

# 植物防疫

昭和五十三年三月二十五日  
昭和五十四年三月二十五日  
第三行  
第五十号  
植物防疫  
第二十二号



1978

3

VOL 32

特集 農薬の安全性



電子エンジン付

## 肥料散布も安心… 共立背負動力散布機

- 強力なエンジンと高性能ファンにより、DMD-11Eでは60m、DM-9AEでは55mの散布ホースが使えます。驚くほど幅広く、効率的に防除できます。
- 除草剤と肥料に対する防錆対策を施しましたので、安心して使用できます。
- DG-202Eは小形、軽量、高性能な散布機です。人力防除機と変わらぬ使い易さで、効率散布が可能です。

豊かな農業をめざす……



株式会社 共立



共立エコ物産株式会社

〒180 東京都新宿区西新宿1-31-31 新宿Kビル1 電話 03-343-3231(代)

斑点落葉病、黒点病、赤星病防除に

# モルックス

斑点落葉病、うどんこ病、黒点病の同時防除に

# アアルサン



大内新興化学工業株式会社

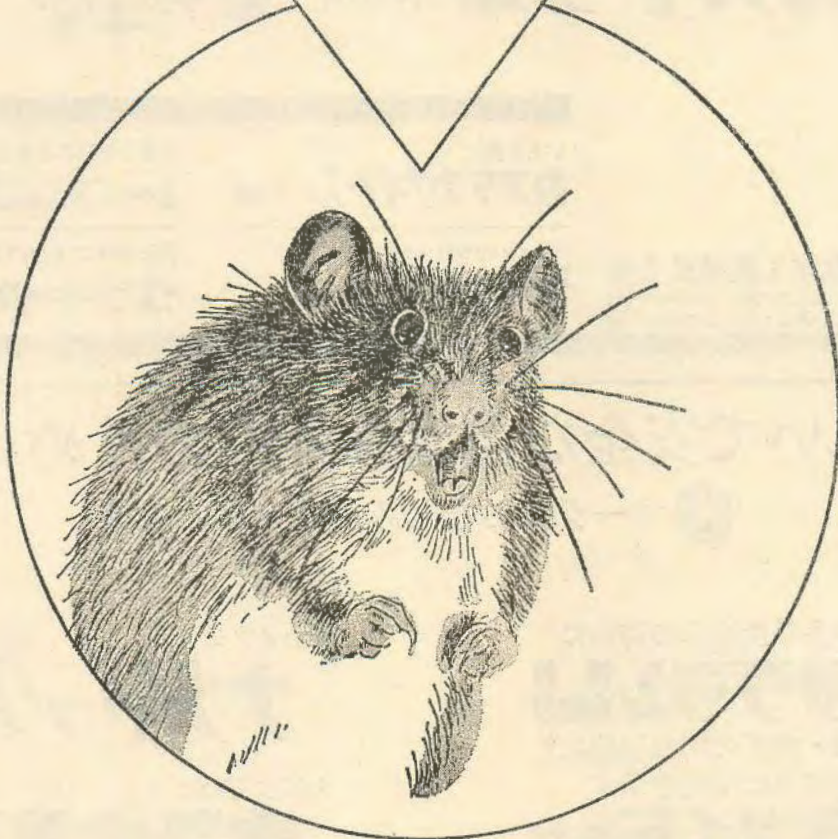
〒103 東京都中央区日本橋小舟町1-3-7



# クミアイ 鼠とり

雨雪に耐えられる防水性小袋完成

ラテミン小袋  
タリウム小袋



クマリン剤  
固形ラテミンS=家鼠用  
水溶性ラテミン錠=農業倉庫用  
ラテミンコンク=飼料倉庫用  
粉末ラテミン=鶏畜舎用

燐化亜鉛剤  
強カラテミン=農耕地用  
ラテミン小袋=農耕地用

タリウム剤  
液剤タリウム=農耕地用  
固形タリウム=農耕地用  
タリウム小袋=農耕地用

モノフルオール酢酸塩剤(1080)  
液剤テンエイテイ=農耕地用  
固形テンエイテイ=農耕地用



取扱 全 農・経済連・農業協同組合  
製造 大塚薬品工業株式会社

本社：東京都豊島区西池袋3-25-15 18ビル TEL 03(986)3791  
工場：埼玉県川越市下小坂304 TEL 0492(31)1235



種子から収穫まで護るホクコー農薬



種もみ消毒はやりなおしが出来ません

★ばかなえ病・いもち病・ごまはがれ病に卓効

デュボン **ベンレート**® 水和剤20

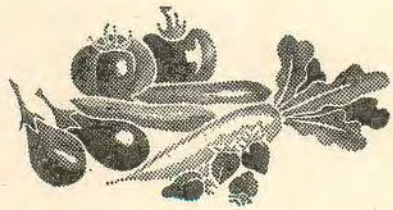


効めの長い強力殺虫剤

★アブラムシからヨトウムシまで、これ一発でOK

安全・卓効・省力《新型浸透性殺虫剤》

ホクコー **オルトラン** 粒剤 水和剤



いもち病に

**カスラサイド**® 粉剤・水和剤

果樹・野菜の各種病害に

ホクコー **トップジンM** 水和剤



北興化学工業株式会社

東京都中央区日本橋本石町4-2 ①103  
支店:札幌・東京・名古屋・大阪・福岡

キャベツ・さつまいも畑の除草に

ホクコー **ブラナビアン**® 水和剤

体系除草に(ウリカワにも)

**グラキール** 粒剤 1.5/2.5

きれいで安全な農産物作りのために!



マークでおなじみのサンケイ農薬

★水田の多年生雑草の防除に

**バサグラン** 粒剤 水和剤

★果樹園・桑園の害虫防除に

穿孔性害虫に卓効を示す

**トラサイド** 乳剤

★かいよう病・疫病防除に

**園芸ボルドー**

★ネキリムシ・ハスモンヨトウの防除に

**デナボン5%ベイト**

★ナメクジ・カタツムリ類の防除に

**ナメトックス**

★線虫防除に

**ネマホルン**

**EDB油剤30**

**ネマエイト**



サンケイ化学株式会社

東京 (03)294-6981 大阪 (06) 473-2010  
福岡 (092)771-8988 鹿児島 (0992) 54-1161



# 植物防疫

第 32 卷 第 3 号  
昭和 53 年 3 月 号

# 目次

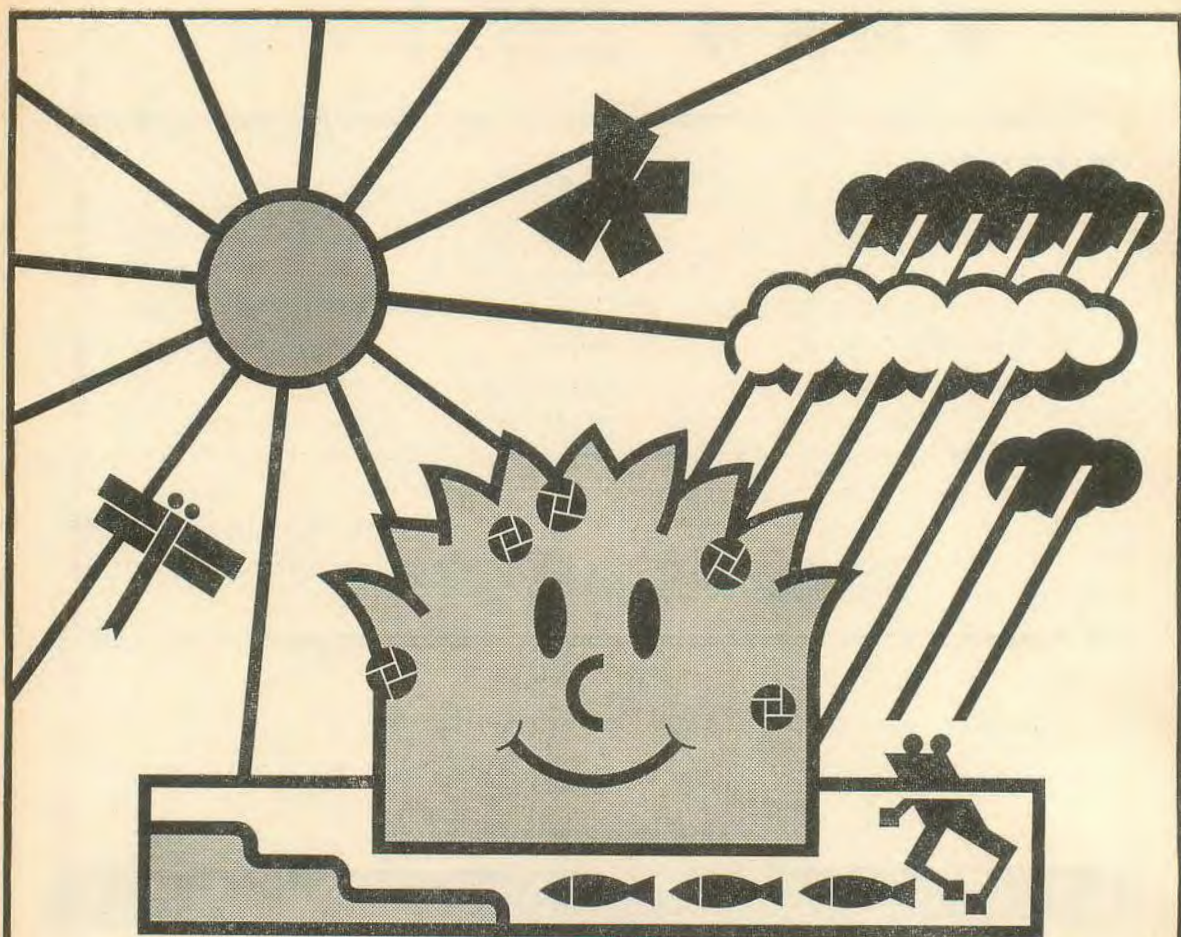
## 特集：農薬の安全性

農薬の安全性について.....	福田 秀夫.....	1	
作物における農薬残留と安全使用.....	後藤 真康.....	3	
食品中の化学物質の安全性評価.....	宮沢 香・手塚 満.....	8	
国際食品規格計画における農薬の毒性と残留性の検討.....	中村 廣明.....	13	
農薬の毒性試験の問題点.....	西村 正雄.....	17	
農薬の魚毒性試験法の問題点.....	藤谷 超.....	25	
残留農薬分析法における最近の進歩.....	金沢 純.....	30	
これからの農薬開発の方向.....	見里 朝正.....	37	
鈴木一郎さんを偲ぶ.....	上遠 章.....	44	
中央だより.....	41	協会だより.....	43
学界だより.....	42	人事消息.....	36
新刊紹介.....	42		

## 豊かな稔りにバイエル農薬







"HUMAN & NATURE" FIRST

自然の恵みと、人間の愛情が、  
農作物を育てます

● 稲害虫の総合防除に

**パダン<sup>®</sup>**

● 稲もんがれ病防除に

**バリダシン<sup>®</sup>**

● 水田の中期除草に

**アピロサン<sup>®</sup>**

● 水田雑草の総合除草に

**ワイダー<sup>®</sup>**



武田薬品工業株式会社 農薬事業部 東京都中央区日本橋2-12-10



## 農 業 の 安 全 性 に つ い て

農 林 省 農 業 検 査 所 <sup>ふ</sup> 福 <sup>だ</sup> 田 <sup>ひ</sup> 秀 <sup>お</sup> 夫

## は じ め に

今日、農業を語る時、常に安全ということが話題となる。しかし、今に限らず昔から安全でなくてもよかつた時代があるはずがない。戦前の教科書にも農業の具備すべき条件の中に必ず人畜に対し安全なことという1項目があった。安全はすべての前提として我々が常に願って来たことであるから、科学技術の進歩とともに一層安全性が高くなって行かなければならないはずである。とは言え、人々の意識の向上などから、近年、安全ということが次第に強く叫ばれるようになった。

2 ページ厳守という強い制限の下でこの問題について何かを述べることは大変難しい。制度や行政上の処置を羅列してみても今さらの感があるし、資料などにより詳細な解説をするのには紙面に余裕がない。安全性とは所詮相対的なものであろうから、舌足らずで語ることは、誤解を招く恐れもある。よく使われる「安全性」という言葉はどういうことを意味するのであろうか。紙面の許す限り考えてみたい。

## 物 の 固 有 の 性 質 と 安 全 性

ある物質や製剤などの固有の性質はそれぞれ、なんらかの方法で定量的に測ることができよう。同じ条件で測った結果としての数値は互いに比較することができる。そして、極端な数値の場合は、その数値だけを根拠として安全な物あるいは危険な物として他と区別することができるかもしれないが、この数値のどこまでが安全でそれから先は危険であるという境界値は、行政上の判断などにより定めることはできても、科学的根拠によって定めることは極めて困難である。これらの数値は、ある同一条件の下における、ある性質の程度を相対的に示しているだけである。そして、その物を現実利用する場合には同じ条件で取り扱われるとは限らないので、前記の性質の差がそのままあてはまるとは限らない。

また、農業の安全性をその固有の性質から考える場合にはどのような性質を対象とすればよいであろうか。いわゆる急性毒性（製造業者、農業使用者、その他の取り扱い者などに対する一切の急性的な影響）、いわゆる慢性毒性（食品を媒体として、あるいは媒体としないで、人々の体内に長期間にわたって入った場合の一切の影響）のほか、家畜など有用動物、水産動物、農業施用対象植物、その周辺植物、更には天敵、野生動物などの

それぞれに対する直接または間接的な影響などが考えられる。その他、引火性、爆発性などの性質も考えられるし、農業用資材などに対する悪い影響がある場合などもある意味では安全なものと言えないであろう。このような多様な性質はそれぞれ関連がない場合が多いであろうから、農業の一般的な安全性をこれらの性質だけで比較することは困難であろう。例えば、パラチオンと DDT のどちらが安全かなどと言う尋ね方に対しては一口で答えることは難しい。性質が近似しているからではなく、むしろ異なるからである。

## 取 り 扱 い 条 件 と 安 全 性

定量的に測定できる固有の性質のそれぞれに応じて、製造、輸送、保管、使用、廃棄などその物を取り扱う一切の場面において、それぞれ条件（取り扱い上の制限など）を考えることになる。厳しい条件がつけられた物ほど、固有の性質としては好ましくない程度が大きかったことになるが、それぞれの条件の範囲内で取り扱い限り、すべての物が安全であると言えなければならない。そして、このような条件の範囲内で使うことの経済的、社会的、その他の利害得失から、その物の存在価値が判断されることになる。例えば、今日の社会では火薬も X 線も睡眠薬もその存在を必要とするであろう。したがって、社会的に安全であるか否かは、科学的に比較できる固有の性質だけでは決められず、安全に利用できる可能性が大きいとか小さいということになろう。それではどのような指標をもってこの可能性の大きさを比較すればよいのであろうか。

安全性の議論に際して、更にやっかいなことには、安全に取り扱える範囲を決めた条件も絶対的なものと言いつれない。科学技術の進歩発達には終点がないであろうから、今後、科学的に解明されてくるものがないとは限らない。また、新しい技術の開発は常に期待されており、その結果として在来物の価値に変化をもたらす場合もありうる。したがって、その時の科学技術の水準で十分検討されたものであっても、安全の範囲を定めた条件や、その範囲内で取り扱われる物の存在に対する感覚は人々の立場によって異なってくると思われる。例えば、パラチオンは開発された時から今日までその固有の性質は変わっていないと言えよう。したがって、我が国で使い始めた時も禁止した時もその毒性の程度は変わっていない



い。そこで、毒性が強いからと言ってやめさせたものを、その毒性の程度を知りながら盛んに使わせた責任はどうなると厳しく言われた経験がある。逆に、その効力に対して農業者から、最も的確な解毒剤がある農薬ということで医学者から、更に、その他の立場の人々も含めて意外にもパラチオンを惜しむ意味での批判も受けた。今更説明は不要と思うし余白もないが、食糧不足が深刻であったころには、当時稲作最大の害虫であったニカメイチュウの防除を可能にし、稲作体系に変革をもたらすほどの効果があったパラチオンは我が国でも重要な農薬であり、特定毒物に指定するという条件の下で利用されていた。残留性の心配もなく効力も優れているという理由で現在なお多くの国々で使われているこの農薬を導入したのも、禁止したのも、それぞれ誤りであったのだろうか。

#### 事故について

物の安全性を論ずる指標の一つとして事故の頻度が考えられる。いろいろな事故の頻度すなわち安全性がよく研究されているのは保険の関係者によってではなかろうか。事故の頻度によって保険料率や保障限度などに差があるようである。また、ある程度以上の加入希望者があるような対象でなければ保険は成立しないはずである。保険の対象も多様化してきたようであるが、農薬に関連のある事故を対象としたものは極めて少ないようである。したがって、その内容などから安全性を考えるのも難しい。

事故と言われることが起こった場合には、事故が起きた物を取り扱っていた人の不手際なり不注意なりが問題にされることが多いようである。しかし、農薬の場合には毒性など、その農薬の性質のほう論議の対象となつて安全性が問題となることのほうが多いような気がする、と言っては誤りだろうか。

一般的には起こらないはずのこと、すなわち事故はなぜ起こるのであろうか。その範囲内で取り扱う限り安全であると考えられている条件に不完全なところがあった場合には、そのことが事故の原因となる恐れがある。しかしながら、実際に広く使われていく中で初めて出会うような場面もありうるし、不運な偶然が幾つか重なってしまう場面もあろう。このような場面を事前の調査研究などでどこまで予測し配慮しておくことができるであろうか。誰にも責任を負わせられないような事故もありうると思えば、その場合の関係者の救済策は別に考えておかなければならないであろう。また、安全である条件を守るのは人間であるから、不注意や無知のために事故が起こる。このような場合を考えてみると、なるべく守り

やすい条件であることが求められ、物の固有の性質としてはなるべく好ましいものであることが望まれてくる。更に、教育指導などの徹底も必要となる。事故の原因に故意があったとしたら、農薬の安全性以前の問題であろう(参考までに述べるが、農薬による年間の自殺件数は全自殺件数の約2%である)。

農薬による事故の中で比較的資料の揃っているのは急性中毒事故であり、厚生省の資料があるが、しばしば引用されているのでその内容はここでは省略する。この資料によれば事故件数は年々減少してきており、その原因は、低毒性農薬の普及と危害防止運動の実施によるところが大きいとされている。確かにそのとおりであろうが、詳細に事故件数の推移をみると、昭和30年代は農薬の使用量が年々増加していたにもかかわらず事故のほうは着実に減少傾向を示している。だが40年代では使用量は30年代ほど増えていないのに事故のほうは減少傾向を示していない。しかも、生産額の割合でみると、特定毒物や毒物の減少傾向、すなわち低毒性化は40年代のほうが目立つようである。事故の減少には一般的に限界があるはずであり、現在の事故件数をどうみるかは判断の根拠がないが、今後更に事故を減らして行くことは次第に困難になっていくはずである。使用を止めない限り事故0という期間を無限に続けることは不可能であることを承知の上で、我々は常に事故0を目ざさなければならない。

近年、安全性に関して最も関心がもたれている慢性毒性については事故の頻度を考えるわけにはいかない。食品を媒体とした場合のこの種の中毒は、タバコの悪い影響のように自己の意志で避けられるものでもなく、医薬のように緊急避難的に使うものでもなく、知らない間にほとんどすべての人々が侵されていくことになるので、絶対にあってはならないものである。したがって国際的な連繋のもとに必要な資料の整備と検討が急がれている。その結果として、長い将来にわたって使い続けた場合に起こるかもしれない一切の悪い影響を未然に防ぐために、使用上の制限が定められていくことになる。天然物を含む他の物質に比べて、農薬についてはこの種の情報が比較的多く整備されてきた。このことが、かえって人々の不安を増している場合もあるようであるが、科学的な資料こそ安全性を考えるための根拠であり、しかもその整備には膨大な経費と長い年月と高度な専門的知識が必要であるから、この種の調査研究に対し、いろいろな立場からの一層の配慮が望まれる。



# 作物における農薬残留と安全使用

残留農薬研究所 後藤 藤 真 康

農作物に散布された農薬は、作物体に付着し、蒸発や光分解などにより次第に減少しながらそこに残留する。農薬の効果の面からいえばある程度の期間は有効成分が作物体上にとどまっていて残効を表すことがのぞましい。しかし、あまりにも安定な農薬は収穫物にまで多量に残留してこれを汚染し、食品を通じて人間に摂取されることになる。食品中に残留する農薬は一般に微量であり、1度や2度摂取しても人間が中毒を起こす恐れはほとんどない。しかし、食品は毎日継続して摂取されるので、たとえ微量の残留農薬であっても毎日摂取していると長い間のうちには人間の健康に害を与える恐れがある。更に、安定な農薬は土壌や河川水などの環境中にも長期間残留するので、環境汚染を通じて食品を二次的に汚染したり、病虫害以外の動植物に長期間影響を与えて生態系を攪乱する恐れも大きい。特に DDT のように動物体内で分解排泄される速度の遅い物質は動物体内に蓄積され、畜産物を汚染したり、いわゆる食物連鎖によって生物体の汚染が拡大し濃縮される。このように残留農薬による食品や環境の汚染の実態、特に DDT や BHC などによる汚染の実態が各種の調査により次第に明らかにされたため、今日では周知のように、DDT、BHC、有機水銀剤のような残留性の著しく大きな農薬の使用は我が国では全面的に禁止された。また、昭和 46 年に農薬取締法が改正され、すべての農薬について残留農薬の安全性審査が厳しく行われ、農薬の使用方法がこの面からも規制されることとなったのである。したがって今日では、各農薬のラベルに記載されている使用方法を正しく守って使用する限り、残留農薬による被害の恐れはなくなったといつてよからう。そして農薬を正しく安全に使用するためには、農薬残留に関する基礎的な知識を身に付けておくことも大切である。

農作物における農薬の残留の状況については、今日では農林省や環境庁の実施している各種の調査や、農薬の登録申請のために実施される調査などによってかなり膨大な知見が得られている。しかし、残留農薬の量やその減少状況は後述するさまざまな要因によって複雑に変化する。したがって個々の農薬についての残留試験の結果を整理し、農薬残留に関する一般的な法則性を見付け出すことは容易ではない。これから述べることも概括的なとりまとめであり、あまり新しい知見を含んだものでも

ないことを御了承いただきたい。

## I 農作物における農薬の残留

### 1 散布薬剤の付着量

農作物に散布された薬剤はまず農作物の表面に付着する。そこで残留農薬の量を考えるための第1歩として、散布薬液の付着量について考えてみよう。作物の形態や表面の性質は多様であるが、一つのモデルとしてりんごやトマトなどの果実を半径 4cm の球と考える。その場合、表面積は 201 cm<sup>2</sup> で、比重を 1 とすれば重量は 268 g となる。一方、散布薬剤の付着効率であるが、一般に水和剤、乳剤のような液剤のほうが粉剤よりも付着効率が高いといわれている。そこで、液剤を噴霧した場合の薬液が直径 0.1 mm の球であったとし、これが半径 4cm の球の表面に一層にびっしりいっぱい付着したとすると、その数は  $2 \times 10^6$  個でその総量は 1 ml となる。散布薬液が 50% 乳剤の 1,000 倍液だったとすると、有効成分の付着量は 1 個当たり 500  $\mu$ g で 1.9 ppm に相当することになる。この推定値を実際と比較してみよう。農林省と環境庁の調査結果から各種の農薬のりんごやトマトでの残留量の最高値を拾いだしてみると第1表のとおりである(この調査の試料は市販品ではなく、現在の使用基準とは異なった使用をしているものもある)。散布直後の試料ではないので直接比較はできないが、一般的には先の計算値より低い場合が多いとみてよさそうである。また、農薬の種類により残留量にかなりの差があることが分かる。

薬剤の付着量は作物の単位重量当たりの表面積の大小及び作物表面の形態や性質によっても当然異なってくる。球の重量当たりの表面積は直径に反比例するから、ぶどうやおとうものような小粒果実はりんごやトマトに比べて薬液の付着量は当然多くなる。こまつなのような葉菜類では表面積が非常に大きいので付着量も大きい。作物の葉を厚さ 3 mm の板と仮定して前と同じような計算をしてみると、薬液が片面だけに付着した場合でもその量は 8.3 ppm に相当する。ただし、キャベツや結球はくさいでは内側の葉には薬液がかからないので全体としての付着量はむしろ少ない。ももなどのように表面に毛のある作物は薬剤が付着しやすい。いちご果実も薬液の付着量が大きい。一般的にいえば、薬剤の付着量は



第1表 残留量の最高値 (農林省・環境庁の調査より)

作物	農薬名	散布薬液の濃度	経過日数	残留量 (ppm)
りんご	DDT	20%, 1,000 倍	10	1.4
	パラチオン	47, 2,000	7	0.69
	MEP	50, 1,000	3	0.44
	PAP	40, 1,000	10	0.20
	NAC	50, 800	7	0.37
	ケルセン	40, 2,000	7	0.75
トマト	MEP	50, 1,000	3	0.57
	マラソン	50, 1,000	3	0.06
	ケルセン	40, 1,500	3	1.5
	トリアジソン	50, 400	1	0.3
	キャプタン	50, 400	1	2.3
	モレスタン	25, 2,000	1	0.22

りんごなどでは 0.1 ppm 台、ぶどうなどで 1 ppm 台、こまつななどで 10 ppm 台とみてよからう。

## 2 残留農薬の存在状態

農作物に付着した農薬は単に植物表面に物理的に付着しているだけであろうか、それとも植物体内に浸透しているのだろうか。このことを考える手がかりとしては、残留農薬の洗浄試験や分布試験の成績がある。出浦<sup>1)</sup>の実験によると、こまつなにひ酸鉛や BHC 剤を散布し、散布直後に収穫してこれを洗剤を含んだ水でふり洗うと、ひ酸鉛は 100%、BHC も 45~52% が洗浄により除去されたという。しかし、散布数日後にこまつなを収穫して洗浄を行うとひ酸鉛は 100% 除去されたが、BHC は 4~15% しか除去できなかった。また、山東菜に MEP やマラソンを散布して数日後に収穫し、洗剤の水溶液でふり洗った場合にはやはり 30% 以下しか除去できない。しかし、ブラシを用いて山東菜の表面が傷つくまでこすり洗うと 60% 以上が除去されたという。また、筆者らの実験でも、有機リン剤や NAC 剤を果実などに散布したあとの水による洗浄除去効果はあまり高いものではなく、また、洗剤の存在は洗浄除去率には影響なく、洗浄時間の短縮に役立つのみであった。これらのデータは何を示しているのであろうか。ひ酸鉛や散布直後の BHC のかなりの部分は水で容易に洗い流されるところからみて、これらは植物体の表面にほとんど物理的に付着しているであろう。ところが BHC や有機リン剤などは散布後数日たつと水でほとんど洗い落とせなくなる。これはなぜだろうか。おそらく、これらの薬剤は油に溶けやすいので植物表面に付着すると表面のクチクラ層に急速に溶け込んでゆくのであろう。筆者の実験では、さやいんげんをダイアジノン乳剤の 2,000 倍液に 2 分間浸漬したのち引き上げて、前後の重量差から薬液の付着量を求めダイアジノンに換算すると 4 ppm であった。ところが実際に分析してみると残留量はそれよりはるか

に多い 10 ppm で、水で洗浄してもほとんど除去できなかった。この実験もダイアジノンが植物体の表面に溶け込みやすいことを示している。一方、ひ酸鉛、ジチオカルバマート剤や TPN の残留は水で 100% 近く洗い落とせることが知られており、これらの農薬はクチクラ層にあまり溶け込まないのであろう。

次に、クチクラ層に溶け込んだ農薬は植物体内部にどのくらい移行するのだろうか。これを推定する一つの手がかりとして、多くの農薬について果実の果肉と果皮の残留量を比較してみよう。第 2 表に示すように果肉に比べて果皮での残留量が圧倒的に多い。果実全体に対する果皮の重量比はミカン外皮で 20~30%、ももで 10~20% であるから、大ざっぱにみて多くの農薬では果実全体に存在する農薬の 90% 以上が果皮に存在しているとみてよからう。いも類、根菜類、キャベツやはくさいの内側の葉など薬剤が直接かからない部位での残留農薬は一般に極めて少ない。これらのことからみて多くの有機農薬は植物表面のクチクラ層には速やかに溶け込むが、それ以上内部に浸透したり植物体内を移動する量は少ないと考えられる。ただし、エチルチオメトンなどのいわゆる浸透性殺虫剤や近年開発された浸透性殺菌剤は植物体内にも比較的多量に入り込む。このような薬剤は水溶性が比較的大きいものが多い。ヒ素や水銀などタンパクと結合しやすい成分も移動性が大きいようである。

第 2 表 果実での残留農薬の分布

作物	農薬	残留量 (ppm)	
		果 肉	果 皮
もも	MPP	<0.003	0.02~0.09
	CYP	0.004~0.014	4.8~27.0
	CYAP	0.01~0.017	0.22~4.22
	TPN	0.07~0.35	27~140*
	モノックス	0.04~0.06	0.96~2.44
	ベノミル	0.20~0.40	6.6~10.1
	みかん	ジメトエート	<0.001~0.16
クロルフェナ		0.06~0.18	0.3~3.0
ミジン		0.02~0.08	1.8~8.8
BPPS		0.001~0.004	0.03~0.71
クロルベンジ		0.01~0.12	2.0~7.2
レート		<0.01~0.02	0.37~3.32
テトラジホン		<0.02~0.02	0.04~0.08
りんご	ダイホルタン	<0.01~0.02	0.37~3.32
	ベノミル	0.01~0.09	0.72~4.02

\* 洗浄除去率 99%

## 3 残留農薬の減少

農作物に付着し浸透した農薬は次第に減少してゆくが、その減少経路の第 1 に考えられるのは蒸発である。DDT はこれまで使用された農薬の中では最も蒸気圧が



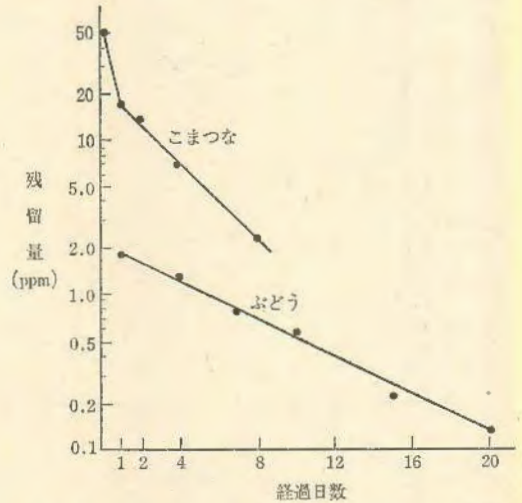
低いものに属するが、それでもかなり速やかにほ場から蒸発してゆくことが確かめられている。同じ有機リン剤の中でも EPN や CYP が比較的長く残留するのは蒸気圧が低いことと関係があろう。BHC 剤をイネに散布した場合、 $\gamma$ -BHC と  $\beta$ -BHC の比が原体中では 1:0.6 であったものが、いなわらの残留量では 1:3~5 に逆転する。この理由も両者の化学的安定性の差に加えて  $\beta$ -BHC の蒸気圧が  $\gamma$ -BHC の 1/30 であることに関係していよう。多くの農薬は水の蒸発に伴って蒸発する性質があるので、散布薬液の水分の蒸発と一緒に蒸発する量も少なくなかろう。

残留農薬を減少させる経路として次に考えられるのは光化学反応であろう。多くの農薬が日光中のエネルギーの強い短波長の光線によって複雑な光化学反応を受けること、この反応は天然に存在する多くの物質によって増感されることが知られている。例えば MEP などのチオリン酸エステルは光化学的に酸化されて、より不安定なリン酸エステルに変わる。同じ作物でも露地栽培に比べて施設栽培では残留量が著しく多い場合が少なくない。前述の洗浄試験の結果からみて雨による流亡はそんなに多くはないと思われるので、露地と施設の残留量の差の大きな原因は日光、特に紫外線が遮断されることと、風がないので蒸発が抑制されるためであると思われる。葉菜類のように表面積の大きな作物では薬液の付着量が大いだが、蒸発や光化学反応が行われる場も大であるから、残留農薬の減少速度も大である。

残留農薬はまた、空気、水などにより化学的に分解されるし、植物体内の酵素によっても分解される。更に残留農薬の濃度をみかけ上減少させるものとして作物の肥大成長がある。きゅうり、なすの果実では残留農薬の減少が極めて速やかであるが、これはこれらの果実が1週間で数十倍にも肥大するのでその分、残留農薬が希釈されるからである。古谷ら<sup>2)</sup>はビニールハウス栽培のきゅうりにキャプタン及び TPN を散布し、10 日間の残留量を調査した。その結果では果実1個当たりの残留量はこの間ほとんど変化しなかったが、果実1個の重量は数十倍に増加するので、残留濃度としては数十分の1になったという。

作物での残留量を散布後の経過日数に対してプロットすると指数曲線になり、したがって残留量の対数をとってグラフを書くと直線になることが多い。ただし、残留農薬の量は非常にバラツキが大きいので、個々のデータについてみるとなかなかきれいな直線にならないが、同じ条件での幾つかの測定例を平均するとききれいな直線になる。このことは何を示しているのかというと、残留農

薬を減少させる要因の量が残留農薬の量に比べて大過剰であり、残留農薬の減少速度がその時点での残留量にのみ比例する、すなわち一次反応であることを示している。分かりやすくいえば、残留量が多いほど減少速度が速やかであり、また、残留量が  $n$  分の1になる期間は常に一定になる。例えば第1図に示すパラチオンの残留量はぶどうでは5日で、こまつなでは3日で半減している。こまつなで1日以内に急速に減少しているのはこの間での蒸発量が多かったためと思われる。

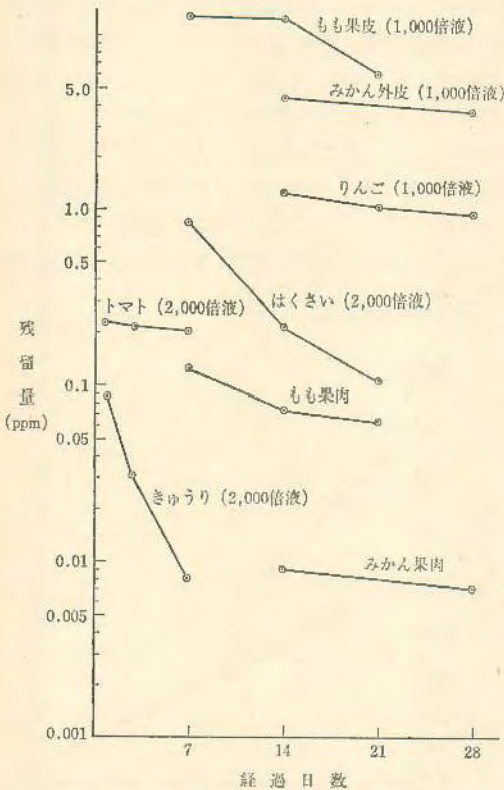


第1図 こまつな、ぶどうでのパラチオンの残留

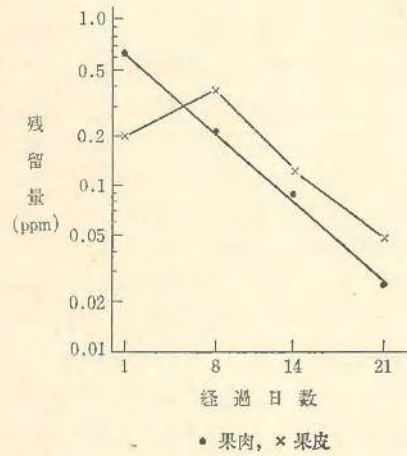
残留量の減少が一次反応で進むというのは大変有り難い現象であり、例えばこのことを利用して同じ農薬を繰り返し使用した場合の残留量を推定することができる。すなわち、HAMAKER<sup>3)</sup>が土壌残留について行った計算を作物についても当てはめてみると次のようになる。ある農薬を1回散布した直後の残留量を  $C_0$ 、散布1日後の残留量を  $C_1$  とすると、 $C_1/C_0 = f < 1$  は一定である。そこで同じ農薬を1日に1回ずつ  $n$  回散布した直後の残留量を  $C_n$  とすると  $C_n/C_0 = 1 + f + f^2 + \dots + f^{n-1}$  となり  $C_\infty/C_0 = 1/(1-f)$  となる。つまり、同じ農薬を何回も散布しても残留量は無限には増えず、一定の値におさまってしまう。例えば、残留量が7日で半減するような農薬は  $f = 0.9$  であり、1日1回毎日散布しても残留量は1回散布の10倍を越えることはないし、7日ごとに散布すれば残留量は1回散布直後の2倍以内におさまっている。

同じ農薬をいろいろな作物に散布して残留量を測定した結果をまとめてみると、これまで述べてきたことが裏付けられていることが分かる。第2図は近年我が国で開発された新殺虫剤についての測定例をまとめたものであ





第2図 各種作物での残留の比較



第3図 ももでのメチルジメトンの残留

一番多く分布し、茎、葉、果実の順に減少してゆく。ディルドリンなどの油溶性の物質は植物体の油脂に富んだ部位に集まるので、例えば玄米では糠部に多い。一方、水銀やヒ素はタンパクと結合しやすいので玄米では糊粉層に多い。ただし、一般に土壌や水田水から根により吸収されて残留する農薬の量は茎葉散布による残留に比べればはるかに少ないといつてよからう。

る。残留量はいずれも一次反動的に減少する。他の作物に比べきゅうりでの減少速度が非常に速いことが分かる。はくさいの残留量がりんごに比べて少ないのは散布薬液の濃度が薄い上に、結球内部には薬液が付着しないためであろう。もも、みかんでは果皮に残留し果肉での残留はわずかである。

以上は主として作物表面に散布されてそこに残留する農薬についての考察であり、いわゆる浸透性の薬剤や根から吸収された薬剤の残留はやや複雑である。例えば第3図に示すのはもも果実における浸透性殺虫剤メチルジメトンの残留である。この場合、残留していたのはメチルジメトンの酸化物のメチルジメトンスルホキシドであったが、その果皮での減少は一次反動的であるのに対し、果肉での残留は直後よりも8日後のほうが多くなっている。金沢の調査<sup>4)</sup>ではポット栽培のイネに BHC 粒剤を水面施用した場合の玄米中の  $\gamma$ -BHC 残留量は、穂揃期に施用するよりも分けつ期、出穂期に施用したほうが多い。茎葉散布の場合、作物体の各部分での残留農薬の量は薬剤が付着した部分が一番多いが、根から吸収された場合は植物体の各部に異なった割合で分布する。例えばなすやきゅうりの根から吸収されたディルドリンは根に

## II 残留農薬の安全性審査

残留農薬の安全性は残留量の大小や残留期間の長さだけでは判断できない。その農薬の毒性と残留性の両面をからみ合わせてみることによって安全性審査が行われ、使用方法が確立されるのである。

農薬の毒性については別に詳しく解説があると思うが、食品中の残留農薬の安全性を判断するのに最も大切なのは慢性毒性試験の成績である。慢性毒性試験はイヌやネズミを用いて次のように行われる。供試動物を数グループに分けて数段階に量を変えた農薬を混ぜた飼料を毎日食べさせて飼育する。試験期間はネズミでは一生涯(約2年)、イヌでも2年間継続する。その間、摂食量や体重の変化を記録し、一定時期に一部の動物を解剖して生化学的方法や組織病理学的方法によって詳細な検査を行う。このようにしてその薬物が動物に与える毒物学的な性質を明らかにするとともに、その薬物を一生にわたって摂取しても動物の体になら影響を与えない薬量—これを無作用量という—を求めるとのである。動物に対する無作用量が求められると、その量に数十分の1から数万分の1の安全率(毒性の性質や試験の精粗によって異なる)を乗じた値を人間が1日に摂取することを制限される量—これを1日許容摂取量(ADI)という—とす



る。ADI は体重 1 kg 当たりの薬量で表されるので、これに 50 を乗すると成人 1 人当たりの薬量となる。この値をその農薬が残留する食品を 1 日に摂取する量で割れば食品中の残留農薬の許容量が求められるわけである。しかし、何種類もの農作物に使用される農薬の場合、残留量は農作物によって異なるからすべての作物に一律な許容量を定めることは不合理である。そこで、農作物を幾つかのグループに分け、各グループごとに残留の実体に応じた残留基準を定めることとしている。そして各グループごとの残留基準 ( $P_n$ ) にそのグループの農作物を 1 日に摂取する量 ( $F_n$ ) を乗じた値の総和 ( $\sum P_n F_n$ ) が ADI を 50 倍した値を上回らないようにするのである。こうして定められた残留基準は厚生省と環境庁から告示されている。

このようにして農作物ごとに残留基準が定められると、その値と、実際に農薬を使用した場合の残留量とを比較して安全性を判断するわけである。つまり、実際の残留量のほうが残留基準よりも小さければ、残留農薬が人の健康に害を与える恐れはないと判断するのである。散布回数や散布後の経過日数によっては残留量が残留基準を上回る恐れがあるときは、使用回数の制限や収穫前の一定の期間は使用しないこととするなどの制限を付けるわけである。一部の作物については相当長期間にわたって残留量が残留基準を上回り、防除上必要とされる散布適期の大部分が使用禁止期間に入ってしまうようであれば、その農薬はその作物に使用できないこととなる。どの作物に使っても残留量が残留基準を越えてしまうような農薬は当然市販できない。このようにして定められた使用方法、すなわち、作物の種類、使用量(濃度)、使用できる期間、使用回数の制限などは、すべて農薬のラベルの使用法の欄に記載されることとなっている。

## ま と め

残留農薬による被害の恐れをなくすためには、厳しい検査を受けて登録された農薬を、ラベルの表示に従って正しく使うことが大切であることはこれまでの記述で明らかだろうと思う。しかし、個々の農薬について使用方法をすべて覚えることは不可能である。そこでこれまで述べてきた残留農薬に関する知識ををもとに、安全使用のκανどころをとりまとめてみよう。

残留農薬の量を左右する要因はたくさんあるが、最も影響の大きいのは農薬の種類、作物の種類、そして農薬を使用してから収穫するまでの日数である。同じ農薬を何回も繰り返して散布した場合、残留量に影響するのは収穫期間近くに散布した数回だけといってよからう。た

だし、同じ農薬だけをあまり何回も使用することは、病害虫に抵抗性を発達させやすいので好ましくない。多くの除草剤のように播種、植え付け時に使用する農薬、果樹の開花前に使用する農薬、作物の肥大成長の盛んな時期に施用する農薬は残留の点ではあまり心配ないといえる。土壌に残留する農薬による農作物の汚染は、現在使用されている農薬についてはほとんど問題にならない。

作物別にみた場合、イネや果樹は 1 年間の栽培暦がほぼ定まっているので、防除暦に従って防除を行ってれば大体問題はない。ただ、収穫期近くに病害虫の大発生があった時などに使用する農薬については、使用方法、特に収穫前何日まで使用できるかを十分確かめておく必要がある。ある農薬を使用してもよい作物の種類は前述のように残留の面からも制限されているので、表示されていない作物に使用することは慎まなければならない。

やはり一番問題なのは野菜、特に施設栽培の野菜である。施設栽培では病害虫が発生しやすいが、農薬も残留しやすいので特に安全な農薬を選ばなければならない。きゅうり、トマト、いちごのように長い期間にわたって連日収穫の行われる作物では、収穫期に使用する農薬は残留性が非常に少ないか毒性が弱くて残留基準の大きなものが必要である。散布 1~3 日後には収穫できるような農薬でなければ實際上使用が難しくろう。このような農薬は今のところまだ数が少ない。そこで使用方法を正しく守っていたのでは十分防除ができないという不満も生じている。この点を解消するには残留性や毒性の少ない農薬の実用化が急がなければならない。また、残留基準の設定に当たって作物のグループ分けをより細かくし、農薬が残留しやすい作物の残留基準はなるべく大きくするなどの配慮が必要であらう。

残留農薬に対する社会の不安は一朝一夕には解消しそうもない。しかし、今日の植物防疫関係者が安全な農薬の開発と安全使用の徹底のためにあらゆる努力を払っている事実は、徐々にではあるが一般に認められつつあると思う。残留農薬に対する消費者の不安を解消して農産物の円滑な流通を確保するには、農薬の正しい使用方法をいかに遵守してゆくかが最大の課題であるといつてよからう。

## 引用文献

- 1) 出浦 治 (1972): 食衛誌 13: 63, 68.
- 2) 古谷扶美枝・平松禮治(1976): 日本農薬学会第 1 回大会講演.
- 3) HAMAKER, J. W. (1966): "Organic Pesticides in the Environment" ACS, p. 122.
- 4) 金沢 純 (1971): 農技研報告 C25: 109.



# 食品中の化学物質の安全性評価

厚生省環境衛生局食品化学課 みやざわ かおる て つか みつる  
宮 沢 香・手塚 満

食品に含まれる化学物質の代表としては食品添加物(化学的合成品及びこれを含む製剤に限る)及び食品に残留する農薬が考えられる。これらの物質の安全性を評価するために必要な資料の範囲については食品添加物について昭和40年「食品衛生調査会において調査審議を行なうさいの基準」として、残留農薬について昭和47年「残留農薬基準設定の際の基本的考え方」として、また昭和47年「農薬の毒性および残留性に関する登録上の取扱いについて」(農林省農政局長通知)として公表されている。更に突然変異性について調べるために昭和49年「食品添加物などの遺伝的安全性検討の暫定基準」が公表されている。化学的合成品である食品添加物及び農薬はこのガイドラインに沿った資料に基づいて評価することになる。

## I 安全性評価の試験法

必要とする試験項目は原則として、1 急性毒性試験、2 慢性毒性試験、3 次世代に及ぼす影響の試験、4 生体の機能などに及ぼす影響に関する試験(薬理学的、生化学的、微生物学的検査など)、5 生体内運命に関する試験、6 突然変異誘起性試験であり、下記の項目を満足する資料について評価することとしている。

### 1 急性毒性試験

(1) 2種類以上の実験動物を用いて、原則として経口、皮下(または筋肉)、静脈(または腹腔)内投与により致死量を求める。

致死量は、原則として1週間以上観察した場合の値とする。

(2) 上記投与による急性の中毒症状を原則として1週間以上観察する。実験動物のうち1種類は非ケツ菌類、例えばイヌまたはサルなどを使用することが望ましい。

(3) 病理組織学的検査を行うことが望ましい(標的臓器及びその病変を検索するため)。

(4) ラット及びマウスにあっては、1群雌雄各10匹程度を用い、50%致死量を求める。イヌ、サルなど中動物にあっては、1群雌雄各2~3匹程度を用い、投与量に対応する症状の観察を行い、可及的に概略致死量を求めることが望ましい。

### 2 慢性毒性試験

(1) 原則として、ラット及びマウスなど2種類以上

の実験動物を用いて一生涯の大部分にわたる期間の経口投与毒性試験を行う。

(2) 必要がある場合は、非ケツ菌類、例えばイヌまたはサルなどを用いた試験(実験動物の寿命の10分の1程度)を行う。

(3) 動物は、慢性毒性を判定しうるために必要にして十分な数の雌雄両性を用いる。

(4) 原則として、動物の離乳直後から投与を開始する。

(5) 投与量は、原則として最大無作用量(各種検査において対照群と比較して変化を示さないような量の最大のもの)、确实中毒量(実験動物を死に至らしめる検体固有の毒性が明瞭に現れる量をいう。このことからこの量の動物群の少数のものが、中毒死するような量が望ましい)及び最小中毒量(前記の毒性が軽度(質的または頻度上)に生じるような量をいう)が判断できるような量を段階的に設定する。そのためには、あらかじめ亜急性毒性試験を行い、その結果から慢性毒性試験の投与量を決定することが望ましい。

亜急性毒性試験: 実験動物の数は、ラット及びマウスにあっては、1群雌雄各25匹以上、イヌ、サルなど中動物にあっては、1群雌雄合わせて、4~8匹程度用いることが望ましい。

(6) 病理組織学的検査は原則として全動物につきできるだけ多くの臓器について行う。各臓器における農薬及びその関連物質の分析値をつけることが望ましい。

(7) 実験動物の数は、ラット及びマウスにあっては、1群雌雄各25匹以上、イヌ、サルなど中動物にあっては、1群雌雄合わせて、4~8匹程度用いることが望ましい。

(8) 実験動物ができるだけ若い時期から投与を始めるように心掛けることが肝要であるとともに、投与開始時の各群の平均体重をできるだけ近づけることが必要である。

(9) 原則として、検体は飼料に混入して与える。

(10) 観察事項は、少なくとも次のものを行う。

(i) 体重

(ii) 飼料摂取量(同時に薬物摂取量を算出する)及び飲料水摂取量

(iii) 食餌効率(食餌効率とは、体重増加量を食餌摂



取量で除した数をいう)

(iv) 一般症状及び死亡率

(v) ① 血液学的検査：赤血球、白血球及び血小板の数、白血球の分画、ヘモグロビン量、ヘマトクリットなどの測定を行う。ラット、マウスなど小動物では、できるだけ多数の動物について行う。イス、サルなど中動物では全動物について行う。

(v) ② 生化学的検査：原則として、トランスアミナーゼ、アルカリフォスファターゼ、血清タンパク、糖、コレステロール、尿素及び窒素の測定、BSP及びPSPの排泄試験ならびに尿中のタンパク、糖及び沈渣の検査を行う。ラット、マウスなど小動物では病理解剖を行うときに検査を行い、ウサギ、イス、サルなどでは、経時的に検査を行う。

(vi) 病理組織学的検査：実験の中間において一定時期にそれぞれ少数の生存動物を剖検し、また、死亡した動物について（ひん死の動物については、屠殺して）次の検査を行う。

(vii) ① 肉眼的観察：位置、大きさ、形状、色調、硬度、充血、出血、うっ血、萎縮、肥大、貧血、癒着、浮腫、水腫、壊死、脂肪変性、腫瘍、奇形など。

(vii) ② 器官重量：脳、脳下垂体、甲状腺、心、肺、胸腺、肝、腎、脾、副腎、精巣（または卵巣）など。

(vii) ③ 組織学的検査：脳、甲状腺、心、肺、胸腺、肝、腎、脾、膵、副腎、精巣（または卵巣）、消化管（胃、小腸、大腸）、リンパ節、骨髄などについて行う。なお、必要に応じて他の臓器（脳下垂体、唾液腺、膀胱、皮膚、筋肉、眼など）についても行う。

(viii) その他特殊試験

3 次世代に及ぼす影響の試験

(1) ラット、マウスなど少なくとも1種類以上の実験動物の十分な匹数を用いる。

(2) 次世代は、2世代以上とする。

(3) 投与量は、大量及び少量とする。

(4) 検体は、経口投与とし、交配前3か月から開始して雌にあっては、妊娠期間、哺乳期間も同一飼料を与える。

(5) 交配は、原則として雄1に対し雌1で同居交配させ、交配の有無を確認する。

(6) 妊娠動物を2群にわけ、その1群は出産前の胎仔について主として催奇形性の検査にあて、他の1群は出産後の観察にあてるものとする。

(7) 1群の妊娠動物数は、少なくともラット、マウスにあっては、20匹程度、ウサギにあっては、8匹程度とする。この数は、交配させた動物数ではなく、実際

に妊娠した雌動物の数である。

(8) 投与量は少なくとも大量及び少量の2用量とする。大量は、3か月の亜急性毒性試験の最大耐量（動物を死亡させない最大量）を考慮して定め、少量は、個々の物質の毒性を参考として、大量に応じて適当な量を設定する。

(9) 検体は飼料に混入して与える。

(10) ① 親動物は、離乳直後のものを用い、検体投与開始約3か月後に雌1匹に対し、雄1匹の比率で同居交配させ第1代の最初の仔F1aを得る。原則として、F1aは、実験に用いない。

(10) ② F1a 離乳約10日後、再び親動物を交配させ、妊娠動物20匹程度を選び、そのうち5匹は、出産前の胎児について主として催奇形性の検査を行い、残る妊娠動物15匹のうち5匹は、出産後の観察にあてる。

(10) ③ 残る10匹の妊娠動物から得られたF1bは、離乳後親動物に与えたと同じ飼料を与え、約3か月後に親動物と同様に交配を繰り返しF1bを得る。

(10) ④ F1b 出産前に妊娠動物を10匹ずつの2群に分け、その1群は、出産前の胎児について主として催奇形性の検査を行い、他の1群は、その仔動物を出生後3か月以上飼育し、奇形、腫瘍発生その他の影響に関し必要な諸検査を行う。

(10) ⑤ 試験期間中少なくとも次のものを観察する。

(i) 体重

(ii) 飼料摂取量（同時に検体摂取量を算出する）及び飲料水摂取量

(iii) 食餌効率

(iv) 一般症状及び死亡率

(v) 妊娠率及び出生率

(vi) 出産仔数

(vii) 哺育率

4 生体の機能に及ぼす影響に関する試験

一般薬理試験を行う。なお、その他必要に応じ特殊な試験を行う。

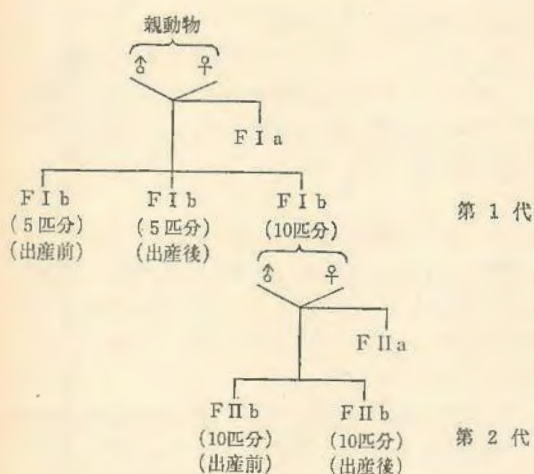
5 生体内運命に関する試験

吸収、体内分布、蓄積、代謝、排泄などに関する試験を行う。

6 突然変異誘起性試験

昭和49年に公表された「食品添加物などの遺伝的安全性検討の暫定基準」は特定の試験生物に対する突然変異原性の検出は比較的容易であるが、人体への危険度を推定し、もしくは証明することは容易ではなく、種々の検定方法が提案されているが、必ずしも確立された定法





はないことを前提にして四つの一般原則を定め、当面の判定基準を設定している。

#### 〔一般原則〕

(i) 化学的に異なった化合物の突然変異性検定に万能的に適用できる方法はなく、各種の方法を幾つか組み合わせて用いる必要がある。この場合、被検物質の利用度、人体にとりこまれる量、代替物の有無、社会的重要性などに応じて、採用すべき検定方法の種類を増して行くものとする。

(ii) 人体への影響を考慮するにあたっては当然のことながら哺乳動物における検定結果を重視するものとする。

(iii) 被検物質の投与形式は、その物質が人体内に摂取される形式に即して定められるべきである。しかし、安全性の評価にあたっては、これによらない検定資料も考慮に入れる必要がある。

(iv) 安全性評価に際しては人体への1回の摂取量、使用頻度、特に総摂取量などに応じて厳格度を定めるものとする。

#### 〔安全性評価〕

##### (1) 突然変異性の検定法

##### (i) 第1次スクリーニング

2種以上の異なった特性を有する微生物の系を用いて第1次スクリーニングを行う。ここで変異性が検出されたもの(以下陽性という)は次の第2次スクリーニングに移す。重要度の高い物質については、ここで突然変異性が検出されない(以下陰性という)場合でも以下の検定を行う。できればこの段階で感受性試験及び代謝活性化試験をも併用する。

##### (ii) 第2次スクリーニング

第1次スクリーニングで陽性の結果を与えたもの及び

重要度の高い物質では、第1次スクリーニングの結果が陰性であったものについても、次のいずれかの方法で必要ならば両者を併用して、第2次スクリーニングを行う。

- ① 哺乳動物の培養細胞による染色体異常の検定
- ② ショウジョウバエの伴性劣性致死突然変異もしくはカイコの特定座位法による劣性可視突然変異の検定、①の培養細胞による染色体異常の検定では遺伝子突然変異だけを誘発する物質を検出できない。この場合は②による検定を必要とする。

##### (iii) 哺乳動物を用いた *in vivo* 検定

第2次スクリーニングで陽性の結果を与えたもの及び重要度の高い物質で、第1次、第2次スクリーニングの結果が陰性であったものについて、哺乳動物を用いて、次の検定を行う。

##### ① 代謝と宿主経由試験

宿主動物としては必ず2種以上の哺乳動物を用いる。被検物質を投与した哺乳動物の腹腔内などに被検微生物を注入し、一定時間後に取り出して、その突然変異障害を見る。この方法では被検物質に対する哺乳動物の代謝系の影響を確認することができる。

##### ② 生体内染色体異常の検定

2種以上の哺乳動物を用い被検物質の投与による末梢血、骨髓細胞、生殖細胞などにおける染色体異常の発生を調査する。

末梢血及び骨髓細胞の試験における染色体異常は次代に遺伝するものではないが、感度が高く、しかも生殖細胞における染色体異常の発生の推定に利用できる。

##### ③ 優性致死法

マウス及びラットを用いて調査する必要がある。優性致死は大きな染色体異常に原因すると考えられるので、この方法では遺伝子突然変異だけを誘発する化学物質は検定できない。また、濃度が低い場合も検出にかけられない。このため、この方法で陰性であっても突然変異がないということにはならない。

##### ④ マウスにおける特定座位法

哺乳動物個体における劣性突然変異を検出する方法であるが、試験に必要な規模、費用の点から特別な必要性が認められる場合以外に実用的でない。

##### ⑤ 生体内運命

必要な場合には被検物質を放射性同位元素で標識しその吸収、代謝、分布、排泄などを検査することが望ましい。

##### (2) 安全性の評価の基準

哺乳動物における *in vivo* 試験の結果を重要視すべきことについては既に述べられているが、DNA に対する



作用が他の系で明らかな場合には、その点を十分考慮しなければならない。

実用的に用いる上記 (iii) ①, ②, ③ 3 方法のうち、③ 優性致死法が陽性ならば被検物質は問題なく危険と判定することができる。① または ② のいずれかが陽性であればかなり突然変異誘発の恐れがあると考えられるが、①, ② もともに陽性である場合は③ が陰性であっても危険度は高いものと見てよいであろう。

なお、遺伝子突然変異性の検出には①～③の方法だけでは不十分で④の特定座位法による検定を行う必要がある。現在までこの方法で検出が行われたのはマウスについてだけであるが、ラットについても、莫大な数の供試動物数を必要とするのが難点である。

## II 残留農薬の安全性評価状況

農薬は農薬取締法により「農林大臣の登録を受けなければ、これを販売してはならない。」こととなっている。農林大臣は登録申請のあった農薬を検査して同法第3条各号の1に該当する場合は、「登録を保留して、申請者に対し申請書の記載事項を訂正し、又は当該農薬の品質を改良すべきことを指示することができる。」こととなっている。このうち「第4号から第7号までの各号の1に掲げる場合に該当するかどうかの基準は、環境庁長官が定めて告示する。」こととなっている。参考までに第4号から第7号まで掲げる。

- 4 前条第2項第4号の事項についての申請書の記載に従い当該農薬を使用する場合に、当該農薬が有する農作物等についての残留性の程度からみて、その使用に係る農作物等の汚染が生じ、かつ、その汚染に係る農作物等の利用が原因となって人畜に被害を生ずるおそれがあるとき。
- 5 前条第2項第4号の事項についての申請書の記載に従い当該農薬を使用する場合に、当該農薬が有する土壌についての残留性の程度からみて、その使用に係る農地等の土壌の汚染が生じ、かつ、その汚染により汚染される農作物等の利用が原因となって人畜に被害を生ずるおそれがあるとき。
- 6 当該種類の農薬が、その相当の普及状態のもとに前条第2項第4号の事項についての申請書の記載に従い一般的に使用されたとした場合に、その水産動植物に対する毒性の強さ及びその毒性の相当日数にわたる持続性からみて、多くの場合、その使用に伴うと認められる水産動植物の被害が発生し、かつ、その被害が著しいものとなるおそれがあるとき。
- 7 当該種類の農薬が、その相当の普及状態のもとに前条第2項第4号の事項についての申請書の記載に従い一般的に使用されたとした場合に、多くの場合、その使用に伴うと認められる公共用水域（水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）第2条第1項に

規定する公共用水域をいう。第12条の4において同じ。）の水質の汚濁が生じ、かつ、その汚濁に係る水（その汚濁により汚染される水産動植物を含む。第12条の4において同じ。）の利用が原因となって人畜に被害を生ずるおそれがあるとき。

第2条第2項 前項の登録の申請は、次の事項を記載した申請書、農薬の薬効、薬害、毒性及び残留性に関する試験成績を記載した書類並びに農薬の見本を提出して、これをしなければならない。

同項4 適用病害虫の範囲（農作物等の生理機能の増進又は抑制に用いられる薬剤にあっては、適用農作物等の範囲及び使用目的。以下同じ。）及び使用方法

環境庁長官がこのうち第4号、第5号または第7号に係る基準を定めようとするときは、環境庁水質保全局長は当該農薬の安全性評価に関する試験成績を厚生省環境衛生局長あて送付し、厚生省環境衛生局長は、当該農薬が食品に残留することにより生ずる食品衛生上の危害を防止する観点から検討し、遅滞なく当該農薬に関する意見を環境庁水質保全局長に通報し、環境庁水質保全局長は基準の設定にあたっては環境衛生局長の意見を尊重する。との覚書が昭和49年3月30日取り交わされており、当局でこの覚書に基づいた農薬の安全性評価の作業を続けている。52年には委員会を17回開催して、48種類（審議した結果資料不備で評価保留となり再審議した場合には2種類、再々審議の場合には3種類というように数えてある）の農薬について安全性評価を行っている。そのうち評価保留となったものが14、評価して人体許容1日摂取量（毒物学的資料から計算された農薬の人体許容1日摂取量、通常体重50kg当たりのmgで表す）を算出したものが34である。人体許容1日摂取量の算出された農薬は、農薬の残留量（実態調査などに基づく農作物の農薬の最高残留量、ppmで表す。一般の値に比べて特に異常に高い値と考えられる値は除く）、農作物の1日摂取量（農薬が残留する農作物の成人における摂取量、kgで表す。ただし、この値は原則として下表を用いる）を考慮し、原則として次の方法により残留基準値を設定することとしている。

	kg		kg		kg
米	0.380	野菜	0.300	茶	0.003
麦、雑穀	0.090	いも類	0.065	テンサイ	0.030
果実	0.135	豆類	0.095	ホップ	0.010
				計	1.108

(1) 人体許容1日摂取量から計算して、人が1日に



摂取する食品中に残留することが許される農薬の量が、実態調査などに基づく残留量より大きな場合はこの残留量を残留基準の基本的な値とする。

(2) 人体許容1日摂取量から計算して人が1日に摂取する食品中に残留することが許される農薬の量が実態調査等に基づく残留量より小さい場合、この人体許容1日摂取量から計算した量を残留基準とする。

(1)において決められた基本値については、更に農薬の散布状況などによる残留量の変動を考慮した上で最も妥当と考えられる数値をもって残留基準値とする。

環境庁に対してはこの残留基準値を回報することとしている。環境庁は「農薬取締法第3条第1項第4号から第7号までに掲げる場合に該当するかどうかの基準」(昭和46年3月2日農林省告示第346号)に基づいて基準を定める場合にはこの環境衛生局長の回報を尊重して取り扱うこととなる。参考までに関係部分を抜粋して引用する。

- 1 当該農薬が次の要件のいずれかを満たす場合は、農薬取締法(以下「法」という。)第3条第1項第4号に掲げる場合に該当するものとする。
  - イ 法第2条第2項第4号の事項についての申請書の記載に従い当該農薬を使用した場合に、その使用に係る農作物(樹木及び農林産物を含む。以下「農産物等」という。)の汚染が生じ、かつ、その汚染に係る農作物等又はその加工品の飲食品が食品衛生法(昭和22年法律第233号)第7条第1項の規定に基づく規格(当該農薬の成分に係る同項の規定に基づく規格が定められていない場合には、当該種類の農薬の毒性及び残留性に関する試験成績に基づき農林大臣が定める基準。次号ロにおいて同じ。)に適合しないものとなること。
  - ロ 当該農薬の成分である物質が家畜の体内に蓄積される性質を有し、かつ、法第2条第2項第4号の事項についての申請書の記載に従い家畜の飼料の用に供される農作物等を対象として当該農薬を使用した場合に、その使用に係る農作物等に当該農薬の成分である物質が残留することとなること(その残留量がきわめて微量であること、その毒性がきわめて弱いこと等の理由により有害でないと認められる場合を除く。)
- 2 当該農薬が次の要件のいずれかを満たす場合は、法

第3条第1項第5号に掲げる場合に該当するものとする。

- イ 当該農薬の成分である物質が土壤中において2分の1に減少する期間がその通常の使用状態に近い条件における試験において1年以上である農薬であって、法第2条第2項第4号の事項についての申請書の記載に従い当該農薬を使用した場合に、その使用に係る農地において通常栽培される農作物が当該農地の土壤の当該農薬の使用に係る汚染により汚染されることとなるもの(その農作物の汚染の程度が微弱であること、当該農薬の毒性がきわめて弱いこと等の理由により有害でないと認められるものを除く。)であること。
- ロ 当該農薬の成分である物質が土壤中において2分の1に減少する期間がその通常の使用状態に近い条件における試験において1年未満である農薬であって、法第2条第2項第4号の事項についての申請書の記載に従い当該農薬を使用した場合に、その使用に係る農地においてその使用後1年以内に通常栽培される農作物の汚染が生じ、かつ、その汚染に係る農作物又はその加工品の飲食品が食品衛生法第7条第1項の規定に基づく規格に適合しないものとなるものであること。
- ハ 以下略

評価保留または評価はされたが追加の資料を要求されたものの内容をみると次のようであり、毒性資料の作成にあたっては、これらの点に十分注意を払う必要がある。

- ① 農薬のオリジナルの毒性資料と農薬抄録の記載内容が食い違っている。
- ② 代謝試験を行うことなく間接的な類推に基づいて動植物体における代謝・分解の表を作成している。
- ③ 慢性毒性試験において投薬量が低く、実験群に最大耐量投薬群がないため、最大耐量投薬した場合の毒性、腫瘍発生についての知見がない。
- ④ 突然変異誘起性試験で用いている菌の種類が少なく特定のものをを用いているので、試験結果では陰性であっても他の種類の菌を用いて試験した場合に陰性となるか否かはっきりしなかったり、薬物濃度が低いため、陰性であっても濃度が高い場合にも陰性となるかはっきりしなかったり、復帰変異試験を代謝活性化した状態で行っていない。



# 国際食品規格計画における農薬の毒性と残留性の検討

農林省農薬検査所 なか むら ひろ あき  
中 村 廣 明

食品に残留する農薬の安全性についての問題は、周知のとおり確かに人類全体に共通の問題であるから、国際的な規格作りの中に取り上げられるのも当然であろう。FAO と WHO の共同で始められた「国際食品規格計画」によって 1962 年に設立された食品規格委員会 (Codex Alimentarius Commission) は食品の貿易を公正かつ容易ならしめるために国際的な食品規格 (Codex Standard) を作成し、加盟各国の受諾を求めている。その規格の一つに残留農薬最高限度 (Codex Maximum Residue Limit, 略称 MRL, 以前は Codex Tolerance といった) があって、これは我が国で食品衛生法に基づく食品規格の一つとして定められている農薬の残留基準 (トレランス) と同質のものである。

## I 食品規格委員会の二つの組織

食品規格委員会の機構や規格作成の手続きについては、既に幾つかの解説もある<sup>1,2,3,4)</sup>ので簡単に触れることとするが、残留農薬に関しては、次の二つの組織が大きな役割を果たしている。

残留農薬に関する規格を作成するために 1966 年に発足した「残留農薬規格部会」(Codex Committee on Pesticide Residues, 略称 CCPR) は議長国オランダを中心に加盟各国の協力により 1977 年までに同国において会議を 9 回開いており、日本もそのうち 4 回出席している。

規格の「草案」は FAO からの農薬適正使用、残留分析、環境科学などの専門家、WHO からの農薬の毒性に関する専門家から成る「残留農薬合同専門家会議 (Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues, 略称 JMPR) が CCPR の要請に基づいて各国政府、開発メーカーなどから提出された資料を入念に審議した結果作られる。

## II WHO の役割

WHO の専門家は集められた対象農薬の急性毒性、慢性毒性、催奇形性、変異原性、あるいは次世代に及ぼす影響や生体内運命などに関する資料から「人体 1 日許容摂取量」(ADI) の設定作業をする。1976 年までにその対象になった農薬は 125 に達する (第 1 表参照)。資料が十分でない場合は、「暫定 (Temporary) ADI」を設定

するか、それも決められないかのどちらかとなり、いずれも一定の期限内に追加資料の提出を要求され (Further Work Required), それによって再評価を受けることになっている。第 1 表は暫定も含めて、1976 年までの JMPR によって設定された ADI の一覧である。

## III FAO の役割

FAO の専門家は報告された各国の適正使用 (Good Agricultural Practice) に基づく農薬の残留量調査の結果や国内トレランス、分析法などを参考にして、個々の農畜産食品に対して対象農薬の最高残留限度 (MRL) を決定する。

このようにして、JMPR の決定した ADI と MRL が「草案」として CCPR に回付されると、CCPR は加盟各国政府に対して文書による意見 (コメント) 要請と、会議出席による発言を求める。これが 2 回繰り返されて「原案」から「勧告規格案」にまで進むと、親委員会 (食品規格委員会) の討議に付されて「勧告規格」となる。

残留農薬に関する「勧告規格」の受諾要請は現在までに 5 回にわたり 45 農薬につき、延べ 481 食品についてなされている<sup>5)</sup>。食品の内容が多岐にわたって複雑なので、我が国でも残留基準のある主な 12 の食品のほか、油脂、卵、肉の代表として綿実油、鶏卵、牛肉を選び、勧告規格をとりまとめたものが第 2 表である。

CCPR では既に約 150 の農薬について草案ないし原案に対する加盟各国政府の意見を求めてきているので、昭和 43 年以来設定を続けてきた我が国の残留基準も、上述の国際的な活動との調和を計りつつ進められる情勢にあるといえよう。

## 引用文献

- 1) 石倉秀次・富沢長次郎 (1967): 国際機関における残留農薬規制対策の動向 防虫科学 34: 27~55.
- 2) 中村廣明 (1976): 国際食品規格と農薬の国際残留基準 植防コメント 26: 4~5.
- 3) 西沢元仁 (1977): 国際食品規格計画 第 9 回残留農薬規格部会に出席して 食品衛生研究 27: 659~668.
- 4) 武居三郎 (1977): 残留農薬の国際基準 日本農薬学会誌 2: 363~365.
- 5) 国際食糧農業協会 (1977): 国際食品規格—FAO/WHO 食品規格委員会勧告一.



第1表 JMPR が 1976 年までに安全性評価の対象とした農薬と設定した ADI (mg/kg) の一覧

Pesticide	一般名(代表的商品名)	ADI (mg/kg)
acephate	アセフェート (オルトラン)	0.02
acrylonitrile	アクリロニトリル	—
aldrin	アルドリル	0.0001
allethrin	アレスリン	—
amitrole	ATA, アミノトリアゾール	0.00003
arsenic	ヒ素	—
azinphos-ethyl	アジンホスエチル	—
azinphos-methyl	アジンホスメチル (ダサチオン)	0.0025
benomyl	ベノミル (ベンレート)	—
BHC (mixture of isomers)	BHC 異性体の混合物	—
binapacryl	BINAPACRYL (アグリシッド)	0.0025
bioresmethrin	ビオレスメスリン	—
bromide, inorganic	無機臭素	1
bromomethane	臭化メチル	—
bromophos	ブロモホス	0.006
bromophos-ethyl	ブロモホスエチル	0.003
bromopropylate	フェニソプロモレート (エイカロール)	0.008
sec-butylamine	ブチルアミン	0.2
camphechlor	トクサフェン	—
captafol	ダイホルタン	0.05
captan	キャプタン	0.1
carbaryl	NAC (デナボン)	0.01
carbendazim	カルベンダゾール (サンメート)	—
carbofuran	カルボフラン (フラダン)	0.003
carbon disulfide	二硫化炭素	—
carbon tetrachloride	四塩化炭素	—
carbophenothion	カルボフェノチオン (トリチオン)	—
cartap	カルタップ (バダン)	0.05
chinomethionat	キノキサリン系 (モレスタン)	0.003
chlorbenside	クロルベンシッド	0.01
chlordan	クロルデン	0.001
chlordimeform	クロルフェナミジン (スバノン)	0.01
chlorfenson	CPCBS (サッピラン)	0.01
chlorfenvinphos	CVP (ビニフェート)	0.002
chlormequat	クロルメクワト (塩化物: CCC)	0.05
chlorobenzilate	クロルベンジレート (アカル)	0.02
chloropicrin	クロルピクリン	—
chloropropylate	クロルプロピレート (クロルマイト)	—
chlorothalonil	TPN (ダコニール)	0.03
chlorpropham	IPC	—
chlorpyrifos	クロルピリホス (ダーズパン)	0.0015
chlorpyrifos-methyl	クロルピリホスメチル (ダウレルダン)	0.01
chlorthion	クロルチオン	—
coumaphos	クマホス	0.0005
crufomate	クルホメート	0.1
cyhexatin hydroxide	水酸化トリシクロヘキシルスズ (ブリクトラン)	0.007
2,4-D	2,4 PA	0.3
DDT	DDT	0.005
demeton	デメトン (シストックス)	0.005
demeton-S-methyl	デメトン Sメチル (メタシストックス I)	0.005
dialifos	ジアリホール (トローラック)	0.003
diazinon	ダイアジノン	0.002
1,2-dibromoethane	EDB	—
dichlofluandil	スルフェン酸系 (ユーバレン)	0.3
1,2-dichloroethane	EDC	—
dichlorvos	DDVP	0.004
dicloran	CNA (レジサン)	0.03
dicofol	ケルセン	0.025
dieldrin	ディルドリン	0.0001
dimethoate	ジメトエート	0.02
dimethrin	ジメスリン	—
dinocap	DPC (カラセン)	—



Pesticide	一般名(代表的商品名)	ADI (mg/ kg)
dioxathion	ジオキサチオン	0.0015
diphenyl	ジフェニル	0.125
diphenylamine	ジフェニルアミン	0.02
diquat	ジクワット (レグロックス)	0.005
disulfoton	エチルチオメトン (ダイシストンなど)	0.002
dithiocarbamates, dimethyl	ジメチルジチオカーバメート (ジラムなど)	0.005
dithiocarbamates, ethylenebis	エチレンビスジチオカーバメート (ジネブなど)	0.005
DNOC	ジニトロオルソクレゾール	—
dodine	グアニジン (サイプレックス)	0.01
edifenphos	EDDP (ヒノザン)	0.003
endosulfan	ベンゾエピン (マリックスなど)	0.0075
endrin	エンドリン	0.0002
ethion	エチオン	0.005
ethoxyquin	エトキシキン	0.06
ethylene oxide	酸化エチレン	—
fenamiphos	フェナミホス	0.0006
fenchlorphos	フェンクロルホス	0.01
fenitrothion	MEP (スミチオン)	0.005
fensulfothion	フェンスルホチオン (テラクワP)	0.0003
fenthion	MPP (バイジット)	0.0005
fentin compounds	トリフェニルスズ	0.0005
folpet	フォルペット	0.1
formothion	ホルモチオン (アンチオ)	0.02
heptachlor	ヘプタクロル	0.0005
hexachlorobenzene	HCB	0.0006
hydrogen cyanide	青酸	0.05
hydrogen phosphide	リン化水素	—
leptophos	MBCP (ホスベル)	0.001
lindane	リンデン	0.01
malathion	馬拉ソン	0.02
maleic hydrazide	MH	—
mancozeb	マンゼブ (ジマンダイセン)	0.005
methamidophos	メタミドホス	0.002
methidathion	DMTP (スブラサイド)	0.005
methomyl	メソミル (ランネート)	—
methoxychlor	メトキシクロル	0.1
mevinphos	メビンホス (ホスドリン)	0.0015
MGK 264	MGK 264	—
monocrotophos	モノクロトホス (アゾドリン)	0.0006
omethoate	オメトエート	0.0005
organomercurials	有機水銀	—
oxydemeton-methyl	オキシデメトンメチル (メタシストックスR)	—
paraquat	パラコート (グラモキシオン)	0.002
parathion	パラチオン	0.005
parathion-methyl	メチルパラチオン	0.001
2-phenylphenol (and sodium salt)	OPP 及びそのナトリウム塩	1
phosalone	ホサロン (ルビトックス)	0.006
phosmet	ホスメット	—
phosphamidon	ホスファミドロン (ジメクロン)	0.001
piperonyl butoxide	ピペロニルブトキシサイド	0.03
pirimicarb	ピリミカーブ (ピリマー)	0.004
pirimiphos-methyl	ピリミホスメチル (アクテリック)	0.01
propham	プロファム	—
propoxur	PHC (サンサイド)	0.02
pyrethrins	ピレトリン	0.04
quintozene	PCNB	0.007
2, 4, 5-T	2, 4, 5-T	—
tecnazene	テクナゼン, TCNB	—
thiabendazole	チアベンダゾール (ビオガード)	0.05
thiometon	チオメトン (エカチン)	0.005
thiophanate-methyl	チオファネートメチル (トップジンM)	0.08
trichlorfon	DEP (ディブテレックス)	0.005
vamidothion	バミドチオン (キルパール)	—







# 農薬の毒性試験の問題点

東京歯科大学衛生学教室 <sup>にし</sup>西 <sup>むら</sup>村 <sup>まさ</sup>正 <sup>お</sup>雄

## はじめに

最近の農業では生産面から農薬の使用が必須といってもよく、しかも一般農家で農薬を自由に使っている関係もあり、ヒトに対する安全性確保の意味から、毒性試験が重要である。特に我が国の新農薬開発に伴って、その登録のためには、欧米と比較しても厳しい毒性試験が要求されている。しかし、多数、多種類の実験動物に農薬を投与して、その毒性試験に多くの労力と時間をかけて実験を行っても、人間社会に応用する際には安全面についての不安はぬぐえない。

ここで強調しておきたいことは毒性試験はあくまでもヒトを対象として、農薬がヒトに無害である量を証明する方法、あるいは無害に使用する方法を研究し、もし人間社会に適用できる場合は、安全許容量ならびに安全使用量の設定をすることを毒性試験の目的としなければならないことである。

一般に農薬は程度の差はあってもヒト及び動物に対して毒性があるが、それだけで農薬が、直ちに公衆の健康障害をもたらす、危険があるということにはならない。特に一般社会では毒性と危険性という言葉がしばしば混同されて使用されていることが多く、農薬の安全使用と毒性との関係も混同して考えられるおそれがある。とにかく毒性とはヒトに障害を及ぼす作用能力の程度を示しているのに対し、危険性とは農薬などの化学物質が、毒性試験成績に基づき規定されている濃度、分量と方法で使用した際にヒトに対して障害のおこる可能性を示している。

さて、以下本題の毒性試験の種類及び範囲は極めて広

第1表 化学物質の毒性試験の分類

A	一般毒性試験
a	急性毒性試験
b	短期(亜急性)毒性試験
c	長期(慢性)毒性試験
B	特殊毒性試験
a	次世代に及ぼす影響試験 (繁殖試験、催奇形性試験を含む)
b	局所刺激試験
c	アレルギー性試験
d	生体運命に関する試験(化学物質の代謝試験)
e	発ガン性試験
f	依存性試験
g	遺伝性試験(突然変異誘起性試験を含む)

いことから、それらのすべてについて問題点を述べていくことは、限られた紙面では困難である。そこで今回は、第1表に示した毒性試験の種類の中から特に一般毒性試験における問題点を比較的詳しく述べ、他の試験については簡単に触れる程度にする

## I 急性毒性試験

急性毒性は化学物質などの生体に取り込まれた場合、急性中毒の発現する場合を指すが、一般に急性中毒は1~2回の化学物質の摂取あるいは投与、接触で発症する中毒である。急性毒性は農薬のような化学物質を大量に吸収したとか、毒性の強い物質を少量取り込んだときに発症し、生死に関係することが多い。

さて、実験動物を使い、化学物質による生物の死を科学的に研究したのは最少致死量の測定であって、まず DE LIND VAN WIJNGAARDEN, C. (1926) が573匹のネコをつかってジギタリスの最少致死量を測定したのが初めとされる。その後カエルを使用した TREVAN (1927) と BEHRENS (1929) が最少致死量を測定した。それより化学物質の生体に対する作用の極限を知るため、しばしば最少致死量が利用された。しかし、この最少致死量(Minimum Lethal Doseで、以下MLDと略す)の測定は実験動物に対して化学物質の投与量を増加していくか、もしくは濃度を上げながら1匹ずつ投与して死の最小量をもってMLDを求めるか、もしくはある量を多数の動物に与えてその約80%が死亡する量をもってMLDとしている。しかし、MLDは多くの経験から極めて不安定で信頼性が低く、再現性のとぼしい非科学的な表現法である。

そこで、これらの欠点を補うため、LD<sub>50</sub>(Median Lethal Dose; 50%致死量)の測定によって表すことが TREVAN (1927) によって提唱された。すなわち、実験動物における薬の投与量を段階的に変化させて、50%死亡する薬の量をLD<sub>50</sub>値とした。

さて、農薬のような化学物質の投与量と生物の生体機構に与える作用とは相関性がある。すなわち、多数の動物を用いて投与量をグラフの横軸にとり、縦軸に生存率をとって、グラフ上にプロットするとS字状曲線(sigmoidal dose-mortality curve)を画き、更に投与量を対数で表すことによって、この曲線は生存率50%の所で



上下対称的となり直線となる。この直線より Bliss (1938)<sup>1)</sup> のプロビット転換法に従って 50% 死亡率に対する投与量を求めて、これから 50% 致死量すなわち LD<sub>50</sub> 値を測定する。

LD<sub>50</sub> 値の算出法として従来から多くの方法が報告されている。それらの方法は、前述の Bliss の計算によるプロビット法、対数確率紙を用いる MILLER-TAINTER 法<sup>2)</sup>、グラフを用いたプロビットによる LITCHFIELD-WILCOXON 方法<sup>3)</sup>、VAN DER WEARDEN による面積法、投与量を対数にとる BEHREN-KÄUHER 法など多くの方法があるが、これらの計算法のなかで最も理論的に厳密なのは Bliss (1938) の提唱によるプロビット法であるが、計算に長時間を要するので現在ではもっぱら LITCHFIELD & WILCOXON によるノモグラフを利用するプロビット簡易法がよく使用されている。

1 投与する農薬の剤型

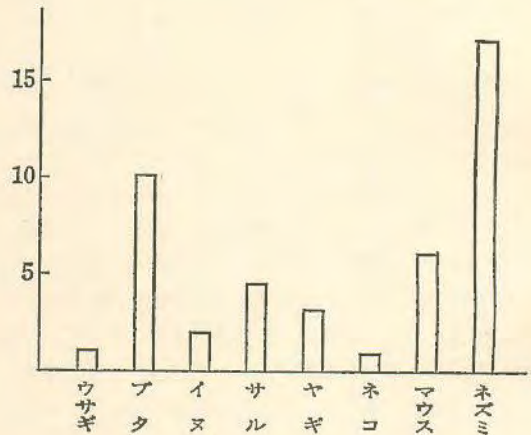
被検農薬を投与しやすいように溶媒及び懸濁剤の選択が必要であり、投与方法によって農薬を投与しやすい剤型にしなければならない。一般に水溶液とするのが最も良いが、水に不溶性もしくは溶解度の低い場合はオリブ油及びエチルアルコール、プロピレングリコール、アセトン、キシロールなどの有機溶媒をも用いられている。この場合、溶媒自体の毒性が問題となるので乳化剤 (ソルポールなど) を使用して溶媒の量を少なくする。また、いずれの溶媒にも不溶の粉剤などは懸濁液 (Suspension) として与える。懸濁剤としてはアラビアゴム、可溶性デンプン、CMC が使用されるが、アメリカの FDA (Food and Drug Administration) は植物性油 (15%)、レシチン (0.75%) を水で 100% にしたものを使用している。1回の投与量はマウスでは体重 20g について 0.2ml、ラットでは体重 100g に 1ml を限度とすることが望ましい。また、農薬の純度も LD<sub>50</sub> 値に関係するので、測定の前によく注意する必要がある。

しばしば農薬中の有効成分の純度及び剤型が異なることがあり、そのためか弱毒性物質では LD<sub>50</sub> 値の変動が

大きいことが多いので注意を要する。GRITTITH の報告から、重炭酸ソーダのような毒性の少ない物質について体重 200~300g のラットにおける経口 LD<sub>50</sub> 値を6か所の研究機関で測定した成績を第2表に示した。この例でも明らかのように、LD<sub>50</sub> 値の変動因子として、重炭酸ソーダの投与濃度と投与条件などにより LD<sub>50</sub> 値が大きく変化する。

2 実験動物

LD<sub>50</sub> の測定に使用されている動物は、従来から主としてマウス及びラットで、一部で家兎、モルモットが使用され、必要に応じて、けっ歯類以外の哺乳動物が使用されている (例えばイヌ、サルなど)。FDA ではラット、マウス以外にイヌの LD<sub>50</sub> 値を要求しているが、FAO (Food and Agriculture Organization) では少なくとも3種類の実験動物を使用し、そのうち1種類はけっ歯類を選んで LD<sub>50</sub> 値を出すことを要求している。すなわち実験動物により LD<sub>50</sub> 値に差があるので、主目的であるヒトに最も近い実験動物を選んでその化学物質の LD<sub>50</sub> 値を求めることが必要なのであるが困難が多い。第1図



第1図 各種動物における有機リン剤の急性経皮毒性 (LD<sub>50</sub> 値) の差 (ウサギの LD<sub>50</sub> 値を1としたときの相対値)

第2表 研究機関別の重炭酸ソーダの LD<sub>50</sub> 値

研究所記号	ラットの系統	性	1投与レベルにおける匹数	投与前給食時間	投与濃度	LD <sub>50</sub> *** (g/kg)	95%信頼限界
A	S-D*	♂♀	5	なし	20%水溶液	4.22 <sup>3)</sup>	2.35~5.32
B	S-D	♂♀	10	16~18	20% "	4.31 <sup>4,5)</sup>	3.86~4.83
C	Oun**	♂♀	20	16~20	20% "	4.40 <sup>2)</sup>	3.86~4.96
D	S-D	♂♀	10	16	50% "	6.29 <sup>3)</sup>	4.92~8.03
E	S-D	♀	5	3~4	50% "	5.82 <sup>4,5)</sup>	4.28~7.90
F	S-D	♀	10	なし	50% "	8.29 <sup>1)</sup>	7.35~9.23

\* Sprague-Dawley, \*\* 自家製の系統, \*\*\* 肩付き数字は LD<sub>50</sub> 計算法のもとになった文献番号を示す。



は MACRESK<sup>6)</sup> によってまとめられた成績を筆者が図示したもので、経皮吸収性の有機リン剤を各動物の皮膚に塗布し、そのときのウサギの LD<sub>50</sub> 値を 1 とし、他の実験動物の LD<sub>50</sub> 比で示してあるが、実験動物によって大きい差があることは明らかである。第 3 表<sup>6)</sup> は、ラットとマウスの殺虫剤についての経口 LD<sub>50</sub> 値の差を示した。このように比較的類似している 2 動物間についても差が大きい。更に同じ種類の動物でも系統 (Strain) が異なることによって LD<sub>50</sub> 値に差がでてくる。我が国でよく使用されている dd 系のマウスと最近よく使用される ddN 系について、ダイアジノン経口 LD<sub>50</sub> 値を求めると、ddN 系では経口 LD<sub>50</sub> が 90mg/kg であったのに対して、dd 系では 53mg/kg であって、dd 系のほうが急性毒性が強い。また、実験動物の性 (雄、雌) の差によっても異なる。第 4 表は HAYES<sup>8)</sup> による殺虫剤についてのラットにおける経口及び経皮 LD<sub>50</sub> 値の雄と雌の差を示してあるが、一般的に雌に強くでてくる。更に、実験動物の生後の週、月令の違いも LD<sub>50</sub> 値の変動に関係する。第 5 表<sup>8)</sup> は農薬登録が失効したディルドリン剤につ

第 3 表 ラットとマウスに対する経口 LD<sub>50</sub> 値 (mg/kg) (上田・西村)<sup>7)</sup>

殺 虫 剤	マウス (♂)	ラット (♂)
パラチオン	6	10
メチルパラチオン	22	25
EPN	33	43
ダイアジノン	53	132
DDVP	70	110
MPP	180	250
MEP	780	340
マラソン	570	913
エンドリン	6	34
アルドリン	52	112
リンデン	96	204
DDT	258	390
クロルデン	290	534

第 4 表 ラットに対する LD<sub>50</sub> 値 (mg/kg) の性差 (HAYES<sup>8)</sup>より筆者作製)

殺 虫 剤	経 口		経 皮	
	♂	♀	♂	♀
DDVP	80	56	107	75
ダイアジノン	108	76	900	455
マラソン	1,375	1,000	>4,444	>4,444
パラチオン	13	3.6	21	6.8
EPN	36	7.7	230	25
アルドリン	39	60	98	98
ディルドリン	46	46	90	60
ヘプタクロル	100	162	195	250
リンデン	88	91	1,000	900
DDT	113	118	—	2,510
クロルデン	335	430	840	690

第 5 表 ラットに対するディルドリンの生後日数別経口急性毒性 (飯塚)<sup>9)</sup>

生 後 日 数	体 重 (g)	LD <sub>50</sub> (mg/kg)	95%信頼限界
10	12~15	11.4	5.7~23.4
20	33~36	20.8	10.5~41.7
30	53~64	62.4	37.8~100.3
40	82~90	105.6	52.8~211.2
50	109~120	141.1	97.3~204.6
60	138~157	177.6	111~284.6

いての試験例であるが、生後 10 日のラットは生後 40~50 日のラットの LD<sub>50</sub> 値に比較して約 1/10 であって抵抗力がないことになる。したがって一定の LD<sub>50</sub> 値を得るためには、生後の週令及び体重を一定にする必要がある。しかし、ラットの SD 系は他の系統と比較して体重が大きくなる関係から注意する必要がある。

### 3 実験動物の飼育管理

実験動物の飼育管理の良否によってデータの信頼性はなほだしく左右される。ラット、マウスの場合、飼育場所は直射日光の当たらない適当な風速が必要である (ただし、直接風が当たると鼻カタルの原因となるので注意)、飼育温度は 24±2°C、湿度は 55±5% で年間常に一定であることが望ましい。BERTER<sup>10)</sup>によると投与剤によっては、飼育環境温度の変化によって大きく LD<sub>50</sub> 値が変化することがあるという。また、実験に際しては 1 匹ずつ隔離して飼育し、飼育時には、汚染及び伝染病予防のため、ケージ給餌器、給水びんの交換、消毒を行う必要がある。飼料は市販固型飼料が良いが、清潔な乾燥状態で使用し、なるべく新鮮なうちに使用し終わることが望ましい。また、LD<sub>50</sub> 測定に当たって実験動物の飼料摂取、飲水、体重の増加状態に注意し、一定した実験動物を選ぶ必要がある。

## II 慢性毒性試験 (連続投与毒性試験)

連続投与毒性試験を実施する際に、種々の投与経路が考えられるが、一般には飼料に混入して摂取させる経口投与が行われている。しかし、工場での作業者及び農業散布者の安全の立場から気中安全許容濃度の設定が必要であるが、この場合は吸入あるいは経皮による毒性試験が必要であろう。しかし、現在の農薬登録のための毒性試験から考えて、この稿では経口に限定して述べる。

農薬の連続経口投与毒性試験には前述のように短期 (亜急性) 経口毒性と長期 (慢性) 経口毒性とがあり、その経口投与期間あるいは目的によって分類されている。

農薬における亜急性毒性試験は 3 か月にわたって経口投与する試験を称しているが、普通 2 週間から 3 か月く



第6表 動物の種類別飼料摂取量及び農薬投与量と飼料中濃度の関係<sup>10)</sup>

動物種	体重 (kg)	飼料摂取量 (g/頭/日) (水分は除く)	飼料の種類	1 ppm 含有飼料からの摂取農薬量 (mg/kg/日)	農薬 1 mg/kg/日を投与するに必要な飼料中濃度 (ppm)
マウス	0.02	3	固形飼料	0.150	7
ヒヨコ	0.40	50	〃	0.125	8
ラット (幼)	0.10	10	〃	0.100	10
ラット (老令)	0.40	20	〃	0.050	20
モルモット	0.75	30	〃	0.040	25
ウサギ	2.0	60	〃	0.030	33
イヌ	10.0	250	〃	0.025	40
ネコ	2	100	水気のある半個体の飼料	0.050	20
サル	5	250	〃	0.050	20
イヌ	10	750	〃	0.075	13
ヒト	60	1,500	〃	0.025	40
ブタまたはヒツジ	60	2,400	比較的乾燥した穀類とまぐさの混合飼料	0.040	25
ウシ (家畜)	500	7,500	〃	0.015	65
ウシ (食肉用)	500	15,000	〃	0.030	33
ウマ	500	10,000	〃	0.020	50

らの短期の連日投与を意味し、比較的漠然としている。また、亜急性毒性試験の目的は慢性毒性試験の予備試験として行うが、農薬の体内蓄積性及び代謝試験にはしばしば応用されている。特に慢性毒性試験に良い成績ならびに情報を得るためには、事前に亜急性毒性試験が必要で、また、農薬の投与群別の飼料中濃度の決定には必須と考える。

さて、飼料中の農薬濃度を考える際に、当然、対象とする実験動物の1日飼料摂取量とその飼料中農薬濃度から1日に摂取する農薬量を算出し、ヒトの場合に換算する必要がある。そこで第6表に実験動物別の飼料摂取量と飼料中農薬の濃度を1ppmとした時の1日総摂取量、ならびに1日農薬投与量1mgとした際の飼料中の農薬濃度を示している。もっとも概算値であるがこの表から飼料中に農薬が1ppm入っている場合、1日の体重kg当たりの総摂取量はマウスはヒトの約6倍、ラットはヒトの約5倍となる。また、農薬を飼料に混ぜて投与した場合、体重比ならびに摂取量比からヒトと実験動物との農薬に対する感受性率の比較を第7表に示した。このことから明らかなように実験動物の毒性試験もある程度ヒトに換算して考えていく必要があるが、安全性を考えると感受性の高い動物を使用して実験を行うことが良く、この点からだけではネコまたはラットが選ばれることになるが、その他の因子が多く考えられるので一様には考えにくい。

慢性毒性試験の検査は、飼育期間中の検査と飼育終了時の検査とに分けられる。

### 1 飼育期間中の検査

飼育期間中の検査としては週1回の体重測定、飼料摂

第7表 体重比ならびに摂取量比からのヒトとの毒性に対する感受性の比較<sup>10)</sup>

動物	体重 (kg)	体重比 (動物/ヒト)	摂取量比 (動物/ヒト)	感受性* (摂取量比/体重比)
ヒト	60	1	1	1
ウシ	500	8	24	3
ウマ	500	8	16	2
ヒツジ	60	1	3	3
ヤギ	60	1	3	3
ブタ	60	1	2	2
イヌ	10	1/6	1	6
ネコ	3	1/20	1/2	10
ラット	0.4	1/150	1/15	10

\* ヒトを1とした場合の鋭敏さの度合を示し、10の場合には感受性がヒトの10倍鋭敏であることを意味する。

取及び飲水の量を測定し、実験動物の生理機能及び行動の変化を観察し、尿の硬さ、色、尿の排泄量にも注意する必要がある。また、必要に応じて尿の検査も行う。更に飼料の摂取量と体重から、体重kg当たりの薬物摂取量及び食取効果率(%) =  $\frac{\text{体重増加量}}{\text{飼料摂取量}} \times 100$  を毎月算出し対照と比較する。

飼育期間中の観察は重要であって、実験動物の健康管理の助けになるとともに、農薬による慢性中毒症状を早く発見する機会が多い。例えば毛の色つやの変化、眼の変化、特に白内障の発症、眼、鼻、口腔粘膜の異状、皮膚の変化、特に腫瘍の発症などである。これらの症状観察は行動を含めて体重測定時に行うと便利である。実験動物の体重測定は健康状態の総合された指標として重要であるので体重の増減には注意しなければならない。



また、イヌ及びブタなどの大動物では試験期間中にも採血して血液による臨床検査を実施できるが、ラット、マウスでは中間期間の検査は、採血量によって影響がある関係から、多種類の検査は困難である。なお、臨床検査については以下に述べる試験最終時の検査を参考にされたい。

## 2 飼育終了時の検査

初めに計画した飼育終了時または慢性毒性試験の最終日には、実験動物を屠殺して検査するが、マウス、ラットでは全採血を行い失血死させ、採血した血液を臨床検査試料とする。その後病理解剖を行い、その所見を記録し、剔出した各臓器重量測定ならびに臓器重量体重比を算出する。また、これらの剔出された臓器は直ちに病理的検査の試料として処理し、一部は臓器中の農薬定量に使用する。以下これらの検査の概要を述べておく。

臨床検査：臨床検査の試料として血液及び尿が使用される。

尿検査としては、尿の色、比重、pH、糖、タンパク、ウロビリノーゲン、沈査などが行われているが、実験動物における一般の採尿方法では尿との完全分離が困難で、カテーテルを使用して導尿などの方法によらなければならない。

血液検査のための注射器（プラスチック製の使い捨て用が気密性が良く採血しやすい）による採血には一般的にイヌなどの大動物では四肢の静脈より、家兎では耳静脈より採血する。ラット及びマウスでの少量の採血では尾の静脈または動脈より採血するが、加齢したラットでは尾が固くなり困難で、眼瞼静脈叢（筆者はガラス毛細管の先を砥石で注射針のようにしたものを使用）より採血するか、または小手術により麻酔下で頸静脈より採血する。マウス及びラットで大量採血する場合はエーテル微麻酔下で心臓穿刺により採血するか、または開腹した後大静脈または大動脈より採血する。イヌなどの大動物も、大量採血死さず場合はエーテル麻酔下で固定し胸部を開き心臓を露出させて採血する。

採血した血清を採集する以外は、ヘパリンの粉末を採血する容器内に入れよく混和溶解させた血液を使用し、また、その血液より遠心分離した血漿を使用する。血液の形態学的検査としては赤血球数、白血球数、血小板数、血液塗抹標本で赤血球の形、封入体の観察、白血球百分比などが検査される。血清または血漿の生化学的検査としては、実験動物の個体数が多い関係から、現在ではオートアナライザーを使用するが多い。このことは検査成績の誤差を少なくするうえで有効である。

検査項目としては、総タンパク、アルブミン、カルシ

ウム、無機リン、コレステロール、血糖、尿素、窒素、尿酸、アルカリフォスファターゼ、LDH、トランスアミラーゼ（GOT、GPT）などが検索されるが、特に農薬の有機リン剤及びカーバメート剤では血漿と血球についてのコリンエステラーゼ活性の測定は必須である。また、これらの臨床検査成績については、生物学的誤差を十分に考慮することが大切である。

## 3 解剖ならびに臓器の検査

実験動物は採血致死させ、体重を測定（臓器体重比の測定）したのち病理解剖所見を検索し、その後各臓器を剔出し重量を測定する。特に農薬の代謝によって比較的影響を受けやすい肝については、肝重量の増減は意味が大きく、その原因としては次のようなことが考えられる。農薬の代謝機能促進に伴う腫大または農薬の肝内濃度増加による肝組織の病理的变化による肝腫大、更に内分泌の機能昂進に伴って2次的に肝腫大が起こる。更に肝の退行性変性により肝重量が減少する。また、体重の増減と臓器重量との関係を明らかにするため臓器重量体重比を算出する。臓器重量の測定には特別な場合を除いて次のような臓器が測定される。脳、脳下垂体、甲状腺、心及び肺、胸腺、肝、脾、腎、副腎、生殖腺である。これらの臓器について病理組織標本（光学顕微鏡による検査標本）の作成とともに、一部の臓器組織、例えば肝、腎、脳、皮下脂肪、血液などで農薬を定量することにより、生体組織における蓄積についての参考になる。

病理組織学的検索には臓器重量を測定する以外に、必要に応じて眼、皮膚及び粘膜、筋肉、骨及び骨髄、気管、食道、腎、脾、小腸、大腸、リンパ節、膀胱、前立腺などの標本を作成し鏡検する必要がある。

これらの剔出臓器は直ちに必要部分を切り出し、固定液がよく組織内になじむようにして固定する。その後の操作は組織標本作成に従って行い、染色は一般にヘマトキシリン、エオジンで行うが、目的により特殊染色法も必要とする。鏡検は実験全例について行わなければならない。

## III 毒性試験の際に考慮しなければならない問題点

農薬の毒性を検索するうえで次のような事柄に注意しなければならない。

### 1 実験動物の同種属内及び他種属間の毒性の差

実験動物には我が国では一般的にラットとマウスが使用されるが、その系統及び実験開始時の成熟度、性別などによっても毒性の強さが異なる。特に動物種が異なることにより、大きな差を認めることが多い。このことに



については前述の実験動物の項で詳しく説明したのでここでは省略する。

## 2 農薬の侵入路別毒性の差

当然のことであるが、体内に早く多量に吸収する投与方法が、もっとも強く毒性が現れる。一般に農薬が吸収される侵入門戸として、経口、経皮、吸入による吸収経路をあげることができる。

経口：口から入り胃及び腸で吸収する経路であって、自殺、他殺の大部分がこの経路であり、食品とともに摂取される場合が多く、毒性試験の投与経路の基本的成績となる。しかし、胃の酸及び腸のアルカリの影響を農薬は受け、次のような条件によって吸収量の大小が決定される。①飲食物による希釈作用によって、摂取農薬の毒性を低下させると同時に不溶性物質を形成し、吸収度を低下させる。②腸管の吸収選択性、例えば胆汁により脂肪球が直径2 nm程度の小脂球になり、これに脂肪酸、モノグリセリドが作用して更に微小の直径0.5nm程度の脂肪球となって、そのまま腸の絨毛からリンパ管に入り吸収されるごとくである。③腸管吸収の場合は肝における解毒作用を受ける。

経皮：経皮吸収では次のような作用を農薬は受ける。①塗布された農薬は表面膜（皮膚、脂質、汗からなる。ただし、実験動物には汗腺がない）によって生体内侵入を防止する。②農薬の種類によっては一次性的皮膚刺激反応を起こす。③農薬と組織タンパクが結合して、皮膚感染を起こす。④毛髪、皮脂腺を通して血液に入る。これらの皮膚から吸収しやすいのは有機溶剤及び特に農薬の有機リン剤などをあげることができる。

吸入：ヒトの呼吸器を通して吸収する経路であって、呼吸器疾患の吸入薬剤の使用及び農薬散布、ガス、浮遊塵埃特に大気汚染などによる化学物質の吸収経路であり、吸収効率が非常によい。この経路の場合は影響因子が多く、一定の毒性成績を得にくい。

## 3 体内における蓄積性

体内の特定の臓器及び皮下脂肪などの組織に吸収されて、化学物質が少しずつ残留してたまっていくような性質を蓄積性といっている。また、長期間を経過して吸収し蓄積された農薬その他の化学物質により、一定期間後に発病し、慢性中毒をひき起こすことが多い。例えば鉛、水銀、ヒ素などの金属及びディルドリン、アルドリンなどの殺虫剤、また、慢性中毒の発病報告はヒトではないが、DDT及び $\beta$ -BHCなどの脂肪組織中での増加などが蓄積性の代表的物質である。これらの蓄積性は長期間の実験動物への投与による長期（慢性）毒性試験で実験動物の各臓器内農薬の定量により予知できる。

## 4 発ガン性の有無

発ガン性の有無はできるだけ多くの実験動物の一生にわたる投与毒性試験と、長期毒性試験から明らかにされる。場合によっては数世代にわたって投与することによって発ガン性が証明されることもあって、比較的やさしい毒性試験の一つである。現在ガン発生の原因となる化学物質は発ガン物質 (carcinogen) と助発ガン物質 (cocarcinogen) とに分類される。発ガン物質としてタール、ナフテルアミンなどをあげることができ、職業性の膀胱ガンにアニリン色素、肺ガンの原因といわれる煙の中のベンツピレンなどが該当する。また、助発ガン物質にはクロトン油やコレステリンのように発ガン作用はないが、発ガンを高める作用のある物質であって、今後農薬の開発には発ガン性試験を多種類の実験動物について行う必要がある。

## 5 解毒剤の有無及び生体内での解毒率、運命など

農薬の生体内における代謝試験として、放射性同位元素でマークした農薬を投与した実験動物についての試験がもっとも利用されている。代謝試験によって吸収農薬の作用機構を明らかにすることができ、解毒剤の発見の糸口となることが多い。農薬は一般農家で使用される関係から、誤用及び自殺の対象物質になりうるので、中毒症に対して完全な解毒剤があることが望ましい。

## 6 農薬の使用者に対する感受性、抵抗性、特異体質の発生

農薬特に殺虫剤で昆虫の種類によって、感受性、抵抗性が異なるように、ヒトにおいても使用散布時の作業者の健康状態、年齢、性別、体質などによって感受性及び抵抗性が非常に異なる。一般に農薬の毒性は乳幼児、高齢者では成人より感受性が高く、抵抗性が少ない。また、数回の農薬接触によって発症し、アレルギー疾患の原因となってくるものもある。しかし、これらは動物実験で予知できることは少なく、実験研究室での研究者、工場での製造作業員について常に注意しなければならない。

## 7 相乗毒性の可能性

一般に使用されている農薬は、1種類のものだけの原体を使用することは少なく、多くは2種以上の農薬の原体あるいは補助剤を配合処方して、各成分の有する欠点を補い、長所を残し、その農薬の効果を発揮させるように製剤化されていることが多い。この配合農薬の毒性は、配合農薬中の各原体成分の割合に従って毒性が加算的であれば、加算的増加を示す。ところが、ある種の配合農薬は加算的以上、あるいは相乗的な毒性の増強を示すものがある。このような場合は、毒性試験によってあらかじめ知って、配合時に考慮しなければならない。



8 農薬の分解物の毒性

農薬は生体内、自然環境下で代謝されるか変化を受けて分解するものが多い。したがってその分解物の毒性まで試験する必要があることを毒性試験の際に考えておくべきである。特に農薬が生体内に吸収され分解あるいは生成物の毒性が強くなる場合または特に発ガン性、突然変異誘起性を示すなどは重大な問題である。

おわりに

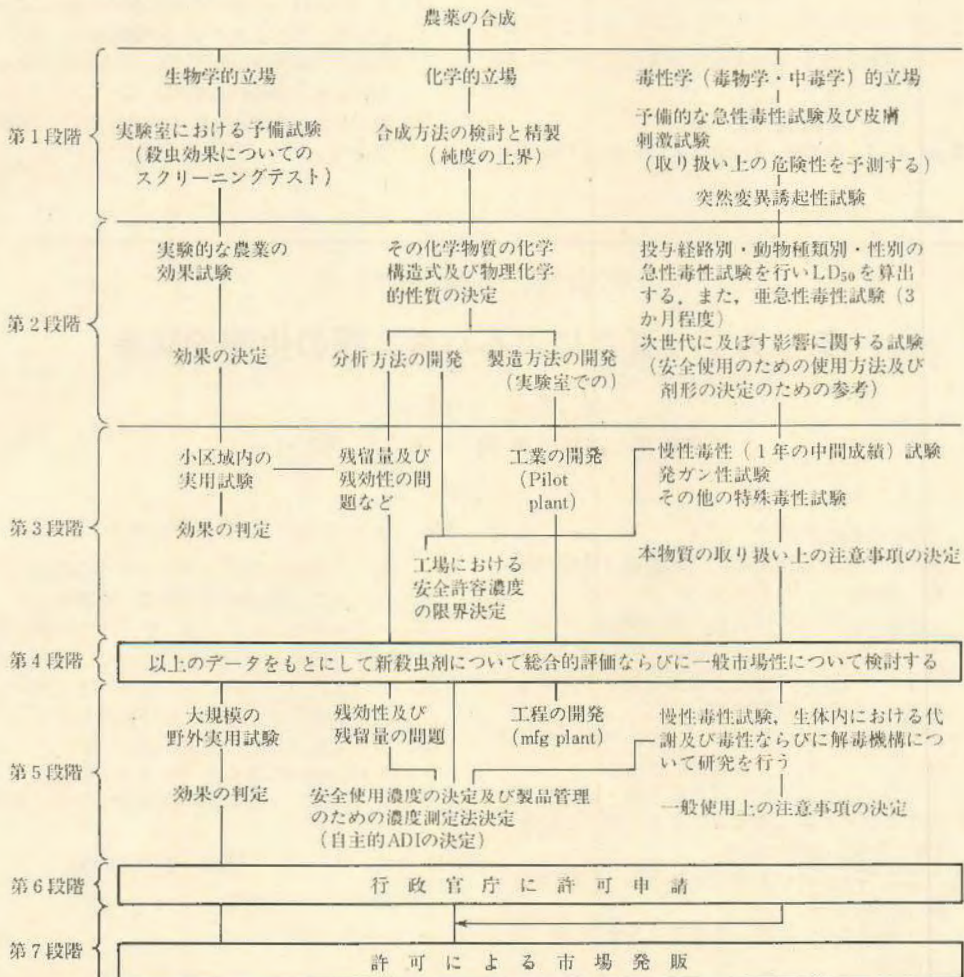
以上毒性試験の問題点について種々述べたが、毒性試験は実験動物を通してヒトに対する農薬の毒性を知ろうとするとところに問題があり困難な点もある。そこでこれらの点を考えながら農薬の開発を進めなければならない。この稿のおわりに新農薬の開発に際しての毒性試験

の進め方についてふれておく。多くの農薬は温血動物にとって有害であって、程度の差はあっても毒性を有することは明らかである。したがって、これらの化学物質について実際に使用する以前に毒性に関する試験成績を十分に備えてなければならない。

さて、農薬の毒性成績から次のような3項目が明らかにならなければならない。

(1) 農薬が生体に対し示す毒性の程度を明確に理解でき、無影響レベルが決定できて、その農薬の食品中の残留を考え、1日摂取許容量 (ADI) の決定のための資料になる成績であること。

(2) その農薬を製造する際に、作業者に対する危険度が推定でき、中毒を防止または予防するための資料となる成績があること。



第2図 農薬の開発の進め方と毒性試験<sup>11)</sup>の文献を参考として筆者が加筆した。



(3) 農薬を実際に使用する場合に作業者に対する危険性と環境汚染などについて評価できる成績であることなどがあげられる。

また、これらの毒性試験は農薬開発後に行うのではなく、すべて農薬開発の段階に従って他の開発試験の段階と平行して、毒性試験をすることが必要である。毒性試験を行っていく過程を第2図に示した。

第2図に示した各段階と経過して農薬を開発することにより、毒性試験を合理的経済的に進めることができる。各段階ごとに部門(生物学, 化学, 毒性学)の立場で開発研究を行っている部門をさす)の関係者が集まり協議して、次の段階に進むか中止するかを決定していく。このようにして初めて安全な農薬の開発ができる。

近年我が国における農薬の安全性についての社会的要求が強まり、農薬使用のための許可基準条件が、非常にきびしくなった関係もあって、各社とも毒性部門が整備されてきたことは喜ばしいことであるが、いたずらにむだの多い毒性試験を行わないよう十分考えていかなければならない。

#### 引用文献

1) BLISS, C. I. (1938): Quart. J. Pharm. Pharma-

col. 11: 192~216.

- 2) MILLER, L. C. and M. L. JAINTER (1944): Proc. Exptl. Biol. Med. 54: 261~264.  
 3) LITCHFIELD, J. T. and F. WILCOXON (1941): J. Pharm. Exptl. Therap. 96: 99~113.  
 4) THOMPSON, W. R. (1947): Bacteriol. Rev. 11: 115~145.  
 5) WEIL, C. S. (1952): Biometrics 8: 249~263.  
 6) MCCREESH, A. H. (1965): Suppl. 2: 22.  
 7) 上田喜一・西村正雄 (1967): 代謝 41: 7~19.  
 8) HAYES, W. J. (1963): Clinical handbook on economic poison. U. S. Depart. Health, Education & Welfare Public health Service, Atlanta, Georgia.  
 9) 飯塚喜一 (1963): 産業医学 5: 26~34.  
 10) Association of Food & Drug officials of the United States (1965): "Appraisal of the safety of chemicals in foods, drugs and cosmetics" F.D.A, Second Printing.  
 11) A Report of the Food Protection Committee (1956): "Safe use of pesticides in food production" (Publication 470), National Academy of Sciences, Washington, D. C.  
 12) 西村正雄 (1978): 農薬中毒—基礎と臨床—上田・平木編 147~170, 東京南江堂.

### 本会発行新刊図書

## チリカブリダニによるハダニ類の生物的防除

森 樊須・真梶徳純 編

2,000円 送料120円 B5判 89ページ

#### 内容目次

- |  |  |
|--|--|
| <p>I 総説・基礎的研究</p> <p>1 チリカブリダニ研究会の活動経過 (真梶徳純・森 樊須)</p> <p>2 チリカブリダニの研究史 (森 樊須)</p> <p>3 チリカブリダニの生活史 (浜村徹三・真梶徳純)</p> <p>4 チリカブリダニの増殖と捕食に及ぼす温湿度条件 (芦原 亘・真梶徳純)</p> <p>5 チリカブリダニの捕食者としての特性 (高藤兎雄)</p> <p>6 チリカブリダニの分散 (高藤兎雄・浜村徹三)</p> <p>7 チリカブリダニと土着カブリダニ類との競合 (森 樊須・斎藤 裕)</p> <p>8 チリカブリダニの大量飼育と貯蔵 (浜村徹三・真梶徳純)</p> <p>9 チリカブリダニに対する農薬の影響 (芦原 亘・真梶徳純)</p> | <p>II 農生態系における放飼事例</p> <p>施設内作物へのチリカブリダニの放飼</p> <p>1 促成及び半促成栽培イチゴ (深沢永光)</p> <p>2 ハウス内キュウリ (森 樊須・今林俊一)</p> <p>3 ハウス内ナス (松崎征美)</p> <p>4 ハウス内カーネーション及びバラ (藤本 清・広瀬敏晴・足立年一・伊東祐孝)</p> <p>5 ガラス室ブドウ (逸見 尚)</p> <p>野外作物へのチリカブリダニの放飼</p> <p>6 ダイズ及び小果樹類 (今林俊一・森 樊須)</p> <p>7 チャ (刑部 勝)</p> <p>III 総括 (森 樊須・真梶徳純)</p> <p>和文及び英文摘要</p> |
|--|--|

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ



# 農業の魚毒性試験法の問題点

水産庁淡水区水産研究所 <sup>ふじ</sup>藤 <sup>や</sup>谷 <sup>まさる</sup>超

## はじめに

農業による魚介類への被害防止のために、すべての農薬はその登録に当たって水産動植物に対する毒性が審査されている。審査に際しては、魚などを用いた生物試験の結果を参考として毒性の分類が行われているが、現在のところその主体となっている生物試験は、コイに対する48時間半数致死濃度とミジンコに対する3時間半数致死濃度の測定となっている。これらの生物試験では、魚介類に対する毒性の概略は知ることができるが、魚種による感受性の差異などもあり、安全使用のための基準設定の目的には必ずしも十分であるとは思われない。

農薬に限らず、汚染物質の毒性の評価は複雑な要素を含み、簡単な試験によって十分に満足のおく資料を得ることは困難である。したがって、多くの場合、その目的に応じて幾つかの試験を実施して、それらの結果を用いて総合的に判定している。その場合においても、なお常期的確な評価をなすうるとは限らない。

ここでは、水産の分野において通常行われている汚染物質の毒性評価方法の概要を紹介し、現行の農薬に対する標準試験法と対比していただき、問題の所在、本質を理解していただくことにした。

農薬など毒性汚染物質の水産への影響としては、水産生物の生理ならびに生態の両面について考慮されなければならないが、ここでは主としてその生理的な面についての評価方法を述べる。

## I 生物試験の意義と用途

我が国における汚染物質の毒性に関する問題は、そのほとんどすべてが水産業上の被害に関連しているといつてよい。このような水産被害を検討するために、生物試験法がしばしば用いられて、毒性の評価あるいは工場廃液の場合では処理法の検討にまで使われるようになっている。

水産被害の実態の複雑さが示すように、生物試験だけですべての問題点を検討できるわけではないが、効果的に活用できる例も多い。

科学が今日のような発展をとげる以前においては、産業の規模、形態も単純であったために産業廃水なども比較的組成が単純であったので、その性質及び魚毒性など

も化学分析の結果から類推することができた。しかし、現在では汚染形態も複雑化しており、個々のものの検知が化学的に可能であっても、それらの相乗作用による毒性の増加、拮抗作用による減少などは化学的には推定できない。そのほか、水生生物に対する毒性を左右する要因として生物の種類、水質の差異などを考えると生物試験による評価は特に重要である。

農薬のような汚染物質が水産生物に与える影響の概略は第1図に示すようなものと考えてよい。すなわち、毒性の現れ方には急性のものゝ慢性のものゝがある。



第1図 汚染物質の水産生物に対する生理学的影響

急性毒性による水産生物への影響は、多くの場合比較的短時間に現れ、結果的にはへい死あるいは枯死(藻類)に至る例が多く、影響の現れる時間はごく短い場合で数分以内、多くの場合数時間である。汚染物質の規制が十分に行われていなかった時代には、この急性毒性による水産生物への被害がしばしば認められたが、最近ではむしろ多くの問題は慢性毒性によって生ずるとされる例のほうが多くなっている。



慢性毒性の現れ方としては、大別して二つに分けることができる。すなわち、毒性物質の一過性の影響と蓄積性の影響である。いずれの場合も毒性が弱い、濃度の薄い物質による長時間にわたる影響であり、多くの場合、成長不良、繁殖不良、疾病の発現あるいは死滅などによって水産被害として漁獲減少などに関連する。慢性毒性の場合、そのほとんどの場合に水産生物の生理作用に影響が現れ、その結果、前述のような影響となって水産被害に連なる。また、特殊な例として、蓄積された物質が遺伝的な影響を与え、異形個体の出現などが生ずるが、異形個体の出現は常に遺伝的影響によるものとは限らない。

このように、汚染物質の水産生物に及ぼす影響の現れ方は多種多様で複雑であるので、それぞれの影響の評価も容易ではない。生物試験は、毒性物質の影響の評価にとって効果的な方法であるが、これも単独ですべてを満足するものではなく、汚染物質の物理的、化学的な試験結果と併せて検討しなければならない。これらの異なった観点からの試験によって更に精密な評価が可能となる。

## II 生物試験の概要

水産被害を考慮の対象として検討するための生物試験は、多くの場合汚染物質の毒性の評価が最も一般的であり、また、重要な目的となっている。

なんらかの影響によって水産被害が生じた場合、第1に問題となるのがその毒性であるし、新しく開発された物質の影響の推定などの場合も、その毒性の評価が第1に考慮されなければならない。しかし、水産業の対象となっている生物は極めて種類が多く、その種類によって毒性の現れ方はまちまちである。魚類、貝類、藻類と大別しただけで、その性質がそれぞれ異なることは容易に想像されるが、同じ魚類の間でも淡水魚と海産魚では毒性の現れ方が異なるし、同じ淡水魚あるいは海産魚の間でも種類によってかなり大きな差異がある。このような差異は貝類あるいは藻類の間についても同様であり、それらの種類によって毒性の現れ方は異なる場合が多い。

ところが、往々にして魚類であればあまり大きな差異はないであろうとの推測から、海産魚に対する毒性を検討する場合に、実験が容易であることや、簡単に入手できることなどの点で有利な淡水魚が利用されたりしている。毒性の概略を知る目的の場合にはよいが、重大な誤りを犯す危険性があるので、精密な検討には適当ではない。

これらの問題を解決するための完全な方法は現在のところ認められていないが、一応次のような方法がよいと

されている。

(1) 対象となる生物がはっきりと分かっている場合には、その対象となっている生物を使用する。

すなわち、河川でコイに対する影響が考慮される時にはコイを、沿岸でカキの養殖に対する影響が考慮される時にはカキを用いて検討するのがよい。コイの被害に対してメダカなど、カキの被害に対してアサリなどを用いた場合には必ずしも信頼しうる結果は得られない。

(2) 対象となる生物が明らかでなく、ある水域に生息する生物に対する影響を検討する場合には、その水域の中の最も弱い生物、ならびに最も産業的価値の高い生物を使用する。

ある生物の水域での生息条件として、生態系のバランスが重要である。このバランスが大きく崩れると、終局的には水産被害となる。したがって、このような水産被害を防止するには可能な限りその水域の生物相のバランスを保全しなければならない。そのためには、その生物相を構成している生物の中で最も弱いものを選んで生物試験を行うのが望ましい。

また、その水域の中に産業的に重要な生物が生息している場合には、その生物をも対象として試験を行う。この場合、単に成体のみでなく、幼い抵抗性の弱い時期のものについても検討を加える。このためには、微少なプランクトンなどを使用しなければならない場合もある。要は、その水域の生物学的特性を理解した上で検討することが必要である。

(3) 種類の異なった生物によって検討せざるを得ない時には、その事実を十分認識して検討を行う。

被害の対象となる生物が分かっている、実験上の技術的な困難さなどの点でその生物を使用できない場合、あるいは水域の特性が十分理解されず最も適当な生物として選ぶものがはっきり分からない場合がある。このような場合は手近な使いやすい生物を使用する以外に方法がない。しかし、生物はその種類によって毒性物質に対する感受性、抵抗性がかなり異なるという理解のもとに大きな幅を持たせて検討の資料にすべきであり、概要の評価にとどめておくことが望ましい。

既に述べたように、汚染物質の水産生物に対する影響の現れ方は急性毒性と慢性毒性とによって異なるので、生物試験の方法も急性毒性と慢性毒性とでは評価の方法が異なる。

急性毒性の評価：多くの場合急性毒性による影響の現れ方は、へい死であるので、致死量の測定によって評価されている。我が国では、48時間における TLm : Me-



dian Tolerance Limit (48hr TLm) もしくは 50% Lethal Concentration (48hr LC<sub>50</sub>) として表現されている\*。これは急性毒性の評価には適当であるが、慢性毒性の評価に不向きであって、時には全く用をなさない。

致死量の測定方法については、古くから多くの人々の研究結果があるが、JIS 規格として標準化されているので、この方法に準拠して実施するのがよい。ただこの方法は、海産魚を用いた場合は必ずしも適当でないことがあるので、そのような場合は試験条件の吟味と多少の改変を必要とする。

慢性毒性の評価：毒性の弱い物質による影響であっても、長い間には生物が死滅してしまう場合もあるが、多くの場合その前駆の症状として成長不良、繁殖不良あるいは疾病の発現など生理的な変化に起因する影響が現れる。そこで、生理的な変化として現れた異常を把握することができれば、その毒性の評価は可能である。種々の生理学的あるいは病理学的見地からの検討が行われ、既にかなりの成果が得られている。

血液の検査：動物の生理作用にとって血液の果たしている役割は大きい。したがって、毒性物質によって血液性状に変化が生ずることは、動物の生活にとって重大な支障となる。そこで、血液性状の変化を知れば、生理作用への影響の度合を知ることができる。

血液の検査には種々の方法があるが、ヘモグロビン量、赤血球数、白血球数、血液比重、ヘマトクリット値、赤血球抵抗の測定及び血球形状の観察などが主な血液検査の項目として上げられている。このほか、特殊な方法として血清タンパク組成の検討なども実施されている。

血液検査の結果から生理的影響を判定するためには、多くの項目にわたって検査を行い、その結果を総合して判定するのがより効果的である。しかし、特定の目的がある場合には、それにならった項目だけを検査することによって目的を達することも可能である。例えば、魚体が窒息の状態にあるかどうか、あるいは貧血の状態にあるかなどについては、ヘモグロビン量と赤血球数を測定することによって判定することも可能である。

血液性状は非常に微妙に変化するものであるので、動物の生理作用に対する有害性を評価するためには欠くことのできない方法である。しかし、採血に当たっての技術的な困難さの点で、小形の魚には応用しにくい点が多

便である。

主要器官の酵素反応の検査：近年、生体内の酵素反応に関する科学が急激に進歩し生化学、医学の面で応用されている。酵素反応の変化を通じて生体の細胞活力、肝臓機能あるいは腎臓機能などへの影響を知ることができるようになった。主要器官における酵素活性の消長は生体の生理作用の変化を表現するので、慢性毒性の検討には適しているといえる。

病理組織学的及び細胞化学的検討：毒性物質の魚介類に対する影響を評価するに際しては、これらの生物の主要器官に対する影響を検討することが不可欠の要素である。毒性物質の影響によって、へい死あるいは生理機能の低下などが認められる以上、そこには主要器官に対する影響が生じていることは容易に想像しうる。このような影響を評価するために、病理組織学的ならびに細胞化学的な検討は重要な意味を有する。

腐食性の毒性物質による影響が生じた場合では、体表、鰓などに変化が現れ、また、これらの物質が消化管あるいは血液を通じて体内に入ると、腸管、肝臓、腎臓、脾臓などに種々の病理組織学的な変化が生ずることが多い。

病理組織学的な変化像の出現までには至らない場合でも、肝臓内のグリコーゲンの減少あるいは消失が認められ、また、肝・脾臓内のリボ核酸 (RNA) の減少消失などの細胞化学的变化が生ずる。このような場合、グリコーゲンの減少消失は体内でのグリコーゲン代謝の異常を示すものであり、また、RNA の減少消失は生体内でのタンパク合成機能に変化が生じていることを示し、成長不良、繁殖不良などの水産被害に関連することになる。

これらの方法によって、外見上変化の見られない程度の軽微な影響も判定が可能となっている。このほか、アイソトープを利用した生活必需物質の代謝機能の検討などの生化学的な判定方法も目的に応じて実施され効果をあげている。

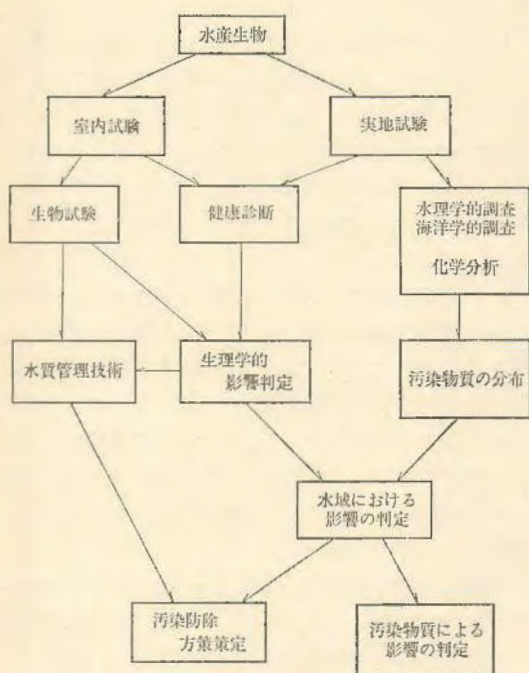
### III 毒性物質の影響の判定

水域に流入した工場廃水及び農薬などの毒性物質によって、漁場あるいは養殖場では種々の被害が生ずる。工場廃水あるいは農薬などでは、排出あるいは使用前に十分安全性の検討が行われているはずであるが、意外に水域での影響は大きく、現場での影響調査結果に基づいて規制が再検討される場合がしばしば認められる。

このような場合の調査にも生物試験は導入されている。農薬も含めた各種汚染物質の影響判定調査の概要は第2図に示したようなものである。すなわち、試験は水

\* アメリカ、日本では主として TLm による表現が用いられてきたが、欧州では LC<sub>50</sub> を主として用いている。最近、FAO などで LC<sub>50</sub> を用いることに統一するようになった。表現は異なるが、意味ならびに測定方法には差異はない。





第2図 汚染物質影響調査

域の現場における実地試験と、室内における生物試験が中心となる。

実地試験では、水理学的もしくは海洋学的調査と化学分析によって対象となる汚染物質の分布を把握する。一方、活簀の設置による現場飼育もしくは現場の漁場あるいは養殖場から採捕された生物の健康状態を調べて生理学的影響を判定する。この場合には前述した血液検査、酵素活性の測定、病理組織学的及び細胞化学的検査などが応用される。

室内試験による生物試験においてももちろん前述の検査が実施され、実地試験と室内試験の結果の整合性の検討が行われ、その結果水域における影響の判定がなされ、最終的にその物質の影響の判定が行われる。また、これらの一連の調査及び試験結果に基づいて水質の管理技術の検討が行われ、汚染防除方策の策定が検討される。これらの一連の調査のほか、蓄積性の物質については生体内の蓄積量の分析が行われている。

水理学的もしくは海洋学的調査では河川湖沼または海域における一般環境条件を把握するための諸項目全般についての調査が行われるのが通常である。

通常、水産における調査では、水域における影響の判定に際して、少なくとも次の条件が満たされない限り特定物質による影響として判定していない。

(1) 水理学的もしくは海洋学的調査によって汚染物

質の存在が確認されるか、または明らかに汚染物質の存在によって環境条件が著しく阻害されていることが確認されている。

(2) 漁場もしくは養殖場から採捕された生物、または現場の水域に設置した活簀などで一定期間飼育された生物に健康な状態では認められない異常あるいは病変などが認められる。

(3) 室内試験において汚染源と想定される物質を用いた各種生物試験を行い、健康な状態では認められない異常あるいは病変が認められ、その症状が実地試験において認められたものと良く合致している。

(4) 蓄積性の物質については、前述したような供試生物の生体内にその物質が認められる。

これらの一連の影響調査は、このように綿密な計画と高度の科学技術の活用によって実施されているが、なお不十分な点も多く今後開発されなければならない技術も多い。例えば、汚染物質の影響と魚介類の細菌性あるいはウイルス性疾病発現との関連、遺伝的影響の本質などである。特に、遺伝的影響については継代飼育の困難さから特定の種類について異形個体の発現性の検討程度の研究が行われているに過ぎず、なお大きな問題を残している。また、ここでは特に触れていないが、生理的な影響と並んで生態的な見地からの影響の判定も重要な要素である。慢性的な影響の現れの一つであり、大きな水産被害に関連する長年月の間に魚介類が減少、消滅してしまう“死滅”は、単に生理学的な問題のみでなく生態系のバランスの問題を併せ考慮しなければならない。

#### IV 農薬における生物試験の問題

これまでに汚染物質一般についての生物試験及び影響調査の概略を述べた。農薬についても、その使用によって水産被害が生じた場合には、おおむね同様な一連の試験調査を行っている。

致死量の測定、血液検査、病理組織学的及び細胞化学的検討方法などは、農薬の魚毒性の評価にとって極めて有力な技術となっている。したがって、農薬の登録時における審査などの魚毒性の評価にこれらの方法が活用されるようになれば、毒性の評価法としてはその精度が著しく向上されよう。周知のように致死量の測定は既に魚毒性の評価に活用されているが、コイ、ミジンコについて行われているに過ぎない。血液検査については、最近モリネートなどによるコイの貧血症発現の問題があったので、その重要性が認識され、かなり普及してきている。

病理組織学的及び細胞化学的な評価は、その活用価値は高いが、その技術は一般的ではなく、むしろ特殊の専



門分野に属するものであるので、簡単にその普及活用は期待しにくい。しかしながら、農薬問題の将来を考えると、水産とのかかわり合いは極めて深刻なものがあるので、それぞれの専門分野の協調により、この分野の技術の活用も速かに図る必要がある。

病理組織学あるいは細胞化学の分野の活用までには若干の準備などが必要とされるが、比較的容易に進展しうる分野もある。その一つは、致死量の評価技術の拡大であろう。現在、コイ、ミジンコを用いての生物試験法は、なお不十分とはいえ、生物試験を農薬の登録審査に利用していない時代と比較すれば大変な進歩であり、誠に有意義であることに疑いはない。致死量の測定方法は既に定常化されているので、対象生物をより広い分野に拡大することが必要である。すなわち、現在では水産生物として魚類に主眼がおかれているが、貝類、甲殻類をも対象とした  $LC_{50}$  の測定技術の開発は可能性が高いと考えられる。また、魚類、貝類、甲殻類それぞれ数種類の生物について実施すれば、より効果的な判定の基礎となしうる。

第2の期待としては、血液検査の普及であろう。種々な技術的難点から、当面対象となる生物は魚類に限られるが、血液検査の方法は医学で開発された技術を若干魚類用に改変したものであるので専門外の技術者の場合でも比較的容易に技術の習得が可能である。これらの方法を導入した上で、特に必要と思われる時には専門研究者あるいは技術者の協力によって病理組織学的ならびに細胞化学的所見を参考に供することができれば、魚毒性の解明あるいは予測の精度は飛躍的に向上するであろう。

このような考え方は、既に農薬関係の専門家の間においても賛意が得られており、一部実施の試みがなされている。48hr  $LC_{50}$  (48時間半数致死濃度)の測定の対象として、海水に馴致飼育を行ったメダカならびに海産魚の供試、アサリ、アワビなど貝類ならびに甲殻類の供試が試みられている。血液検査についても同様であり、既に一部の農薬研究者の間においても実施されているので、広く普及するのもあまり遠い将来のことではないと思われる。

また、しばしば要望として解答を求められている問題点に、生物試験の標準化がある。これまでに述べてきた

各種の試験法はそれぞれ特長を持ち目的に応じて有効なものであるが、実験方法に専門的知識を要し複雑である。そこで比較的取り扱いが容易で、入手しやすい生物を用いる標準化された方法が要求される。水産生物を対象とした生物試験の標準化は既に個々の研究者によって試みがなされ、供試生物としてコイ、メダカなどのほかに貝類、甲殻類、ウニ類を使用して  $TL_m$  値を求め検討がなされたことがある。しかし、いずれの場合も一長一短があり、一つの標準方法によってすべてを類推することは水産生物については困難であると思われる。生物試験が標準化されれば得るところは大きいので、なお残された検討課題といえよう。

### おわりに

農薬の魚毒性試験法の問題点についてということであるが、現在の試験法は水産の専門分野から見るとあまりにも問題が多過ぎて、それを個々に指摘することは困難である。そこで、今回は現在水産の分野で農薬による被害調査あるいは毒性の検討を行う場合の方法を紹介し、農薬の登録審査に際して実施されている方法などとそれぞれの専門分野の技術者に対比していただいて、問題点の所在を認識していただければと考えた。概略についての説明に終わったが、ある程度の御理解は得られたものと思う。

また、屋外調査の方法を含めた一般的な汚染物質の影響調査についてもその概要を述べた。とかく水産側からの農薬被害防止に関する要望などは、さしたる科学的な根拠もなしに行われるように受け取られているが、それなりの調査研究結果に基づいて、なおかつ、かなり控えめになされていることも併せて理解していただければと思う。

200海里時代に入って、日本の沿岸開発はますます重要性を増している。沿岸における増養殖、栽培漁業、あるいは海洋牧場など、積極的な開発が計画されている。したがって、内水面、沿岸域における環境保全が今後における沿岸開発の成否の鍵を握ることになる。

農林あるいは畜産業についてもその重要性は十分理解できるので、今後はそれぞれの専門分野の協力によって共存共栄の道へと進みたいものである。



# 残留農薬分析法における最近の進歩

農林省農業技術研究所 かな ざわ じゆん  
金 沢 純

残留農薬の分析を目的として MCD, ECD, FTD, FPD などの各種の高感度検出器を備えたガスクロマトグラフ (GC) が次々に開発され、これらが盛んに利用された 1960 年代に比べて、1970 年代に入り、ここ数年間は分析装置の上で特に目立った進歩は見られなかった。しかし、蒸気圧が低く、熱安定性の悪い農薬を適当な誘導体を作り、上記の高感度検出器付き GC に導入する研究が盛んに行われている。そしてこの手法により、特に極性を持つカーバメート化合物、除草剤、殺菌剤などに GC への応用の道が一層拡大された。有機リンや含窒素化合物に選択性の高い FTD の不安定性を改良した検出器として、低温でプラズマによりイオン化する N-P-FID が開発され、実用化された。また、GC-MS がこの分野でも利用されるようになり、特にマスフラグメントグラフィーは残留分析に要求される選択性、高感度を備えており、装置がもう少し安くなれば、今後その利用は一層発展するであろう。

一方、近年における高速液体クロマトグラフィー (HPLC) の装置の進歩は目覚ましく、現在市販されている屈折計、紫外部吸収、蛍光光度計などの検出器は残留農薬の分析に利用するには特異性、感度の点でいまひとつ物足りないが、その利用のための研究は盛んに行われている。今後、残留分析に適した検出器の開発と誘導体生成を利用する研究の進歩により、更に利用の道は開けるものと期待される。

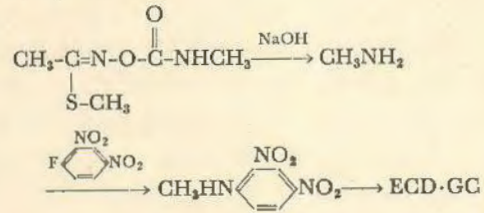
以下本稿では、この分野において過去 10 年ぐらいの間に発表された文献の中から、独創性が高く、筆者の興味を引いた研究を取り上げて紹介する。

## I 誘導体作成・GC 法

メソミルはハスモンヨトウ、アオムシなどのりん超目害虫に特効があるカーバメート系殺虫剤である。残留分析法としてはアルカリで加水分解してオキシム (methyl N-hydroxythio acetimidate) としてこれを FPD (394 nm-フィルター) で定量する<sup>1)</sup>のが常法となっていたが、感度、選択性の点で不満足であった。

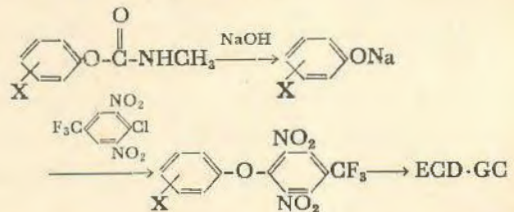
MENDOZA ら<sup>2)</sup>はメソミルを 1N NaOH で加水分解して生ずるモノメチルアミンを 1-フルオロ 2,4-ジニトロベンゼンと 82°C で 10 分間反応させ、生成する 2,4-ジニトロフェニルメチルアミンをベンゼンで抽出し、

ECD・GC で定量した。この方法で、ナタネ油にメソミルを 0.01 ないし 1ppm 添加したとき、80~105% の回収率を得ている。



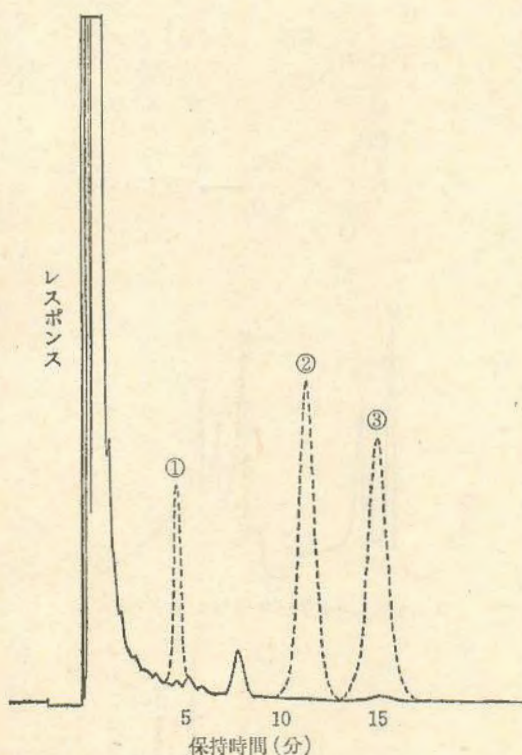
カーバメート系殺虫剤は、カラム条件さえ選べば、直接 GC に注入し、N-P-FID で検出することによりかなり簡単に高感度分析が可能とされているが、カルバリル (NAC) ほか 2, 3 の殺虫剤では熱分解が避けられない。したがって各種の誘導体作成法が研究されているが、これらも感度、特異性、簡易さなどの点で更に改良を要する。

ERNST ら<sup>3)</sup>はレタス、リンゴなどに残留するカルバリル, Mesurol, propoxur (PHC) を塩化メチレンで抽出し、エタノール性 NaOH で加水分解し、生成するフェノールを水蒸気蒸留して精製した後、4-クロロ α, α, α-トリフルオロ 3,5-ジニトロトルエンと蒸気浴中で 20 分間反応させ、生ずる 2,6-ジニトロ-4-トリフルオロメチルフェニル誘導体 (DNT) をイソオクタンで抽出し、ECD・GC で定量した。この方法により 0.5~2.0ppm 添加したとき、90~94% の回収率を得た。



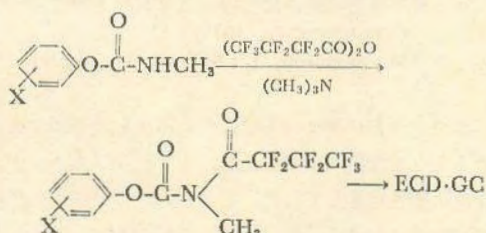
カーバメート系殺虫剤を直接無水トリフルオロ酢酸で N-TFA 化し、ECD・GC で定量する方法は簡便であるが、置換フェニル N-メチルカーバメートの場合には TFA 誘導体の蒸気圧が一般に高くなるため、保持時間が短く、天然物の妨害を受けやすく、十分な精製が必要である。そこで LAWRENCE<sup>4)</sup>はカーバメート系殺虫剤をトリメチルアミンを触媒として無水ヘプタフルオロ酪酸で N-HFB 誘導体として Coulson の電気伝導度検出器





第1図 リンゴから抽出したカーバメート系殺虫剤の DNT 誘導体のガスクロマトグラム (ERNST, 1975)  
 —無添加, .....0.5ppm 添加  
 ①: propoxur-DNT, ②: Mесurol-DNT,  
 ③: カルバリル-DNT

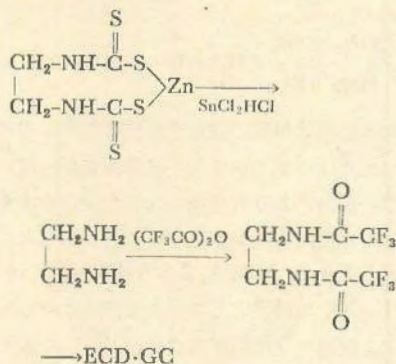
を付けた GC で定量した。この方法で, propoxur, methiocarb をカラシナに 1ppm 添加したとき, 80% 以上の回収率を得ている。



ジネブ, マネブなどのエチレンビスジチオカーバメート系殺菌剤の残留分析法は従来から良い方法がなく, 酸分解により生ずる CS<sub>2</sub> をジエチルジチオカルバミン酸銅として比色定量する方法が行われてきたが, 天然物に基づくバックグラウンド値が大きく, 選択的な方法ではなかった。

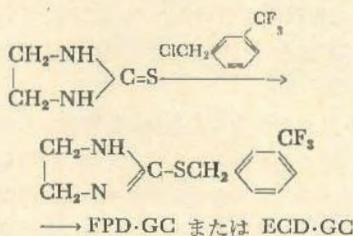
Newsome<sup>6)</sup>はこれらの殺菌剤を塩化第一スズと IN 塩酸中で加熱分解し, 生じたエチレンジアミンを陽イオン

交換樹脂 Dowex 50 W-X8 カラムを通して吸着させた後, 飽和炭酸水素ナトリウム溶液で溶出させ, 無水トリフルオロ酢酸で N-TFA 化して, 生じたエチレンジアミントリフルオロ酢酸をベンゼンで抽出して 5% ブタンジオールサクシネートカラムにより ECD-GC で定量した。この方法で, リンゴ, レタス, トマトに Zineb, Maneb, Polyram を 0.16~1.3ppm 添加したとき, 80% 以上の回収率を得た。



この系統の殺菌剤の代謝中間物であり, 発腫瘍性が問題になっているエチレンチオ尿素 (ETU) についても各種の誘導体による残留分析法が提案されているが, ここでは KING<sup>6)</sup>の方法を紹介する。

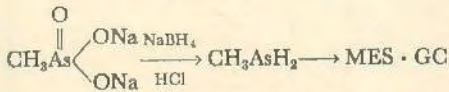
m-トリフルオロメチルベンジルクロリドは ETU と塩化ベンジル同様に反応する。得られた S-(m-トリフルオロメチルベンジル) 誘導体は安定で良好な GC の特性を持ち, 0.01ppm でも容易に ECD で検出できる。この誘導体を更に N-TFA 化した化合物は FPD (S-フィルター) 及び ECD でそれぞれ 0.01 及び 0.002ppm のレベルで検出できる。ETU を 0.01~1ppm 添加したリンゴ, グリーンビーンズ, ジャガイモ, トマトからの回収率は平均 92.5% であった。



有機ヒ素化合物は我が国ではイネ紋枯病の特効薬として使われているが, これまで良い残留分析法がなかった。TALMI ら<sup>7)</sup>はアメリカで除草剤として使われているモノメチルアルソン酸やジメチルアルシン酸 (カコシル酸) のナトリウム塩及びアンモニウム塩の選択的分析法を研究している。塩酸による酸性水溶液 (pH 1) 中で氷冷下,

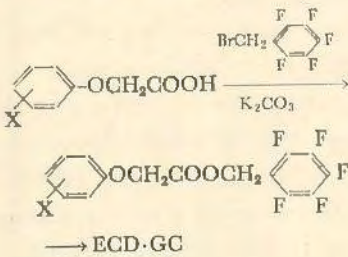


水素化ホウ素ナトリウム ( $\text{NaBH}_4$ ) ペレットを添加してこれらの化合物を還元し、相当するアルキルアルシンにしてトルエン中に捕集し、5% カーボワックス 20M カラムを用い、発光分光型検出器 (Microwave Emission Spectrometric Detector) をつけた GC で定量した。本法の最小検出量はヒ素として 20pg, 水中からの検出限界は  $0.25\mu\text{g/l}$  (ppb) とされている。本法の有機ヒ素殺菌剤の残留分析への応用が期待される。



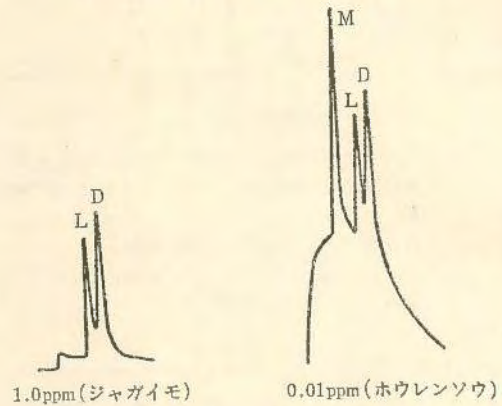
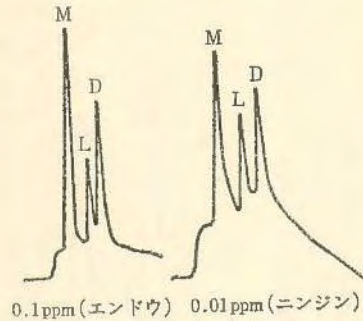
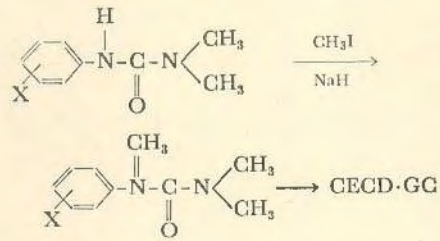
フェノキシ酢酸系除草剤の残留分析法は従来、アルキルエステル化またはハロアルキルエステル化が一般に行われてきたが、試料により天然物の妨害を受けやすく、化合物によっては検出感度が不足することがあった。

CHAU ら<sup>8)</sup> は 2,4-D, MCPA, 2,3,6-TBA など 10 種の除草剤を  $\text{K}_2\text{CO}_3$  を触媒としてペンタフルオロベンジルブロマイドと室温で 5 時間反応させ、ペンタフルオロベンジル誘導体とし、これをベンゼンで抽出した後、3.6% OV-101+5.5% OV-210 カラムを用い、ECD-GC で定量した。検出感度は化合物により異なるが、0.01~1ng のレベルで測定できる。



カーバメート及び尿素系除草剤は直接 GC に導入して定量することもできるが、イミノ基に基づく吸着性により GC における再現性に欠けるため、これまでいろいろの誘導体作成が試みられてきたが、良い方法がなかった。

LAWRENCE ら<sup>9,10)</sup> はこれらの化合物を作物体からエタノールで抽出し、クロロホルムと水で分配して精製した後、イミノ基をジメチルスルホキシド、ベンゼン溶液中で水素化ナトリウムとヨウ化メチルでメチル化し、生成物をヘキサンで抽出し、4% SE-30+6% QF-1 カラムを用い、Coulson の電気伝導度検出器 (N-方式) で定量した。検出限界は 0.005ppm であり、Linuron, Monuron, Diuron をニンジン、オレンジ、ホウレンソウなどに 0.01~1ppm 添加したとき 60% 以上の回収率が得られている。



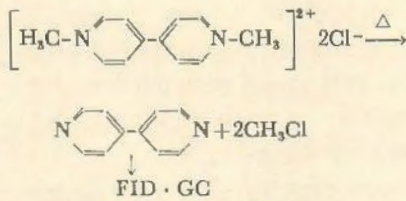
第2図 作物体から抽出したカーバメート及び尿素系除草剤メチル化物のガスクロマトグラム (LAWRENCE ら, 1975)

M: monuron, L: linuron, D: diuron

パラコートとジクワットは従来、ヒドロサルファイトナトリウム水を加えて還元し、生じたラジカルイオンの青色を比色定量していた。しかし、この方法は天然物の妨害を受けやすく、検出限界は試料 200g を使ったときに 0.01ppm とされ、残留分析法としては不満足であった。

CANNARD ら<sup>11)</sup> は池、河川水中のこれら除草剤の定量を目的として、試料水  $100\mu\text{l}$  を  $100\sim 110^\circ\text{C}$  に加熱した石英管に注入し熱分解し、分解生成物を 10% Carbowax 20M+2% KOH カラムに導入し、水素炎イオン化検出器で定量した。検出限界は供試水  $100\mu\text{l}$  のとき、0.01ppm であった。



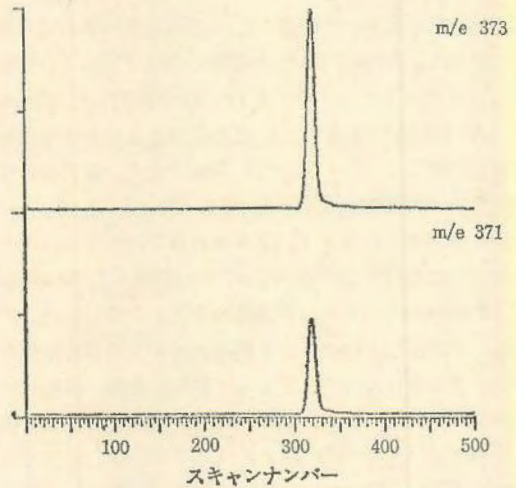


この著者は FID を使っているが、N-P-FID を使用すれば、更に高感度分析が可能であろう。

### II GC・MS 法

ガスクロマトグラフ・質量分析計 (GC・MS) はガスクロマトグラフから溶出する成分の定性分析法として優れた方法であり、人体臓器中の有機塩素系殺虫剤の同定<sup>12)</sup>、人尿中のカルバリル中間代謝物の 1-ナフトールの検出<sup>13)</sup>、人血、尿中の有機リン殺虫剤中間代謝物の検出<sup>14)</sup>など、多くの研究に有効に利用されている。しかし、実際の環境試料中の汚染物質の定性分析に応用する際には、GC・MS だけでは十分精製した試料でも妨害物の影響のないマススペクトルを得ることはなかなか難しい。この一つの解決策として GC・MS にコンピューターを付加して妨害成分によるバックグラウンド値を消去する方法がある。また、農業の親化合物や代謝物など既知の化合物の残留分析にはその化合物のフラグメンテーションを解析して化合物固有の m/e 値を持つフラグメントイオンまたは分子イオンピークを数種選び、それらのマスフラグメントグラムを多重検出器で同時記録し、これらのピークの相対強度によって定量する。いわゆるマスフラグメントグラフィー (マスクロマトグラフィーともいう) は選択性が高く、ECD に匹敵する感度を有し、今後の発展が期待されている。しかし、まだこの方法を実

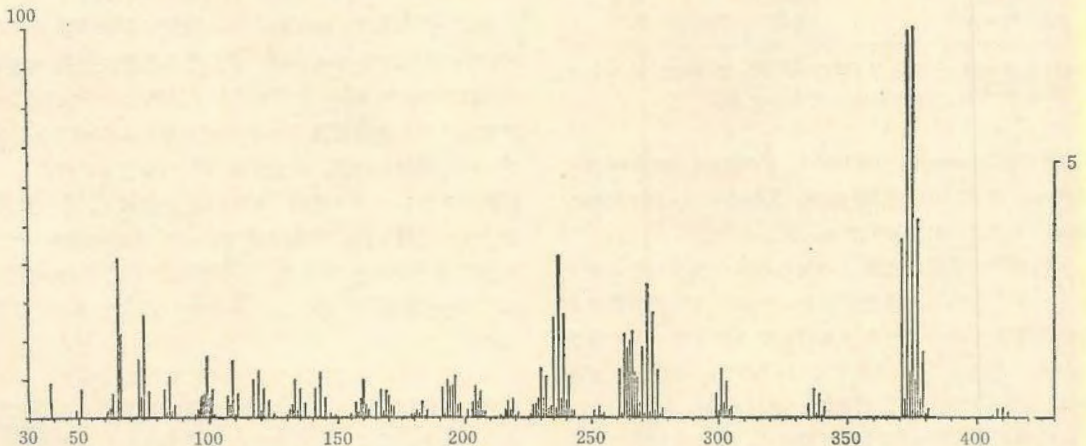
際に農業の残留分析に利用した報告は少ない。VELDE ら<sup>15)</sup>は人尿中のクロルデンの定量に、佐藤ら<sup>16)</sup>はラット臓器中の殺線虫剤 DCIP [bis(2-chloro-1-methyl)ether] の定量に応用した。また、ROSEN ら<sup>17)</sup>は若干の有機リン殺虫剤の定量への応用について解説した。



第4図 人尿中から抽出したクロルデンのマスフラグメントグラム (VELDE ら, 1975)

### III 高速液体クロマトグラフィー (HPLC)

現在用いられている検出器、すなわち示差屈折計、紫外吸光検出器、蛍光光度計などでは残留分析に利用するには感度、選択性の点でやや不十分であり、更に特異性、感度の高い検出器の開発が望まれる。一方、工業用原体や製剤の分析法としては優れた分離能、適度の感度を有し、紫外外部吸収や発蛍光性を持つ農薬ならば、簡易分析法として最適であり、近年盛んに本法を利用する研究が



第3図 人尿中から抽出したクロルデンのマススペクトル (VELDE ら, 1975)



行われている。HPLC の農薬分析への応用に関しては既に石井による解説<sup>18,19)</sup>がある。そこでここにはその後報告された文献の中から特に残留分析に応用し、有用と思われるものを取り上げることにする。

PASCHALら<sup>20)</sup>は農地から流出する水中の微量 (ppb レベル) のメチル及びエチルパラチオンを網状の樹脂 XAD-2 のカラムを通して吸着させ、これをエーテルで溶出して濃縮し、Partisil ODS の逆相カラムに注入し、移動相としてアセトニトリル：水 (1:1) で溶出して 270nm の UV 検出器で定量した。この方法による最小検出量は両殺虫剤とも 10  $\mu$ l 注入で、2ng であり、試料中の検出限界は 2~3ppb (S/N=2) であった。

LAWRENCE<sup>21)</sup>はコムギ、トウモロコシ、トマト、キャベツなどに残留するカルバリル, swep(MCG), Banol など 10 種のカーバメート系農薬の分析法を検討した。アセトンで抽出し、ヘキサンと塩化メチレンによる分配を行い、フロリジルカラムによって精製した後、濃縮してイソオクタンに溶かし、Lichrosorb Si 60 のカラムを通し、移動相として 5% 2-プロパノールを含むイソオクタンで展開し、254nm の UV 検出器で定量した。検出感度は swep が最も高く、Banol, Landrin, carbofuran などは低い (下表参照)。

カーバメート系農薬の保持時間と感度

カーバメート	保持時間, 分	検出感度 <sup>a)</sup>
swep	9.0	0.13
Banol	10.4	40
Landrin	11.2	34
Zectran	11.5	1.0
Propoxur	12.5	3.5
Methiocarb	13.1	3.0
carbaryl	16.5	0.9
carbofuran	16.5	30
Mobam	19.0	0.3
Aminocarb	19.8	0.8

a) レコーダー感度 0.0005 AUFS で 2cm のピークを生ずるに要する化合物の ng 数。

検出限界は swep, carbaryl, Zectran, aminocarb, Mobam は 0.004~0.05 ppm, Landrin, carbofuran, Banol は 0.1~0.3ppm であった。

小島ら<sup>22)</sup>は果実、玄米、いなわら中のカルバリルをメタノールで抽出し、塩化アンモニウム・リン酸試薬による凝固法及びアルミナカラムクロマトグラフィーで精製した後、加水分解し、生ずる 1-ナフトールを日立ゲル 3010 カラムに注入し、移動相メタノール：水：1/15 M リン酸緩衝液 (95:3:2) で溶離し、蛍光光度計で定量した。本法の最小検出量は 5ng で、検出限界はナシ

0.004ppm からいなら 0.02ppm であった。著者らは考察の中で本法は試料によっては精製操作を簡略化することができ、既存の方法と本法を比較すると、吸光光度法よりも感度がよく、アセチル化・GC 法よりも簡便で回収率が優れていると述べている。

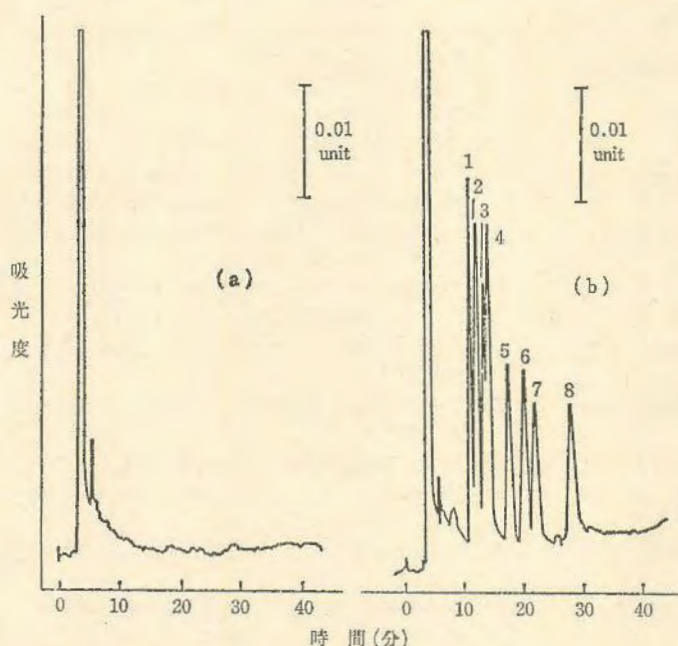
FARROWら<sup>23)</sup>は収穫後のカンキツ果実の防菌に用いられるピフェニル、ベノミル, carbendazin, 2-フェニルフェノール, チアベンダゾールの残留分析に HPLC を適用した。果実から希塩酸で加熱抽出し、ピフェニルと 2-フェニルフェノールは水蒸気蒸留によって精製し、ベノミルは酸加熱抽出時に定量的に carbendazin になり、これとチアベンダゾールはクロロホルムと酸、またはアルカリ分配操作で妨害物と分離精製し、Lichrosorb SI 60 シリカカラムに注入し、移動相として 1% エタノールを含む 2,2,4-トリメチルペンタンで溶離し、ピフェニルと 2-フェニルフェノールは 254nm の UV で、ベンズイミダゾール類は 288nm の UV で検出定量した。本法の回収率はオレンジ、レモン、グレープフルーツにピフェニル 250ppm 添加で 92~102%, 2-フェニルフェノール 50ppm 添加で 57~71%, チアベンダゾール 25 ppm 添加で 78~94% であった。

FARRINGTONら<sup>24)</sup>は穀物、土壌、河川水中の 8 種のフェニル尿素系除草剤の残留分析法を研究した。穀類、土壌はメタノールで、河川水は塩化メチレンで振り混ぜ抽出した。前者は塩化メチレンに再抽出した後、脱水、濃縮し、メタノール溶液としてその 5  $\mu$ l を Spherisorb ODS カラムに注入し、移動相として 60% メタノールと 0.6% アンモニア水を含む水で溶離して 240nm の UV 検出器で定量した。本法の検出限界はコムギ、土壌でいずれも 0.2ppm, 河川水で 0.01ppm であった。土壌について得られたクロマトグラムを第 5 図に例示した。

永吉ら<sup>25)</sup>は玄米、いなわら中に残留する除草剤  $\alpha$ -(2-naphthoxy) propionanilide 及びその変化生成物 naphthoxypropionic acid をアセトンで抽出し、n-ヘキサン・アセトニトリル分配及びシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した後、日立ゲル 3010 カラムに注入し、移動相メタノール：酢酸 (400:1) で溶離し、蛍光光度計で検出定量した。検出限界は玄米で 0.004ppm, いなわらで 0.008ppm であり、回収率は玄米に 0.1ppm 添加で 86~99%, いなわらに 0.4ppm 添加で 82% であった。

以上のようにここに紹介したのは数例にすぎないが、現有の HPLC でも農薬の残留分析に適用できる場面もある。なお、直接、UV 吸収や発蛍光性のない化合物に対してはその化合物の持つ種々の官能基と UV 吸収の





第5図 土壌から抽出した尿素系除草剤の高速度液体クロマトグラム (FARRINGTON ら, 1977)

1: monuron, 2: monolinuron, 3: metobromuron,  
4: chlortoluron, 5: diuron, 6: linuron,  
7: chlorbromuron, 8: chloroxuron  
各除草剤 2mg kg<sup>-1</sup>添加

強い発色団や発蛍光性の原子団を持つラベル化剤とを反応させ、感度を増強して HPLC を適用する研究<sup>26)</sup>も進められているので、この方法は今後ますます農薬の残留分析に利用されるであろう。

### VI 環境試料の分析法

従来、空気中の残留農薬の捕集にはインピンジャーを用いてエチレングリコールやジメチルホルムアミドなどに吸収する方法が行われているが、野外で多くの地点で測定したり、大気中の垂直分布を研究するときなどには持ち運びに不便である。TURNERら<sup>27)</sup>は多孔質のポリウレタンフォーム(直径 4.5cm, 長さ 5cm)中に大気を一定流速 3.5m<sup>3</sup>/hr で通過させて農薬を捕集し、これをソックスレー抽出器に入れ、アセトンとヘキサンで抽出し、濃縮して GC により定量した。この方法によりディルドリン、リンデン、トリフルラリンなど 6 種の農薬の捕集効率率は 300μg で 98% 以上であり、流速の限界は 5m<sup>3</sup>/hr であった。NASHら<sup>28)</sup>はこの方法を陸系のモデル生態系中の綿から揮散するトキサフェンと DDT の定量に応用し、実用性が高いことを明らかにした。

環境水中の残留農薬の抽出には、活性炭カラムを通し

て吸着させ、有機溶媒で溶離する方法と、分液漏斗を用いて有機溶媒(ヘキサン、塩化メチレンなど)で振り混ぜ抽出する方法がある。しかし、飲料水や海水など非常に希薄な試料水(pptレベル)からの抽出定量には、10l 以上の供試水を処理しなければならないことがあり、特に振り混ぜ抽出法では手間と労力を要する。この一つの解決策として渦巻振とう抽出法(Vortex stirring)がある。3~5l の細口試薬びんに供試水を入れ、抽出溶媒として水よりも比重の軽いもの(ヘキサン、ベンゼンなど)を 10% 容量加え、これをマグネチックスターラーの上に乗せてゆっくりかき混ぜると、渦巻流ができ、45 分間ぐらいで抽出される。RIPLEYら<sup>29)</sup>は湖水に 14 種の有機リン農薬を 0.5~100ppb 添加し、この方法により抽出し、95% 以上の回収率を得た。

これまで紹介してきたように残留農薬の分析法はここ 20 年ぐらいの間に長足の進歩をとげ、農産物、食品、土

壌などについては ppb のレベルまで、環境水については ppt のレベルまでかなりの精度で定量することが可能になってきた。そのために試料中に残留農薬が検出されると、その濃度を無視してすぐその毒性を問題視するきらいがあるが、残留農薬による毒性の評価は実験動物による毒性実験に基づいて決定すべきものである。すなわち、既に WHO においてその 1 日当たり摂取許容量(ADI)が決められている農薬については、たとえ食品や環境中にその農薬の残留が検出されても、摂取量が ADI を越える懸念がなければ、問題にはならないのである。

しかし、単一の汚染物質の試料中に存在する ppm だけから毒性を評価するのは危険である。ほかの農薬や汚染物質とそれらの代謝物が共存することも十分考えられるからである。したがって実際の汚染食品や環境水を使って実験動物、例えばマウス、アズキゾウムシ、ミジンコ、グッピーなど飼育、管理の容易な生物による摂取実験を長期にわたって行い、その影響を評価することが必要である。また、食品や環境中の汚染物質の濃度が非常に低くても生体濃縮性を持つ化合物は生体内に高い比率で濃縮され、これが食物連鎖により、更に栄養段階の高



い生物に濃縮される問題がある。したがって新しい化合物を導入するときには事前に魚介類を使って生体濃縮性を検討しておくこともまた重要である。

## 引用文献

- 1) FUNG, K. K. H. (1975) : J. Agric. Food Chem. 23 (4) : 695.
- 2) MENDOZA, C. E. and J. B. SHIELDS (1974) : ibid. 22 (2) : 255.
- 3) ERNST, G. F. et al. (1975) : J. A. O. A. C. 58 : 1015.
- 4) LAWRENCE, J. F. (1976) : J. Chromat. 123 : 287.
- 5) NEWSOME, W. H. (1974) : J. Agric. Food Chem. 22 : 886.
- 6) KING, R. R. (1977) : ibid. 25 : 73.
- 7) TALMI, Y. and D. T. BOSTICK (1975) : Anal. Chem. 47 : 2145.
- 8) CHAU, A. S. Y. and K. TERRY (1976) : J. A. O. A. C. 59 : 633.
- 9) LAWRENCE, J. F. and G. W. LAVER (1975) : J. Agric. Food Chem. 23 : 1106.
- 10) ——— (1976) : J. A. O. A. C. 59 : 1061.
- 11) CANNARD, A. J. and W. J. CRIDDLE (1975) : Analyst 100 : 848.
- 12) BIROS, F. J. and A. C. WALKER (1970) : J. Agric. Food Chem. 18 : 425.
- 13) SHAFIK, M. T. et al. (1971) : Bull. Environ. Contam. Toxicol. 6 : 34.
- 14) ——— and H. F. ENOS (1969) : J. Agric. Food Chem. 17 : 1186.
- 15) VELDE, G. V. (1975) : J. Chromato. Sci. 13 : 322.
- 16) 佐藤 清ら (1977) : 日本農業学会誌 2 : 173.
- 17) ROSEN, J. D. and S. R. PARELES (1974) : HAQUE, R. and F. J. BIROS edit. "Mass Spectrometry and NMR Spectroscopy in Pesticide Chemistry" p.91, Plenum press.
- 18) 石井康雄 (1976) : 化学の領域 増刊109号 : 241.
- 19) ——— (1976) : ぶんせき 11 : 771.
- 20) PASCHAL, D. C. et al. (1977) : Anal. Chem. 49 : 1551.
- 21) LAWRENCE, J. F. (1977) : J. Agric. Food Chem. 25 : 211.
- 22) 小島路子ら (1977) : 日本農業学会誌 2 : 311.
- 23) FARROW, J. E. et al. (1977) : Analyst 102 : 752.
- 24) FARRINGTON, D. S. et al. (1977) : ibid. 102 : 377.
- 25) 永吉管子ら (1977) : 日本農業学会誌 2 : 445.
- 26) 前田正靖・上野景平 (1977) : 化学の領域 31 : 27.
- 27) TURNER, B. C. and D. E. GLOTFELTY (1977) : Anal. Chem. 49 : 7.
- 28) NASH, R. G. et al. (1977) : J. Agric. Food Chem. 25 : 336.
- 29) RIPLEY, B. D. et al. (1974) : J. A. O. A. C. 57 : 1033.

## 人事消息

鈴木忠夫氏 (農技研病理昆虫部昆虫科昆虫発生予察研究室主任研究官) は東北農業試験場栽培第1部虫害研究室長に

小林正弘氏 (熱帯研センター研究第1部主任研究官) は九州農業試験場環境第1部虫害第1研究室主任研究官に

島根孝典氏 (蚕糸試九州支場病理研究室) は蚕糸試験場本場病理部桑病研究室へ

鶴野 宏氏 (群馬県農政部長) は林野庁企画課長に

塩飽二郎氏 (水産庁魚政部水産流通課長) は群馬県農政部長に

林業試験場は茨城県稲敷郡 荳崎村 松の里1 [郵便番号 300-12] へ移転。電話は 02987-3-3211 と変更

兵庫県植物防疫協会は神戸市生田区海岸通1 [郵便番号 650] 兵庫県農業会館4階へ移転。電話は 078-333-5916 (兵庫県農業共済連農蚕課) と変更

牧 良忠氏 (元兵庫県立農業試験場病虫部昆虫科長) は2月21日心不全で逝去されました。御冥福をお祈りします。

相馬壽男氏 (農薬工業会嘱託) は3月2日心筋梗塞で逝去されました。御冥福をお祈りします。

## 次号予告

次4月号は下記原稿を掲載する予定です。

昭和53年度植物防疫予算の概要	本宮 義一
農薬による作物の薬害の分類	行本 峰子
スズメの生態	山下 善平
ミカンツボミタマバエの生態・被害及び防除法	加藤 勉
ジンサンシバンムシの生態と防除	吉田 敏治

## ダイズのウイルス病と抵抗性品種

柚木利文・長沢次男

## 植物防疫基礎講座

イネ白葉枯病の剪葉接種法とその応用 守中 正

ほ場におけるイネゾウムシの薬剤効果判定法

佐藤 昭夫

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

1部 300円 送料 29円



## これからの農薬開発の方向

理化学研究所 <sup>み</sup>見 <sup>さと</sup>里 <sup>とも</sup>朝 <sup>まさ</sup>正

### I 新農薬開発と農薬士制度

最近、農村にいくと農家の人たちから最近の農薬は効かなくなったと苦情をいわれ、都市では消費者から農薬を使い過ぎているのではないかとの不安を訴えられる。また、我々新農薬を開発する立場のものにしても、よく効いて安全な農薬の目標をどこにおいてよいか迷うことが多い。これらはいずれも“農薬は誰でも安全に使用できるもの”という考え方に基づいた現在の農薬制度によって起こされている混乱だと思われる。

よくいわれるように、農薬の安全性はその質と量と使い方によるが、使い方を考慮せずに質だけの毒性を問題にすれば、パンチ力のあるよく効く農薬が減っていくのは当然である。医薬では大衆薬と医師向けの薬とに区別され、副作用も強いがよく効く薬剤を医師が使用できるようになっている。農薬も医薬にならって、「一般使用」と「制限使用」とに分類し、一般使用の農薬は農家が自由に使用できるが、制限使用の農薬はライセンスを持った農薬士だけが扱うようにすれば、取り扱いに注意を必要とするがよく効く農薬の使用が可能となる。分解が早いので食品に残留する心配はないが、急性毒性が強いため、よく効くにもかかわらず、現在の制度では登録不可能となっている薬剤も多いが、農薬士制度ができれば、このような薬剤の使用も可能となる。外国からの侵入害虫であり、現在防除に手を焼いている愛知県のイネミズゾウムシや、北海道のジャガイモシストセンチュウに対する薬剤などがこの例である。

また、ライセンスを持った人が安全使用基準を守って、農薬を正しく使用していることが分かれば、消費者の農薬に対する不安も解消すると思われる。自動車の運転はもちろんとし、多くのことに資格が要求されている現在、社会的にこれだけ危険性が問題になっている農薬が、誰でも使用できる状態になっているのは疑問である。更に農薬士制度ができれば、我々新農薬を開発する立場のものにも、効果と安全性に対する物差し（基準）がはっきりするので、開発目標の設定がしやすくなる。

このように農薬士制度は農民、消費者、農薬開発研究者のいずれにも喜ばれる制度だと思われる。農薬士制度を実現化するに際しては、いろいろな問題があると思われるが、少なくとも次の2点は考慮すべき重要な問題で

あると考えられる。

まず第1は、ライセンス制度には農薬を使用した結果に対して責任を伴うので、保険制度も一緒に考えなければならぬということである。従来は農薬を使用した際の使用時における悪影響としては、農民自身の中毒事故が主であったが、近年、水田から溢れでた農薬によって養魚場などの魚が死ぬ事故などのように、農薬の環境に及ぼす影響の結果の責任が問われるようになってきた。今までのように誰が扱ってもよいのが農薬であるという考え方では、使用者の農民には責任がないから、農薬企業がその責任をかぶってきた。しかし、農薬士制度にするということは、使用した結果に責任を持てる人が農薬を使用するということでもあるので、このような場合には農薬士にも責任が生ずる。といて、個人で損害賠償に応ずることは不可能なので、そのための保険制度を伴う必要がある。

第2の問題点は、使用に際してライセンスの必要な農薬を特定の少数品目に限定せず、現在使用中の農薬の少なくとも半数以上にすることである。少数の特定の農薬だけを指定すると、扱いにくいということで、その農薬だけが使用されなくなる。したがって、毒性の面からは劇物以上、魚に対する毒性という面からは魚毒性B以上、安全使用の面からは収穫前使用時期、回数にかなり制限のあるものなどを全部、ライセンスの必要な農薬に指定することが、ライセンス制度の確立のために必要であると思われる。

### II 新農薬の開発動向

農薬取締法の改正によって、新農薬の登録には各種安全性評価試験を含む厳しい登録認可必要条件が設定されたため、農薬の研究開発費は増大し、かつ、開発期間が長期化せざるを得なくなった。更に、原材料費、労務費、安全対策のための設備費など生産コストの上昇も加わり、新農薬の開発は10年前に比較すると非常に難しくなってきた。このような状況から、これからの農薬開発は、大別すると次の三つの方向に指向されると思われる。

#### 1 効力の高い大型農薬の開発

莫大な経費を投じて開発するのであるから、需要の大きくしかも安定した大型農薬を指向するのは当然のことである。従来、我が国では水田に使用される農薬が大型



農薬として指向され、活発に開発されてきたが、病害虫や雑草の種類によっては、イネいもち病防除用の殺菌剤のように、開発され過ぎて過当競走におちいつているものもある。したがって、果樹・野菜用殺菌剤のチオファネートメチルが、世界中に輸出される大型農薬に成長した例に見られるように、今後の農薬開発は、我が国だけでなく世界市場に輸出しようとする農薬の開発を指向すべきであると思われる。

我が国における昭和51年度の農薬の生産金額は2,185億円で、5年前の47年度の1,065億円の2倍に達しているが、生産数量で比較すると65.2万tと56.1万tであり、我が国における農薬の使用量はほぼ頭打ちとも思える。一方、世界的にみると世界の大化学工業会社は、人類の増加は食糧の増産を要求し、そのためには農薬の需要は増加するとの予測の下に、その農薬部門を拡大しているところが多い<sup>1)</sup>。医薬・染料で有名な西ドイツのバイエル社の1975年における農薬の売上高は10億ドル強(2,900億円)であり、同社の全売上高の19%を占め、合成樹脂の14%、医薬の13%を抜いて、全事業部門中首位を占めている。西ドイツ、イギリス、アメリカの調査によると、1975年の需要実績は約55億ドル、80年には75億ドル、1990年には140億ドルと予測されている<sup>1)</sup>。

## 2 難防除病害虫対策農薬の開発

開発費の増大に伴い、企業が開発目標に指向することが困難になった病害虫や雑草に対する対策としては、生産者である農民の立場を考えれば、当然国が面倒をみるべきであるとして、昭和53年度からこれらの病害虫や雑草に対する新農薬開発に対して、農林省が補助金を出してその開発を促進することになった。農林省が問題としている病害虫や雑草は、大別すると次の四つに分類される。

### (1) 登録農薬の失効により防除困難となったもの

再登録農薬の安全性がチェックされて以来の昭和48～51農業年度に、登録失効した農薬は有効成分で88種類にも及んだ。野菜の菌核病に対するジクロロリン(スクレックス)、ミカンの摘果剤としてのナフタリン酢酸のように、安全性に疑問が持たれたためのものもあるが、登録失効した農薬の大部分は、地方特産物などマイナー作物の病害虫にしか効かないため使用量が少なく、莫大な安全性経費に耐えられないという経済的な理由が主であった。

トマトのかいよう病に対するノボピオシンの登録失効などは、使い方を考慮せずに質だけを問題にして、すべての農薬に2か年の慢性毒性試験を義務づけている現行

制度の犠牲である。種子や苗の時に処理するだけとか、非常に分解が早くて、収穫物にはほとんど含まれていないことが分かっている場合でも、現在は農薬ということだけで2か年の慢性毒性試験が要求されているが、もっと実際に適した合理的な安全性試験方法の確立が望まれる。特にマイナー作物に対する新農薬開発の場合にはその感が深い。

### (2) 抵抗性の発達によるもの

イネの病害虫農薬に対する抵抗性対策は、水田農薬が大型農薬であるため、各企業で活発に行われているので心配ないが、果樹や野菜のハダニ類の殺虫剤は抵抗性が発達しやすく、薬剤の寿命が短いため、企業における開発研究が低調になってきている。

### (3) 新しく外国から侵入したもの

愛知県のイネミズゾウムシ、北海道のジャガイモシストセンチュウ、沖縄県のウリミバエなど、海外との交流が盛んになるにつれて、外国から新しく侵入してきた病害虫による被害も目立つようになってきた。ウリミバエはコバルト60のガンマー線の照射による不妊化虫を放飼することによって、沖縄県の久米島ではその全滅に成功した。ウリミバエ防除事業費は昭和52年までの6年間に11億円で、このうち久米島での不妊化虫放飼による防除事業に費やされた経費は、およそ2億6千万円であるといわれている。

### (4) 昔から防除困難なもの

果樹・野菜のウイルス病や細菌性病害、リンゴの腐らん病、土壌病害虫など、昔から防除困難なものも多い。施設園芸におけるトマトのTMVに対しては、弱毒ウイルス接種による防除事業が、植物ウイルス研究所と果農試の指導の下に行われているところもあるが、弱毒ウイルスによる防除方法はCMVでは確立されていないので、適切な抗植物ウイルス剤の開発が望まれている。また、リンゴの腐らん病に対する新農薬開発は、ミカン摘果剤のナフタリン酢酸の代替農薬の開発とともに、本年度の農林省の開発助成金の対象となった。

## 3 安全性確認済みの物質の利用・開発

農薬の開発経費の中でも安全性確認のための経費が一番大きいので、その経費の不要なものの農薬としての利用・開発も活発になると思われる。既に登録済みの農薬の単独または混合による適用病害虫の拡大は活発化するであろうし、フローダスト、フォームスプレーなど新しい製剤形態にすることによる適用拡大なども盛んになるであろう。また、野菜のうどんこ病防除に大豆レシチン、タバコのTMV防除にアルギン酸の利用開発が成功したように、食品などに含まれる成分で、安全性の既に確

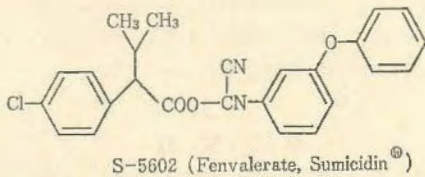
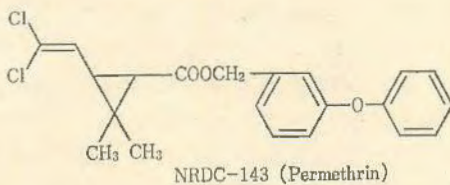


認められているものを、農業として利用しようとするのも新しい方向であると思われる。更に、シルバーマルチによるアブラムシの防除、ひいては GMV ウイルスの防除などの方向も、農業企業としては心がけるべき分野であろう。

### III より安全性の高い農業への移行

安全使用基準を守って正しく使用さえすれば、現在使用中の農業でも食品衛生上にも問題はないのであるから、将来も同系統の農業が主流を占めることは間違いないであろう。しかし、現在使用されている農業のなかでも、環境中で分解が遅い農業は、収穫前散布の日数と回数が増え制限されるので、次第に使用が困難になってくる。そこで、使用制限のゆるやかなより安全性の高い農業の開発が盛んに行われている。その詳細は筆者の著書<sup>2)</sup>を参考にさせていただくことにして、ここでは、1976年4月ニューヨークで開催されたアメリカ化学会創立100周年記念大会の際に、“20世紀における農業化学”と題するシンポジウムが行われ、筆者も招待されたが、その際に話題となったものを中心に、これからの農業開発の方向の主なものを紹介する。

#### 1 ビレスロイド系殺虫剤<sup>3)</sup>



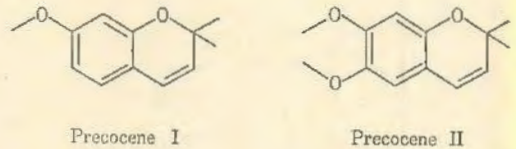
除虫菊の抽出物であるピレトリンは昔から衛生害虫用殺虫剤として使用されており、allethrin, tetramethrin, resmethrin, phenothrin など優れた合成ピレトリンも開発されてきたが、いずれも農業用として使用するには、分解が早過ぎるので実用にならなかった。しかし、この点について世界中で検討された結果、最近になって permethrin, fenvalerate (Sumicidin) など農業用として十分に実用しうる化合物が次々と開発されてきている。これらの新しいビレスロイド系殺虫剤は、従来の代表的殺虫剤である有機リン剤、カーバメート剤の6~17倍の効力を有するので、単位面積当たりの投下量も少なく

て済み、また、哺乳動物に対しても比較的低毒性であり、有機リン剤、カーバメート剤に対する抵抗性害虫にも効果を有するので、今後の農業用殺虫剤として重要な役割を演ずるものと思われる。

#### 2 性フェロモン<sup>4)</sup>

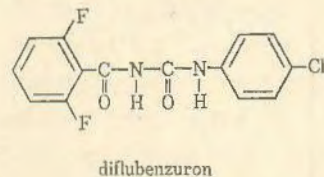
性フェロモン利用による害虫防除の研究も各国で活発に行われているが、我が国では農林省が昭和52年度から、性フェロモン利用によるハスモンヨトウの防除を実施している。フェロモントラップを多数設置し、初期発生雄成虫を誘引、捕獲することにより雄の密度を著しく低下させ、交尾率低下によって有効産卵を減少させるという方法である。この方法ならば薬剤と農産物とに接触はないので、食品への残留農薬の恐れは全くない。

#### 3 反幼若ホルモン<sup>4)</sup>



第3の農業の世代に入ったとして一時騒がれた幼若ホルモンは、農業用としての実用性はないとの結論が得られたが、代わって第4世代の農業であるとして反幼若ホルモンが登場してきた。観賞植物 *Ageratum houstenranum* から得られた Precocene と名付けられた化合物は、カメムシ類に対して幼若ホルモンとは全く反対の作用を示し、早熟、性発育不全をもたらす死に至らしめる。反幼若ホルモンは害虫の令期を問わずに施用するという点で、幼若ホルモンに勝り、新しいタイプの殺虫剤として注目されている。

#### 4 キチン合成阻害剤<sup>4)</sup>



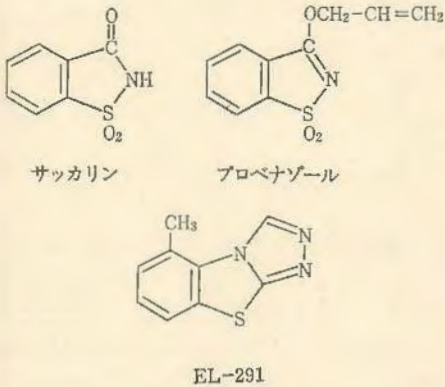
農業用抗生物質ポリオキシシンは、かびの細胞壁の構成成分であるキチンの合成を選択的に阻害することで知られているが、最近、殺虫剤でも diflubenzuron (Dimilin) と称するキチン合成阻害剤が開発された。本薬剤で処理すると、昆虫はクチクラを形成することができず、ふ化幼虫は白色化し乾燥に対する抵抗力を失い、脱皮蛹化不能となって死に至る。キチン合成を選択的に阻害するような殺虫剤、殺菌剤の開発が活発化してきている。



### 5 農業用抗生物質<sup>4)</sup>

農業用抗生物質の開発は世界でも我が国が一番進んでおり、ニューヨークのシンポジウムでも筆者がその現状を紹介した。抗生物質は土からとれた微生物により生産されるので、微生物により容易に分解され、しかも単位面積当たりの投下薬量が、一般農薬に比較して 1/10 から 1/100 ぐらいの少量なので、環境汚染の心配のない無公害農薬として今後ますます発展するであろう。更にいろいろな種類の抗生物質を、同一の装置・施設で製造できることは、合成化学工業で製造施設費のほかに廃棄物処理の施設に莫大な費用がかかるようになった現状から考えると、非常に有利な点と考えられる。

### 6 浸透性殺菌剤



浸透移行性のある殺菌剤、殺菌剤の開発は昔から大きな目標とされていたが、近年のイネいもち病の分野における各種浸透性殺菌剤の華やかな進出には、目をみはるものがある。IBP に始まり、プロベナゾール、イソプロチオラン、EL-291、CG-114 と、すべて粒剤として水面に施用すれば、根から浸透・移行して薬剤が上昇し、葉や穂のいもち病を防除できるという理想的な薬剤である。特にプロベナゾール、イソプロチオラン、EL-291 は *in vitro* (試験管内) ではほとんど抗菌力を示さないのに、*in vivo* でイネ体をとすとすともいもち病の発病を抑制する効果を示すという点で共通している。甘味料として使用されている食品添加物のサッカリンもこのようないもち病防除効果があり、これらの薬剤の作用機構を解明することは、浸透性殺菌剤の分野の今後の発展に役立つ

つばかりでなく、植物の病害抵抗性機作の解明にも貢献するものと思われる。

### 7 天敵農薬

病虫害の防除を農薬によらないで天敵を利用すべきだとの声も高いが、世界中で行われた過去の実験結果から、天敵利用が成功するのは侵入害虫に対する導入天敵に限られ、その多くは果樹園や森林の害虫であり、我が国のイネ・野菜害虫の大部分を占めるような土着害虫には効果がないことが判明している。このような土着害虫に対する天敵の利用としては、天敵を室内で大量増殖して放飼する、いわば天敵の農薬的使用が試みられている。しかし、リンゴのカイガラムシ防除に開発された寄生蜂剤クワコナコバチは、企業採算ベースに乗らずに1年で製造販売が中止された。また、微生物殺虫剤といわれるBT剤 (*Bacillus thuringiensis*) も、その有効成分は孢子中の毒素であり、現在の使用方法では殺虫性抗生物質というべきであろう。

### 8 食品成分・食品添加物の利用

大豆から大豆油を製造する際に副産物としてとれる大豆レシチンが、野菜のうどんこ病防除薬剤として 51 年秋登録が許可されて以来、食品成分や食品添加物の農薬としての開発研究が活発になってきた。現在は、重曹(糸状菌はアルカリ性では生育不良)、粉末酢酸(細菌は酸性では生育不良)、ソルビン酸などの農薬としての開発研究が、筆者の研究室を中心にして、全農センターと幾つかの県農試で行われている。糸状菌はシャーレの中でも pH 8 以上では生育不良になるので、重曹をハウス内に定期的に散布して、糸状菌の生育しにくいような環境作りをしようという発想である。これらの食品添加剤が大豆レシチンのように実用化されれば、数か月にわたって毎日収穫が行われる施設園芸の病害防除にとっては朗報となるであろう。

### 引用文献

- 1) 杉本良雄(1977): 日本農薬学会誌 2: 358~360.
- 2) 見里朝正(1973): 公害のない農薬 日経新書.
- 3) 広瀬忠爾(1977): 日本農薬学会誌 2: 187~200.
- 4) J. R. PLIMMER ed. (1977): Pesticide Chemistry in the 20th Century, ACS Symposium Series 37.



## 中央だより

## —農林省—

## ○植物防疫地区協議会開催さる

地方農政局主催の昭和 52 年度植物防疫地区協議会は下記のとおり開催された。

- 北海道・東北地区(福島県) 2月 6~7 日
- 関東地区(東京都) 2月 9~10 日
- 北陸地区(新潟県) 2月 15~16 日
- 東海・近畿地区(兵庫県) 1月 18~19 日
- 中国四国地区(岡山県) 2月 2~3 日
- 九州地区(福岡県) 2月 14~15 日

議題は

全体会議として

北海道・東北地区

- ①発生予察事業における問題点
- ②損防共済における警報の取り扱い
- ③モニネート除草剤の安全使用対策の推進
- ④転作物の病害虫防除対策

関東地区

- ①発生予察事業の現状と問題点
  - (i) 発生予察事業実施体制の現状と問題点
  - (ii) 予察事業実施上の問題点
- ②植物防疫事業推進組織の活動促進対策
  - 一特に病害虫防除所のあり方一
- ③農薬安全対策の現状と問題点
  - 一特に生鮮農産物農薬安全使用推進対策事業を中心として一

北陸地区

- ①昭和 52 年度植物防疫事業実績と昭和 53 年度の事業推進方針
- ②北陸管内における昭和 52 年度植物防疫事業の実施状況
- ③最近における農薬の検査状況
- ④最近における検疫状況
- ⑤各県における植物防疫事業の昭和 52 年度実績と昭和 53 年度推進計画
  - (i) 発生予察関係
  - (ii) 防除関係
- ⑥昭和 52 年度における病害虫防除対策技術の問題点と今後の方針

東海・近畿地区

- ①昭和 53 年度植物防疫の重点事業
- ②地方における昭和 52 年度植物防疫事業の結果と今後の展開

中国四国地区

- ①昭和 53 年度予算要求の概要
- ②昭和 52 年度植物防疫事業の成果
- ③農薬の適正使用推進対策
- ④水田利用再編に伴う諸問題

九州地区

- ①昭和 52 年度病害虫発生概要とその原因
- ②病害虫発生予察上の問題点
- ③病害虫防除実施上の問題とその対策
- ④農薬安全対策

を取りあげて説明、質疑応答が行われた。

分科会は

北海道・東北地区—普通作物、園芸作物、防除の 3 分科会

関東地区—発生予察、防除の 2 分科会

北陸地区—行政部門、病害部門、虫害部門の 3 分科会

東海・近畿地区—発生予察、行政の 2 分科会

中国四国地区—開催せず

九州地区—予察、防除の 2 分科会

に分かれてそれぞれ問題点を討議した。

## ○性フェロモン利用促進事業検討会開催さる

2月 23 日、農林省三番町分庁舎第 3, 4 号会議室において、関係府県、農林水産技術会議事務局、農業技術研究所、地方農政局、日本植物防疫協会、農蚕園芸局植物防疫課などの関係者約 60 名の参集を得て、昭和 52 年度から生物利用防除技術の一環として事業化された性フェロモン利用促進事業検討会が開催された。

本事業は、性フェロモンを利用してハスモンヨトウの雄成虫を誘引し、交尾阻害による密度低下を図ることによって、農作物に対するハスモンヨトウの被害を軽減しようとするもので、昭和 52 年度は 12 県 16 地区(対象面積 1,073ha)で実施されている。

会議は、本宮植物防疫課長の挨拶ののち、議事に入り昭和 52 年度におけるハスモンヨトウの発生状況、事業の実施状況について各県から報告があり、特に事業実施上の問題点、改善点について活発な意見交換が行われた。

## ○昭和 52 年度野菜病害虫発生予察実験事業成績検討会開催さる

2月 24, 25 の両日、各都道府県の野菜病害虫の担当者ならびに野菜試験場、農業技術研究所、植物ウイルス研究所及び農林水産技術会議の担当官ら 147 名が参集し、野菜病害虫発生予察実験事業成績検討会が開催された。

当実験事業は、昭和 44 年度に開始され、51 年からは一般事業化を目的に実施県数などが拡充されて行われており、54 年度からは一般事業として実施される計画である。このため、今回の検討会では植物防疫課が各都道府県へ依頼した各病害虫の重要性及び予察技術の現状などについてのアンケート調査結果に基づき、残り 1 年間



の実験事業の進め方及び一般事業化に当たっての問題点についての検討が中心となった。

日程などは次のとおりである。

2月24日(病害虫別分科会)

病害分科会 農林省三番町分庁舎

害虫分科会 国立教育会館

検討内容

- ① 51年度及び52年度に、現行の調査実施基準に基づき実施した結果得られた事業成績(作物別に

取りまとめ担当者から報告)

② 各病害虫に関する新しい知見とその予察への応用

③ 各病害虫の発生子察実施上の問題点

2月25日(全体会議) 農林省講堂

議題

① ウイルス病とその媒介昆虫について(検討内容は分科会と同じ)

② 一般事業化に当たっての問題点について



## 新刊紹介

### 熱帯の果樹と作物の病害

渡辺龍雄 著

定価 3,900円

A5判 308ページ

養賢堂 発行

(東京都文京区本郷5の30の15)

近ごろは南方産のパパイヤ、マンゴーの類までスーパーの店頭で見かけるようになった。また、熱帯産の植物を原料とした嗜好品、香辛料の種類も増えて大衆化した。しかし、これらの植物の病害となると温帯育ちの我々の知識は極めて乏しい。一方、世界の食糧問題からも、また、国際交流の盛んな現在、植物防疫上からも、この方面の研究は今後ますます重要となってきた。しかし、熱帯植物の病害の研究者は少なく、文献もまた乏しいのが現状である。

この本は、著者渡辺博士が実際に自分の脚と眼で確かめ、現地で取材、調査、観察の長年の記録を基礎に1冊の本にまとめられたものである。昭和35年当時コショウの生産高3,000t、黒ダイヤブームにわくブラジルのトメアスーでピメンタの原因不明の病害調査を依頼されたのが、氏の熱帯病害への傾倒の初めだった。ブラジルのコショウは日本人の手で開拓された歴史を知る氏は、一層情熱を持たれたことだろう。その後本病害の研究のため、中南米諸国を訪れ、種々の熱帯の果樹と作物の病害にも強い興味を持たれたのである。

内容は5章からなる。口絵で主要な熱帯果樹と作物の被害がカラー写真で紹介されている。第1章では熱帯で発生する病害とその特徴を、第2章では熱帯病害の防除

の問題点、特に研究者、研究施設及び情報網の不足を指摘し、農業専門家による長期間の根気強い指導の必要性を強調している。第3章には熱帯農業経営の特色と病害による莫大な被害が述べられている。第4、5章は熱帯果樹と作物のそれぞれの病害について、発生生態、病徴、病原菌と防除法について詳述されている。

文章は平易明快であり、熱帯関係の少ない参考書の中で貴重な労作と思う。広く一般の病害関係の研究者、技術者、教員におすすめしたい。

(農業技術研究所 酒井隆太郎)



## 学界だより

○ 関西病虫害研究会 60周年記念大会開催のお知らせ

期日：53年4月25日(火)

行事：午前9時30分より記念式典

記念講演

① 関西病虫害研究会のあゆみ

京都府立大学名誉教授 桂 琦一氏

② これからの植物防疫

農林省農蚕園芸局植物防疫課長

本宮義一氏

③ 野菜栽培における病虫害防除のあり方

奈良県農業試験場長 藤本幸平氏

功労者表彰

午後1時より一般講演

午後4時より記念パーティー

会場：奈良県文化会館(奈良市登大路町、奈良県庁前、近鉄奈良駅下車東へ徒歩5分)

電話 0742-23-8921)



## 協会だより

## 一本 会

## ○明日山秀文研究所長ら学士院賞を授賞さる

日本学士院は3月13日の総会で、学術の研究で我が国最高水準の業績をあげた11人(9件)に対し昭和53年度の日本学士院賞を贈ることを決定した。このうちで明日山秀文氏(東京大学名誉教授・本会研究所長)、興良清氏(東京大学農学部教授)、土居養二氏(東京大学農学部助教授)の共同研究「クワ萎縮病その他の植物萎黄病類の病原体に関する研究」に対して3氏が受賞された。

なお、この研究はクワ萎縮病の病原体として初めてマイコプラズマ様微生物を発見した。また、従来ウイルス病と信じられていた多数の植物の病気がマイコプラズマ

様微生物によるものであることを示し、植物病理学の領域に革命をもたらしたものである。

## ○編集部だより

☆本年初めての特集号をお届けします。「農薬の安全性」をテーマとして8題の論文を掲載してあります。

☆口絵写真、53年1月に新しく登録された農薬及び52年12月に登録された新剤型の農薬の紹介記事はいずれもありませんので、本号は休載です。

☆前2月号43ページに芝草農薬研究会の発足記事を掲載してありますが、研究会委員名簿に見里朝正氏(理化学研究所)が洩れていました。同氏にお詫びするとともにお知らせいたします。

## 新刊本会発行図書

## 土壌病害に関する国内文献集 (II)

北海道大学農学部 宇井格生 編

A5判 166ページ 1,200円 送料 160円

昭和41年に発行した同書(I)に続いて41年から50年までの10年間に主要学術雑誌などに掲載された文献をすべて網羅して1冊にまとめたもの。内容は、I ウイルス、II 細菌、III 菌類の各々による病害、IV 各種病害、V その他、VI 土壌処理、薬剤防除の分類によって掲載してある。

## 新刊本会発行図書

## 昆虫フェロモン関係文献集 (II)

B5判 46ページ 実費 400円 送料 120円

同文献集(I)に集録した雑誌以外で1970~73年の4年間に掲載された昆虫フェロモンに関する論文の文献と1976年3月までに発表された昆虫の性フェロモンを一覧表としたものにINDEXと関連文献を併録した書



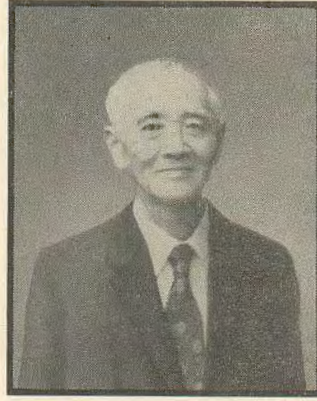
## 鈴木一郎さんを偲ぶ

元日本植物防疫協会常務理事、元報農会常務理事鈴木一郎さんは、昭和53年1月26日、肺癌ガンに肺炎を併発し逝去された。

鈴木さんは、明治33年1月1日東京に生れ、大正11年千葉高等園芸学校（現千葉大学園芸学部）を卒業後、農林省農事試験場（現農業技術研究所）昆虫部に勤務された。昭和2年からは植物検査官として横浜、東京、長崎の各税関において植物防疫の任に当たられた。長崎税関では植物検査課長であったが、昭和19年、機構改革により関東海運局東京支局植物検査課長となり、昭和21年2月退職されるまでの20余年間を植物防疫の仕事に捧げられた。

御退職後は、戦後の混乱期に乗じて続出した不正不良農薬対策として、ちょうどそのころ設立された社団法人農薬協会（日本植物防疫協会の前身）の最初の職員となられ設立業務に当たられた。その後、農林省の指示によって認定農薬制が布かれ、農薬協会は認定農薬の検査、普及を行うことになった。鈴木さんは主として、その普及宣伝のための冊子の発行、認定農薬展示会の開催に尽力された。

しかし、認定農薬の検査は、GHQ（占領軍総司令部）の命令によって、国立の検査機関が行うことになり、農薬協会の事業も縮小せざるを得なくなった。それに加えて不況が重なり、昭和28年には、農薬協会は苦境に立たされ、解散にまで追い込まれたが、日本植物防疫協会として改組し、辛うじて命脈を保ち、職員は鈴木さん1人を残すのみに立ち至った。そのような苦境の中で、鈴



木さんは協会を背負って働き、今日の日本植物防疫協会という立派な組織の基礎を築かれたのである。

昭和36年12月からは、新たに設立された財団法人報農会（植物防疫学を専攻する学生への育英資金、植物防疫の進歩発展に寄与するための援助を行う団体で、故館野栄吉氏の寄付により設立された）の常務理事として昭和52年末までその責任者であった。この間、報農会の使命を達成されたこと大であった。

鈴木さんは、温厚篤実、正直一途、ともすれば融通がきかないと思われるほど、仕事は几帳面であった。鈴木さんは、植物を愛し釣りもまた好んでおられた。昨年12月入院される直前に播種されたサヤエンドウが、自宅の庭で春を迎えすくすくと育っているということである。鈴木さんの業績の中で特筆されるものは、輸出植物として防疫の対象であったユリ根の研究で、「日本ユリ根貿易の歴史」という題名で昭和46年に日本球根協会から刊行され斯界に大きな貢献をなされた。

鈴木さんは、昨年秋ごろから身体の不調を訴えられておられたが、後任者も内定されるころから病状とみに悪化され1月26日、ついに不帰の客となってしまわれた。

御遺族は、千鶴子夫人と御子息で、埼玉県東松山市松山町1-1-36にお住いである。

鈴木さんの植物防疫界への御功績を偲ぶとともに、御冥福と、御遺族の平安を心からお祈りする次第である。

(上 遺 章)

植物防疫

昭和53年

3月号

(毎月1回30日発行)

—禁 転 載—

第32巻 昭和53年3月25日印刷  
第3号 昭和53年3月30日発行

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 遠藤武雄

印刷所 株式会社 双文社印刷所  
東京都板橋区熊野町13-11

実費400円 送料29円 1か年4,000円  
(送料共概算)

— 発 行 所 —

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

社団法人 日本植物防疫協会

電話 東京(03)944-1561-4番  
振替 東京 1-177867番



殺菌剤

トップジンM  
ラビライト  
トリアジン  
ホーマイ  
日曹プラントバックス

殺ダニ剤

シトラゾン  
マイトラン  
クイックロン

殺虫剤

ホスピット75  
ホスベル  
日曹ホスベルVP  
ジェットVP  
アンレス  
ビーナイン  
カルクロン  
ラビデンSS  
ケミクロンG

その他

増収を約束する

日曹の農業



日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-2-1 〒100  
支店 大阪市東区北浜2-9-0 〒541

# 新刊

山川邦夫著

## 野菜抵抗性品種とその利用

■A5判 136頁(カラー4頁) ■定価1,900円(送料別)

農薬など化学物質と、耕種的防除法の組合せが、今後の病虫害防除の方向とされる。本書は、耕種的防除法の中で、最も有効な手段として注目されている、野菜類の抵抗性品種の現況と問題点、その正しい利用法を作物ごとに解説する。抵抗性品種の育成の歴史、現状、利用上の問題点、正しい利用法を知る唯一の書。野菜の病虫害—診断と防除—の姉妹書として活用すればいっそう効果的。著者は農林省野菜試験場育種第三研究室長。

### 野菜の病虫害 —診断と防除—

■岸 国平編 ■A5判 606頁(原色口絵32頁)  
■定価 5,800円(〒280円)

ほとんどの野菜類(40種)に発生する三百数十種の病虫害と最新の防除技術を解説した実用書。執筆は、現在この分野の第一線で活躍される52名の研究者が各専門分野ごとに分担し、病虫害の発生消長や診断、防除に関する最新技術をわかりやすくまとめた。

### 新版 日本原色雑草図鑑

■企画/(財)日本植物調節剤研究協会  
■編集/沼田 真・吉沢 長人  
■B5判 416頁 ■定価9,800円(〒280円)

全国農村教育協会

東京都港区愛宕1-2-2  
電話 東京(03)436-3388





こないもち剤をお探しではありませんか？

手でパツとまけて  
効きめが長〜い

# いもちに フジワン<sup>®</sup>粒剤

- 散布適期幅が広く、散布にゆとりがもてます。●すぐれた効果が長期間(約50日)持続します。
- 粉剤2〜3回分に相当する効果を発揮します。●育苗箱施薬により葉いもちが防げます。
- イネや他の作物に薬害を起こす心配がありません。●人畜、魚介類に高い安全性があります。

育苗箱での使い方	本田葉いもち防除	本田穂いもち防除
使用薬量：育苗箱当り50〜75gを均一に散粒	使用薬量：10アール当り3kg	使用薬量：10アール当り4kg
使用時期：緑化期から硬化初期が最適	使用時期：初発の7〜10日前が最適	使用時期：出穂10〜30日前(20日前が最適)
使用地域：田植後6週間以内に葉いもち防除を必要とする地域		

予防と治療のダブル効果  
**フジワン<sup>®</sup>乳剤**  
 ●空中散布(LVC)にも最適の薬剤です。

フジワンのシンボルマークです。  
 ⑧は日本農薬の登録商標です。



**日本農薬株式会社**  
 〒103 東京都中央区日本橋1-2-5 栄太楼ビル

資料請求券  
 フジワン  
 植物防疫



# 植物病理化学最近の進歩

— 平井・鈴木両教授還暦記念 —

B5判約 270 ページ, 定価 3,500 円 (3月下旬刊行予定)

## 内 容

- |   |  |
|---|--|
| <p>I. 植物病理化学のあゆみ</p> <p>1. 研究のあゆみ (平井篤造)</p> <p>2. 植物病理化学のあゆみ (鈴木直治)</p> <p>II. ウイルス病</p> <p>3. ウィロイド (高橋 壯)</p> <p>4. 局部感染宿主におけるウイルス抵抗性 (下村 徹)</p> <p>5. 感染阻害物質 (谷口 武)</p> <p>III. 細菌・糸状菌病</p> <p>6. 感染と遺伝子 (大内成志)</p> <p>7. 過敏現象 (山本昌木)</p> <p>8. 植物疾病の特異性と抵抗性・罹病性誘導因子 (道家紀志)</p> <p>9. 特異性と核酸・蛋白質代謝 (谷 利一)</p> <p>10. 異常代謝産物の生合成経路 (瓜谷郁三)</p> <p>11. 細胞壁における防御反応 (浅田泰次)</p> <p>12. 先在抗菌性植物成分ならびにファイトアレキシン (奥 八郎)</p> <p>13. 生理活性物質 (酒井隆太郎)</p> | <p>14. 宿主特異性毒素 (西村正勝)</p> <p>IV. 感染と環境</p> <p>15. 環境ストレスによる生物の応答と植物疾病抵抗性 (藤山慈孝)</p> <p>16. 感染におよぼす微生物的環境 (宇井格生)</p> <p>V. 農 薬</p> <p>17. 新農薬の方向 (本間保男)</p> <p>18. 殺菌剤の作用機構 (切貫武代司・中田昌伸)</p> <p>19. 糸状菌の代謝産物, citrinin および skyrin の抗ウイルス性 (安田 康)</p> <p>20. 薬剤耐性 (上杉康彦)</p> <p>VI. ま と め</p> <p>21. 農業技術の基礎としての感染生理学 (富山宏平)</p> |
|---|--|
- お申し込みは 振替口座 徳島 1826「植物病理化学最近の進歩刊行会」へ
- お問い合わせは 〒761-07 香川県木田郡三木町池戸  
香川大学農学部 谷 利一  
(Tel 08789-8-1411) へ



は信頼のマーク



予防に優る防除なし  
果樹・そ業病害防除の基幹薬剤

**キノドール**® 水和剤 40

殺虫・殺ダニ 1剤で数種の剤の効力を併せ持つ

**トーラック** 乳剤

宿根草の省力防除に  
好評!粒状除草剤

**カソロン** 粒剤 6.7

人畜・作物・天敵・魚に安全  
理想のダニ剤

**デデオン** 乳剤 水和剤

兼商株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1



