

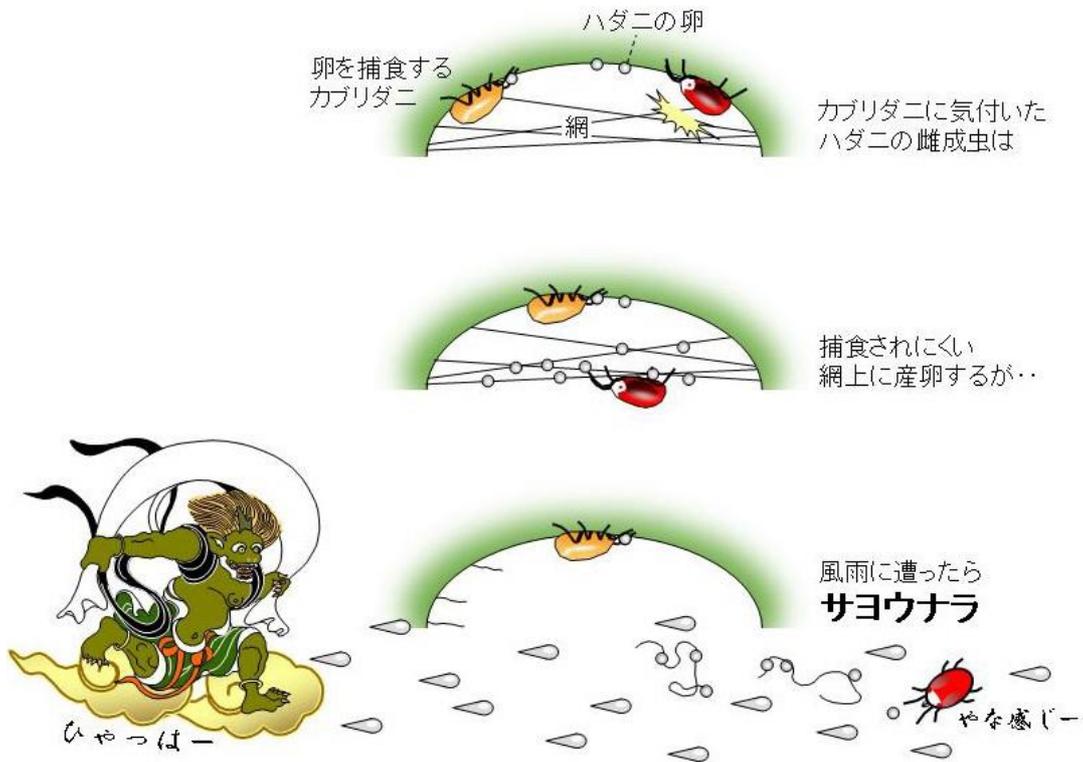
捕食者と風雨に対する害虫のジレンマを発見

—捕食者は捕食するより大きな抑止力を及ぼす—

概要

捕食者は餌動物を捕食して減らすだけではなく、餌動物に防衛努力を強いることでも損害を与えますが、その効果が際立つ例を報告します。農業害虫のハダニは、餌植物の葉の裏に張った立体的な網の中で暮らし、平時は葉面に卵を産みますが、ハダニの卵を捕食するカブリダニに遇うと卵が捕食されにくい網上に産卵します。いつも網上に産卵しないので、そうすることで不都合があるはずですが、その事情は不明でした。また、雨が降るとハダニが減ると言われますが、雨が当たらない葉の裏で暮らすハダニが何故減るのかも謎でした。京都大学大学院農学研究科 矢野修一 助教と岡田瀬礼奈 農学部学部生(研究当時)は、捕食を避けて網上に産んだハダニの卵が、葉面の卵に比べて風雨で流失しやすいことを発見し、風と雨の相乗作用が卵を流失させることも解明しました。これらの結果から、ハダニが平時に網上に産卵しない理由と、ハダニが雨期に減る理由が説明できます。自然界の捕食者は、自ら捕食するよりもずっと大きな抑止力を害虫に及ぼしているようです。

本研究成果は、2021年3月3日に英国の国際学術誌「Biology Letters」にオンライン掲載されました。



本研究概要図

1. 背景

捕食者は餌動物を捕食して減らすだけではなく、餌動物に防衛を誘導させることでも損害を与えます。餌動物が普段から防衛を誘導しておかないのは、そうすると食事や繁殖の機会が減ったり、別の捕食者に攻撃されやすくなったりする不都合があるからです。近年の研究では、捕食者に防衛の誘導を強いられる餌動物の損害は、捕食者に直接捕食される損害に匹敵するといわれています。

世界的な農業害虫のナミハダニやその近縁種のカンザワハダニは、餌植物の葉の裏に張った立体的な網の中で暮らし、普段は網の中の葉面に卵を産みますが、これらのハダニの卵を捕食するカブリダニに出会うと、卵が捕食されにくい網上に産卵します。この行動が防衛の誘導にあたります。普段は網上に産卵しないことや、カブリダニがいなくなると網上の産卵が減ることから、網上の産卵にはかなりの不都合があるはずですが、網上に産卵してもハダニの産卵数や寿命は衰えず、何が不都合なのかは謎でした。さらに、夏場の雨期にハダニ類が減ることが経験的に知られていますが、雨が当たらない葉の裏で暮らす彼らが何故減るのかも謎でした。

野外ではカンザワハダニ（以下ハダニ）の卵の20～30%が網上で見つかることから、ハダニが捕食者に怯えて暮らしている様子がわかります。捕食を避けるために網上に産んだこれらの卵が葉面の卵に比べて風雨に流されやすいのではないかと考えたのが本研究のきっかけです。

2. 研究手法・成果

網上と葉面上のハダニの卵が風雨で流される割合を比べるために、ハダニの卵が網の上だけにあるマメ株と葉面だけにあるマメ株を準備しました。捕食者のケナガカブリダニと事前に同居させたハダニが網上に産卵し、同居経験がないハダニが葉面に産卵することを利用しました。産卵させたハダニを取り除き、意図しない場所（前者が葉面、後者が網上）に産んだ卵を注意深く除去しました。こうしないと、網上の卵が葉面に落ちた場合に判別できないからです。雨の予報が出た日に向けて準備し、前もって卵を数えたマメ株を当日に屋外に出して風を伴わない20mmの降雨にさらしました。株を室内に回収してから残った卵を数えましたが、卵はほとんど流されませんでした(図1左)。そこで、風をとまなう夏場特有のゲリラ豪雨にハダニの卵をさらそうと考えました。予測できないのがゲリラ豪雨ですから、上記の手順で準備した株上のハダニの卵が孵化しない4日間にゲリラ豪雨が発生することに賭けました。果たして偶然でしょうか、4日目の夕方に突風をとまなう30mm超のゲリラ豪雨が発生して、私たちは雨中で歓喜しました(はた目には危ない人です)。その結果、網上のハダニの卵は80%以上が流出した一方で、葉面の卵は大半が残り大差がつかしました(図1右)。

次に、雨と風の相乗作用が網上の卵を流すことを確かめるために、ゲリラ豪雨時の突風(14m/s)と降雨量(25mm)をヘアドライヤーの送風とペットボトルを改造した簡易シャワーで再現し、上記の手順で準備した株上の卵を1)雨と風、2)雨だけ、3)風だけ、4)なしの処理区に分けました(図2)。雨と風の交互作用を分析するデザインで実験したのですが、網ごと全ての卵が流されるか否かという極端なデータ分布のために要因分析ができず、仕方なく全ての処理区を一斉に比べました。その結果、雨だけや風だけの場合に流される卵はわずかでしたが、雨と風の両方を再現した場合に網上の卵の80%以上が流され、風と雨が網上の卵に及ぼす相乗効果が示されました(図2)。

流されたハダニの卵が孵化できたとしても、体長が0.1mmのハダニの幼虫は自力で餌植物に戻れません。だからハダニの卵は平時には葉面にしっかり固定されていて、風雨で流されることは稀です(図2)。ハダニは網上に産卵することで捕食者にも対処します。しかし、捕食者と風雨に同時に対処するのは不可能です。捕食者に遇ったハダニは、ゲリラ豪雨に遭わないことに賭けて網上に産卵するのでしょうか。スーパーコンピューターでもゲリラ豪雨を正確に予測できないのですから、ハダニが豪雨を予測できなくても当然です。捕食に備え

て網上に産卵する判断は通年では正しい場合が多いはずですが、雨期に限れば裏目に出る場合が多いのでハダニが減るのでしょう。

25°C条件では、一匹のカブリダニはハダニの卵を一日に 12 個捕食します。一方のハダニは多いときで一日に 10 個以上の卵を産みますが、カブリダニに出会ったハダニはその後 6 日にわたって網上に産卵し、それらが孵化する 5 日後までは卵は網の上のままです。カブリダニと出会うハダニの数が多ければ、カブリダニ一匹のために数百個の卵が網上に生まれ、一度のゲリラ豪雨でその 80%以上が失われます(図 1)。つまりカブリダニは自分で捕食するよりもずっと多くのハダニの卵を損耗させることが可能です。

3. 波及効果、今後の予定

本研究により、ハダニが網上に産卵することの不都合が初めて明らかになりました。雨が当たらない葉裏で暮らすハダニが何故雨期に減るのか、という積年の謎も解けました。カブリダニなどの捕食者が害虫の発生を抑えて自然界の秩序を保つ仕組みの一端が明らかになったと考えています。カブリダニを利用して農業現場のハダニを抑える生物的防除は、雨期に最も効果を発揮することが予測されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、(京都大学運営交付金と) 日本学術振興会科学研究費助成金(課題番号 15K07792 と 20K06051)の援助を受けました。

<研究者のコメント>

高額な装置や最新の手法を使うのが良い研究でしょうか？中学生でもできる手法で世界に認められる研究をすることが私たちの理想です。今回も人工気象器やシミュレーションではなく、使用済みペットボトルと第一著者の自宅用ヘアドライヤーを使いました。工夫を重ねるほどお金をかけない解決策が見つかる、その思考プロセスが楽しいのです。研究費の獲得額で評価される昨今では「役に立たない人」の烙印を押されますが(笑泣)



農学研究科 矢野修一 助教



岡田瀬礼奈 農学部学部生

<論文タイトルと著者>

タイトル： Oviposition-site shift in phytophagous mites reflects a trade-off between predator avoidance and rainstorm resistance (ハダニの産卵場所は捕食回避と風雨耐性のトレードオフを反映する)

著者：岡田瀬礼奈（研究当時京都大学農学部4回生、現：株式会社ニトリ）・矢野修一（京都大学大学院農学研究科助教）

掲載誌：Biology Letters

DOI：10.1098/rsbl.2020.0669

<参考図表>

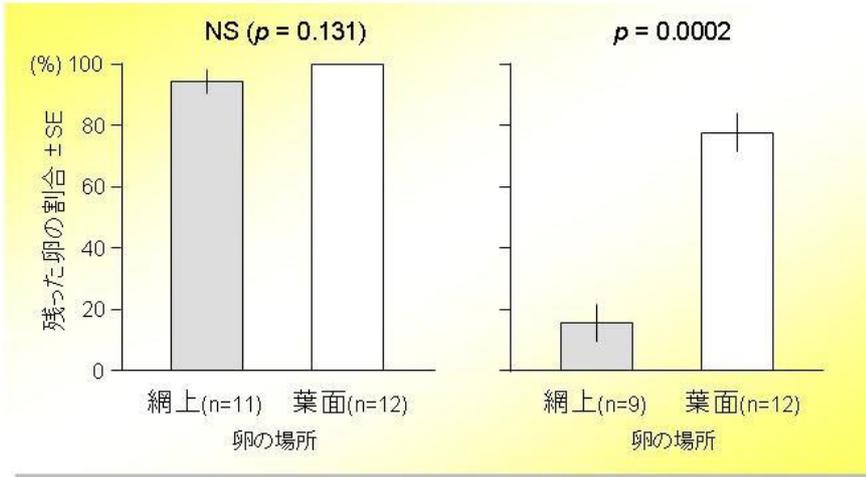
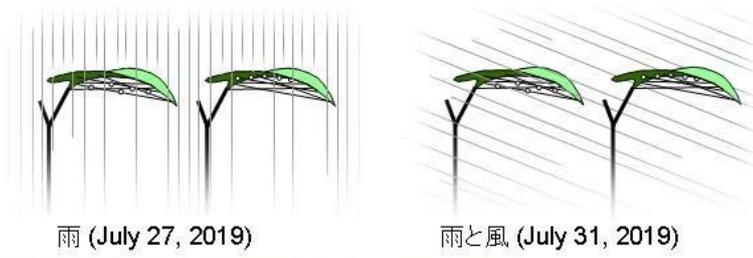


図1 ハダニの卵を屋外で風雨にさらすと网上的の卵の多くが失われる (Mann-Whitney U-test)

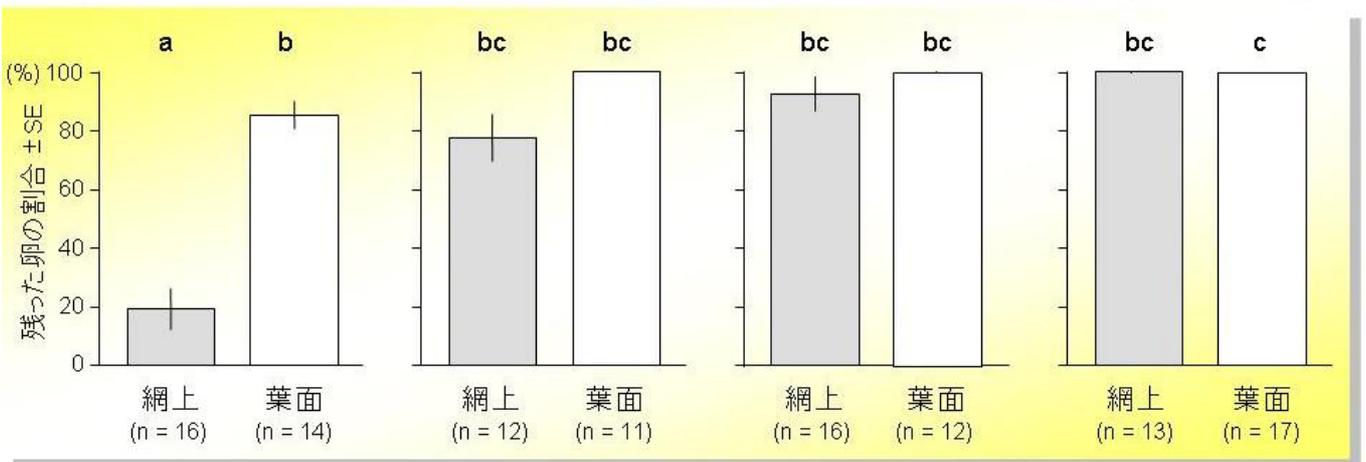
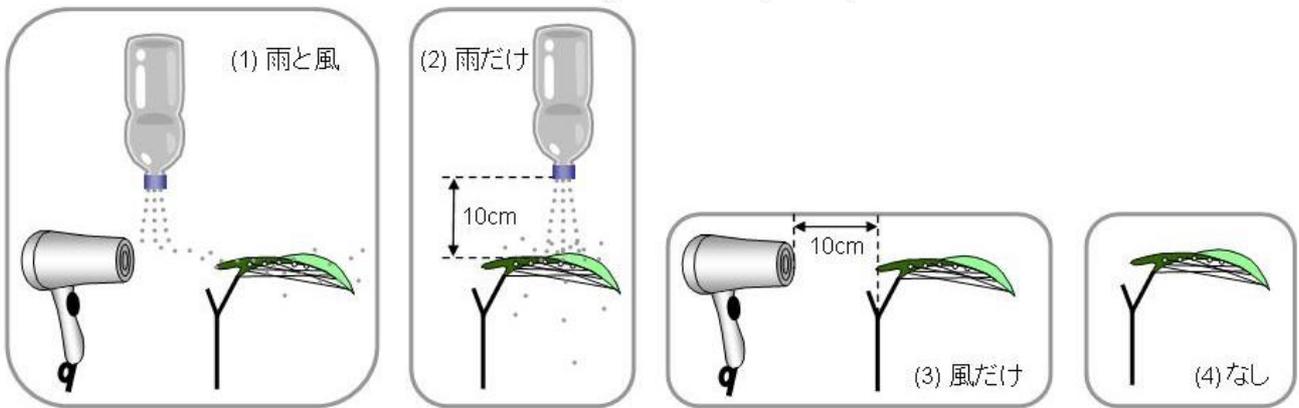


図2 网上的のハダニの卵に対する風と雨の相乗効果

雨と風の両方を再現した場合に网上的の卵の多くが流失する。異なる文字間で有意差 ($p < 0.01$, Steel-Dwass all pairs)