アリの行動と化学物質

長谷川英祐
北海道大学大学院農学研究科

アリはハチとともに，人間に最もなじみの深い昆虫のひとつだろう．ヒトの生活圏の近くにいることも理由のひとつだが，彼らをヒトになじみ深いものにしている大きな特徴が，社会性と呼ばれる集団生活を送る生活様式である．コロニーの中には産卵に特化した女王と，働きアリと呼ばれる産卵以外の仕事に従事する個体がいる．アリは基本的にすべて社会性で，ハチは一部のものが社会性である[1]．膜翅目と呼ばれるアリ・ハチの仲間では，女王，ワーカーはすべてメスであり，オスは繁殖期の間以外には現われない．このような集団生活をしており，なおかつコロニーレベルで機能的な集団行動をとる必要がある社会性昆虫では，その行動は個体レベルでの行動とはまた異なる面白さがある．

また，アリは基本的に暗闇の住人である．もちろん，彼らの多くは眼をもっており，日中野外で活動するときには太陽光線の角度などを進むべき方向を定めるのに利用していることが知られている[2,3]．しかしアリは，土中や植物体内の空洞などの光のない場所を巣場所として集団で生活しており，野外で活動しているものはコロニーのごく一部に過ぎない[4]．巣の中では子供の世話や巣の拡張など，働きアリ間での緊密な共同が必要な集団作業が絶えず行なわれている．また，働きアリはハチと異なり羽根をもたないため，その活動は二次元的な平面上に限定されている．そのような彼らにとって，視覚以上に大切なコミニュケーションツールは化学物質であり，それを介した情報伝達によりコロニー全体の複雑な統一性が保たれているといってもよい．また，視覚に頼る生物には見られない，化学物質により情報伝達を行なうことによる，様々な興味深い行動が知られている．ここでは，化学物質を介したアリのいくつかの行動を紹介することにより，アリという生物に親しみをもっていただくと同時に，化学物質がいかにアリの社会にとって重要な存在であるかを理解していただければと思う．

第二の眼——化学物質感知器としての触角

アリにとって，化学物質を感知するための，眼よりも大切な器官が触角である．野外でアリを観察したことがあるだろうか．アリといえば，行列をつくっているのを見かけたことがあるかもしれない．家の中にあまいものがあると，どこからともなくアリの行列がやってきていやな思いをすることもある．アリが行列をつくるときには，それぞれの個体がフェロモンと呼ばれる特定の化学物質を分泌しており，後続のアリは触角によりフェロモンを感知し，あとに続くと考えられている．アリには左右一対の触角があるが，触角を片方取ったり，触覚を結

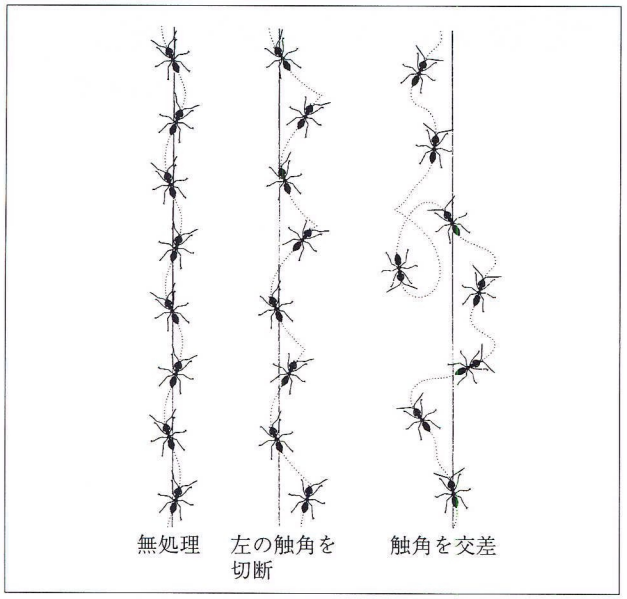


図1■アリの触覚に操作を加えて道しるべフェロモンをたどらせたときのアリの軌跡
片側の触覚を切断したり(中)，触覚が交差するように結んだりする(右)と，アリは匂い道を効率よくたどれなくなる．(文献9より引用・改変)

んで左右が逆になるようにしてしまうと，アリはフェロモンの道を効率よくたどることができなくなる[5]（**図1**）．この実験からは，アリは，フェロモンの道の両側に向かってできる化学物質の濃度勾配を触角で感知しており，フェロモンの濃度がある程度以下になると反対方向へ頭を向けるという行動をとることで，フェロモンの道をたどっていると推察できる．したがって，触覚を左右逆にねじってしまうと自分では正しい方向に戻ったつもりが，道からさらに遠ざかってしまう結果となり，フェロモンの道のスムースな追尾ができなくなると考えられる．この実験から，触角が彼らの行動制御に果たす役割が見て取れる．いわば，彼らは触角を通して，匂いで世界を見ているといってもよいだろう．

また，彼らは，別の個体と出会うとかならず，まず触角で相手にさわる．これにより，彼らは相手が自分と同じコロニーのメンバーであるのか，それともそうでない「敵」なのかを判断している．同じコロニーのメンバーだった場合は何事もなく行きすぎるか，口移しに餌を交換するなどの親密な行動をとるが，敵だった場合，すぐに逃げたり，極端なときは死にいたる闘争が始まったりもする．巣仲間認識にも化学物質が働いていることはいうまでもない．巣仲間とそうでない個体を見分けることはアリにとっては大切なことであるが，ここでも化学物質が重要な役割を果たしている．アリの体表には様々な炭化水素（炭化物）が付着しているが，この組成比がコロニーによって異なっており，その構成比によりアリは巣仲間認識を行なっていると考えられている．体表炭化物組成が同じ個体には敵対行動を示さず，異なる個体には敵対行動を示すのである[6]．つまり，彼らは仲間かどうかを匂いで判断しており，触角で相手を「見て」いるのだ．

この識別には触角が用いられるが，最近の研究では，巣仲間であるかどうかの「記憶」は脳にあるのではなく，触角自体がもっている，という結果が得られている．クロオオアリの触角だけを切り離し，巣仲間とそうでない個体の体表炭化物を触角先端に触れさせ，根元の神経細胞の電位変化を神経生理学敵手法で測定したところ，巣仲間（つまり自分と同じ）組成には何の反応も起こらないのに対し，ほかの巣の個体の組成に対しては激しい電位変化が生じた[7]．この反応は脳を経由していないので，巣仲間かどうか（同じ炭化物組成かどうか）という記憶は，触角自体がもっていることになる．クロヤマアリなどでは，体表炭化物組成は遺伝的に固定していないらしく，同じ巣で接触を繰り返すことで各個体が同質の組成をもつようになる[6]ので，触角自体がいかにして遺伝的に決定されていない組成を記憶できるのか，という点が大変興味深い．

このような巣仲間認識機構をもつアリだが，その近所づきあいの仕方にも興味深い結果が得られている．アミメアリというアリでは，餌場でほかの巣から来た同種個体に出会うと，その匂いを覚えるらしく，次に出会ったときに警戒行動をとり，警戒フェロモンを出す．それにより，まだ出会ったことのない巣仲間も警戒行動をとるようになる[8]．残念なことに，巣の中での記憶の水平伝達はないらしい．また，いつも餌場で出会うすぐ近くの巣の個体には激しい敵対性を示すのに，滅多に出会わない離れた場所の巣の個体にはあまり敵対性を示さない[8]．このような行動はいつも資源をめぐって競争関係にある近くの巣にだけ敵対性を示すという意味で適応的である．巣全体がどのように振る舞うべきか，という集団レベルの行動制御についてはまだほとんどわかっていないが，そこにも化学物質の使用と，個体の学習という問題が関わっているだろう．

化学物質の分泌と機能

この節では，フェロモンをはじめとするアリが用いている化学物質とその機能を紹介していこう．アリの体には，様々な場所に様々な分泌腺があることがわかっている（**図2**）[9]．採餌に伴うフェロモンの利用は多くのアリ

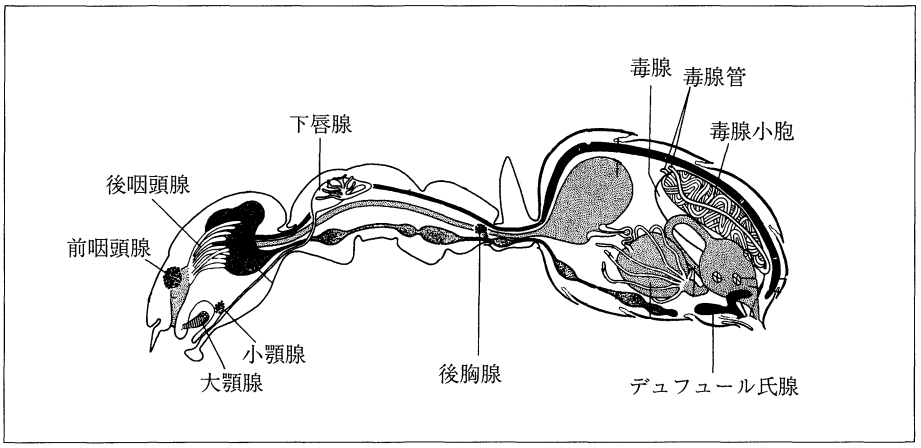


図2■ヤマアリの一種の正中線切断面図と外分泌腺（文献9より引用・改変）

で知られている．たとえば，大集団で行進し，他の昆虫や小型の動物を狩るグンタイアリでは，太い幹から次々に枝分かれするように道ができ，一定のエリア内を効率よく探索するように蟻道が形成される[10]．グンタイアリは眼がないので，彼らの行動は化学物質のみに頼っている．また，何らかの理由で行進の先頭が末尾につながってしまうと，グンタイアリはずっと円を描くように行進し続ける[11]．これは「死の行進」と呼ばれ，すべての個体が死ぬまで行進は続く．身近なアリでも，あまいものなどを地面に置いておくと，しばらくするとアリが群がっているのを見ることができる．これも，一匹で探索行動をしていたアリが餌を見つけ，フェロモンを引きながら巣に戻り仲間を動員することによって生じる．このように短い時間だけ存在する資源に対するフェロモンは，餌がなくなれば不要になるため，ある程度の時間がたつと揮発してしまう化学物質が用いられている．

行列形成に用いられるフェロモンは，尻の先から分泌され，地面に引かれると考えられているが，もっと変わった場所からフェロモンが出ていると考えられる例もある．たとえば，アリの多くには足の先の爪の間に分泌腺が存在するが，クロヤマアリではここから出るフェロモンが，自分の巣場所を示すために使われているらしい．巣の近くは多数のアリが行き来するので，足先から出るフェロモンの濃度は巣の入り口に近いほど高くなる．この濃度勾配を利用して，彼らは巣場所の位置を特定するのではないかと考えられている（山岡亮平，私信）．また，サムライアリというアリでは，腹端から1節分背中側に戻った背板の間に，近縁種にはない分泌腺があるが，彼らは行列をつくる際，巣から出た直後に体を曲げて足の裏を腹端周辺にこすりつける行動をとる[12]．残念ながら，サムライアリの道しるベフェロモンの正体はいまだ不明なので，仮説の段階ではあるが，彼らはこの腺から出る分泌物を足につけ，道しるベフェロモンとして利用しているのかもしれない．

道しるベフェロモン以外にも，アリはいろいろな化学物質を使っている．大顎腺という頭部にある分泌腺には，上述した巣仲間の識別信号として使われている体表炭化物と同じ成分が詰まっている．この腺がそれを分泌しているのか，あるいは体表からかき集めた炭化物が詰まっているだけなのかは不明だが，巣仲間認識に一役買っていることは間違いなさそうだ．また，胸にある後胸腺からは，細菌の生育を阻害する物質が出ているといわれている．土中で生活するアリにとって，土中の細菌からの感染をいかに防ぐかは大きな問題であり，ここでも化学物質が大きな役割を果たしていると思われる．このような性質から，アリの抗菌物質を薬学的に応用することも考えられているようである．

また，アリのコロニーには女王と働きアリが存在するが，女王の存在が化学物質を通してコロニーの振る舞いに影響を与える例も知られている．形態的に独立した女王がいないトゲオオハリアリでは，すべての働きアリの胸には翅の痕跡器官である翅芽痕という器官がある．女王として振る舞う1匹以外は，羽化するとすぐに女王に翅芽痕を切り取られてしまい，働きアリになる．女王が死ぬと，次に羽化したアリの翅芽痕は切り取られず，その個体が新しい女王になる[13,14]．このとき，翅芽痕に存在する分泌腺からの分泌物が，女王の行動をひき起こす鍵になっている（K. Tsuji, 未発表）．このアリでは女王がいるとワーカーの卵巣発達が抑えられるが，この物質はワーカーの卵巣発達とは無関係で，女王の存在を示す物質として働いているらしい[15]．また，この卵巣発達の抑制物質は個体間の接触によってのみ伝わり，空中伝播はしないことが知られている[16]．

クロヤマアリでは，同一コロニーを女王存在巣と不在

巣に分けると，女王のいる巣では体表炭化物は安定した組成を示すのに対し，不在の巣では変動する[6]．このように，アリの社会は様々な化学物質によって制御されているが，物質の正体と機能はごく一部についてわかっているに過ぎない．

化学物質を使った攻撃，防衛

アリは敵や獲物を攻撃するときや身を守る際にも化学物質を使う．アリとハチはごく近縁の昆虫で，ほとんどのアリはハチと同様に針をもっている．この針には毒腺と呼ばれる分泌腺がつながっており，刺した際に毒液を注入するようになっている．ほかの昆虫などを獲物として狩るアリでは，この毒液によって獲物を麻痺させて捕らえている．体の小さなアリでは針があってもヒトの皮膚を突き通せない場合が多いが，ある程度以上からだの大きなものではハチと同様にヒトを刺し，刺された場合はかなり痛い．アリの毒はタンパク質を多量に含んでおり，毒量が多いアリに繰り返し刺されると免疫性のショックを起こして死亡する場合もある．オーストラリアにいるキバアリの仲間は，大きいものは体長4 cmにもなる世界最大のアリで，毒も強いため，かの国では年間数十人もの人が免疫性ショックで命の危険にさらされている．意外に知られていないが，日本でも野外生物が原因の人の死亡で最も数の多いのはスズメバチの毒による免疫ショックである．また，東南アジアにいるメガポネラというハリアリの一種はスズメバチに匹敵するほどの非常に強烈な毒をもっており，大変に危険である．日本では刺すアリはそんなにはいないが，外国に行ったらアリにはうかつにさわらないことをおすすめする．

ヤマアリ亜科とカタアリ亜科に属するアリは針を失っているので刺すことはないが，代わりに腹端から蟻酸などの毒物質を敵めがけて噴射するものがいる．エゾアカヤマアリは巣の塚に振動などの刺激が加わると，一斉に表面に飛び出し，腹を体の下に折り曲げ，侵入者に向けて毒物質を噴射する．1 cmに満たないアリだが，最大で20 cmほども毒を飛ばす．毒には多量の酸が含まれており，皮膚についたものをそのままにしておくと皮膚がはがれるほどの刺激がある．このような防御習性は，塚の中にある幼虫を哺乳動物に食べられないようにするために進化したと考えられている．

アリは危険が迫ると警戒フェロモンを出して仲間に危険を知らせ，共同で防衛行動をとるものもある．そのようなアリの中に，揮発性の化学物質を貯蔵していて，危険が迫ると腹の中で急速に気化させ，自爆するものがいる[17]．飛び散ったガスは警報フェロモンとして働くらしい．ミツバチも，哺乳動物を刺すと針が抜け，自らは死ぬが同時に抜けた針の組織から警報フェロモンを出すことが知られているが，このアリなどミツバチにもまして壮絶な自己犠牲のありかたであるといえよう．ほかにも尻から泡を吹いたりするなど，化学物質を用いた奇天烈な防衛行動をとるアリもいる．

働きアリは地上を多数徘徊しているにもかかわらず，もっている針や毒のせいであまり食われないと考えられている．しかし，よく調べると，アマガエルなどはかなりアリを食べている．特に針のないヤマアリやカタアリ類は食べられることが多い．しかし，アリだけ食べさせると子ガエルは十分成長できずいずれ死ぬ（伊藤文記，私信）．また，トカゲによる実験では，働きアリは食わないが，体内に栄養分を多量に蓄えている交尾後の女王は，蟻酸を多量にもつにもかかわらず食べられてしまう[18]．こう考えると，ヤマアリなどの針がないアリのもつ毒物質が本当に防衛効果をもつのかはよくわからない．地上に出る働きアリは年をとった個体であることが知られている[19]ので，もしかすると，働きアリは捕獲するのに必要なエネルギーを補うことのできない質の悪い食物なので食われないだけなのかもしれない．ともあれ，働きアリは地表にたくさんいるにもかかわらずあまり食べられない昆虫である．他の昆虫の中には，働きアリにそっくりな姿をしていて，働きアリの食べられなさという利益を享受しているものもいる．このようなアリに擬態する生物としては，カメムシ，カマキリの幼虫，クモなどが有名であり，それぞれの生息地にいるアリにそっくりなかたちや色をしている．この場合，擬態の効果が及ぶのは視覚によって獲物を捕らえるトカゲや鳥なので，彼らは化学物質を直接利用しているわけではないが，間接的にアリの化学物質の効果を利用しているといえるかもしれない．

化学物質の悪用——社会寄生と化学擬態

アリは社会をつくって生活する昆虫であるが，その性質ゆえの独特なアリどうしの種間関係が存在する．それが社会寄生と呼ばれる現象で，アリの巣の社会的な機能を別種のアリが搾取的に利用することをいう．例をあげれば，寄生種の女王が宿主のコロニーに入り込み，自らの子供を宿主の働きアリに育てさせるという行動などがある．アリにとって，女王が単独で最初の働きアリを育て上げる期間は非常に死亡率の高い時期なので，寄生種の女王にとってはその危険を犯さずにすむという利点が

ある．しかし，通常アリは他種や他コロニーのメンバーを化学物質によって識別しているので，その識別網をかいくぐるために，寄生種は様々な化学的なごまかしを行なう．ここではそのようないくつかの例を紹介したい．

社会寄生種のアリは一時的には他種の働きアリの中で暮らす．にもかかわらず，なぜ攻撃されないのだろうか．社会寄生種であるサムライアリについて見てみよう．普通，アリは種に応じて特徴的な体表炭化物の種類と組成をもち，その組成比がコロニーによって異なっているため，種，コロニーの識別が可能になっていると考えられている[6]．しかし，サムライアリは自らの匂いというものをほとんどもっていない．彼らはクロヤマアリに社会寄生するが，クロヤマアリの働きアリと絶えず接触しているうちに，その匂いを身につけてしまい，クロヤマアリの働きアリから見ると巣仲間として認識されるようになってしまう[6]．つまり，サムライアリはクロヤマアリの巣仲間認識機構を逆手に取り，化学的擬態を行なっているといえる．こうして，クロヤマアリは，自分たちの仲間であると信じて疑わずにサムライアリを巣仲間として扱い，餌を与え，その幼虫を育ててしまう．自らの利益にはまったくならないのにである．

サムライアリの社会寄生は奴隷狩りという特殊なもので，サムライアリの働きアリが，他のクロヤマアリの巣に出向き，巣の中から大量の蛹を強奪してくるという行動をとる[9]．サムライアリの巣の中で羽化したクロヤマアリは，そこが自分の巣であると疑わず，そこで働き，一生を終える．この奴隷狩り行動の最中にも化学物質が使用される．サムライアリの腹端には毒腺とデュフュール氏腺という2つの分泌腺が開口しているが，このうち，デュフュール氏腺からはクロヤマアリの知覚を混乱させる物質が分泌されている．まったく別種のアリにこの分泌物を塗ると，塗らない場合に較べてクロヤマアリに攻撃される回数が激減する[20]．サムライアリはクロヤマアリの巣に入るとわずか1〜2分で蛹を持ち出して逃走するが，それもこのような撹乱物質を使うことでクロヤマアリの攻撃性を制御しているので可能なのだと思われる．

また，一般に社会寄生種の女王は交尾を済ませると，宿主のコロニーに入り込み，そこの住人として暮らし始める．このとき，宿主の女王を殺す場合と殺さない場合があるが，サムライアリは前者である．サムライアリの女王が宿主であるクロヤマアリのコロニーに入り込むときは，奴隷狩りの行列について行き，サムライアリの働きアリが蛹を奪って引き上げた直後に巣の中に入り込むという行動をとる[13,21]．この行動も，サムライアリの働きアリによってひき起こされたクロヤマアリの知覚の混乱を利用しているものと思われる．また，交尾直後のサムライアリの女王自身も巨大なデュフュール氏腺をもっており，クロヤマアリの巣に入り込んだ後，宿主の女王を攻撃する際に大量の分泌物を放出し，ワーカーからの攻撃を軽減させる[20]．また，宿主の女王を殺した後，数時間以上その死体の下でうずくまっており，この間に宿主の女王の体表炭化物を自分の体表に移していると考えられている．ここでも，化学物質による宿主の混乱と宿主に対する化学擬態が行なわれている．

アメイロアリという別の社会寄生種ではさらに奇妙な行動が見られる．アメイロアリの仲間はトビイロケアリの仲間に社会寄生し，その巣に入り込み，宿主の女王を殺して居座るが，その際に，まず，トビイロケアリの巣のまわりでトビイロケアリの働きアリを1匹捕まえ，体をかみ砕いて自分の体にこすりつけ，頭だけにした働きアリの頸のところをくわえ，死体の顔を巣のほうに向けるようにして巣に近づく[22]．巣口にいるトビイロケアリの働きアリは近づいてきた顔に触角でさわるが，相手が自分の巣仲間の匂いをもった「顔」をしているので，そのまま巣に入れてしまう．こうして，アメイロアリの女王はまんまとトビイロケアリの巣に入り込み，宿主の女王を殺しに向かう．前述したように，アリの頭部にある大顎腺には体表にあるのと同じ組成の炭化物が詰まっており，アメイロアリの女王はこれを利用し，文字どおりトビイロケアリの「お面」をかぶることで目的を果たす．ここでも，トビイロケアリの化学物質による巣仲間認識機構が逆手に取られていると考えられる．ただし，いったん社会寄生が成立した後のアメイロアリ＋トビイロケアリのコロニーでは，2種のアリの体表炭化物組成はまったく異なっていることが報告されている[23]．巣仲間認識に体表炭化物を使っているとするとおかしな話だが，複数の炭化物からなる体表炭化物組成のうち，巣仲間認識に使われるのはそのうちの一部であるという説もあるので，そうだとすれば，このようなことがあってもおかしくはないかもしれない．

化学物質を介した他の昆虫との関わり

アリの巣は，他の昆虫にとって外敵がほとんど入ってこない安全な場所であり，アリが出すゴミなどを食べる昆虫にとっては餌が不足することもない好適な環境である．実際，アリの巣の中にはアリ以外の様々な昆虫が入り込んで生活している．アリヅカムシ，ハネカクシなどの甲虫，アリヅカコオロギ，アリスアブなどが代表的な

もので，このような昆虫は蟻客とか好蟻性昆虫と呼ばれる．彼らが，化学物質を使って，暗闇である巣の中でアリから利益を得ている例をいくつか紹介する．アリの巣の中にいる昆虫は何らかのかたちで，アリの巣仲間認識機構を利用していると考えられる．アリの巣に入り込むハネカクシの行動を見ていると，アリどうしがするようにアリと触角でふれあい，口移しに餌をもらったりする．巣仲間ではないと認識されれば，当然攻撃されるので，このようなハネカクシは体表炭化物組成による化学擬態をしていると考えられる．アリの「第二の眼」さえごまかしてしまえば，アリは仲間として扱ってくれるので，あとは安楽な一生が待っている，というわけである．

アリの巣に入り込む昆虫の一部のものは，化学擬態よりさらに狡猾に化学物質を利用する．好蟻性ハネカクシの一部のものは，巣に入り込んで働きアリから餌をもらっているが，自分で入り込むのではなく，アリによって巣に運び込まれる．このハネカクシは巣の外でアリに出会うと，腹の背中側にある分泌腺から液体を出し，アリに与える（**図3**）．その液体中の物質はアリにとって大変魅力のあるもののようで，これをもらうとアリはハネカクシを巣に運び盛んに口移しで餌を与え，この物質をもらおうとする．しまいには，自分の子供たちの世話もおろそかにして，ハネカクシの世話ばかりするようになる[9]．こうなると，このハネカクシが分泌する物質は，まるで人間にとっての麻薬や覚醒剤のようなものといえるだろう．

同様な物質を使ってアリから搾取する昆虫は他にもいる．シジミチョウの仲間には幼虫期にアリの巣に入り込むものがいるのだが，彼らは最初草の上で卵から孵化し，4齢幼虫までは食草を食べて育つ．それから地上に降りて，アリを探す．アリと出会うと彼らは背中からアリが好む麻薬物質を分泌するので，アリはこのチョウの幼虫を見つけると，巣に連れて帰り，盛んにその麻薬をねだる．しかし，ハネカクシと違いこのチョウはアリにとってさらに悪質である．五齢幼虫となった彼らの食物はアリの幼虫なのだ．アリは，必死になって麻薬をねだっているうちに，自分たちの大切な子供をどんどん食べられてしまう結果となる[24]．なにやら，人の世が伺われるような話である．

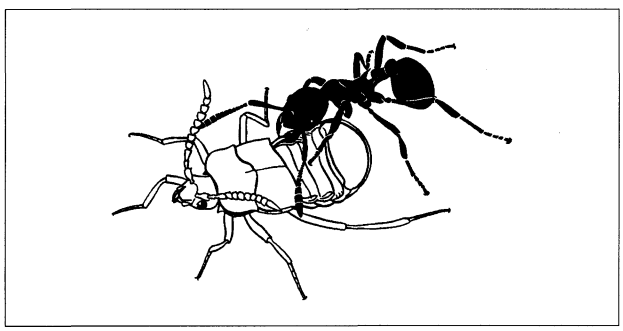


図3■好蟻性ハネカクシの背中側の体側にある分泌腺から出る分泌物をなめるアリ（文献9より引用・改変）

アリの巣に寄生する他の虫たち，アブや甲虫，コオロギなども何らかの方法でアリの化学的コミュニケーションを利用していると考えられる．アリの巣の同居するハネカクシの一種では，サムライアリと同じように，自分の匂いをもたず，アリから匂いを獲得して化学擬態する（**図4**）[25]．ともあれ，これらの例から，化学物質を介したアリと他の昆虫の奇妙な関係が見て取れるだろう．

アリといえば，アブラムシとの共生関係が有名だが，ここにも当然化学物質が関与している．アブラムシは尻から甘露と呼ばれる液体を出し，アリに与え，その代わりにアリに保護してもらう．甘露はアブラムシが植物の師管液を吸汁した際の余りを出すものなので，余った糖分やアミノ酸が含まれており，アリにとっては資源とな

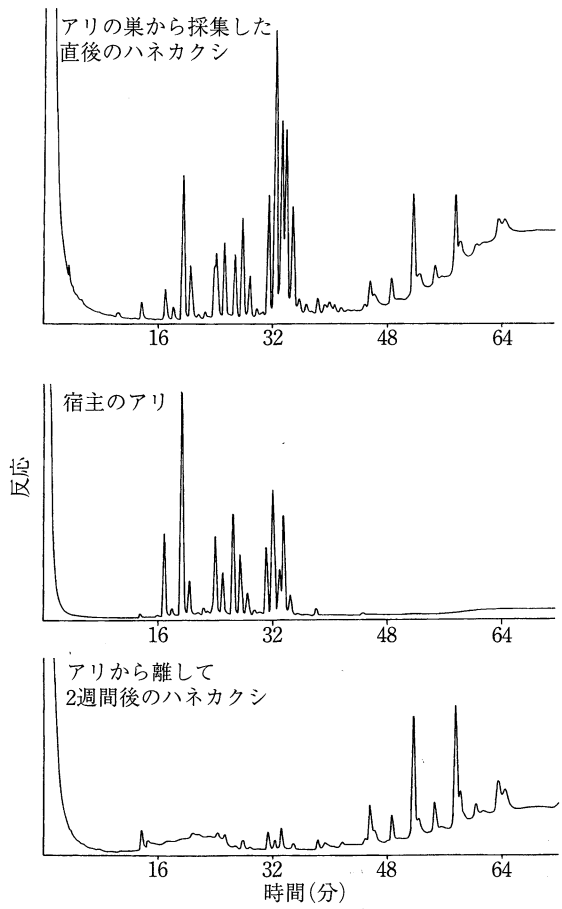


図4■好蟻性ハネカクシの体表炭化物組成の変化
アリの巣にいるときはアリと同様の組成をもつ(上)が，アリから離されるとその組成を失う(下)．（文献9より引用・改変）

る．アブラムシにとって，アリの保護は生存に大変大きな効果があるので，アリの随伴を獲得できるかどうかは大変重要な問題である．近年の研究では，アブラムシはアリが随伴していないときには，甘露中に糖やアミノ酸をあまり出していないのに，アリが随伴を開始すると，アリの好むタイプの糖を出したり[26,27]，アミノ酸の成分を変えたり分泌量を増やすことがわかってきた[28]．この場合，アブラムシは自らの増殖率を下げるというコストを払ってでもアリを呼ぶ[29]．この例でも，アリと他の昆虫の関係が化学物質を介して調節されていることが示されている．また，アブラムシは植物とも関係をもっているので，関係は三者的であるが，それについては次の節で述べよう．

化学物質を介したアリと植物の関係

ここでは，化学物質を介したアリと植物との関係について，いくつかの例を紹介する．アリは，植物に悪影響を与えるアブラムシやカイガラムシを保護する，という点では植物にとって有害だが，植物上にアリがいると，植物を食べる昆虫も除去してくれる．したがって，植物にとっては，アリだけがいてくれるのが最も良い．前述したように，アリはアブラムシなどの出す甘露を求めて植物上にやってくるのだが，植物の中には花以外の場所で蜜を出すことで，アリを呼び寄せているものがいる[30]．植物が花の中に蜜を分泌するのは有名だが，このような花以外の場所に蜜を分泌する腺を花外蜜腺という．こうして，化学物質を使って，アリを呼び寄せることで植物は自らの身を守っている．これらの植物の場合でも，アリの随伴が起こると花外蜜腺の分泌物の成分が変化したりするのだろうか．植物によっては，蜜ではなく，自らの幹や刺の中に空洞をつくり，アリに巣場所を提供することでアリを呼び寄せるものもいる[30]が，化学物質とは縁がなさそうなのでやめておく．また，アブラムシなどにアリが随伴している場合，植物にとってはコストと利益のどちらが大きいのだろうか．これらのことについて調べられた研究はあまりないが，カシワとエゾアカヤマアリとゾウムシについて調べられた研究がある[31,32]．クロヤマアリなどは畑などにもよくいるので，応用的な観点からもアリ–アブラムシ–植物の三者系の研究が待たれる．

植物にとって，種子を，親株から離れた場所に散布することは重要だと考えられており，植物は様々な方法でこれを実現している．たとえば，タンポポの種についている毛なども，風にのせて種子を分散させるためのものである．植物の中には，アリを利用して種子散布を行なうものがある．ある植物では，種子の外壁の一部にエライオソームと呼ばれる柔らかい部分をもつものがあり，この部分にアリが好む物質を多量に含んでいる[33]．アリはこれらの種子に出会うと種子を巣に運び，エライオソームの部分だけを食べて残りは巣の外に捨てる．種子はそこで発芽し，成長する．ここでも，アリが好む化学物質が植物により利用されている．このようなアリによる種子散布が植物にとってどのような利益をもたらしているかについての研究も存在する[34~36]．アリによる種子散布は，あまり長距離の分散につながらないので，おそらく，特定のせまいエリア（林床など）を好む植物とそこを好んで住むアリの間で関係が成立するのではないだろうか．

＊

以上，アリという化学の眼で世界を見ている昆虫について，その行動と化学物質の関係について概観してきた．コロニー内から他の生物との間まで，様々なレベルで化学物質が彼らの行動を媒介しているのがおわかりいただけたのではないだろうか．ここでは，あえて，使われている物質について多くを言及しなかったが，もちろん，物質面からの研究も行なわれている．しかし，アリの行動に対してどのような効果があるのかは調べられていても，物質の特定には至っていないケースも多い．これは，アリの行動に興味をもつ研究者の多くが化学者ではないことにも一因があるだろう．しかし，物質を特定できれば，特定のアリの行動を制御できることになり，応用面からも意味のあることだろう．また，アリは集団で行動する昆虫であるが，集団レベルでの行動の制御に，化学物質がどのように関わっているかについては，まだほとんど研究が進んでいない．筆者自身はこのような集団行動の制御といった面に関心があるが，様々なレベルで，アリという魅力的な昆虫と化学物質との関わりが，今後解明されることを期待したい．

文献

1) E. O. Wilson : "The Insect Societies", Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass, 1971.
2) H. Topoff, B. LaMon, L. Goodloe & M. Goldstein : *Behave. Ecol. Sociobiol.*, **15**, 273 (1984).
3) H. Topoff, M. Pagani, M. Goldstein & L. Mack : *J. N. Y. Entomol.*, **93**, 1041 (1985).
4) E. Hasegawa : *Ins. Soc.*, **40**, 261 (1993).
5) W. Hangartner : *Z. Vgl. Physiol.*, **57**, 103 (1967).
6) 山岡亮平：生命誌，**7**, 4–9 (1999).
7) M. Ozaki, A. Wada-Katsumata, K. Fujikawa, Y. Satoji, T. Nisimura & R. Yamaoka : *Science*, **309**, 311 (2005).

8) S. Sanada-Morimura : *Behave. Ecol.*, **14**, 713 (2003).
9) B. Hölldobler & E. O. Wilson : "The Ants", Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1990, p. 230.
10) C. W. Rettenmeyer : *Univ. Kansas Sci. Bull.*, **44**, 281 (1963).
11) T. C. Schneirla : "Army Ants : A Study in Social Organaization", ed. by H. Topoff, W. H. Freeman, San Francisco, 1971.
12) E. Hasegawa & T. Yamaguchi : *Ins. Soc.*, **41**, 279 (1994).
13) Y. Fukumoto, T. Abe & A. Taki : *Physiol. Ecol. Jpn.*, **26**, 55 (1989).
14) C. Peeters & S. Higashi : *Naturwissenschaften*, **76**, 177 (1989).
15) K. Tsuji, C. Peeters, B. Hölldobler & A. Taki : *Ethology*, **104**, 633 (1998).
16) K. Tsuji, K. Egashira & B. Hölldobler : *Anim. Behav.*, **58**, 337 (1999).
17) A. Buschinger & U. Maschwitz : *in* "Defensive Mechanisms in Social Insects", ed. by H. R. Hermann, Praeger, New York, 1985, p. 95.
18) M. Hasegawa : *J. Ethol.*, **11**, 55 (1993).
19) E. O. Wilson : *Science*, **228**, 1489 (1985).
20) H. Topoff, S. Cover, L. Greenberg, L. Goodloe & P. Sherman : *Ethology*, **78**, 209 (1988).
21) H. Topoff & L. Greenberg : *Psyche*, **95**, 81 (1988).
22) K. Hölldobler : *Z. Angew. Entomol.*, **34**, 598 (1953).
23) Z. Liu, Sô. Yamane, H. Yamamoto & Q. Wang : *J. Ethol.*, **18**, 69 (2000).
24) H. E. Hinton : Porceedings and Transaction South London Entomological and Natural History Society, **111** (1951).
25) R. K. Vander Meer & D. P. Wojcik : *Science*, **218**, 806 (1982).
26) M. K. Fisher & A. W. Singleton : *Funct. Ecol.*, **15**, 544 (2001).
27) I. Yao & S. Akimoto : *Oecologia*, **128**, 36 (2001).
28) I. Yao & S. Akimoto : *Ecol. Entomol.*, **27**, 745 (2002).
29) I. Yao, H. Shibao & S. Akimoto : *Oikos*, **89**, 3 (2000).
30) A. J. Beatie : "The Evolutionary Ecology of Ant-plant Mutualisms", Cambridge University Press, New York, 1985.
31) F. Ito & S. Higashi : *J. Anim. Ecol.*, **60**, 327 (1991).
32) F. Ito & S. Higashi : *J. Anim. Ecol.*, **60**, 463 (1991).
33) C. R. Huxley : *New Phytologist*, **80**, 231 (1978).
34) K. Ohkawara : *Oecologia*, **100**, 135 (1994).
35) K. Ohkawara : *Oecologia*, **106**, 500 (1996).
36) K. Ohkawara, M. Ohara & S. Higasi : *Ecography*, **20**, 217 (1997).

プロフィル

重岡　成（Shigeru Shigeoka）＜略歴＞昭和55年大阪府立大学大学院農学研究科博士後期課程修了（農博）／同年近畿大学農学部食品栄養学科助手，以降講師，助教授を経て，平成7年同教授／17年同大学農学部バイオサイエンス学科教授（学科学部改組により），現在にいたる．この間，平成3～4年米国アリゾナ大学生化学科留学＜研究テーマと抱負＞光合成生物の環境ストレス応答および光合成炭素代謝の分子機構の解明とストレス耐性・高成長/多収性植物の分子育種＜趣味＞ガーデニング奮闘中，健康管理：早朝散歩実行中

鈴木啓一郎（Keiichiro Suzuki）＜略歴＞平成12年埼玉大学理学部生体制御学科卒業／17年同大学大学院理工学研究科生物環境化学専攻博士後期課程修了（理博），現在，（財）埼玉県中小企業振興公社雇用研究員＜研究テーマと抱負＞アカパンカビにおけるDNA修復機構の解析．アカパンカビを用いた研究より得られた知見を，高等生物で反映させたい＜趣味＞スキー，ドライブ

鈴木　正昭（Masaaki Suzuki）＜略歴＞1975年名古屋大学大学院理学研究科博士課程（後期課程）修了（理博）後，同大学理学部助手，助教授，岐阜大学工学部教授を経て，2002年同大学大学院医学研究科教授／文部科学省学術創成研究「生物新機能と創薬をめざす生体内分子科学」研究リーダー（兼任），現在にいたる．＜研究テーマと抱負＞新たな医療・創薬の研究には，分子プローブ概念の構築と展開が不可欠との認識のもと，化学・生物学・医学との融合型研究分野の創成に邁進中＜趣味＞能楽，野球，ゴルフ

瀬谷　司（Tsukasa Seya）＜略歴＞昭和51年北海道大学医学部医学科卒業／59年薬博（北海道大学）／62年医博（北海道大学）／同年大阪府立大学成人病センター研究所／平成13年同研究所所長／16年北海道大学大学院医学研究科病態制御学専攻教授，現在にいたる＜研究テーマと抱負＞生物に普遍的な生体防御機構の研究から地球型生命の本質に迫りたい＜趣味＞古き良き昔を思い出すこと（毎日の雑事があまりに多いので）

田崎　弘之（Hiroyuki Tazaki）＜略歴＞1982年北海道大学農学部農芸化学科卒業／1984年同大学大学院農学研究科修士課程修了／同年日本専売公社（現 日本たばこ産業(株)）／1990年帯広畜産大学畜産学部助手／1996年同助教授／2004年日本獣医畜産大学獣医学部助教授，現在にいたる＜研究テーマと抱負＞生理活性物質の生合成研究，小動物を対象とした代謝変動解析＜趣味＞読書，園芸