

# 長野県水産試験場研究報告 第 19号

(附 平成 30 年度 長野県水産試験場事業報告)

BULLETIN  
OF  
NAGANO PREFECTURAL  
FISHERIES EXPERIMENTAL STATION  
No.19

令和 2 年 3 月

長野県水産試験場

March 2020

NAGANO PREFECTURAL  
FISHERIES EXPERIMENTAL STATION  
NAGANO JAPAN

# 長野県水産試験場研究報告

## 第19号

### 目次

(日本水産学会誌, 85(4), 421-428 (2019) 掲載論文)	
池干し時のため池の外来魚根絶を目的とした石灰散布技術の検討 (抄録)	
小関右介・小松典彦・小原昌和……………	1
既設堰堤に設置した溪流用簡易魚道におけるイワナ親魚の遡上	
松澤 峻・星河廣樹・河野成実・澤本良宏……………	2
信州サーモン稚魚の大小選別が脊椎骨異常に及ぼす影響	
竹花孝太・小川 滋・山崎正幸・降幡 充……………	8
千曲川上中流域の水田地帯への国外外来種カラドジョウの侵入およびドジョウとの混生の実態	
熊川真二・新海孝昌・茂木昌行……………	12
イワナナガクビムシのふ化及び幼生の寄生能力期間	
川之辺素一……………	24

(日水誌, 85 (4), 421-428 (2019) 掲載論文)

## 池干し時のため池の外来魚根絶を目的とした石灰散布技術の検討 (抄録)

小関右介<sup>1</sup>・小松典彦・小原昌和<sup>2</sup>

### Lime application techniques for invasive fish eradication in drained farm ponds

Yusuke Koseki, Norihiko Komatsu, Kohara Masakazu

ため池の外来魚駆除に使用される強アルカリ剤である消石灰の魚毒性を調べた。石灰暴露試験に用いた4種(外来2種および在来2種)の間で6時間致死濃度に大きな違いはなかった。石灰水への池泥の添加は致死濃度を有意に上昇させたが、致死pH(約12.0)には影響しなかった。池泥を添加した致死濃度石灰水は調製後2週間でも高いpH値を示したが、

同じ石灰水の50倍またはそれ以上の希釈液は調製後ただちに中性を示した。これらに基づき、殺魚剤としての消石灰の特性とため池の外来魚根絶のための石灰散布技術について議論した。

掲載URL : <https://doi.org/10.2331/suisan.18-00037>

1 大妻女子大学家政学部ライフデザイン学科, 2 (一社) 全国水産技術者協会

# 既設堰堤に設置した溪流用簡易魚道におけるイワナ親魚の遡上

松澤 峻・星河廣樹・河野成実・澤本良宏

## Run-up of Salmonid fish in the simple fishway for dams installed in the mountain stream

Shun Matsuzawa, Hiroki Hosikawa, Narumi Kouno and Yoshihiro Sawamoto

### 緒言

河川上流域に生息するイワナ *Salvelinus leucomaenis*、ヤマメ *Oncorhynchus masou masou* 等の河川型のサケ科魚類（以下、溪流魚）は、産卵期になると河川の上流や支流に遡上（以下、産卵遡上）することが知られている。現在、溪流域には魚道のない治山堰堤や砂防堰堤（以下、堰堤）が数多く設置されており、産卵遡上や移動の障害となっている。<sup>2,3)</sup>さらに、堰堤によって連続性が失われた河川上流域では、隔離された個体群が絶滅する可能性が示唆されている。<sup>4)</sup>そのような堰堤には魚道の設置を検討すべきであるが、常設型の魚道の場合、工事費や整備後の管理・改修などの様々な課題があり、漁業協同組合（以下、漁協）が単独で整備するのは困難である。

一方で、両側回遊魚のアユ *Plecoglossus altivelis* については、障害となっている取水堰にコンテナボックスや土嚢を用いた簡易魚道を設置する<sup>5,6)</sup>など、簡易的な方法で河川の連続性を確保する取り組みが行われている。しかし、サケ科魚類を対象とした簡易魚道は秋田県で遡河性のサクラマス *Oncorhynchus masou masou* を対象とした試験<sup>7)</sup>が行われているのみであり、溪流魚での研究例は少ない。本研究では、溪流魚の産卵遡上阻害を緩和する技術の一つとして、漁協単独で作製および設置が可能な溪流用簡易魚道を開発し、自然河川の既設堰堤に設置して溪流魚親魚の遡上状況を調べ、魚道設置の増殖効果について論議する。

### 材料と方法

#### 溪流用簡易魚道の構造

溪流魚の漁場に既設されている高さ 3m 程度の堰堤に設置することを想定し、水田用簡易魚道<sup>8)</sup>を参考に溪流用簡易魚道（以下、簡易魚道）を開発した。魚道の材料は市販されている機材のみであること、作業員 3 人程度で 2 時間以内に設置できる簡易な構造であることを開発のねらいとした。

簡易魚道の概要を図 1 に示した。溪流魚が魚道への入

り口を容易に見ることができるようにするため、流路を折り返し型とし堰堤直下の淵の堰堤壁付近に入口を設けた。魚道本体には、コルゲート管の上部 1/4 をのこぎりで切り取り 3/4 の形状に加工したものを用いた。魚道内での剥離流の発生を回避し、越流部での適正な流速と水深の確保するために、魚道内に半円状の隔壁を設置した。隔壁は越流部が斜めになるように 45°に傾かせ、流れが蛇行するように傾きの方向が交互になるよう設置した。隔壁から隔壁までの間隔を 36cm とした（図 2）。<sup>9)</sup>この構造により流量が 4L/s の条件下において、剥離流は発生せず、流速はプール部で 60cm/s 以下、越流部で 100cm/s 程度、水深はプール部で約 13cm、越流部で約 9cm となる。<sup>9)</sup>この基本構造は、飼育池における養成イワナを用いた予備実験によりイワナが遡上できる構造であることが確認さ



図 1 開発した溪流用簡易魚道



図 2 隔壁を設置した様子  
(左：通水前、右：通水後)

れている。<sup>9)</sup> 既設堰堤への設置に際しては、堰堤の高さに応じて、コルゲート管の長さを変化させることで対応が可能である。簡易魚道に使用した材料を表1に示した。材料は全て市販品である。

表1 簡易魚道の作製に必要な材料

材料
コルゲート管 (鳥居化成株式会社製) 「独立山シングルプレスト管」 (定尺 φ40cm×5m、材質：高密度ポリエチレン)
単管パイプ
フレキシブルダクト (φ32cm×5m)
直行クランプ
番線
隔壁用半円板

自然河川試験

千曲川水系奈良井川支流都合沢(つごうさわ)の高さ約1.5mの2つの堰堤、鎖川支流中俣沢(なかまたさわ)の高さ約3mの2つの堰堤の計4堰堤にそれぞれ簡易魚道を設置した(表2)。生息魚は都合沢がイワナとヤマメ、中俣沢がイワナのみである。簡易魚道を設置した都合沢の堰堤は、奈良井川本流との合流点から52mの地点にあり、本流との合流点から1つ目の堰堤①と、その53m上

流で、本流との合流点から2つ目の堰堤②である(図3)。中俣沢の堰堤は、鎖川との合流点からおよそ3km上流にあり、およそ200mの区間に連続する3つの堰堤のうち、上流側の2つの堰堤である(下流から①、② 図4参照)。都合沢は漁場として利用されている一方、中俣沢は禁漁となっている。各堰堤に設置した簡易魚道は、都合沢①、②および中俣沢①、②とした(表3)。簡易魚道の設置は河川管理者に対して河川一時占用許可をとり、2017年7月19日～8月2日の間に行った。簡易魚道設置後、魚道内流量および流速を測定した。

簡易魚道を遡上する渓流魚を確認するために、各簡易魚道の上流端にタイムラプスカメラ(brinno社製TLC200)(設置期間：2017年8月10日～11月7日)を設置し、魚道を遡上した個体を1秒間隔で撮影した(図5)。加えて、簡易魚道を遡上した魚種、個体の体サイズ、成熟についての情報を得るために、ウナギ筒を利用したトラップ(設置期間：2017年9月22日～11月7日)を設置し、遡上魚の採捕を行った(図6)。タイムラプスカメラの撮影およびトラップによる遡上魚の採捕の有無の確認は設置期間中毎日行った。トラップで捕獲したイワナは全長、体重を計測後、外観から雌雄と成熟の有無を確認し、脂ビレを切除して標識を施した後に簡易魚道上流へ放流した。

表2 試験河川

河川名	水系	標高(m)	河川幅(m)	勾配(%)	水温(度)	漁場利用	生息魚種
都合沢	千曲川水系 奈良井川支流	857	3.3	10	7.8～16.0	遊漁区	イワナ、ヤマメ
中俣沢	千曲川水系 鎖川支流	1,170	2.7	11	6.8～14.7	禁漁	イワナ

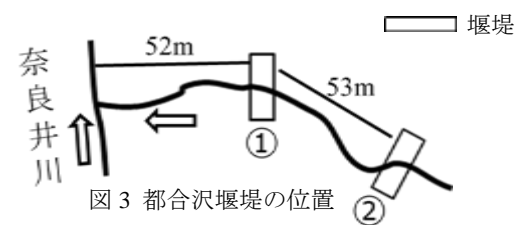


図3 都合沢堰堤の位置

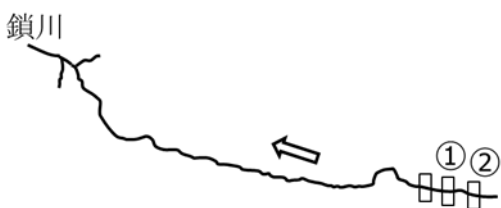


図4 中俣沢堰堤の位置

表3 簡易魚道の詳細

簡易魚道	堰堤の高さ(m)	たたきの状態
都合沢 ①	1.5	淵
都合沢 ②	1.5	淵
中俣沢 ①	3	淵
中俣沢 ②	3	淵



図5 タイムラプスカメラ



図6 ウナギ筒を利用したトラップ

### 結果

各魚道の作製に要した作業員数、時間、材料費を表4に示した。設置にかかる労力は3人で1時間から1時間30分程度であり、材料費は概ね76,000～83,000円の範囲であった。各簡易魚道の魚道内流量、流速を表5に示した。簡易魚道内の流量は最大で8.8L/s、流速は最も早くなる越流部であっても最大133.0cm/sであった。

タイムラプスカメラでの総確認尾数は、都合沢①で36尾、都合沢②で3尾、中俣沢①で9尾、中俣沢②で9尾であり、本流との合流点から最初の堰堤に設置した都合沢①での採捕数が多かった。調査日ごとのタイムラプスカメラによって遡上が確認された個体数を図7に示した。各魚道とも産卵期前の8月から遡上が認められ、10月26日以降は遡上がなかった。なお、タイムラプスカメラの映像からは魚種を確定することはできなかった。

トラップでは都合沢①で11尾のイワナが採捕されたが、他の魚道では採捕されなかった。採捕された遡上魚はすべてイワナであり、全長は19.3～32.9cmであった。雌雄については雄が7尾、雌が4尾で全て成熟していた(表6、図8)。なお、10月14日にトラップに入った20.1cm

(♂)のイワナは脂ビレが切除されており、前日の13日に採れた個体が再捕されたと判断した。

表4 簡易魚道の設置に必要な労力と費用

簡易魚道	作業員数(人)	作業時間	費用(円)
都合沢	①	1時間30分	76,020
	②	1時間	76,020
中俣沢	①	1時間30分	81,845
	②	1時間20分	82,645

表5 簡易魚道の物理的パラメータ

簡易魚道	流量(L/s)	流速(cm/s)		
		プール部	越流部	
都合沢	①	6.8	32.2	129.0
	②	8.8	35.9	119.2
中俣沢	①	8.6	36.7	115.6
	②	7.4	40.5	133.0

### 考察

本研究では遡上魚の確認はタイムラプスカメラとトラップを併用して行った。タイムラプスカメラは、日中であれば遡上魚を確実に撮影することができる長所がある一方で、映像からは魚種の特定ができないこと、夜間の撮影が困難であるといった短所があった。トラップは、遡上した魚種を特定することができ体サイズ等の情報を得ることができる一方で、遡上しているにもかかわらず、採捕されない事例があることが分かった。特に都合沢②、中俣沢①、②のようにトラップでは全く採捕されない事例があり、トラップだけの調査では、実際の遡上尾数を過少評価してしまう。このように、両手法には長所と短所があるため、魚道の評価を行う際には、タイムラプスカメラとトラップのような2つの手法を併用する必要がある。

本研究での魚道内流速は最も速くなる越流部であっても最大133.0cm/sであった。溪流魚の突進速度は体長の10倍という報告があり<sup>10)</sup>体長13.3cm以上の溪流魚であれば遡上可能な流速であった。長野県内河川の野生イワナについて、全長15cm未満の個体は雌雄ともにほとんど成熟せず、雄では全長17cm以上、雌では21cm以上に達し

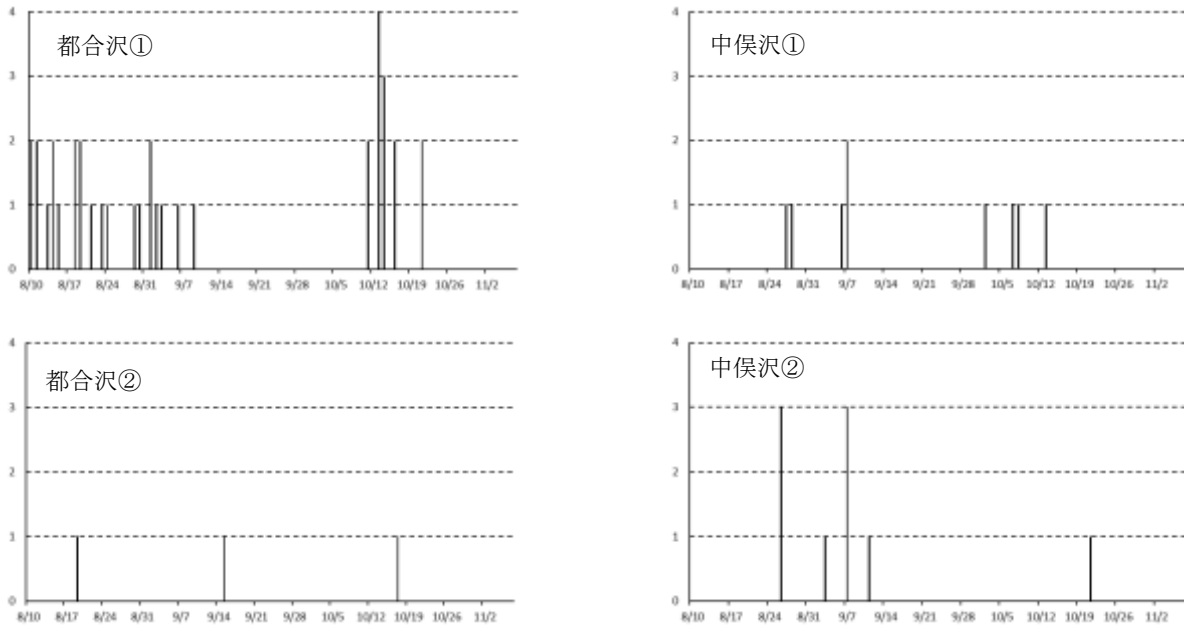


図7 調査日ごとの遡上尾数

表6 トラップによる遡上状況調査結果

簡易魚道	確認日	魚種	全長 (cm)	体重 (g)	雌雄
都合沢①	10/11	イワナ	19.3		♂
	10/13	イワナ	26.1	167	♀
		イワナ	20.1	77	♂
	10/14	イワナ	20.1	77	♂
		イワナ	19.7	66	♂
	10/15	イワナ	26.5	173	♀
		イワナ	22.8	109	♂
		イワナ	23.8	119	♂
	10/17	イワナ	32.9	309	♂
		イワナ	20.7	92	♀
10/21	イワナ	25.5	159.8	♀	
都合沢②	—	—	—	—	—
中俣沢①	—	—	—	—	—
中俣沢②	—	—	—	—	—



図8 簡易魚道を遡上したイワナ

た個体のほとんどが成熟すると報告があり、<sup>11)</sup>親魚サイズであれば簡易魚道の遡上が可能であろう。本研究でトラップにて捕獲されたイワナも全て成熟した親魚であり、開発した簡易魚道は、堰堤によるイワナの産卵遡上の障害を緩和する技術として有効である。都合沢での予備試験ではヤマメの遡上も確認している<sup>12)</sup>ため、今回開発した簡易魚道はイワナだけでなく、ヤマメ・アマゴを含めた溪流魚が利用可能と考える。

イワナは産卵期になると本流から支流へ遡上して産卵する傾向があり、<sup>13)</sup>本流との合流点から近距離にある最初の堰堤下で重複産卵が多いことが知られている。<sup>14)</sup>都合沢①での遡上尾数が他の魚道に比べて多かったことは、都合沢①が奈良井川本流との合流点から約50mの地点にある最初の堰堤であったことが影響している可能性がある。人工産卵床の造成は、本流との合流点から最初の堰堤までの間の支流に設置することが推奨されている<sup>15)</sup>が、簡易魚道も同様に、本流との合流点から最初の堰堤に設置することが効果的であると考える。

都合沢①においてトラップにて採捕した10尾のイワナは、雌雄ともに成熟しており上流での産卵が期待できる。雌親魚は4尾採捕したが、前述したようにトラップでは遡上個体を全て把握できていない。タイムラプスカメラでの確認尾数は36尾であったが、トラップで明らかになった同一個体の二重カウントを考慮して補正すると、実遡上尾数は33尾と推定される。この33尾を用いて遡上した雌の尾数を試算すると、

$$33 \text{ 尾} \times (4 \text{ 尾} / 10 \text{ 尾}) = 13.2 \text{ 尾}$$

となり、13尾の雌親魚が遡上したと推定できる。遡上した雌が全て産卵したと仮定した場合、体サイズから期待される産卵数を小原ら<sup>14)</sup>の式により試算すると、トラップで採捕した4尾の産卵数は合計で1,375粒となる。この粒数を雌親魚の全遡上数の推定値13尾に引き延ばすと、期待される産卵数は

$$1,375 \text{ 粒} \times (13 \text{ 尾} / 4 \text{ 尾}) = 4,469 \text{ 粒}$$

となり、魚道の設置によって4,469粒の添加があったと推定できる。

自然繁殖で産まれた稚魚が制限全長である15cm以上になるまでの生残率は1.86%という報告がある。<sup>15)</sup>この生残率から推定すると、4,469粒の卵から全長15cm以上になった時点での生残尾数は83.1尾と推定される。都合沢①の材料費は76,000円であり耐用年数を10年とした場合、1年あたりのコストは7,600円である。魚道の設置を増殖行為と考え、費用対効果を計算すると、1年7,600円のコストで全長15cm以上のイワナを83.1尾増やすことができることとなり、これを1尾あたりに換算すると91円/尾となる(表7)。

イワナ、ヤマメ・アマゴを総合しての試算ではあるが、全長15cm以上の魚を1尾増やすために必要な種苗の購入費用を放流手法別に計算すると、稚魚放流が563円、成魚放流が126円以上、発眼卵放流は106円、親魚放流は90円となる。<sup>15)</sup>都合沢①における費用対効果は、親魚放流並みに優れていた可能性がある(表7)。前述のとおり、簡易魚道の設置は、多くの親魚が遡上を阻害されている堰堤ほど有効なので、従来から親魚の汲み上げ放流を行っているような堰堤に簡易魚道を設置すれば、遡上数は本研究の値よりも増加し、費用対効果はさらに高くなることが予想される。

本研究で開発した簡易魚道は、河川一時占用許可の手続きを行えば、漁協単独で作製及び設置が容易な技術であり、親魚の遡上環境を改善する技術として有効であることが分かった。しかし、簡易魚道の設置が資源増加にどの程度寄与しているかについては実際の調査は行われていない。今後は、第五種共同漁業権における「積極的な増殖行為」と認証されるためにも、サクラマス<sup>16)</sup>で行われているような長期の資源動向を把握する調査を行い、増殖効果を検証することが求められる。

表7 各増殖手法との費用対効果の比較

増殖手法	全長15cm以上の魚を1尾増やすのに必要な種苗の購入費用
稚魚放流	563円
成魚放流	126円以上
発眼卵放流	106円
簡易魚道の設置	91円
親魚放流	90円



## 要約

- 1 既設堰堤による溪流魚の産卵遡上阻害を緩和する技術の一つとして、漁協単独で作製および設置が可能な溪流用簡易魚道を開発した。
- 2 簡易魚道の作製にかかる費用は 76,000~83,000 円程度であり、設置にかかる労力は 3 人で 1 時間から 1 時間 30 分と容易に作製および設置が可能である。
- 3 遡上状況調査の結果、タイムラプスカメラにより 4 つの簡易魚道においてのべ 57 尾の遡上が確認された。トラップによる採捕調査では、都合沢①において成熟したイワナが 11 尾採捕され、親魚サイズの遡上を確認された。
- 4 都合沢①における遡上状況調査の結果と簡易魚道の設置費用から費用対効果を試算した結果、簡易魚道の設置は親魚放流と同程度の費用対効果があることが示唆された。
- 5 今回開発した簡易魚道は既設堰堤による溪流魚の産卵遡上阻害を緩和する技術として有効である。

## 謝辞

本研究において河川における実証試験を行うにあたり、奈良井川漁業協同組合、朝日村、塩尻市には理解と協力を賜った。ここに感謝申し上げる。

本研究は水産庁委託事業「内水面資源生息環境改善手法開発事業」により、国立研究開発法人 水産研究・教育機構との共同研究として実施した。

## 引用文献

- 1)中村智幸:イワナをもっと増やしたい!「幻の魚」を守り、育て、利用する方法.フライの雑誌社.東京.2008.
- 2)福島路夫:ダムによる流域分断と淡水魚の多様性低下-北海道全域での過去半世紀のデータから言えること.日本水産学会誌,55:349-357,2005.
- 3)中村智幸:鬼怒川上流におけるイワナ、ヤマメの産卵床の立地条件の比較.日本水産学会誌,65:427-433,2007.
- 4)遠藤辰典・坪井潤一・岩田智也:河川工作物がイワナとアマゴの個体群存続に及ぼす影響.保全生態学研究,11:4-12,2006.
- 5)高瀬智洋・澤崎昌子・安斎武治:アユの遡上促進のためのコンテナボックスを用いた簡易魚道の開発と効果検証.東京都水産海洋研究報告,(6):39-45,2018
- 6)株式会社日本海洋生物研究所:アユの遡上環境の把握と改善手法.株式会社日本海洋生物研究所技術情報,No.2013-01,2013.
- 7)佐藤正人:銀鱗きらめく秋田の川づくり事業(サクラマス魚道).平成26年度秋田県水産振興センター業務報告書,380-383,2015.
- 8)愛知県農業総合試験場:水田魚道の設置・観察・管理マニュアル.  
(<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/nososi/0000035695.html>)
- 9)松澤峻:簡易魚道の開発-I(内水面資源生息環境改善手法開発事業).平成27年度長野県水産試験場事業報告,15,2017.
- 10)玉井信行・水野信彦・中村俊六:河川生態環境工学 魚類生態と河川計画,第7版,東京大学出版会,1997,77.
- 11)山本聡・沢本良宏・小原昌和:長野県における野生イワナの成熟全長.長野県水産試験場研究報告,3,5-7,1994.
- 12)松澤峻・星河廣樹・河野成美・沢本良宏:簡易魚道の開発-III(内水面資源生息環境改善手法開発事業).平成28年度長野県水産試験場事業報告,6,2018.
- 13)中村智幸:イワナにおける支流の意義.自然復元特集4 魚から見た水環境-復元生態学に向けて/河川編-,(株)信山社サイテック,117-187,2000.
- 14)小原昌和・沢本良宏・山本聡・荻上一敏:木曾川産イワナ野生魚の人工採卵.長野県水産試験場研究報告,3,5-7,1994.
- 15)水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部:マス類の効果的な増殖手法の開発,水産総合研究センター増養殖研究所内水面研究部(編),地域の状況を踏まえた効果的な増殖手法開発事業研究報告書.水産庁.東京,62-86,2013.
- 16)下田和孝・ト部浩一・川村洋司:魚道設置後のサクラマス資源の増加過程.日本水産学会,85(3):305-313,2019.

# 信州サーモン稚魚の大小選別が脊椎骨異常に及ぼす影響

竹花孝太・小川 滋・山崎正幸・降幡 充

## Effect of size-selection on vertebral deformity of Shinsyu Salmon juvenile

Kota Takehana, Shigeru Ogawa, Masayuki Yamasaki and Mitsuru Furihata

養殖技術の開発により海産魚や淡水魚など様々な魚種が養殖されるようになってきた。その中で、生産現場では、体型異常魚の出現が問題となることがあり、マダイやブリ、ヒラメ、クエ、キジハタなど全国各地の養殖魚で報告されている。<sup>1-4)</sup> 体型異常魚は、出荷段階において商品価値を大きく損ねることから生産者の経済的な損失は大きい。体型異常魚の出現の要因として、水温や溶存酸素、ハンドリングなどの外部環境や親魚の遺伝的影響、卵質、成長速度など多様な要素が考えられている。<sup>5)</sup>

信州サーモンは、四倍体ニジマスと性転換雄ブラウントラウトを交配した全雌異質三倍体であるが、体型異常として脊椎骨に異常のある個体がみられ、大型魚に短軀症や側弯症といった個体が確認されている。<sup>6)</sup> また、調理師から、外観観察では脊椎骨に異常が見られなくとも三枚おろしにした際に包丁に脊椎骨が当たるといった声があり、外観に現れない程度の軽度な脊椎骨異常も存在していると考えられる。そこで、信州サーモンの脊椎骨異常の出現状況及び低減対策について研究を行った。アユの生産現場では、稚魚期の選別により大型群を残すと体型異常個体の出現率が下がることが経験的に知られており、信州サーモンにおいても同様の効果が得られるか調査した。

### 材料と方法

#### 供試魚

2012年12月に採卵・受精し長野県水産試験場押野

試験池で飼育した信州サーモンを用いた。2013年5月27日に供試魚を目開き7mm×7mmのかご型篩により大型群550尾(平均体重1.85g)、小型群550尾(平均体重1.16g)の2群に大小選別し、別々の水槽に収容した。収容後、ライトリッツの給餌率に従いマス用の配合飼料を平日給餌した。飼育水には、曝気した地下水を使用した。

#### 脊椎骨異常の確認

2013年11月20日、2014年7月3日(以下I、II期末とする)に調査時点での生残魚の約半数を、無作為に供試魚として取り上げた。取り上げ後、個体ごとに体重を測定し、生鮮状態で外観から脊椎骨異常の有無を確認した。外観上脊椎骨異常と判断した個体(以下、外観異常魚)すべてと外観上正常と判断した個体(以下、外観正常魚)の一部について、X線撮影装置を用いて脊椎骨異常の有無及び異常箇所について観察した。脊椎骨の観察は、頭部後端に接続する脊椎骨から尾鰭椎までとし、椎体の癒合や変形が確認された場合脊椎骨異常と判断した。

### 結果

表にI期末及びII期末における脊椎骨異常個体の出現率(以下、異常率)をまとめた。いずれの期間中においても、短軀症や側弯症、背部隆起などさまざまな外観異常がみられた(図1)。I期末、II期末における外観異常魚の異常率は、小型群が、2.3%、4.4%、大型群が2.6%、3.0%であった。X線観察により、全ての外観異常魚に、脊椎骨異常が認められた(図2)。外観正常魚の一部にも脊椎骨異常が見られ(図3)、I期末、II期末における

表 小型群と大型群の外観観察および外観観察正常魚X線観察による脊椎骨異常魚尾数

		外観観察		外観正常魚X線観察		総合脊椎骨異常魚出現率
		平均体重	供試尾数	供試尾数	異常魚尾数	異常魚尾数 <sup>*2</sup>
		(g)	a	c	d	e = b + {(a-b) × d/c}
			b		(出現率 d/c)	(出現率 e/a)
			(出現率 b/a)			
小型群	I 期末	29	262	49	12 (24.5%)	69 (26.3%)
	II 期末	179	136	31	6 (19.4%)	31 (22.8%)
大型群	I 期末	37	272	60	17 (28.3%)	82 (30.1%)
	II 期末	206	134	31	5 (16.1%)	25 (18.7%)

<sup>\*1</sup>外観観察、X線観察により脊椎骨異常と判断された個体数

<sup>\*2</sup>尾数は、小数点第1位を四捨五入し整数値とした



図1 外観観察により脊椎骨異常と判断された個体。左：背部隆起個体（小型群、I 期末）と右：側湾個体（大型群、II 期末）



図2 背部隆起と判断された個体の外観とX線撮影による脊椎骨異常部位（大型群、I 期末）、矢印が異常部位を示す。



図3 外観正常魚の内、X線撮影により脊椎骨異常と判断された個体の脊椎骨の様子。矢印が異常部位を示す。

外観正常魚の異常率は、小型群が 24.5%、19.4%、大型群が 28.3%、16.1%であった。取り上げた供試魚の異常率を算出するため、X線撮影による異常率を用いて、供試尾数中の外観正常魚中の脊椎骨異常尾数を推定し、外観異常魚の尾数と合計した、供試尾数に対する脊椎骨異常個体の出現率（以下、総合異常率）は、I 期末、II 期末において小型群が 26.3%、22.8%、大型群が 30.1%、18.7%であった。同時期における群間、及び同群の I 期末と、II 期末の間で総合異常率には、それぞれ有意差はなかった（ $\chi^2$ 検定 n.s）。

また、図 4 に I 期末及び II 期末における信州サーモンの脊椎骨異常がみられた箇所を示した。これまで、信州サーモンの脊椎骨異常は、大型魚において外観異常魚は腹椎骨末端から尾椎骨前半部の第 33～45 の脊椎骨に異常を起こすと報告されているが、今回の調査では頭部の後端に位置する脊椎骨から尾椎骨まで幅広い範囲で椎体の癒合や変形が確認された。

### 考察

結果より、3 点のことが分かった。第一に、小型群と大型群の総合異常率に差がなかったことから、稚魚期(1～2g)における大小選別は、脊椎骨異常の低減に寄与しないことが分かった。マダイではふ化後 232 日目約 50g において、外観で脊椎骨異常を生じている個体は、正常個体と同居していた場合、成長が劣ることが知られている。マダイと信州サーモンの成長を比較することはできないが、本調査の選別時の供試サイズは平均体重で 1～2g であり、脊椎骨異常個体と正常個体に大幅な成長差が見られない成長サイズであったため、大小選別の効果が見られなかった可能性がある。

第二に、I～II 期まで飼育した際に時期によって異常率に差がなかったことから約 200g サイズまでは、通常の飼育環境下では、脊椎骨異常魚は増加しないことが分かった。信州サーモンの生産者への配布サイズは 2～3g であるが、この時期には既に脊椎骨異常を生じている個体が多数見られる<sup>8)</sup>ことから、配布サイズまでの段階で生じた脊椎骨異常が、食用魚の出荷サイズまで反映され

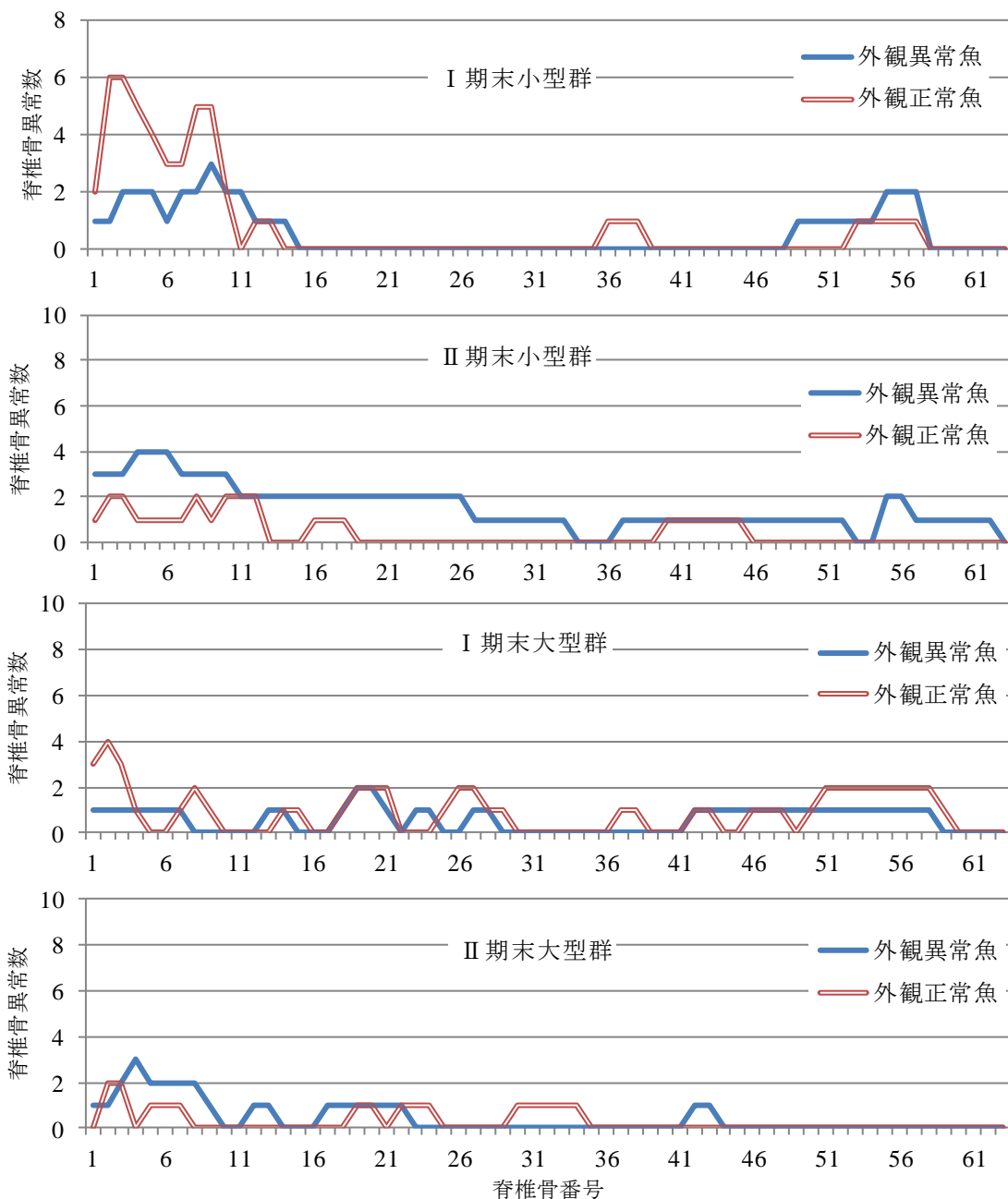


図4 小型群、大型群のI期末及びII期末における脊椎骨異常箇所

ていると考える。

第三に、外観では判別することができない軽度の脊椎骨異常が存在することが確認された。生産現場では、成長とともに飼育魚を魚体サイズに合わせて大小に選別する作業が行われる。その都度脊椎骨異常個体を除去するが、期間を空けて同じ群れについて選別作業を実施すると脊椎骨異常魚が再び出現する。通常飼育環境下において脊椎骨異常魚が増加しないことを踏まえると、これらは外観では判断することのできなかつた軽微な脊椎骨異常が、成長とともに外観に現れた結果と考える。

今回の試験により信州サーモンの脊椎骨異常は、1~2gの大小選別では低減が難しく、すでに生産者への配布サ

イズ(2~3g)までの段階で生じた脊椎骨異常が出荷時まで反映されていると考えられることから、今後親魚の遺伝的要因や発生段階を含む配布サイズに達するまでの環境的な要因について、改善策を模索する必要がある。

要約

- 1 信州サーモンの稚魚期の大小選別が、脊椎骨異常魚の出現率に与える影響について調査するため、同一群の信州サーモン稚魚(1~2g)を小型群、大型群に選別した。
- 2 小型群、大型群が約 30g 及び 200g の時に一部を取

- り上げ、外観観察及びX線撮影により脊椎骨異常魚の出現率を調査した。
- 3) 小型群と大型群で成長段階において脊椎骨異常魚の出現率に違いはなく、大小選別は脊椎骨異常低減に寄与しないと考えられた。
  - 4) 約200gまで飼育した際にサイズによって異常率に差がなかったことからこの成長期間においては、通常の飼育環境下では、脊椎骨異常魚は増加しないことが分かった。
  - 5) 外観正常魚の中にも脊椎骨異常魚が確認されたことから、外観では判別することができない軽度の脊椎骨異常が存在することが分かった。

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり、X線撮影にご協力いただきました「どうぶつの病院」の望月明義氏に厚く御礼申し上げます。

#### 文献

- 1) 服部 学. 養殖マダイの脊椎骨異常に関する研究. 近畿大学水産研究所報告 2004 ; 9 : 1-66
- 2) 林政博. 養殖ブリに発生した変形魚について. 三重水技研報 1990 ; 4 : 1-12
- 3) 吉村圭三, 川下正己. 天然稚魚と比較したヒラメ人工種苗の体型、脊椎骨及び鰭条数の特徴. 北水試研報 2003 ; 64 : 105-111
- 4) 宇治督, 田中久. 形態異常の科学. 「ハタ科魚類の水産研究最前線」(征矢野清・照屋和久・田中久編) 恒星社厚生閣, 東京. 2015 ; 47-64
- 5) 田川正朋. 魚類の形態異常の概略. 「魚の形は飼育環境で変わる」(有瀧真人・田川正朋・征矢野清編) 恒星社厚生閣, 東京. 2017 ; 1-10
- 6) 熊川真二, 近藤博文. 信州サーモンにおける脊椎骨異常部位. 長野県水産試験場事業報告 2014 ; 15 : 50
- 7) 谷口順彦・東健作・榎田晋. マダイ人工種苗の脊椎骨異常発生率にみられた親間差 Bullentin of Japanese Society of Scientific Fisheries 1984 ; 50(5) : 787-792
- 8) 竹花孝太, 川之辺素一, 降幡充, 新海孝昌. 信州サーモンの脊椎骨異常出現率調査-IX. 長野県水産試験場事業報告 2017 ; 30

1) 服部 学. 養殖マダイの脊椎骨異常に関する研究.

# 千曲川上中流域の水田地帯への国外外来種カラドジョウの侵入およびドジョウとの混生の実態

熊川真二・新海孝昌・茂木昌行

Invasion of exotic *Paramisgurnus dabryanus* and its co-habitation with native *Misgurnus anguillicaudatus* in paddy fields of the upper-middle Chikuma River basin

Shinji Kumakawa, Takamasa Shinkai and Masayuki Moteki

カラドジョウ *Paramisgurnus dabryanus* はドジョウ科に属する純淡水魚で、朝鮮半島と中国大陸中南部からベトナム北部、台湾が原産の国外外来種である。<sup>1)</sup> 農林水産省と環境省の連携により、2001年から全国の水田周辺水域で小学生らが参加して実施された「田んぼの生きもの調査」((社)農村環境整備センターHP : <http://www.acres.or.jp/Acres/Chousa/main.htm>, 2019年6月19日閲覧ほか)によれば、日本国内におけるカラドジョウの確認県数は2002年の5県(宮城県、栃木県、茨城県、埼玉県、静岡県)から2003年には長野県を含む11県に急増し、その後も2004年に17県、2005年に18県、2006年に20県、2007年には22県と増加した。吉郷が2003年に17県、2005年に19県で確認されたとする記載は、<sup>2)</sup> ほぼこれに近い。中島らによれば、<sup>1)</sup> 2017年現在のカラドジョウの国内における分布域は、北海道と沖縄を除く本州・四国・九州の30都県にまで拡大した。

前述した「田んぼの生きもの調査」により、長野県内では2003年に犀川水系で初めてカラドジョウが確認され、その後2005年には天竜川水系でも見つかった。一方、千曲川水系では当該調査による確認事例はなかったが、これより以前に片野らが千曲川中流域で行った魚類相調査により、<sup>3)</sup> 1996年から2000年の間に上田市から千曲市間の水田で数個体が確認されている(採集年と採集地点の詳細は不明)。これより上流の佐久市内で筆者らが初めてカラドジョウを現認したのは2006年7月18日である(熊川、未発表)、その後、当該水系の水田や水路での捕獲例が増加した。<sup>4)</sup> なお、天竜川水系では「田んぼの生き物調査」以外にも2008年に諏訪湖の流入河川、<sup>5)</sup> 2008年に天竜川支流<sup>6)</sup> での確認事例がある。

日本在来のドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* は、かつては長野県内の各所で普通に見られたが、<sup>7-8)</sup> カラドジ

ョウが侵入し、両種が同所的に混生している水域においては、<sup>9-10)</sup> 生息場所や餌料面で競合が起きている可能性がある。<sup>10-12)</sup> しかし、これまでにカラドジョウの形態的特徴や生態などを調査してドジョウと比較した報告は少なく(例えば山口県、<sup>2)</sup> 群馬県、<sup>11)</sup> 愛媛県、<sup>13)</sup> 岐阜県<sup>14)</sup>)、長野県内においては皆無である。

ドジョウは「環境省レッドリスト2018」(環境省HP : <https://www.env.go.jp/press/files/jp/109278.pdf>, 2019年6月

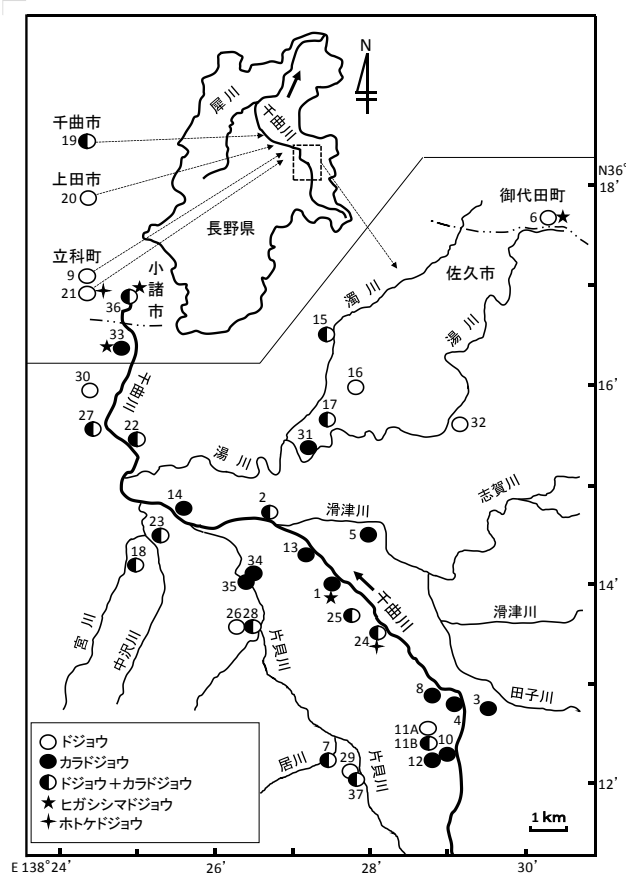


図1 調査地点と採集されたドジョウ類の種類

18日閲覧)の中で準絶滅危惧種(NT)に指定されているように、生息条件の悪化によっては今後絶滅危惧に移行する可能性がある。一方、カラドジョウは侵略性が高く我が国の生態系に被害を及ぼす又はその恐れのある外来種として「生態系被害防止外来種」の中の「総合対策外来種」(国内定着種)に指定されており、両種が混生する水域では遺伝的攪乱や正常な繁殖相手を巡る競争の影響が懸念される。(環境省 HP: <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/iaslist.html>, 2019年6月25日閲覧)

本研究では佐久市内を中心に千曲川上中流域(信濃川水系上流域)の水田地帯におけるドジョウとカラドジョウとの混生の実態を調査し、カラドジョウの定着による在来ドジョウ個体群への影響について明らかにする。

材料と方法

**生息状況調査** 水産試験場佐久支場のある佐久市内を中心に北佐久郡御代田町、同郡立科町、小諸市、上田市および千曲市を含む千曲川上中流域の水田地帯において、2018年8月から10月の間に30地点、2019年7月に8地点の計38地点(標高389~727m)で調査を行った。内訳は農業水路が33地点、水田(フナ養殖水田)が2地点、河川が3地点である(図1、表1)。農業水路は9地点が土水路、23地点がコンクリート3面張、1地点が同2面張の構造で、灌漑期のみ水が流れる一時的水路が24地点(土水路はすべてこれに該当)、非灌漑期も水が流れる恒久的水路が9地点であった。ドジョウ類の採集は、すべて口径:35cm×32cm、深さ:28cm、網目:3mmのタモ網を用いて下流側の水路(河川)底に網を押し当て、上流側からドジョウ類が潜む足元の底泥を網の中に流し込む方法で行い、1地点につき20~40尾の標本入手を目標に、10分~30分かけて一人で採集した。

表1 各調査地点で採集されたドジョウ類の種類と採集個体数(割合%)

St.	調査日	調査地点 市町村(大字)	用水区分	水路構造 (河川は名称)	水路幅 (m)	水路区分	採集個体数 n(割合%)		
							ドジョウ	カラドジョウ	その他 <sup>*1,2</sup>
1	Aug.14,2018	佐久市(跡部1)	農業水路	コンクリ2面張水路	2.3	恒久的	65(98.5)		1(1.5) <sup>*1</sup>
2	Aug.14,2018	佐久市(鳴瀬1)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.5	恒久的	5(29.4)	12(70.6)	
3	Aug.16,2018	佐久市(田口)	農業水路	土水路	0.45	一時的		21(100)	
4	Aug.17,2018	佐久市(鍛冶屋)	農業水路 <sup>*3</sup>	土水路	0.5	一時的		43(100)	
5	Aug.21,2018	佐久市(中込)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.5	一時的		43(100)	
6	Aug.21,2018	御代田町(御代田)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.6	恒久的	1(2.9)		33(97.1) <sup>*1</sup>
7	Aug.23,2018	佐久市(大沢1)	河川	居川(片貝川支流)	2.7	恒久的	3(5.8)	49(94.2)	
8	Aug.23,2018	佐久市(原)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.4	恒久的		14(100)	
9	Aug.28,2018	立科町(牛鹿)	農業水路	土水路	0.4	一時的	17(100)		
10	Sep.3,2018	佐久市(高柳1)	水田	(フナ養殖水田)	(10a)	一時的		16(100)	
11A	Sep.3,2018	佐久市(高柳2)	水田	(フナ養殖水田)	(10a)	一時的	21(100)		
11B	Sep.7,2018	同上	農業水路 <sup>*3</sup>	コンクリ3面張水路	0.35	一時的	101(86.3)	16(13.7)	
12	Sep.7,2018	佐久市(高柳3)	農業水路 <sup>*3</sup>	コンクリ3面張水路	0.35	一時的		38(100)	
13	Sep.7,2018	佐久市(桜井1)	農業水路 <sup>*3</sup>	コンクリ3面張水路	0.5	恒久的		26(100)	
14	Sep.28,2018	佐久市(鳴瀬2)	農業水路	土水路	0.5	一時的		15(100)	
15	Oct.5,2018	佐久市(長土呂)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.45	一時的	35(76.1)	11(23.9)	
16	Oct.5,2018	佐久市(岩村田1)	農業水路	土水路	0.5	一時的	38(100)		
17	Oct.5,2018	佐久市(根々井1)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.4	一時的	21(50.0)	21(50.0)	
18	Oct.5,2018	佐久市(根岸1)	農業水路	土水路	0.6	一時的	9(64.3)	5(35.7)	
19	Oct.6,2018	千曲市(力石)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.5	一時的	5(83.3)	1(16.7)	
20	Oct.6,2018	上田市(御嶽堂)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.5	一時的	29(100)		
21	Oct.6,2018	立科町(芦田)	農業水路	土水路	0.5	一時的	10(71.4)		4(28.6) <sup>*2</sup>
22	Oct.9,2018	佐久市(鳴瀬3)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.5	一時的	15(88.2)	2(11.8)	
23	Oct.9,2018	佐久市(根岸2)	農業水路	コンクリ3面張水路	1.7	恒久的	1(2.8)	35(97.2)	
24	Oct.12,2018	佐久市(跡部2)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.7	恒久的	15(68.2)	4(18.2)	3(13.6) <sup>*2</sup>
25	Oct.12,2018	佐久市(跡部3)	農業水路	コンクリ3面張水路	2.0	恒久的	6(75.0)	2(25.0)	
26	Oct.12,2018	佐久市(小宮山1)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.6	一時的	3(100)		
27	Oct.15,2018	佐久市(甲)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.4	一時的	27(84.4)	5(15.6)	
28	Oct.15,2018	佐久市(小宮山2)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.6	一時的	4(33.3)	8(66.7)	
29	Oct.19,2018	佐久市(大沢2)	農業水路	コンクリ3面張水路	2.4	恒久的	45(100)		
30	Jul.10,2019	佐久市(八幡)	農業水路	土水路	0.4	一時的	45(100)		
31	Jul.10,2019	佐久市(根々井2)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.5	一時的		12(100)	
32	Jul.17,2019	佐久市(岩村田2)	農業水路	土水路	0.6	一時的	41(100)		
33	Jul.25,2019	佐久市(桑山)	農業水路	コンクリ3面張水路	0.5	一時的		30(88.2)	4(11.8) <sup>*1</sup>
34	Jul.25,2019	佐久市(桜井2)	農業水路 <sup>*3</sup>	コンクリ3面張水路	0.5	一時的		100(100)	
35	Jul.25,2019	佐久市(桜井3)	河川	片貝川(千曲川支流)	1.0	恒久的		38(100)	
36	Jul.31,2019	小諸市(山浦)	河川	千曲川本流	約15	恒久的	2(3.0)	62(94.0)	2(3.0) <sup>*1</sup>
37	Jul.31,2019	佐久市(大沢3)	農業水路 <sup>*4</sup>	コンクリ3面張水路	0.3	一時的	7(15.9)	37(84.1)	

<sup>\*1</sup> ヒガシシマドジョウ、<sup>\*2</sup> ホトケドジョウ、<sup>\*3</sup> フナ養殖水田の排水路、<sup>\*4</sup> St.29に流入する水田排水路

現場で直ちに 10%ホルマリン溶液で固定し、実験室に持ち帰ったドジョウ類の各標本は、体重(湿重量; BWe)を測定後、デジタルノギス(mitutoyo, CD-15PS)を用いて 0.1mm の精度で魚体各部位を計測した。計測部位は、カラドジョウとドジョウの形態の特徴を比較した既往の文献<sup>2,11-14)</sup>と対比できるように全長(TL)、体長(SL)、頭長(HD)、吻長(SnL)、体高(BD)、体幅(BWi)、尾柄高(CPD)、尾柄長(CPL)、上顎の第1口髭長(B1L)および最大長を示す第3口髭長(B3L)<sup>9)</sup>の10部位とした。肥満度は体重(BWe:g)/体長(SL:mm)<sup>3</sup>×10<sup>3</sup>で求めた。なお、尾柄高(CPD)は通常、尾柄部の最も低いところの垂直的な高さとして定義されるが、<sup>15)</sup>ドジョウ類ではカラドジョウのように肉質突起、<sup>12)</sup>竜骨状突起、<sup>15)</sup>あるいは皮褶<sup>2)</sup>とも表現される尾柄部の膜鱗<sup>1)</sup>が発達する種類が多く(図2下)、尻鰭基底の後端部における高さ、<sup>2,9)</sup>もしくは尾柄部の最も高いところの高さ<sup>1,16)</sup>を尾柄高として扱う事例が多い。本研究では後者を尾柄高(CPD)として用いたが、前者との計測値の差は僅かであった。

ドジョウとカラドジョウについては、尾柄高(CPD % of SL)と第3口髭長(B3L % of SL)の計測値を小出水らが両種を見分ける簡易な判別式として提唱した判別式 $D: Y=0.241 CPD+0.721 B3L-8.140$ <sup>9)</sup>に代入し、計算されるY値がそれぞれドジョウ(Y<0)、カラドジョウ(Y>0)の判別基準<sup>9)</sup>に適合するかどうかを検証した。

**繁殖生態調査** ドジョウおよびカラドジョウの産卵親魚と仔稚魚の出現状況を調べるため、前年の8月から10月に生息状況調査を行った30地点のうち8地点で2019年4月から7月に再度タモ網による採集を行った。魚体計測は原則として体重(BWe)、全長(TL)、体長(SL)、尾柄高(CPD)、第3口髭長(B3L)の5部位とし、抱卵の認められた雌個体については抱卵数(以下、体内熟卵数)を計数した。なお、ドジョウの放卵前の卵巣は卵径0.6~0.85mmの大型卵、0.2~0.6mmの中型卵、および0.05~0.2mmの小型卵の3つの卵群で構成され、このうち体外に放出されるのは大型卵とされることから、<sup>17)</sup>計数対象は卵径が0.6mm以上の大型卵のみとした。

**統計** ドジョウ類4種の魚体計測値は、平均値±標準偏差または95%信頼区間(範囲)で表した(表2~4)。統計的な有意差は、Studentのt検定(正規分布)またはMann-WhitneyのU検定(非正規分布)で検定した。

## 結果

**ドジョウ類4種の出現様式** 2018年8月から2019年7月までの調査期間中に千曲川上中流域の水田地帯(図

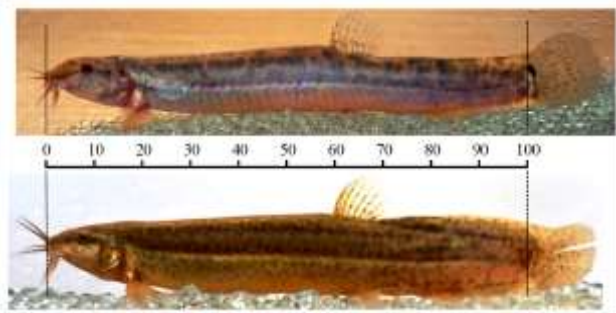


図2 ドジョウとカラドジョウの体型比較(佐久市産)  
上: ドジョウ(2019年6月13日, St.2: SL106.0mm)  
下: カラドジョウ(2019年6月27日, St.23: SL79.7mm)  
(比較のため体長; SLを100とした縮尺で示す)

1、表1)で採集されたドジョウ類は2科・4種であり、総計で1,745個体であった(表2、4)。内訳は、ドジョウ科Cobitidaeのドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* が555個体(最小体長15.6mm、最大体長119.5mm)、カラドジョウ *Paramisgurnus dabryanus* が1,143個体(最小体長14.9mm、最大体長101.7mm)、ヒガシシマドジョウ *Cobitis* sp. BIWAE type Cが40個体(最小体長32.5mm、最大体長64.8mm)で、フクドジョウ科Nemacheilidaeのホトケドジョウ *Lefua echigonia* が7個体(最小体長24.1mm、最大体長38.3mm)であった。

**ドジョウ**(図2上) 佐久市内の6地点(St.11A、16、26、29、30、32; 標高668~692m)、立科町の1地点(St.9; 同705m)、上田市の1地点(St.20; 同515m)の計8地点では単独で出現した。このほか、佐久市内の13地点(St.2、7、11B、15、17、18、22、23~25、27、28、37; 標高626~701m)、小諸市の1地点(St.36; 標高593m)、千曲市の1地点(St.19; 標高389m)の計15地点では後述するカラドジョウと、北佐久郡御代田町の1地点(St.6)ではヒガシシマドジョウと、立科町の1地点(St.21)ではホトケドジョウとそれぞれ同所的に出現した。今回の調査では、38地点中25地点でドジョウの生息が確認された(図1)。

**カラドジョウ**(図2下) 佐久市内の11地点(St.3~5、8、10、12~14、31、34、35; 標高635~694m)で単独で出現したほか、前述した15地点ではドジョウと、佐久市内の2地点(St.1、33)ではヒガシシマドジョウと同所的に出現した。今回の調査では、38地点中28地点でカラドジョウの生息が確認された(図1)。

**ヒガシシマドジョウ**(図3) 佐久市内の2地点(St.1、33; 標高648~657m)、小諸市の1地点(St.36; 標高593m)、北佐久郡御代田町の1地点(St.6; 標高720m)の計4地点でドジョウやカラドジョウと同所的に出現した(図1)。



このうち、St.6 は湯川（千曲川支流）沿いの山間地の水田地帯であり、St.36 は千曲川本流であった。

**ホトケドジョウ**（図4） 佐久市内の1地点（St.24；標高666m）と立科町の1地点（St.21；標高727m）の2地点でドジョウやカラドジョウと同所的に出現した（図1）。両地点とも出現数は少なかったが、用水路が泥深く、流量が少ないという生息環境が酷似していた。

なお、今回の調査ではこれらのドジョウ類4種がすべて同一地点で確認されることはなかったが、佐久市の1地点（St.24）と小諸市の1地点（St.36）の2地点ではドジョウとカラドジョウの2種にヒガシシマドジョウまたはホトケドジョウを加えた3種が同所的に出現した。



図3 ヒガシシマドジョウ（北佐久郡御代田町産）  
（2018年8月21日，St.6：SL64.8mm）



図4 ホトケドジョウ（佐久市産）  
（2019年9月1日，St.24：SL32.5mm）

**ドジョウ類4種の形態的特徴（体高・尾柄高・口髭長）**  
**ドジョウ** 調査地点別（集団単位）の平均値 A（n=25）では、体高は体長の13.0%（範囲11.3～14.8%、以下同様に記載）で、体幅の123.9%（112.8～130.1%）、尾柄高は体長の10.9%（9.4～12.6%）で、尾柄長の73.2%（59.8～90.6%）、第1口髭長は吻長の64.0%（41.9～83.1%）、第3口髭長は吻長の75.8%（59.2～91.5%）で、体長の5.1%（4.0～6.2%）であった。全計測個体の平均値 B（n=506）では、体高は体長の13.0%（9.2～16.7%）、尾柄高は体長の10.9%（6.8～13.8%）、第3口髭長は体長の5.4%（2.5～8.4%）となった（表3）。体色は茶褐色で、尾鰭基底の黒点（暗色斑紋）は上下に2つの個体が多かったが（図2上）、上部に1つで下部は不明瞭な個体もみられた。  
**カラドジョウ** 調査地点別の平均値 A（n=28）では、体高は体長の15.5%（13.3～17.9%）で、体幅の142.0%（132.3～154.0%）、尾柄高は体長の13.5%（11.2～17.1%）で、尾柄長の90.7%（66.4～118.8%）、第1口髭長は吻長の128.0%（103.0～146.4%）、第3口髭長は吻長の146.9%（121.2～171.7%）で、体長の9.9%（7.9～11.7%）であっ

た。全計測個体の平均値 B（n=731）では、体高は体長の15.8%（11.4～20.9%）、尾柄高は体長の13.8%（8.8～19.7%）、第3口髭長は体長の10.1%（6.1～16.5%）となった（表3）。体色は金色もしくは黄土色（オリーブ色）がかった明るみのある褐色で、尾鰭基底上部の黒点はないか、不明瞭であった（図2下）。

**ヒガシシマドジョウ** 調査地点別の平均値 A（N=4）では、体高は体長の14.2%（13.8～14.6%）、尾柄高は体長の9.9%（9.6～10.2%）、第3口髭長は体長の4.0%（3.4～4.2%）であった（表3）。体側には14個前後の不規則な円形から楕円形の斑紋列、尾鰭には8列ほどの細かく不規則な横斑列があり、尾鰭基底の黒点は上下とも不明瞭であった（図3）。長野県はニシシマドジョウ *Cobitis* sp. BIWAE type B とヒガシシマドジョウ *Cobitis* sp. BIWAE type C の分布境界域で、南信地域が前種、中東北信地域が後種の分布域とされるが、<sup>1)</sup> 尾鰭の横斑列が細かく多い特徴はヒガシシマドジョウの特徴<sup>1)</sup>に合致した。

**ホトケドジョウ** 調査地点別の平均値 A（N=2）では、体高は体長の16.4%（15.8～16.9%）、尾柄高は体長の13.0%（12.6～13.4%）、第3口髭長は体長の6.2%であった（表3）。鼻孔に1対の口髭を有する点で他のドジョウ類3種とは明確に区別された（図4）。

**ドジョウとカラドジョウの第3口髭長** ドジョウとカラドジョウの体高と第3口髭長の関係を図5に、尾柄高と第3口髭長の関係を図6に示した（相関係数は上段  $r$  が Pearson、下段  $r_s$  が Spearman）。カラドジョウにおいては体高と第3口髭長、尾柄高と第3口髭長の間にいずれも有意な正の相関がみられ（体高； $r=0.651$ 、 $p<0.001$ 、尾柄高； $r=0.604$ 、 $p<0.001$ ）、体高が高く、尾柄高が高い集団で第3口髭長が長い傾向が認められた。ドジョウでは尾柄高と第3口髭長の関係に有意性は認められなかったが（ $r_s=0.400$ 、 $p>0.05$ ）、体高と第3口髭長の間には有意な正の相関があり（ $r_s=0.491$ 、 $p<0.05$ ）、ドジョウにおいても体高が高い集団で第3口髭長が長い傾向が示された。このほか、第3口髭長と第1口髭長の間には両種ともに有意な強い正の相関があった（カラドジョウ； $r=0.892$ 、 $p<0.001$ 、ドジョウ； $r_s=0.846$ 、 $p<0.001$ 、図7）。

**尾柄高と第3口髭長を用いたドジョウとカラドジョウの種判別** 小出水らの判別式 D<sup>9)</sup> に両種の同定個体（ドジョウ：25地点506個体、カラドジョウ：28地点731個体）の尾柄高と第3口髭長の計測値を入力して Y 値を求め、判別基準に適合した個体の割合を調査地点別（集団単位）に表2に示した。ドジョウでは1地点（St.32）の2個体（Y=0.05、0.52）が基準を逸脱したため判別基準適合率は95.1%となったが、他の24地点では100%の

表2 ドジョウ類4種(ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*、カラドジョウ *Paramisgurnus dabryanus*、ヒガシマドジョウ *Cobitis* sp. BIWAE type C、ホトケドジョウ *Lefua echigonia*) の魚体計測値(平均値±S.D.、括弧内は範囲)

St.	n	体長 SL		肥満度 CF		体高 BD		尾柄高 CPD		第1口髭長 BIL	第3口髭長 B3L	種判別
		mm	BWeSL <sup>3*</sup> 10 <sup>3</sup>	% of SL	% of BWi	% of SL	% of CPL	% of SnL	% of SnL	% of SL		
1	65	51.0±11.3 (29.7-87.7)	108±15 (79-15.6)	162±12 (132-197)	147.7±6.1 (132.8-166.7)	13.7±1.5 (10.3-18.8)	88.7±15.7 (63.4-190.9)	130.6±16.4 (100.0-164.5)	159.9±20.0 (114.0-218.5)	10.5±1.4 (6.5-13.6)		<i>P.dabryanus</i> 100(2.8±1.0)
	1	43.9	8.5	14.1	140.9	9.6	61.8	-	48.6	4.1		C.sp.BIWAE type C
2	5	76.7±21.4 (58.0-101.4)	107±0.8 (97-11.8)	147±0.7 (141-15.8)	125.6±3.3 (121.9-130.3)	12.6±0.5 (12.1-13.1)	88.7±9.5 (81.6-104.3)	78.6±5.8 (69.6-85.1)	84.7±6.0 (77.3-91.7)	6.1±0.4 (5.8-6.5)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-0.7±0.3)
	12	58.5±12.8 (39.1-76.2)	11.8±1.2 (9.5-14.0)	16.4±0.8 (15.3-18.0)	141.1±6.4 (127.9-154.5)	14.9±1.3 (12.5-17.2)	112.1±13.7 (89.8-131.0)	138.9±12.3 (117.1-164.7)	146.7±16.2 (126.8-182.4)	10.1±1.5 (7.9-13.5)		
3	21	51.9±16.2 (28.7-92.9)	11.2±1.0 (9.8-13.5)	16.1±0.9 (14.9-18.5)	142.6±8.1 (122.6-155.3)	13.5±0.7 (12.5-15.1)	96.6±10.6 (81.0-114.6)	140.6±16.0 (100.0-169.2)	158.4±22.4 (100.0-196.4)	10.7±1.9 (7.0-16.5)		<i>P.dabryanus</i> 100(2.9±1.4)
4	43	57.5±10.8 (29.2-82.7)	14.4±0.9 (12.3-16.1)	17.9±0.6 (16.5-19.0)	143.9±7.9 (124.4-161.1)	17.1±0.9 (14.8-19.7)	118.8±16.7 (95.6-193.8)	145.1±17.0 (112.5-180.6)	171.7±19.0 (135.6-230.0)	11.7±1.5 (8.7-15.5)		<i>P.dabryanus</i> 100(4.4±1.1)
5	43	52.9±14.8 (30.0-85.1)	11.4±1.4 (8.4-15.3)	16.4±1.1 (13.5-19.2)	147.5±7.8 (131.2-161.0)	13.3±1.5 (10.7-16.5)	100.8±21.5 (81.1-191.7)	132.9±17.1 (89.8-171.4)	143.7±17.9 (98.0-182.1)	9.9±1.3 (6.5-12.8)		<i>P.dabryanus</i> 97.7(2.2±0.9)
	1	48.5	9.1	13.8	128.8	10.3	83.3	55.9	79.4	5.6		<i>M.anguil.</i> 100(-1.6)
6	33	44.5±6.4 (36.2-64.8)	9.0±0.9 (7.4-10.9)	13.8±0.7 (12.6-15.8)	139.2±7.3 (121.3-153.7)	9.6±0.6 (8.4-11.4)	68.6±8.9 (56.3-96.7)	27.6±4.8 (15.6-36.1)	52.1±5.6 (37.5-64.7)	4.2±0.5 (3.2-5.1)		C.sp.BIWAE type C -
7	3	102.2±16.3 (85.9-118.5)	10.1±0.6 (9.7-10.7)	14.2±0.4 (13.7-14.6)	118.9±3.3 (115.1-121.1)	10.5±0.2 (10.3-10.8)	66.3±4.8 (62.9-71.8)	62.7±6.3 (56.5-69.0)	67.5±8.7 (61.3-77.5)	4.5±0.1 (4.4-4.6)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.4±0.1)
	49	52.8±13.5 (36.0-101.7)	10.2±0.9 (8.1-12.4)	15.1±0.7 (13.1-16.5)	142.4±7.4 (126.2-160.3)	12.6±1.0 (9.8-14.5)	89.6±12.5 (65.5-121.4)	124.7±17.6 (81.8-163.6)	137.2±18.4 (103.0-181.8)	9.6±1.3 (7.0-12.7)		<i>P.dabryanus</i> 98.0(1.8±1.0)
8	14	57.7±17.6 (34.4-97.2)	12.5±1.6 (10.6-15.4)	16.1±1.3 (14.4-18.4)	140.4±7.3 (131.2-152.9)	15.4±1.3 (12.8-17.4)	108.1±29.7 (80.7-166.7)	119.1±17.6 (85.1-152.0)	129.7±21.8 (87.1-170.0)	9.1±1.3 (6.1-11.3)		<i>P.dabryanus</i> 92.9(2.2±1.0)
9	17	38.9±19.0 (23.2-107.7)	9.8±1.0 (8.0-12.0)	13.5±0.9 (12.3-15.3)	127.9±6.1 (118.2-141.9)	10.8±0.9 (8.9-12.4)	73.5±7.7 (63.5-92.7)	66.9±9.6 (51.7-88.3)	79.9±13.2 (55.2-100.0)	5.5±0.9 (4.1-7.0)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.5±0.6)
10	16	74.8±12.1 (52.9-91.8)	12.9±1.4 (10.9-16.1)	17.1±1.1 (15.0-19.1)	145.2±6.0 (137.2-155.8)	15.9±1.3 (13.9-18.0)	103.1±12.1 (85.5-131.8)	146.4±15.3 (120.5-178.0)	166.3±17.9 (131.7-194.7)	10.5±1.0 (9.0-12.6)		<i>P.dabryanus</i> 100(3.3±0.8)
11	21	57.0±13.1 (44.1-90.2)	11.6±1.3 (8.0-14.2)	14.8±1.0 (12.2-16.7)	124.6±7.4 (109.8-140.4)	12.5±0.7 (11.0-13.8)	90.6±11.0 (71.7-113.2)	73.8±12.2 (48.3-97.1)	79.7±10.9 (52.4-94.3)	4.9±0.7 (3.5-6.2)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.6±0.6)
11	101	47.7±10.1 (30.3-93.0)	10.0±1.1 (7.4-13.4)	13.4±0.9 (10.5-15.4)	122.6±6.1 (104.9-140.4)	11.6±0.9 (7.9-13.7)	72.3±7.5 (52.9-92.8)	76.4±13.5 (36.8-107.3)	86.3±11.0 (52.6-109.8)	5.6±0.8 (3.1-7.0)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.3±0.7)
	B 16	54.9±17.3 (34.7-99.3)	11.1±1.4 (8.7-14.1)	15.2±1.5 (12.2-18.2)	142.5±7.6 (131.0-157.5)	13.2±1.5 (10.3-16.4)	82.6±18.0 (54.3-123.2)	122.9±19.6 (86.5-153.5)	136.9±13.7 (115.4-157.1)	9.2±1.0 (7.4-11.1)		<i>P.dabryanus</i> 100(1.7±0.9)
12	38	55.7±9.0 (37.9-77.2)	11.6±1.0 (9.7-14.4)	15.8±0.9 (14.2-17.5)	144.3±7.1 (133.3-167.4)	14.0±0.9 (12.3-16.3)	86.1±8.1 (64.8-101.6)	134.2±15.9 (108.6-166.7)	156.5±19.0 (122.5-189.3)	10.1±1.3 (7.8-14.0)		<i>P.dabryanus</i> 100(2.5±0.9)
13	26	53.8±16.2 (31.2-85.2)	13.3±1.3 (11.3-17.3)	17.4±1.2 (15.5-20.9)	138.0±6.2 (121.7-148.6)	16.3±1.1 (14.6-18.6)	114.3±13.8 (94.7-148.6)	145.0±16.8 (111.1-169.6)	168.0±17.1 (134.5-200.0)	11.3±0.8 (9.5-12.6)		<i>P.dabryanus</i> 100(4.0±0.7)
14	15	46.1±8.2 (35.2-57.5)	10.7±0.9 (9.1-12.1)	15.3±0.8 (13.9-16.3)	141.1±5.7 (134.0-152.2)	12.8±1.5 (10.5-14.8)	87.5±9.3 (68.5-100.0)	109.4±11.4 (87.5-130.0)	125.7±11.1 (112.5-150.0)	8.7±0.9 (7.5-11.1)		<i>P.dabryanus</i> 100(1.2±0.7)
15	35	41.5±16.1 (25.0-105.5)	10.0±0.8 (8.3-11.5)	13.1±0.7 (11.5-14.6)	125.6±6.0 (115.0-138.2)	10.9±0.6 (9.6-12.1)	79.2±5.6 (69.4-93.1)	72.4±13.0 (47.8-108.5)	85.4±11.0 (65.0-112.8)	5.9±0.7 (4.5-7.3)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.3±0.6)
	11	46.8±10.1 (34.0-72.1)	11.6±1.2 (10.0-14.0)	15.3±0.8 (14.0-16.5)	144.3±4.1 (137.0-152.4)	14.0±1.4 (11.7-16.0)	100.6±12.8 (79.1-120.5)	129.6±13.5 (106.5-153.8)	158.5±12.1 (139.4-182.1)	11.0±1.3 (9.0-13.8)		<i>P.dabryanus</i> 100(3.2±1.0)
16	38	36.9±11.3 (19.0-66.4)	9.8±1.0 (7.9-12.4)	13.0±0.7 (11.7-14.7)	124.4±6.6 (113.3-147.4)	10.7±0.6 (9.4-11.9)	74.4±6.5 (58.1-89.8)	70.1±10.0 (50.0-89.5)	83.3±8.2 (63.0-100.0)	5.8±0.6 (4.5-7.1)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.4±0.5)
17	21	39.5±13.4 (23.5-86.5)	10.9±1.1 (9.6-12.8)	13.2±0.6 (12.1-14.7)	124.4±5.6 (114.0-133.3)	11.6±0.8 (10.2-13.3)	78.0±8.6 (63.6-93.1)	65.2±12.5 (46.7-93.8)	73.6±10.4 (54.8-96.9)	5.2±0.8 (3.7-7.2)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.6±0.6)
	21	49.4±12.3 (32.3-91.2)	12.6±1.5 (9.7-14.7)	14.4±1.1 (12.2-15.9)	148.7±8.1 (129.0-161.1)	14.4±1.1 (12.2-15.9)	114.0±14.0 (91.7-143.2)	112.4±12.7 (75.7-131.3)	128.2±16.9 (97.3-162.5)	9.2±1.3 (6.6-11.9)		<i>P.dabryanus</i> 100(1.9±0.9)
18	9	46.2±11.0 (34.0-64.2)	8.9±0.7 (8.1-9.9)	12.2±0.6 (11.4-13.0)	125.5±3.8 (119.4-129.9)	10.0±0.9 (8.8-12.0)	65.2±8.2 (52.1-83.0)	64.0±8.4 (53.8-77.3)	73.8±10.5 (59.1-92.9)	4.7±0.9 (3.4-5.9)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.4±0.7)
	5	51.2±9.0 (37.0-62.0)	9.2±0.6 (8.3-9.9)	14.1±0.5 (13.5-14.8)	147.9±4.3 (142.9-154.0)	11.8±0.6 (11.1-12.4)	66.4±4.6 (61.9-73.0)	133.3±14.6 (117.9-150.0)	144.8±11.0 (129.4-157.1)	9.7±1.0 (8.5-10.6)		<i>P.dabryanus</i> 100(1.7±0.8)
19	5	47.4±12.8 (30.2-63.5)	9.3±2.4 (7.0-12.8)	12.6±1.6 (10.9-14.7)	125.6±6.2 (121.4-136.2)	10.7±1.2 (9.4-12.2)	75.5±26.2 (52.7-116.4)	63.9±5.9 (55.0-70.8)	76.5±6.1 (70.0-83.3)	5.3±0.8 (4.6-6.2)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.8±0.8)
	1	50.5	9.9	15.2	154.0	11.9	71.4	103.0	121.2	7.9		<i>P.dabry.</i> 100(0.4)
20	29	36.4±12.6 (20.7-73.5)	8.0±1.0 (5.7-9.9)	12.0±0.9 (10.1-14.0)	125.9±8.7 (110.0-139.4)	10.1±0.9 (8.2-11.6)	63.0±7.8 (49.2-79.4)	64.7±9.5 (47.4-82.6)	76.6±10.7 (52.6-95.8)	4.9±0.6 (3.6-6.3)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.2±0.5)
21	10	38.4±11.3 (27.3-64.5)	8.8±1.0 (7.5-10.3)	12.4±1.0 (10.6-14.0)	129.3±17.8 (80.6-144.8)	10.1±0.9 (8.8-11.7)	59.8±6.7 (51.5-76.0)	43.7±11.6 (32.0-65.9)	59.2±13.9 (36.0-82.9)	4.0±0.9 (2.5-5.6)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.8±0.7)
	4	26.0±1.6 (21.1-27.9)	15.4±0.8 (14.2-16.1)	15.8±2.0 (12.9-17.4)	109.1±17.2 (83.8-121.6)	13.4±0.9 (12.4-14.5)	86.8±9.4 (72.7-92.5)	75.8±5.0 (70.6-82.4)	91.3±3.6 (88.2-94.7)	6.2±0.3 (5.8-6.5)		<i>L.echigonia</i> -
22	15	34.4±13.4 (22.3-61.6)	9.0±0.9 (7.7-10.8)	11.8±0.5 (11.0-12.7)	121.5±5.3 (110.3-129.8)	10.4±0.4 (9.4-11.1)	64.3±7.4 (54.2-80.6)	57.7±7.8 (47.1-72.2)	65.4±7.3 (50.0-77.8)	4.3±0.5 (3.4-5.3)		<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.5±0.4)
	2	39.9±16.1 (28.5-51.2)	10.3±0.1 (10.3-10.4)	14.4±0.6 (14.0-14.8)	136.8±1.6 (135.7-137.9)	12.7±0.9 (12.1-13.3)	73.6±12.7 (64.6-82.6)	119.1±0.1 (119.0-119.2)	144.5±2.3 (142.9-146.2)	9.0±2.2 (7.4-10.5)		<i>P.dabryanus</i> 100(1.4±1.8)

\*1 小出水(2012)の判別式<sup>9)</sup>によるドジョウとカラドジョウの判別基準適合率%、()内は判別値 Y の平均値±S.D.

表2 (続)

St	n	体長 SL	肥満度 CF	体高 BD		尾柄高 CPD		第1口髯長 BIL	第3口髯長 B3L	種判別	
		mm	BWeSL <sup>3*</sup> 10 <sup>3</sup>	% of SL	% of BWi	% of SL	% of CPL	% of SnL	% of SnL	% of SL	判別基準適合率 <sup>*1</sup>
	1	282	89	113	1280	117	733	474	632	43	<i>M.anguil.100(-2.3)</i>
23	35	454±86 (281-675)	107±12 (7.7-13.1)	146±11 (120-166)	1407±61 (128.1-153.1)	131±13 (9.2-15.2)	864±104 (53.8-105.4)	1123±167 (81.3-143.8)	1307±161 (103.1-162.5)	93±13 (7.1-11.7)	<i>P.dabryanus</i> 94.3(1.7±1.0)
	15	380±47 (32.0-45.8)	9.1±1.2 (6.5-11.0)	12.6±1.1 (10.5-14.3)	130.1±6.4 (118.6-140.5)	10.6±1.2 (8.5-12.8)	68.0±6.2 (53.8-78.7)	51.7±8.7 (33.3-68.0)	73.0±10.8 (52.4-96.0)	4.6±0.7 (3.6-6.0)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.3±0.6)
24	4	421±36 (38.2-46.3)	10.7±2.7 (7.4-13.6)	14.9±2.2 (11.8-17.1)	148.1±9.7 (136.4-157.1)	12.6±1.5 (10.7-14.3)	93.4±3.0 (90.4-96.4)	127.6±14.5 (105.9-135.5)	144.3±10.2 (129.4-151.6)	10.0±0.2 (9.7-10.2)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.1±0.4)
	3	338±66 (26.3-38.3)	16.7±0.8 (15.9-17.6)	16.9±0.8 (16.0-17.5)	106.2±4.1 (101.7-109.8)	12.6±0.4 (12.3-13.0)	81.6±1.7 (79.7-82.8)	70.2±9.3 (63.2-80.8)	90.3±9.8 (78.9-96.2)	6.2±0.4 (5.7-6.5)	<i>L.echigonia</i> -
25	6	344±85 (26.1-49.3)	8.2±1.2 (6.1-9.1)	12.7±0.8 (11.3-13.4)	128.4±5.2 (121.4-133.3)	9.8±0.8 (9.0-10.9)	73.0±4.0 (68.1-78.8)	41.9±7.9 (33.3-55.2)	69.9±12.3 (55.0-88.5)	4.6±0.9 (3.6-5.9)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.5±0.6)
	2	446±48 (41.2-48.0)	10.0±1.2 (9.2-10.9)	15.6±0.9 (15.0-16.3)	142.1±5.1 (138.5-145.7)	12.3±1.5 (11.3-13.4)	97.6±6.1 (93.2-101.9)	131.5±6.0 (127.3-135.7)	151.3±8.3 (145.5-157.1)	10.3±0.5 (10.0-10.7)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.3±0.7)
26	3	993±186 (83.0-119.5)	9.4±0.8 (8.6-10.1)	12.8±1.3 (11.4-13.9)	112.8±11.2 (100.0-120.8)	11.3±0.1 (11.2-11.4)	74.2±6.7 (68.0-81.3)	83.1±17.0 (63.5-93.3)	91.5±18.5 (71.6-108.3)	5.8±1.2 (4.4-6.8)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.2±0.9)
27	27	356±119 (21.3-75.1)	7.8±1.0 (5.4-10.2)	11.5±1.0 (9.7-14.1)	121.1±8.9 (103.6-139.4)	9.4±0.8 (6.8-10.5)	61.1±9.3 (47.4-84.0)	64.4±11.7 (42.9-100.0)	69.8±11.6 (47.6-100.0)	4.8±0.7 (3.5-6.6)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.4±0.5)
	5	521±34 (47.5-56.1)	8.5±1.4 (7.1-10.2)	13.3±1.5 (11.4-14.8)	138.9±12.2 (120.0-152.9)	11.2±1.0 (9.9-12.4)	75.7±10.6 (60.3-88.3)	118.3±12.7 (96.7-128.9)	130.4±12.6 (121.1-152.6)	8.8±1.0 (7.8-10.3)	<i>P.dabryanus</i> 100(0.9±0.9)
28	4	59.1±25.7 (26.7-86.5)	10.0±0.1 (10.0-10.2)	13.0±0.5 (12.4-13.5)	122.4±6.3 (117.0-131.4)	11.4±0.7 (10.7-12.1)	67.7±13.0 (48.7-77.8)	59.2±18.5 (43.6-81.5)	68.1±15.2 (50.0-83.3)	4.6±0.9 (3.4-5.4)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.1±0.8)
	8	42.1±11.5 (30.8-65.2)	10.9±1.4 (9.2-13.5)	14.4±0.9 (13.0-16.1)	141.3±4.8 (132.7-146.9)	12.8±1.0 (11.0-14.1)	77.0±4.7 (71.8-86.1)	125.4±13.2 (104.5-140.9)	144.7±17.0 (118.2-168.0)	10.1±1.1 (8.3-11.3)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.2±0.9)
29	45	48.6±18.3 (25.7-92.5)	10.1±1.2 (7.3-12.4)	12.2±0.8 (10.5-14.2)	125.7±8.0 (101.9-144.1)	10.6±0.7 (9.2-12.6)	76.8±7.3 (64.8-94.5)	60.4±10.6 (36.8-87.2)	73.9±10.2 (50.0-94.4)	4.9±0.7 (3.5-6.8)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-2.0±0.5)
30	45	29.4±9.3 (15.6-47.4)	10.4±1.0 (8.9-13.2)	13.7±1.0 (10.9-15.6)	120.7±8.5 (96.2-139.1)	11.1±0.8 (9.1-12.5)	82.3±10.0 (66.7-125.0)	68.2±12.5 (46.7-91.7)	83.9±10.9 (62.5-104.2)	6.2±0.6 (4.9-7.1)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.0±0.5)
31	12	44.7±7.4 (30.9-57.6)	11.2±0.9 (10.2-13.2)	15.9±0.9 (14.3-17.5)	137.4±6.0 (125.5-147.7)	13.4±1.2 (12.0-16.2)	90.0±12.4 (74.5-123.3)	134.2±8.4 (120.7-148.6)	158.1±12.7 (137.1-182.9)	10.3±0.6 (9.5-11.3)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.5±0.5)
32	41	69.4±14.6 (41.5-111.5)	9.0±1.4 (5.5-12.1)	12.5±1.2 (9.2-14.9)	126.6±9.0 (100.8-142.6)	10.7±1.1 (7.8-13.3)	59.8±9.1 (44.9-79.4)	82.4±14.1 (51.3-109.6)	87.2±13.6 (56.4-132.6)	5.8±0.9 (3.8-8.4)	<i>M.anguillicaudatus</i> 95.1(-1.4±0.7)
33	30	53.3±14.8 (30.8-84.0)	11.0±1.0 (9.2-13.3)	15.4±0.9 (13.5-17.6)	140.9±7.0 (122.9-154.7)	12.8±1.3 (10.0-15.5)	72.8±9.3 (55.2-97.2)	126.5±13.0 (100.0-147.8)	149.0±13.9 (130.0-177.5)	9.9±1.2 (8.0-12.8)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.1±0.9)
	4	38.3±1.8 (36.3-40.5)	10.6±0.3 (10.1-11.0)	14.6±0.6 (14.1-15.4)	130.0±4.6 (123.9-134.9)	10.2±0.5 (9.6-10.6)	60.6±3.1 (56.9-64.5)	27.0±3.3 (22.9-31.0)	41.5±7.9 (31.0-48.5)	3.4±0.7 (2.5-4.0)	C.sp.BIWA type C
34	100	39.3±10.1 (22.2-71.0)	12.1±1.4 (8.1-17.5)	15.7±1.2 (12.3-18.6)	134.8±7.4 (113.3-156.4)	13.7±1.5 (10.1-16.9)	86.4±12.5 (62.8-132.8)	124.5±15.1 (84.4-153.3)	148.2±14.6 (114.3-178.6)	10.4±1.1 (7.8-13.7)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.6±1.0)
35	38	41.9±8.8 (22.2-56.2)	11.3±1.2 (9.1-14.6)	15.1±1.0 (13.1-16.9)	133.8±6.5 (118.8-147.1)	13.2±1.0 (11.1-14.8)	81.9±11.6 (63.4-123.1)	115.5±15.6 (83.3-158.3)	145.2±17.0 (112.9-181.8)	9.7±1.0 (7.3-12.4)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.1±0.8)
	2	22.6±0.4 (22.3-22.8)	10.5±0.5 (10.1-10.8)	13.8±0.8 (13.2-14.4)	114.8±5.2 (111.1-118.5)	10.9±0.5 (10.5-11.2)	86.0±0.3 (85.7-86.2)	58.3±11.8 (50.0-66.7)	66.7±7.9 (61.1-72.2)	5.3±0.5 (4.9-5.7)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.7±0.3)
36	62	45.8±12.0 (26.3-80.3)	10.5±1.1 (8.1-13.2)	15.2±1.0 (12.6-17.9)	139.2±8.4 (121.1-160.4)	12.9±1.6 (8.8-16.3)	78.9±12.1 (52.8-110.0)	145.1±16.9 (110.7-184.4)	157.7±18.6 (110.7-216.0)	10.3±1.2 (7.7-12.9)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.4±0.9)
	2	33.2±0.9 (32.5-33.8)	10.3±0.1 (10.2-10.4)	14.2±0.5 (13.8-14.5)	132.4±0.1 (132.3-132.4)	10.0±0.3 (9.8-10.2)	62.5±5.0 (58.9-66.0)	27.3±0.5 (26.9-27.6)	51.1±3.9 (48.3-53.8)	4.2±0.1 (4.1-4.3)	C.sp.BIWA type C
37	7	50.5±26.0 (26.3-103.4)	10.6±0.8 (9.7-12.0)	13.3±0.8 (12.2-14.7)	115.7±6.3 (103.8-122.6)	11.3±0.8 (10.3-12.6)	73.2±10.0 (60.0-92.2)	66.8±7.0 (59.3-78.4)	76.3±8.8 (59.3-83.8)	5.0±0.6 (3.9-5.8)	<i>M.anguillicaudatus</i> 100(-1.8±0.5)
	37	50.7±12.0 (26.3-82.0)	11.6±1.0 (9.5-14.0)	15.6±1.0 (12.9-17.5)	132.3±7.1 (119.5-146.8)	13.7±1.4 (11.2-17.5)	84.3±8.3 (67.6-100.0)	139.4±14.2 (108.3-165.6)	158.7±17.5 (121.2-200.0)	9.9±1.0 (7.2-11.6)	<i>P.dabryanus</i> 100(2.4±0.8)

表3 ドジョウ 4 種の魚体計測値の集計値 (平均値±95%信頼区間、括弧内は範囲)

種類	n <sup>*1</sup>	体高 BD		尾柄高 CPD		第1口髯長 BIL	第3口髯長 B3L	
		% of SL	% of BWi	% of SL	% of CPL	% of SnL	% of SnL	% of SL
ドジョウ <i>M.anguillicaudatus</i>	A 25	13.0±0.4 (11.3-14.8)	123.9±1.9 (112.8-130.1)	10.9±0.3 (9.4-12.6)	73.2±3.6 (59.8-90.6)	64.0±4.5 (41.9-83.1)	75.8±3.4 (59.2-91.5)	5.1±0.3 (4.0-6.2)
	B 506 <sup>*2</sup>	13.0±0.1 (9.2-16.7)	124.1±0.7 (80.6-147.4)	10.9±0.1 (6.8-13.8)	72.6±1.0 (44.9-125.0)	68.7±1.3 (32.0-109.6)	79.7±1.1 (36.0-132.6)	5.4±0.1 (2.5-8.4)
カラドジョウ <i>P.dabryanus</i>	A 28	15.5±0.4 (13.3-17.9)	142.0±1.9 (132.3-154.0)	13.5±0.5 (11.2-17.1)	90.7±5.5 (66.4-118.8)	128.0±4.5 (103.0-146.4)	146.9±5.2 (121.2-171.7)	9.9±0.3 (7.9-11.7)
	B 731 <sup>*2</sup>	15.8±0.1 (11.4-20.9)	140.9±0.6 (113.3-167.4)	13.8±0.1 (8.8-19.7)	91.2±1.3 (52.8-193.8 <sup>*3</sup> )	130.2±1.4 (75.7-184.4)	150.3±1.5 (87.1-230.0)	10.1±0.1 (6.1-16.5)
ヒガシシマドジョウ C.sp.BIWA type C	A 4	14.2±0.5 (13.8-14.6)	135.6±8.4 (130.0-140.9)	9.9±0.5 (9.6-10.2)	63.4±5.7 (60.6-68.6)	27.3±0.7 (27.0-27.6)	48.3±7.6 (41.5-52.1)	4.0±0.6 (3.4-4.2)
ホトケドジョウ <i>L.echigonia</i>	A 2	16.4±7.0 (15.8-16.9)	107.7±18.4 (106.2-109.1)	13.0±5.1 (12.6-13.4)	84.2±33.0 (81.6-86.8)	73.0±35.6 (70.2-75.8)	90.8±6.4 (90.3-91.3)	6.2±0.0 (6.2-6.2)

\*1 A:調査地点数、B:38地点の全計測個体数、\*2 計測の省略があるため採集総個体数とは不一致、\*3 極度の短軀個体

表4 ドジョウ類2種(ドジョウ *M. anguillicaudatus*、カラドジョウ *P. dabryanus*)の魚体計測値(表1に示したSt.1~29の中の8地点で翌年の6月に再度採集した個体と11B\*の個体、平均値±S.D.、括弧内は範囲)

St.	採集日	n	体長SLmm (範囲)	体重BWg (範囲)	種判別 判別基準適合率 <sup>※1</sup>
1	Jun,13,2019	5	28.6±28 (24.1~31.7)	0.33±0.08 (0.21~0.44)	<i>P. dabryanus</i> 100(3.0±1.4)
	Jun,26,2019	33	37.1±16.3 (17.8~89.6)	1.06±1.82 (0.08~8.37)	<i>P. dabryanus</i> 100(3.1±0.9)
		1	49.3	1.13	<i>M. anguillicaudatus</i> (-1.2)
2	Jun,13,2019	2	101.5±63 (97.0~106.0)	10.84±1.00 (10.13~11.55)	<i>M. anguillicaudatus</i> -
3	Jun,26,2019	14	31.4±6.8 (17.2~67.7)	0.43±0.33 (0.07~3.18)	<i>P. dabryanus</i> 100(2.8±0.9)
		4	68.3±16.3 (53.5~96.0)	3.27±2.38 (1.38~7.39)	<i>P. dabryanus</i> -
7	Jun,13,2019	5	62.2±12.3 (49.2~83.5)	2.10±1.30 (0.71~4.48)	<i>M. anguillicaudatus</i> -
		8	35.1±11.2 (23.0~75.0)	0.76±1.00 (0.18~5.01)	<i>P. dabryanus</i> 100(3.6±1.0)
	Jun,27,2019	45	63.8	2.85	<i>M. anguillicaudatus</i> (-1.1)
11B	Jun,27,2019	1	36.0	0.67	<i>P. dabryanus</i> (3.2)
11B*	Jun,27,2019	3	21.7±2.6 (19.4~24.5)	0.13±0.05 (0.09~0.18)	<i>P. dabryanus</i> 100(1.6±1.0)
12	Jun,26,2019	55	36.6±12.9 (18.5~86.4)	0.95±1.37 (0.10~8.51)	<i>P. dabryanus</i> 100(3.9±1.0)
16	Jun,26,2019	37	52.6±12.8 (32.3~87.4)	1.50±1.05 (0.30~4.68)	<i>M. anguillicaudatus</i> 100(-1.7±0.7)
23	Jun,6,2019	18	21.4±2.6 (17.3~26.2)	0.14±0.05 (0.06~0.27)	<i>P. dabryanus</i> 100(2.9±0.9)
	Jun,27,2019	103	29.6±9.6 (14.9~79.7)	0.46±0.92 (0.04~8.58)	<i>P. dabryanus</i> -

\*11Bの農業用水路に入る中干し水田の水尻(図15参照)

個体が基準に適合した。カラドジョウでは4地点(St.5、7、8、23)で同適合率が92.9~98.0%となり、計5個体(Y=-0.12~-0.59)が基準を逸脱したが、他の24地点では100%の個体が基準に適合した。全同定個体に占める判別基準逸脱個体の割合は両種ともに1%以下と少なく、本研究での種同定の信頼性がドジョウでは99.6%、カラドジョウでも99.3%の個体で担保された。

なお、本研究で利用したY値については、集団ごとの平均値がドジョウでは-0.7~-2.8(n=25)、カラドジョウでは1.2~4.4(n=28)で調査地点による差があった(表2)。そこで、生息域による比較を行ったところ(図8)、ドジョウでは単独出現域が平均-1.5(n=8)、カラドジョウとの混生域が平均-1.9(n=15)で差はないが(U検定、 $p>0.05$ )、カラドジョウでは単独出現域が平均2.7(n=11)、ドジョウとの混生域が平均1.9(n=15)となり、混生域に比べて単独出現域で有意にY値が高くなることがわかった(U検定、 $p<0.05$ )。次に、Y値と肥満度の関係を調べたところ(図9)、両者の間にはドジョウ、カラドジョウともに有意な正の相関があり(ドジョウ、 $r=0.782$ 、 $p<0.001$ 、カラドジョウ; $r_s=0.656$ 、 $p<0.001$ )、肥満度が高い集団ほどY値が高い傾向がみられた。なお、肥満度

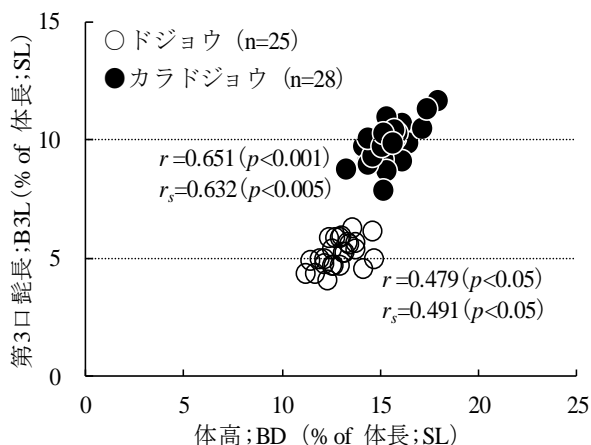


図5 体高と第3口髭長の関係

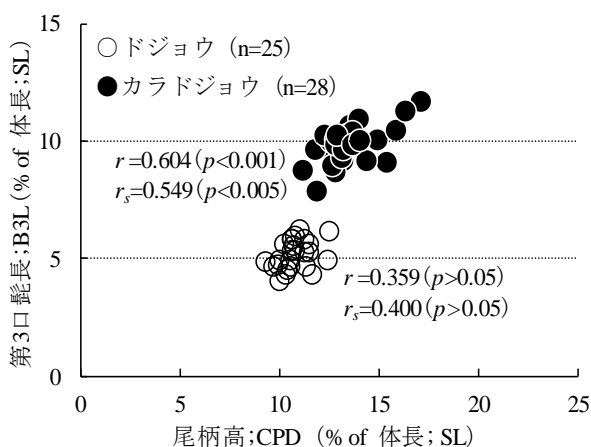


図6 尾柄高と第3口髭長の関係

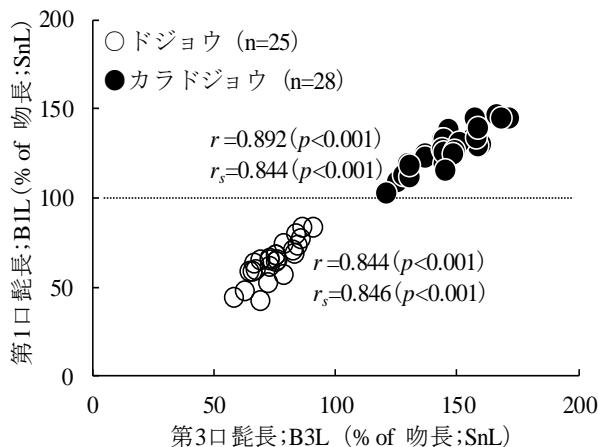


図7 第3口髭長と第1口髭長の関係

についてはドジョウ、カラドジョウともに夏から秋に向けて低下し、カラドジョウでは給餌養殖を行うフナ養殖水田<sup>18)</sup>の排水が入る用水路(St.4、12、13、34)でやや高くなる傾向がみられた(図10)。

ドジョウとカラドジョウの繁殖生態 ドジョウでは2019年6月13日にSt.7で2個体(体長75.6~96.0mm、体重3.25~7.39g、表4)、7月17日にSt.32で8個体(体

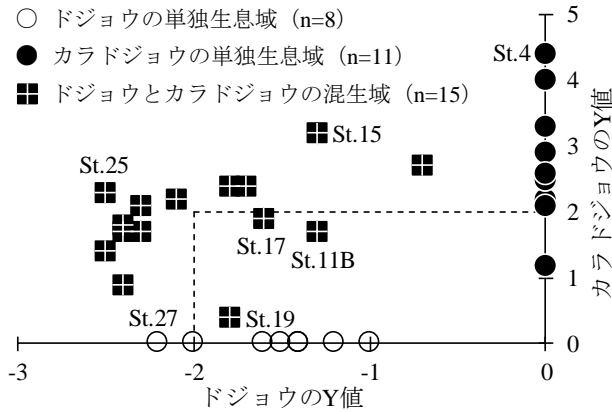


図8 Y値の生息域による比較  
(ドジョウのY値の最低値はSt.21の-2.8であるが、ホトケドジョウとの混生があり除外)

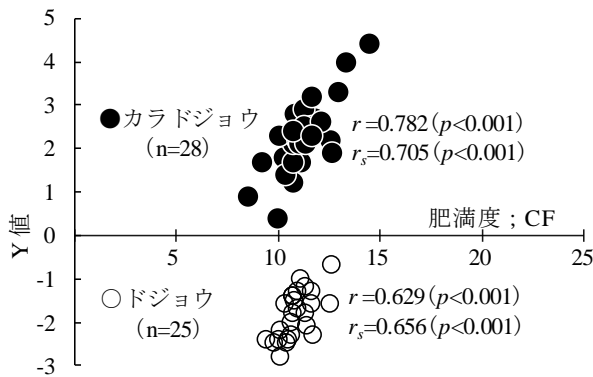


図9 Y値と肥満度の関係

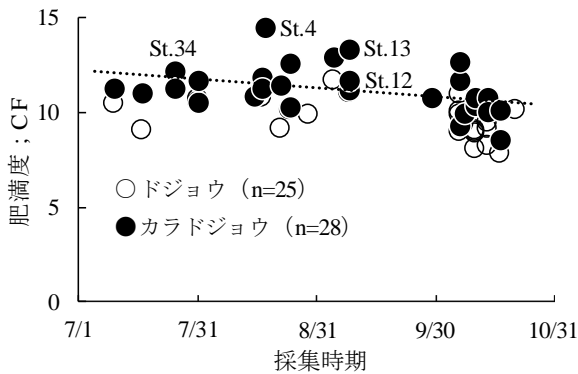


図10 肥満度の季節推移

長 70.0~111.5mm、体重 3.16~14.72g、表 2) の抱卵雌親魚が採集された。体内熟卵数は470(体長 70.0mm)~5,541粒(体長 111.5mm)で、体内熟卵数(Y)と体長(X)の関係式は  $Y=0.00001X^{4.2576}$  (n=10、 $r=0.8827$ 、 $p<0.001$ ) で表された(図 11)。なお、いずれの個体も腹部はまだ固く、産卵前の雌親魚と推察された。カラドジョウでは2019年6月26日にSt.1で2個体(体長 85.8~89.6mm、体重 6.99~8.37g、表 4)の成熟した抱卵雌親魚が採集さ

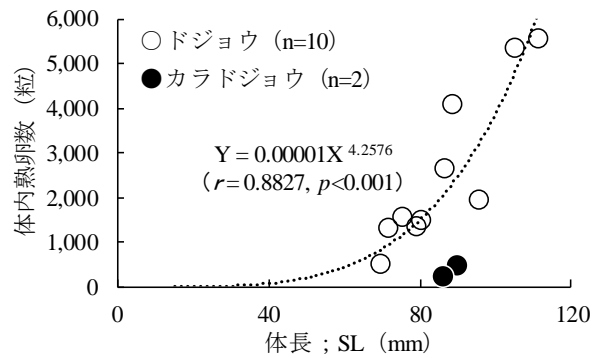


図 11 ドジョウとカラドジョウの体内熟卵数

れたが、体内熟卵数は 252~498 粒と少なく、いずれも産卵後の雌親魚と推察された。カラドジョウについてはこれ以外の抱卵雌親魚を採集できていないため、体内熟卵数(Y)と体長(X)の関係式は得られなかった。

ドジョウとカラドジョウの体長組成の推移を比較すると、ドジョウでは2019年7月に体長 15~20mm の0+齢の仔稚魚が出現を始めたのに対して(図 12)、カラドジョウでは既に6月の時点で体長 10~20mm の0+齢が出現しており(図 13)、仔稚魚の出現時期はドジョウに比べてカラドジョウの方が1ヶ月早かった。

ドジョウとカラドジョウの体サイズ 体長(SL)と体重(BW)の関係式は、ドジョウが  $BW=0.00001SL^{2.9836}$  ( $r=0.99$ 、 $p<0.001$ )、カラドジョウが  $BW=0.00002SL^{2.9088}$  ( $r=0.99$ 、 $p<0.001$ ) で表された(図 14)。一般的にドジョウでは体長 80mm 以上が成魚として扱われるが、<sup>19)</sup> 体長が 80mm のときの体重は、上記の関係式からドジョウで 4.8g、カラドジョウでは 6.9g と求められた。また、こ

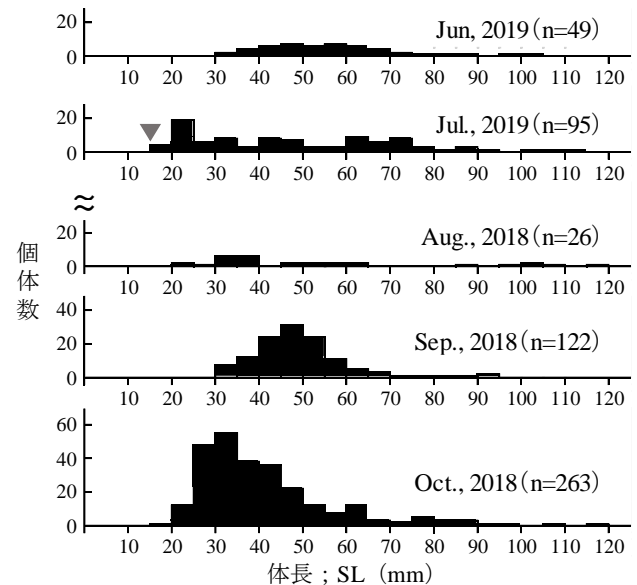


図 12 ドジョウの体長組成の推移 (n=555)

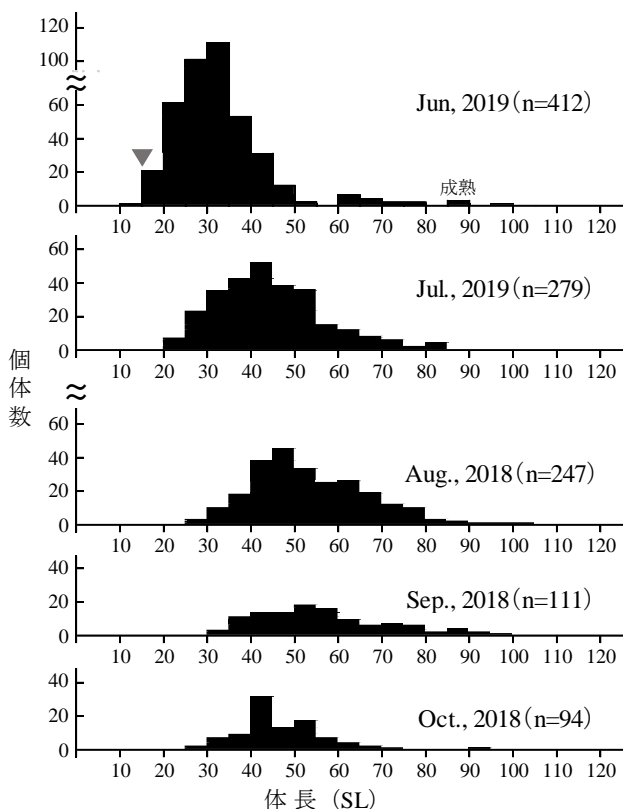


図13 カラドジョウの体長組成の推移 (n=1,143)

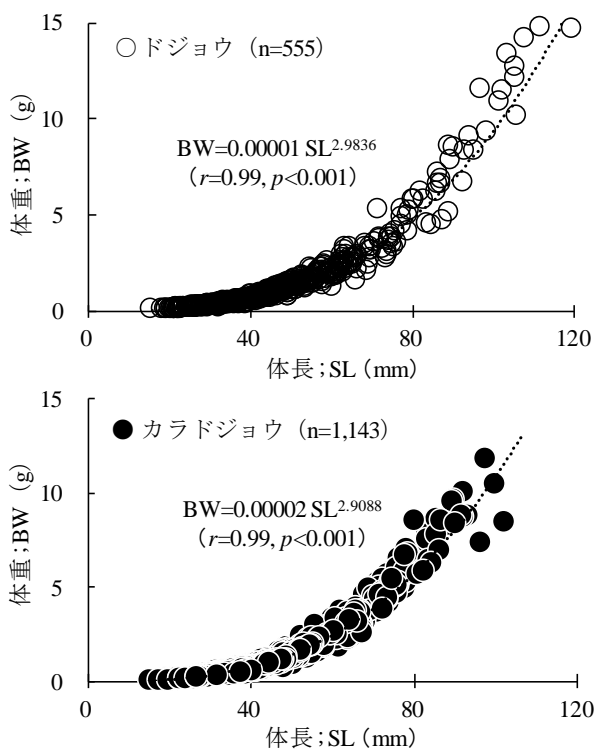


図14 ドジョウとカラドジョウの体長・体重関係

の式から体重が10gに到達する体長を求めるとドジョウで103mm、カラドジョウでは91mmとなり、ドジョウに

比べてカラドジョウが明らかに寸胴な体型であることが示された。

### 考察

**カラドジョウの侵入とドジョウとの混生の実態** 佐久市内で筆者らが2006年に初めて現認したカラドジョウが、それから十数年経過した現在、千曲川上中流域の水田地帯に広く拡散し、従来から生息していた在来ドジョウの生息域に侵入、定着している実態が今回の調査から明らかになった。今回の調査では38地点中25地点でドジョウの生息を確認できたが、ドジョウ単独での生息が確認できたのは僅かに8地点で、15地点はカラドジョウ、2地点はヒガシシマドジョウまたはホトケドジョウとの混生状況にあった。カラドジョウは28地点で確認され、うち11地点はカラドジョウ単独での確認であった。

千曲川上中流域におけるドジョウとカラドジョウの出現地点はランダムに分散し、ある特定のエリアに偏るという傾向はみられなかった(図1)。図15に佐久市高柳地籍の水田地帯におけるカラドジョウとドジョウの出現様式を示した。この地帯を流れる水路の大元は「佐久平用水」であるが、そこから引き込む経路(用水A~C)が異なることによりSt.10のフナ養殖水田にはカラドジョウが、St.11Aの同水田にはドジョウがそれぞれ繁殖し、St.11Aの排水が入るSt.11Bの水路にはドジョウとカラドジョウが混生するという異なる出現様式が、ごく狭いエリア内で起きていた。水田に張り巡らされている水路の起源や経路は複雑で、用水と排水が分離する形式や用排兼用の用水もあり、<sup>3)</sup>各所でこのような複雑な出現様式が起きていとみられる。なお、St.11Aのドジョウについては人為的な移植によるものではない。

**ドジョウとカラドジョウの種判別** カラドジョウはドジョウに比べて口髭が明らかに長いこと、体はよく側扁して体高が高いこと、尾柄の膜鱗部がよく発達することからドジョウとの区別は容易とされる。<sup>1)</sup>本研究においてもドジョウとカラドジョウの体高、尾柄高および第3口髭長に着目して計測を行い、両種の3部位の体高比にはいずれも顕著な有意差があることを確認した。小出水らは、両種を見分ける簡易な判別式として判別式Dを提唱した。<sup>9)</sup>当該判別式にはこれらの3部位のうち尾柄高と第3口髭長が用いられるが、計算によって得られるY値を検証した結果、両種の判別に有用である。また、小出水らは第3口髭長が体長の5%以下ならドジョウ、10%以上ならカラドジョウとして予備的な判別が可能としたが、<sup>9)</sup>本研究においても同比の平均値はドジョウで約5%、

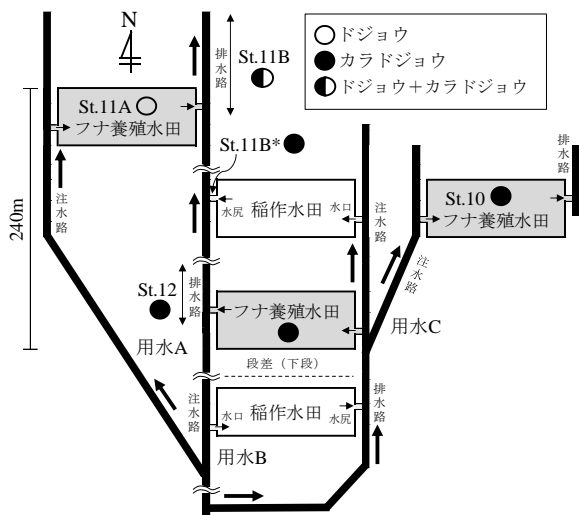


図 15 佐久市高柳地籍の水田地帯におけるドジョウとカラドジョウの出現様式

カラドジョウで約 10%であり、3 部位のうち第 3 口髭長の長さに着目するだけで、両種の区別は容易と考える。なお、カラドジョウの Y 値は単独で出現する集団で高く、ドジョウと混生している集団では低かった。また、Y 値はドジョウ、カラドジョウともに肥満度の高い集団で高かった。Y 値は尾柄高が高く、第 3 口髭長が長い個体ほど数値が高くなるので、カラドジョウがドジョウと混生する水域においては餌料面で競合が起き、肥満度の低下によりカラドジョウの特徴である尾柄の膜鱗部の発達と第 3 口髭長の伸長が抑えられている可能性がある。

**ドジョウとカラドジョウの水田との関係** ドジョウは水田の代掻きと同時に農業水路から水田に遡上してくるが、この時点ではまだ雌親魚が有する卵は未成熟の状態、水田で何日かを過ごしたあとに成熟し、夜間に産卵が行われる。<sup>20)</sup> 今回の調査では土水路の箇所もまだ残されていたが、農業水路の多くはコンクリート 3 面張の構造で、流速が速く、草や藻が生えにくい環境に変貌した。このため、従来は土水路の草元などに卵を産み付けていたドジョウは、<sup>7,21)</sup> 産卵基質となる水田の稲株を求めて水路を遡上して水田に侵入することになる。佐久地域では例年 5 月 20 日頃が「田植え」の最盛期であるが、早い人は 5 月 10 日頃には「田植え」を始める (JA 佐久浅間、私信)。今回の調査では、2019 年 6 月 6 日に St.23 で平均体長 21.4 mm のカラドジョウの 0+齢が最も早く出現したが (表 4)、佐久地域の水田にこの時期盛んに発生する鰓脚類のカブトエビ・ハウネンエビと同時に採集されていることから、上流域の水田から流下した個体群と推定された。カラドジョウについては 0+齢の成長に関する知見がないので、生後 10 日で全長約 10mm、同 1 ヶ

月で全長 20~30mm、<sup>22)</sup> ふ化後 15 日で体長 12mm、<sup>18)</sup> というドジョウの成長をもとに逆算すると、6 月上旬に確認されたカラドジョウの 0+齢は、5 月上旬以降に水田内で産卵、ふ化して成長した個体群の流下と推定され、最も早い人の「田植え」の時期と一致した。その後もカラドジョウの 0+齢は佐久地域で 6 月下旬頃に始まる水田の「中干し」と連動する形で 2019 年 6 月 26 日と 27 日の両日に大量に採集されており、実際に「中干し」中の水田の水尻で農業水路へ流下する直前のカラドジョウの 0+齢 (体長 19.4~24.5mm) が採集された。水田からドジョウの逃亡を防ぐには水面上 30cm 以上の畔高が必要とされるが、<sup>23)</sup> 多くの水田はそれ以下であることから「中干し」以前にも注水または降雨時の畦越えの飛び出し、水口、水尻 (注排水) の隙間からの逃亡などにより、カラドジョウの生育水田から農業水路への流下は水田地帯の各所で起きていると考えられる。

一方、ドジョウにおいては、6 月の時点では 1+齢または 2+齢と推定される個体しか農業水路では採集できず、水路の中で最初に 0+齢を確認できたのは 2019 年 7 月 6 日 (St.30、最小体長 15.6mm) で、産卵時期は 6 月上旬頃と推定された。カラドジョウの最初の産卵時期を 5 月上旬とすると、ドジョウの最初の産卵時期はこれより約 1 ヶ月遅く、仔稚魚の出現時期も 1 ヶ月遅い。このことは、カラドジョウが「田植え」後に各所の水田に侵入して盛んに産卵行動を繰り返す 5 月から 6 月の時期に、ドジョウがこれらの水田をうまく利用できていない可能性を示唆している。なお、St.27 で 10 月に入ってから St.16 で最小体長 19.0mm を含む 0+齢が出現しているように、ドジョウでは 9 月になってもかなりの頻度で産卵が行われている可能性がある。栃木県では 7 月にいったん減少した成熟魚の割合が 9 月に再び上昇することが報告されているが、<sup>24)</sup> そうだとするとドジョウの産卵期は 6 月から 9 月までの長期にわたる。

**ドジョウとカラドジョウの成長** 0+齢の成長については、ドジョウでは 7 月に体長が 30mm、8 月に 40mm、9 月に 50mm、10 月に 60mm 前後、カラドジョウでは 6 月に体長が 30mm、7 月に 40mm、8 月に 50mm、9 月に 60mm、10 月に 70mm 前後とそれぞれ体長組成の推移から推定された。ドジョウの成長は生息域によって異なるが、岐阜県の野生個体群では満 1 年で全長が 60mm、満 2 年で 100mm 程度である。<sup>25)</sup> また、同個体群における最高齢は 3+齢で、雌では 2+齢、雄では 1+齢になる繁殖期にそれぞれ大半が繁殖に参加することが示唆されていることから<sup>25)</sup>、2019 年 6 月中旬から 7 月中旬に採集されたドジョウの抱卵雌個体 (体長 70.0~111.5mm) は、2+齢

になる直前の1+齢もしくは3+齢になる直前の2+齢と推定された。カラドジョウにおいても2019年6月下旬に採集された抱卵雌個体(体長85.6~89.6mm)は、2+齢になる直前の1+齢と推定される。

**遺伝的攪乱** 国内に生息するドジョウは、ミトコンドリアDNAのチトクロームb遺伝子の塩基配列による系統解析により遺伝的に異なる3つのクレードから構成されることが明らかになったが、<sup>27)</sup>長野県内に生息するドジョウについては当該解析が行われていない。千曲川上中流域に生息するドジョウについては信濃川下流域の新潟県長岡市で採集された個体が在来ドジョウ系を示すクレードC(C3~C7)に入ることから、<sup>27)</sup>現時点では中国ドジョウ系やヨーロッパドジョウ系とは異なる在来ドジョウ系と推定されるが、今後ミトコンドリアDNAによる解析が必要になるであろう。ドジョウとカラドジョウが混生する水域では遺伝的攪乱の影響が懸念される。今回の調査では両種の雑種とみられる個体は確認されなかったが、両種の間にも生まれる雑種は正逆交雑でいずれも生存性であることが人工交配で確かめられている。<sup>29)</sup>

**ドジョウ資源の保全** カラドジョウの原産地の一つである韓国では、ドジョウが河川形態でAa型の上流域近くまでかなり広範囲に分布するのに対して、カラドジョウは平地性であるという。<sup>28)</sup>佐久市内の2店舗で売られていた地元産の活ドジョウ(St.34またはSt.3周辺の平地産)が、かつてホンドジョウ<sup>21)</sup>と呼ばれた細長い体型の在来のドジョウから、寸胴な体型の国外外来種カラドジョウに置き換わってしまっている現状は由々しきものがある(図16)。将来に向けてドジョウを絶滅および交雑等による遺伝的攪乱の進行<sup>12)</sup>から防ぐには、人為的攪乱を防ぐことは勿論として、カラドジョウが侵入しにくいと考えられる中山間地の水田地帯における個体群の保全が今後必要になってくるであろう。

### 要約

- 1 千曲川上中流域の水田地帯(佐久市から上田市)において、2018年8月から2019年7月にかけてドジョウ類の生息状況について調査した。
- 2 採集されたドジョウ類は、ドジョウ科のドジョウ、カラドジョウ、ヒガシシマドジョウの3種とフクドジョウ科のホトケドジョウの4種であった。
- 3 38調査地点中、ドジョウは25地点、カラドジョウは28地点に出現し、うち15地点では両種が混生している実態が明らかになった。
- 4 ドジョウとカラドジョウの体高、尾柄高、第3口髭長



図16 地元産の活ドジョウ(カラドジョウ)  
(2019年7月31日、佐久市伴野の店舗)

の各体長比にはいずれも顕著な有意差があり、両種の区別に有効であった。

- 5 ドジョウとカラドジョウを見分ける簡易な判別式として小出水らが提唱した判別式Dは、両種の判別ツールとして有用である。

### 謝辞

カラドジョウおよびドジョウの水田サンプル魚(St.10、11A)を提供していただいた高柳フナ部会(佐久市高柳)の臼田元一、平林泰彦の両名に深謝します。また、本稿のとりまとめに必要な文献の提供をいただいた愛媛県水産研究センター栽培資源研究所の清水孝昭博士に厚く御礼を申し上げます。

### 文献

- 1) 中島 淳, 内山りゅう. 「日本のドジョウ 形態・生態・文化と図鑑」. 山と溪谷社, 東京. 2017.
- 2) 吉郷英範. 山口県東部で採集された外来の可能性のあるドジョウ属(コイ目ドジョウ科). 比婆科学 2007; 223: 7-20.
- 3) 片野 修, 細谷和海, 井口恵一朗, 青沼佳方. 千曲川流域の3タイプの水田間での魚類相の比較. 魚類学雑誌 2001; 48: 19-25.
- 4) クリーンピア千曲ニュース編集委員会. 千曲川にすむ魚たち. クリーンピア千曲ニュース 2010; 45: 4.
- 5) 美馬純一. 長野県内の天竜川におけるハゼ科魚類の分布状況について. 飯田市美術博物館自然部門地域史研究事業ニュースレター HEUREKA! INADANI 2009; 5: 5.
- 6) 美馬純一. 長野県南部の魚類分布状況について. 飯田市美術博物館自然部門地域史研究事業ニュースレター HEUREKA! INADANI 2009; 6: 5.



- 7) 信州魚貝類研究会, 行田哲夫. ドジョウ. 「長野県魚貝図鑑」(中村一雄監修). 信濃毎日新聞社, 長野. 1980 ; 77-78.
- 8) 吉田利男, 山本雅道. 長野県内の淡水魚類について. 信州大学環境科学論集 1983 ; 5 : 83-87.
- 9) 小出水規行, 森 淳, 水谷正一, 渡部恵司, 竹村武士, 西田一也. 農村生態系保全に向けてのドジョウとカラドジョウの簡易な種判別式. 農村工学研究所技報 2012 ; 212 : 167-175.
- 10) 松沢陽士. カラドジョウ. 「ポケット図鑑 日本の淡水魚258」(松浦啓一監修). 文一総合出版, 東京. 2011 ; 97.
- 11) 加納光樹, 齊藤秀生, 渕上聡子, 今村彰伸, 今井 仁, 多紀泰彦. 渡良瀬川水系の農業水路におけるカラドジョウとドジョウの出現様式と食性. 水産増殖 2007 ; 55 : 109-114.
- 12) 清水孝昭. ドジョウ:資源利用と攪乱. 魚類学雑誌 2014 ; 61 : 36-40.
- 13) 清水孝昭, 高木基裕. 愛媛県に侵入したカラドジョウ集団内に見られた起源の異なる 2 つの遺伝子系統. 魚類学雑誌 2010 ; 57 : 125-134.
- 14) 向井貴彦, 梅村啓太郎, 高木雅紀. 岐阜県におけるカラドジョウの初記録と中国系ドジョウの侵入. 日本生物地理学会会報 2011 ; 66 : 85-92.
- 15) 中坊徹次. 魚類概説 第二版. 「日本産魚類検索 全種の同定 第二版」(中坊徹次編). 東海大学出版会, 東京. 2000 ; xx-xliv.
- 16) 久保田善二郎, 松井 魁. ドジョウの形態学的研究 (第 2 報) 成長に伴う体形の変化に就いて. 農林省水産講習所研究報告 1955 ; 5 : 117-135.
- 17) 鈴木 亮. ドジョウの放卵数, 卵巣卵数および卵径分布. 淡水区水産研究所研報 1976 ; 42 : 961-967.
- 18) 熊川真二. 水田を舞台とした魚と米の共生. アクアネット 2003 ; 61 : 46-49.
- 19) 久保田善二郎. ドジョウの増殖に関する研究-VII 仔魚の放養時期、配合飼料の種類および池の底質が種苗の生産に及ぼす影響について. 水産大学校研究報告 1965 ; 14 : 59-73.
- 20) 齊藤憲治. ドジョウ. 「山溪カラー名鑑 日本の淡水魚」(川那部裕哉, 水野信彦, 細谷和海編). 山と溪谷社, 東京. 1989 ; 382-385.
- 21) 井出明雄. 魚類. 「佐久市志 自然編」(佐久市志編纂委員会編). 佐久市志刊行会, 佐久. 1988 ; 852-886.
- 22) 鈴木 亮, 石田力三. 「図解 どじょう養殖の新技术増補改訂版」. 泰文館, 東京. 1967.
- 23) 渡辺恵三. 「ドジョウー水田養殖の実際」. 農文協, 東京. 1967.
- 24) 中村智之, 尾田紀夫. 栃木県那珂川水系の農業水路における溯上魚類の季節変化. 魚類学雑誌 2003 ; 50 : 25-33.
- 25) 木村敦子, 古屋康則. 岐阜県産のドジョウ野生個体の生殖年周期. 魚類学雑誌 2011 ; 58 : 1-12.
- 26) 大友芳成. 農業水路を想定したドジョウ越冬時の環境条件と生残率の関係について. 埼玉県農林総合研究センター研究報告 2005 ; 5 : 44-46.
- 27) 小出水規行, 竹村武士, 渡部恵司, 森 淳. ミトコンドリア DNA によるドジョウの遺伝特性一チトクローム b 遺伝子の塩基配列による系統解析. 農業農村工学会論文集2009 ; 259 : 7-16.
- 28) 田 祥麟, 中村守純, 水野信彦, 細谷和海, 君塚芳輝. 座談会 “日韓の淡水魚を語る”. 淡水魚 1984 ; 10 : 1-17.
- 29) Kim DS, Nam YK, Park IS. Survival and karyological analysis of reciprocal diploid and triploid hybrids between mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and cyprinid loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). *Aquaculture* 1995 ; 135 : 257-265.

# イワナナガクビムシのふ化及び幼生の寄生能力期間

川之辺素一

## Hatching of *Salmincola carpionis* and period of parasitic capacity of the larvae

Motokazu Kawanobe

イワナナガクビムシ (*Salmincola carpionis*) は主にイワナ属 (*Salvelinus*) 魚類の口腔内に寄生するカイアシ類で、ブラと呼ばれる固着器を宿主の組織に打ち込み寄生する。<sup>1)</sup> 卵のうを含めた大きさは約 10mm と肉眼でも確認できることから、活魚や頭部付きの鮮魚で出荷された場合、出荷先からクレームが付くことがある。長野県内の一部河川でイワナ (*Salvelinus leucomenis*)、カワマス (*Salvelinus fontinalis*) などへの寄生が確認されており、<sup>2)</sup> 一部の養魚場で飼育されているイワナにも確認されていることから、その対策が求められている。<sup>3)</sup> 現在は鮮魚出荷の際に一尾ごとピンセット等で虫体を取り除いてから出荷されている。また、ハンダゴテの熱で虫体を殺す簡便な除去方法も考案されているが、ピンセットによる除去と同様に一尾ごと処理しなければならないため労力がかかる。<sup>4)</sup> *S. carpionis* はメスの体についた卵のうの中でふ化した幼生が、水中に出て他の宿主に寄生することで感染が拡大する。<sup>5)</sup> 河川水を飼育用水としている養魚場では、河川に生息している本虫寄生魚からふ化した幼生が養魚場内へ侵入することで飼育魚が寄生を受ける。そのため、養魚場に侵入する前に幼生を除去すればよいが、幼生の体幅は 0.25~0.27mm と小さく、用水の紫外線照射や簡易ろ過槽での防除は効果が無い。<sup>6,7)</sup> 一方、湧水を水源とする養魚場では上流の水路や池から本虫寄生魚を取り除き、非寄生魚を導入することで養魚場内をクリーン化する方法が考えられる。しかし、本虫寄生魚を取り除いた後、池内に残っている幼生がどの程度の期間寄生する能力を保持し続けるかわかっていないため、非寄生魚を導入するまでに、何日間池を空けておけばよいかわかっていない。そこで、*S. carpionis* のふ化後及び幼生の生存期間及びイワナへの寄生能力期間を明らかにした。

### 材料と方法

#### 1 *S. carpionis* のふ化及び幼生の生存期間

##### 供試卵

長野県水産試験場(以下、「試験場」という)では約 2km

離れたわさび田の湧水を水源とした飼育水(以下、「飼育水」という)を用いてイワナを飼育すると *S. carpionis* が寄生する。2019 年 1 月に試験場内で *S. carpionis* の寄生を受けた全雌三倍体イワナに FA100 で麻酔をかけた後、口腔内から抱卵した *S. carpionis* の雌をピンセットを用いて 8 個体取り出した。その後、虫体から卵のうをハサミを用いて切り離し、1 対ずつ高圧蒸気滅菌した飼育水(以下、「滅菌飼育水」という)を約 20ml 入れた直径 90mm のシャーレに收容した。なお、取りだした卵には色素沈着があるものとそうで無いものがあったので、発生の進み具合が異なることがうかがえた。

##### ふ化率及び生存期間の確認

卵のうは、10℃に設定した恒温器内に設置した振とう器(ATTO製AE-3605型、回転数:43rpm)の上で培養し、シャーレ内で卵のうがある程度動いている状態とした。滅菌飼育水の交換は3日おきに実施した。1日に1回、全ての卵のうを観察し、幼生のふ化の有無を確認した。ふ化を確認した場合、泳いでいる幼生はピペットを用いて別の滅菌飼育水を張ったシャーレに計数しながら移した。移した幼生の数と卵のう内に残っていた卵の合計を総卵数とし、ふ化率(泳いでいる幼生÷総卵数×100)を算出した。移した幼生は恒温器内に戻し、1日に1回実体顕微鏡(×10)を用いて生存の確認をおこなった。シャーレ内の10個体を無作為に観察し、枝付き針を近づけてわずかでも動く場合は「生存」、全く動かなくなった場合を「死亡」とし、死亡が100%になるまで観察を続けた。幼生の観察期間中にはシャーレ内の水交換はおこなわなかった。

#### 2 幼生の寄生能力期間

##### 供試幼生

試験は2018年12月及び2019年1月の2回に分けて行った。試験場で飼育水を用いて飼育している *S. carpionis* の寄生を受けた全雌三倍体イワナから1の試験と同じ方法で幼生を得た。1回目の試験では1虫体の卵からふ化した幼生を、2回目の試験では同じ日にふ化が確認された3虫体の卵からふ化した幼生を混合して試験に用いた。

## 感染試験

試験場には、飼育水を実験施設へ送る際にウイルス性疾病低減を目的とした沈殿、ろ過、紫外線殺菌を行う施設があり、<sup>8)</sup>その施設を通過した水(以下、「処理飼育水」という)を用いてイワナを飼育すると *S. carpionis* の寄生を受けない。幼生のふ化を確認後、ピペットを用いて処理飼育水を 4.5L 入れた 6 つの水槽に等分して収容した。水槽には、エアレーションを行った。

幼生を水槽へ収容後 0、24、48、72、96、120 時間後に各水槽にイワナを 1 回目の試験では 5 尾、2 回目の試験では 10 尾収容した。なお、2 回目の試験では一部の幼生をシャーレに移し恒温器内に戻して 1 の試験と同様に生存期間の観察を行った。試験に用いたイワナは長野県水産試験場木曾試験地から導入したイワナで *S. carpionis* の寄生は受けていなかった。各水槽ともイワナ収容後 24 時間までは止水とし、その後は処理飼育水を注水し、給餌飼育した。約 3 週間後の試験終了時には全てのイワナを取上げて虫体の有無を確認した。死亡があった場合も同様の処理をした。試験回次別の幼生及びイワナ収容状況を表 1 に示した。

## 結果

### 1 *S. carpionis* のふ化及び幼生の生存期間

卵収容からふ化までの日数は最も早いもので 3 日、最も遅いもので 19 日であった。ふ化率は 77~97% の範囲

で平均は 88% であった(表 2)。ふ化した幼生はピペットを近づけると素早く移動する個体がほとんどであった。卵のう内に残った卵は中身が白くなり明らかに死亡していると考えられるものと、枝付き針で押し出すと卵のうから幼生が出るがわずかし動かかない個体であり明らかに正常なふ化ではなかった。一対の卵のうに入っていた卵数は 99~243 個で平均は 164 個であった。

ふ化後の *S. carpionis* 幼生については、早いものでは 2 日後に死亡が始まり、5~7 日後に全数が死亡した(図 1)。

### 2 幼生の寄生能力期間

供試魚収容後の水槽内において、縄張り個体からの攻撃による供試魚の死亡が生じたが(表 3)、死亡魚からも *S. carpionis* が脱落することなく確認されていることから、供試魚の死亡は感染試験の結果に影響を与えていないと考えられた。

1 回目の試験では幼生収容後 24H 区、48H 区、72H 区でイワナへの寄生が確認され、2 回目の試験では 0H 区、24H 区、48H 区、72H 区、96H 区でイワナへの寄生が確認された。両試験共に 120H 区では寄生が確認されなかった。寄生が確認された水槽における寄生率は 10~40% であり(図 2)、1 尾あたり 1~2 個体の *S. carpionis* が確認された。シャーレで継続飼育した幼生は 4 日後に死亡が現れ、7 日後には全て死亡した(図 3)。

表 1 試験回次別の幼生及びイワナ収容状況

試験回次	試験開始日	イワナ収容終了日	試験終了日	幼生収容数(匹/水槽)	イワナ収容数(尾/水槽)	イワナ平均体重(g)	期間中水温(°C)	
							止水時水槽内	飼育水
1	2018/12/30	2019/1/4	2019/1/18	14	5	8.0	Av.10.0 (8.7~11.5)*	Av.10.6 (9.2~12.0)*
2	2019/1/31	2019/2/5	2019/2/21	68	10	10.1	Av.10.8 (8.7~12.9)*	Av.11.4 (9.2~14.7)*

※(最小値~最大値)

表2 シャーレ収容卵ふ化状況

No.	ふ化 日数	正常 ふ化 (匹)	卵のう 内幼生 (匹)	死卵 (粒)	総卵数 (粒)	ふ化率 (%)
1	3	89	6	4	99	90
2	3	186	28	29	243	77
3	5	141	2	2	145	97
4	11	90	7	5	102	88
5	15	114	22	4	140	81
6	16	222	5	9	236	94
7	16	125	10	11	146	86
8	19	178	18	5	201	89

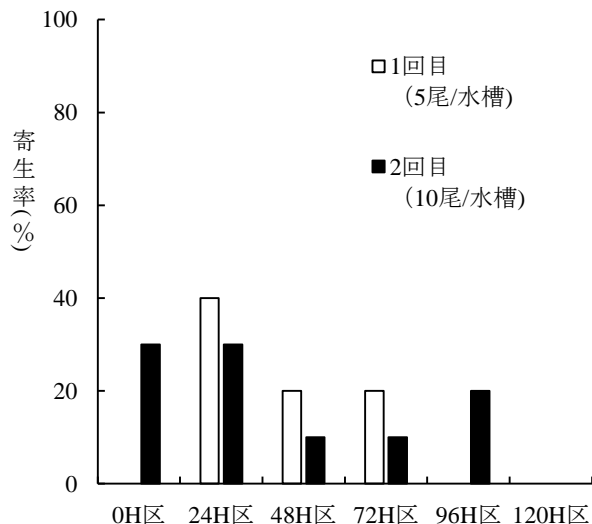


図2 試験区別寄生率

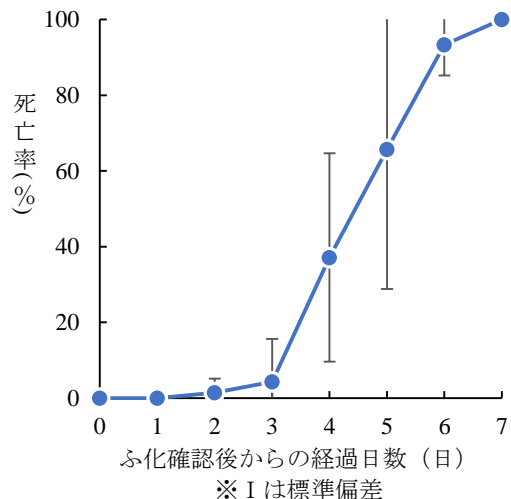


図1 幼生の死亡率の推移

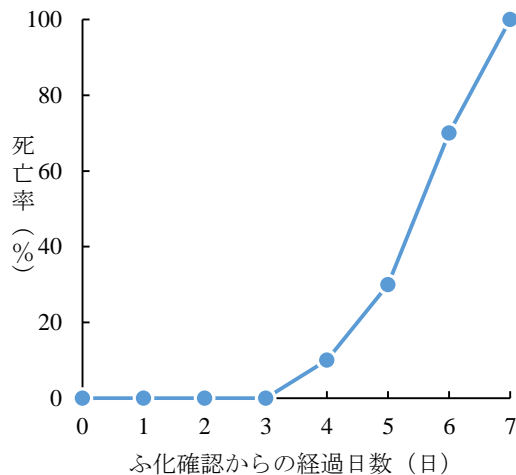


図3 2回目試験におけるシャーレ内幼生死亡率の推移

表3 試験回次別の供試魚死亡

試験区	試験回次	
	1	2
	死亡数/供試数	死亡数/供試数
0H区	3/5	8/10
24H区	1/5	0/10
48H区	0/5	0/10
72H区	2/5	0/10
96H区	2/5	4/10
120H区	0/5	0/10

## 考察

今回の試験では *S. carpionis* 卵を培養する際に滅菌飼育水を用いた。予備試験において蒸留水を用いて水を交換せずに卵の培養を試みた際に、培養期間が長くなるにつれて、卵のうに水生菌の付着が確認された。そのため、卵の培養には滅菌飼育水を使用し、3日に一度水交換を行うことにした。*Salmincola* 属のふ化に関連する先行研究では、培養には脱塩素水道水を用い、色素が確認されている発達の進んだ卵を培養していることから、収容からふ化開始までの期間は翌日もしくは数日と短い。<sup>9,10)</sup> 水生菌の胞子は卵のうの表面に付着していると考えられ実験系への混入は避けられない。脱塩素水導水であっても培養期間が長くなれば水生菌等が繁殖する可能性がある。今回は水の交換を行うことで19日もの長期間の培養が可能になったと考えられる。山本・長澤<sup>11)</sup> は *S. carpionis* のメス成虫から産卵後2日以内の卵のうを摘出し、異なる水温で培養した結果、12°Cにおいてふ化率30%台で活発な運動をする幼生が得られたとしているが、卵の培養に関して水交換の有無や振とう器の利用等についての詳細な方法は記されていない。今回の試験では *S. californiensis* の培養方法を参考にして、培養中に振とう器を使用するとともに<sup>12)</sup>、水生菌の増殖リスクを避けるために滅菌飼育水を使用し、定期的な水交換を行った。その結果、平均ふ化率が88%と高く、試験期間終了まで安定したふ化率が得られていることから、今回の培養方法は *S. carpionis* 卵の培養に関し、適した方法と考えられた。

感染試験の結果から *S. carpionis* はふ化確認後96時間経ってもイワナに寄生し、120時間後には寄生しなくなることがわかった。一方、2回目の試験時に行った幼生のシャーレ内における生存期間の確認では、ふ化確認後5日(120時間)経っても死亡率は30%であり、全て死亡するのに7日かかっている。また、幼生の生存期間に関する試験ではふ化確認後5日経っても死亡率は66%であり、シャーレ内観察と同様に全て死亡するのに7日かかっている。感染試験の結果とシャーレにおける生存期間の観察結果との間に時間のずれが生じる結果となった。この時間のずれを解明するにはさらなる試験が必要である。

同属別種の幼生の寿命に関するこれまでの研究では、*S. salmoneus* はふ化後24~36時間に寄生しないと死亡する、<sup>13)</sup> *S. californiensis* は約2日間のうちに宿主にたどりつけないと多くが死亡する、<sup>12)</sup> *S. edwardsii* は数日のうちに宿主に寄生しないと生きられない、<sup>9)</sup> とされてお

り、*S. carpionis* 幼生は他種に比べ比較的生存期間は長いと考えられた。一方で、*S. edwardsii* はふ化までの期間やふ化後の生存期間は水温により影響を受け、幼生を8, 12, 16, 20°Cで飼育した結果、全て死亡するまでにそれぞれ29, 20, 13, 8日かかり、水温と生残期間に負の相関関係があるとしている。<sup>10)</sup> 山本・長澤<sup>11)</sup> は *S. carpionis* 卵を4°Cと12°Cで発生させた場合、ふ化までにそれぞれ23.3日、13.1日かかったとしている。よって、*S. carpionis* についても卵の発生や生存期間について水温の影響を受けると考えられる。

今回の感染試験では1日に1回ふ化の状況を確認しているため、実際に幼生がふ化した時点とふ化を確認した時点との間に最大24時間の差が生じている可能性がある。よって、湧水の養魚場のクリーン化については、幼生が全て死亡する7日間に時間差の24時間を加えた8日間は魚への寄生を防ぐための時間とし、約10°Cの湧水の養魚場では、本中寄生魚を取り除いてから8日間以上池を空けてから新たに非寄生魚を收容することでクリーン化が図られると考えられた。ただし、幼生のふ化及び生残期間は水温の影響を受けるため、個々の養魚場の飼育水温に注意を払いながら時間の余裕をもって寄生虫のクリーン化を図る必要がある。

## 要約

- 1 *S. carpionis* のふ化及び幼生の動態に関する知見を得るため、卵をシャーレ内で培養し、ふ化後の動態を経時的に観察すると共に、幼生の寄生能力期間を解明するため、イワナを用いた感染試験を実施した。
- 2 今回行った10°Cの恒温器内において滅菌飼育水中で揺らしながら行う卵の培養方法は、長期間培養してもふ化率が下がらないことから *S. carpionis* の卵の培養法として適していると考えられた。
- 3 一对の卵のうに入っていた卵数の平均は164個で、卵のふ化率は平均88%であった。観察の結果、ふ化した幼生が全て死亡するのに7日間かかった。
- 4 2回行った感染試験の結果、ふ化確認後、96時間後まではイワナへの寄生が確認され、120時間後には寄生は確認されなかった。寄生が起きた水槽における寄生率は10~40%であった。一方、2回目の感染試験時に一部の幼生について生存期間の確認を行った結果、ふ化後5日目(120時間後)でも生存個体があり、7日後に全ての個体が死亡した。
- 5 湧水の養魚場においては、本虫寄生魚を取り除いてから8日間以上池を空けてから新たに非寄生魚を收容する

ことでクリーン化が図られると考えられた。

### 文献

- 1) 長澤和也.ヤマメナガクビムシ症.「新魚病図鑑」(畑井喜司雄・小川和夫監修)緑書房,東京.2006;45.
- 2) Nagasawa K,Yamamoto M,Sakurai Y,Kumagai A.Rediscovery in Japan and host association of *Salmincola carpionis*(Copepoda:Lernaeopodidae),a parasite of wild and reared freshwater salmonids,*Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 1995;vol.52(Suppl.1):178-185.
- 3) 川之辺素一,竹花孝太.県内マス類養殖場におけるイワナナガクビムシの寄生状況.平成 28 年度長野県水産試験場事業報告, 2018;36.
- 4) 川之辺素一,竹花孝太.イワナナガクビムシ駆除対策試験.平成 28 年度長野県水産試験場事業報告, 2018;39.
- 5) 長澤和也.さかなの寄生虫を調べる.成山堂書店,東京.2003;52.
- 6) 川之辺素一,竹花孝太.用水紫外線照射によるイワナナガクビムシの防除.平成 29 年度長野県水産試験場事業報告, 2019;40.
- 7) 川之辺素一.縦型ふ化槽を用いた簡易的なろ過装置によるイワナナガクビムシ幼生の防除.平成 30 年度長野県水産試験場事業報告, 2020;66.
- 8) 小原昌和,薄井孝彦,塩瀬淳也,三城勇,本西晃,吉水守.外照式紫外線照射装置を備えた濾過消毒施設 による養魚用水の消毒と魚病予防効果. 長野県水産試験場研究報告第 3 号, 1994;21-26.
- 9) Poulin R,Manfred E R, Curtis M A.Infection of brook trout fry,*Salvelinus fontinalis*,by ectoparasitic copepods:the role of host behavior and initial parasite load,*Anim. Behav.* 1991;41:467-476.
- 10) David C C,Mark A C.Effect of temperature and photoperiod on the duration of hatching,swimming,and copepodid survival of the parasitic copepod *Salmincola edwardsii*,*Can.J.Zool.* 1993;71:972-976.
- 11) 山本淳,長澤和也.養殖サケ科魚類にみられた寄生性カイアシ類 *Salmincola carpionis* について—II—実験感染、寄生期間、産卵回数、卵の発生温度～.山梨県水産技術センター事業報告, 2001;14-17.
- 12) Kabata Z,Cousens B.Life cycle of *Salmincola californiensis*(Dana 1952)(Copepoda:Lernaeopodidae), *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 1973;30:881-903.
- 13) McCladdery S E,Johnston C E.Egg development and Control of the gill parasite,*Salmincola salmoneus*,on a trantatic salmon kelt(*Salmo salar*)exposed to four Different Regimes of temperature and photoperiod.*Aquaculture* 1988;68:193-202.