

令和元年5月7日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07512

研究課題名(和文) 外来ザリガニの二次侵入に伴うパーソナリティー特性の変遷とその変動要因の解明

研究課題名(英文) Changes in personality following secondary spread and its causes in a nonindigenous crayfish

研究代表者

西川 潮 (Nisikawa, Usio)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・准教授

研究者番号：00391136

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：日本に定着している侵入種シグナルザリガニは、3つの創始集団(北海道、長野、滋賀)から構成され、うち北海道由来の集団では、侵入年の新しい集団ほど鉗脚が大型化している。大型の鉗脚を持つ個体は攻撃性が強いことが想定される。本研究では、室内実験を通じて、「侵入年の新しい集団ほど攻撃的で活発である」という仮説を検証した。創始集団(摩周湖)と、二次侵入集団(然別湖、洞爺湖、片桐ダム湖)を対象として行動実験を行った結果、攻撃スコアや、接近数、活発さは、いずれも二次侵入集団で高い傾向が認められた。以上より、日本に導入されたシグナルザリガニは、二次侵入に伴い攻撃性や活発さといった行動形質が変化したと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

侵入種は、ときに、小進化や表現型の可塑性により、新天地で行動形質や形態形質が変化することが知られる。本研究は、侵入ザリガニ類で初めて、これらが二次侵入に伴い、攻撃性や活発さといった行動形質が変化したことを明らかにした研究である。本研究の成果は、侵入ザリガニの駆除管理の際に、優先順位をつける際に有用な情報を提供することが期待される。

研究成果の概要(英文)：The invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) that have established in Japan consists of three founding populations (Hokkaido, Nagano and Shiga Prefectures). Among the three, more recently established populations that originated from the Hokkaido group show enlarged chela size, which are expected to show high aggressiveness. In this study, we tested the hypothesis that “individuals from more recently established populations exhibit higher aggressiveness and activity”. Based on laboratory experiments, we found that aggressiveness, number of approaches and activity were higher in secondary invasive populations relative to the founding population. Hence, aggressiveness and activity of the introduced signal crayfish in Japan considered to have changed following secondary spread from the founding population.

研究分野：保全生物学

キーワード：外来種 攻撃行動 侵入歴 行動シンドローム *Pacifastacus leniusculus*

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

北米原産のシグナルザリガニ *Pacifastacus leniusculus* は、捕食や競合、病気の媒介などを通じて侵入先の生態系に甚大な被害を与える侵入種である。これまでに、日本に導入されたシグナルザリガニは3つの創始集団(北海道、長野、滋賀)から構成され、うち北海道由来の集団が近年分布域を拡大するとともに、侵入年の新しい集団ほど鉗脚(ハサミ)が大型化していることが示されている(Usio et al. 2016)。大型の鉗脚を持つ個体は攻撃性が高いことが想定される。また北米での研究から、シグナルザリガニ侵入集団に複数の行動が相関する「行動シンドローム」の存在が確認されている(Pintor et al 2008)。

2. 研究の目的

本研究では、侵入年の異なる4つのシグナルザリガニ集団を対象として、以下の3つの仮説を検証した。

仮説1: 侵入年の新しいシグナルザリガニ集団は攻撃性が高い

仮説2: 侵入年の新しいシグナルザリガニ集団は活発に採餌する

仮説3: 攻撃的な個体は活発に採餌する(行動シンドローム)

3. 研究の方法

2016年~2018年の8月~9月にかけて、北海道摩周湖(1930年導入;創始集団)、北海道然別湖(1993年定着確認)、北海道洞爺湖(2005年定着確認)、長野県片桐ダム湖(2010年定着確認)で野外調査を行った。各湖沼において、日中に猫用の缶詰を誘引餌とした鉄製のカゴ網20基と小型の定置網2枚を沿岸域に設置し、翌朝内容物を回収した。捕獲されたシグナルザリガニは、ノギスを用いて眼窩・頭胸甲長(眼窩後端から頭胸甲前端中央部までの距離; Orbital Carapace length (OCL))を測定し、OCL 20-41 mm のオスのみを金沢大学の恒温室に輸送した。シグナルザリガニは、室温 15°C、12時間明、12時間暗(12L, 12D)に設定した恒温室内で小型の飼育ケースを用いて個体ごとに飼育した。実験に先立ち、3週間の順化期間を設けた。

順化期間終了後に二つの室内実験を行った。室内実験はいずれも暗周期開始1時間以降に行った。行動観察には赤外線ビデオカメラ2台を用いた。

実験1ではシグナルザリガニ侵入集団ごとに攻撃性の定量化を行った。中央に透明の仕切りを設置した水槽(60L)に、同一集団の体サイズの近いシグナルザリガニを2個体入れ、15分間静置した。15分後に仕切りを外し、5秒ごと10分間(計120回)、シグナルザリガニが1個体分内まで接近した回数(接近数)と攻撃行動(攻撃スコア)を記録した。攻撃スコアは、ロボスターの攻撃性評価法(Karavanich & Atema, 1998)に基づき、-2~+5で記録し、10分間の合計点を攻撃スコアとして記録した。各個体につき、異なる相手と計3回ずつ対戦させ、攻撃スコアと接近数それぞれにつき3回の対戦の平均値を算出した。

実験2では、ザリガニ個体ごとに、始めて見る餌(ニンジン)を与え、その消費量を活発さの指標とした。予め十分に吸水させた一定量(約20g)のニンジンを入れた水槽に入れ、12時間後の消費量を記録した。ニンジンの吸水率を定量化するため、水のみ(ザリガニなし)を飼育ケースに入れた水槽も用意し、約20gのニンジンを入れ、12時間後にニンジンの重量を計測した。各ザリガニ個体のニンジンの消費量を算出する際は、吸水率で補正した。

データ解析には、フリーソフトRのlmerTestパッケージ(Linear Mixed-Effects Models)を用い(Kuznetsova et al 2016)、侵入年(または創始集団/二次侵入集団)を固定要因、ザリガニ個体および実験実施年(2016~2018)をランダム要因として、侵入集団間で攻撃スコア、接近数、活発さを比較した。相関分析はスピアマンの相関分析を用いた。

4. 研究成果

4つの侵入集団間で攻撃スコア、接近数、活発さを比較したところ、いずれの行動にも集団間で統計的有意差は認められなかった($P > 0.05$)。しかし、創始集団(摩周湖)と二次侵入集団(然別湖、洞爺湖、片桐ダム湖)間で攻撃スコア、接近数、活発さを比較したところ、すべての行動において、創始集団と比べ二次侵入集団で高い値を示した($P < 0.05$)。

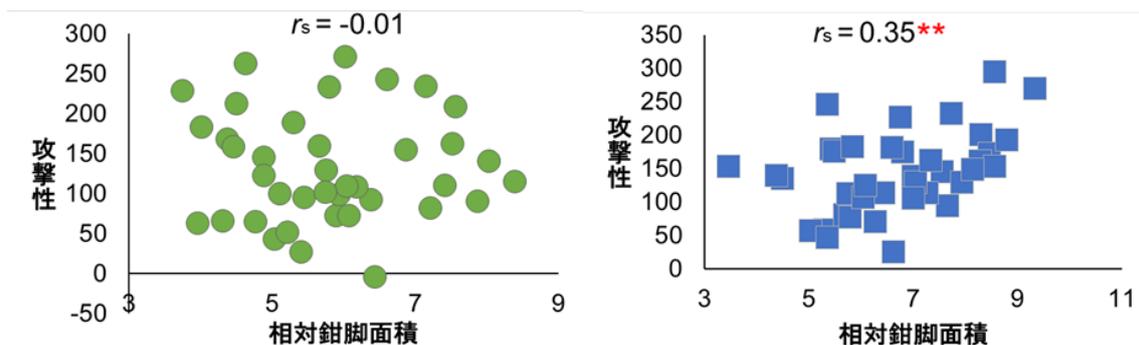


図1 創始集団(左)と二次侵入集団(右)における相対鉗脚面積と攻撃性(攻撃スコア)の関係。相関分析はスピアマンの相関分析に基づく($**P < 0.01$)。

相対鉗脚面積と攻撃性の相関を調べた結果、創始集団には両者の間に有意な相関は認められなかったものの、二次侵入集団では両者の間に正の相関が認められた($P < 0.01$; 図 1)。

行動シンドロームの存在を明らかにするため、侵入集団ごとに攻撃スコアと活発さの相関を調べたところ、然別湖集団では両者の間に正の相関が認められたが($r_s = 0.56$, $P < 0.05$) (行動シンドローム)、残り 3 集団では正の相関は認められなかった(すべて $P > 0.05$)。創始集団と二次侵入集団で攻撃スコアと活発さの相関を調べたところ、創始集団では両者の間に正の相関は認められなかったが($r_s = 0.09$, $P > 0.05$)、二次侵入集団では正の相関が認められた($r_s = 0.27$, $P < 0.05$)。したがって、二次侵入集団に見られる行動シンドロームは、然別湖集団の影響を強く受けていると考えられる。

以上より、日本に導入されたシグナルザリガニは、二次侵入に伴い攻撃性や活発さといった行動形質が変化したと考えられる。しかし、侵入年の新しさとともに線形的に行動が変化するというよりは、二次侵入のいずれかの時点で攻撃性や活発さに自然選択が働いた可能性がある。他の可能性としては、シグナルザリガニの生息数や、餌または隠れ家といった資源量が攻撃性や活発さに影響している可能性がある。餌資源量の推定については、引き続きサンプルの分析を進めていく。今後、シグナルザリガニ侵入集団の行動形質の違いによって在来生態系へのインパクトが変わるかどうかについての検討が望まれる。

参考文献

- Karavanich C, Atema J (1998) Individual recognition and memory in lobster dominance. *Animal Behaviour* 56: 1553-1560.
- Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen R. H. B (2016) Package 'lmerTest': Tests in linear mixed effects models (Version 2.0-30).
- Pintor LM, Sih A, Bauer ML (2008) Differences in aggression, activity and boldness between native and introduced populations of an invasive crayfish. *OIKOS* Volume117, Issue11: 1629-1636.
- Usio N, Azuma N, Larson ER, Abbott CL, Olden JD, Akanuma H, Takamura K, Takamura N (2016) Phylogeographic insights into the invasion history and secondary spread of the signal crayfish in Japan. *Ecology and Evolution* 6: 5366-5382.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

1. 西川潮・東典子・佐々木進一・岡智春・井上幹生 (2017) 西日本におけるマーモクレブスの初記録と淡水生態系への脅威. *Cancer* 26: 1-7 (査読有)
2. Usio N, Azuma N, Larson ER, Abbott CL, Olden JD, Akanuma H, Takamura K, Takamura N (2016) Phylogeographic insights into the invasion history and secondary spread of the signal crayfish in Japan. *Ecology and Evolution* 6: 5366-5382, doi: 10.1002/ece3.2286 (査読有) ※オープンアクセス

[学会発表] (計 9 件)

1. 工藤秀平・北野聡・室田欣弘・西川潮、外来ザリガニの侵入歴の違いに伴う行動特性の変化、日本生態学会第 66 回大会、神戸国際会議場、神戸市 (2019. 3. 17)
2. 西川潮、生態系を大きく改変する外来ザリガニ、日本魚類学会市民公開講座、札幌市 (2018. 8. 18) (招待講演)
3. 工藤秀平・商奕晨・西川潮・長谷政智・高橋清孝、連続捕獲装置を用いたアメリカザリガニ低密度化の検討～金沢市夕日寺健民自然園(トンボ池)での事例～、2018 年度水辺の自然再生共同シンポジウム「守ろう!世界農業遺産「大崎耕土」豊かな自然-積極的活用と侵略的外来種の防除による里山・里地生態系の保全」、大崎市 (2018. 10. 20) (招待講演)
4. 小泉逸郎・満行知花・綱本良啓・西川潮・川井唯史・大高明史・陶山佳久、地史の生き証人、ニホンザリガニの更なる進化史：MIG-seq だから分かったこと。日本生態学会第 65 回大会、札幌コンベンションセンター、札幌市 (2018. 3. 14)
5. 工藤秀平・北野聡・西川潮、外来ザリガニの侵入歴の違いに伴う行動特性の変化。日本生態学会第 65 回大会、札幌コンベンションセンター、札幌市 (2018. 3. 15)
6. 西川潮、侵略的外来種の防除と生物多様性の生物多様性の保全、公開シンポジウム「よみがえる魚たちⅢ 一里山・里地の自然再生と侵略的外来種の総合的防除」、NPO 法人シナイモツゴ郷の会、旧品井沼周辺ため池群自然再生協議会、全国ブラックバス防除市民ネットワーク、ナマズのがっこう 共催、東京環境工科専門学校 (TCE)、東京都 (2017. 10. 21) (招待講演)
7. 工藤秀平・北野聡・西川潮、外来ザリガニの侵入歴の違いに伴う行動特性の変化、日本生態学会第 64 回大会、東京都 (2017. 3. 15)
8. 西川潮、外来種の侵入と水環境、柴山潟流域環境保全対策フォーラム 2017、加賀市 (2017. 2. 18) (招待講演)

9. 西川潮、オオクチバスとアメリカザリガニの生態系に及ぼす影響、シナイモツゴ発見 100周年・大崎市政 10 周年記念共同シンポジウム「里山・里地水辺のゆたかな自然を次世代へ」、水辺の自然再生共同シンポジウム実行委員会他 4 団体共催、大崎市 (2016. 11. 26) (招待講演)

[図書] (計 2 件)

1. 西川潮 (2017) アメリカザリガニが生態系に与える影響：浅い湖沼を中心として、「よみがえる魚たちシナイモツゴとゼニタナゴを復元した戦略と戦術」(高橋清孝 編著)、恒星社厚生閣、東京都、pp. 26-30.
2. 西川潮・伊藤浩二 (2016) 観察する目が変わる水辺の生物学入門、ベレ出版、東京都、216 p.

[その他]

プレスリリース

- 外来種シグナルザリガニ侵入の歴史をひも解く
<http://www.ki-net.kanazawa-u.ac.jp/wp-content/uploads/2016/07/20160708.pdf>
- Unveiling invasion history of the signal crayfish in Japan
<https://www.kanazawa-u.ac.jp/research/bulletin/research-news/unveiling-invasion-history-of-the-signal-crayfish-in-japan>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：工藤 秀平

ローマ字氏名：Kudou Shuhei

研究協力者氏名：北野 聡

ローマ字氏名：Kitano Satoshi

研究協力者氏名：室田 欣弘

ローマ字氏名：Murota Yoshihiro

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。