

論文の内容の要旨

氏名：高橋 慶伍

博士の専攻分野の名称：博士（生物資源科学）

論文題名：国内外来種ヌマガエルを中心とした他種カエル類との比較生態学的研究

【序論】

外来種問題は、現在、地球全体規模で解決・対策が求められている環境問題の一つである。ヌマガエル *Fejervarya kawamurai* は脊椎動物門両生綱無尾目ヌマガエル科に属する水田性のカエルの一種で、日本国内では本州中部以西、四国、九州および先島諸島を除く南西諸島に自然分布する。しかし近年、自然分布域外である関東地方各地への移入および定着が報告されており、神奈川県内では1997年に横浜市栄区および戸塚区で移入が確認されたことを皮切りに、県内のいくつかの地点から移入が報告されている。しかし、移入先地域への侵入経路は未だ不明であることに加え、移入に関する報告も散発的になされているのみで、神奈川県内における本種の詳細な分布状況は把握できていない現状にある。また、外来種の防除や生態系への影響を評価する上で生態学的知見は必要不可欠であるが、本種の生態学的研究例は乏しく、生態に関しても詳しいことは分かっていない。本種は節足動物から小型のカエル類といった幅広い動物群を捕食することから、移入先地域の生態系へ与える影響が懸念されており、本種の分布域の把握や生態学的知見の蓄積は急務であると考えられる。そこで私は、国内外来種としての本種の生態学的特性を理解することを目的に、神奈川県内での分布域、生活史および繁殖行動の3つの視点から調査研究を行った。

【1章 神奈川県内での分布状況の把握】

本章では、神奈川県内の水田でヌマガエルの生息調査を行い、本県下における本種の分布状況の把握を試みた。本調査は2023年に行い、調査期間は本種が定着していた場合、成体および多数の幼体や幼生を確認することが可能な時期である7月下旬から9月上旬に設定した。日中に水田の畦を歩いてカエル類を可能な限り多く捕獲し、捕獲したカエル類を外部形態から種同定した。調査地点は県内の市町村を可能な限り網羅するよう設定した（図1）。

148地点で調査を行った結果、本種の移入は、横浜市栄区、同市戸塚区、同市栄区、藤沢市、大和市、茅ヶ崎市、相模原市で確認された。本種の飛び地的な移入地点が複数確認されたことから、本種は複数存在する異なる移入経路によってそれぞれの地点へ侵入した可能性が示唆された。

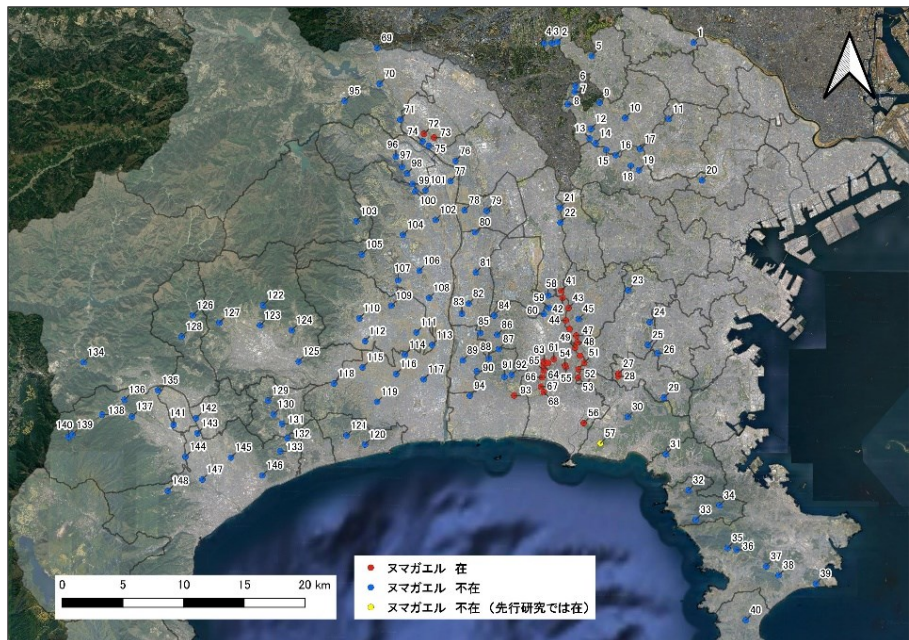


図1. 神奈川県内におけるヌマガエルの分布調査の結果。

【2章 生活史の解明】

本章では、神奈川県藤沢市に定着しているヌマガエル個体群を対象に、体長データおよび生殖腺の観察から生活史の推定を試みた。2018年4月～10月に神奈川県藤沢市石川の水田（面積約1.0ha）で本種を可能な限り捕獲し、捕獲した個体は研究室へ持ち帰った後、二酸化炭素を用いて安楽死させた。安楽死させた個体の体長（吻端から末尻までの長さ）を、デジタルノギスを用いて計測した。また、個体の雌雄および成熟の有無を外部形態および生殖腺の成熟度から判別した。調査地の水田での本種の繁殖期間を調べるために、活動が活発になる夜間に広告音（鳴き声）の聞き取り調査も実施し、広告音が聞かれた期間を繁殖期間とした。

捕獲調査の結果、1676

個体のヌマガエルを捕獲することに成功した。成熟オスが捕獲された時期は4月前半～8月後半、成熟メスが捕獲された時期は5月前半～7月後半および8月後半であった。これら成熟個体は7月後半以降減少し、9月前半以降は捕獲されなかった。変態を終えた未成熟個体は雌雄共に7月前半から出現を開始した。7月前半では、雌雄共に未成熟個体は28mm以下の群を形成し、成熟個体の群と明瞭に別れ、二峰型のヒストグラムを形成した。ヒストグラムから、越冬前に未成熟であったオスは、越冬明けに一部の小型の個体を除いて成熟すると推定された。メスでは、越冬明けの4月後半まで全ての個体が未成熟であったが、5月前半に一部の小型の個体を除いて成熟すると推定された。雌雄共に越冬前の平均体長と越冬明けの平均体長は連続しておらず、越冬前と越冬明けで

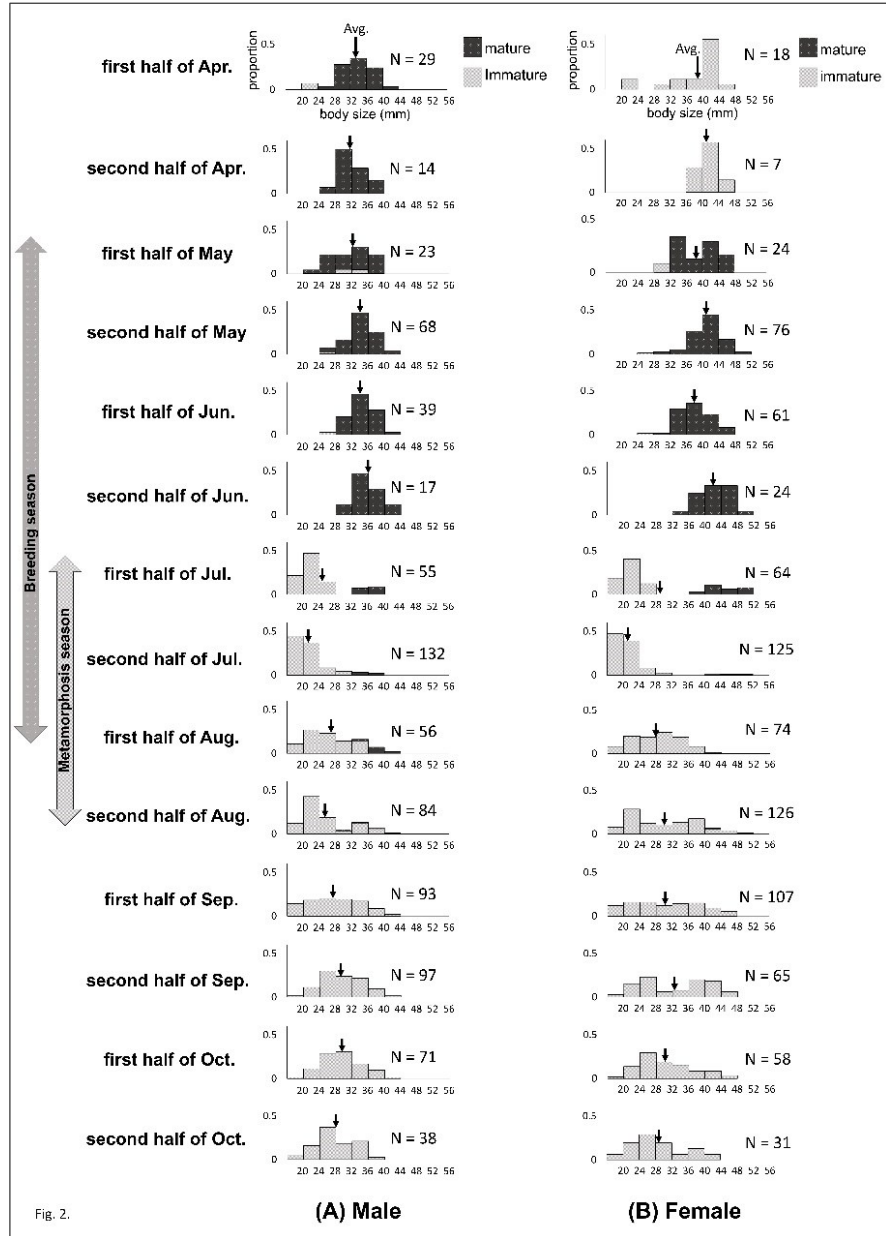


図2. 捕獲されたヌマガエルの体長組成. 図内の矢印は各時期での平均体長を表す。

ヒストグラムは異なる形を示した。また、調査地での本種の繁殖期間は、5月前半～8月前半であった。変態を終えたヌマガエルの未成熟個体は、雌雄共に7月前半から出現を開始した後、8月頃には成熟個体の体長に追いつき、未成熟オスは越冬後すぐに、未成熟メスでは越冬明けからしばらくして成熟することが示された。また、成熟個体は雌雄共に繁殖期間が終了すると捕獲されなくなることから、調査個体群は主に変態から1年未満の個体で構成されていることが示唆された。

【3章 体長に関する繁殖行動の調査】

カエル類では体長に関する配偶様式として、サイズ依存型配偶（大型のオスがメスの獲得において有利）、サイズ相関型配偶（番う雌雄の体長に相関関係がある）およびランダム型配偶（先述の2つの配偶様式のどちらにも当てはまらない）の主に3つが知られている。本章では、ヌマガエルの体長に関する配偶様式を明らかにするとともに、神奈川県内に生息するカエル類、ニホンアマガエル *Dryophytes japonicus*、ヤマアカガエル *Rana ornativentris* およびカジカガエル *Buergeria buergeri* の3種の配偶様式に関するデータも取得し、種間で比較することで、配偶様式と生態的特徴の関連性を明らかにすることを試みた。調査はそれぞれの種の繁殖場所において、繁殖期間中の夜間（22:00–4:00）に調査地内の抱接ペアおよび鳴いているオスを可能な限り捕獲した。捕獲した個体の体長はデジタルノギスを用いて小数点下1桁まで計測した。

調査の結果、ヌマガエルでは26抱接ペアが得られ、これらのペアにおいて雌雄の体長に有意な相関関係は検出されなかった（図3）。また、抱接していたオスの体長と単独のオスの体長を比較した結果においても、有意差は検出されなかった（図3）。以上の結果から、本種はランダム型配偶であることが示された。他種についても、抱接ペアの雌雄の体長の関係および抱接オスと単独オスの体長の比較から、ニホンアマガエルではランダム型配偶、ヤマアカガエルではサイズ依存型配偶、カジカガエルではサイズ相関型配偶が示された。先行研究によると、ヌマガエルおよびニホンアマガエルでは、1シーズン中に複数回産卵を行う一方で、ヤマアカガエルおよびカジカガエルでは、1シーズン中での産卵回数は1回である。また、ヌマガエルのメスが性成熟に要する年数は1年であることが第2章により推定され、ニホンアマガエルにおいてもメスの性成熟年齢は1年、カジカガエルのメスでは4年、ヤマアカガエルでは2–3年かそれ以上の年数を要すると先行研究で推察されている。以上から、ランダム型配偶の確認された2種では、ランダムでない配偶が確認された2種と比較して、1シーズン当たりの産卵回数は多く、またメスが性成熟に要する年数も少ないことから、産卵1回あたりのコストは低いと考えられる。したがって、捕食リスクや労力の伴う配偶者選択を行うよりも、近くのオスと番う等、リスクを回避した産卵行動を選択するのもかもしれない。また、こうしたリスクを回避した産卵行動は、1シーズン中に複数回産卵が可能である種にとって、将来の産卵の可能性を高めることにも繋がることから、適応度の向上に有利であるのかもしれない。

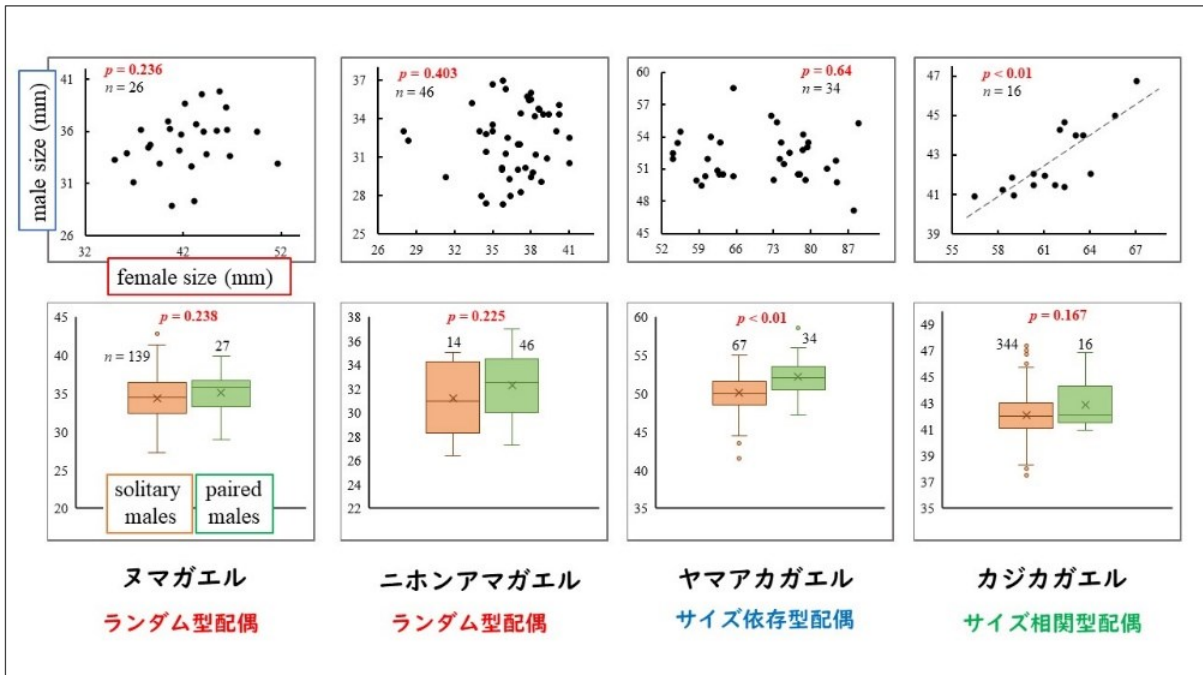


図3. カエル類4種における抱接ペアのオスとメスの体長の関係（上段）および抱接オスと単独オスの体長の比較（下段）。

【総括】

本研究では、国内外来種としてのヌマガエルの生態学的特性を理解することを目的に、神奈川県内での分布域、生活史および繁殖行動の3つの視点から調査を行った。神奈川県内における分布調査により、本種は横浜市泉区、同市戸塚区、同市栄区、藤沢市、大和市、茅ヶ崎市、相模原市に分布していることが明らかとなった。千葉県や群馬県において、本種は水田地帯を介して急速に分布を拡大することが確認されている。この度、直線距離で約7.7 kmに亘る連続的な分布が確認された藤沢市から大和市にかけての地域には境川が、約2.7 kmに亘る分布が確認された藤沢市内の地域には引地川がそれぞれ流れており、これらの河川沿いには連続した広大な水田地帯が広がっていた。神奈川県西部には広大な水田地帯が広がる地域が多いことから、そのような地域では特に本種の移入に注意を払う必要があるであろう。体長データおよび生殖腺の観察から、調査対象個体群は主に変態から1年未満の個体で構成されていることが示唆された。本種のメスは1回に産み出す卵数が1000個以上と多いことに加えて、1シーズン中に産卵を繰り返し行うことが可能であることが先行研究により知られている。ヌマガエルのもつ性成熟が速い、世代交代が速い、産子数が多いといった性質は、本種が国内外来種として移入先地域で定着や個体群の拡大を成功させている生態的要因の一つであると考えられる。繁殖行動の調査の結果、本種は体長において、ランダム型配偶の配偶様式を示し、比較に用いたニホンアマガエルおよびヤマアカガエル、カジカガエルではそれぞれ、ランダム型配偶、サイズ依存型配偶、サイズ相関型配偶を示した。ランダム型配偶が確認された2種ではランダムでない配偶が確認された2種と異なり、1シーズン中に複数回産卵が可能であること、メスが性成熟に要する年数が少ないことから、産卵1回あたりのコストが小さい可能性が考えられた。1回あたりの産卵に要するコストが低い場合、捕食リスクや労力の伴う配偶者選択を行うよりも、近くのオスと番う等、リスクを回避した産卵行動を選択するのかもしれない。今後は体長以外の形質も含めた調査および解析を行うことで、本種が「真のランダム型配偶」を示すのかどうか明らかとなるであろう。