



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

On the Origins of Species of Japanese Tadpole Shrimps by Means of Invasion and Displacement

メタデータ	言語: eng 出版者: 公開日: 2022-06-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 長縄, 秀俊 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/81600

氏 名 (本 国 籍)	長 縄 秀 俊	(岐 阜 県)
学 位 の 種 類	博 士 (農 学)	
学 位 記 番 号	農 博 甲 第 7 5 4 号	
学 位 授 与 年 月 日	令 和 3 年 3 月 1 5 日	
研 究 科 及 び 専 攻	連 合 農 学 研 究 科 生 物 生 産 科 学 専 攻	
研 究 指 導 を 受 け た 大 学	岐 阜 大 学	
学 位 論 文 題 目	On the Origins of Species of Japanese Tadpole Shrimps by Means of Invasion and Displacement (侵入および競争排除による日本産カブトエビ種の起源)	
審 査 委 員 会	主 査 岐 阜 大 学 教 授 古 屋 康 則	
	副 査 岐 阜 大 学 教 授 岩 澤 淳	
	副 査 静 岡 大 学 教 授 笹 浪 知 宏	

論 文 の 内 容 の 要 旨

この学位論文では、わが国の水田地帯をはじめとする世界の水辺に生息する身近な水生生物であり、3億5千万年以上前からその形態と生態が大きく変化していないとされる「生きた化石」でもあるカブトエビ類について、形態観察とミトコンドリア DNA のデータとに基づいて分類体系を根本的に見直す試みを行った。あわせて、在来種と2種類の外来種が生息している和歌山県の水田での観察結果をもとに、繁殖干渉を考慮した数理的競争モデルを作成し、とくに海外では「害虫」とされることもある外来種カブトエビの駆逐と在来種の保全に関する提案も行った。

1. イギリスの生態学者ロングハーストは160点の標本に基づいて1950年代に世界中のカブトエビを4種にまとめたが、根拠とした標本が一部の博物館のものに限られていたなど、課題を抱えたまま現在に至っていた。日本に関係ある種としては、広義のアジア種である *Triops granarius* はアフリカからユーラシア大陸を経て日本にまで分布し、形態学的に広い個体変異幅をもつ単一のコスモポリタン種とされてきた。そこで長縄氏は世界で最も多くのカブトエビ標本を収蔵しているにもかかわらずロングハーストが全く調査しなかったハンガリー自然史博物館において、連合農学研究科からの渡航費援助を活用して詳細な分類学的調査を行い、1種 (*Triops dadayi* Naganawa & Forro, 2020) を新たに記載、1種の記載を修正し、6種を再記載した。

2. 日本を含めた東アジアのカブトエビ種の起源を生物地理学的・分子系統学的に議論することを試みた。ハウネンエビ類はカブトエビの近縁種であるとともに被食者であり、同じ水域に約3億5千万年前(化石記録)から共存してきたことから、まず、自身で採取した標本とデータベース上の配列とを用いて、35種のハウネンエビのミトコンドリア DNA (シトクロム c オキシダーゼ サブユニット I) の 658 bp の塩基配列に基づく分子系統解析を行い、分子系統樹を作成した。次いで同じ解析方法を用いて、自身が採取した9種とデータベース上の55種のカブトエビに

ついて分子系統樹を作成した。このうちロングハーストが1種としてきたアジアのカブトエビについて、分類学的 revision (見直し) を行い、上記1において自身が新記載した種を含めて8種であることを確定した。また、共進化してきたと考えられるハウネンエビ類とカブトエビ類の生物地理学的・分子系統学的解析結果の比較から、東アジアのハウネンエビ類とカブトエビ類の種分化の中心のひとつが、ともにバイカル湖周辺にあることを指摘した。

3. わが国には宮城県から熊本県にかけて8種のカブトエビが生息している。このうちヨーロッパカブトエビやアメリカカブトエビ、長縄氏が記載したオーストラリア原産のカブトエビ(シラハマオーストラリアカブトエビ)などはさまざまな事情で人間が持ち込んだものと考えられる。長縄氏はこれらの種間関係を説明して水田における在来種の保全にも資する目的で、侵入と競争排除の観点を取り入れた数理モデルを作成した。その結果、Allee (アリー) 効果(個体群密度が小さくなると雄が繁殖相手を見つけにくくなり、繁殖率が低下する現象を数理的に捉えたもの)とその逆関数(低個体群密度下では自殖性個体は繁殖干渉を受けにくいという関係)の合成関数によって、2種の外来カブトエビと同所的に生息する日本の在来カブトエビの個体群密度と個体群成長率の総合的な動態を近似再現できることを示唆した。これを応用して、水田に生息するカブトエビをまず外来種と在来種に区別した上で、在来種のカブトエビを適切に管理し、さらに外来種のカブトエビが大量発生した水田に導入することで、農薬などを用いずに外来種を駆除できるという可能性を指摘した。また、関連して、水田の多面的機能や環境保全への関心の高まりを受けて、「カブトエビ米」のようなブランド農産物の有用性についても提案した。

4. 上記のようなシミュレーションを行うにあたって必要なカブトエビの繁殖様式についての知見は未だに十分に得られていない。カブトエビでは、一部に雌雄同体が存在するが、近縁の甲殻類(ハウネンエビ類、カイエビ類、ミジンコなど)では、未確認である。また、単為生殖はこれらの近縁甲殻類では一部で知られているが、カブトエビでは未確認である。雌雄同体のカブトエビ個体において、実際にどのように受精が行われているか、また単為生殖が起こるのかについては、今後、受精膜の有無の確認や遺伝子レベルでのさらなる調査が必要と考えられた。

5. 以上の成果は基礎となる学術論文2編にまとめられているほか、新たな論文の投稿が準備されている。また、本研究に密接に関連した既発表学術論文が3編(いずれも2019~2020年)存在し、このうち2編は長縄氏が筆頭著者である。氏は研究歴30年余の在野の鯰脚類研究者で、全体が英文で書かれた本学位論文を作成するにあたって、アメリカ・フランス・オランダ・ロシアなどの著名な生態学者・分類学者・甲殻類学者4名を含む5名の専門家の校閲を受けた。本専攻在学中の研究によって、ロングハーストの分類の revision (分類体系の見直し) を行うことができたという点は、特に意義深い。

審 査 結 果 の 要 旨

申請者 長縄秀俊氏は、形態に基づく種分類学の立場から、1950年代に英国の生態学者 Longhurst が4種にまとめた世界のカブトエビ類の分類学的再検討(revision)を行った。連合農学研究科からの渡航費援助を活用して世界で最も多くのカブトエビ標本を収蔵しているハンガリー自然史博物館において詳細な分類学的調査を行い、1種(*Triops dadayi* Naganawa & Forro, 2020)を新たに記載、1種の記載を修正し、6種を再記載した。また、種の記載にとどまらずカブトエビの

revision 研究の成果を系統分類学的検討や種間関係の解明に活用することを旨として、まず知見が圧倒的に豊富な近縁種のハウネンエビ類に適用した。この方法を日本のカブトエビに援用してミトコンドリア DNA の塩基配列を比較し、日本産カブトエビの分子系統樹を作成した。また、史前帰化種のカブトエビと2種の外来カブトエビが生息する和歌山県での調査に基づいて3種のカブトエビの生存に関する数理モデルを構築し、帰化種の存在が外来種の過剰な増加を抑制することを示した。以上の結果は、鰓脚類の分類学の発展に寄与するのみならず、3億5千万年以上前から大きく変化していない「生きた化石」であるカブトエビ類の生息地における保全にも貢献しうるものであると認められる。

基礎となる学術論文

- 1) Naganawa, H., E.Yu. Naumova, N.N. Denikina, I.G. Kondratov, E.V. Dzyuba and A. Iwasawa: Does the dispersal of fairy shrimps (Branchiopoda, Anostraca) reflect the shifting geographical distribution of freshwaters since the late mesozoic? *Limnology*, 21(1), 25-34, 2020.
- 2) Naganawa, H.: Invasive alien species *Triops* (Branchiopoda, Notostraca) in Japan and its ecological and economic impact. *Reviews in Agricultural Science*, 8, 138-157, 2020.

既発表学術論文

- 1) 長縄 秀俊: 紀南に定着した西オーストラリア産カブトエビ. *海洋と生物(Aquabiology)*, 41(1), 92-97, 2019.
- 2) Al-Rammahi, H. M., M. K. Mohammad and H. Naganawa: First record of living fossil tadpole shrimp *Triops numidicus* (Grube, 1865, resurrected by Naganawa) in the desert of Al-Najaf. *Mirror of Research in Veterinary Sciences and Animals*, 9(2), 1-9, 2020.
- 3) Naganawa, H. and E. Yu. Naumova: Interspecific competition between two self-fertile and one related sexual species of tadpole shrimp *Triops* (Branchiopoda, Notostraca) with reproductive interference, Allee effect and environmental fluctuation. *Limnology and Freshwater Biology*, 3(4, SI:7VBC), 731-732, 2020.