

平成 22 年 6 月 1 日現在

研究種目： 基盤研究(C)
 研究期間： 2006 ~ 2009
 課題番号： 18570085
 研究課題名 (和文) ガマズミ属植物における共生器官ダニ室の多様性とその適応的意義の
 解明
 研究課題名 (英文) Morphological and ecological studies on the diversity and function
 of domatia in *Viburnum*
 研究代表者
 西田 佐知子 (Sachiko Nishida)
 名古屋大学・博物館・助教
 研究者番号： 10311490

研究成果の概要 (和文)：

他生物との共進化を類推させながらも、その多様化の原因や経緯が明らかではない器官に「ダニ室」がある。本研究ではガマズミ属植物を用い、ダニ室の形態・生態的多様性の実態を明らかにするため、形態学、分子系統樹との比較、生態学の調査を行った。

その結果、45の調査種で、ダニ室の有無は地域・系統などでは分かれなかった。ダニ室の多くは毛束型だった。同地域の形態が異なるダニ室、同じ形態でも違う地域のダニ室、同地域で同形態だが違う季節のダニ室では、それぞれダニの種類や数が、一部重複はするものの異なった。

これらの結果から、ガマズミ属のダニ室は環境に応じて並行的に進化し、特定のダニとの強い共生関係より、緩やかで多様な関係を保つ共生器官として機能している可能性が示唆された。

研究成果の概要 (英文)：

Leaf domatia are plant organs that have received increasing attention in ecology because of their role in tritrophic interactions. Still there are few studies examining the domatium diversity within a certain plant taxon in terms of their evolutionary history or ecology. We investigated the variation of domatia in the genus *Viburnum*, comparing their morphology and phylogeny (obtained by other literatures), and observing their mite fauna in different species, different locality, and different seasons. The results are that there was not a specific correspondence between the presence/absence of domatia and the distribution or phylogeny of the *Viburnum* species, and that different fauna or biomass of mites were recognized in the different species, locality, or seasons for domatia of a few *Viburnum* species we examined. These results suggest that the domatia of *Viburnum* might have evolved independently in different clades of the genus, and that interaction between the domatia and the mites are not so strict but rather loose, depending on the place or seasons.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,300,000	0	1,300,000
2007 年度	900,000	270,000	1,170,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,500,000	660,000	4,160,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：ダニ室、ガマズミ属、ダニ、共生

1. 研究開始当初の背景

植物の器官には、花冠や蜜腺など、他生物との相互作用によって形質が進化し多様化してきたものが多く知られている。しかし、他生物との共進化を強く類推させながらも、その多様化の原因や経緯がまだ明らかになっていない器官が存在している。ダニ室と呼ばれる葉の小器官もその一つである。本研究は、このダニ室の多様性と適応的意義について、植物・動物の両側面から、多面的な視点でダニ室の多様性に取り組んだ。

ダニ室は、木本や蔓性の植物にしばしば見られる、葉の裏にできる直径 5 ミリ程度の小器官である。葉の裏の、おもに主脈と側脈の交わる部分にできる。その形態は、毛が密生するものから深いドーム状のものまで、植物によって実に多様である。虫こぶと違って植物側が作る器官であり、ダニとの共生のため進化・多様化したと考えられている。中にあるダニの種類などについては、オーストラリアやアメリカで研究が始まっているが、そのほとんどは一過的な観察報告にとどまり、ダニの生態と植物の関連も未知な部分が多い。また、今までの研究はほとんど動物学者によるもので、植物学者や植物・動物両側面からのダニ室の形態や機能の詳細な研究はまだきわめて例が少ない。

そこで我々は、ダニ室の多様性の実態を明らかにするため、近縁な種間でより多様なダニ室を持ちそれらの形態や生態について詳細な観察が可能となる植物を探していたが、ガマズミ属にその可能性を見出した。

ガマズミ属は、おもに暖温帯に分布する約 150 種の樹木からなる。日本に分布する約 15 種の中だけでも毛束型から穴型まで、多様な形態のダニ室がみられる。また、日本のガマズミ属は常緑性・落葉性どちらの種にもダニ室があり、これらの生態とダニ室の関係も興味深い。ガマズミ属のダニ室については、中のダニに関する研究がオーストラリアで行われたことがある (Grostal & O' Dowd, 1994) が、これは栽培された外来園芸種を用いた研究であり、しかも一つの形態のダニ室しか扱っていない。

2. 研究の目的

これらの事実から、ガマズミ属を中心にダニ室の形態と機能の多様化について次のような問題を明らかにしたいと考えた。まず、ガマズミ属では、実際にどのように多様な形態のダニ室が見られ、それらはガマズミ属の中でどのような経路をたどって多様化したのか、その実態を明らかにしたい。次に、ガマズミ属のダニ室の形態と生態(特にダニによる利用)を、四季を通じて調査したい。これには、毛束型と穴型という、異なるダニ室を持つコバノガマズミとサンゴジュを材料として用いる。そして、これらの結果を統合し、最終的に、ガマズミ属でのダニ室の多様性が、系統的、生態的にどのような構造を持つのか、またそれを利用するダニなどどのような相関を持つのかを明らかにしたい。

3. 研究の方法

(1) ダニ室多様性の実態把握

ガマズミ属の各種について、ダニ室の有無および形態を、標本室の標本を借用して調査した。ダニ室は実体顕微鏡下で観察し、ダニ室の有無や形態の変異と種や採集地などの相関を検討した。

(2) ダニ室多様化の歴史的背景の探索

ガマズミ属の分子系統樹構築を試みた。分子系統樹と、標本調査で得られたダニ室多様性の情報を比較することで、ガマズミ属におけるダニ室多様性の歴史的変遷を推定した。

(3) ダニ室多様性の植物形態学的研究

ガマズミ属のダニ室の形態を解剖学的に研究した。とくに毛束型と穴型の異なるダニ室をもつコバノガマズミとサンゴジュについて、植物組織用固定液 (FAA) で固定し、樹脂切片法にて組織標本を作製した。また、葉の表面のクチクラ標本を作製した。そしてダニ室の多様な構造を記載・比較した。

(4) ダニ室の生態的特徴に関する調査

ダニ室の多様性と植物の生態的特徴の相関、またダニ室を利用する動物との関係を調べるため、京都・名古屋・沖縄などでサンプルを採集した。その後、葉を実験室へ持ち帰って実体顕微鏡下で観察し、ダニ室

の形態およびダニ室の内外にいる動物について観察した。

4. 研究成果

(1) ガマズミ属のダニ室多様性の調査

ガマズミ属植物のダニ室にどのような形態があるのか、とくに、生育地・生育状態との関連を中心に調査した。その結果、ガマズミ属でダニ室を持つものは、調査種 45 種のうち約半数であり、アジアに比較的多かったものの、ダニ室の有無は地域・系統などで明確には分かれなかった。ダニ室を持つものの多くは、毛束型の形状だった。なお日本産ガマズミ属 14 種のうち、ダニ室を持つ種が 10 種あり、そのうちの一種のみが穴型と毛束型の混合タイプで、残りの 9 種は毛束型であった。また、毛束型ダニ室に、毛の形状の違う 2 つのタイプがあることが明らかとなった。日本産のガマズミ属植物だけをとりても、多様なダニ室が形成されていることが確認された。

(2) ダニ室多様化の歴史的背景の探索

研究期間中に何度もガマズミ属の分子系統樹構築を試みたが、独自系統樹作成は成功しなかった。原因は、サンプルが計画していたほど多く採集できなかったこと、また、それを標本サンプルで補おうとしたが、標本から抽出した遺伝子からは良好なシーケンス情報を得ることができなかったことにあると思われる。そこで、今までに発表されている他の研究者による分子系統樹を使用し、ガマズミ属の種分化の歴史とダニ室の形質を比較した。その結果、ダニ室の有無という形質はガマズミ属の系統樹上に散在し、系統と強い相関はないことがわかった。

(3) ダニ室多様性の植物形態学的研究

ガマズミ属植物のダニ室および葉の全般的な形態を比較・研究するため、ミクロトーム切片およびクチクラ観察による解剖学的研究を行った。前者については、違う成長段階にあるダニ室をコバノガマズミ、ミヤマガマズミ、サンゴジュで採取し、FAA 液に固定したあと、樹脂切片法にて組織標本作製し観察した。その結果、穴型のダニ室も毛束型のダニ室も葉の展葉期から形成が開始されること、同じ毛束型に分類されるダニ室も、毛の形状や密度が種によって異なることを確認した。後者については、ダニ室を多数持つことで知られるクスノキ科の葉と比較した。その結果、種の違いよりもダニ室形態の違いで構造がより異なっ

ていた。比較の過程で、クスノキ科の新種を発見やくチクラの分類学的有用性の発見など、副産物的研究成果があった。

(4) ダニ室の生態的研究

まず、国産ガマズミ属中で唯一穴型のダニ室を持つ種サンゴジュについて、その野生木と栽培木を沖縄と名古屋で、一月おきに年間を通じて観察し、ダニ室の内外や周囲にある木のダニの種・数を調査した。計約 800 枚の葉の約 5500 のダニ室を観察した。その結果、ダニ室には、ダニ室を持たない葉やダニ室の外より有意にダニが存在すること、沖縄と本州ではダニ室内のダニ相が異なることを明らかにした。とくに、栽培サンゴジュでは、野生樹には見られないダニも発見され、野生と栽培植物でのダニ室利用が異なる可能性が示唆された。また、季節でのダニ相およびダニ個体群の変動も、著しく変わることを発見した。

なお、ダニ室を塞ぐことによってダニ相や菌相がどのように変わるかどうかについて、沖縄で実験を試みたが、ダニ相については大きな変化は見られなかった。これは、調査地に大きな台風が来たため、結果を十分に検討することができなかったことも影響していると思われ、結果については継続した調査が必要である。

次に、連携研究者の学生が中心となって、毛束型のダニ室を持つコバノガマズミについて、ダニ室の生態的観察・比較とそのまとめを行った。具体的には、京都の二つの異なる植生地でダニ室内のダニの種類と個体数を春から秋まで約半月に一度調べた。また、夏と秋、葉にいるダニの種類と数について、コバノガマズミ、および、同所的に生えるダニ室のある植物、ない植物、毛のある植物などと比較した。この結果、ダニ室はダニの存在と有意に相関があること、しかし、ダニ室はなくても毛のある植物でも、ダニの存在と相関がみられることなどが判明した。ダニ室の有無とダニの季節変化などについては、連携研究者の学生を第一発表者として、国際学会で発表を行った。また、この論文は、昆虫関連の学術誌に掲載が決定した。

(5) 総合考察

これまでに得られた知見を統合・分析し、ガマズミ属におけるダニ室の多様性について総合考察を行った。その結果、以下のこ

とが明らかになった。

ガマズミ属でダニ室を持つものは、調査種45種のうち約半数であり、アジアに比較的多かったものの、ダニ室の有無は地域・系統などで明確には分かれなかった。ダニ室を持つものの多くは、毛束型の形状だった。

生態学的調査によって、同地域の穴型と毛束型のダニ室では、ダニの種類は重なるものの数などに差があること、違う地域の同じ穴型のダニ室では、ダニの種類・数ともに異なること、同じ地域の同じ形のダニ室でも、季節によってはダニの種類や数が異なることを明らかにした。

これらの結果から、ガマズミ属のダニ室は、生態的要因で並行的に進化した可能性があること、形状などによって利用者が異なる傾向はあるが、特定のダニとの強い共生関係を作るものではなく、緩やかで多様な関係を保つ共生器官である可能性が示唆された。

今日、さまざまな共生についての研究が行われているが、多くは絶対共生のような厳密な関係を評価することが多い。しかし、生物の共生には、もっと緩やかな関係を結ぶことで成り立つものも多いと思われる。ガマズミ属のダニ室は、季節や場所などによってダニ室を利用するダニが異なり、しかし、ダニ室や毛のない植物に比べると全体としてダニが多く見られるという結果になった。これは、植物と節足動物が植物の用意した器官を通じて緩やかにつながる共生関係を保っていることを示す例となるだろう。そのような示唆は国内外の研究でも明らかにされておらず、本研究がそれを明確にした意義は大きいと思われる。木を扱うことから、今回は具体的な適応度の比較には至らなかったが、今後は、これら緩やかな関係が植物にとってどのような利益をもたらすのかについて、適応度を測るなどの研究が期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

① Sudo, M., S. Nishida, T. Itioka. Seasonal fluctuations in foliar mite populations on *Viburnum erosum* Thunb. var. *punctatum* Franch. et Sav. (Adoxaceae) and sympatric shrubs in temperate secondary forests in western

Japan. *Applied Entomology and Zoology* 45(in press)、2010年、査読有り。

② 西田佐知子、共生の器官? 謎の「ダニ室」、*Nature Study* 54: 1-4、2009年、査読有り

③ Nishida, S & van der Werff, H. Are cuticular characters useful in solving generic relationships of problematic species of Lauraceae?, *Taxon* 56: 1229-1237、2007年、査読有り。

④ Nishida, S, Tsukaya, H., Nagamasu, H., and Nozaki, M. A Comparative Study on the Anatomy and Development of Different Shapes of Domatia in *Cinnamomum camphora* (Lauraceae), *Annals of Botany* 97: 601-610、2006年、査読有り。

[学会発表] (計4件)

① 西田佐知子・西田隆義・高倉耕一・吉田智弘・小舟瞬/ダニ室トラップ説を検証する/日本植物学会第73回大会/2009年9月18日/山形。

② 須藤正彬・西田佐知子・市岡孝朗/近畿地方の二次林における植物ダニ群集の樹種間比較/第56回日本生態学会/2009年3月17-19日/盛岡。

③ Sudo, M., S. Nishida, & T. Itioka / The rich acarofauna on *Viburnum erosum* var. *punctatum* / 日韓合同ダニ学会議/2008年10月9-11日/韓国慶州市。

④ 西田佐知子・松村俊一・吉田智弘・西田隆義/季節・場所で変わるサンゴジュのダニ室動物相/日本植物分類学会第6回大会/2007年3月16日/新潟。

[図書] (計1件)

① 西田佐知子 (2009) 葉上の不思議な部屋「ダニ室」。In「原色植物ダニ検索図鑑」(江原昭三・後藤哲雄編) 全国農村教育協会, 東京, p. 173.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

URL:<http://www.num.nagoya-u.ac.jp/fromstaff/staff/nishida/index.html>

日本学術振興会ひらめき☆ときめきサイエンス 2008 年実施プログラム「葉っぱの上の謎の部屋、「ダニ室」から進化を探ろう」

URL: <http://www.jsps.go.jp/hirameki/>

日本学術振興会ひらめき☆ときめきサイエンス 2010 年実施プログラム「助け合い？だましあい？植物と虫の「共生」を探偵しよう」

URL: <http://www.jsps.go.jp/hirameki/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西田 佐知子 (SACHIKO NISHIDA)

名古屋大学・博物館・助教

研究者番号：10311490

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

西田隆義 (NISHIDA TAKAYOSHI)

京都大学・農学研究科・助教

研究者番号：60208189

内貴章世 (NAIKI AKIYO)

大阪市自然史博物館・学芸課・学芸員

研究者番号：30393200

市岡孝朗 (ITIOKA TAKAO)

京都大学大学院地球環境学堂・准教授

研究者番号：40252283