

MSはドラエモンのポケットか？

京都工芸繊維大学大学院
工学部 工学研究科 教授
山岡 亮平
やまおか りょうへい

このタイトルは私が実行委員長をつとめ、2002年5月に京都工芸繊維大学で開催された第50回日本質量分析総合討論会のオープニングシンポジウムにおける私の講演演題である。タイトルの意味は世界のスーパースター、ドラエモンの歌“こんな事良いな出来たら良いな...”を口ずさんでいただければ自ずと明らかになってくるだろう。

この世に質量分析装置なるものが登場したのは20世紀初頭のJ.J.Thomsonによるパラボラ型と呼ばれるもので、イオン化法はガス放電イオン化でネオンの同位体の分離に成功した。それ以来百年の間にイオン化法、生成イオンの分離法、イオン検出法さらに分離装置であるGCやLCとの接続法が、“こんな事良いな、出来たら良いな”の研究者の分析対象試料などに対する多様な要望、あんな夢、こんな夢に答えるように、さまざまな困難を克服しながら次々にMSのポケットから登場してきた。その結果現在では質量数1の水素から分子量100万にもなるタンパク質まで殆どの化合物が M^+ , MH^+ , M^{2+} などの形で分子量関連イオンやフラグメントイオンとして検出可能になりMS/MS手法の確立と相まって構造解析にも多大の貢献が出来るようになった。

私が初めてMS装置に出逢ったのは、今から30年ほど前の京都大学農学部附属農薬研究施設の一室であった。それは上野民夫先生がお守りをされていた単収束の磁場型でまだGCは付いておらず、奥の方には多数の真空管が光っていた。もちろんコンピュータなどはついておらず、測定をスタートするのは押しボタンで、測定結果はビジュグラフに記録され、さらなる感光を防ぐため薄暗い部屋でマススペクトルの読みとりを行った。水由来のイオン m/z 18 空気由来の N_2 m/z 28, O_2 m/z 32をスタートに鉛筆を使って1マスずつ丁寧に順番にマークしていった。質量数が200を越えると1マスの幅が広がりだし分子イオンの出にくいものはほとんど心眼で数値を読みとった。しかし幸運なことに今日のようなコンピュータまかせのブラックボックス部分はどこにも存在しなかった。

私の専門は化学生態学で自然界で起こる生物間のさまざまな相互作用を化学的に解明しようとしている。皆さんに最もなじみ深い用語を使うと、フェロモンの研究者である。大学院時代は周囲の皆様に支えられながら本邦初公開のキャピラリーGC/MSなどを使って脂肪族ポリエン化合物である蛾類の性フェロモンやシロアリの道しるべフェロモンの幾何構造も含めた完全極微量構造決定を行うことが出来た。

次のテーマとして何をやるか。地球上の生物の中でフェロモンコミュニケーションが最も盛んな生物は何か。それはアリである。嬉しいことに地球上に棲息するアリは一万二千種以上で、その数は一億の一億倍(10の16乗)匹と言われ、全生物数(10の18乗)の百分の一にあたる。地球上の全生物の百匹に一匹はアリ、アリは地球上の最優先種であり繁栄している。その繁栄の基盤をなすのがフェロモンコミュニケーションによって成り立っている高度な社会性であると言われている。

アリの情報化学物質である全フェロモン類の構造を明らかに出来ればアリの繁栄の理由も明らかとなるかもしれない。アリのコミュニケーション研究を開始したがGC/MS

分析で明らかとなるのは1個体あたりマイクログラム以上の量を持っている警報フェロモンと種特異的な体表炭化水素類のみであった。後者の体表炭化水素に関してはその組成が地球上に棲息する100万種以上と言われる昆虫種全てで異なっていること。またアリにおいては、それまで謎とされていた同種でも巣が異なるとアリ同士がケンカをやる原因が、巣毎に異なる炭化水素組成比の違いであることを電気生理的手法や分子生物学的手法も駆使して明らかにサイエンス誌に掲載できた。しかしその他のフェロモン、例えば道しるべフェロモンの1匹あたりの保有量は不明な場合が多いがMS分析が全く出来ないほどの極微量で、今まで明らかとなったハキリアリのケースでは0.8ピコグラム・匹と計算されている。この全量が10メートルに渡って引かれたとすると0.8アットグラム・センチとなる。道しるべフェロモンの分子量を160とすると、1センチあたり約3万分子ほどのフェロモンがつけられている。これらの分子は20分程度の間にて揮散してなくなってしまう。1秒あたり30分子ほどが拡散して無くなることになろう。この揮散していく分子のごく一部がアリの触角に存在する道しるべフェロモン受容感覚毛に捉えられ脳への情報となる。この一連の機構は蛾類の性フェロモンの交尾行動解発濃度(分子数)とほぼ同じである。蚕蛾メスの性フェロモンであるボンピコールは1分子でもオス蛾の触角に触れ感覚毛内に入り軸索上のレセプターに受容されれば情報として処理されると言われている。これは極端な話として、実際にはおそらく200分子の受容で配偶行動は解発される。昆虫の世界はそれほど微量の化学情報が飛び交っているのだ。

アリに人工巣を作らせその行動を観察しているとさまざまな時間、さまざまな場所で、さまざまな行動が起こる。これらの行動は全てが全てでないにしてもフェロモンによって引き起こされている。アリの体を調べてみるとさまざまな部位に多数の外分泌腺の存在が認められる。それにも関わらず、それぞれからどのような化合物がフェロモンとして分泌されどのような行動を引き起こすのかは明らかになっていない。このように昆虫のフェロモンの研究でさえ現在のMSはその検出感度だけ見てもとても満足できる代物では無い。

私の現在の“こんなこと良いな、出来たら良いな”は質量分析装置については1立方センチあたり数十個程度の分子でも確実にイオン化出来、その生成イオンをトラップし適切なさまざまな処置後質量分離、さらに高感度イオン検出が可能な装置の登場である。また昆虫の触角の分子受容システムに習った分子特異的検出器も近い将来現れてくるであろう。

ドラエモンの不思議なポケットが欲しい。あんな夢、こんな夢が一杯あっても、みんな、みんな、みんな、全て適えてくれるのが近未来の質量分析装置であってほしい。

ユーザーが積極的に分析装置メーカーや分析サービス会社に夢を語れば、“必要は発明の母”“瓢箪から駒”でポケットから飛び出してくるかもしれない。

両者を結ぶ営業の方々の役割はマスマス重要になりますよ。



筆者略歴

- 1971年 京都府立大学農学部農芸化学科卒業
 - 1973年 京都大学大学院農学研究科修士課程農芸化学専攻修了
 - 1976年 同 博士課程所定の単位取得
 - 1977年 京都大学農学部助手
 - 1978年 農学博士(京都大学)
 - 1979年 京都工芸繊維大学繊維学部助手
 - 1982年 ニューヨーク州立大学ストーニーブルック校化学科留学
 - 1984年 京都工芸繊維大学繊維学部助教授
 - 1988年 同 教授
 - 2006年 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科教授
- 主な要職、受賞歴
- 1987年 日本質量分析学会奨励賞
 - 1987年 日本応用動物昆虫学会評議員(2003年まで8期)
 - 1992年 黒澤明監督映画“八月の狂詩曲”アリ指導
 - 1993年 日本質量分析学会委員(現在まで数期)
 - 1994年 “アリはなぜ一列に歩くか”(大修館書店)出版
 - 1997年 第24回BMSコンファレンス(京都)実行委員長
 - 1998年 日本応用動物昆虫学会賞
 - 1998年 BMS(Biological Mass Spectrometry)研究会代表世話人(2005年まで)
 - 1998年 アリワールドカップサッカー指導(TV各社)
 - 1999年 日本応用動物昆虫学会常任評議員(2001年まで)
 - 2002年 第50回質量分析総合討論会(京都)実行委員長
 - 2003年 日本質量分析学会会長(2005年まで)
 - 2003年 第30回BMSコンファレンス(淡路島)実行委員長
 - 2003年 文科省委嘱事業“その道の達人派遣事業講師:アリの達人”(現在に至る)
 - 2004年 第48回日本応用動物昆虫学会京都大会実行委員長