

## 学 位 論 文 題 名

スゴモリハダニ属の主に糸を用いた社会行動とその機能に  
関する研究

## 学位論文内容の要旨

スゴモリハダニはササやタケなどの葉裏に巣を作り集団で生活している体長 0.5 mm 前後の微小な植食性節足動物である。ササ類にはケナガスゴモリハダニ *Stigmaeopsis longus*、ササスゴモリハダニ *Stigmaeopsis takahashii*、ヒメスゴモリハダニ *Stigmaeopsis saharai*、ススキにはススキスゴモリハダニ *Stigmaeopsi miscanthi*、タケ類にはタケスゴモリハダニ *Schizotetranychus celarius* の 5 種が知られている（以下ハダニを略して記述）。

この 5 種の中で生活史データを欠くススキスゴモリの 2 型、HG 型と LW 型の生活史を調べた。この 2 型の分布が温度帯によって異なるため、本研究では、それぞれの生活史と温度適応の基本である発育ゼロ点を併せて調べた。その結果 LW の内的自然増加率  $r_m$  は 0.085~0.144 (中央値 0.115) であり、HG の  $r_m$  は 0.082~0.160 (中央値 0.144) で、LW と HG の  $r_m$  は統計的に有意に異なっていた。これは発育期間が異なるためであり、その他産卵数、メス比率、産卵期間、そして発育ゼロ点には差がなかった。

次に、ササに寄生し、非常に大きな巣を作り、最大で数百個体の集団で生活するケナガスゴモリの社会行動を検討した。このケナガスゴモリには、これまでに集団による防衛や天敵に対する反撃行動が報告され、スゴモリハダニ類の中でもとくに社会性が発達している種だとされている。一方、近縁のササスゴモリは、比較的小さな巣を作り数十個体程度の巣を形成し、大きな集団になることはまずない。この社会性の発達程度が異なる 2 種を用いて行動を比較した。

まず、集団で暮らすことのデメリットと考えられる病菌の集団感染対策について検討した。その結果、ケナガスゴモリのように集団サイズが大きい種は巣を衛生的に保つために糸を使い巣の中に発生した脱皮殻やホコリなどを付着させ、巣網に上げて織り込むことができることがわかった。糸張り行動はこれまで巣を作るためだけと考えられていたが、巣の中に人工的なホコリとしてシリカ粒子を散布した場合、散布した粒子が多いほどより多くの糸を張っていた。これは、糸張り行動が巣を作るためだけに行われて付随的にゴミが付着してしまったのではなく、巣の中が汚れると積極的に糸を張り巣の中を掃除する行動であることを示していた。さらに、張った糸の本数が多いほどより多くのシリカ粒子が網に上げられており、糸による清掃が効果的に行われていた。

それに対してササスゴモリでは、糸を張って巣を作るという行動は同じだが、巣の中にシリカ粒子を散布しても、張る糸の本数に変化はなく、また張られた糸の本数と網に上げられたシリカ粒子には関係がなかった。つまりササスゴモリには清掃行動がないといえる。ただし、ケナガスゴモリとササスゴモリのどちらの糸も張られてから数時間は粘着性をもち、ホコリを付着させることは可能であった。

先の実験的研究から巣内をメス親が清掃することはわかったが、それが野外で機能しているか

どうかは不明である。そこで、野外の実験で天敵などの捕食者を取り除いたケナガスゴモリの巣を調べたところ、メス成虫がいる巣では 2 週間後の卵の生存率は 90%以上であったのに対してメス成虫を除去した巣では 50%まで低下した。このことは、巣内清掃を含めたメス成虫の存在が子の生存に大きな効果があることを示していた。

スゴモリハダニ属の共通の天敵として知られるイブリナガヒシダニ *Agistemus iburiensis* は、巣の中に侵入して卵を捕食する天敵であるが、イブリナガヒシ自身もスゴモリハダニの巣の中に産卵する。糸張行動による清掃効果の高いケナガスゴモリの巣では、このような天敵の卵も網に移動できるのかどうかを調べた。その結果、ケナガスゴモリの巣では 52.7%のイブリナガヒの卵が巣網に織り込まれてしまい、その内 30.5%が孵化できずに死亡し、また、葉面に残ったイブリ卵も 9.4%はケナガスゴモリメスから直接反撃されて死亡した。糸を用いた清掃が間接的に天敵への反撃手段になり、その清掃が天敵に対して有効であるとわかった。

さらに、ケナガスゴモリメスのイブリナガヒシに対する直接的反撃行動の効果を調べた。メス成虫は巣に侵入してきたイブリナガヒシの産卵数も大幅に低下させることができ、後者の産卵数は前者のメスがいる場合、いない場合の 26.4%まで下がった。ただし、巣にいるのがケナガスゴモリの幼虫である場合はイブリナガヒシの産卵数の低下はみられず、動いているハダニの存在が重要なのではなく、ハダニメスの存在が重要なことを示していた。

以上の結果から、ケナガスゴモリメス成虫は、イブリナガヒシの産卵数を大幅に減少させることができ、また産み付けられた卵に対しても糸による清掃や、孵化した幼虫へ攻撃をするなど、この捕食者へ強い反撃行動を示した。このことから、ケナガスゴモリハダニはイブリナガヒシの被食者ではなくなっている可能性が考えられた。そこで、野外のケナガスゴモリとササスゴモリの巣を調査し、天敵がどの程度侵入しているかを確認したところ、スゴモリハダニ類のもう 1 種の天敵であるとされるタケカブリダニ *Typhlodromus bambusae* はケナガスゴモリとササスゴモリの巣で同程度確認できたのに対して、イブリナガヒシはササスゴモリの巣にだけみられ、ケナガスゴモリの巣ではまったく確認できなかった。

このように集団サイズが大きく、社会性が発展している種では成虫による巣の防衛効果がきわめて高いことが示された。そこで、スゴモリハダニ類の中で、ケナガスゴモリと同程度以上に大きな巣を形成するススキスゴモリについても、その反撃行動を精査した。本実験では、共同の防衛効果をみるためにオスがいない場合と 1 頭または 2 頭いる場合の 2 種の天敵への撃退成功率を調べた。その結果、天敵タケカブリダニに対して効果的な反撃行動をすることが明らかった。オスがいない場合よりもオスが 1 頭または 2 頭いるほうが撃退成功率は高かったが、オスが 1 頭のときと 2 頭のときの撃退成功率に違いはみられなかった。ススキスゴモリの巣に頻発するケナガカブリダニ (*Neoseiulus womerselyi*) に対しても反撃行動は効果的だったが、オス 1 頭と 2 頭の間に成功率の違いはなかった。

以上、本研究は動物界でもっと単純な動物に発見されていた社会行動を詳細に調べることで、これまで動物において知られていなかった、糸による巣内清掃行動を発見した。さらに、その行動が天敵の卵に対しても有効であることは、過去に動物に知られていない新知見である。

# 学位論文審査の要旨

|     |      |     |             |
|-----|------|-----|-------------|
| 主 査 | 特任教授 | 齋 藤 | 裕           |
| 副 査 | 教 授  | 大 崎 | 満           |
| 副 査 | 教 授  | 秋 元 | 信 一         |
| 副 査 | 教 授  | 伴 戸 | 久 徳         |
| 副 査 | 教 授  | 佐 原 | 健 (岩手大学農学部) |
| 副 査 | 准教授  | 王   | 秀 峰         |

## 学 位 論 文 題 名

### スゴモリハダニ属の主に糸を用いた社会行動とその機能に関する研究

本論文は、図表を含め 110 ページ、引用文献 41 からなり、和文で書かれている。他に参考論文 3 編が添えられている。

スゴモリハダニ類は、ササやタケなどの葉裏に巣を作り集団で生活している、体長 0.5 mm 前後の微小な植食性節足動物である。日本全国に分布しており、ササ類にはケナガスゴモリハダニ *Stigmaeopsis longus*、ササスゴモリハダニ *Stigmaeopsis takahashii*、ヒメスゴモリハダニ *Stigmaeopsis saharai*、ススキにはススキスゴモリハダニ *Stigmaeopsis miscanthi*、タケ類にはタケスゴモリハダニ *Stigmaeopsis celarius* の 5 種が知られている（以下ハダニを略して記述）。また、中国にはモウソウチクの大害虫になっているナンキンスゴモリハダニ（以下ハダニを省略）*Stigmaeopsis nanjingensis* が生息する。

日本産 5 種の中で生活史データを欠くススキスゴモリの 2 型、HG 型と LW 型の生活史を調べた。この 2 型の分布が温度帯によって異なるため、本研究では、それぞれの生活史と温度適応の基本である発育ゼロ点を併せて調べた結果、型間に内的自然増加率に有意な差があることを明らかにした。一方、発育ゼロ点には両方間に差がなかった。

次に、クマイザサに寄生し、非常に大きな巣を作り、最大で数百個体の集団で生活するケナガスゴモリの社会行動を検討した。人工的なホコリを散布して行動を観察した結果、本種のメスは、巣の中のが汚れると、ホコリなど（実際には脱皮殻や死体を含む）を糸に付着させ、巣網に上げて織り込むことで、巣内を積極的に清掃していることがわかった。一方、集団サイズの小さいササスゴモリでは、糸を張って巣を作る行動は同じだが、巣の中に人工的なホコリを散布しても、張る糸の本数に変化はなく、また張られた糸の本数と網に上げられたホコリ粒子数に関係がなく、清掃行動を行わないことが示された。

先の実験的研究から、ケナガスゴモリメス親が巣内を清掃することはわかったが、それが野外で機能しているかどうかは不明であった。そこで、野外実験で天敵などの捕食者を

取り除いてケナガスゴモリ卵の生存率を調べたところ、メス成虫がいる巣では2週間後の卵の生存率は90%以上であったのに対して、メス成虫を除去した巣では50%にまで低下した。その死亡要因は菌の寄生等によるとみられ、このことは、巣内清掃を含めたメス成虫の存在が、子の保護に大きな効果があることを示していた。

スゴモリハダニ属に共通の天敵として知られるイブリナガヒシダニ *Agistemus iburiensis* (以下ダニを省略) は、巣の中に侵入して卵を捕食し、スゴモリハダニの巣の中に産卵する。糸張り行動による清掃効果の高いケナガスゴモリが、このような天敵の卵も巣網に移動できるのかどうかを調べた。その結果、ケナガスゴモリの巣ではイブリナガヒシの卵が巣網に織り込まれたり、直接の攻撃を受けて高い頻度で死亡することがわかった。さらに、ケナガスゴモリメスがイブリナガヒシの雌に対して直接的な反撃行動を示し、後者の産卵数を有意に減少させることもわかった。

そこで、野外においてケナガスゴモリとササスゴモリの巣を調査し、天敵がどの程度侵入しているかを確認したところ、スゴモリハダニ類のもう1種の天敵であるとされるタケカブリダニ *Typhlodromus bambusae* は、ケナガスゴモリとササスゴモリの巣で同程度確認できたのに対して、イブリナガヒシはササスゴモリの巣にだけみられ、ケナガスゴモリの巣ではまったく確認できなかった。このことは、イブリナガヒシがすでにケナガスゴモリの天敵として働いていない可能性を示唆していた。

集団サイズが大きく、社会性が発展しているスゴモリハダニでは、成虫による巣の防衛効果がきわめて高いことが示された。そこで、ケナガスゴモリと同程度以上に大きな巣を形成するススキスゴモリについて、その反撃行動を精査し、反撃行動がタケカブリダニに対してはもとより、ススキスゴモリの巣に頻発するケナガカブリダニ (*Neoseiulus womersleyi*) に対しても効果的であることを明らかにした。

以上、本研究は動物界でもっと単純な動物に発見されていた社会行動を、さらに詳細に調べることで、これまで動物界において全く知られていなかった、糸による巣内清掃行動を発見し、その行動が天敵の卵に対しても有効であることをエレガントな実験によって示した。また、このような天敵に対抗する社会行動は、他のスゴモリハダニにも認められることも明らかにした。これらの発見の多くは、国内外で高い評価を受けている。よって、審査委員一同は、金澤美季が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認定した。