

## 原著論文

# 前橋こども公園内のメダカビオトープにおけるアメリカザリガニの生息状 況とウォーターバコパがアメリカザリガニに与える影響について

金井英男

前橋市児童文化センター：〒371-0013 群馬県前橋市西片貝町五丁目8番地  
(d410613@city.maebashi.gunma.jp)

**要旨：**群馬県前橋市児童文化センターでは前橋こども公園内にある2つのビオトープでミナミメダカ *Oryzias latipes* の保護に取り組んでいる。2022年に2つのビオトープに生息するアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* の生息状況について調査を行った。その結果、アメリカザリガニの侵入によって生物多様性が失われたビオトープではアメリカザリガニは落ち葉やアトリスを餌にして繁殖していた。一方、生物の多様性が残っているビオトープでは外来種の水草であるウォーターバコパ *Bacopa caroliniana* がアメリカザリガニの繁殖を抑制していることが示唆された。また、水草の種類によってアメリカザリガニの食害には差があり、ウォーターバコパはアメリカザリガニに毒性を示すことが明らかになった。

**キーワード：**アメリカザリガニ, ミナミメダカ, ビオトープ, ウォーターバコパ

## Habitat of American Crayfish in Medaka Biotope and Effects of Water Bacopa on Red swamp Crayfish in the Maebashi Children's Park

KANAI Hideo

Maebashi Children's Cultural Center: 5-8 Nishikatagai, Maebashi, Gunma 371-0013, Japan  
(d410613@city.maebashi.gunma.jp)

**Abstract:** The Maebashi Children's Cultural Center is involved in preserving the Medaka, *Oryzias latipes*, in two designated habitats located within the Maebashi Children's Park. In 2022, a survey was conducted to study the population of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) inhabiting these two biotopes. In areas where biodiversity has been compromised due to the invasion of red swamp crayfish, it has been observed that red swamp crayfish are able to reproduce primarily by consuming fallen leaves and detritus. Conversely, in biotopes where biodiversity remains intact, there is an indication that the invasive species, the blue waterhyssop, (*Bacopa caroliniana*), may be suppressing the red swamp crayfish's ability to reproduce. The extent of feeding damage caused by red swamp crayfish varied among different aquatic plants. It was found that *Bacopa caroliniana* exhibits toxicity towards red swamp crayfish.

**Key Words:** *Procambarus clarkii*, *Oryzias latipes*, biotope, *Bacopa caroliniana*

### はじめに

アメリカザリガニ *Procambarus clarkii* (Girard) は、北アメリカ原産の外来種で (Hobbs et al., 1989), ウシガエル *Lithobates catesbeianus* の飼料として神奈川県に移入された個体が逃逸し全国に広がった (三宅ほか, 1970, 丸山, 1987)。現在、アメリカザリガニは国内全ての都道府県で記録されており、平野部を中心に広く分布している (環境省, 2022)。2005年に特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律 (外来種被害防止法) が施行され

た時点では、アメリカザリガニは、違法な放流や飼育が多く発生するなどむしろ生態系等への影響が拡大することが想定されるため、特定外来生物の指定が見送られた経緯がある (環境省, 2022)。その後、2023年6月1日より通常の特定外来生物の規制の一部を当分の間適用除外とする「条件付特定外来生物」に指定された (特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律施行令の一部を改正する政令)。

前橋市児童文化センター (以下センター) では公園内の2つのビオトープ (「むつみ川」・「水田」) で群馬県絶滅危

惧IA類（群馬県，2022）に指定されているミナミメダカ *Oryzias latipes*（Temminck and Schlegel）（以下メダカ）の保護・増殖に取り組み、前橋市内の小学校5年生を対象にメダカの生育環境に関する学習を行ってきた。メダカの繁殖には流れが緩く水面近くに産み付け基質となる植物が必要である（小林ほか，2012，岩田ほか，2015）。「むつみ川」の中・下流部は流れが緩くガマやオモダカ、ショウブなどの植物が生育しメダカの繁殖に適した環境だったが、アメリカザリガニの侵入により様相が一変した。アメリカザリガニは水草を切断して水生昆虫や魚類の隠れ場所をなくすことにより餌動物の捕食効率を高めることが知られており（Nishijima et al., 2017）、「むつみ川」の上・中流部ではすでに水草は消失している。メダカを自然繁殖させるためには隠れ場所や産卵場所となる水生植物の生育が前提となるため、今後その再生が必要である。

一方、「水田」では在来種のコガマ *Typha orientalis* や群馬県絶滅危惧IA類（群馬県，2022）に指定されているアサザ *Nymphoides peltata* などが生育しメダカが自然繁殖している。また、2020年頃から外来種のウォーターバコバ *Bacopa caroliniana*（Walt.）B.L. Robins）が目立つようになった。ウォーターバコバは、アメリカ南部原産のゴマノハグサ科（APG分類体系ではオオバコ科）の抽水植物で、茎や葉は沈水状態で生育し茎が水上に伸びて茎葉を展開し開花する。葉をつぶすとスダチに似た柑橘系の香りがある。アメリカザリガニが侵入したピオトープでは植栽したアサザが短期間に切断される例がある（川原・高橋，2001）が、「水田」ではアメリカザリガニによるアサザの食害や切断は確認できなかった。加害を受けないウォーターバコバのエッセンシャルオイルには、揮発性化合物としてイネゾウムシのアセチルコリンエステラーゼを阻害する成分を含んでいて、特に $\alpha$ -テルピノレンの含有量が多いことが報告されている（Liu et al., 2020）。これらのことから、ウォーターバコバはアメリカザリガニの食性等になんらかの影響を与えている可能性が示唆された。

アメリカザリガニの分布拡大には飼育個体の放流や意図的な移入などの人為的な手段が関わっている事が推察されており（荻部・西原，2011）、公園内の2つのピオトープは人為的に造成された閉鎖水域であるため、アメリカザリガニは外部から持ち込まれたと考えられる。2022年4月1日に外来種被害防止法の一部を改正する法律（令和4年法律第42号）が全面施行となり、アメリカザリガニの放流が禁止される見通しとなったため、今後の新たな放流が抑止されることを期待して、センターでは2022年5月から「むつみ川」の生物多様性の回復とメダカの自然繁殖を目標にアメリカ

ザリガニの生態の基礎情報を集めるための調査を始めた。

2つのピオトープはともにアメリカザリガニが繁殖しているが、「水田」では生物の多様性がある程度保たれているのに対して、「むつみ川」は著しく生物の多様性を欠いていることから、2つのピオトープに生息するアメリカザリガニの生息状況を調査・比較した。また、植生が失われた「むつみ川」においてアメリカザリガニの水生植物に対する食害を調査し、生育が可能な水生植物の種類について検討するとともに、「水田」に生育しているウォーターバコバのアメリカザリガニに与える影響について検討した。

## 調査地と調査方法

### 調査地1 「むつみ川」

「むつみ川」は群馬県前橋市西片貝町（図1a）の前橋こども公園内（北緯36度23分，東経139度05分）に位置する全長79 mのピオトープで、1994年に前橋市内で在来のメダカが確認されたことから、この絶滅の危機にあるメダカを保護するために1995年7月に造成された（図1b, d）。侵略的外来種では、2000年にはアメリカザリガニ、2003年にはウシガエルも確認された。これらの駆除のため2003年から半年間川干しを行ったが、翌2004年にはアメリカザリガニが大量発生する結果となった。2004年以降はザリガニ釣りなどによる駆除対策を講じたが有効な成果は得られなかった。

「むつみ川」の流入部は地下水をポンプでくみ上げて放出している。地下水の水質調査は行っていないが、2022年の地下水概況調査では「むつみ川」の西約1 km地点の地下水の水質はカドミウムやトリクロロエチレンなど27項目についてすべて環境基準を下回っている（前橋市，2023）。上流部は緩やかな流れがあるが、中・下流部はほとんど流れがなく停留している。川幅は上流部30 cm ~ 130 cm，中流部 ~ 下流部130 cm，水深は上流部 ~ 下流部25 cm ~ 50 cm，上流部の底質は礫，中流部は砂礫，下流部は泥，中流部から下流部にかけて泥が6 cm ~ 30 cm堆積している（図1d-1, d-2, d-3）。逸出防止対策として排水部はコンクリート製の排水枘とネットで堰き止めている。また、オーバーフローした水は雨水として排出されるため、アメリカザリガニは外部から排水路を経由して遡上することはできない。

「むつみ川」では、造成時にガマ・オモダカ・ショウブ（種名不明）、ホテイアオイ *Eichhornia crassipes*（重点対策外来種（環境省・農林水産省，2015））、園芸スイレン *Nymphaea* cv.（重点対策外来種）を導入したが、現在は下流部に園芸スイレン、下流部の一部にナガバオモダカ *Sagittaria weatherbiana*（重点対策外来種）が生育している（図d, d-1,

2, 3). ナガバオモダカは造成時に導入したオモダカ(種名不明)と思われる。アメリカザリガニは全域で繁殖し, 上・中流部にニッポンヨコエビ *Gammarus nipponensis* とミズムシ *Asellus hilgendorfi* が生息している。トンボ類の成虫では, シオカラトンボ *Orthetrum albistylum speciosum*, オオシオカラトンボ *Orthetrum triangulare melania*, アキアカネ *Sympetrum frequens* の産卵を確認しているが, ヤゴは確認できていない。なお, 来場者がいない時にコサギ *Egretta garzetta*, ダイサギ *Ardea alba*, アオサギ *Ardea cinerea* が飛来しアメリカザリガニを捕食していることがある。

## 調査地2 「水田」

「水田」はセンター総合案内の東に位置し, 田植え体験とメダカ保護のために2011年に造成された。面積は50 m<sup>2</sup> (10 m×5 m), 底部はベントフィックスを施工し幅30 cmのコンクリート製の側溝で囲まれている(図1c)。水位が下がると「水田」の東を流れる佐久間川から揚水ポンプで注水している。水深は45 cm, 泥が30 cm堆積している。現在はヨシ *Phragmites australis*, コガマ, アサザとウォーター

バコパが生育している(図1c, c-1)。ヨシとコガマは造成時に搬入した黒土に混入していた根や実生から生じた個体。アサザは前橋市内の河川で採取した個体である。ウォーターバコパの侵入時期は不明だが, 過去にメダカの繁殖用に用いていた個体がメダカを放流した際に流出した可能性も考えられる。保護しているメダカは毎年自然繁殖が確認されている。アメリカザリガニの他にドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*, トウキョウダルマガエル *Pelophylax porosus porosus* (群馬県絶滅危惧II類), ニホンアマガエル *Dryophytes japonicus*, アズマヒキガエル *Bufo japonicus formosus*, コミズムシ *Sigara substriata*, マルタニシ *Cipangopaludina chinensis*, ヒメモノアラガイ *Orientogalba ollula*, サカマキガイ *Physa acuta*, ギンヤンマ *Anax parthenope julius*, クロスジギンヤンマ *Anax nigrofasciatus nigrofasciatus* 他6種類のトンボ類の産卵及びヤゴが確認された。来場者がいない時にコサギ, ダイサギが飛来している。

「むつみ川」では下流部を除いて植物が消失しアメリカザリガニ以外の生物はほとんど確認できないのに対して, 「水田」ではメダカが自然繁殖し, コミズムシやヤゴが水

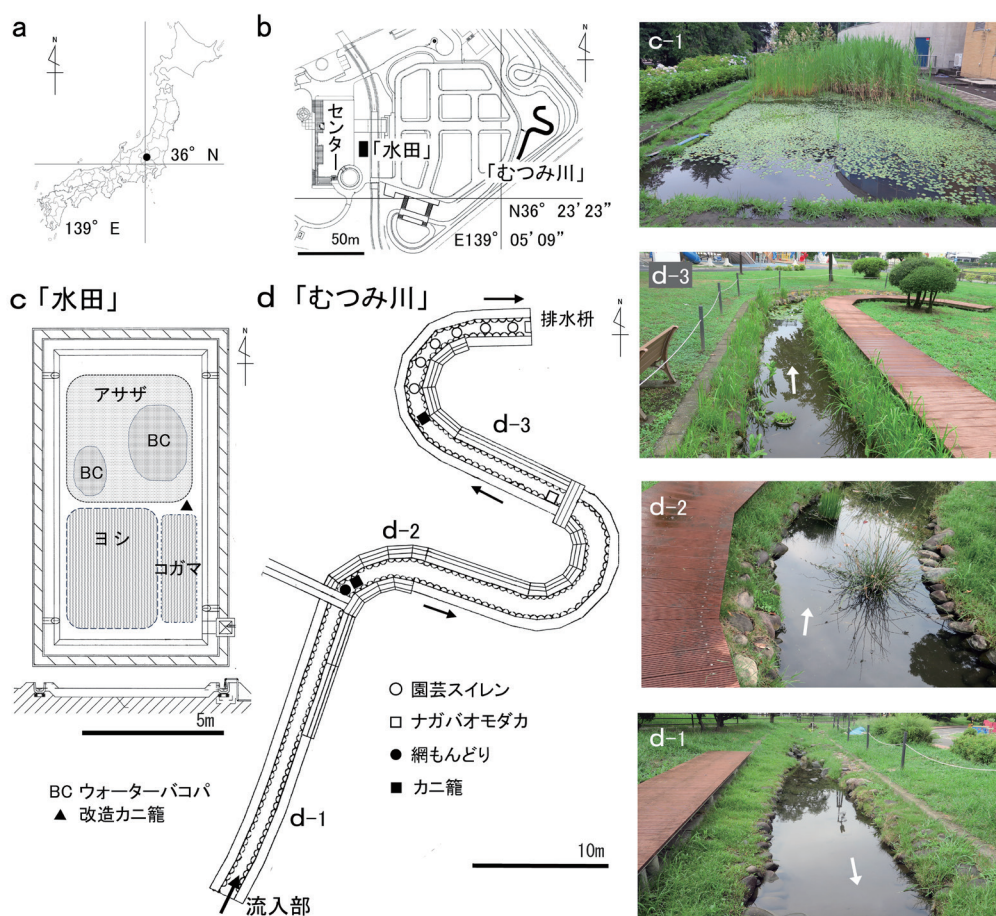


図1. 調査地の位置・環境と罠の設置場所。

a: 調査地の位置 b: 公園内の「水田」と「むつみ川」の位置 c: 「水田」の植生と罠の位置 d: 「むつみ川」の植生と罠の位置 ↑は「むつみ川」の流れの向きを表す c-1: 「水田」の全景 d-1: 「むつみ川」上流部 d-2: 「むつみ川」中流部 d-3: 「むつみ川」下流部 ↑は「むつみ川」の流れの向きを表す

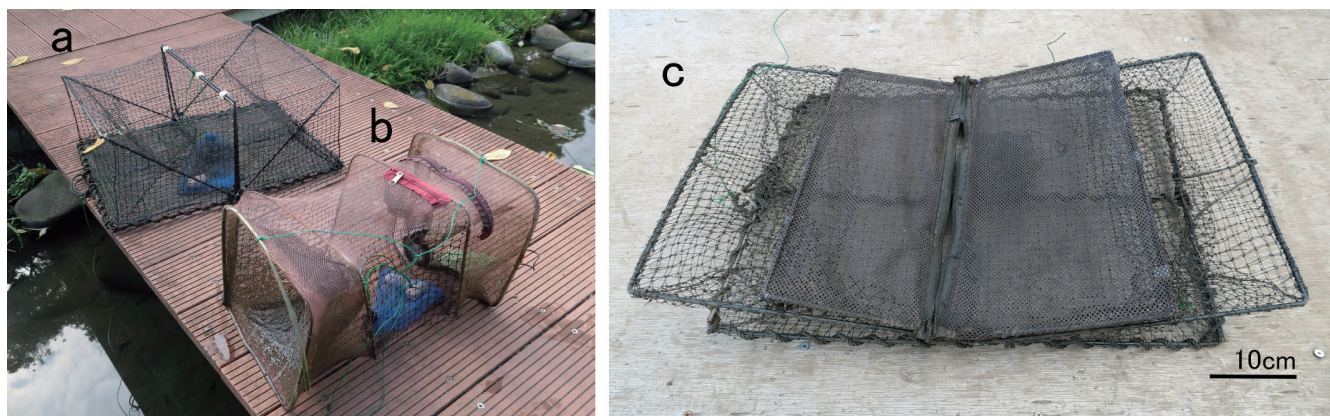


図2. 捕獲に用いた漁具. a: カニ籠 b: 網もんどり c: 改造カニ籠

底を動く様子が見られるなど「むつみ川」と比べて多様性が残っている。なお、「水田」に生息するアメリカザリガニはアサザの植栽や佐久間川からの注水により非意図的に移植された可能性も考えられる。

#### 捕獲調査方法

両調査地に生息するアメリカザリガニを2022年5月7日から9月10日までカニ籠と網もんどりを用いて捕獲した(図2)。「むつみ川」には上流部にカニ籠(図2a)と網もんどり(図2b)を各1個、下流部にカニ籠を1個設置し(図1d)、「水田」には改造カニ籠(図2c)を1個設置した(図1c)。カニ籠は目合10 mmの網で覆われた長さ59 cm、幅44 cm、高さ25 cmの直方体の網籠で、左右に入口がある。底面に目合5 mmの樹脂ネットを付け幼体を捕獲できるように改良した。網もんどりは目合2 mmの網で覆われた長さ43 cm、幅25 cm、高さ25 cmの四角柱の網籠で、両側面を目合15 mmの樹脂ネットと交換しメダカの混獲を防止した。改造カニ籠は目合10 mmの網で覆われた長さ59 cm、幅44 cm、高さ10 cmの直方体の網籠で、「水田」の水位に合わせてカニ籠の高さを10 cmにした。「水田」は水位が低くメダカを混獲する可能性が高いため、底面も目合10 mmのまま用いた。

アメリカザリガニを誘引するエサはバイオープ管理においてアメリカザリガニ駆除に効果的な糠団子(石田ほか, 2008)と魚肉ソーセージを用いた。魚肉ソーセージ1/2本と練り餌(サナギ粉, コイ用配合飼料, 米糠, 小麦粉)を入れた網袋(ナイロン製, 目合5 mm)をカニ籠と網もんどりに入れた。餌を入れた罫は各調査地に浸漬のままとし、1~2日毎に引き上げてアメリカザリガニを回収した。餌はその際、新しいものと交換した。カニ籠を用いた捕獲作業を週4~5回行い、「むつみ川」では合計108回(5月23回, 6月28回, 7月24回, 8月20回, 9月13回)、「水田」では合計93回(5月16回, 6月26回, 7月24回, 8月16回, 9月11回)捕獲を行った。

捕獲した個体は蓋付きの容器に入れて持ち帰り-20℃の冷凍庫で処理した。計測時に順次解凍して頭胸甲長(眼窩後端から頭胸甲末端)・体重・性別・第1歩脚の欠損を記録した。一部の標本は頭胸甲長との比率を求めるために体長(眼窩後端から尾節末端)と全長(額角先端から尾節末端)を計測した。標本の計測については、頭胸甲長等はノギス(SK11社製, デジタルノギスSDV-150)で、体重は解凍後の水分を拭って湿重量を電子秤(A&D社製, HT-120)で計測し記録した。標本は70%エタノール液浸で3週間保存した後、乾燥標本にした。水温は罫を設置した水域の表層部をデジタル水温計(TT-508N TANITA)で測定した。

#### 実験方法1 アメリカザリガニの食害について

「むつみ川」はアメリカザリガニの侵入によって生物の多様性が失われたと考えられ、上・中流部の水生植物は消失している。下流部の水底は園芸スイレンの地下茎が張り巡らされ、4月に新芽が伸長し9月から葉と葉柄の食害が顕著になる。冬期はサクラ類の落ち葉が水底に積もり落ち葉の間からアメリカザリガニが確認されているので、上・中流部では流畔のサクラ類のリターとデトリタスがアメリカザリガニの主な餌となっていると思われる。そこで、水生植物が消失しており水位を保つことのできる「むつみ川」の中流部において、2022年7月上旬から8月にかけてアメリカザリガニが水生植物に与える食害実験を行った。

水辺の植生は水生植物と湿性植物で構成され、水生植物は浮遊植物、沈水植物、浮葉植物、抽水植物に分類される(角野, 1994)。実験ではウォーターバコパ(抽水植物)と身近に入手できる水生植物から生活型別に5種類を抽出した。浮遊植物としてマツモ*Ceratophyllum demersum*、沈水植物としてオオカナダモ*Egeria densa*(重点対策外来種)、浮葉植物としてアサザ、抽水植物としてミズトクサ*Equisetum fluviatile*、湿性植物として園芸種のラセンイ*Juncus effusus*

'Spiralis'を選択し、植木鉢に移植して鉢の上部が水面から数センチに位置するように設置し経過を観察した。マツモは茎の末端を土に埋め、葉が水面を浮遊するように移植した。ラセンイはイグサ*Juncus decipiens*の突然変異種で花茎がばねのように巻く。湿性植物だが抽水状態で生育するため根元まで水に沈めて移植した。マツモとオオカナダモはメダカの繁殖用として屋外飼育水槽で管理していた個体、アサザとウォーターバコパは「水田」の個体、ミズトクサとラセンイはセンターのプラスチック桶で管理していた個体を用いた。

## 実験方法2 ウォーターバコパがアメリカザリガニに与える影響について

実験はメダカの成熟個体4個体とメダカの体重に近いアメリカザリガニの幼体4個体をそれぞれウォーターバコパの抽出液に入れ、個体の様子を観察し24時間後の生存および死亡個体数をそれぞれ記録した。実験中は室内の換気を行い空調により室内の温度を一定に保った。抽出液は水槽の底面と同じ長さのウォーターバコパ約15 cm, 3.5 g (図3)を乳鉢に入れメダカの飼育水を20 ml加えてすり潰し、粉碎液を4重のガーゼで濾過し飼育水を加えて180 mlの水溶液とした。スチロール樹脂製の水槽(底面150 mm×80 mm)に180 mlの水溶液を入れて実験用水槽とした。同水槽を2組用意し、それぞれにアメリカザリガニの幼体4個体、メダカの成魚4個体を入れた。対照として同型の水槽に180 mlの飼育水を入れ、それぞれアメリカザリガニの幼体4個体、メダカの成魚4個体を入れ24時間後の生存および死亡個体数をそれぞれ記録した。同様の実験を2回行った。水溶液はウォーターバコパの抽出成分約0.59 gを含み(2回の平均値)濃度は約0.33%である。1回目の実験ではメダカ4個体から2個体を選び抽出液投入時と24時間後の呼吸数(口の開閉数)を動画で記録した。さらに、ウォーターバコパの



図3. 実験に用いたウォーターバコパ(約15 cm, 3.5 g)。

表1. 5月に捕獲したアメリカザリガニの「むつみ川」と「水田」における捕獲個体数と性比。

調査地	捕獲数♂	捕獲数♀	$\chi^2$	df	有意差
「むつみ川」	70	112	9.692	1	P<0.01
「水田」	18	33	4.412	1	P<0.05

$\chi^2$ : カイ二乗値 df: 自由度

質量を7.0 gに増やして同様の実験を1回行った。

水溶液はウォーターバコパの抽出成分約1.11 gを含み濃度は約0.62%である。

## 結果

### 「むつみ川」と「水田」の捕獲個体数と生態

両調査地の捕獲個体数は、「むつみ川」2587個体、「水田」368個体で、5月の性比に有意な差があり、いずれも雌が捕獲される割合が高かった(表1)。6月以降は性比に有意な偏りはなかった(図4上)。月別の1回当たりの捕獲数(月の捕獲総数を捕獲回数で割った平均値)は、「むつみ川」では調査を開始した5月から捕獲数は増加し5月の7.9個体から9月には42.3個体に増加した。「水田」では5月は3.2個体、8月の5.6個体をピークに9月は3.5個体に減少した(図4下)。

アメリカザリガニは産卵後約2週間で孵化し、体長が4 mmの稚エビとなる。1週間後に体長6 mmの幼エビとなり、1週後に脱皮して8 mmの仔エビとなる。室内飼育では1ヶ月後に15~22 mm、1年後に約40 mm、2年後に60 mmに達し生殖可能となる(三宅, 1970・1973)。また、雄は13ヶ月を経て体長(額角先端から肛門板後縁)55 mm~60 mmに達すると成熟し、雌は15ヶ月を経て体長60 mm~65 mmに達すると成熟する(Suko, 1958)。

本調査においてはこれらの数値をもとに全長(額角先端から尾節末端)40 mm未満を当歳個体、全長60 mm以上を生殖可能な個体(成熟個体)とする。全長40 mmと全長60 mmの頭胸甲長は「むつみ川」では全長と頭胸甲長の関係式から、それぞれ14.1 mm, 22.6 mmとし(図5上)、「水田」では、それぞれ14.5 mm, 23.1 mmとした(図5下)。これにより、「むつみ川」では頭胸甲長14.1 mm未満を当歳個体、2022年以前に幼体となった個体のうち14.1 mm以上22.6 mm未満を小型個体、頭胸甲長22.6 mm以上を成熟個体とし、「水田」では頭胸甲長14.5 mm未満を当歳個体、2022年以前に幼体となった個体のうち14.5 mm以上23.1 mm未満を小型個体、頭胸甲長23.1 mm以上を成熟個体とする(表2)。

アメリカザリガニの月ごとの頭胸甲長の分布については、「むつみ川」では、5・6月には当歳個体は少なく、小型個体と成熟個体が多くを占めている。7月中は当歳個体の割合が急増し、小型個体も増加している。8月は当歳個

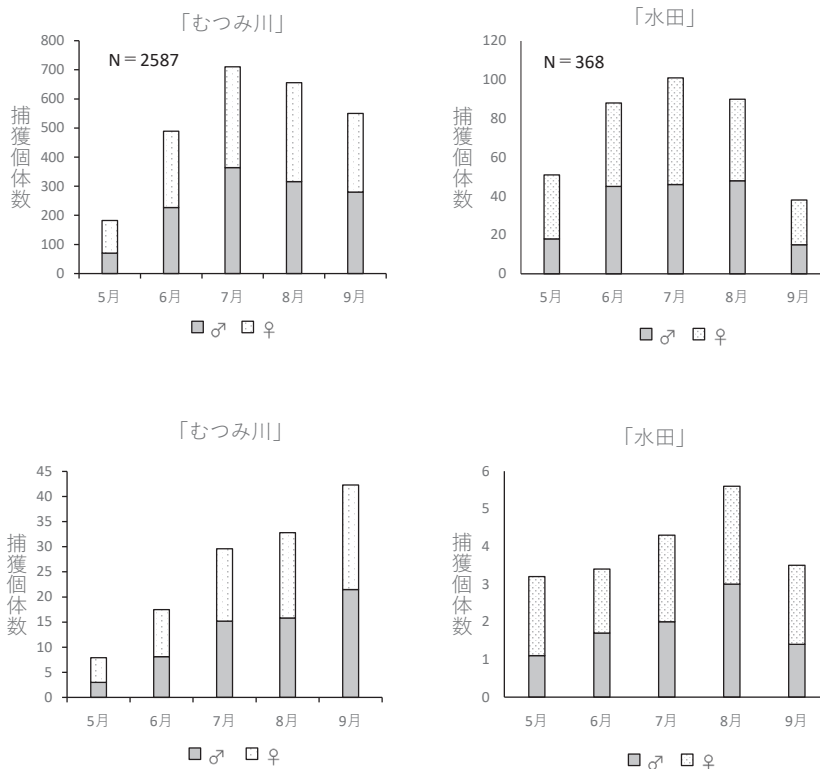


図4. アメリカザリガニの5月～9月における捕獲個体数の推移. 上：月別の捕獲数 下：月別の1回当たりの捕獲数の平均値

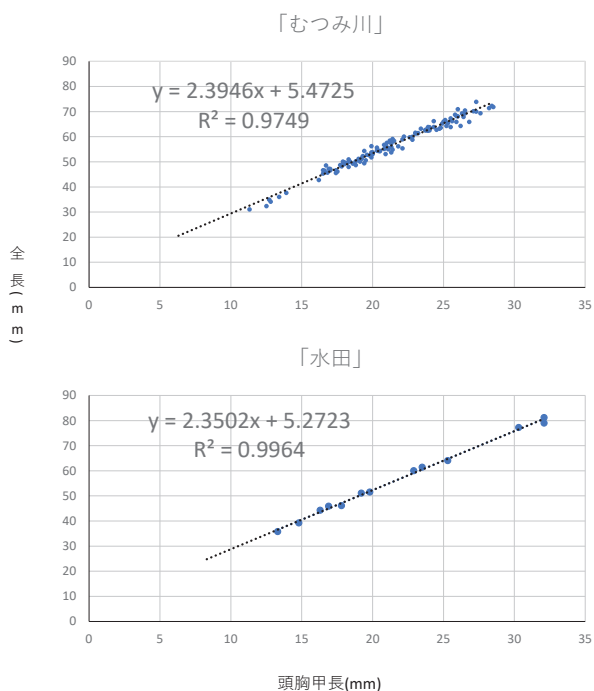


図5. アメリカザリガニの全長と頭胸甲長の関係. 上：「むつみ川」個体 下：「水田」個体

体と小型個体が多くを占め、9月になると成熟前の小型個体の占める割合が高くなっている。7月～9月には当歳個体群、小型個体群が脱皮・成長して順次成熟個体群に加入していったと思われる（図6左）。

捕獲個体の性比の変化については、頭胸甲長22 mm以上24 mm未満の成熟雌個体が6月の60個体から7月に32個体に減少している。アメリカザリガニは産卵を控えた雌はほとんど摂餌しなくなり（Suko, 1958）、抱卵した雌は穴居することが多く（三宅, 1970）、抱卵期と重なった雌個体が捕獲されなくなる調査結果が報告されている（芦澤ほか, 2012, 田中ほか, 2018）。「むつみ川」においても抱卵個体は捕獲されなかったが、7月下旬から8月上旬に腹肢に第三期の稚エビを抱えた個体（①7月21日：頭胸甲長27.7 mm 体重8.3 g左右第1歩脚欠損、②8月14日：頭胸甲長26.2 mm 体重8.6 g、③8月14日：頭胸甲長29.4 mm 体重11.9 g）が捕獲されているので、7月は産卵を控えた雌が巣穴にもぐり

表2. アメリカザリガニの成長・成熟と全長・頭胸甲長の関係.

調査地	計測部位	当歳個体mm	小型個体mm	成熟個体mm	全長と頭胸甲長の関係
「むつみ川」	全長(y)	～ 40	40 ～ 60	60 ～	y = 2.3946 x + 5.4725
	頭胸甲長(x)	～ 14.1	14.1 ～ 22.6	22.6 ～	
「水田」	全長(y)	～ 40	40 ～ 60	60 ～	y = 2.3502 x + 5.2723
	頭胸甲長(x)	～ 14.5	14.5 ～ 23.1	23.1 ～	

罨に入らなくなったと思われる。また、頭胸甲長20 mm以上22 mm未満の雌個体も7月に捕獲数が減少していることから、2022年度に成熟した頭胸甲長20 mm～24 mmの個体群が産卵の中心になっており産卵のピークは7月と思われる(図6左)。

「水田」では6月～7月は頭胸甲長22 mm以上26 mm未満の成熟個体が多く捕獲された。8月は成熟個体の占める割

合が減少し小型個体が多くを占めた。9月になると全体の捕獲数が減少した。捕獲個体の性比については、頭胸甲長22 mm以上24 mm未満の成熟雌個体が7月の15個体から8月に7個体に減少している(図6右)。「むつみ川」と同様に抱卵個体は罨には入らなかったが、タモ網により抱卵個体(7月27日頭胸甲長26.3 mm, 体重9.4 g)が捕獲されているので、「水田」の個体の産卵ピークは8月であると思われ

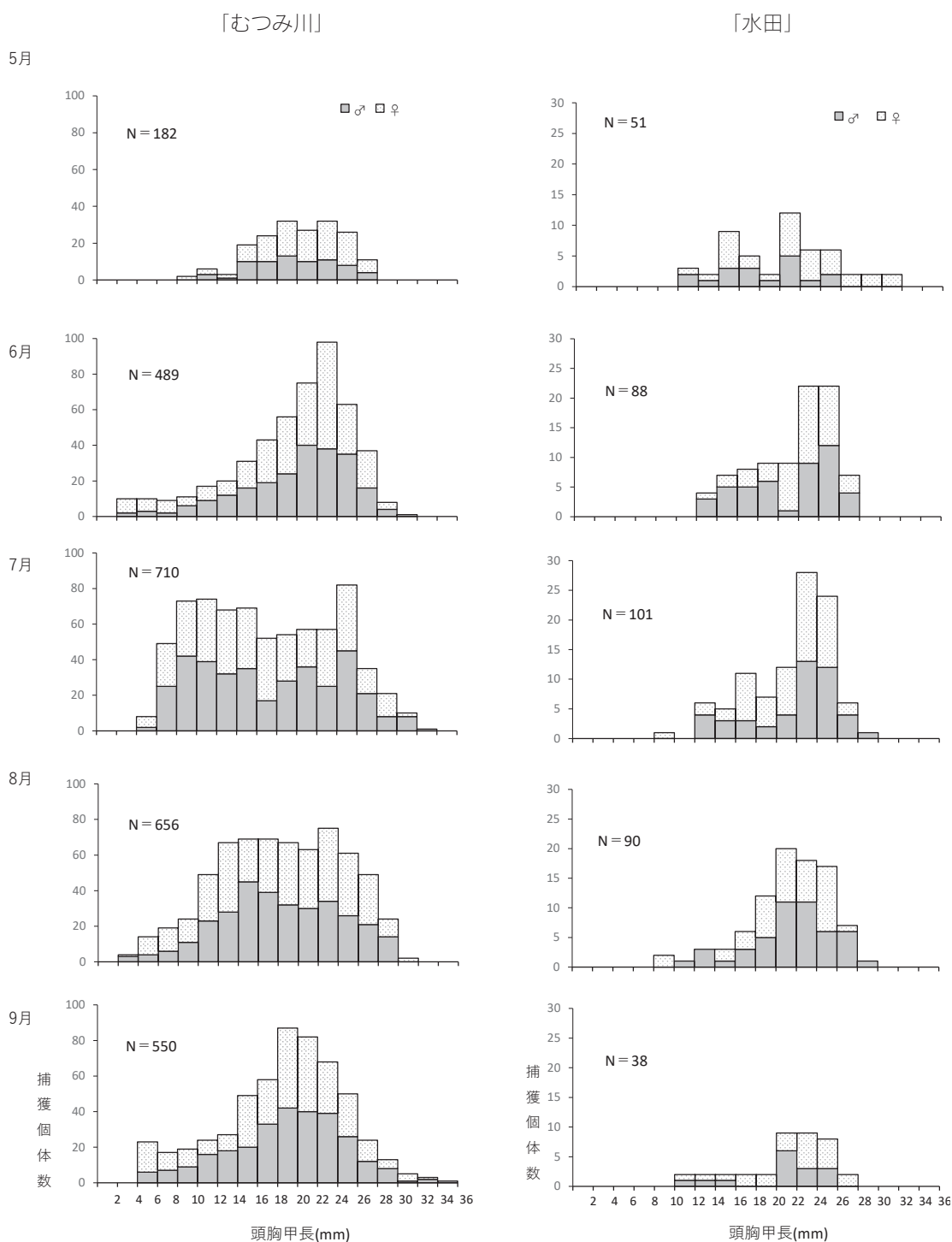


図6. アメリカザリガニの5月～9月における月毎の頭胸甲長別分布. 左:「むつみ川」 右:「水田」

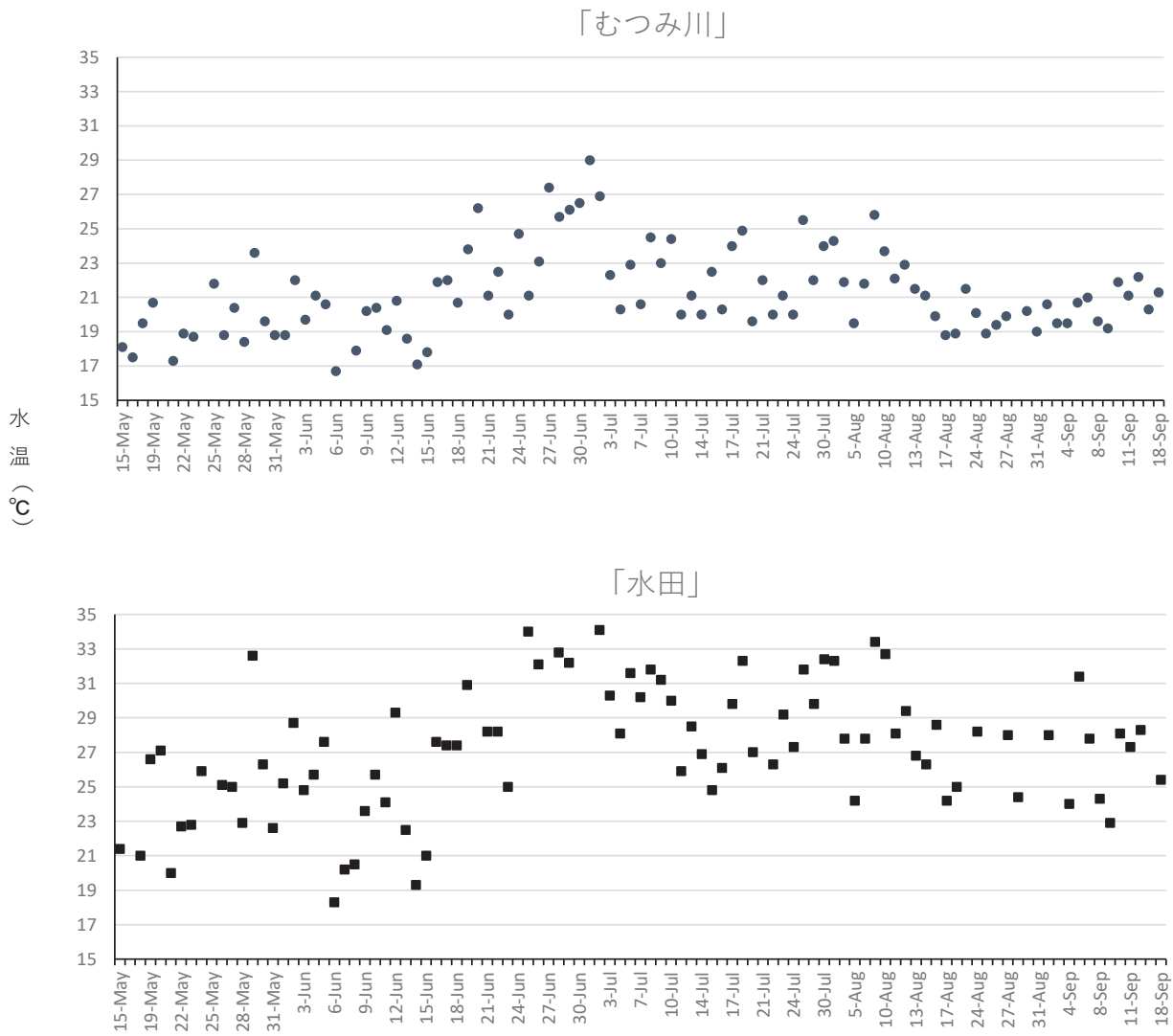


図7. 5月～9月における「むつみ川」と「水田」水温変化.

る. なお, 「水田」に用いた改造カニ籠は目合が10 mmのため, 当歳個体のうち頭胸甲長12 mm程度の個体は基本的に捕獲されていない.

調査期間中の「むつみ川」の5月の水温は17℃～22℃だったが, 6月下旬から7月上旬にピークに達し30℃近くまで上昇した. 8月は22℃～25℃前後で推移した. 「水田」は水深が浅いため全般に水温が高く日射量による水温の変化が著しい. 5月は20℃～28℃だったが, 6月の下旬から8月にかけて30℃を超えた日が多い(図7). 飼育環境下では, アメリカザリガニの交尾は14℃～30℃, 産卵は15℃～28℃の水温域で行われる(Suko, 1958)が, 7月は水温が28℃を超えた日数の割合が68%と高く, 交尾・産卵が抑えられ繁殖のピークに影響を与えたと考えられる.

「むつみ川」と「水田」の成熟個体の比較

「むつみ川」と「水田」で捕獲したアメリカザリガニの成熟個体の数はそれぞれ1076個体, 221個体である. 「むつみ川」の個体は136個体(12.6%)に, 「水田」の個体は7個体(2.9%)に第1歩脚の欠損が認められた(表3). 欠損頻度に雌雄差はなく左右の欠損頻度にも差は認められなかった. ザリガニ類の第1歩脚の欠損は個体間の争いによるもの, 繁殖活動によるもの, 捕食者からの防御によるもの

表3. 「むつみ川」と「水田」に生息するアメリカザリガニ成熟個体の第1歩脚欠損数の比較.

調査地	標本数	L	R	LR	欠損個体数計
「むつみ川」	1076	58	59	19	136 (12.6%)
「水田」	221	3	3	1	7 (2.9%)

L:左第1歩脚欠損 R:右第1歩脚欠損 LR:両第1歩脚欠損



表4. 「むつみ川」と「水田」に生息するアメリカザリガニ成熟個体の頭胸甲長並びに体長の比率の比較.

調査地	標本数	頭胸甲長x (mm) (平均値±標準偏差)	体長yの比率	体長yと頭胸甲長xの関係
「むつみ川」	1076	26.2±2.5	1	$y = 2.0121x + 9.1847$ (R <sup>2</sup> =0.9105) N=534
「水田」	221	26.0±1.8	0.98	$y = 1.9519x + 9.4601$ (R <sup>2</sup> =0.8846) N=96

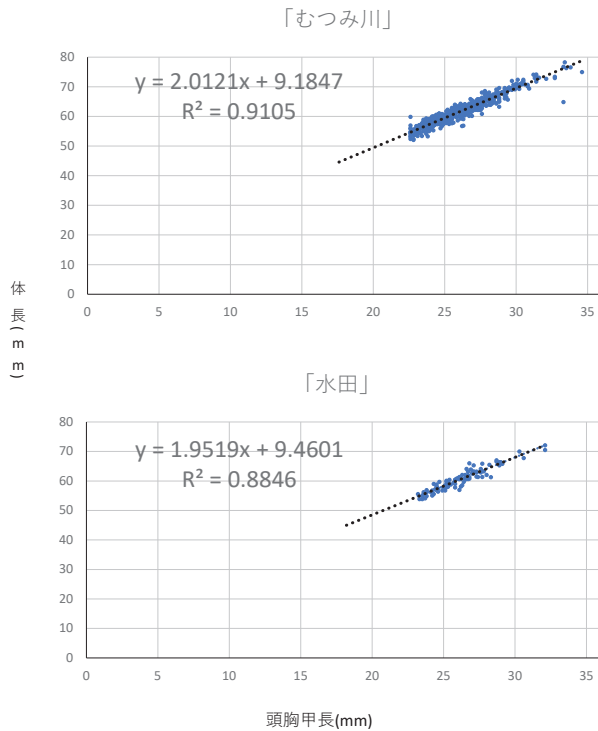


図8. 「むつみ川」と「水田」に生息するアメリカザリガニ成熟個体の頭胸甲長と体長の相関関係. 上:「むつみ川」 下:「水田」

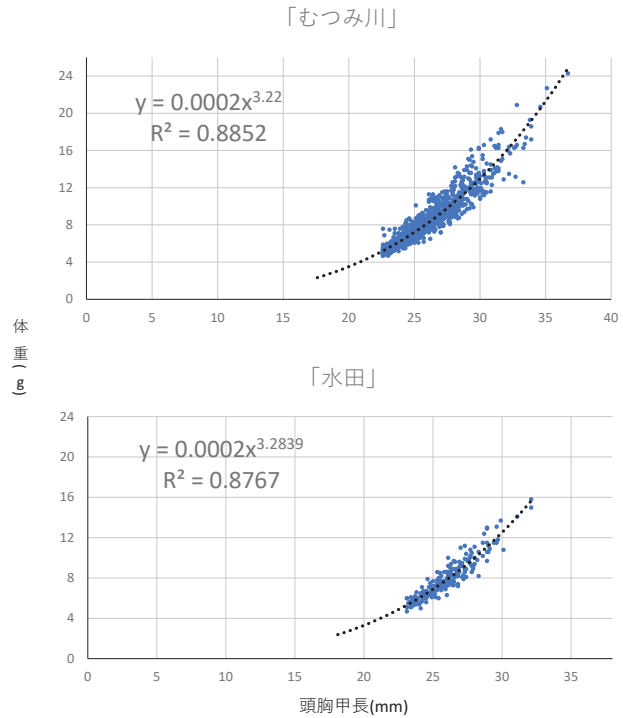


図9. 「むつみ川」と「水田」に生息するアメリカザリガニ成熟個体の頭胸甲長と体重の相関関係. 上:「むつみ川」 下:「水田」

表5. 「むつみ川」と「水田」に生息するアメリカザリガニ成熟個体の体重並びに体重の比率の比較.

調査地	標本数	頭胸甲長x (mm) (平均値±標準偏差)	体重y (g)	体重yの比率 (平均値)	体重yと頭胸甲長xの関係
「むつみ川」	940	26.1±2.4	8.6±2.9	1	$y = 0.0002x^{3.22}$ (R <sup>2</sup> =0.8852)
「水田」	214	25.9±1.8	7.9±2.0	1.24	$y = 0.0002x^{3.2839}$ (R <sup>2</sup> =0.8767)

標本数は成熟個体数から第1歩脚欠損個体を除いた数値を表す

のが知られていて (Stein, 1976), ニホンザリガニでは小  
河川と湖で第1歩脚欠損の頻度を比較した結果, 生息空間  
の広い湖の方が欠損は少ないことが報告されている (川井  
ほか, 1994). 本調査地にはどちらもアメリカザリガニを  
積極的に捕食する水生の動物はいないため, 欠損は個体間  
の争いと繁殖行動に起因すると考えられる. また, 「むつ  
み川」の欠損個体の割合が高いのは, 「水田」より個体の  
密度が高いためと思われる.

両調査地に生息する個体の特徴については, 体長につい  
ては, 頭胸甲長の平均値±標準偏差は「むつみ川」では  
26.2 mm±2.5, 「水田」では26.0 mm±1.8だった. 「むつみ川」  
個体と「水田」個体の頭胸甲長に対する体長 (眼窩後端か

ら尾節末端) の比率を体長と頭胸甲長の相関関係 (図8)  
から求めたところ1:0.98となり, 「むつみ川」個体と「水田」  
個体の体長には大きな違いは認められなかった (表4).

体重については第1歩脚が欠損している個体を除いて「む  
つみ川」940個体, 「水田」214個体を比較した. 体重の平  
均値±標準偏差は「むつみ川」個体では8.6 g±2.9, 「水田」  
個体では7.9 g±2.0で「むつみ川」個体の方が大きい. 「む  
つみ川」個体と「水田」個体の頭胸甲長に対する体重の比  
率を体重と頭胸甲長の相関関係 (図9) から求めたところ  
平均値で1:1.24となった. 同じ頭胸甲長の個体を比較する  
と「水田」個体の体重は「むつみ川」個体の体重より20~  
26%大きく「水田」個体は肥満型の体型をしている (表5).

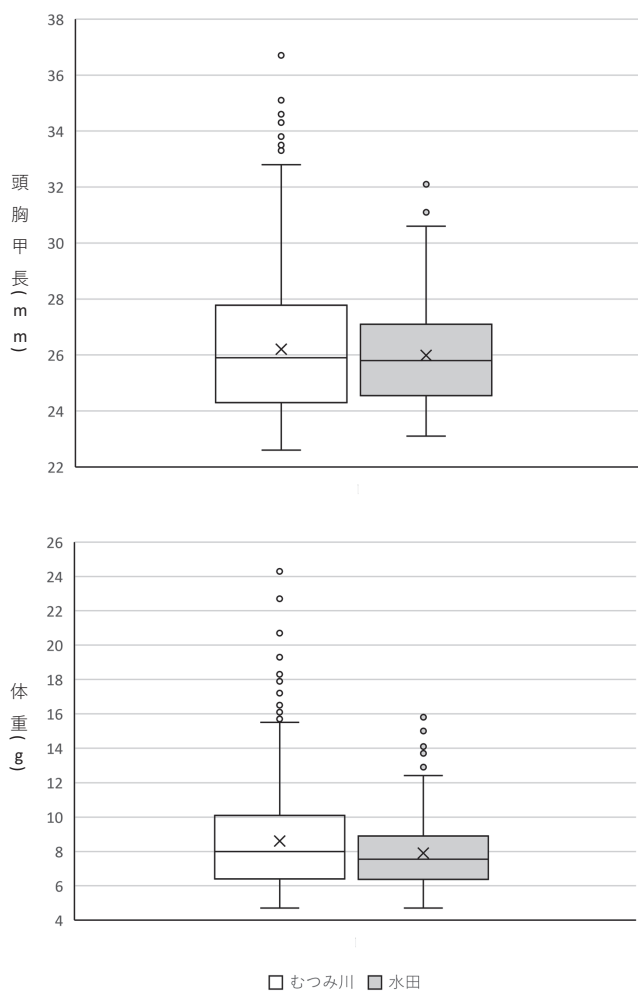


図10. 「むつみ川」と「水田」に生息するアメリカザリガニ成熟個体の頭胸甲長と体重の分布. ボックス内の×は平均値を, ○は外れ値を表す

捕獲した個体の最大値は, 「むつみ川」では頭胸甲長36.7 mm, 体重24.3 gの雄, 「水田」では頭胸甲長32.1 mm, 体重15.8 gの雌だった. 「むつみ川」では頭胸甲長32.1 mmを超える個体が21個体, 体重15.8 gを超える個体が33個体採集されていて「水田」では大型の個体が少ない. 「むつみ川」は頭胸甲長, 体重ともにばらつきが大きく大型の個

体が捕獲されているが, 「水田」の個体は頭胸甲長, 体重ともにばらつきが小さい (図10).

アメリカザリガニの食害

「むつみ川」に移植した水生植物は種類によってアメリカザリガニによる食害に大きな差が生じた (表6). メダカの産卵場所に用いているマツモはアメリカザリガニに切断され1日後に下流部で浮遊していた. オオカナダモもアメリカザリガニに切断され両種とも2日後に消失した (図11a). 更に3日後には, 植木鉢に入り込んだ当歳個体により用土も川床に流失した. アサザは3日後から葉の縁部の欠損が目立つようになり, 15日後から葉や葉柄の顕著な減少が見られ20日後に全て消失した (図11b). 21日後に鉢を引き上げるとアサザの葉は全て切断され葉柄の一部が残っていた (図11d右). ミズトクサは地下茎から伸びる円筒形の地上茎が切断され徐々に消失した (図11c). 21日後に鉢を引き上げると根際から切断されていた (図11d左). また, アサザ・ミズトクサの用土の中に数匹の当歳個体が潜り込んでいた. ラセンイは花茎の本数が増加し食害を受けた形跡はなく開花した (図11e). ウォーターバコパは水中葉・水上葉が顕著に伸長し, 水中葉に食害を受けた形跡はなく青色の花を付けた (図11f).

ウォーターバコパがアメリカザリガニに与える影響

実験に用いたメダカ (個体No.1 ~ 12) は, 「水田」で自然繁殖している個体の中から体重が0.6 g前後の成熟個体を選んだ. メダカの全長 (吻端から尾鰭後端) は35.7 mm ~ 42.7 mm, 体重は0.49 g ~ 0.76 gである. アメリカザリガニ (個体No.1 ~ 12) は, 「むつみ川」で自然繁殖している個体の中からメダカの体重に近い0.6 g前後の幼体を選んだ. 全長は28.3 mm ~ 34.4 mm, 体重は0.48 g ~ 0.73 gである (表7a, b, c).

アメリカザリガニを抽出液に入れると数分後から動きが不規則になり, 10分を経過すると仰向けになって胸脚を動かさず状態が続いた. 8個体のうち5個体はそれぞれ1時間後 (PC5), 1時間20分後 (PC1), 5時間30分後 (PC6), 9時間

表 6. 「むつみ川」に移植した水草の種類とアメリカザリガニによる食害の経過.

種名	生活型	2days	5days	10days	15days	20days	30days
マツモ <i>Ceratophyllum demersum</i>	浮遊	×					
オオカナダモ <i>Egeria densa</i>	沈水	×					
アサザ <i>Nymphoides peltata</i>	浮葉	±	-	-	-	×	
ミズトクサ <i>Equisetum fluviatile</i>	抽水	-	-	-	-	×	
ラセンイ <i>Juncus effusus</i> 'Spiralis'	湿性	±	+	+	+	+	+
ウォーターバコパ <i>Bacopa caroliniana</i>	抽水	±	++	++	++	++	++

+ 生長 - 食害による植物体の減少 × 植物体の切断, 流出

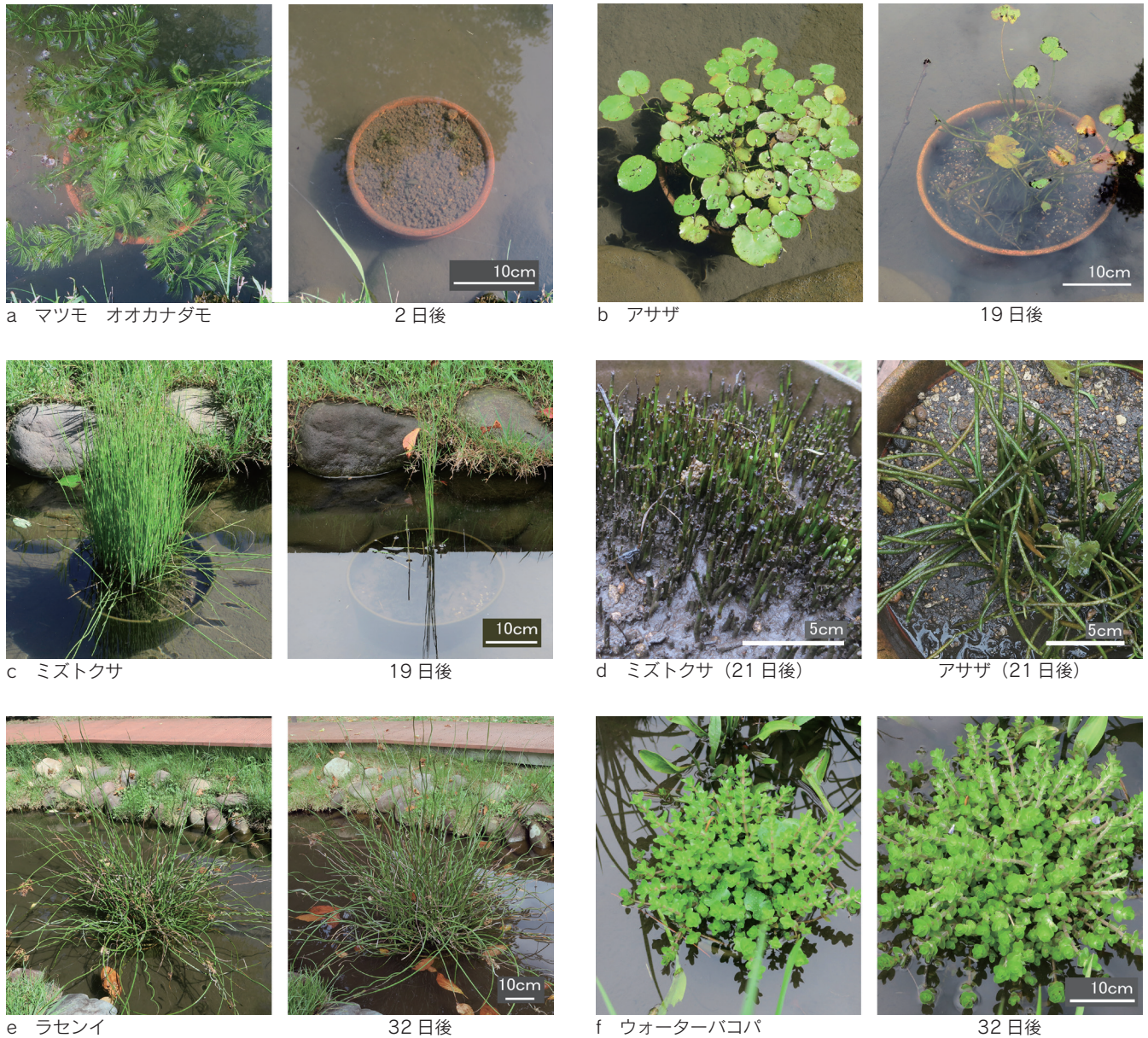


図11. 「むつみ川」に移植した水草のアメリカザリガニによる食害の経過。移植時（左）と経過後（右）の比較

30分後（PC2）、16時間30分後（PC3）に仰向けまたは横転の状態に死亡した。生死の判定は仰向けまたは横転したのちピンセットで触れても胸脚（メダカにおいては胸鰭）を全く動かさなくなったものを死亡とみなした。8個体のうち3個体（PC4, PC7, PC8）は途中から仰向けや横転の状態から姿勢が戻り24時間後も生存した（表7a, b）。対照は8個体とも生存した。

メダカを抽出液に入れると一時的に激しく動き数秒後に通常の動きに戻った。8個体とも24時間後も生存した（表7a, b）。抽出液投入時の呼吸数（口の開閉数）は、実験群では対照群より減少した（実験群は2個体の平均値で182回/分、対照群は2個体の平均値で270回/分）。24時間後も実

験群は対照群より少ない結果となった（実験群は2個体の平均値で231回/分、対照群は2個体の平均値で304回/分）。

ウォーターバコパの質量を2倍（7.0 g）にした実験では、アメリカザリガニは仰向けになって胸脚を動かさず状態が継続した。メダカはときおり腹部を上にして回転する動きが見られた。アメリカザリガニとメダカのいずれも8時間30分以内に死亡した（表7c）。

ウォーターバコパの抽出液にはスダチに似た柑橘系の香りがあり揮発性化合物を含んでいるため、抽出液投入時には強い香りがあり水溶液は混濁している。24時間後は柑橘系の香りが知覚しにくいまで弱くなり、水溶液は透明な部分と粒状の部分に分かれた（図12）。

表7. ウォーターバコパの抽出液を加えた水槽におけるアメリカザリガニ (PC) とミナミメダカ (OL) の生存・死亡経過. aはウォーターバコパ3.5 gを用いた1回目の結果, bは同条件による2回目の結果, cはウォーターバコパ7.0 gを用いた結果を表す

a 抽出したウォーターバコパの質量3.5 g 水温25.1℃～27.6℃

個体No.	体重 (g)	全長 (mm)	♂ ♀	1h	2h	6h	12h	18h	24h
PC1	0.64	34.4	♂	1h20min					×
PC2	0.73	31.8	♀			9h30min			×
PC3	0.63	32.7	♀				16h30min		×
PC4	0.60	32.3	♂						○
OL1	0.76	42.7	♂						○
OL2	0.64	40.6	♀						○
OL3	0.56	37.8	♀						○
OL4	0.51	36.6	♂						○

b 抽出したウォーターバコパの質量3.5 g 水温25.0℃～26.6℃

個体No.	体重 (g)	全長 (mm)	♂ ♀	1h	2h	6h	12h	18h	24h
PC5	0.51	30.2	♀	1h					×
PC6	0.53	30.4	♀		5h30min				×
PC7	0.54	30.1	♀						○
PC8	0.48	28.3	♂						○
OL5	0.66	41.8	♂						○
OL6	0.58	39.3	♀						○
OL7	0.54	38.0	♀						○
OL8	0.49	36.0	♂						○

c 抽出したウォーターバコパの質量7.0 g 水温24.8℃～25.7℃

個体No.	体重 (g)	全長 (mm)	♂ ♀	1h	2h	6h	12h	18h	24h
PC9	0.62	31.1	♂	45min					×
PC10	0.63	31.0	♀	1h20min					×
PC11	0.63	29.4	♀	1h40min					×
PC12	0.70	32.7	♂			8h30min			×
OL9	0.75	41.2	♀	1h30min					×
OL10	0.68	40.4	♀	1h30min					×
OL11	0.60	35.7	♂		2h40min				×
OL12	0.74	38.4	♀		3h40min				×

×は死亡, ○は生存を表す 数値は死亡するまでの時間を表す

## 考察

### 「むつみ川」と「水田」の今後

「むつみ川」では2587個体のアメリカザリガニを捕獲した。「むつみ川」の産卵のピークは7月で、2022年度に成熟個体となった個体群が繁殖の中心になっていた。6月以降は継続的に当歳個体が捕獲され、9月以降も1調査あたりの捕獲数が増加した。飼育環境下では、アメリカザリガニの交尾は14℃～30℃、産卵は15℃～28℃の水温域で行われる (Suko, 1958) が、「むつみ川」は地下水を流入させているため厳冬期でも流入水の温度は18℃程度に維持されている。中・下流部は交尾・産卵の可能な水温を下回るが、上流部は17℃程度の水温が保たれるため、10月以降も長期にわたって交尾・産卵が継続されると考える。

アメリカザリガニは、自然界では水生植物、貝類、両生類、昆虫類、小魚、デトリタスなど多様な食性を持ち (Gutierrez-Yurrita et al., 1998, Cruz and Rebelo, 2007)、幼体

では動物由来の食物の割合が高く大型になると植物食に偏するという (Gutierrez et al., 1998, Correira and Anastacio, 2008)。人工飼料を与えない水田で飼育されたアメリカザリガニの胃の内容物の調査結果では、主に植物、次いで動物飼料、共食い、デトリタスが餌料を構成していることが報告されている (He et al., 2021)。「むつみ川」では餌となる動物は失われているため、下流部の園芸スイレン、サクラ類のリター、デトリタス、共食いの4つがアメリカザリガニの餌料を構成していると考えられる。捕食者はサギ類のみであり、生物の多様性が失われた環境下においても長期にわたって繁殖が継続すると思われる。

「水田」では368個体のアメリカザリガニを捕獲した。「水田」の個体の産卵のピークは8月で、2022年度に成熟個体となった個体群が繁殖の中心になっていた。6月以降は継続的に当歳個体が捕獲されたが、9月以降は当歳個体、小型個体、成熟個体ともに減少した。「水田」は厳冬期には水温が0℃近くまで下がり水面が凍結するので、「むつみ川」



図12. ウォーターバコパ抽出液の時間経過による透明度の変化. 左:投入前 中:投入後 右:24時間後

とは異なり水温の低下とともにアメリカザリガニの活動は鈍くなると考えられる。また、「水田」個体は「むつみ川」個体と比べると小型で体重の小さい個体が多く、体型は「むつみ川」の個体より頭胸甲長に対して体重が大きい肥満型の体型をしている。

「水田」においてアメリカザリガニの繁殖が抑えられ「むつみ川」と比較して生物の多様性が残っている要因として、高水温とウォーターバコパの生育が考えられる。「水田」は繁殖期の温度変化が大きく水温も高いため、交尾・産卵が抑えられたと考えられる。ウォーターバコパについては、「むつみ川」におけるアメリカザリガニの食害実験で食害や切断を受けた形跡がなく31日間生育し開花した。また、抽出液を用いた実験でアメリカザリガニに対する毒性が確認されている。これらの結果から、アメリカザリガニは同種を忌避している可能性が高く、水生昆虫や魚類の隠れ家をなくすためにウォーターバコパを切断したり餌にしたりすることはないと考えられる。ウォーターバコパがアメリカザリガニの体型に影響を与えているかは不明だが、「水田」では、在来種のアサザがウォーターバコパと混生することによりアメリカザリガニの食害から逃れ、ウォーターバコパと共にメダカなどの生物の隠れ家や産卵場所となっていることから、今後もメダカの自然繁殖が継続されると思われる。

#### 今後の課題

「むつみ川」におけるアメリカザリガニの食害調査では、浮遊植物と沈水植物は初期に消失し、次いで浮葉植物と抽水植物が消失した。園芸スイレンも食害を受けている。アメリカザリガニの餌の選択制は餌の構造や栄養価に関係し、糸状藻類やシャジクモ類、マツモなどの沈水植物が利用されやすく、浮葉植物や抽水植物は利用されにくい。また、園芸スイレンの一種 *Nymphaea odorata* は利用されない

ことが報告されている (Cronin et al., 2002)。「むつみ川」のような植生が失われたビオトープにおいては、アメリカザリガニは餌の構造や栄養価などの餌選択性に関わらずあらゆる水生植物を利用していると考えられる。このような条件下においてもラセンイは食害を受けなかった。花茎が堅いことが一因と思われるがアメリカザリガニに対する毒性についても検討する必要がある。また、耐暑性・耐寒性ともに強く枯死による有機物負荷が少ないため、水質浄化効果が期待できる植物である。ウォーターバコパは水底の泥に根を張り匍匐性の茎から水中葉と水上葉を出す。「むつみ川」においても浮遊植物のマツモや浮葉植物のアサザと混生させることによりアメリカザリガニによる水草の食害を軽減できることが示唆された。

一方で、ウォーターバコパは昆虫以外にもアメリカザリガニやメダカに毒性を示すことが明らかになった。ウォーターバコパ3.5 gを用いた実験では、アメリカザリガニ8個体中5個体が死亡し (表7a, b)、メダカの呼吸数に影響を与えた。一般的に魚類の呼吸数は水温の上昇にともなって増加し、水中の溶存酸素濃度の減少にともなって増加するが、ホルマリンにコイを曝露させた事例では鰓蓋運動 (呼吸運動) は一時的に上昇し、魚が横転する頃からは著しく減少する (角田, 1993) ことが報告されている。ウォーターバコパの抽出液に含まれる揮発性化合物は最初からメダカの呼吸数を減少させる結果となり、特に揮発性化合物の濃度が高いと思われる初期に生物に与える影響が大きいことが推察される (図12)。また、ウォーターバコパと同属の北米原産の外来種であるウキアゼナ *Bacopa rotundifolia* は、1954年に岡山県で確認された後、北海道・本州・四国・九州の一部に分布している。種子で繁殖し、絶滅危惧種の水草を駆逐し、水田雑草となることから生態系被害防止外来種リストの「その他の総合対策外来種」に掲載されている (環境省・農林水産省, 2015)。ウォーターバコパは総合対

策外来種には掲載されていないが、アクアリウム用植物として流通し日本では寒冷地以外では屋外でも越冬するため今後の動向に注意を要する種である。本研究ではウォーターバコパのアメリカザリガニに対する忌避性が確認されたが、ウォーターバコパが水生の動植物に与える影響については今後詳細な調査が必要である。引き続き「水田」と「むつみ川」において、アメリカザリガニと動植物の生育状況を長期的に観察していきたい。

アメリカザリガニの駆除については、国内においても様々な駆除方法が試行され在来の生態系が回復した事例があり、低密度化で大きな回復をすることも示されている(荻部・西原, 2011)。今後、「むつみ川」でメダカが繁殖できる環境を取り戻すために罠の数と種類を増やし、「むつみ川」全域でアメリカザリガニの捕獲圧を上げるとともに、在来水草が生育できる環境を整えることが課題である。また、これまで、アメリカザリガニは特定外来生物に指定されていなかったため、生態系に被害を与える侵略的外来種であることの認識が低く(荻部・西原, 2011, 西原・荻部, 2017)、被害が深刻化する要因であったが、条件付特定外来生物に指定されたことで、人為的な放流の抑制につながるとされる。そのためには、市民や児童生徒のアメリカザリガニの捕獲・駆除作業への参加を通して条件付特定外来生物に対する関心を高め、条件付特定外来生物の取り扱いや在来種の保全に関する啓発活動を進める必要がある。

## 引用文献

- 芦澤 淳・藤本泰文(2012): ため池におけるアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* (Girard) のカニ籠等を用いた個体数抑制と侵入防止。伊豆沼・内沼研究報告, 6 : 27-40.
- Correia, A. M. and, Anastacio, P. M. (2008) : Shifts in aquatic macroinvertebrate biodiversity associated with the presence and size of an alien crayfish. *Ecological Research*, 23 : 729-734.
- Cronin, G., Lodge, D. M., Hay, M. E., Miller, M., Hill, A. M., Horvath, T., Bolser, R. C., Lindquist, N. and Wahl, M. (2002) : Crayfish feeding preferences for fresh water macrophytes : The influence of plant structure and chemistry. *Journal of Crustacean Biology*, 22 (4) : 708-718.
- Cruz, M. J. and, Rebelo, R. (2007) : Colonization of freshwater habitats by an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*, in Southwest Iberian Peninsula. *Hydrobiologia*, 575 : 191-201.
- 群馬県(2022) : 群馬県の絶滅のおそれのある野生生物(群馬県レッドデータブック) 動物編・植物編 2022年改訂版.
- Gutierrez-Yurrita, P. J., Sancho, G., Bravo, M. A., Baltanas, A. and Montes, C. (1998) : Diet of the Red Swamp Crayfish *Procambarus Clarkii* in Natural Ecosystems of the Donana National Park Temporary Freshwater Marsh (Spain). *Journal of Crustacean Biology*, 18 (1) : 120-127.
- He, M., Liu, F. and Wang, F. (2021) : Resource utilization, competition and cannibalism of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in integrated rice-crayfish culture without artificial diets. *Aquaculture Reports*, 20 : 100644.
- Hobbs III, H. H., Jass, J. P. and Huner, J. V. (1989) : A review of global crayfish introductions with particular emphasis on two North American species (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 56 : 299-316.
- 石田裕子・江口 翔・近藤稔幸・末廣昭夫・近持崇嗣・永井孝明(2008) : 水辺ピオトープ管理におけるザリガニ駆除方法の検討。人と自然 *Humans and Nature*, 19 : 43-49.
- 岩田恵理・坂本幸多朗・大河内拓也・佐々木秀明・安田 純・小林牧人(2015) : ピオトープ内の水域における野生ミナミメダカ *Oryzias latipes* の卵の産み付け場所。自然環境科学研究, 28 : 11-21.
- 角野康郎(1994) : 日本水草図鑑。文一総合出版, 東京, p. 2-3.
- 角田 出(1994) : 魚を使った水質環境モニタリングーII ー行動および電気生理学的手法によるモニタリングー。日本海水学会誌, 48 (1) : 56-67.
- 環境省(2022) : アメリカザリガニ対策の手引き, 環境省自然環境局野生生物課外来生物対策室.
- 環境省・農林水産省(2015) : 我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト(生態系被害防止外来種リスト)。
- 荻部治紀・西原昇吾(2011) : アメリカザリガニによる生態系への影響とその駆除手法。川井唯史・中田和義(編)エビ・カニ・ザリガニ淡水甲殻類の保全と生物学。生物研究社, 東京, p. 313-328.
- 川原奈苗・高橋 久(2001) : 湖岸再生を目指して造成したピオトープ池の経過。河北潟総合研究, 4 : 1-16.
- 川井唯史・浜野龍夫・松浦修平(1994) : 北海道におけるニホンザリガニ, *Cambaroides japonicus* の鉗脚欠損状況。水産増殖, 42 (2) : 215-220.
- 小林牧人・頼経知尚・鈴木翔平・清水彩美・小井土美香・川口優太郎・早川洋一・江口さやか・横田弘文・山本義和(2012) : 屋外池における野生メダカ *Oryzias latipes* の繁殖行動。日本水産学会誌, 78 (5) : 922-933.
- Liu, T. T., Chao, L. K. P., Hong, K. S.H., Huang, Y. J. and Yang, T. S. (2020) : Composition and Insecticidal Activity of Essential Oil of *Bacopa caroliniana* and Interactive Effects of Individual Compounds on the Activity. *Insects*, 11 (1) : 23.
- 前橋市(2023) : まえばしのかんきょう。前橋市環境部環境政策課, p. 105.
- 丸山為蔵・藤井一則・木島利通・前田弘也(1987) : 外国産新魚種の導入経過。水産庁研究部資源課, 東京, p. 56-58.
- 三宅貞祥(1970) : 甲殻類。現代生物学大系1. 無脊椎動物A. 中山書店, 東京, p.256-296.
- 三宅貞祥(1973) : わが国にすむザリガニ5種。動物と自然, 3 (6) : 5-10.
- 西原昇吾・荻部治紀(2017) : アメリカザリガニが水生昆虫類に及ぼす影響と対策およびその効果。高橋清孝(編著)よみがえる魚たち。恒星社厚生閣, 東京, p. 40-44.
- Nishijima, S., Nishikawa, C. and Miyashita, T. (2017) : Habitat modification by invasive crayfish can facilitate its growth through enhanced food accessibility. *BMC Ecology*, 17 : 37.
- Stein, R. A. (1976) : Sexual dimorphism in crayfish chelae : functional significance linked to reproductive activities. *Canadian Journal of Zoology*, 54 (2) : 220-227.
- Suko, T. (1958) : Studies on the development of the crayfish VI. The reproductive cycle. *Science Reports of Saitama University B*, 3 : 79-91.
- 田中邦明・上條貴史・亀井雅代(2018) : 北海道渡島大沼集水域内にある農業用水路におけるアメリカザリガニ個体群の拡散と繁殖。北海道教育大学紀要自然科学編, 68 (2) : 35-49.