〔特別講演Ⅱ〕 「アリの社会を化学の目で観れば」

山岡亮平 (京都工芸繊維大学)

Chemical Approach to Understanding Ant Microcosmos

Ryohei Yamaoka

Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology

Kyoto 606(Email:yamaoka@ipc.kit.ac.jp)

1. プロローグ

アリ、ミツバチ、シロアリなどの社会性昆虫は、生物の中で最もフェロモンをはじめとする情報化学物質 (Infochemical) を用いたコミュニケーションが発達している。とりわけアリは、数多くの外分泌腺を持ちさまざまなケミカルを使って情報交換を行っている。われわれ人間は、普段主として目、耳、鼻を使い、視覚、聴覚、臭覚で周囲の状況を判断している。それに対してアリの場合はどうだろう。アリに変身して地面を歩いて見よう。日本にいる一番大型のクロヤマアリでもその目の高さはただか5ミリ程度であり、小型のトビロシワアリなら1ミリもないだろう。したがって前方に5ミリの障害物があれば、その先を見通すことは不可能になってしまう。アリはハチから進化しており、夜暗い所でも採餌活動が出来るように、視覚の代わりに特に臭覚を発達させたのが特徴であると考えられている。アリは触角を使って周囲のさまざまなケミカルをニオイ、あるいは接触化学物質として受容し行動している。そこで本稿ではアリを主人公にして、そのミクロコスモスにおける情報化学物質の役割を中心に述べて見たいと思う。

2. 種の認識にかかわるケミカルシグナル

一般に昆虫類には雄と雌が存在し、同じ種の雌雄が出会い交配することにより子孫が残される。雌雄の出会いを仲立ちするのは一般に性フェロモンであるが、出会った後さらに同種であることの確認を行う必要がある。我々はアリをはじめとしてシロアリ、ハチ、カメムシ、コオロギなどこれまでに500種以上の昆虫類の体表ワックス、特に炭化水素のキャピラリーGC/MSによる分析を行って来たが、すべての昆虫でその組成に種特異性が認められた。異種のアリどうしが出会った時の喧嘩の始まりの様子を詳しく観察すると、触角が相手の体表に触れた時のみ何らかの行動が起こることがわかる。いくら近くですれ違っても、触角が相手に触れなければ何も起こらない。この事実は相手を視覚や揮発性のケミ

カルで識別しているのでは無いことを意味している。したがって体表に存在する不揮発性のケミカルが関係していると判断出来る。これらの事実は昆虫類が同種であることの確認を、体表炭化水素組成の一致により行っている可能性が高いことをことを示唆している。

それではアリは本当に同種であることの確認を、体表炭化水素組成の一致によって行っているのだろうか。その答えを異種のアリどうしが同じ巣の中で仲間のように暮らしている、サムライアリとそのドレイアリの場合を例にとって出して見よう。

3. 異種のアリが一緒に住むには

異種のアリどうしが仲間として同じ巣に住むためには、相手が異種であるというお互いの種の認識を打ち破る必要がある。サムライアリはドレイとなるクロヤマアリやハヤシクロヤマアリの巣を襲い、そのサナギやマユを強奪して自分の巣に持ち帰る。するとドレイアリはそれらの世話をやき、孵化するまで面倒を見る。もちろんドレイアリはサムライアリの女王の産んだ卵から誕生した幼虫についても、別け隔てなく成虫になるまで世話をする。巣内におけるサムライアリは仕事を全くせず、のろのろ歩きまわって、ドレイアリに餌を分けてくれるように催促するだけである。そこで両者の体表炭化水素の比較をそれぞれについておこなったところ、非常に興味深い事実が明らかとなった。クロヤマアリをドレイに使っていたサムライアリはクロヤマアリと、またハヤシクロヤマアリをドレイにしていたサムライアリはハヤシクロヤマアリと、それぞれ同居するドレイアリと全く同じ組成の体表炭化水素を持っていた。またドレイアリの組成はドレイとなっていない本来のクロヤマアリおよびハヤシクロヤマアリのものと全く同じで種特異性が認められた。サムライアリは”忍者”のようなアリで、ドレイにする相手のアリに応じてその体表炭化水素組成を自由に変えられるのだろうか。現在のところ得られている答えは、サムライアリは種特異的な体表炭化水素の生合成能が非

常に低くして、ドレイアリからその体表成分をグルーミングや体どうしの接触により分けてもらっている。その結果同じ体表成分を持つことが可能になり、化学擬態が成立したためにドレイアリに仲間と認識され同巢内での共生が成立したと結論出来る。

4. アリの同巢認識シグナルとは

アリのケミカル識別能力が他の昆虫よりはるかに優れている点は、同じ種のアリでも巣（コロニー）が異なればその個体の識別が可能であるところにも現れている。基本的には同じ巣内の仲間は同じ女王アリの子供で血縁関係にある。したがって同種のアリでも巣が異なると、血縁関係に無く、遺伝子は異なる。しかしその生態が同じで、同じ生息地、同じ餌をとりあうため最大の競争相手となる。昔から同種のアリがその巣の異なる個体を識別出来るのは、コロニー臭と呼ばれる巣固有のケミカルが存在するためと考えられてきた。しかしその本体が何であるかは不明であった。同種のアリであるからその種認識のシグナルである体表炭化水素の組成は当然同じはずである。ところが同種でコロニーの異なるアリの体表炭化水素の分析を行い、そのGCチャートを多数並べて比較してみると面白いことに気がついた。どれ一つとして同じプロフィールすなわち体表炭化水素の組成比が同じと認められるクロマトグラムは無く、すべて異なっていた。

5. どの様にして同じ巣の個体は同じ組成比を持てるのか。

a) 女王アリの重要性

数種のアリについて、同じ巣の個体の個別の分析をおこなったが、いずれの種においてもその組成比の類似度は0.85以上と非常によく似ていた。ところがハヤシクロヤマアリの一つのコロニーのみ、個体間の組成比に統一性が認められなかった。原因を追求した結果、このコロニーのみ女王アリを欠いていることが明かとなった。そこで女王アリの有無と組成比の統一の関係を明らかにするための実験をおこなったが、その結果は明らかに女王アリの存在と働きアリの体表炭化水素組成比の間には明らかな相関が認められた。

それではどうして女王アリがいることにより組成比の統一が計られるのか。それには女王アリの持つ集合フェロモンが重要な役割をはたす。女王アリは集合フェロモンにより多数の働きアリをその周囲に集め、働きアリの体どうしの密着をはかる。その結果体表成分の相互交換が多数の個体間で起こり組成比の均一化がはかられるわけである。

b) 後部咽頭腺とグルーミング

アリは頻繁にグルーミング（身づくろい）を行う。以前はその理由として、単純にアリは清潔好きであると考えられてきた。しかし最近少し様子が変わってきた。そ

れはアリの頭部に存在する後部咽頭腺と呼ばれる大型の腺（貯蔵器官）の内容物として、大量の体表炭化水素成分の存在が認められたことによる。またその内容物は栄養交換の際に、液状エサと共に受け渡しされていることも証明された。ここからは私のスペキュレーションであるが、おそらくアリのグルーミングには2種類ある。それは体表成分を舐め取り後部咽頭腺に貯蔵し均一化をはかるものと、腺より分泌して体表に塗りつけるものである。アリは自分自身や他の個体のグルーミングの時にそれらを使いわけ体表成分の均一化をはかっているのではないだろうか。

6. エピローグ

従来体表ワックスの役割は、単に体内の水の蒸散防止のためのオイルの層として働くと考えられてきた。しかし今回アリはこの体表炭化水素の組成や組成比の違いを利用して同巣と異巣の同種のアリの識別をおこなっていることが明かとなった。また体表炭化水素と同じ物質が足の裏から”足跡物質”として分泌され、巣固有の縄張りの表示に利用されていることも分かって来た。昨年マスコミに登場した”アリのワールドカップサッカー”はアリの縄張り意識をうまく利用して初めて実現した。さらに道しるべを引かないアリが巣に帰れるのは、巣の周囲に残された足跡物質の密度勾配を利用している可能性もあり、現在実験を進めているところである。以上炭素と水素のみから出来ている組成の単純さ故に、生理活性物質としてあまり顧みられなかった、炭化水素類の重要性に気づいていただければ幸いである。

参考図書

- (1) アリはなぜ一列に歩くか。 山岡亮平著 大修館書店 (1995)
- (2) 共進化の謎にせまる。 山岡亮平ほか2名著 平凡社 (1995)

絵1 アリの見た周囲の化学情報物質連鎖