



HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|------------------|---|
| Title | 尾瀬ヶ原流水に生息するイワナSalvelinus leucomaenisの年齢, 体長組成および生息密度 |
| Author(s) | 山本, 俊昭; Yamamoto, Toshiaki; 本橋, 篤 他 |
| Citation | 低温科学, 80, 445-451 |
| Issue Date | 2022-03-31 |
| DOI | https://doi.org/10.14943/lowtemsci.80.445 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/84947 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 32_p445-451_LT80.pdf |



尾瀬ヶ原流水に生息するイワナ *Salvelinus leucomaenis* の 年齢，体長組成および生息密度

山本 俊昭¹⁾，本橋 篤¹⁾，松澤 夏鈴¹⁾，牧野 楓¹⁾，古荘 寿奈¹⁾，
田中 美有¹⁾，鏡 友紀¹⁾，滝 透維¹⁾，小松 奈央¹⁾，藤原 英史²⁾

2021年11月29日受付，2021年12月31日受理

本研究では，尾瀬ヶ原に生息するイワナ *Salvelinus leucomaenis* の年齢，体長組成および生息密度など基礎的な情報を得るため，8つの支流および本流において捕獲調査を行った。その結果，イワナ 229尾を捕獲し，それら個体の平均体サイズはオスで 15.42 ± 5.57 cm，メスで 14.21 ± 4.05 cm であった。鱗から年齢を査定したところ，0歳から6歳の範囲であり，オスの平均は 2.67 ± 1.33 歳，メスの平均は 2.20 ± 1.03 歳であった。体サイズを雌雄間および年齢間で比較を行ったところ，年齢間では差が認められたものの，雌雄間で違いは見られなかった。また，8支流における魚類密度を求めたところ，平均 0.035 尾 m^{-2} (範囲: $0.006-0.097$ 尾 m^{-2}) であり，他の河川と比べて低い密度であった。また，各支流における雌雄比は平均で 0.58 (オス / (オス + メス)) であり，比較的支流の上流域および小規模の支流では下流域に比べて雄の割合が高い傾向が見られた。今後，各支流における付着藻類量，水生昆虫量，さらには落下昆虫量といった河川生態系全体から尾瀬ヶ原に生息するイワナの生態解明が望まれる。

Age, size frequency, and population density of white-spotted char *Salvelinus leucomaenis* inhabiting in Ozegahara streams

Toshiaki Yamamoto¹⁾, Atsushi Motohashi¹⁾, Karin Matsuzawa¹⁾, Kaede Makino¹⁾,
Kotona Furusho¹⁾, Miyu Tanaka¹⁾, Yuki Kagami¹⁾, Toi Taki¹⁾, Nao Komatsu¹⁾, Eiji Fujiwara²⁾

In this study, capture surveys were conducted in eight tributaries and the main stream flowing through Ozegahara to obtain basic information of White spotted char *Salvelinus leucomaenis* on the size frequency, age and population density. As a result, 229 char were captured and the average body size was 15.42 ± 5.57 cm for males and 14.21 ± 4.05 cm for females. Age was assessed from scales and ranged from 0 to 6 years, with males averaging 2.67 ± 1.33 years and females 2.20 ± 1.03 years. Comparisons of body size showed no differences between males and females, although differences were observed between ages. Fish densities in the eight tributaries averaged 0.035 fish m^{-2} (range: $0.006-0.097$ fish m^{-2}), which was low compared to other rivers. The mean sex ratio in each tributary was 0.58 (male / (male + female)), and the proportion of males tended to be higher in the upper reaches and smaller tributaries than in the lower reaches. Further elucidation of the ecology of char inhabiting Ozegahara is desirable, taking into account the amount of attached algae, aquatic insects, and falling insects in each tributary and the entire river ecosystem.

責任著者

山本俊昭

〒180-8602 東京都武蔵野市境南町1-7-1

Tel : 0422-31-4151, Fax : 0422-32-0765

e-mail : tyamamoto@nvl.u.ac.jp

1) 日本獣医生命科学大学獣医学部獣医保健看護学科

2) 株式会社ドキュメンタリーチャンネル

1 Department of Veterinary Nursing and Technology,
Nippon Veterinary and Life Science University, 1-7-1
Musashino, Tokyo 180-8602, Japan

2 Documentary Channel Co. Ltd., 851-1 Tsurugaoka,
Tsurugashima, Saitama 350-2204, Japan

キーワード：年齢, 成長, 生息密度, 尾瀬ヶ原, イワナ
age, growth, population density, Ozegahara, white-spotted char,

1. はじめに

群馬県, 新潟県および福島県の県境に位置する尾瀬ヶ原を流れる河川は, 1級河川阿賀野川水系の只見川で最上流部に位置する。古くから本河川に生息した魚類はイワナ *Salvelinus leucomaenis* (Pallas) およびアブラハヤ *Rhynchocypris lagowskii* (Dybowski) のみであると考えられているが (川合, 1954), 現在ではギンブナ *Carassius auratus langsdorfii* (Temminck and Schlegel), ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor) を含めた5種が分布しているとされている (片山, 1996, 2012)。また, ヤマメ *Oncorhynchus masou* (Brevoort) が漁業協同組合によって1974年から2008年まで尾瀬沼や尾瀬ヶ原流水に放流されており (片山, 2007), 大正および昭和初期には, サケ科魚類であるカワマス *Salvelinus fontinalis* (Mitchill) などが放流されていた記録がある (Maruyama et al., 1982)。一方, イワナは古くから自然に分布していたが, 1988年以降では漁業協同組合によって尾瀬沼および尾瀬ヶ原地域に毎年およそ6000 - 13000尾を放流していた記録がある (片山, 1996, 2007)。これら放流は2008年以降中止となっていることから (片山, 2012), 現在生息しているイワナは自然産卵由来の個体のみと考えられる一方, これまでに放流された集団と在来の集団との間で遺伝的交雑が生じており, 尾瀬ヶ原流水に生息するイワナの遺伝的特性は変化している可能性も考えられる。また, 尾瀬ヶ原流水に生息するイワナは只見川本流にある三条の滝 (落差100 mほど) において長い間隔離された集団であることから, 遺伝的な特異性だけでなく, 生態的にも独特な進化を遂げていることも考えられる。

そこで本研究では, 尾瀬ヶ原流水に生息するイワナの基礎的な生態を把握するため, 第4次総合学術調査において電気ショッカーの許可を受け, 複数の支流においてイワナの体サイズ構成および年齢, 性別, さらに生息密度の調査を行った。

2. 方法

2.1 調査地

本流域は川上川と猫又川を最上流とし, これら支流の合流点から沼尻川までの合流点までをヨッピー川, 沼尻川の合流点から下流を只見川とよぶ (国土地理院地図の河川名に準ずる, 図1を参照)。調査地は, 尾瀬ヶ原における群馬県内で本流に流れ込む8支流および本流 (只見川) で行った (図1)。只見川に流れ込む支流内には, 河川工作物など魚類の移動を妨げる工作物が一切ないため, 支流間を移動することは可能である。ただし, 2020年10月に下ヨサク沢, 2021年6月に上ヨサク沢, 8月に長沢およびセン沢において本流の合流部から踏査したところ, 数百メートルに渡り瀬切れが起きていることを確認した (山本ら, 2021; 表1)。一方, 2021年4月末の雪解けの増水時において下ヨサク沢および上ヨサク沢の「瀬切れ区間」を踏査したところ, 本流とつながっていることを確認したことから, 魚類にとって移動が可能であると考えられた。

調査した各支流の川幅および流量は表1の通りである。最上流域の支流の一つが猫又川であり, 流域面積は

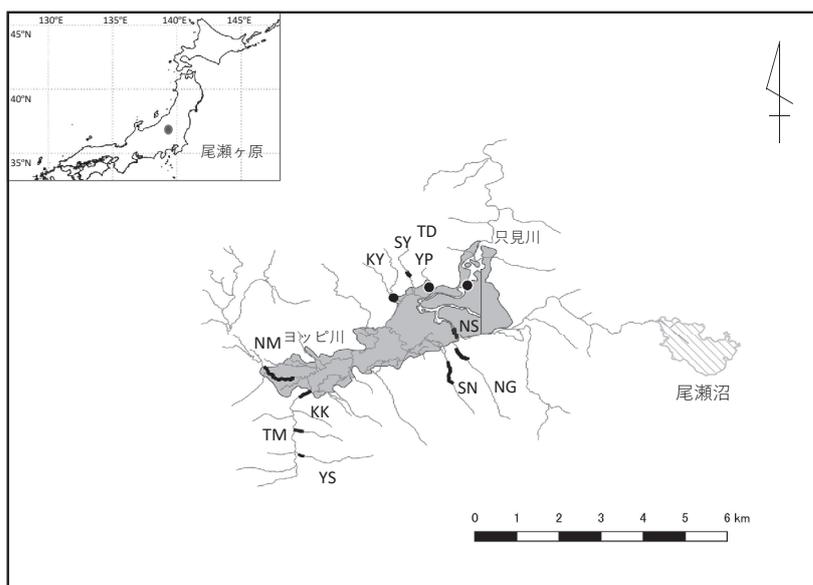


図1：調査地およびサンプリング場所。ストライプで示した場所が尾瀬沼であり, 灰色で示した場所は湿地帯である。各河川で幅のある黒い線で示した場所は電気ショッカーにより捕獲した場所を示す。また, 黒丸で示した地点はGPSで距離を求めることが出来なかった (只見川・ヨシッポリ沢, 上ヨサク沢)。KK：川上川本流, TM：川上川支流テンマ沢, YS：川上川支流ヨセ沢, NM：猫又川, SN：セン沢, NG：長沢, NS：沼尻川, SY：下ヨサク沢, KY：上ヨサク沢, YP：ヨシッポリ沢, TD：只見川。

表 1: 2021 年 6 月 15-17 日および 8 月 1-2 日の期間で調査した支流における調査範囲, 川幅および流量. また, 下流域を踏査し, 瀬切れが確認された支流は○とした.

| ID | 調査日 | 支流名 | 調査距離 (m) | 川幅 (m) | 流量 (m^3s^{-1}) | 瀬切れの有無 |
|----|-----------|------------|----------|--------|----------------------------------|--------|
| KK | 2021/8/1 | 川上川本流 | 314 | 6.1 | 0.965 | ○ *1 |
| TM | 2021/6/16 | 川上川支流・テンマ沢 | 165 | 1.5 | 0.042 | |
| YS | 2021/8/1 | 川上川支流・ヨセ沢 | 103 | 3.5 | 0.269 | |
| NM | 2021/6/17 | 猫又川本流 | 1028 | 9.6 | 1.132 | |
| YP | 2021/6/15 | ヨシッポリ沢 | - | - | - | |
| SY | 2021/6/15 | 下ヨサク沢 | 113 | 0.6 | 0.007 | ○ |
| KY | 2021/6/15 | 上ヨサク沢 | - | 1.5 | 0.017 | ○ *2 |
| TD | 2021/6/15 | 只見川本流 | - | - | - | |
| NS | 2021/6/16 | 沼尻川 | 220 | 7.8 | 1.454 | |
| NG | 2021/8/2 | 長沢 | 458 | 3.5 | 0.060 | ○ |
| SN | 2021/8/2 | セン沢 | 701 | 3.1 | 0.145 | ○ |

*1 片山 (2012) において瀬切れが本調査地の少し上流域にて起きていることが報告されている

*2 調査は瀬切れより本流側で行った

大きく, 川幅は平水時において約 10 m で, 流量が $1.13 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ であった. もう一つの最上流の支流である川上川の川幅は約 4.6 m, 流量は平水時で $0.97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ であった. また, 数キロ下で本流のほうに流れ込む河川として尾瀬沼の流出河川である沼尻川があり, その川幅は約 8 m, 流量は $1.45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ であった. それ以外に只見川の本流に流入する小支流としてヨシッポリ沢, 下ヨサク沢, 上ヨサク沢, 長沢, およびセン沢を調査地とした. 川上川は複数の 2 次支流が存在し, 本調査は本流の下流域以外にも, 2 次支流であるテンマ沢およびヨセ沢においても行った.

2.2 捕獲、年齢査定および生息密度

これら 8 つの支流および本流 (只見川) において 2021 年 6 月 15—17 日および 8 月 1—2 日の期間において電気ショック (Model 24B, Smith-root 社, USA) を直流 200-250V の設定で用いて捕獲を行った. 捕獲した個体は, 2-フェノキシエタノール (0.1 ml L^{-1}) を用いて麻酔をかけたのちに体長を 0.1 cm 単位まで測定し, ウロコおよび脂ビレをサンプリングした. サンプリング後はすべての個体を覚醒させたのち再び同じ地点に放した. 各個体の年齢査定は, 生物顕微鏡を用いて鱗の隆起線を観察し, 冬期帯の数より推定した. また, 電気ショックによって調査した場所は, GPS (GPSmap62s, Garmin 社, USA) を用いて記録し, 後日 QGISver3.18 を用いて捕獲調査を行なった距離を算出した. そして, 調査した距離と平均川幅をかけあわせることで調査面積を算出し, 捕獲した個体数で割った値を生息密度とした.

2.3 遺伝子を用いた性別

採取した脂ビレは, キレックス 100 (BioRad 社, USA) を用いて DNA 抽出を行い, PCR 法によって各

個体の性別判定を行った. PCR 反応には, テンプレート ($100 \text{ ng } \mu\text{l}^{-1}$) を $0.5 \mu\text{l}$ に対し, GoTaq Premix version (Promega 社, USA) $5 \mu\text{l}$, $10 \mu\text{M}$ 18S primer $0.1 \mu\text{l}$, $10 \mu\text{M}$ sdY primer $0.4 \mu\text{l}$ を加え, 蒸留水で全量を $10 \mu\text{l}$ の反応液として用いた. 尚, プライマーには Yano et al. (2012) においてサケ科魚類の性別決定遺伝子であることが報告されている sdY 領域を増幅する配列を用いて, 増幅が確認された場合は Y 染色体上にあることからオスとした. 一方で 18sRNA のプライマーのみで増幅が見られた場合は, メスとした. 増幅条件としては, $94 \text{ }^\circ\text{C}$ で 3 分の熱変性をしたのち, $95 \text{ }^\circ\text{C}$ で 30 秒の変性, $60 \text{ }^\circ\text{C}$ で 30 秒のアニリング, $72 \text{ }^\circ\text{C}$ で 30 秒の伸長を 35 サイクル繰り返し, 最後に $72 \text{ }^\circ\text{C}$ で 7 分の伸長反応を行った. PCR 産物は電気泳動を行い, バンドの有無によって性別判定を行った.

2.4 統計解析

統計解析には, 体サイズを応答変数, 説明変数を性別 (1: メス, 2: オス), 年齢および交互作用とし, 確率分布を正規分布と仮定した一般化線形混合モデルを構築した. このモデルでは, ランダム効果を支流 ID および時期とした. なお, 統計ソフト R のパッケージ lme4 (Bates et al., 2015) および lmerTest (Kuznetsova et al., 2016) で行い, 有意水準を 0.05 とした.

3. 結果

本調査で捕獲したイワナの個体数は 6 月で 159 尾, 8 月で 71 尾であった. イワナ以外ではアブラハヤのみがいくつかの支流で捕獲された (図 2, 表 2). 捕獲したイワナ 229 尾のうち, 219 尾 (95.6%) で鱗から年齢査定を行うことができ, 228 尾 (99.1%) で脂ビレの DNA から性別判定を行うことができた. 捕獲した個体の年齢は, 0 歳から 6 歳の範囲であり, オス 128 尾の平均体サイズおよび年齢は $15.42 \pm 5.57 \text{ cm}$, 2.67 ± 1.33 歳であり, メス 100 尾では $14.21 \pm 4.05 \text{ cm}$, 2.20 ± 1.03 歳であった. 各年齢における成長様式は, 0 歳で $5.5 \pm 0.7 \text{ cm}$ ($n=8$), 1 歳で $9.5 \pm 1.3 \text{ cm}$ ($n=44$), 2 歳で $13.9 \pm 2.0 \text{ cm}$ ($n=60$), 3 歳で $17.0 \pm 1.9 \text{ cm}$ ($n=68$), 4 歳で $19.8 \pm 3.0 \text{ cm}$ ($n=29$), 5 歳で $21.6 \pm 2.6 \text{ cm}$ ($n=11$), 6 歳で 28.4 cm ($n=1$) であった (図 3). 体サイズを雌雄間および年齢間で比較を行ったところ, 年齢間では差が認められたものの (t 値

表2: 2021年6月および8月にて捕獲したイワナ *Salvelinus leucomaenis* の尾数, 体サイズ, 雌雄比, 生息密度. 調査面積は川幅と調査距離を掛け合わせた値とし, その値を個体数で割った値が生息密度とした. また, アブラハヤ *Rynchocypris lagowskii* を一尾でも捕獲した場合, ○とした.

| ID | 支流名 | 捕獲尾数 | 体サイズ (cm±SD) (最小値-最大値) | 雌雄比 (M/M+F) | 生息密度 (尾 m ⁻²) | アブラハヤ の有無 |
|----|------------|------|----------------------------|----------------|------------------------------|--------------|
| KK | 川上川本流 | 37 | 15.47 ± 5.73 (4.7 - 28.4) | 0.51 | 0.019 | ○ |
| TM | 川上川支流・テンマ沢 | 24 | 14.63 ± 3.78 (6.0 - 20.5) | 0.67 | 0.097 | |
| YS | 川上川支流・ヨセ沢 | 11 | 13.53 ± 5.19 (4.3 - 19.5) | 0.73 | 0.031 | |
| NM | 猫又川 | 25 | 15.84 ± 6.87 (8.5 - 44.0) | 0.64 | 0.003 | ○ |
| YP | ヨシッポリ沢 | 11 | 12.18 ± 3.52 (7.3 - 17.8) | 0.55 | - | |
| SY | 下ヨサク沢 | 6 | 21.23 ± 3.70 (16.5 - 25.0) | 0.50 | 0.091 | |
| KY | 上ヨサク沢 | 11 | 12.51 ± 4.07 (7.6 - 17.7) | 0.36 | - | |
| TD | 只見川本流 | 28 | 15.74 ± 3.59 (9.6 - 23.4) | 0.39 | - | ○ |
| NS | 沼尻川 | 53 | 14.98 ± 4.36 (7.9 - 26.3) | 0.54 | 0.031 | ○ |
| NG | 長沢 | 11 | 13.05 ± 3.80 (8.5 - 18.3) | 0.64 | 0.007 | |
| SN | セン沢 | 12 | 13.11 ± 5.96 (5.4 - 22.4) | 0.83 | 0.006 | |

表3: 体サイズを応答変数とした一般化線形混合モデル (GLMM) の結果. 説明変数は年齢, 性別 (1: メス, 2: オス) およびそれら変数間の交互作用を組み込んだ.

| 説明変数 | 推定値 | 標準誤差 | t値 | p値 |
|------|--------|-------|--------|--------|
| 年齢 | 3.555 | 0.402 | 8.830 | <0.001 |
| 性 | -0.151 | 0.598 | -0.253 | 0.800 |
| 年齢*性 | -0.097 | 0.230 | -0.424 | 0.672 |

=8.83, $P < 0.001$; 表3), 雌雄間で違いは見られなかった (t 値 = -0.25, $P = 0.80$). また, 8支流における魚類密度を求めたところ, 平均 0.035 尾 m^{-2} , 範囲が 0.006-0.097 尾 m^{-2} であった (表2). 支流における雌雄比は平均で 0.58 (オス / (オス + メス)) であり, 雄に偏っていた. その中でも比較的支流の上流域および小規模の支流 (テンマ沢・ヨセ沢・セン沢・長沢) では下流域 (川上川本流・猫又川・沼尻川) に比べて雄の割合が高い傾向が見られた (表2).

4. 考察

4.1 年齢および体サイズ

本調査地に生息するイワナの年齢は, 0歳から6歳魚までであった. 残留型のイワナの性成熟開始は, オスで1-5歳, メスでは2-6歳であるが, 寿命はよくわかっておらず, これまでの死亡個体から概ね10歳以下であるとされている (森田・森田, 2007). また, 本調査地の成長様式は0歳魚が平均5.5 cm, 1歳魚が9.5 cm, 2歳魚が13.9 cmであった. 長良川・斐伊川水系に生息するイワナで成長様式が報告されており, 0歳魚が5.6 cm, 1歳魚で12.5 cm, 2歳魚で15.4 cmであることから (加藤, 1992), 本調査地の河川は比較的成長が遅いと思われる. また, 加藤 (1992) では採集した個体が全て2歳魚以下であるのに対し, 本研究では3歳以上の個体が多く見られたことから, 成長が遅く, 長生きする個体が多い傾向が本調査地の特性のひとつであると考えられた.

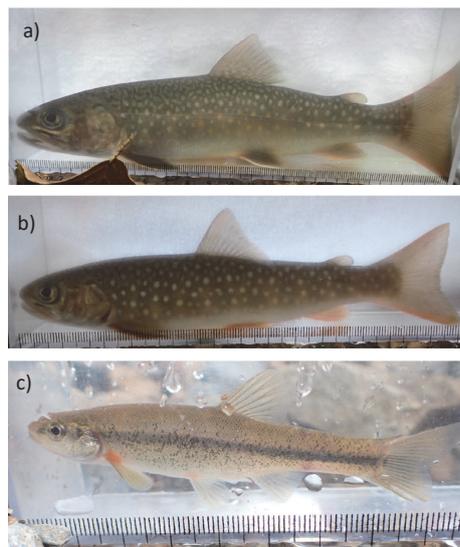


図2: a) セン沢において捕獲されたオスのイワナ (2021年8月2日撮影: 21.5 cm, 5歳), b) セン沢において捕獲されたメスのイワナ (2021年8月2日撮影: 15.7 cm, 3歳), c) 只見川において捕獲されたアブラハヤ (2021年6月15日撮影).

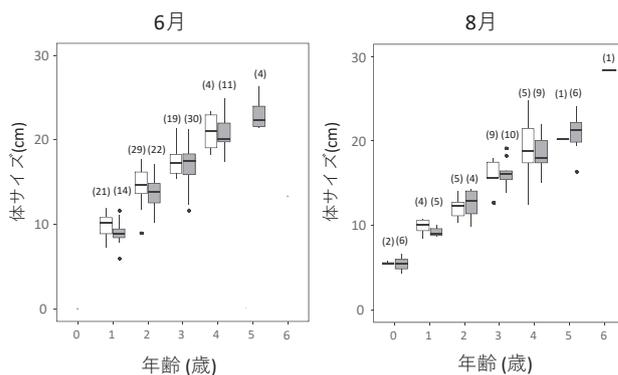


図3: 2021年6月および8月における各年齢の体サイズ. 白のボックスがメス, 灰色のボックスがオスを表し, カッコ内の数字がサンプル数である.

一方, 最大体長が44.0 cmの個体を猫又川にて捕獲した. 残念ながらウロコが全て再生鱗であったため年齢を推定することが出来なかったが, 遺伝子解析の結果オスであった. これまでの残留型イワナの集団における成熟体サイズでは30 cmを超える個体は稀である. 例えば, 北野・久保田 (2017) は諏訪地方の砥川水系のヤマトイワナを調べているが最大体長が30.4 cmであり, 山本ら (1992) でも残留型ニッコウイワナで最大体長は30 cm未満であった. それに対し, 人造湖が出来たことによって生活史形質が変化することも報告されており (Nakano et al., 1990), 人造湖を回遊したニッコウイワナ個体は40 cmを超えている事が報告されている (山本ら, 1992). また, 飼育実験下では, 残留型イワナの個体群が銀毛化することが報告されており, 潜在的に降海型に

なる能力を保持していることも示唆されている（久保, 1981）. 本調査地は、三条の滝などによって海（あるいはダム）とは回遊が出来ない集団であるが、体サイズから考えると池塘を小さな湖のように利用しており、一部の個体は回遊型（降湖型）として生活している可能性が考えられた.

4.2 雌雄間の分散

本研究では、雌雄に分けて年齢に応じた体サイズを示した結果、性による大きな違いが見られなかった. ただし、若齢ではメスのほうがやや大きい傾向が見られた一方、高齢個体では雄が多く、かつ大型である傾向が見られた. これまでイワナの初期における成長の比較が実験下で行われており、雄のほうが初期生活史では成長が良いことを示している（小池, 2000）. 本研究とは反対の傾向が見られた要因として雌雄間における分散様式の違いが関連していると思われる. 各支流内の性比をみたところ、河川規模によって雌雄の比率に違いが見られ、小規模の支流の上流域（テンマ沢・ヨセ沢・セン沢・長沢）においてオスが多くみられる傾向があった. これは、他のサケ科魚類で報告されていることと同様に、オスとメスとの間で分散様式が異なることを示唆している. 残留型として性成熟するオスは繁殖場である小支流に留まる傾向があるのに対し、メスはより大型になるために餌資源の豊富な本流域に移動していると考えられており、性依存的な分散様式が知られている（Yamamoto et al., 2021）. よって若齢では本流域に移動したメスのほうがやや大きい傾向があり、生息場所の違いがある程度関連していると考えられた. ただし、性成熟を迎える2歳以降では成熟にエネルギーを投資していることから雌雄間で差は見られず、むしろ大型個体では雄のほうがやや大きい傾向にあった. 太平洋サケ属においては性成熟に伴う雌の死亡率の高さが近年示されている（Martins et al., 2012; Burnett et al., 2014; Little et al., 2020）. 本調査においても、成熟に伴う性特異的な死亡率があり、オスのほうが高齢まで生き残っているのかもしれない.

4.3 生息密度

本研究では、どの支流においても低い生息密度であった. 本調査地での平均 0.035 尾 m^{-2} （範囲：0.006-0.097）であるのに対し、岐阜県飛騨川水系で報告されている平均密度は 0.165 尾 m^{-2} （範囲：0.017-0.468, 岸・徳原, 2012）、栃木県利根川水系では禁漁年で 15 cm 以上の密度が 0.06 尾 m^{-2} （久保田ら, 2010）であることが報告されている. 本調査地は通年に渡り釣り等の遊漁が禁止さ

れていることから比較的安定した個体群が維持されていると思われたが、他の河川と比較しても低い値であった. 生息密度が低い要因は不明であるが、その一つには瀬切れが生じていることが関連していると考えられる（表1）. 本調査地では夏季に瀬切れ区間が複数の河川で確認されており（図4）、扇状地地形の伏流しやすい場所で瀬切れが生じやすいと思われる. 産卵期において本流より上流域に遡上することができないのであれば、支流内の個体群は縮小していくことは十分に考えられる. 実際に琵琶湖流入河川では、夏季にいくつかの河川で瀬切れが起きており、ビワマスが産卵遡上できていないことが報告されている（尾田, 2010）. ただし、この瀬切れは1年中起きているのではなく、雪解け増水時である4月上旬より5月中旬ぐらいまでは本流域とは連結している. また、長い期間に渡り瀬切れが生じていたとすれば、そこに生息するイワナはそれに合わせた生活史を送っているのかもしれない. 今後の調査によって本流と支流との移動等に関して解明されることが期待される.

また、瀬切れが生じていない支流（テンマ沢・ヨセ沢）においても密度が低いことから、要因は瀬切れだけではないと思われる. 考えらる要因の一つとしては、餌資源の水生昆虫の生産性の低さが関連しているのかもしれない. サケ科魚類は四季を通じて水生昆虫を餌資源として利用する（加藤, 1992）. 本調査地においても夏季の胃内容物が調べられており、水生昆虫を多く利用していることが報告されている（川合, 1954; Tanida et al., 1989）. 本調査において電気ショッカーで魚類を捕獲する際、カゲロウ目、トビケラ目およびカワゲラ目の幼虫など底生動物が貧弱な印象を受けた. 残念ながら、本研究では水生昆虫など底生動物の定量的な調査は行っておらず、どの程度の生物量であるのかは不明であるが、河川の付着藻および水生昆虫の一次および二次生産性が河



図4: セン沢下流域で見られた瀬切れ区間(2021年8月2日撮影).

川のご食物網構造の起点となっていることから (Power and Matthews, 1983; Lamberti, 1996), その低さが低密度に影響しているのかもしれない。ただし、イワナにとって河川に落下してくる昆虫など陸生無脊椎動物も夏季の重要な餌資源であることから (川合, 1954; Tanida et al., 1989)、河畔林が発達している地域では陸生昆虫量もイワナの生息密度を考える上で極めて重要である。よって今後、各河川における付着藻類量、水生昆虫量、さらには陸生の昆虫など無脊椎動物と河川生態系全体をとらえて、イワナにとっての環境収容力を検討することが望まれる。

謝辞

この調査研究は第4次尾瀬総合学術調査の一環として行われた。調査にあたって山の鼻ビジターセンター、尾瀬保護財団、尾瀬管理官事務所、東京電力、東京パワーテクノロジー (株) の方々から調査時に便宜を計っていただいた。また、国立環境研究所の野原精一博士には多くのご助言をいただき、群馬県水産試験場の山下耕憲博士には尾瀬ヶ原の流入河川におけるサケ科魚類の放流状況をご教授いただき、吉田菜穂さんには脂びれからの遺伝子抽出および鱗の整理をしていただいた。この場でお礼申し上げる。

引用文献

- Bates, D., M. Mächler, B. M. Bolker, and S. C. Walker (2015) Fitting linear mixed-effects models using lme4. *J. Stat. Software*, **67**, 1-48.
- Burnett, N. J., S. G. Hinch, D. C. Braun, M. T. Casselman, C. T. Middleton, S. M. Wilson, and S. J. Cooke (2014) Burst swimming in areas of high flow: delayed consequences of anaerobiosis in wild adult sockeye salmon. *Physiol. Biochem. Zool.*, **87**, 587-598.
- 片山満秋 (1996) 尾瀬山の鼻地区における生活排水の流水に及ぼす影響について (第18報) - ミズワタ・魚類 -。尾瀬の自然保護, **19**, 34-45.
- 片山満秋 (2007) 尾瀬山ノ鼻地区における生活排水の流水に及ぼす影響について (第11報) - ミズワタ・魚類 -。尾瀬の自然保護, **30**, 43-48.
- 片山満秋 (2012) 尾瀬ヶ原の魚。群馬の自然, **163** 9-13.
- 川合禎次 (1954) 尾瀬ヶ原流水の動物相。尾瀬ヶ原, (尾瀬ヶ原総合学術調査団 編): 702-708, 日本学術振興会, 東京。
- 岸大弼, 徳原哲也 (2012) 飛騨地方南部の飛騨川支流群における魚類相。岐阜県河川環境研究所研究報告, **57**, 1 - 10.

- 北野聡, 久保田伸三 (2017) 諏訪地方・砥川水系におけるヤマトイワナの生息状況ならびに個体群構造。長野県環境保全研究所研究報告, **13**, 55 - 59.
- 小池利通 (2000) サケ科魚類数種の雌雄の成長差について。新潟県内水面水産試験場調査研究報告 **24**, 27-31.
- 久保達郎 (1981) 川の生活と海の生活のわかれみち。アニマ **95**, 10 - 16.
- 久保田 仁志, 酒井 忠幸, 土居 隆秀 (2010) 溪流魚の資源増殖に対する輪番禁漁の効果。日本水産学会誌, **76**, 1048-1055.
- Kuznetsova, A., P. B. Brockhoff and, R. H. Bojesen-Christensen (2016) lmerTest: Tests in linear mixed effects models. <http://CRAN.R-project.org/package=lmerTest>
- Lamberti, G. A. (1996) The role of periphyton in benthic food webs. In: *Algal Ecology*, Stevenson R. J., M. L. Bothwell and R. L. Lowe (eds.) : 533-572. Academic Press
- Little, A. G., E. Hardison, K. Kraskura, T. Dressler, T. S. Prystay, B. Hendriks, J. N. Pruitt, A. P. Farrell, S. J. Cooke, D. A. Patterson, S. G. Hinch, and E. J. Eliason (2020) Reduced lactate dehydrogenase activity in the heart and suppressed sex hormone levels are associated with female-biased mortality during thermal stress in Pacific salmon. *J. Exp. Biol.* **223**, jeb214841.
- Martins, E. G., S. G. Hinch, D. A. Patterson, M. J. Hague, S. J. Cooke, K. M. Miller, D. Robichaud, K. K. English, and A. P. Farrell (2012) High river temperature reduces survival of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) approaching spawning grounds and exacerbates female mortality. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **69**, 330-342.
- Maruyama, T., Y. Saito, and K. Tanida (1982) Preliminary studies on the fishes in the Ozegahara moor and the adjacent streams. In: Hara, H., S. Asahina, Y. Sakaguchi, K. Hogetsu and N. Yamagata (eds.) *Ozegahara: Scientific Researches of the Highmoor in Central Japan*: 439-442. Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo.
- 森田健太郎・森田晶子 (2007) イワナ (サケ科魚類) の生活史二型と個体群過程。日本生態学会誌, **57**, 13 - 24.
- Nakano, S., K. Maekawa, and S. Yamamoto (1990) Change of the life cycle of Japanese charr following artificial lake construction by damming. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1901-1905.
- 尾田昌紀 (2010) 琵琶湖流入河川におけるビワマスの産卵床分布。日本水産学会誌, **76**, 213-215.
- Powe M.E., and W.J. Matthews (1983) Algae-grazing minnows (*Campostoma anomalum*) piscivorous bass (*Micropterus* spp.), and the distribution of attached

- algae in a small prairie-margin stream. *Oecologia*, **60**, 328-332.
- Tanida, K., T. Maruyama, and Y. Saito (1989) Feeding ecology of Japanese charr (*Salvelinus leucomaenis*) in a high moor and adjacent streams in central Japan. *Physiol. Ecol. Japan, Spec.*, **1**, 279-294.
- 山本聡 (1991) イワナその生態と釣り. つり人社, 東京
- 山本祥一郎, 中野繁, 徳田幸憲 (1992) 人工湖におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の生活史変異とその分岐. 日本生態学会誌, **42**, 149 - 157.
- 山本俊昭, 藤原英史, 萩原富司, 野原精一 (2021) 尾瀬ヶ原の下ヨサク沢に生息するイワナ *Salvelinus leucomaenis* の遺伝的特性について. 陸水学雑誌, **82**, 217-224.
- Yamamoto, T., S. Kitanishi, and N. Metcalfe (2021) Effect of paternal phenotype on dispersal, growth and maturation of offspring in wild masu salmon (*Oncorhynchus masou*). *Evol. Ecol.*, **35**, 253-269.
- Yano, A., R. Guyomard, B. Nicol, E. Jouanno, E. Quillet, C. Klopp, C. Cabau, O. Bouchez, and A. Fostier (2012) An immune-related gene evolved into the master sex-determining gene in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Curr. Biol.*, **22**, 1423-1428.