

氏 名	しま だ とも ひこ 島 田 知 彦
学位(専攻分野)	博 士 (人間・環境学)
学 位 記 番 号	人 博 第 404 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	人 間 ・ 環 境 学 研 究 科 相 関 環 境 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	ボルネオハヤセガエル属に関する系統分類学的研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 松 井 正 文 教 授 加 藤 真 准教授 市 岡 孝 朗

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、東南アジアのボルネオ島に固有で、多くの分類学的問題の残されているアカガエル科ボルネオハヤセガエル属 (*Meristogenys*) について、分子系統学・形態学的手法を用いて成体・幼生の地理的変異を解析し、成体と幼生を対応づけるとともに、この属の中に数種の隠蔽種が混在することを明らかにしたものである。

ボルネオハヤセガエル属は、幼生が溪流の流水中に生息し、腹面に吸盤という特異な形態を持つことで特徴づけられる。アカガエル科には同様の特徵を持つ他の属として、ハヤセガエル属 (*Amolops*) とフウハヤセガエル属 (*Huia*) が知られている。そこで、まず、mt DNAを用いてこれら近縁属を含めたアカガエル類について分子系統学的研究を行い、ボルネオハヤセガエル属が単系統群であり、ハヤセガエル属やフウハヤセガエル属とは系統を異にすること、ボルネオ島に長い間隔離されて独自の進化を遂げた固有属であることを明らかにした (第1章)。

一方、ボルネオハヤセガエル属の種レベルの分類には多くの問題が残されているので、これを解決するための端緒として、ボルネオ島マレーシア領サバ州の1地点から採集した本属の標本を用いて、幼生と成体の対応づけを行った。その結果、成体の形態から *M. amoropalamus*, *M. orphnocnemis*, *M. whiteheadi*, *M. kinabaluensis* と同定される標本に対応づけられる幼生をmt DNAの塩基配列から決定し、どの成体とも対応しない幼生が存在することも明らかにした (第2章)。

次に、各種ごとに詳細な地理的変異の解析を行った。形態から *M. amoropalamus* と同定された成体の中にはmt DNAから3系統が見られたので、これらを便宜的に系統1, 3, 4と名づけた。このうち系統3と系統4の間では核DNAに差異がなく、両者は同種と考えられた。一方、残りの系統1は系統3・4と、核DNAだけではなく幼生の形態や成体の虹彩の色、卵などの形質に差異が見られたので、これらを別種と考えた。タイプ標本のDNA解析の結果、これらのうち系統1が真の *M. amoropalamus* であることが明らかになった (第3章)。

また、*M. whiteheadi* と同定できる成体にはmt DNAの配列から3系統が含まれることが認められたので、それらをWario系統, Mahua系統, Ulu Senagan系統と名づけた。これら3系統は、それぞれ単系統群を形成したので、互いに別種であると判断した。形態的に見るとUlu Senagan系統は雄の体が大きいことで他と異なり、また、Mahua系統は上唇に黒斑を持つことでWario系統から区別できる。1880年代に得られたタイプ標本の形態的特徴から、これら3系統のうちWario系統を真の *M. whiteheadi* と考えた (第4章)。

さらに、*M. kinabaluensis* と同定できる成体にも、mt DNAの配列からKinabalu系統, Crocker系統と名づけられる2系統が含まれており、両者の間には大きな遺伝的距離が認められたので、これらも別種と考えられた。これらの間には成体の体色と、幼生の毒腺の分布にも差異がある。タイプ標本の形態的特徴と、採集地点とを考慮し、これら2系統のうちKinabalu系統が真の *M. kinabaluensis* であると結論した (第5章)。

ボルネオハヤセガエル属は東南アジア産カエル類の中で、分類が最も困難な群の一つであるが、既知の種の中に、遺伝的にも形態的にも区別される隠蔽種の含まれていることが本研究によって初めて明らかとなり、その中のどれが真の冠名種に

該当するかも決定された。ボルネオ産のカエル類の多様性がこれまで過小評価されていたという事実は、系統分類学的、生物地理学的に重要な注意を喚起するだけでなく、東南アジア熱帯域の流水環境の保全について、慎重な配慮が必要なことを示唆している。

論文審査の結果の要旨

東南アジアの赤道直下に位置するボルネオ島には、きわめて固有性の高い両生類相が知られている。その1つであるボルネオハヤセガエル属は、この島内の広い範囲で分布が確認されており、地域によってはきわめて普通のカエルである。本属の成体は、汎世界分布するアカガエル属と形態がよく似ているが、その幼生は特殊な形態と生態を示す。すなわち、幼生は腹面の大きな吸盤、巨大な口器と扁平な体、強靱な尾などの特徴において、アカガエル属の幼生とは全く異なっている。この特殊な形態は急流中での生活への適応で、幼生は吸盤で溪流中の岩などに張りついて、岩表面の藻類などを削り取って摂食する。

このボルネオハヤセガエル属の他にも、幼生が腹面に吸盤を持つアカガエル科のカエルが中国から東南アジアにかけて知られており、それらは、本属とともに、かつて単一のハヤセガエル属として扱われてきた。その後、この広義のハヤセガエル属は、主に幼生の形態的特徴に基づいて狭義のハヤセガエル属と、フウハヤセガエル属、ボルネオハヤセガエル属に分割され、この考えが現在広く受け入れられている。しかし、分子系統学的な観点からこれら3属の関係を検討する研究はこれまで全くなく、本研究によってようやく確実な知見が得られた。

また、ボルネオハヤセガエル属の内部では、種のレベルで分類に関する多くの問題が残されてきた。本属にはこれまでに8種が知られているが、その多くは成体の形態が酷似しており、種間の識別に用いられる形質においても種内変異が大きいために、同定がきわめて難しい。これに対し、一部の種間では幼生の形態で識別が可能とされてきた。しかし、本属の幼生と成体との対応付けは十分に吟味されたものではなく、これまで報告されてきた幼生と成体の対応関係には疑問が多々ある。その結果、成体の形態に基づいて定義された本属の既知種が8種なのに対し、幼生は11種類知られている。このように、本属には、幼生のみで区別できる隠蔽種が存在する可能性や、幼生を形態的特徴から細分し過ぎている可能性があった。

このような状況下で本研究は、ボルネオハヤセガエル属に関わる様々な分類学的問題の解決を目的になされ、従来の形態的分析に、分子系統学的解析を加えることによって、本属の系統分類学的問題について新しい視点を提起した。この研究により、本属の種内変異・分化について、従来の断片的な形態学的根拠のみに基づいたものよりも、客観的かつ信頼性の高い知見が得られることになった。従来の研究では解明できなかった、成体と幼生の正確な対応付け、隠蔽種を含む本種の種分化の実態の解明は、綿密な野外調査および、DNAの解析という新しい手法を用いた本研究によって初めて可能になったものである。また、分類学的問題の解決のために、1800年代以来博物館に所蔵される標本を有効に活用しているが、この手法は標本保存の意義を再認識させるものである。さらに、単に分類の再検討に留まるのではなく、系統進化の過程を、分子時計の概念を用いて考察していることも高く評価できる。

東南アジア地域における自然環境の破壊は、過度の森林伐採の問題などでよく知られているが、最近ではそれに加えて、山岳道路や観光施設の建設が、ボルネオハヤセガエル属のように山地林に囲まれた溪流に生息する種の危機をさらに高めている。このため、多くの固有種が国際自然保護連合のレッドリストに掲載されているが、その際には種の分布域の広さが重要視されている。本属の多くの種のように、これまで広域分布種とされてきたものは、絶滅危惧種指定の対象となりにくかったのである。

この研究によって、従来広域分布種とされた種のいくつかは、実は多くの隠蔽種を含むことが明らかにされた。このことは、今後、それらの保護管理を考えていく上で重要な示唆を与えることになり、生物多様性の保全という見地からして重要な貢献とみなせる。さらに、本研究は、本属の保護・保全についての重要な基礎を与えるばかりではない。ボルネオ島の各地ではカエル類が多様に分化しているため、種分化様式を解明するのに理想的な地域の一つと言えるが、本研究は、ボルネオハヤセガエル属についての多方面からの詳細な解析を通して、ボルネオ島における進化の問題に肉迫したものである。

このように、本研究はボルネオハヤセガエル属にとどまらず、他のカエル類をはじめとする無尾両生類の自然史的研究に新しい途を開くものである。したがって、本学位申請論文は、地球規模での環境変動と自然環境の動的関わりを、地球表層

の構造とそこに生存する生命体の考察から明らかにする 相関環境学専攻自然環境動態論講座にふさわしい内容を具えたもの
と言える。

よって本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また，平成20年1月21日，論文内容とそ
れに関連した事項について試問を行った結果，合格と認めた。