

BRAIN

Bio-oriented Technology Research Advancement Institution



表紙説明

イネいもち病の発生状況といもち病菌

中央：葉いもちが激しく発生して株が枯れている
(俗にスリコミいもちという)

左：分生孢子（無性世代）

右：子のう殻（有性世代、この中に子のう孢子
が形成される）

(写真提供, 八重樫博志氏)

本号の紙面

国内情報	1
農薬研究開発の現状と将来展望, 殺菌剤の 開発動向と展望, 殺虫剤の研究開発と 展望, 除草剤研究開発の現状, ダニ剤の 現状と問題点, コガネムシ類フェロモン 剤の開発現状	
地域の先端研究	24
サツマイモの優良種苗の育成利用	
文献情報	26
サリチル酸と植物の全身獲得抵抗, 試験 管内受精によるトウモロコシ作出, コム ギ未熟胚への遺伝子導入	
国際学会レポート	30
第6回国際植物病理学会議	

口 絵

国内情報

宮本純之

農薬研究開発の現状と将来展望…………… 1

橋本 章

最近の農業用殺菌剤の開発動向と将来展望…………… 6

下松明雄

殺虫剤の研究開発と将来の展望…………… 10

嶋崎 功

除草剤研究開発の現状について…………… 13

梶原 治

農業用ダニ防除剤の現状と問題点…………… 18

澤田正明

コガネムシ類におけるフェロモン剤開発の現状と展望…………… 21

地域の先端研究

市 和人

ウイルスフリー化によるサツマイモの優良種苗の育成と利用…………… 24

文献情報

サリチル酸は植物の全身獲得抵抗性の発現に必須である…………… 26

真の試験管内受精による初の試験管トウモロコシの誕生…………… 27

コムギ未熟胚への遺伝子導入により形質転換植物体を作成…………… 28

国際学会レポート

米山勝美

第6回国際植物病理学会議に参加して…………… 30

殺虫剤の研究開発と将来の展望 (本文 10 ページ)



トビイロウンカによるイネの被害
左半分：薬剤処理，右半分：無処理



チョウ目害虫によるキャベツの被害

除草剤研究開発の現状について(本文13ページ)



ワタ圃場におけるノアサガオおよびアメリカキンゴジカに対するpyrithiobac-Na(23)の除草効果
左：無処理区，右：処理区



合成フェロモントラップに飛来するオオクロコガネ

ウイルスフリー化によるサツマイモの優良種苗の育成と利用 (本文 24 ページ)



左：带状粗皮病， 右：茎頂培養株のいも
株のいも のいも



水耕栽培による無病種苗の増殖



サツマイモ带状粗皮病の病原ウイルス
サツマイモ斑紋モザイクウイルスの強毒系統
(宇杉富雄 原図)

国内情報

農薬研究開発の現状と将来展望

住友化学工業(株)
宮本純之

1. はじめに

地球上の人口が西暦2000年に65億に達することはよく知られているが、この人口増加を支えるべき耕地面積はほとんど増えず（したがって一人当たりの耕地は1975年の0.6ヘクタールから2000年には0.2ヘクタールへ減少する）、また開発途上国を中心に依然として5億を超える栄養不足の人々が存在するであろうことはそれほど知られていない。農薬は農業生産にとって必須の資材の一つであり、今日でもこれなしには高い農業生産性を維持することはできないが、今後とも全世界的な食糧不足を解消するためにその役割はますます増大すると考えられる。ここでは農薬の研究開発の現状を踏まえながら、その将来を展望してみたい。

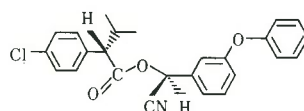
2. 農薬研究開発の現状

極めて単純化していえば現在の化学農薬の大量使用は1940年代初頭の DDT をもって嚆矢とする。第二次世界大戦中から戦後にかけて農業生産性向上や公衆衛生の改善に果たした DDT の貢献は今後も語り継がれるべきであろう。しかしながら、当時の科学技術とりわけ毒性・環境関連諸科学をもってしては今日 DDT の負の面として指弾されている環境での残留性や生態影響は知りうべくもなく、その意味で今日の持続的開発 (sustainable development) とよばれる全地球的環境

保全への動きを生み出す反面教師的役割を DDT で象徴される第二世代の農薬がになうことになったのはよく知られているとおりである。実際戦後半世紀に及ぶ農薬の研究開発の歴史は、環境安全性に関連する諸科学の進歩と相補いながら、DDT のもつ環境残留性や余りに多くの生物種に作用する特性を克服し、生分解性で種選択的な農薬を創製する多くの試みの連続であったとすることが出来る。このような歩みを以下に要約してみよう。

1) 効力の増大, 新しい標的部位の発見

過去半世紀の間に農薬の持つ基礎的効力の著しい増大が見られた。かつては1ヘクタール当たりの有効成分として1kg(DDT)~10kg(DNOC)を要していたものが、今日では同じく1g~10g(ある種のピレスロイド系殺虫剤やスルホニルウレア除草剤)でも有効なものも現れ、「グラム農薬」が研究開発の目標となりつつある。また構造によって2つ以上の異性体が存在する場合、もっとも有効なものを工業的に製造することが検討され、それによって単位面積あたりの施用量をさらに削減することが試みられるようになってきている。(たとえばラセミ体のフェンバレレートに対するエスフェンバレレートなど)さらにまた多くの農薬に関する作用特性、作用機構の研究が進められ、表1にその一例を示すように新しい作用機構をもつ幾多の新しい化



エスフェンバレレート(2S, α S体)
(ラセミ体に比し効力3.5~4倍, 薬害低下, 毒性面改善)

表1 いくつかの新しい農薬とその作用機構

化合物(群)	用途	作用機構
アゾール系	殺菌剤	エルゴステロール生合成阻害
アゾール系	植物生長調節剤	ジベレリン生合成阻害
グリホサート	除草剤	芳香族アミノ酸生合成阻害
トリアジン系, トリアジノン系	除草剤	光合成阻害
アシルアニリド系	殺菌剤	核酸生合成阻害
ピレスロイド	殺虫剤	Naチャンネル攪乱
アシルウレア系	昆虫生長調節剤	キチン生合成阻害
ニトログアニジン系	殺虫剤	ニコチン性アセチルコリンセプター結合
スルホニルウレア系	除草剤	アセト乳酸合成酵素阻害
イミダゾリノン系	除草剤	アセト乳酸合成酵素阻害
ジフェニルエーテル系	除草剤	プロトポルフィリン酸化酵素阻害
フェノキシプロピオン酸系	除草剤	アセチルCoAカルボキシラーゼ阻害

注：本表および表3はJ. Stetter ; Reg. Toxicol. Pharmacol. 17: 346 (1993) より引用

化合物が生みだされ、実用化されるに至っている。

2) 残留農薬のヒトへの安全性

一時に比較的大量の農薬を取り扱う製造業者や農業者における危害の防止策と共に、収穫農産物やこれに依存する畜産物の一般大衆に対する安全性確保は、農薬の使用における必須前提条件といふべきであろう。今日では各種の実験系(動物)を用いた急性毒性、慢性毒性、発癌性、発生毒性、変異原性、代謝などが詳細に検討され、次世代を含めた実験動物における長期摂取によっても悪影響の認められない量に十分な安全率(通常100倍もしくはそれ以上)を乗じてヒトにおける一日最大摂取許容量(acceptable daily intake, ADI)を求めのが我が国をも含めた多くの国々での一般的なやり方である。端的に言えば収穫物中の最大残留量とその食品の一日摂取量の積を適用作物すべてにわたって求め、これに(必要とあらば)水その他に由来する農薬の残留などを合算した総量がADIを下回るよう農薬の施用方法が定められている。しかしながら収穫農産物中の農薬は加工、調理等の過程で減少することもあって、実際の摂取量はADIの1%あるいはそれ以下であるのが普通であり、このような方式によって農薬のヒトへの安全量は十分に確保されている。

3) 環境挙動と生態影響

DDTの難分解性と魚介類、鳥類に対する悪影響の発現によって、すべての農薬がこのような環境汚染を引き起こすのではないかと懸念が未だに存在することも認めざるを得ないが、この半世紀の間に農薬の環境挙動と生態影響を明らかにする手段が次々と開発され、必要な規制が実施されるようになったのも事実である。今日では化合物の物性と環境挙動との関係も次第に明らかにされつつあり、このような知見が新規化合物の探索に当たって、また施用時の環境に及ぼす影響を極小化するのも利用されている。農薬が施用される際における環境条件は国によりまた季節により千差万別であり、したがって検討項目もそのような局所的条件によって異なってくるが、表2にはその一例としてもっとも詳細に定型化されている米国の例を参考までに示しておく。代謝/残留、環境挙動、生態毒性、作業安全、有用昆虫に対する影響等に関連して如何に多くの検討が必要かが明らかであろう。

このように農薬の研究開発を取り巻く状況は厳しい。そのため効力に優れ、毒性・環境面で安全に使用できる農薬に到達する確率は2万分の1、開発には10年近くを要すると見積もられている。そのような農薬を創製しつづけるためには、いうまでもなく多くの関連分野の専門家の緊密な協力が可能であるような体制が必要であり、R&Dコストは相当多

表2 農薬登録に必要な環境関連データ (米国)

代謝/残留	環境挙動	生態毒性
<u>代謝</u>	<u>分解</u>	<u>鳥類/哺乳動物</u>
作物代謝	加水分解	鳥類経口LD ₅₀
ヤギ代謝	光分解—水中	鳥類混餌LD ₅₀
ニワトリ代謝	光分解—土壌表面	野生哺乳動物毒性
<u>残留分析法</u>	光分解—空气中	鳥類繁殖性
作物—親化合物	好氣的土壌分解	野外試験
作物—代謝物	嫌氣的土壌分解	<u>水棲生物</u>
ミルク/肉—親化合物	好氣的水系分解	淡水魚LC ₅₀
ミルク/肉—代謝物	嫌氣的水系分解	ミジンコLC ₅₀
卵/家禽—親化合物	<u>移動性</u>	淡水/海水生物LC ₅₀
卵/家禽—代謝物	土壌リーチング	魚初期生育段階
土壌—親化合物	土壌吸着/脱着	ミジンコ生活環
土壌—代謝物	揮散—ラボ	魚生活環
<u>残留</u>	揮散—圃場	水棲生物濃縮
作物残留	<u>圃場での消失</u>	野外試験
ミルク/肉残留	土壌残留	有用昆虫
卵/家禽残留	土壌残留, 長期間	ミツバチLD ₅₀
作業者安全	地下水汚染モニタリング	ミツバチ残留毒性
茎葉残留	<u>濃縮</u>	受粉昆虫野外試験
土壌残留	後作物吸収—ラボ	
皮膚曝露	後作物吸収—圃場	
吸入曝露	魚濃縮	

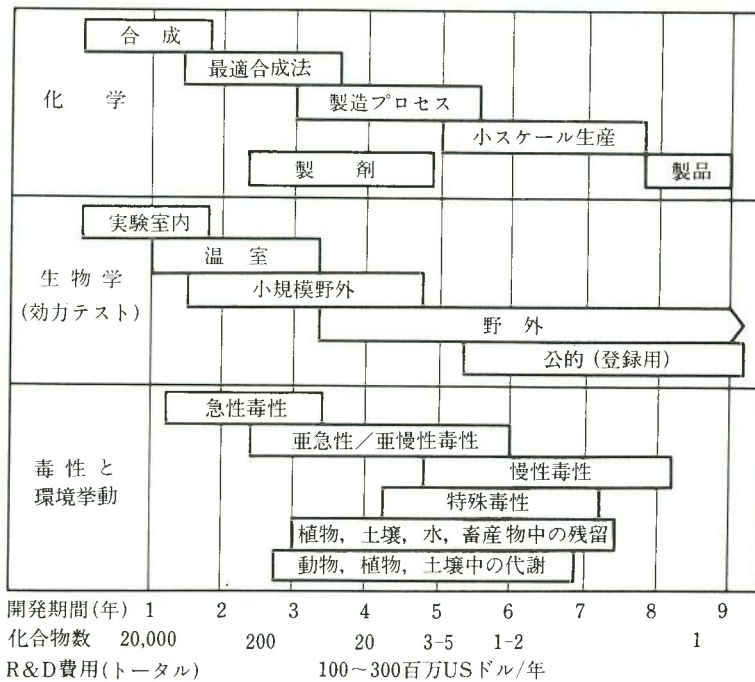


図1 農薬の研究開発過程

額にならざるを得ない (図1)。しかも本来農薬を使用して食糧増産を計るべき多くの開発途上国においてインフラの未整備と資金不足から十分な農薬の需要を当分は見込むこと

が出来ず、全世界的な農薬のマーケットは年間約2.5兆円程度にとどまらざるをえないことが研究開発をますます困難にしている。

3. 農薬研究開発の将来展望

以上に述べたように農薬は①自然環境下開放系で施用され、②多くの保護されるべき非標的生物が棲息しており、③しかも最終的にはヒトに安全でなければならぬといった多くの制約の下にあって、④標的生物のみを防除しなければならぬことが要請される。その困難さは表3に示したとおりであり、これをみてもプラス面を最大にし、マイナス面を最小にすることが至難であることが理解されるであろう。(表1に示した多くの新しい作用機構をもってしても、そのみではたとえば雑草/有用作物、ぼうふら/水生昆虫の選択性を確保することは困難である)まして最近米国EPAがいわゆる高リスクな農薬の市場からの排除を目指して導入しつつある safer pesticide policy (低リスク、低環境汚染性農薬の優先的審査)が軌道に乗るようになれば、仮に効果面でいかに優れていても環境安全性に欠ける場合、著しく開発の期間を要することになり、開発の妙味が失われることにもなりかねないであろう。

昨年7月に策定されたEC諸国の統一農薬登録制度もその狙いはほぼ同一である。このような状況下において、農薬の研究開発の将来展望は必ずしも明るいとはいえず、成功の確率もさらに低下する(5万分の1との観測もある)かもしれない。しかしながら現在の困難は上述したような厳しい条件に対応するための関連諸科学技術が立ち遅れていると考えられることも出来る。以下に今後の研究開発を切り開くべく、重点的に検討すべき点をいく

つか挙げておきたい。

1) リード構造の発見とその最適化

天然物であれ、既存の農薬(の部分構造)ないし一見全く関係ないように見える化合物であれ、新しい農薬の母核たりうる構造は無限にある。(天然物は依然としてそれ自身農薬になりうるほか、新しい農薬に対する示唆を与えることも多く、このような二重の意味で天然物化学の研究は重要である。)有機化学と生物学との緊密な協力、探索目的にふさわしい検出系の創製、研究者の serendipity などがえられたりリード構造最適化の成功の鍵を握ると考えられる。QSAR やレセプターアッセイは適切に用いれば有効な手段たりうるが、作用機構の研究や新しい標的部位の探索やその構造の解明のみに頼り過ぎることは避けるべきである。いわゆる biorational approach とは候補化合物の標的生物におけるトータルの動き一代謝変換と活性部位での作用一の解明に依拠しており、このような総合的検討によって新しい母核とその発展への手がかりが得られると期待される。

2) 生物間交信物質の解明と利用

この範疇に属するもので実用化されているものは、わずかに昆虫フェロモンが挙げられるにすぎないが、ファイトアレキシン、エリシター、アレロケミカル、毒素などを含む生物間交信関連物質の植物保護への利用をさらに進める必要がある。

3) 総合防除体系への適応と抵抗性対策

トータルなエコバランスの中で植物防疫の目的で農薬をいかに用いるべきかの検討は未だに不十分であることは否めない。時としてみられるいわゆる総合防除が農薬の使用を排

表3 農薬に必要とされる要素のプラス面とマイナス面

プラス面	必要とされる要素	マイナス面
環境へのインパクト小	← 高い活性	→ 選択性、毒性の面で問題
施用量削減	← 効果の持続	→ 残留の可能性増大
非標的生物保護	← 選択性大	→ マーケット狭小、経済性わるし
土壌、水、食品中の残留小	← 分解性大	→ 作用期間小、反覆施用
微生物による易分解	← 水溶性	→ 地下水汚染
地下水汚染小	← 土壌粒子への吸着	→ 微生物分解小、土壌中への蓄積

除するののかのごとき誤解はさておき、生物相全体の相関についての的確な把握なしには害虫のリサージェンスや薬剤耐性の獲得に対して有効な対策を講ずることはできないであろう。また植物病原菌や高等植物の抵抗性獲得メカニズムの解明は現在使用中の農薬の延命策の一環としてのみではなく、新しい化合物探索に有効に用いることが出来るであろう。

4) 新しい施用法へのアプローチ

作業安全、省力化、使いやすさ、環境汚染の防止などが新しい施用法の検討を促す要因となっているが、農業経営の変化に対応しつつ、よりすぐれた製剤施用法—とりわけ施用にあたっての環境への散失をミニマムにしたり、さらにはより直接的に標的作物へ導入する技術—の研究がなされなければならない。

5) より的確なリスクアセスメントと簡易代替法の利用

現在おこなわれている哺乳動物における毒性試験はヒトとの対応、高投与量から低投与量への外挿などの点でいくつもの問題点を含んでいる。それらを解決し、ヒトへの外挿がより容易になるごときリスクアセスメント手法の開発が今後必要であろう。たとえば、発癌性についても動物実験に用いられる MTD (最大耐量) は当該動物種においても余りに投与量が高すぎるため、極めて「不自然な」結果を招き、ましてヒトの場合にそのまま外挿することには問題が多い。またラット雄において $\alpha 2\text{U}$ グロブリンが関与する腎臓癌のごときはこのタンパクの存在しないヒトには無関係である。さらに多くの候補化合物の中からより安全なものを的確かつすみやかに選抜できる簡易試験法の確立が要望される。化合物の環境挙動と生態影響の解明についても物化性状との対応、より効果的(自然環境のミニチュアとしての)室内試験法の作出、各種試験の段階的実施のための指針確立などを通じて、効率化がはからなければならない。

6) リスクの社会的認容への努力

農薬は極めて強力な生理活性物質であって使い方を誤ればヒトや環境生物に対して危害を及ぼす可能性があるとはいえ、日常的にそ

の危険を目視することが出来ないためであろうか、多くの場合実態以上に極めて危険であると誤って認識されている。現実には他の多くのリスク因子と比較すれば(紙面の関係で詳細な論証は避けるが)、次のように農薬のリスクは小さい。

① ヒトの健康に対するリスク

農薬<マイコトキシン, 天然有毒成分
(各種の農作物中)

② 環境汚染

農薬<原油漏洩, SO_x , NO_x , 産業廃棄物

③ 野生生物に対する危険

農薬<酸性雨, 赤潮, ダム建設, 河川改修

今更いうまでもなく現代社会はかつては存在しなかった多くのリスクにあふれている。これらと農薬のリスクを同じ尺度で比較し、その大小を正確に社会全体が理解することが大切であり、そのような正しい認識に基づいて対応策を考える努力を怠ってはならない。

4. おわりに

現行の技術体系の集約としての農薬は、今後の生物学の進歩と共により斬新な植物保護手段にとって代わられるであろうが、予見する近未来(ほぼ2010年程度まで)においては化学農薬が植物保護分野において中心的役割を果たし続けると考えられる。(分子生物学的手段の導入によるトランスジェニックな植物の作出は今始まったばかりであり、その将来性についての見極めには未だ若干の時間を要する。)すでに述べたように幾つかの内在する問題点は克服され、今日の新しい農薬はかつての古い農薬とは全く様相を異にしている。これを更に洗練化し、全地球的規模において良質な食糧確保に役立てるためには、すべての関連分野の研究者の学際的努力が更に求められなければならない、また開発途上国への速やかかつ効果的な技術移転のためには、従来以上に多面的な国際協力が必要であろう。

国内情報

最近の農業用殺菌剤の開発動向と将来展望

日本曹達株式会社

橋本 章

1. はじめに

農作物の安定生産、品質向上・維持にはたす農薬の役割は大きい。世界の農作物の病虫害草害による損失量（1978年，FAO資料）は，その Potential Crop Yield に対し，米47.1%，トウモロコシ35.6%，小麦24.4%，サトウキビ54.0%，綿33.9%と報告されている。日本では1991年から2年間，延べ26か所の農業試験場等で農薬を使用しないで作物を栽培した場合の病虫害等の被害に関する実証試験が行われた。その結果，水稻27.5%，りんご97.0%，もも100%，キャベツ63.4%，きゅうり60.7%，ばれいしょ31.4%の減収（収量）があり，ことに永年作物の果樹では，その被害が翌年にも及ぶこと，当該園が病虫害の伝染源になること，また，これら被害が農家経済に及ぼす影響が深刻なものになることが指摘されている¹⁾。また，農薬による防除で，小麦や牧草等に発生する病害菌が産生するマイコトキシンによってもたらされる人畜毒性の被害を未然に防いでいる。

農作物の生産性（品質，収量）の向上にはたす農薬の役割は上述の例でも明らかであるが，本稿では，農薬，特に農業用殺菌剤（以下，単に殺菌剤と記す）の過去約30年間の開発動向とその社会的背景，現在多用されている新殺菌剤等とその問題点を概観し，さらに，殺菌剤開発の将来についてもふれてみたい。

2. 殺菌剤の開発動向と社会的背景

HASHIMOTO Sho

1960年代以前は，イネの種子消毒やいもち病防除に有機水銀剤が使用されていたが，抗生物質プラストサイジンS（1961），カスガマイシン（1964）が開発されると，いもち病防除に非水銀剤への転換が促進された。これら薬剤は処理された植物の内部に浸透し，さらに処理されていない部位にも移行して効果を発揮することから浸透性殺菌剤と称される。このような特性を持つ薬剤は防除効果が的確であり，処理時期も比較的幅広く取れることから，その有用性が認識され，1960年代の後半よりイネ用以外でも多くの浸透性殺菌剤が開発された。これらの中には麦類の裸黒穂病やキクの白さび病等に有効な oxathiin 系剤 carboxin, oxycarboxin (1966), 灰色かび病等に有効な dicarboximide 系剤 dichlozolin (1971), iprodione (1975), vinclozolin (1975), procymidone (1976), 各種うどんこ病に有効な hydroxypyrimidine 系剤 dimethirimol (1968), ethirimol (1969), また，イネいもち病に有効な有機リン剤 IBP (1965), edifenphos (1968) などが含まれる。さらに，広範囲の有効病害スペクトルを持つ benzimidazole 系剤 benomyl (1967), thiophanate-methyl (1970) も相次いで見いだされている。一方，1970年代初頭前後から農薬の環境に及ぼす影響や人畜・野生動物に対する安全性が世界的に重視される中で（日本では1971年に農薬取締法の大改正あり），新剤の開発にもこれらの点が考慮され，以下の3つの方向性が打ち出された。それは，①高活性化（低薬量化），②病原菌に特有な生体成分や生理機能にのみ作用，⑤従来から使用されている非選択的薬剤（大半がSH酵素活性阻害剤）の代替，である。

表1 代表的殺菌剤の実用濃度の変遷

年 代 (*)	薬 剤	ナシ、リンゴ 黒星病	野菜類、果樹等 うどんこ病
1960年代以前	ポリカーバメート	940-1500 (ppm)	- (ppm)
	キャプタン	800-1333	-
	イオウ	-	1300
1970年代以降	チオファネートメチル	467-700	350-700
	ベノミル	167-250	-
1980年代 中期以降	トリアジメフォン	-	25-100
	トリフルミゾール	100-150	60-100
1990年代以降	ピリフェノックス	33-50	25-50
	ヘキサコナゾール	10-20	10-20

*日本国内農薬登録取得年

これら3つは必ずしも独立したものではなく、相互に関連しながら新剤開発が進行した。

①は、現在その考え方が定着しつつあるLISA (Low Input Sustainable Agriculture) の観点から、その1つの方策として、有効成分の高活性化、換言すれば低薬量化の方向である。表1にリンゴ・ナシの黒星病と野菜類等のうどんこ病防除剤の実用濃度を比較したが、過去約30年間で飛躍的に高活性化が進み、防除に必要な散布回数の減少も考慮すれば、投下される薬剤量が激減していると言える。

②は1970年代頃から病原菌自身と植物相互間に関係する各分野の研究成果が徐々に蓄積されてくるのに伴い、これらの成果が新殺菌剤の開発研究にも応用され、病原菌に特有な生体成分や生理機能にのみ作用し、他の生物(植物・動物)には作用しないことから毒性軽減が期待されるとするもので、その代表例がエルゴステロール生合成阻害剤 (EBI 剤) とメラニン生合成阻害剤である。前者は、糸状菌(および酵母)にのみ特有に存在し、主にその膜機能に関与している脂質エルゴステロールの生合成を阻害するもので、生合成経路の作用点の違いからDMI剤とその他剤に分けられる。DMI剤としては、triazole系剤 triadimefon (1973), propiconazole (1979), hexaconazole (1986), myclobutanil (1986), difenoconazole (1988), imidazole系剤 prochloraz (1977), triflumizole (1982), pefura-

zoate (1988), pyrimidine系剤 fenarimol (1975), piperazine系剤 triforine (1969), pyridine系剤 pyrifenox (1986)が、その他剤として morpholine系剤 fenpropimorph (1979)等がある。これら薬剤の開発は1960年代から研究に着手され、約30年経過した現在もなお旺盛に研究開発されているが、その主な理由は、いずれの薬剤も前述の3つの方向性に、各々が程度の差こそあれ、合致した優れた薬剤であるからである。EBI剤は現在、殺菌剤の中でも最も多用されている薬剤群の1つで、果樹、野菜、麦、花き、稲(種子消毒)など広範囲の作物に使用されている。後者のメラニン生合成阻害剤は、イネいもち病菌がイネ体に侵入する際に形成される特殊な器官の付着器が、侵入に必要な構造的強度を得るため(推定)、黒化(メラニン沈着)を起こすが、この菌体中で起こるメラニンの生合成過程を阻害するもので(他にも関連する阻害要因あり)、この中には tricyclazole (1976), pyroquilon (1979)等があり、いずれもイネいもち病防除剤である。

③の非選択的薬剤の代替では、SH酵素阻害殺菌剤は、生物種に共通なSH酵素を阻害することから、標的生物(ここでは病原菌)に対する殺菌性の他にも人畜毒性、魚毒性、植物に対する薬害が示されることが多く、また、実用濃度も高いことから、代替剤の開発が望まれていたものである。代替剤の代表例

は、灰色かび病防除剤として使用されていた anilazine, chlorothalonil, dichlofluanid から前述の dicarboxymide 系剤への代替と、疫・べと病防除剤として使用されていた di-thiocarbamate 系剤や chlorothalonil から metalaxyl (1977), oxadixyl (1983) 等 phenylamide 系剤への代替である。

3. 殺菌剤開発の問題点

新農薬の開発には、生物活性、安全性、コストの問題をクリアーして上市までに至る化合物の成功確率は15,000~20,000分の1、研究開発の期間は平均9年、経費は30~50億円（除く製造設備費）かかることされており、特許の有効期間も考慮すると企業にとって極めて投資リスクが大きい。また、開発に成功した薬剤でも、上市後短期間で耐性（抵抗性）が発達し、使用できなくなる場合がある。このことは長い目で見れば農薬の使用者（農家）だけでなく開発者（企業等）にとっても好ましいものではない。1例として、前述の bezimidazole 系剤の場合、上市後短期間で耐性菌が発生し、年を追うごとに世界各地で圃場に広範囲の作物/病原菌で高い比率で耐性菌が存在することが報告された。これら耐性菌は、当該薬剤の散布を中止しても、長期にわたり容易にその存在比率が低下しない。このような性質を持つ耐性菌に対し特異的に殺菌活性を示す、いわゆる負相関活性を示す殺菌剤 diethofencarb (1985) が開発され、benzimidazole 系剤との混合剤として上市されたが、その使用経過と共にこの種の混合剤にも耐性を示す菌（複合耐性菌）の存在が確認され、今後新たな問題を投げかけそうである。

4. 殺菌剤開発の将来展望

新殺菌剤の今後の開発の将来展望は、前述した社会的背景をふまえた開発の歴史や現状の問題と深く関連しており、以下の点に要約されよう。

①人畜や野生動物、環境に対して安全性が高いこと（生物による代謝産物や環境中での分解物も含めて）

②高活性であり、圃場に投下される total 薬量で低減化が出来ること

③持続的反复使用が可能なこと（耐性菌が出現しにくいこと等）

これら3つの条件を同時にクリアー出来る新規合成化合物の発見は極めて困難と思われるが、この内の一部の条件を満たす薬剤等に関し、最近一定の成果があげられた。

①の安全性の薬剤等の開発では、生物農薬（弱毒ウイルス、バクテリゼーション、非病原性拮抗菌など）および食品添加物として使用されている薬剤の農薬への応用で、大豆レシチンや重曹があげられる。他の方向性として、植物-病原菌間の反応を特異的に阻害し、当該薬剤が殺菌活性を殆ど示さないにも拘わらず、ポットや圃場で卓効を示すもので、動物等にはこの反応系が存在しないため毒性への危惧が回避できる可能性がある。このような薬剤は、1つは前述したメラニン生合成阻害剤であり、他は最近注目されている「病害抵抗性誘導剤」と言われるものである。イネいもち病防除剤として多用されている pro-benazole (1971) は、イネいもち病菌に対する抗菌力はごく弱い、散布されたイネ体中に本菌に対する防御機構が誘導される。本剤は上市されてから約20年経過しているが、耐性菌発生は報告はなく、このことと本剤の作用機作とは関係があるのかもしれない。よって、③の反复使用可能という点でも本剤は優れた薬剤であり、将来開発されるであろう新薬剤の1つのモデルとなりうる。最近 isonicotinic acid 系の薬剤（図1）が植物の病害抵抗性を誘導する効果があることが明らかにされた。CGA41396 は *in vitro* では活性を示

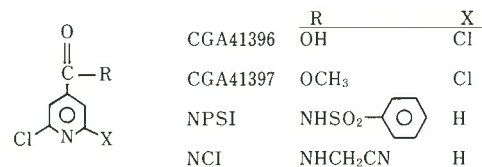


図1 病害抵抗性誘導剤

表2 SAR*と既存殺菌剤の特徴比較

	SAR	既存殺菌剤
• スペクトル	広い	mostly specific
• 活性維持期間	長期間 (> 1 か月)	短期間 (< 1 か月)
• 活性発現までの期間*1	や、遅い	ごく早い
• 病原菌が感受性を失う機会 (耐性菌出現)	低い (?) *2	高い (作用点がsingle) 又は低い (作用点がmultiple).
• 処理時期	予防的	予防的、治療的
• 作物への安全性(薬害)	(?) *3	標的作物には安全

Kessmann²⁾より引用
一部筆者改変

* Systemic Acquired Resistance

*1 筆者推定

*2 生物的な誘導処理によるSARの特徴

*3 現在まで得られたデータでは結論を出すには充分ではない

さないが、キュウリやタバコで広範囲の病原性糸状菌、細菌、ウイルスに対して全身的に病害抵抗性が誘導されるという。また、NP SI, NCI もイネいもち病菌に対する抗菌力は低いか認められないが、圃場では卓効を示し、後者はイネ白葉枯病防除活性も示し、イネに病害抵抗性を誘導していると示唆されている。CGA41396やCGA41397の病害抵抗性誘導は、植物に生物的な誘導処理(前接種等)を行った場合と同様なパターンで発現するが、このように誘導された全身的獲得抵抗性(SAR: Systemic Acquired Resistance)と既存の殺菌剤の特徴を比較すると(表2)²⁾、SARはスペクトルが広いこと、活性の維持期間(残効性)が長いこと、耐性菌出現のおそれが低いことなど、優れた特徴を持っており、近い将来こうした性質を持った実用性のある新薬剤が開発されるであろう。

②の低薬量化(高活性化)は安全性とリンクして意味がある。低薬量化は薬剤の開発者にとって必須の課題である。前述のように、過去約30年間に殺菌剤の実用散布濃度は約1/50~1/100にまで低下し、現在は10~20ppmの段階に到達している。他方、薬剤を作用点に効率よく到達させる技術があれば、実用濃度を現在よりも下げることが出来ることから、例えば製剤化技術や散布方法の技術開発も今後は重要課題となろう。

③の持続的、反復使用が可能な薬剤(耐性菌や薬害の発生しにくい薬剤)の開発は将来

の重要課題であるが、ある薬剤が反復使用によって耐性菌が発生し易いものかどうかを予見する技術は今のところ確立されていない。前述のSARの他に、病原菌に対して多作用点を持つ薬剤が理論的には耐性菌出現のおそれが少ないと考えられるが、殺菌スペクトルが極めて広いということが1つの指標ともなる。最近、acrylate系のICIA5504(1992)およびその類縁化合物BAS490F(1992)、SSF-126(1993)が開発されつつあるが、これら薬剤は概して広い有効スペクトルを持ち、そのスペクトルが類縁関係の遠い菌にまで及ぶこと、既存の殺菌剤耐性菌にも有効であることから新しい作用メカニズムを持つものと思われるが(BAS490Fは呼吸阻害剤)、本系剤自身の耐性菌の発生の難易についての知見はまだない。

文 献

- 1) 梶原敏宏(1993)「農薬を使用しないで栽培した場合の病害虫の被害に関する調査報告」(社)日本植物防疫協会(東京)
- 2) Kessmann, H., Staub, T., Hofmann, C., Goy, Ahl. P., Ward, E., Uknes, S. and Ryals, J.(1993)第10回農薬学会生物活性研究会シンポジウム(講要), 23-37

本稿の概要は1993年9月29日に東京で行われた第8回報農会シンポジウムで講演した内容を加筆修正したもので、引用文献は紙幅の関係から大半割愛した。シンポジウム講演要旨を参照されたい。

殺虫剤の研究開発と将来の展望

日本バイエルアグロケム(株) 開発企画部

下松明雄

1. はじめに

現在、地球上で発見された昆虫の種類は約180万種、全生物種の約7割を占めており、最も繁栄した生物群は昆虫といえる。その生命力、繁殖力は極めて旺盛で、もし孵化した幼虫が成長の途中で死ぬことなく、全部成虫に育ち、更に産卵してそれが成虫になるとすれば、数か月のうちに地表は昆虫で覆いつくされるであろう。人類とは異なる無脊椎動物に属し、その中で最も進化した種類であり、高度に発達した多様な生態や行動には驚かされる。海以外のどのような場所からも発見され、また他の生物の生存に極めて重要な関係をもっている種類もある。このような昆虫類が棲息している地球を虫の惑星と称しても不思議ではない。

昆虫と人類の係り合いは、人間を加害する衛生害虫があり、農業が始まってからは農作物害虫、さらに養蚕、養蜂、ラックカイガラムシから塗料としてラッカー、近年では花粉の媒介、天敵の利用、新たな昆虫産業などが挙げられる。現在、昆虫を利用している産業の売上は約1兆円、害虫防除剤は1.5兆円の産業といわれているが、近き将来に2倍以上になると予測されている。

最近では、化学肥料、農薬あるいは殺虫剤に対する一般市民の評価は、先進国では、かならずしも良いとはいえない。戦後、世論の賞讃を浴び、ノーベル賞受賞に輝いた殺虫剤 DDT は現在その価値を全く失っている。殺

虫剤はすべて人畜に対する毒性が高く、その使用は危険で且つ罪悪であるかのようなマスコミで作られた世論は全く誤りであり、人類が虫の惑星に住んでいることを忘れ去ったことから起きたものといえる。昆虫の媒介する各種の疾病を殺虫剤で克服した人類は、21世紀にむかって人口の増加と食糧不足を心配している。増産のための新たな農地も残されていない現状では、特に殺虫剤の農薬としての使用は食糧問題の解決のために現在より更に重要な役割を果たすことになる。

2. 農業用殺虫剤の使用の現状と将来

日本では、農業用殺虫剤は有効に、また効率的に使用されており、表面的には害虫防除に余り問題がないように思われている。しかし、最近のグローバルゼーションから派生して、研究開発の対象あるいは考慮となる問題点はいくつかある。

a) 国際市場での問題

農業用殺虫剤の使用金額は米国、EC7 各国、極東はほぼ同額で全体の50%、約5,000億円になる。一般に、温帯より熱帯地方で殺虫剤はより重要な農業生産資材になっているが、熱帯の国々では貧困のために、肥料や農薬の購入が十分できないのが現状である。特に人口の爆発的増加が予想される東南アジア地域での米の増産は国の政策であり、経済的に使用が可能で、安全性のよりすぐれた水稲用殺虫剤の要望は年毎に高まっている。

現在、世界各国で使用されている殺虫剤は、国によって多少異なっている。特に日本では表1に示すように、急性経口毒性の強さ

KUDAMATSU Akio

表1 重要作物に使用されている主要殺虫剤

作物	作付面積(百万ha) 売上金額(億 円)	主要殺虫剤
果物、野菜 (ぶどうを含む)	— 2,418	メタシトックス*, カルバリル, メソミル, ジメトエート, メチルパラチオン*, マシンオイル, ビレスロイド剤
とうもろこし	131 638	ダイホネート*, カウンター*, カルボフラン*, サイメット*, ビレスロイド剤
大豆	55 227	クロルピリホス, メソミル, カルバリル, オルトラン, ビレスロイド剤
米	146 1,397	ダイアジノン, EPN, エンドスルファン フェニトロチオン, パダン, マラチオン
棉	34 2,079	ビレスロイド剤, パラチオン*, モノクロトホス, ホサロン, DDT*, アルジカルブ*
麦類	416 341	ホスタチオン*, サイメット*, ピリミカルブ, エンドスルファン, ジメトエート, ビレスロイド剤
てんさい	85 314	サイメット*, アルジカルブ*, カウンター*, クロルピリホス, ビレスロイド剤

*日本では登録不可

ウッドマッケンジー (1992)

で農薬登録を制限してきたので、米国のように経済的効果と危険性のバランスで登録可否を決めてきた国とは可成り異なっている。日本は食糧の最大の輸入国であるから、自国で生産された農産物を無農薬栽培農家から購入しても、他国で使用された農薬の作物残留から免れることはできない。当然、日本からの輸出農産物の残留も輸出先では問題になっている。したがって、農産物の自由化に伴ってこのような安全性について各国間のコンセンサスが必要になる。日本で発明された殺虫剤も、国際的な市場での開発は表1の主要薬剤との競争力が十分あることが条件となる。

b) 害虫の国際化と抵抗性の発達

農産物の流通が各国間で活発になると、新害虫の侵入の機会も増加する。世界中どこでも見られる害虫もいるが、ある地域のみ棲息している害虫も存在する。新しい地域に侵入した害虫は環境に恵まれると、その分布を拡大しながら重要害虫になる例もあり、これを潜在的市場として考慮することができる。

薬剤を繰返し使用すると世代交代の早い昆虫類では比較的早い時期に抵抗性系統が出現する。現在、抵抗性が記録されている害虫は

世界中で500種、農業害虫では300種といわれている。強度に発達した抵抗性のために市販薬剤で防除が困難な害虫は現在20~30種程度であり、将来は更に増加することが予想される。抵抗性害虫の防除対策には新しい作用機作をもち天敵等に安全な選択性殺虫剤の開発が望まれている。

3. 新規殺虫剤の探索研究

最近、世界的な農薬の研究開発に必要な費用は、新化合物の合成、原体の製造法、製剤などの化学的研究に30億、安全性の検査(毒性、残留、代謝)、環境アセスメント等に40億、生物評価、開発、登録、普及に30億といわれている。また有効な化合物の発見から市販までは8年ないし10年、市販までに到達した化合物は2万5千化合物に1つの割合が常識となっている。このような状況の中で新規薬剤の研究開発のあらゆる分野で、経費の削減、開発期間の短縮、研究開発の効率化が進められている。企業にとって、新製品の探索研究は経営戦略の重要な課題である。あらゆる情報をもとに将来の市場性を予測し、研究

開発費の投資の対象に十分なり得る目標を設定し研究を始める必要があるといえる。

a) 新規化合物の合成

新規殺虫剤の発明の過程では、通常、新しい化学反応の発見や新しい中間体、原料等を利用して新化合物を合成し、生物効力試験を実施する。ある程度の生物活性を示す化合物が見出されるとその類縁化合物を組織的に合成し、より活性の強い化合物の発見に努める。最近では、この方法では発見の確率が非常に低く、より効率的な探索研究の方法が検討されている。

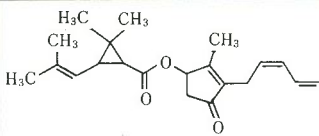
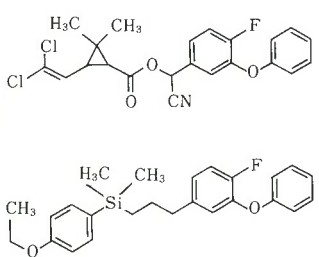
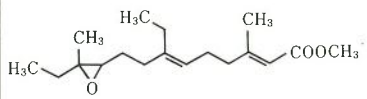
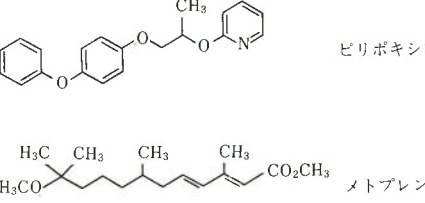
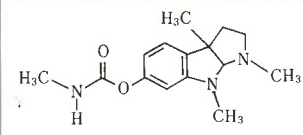
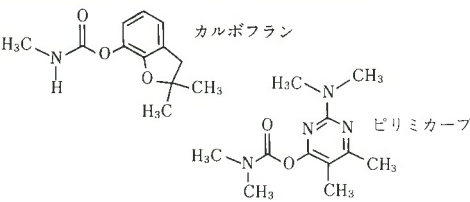
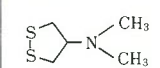
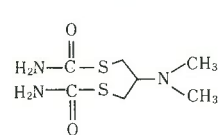
まず、天然の毒物や殺虫成分の化学構造式を参考にしてリード化合物を合成し、更に種々の誘導体を合成して新規殺虫剤を発見した例は表2に示したとおりである。かなり多くの成功例が知られている。また、DDTなどの

塩素系殺虫剤や有機燐剤の発見以後、世界中の化学工業会社で合成殺虫剤の研究開発が盛んにおこなわれ、特許の出願数は膨大なものになっている。これらの特許中に記載されている生物活性に関する実施例は貴重な情報源となっている。この情報を基にして種々の類縁化合物を合成し、さらに高活性の化合物の探索に発展させる方法は現在でも極めて効果的である。成功の確率を一層高めるために、生化学的な研究による作用機構の解明やコンピュータ解析による定量的構造活性相関の手法が採用されており、また最適化学構造式の探索に活用されている。

b) 生物スクリーニング

新規殺虫剤の研究開発には、目的とする化合物を選別する殺虫効力試験は非常に重要な

表2 天然物由来の合成殺虫剤

天 然 物	合 成 化 合 物
 <p>ピレトリン I</p>	 <p>シフルトリン シラノフェン</p>
 <p>幼若ホルモン</p>	 <p>ピリポキシフェン メトプレン</p>
 <p>フィズスチグミン</p>	 <p>カルボフラン ピリミカーブ</p>
 <p>ネライストキシン</p>	 <p>カルタップ</p>

キー・ポイントである。独創的な試験法や調査法から意外な結果が得られ、それが重要なリード化合物となって新規殺虫剤が発見されることがある。また、試験結果の調査だけでなく、試験中でも薬剤に対し生物が示す反応を見過ごさない観察力が必要である。

c) 殺虫剤の評価

新規殺虫剤の開発を進める際に、種々の試験とその結果の評価が必要となる。この評価基準は社会的な要請と密接な関係がある。

まずはスクリーニング試験による化学構造式と効力、圃場での効果、殺虫スペクトラム、作用機構、交差抵抗性などの項目についての科学的評価、一方、農薬の環境に及ぼす影響や人畜野生動物に対する安全性が国際的に重要視されている背景から、動物に対する毒性、作物土壌中の残留、動植物中の代謝、分解などの技術的評価、消費者に受け入れられ、また企業の利益が確保されるための、防除費、製造費、作物に対する安全性、作物の収量と品質などの経済的評価が挙げられる。開発を推進するためには各項目について、平行して

正しく評価することが重要である。

4. おわりに

先進国で食糧の供給が過剰である現状では増産のための殺虫剤などは不必要と思われるかもしれない。しかし、これは全くの誤解であり、今日でも世界全体でみれば収穫可能な食糧の30%は害虫、病気、雑草によって失われている。農業に適した土地はほとんど開墾されており、今後予測される人口の増加を考えると、農薬特に殺虫剤がなければ食糧事情は破滅的になると考えられる。

近年、著しい進歩を遂げたバイオテクノロジーは植物防疫にも新しい方向をもたらすものと期待されている。害虫および害虫が媒介するウイルスに対する植物自身の防御のメカニズムを改良するなど、抵抗性を強化することが可能になっている。遺伝子工学を活用して新品種を創成し、更に適切な新規殺虫剤を使用して環境に影響の少ない害虫管理が近き将来可能になることを筆者は確信している。

国内情報

除草剤研究開発の現状について

(株)ケイ・アイ研究所
嶋崎 功

1. はじめに

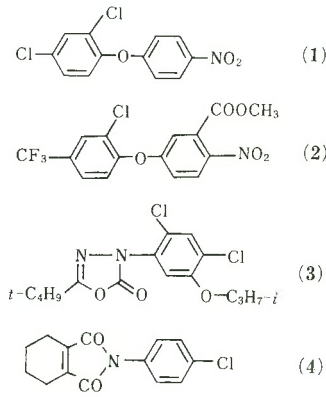
近代的な化学合成による除草剤が実用化されてから40年余りが経過した。2,4-Dを始めとする、いわゆる①ホルモン剤を端緒として、②呼吸阻害剤、③光合成阻害剤、④光要求型除草剤、⑤細胞分裂阻害剤、⑥脂質生合成阻害剤、⑦タンパク質生合成阻害剤、⑧アミノ酸生合成阻害剤など、作用的にも多様で、化

合物の構造の面でも雑多な剤が研究され、実用に供されてきた。

本稿では、最近特に研究が盛んな④と⑧の系統の新剤、それに、未だ作用機構が判明していないものの、その作用性や化学構造に特徴あるものについて概説する。

2. 光要求型除草剤

初期の例として、nitrofen(1), acifluolofen-methyl (2), oxadiazon (3), chlorophthalim (4) がある。これらは、暗所では殺草力はな



く、薬剤処理された植物を明所に置くことにより効力を発現することから、この名称が与えられた。最近フランスの Matringe ら¹⁾は、ダイズ細胞を用いた研究から、(2)がテトラピロール生合成系に作用して protoporphyrinogen oxidase (PPO) を阻害し、結果としてプロトポルフィリン IX (Proto) の異常蓄積をもたらし、光エネルギーを受けた Proto が、分子状酸素から一重項酸素のような活性酸素を生成させ、これが生体膜を破壊して植物を死に至らしめるという作用機構を発表した(図1)。現在、わが国でも松中(神戸大、現在関西大)、若林(玉川大)、吉田(理研)らや関係企業において、Proto の蓄積から植物の枯死に至る過程の詳細が研究されている。一方、(3)及び(4)のように全く構造の異なる化合物が(1)や(2)と同じ作用機構を有することも判明した。このような知見を背景にした

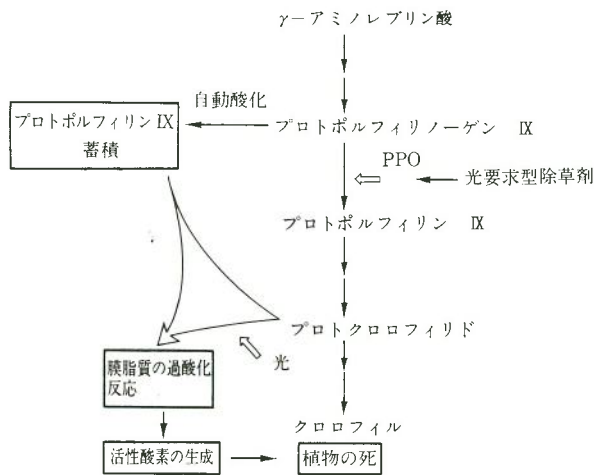
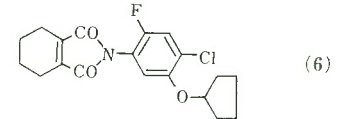
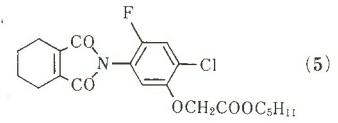


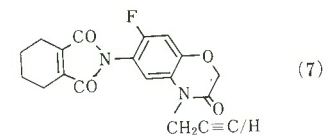
図1 光要求型除草剤の作用機構

(T. Masuda, H. Kouji and S. Matsunaka. *Pestic. Biochem. Physiol.* 36:106(1990)より改変)

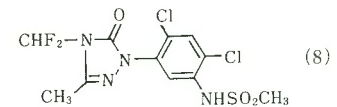
ドラッグデザインから誕生したと思われるのが、次に示す N-Phthalimide 系除草剤である。(3)におけるフェニル環 2-位の塩素原子をフッ素原子に代えることにより、大巾な活性の向上がみられた。flumiclorac-pentyl (5)はダイズ畑における茎葉処理広葉雑草防除



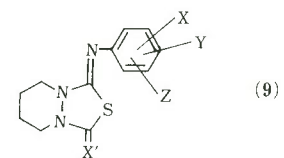
剤として一部の国で販売されている。その選択性の機構は、ダイズと雑草(イチビ)の PPO の感受性の差である。しかし、S-53482 (7)



のように、これらの剤は活性が高くなった反面、作物に対する薬害も大きくなる傾向にある。このことを踏まえてデザインされたであろうと思われるのが F-6285 (8)である。フェ



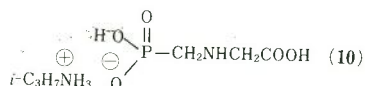
ニル環 2-位の置換基を塩素原子に戻し、(3)における含窒素複素環の変換を図ったものである。茎葉処理ではビートには薬害を示さないものの、ダイズでは成功していない模様で、ダイズ畑では土壌処理剤として開発されている。なお、これらの剤とやや化学構造を異にするものの、作用症状が(2)などと酷似した薬剤で、ダイズやトウモロコシ畑の茎葉処理広葉雑草防除剤として注目されているものがある。3-10g/ha (0.3-1mg/m²) の薬量で有効であるといわれている。おそらく、一般式(9)



で示されるイソウラゾール系化合物と推定される。この活性発現や選択性の機構についての発表が待たれる。

3. アミノ酸生成阻害剤

阻害の目標となるアミノ酸として、古くはヒスチジン、グルタミン、フェニルアラニン(Phe)があり、それぞれに阻害剤が見い出され、除草剤として使用されている。なかでもPhe 生合成阻害剤である glyphosate (10) は



重要で、果樹園の下草あるいは非農耕地の雑草防除用として広く世界中で使われている。

ここでは、さらに重要で、近年急速に進展した分枝アミノ酸生成阻害剤について紹介する。分枝アミノ酸であるバリン、ロイシン、イソロイシンは必須アミノ酸と呼ばれ、植物及び微生物の体内で生合成される。したがって、これらのアミノ酸は人間を含めた動物にはその生合成系がなく、必須アミノ酸の生合成系に特異的な阻害剤は人畜に対する安全性が高い可能性がある。

先陣を切って登場したのが米国デュポン社のスルホニルウレア系(SU)である。わが国では1979年に最初の特許が公開され、1984年には、chorosulfuron (11) が米国で認可された。この年には早くも、SU の作用機構は分枝アミノ酸生合成系の初期の反応を触媒する鍵酵素であるアセト乳酸生成酵素(ALS)の阻害であることが解明された(図2)。ひきつづき、構造的には異なるものの同じ作用機構を有するイミダゾリノン系(IM)、トリアゾロピリミジン系(TP)、ピリミジルサリチル酸系(PS)の除草剤が見い出された。

これらの剤の ALS に対する50%阻害濃度は ALS のソースによって若干異なるものの、おおむね 10^{-8} Mオーダーである。例えば、(11)では、エンドウ、コムギ、イネ、ダイズから調整された ALS に対しては21-32 nM、ワイルドオート、モーニンググローリー、タ

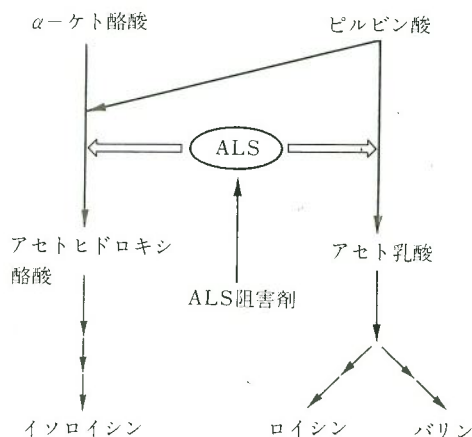
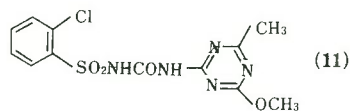


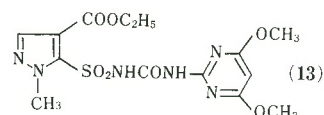
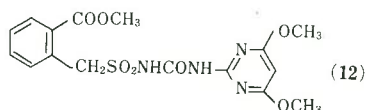
図2 ALS阻害剤の作用点

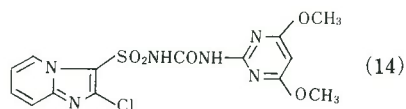
イヌビエのそれに対しては11-24 nM の値を示し、ALS は阻害剤に対して極めて高い感受性を有する酵素といえる。以上のことからALS 阻害型除草剤は、本質的には非選択的であるといえるが、作物と雑草間の選択性は、後述の如く、薬剤の生体内における代謝の差として説明することができる。

(1) SU 剤

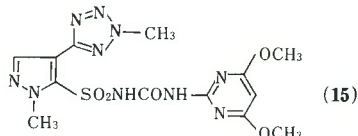
(11)が見い出されて以来、現在までに十数種のもが除草剤として実用化された。構造要件は基本的には、フェニル環のような親油性部、トリアジンやピリミジンのような含窒素複素芳香環およびこれらを結ぶスルホニルウレア基が必須で、スルホンアミド基(-SO₂NH-)の解離性プロトンの存在が重要である。フェニル環のほかピリジン環、ピラゾール環、チオフェン環を有する化合物も知られている。

わが国では、bensulfuron-methyl (12), pyrazosulfuron-ethyl(13), imazosulfuron(14)が水田の広葉雑草防除用として、ヒエに有効な剤(thiobencarb など)との混合剤として広く使用されている。



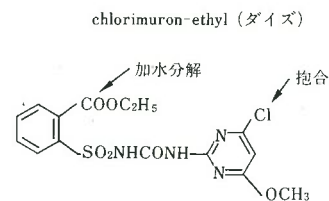
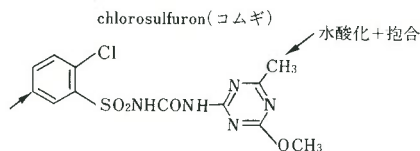


これらの実用施用量は20-90g/haである。現在、(12)を含む混合剤に加用するものとして azimsulfuron (15) の開発が進んでいる。



一方、近年畑作向けに開発されつつあるSU剤の例を表1に示す。難防除雑草であるジョンソングラス、エノコログサ、ヤエムグラ、オナモミ、イチビなど一年生及び多年生の禾本科あるいは広葉雑草に有効なものが多い。

なお、作物と雑草間の選択性は生体内での代謝の差によると述べたが、若干の例を示す。(17)や imazethapyr (18) はダイズの畑で、



(2) IM 剤

4 剤が商品化されている。imazapyr (16)

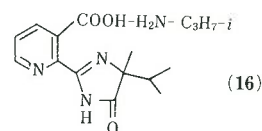
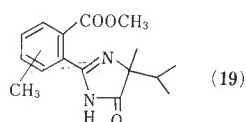
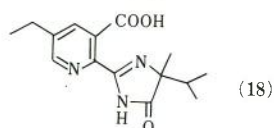
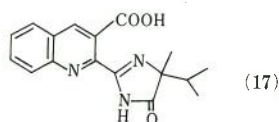


表1 最近開発されているスルホニルウレア系除草剤の例

名称	化学構造式	使用量 (g/ha)	適用作物	対象雑草
rimsulfuron		5-15 (茎葉処理)	トウモロコシ	ジョンソングラス、エノコログサ など
nicosulfuron		40-60 (茎葉処理)	トウモロコシ	イヌビエ、ジョンソングラス、エノコログサ、オナモミ など
triflusulfuron-methyl		15	ビート	ヤエムグラ、アオビユ、イヌホウズキ など
clopyrasulfuron		18-35 (茎葉処理) 70-90 (土壌処理)	トウモロコシ	オナモミ、イチビ、ハマスゲ など
NC-330		100-150 (茎葉処理)	冬小麦	ヤエムグラ、シロザ、ハコベ、エノコログサ など
CGA-152005		-	トウモロコシ	イチビ、オナモミ、シロザ、ヒエ、アサガオ類 など

imazamethabenz-methyl(19)はコムギやヒマワリ畑の茎葉ないしは土壌処理剤として使用されている。施薬量は、(16)、(17)及び(18)では60-200g/ha、(19)は400-600g/haである。

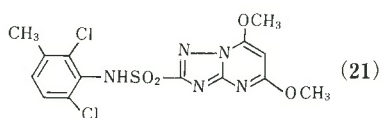
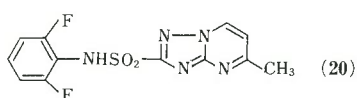


選択性の機構は、(17)ではダイズの生体内で、キノリン環とイミダゾリノン環の間が切断することによる。(18)は環の水酸化と抱合による。(19)はこの系統で唯一のエステルである。雑草に比べて作物では、エステルの加水分解能が低いために選択性を示すものと考えられている。

構造変換の許容範囲が狭く、近年、新剤の登場はみられない。

(3) TP 剤

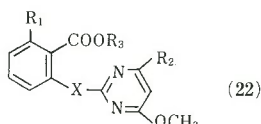
flumetsulan (20) と metosulam (21) が知られている。(20)は茎葉処理で広葉雑草に有効であるものの、禾本科には不活性である。コ



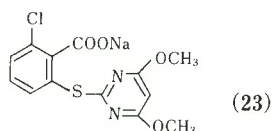
ムギ、オオムギ、ダイズには薬害を示さない。

(4) PS 剤

一般式(22)で示される化合物群の中から選ばれた化合物で、実用化に近いと思われるも



のに pyrithiobac-Na (23) がある。50-100g/ha の施用量でワタ畑におけるオナモミ、ノアサガオなど大型の広葉雑草の茎葉処理剤と

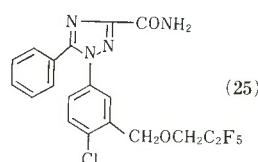
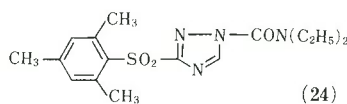


して有効である。複素環部はSU 剤の場合に似ているが、SU 剤に比べて展開の余地は小さいようである。選択性の機構は不明である。

以上紹介した ALS 阻害型防除剤 4 系統の化学構造上の共通点は、解離性のプロトンを有するグループ (SO₂NH, COOH) と含窒素複素環構造を持っていることである。しかしながら、複素環の構造そのものや、その構造における制約の程度の点で著しく異っている。ここでは、ひとくくりにして ALS 阻害剤として紹介したが、薬剤と酵素との反応のレベルでみるそれぞれに微妙なちがいがあろうようである。米山²⁾ や清水³⁾ の総説が大変役に立つものと思う。

4. その他の剤

注目されている剤の中から、CH-900 (24) と flupoxam (25) を挙げておきたい。作用機構は不明である。(24) は発芽後ある程度生育のすすんだヒエに有効である。SU 剤などと



の混合剤の形で、水田の土壌処理除草剤として検討されている。施用量は、300g/ha が見込まれている。(25) は北部ヨーロッパにおける冬コムギなどの土壌処理剤ないしは早期の茎葉処理剤として開発中である。重要雑草であるヤエムグラほかの一年生広葉雑草に対し 100-200g/ha の施用で有効である。本剤は、分裂組織における細胞分裂を阻害することが認められている。

5. おわりに

近年、除草剤の自然環境における挙動が注目されている。ことに、使用場面の多い土壌処理剤の、表面水は又は地下水汚染の防止のために厳しい規制がしかれている。このような状況を背景に、ますます施用量の低薬量化と茎葉処理剤の開発が進んでいる。しかし、今後とも農業の現場で要求されるのは土壌処理剤であることには変りない。人畜安全性のみでなく、環境にやさしいもののみが認可される時代となった。このような困難な課題に向って、関係者のさらなる挑戦に期待したい。

なお、植物生長調整剤、セーフナー (safe-ner: 除草剤の葉害を軽減。適用場面を広げるなどの効果) については紙面の都合で紹介できなかった。また、除草剤の発展の歴史については、近内⁴⁾の解説を参照いただきたい。

文 献

- 1) Matringe, M. and Scalla, R. (1987), *Proc. Brit. Crop Prot. Conf.*, B 9-1: 981
- 2) 米山弘一 (1992) 植物の化学調節, 27: 181
- 3) 清水力 (1993) 関東雑草研究会報, 4: 11
- 4) 近内誠登 (1993) 植物防疫, 47: 30

国内情報

農業用ダニ防除剤の現状と問題点

日本農薬(株) 研究本部 生物研究所
梶原 治

1. はじめに

現在世界で使用されている農薬は主として虫害・病害および雑草害から農作物を守ることによって食料増産を図る有用な資材として位置づけられている。これらは通常、殺虫剤・殺菌剤・除草剤という用語で分類されているが、その使用目的は虫・菌の殺滅ではなく、あくまでも農作物の保護にある。こういった観点からの新しい作用性を持つ農薬の研究開発も進んでおり、将来は「殺虫・殺菌」といった手段を示す呼称は不適当なものになるであろう。殺ダニ剤と呼ばれている農業用ダニ防除剤分野は殺虫剤の中に分類されているが、我々が一般に害虫と称しているものの大部分が昆虫(綱)に属しているのに対して、ダニは分類上全く別の蛛形綱に属している(図1)。そのために我々の目にはよく似た生物に見えても薬剤に対する反応には大きな違い

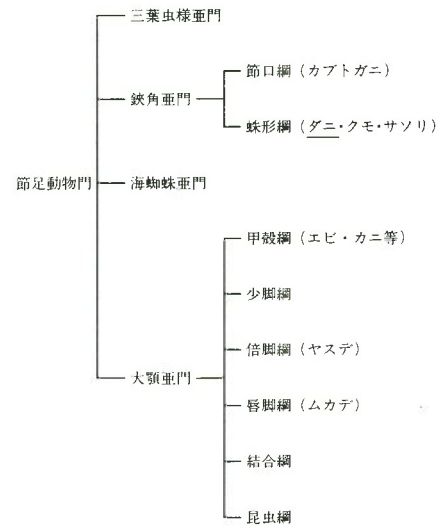


図1 ダニと昆虫の分類学的位置 (内田, 1966より)

が見られる例が多く使用薬剤も異なっているので、ここではダニ剤だけを切り離して紹介したい。

2. 農作物を加害するダニの分類と生態

ほとんどの農作物はダニに加害されるといえば多くの方が驚かれるかもしれない。一般

にダニといえば人畜に寄生して吸血し、大きく膨れ上がったマダニを頭に浮かべることが多いので、我が家の家庭菜園ではダニなど見たことがないといわれることになる。しかし農業上問題になるダニはマダニに比べずっと小さく、体長0.1~0.5mmと非常に微小であるため寄生確認が困難であり、加害様式が吸汁だけであることも手伝ってダニによる被害が出ていないことに気付かないケースも多い。植物を加害するダニとしてはハダニ科、フシダニ科、ヒメハダニ科、ホコリダニ科等が報告されているが、日本ではミカンハダニ、ナミハダニ、カンザワハダニなどのハダニ類の被害がとくに問題になっている。体の小さなダニの一头だけの被害は微々たるものであるが、夏期には一世代10日程度で卵→幼虫→若虫→成虫→卵というライフサイクルを繰り返すため短期間で高密度になり、集団の力で農作物に大きな被害をもたらす。ひどい場合には落葉や新芽の伸長停止に至る事もある。

3. 農業用ダニ防除剤のマーケット

世界的に見てダニ剤の主要マーケットは日本、アメリカ、ヨーロッパに3分割されるといわれているが、最近では南米の伸びも著しいと聞く。日本の統計を見ると1991農業年度の殺虫剤出荷金額が1935億円（全農薬の約35%）を占める中でダニ剤は約130億円（マシン油を加えると150億円）に過ぎず、全世界でも300~400億円程度である。世界マーケットの1/3を占める日本における使用状況を作物別の延防除面積で見ると第1位はカンキツの30.5万ha、第2位はリンゴの16.4万ha、第3位はチャの8.7万haと続き、以下ナシ、スイカ、ナス、モモ、イチゴ、ダイズといった果樹や果菜が上位を占めており、水稻や麦、葉菜などではほとんど使用されていない。海外においても使用される作物はよく似ており、これら以外では安価なダニ剤がワタに処理されている程度である。稲や麦など主食の農業資材にはなり得ないことから今後もマーケットサイズの変動は小さく、日本では現状の

100~130億円/年程度の出荷量で推移していくものと思われる。

4. 日本におけるダニ剤の変遷

1960年頃まで遡って国内のダニ剤マーケットを調べてみると、わずか35年程度の間には主力化合物が次々に置き変わっていく様子がよく分かる。1958年当時の資料ではCPCBSがダニ剤のトップで、テトラジホンとクロルベンジレートがこれに次いでいる。これらは現在も使用されている化合物であるが、いずれも1965~70年頃を境にして主力の座からおりている。この時期には有機リン剤のCMP等もかなり使用されていたが、1964年頃からケルセンの全盛期となり10年以上にわたってハダニ防除分野を支えた。この間クロルフェナミジンやベンゾメートなども一時代を担っている。ケルセンの後を継いだのが水酸化トリシクロヘキシルスズであり、これと同系統で後発の酸化フェンブタスズは現在も主力化合物の一つに数えられる。これらと同時期にカンキツでもっともよく使用されたのはアミトラズであった。その後残効性に優れるヘキシチアゾクス、合成ピレスロイド系のフェンプロパトリンがこのマーケットをリードし、最近では1991年に上市されたピリダベン、フェンピロキシメート、ミルベメクチンがかなり使用されている。この他にフェニソプロモレートやBPPSの様に息の長い化合物もあるが、一般にダニ剤の製品寿命は短くリスクの大きい分野である。しかし新たに開発された化合物がいきなりトップ商品になり得る可能性を秘めた世界ともいえよう（表1）。

5. ハダニの薬剤抵抗性

前項で述べた主力ダニ剤の変遷理由の殆どは薬剤抵抗性の発達にあったといっても過言ではなからう。他の害虫と比べた場合ダニ類特にハダニでは薬剤抵抗性を発達させる能力が高いといわれている。この原因を真梶（1975）は『(1)淘汰圧として加わる薬剤処理

表1 新規ダニ剤上市時のマーケット変化

化合物名	出荷金額（単位：100万円）		
	1980年	1990年	1991年
	10年前	新剤上市前年	新剤上市年
アミトラズ	1,949	476	151
キノキサリン・テトラジホン	—	166	62
クロフェンテジン	—	386	394
クロルベンジレート	309	101	99
ケルセン	863	683	523
酸化フェンブタズ	—	1,721	1,669
水酸化トリシクロヘキシルスズ	3,482	—	—
テトラジホン	117	193	179
テトラジホン・ピリダフェンチオン	—	240	124
フェニソプロモレート	682	286	249
フェノチオカルブ	—	326	99
フェンプロパトリン	—	2,079	1,867
ヘキシチアゾクス	—	1,894	1,610
ヘキシチアゾクス・DDVP	—	862	793
ポリナクチン複合体・BPMC	367	421	421
ポリナクチン複合体・CPCBS	—	249	184
BPPS	1,129	852	546
(以下は新剤)			
ピリダベン	—	0	2,278
フェンピロキシメート	—	0	1,771
ミルベメクチン	—	0	378

(1992年度農業要覧より, 1990年度1億円以上)

面積に比べ、ハダニの行動範囲が小さい。このため比較的隔離された集団で薬剤の淘汰を受けることになり、均質な集団となりやすい。(2)ハダニは一般に発育日数が短く、発生回数が多い。このため淘汰を受ける機会が多くなる。(3)ハダニの性決定はハプロイド・ディプロイドの関係で決まる。多くの殺ダニ剤に対しては雌よりも雄のほうが感受性が高いから、抵抗性遺伝子を持った雄との交雑によって抵抗性が発達しやすくなる。(4)近親交配が行われやすい。ハダニの行動習性として1個体もしくはそれに近い個体数の雌が新しい葉に移動し、そこで産卵し、これから育った雄と親子交配も起こりうるし、雌雄がお互いに兄弟交配を行う。以上のことから、殺ダニ剤処理により淘汰圧が加わると抵抗性遺伝子をホモにもつ個体の集団内での頻度が高まり、抵抗性が発達する。』と述べている。抵抗性の発達しないダニ剤の研究開発は夢であるが、この現象を生物の環境適応と考えると極めて困難な命題である様に思える。

ハダニにおける抵抗性の事例は1948年のパラチオン、テップにはじまり、日本では1958

年にシュラーダンの例が報告されたあと1960年頃からテトラジホンやCMPといった主力ダニ剤でも問題化し始めた。そしてこれ以後主要ダニ剤の全てが抵抗性問題から逃れることが出来なかったといえよう。ダニ剤の抵抗性機構に関する研究は体が小さいこともあって殺虫剤ほど多くはないが、作用点の感受性変化・代謝能力の向上・皮膚透過性の低下などが報告されており、交差抵抗性・複合抵抗性なども絡んで圃場のダニの実態はかなり複雑化しているものと思われる。一方遺伝的な解析も進められており、寿命の短かったベンゾメートの抵抗性因子はほぼ完全優性、寿命の長いケルセン、BPPSなどでは不完全劣性といった事実も判明していることなどから、こういった解析は今後の新規ダニ剤の寿命予測には役立ちそうである。

抵抗性の発達を遅延させる策としては異なる作用性の化合物のローテーション使用や混合剤の検討などが実施されているが、必ずしも決め手にはなっていない。

6. 最近の農業用ダニ防除剤開発状況と今後

最近10年程の間に新しく日本で登録されたダニ剤としては表2の様なものあげられる。いずれも従来のダニ剤とは異なる化学構造の化合物であり、交差抵抗性を強く意識した結果であろうと思われる。もっともヘキシチアゾクスとクロフェンテジンあるいはベンゾイルフェニルウレア系といった全く化学構造を異にする化合物間でも交差の可能性が示唆されている例もあり油断は出来ない。しかし類似の化合物であれば一般には交差の可能性はより高まると思われるので、今後も新規化学構造を追求した研究が進められるであろう。この中ではフルバリネートのように殺ダニを主、殺虫を従としたものやピアラホスのような殺ダニ作用を持つ果樹の下草除草剤など面白い試みも見られる。さらに、天敵や有用生物に害を及ぼさない選択的なダニ剤の開発も新しい動向といえよう。また、この表に示し

た化合物の多くが日本企業の手によって開発されているが、これはマーケットサイズが欧米の巨大化学企業よりも比較的規模の小さい日本企業の戦略に合っているためであろうか。現在未登録であるが開発途上にある化合物でもこの傾向がうかがえる。

農薬の開発には平均して10年の歳月が必要といわれる昨今、寿命の短いダニ剤の研究開発は常に大きなリスクを伴っているが、物まねでは成功し得ない分野であるが故に、日本の独創性を追い求める研究者にとって今後の活躍が期待できる場ではなかろうか。

文 献

- 1) Garman, P. (1950) *J. Econ. Entomol.* 43: 53-56
- 2) 関道生ら (1962) 佐賀県試研報 3: 31-34
- 3) 真梶徳純 (1975) 農業ダニ学 (全国農村教育協会) 216-217
- 4) 浅田三津男 (1989) 植物防疫 43: 603-608

表2 最近登録されたダニ剤

化合物名	有効成分含有量(%)	使用剤型
ヘキシチアゾクス	10	水和剤 (混合剤では乳剤・くん煙剤もある)
フェノチオカルブ	35	乳剤
フルバリネート	20	水和剤 (くん煙剤もある)
ジェノクロル	50	水和剤
フェンプロパトリン	10	乳剤・水和剤 (くん煙剤もある)
クロフェンテジン	40	フロアブル
ミルベメクチン	1	乳剤
フェンピロキシメート	5	フロアブル
ピリダベン	20	水和剤・フロアブル
テブフェンピラド	10	水和剤・EW
ピアラホス	20	水溶剤(除草剤)

国内情報

コガネムシ類におけるフェロモン剤 開発の現状と展望

千葉県農業試験場
澤田正明

1. はじめに

コガネムシ類は幼虫が土壤中で種々の作物の地下部を加害する多くの重要な農業害虫を含んでいるにもかかわらず、フェロモンの研究は遅れていた。最近までマメコガネ、ヒメコガネとニュージーランド産の1種の合計3種の性フェロモンが明らかにされていたに過ぎない。

千葉県農業試験場と農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所は1991年からコガネムシ類のフェロモンの開発と利用に関する共同研究を

行っており、これまでにドウガネブイブイやヒラタアオコガネなど6種のコガネムシの性フェロモンを解明した。しかし、防除への利用技術開発までにはまだ幾多のハードルがある。ここではこれらの現状と今後解決すべき問題点について述べる。

なお、われわれの試験に供したフェロモン製剤は富士フレイバー(株)の協力を得た。

2. フェロモン物質の解明

最近のフェロモン研究のめざましい進展はガスクロマトグラフなど、高性能の分析機器の発達に負うところが大きく、GC-EAD法に

より比較的容易に物質の推定ができるようになった。これは切り取った昆虫の触角に電極をつなぎ、匂いに対する触角の反応を電氣的に検出する方法で、ドウガネブイブイでは2つの成分が性フェロモン物質として推定された。しかし、雄の触角が反応することと、雄が性的に興奮し、交尾行動を引き起こすこととは別の問題であり、ここで推定した物質が本当に性フェロモンとして働いているか否かは、風洞や野外で雄の行動観察により確認した。

チビサクラコガネのように触角の小さい種類にはGC-EADは適さない。そこで、この種ではガスクロマトグラフのカラムから出たガスの一部を雄成虫を入れたプラスチック容器に導き、直接雄の行動を観察した。

このようにフェロモン物質の解明に常法はなく、成否の鍵は生物検定法をどうするかにかかっているともし、昆虫の種類ごとに最も適した方法を考えなければならない。

3. 製剤化と捕獲トラップ

性フェロモンを害虫防除などに利用するには製剤化が必要となる。フェロモンは揮発性が高く空気中での分解が速いが、製剤化するには対象害虫の発生期間中安定的に揮散するように、徐放性を持たせた安定剤や担体の工夫が必要である。既に実用化しているものでは細いポリエチレンチューブに封入したもの、ゴムキャップやポリエチレンビニール・ペレットに含浸させたものなどがある。また、安価に大量合成する技術開発も必要である。

性フェロモン剤で害虫を捕獲するためにトラップが使われる。これまでに開発されたトラップは粘着型、捕獲型、電撃型、水盤型の4タイプに分類される³⁾。具体的なトラップの形状はそれぞれの目的や害虫の性質により、捕獲効率や作業性の面から様々な工夫がなされている。現在われわれがコガネムシ類に使用しているのは捕獲型のファネル・トラップの一種である(口絵)。

また、同じトラップでもその設置場所や方

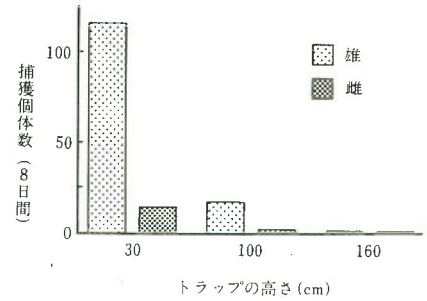


図1 セマダラコガネにおけるトラップの高さと捕獲数

法により効果が違ってくる。とくに大量誘殺を目的とする場合には重要である。例えば、マメコガネのトラップを成虫が好むサクラの樹に吊したのでは、飛んできたマメコガネはトラップに入らずサクラの葉を食害してしまう²⁾。設置する高さも重要で、ドウガネブイブイやオオクロコガネのように比較的高く飛ぶ種類のトラップは地上1.5~2mが良いが、セマダラコガネやヒラタアオコガネのように芝草上を低く飛び回る種類に対してはできるだけ低い方がよい(図1)。

4. 発生予察への利用

野外(圃場)での害虫の発生の時期や量を知ることは防除要否の判断や防除時期を決める上で重要である。従来から圃場の巡回調査や予察灯(誘蛾灯)の調査が行われているが、これらの調査は多大の労力や設備を要する。性フェロモントラップは取扱いや設置が簡便で、目的とした種類だけが捕獲されるので、昆虫に関する知識をあまり必要としない。

現在、国内では蛾類を中心に20種余りの昆虫の発生予察用性フェロモン製剤が市販されている。発生予察用の場合、対象害虫の野外密度が正確に反映できればよいのであって、必ずしも大量に捕獲できる必要はない。むしろ、取り扱い易さや経済性が重視される。

コガネムシ類ではマメコガネ、ヒメコガネ、ドウガネブイブイ、チビサクラコガネ用の4種のフェロモンが市販されている。他の種についても野外での誘引性は確認されているので、商業ベースにのった製剤が出来れば実用化は可能である。

5. 防除への利用

合成性フェロモンを空气中に揮散させて雌雄間の正常な交信を攪乱して交尾率を低下させ、次世代の害虫発生量を抑制しようとする方法は交信攪乱法と言われ、コナガの防除などに使われている。この場合、揮散させたフェロモンは対象害虫の発生地域全体を一定の濃度以上に維持することが必要で、風や地形の影響を受けやすい。また、できるだけ広範囲に一斉に処理した方が効果があがる。

コガネムシ類は雌雄とも交尾可能期間が長く、生存中に複数回交尾をするので、交信攪乱による交尾遅延効果は得難い。また、ドウガネブイブイの性フェロモンは2成分から成っているが、微量成分の割合は10~20%の範囲内で誘引力に差がなく、蛾類におけるほど成分比率は厳密でない(図2)。類似のことはオオクロコガネなどにも見られる。このようなことから、交信攪乱法によるコガネムシ類の防除は困難であると考えられる。

一方、合成性フェロモンを誘引源とするトラップで、その地域に発生している雄のほとんどを捕獲してしまおうとする方法が大量誘殺法である。雄除去法とも言い、ハスモンヨトウなどに使われている。この場合も雌の交尾率低下が狙いであり、交尾してしまった後の雄を捕まえてもほとんど意味がない。そのため合成性フェロモンの誘引力が十分に強く、トラップの捕獲効率が高いこと、害虫の発生初期からトラップを設置すること、周辺地域から交尾雌が飛び込まない程度の広さに処理することなどが必要な条件となる。

チビサクラコガネ、セマグラコガネ、ヒラ

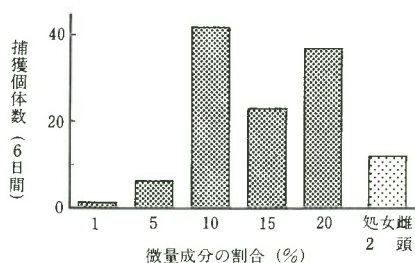


図2 ドウガネブイブイにおける微量成分の割合と捕獲数

タアオコガネは何れもゴルフ場など芝草の害虫であるが、成虫、幼虫とも芝草地内で生活しており活動の範囲が比較的狭い。かつ、性フェロモンに対する反応もかなり強い。事実、ペイントでマークしたチビサクラコガネの雄を放して、そこから半径50mの円周上に配置した合成性フェロモントラップ6個で再捕獲したところ、2日間で70%以上が回収された。このような種類に対しては大量誘殺による防除効果が期待できる。

ところが、ドウガネブイブイのように飛翔力が強く、活動範囲が広い種類では大量誘殺の効果も期待し難い。このような種類に対しては性フェロモン単独ではなく、何等かの他の方法を組み合わせて利用することが考えられる。マメコガネの発生予察用資材では性フェロモンと芳香誘引剤を併用しており、雌も捕らえられる。ヒラタアオコガネでもある種の芳香剤を併用することにより、同様の効果が得られている(図3)。また、これからの検討課題であるが、集合フェロモンや誘殺灯との併用効果も期待される。

今後、フェロモン開発が進めば複数種のフェロモンを同様に利用することもあり得るが、他種のフェロモンによる影響は事前に十分チェックしておかなければならない。例えば、ヒメコガネとマメコガネの性フェロモン剤を同時に処理した場合、ヒメコガネの誘引は著しく阻害される¹⁾。

さらに、開発されたフェロモン剤を害虫防除資材として実用化するには農薬としての登録が必要となる。

6. おわりに

性フェロモンは環境に優しい害虫防除手段

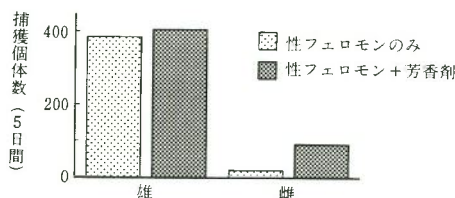


図3 ヒラタアオコガネにおける性フェロモンと芳香剤の併用効果

として注目され、世界中で研究開発が盛んに行われており、今後続々と実用化されるものと思われる。しかし、害虫対策の究極はIPM（総合害虫管理）であり、フェロモン剤はそのメニューの1つとして位置づけられるだろう。

害虫防除を考える場合、その虫の性質や習性を十分に把握しておくことは防除手段の如何を問わず、最も重要で基本的なことである。しかし、地道な努力の必要な生態研究は進展が遅く、被害を目の前にしている現場からは一刻も早い対策を求められる。いきおい、「とりあえず」の対策を考えざるを得ない。これまでのような防除圧の高い化学合成農薬

中心の防除ではある程度これでも通用していたが、環境保全を考えたIPMでは生態系の微妙なバランスを保つことが大切で、その基となる生態的知見の蓄積は不可欠である。

文 献

- 1) 平井 洋 (1992) 関東病虫研報 39 : 271-276
- 2) 廣田龍司 (1992) 関東病虫研報 39 : 281-283
- 3) 望月文昭 (1992) 植物防疫 46(1) : 17-23
- 4) 中村和雄・玉木佳男 (1983) 「性フェロモンと害虫防除—実験と効用—」古今書院
- 5) レアル, W. S. (1993) 植物防疫 47(3) : 134-137

地域の先端研究

ウイルスフリー化によるサツマイモの 優良種苗の育成と利用

鹿児島県農業試験場 園芸部
市 和人

1. はじめに

サツマイモは慶長2年(1597年)に日本に伝えられたといわれ、何回かの食糧危機を救ってきた。しかしながら、近年、サツマイモ栽培は減少を続けている。

このなかで、青果用サツマイモは安定した生産が続けられている。最近、全国的にも品質が向上している。この背景には栽培技術の向上とともに茎頂培養したウイルスフリー苗による優良種苗の利用があげられる。ウイルスフリー苗は生産性が高いため今後ますます普及するものと思われる。

2. 多発生した帯状粗皮病

鹿児島県のサツマイモ栽培も昭和38年をピ

ークに年々減少を続けている。そのなかで、青果用サツマイモは昭和50年頃から急速に増加を続け、平成4年度は2,225 haに達している。

ところが、昭和53, 54年頃からいもの表面に横しま状に小さなひび割れができたり、ひび割れの部分がくびれたりする帯状粗皮病が発生して、商品性が著しく低下した。この病気はウイルス病で、昭和57年度には約8割に発生がみられ、大問題となった(口絵)。

当初原因が不明であったが、茎頂培養したところ、この病気が消失した。そのうえ、いもの品質や収量性まで向上することがわかった。そこで、産地ではウイルスフリー苗が普及し始め、現在では青果用だけでなく加工用でも広範囲に利用されている。さらに原料用でも利用が検討されている。

ICHI Kazuto

3. ウイルスフリー苗の効果と再汚染

サツマイモを茎頂培養してウイルスフリー化すると、種々の効果がみられる。1つは、帯状粗皮病や退色症状がなくなることである。そのうえ、いもの形状や大きさの揃いが良くなる。さらに、いもの皮色が鮮やかになる。そして、いもの肥大が良く、上いも率が向上し、収量が1~2割増加する。

ウイルスフリー苗は一般栽培を行うと再びウイルス病に汚染される。本県の場合、サツマイモの栽培が多いため、再汚染も著しい。帯状粗皮病の場合、周囲に病株があると発症は早く、一方周囲に茎頂培養苗だけを植えると3作目まで発症は少なかった。発症は汚染した当代では少なく、次代でみられた。再汚染は品種によっても異なった。いもの皮色は茎頂培養苗だけを植えても2~3作目で低下した。収量も2~3作目で減収した。

これらのことから、本県の現在の栽培条件下では、品質や収量性を考慮すると1~2年で種いも更新をした方がよい。産地では毎年更新が奨められている。今後、ウイルスフリー苗だけを広範囲に利用すれば、更新年次は伸びるものと思われる。

4. 優良種苗の生産と増殖の現状

本県ではこれまで次のように優良種苗の生産を行ってきた。まず、産地から優良な培養母株を収集する。これを茎頂培養し植物体を作成する。作出した植物体は、試験管内で分割する。そして、一部は試験管内に保存し、残りを鉢上げする。鉢上げた植物は増殖し、伸びたつるをウイルス検定する。ウイルス検定はイポメア・セトーサをサツマイモに接ぎ木して行う。フリーが確認された株は、増殖して圃場で特性検定を行う。その中で、形質の優れた系統を選抜する。選抜した優良系統は、試験管内保存している株を原々種として試験管内で増殖する。現在、カルス培養を利用した優良系統の育成も試みている。

増殖した優良種苗は、試験管で経済連の種苗センターに配布される。経済連では広口培養瓶を用いて一節挿し法で組織培養による増殖を行う。増殖した苗は、①培養瓶のまま、②培養苗の鉢上げ苗、③培養苗を苗床で増殖した苗、④培養苗を栽培して生産した種いもで農協に配布されている。

種苗の配布を受けた農協では、それぞれ独自の方法で増殖を行い、農家に配布している。知覧町では、広口培養瓶の苗を基幹株とし、伸びた苗を2節ずつトレーに挿し苗してセル成型苗として配布する。志布志町では、鉢上げ苗を購入し、ペーパーポットで増殖を図っている。颯娃町では、水耕栽培で苗の増殖を行っている。広口培養瓶から取り出した苗を直接水耕ベッドに植え付け、生育させて苗を切っていく(口絵)。土耕よりも生育が旺盛で、栽苗本数が多い。これらの増殖はいずれも網室で行われている。

苗を購入した農家は、網室に設置した育苗床でさらに増殖を行う。あらかじめ育苗床を作り、そこに苗を植え付ける。そこで伸びた苗を切り、さらに挿し苗を繰り返す。このようにして、必要な苗を増殖し、一般栽培に供している。

産地によっては、これまでのように種いもを購入して利用するところもあるが、種いも生産中に再汚染の危険性があるため、利用が減りつつある。

5. 今後の期待

今後、原料用サツマイモでもウイルスフリー苗が普及するものと思われる。また、優良種苗の育成や増殖に関するさらに高度のバイオテク手法の技術開発が待たれる。

文 献

- 1) 市和人ら(1983)九農研 45:224
- 2) 市和人ら(1986)九農研 48:255
- 3) 市和人ら(1990)九農研 52:197
- 4) 市和人(1990)バイオホルテイ 4:94-96, 103-108

文献情報

サリチル酸は植物の全身
獲得抵抗性の発現に必須
である

全身獲得低抗性 (systemic acquired resistance: SAR) とは、植物が予め壊死性病斑を形成する病原体に感染していると、その後の病原体の感染に対して抵抗性を示すようになるというものである。このいわば“生理的免疫”とも言うべき現象は、様々な病原体に対して広く発揮されることから、植物に抵抗性を付与する手段として古くから認識されている。SAR の発現には病原性関連タンパク質、いわゆる PR タンパク質の遺伝子を含む一群の遺伝子群 (SAR genes) の発現が関連していると考えられているが、現在までのところ SAR 発現の分子機構に関してはほとんど理解されていない。SAR の発現に先立ち、感染植物体中では内生サリチル酸 (SA) の量が増加すること、SA を外部から処理した植物では、SAR genes の発現が起こり、SAR も発揮されること、等の理由から、SA が SAR の内生シグナル物質であると考えられるようになった。

Gaffney らは、内生 SA のレベルを下げることで、SAR の発現を抑制できると考えた。そこで、*Pseudomonas putida* 由来のサリチル酸加水分解酵素をコードする *nahG* 遺伝子を、CaMV の 35S プロモーター下流に連結し、*Agrobacterium* を介してタバコに導入した。得られた形質転換体数個体について、*nahG* の発現量と SA の蓄積量との関連を、タバコモザイクウイルス (TMV) を接種することで検討した。接種は下位の 3 葉に行い、7 日後接種個体中の *nahG* mRNA 量、サリチル酸加水分解酵素量、SA 量を調べたところ、コントロールの非形質転換体では約 $6 \mu\text{g/g}$ の SA (定常時の約 185 倍) が蓄積したのに対し、形質転換体では *nahG* mRNA 及びサリチル酸加水分解酵素の発現量と SA 量とが反比例

の関係となり、最も強く *nahG* mRNA が発現した個体では、SA 量は定常時の 2~3 倍の $0.1 \mu\text{g/g}$ 程度まで抑制され、*nahG* より発現されるサリチル酸加水分解酵素が、TMV 接種植物中での SA の蓄積を阻害したことが明かとなった。

次いで、これら形質転換体の示す SAR を非接種上位葉に TMV をチャレンジ接種し検討した。*nahG* 遺伝子の発現により SA 量の減少した個体では、その減少した程度に応じて、TMV 接種により形成される壊死斑点の大きさは拡大したことから、SA 量の減少が SAR の発現を抑制したことが明かとなった。また、TMV ではなく緩衝液を前接種 (疑似接種) した後、同様に TMV をチャレンジ接種した場合、*nahG* を十分に発現する形質転換体上に形成される病斑の大きさは、非形質転換体や *nahG* の発現量の少ない形質転換体より拡大した。筆者らは、SA が SAR の発現以外にも何らかの生理現象のシグナルとして機能しているのではないかと述べているが、興味を持たれるところである。

このように、SA が SAR の発現に必須であることが明かとなった。植物体中で、SA はフェニルプロパノイド経路を介して合成されると考えられている。病原体の感染により、植物体中ではフェニルプロパノイド経路の鍵酵素である phenylalanine ammonia lyase (PAL) の発現量が増加し、ファイトアレキシン合成系が活性化されることが、多くの植物-病原体の組合せで報告されているが、PAL の発現は SA の蓄積にも関与しているのかも知れない。また SA は一次接種に反応して合成・蓄積されるが、合成された SA が直接全身に移行し、SAR を誘導しているのだろうか。あるいは、全身的には新たに別のシグナルが必要なのだろうか。SA は更に多くの興味ある話題を供給し続けるだろう。

(抄訳 柄澤 明一 東北大)

(KARASAWA Akira)

Requirement of salicylic acid for the induction of systemic acquired resistance
Gaffney, T., L. Friedrich, B. Vernooij.,

D. Negrotto, G. Nye, S. Uknes, E. Ward,
H. Kessmann and J. Ryals.
Science 261 : 754-756 (1993)

文献情報

真の試験管内受精による
初の試験管トウモロコシ
の誕生

植物の育種は、従来は交配（人工受粉）を中心に進められ、近年になっては細胞・組織培養技術を基礎に細胞融合法による雑種植物や遺伝子導入法によるトランスジェニック植物が新たに得られるようになった。また、有性生殖過程にある細胞の培養技術もすでに開発され、花粉（葯）や胚珠培養による半数体植物や胚培養による遠縁雑種の育成も可能になっている。

ところが、雑種を得るうえで最も基本的かつ能率的方法と考えられる試験管内受精（人工受精）は、動物では古くから基礎的な発生学の研究に利用されるだけでなく、ヒトの不妊克服や育種面に至るまで幅広く適用されているのに対し、植物ではまだ現実のものとはなっていなかった。理由は、植物の配偶子が雄性・雌性ともに多細胞体である配偶体（花粉・胚嚢）内に寄生して形成されるという特殊性に基づいている。すなわち、高等植物の配偶子である精細胞と卵細胞は、動物の精子や卵とは異なり、独立した単細胞体としては存在していないため取り出しすら困難であったからである。これまでに育種学用語として使われている試験管内受精は、取り出した胚珠に花粉を散布して受精を誘導するもので、厳密には試験管内受粉である。

最近になってやっと、花粉から雄性の生殖細胞や精細胞を生きた状態で効率良く単離することが可能になったとともに、胚珠からも胚嚢やさらには卵細胞が得られるようになった。現在では、こうした雄性配偶子細胞や胚嚢の単離についてはそれぞれすでに30植物種以上で成功が報告されているが、卵細胞の単

離はまだ一部に限られている。そうした中、本報告の著者である Kranz & Lörz は、トウモロコシにおいて単離した卵細胞と精細胞の人工受精に1991年初めて成功した。そして1993年になって、その接合子を培養することによって、稔性のある正常な植物体にまで育て上げた。すなわち、これは真の試験管内受精による初の試験管植物の誕生といえる。

著者らはまず、毛、小穂、種子などの色に違いがある二つの系統 (A188, Piret) を選び、A188からは雌穂を、Piretからは花粉を採取した。卵細胞は、雌穂より取り出した胚珠を細胞壁消化酵素で処理した後、微小ガラス針で胚嚢を顕微解剖し単離した。一方精細胞は、葯から取り出した花粉を低張液に浸けて破壊させる浸透圧ショック法によって単離した。いずれの配偶子もこの単離した段階においてプロトプラストであった。単離された卵細胞と精細胞は微小ガラス管で融合溶液に移された後、一對のプラチナの微小電極を用いて、一組の卵細胞と精細胞の間で電氣的融合が行われた。

融合産物の培養はフィーダー細胞を用いて行った。接合子はまず融合後40～60時間で最初の分裂を起こしたが、この分裂は小さく細胞質に富んだ細胞と大きく液胞化した細胞の二つを作る非対称分裂で、これによって接合子に極性が形成された。1991年の最初の報告では、接合子の分裂と多細胞構造の形成までであったが、本報告では、フィーダー細胞の改良により10～12日程度で球状構造から伸長した胚盤を持つ前胚や移行期胚にまで成長した。さらにこれらを固形培地に移すと、子葉鞘を形成し、融合後5～6週間で15～20cmの葉や根を持つ植物体となり、土に移すと、融合後99日で開花した。

この試験管内受精による接合子からの植物体再生は、一個ずつ手作業ながら、28個の接合子から11個の植物体を得ている。そして、これらはすべて稔性があり種子をつけた。また、これらの再生個体は2倍体のゲノムを持ち、毛や小穂の色から明らかに雑種であることが確かめられた。さらに、再生個体の自家

受粉による F₂ では種子の色が 3 : 1 に分離したことから、再生個体は両親のゲノムを持つヘテロ接合体であり、かつ試験管内受精が 1 個の卵細胞と 1 個の精細胞の間で行われたことが実証された。同時に発表された著者らの別の論文では、核融合の過程が電子顕微鏡によって詳細に調べられており、形態面からもこの試験管内受精が一对の雌雄配偶子間で起こることを証明している。

さて、本技術の開発は、今後基礎的・応用的研究に多大な成果をもたらすと予想される。まず、これまでベールに包まれていた高等植物の受精機構や胚発生機構を解明するうえで貴重な実験系を提供することになる。本報告で単離された卵細胞と精細胞のプロトプラストは自然融合しなかったことから、受精が成立するためには、助細胞などの補助が必要であるか、あるいはプロトプラスト化の過程で認識や融合に必要な物質が失われた可能性が示唆される。また、融合後の接合子における核融合の時期も初めて明らかにされており、今後配偶子同士の認識、細胞質融合、核融合などが起こる条件を実験的に調べていくことが可能になると思われる。一方、胚発生の機構はこれまで主に体細胞からの不定胚誘導系を用いて解析されてきたが、本実験系を併用することでより正確な知見が得られると予想される。

応用面での第一の可能性は、形質転換の手段として利用することであろう。すなわち、融合前の卵細胞や精細胞あるいは接合子にエレクトロポレーションやマイクロインジェクションによって遺伝子を導入することで形質転換体を得られる可能性が十分考えられる。これまで、体細胞の遺伝子操作に関してはすでに現実のものとなっているが、生殖細胞の遺伝子操作による形質転換体はまだ実現していない。

ただ、トウモロコシにおいて確立されたこの試験管内受精法をそのまま他の植物種に適用することはそう簡単ではない。なぜなら、精細胞の単離法、卵細胞の単離法、初期胚の培養法などがすべて整備されなければ成立し

ないからである。しかしながら、本成果が今後高等植物の生殖機構解明の一助となることは間違いないであろう。

(抄訳 田中一郎—横浜市大)

TANAKA Ichiro

In vitro fertilization with isolated, single gametes results in zygotic embryogenesis and fertile maize plants

Kranz E. and H. Lörz

The Plant Cell 5 : 739-746 (1993)

文献情報

コムギ未熟胚への遺伝子導入により形質転換植物体を作成

単子葉植物、特に穀作物の形質転換は双子葉植物に比べて遅れていたが、1988年、再分化能の旺盛なプロトプラストへの直接導入法によりイネの形質転換植物体が初めて作出された。イネ以外の穀作物では、プロトプラストから稔性のある植物体を再生させることが困難であったが、パーティクルガンを用いてエンブリオジェニックな懸濁培養細胞あるいはカルスに直接遺伝子を導入する方法が開発され、トウモロコシ、オートムギ、サトウキビ等で稔性のある形質転換植物体が作出されるようになった。

コムギは世界で最も生産量の多い作物であるが、主要穀作物の中では形質転換植物体が作出されたのは最も遅かった。すなわち、1992年に Vasil らはパーティクルガンを用いてエンブリオジェニックなカルスに遺伝子を導入し、除草剤 (Basta) で選抜したのち形質転換カルス数系統を得、そのうちの 1 系統から形質転換植物体が再生したことを報告した。この研究はコムギで形質転換植物体が作出された最初の報告として多くの注目を集めたが、長期間安定なカルス培養系を必要とし、また特定の遺伝子型に限定されるなど汎用性には乏しいものであった。

そこで、著者らはこれらの制限要因を打破

するため、コムギの形質転換に最も適した材料として摘出後数日間前培養した未熟胚を用い、パーティクルガンによりこの未熟胚に遺伝子を導入して、稔性のある形質転換植物体を作成することに成功した。

著者らはまず、実験材料として未熟胚由来のカルスから高頻度で稔性のある植物体を再生する“Bobwhite”という品種を用いた。導入遺伝子はプラスミド pAHC25 で、GUS 遺伝子 (uidA) 及び除草剤耐性遺伝子 (bar) となり、いずれもその上流にトウモロコシのユビキチンプロモーターを有する。uidA は β -グルクロニダーゼ (GUS) を産生する遺伝子で、bar は除草剤バスタ (ピアラフォス) の成分であるフォスフィノスリシンを不活化する酵素 (PAT) をコードしている。

導入方法は次のとおりである。開花後10~18日の穎果から0.5~1 mmの未熟胚を無菌的に取り出し、MS培地を添加したシャーレ (15×100mm)の中央部に約25個ずつ置床した。置床5日後にpAHC25でコーティングした金粒子をパーティクルガンにより発射して遺伝子導入を図った。用いた装置はバイオラッド社製のヘリウムガス圧式遺伝子導入装置 (PDS-1000) で、標的距離は13cmとし、ラプチャーディスクは1100p.s.i.を使用した。

発射後直ちにピアラフォス (1 mg/l) を添加した選択培地 (MS+1.5mg/l 2,4-D+2%蔗糖) に移植し、2週間ごとに同培地で継代したところ、6、7週間後にはピアラフォス耐性のカルスを獲得することができた。このカルスの一部をGUSアッセイし、青く染まることを確認した。次いで、カルスの緑色部位を再分化培地 (MS+0.5mg/l ディカンバ+1mg/lピアラフォス) に移植し、その後再生したシュートは発根培地 (1/2 MS+lor 3 mg/lピアラフォス) に移植した。移植したシュートのうち2週間後に発根したのは10%であった。発根したピアラフォス耐性の幼植物体は鉢上げして温室内で育てた。これらの植物体は生長し、35日後に開花した。大部分は非形質転換植物体比べて種子数が少なかったが、正常な稔性と種子形成をするものもあった。1

個体は完全に不稔であった。

サザンブロットング法により、bar 遺伝子がコムギの染色体 DNA に取り込まれていることを確認し、形質転換体の同定を行った。取り込まれた遺伝子のコピー数は1個から35個のものまでであった。また、PAT 活性により形質転換植物体での bar 遺伝子の発現を調べたが、導入された遺伝子のコピー数とPAT 活性との間に相関は認められなかった。このことから著者らは、PAT 活性は厳密には形質転換の指標にはならないだろうと述べている。形質転換個体の完熟種子由来の実生49個体 (発芽10日後) に2%のバスタ溶液を散布したところ、42個体が生き残り、ピアラフォス耐性の形質は3:1に分離した。なお、形質転換植物体が生産されたことにより、トウモロコシのユビキチンプロモーターはコムギでも有効なことが認められた。

このように著者らは、パーティクルガンを用いて5日間前培養した未熟胚に遺伝子を導入することによりコムギの形質転換に成功した。彼らの方法には、1)再現性がある (未熟胚1,000個当たり1、2個の形質転換体が生産できる)、2)材料に用いる未熟胚の摘出から選抜した形質転換植物体が開花するまで平均して5.5か月と短期間である、3)導入装置は市販のもので、導入条件も標準的である、4)未熟胚の摘出と培養に特別な熟練技術を必要としない、5)未熟胚由来カルスから確実に再分化する品種であれば、他の品種にも適用できる、などの利点があり、今後はこの方法を用いて形質転換コムギにおけるプロモーターやタンパク質機能の研究と同時に耐病性やパン適性などコムギの重要形質の改良が期待される。

(抄訳 町井博明—生物研)

(MACHI Hiroaki)

Rapid production of multiple independent lines of fertile transgenic wheat (*Triticum aestivum*)

Weeks J. Troy, Olin D. Anderson and Ann E. Blechl

Plant Physiol. 102: 1077-1084 (1993)

国際学会レポート

第6回国際植物病理学会議に参加して

明治大学農学部
米山勝美

1. 会議への往路

第6回国際植物病理学会議は1993年7月28日から8月6日まで、カナダ東部ケベック州のセント・ローレンス川沿いにあるモントリオール市で開催された。会議が28日からなので、時差を考慮して27日に理研の知人と二人で成田空港を出発し、ニューヨークへ飛んだ。モントリオールへは通常デトロイト経由で行くのがもっとも早いルートだが、あえてこのルートを選んだのはロックフェラー大学のChua博士の研究室を訪問することと、また以前のアメリカ留学では果たせなかった列車の旅を実現したい気持ちがあったためである。そこでニューヨークからモントリオールへは若干無理をして寝台列車の1等個室を利用した。列車から走り去る夜景を眺めながらワインを傾けた食事、寝台に横たわりながら車窓から見た夜明けの素晴らしい景色など、列車の旅以外では経験できない久々にのんびりとした優雅な気分を味わうことができた。

モントリオールに着いて驚いたことは、10数年前に訪問した時とはうって変わって、地下鉄、公園などを合せて市全体が整備されて大変清潔になったことである。以前は広い植物園以外にはそれ程深い印象はなかった市だが、その後オリンピックが開催されたこともあり、オリンピック会場跡に市民の憩いの場である広いきれいなパークができ、その中には熱帯温室やフランス感覚らしい施設の建物などが立ち並んでいる。とくに市外を一望に

YONEYAMA Katsuyoshi



写真1 カナダへ向かう列車上の筆者

見渡せる高さ169mのタワー展望台のあるメインスタジアムは一見の価値がある。

2. 会議の概要

この会議は、開催母体である国際植物病理学会が1968年に「世界各国の植物病理学関連研究者の国際的連携を密にして、植物病理学の研究を促進すること」を目的として設立され、同年第1回の会議がイギリス(ロンドン)で開催された。以来5年ごとに開催し、前回(1988年)は日本(国立京都国際会館)で世界中から2000名以上の参加者を得て盛大に行うコインランドリーを探し当てた。偶然にも、参加者が通常より若干少ないように思われたが、日本からは約140名の多数の研究者が参加され、ご夫妻やご家族で出席された方も多く見受けられたことは微笑ましい限りである。

会議は28日の sustainable agriculture というテーマの Plenary lecture で始まり、土・日曜日を除いて延べ8日間、9つの discussion session, 25テーマのシンポジウム、1568題のポスターが講演・発表され、活発な論議が展開された。とくに他分野の研究と同様に、植物病理学の分野においても遺伝子工学を駆使したDNAや遺伝子の発現制御に関する研究の進展は目覚ましく、病理学的現象が分子レベルで理解される日もそう遠くない時期に来るであろうという実感を受けた。

3. バイテクの話

バイテク関係全体の内容をここで紹介することは到底無理なので、細菌・菌類病抵抗性トランスジェニック植物の作出に関する数種の話について紹介したい。

現在まで、細菌・菌類病抵抗性植物の分子育種に有効な遺伝子として、1)病原菌の病原性に関与する因子を阻害あるいは分解するタンパク質(病原毒素やポリガラクトナーゼ等を不活性化する酵素)の遺伝子、2)病原菌に抗菌性を有するタンパク質(キチナーゼ、グルカナーゼ、リゾチーム、リボソーム不活性化タンパク質等)の遺伝子、3)生合成酵素(ファイトアレキシンや抗生物質を生合成する酵素あるいはその生成量を高める酵素等)の遺伝子、4)病原菌の遺伝子(非病原性遺伝子等)、などの利用が試みられている。

メキシコの Herrera-Estrellaらは、インゲンかさ枯病菌の毒素ファゼオロトキシンに対する耐性の標的酵素遺伝子を植物で発現させ、かさ枯病抵抗性インゲンを作り出すことに成功した。毒素ファゼオロトキシンは細胞のオルニチン回路に存在する酵素に作用し、結果的にアルギニンの生合成を阻害するが、病原菌自体は毒素に対する非感受性酵素を有するため耐性である。この耐性酵素遺伝子を葉緑体へ移送できるように遺伝子操作して導入・発現させたインゲンは、かさ枯病菌の感染に対し過敏感反応を示すと共にアルギニン濃度も対照に比較して高い値を示したという。



写真2 会議場の建物の全景

オランダのモーゲン社の Sela-Buurlageらは、タバコの TMV 接種葉から純化したキチナーゼと β -1, 3-グルカナーゼの両遺伝子をトマトで発現させ、糸状菌抵抗性を付与することに成功した。両酵素とも細胞の液胞内に存在するもの(1型)には抗菌性があるが、細胞外に存在するアイソザイム(2型)には抗菌性がないことから、1型酵素遺伝子を導入して植物に抵抗性を付与した。また、これら酵素の液胞内蓄積にはC-末端の構造が重要であり、プロペプチド酵素からC-末端を除去した酵素タンパク質遺伝子を発現させた場合、植物の細胞外液中に活性ある酵素が分泌されることを確認している。

米国アラスカ大学の Huangらは、細菌の非病原性遺伝子をタバコで発現させたところ、タバコの立枯病、野火病、赤星病のような細菌病や菌類病に対して強い抵抗性が認められたという大変興味ある報告をした。遺伝子は *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* の非病原性遺伝子 *avrD* および *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* の *avrRxv* を植物の動的防御反応に関与する遺伝子のプロモーターに結合してタバコへ導入した。この場合、*avrD* 遺伝子を発現したカルスおよび植物は正常に生育したが、*avrRxv* 遺伝子を導入したカルスの50%がネクロシスとなり、非病原性遺伝子の利用にはまだ問題が残されているようである。

4. 所 感

学会会場は地下鉄駅の上に建てられた Palais des Congrès de Montréal で、市の中華街に接した大変便利な場所にあり、昼食は毎日中華料理という方も多かったようだ。しかし安くて美味しい中華料理と言えども昼食、夕食と重なると、さすがに日本人としてはさっぱりした食事が恋しくなるもので、時には日本食堂を探索したものである。

10日間もの長期滞在で苦労するのは衣類の洗濯である。もちろんすべての衣類はホテルでやってもらえるが、お金がかかる上に下着までクリーニングに出すには習慣上若干抵抗があり、会場から地下鉄で数駅乗った所にあるコインランドリーを深し当てた。偶然にも、そこは下町の由緒あるレストラン街の中にあり、洗濯機を動かしている間ビールやワイン、時には食事と時間の経つのを忘れて楽しい思いをした。とにかく、この一角は庶民的で酒類の持ち込み自由という店もあり、大変気に入りその後も友人を誘って数回訪れた。全く

の洗濯の功名で、知らない土地は歩いてみると意外と思いがけない場所や物が見つかるものである。

会議期間中の2日間の休日は、近くのオタワ市やケベック市近辺は以前訪れたことがあるので、知人達と一緒にレンタカーでカナダ東側の先端、セント・ローレンス湾の南側に位置するガスペ半島まで鯨を見に出かけた。往復1800kmをまる2日でドライブするわけなので、運転手4人と言えどもかなりの強行スケジュールである。幸運にも翌日の早朝に鯨の群れを見ることができ、また半日ほどをガスペ半島先端にある野鳥がさえずり野花が咲き誇る美しい自然公園を散策して、皆満足して無事にモントリオールに帰り着くことができたことは幸いであった。

会議の帰路は、ミシガン州立大学訪問後、ウイスコンシン大学で開催されたイネいもち病のシンポジウムに4日間参加した。いもち病菌に関する分子遺伝子が米国で急速に進展しているのに驚くと同時に、学問の進歩の早さを痛感して帰国したところである。



編集後記

明けましておめでとうございます。

本誌は今年で7歳を迎えました。これは、ひとえに購読会員、執筆者ならびに関係の皆様のご温いご支援とご理解によるものと、心からお礼申し上げます。

さて、本号では「農薬」を特集しました。最近、環境保護に対する意識の高まりのなかで、農薬が批判の俎上にのせられています。農薬は病害虫・雑草の防除、ひいては生産の

安定・向上に欠くことのできない資材であることに変わりはありません。今回は、より安全な農薬の開発を目指して、企業ならびに試験研究機関の第一線でご活躍の方々に執筆していただきました。農薬へのご理解の一助になれば幸いです。

次号では、冷害対策に関連して、耐冷性品種のバイテク育種について、ミニ特集を予定しています。ご期待下さい。 (大畑記)

ブレイン テクノニュース (第41号)

平成6年1月15日発行

発行者 浜口義曠

発行所 生物系特定産業技術研究推進機構

〒160 東京都新宿区新宿6丁目24-16 日本生命新宿6丁目ビル3F
TEL. 03-3205-6565 FAX. 03-3205-6566

編集 (社)農林水産技術情報協会

〒103 東京都中央区日本橋兜町15-6 製粉会館6F
TEL. 03-3667-8931 FAX. 03-3667-8933