

学位審査報告書

新制

人

109

(ふりがな) 氏 名	ますもと ともこ (おかもと) 升元 朋子 (岡本)
学 位 (専 攻 分 野)	博士 (人間・環境学)
学 位 記 番 号	人博 第 444 号
学 位 授 与 の 日 付	平成21年3月23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)	
Chemical composition and ecological role of floral scent in moth- and midge- pollinated plants (蛾媒花とキノコバエ媒花における花の匂い の化学成分と生態学的役割)	
論 文 調 査 委 員	主査 教授 加藤 眞 副査 教授 松井 正文 副査 准教授 市岡 孝朗 副査 准教授 酒井 章子

人間・環境学研究科

(論文内容の要旨)

現在の陸上生態系で最も卓越する植物は被子植物であり、その大半は動物媒を採用している。動物媒花が送粉者を誘引するために発達させたものが、花の色や形、匂いなどである。昼行性の送粉者の誘引に最も重要なシグナルは花の色や形であるが、それらは夜には利用できない。そのため、夜間に開花する植物では、匂いを発散させて、嗅覚にすぐれた送粉者を誘引するような進化を遂げていることが多い。本論文では花の匂いが送粉者の誘引に極めて重要であると考えられる3つの植物-送粉者系に焦点を当て、それぞれの植物の送粉者群集と花の匂いの化学成分、花の匂いの送粉者誘引性を調査したのち、花の匂いが種間交雑の回避や過剰訪花の抑制にどのように貢献しているかを考察した。

第一章で、花の匂いの化学成分の多様性とそれらの物質の特定の動物に対する誘引性に関する先行研究の知見をまとめたあと、第二章では、夜間に芳香を発する植物として著名なジンチョウゲ科ガンピ属植物に焦点をあて、その訪花昆虫群集の観察と花の匂い成分の分析を行なった。調査を行なったガンピ属5種はすべて夜間に開花し、吸蜜に訪れる主にメイガ科、ヤガ科、シヤクガ科の多種のガ類によって訪花され、送粉されていた。ガンピの花の匂いは夜間にのみ放出され、オシメンなどのモノテルペンを主成分とした典型的な蛾媒花の匂いであることが明らかになった。

第三章と第四章では、ガンピ属と同様に夜間に蛾によって送粉されるが、ガンピ属と対照的に、植物と送粉者の間に極めて高い種特異性が認められるコミカンソウ科カンコノキ属植物に焦点をあてた。本属の植物は、幼虫が種子を専食するホソガ科のガによって送粉され、両者は絶対送粉共生の関係にある。第三章では同所的に生育し同時期に開花するカンコノキ属植物が特定のホソガを花へ誘引する機構に着目し、Y字管を使ったホソガの匂いに対する選択実験を行ない、さらに本属5種の花の匂いを分析した。その結果、カンコノキ属5種の花は、それぞれの送粉者であるホソガを種特異的に誘引する匂いを放出しており、その匂いはオシメンやリナロールなどのモノテルペンを多く含むという共通点はあるものの、それらの構成比や微量成分の有無は植物種ごとに顕著に異なっていた。

雌雄異花であるカンコノキ属植物では、ホソガの雌は雄花で花粉を集め、雌花で授粉と産卵を行なう。雄花と雌花でのこのような行動の違いに着目して、第四章では、雄花と雌花それぞれが放出する匂い成分の比較を行なった。その結果、雄花と雌花で匂い成分に顕著な違いが見られ、それぞれは種間でも顕著に異なっていた。次に、受粉の前後で、雌花が放出する匂い成分を比較したところ、受粉後に放出の止まる化学成分の存在が認められた。ホソガは送粉者であると同時に種子寄生者でもあるので、花の匂い放出のこのような調節が、ホソガの再訪を防ぐことに貢献している可能性が高いことが示唆

された。

第五章では日本列島で多様化した多年草であるユキノシタ科チャルメルソウ属に焦点をあてた。本属の植物は、花が小さく目立たず、キノコバエ科の昆虫によってのみ送粉されるという際立った特徴がある。チャルメルソウ属12種の花の匂いを分析したところ、リナロールやライラックアルデヒドなどのテルペン類が卓越していた。チャルメルソウ属植物は、口吻が著しく伸長したシギキノコバエ属(*Gnoriste*)の1種に特異的に送粉される種と、口吻が伸長しない数属のキノコバエ類に送粉される種の大きく2つに分けられ、同じ送粉様式を持つ種は同所的に生育しない。同所的に生育する種間で花の匂いを比較すると、異なる送粉様式に対応して、花の匂いの成分比も明確に異なっていた。この結果は、チャルメルソウ類の生殖隔離に花の匂いが決定的に重要な役割を果たしていることを示唆している。次に、チャルメルソウ属の種間で、遺伝的距離、花の匂いの成分比、訪花昆虫群集それぞれの相関を分析したところ、訪花昆虫群集は、植物種間の遺伝的距離ではなく、花の匂い成分の類似度により決定されていることが明らかになった。この結果は、花の匂いの変化が植物の種分化に直接関わってきたことを示唆している。

終章の第六章では、第五章までの結果をまとめ、花の匂いが果たす生態学的役割について議論した。ガやキノコバエが送粉に関わるこれらの系では、花の匂いが送粉者誘引に重要な役割を果たしているばかりでなく、生殖隔離をもたらすシグナルとして重要な意味を持っていることが明らかとなった。

(論文審査の結果の要旨)

人間が視覚動物であるために、生物の情報伝達は視覚情報に関心が集中しやすく、花と送粉者の交信に関する研究も花の色や形に関するものが多い。しかし、視覚情報の使えない夜間には、揮発性物質が生物同士の重要な交信手段として利用されることが多く、夜間に開花する花は特別な匂いを放出して、嗅覚の発達した送粉者を誘引するものが多い。本研究は、花の放出する匂いの化学成分を詳細に分析することによって、花と送粉者の共生系において花の匂いが果たす生態学的役割をさまざまな角度から分析したものである。

本論文では、花の匂いが送粉者の誘引に極めて重要であると考えられる3つの植物-送粉者系に焦点を当て、それぞれの植物の送粉者群集と花の匂いの化学成分、花の匂いの送粉者誘引性を調査したのち、花の匂いが種間交雑の回避や過剰訪花の抑制にどのように貢献しているかを考察した。

第一章では、花の匂いの化学成分の多様性とそれらの物質の特定の動物に対する誘引性に関する先行研究の知見が要領よくまとめられ、花の匂いに関する未解決の問題が述べられている。

第二章では、夜間に芳香を発散させるジンチョウゲ科ガンピ属植物に焦点をあて、ガンピ属5種の花が多種のガ類によって訪花・送粉されており、ガンピの花の匂いの主成分はオシメンなどのモノテルペンであることを報告している。本研究はガンピ属の花の匂い成分の初めての報告であると同時に、ガンピ属植物の花の形態と咲き方がガ媒に適応していることを初めて示した研究として評価できる。

第三章と第四章では、カンコノキ-ハナホソガ絶対送粉共生系に着目し、花と送粉者の間に見られる花の匂い成分の役割について分析している。第三章では、Y字管を使ったホソガの匂いに対する選択実験によって、花の匂いが送粉者の誘引に決定的に重要な役割を果たしていることを証明し、カンコノキ属5種の花の匂い成分の分析によって、花の匂い成分が種間によって明瞭に異なることを明らかにした。この絶対送粉共生系は植物と送粉者の著しく高い特異性によって特徴づけられるが、その特異性の背景に花の匂いの明瞭な種間差があることを示した意義はきわめて大きい。

第四章では、カンコノキ類の雄花と雌花それぞれが放出する匂い成分の比較を行ない、両者が明瞭に異なっていることを明らかにしている。これまで調査された雌雄異花の植物のほとんどの種において、花の匂いが雄花と雌花でよく似ていたことを考慮すると、この結果の特異な点が明らかになる。この系においては、ホソガが雄花と雌花でそれぞれ集粉と授粉・産卵という異なる行動を期待されていることを考え合わせれば、この花の匂い成分の雌雄差が重要な意味を持っていることがわかる。また、受粉の前後で、雌花が放

出する匂い成分が異なるという結果も、種子寄生者であるホソガの再訪を防ぐという選択圧が植物にかかっていることを示唆しており、進化生態学的に重要な発見であると言える。

第五章では、キノコバエ媒花として日本列島で多様化した多年草であるユキノシタ科チャルメルソウ属に焦点をあて、12種のチャルメルソウ類の花の匂い成分を明らかにし、その花の匂いが繁殖と生殖隔離に果たす役割について分析した。この研究は、チャルメルソウ属で初めての花の匂い成分の報告であると同時に、ムクゲキノコバエ亜科が介在するキノコバエ媒花の花の匂い成分の初めての報告でもある。花の匂いの成分比が送粉様式と有意な相関があるという結果は、花の匂いが植物の生殖隔離に重要な役割を果たしていることを示している。チャルメルソウ属の種間で、遺伝的距離、花の匂いの成分比、訪花昆虫群集それぞれの相関を分析したところ、訪花昆虫群集は、遺伝的距離ではなく、花の匂い成分の類似度により決定されていることが明らかになった。この結果は、チャルメルソウ類の系統関係もあわせて考察すると、ライラックアルデヒド合成酵素の喪失による花の匂いの変化が植物の種分化の直接的な契機になった可能性を示唆しており、植物の種分化機構に迫る際立った貢献であると評価できる。

終章では、ガやキノコバエが送粉に介在する送粉共生系において、花の匂いが送粉者誘引に重要な役割を果たしているばかりでなく、生殖隔離をもたらすシグナルとして重要な意味を持っていると議論している。本研究の成果は、花の匂い成分が植物の多様化に果たした役割を明瞭に示した点において、植物の進化の理解に大きく貢献したとすることができる。

本論文の第二―三章の内容はすでに国際誌に掲載されている（第二章は *Plant Species Biology*、第三章は *Journal of Chemical Ecology*）。

以上のように、本研究は、忍耐強い夜間の訪花観察と花の匂いの採取とガスクロマトグラフ質量分析計を使った緻密な実験による花の匂い成分の分析によって、花の匂いが果たす多様な生態学的役割を明らかにした先駆的研究であると評価できる。

本申請者が所属する相関環境学専攻自然環境動態論講座の目的の一つは、生物同士の共生の機構と共生関係が介在した種分化機構を探究することであり、本研究は本講座にふさわしい内容を備えたものと言える。

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 21 年 1 月 9 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。