

老いるほどリスクの高い仕事を引き受ける兵隊 —シロアリ社会の年齢による分業システムを解明—

概要

松浦健二 京都大学大学院農学研究科 教授、柳原早希 同大学院 修士課程学生、三高雄希 同大学院 特定研究員らは、シロアリの社会における個体の年齢と役割分業の関係を分析し、高齢の兵隊アリが死亡リスクの高い最前線で天敵と戦う役割を担い、若い兵隊アリは死亡リスクの低い巣の中心部で王や女王の近衛兵としての役割を担っていることを明らかにしました。今回の研究成果は、余命の短い個体が死亡リスクの高い仕事を引き受けることによって巣全体として機会損失を最小化し、防衛力を効率的に維持していることを示しており、昆虫の社会における高度な分業システムの実態や、その進化を理解する上で重要な意味をもちます。

本研究成果は、2018年3月7日午前0時（グリニッジ標準時）に、英国の科学雑誌「Biology Letters」にてオンライン掲載されました。



1. 背景

シロアリやアリ・ハチなど社会生活を営む昆虫の社会は、血縁者で構成される巣のメンバーの分業によって成り立っています。仕事には生殖、育児、巣作り、掃除、採餌、防衛など様々なものがありますが、誰がどのような仕事を引き受けるのが、巣として効率的でしょうか。例えば、ミツバチのワーカーは、羽化して間もない頃には育児を行い、年を取ると外に出て採餌を行うようになります。このような個体の年齢によって仕事の内容が変わる「齢分業」がアリ・ハチの仲間では良く知られています。齢分業が進化する背景には、齢によって「それぞれの仕事をこなす能力」が異なるからという理由と、「余命の短い個体がリスクを負った方が、機会損失が小さい」という理由が考えられてきました。しかし、アリ・ハチのワーカーは、一生のうちに育児から採餌までさまざまな仕事に従事するので、前者と後者の原理を分離して評価することはできません。では、仕事の能力が同じ場合、余命の短い方がよりリスクの高い仕事を引き受けるのでしょうか？

この余命に基づく分業の実態を調べる上で好適な材料が、シロアリの兵隊です。シロアリにはワーカーとは別に巣の防衛に特化した兵隊がいます。兵隊に生殖能力はなく、大顎も戦うためのもので自ら木を食べることもできないため、仕事の内容は防衛のただ一つです。しかし、同じ防衛という仕事であっても、巣のどこを守るのかによって死亡リスクは全く異なります。ヤマトシロアリは朽ち木の中に巣を作り、部屋と部屋が細い通路でつながった構造になっています。兵隊の頭はコルク栓のように長細い形をしており、細い通路に栓をする形で天敵のアリなどの侵入を阻止します。木の表面付近を防衛する兵隊は、天敵のアリが襲撃してきた場合には最前線で戦うこととなります。一方、木の中心部付近には王室とよばれる王や女王の部屋があり、たくさんの近衛兵に守られています。王室にいる兵隊が天敵と接するのは、天敵が最終防衛ラインまで侵入してきた場合のみであり、死亡リスクは最前線の兵隊に比べてかなり低いと考えられます。

ヤマトシロアリでは、初夏にワーカーの一部が脱皮をして兵隊になります。兵隊になってから約5年の寿命をもつと考えられています。分化したばかりの新兵が最前線で戦って死亡した場合、その個体が生きていればあと5年出来ていたはずの防衛機会を失います。しかし、5年目の老兵が戦いで死亡しても、近々寿命を迎える運命だったので機会損失はわずかです。余命によってリスクの取り方が異なるのであれば、老兵と新兵で配置や防衛行動が異なることが予測されます。そこで年齢の異なる兵隊を用意して、老兵と新兵で天敵に対する防衛行動や巣内での配置が異なるのか、実験的に検証しました。

2. 研究手法・成果

ヤマトシロアリの兵隊がワーカーから分化する時期は初夏に限られるので、この季節性を利用して新兵と老兵を分けて準備しました。まず、4月下旬に野外からシロアリの巣を採集し、中から全て兵隊を取り出して老兵（分化後1年以上経った兵隊）としました。残りのワーカーを室内で飼育して、その中から新たな兵隊を分化させることで新兵を準備しました。これらの老兵と新兵に識別用のマーキングを施して実験に使用しました。

巣部屋を模した実験巣（**図1参照**）を用いて、老兵と新兵の防衛行動を比較しました。まず、実験巣に老兵と新兵を各1匹、およびワーカー5匹を入れて1時間置きました。実験巣には一カ所入り口があり、老兵と新兵のどちらが入り口を塞ぐ防衛を行なっているか、1時間後の状況を確認しました。その後、シロアリの天敵であるオオハリアリを投入し、巣内に侵入しようとするアリに対して、どちらが入り口で防衛するか確認しました。その結果、新兵よりも老兵の方が積極的に最前線に出てアリに対する防衛を行うことが明らかとなりました。

した（図2参照）。また、新兵のみで防衛させた場合、新兵自身がアリと戦い、老兵と同じレベルの高い防衛能力を示しました。コルク栓のように頭部で通路を塞ぐことが兵隊の防衛法なので、老兵でも新兵でも栓としての機能が変わらないためです。したがって、老兵が最前線で戦うのは、新兵の防衛能力が低いという理由ではありません。

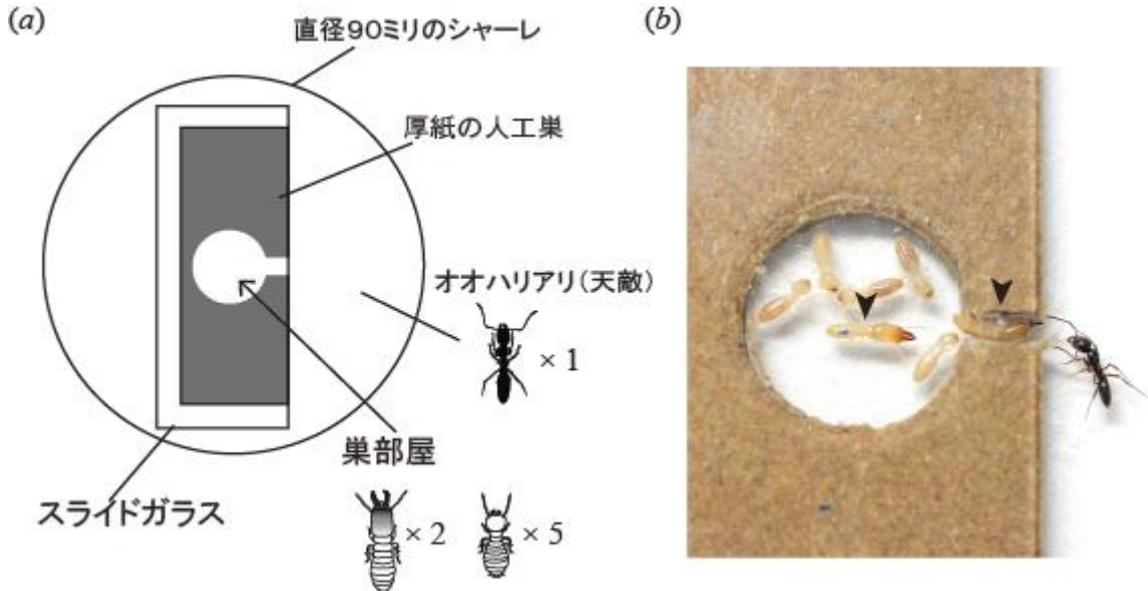


図1. 防衛行動を観察するための実験巣（左は模式図、右は実際の写真） 巣内に2匹の兵隊（新兵と老兵）と5匹のワーカーがいて、兵隊のどちらかが入り口の通路に配置して天敵のオオハリアリの侵入を防ぐ。

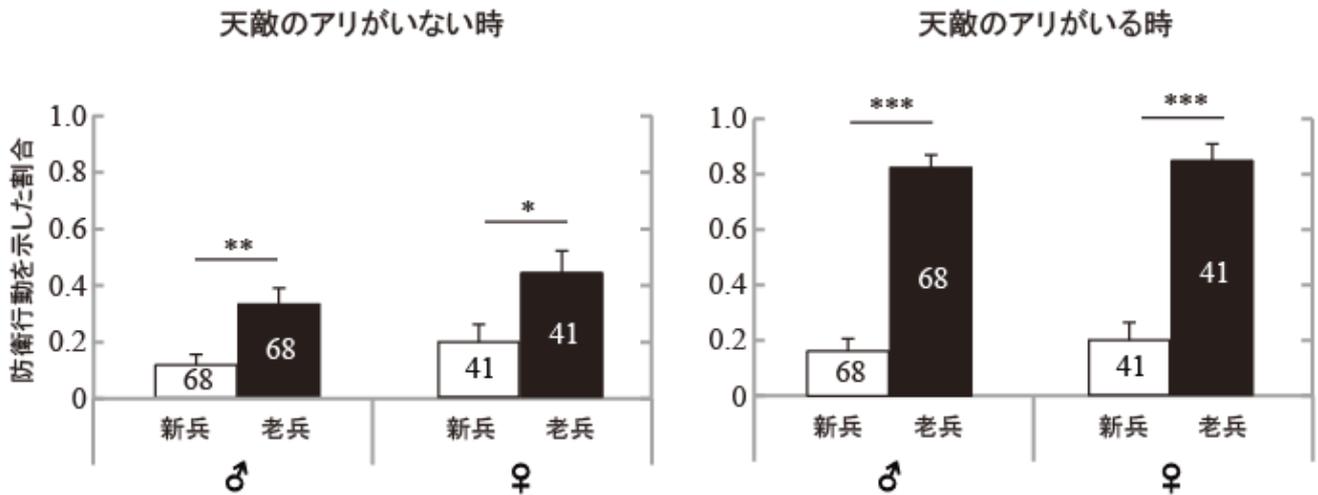


図2. 新兵と老兵の防衛行動の比較 左図は天敵のオオハリアリを導入する前、右図はオオハリアリを導入した後のデータを示す。雌雄ともに老兵の方が積極的に防衛配置につき、天敵の侵入を防いだ。

次に、巣内の王室付近で近衛兵として働くのは老兵と新兵どちらかを検証するために、ヤマトシロアリの巣の構造を模した人工巣を用意しました。この人工巣は大きな2つの区画から成り、各区画の中にそれぞれ5つの小部屋を用意しました。片方の区画の5つの小部屋それぞれに、女王2匹、雌雄の老兵の各1匹、雌雄の新兵各1匹、幼虫10匹とワーカー100匹を入れ、実験を開始しました。実験開始後、各個体は小部屋を往き来して巣を再構築し、王室や採餌場所など機能の異なる部屋が出来上がりました。30日後、すべての個体の配置を確認し、老兵と新兵の配置と王室からの距離の関係を分析しました。その結果、新兵は近衛兵として女王の近くに集中して分布し、老兵は王室から離れた外部に多く分布していることが明らかになりました（図3参照）。

これらの結果からシロアリの兵隊においては、老兵と新兵で防衛能力自体は変わらないものの、老兵が最前線に出て天敵と戦い、新兵は天敵と直接戦うことがめったにない王室で近衛兵としての役割を担っていることが分かりました。つまり、仕事をこなす能力の違いではなく、余命の短い個体が高いリスクを取るという機会損失の最小化の原理によって兵隊内での齢分業が行われていることが示されました。

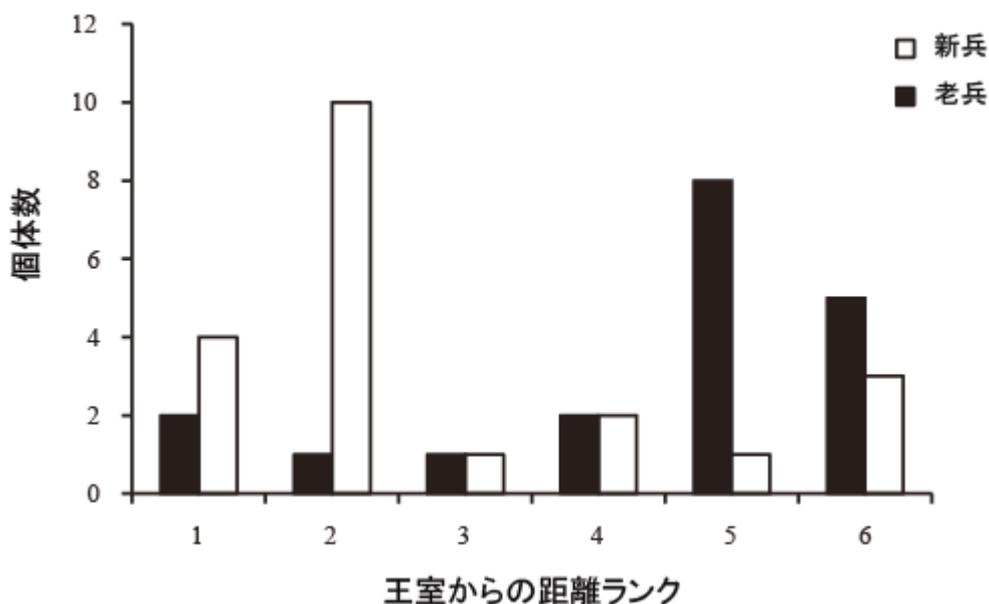


図3. 巣内での老兵と新兵の配置 巣の中心部である王室付近の防衛は新兵が担い、巣の外側の防衛は老兵が担っている。

3. 波及効果、今後の予定

シロアリやアリなど社会性昆虫の繁栄をもたらした高度な分業システムが、どのような原理によって進化してきたのか、この基本的な問いにも多くの謎が残されています。本研究では、防衛に特化したシロアリの兵隊に着目することで、余命の長さによってリスクの異なる仕事に対する分業が行われていることを、最も明確に示すことができました。昆虫の闘争行動には脳内の生体アミン類が関わっていることが知られていますが、今後、兵隊の加齢に伴う脳内物質の変化や遺伝子発現の変化を調べることで齢分業を制御している至近メカニズムの理解も進むと期待されます。仕事の能力が衰えないのであれば、年長者が高いリスクを引き受けるべきというのは、超高齢化社会を迎える我々の社会にあっても考えるべき重要なポイントの一つなのかも知れません。

<論文タイトルと著者>

タイトル : Age-based soldier polyethism: old termite soldiers take more risks than young soldiers

著者 : Saki Yanagihara, Wataru Suehiro, Yuki Mitaka, Kenji Matsuura*

掲載誌 : Biology Letters

DOI: 10.1098/rsbl.2018.0025

<お問い合わせ先>

松浦 健二

京都大学 大学院農学研究科 昆虫生態学研究室 教授

TEL: 075-753-6136. FAX: 075-753-6136

E-mail: kenjijpn@kais.kyoto-u.ac.jp