

学 位 論 文 題 名

Diversity in predator-prey interactions of plant-inhabiting mites  
(Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae and Stigmaeidae)

(植物に生息する植食性と捕食性ダニ類の  
相互作用系の多様性に関する研究)

学位論文内容の要旨

ハダニ類 (Tetranychidae) およびその天敵ダニ類 (Phytoseiidae, Stigmaeidae) は、農林業上重要な種を含むために、一部の種については応用的な側面からこれまでに多くの研究が蓄積されてきた。一方、わが国には、現在ハダニ類が 78 種記載されているが、それらのほとんどは、寄主植物の範囲すら未調査のままであった。またハダニ類の主な天敵であるカブリダニ類が 77 種記載されているが、それらが野外においてどのようにハダニ類の天敵として働きうるのかについても情報は不十分であった。難防除害虫であるハダニ類あるいはフシダニ類の生物的防除技術の発展には、まず植食者と捕食者との相互作用系の詳しい生態の把握が必要である。

本研究では、まず、日本全域において、ハダニ類と天敵類の広範な採集調査を実施し、約 70 地点において 415 種の植物からハダニおよび天敵ダニ類を採集し、それらの種の同定を行った。その結果、採取植物の科・属の採集頻度に偏りがあるものの、ブナ科およびイネ科植物に、多様なハダニ相および天敵相が存在することが明らかになった。

天敵-植食者相互作用系の多様性が特に高かったイネ科のササを対象に、そこで展開するハダニ類と天敵ダニ類の詳しい相互作用系を野外調査で明らかにした。まず、北海道で優占するクマイザサを中心に、132 地点において葉毛密度とハダニ種数関係を解析し、葉毛の密度が高くなると、ハダニの種類数が有意に増加することを明らかにした。また、ハダニ類を捕食するカブリダニ類およびナガヒシダニ類の種類数も、葉毛密度が高くなると明らかに増加することを発見した。ハダニ種数と天敵種数を合計して、それを捕食者-植食者相互作用系の多様性指標とすれば、その指標も葉毛密度とともに増加することが明らかとなった。一般に、寄主植物の葉毛密度は、植食性昆虫等の捕食を阻害する適応の 1 種であると考えられてきたが、本研究で明らかにしたことは、その反対の事実である。一方、植物の葉を動物の棲むハピタットとしてみれば、その多様性 (habitat heterogeneity) が群集構造を複雑にするという、従来の生態学理論と整合している。

次に、葉毛密度が、具体的にはどのような天敵-ハダニ関係を生み出し、どのようなメカニズムが多様性を維持しているのかを、個々のハダニ種と同所的天敵類との相互作用実験によって解析した。その結果、ハダニ類の生活型として知られている、網を用いたさまざまな構造物や特有の形態・産卵習性等が、確かに対天敵防御機構として機能していることを4種のササ寄生ハダニについて明らかにした。すなわち、イトマキハダニ (*Aponychus corpuzae*) の扁平な体型は、非視覚探索型のカブリダニやナガヒシダニ類による捕食を回避する新しい形のクリプシス (隠ぺい) 戦略として機能していた。また、ヒメササハダニ (*Schizotetranychus recki*) が葉毛を利用して作る個室型の網は、大半の天敵種に対して有効な防護物として機能していた。ケウスハダニ (*Yezonychus sapporensis*) が示す、葉毛先端への産卵行動は、天敵から卵を隠蔽する機能をもっていることを実証した。さらに、タケスゴモリハダニ (*Schizotetranychus celarius*) の巣網とその営巣行動が、捕食性のイブリナガヒシダニ (*Agistemus iburiensis*) を「幻惑」し、その捕食圧を著しく軽減する効果をもつことを実証した。これらは、ササに寄生しているハダニ種それぞれが示す独特な生活型が、天敵に対する防衛・防護戦略として進化してきたものであることを強く示唆している。また、それらのハダニの生活型の多くがササの葉毛を利用するものであることが、結果として葉毛の密度とともにハダニ類の種多様性を増加させているのだということを併せて明らかにした。さらに、天敵類の一部が独特の生活型をもつハダニ種に特化していることが、ハダニの種数の増加とともに、天敵の種数を増加させ、ひいては捕食-被食者相互作用系の多様化をもたらした理由であると考えられた。

一方、このハダニ類の示す巣網等による対捕食者戦略は、特定の天敵に対しては、無効あるいは、むしろの餌の目印として使われていることも明らかとなった。例えば、ヒメササハダニの網は、明らかにエゾナガヒシダニ (*Agistemus summersi*) にとっては、餌の探索の手がかりになっていた。これは、ある防衛戦略が複数の敵との軍拡競争として進化していく過程では、一部の敵には有効になっても、他の特殊化した敵には無効あるいはむしろマイナスになるという、共進化特有の現象を示しているものと考えられた。また、天敵の側から見れば、それぞれが特定の餌種 (ハダニ) に適応する (専門家、specialist) か、あるいは多くのハダニを「そこそこ」に捕食できるようになる (万能家、generalist) かという選択が、進化の過程で作用してきたことを示唆している。

次に、このような天敵カブリダニ類の「専門化」や「万能化」という適応が、それらの生活史に反映している可能性をササに発生するカブリダニを中心に追求し、特定のハダニ種への専門化と、捕食習性や産卵習性との間に特別の関係があることを明らかにした。なかでも、長い間謎とされていたカブリダニ類の幼虫の非摂食習性は、集中寄生性ハダニへの専門化が産卵の集中化をまねき、そこで作用する血縁選択によって、共食い回避 (=幼虫非摂食) の適応として生じたものだという可能性を示した。

これら一連の結果は、カブリダニ類やナガヒシダニ類が、植食性ハダニ類と様々な組み合わせで、それぞれが独特の相互作用系を形成していること、それらは長い進化の過

程で、特殊化や一般化が働いて、現在の形に至ったものであることを示唆している。したがって、天敵と害虫の個別の相互関係の正確な把握こそが、天敵を害虫の生物的防除に利用するうえで、欠かせないステップであると考ええる。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 齋 藤 裕  
副 査 教 授 諏 訪 正 明  
副 査 助 教 授 綿 貫 豊

## 学 位 論 文 題 名

### Diversity in predator-prey interactions of plant-inhabiting mites (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae and Stigmaeidae)

(植物に生息する植食性と捕食性ダニ類の  
相互作用系の多様性に関する研究)

本論文は、図 35、表 22 および本文 121 ページからなる英文論文で、引用文献 133 を含んでいる。他に、参考論文 4 編が添えられている。

ハダニ類およびその天敵ダニ類は、農林業上重要な種を含んでいる。わが国には、現在ハダニ類が 78 種記載されているが、応用上重要な種を除くと、寄主植物の範囲すらほとんど未調査のままであった。またハダニ類の主な天敵であるカブリダニ類が 77 種記載されているが、それらが野外においてどのようなハダニ類の天敵として働きうるのかについても情報は不十分であった。

本研究では、日本全域において、ハダニ類と天敵類の広範な採集調査を実施し、約 70 地点において 415 種の植物からハダニおよび天敵ダニ類を採集した。その結果、調査植物の科・属の頻度に偏りがあるものの、ブナ科およびイネ科植物に多様なハダニ相および天敵相が存在することを明らかにした。

天敵-植食者相互作用系の多様性が特に高かったイネ科のササを対象に、そこで展開するハダニ類と天敵ダニ類の相互作用系を野外調査で明らかにした。まず、北海道で優占するクマイザサを中心に、132 地点において葉毛密度とハダニ種数関係を解析し、葉毛の密度が高くなると、ハダニの種類数が有意に増加することを明らかにした。また、ハダニ類を捕食するカブリダニ類およびナガヒシダニ類の種類数も、葉毛密度とともに有意に増加することを発見した。

次に、葉毛密度がどのような天敵-ハダニ関係を生み出し、どんなメカニズムが多様性を維持しているのかを、4 種のササ寄生性ハダニについて、同所的天敵類との相互作用実験的によって解析した。まず、ハダニが網を用いたさまざまな構造物や特有の形態・産卵習性等が、確かに対天敵防御機構として機能していることを明らかにした。すなわ

ち、イトマキハダニの扁平な体型は、非視覚探索型のカブリダニやナガヒシダニ類による捕食を回避する新しい形のクリプシス（隠ぺい）戦略として機能していた。また、ヒメササハダニが葉毛を利用して作る個室型の網は、大半の天敵種に対して有効な防護物として機能していた。ケウスハダニが示す、葉毛先端への産卵行動は、天敵から卵を隠蔽する機能をもっていることを実証した。さらに、タケスゴモリハダニの巣網とその営巣行動が、捕食性のイブリナガヒシダニを「幻惑」し、その捕食圧を著しく軽減する効果をもつことを示した。これらは、ササに寄生しているハダニ種それぞれが示す独特な生活型が、天敵に対する防衛・防護機構として進化してきたものであることを強く示唆している。また、それらのハダニの生活型の多くがササの葉毛を利用するものであることが、結果として葉毛の密度とともにハダニ類の種多様性を増加させているのだということ併せて明らかにした。さらに、天敵類の一部が独特の生活型をもつハダニ種に特化していることが、ハダニの種数の増加とともに、天敵の種数を増加させ、ひいては捕食-被食者相互作用系の多様化をもたらした理由であると考えられた。

一方、ハダニ類の示す巣網等の対捕食者戦略は、特定の天敵に対して無効あるいは、むしろの餌の目印として使われていることも明らかとなった。例えば、ヒメササハダニの網は、エゾナガヒシダニにとっては、明らかに餌の探索の手がかりになっていた。これは、ある防衛戦略が複数の敵との軍拡競争として進化していく過程では、大半の敵には有効になっても、一部の特殊化した敵には無効あるいはむしろマイナスになるという、共進化特有の現象を示しているものと考えられた。また、天敵の側から見れば、それぞれが特定のハダニ種に適応する（専門家）か、あるいは多くのハダニを「そこそこ」に捕食できるようになる（万能家）かという選択が、進化の過程において起きてきたことを示唆していた。

最後に、このような天敵カブリダニ類の「専門化」や「万能化」という特性と、それらの生活史との関係をササに発生するカブリダニ類を中心に追求し、特定のハダニ種への専門化と捕食習性や産卵習性との間に密接な関係があることを明らかにした。

以上の研究によって、1つの寄主植物上に半独立的な「天敵と植食者との相互作用系」が複数成立しており、同時にこれらの系の間にも間接的相互作用が存在することが示された。これらのことは、生物群集の成立に捕食-被食関係が重要な要因であることを示すと同時に、天敵と害虫の相互関係の正確な把握こそが、天敵を生物的防除に利用するうえで欠かせないステップであることを示した点で、生態学的にも応用面からも高く評価できる。

よって、審査員一同は、Anthony R. Chittenden が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。