹浦沖 1km:28 尾)であり、3 月 19 日に集中した。
6)標識魚の体サイズ
図6、7に 3 月 19 日の吹浦沖 1km における体長・体重組成を示す。平均体長と体重は無標識魚が 46 ㎜と 1.0g、月光川の標識魚が 42 ㎜と 0.7g、最上川の標識魚が 55 ㎜と 1.6g であった。月光川と最上川の再捕標識魚の大きさの違いは、放流時(月光川:0.8g、最上川:1.5g)の差異によるものと考えられた。また、三面川の標識魚 2 尾は 58 ㎜と 2.0g (3 月 2 日、吹浦沖 5km)、63 ㎜と 2.1g(3 月 19 日、象潟沖 2km)であり、川袋川の標識魚 1 尾は 57 ㎜と 1.6g(3 月 19 日、吹浦沖 1km)といずれも大きめの幼稚魚であった。
7)動物プランクトン
図8に遊佐町吹浦沖における動物プランクトンの湿重量及び個体数の推移を示す。湿重量は 17～61 ㎎／㎥(平均 33 ㎎/㎥)、一方、個体数は 307～1,137 個／㎥(平均 644 個／㎥)であり、ともにピークは 4 月 28 日であった。また、動物プランクトン量は全体的に前年より少なかった(図9)。
(8)今後の課題
今後、標識魚について耳石日周輪解析により成長履歴等を推定する。併せて、海水温や動物プランクトン等の環境要因との関係を探る。

2020 年級
【方法】
1. 標識稚魚放流(山形内水研)
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。
放流場所の変更はせず、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)
これまでの 2 か年の調査結果により調査定点を見直し、沖寄りの採集数が少なかったことから吹浦沖は前年までの 3 点から 2km と 5km を取りやめて 1km の 1 定点のみとし、象潟沖は 5km を取りやめて 2km と新設の 1km の 2 点とした(図10)。象潟沖の調査定点の設定にあたっては、2021 年 1 月 29 日に秋田県漁業共同組合南部総括支所にて関係者への説明会を実施し、調整した。
1)沿岸稚魚調査
時期:2 月下旬～5 月中旬(旬 1 日の計 8 日間)
場所:山形県遊佐町吹浦沖の 1 ㎞、秋田県にかほ市象潟沖の 1、2 ㎞の計 3 定点

手法:山形県漁業試験調査船「最上丸」が海岸と平行に 2kt の船速で 2km を曳網
データ項目:幼稚魚の尾数、体サイズ、耳石温度標識の識別、耳石分析、胃内容物組成
2)沿岸環境調査
時期:2～5 月
データ項目及び手法:
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
塩分・・・上記の定点等における CTD 測定
動物プランクトン・・・上記の定点等における採集と分析。

【結果と考察】

1. 標識稚魚放流

(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)で全ての発眼卵の施標を実施した。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℃・日)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、枡川ふ化場に移送した後、同日(積算水温 317.1℃・日)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、前期群は枡川、高瀬川の両採卵群ともに枡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されている。

(最上川支流への移殖放流)2021 年 2 月末現在、稚魚の飼育は順調である。前期群 69 万尾のうち 34.5 万尾は 3 月 9 日に寒河江川へ移送して 1 週間の馴致飼育を経て 3 月 16 日に放流、残りの 34.5 万尾は 3 月 12 日に最上小国川へ移送し直接放流、後期群 40 万尾は 3 月 15 日に鮭川へ移送して 1 週間の馴致飼育を経て 3 月 22 日に放流する予定である。なお、2019 年度は最上小国川で放流後に河川内給餌を行ったが、今年度は積雪が多いため給餌は行わない計画とした。

2. 沿岸調査

2021 年 2 月末現在、2 月下旬の調査を 2 月 26 日に実施した。現在、結果の解析中である。

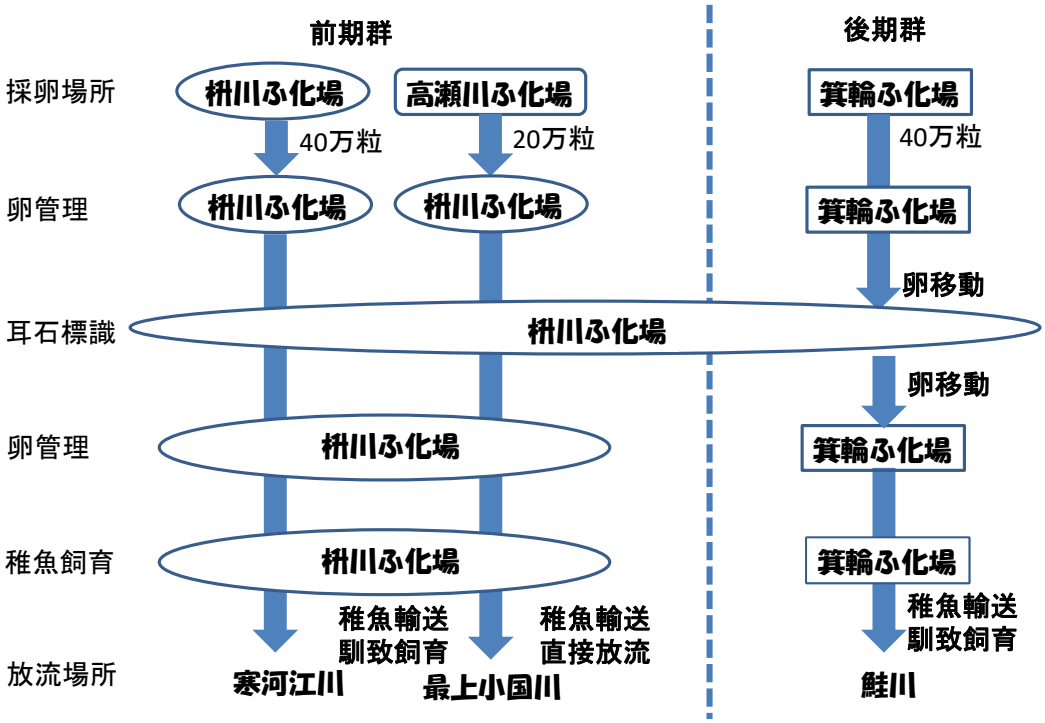

図１　最上川中流域へ放流した標識稚魚の生産管理（2019 年級）

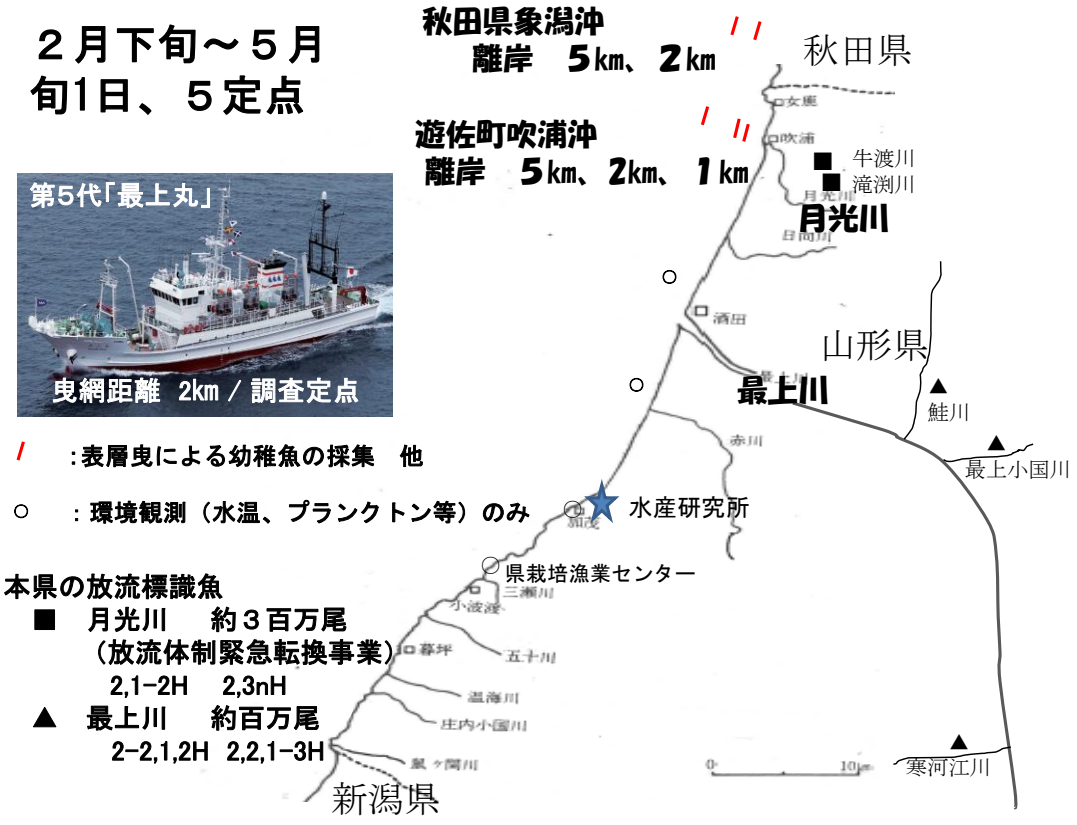

図２　山形県における標識魚の放流河川及び沿岸調査の位置（2019 年級）

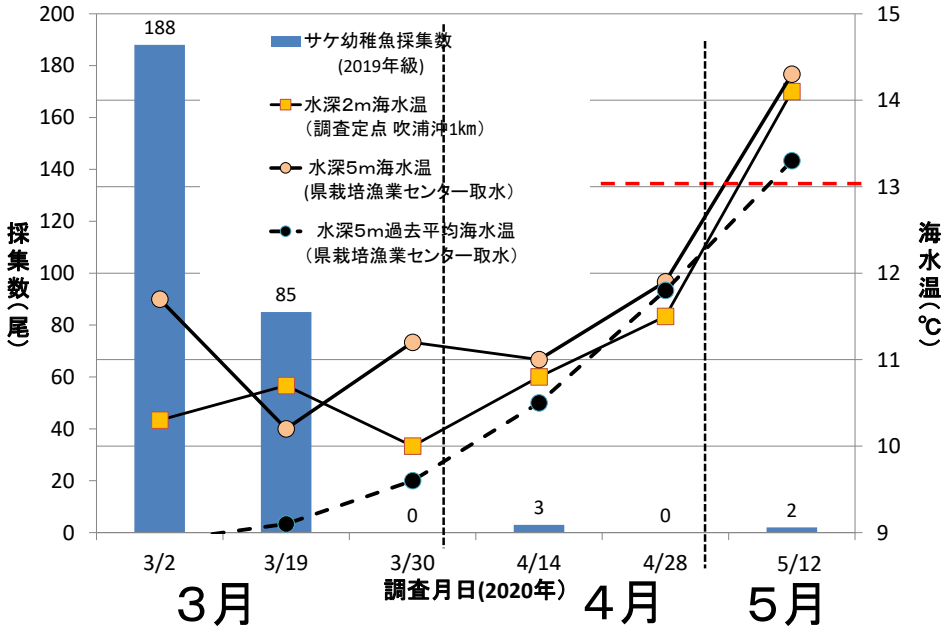

図３　調査期間中の採集数と海水温の推移（2019 年級）

表１　調査日別の採集結果（2019 年級）

調査定点 / 調査時期	遊佐町 吹浦沖 (1km)	遊佐町 吹浦沖 (2km)	遊佐町 吹浦沖 (5km)	秋田県にかほ市 象潟沖 (2km)	秋田県にかほ市 象潟沖 (5km)	計	標識魚 放流日
3月　上旬(3/2)	166	14	8(1)	–	–	188(1)	2/13 月光川(牛渡川)*1、*2
中旬(3/19)	79(28)	0	0	6(1)	0	85(29)	3/12　最上川(最上小国川)*3 3/16　最上川(寒河江川)*3 3/17　月光川(滝淵川)*1
下旬(3/30)	0	0	0	0	0	0	3/23　最上川(鮭川)*4 3/24　月光川(滝渕川)*2 3/27　月光川(牛渡川)*2 3/29　月光川(牛渡川)*1
4月　上旬							
中旬(4/14)	0	3	0	0	0	3	
下旬(4/28)	0	0	0	0	0	0	
5月　上旬							
中旬(5/12)	0	2	0	0	0	2	
全体	245(28)	19	8(1)	6(1)	0	278(30)	

標識（ハッチ）コード
＊1：2,1-2H
＊2：2,3nH
＊3：2-2,1,2H
＊4：2,2,1-3H

（　）内は標識魚の尾数を示す。

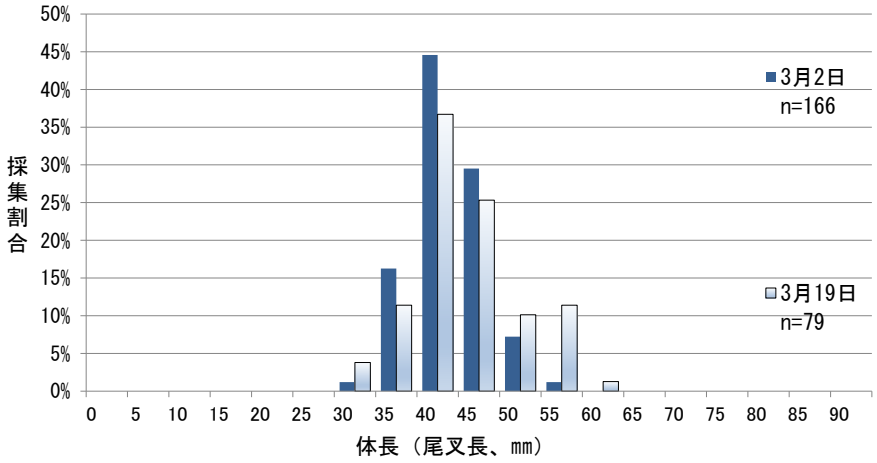

図４　吹浦沖 1km の体長組成（2019 年級）

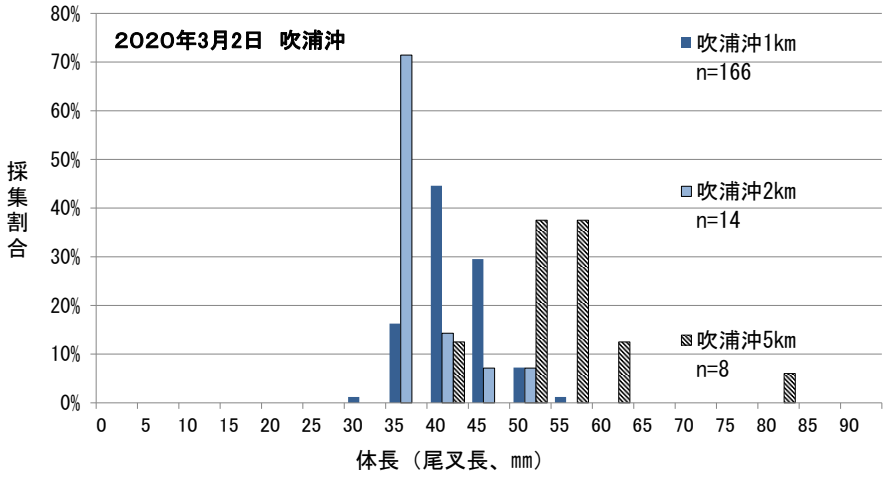

図５　３月 19 日における吹浦沖 1、2、5km の体長組成（2019 年級）

表２　山形県と隣県における標識魚の放流河川及び月日（2019 年級）

県名	河川名	耳石コード	放流数（千尾）	平均体重（g）	放流期間		事業名
秋田県	川袋川	2-1,2H	795	0.84	20/02/04	20/02/04	転換事業
秋田県	川袋川	2-1H	1,582	0.87	20/03/07	20/03/07	転換事業
秋田県	川袋川	2,1,2,2H	1,345	0.88	20/02/20	20/03/16	転換事業
山形県	月光川(滝渕川)	2,3nH	758	0.78	20/03/24	20/03/24	転換事業
山形県	月光川(滝渕川)	2,1-2H	780	0.80	20/03/17	20/03/17	転換事業
山形県	月光川(牛渡川)	2,3nH	809	0.85	20/02/13	20/03/27	転換事業
山形県	月光川(牛渡川)	2,1-2H	813	0.85	20/02/13	20/03/29	転換事業
山形県	最上川 (寒河江川、小国川)	2-2,1,2H	624	1.44	20/03/12	20/03/16	抜本対策
山形県	最上川（鮭川）	2,2,1-3H	406	1.14	20/03/23	20/03/23	抜本対策
新潟県	三面川	2-3H	2,166	0.93	20/02/14	20/03/12	転換事業
新潟県	三面川	2,7nH	1,909	1.25	20/02/27	20/03/27	転換事業

表３　標識魚の再捕結果（2019 年級）

秋田県にかほ市象潟沖2km

放流河川 / 調査月日	秋田県 川袋川	月光川 *1	月光川 *2	最上川 *3	最上川 *4	新潟県 三面川	計
3/2							
3/19						1	1
3/30							
4/14							
4/28							
5/12							
計						1	1

遊佐町吹浦沖1km

放流河川 / 調査月日	秋田県 川袋川	月光川 *1	月光川 *2	最上川 *3	最上川 *4	新潟県 三面川	計
3/2							
3/19	1	11	6	10			28
3/30							
4/14							
4/28							
5/12							
計	1	11	5	10			28

遊佐町吹浦沖5km

放流河川 / 調査月日	秋田県 川袋川	月光川 *1	月光川 *2	最上川 *3	最上川 *4	新潟県 三面川	計
3/2						1	1
3/19							
3/30							
4/14							
4/28							
5/12							
計						1	1

標識コード　　＊1：2,1-2H　、＊2：2,3nH、＊3：2-2,1,2H、＊4：2,2,1-3H

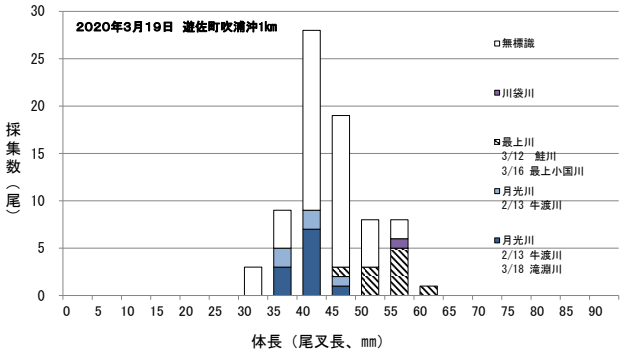

図６　再捕された標識魚の体長組成（2019 年級）

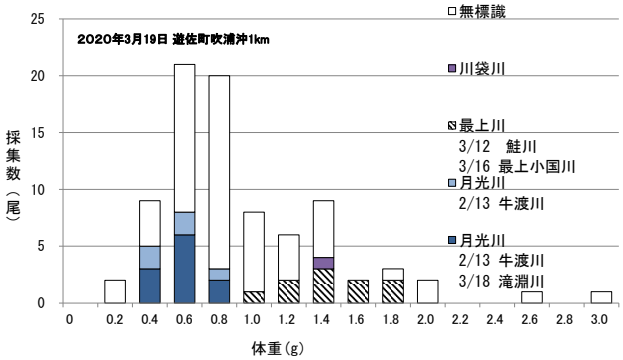

図７　再捕された標識魚の体重組成（2019 年級）

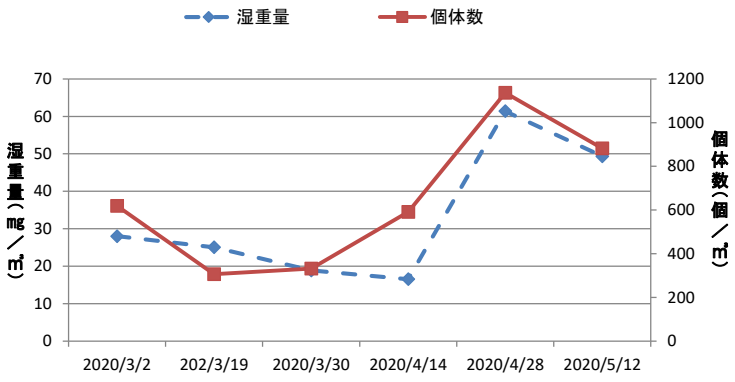

図８　吹浦沖における動物プランクトンの湿重量と個体数(2020 年)

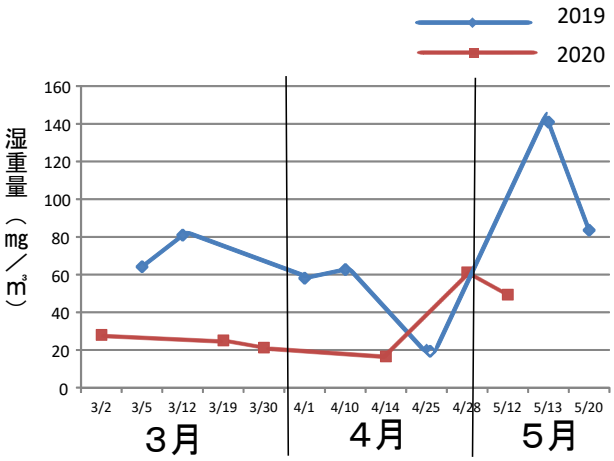

図９　吹浦沖における動物プランクトンの湿重量（2019 年、2020 年）

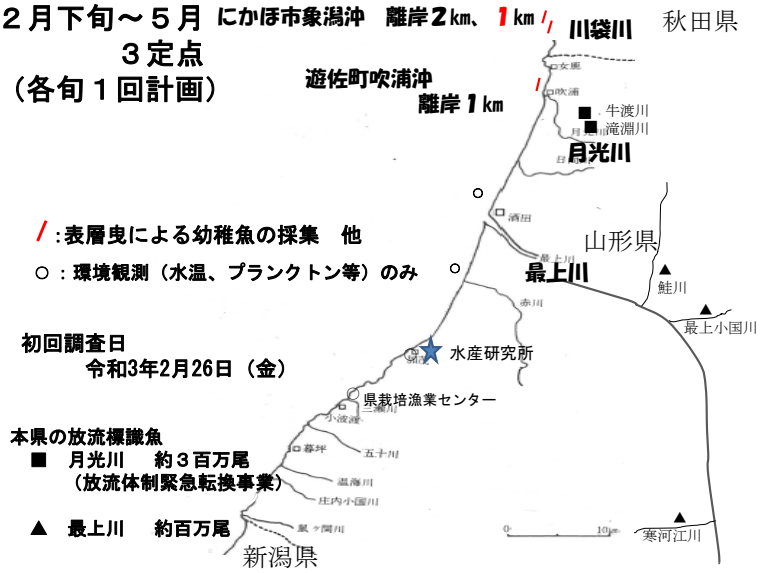

図１０　山形県における標識魚の放流河川及び沿岸調査の定点の位置（2020 年級）