

アメリカザリガニの捕獲罠に使用する誘引効果および 費用対効果が高い餌の検討

芦澤 淳*・長谷川政智・高橋清孝¹

¹ NPO 法人シナイモツゴ郷の会 〒989-4102 宮城県大崎市鹿島台木間塚字小谷地 504-1

* 責任著者 E-mail motugogogo@gmail.com

キーワード: 脂質含量, 配合飼料, *Procambarus clarkii*

2017年5月31日受付 2017年9月24日受理

要旨 アメリカザリガニ *Procambarus clarkii* が生態系に及ぼす被害を防止するために、本種の駆除活動が各地で行なわれている。アメリカザリガニの駆除活動においては、餌で誘引する罠を用いた捕獲が一般的に行なわれている。罠に使用する餌には生餌(魚肉、牛レバー)が使用されることが多いが、生餌の価格は高く、保管にコストがかかることが問題である。また、これまでに国内で行なわれた罠の餌に関する研究においては、生餌以外の餌についてアメリカザリガニに対する誘引効果が示されたが、これらの餌には誘引効果や費用の面で課題がある。そこで、本研究では、アメリカザリガニの捕獲罠に使用する餌について、誘引効果や費用対効果がより高い餌を明らかにすることを目的とし、配合飼料(ドッグフード、マス用飼料、およびコイ用飼料)と、従来から使用されている生餌および糠団子の間で、アメリカザリガニに対する誘引効果および費用対効果を比較した。その結果、マス用飼料によるアメリカザリガニの誘引効果は、生餌および糠団子と同程度であったが、ドッグフードの誘引効果は糠団子よりも高かった。また、ドッグフードとマス用飼料の費用対効果は、どちらも生餌よりも高かった。これらの結果から、ドッグフードはアメリカザリガニの誘引効果と費用対効果がともに高い餌といえた。また、脂質含量が少ないコイ用飼料については、ドッグフードに比べて費用対効果がやや劣るものの、誘引効果はドッグフードおよびマス用飼料と同程度であった。以上より、アメリカザリガニの捕獲罠に使用する餌としては、誘引効果と費用対効果の面ではドッグフードが適していたが、油膜の発生による生態系への影響が懸念される場合には、コイ用飼料を使用することで、アメリカザリガニを効率よく捕獲できるだろう。

はじめに

アメリカザリガニ *Procambarus clarkii* は北米原産の甲殻類である(Hobbs et al. 1989)。アメリカザリガニが侵入し、定着した地域では、水生植物の壊滅(Rodriguez et al. 2003)や水生昆虫の絶滅(苅部・西原 2011)、水質の悪化(Angeler et al. 2001)などが生じており、アメリカザリガニが引き起こす生態系

へのさまざまな悪影響が問題になっている。そのため、アメリカザリガニは環境省及び農林水産省が作成する生態系被害防止外来種リストにおいて緊急対策外来種に指定されており、各地でアメリカザリガニの駆除活動が行なわれている(苅部・西原 2011)。

アメリカザリガニをはじめとする外来ザリガニ類の駆除方法の中では、餌で誘引する罠による捕獲が、一般的に用いられている駆除方法の一つである(Gherardi et al. 2011)。ザリガニ類の罠を用いた捕獲にはさまざまな種類の餌が使用されており(Larson & Olden 2016)、使用する餌の種類によってザリガニ類に対する誘引効果が異なる(Romaire & Osoria 1989, Kukta et al. 1992, Richards et al. 1996)。誘引効果が高い餌を使えば、捕獲数の増加につながり、より多くの個体を除去することにつながる。そのため、餌の条件として誘引効果が高いことは重要である。また、罠を用いた外来ザリガニ類の駆除においては、駆除の効果を得るために長期間継続して捕獲する必要があり、コストや労力が大きい(Gherardi et al. 2011)。しかし、アメリカザリガニの駆除活動には市民団体が取り組むことが多く(苅部・西原 2011)、駆除活動を継続するためには餌に費やす費用や労力が少ないことも重要である。さらに、外来ザリガニ類の駆除活動においては、水質や在来生物に悪影響を及ぼすべきではないため(Gherardi et al. 2011)、罠に使用する餌による水質や在来生物への悪影響はできるだけ少ないことが望ましい。

これまで、ザリガニ類の誘引餌として、主に生餌および練り餌が使われてきた。生餌としては、魚や牛レバーが使用されることが多く(Harper et al. 2002, Hein et al. 2007, 芹澤・藤本 2012)、特に魚肉の誘引効果が高いといわれている(Gherardi et al. 2011)。しかし、生餌は価格が高いこと(McClain & Romaire 2004)や品質が不均一であること、保管する際に冷蔵する必要があるためコストがかかること(石川・中野 1968)が問題である。また、国内ではアメリカザリガニの捕獲に有効な練り餌の検討が進められてきた。例えば、石田ほか(2008)は、アメリカザリガニに対する複数の植物性の餌の誘引効果を検討した結果、糠団子の誘引効果が高いことを報告している。しかし、石田ほか(2008)ではザリガニ類の捕獲で一般的に使用されている動物性の餌との比較が行なわれていない。また、白石ほか(2015)は、アメリカザリガニに対する動物性の餌(チーズかまぼこ、アメリカザリガニ)と釣り用の練り餌の誘引効果を検討し、練り餌の誘引効果が高いことを示している。しかし、白石ほか(2015)で使用された練り餌の価格は比較的高価格(100gあたり50円)であった。このように、罠に使用する餌に関する先行研究においては、誘引効果や費用の面で課題がある。

これらに対し、さまざまな原料を配合・加工し、栄養素が調整された配合飼料は、品質が均一である。配合飼料の価格はさまざまであるが、ペットフードや魚類の餌に使われるものには低価格なものがある。また、配合飼料は、動物性成分と植物性成分を含むため、雑食性であるアメリカザリガニ(Smart et al. 2002, Correia 2003, Gherardi & Barbaresi 2007)の誘引に効果的であることが予想される。しかし、これまでの国内における先行研究では、アメリカザリガニに対する配合飼料の誘引効果は示されてこなかった。

そこで、本研究では、アメリカザリガニに対する複数の配合飼料の誘引効果と費用対効果を、国内で従来から使用されている餌との間で比較し、アメリカザリガニに対する誘引効果が高く低価格な餌について検討した。また、脂質を多く含む餌を使用すると水面に油膜を発生させ、水面で呼吸する水生動物の呼吸を妨げたり(浜島ほか 2001)、水中と大気中のガス交換を阻害したりする(森・外山 1994)など、生態系に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、アメリカザリガニの誘引効果と費用対効果を脂質含量の異な

る配合飼料の間で比較することにより、アメリカザリガニに対する誘引効果が高く、低価格で、脂質含量がより少ない餌について検討した。

方法

調査地

アメリカザリガニの誘引効果に関する試験を、2014年7月12～14日（試験1）および2016年9月23～24日（試験2）に、宮城県大崎市鹿島台の農業用溜池において行なった。溜池の面積は3.5haである。岸辺の傾斜はやや急で、5mほど沖側から緩やかになる。水深は最深部で約5mである。岸際の底質は砂泥で、沖側の底質は泥である。溜池内に水生植物は生育していない。アメリカザリガニの捕獲試験を、障害物や地形の起伏がなく、底質が均一な堰堤沿いの約180mの区間（水深60～80cm）で行なった。捕獲試験を実施した際の溜池表層の水温は、試験1で27.0°C（7月14日午前11時測定）、試験2で21.3°C（9月24日午前11時測定）であった。

捕獲試験

試験1 試験1では、4種類の餌について、アメリカザリガニの誘引効果を試験した。試験に使用した餌は、ドッグフード（ドライドッグフード ビーフ・チキン・小魚味、DCMホールディングス）、マス用飼料（ますEP 6P、日本農産工業）、生餌のカタクチイワシ、および糠団子（米糠：小麦粉=2:3）である（表1）。

アメリカザリガニの捕獲罠にはアナゴカゴを使用した。各種餌について、乾燥重量が100gになるように調整したものを5つずつ用意し、それぞれナイロン製の網袋に入れて使用した。4種類の餌をそれぞれ入れたアナゴカゴに、対照区として餌を入れないアナゴカゴを加えた5個のアナゴカゴを一つのセットとし、合計5セット、25個のアナゴカゴを用いてアメリカザリガニを捕獲した。各セットにおいてアナゴカゴの設置は、溜池の堰堤に対して垂直に、沖に向かって約2mの位置に、隣り合うアナゴカゴとの間隔が約5m

表1. 餌の成分と原材料。値は各成分の割合（%）。カタクチイワシと糠団子の成分は食品成分データベース（文部科学省 2016）を参照し、乾物換算した値。ドッグフード、マス用飼料、コイ用飼料の粗たんぱく質、粗脂肪、カルシウム、リンの値は最小値、粗繊維、粗灰分の値は最大値。

	成分（%）							原材料
	粗たんぱく質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	カルシウム	リン	炭水化物	
ドッグフード	18	8	5	10	0.6	0.5	—	とうもろこし、大豆粕、チキンミール、魚粉、米糠、キヤッサバ根、動物性油脂、植物性油脂、ビタミン類、ミネラル類、酸化防止剤、着色料、酵母細胞壁、ビーフフレーバー
マス用飼料	45	8	3	15	2	1.2	—	魚粉、小麦粉、大豆粕、コーングルテンミール、動物性油脂、植物性油脂、リン酸カルシウム、食塩、クマザサ粉末、ビタミン類、ミネラル類
コイ用飼料	34	3	5	15	1.2	1.2	—	小麦粉、大麦、魚粉、米糠油粕、大豆粕、コーングルテンミール、飼料用酵母、リン酸カルシウム、ゼオライト、ベタイン、乳酸菌、酪酸菌、糖化菌
カタクチイワシ	57	38	—	4	—	—	1	—
糠団子	12	10	—	4	—	—	74	小麦粉、米糠

となるように設置した。セット内のアナゴカゴの配置番号を、溜池に向かって右端から順に1～5番とし、各処理区をランダムに配置した。隣り合うセットの間は、約10mの間隔をあけた。アナゴカゴの設置を2014年7月12日の午前11時に行ない、2日後に回収し、各処理区で捕獲されたアメリカザリガニの個体数を記録した。各処理区で捕獲されたアメリカザリガニの中から無作為に100個体を抽出し、定規で頭胸甲長(眼窩後縁頭胸甲上から頭胸甲正中線後縁)をmm単位で計測した。なお、対照区については捕獲数が100個体未満であったため、すべての個体の頭胸甲長を測定した。

試験2 試験2では、試験1で安価かつアメリカザリガニに対する誘引効果が高かったドッグフードと、ドッグフードに比べて脂質含量が低いコイ用飼料(コイ育成用34、マルイ産業)の誘引効果を試験した。脂質含量が低い餌を選択するにあたり、成分表に記載されている脂質含量(表1)を参考にし、ドッグフード(8%)に比べてコイ用飼料(3%)の脂質含量が低いことから、コイ用飼料を選択した。

アメリカザリガニの捕獲罠には試験1と同様にアナゴカゴを使用した。ドッグフードまたはコイ用飼料を100g入れたナイロン製の網袋をそれぞれ6袋用意した。ドッグフードまたはコイ用飼料の網袋を入れたアナゴカゴ合計12個を用いてアメリカザリガニを捕獲した。アナゴカゴの設置は、溜池の堰堤から沖に向かって約2mの位置に、隣り合うアナゴカゴとの間隔が約5mとなるように設置した。アナゴカゴの配置番号を、溜池に向かって右端から順に1～12番とし、両処理区を交互に設置した。アナゴカゴの設置を2016年9月23日の午前11時に行ない、2日後に回収し、各処理区で捕獲されたアメリカザリガニの個体数を記録した。両試験区で捕獲された個体の中から50個体を無作為に抽出し、定規で頭胸甲長をmm単位で計測した。

費用対効果

試験1および試験2の捕獲結果から、各種餌についてアメリカザリガニの捕獲数に関する費用対効果を算出した。本試験における費用対効果は、各種餌によるアメリカザリガニの平均捕獲数を餌の価格で除することで算出した。

解析方法

試験1、2で記録されたアメリカザリガニの捕獲数を処理区ごとに平均し、平均捕獲数を算出した。試験1、2でアメリカザリガニの捕獲数の処理区間の差を解析した。試験1では、データに正規性および等分散性が認められなかったため、ノンパラメトリックな手法であるKruskal-Wallis検定で解析した。処理区間の捕獲数に有意差が認められた場合、Scheffe's F検定により多重比較を行なった。試験2では、アメリカザリガニの捕獲数の処理区間の差をStudent's t検定により解析した。解析にはエクセルアドインソフトStatcel4(柳井2015)を使用した。

結果

試験1

試験1では、合計935個体のアメリカザリガニが捕獲された。1～5の各セットで捕獲されたアメリカザリガニの合計捕獲数は、171～202個体であり、セットの違いによる捕獲数の差は小さかった(表2)。一方、

1~5 の各配置番号で捕獲されたアメリカザリガニの合計捕獲数は、136~242 個体であり、配置番号の違いによりアメリカザリガニの捕獲数がやや異なった(表 2).

5 処理区間におけるアメリカザリガニの捕獲数を比較した結果、処理区間でアメリカザリガニの捕獲数に有意な差が認められた(Kruskal-Wallis 検定, $P < 0.01$; 図 1). 中でもカタクチイワシ区とドッグフード区におけるアメリカザリガニの捕獲数が最も多いことが示された. 多重比較の結果から、カタクチイワシ区とドッグフード区におけるアメリカザリガニの捕獲数には、糠団子区や対照区における捕獲数との間に有

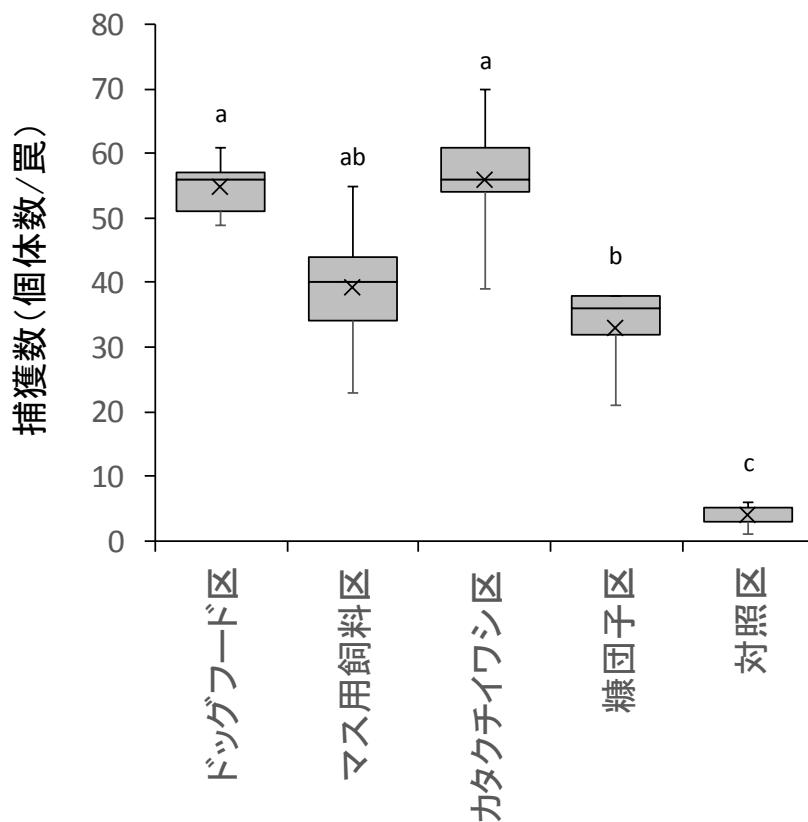


図 1. 各処理区によるアメリカザリガニの捕獲数. 箱内の横線は中央値を示す. 箱の上端と下端はそれぞれ 75% 点と 25% 点を示す. 髭の上端と下端はそれぞれ最大値と最小値を示す. パツ印(×)は平均値を示す. 同じアルファベットを含まない処理区間の捕獲数に有意差($P < 0.05$)があることを示す. 各処理区におけるアメリカザリガニの平均捕獲数(平均値±標準偏差)は、ドッグフード区, 54.8 ± 4.8 個体; マス用飼料区, 39.2 ± 11.9 個体; カタクチイワシ区, 56.0 ± 11.3 個体; 糠団子区, 33.0 ± 7.1 個体; 対照区, 4.0 ± 2.0 個体であった.

表 2. 試験 1 のアナゴカゴの各セットおよび配置番号における処理区の種類とアメリカザリガニの捕獲数.

設置番号		セット										合計
		1	2	3	4	5						
1	マス	55	マス	23	ドッグ	56	ドッグ	57	糠	21	212	
2	ドッグ	51	ドッグ	61	糠	36	糠	38	カタ	56	242	
3	糠	38	糠	32	カタ	61	カタ	54	なし	5	190	
4	カタ	39	カタ	70	なし	5	なし	1	マス	40	155	
5	なし	3	なし	6	マス	44	マス	34	ドッグ	49	136	
合計	-	186	-	192	-	202	-	184	-	171	935	

ドッグ, ドッグフード区; マス, マス用飼料区; カタ, カタクチイワシ区; 糠, 糠団子区; なし, 対照区.

意差が認められたが (Scheffe's *F*検定, $P < 0.05$), マス用飼料区との間には有意差は認められなかった (Scheffe's *F*検定, $P > 0.05$).

各処理区で捕獲されたアメリカザリガニの頭胸甲長(平均値±標準偏差)は、それぞれドッグフード区: 30.7 ± 6.2 mm (範囲: 18–42 mm), マス用飼料区: 28.9 ± 6.5 mm (範囲: 15–43 mm), カタクチイワシ区: 28.3 ± 5.1 mm (範囲: 18–43 mm), 糜団子区: 27.4 ± 5.1 mm (範囲: 15–38 mm), 対照区: 24.2 ± 4.2 mm (範囲: 17–30 mm) であった. 各処理区の頭胸甲長の間には、ドッグフード区で大きく、対照区で小さい傾向が見られた. また、いずれの処理区においても頭胸甲長 14 mm 未満の小型個体は捕獲されなかった.

餌を回収した際にすべての試験区において餌が全く残っていなかった. また、アメリカザリガニ以外の生物は捕獲されなかった.

試験 2

試験 2 では、合計 236 個体のアメリカザリガニが捕獲された. 各配置番号で捕獲されたアメリカザリガニの個体数は 8~36 個体であり、中央の配置番号に比べて両端の配置番号において捕獲数がやや多い傾向が見られた(表 3).

ドッグフード区とコイ用飼料区におけるアメリカザリガニの捕獲数を比較した結果、2 処理区間で有意な差は認められなかった (Student's *t* 検定, $P > 0.05$; 図 2).

ドッグフード区とコイ用飼料区で捕獲されたアメリカザリガニの頭胸甲長(平均値±標準偏差)は、それぞれ 25.7 ± 5.1 mm (範囲: 15–38 mm), 25.5 ± 6.9 mm (範囲: 14–38 mm) であり、両試験区の頭胸甲長の間にはほとんど差が見られなかった. また、両試験区とも頭胸甲長 13 mm 未満の小型個体は捕獲されなかった.

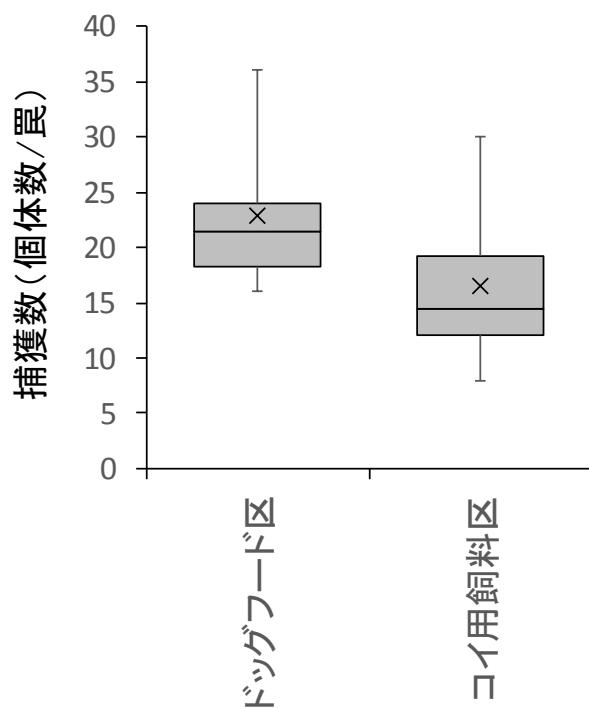


図 2. ドッグフード区とコイ用飼料区によるアメリカザリガニの捕獲数. 箱内の横線は中央値を示す. 箱の上端と下端はそれぞれ 75% 点と 25% 点を示す. 着の上端と下端はそれぞれ最大値と最小値を示す. パン印(×)は平均値を示す. ドッグフード区とコイ用飼料区におけるアメリカザリガニの平均捕獲数(平均値±標準偏差)は、それぞれ 22.8 ± 7.2 個体, 16.5 ± 7.8 個体であった.

餌を回収した際に、どちらの試験区においても餌が全く残っていなかった。アメリカザリガニ以外の生物については、ドッグフード区でゼニタナゴ *Acheilognathus typus* が合計 23 個体、シナイモツゴ *Pseudorasbora pumila* が合計 1 個体、コイ用飼料区でゼニタナゴが合計 2 個体捕獲された。これらの魚類は、体表の損傷なく生存しており、捕獲数を記録した後に捕獲場所に放流した。

費用対効果

マス用飼料と糠団子の費用対効果は、ドッグフードの費用対効果のそれぞれ 37% と 46% であったのに対し、カタクチイワシの費用対効果はドッグフードの 10% であり、最も低かった（表 4）。試験 2 におけるコイ用飼料の費用対効果は、試験 2 および試験 1 のドッグフードのそれぞれ 47% と 22% であり、ドッグフードの費用対効果よりも低かった（表 4）。また、コイ用飼料の費用対効果はマス用飼料の費用対効果の約 60% であったが、両者の費用対効果をドッグフードの費用対効果に対する割合で比較すると、コイ用飼料とマス用飼料でそれぞれ 47% と 36% であり、コイ用飼料の費用対効果の方がマス用飼料よりも高かった。

考察

試験 1 の結果、2 種類の配合飼料（ドッグフード、マス用飼料）によるアメリカザリガニの捕獲数は、カタクチイワシおよび糠団子による捕獲数と同程度であったことから、本試験で使用した配合飼料によるアメリカザリガニの誘引効果は、従来から使用されている生餌（Harper et al. 2002, Hein et al. 2007, 芹澤・藤本 2012）や誘引効果が示されている糠団子（石田ほか 2008）と同程度と判断できる。餌の費用対効果については、ドッグフードとマス用飼料の費用対効果が、アメリカザリガニの誘引効果が最も高かったカタクチイワシの費用対効果よりも高かったことから、本試験で使用した配合飼料は費用の面から効率的であるといえる。特にドッグフードの費用対効果は、4.1 個体/円であり、本試験で使用した餌の中では最も

表 3. 試験 2 のアナゴカゴの各配置番号における処理区の種類とアメリカザリガニの捕獲数。

配置番号	処理区	捕獲数
1	ドッグ	36
2	コイ	30
3	ドッグ	18
4	コイ	8
5	ドッグ	19
6	コイ	12
7	ドッグ	24
8	コイ	12
9	ドッグ	16
10	コイ	20
11	ドッグ	24
12	コイ	17
合計	—	236

ドッグ、ドッグフード区；コイ、コイ用飼料区。

高かったことから、ドッグフードはアメリカザリガニの罠に使用する餌として効果的であると考えられる。

一方で、試験1で使用したカタクチイワシや配合飼料は、いずれも脂質含量が高いため、大量に使用すると、少量ではあるが水面に油膜を発生させ、生態系に悪影響を及ぼす可能性がある（浜島ほか2001、森・外山 1994）。これらの餌に対し、試験2で使用したコイ用飼料は、脂質含量が少ないため、水面に油膜を発生させにくい。コイ用飼料によるアメリカザリガニの誘引効果は、ドッグフードと同程度であった。また、コイ用飼料とマス用飼料の誘引効果については、直接的な比較は行なっていないが、どちらもドッグフードの誘引効果と同程度であったことから、コイ用飼料とマス用飼料によるアメリカザリガニの誘引効果についても同程度であることが推測される。一方で、コイ用飼料の費用対効果については、ドッグフードの費用対効果よりも低かったものの、誘引効果が最も高かったカタクチイワシの費用対効果よりも高かった。コイ用飼料とマス用飼料の費用対効果の差については、例数が少ないため詳しくわからなかったものの、コイ用飼料は、アメリカザリガニの誘引効果が高く、費用対効果が比較的高く、油膜を発生させにくい餌であるといえる。以上より、アメリカザリガニの駆除活動を実施する際に、餌による油膜の発生が生態系に及ぼす影響が懸念される場合には、コイ用飼料を罠の餌に使用することで、アメリカザリガニを効果的に捕獲でき、生態系への悪影響を少なくすることができるだろう。

本試験では、餌が環境に及ぼす影響のうち水面に生じる油膜について検討したが、餌による環境への影響には油膜の発生以外にも窒素やリンなどの栄養の負荷が挙げられる。窒素やリンの負荷量が増加すると、水域の富栄養化につながるため、餌によるこれらの栄養の負荷はできるだけ少ないことが望ましい。今後は、餌に含まれる窒素やリンの量について調べることで、誘引効果と同時に餌が環境に及ぼすさまざまな影響についても明らかにする必要があるだろう。

アメリカザリガニの駆除活動においては、まずは個体数を減らすことが重要であり（Gherardi et al. 2011），そのためには捕獲効率の良い駆除方法を開発する必要がある。本研究で明らかになったアメリカザリガニの誘引効果の高い餌を用いることで、アメリカザリガニの駆除方法の改善に役立つだろう。一方で、餌の効果は生息環境や水温で異なることが指摘されているため（Larson & Olden 2016），流水域や低水温期など本試験と異なる生息環境や水温条件における誘引効果についても調べる必要がある。また、餌で誘引する罠によるザリガニ類の捕獲では、大型個体が優先的に捕獲される（Somers & Stechey 1986）。実際に、本試験で捕獲されたアメリカザリガニは、餌で誘引する罠と合わせて手網や塩ビ管を用いて捕獲されたアメリカザリガニ（芦澤・藤本 2012）と比べて大型であった。さらに、アメリカザリガニのメスは抱卵期には食欲を示さないため（Suko 1958），抱卵期のメスを餌で誘引することは困難である。そのため、餌を用いた罠だけでは、アメリカザリガニの小型個体や抱卵個体を捕獲することは難しいだろう。アメリカザリガニの駆除方法を確立するためには、誘引効果や費用対効果がより高い餌を探求す

表4. 各種餌の価格と費用対効果。単価は各種餌の乾燥重量100gあたりの価格。

価格(円)	内容量(g)	単価 (円/乾重100g)	費用対効果(捕獲数/円)	
			試験1	試験2
ドッグフード	969	8,000	13	4.1
マス用飼料	4,860	20,000	26	1.5
コイ用飼料	3,690	20,000	20	—
カタクチイワシ	50	100	157	0.4
糠団子	150	1,000	17	1.9

ることにより、罠による捕獲技術を改善することに加えて、小型個体や抱卵個体の効率よい捕獲方法を開発することも重要と考えられる。

謝辞

本研究を行なうにあたり、大崎市鹿島台地区のみなさまには、調査にご理解とご協力をいただいた。金沢大学環日本海域環境研究センター西川 潮先生には、論文を作成するにあたり貴重なご助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- Angeler, D.G., Sanchez-Carrillo, S., Garcia, G. & Alvarez-Cobelas, M. 2001. The influence of *Procambarus clarkii* (Cambaridae, Decapoda) on water quality and sediment characteristics in a Spanish floodplain wetland. *Hydrobiologia* 464: 89–98.
- 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. *伊豆沼研報* 6: 27–40.
- Correia, A.M. 2003. Food choice by the introduced crayfish *Procambarus clarkii*. *Ann. Zool. Fenn.* 40: 517–528.
- Gherardi, F., Aquiloni, L., Dieguez-Uribeondo, J. & Tricarico, E. 2011. Managing invasive crayfish: is there a hope? *Aquat. Sci.* 73: 185–200.
- Gherardi, F. & Barbaresi, S. 2007. Feeding preferences of the invasive crayfish, *Procambarus clarkii*. *Bull. Franç. Pêche Piscicult.* 385: 7–20.
- 浜島繁隆・土山ふみ・近藤繁生・益田芳樹. 2001. ため池の自然 — 生き物たちと風景. 信山社サイテック, 東京.
- Harper, D.M., Smart, A.C., Coley, S., Schmitz, S., Gouder de Beauregard, A-C., North, R., Adams, C., Obade, P. & Kamau, M. 2002. Distribution and abundance of the Louisiana red swamp crayfish *Procambarus clarkii* Girard at Lake Naivasha, Kenya between 1987 and 1999. *Hydrobiologia* 488: 143–151.
- Hein, C.L., Vander Zanden, M. J. & Magnuson, J.J. 2007. Intensive trapping and increased fish predation cause massive population decline of an invasive crayfish. *Freshw. Biol.* 52: 1134–1146.
- 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.

- 石川雄介・中野 効. 1968. 岡山県下で起こった養殖ハマチ病害の一例. 魚病研究 2: 128–134.
- 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. 人と自然 19: 43–49.
- 苅部治樹・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.
- Larson, E.R. & Olden, J.D. 2016. Field sampling techniques for crayfish. Longshaw, M. & Stebbing, P. (ed.). *Biology and Ecology of Crayfish*, pp. 287–342. CRC Press, Boca Raton.
- McClain, W.R. & Romaire, R.P. 2004. Crawfish culture: a Louisiana aquaculture success story. World Aquaculture 35: 31–35, 60–61.
- 文部科学省. 2016. 食品成分データベース. <http://fooddb.mext.go.jp/index.pl> (オンライン, 参照 2017-03-06).
- 森 英利・外山茂樹. 1994. 流出油による海洋の汚染機構. 日本海水学会誌 48: 77–84.
- Richards, C., Kutka, F.J., McDonald, M.E., Merrick, G.W. & Devore, P.W. 1996. Life history and temperature effects on catch of northern orconectid crayfish. Hydrobiologia 319: 111–118.
- Rodriguez, C.F., Becares, E. & Fernandez-Alaez, M. 2003. Shift from clear to turbid phase in Lake Chozas (NW Spain) due to the introduction of American red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Hydrobiologia 506–509: 421–426.
- Romaire, R.P. & Osorio, V.H. 1989. Effectiveness of crawfish baits as influenced by habitat type, trap-set time, and bait quantity. Progr. Fish-Cult. 51: 232–237.
- 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.
- Smart, A.C., Harper, D.M., Malaisse, F., Schmitz, S., Coley, S. & Gouder de Beauregard, A-C. 2002. Feeding of the exotic Louisiana red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Crustacea, Decapoda), in an African tropical lake: Lake Naivasha, Kenya. Hydrobiologia 488: 129–142.
- Somers, K.M. & Stechey, D.P.M. 1986. Variable trappability of crayfish associated with bait type, water temperature and lunar phase. Am. Midl. Nat. 116: 36–44.
- Suko, T. 1958. Studies on the development of the crayfish VI. The reproductive cycle. Sci. Rep. Saitama Univ. 3: 79–91.
- 柳井久江. 2015. 4 Steps エクセル統計 第4版. オーエムエス出版, 所沢.

Exploring attractive and cost-effective baits for trapping red swamp crayfish

Jun Ashizawa*, Masatomo Hasegawa & Kiyotaka Takahashi¹

¹ Society for Shinaimotsugo Conservation, 504-1 Koyachi, Kimaduka, Kashimada, Osaki, Miyagi 989-4102, Japan

* Corresponding author E-mail: motugogogo@gmail.com

Abstract To mitigate the negative impacts caused by red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, crayfish eradication programs are in progress in various regions of Japan. Bait trapping is among the most popular eradication methods adopted by many crayfish control programs. In bait trapping, raw fish is generally used for the bait of a trap. One significant problem with the use of raw fish, however, is its high cost. By conducting studies about effective bait strategies effective baits besides raw fish have been discovered. These baits, however, have some problems with capture efficiency and cost-effectiveness. In this study, we aimed to reveal attractive and cost-effective baits for trapping the crayfish. We evaluated the crayfish capture efficiency and cost-effectiveness of processed dog, trout, and carp food against raw fish and dough balls ‘Nukadango (made of rice bran and flour)’. The results showed that the capture efficiency of dog food was higher than that of the dough balls, though the capture efficiency of processed trout food was similar to those of raw fish and dough ball. The cost-effectiveness of dog food and trout food were both higher than that of raw fish. These results suggest that dog food is the bait of highest capture efficiency as well as highest cost-effectiveness. Processed carp food exhibited similar capture efficiency to dog food and trout diet, but lower cost-effectiveness than dog food. We suggest that dog food is best for crayfish trap bait in view of capture efficiency and cost-effectiveness, but to minimize the effect on the environment, carp food is also suitable as crayfish trap bait.

Keywords: compounded diet, lipid content, *Procambarus clarkii*

Received: May 31, 2017/ Accepted: September 24, 2017