

飯田 格・上遠 章・佐藤六郎・山崎輝男 編

現代農薬講座

I. 説
作 用 機 構
抵 抗 性

朝 倉 書 店

飯田 格・上遠 章・佐藤六郎・山崎輝男

現代農薬講座

I. 総説 ■ 作用機構 抵抗性

朝 倉 書 店

現代農業講座 I 定価 1600 円

昭和 46 年 9 月 1 日 初版発行

編集者 飯田 格・上遠 章
佐藤六郎・山崎輝男

発行者 朝 倉 鏞 造
東京都新宿区新小川町 2 の 10

印刷者 川 瀬 壬 子
東京都北区東田端 1 の 8 の 10

発 行 所

株式 朝 倉 書 店
会社

東京都新宿区新小川町 2 の 10

郵便番号 1 6 2

電話 東京 (260) 0 1 4 1 (代)

振替口座東京 8 6 7 3 番

自然科学書協会会員

© 1971

鎌倉印刷・渡辺製本

無断複写・転載を禁ず

3361-861601-0032

第 I 巻執筆者

いい 飯	だ 田	わたる 格	千葉大学園芸学部教授・農学博士	
いし 石	さき 崎	ひろし 寛	三重大学農学部教授・農学博士	
かみ 上	とう 遠	あきら 章	日本特殊農薬製造（株）顧問・ 農学博士	
くさ 草	の 野	ちゅう 忠	し 治	鳥取大学農学部助教授・農学博士
ご 後	とう 藤	しん 真	こう 康	農林省農政局植物防疫課課長補佐 ・農学博士
しょう 正	の 野	とし 俊	お 夫	東京大学農学部
たけ 武	なが 長	たかし 孝	農業機械化研究所主任研究員・ 農学博士	
つか 塚	もと 本	ます 増	ひさ 久	長崎大学熱帯医学研究所助教授・ 理学博士
むら 村	かみ 上	ゆたか 浩	農林省農業技術研究所生理遺伝部 生理第4研究室長・理学博士	
やま 山	さき 崎	てる 輝	お 男	東京大学農学部教授・農学博士

（五十音順）

は し が き

病害虫の加害を受けない農作物はなく、とくに優良品種や多収品種といわれるものほど病害虫による害が大きい。したがって、農業生産に当たって、病害虫防除は欠くことのできない作業であり、農業は農薬と肥料がなければ成り立たない。

農作物の病害虫防除法には、化学的防除法（農薬）、物理的防除法、耕種的（生態的）防除法、生物的防除法などがあるが、現時点において最も多くかつ広く行なわれ、最も効果をあげているのは、農薬利用による化学的防除法である。

稲作についてみると、昭和25～29年の病害虫による減収率は平均12.5%であったが、昭和30年以降は稲病害虫に特効のある農薬（水銀剤、パラチオン剤、BHC 剤など）の普及によって病虫害は6割以上も軽減され、その減収率は4%以下になった。この強力な農薬の出現と相まって耕種・施肥の改善が行なわれ、米は3割以上の増収をみ、最近では米生産過剰のための減反政策がとられるにいたったのである。

しかるに1962年、米国のレーチェル・カーソン女史はその著書“サイレント・スプリング”のなかで、現在の農薬をこのまま使用し続ければ自然は破壊され、野生の生物は死滅し、春が来ても鳥も鳴かない環境となり、そこでは人間の生存も危うくなるおそれがあると警告した。この警告は世界的な反響を呼び起こし、農薬による農産物の汚染、土壌汚染、水質汚染などの公害が大きな社会問題としてとりあげられるにいたり、農薬使用と農薬による公害をいかに調和させていくかが、農業界だけでなく社会全体に課せられた大きな問題となっている。

したがって、残留毒性の少ない農薬、誘引剤、忌避剤、不妊剤、生物農薬などの開発、ならびに収穫物に毒物の残留しないような農薬の合理的使用法、天敵保護、病害虫に抵抗性のある品種の栽植、農業生態系保持などを考慮して農薬を使

用する総合防除などの開発によって農薬公害を少なくするよう努力することは、農薬研究者、農業技術者に課せられた責務と考えられる。

この“現代農薬講座(全5巻)”は、社会問題となっている農薬について、現代の要請にこたえ、農薬公害を起こさないように農薬を活用するために必要な農薬の基礎知識とその利用面を、多くの専門家の分担執筆によって、わかりやすく解説したものである。

第Ⅰ巻は農薬の概説、農薬の生産・使用状況、農薬の効果と公害、作用機構、抵抗性、防除機具、最新法規、第Ⅱ巻は効力検定法、分析法、植物・人畜に対する農薬の害作用とその解毒法、第Ⅲ巻以降は各論として、第Ⅲ巻は殺虫剤、殺ダニ剤、殺線虫剤、誘引剤、不妊剤、生物農薬、殺そ剤、殺虫殺菌剤、第Ⅳ巻は殺菌剤、補助剤、第Ⅴ巻は除草剤、植物生長調整剤について現在市販されている農薬はすべて網羅したつもりである。

なお本講座の刊行に当たり執筆者各位に多大のご協力をいただいたことと、農林省農薬検査所長鈴木照磨博士が格段のご指導・ご協力を賜わったことに深く感謝するとともに、朝倉書店編集部のお骨折りにお礼申しあげる。

昭和46年8月

編 者 一 同

目 次

I 農 薬 の 意 義	(上 遠 章)...	1
(1) 農薬の定義.....	1	
(2) 農薬の目的.....	1	
(3) 農薬の具備すべき条件.....	2	
II 農薬発達の歴史	(上 遠 章)...	3
(1) 天産物利用時代.....	3	
(2) 無機農薬時代.....	4	
(3) 有機農薬時代.....	4	
III 日本における農薬の変遷と動向	(上 遠 章)...	11
(1) 明治年代.....	11	
(2) 大正年代.....	12	
(3) 昭和年代第1期.....	13	
(4) 昭和年代第2期.....	14	
(5) 将来の農薬とその使用方法...	15	
IV 農薬の生産および使用状況	(上 遠 章)...	20
1. 日本における農薬の生産および使用状況		20
2. 世界における農薬の生産および使用状況		27
V 農薬の効果と公害	(上 遠 章)...	29
1. 農薬の効果		29
(1) 米増産と農薬.....	29	
(2) 連作と農薬.....	32	
(3) 農薬の経済的效果.....	32	
(4) 農薬の輸出入.....	33	
2. 農薬と公害		35
(1) 農薬の直接害.....	35	
(2) 薬剤抵抗性の害虫		
(3) 農薬の残留毒.....	36	
および耐性菌の出現.....	36	
(4) 農薬の残臭味.....	38	

VI 農 薬 の 分 類	(上 遠 章)...	39
1. 使用目的による分類		39
(1) 殺 菌 剤		39
(2) 殺 虫 剤		39
(3) 殺虫殺菌剤		42
(4) 殺 そ 剤		42
(5) 除 草 剤		42
(6) 農 薬 肥 料		42
(7) 植物生長調整剤		43
(8) 補 助 剤		43
2. 使用形態による分類		43
(1) 噴 霧 剤		43
(2) 粉 剤		44
(3) 粒 剤		44
(4) 粉 粒 剤		45
(5) ガ ス 剤		45
(6) く ん 煙 剤		45
(7) 煙 霧 剤		45
(8) 糊 状 剤		45
3. 化学組成による分類		46
(1) 無 機 農 薬		46
(2) 有 機 農 薬		46
VII 農 薬 の 性 質	(上 遠 章)...	48
(1) 溶 解		48
(2) 水素イオン濃度		49
(3) 蒸 気 圧		49
(4) 融点, 沸点		49
(5) 散布液の諸性質		49
(6) 粉剤の物理的性質		50
VIII 農薬の使用法	(上 遠 章)...	53
1. 農薬の効果的使用の要点		53
(1) 適薬を選ぶこと		53
(2) 使用適期を選ぶこと		53
(3) 適量散布すること		54
(4) 使用濃度を適正にすること		54
(5) 散布回数を適正にすること		54
2. 農薬調製法		54
(1) 散布液のつくり方		55
(2) 展着剤の添加法		55
(3) 2 剤混合法		55
(4) 散布剤の希釈法		56
3. 農薬使用法		56
(1) 噴 霧 法		57
(2) 散 粉 法		59
(3) く ん 蒸 法		60
(4) く ん 煙 法		60
(5) 灌 注 法		60
(6) 浸 漬 法		61
(7) 塗 抹 法		61
(8) 塗 布 法		61

(9) 毒 飼 法	61
4. 使用上の注意事項	61
(1) 天候との関係	61
(2) 農薬による危害	62
(3) 植物に対する薬害	63
(4) 農薬の混用	64
(5) 農薬の連用	64
(6) 農薬に対する抵抗性の出現	64
(7) 天敵に対する影響	65
(8) 桑園に対する影響	65
IX 防除機具とその使用法	(武 長 孝) 66
1. 噴 霧 機	66
(1) 噴霧機の種類	66
(2) 噴霧機の構造概要	67
(3) 動力噴霧機の性能	67
(4) 動力噴霧機の使用法	68
2. 散 粉 機	70
(1) 散粉機の種類	70
(2) 散粉機の構造概要	71
(3) 動力散粉機の性能	71
(4) 動力散粉機の使用法	73
3. ミ ス ト 機	74
(1) ミスト機の種類	74
(2) ミスト機の構造概要	74
(3) ミスト機の性能	74
(4) ミスト機の使用法	76
4. スピードスプレーヤ	76
(1) スピードスプレーヤの種類	76
(2) スピードスプレーヤ	
(3) スピードスプレーヤの性能	77
の構造概要	76
(4) スピードスプレーヤ	
の使用法	78
5. 散 粒 機	79
(1) 散粒機の種類	79
(2) 散粒機の構造概要	79
(3) 散粒機の性能	80
(4) 散粒機の使用法	80
6. 土壌消毒機	81
(1) 土壌消毒機の種類	
と構造概要	81
(2) 動力土壌消毒機の性能	81
(3) 動力土壌消毒機の使用法	82
7. 除草剤散布機	82
(1) 除草液剤散布機の使用法	82
(2) 除草粒剤散布機の使用法	83
8. 航空散布機	83

(1) 航空散布機の種類……………83	(2) 航空散布機の構造概要……………83
(3) 航空散布機の性能……………84	(4) 航空散布機の使用法……………84
X 農薬の作用機構 ……………86	
1. 殺虫剤の作用機構 ……………(山崎輝男・正野俊夫)…86	
(1) 殺虫剤の施用から 作用点までの経路……………86	(2) 殺虫作用に關与する因子……………89
(4) 神経の興奮伝導……………92	(3) 昆虫の神経組織……………89
	(5) 各種殺虫剤の作用機構……………94
2. 殺菌剤の作用機構……………(石崎 寛)… 110	
(1) 殺菌剤の作用型…………… 110	(2) 殺菌剤の作用点…………… 112
(3) 各種殺菌剤の作用機構…………… 116	
3. 殺そ剤の作用機構……………(草野忠治)… 125	
(1) 黄 リ ン…………… 125	(2) リン化亜鉛…………… 126
(3) タリウム化合物…………… 126	(4) 海 葱…………… 127
(5) ア ン ツ ー…………… 128	(6) チオセミカルバジド…………… 128
(7) モノフルオル 酢酸ナトリウム…………… 129	(8) クマリン系・ インダンジオン系剤…………… 130
(9) ノルボルマイド…………… 131	(10) シクロヘキシミド…………… 131
4. 除草剤の作用機構……………(村上 浩)… 131	
5. 植物生長調整剤の作用機構……………(村上 浩)… 132	
XI 抵 抗 性 …………… 133	
1. 殺虫剤抵抗性……………(山崎輝男・正野俊夫・塚本増久)… 133	
(1) 抵抗性の定義…………… 135	(2) 抵抗性昆虫の出現機構…………… 135
(3) 交差抵抗性と複合抵抗性…………… 136	(4) 負相関交差抵抗性…………… 137
(5) 抵抗性の生化学的, 生理学的機構…………… 137	(6) 抵抗性の遺伝…………… 142
2. 殺菌剤抵抗性……………(飯田 格)… 160	
XII 法 規 解 説 …………… 162	
1. 農薬取締法……………(後藤真康)… 162	

目	次	vii
(1) 目的と沿革……………	162	(2) 農薬などの定義…………… 163
(3) 公 定 規 格……………	165	(4) 農薬の登録…………… 165
(5) 農薬登録の手続き……………	166	(6) 登録申請に必要な資料…………… 169
(7) 登録検査および 登録の方法……………	171	(8) 登録の有効期間 および再登録…………… 174
(9) 登録事項の変更, 登録の失効……………	174	(10) 農薬の表示…………… 175
(12) 虚偽の宣伝などの禁止……………	178	(11) 職権による適用病虫害 などの変更および 登録の取消し…………… 177
(13) 登録農薬に関する取締り……………	178	(15) 販売業者, 防除 業者に関する規定…………… 182
(14) 作物残留性農薬 などの使用規制……………	180	
(16) その他の規定……………	182	
2. 関 連 法 規 ……………	(後 藤 真 康)…	183
(1) 毒物及び劇物取締法……………	183	(2) 食品衛生法…………… 184
(3) 消 防 法……………	185	
a. 農薬取締法 ……………		186
b. 農薬取締法施行規則……………		196
c. 農薬取締法施行令……………		198
d. 作物残留性農薬等の使用に関する基準を定める省令……………		199
e. 農林省告示 ……………		201
f. 毒物及び劇物取締法 (抜すい)……………		203
付 録 ……………		206
a. 農薬関係主要略語・記号 ……………		206
b. 農薬関係参考図書・雑誌 ……………		211
c. 農薬関係機関一覧表 ……………		219
索 引 ……………		225

I

農 薬 の 意 義

(1) 農 薬 の 定 義

農薬とは農作物，農林産物，樹木などを加害する病菌，雑草，線虫，ダニ，昆虫，ネズミなどの動植物またはウイルスを防除するのに用いる殺菌剤，殺虫剤，殺そ剤，除草剤，補助剤などと植物の生理機能の増進または抑制に用いられる植物生長調整剤（調節剤）をいう．これが農薬取締法でいう農薬の定義である．

農薬は，以前は，植物を病害虫から保護する 目的でつくられたので，米語の Pesticide，ドイツ語の Pflanzenschutzmittel がこれに当たっていたが，最近 は植物生長調整剤が実用されるようになり，わが国ではこれも農薬に含めるようになったので，英語の Agricultural Chemicals が日本の農薬に当てはまる．アメリカではこの言葉には農業用化学製品という意味で肥料も含めている．

なお，農薬取締法は病害虫防除に用いる天敵も農薬とみなして取り締ることに なっている．最近，細菌，ウイルス，寄生蜂，捕食性昆虫や捕食性ダニなどを農薬と同じように用いる方法も一部実用されていて，これを生物農薬とか天敵農薬とか呼んでいるので，天敵を農薬とみなすことは合理的と思われる．

(2) 農 薬 の 目 的

農薬の使用目的は農作物などの収量を増すことにより農家に利益をもたらすことにある．つまり，農薬の使用により，病害虫などによる農作物の減収を防止したり，生育を促進したり，抑制したり，または肥料を多く用いたり，栽植期を変えたりして増収を計ることができる．したがって農家は農薬を生産資材として用いる場合，農業生産のうえで農薬購入費，散布労賃などを支払ってもなお十分な増収による利益を見込まねばならない．

なお，最近は食物汚染の問題で，米，果実，野菜などに残留する農薬の有毒物

質が、農薬公害としてきびしく批判されている面と農業生産資材の必要性との二面を考えねばならないので、市販される農薬には次の条件を具備しなければならない。

(3) 農薬の具備すべき条件

- 1) 病虫害防除に対して経済的効果をあげるだけの効力のあること。

効力はあるても価格の高い農薬はこの条件に合わない。

- 2) 人畜、魚介類に対し危害を与えない、安全に使用できる薬剤であること。

最近、農薬の公害が社会問題となっているので、毒の強いもの、残留毒性の長いもの、発ガン性物質を含むものは農薬の原料に使えない。

- 3) 農薬は使用する目的物（農作物、農産物、樹木など）に対し薬害を出さぬものであること。

薬害の原因は種々あるが、農薬の成分中に薬害となるものが含まれていないことが必要である。なお、収穫物に薬臭の残るものは避けねばならない。

- 4) 農薬は少なくとも1年ぐらいの短期間保管中に変質しない薬剤であること。

農薬の成分によっては経時変化が大きくて、1年以上保管できないものがあるが、このようなものは商品にならない。

- 5) 農林省の登録を受けた製品であること。

農薬取締法により市販品はすべて登録を受けなければならないことになっている。

II

農薬発達の歴史

病虫害は天災である。

農作物の病虫害は、風水害と同じように、天災であるという考え方または神罰であるという考え方は、洋の東西を問わず同一であった。この考え方は1850年ごろまでの一般農民の常識であった。したがってこの病虫害を免れるのは神に献げものを供えて祈願するよりほかなかった。虫送りの行事や除虫符を水田に立てるのも神への祈願のあらわれである。

農薬の発達の跡をみると、古くは神への祈禱のほかに農作物や農産物の虫害やネズミの害を防ぐために殺虫・殺そ力のある天産物を用いたり、火をたいたりした記録がある。イオウ、石灰、殺虫力や殺そ力のある植物を利用しているが、いずれも広範囲には実用されていなかった。したがって紀元前 2000 年から紀元後 1850 年までの約 4000 年間は病虫害防除は行なわれなかった暗黒時代といつてよい。その期間には、病虫害やネズミによる飢饉も多く記録されている。

1850年後になって、石灰イオウ合剤、ボルドー液、ヒ酸鉛などの無機農薬が現われ、除虫菊、タバコなどの天産物加工農薬がつくられて、初めて農薬と名のつくものが市販され、農薬が農業生産資材の1つとなったのである。

1938年、有機合成剤のDDTが出現してから、BHC、パラチオンなどの各種有機合成農薬が続出して今日の農薬時代となったのである。

したがって農薬の発達をたどると、天産物利用時代、無機農薬時代、有機農薬時代の3つに大別される。

(1) 天産物利用時代(紀元前～1850年)

紀元前から1500年ころまではイオウを燃やしたり、石灰やヒ素を含む鉱石類の粉末を用いて害虫を防除したり、殺虫力のある植物(バイケイ草)、殺そ力のあ

る^{かいじん}海葱 (red squill) などを害虫やネズミ殺しに使った記録が残っているが、広く実用されてはいなかったようである。

1600年代から1700年代にはいると殺虫力のある植物としてコーカサス地方に自生する除虫菊花、タバコの浸出液、マレー産のデリス根などがヨーロッパで注目されるようになった。日本ではウンカの駆除に鯨油を水田に散布して払い落とす方法が見出された (1670年)。

(2) 無機農薬時代 (1850～1945年)

1800年代後半になって、フランスでグリゾン (Grisson) が石灰イオウ合剤、ミヤルデ (Millardet) がボルドー液、アメリカではパリスグリーン、ヒ酸鉛、石油乳剤、青酸ガスくん蒸、硫酸ニコチンを発見した。とくに石灰イオウ合剤、ボルドー液、ヒ酸鉛、硫酸ニコチンは今日も使用されているもので、当時としては画期的な開発であった。

なお、この時代には除虫菊、デリス、タバコなどの天産物が加工され、農薬製品として市販されるようになった。なお、とくにフランスのミヤルデ教授のボルドー液、アメリカのモールトン (Moulton) のヒ酸鉛の発見は当時としてはノーベル賞に値するものと考えられる。

この時代には各種無機化合物の農薬や天産物から有効成分を抽出してつくった加工農薬が続出するとともに、農薬は野菜、果樹、棉作、ジャガイモなどの生産にはなくてはならぬものとなった。

1900年代にはいつから農薬の需要もますます多くなり、欧米をはじめ、わが国でも化学工業の一部門として農薬製造会社が現われるに至った。

(3) 有機農薬時代 (1945年以降)

1938年、スイスのガイギー染料会社研究室ミュラー博士 (Müller) らが DDT



図1 ミヤルデ (Millardet)

の殺虫剤としての効力を発見したことからこの時代は始まっている。ミュラー博士は6年間の努力により、DDTを見出したのであったが、この合成物は1874年ドイツのツァイドラー (Zeidler) によって合成されたが、殺虫力のあることはわからなかった。したがって農薬の合成・発見には化学者と生物学者の協力があって初めて達成されるものである。

DDT は在来の殺虫剤と違い、接触中毒と消化中毒の両作用を兼ね備えているので、その威力は強大なものである。DDT の発見について BHC、有機リン剤として、ドイツのシュラーダー博士 (Schrader) が、初めて HETP、

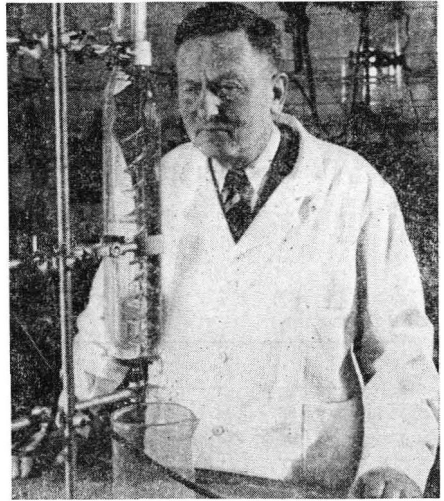


図 2 ミュラー (Müller)

パラチオンを合成し、続いてメタシストックス、ディプテレックス、バイジットを合成し、米国ではマラソン、EPN を合成、わが国ではスミチオンを合成した。最近は有機リン殺菌剤としてキタジン、ヒノザンが現われた。

カーバメート化合物としては、デナボン (セビン) をはじめ各種の殺虫剤、ダイセンをはじめ各種の殺菌剤が出ている。

1944 年、除草剤として 2, 4-D がアメリカで発見され、続いて MCPA, PCP, CAT など陸続として現われた。抗生物質が殺菌剤と



図 3 シュラーダー (Schrader)

として現われ、その研究開発も盛んである。

生物農薬 (天敵を農薬として利用するもの。例：寄生蜂剤、微生物殺虫剤)

の研究も盛んに行なわれ、一部実用化されている。この方面の研究開発も公害問題のやかましいおりから、注目されるものである。

植物生長調整剤（植物生長調節剤）は α -ナフタリン酢酸塩、ジベレリン、MHなどが実用されているが、今後の研究に待つところが大きい。

農薬の公害の面から考えると、植物体に毒性の強い農薬が残留することは人畜の生命に関係があるので、残留毒が食用作物に残らぬようにすることは非常に肝要である。そのためには低毒性農薬の開発、残留性の少ない農薬、その他植物体に散布しない農薬として誘引剤、不妊剤、忌避剤、生物農薬などの開発研究に期待されることが大きい。

（その1）

表1 農薬発達史年表

年次	外 国	日 本
紀元前		
1500	海葱（地中海沿岸自生）を殺そに使う（エジプト） イオウ、バイケイ草を殺虫に使う（ギリシャ、ローマ）	
1000		
紀元後		
20	ヒ素を含む鉛石粉を殺虫に使う。石灰、炭酸石灰、木灰を穀物の防虫に使う（イタリア、中国）	
1000		
1670		鯨油によるウンカの注油駆除法を発見（寛文10 蔵富吉右エ門）
1690	タバコ浸出液の殺虫力を発見（欧州）	
1697	除虫菊干花の粉末を殺虫に使う（コーカサス）	
1705	水銀塩化物が木材の防腐に有効なことを発見（欧州）	
1716	タール油、酒精が木材の害虫防除に有効なことを発見（アメリカ）	
1744～6	硫酸銅を穀物種子消毒に使う（フランス）	
1747	デリス根を殺虫に使う（マラヤ）	
1787	石けんを殺虫に使う（欧州）	
1800～20	鯨油、魚油を殺虫剤として使う（欧	