



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Experimental ecological study on spawning and development of four genera, four species of pufferfishes distributed in freshwater and brackish water regions [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	百田, 和幸
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	乙第7187号
Issue Date	2023-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91177
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuyuki_Momota_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）

氏 名 百 田 和 幸

学 位 論 文 題 名

Experimental ecological study on spawning and development of four genera, four species of pufferfishes distributed in freshwater and brackish water regions
(汽水・淡水域に生息するフグ科魚類4属4種の繁殖と成長に関する実験生態学的研究)

フグ目Tetraodontiformesは真骨魚類の中でも最も分化の進んだ分類群の1つであり、その中でフグ科魚類Tetraodontidaeは唯一陸水域へと進出したグループである。本科魚類は世界中の温帯から熱帯域にかけての海域・淡水域から約30属200種が知られ、汽水域・淡水域からは8属41種が知られている。本科の陸水域への進出については、分子系統学的に検討されてきたが、解析に用いた領域や対象魚種の範囲によって見解が分かれ、別側面からの検討が必要である。魚類の繁殖生態はその分類群の種分化背景と密接な関係があると考えられており、本科の陸水域への進出についても繁殖生態からの検討が妥当である。しかし、汽水域・淡水域に出現するフグ科魚類（以下、汽水淡水フグ）の繁殖生態に関する報告はこれまでに10例ほどに限られ、知見が乏しいのが現状である。そこで本研究では4属4種の汽水淡水フグ *Leiodon cutcutia*, *Auriglobus modestus*, *Dichomyctere fuluviatilis*, *Tetraodon schoutedeni* について、飼育下繁殖または人工授精を実施し、その繁殖特性および初期生活史の解明を試み、得られた情報と既知の情報を基に繁殖生態の側面から本グループの淡水適応・進出について考察を行った。

第1章では、アジア産汽水淡水フグの卵保護行動の起源を探るため、インド産の1種 *Leiodon cutcutia* についてホルモン処理を介した水槽内繁殖を行い、本種の詳細な産卵行動および初期形態変化を解明した。本種が繁殖行動として、オスが繁殖期に平らな底に縄張りを形成しメスがそこに訪問して産卵に至ることが明らかとなり、本種の婚姻システムが縄張り訪問型複婚であることが示唆された。汽水淡水フグでは本属と *Pao* においてオスによる卵保護が知られているが、両属が単系統でないこと、さらに *Pao* の姉妹群である *Carinotetraodon* が卵保護行動を行わないことから、卵保護の起源については不明瞭なままであった。この度明らかとなった *L. cutcutia* の婚姻システムが、*Pao* のペア産卵と異なることから、両属の卵保護行動の起源が異なることが示唆された。

第2章では、タイ産の *Auriglobus modestus* についてDNAバーコーディングで種を確定し、人工授精を実施し、繁殖特性および初期生活史を解明した。形態が類似する *Chonerhinos* との近縁性を遺伝的、生態学的側面から検証し、本種が *Chonerhinos* を除く他の汽水淡水フグでは見られない長円形の卵（長径 $2.05 \pm 0.06 \text{ mm}$ 短径 $1.68 \pm 0.06 \text{ mm}$, $n = 5$ ）を産出すること、孵化仔魚が未開口で、未黒化の眼胞、大きな卵黄を有し、胸鰭の膜鰭を有しない未発達の状態での孵化に至るなど、*Chonerhinos* と類似性が認められた。以上の遺伝子・繁殖特性の両側面の強い類似性より、*Auriglobus* と *Chonerhinos* の強い近縁性が示された。

第3章では、広塩性*Dichotomymyctere*の系統学的位置を推定するため、*Dichotomymyctere fluviatilis*のホルモン処理を介した水槽内繁殖の観察より、繁殖特性と初期生活史の解明を行った。本種は海水条件下で1尾のメス辺り70,000以上の小さな球形粘着沈性卵（卵径 $0.73 \pm 0.05\text{mm}$, $n = 5$ ）をばらまくように産出し、卵保護を行わないことを明らかにした。これらの繁殖特性は既知の同属2種（*D. nigroviridis*, *D. ocellatus*）と共通するが、他の汽水淡水フグよりも海産のフグ類と類似する特徴であった。海水条件下から汽水条件下において産卵を行う本属は、汽水淡水フグの中では比較的祖先的形質を残している属であると考えられた。

第4章ではアフリカ産の淡水フグの繁殖行動における適応について検討するため、*Tetraodon schoutedeni* の水槽内繁殖行動の観察および孵化仔魚の育成から本種の繁殖行動および初期生活史の詳細な記載を行った。本種ではオス個体がメス個体に噛みついた状態で産卵すること（タンデム産卵）が知られていたが、その意義は不明であった。本研究では、複数のオス個体が産卵に参加するケースがあり、さらに先行したオスが後続のオスに対しての妨害行動を行わないことが明らかとなり、本種のタンデム産卵にはメスの独占ではなく繁殖成功率を上昇させる意義があると考えられた。また、本属の中で比較的早期に分化したと考えられている*T. lineatus*において同様の行動が認められることから、タンデム産卵は*Tetraodon*の他種においても広く共有されている繁殖特性であることが示唆された。

総合考察ではこれまで明らかとなった汽水淡水フグの繁殖特性と先行の分子学的研究を用い、本グループの淡水適応と陸水域への進出背景を総合的に検討した。一般的に卵径や仔魚サイズは淡水魚の方が大きくなる傾向があるが、フグ科魚類ではこの傾向は見られなかった。これはフグ科魚類が進出したのが大陸の大河川であったことに起因していると考えられる。また、本グループの陸水域進出背景について、従来の分子学的見解では、アジアに出現する淡水フグ4属（以下アジア淡水4属; *Auriglobus*, *Carinotetraodon*, *Leiodon*, *Pao*）は、単系統群を形成し、共通祖先が陸水域へと進出したものと考えられてきた。その一方で、広塩性でありアジアに出現する*Chonerhinos*の系統学的位置に関する見解は乏しく、不明確なままだった。本研究で強く認められた*Auriglobus*と*Chonerhinos*の近縁性から、*Auriglobus*は他の3属（*Carinotetraodon*, *Leiodon*, *Pao*）と大きく2つのグループに分かれることが示唆され、アジア淡水4属において陸水域への進出のタイミングは2回あった可能性が示された。また、アジアの淡水フグにおいて、*Leiodon*と*Pao*の2属で卵保護が知られているが、本研究で示した婚姻システムや2属間の卵・仔稚魚のサイズの相違、および先行研究で示された系統関係から、それぞれの起源が異なり、本形質が進化過程において2回獲得された繁殖特性であると考えられた。さらに、広塩性の*Dichotomymyctere* は先行研究において、系統学的位置の見解が分かれていたが、他の汽水淡水フグにくらべて祖先的な繁殖特性を有していることが明らかになり、他のアジアの汽水淡水フグとは別の起源をもち、独自で陸水域へと進出したグループであることが示唆された。一方、アフリカ産の*Tetraodon* のみで共有が考えられるタンデム産卵に類似する噛みつき行動を、本属と近縁な海産の1属*Arothron*が有していたことから、アフリカ産淡水フグの本特性の起源が陸水域進出以前と考えられ、汽水・淡水フグは大陸ごとに全く別の祖先に由来するという従来の仮説を、生態学的側面からも強く支持する結果となった。

以上のように、本研究では、汽水淡水フグの陸水域進出・適応について、繁殖特性からの視点を用いることで 1) 不明確であった*Chonerhinos*の位置づけ 2) アジア産淡水フグにおける卵保護行動の起源 3) 対立していた*Dichotomymyctere*の系統的位置の裏付け について新たな見解を示し、4) 汽水淡水フグが大陸ごとに異なる起源をもつという仮説に対し生態的な証拠を提示することが出来た。