

原著論文 ORIGINAL PAPER

アメリカザリガニ *Procambarus clarkii* の防除に有効な漁具の検討

藤本 泰文^{1)*}・星 美幸²⁾・神宮字 寛²⁾

1) 宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団 〒989-5504 宮城県栗原市若柳字上畑岡敷味 17-2

2) 宮城大学食産業学部 〒982-0215 宮城県仙台市太白区旗立 2-2-1

Yasufumi FUJIMOTO^{1)*}, Miyuki HOSHI²⁾, Hiroshi JINGUJI²⁾: Examination of an effective trap to control North American invasive freshwater crayfish (*Procambarus clarkii*) in Japan. *Ecol. Civil Eng.* 20(1), 1-10, 2017

1) The Miyagi Prefectural Izunuma-Uchinuma Environmental Foundation, 17-2 Shikimi, Wakayanagi, Kurihara, Miyagi Pref. 989-5504, Japan

2) Laboratory of Ecological Engineering, Miyagi University School of Food, Agricultural and Environmental Sciences Department of Environmental Sciences, 2-2-1 Hatatate, Taihaku-ku, Sendai, Miyagi Pref. 982-0215 Japan



Abstract: Japanese conservationists are trying to control the population of North American invasive freshwater crayfish or red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, which negatively impacts the native water ecosystem in the Japanese Archipelago, by removing them. To compare the efficiency of catching, four types of traps with different shapes (A, Semi-sphere type; B, Cube type or crab trap; C, Net type or shrimp trap; D, Plastic-bottle) were arranged in ponds adjacent Lake Izunuma-Uchinuma, Miyagi Prefecture, Japan. The semi-sphere type trap (A) showed the highest catching ability. Additionally, to develop more suitable methods for the management of the traps, freshness of bait used for the trap and the frequency of the removal of an entered crayfish in the trap were compared. The freshness of bait in the collecting gear and occurrence of crayfish individuals in cage traps affect to newly entrance of *P. clarkii*. It is suggested that an effective method for the collection of alien *P. clarkii* is the use of the semi-sphere type trap and daily maintenance of the cage trap, which involves changing the old bait and removing the trapped individuals.

Key words: control, eradication, invasive species, Lake Izunuma-Uchinuma, wildlife management

はじめに

アメリカザリガニ *Procambarus clarkii* はエビ (十脚) 目アメリカザリガニ科に属する淡水性甲殻類である。本種は北アメリカ南東部原産で (Hobbs et al. 1989), 日本には 1927 年にウシガエル *Lithobates catesbeianus* の餌として導入された (三宅 1977)。本種は食材, ペット, 生餌や教材などとして利用された個体が野生化して, 現在では本州から沖縄本島までの各地と, 北海道の一部に定着している (川井 2007)。本種を含むアメリカザリガニ科

甲殻類の移入は, さまざまな水生動物を捕食し, 水草を切断して水生植物群落を消失させるなど, 陸水生態系に大きな影響を及ぼしてきた (Harper et al. 2002; Mazezono & Miyashita 2004; Anastacio et al. 2005; Geiger et al. 2005; Gherardi & Acquistapace 2007)。このような生態系への影響の大きさから, 環境省は 2005 年に制定した外来生物法で, アメリカザリガニを要注意生物種に指定した。その後 2015 年には, 積極的に防除を行う必要がある種として, 本種は緊急対策外来種に指定された。近年, 千葉県の希少なゲンゴロウ類の生息地やベッコウトンボ *Libellula angelina* が生息する桶ヶ沼など生態系を保全している地域では, 本種に対する防除活動が行われて

2016 年 10 月 6 日受付, 2017 年 2 月 18 日受理

*e-mail: ffjmo@hotmail.com

いる (荏部・西原 2011).

アメリカザリガニを効果的に防除するため, さまざまな防除技術の研究が行なわれてきた (Morolli et al. 2006; 石田ほか 2008; Aquiloni et al. 2010; 荏部・西原 2011; 芦澤・藤本 2012; 白石ほか 2015; 牛見ほか 2015 a, b). しかし, 一度定着した本種の根絶は難しく, 効果的な防除技術の確立が求められている (西川ほか 2009; Gherardi et al. 2011; 荏部・西原 2011). さまざまな防除技術の中でも, カニかごやアナゴかごなどの漁具は, 導入コストの低さや作業効率などから, 各地の防除活動に使用されてきた (荏部・西原 2011; 芦澤・藤本 2012). これらの漁具による防除効果を高めるには, 例えば, 餌, 漁具や設置期間といった捕獲効率に影響する要素についての検証が不可欠であり, これまでの研究では, 餌や漁具の違いが捕獲効率に及ぼす影響が検証されてきた (石田ほか 2008; 白石ほか 2015). しかし, 荏部・西原 (2011) は, 本種の捕獲には一度入った個体が脱出不可能な入り口の構造を持つ漁具が有効であるとしているが, 白石ほか (2015) では脱出可能な構造を持つ漁具の 1 種を推奨しており, 情報を整理する必要がある. また, 漁具の設置期間に関する研究も行われていない. したがって, 本種の防除技術にはまだ検証すべき課題が残されており, さまざまな試験研究が必要である.

そこで本研究では, アメリカザリガニの防除技術の発展のため, 漁具の構造と設置期間に関する試験研究を行った. 前者に関する試験として, 脱出不可能な入り口の構造を持つ漁具を含む, 入り口の構造が異なる 4 種の漁具について捕獲効率を検証した. また, 後者に関する試験として, 漁具を 1 週間設置し続け, かご内の捕獲数の変化を毎日調査した. 後者の試験では, 設置期間を 1 日以上に延ばしても捕獲数が増加しなかったことから, 捕獲数が増えなかった要因についても検証した. これらの試験結果を元に, 効果的な防除技術の開発に資する知見を提供することを本論文の目的とした.

方 法

調査池

宮城県北部にある伊豆沼・内沼 (N38° 43' 15", E 141° 05' 52") に隣接する 3 つの池を調査池とした (Fig. 1. 以下, 池 1, 池 2, 池 3 と記す). 伊豆沼・内沼は標高 6 m の平野部に位置する天然湖沼で, 周辺は水田地帯となっている. 調査池は, 伊豆沼の湖岸の水田跡地を人工的に掘削して造成された池である (Fig. 1c).

20 か所の池のうち, 試験の前に予備調査を行い, アメリカザリガニの生息密度が高く, 水底や湖岸が単調な構造であった 3 つの池を調査池として選定した. 単調な構造の池を選択した理由は, 捕獲試験の際に, 漁具の設置場所の違いが試験結果に及ぼす影響を可能な限り軽減させるためである. 池 1 ~ 3 の面積は, それぞれ 1389 m², 518 m² と 658 m² であった. また, 平均水深はそれぞれ, 58 cm, 62 cm, と 53 cm で, 池全体がほぼ同じ水深の皿状の池であった. 池の底質はシルトで, 水底のほぼ全域を覆っていた. 池の岸は土で覆われており, 水生や抽水性の植物の生育はほとんどなく単調な湖岸構造であった. 池には, アメリカザリガニの他, モツゴ *Pseudorasbora parva*, タイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus*, ヨシノボリ類 *Rhinogobius* sp. や, オオタニシ *Cipangopuludina japonica* が生息していた.

漁具と餌

実験には 4 種の漁具 (ドーム型かご・平型かご・網かご・セル瓶) を用いた (Fig. 2). ドーム型かご (Fig. 2a, Semi-sphere type) は, 海域等でカニ類を捕獲する際に使用される漁具である. 大きさは幅 740 mm × 奥行き 570 mm × 高さ 380 mm で, 目合い (半目) 10 mm の網で覆われており, 側面 2 箇所に入り口がある. 入り口に張られた網は奥に向かって徐々に狭まり, 最奥で網が窄まりながら垂れ下がっている. 生き物が内部に入る時には, 垂れ下がった網の間を押し上げながら, くぐり抜けなくてはならない. くぐり抜けた後は, 再び網が自重で垂れ下がって入り口は閉じ, 脱出を防止する構造となっている. したがって, 特に遊泳魚類は入り難く, また, 入り込んだ生き物にとって脱出し難い構造の入り口となっている.

平型かご (Fig. 2b, Cube type) は, 海域等でカニ類を漁獲する際に使用される漁具である. 大きさは幅 630 mm × 奥行き 380 mm × 高さ 200 mm で, 目合い (半目) 12 mm の網で覆われており, 側面 2 箇所に入り口がある. 入り口に張られた網は奥に向かって徐々に狭くなっている. 生物が入るには上下の網の間にある数 mm の隙間を押し広げて進入する必要がある. また, 脱出する際にも網を押し広げる必要があるため, 入り難く脱出し難い構造となっている.

網かご (Fig. 2c, Net type) は, 「もんどり」と呼ばれる水路や池でエビ類や小型魚を捕獲する際に用いられる漁具である. 大きさは幅 380 mm × 奥行き 250 mm × 高さ 250 mm で, 目合い (半目) 2 mm の網で覆われている. 側面には直径 60 mm の円形の入り口が 2 箇所あり,

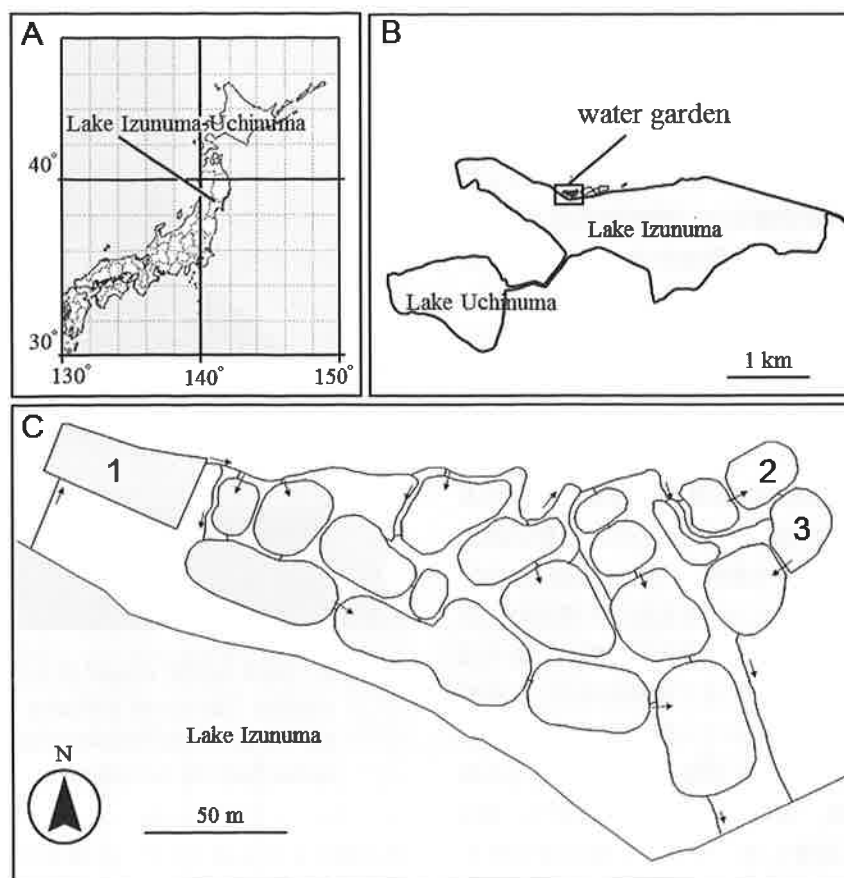


Fig. 1. Locations of the study site. Panels A and B show the location of Lake Izunuma and a neighborhood water garden, respectively. Numbers in panel C indicate study ponds. The lines and arrows in the shaded area indicate ditches and the direction of water flow.

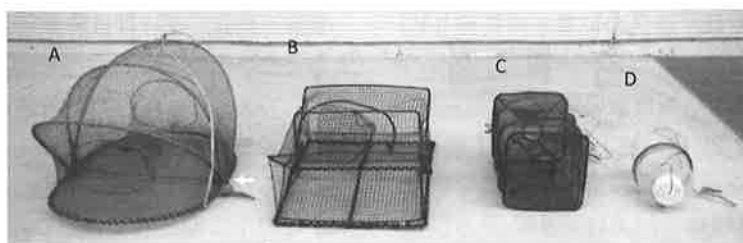


Fig. 2. Four types of traps. A: Semi-sphere type, B: Cube type (or crab trap), C: Net type (or shrimp trap), D: Plastic-bottle.

甲殻類や魚類が障害なく進入できる構造になっている。また、捕獲した生物の脱出を妨げるため、入り口がかごの内側に数 cm 突き出る構造になっている。

セル瓶 (Fig. 2d, Plastic-bottle) は、「ビンドウ」とも呼ばれる、水路や池で小型魚類を捕獲する際に用いられる漁具である。セル瓶は透明アクリル樹脂製で、奥行き 270 mm、直径 175 mm の円筒形である。側面 1 箇所に

直径 40 mm の入り口があり、甲殻類や魚類が障害なく進入できる構造になっている。また、この漁具も網かごと同様に、入り口がかごの内側に数 cm 突き出る構造になっている。

実験用の餌には、伊豆沼・内沼で行われているオオクチバス駆除活動で捕獲されたオオクチバス *Micropterus salmonides* の肉を用いた。オオクチバスの肉は、アメリ

カザリガニの駆除に関する先行研究でも十分な誘引効果を示したことから（芦澤・藤本 2012）、本研究における誘引餌として使用した。実験前に、頭部と内臓を取り除いて冷凍保存（ -18°C ）していたオオクチバスの肉を解凍して開きにし、餌1つあたりの重量が350~400 gの範囲になるよう、これを分割した。餌は袋等には入れず、そのままの状態それぞれの漁具の中央に入れ、餌の位置を動かさないように漁具を設置した。

実験1：漁具の種類による捕獲効率比較実験

4種類の漁具のアメリカザリガニ捕獲効率を比較する目的で、2008年8月11日~13日に実験を行なった。調査池1の中層に水温ロガー（Thermochron, Maxim Integrated Products, California）を設置し、実験期間中の水温（ 0.5°C 単位）を3時間間隔で記録した。実験1の期間中の平均水温は、 25.5°C （最低 24.0°C ~最高 29.0°C ）であった。3箇所の調査池に、餌を入れた4種類の漁具を設置した。漁具を岸に沿って約5 m間隔、岸から2~3 m沖側の位置に設置した。全ての調査池で、4種類の漁具をドーム型かご-平型かご-網かご-セル瓶の順番で、時計回りに設置した。4種類の漁具は、池1のみ各種2個ずつ合計8個、他の池では各種1個ずつ、計4個をそれぞれの池に設置した。ザリガニ類は夜行性を示すなど行動に日周変化がみられることがあるため（Gherardi et al. 2000; Nakata et al. 2001）、24時間後の午前11:00に漁具を引き上げ、アメリカザリガニの捕獲数と頭胸甲長（眼窩後縁から頭胸甲正中線上の末端）を1 mm単位で記録した。この作業を2回行い、反復・確認した。2回目の作業では、漁具の位置を時計回りに1個分ずつ移動して実施した。

実験2：漁具の長期設置による捕獲数の変化

2008年8月14日~8月21日に漁具の長期（1週間）設置による捕獲試験を行なった。調査池1の中層で記録した実験期間中の平均水温は、 24.0°C （最低 20.5°C ~最高 27.0°C ）であった。捕獲器には実験1で捕獲数をもっとも多かった、ドーム型かごを使用した。調査池1にドーム型かごを設置し、毎日1回、11:00にかごを引き上げ、アメリカザリガニの個体数と餌の残重量（0.1 g単位）を計測した。かごに新たに入っていた個体（以下、新規加入個体と記す）について頭胸甲長を計測し、標識を付けた。標識として、4枚あるアメリカザリガニの尾肢から1枚を選び、尾肢の縁の一部を $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ 程度切除した（Fig. 3）。標識を付けたアメリカザリガニと餌をかごの中に戻し、かごを再度同じ場所に設置した。設置2日目以降の作業の際、かご内部の標識個体数が、



Fig. 3. Mark on the uropod of a captured red swamp crayfish. The arrow indicates a notch on the caudal margin of the uropoda that acts as an identification mark for recapture.

その前日より減少していた場合には、かごに残っていた全ての個体の頭胸甲長と標識をチェックし、どの体サイズの個体がかごから脱出したのか記録を基に確認した。この作業を設置後7日目まで実施した。また、実験1と同様に8個のドーム型かごを配置して試験した（ $n=8$ ）。

実験3：捕獲効率に及ぼす餌の鮮度と他個体の影響

実験2では、2日目以降の新規加入数が1日目よりも大きく減少したことから、その要因を検証するための実験を行った。2日目の実験条件では、腐ったり匂いが抜けたりするなど、餌の鮮度が1日目よりも低下していると考えられた。また、1日目に入ったアメリカザリガニがかごの中に滞在していることも、2日目以降の捕獲効率に影響する可能性が考えられた。そこで、餌の鮮度と他個体の有無が捕獲数に及ぼす影響を評価する目的で実験を行った。このため Case 1：新鮮な餌、Case 2：鮮度が低下した餌、Case 3：新鮮な餌とアメリカザリガニ、Case 4：鮮度が低下した餌とアメリカザリガニの4つの条件で捕獲効率を比較した。Case 1は実験2における1日目の実験条件を、Case 4は2日目の条件を再現することを目的とした。そこで、新鮮な餌として、実験1・2と同様に解凍したオオクチバスの肉を用いた。一方、鮮度が低下した餌としては、調査池と同じ水質・水温条件下に一日曝したオオクチバスの解凍肉を使用した。Case

3と4のかごには、予め標識を付けた15個体のアメリカザリガニを入れた。このアメリカザリガニの個体数は、実験2で得られた、ドーム型かごの1日目の平均捕獲数(15.4個体)を基に設定した。また、このアメリカザリガニは調査地2と3で捕獲された個体のうち、頭胸甲長35 mm前後の個体を無作為に選択して使用した。実験は2008年9月9日から13日に行った。調査池1の中層で記録した実験期間中の平均水温は、21.8℃(最低19.5℃～最高25.5℃)であった。調査池1に各条件2個ずつ合計8個のかごを実験1・2と同様の方法で設置した。24時間後の11:00にかごを引き上げ、アメリカザリガニの捕獲個体数を記録した。この作業を4回($n=8$)繰り返した。2回目以降の作業では、条件の位置を時計回りに1個分ずつずらして試験した。

データ分析

全ての実験について、漁具1個あたりの捕獲数を捕獲効率の指標として算出した。Kruskal-Wallis testにより

各群の捕獲効率を検定した。統計計算には、Statcel2(柳井2004)を用い、全ての有意水準は $P<0.05$ とした。

結 果

実験1：漁具の種類による捕獲効率比較実験

4種の漁具による捕獲数を比較した結果、ドーム型かごは、他の3種の漁具と比較して、アメリカザリガニの捕獲数が有意に高い値を示した(Fig. 4, $P<0.05$, Kruskal-Wallis test, followed by Stell-Dwass test). 捕獲数が最も少なかった平型かごでは、頭胸甲長20 mm未満の小型個体しか捕獲されなかった(Table 1). 一方、平型かご以外の3種のかごで捕獲されたアメリカザリガニの頭胸甲長の平均値には差が見られなかった($P>0.05$, Kruskal-Wallis test, followed by Stell-Dwass test). 使用した平型かごを確認したところ、入り口の網が強く張られており、押し広げるには、ある程度の力が必要で、ア

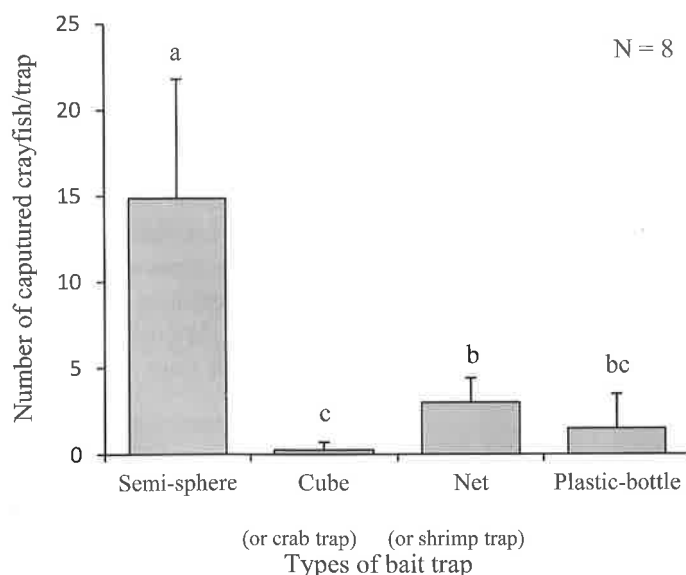


Fig. 4. Mean number of captured red swamp crayfish by four types of traps. Bars indicate standard deviation. The significant differences between the traps ($P<0.05$) are indicated by a, b, and c above the bars.

Table 1. Post orbital carapace length of the collected red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, using four types trap.

Types of trap	Semi-sphere	Cube	Net	Plastic-bottle
Carapace length (mean $\pm$ standard deviation)	31.3 $\pm$ 7.5	18.0 $\pm$ 2.7	37.4 $\pm$ 7.9	30.1 $\pm$ 7.9
min-max (mm)	18-47	16-20	17-45	29-60
Total catch	119	2	15	12

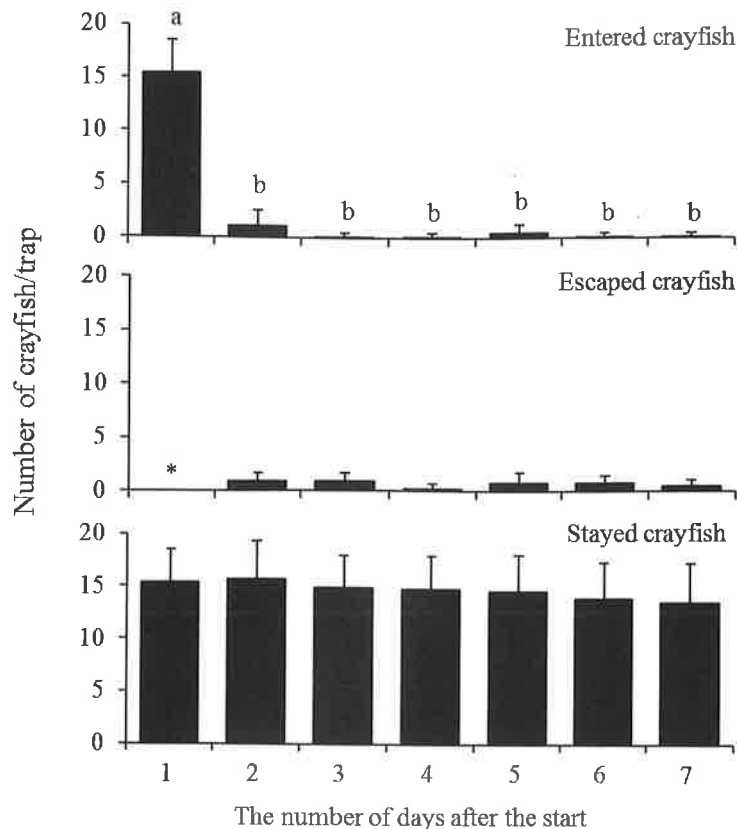


Fig. 5. Differences in the mean number of red swamp crayfish in the bait trap (semi-sphere). The upper and middle panels represent the mean number of crayfish that entered into and escaped from the trap every day, respectively, while the lower panel indicates the difference in the mean number of crayfish in the trap. The bars indicate standard deviation (N=8). Asterisks indicate no data. The significant differences between the traps ($P<0.05$) are indicated by a and b above the bars.

メリカザリガニが入り口から入るのは困難な構造であった。

実験 2：かごの長期設置による捕獲数の変化

1 日目のアメリカザリガニ捕獲数は、ドーム型かご 1 個あたり 15.4 個体であった (Fig. 5 上段)。しかし、2 日目以降の新規加入個体は、かご 1 個体あたり平均 0.4 個体/日に減少した。一方、脱出個体はかご 1 個あたり平均 0.6 個体/日であった (Fig. 5 中段)。結果として、漁具内のアメリカザリガニ個体数は 1 週間の調査期間中にわずかに減少し、かご 1 個あたり 13.5 個体となった (Fig. 5 下段)。実験 2 で捕獲したアメリカザリガニのうち、どの体サイズの個体が脱出したのかをヒストグラムにした結果、頭胸甲長 26 mm 未満の小型個体については、一度はかごで捕獲された 54 個体のうち 55.6% にあ

たる 30 個体が脱出していたが、頭胸甲長 26 mm 以上の大型個体では、同 87 個体中 1 個体 (1.1%) しか脱出していなかった (Fig. 6)。使用したドーム型かごの目合いは半目 10 mm で、頭胸甲長約 20 mm の個体ではこの隙間を通ることは困難であった。しかし、ドーム型かごの側面のフレームの接続部 (Fig. 2a: 矢印) は、その構造上、網目が空いてしまう場所があり、いくつかのかごで網の目合いよりもやや大きい直径 20 mm 近い大きさの隙間がその場所に生じていた。頭胸甲長 26 mm 未満の個体は入口やこの隙間から脱出したと考えられた。なお、脱出ではなくかごの中で捕食された可能性も考えられたが、この実験では、白石ほか (2015) で記載されたような捕食痕は見つからなかった。実験期間中の餌重量の変化を Fig. 7 に示す。餌は少しずつ減少し、設置 4 日目以

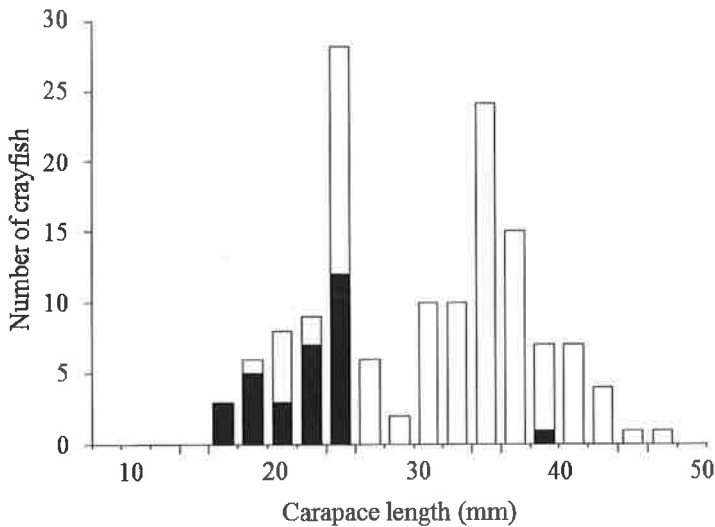


Fig. 6. Size frequency of red swamp crayfish captured using the semi-sphere type. White columns indicate the number of residual red swamp crayfish in the trap during the experimental period. Black columns indicate the number of escaped individuals from the trap during the experiment.

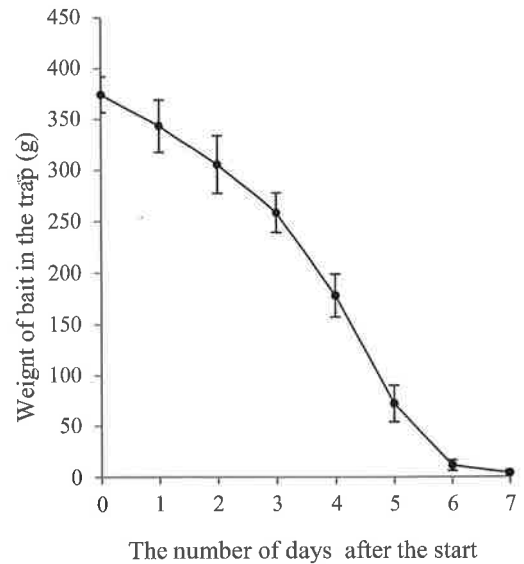


Fig. 7. Changes in the weight of the bait in the trap. The vertical bar indicates standard deviation. Eight traps were set up for the field experiment.

降は、腐って崩れ出し、6日目には骨と皮だけになっていた。

実験3：捕獲効率に及ぼす餌の鮮度と他個体の影響

実験2の1日目の条件と同じ、新鮮な餌を用い、かごの中にはアメリカザリガニを入れなかったCase 1では、他の実験条件よりも捕獲効率が有意に高かった (Fig. 8: $P < 0.05$, Kruskal-Wallis test, followed by Stoll-Dwass test). 鮮度が低下した餌を用いたCase 2や、アメリカザリガニが予め入れたCase 3でも捕獲効率は低下した。実験2の2日目と同様の条件である、鮮度が低下した餌を入れ、アメリカザリガニを予め入れていたCase 4は、Case 2やCase 3に対して有意な差ではなかったものの、捕獲効率は最も低い値を示した。

考 察

構造の異なる4種類の漁具のアメリカザリガニの捕獲数を比較した結果、ドーム型かごがもっとも高い捕獲効率を示した。一方、入り難い構造を持つ平型かごでは、アメリカザリガニがほとんど捕獲されなかった。平型かごで捕獲された2個体は頭胸甲長が約18 mmと小型で、平型かごの半目12 mmの網目を通り抜けることが可能な体サイズであったことから、平型かごの入り口から入ったアメリカザリガニはおそらく1個体もいなかったと

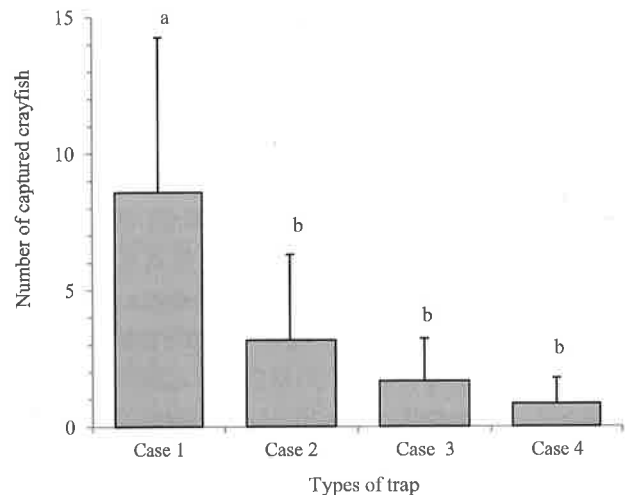


Fig. 8. Number of captured red swamp crayfish using the semi-sphere traps under different cases. Case 1: Bait is fresh meat and no crayfish are trapped. Case 2: Bait is old meat and no crayfish are trapped. Case 3: Bait is fresh meat and crayfish are trapped. Case 4: Bait is old meat and crayfish are trapped. The bars indicate standard deviation ($N=8$). The significant differences between the traps ($P < 0.05$) are indicated by a and b above the bars.

考えられた。先行研究（石田ほか 2008；白石ほか 2015）でも、この平型かごは捕獲効率がもっとも低かったため、入り口の入り易さは捕獲効率に大きく影響すると思われる。一方、漁具からの脱出の可否も、アメリカザリガニに対する捕獲率に影響することを本研究は示した。ドーム型かごは、中に入ったアメリカザリガニのうち、頭胸甲長 26 mm 未満の小型個体は一週間で約半数の個体が脱出したものの、大型個体はほとんど脱出していなかった。体サイズの小さな個体はかごの中で歩き回る間に、入口やかごの側面のフレームの接続部（Fig. 2：矢印）などの隙間を見つけて脱出したのかもしれない。

したがって、ドーム型かごは平型かごのように入り難い構造ではなく、また、大型個体の脱出を大きく抑制できる構造であったため、本研究では高い捕獲効率を示したのだと考えた。網かごやセル瓶については、入口が開いた構造であるため、アメリカザリガニは入りやすいものの、その脱出を防ぐのは難しい。網カゴを用いた魚類の捕獲では、長時間設置したままにしておくとかごから魚が脱出してしまうため、1 時間後の回収が最も効果的であったことが報告されている（梶田・井口 2014）。24 時間後に引き上げた今回の試験方法では、脱出などの影響もあって網かごやセル瓶はドーム型かごよりも捕獲効率が低かったのかもしれない。したがって、本研究の結果からは、アメリカザリガニに対するそれぞれの漁具の捕獲効率は、低いものから順番に、入り難い構造の漁具（平型かご）、入りやすいが脱出可能な構造の漁具（セルビン、網カゴなど）、脱出を抑制する構造を持つ漁具（ドーム型かご）の順に並べられた（Table 2）。

しかし、白石ほか（2015）では、脱出を抑制する構造をもつアナゴかごと網かごの捕獲効率は同等であった（Table 2）。この結果は、脱出の可否が捕獲効率に影響を及ぼすとする前の記述と矛盾するように見える。この矛盾は、2つの研究の試験池で捕獲されたアメリカザリガニの体サイズの違いによってある程度説明できるかもしれない。本研究の網カゴで捕獲されたアメリカザリガ

ニの頭胸甲長は平均 37.4 mm で、白石ほか（2015）の平均 22.3 mm よりも大型であった。アメリカザリガニの移動速度は体サイズと正の相関関係があることが報告されており（Gherardi et al. 2002）、網かごに入った個体が中で歩き回って脱出する確率は、本試験池の個体の方が、白石ほか（2015）の試験池の個体よりも高かった可能性がある。逆に、ドーム型かごについては、小型個体が多い白石ほか（2015）の試験池で使用情况の場合、その脱出率が本試験池よりも高まりやすいため、捕獲効率が低下する可能性が考えられる。

また、本研究では、サンプル数の少なさもあってドーム型かご、網かご、セルビンで捕獲されたアメリカザリガニの体サイズには差がみられなかったが、白石ほか（2015）では、網かごは他のかごと比較して小型の個体が捕獲されたことを報告しており、網かごが小型の個体の捕獲に適している可能性も考えられる。また、アナゴかごの入口のように網をくぐり抜けなくてはならない構造は、小型個体にとって入り難いかもしれない。これらはいずれも推測にすぎないが、どの推測も、小型個体が主に生息する水域では、白石ほか（2015）が示したように、網かごの捕獲効率が相対的に高まる可能性を示唆している。今後、アメリカザリガニの体サイズとそれぞれのかごに対する入りやすさや脱出率との関係について検証していく必要があるだろう。

各地のアメリカザリガニ防除活動の現場では、夏季など一時期に連日防除活動を実施している地域もあれば、週末などを使い、週 1 回程度の頻度で継続的に防除活動を行っている地域もあり、適切な設置期間についての情報が求められてきた。本研究では、ドーム型かごでは、設置期間が 1 日の場合でも 1 週間の場合でも捕獲数は大きく変わらなかった。前述の体サイズと脱出率に関する課題が残されてはいるものの、この結果は、脱出を抑制する構造を持つ漁具であれば、設置期間の長さは重要ではなく、各団体のスケジュールに合わせて回収する形でも問題ないことを示す。しかし、1 日目で捕獲数はピー

Table 2. Comparison of capture efficiency of traps for red swamp cray fish among several kinds of traps.

Literature		Capture efficiency			
Present study	Cube	≤	Plastic-bottle	≤	Net
Ishida et al. (2008)	Cube			<	Semi-sphere
Shiraishi et al. (2015)	Cube ^{*1}			<	Semi-sphere
				<	Net ^{*2} = Conger trap

^{*1} Cube = Crab trap

^{*2} Net = Shrimp trap

クに達していることから、アメリカザリガニに対する防除圧力を高めるには、基本的には可能な限り回収頻度を高める方式が有効である。

実験3により、餌の鮮度の低下や他個体の存在が、アメリカザリガニの捕獲効率を低下させる要因であることが示された。餌の鮮度の低下による捕獲効率の低下は、餌を用いた魚類や甲殻類の捕獲において一般的に知られている現象である。また、アメリカザリガニでは、他個体が排出する尿が忌避行動を誘発する要因になることが報告されており (Zulandt Schneider et al. 2000)、本研究で確認された捕獲効率の低下も、かご内の個体から排出された老廃物がその要因の一つになっていたのかもしれない。このような、捕獲効率を制限する要因の存在は、芦澤・藤本 (2012) でも指摘されており、さまざまな現場で本種に対する捕獲効率に影響している可能性がある。

このような捕獲効率を低下させる要因を解決すれば、より効果的な防除技術の開発に繋がる可能性がある。そのためには、新鮮な餌を定期的に供給したり、捕獲したアメリカザリガニを自動的に除去する仕組みが必要である。前者については自動給餌器がその解決策の一つになるだろう。後者については、例えば、ブルーギル *Lepomis macrochirus* の防除技術として開発された「ギルジゴク」が参考になるかもしれない (片野ほか 2008)。これは、大型の捕獲器の中にナマズ *Silurus asotus* を入れ、中に入ったブルーギルを捕食させて回収コストの省力化を図ったものである。アメリカザリガニに対して同様の手法を開発できれば、捕獲効率の改善と省力化の両方に寄与するかもしれない。外来魚の防除活動では、専用の防除技術がなかった活動初期は、既存の漁具を利用していたが、防除活動の進展と共に、対象生物の生態を考慮した漁具の改良 (藤本ほか 2010) や専用の防除技術の開発 (高橋 2005) によって、駆除圧力を高めることに成功した経緯がある (藤本 2013)。現時点では、アメリカザリガニの防除技術にはまだ改良の余地があり、さまざまな試験研究を通じ、防除技術が改良されることが期待される。

謝 辞

本研究は宮城県による「アメリカザリガニ防除手法の開発と検証業務」の一環で実施された。現地調査等の協力を頂いた宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団の芦澤 淳ならびに星 雅俊の両氏に心よりお礼申し上げる。

摘 要

生態系への悪影響からアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* に対する防除活動が各地で行われている。効果的な防除技術の開発のため、構造の異なる4種の漁具 (ドーム型かご・平型かご・網かご・セル瓶) の捕獲効率を伊豆沼・内沼に隣接する池で試験したところ、ドーム型かごがもっとも高い捕獲効率を示した。先行研究との比較から、漁具の捕獲効率はその入口の構造や生息するアメリカザリガニの体サイズの影響を受けている可能性が示唆された。ドーム型かごを1週間設置し、かご内の捕獲数の変化を調査したところ、設置期間を1日以上に延ばしてもその捕獲数は増加しなかった。この要因を検証した結果、餌の鮮度の低下や、前日までにかご内部に入ったアメリカザリガニの存在が、2日目以降の捕獲効率を抑制することが示された。これらの結果から、アメリカザリガニを効率的に駆除するには、脱出を抑制する構造を持つ漁具を用い、毎日新鮮な餌に交換し、中のアメリカザリガニも回収する手法が有効だと考えた。

引用文献

- Anastacio P.M., Parente V.S. & Correia A.M. (2005) Crayfish effects on seeds and seedlings: identification and quantification of damage. *Freshwater Biology* **50**: 697-704.
- Aquiloni L., Brusconi S., Cecchinelli E., Tricarico E., Mazza G., Paglianti A. & Gherardi F. (2010) Biological control of invasive populations of crayfish: the European eel (*Anguilla anguilla*) as a predator of *Procambarus clarkii*. *Biological Invasions* **12**: 3817-3824.
- 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.
- 藤本泰文 (2013) 繁殖抑制によるオオクチバスの減少。藤本泰文・嶋田哲郎・高橋清孝・斎藤憲治 (編)。湖沼復元を目指すための外来魚防除・魚類相復元マニュアル～伊豆沼・内沼の研究事例から～。pp. 67-75. 宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団, 栗原。
- 藤本泰文・高橋清孝・進東健太郎・山家秀信・佐藤繁 (2010) 群れ形成の習性を利用したブルーギル *Lepomis macrochirus* の有効な捕獲方法の検討。日本水産学会誌 **76**: 913-919.
- Geiger W., Alcorlo P., Baltanás A. & Montes C. (2005) Impact of an introduced Crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands. *Biological Invasions* **7**: 49-73.
- Gherardi F. & Acquistapace P. (2007) Invasive crayfish in Europe: the impact of *Procambarus clarkii* on the littoral community of a Mediterranean lake. *Freshwater Biology* **52**: 1249-1259.
- Gherardi F., Aquiloni L., Diéguez-Urbeondo J. & Tricarico E. (2011) Managing invasive crayfish: is there a hope? *Aquatic Sciences* **73**: 185-200.
- Gherardi F., Barbaresi S. & Salvi G. (2000) Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive

- crayfish. *Aquatic Sciences* **62**: 179-193.
- Gherardi, F., Tricarico, E. & Ilhéu, M. (2002) Movement patterns of an invasive crayfish, *Procambarus clarkii*, in a temporary stream of southern Portugal. *Ethology Ecology & Evolution*, **14**: 183-197.
- Harper D.M., Smart A.C., Coley S., Schmitz S., Beauregard A.G., North R., Adams C., Obade P. & Kamau M. (2002) Distribution and abundance of the Louisiana red swamp crayfish *Procambarus clarkii* Girard at Lake Naviasha, Kenya between 1987 and 1999. *Hidrobiologia* **488**: 143-151.
- Hobbs III H.H., Jass J.P. & 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) 水辺ビオトープ管理におけるザリガニ駆除方法の検討. *Humans and Nature* **19**: 43-49.
- 荻部治樹・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. pp. 315-328. 生物研究社, 東京.
- 片野 修・坂野博之・Verkov, B. (2008) 設置型魚類自動捕獲器のブルーギルに対する捕獲効果. *日本水産学会誌* **74**: 14-19.
- 川井唯史 (2007) ザリガニの博物誌—里川学入門. 東海大学出版会, 秦野.
- Maezono Y. & Miyashita T. (2004) Impact of exotic fish removal on native communities in farm ponds. *Ecological Research* **19**: 263-267.
- 三宅貞祥 (1977) わが国の淡水産エビ・カニ類. *遺伝* **31**: 39-45.
- Moroli, C., Quaglio F., Rocca G., Malvisi J., Salvo A. (2006) Evaluation of the toxicity of synthetic pyrethroids to red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard 1852) and common carp (*Cyprinus carpio*, L. 1758). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. **380-381**: 1381-1394.
- 棗田孝晴・井口恵一郎 (2014) モツゴ *Pseudorasbora parva* を対象としたモンドリの最適設置時間の検討. *日本水産学会誌* **80**: 610-612.
- Nakata K., Hamano T., Hayashi K., Kawai T. & Goshima S. (2001) Artificial burrow preference by the Japanese crayfish *Cambaroides japonicus*. *Fisheries Science* **67**: 449-455.
- 西川潮・今田美穂・赤坂宗光・高村典子 (2009) ため池の管理形態が水棲外来動物の分布に及ぼす影響. *陸水学雑誌* **70**: 261-266.
- 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籠と使用餌. *応用生態工学* **18**: 115-125.
- 高橋清孝 (2005) オオクチバス *Micropterus salmonids* 駆除の技術開発と実践. *日本水産学会誌* **71**: 402-405.
- 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.
- 柳井久江 (2004) 4Steps エクセル統計【第2版】. オーエムエス出版, 埼玉.
- Zulandt Schneider R.A. & Moore P.A. (2000) Urine as a source of conspecific disturbance signals in the crayfish *Procambarus clarkii*. *Journal of Experimental Biology* **203**: 765-771.