

琵琶湖から新種アザイカワニナを発見

—カワニナ属 2 種群の平行的な多様化を示唆—

概要

日本の中央に位置する古代湖の琵琶湖で大規模な種の多様化を遂げた淡水性巻貝のカワニナ属は、二つの種群から構成され、湖内の岩礁や砂浜、泥底などの様々な底質の環境に進出しています。このうち、岩礁や砂浜に暮らす種では、近年に両種群において分類の見直しが進展しています。対して、沖合の砂泥底や泥底では、一方の種群の種多様性が十分に評価されていませんでした。

京都大学大学院理学研究科 澤田直人 博士課程学生（研究当時）、中野隆文 同准教授、国立遺伝学研究所 福家悠介 研究員、高知大学 農林海洋科学部 三浦収 准教授、摂南大学 農学部 豊原治彦 教授（研究当時）の研究グループは、琵琶湖の砂泥底および泥底から得られたカワニナ属の遺伝解析と形態解析によって、カゴメカワニナ *Semisulcospira reticulata* の分類学的位置を再定義するとともに、これまで学名がつけられていなかった新種アザイカワニナ *Semisulcospira nishimurai* を記載しました。アザイカワニナの和名は、このカワニナの既知の分布域が北近江の戦国大名である浅井氏の最大勢力に大まかに一致することに由来します。

琵琶湖の沖合に暮らすカゴメカワニナとアザイカワニナは、主に成貝殻の角度や彫刻の形態、胎児殻の大きさで他種から識別され、きめ細かな底質上で採餌を行うのに適していると考えられる尖った歯舌を持ちます。また、アザイカワニナが砂泥底から発見されたことで、琵琶湖の砂泥環境を好む種がカワニナ属の二つの種群で独立に出現していることが示されました。この研究成果によって、カワニナ属の種多様性が再評価されるとともに、本属の二種群が古代湖において平行的な多様化を生じたことが示唆されました。

本研究成果は 2024 年 6 月 10 日に系統分類学の国際学術誌「*Evolutionary Systematics*」にオンライン掲載されました。



図：左からカゴメカワニナの成貝殻標本、新種アザイカワニナの成貝殻標本、アザイカワニナの生体。

1. 背景

卵胎生の淡水生巻貝のカワニナ属 *Semisulcospira* は琵琶湖で大規模な種多様化を遂げており、日本に生息する 21 種のうち 18 種が琵琶湖水系の固有種です。約 400 万年の歴史をもつ古代湖である琵琶湖は水深が深く、河川と比較して多様な環境を持ち、各種のカワニナがその環境に適応しています。カワニナ属では、近年の遺伝情報を用いた研究によって多くの琵琶湖固有種の分類が見直されるとともに、それら琵琶湖固有種が湖内で独立に多様化した二つの近縁種群（ヤマトカワニナグループ *S. niponica*-group、ナカセコカワニナグループ *S. nakasekoeae*-group）から成ることが明らかとなっています。

近年の分類の見直しによって、琵琶湖の沿岸の岩礁や砂浜では両種群が類似した多様化の様相を示すことが明らかにされてきました。また沖合の砂泥底や泥底では、ナカセコカワニナグループのケショウカワニナ *S. elongata* が砂泥底に、サザナミカワニナ *S. davisii* が泥底に進出していることが知られていました。一方で、ヤマトカワニナグループでは、沖合の深場にカゴメカワニナ *S. reticulata* が生息することが知られていたものの、砂泥底や泥底における種多様性が十分に評価されておらず、二種群の多様化の様相も比較されていませんでした。そこで、本研究では砂泥底や泥底のヤマトカワニナグループに焦点を当て、遺伝解析と形態解析を組み合わせることでカゴメカワニナの分類を見直すとともに、沖合でこれまで見落とされていた種がないか調査を行いました。

2. 研究手法・成果

琵琶湖の 7 地点（図 1）からヤマトカワニナグループを採集し、先行研究のデータと組み合わせて MIG-seq 法^{*1}を用いたゲノム縮約解読によって得られた一塩基多型に基づく遺伝解析を行いました。その結果、カゴメカワニナがヤマトカワニナグループの他種から明瞭に識別されるとともに、砂泥底から収集した標本からこれまで知られていなかった 1 集団が認識されました。次にこの集団とカゴメカワニナ、そしてこれらの近縁種との形態的差異を特定するために、機械学習（ランダムフォレスト法^{*2}）を用いた判別分析を行い、成貝殻の角度や彫刻の形態、胎児殻の大きさが種判別に有用であることを突き止めました。さらに歯舌形態の比較を行い、遺伝解析で識別された 1 集団とカゴメカワニナは、近縁種と比べて尖った先端を持つ歯舌に特徴づけられることを明らかにしました。本研究で見出された砂泥環境の集団は遺伝的、形態的に他種から識別されることから、これまで学名が付けられていない未記載種であると考えられ、新種アザイカワニナ *S. nishimurai* として記載しました。本研究によって、琵琶湖産カワニナ属 2 種の分布域と識別点が以下のように改訂、明確化されました。

(1) カゴメカワニナ *Semisulcospira reticulata* Kajiyama & Habe, 1961

滋賀県の固有種で、琵琶湖全域の沖合の砂泥底～泥底に広く分布します。ヤマトカワニナグループの中で最も深い場所に生息し、過去に琵琶湖の北湖と南湖から記録されていますが、南湖では近年見つかっていません。成貝殻が大型で伸長率が小さく、縦方向の彫刻（以下、縦肋）数が 26 本前後と多いこと、胎児殻が 5 mm 前後と非常に大型で滑らかな縦肋を持つこと、歯舌が小型で先端が尖ることが特徴です。

(2) アザイカワニナ *Semisulcospira nishimurai* Sawada in Sawada et al.

滋賀県の固有種で、琵琶湖北湖の沖合の砂泥底に広く分布し、ときおり沿岸にも出現します。ヤマトカワニナグループの中でカゴメカワニナに次いで深い場所を好みます。成貝殻が中型で伸長率が小さく、細い（角度が小さい）こと、成貝殻に 20 本前後の顆粒化した縦肋を有すること、胎児殻が 2 mm 前後と小型で顆粒を持

ち、ベージュ色であること、歯舌の先端が尖ることが特徴です。新しい学名は琵琶湖のカワニナ属の分布調査を網羅的に行い、本種を初めて識別した収集家の西村俊明氏へ献名されました。新しい和名は、このカワニナの既知の分布域が北近江（現在の滋賀県北東部）の戦国大名である浅井氏の最大勢力に大まかに一致することに因みます。

本研究によって、カゴメカワニナが琵琶湖沖合の泥底に分布するヤマトカワニナグループの独立種であることが確かめられるとともに、これまで砂泥底においてカワニナ属の種多様性が過小評価されていたことが明らかとなりました。また本研究以前には、ナカセコカワニナグループのケショウカワニナのみが砂泥底を主な生息地とする種として知られていました。本研究でヤマトカワニナグループも砂泥底で多様化していることが明らかとなったことで、琵琶湖に生息するカワニナ属の二つの種群が独立に異なる底質環境に進出し、平行的に多様化したことが示唆されました。

3. 波及効果、今後の予定

本研究により、琵琶湖のカワニナ属の種多様性が再評価され、各種の実態がより明確になるとともに本属の多様化の様相に関する知見が更新されました。本研究は遺伝、形態情報に基づく統合的手法を用いた分類学的改訂の好例であり、本研究を基盤に古代湖における適応放散というカワニナ属貝類の進化史を紐解く研究の発展が期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、日本学術研究振興会 科学研究費助成事業（JP21J22917）および、水産無脊椎動物研究所 育成研究助成（IKU 2021-01）の支援を受けて実施されました。

<用語解説>

※1 MIG-seq (Multiplexed ISSR genotyping by sequencing) 法：ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）によってゲノム中の単純反復配列に挟まれた領域（ISSR）を増幅し、次世代シーケンサーを用いて配列を解読することで、ゲノム内の一塩基多型（SNP）を取得する手法。

※2 ランダムフォレスト法：機械学習を用いたデータ分類のアルゴリズム。入力されたデータから一部をランダムに選択（ブートストラップ・サンプリング）して構築される分類木を多数生成し、各木が予測する最適の分類方法の多数決をとることで、元のデータの最適な分類方法を決定する手法。

<研究者のコメント>

琵琶湖のように狭い範囲で多種のカワニナを観察できる場所は世界的にも珍しく、大規模に多様化したカワニナは種分化や種間の相互作用に関する興味深い問題を提示してくれます。本研究の成果を土台に、今後もカワニナ属が辿ってきた進化史の解明に多角的に挑みたいと考えています。（澤田直人）

<論文タイトルと著者>

タイトル：Redescription of *Semisulcospira reticulata* (Mollusca, Semisulcospiridae) with description of a new species from Lake Biwa, Japan（カゴメカワニナ *Semisulcospira reticulata*（軟体動物門，カワニナ科）の分類学的再検討と琵琶湖産カワニナ属 1 新種の記載）

著 者：Naoto Sawada, Yusuke Fuke, Osamu Miura, Haruhiko Toyohara, Takafumi Nakano

掲 載 誌： *Evolutionary Systematics*

D O I： <https://doi.org/10.3897/evolsyst.8.124491>

< 参考図表 >

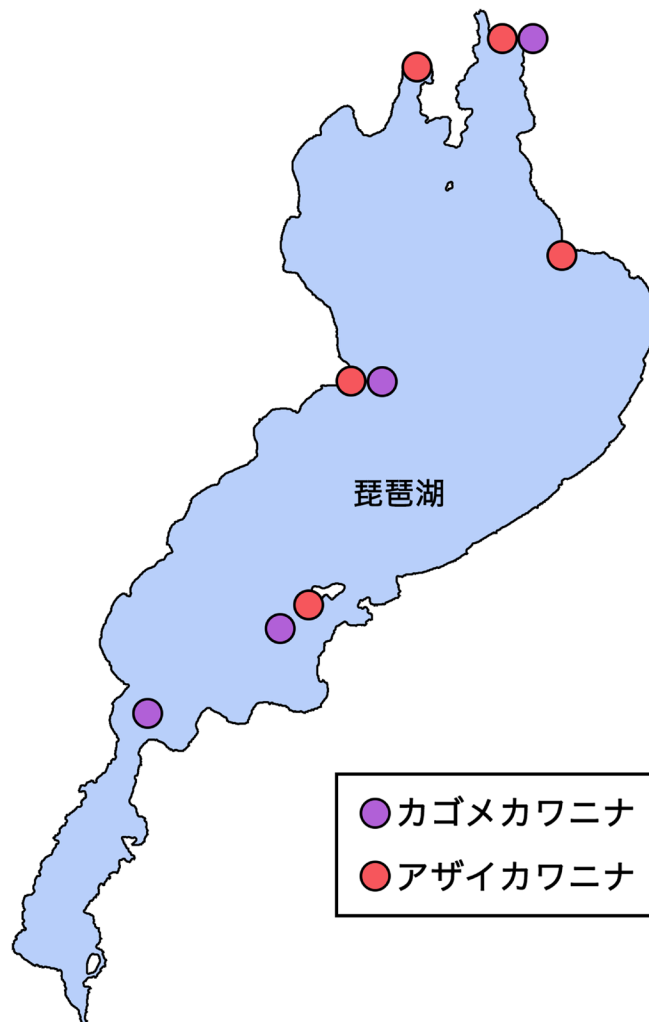


図 1：本研究における琵琶湖産カワニナ属 2 種の採集地点。