

小さなハダニが教えてくれる排泄物管理の重要性

集団生活を送る小型の節足動物、ケナガスゴモリハダニが、巣の特定の場所に排泄することで卵を排泄物の害から守っていることを突き止めました。社会性をもつハダニで排泄行動の適応的機能を実証した初めての研究であり、節足動物の社会性や巣生活の進化を理解する上で、重要な成果と言えます。

生物が集団で生活する上で、排泄物の適切な管理は、病気の予防や生活空間の衛生維持にとって重要です。しかし、こうした行動がどの程度、生存や繁殖に有利に働くのかを実験的に検証した研究は、これまでほとんど行われていませんでした。

親世代と子世代が同居する亜社会性ハダニであるケナガスゴモリハダニ (*Stigmaeopsis longus* (Saito)) は、巣の出入り口付近の特定の場所でのみ排泄する「共同トイレ」行動をとることが知られています。本研究チームは今回、この行動にどのような適応的意義があるのかを調べました。具体的には、このハダニの寄主植物の一つであるクマザサから抽出した化学成分を用いて、ハダニの巣内における排泄場所の位置や数を人為的に操作しました。そして、異なる密度（中密度・高密度）の雌集団において、繁殖や生存への影響を比較しました。

その結果、排泄場所を巣の端から中央に変えると、成虫や幼虫の生存には大きな影響は見られなかったものの、高密度条件では卵の生存率がわずかに低下することが分かりました。また、どの密度条件でも排泄場所の操作によって巣の増築が促進されることも明らかになりました。さらに、巣の出入り口を物理的に塞ぎ、巣の増築を妨げたところ、中密度条件でも卵の生存率が著しく低下することが分かりました。これらの結果から、排泄物の空間的な管理は特に、動くことのできない卵の生存にとって極めて重要であることが示されました。

本研究は、社会性をもつハダニにおいて、排泄行動の適応的機能を実証した初めての研究であり、節足動物における社会性や巣生活の進化を理解する上で、重要な成果です。

研究代表者

筑波大学生物学学位プログラム

新藤 啓太 博士前期課程2年次

筑波大学生命環境系/山岳科学センター

佐藤 幸恵 准教授

研究の背景

排泄は、すべての生物にとって不可欠な行為です。しかし、排泄物が蓄積すると、生活空間が狭くなったり、微生物の繁殖を招いたりすることで、生存や繁殖に悪影響を及ぼす可能性があります。特に、巣を作って集団生活を営む動物では、そのリスクはより深刻になります。実際、アリやハチなど多くの社会性昆虫では、巣の外で排泄したり、巣内の排泄物を巣外に運び出すといった行動が進化しており、巣の衛生維持が重要であることが示唆されています。しかし、こうした行動が、どの程度生存や繁殖に役立っているのか、実験的に検証することは難しく、これまで明確な科学的証拠はほとんどありませんでした。

研究内容と成果

本研究の対象であるケナガスゴモリハダニ（図1）は、ササの葉の裏に糸で巣を作り、その中で集団生活する小型の植食性節足動物です。巣の構築は主に雌によって行われており、巣の中では、複数の雌や雄、若虫や幼虫、卵が同居しています。雌雄は、巣に侵入してきた天敵（主に捕食性のダニ）を協力して撃退するなど、共同で子どもたちを守り育てる「共同保育」を行います。そのため、ケナガスゴモリハダニは亜社会性^{注1)}をもつハダニとされています。

このハダニでは、巣の出入り口付近の特定の場所でのみ排泄を行う、いわば「共同トイレ」のような排泄物管理が観察されます。この排泄行動は、①既に糞がある場所で排泄する、②糞がない場合は巣の入口付近で排泄するという、二つのシンプルな行動ルールによって成立しています。視覚が発達していないこのハダニは、排泄物から放出されるにおい（揮発性化学物質^{注2)}）や巣の出入り口の触覚的刺激を手がかりにして、「共同トイレ」の場所を認識しています。このにおい成分は、寄主植物であるササから抽出されたエーテル可溶性化合物^{注3)}にも含まれています。

本研究では、寄主植物の一つであるクマザサから抽出されたにおい物質を使って、巣内の排泄場所の位置や数を人工的に操作し、中密度（雌成虫5匹）および高密度（雌成虫7匹）の巣において、雌成虫の生存・繁殖や、子（未成熟虫と卵）の生存への影響を調べました（図2）。

まず、におい物質を使うことで、排泄場所を巣の中央に移動させることに成功しました。このように排泄場所を操作した巣では、巣の「増築」が頻繁に行われるようになりました。そこで、増築部分にも、におい物質を使うことで、新たにできる排泄場所を巣の中央に設けさせた結果、「共同トイレ」の数を2倍以上に増やすことに成功しました。しかし、中密度条件、高密度条件のいずれにおいても、この操作によって雌成虫の産卵や、雌成虫・幼虫の生存には大きな影響はみられませんでした。一方、高密度条件に限られるものの、排泄場所の操作により卵の生存率がわずかに（しかし統計的に有意に）低下することが分かりました（図3）。

次に、排泄場所操作の悪影響は巣の「増築」により緩和されたのではないかと考え、巣の出入り口を脱脂綿で塞いで物理的に巣の増築を妨げたうえで、排泄場所の操作を中密度条件で行いました。その結果、この実験においても、排泄場所を巣の中央に移動させることに成功しました。そして、巣の増築ができない状況では、中密度条件であっても排泄場所の操作により、卵の生存率が著しく低下することが明らかになりました（図3）。

これらの結果は、巣の入り口付近に限られた数の排泄場所を設けることが、動けない卵を排泄物の悪影響から守るために重要であることを示す、初めての実験的な証拠となります。

今後の展開

排泄物の管理は、集団生活や社会性の進化において重要な行動の一つと考えられています。とはいえ、排泄物管理のスタイルは種によって多様であり、ハダニ科の中でも排泄行動や排泄場所に種ごとの違い

が見られます。今後は、こうした排泄物管理行動の多様性を比較研究することで、衛生行動や社会性の進化について、さらに深い理解が得られると期待されます。

また、排泄物は単なる「有害物質」ではなく、時に有益な機能を果たすこともあります。たとえば、昆虫では糞食が広く見られ、特にカメムシ目やゴキブリ目では、腸内微生物叢の共有を促進する役割を担うことがあります。今後は、排泄物管理のコストだけでなくベネフィットにも注目することで、生物がどのように排泄物と向き合い、共存してきたのか、その進化の知恵を探りたいと思います。

参考図

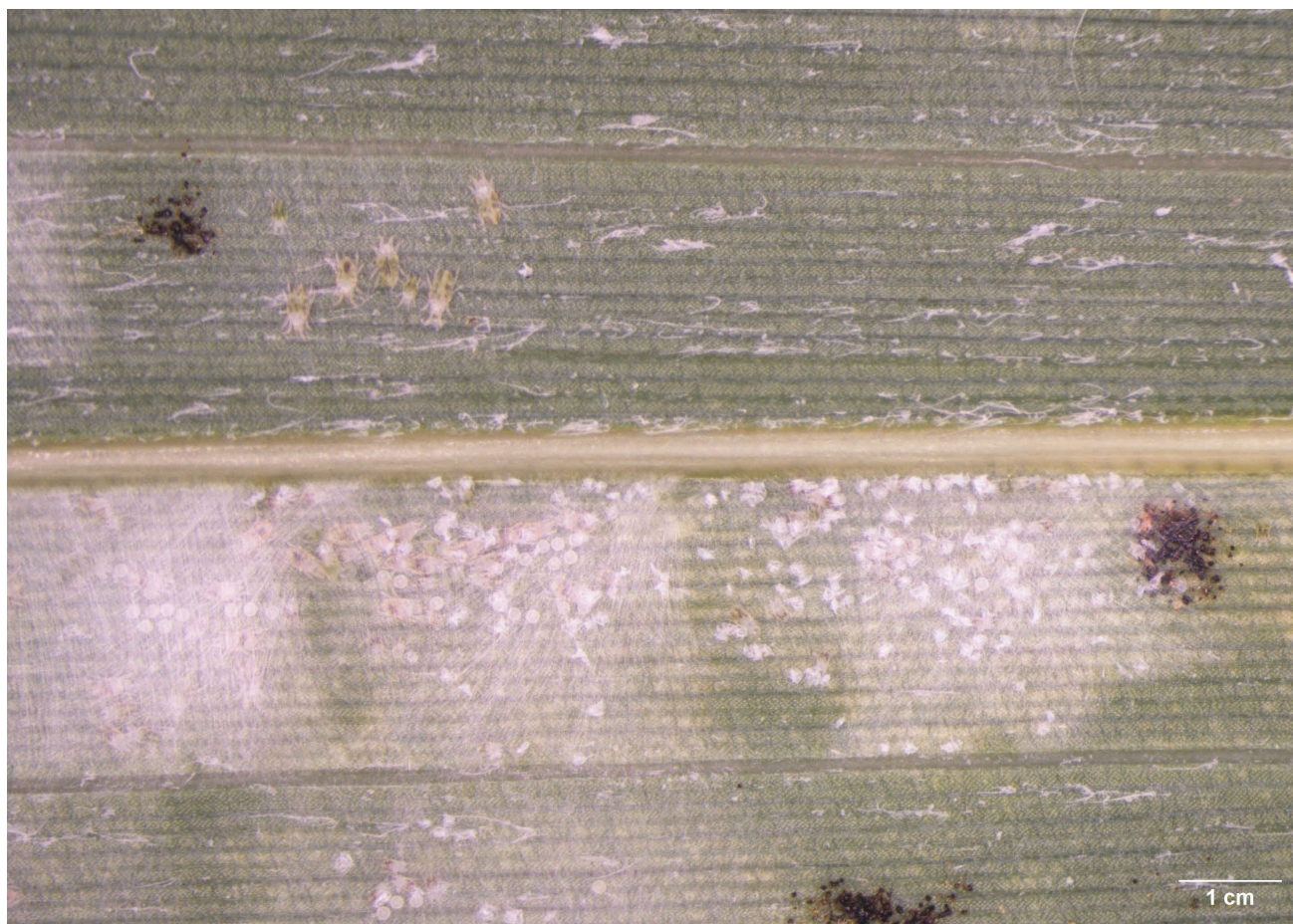


図1 ケナガスゴモリハダニの巣

クマザサの葉裏の主脈沿いに作られた、二つのケナガスゴモリハダニの巣の写真。白く編まれた部分が巣で、その内部には多数の雌・雄・若虫・幼虫・卵が共に生活している。黒い部分は排泄物が集められた「共同トイレ」である。

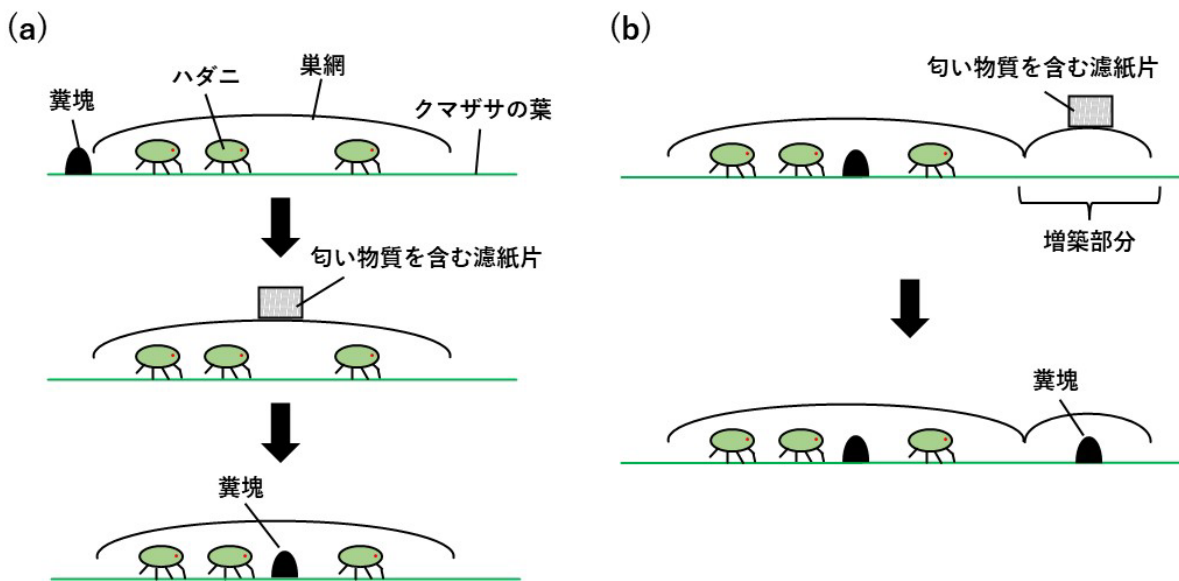


図2 排泄場所の操作とそれに伴うケナガスゴモリハダニの巣の変化（側面図）

(a) 5匹または7匹の雌成虫に一つの巣を作らせた後、元々あった糞塊を除去し、巣の外側の屋根中央部にクマザサ抽出液を染み込ませた濾紙片（1×1 mm）を設置した。すると、80%以上の確率で、その濾紙片の真下に新たな糞塊が形成された。(b) 巣の増築が確認された場合は、増築部分の屋根中央にも同様の濾紙片を設置したところ、再びその真下に糞塊が形成された。

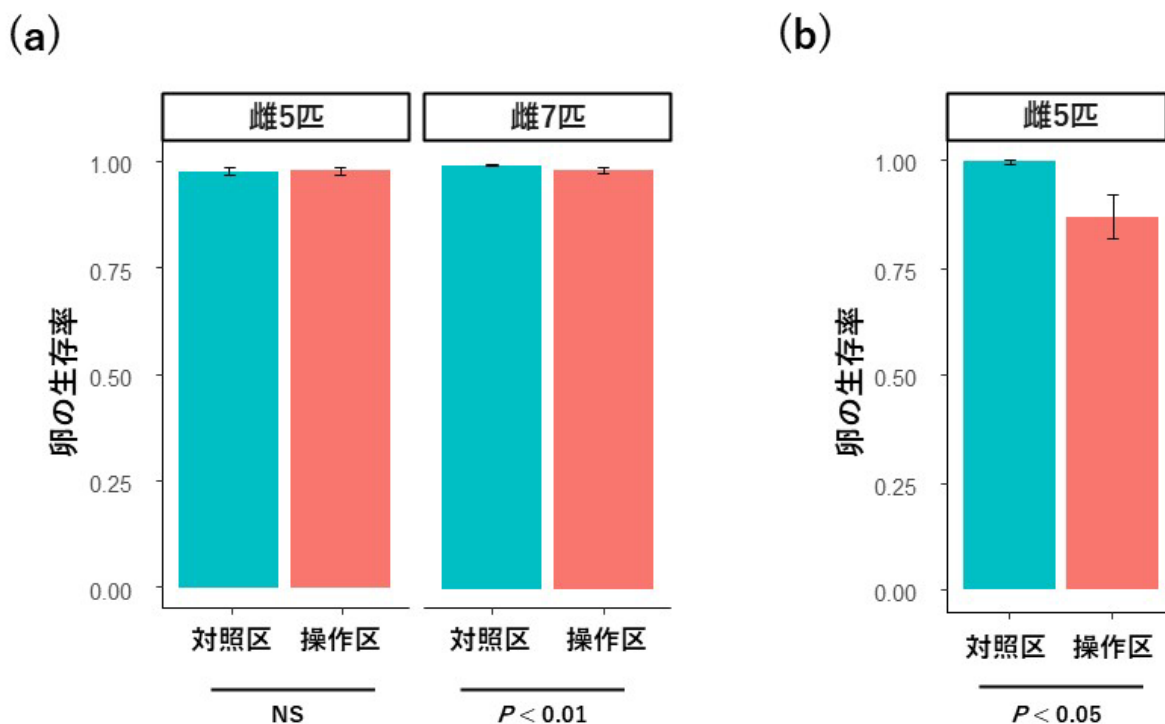


図3 排泄場所の操作が卵の生存率に与える影響：(a) 巣の増築が可能な条件と、(b) 物理的に妨げられた条件

排泄場所を操作した巣（操作区）と、操作しなかった巣（対照区）における、14日間の卵の生存率（平均値±標準誤差）を示している。(a) 巣の増築が可能な条件下では、高密度（雌7匹）において、操作区の卵生存率は対照区に比べてわずかに低下した。(b) 巣の増築が脱脂綿によって妨げられた条件下では、中密度（雌5匹）でも、操作区で卵の生存率が大きく低下した。

用語解説

注1) 亜社会性

動物の社会性の一形態。共同で巣をつくり、親世代と子世代が同居（世代重複）し、複数の個体が協力して子育てを行う（共同保育）といった特徴をもつ。アリやハチなどの真社会性動物のように、子を産む女王と、自ら繁殖せずに子育てを担うワーカーといった役割分担（繁殖分業）はみられない。

注2) 揮発性化学物質

空気中に容易に蒸発して拡散する性質を持つ化学物質。多くはにおいの原因になり、フェロモンや花の香り、食品の香気成分、あるいは工業的な溶剤など、さまざまなものが含まれる。

注3) エーテル可溶性化合物

油のような性質をもち、水には溶けにくい、エーテルという液体にはよく溶ける成分。においのもとになる物質などがこれに含まれる。

研究資金

本研究は、第1回 鈴木隆久研究支援基金（一般研究支援）の支援のもと、実施されました。

掲載論文

【題名】 The Adaptive Function of Waste Management in a Social Spider Mite.

（社会性ハダニにおける排泄物管理の適応的機能）

【著者名】 K. Shindo, S. Matsuyama, and Y. Sato

【掲載誌】 *Biology Letters*

【掲載日】 2025年11月12日

【DOI】 10.1098/rsbl.2025.0397

問い合わせ先

【研究に関すること】

佐藤 幸恵（さとう ゆきえ）

筑波大学生命環境系 准教授

URL: <https://trios.tsukuba.ac.jp/researcher/0000003604>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp