

# 長野県水産試験場研究報告 第23号

(附 令和4年度 長野県水産試験場事業報告)

BULLETIN  
OF  
NAGANO PREFECTURAL  
FISHERIES EXPERIMENTAL STATION  
No.23

令和6年3月

長野県水産試験場

March 2024

NAGANO PREFECTURAL  
FISHERIES EXPERIMENTAL STATION  
NAGANO JAPAN

# 長野県水産試験場研究報告

## 第23号

### 目次

令和元年東日本台風による攪乱を受けた雑魚川のイワナ資源の変動

下山 諒・山本 聡・川之辺素一・丸山瑠太・上島 剛  
熊川真二・小松典彦・竹内智洋 ..... 1

湯川水系に生息する外来種ウチダザリガニの生態の解明

熊川真二・北野 聡 ..... 5



# 令和元年東日本台風による攪乱を受けた 雑魚川のイワナ資源の変動

下山 諒・山本 聡・川之辺素一・丸山瑠太・上島 剛・熊川真二・小松典彦・竹内智洋

Fluctuations of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) stock in Zako river disturbed by Typhoon 19 in 2019 TY Hagibis(T1919)).

Ryo Shimoyama, Satoshi Yamamoto, Motokazu Kawanobe, Ryuta Maruyama, Go Ueshima, Shinji Kumakawa, Norihiko Komatsu, Tomohiro Takeuchi

本邦では、土砂災害を引き起こす豪雨の回数が年々増加している。<sup>1)</sup>豪雨をもたらす洪水が、河川に生息するサケ科魚類の資源に影響を及ぼすことがある。<sup>2,3)</sup>豪雨は突発的に発生するものであり、予期して調査を行うことは困難である。洪水前後のイワナ (*Salvelinus leucomaenis*) の資源動向が明らかな調査事例としては、山本ら<sup>4)</sup>、柳生ら<sup>5)</sup>、Sato *et al.*<sup>6)</sup>がある。これらは別の目的で実施される調査時に観測されたものであり、このような事例の報告数は多くない。そのため、洪水の影響について得られた知見の記録は重要である。

長野県の志賀高原を流れる雑魚川はイワナのみが生息する河川である。雑魚川は、種苗放流を行わない増殖手法により、在来個体のみを対象としたイワナ漁場となっている。<sup>7)</sup>2003年から2012年にかけての調査によって資源が豊富な状態で持続的利用ができていたことが確認されており、<sup>8)</sup>その後の2016年、2017年の調査でも生息密度が高い値で維持されていることがわかっている。<sup>9,10)</sup>

2019年10月12日、台風19号(アジア名 Hagibis 以下、台風と記す)が非常に強い勢力を保ったまま東海・関東地方に上陸した。信濃川水系では立ヶ花水位観測所(国土交通省)などで既往最高となる水位を記録し、長野市穂保地先で堤防が決壊するなど甚大な被害をもたらした。信濃川水系中津川の支流である雑魚川も台風の影響を受け、雑魚川に最も近い雨量観測所である志賀観測所(国土交通省)では10月11~13日の3日間に連続降水量379mmを記録した。台風通過後の河岸には崩落個所が散見され、川沿いの県道は通行止めとなった。2020年4月、一部の県道が通行止めのまま雑魚川での釣りが解禁となった。すると、雑魚川を管轄する志賀高原漁業協同組合(以下、漁協と記す)に遊漁者から「イワナが釣れなくなった」という情報が複数寄せられた。前述のとおり雑魚川では台風前の資源状況についてデータがある。今回、台風後の雑魚川で資源量を調査し、台風前後のデータを比較したところ、台風後に釣獲資源が減少す

るという現象が確認されたので報告する。

## 材料と方法

調査方法及び区間は2003年から2017年の調査<sup>8-10)</sup>と同じ大洞橋(E138° 22'23"、N36° 45'46")の上下に設けた資源調査区間で行った。調査区の区間長は128m、平均流れ幅は4.7m、水面積は599m<sup>2</sup>である。台風以降の調査として、2020年10月19-20日、2021年10月13-14日、2022年10月18-19日の各2日間にイワナの標識採捕調査を行った。採捕には電気ショックカー(MODEL12, SMITH-ROOT Inc., USA)を用いた。第1日目は、採捕魚をFA100(DSファーマアニマルヘルス株式会社)を用いて麻酔した後に全長を測定し、尾鰭上端を数mm切除して標識を施した後に採捕地点に戻した。第2日目は、同様の方法で採捕し、標識の有無を確認し、全長を測定した。

生息尾数は Petersen 法で推定し、95%の信頼限界は Jones<sup>11)</sup>の近似式によって求めた。生息尾数は、全ての個体(以下、全てのサイズと記す)、漁協の定める遊漁規則において持ち帰りが許されている20cmを超える個体(以下、全長20cm超と記す)の2パターンに区分して推定し、調査水域の水面積(599m<sup>2</sup>)で除して、それぞれ生息密度を求めた。

## 結果

2020年から2022年の3年間の調査において、2日間で重複したイワナを除いた全長組成を図1に示した。全ての調査年において、全長8cmにモードがある0齡群の峰が形成されていた。

全長20cm以下及び全長20cm超の採捕尾数と割合を表と図2に示した。全長20cm超の割合は、台風以前では16.3~28.2%であったが、台風後の2020年は2.4%と

減少した。その後、2021年は8.3%、2022年は11.9%と増加した。

過去のデータである2003年から2017年の10年分のデータと2020年から2022年の3年間の2区分(全てのサイズと全長20cm超)での生息密度を合わせて図3に示した。2020年の生息密度は、全てのサイズで0.83尾/m<sup>2</sup>、全長20cm超で0.01尾/m<sup>2</sup>であった。2021年の生息密度は、全てのサイズで0.90尾/m<sup>2</sup>、全長20cm超で0.06尾/m<sup>2</sup>であった。2022年の生息密度は、全てのサイズで0.90尾/m<sup>2</sup>、全長20cm超で0.09尾/m<sup>2</sup>であった。全てのサイズの生息密度は台風前の変動幅の範囲にあり、河野ら<sup>12)</sup>が示した長野県内の遊漁区が生息密度と比べて高位であった。それに対し、2020年の全長20cm超の生息密度は、台風前と比較し低位であった。2022年の全長20cm超の生息密度は、台風前の値の変動幅の範囲にあった。

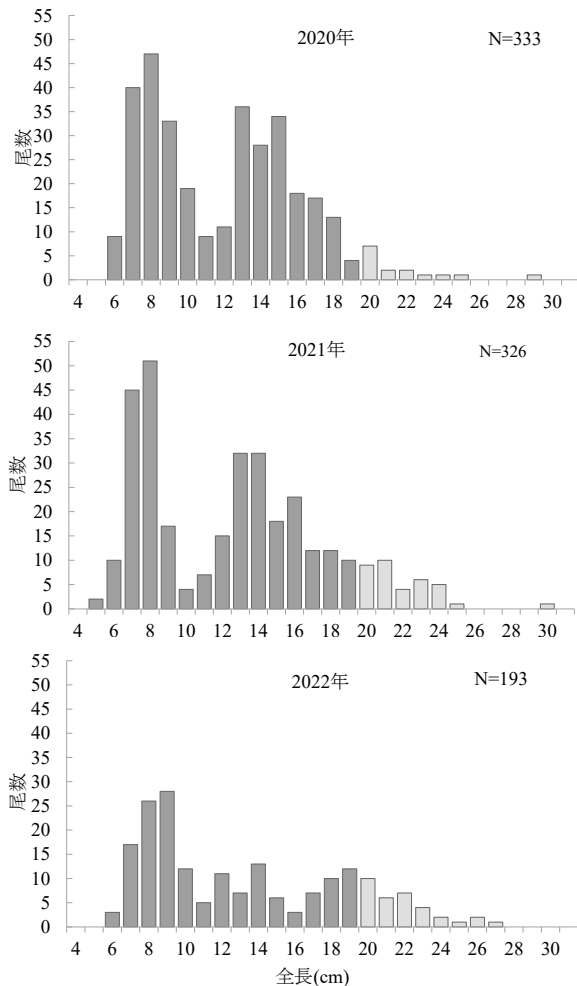


図1 2020~2022年におけるイワナの全長組成(濃色は全長20cm以下、薄色は全長20cm超を示す)

表 全長20cm以下と全長20cm超の採捕尾数

	2003年	2005年	2006年	2008年	2009年	2010年	2011年
全長20cm $\geq$	89	125	73	147	181	199	103
全長20cm<	35	48	26	39	45	40	20
	2012年	2016年	2017年	2020年	2021年	2022年	
全長20cm $\geq$	95	210	108	325	299	170	
全長20cm<	32	48	29	8	27	23	

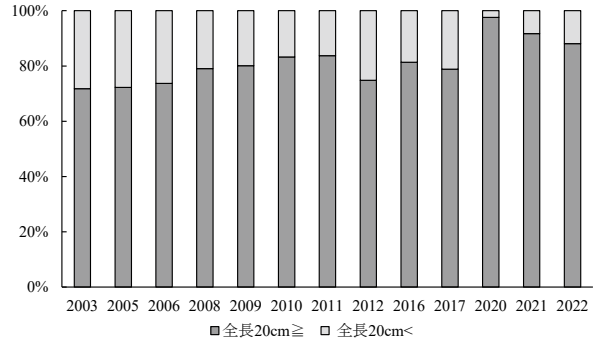


図2 2003~2022年における全長20cm以下と全長20cm超の採捕尾数の割合

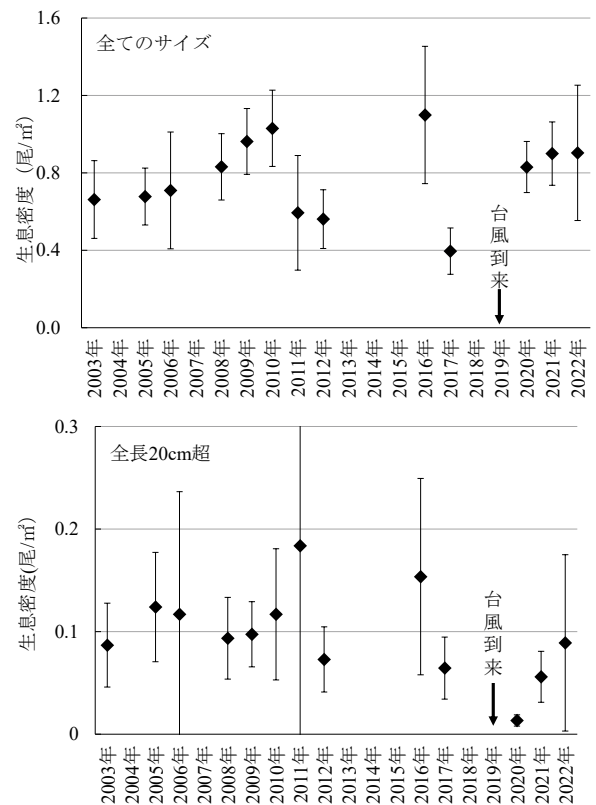


図3 2003~2022年におけるイワナの生息密度の推移(バーは95%信頼限界を示す)

### 考 察

台風後の2020年では、稚魚を含む全長20cm以下は減少しない一方、全長20cm超が少なくなっていた。山本ら<sup>8)</sup>の釣獲調査によると、大洞橋で釣獲されるサイズは

全て全長 15cm を超え、かつ全長 20cm 超の個体が多かった。主として釣獲される全長 20cm 超の生息密度が例年よりも少なかったことが、2020 年に釣れなくなったという印象を釣り人に与えたと考えられる。

全長 20cm 超の個体が選択的に減少した理由は、台風が到来した時期が関係すると考える。長野県のイワナは、雄で全長 17cm 以上、雌で全長 21cm 以上になると成熟する。<sup>13)</sup> 今回の調査では 2019 年秋に成熟したであろう親魚サイズの採捕数が少なかった。雑魚川では 10 月 20 日頃には多くの雌が産卵済みであること（松澤 未報告）がわかっており、産卵期は 10 月中旬頃までと推測される。そのため、台風が到来した 2019 年 10 月 12 日頃には新魚の多くは産卵済みであったと考えられる。イワナ成魚は夏季の洪水時に移動しなかった事例が知られているが<sup>4,5)</sup>、産卵期である秋季の洪水による移動については知見がない。イワメ（無斑型アマゴ）では、産卵後の疲弊した個体が下流へ大きく移動していたという報告がある。<sup>14)</sup> 洪水のあった 10 月中旬が産卵期の終盤であり 20cm 超の多くは産卵後で疲弊していたと考えられ、そのことが生息密度の減少に関係しているかもしれない。

台風到来前に多くの親魚は産卵していたと考えられ、洪水で産卵床が洗掘された可能性がある。そのため 2019 年生まれの年級群が減少することが懸念されたが、今回の調査からはそのような傾向は認められなかった。増水によりサケ科魚類の稚魚が減少した事例が知られており<sup>3)</sup>、一般に稚魚は遊泳力が弱く流されやすいと考えられている。雑魚川においても洪水により攪乱を受けた本流では産卵床が洗掘され、卵や稚魚が流されたかもしれない。しかし、イワナは支流から本流へ一部降下することが分かっており、雑魚川の支流でも本流と同程度の生息密度を有していることがわかっている（下山 未報告）。また、漁協はほとんどの支流を種川として禁漁区に設定し資源を保護している。<sup>8)</sup> 本流が洪水により攪乱を受けたとしても、影響を受けなかった支流から全長 20cm 以下のイワナが移動し定着した可能性も考えられるが、本調査では明らかでない。

山本<sup>15)</sup>は、同台風により攪乱を受けた千曲川水系抜井川において釣獲調査を実施したところ、台風後の 2022 年はこれまでのデータの中で最も CPUE が低く、資源が回復していなかったことを示している。一方、台風から 3 年経過した 2022 年の雑魚川では、全長 20cm 超の資源量は過去と同水準まで回復した。洪水による攪乱を受けたカットスロートトラウト *Oncorhynchus clarkii* やカワマス *Salvelinus fontinalis* においても、3 年以内に資源量が回復した事例があり<sup>16,17)</sup>、本報はこれらと同様の結果であっ

た。

2019 年台風 19 号は気温と海面水温上昇が総降水量の増加に寄与したと考えられている。<sup>18)</sup> 地球温暖化が進行すれば、更に豪雨が増加し洪水が頻発することが懸念される。Koizumi *et al.*<sup>19)</sup>は、溪流魚が洪水時に支流を避難場所として利用することがあると示している。今後、溪流漁場が洪水攪乱に対応していくためには、雑魚川のような支流の資源を保全することや、本流と支流との分断を無くすといった連続性の確保が重要と考える。

## 要 約

1. 2019 年に台風 19 号が到来し、雑魚川で洪水が起きた。その翌年の 2020 年、漁協宛にイワナが釣れなくなったと情報が寄せられた。
2. 2020 年から 2022 年の 3 年間、雑魚川の遊漁区で調査した。2020 年には全長 20cm 以下は減少していなかったが、釣獲対象である全長 20cm 超が減少していた。釣獲対象である全長 20cm 超の減少が原因で、釣り人は釣れないという印象を持ったと考えられた。
3. 台風豪雨から 3 年経過した 2022 年には、全長 20cm 超の資源量は台風前の水準まで回復した。

## 謝 辞

調査を行うにあたり、志賀高原漁業協同組合には理解と協力を賜った。ここに感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 気象庁 HP「大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化」（2023 年 8 月 23 日閲覧）  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme\\_p.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html)
- 2) 名越誠, 栗田浩行. 渓流域のアマゴの個体群密度と生産量の関係. 日本水産学会誌 1986; 52 (11) . 1875-1879.
- 3) Jowett I.G , Richardson, J. Effects of a severe flood on instream habitat and trout populations in seven New Zealand rivers. New Zealand journal of marine and freshwater research 1989;23(1).11-17.
- 4) 山本聡, 沢本良宏, 井口恵一朗, 北野聡. 千曲川水系の山地溪流における出水後のイワナの停留と移動.

- 長野県水産試験場研究報告 2004 ; 6. 1-3.
- 5) 柳生将之, 中村寛志, 宮崎敏孝. 天竜川水系の山地河川, 藤沢川における大規模洪水がイワナにおよぼす影響. 環動昆 2007 ; 18(4). 169-176.
  - 6) Sato T. Dramatic decline in population abundance of *Salvelinus leucomaenis* after a severe flood and debris flow in a high gradient stream. Journal of Fish Biology 2006 ;69(6). 1849-1854.
  - 7) 中村智幸. 釣り場作りの先駆事例. 守る・増やす溪流魚. 農文協. 東京. 2009. 104-123.
  - 8) 山本聡, 傳田郁夫, 重倉基希, 河野成実, 小川滋, 上島剛, 北野聡. 雑魚川におけるイワナの資源評価. 長野県水産試験場研究報告 2013 ; 14. 1-6.
  - 9) 松澤峻. 雑魚川本流におけるイワナの資源変動. 平成 28 年度長野県水産試験場事業報告 2018. 5.
  - 10) 松澤峻. 雑魚川本流におけるイワナの資源変動. 平成 29 年度長野県水産試験場事業報告 2019. 8.
  - 11) Jones G.M. The use of marking data in fish population analysis.FAO Fish.Tech.Pap 1965;51-1.11-46.
  - 12) 河野成実, 山本聡, 細江昭, 小川滋, 川之辺素一, 沢本良宏, 築坂正美. 長野県内河川におけるイワナの生息密度, 体長組成と産卵数. 長野県水産試験場研究報告 2006 ; 8. 1-6.
  - 13) 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 1994 ; 3. 5-7.
  - 14) 近藤卓哉, 竹下直彦. イワメ (無版型アマゴ) の生息環境と保護. プロ・ナトゥーラ・ファンズ第 13 期助成成果報告書 2004. 73-78.
  - 15) 山本聡. 令和元年東日本台風による攪乱をうけた抜井川での釣獲日誌を用いたイワナ・ヤマメの資源評価. 長野県水産試験場研究報告 2023 ; 22. 5-10.
  - 16) Swanson F. J. , Johnson, S.L. , Gregory, S. V., Acker, S. A. Flood disturbance in a forested mountain landscape: interactions of land use and floods. BioScience1998; 48(9). 681-689.
  - 17) Roghair, C. N., Dolloff, C. A., Underwood, M. K. Response of a brook trout population and instream habitat to a catastrophic flood and debris flow. Transactions of the American Fisheries Society2002; 131(4). 718-730.
  - 18) Kawase Hiroaki, Yamaguchi Munchiko , Imada Yukiko, Hayashi Syugo, Murata Akihiko, Nakaegawa Tosi-yuki, Miyasaka Takafumi, and Takayabu Izuru .Enhancement of extremely heavy precipitation induced by Typhoon.SORA 2021;17-A.7-13.
  - 19) Koizumi I., Kanazawa Y., Tanaka Y. The fishermen were right: experimental evidence for tributary refuge hypothesis during floods. Zoological Science 2013 ;30(5). 375-379.

## 湯川水系に生息する外来種ウチダザリガニの生態の解明

熊川真二・北野 聡<sup>1</sup>Elucidating the ecology of invasive signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*  
in the River Yukawa, Nagano, JapanShinji Kumakawa and Satoshi Kitano<sup>1</sup>

ウチダザリガニ *Pacifastacus leniusculus* は、北米大陸の北西部を原産とし、全長が最大で 15cm 程度に成長する大型の外来ザリガニであり、<sup>1)</sup> 淡水域に生息する可動性の底生生物としては最大級である。<sup>2)</sup> 本種は 1926 年から 1930 年にかけて当時の農林省水産局が推進した海外優良水族移植事業の一環として北米のコロンビア川流域から輸入された後、北海道や本州の天然水域に移植され、北海道はもとより本州でも急速に分布を拡大した。<sup>3-4)</sup> 欧州でも 1960 年以降 20 か国以上の国に導入され、欧州在来のザリガニ類が生息を脅かされる存在となっている。<sup>5)</sup>

長野県内における本種の分布は、これまで 1920 年代の輸入ロットに由来する集団が安曇野市内の湧水流に生存しているだけの局所的なものであったが、<sup>4,6)</sup> 2010 年から 2020 年にかけて軽井沢町の湯川、木祖村の奥木曾湖、伊那市の千代田湖、松川町の松川湖(片桐松川)と入倉堤、喬木村の矢筈ダム湖の 6 水域で相次いで本種の生息が確認され、<sup>7)</sup> その分布域は東信、東信および南信地域の 7 水域に拡大した。このうち、東信地域を流れる千曲川支流の湯川水系でウチダザリガニが初めて確認されたのは 2012 年 10 月<sup>7)</sup> である。当時はまだ生息密度も低く、生息が確認された水域も湯川本流の約 6 km 区間に限られていたが、<sup>7)</sup> それから約 10 年経過した現在、ウチダザリガニは釜ヶ淵下流の湯川本流に完全に定着したほか、支流の泥川にも広範囲に生息している実態が筆者らの調査で明らかになってきた。本研究では湯川本流と泥川の数十地点で防除のための捕獲を進めながら、年齢や成長といった生物学的特性、繁殖や摂餌等の生態の解明、防除効果の検証および生息域の上限の特定を行ったので報告する。

## 材料と方法

**捕獲地点** 2021 年 6 月に御代田町の住人からウチダザリガニの生息に関する情報が寄せられた支流の泥川と湯川本流で 2021 年 6 月から 2023 年 7 月までウチダザリガ

ニの捕獲調査を行った。湯川は標高 1,300 m の白糸の滝付近に源を發し、途中で矢ヶ崎川水系と泥川水系の水を集めながら軽井沢町、御代田町を南西に流れ下り、佐久市落合地籍で千曲川に合流する流程 36km、流域面積 177 km<sup>2</sup><sup>8)</sup> の千曲川の支流で(図 1)、本流の御代田町草越地籍に湯川ダム(長野県営, 1978 年完成)、泥川の軽井沢長倉地籍に泥川ダム(旧長野電燈, 現中部電力, 1924 年運用開始)の 2 つの湛水区間がある。1970 年代に泥川水系の地質を調べた資料<sup>9)</sup>によると、泥川流域は浅間山由来の火砕流堆積物と軽石堆積物が広く堆積する地層から成る。

本研究では泥川に 8 地点、湯川ダム上流の湯川本流に 7 地点、湯川ダム下流の湯川本流に 3 地点の計 18 の捕獲地点を設けた(表 1、図 1)。各捕獲地点(A-R)の概要を以下に記し、景観図を図 2 に示す。

**御幸橋上下 (St.A-C)**: 御幸橋上 (St.A) は同橋上流 700 m 地点、御幸橋 (St.B) は同橋直下から上流 200m 地点、

表 1 湯川水系におけるウチダザリガニの捕獲地点

St.	水系	地点名 (市町村)	緯度	経度	標高
A	泥川	御幸橋上 (軽井沢町)	36.3256N	138.6096E	918m
B	泥川	御幸橋 (軽井沢町)	36.3281N	138.6064E	916m
C	泥川	御幸橋下 (軽井沢町)	36.3280N	138.6024E	915m
D	泥川	風越橋上 (軽井沢町)	36.3270N	138.5992E	915m
E	泥川	風越橋 (軽井沢町)	36.3277N	138.5973E	914m
F	泥川	泥川ダム (軽井沢町)	36.3295N	138.5882E	911m
G	泥川	宮裏橋 (軽井沢町)	36.3313N	138.5876E	900m
H	湯川	釜ヶ淵 (軽井沢町)	36.3314N	138.5856E	896m
I	湯川	油井上 (軽井沢町)	36.3300N	138.5828E	896m
J	湯川	油井 (軽井沢町)	36.3299N	138.5823E	895m
K	湯川	油井下 (軽井沢町)	36.3298N	138.5812E	894m
L	湯川	観音橋 (軽井沢町)	36.3247N	138.5725E	879m
M	湯川	茂沢 (軽井沢町)	36.3208N	138.5563E	808m
N	湯川	湯川ダム (御代田町)	36.3111N	138.5441E	789m
O	湯川	豊昇 (御代田町)	36.3066N	138.5382E	762m
P	湯川	広戸 (御代田町)	36.3058N	138.5353E	756m
Q	湯川	露切橋 (御代田町)	36.3009N	138.5228E	744m
R*	泥川	南ヶ丘南 (軽井沢町)	36.3225N	138.6193E	922m

\*R は 2023 年 3 月に追加, 上限調査分 (St.S-St.Y) は別記



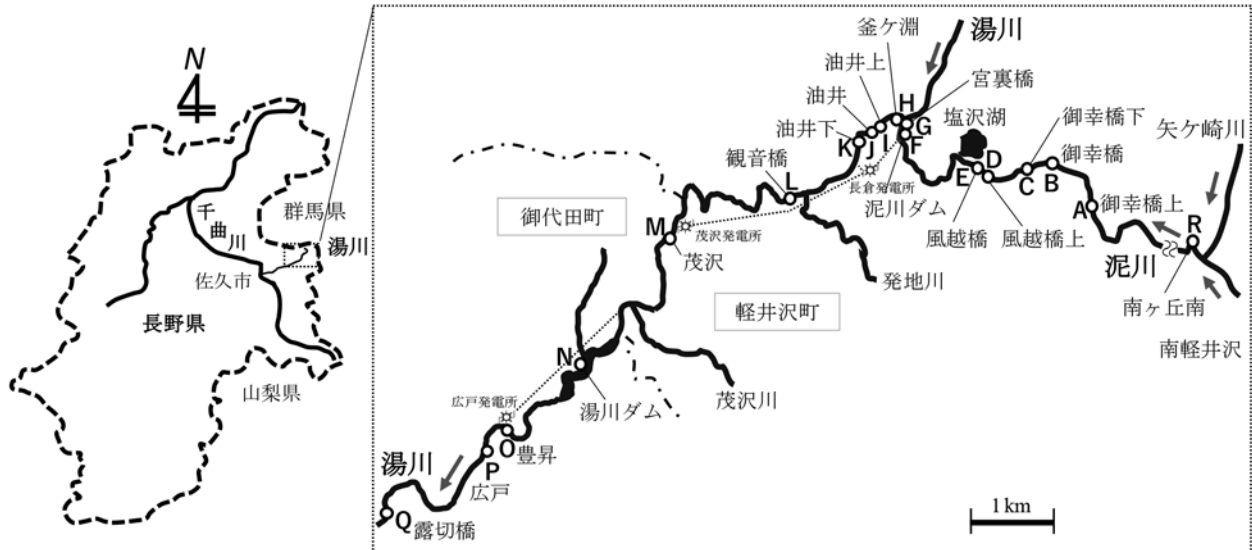


図1 湯川水系におけるウチダザリガニの捕獲地点 (St.R より上流の上限調査の捕獲地点は図 22 に別掲載)

御幸橋下 (St.C) は同橋下流 300m 地点。

風越橋上 (St.D) : 風越橋上流 250m に架かる無名橋の直下から上流 25m 地点。左岸の火砕流由来の岩盤 (長さ約 14m, 幅 3-4m) の下部は空洞の細長い河岸洗掘洞を形成。

風越橋 (St.E) : 風越橋上流 50-150m 地点。

泥川ダム (St.F) : 風越橋 (St.E) 下流 400m 付近から宮裏橋 (St.G) 直上の泥川ダム放水ゲート (中央 1 門、左側面 1 門) までの約 1km 区間が湛水域。ダム貯留水は発電用水として取水され、中部電力長倉発電所 (図 1) に送水される。捕獲地点は接近可能な左岸の約 100m 区間。

宮裏橋 (St.G) : 泥川ダム直下の床止工から宮裏橋直下までの 30m 地点。軽井沢特別気象観測所で概ね 30mm を超える累積降雨量が観測されると、ほぼそのタイミングで発電用の取水が停止、ダム下端の放水ゲート中央から大量の貯留水が放水され、当地点下流の釜ヶ淵 (St.H) から油井上下 (St.I-K) の水位が一気に 50cm 程度上昇して流量も増す。平水時は中央のゲートは閉じ、左側面のゲートから僅かに放水が行われている程度で水量は少ない。

釜ヶ淵 (St.H) : 釜ヶ淵橋下流 20m の左岸の大岩付近。

油井上下 (St.I-K) : 平瀬の石礫底に直径 1m 以上の巨岩が多数点在する約 200m 区間で、河床には直径 20cm 大の転石が多く、両岸にはツルヨシ *Phragmites japonica* が繁茂する。油井上 (St.I) は油井上流 20m の大岩付近、油井 (St.J) は巨岩が多数点在する 30m の緩流部とその下流 30m の石礫底 (図 8)、油井下 (St.K) は油井下流 130m の大岩付近。上述した泥川ダムからの放水の影響で水位は 50cm 程度の増減を繰り返し、大量に流下する軽石由来の荒砂や落葉が巨岩下部の空隙を徐々に埋めている。

観音橋 (St.L) : 観音橋直下から上流 100m 地点。

茂沢 (St.M) : 茂沢発電所下流の湯川トラウトパーク (佐久漁業協同組合の C&R 区) の左岸にある約 20m の細長いワンド。2022 年は湯川からの水の流入が極度に減少した。

湯川ダム (St.N) : 堤高 50m、総貯水量 340 万 m<sup>3</sup>、湛水面積 0.35 km<sup>2</sup> の治水を主目的としたダム。<sup>8)</sup> 捕獲地点は右岸の旧道路側から降りたダム右岸の約 20m 区間。

豊昇 (St.O) : ふるさと公園内上流の左岸の大岩付近。

広戸 (St.P) : 広戸堰堤直上の左岸の河岸植生帯内。

露切橋 (St.Q) : 露切橋直下の左岸の大岩付近。

南ヶ丘南 (St.R) : 2023 年 3 月 28 日に追加した御幸橋上流 1.7km 付近の調査地点。風越橋上 (St.D) と同様に火砕流由来の巨大岩盤が各所に点在。

**捕獲方法** ウチダザリガニの捕獲には、岸際の植生帯や石礫の下に潜む主として小型個体 (0-1 歳齢) を対象にタモ網 (目合 3mm) を、巨岩や大岩のある淵や物陰に潜む主として中型 (2-3 歳齢) から大型個体 (4-6 歳齢) を対象に 3 種類のカゴ罟を使用した (表 2, 図 3)。なお、ウチダザリガニを視認できる場所では徒手またはタモ網に追い込む方法で捕獲した。また、1 回ではあるが塩ビ管 (φ 25mm) による捕獲<sup>10)</sup> も試みた。カゴ罟は一晩設置して翌日に回収する方法を原則としたが、複数晩 (一週間または一旬) 設置して回収する方法も後半に試行した。設置数は各地点で最少 1、最多で 10 までとした。2021 年はカゴ罟として「魚キラー」(通称: エビ籠<sup>11)</sup> または網モンドリ<sup>12)</sup> と呼ばれる方形籠) を使用したが、開口部に返しがなく捕獲効率が悪かったため、2022 年以降はカゴ罟の中で最も捕獲効率が高いとされる「アナゴ籠<sup>13)</sup> (円筒型スプリング式網モンドリ) に切替えた。当籠の開口部には、逸出を防ぐための構造として長さ約 12cm、幅約 13

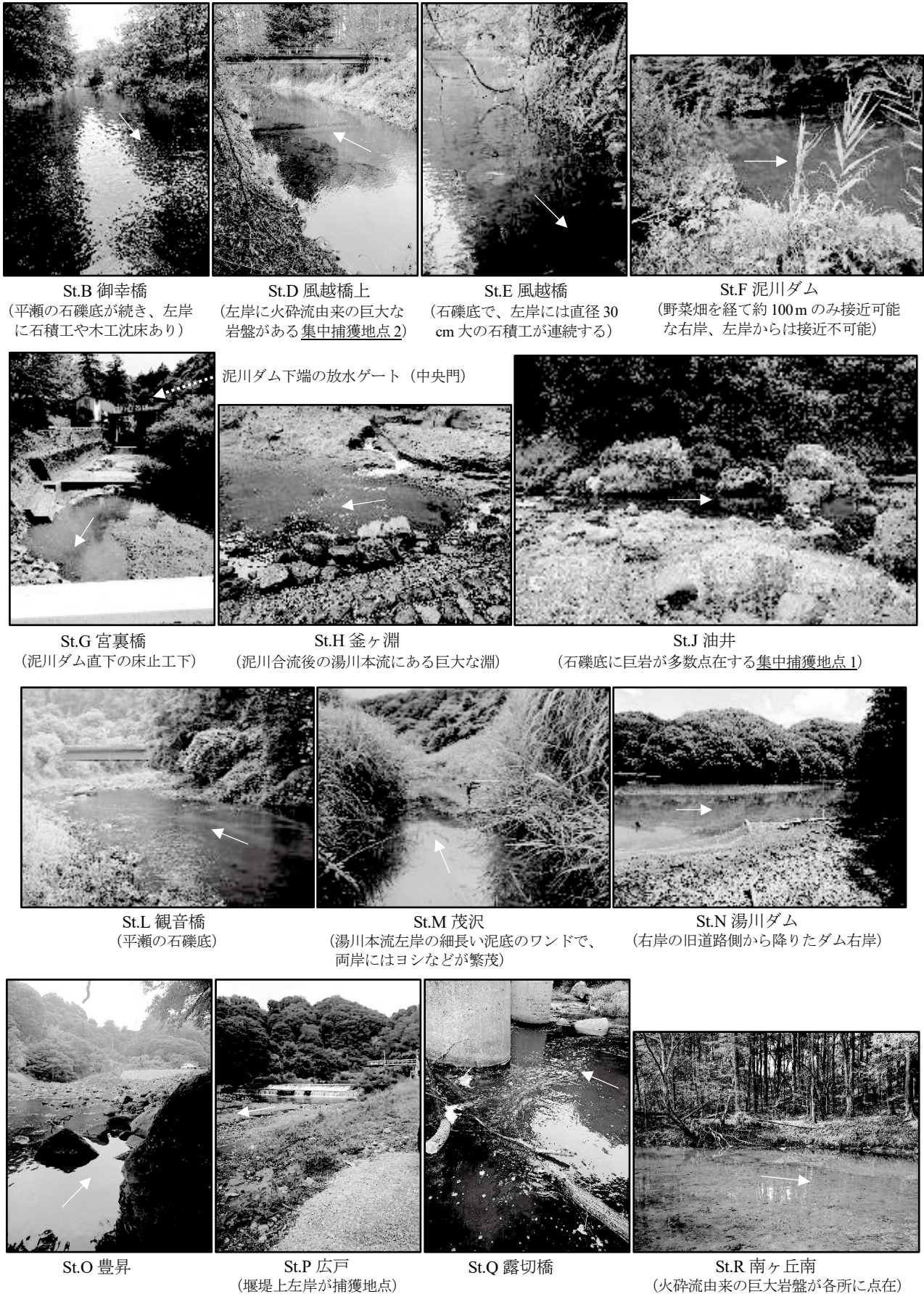


図2 ウチダザリガニの捕獲地点の景観図 (St.A, C, I, K は省略)

cmの緩く閉じる返し網が付いている。なお、風越橋 (St. E)のように岸際の水深が浅くアナゴ籠を設置しにくい場所では、背の低いドーム状の「万能籠」を使用した。カゴ罾に仕掛ける誘引餌は、一晚設置の場合は魚粉が主成分のコイ用配合飼料とアメエビが主成分のサビキ餌 (マルキュー (株) 製「さびき専用 あとは釣るだけ」) を併用し、複数晩設置の場合は魚の切り身 (水産試験場佐久支場飼育のシナノユキマス *Coregonus lavaretus maraena*) を使用した。なお、ウチダザリガニの捕獲時にカゴ罾等で混獲された生物については目視を含めてその種類を記録し、一部の個体で全長等の計測を行った。水温は概ね 13 時にデジタル水温計 (SATO, SK-250WP) で計測した。

**捕獲効率と防除効果の検証** ウチダザリガニをカゴ罾で捕獲した際の単位努力量あたりの捕獲効率 (CPUE) を一晚・一籠あたりの捕獲個体数 (n/籠数/日) として求め、生息数の指標とした。また、X 軸に捕獲開始後の累積除去個体数、Y 軸に CPUE をプロットし、<sup>14)</sup> 捕獲を継続した際の防除効果を CPUE の推移により検証した。

**個体測定** 捕獲したウチダザリガニは密閉式袋に入れ、炭酸ガス (Kenis, 理化学実験用 CO<sub>2</sub>) を封入する方法で殺処理 (窒息処理) 後、氷冷して実験室に持ち帰り、最終的には口 (大顎の隙間) からピックを挿入して心臓を突く方法で致死させた。これらの個体について、浜野ら<sup>15)</sup> に従って全長: 額角先端から尾節末端までの長さ (以下, TL)、体長: 眼窩後端から尾節末端までの長さ (以下, SL)、眼窩頭胸甲長: 眼窩後端から頭胸甲部の正中線上の後端部までの長さ (以下, OCL) をデジタルノギス (Mitutoyo, D-20) で 0.1mm の精度で計測し、体重 (以下, BW) を電子天秤で 0.1g (0 歳齢は 0.01g) の精度で計量した。また、欧米などの研究者の多くが眼窩頭胸甲長 (OCL) の代りに計測している頭胸甲長: 額角の先端から頭胸甲部の正中線上の後端部までの長さ (以下, CL) を計算式: OCL + (TL - SL) から求めた (額角長を加算)。雌雄の判別は、第 1 腹肢が発達した 1 対の棒状の交接肢となっている個体を雄、そうでない個体を雌とした。なお、雄の交接肢は 0 歳齢の TL16-19mm の小型個体でも小突起として確認できたが、それ以下の個体では小突起を確認できる個体なかったため、TL16mm 以下の個体はすべて性別不明として処理した。性比の偏りはカイ二乗検定で検定した。

**年齢解析** TL 組成 (2021 年 6 月 - 2023 年 3 月, 2 mm 単位) 上の頻度分布のモードを相澤・滝口 (1999)<sup>16)</sup> の手法を用いて個々の年齢群を現す正規分布に分解し、各年齢群の平均 TL と標準偏差を推定した。

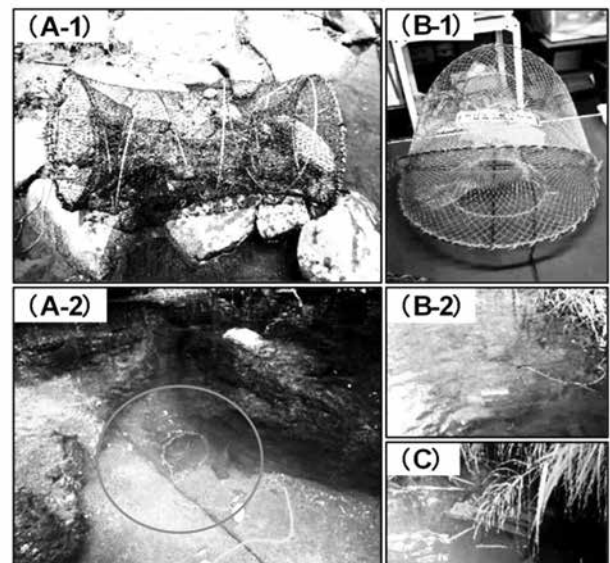
**成熟調査** 2022 年 9 月以降に捕獲したウチダザリガニの頭胸甲部を鋏で切開し、雌では卵の成熟状況、雄では

コイル状に迂曲旋回する輸精管中の精子の充満状況<sup>17)</sup> を観察した。また、ニホンザリガニ *Cambaroides japonicus* では雌腹部の第 4 歩脚間にある受精囊に交接行動後に精包が付着するが、<sup>18,19)</sup> 受精囊を欠く (受精囊の位置に窪みがない) ウチダザリガニの雌<sup>20)</sup> でもその周辺部に精包が付着するため、<sup>21)</sup> 腹部の精包の付着を観察することで交接の時期を推定した。2022 年 10 月 - 2023 年 3 月までに捕獲された抱卵雌については抱卵数を計数し、任意の 10 粒の卵径を 0.01 mm の精度で計測して平均卵径を求めた。なお、卵は無くても第 1-2 幅節幅が未成熟雌に比べて拡張していた 4 個体は脱卵個体として抱卵雌に含めた。

**食性調査** 2021 年 8 月 - 2022 年 10 月、2022 年 12 月 - 2023 年 3 月に捕獲したウチダザリガニ 174 個体 (空胃は対象外) について、頭胸甲部の額角基部内側に位置する胃から内容物を摘出し、ガーゼネットで軽く濾してから実体顕微鏡下で検鏡した。出現した水生昆虫類については「日本産水生昆虫検索図説」<sup>22)</sup>、蘚類については「原色日本蘚苔類図鑑」<sup>23)</sup> と捕獲場所周辺での蘚類調査により餌料生物種を同定した。魚類については推定される魚類の骨格標本を作り比較検証した。得られたデータを春期 (3 - 5 月) 92 個体、夏期 (6 - 8 月) 23 個体、秋期 (9 - 11 月) 16

表 2 捕獲に使用したカゴ罾の仕様・規格

種類	捕獲時寸法 (cm)			容積 (L)	口径 (cm)	目合 (cm)	返し
	縦	横	高さ				
A アナゴ籠	33	57	33	62	15	1.0	有
B 万能籠	47	65	28	50	8	1.2	無
C 魚キラー	25	40	25	25	5	0.3	無



(A-1) アナゴ籠, (A-2) アナゴ籠の設置例, (B-1) 万能籠, (B-2) 万能籠の設置例, (C) 魚キラーの設置例

図 3 捕獲に使用したカゴ罾 (設置例)

個体、冬期(12-2月)43個体に分けて解析した。また、カゴ罾で混獲されたカジカ(大卵型) *Cottus pollux* とニジマス *Oncorhynchus mykiss* の魚類2種と半水生哺乳類のカワネズミ *Chimarrogale platycephalus* についても、文献ではハナカジカ *Cottus nozawae* がニホンザリガニを、<sup>24)</sup> ニジマスがウチダザリガニを、<sup>25)</sup> カワネズミがサワガニ *Geothelphusa dehaani* を<sup>26)</sup> それぞれ捕食することが報告されていることから、同様に胃内容物を解析してウチダザリガニの捕食の有無を調べた。

**生息域の上限調査** 2023年5-7月に南ヶ丘南(St.R)より上流の泥川および矢ヶ崎川水系でカゴ罾(アナゴ籠, 一晚設置)による捕獲調査を行い(図22)、湯川水系におけるウチダザリガニの生息域の上限を特定した。

**mtDNAハプロタイプの特定** 泥川の御幸橋(St.B)と風越橋(St.E)、湯川本流の油井(St.J)と観音橋(St.L)の4地点で2022年10月に捕獲されたウチダザリガニ10個体について、北野ら<sup>7)</sup>の方法でmtDNA(16SrRNAの部分領域437-440bp)のハプロタイプを特定した。

## 結果

**湯川水系の生物相** 泥川上流の南ヶ丘南(St.R)から湯川ダム下流の露切橋(St.Q)までの湯川水系18地点(表1、図1)で、2021年6月-2023年3月までのウチダザリガニの捕獲期間中に生息が確認された生物相を表3に示す。魚類ではアブラハヤ *Rhynchocypris lagowskii steindachneri*、カジカ(大卵型)、トウヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OR(本研究では旧分類での記載に留める)、ニジマス、ヤマメ *Oncorhynchus masou*、ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*、ジュズカケハゼ *Gymnogobia castaneus*、ギンブナ *Carassius auratus langsdorfii*、ウグイ *Pseudaspius hakonensis* の9種がカゴ罾で、カラドジョウ *Paramisgurnus dabryanus*、ヒガシシマドジョウ *Cobitis* sp. BIWAE、ホトケドジョウ *Lefua echigonia*、スナヤツメ *Lethenteron reissneri*、ミナミメダカ *Oryzias latipes*、の5種がタモ網(カゴ罾との重複種は除く)でそれぞれ捕獲され、コイ *Cyprinus carpio* についても目視で生息が確認された。このうち、アブラハヤはすべての地点(St.A-R)に広範に生息する湯川水系の優占種で、ウチダザリガニ捕獲時のカゴ罾での混獲が最も多かった。湯川ダム(St.N)で2022年6月にカゴ罾で捕獲されたニジマスは体長21cmで魚体は銀毛化していた。コイは油井(St.J)と南ヶ丘南(St.R)の緩流域で大型魚が遊泳する姿が、湯川ダム(St.N)では2022年5月に産卵のため湖岸に集結する大型魚の集団が観察された。甲殻類ではウチダザリガニのほかにアメリカザリガニ *Procambarus*

*clarkii* が2022年7月に油井上(St.I)(TL103.0mm)、9月に油井(St.J)(同111.1mm)、12月に風越橋上(St.D)で(同90.8mm)計3個体カゴ罾により捕獲されたが、いずれも雄の成体が散発的に捕獲されただけであった。このほか、スジエビ *Palaemon paucidens*、サワガニ、フロリダマミズヨコエビ *Crangonyx floridanus* がカゴ罾またはタモ網で捕獲された。爬虫類ではクサガメ *Chinemys reevesii* が2022年5-6月に湯川ダム(St.N)で5個体(いずれも老齢化して体色が黒化した雄:甲長15.9cm、甲幅15.0cmほか)がカゴ罾で捕獲された。両生類ではナガレタゴガエル *Rana sakuraii* (体長48-79mm)とムカシツチガエル *Glandirana reliquia* が油井(St.J)ほかで2022年11月-2023年1月にカゴ罾で捕獲された。このほか、哺乳類ではカワネズミが2022年11月-2023年3月に風越橋上(St.D)で6個体(頭胴長105-118mm)、油井(St.J)で1個体(同112mm)がカゴ罾で捕獲された。

**ウチダザリガニの捕獲数** **Season I**: 2021年6月14日-11月19日までの期間中にタモ網を主体に10地点で捕獲を行い、このうち湯川ダム上流の湯川本流3地点と泥川3地点で計206個体(雌102,雄104)のウチダザリガ

表3 湯川水系で確認された生物相

類	科	種	確認St.
魚類	サケ	ヤマメ <i>O. masou</i> <sup>*1,2,4</sup>	B, D, J
		ニジマス <i>O. mykiss</i> <sup>*1</sup>	D, J, N
	カジカ	カジカ(大卵型) <i>C. pollux</i> <sup>*1,2</sup>	D-E, I-K
		コイ	アブラハヤ <i>R. l. steindachneri</i> <sup>*1</sup>
	ウグイ <i>P. hakonensis</i> <sup>*1</sup>		J
	ハゼ	コイ <i>C. carpio</i> <sup>*3</sup>	J, N
		ギンブナ <i>C. a. langsdorfii</i> <sup>*1</sup>	F, J, N
		トウヨシノボリ <i>R. sp.</i> OR <sup>*1,2</sup>	B, E, N
	ドジョウ	ジュズカケハゼ <i>G. castaneus</i> <sup>*1,2</sup>	B, E, L, N
		ドジョウ <i>M. anguillicaudatus</i> <sup>*1,2</sup>	J, L, M, N
		カラドジョウ <i>P. dabryanus</i> <sup>*2</sup>	M
		ヒガシシマドジョウ <i>C. sp.</i> BIWAE <sup>*2</sup>	M
メダカ	ホトケドジョウ <i>L. echigonia</i> <sup>*2</sup>	M	
	ミナミメダカ <i>O. latipes</i> <sup>*2</sup>	E	
ヤツメウナギ	スナヤツメ <i>L. reissneri</i> <sup>*2</sup>	B, M	
甲殻類	ザリガニ	ウチダザリガニ <i>P. leniusculus</i> <sup>*1,2</sup>	A-N
		アメリカザリガニ <i>P. clarkii</i> <sup>*1</sup>	D, I, J
	テナガエビ	スジエビ <i>P. paucidens</i> <sup>*1,2</sup>	A-R
	サワガニ	サワガニ <i>G. dehaani</i> <sup>*2</sup>	B
	マミズヨコエビ	フロリダマミズヨコエビ <i>C. floridanus</i> <sup>*2</sup>	J
爬虫類	イシガメ	クサガメ <i>C. reevesii</i> <sup>*1</sup>	N
両生類	アカガエル	ナガレタゴガエル <i>R. sakuraii</i> <sup>*1</sup>	D, E, J
		ムカシツチガエル <i>G. reliquia</i> <sup>*1</sup>	J
哺乳類	トカネズミ	カワネズミ <i>C. platycephalus</i> <sup>*1</sup>	D, J
線虫類		ハリガネムシ <i>Gordius</i> sp. <sup>*5</sup>	D
捕獲	(カゴ罾 <sup>*1</sup> , タモ網 <sup>*2</sup> ), 目視 <sup>*3</sup> , 死亡魚 <sup>*4</sup> , ウチダザリガニに付着? <sup>*5</sup>		

ニを捕獲した(表4)。捕獲方法別の内訳は、タモ網が196個体(95.1%)、魚キラーが9個体(4.4%)、徒手が1個体(0.5%)である。このうち、泥川では風越橋(St.E)で56個体、御幸橋(St.B)で86個体、御幸橋上(St.A)で1個体の計143個体を捕獲したが、魚キラーを用いた時のCPUEは御幸橋(St.B)で0.2、風越橋(St.E)で0.0と極めて効率が悪かった。湯川本流では北野が2012年に捕獲を行った油井(St.J)、観音橋(St.L)、茂沢(St.M)の3地点<sup>7)</sup>でそれぞれ7、17、39個体の計63個体を捕獲したが、こちらにおいても魚キラーで捕獲した際のCPUEは最大で0.4、0.3、1.0と効率は悪かった。

**SeasonII** : 2022年4月25日-2023年3月28日までの期間中にカゴ罟を主体に14地点で捕獲を行い、このうち湯川ダムを含む湯川本流5地点と泥川7地点で計2,048個体(雌913, 雄1,131, 性別不明4)のウチダザリガニを捕獲した(表4)。捕獲方法別の内訳は、アナゴ籠が1,430個体(69.8%)、万能籠が132個体(6.4%)、魚キラーが10個体(0.5%)、タモ網が463個体(22.6%)、徒手が9個体(0.5%)、塩ビ管が1個体(0.05%)、その他(雌の腹部に付着した1齢幼生)が3個体(0.15%)である。このうち、泥川では抱卵雌の集中防除を目的に風越橋(St.E)で9月下旬から、風越橋上(St.D)で10月中旬からそれぞれ万能籠とアナゴ籠による集中捕獲を進め、タモ網による捕獲を含めて風越橋で187個体(うち抱卵雌11個体、以下同様)、風越橋上で382個体(64個体)を捕獲し

表4 ウチダザリガニの捕獲個体数(2021-2023年)

St. 地点名	2021年			2022-23年			
	雌	雄	計	雌	雄	不明	計
A 御幸橋上	1		1				-
B 御幸橋	35	51	86	59	70		129
C 御幸橋下			-	3	8		11
D 風越橋上			-	161	221		382
E 風越橋	35	21	56	69	118		187
F 泥川ダム			-	5	3		8
G 宮裏橋			0		2		2
H 釜ヶ淵*			0	104	101		205
I 油井上			-	86	81		167
J 油井	2	5	7	410	473	4	887
K 油井下			-	5	11		16
L 観音橋	8	9	17				-
M 茂沢	21	18	39				-
N 湯川ダム			-	2	1		3
O 豊昇			0				0
P 広戸			0				-
Q 露切橋			-				0
R 南ヶ丘南			-	9	42		51
計	102	104	206	913	1,131	4	2,048

-は未調査、0は調査したが捕獲なし(上限調査分は除く)

\*2021年は大淵の上流、2022-23年は大淵の下流で捕獲

た。このほか、御幸橋(St.B)と御幸橋下(St.C)で129と11個体、湛水域の泥川ダム(St.F)、宮裏橋(St.G)、南ヶ丘南(St.R)でそれぞれ8、2、51個体(3個体)をタモ網またはアナゴ籠で捕獲したので、泥川での総捕獲数は計770個体(78個体)となった。湯川本流では5月下旬-3月下旬まで釜ヶ淵(St.H)-油井下(St.K)間(流程1.6km)でアナゴ籠による集中捕獲を継続し、タモ網による捕獲を含めて釜ヶ淵(St.H)で205個体(11個体)、油井(St.J)で887個体(24個体)、油井上(St.I)で167個体(2個体)、油井下(St.K)で16個体の計1,275個体(37個体)を捕獲した。このほか、湛水域の湯川ダム(St.N)でもアナゴ籠で3個体を捕獲したので、湯川本流での総捕獲数は計1,278個体(72個体)となった。なお、2023年5-7月に行った生息域の上限調査での捕獲数については後述する。

**ウチダザリガニの年齢構成と成長** 湯川水系で捕獲されたウチダザリガニの2021年6月-2023年3月までの月ごとのTL組成の推移と年齢の解析結果を図4に示す。

2021年は8月と10月にそれぞれ平均TL±標準偏差が30.3±3.2mmと35.0±5.1mmの0歳群のモードは明確に捉えられたが、大型個体の捕獲が少なかったため、その他の年齢群のモードは捉えることができなかった。

2022-23年は6-11月に中・大型個体を含めて200個体/月以上、3月にも100個体/月以上の捕獲数が得られたことから0-6歳群までの7歳群の成長の推移が明確に捉えられ、各年齢群の平均TL±標準偏差は、0歳群が加入する6月の時点では0歳群が7.5±2.6mm、1歳群が48.8±6.3mm、2歳群が75.4±1.2mm、3歳群が88.9±6.7mm、4歳群が103.5±6.7mm、5歳群が117.6±4.0mm、6歳群が128.1±5.0mm、繁殖期に入る10月の時点では0歳群が35.5±5.1mm(6月対比+28.0mm)、1歳群が76.0±8.7mm(+27.2mm)、2歳群が93.0±7.0mm(+17.6mm)、3歳群が108.0±4.6mm(+19.1mm)、4歳群が118.9±3.5mm(+15.4mm)、5歳群が129.3±2.5mm(+11.7mm)、6歳群が144.0±0.0mm(+15.9mm)、越冬後の3月の時点では0歳群が40.8±2.9mm(10月対比+5.3mm)、1歳群が78.6±7.3mm(+2.6mm)、2歳群が96.4±6.6mm(+3.4mm)、3歳群が111.3±8.3mm(+3.3mm)、4歳群が121.7±5.1mm(+2.8mm)、5歳群が132.2±2.5mm(+2.9mm)と推定された。6-10月にかけての成長は0-1歳群が2-6歳群に比べて顕著であり、10-3月にかけての成長はすべての年齢群で停滞した。今回確認された最大個体は、雌が2022年9月23日に油井(St.J)で捕獲されたTL147.0mm(CL72.5mm, OCL57.5mm, BW98.9g)、雄は2022年10月20日に風越橋上(St.D)で捕獲されたTL144.3mm(CL76.8mm,

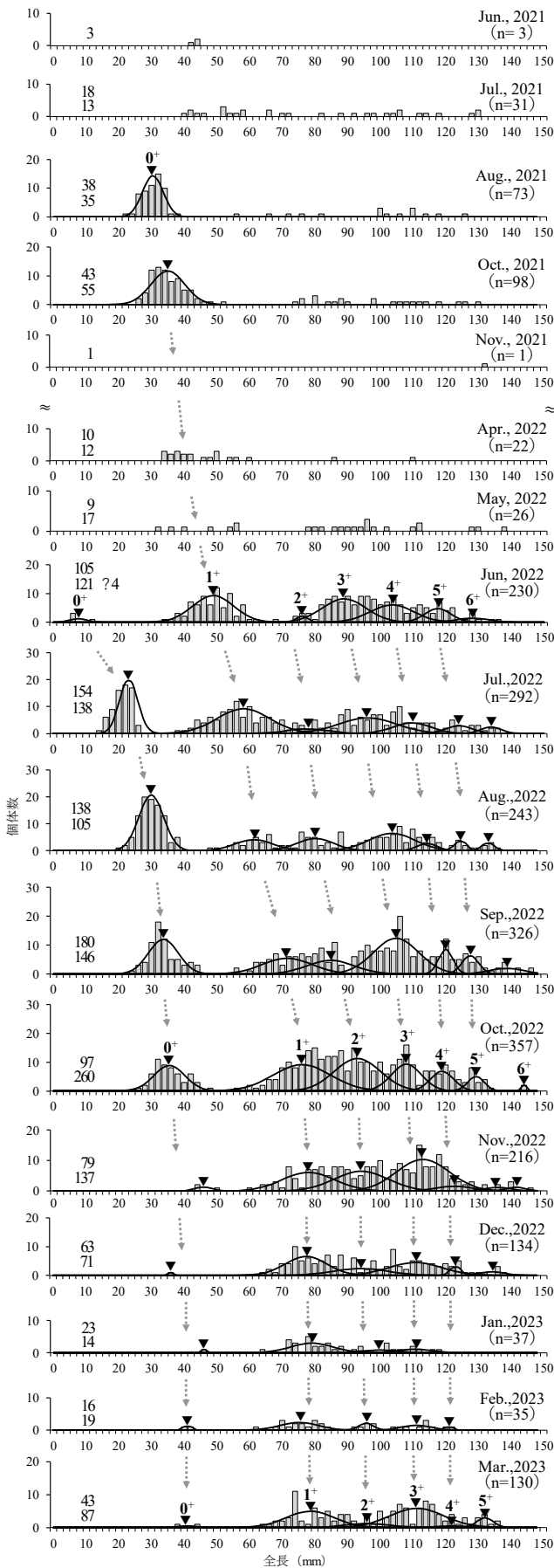


図4 ウチダザリガニの TL 組成の推移 (2021年6月-2023年3月)

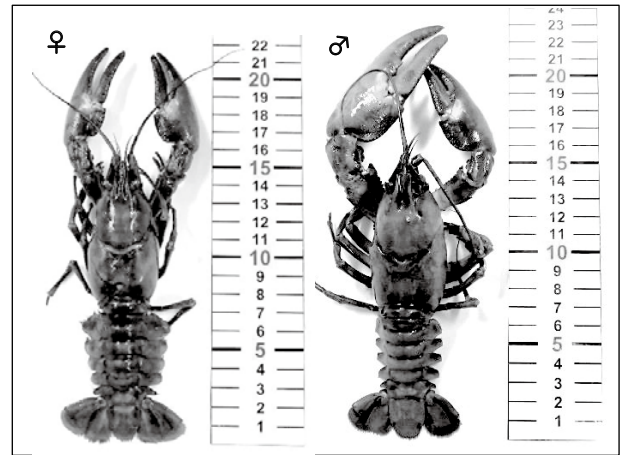


図5 ウチダザリガニの最大捕獲個体

左：雌♀ 2022年9月23日 (St.J) : TL147.0mm, BW98.9g  
 右：雄♂ 2022年10月20日 (St.D) : TL144.3mm, BW131.7g

OCL60.2mm, BW131.7g) のいずれも 6 歳齢であった (図 5)。最小個体は 2022 年 6 月 3 日に油井 (St.J) で捕獲された 6 歳齢 (TL136.7mm) の雌腹部に付着していた TL7.6 mm (CL4.0mm, OCL2.9mm) の 1 齢幼生であったが (図 17A)、雌親から離脱後に捕獲された個体としては 2022 年 6 月 21 日に油井 (St.J) で捕獲された TL13.1mm (CL6.3mm, OCL4.4mm) の 3 歳幼生が最小であった (図 17B)。

**ウチダザリガニの体サイズ** 湯川水系で 2022-23 年に捕獲されたウチダザリガニ (TL16mm 以下の性別不明 4 個体を除く) の TL (X) と BW (Y) の関係式は、①雌:  $Y=0.00001X^{3.2484}$  (n=913, r=0.986)、②雄:  $Y=0.000007X^{3.3656}$  (n=1,131, r=0.971)、③全個体:  $Y=0.00001X^{3.2767}$  (n=2,044, r=0.956) で表された (図 6)。また、TL を CL に換算するのに必要な TL (X) と CL (Y) の関係式 (全個体) は、④ $Y=0.5070X-1.5205$  (n=2,048, r=0.995)、TL を OCL に換算するのに必要な TL (X) と OCL (Y) の関係式 (全個体) は、⑤ $Y=0.4082X-2.0758$  (n=2,048, r=0.994) で表された (図 7)。前述した 2022 年 6 月の時点での各年齢群の平均 TL を④・⑤式を用いて平均 CL (OCL) に換算する

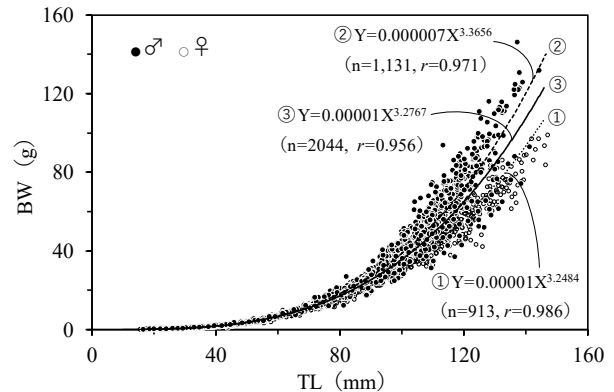


図6 ウチダザリガニの TL と BW の関係

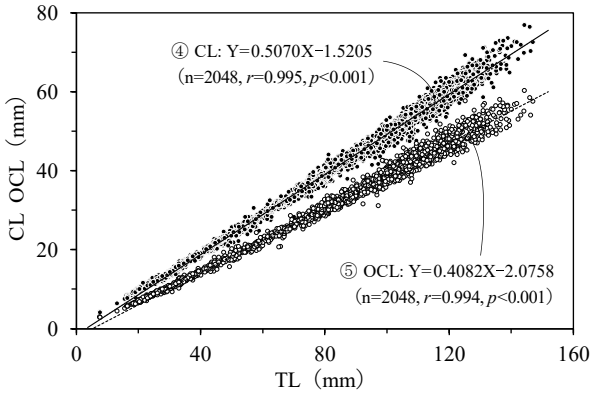


図7 ウチダザリガニの TL と CL・OCL の関係

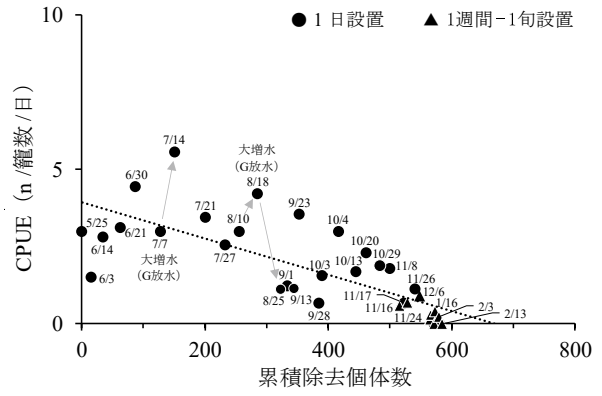


図9 油井 (St.J) での CPUE の推移

と、0歳群が2.3(1.0)mm、1歳群が23.2(17.8)mm、2歳群が36.7(28.7)mm、3歳群が43.6(34.2)mm、4歳群が50.9(40.2)mm、5歳群が58.1(45.9)mm、6歳群が63.4(50.2)mmとなり、10月の時点では0歳群が16.5(12.4)mm、1歳群が37.0(28.9)mm、2歳群が45.6(35.9)mm、3歳群が53.2(42.0)mm、4歳群が58.8(46.5)mm、5歳群が64.0(50.7)mm、6歳群が71.5(56.7)mmとなる。

**ウチダザリガニの集中捕獲 Station I:** 集中捕獲地点1とした湯川本流の油井 (St.J) では、2022年5月25日-2023年2月13日までの約9か月間、延べ37回にわたりアナゴ籠による捕獲を継続した。籠は捕獲エリア内に点在する巨岩下の空隙に12籠を基本に設置して回収した(図8)。CPUE (捕獲個体数/籠数/日\*, 籠を長期間設置しても脱走の影響で捕獲数は増えず、捕獲個体数は1-2日間設置時とほぼ同じという報告があることから<sup>27)</sup>、1週間-1旬設置時は2日\*で除した)は5-8月までの最初の3ヶ月間は1.50-5.56で推移して低下の傾向は見られなかったが、9月以降は3.56を上限値として低下基調に転じた(図9)。なお、7月7日と8月18日の籠の回収日は雨天で、泥川ダムからのゲート放水により流量が大幅に増加しており(水位約50cm上昇)、それが7月14日と8月

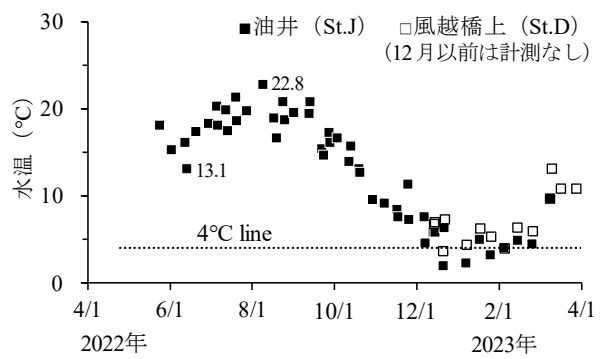


図10 油井 (St.J) と風越橋上 (St.D) の水温推移

18日の捕獲数増および8月25日の捕獲数減に関係している可能性がある。期間中の累積捕獲数は雌269、雄315の計584個体で、5-9月までの4か月間は雌200、雄185個体で性比に有意な偏りはなかったが( $\chi^2=0.584, df=1, ns$ )、10-11月までの2か月間は雌44、雄120個体で有意に雄が多く( $\chi^2=35.220, df=1, p<0.01$ )、12-2月までの2か月間は雌25、雄10個体で有意に雌が多かった( $\chi^2=6.429, df=1, p<0.05$ )。また、これとは別に籠捕獲エリアの下流でもタモ網により小型個体を303個体捕獲したので、期間中の油井 (St.J) における総捕獲数は計887個体となった(表4)。水温は8月上旬の22.8℃が最高で、繁殖期に入る10月下旬には10℃を割り込み、流量が著しく減る12月下旬には2.0℃まで低下した(図10)。

**Station II:** 集中捕獲地点2とした泥川の風越橋上 (St.D) では、2022年10月12日-2023年3月28日までの約5か月間、延べ25回にわたりアナゴ籠による捕獲を継続した。籠は火砕流由来の巨大岩盤下の空隙に7籠を基本に設置して回収した。CPUEは最初の1ヶ月間は1.0-10.5の間で上下に大きく変動し、その後は顕著に低下して2月まで低下基調で推移したが、3月に入って水温が上昇すると(図10)、やや増加に転じた(図11)。期間中の累積捕獲個体数は雌161、雄221の計382個体で有意に雄が

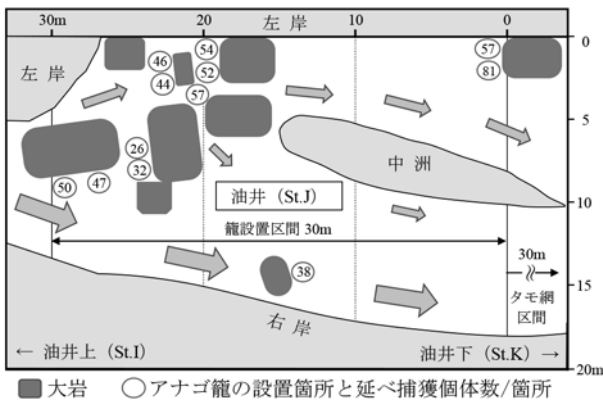


図8 油井 (St.J) におけるアナゴ籠の設置状況

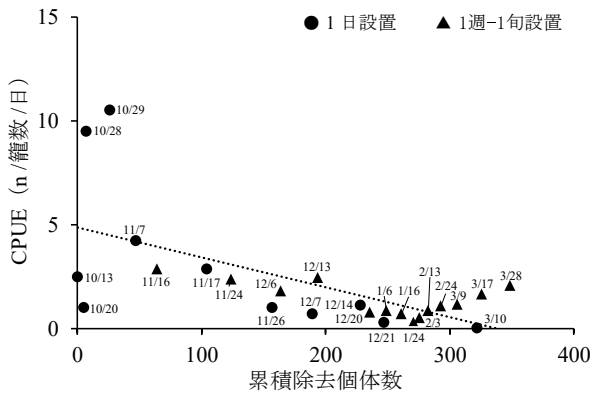


図11 風越橋上 (St.D) での CPUE の推移

多かったが ( $\chi^2=9.424, df=1, p<0.01$ )、雌では抱卵雌が多く捕獲された (64 個体)。12 月以降の水温は油井 (St.J) に比べて 1-2°C 高く、厳冬期の 1-2 月でも 4°C を下回ることにはなかった (図 10)。

**ウチダザリガニの繁殖生態** 2022 年 9 月 1 日-10 月 20 日までの間に捕獲されたウチダザリガニの頭胸甲内部を観察したところ、雌では暗緑色から黒褐色の成熟卵が 2-6 歳齢個体で、雄では精子が充満した白色の輸精管が 1-6 歳齢個体で確認された。雌が 2 歳齢で成熟卵を有する割合は約 4 割 (約 6 割は乳白色-黄白色の未熟卵) で、雄が 1 歳齢で上述した輸精管を有する割合は約 1 割 (約 9 割は輸精管未確認) であったが、これにより湯川水系に生息するウチダザリガニの最小成熟年齢は雌が 2 歳 (最小成熟 TL81.7mm, CL37.3mm, OCL31.3mm)、雄は 1 歳 (最小成熟 TL71.2mm, CL36.3mm, OCL27.2mm) であることが判明した。

交接雌は 2022 年 9 月 28 日-11 月 10 日までの間に、釜ヶ淵 (St.H) で 3 個体 (2-3 歳齢)、油井 (St.J) と油井上 (St.I) で 4 個体 (2-5 歳齢) が捕獲された。精包 (精子塊) は雌腹部の産卵孔に近い第 3-4 歩脚の基部を中心に、第 1 および第 5 歩脚の基部まで広範囲に付着していた (図 12)。

抱卵雌は、2022 年 10 月 12 日-2023 年 3 月 28 日までの

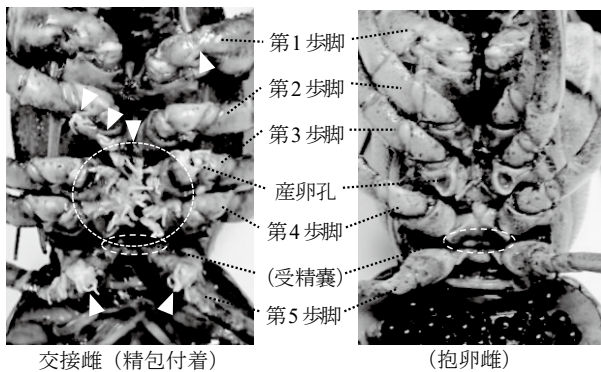


図 12 交接雌 (左) の精包付着位置

間に計 115 個体 (2-6 歳齢) が捕獲された (図 13)。内訳は 2 歳齢が 25.2%、3 歳齢が 34.8%、4 歳齢が 27.0%、5 歳齢が 8.7%、6 歳齢が 4.3% で、2-4 歳齢が全抱卵雌の 87.0% を占めた (図 14)。抱卵雌の最小個体は 2022 年 10 月 29 日に風越橋 (St.E) で捕獲された TL87.9mm (CL42.4mm, OCL32.3mm) の 2 歳齢、最大個体は 11 月 16 日に風越橋上 (St.D) で捕獲された TL141.8mm (CL72.5mm, OCL56.9mm) の 6 歳齢で、平均 TL±標準偏差は 110.9±12.4mm (平均 CL:53.7±6.74mm, 平均 OCL:42.4±5.4mm) であった。

抱卵数は、2022 年 10 月 29 日に風越橋 (St.E) で捕獲された 2 歳齢 (TL87.9mm, 前述) の 68 粒が最少、11 月 26 日に風越橋上 (St.D) で捕獲された 5 歳齢 (TL130.1mm, CL63.4mm, OCL50.4mm) の 527 粒が最多で、平均抱卵数±標準偏差は 2 歳齢が 224±62 粒 (n=29)、3 歳齢が 296±50 粒 (n=40)、4 歳齢が 298±58 粒 (n=31)、5 歳齢が 342±152 粒 (n=10)、6 歳齢が 227±39 粒 (n=5)、抱卵雌全体では 275±75 粒 (n=115) であった。

体サイズ (X) と抱卵数 (Y) との関係は、X 軸に TL をとると TL1: Y=2.3X+23.6 ( $r=0.38, p<0.001, n=89$ )、X 軸に OCL をとると OCL1: Y=4.8X+72.3 ( $r=0.35, p<0.001, n=89$ ) の回帰式で表されたが (図 15)、両者の相関は弱かった ( $r<0.4$ )。ただし、2-5 歳齢個体に限る (全長 135mm 以上の 6 歳齢 5 個体を除く) と回帰式はそれぞれ TL2: Y=4.1X-165.7 ( $r=0.57, p<0.001, n=84$ )、OCL2: Y=9.7X-126.2 ( $r=0.57$ ,

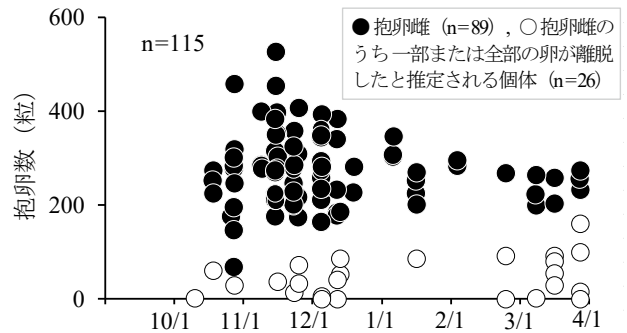
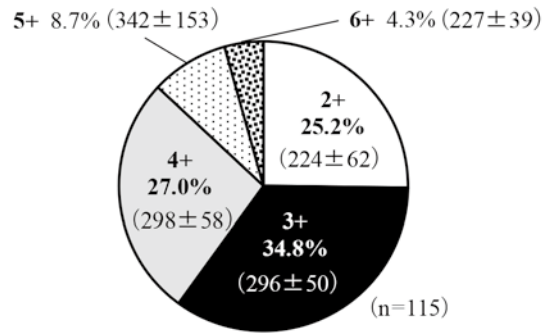


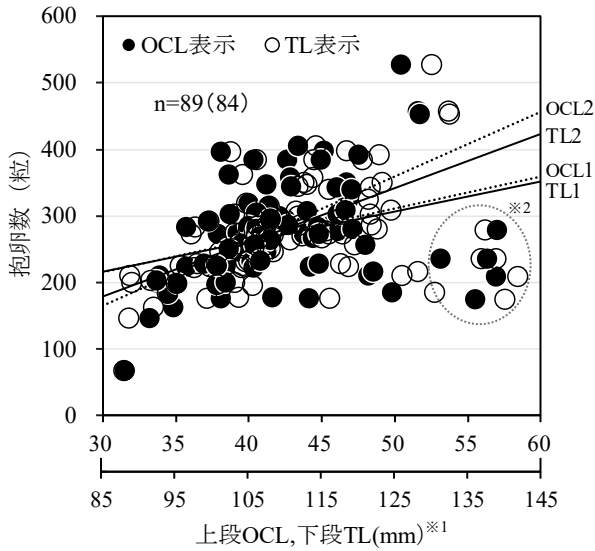
図 13 抱卵雌の捕獲日と抱卵数



( ) 内は平均抱卵数±標準偏差

図 14 抱卵雌の年齢構成





\*1 OCL 表示<sup>31)</sup>と TL 表示<sup>32,33)</sup>の文献上の抱卵数と比較できるように、X 軸は TL と OCL の 2 段目盛とした。

\*2 TL2 と OCL2 を求める際に除外した TL135 mm 以上の 6 歳齢 5 個体

図 15 体サイズ (TL, OCL) と抱卵数の関係

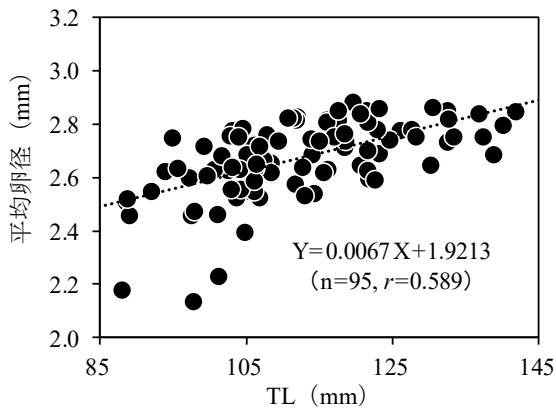
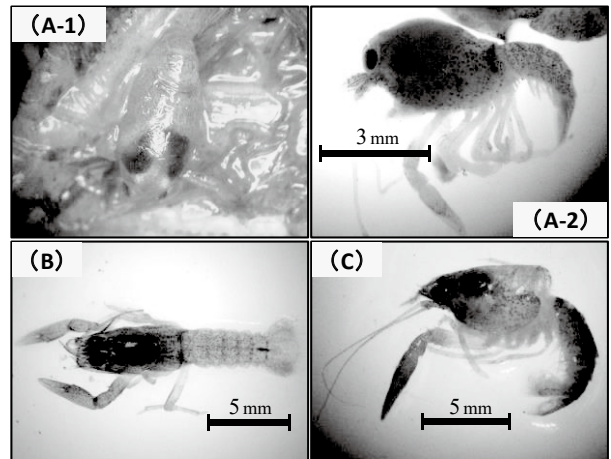


図 16 体サイズ (TL) と平均卵径の関係

$p < 0.001$ ,  $n = 84$ ) となって相関は高くなり (TL2, OCL2 とともに  $r = 0.57$ )、2-5 歳齢個体では体サイズが大きいほど抱卵数が多い傾向が示された (図 15)。また、平均卵径は 2.14-2.88mm ( $n = 95$ ) で、これについても体サイズが大きいほど卵径が大きい傾向が示された (図 16)。

抱仔雌は、2022 年 6 月 3 日に油井 (St.J) で TL136.7 mm (CL65.7mm, OCL50.2mm) の 6 歳齢が 1 個体捕獲され、腹肢に TL7.6-7.7mm (CL4.0-4.1mm, OCL2.8-2.9mm) の 1 齢幼生が 3 個体絡んだ状態で付着していた (図 17A)。油井 (St.J) ではその後、6 月 21 日に雌親から離脱して底生生活に移行した直後の TL13.1mm (CL6.3mm, OCL4.4mm) の 3 齢幼生が石礫下で捕獲され (図 17B)、7 月に入ると TL15.6mm (CL7.4mm, OCL5.0mm) - 26.2mm (CL12.4



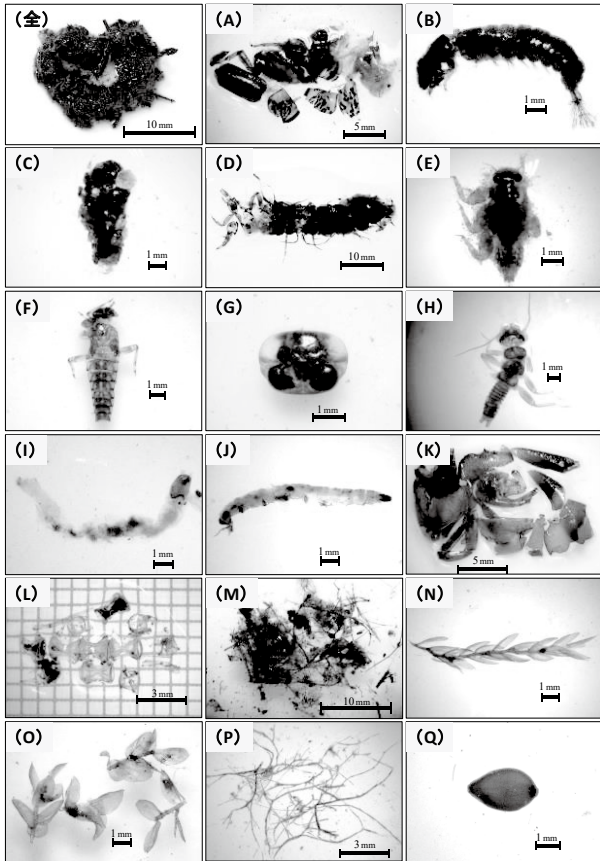
(A-1) : 1 齢幼生 (2022.6.3 抱仔雌の腹肢に付着した状態), (A-2) : 同 1 齢幼生 (分離して撮影), (B) : 3 齢幼生 (2022.6.21 石礫下), (C) : 3 齢幼生 (2023.5.22 抱仔雌から離脱直後)

図 17 ウチダザリガニの幼稚体 (1 齢および 3 齢幼生)

mm, OCL9.1mm) の 0 歳齢が岸際の草下で多数捕獲されるようになった (図 4)。

**ウチダザリガニの摂餌生態** 2021 年 8 月 24 日-2023 年 3 月 28 日までの間に捕獲されたウチダザリガニの胃内容物 (以下、餌料生物) は、容積的には広葉樹の落葉を主体とする落葉デトリタス (M) が大部分を占めたが、水生昆虫類の幼虫 (A-J) や蘚類の断片 (N-O)、付着藻類 (P)、植物の種子 (Q) のほか、魚類 (L)、甲殻類 (K) など多岐に含まれ、ウチダザリガニの食性が落葉デトリタスを主食とする雑食性であることが示された (図 18)。

各餌料生物の出現頻度 (% F: A-Q の各餌料生物が胃内から出現した個体数/調査個体数×100) を図 19 に、各餌料生物を捕食していたウチダザリガニの体サイズ (TL) を図 20 に示す。水生昆虫類ではトビケラ目 Trichoptera (A-D) が 18.4% (%F, 以下同じ)、カゲロウ目 Ephemeroptera (E-G) が 11.5%、ユスリカ目 Diptera (I-J) が 9.8%、カワゲラ目 Plecoptera (H) が 4.6% の頻度で出現し、ウチダザリガニが何かしらの水生昆虫類を捕食していた個体は全体の 44.3% に達した。このうち、トビケラ目では造網性のヒゲナガカワトビケラ *Stenopsyche marmorata* (A) とウルマーシマトビケラ *Hydropsyche orientalis* (B) の幼虫がそれぞれ 7.5、8.0% の頻度で出現し、中・大型個体だけでなく、TL33-41mm の 0 歳齢個体の主要な餌になっていた。トビケラ目ではこのほかに石礫上に砂粒で巣を造る携巢性のヤマトビケラ属 *Glossosoma* spp. (C) の幼虫 (全長数 mm) と溪流の緩流部に生息して落葉で筒巢を造るムラサキトビケラ *Eubasilissa regina* (D) の幼虫 (全長 30mm) がそれぞれ 1.7、1.1% の頻度で出現した。カゲロウ目ではアカマダラカゲロウ *Ephemerella rufa* とフタタマダラカ



(全)：胃内容物全体，(A)：ヒゲナガカワトビケラ，(B)：ウルマーシマトビケラ，(C)：ヤマトビケラ類，(D)：ムラサキトビケラ，(E)：マダラカゲロウ類（写真はアカマダラカゲロウ），(F)：コカゲロウ類，(G)：ヒラタカゲロウ類，(H)：カワゲラ類，(I)：ユスリカ類，(J)：ガガンボ類（写真はウスバヒメガガンボ），(K)：ウチダザリガニの組織片，(L)：魚類の組織片，(M)：落葉デトリタス，(N)：コバノチョウチンゴケ，(O)：オオバチョウチンゴケ，(P)：付着藻類，(Q)：植物の種子

図 18 ウチダザリガニの胃内容物

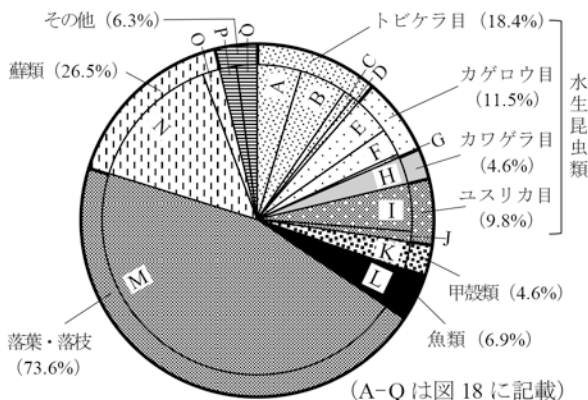


図 19 各餌料生物の出現頻度 (%F)

ゲロウ *E. bifurcata* の 2 種を含むマダラカゲロウ類 (E) の幼虫が 6.3%、コカゲロウ類 *Baetis* spp. (F) の幼虫が 4.6%、ヒラタカゲロウ類 *Epeorus* sp. (G) の幼虫が 0.6% の頻度

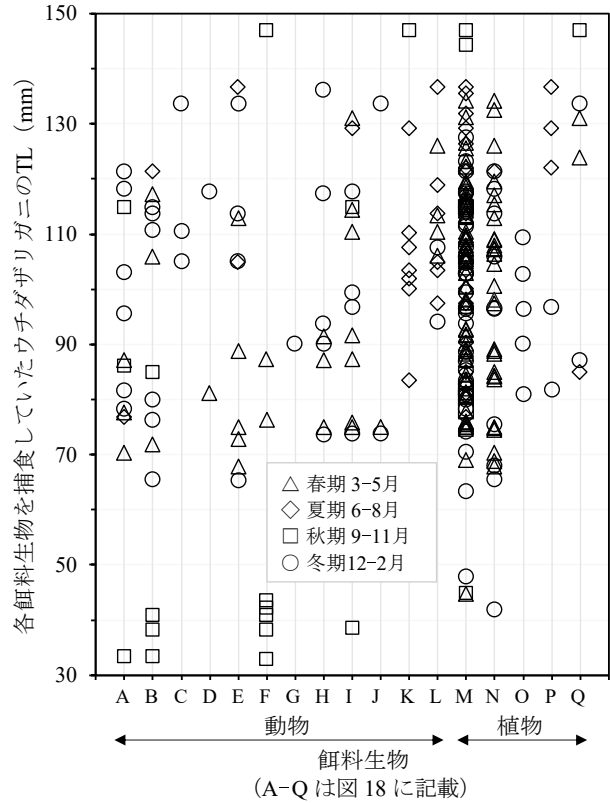


図 20 ウチダザリガニの体サイズ (TL) と餌料生物

で出現し、このうちコカゲロウ類の幼虫は主に TL33-44 mm の 0 歳齢個体の主要な餌になっていた。ユスリカ目ではユスリカ類 *Chironomidae* spp. (I) の幼虫が 8.0%、ウスバヒメガガンボ *Antocha bifida* を含むガガンボ類 *Tipulidae* spp. (J) の幼虫が 1.7% の頻度で出現し、ユスリカ類の幼虫は大型個体だけでなく、0 歳齢個体（全長 39mm）の餌にもなっていた。カワゲラ目ではオオクラカケカワゲラ *Paragnetina tinctipensis* などを含むカワゲラ類 (H) の幼虫が 4.6% の頻度で出現した。甲殻類では 5mm 前後の大きさに破碎されたウチダザリガニの組織片 (K) が 4.6% の頻度で出現し、TL83-147mm の 2 歳齢以上の個体が主に夏期 (6-8 月) に捕食サイズは不明であるが共食いをを行っている実態が明らかになった。魚類では魚種不明の脊椎骨の椎体、鰭条骨の断片等の組織片 (L) が 6.9% の頻度で出現し、TL94-137mm の 2 歳齢以上の個体が魚類を捕食していた。捕食魚種については組織片の形状や大きさからウチダザリガニと生息空間が重なるカジカ(大卵型) とトヨシノボリ (旧分類) の 2 種と推定された。陸上植物では広葉樹の落葉を主体 (針葉樹であるカラマツの針葉も一部含む) とする落葉デトリタス (M) が 73.6% の頻度で出現した。特徴的なのは、河川の岸際に生育する蕨類のコバノチョウチンゴケ *Trachycystis microohylla* (N) が 23.6%、オオバチョウチンゴケ *Plagiommium vesicatum*

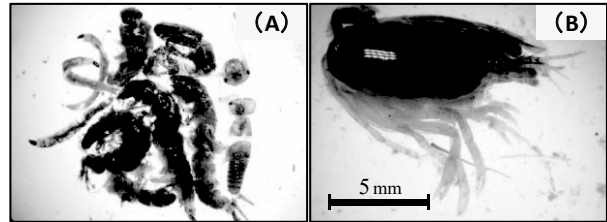
(O) が 2.9% の頻度 (蕨類計 26.5%) で出現している点であり、これらの植物性餌料が湯川水系に生息するウチダザリガニの主食であることが示された。このほか、石礫等に生える付着藻類 (P) や複数の植物の種子 (Q) が僅かに出現した。

**魚類 2 種と哺乳類 1 種の摂餌生態** カジカ (大卵型) は、主にトビケラ目のヒゲナガカワトビケラとウルマーシマトビケラの幼虫を専食とする水生昆虫食性を示したが (表 5, 図 21A)、2022 年 7 月 13 日に油井 (St.J) で捕獲された TL108.5mm (BW22.4g) の大型のカジカは TL18mm (OCL 未計測) と TL26mm (OCL9.1mm) (図 21B) のウチダザリガニを、7 月 21 日に同地点で捕獲された TL105.6mm (BW16.5g) のカジカも TL20mm のウチダザリガニを捕食していた (表 5)。ただし、これらのカジカの捕食対象となったのはいずれも底生生活に移行した直後の 0 歳齢 (TL18-26mm) であり、カジカによるウチダザリガニの捕食が確認される時期もこのサイズの 0 歳齢が出現する夏期の 7 月に限られた。湯川ダム等に生息するニジマス (TL25.8-30.2cm) は、魚類は捕食していたが、ウチダザリガニは捕食していなかった (表 5)。また、半水生哺乳類のカワネズミ (TL21.5-22.0cm) についても、調査した 2 個体はいずれもヒゲナガカワトビケラの幼虫のみを捕食しており、今回の調査ではウチダザリガニの

捕食を確認できなかった (表 5)

**ウチダザリガニの生息域の上限調査** 南ヶ丘南 (St.R) より上流の泥川の水域を 2023 年 5 月 22-24 日に調査したところ、矢ヶ崎川合流点より上流の St.S (36.3214N, 138.6259 E, 標高 926m) で多数のウチダザリガニが捕獲されたので (CPUE>15)、当該地点から 200m 上流で二又に分枝している 2 本の分流、すなわち、南方のレマン湖方面に水源を発し、軽井沢 72 ゴルフ場 (以下、ゴルフ場) のコース内を暗渠で通過する分流 (以下、泥川南流) と、東方のゴルフ場内から発出して南軽井沢の別荘・住宅街を流下する分流 (以下、泥川東流) をそれぞれ上流に向かって探索し、St.S の下方で泥川に合流している矢ヶ崎川についても 1.8 km 上流まで探索を行った (図 22)。

泥川南流では、6 月 2 日にゴルフ場西コースの境界直下の St.T<sub>1</sub> (36.3171N, 138.6261E, 標高 925m) - St.T<sub>2</sub> (36.3156



(A): 水生昆虫類 (2023.2.13), (B): ウチダザリガニ (2022.7.13)

図 21 カジカが捕食していた餌料生物

表 5 カゴ罟で混獲された魚類 2 種および哺乳類 1 種の胃内容物

分析検体のデータ / 餌料生物の種類	カジカ (大卵型) <i>Cottus pollux</i>	ニジマス <i>Oncorhynchus mykiss</i>	カワネズミ <i>Chimarrogale platycephalus</i>
捕獲年月日	2022.7.13 - 23.2.13	2022.6.21, 10.4	2023.1.16
捕獲場所	風越橋上 (St.D), 風越橋 (St.E), 油井 (St.J)	油井 (St.J), 湯川ダム (St.N)	風越橋上 (St.D), 油井 (St.J)
調査個体数 (空胃個体を除く)	21	2	2
調査個体の TL (mm)	69.2~141.0	258.3~302.5	215~220
調査個体の SL (mm)	51.5~117.5	212.5~256.5	112~114 (頭胴長)
調査個体の BW (g)	3.0~41.4	180.1~313.5	57.4~64.9
餌料生物			
甲殻類 Crustacea			
ウチダザリガニ <i>Pacifastacus leniusculus</i>	2 ( 9.5)*		
水生昆虫類 Aquatic Insecta			
トビケラ目 Trichoptera			
ヒゲナガカワトビケラ <i>Stenopsyche marmorata</i>	12 (57.1)		2 (100.0)
ウルマーシマトビケラ <i>Hydropsyche orientalis</i>	13 (61.9)		
トビケラ類 (不明)	3 (14.3)		
カゲロウ目 Ephemeroptera			
アカマダラカゲロウ <i>Ephemellela rufa</i>	1 ( 4.8)		
カゲロウ類 (不明)	1 ( 4.8)		
カワゲラ目 Precoptera			
カワゲラ類 (不明)	1 ( 4.8)		
ハエ目 Diptera			
ユスリカ科 (不明) Chironomidae sp.	3 (14.3)	1 ( 50.0)	
甲虫類 Coleoptera			
甲虫類 (不明, キチン質のみ)		1 ( 50.0)	
魚類 Fishes			
魚類 (不明, 骨片のみ)		2 (100.0)	

各餌料生物が出現した個体数と出現頻度 (出現個体数/調査個体数×100) を示す

\*いずれも油井 (St.J) で捕獲された TL108.5mm, 105.6mm のカジカが、それぞれ TL18・26mm, 20mm のウチダザリガニを捕食

N,138.6260E,標高928m)間で、7月5日には西コース内の水路 St.U<sub>1</sub> (36.3146N,138.6253E,標高928m)でいずれも St.S に匹敵する多数のウチダザリガニが捕獲され (CPUE >15)、水路直上の池 St.U<sub>2</sub> (36.3142N,138.6253E,標高929m)でも直下の水路 St.U<sub>1</sub> から陸路で移動したと見られる個体が捕獲されたが (CPUE=5.3)、これより上流の南コース内の水路 St.U<sub>3</sub> (36.3056N,138.6262E,標高934m)、St.V のレマン湖 (36.2983N,138.6235E,標高939m) およびその他の5地点 (St.Y<sub>1</sub>-Y<sub>5</sub>) ではいずれもウチダザリガニは捕獲されなかった。泥川東流では5月24日に南流との合流点直上の St.W<sub>1</sub> (36.3208N,138.6274E,標高925m) で多数のウチダザリガニが捕獲されたが (CPUE=14.0)、St.W<sub>2</sub> (CPUE=7.0)、St.W<sub>3</sub> (CPUE=2.0) と上流に行くほど CPUE は減少した。6月2日には県道43号線を跨いだ St.W<sub>4</sub> (36.3179N,138.6311E,標高930m,南流合流点より600m上流)でも捕獲されたが (CPUE=4.0)、これより上流はゴルフ場東コースの境界まで底面がフラットで水深が浅い水路が続くためカゴ罟での捕獲は行えず、タモ網で落葉、落枝の影等を探索したが捕獲できなかった。

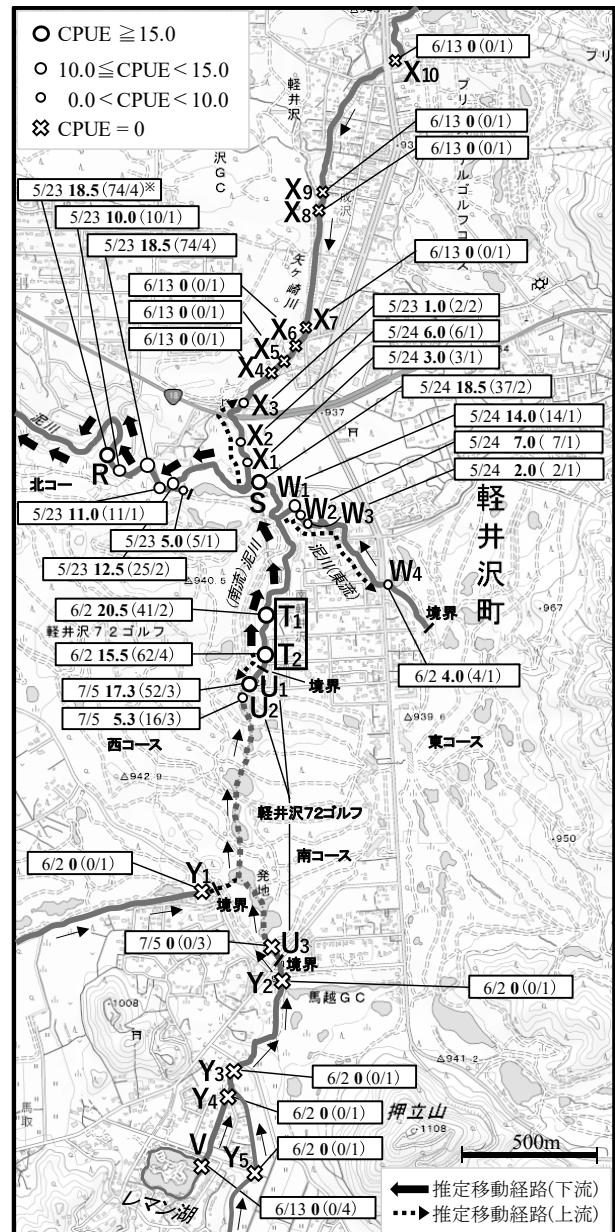
矢ヶ崎川では5月23-24日の調査で St.X<sub>3</sub> (泥川合流点より上流300m,36.3246N,138.6254E,標高924m)を含む3地点 (St.X<sub>1</sub>-St.X<sub>3</sub>間)でウチダザリガニが捕獲されたが (CPUE=1.0-6.0)、合流先の泥川の St.S に比べると CPUE は低く、これより上流の7地点 (St.X<sub>4</sub>-St.X<sub>10</sub>間、泥川合流点より上流0.6-1.8km)では一切捕獲されなかった。

(当該調査で捕獲されたウチダザリガニは雌217,雄286,3歳幼生1の計504個体であった。)

**ウチダザリガニの mtDNA ハプロタイプ** 2022年に泥川の2地点と湯川本流の2地点で捕獲されたウチダザリガニ10個体の mtDNA ハプロタイプは、いずれも既報のハプロタイプ (I) <sup>7)</sup> と一致した。

### 考 察

**ウチダザリガニの成長** 湯川水系に生息するウチダザリガニの10月の平均 TL は0歳齢が35.5mm,1歳齢が6.0mm,2歳齢が93.0mm,3歳齢が108.0mm,4歳齢が118.9mm,5歳齢が129.3mm,6歳齢が144.0mmと推定され、これを欧米の文献と比較できるように平均 CL に換算すると0歳齢が16.5mm,1歳齢が37.0mm,2歳齢が45.6mm,3歳齢が53.2mm,4歳齢が58.8mm,5歳齢が64.0mm,6歳齢が71.5mmとなる。Guan et al <sup>28)</sup> によると英国の Great Ouse 川に生息するウチダザリガニの10-11月の平均 CL は0歳齢雄が16.6mm (雌15.4mm),1歳齢雄が31.2mm (雌28.5mm),2歳齢雄が41.6mm (雌39.7mm),3歳



\*捕獲日 CPUE (捕獲個体数/籠数)  
 電子地形図 25000 (国土地理院) を加工して作成

図22 泥川および矢ヶ崎川におけるウチダザリガニの上限調査結果

齢雄が52.0mm (雌49.8mm)、4歳齢雄が57.8mm、5歳齢雄が64.2mm、6歳齢雄が69.2mmであることから、湯川水系のウチダザリガニは、1-2歳齢の体サイズでは Great Ouse 川よりやや大きいものの、3-6歳齢の体サイズはほぼ同じであり、年齢が0-6歳齢までの7年齢群で構成される点も同じであった。Great Ouse 川は英国の標高135m以下の低地を流れる河川で、年間の平均水温が10.4±5.0°C、4-10月の成長期の水温が14-20°Cという水温環境<sup>28)</sup>は、標高900m前後を流れ6-10月の水温が13-23°Cの湯川水系上流域の水温環境によく似ている。今回、湯川水系で

捕獲された最大個体は雌が TL144.3mm、雄が TL147.0mm であったが、国内における最大個体が北海道の釧路川水系で捕獲された TL150mm の個体<sup>15)</sup> とすると、湯川水系に生息するウチダザリガニの雄は 6 歳齢ではぼこの体サイズまで成長し、寿命を全うしていることになる。

**ウチダザリガニの繁殖生態** 湯川水系に生息するウチダザリガニでは 9 月中には雌雄ともに性成熟が完了し、9 月下旬には雄が雌と交接して精包を雌に受け渡し、10 月上旬には雌が産卵を始めて抱卵したまま越冬、翌年の 5-6 月には雌の腹部で卵がふ化して 3 齢幼生に成長した幼稚体が雌親から離れて河川生活に入るといった繁殖サイクルが回っていた。雌は 2 歳齢で性成熟し、雄も 1 歳齢で成熟する個体も僅かに存在したが、大部分は 2 歳齢で性成熟していた点は、雌雄ともに 2 歳齢で性成熟するとした Great Ouse 川の繁殖生態<sup>28)</sup> と一致するとともに、雄は 1 歳齢で性成熟するとした Abrahamsson<sup>29)</sup> を支持する。ただし、1 歳齢の雄は 2 歳齢に比べて一回り体が小さいので、交接行動に参加できているかどうかは不明である。

2 歳齢雌の最小成熟 TL は 81.7mm (CL37.3mm, OCL31.3mm) で、2 歳齢雌の最小抱卵 TL は 87.9mm (CL42.4mm, OCL32.3mm) であったが、前者のサイズは Great Ouse 川の CL36.3mm<sup>30)</sup> に近く、後者のサイズは Great Ouse 川の CL38.5mm<sup>28)</sup> や北海道然別湖の OCL29.7mm<sup>31)</sup> に比べてやや大きかった。抱卵数については体サイズが大きい雌ほど抱卵数が多い傾向が 2-5 歳齢 (TL87.9-132.5mm, OCL31.5-51.7mm, n=84) で示されたが、本研究で捕獲した 6 歳齢 (TL136.8-141.8mm, OCL53.1-56.9mm, n=5) については明らかに抱卵数が少なかった。ウチダザリガニの産卵に関しては、成熟サイズに達した個体は毎年産卵するという説のほか、毎年産卵せずに一生のうち合計 3-4 回産卵するという Mason の説がある。<sup>9)</sup> 後者の説に従うと、例えば 2 歳齢が初産の個体では 5 歳齢の 4 回目の産卵で終期となることから、6 歳齢に達したときには Mason の主張するように産卵自体を行わないか、卵の形成能力が衰退して今回のように産卵数、すなわち抱卵数が少なくなっているという可能性が考えられた。平均抱卵数は 275 粒 (平均 TL110.9mm, 同 OCL42.4mm) であったが、これを諸外国と比較してみると、例えばポーランドの Poblędzie 湖の 361 粒 (TL105.6mm)<sup>32)</sup> や Naryjska Struga 川の 371 粒 (TL102.8mm)<sup>32)</sup> に比べると 100 粒ほど少ないが、クロアチアの Mura 川の 261 粒 (TL109.8mm)<sup>33)</sup> にはよく近似した。また、北海道然別湖に生息するウチダザリガニの抱卵数は 70-468 粒であるが<sup>31)</sup>、平均抱卵数の記載がなかったため、回帰式  $Y=14.6X-353.9$ <sup>31)</sup> ( $X$ :OCLmm,  $Y$ :抱卵数) に湯川水系の抱卵雌の平均サイズ (OCL42.4mm) を代入すると

平均抱卵数は 265 粒となり、これにも近似が見られた。

**ウチダザリガニの摂餌生態** 北海道に生息する日本在来のニホンザリガニは典型的な破碎食者で、主要な餌は広葉樹の落葉由来のデトリタスとされているが、<sup>2,34,35)</sup> 陸域から落下して水中に堆積した落葉が腐食していく過程で葉の表面に大量の微生物が繁殖し、それらが産する蛋白質が重要な栄養源になっているらしい。<sup>2,19,25,36,37)</sup> 一般的に微生物菌体の窒素含有量は高く、その蛋白質含量は動物体にも匹敵するが、<sup>38)</sup> Parkyn<sup>39)</sup> はニュージーランドに生息するミナミザリガニ科の *Paranephorops planifrons* は専ら水生昆虫類から体組織に必要なエネルギーを取り入れるため、落葉デトリタスは成長のために利用されないと主張し、Mormot<sup>40)</sup> もザリガニ類は本来的には成長に有利な動物性蛋白質を嗜好する雑食生物ではあるが、それらを探して摂餌している間に大量の落葉デトリタスを摂餌してしまうのだという。湯川水系に生息するウチダザリガニも 2 歳齢以上では落葉デトリタスを大量に摂餌していたが、0 歳齢ではウルマーシマトビケラやコカゲロウ類、ユスリカ類といった小型の水生昆虫類の幼虫を探索して摂餌している傾向があり、若齢期は水生昆虫食で成体になると落葉デトリタス中心の植物食に移行するとした Mason<sup>41)</sup> を支持する。0 歳齢の成長が速いのは蛋白質含量の高い水生昆虫類を専食しているためと考えられる。一方、成体である 2-6 歳齢では落葉デトリタスが主食となるが、トビケラ類などの水生昆虫類の幼虫を副食として摂餌する雑食性の強さが、ニホンザリガニに比べ短時間で成長し、TL15cm まで成長できる要因と考えられる。ニホンザリガニも本来は動物性餌料を好むザリガニではあるが、北海道の生息地では落葉に遭遇する頻度の方がはるかに高いため、動物性のものは僅かしか摂餌できないと言われる。<sup>36)</sup> ヒゲナガカワトビケラの幼虫は増水して流量が増すと河底の礫から流れ下ししやすい。<sup>42)</sup> また、アカマダラカゲロウの幼虫は流れが緩やかで落葉落枝が堆積した場所に生息するので、<sup>43)</sup> ウチダザリガニの成体は積極的に水生昆虫類を探索して動き回るというよりは、河床に堆積した大量の落葉デトリタスの中に潜むこれらのトビケラやカゲロウ類、ユスリカ類などの水生昆虫類の幼虫を二次的に摂餌することで成長に必要な蛋白質や脂肪などの栄養分を得ている可能性がある。中でもヒゲナガカワトビケラやムラサキトビケラなどの大型トビケラ類の幼虫は格好の栄養源といえる。英国の Great Ouse 川でもユスリカ類は春期の、トビケラ類は夏期のそれぞれ成体にとって最も重要な動物性餌料になっている。<sup>44)</sup>

また、共食いは湯川水系でも主に夏に 2 歳齢以上の成体で確認されており、Great Ouse 川で主に水温の高い夏か

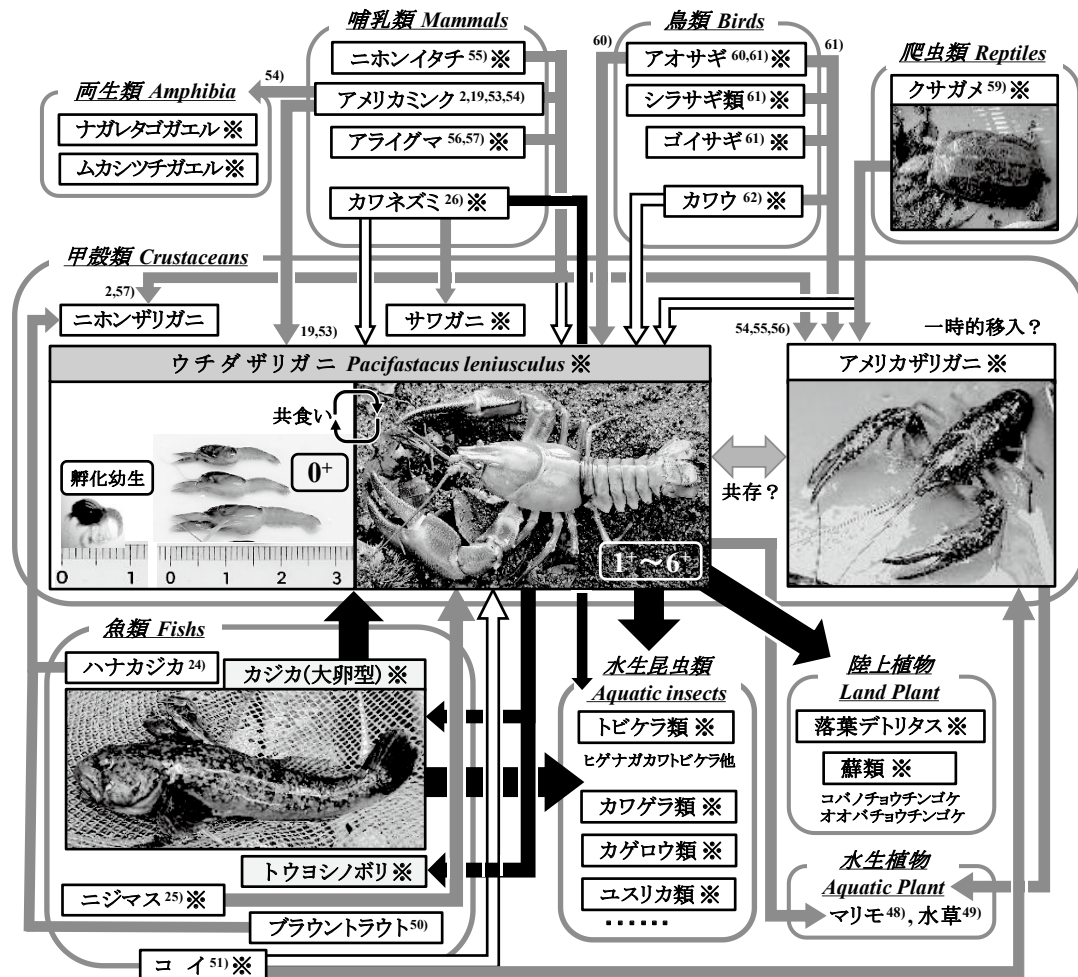
ら秋に2歳齢以上で共食いが起きている事例<sup>44)</sup>と一致した。ウチダザリガニでは水温が20-25℃のときに活動<sup>45)</sup>や摂餌量<sup>46)</sup>が最大になるといわれるが、7-9月の水温はほぼこれに当てはまる。アメリカザリガニなどのザリガニ類では、捕食者の侵害的接触から逃れるための自己防衛行動として第1歩脚を自ら切断する自切現象が知られる。<sup>47)</sup> 捕獲されたウチダザリガニに左右両方または片方の第1歩脚が欠如したり、新しい歩脚が再生中の個体が多いのは、同種内で共食いを目的とした個体間闘争が比較的高い頻度で繰り返されている現われと考えられる。

今回、湯川水系のウチダザリガニが摂餌していた落葉以外の特徴的な植物性餌料の一つに蘚類があった。北海道ではウチダザリガニによるマリモ *Aegagropila linnaei* の食害が阿寒湖、<sup>48)</sup> 水草の切断、被食による減耗が春採湖<sup>49)</sup>で報告されているが、陸上植物である蘚類の摂餌に関する報告は本研究が初めてと思われる。コバノチョウチンゴケは泥川の風越橋上 (St.D)、オオバチョウチンゴケも矢ヶ崎川の St.X4-X5 付近の護岸で確認されたように流域に

は多く自生していることから、増水の度に水を被り、剥離して流下した茎と葉体の一部が落葉デトリタスとともにウチダザリガニに摂餌されていると考えられた。

**ウチダザリガニの漁業への影響** ウチダザリガニの魚類の捕食に関する知見は少ないが、英国の Great Ouse 川では主に2歳齢以上の個体が夏から秋に魚類 (魚種不明) を捕食する。<sup>44)</sup> 湯川水系でも2歳齢以上の個体が魚類を捕食することは胃中から出現する組織片から明らかであるが、頻度的にはウチダザリガニがカジカ (湯川水系を含む内共第1号漁場の漁業権対象魚種) やトウヨシノボリ (同対象外) と同じ底生空間の中で生活する中で、これらの底生魚類の稚魚から未成魚をごく稀に捕らえている程度と見られ、漁業への影響は限定的と考えられた。

これとは逆に、例えば北海道では様似湖のハナカジカ<sup>24)</sup> や豊似湖のブラウントラウト *Salmo trutta*<sup>50)</sup> がニホンザリガニを捕食したり、摩周湖のニジマス<sup>25)</sup> がウチダザリガニを捕食している事例や、千葉県印旛沼水系でコイ<sup>51)</sup> がアメリカザリガニを捕食する事例が報告されているよ



※湯川水系に生息(存在), ➡湯川水系で捕食確認, ➡他水域で捕食確認(文献), ⇄捕食の可能性あり(文献から)

図 23 ウチダザリガニを取り巻く捕食の関係図

うに、魚類が天敵となってザリガニ類を捕食する事例がいくつか散見される。また、Usioら<sup>4)</sup>によれば、イトウ *Hucho perryi* やナマズ *Silurus asotus*、ウナギ *Anguilla* spp. などの魚類もザリガニ類の防除に利用可能な天敵候補として挙げられている。今回の研究でカジカ（大卵型）がウチダザリガニの稚エビ（TL18-26mmの0歳齢）を捕食する実態が明らかになったことにより、本州では北海道のハナカジカに代わってカジカ（両種とも最大TL15cm<sup>52)</sup>）がウチダザリガニを捕食する天敵として機能することがわかった。なお、ハナカジカが北海道で捕食していたニホンザリガニの最大個体（OCL19.6mm<sup>24)</sup>、TL不明）は湯川水系に生息するウチダザリガニに換算するとTL50mm前後のサイズに相当することから、カジカは0歳齢だけでなく、1歳齢の個体まで捕食できる可能性がある。湯川水系にはこのほかにニジマスやコイも生息する。ニジマスはTL1m級の大型魚が生息する摩周湖のような水域では胃が充満するほどのウチダザリガニを捕食し、<sup>25)</sup> かなりの捕食圧をかけられるので、<sup>15)</sup> 湯川ダム内に今回捕獲されたTL30.2cmの銀毛個体を上回る大型魚が生息するならば、捕食の効果は十分に期待できる。コイについても大型魚が高密度に生息する水域ではザリガニ類を捕食するので<sup>51)</sup>、TL50cm超の大型魚の生息が多数確認できる湯川ダム内ではコイによる捕食圧によってウチダザリガニの繁殖が抑制されている可能性がある。また、甲殻類のサワガニを餌として捕食することが知られる哺乳類のカワネズミ<sup>26)</sup>については、今回水生昆虫類の捕食しか確認できていないが、水中に仕掛けたウチダザリガニ捕獲用のカゴ罠で混獲されることがあることから天敵として機能している可能性はある。また、湯川水系に生息するその他の哺乳類のアメリカミンク *Neovison vison*<sup>2,19,53,54)</sup> やニホンイタチ *Mustela itatsi*<sup>55)</sup>、アライグマ *Procyon lotor*<sup>56,57)</sup> の3種については、いずれもアメリカザリガニやニホンザリガニ、ウチダザリガニを捕食する動物としての報告がある。中でもアメリカミンクは水中で魚などを捕まえる際に5-20秒間もの間潜水していることができるので、<sup>58)</sup> 大岩や倒木などの物陰に潜むウチダザリガニを見つけ出して捕食している可能性は高いと考えられる（カゴ罠での混獲例あり<sup>19)</sup>）。また、爬虫類のクサガメについても石川県のため池でザリガニ類の捕食事例があるため、<sup>59)</sup> 老齢個体が数多く生息する湯川ダム内ではウチダザリガニがカメ類の格好の餌になっている可能性もある。さらに、鳥類においても例えば北海道の十勝地方でアオサギ *Ardea cinerea*<sup>60)</sup> がウチダザリガニを、千葉県舟田池でシラサギ類 *Ardea* spp. & *Egretta* spp. やゴイサギ *Nycticorax nycticorax* を含むサギ類<sup>61)</sup> がアメリカザリガニを、栃木県の渡良瀬

川等の河川でカワウ *Phalacrocorax carbo*<sup>62)</sup> がザリガニ類を捕食する事例が報告されているので、湯川水系においてもこれらの鳥類がウチダザリガニを捕食している可能性は十分に考えられる。ウチダザリガニの漁業への影響については限定的と述べたが、既に定着してしまっただザリガニを捕食したり、捕食してくれる可能性のある動物類は湯川水系の流域に11種ほど生息する（図23）。

**ウチダザリガニの現在の生息域** 2012年10月に北野らが確認した湯川水系におけるウチダザリガニの生息域は湯川本流の釜ヶ淵-茂沢（St.H-St.Mと同地点）間の3.7km区間であったが、<sup>7)</sup> 2014年9月には茂沢から2.1km下流の湯川ダム（St.Nと同地点）でも生息が確認され（北野・未発表, 2012-13年は未調査）、生息域は湯川本流の釜ヶ淵-湯川ダム間の5.8km区間に延伸した。今回、筆者らは支流の泥川における新たな生息情報をもとに2021-2023年に捕獲調査を進め、ウチダザリガニの生息域の上限が湯川本流の釜ヶ淵（St.H）からさらに6.0km上流の泥川南流（St.U<sub>1</sub>-U<sub>2</sub>）であることを突き止めた。釜ヶ淵より上流および湯川ダムより下流の湯川本流ではウチダザリガニの捕獲例はなく、<sup>7)</sup> 本研究でも確認できていないので、湯川水系における2023年7月時点でのウチダザリガニの生息水域は、湯川ダム（St.N）から軽井沢72ゴルフ場（St.U<sub>1</sub>-U<sub>2</sub>）に至る湯川本流-泥川-泥川南流の11.8km区間（標高差139m）と泥川東流の0.6km区間、ならびに泥川に流入する矢ヶ崎川の0.3km区間と考えられる。

**ウチダザリガニの侵入経路** 長野県内ではいずれも北海道や福島県、または県内の生息地からの人為的な持ち込みに由来すると考えられるウチダザリガニの生息確認が湯川水系で確認される2年前の2010年8月には松川町の松川湖、1年後の2013年10月には喬木村の矢筈ダム湖、その後も2015年7月に松川町の入倉堤、2018年6月に木祖村の奥木曾湖、2019年8月に伊那市の千代田湖と相次いだ。<sup>7)</sup> これらの水域がいずれもダム湖やため池（湛水域）であったことから、湯川水系においても最初に湯川ダム（St.N）や泥川ダム（St.F）に人為的な持ち込みがあり、

表6 ウチダザリガニの河川における移動距離

国	河川名	移動距離 (km/年)		出典
		上流	下流	
Croatia	Korana R.	2.23	2.84	Hudina et al. 2017 <sup>63)</sup>
Croatia	Korana R.	1.3	0.3	Dragičević et al. 2020 <sup>64)</sup>
England	Wharfe R.	0.35-0.47	1.8 (1.27-2.4)	Bubb et al. 2005 <sup>65)</sup>
England	Ure R.	0.06	0.18	Bubb et al. 2005 <sup>65)</sup>
England	Wharfe R.	-	1.2	Peay & Rogers 1999 <sup>66)</sup>
Portugal	Maças R.	1.68	2.77	Bernard et al. 2011 <sup>67)</sup>

そこを起点にウチダザリガニの生息域が現在の上限である泥川南流 (St.U<sub>1</sub>-U<sub>2</sub>) まで拡大した可能性について以下に考察した。ウチダザリガニがこれらの湛水域を起点として上流に生息域を拡大するためには、途中にある釜ヶ淵 (St.H) の大きな淵と泥川ダム (St.F) のゲート構造物、あるいは南ヶ丘南 (St.R) 下流の高さ 2.4 m (魚道高 1.2 m) の堰堤などの物理的障壁を直接這い上がるか、陸路を迂回するなどして回避し、かつ、湯川ダムからなら 11.8 km、泥川ダムからでも 5.6 km の距離を上流に向かって移動する必要がある。ウチダザリガニが世界中の導入国で分布を拡大した背景にはその高い移動能力がある。このため、ウチダザリガニがヨーロッパの河川を最大 2.23 km/年<sup>63-67)</sup> の早さで上流へ移動する能力を考慮すれば(表 6)、これらの起点からの移動は距離が短い泥川ダムからならば 3-4 年、やや距離がある湯川ダムからでも 6-7 年あれば成立しえる。また、ザリガニ類には例えばアメリカザリガニのように水から這い出て周辺の斜面を這い上がり、陸地を移動して上流側に到達する能力があることが知られる。<sup>68)</sup> 北海道の阿寒湖に流入する河川でウチダザリガニが周回道路の下に埋設された落差高 53-69 cm カルバート (ザリガニ類の上流への遡上を防止する目的で河床との落差を大きく設定) の上流側で見つかる事例についても、ウチダザリガニが河川から這い出て周辺の比較的平坦な陸地を移動した可能性が指摘されている。<sup>69)</sup> ただし、ザリガニ類がこれらの物理的障壁を回避する能力は障壁周辺の斜面の形状に依存するとされるので、<sup>68)</sup> これに照し合せて考察すると、南ヶ丘南下流の堰堤については左岸側に平坦な陸地があるので回避可能と考えられるが、釜ヶ淵と泥川ダムの二つの大きな障壁を直接または迂回して回避することは周辺の急峻な地形を見る限り困難と考えられた。よって、湯川水系に生息するウチダザリガニが湯川ダムや泥川ダムを起点に生息拡大した可能性はここでは低いと推察する。なお、湖一帯が複合レジャー施設となっている塩沢湖 (St.E 付近) については未調査であるためここでの考察からは除外した。

一方、生息域の上限である St.U<sub>1</sub>-U<sub>2</sub> からゴルフ場外に出た泥川南流の St.T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub> 付近は、底質が泥底 (赤褐色) のワンド状の緩流部で、湯川水系におけるウチダザリガニの最大の繁殖地点と見られるが、当該地点付近には少なくとも 5 年程前までオオクチバス *Micropterus salmoides* が生息していたという情報 (熊川, 聞取り) が現地でも得られた。福島県にウチダザリガニが持ち込まれた理由はブラックバスの餌にするためという非公式な現地情報がある。<sup>25)</sup> ウチダザリガニの原産地である北米のコロンビア川では実際にザリガニ類がコクチバス *Micropterus dolomieu*

の重要な餌<sup>70)</sup> になっており、バス釣り愛好者がクローラーと称するザリガニルアーを使うのはこのためである。オオクチバスはほぼ同時期にウチダザリガニが侵入した県内の松川湖と矢筈ダム湖には現実的に生息しているので、<sup>7)</sup> 湯川水系においてもウチダザリガニがブラックバスの餌として St.T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub> に意図的に持ち込まれたという可能性が浮上する。泥川に生息する個体の mtDNA ハプロタイプ (I) は湯川本流の個体と完全に一致するため、起源は同じと推察される。そのため、St.T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub> を起点として下流に移動を始めた個体群が泥川ダム (St.F) などを通して湯川本流に入り、釜ヶ淵 (St.H) や油井 (St.J) を通過して 11.8 km 下流の湯川ダム (St.N) まで到達、途中で泥川東流 (St.W<sub>1</sub>-W<sub>4</sub>) と矢ヶ崎川 (St.X<sub>1</sub>-X<sub>3</sub>) に入り込んだ個体群はそこに留まり、上流のゴルフ場内に向かった個体群は水路 (St.U<sub>1</sub>) 上端の堰が障害となってそれ以上の移動が阻止された (生息域の上限とした水路直上の池 (St.U<sub>2</sub>) へは陸路を移動したと推定) と考えると (図 22)、当該地点付近が持ち込みの起点になった可能性が高い。ウチダザリガニは下流へは最大 2.84 km/年<sup>63-67)</sup> の早さで移動できるので、湯川ダムへの移動は 4-5 年もあれば可能である。また、泥川ダムからは降雨時のゲート放水時に逸出することが可能である。このことは、放水後のゲート直下の宮裏橋 (St.G) で河床を歩行するウチダザリガニが観察されたり、下流の釜ヶ淵や油井でカゴ罟による捕獲数が急増することで裏付けられる。よって、湯川水系に生息するウチダザリガニは、ある意図をもって泥川南流の St.T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub> 付近に持ち込まれた個体群がここを起点に生息拡大したと総合的に推察する。なお、St.T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub> 間で 2023 年 7 月に釣獲調査を行った際にオオクチバスを捕獲できなかった理由については、2019 年 10 月の台風 19 号通過時の大増水 (軽井沢特別気象観測所の総降水量 315 mm, 岸際の樹木に残る痕跡から水位が約 1.2 m 上昇したと推定) の際に下流へ散逸してしまったためと考えられた。

**ウチダザリガニの防除効果の検証** ウチダザリガニの防除効果は CPUE の低下で評価するのが一般的である。<sup>4)</sup> 本研究では集中捕獲地点とした油井 (St.J) と風越橋上 (St.D) でアナゴ籠による捕獲 (原則週 1 回) を継続的に実施し、CPUE の低下で裏付けされる一定の防除効果を確認することができたが (図 9, 11)、今回のように捕獲が長期間に及び、個体の移出入が無視できない水域では一條ら<sup>14)</sup> が小規模な池で行ったような Delury 法による生息数推定は行えないので、捕獲を始めた時点に比べてどれだけウチダザリガニを防除できたかの数値的な検証は残念ながら行えない。油井 (St.J) では 5 月から、風越橋上 (St.D) は 10 月からと捕獲開始の時期は異なったが、両地点とも



捕獲は晩秋から翌春まで継続したので、捕獲の進行による CPUE の低下以外にも、水温の低下や繁殖に伴う活動性の低下が晩秋以降の CPUE を押し下げる要因として働いていた可能性がある。

北海道の春採湖でウチダザリガニの防除に用いられた目合 1.5cm のアナゴ籠では OCL25mm (TL65mm) 未満の若齢個体が捕獲されなかったが、<sup>13)</sup> 本研究で用いた目合 1.0cm のアナゴ籠では 0-1 歳齢の若齢個体も 8.1% の割合で捕獲できており、タモ網による捕獲と組み合わせることで 0-6 歳齢までの全年齢群を集中的に防除することが可能である (図 24)。ただし、川井<sup>71)</sup> が潜水目視で観察しているように、ウチダザリガニが群れるように入っている籠の脇には必ず籠に入らない個体が存在するので、1 回の捕獲で全数を捕り尽くすのは難しく、防除のためには長期間にわたる捕獲の継続が必要になることは言うまでもない。籠での捕獲は、夜の 22-23 時と夜中の 2-3 時に活動のピークがあるというウチダザリガニの活動生態<sup>72)</sup> も考慮に入れて行う必要がある。

**ウチダザリガニの冬期の生態** ニホンザリガニは河川では小型個体が転石の下、大型個体は河岸に掘った巣穴の中で越冬し、湖では落葉の下や流木の洞の中などの湖底の隠れ家で越冬することが知られる。<sup>25)</sup> ウチダザリガニについても、例えば北海道未幌町内の小河川では河岸の土中に掘った巣穴 (岸から 0.5-2.6m 離れた表土の 0.6-0.9m 下) の中で越冬することがテレメトリー調査で明らかになっている。<sup>73)</sup> 湯川水系でも当初は越冬のため 10 月冬以降は捕獲ができなくなることを想定していたが、実際には厳冬期の 1 月を含めて 3 月までウチダザリガニはカゴ罟で継続して捕獲され続けた。活火山である浅間山の南山麓を流下する湯川水系は、源流部をはじめ各所に湧出する湧水 (浅麓湧水群) や温泉水の影響を受け、冬期は上流ほど水温が高い。<sup>74)</sup> 1 月の厳冬期に千曲川支

流の多くで水温が 1-2℃まで低下するのに対し、泥川の風越橋上 (St.D) で概ね 4℃以上の水温が保持されているのはこのためと考えられる。湯川と諸生態が酷似する英国の Great Ouse 川に生息するウチダザリガニは河岸に巣穴を掘って生活し、<sup>75)</sup> 越冬中も 4-6℃の比較的暖かい水温環境下で春期を上回る摂餌を行っている。<sup>44)</sup> 湯川水系では大岩下の空隙や石積み護岸の隙間など隠れ家が多いので、Great Ouse 川のように巣穴を掘って生活する必要はないと考えるが、冬期も概ね 4℃以上の水温環境下で同じように摂餌を行いながら越冬している生息実態が今回の研究で明らかになった。両河川でのウチダザリガニの越冬は、北海道未幌町の小河川における冬眠に近い不活発なものではなく、常に餌を求めて動き回る能動的なものであり、それが集中捕獲地点で厳冬期においてもカゴ罟で捕獲され続ける要因となっている。

湯川水系に広範囲に拡散してしまったウチダザリガニを根絶させることは現実的には難しい。しかし、今回得られたウチダザリガニに関する生物学的知見を今後の拡散防止や低密度管理に活用することが望まれる。

## 要 約

- 1 ウチダザリガニが生息する湯川水系で 2021 年 6 月から 2023 年 7 月までの期間中、湯川本流と支流の泥川で防除のための捕獲を進め、年齢や成長といった生物学特性、繁殖や摂餌等の生態の解明、防除効果の検証および生息域の上限の特定を行った。
- 2 2021 年に 206 個体、2022-23 年に 2,552 個体 (上限調査の 504 個体含) をカゴ罟やタモ網などで捕獲防除した。
- 3 湯川水系のウチダザリガニは 0-6 歳齢までの 7 齢群で構成され、2022 年 10 月の平均 TL は 0 歳群 35.5mm、1 歳群 76.0mm、2 歳群 93.0mm、3 歳群 108.0mm、4 歳群 118.9mm、5 歳群 129.3mm、6 歳群 144.0mm と推定された。
- 4 湯川水系では 9 月に性成熟が完了、9 月下旬から交接、10 月上旬から産卵 (抱卵) が始まり、5-6 月に卵がふ化して 3 齢幼生となった幼稚体が雌親を離れて着底生活に入るという繁殖サイクルが回っていた。
- 5 ウチダザリガニの食性は落葉デトリタスを主食とする雑食性であったが、水生昆虫類の幼虫や魚類や甲殻類 (共喰い)、陸上植物の蘚類なども捕食していた。
- 6 大型のカジカ (大卵型) は 7 月にウチダザリガニの 0 歳齢 (TL18-26mm) を捕食していた。反対に、ウチダザリガニはカジカやトヨシノボリを一部捕食していた。
- 7 ウチダザリガニの湯川水系における生息域の上限は、泥川南流の軽井沢 72 ゴルフ場出口付近と推定された。

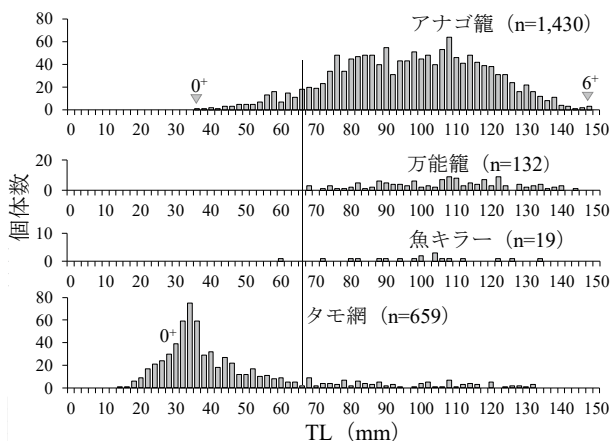


図 24 捕獲方法別の捕獲 TL (2021-2023 年)

8 2023年7月時点でのウチダザリガニの生息確認水域は、湯川ダムから軽井沢72ゴルフ場に至る湯川本流と泥川の11.8km区間と泥川東流の0.6km区間、矢ヶ崎川の0.3km区間である。

### 謝 辞

本研究における捕獲調査は佐久漁業協同組合の同意を得たうえで、長野県佐久地域振興局から長野県漁業調整規則に基づく特別採捕許可を受けて実施した。御代田町在住の高橋浩平氏には貴重な情報提供と協力をいただいた。レマン湖での調査は(株)レイクニュータウン管理事務所の支配人様から捕獲の許可を受けて、軽井沢72ゴルフ場内での調査は(株)西武・プリンスホテルズワールドワイドの山中佑悟氏(管理SV)、林 奈津枝氏(管理AM)ほかコース管理の方々の立会いのもとにそれぞれ実施することができた。ここに記して感謝の意を表します。

### 文 献

- Lewis SD. *Pacifastacus*. In: Holdich D.M(Ed), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, Oxford. 2002; 511-540.
- 川井唯史. 「ザリガニの博物誌—里川学入門」東海大学出版会, 秦野. 2007.
- 伊藤 倜, 山内 謙. 「農山村溜池利用淡水大蝦の養殖法(附 ロブスターの畜養法)」仁川堂出版部, 東京. 1928.
- Usio N, 中田和義, 川井唯史, 北野 聡. 特定外来生物シグナルザリガニ (*Pacifastacus leniusculus*) の分布状況と防除の現状. 陸水学雑誌 2007; **68**: 471-482.
- Bondar CA. / 訳 川井唯史. 外来種の生息環境—特定外来生物ウチダザリガニの生態系での機能, 原産国における現状. 「ザリガニの生物学」(川井唯史, 高畑雅一編) 北海道大学出版会, 札幌. 2010; 315-342.
- 熊川真二, 中田和義, 川井唯史. 長野県安曇野市に生息する特定外来生物ウチダザリガニの生息地の環境とその由来. 日本ベントス学会誌 2011; **66**: 26-32.
- 北野 聡, 石塚 徹, 村上賢英, 澤本良宏, 西川 潮, 大高明史. 長野県における特定外来生物シグナルザリガニの新産地および移入起源推定. 保全生態学研究 2022; **27**: 43-53.
- 長野県佐久建設事務所. 湯川ダム 1978; 1-4.
- 宇野沢 昭, 坂本 享. 長野県, 南軽井沢周辺の最近の地史. 地質学雑誌 1972; **78**: 489-494.
- 牛見悠奈, 宮武優太, 筒井直昭, 坂本竜哉, 中田和義. 外来種アメリカザリガニの駆除に用いる人工巣穴サイズ. 応用生態工学 2015; **18**: 79-86.
- 白石理佳, 牛見悠奈, 中田和義. 外来種アメリカザリガニの駆除に用いる籠と使用餌. 応用生態工学 2015; **18**: 115-125.
- 芦澤 淳, 久保田龍二, 高橋清孝. アメリカザリガニの駆除に使用する罌の効果的使用方法の検討. 応用生態工学 2018; **23**: 75-86.
- 照井滋晴, 河野明斗. 春採湖における特定外来生物ウチダザリガニ防除に用いるカゴ罌の検討. 野生生物と社会 2018; **5**: 9-15.
- 一條信明, 笛木篤志, 小西雄大, 阿部嘉寿也, 兼平丈之, 浦田誠也, 松木 護. 小規模な池の外来種ウチダザリガニ根絶事業におけるサイズ別DeLury法による捕獲効果の検証. 保全生態学的研究 2019; **24**: 171-178.
- 浜野龍夫, 林 健一, 川井唯史, 林 浩之. 摩周湖に分布するザリガニについて. 甲殻類の研究 1992; **21**: 73-87.
- 相澤 康, 滝口直之. MS-Excelを用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討. 水産海洋研究 1999; **63**: 205-214.
- Farhadi A, Harlioğlu MM. The annual cycle of spermatozoa content in the vas deferens and some reproductive parameters in the narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Aquaculture Reports* 2019; **13**: 1-5.
- 中田和義, 石川慎也, 倉沢栄一, 中岡利泰. 北海道豊似湖におけるニホンザリガニの繁殖生態. えりも研究 2004; **1**: 1-6.
- 中田和義. 生理・生態. 基礎生態・繁殖・生理. 「ザリガニの生物学」(川井唯史, 高畑雅一編) 北海道大学出版会, 札幌. 2010; 343-396.
- 環境省. 特定外来生物同定マニュアル—甲殻類 (<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/manual.html>, 2023年12月11日)
- 川井唯史. 口絵4. 「ザリガニの生物学」(川井唯史, 高畑雅一編) 北海道大学出版会, 札幌. 2010; 口絵.
- 川合禎次. 「日本産水生昆虫検索図説」東海大学出版会, 東京. 1985.
- 岩月善之助, 水谷正美. 「原色日本蕨苔類図鑑」保育社, 大阪. 1972.
- 田中一典, 中岡利康. 北海道豊似湖における絶滅危惧種ニホンザリガニの分布と生息環境—豊似湖に生息するニホンザリガニの知られざる生息環境—. えりも研究 2015; **12**: 1-14.
- 川井唯史. 「ザリガニ ニホン・アメリカ・ウチダ」(岩波科学ライブラリー162) 岩波書店, 東京. 2009.
- 一柳英隆, 鳥居高明, 北垣憲仁. カワネズミの食性. 第52回日本生態学会大会大阪大会講演要旨集 2005; P3-039.
- 谷本 究, 室田欣弘, 吉田剛司. 洞爺湖における特定外来生物ウチダザリガニ (*Pacifastacus leniusculus*) 捕獲に関する適切なカゴ罌の設置時間の検討. 酪農学園大学紀要 2015; **40**: 23-28.
- Guan R, Wiles PR. Growth, density and biomass of crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in a British lowland river. *Aquatic Living Resources* 1996; **9**: 265-272.
- Abrahamsson SAA. Density, growth and reproduction in populations of *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus* in an isolated pond. *Oikos* 1971; **22**: 373-380.
- Guan R, Wiles PR. Growth and reproduction of the introduced crayfish *Pacifastacus leniusculus*, in a British lowland river. *Fisheries Research* 1999; **42**: 245-259.
- Nakata K, Tanaka A, Goshima S. Reproduction of the alien crayfish species *Pacifastacus leniusculus* in lake Shikaribetsu, Hokkaido, Japan. *Journal of Crustacean Biology* 2004; **24**: 96-501.
- Łucjan C. Absolute fecundity of two populations of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana). *Arch. Pol. Fish.* 2013; **21**: 357-362.
- Hudina S, Lucić A, Žganec K, Janković S. Characteristics and movement patterns of a recently established invasive *Pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. *Knowledge and management of Aquatic Ecosystems* 2011; **403**, 07: P1-P14.
- Kawai T, Hamano T, Matsuura S. Feeding behaviour of the Japanese crayfish *Cambaroides japonicus* (Decapoda, Astacoidea) in a stream in Hokkaido, Japan. *Fisheries Science* 1995; **61**: 720-721.
- 川島亜希子. ニホンザリガニの落葉採食量および選択樹種について. 札幌市豊平川さけ科学館報 2001; **13**: 30-31.

- 36) 中田和義, 松原 創. ザリガニ類の生態と保全。「エビ・カニ・ザリガニ—淡水甲殻類の保全と生物学」(川井唯史, 中田和義編) 生物研究社, 東京. 2011; 176-199.
- 37) 道総研林業試験場森林環境部環境グループ. 「森と川と海の生き物たちのつながり (第3版)」北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場, 旭川. 2020.
- 38) 満田久輝. 微生物によるタンパク質の生産. 栄養と食糧 1967; **20**: 92-97.
- 39) Parkyn SM, Collier KJ, Hicks BJ. New Zealand stream crayfish: functional omnivores but trophic predators ?. Frshwater Biology 2001; **46**: 641-652.
- 40) Momot WT. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. Reviews in Fisheries Science 1995; **3**: 33-63.
- 41) Mason JC. Crayfish production in a small woodland stream. Frshwater Crayfish 1975; **2**: 449-479.
- 42) 西村 登. ヒゲナガカワトビケラ雑記 (つづき). 兵庫生物 1980; **8**: 40-44.
- 43) 丸山博紀, 高井幹夫. 「原色川虫図鑑」(谷田一三監修) 全国農村教育協会, 東京. 2000.
- 44) Guan R, Wiles PR. Feeding ecology of the crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British lowland river. Aquaculture 1998; **169**: 177-193.
- 45) Rutledge PS, Pritchard AW. Scope for activity in the crayfish *Pacifastacus leniusculus*. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 1981; **240**: R87-R92.
- 46) Rodríguez Valido CA, Johnson MF, Dugdale SJ, Cutts V, Fell HG, Higgins EA, Tarr S, Templey CM, Algar AC. Thermal sensitivity of feeding and burrowing activity of an invasive crayfish in UK waters. Ecohydrology 2021; **14**: e2258 (P1-9).
- 47) 千葉 惇, 秩父志行. 飢餓ザリガニにおける自切の発生率. 医学と生物学 1993; **127**: 139-142.
- 48) 日本湿地学会第6回大会実行委員会, 日本湿地学会編集委員会. 日本湿地学会第6回大会特別シンポジウム「辻井達一とラムサール湿地～北海道発『湿地を！明日へ！』～」開催報告. 湿地研究 2014; **5**: 57-69.
- 49) 神田房行, 蛭田眞一. 春採湖における水草の衰退とウチダザリガニ. 第54回日本生態学会大会講演要旨集 2007; ESJ54 P3-215.
- 50) 中田和義, 中岡利泰, 五嶋聖治. 移入種ブラウントラウトが淡水産甲殻類に及ぼす影響: 絶滅危惧種ニホンザリガニへの捕食. 日本水産学会誌 2006; **72**: 447-449.
- 51) 林 紀男, 稲森隆平. コイによるアメリカザリガニ捕食が沈水植物群落に及ぼす影響. 水草研究会誌 2010; **94**: 28-34.
- 52) 中坊徹次. カジカ科. 「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; 628-650.
- 53) 竹下 毅. 日本に生息するイタチ科Mustelidaeの食性の違い—クロテンとアメリカミンクの食性比較—. 哺乳類科学 2010; **50**: 103.
- 54) 伊原禎雄, 稲葉 修, 伊藤洋司, 藤原かおり. 福島県阿武隈川におけるアメリカミンク *Neovison Vison* の食性. 野生生物と社会 2017; **5**: 47-53.
- 55) 藤井 猛, 丸山直樹, 神崎伸夫. 多摩川中流域河川敷におけるニホンイタチの食性の季節的变化. 哺乳類科学 1998; **38**: 1-8.
- 56) Matsuo R, Ochiai K. Dietary overlap among two introduced and one native sympatric carnivore species, the raccoon, the masked palm civet, and the raccoon dog, in Chiba Prefecture, Japan. Mammal Study 2009; **34**: 187-194.
- 57) 池田 透. アライグマ〜ペットが引き起こした惨状. 「外来種ハンドブック」(日本生態学会編) 築地書館, 東京. 2002; 70.
- 58) Poole TB, Dunstone N. Underwater predatory behaviour of the American mink (*Mustela vison*). Journal of Zoology 1976; **178**: 395-412.
- 59) 野田英樹, 鎌田直人. 淡水性カメ類の個体群特性と食性の関係. 爬虫両棲類学会報 2004; 102-113.
- 60) 南保亜哉児, 松田佳奈子. 河川におけるアオサギ *Ardea cinerea* の採餌場所と餌内容の季節変化. Strix 2006; **24**: 9-22.
- 61) 林 紀男. 湖水位の攪乱がアメリカザリガニに及ぼす影響. Cancer 2018; **27**: 143-147.
- 62) 手塚 清. カワウ対策事業. カワウ食性調査のとりまとめ(平成20年度). 栃木県水産試験場研究報告 2010; **53**: 26-28.
- 63) Hudina S, Kutleša P, Trgovčić K, Duplić A. Dynamics of range expansion of the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in a recently invaded region in Croatia. Aquatic Invasions 2017; **12**: 67-75.
- 64) Dragičević P, Faller M, Kutleša P, Hudina S. Update on the signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana,1982) range expansion in Croatia: a 10-year report. BioInvasions Records 2020; **9**: 793-807.
- 65) Bubb DH, Thom TJ, Lucas MC. The within-catchment invasion of the non-indigenous signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (DANA) in upland rivers. Bull. Fr. Pêche Piscic 2005; **376-377**: 665-673.
- 66) Peay S, Rogers D. The peristaltic spread of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in the river Wharfe, Yorkshire, England. Frshwater Crayfish 1999; **12**: 665-676.
- 67) Bernard JM, Costa AM, Bruxelles S, Teixeira A. Dispersal and coexistence of two non-native crayfish species (*Pacifastacus leniusculus* and *Procambarus clarkii*) in NE Portugal over a 10-year period. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 2011; **401**: 28 (P1-P13).
- 68) Kerby JL, Riley SPD, Kats LB, Wilson P. Barriers and flow as limiting factors in the spread of an invasive crayfish (*Procambarus clarkii*) in southern California streams. Biological Conservation 2005; **126**: 402-409.
- 69) 池田幸資. 環境DNAを用いた絶滅危惧種ニホンザリガニの生息要因と外来種ウチダザリガニの侵入状況の解明. 博士論文, 北海道大学, 札幌. 2019.
- 70) Zimmerman MP. Food habits of smallmouth bass, walleyes, and northern pikeminnow in the Lower Columbia River basin during outmigration of juvenile anadromous salmonids. Transactions of the American Fisheries Society 1999; **128**: 1036-1054.
- 71) 川井唯史. ニホンザリガニの保全と外来のザリガニ. 北海道の自然 2010; **48**: 59-69.
- 72) Johnson MF, Rice SP, Reid I. The activity of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in relation to thermal and hydraulic dynamics of an alluvial stream, UK. Hydrobiologia 2014; **724**: 41-54.
- 73) 山本敦也, 菅野貴久, 町田善康, 中束明佳, 鈴木雅也, 田中智一郎, 金岩 稔. ドローンテレメトリーを用いた北海道小河川に移入したウチダザリガニ抱卵メスの越冬環境の特定. 応用生態工学 2020; **22**:125-131.
- 74) 井出嘉雄. 第5章陸水. その1 河川水. 「北佐久郡志 第1巻自然篇」(北佐久郡志編纂会編) 北佐久群志編纂会, 北佐久郡浅科町. 1955; 215-269.
- 75) Guan RZ. Burrowing behaviour of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in the river Great Ouse, England. Freshwater Forum 1994; **4**: 155-168.