

クワガタムシは微生物の乗り物 ～ネブトクワガタがポケットに入れて運ぶ多様な酵母～

【本研究のポイント】

- ・多くのクワガタムシは特定の酵母と共生する。
- ・共生酵母を子孫へ受け継ぐために、クワガタムシのメス成虫は腹部に特殊なポケット「マイカンギア」^{注1)}をもち、共生酵母を運ぶ。
- ・しかし、ネブトクワガタ^{注2)}のマイカンギアからは特定の酵母ではなく、木材などを住み処とする様々な酵母が見つかった。
- ・ネブトクワガタは、酵母との共生関係を喪失しており、本来共生酵母を運ぶためのマイカンギアが非共生酵母の移動手段となっている可能性が高い。
- ・森林の微生物の多様性は、このような昆虫によっても支えられているかもしれない。

【研究概要】

東海国立大学機構 名古屋大学大学院生命農学研究科の山本 大智 元大学院生と土岐 和多瑠 講師の研究グループは、クワガタムシの一種ネブトクワガタが特定の酵母との共生関係を喪失していること、それによって不特定の酵母の移動分散に寄与していることを発見しました。

クワガタムシの幼虫は腐朽材を食べて育ちます。多くの場合、特定の酵母と共生し、材の消化を助けてもらうと考えられています。メス成虫は特殊なポケット状の共生器官「マイカンギア」をもち、共生酵母を運び、子へ受け継ぎます。

本研究では、ネブトクワガタのマイカンギアを調べました。予想に反して、特定の酵母はいませんでした。合わせて20種に及ぶ酵母が見つかりました。このことから、ネブトクワガタにおいて、本来共生器官であったマイカンギアが、共生酵母ではなく、非共生酵母の分散に寄与する可能性が示唆されました。

本研究は、森林生態系において、昆虫の共生器官が非共生微生物の移動手段となり、豊かな生物多様性の維持に貢献し得ることを示しています。

本研究成果は、2023年3月14日午後7時(日本時間)付イギリス科学誌「Scientific Reports」に掲載されました。

【研究背景と内容】

木材は消化の難しい成分でできているため、ほとんどの昆虫は自力で木材から栄養を得ることができません。それらの昆虫の多くは、微生物と共生し、微生物にこれら難消化性成分の分解を委ねていると考えられています。一部の昆虫は、袋状の特殊な器官「マイカンギア」をもち、そこに共生微生物を取り込み、運搬します。

クワガタムシの成虫の餌は樹液ですが、幼虫は木材を食べます。ほとんどのクワガタムシは、木材の難消化性成分を分解可能な特定の酵母と共生します。メスの成虫は、体内にマイカンギアをもち、共生酵母を運びます。

本研究では、酵母との共生関係が不明なネブトクワガタを調査しました(図 1)。調べた 29 頭のメス成虫のうち、半数以上は、マイカンギア(図 2)で酵母を運んでいませんでした。酵母を保持していた残りのメスからは、合計 20 種の酵母が見つかりました(図 3)。ただし、すべてのメスが共通して持つような特定の酵母はなく、それぞれの酵母の量も少ないものでした。

他のクワガタムシでは、通常、1~3 種の特定の酵母がマイカンギアで運ばれます。この対照的な結果は、ネブトクワガタがマイカンギアを持つにも関わらず、特定の酵母と共生していないことを示しています。

では、これらの 20 種の酵母はどこからきたのでしょうか？成虫が訪れる樹液と、幼虫が食べる木材(図 4)にどのような酵母が見られるかを調べ、比較しました。その結果、樹液と木材の酵母の種構成は大きく異なり、共通する酵母はありませんでした(図 5)。一方、マイカンギアの酵母の多くは、樹液の酵母、あるいは木材の酵母と共通していました。さらに、メス成虫の消化管を調べたところ、樹液の酵母と共通するものが大部分で、木材の酵母は見つかりませんでした。

この結果は、ネブトクワガタのマイカンギアには、樹液や木材由来の様々な非共生酵母が混入することを示しています。つまり、木材で育ち、羽化した際に木材由来の非共生酵母がマイカンギアに混入すること、そして、木材から出たメスが樹液をなめる際に樹液由来の非共生酵母がさらに混入することが推察されます。メスは産卵のために木材へ移動することから、木材由来の酵母はマイカンギアによって木材から樹液を経由して新たな木材へ運ばれることが考えられます。

このように、ネブトクワガタは、特定の酵母と共生しないことで、むしろ、木材を住み処とする多様な酵母の移動分散を助け、森林生態系の豊かな生物多様性の維持に貢献している可能性があります。



図 1 樹液に集まるネブトクワガタ



図 2 ネブトクワガタのマイカンギア (黒褐色部)

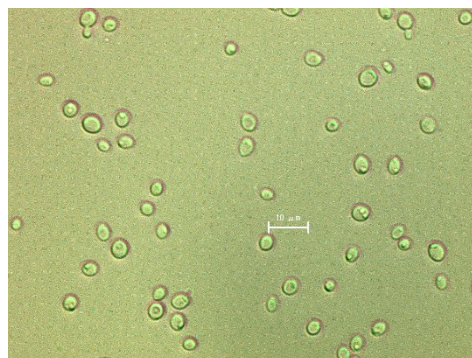


図 3 マイカンギアから分離された酵母



図 4 木材中のネブトクワガタ幼虫

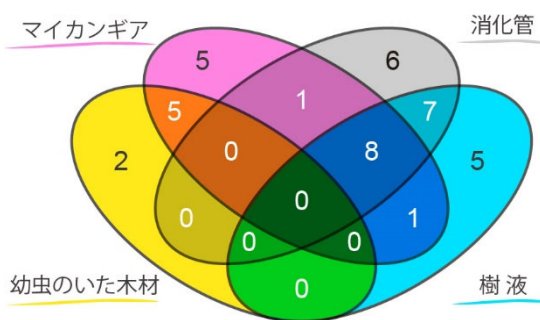


図 5 分離された酵母の種数

【成果の意義】

昆虫は、共生器官「マイカンギア」を進化させることにより、共生微生物を次世代へ受け継ぐ確実性を高めたと考えられてきました。微生物との共生関係を喪失した昆虫では、共生器官を保持しなくなった例も知られています。ネブトクワガタは、発達した共生器官を保持したまま、微生物との共生関係を失っている珍しい例であるといえます。ネブトクワガタは特定の酵母と共生しませんが、共生器官によって、木材を住み処とする多様な「非」共生酵母の移動分散に寄与する可能性があります。

森林には、木材を利用する昆虫が豊富に生息していますが、どのような微生物とどのように関係するか分かっているものはごく一部に留まります。本研究は、森林生態系において、昆虫の共生器官が「非」共生微生物の移動手段となり、豊かな生物多様性の維持に貢献し得ることを示した点で意義深いといえます。

本研究は、科学研究費助成事業(18K14473、20KK0349)、発酵研究所一般研究助成(G-2018-1-034)の支援のもとで行われたものです。なお、科学技術振興機構次世代人材育成事業「グローバルサイエンスキャンパス」2017年度名大 MIRAI GSC で得られたデータが基となり、本研究につながりました。

【用語説明】

注 1) マイカンギア:

Mycangia (mycetangia)。共生菌を保持・運搬する器官の名称。菌嚢(きんのう)とも称される。

注 2) ネブトクワガタ:

本州以南に分布する小型のクワガタムシ。本種の属するネブトクワガタ属は、クワガタムシ科最大のグループで、アジア・オセアニアに 230 種以上が分布する。

【論文情報】

雑誌名: Scientific Reports

論文タイトル: Presence of non-symbiotic yeasts in a symbiont-transferring organ of a stag beetle that lacks yeast symbionts found in other stag beetles

著者: Daichi Yamamoto (山本 大智: 名古屋大学大学院生命農学研究科 元博士前期課程学生), Wataru Toki (土岐 和多瑠: 名古屋大学大学院生命農学研究科 講師)

DOI: 10.1038/s41598-023-30607-x

URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-30607-x>