

博士学位論文審査報告書

申請者氏名	森井 清仁
学位の種類	博士（環境科学）
論文題目	琵琶湖水系固有の希少淡水魚スジシマドジョウ類2種間における繁殖干渉によって引き起こされた個体群の衰退とその知見を応用した保全手法
学籍番号	1956004
学歴	平成 29 年 4 月 1 日 滋賀県立大学大学院環境科学研究科 環境動態学専攻博士前期課程入学 平成 31 年 3 月 31 日 同上修了 平成 31 年 4 月 1 日 同上博士後期課程入学（※進学）
論文審査委員会	委員長 滋賀県立大学環境科学研究科 教授 西田 隆義 委員 滋賀県立大学環境科学研究科 准教授 高倉 耕一 委員 滋賀県立大学環境科学研究科 准教授 皆川 明子

論文の内容の要旨

本研究は、琵琶湖固有の絶滅危惧（亜）種であるオオガタスジシマドジョウとビワコガタスジシマドジョウの相互作用を明らかにすることで、特に後者のビワコガタスジシマドジョウの減少要因を解明し、さらにその知見を保全策に応用することを目指したものである。6年間にわたる野外調査および行動観察や室内実験などに加え、繁殖地における保全策の実証試験も行うなど、研究の内容は多岐にわたる。それらの一連の研究により、申請者は、2種の繁殖地が人為的な影響により二次的に重なったことによって、それぞれの種のオス個体が他種に対して求愛を行ってしまう間違いが恒常的に生じ、これがビワコガタスジシマドジョウの繁殖を阻害していることを明らかにした。さらに、現在知られている唯一のビワコガタスジシマドジョウの繁殖地において、オオガタスジシマドジョウの影響を軽減することを目指した工事を行い、その後の3年間の調査により一定の効果があったことを示した。学位申請論文の構成および内容は以下の通りである。

第1章では、この数十年における保全生態学の進展と成果を概観したうえで、種の衰退をもたらした要因や機構を明らかにすることの重要性を改めて指摘した。その要因・機構の中でも、現状では研究が不十分で、保全への応用がなされていないものとして、種間で生じる誤った求愛行動とその適応度コスト、すなわち繁殖干渉を挙げ、これらが本研究で対象とする2種を含むスジシマドジョウ類でも生じている可能性が高いことを、この種群を対象に国内外で行われた既存研究をもとに予想した。この繁殖干渉は、近年実証研究が

増加しつつある生物間相互作用の一つである。圍場整備などの人為的な要因により対象の2種の繁殖地が重なり、繁殖干渉が生じているとの仮説をたて、この検証と保全への応用を本研究の目的と位置づけた。

第2章では、対象の2種スジシマドジョウについて、既知の生態学的研究および系統学的研究を引用するとともに、絶滅が危惧される現状を述べた。また、本研究を行った主な調査地と調査方法について述べた。

第3章では、2種の繁殖行動を観察・解析した。これまでスジシマドジョウ類で詳細な研究例がなかった繁殖行動について、産卵・放精に至るまでの一連の行動と、それらの成功率や持続時間などを野外で明らかにした。また、2種ともにオスが求愛相手を見つける手がかりとして水面の振動を用いているために、間違った求愛が頻繁に生じうることも実験的に示し、その影響が集団の存続を脅かすほどに大きいことを数理解析により示した。

第4章では、本研究中に新たに発見されたビワコガタスジシマドジョウの繁殖地において、繁殖生態を調査した。続く第5章では、同様の調査を、ビワコガタスジシマドジョウの近縁種で、山陽地方に分布するサンヨウコガタスジシマドジョウを対象として行った。これらの調査により、いずれの種も近縁な他種が存在しない状況では、産卵場所として利用する環境の幅が広がることを明らかにした。これらの結果は、同所的に分布する近縁他種により、一方の種の繁殖地利用が制限されていることを強く示唆するものである。すなわち、現在唯一知られているビワコガタスジシマドジョウの繁殖地でも、同所的に分布するオオガタスジシマドジョウからの作用を受けていることを示唆している。

第6章では、ビワコガタスジシマドジョウの繁殖地における6年間にわたる野外調査で、オオガタスジシマドジョウを含めた2種の繁殖動態を調べた。これにより、もともと異なる環境で繁殖すると報告されていた2種が、現在では同所的な繁殖を余儀なくされていること、そしてビワコガタスジシマドジョウのメスの多くは産卵できないまま繁殖期の終わりを迎えていることが示された。さらに、採集された稚魚のDNA分析により、母親がビワコガタスジシマドジョウ、父親がオオガタスジシマドジョウの雑種を少数ながら発見し、2種間の性的な相互作用を裏付けた。これらの知見をもとに、両種の繁殖場所を分け、繁殖干渉の影響を軽減するため、かつてのビワコガタスジシマドジョウの産卵環境である水田や氾濫原湿地を模した水域の造設を2017年に行った。その後の調査において、新たに造設した水域を中心にコガタの稚魚が多く採捕されるなど、保全策の有効性が示された。この保全策は繁殖干渉の知見を保全実践に応用した世界で初めての例である。

第7章では、総合考察として、第3章から第6章までの行動観察・野外調査・数理解析・DNA分析などの結果を統合して議論し、2種の間には繁殖干渉が存在し、特にビワコガタスジシマドジョウの適応度を低下させることによって本種を衰退させる要因となっていると結論付けた。また、スジシマドジョウ種群の他種における繁殖場所利用についても、繁殖干渉仮説で説明できること、そのほかの分類群にも適用可能であることを示した。さらに、絶滅危惧魚類において繁殖干渉を考慮することの必要性・重要性について議論した。

論文の審査結果

論文審査委員会は、森井清仁が提出した学位申請論文が博士（環境科学）を授与するに値すると判定した。審査過程と審査結果の概要は以下の通りである。

令和3年度第10回環境科学研究科会議において、申請者が提出した学位論文を受け、西田隆義教授、高倉耕一准教授、皆川明子准教授を委員とする論文審査委員会の設置が承認された。同委員会において、学位申請論文の査読を行うとともに委員会会議を開催し、論文内容を審査した。さらに、学位論文審査報告会において最終試験を実施し、試験終了後、委員会による学位審査を行った。

本学位申請論文は、琵琶湖固有亜種で絶滅が強く危惧されているビワコガタスジシマドジョウを主な研究対象として、6年間にわたる野外調査や行動観察および種間比較などを通じて、その衰退要因の解明と保全手法の開発・検証を行ったものである。野外調査から、それまで知られていた唯一の繁殖地において、産卵のために琵琶湖から遡上したメス個体の多くが産卵できないまま繁殖期の終りを迎えていることなど、生活環の中で特に産卵の段階で問題が生じていることを明らかにした。また、その原因として、同じ繁殖地を利用しているオオガタスジシマドジョウとの間で誤った求愛が頻繁に生じていることを、行動観察やその結果を用いた数理解析、さらに遺伝子解析により示した。このような種間における配偶とそれによる個体群の衰退は繁殖干渉と呼ばれ、近年実証例が増加しているものの、絶滅危惧種の保全において考慮されることはほとんどなかった。また、この繁殖干渉がスジシマドジョウ種群でしばしば生じており、繁殖地を制限する要因となっていることを、あらたに発見した繁殖地での調査や近縁種についての調査から示した。さらに、これらの知見に基づいて、オオガタスジシマドジョウとの相互作用を軽減することを意図した環境条件の操作を、実際の繁殖地において行い、その後の3年間の野外調査により、ビワコガタスジシマドジョウの稚魚が増加したことを確かめた。

これらの研究成果の一部は、下記の論文として公表されている。

Morii et al. (2018) *Environmental Biology of Fishes* 101: 1407–1416.

Morii et al. (2018) *Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology* 29: 45–55.

Morii and Takakura (2018) *Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology* 29: 135–141.

Morii et al. (2021) *Ichthyological Research*, 69: 182–188.

Morii and Takakura (in press) Reproductive behavior of endangered spined loach *Cobitis magnostriata* in the field. *Journal of Ethology*.

本論文は、絶滅危惧種の衰退要因を行動レベルから明らかにし、それを具体的かつ有効な保全策に昇華させた点で、基礎生態学としても保全生態学としても新規性が高い。また、綿密な野外調査にもとづくスジシマドジョウ種群の繁殖生態の記載を含んでおり、自然史研究としての価値も高い。

以上のことから、論文審査委員会は本論文が博士（環境科学）を授与するに値するものと認めた。

