

植物防疫

昭和四十八年九月十日
第三十七卷第十号
（每月一回）
（植物防疫）

1973

10

VOL 27

特集 農薬残留

NOC

果樹・果菜に

■有機硫黄水和剤

モノックス

りんご…うどんこ病・黒点病・斑点落葉病の同時防除に
■有機硫黄・DPC水和剤

モノックス-K

■シネブ剤

ダイファア 原体

りんご…うどんこ病・黒点病・斑点落葉病の同時防除に
■ピナバクリル・有機硫黄水和剤

アプルサン 水和剤

茶のたんそ病・あみもち病防除に
■チウラム・ETM 水和剤

「ワラジン」

大内新興化学工業株式会社

〔〒103〕 東京都中央区日本橋小船町1の3の7

DM-9は小形の大農機 共立背負動力散布機DM-9

うまい米づくりの近道はDMによる適期・
適確な本田管理です。

DM-9は、

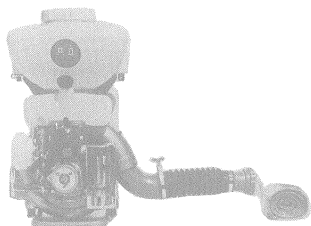
防除はもちろんおまかせください。

防除用マスクがついています。

除草剤が散布できます。

施肥——粒状肥料が散布できます。

散布作業がラクラクできるDM-9は、その他
驚くほど幅広く効率的に利用できる安心と信
頼の散布機です。



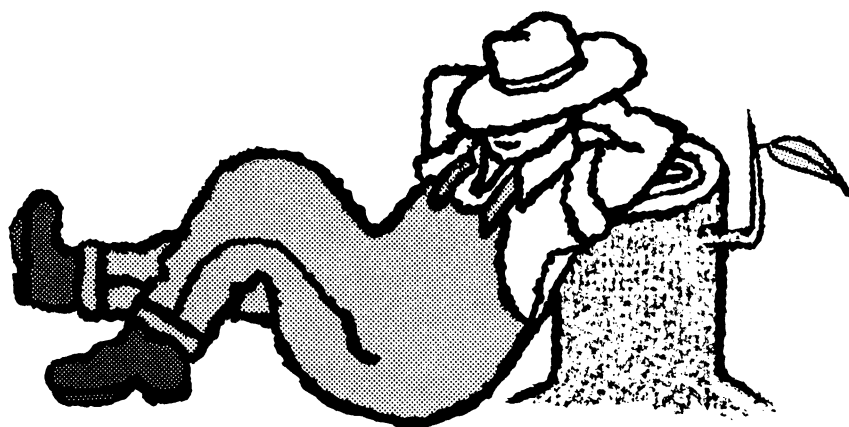
株式
会社

共 立



共立エコー物産株式会社

〒160 東京都新宿区西新宿1-11-3(新宿Kビル) TEL 03-343-3231(代表)



時間を食わない米づくり。

驚異の除草剤

サターン[®]S粒剤

サターンS粒剤は、ノビエ・マツバイをはじめ、水田主要雑草にすばらしい殺草力を発揮する、新しい型の除草剤です。薬害の心配が少なく、効力が非常に長く続きます。サターンS粒剤は、すぐれた効きめで米づくりの省力化を実現し、新しい時間を創造します。

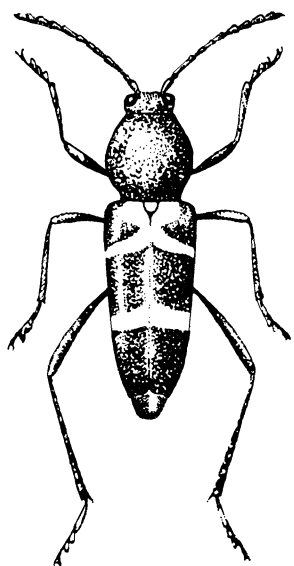
新しい技術 新しいサービス



クミアイ化学工業株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-6-2(日本ビル)

トラをもってトラを制す——



ブドウのトラカミキリに…

トラサイド乳剤

- トラカミキリに対し卓効を示します。
- 滲透力が強く燻蒸作用もあります。
- 残留毒性の心配がありません。
- 低毒性で安心して使用できます。



サンケイ化学株式会社

本社 鹿児島県鹿児島市都元町 8 8 0 TEL 0992 (54) 1161(代)
 東京支店 東京都千代田区神田司町 2-1 TEL 03(294) 6981(代)
 (神田中央ビル)
 鹿児島工場 鹿児島県鹿児島市南栄 2-9 TEL 0992 (68) 7221(代)
 深谷工場 埼玉県深谷市幡羅町 1-13 TEL 0485 (72) 4171(代)

種子から収穫まで護るホクコー農薬



お求めは農協へどうぞ

葉いもち病、穂いもち病に
 強力な防除効果とすぐれた安全性
 予防・治療にもすぐれた効果

カスラフサイド[®] 粉剤

- 速効的効果とすぐれた安全性
 ウンカ類・ツマグロヨコバイに

マクバール[®] 粉剤 微粒剤

- 野菜・果樹等の各種病害に
 ホクコー
トップジンM[®] 水和剤

- みかん・りんご・桑園などの
 ホクコー 樹園地、牧草地の雑草防除に

カソロン[®] 粒剤 6.7



北興化学工業株式会社

東京都中央区日本橋本石町 4-2 ☎103
 支店：札幌・東京・新潟・名古屋・大阪・福岡

植 物 防 疫

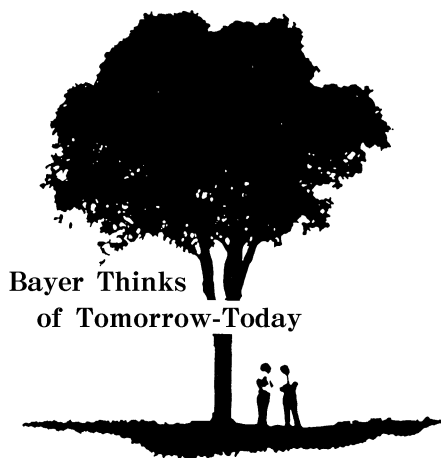
第 27 卷 第 10 号
昭和 48 年 10 月 号

目 次

特集：農薬残留

農薬残留対策とその現状	佐々木 亨	1	
農薬の作物残留と使用基準	中村 広明	3	
有機塩素殺虫剤の土壌中における残留と消長	川原 哲城	8	
除草剤の土壌中における残留と消長	鯉塚 昭三	13	
土壌中における農薬の微生物分解	鈴木 達彦	20	
各県における農薬残留対策の実例			
福島県	末永 弘	24	
新潟県	小山 正一	27	
徳島県	永井 洋三	29	
高知県	石本 茂 山本 公昭 奴田原誠克	31	
熊本県	堀 克也	34	
農薬残留調査の問題点	後藤 真康	37	
農薬の毒性試験の現状と問題点	白須 泰彦	42	
「農薬残留の緊急対策に関する調査研究」のとりまとめを終えて	田中 敏夫	46	
協会だより	48	学界だより	48
新刊紹介	12	人事消息	7

世界にのびるバイエル農薬



説明書進呈



日本特殊農薬製造株式会社
東京都中央区日本橋室町 2-8 ☎ 103



武田薬品



新時代にこたえる

稲もんがれ病防除剤

バリダシン

粉剤・液剤

新発売

特長

- もんがれ病菌の病原性をなくさせる。
- 的確な防除効果。
- 稲にいつまでも薬害なし。
- 人・畜・蚕・魚・天敵に極めて安全。
- 米にも土にも残らない。

土から海から……あらゆる資源を求めて武田薬品は、安全な新農薬の開発にたゆまざる努力を続けています。

兵庫県明石市の土から分離した放線菌をもとに全く新しいもんがれ病防除薬剤（バリダシン）が誕生しました。

全く新時代に即した“安全農薬”です

使用方法 粉剤 10アール当り 3～4 kg 液剤 500～1,000倍

●ニカメイチュウに

パダン® 粒剤 4

●メイ虫・ツマグロ・ウンカ類の同時防除に

パダンミフシン 粒剤

農薬残留対策とその現状

農林省農蚕園芸局植物防疫課 佐々木 亨^{とおる}

I 農薬残留対策の経過

食品中の農薬残留に対する規制については、アメリカが1954年(昭和29年)に残留許容量を設定したのに続いて欧州各国においても次々に残留許容量または収穫前使用禁止期間を設定するようになった。わが国においては、長野県で起こったリンゴのひ酸鉛付着事件が発端となって、昭和31年11月厚生省公衆衛生局長から「りんごに残留する農薬の取扱いについて」により、リンゴに対するひ素、鉛、銅、DDTの残留基準が通達されたのに始まり、その後昭和36年4月には農薬残留の観点から特定毒物の収穫前使用禁止期間を定めるなどの対策が講じられてきたが、農薬残留が大きな社会問題となったのは、昭和39年に新潟県阿賀野川流域に発生した第2水俣病を背景に、いもち病防除に使用した有機水銀剤の水銀が米粒中に残留する事実が判明したことである。

その結果、昭和41年、42年にわたり非水銀系農薬に転換がすすめられ、43年からは散布用有機水銀剤の使用が中止されることとなった。この問題が契機となって農薬残留対策は急速に進展し、昭和43年3月には、食品衛生法に基づく成分規格として4食品に係る5農薬の基準が設定され、同時に農林省から農薬安全使用基準が示される運びとなった。

しかし、昭和44年には全国的に牛乳がBHCによって汚染されていることが明らかになり、その主要汚染経路がBHCの残留する稲わらを給飼したことによるものと判断されたほか、昭和45年の秋には、キュウリ、ジャガイモから許容量を超えるアルドリ、ディルドリンが検出されるなど有機塩素系農薬による汚染問題は深刻化し、いわゆる公害国会といわれた昭和45年暮れの第64臨時国会において、国民の健康の保護と生活環境の保全を内容とした農薬取締法の改正が行なわれ、農薬残留対策は一層強力に推進されることになった。

II 農薬残留対策の現状

1 農薬の登録検査

農薬取締法の改正に伴い、公布の日(46年1月14日)から農薬の登録の申請にあたっては、当該農薬の毒性および残留性に関する試験成績を提出することになっており、再登録に限り、同法施行後2年間(48年1月13日ま

で)は経過措置として同成績の提出が省略されてきた。

したがって、本年1月14日以降は登録、再登録を問わず毒性および残留性に関する試験成績の提出が義務づけられている。当該試験成績の具体的な内容については、既に同法公布の日から「新農薬に関する登録上の取扱いについて」(43年5月25日付け、43農政B第984号)により資料を求めてきたが、本年1月14日以降は、「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」(47年6月14日付け、47農政第2538号)により登録検査が強化されることになった。

すなわち、残留性に関しては、作物残留試験として、食用作物(特用作物、飼料作物を含む)に適用のある農薬について、通常使用による残留試験および病害虫などの異常発生を想定して使用した農薬の残留試験成績、残留の消長に関する試験成績を、また、土壌残留性試験として、すべての農薬について土壌中において2分の1に減少する期間の測定試験成績の提出が求められている。

登録の申請に際して提出されるこれらの残留試験成績は、毒性試験とともに安全評価され、環境庁からは法第3条に基づく登録の基準が示され、当該農薬の使用方法が確定することになっている。

2 農薬分析機器設置事業

農薬残留対策などの農薬安全使用に関する技術指導の徹底を期するため、昭和44年、45年に各都道府県に農薬分析機器が設置された。本事業の内容は、①農薬残留基準設定農薬の調査計画とその残留調査、②水産動植物に対する農薬汚染に関する調査計画とその化学的調査、③その他農薬使用指導に関連する事項の化学的調査などとなっている。これらの分析機器は、農業試験場などで管理運営されているが、毎年担当技術者を対象に分析技術の修得など資質の向上を図ることを目的として分析技術研修会を開催している。

昭和45年度、46年度における同事業運営状況報告によると、兩年度間の農薬残留調査資料数は、作物残留調査が約15,000点、土壌調査が約1,600点となっている。これを農薬別にみるとディルドリン(アルドリを含む)が全体の26%、次いでBHC 23%、DDT 18%、エンドリン 12%と有機塩素系農薬の調査が圧倒的に多くなっている。

一方、作物別にみると、キュウリ 16%、玄米 10%、イ

チゴ8%, その他ジャガイモ、トマトなどとなっている。農作物中の残留量は、BHC、DDT が残留基準 0.2 ppm に対して BHC が平均 0.001 から 0.003 ppm 程度、DDT が平均 0.001 から 0.01 ppm 程度となっているのに対して、ディルドリン、エンドリンがキュウリ、ジャガイモなどの一部にかなり根強く残留しており、これらの対策としては当該農薬の吸収しにくい作物への転作、土壌改良などの指導が行なわれているが、関係県においては最も腐心している対策の一つである。

3 農薬残留安全確認調査事業

散布した農薬の農作物中における残留量の消長は、農薬の物理性、使用方法、使用時期、栽培方法、気象条件、土壌の性質などの要因により変動するため、農薬安全使用基準の設定にあたっては、これらの変動要因を勘案して作成している。しかしながら、変動要因の大きな耕種部門における農業技術の進歩はめざましいものがあり、技術の導入から一般化、普及化さらに技術の交替に至るまでの年数は短期化する傾向もみられる。このため、農業技術の変化に対応して、農薬残留の消長を科学的に追跡し、安全使用の確保を図ることとし、48年度から本事業を開始している。

III 農薬残留問題と今後の対策

1 農薬残留基準の拡大とモニタリング

農薬の安全性評価についての国際的な関心の高まりから FAO/WHO 合同残留農薬専門委員会におけるステップも急速に進展しており、加えてわが国においても、本年1月から既登録農薬についても再登録時に安全性の総点検が実施されている。一方、厚生省は、農薬残留基準の設定のため昭和39年から残留の実態調査を実施しているが、昭和51年までには、83食品について調査が行なわれ、これにより消費者が日常摂取する食品については、そのほとんどが農薬残留基準の対象になることになっている。

また、これに対応して農薬安全使用基準の設定に必要な農薬残留対策調査は、昭和42年から45年までは農林省において、46年からは環境庁において実施しているが、48年までに、32作物、58農薬の調査が行なわれている。

このような情勢から今後農薬残留基準および農薬安全使用基準の設定は大幅に拡大するものとみられる。このため、農薬残留に関する調査および技術指導の中核となる都道府県農薬残留分析センターの体制整備と組織的なモニタリングが緊急な課題となっているが、農林省は49年度に第2次残留分析機器の導入と農薬残留に関する調

査指導体制の組織化に必要な予算を要求している。

2 農薬の副成分および分解、代謝の解明

PCB 汚染問題を契機として、人の健康の保護と環境の保全を図るため、化学物質に対する審査制度を設け、必要な規制を行なうことを骨子とした「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」が現在、国会において可決成立したが、農薬については、農薬取締法に基づき同法と同等以上の安全性がチェックされているため同法の適用除外になっている。しかし、これに関連して、農薬の登録検査に際して農薬原体の合成に際して生成する副成分および製剤化に必要な補助剤などのチェックが一層重要になってくるため、農薬検査所の拡充強化を図ることとしている。

また、農薬の生体中での分解、代謝物の安全性を確保するため、これらの複雑多岐にわたる分解、代謝物質の簡易かつ的確な安全評価技術の確立が要請されているので、分析技術の確立と合わせて、49年度に財団法人残留農薬研究所に対する委託費を要求している。

3 新農薬開発と企業対策

農薬残留についての基本的な技術課題としては、科学技術庁が行なった紀元2,000年までの技術予測結果にみられるように、速分解、非残留性農薬の開発、残留性はあるが人体ならびに有用生物に無害な合成農薬および残留成分の分解促進剤の開発、その他生物農薬の利用などがあげられるが、これらはいずれも高い実現性をもって予測されている。しかし、最近、高度の安全性の要求によって農薬開発費は高騰し、開発期間が長期化するなどのため、新農薬開発の阻害が懸念されており、技術課題の実現には、研究開発投資に必要な環境の整備を図ることが重要である。農林省においては「低毒性農薬の製造に関する研究」を指定課題とした農林水産企業合理化試験研究費補助金の充実、各種税制措置および低利融資の推薦など研究開発促進のため誘導策を拡大することとしているが、農薬の生産、流通、消費の面においても一層合理化をすすめていく必要がある。

4 病虫害総合防除対策

病虫害総合防除対策として、果樹害虫天敵利用および蒸気土壌消毒技術導入促進事業が展開されているが、今後農薬残留対策の一環として耐病性、耐虫性の育成利用などによる耕種的防除法、性誘引物質利用および不妊化法などの防除法を組み入れた総合的防除法に対する要請が強まるものとみられる。現在、農業試験研究機関においては「害虫の総合的防除法に関する研究」(昭和46～50年)により、この課題に取り組んでいる。

農薬の作物残留と使用基準

農林省農薬検査所 ^{なか}中 ^{むら}村 ^{ひろ}広 ^{あき}明

I 残留試験とその意義

市販されている農作物の中には農薬が残留していないほうがよいことは誰でもよく知っている。なぜかといえば農薬は農作物を店頭に残るまでの間、病害虫から守ったり生長の調節をして商品としての価値を保つために必要だったものであり、これらを食べる人にとっては全く無用であるばかりか、もしたとえ微量であっても知らずに毎日食べることによって健康に悪影響があるかもしれないとしたらそれこそ迷惑至極な代物となるからである。現にメチル水銀の含まれている魚を常食した人たちが水俣病にかかり、これと化学構造の似た水銀剤が農薬として多量に使われたことや、カネミ油症の原因といわれる PCB と戦後の農薬の代表とされていた DDT が同類の物質とみられることなどはこのような心配を一層助長させる。また、毒物学の発達によって、化学物質の慢性毒性の評価法が確立され、たとえ一度にとり込んだ場合の毒性が弱い物質であっても、わずかながら一生の間とり込むと腫瘍の誘発とか臓器の障害などを起こすことが推定できるようになった。

農薬を全く使わずに農作物の生産ができれば、それも一つの解決法であり、ある種の作物についてはその可能性もあろうが、大部分の農作物の生産には農薬は必須の手段である。そこで、最も科学的に農薬の安全を保障するには、まず各々の農薬の慢性毒性などを精査した上で、この量までは一生の間とり込んだとしても学問的には無摂取の場合との差を見出せない量を算出し、それにさらに安全率をかけて「基準値」を設け、この基準値を決して越えないような農薬の使い方を決めてしまうのがよい。農家にとっては農薬と作物の組み合わせごとにいちいち表示を見ながら、使用時期や使用回数の制限を気にして農薬を使うことになるので面倒なことは事実である。しかし、害虫や病菌や雑草を殺す作用のある薬を使うのであるから、これぐらいの態度をもてないようでは現代農業を営む資格はなくなるのだというぐらいの心構えが必要である。「残留基準」の定められた作物中に、もし基準値を越えて農薬が残留していれば、これは食品衛生法違反として罰則にふれるばかりでなく、もし報道されたりするとそのような作物を出荷した農家の属する組合なり県なりはたちまち市場での信用を失墜すること

になる。

そこで、ある農薬を普通に使った場合や異常発生時のように多量に使った場合それぞれ収穫物にはどのくらいの量が残留しているものか、また、農薬を使った以後の日数の経過によって残留量はどのように減っていくかという消長を個々の作物について調査しておく必要がある。そして、その農薬の「残留基準」値が何 ppm と示されれば、必ずそれ以下になるように収穫の何日前までに何回以内で使うということを決めればよい。これが「農薬残留に関する安全使用基準」設定の基本である。一方、消費者の食品衛生上の立場からは市場に流通している農作物中にどのくらい農薬が残留しているかをチェックしなければならない。また、安全な農作物を供給する責任をもつ生産者の立場からも、安全使用基準が正しく守られていることを保障するためには出荷前の産物を実際に分析してみる必要がある。これは追跡調査あるいはモニタリングといわれる試験である。

さらに、農薬は土壌に入った場合、どのような経過をたどるかを調べるための土壌残留試験がある。これには土壌に施用する農薬ばかりでなく、地上部の散布を目的とする農薬も相当の量は土に落ちるので試験の対象にしなければならない。

II 残留調査の結果と安全使用基準の設定

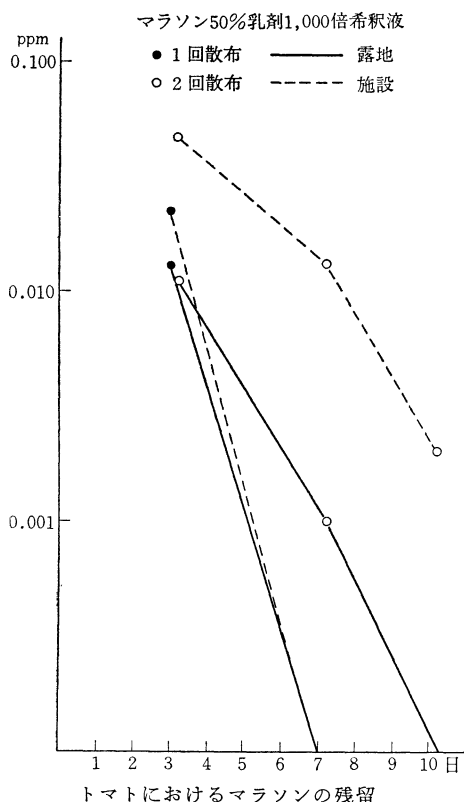
計画的に農薬を使った場合の作物における残留を本格的に調査したものとしては、昭和 42～45 年の 4 年間にわたり、47 農薬 21 作物のうちの 160 組み合わせについて全国的に実施した農林省農林水産技術会議の「農薬残留の緊急対策に関する調査研究」が特筆されよう。サンプル作りには各県の試験場が、分析にはメーカーの分析者を含め官民のあらゆる経験者が動員された。結果は農薬残留に関する安全使用基準の設定の基礎資料として活用されてきたが、この成果は最近同会議から刊行され、関係者に頒布された。

昭和 46 年度からは新発足した環境庁が「農薬残留対策調査事業」として引継ぎ、全都道府県と財団法人の協力を得て調査が続けられている。昭和 46 年は 11 農薬 21 作物 147 組み合わせ、47 年は 13 農薬 19 作物 120 組み合わせ、48 年は 14 農薬 22 作物 152 組み合わせと年々そのデータは拡大し、蓄積されている。これ

らも安全使用基準設定の際の貴重な資料となっている。

一方、厚生省は食品衛生法に基づく農薬の残留基準設定のための基礎資料を得るために、昭和 39 年から市場調査と農家の実態調査を実施しており、その調査対象は昭和 48 年までに 52 食品(作物)に達している。

さて、安全使用基準の設定の手順であるが、これは作物におけるその農薬の残留消長の調査結果から、使用時期や使用回数の制限を科学的に割出す作業である。一般に、散布された農薬の作物体上での残留量は下図に示す



ように日数の経過に従って濃度の対数に比例して減少する傾向が知られている。これには酸化や光による分解、植物による吸収や酵素的分解などの要因が関与する。また、キュウリに散布した農薬の残留量はキュウリの肥大生長が早いために希釈されてすみやかに減少するが、同じウリ科の果菜であるカボチャにおいては農薬は残留しやすいなど、作物のタイプによっても散布された農薬の残留の傾向を類別することができる。露地栽培よりは施設栽培のほうが残留しやすいはずであり、栽培の方法による違いもでてくる。同じ農薬でも乳剤、水和剤、粉剤といった異なる剤型をもったものが多いが、これらを散布した場合の残留量はこの順に少なくなる傾向がある。

土壌施用の場合は作物による吸収のパターンによって残留の様相は変わってくる。これらの諸要因を加味して、個々の農薬がそれぞれの適用作物に適正に使用される場合の指示内容を組み立てることが安全使用基準の設定である。

たとえば、いろいろな野菜に適用範囲をもつある農薬の残留基準が 3 ppm と定められたとする。残留調査の結果はレタスに 1 週間間隔で 5 回散布した場合、翌日では 4 ppm、3 日後では 3 ppm、7 日後では 2 ppm であったとすると「レタスに対しては収穫の 7 日前までに 5 回以内で使用する」という安全使用基準を作れば、これを守る限り残留基準を越えることはないはずである。

同じように、キュウリに 1 週間間隔で 5 回、10 回と散布した結果が翌日で 2 ppm、3 日後では 1 ppm、7 日後では検出されなかったとすると、散布回数の影響は考えられないし、収穫の前日まで使ってさしつかえないという結論が得られる。

III 安全使用基準と新農薬や再登録農薬の使用制限事項

「農薬の残留基準」は食品衛生法の規定に基づいて、厚生大臣が食品の成分規格の一つとして決定し、告示するもので、告示の 6~10 カ月後から適用される。残留基準を越えないように農家を指導するために、農林大臣が公表する指針が「農薬残留に関する安全使用基準」である。

一方、昭和 42 年以来新しく開発された農薬については段階的に残留毒性に関する審査を実施し、使用上の注意事項として使用時期や使用回数の制限をつけて登録してきた。ところが、昭和 46 年 1 月 14 日以降は農薬取締法の改正によって登録申請にあたっては慢性（さしあたりは亜急性）を含む毒性試験の成績と残留性に関する試験成績の提出が義務づけられ、以来この使用制限事項は法律的にも重要な事項となった。そればかりか、従来使われていた農薬も昭和 48 年 1 月 14 日以降は再登録申請の際に毒性と残留性の試験成績を提出しなければならず、その安全性の評価の結果使用時期や使用回数の制限がつけられることになった。これらの使用制限事項は内容的には「安全使用基準」と同質のものであるが、官報などに公示されることなく登録または再登録の時点から適用されるので、当事者にしか知らされない点が違う。

別な言い方で説明すると、安全使用基準と新農薬や再登録農薬の使用制限事項は学問的、技術的な違いはないのであるが、法律的に違うのである。「農薬残留に関する安全使用基準」の定められた農薬と作物の組み合わせには必ず「残留基準」が設定されていて、これを越えた

農作物が発見されれば「食品衛生法」による罰則が適用される。しかし、「農薬取締法」においては指定農薬（ドリン剤やひ酸鉛）について「使用者が遵守すべき基準」に違反する場合のほかは使用者の処罰規定はないので、新農薬や再登録農薬についての使用制限事項は使用者に対する罰則を伴わない。

罰則がないからといって、使用制限事項を軽視すれば結局農薬の安全性は保たれなくなるので、使用指導上は当然「安全使用基準」と同等に扱うべきであり、しかも農薬のメーカーが製品のラベルに使用制限事項を表示しなかったりすれば、それこそ法に触れるのである。これら使用制限事項の基礎となった基準値（～ppm）は環境庁長官が定めることになっており、農業資材審議会の答

申を得た上で逐次公表されるが、やがて厚生省の作業が進んでくると食品衛生法に基づく「残留基準」となるべきものである。

要するに新農薬や再登録農薬の使用制限事項は、改正農薬取締法の精神が、食品衛生法の規定をまつまでもなく国民の健康保護と環境保全のための措置を先んずるということから発したものであり、これによってすべての農薬は一定の制限の範囲内で使うことをすみやかに実施させる役割を果たすことになるのである。

第1表から第4表までは農薬残留に関する安全使用基準、新農薬の使用制限事項、再登録農薬の使用制限事項および指定農薬の使用基準の表の実例を示したものである。

第1表 農薬残留に関する安全使用基準の表の1例

4,4'-ジクロルベンジル酸エチル（別名 クロルベンジレート）を含有する製剤

農作物等(栽培方法)	剤 型	使 用 方 法	使 用 期 間	使 用 回 数
な つ み か ん	乳粉 剤 剤	散 布	収穫7日前まで	2 回
日 本 な し	乳水 和 剤 剤	散 布	収穫7日前まで	2 回
ぶ ど う	乳 剤	散 布	収穫14日前まで	2 回
み か ん	乳粉 剤 剤	散 布	収穫7日前まで	2 回
も も	乳 剤	散 布	収穫前日まで	2 回
り ん ご	乳水 和 剤 剤	散 布	収穫7日前まで	2 回
い ち ご	乳水 和 剤 剤	散 布	収穫14日前まで	2 回
	くん煙 剤	くん煙		

第2表 新農薬の使用制限事項を含む適用の範囲および使用方法の表の1例

メソミル水和剤（ランネット水和剤，ハルバート水和剤 45%）

作物名	適用病虫害名	希釈倍数	使用時期	使用回数	使用方法	備 考
稲	ニカメイチュウ	1,000 倍	収穫21日（3週間）前まで	3回以内	散 布	医薬用外劇物 ハウス内や噴霧のこもり易い場所では使用禁止
	ツマグロヨコバイ ウンカ類	1,000～1,500 倍				
キャベツ	アブラムシ類 コナガ アオムシ ヨトウムシ ハスモンヨトウ	1,000～2,000 倍	収穫3日前まで	14日（2週間）以上の散布間隔で3回以内		
茶	コカクモンハマキ チャノホソガ ミドリヒメヨコバイ	1,000～1,500 倍	摘採20日前まで	各茶期ごとに2回以内		
たばこ	ハスモンヨトウ タバコアオムシ ヨトウムシ	1,000～2,000 倍	—	—		

第 3 表 再登録農薬の使用制限事項を含む適用の範囲および使用方法の表の 1 例
キノキサリン系水和剤 (モレスタン水和剤 25%)

作 物 名	適用病虫害名	希 積 倍 数	使 用 時 期	本剤及びモレス タンを含む農薬 の総使用回数	使 用 方 法
きゅうり	うどんこ病	2,000～4,000倍	収穫前日まで	10回以内	散 布
すいか メロン かぼち まくわうり			収穫 3 日前まで		
なす	うどんこ病	2,000～3,000倍	収穫前日まで	4 回以内	
ピーマン			収穫 3 日前まで		
いちご	うどんこ病	2,000～4,000倍	収穫前日まで	3 回以内	
みかん	ハダニ類	1,000～2,000倍	収穫 7 日前まで	3 回以内	
くわ	ハダニ類	1,000～2,000倍	――	――	
	裏うどんこ病	2,000倍			
きくら	うどんこ病	3,000倍	――	――	
カーネーション	ハダニ類	1,000倍	――	――	
パーペナ	うどんこ病	2,000～3,000倍	――	――	

第 4 表 指定農薬 (作物残留性農薬および土壌残留性農薬) の使用基準

農薬の種類(剤形)	適 用 病 害 虫 の 範 囲	使 用 方 法			
		希 釈 倍 数	施 用 方 法	収 穫 前 使 用 禁 止 期 間	使 用 回 数 の 制 限
ひ 酸 鉛(水和剤)	かぼちゃ, きゅうり, すいか, メロン, なす, とうがらし, トマト, ピーマンを害するコガネムシ類その他の野菜を害する昆虫	250倍以上	散 布, 塗 布 (塗布はも ものみ)	開花日以降	
	かき, なし, みかん45日 りんご60日			1 回	
	なつみかん 150日			3 回	
エンドリンを含む農薬(乳剤, 塗布剤)	エカキムシ, その他のかんきつ類(未結果樹)を害する昆虫		散 布, 塗 布		
ディルドリンを含む農薬(乳剤, 塗布剤)	松くい虫類その他の樹木(果樹を除く。以下同じ)の伐採木, 根株を害する昆虫		散 布, 塗 布		
アルドリンを含む農薬(粉剤)	サビヒョウタンゾウムシその他の樹木の苗木を害する昆虫		土 壌 混 和		

改正 昭和46年12月10日総理府令第54号

(昭和 46 年 12 月 30 日施行)

IV 今後の推進について

農薬の残留問題に対する世論の関心が昭和 40 年ころから急激に高まり、農林水産技術会議は昭和 42 年に正に「緊急対策」として農薬残留の調査研究をとり上げたのであるが、発足当時は農林省の諸機関や大学の農学部あたりを見渡しても残留分析の経験者は数えるほどしかいなかった。メーカーの分析者にしてもまだ始めたばかりの人が多く、個々の分析にあたっての苦労は並大抵ではなかった。また、ガスクロマトグラフなど分析機器の性能も入手法も今日のような状況に至るにはほど遠かった。また、昭和 44 年には農林省は各県の農林部に農薬残留分析のための機器を設置させるために補助事業を起こした。同年 10 月に 2 週間にわたる分析法研修会が初めて農薬検査所を中心に開かれたが、この時は各県ともほとんど微量分析の専門家がおらず、集ってきた人たちの当惑や不安の様子はいまだに印象に残っている。あのころは牛乳や母乳中の BHC やキュウリなどの中のディルドリンなどで世の中がもちきりの時期だったので、皆しゃにむに分析を習ったのだった。昭和 46 年には前述のように農薬取締法が改正されて、すべての農薬はその残留性について短期間で総点検を受けることとなった。メーカーの分析者は自社の登録農薬の残留分析に全力を注がざるを得なくなった。残留のデータは日増しに集積されているが、限られた期間に限られた条件下で実施されたものであれば必ずしもよいものばかりではない。これが今日の現状ではなかろうか。

さて、次のステップとしてはどのように進んでいく可能性があるだろうか。まず、お互いが技術の習熟につとめることであろう。何しろ先を急ぐあまり、ノルマに追われて十分な検討を経っていないデータが多いが、これは技術者としては見逃すわけにはいかない。専門家のいないまま、様々な部門から集まった県の人たちの中でも、以来大変な努力を重ねて、現在では立派な分析者になった人たちも多い。そのためには同じ立場の者同志がよく連絡をし合って育ててきたことは注目されよう。メーカーの分析者は目下種々の農薬の分析法を作ったり改良したりするのに骨を折っている。今後は県の分析者とメーカーの分析者が、残留分析法の技術的交流をする時代ではなかろうか。そうすることによって必ずやお互いの今までのデータの再検討に役立つであろうと思う。

残留分析はこれで終わりではない。農薬は土壌中や作物体内で代謝されることが多いし、さらに人畜に摂取されて代謝されるのが常である。したがって個々の農薬の主成分だけを分析していたのでは真の残留分析の目的を達し得ない。それ故、代謝の研究と相まって、代謝物の残留分析が必須となってくるのである。こうなるともはや単なる技術を通りすぎ、研究のレベルに達するので、筋書きどおりにはいかないであろうが、担当者の腕の示しどころとなるであろう。その暁には、従来見過がれていたその農薬の作用の本態の解明ができたり、新しい農薬の開発や新しい防除手段の発見に役立つかもしれない。まことに前途は有望といたいところである。

人事消息

岡安 誠氏（環境庁水質保全局長）は農蚕園芸局長に
 小山義夫氏（大臣官房審議官）は農林水産技術会議事務局長に
 森 整治氏（食糧庁総務部長）は環境庁水質保全局長に
 伊藤俊三氏（農蚕園芸局長）・中沢三郎氏（農林水産技術会議事務局長）は退職

田村輝夫氏（野菜試久留米支場花き育種研究室長）は野菜試験場久留米支場長に
 大和茂八氏（同上試験場長）は退職
 井上忠男氏（岡山大学農業生物研究所）は大阪府立大学農学部へ
 農林省果樹試験場の住所は住居表示変更に伴い、平塚市大原 1 番 24 号に変更。郵便番号は 254 と従来どおり

次号予告

次 11 月号は下記原稿を掲載する予定です。

細菌による新病害チュリップのかいよう病

小林敏郎・小畑琢志

コスカンバの生態と防除

柳沼 薫

作物の線虫害とその評価

西沢 務

幼若ホルモン活性物質の害虫防除剤としての問題点

桐谷圭治・高橋洋治

蒸散法に関する試験成績の要約

岸 国平

植物防疫基礎講座

日本産テントウムシ類の見分け方—幼虫編—

佐々治寛之

他に新登録農薬の紹介などを併録いたします。

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

1 部 180 円 送料 16 円

有機塩素殺虫剤の土壌中における残留と消長

農林省農業検査所 かわ はら てつ き
川 原 哲 城

有機塩素殺虫剤は 1938 年に DDT の殺虫力がスイスで発見されて以来、わが国では 20 余年にわたって、広く使用されてきた。現在までに使用されている有機塩素剤は 40 種にのぼるが、化合物の種類によって、それぞれ、その適用範囲、使用方法、残留性は異なり、一概には論ずることはできない。

近年、BHC、DDT、アルドリノ、ディルドリン、エンドリン、ヘプタクロルはその環境における残留期間がきわめて長く、水、土壌などを長期にわたって汚染し、生体内でも分解しにくく、蓄積し、人畜にも被害を及ぼすおそれが懸念されている。このためにわが国でも昭和 46 年 4 月に農薬取締法が改正され、その施行に伴い、DDT および BHC は販売および使用が禁止され、アルドリノ、ディルドリンおよびエンドリンについても実質的には使用禁止に近い規制措置がとられた。また、ヘプタクロルは販売されないことになった。しかし、これらの農薬は土壌中に長期間残留する性質があり、とくにヘプタクロル、アルドリノ、ディルドリンは土壌害虫防除のため、長年土壌施用されてきたので、使用禁止後も農地に残留して、そこに栽培された農作物に吸収され、汚染を生ずる事例もある。先に筆者は本誌（第 25 巻第 9 号）で内外の文献と農薬検査所のデータについて述べたが、それ以後、各県の調査も進み、さらに汚染を軽減する対策などについても研究がなされているので、ここでその一端を述べてみたい。

I 有機塩素殺虫剤の土壌残留量の変化

土壌中の農薬の消失について、EDWARD は農薬の性質、土壌の性質、環境条件の要因に分けて考えている。農薬の種類では有機塩素剤がその残留期間が圧倒的に長い。それは化学的、物理的性質による。これらの農薬は一般に安定で、日光による分解、微生物による分解が少なく、脂溶性で浸透性が小さく、熱や酸に耐え、化学反応を受けにくく、揮発性は概して低い。

土壌型によっても違ってくる。腐植を多く含んだ土壌は鉱物土壌よりも残留期間が長い。粘土の含量によっても異なる。一般に砂<細砂土<砂壤土<埴壤土の順に消失は遅くなる。

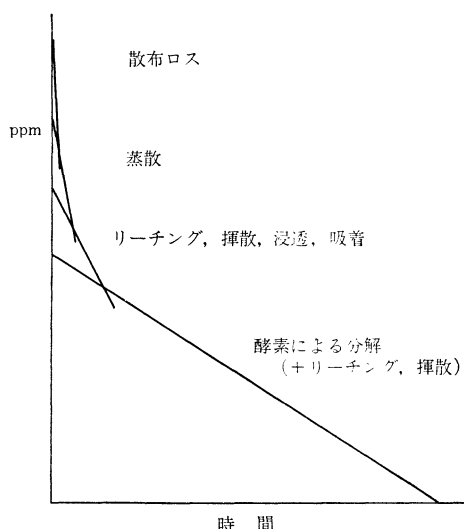
土壌水分は多いほう、とくに湛水状態で消失が早い、土壌の温度が上昇すれば土壌中の農薬の揮散や分解の割

合は増加する。

施用法や農薬の剤型によっても消失割合は異なり、一般に粒剤、乳剤、水和剤、粉剤の順に消失は早く、土壌施用よりも茎葉処理のほうが消失は早く、残留期間が短くなる。

微生物による分解も消失を早める。これは微生物の数や種類によって異なるが、土壌をあらかじめ殺菌した場合には農薬の消失が少ないことから明らかである。その他、土壌中の農薬の濃度、土壌中の空気移動、土壌の密度、pH が関連するであろう。

EDWARD と HAMAKER によると土壌中の農薬の消失過程は第 1 図に示すように、施用直後はおもに飛散や蒸



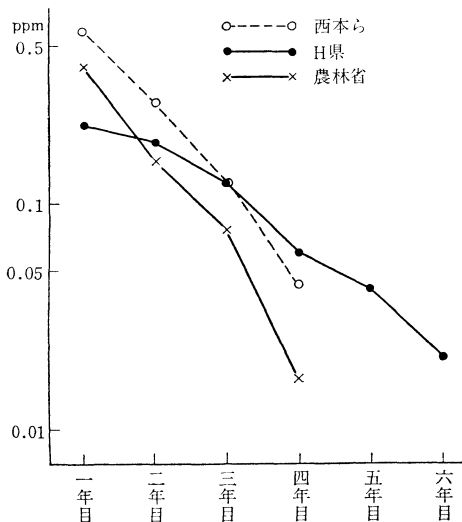
第 1 図 土壌中の農薬の理論的消失曲線
(C. A. EDWARD ら)

発による急速な減少期間があり、ついで蒸発、浸透、吸着などの物理的要因により、土壌中の農薬はほぼ平衡状態となる。次に微生物による分解、蒸発などにより、農薬は初期よりもゆるやかに消失してゆく。この最後の消失過程では有機塩素剤の消失曲線は指数関数 $R = e^{-kt}$ (R = 残留量, t = 時間, k = 常数) とよく一致し、半減期を算出することができる。このように半減期が一定の場合は、同一農薬を同一圃場にくり返し施用した場合の土壌中での蓄積状態を理論的に算出できる。すなわち、

農薬を1回施用した直後の土壌中の濃度を C_0 、1年後の残留量を C 、毎年1回ずつ農薬を使用し、 n 年度の施用直後の濃度を R_n とすれば、一般に $C/C_0 = 一定$ で1以下であるから、 $C/C_0 = f$ とすると、 $R_n/C_0 = 1 + f + f^2 + f^3 + \dots + f^{n-1}$ となり、 $R_\infty/C_0 = 1/(1-f)$ となる。1年で半分に減少する農薬を毎年1回施用すれば最初の年の施用直後の濃度の2倍で平衡になる。

実際には上記の要因によって農薬の消失は異なってくる。

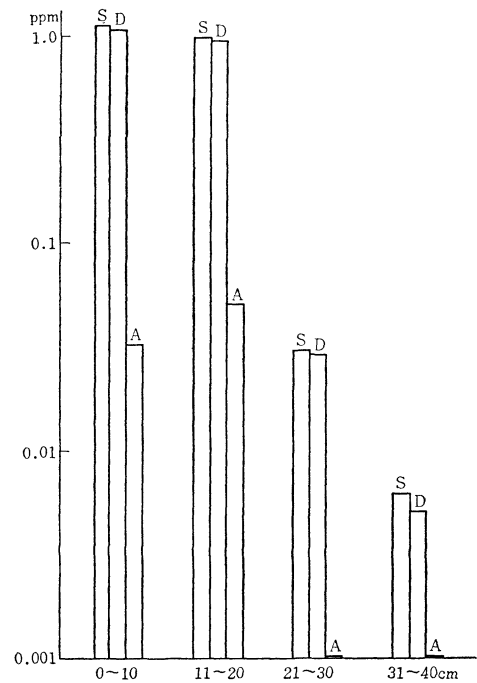
アルドリンとディルドリンの合計量の土壌中の年次別消失曲線を第2図に示す。調査場所によって、1年後の残留量は異なり、0.2 ppm から 0.6 ppm の3倍の開きを示す。この図から半減期が約1年であることがわかる。西本ら、農林省のデータは濃度の差はあれよく傾向が一致しているようでH県のデータは消失がゆるやかとなっている。これは土壌の種類、環境の差異に基づくものであろう。



第2図 アルドリンとディルドリン含量の年次変化

畑地土壌中のアルドリンとディルドリンの垂直分布を第3図に示す。アルドリンは土層20cm以下になるとほとんどなくなり、ディルドリンはわずかに残っているが、その大部分は表層30cmにとどまっていた、地下への浸透が少ないことがわかる。しかし、作土は30cmぐらいであるので、この間にこれらの農薬がとどまることは作物の吸収の面で問題である。

BHCの年次別消失の変化はあまり調べられていないが、筆者らの水田の例によると第1表のとおりである。残留量は試料の採集場所によって異なっており、45年度は α -BHC 最高1 ppm、最低0.02 ppmと50倍のひ



S : アルドリン+ディルドリン

D : ディルドリン, A : アルドリン

第3図 畑地土壌中のアルドリン、ディルドリンの垂直分布

第1表 水田土壌中のBHCの年次変化

		BHC			
		α	β	γ	δ
1*	45**	1.034	0.720	0.063	0.050
	46	0.022	0.047	0.002	0.011
2	45	0.040	0.060	0.040	0.017
	46	0.011	0.017	0.001	0.005
3	45	0.018	0.050	0.071	0.004
	46	0.006	0.019	0.001	0.0004
4	45	0.126	0.294	0.024	0.036
	46	0.055	0.109	0.005	0.016

* 採集場所.

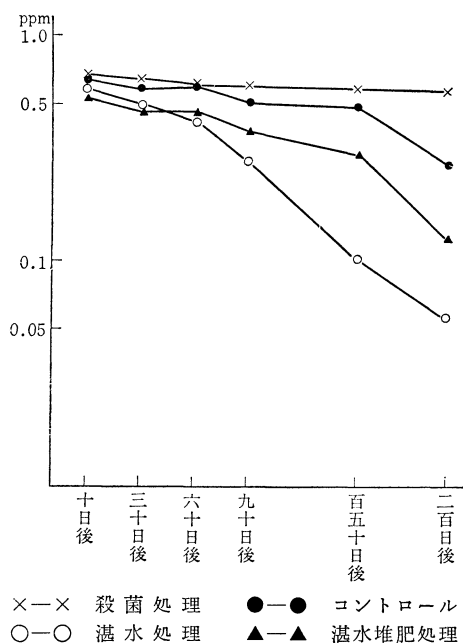
** 採集した年.

らきがあり、これが46年度では最高0.06 ppm、最低0.006 ppmと10倍のひらきに縮まっている。1年間の消失は最高で50分の1、最低で2分の1である。 β -BHCでは45年で最高0.7 ppm、最低で0.05 ppm、と14倍のひらきがあり、46年度では、最高0.11 ppm、最低0.2 ppmで5倍と縮まっている。1年間の消失は最高で20分の1、最低で3分の1になっている。 γ -BHCでは45年で最高0.07 ppm、最低で0.02 ppmと3.5倍のひらきがあり、これが46年度では、最高0.005 ppm、

最低で 0.001 ppm と 5 倍のひらきである。

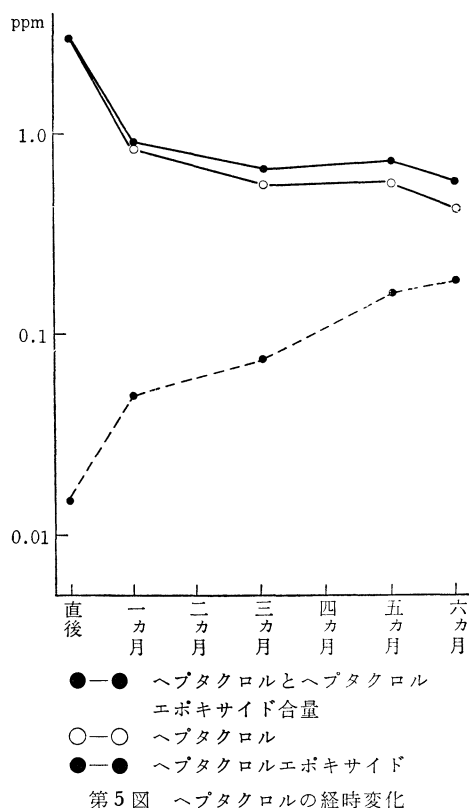
δ -BHC は 45 年で最高 0.05 ppm, 最低 0.004 ppm で 12 倍のひらきに対して, 46 年では最高 0.016, 最低 0.0004 ppm になり, 40 倍のひらきがある。消失割合は最高 10 分の 1 から最低 3 分の 1 となっている。総括的に見ると γ -BHC の残留量は少なく, また, その消失の早いことがわかる。畜産物で問題になった β -BHC は, 土壌での残留量が多いがその消失は 1 年間で多いのは 30 分の 1 に, 少なくとも 3 分の 1 に減少していることがわかる。多種のモデル研究例によっても湛水状態での BHC の消失が早いことがわかっており, これが圃場においても裏付けられている。

エンドリンのモデル試験による消失曲線を第 4 図に示す。この実験はポットに土壌を詰め, エンドリンを均一に混合し, 網室内で行なったので圃場の場合に近いデータと思われる。コントロール区で 200 日経ると半減期に達していることがわかる。今までエンドリンの土壌の消失曲線はほとんどないが 7 カ月で半分の濃度に減少していることがわかる。また, 湛水状態での消失はコントロール区よりも早く, 堆肥をいれると促進される。



第 4 図 エンドリンの経時変化

ヘプタクロルでの圃場での消失曲線を第 5 図に示す。直後にヘプタクロル 3.0 ppm あったものが 1 カ月後に 0.75 ppm になり, 半減期は 1 カ月以下になる。それに



比例してヘプタクロルエポキシサイドがわずかに増加しているが, 合計量では順次減少している。

半減期の求め方であるが, 最初濃度を基にして, その濃度が半分になった濃度の時期を半減期と呼ぶ場合と, 曲線がある程度ゆるやかになった時期を基として, その濃度が半分になる濃度の時期を半減期とするなど, とり方によって期間が相当に変わってくる。また, モデル試験でも農薬の種類によって曲線の形は異なり, 問題である。

DDT は T 県の場合は 12 月 15 日に pp' -DDT が 7.0 ppm, op' -DDT が 23.9 ppm のものが 5 カ月後の 5 月 28 日はそれぞれ, 1.49, 3.79 と 5 分の 1, 7 分の 1 に減じて減少割合が早いという結果がある。

分解物としては土壌中で DDT は DDE, DDD に変化し, アルドリンはディルドリンに, ヘプタクロルはそのエポキシサイドに変わる。この変化は微生物も関与しているが, その機構はあまり明らかでない。残留基準では, これら分解物も含量として計算されることになっているので, これらの消失と吸収も問題になる。しかし, 一般にディルドリンを除いては消失は早いのではない。

II 作物の残留量

45, 46 年調査による野菜栽培中の作物における有機塩素殺虫剤の残留濃度は BHC で 0.0~2.0 ppm, その大部分は 0.5 ppm 以下である。DDT は意外に高濃度の残留量が認められていて, 2 ppm 以上のものが全体の 14 %であった。アルドリンとディルドリンの合計量は大部分は 0.5 ppm 以下であった。エンドリンでは 0.3 ppm 以下が大部分であった。47 年調査ではその割合は減少し, キュウリ, ジャガイモ, ホウレンソウのエンドリン, アルドリンとディルドリンの合計量に基準値を越えるものがあつた。今後とも注意が必要であらう。

III 作物による吸収率

作物による吸収率は土性, 腐植含量, 土壌中の農薬の濃度により, また, 作物の種類とその部位によって異なってくる。

吸収率を正確に表わすことは困難であり, 筆者は三つの方法を考へてみた。①作物の収穫時の作物中の農薬の濃度を土壌中の農薬で除すこと (A 法), ②作物中の農薬の濃度を播種時の土壌中の農薬の濃度で除すこと (B 法), (3) 作物中の農薬絶対量を土壌に加えた農薬の絶対量で除すこと (C 法)。いずれも百分率で表わす。いずれの方法も長所と短所がある。ポット試験ではいずれの方法も測定できるが, 圃場試験では C 法は測定不可能である。この吸収率の表現では, A 法, B 法, C 法の順に低く表現される。カブの試験の例では A 法は C 法に比べて根部で 6~25 倍, 葉部で 9~49 倍, B 法は C 法に比べて根部では 0.7~3.3 倍, 葉部で 0.6~3.2 倍となり, 吸収率の表現方法で相当のひらきがある。A 法と B 法の関連では B 法の 2~3 倍が A 法の値となる。

土性では粘土の少ない, また, 腐植含量の少ない土壌での作物吸収量が多くなる。

作物の吸収量は作物の部位によっても異なる。ナスの例では, BHC, アルドリン, ディルドリンの吸収は根>葉>莖>果実の順になる。ヘプタクロルの吸収は根>莖>葉>果実の順になる。ネギの場合は根>外皮>白色部分>緑色部分になり, 土壌に接触している部分の吸収が多い。スイカのディルドリンでは根>莖>果皮>葉>種子>果肉の順となっている。ジャガイモのディルドリンでは根>塊莖>茎葉の順となっている。

吸収率は土壌中の農薬の濃度によって異なってくる。カブによるディルドリンの例では, 土壌中の農薬が低濃度と高濃度の場合に吸収率が低くなり, 中間の濃度では比例する。この傾向は農薬の種類によって異なる。

第 2 表 作物による吸収率 (%)

農 作 物	BHC	アルドリンとディルドリン 合計	エンドリン	ヘプタクロルと エポキシサイド 合計	DDT
キュウリ	5.7	11.7	24.6	19.1	—
トマト	3.7	0	—	—	0
イチゴ	2.4	1.7	—	—	—
キャベツ	1.6	0.3	2.8	—	0
ジャガイモ	2.8	4.3	—	—	—

$$\text{吸収率 (\%)} = \frac{\text{作物中の農薬濃度}}{\text{収穫期時の土壌中の農薬濃度}} \times 100$$

吸収率は作物の種類によっても異なる。各作物の吸収率を C 法で表わし第 2 表に示す。キュウリの例ではエンドリンが 25% と高く, ついでアルドリンとディルドリンの合計量が 12%, ヘプタクロルとそのエポキシサイドの合計量が 19% で, BHC が 5.7% と低く, ドリン剤の吸収が高い。

BHC は異性体によって, 吸収率が異なり, α -体, γ -体の吸収が多く, β -体の吸収は少ない。

一般に DDT の吸収率は小さく, pp' -DDE や op' -DDT が pp' -DDT よりも吸収率は大きい。

農作物による吸収率の相違をみると, もっとも吸収しやすいのがニンジン, ゴボウ, キュウリであり, 次いでイチゴ, ホウレンソウ, ダイコン, ジャガイモ, サツマイモである。吸収しにくい作物はトマト, ナス, ピーマン, キャベツ, ハクサイなどである。おもにキュウリを除くと, 根菜類, イモ類の吸収が大きく, 葉菜類, 果菜類の吸収は小さい。

吸収を軽減させるために有機物や活性炭を土壌に添加する試験も行なわれている。

IV 土壌汚染軽減

上記のように有機塩素殺虫剤は使用しなくても, 土壌中に残留し, 栽培した作物に吸収され, 残留基準値を越えて, 問題になるので 1 日も早く, 土壌中の残留量を作物が吸収しても作物残留基準値を越えない程度にまで下げる必要がある。一方, キュウリ, ジャガイモなどの汚染されやすい農作物を一定期間栽培しないことにするのが一つの方法であり, その代わりにトマト, ナスの果菜類を栽培するとよい。さらに土壌汚染の大きい圃場には花木を植えることも一つの方法である。また, 土壌中の有機塩素殺虫剤の消失を促進し, あるいは農作物による吸収を低下させる方法を開発することも重要である。

有機塩素殺虫剤は第 3 図に示したように表層に残留している例が多いので土壌を深く耕耘すれば, 農薬が混合し, 作土中の塩素殺虫剤の濃度を減少させることがで

きる。

1 例として、土壌中のアルドリンとディルドリンの合計量が 0.123 ppm の圃場を深さ 100 cm に深耕するとその濃度は 30% に低下する。また、エンドリンは 15 cm 耕耘すると処理前に 0.73 ppm であったのが 0.67 ppm に、30 cm 耕耘すると 0.59 ppm に低下する。耕耘による濃度低下の例は外国でもみられ、再三耕耘することにより、地表に存在する農薬が表面に出現し、日光による分解や揮散によって、大気中に出てゆくのでよい結果が得られる。

とくに軽減に効果があるのは湛水状態にすることであり、第 4 図に示すように湛水状態ではエンドリンの濃度低下は大きく、また、堆肥を加えることも効果を促進している。湛水状態での軽減化は水田土壌に水を張って、土壌を還元状態にすることによって、嫌気的な土壌微生物が働き、分解を促進していることであろう。

その他、石灰を施用して土壌の pH を変えることなどが研究されている。

お わ り に

有機塩素殺虫剤 (BHC, DDT, ドリン剤) の使用は禁止されてから 2 年経ち、今後は使用されないことになるので土壌中の残留量は逐次減少してゆくものと思われる。



「生態系と農薬」(現代科学選書)

湯嶋 健・桐谷圭治・金沢 純 著

定価 1,500 円 A5 判 xii+214 ページ

岩波書店 発行(昭和 48 年 4 月 30 日)

殺虫剤による環境の汚染が表面化して以来、この問題をとり上げた書物は必ずしも少なくない。ことの重大さからみて、警鐘はいくら打ち鳴らしても多すぎることはないが、農業の実態を知らず、害虫防除の正しい理解も位置づけもなしに、ただ現状だけから汚染を告発してみても、決して問題の本質的な解決にはつながらない。

一昨年、「科学」誌上に 4 回にわたって連載された論文「殺虫剤による生態系の汚染」は、わが国のデータをつんだんに使って、環境にばらまかれた殺虫剤の恐ろしさと、ことここに至ってしまった背景を、冷静に、そして適確にわれわれの前に示してくれた。著者らが評論家でもなく、また、ppm 病患者でもなく、「両刃の剣」で

る。現状では、ある程度有機塩素殺虫剤は土壌中に残留している。しかし、実際面からすれば 47 年の調査では基準値を越えたものが少ない状態であり、行政的指導によるものであろうが、問題は少なくなっている。

しかし、エンドリン、ディルドリンはキュウリ、ジャガイモ、ホウレンソウに基準値を越えるものがあり注意を要する。とくにアルドリンは今後ディルドリン化が進み、このディルドリンの消失が遅いことから、このディルドリンの残留の多い畑土壌での吸収の大きい、キュウリやイモ類の栽培には問題が残るものと思われる。また、ドリン剤を多用したタバコ畑の跡地でのこれらの作物の栽培はとくに問題である。たとえば、アルドリンとディルドリンの合計量の半減期を 1 年とした場合、アルドリン粉剤の年間施用量を 9 kg/10 a とし、その有効成分のすべてが深さ 20 cm の土壌に均一に分布したとし、風乾土の仮比重を 1.0 と仮定すれば、アルドリンの濃度は 1.8 ppm となる。これが施用後 1, 2, 3, 4, 5 年目の濃度はそれぞれ、0.9, 0.45, 0.23, 0.12, 0.06 ppm となる。キュウリの例では土壌中限界濃度が最小値で 0.06 ppm で作物残留基準値の 0.02 ppm を越えないこととなるので、この濃度に減少するまでには、今後 2~3 年のはかかるものと思われる。

ある殺虫剤の本質と害虫防除の中でのその意義をよく知っているすぐれた研究者であればこそ、であった。この論文に、これもわが国特有の問題であった有機水銀殺菌剤に関する 1 章を加え、さらに鳥類の繁殖と殺虫剤との生理学的関係についての最新の知見などを補って、先ごろ出版されたのが本書である。

共著であるにもかかわらず、よく整理された構成で、随所に挿入されている豊富なデータとともに、読む人は専門家でなくても農業による環境の攪乱や破壊の実態と背景のひとつひとつを正確に知ることができる。しかし、個々の問題よりも、本当に読みとるべきは、生態系の中で、そこに生活している生き物たちと、それを取りまく大気や水や土がいかに複雑にからみあい、作用を及ぼしあっているか、そして農業による汚染もこのような自然のしくみのなかで起こるべくして起こったということの認識と理解であろう。

これからも続く病害虫や雑草との戦いに、ふたたび農業禍をおこさないために、また、農業にかぎらずわれわれをとりかこむ無数の化学物質による環境の汚染を防ぐために、紙面からも紙背からも学ぶことの多い一書である。

(高知大学農学部 平野千里)

除草剤の土壌中における残留と消長

名古屋大学農学部 ^{くわ} 歟 ^{つか} 塚 ^{しょう} 昭 ^{そう} 三

はじめに

土壌中における農薬の吸着・移行、分解、植物あるいは土壌微生物との関係などについては、除草剤が土壌と密接に関係しているため、農薬のうちで最も早くから研究されている。この10年あまりの間にアメリカを中心に膨大な研究が行なわれ、かなりのことが明らかにされて来た。しかし、アメリカでは畑作が中心であるため、これらの研究は畑作用の除草剤に限られている。

わが国では、この方面に関心を持つ研究者の数は従来きわめて少なかった。農薬の環境汚染が問題になり、この2〜3年の間に急速に研究の進展を見るに至った。しかし、その多くは研究が開始されてから日が浅く、研究の途上にあるものも多い。また、農薬取締法の改正に伴い、すべての農薬について土壌中での消長について調査されているが、ほとんど公表されていないのは真に残念である。

I 土壌中における残留

土壌表面あるいは土壌中に散布された除草剤は、一部は大気中に蒸発揮散し、一部は太陽光によって光化学的に分解し、大部分は土壌粒子に吸着されつつ水溶液または水懸濁液の状態で、または気体として土壌中を拡散して行く。その間に一部は植物根から吸収され、一部は地下に溶脱されるが、大部分は作土層の土壌中に残り、微生物の作用などによって分解消失する。

一般には、移行消失および分解消失されずに残ったものが残留量として示されるが、農薬取締法では、農薬の残留性とは農薬の成分である物質とともに変化生成した物質が農作物または土壌に残留する性質と規定し、分解生成物まで含めて考えている。環境汚染またはわれわれの健康の面から考えれば当然のことである。

1 農薬の圃場残留に関係する因子

今、圃場で農薬の土壌残留と関係するおもな因子を考えると、次のような点が上げられよう。

① 農薬面の因子：農薬の化学的性質(化学的安定性、微生物分解の難易など)、農薬の物理化学的性質(揮発性、溶解度、吸着性など)、農薬散布量、製剤形態、散布法、散布前歴

② 土壌因子：土壌の種類、土壌構造、有機物含量、

粘土含量、酸度、イオン交換容量、土壌微生物の種類および量

③ 環境因子：温度、水分状態(降雨、灌漑、湛水か畑地状態か、溶脱の大小など)、作物の有無および種類、耕作法

これらの因子は互いに関連しているものも多く、また、全く別の概念に属することも併列しているので、分けて考えることが困難なものもある。これらの諸因子が関連し合って薬剤の移行消失あるいは分解消失に関係している。

今、移行消失および光分解のないモデル試験で、薬剤添加量、温度、水分状態などを同一条件にし、圃場から得た数種類の土壌中で薬剤を分解させると、その半減期は土壌の種類によって非常に差が見られる。第2表中にいくつかの除草剤について筆者らが行なったモデル試験の結果を示した。これらの値は農耕地土壌についての結果だけを示したが、非農耕地C層土壌では、ほとんど分解が見られないものもあった。さらに、同一の土壌でも湛水条件下と畑地条件下で分解に大きい差がある場合がある。また、温度条件でも大きい差が見られる。

まして圃場では、気象状態、耕作状態の差による土壌環境条件の変動が分解に影響し、さらに蒸発、流亡、溶脱などの移行消失と、太陽光線による光分解が加わり、これらも土壌をめぐる環境条件によって大きく変動する。さらに、薬剤の散布むら、あるいは耕作状態、土壌構造などから由来する薬剤移行の局所的な大小などにより、土壌中の薬剤の分布は場所により非常に異なる。散布後ある期間を経たのち分析した残留量が、散布時の量よりも多くなる場合がしばしば見られる。したがって圃場における土壌残留性を求めるためには、異なった地域で、各種の土壌について、異なった作物あるいは栽培法について調査するとともに、同一地点で多数の土壌試料を採取して分析する必要があるだろう。テキサスからカナダのサスカチワンに至る10地点で、安息香酸系除草剤 picloram (トードン)の消失速度を比較した結果⁷⁾では、南北で消失速度が非常に異なっていた。

2 除草剤の種類と残留

各農薬の土壌残留に関しては膨大な数の報告がある。圃場試験はもちろんであるが、室内試験でも分解速度は土壌の種類あるいは条件によって大きい差が見られる。

したがってここで取り上げる残留期間も一つの目安として見ていただきたい。

わが国でも、各農薬の消失速度について、圃場およびモデル試験で昭和 46 年度以降各社で調べられ、データもほぼ出揃っているが、ほとんどが未公表のためここで発表できないのは残念である。

各種除草剤の残留期間については、従来の報告を SHEETS ら⁸⁾、UPCHURCH⁹⁾、HAMAKER⁷⁾ らが集録しているのをご参照いただきたい。ただし、この中には水田用の除草剤は含まれていない。

除草剤の土壌中における残留期間は、特種なものを除き一般にはそれほど長くない。ほとんどのものが半減期は半年以内で、多くは 2 カ月以内である。

KEARNEY ら¹⁰⁾ は多数の農薬を各種の土壌中で分解させて分解期間を比較した。土壌中で 75~100%分解する

平均期間で示している。これを第 1 表に示した。

残留期間を示すのに、50%消失する期間（半減期）で示すことが多い。しかし、第 1 図の例にも示すように、土壌中では必ずしも 1 次反応の形で減少して行くとは限らず、多様な経過を経て減少して行くので、半減期では必ずしも残留性を示さない場合がある。90%分解する期間で示せば幾分改善されるし、また、土壌中で 10%程度にまで減少してしまえば、一般には残留の恐れはないともいえる。しかし、次年度散布までに 50%減少すれば散布量の 2 倍以上に蓄積されることはないし、90%消失期間を実測するのはきわめて困難な場合もあるので、一般には半減期で示されることが多い。他との比較に便利のように、第 1 表の KEARNEY らの値が 90%消失した値を示すものと仮定し、さらに 1 次反応によって消失したものと仮定して半減期を算出し、表中に併記した。ま

第 1 表 畑地用除草剤の土壌中の残留期間（室内試験）

グ ル ー プ	薬 剤 名 (商品名)	75~100%分注1) 解する期間	推算半減期注2)
フェノール系 トリアジン系	picloram (トードン)	18カ月	5.4カ月
	プロバジン (ゲザミル)	18 "	5.4 "
	CAT (シマジソ)	12 "	3.5 "
	アトラジン (ゲザプリム)	10 "	3 "
尿 素 系	プロメトリン (ゲザガード)	3 "	0.8 "
	monuron	10 "	3 "
	DCMU (カーメックス)	8 "	2.4 "
	リニユロン (アフアロン)	4 "	1.2 "
	fenuron	4 "	1.2 "
安 息 香 酸 系	TCBA (トリバック)	12 "	3.5 "
	amiben	3 "	0.8 "
	MDBA (バンベル-D)	2 "	0.6 "
ア ミ ド 系	SAP (ロンパー)	10 "	3 "
	ジフェナミド (ダイミッド)	8 "	2.4 "
	CDAA	2 "	0.6 "
	トリフルラリン (トレファノサイド)	6 "	1.8 "
ジニトロアニリン	DBN (カソロン)	4 "	1.2 "
ニ ト リ ル	2, 4, 5-T	5 "	1.5 "
フェノキシ系	MCP	3 "	0.8 "
	2, 4-D	1 "	0.3 "
	TCA (ウエルゼル TCA)	12 週	3.5 週
脂 肪 酸 系	DPA (ダウボン)	8 "	2.4 "
	CIPC (クロル IPC)	8 "	2.4 "
	IPC	4 "	1.2 "
	CBN (カルバイン)	2 "	0.6 "
カーバメート系	CDEC	6 "	1.8 "
	EPTC (エプタム)	4 "	1.2 "
ジチオカーバメート チオールカーバメート	chlordane	5 年	1.5 年
	DDT	4 "	1.2 "
	BHC	3 "	0.8 "
	ディルドリン	3 "	0.8 "
	ヘプタクロル	2 "	0.6 "
	ダイアジノン	12 週	3.5 週
	エチルチオメトン (ダイシストン)	4 "	1.2 "
	マ ラ ソ ン	0.4 "	1 日
	パラチオン	0.4 "	1 "

注 1) KEARNEY ら¹⁰⁾ が求めた各種土壌の平均値。

注 2) 1) の値が 90%分解するに要した時間とし、減衰が 1 次反応によって行なわれたものと仮定して算出した値。

た、参考のため数種類の殺虫剤も併記した。

第1表から各グループごとの残留性を比較すると、おおよそ、有機塩素系殺虫剤＞尿素系、トリアジン系、ピクロラム＞安息香酸系、アミド系＞フェノキシ系、トルイジン系、ニトリル系＞カーバメート系、脂肪酸系の各除草剤＞有機リン殺虫剤の順で安定であるといえよう。

筆者らが、わが国で用いられているおもな水稻用除草剤について室内試験で土壌中の分解速度を調べた結果を第2表に示した。とくに長期間残留するものはない。PCP は他の薬剤に比べ光で分解しやすく、ベンチオカーブは溶脱しやすいので、圃場での残留期間はこの値より幾分短いようである。その他の薬剤は圃場での残留期間と比較的近似している。

第2表の値は農耕地作土層から採取した土壌を用いた結果であるが、非農耕地の心土から得たほとんど有機物を含まない土壌を用いた結果では一般に残留期間はきわめて長くなり、PCP は60日間にほとんど分解せず、NIP, CNP など分解はきわめてわずかであった(17ページの図H土壌)。したがって開田地などではかなり長期間残留することも考えられる。事実、PCP が開田地で長く残留し、翌年薬害を生じた例がある(渡辺, 1968)。

第3表は、山田・中村(1973)¹¹⁾によって鴻巣水田で除草剤を慣行施用して得られた残留消長の結果を、筆者が抜き出してまとめたものである。発表された消失曲線の図から求めたので数値の細部に誤りがあればご容赦いただきたい。第2表のモデル試験の結果と非常に近似している。

畑地用除草剤の圃場での消長を経時的に追跡したデータで公表されているものは少ない。アメリカでも除草剤のデータは殺虫剤に比べて少ない。第4表は、いくつかの除草剤の畑地での残留期間を示したものである。amiprophos (有機リン除草剤, 高瀬ら, 1973)を除き、アメリカでのデータである。各種の文献から抜き出したので、気候、土壌、施用濃度などまちまちであるが、第1表のモデル試験結果と比較して一つの参考にはなろう。

II 除草剤の土壌中の消失

前述したように、土壌表面または土壌中の農薬が消失して行くおもな過程としては、土壌表面または田水中における光分解、蒸発、溶脱、土壌中での分解(とくに微生物による分解)などが考えられる。圃場に散布された農薬のうち、どのくらいの割合がどの過程によって消失するかを調べることは容易でなく、これを実測した報告

第2表 土壌中における水田用除草剤の残留期間(モデル試験)(鉄塚ら)

薬 剤 名 (商品名)	添加濃度 (ppm)	供試 土壌 数	湛 水 状 態			畑 地 状 態		
			半 減 期 (日)		90%分解 する期間 (日)	半 減 期 (日)		90%分解 する期間 (日)
			最短～最長	平均		最短～最長	平均	
PCP	100	7	12～70	30	100	18～120	50	—
	10	1	—	5	20	—	—	—
DCPA (スタム)	50	1	—	<1	3	—	1	8
MCC (スエップ)	25	5	2～9	7	50	—	2	30
ベンチオカーブ(サターン)	20	5	7～100	40	130	8～80	26	—
NIP (ニップ)	10	5	3～25	11	40	—	>50	—
CNP (MO)	10	5	7～35	15	50	—	>50	—
クロメトキシニル (X-52)	10	5	7～35	15	70	—	>50	—

土壌 50 g (換土換算), 30°C, 平均値のみ記したのは1土壌についての試験。

第3表 水田土壌中における除草剤の残留期間
(山田・中村, 1973)¹¹⁾

施用薬剤	初 濃 度 (ppm)	半 減 期	90%消失 する期間
PCP	約 10	10～17 日	約 40 日
MCC	15～35	10 日以内	20～25 日
NIP	7～8	14 日前後	約 40 日
CNP	6～9	14 日前後	約 40 日

鴻巣水田, 田植 6～7 日後慣行施用。

第4表 畑地用除草剤の圃場残留期間

薬 剤 名	50%消失期間	90%消失期間
2,4-D		11日(連用区)～ 15日(初処理区)
MCP		<2～3 週
simazine	130±46日, 47日	5～12月, 448±117日
linuron	24±7.7日, 169±29日	5～6月, 93日<6月
amiprophos	40～50日	約 90 日
triallate	8 週	<5～6月
phenmediphan	34～47日(4土壌)	
DNOG		<18日

も見ない。室内でのモデル試験からの考察,あるいは室内試験と圃場試験との差などから推察されているに過ぎない場合が多い。薬剤の種類によって異なるが,土壌中における微生物分解が消失のおもな原因をなしている場合が多い。光分解および溶脱がなく,揮散がきわめて少ないモデル試験と,圃場試験との間で,多くの農薬の残留期間が近似した値を示している。

1 光 分 解

農薬の光分解生成物に関しては近年多くの研究が行なわれ,すでに多くの除草剤の分解生成物が明らかにされている^{1,12,13)}。しかし,これらの研究の多くは,有機溶媒中で行なわれたり,紫外線燈で分解させたもので,太陽光下,とくに圃場での光分解を経時的に調べた報告はほとんどない。PCP は光で分解されやすいため夕方散布することが奨励されていたが,PCP に限らず紫外線を吸収する物質(大部分の除草剤はこれに入る)は光で分解する。したがって夏期の強い太陽光の下ではかなり光分解を受けるものと考えられる。

しかし,水溶液中での光分解から,圃場での光分解を推測することは困難である。土壌があると,薬剤は土壌粒子に吸着されて大部分はそのまま残っている。圃場での光による分解は,水溶液中での分解よりはるかに遅いといえよう。

2 蒸 発 ・ 揮 散

土壌中での固相・液相・気相間の薬剤の分布,すなわち拡散や揮散に関しては,HAMAKER²⁾および SPENCER³⁾らの詳しい総説がある。前者はおもに理論的解説で,後者は実験的解説が主体である。しかし,個々の薬剤が実際の圃場あるいはそれに近いモデル系でどのような挙動をとるかについての知見はきわめて乏しい。

CI-IPC は高温ではすみやかに殺草効果がなくなり,おもに冬作の除草剤として用いられている。その原因として,本剤は揮発性が高いので,高温では揮散消失するものとされている。しかし,CI-IPC の土壌中での分解は比較的速く,かつ高温では急速に分解速度が上るので,この原因が揮散だけによるものとは必ずしもいえない。

¹⁴C-ベンチオカーブを水とともに蒸発させると水の蒸発率と放射能の消失率はほぼ一致した。一方,わが国の水田の平均的減水深は1日2~3cmであるが,その半分以上は蒸発によるものである。これらのことから考えると,圃場に散布されたベンチオカーブの大部分は田水面から揮散消失するはずであるが,実際にはそんなことはなく,大部分は土壌中に残っている。ベンチオカーブはすみやかに土壌に吸着されて揮散されなくなる。

¹⁴C-PCBを用いた実験でも,水からは容易に揮散する

が,土壌からの揮散は少ない。とくに有機物含量の高い土壌からの揮散はきわめて少ないことが知られている(稲垣ら,1973)。

以上のことから,土壌表面からの農薬の揮散は,一般に考えられているよりも少ないのではないだろうか。多くの農薬で,密閉されたモデル系と圃場とで残留期間が比較的近似していることもこれを物語っている。

しかし,揮散しやすい薬剤や,土壌中で分解が困難な薬剤では揮散が消失の大きい要因となる。たとえば DBN は,室内試験では半減期が平均6カ月(VERLOOP ら,1970)とされているが,圃場での半減期ははるかに短い。殺虫剤のディルドリンは,わが国の圃場での半減期は平均1年くらいとされているが,この消失の大部分は大気中への揮散によるものとされている。

大気中へ揮散した薬剤は,恐らく大部分は太陽光ですみやかに分解されるものと思われるが,気相中での農薬の光分解についてはほとんど研究されていない。

3 溶 脱 ・ 流 亡

散布された薬剤は土壌粒子に吸着されながら土壌中を拡散して行く。農薬の土壌吸着あるいは土壌中の移動に関しては膨大な数の報告がある。詳しくは他の総説^{2,3,14)}をご覧ください。

大部分の除草剤は水溶液または水懸濁液として水とともに移動する。DON SCOTT ら(1972)は性質の異なる10種類の除草剤を試験し,benifin(ベスロン)のように揮発しやすい除草剤は気相および液相の両者で拡散するが,大部分の薬剤は液相中で拡散することを示した。

ではどのような除草剤が移動しやすいであろうか。HARRIS(1969)は28種類の除草剤の移動を土壌カラムで比較し,2,4-D, DPA のような酸性基を持つ除草剤は容易に移行し,フェニル尿素,トリアジン,カーバメートのようなNH残基を持つ除草剤は移動しにくく,水に難溶性の薬剤はさらに移動しにくいことを示した。また,HELLINGら(1968)は16種類の薬剤を4種類の土壌の薄層クロマトグラフで薬剤の移行を比較して同様の結果を得たが,その場合有機物含量の多い土壌は移行が少なかった。

土壌粒子の表面は負に荷電している ので,2,4-D, DPA などの酸性物質は吸着されにくく,また,水に比較的よく溶けるので移行しやすい。NH基のような陽性残基を持つ化合物は吸着されやすくなる。さらにパラコートのようなカチオン性の除草剤は粘土粒子表面に強く吸着されてほとんど移行しない。

除草剤は水に難溶性の化合物が多い。その疎水性によって土壌有機物に吸着される。したがって大部分の除草

剤は有機物含量の高い土壤ほどよく吸着される。また、ベンチオカーブのような比較的水に溶けやすい除草剤は土壤中を移行しやすく、CNPのような難溶性のものは移行しにくい。

荒井ら(1966)は埴壤土および砂壤土の土壤カラムを用い、水が6cm透水する間に動く除草剤の移行を比較した。PCP粒剤1~2cm, MCPCA粒剤2~3cm, TCTDP水和剤埴壤土1cm, 砂壤土2cm, NIP粒剤1cm以内, プロメトリン1cm, DBN粒剤埴壤土2~3cm, 砂壤土3~4cmとの結果を得た。立川ら(1973)はイネ刈取後の田地土壤中のCNPの分布を調べ、残留CNPの90%以上が深さ10cm以内に分布し、その大部分は5cm以内の表土に分布していた。畑地の地下への透水量は水田に比べるとはるかに少ない。2,4-D, DPAなどの有機酸系除草剤あるいは塩素酸塩などを除き溶脱する量は少ないものと考えられる。

表面流亡についても同様ながいよう。PCPが河川に流出し魚に被害を生じていたことは記憶に新しい。水田に散布した直後、除草剤が土壤に吸着される前に溢水すれば当然流亡する。また、畑地でも斜面などで土壤微粒子とともに流亡することはあろう。しかし、一般には流亡流失する量は少ないものと考えられる。

4 土壤中の分解

大部分の除草剤にとって、その消失の主因は土壤中における分解と見てよい。多くの除草剤は圃場での残留期間と閉鎖系でモデル試験での残留期間は比較的近似している。

土壤中における薬剤の分解消失の経過は、同一薬剤で同一の土壤条件においても、土壤によって非常に異なる。下図に示したジフェニルエーテル系除草剤の例(鉄塚ら、

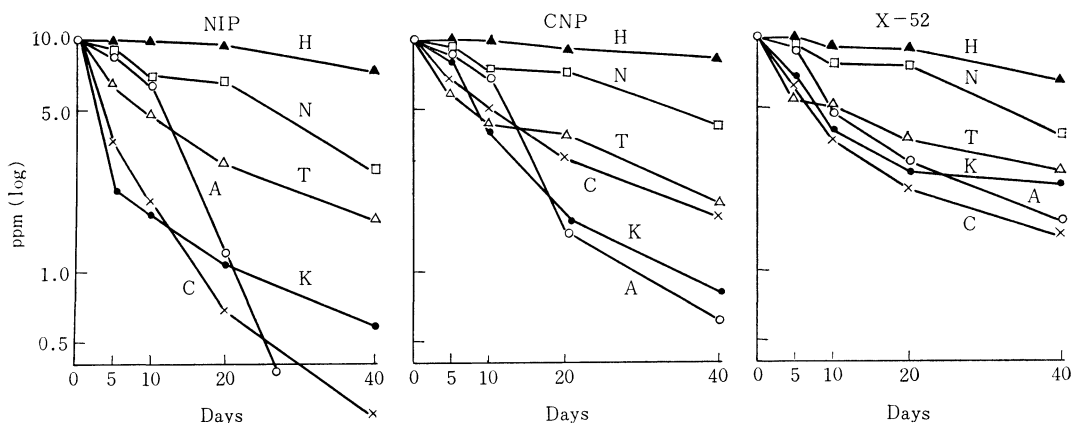
1973)からもわかるように、単に消失速度が異なるだけでなく、消失曲線の形も異なる。PCP, ベンチオカーブも同様な結果であった(鉄塚ら、1972)⁶⁾。また、同一土壤でも、添加薬剤の濃度、土壤の水分条件、温度などが変わると、分解速度のみならず消失曲線の形が変わる。

下図は3種類のジフェニルエーテルを薬剤別に図示したものであるが、これを土壤別にまとめると、薬剤間で分解速度に多少の差はあるが、消失曲線はきわめて類似している。近似した薬剤では消失経過を決定しているのは薬剤の化学構造よりも土壤要因のほうが大きいといえよう。

今、ある土壤で薬剤を分解させた場合、分解の期間中土壤環境条件が一定であり、土壤が均一系であり、薬剤が均一に分布しているなら、理論的には1次反応の分解消失経過をたどり、薬剤濃度の対数を縦軸にとり、経過時間を横軸にとると消失曲線は直線になるかもしれない。事実、消失曲線が見かけ上1次反応となる場合も多い。しかし、土壤はきわめて不均一な系で、その中に薬剤が不均一に分布するだけでなく、土壤条件は微生物の作用を受けて時間の経過とともに変化し、分解に関与する微生物も土壤条件の変化と薬剤添加の影響を受けて大幅に変わって行く。多様な消失経過をたどるのは当然であろう。HAMAKER⁷⁾は各種除草剤の見かけの分解反応次数を集録しているが、たとえばシマジンが同一温度で分解するのに1.3~4.9次、ATAは0.3~13.4次の範囲に分布している。

(1) 土壤の種類と分解

土壤の種類(性質)と農薬の分解との間の相関については詳しく調べられている。土壤有機物、粘土含量、粘土鉱物の種類、カチオン交換容量(塩基置換容量, C.



H: 東山 BC, N: 長野農試, T: 栃木農試, C: 茅ヶ崎, K: 菊川, A: 安城
ジフェニルエーテル系除草剤の各種土壤中における分解 (鉄塚ら、1973)

E. C.), 土壌の pH, 団粒構造などが関与している。土壌のいかなる性質が薬剤分解に関与しているかは薬剤の種類によって異なるが、有機物含量が最も大きい要因になっている場合が多い。有機物が分解微生物の活性に影響していると思われる。土壌の pH も分解微生物の活動に関係し、非常に敏感に反映する薬剤もある。薬剤が粘土鉱物と結合し、容易に微生物の攻撃を受けない形になる場合もあり、その場合は粘土鉱物の種類が大きく関係する。火山灰土壌は有機物含量が高く、薬剤の分解が速い場合が多いが、アルミニウムなどの金属を多量に含むので分解が極端に遅い薬剤もある。

(2) 土壌環境と分解

農薬の土壌中における分解速度は、土壌の水分状態、温度などによって大きい影響を受ける。とくに湛水状態と畑地状態では分解速度が非常に差がある場合がある。たとえば、BHC, DDT, ジフェニルエーテル系除草剤などは湛水状態ではすみやかに分解するが、畑地状態ではきわめて安定である。PCP, DCPA も湛水状態で分解が速い。MCC は畑地状態のほうが分解が速い。

湛水状態と畑地状態での分解の差は、単に水分含量の差ではなく、おもに湛水によってひきおこされる酸化還元状態の相違と、生存する微生物の差によるものと考えられる。土壌を湛水すると還元状態になるが、湛水状態で分解が速い PCP, DDT, ジフェニルエーテル系除草剤などの分解はいずれも還元反応である。また、湛水状態と畑地状態では生棲する微生物の種類が異なっている。畑地状態では細菌のほかにかび、放線菌も多いが、湛水状態ではほとんど細菌しか生棲しない。また、細菌の種類も異なっている。したがってある農薬を分解する微生物の性質によって畑地で速く分解する場合と湛水で速く分解する場合が生ずる。

同じ畑地条件下であれば、多くの場合、水分量は極端に低い場合を除けばそれほど関係しない。水分が最大容水量の 40~80%の間で PCP, MCC と分解速度はほとんど差はなかった。しかし、圃場容水量 (最小容水量にほぼ等しい) 以下では微生物活性に対する影響が大きいので当然分解に影響する。

温度は一般に高いほど分解は速くなる。温度差による分解の遅速の程度は薬剤の種類によって異なるし、土壌環境によっても異なる。たとえば、PCP は湛水状態では高温になると急速に分解が速くなるが畑地状態ではそれほど差はない。MCC は畑地状態の時高温で急速に分解が速くなる。

(3) 農薬の分解と微生物

土壌を殺菌すると農薬の分解は極端に抑えられる場合

が多い。農薬の分解に果たす微生物の役割についてはすでに述べて来た。他の詳しい総説^{1~3,15,16)} もご参照いただきたい。

分解菌は細菌の場合もあり、かびの場合もある。通常 1 種類の薬剤を分解するのに数種類の微生物が関与している。2,4-D の分解菌は 1970 年までに 14 種類が知られている。菌の種類によって分解経路が異なっている場合も多い。一連の分解過程を数種類の菌で分担している場合もある。土壌中では多数の菌が共存し、協力して薬剤を分解していると思われる。

2,4-D を与えたことのない土壌に 2,4-D を添加すると一定の休止期間をおいたのち分解が始まる。2,4-D を分解してしまってから再び添加すると今度は直ちに分解が始まる、このような性質は長期間保持され、1 年間経過したのち 2,4-D を加えても直ちに分解がおきた (Audus, 1960)。PCP も数回くり返して与えると土壌中の分解は次第に速くなる。このような例は多数見つけられている。菌が農薬という天然にない異物に適應して分解する性質を持つとともに、これら分解菌が農薬添加により急激に増加するためと思われる。圃場でも 2,4-D, MCP などは経年散布で残留期間が数分の 1 に短縮した。この問題は除草剤の残留あるいは残効の面で重要な問題であるにもかかわらず、圃場での経年散布の影響についてはあまり調べられていない。

CI-IPC などの N-フェニルカーバメート剤、DCPA や CMMC などの酸アミド剤は、有機リン剤や N-メチルカーバメート殺虫剤が共存すると、土壌中の残留はいちじるしく長くなる。農薬は混合剤が多いばかりでなく、農耕地には次々と各種の薬剤が添加されて行くので、農薬共存下での分解の問題についてもさらに研究する必要がある。

(4) 分解経路

環境汚染、食品汚染の面からいえば、薬剤自身と分解生成物との間にはなんら差はない。分解生成物を明らかにし、その消長を調べることは、薬剤の消長を調べるのと全く同様に重要なことである。

除草剤の主要分解生成物あるいは分解経路については、すでにかんがりの薬剤について明らかにされている。個々の除草剤の分解経路あるいは分解の様式、さらに分解の様式と土壌の性質や環境との関連については記す余裕がなくなった。他の総説^{1~6)} をご参照いただきたい。

お わ り に

除草剤の残留と消長について走り書きしたが、農薬の土壌中の挙動に関してはすでに膨大な研究があり、部厚

い成書¹⁻³⁾もある。これをわずかな紙数の中に簡明に圧縮要約することは到底筆者の力の及ぶところではない。文末に引用列挙した文献はほとんどが総説であるのでこれらをご参照いただきたい。また、筆者もすでに記述^{6,17)}したもののほか、現在「農業科学」誌および「植物の化学調節」誌に、本文とは違った観点から執筆中であるので、合わせてご覧いただければ幸いである。

引用文献

- 1) ed. P. C. KEARNEY and D. D. KAUFMAN (1969): Degradation of Herbicides, Marcel Dekker.
- 2) ed. C. A. I. GORING and J. W. HAMAKER (1972): Organic Chemicals in the Soil Environment, Vol. 1, Vol. 2, Marcel Dekker.
- 3) Pesticides in the Soil, Ecology, Degradation and Movement (1970), Michigan State University.
- 4) C. S. HELLING, P. C. KEARNEY and M. ALEXANDER (1971): Advances in Agronomy, 23: 147.
- 5) P. C. KEARNEY, D. D. KAUFMAN and M. ALEXANDER (1967): Soil Biochemistry, ed by A. D. McLAREN and G. H. PETERSON, p. 318, Marcel Dekker.
- 6) S. KUWATSUKA (1972): Environmental Toxicology of Pesticides, ed. by F. MATSUMURA, C. M. BOUSH and T. Misato, p. 385, Academic Press.
- 7) J. W. HAMAKER (1972): Organic Chemicals in the Soil Environment, Vol. 1 ed. by C. A. I. GORING and J. W. HAMAKER, p. 253, Marcel Dekker.
- 8) T. J. SHEETS and C. I. HARRIS (1965): Residue Rev. 11: 119.
- 9) R. P. UPCHURCH (1966): ibid. 16: 46.
- 10) P. C. KEARNEY, E. A. WOOLSON, J. R. PLIMMER and A. R. ISENSEE (1969): ibid. 29: 137.
- 11) 山田忠男・中村 拓 (1973): 日本雑草防除研究会第12回講演会要旨 p. 111.
- 12) J. R. PLIMMER (1970): Residue Rev. 33: 47.
- 13) ed. F. MATSUMURA, G. M. BOUSH and T. MISATO (1972): Environmental Toxicology of Pesticides. p. 423, p. 435, p. 449, Academic Press.
- 14) G. W. BAILEY and J. L. WHITE (1970): Residue Rev. 32: 29.
- 15) D. R. CULLIMORE (1971): ibid. 15: 65.
- 16) 古坂澄石・仁王以智夫 (1969): 植物の化学調節・4: 117.
- 17) 鉾塚昭三 (1972): 化学工業 23: 1489.

農 薬 要 覧

農林省農蚕園芸局植物防疫課監修

農薬要覧編集委員会編集

好評発売中! ご注文はお早目に!

— 1973年版 —

B 6判 542 ページ タイプオフセット印刷

実費 1,400 円 送料 110 円

— おもな目次 —

- I 農薬の生産, 出荷
品目別生産, 出荷数量, 金額 製剤形態別生産数量, 金額
主要農薬原体生産数量 47年度会社別農薬出荷数量 など
- II 農薬の輸入, 輸出
品目別輸入数量 品目別輸出数量 仕向地別輸出金額など
- III 農薬の流通
県別農薬出荷金額 47年度農薬品目別, 県別出荷数量 など
- IV 登録農薬
47年9月末現在の登録農薬一覧
- V 新農薬解説
- VI 関連資料
水稻主要病害虫の発生・防除面積 空中散布実施状況 防
除機械設置台数 法定森林病害虫の被害・数量 など
- VII 付 録
法律 名簿 年表

— 1964 年版 —

実費 340 円 送料 110 円

— 1965 年版 —

実費 400 円 送料 110 円

— 1966 年版 —

実費 480 円 送料 110 円

— 1970 年版 —

実費 850 円 送料 110 円

— 1971 年版 —

実費 1,100 円 送料 110 円

— 1972 年版 —

実費 1,300 円 送料 110 円

— 1963, 1967, 1968, 1969年版 —

品切絶版

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

土壌中における農薬の微生物分解

農林省農業技術研究所 すず 鈴 き 木 たつ 達 ひこ 彦

は じ め に

農薬の土壌中における分解を考える場合、化学的分解と微生物による分解と分けて考えなければならない。HANCE¹⁾は、微生物の活動は 95°C で停止するので、土壌の温度を 95°C まであげて、農薬の分解の速さを検討した。そして、95°C では、diuron, chlorpropham, atrazine, linuron, picloram の分解はほとんどおこらないことを認めた。SKIPPER²⁾は atrazine は微生物分解よりも化学的分解のほうが早いとし、ARMSTRONG³⁾により hydroxy-atrazine は化学的分解のほうがまざっていることが確かめられた。ERCEGOVICH & FREAR⁴⁾は、土壌の温度を 8°C から 100°C まであげて、温度をあげるにつれて、amitrole の分解ははやまることから、化学的分解によるものとした。しかし、上述したような結果は、微生物の二次的影響、たとえば、微生物によって作られた化合物と農薬の反応などを完全に除くことはできないので、化学的分解と微生物的分解とを完全に区別したということにはならない。

I 土壌殺菌の影響

大部分の農薬は土壌を殺菌することによって、分解がおそくなる。したがって、土壌の微生物によって分解されるのだということになる。右表は農薬の分解に対する土壌殺菌の影響を示したものである。オートクレーブ殺菌がもっとも強烈で、土壌の微生物をころす以上のことをするようであり、非常に多くの場合に、土壌中の農薬の微生物分解の唯一の証明になっている場合が多い。 γ 線照射や薬剤による殺菌も試みられているが、結果はまちまちである。無殺菌土壌と殺菌土壌における農薬の分解速度の比率をとったものが同表に示されている。これらの値はある範囲内の農薬の濃度の変化を経過した時間で割った値にほぼ等しい。また、分解の遅い農薬では長期間、無菌にするのがむずかしいので、殺菌区でも、農薬のゆっくりした分解がおこっている場合がある。同表から、オートクレーブ殺菌は、大抵の場合、農薬の分解速度を 80% 以上低下する場合が多い。しかし、弱い殺菌方法では、殺菌効果はわずかであるか全くない場合がある。Dichlobenil は、 NaN_3 による農薬分解の抑制効果がないものの一つの例である。このような場合、非生

農薬の分解に対する土壌殺菌の影響

農 薬	殺菌または抑制方法	分解速度の割合* 対 照/殺 菌
2, 4-D	オートクレーブ	>5
MC PA	〃	>2.5
Linuron	昇 コ ウ	5.3(13日)
Simazine	オートクレーブ	35
Dalapon	〃	99%消失/ 極微弱(6週)
Dichlobenil	NaN_3	1.0
Dichlobenil	オートクレーブ	5.3
Lindane	アルキルベンゼン	2.0
	サルホネート(1%)	
	NaN_3	1.1
Aldrin	オートクレーブ	2.6
	オートクレーブ	1.2
Dieldrin	エチレンオキシド	1.3
	オートクレーブ	5.0
DDT	エチレンオキシド	1.0
Parathion	オートクレーブ	10.1(嫌氣的)
	NaN_3	1.4
	オートクレーブ	2.2
Crotoxyphos	オートクレーブ	21.6
	照 射	2.6
Parathion	オートクレーブ	2.1
	照 射	2.2

* $\Delta c/\Delta t$ の曲線の直線にならないことを無視して計算された単位時間の変化。

物的で熱に弱いものが関与しているのだろう。GETZIN & ROSEFIELD⁵⁾は土壌の NaOH 浸出液中に無殺菌土壌とほぼ同じ速さで malathion を分解する物質を含むことを認めた。この物質はオートクレーブ殺菌では不活性となるが、 γ 線照射では、活性を失なわない。このように、土壌の殺菌に際しては、微生物をころすことのほかに、未知の物質変化がおこることがあるので、土壌殺菌、とくに、オートクレーブ殺菌については、結果の解析については注意が必要である。

多くの農薬の場合に、実験室内で、それらを分解する微生物を分離することができる。このことは、農薬の消失に微生物が関与するよい証拠となると考えられている。また、別に農薬が微生物の生育のためのエネルギー源として利用されたり、あるいは、農薬の分解のために、他の有機物が必要となきがある。

ALEXANDER⁶⁾は、土壌中あるいは土壌の近くで使われている、24 の有機系農薬の一つあるいはそれ以上を分解できる 53 の同定された微生物のリストを作成した。これらの化合物は、Zineb のような fungicides, allyl

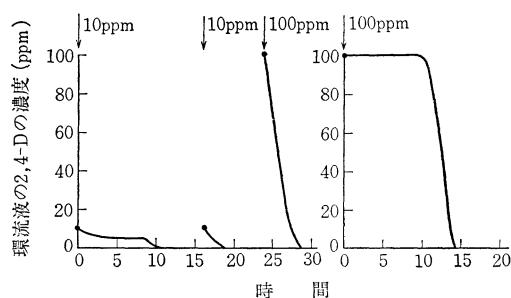
alcohol のような土壌くん蒸剤, 2,4-D, TCA のような除草剤, methyl-mercury dicyan diamide のような種子処理剤を含んでいる。KEARNEY & KAUFMAN⁷⁾ は各種の除草剤の分解に関与する微生物についてとりまとめている。また, GUNNER & ZUCKERMAN⁸⁾ は, diazinon のピリミジン環の分解には, 細菌とかびによる共同作用が関与していると述べているが, このような1種以上の微生物の農薬の分解への関与は土壌中ではごくありふれたことであろう。しかし, この方面の知見はこれまで, ほとんどない。

また, ある場合, 微生物からとりだした酵素が特定の農薬の分解に関与することがある^{7,9)}。このことは, 土壌中に遊離して存在する酵素が分解に関与することを暗示している。SUKUJIN¹⁰⁾ によれば土壌中の遊離の酵素は, 吸着状態で存在し, 溶液中に遊離した場合より, 長い間, 活性の状態でたもたれているという。たとえば, アミラーゼ活性は 150°C で 30 時間, 粘質土壌を加熱しても, その活性の 25% が残存するという。細胞内の酵素活性と細胞外の遊離の酵素活性を区別するのは非常にむずかしいが, 生きた微生物の関与を最小にする条件下でも, いろいろの土壌酵素活性が認められている。土壌から直接酵素を抽出することは, 酵素と土壌粒子の結合がきわめて強いのでむずかしい。しかし, 最近になって, 2, 3 の酵素が土壌から分離されている¹⁰⁾。前ページの表で示されているように, オートクレープ殺菌では分解がとまるのに, γ 線照射では分解がとまらないのは, 土壌の酵素活性をおさえるためには, 微生物を殺す以上の強い照射が必要であることを暗示している。

II 集積と停滞時期

土壌中の農薬の微生物分解に際して, まず問題になるのは, AUDUS¹¹⁾ によって初めて示された lag period (停滞時期) である。第1図は, 2,4-D の分解に際して示されたものであり, 2,4-D の分解の遅れは 2,4-D をくり返し, 土壌に添加することによって, 消失してゆく。最初に加えた 10 ppm の 2,4-D の分解には 10 日を要し, 第2回目に添加された 10 ppm の 2,4-D は3日で消失する。そして, 100 ppm の 2,4-D がわずかに3日で消失するという状態になれば, 定常状態となるし, 最後の曲線でみられるように, 無処理の土壌に, 新たに 100 ppm の 2,4-D を加えれば, 2,4-D のすみやかな分解が始まるまで, 10 日の停滞時期がある。

2,4-D についての分解菌の enrichment (集積) と停滞時期についての研究は数多くある。KIRKLAND¹²⁾ は 2,4-D を実際圃場に, 3 シーズンにわたり, 6 回処理を



第1図 環流液中の 2,4-D の濃度の経時的変化

して, やっと lag period の短縮がおこったと述べているのは重要である。このような違いは, 施用濃度が圃場の場合, 室内実験よりも低いためであろう。これに対して, NEWMAN¹³⁾ によれば, 2,4,5-T はわずか2回ですみ, pyrazon¹⁴⁾ および dalapon¹⁵⁾ は圃場施用量の濃度で enrichment がおこり, 集積土壌を接種しても pyrazon 分解菌の集積はおこり, くり返し施用によって dalapon 分解菌の集積がおこるとされている。parathion の場合には, これらについて明らかではない。一般的にいって, 圃場状態下での lag period の消失には実験室より時間がかかり, 施用回数もふえるようである。

さらに, くり返し施用によっても, 分解菌の集積がおこらないような場合があり, このときには, 微生物による分解とは考えにくい。1 回だけの施用によって, 最初の数週または数カ月で, 分解速度が早くなる例は, monosodium methanearsonic acid¹⁶⁾, picloram¹⁷⁾, diuron と atrazine¹⁸⁾, DDT¹⁹⁾ である。WILDUNG et al.²⁰⁾ は環流法によって, 供試した三つの土壌のうち一つについて, chloram phenicol の lag period があることを示した。しかし, 一方, SHEETS et al.²¹⁾ は, 室内実験でも圃場試験でも chloram phenicol の enrichment と lag period の存在を確認できなかった。lag period の存在は否定できないし, AUDUS¹¹⁾ によって 2,4-D についてはきわめて有力に証明されたので, これまで, 農薬のすべてについておこると考えられがちであった。しかし, このようなことは, 2,4-D の土壌中での行動によって示されるほど普遍的ではないように思われる。とくに, 圃場状態下で, 以上のようなことが, 現実におこっているかどうかは, きわめて重要であるにもかかわらず, データが少ないのは残念なことである。

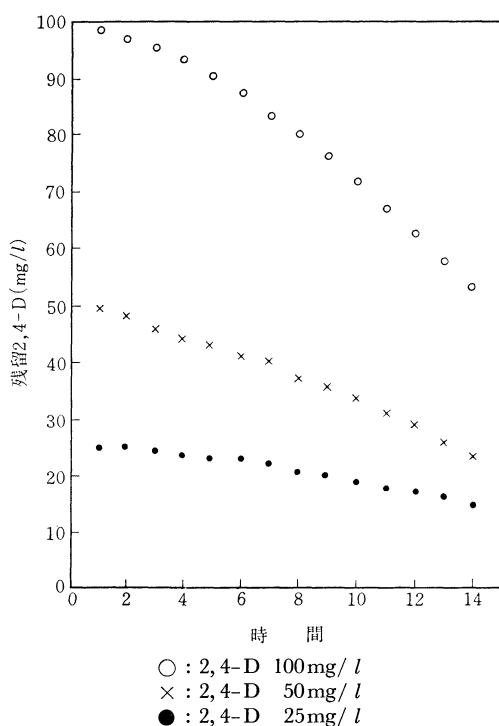
また, lag period と enrichment がおこるときには, 施用回数と初期施用濃度が, 農薬の分解にとっては重要であり, くり返し施用によって, 農薬の分解は早くなるので農薬の施用量と施用回数が増加することになる。

III 微生物分解の機構

lag period の現象がおこるのは微生物からみれば、生育と適応とが対応する。農薬を施用すると、それを分解する特定の微生物の生育がおこる。そこで lag period は微生物の生育の指数曲線に対応するものであり、初め、緩慢な生育に続いて、環境が菌にとって、適切でなくなるまで、烈しい増加がおこる。他方、微生物は、代謝系を時間の経過とともに有効に機能できるような能力をもっている。この適応はきわめてありふれたものであり、好みのエサをとるようになる。すなわち、二つ以上のエサがあれば、微生物は、もっともこのむものがなくなるまで、スキなエサをとり、それから他のエサをとるようになる。微生物が与えられた基質に適応できるようになる時期が lag period に相当する。さらに、lag period の現象がおこる原因としては、農薬が代謝活性の盛んな土壤中で付随的に代謝される場合である。農薬の分解がグルコースを土壤に添加することによって早くなることは McCORMICK & HIETBOLT¹⁸⁾ により atrazine と dinuron について、McCLUSE²²⁾ により 2, 3 の除草剤について、肉汁を添加することにより認められた。McCLUSE はこの現象を cometabolism といっている。このような場合にみられる lag period は農薬そのものによるものではなく、土壤微生物のマスを表わすものである。

HEMETT と FAUST²³⁾ による 2, 4-D の生物学的分解についての研究はこれらの過程の典型的な例である。用いられた微生物の代謝系は 2, 4-D のくり返し施用によって、集積された活性汚泥であり、定常状態に達するのに、少なくとも 2 カ月をはかった。一定量の活性汚泥を 2, 4-D の溶液に加えて、2, 4-D の濃度を定期的にはかる。そのときの 2, 4-D の残留曲線を第 2 図に示した。第 2 図をみるとわかるように、明らかに、濃度変化以外の現象がおこっている。というのは、初期濃度が 100 ppm の 2, 4-D の場合のほうが初期濃度 50 ppm の場合よりも、2, 4-D が 50 ppm 濃度の時点で 2, 4-D の分解が早いことを示している。これは、おそらく、微生物の増殖を反映しているものであろう。しかし、微生物の数は、実験開始時にしか、はかってないので正確なことはいえない。もう一つの原因としては、菌の活性化があげられる。たとえば、2, 4-D をあらたに加えると、2, 4-D 分解の細菌の代謝が活性化される。細胞は、吸着やとりこみによって溶液から物質を除くことができる。このような、不確定要素があるために、時間に伴う農薬の濃度の変化から、分解機構を決定するのには危険が伴う。

HEMETT & FAUST²³⁾ は、2, 4-D および分解菌の初期



第 2 図 一定微生物量 (1,000mg/l) および三つの異なる濃度の 2, 4-D の生物的分解

濃度をいろいろかえて、第 2 図に示したように、経時 2, 4-D の残量と分解菌の変化を追跡して、活性な菌による 2, 4-D の分解機構を検討した。しかし、この研究は、液体培地に活性汚泥中に集積した、比較的、選択的な 2, 4-D 分解菌を加えての実験である。土壤のマイクロフロラは複雑であり、このような単純系での試験は土壤のマイクロフロラの社会をみおとしがちである。とくに、抗生物質のようなものによる菌の相互関係は、単純系より土壤のほうが複雑であるので、これらの単純系での成果を土壤に単純にもちこむときには、注意が必要であらう。

IV わが国の研究例

農薬の土壤中での分解を扱った報告はかなりあるが、土壤中での分解の筋道と関与する微生物の両者をあわせて扱った例はきわめて少ない。土壤から分離した菌の分解能を調べてたまたま、高い分解活性があって、それを用いて代謝を調べたという場合が多く、土壤での分解を明らかにしつつ、enrichment で分離した例としては、Diazinone^{24~26)}、PCP²⁷⁾ ぐらいしかない。

わが国特有の農薬として除草剤 PCP については、土壤中に分解に対する微生物関与の証明^{28~30)}、分解の筋

道²⁸⁾，メチルエーテルの生成³¹⁾が明らかにされている。そのほか，ジフェニールエーテル系除草剤，ベンチオカーブ，Sweep などの分解の筋道が水田と対比されて研究された²⁸⁾。殺菌剤 PCNB については *Fusarium oxysporum* による pentachloroaniline, pentachlorothioanisole の生成が確認され³²⁾，同じ物質の土壌中での生成が認められた³³⁾。そのほか，DCPA の土壌中での分解^{28,34)}，*paecilomyces* による DCPA の分解³⁵⁾ が研究されている。

畑土壌で長命な BHC, DDT も水田土壌の嫌気的条件下では比較的短命であることが明らかにされ^{24,36,37)}，いくつかの有機塩素系殺虫剤の水田での分解の速さが畑土壌条件と比較された。また， γ -BHC の *clostridium* による分解が研究され³⁸⁾，湛水下土壌で γ -BHC が水素化，脱塩素化されて，3,4,5,6-tetrachloro-1-cyclohexene (γ -BTC) になることがあきらかにされた³⁹⁾。土壌中の分解経路として，モノクロ酢酸⁴⁰⁾，CMMP⁴¹⁾，エチルチオメトン⁴²⁾の研究があるが，この方面の研究は，わが国でもようやくその緒についたばかりといえよう。

(わが国の研究例については，岩手大学農学部渡辺巖氏のとりまとめたものによった。記して謝意を表します。)

引用文献

- 1) R. J. HANCE (1970) : Soc. of Chem. Ind. Monograph. No. 37, 92.
- 2) H. D. SKIPPER. et al. (1967) : Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31 : 653.
- 3) D. E. AMSTRONG et al. (1967) : ibid. 31 : 61.
- 4) C. D. ERCEGOVICH & D. E. H. FREAR (1964) : J. Agr. Food. Chem. 12 : 222.
- 5) L. W. GETZIN & I. ROSEFIELD (1968) : ibid. 16 : 598.
- 6) M. ALEXANDER (1969) : in Soil Biology Review of Research, UNESCO. pp. 209.
- 7) P. C. KEARNEY & D. D. KAUFMAN (1969) : Degradation of Herbicides, New York.
- 8) H. B. GUNNER & B. M. ZUCKERMAN (1968) : Nature 217 : 1183.
- 9) J. M. TIEDJE & M. ALEXANDER (1969) : J. Agr. Food Chem. 17 : 1083.
- 10) J. J. SKUJIN (1967) : Soil Biochemistry pp. 371. New York.
- 11) L. J. AUDUS (1949) : Plant & Soil 2 : 31.
- 12) K. Kirkland (1967) : Weed Res. 7 : 364.
- 13) A. S. NEWMAN et al. (1952) : Soil Sci. Soc. Am. Proc. 6 : 21.
- 14) K. C. ENGIRLD & H. L. JENSEN (1969) : Soil Biol. Biochem. 1 : 295.
- 15) D. D. KAUFMAN (1964) : Can. J. Microbiol. 10 : 843.
- 16) D. W. UON. ENDT et al. (1968) : J. Agr. Food. Chem. 16 : 17.
- 17) R. GROVER (1967) : Weed Res. 7 : 61.
- 18) L. L. McCORMICK & A. E. HILTBOLD (1966) : Weeds 14 : 77.
- 19) B. T. JOHNSON et al. (1967) : Science 157 : 560.
- 20) R. E. WILDUNG et al. (1968) : Weed Res. 8 : 213.
- 21) T. J. SHEETS et al. (1968) : Weed Sci. 16 : 217.
- 22) G. W. McCLURE (1970) : Boyce Thompson Inst. Contrib. 24 : 235.
- 23) R. B. HEMMETT, JR. & S. D. FAUST (1969) : Residue Rev. 29 : 191.
- 24) 吉田富男(1972) : 近代農業における土壌肥料 3 : 103 養賢堂.
- 25) N. SETHUNATAN & T. YOSHIDA (1969) : J Agr. Food. Chem. 17 : 1192.
- 26) IRRI. ann. Rept. Soil Microb. (1970, 1971)
- 27) I. WATANABE (1973) : Soil Sci. Plant Nutr. 19 : 62.
- 28) 鉄塚昭三(1972) : 近代農業における土壌肥料 3 : 107.
- 29) 渡辺 巖・林 周二(1972) : 土肥誌 43 : 119.
- 30) 鈴木隆之・能勢和夫 (1970) : 農業生産技術 22 : 27.
- 31) ———— (1971) : 同上 26 : 21.
- 32) T. NAKANISHI & T. OKU (1969) : Phytopathol. 59 : 1761.
- 33) 中西逸郎 (1972) : 日植病報 38 : 249.
- 34) H. CASIDA & P. C. KEARNEY (1970) : J. Agr. Food. Chem. 18 : 859.
- 35) 赤塚伊巳・三平康夫・正木武治(1972) : 茨城大農学術報告 20 : 21.
- 36) 立川 涼 (1969) : 化学と生物 7 : 596.
- 37) T. YOSHIDA & T. F. CASTRO (1970) : Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 34 : 440.
- 38) N. SETHUNATHAN et al. (1969) : Canad. J. Microbiol. 15 : 1349.
- 39) Y. TSUKANO & A. KOBAYASHI(1972) : Agr. Biol Chem. 36 : 166.
- 40) 大内成志・山岡高志 (1971) : 岡山大農学術報告 38 : 24.
- 41) 白川富夫(1970) : 雑草研究 10 : 32.
- 42) 高瀬 巖・津田秀子・吉本佳文 (1973) : 応動昆 15 : 63.

福島県における農薬残留対策

福島県農業試験場 すえ なが ひろし
末 永 弘

はじめに

昭和 45 年 12 月に農薬取締法が改正され、残留毒性が強く、残留期間の長い有機塩素系農薬の製造・販売・使用が規制されたが、土壌中には、長期間残留していて、今なお農作物に検出されるなど、食品衛生上大きい問題となっている。東北地方に位置している福島県は、九州、四国地方に比較して、病虫害の発生は少ない。しかし、本県は、果樹、タバコ、野菜の作付面積が多く、過去に安価で効果の高い、有機塩素系農薬を使用した経歴がみられるので、これらの圃場に対する適切な指導が必要である。そこで、今までの対策指導について、とくにアルドリン、ディルドリンについて若干報告する。

I 福島県における有機塩素系農薬の使用実態

本県における有機塩素系農薬の使用実態は、様々であるが、おもなものをあげると、DDT が果樹、野菜に多く、BHC は水稻に大部分が使用されていた。ドリソ系農薬は、野菜に多い(第1表)が、タバコ畑への使用量も多い。しかも、タバコ耕作地が毎年 400 ha 前後転作および休耕されている(第2表)ことを考えあわせると、跡作物へのドリソ系農薬の吸収が大きな問題となる。

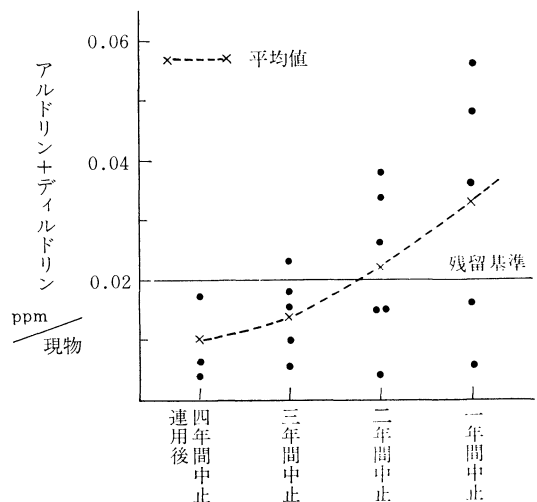
II 県内におけるアルドリン、ディルドリンの作物残留の解析

1 キュウリに対する使用年次との関係

キュウリは、アルドリン、ディルドリンをよく吸収・濃縮しやすい作物である。この作物残留について、いろいろな要因との関係をみると、使用中止後の年数との関係が明らかで、その他は明確でなかった(右図参照)。

第2表 本県のタバコ作付面積の推移と
ドリソ剤の使用量

年度	項目	全作付面積 (ha)	純減反面積 (ha)	ドリソ剤 使用量(t)
41		8310	122.8	不明
42		8310	150.8	〃
43		7880	412.8	〃
44		7440	434.5	145.1
45		7130	485.5	34.5



使用中止後年次とキュウリの残留量

連年使用後 1~2 年間使用中止した圃場からは、残留基準を越えるものが多かったが、3~4 年間使用中止した圃場では、大部分が残留基準以下であった。

単年使用の場合もほぼ同じ傾向であるが、連年使用の場合よりバラつきが大きい。

第1表 本県の有機塩素系殺虫剤の使用量(単位: t)

農薬 年度	D D T				B H C				ドリソ剤			
	40	43	44	45	40	43	44	45	40	43	44	45
水果	21.8	29.9	142.9	12.3	125.6	2,083.1	1,866.6	290.0	—	19.6	—	—
稲	16.7	13.4	14.7	25.1	35.9	52.0	23.6	21.2	—	16.2	4.1	—
樹	1.6	64.5	23.3	15.4	1.5	140.7	10.9	134.2	92.2	88.5	337.2	135.3
菜	1.2	5.5	12.5	6.9	—	—	—	—	—	—	—	—
特用作物	6.3	2.2	—	—	6.0	11.2	—	14.0	1.5	11.3	—	—
その他												
計	47.6	115.5	193.4	59.7	169.0	2,287.0	1,901.1	459.4	93.7	135.6	341.3	135.3

2 土壌中の残留量と使用年次の関係

作物残留の場合と同様、使用中止後の年数の長い圃場ほど残留量は少ない。また、単年使用の場合は、バラつきが大きいがほぼ同じ傾向を示している。

3 作物および土壌残留と土壌の理化学性

土壌の理化学性と作物および土壌の残留量の関係はあまり明らかでないが、粘土含量が多くなると、土壌中に残留しやすいが、作物体への吸収・濃縮は少ない。逆に、粘土含量の少ない砂質土壌では、土壌残留量は少ないが、作物体には、割合多く残留する傾向がみられ、残留基準を越えるものもみられた。

III アルドリンの土壌中における分解促進と作物残留軽減対策試験

土壌中に長期間残留する農薬の分解促進を図り、農作物の農薬吸収を抑制する方策について、46年から試験した結果は、次のとおりである。

1 設 計

- ① 農薬散布量 (4%アルドリン粉剤) 1.2 kg/a 全面散布
- ② 供試作物：ダイコン (美濃早生), 5月中旬播種

第3表 区 の 構 成

区 名	項 目	農 薬 散布量 (kg/a)	肥 料 (kg/a)			堆 肥 (kg/a)	備 考
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
I	1 無改良区	1.2	2.5	2.0	2.5	—	—
	2 改良A区	〃	〃	〃	〃	400	
II	1 改良B区	〃	〃	〃	〃	—	pH5.0 に調整
	2 改良C区	〃	〃	〃	〃	400	
III	1 改良D区	〃	〃	〃	〃	—	pH5.0 +ばっ 気処理
	2 改良E区	〃	〃	〃	〃	400	

農薬は46年に散布, 47年は散布せず。pH調整は46年, 47年ともに1/50 NH₂SO₄を使用。堆肥は47年から施用。ばっ気は播種前に1週間ごとに1回ロータリーで撹拌。

第5表 ダイコンの部位別残留量と吸収量

試 料 No.	頭 部			尻 部			皮 部			葉 部					
	濃 度 A	濃 度 B	吸収量	濃 度 A	濃 度 B	吸収量	濃 度 A	濃 度 B	吸収量	濃 度 A	濃 度 B	吸収量			
①	0.016	0.320	4.8	0.044	0.882	11.0	0.118	0.390	5.1	0.015	0.088	4.0			
②	0.002	0.040	0.6	0.022	0.448	6.5	0.024	0.079	1.0	0.006	0.035	1.6			
③	0.007	0.140	1.4	0.013	0.260	2.2	0.014	0.048	0.3	0.011	0.064	2.8			
④	0.004	0.080	1.1	0.010	0.202	2.3	0.017	0.056	0.6	0.006	0.056	0.6			
吸収量 の部位 別割合	16.7			:	45.8			:	15.0			:	22.5		

濃度 A : ppm/現物, 濃度 B : ppm/乾物, 吸収量 : μg/本。

③ 規模 : 1 区 56 m²

④ 土壌型 : 表層腐植層なし強粘土型 (Lic)

⑤ 区の構成 : (第3表)

2 試験結果

① ダイコン中の残留量は, 初年目, 2年目とも改良B区, 改良D区の順に低下し, 明らかに処理効果が認められた。2年目は, 全体的に初年目の1/2以下に減少し, 無改良区だけが残留基準を越えていた。葉部では, 初年目, 2年目とでは, あまり差はないが, 処理間差は認められる。この結果作物体の吸収減少率割合は, 初年目で24~52%, 2年目で43~76%と効果は顕著で, 2年目により大きい効果がみられた (第4表)。

② 2年目に有機物の効果を試験したが, 改良A区(無改良+堆肥区)で30%近い吸収抑制効果が認められたほかは, あまり差がなかった。土壌中の残留量が低下してくると有機物の顕著な効果は現われにくいようである。

③ ダイコンの部位別残留量とその分布状況は, 第5表のとおりである。残留濃度は, 尻部>頭部>皮部>葉部の順であるが, 吸収量で比較すると尻部>葉部>頭部>皮部の順で, 皮部に15%, 葉部に22~23%分布して

第4表 ダイコンの残留量と処理効果

区 名	項 目	残留量 ppm/現物				吸収減少率 (%)			
		46 年		47 年		46 年		47 年	
		根	葉	根	葉	根	葉	根	葉
I	1 無改良区	0.054	0.018	0.021	0.015	—	—	—	—
	2 改良A区	〃	〃	0.015	0.006	〃	〃	29	60
II	1 改良B区	0.041	0.009	0.021	0.011	24	50	43	27
	2 改良C区	〃	〃	0.011	0.011	〃	〃	48	27
III	1 改良D区	0.026	0.008	0.005	0.006	52	61	76	60
	2 改良E区	〃	〃	0.008	0.009	〃	〃	62	40

* 吸収減少率(%) = $\frac{(\text{無改良区} - \text{改良区})}{\text{無改良区}} \times 100$

第 6 表 土 壌 中 の ド リ ン 剤 の 経 時 的 変 化

項 区	目 名	1 日 (46 年)		80 日 (46 年)		150 日 (46 年)		350 日 (47 年)		500 日 (47 年)	
		R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂
I—1	アルドリ ン ディルド リン 合 計	0.406	(100)	0.100	(24.0)	0.065	(16.0)	0.083	(20.4)	0.056	(13.8)
		0.229	(100)	0.370	(161.2)	0.362	(158.1)	0.156	(66.8)	0.139	(60.8)
		0.635	(100)	0.470	(74.0)	0.390	(61.4)	0.239	(36.1)	0.195	(30.7)
II—1	アルドリ ン ディルド リン 合 計	0.391	(100)	0.051	(13.0)	0.045	(11.5)	0.029	(7.4)	0.040	(10.2)
		0.250	(100)	0.393	(157.2)	0.237	(94.8)	0.128	(51.2)	0.105	(42.0)
		0.641	(100)	0.444	(69.3)	0.310	(48.4)	0.157	(24.5)	0.145	(22.6)
III—1	アルドリ ン ディルド リン 合 計	0.355	(100)	0.051	(14.4)	0.029	(8.2)	0.021	(5.9)	0.031	(8.7)
		0.286	(100)	0.352	(123.1)	0.235	(82.2)	0.157	(54.9)	0.104	(36.4)
		0.641	(100)	0.403	(62.9)	0.264	(41.2)	0.178	(27.8)	0.135	(21.1)

R₁: 残留量, R₂: 残存率%.

いる。

④ 土壌中の濃度の変化は、改良 B 区 (II—1), 改良 D 区 (III—1) の順に減少している。初年目は急激に減少し、2 年目では暫減する傾向を示している。また、アルドリンは急激に減少するが、ディルドリンは一時増加し、再び減少する傾向を示している。これは、アルドリンが分解し、ディルドリンに変化したものと思われる (第 6 表)。

3 ま と め

以上の試験結果から、土壌中に残留するアルドリン、ディルドリンは、pH 調整およびぼっ気という土壌の攪拌により分解が促進されるとともに、ダイコンへの吸収が抑制される傾向がみられる。また、有機物施用の効果は、土壌中に多量残留している場合には効果が認められるようである。したがって、気散、酸化分解および微生物による分解を促進させ、無毒化するためには、有機物を多量施用するとともに、ロータリーによる耕耘攪拌や天地返しなどが効果的な方策と言える。

IV 本県の有機塩素系殺虫剤に対する 基本的改良対策

ードリン系農薬を使用した畑地における
野菜類の作付について—

(1) ドリン系農薬を使用した経歴のある畑地に対する残留性農薬を吸収しやすい作物の作付けをさせ、使用した経歴のない畑地、または、水田に作付けすることが

望ましい。

(2) (1) に該当する畑地のない場合は、当該農薬の使用後 3 年間、その農薬の使用を中止しているところを選ぶ。ただし、その場合でもそれ以前における使用実態 (使用回数、使用量、使用方法など) を十分考慮するとともに次の総合対策を励行すること。

(3) 総 合 対 策

① ドリン系農薬は一切使用しないこと。なお、タネバエの防除には CVP (ビニフェート粉剤)、ECP (VC 粉剤) を使用すること。

② 作付前 (休耕中) に有機物を多量施用し、深耕返転を行ない、土壌中の分解促進を図る。キュウリなどタネバエの被害の多い作物を作付けする畑地では、タネバエの発生期までに有機物の分解が終わるように早めに施用する。

③ 作付けする作物はできるだけ吸収しにくい、下記の作物を選ぶ。

ドリン系農薬を吸収しやすい作物

キュウリ、ダイコン、ジャガイモ、ニンジン、カブ、ゴボウ

ドリン系農薬を吸収しにくい作物

トマト、ナス、ピーマン、キャベツ、ハクサイ、レタス

以上の諸対策を忠実に実行させ、農作物の農薬による汚染を完全に防止するように努めている。

新潟県における農薬残留対策

新潟県農業試験場 小 山 正 一

新潟県において農林部内に農薬残留に関する調査研究の体制が組まれたのは、農林省の農薬分析機器設置事業(昭和44年)により分析機器が設置された時からである。しかし、「農薬残留」が新しい分野の仕事であったことから、軌道に乗るまでには多少の時間を要した。

当初から農薬残留問題の中心は有機塩素剤であり、現在でも未解決の問題が多く、県単、国補による特別試験研究を初め、国および日本植物防疫協会などから委託されている残留調査事業などを農業試験場と園芸試験場で分担して進めている。

ここではこれまでに実施してきた、水田における BHC の残留調査の結果や、畑地における有機塩素系農薬の残留調査結果を中心に本県の実情を述べてみたいと思う。

I 水田における BHC の残留

新潟県の水田での BHC は、昭和 24 年から粉剤が使用され、その後粒剤の水面施用技術の普及で 45 年には約 2,500 t の BHC 剤が使用された。

したがって、本県が米の主産県であるだけに、使用禁止後における土壌中の残留や、イネ体への吸収移行による玄米中の残留が懸念された。

そこで、46 年から特別研究として 3 年間の計画で県内の BHC 多用地帯 4 カ所に、農試の無散布圃場を対照に加え、土壌中の残留消長とイネ体への吸収移行を調査することになった。

46 年度の結果は下表に示すように、耕起前調査では Y—I, II は 1 ppm, K—I, II は 0.1 ppm オーダーの残留があった。農試圃場からも検出されたことは、周囲からの汚染によるものと思われる。

一方、深さ別に検討した結果では 0~20 cm までに多く残留し、20 cm 以下ではいずれの地点も 0.05~0.1 ppm と少なかった。

水田土壌中(0~10 cm)とイネ体中の総 BHC 残留量
(単位: ppm) (新潟農試, 1971)

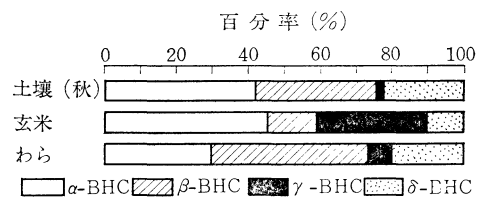
項目 地点	耕起前土壌	収穫時土壌	玄 米	わ ら
Y—I	5.460	0.986	0.073	2.015
Y—II	1.229	0.180	0.060	0.375
K—I	0.345	0.186	0.030	0.236
K—II	0.691	0.221	0.031	0.281
農 試	0.111	0.084	0.014	0.230

また、異性体別についてみると、表層には α -BHC とともに β -BHC の比率が高く、下層では β -BHC だけがほとんど浸透していないなど、既往の報告にある各異性体の性質がよく現われていた。

収穫時の調査では、各地点とも深さ 20 cm までは耕起前の 1/2~1/10 に減少していたが、20 cm 以下ではほとんど変化がみられなかった。このことは、下層は表層に比較して物理化学的な分解作用を受けにくいと考えられた。

イネ体中の残留量は表に示したように、それぞれの最高値は玄米が 0.073 ppm, わらが 2.015 ppm であった。これらの濃度を土壌中濃度と比較すると、玄米は平均 0.2 倍, わらは平均 1.9 倍となり、わらの残留は土壌中の濃度よりかなり高かった。

また、各異性体の比率をみると、第 1 図にその 1 例を示したように玄米では、 α -BHC と γ -BHC の比率が高く、わらでは、土壌中の傾向と同じく α -BHC と β -BHC の比率が高かった。これはイネの体内では、 α , γ の両異性体が移行しやすく、稔実期には同化デンプンとともに玄米に移行蓄積するものと思う。

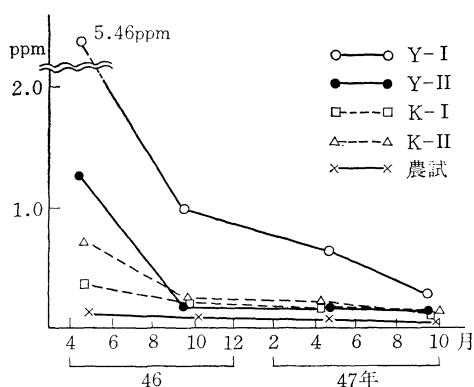


第 1 図 土壌およびイネ体中残留 BHC の異性体比率の 1 例 (Y—I 地点) (新潟農試, 1971)

47 年度調査 (2 年目) の結果から得られた、表層 (0~10 cm) の総 BHC の残留消長は第 2 図のようであった。

最後の使用から 1 年経過した 46 年秋の減少幅は大きい、それ以降は漸減しており、各地点間の残留量の差も小さくなっている。したがって水田の BHC の残留消長は、今後もこの状態がしばらく続くのではないかとと思われる。

しかし、当初懸念された玄米中の BHC 残留については、多用地帯でもっとも多いもので、0.073 ppm と残留基準のほぼ 1/3 であることから、46 年度以降の他地域



第2図 水田表層(0~10cm)中の総 BHC
残留消長(新潟農試, 1972)

産米についても残留基準を越えるものはないと推定された。

II 畑地における有機塩素系農薬の残留

数年前、畑地ではドリン剤を中心とした有機塩素系農薬の残留が全国的に大きな関心事となったが、本県もその例外ではなかった。幸い県内で生産される野菜類の大半は、県内で消費されるため、県外で問題を起こすことはなかった。

しかし、その後の県衛生部の検査では、県内産畑作物にも残留基準を越えるものがいくつか見出された。このことから、県農林部では昭和46年から、次のような点を考慮して調査地点を選定し、畑作物と土壌中の有機塩素系農薬を分析して、その結果から指導対策を強化することとなった。

① 調査対象地域は、生産組合または出荷組合など共同体制の確立された地域とする。

② 病虫害防除所を中心とする関係機関で、各地域における過去の BHC、アルドリンなどの使用状況調査を行ない代表地点を選ぶ。

③ 代表地点については、分析試料を採取するとともに過去5年間のアルドリン、その他農薬の使用状況調査書を作り分析結果と合わせて検討する。

以上の要領により調査した結果、46年は使用禁止措置の翌年だったこともあって、前年度まで多く使用していた圃場のキュウリ、ジャガイモの中には、残留基準に近いものや基準を越えるものが何点が認められた。そしてこれらの土壌中からは総 BHC が 2 ppm 前後、アル

ドリン+ディルドリンが 1 ppm 前後など高い値を検出した。そこで、このような圃場に対しては深耕、客土、作物の転換などの指導がなされた。

その後、今年度までにトマト、ダイコン、キャベツ、ホウレンソウなどを調査したが、いずれも残留基準以下や検出限界以下であった。そして最近では、土壌中の残留量も逐次減少しており、現在はキュウリを除いてほとんど問題はなくなっている。

キュウリについては、ドリン剤の吸収率が大きいことなどから、現在の土壌中残留量では、「どの圃場も全て安全である」とは言い切れず、作付けにあたっては十分な配慮が必要である。

III 技術指導と行政対策

国において諸規制が設定されたことに対応し、県では昭和46年から病虫害防除指針、農薬安全使用対策資料などを通じて、有機塩素系殺虫剤の使用禁止を初めとする農薬安全使用の徹底をはかってきた。

とくに防除指針には、「稲作後期の薬剤散布では安全使用基準未設定農薬は収穫20日前までに完了するよう計画する」「果樹、そ菜の防除には付表の安全使用基準を厳守する」「水質汚濁性農薬を使用するものは、県の指導要領を守り規制区域外の使用にあたっては、全て市町村を通じ県に届け出なければならない」などを明記し、病虫害予察情報にも対象となる薬剤については散布時の注意事項として、これらを追記して指導の徹底をはかっている。

また、46年には畑作物を対象に「農薬の土壌残留に関する対策指針」を作り指導を行なった。さらに「畑地における残留農薬調査対策並びに残留農薬分析調査実施要領」により、前述の残留調査を行ない、残留の多い圃場(地域)では転作、客土、天地返しなどを指導している。

なお、この調査の一環として衛生部の検査で残留基準を越えた検体があった場合には、即座に追跡調査をやるように体制を整えている。

今年度に入ってから、全国および県内における新しい研究成果を織り込んだ資料に対策指針を一部改正し、県、市町村、農協関係者による検討会を行なって、来年度以降は絶対に残留基準を越えるような畑作物の生産はしないよう、今から技術的指導と行政対策の徹底に努力することを申し合わせた。

徳島県における農薬残留対策

徳島県農業試験場 ^{なが}永 ^い井 ^{よう}洋 ^{そう}三

I 土壌残留対策調査開始まで

徳島県では昭和 44 年度に農林省の補助によって農薬残留分析機器を農業試験場に設置し、45 年度から農薬残留対策研究が発足した。

分析など事業運営担当は農業試験場病虫科で、発足当初は害虫関係試験研究担当者 1 名が兼任で試験にあたった。調査計画、研究計画などは農業改良課と農業試験場との協議によって決め、調査結果、対策などの発表は高度に政策的配慮が必要であるので農業改良課長が行なうことになった。

まず手始めにとりかかったのが、アルドリン粉剤を施用した圃場（ビニルハウス）のキュウリの調査であった。分析結果から土壌残留の事態の重大さに驚き、文献の収集、分析方法の検討などにつとめるとともに、この問題についてのパイオニアである高知県衛生研究所の上田雅彦主任研究員にご教示を仰ぐなど、調査準備を整えつつあった。

その矢先、大阪市衛生研究所による本県初め各県産のキュウリの分析結果が発表され、当該産地の出荷が停止されたばかりでなく、その他の産地にまで影響が波及して生産農家、出荷団体は重大な打撃をこうむった。

徳島県農林水産部では急遽この対策樹立のため緊急調査を行なうことになり、農業試験場の農薬残留分析担当者を中心に、農業試験場病虫科 3 名、同農芸化学科 1 名、食品加工試験場 2 名、飼肥料検査所 1 名、計 7 名の農薬残留対策調査班を結成した。

II 土壌残留対策調査の目標

対策調査班は、次のように当面の問題を解析し調査方針をたてた。

(1) 当面している農薬残留問題で最も重大なことはアルドリンを施用した圃場には多量のアルドリン、ディルドリンが残留し、これを作物がよく吸収することである。

(2) 土壌残留の実態はおそらく各農家の個々の圃場ごとに異なる場合もあると考えられるので、これら個々の圃場について、限られた時間、労力、予算、施設の制約下では残留の実態を明らかにすることは不可能である。

(3) 土壌残留量は施用量と施用後経過時間とによっ

て支配されると考えられるので、各条件にあった標本（試料）を選びその実態を明らかにして、上記の要素から個々の圃場での土壌残留量が推定できるようにする。

(4) キュウリ、ホウレンソウ、その他本県の重要産物である野菜類の種類ごとに、土壌からの吸収特性を明らかにする。

第一段階として、キュウリ、ホウレンソウに重点をおく。

(5) 以上の調査結果から、残留許容量をこえるような作物が生産されることを防ぐため、薬剤の使用歴から作付指導などの対策がとれるような基準を作る。

この方針にのっとり、短期間に最も能率よく土壌残留と作物による吸収の実態を把握するため、県下の主要野菜産地について最近 4～5 年間の薬剤使用歴の明らかな圃場に限定して調査対象とし、薬剤施用年次の異なる圃場を選んで、その土とそこに栽培された作物を分析に供した。

一般農家や団体の分析依頼は、分析能力も不足であり、また、同じような条件の試料にかたよるおそれがあり、前記の条件に合わないものが多いので応じないことにした。

III 安全栽培基準の発表

このような体制のもとに昭和 45 年 9 月末までに分析できたキュウリとその栽培土壌合計約 40 点の試料の分析結果により、圃場のアルドリン粉剤の施用量と施用後経過年数とから、その圃場にキュウリの栽培が可能かどうかを推定する安全栽培基準（むしろ安全栽培指針とよんだほうがよい）を作成し、同年 10 月初めに県下に公表した。

引き続き、11 月中旬までに土壌 60 点、キュウリ 5 点、ホウレンソウ 14 点など 82 点の分析結果を加えて、キュウリ、ホウレンソウ、トマトの安全栽培基準を作成し、11 月 20 日付で公表した（第 1、2 表）。

翌 46 年 9 月には、ダイコン、イチゴ、キュウリ、ホウレンソウ、トマトについての安全栽培基準を公表した。これは前回以後の分析結果、他県での調査結果などもあわせて考察し、キュウリ、ホウレンソウについては若干の手なおしを行なったものである。

47 年 4 月にはヘプタクロルの土壌残留を懸念して、

第 1 表 アルドリン粉剤施用圃場における
キュウリの安全栽培基準

10a 当 たり施用量	経過年数 0	1	2	3	4
1 kg 以下	△	△			
3 kg 以下	×	×	△	△	
6 kg 以下	×	×	×	△	△
9 kg 以下	×	×	×	△	△
12 kg 以下	×	×	×	×	△

無印：栽培可，×：栽培不可，△：基準をこえることがある。

第 2 表 アルドリン粉剤施用圃場における
ハウレンソウの安全栽培基準

10a 当 たり施用量	経過年数 0	1	2	3	4
1 kg 以下	△				
3 kg 以下	×	△			
4 kg 以下	×	×	△		
6 kg 以下	×	×	×	△	
9 kg 以下	×	×	×	△	△
12 kg 以下	×	×	×	×	△

記号は第 1 表と同様。

国の規制の態度が明らかにされるまで作物への使用を見合わせるよう県内の関係機関に通知した。

IV 安全栽培基準作成の手順

土壌とその土で栽培された作物との分析結果を作物ごとに図上にそれぞれ縦軸と横軸にとると、分析結果の点はほぼ幅をもった帯状の曲線の中に入る。これがその作物の吸収曲線である。土壌の分析結果をこの曲線にあてはめると、その土壌に栽培した場合の作物の残留量

(含有量)が推定できる。逆に作物の残留基準から、安全な土壌残留濃度の限界値が推定できる。土壌残留量は施用量と施用後経過時間(年)とから推定できるので、薬剤の施用量と施用後経過時間とから安全な作物が栽培可能かどうかを推定する「安全栽培基準(安全栽培指針)」ができる。

V 事業予算とその後の調査研究体制

農薬残留対策試験費(県単独)として昭和 45 年度は当初 20 万円、追加 60 万円、計 80 万円、46 年度以降は毎年度 60 万円の予算が認められている。46 年度以降環境庁委託の農薬残留対策調査事業を実施しているので農薬残留分析調査関係予算は大幅に増加した。

分析機器の拡充は、44 年度に農林省の補助で機器を設置後、45 年度にガスクロマトグラフ用 ECD を 1 台追加したほか見るべきものはなく現在に至っている。

農薬残留対策調査班は、昭和 45 年 12 月初めに結成後わずか 3 カ月で解散してしまい、それから後の研究調査は農業試験場病虫科において他の業務と兼務の職員 2 名によって続けられている。

アルドリン、ディルドリンが使用されなくなって 4 年が経過しようとしている。土壌によってこれら薬剤の分解能力はかなり差があり、全国的にみても大部分の圃場では安全限界残留量以下になっているが、ごく少数の圃場ではなお危険な量が残留している可能性がある。このような圃場をどうやってとらえ、どのように汚染軽減対策をとったらよいかは、これからの農薬残留対策試験担当者の課題であろう。

新刊本会発行図書

防 除 機 用 語 辞 典

B 6 判 192 ページ 2,000 円 送料 110 円

防除機の名称、部品名、散布関係用語など 523 の用語をよみ方、用語、英訳、解説、図、慣用語の順に収録。他に防除機の分類ならびに散布関係用語、防除機関係単位呼称、薬剤落下分布および落下量の簡易調査法、高性能防除機の適応トラクタの大きさ、防除組作業人員、英語索引を付録とした農業機械と病害虫防除の両技術にまたがる特殊な必携書。講習会のテキスト、海外出張者の手引に好適。

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

高知県における農薬残留対策

高知県農林部農業技術課 いしもと 石本 しげる 茂
高知県農林技術研究所 やまもと 山本 まさあき 公昭・ぬ た はらまさみつ 奴田原誠克

はじめに

農薬は、病害虫に侵されていない新鮮な農作物を豊富に供給するという本来の目的を果たしたのち、種々の経路を経て食品に残留する恐れがある。すなわち、直接散布された作物はもちろんのこと、全く防除歴を持たない作物でも土壌に蓄積していた農薬を吸収するし、また、家畜・家禽中にも飼料中の残留農薬が移行して酪農・畜産製品に残留したりする。しかしながら、現時点では農薬を使わない農業は困難であって、食品残留をできる限り少なくし、病害虫に対する効果を増大するためには、適期かつ効率的に農薬散布を実施することが第一条件となる。高知県では、残留農薬が大きく社会問題化していた昭和 46 年に高知県農林技術研究所に農薬残留研究室を設置し、農薬の作物残留、土壌残留、分解などの調査研究を開始し、同研究所の病理・昆虫両研究室の病害虫防除研究とあわせて、以前にも増して強力な技術・行政指導を実施している。

I 全国に先がけての農薬の使用規制措置

本県では、農薬を使用している本人や圃場周辺の人々に対する危害防止のため、昭和 39 年ころから毒性の高い特定毒物や毒物、ならびに持続性の高い薬剤の使用廃止指導をおし進めた。その結果、45 年の時点では流通農薬のほとんどが劇物または普通物の薬剤となり、使用中の事故が絶無に近くなった。一方、43 年には食品衛生法に残留農薬対策がうたわれ、それに対応して農薬安全使用基準が作られた。これに伴い本県では、43 年から 45 年にかけて残留基準が設定された農薬の使用基準については、高知県の複雑な栽培体系のため農家が残留基準に抵触しない方法を実施するには適用困難な点が多いと判断し、こうした薬剤を全面的に使用廃止し、代替薬剤による使用指導を推進した。

なかでも、43 年 12 月制定の昭和 44 年度病害虫防除基準策定にあたって、DDT 剤使用の全廃、食用作物における BHC 剤の使用制限（ミカン塗布とイミズトゲミギワバエ対策のみ使用）を決定し、すでに 40 年に使用の全廃を決めていたドリン剤を使用しないことを再確認した。44 年 1～2 月にかけて、この趣旨を徹底するため

に県内 4 ブロックで説明会を開催し、全国に先がけてこれらの農薬の使用規制を実施した。

II 「使わない」「買わない」「売らない」運動

昭和 44 年 12 月には、残留農薬対策のなかで残留懸念度の高いドリン剤について、潜在需要の最も多い煙草作の取り扱いに対処するため、係職員が専売公社の地方局、各出張所へ出向き、ドリン剤を使用しないよう県の指導方針に協力を求めた。さらに 45 年 5 月、県知事名で農林大臣・中国四国農政局長・専売公社総裁に、ドリン剤、BHC、DDT などの塩素系農薬の使用について規制措置をとるよう要請した。

とくに、ドリン剤や BHC 剤については、安価で効果が安定していることが根強い需要を支えていたので、45 年 1 月に県および県内指導団体・流通団体の一致協力により法規上、販売が認められている農薬の使用廃止手段として「使わない」「買わない」「売らない」の 3 ない運動を起こし、この運動を中心として農薬適正使用推進の高揚をはかり、農薬による残留基準違反の防止に努めた。

III 農薬残留研究室の設置

以上述べたように、高知県では昭和 44 年の稲作から、問題化したすべての塩素系殺虫剤を追放する方針を決め、45 年から県独自で「3 ない運動」などにより完全に BHC や DDT を締め出すことに成功した。ちなみに、農林省ではその翌年の 46 年度から BHC・DDT の水稲への使用を禁止している。

これらの措置にもかかわらず、44 年暮に、本県の牛乳中に BHC、とくに β -BHC が残留していることが、高知衛研より報告され（上田ら、1970）、厚生省は事の重大性にかんがみ、45 年の 1～3 月の期間に全国 9 都道府県の衛生研究所の協力を得て、全国的な牛乳の調査を実施し、BHC 汚染が全国的であることがわかった。さらにその上、44 年以前に使用していたドリン剤の残留による基準違反が本県産の農作物、とくにキュウリにおいて局所的に派生し問題となった（西本ら、1971）。

これらのことが契機となり、従来県衛生部が食品として調査していた農作物の残留農薬については、県農林部が今後の指導方針策定のために、積極的に調査研究を実

施すべきだとの方針を決定し、46年4月1日に県農林技術研究所に農薬残留研究室を設置し、3名の専任職員を配置した。また、本県が気象的に温暖多雨であり、全国的に例の少ない複雑な栽培体系による土地利用や資材供給が行なわれているという特殊事情もふまえて、本県独自の農薬使用指導を行なう必要があったことも、県の農業試験場では、全国で初めての農薬残留研究室設置の一因となった。

IV 調査研究成果

研究室で実際の業務が開始されたのは、昭和46年7月であった。初年度は当面の問題点であったアルドリ・ディルドリンの野菜への残留対策に焦点を絞り、調査研究を行なった。2年目からは、残留基準設定のための試験を環境庁より委託され、48年度からは農林省助成の追跡調査・特殊調査が追加されたが、研究の大半を施設野菜栽培における農薬残留対策のための資料作成に費やしている。以下は調査研究成果の一部である。

1 アルドリ・ディルドリン対策のための栽培指針

かつてアルドリ剤を施用したことのある圃場で安全対策を講じるためには、参考となる調査研究成績が少なく、まとまった指導指針を定めることができなかった。そこで各種試験を実施し、昭和47年7月に次のような農薬安全対策栽培指針を発表した。

(1) アルドリ剤施用からキュウリ安全栽培までの経過年数の推定

アルドリ剤施用年次と施用量をもとにして、第1表を参照して安全栽培が可能であることを承知したうえでキュウリを栽培すること。ただし、2年以上にわたって施用されている場合は、アルドリ・ディルドリンの半減期を1年として最終施用年次の施用量に加算する。

第1表 アルドリ剤施用からキュウリ安全栽培までの経過年数

経過年数 10a当 り施用量	1	2	3	4	5	6	7
1 kg	×	×	○	○	○	○	○
2 kg	×	×	×	×	○	○	○
3~5 kg	×	×	×	×	○	○	○
6~10 kg	×	×	×	×	×	○	○
11~12 kg	×	×	×	×	×	×	○

注 ×：栽培不可，○：栽培可

これらの推定方法は次のようにして求められた。まず、キュウリ果実中のアルドリ・ディルドリンの残留濃度は、多くともせいぜい土壌濃度の1/3であったので、キュウリの残留基準0.02 ppm 以下にするためには、土壌

濃度は0.06 ppm 以下でなければならない。一方、土壌中のこれら農薬は西本ら(1971)の提案どおり半減期が約1年であることを確認できたので、10a当たりの作土量を100 tとして農薬の濃度減少曲線を作成し、0.06 ppm にまで低下するに要する経過年数を求めた。なお、2年以上にわたって施用されている場合の施用量の加算方法は永井(1972)の方法を用いた。

(2) アルドリ・ディルドリンの残留が少ない作物の選定

キュウリ栽培が不可と思われる圃場では、その土壌残留量の多少により、第2表を参照して残留の少ない作物を選定し、栽培すること。

第2表 野菜(可食部)のアルドリ・ディルドリン残留の程度

区 分	作 物
残留の多い作物	ニンジン、ジャガイモ、キュウリ
残留の比較的多い作物	ダイコン、サツマイモ、エリザベスメロン、シロウリ
残留の比較の少ない作物	サンライズメロン、ハウレンソウ
残留の少ない作物	ハクサイ、キャベツ、フダンソウ、レタス、スイカ、ダイズ
残留のほとんどない作物	ナス、トマト、ピーマン、インゲン、オクラ

可食部の残留濃度は、ウリ科の野菜を除き、根菜類>葉菜類>果菜類の順に高い傾向が認められた。スイカを除いたウリ科の果実は他の果菜類と異なり、根菜類と同程度の高い残留を示した(山本ら、1973)。

(3) 土壌中のディルドリンの分解促進

水田土壌を湛水状態にし還元することにより、ディルドリンが徐々に消失していくことがわかった。ディルドリンの積極的消失には、畑状態で放置するよりも湛水したほうが有効であることから、可能な限り水稻を栽培すること、また、ハウス栽培跡地での休耕中はできるだけ長期間湛水すること。湛水処理にあたっては、稲わらを10a当たり500 kg程度施用するとさらに効果があがる。

なお、この湛水によるディルドリンの消失は、その後の追試験の結果、消失したディルドリンの一部が再び還元されてアルドリとなり、初め期待していたほどの効果は認められなかったが、有機物の施用によるアルドリ+ディルドリンの濃度低下は確認できた。

2 ディルドリン・BHCの作物への吸収移行

農薬の吸収抑制・植物体内移動抑制・地上部殺虫効果解析などの参考資料を得るため、土壌に残留するBHC・ディルドリンのキュウリ・ナスへの移行試験を行ない、

その作物体内残留分布とその時期別変化を調査した。その結果、ナスは両農薬の果実への移行は認められなかったが、キュウリ果実ではディルドリンが土壌濃度の約 25 %、BHC が約 5% の残留であり、採取時期別にみてもごく初期の果実を除いてほぼ一定値を示した。両農薬とも器官別残留濃度は、根>茎>葉>果実の順に高かった(第3表)。本実験の結果より、キュウリによる土壌中ディルドリンの除去率を計算すると約 5% (土壌濃度 0.2 ppm の場合) となり、作物を選択すれば土壌残留を軽減する一対策と考えられた(奴田原ら, 1973)。

第3表 ディルドリン・BHC の作物別・器官別
残留濃度比較 (単位: ppm)

器 官	農 薬 作 物 官	ディルドリン		B H C	
		キュウリ	ナ ス	キュウリ	ナ ス
果 株	根	0.947	0.244	0.673	0.055
	茎	0.353	0.016	0.313	0.040
	葉	0.060	nd	0.159	0.014
	実	0.051	nd	0.031	nd
	全 体	0.178	0.011	0.160	0.047

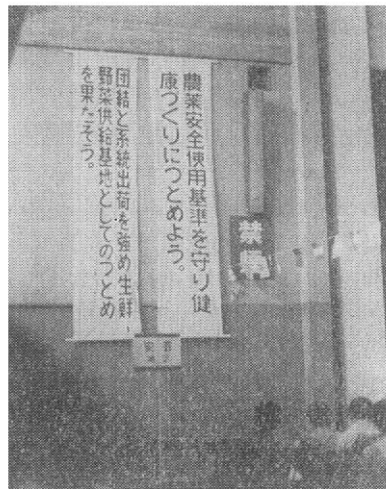
注 nd: 検出されず。

V 「きれいな野菜づくり農家大会」の開催

昭和48年7月17日、高知県・園芸連・中央会・経済連・各地区農協の共催で、「きれいな野菜づくり農家大会」を開き、県下各地より約2,000名の農家の人々が集まった。この大会は、実際に薬剤散布をする農家が「農業安全使用基準」を正しく理解した病害虫防除を行ない、本県産の農作物の市場性を高めるよう行政機関・農業団体の総意により開催されたもので、「きれいな野菜づくり」をスローガンに非常に意義深いものであった。

VI 今後の指導方針

改正された農業取締法の目的に掲げられているとおり、「国民の健康保護と生活環境の保全にある」という認識を今後とも徹底指導する方針である。そのためにも、今後それぞれの農業に設けられる安全使用基準を遵守した適正な使用が行なわれる限り食品衛生面では、全く不安のない安全な農作物の流通が確保でき、かつ緑の山野を維持する道であるという正しい理解と、農業は農作物の需要確保をはかるためには不可欠の農業生産資材であるという認識を養うための啓蒙運動を今後も続けていくつもりである。そして、農林省の安全使用基準にのっとり、残留基準の違反を防止するのは当然のことであるが、前述のように本県は気象条件、栽培条件の特殊性のため、



農業や栽培体系によっては、さらに厳しい基準を設け、「きれいな野菜づくり」はもちろん、他の作物についても安全な食品の供給のための指導を推進していく方針である。このためにも、県の研究機関では、農業へい害回避のための新防除法の開発に力を注ぐとともに、残留基準・安全使用基準の設定されていない農作物と農薬については、薬剤処理法の検討・分解速度の推定などを行ない、基準設定までは逆に厳しい指導でのぞむつもりである。

引用文献

- 永井洋三(1972): 徳島農試報告 13: 12~16.
- 西本孝男・上田雅彦・田植 栄・近沢紘史(1971): 食衛誌 12: 56~61.
- 奴田原誠克・山本公昭・坂本信行(1973): 高知農林研報 5: 9~16.
- UYETA, M et al. (1970): J. Food Hyg. Soc. Japan 11: 256~263.
- 山本公昭・坂本信行・奴田原誠克(1973): 高知農林研報 5: 1~8.

熊本県における農薬残留対策

熊本県農業試験場 ^{ほり}堀

^{かつ}克 ^や也

はじめに

農業技術の進展と農業資材の開発は、農業のめざましい発展をさせてきた。農薬の使用も農業生産性の向上に大きく寄与してきたが、農薬による影響が各方面に現われてきた。本県の農業は、気候条件に恵まれ水稻を初め多くの作物がいろんな栽培法で作られ、農薬の使用量は多いうえ、地理的条件も加わって、次のように農薬による事故や被害が多い。

- ① 農薬危害：作業中の事故、自殺殺
- ② 魚貝類被害：パラチオン剤（昭和 30 年前後）、PCP 除草剤（37 年～）、SB 水銀剤（40 年）、有機リン系農薬（48 年）、魚の背椎彎曲（47 年）など
- ③ 養蚕、養蜂、養鶏の被害
- ④ 農作物被害：PCBA 剤（44 年）他

このように魚貝類の被害を中心に農薬による事故が絶えず、県は当然その対策に迫られてきた。これら諸対策の一環としてかなり早い時期から農薬残留分析が考えられてきた。

I 試験研究・調査の体制

農薬残留分析に類する業務は昭和 38 年の PCP 分析以来いくつかを農業試験場化学部で実施してきた。その後、農林省の農薬分析機器設置事業により、44 年度末に分析機器が導入され本格的に残留分析ができるようになった時、引き続き化学部で農薬残留に関する業務を担当することになった。

この農薬残留分析機器による農薬残留分析業務が始まった 45 年ころは、水稻の試験研究が幾分縮小された時期とはいえ、化学部全体の業務は減少したとはいえ、さらに 46 年度からは重金属関係の業務も加わり、残留分析に多くの人員を割くことができず、筆者が土壤肥料の試験研究と平行して担当し、不足分は臨時職員で補ってきた。

農薬残留および重金属関係業務は年ごとに増加し、化学部内で実施することは次第に困難となり、行政庁の要望に応えられなくなってきた。そのため、農政部農業改良課を中心として、農試に農業公害関係部の新設が企画され、48 年 7 月、化学第二部が発足するに至った。この部は部長、農薬残留担当 2 名、重金属担当 1 名、計 4

名で構成されている。

農薬残留業務は試験研究、農政部依頼のモニター分析および環境庁などからの事業に大別され、これらに要する時間はおよそ 2 : 5 : 2 の割合であった。

1 試験研究

農薬残留では事業の占める割合が大きく、試験研究は多く望めない現状であるが、昭和 45 年度より「農作物に対する農薬の残留毒性に関する試験」で約 80 万円が計上され、毎年いくつかの試験を実施してきた。この試験は、そのまま化学第二部へひきつがれた。新部になって人員は増えたが、行政庁からの依頼も倍増したため、試験研究を十分に行なえる態勢になったとは考えられない。

2 モニター分析

昭和 45 年の農薬残留分析開始時は、牛乳の BHC 汚染がクローズアップした時期であり、モニター分析は牛乳および乳牛飼料の分析に主力が注がれた。これは、農政部畜産課が計画をたて、県酪農協連合会の協力を得て、「農薬抗生物質対策実施要領」に基づき行なわれ、47 年まで続けられた。

46 年になると残留分析が一応軌道に乗ったため、農産物のモニター分析が始まり、農業改良課が牛乳の BHC 分析を含め、農政部各課の要望をとりまとめ、対象作物と農薬、採取地点と時期および分析検体数を調整し、分析所要経費約 70 万円を計上し、一括して農試に分析依頼がなされ、分析試料の採取は病害虫防除所が担当することになった。48 年は農薬の魚類への影響が憂慮され、農薬による水質汚染調査が加えられ、事業そのものも「安全農産物確保事業」として明確化された。この事業は「安全農産物確保事業実施要領」に基づき進められる。この要領の大意は次のとおりである。

- ① 事業内容：農産物、土壌および水の農薬残留分析
- ② 事業の実施

関係機関 (対象試料)	計 画 策 定	試料採取	残留分析
農業改良課 (米, 土壌, 水) 果樹園芸課 (果実, 野菜) 蚕糸特産課 (日 本 茶)	農業改良課 { 作物 農 薬 採取地点 採取時期等	農 試 防除所 普及所	農試化学 第二部

③ 調査結果報告：農試場長は年2回以上農政部長に結果の報告，農政部長は必要に応じ公表する。なお，農薬残留基準をこえたものは遅滞なく報告する。

II 農薬残留分析施設および設備

安全農産物確保事業のなかに，化学第二部新設の基礎となった分析機器補充のための備品費が1,000万円近く計上された。これら分析機器により既実験室が狭隘になったため，化学第二部発足とともに古い建物に手を入れ，実験室および分析機器室を移した。現在の施設，分析機器は次のとおりである。不足機器は化学第一部と共用して用いる。

施設：実験室 43 m²，分析機器室 33 m²，その他(蒸留室，物置など) 17 m²

備品：ガスクロマトグラフ 3台(検出器の種類—ECD, FTD, FPD, FID)，原子吸光光度計 2台，ポーログラフ 1台，低温灰化装置 2台，分光光度計 1台，ロータリエバポレーター 2台，大型・中型遠心器 各1台，冷凍庫 1台，冷蔵庫 2台，ホモジナイザー 2台，ミキサー 2台 他

III 農薬残留試験および調査の実施状況

1 水質汚染

本県は中小河川が多く，しかも西部は遠浅で閉鎖系に近い有明・不知火両海に面した地理的条件は，農薬の影響がまず魚貝類に現われてきた。そのため残留業務は，農薬による水質汚染の調査から始まった。

昭和30年代後半，水田除草剤にPCP剤が広く用いられ，河川および海域で魚の斃死事故が続いたので，水質のPCP分析を38年度に開始した。この分析から農薬残留分析が始まったといえる。PCP残留分析法は九州大学および農業技術研究所で4-アミノアンチピリン法が確立され，この方法により県下9河川18地点から田植期前後数回にわたり河川水の分析を行ない数検体からPCPを検出した。さらに39年には「PCPの安全施用法確立試験」により，PCP施用法ごとの水田土壌および田面水中のPCPの分布と減衰状況を測定した。40年代にはいると，農薬の空中散布が盛んになり，海域の魚貝類の大量斃死事故が多くなり，42～43年に「水および泥土中の農薬検出試験」により，海水と底質中の有機リンおよびカーバメート剤の総量をコリンエステラーゼ阻害度法により測定した。45年には「農薬の航空散布にともなう海域の農薬残留試験」によりMEPの残留量を測定し，両試験とも微量であるが対象農薬を検出した。さらに「BHCによる環境汚染に関する試験」により

BHCの各種水中の汚染状況を調査し，下表のような結果を得た(単位：ppt)。

年度		河川水	雨水	井戸水	水道水
昭和45年	最高値	5,000	2,120	65	93
	中央値	560	560	28	13
	最低値	46	190	9	2
46年	最高値	1,410	640	—	20
	中央値	70	250	—	9
	最低値	20	36	—	2
47年	最高値	220	690	—	7.2
	中央値	69	135	—	3.8
	最低値	15	52	—	1.4

48年度は，行政庁依頼により河川水中のNAC残留量を測定の予定である。

2 牛乳の農薬汚染

水質分析に続き，行政庁の依頼により牛乳，稲わらおよび飼料作物を分析した。牛乳は県下全域の生産地のクーラーステーションから合乳された生乳を採取した。牛乳の検体数は，昭和45年—37，46年—144，47年—31であり，稲わらおよび飼料作物は45年—46，46年—70，47年—28であった。牛乳のBHC分析結果は下表のとおりである(単位：ppm)。

	昭和45年		46年		47年	
	総BHC	β-BHC	総BHC	β-BHC	総BHC	β-BHC
最高値	0.74	0.62	0.33	0.26	0.124	0.074
中央値	0.165	0.125	0.070	0.050	0.035	0.023
最低値	0.061	0.034	0.024	0.013	0.021	0.012

モニター分析と平行して，45年～「県内稲わら中のBHC残留年次変動試験」，46年「水稻によるBHC吸収試験」，45年「飼料作物に対するMEP残留解析試験」などの試験研究を実施した。

3 農産物の農薬残留

これについては，昭和45，46年「白菜における銅系農薬残留試験」，46年「野菜における有機塩素剤吸収試験」と「土壌中における有機塩素系農薬の動態試験」，47年「ニンジンにおけるNIP残留試験」を実施し，それぞれにおける残留量，土壌からの吸収量を明らかにした。農産物のモニター分析は46年と47年に次ページの表のとおり実施した。

48年度のモニター分析は，担当者が増えたこともあって，野菜，果実，茶，水および土壌約400検体について，有機塩素剤，有機リン剤，NACおよびヒ素剤の分析が計画され，分析量は大幅に増加した。

作物の種類	農 薬 名	検体数	残 留 基 準 以上のもの
果 実	有機塩素剤	52	0
	有機リン剤	4	0
	カーバメート剤	12	0
野 菜	金属系農薬	18	0
	有機塩素剤	98	5
	有機リン剤	31	0
日 本 茶	有機塩素剤	19	0
	有機塩素剤	16	0
	金属系農薬	15	—

4 そ の 他

使用禁止になった有機塩素剤の廃棄方法について、昭和 47 年に「農薬入り路盤用骨材からの農薬溶出試験」を実施した。

IV 農薬残留についての技術指導

農作物に散布された農薬が、食品に残留したり、人間や有用動植物に被害を及ぼしたり、環境を破壊することは許されない。しかし、散布後の農薬の行動は、通常の方法で追跡は困難であるが、残留分析によるとある程度は知ることができ、散布後の農薬の監視は、残留分析者の責務となっている。

農薬残留についての技術指導は、病虫害防除と同じ組織および人員により、モニター分析結果などを参考にして行なわれている。しかし、農薬残留に関する知見は新しいものが多く、技術指導にあたる人たちが十分な知識をもてるよう、農薬残留業務担当者により、次のように過去何回か講演会、説明会がもたれ、啓蒙をはかってきた。

- | | |
|------------------|-----------|
| ① 農薬化学について | (対象)防除所職員 |
| ② 牛乳の BHC 汚染について | 〃 酪農技術者 |
| ③ 農薬残留の諸問題について | 〃 専門技術員 |
| ④ 農薬残留について | 農薬安全対策協議会 |

V 農薬残留に関する行政指導

本県では、農薬による事故や被害がいろんな形で現われ、その対策に追われることが多く、早い時期からなんらかの規制が必要であった。そのため農薬についての施策は、他県に先んじて行なわれたものが多い。国で行なわれた各種の施策のほか、次のように県独自のものが行

なわれてきた。

① 昭和 38 年：PCP 除草剤による魚類被害回避のため、農薬取締法により県規則をもって使用規制。

② 昭和 39 年～：生物農薬の使用計画。

③ 昭和 44 年：BHC、DDT 剤を病虫害防除基準の使用農薬より削除。

④ 昭和 44 年：ドリリン剤の使用制限を指導。

⑤ 昭和 45 年 6 月：有機塩素剤の使用禁止の指導方針の決定。

⑥ 昭和 45 年：乳牛の飼料および敷わらとして、稲わらの使用禁止の指導方針を決定。

⑦ 昭和 38 年：農薬安全対策協議会を設立し、衛生、水産、養蚕、畜産などの関係者と協議の場を作り、市町村の指導強化をはかった。のちに、この中に農薬残留部会を設立した。

農薬の危害防止のため、県ではこのように強力にとりくんできたが、指導の網の目はなかなか末端までは届かず、農薬による被害が今なお後を絶たない。

農作物のモニター分析は、収穫前にチェックし、出荷時には残留データが示されるような態勢が望まれたが、いつも遅れがちである。これらのデータは農政部長が発表の権限をもっているが、最近では実態調査成績書の形で公表されている。残留分析値が残留基準をこえた場合は、農薬改良課および病虫害防除所により、出荷前であれば廃棄処分され、その原因が徹底的に追求され、事故が二度とおきないように努力がなされている。

む す び

農薬残留分析は、農薬による水質汚染から始まり、次いで環境汚染、牛乳汚染、農作物の残留と次第に分野を拡大してきた。しかし、業務開始後日が浅いうえ、業務に対する期待はきわめて大きく、担当者は日夜分析に追われる現状で、新知識の吸収に時間を割くことは困難であり、分析法は固定化し、分析できる農薬の数も少ない。しかし、本県では、幸いにして残留分析業務の機構が整備され、人員も増加の傾向にあるため、今後は分析対象試料や農薬の範囲を広げ、さらには農薬の代謝産物などにも試験研究の手を伸ばし、農薬の危害防止のため、その一翼を担っていきたいと考えている。

農 薬 残 留 調 査 の 問 題 点

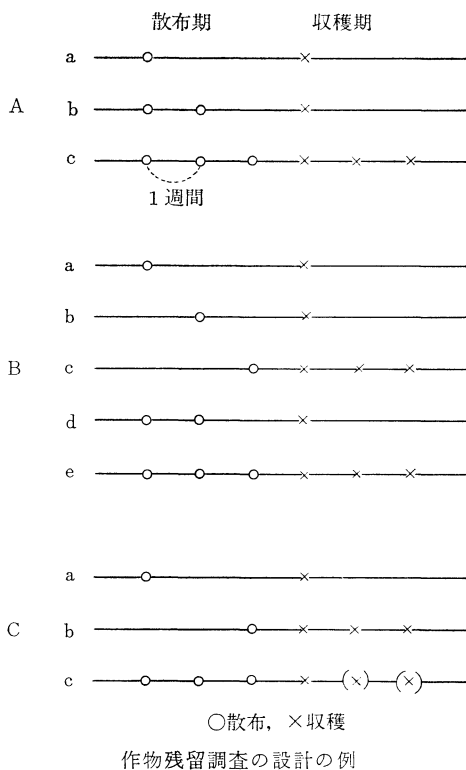
残留農薬研究所 後 藤 真 康

昭和 42 年から開始された農林水産技術会議による農薬残留に関する緊急調査はその後環境庁にひきつがれて現在も実施されており、一方、46 年の農薬取締法改正によってすべての農薬の登録申請に際して残留性に関する試験成績を提出することが必要となったため、わが国ではこの数年間農薬残留の調査が未曾有の規模で実施されている。これらの調査は緊急の必要性から相当の無理をおかして実施されているものであり、必ずしも満足できない点が少なくない。しかし、これらの調査を通じてわれわれは農薬残留に関する貴重な知識とともに、調査の方法に関する数多くの教訓をも得てきた。そこで本篇では、わが国の残留調査の現状における問題点をひろいだし、今後の展望を試みることにした。

I 試 験 の 設 計

農薬残留の調査は、試験の目的に応じた設計を定め、これに従って試料を調製することから始まる。試験の設計と試料の調製とは調査の成果を左右する重要な事項であるにもかかわらず、現状では未解決の問題を多くかかえ、比較的無反省に行なわれているむきがある。その原因はこれらに関する基礎的な研究が不十分であることとともに、実施上の多くの制約から、不完全を承知でやむをえずみのがしている点も少なくない。

まず、試験の設計、すなわち試験区の数、面積、薬剤の施用時期、回数、試料の採取時期などを設定するにあたっては、試験の目的に応じ、薬剤や供試作物の性質、過去の試験成績などを考慮して慎重に行なわれなければならない。十分な試験成績をうるためには試験区の数や試料の採取回数は多いほどいいわけであるが、実際は圃場面積や分析能力などによって多分に制約されてしまう。したがって少ない試料で十分な情報をうるための工夫が必要なのである。現在の残留調査の多くは、薬剤の施用時期、回数、施用後の経過期間などと残留量との関係を調査し、残留農薬の安全性を確認し、必要に応じて使用時期や回数などの制限を定めるための資料をうることを目的としている。したがって試験の設計はこの目的にそってなされなければならないが、不適当な設計のため調査結果がほとんど役にたたないか、ごくわずかの情報しか得られないことが少なくない。たとえば右図の A に示す設計では残留量に関する要因のうち散布回数と経過



作物残留調査の設計の例

日数とがいりまじってしまい、結果の解釈ができない。本来は散布回数の影響、散布時期の影響、経過日数の影響は別々に試験すべきで、同図 B のような試験がしたいところである。試験区に制約があるならば C のほうが A よりはいいであろう。

イチゴ、キュウリ、ナス、トマトなど、収穫時期に幅があり、かなりの期間にわたって毎日つぎつぎと収穫が行なわれるような作物では、散布後 1~3 日後における残留農薬の安全性が確認された農薬でなければ、開花以降の使用は実際上不可能であろう。そして、キュウリ、ナスなど、肥大成長がすみやかで開花から収穫までの期間が 1 週間くらいしかない作物では、浸透移行性のある薬剤以外は散布後、2 週後、3 週後の残留量を調査しても無意味であろう。しかるに、こうした作物についても機械的に散布後 1, 2, 4 週後に試料を採取しているような例がある。

また、ここ数年の調査結果からみると、果樹やイネに

については作物の生育ステージのどの時期に薬剤を散布するかが残留量に大きく関係しているのではないかと思われる例がみられる。たとえば果実の肥大成長の盛んな時期とそうでない時期では、散布後の経過日数は同じでも残留量はいちじるしく違うはずである。しかし、現状では設計に際してこれらの点の配慮が不足で、試料調製明細書の記載事項からもれているため、結果の解釈ができない場合が多い。この点に関しては現在の安全使用基準のあり方ともからんでおり、単純に収穫前使用禁止期間を設けるだけではすまないと思われる。

いずれにしても、よりよい試験設計をくむためには薬剤の性質などについて十分な予備知識が必要であり、この意味でも現在のように 1 年で調査を行なうことは無理があり、数年をかけて次第に精密なデータを集めていくのが本当であろう。最近、農林水産技術会議の 4 年間の調査結果が公表されたが²⁾、これはきわめて有意義なことであり、今後の試験設計をくむのにこのデータは大きな参考となろう。

II 試 料 の 調 製

試料の調製においてまず問題となるのは分析試料の採取である。現在のサンプリングサイズは通常の作物では 2 kg であるが、このことに理論的根拠はなく、アメリカの LYKKEN らの提案した量²⁾に比べるとかなり少ない。しかし、これまでの経験では試料の採取さえ均等に行なえるならば採取量は 1~2 kg でも大きな支障はなさそうである。同一圃場内での残留量のバラツキの程度に関する研究はきわめて少ない。筆者らの調査例³⁾ではリングにひ酸鉛を散布した場合のヒ素の残留量は木の上、中、下部で差があり、下部は上部の 2 倍の残留が認められるが、木の全体から均一になるよう 1 kg を採取した場合には試料間の変動係数は 5~10%で残留量は土中下部のほぼ中間に入る。しかし、一つのブドウ園内から任意に 1 kg ずつ 6 点を採取した場合の MEP の残留量は最高と最低の差が 3 倍で変動係数は 25~60% となっており、かなりのバラツキがあることを示している。いずれにしても残留量のバラツキは圃場面積、作物、薬剤の剤型、施用方法などによって異なると予想されるので、今後この点に関する研究をつみ重ねる必要がある。

土壌中の残留農薬の調査においても圃場内でのバラツキが重要な問題であるが、この場合には圃場全体でのマクロなバラツキのほかに、作条や作物との位置関係（たとえば葉の下とそうでない場所）によるミクロのバラツキも考慮されなければなるまい。

試料の包装、輸送についても問題が多い。現状では試

料調製場所と分析場所がはなれていることが多いから、輸送に数日から 10 日くらいを要する。この間に残留農薬が変化する場合もあると考えられるがこの点に関する研究もほとんどない。筆者の経験では比較的不安定なメチルパラチオンをリング果実に散布し、通常の包装で室温に放置した場合の分解は 10 日で約 25%であり、圃場での残留のバラツキや圃場内での分解消失に比べて輸送中での損失はそう大きくはないようである。しかし、試料が痛んでいる場合は残留農薬がいちじるしく分解することもあるので、輸送は作物が痛まないように注意してできるだけすみやかに行なわれるべきである。アメリカで行なわれているように特殊な容器を用いて試料を凍結して輸送することができれば理想的であるが、現状では困難であろう。また、途中で解凍するおそれが全くない場合のほかは輸送前に試料を凍結してはならない。解凍した試料は直ちに分析に供しないと腐敗してしまうからである。

土壌試料の輸送は農作物よりも一層すみやかに行ない、保存は必ず凍結して行なう。土壌中での農薬の分解は土壌微生物によることが多く、微生物はかなりの低温でも活動しているからである。

試料の採取・輸送などについては残留調査実施要領⁴⁾に詳細に記載されているのであるが、必ずしも十分まもられているとはいいがたい。とくに試料の輸送の際、試料は試験区ごとに別に包装することになっているのであるが、同じ箱のなかにわずか数枚の紙をへだてて散布区と無散布区の試料が入れられている場合もあり、これでは蒸気圧の高い農薬の場合には無処理区の試料が完全に汚染されてしまう。少なくとも無処理区試料だけは別包装にすることを徹底したいものである。

III 分析上の問題点

ここ 5~6 年の間に高感度ガスクロマトグラフなどのめざましい発達により、残留農薬の微量分析技術はいちじるしく進歩した。したがって問題点も少なくなった一方、残された問題は解決のむずかしいものが多いともいえる。

定量方法の進歩により 1 回の分析に要する試料の量は少なくなる一方である。試料の量が少ないほうがクリンアップなどの操作も容易である。したがって分析に際しては 1 kg 程度の試料をまずミキサーで均一化し、その適量をとるのが普通である。試料を均一化すると残留農薬は植物体中の酵素と接触して変質しやすくなる。農薬によってはこれを防ぐため、均質化の際、塩酸、チオ尿素、EDTA などを添加することが行なわれているが、

一般的にはミキサーによる均質化に伴う残留農薬の変化とその防止方法は十分検討されてはいない。今後の問題となろう。

次に、試料中の残留農薬を抽出する溶媒の選択が大きな問題である。抽出溶媒は分析対象物質を効率よく抽出する一方、妨害物質をなるべく抽出しないものでなければならず、農薬と試料の種類によって必ずしも一様ではない。抽出効率は通常の添加回収試験では測定することはできない。添加した農薬は実際の試料に残留する農薬、ワックスや細胞液に溶けこんだり植物成分と結合しているかもしれない残留農薬とは存在形態が全く違うからである。したがって、定量上の妨害の少ない溶媒を選び、添加試験により十分な回収率が得られたことで満足するわけにはいかないのである。抽出溶媒の適否をみるには、実際の試料について異なる抽出溶媒を用いて分析を行ない、結果を比較しなければならない。現在ではヘキサン、ベンゼンなどの低極性溶媒を単独で使用することはほとんどなく、極性溶媒を用いるか極性溶媒と非極性溶媒の混液を用い、ミキサー中で試料とはげしく混合するなどの方法により、なるべく完全な抽出を行なうようにしている。今後は極性の大きい代謝物も定量する必要から、極性溶媒による完全抽出が多くなるであろう。

土壌は農薬を吸着しやすいから、土壌の分析においては抽出効率のよい溶媒を選ぶことが一層重要である。また、吸着の程度を知るため、添加回収試験は1濃度だけでなく数段階の濃度で実施すべきである。土壌水分の量が抽出効率と関係があり、若干の水分を含んでいたほうが土壌粒子がよく分散し、活性度もおちるので抽出効率がよくなる場合が多いが、無水硫酸ナトリウムを混じて脱水したほうがよい場合もある。風乾してはならない。

抽出効率のよい溶媒を選ぶと、試料中の天然物質も多量に抽出されてくるから、これらと分析対象成分を分離するクлинаップの操作がより重要になってくる。今日ではクлинаップのテクニックはほぼ定式化し、試料に応じて細部を改良して実施している。すなわち、まず2種の溶媒（たとえば *n*-ヘキサンとアセトニトリル）の間で分配させ、適当な溶媒に転溶したのちアルミナ、フロリジルなどによるカラムクロマトグラフィーを行なう。それでも不十分な場合は薄層クロマトグラフィーで精製する。カラムクロマトグラフィーの吸着剤としてはフロリジル、アルミナ、シリカゲル、活性炭と結晶セルロースの混合物などが用いられているが、同じ製品でもロット間で吸着力のむらがあり、同一物質でもカラムからの溶出位置が異なることがある。最近ではアルミナなどの品質はかなり一定になってきたがフロリジルやシリカゲル

の品質はなお十分安定しているとはいえない。したがって使用する製品について、目的物質の溶出位置をチェックしておく必要がある。また、天然物質が多量に混在している場合は純品を展開した場合と展開位置が異なる場合もあるから注意を要する。添加回収試験の結果が不満足な場合は、まずカラムからの溶出状況をチェックすべきである。薄層クロマトグラフィーは操作に習熟すればクлинаップの手段としてかなり便利なものである。現在行なわれているのはほとんどがシリカゲルを用いた湿式法である。薄層クロマトグラフィーは分離状況が肉眼で確認できる点が有利であるが、この場合も天然物の混在により目的物質の *R_f* が変化することがあるから注意を要する。

その他のクлинаップ技術、たとえば蒸留、酸化、還元、凍結などの方法も試料によってはかなり有効であるが一般的ではない。Sweep Co-distillation がかなり期待されたが、特殊な装置を要しあまり能率的ではないので普及していない。

定量の方法としては近年はほとんど大部分の農薬がガスクロマトグラフィーによっている。各種の高感度ガスクロマトグラフは残留分析のためには実に便利で貴重な機器であり、いまや1人に1台以上が必要とされるにいたっている。したがって機種も大型の汎用機よりも簡便な専用機が好まれるようになった。現在の国産のガスクロマトグラフは各機種とも性能的には満足すべきものであるが、使いやすさや耐久性においては十分でないものがある。たとえばカラム交換の容易さ、パッキングのゴムの材質などは外国製のすぐれたものに比べ劣るものが多い。とくに、カラムの長さの単位、内径、接続部分のサイズ、ガス導入管の接合方法などが製造会社によって、あるいは同じ会社でも機種によって全く異なっているため、単純な部品でも互換性がなく、使用者は不便をしている。これはカメラのフィルムやレンズのサイズがばらばらなのと同じであり不便で不合理であるから、なんとか JIS などを定めて統一してもらいたいものである。

ガスクロマトグラフィー用の固定相液体は非常に多くの種類が販売されているので、これを適当に選ぶことによりたいいてい物質は分離定量ができる。ガスクロマトグラフィーは確かに現在ではもっともすぐれた分離手段である。通常のクлинаップ手段では色素、ワックス、タンパク、糖などの天然成分を大部分除去することができるが、ガスクロマトグラム上で目的物質と重なるような微量成分を除去することは困難である。しかし、このような場合でもガスクロマトグラフの固定相などの操作条件をかえることにより分離が可能である。一方、一つ

の操作条件で保持時間が同じであるだけでは物質を同定するには不十分で、かなり性質の違った何種類かのカラムを用いて保持時間を確かめなければならない。このような点から、ガスクロマトグラフのカラムはなるべく多くの種類を用意して気軽にとりかえることがよく、このためにもカラムの交換の容易な機種がのぞましい。たとえば、ターレット式に数本のカラムを操作中に交換するような機械はできないものだろうか？

ガスクロマトグラフの検出器は現在では ECD, FTD, FPD の 3 種は必須であり一応これで十分ともいえる。ECD は高感度で比較的選択性に乏しいため、逆に応用範囲が広い点で有利である。たとえば炭化水素でも化合物によってはかなり高感度で定量できる。放射線源として ^{63}Ni と ^3H とがあるが、安全性や高温で使用ができ、よごれにくい点などから ^{63}Ni が一般的である。FTD はコイル型よりも安定で寿命の長い結晶型のほうが普及するようになり、最近ではリン化合物よりもトリアジンなどの窒素化合物の定量に用いられることが多くなった。この場合は塩として硫酸ルビジウムを用いたほうが感度がよい。FPD はリン化合物、イオウ化合物の定量にはきわめて便利である。選択性がすぐれているためクリンアップもごく簡単ですみ、感度は安定で取り扱いも容易である。MCD などその他の検出器もいろいろ発表されているが、わが国ではほとんど普及しておらず、将来性も疑問である。

ガスクロマトグラフィーで定量できる農薬については今日では ppb オーダーの定量も容易であるが、蒸気圧が低かったり、熱分解しやすい、検出器に感応する官能基がないなどの理由でガスクロマトグラフィーが不適当な農薬の微量定量はかなり困難であり、その間のギャップが大きい。そこで近年はガスクロマトグラフィーの容易な、あるいはガスクロマトグラフィーでの感度の高い誘導体をつくるための化学反応の研究が盛んである。このような化学反応としてはエステル化、臭素化、クロルアセチル化などいろいろな方法が実施されているし、今後も発達するであろう。ただし、このような操作を行なうと混在物によるピークもふえるので、クリンアップ操作をまさなければならない。

ガスクロマトグラフと質量分析計を結合した GC-MS は構造確認のためには大変便利な機器であり、100 ng 程度の試料で測定できるから残留調査の面にも応用可能である。とくに GC-MS の特別な応用技術の mass-fragmentgraphy は通常の GC-MS より感度が高く、非常に選択的な定量が可能である。高価な機器を必要とし、一般的な技術とはいえないが、特殊な問題の解決に

は偉力を発揮するであろう。

なお、従来の残留調査に用いられていた分析法は特定の農薬だけを対象とし、妨害のおそれのある農薬は使用しないで調製した試料を分析していたのであるから、市販の試料を分析するのに支障がないかどうかは検討の余地がある。さらに、市販品の検査や total diat study のためには多成分の同時分離定量的の方法が確立されなければならない。

IV その他の問題点

残留の調査は従来は農薬一作物の 1 組み合わせについて、2 カ所程度の圃場で試料を作製し、1 年の試験だけですませている。これは多くの農薬について緊急に調査するためのやむをえない措置ではあるが、正確な情報をうるためにはきわめて不十分である。実際の農作物における農薬の残留量は人為的にコントロールできない多くの要因に支配されるものであるから、数カ所で 1 年程度の試験ではなかなか正確な判断を下すことができず、したがって安全使用基準の作成にはかなりの安全率をみつもらざるをえない状態である。従来の成績でも、2 カ所の試料の間で残留量や減少傾向に大きな差があり、その原因が不明な場合が多い。今後は効果試験と同じように 2 カ年以上調査を行ない、試料調製場所もふやす必要があると思う。ただし、農薬の使用方法や剤型は多様であるから、すべての農薬について一律にきびしい試験を義務づける必要はないと思う。用途や成分の性質に応じて試験の必要性を判断し、疑わしいものについてのみ詳細な試験を行なうことが効率的であろう。

現在の残留調査は主として農薬の主成分を対象とし、若干の副成分や代謝物の追跡も行なわれているが、今後は変化生成物の追跡が一層重視されるであろう。ただし変化生成物をどこまで追跡しなければならないかは大きな問題である。一つの成分が分解するにつれて生成物の数は末広がりになり、各生成物の量は次第に少なくなるので、その定量はいちじるしく困難になってゆく。したがって、動植物体や土壌中での代謝に関する研究を行ない、主成分と同等以上の毒性や安定性を有する物質の生成が予想される場合はこれを定量することとなる。動物体中と植物体や土壌中での代謝物が同じであるならば、通常の毒性試験においても代謝物の毒性をある程度含めて測定しているわけだから比較的問題が少ないといえよう。しかし、植物体や土壌中で動物体とは違った代謝物が生成し残留するような場合はその物質の毒性も試験しなければならない。

次に農薬は多くの種類のものがつかわれるのであるか

ら、その相互作用も考えられる。農薬の残留に関係した相互作用としては、2種の成分が反応して分解がはやめられたり、新しい成分を生じたり、あるいは一方の成分が他方の分解に関与する酵素を阻害することにより他方の残留量が増大することなどが考えられる。このようなことは当然存在すると思われるので、今後はこのような研究も必要であろう。ただ、農薬の組み合わせは無限に考えられるから、なにもかも研究するわけにはいかない。混合使用されるものなどで、その性質からみて相互作用のありそうなものを選ぶことになろう。土壌中では残留農薬を分解する主因は微生物の働きが強いので、とくに相互作用による分解の阻害の可能性が多いと思われる。

農作物中の残留農薬の調理加工に伴う変化についてもまだ研究は不十分である。また、個々の農薬の個々の作物における残留の調査とは別に、欧米で行なわれているような total diet study を組織的に継続的に実施することも消費者の不安を解消するために重要である。

このように今後も残留農薬に関する調査研究の範囲や内容は一層増大するであろう。むしろ現在行なわれている調査は first screening 的なものであり、この結果により残留性がほとんどないと認められたものや、残留性が大きすぎて使用価値がないと認められたものは別として、多くの農薬については安全で効率的な使用方法を確立するためによりきめの細かい残留調査を行なわなければならないであろう。残留調査の方法についても従来のように実際の圃場で調製した試料の分析を主とした方法だけでよいかは疑問である。現在、土壌における残留については小規模なモデル試験の方法がほぼ確立され、残留性の大小をパラメータ化して比較する試みが行なわれているが、農作物における残留や動物体における蓄積についても要因を単純化した小規模なモデル試験方法が研究されるべきであろう。従来の作物における残留試験がともすると現象の追跡だけにおわれて残留に関係する要因の解析が不足していたためにモデル化が行ないにくかったともいえる。一方、要因の解析のためにもモデル試験が必要である。将来は新しい農薬についてはあらかじめ

小規模なモデル試験によって残留性のスクリーニングを行ない、また、その結果をもとにして圃場試験の設計を組むようにすれば、より能率的で正確な調査が行なえるであろう。

農薬残留の調査は、農作物の栽培と薬剤の施用および試料の分析というかなり専門の異なった部分を結合してなりたつものであり、作物、病虫害防除および生化学、分析化学の技術を必要とする。したがって、これらの専門を異にする担当者が互いに十分意志の流通を測り一致協力しないと満足な成果が得られない。今後も専門家相互の協力は一層深めなければならないが、各分野にわたって一応の知識を有し、残留調査全体を把握して計画を立て、結果を解析することのできる専門家がそだたなければならない。また、残留調査には長期間を要するので一つの研究機関で得られる調査結果は断片的なものであることが多い。しかし、このような断片的なデータでもこれを数多く集めて解析すれば普遍的な知識が得られることも多いので、こうした review 的な研究も進められる必要がある。

従来はともすれば研究が進み、毒性や残留に関し多くの知識が得られた農薬ほど世の中から危険視されるような傾向がなかったとはいえない。これは全体として残留や毒性に関する研究が不足していたからともいえるが、非常に残念なことである。今後は行政や世論が研究成果を正しく理解して受け入れ、冷静に科学的な対策を推進することが望まれる。そうでなければ調査研究の健全な進展はのぞめず、一方、世の中が研究を真に必要とし、その結果を冷静に受け入れる土台があるならば技術上の困難は容易に克服されていくであろうと考える。

参 考 文 献

- 1) 農薬残留の緊急対策に関する調査研究, 農林水産技術会議事務局 (研究成果 65, 1973 年)
- 2) L. LYKKEN et al. (1959): J. Agr. Food Chem. 5: 501.
- 3) 川原哲城他(1972): 農薬生産技術 27: 17.
- 4) 農薬の作物残留試験実施要領(農林省農薬検査所, 昭和 48 年)

農薬の毒性試験の現状と問題点

残留農薬研究所 ^{しら}白 ^す須 ^{やす}泰 ^{ひこ}彦

はじめに

残留性農薬の持つ慢性毒性の危険性は有機水銀剤、有機塩素剤、あるいは 2, 4, 5-T などに指摘され、多くの事実が明らかにされるとともに大きな社会問題になった。有機水銀剤使用による米への残留と人体内の蓄積は水俣病に示された慢性毒性の危険性を示唆した。また、有機塩素系農薬では乳肉への蓄積汚染と、さらに母乳中への排泄に示されるような人体内への蓄積が問題となった。さらに 2, 4, 5-T およびその不純物であるダイオキシンの催奇形性の証明により農薬の安全性に対する深い反省が求められている。これらの農薬の慢性毒性問題については遺伝 (1973 年 5 月号) の拙著を参照されたい。

農薬の安全性対策として最近まで 3 カ月の亜急性毒性試験成績が必要とされていたが、48 年 1 月より 2 年にわたる慢性毒性試験と次世代試験が必須の項目となった。これらの試験を行なうには大規模な施設と多数の人手を要し、しかも正確なデータを出すためには高い専門的な知識を必要とする。

この小文ではこれらの毒性試験を紹介するとともにこれらの試験の問題点を指摘し、さらに先進諸国における毒性試験の状況を紹介し、ひるがえってわが国の現状と対策について述べてみたいと思う。

I 農薬の毒性試験

1 急性毒性試験

マウスあるいはラットに農薬を投与して半数の動物が死亡する量 LD_{50} (50% Lethal dose) を求める試験である。数段階の薬物用量を設定し各用量に対して 10 匹前後の動物を用い、用量ごとの死亡率から統計処理により LD_{50} を計算する。 LD_{50} は低いほど毒性は強く、逆に LD_{50} が高いほど毒性は低い。薬物の投与ルートとしては経口、皮下、筋肉、腹腔、静脈などがある。農薬登録の際必要とされるデータは、雌雄のマウスおよびラットの 2 動物を用い、経口、皮下 (または筋肉)、腹腔 (または静脈) の 3 ルートによる LD_{50} 値である。化合物によっては眼、皮膚に対する毒性を検査することが必要な場合もある。

2 亜急性毒性試験

3 カ月間農薬を動物に投与してその影響を観察する試

験。通常農薬を飼料中に混合して与える。ラットあるいはマウスが用いられることが多い。試験項目は次に述べる慢性毒性試験とほぼ同じである。わが国においては 48 年 1 月 13 日までの登録申請の際は 2 動物を用いた亜急性毒性試験の成績があれば十分であったが、それ以降の申請では次に述べる慢性毒性試験と次世代に及ぼす影響の試験の 2 成績が必須のものとなっている。

3 慢性毒性試験

ラット、マウスでは一生涯、イスでは寿命の 1/10 程度の期間農薬を投与してその影響を観察する試験。試験期間は通常 2 年である。

通常 4~5 レベルの飼料中の農薬濃度を設定する。各レベルに対しラット、マウスであれば雌雄各 50~60 匹程度の動物を必要とするから 1 動物 500 匹、2 動物を用いれば 1,000 匹の動物がスタート時に必要になる。試験開始より 6, 12, 18, 24 カ月後に各群 5~6 匹の動物をとり出し、次に述べるような各種の試験を行なった後殺して病理組織学的検索を行なう必要がある。全期間を通して、体重、飼料摂取量、飲水量の測定を行ない、一般症状、死亡率を観察する。試験項目としてはそのほか血液学的検査、生化学的検査、尿検査など試験を行なう。血液学的検査としては白血球および赤血球数、ヘモグロビン濃度、ヘマトクリット値を求める。

生化学的検査としてはトランスアミナーゼ (GOT, GPT), アルカリフォスファターゼ, コリンエステラーゼ, 血清タンパク, 血糖, コレステロール, 尿素窒素などを検索する。尿検査としては比重, pH, タンパク, 糖, 沈渣などを検査する。

動物は解剖後、各臓器の重量を測定したのち、各臓器をホルマリンで固定する。その後通常の方法で顕微鏡標本を作成し鏡検する。そして以上の検査結果を総合判定して最大無作用量, 最小中毒量, 確実中毒量を決定しなければならない。最大無作用量は全く作用が現われない最大のレベル, 最小中毒量は中毒性変化が現われる最小のレベル, 確実中毒量は中毒死が確実に起こるレベルからのおおの mg/kg を計算したものである。

4 次世代におよぼす影響の試験

この試験は生殖への影響と胎児の催奇形性を検索することを目的とする。雌雄のラットあるいはマウスを同居させ妊娠した場合一部の雌から胎児をとり出して奇形の

検査を行なう。動物には数レベルの農薬を混じた飼料を与えておくわけである。これらの親から生まれた仔ネズミにさらに農薬入りの餌を与え続け、性成熟期に達すればさらに交配させるわけである。このようにして数代にわたる影響を検査することになる。日本では2代までもよいが、アメリカでは3代までのデータが必要である。

5 生体の機能に及ぼす影響に関する試験

ポリグラフなどを用いて呼吸数、脈搏、血圧、脳波、心電図、筋電図などにおける異常をチェックする一般薬理試験である。

6 動物体内運命に関する試験

動物体内への蓄積、代謝などを検索する試験で放射性同位元素標識化合物を用いることが多い。標識化合物を動物に投与し、吸収、体内分布、胆汁、尿、糞、呼吸への排泄を検索し、尿中の代謝物の同定、定量を行ない、農薬が体内でどのような代謝解毒を受けるか調べる方法である。

7 その他の試験

突然変異性は発ガン性や催奇形性と密接な関係があることがわかってきたことと、短時間で結果がわかり、費用も少なくすむことから突然変異性試験は最近毒性スクリーニング法としての重要性を増してきている。微生物を用いる方法のほか、動物および植物細胞を用いる方法がある。さらに農薬の場合、代謝物の突然変異性が問題となるので Host-mediated assay が脚光をあびてきている。

また最近、アメリカでは魚のみならず野鳥に対する毒性試験成績も要求されるようになってきている。

II 農薬毒性試験の問題点

農薬の毒性試験、ことに慢性毒性試験や次世代試験は比較的最近行なわれるようになった試験であるので、データの蓄積が少ないため試験設計、評価などに多くの問題点があり、関係者が解決のため努力している多数の課題が存在する。

毒性試験は実験動物を被検動物とするが、究極的には人体に対する安全性を評価するための成績を出す試験である。人体実験ができない以上、人体と類似した代謝機能を持つ動物を選択することは毒性試験の永遠の課題となるであろう。人類に近い動物はやはりサルであるが、扱いにくく、高価であるので多数の動物を使うわけにはいかず、寿命も比較的長いため、発ガン物質を用いた発ガン試験を行なっても発ガンまで4~5年かかり実用的でない。やはり寿命が比較的短く、小型で価格も安く多数の動物を用いて比較ができる点などからラット、マウ

スが長期毒性試験に適した動物である。しかし、ラット、マウスとも多くの系統があり、どの系統が長期試験に適しているかまだ試行錯誤の状況である。2系統の動物を交配した雑種1代は雑種強勢で強く病気にかかりにくく、また、薬物に対する反応も均一であるので長期試験に適しており、これから多く使われるようになるであろう。

被検農薬を混合する飼料にも多くの問題点がある。現在われわれが使用している市販の飼料を分析してみると約0.1ppmのレベルで有機塩素系の残留農薬が検出される。このくらいの濃度であれば實際上問題は少ないと思うが、蓄積性残留農薬であれば微量でも長期間に与えれば問題が出てくるかもしれない。やはり非常に高価ではあるが、残留農薬のない半合成飼料を用いた試験が必要になるかもしれない。

2,4,5-Tの不純物でサリドマイドの100万倍の催奇形性を有するダイオキシンが大きな問題になったように、農薬の純度、あるいは不純物の存在は問題点である。われわれが毒性試験に使用する農薬の純度は非常に高いが、それでも製造ロットの違いによる動物の反応の違い、たとえば出血傾向が出てくるというような差を経験している。

まして市販されている農薬は原体で不純物も多いと思われるが、不純物にもしもダイオキシン様の物質があったとした場合、純度の高い化合物を用いた試験では不純物の作用を見落とす恐れはないかという危惧を抱くことがある。また、農薬は混剤として用いることが多いが、このような混剤の安全性評価はどうなるのか問題が多い。薬物の混合によって毒性の相乗効果が現われることも考えられる。

有機リン剤などの農薬は飼料中濃度の低濃度においてもコリンエステラーゼ活性値が低下するため無作用レベルが非常に低く、したがってADIに影響する。これらの農薬を長期に与えコリンエステラーゼが低下したまま飼育しても動物になんらの害作用が現われないことが多い。こういう場合コリンエステラーゼの阻害を毒性の指標とすることに疑問を感じる時がしばしばである。

また、抗生物質やジベレリンのような生理的に植物中に存在する物質などは、急性毒性は非常に低いか、あるいは全くないようなものがある。そしてまた、とくに高価な化合物であることがある。このような農薬の長期毒性試験あるいは次世代試験の設計にあたって悩むことが多い。現在栄養上の問題が起こらない範囲の高濃度を上限として与えているが、やはり作物中の残留量および使用方法などを考慮して合理的な設計が必要だと思う。い

ずれにせよ現在進行中の多くの試験成績の集積により合理的な解決策が見出されることであろう。

次に試験成績の発表の問題であるが、現在のところ、せっかくの試験成績が登録目的のみに用いられるほかは、いわば闇から闇へほうむられることが多い。これらは企業側の秘密主義的な考え方によることが多いが、農薬の試験成績はむしろ公共的な性格があるわけであるから、やはり学会発表と論文発表などの公表を義務づけることが必要ではないだろうか。こうすればいいかげんな報告は批判され、そういう成績を出す研究機関は淘汰され、全般的に試験成績の向上が期待できる。また、発表の機会は若い研究者にとって大きな刺激と励ましになり業績にもなる。会社側の心の大きな配慮と行政当局のご検討をお願いしたい。

III 外国における状況

欧米諸国における農薬登録時に必要とされる試験項目は国によっていくらか差があるが、慢性毒性試験では、ラットおよびイヌを用いた 24 カ月試験が主流であり、アメリカ、カナダ、スカンジナビヤ諸国、西独ではこれらの 2 動物の成績が要求されている。イギリス、フランスではラット、マウスの 2 動物についての 24 カ月成績が必要である。これらの国では農薬の製造会社の毒性研究所で行なった成績でも登録できるが、経済的な理由からむしろ外部の毒性専門機関に委託することが多い。これらの毒性専門機関の大手は全て会社組織である。これらの機関としてアメリカでは Hazelton Laboratories, Industrial Biotest Laboratories, Bionetics Research Laboratories, Woodard Research Corporation, Stanford Research Institute, Food and Drug Research Laboratories, International Research and Development Corporation など、イギリスでは, Huntingdon Research Center, Life Science Research などがある。これらの研究所は戦後発足し急成長をとげたものが多い。これらの大手は広大な敷地に大規模な研究施設を持ち、総人数も 400~600 名に達し、収容動物数もラット、マウス 5~6 万匹、イヌ数千頭、サル数百匹と膨大な施設でいわば大工場といってもよいと思う。これらの研究所は全くコマーシャルベースで運営されているわけで研究所間の受託競争は熾烈である。そのため運営能力をよくするのはよいが試験項目数を減らしたり、検査個体数を少なくする、つまり悪くいえば手を抜いて受託費を安くして競争力を強くしたがる傾向がある。また、利益を追求する経営者のプレッシャーがあまりかかると研究者は面白くないので辞めて他の機関へ出て行くことが多く有能な研究員を

保持することがむずかしくなる。また、一般的にこれらの経営者はきわめてドライであるので有利なオファーがあったり、あるいは経営がうまくいかないと直ちに売却する傾向がある。こういう点からみても安全性評価という公共性の強い仕事をコマーシャルベースのみで運営されることに疑問を感ずるものである。

毒性研究の学会としてはアメリカの Society of Toxicology が最も権威ある学会である。この学会はあえて American の名を付けず International な学会を目指し、アメリカの会員のみならず世界各国の会員がいる。現在会員数は約 660 名であり年 1 回主としてアメリカの都市で学会が開かれている。今年度の学会は 3 月にニューヨークで開催され 4 日間にわたり 154 の演題が発表され盛会であった。

毒性研究者の教育の面ではアメリカのいくつかの大学では大学院に Toxicology のコースがあり、ph. D. をとれるようになっている。また、毒性関係の病理組織学的検索に従事する研究者は獣医学出身者が主流であり、獣医系大学では大学院で病理学者を養成する ph. D. コースがあり、それを修了し資格試験にパスすれば獣医病理学者としての免状をとれるようになっている。

IV わが国の毒性試験の現況

率直に言ってわが国の毒性試験は先述の先進諸国と比較するとやはり遅れているといわざるを得ないと思う。確かに世界でも最先端に行く残留農薬研究所の施設や大きな製薬会社関係の安全性施設は立派なものがあり、すぐれた毒性研究者もいるが、全般的には質、量ともにまだ不十分な面が多い。農薬の毒性試験に関してはわれわれの研究所ができる前は大学に依存することが大部分であった。しかし、現在の日本の大学は施設の面でも組織の面でも非常に劣っており、亜急性試験程度ならばともかく、2 年にわたる長期試験を行なうことは非常に無理である。また、大学教授の研究費かせぎ的な安易な考え方では厳密公正な評価にたえられる成績を出すことはむずかしい。

慢性毒性試験を行なうには衛生状態の完備した動物施設と多くの人手を要し、さらに多数の項目の検査には高価な自動分析機器を必要とするため大学で行なうのは無理であり、やはりわれわれの研究所のような専門機関が必要となる。

現在わが国において実際に動いている大型の毒性専門研究所は残留農薬研究所のみである。厚生省関係の食品薬品安全センター、通産省関係の化学品安全センターなどはこれから建設される段階にある。最近中小の動物生

産業者が毒性研究施設を作りつつあり、一種のブームになっているが、これらの施設は小規模で設備も十分といえないものが多い。しかし、それらの中で動物繁殖研究所のように試験成績が厚生省安全性評価委員に高く評価されている研究所もある。そのほか最近大企業の数社の受託試験の研究所を作ろうとする動きも出ている。また、イギリスの Huntingdon Research Center は日本に支所を計画している。そのほか最近動物薬および飼料添加物も毒性試験が必要になったため、農林省ではこれらの動物薬品の安全センターを計画している。このように毒性試験業界はいわば戦国時代的様相を呈しているが、最大の悩みは有能な毒性研究者が絶対的に不足していることである。毒性学はインターディシプリナリな学問であり広範囲の知識を必要とする。しかし、日本のようにすべて縦割り制度の国では横の連けいを必要とする新学問領域はなかなか育ちにくい素因がある。そして日本の大学で毒性学を総合的に教育するコースを持つ所は全くないといってよい。現在わが国の会社あるいは研究所で実際に毒性試験に従事している人々の多くは獣医学出身者である。その獣医学教育を行なっている大学でさえも組織的に毒性試験の講義を持っているところはわずかな現状である。しかし、毒性試験に対する社会のニーズが非常に強いため、これにこたえる動きが活発になりつつある。わが国ではこれまで毒性研究の学会はなく研究者は方々の学会の片隅で発表せざるを得ない状態であり、毒性学会の必要性が要望されていたが幸い 48 年 10 月に毒性研究会が発足することとなりその発展が期待されている。

わが国では医薬品、食品添加物の登録に必要な毒性試験は国内の研究機関で行なわなければならないが、製造会社の研究所で行なった成績でも受理される。農薬の場合、外国の研究機関のデータでもよいが、メーカーの研

究所の成績は問題になる。

毒性試験、ことに慢性毒性試験や次世代試験などは長期にわたり多数の動物を使用するため広い動物室のスペースを必要とする。われわれの研究所は 3 年前の計画時には 50 検体の亜急性試験のスペースで立案されたが、現在亜急性試験は時代遅れとなり、長期毒性試験に代わってしまったため、依頼試験の需要に全て応ずるには動物室のスペースが不足する状況になっている。そのため現在国内外の委託研究機関と Subcontract の形で協同研究を行なっている。しかし、動物実験というものは非常にデリケートな性格があり、動物、飼料、飼育状況などにより成績が異なることが多く、やはり自分の研究所で注意深く実行されるのにこしたことはない。現在および将来の依頼試験をこなすためには残留農薬研究所としては少なくとも現施設の 3 倍、できうれば 5 倍の施設が必要となるであろう。この場合イヌ、家畜、魚、鳥などを使用する試験設備が中心になるので、場所としては人家から離れた広い敷地で、少なくとも数万坪が必要である。農林省および農薬業界関係者のご配慮をいただきたい点である。

おわりに

以上に述べたように農薬の毒性試験は多くの問題点が存在するが、今後蓄積されてくる多くの知見から解決の糸口が発見されてくるであろう。やはり現在ではできるだけ多くの知識を集めることがまず必要である。農薬は農業の省力化、生産性の向上のため農業生産上欠くべからざるものであるが、他方生態系を破壊し環境衛生上の脅威となるいわば両刃のやいばである。農薬の毒性試験の強化により環境汚染のない低毒性農薬が開発されて、農業生産性向上に貢献することが期待されている。

新刊本会発行図書

農薬安全使用基準のしおり

昭和 48 年版

A 5 判 30 ページ 100 円 送料 55 円

農薬残留に関する安全使用基準、農薬の残留基準、作物残留性農薬および土壌残留性農薬の使用基準、水産動物の被害の防止に関する安全使用基準を 1 冊にまとめた書

新刊本会発行図書

農薬の残留毒性用語集

A 5 判 20 ページ 150 円 送料 40 円

英和対照農薬残留毒性用語、記号・略号一覧表、実験動物一覧表を 1 冊にまとめた書

「農薬残留の緊急対策に関する調査研究」のとりまとめを終えて

残留農薬研究所 田中敏夫

農林省の試験研究の管理運営を司る局として農林水産技術会議事務局がある。従来から農業関係の試験研究の強化策として、数カ所の研究機関からなる研究チーム作りと、実施に伴う特別予算措置を講じていた。本調査研究は同局が社会の大きな関心事である食品中の農薬残留問題に対処するため、国公民間の共同体制で開始した農薬の使用方法和作物中の農薬残留量の関係の解析試験である。この試験は昭和42年度から45年度まで実施され、その成果が48年3月末同局の成果シリーズ第65号として発刊された。筆者はこの試験の推進の裏方の一人として同局に籍を置いたが、農薬取締法の改正により農薬の安全性評価が農薬製造、販売業者の登録申請資料に大きな比重を占めるようになった現在、当時をふりかえり、本調査研究の実施経過、今後の問題を考えてみたい。

小学生で戦災と終戦を迎えた筆者にも、サツマイモと雑炊で過した食糧難の記憶があるが、戦後の農業研究の最大目標は食糧の高位生産であった。育種、栽培、土壌肥料、病害虫などの各研究部門の研究の振興がはかられ、品種、肥料、農薬という三拍子が揃い、食糧生産は着々と増大され、農業生産も集約化、機械化、大規模化の方向をたどっていった。病害虫防除では、有機塩素系、有機リン系の殺虫剤の導入利用、有機水銀剤の開発利用など有機合成系の農薬の開発と利用を中心とする試験研究が精力的に行なわれ、病害虫の発生生態に関する研究成果と組み合わせられて、薬剤防除の技術体系が完成されていった。しかし、効果中心の薬剤防除については問題点が次々に提起され、農薬の食品残留、環境汚染に関する知見が消費者に不安を抱かせることとなった。国連ではFAO、WHOがつとに食糧における農薬残留問題に対して残留性および毒性データを収集してトレランスを食品規格として設定し、各国に勧告することで食糧の円滑な流通をはかりつつあった。一方、わが国では昭和38年から厚生省が環境衛生局に食品化学課を設け、翌年には国立衛生試験所の体制を強化し、市場に流通する農産物を対象とした農薬の残留実態調査および安全性評価試験を開始した。当時、農林省の試験研究機関には農薬の残留に関する研究体制はなく、昭和40年に農業技術研究所に農薬残留研究室が設置された。

農薬残留基準とのちに用語が統一されたトレランスは

毒性試験結果、残留分析法、残留実態およびその国の栄養調査結果などにより設定することが可能ではある。しかし、同時に、この残留基準を超えることのない農薬の使用方法を安全使用基準として示す必要がある。厚生省は国内の調査結果と国連の設定したADIなどをもとに、残留基準の設定を急いでいたことから、農林省は緊急的に農薬の使用経歴、作物の栽培経過を明らかにした試料について、農薬の残留傾向を解析する本調査研究を実施したものである。当時、わが国で使用されている農薬について、作物中に極微量に残留する農薬の分析方法が確立されていたものは多くなく、そのため、高感度で、作物体の妨害物質に影響されず、かつ容易な操作で短時間に分析が可能な抽出定量法を確立することが必要であった。本調査研究チームは二つのグループに分かれ、一方は分析用農作物の調製、他方は分析法の検討および残留解析であった。前者は国立茶業試験場、29道府県の農業、園芸および茶業試験場の病害虫研究者で構成し、後者は農業技術研究所、北海道農業試験場、東京農工大学、日本植物防疫協会と会員研究者で構成し、のちに日本分析化学研究所および日本食品分析センターが参加した。民間機関の指導監督は農業技術研究所と農業検査所が行なった。

昭和42年度は残留基準の設定が待たれていたBHC、DDT、パラチオン、ヒ素および鉛などの農薬を中心に試験を行なったが、作物残留性試験方法も国として統一したものもなく、作物の生産地の農薬使用実態に合わせた試料調製で実施し、その結果を検討した。しかし、この方法では農薬の使用方法和残留量の減衰を解析することがむずかしいと知った。次年度からはこの点を解決するため、折柄国連職員としてカイロに派遣されていた農業技術研究所の富沢長次郎技官が帰国されたので、同氏に協力を求め、残留解析に適した基本設計に農作物主産地の薬剤防除実態をできるだけ加味した調査方法案を作成し、実施した。

基本設計案は農事試験場、園芸試験場、茶業試験場に立案を依頼し、調査対象農薬の適用範囲にある作物の病害虫の発生状況を、通常発生と異常発生に分け、各々の場合の薬剤の使用回数、使用時期、使用方法を過去の実績にてらして定めた。そして、各種作物の収穫時期に、薬剤の最終散布からの経過日数を異にした分析材料をサ

ンプリングするという現在の調査方法の骨子を作り上げた。分析材料を調製した茶業試験場と公立農業関係試験場では、本来の病害虫関係の試験研究、発生予察事業、薬剤の開発試験などに加えて、この調査研究を担当した訳であり、また、分析陣は多量の試料の到着するまでに、分析方法の確立をしなければならなかった。本来この種の仕事は、自己の能力の許す限り試料の調製から分析まで自分のところで実施して初めて仕事として完結するものであるが、作物産地での分析体制は短時日で整備されるものではないので、分析材料の調製者も分析者もともにこの仕事の社会的な意義を拠りどころとして4カ年受渡しの努力を続けたものである。

調査した農薬は殺虫剤 28 種、殺菌剤 18 種、除草剤 1 種、合計 47 種であり、わが国の農薬の種類数からみれば2割に満たない。しかし、この種の研究に取り組んだ先進国の実態と比較してみても、数の上からも多いといえるし、また、農業残留といえば殺虫剤に偏った問題指摘がされ、殺菌剤を忘れがちであることを考えると、正しい取り組み方をし、国のプロジェクトとして大規模に行ない、社会的要請に応えたものとして評価できよう。

4カ年間に得られた調査研究結果は、実施年度ごとに技術会議事務局で検討し、そのたびに同局からすみやかに農政局（現在の農蚕園芸局）に通報された。これらの成績は、昭和43年から逐次設定されている農業残留基準の基礎資料として活用されている。

わが国で農業残留に関する試験研究成果の蓄積がきわめて少ない時期に、社会的要請から応用研究を基礎研究にさきがけて実施したこともあり、本調査研究の実施には多くの困難を伴った。そのため結果の解析に苦しみ点もあり、これを解くにはやはり作物、土壌における農薬の行動を知り、分解、代謝、移動のメカニズムとそれらを左右する要因の種類、強弱を知る基礎的な研究が実施されなければならないと痛感した。

農薬の残留性は現在では単に食品衛生上の問題のみならず、環境保全の視点からも捉えられている。そして、現在、国は「残留農薬の安全性評価に関する基準」において、残留性試験、慢性毒性試験（ラット・マウスにおいては一生涯の大部分の試験）、次世代試験に加えて農薬の生体内運命に関する知見を登録申請資料の一つとして用意すべきことを示している。この項は明らかに人体

にとり込まれた際の農薬の代謝、分布などに関する知見を得るための動物試験を意味しているものであろうが、農薬の残留性に関する知見の中に当然含まれる植物体における（または土壌における）農薬の運命を、むしろこの“生体内運命”に加えた解釈をとるほうが、個々に得られがちな残留性、毒性の知見の谷間を埋める効果があると思われる。

農業は作物栽培という特殊な環境作りであり、わが国の温暖多湿気候では作物には常に病害虫の発生を伴うため、労働人口の減少のみられる農業に必要な省力法として病害虫の化学的防除はその意義を減少させていない。今後の農薬の条件に易分解性、低毒性などが挙げられている。一例として有機リン系化合物を考え、その安全性評価をみると、食品を通じて人間に与える影響を動物試験結果から予知しようとする今の慢性毒性試験では、有効成分を飼料に添加し経口的に摂取させる方法を採用しているが、多くはきびしい関門を通過する。それは脳、血球、血清や血漿のいずれかのコリンエステラーゼ（ChE）活性の阻害が毒性の指標とされる場合で、体重変化や臓器の病変を起こす薬物量よりもより少ない量で最小中毒の評価を受けるからである。実際の作物における残留を考える場合、多くが分解を受けるので、有機リン系化合物の場合には、動物体における代謝と作物体における代謝に異同がない場合初めて最大無作用量がその意義をもつことになる。異同がある場合は、毒性としては代謝物の毒性の大小によって変わり、この動物試験結果から評価された最大無作用量は当然補正されなければならない。ラット・マウスによる慢性毒性試験は長期間多大の労力と経費を要する試験であるだけに、誰も有効適切な方法をもって実施したいと考えている。Terminal residueを知ることが化学物質の残留性研究の目的であるが容易ではない。しかし、易分解性の農薬を求め、安全性評価をする場合にどうしてもこの点を明らかにし、化学の研究者から毒性の研究者に知見を渡すことが必要で、意図的に使用する化学物質としての農薬の開発上の必須条件と思われる。

おわりにのぞみ、本調査研究の関係者各位に心からお礼申しあげ、また、農林水産技術会議事務局が調査研究結果を公表した意義を大きなものとして記したい。

協 会 だ よ り

一 本 会

○第29回編集委員会開催さる

9月14日午前10時より本会会議室において編集委員12名、幹事7名、計19名の方々の参集のもとに第29回編集委員会を開催した。遠藤常務理事の挨拶があつてのち、高木委員長の司会で議事を進行。編集委員・幹事の異動では、委員は異動がなく、幹事は梶原敏宏氏・岸 国平氏・須賀秀文氏・鈴木啓介氏・箕島龍久氏の5氏が辞任され、新たに小久保辰蔵氏(千葉県農林部農産課防疫機械係長)、寺口隆雄氏(農林省農蚕園芸局植物防疫課防除班防除係長)、山口富夫氏(農林省農業技術研究所病理昆虫部病理科糸状菌病第2研究室長)、山田駿一氏(農林省果樹試験場興津支場病害研究室長)の4氏がなられた。次いで雑誌「植物防疫」について昭和49年度(第28巻)の編集方針で、来年度も4冊の特集号を掲載することにし、幹事会案の4題名について細部にわたって討議が行なわれた。植物防疫基礎講座は病害・害虫・病原菌の見分け方、試験方法の解説を継続することを決め、表紙デザインを選定した。また、47年度中に発行した刊行物、48年度の既刊刊行物について川村幹事より報告し、承認されたのち、年度末までに発行する予定の図書について協議を行なった。

○イネ穂枯れ現地検討会開催さる

第4回目のイネ穂枯れ現地検討会は9月27、28日の2日間にわたり島根県出雲市において、農業技術研究所、地域農試、県農業試験場および農業会社などの関係者約

130名参会のもとに、条葉枯病菌による穂枯れの検討を主目的として開催した。

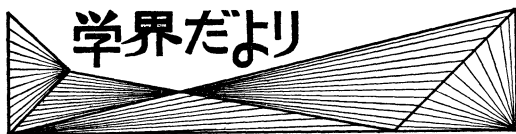
27日は午後1時30分より島根県農事試験場で開かれ、本会后藤和夫氏の開会の辞があり、次いで島根県農事試験場尾添 茂場長の挨拶があつた。続いて場内の条葉枯病常発圃場を同場種芸科高海幸夫科長および病虫科山田員人技師の案内で見学した。見学終了後会場を湖陵町の国引荘に移し、3時30分より農業技術研究所山口富夫技官の座長のもとに3講演が行なわれた。

- (1) 条葉枯病菌による穂枯れの発生と品種栽培条件との関係 島根農試 山田員人氏
 - (2) 穂枯れの病原診断法 四国農試 大畑貫一氏
 - (3) 穂枯れに対する薬剤の効果 九州農試 佐藤 徹氏
- 講演終了後、総合討論に入り、6時まで活発な質疑応答があつた。

翌28日は、午前8時30分宿舍をバス3台で出発し、斐川町のごま葉枯病および条葉枯病多発地を県農試病虫係の方の案内で現地視察を行ない、午後2時出雲市駅で散会した。

○編集部より

本号は、3月号の「捕食と寄生」、6月号の「大気汚染と植物」、8月号の「スプリンクラーによる防除」に続く本年4冊目、最後の特集号となっております。なお、口絵写真ならびに48年8月に新しく登録された農薬はありませんので、ともに休載いたしました。ご了承下さい。



学 界 だ よ り

○日本植物病理学会秋季関東部会開催のお知らせ

期 日：48年11月20日(火) 午前9時30分～

会 場：農林省農業技術研究所3階講堂

東京都北区西ヶ原2の1の7

電話 03-915-0161

連絡先：日本植物病理学会関東部会事務取扱所

東京都世田谷区桜丘1の1の1 〒156

東京農業大学植物病理学研究室内

電話 03-420-2131

植 物 防 疫

昭和48年

10月号

(毎月1回30日発行)

— 禁 転 載 —

第27巻 昭和48年10月25日印刷
第10号 昭和48年10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
東京都板橋区熊野町13-11

実費200円 送料16円 1カ年2,240円
(送料共概算)

— 発 行 所 —

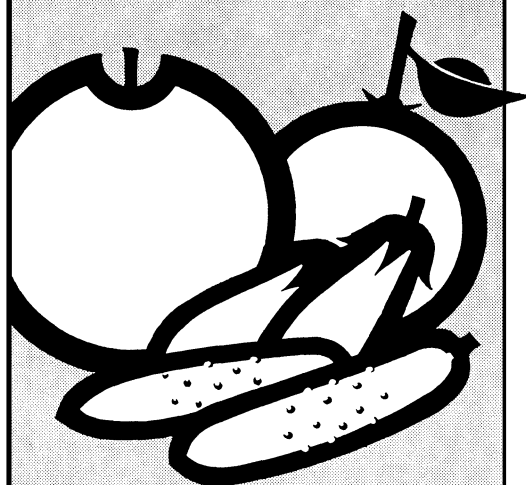
東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

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 177867番

果樹、野菜の 病害総合防除に



増収を約束する！

日曹の農薬

トップジンM

(チオファネート メチル剤) **水和剤**

- 予防、治療効果ともすぐれています。
- 毒性、薬害、かぶれの心配がありません。
- 作物の汚れが少ない農薬です。
- 有機銅剤をはじめ、殆んど他の剤と混用できます。



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2-90 〒541

新刊本会発行図書

果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究

B 5判 112 ページ 1,000 円 送料 115 円

1963～72 年にわたる研究組織の成果を要約したもので、

第 1 部は総説・基礎研究として

研究組織の経過および成果の概要、果樹ハダニ類の種類および寄主植物、殺ダニ剤の効果検定法（室内検定法、ほ場における簡易検定法、ほ場試験の効果評価法）、ハダニ類における薬剤抵抗性機作および遺伝、殺ダニ剤の交代使用

第 2 部は応用研究としてダニ類の薬剤抵抗性について

リンゴ寄生ハダニ類（青森県、秋田県、岩手県、宮城県、長野県）、ミカンハダニ（和歌山県、広島県、愛媛県、長崎県）、ミカンハダニおよびミカンサビダニ（佐賀県）、ナシ寄生ハダニ類（福島県、千葉県）チャ寄生カンザワハダニ

付表：とう汰実験による薬剤抵抗性増大事例、効果減退薬剤とその代替薬剤、主要殺ダニ剤の種類名・商品名対照表 他に英文摘要を併録

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

雑誌「植物防疫」バックナンバーのお知らせ

() 内は特集号の題名、価額は送料ともの値段

購読者各位よりたびたびバックナンバーのお問い合わせがありますので、現在在庫しております巻数をお知らせいたします。欠号をこの機会にお取り揃え下さい。

8 巻 (29 年) 5, 7 月	24 巻 (45 年) 1, 2	各 1 部	146円
9 巻 (30 年) 3, 6 月	[全号揃] 3 (アブラムシ類)	1 部	166円
12 巻 (33 年) 5 (稲紋枯病), 12 月	4	〃	146円
13 巻 (34 年) 4, 5 (除草剤) 月	5 (カンキツの病害虫)	〃	166円
14 巻 (35 年) 6, 7, 9, 10, 12 月	6, 7	各 1 部	146円
15 巻 (36 年) 6 月	8 (土壌病害検診法)	1 部	166円
同 (同) 9, 10, 11 (植物検疫), 12 月	9, 10	各 1 部	146円
16 巻 (37 年) 1 (新農薬), 2, 3 (ヘリコプタによる農薬の空中散布), 4, 5, 6 (果樹ウイルス病), 7, 8, 9, 10 (農薬の作用機作), 11, 12 月	11 (害虫の薬剤抵抗性)	1 部	166円
17 巻 (38 年) 1 (病害虫研究の展望), 2, 3 (農薬空中散布の新技術), 4 (土壌施肥), 5 月	12 月	〃	146円
同 (同) 7 (省力栽培と病害虫防除), 8, 9, 11 (牧草・飼料作物の害虫), 12 月	25 巻 (46 年) 1, 2	各 1 部	196円
18 巻 (39 年) 5, 11, 12 月	[全号揃] 3 (農薬の施用法)	1 部	216円
19 巻 (40 年) 1, 2, 3 (農薬の混用), 4, 5 (農薬の安全使用), 6, 7 (果樹・茶病害虫発生予察), 8, 9, 10 (果樹共同防除の実態と防除施設), 11, 12 月	4	〃	196円
[全号揃]	5 (花の病害)	〃	216円
20 巻 (41 年) 2 (ハダニの薬剤抵抗性) 1 部	6, 7	各 1 部	196円
3 (イネのウイルス病) 〃	8 (昆虫の感覚)	1 部	216円
4 〃	9, 10	各 1 部	196円
5 (低毒性農薬) 〃	11 (沖縄の病害虫)	1 部	216円
6, 7 〃	12	〃	196円
9 〃	26 巻 (47 年) 1, 2	各 1 部	196円
21 巻 (42 年) 1, 2, 3, 4 (いもち病), 5, 7 月	[全号揃] 3 (有機リン剤の化学)	1 部	216円
一以上 1 部 146円—	4	〃	196円
8 (カイガラムシ) 1 部	5 (マイコプラズマ)	〃	216円
9, 11, 12 月	6, 7	各 1 部	196円
一以上 1 部 146円—	8 (昆虫の移動)	1 部	216円
22 巻 (43 年) 1, 2, 3 (イネ白葉枯病), 4, 5 (侵入害虫), 6, 7, 9, 10, 11 (昆虫の生殖), 12 月	9	〃	196円
一以上 1 部 146円—	27 巻 (48 年) 1, 2	〃	196円
23 巻 (44 年) 3 (リンゴの病害虫防除) 1 部	3 (捕食と寄生)	1 部	216円
4 〃	4, 5	各 1 部	196円
5 (侵入病害) 〃	6 (大気汚染と植物)	1 部	216円
6 〃	7	〃	196円
12 月 〃	8 (スプリンクラーによる防除)	〃	216円
	9	〃	196円

在庫僅少のものもありますので、ご希望の方は早目に振替・小為替・現金など（切手でも結構です）で直接本会へお申込み下さい。

46 年 7 月 1 日よりの郵便料金改訂に伴い、本誌の郵便料金が 1 部 16 円になりました。雑誌には旧郵便料金が印刷されておりますが、お含みおき下さい。

明日の営農を築く の主要殺虫剤

- メイチュウに散布適期幅の広い

スパン^{*} 粒剤・粉剤
微粒剤

- 手まきができる大型粒剤

スパン^{*} 粒剤 J

- メイチュウ・ウンカ・ヨコバイ同時防除

ミフスパン^{*} 粒剤

- メイチュウ・ウンカ・ヨコバイ同時防除

ツマスパン^{*} 粉剤

- 抵抗性ツマグロにも効く

日農 ND 粉剤 10

- 稲の各種害虫といもち病が防げる

日農 ツマベル[®] 粉剤

- ウンカ・ヨコバイの複合殺虫剤

日農 ツマジソ[®] 粉剤

- 寒地害虫の同時防除に

日農 アッパ 粉剤

- 新しい有機りん剤

日農 カヤフオス 粉剤

- 収穫間近まで使える

ジブロム 乳剤

- アブラムシの専門防除に

日農 サヒソ 水和剤

- 手まきでアブラムシが防げる

ホスドン 粒剤

- ミカンのカイガラムシに低濃度で使える

日農 スプラサイド 乳剤

- 落葉果樹のシンクイムシに特効

日農 スプラサイド 水和剤

- ハダニからシンクイまで防げる

スパン^{*} 水和剤

- 新しい殺ダニ剤

日農 エイカロール 乳剤

- チャ・ミカンの殺ダニ剤

日農 オマイト 水和剤

- コナガ・ヨトウに効きめの長い

日農 ホスベル 乳剤

- コナガ・ヨトウ・アブラムシが防げる

日農 ホスベル VP 乳剤

- ハスモンヨトウに特によく効く

ランネート 水和剤 **日農**

- 土壌害虫に

日農 ダイアジン 粒剤
粉剤

- 土壌害虫に

日農 エッセブン 粉剤



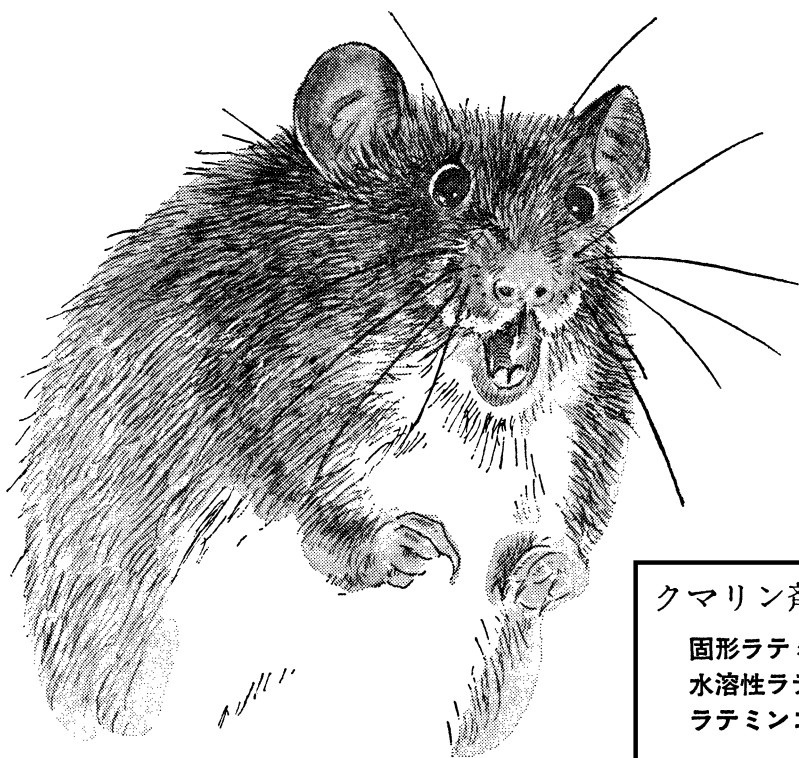
日本農薬株式会社

〒103 東京都中央区日本橋1-2-5 栄太楼ビル

® = 日本農薬 * = 西ドイツ シューリング社の登録商標

何でもそろろう

クミアイ鼠とり



新発売

新タイプの忌避剤

ピリゼン-n

主成分 シクロヘキシミド 0.2%

殺鼠後に……撒けば来ない、来れば撒く
不快味覚で、バツグンの忌避性！

クマリン剤

固形ラテミン
水溶性ラテミン錠
ラテミンコンク

農家用
農業倉庫用
飼料倉庫用

燐化亜鉛剤

強力ラテミン
ネオラテミン

農耕地用
農家用

タリウム剤

水溶タリウム
液剤タリウム
固形タリウム

農耕地用
"
"

モノフルオール酢酸塩剤 (1080)

液剤テンエイテイ
固形テンエイテイ

農耕地用
"



取扱 全購連・経済連・農業協同組合

製造 大塚薬品工業株式会社

自信を持ってお奨めする

兼商の農薬

■新しい殺ダニ殺虫剤 新発売

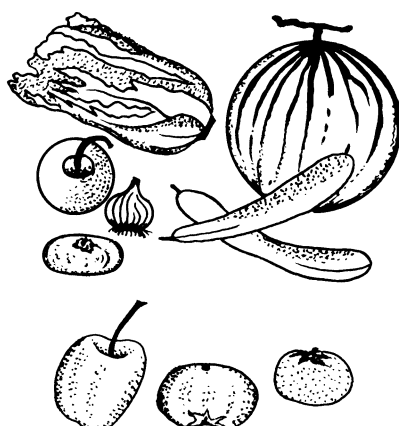
トーラック

■果樹園・桑園・牧草地の除草剤

カソロン 粒剤

■果樹・そさいの有機銅殺菌剤

キノドール®



■みかんのハダニ・サビダニに

アゾマイト®

■りんご・みかん・茶・ホップのダニに

スマイト®

■水田のヒルムシロ・ウキクサ・アオミドロ・ウリカワ防除に

モゲトン®



兼商株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

近畿大学教授・平井篤造

神戸大学教授・鈴木直治共編

—第2版出来—

感染の生化学 —植物—

A5判 474頁

2800円 円140円

前編—糸状菌および細菌病

* 感染 (神戸大学農学部教授・鈴木直治) * 細胞壁と細胞膜 (香川大学農学部教授・谷 利一) * 呼吸 (北海道農業試験場病理昆虫部技官・富山宏平) * 光合成 (農業技術研究所病理昆虫部技官・稲葉忠興) * 蛋白質代謝 (近畿大学農学部教授・平井篤造) * 核酸代謝 (京都大学農学部助教授・獅山慈孝) * フェノール物質の代謝 (東北大学農学部教授・玉利勤治郎) * ファイトアレキシン (島根大学農学部教授・山本昌木) * ホルモン (農業技術研究所生理遺伝部技官・松中昭一) * 毒素 (鳥取大学農学部教授・西村正暁)

後編—ウイルス病

* 感染 (近畿大学農学部教授・平井篤造) * 呼吸 (岩手大学農学部教授・高橋 壮) * 葉緑体 (名古屋大学農学部助手・平井篤志) * 蛋白質代謝 (植物ウイルス研究所研究第1部技官・児玉忠士) * 核酸代謝 (岡山大学農学部助教授・大内成志) * 感染阻害物質 (九州大学農学部助手・佐古宣道)

農 業 技 術 協 会 刊

東京都北区西ヶ原1-26-3 (〒114)

振替 東京 176531 TEL (910) 3787 (代)

ゆたかな実り＝明治の農薬



野菜、かんきつ、もも、こんにゃくの細菌性病害防除に
タバコの立枯病に

アグレプト水和剤

テラウエアの種なしと熟期促進に 野菜の成長促進・早出しに

ジベレリン明治

トマトのかいよう病特効薬

農業用ノボビオシン明治

イネしらはがれ病防除に

フェナジン明治粉剤・水和剤



明治製菓・薬品部
東京都中央区京橋 2-8

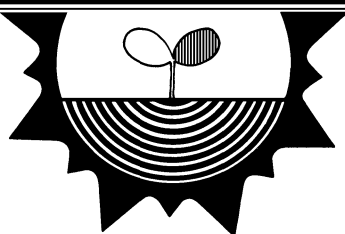
昭和四十八年
昭和四十八年
昭和四十八年

九月三十日
十月十五日
十月十五日

第三十三号
第三十三号
第三十三号

（植物防疫
郵便）
（植物防疫
郵便）
（植物防疫
郵便）

実費二〇〇円（送料一六円）



豊かなそ菜づくりに一
定評ある 三共の農薬

＊野菜のアブラムシ、ダニ防除に

エカチン[®]TD粒剤

- ◎土壌処理や茎葉散粒によって害虫が防除できます。
- ◎アブラムシ、ダニ類にすばらしい効果があります。
- ◎製剤がすぐれているので、速効性と残効性を兼ね備えています。
- ◎作物の生育をよくし収量を増加させます。
- ◎薬害の心配がなく安全です。

＊ヨトウ・ネキリ退治の特効薬

ネキリトン[®]



三共株式会社

農薬部 東京都中央区銀座3-10-17
支店 仙台・名古屋・大阪・広島・高松

北海三共株式会社
九州三共株式会社

資料進呈