外来種アメリカザリガニの駆除に用いるペットボトル製トラップの検討

The effectiveness of different colored bottle traps
for capturing an invasive crayfish *Procambarus clarkii*中田和義^{1),*}・竹原早恵²⁾・白石理佳¹⁾¹⁾岡山大学大学院環境生命科学研究科, 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1²⁾岡山大学環境理工学部環境管理工学科, 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1Kazuyoshi NAKATA^{1),*}, Sae TAKEHARA²⁾ and Rika SHIRAISHI¹⁾¹⁾ Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Okayama, Okayama 700-8530, Japan²⁾ Department of Environmental Management Engineering, Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, Okayama, Okayama 700-8530, Japan

Abstract: To examine the effectiveness of different colored bottle traps for capturing an invasive crayfish *Procambarus clarkii* introduced from North America, we conducted two experiments (Experiments 1 and 2) in two ponds (the Onibusu and Raku-u-sho) in the Handayama Botanical Garden, Okayama, Japan. A set of traps consisted of three different colored bottles (black, white, and transparent). In Experiment 1, we compared the numbers of crayfish captured in different colored bottles; we set the three colored bottle traps with artificial bait at 10 stations in the Onibusu pond in the late afternoon and retrieved them early the following morning. In Experiment 2, we examined the difference in the numbers of crayfish captured during the day and at night; we set the same three colored bottle traps at 10 stations in the Raku-u-sho pond during the daytime and at nighttime and retrieved them in the late afternoon and early the following morning, respectively. In Experiment 1, there were multiple individuals in all of the traps, indicating that the plastic bottles were effective in capturing *P. clarkii*. The number of *P. clarkii* captured was significantly higher in the white and transparent traps than in the black traps. In Experiment 2, significantly more *P. clarkii* were captured at nighttime than during the day. The number of *P. clarkii* captured was not significantly different between the three colored bottles during the daytime. However, compared to the black traps, the white traps were significantly more effective in catching *P. clarkii*, but the effectiveness of the transparent traps was not significantly different from that of the black and white traps. Our results indicate that white or transparent plastic bottle traps were the most effective, especially at nighttime, for capturing invasive *P. clarkii*.

Key Words: plastic bottle trap, eradication, red swamp crayfish, invasive species, *Procambarus clarkii*

はじめに

北米産外来種のアメリカザリガニ (*Procambarus clarkii*) は、1927年に食用ガエル (ウシガエル *Lithobates catesbeianus*) の餌として日本に移入された (川井ら 2003)。本種は、低酸素や高水温、塩分や水質汚染、富栄養化に強く (Gutierrez-Yurrita et al. 1999; Barbaresi & Gherardi 2000)、劣悪な水域環境でも生息できる。また、1回の産卵でメス1個体につき数百個の卵を産むことから、非常に高い増殖能力をもつとともに、日本に生息する他のザリガニ類に比べ成長速度が早い (中田 2010)。これらのことから、本種の侵入・定着後には個体群密度が急激に増大する水域も多

く、アメリカザリガニはすでに、北海道から沖縄までの全国各地の水域で確認されている (川井ら 2003; 中田・松原 2011; 嶋津 2015)。

雑食性の本種は、希少種を含む様々な在来動植物を摂食するため、在来生態系に多大な悪影響を与えている (荻部・西原 2011; 中田 2015)。例えば、石川県金沢市の池では、アメリカザリガニの侵入の影響を受けて、国内希少野生動植物種であり、環境省第4次レッドリストで絶滅危惧IA類にも選定されているシャープゲンゴロウモドキ (*Dytiscus sharpi*) が地域絶滅した (荻部・西原 2011)。また、広島県東広島市の湿地や池の事例では、環境省第4次レッドリストで準絶滅危惧に選定されているアカハライモリ (*Cynops pyrrhogaster*) が、アメリカザリガニによる捕食圧の影響を受けた可能性が指摘されている (丸野内ら 2015)。さらには、水田水域においては、定着した本種が掘る巣穴によって水田漏水が発生するなどの被害も確認されている (荻部・西原 2011)。

Received 12 October 2016 Accepted 28 January 2017

* Corresponding author

E-mail: nakatak@cc.okayama-u.ac.jp

これらのことを背景とし、環境省および農林水産省により2015年に公開された「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」では、アメリカザリガニは緊急対策外来種に指定された。また本種は、日本生態学会によって日本の侵略的外来種ワースト100に選定されている(村上・鷺谷2002)。したがって、アメリカザリガニによる在来種に対する深刻な被害が確認されている水域では、早急な駆除対策が必要とされている。

本種の駆除方法については、これまで、塩ビ管製の人工巣穴や、簗などを用いることが提案されてきた(荻部・西原2011; 白石ら2015; 牛見ら2015ab)。これらの駆除方法には、それぞれメリットとデメリットがあることが指摘されている。例えば、一定の高さを伴う簗では、水深の浅い水域での設置はできないため、使用可能な水域は人工巣穴に比べて限られるが、1回あたりの捕獲個体数は多い(白石ら2015)。一方、人工巣穴は1回あたりの捕獲個体数は少ないが、水深の浅い水域でも設置が可能であり、かつ、簗のように餌を使用しなくてもよい(牛見ら2015b)。この他にも、コストや使用・運搬の労力などについても、それぞれの漁具でメリット・デメリットが挙げられる。したがって、本種の駆除においては、これらの漁具を現場の環境や予算等の状況によって使い分けるか、もしくは複数の漁具を組み合わせ使用することが推奨されている(白石ら2015)。

淡水魚の採集では、ペットボトル製トラップを使用した調査例がある(例えば、中西ら2009; 渡部ら2016)。これらの調査例では、捕獲された魚類の個体数等について報告がなされており、魚類の捕獲においてペットボトル製トラップが有効なことが示されている。一方で、エビ類やザリガニ類を含む淡水産甲殻類については、鹿野・山下(2016)が水田においてペットボトル製トラップで採集した水生動物の中にヌマエビ類やテナガエビ類が含まれているが、アメリカザリガニの捕獲を目的としてペットボトル製トラップが利用された事例はなく、また、ペットボトル製トラップでのアメリカザリガニの捕獲事例も報告がない。アメリカザリガニについても、生態を考慮し、生息密度の高い水域でペットボトル製トラップを適切に使用すれば、高い捕獲効果が期待できる可能性がある。

そこで本研究では、アメリカザリガニの新たな駆除方法の1つとして、ペットボトルを加工し捕獲漁具として用いることに着目した。ペットボトルは入手しやすく、高さを伴わないので、水田等の水深の浅い水域での使用が可能である。また、中西ら(2009)が使用したペットボトル製トラップは、構造が非常に単純であり、アメリカザリガニの駆除の現場でも容易に製作して使用することが可能であると考えられる。さらに、これまで使用されてきた人工巣穴や簗等の漁具と併用することで、アメリカザリガニの捕獲効率の向上も期待できるだろう。

以上から、本研究では、アメリカザリガニの駆除の現場

で用いるペットボトル製トラップを開発することを目的とし、まず、中西ら(2009)を参考に製作したペットボトル製トラップをアメリカザリガニが定着した池に夜間に設置し、本種を捕獲できるかどうかを検証する野外実験を行った(実験1)。なお、ザリガニ類の1種であるラスティーザリガニ(*Orconectes rusticus*)の隠れ家に対する選好性では、隠れ家の内部の暗さが影響する(Alberstadt et al. 1995)ことが報告されている。また、カリフォルニアイセエビ(*Panulirus interruptus*)による隠れ家に対する選好性でも、透明よりも不透明で影を伴う隠れ家を好むことが明らかとなっている(Spanier & Zimmer-Faust 1988)。これらの報告をふまえると、アメリカザリガニを捕獲対象としたペットボトル製トラップにおいても、トラップの色の違いによる透明度が捕獲個体数に影響する可能性があると考えられる。

そこで実験1では、ペットボトルの色の違いによる透明度がアメリカザリガニの捕獲個体数に及ぼす影響についても同時に検討した。その結果、ペットボトル製トラップの色によりアメリカザリガニの捕獲個体数には違いがみられた(詳細は結果参照)。そこで次に、ペットボトル製トラップを日中に設置した場合にも同様の結果が得られるのかについて検証する野外実験を行った(実験2)。この場合、ペットボトル製トラップが他の水域でも有効であるかについても検証するため、実験1の実験場所とは異なる池で実験2を実施した(詳細は「材料と方法」を参照)。本論文では、実験1, 2によって得られた結果に基づき、ペットボトル製トラップによるアメリカザリガニの捕獲有効性を検証するとともに、本種の駆除に有効なペットボトル製トラップの色について考察する。

材料と方法

実験場所

実験1は岡山市半田山植物園内のオニバス池で、実験2は同植物園内のラクウショウ池で行った(Fig. 1)。なお、オニバス池とラクウショウ池はそれぞれ独立した池であり、両池は水域として連続していない。オニバス池(Fig. 1A)は、パラグアイオニバス(*Victoria cruziana*)とオニバス(*Euryale ferox*)を觀賞できる人工池であり、先述の牛見ら(2015b)と白石ら(2015)がそれぞれ、人工巣穴と簗によるアメリカザリガニの捕獲実験を行った池である。オニバス池にはアメリカザリガニが定着し、本種による植物の摂食被害が確認されている。池の面積は約185 m²で、底質は泥が大半を占めている。実験期間中にこの池で確認された植物は、先述のパラグアイオニバスとオニバスのほか、カキツバタ(*Iris laevigata*)、ミズカンナ(*Thalia dealbata*)、ミズオオバコ(*Ottelia alismoides*)、シュロガヤツリ(*Cyperus alternifolius*)である。また、水生動物では、アメリカザリガニの他にウシガエル、トノサ

Fig. 1. Experimental ponds in the Handayama Botanical Garden, Okayama, Japan, where the invasive crayfish *Procambarus clarkii* inhabits. A: Onibus pond; B: Raku-u-sho pond. The alphanumeric characters, A1–A10 and B1–B10, indicate the trap stations in each pond, respectively.

Fig. 2. Plastic bottle traps used for capturing *Procambarus clarkii*. A: schematic view of a plastic bottle trap; B: three plastic bottle traps of different colors (left: black trap, center: white trap, right: transparent trap).

マガエル (*Pelophylax nigromaculatus*), ニホンアマガエル (*Hyla japonica*), ヌマガエル (*Fejervarya kawamurai*), ヒメタニシ (*Sinotaia quadrata histrica*) が生息している。オニバス池では、水道水による給水と排水口からの自然排水が行われている。実験1では、この池の池岸に10ヵ所の実験地点（地点A1～A10）を設けた（Fig. 1A）。隣接する地点同士の間隔は2mとなるようにした。

ラクウショウ池（Fig. 1B）は、池の近くにラクウショウ（*Taxodium distichum*）の樹木があり、池岸でラクウショウの呼吸根を観察できる人工池である。ラクウショウ池にもアメリカザリガニが定着しているが、植物に対する影響は不明である。池の面積は約145 m²で、主な底質は泥である。実験期間中にこの池で確認された植物は、先述のラクウショウに加えて、カキツバタ、キショウブ（*Iris pseud-acorus*）、ハンゲショウ（*Sarurus chinensis*）、ミズアオイ（*Monochoria korsakowii*）である。また、アメリカザリガニ以外の水生動物では、ウシガエル、スジエビ（*Palaemon paucidens*）、カワニナ（*Semiulcospira libertina*）が確認され

ている。ラクウショウ池では、毎年3月頃に1度だけ、池の水を抜き、泥を浚渫する作業を行っているが、それ以外での水の流入と流出はない。このため、主な水の流入は、降雨による流入と池の水が満水になったときの流出のみである。実験2では、この池の池岸に9ヵ所、池の中央付近に1ヵ所、計10ヵ所の実験地点（地点B1～B10）を設けた（Fig. 1B）。なお、地点B7–9の3地点については、池岸側に植生帯が見られたが、他の7地点については周囲には植生は見られなかった。この他の環境条件は、水深を除くと、10ヵ所の実験地点間で大きく異なることはなかった。

ペットボトル製トラップの製作

本研究の実験に用いたペットボトル製トラップの構造は、中西ら（2009）が淡水魚の採捕調査で使用したものを参考にした。すなわち、容量2 Lの角型ペットボトルの上部約4分の1を切断し、この切断部分を逆さまにして下部に差し込むことで製作した（Fig. 2A）。トラップの大きさ

は、長さ 18 cm×幅 10 cm×高さ 9 cm 程度である。ペットボトルの口は細工せずにそのまま使用した（トラップの入口の内径は 2.5 cm）。また、トラップには、本体の各側面と底部にドリルを用いて 5 mm 程度の穴を 3 ヶ所ずつ開けて、水中に沈みやすいようにした。

ペットボトルの色は、内部の透明度が異なる黒・白・透明の 3 色とした。黒と白色のトラップの着色には、プラスチック用プライマーとラッカースプレー（ともに株式会社アサヒペン製）を使用し、ペットボトルの表面のみに塗装した。まず、ペットボトルに下塗りすることで、塗料を剥がれにくくする効果があるプラスチック用プライマーを塗り、その後、ラッカースプレーで着色した。着色後のトラップは、完全に乾燥させてから実験に使用した。そして、色の異なる 3 個のペットボトルを 1 セットとし、針金を用いて固定した（Fig. 2B）。また、実験においてトラップの設置と回収の作業がしやすいように、トラップの入口側の中央付近にロープを取り付けた。

実験 1. 3 色のペットボトル製トラップによるアメリカザリガニの捕獲有効性の検証

各ペットボトルには、アメリカザリガニの捕獲に有効であることが確認されている練り餌（マルキュー株式会社製、寄せ太郎）（白石ら 2015）を 25 g ずつ入れ、オニバス池の各実験地点に 3 色のペットボトル 3 本を 1 セットとして沈めた。なお、練り餌は、アメリカザリガニによる捕食を防ぐため、市販の水切りネットに入れて使用した。トラップは池岸に対して平行となるように、かつ、入口が排水口側を向くように設置した。また、3 色のトラップの並びは実験地点および実験日ごとにランダムとなるようにした。すなわち、同じ実験日であっても、3 色の並び方は実験地点によって異なるようにした。同様に、同じ実験地点であっても、実験日によって 3 色の並び方は異なることになる。一般に、ザリガニ類は夜行性であることが知られている（中田 2010）ため、オニバス池のアメリカザリガニも夜間に活発に活動しトラップに入る可能性が高いと考えた。そこで、トラップの設置時間は 16 時頃から翌日の 9 時半頃までの一晩づけとした。

捕獲された個体については、雌雄および抱卵・抱稚仔の有無を確認記録するとともに、全長（額角先端から尾節末端までの長さ）をノギスを用いて測定記録した。トラップ内で共食いされたことによって体の一部が欠損し、体サイズの測定が不可能な個体がみられた場合には、個体数のみを記録し、判別できる場合は雌雄も記録した。また、雌雄の判別が困難な全長 20 mm 以下の個体は全長のみを測定し、稚ザリガニとして扱った。アメリカザリガニ以外の生物が混獲された場合には、個体数を記録した。

オニバス池の物理環境については、トラップの設置時と回収時に水深と水温を記録した。この場合、水深は各地点において設置した 3 色のトラップセットの中央付近で、水

温は地点 A6 付近で測定した。実験 1 は、2015 年 7 月 9 日から 8 月 6 日の間に、全実験地点でのトラップの設置と回収の完了をもって 1 回とする実験を計 5 回行った。なお実験 1 では、捕獲個体のオニバス池への再放流は行わなかった。

実験 2. 日中における 3 色のペットボトル製トラップによるアメリカザリガニの捕獲有効性の検証

実験 1 と同様に、各ペットボトルに水切りネットに入れた練り餌を 25 g ずつ入れ、ラクウショウ池の各実験地点に 3 色のペットボトルを 1 セットとするトラップを沈めた。トラップの沈め方については、地点 B2～B6 および B10 では、トラップの向きは池岸に対して平行とし、入口の向きは実験ごとにランダムとなるようにした。一方、周辺に植生帯が見られる地点 B1 および B7～B9 では、アメリカザリガニが植物を隠れ家として利用する場合も多いと考えられたため、トラップの向きは毎回固定して入口を植生側に向けて設置した。実験 1 と同様、3 色のトラップの並びは、実験地点および実験日ごとにランダムとなるようにした。夜間に実施した実験 1 で、ペットボトルの色の違いによりアメリカザリガニの捕獲個体数差が見られたため（結果参照）、実験 2 では日中にもペットボトル製トラップを設置し、同様の結果が得られるのかについて検証するとともに、捕獲個体数を昼夜で比較することにした。トラップの設置時間は、日中は朝 9 時 45 分頃からその日の 15 時頃まで、夜間は実験 1 と同様に 16 時頃から翌日の 9 時半頃までとした。

捕獲されたアメリカザリガニとラクウショウ池の物理環境の測定項目・方法については、実験 1 と同様とした。ただし、実験 2 ではラクウショウ池に多数のカエル類の幼生が確認されたため、カエル類の幼生が混獲された場合には、種を同定し、個体数を記録した。なお、特定外来生物のウシガエルの幼生が混獲された場合には、個体数の記録後に全て殺処分した。

水温については、地点 B7 付近の同じ場所で計測した。実験 2 は、2015 年 9 月 18 日から 11 月 6 日の間に、全実験地点でのトラップの設置と回収の完了をもって 1 回とする実験を、日中と夜間に各 5 回ずつ計 10 回行った。なお実験 2 では、日中と夜間の実験について、同じアメリカザリガニ個体数下で実施することを目的とし、捕獲された個体は調査地点に放流した。

データの解析

3 色のペットボトル製トラップによる捕獲個体数差については、トラップごとの捕獲数を個別に扱い、各色の捕獲数データを 1 群とした 3 群のデータ間で Kruskal-Wallis の検定により比較検討を行った。Kruskal-Wallis の検定で有意差が認められた場合には、Dunn の多重比較により 2 色間の捕獲個体数に有意差があるかを検討した。各色のト

ラップによる捕獲個体数の雌雄差については、Mann-Whitney の U 検定により検討を行った。

また、3色のペットボトル製トラップを1セット (Fig. 2B) として設置した際、透明のトラップが中央となる場合には、白と黒のトラップに挟まれることで2面が透明でなくなると考えられる。この影響について検証するため、白と黒のトラップに挟まれた場合の透明トラップの個体数と、端に位置する場合の透明トラップの個体数について、トラップごとのデータを個別に扱い Mann-Whitney の U 検定により比較した。

実験2では、日中と夜間の捕獲個体数差は Mann-Whitney の U 検定で、また3色のトラップによる捕獲個体数の昼夜間の傾向の違いについては二試料 χ^2 検定により検討した。

捕獲されたアメリカザリガニの体サイズが3色のトラップ間で有意に異なるかについて、各トラップで捕獲された個体の体サイズデータを個別に扱い、Kruskal-Wallis の検定および Dunn の多重比較により検討した。また、アメリカザリガニの個体数と混獲された他の生物の個体数との相関関係について、Spearman の順位相関係数を算出して検討した。

実験2では、ウシガエル幼生が混獲された (詳細は結果参照) ため、ウシガエル幼生の個体数とアメリカザリガニの捕獲個体数の関係について解析を行った。この場合、ウシガエル幼生が混獲されなかったトラップのデータは除いて解析した。また、各実験地点の水深と各色のトラップでの捕獲個体数との相関関係について検討するため、Spearman の順位相関係数を算出した。

結 果

実験1. 3色のペットボトル製トラップによるアメリカザリガニの捕獲有効性

(1) オニバス池の物理環境

実験期間中の水温と水深の範囲は、それぞれ25.5~33.6℃と29~54 cmであった。10ヵ所の実験地点のうち、水深の変動が最も大きかったのは地点A6であり、変動幅は7 cmであった。

(2) ペットボトル製トラップで捕獲されたアメリカザリガニの個体数

全実験期間を通したアメリカザリガニの合計捕獲個体数は、黒で128個体 (うち稚ザリガニが1個体)、白で339個体 (うち稚ザリガニが5個体)、透明で368個体 (うち稚ザリガニが10個体) であり、計835個体であった (Fig. 3)。捕獲個体数は3色間で有意に異なり (平均捕獲個体数±標準偏差: 黒, 2.6±2.2個体; 白, 6.8±2.9個体; 透明, 7.4±4.3個体; Kruskal-Wallis の検定, $P<0.001$)、白では黒よりも、透明では黒よりも有意に多くの

Fig. 3. Total number of crayfish *Procambarus clarkii* captured using the three colored bottle traps in Experiment 1. Asterisks indicate significant differences in Dunn's multiple comparison test ($P<0.001$).

アメリカザリガニが捕獲された (Dunn の多重比較, $P_s<0.001$)。白と透明とでは、捕獲個体数に有意差はなかった (Dunn の多重比較, $P>0.05$)。また、全ての色において捕獲個体数が雌雄間で有意に異なることはなかった (平均捕獲個体数±標準偏差: オス; 黒, 1.3±1.4個体; 白, 3.2±1.8個体; 透明, 3.6±3.0個体; メス; 黒, 1.2±1.3個体; 白, 3.3±1.9個体; 透明, 3.3±2.3個体; Mann-Whitney の U 検定, $P_s>0.05$)。なお、3色のトラップともに、捕獲個体の中に抱卵・抱稚仔メスは認められなかった。

3色のトラップを1セットとして設置する際に透明のトラップが白と黒に挟まれた場合の捕獲個体数は、透明のトラップが端に位置した場合の捕獲個体数と比べ有意に異ならなかった (Mann-Whitney の U 検定, $P>0.05$)。また、各実験地点の水深とトラップによる捕獲個体数との間には、いずれの色においても、有意な相関関係は認められなかった (Spearman の順位相関係数, 黒: $\rho = 0.25$, 白: $\rho = -0.14$, 透明: $\rho = 0.14$, $P_s>0.05$)。

(3) 捕獲されたアメリカザリガニの体サイズ

捕獲されたアメリカザリガニの全長は、黒では19.3~89.2 mm (平均±標準偏差: 48.1±14.3 mm)、白では9.7~75.7 mm (平均±標準偏差: 43.3±14.1 mm)、透明では11.5~74.5 mm (平均±標準偏差: 43.5±15.2 mm) であった (Fig. 4A)。また、トラップの回収時に、入口に頭胸甲部が挟まり動けなくなっている個体が1個体確認された。この1個体の体サイズは、全長89.2 mmであった。捕獲された個体の全長は3色間で有意に異なり (Kruskal-Wallis の検定, $P<0.05$)、黒では白および透明よりも有意に大きい個体が捕獲された (Dunn の多重比較, $P<0.05$)。

個体群の体サイズ組成については、全長40 mm付近を境界として二分していた (Fig. 4A-C)。全長40 mm以上

Fig. 4. Histograms of total length of *Procambarus clarkii* captured using the three colored bottle traps at the Onibusu pond in Experiment 1 (A, black trap; B, white trap; C, transparent trap), at the Raku-u-sho pond during the daytime (D, black trap; E, white trap; F, transparent trap), and at nighttime (G, black trap; H, white trap; I, transparent trap) in Experiment 2.

の個体が全捕獲個体数に占める割合は、黒で 72.4%，白で 57.6%，透明で 56.0% であり，3 色全ての個体では 59.1% であった．すなわち，白と透明に比べ，黒では体サイズの大きな個体が捕獲される傾向がみられた．そこで，全長 40 mm 未満と 40 mm 以上の個体が占める比率が 2 色間で有意に異なるかどうかについて χ^2 独立性の検定による解析を行った．その結果，黒での全捕獲個体数に対する全長 40 mm 以上の個体が占める割合は，白および透明のそれよりも有意に高かったが ($P_s < 0.01$)，白と透明間では有意差はみられなかった ($P > 0.05$)．以上から，黒では白および透明に比べ，全捕獲個体数に対する全長 40 mm 以上の個体の占める比率が高いことが明らかとなった．

(4) アメリカザリガニと混獲された生物

実験 1 では，アメリカザリガニとともにカエル類の幼生とヒメタニシが混獲された．全実験期間を通しての合計混獲個体数は，カエル類の幼生は黒で 2 個体，白で 0 個体，透明で 14 個体，ヒメタニシは黒で 13 個体，白で 21 個体，透明で 20 個体であった．カエル類の幼生およびヒメタニシともに，1 回の実験で混獲された個体数は 1 つのペットボトルにつき 1~2 個体が多く，最大で 4 個体であった．実験 1 でカエル類の幼生が混獲された場合，アメリカザリガニの捕獲個体数とカエル類幼生の個体数の間には，有意な相関関係はみられなかった (Spearman の順位相関係数，黒： $\rho = 0.54$ ，透明： $\rho = 0.61$ ， $P_s > 0.05$)．また，実験 1 で

ヒメタニシが混獲された場合も，アメリカザリガニの捕獲個体数とヒメタニシの個体数の間には，有意な相関関係はみられなかった (Spearman の順位相関係数，黒： $\rho = -0.09$ ，白： $\rho = 0.15$ ，透明： $\rho = -0.02$ ， $P_s > 0.05$)．

実験 2. 日中における 3 色のペットボトル製トラップによるアメリカザリガニの捕獲有効性

(1) ラクウショウ池の物理環境

実験期間中の水温について，日中の実験では 16.2~23.8℃，夜間の実験では 16.7~22.6℃ の範囲で推移した．また水深は，日中の実験では 12~76 cm，夜間の実験では 13~74 cm の範囲で推移した．最も水深の変動が大きかった地点は，日中・夜間ともに地点 B1 であり，その変動幅は日中の実験で 46 cm，夜間の実験で 48 cm であった．

(2) ペットボトル製トラップで捕獲されたアメリカザリガニの個体数

A. 日中の実験

全実験期間を通して，黒で 56 個体 (うち稚ザリガニが 1 個体)，白で 71 個体 (うち稚ザリガニが 3 個体)，透明で 66 個体 (うち稚ザリガニが 1 個体)，計 193 個体のアメリカザリガニが捕獲された (Fig. 5)．捕獲個体数については，3 色間で有意差はみられなかった (平均捕獲個体数 ± 標準偏差：黒，1.1 ± 1.7 個体；白，1.4 ± 1.3 個体；透明，1.3 ± 1.8 個体；Kruskal-Wallis の検定， $P > 0.05$)．また，

Fig. 5. Total number of crayfish *Procambarus clarkii* captured using the three colored bottle traps during the daytime and nighttime in Experiment 2. The asterisk indicates significant difference in Dunn's multiple comparison test ($P < 0.05$).

全ての色において、捕獲個体数には有意な雌雄差はみられなかった（平均捕獲個体数±標準偏差：オス；黒， 0.5 ± 0.8 個体；白， 0.7 ± 0.8 個体；透明， 0.5 ± 0.8 個体；メス；黒， 0.6 ± 1.1 個体；白， 0.7 ± 0.9 個体；透明， 0.8 ± 1.3 個体；Mann-Whitney の U 検定， $P_s > 0.05$ ）。なお，3 色のトラップともに，抱卵・抱稚仔メスの捕獲は認められなかった。

3 色のトラップを 1 セットとして設置する際に透明が白と黒に挟まれた場合の捕獲個体数は，透明が端に位置した場合の捕獲個体数と比べて有意に異ならなかった（Mann-Whitney の U 検定， $P > 0.05$ ）。また，各実験地点の水深とトラップでの捕獲個体数との間には，黒では有意な相関関係は認められなかったが，白および透明では有意な正の相関関係がみられた（Spearman の順位相関係数，黒： $\rho = 0.22$ ， $P > 0.05$ ，白： $\rho = 0.46$ ， $P < 0.001$ ，透明： $\rho = 0.43$ ， $P < 0.01$ ）。

B. 夜間の実験

全実験期間を通して，黒で 131 個体，白で 203 個体（うち稚ザリガニが 3 個体），透明で 170 個体（うち稚ザリガニが 6 個体），計 504 個体のアメリカザリガニが捕獲された（Fig. 5）。捕獲個体数は 3 色間で有意に異なり（平均捕獲個体数±標準偏差：黒， 2.6 ± 2.5 個体；白， 4.1 ± 2.9 個体；透明， 3.4 ± 3.3 個体；Kruskal-Wallis の検定， $P < 0.05$ ），白では黒よりも有意に多くのアメリカザリガニが捕獲された（Dunn の多重比較， $P < 0.05$ ）。一方で，白と透明，黒と透明の間では，捕獲個体数に有意差はみられなかった（Dunn の多重比較， $P_s > 0.05$ ）。また，黒と透明では捕獲個体数に有意な雌雄差はみられなかった（平均捕獲個体数±標準偏差：オス；黒， 1.1 ± 1.3 個体；透明， 1.3 ± 1.4 個体；メス；黒， 1.6 ± 1.6 個体；透明， 2.0 ± 2.2 個体；Mann-Whitney の U 検定， $P_s > 0.05$ ）が，白では雄よりも

雌の方が有意に多く捕獲された（平均捕獲個体数±標準偏差：オス， 1.7 ± 1.7 個体；メス， 2.3 ± 1.9 個体；Mann-Whitney の U 検定， $P < 0.05$ ）。なお，3 色のトラップともに，捕獲個体の中に抱卵・抱稚仔メスは認められなかった。

3 色のトラップを 1 セットとして設置する際に，透明が白と黒に挟まれた場合の捕獲個体数は，透明が端に位置した場合の捕獲個体数と比べて有意に異なることはなかった（Mann-Whitney の U 検定， $P > 0.05$ ）。また，各実験地点の水深とトラップでの捕獲個体数との間には，いずれの色においても，有意な相関関係は認められなかった（Spearman の順位相関係数，黒： $\rho = -0.02$ ，白： $\rho = 0.06$ ，透明： $\rho = -0.05$ ， $P_s > 0.05$ ）。

C. 日中と夜間の比較

全実験期間中のアメリカザリガニの捕獲個体数について，3 色のいずれにおいても，日中よりも夜間の方が有意に多くの個体が捕獲された（Mann-Whitney の U 検定， $P_s < 0.001$ ）。全実験期間を通した 3 色のペットボトル製トラップによるアメリカザリガニの合計捕獲個体数は，先述のとおり，日中の実験では黒，白，透明の順に 56，71，66 個体であったのに対して，夜間の実験では，同じく順に 131，203，170 個体であり，3 色での捕獲個体数の傾向には，昼夜間で有意差はみられなかった（二試料 χ^2 検定， $P > 0.05$ ）（Fig. 5）。

(3) 捕獲されたアメリカザリガニの体サイズ

A. 日中の実験

捕獲されたアメリカザリガニの全長は，黒では 16.5～88.7 mm（平均±標準偏差： 50.4 ± 19.3 mm），白では 12.9～90.6 mm（平均±標準偏差： 48.6 ± 18.9 mm），透明では 15.4～74.1 mm（平均±標準偏差： 41.2 ± 13.9 mm）であった（Fig. 4D-F）。

実験 1 と同様，トラップの回収時に頭胸甲部が入口に挟まり動けなくなっている個体が，全実験期間を通して計 12 個体確認され，それらの個体の全長の平均は 83.5 mm であった。捕獲されたアメリカザリガニの全長については，3 色間で有意に異なり（Kruskal-Wallis の検定， $P < 0.05$ ），黒は透明よりも有意に大きかった（Dunn の多重比較， $P < 0.05$ ）。一方で，黒と白，白と透明の間では有意差はみられなかった（Dunn の多重比較， $P_s > 0.05$ ）。

実験 1 のデータ解析における体サイズの基準に合わせて，捕獲された個体のうち全長 40 mm 以上の個体が全捕獲個体数に占める割合に着目した結果，その割合は黒で 62.5%，白で 59.2%，透明で 56.1% であり，3 色の全個体では 59.1% であった。全長 40 mm 未満と 40 mm 以上の個体が占める比率は，いずれの 2 色間でも有意差はなかった（ χ^2 独立性の検定， $P_s > 0.05$ ）。

B. 夜間の実験

捕獲された個体の全長は、黒では 24.4~87.2 mm (平均±標準偏差: 49.1±15.2 mm), 白では 8.0~94.9 mm (平均±標準偏差: 46.3±14.6 mm), 透明では 14.4~92.3 mm (平均±標準偏差: 43.6±13.1 mm) であった (Fig. 4G-I). 捕獲された個体の全長は、3 色間で有意差はみられなかった (Kruskal-Wallis の検定, $P_s > 0.05$). また、夜間の実験でも、トラップの回収時に頭胸甲部が入口に挟まり動けなくなっている個体が、全実験期間を通して計 12 個体確認され、その平均値は全長 83.5 mm であった。

夜間の実験においてラクウショウ池で捕獲されたアメリカザリガニの体サイズ組成は、オニバス池とは異なり全長 40 mm 付近の個体が多く、その傾向は白で顕著であった (Fig. 4G-I). 実験 1 および日中の実験のデータ解析と同様、夜間の実験で捕獲された個体のうち全長 40 mm 以上の個体が全捕獲個体数に占める割合を算出したところ、黒で 67.2%, 白で 69.3%, 透明で 63.9% であり、3 色の全個体では 66.9% であった。全長 40 mm 未満と 40 mm 以上の個体が占める比率は、どの 2 色間でも有意差がみられなかった (χ^2 独立性の検定, $P_s > 0.05$).

C. 日中と夜間の比較

全実験期間中に捕獲されたアメリカザリガニの全長は、黒と白では日中と夜間の間で有意差はみられなかった (Mann-Whitney の U 検定, $P_s > 0.05$) が、透明では夜間の方が日中より有意に大きかった (Mann-Whitney の U 検定, $P < 0.05$).

(4) アメリカザリガニと混獲された生物

実験 2 では、アメリカザリガニとともにカエル類の幼生が多数混獲された。これらについて種同定を行った結果、全てウシガエルの幼生であった。ウシガエルの幼生は、全実験期間を通して、日中では黒で 2 個体、白で 24 個体、透明で 228 個体、夜間では黒で 8 個体、白で 30 個体、透明で 112 個体が混獲された。また、1 回の実験で 1 つのペットボトル製トラップに入った最大混獲個体数は、透明での 82 個体であった。日中・夜間ともに、3 色のペットボトル製トラップで混獲されたウシガエル幼生の個体数は、3 色間で有意に異なり (χ^2 適合度検定, $P_s < 0.001$), 透明で最も多かった。

日中の実験では、白および透明のペットボトル製トラップで捕獲されたアメリカザリガニとウシガエルの個体数の間には、有意な負の相関関係が認められ (Spearman の順位相関係数, 白: $\rho = -0.47$, 透明: $\rho = -0.46$, $P_s < 0.05$), 白・透明ともにウシガエル幼生の捕獲個体数が増加するとアメリカザリガニの捕獲個体数が減少する傾向があった。一方で、黒については、アメリカザリガニとウシガエル幼生の個体数の間に有意な相関関係は認められなかった (Spearman の順位相関係数, $\rho = 0.11$, $P > 0.05$).

夜間の実験では、透明のペットボトル製トラップにおいて、ウシガエル幼生の混獲個体数が増加するとアメリカザリガニの捕獲個体数も増加する傾向があり、両者の捕獲個体数の間には有意な正の相関関係が認められた (Spearman の順位相関係数, $\rho = 0.35$, $P < 0.05$). しかしながら、黒と白では両者の間に有意な相関関係は認められなかった (Spearman の順位相関係数, 黒: $\rho = 0.08$, 白: $\rho = -0.002$, $P_s > 0.05$).

また、全実験期間を通して 3 色のペットボトル製トラップで捕獲されたウシガエル幼生について、3 色における合計捕獲個体数の傾向には、昼夜間で有意差がみられた (二試料 χ^2 検定, $P < 0.001$). さらに、各色のペットボトル製トラップで混獲されたウシガエル幼生の合計個体数について、昼夜間で比較した結果、透明では夜間より日中の方が有意に多かった (χ^2 適合度検定, $P < 0.001$) が、黒と白では有意な昼夜間差は認められなかった (χ^2 適合度検定, $P_s > 0.05$).

考 察

アメリカザリガニの駆除に用いるペットボトル製トラップ

実験 1 では、全実験期間を通して多くのアメリカザリガニが捕獲されたことから、ペットボトル製トラップはアメリカザリガニの捕獲駆除において有効と結論できる。また、実験 2 では、日中よりも夜間の方がアメリカザリガニの捕獲個体数が有意に多かった (Fig. 5). ただし本研究の実験では、植物園の開園時間の都合上、日中と夜間の実験でトラップの設置時間を統一することができなかった。一般にザリガニ類が夜行性であること (中田 2010) をふまえると、日中にトラップを設置してもアメリカザリガニを捕獲できるとの結果は予測していなかった新たな知見であり、本種の駆除の現場において有用になると思われる。ただしアメリカザリガニ駆除の現場では、現実的には、設置時間を長時間確保でき、かつ、夜行性の本種が活発に行動する夜間に一晩づけでトラップを設置することが有効と考える。

3 色のペットボトル製トラップによるアメリカザリガニの捕獲個体数は、実験 1 では、黒に比べて白と透明で有意に多かった (Fig. 3). 一方で実験 2 では、夜間の実験において白の方が黒よりも捕獲個体数が有意に多かったが、夜間の実験での白と透明および黒と透明の間、日中の実験での 3 色間では有意差は確認されなかった (Fig. 5). このように、実験 2 では、日中・夜間ともに 3 色のペットボトル製トラップ間の捕獲個体数の違いが実験 1 ほど顕著に見られなかった。この原因は、実験 1 と 2 の調査時期の違いが影響したことで、オニバス池 (実験 1) とラクウショウ池 (実験 2) のアメリカザリガニ個体群の体サイズ組成が異なっていたためと考えられる。オニバス池で捕獲されたアメリカザリガニの体サイズは、全長 40 mm 付近で二分し

ており、全長 28 mm 付近と全長 52 mm 付近の個体が多く捕獲された (Fig. 4A-C)。一方、ラクウショウ池で捕獲されたアメリカザリガニの体サイズは、全長 40 mm 付近が多かった (Fig. 4D-I)。オニバス池で行った実験 1 では、黒の捕獲個体の体サイズ組成と白および透明の捕獲個体の体サイズ組成が異なっており、白と透明では全長 20~35 mm 程度の小型個体が多かったのに対して、黒では少なかった。この結果から、全長 20~35 mm 程度の個体は、黒に比べて白および透明でより多く捕獲できると考えられる。一方で、ラクウショウ池ではオニバス池と異なり、全長 20~35 mm 程度の小型個体が少なかったため、実験 2 では、3 色のペットボトル製トラップ間で捕獲個体の体サイズ組成に違いは見られなかったと思われる。この結果から、全長 40 mm 付近の個体は 3 色のペットボトル製トラップで色に関わらず捕獲できると考えられる。調査時期が異なっていたことが影響し、オニバス池では白と透明でより多数捕獲できる全長 20~35 mm 程度の個体が占める割合が高かったのに対して、ラクウショウ池では 3 色間で捕獲個体数に差が生じなかった全長 40 mm 程度の個体が占める割合が高かった。すなわち、両池におけるアメリカザリガニ個体群の体サイズ組成の違いが、実験 1, 2 の異なる結果に反映したと考えられる。

このことをふまえると、全長 20~35 mm 程度の小型個体を捕獲対象とする場合には、白と透明のペットボトル製トラップが適していると言えるだろう。一方で、全長 40 mm 付近の個体を捕獲対象とする場合には、本研究の結果だけではアメリカザリガニの捕獲において有効なトラップの色を特定することはできない。ザリガニ類の一種であるラスティーザリガニの隠れ家に対する選好性においては、透明よりも暗い隠れ家の方が選好されることが示されている (Alberstadt et al. 1995)。また、アメリカザリガニと同じ甲殻類であるテナガエビ類の 1 種 *Macrobrachium nobilii* では、白や透明の隠れ家よりも黒い隠れ家を好むことが報告されている (Mariappan & Balasundaram 2002)。したがって、他のザリガニ類やテナガエビ類で報告された結果と本研究の結果は一致していない。本研究の実験結果で、全長 20~35 mm 程度の個体は白および透明で有意に多く捕獲でき、全長 40 mm 以上ではそのような傾向が見られなかったことから、アメリカザリガニについては成長段階によって有効なペットボトル製トラップの色が変化する可能性が示唆される。

黒のトラップでは、実験 1 では白および透明よりも、実験 2 の日中では透明よりも、有意に大きな個体が捕獲された。これらのケースでは、個体間の干渉により、大型個体が小型個体による黒のトラップへの進入を妨げた可能性がある。黒のトラップ内での大型・小型個体間の干渉の影響については、例えば、大型個体が黒のトラップ内に進入できないような目合のメッシュでトラップを覆うなどの細工を黒トラップに施す実験を行うことで、評価できるだろ

う。

実験 2 の日中の実験での白および透明のトラップでは、水深と各トラップでの捕獲個体数との間には有意な正の相関関係が認められた。この結果は、日中のように明るい条件下では、上部からの日光を通しやすい白と透明では、浅い場所に比べて深い場所の方がトラップ内部の透明度が暗くなり、暗い場所を好むアメリカザリガニがよく入ったと思われる。したがって、アメリカザリガニの捕獲を目的として、白および透明のペットボトル製トラップを日中に設置する場合には、水深の深い場所に仕掛けることが有効と考えられる。

全実験期間を通して、ペットボトル製トラップ内に入っていたアメリカザリガニの体サイズの範囲は、実験 1 では全長 9.7~75.7 mm、実験 2 の日中は全長 12.9~75.6 mm、夜間は全長 8.0~76.0 mm であった。また、実験 1, 2 において、ペットボトル製トラップの入口に対して体サイズが大き過ぎたため、頭胸甲部が入口に挟まり動けなくなっている個体が合計 25 個体確認された。これらの個体の全長は 69.0~94.9 mm であり、そのうち 19 個体が全長 80.0 mm 以上であった。以上から、本研究で使ったペットボトル製トラップで捕獲可能なアメリカザリガニの体サイズには、限界があることが明らかとなった。上述したペットボトル製トラップ内に入っていたアメリカザリガニの全長の最大値から、全長約 76 mm がペットボトル製トラップ内に入る体サイズの限界であり、少なくとも全長 80 mm 以上になる個体はトラップ内に入ることができないと示唆された。上述の結果からは、本研究のペットボトル製トラップで確実に捕獲できると考えられるアメリカザリガニの体サイズは、全長 69 mm 未満の個体と結論できる。

本研究で使ったトラップの入口は、特に細工は施さなかったため、ペットボトルの入口の大きさ (直径 2.5 cm) をそのまま採用したが、入口の大きさを変えることで、捕獲できるアメリカザリガニの体サイズも変化すると思われる。既往の研究例では、アメリカザリガニと同じ淡水甲殻類であるモクズガニ (*Eriocheir japonica*) の稚ガニを捕獲するトラップにおいて、入口の高さや横幅を変えると、トラップ内に入る稚ガニの個体数が異なることが報告されている (浜野ら 2004)。アメリカザリガニを捕獲対象としたペットボトル製トラップでも、例えばペットボトルの入口を切断加工して、入口の大きさを広げることで、本実験ではトラップに入らなかった全長 80 mm 以上の大型個体の捕獲も期待できるだろう。

混獲された他の生物がアメリカザリガニの捕獲個体数に及ぼす影響

実験 1 では、ペットボトル製トラップでカエル類の幼生とヒメタニシがアメリカザリガニとともに混獲されたが、それらの個体数は少なかった。また、カエル類幼生および

ヒメタニシの個体数とアメリカザリガニの捕獲個体数との間には、いずれも有意な相関関係がみられなかった。このため、実験1においては、カエル類幼生やヒメタニシの混獲があった場合であっても、アメリカザリガニの捕獲個体数への影響はなかったと考えられる。

一方、実験2では、日中・夜間ともに、多くのウシガエルの幼生が混獲された。特に透明のペットボトル製トラップでは、夜間に比べ日中で有意に多くのウシガエル幼生が混獲された。実験2の日中の実験では、白と透明のペットボトル製トラップを使用した場合、混獲されるウシガエルの幼生が増加すると、アメリカザリガニの捕獲個体数が減少した。この因果関係については、本研究の実験結果のみでは詳細は不明であり、今後の研究で明らかにする必要がある。一方、夜間の実験では、ウシガエル幼生の捕獲個体数が増加しても、アメリカザリガニの捕獲個体数も増加した。詳細については検証が必要であるが、アメリカザリガニの行動が活発になる夜間においては、ウシガエル幼生が混獲されても、アメリカザリガニの捕獲には大きな影響がない可能性もある。

他の生物の混獲については、本実験のように、特定外来生物に指定されているウシガエルの幼生が捕獲された場合は、アメリカザリガニとともに駆除することが可能である。一方で、アメリカザリガニの駆除活動を行う際には、混獲による在来生物への影響が懸念されており（芦澤・藤本 2012）、希少な在来種がトラップ内に多数入った場合、アメリカザリガニと仕分けを行い、元の水域に返す必要がある。したがって、混獲される生物が在来生物や希少種である場合は、効率的なアメリカザリガニの駆除を行う上で支障になると考えられる。

トラップの色は、アメリカザリガニだけでなく、他の生物種の採捕数にも影響する可能性がある。例えば、著者らは本研究の実験終了後に、魚類が多く生息している農業水路に、本実験で使用した3色のペットボトル製トラップを1セットのみ設置する予備的な実験を行った。その結果、黒や白に比べ、透明でカネヒラ（*Acheilognathus rhombeus*）やアブラボテ（*Tanakia limbata*）を中心とする魚類の捕獲個体数が多かった。本格的な駆除を行う前に、予備的にトラップを設置して、同所的に生息している生物種が捕獲されにくい色を把握することにより、混獲が少なくアメリカザリガニの駆除を効率的に行えるトラップを選択できるだろう。

ペットボトル製トラップと他の漁具の比較

これまでに、アメリカザリガニの駆除の現場では、人工巣穴や籠等が用いられてきた（苅部・西原 2011）が、本種の捕獲駆除で使用する漁具にはそれぞれメリット・デメリットがある。本論文では、アメリカザリガニの捕獲駆除に用いる人工巣穴および籠とペットボトル製トラップのメリット・デメリットについて比較する。

著者らは、本研究の実験を実施した岡山市半田山植物園内の池で、人工巣穴と籠を用いたアメリカザリガニの捕獲実験を行った（白石ら 2015; 牛見ら 2015b）。牛見ら（2015b）の実験は、本研究の実験1と同じ実験場所であるオニバス池と、岡山市半田山植物園にある湿生園で実施した。この実験で用いた人工巣穴は、内径と長さの異なる5つの塩ビ管を束ねたものを人工巣穴の1セットとしており、幅広い体サイズのアメリカザリガニにとって好適となるサイズの人工巣穴（牛見ら 2015a）が用いられた。人工巣穴を用いたアメリカザリガニの捕獲では、餌を使用しなくてもよいことに加えて、水深6 cm程度の浅い水域でも使用可能といったメリットがある。しかしこの実験では、人工巣穴1セットにつき最大3個体の捕獲個体数に留まっている（牛見ら 2015b）。

白石ら（2015）の籠を用いたアメリカザリガニの捕獲実験は、本研究の実験1の実験場所と同じオニバス池で行われたものである。この実験では、アナゴ籠、カニ籠、エビ籠をオニバス池に同時に仕掛けて捕獲個体数を比較した。その結果から、アメリカザリガニの捕獲個体数が最大となり、さらに最も幅広い体サイズの個体が捕獲されたエビ籠がアメリカザリガニの捕獲に有効であると結論づけている（白石ら 2015）。この実験のエビ籠では、全長22.6～99.3 mm（平均±標準偏差：57.1±19.8 mm）の個体が捕獲され、1回の実験につき、1籠で最大45個体が捕獲された。したがって、エビ籠では幅広い体サイズの個体を多数捕獲できるが、エビ籠を使用する際には餌が必要となる。また、エビ籠の高さは約22 cmあることから、少なくとも25 cm程度以上の水深の場所で使用することが推奨されている（白石ら 2015）。

本研究では、全実験期間を通して水深がオニバス池では29～54 cm、ラクウショウ池では12～76 cmの範囲で推移した。このため、本研究で使用したペットボトル製トラップは、少なくとも水深約12 cm以上の水深があれば、アメリカザリガニの捕獲は可能であるといえる。一方で、ペットボトル製トラップを使用する場合には、餌が必要となる。また、本研究の実験では、ペットボトル製トラップ1本あたり最大18個体のアメリカザリガニが捕獲された。

以上のことをふまえると、上記3種類の漁具のうち、例えば水質への影響等の観点から餌を用いることが困難な水域でも使用できる漁具は人工巣穴のみである。しかしながら、人工巣穴の場合、1回の使用で捕獲されるアメリカザリガニの個体数はエビ籠やペットボトル製トラップに比べると劣っている。また、エビ籠はペットボトル製トラップよりも捕獲個体数が多く、より効率的なアメリカザリガニの捕獲が期待できる。一方で、エビ籠は水深25 cm程度の水深が必要であり、水深25 cm未満の水域での使用は難しい。このため、水深25 cm未満の水域ではペットボトル製トラップと人工巣穴を併用して捕獲効率の向上を図ると良いだろう。

ペットボトル製トラップは、エビ籠と似た構造のカエシを持ち、餌を用いてアメリカザリガニを誘引し、捕獲する漁具である。このように両者は、使用方法や構造に共通する部分がある。また、漁具1回の使用におけるアメリカザリガニの捕獲個体数を比較すると、エビ籠の方が多く捕獲効率が良いが、ペットボトル製トラップには次に挙げるようなエビ籠にはないメリットもある。ペットボトル製トラップは、誰でも容易に入手可能な材料で、簡単に製作することができるため、アメリカザリガニの駆除の現場に普及しやすいと考えられる。また、エビ籠とペットボトル製トラップのコストについて比較すると、透明のペットボトル製トラップは本来ならばゴミとなる空のペットボトルを使用するため、コストはかからない。一方、白と黒のペットボトル製トラップは、ラッカースプレーやプラスチック用プライマーの購入価格（本研究では岡山市内のホームセンターで購入）と製作したペットボトル製トラップの本数から計算すると、1個当たりの製作コストは321円であった。エビ籠の価格はメーカーによって様々であるが、一般に1個500円程度であり、ペットボトル製トラップのコストと比べると割高となる。さらに、エビ籠は1個当たりの重量が390g程度であるのに対し、ペットボトル製トラップは70gと軽いため、1度に大量に製作して現場に運ぶことも可能である。

また、ペットボトルは全国で共通の規格サイズのものを入手できるため、再現性が高く、全国どこでも同一規格のペットボトル製トラップを製作して使用することが可能である。ペットボトル製トラップを全国各地で製作できることは、本トラップを各地に普及させてアメリカザリガニの駆除を進める上での大きなメリットの1つと言えるだろう。以上のように、エビ籠は効率的なアメリカザリガニの駆除、ペットボトル製トラップは簡便なアメリカザリガニの駆除が期待でき、両漁具ともにアメリカザリガニの駆除の現場で普及することが期待できる。なお、ペットボトル製トラップを野外で使用する場合は、都道府県によっては人工巣穴やエビ籠と同様に特別採捕許可等の使用許可が必要となるので、注意が必要である。

本研究で提案するペットボトル製トラップを用いたアメリカザリガニの駆除方法と今後の課題

本研究では、実験1, 2の結果に基づき、アメリカザリガニの駆除を行うには白または透明のペットボトル製トラップを使用するのが良いと結論づけた。一方で、本研究の実験結果からは、大型個体を捕獲対象とする場合には、黒のペットボトル製トラップが有効となる可能性も示唆された。使用するペットボトル製トラップの色は、現場の環境や予算等に合わせて変える必要がある。現実的には、コストや製作の手間を考慮すると、透明のペットボトルをそのまま用いるのが効率的で良いだろう。

ペットボトル製トラップの色や構造についての今後の課

題としては、ペットボトル製トラップの色によって捕獲されたアメリカザリガニの体サイズに違いが見られたことから、捕獲対象とするアメリカザリガニの体サイズと有効なトラップの色との関係について検証する必要がある。また、ペットボトルの入口を加工せずにトラップとして用いた場合、トラップの入口が小さく、大型の個体はトラップ内に入ることができないため、捕獲できる個体の体サイズは限定される。このため、ペットボトル製トラップの入口を加工して大きくした場合のアメリカザリガニの捕獲個体数や体サイズについても、今後の研究で検討する必要がある。

本研究の実験は、主にカエル類の幼生とヒメタニシがアメリカザリガニと同所的に生息する閉鎖的な水域で行った。今後の研究では、魚類を含む多様な生物が生息する水域や、流れがある河川や農業水路といった水域でも、本研究で提案したペットボトル製トラップのアメリカザリガニに対する駆除効果について検証する必要があるだろう。

謝辞：本研究を行うにあたり、様々なご協力をいただいた岡山市半田山植物園の職員の皆様にお礼申し上げる。また、甲殻類の捕獲トラップに関する多くの文献をご提供いただいた鹿児島大学水産学部の Miguel Vazquez Archdale 教授、本論文の草稿にコメントをいただいた徳島大学大学院生物資源産業学研究所水圏教育研究センターの齋藤 稔博士、野外実験の実施にあたりご協力いただいた岡山大学環境理工学部環境管理工学科水生動物学研究室の学生諸氏に深謝する。本稿の改訂にあたり、有益なご助言をいただいた2名の匿名の査読者に深くお礼申し上げる。

引用文献

- Alberstadt, P. J., W. C. Steele and C. Skinner 1995. Cover-seeking behavior in juvenile and adult crayfish, *Orconectes rusticus*: effects of darkness and thigmotactic cues. *Journal of Crustacean Biology*, 15: 537-541.
- 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.
- Barbaresi, S. and F. Gherardi 2000. The invasion of the alien crayfish *Procambarus clarkii* in Europe, with particular reference to Italy. *Biological Invasions*, 2: 259-264.
- Gutierrez-Yurrita, P. J., M. J. Martinez, A. M. Bravo-Utrera, C. Montes, M. Ilheu and M. J. Bernardo 1999. The status of crayfish populations in Spain and Portugal. *Crayfish in Europe as Alien Species*, Gherardi, F. and M. D. Holdich (eds.), A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 161-192.
- 浜野龍夫・猪俣洋文・松倉一樹・荒木 昌・永松公明・濱口正人・青木邦匡 2004. モクズガニの遡上稚ガニを採集するための漁具とその設置時期. 水産大学校研究報告, 52: 93-112.
- 鹿野雄一・山下奉海 2016. ペットボトルトラップによる水田面の水生生物調査法と実践. 水士の知, 84: 211-214.
- 苅部治紀・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, pp. 315-328.
- 川井唯史・一寸木肇・Japan Crayfish Club・中田和義・小林弥吉・荒井 健 2003. アメリカザリガニの移入と分布に関する考察.

- 青森自然誌研究, 8: 1-8.
- Mariappan, P. and C. Balasundaram 2002. Sheltering behavior of *Macrobrachium nobilii* (Henderson and Matthai, 1910). *Acta Ethologica*, 5: 89-94.
- 丸野内淳介・松井久実・清水則雄 2015. アメリカザリガニ移入後の生息地のアカハライモリの状態. 爬虫両棲類学会報, 2: 96-107.
- 村上興正・鷺谷いづみ 2002. 日本の侵略的外来種ワースト 100. 日本生態学会 (編), 村上興正・鷺谷いづみ (監修), 外来種ハンドブック, 地球書館, 東京, pp. 362-365.
- 中西康介・田和康太・蒲原 漠・野間直彦・沢田裕一 2009. 栽培管理方法の異なる水田間における大型水生動物群集の比較. 日本環境動物昆虫学会誌, 20: 103-114.
- 中田和義 2010. 生理・生態—基礎生態・繁殖・生理. 川井唯史・高畑雅一 (編), ザリガニの生物学, 北海道大学出版会, 札幌, pp. 343-396.
- 中田和義 2015. 都市の水環境に定着した外来ザリガニが在来生態系に及ぼす影響. 用水と廃水, 57: 49-54.
- 中田和義・松原 創 2011. ザリガニ類の生態と保全. 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, pp. 176-199.
- 嶋津信彦 2015. 沖縄島安波川水系ヒジナン沢におけるアメリカザリガニの単位努力量あたりの採集個体数と体長組成の経月変化. 沖縄生物学会誌, 53: 55-59.
- 白石理佳・牛見悠奈・中田和義 2015. 外来種アメリカザリガニの駆除に用いる簗と使用餌. 応用生態工学, 18: 115-125.
- Spanier, E. and K. R. Zimmer-Faust 1988. Some physical properties of shelter that influence den preference in spiny lobsters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 121: 137-149.
- 牛見悠奈・宮武優太・筒井直昭・坂本竜哉・中田和義 2015a. 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, 18: 79-86.
- 牛見悠奈・白石理佳・中田和義 2015b. 好適なサイズの人工巣穴を用いた外来種アメリカザリガニの駆除効果. 応用生態工学, 18: 139-145.
- 渡部恵司・森 淳・小出水規行・竹村武士・2016. 水田においてペットボトルトラップと金網トラップで採捕したドジョウ個体数の比較. 農業農村工学会論文集, 84: IV_7-IV_8.