

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05780

研究課題名（和文）チュウゴクモクスガニの国内個体群形成と定着拡散回避のための有効策の検討

研究課題名（英文）Effective strategy to avoid establishment of invaded Chinese mitten crab population

研究代表者

横田 賢史（Yokota, Masashi）

東京海洋大学・学術研究院・准教授

研究者番号：00313388

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：チュウゴクモクスガニ（上海ガニ）は高級食材である一方で、世界の侵略的外来種ワースト100であり日本でも特定外来生物に指定されている。チュウゴクモクスガニは、法的な規制まで長期にわたり食材として輸入され、活ガニは全国的に流通し畜養もされてきた。そのため、逃出しあるいは放流により国内の河川で増殖し、日本固有の近縁種モクスガニ *Eriocheir japonica* や他の在来種への影響が懸念されている。本研究では、在来モクスガニとの水槽内での競合実験、生活史にもとづくモデルおよび世界的な分布情報に基づく将来的な分布予測モデルにより、チュウゴクモクスガニの侵入被害の科学的な事前のリスク評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

チュウゴクモクスガニは欧米での被害が大きいことを受け、日本でも外来生物法により生きた状態でのカニの流通は制限されている。しかし、日本国内には近縁で在来のモクスガニが生息しており、在来種や生息環境との関係を明らかにしたうえで、侵入のリスクを科学的に検証しておく必要がある。本研究では、室内実験、生活史に基づくモデル、および侵入・定着した世界各地の生息環境を解析し、日本国内へのチュウゴクモクスガニの定着の可能性を検証した。いずれも、科学的調査・観測を利用した科学的な評価を得ることができた。本研究で用いた方法は他の外来生物の侵入・定着のリスクを評価するために役立てることができる。

研究成果の概要（英文）：Chinese mitten crab has a native distribution stretching from China to Korea and is a commercially important aquaculture species. Outside its native range, the crab is considered an invasive species that has successfully established breeding populations in Europe and North America. Also, the crab has been designated as a potentially invasive species in Japan according to the Japanese Invasive Alien Species Act.

Here, we consider invasion risk of the crabs in Japanese rivers from three aspects. First was shelter competition between Chinese and Japanese mitten crabs under laboratory conditions. Second, we developed a matrix population model for the Chinese mitten crab based on its life history, and evaluated the efficacy of possible control strategies. Finally, we reconstructed the niches of native and invading populations using geometrical n-dimensional hypervolumes and developed species distribution models (SDMs) to predict habitat suitability in native and invaded areas.

研究分野：集団生物学

キーワード：外来生物 チュウゴクモクスガニ 競合実験 個体群成長モデル 種分布モデル 侵入リスク評価

1. 研究開始当初の背景

チュウゴクモズガニ *Eriocheir sinensis* (上海ガニ) は中国原産のイワガニ科の淡水産カニ類の一種で、有名な高級食材の1つである。中国では養殖が盛んで 2014 年には 80 万トンに到達し (FAO 2016)、日本、東南アジアへも輸出されている。しかし、欧米では河川生態系や河床環境を破壊する外来危険生物として IUCN (国際自然保護連合) の「世界の侵略的外来種ワースト 100」、IMO (国際海事機関) の「侵略的外来種の世界ワースト 10」とされている (Lowe et al. 2000)。欧米の被害を受け日本でも 2005 年 12 月外来生物法に基づき特定外来生物に指定され (2006 年 2 月 1 日施行)、活カニの持込み規制と飼養のための特別許可が必要となった。

チュウゴクモズガニは、法的な規制まで長期にわたり食材として輸入され、活ガニは全国的に流通し畜養もされてきた。そのため、逃出しあるいは放流により国内の河川で増殖し、日本固有の近縁種モズガニ *Eriocheir japonica* や他の在来種への影響が懸念されている。しかし、野外では、2004 年に東京湾において 2 個体が発見されているのみで、大発生等の報告はなく遺伝的にも交雑個体は確認されていない (Xu and Chu 2012)。外来生物被害の予防的な見地から、将来的な定着および被害予測に関わる科学的調査および総合的な評価が必要である。

2. 研究の目的

本課題では、在来モズガニとの競合に関する水槽実験、生活史の基づく個体群成長モデル、および種分布モデル (SDM: species distribution model) による定着予測を行い、チュウゴクモズガニの日本国内への定着リスクを検証する。

3. 研究の方法

3 - 1. チュウゴクモズガニとモズガニとの潜在的な競合関係のための水槽実験

国内ではチュウゴクモズガニは定着していないが、被害のある欧米では根絶は極めて難しく、成功事例はない。そのため、潜在的な生物種への影響を評価し、早期の根絶の重要性を明らかにする必要がある。日本在来で同属のモズガニは類似した生活史と食性を有することから、定着の際には直接的な影響が懸念されている。また、2 種は餌や生息場などをめぐり競合する可能性が高いため、定着抑止の点からも 2 種間の競合実態の解明は有益な知見となりうる。そこで、2 種間の生息場における隠れ場所 (シェルター) をめぐる競合に関する水槽実験を行った。

サンプルは野外採集したモズガニおよび飼養の特別許可を得て購入したチュウゴクモズガニを用いた。体サイズと各部位のサイズを計測した後、モズガニを先にシェルター入り水槽内に馴致させ、次にチュウゴクモズガニを入れビデオ撮影して行動観察を行った。雌雄と体サイズ差を複数組合せて観察した。撮影時間内でのシェルターからのモズガニの追い出し回数とチュウゴクモズガニの追い払い回数を計数し、競合の際の行動パターンを類別して頻度を求めた。計数したデータを解析し、種、性別、体サイズ差の効果を明らかにした。

3 - 2. 季節性のある行列モデルによる侵入チュウゴクモズガニの個体群成長の推定

チュウゴクモズガニの幼生期の生態、体サイズ成長および繁殖に関する知見をもとに夏季と冬季に分けた行列個体群モデル作成した (図 1)。調査実験結果の公表されている資料に基づいて侵入エリアでの生活史に関連するパラメータを設定し、それらの変化に伴う個体群成長能力に与える影響を評価した。また、侵入エリアでの駆除の効果を数値実験により検証した。

3 - 3. 種分布モデル (SDM) による環境データからのチュウゴクモズガニの侵入エリア予測

チュウゴクモズガニは北アメリカとヨーロッパに侵入し個体群を形成して外来生物として様々な影響が生じている。一方で、日本では外来生物に指定されるまでに複数回の導入や存在が確認されているにもかかわらず、個体群形成には至っていない。この差を明らかにするため、本種の日本での状況をニッチベースのプロセスから検証した。地理的な情報に基づく n 次元の仮想空間分析により、原産地、侵入成功地および未侵入地の realized

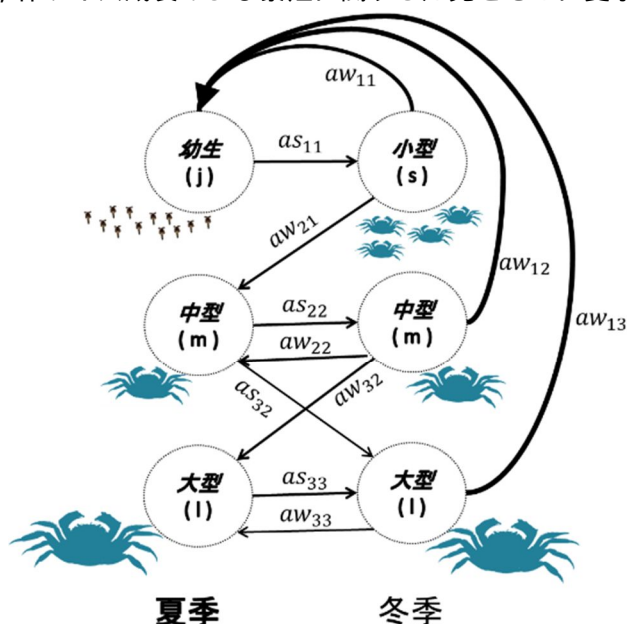


図1 季節性のあるチュウゴクモズガニ行列モデル

niche を定量化した．侵入成功地のニッチが保持されると仮定して，日本国内における侵入可能地域を評価した．評価には種分布モデル SDM を用い，変数として世界全体での原産・侵入地の位置情報，各位置での環境観測値を用いた．

4．研究成果

4 - 1 シェルターをめぐる競合では，2 種間の体サイズの差異が影響した．しかし，モクズガニは，わずかに体サイズの大きなチュウゴクモクズガニを追い払うケースが見られた．チュウゴクモクズガニは甲幅で 10%以上あるいは鉗脚で 7%以上大きい場合に，モクズガニを常に追い払ってシェルターを確保・維持した．この競合において 2 種は異なる行動パターンを示した．モクズガニはチュウゴクモクズガニよりも攻撃的な行動（接近，相手の歩脚・鉗脚への接触）をする頻度が高かった．水槽実験の全体的な傾向から，野外においてチュウゴクモクズガニがモクズガニを排して生息場を奪うことは難しいことが示唆された（Zhang et al. 2019a）．

4 - 2 モデルの感度分析から，幼生期の水温と死亡率が個体群の成長に寄与することが明らかになった．チュウゴクモクズガニの生活史において発生から河川に着底して稚ガニとなる段階が，個体群定着に重要であることが示された．そのため，河口など幼生期の発育・定着する汽水域の環境条件に注目する必要がある．数値シミュレーションから，個体群形成の段階において，成体のカニを駆除割合を上げるよりも，着底を抑止するための河口環境の維持など長期的な対策が有効であることが明らかになった（Zhang et al. 2019b）．

4 - 3 SDM モデルの分析により，チュウゴクモクズガニは侵入・個体群形成のプロセスでニッチをシフトさせていたことが明らかになった．本種の個体群形成に適すると推定される地域は日本国内でも存在するが，本種の幼生期の発育・定着に好適とされる汽水域の 1 つの有明海周辺の淡水地域は含まれていなかった（図 2）．成長段階間の好適地域のミスマッチが，国内での個体群形成が成立しない原因の 1 つであることが示唆された（Zhang et al. 2020）．

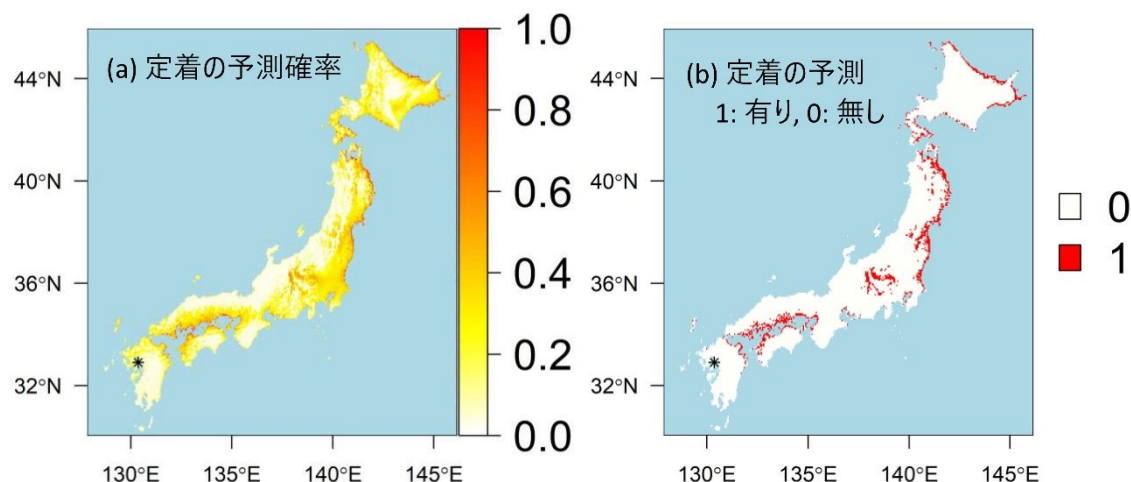


図 2 SDM モデルによる国内への定着予測結果

4 - 4 以上より，チュウゴクモクズガニの日本への定着，およびモクズガニを含む在来生物への影響が起りにくい環境条件に多くの日本の河川が当てはまると考えられた．今後の環境変動や改変などにより好適条件が整うリスクもあるため，継続した調査と管理が必要と考えられる．また，東アジアには同属が広く分布しており，交雑による定着や未調査で局所的に好適な生息場の存在もありうることから，交雑の成立の要件や河川での詳細なモニタリングを進めていく必要がある．

<引用文献>

- FAO, 2016. FAO Yearbook. Fishery and aquaculture statistics 2014. FAO, Rome, Italy.
- Lowe, S, M. Browne, S. Boudjelas, and M. De Poorter, 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database (p. 12). Auckland,, New Zealand: Invasive Species Specialist Group.
- Xu, J., and K. H. Chu, 2012. Genome scan of the mitten crab *Eriocheir sensu stricto* in East Asia: Population differentiation, hybridization and adaptive speciation. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 64: 118-129
- Zhang, Z., M. Yokota, and C.A. Strüssmann, 2019a. Potential competitive impacts of the invasive Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* on native Japanese mitten crab

Eriocheir japonica. *Hydrobiologia* 826: 411-420

Zhang, Z., M. Yokota, and C.A. Strüssmann, 2019b. A periodic matrix population model to predict growth potential of the invasive Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne Edwards, 1853)(Decapoda: Brachyura: Varunidae). *J. Crustac. Biol.* 39, 28-35.

Zhang, Z., S. Mammolab, C. L. McLayc, C. Capinha, M. Yokota, 2020. To invade or not to invade? Exploring the niche-based processes underlying the failure of a biological invasion using the invasive Chinese mitten crab. *Science of The Total Environment* 138815.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Zhang Zhixin, Mammola Stefano, McLay Colin L., Capinha Cesar, Yokota Masashi	4. 巻 728
2. 論文標題 To invade or not to invade? Exploring the niche-based processes underlying the failure of a biological invasion using the invasive Chinese mitten crab	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 138815 ~ 138815
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scitotenv.2020.138815	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Zhixin, Yokota Masashi, Strussmann Carlos A	4. 巻 39
2. 論文標題 A periodic matrix population model to predict growth potential of the invasive Chinese mitten crab <i>Eriocheir sinensis</i> (H. Milne Edwards, 1853) (Decapoda: Brachyura: Varunidae)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Crustacean Biology	6. 最初と最後の頁 28 ~ 35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/jcbsol/ruy090	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Zhixin, Yokota Masashi, Strussmann Carlos A.	4. 巻 826
2. 論文標題 Potential competitive impacts of the invasive Chinese mitten crab <i>Eriocheir sinensis</i> on native Japanese mitten crab <i>Eriocheir japonica</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hydrobiologia	6. 最初と最後の頁 411 ~ 420
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10750-018-3759-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Zhang, Z., S. Mammola, C. L. McLay, M. Yokota
2. 発表標題 To invade or not to invade? Exploring the niche-based processes underlying the failure of a biological invasion using the invasive Chinese mitten crab
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhang, Z., Yokota, M., Strussmann, C. A.
2. 発表標題 Potential competitive impacts of the invasive Chinese mitten crab on native Japanese mitten crab.
3. 学会等名 9th International Crustacean Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関