

豊平川におけるサケ稚魚降下状況の調査について (2018 年)

有賀望^{1・2}・森田健太郎^{1・3}・植田和俊^{1・4}・藤井和也^{1・5,6}・荒木仁志^{1・6}・水本寛基^{1・6}・渡辺恵三^{1・7}・向井徹^{1・8}・本多健太郎^{1・3}・佐橋玄記^{1・3}・有賀誠^{1・9}・丸山緑^{1・9}・西野正史^{1・10}・山真雅之^{1・2}・大熊一正^{1・3}

はじめに

札幌市内を流れる豊平川では、毎年約 1000 尾から 2000 尾のサケが自然産卵し、生まれた野生稚魚が翌春に海へと降海する。豊平川では遡上するサケの半数以上が自然産卵由来の野生魚であることが明らかとなり（有賀ほか 2014）、2016 年から放流数を減らし、遡上数に応じて放流数を決める順応的管理（森田・有賀 2017）が始まった。また、産卵環境の改善にも取り組んでおり（有賀ほか 2018、有賀ほか 2019）、野生魚の卵から稚魚までの生存率や、河川回帰率を把握するためにも、降下する稚魚調査の必要性が高まった。そこで、2016 年と 2017 年は、稚魚降下時期に手持ちのたも網を用いて調査を実施した（佐々木 2018）。しかし、豊平川は融雪出水による流量変動が大きく、採捕方法に時期による違いが生じてしまった。そこで、2018 年は固定式トラップを用い、稚魚の降下時期、降下の引き金となる要因、一日を通した降下数の変動、年稚魚降下数を明らかにするために調査を行った。

調査地および方法

調査場所は、豊平川におけるサケの産卵範囲の下流端である環状北大橋の右岸で実施した（図 1 の C）。調査漁具は、ステンレス製のフレーム（0.5m*0.43m）に目合 5mm メッシュの網を取り付けた長さ 1m の袋状のトラップを用い、護岸に固定したアンカーボルトに金具で取り付けて使用した（写真 1）。

調査は、2018 年 3 月 4 日から 5 月 29 日の間に約 10 日間隔で実施したほか、サケ稚魚を放流した日にも実施した。稚魚の降下は一般に日没後の夜間に生じることが知られているため（長谷川ほか 2019）、捕獲時間は日没からの 3 時間に設定し、その間にのべ 30 分以上トラップを仕掛けた。また、日中の降下数の変化を調べるため、2018 年 3 月 30 日（第 1 回放流日）の 13 時から 3 月 31 日 21 時までの 32 時間、1 時間毎に 15 分以上トラップを仕掛ける調査を実施した。捕獲した魚は、魚種と尾数を記録し、サケ稚魚以外は放流した。捕獲された稚魚数から、単位努力量（1 分）あたりの捕獲数（CPUE）を求めた。放流魚には耳石温度標識が施されており、野生魚と区別できるため、捕獲した稚魚は持ち帰り、魚体測

¹札幌ワイルドサーモンプロジェクト〒005-0017 北海道札幌市南区真駒内公園 2-1 札幌市豊平川さけ科学館内 ²札幌市豊平川さけ科学館 ³水産研究・教育機構北海道区水産研究所 ⁴パブリックコンサルタント株式会社 ⁵株式会社福田水文センター ⁶北海道大学大学院 ⁷株式会社北海道技術コンサルタント ⁸北海道魚類映画社 ⁹明治コンサルタント株式会社 ¹⁰北海道新聞社

定および耳石温度標識の確認を行った。トラップの濾水量を算出するため、網口の流速を計測するとともに、雁来観測所の水位と流量データを用いた。また、データロガー (Onset 社、ティドビット V2) を用いて調査期間中の河川水温を観測した。日降下数の推定は、次の計算式によって求めた。

$$\text{日降下数} = 180 \text{ (分)} \times \text{CPUE (尾/分)} / \{ \text{網口流速(m/s)} \times \text{網口面積 (m}^2\text{)} / \text{流量 (m}^3\text{/s)} \}$$

ここで、網口面積は $0.5\text{m} \times 0.43\text{m} = 0.22\text{m}^2$ とし、一日の主たる降下時間は日没後の 3 時間 (180 分) と仮定した。また、1 シーズンの降下稚魚数は、台形近似法 (AUC 法) によって調査日以外の日降下数を外挿して求めた。降下の引き金となる要因を検討するため、水位、水温、および気温の前日からの変化量を説明変数に、サケ稚魚の降下数を従属変数とし、重回帰分析を用いて調べた。

卵から稚魚までの生存率は、豊平川で調べられた雌 1 尾あたりの孕卵数 (小宮山 1990) を 2017 年の産卵床数に乗じて算出し、年降下稚魚数との比率から求めた。

結果

サケの稚魚は、3 月 4 日から 5 月 19 日にかけて、合計 117 尾捕獲され、野生魚割合は 94% だった (表 1)。日降下数は約 300 尾から約 42,000 尾で、ピークは 3 月下旬と 4 月下旬に見られた (図 2)。

稚魚の降下移動が、水位、水温、気温の変化で説明できるかを分析した結果、水位が増加した日に、日降下数が増える傾向があった (表 2)。

2018 年の稚魚放流は、3 月 30 日から 5 月 6 日の間に 9 回に分けて実施し、合計 85,000 尾を放流した (表 3)。放流 9 回のうち 8 回は、トラップ調査を実施している場所から約 11km 上流の豊平川支流の真駒内川 (図 1 の A) で実施した。放流数の内訳は、3 月末に 23,000 尾、4 月中～下旬に 15,700 尾、5 月上旬に 46,300 尾で、捕獲調査の後半に多く放流されたが、放流魚が捕獲されたのは、3 月下旬の 1 回目の放流日のみであった。

稚魚の平均尾叉長は、放流魚の 44.5mm (40.4mm - 49.3mm) に対して、野生魚は 35.3mm (26.6mm - 49.6mm) で、野生魚の方が小さかった。しかし、野生魚のばらつきは大きく、放流魚と同様のサイズに成長している個体もいた (図 3)。野生魚の降下時期と平均尾叉長には、明瞭な関係は見られなかった (図 4)。

32 時間連続調査を実施した 3 月 30 日は、日の入りが 17 時 58 分、3 月 31 日の日の出が 5 時 19 分だった。3 月 30 日の 14 時に調査場所から 10.5km 上流のさけ科学館横からサケ稚魚 23,000 尾を放流し、放流前 13 時から、毎時平均 19 分間 (15 分から 45 分) 網を入れた結果、日没後 3 時間の間に降下のピークがあり、日の出前にも少し降下が見られたが、日中はほとんど降下していなかった (図 5)。放流魚は、放流日の夜に捕獲され、翌日は日中・夜間とも確認されなかった。

2017 年に豊平川および真駒内川で確認されたサケの産卵床数は 626 か所で (図 1)、自然産卵による産卵数は約 180 万粒と推定された。2018 年の野生魚の推定降下数は、13.5 万尾であったことから、野生魚の卵から降下稚魚までの生存率は 7.5%と推定された。

降下トラップでは、サケ稚魚の他に、ウグイ属 63 尾、ウキゴリ 27 尾、シマウキゴリ 20 尾、フクドジョウ 7 尾、イトヨ 1 尾が捕獲された。

考察

2018 年の稚魚降下ピークは、2016 年、2017 年とほぼ同じ時期で (佐々木 2018)、融雪出水の影響で水位が上昇するタイミングと合致していた。しかし、調査中に稚魚は頭を下流に向けて降下していることが目視により確認されていることから、流量が増えて流されているのではなく、自らの意思で降下していると考えられる。また、水温よりも水位との相関が高い理由については、流量が多い時の方が外敵に襲われるリスクが減り、安全に降下できることが考えられた。

野生魚の尾叉長は、26.6mm から 49.6mm と幅があったが、降下時期と尾叉長に関係が見られなかったことから、降下後期の野生魚が川で成長し、降下前期より大きなサイズで降下しているわけではないことが明らかとなった。

32 時間連続調査で、放流魚は放流日の翌日には確認されなかったことから、ほとんどの放流魚が、放流されてその日のうちに約 10km を降下していると考えられた。その他の調査日に放流魚が捕獲されなかったことから、放流後に川に留まり、後日降下する個体は少ないと思われる。また、放流日に野生魚の降下も多かったことから、放流魚の行動に同調して降下する野生魚がいるかもしれないと考えられた。

例年、ゴールデンウィークに放流数全体の半数近い放流を行うが (表 3)、2016 年と 2017 年の調査では、5 月上旬の放流魚が捕獲されなかった。この年は、たも網を用いて捕獲したため、増水で捕獲効率が低下したことが原因と考えられた (佐々木 2018)。そこで、2018 年は流量に影響を受けない固定式トラップを使用した。結果的に放流魚は 3 月の放流日以外は捕獲されなかった。後半の放流魚が捕獲されない可能性として、放流場所から環状北大橋まで流下している間に減耗していること、増水時にはトラップが流心を捉えられておらず流心を下る放流魚が捕獲されないことなどが考えられるが、原因は不明のままである。

卵から稚魚までの生存率は 7.5%と計算され、標識放流調査から推定された平均 12.6% (7.5%~22.2%) の範囲内であった (有賀ほか 2014)。自然河川では、卵から稚魚までの生存率は 2 割程度と言われており (森田ほか 2013)、豊平川における初期の生存率はそれよりも若干低い可能性がある。札幌ワイルドサーモンプロジェクトでは、豊平川のサケ産卵環境を改善させ、野生魚の生存率を向上させる取り組みを続けている (渡辺 2016、有賀ほか 2018、有賀ほか 2019)。今後も稚魚調査を継続することにより、野生魚の河川回帰率の把握や、産卵環境改善効果の評価に役立てたいと考える。

謝辞

北海道開発局札幌開発建設部札幌河川事務所の久野俊一副所長、谷口清課長および佐藤裕介係長には、トラップをかけるアンカーボルトの設置を承諾していただいた。日頃より、札幌ワイルドサーモンプロジェクトの調査や活動にご理解とご協力をいただいていることに感謝する。

引用文献

- 有賀 望, 森田 健太郎, 鈴木 俊哉, 佐藤 信洋, 岡本 康寿, 大熊 一正 (2014) 大都市を流れる豊平川におけるサケ *Oncorhynchus keta* 野生個体群の存続可能性の評価. 日本水産学会誌, 80-6: 946-955
- 有賀 望, 森田 健太郎, 植田 和俊, 藤井 和也, 渡辺 恵三, 向井 徹, 岡本 康寿, 佐々木 北斗, 有賀 誠, 荒木 仁志, 大熊 一正 (2018) 豊平川におけるサケの産卵環境改善の取り組み～河川管理者、施工業者、研究機関の協力を得て～. 札幌市豊平川さけ科学館研究報告, 2017 年度: 1-13
- 有賀 望, 森田 健太郎, 片岡 朋子, 植田 和俊, 向井 徹, 藤井 和也, 布川 雅典, 有賀 誠, 丸山 緑, 渡辺 恵三, 佐藤 信洋, 中村 慎吾, 西谷 航平, 岡本 康寿, 大熊 一正 (2019) 豊平川における 2018 年サケ産卵環境改善工事—湧水産卵場の復元—. 札幌市豊平川さけ科学館研究報告, 2018 年度: 1-22
- 長谷川 功, 森田 健太郎, 大熊 一正, 鈴木 健吾, 本多 健太郎, 中島 歩, 吉野 州正, 日本海さけ・ます増殖事業協会, 渡島管内さけ・ます増殖事業協会 (2019) サケ稚魚の降海行動が活発になるとき. *Salmon* 情報, 13: 14-19
- 小宮山 英重, 堀本 宏, 小原 聡 (1990) 豊平川におけるシロザケの河川回帰率とその自然産卵環境. 北海道の自然と生物, 2: 1-7
- 森田 健太郎, 平間 美信, 宮内 康行, 高橋 悟, 大貫 努, 大熊 一正 (2013) 北海道千歳川におけるサケの自然再生産効率. 日本水産学会誌, 79: 718-720
- 森田 健太郎, 有賀 望 (2017) オペレーティングモデルを用いた豊平川のサケ放流数を決める管理方式の検討—野生魚保全と個体数維持の両立を目指して—. 保全生態学研究, 22: 275-287
- 佐々木 北斗 (2018) 豊平川を降下するサケ *Oncorhynchus keta* 稚魚の捕獲調査について. 札幌市豊平川さけ科学館研究報告, 2018 年度: 14-22
- 渡辺 恵三 (2016) 僕たちは、サケの産卵場をつくれるか?. 札幌ワイルドサーモンプロジェクトニュースレター, 第 4 号: 39-43

図表写真

表 1 2018 年のサケ稚魚捕獲結果

| 日付 | 調査時間 (分) | 捕獲数 (尾) | CPUE | 野生魚 (尾) | 放流魚 (尾) | 日降下数 (尾) | 野生魚日 降下数 (尾) | 放流魚 日降下 数(尾) |
|-----------|-------------|------------|------|------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|
| 2018/3/4 | 54 | 12 | 0.22 | 10 | 0 | 1,585 | 1,585 | 0 |
| 2018/3/10 | 95 | 9 | 0.09 | 9 | 0 | 1,569 | 1,569 | 0 |
| 2018/3/21 | 60 | 2 | 0.03 | 2 | 0 | 333 | 333 | 0 |
| 2018/3/28 | 95 | 15 | 0.16 | 16 | 0 | 2,518 | 2,518 | 0 |
| 2018/3/30 | 75 | 21 | 0.28 | 18 | 7 | 11,764 | 8,470 | 3,294 |
| 2018/3/31 | 110 | 4 | 0.04 | 10 | 0 | 1,014 | 1,014 | 0 |
| 2018/4/9 | 99 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2018/4/13 | 71 | 1 | 0.01 | 1 | 0 | 461 | 461 | 0 |
| 2018/4/20 | 90 | 9 | 0.10 | 9 | 0 | 6,386 | 6,386 | 0 |
| 2018/4/21 | 30 | 11 | 0.37 | 11 | 0 | 42,363 | 42,363 | 0 |
| 2018/4/22 | 95 | 0 | 0.00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2018/4/29 | 76 | 0 | 0.00 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2018/5/3 | 56 | 1 | 0.02 | 1 | 0 | 1,967 | 1,967 | 0 |
| 2018/5/4 | 60 | 0 | 0.00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2018/5/5 | 134 | 0 | 0.00 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2018/5/6 | 214 | 3 | 0.01 | 4 | 0 | 648 | 648 | 0 |
| 2018/5/8 | 95 | 0 | 0.00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2018/5/11 | 103 | 1 | 0.01 | 1 | 0 | 569 | 569 | 0 |
| 2018/5/19 | 96 | 1 | 0.01 | 2 | 0 | 488 | 488 | 0 |
| 2018/5/29 | 78 | 0 | 0.00 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 2 従属変数を稚魚降下数とした場合の重回帰分析の結果

| 説明変数 | 標準偏回帰係数 | P 値 |
|------|---------|-------|
| 水位変化 | 0.592 | 0.023 |
| 気温変化 | -0.056 | 0.821 |
| 水温変化 | -0.054 | 0.818 |

表 3 2018 年のサケ稚魚放流数

| 放流日 | 放流数(尾) | 放流場所 | 備考 |
|-------|--------|----------|----------------|
| 3月30日 | 23,000 | 真駒内川放流水路 | |
| 4月13日 | 3,000 | 真駒内川放流水路 | 佐藤水産株式会社新人研修 |
| 4月20日 | 7,300 | 豊平川一条大橋 | 東白石小学校放流式 |
| 4月21日 | 2,800 | 真駒内川放流水路 | サーモンスクール参加校放流式 |
| 4月22日 | 2,600 | 真駒内川放流水路 | ベル食品株式会社記念事業 |
| 5月3日 | 6,000 | 真駒内川放流水路 | サケ稚魚体験放流 |
| 5月4日 | 11,000 | 真駒内川放流水路 | サケ稚魚体験放流 |
| 5月5日 | 8,600 | 真駒内川放流水路 | サケ稚魚体験放流 |
| 5月6日 | 20,700 | 真駒内川放流水路 | サケ稚魚体験放流 |

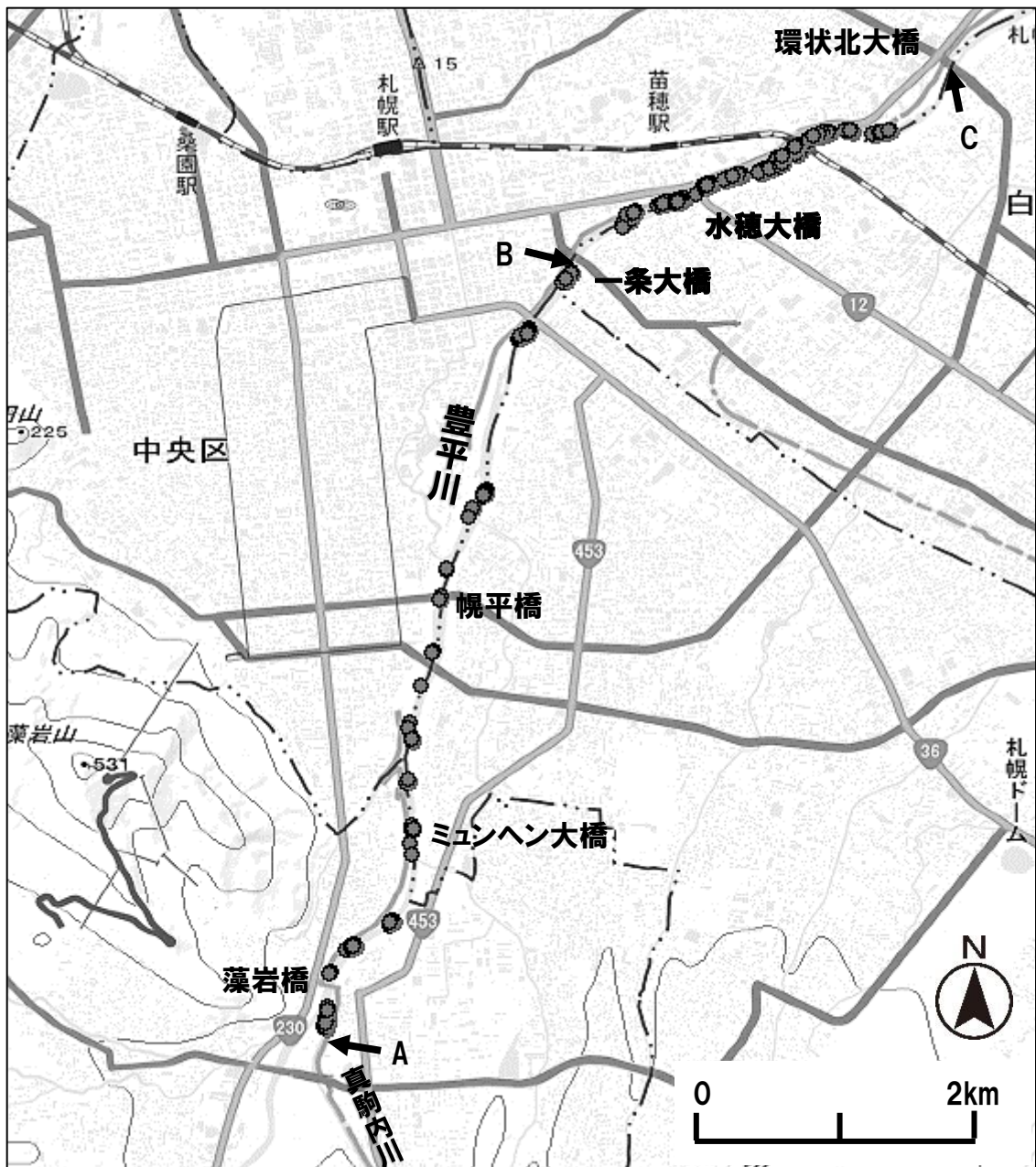


図1 調査地位置図。丸は2017年産卵床確認場所 Aは真駒内川の放流場所、Bは豊平川の放流場所、Cはサケ稚魚捕獲場所を示す。

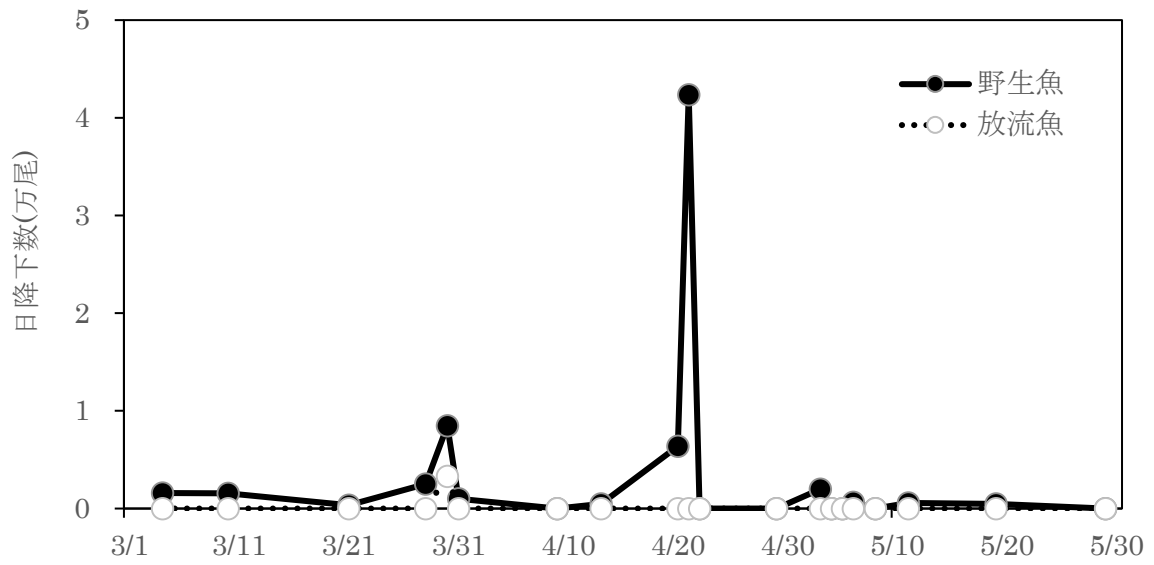


図2 野生魚と放流魚の日降下数の変動

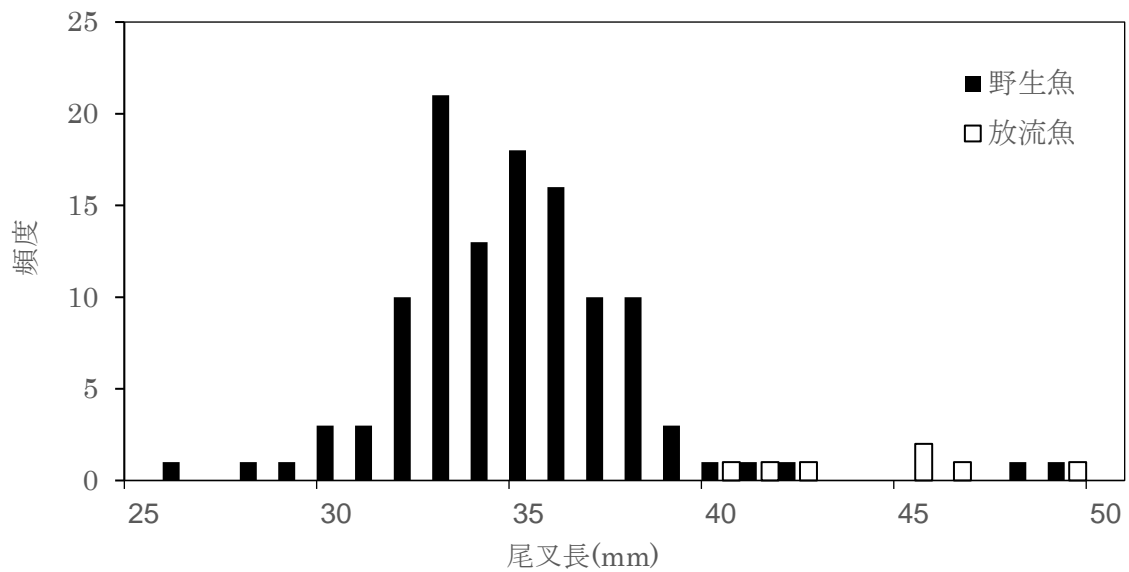


図3 捕獲したサケ稚魚の体サイズの頻度分布

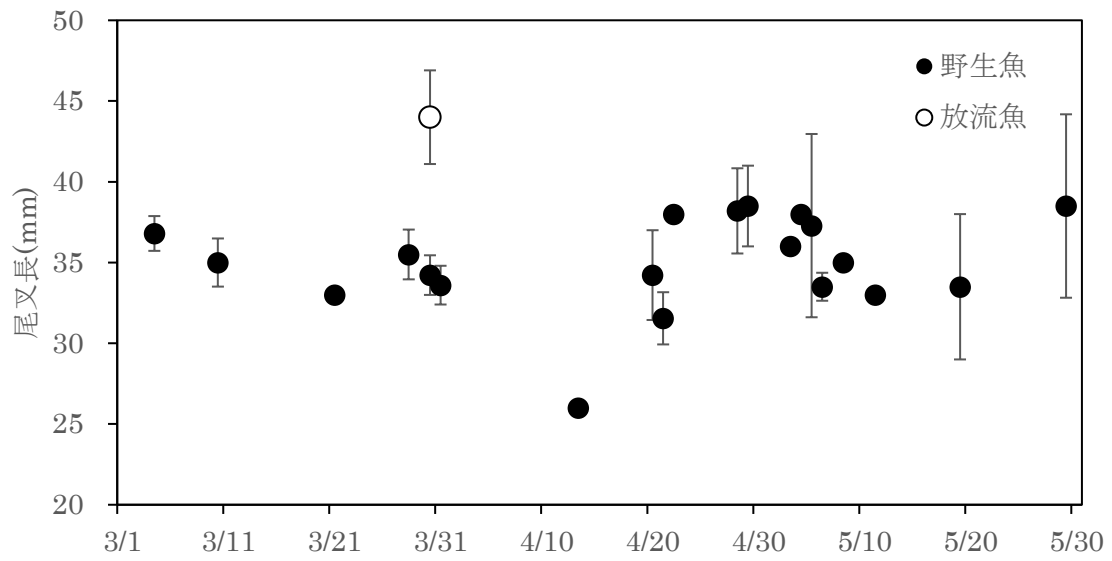


図 4 捕獲日別サケ稚魚の体サイズ

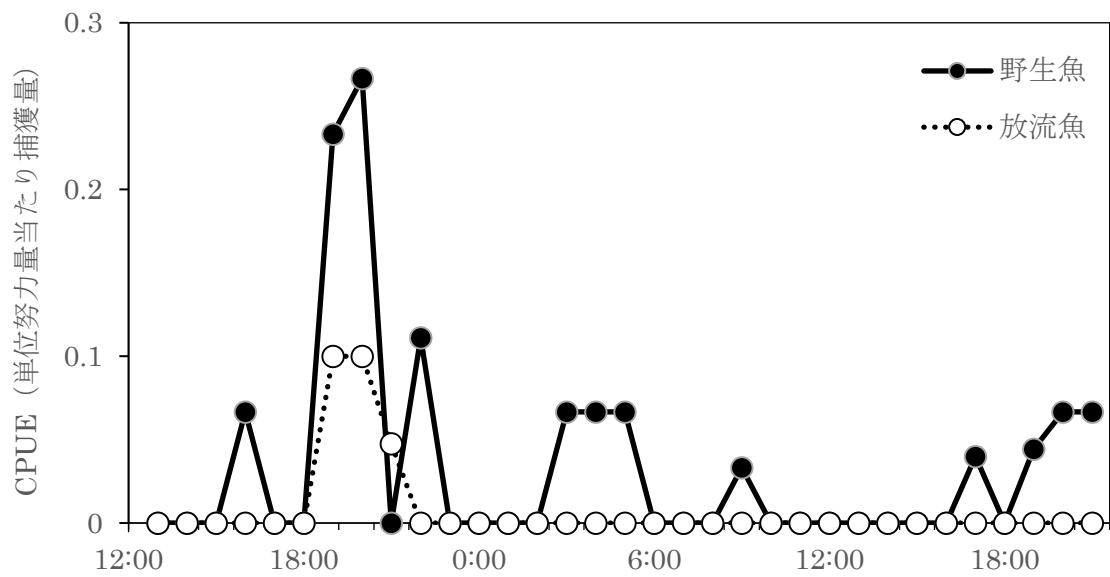


図 5 32 時間連続調査の結果

写真1 アンカーボルトにトラップを固定 (植田和俊 (左)、渡辺恵三、西野正史撮影)

