

Evolution of *Orobanche boninsimae* (Orobanchaceae), a parasitic plant endemic to the Bonin Islands: insights from pollination, host species, and population genetic structure

西村 明洋

要約

寄生植物は宿主植物に水や養分を依存する植物であり、独立栄養性の被子植物から少なくとも 12 回独立に進化し 4,500 以上の種が存在すると推測されている。寄生植物においては宿主種の違いと関連した遺伝的分化が示されており、宿主転換が種分化を促進し多様性に寄与することが予想されている。よって寄生植物の多様化プロセスを検証するには、寄生植物の近縁な種間や種内の宿主転換の歴史に関する情報を蓄積する必要がある。

シマウツボ (*Orobanche boninsimae*) はハマウツボ科ハマウツボ属の植物で、小笠原諸島に固有の全寄生植物である。シマウツボの姉妹種は大陸に分布し、キク科ヨモギ属植物に寄生するハマウツボ (*O. coerulescens*) だが、ヨモギ属は小笠原諸島に自生せず、シマウツボは異なる植物に寄生する。よって、シマウツボは小笠原諸島における定着の過程で明確な宿主転換を経験したと考えられ、寄生植物の近縁種間で宿主転換の歴史を調査できる貴重な系である。しかしながら、シマウツボは小笠原諸島にのみ分布し出現時期も限られているため、観察すること自体が困難であり、その生態や進化に関する研究はほとんどされていない。そこで本研究では、シマウツボの繁殖生態の観察、宿主種の同定、集団遺伝構造の解明を行い、得られた生態および分子系統学的データから海洋島における定着過程を再構築し、宿主転換の歴史を考察した。

第 1 章では、シマウツボおよびハマウツボにおいて訪花者と花形質の観察および種子発芽能力を測定することで両者の送粉様式を調べた。ハマウツボ属の主な送粉者は昆虫であり、ハマウツボにはシモフリチビコハナバチ (*Lasioglossum frigidum*) などの節足動物が訪花した。一方、シマウツボではメジロ (*Zosterops japonicus*) とオガサワラヒヨドリ (*Hypsipetes amaurotis squameiceps*) が訪花し吸蜜を行うことが明らかとなった。シマウツボの花は派手な黄金色で、管状であり、厚く固い花弁によって花器官が保護されている。また、花蜜の量が多く糖度も低い。これらは鳥媒花に広くみられる特徴であり、シマウツボの花形質は鳥媒花として矛盾しない。2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride による染色を利用した種子の発芽能力の測定では、シマウツボおよびハマウツボにおける自動自家受粉やアポミクシスによる種子生産の可能性が明らかになった。以上から、シマウツボは鳥によ

る送粉や自殖を介して種子繁殖を行うことが示された。シマウツボで観察された鳥の訪花は、ハマウツボ属の中では初の報告である。本土に比べて昆虫相の貧弱な小笠原諸島での昆虫から鳥への送粉者シフトによって、シマウツボは定着に成功したと考えられる。

第2章では、DNA バーコーディング法を用いてシマウツボの宿主範囲を解明した。父島列島（弟島、父島）および母島で17集団合計45個体を対象に、シマウツボが寄生する宿主植物の根の一部を採取し、葉緑体 *trnH-psbA* 領域の塩基配列を決定した。その結果、父島列島の集団からはキョウチクトウ科ヤロード (*Ochrosia nakaiana*) とミカン科ムニンゴシユユ (*Melicope nishimurae*)、母島の集団からはミカン科オオバシロテツ (*M. grisea*) とコミカンソウ科アカギ (*Bischofia javanica*) が宿主として同定された。キョウチクトウ科、ミカン科およびコミカンソウ科は他のハマウツボ属寄生植物では宿主種として報告がなく、小笠原諸島において宿主範囲の進化が起こったことが推測された。さらに、宿主植物であるヤロードとオオバシロテツは小笠原諸島に広く分布し、父島の2集団と母島の4集団で同所的に生育していたにも関わらず、シマウツボの宿主範囲は父島列島と母島で異なることが明らかになった。これらの結果より、シマウツボは種間および種内で宿主範囲の進化が生じた可能性が示唆された。

第3章では、父島列島（弟島、父島）と母島に生育するシマウツボ17集団の集団遺伝構造を比較することで、シマウツボにおける宿主種の転換過程を考察した。核 ITS 領域と葉緑体全塩基配列に基づく系統樹から、小笠原諸島のシマウツボ集団は単系統群を形成し、その単系統群はハマウツボと姉妹関係にあることが明らかになった。MIG-seq 法で得られたゲノムワイド核 SNPs に基づく集団解析では、各島の集団が遺伝的に分化していることが示され、島間の地理的な隔離と宿主範囲の違いが遺伝構造に影響していると考えられた。TreeMix および DIYABC-RF を用いて集団動態を推定した結果、母島集団が父島集団と弟島集団の混合系統から出現したという分岐のシナリオが支持された。以上より、シマウツボの祖先集団は大陸から宿主転換を伴って父島列島に定着し、さらに母島に移住した集団において新たな宿主種に寄生する能力が進化したという連続的な宿主転換の過程が明らかになった。

本研究の成果として、シマウツボの送粉者シフトおよび種間・種内の宿主転換が発見され、小笠原諸島における全寄生植物の生態の劇的な進化が示された。そして集団遺伝学的手法により集団の分岐過程を明らかにしたことで、地理的隔離を伴いながら連続的に生じた宿主転換の進化過程を再構築することができた。本研究はシマウツボの生態や進化過程を解明するとともに、宿主転換と関連した寄生植物の種多様化メカニズムの理解に貢献するものである。