

## 研究活動

### 2

# GC/MSで見る 熱帯雨林の生物たちの 生き様

繊維学部 山岡 亮平

熱帯雨林とは「一年中温暖で十分雨も降る地域に成立する林のこと」である。南北両回帰線内の低緯度地帯で年平均気温が26度以上、年降水量が千ミリある。海岸の周辺部は低湿地で内陸部に向かってマングローブ、泥炭湿地林、淡水湿地林が広がる。さらに内部に進むと低地多雨林が拡がり標高1,500メートルまで混交フタバガキ林と呼ばれる高木地帯である。百年で直径が1メートル近くになるほど成長が早いフタバガキ類はチーク材として切り出され大部分がベニヤ板となる。赤道はボルネオ島の中心付近を走っており、今回の舞台マレーシア、サラワク州、ミリ市郊外のランビル国立公園は北緯5度付近に位置する。この辺りの熱帯雨林には地球上の生物進化1億年の歴史が残っており、様々な生物どうしの共生の様子が見られる。ちなみに熱帯以外の地域は氷河期を経験しており生物たちはほとんど絶滅してしまっている。すなわち熱帯雨林の生物同士の共生の様子を見れば、多様な生物たちがどのようにすれば共存共栄を計れるか。ひいては地球上の人類を含めた生物たちの共存のために何が重要かの大きなヒントが隠されている可能性がある。

そこで様々な生物たちの共生はお互いのコミュニケーションの結果として生まれてくる。この場合、コミュニケーションの媒体はほとんどケミカル（情報化学物質）である。従って、GC/MSを使えば共生の原因を明らかにできる可能性がある。

### 動植共進化

#### アリ植物マカランガと共生アリの場合

ランビルの森にはオオバギ属の植物マカランガが10種以上自生している。植物がその身を植食性の昆虫などからどのようにして守っているか。その一つの方法は毒物質や苦味物質を作ることである。ワサビやダイコンなどのアブラ菜科植物特有の辛み、カラシ油配糖体はその好例である。もう一つの方法は昆虫類の天敵アリを集めることである。アリの中には唯一ハキリアリと呼ばれ植物の葉を菌類に食べさせ毒物質などを分解させた後その菌糸を餌とする植物にとっての害虫がいるが、それ以外の全てのアリは植物に直接加害することはない。従って、日本では多くの植物はその新芽のでる春さきとその周りの蜜腺から糖分を出しアリをガードマンとして呼び集めることによって身を守っている。

ランビルの森のマカランガはもっとすごい方法でその身を守っている。すなわち幹の内部を空洞にしてアリを内部に住まわせる。さらにフードボディとよばれる栄養豊富なリポ

タンパタの粒を新芽や葉の周囲に分泌しアリが常に餌を求めてパトロールするように仕向けている。昆虫達が葉を食べにやってくるとアリたちは攻撃を加え、葉の上から地上へ追い落とししてしまう。また攻撃の対象は昆虫だけではなく、自分たちの住んでいるマカラングに絡みついてくるツル植物に対しても同様である。ツルに噛みついて枯らしてしまう。さらに興味深いことに種類の異なるマカラングにはそれぞれに対応する異なった種類のアリが住み着いている。

ここからがGC/MSの出番である。トラキフィラと呼ばれるマカラングにはシリアゲ属のアリの一種が住んでいる。その巣で育った新女王アリは結婚飛行に飛びたち同種のオスアリと空中で交尾し、自分が新生活をはじめためのトラキフィラの10センチほどに成長した苗を捜しはじめる。苗の内部は空洞で節が二カ所くらいできている。女王アリは地面から二つ目の箇所到大あごで穴を開け内部に潜り込む。入口の穴は内部を広げのために生じた植物繊維でふさぎ産卵をはじめ。新しいアリの巣の誕生である。

この女王アリが他種のマカラングに入り込むことはない。新女王アリはなぜ間違いなく様々真種類のマカラングの中からトラキフィラを見つけだし入り込むことができるのだろうか。新女王アリが空中から高さ10センチ程度の小さなトラキフィラの苗を同じような植物の中から視覚を頼りに見つけ出すのは不可能であろう。そこで考えられるのが揮発性のトラキフィラ独特の香りである。そんなものが有るのか。種々のマカラングの苗の香りを吸着剤テナックスに捕集しGC/MS分析に供したところ、それぞれ種特異的なプロフィールを示した。さらに種特異的な香りを頼りにやってきた新女王アリが茎に穴をあけ内部に入り込むが、その時に茎の表面のコンタクトケミカルを触角を使って本当に目的の種であるか確認する可能性もある。昆虫の体表炭化水素組成が種特異的で雌雄が交尾の時に同種の確認のためにケミカルシグナルとして使っている可能性が示唆されているが、植物でもそのような種特異性をする自己主張ケミカルがあるのだろうか。花の香りは種によって異なる自己主張物質の一つであろう。そこで植物表面のコンタクトケミカルを抽出し酢酸エチルで抽出しシリカゲルカラムにかけ極性に依りて分画しそれぞれGC/MS分析を行ったところ、ヘキサン溶出画分にはノルマルアルカンのみが存在し種特異性は認められなかったが、それ以外の極性画分には明らかに種特異性が認められた。

結婚飛行後捕獲した新女王アリ



を種類の異なるマカランガの茎を並べた箱内に入れてやると、アリは自分の入り込むべき茎をみつけ穴を開け始める。茎の抽出物を塗布したろ紙を巻いて作ったモデルに対しても同様の挙動を示したことから種特異的なコンタクトケミカルが識別のシグナルとなっていると結論づけた。新女王アリは成虫になってから結婚飛行に飛び立つまでの1カ月近くをマカランガの茎の内部で過ごす、その間に自分が将来巣を作るべき植物の揮発性の香りと難揮発性のコンタクトケミカルを学習しているのかもしれない。

## 動物共進化

### アリをガードマンにするゴキブリ

アリの巣に他の昆虫たちが共棲する例は数多く見られる。その場合他種の昆虫たちはアリと接触することによりその体表炭化水素を自分たちの体表に移し“化学擬態”と呼ばれる手法でアリになりすます。真っ暗な巣内ではどのように形態が違っていても体表炭化水素組成が同じならアリにとっては巣仲間なのである。

ところがランビルの森ではまったく違った例が見つかった。フタバガキ属の高木の樹冠の太い枝についたコロナリウムと呼ばれる着生植物の付着部を調査したところ、体長7～8ミリの攻撃性の強いシリアゲアリ属のアリ（クレマトガスター デフォルミス）が一種とチャバネゴキブリ属のゴキブリ、さらに新発見の新属のゴキブリ（シュードアナアナブレクチニア ユモトイ）が発見された。ちなみにユモトイという種名は発見者の京都大学生態学研究センターの湯本助教授にちなんで命名された。前者のゴキブリがキャベツ状の着性部の外側の皮の間に住んでおりシリアゲアリと一緒にするとその攻撃を受けたのに対して、ユモトイはまったくアリの攻撃を受けず仲間のようにならんとしていた。

そこで三者の体表炭化水素組成、組成比をGC/MSにより比較したところ予想どおりシリアゲアリとユモトイゴキブリがまったく同じであったのに対し、チャバネゴキブリの一種は全く違っていた。最初はまた化学擬態でゴキブリがアリの体表炭化水素を接触により盗みとっているのだと考えたが両者の隔離飼育実験を行ってみると意外な事実が判明した。隔離期間が長引けば長引くほどアリの体表炭化水素量が減りだしやがてノルマルアルカンのみになったしまった。それに対しユモトイゴキブリはその体表炭化水素組成に何の変化も見られなかった。

ゴキブリがその体表炭化水素を大量に分泌し巣内を油まみれにし、アリもゴキブリオイルまみれにして種としてのアイデンティティを失わせてしまう。すごいゴキブリがいたものだ。ユモトイが一番恐れるのは軍隊アリに巣を襲われることであり、人間が素手で着性植物を採ろうとするとアリにかみまわられて血まみれになるくらいどう猛なシリアゲアリを同居させることにより身の安全を確保しているのだ。

### 行軍シロアリの対アリ防衛戦略

ランビルの森を歩きまわると必ずと言って良いほど小さな昆虫の大行列に出会う。日本

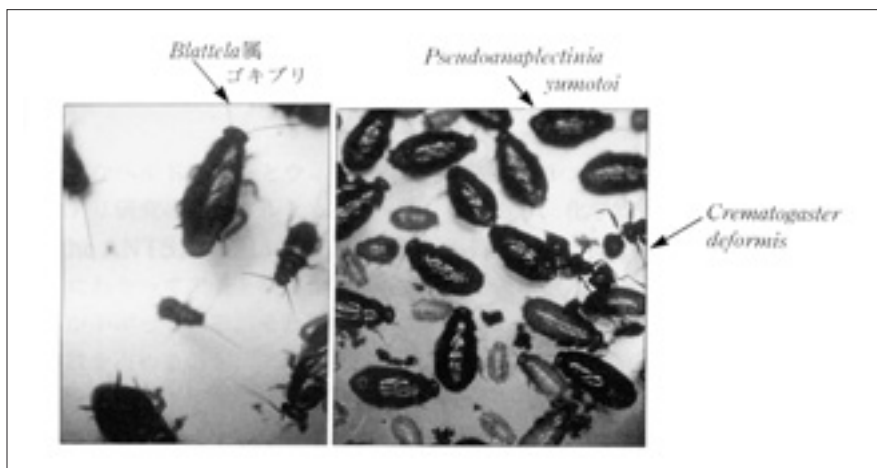


図 シロアゲアリの一種と共生する新属のゴキブリ（右）と共生できないゴキブリ（左）

では行列を作る昆虫はアリしかいないためアリだと思ってしまうし、また色も黒いので速くからではああアリの行列だなと思って通りすぎることもあった。しかし近づいて良く見るとどうも様子がおかしい。アリなら体が明確に頭、胸、腹と三つの部分に分かれているのに、どう見てもこの行列を作っている生物は頭と腹は区別がつくが、胸との明確な境目がない。調べてみるとシロアリの仲間の行軍シロアリと言うことが明らかとなった。ここで“あっそう”で終わってしまえば筆者で変人の山岡さんの研究者としての値打ちは暴落する。ウン待てよ，“熱帯雨林の林床はいろんな昆虫たちの食うか食われるかの命をかけた戦場で、昆虫の中の食物連鎖の頂点にはアリが君臨している。多種の昆虫たちにとっては軍隊アリなどは天敵で捕食者の代表である。その捕食者のうようよしている林床を昼夜を問わず10万頭にも達する大行列を作って行軍シロアリたちがどうどうと行進できるのはなぜだろう。きっと卓越した対アリ防衛戦略を持っているからに違いない。その防衛に使っている武器がケミカルならアリのすばらしい忌避物質が見つかる可能性がある。そいつを解明し応用すれば、アリと人間の棲み分けができるかもしれない。”農芸化学で教育を受けた人間はこのように考えてしまう。

さらに行列の様子を観察すると面白いことが分かってきた。行列しているシロアリは中心付近を2，3列口の前に大きなダンゴ状のうす茶色の物体をかざして一定方向に移動していく。その両端側には反対方向に口に何もくわえないシロアリが移動している。もっと面白いのはそのさらに外側で、頭の形の異なる兵シロアリがお尻を行列側に向け、頭部を外側に向けてじっとかまえている。まるで行列をガードしているようである。シロアリの働きアリや兵隊アリは眼を持たない。そのかわり鋭敏なメカノセンサー、ケミカルセンサーとして機能する2本の触角を頭部に持っている。もし一番恐ろしい敵である軍隊アリがやってきたら何が起こるか。見た人の話しによると、軍隊アリの行列は行軍シロアリの行列の

30センチほど手前までくるとそれ以上前に進めなくなってしまう。アリは後ろからどんどんやってくるがどのアリもシロアリの行列に攻撃を加えるものはなかった。軍隊アリはちょっと変わったアリでこれまた眼を持たない。したがって行軍シロアリの行列を視覚で認識したのではないことは明らかである。行軍シロアリの兵アリたちも軍隊アリが近づいてくるとその付近に集合しだし、そちらに頭部を向けている。頭部の形がまた変わっている。天狗のように先がとんがっている。

いろいろ調べて明らかとなったことは、行軍シロアリの兵アリたちはその尖った頭部の先端から常にアリのいやがる揮発性のケミカルを僅かずつ分泌し続けている。そのケミカルはバリエーションとなり、トンネル状に行列を包み込むと同時に、行

列から30センチ程度の付近まで到達し軍隊アリに対し忌避効果を発揮する。また兵隊たちは軍隊アリ固有の臭いに対しても非常に敏感で、近づいてくることを事前に察知してさらに高濃度の忌避物質を分泌している。兵アリたちの頭部先端より分泌物はGC/MS分析の結果モノテルペンとセスキテルペンの混合物であることが判明した。入手可能な標品を使って各種アリに対する忌避活性を調べたが、単一物質ではなく混合物として有効に機能していることが判明した。現在家庭内に侵入してくるアリに対し忌避剤として有効なスプレアの開発をもくろんでいる。

中国3千年の歴史とよく言うが、熱帯雨林1億年の共進化の歴史、もっとすごい例がGC/MSを使うことにより明らかとなって来るに違いない。熱帯雨林を体験したい人この指とまれ。

(応用生物学科 教授)

