

徳島県鳴門市の蓮田における アメリカザリガニの生息環境解析

平松 隼人¹・河口 洋一²・佐藤 雄大³・杉本 健介⁴

¹学生会員 徳島大学大学院生 理工学部創成科学研究科 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1)
E-mail: c612331005@tokushima-u.ac.jp

²正会員 徳島大学准教授 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1)
E-mail: kawaguchi@ce.tokushima-u.ac.jp (Corresponding Author)

³非会員 徳島大学学術研究員 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1)
³E-mail: satoj@tokushima-u.ac.jp

⁴学生会員 徳島大学大学院生 理工学部創成科学研究科 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1)
⁴E-mail: c612231029@tokushima-u.ac.jp

本研究では、徳島県鳴門市の蓮田においてアメリカザリガニ対策を検討するために、局所的・地理的なスケールの環境要因が本種の分布に与える影響を明らかにすることを目的とした。調査は2022年6・7月に3回行った。解析の結果、6月では水深とレンコンの植被率が、7月上旬では圃場畦のコンクリート化率が有意な関係性を示した。コンクリート化率については、3回の調査全てにおいて、アメリカザリガニの個体数と弱い負の関係性を示した。3回の調査を通じ、アメリカザリガニの個体数と地理要因との関係性は認められなかった。このことから、本種の個体数は、局所要因から影響を受けていることが示唆された。レンコンの植被率が低い6月以前における浅水深での水管理や圃場畦のコンクリート化を促進することが本種の対策として考えられる。

Key Words: *Procambarus clarkii*, red swamp crayfish, biodiversity, invasive species, lotus root field

1. はじめに

2012年に公表された生物多様性国家戦略2012 - 2020では、わが国の生物多様性の損失要因を、第1の危機(人間活動や開発による危機)、第2の危機(自然に対する働きかけの縮小による危機)、第3の危機(人間により持ち込まれたものによる危機)、第4の危機(地球環境の変化による危機)としている¹⁾。このうち、第3の危機では外来種問題が挙げられ、野生生物の本来の移動能力を越えて、人為によって意図的・非意図的に国外や国内の他の地域から導入された生物が、地域固有の生物相や生態系を改変し、大きな脅威となっている。なかでもアメリカザリガニ(*Procambarus clarkii*)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²⁾、水辺の生態系に対して非常に大きな影響を与えていることが明らかとなっている。そして、2023年6月1日から条件付特定外来種に指定された。捕獲や販売・頒布を目的としない飼育は許可されているが、輸入や放出、販売又は頒布を目的とした飼育、販売・購入又

は頒布に当たる譲渡などが規制された。

アメリカザリガニは、北米原産のザリガニで、日本には1927年に養殖用のウシガエル(*Rana catesbeiana*)の餌として日本に導入された³⁾。本種は、低酸素や高温、塩分や水質汚染、富栄養化に耐性があり、劣悪な水環境でも生息できる⁴⁾。また、1回の産卵で数百個の卵を産むことから、繁殖力も非常に高い⁵⁾。このことから本種は、一度定着すると急増しやすい生物学的特性をもっており、現在では全国各地の水域に定着している⁶⁾。アメリカザリガニは雑食性であり、希少種を含むさまざまな在来動植物を摂食するため、在来生態系に多大な影響を及ぼしている^{4) 6)}。また、直接的な捕食だけでなく、水生植物の消失により水生昆虫類の産卵場の消失や生息環境の変化などの間接的な影響も及ぼすことが明らかとなっている⁴⁾。

本種は生物多様性だけでなく、農業にも影響を与えている。水田においては、稲の食害や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⁴⁾。徳島県の旧吉野川周辺では、稲作でなくレ

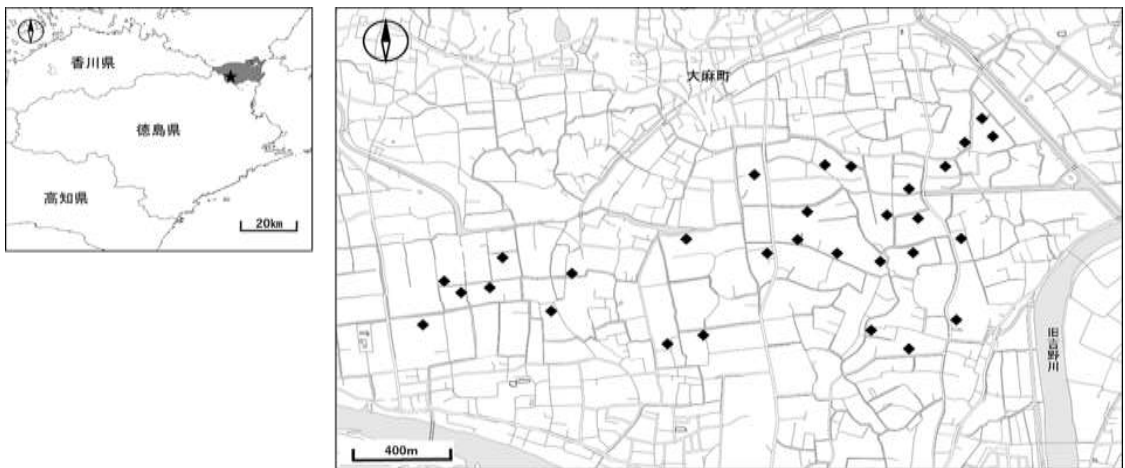


図-1 調査地概要図. 左図のグレーが鳴門市を表す. ★は右図の位置を示す. ◆は調査地点を示す.

ンコン栽培が盛んである. 農林水産省によると, 徳島県のレンコンの出荷量は茨城県, 佐賀県に次いで全国3位である⁷⁾. そして, 徳島県の中でも鳴門市はレンコンの出荷量が最も多い地域である⁸⁾. 鳴門市の蓮田においてもアメリカザリガニが確認されており, 本種によるレンコンの食害⁹⁾や掘った巣穴による漏水の被害があること¹⁰⁾が問題となっている. アメリカザリガニに関する研究は, 水田やため池, ビオトープなどでは行われているが, 蓮田に生息するアメリカザリガニについての研究は無い. そこで, 本研究では鳴門市の蓮田においてアメリカザリガニ対策を検討するために, 個体数と関係している環境要因を局所的な物理環境要因と地理的要因の両スケールから明らかにすることを目的とした. また, アメリカザリガニの生息密度が高くなるほど, レンコンへの被害が拡大するかを検証するために, アメリカザリガニの生息密度とレンコンの収量との関係も同時に検討した.

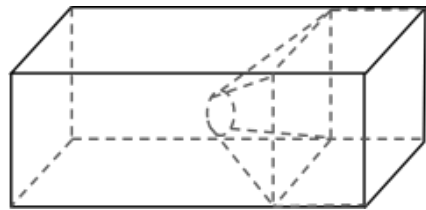


図-2 ペットボトルトラップの形状. 容量2Lのペットボトルの上部を切断し, 逆さにして下部に差し込むことで製作した. ペットボトルの口は, 大きい個体が入れるように切断した. 各面に3~5mm程の空気穴を40個程あけた.

境配慮型の栽培方法が進められ, 化学肥料・農薬ともに, 慣行栽培の基準に照らして50%削減した「コウノトリおもてなしれんこん」というブランドのレンコンが生産されている¹¹⁾. 調査対象となる蓮田も, 化学肥料・農薬共に5割以上削減した栽培方法を行っている. 調査対象地は, 圃場同士が隣り合わず, かつ周辺の地理的構造がばらつくように30圃場選定した(図-1). なお, 管理者が1人であるため, 全ての圃場で栽培方法が同じである.

2. 調査方法

(1) 調査地

徳島県北東部に位置する鳴門市大麻町の蓮田を調査区域とした. 調査地の鳴門市大麻町には, 吉野川本流の大規模氾濫時の洪水流により埋め残された後背湿地が分布する. 鳴門市大麻町は, 山沿いの扇状地部分を除いて, 表層はシルトや粘土で覆われ, 水はけが悪く, 土地利用はほとんどが蓮田となっている. 当該地域には, コウノトリ (*Ciconia boyciana*) が生息しており, 蓮田はコウノトリの餌場となっている. そのため, 野生生物が生息できる環境を整えることを優先課題として, 市内では環

(2) 調査期間

野外調査は, 2022年6月19~23日, 7月3~8日, 7月19~22日の期間に行った. 6・7月に調査を行った理由は, 5~9月にため池で行われた既存研究から, アメリカザリガニの大型個体は6月に最も多く, 小型個体は7月に最も多かったと報告されており¹²⁾, 本研究でもアメリカザリガニの個体数の増加が同時期に多くなると考えたためである. 各調査圃場では, 生物量調査と物理環境調査を合計3回実施した. また, レンコンの収量につい



図-3 調査地点別の総捕獲数.

てのヒアリング調査は、2023年1月20日に実施した。

(3) 生物量調査

アメリカザリガニの捕獲法はさまざまな手法が検討されており、水田のような水深が浅い水域では、人工巣穴やペットボトルトラップが捕獲に適しており、特に、人工巣穴よりもペットボトルトラップの方が捕獲できる個体数が多い¹³⁾。そのため本研究では、各圃場において図-2のようなペットボトルトラップによってアメリカザリガニを捕獲した。生物を誘引する餌として、グルテン餌（マルキュー製）約10gを丸めてトラップ内に入れた。トラップは、最も周囲長の短い圃場を基準に最低10個、最大19個設置し、畦畔から50cm離れた場所に平行かつ、入口が畦畔側を向くように設置した。蓮田の周囲長は、H28年度 鳴門市 水田情報・地番情報シェープファイルのデータを用い、Arc GIS 10.6 (ESRI ジャパン株式会社) 上で計測した。また、ザリガニ類は夜行性であるため⁵⁾、本種が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られる。そこで、トラップの設置時間は16時から翌日の9時までの一晩とした。捕獲した個体は、個体数、雌雄を記録し、頭胸甲長(mm)（眼の後ろのくぼみから頭胸部の後端までの長さ）はノギスを用いて小数点第1位までを測定した。

(4) 局所的環境要因の調査

各圃場の全てのペットボトルトラップ設置箇所にて水深(cm)、水温(℃)、レンコンの植被率(%)を計測した。水深は折尺を、水温はデジタル水温計を用い、トラップ入口の中央付近にて計測した。なお、どちらも小

数点第1位までを記録した。レンコンの植被率は1mのポールを用い、ペットボトルトラップの設置箇所を中心に、1m²の範囲にレンコンの葉が占める面積割合を目視により算出した。また、圃場畦のコンクリート化率は、コンクリート製の畦畔の長さを計測し、周囲長で除して、圃場ごとに算出した。

(5) 地理的環境要因の抽出

圃場ごとの地理的環境要因を抽出するために、Arc GISを用いて、圃場辺縁を基準に半径100mのバッファを発生させ、各バッファ内に占める水田、市街地、水路の各面積割合を圃場ごとに算出した。アメリカザリガニは1日で0.3～76.5m移動することが確認されている¹⁴⁾。他の研究では、繁殖期のオスが4日間で17km移動した事例も報告されている¹⁵⁾。本研究では、圃場間の距離が近いことを考慮し、本種の移動範囲を内包するため、半径100mのバッファで解析を行った。

(6) アメリカザリガニの生息密度とレンコンの収量との関係

アメリカザリガニの生息密度(匹/m²)は、3回の調査を通じ、各圃場で捕獲された平均個体数を圃場面積で除し、算出した。単位面積当たりのレンコンの収量(t/m²)は、ヒアリング調査により得たレンコンの収量のデータから圃場ごとに算出した。データは腐敗病による被害が出た圃場を除く27圃場で解析を行った。

表-1 調査期間別のアメリカザリガニの個体数と環境要因との関係。(A)は調査1回目、(B)は調査2回目、(C)は調査3回目の一般化線形モデルによる解析結果を示す。CI:95%信頼区間。*は5%水準で有意であることを示す。

(A)					
変数	係数	CI_low	CI_high	z	p
切片	-2.1246	-2.8992	-1.3499	-5.3751	7.65E-08
水深	1.1046	0.0296	2.1796	2.0139	0.0440*
植被率	1.5210	0.1842	2.8578	2.2301	0.0257*
水温	1.0707	-0.4251	2.5665	1.4029	0.1606
コンクリート化率	-1.0001	-2.1234	0.1232	-1.7450	0.0810
水田面積	-0.1055	-1.1076	0.8967	-0.2063	0.8366
市街地面積	-0.6676	-1.9356	0.6004	-1.0319	0.3021
水路面積	-0.2901	-1.1496	0.5693	-0.6616	0.5082
決定係数: 0.6703					
(B)					
変数	係数	CI_low	CI_high	z	p
切片	-1.3119	-1.8435	-0.7803	-4.8366	1.32E-06
水深	-0.1103	-0.7464	0.5257	-0.3399	0.7339
水温	0.3452	-0.1780	0.8685	1.2932	0.1959
コンクリート化率	-1.0254	-1.8702	-0.1806	-2.3789	0.0174*
水田面積	0.1218	-0.7162	0.9598	0.2850	0.7757
市街地面積	-0.0140	-0.6152	0.5871	-0.0458	0.9635
水路面積	-0.1970	-0.8419	0.4479	-0.5986	0.5494
決定係数: 0.3217					
(C)					
変数	係数	CI_low	CI_high	z	p
切片	-0.3859	-0.7910	0.0192	-1.8672	0.0619
水深	-0.1600	-0.6742	0.3542	-0.6098	0.5420
水温	-0.0708	-0.6614	0.5197	-0.2351	0.8141
コンクリート化率	-0.4028	-0.8725	0.0669	-1.6808	0.0928
水田面積	0.2142	-0.4658	0.8942	0.6174	0.5370
市街地面積	-0.5065	-1.1439	0.1309	-1.5573	0.1194
水路面積	0.0556	-0.5363	0.6476	0.1841	0.8539
決定係数: 0.5307					

(7) 統計解析

アメリカザリガニの個体数と環境要因との関係を解析するにあたり、調査回毎に負の二項分布を仮定した一般化線形モデルにより解析を行った。応答変数はアメリカザリガニの個体数とした。応答変数のアメリカザリガニの個体数は、カウントデータであるが、その分布は全体的にばらつきが大きく、過分散を起こしている。そのため、このようなデータのモデルの当てはめには、誤差構造として負の二項分布を使うのが望ましい。個体数データが調査された圃場のトラップ数の違いによる影響を加味する必要がある。負の二項分布を仮定したモデルを適用するにあたり、応答変数にはカウントデータ（整数）を用いるためオフセット項を用いる。説明変数は水深、水温、レンコンの植被率（1回目の調査のみ）、圃場畦のコンクリート化率、圃場辺縁から100m圏内の水田、市街地、水路の各面積割合とした。2回目と3回目の調査におけるレンコンの植被率はほとんどが100%を占めていたため、解析では用いなかった。オフセット項に

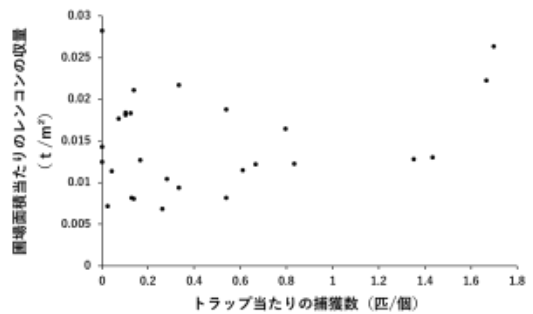


図-4 アメリカザリガニの個体数とレンコンの収量との関係。

は、設置したトラップ数を用いた。また、本種によるレンコンへの影響を評価するために、アメリカザリガニの生息密度と単位面積当たりのレンコンの収量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。以上の解析には、フリーソフトウェアの R version. 4.1.0 (R Development Core Team 2021) を用いた。

3. 結果

(1) 生物量

全調査期間を通したアメリカザリガニの合計個体数は、631 個体（オス 52%、メス 48%）だった。調査地別のアメリカザリガニの総捕獲数を図-3 に示す。アメリカザリガニが捕獲された圃場と捕獲されなかった圃場があり、最も多く捕獲された圃場では 89 個体捕獲され、1 個体も捕獲されなかった圃場は 3 箇所あった（圃場当たりの平均捕獲個体数 ± 標準偏差: 21.0 ± 25.1 個体）。また、頭胸甲長は、3.0 ~ 44.0 mm（平均 ± 標準偏差: 16.0 ± 9.7 mm）と幅があり、40 mm 以上の個体が捕獲されたのは 3 回目の調査のみであった。

(2) 環境要因

調査期間別のアメリカザリガニの個体数と環境要因との関係を表-1 に示す。1 回目の調査において、局所要因として水深とレンコンの植被率がいずれも有意な正の関係を示した（表-1A）。2 回目の調査は、局所要因として圃場のコンクリート化率が有意な負の関係を示した（表-1B）。圃場畦のコンクリート化率が 3 回の調査全てにおいて、アメリカザリガニの個体数と弱い負の関係を示した（表-1）。しかし、3 回の調査を通じ、アメリカザリガニの個体数に関して、水温や地理的要因との間に関係性は見られなかった（表-1）。

(3) レンコンの収量

アメリカザリガニの密度とレンコンの収量との間には、有意な相関関係は見られなかった（図-4）（Spearman の順位相関係数、 $\rho=0.0950$, $p=0.6372$ ）。

4. 考察

(1) アメリカザリガニの個体数に影響する

環境要因

本研究によって、徳島県鳴門市大麻町の蓮田におけるアメリカザリガニの個体数は水深やレンコンの植被率、圃場畦のコンクリート化率といった局所要因に関与していることが明らかになった。局所要因について、解析結果より、6月ではアメリカザリガニの個体数は水深が大きいほど多かった。千葉県立中央博物館生態園（千葉市）の舟田池では、15年にわたり冬期に池水位を徐々に低下させる実験が行われた。その結果、サギ類の捕食圧を高め、年々サギ類の個体数が増えてアメリカザリガニの低密度化に繋がった¹⁶⁾。これは、水位が低下した水環境では、サギ類によるアメリカザリガニの探索を容易にし、水鳥類の捕食効率を高める効果を発揮しているためと考えられる¹⁶⁾。

同じく6月では、アメリカザリガニの個体数はレンコンの植被率が高いほど多かった。このことは、レンコンの葉が水中カバーとしての役割を担っているためと考えられる。水中カバーのある区画ではそうでない区画に比べ、甲殻類の生息数が大きくなることが既存研究で示されている¹⁷⁾。鳴門市には、コウノトリやアオサギ（*Ardea cinerea*）などの水鳥が生息しており、アメリカザリガニを捕食している。特にコウノトリにとってアメリカザリガニは主要な餌生物である¹⁸⁾。これらのことから、蓮田の水深が深くレンコンが生い茂ることが水鳥による捕食圧を軽減していると考えられる。

また、2回目以降の調査では、アメリカザリガニの個体数と水深に関係性が見られなかった。これは、2回目以降の調査ではほとんどの圃場でレンコンの植被率が100%であり、レンコンが生い茂ったことで水鳥が圃場内や畦で採餌を行うことができなくなったためと考えられる。水鳥の多くの種は畦や休耕地を選択的に利用し、稲などの農作物が作付けされた場所は避ける傾向があることが明らかとなっている¹⁹⁾。

3回の調査を通じ、アメリカザリガニの個体数は圃場畦のコンクリート化率が大きいほど少なくなった。アメリカザリガニにとって、巣穴は捕食者対策や水位低下による乾燥を避けるためなど、一時的に環境条件が悪くなったときの避難場所として重要な役割があると考えられ

ている^{20) 21)}。このことから、本種が巣穴を掘ることができないコンクリート面が多い圃場では個体数が少なくなると考えられる。

(2) アメリカザリガニの生息密度とレンコンの収量との関係

本研究では、アメリカザリガニの生息密度とレンコンの収量との関係性は見られなかった。アメリカザリガニ科の *Faxonius virilis* で行われた研究では、*Faxonius virilis*は少なくとも American lotus (*Nelumbo lutea*) の植物体は食べないことが示唆されている²²⁾。アメリカザリガニが摂食被害を与えたとしたら、蓮の新芽であると考えられる。レンコンの新芽の数やアメリカザリガニの生息数を調査することで、本種がレンコンの成長に及ぼす影響を把握する必要がある。

徳島県のレンコン栽培において、さまざまな病害虫問題が確認されている²³⁾。なかでも、最も被害が大きいのは腐敗病で、本研究でも腐敗病によりレンコンの収量が激減した圃場が見られた。ミシシippアカミミガメ (*Trachemys scripta elegans*) による蓮の新芽の食害やカモ類 (*Anatidae*) による蓮の地下茎の食害もある²³⁾。室内実験などを通じて、これらの生物による蓮への影響を明らかにしていく必要がある。

(3) 今後のアメリカザリガニ対策

本研究では、鳴門市の蓮田におけるアメリカザリガニの個体数は、局所要因の影響を受けているが、地理的要因との関係性は見られなかった。そして、局所要因の中でも6月では水深とレンコンの植被率については、個体数と正の関係性が見られ、圃場畦のコンクリート化率については調査を通して、弱い負の関係性が見られた。これらのことから、アメリカザリガニ対策として、圃場畦のコンクリート化を促進することで抑制できる可能性がある。また、レンコンの植被率が低い6月以前に浅い水深で水管理を行うことで、コウノトリなどの水鳥の捕食圧を高めることができる可能性も考えられる。これらの局所管理の実施については、生態系への影響やレンコン栽培への影響を考慮しなければならないため、関係者との協議が必要である。

今後、生息環境管理により、アメリカザリガニによる農作物被害の低減を進めることが求められる。そのためには、より詳細なアメリカザリガニの生息環境を研究することが求められる。アメリカザリガニに関する研究の多くは水田が対象となっており、蓮田では研究事例が少ないため、レンコンを育てる複数の地域での調査も必要と考えられる。また、外来種同士の相互作用や中位捕食者の開放による在来生態系への影響を解明する必要があ

る。埼玉県滑川市のため池で行われた研究では、オオクチバス (*Micropterus salmoides*) の駆除によってアメリカザリガニが増加した。その後、アメリカザリガニによって水生植物が減少し、水生生態系への影響が懸念された²⁰⁾。徳島県鳴門市でも、ミシシippアカミミガメの駆除によってアメリカザリガニが増加し、レンコン栽培に悪影響を及ぼす可能性も考えられる¹⁰⁾。そのため、圃場間の生物相の違いを把握することが重要である。そして、本種は高い移動能力を持ち、生息分布を拡大することから¹⁰⁾、移動の補助、または阻害する地理的要因を明らかにしていく必要がある。このように、本種の特徴を明らかにし、効率的な抑制方法の構築が今後の課題である。

謝辞：レンコン農家の竹村昇氏ならびにNPO 法人コウノトリ基金の柴折史昭氏には、本研究における野外調査に多大なるご協力をいただいた。この場を借りて深く御礼申し上げる。本研究は JSPS 科研費 21H03652 の助成を受けたものである。

REFERENCES

- 1) 環境省：生物多様性国家戦略 2012-2020 ～豊かな自然共生社会の実現に向けたロードマップ～，環境省，2012. [Ministry of the Environment: National Biodiversity Strategy 2012-2020: Roadmap for Realization of a Society in Harmony with Nature, Ministry of the Environment, 2012.]
- 2) 村上興正，鷺谷いつみ：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，鷺谷いつみ（監修），外来種ハンドブック，地球書館，東京，pp. 362-365, 2002. [Murakami, O. and Washitani, I.: Invasive Alien Species Worst 100 in Japan, Ecological Society of Japan (ed.), Murakami, O. and Washitani, I. (supervisors), Invasive Alien Species Handbook, Chikyu Shokan, Tokyo, pp. 362-365, 2002.]
- 3) 川井唯史，一寸木肇，Japan Crayfish Club，中田和義，小林弥吉，荒井健：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巻，pp. 1-8, 2003. [Kawai, T., Tyokki, H., Japan Crayfish Club, Nakata, K., Kobayashi, Y. and Arai, K.: A study on the introduction and distribution of American crayfish, Aomori Journal of Natural History, Vol. 8, pp. 1-8, 2003.]
- 4) 荻部治紀，西原昇吾：「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」，2011，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, 2015. [Karube, J. and Nishihara, S.: "Effects of American Crayfish on the Ecosystem and its Elimination Technique", 2011, in Kawai, T. and Nakata, K. (eds.), Shrimps, Crabs, and Crayfish: Conservation and Biology of Freshwater Crustaceans, Biology Research Inc., Tokyo, pp. 315-328, 2015.]
- 5) 中田和義：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, 2010. [Nakata, K.: Physiology, Ecology-Basic Ecology, Reproduction, Physiology, Kawai, T. and Takahata, M. (eds.), Biology of crayfish, Hokkaido University Press, Sapporo, pp. 343-396, 2010.]

- 6) 中田和義：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（特集 都市域の水環境の生態系），用水と廃水，57巻7号，pp. 519-524, 2015. [Nakata, K.: Influence of alien crayfish established in urban water environment on native ecosystem (Special Issue on Ecosystem of Water Environment in Urban Area), Water and Wastewater, Vol. 57, Issue 7, pp. 519-524, 2015.]
- 7) 農林水産省：野菜生産出荷統計，農林水産省，2021. [Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries: Vegetable Production and Shipment Statistics, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2021.]
- 8) 農林水産省：野菜生産出荷統計，農林水産省，2006. [Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries: Vegetable Production and Shipment Statistics, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2006.]
- 9) 澤田英司：徳島県におけるレンコンの生産制限要因の解明と対策技術に関する研究，2017. [Sawada, E.: Study on the Factors Limiting the Production of Lentil in Tokushima Prefecture and Countermeasure Technologies, 2017.]
- 10) 佐藤章裕，近藤誠志，澤田英司：鳴門のレンコンをアカミミガメから守る取り組み，日本の淡水カメ記録 亀楽，神戸市立須磨海浜水族館，No. 11, pp. 4, 2016. [Sato, A., Kondo, S. and Sawada, E.: Efforts to protect Naruto's Rengon from *Trichemys scripta elegans*, Japanese Freshwater Turtle Record: KIRAKU, Kobe City Suma Seaside Aquarium, No. 11, pp. 4, 2016.]
- 11) 全国農業協同組合連合会 JA 全農ウィークリーHP：コウノトリと共生の農業推進「れんこん」をブランド化，JA ブームイン，Vol. 836, 2018. [National Federation of Agricultural Cooperative Associations, JA Zennou Weekly HP: Promoting Agriculture in Harmony with the *Ciconia boyciana*, "Renkon" Branding, JA Zoom In, Vol. 836, 2018.] (<https://www.zennoh-weekly.jp/wp/article/1066>)
- 12) 芦澤淳，藤本泰文：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巻，pp. 27-40, 2012. [Ashizawa, J. and Fujimoto, Y.: Population control and invasion prevention of American crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard), in a reservoir using crab cages, Izunuma-Uchinuma Research Report, Vol. 6, pp. 27-40, 2012.]
- 13) 中田和義：アメリカザリガニの生態をふまえて有効な駆除手法，Cancer，27巻，pp. 139-141, 2018. [Nakata, K.: Effective extermination methods based on the ecology of American crayfish, Cancer, Vol. 27, pp. 139-141, 2018.]
- 14) Barbaresi, S., Santini, G., Tricarico, E., and Gherardi, F.: Ranging behaviour of the invasive crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard), Journal of Natural History, Vol. 38, Issue 22, pp. 2821-2832, 2004.
- 15) Gherardi, F. and Barbaresi, S.: Invasive crayfish: activity patterns of *Procambarus clarkii* in the rice fields of the Lower Guadaluquivir (Spain), Archiv

für Hydrobiologie, Vol. 150, No.1, pp. 153-168, 2000.

- 16) 林紀男：池水位の攪乱がアメリカザリガニに及ぼす影響, *Cancer*, 27 巻, pp. 143-147, 2018. [Hayashi, N.: Effects of pond level disturbance on *Procambarus clarkii*, *Cancer*, Vol. 27, pp. 143-147, 2018.]
- 17) 河口洋一：水際を構成する「陸上部」と「水中部」の植物, *ARRCNEWS*, 自然研究センター, 6 巻, pp. 4, 2003. [Kawaguchi, Y.: "Terrestrial" and "underwater" plants composing the water's edge, *ARRCNEWS*, Nature Research Center, Vol. 6, pp. 4, 2003.]
- 18) 田和康太, 佐川志朗, 内藤和明：9 年間のモニタリングデータに基づく野外科ウノトリ *Ciconia boyciana* の食性, 野生復帰, 4 巻, pp. 75-86, 2016. [Tawa, K., Sagawa, S. and Naito, K.: Feeding habits of field storks, *Ciconia boyciana*, based on 9 years of monitoring data, *Return to the Wild*, Vol. 4, pp. 75-86, 2016.]
- 19) 前田琢：関東平野中部の稲作水田における鳥類の個体数とハビタット利用のパターン, 日本生態学会誌, 51 巻 3 号, pp. 310, 2001. [Maeda, T.: Bird Populations and Habitat Use Patterns in Rice Paddy Fields in the Central Kanto Plain, *Journal of the Ecological Society of Japan*, Vol. 51, No. 3, pp. 310, 2001.]

- 20) Hobbs, H. H.: The crayfishes of Georgia, *Smithsonian Contributions to Zoology*, No. 318, pp. 1-549, 1981.
- 21) Gherardi, F., Tricarico, E. and Ilhéu, M.: Movement patterns of an invasive crayfish, *Procambarus clarkia*, in a temporary stream of southern Portugal, *Ethol. Ecol. Evol.*, No. 14, pp. 183-197, 2002.
- 22) Brown, P.B., Tazik, P., Hooe, M.L. and Blythe, W.G.: Consumption and apparent dry matter digestibility of aquatic macrophytes by male and female crayfish (*Orconectes virilis*), *Aquaculture*, Vol. 89, Issue 1, pp. 55-64, 1990.
- 23) 沢田英司, 阿部成人：徳島県のレンコン栽培における病害虫の発生状況と対策, 植物防疫 = Plant protection, 71 巻 12 号, pp. 755-758, 2017. [Sawada, E. and Abe, S.: Outbreak status and countermeasures of pests and diseases in lotus rootstock cultivation in Tokushima Prefecture, *Plant protection*=*Plant protection*, Vol. 71, No. 12, pp. 755-758, 2017.]
- 24) Maezono, Y. and Miyashita, T.: Impact of exotic fish removal on native communities in farm ponds, *Ecological Research*, Vol. 19, pp. 263-267, 2004.

(Received March 27, 2023)

(Accepted August 21, 2023)

HABITAT ANALYSIS OF *PROCAMBARUS CLARKII* IN LOTUS ROOT FIELDS IN NARUTO CITY, TOKUSHIMA PREFECTURE, JAPAN.

Hayato HIRAMATSU, Yoichi KAWAGUCHI
Takahiro SATO and Kensuke SUGIMOTO

The purpose of this study was to determine the effects of local- and geographical-scale environmental factors on the distribution of *Procambarus Clarkii* to suggest a measure for expansion of this invasive species in the lotus root fields of Naruto City, Tokushima Prefecture. Field surveys were conducted for three times at each lotus field during June - July 2022. The analysis showed a significant relationship between water depth and vegetation cover of lotus fields in June, and percentage of concreted ridges in lotus fields in early July. The percentage of concreted ridges showed a weak negative relationship with the crayfish density in all three surveys, and no relationship was found between the population of American crayfish and geographical factors throughout the three surveys. These suggest that crayfish density is influenced by local environmental factors. Water management with keeping shallower depth during early developmental stage of lotus, and concreting ridges of lotus field might be potential measures on expanding the distribution of invasive crayfish.