昆虫化学と有機合成

森 謙 治 Kenji MORI
東京大学農学部農芸化学科

1. 昆虫化学とは

第9回の国際天然物化学シンポジウムは、1974年6月にオッタワで開催されたが、その分科会の一つに“Insect and Marine Chemistry”というのがはじめて設けられた。植物成分の化学である植物化学や、微生物生産物の化学である微生物化学は、長い歴史をもった伝統的な天然物化学の一分科である。ところが、昆虫成分の化学である昆虫化学 (insect chemistry) や、海洋生物成分の化学である marine chemistry は学問として新しい。オッタワでの会議の開会講演でスタンフォード大学の Djerassi は、今後の天然物化学の進む道としてこの二つの新しい分野をあげたが、たしかにこれからの学問であり、環境問題、資源問題とからんで、化学者の努力が必要とされている分野であろう。

さて、昆虫化学が一般の有機化学者の興味をひくようになったのは、1960年代に強力な昆虫生理活性物質の単離・構造決定が続々となされたからに他ならない。すなわち、Butenandt らによる蚕の性フェロモン Bombykol (1) の研究 (1961 年)、同じく蚕の脱皮ホルモン α -Ecdysone (2) の研究 (1965 年)、それに Röllner らに

よる幼若ホルモン (C_{18} -Juvenile Hormone, 3) の研究 (1967 年) が呼び水となったといえよう。これらの物質が、昆虫の生殖や変態という興味深い現象を支配していることが明らかとなって、昆虫化学は天然物化学の一分科として確立されてきたのである。

2. 昆虫研究と有機合成とのかかわりあい

一般に、昆虫生理活性物質研究の端緒は昆虫学者によって開かれ、次に天然物化学者により単離・構造研究がなされて実体が明らかにされる。しかし、これで事が終わったわけではない。これからが合成化学者の出番である。

天然物合成研究の意義は、従来は「推定構造の証明」という点にあった。しかし、X線結晶解析を代表とする物理的方法の発展により、推定構造の確実性が大きくなったため、天然物をいかにして「簡単に合成する」かとか、複雑な天然物を能率よく合成するためにはどのような「新反応の開拓」を行なえばよいか、という点にしたいに力点が移ってきている。生理活性物質の合成では、これに加えて「構造と生理活性」との相関関係を明らかにする目的で、天然物の構造をプロトタイプとして、多くの類縁体をつくる仕事がある。これは好運に恵まれれば

実的に有用な化合物の創製へと結びつき、生物利用産業の発展に資することとなる。

昆虫生理活性物質の合成を通して、有機合成の方法論に新しいものが付加された最も顕著な例としては、幼若ホルモンの研究の過程から三置換二重結合の立体選択的合成の新しい方法がいくつも生み出されたことがあげられる。このことはすでに本誌に概説した⁽¹⁾ので、今回は別の面、つまり推定構造の証明、簡単な合成、構造・生理活性相関の三点にしばって、筆者が手がけている幼若ホルモンとフェロモンを例として述べたい。

3. 構造の証明としての合成

X線結晶解析はあらゆる化合物に適用可能というわけではないから、平面構造あるいは絶対立体配置を証明する手段として、合成は今なお重要である。とくに、生理活性物質では、提出された構造が正しければ合成品は当然天然物と同様な生理活性を示すはずであるから、構造の正否は生物学的にもたしかめることができる。実際、合成品が生理活性を示さないことから構造研究の間違いがわかった例は多い。たとえば、アメリカ農務省の Jacobson らが、マイマイガ (gypsy moth) の性フェロモンに与えた構造 (4, gyptol) がまったく誤りであったことは、西独バイエル社の Eiter が4の構造をもつ物質を合成して生理活性がまったくないことを示してはじめてわかったことである。その後、マイマイガのフェロモンはアメリカ農務省の Beroza らにより再検討され、5 (disparlure) であることが明らかになっている。なお、Eiter 博士はオッタワの会議でこの間の事情を講演されたが、白髪短髪の彼が下手な英語でアメリカ人の悪口をいい散らすさまは、まことに壮観であった。

(±)-Juvabione の合成

幼若ホルモンは昆虫のアラタ体から分泌され、幼虫形質の保持など、昆虫の変態現象に重要な役割をはたしている。ところが、幼若ホルモン作用を示す物質が植物にも含まれているのである。脱皮ホルモンである ecdysone 類も植物に存在すること

Prof. W.S. Bowers (彼の教授室で)

と考えあわせると、生態学的に大変興味深い。

チェコの昆虫学者 Sláma は、アメリカ留学に際し研究材料としてホシカメムシ *Pyrrhocoris apterus* をブラハからもっていった。ところが、卵からふ化させた幼虫はまったく満足に育たず、いつまでも成虫にならなかったり、成虫になっても幼虫と成虫の中間の形態を示していたりした。ブラハではそんなことは一度もなかったから、アメリカでの飼育の際に幼若ホルモン作用をもつ物質が虫についたことになる。しらべた結果、飼育容器の底にしいた紙が原因だとわかった。しかも、すべての紙に活性があるのではなく、各国の紙をしらべると、アメリカのものだけに活性がある。ゆえに、アメリカの紙の原料の木材に幼若ホルモン活性物質 “paper factor” が

ホシカメムシ

左：正常な五齢幼虫，中：幼若ホルモンで過剰幼虫脱皮をした六齢幼虫，右：正常な成虫（六齢目にあたる）(Bowers 準教授の御好意による)

のはもちろんであるが、何よりもホシカメムシに対して天然物とほぼ同様の活性をもつことが Bowers によって示され、juvabione の平面構造は確認されたわけである。Bowers に合成品を送り天然物との同定を依頼したところ、1 カ月ほどたって生物活性のデータとともに合成完成を祝う手紙をいただいたのだが、昆虫学者は合成品の活性の有無をまずしらべるのだな、ということが強く印象に残った次第である。

Dermestid beetle (カツオブシムシの類) のフェロモンの絶対立体配置の決定

フェロモン類の中には、不斉炭素原子を有しているものがある。たとえば、粉ミルクの害虫である dermestid beetle (*Trogoderma inclusum*) のメスからは負の旋光性を示す二種の物質がフェロモンとして得られ、平面構造は Silverstein らにより 7, 8 と決定された。ところが、フェロモン研究の例にもれず、25 万匹の虫から 7 が 2.5 mg, 8 が 0.5mg しか得られず、しかも油状であるため、不斉中心の絶対立体配置は不明であった。この点を明らかにするには合成的手法が有効である。すなわち、フーゼル油からとれる光学活性アミルアルコール [(S)-(-)-2-methylbutan-1-ol] を出発原料として合成をすすめれば、S 配置の 7 と 8 を得ることができる。これが天然物と同じ負の旋光性を示せば天然物も S 配置であるが、合成品が正の旋光性を示せば天然物は R 配置ということになる。そこで前頁下に示した経路に従って合成したところ、(S)-7, (S)-8 とともに正の旋光性を示すことが明らかになったから、天然物は R 配置と決定された⁽³⁾。このようにして、光学活性フェロモンの絶対立体配置の決定は合成により 2 週間ほどで簡単に行なわれた。なお、この R 配置は幼若ホルモン (3) の左端の絶対配置と似ている。

4. 簡単な合成

簡単な方法で天然物の合成をなしとげることは、合成化学者にとって魅力的な課題である。また、簡単な方法で容易にフェロモンやホルモンが大量に合成できれば、昆虫学者にとっても研究材料が入手しやすくなるわけで、

Prof. W.L. Roelofs 夫妻 (Bowers 家で)

好都合なことである。

Codling moth のフェロモン

Codling moth (*Laspeyresia pomonella*) は、アメリカのリンゴ園の大害虫である。コーネル大学の Roelofs は、この虫のメスの出すフェロモンを GC-EAG 法により研究し 9 式を与えた。筆者は彼から GC-EAG 法の詳

細について説明を聞いたが、鱗翅目昆虫のフェロモン研究に大変有用な方法であると感じた。すなわち、昆虫の粗抽出物をガスクロにかけ、出てくる各画分を連動してある EAG 装置に導く。EAG (electroantennogram) 装置とは、昆虫の触角の根元に微小電極を刺し込み、フェロモンが触角にふれたとき、神経に生ずる電気パルスをオシログラフ上で見られるようにしてある装置であって、フェロモンとしての効力を直接計器上にとらえることができる。それで活性画分が判明したら、EAG standard と称される既知の各種脂肪族化合物と GC-EAG での挙動をくらべ、さらに必要に応じて質量スペクトルの測定やオゾン分解などの分解反応を行なって構造を推定する。そこでその構造式の物質を合成し、野外試験で効力を確認すれば終りである。彼は合成品の野外試験が終らなければ論文を書かないと強調していた。ちなみに、彼は有

機合成の House のもとで MIT で post-doc をやった化学者である。9 の合成はいくつかの方法で行なわれているが、筆者の方法は、容易に入手できるソルビン酸 (C_6) とヘキサメチレングリコール (C_6) から出発して、分子 (C_{12}) を Grignard カップリング反応でつくりあげるのが特徴である⁽⁴⁾。最終目的物 9 は結晶であるので容易に精製できた。

ワタアカミムシのフェロモン

ワタアカミムシ (pink bollworm moth, *Pectinophora gossypiella*) は、アメリカの棉作の害虫として知られ、そのメスの出すフェロモンは 1966 年にアメリカ農務省の Jacobson らによって研究された。彼らは構造 10 を与えて propylure と命名し、合成品も生物活性を示したと称した。その後、たぐみな合成が世界各国で発表されたが、バイエル社の Eiter の合成品が生物活性を示さなかったことから、この研究の誤まりがわかってきた。1973 年にカリフォルニア大学の Shorey と、シラキューズのニューヨーク州立大の Silverstein とは、真のフェロモンが 11 と 12 の約 1 : 1 の混合物であることをつき

とめて gossypure と命名した。筆者らは、Grignard カップリング反応を鍵の反応として 13, 14 をそれぞれ合成し、11, 12 に簡単に導くことができた⁽⁵⁾。

これらの簡単な合成では、ありふれた原料から容易に行なえる方法で、短い工程でフェロモンを得ようというのが骨子であって、昆虫生理活性物質を実用化するためには、この種の仕事も決して軽視できない。なお、codling moth のフェロモン 9 はアメリカではすでに実用に供されている。すなわち、このフェロモンを入れた捕虫箱をリンゴ園のあちこちに置き、つかまる虫の数をかぞえて害虫の発生状況を知り、必要量の農薬散布を行なう。こうすることにより、不必要に多量の農薬を使わないですむというのである。

5. 構造・活性相関を知るための合成

「ものをつくる」という合成の役割が最もよく生かされるのは、この種の研究においてである。すなわち、合成により天然には存在していない類縁体をつくり、その生理活性をしらべることによって、構造・活性相関についてより深く知ることができる。ここでは、幼若ホルモンの構造・活性相関の研究と、昆虫フェロモンの絶対立体配置と生物活性との関係の研究に限って述べてみたい。

幼若ホルモンの構造・活性相関の研究とその養蚕業への応用

セクロピア蛾の C_{18} -幼若ホルモン (3) の最初の合成が、1967 年にウィスコンシン大学で当時若冠 26 才の Trost によって行なわれて以来、世界各所でこの物質の合成、とくに立体選択的の合成が競われた⁽¹⁾。他方、幼若ホルモンを投与すると昆虫の成虫化が妨げられるので、それを新しい農薬として利用することが考えられ、いろいろな誘導体・類縁体の合成が行なわれた。なかでも特筆すべきは、アメリカのゾーエコン社の Siddall らの仕事である。Siddall もまた 20 代で ecdysone の合成を行なった

Prof. B.M. Trost (日光にて)

Dr. J.B. Siddall (ゾーエコン社で)

秀才であるが、彼らは **15** のような類縁体がボウフラの防除に大変有効であることを見いだした。このものが人畜無害であることも立証され、すでにパイロットプラントで数百 kg の製品がつくられ、環境保護庁 (EPA) の許可がおりたので大規模な野外試験を行なうとのことであった。幼若ホルモン系の物質は空気中で光酸化されやすく農薬としては少し不安定であったり、在来農薬よりはコスト高だったりして開発研究から手を引く会社があるが、「他がやめればわれわれが独走するチャンスだ」と強い自信をもって開発を続行している Djerassi 社長や Siddall らの姿には感心した。

さて、筆者も当初、害虫防除への利用を念頭において幼若ホルモンの類縁体の合成研究を開始し、農業害虫に対する効果は理研昆虫薬理 (福永研) の深見・満井両博士が、衛生害虫に対する効果は予研衛生昆虫 (朝比奈研) の大滝博士が研究する、という形で仕事をすすめた。幼

若ホルモンのエポキシ環を他のものでおきかえることは Siddall らによって、またエステル部分を他のものでおきかえることは Bowers らによって主に行なわれたが、筆者はアルキル基をいろいろと変化させたら活性がどう変化するかを系統的にしらべることとし、主として下に示した径路によって 40 種ほどの類縁体 **16**, **17** を合成した⁽⁶⁾。

農業害虫や衛生害虫の防除に用いるという当初の目的にはまだ到達していないが、生理活性と構造との関係について知見を得るとともに、まったく別の方向で幼若ホルモンの実用化を完成するにいたった。当初、生理活性の一次検定は満井博士によるチャイロコメノゴミムシダマシ (*Tenebrio molitor*) を用いる方法で行ない、**16**, **17** の末端アルキル基 (R と R') は活性の発現に不可欠であり、R = メチル、R' = *n*-プロピルのものは天然の C₁₈-幼若ホルモン (**3**) より高活性であるというようなことがわかった。一方、大滝博士は四齢蚕のアラタ体を切除してから一定量の幼若ホルモン活性物質を投与した際、正常な五齢蚕となるか、それとも幼若ホルモン量が不足しているため蛹になってしまうかにより、幼若ホルモン活性を定量的に比較できることを見いだした。このことは、1970年にスイスで開かれた幼若ホルモンシンポジウムで筆者の講演に引用したが、日本固有の昆虫である蚕が活性検定に用いられうるようになった意味は大きい。

そのころから、筆者らのグループは蚕糸試験場の赤井博士、木口氏とも密接な共同研究を行なうようになった。赤井、木口、大滝らにより、筆者らの合成品の蚕に対する生物活性が測定された結果、**16**, **17** の C-3, 7, 11 位の

J. H 区

対 照 区

幼若ホルモン処理で大きくなったマユとサナギ (左)
右は対照区 (新村博士の御好意による)

アルキル基の種類と活性との関係は次のようで、やはり末端にアルキル基が2個あることが強い活性には必須のようであった。

(ただし $R'=Me$ の場合)

とくに興味深いことには、 $R=メチル$, $R'=n-ブチル$, $R''=メチル$, $R'''=メチル$ の **17** は、 C_{18} -幼若ホルモン **3** の立体異性体混合物の1,000倍もの生理活性を示した。

また、末端アルキル基が長くなると、エポキシ環のない **16** でも **17** と同様の活性を示すが、短いものでは **17** のほうが **16** よりはるかに強力である。

さて、幼若ホルモン類を五齢蚕に投与すると摂食期が一日ほど延長され、その結果大きい蚕となり、したがってつくるマユも大きくなって30%ほど絹を増収できることが赤井らによって報告され、本誌にも紹介されたのは1971年のことである⁽⁷⁾。これによって、合成幼若ホルモン類縁体を養蚕業に利用する可能性がひらけたわけで、筆者らの合成品を用いての実用化試験が中央蚕研の新村博士、青森氏らによって精力的に行なわれた。すなわち、五齢三日目の蚕に一頭あたり0.5~1.0 μg の幼若ホルモン類縁体を経口投与すると、20~30%の絹の増収がみられる。合成幼若ホルモンをまぜた桑や人工飼料で蚕を飼うことは、今やほぼ確立された技術となっている⁽⁸⁾。

上に大きくなったマユを示した。筆者は、この技術によって得られた絹で織ったネクタイをコーネル大学のBowers博士に贈呈した。彼は、パーティーの席で会う人ごとに、どういうわけで彼の juvabione の研究が筆者の幼若ホルモン合成研究につながり、さらに絹ネクタイにつながったかを吹聴してくれた。筆者は、大滝、赤

井、新村の三博士らの基礎から応用にわたる広汎な研究に深い敬意を表する次第である。なお、合成幼若ホルモン類縁体による大型マユの形成は、1972年に東京大学の田村三郎教授ら⁽⁹⁾によっても発表され世の注目を集めた。

フェロモンの絶対立体配置と生物活性との関係——その嗅覚理論に及ぼす影響

一般に、ステロイドホルモンなどの生理活性物質では、活性を有しているのは対掌体の一方だけであり、生体の受容器の不斉性と関係しているものとみなされている。たとえば、1966年に筆者が合成したカウレノール (**18**) のラセミ体はジベレリン様の植物ホルモン活性を示すが、矮性トウモロコシに対する伸長促進作用は天然の光学活性体の1/2にすぎない。さて、嗅覚により知覚される昆虫フェロモンでも、これと同様に対掌体の一方のみが生物活性を示すのか、それとも両方とも活性を示すのかは興味深い問題である。人間に対するにおい物質では、光学活性体のにおいては本質的に差がなく、微量に混入している不純物のために、においが違うのだと長い間考えられていた。

なぜにおいを感じるのか、という大問題についての学説は二大別される。ひとつは主としてカナダのWrightによってとなえられている振動説で、においの質はにおい分子の遠赤外吸収と関係があり、におい分子の遠赤外領域での振動と、受容器の嗅色素の分子の振動との共鳴によってにおい感覚がひきおこされるというものである。もうひとつはアメリカのAmooreによる立体化学説で、受容器の穴とぴったりはまる形をもった分子がにおい感覚をひきおこし、受容器の穴にはいろいろな形のものがあからいろいろなにおいがあるのだ、というものである⁽¹⁰⁾。振動説によれば、におい分子が不斉であるとき二つの対掌体はどちらも同じにおいを示す。なぜならば、遠赤外吸収は両者で同一だからである。ところが、立体化学説にしたがえば、対掌体どうしは同じ形ではないのだから、一方だけがにおいをもっていたり両者でにおいが違ったりするはずである。これはちょうど左手に右手用の高級手袋をはめることができないのと似ている(軍手なら話は別である)。

最近、人間に対するにおい物質で重要な発見がなされた。アメリカのFriedmanとRussellは、独立にcarvoneの(+)-体と(-)-体とを疑問の余地なく純粋な形

で得、そのにおいをしらべたところ、R-(+)-体はハッカ臭、S-(-)-体はヒメウイキョウ (caraway) 臭と、違ったにおいを示すことがわかったのである⁽¹¹⁾。これは立体化学説に有利な事実であるといわねばならない。

さて、人間にとって carvone は (+)-体と (-)-体とでは違いは違いますが、どちらもにおった。昆虫フェロモンではどうであろうか。フェロモンを知覚することは昆虫の生存にとって必須であって、においを間違えたら種の保存はできない。人間では、carvone のにおいをかごうがかぐまいが生存には関係ない。とすれば、昆虫のフェロモン受容器は人間の嗅覚器よりはるかに特異的にできているに違いない。それならば、もしも立体化学説が正しいければ、不斉性の大きいフェロモンでは対掌体のうち一方だけしか活性を示さないはずである。このことを証明するには、不斉性の大きい光学活性フェロモンをえらび、100% 光学的に純粋な (+)-体と (-)-体とを合成すればよい。

そこで筆者は、不斉炭素原子を有するフェロモンの中でも、rigid な双環性分子内アセタール構造を有し、分子の不斉性が大である *exo*-brevicomin (19 または 19') を目標にえらび、その光学活性体二種を光学的に純粋でかつ絶対立体配置既知な形で合成し、光学異性と生物活

性との関係を明白にすることを計画した。*exo*-Brevicomin は、北米西部の ponderosa pine を食害するキクイムシの一種 western pine beetle (*Dendroctonus brevicomis*) のメスが、木材に食入して排出する木屑 1.6kg から 1.5mg 得られたフェロモンで、多数の成虫を誘引する。その構造は Silverstein, Wood らにより、*exo*-7-エチル-5-メチル-6,8-ジオキサビシクロ [3.2.1] オクタン (19 または 19') と決定されたが、絶対立体配置は不明であった。このもののラセミ体の合成は、すでに Silverstein (1969 年), Wasserman (1969 年), Mundy (1971, 1973 年) によってなされているが、これらの方法で光学活性体を得ることはできない。筆者は絶対立体配置が確定している酒石酸から出発して、上に示した径路によって立体選択的に D-(-)-酒石酸からは (R,R)-(+)-*exo*-brevicomin (19) を、また L-(+)-酒石酸からは (S,S)-(-)-*exo*-brevicomin (19') を得ることに成功した⁽¹²⁾。かなり長い工程であるが、とにかく光学的に純粋なフェロモンを得たわけである。

合成品の生物試験は、バークレイのカリフォルニア大学の Wood 博士, Browne 氏らにより、western pine beetle を供試昆虫として行なわれた。まず、室内試験が行なわれ、ついで野外試験が 1974 年 6 月 25 日から 7 月

メスの Western pine beetle が Ponderosa pine の篩管組織にほったトンネル (Wood 教授の御好意による)

3日まで、カリフォルニアのバス湖周辺で行なわれた。筆者は、6月にパークレイで室内試験をみせてもらう機会を得た。結論として、(R,R)-(+)-体 (19) のみがフェロモンとして有効であった。付言すれば、筆者の鼻では 19 も 19' もまったく同じハッカ様のおいを示し、区別はつかなかった。Western pine beetle に被害されて無数のトンネルがほられている木材を上を示した。

上述の結果は、この昆虫のフェロモン受容器が chiral であって (+)-exo-brevicomin (19) とのみ反応することを示し、におい物質が受容器の穴にはまってにおい感覚が生ずるという立体化学説を強く支持するものである。もっとも、受容器の穴にはまってから Wright のような振動の共鳴が起こるということも考えられるので、受容器の穴にはまるまでの過程を考えるときは立体化学説が正しいということになる。

このように、筆者の合成研究によってフェロモンの光学異性と生物活性との関係が明らかになった。なお、筆者らとはまったく独立に、名古屋大学の丸茂助教授らも光学活性なマイマイガフェロモン disparlure (5) をつくっておられる⁽¹³⁾し、アメリカの Silverstein らは、簡単なケトンであるアリの一種 *Atta texana* の警報フェロモ

ンの二種の光学活性体 (20 と 20') を合成し、(S)-(+)-体 (20) のほうが高い生物活性を示すことを最近報告した⁽¹⁴⁾。

不斉なフェロモンには、brevicomin や disparlure のほかに、frontalin (21) や ipsdienol (22), ipsenol (23), grandisol (24) など、いろいろなものがあるので、それらの光学活性体を合成して絶対立体配置と生物活性との関係をしらべることは、今後に残された課題である。

6. 学際領域としての昆虫研究

以上、いくつかの実例を通して、有機合成が昆虫研究にどのような貢献をなしうるかを考えてみた。ここで留意すべきは、例としてあげた合成はいずれも昆虫学者が片手間にやって昆虫学の雑誌に発表するという筋合いのものではなく、むしろ合成化学者でなければできないものばかりで、有機化学の雑誌にこそふさわしいという点である。また、逆に生物試験は、決して化学者の片手間にやれるようなものではなく、長年の蓄積や実験技術が必要とされるもので、大滝博士のアラタ体除去蚕による幼若ホルモンの検定などは好例である。つまり、昆虫学と有機合成とのそれぞれの専門家が、一つの目的のためにお互いのもっているものをすべて出し合うとき、学際領域としての昆虫研究は花開くわけである。

*

さて、この解説のなかに筆者は Bowers, Roelofs, Trost, Siddall の4人のアメリカの研究者の写真をかかげておいた。彼らはみな筆者 (1935 年生まれ) より若い。彼らの昆虫化学への大きな貢献は 20 代から始まっている。Trost は 24 歳で助教授、28 歳で正教授となっているし、Siddall は現在副社長である。このことは、新領域、とくに学際領域の開拓には、若い柔軟な頭脳が要求されていることを示す。新領域・学際領域は、何も昆虫化学に限らず、若い人々の学問への献身を待っている。

もう一つ、筆者が Bowers と Roelofs のいるニューヨーク州農業試験場 (コーネル大学) の昆虫学科を訪問して驚いたのは、昆虫学科であるのに化学科として通用する設備——IR, UV, MS, 100 MHz-NMR, 分取 GLC, LC と、あらゆる分析機器——をもって有効に使っているし、簡単な有機合成は自分でやっているという点である。これはおそらく、日米の制度の違いが影響しているの

はなかろうか、主専攻と副専攻を通し、昆虫学と有機化学の両方を学ぶことが可能な大学院教育と、有機合成を専攻したものが昆虫学教授になっても誰も不思議に思わない教授任用制度とが両者あいまって、学際領域にふさわしい研究体制がきずかれていた。

専門に徹するということと、広い学識をもつということとは二律背反であり、ここに学際研究のむつかしさがあ
る。どちらをとるかは一人一人の決断にかかっている。
この解説では、有機合成という専門に徹することが昆虫研究にどうつながったかを述べた次第である。

最後に、筆者の研究を御激励下さった東京大学農学部長松井正直先生に感謝するとともに、協力者として研究生・大学院生・学部学生生活を過ごされた多くの方々にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 森謙治：化学と生物，11，59 (1973)。
- 2) K.Mori & M.Matsui：Tetrahedron，24，3127(1968)。

- 3) K.Mori：Tetrahedron，30，3817 (1974)。
- 4) K.Mori：Tetrahedron，30，3807 (1974)。
- 5) K.Mori, M.Tominaga & M.Matsui：Agr. Biol. Chem., 38, 1511 (1974)。
- 6) K.Mori：Mitt.Schweiz.Entomol.Ges., 44, 17 (1971)；Tetrahedron，28，3757 (1972) とその引用文献。
- 7) 赤井弘：化学と生物，9,723(1971)；H.Akai, K.Kiguchi & K.Mori：Appl.Entomol.Zool., 6, 218 (1971)；赤井弘，木口憲爾，森謙治：蚕糸試験場報告，25，287(1973)。
- 8) M.Nihmura, S.Aomori, K.Mori & M.Matsui：Agr. Biol. Chem., 36, 889 (1972)。
- 9) C.F.Chang, S.Murakoshi & S.Tamura：Agr. Biol. Chem., 36, 692 (1972)；朝日新聞夕刊1972年2月23日。
- 10) 菊池俊英：“匂いの世界(みずず科学ライブラリー 32)”，みずず書房 (1972)；高木貞敬：嗅覚の話 (岩波新書 886)，岩波書店 (1974)；W. R. Roderick：J. Chem. Educ., 43, 510 (1966)。
- 11) G.F.Russell & J.I.Hills：Science，172，1043 (1971)；L.Friedman & J.G.Miller：Science，172，1044(1971)。
- 12) K.Mori：Tetrahedron，30，4223 (1974)。
- 13) 岩城茂，丸茂晋吾：昭和49年度農芸化学会大会講演要旨集，1974，p.321。
- 14) R.G.Riley, R.M.Silverstein & J.C.Moser：Science，183，760 (1974)。

<プロフィール>

赤 沢 義(Takashi Akazawa) Vol 12, No. 3, p.154 参照

大内 成志 (Seiji Ouchi) 昭和8年1月9日生<略歴>昭和32年京都大学大学院農林生物学科卒業/'60~'63年米国南伊利ノイ大学大学院微生物学科/'63~'70年 京都大学農学部植物病理学研究室助手/'70年 岡山大学農学部助教授，現在にいたる<研究テーマと抱負>植物細胞の病原体認識機構と受容性誘導の分子機序。医学教育を若干受けたので，Homeostasis から Parasitism への移行に興味をもっています

奥 八 郎 (Hachiro Oku) 昭和2年6月1日生<略歴>昭和28年京都大学農学部農林生物学科卒業/29年三共(株)高峰研究所入社/42年同農薬研究所主任研究員，生物研究第一室長/43年岡山大学農学部教授(植物病理)，現在にいたる<研究テーマと抱負>植物病原菌の宿主特異性の機構を，分子レベルで解明したいと思っています<趣味>絵画(油彩)，光陽会会員，評議員，審査員

菊池 俊英(Toshihide Kikuchi) 昭和6年12月11日生<略歴>昭和30年東北大学理学部生物学科卒業/以後，東北大学大学院理学研究科博士課程中退/33年同大学教養部勤務/48年同教授，現在に

いたる<研究テーマと抱負>ショウジョウバエの神経機能突然変異体による嗅覚，糖受容物質の分離・同定が現在の主要テーマ

佐藤八十八 (Yasohachi Satoh) 昭和14年12月22日生<略歴>38年埼玉大学文理学部生物学科卒業/以後，東京大学大学院博士課程(植物)中退，埼玉大学生化学科助手を経て，現在東京大学教養学部(生物)助手<研究テーマと抱負>教育の有様はどんなものだろうかと，私の小さなふし穴から覗いています<趣味>麻雀，囲碁，その他勝負事，大工仕事など

副島 正美(Masami Soejima) 大正15年3月17日生<略歴>昭和23年東京大学農学部農芸化学科卒業/24年同大学農学部大学院中退後，東北大学農学部助手(生物化学)，同助教授，茨城大学農学部助教授を経て，42年同教授(農産物利用学)/49年同大学農学部長<研究テーマと抱負>植物ならびに微生物プロテナーゼの作用機序，食品中の水の存在状態と性状，食品照射，蛋白質の定量法などにとくに興味をもつ。将来はできれば農産物の貯蔵法の研究を推進したい。また，農学および農業が日本で不当に扱われぬように切望する<趣味>囲碁，軟式テニス，ビンポ，作詩

高橋 秀夫 (Hideo Takahashi) 昭和16年12月26日生<略歴>昭和39年東京大学農学部農芸化学科卒業/44年同大学大学院農学系研究科博士課程修了/同年同大学応用微生物研究所助手，現在にいたる。この間45~48年イタリア遺伝・生物物理学研究所 (LIGB・CNR) 留学<研究テーマと抱負>ウイルスと宿主の拮抗現象，微生物の系統分類と進化，微生物・植物を用いた遺伝子工学<趣味>歴史，囲碁，ピアノ練習

高倍 鉄子(Tetsuko Takabe) Vol 11, No. 4, p.274 参照

徳田 廣(Hiroshi Tokuda) 昭和4年12月6日生<略歴>昭和29年東京大学農学部水産学科卒業/以後，一時出版社に勤務し，編集を担当したが，34年大学研究室に研究生として戻り，38年文部教官(助手)となり，現在にいたる。農学博士<研究テーマと抱負>水産海洋学(植物プランクトンの栄養生理および植物プランクトン相互間，植物・動物プランクトン相互間の分泌物質の影響)。石油による海洋汚染の生態系に及ぼす影響<趣味>バロックならびに古典派音楽

西村 幹夫(Mikio Nishimura) Vol 11, No. 6, p.412 参照