

果樹園土壌における有機塩素系殺虫剤の残留

平野千里・正木雅和・堀池道郎
(高知大学農学部)

Residues of Organochlorine Insecticides in Orchard Soils in Shikoku, Japan

Chisato HIRANO, Masakazu MASAKI, and Michio HORIIKE

(Pesticide Research Laboratory, Kochi University, Nankoku-shi, Kochi 783)

A study was conducted on 10 orchards in Shikoku to determine the extent to which residues of organochlorine insecticides were retaining in soils as a result of past insect control practices. Total 90 soil samples, 36 from 4 orange orchard, 27 from 3 pear orchards, and 27 from 3 persimmon orchards, were collected in August 1988, 17 years after the legal ban of agricultural use of the organochlorine insecticides, and insecticide residues were determined by an ECD-GC. For residues of p,p'-DDT and p,p'-DDE, qualitative confirmations were made mass-fragmentographically with a GC-MS where possible. Trace amounts of α -BHC occurred in soils taken from persimmon orchards. β - and γ -BHC, endrin, and dieldrin were detected occasionally in a few soil samples at lower levels. Residues of p,p'-DDT and / or its metabolite p,p'-DDE were present in all soil samples from 10 orchards at concentrations of 10~1000 ppb. Among 10 insecticides examined, δ -BHC, and p,p'-DDD were not detected at all. It is concluded that the main organochlorine insecticides retaining in orchard soils at present are p,p'-DDT and p,p'-DDE, and that many members of both BHC and cyclodiene families have already disappeared from orchard soils.

緒 言

DDT, BHC, 環状ジエン系化合物など残留性の高い有機塩素系殺虫剤の使用が禁止され, または禁止に近い規制措置がとられてから, すでに18年が経過した。しかし, 禁止前に使用されたこれら殺虫剤の環境中における動向, あるいは残留の実態については不明の点が多い。たとえば, これらの消失速度については過去に多少の予測も行われたが, 実態はほとんど追跡されていない。

現在, 環境問題自体は決して等閑にされているわけではなく, また農薬残留についての関心が薄れたわけでもない。しかし, こと有機塩素系殺虫剤に関しては, それらが遠い過去の農薬になるにつれて, 残留問題も忘れ去られつつあるように感じられる。筆者らはさきに高知県香長平野の畑土壌およびハウス土壌について, 有機塩素系殺虫剤残留の実態をあきらかにした(平野ら, 1988)。本文では, 引続き行った果樹園土壌についての調査結果を報告する。

調 査 方 法

土壤試料は、1988年8月に、高知県、愛媛県および徳島県下の果樹園から採取した。内訳は、温州ミカン園4ヶ所、ナシ園3ヶ所、カキ園3ヶ所である(表1)。いずれも開園後25年以上経過し、かつて有機塩素系殺虫剤が使用された可能性のある果樹園である。各園の中央に面積約10aの正方形を想定

表1 土壤試料採取果樹園

果樹園	所在地	栽培樹種
C	高知県南国市物部	温州ミカン
E	高知県須崎市浦ノ内	温州ミカン
G	愛媛県松山市窪野	温州ミカン
I	徳島県勝浦郡勝浦町	温州ミカン
A	高知県吾川郡伊野町	ナシ
F	高知県須崎市浦ノ内	ナシ
J	徳島県鳴門市大津町	ナシ
B	高知県香美郡野市町	カキ
D	高知県南国市物部	カキ
H	愛媛県松山市窪野	カキ

し、正方形の頂点4ヶ所、各辺の中央4ヶ所、および正方形の中心1ヶ所、合計9ヶ所から、地表下5~10cmの土壤約1kgずつを採取した。

採取した土壤試料の前処理、有機塩素系殺虫剤の抽出及び精製は前報(平野ら, 1988)と同様に行った。

精製した抽出試料に含まれる有機塩素系殺虫剤の同定および定量には、ガスクロマトグラフを用いた。ガスクロマトグラフの運転条件は、分離カラムとして2%OV-17及び1.5%DEGSの他に5%DC-200(担体Gas-Chrom Q, 1.5m×φ3mm)を使用した点を除き、前報(平野ら, 1988)と同様である。分析対象

は α -BHC, β -BHC, γ -BHC, δ -BHC, アルドリン, ディルドリン, エンドリン, p,p'-DDT(以下DDTと記す), p,p'-DDE(以下DDEと記す), 及びp,p'-DDD(以下DDDと記す)の10化合物で、同定は3種類のカラムでの保持時間を、また定量はOV-17カラムでのピーク高を、あらかじめ調製した既知濃度の標準液のそれと比較して行った。この分析条件下での各化合物の検出限界を表2に示す。

表2 分析対象化合物の検出限界(OV-17カラム)

ガスクロマトグラフ分析の結果、50 ppb以上のDDT/DDEが検出された土壤試料については、抽出精製液の一部を用いガスクロマトグラフ質量分析計によりマスフラグメントグラフ分析を行い、両成分であることを確認した。分析計は島津GCMS-QP2000,

α -BHC	0.3 ppb,	β -BHC	2 ppb
γ -BHC	1 ppb,	δ -BHC	1 ppb
アルドリン	1 ppb,	ディルドリン	4 ppb
エンドリン	10 ppb,	p,p'-DDE	4 ppb
p,p'-DDD	4 ppb,	p,p'-DDT	4 ppb

分離カラムはFSキャピラリーCBP1(25m×φ0.2mm)、スプリットレス導入で、カラム温度は40℃に2分間保持した後、毎分7℃の速度で250℃まで昇温した。イオン化温度は250℃、イオン化電圧は70eVであった。モニタリングイオンにはDDTに特徴的なフラグメントイオンとしてm/z165及び235を、DDEに特徴的なフラグメントイオンとしてm/z246及び318を選んだ。マスフラグメントグラフの1例を図1に示す。

調 査 結 果 と 考 察

1. 温州ミカン園土壤

高知県2ヶ所、愛媛県1ヶ所、徳島県1ヶ所、合計4ミカン園から採集した土壤試料36点の分析結果を表3に示す。

BHC類は、E園の2点およびI園の2点からいずれも低濃度で検出されたにすぎなかった。異性体別では、E園の2点は α 体のみ、I園の1点は α 体と β 体、もう1点は α 体、 β 体、および γ 体であ

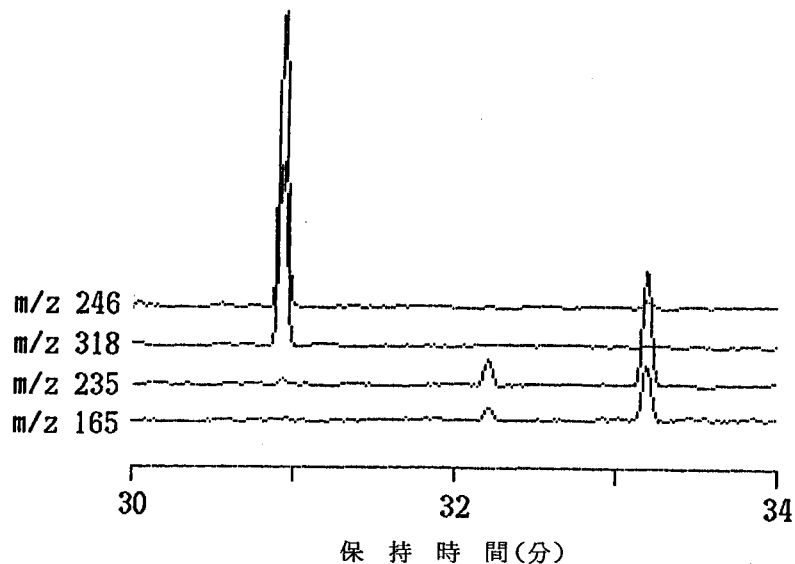


図1 G園土壤抽出液のマスフラグメントグラム例
保持時間30.9分のピークがp,p'-DDE, また33.2分のピークがp,p'-DDTと確認される。

表3 ミカン園土壤中の有機塩素系殺虫剤の残留量(ppb)

園名		α -BHC	β -BHC	γ -BHC	δ -BHC	アルドリン	テイルドリン	エンドリン
C	平均	<0.3	<2	<1	<1	<1	<4	<10
	範囲	-	-	-	-	-	-	<10~14
E	平均	<0.3	<2	<1	<1	<1	<4	<10
	範囲	<0.3~0.6	-	-	-	-	-	-
G	平均	<0.3	<2	<1	<1	<1	<4	<10
	範囲	-	-	-	-	-	-	-
I	平均	<0.3	<2	<1	<1	<1	<4	<10
	範囲	<0.3~0.9	<2~7	<1~4	-	-	-	-

園名		pp'-DDT	pp'-DDE	pp'-DDD
C	平均	7	13	<4
	範囲	<4~20	7~22	-
E	平均	47	68	<4
	範囲	19~84	34~142	-
G	平均	578	324	<4
	範囲	245~971	195~605	-
I	平均	<4	18	<4
	範囲	-	5~56	-

た。3異性体が検出されたI園の場合、大部分は β 体であり、 α 体、 γ 体はごくわずかであった。

ミカン園でのBHCの使用には、ミカンハムグリなど食葉性害虫にたいする液剤散布と、ゴマダラカミキリにたいする樹幹塗布があったものと思われる。しかし、散布剤は1971年の使用禁止措置よりかなり前から使用されなくなっていたようである。例えば高知県の場合、ゴマダラカミキリ防除用の塗布剤を除くと、少なくとも1960年にはすでに防除指針にその名はみられない。今回の調査で、ごく部分的な低濃度の残留が認められたにとどまったのも、このような背景があったためと思われる。一般的にみてミカン園土壌のBHCによる汚染は、現段階では全く問題にならないと考えてよいであろう。

環状ジエン系のいわゆるドリ剤としては、C園の1点からエンドリンが検出されたのみで、他の試料はすべて検出限界以下であった。アルドリンやディルドリンがミカン園でほとんど使用されなかったのに反し、エンドリンはミカンハムグリやゴマダラカミキリを対象に使用された可能性がある。C園での検出例もゴマダラカミキリ防除用塗布剤の残留ではないだろうか。しかし、全体としてはドリ剤によりミカン園土壌の汚染も、BHC同様問題にならないレベルといえよう。

ミカン園において最も注目しなければならないことは、調査した4ヶ所のミカン園土壌すべてに、DDTあるいはその脱塩酸化合物であるDDEが残留していたことである。残留レベルはDDTとDDEの合計で、C園とI園が20ppb前後、E園が100ppb前後、G園が900ppb前後と、園間でかなり差があるが、いずれも他の殺虫剤グループに比べてかなり高濃度である(表6)。特にG園では、全DDTが1ppmを大きく上回って残留している地点もあった。特徴としては、DDTそのものとともに、かなりの量のDDEが認められたことである。なかでもI園土壌では、すべての試料でDDEのみが検出された。一方、DDTのもう一つの分解物であるDDDは、すべての試料において検出されなかった。

DDTはミカン園では各種カイガラムシの防除のため機械油乳剤に加用散布された。愛媛県では、この使用形態が1960年代後半まで続けられていた。一方高知県では、比較的早い年代に使用されなくなったようで、少なくとも1960年以降その名は防除指針にみられない。園間でみられた残留レベルの差の一部は、このような事情を反映しているのかもしれない。いずれにしても、使用されなくなってから

表4 ナシ園土壌中の有機塩素系殺虫剤の残留量(ppb)

園名	α -BHC	β -BHC	γ -BHC	δ -BHC	アルドリン	ディルドリン	エンドリン
A 平均	<0.3	<2	<1	<1	<1	<4	<10
範囲	—	—	—	—	—	—	—
F 平均	<0.3	<2	<1	<1	<1	11	<10
範囲	—	—	—	—	—	<4~58	—
J 平均	<0.3	<2	<1	<1	<1	<4	<10
範囲	—	—	—	—	—	—	—

園名	pp'-DDT	pp'-DDE	pp'-DDD
A 平均	4	18	<4
範囲	<4~8	12~31	—
F 平均	29	83	<4
範囲	<4~68	<4~168	—
J 平均	15	18	<4
範囲	5~55	7~57	—

かなりの年数が経過しているにもかかわらず、いまなお数100 ppbのレベルで土壤中に残留している事実は、この化合物の残留性の高さを改めて示しているといえよう。なお、各園内9地点の残留濃度の変異係数は36% (G園)ないし86% (I園)で、残留濃度のばらつきはかなり大きかった(表6参照)。

2. ナシ園土壌

高知県2ヶ所、徳島県1ヶ所の合計3ヶ所のナシ園から採取した土壌試料27点の分析結果を表4に示す。

BHC各異性体は、すべての試料で検出限界以下であった。1950年代の資料によると、かつては各種害虫の防除にBHCが使用されていたことが推定されるが、比較的早い年代(1960年以前)に有機りん剤に置き換えられたようで、現在その土壌はBHCによって全く汚染されていないと言ってよいであろう。

ドリ剤の中では、F園から採取した3点の試料からディルドリンが検出限界をかなり上回る濃度で検出された。しかし、同園の他の6点からは検出されず、このナシ園におけるディルドリン汚染はごく一部分に限られている様子がうかがわれる。畑地土壌のディルドリン残留濃度が、同一圃場内でかなり変動する場合のあることは Taylor et al. (1971)や山本・奴田原(1974)も報告している。しかし、ナシ園でディルドリンあるいはアルドリンが大量に使用された可能性は少なく、また汚染があまりにも局地的であることから、疑問が残る。なお、アルドリンとエンドリンは、すべての試料から検出されなかった。

DDT関連化合物は、3ヶ所のナシ園のすべての試料から検出された。各園の平均残留レベルが20ないし100 ppbであることも、またかなりの部分がDDEへ脱塩酸されている点でも、ミカン園とよく似た状況が認められた。残留レベルはミカン園土壌よりもやや低いように感じられるが、ナシ園でのDDTが散布剤としてよりも、主として紙袋に塗布して使用されたものであることを思えば、やはりこの化合物の残留性の高さを感じざるを得ない。なお、各園内の9試料の全DDT濃度の変異係数は35% (A園)ないし85% (J園)で、ミカン園と同様、園内での残留濃度のばらつきはかなり大きかった(表6参照)。

表5 カキ園土壌中の有機塩素系殺虫剤の残留量(ppb)

園名		α -BHC	β -BHC	γ -BHC	δ -BHC	アルドリン	ディルドリン	エンドリン
B	平均	0.6	<2	<1	<1	<1	<4	<10
	範囲	0.5~0.8	—	—	—	—	<4~9	—
D	平均	<0.3	<2	<1	<1	<1	<4	<10
	範囲	—	—	—	—	—	—	—
H	平均	0.6	<2	<1	<1	<1	<4	<10
	範囲	0.3~1.1	—	—	—	—	—	—

園名		pp'-DDT	pp'-DDE	pp'-DDD
B	平均	27	6	<4
	範囲	20~33	<4~12	—
D	平均	8	17	<4
	範囲	<4~34	6~55	—
H	平均	5	13	<4
	範囲	<4~11	<4~23	—

3. カキ園土壌

高知県2ヶ所、愛媛県1ヶ所の合計3ヶ所のカキ園から採集した土壌試料27点の分析結果を表5に示す。

表6 各果樹園土壌のDDT+DDE濃度(ppb)

果樹園	平均値	標準誤差	変異係数
C園	20.4	± 3.5	51.7%
E園	114.9	± 17.0	44.4%
G園	901.3	± 106.6	35.5%
I園	17.8	± 4.9	86.0%
A園	22.0	± 2.6	35.3%
F園	111.9	± 29.5	79.1%
J園	33.9	± 9.6	84.6%
B園	33.0	± 2.4	22.1%
D園	25.5	± 9.7	113.8%
H園	18.1	± 3.9	63.7%

BHCとしては、B園およびH園のすべての試料から α 体が、またH園の1点からは γ 体も検出された。カキ園ではかつて、カキミガ(ヘタムシ)やカメムシを対象としてBHC乳剤の使用が勧められたようである。有機りん剤への転換時期は県間で違っているが、 α -BHCの残留は2県にまたがってみられた。残留レベルは検出限界をわずかに上回る程度と低く、またD園土壌からは全く検出されなかったとはいえ、ミカン園やナン園ではみられなかった広範な残留は予想外であった。

ドリソ剤では、B園の一部でディルドリンが検出されたが、濃度は検出限界をやや上回る程度であった。アルドリソとエンドリンは、すべての試料において検

出されなかった。カキ園においてもドリソ剤による汚染は極めて軽微なものであると考えてよいであろう。

ミカン園およびナン園と同様に、カキ園においてもDDT関連化合物の残留が認められた(表6参照)。D園とH園では残留レベルは全体としては低く、またミカン園およびナン園でみられたようにDDEへの分解が進んでいた。しかしB園では、園内のどの地点も残留レベルが高く、しかもDDEよりもDDTの割合が高く、他の2園とは多少違った様相を示していた。カキ園ではカキミガの防除に1960年代後半までDDTの使用が勧められていたとはいえ、B園土壌の汚染レベルは予想を上回るといえよう。

4. 総合考察

以上、温州ミカン園土壌、ナン園土壌、およびカキ園土壌について、それらの有機塩素系殺虫剤による汚染の実態をみてきた。栽培されている樹種は植物学的には全く異なっているが、土壌の汚染状況は全体としては互いによく似ているといえよう。

1973年、湯嶋らには有機塩素系殺虫剤による環境の汚染について論評し、「汚染の主体は世界的にはDDTおよび環状ジエン剤であるのにたいし、日本においてはBHCが主体である」と述べている。しかし本調査の結果は、果樹園土壌の汚染の現状が決してBHC主体でなく、DDT主体のいわば欧米型であることをはっきりと示している。この食い違いの理由は、果樹園土壌の汚染がもともとBHC主体では無かったためであろうか、それとも塩素剤使用禁止後に経過した18年の歳月であろうか。

DDTによる汚染の目だつ欧米にあっても、果樹園土壌のDDT汚染レベルは群を抜いている。たとえばカナダオンタリオ州で1960年代におこなわれた調査では、果樹園土壌のDDT関連化合物濃度は蔬菜畑に比べて3~5倍高かった(HARRIS & SANS, 1971)。また北米大陸を中心に、主として1960年代後半から1970年代はじめにかけて行われた調査結果の集計によると、果樹園土壌のDDT濃度は畑土壌や牧草地に比べて一桁以上高かった(EDWARDS, 1973 a, b)。これほどでないにしても、日本の果樹園もDDT主体の汚染が存在していたかもしれない。

塩素剤使用禁止以前の果樹園土壌の汚染の実態をしる手がかりは少ないが、1973年8月に高知県中村市のミカン園から採取した土壌について分析した私たちの未発表資料によると、DDTの残留レベルは明らかにBHCよりも高濃度かつ広汎であった。すなわち15年以前、果樹園の汚染パターンはすでにDDT主体になりつつあったのである。

高知県に限定すれば、BHC剤はミカンを加害するゴマダラカミキリ防除用樹幹塗布剤としては1969年まで使用が勧められていたが、それ以外の果樹害虫にはかなり前から使用されていなかったようである。一方のDDTも、カキミガ防除に乳剤を散布する場合とシンクイ防除用紙袋に塗布する場合を除き、少なくとも1960年以降は使用されていないとみてよいであろう。

つまり、DDT主体の土壤汚染が認められ始めた上記1973年は、両薬剤がほとんど使用されなくなった1950年代後半と、本調査が行われた1988年の中間にあたる。果樹園では、水田のようにBHCだけが使用されたわけではなかったという意味では、もともとBHC主体の汚染パターンではなかったといえるが、それ以上に大きいのは両者の消失速度の違いではなかろうか。

EDWARDS (1973a)は、 γ -BHC、エンドリン、デルドリン、及び p,p' -DDTの土壤中での半減期をそれぞれ1.2年、2.2年、2.5年、2.8年、また95%消失に要する年数をそれぞれ6.5年、7年、8年、10年としている。消失速度は条件によって変化するので、これらの数字そのものにこだわるべきではないが、消失の遅速に大きい違いのあることは確かである。BHCとDDTの残留レベルの差は、両者の消失速度の違いによって時間の経過とともに大きくなり、現在では完全にDDT主体の汚染になってしまったのであろう。

DDT関連化合物として、DDTのほかにはほぼ同レベルのDDEが検出された。DDEは、DDTのアルカリ下での化学的脱塩酸反応、あるいは好氣的条件下での微生物的脱塩酸反応によって生成するとされている。しかし、SMITH & PARR(1972)のモデル実験によると、アルカリ下での脱塩酸反応はシルト質壤土中ではpH10以上、またガラス微粒子上ではpH12.5以上という強アルカリ下でないと起こらない。果樹園土壤がこのような強アルカリ性を示すことはないであろうから、今回の調査で検出されたDDEは、アルカリ下での化学変化ではなく、土壤微生物の作用によって生成したものと思われる。

DDTの微生物による分解生成物としては、嫌氣的条件下での脱塩素反応によって生じるDDDがよく知られている(GUENZI & BEARD, 1967)。この反応は速やかに進行し、シルト質壤土を用いた実験例では、DDTの99%以上は12週間でDDDへ、またはDDDを経てさらに分解した(GUENZI & BEARD, 1968)。しかし、同じ土壤でも好氣的条件下でのDDEへの変化はずっと緩やかに進行し、6ヶ月経過してもDDTの75%は未変化のまま残り、DDEに変化したのは4%にすぎないという。

好氣的条件下での緩やかなDDE生成速度を考えると、果樹園土壤での高いDDEレベルは、DDTが使用されなくなってからかなりの時間的経過があったことを示している。しかしなお、かなりのレベルのDDTが検出された園もある。しかもDDEはDDDと異なり、微生物的な分解を受け難いともいわれている(WEDEMEYER, 1967)。このような状況を考えると、BHCがすでにほとんど検出されなくなっているのにたいし、DDT関連化合物が果樹園土壤から消失するのはまだまだ先のことのようなのである。

作物による土壤からの有機塩素系殺虫剤の吸収は環境毒物学的に重要な問題であり、研究も多い(湯嶋ら, 1973)が、環状ジェン剤が中心で、DDTおよびその関連化合物の吸収についてはあまり知られていない。散見する幾つかの報告によれば、一般にBHCや環状ジェン化合物よりも吸収され難いようである(BEALL & NASH, 1969; HARRIS & SANS, 1967; 川原・中村, 1971a, c; LICHTENSTEIN, 1959)。しかしときに、とくにDDEは、BHCや環状ジェンと同程度に吸収される場合もある(川原・中村1971a; 川原ら1971)。

果樹によるDDT/DDE吸収の実態については全く知られていないが、同じ木本である茶樹では確実に根からの吸収が示されている(川原・中村, 1971b)。茶樹を含めた一般作物と果樹の間の最も大きい違いは、根の深さであろう。地上散布はもちろん、土壤処理された塩素系殺虫剤による土壤汚染も、ほとんど地表部に限られているという多くの報告例(たとえば川原・中村, 1971a; LICHTENSTEIN et al., 1971; VOERMAN & BESEMER, 1975)と考え合わせると、果樹による土壤からのDDT

関連化合物の吸収はあまり大きくないように考えられる。

DDTに関してふれておくべき最後は、その残留濃度のばらつきである。土壌中のディルドリン残留濃度が同一圃場内のサンプリング地点間でかなり変動することは、すでに述べたようにTAYLOR et al. (1971)や山本・奴田原(1974)によって報告されている。ディルドリンでみられたこの変動は、そのまま本調査のDDTでも認められた(表6)。TAYLOR et al. (1971)は同一圃場内の土壌ディルドリン濃度の変異係数が20%以下になることはないとしているが、この数値は奇しくも使用停止後、長年月をへた本調査のDDTについても当てはまる。山本・奴田原(1974)は、土壌ディルドリン濃度のばらつきが時間の経過とともに耕耘によって次第に小さくなると推定している。果樹園では畑地比べて耕耘されることが少ないため、現在なお大きいばらつきがみられるのであろうか。何れにしても、汚染物質濃度のばらつきは土壌試料のサンプリングにあたって留意しなければならないことである。

環状ジェン系化合物としては、ごく一部の土壌試料からディルドリンあるいはエンドリンが検出されたものの、果樹園土壌は全体としてはドリノ剤によって汚染されていないと言ってよいであろう。畑地土壌での検出頻度(平野ら, 1988)と比較すると、果樹園土壌では投入された環状ジェン類が時間の経過と共に消失したと考えるよりも、もともとの使用量が少なかったとみたほうがよいように思われる。

お わ り に

本調査にあたり、土壌試料の採取にご協力いただいた徳島県果樹試験場行成正昭、徳島県鳴門農業改良普及所原内一明、日本特殊農業製造株式会社西日本試験室石野洋二の諸氏、及び原稿を閲読され、さらに果樹園での調査対象殺虫剤の使用状況について貴重なコメントを寄せられた前愛媛県果樹試験場長森介計氏に厚くお礼申し上げる。

なお1971年以前に果樹園で、調査対象殺虫剤がどのように使用されていたかを知る手がかりとして高知県農業技術課作成の「主要病害虫と防除に使用する農薬」(表題は年次により多少異なる)1960年度～1970年度を参考にさせていただいた。出版物の性格上引用文献としては扱わなかったが、ここに明記しておく。

要 約

果樹園土壌における有機塩素系殺虫剤汚染の実態を知るため、25年以上の経歴をもつ10ヶ所の果樹園を選び、それぞれから土壌試料9点ずつ、合計90点を採取し、調査を行った。

BHCが検出されたのは、カキ園を中心に4ヶ所の果樹園にすぎず、濃度も低かった。異性体別にみると、 α 体は0.3～1.1 ppbの濃度で22点から、 β 体は4～8 ppbの濃度で2点から、 γ 体は2～4 ppbの濃度で2点からそれぞれ検出されたが、 δ 体はいずれの試料からも検出されなかった。

環状ジェン剤では、アルドリノはいずれの試料からも検出されず、エンドリンはミカン園土壌の1点だけから検出されたにとどまった。ディルドリンは、ナン園とカキ園の各1園計6点で検出されたにすぎなかったが、ナン園の2点の濃度は50 ppbを越えていた。

以上のように、BHCおよび環状ジェン剤の残留レベルは、ごく一部の例外を除けば、検出限界以下あるいはそれをやや上回る程度であり、これらによる汚染はほぼ解消したといえることができよう。

DDT関連化合物は、調査を行った全ての果樹園で検出され、全DDTとして1 ppmを越える試料も見られた。とくにミカン園とナン園で残留レベルが高い傾向にあった。またDDTとともに、その脱塩酸生成物であるDDEが高レベルで検出され、一方、嫌気的条件下での脱塩素生成物であるDDDは全く認められなかった。

引 用 文 献

- BEALL, M. L. & R. G. NASH (1969) : Crop seedling uptake of DDT, dieldrin, endrin, and heptachlor from soils. *Agronomy J.*, 61 : 571~575.
- EDWARDS, C. A. (1973a) : *Persistent Pesticides in the Environment* (2nd Ed.). Chemical Rubber Co. Pr., Cleveland, 170 pp.
- EDWARDS, C. A. (1973b) : Pesticide residue in soil and water. *In Environmental Pollution by Pesticides*(C. A. EDWARDS ed.) Plenum Pr., London, pp. 409-458.
- GUENZI, W. D. & W. E. BEARD (1967) : Anaerobic biodegradation of DDT to DDD in soil. *Science*, 156 : 1116~1117.
- GUENZI, W. D. & W. E. BEARD (1968) : Anaerobic conversion of DDT to DDD and aerobic stability of DDT in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32 : 522~524.
- HARRIS, C. R. & W. W. SANS (1967) : Absorption of organochlorine insecticide residues from agricultural soils by root crops. *J. Ag. Food Chem.*, 15 : 861~863.
- HARRIS, C. R. & W. W. SANS (1971) : Insecticide residues in soils on 16 farms in south western Ontario - 1964, 1966, and 1969. *Pesticide Monit. J.*, 5 : 259~267.
- 平野千里・鈴木秀昭・堀池道郎 (1988) : 農地土壌中の有機塩素系殺虫剤 - 高知県香長平野での調査例 - . 四国植防, 23 : 73~79.
- 川原哲城・中村広明 (1971 a) : 作物および土壌に残留する有機塩素剤に関する研究 第5報 なすによる土壌中の有機塩素剤の吸収移行. 農薬検査所報告, 11 : 51~54.
- 川原哲城・中村広明 (1971 b) : 作物および土壌に残留する有機塩素剤に関する研究 第6報 茶中のDDTとBHCについて. 農薬検査所報告, 11 : 55~58.
- 川原哲城・中村広明 (1971 c) : 作物および土壌に残留する有機塩素剤に関する研究 第8報 有機塩素剤のたばこによる吸収移行について. 農薬検査所報告, 11 : 61~66.
- 川原哲城・高沼重義・和田健夫・呉羽好三・中村広明 (1971) : 作物および土壌に残留する有機塩素剤に関する研究 第9報 高冷地野菜地帯での有機塩素系殺虫剤の吸収. 農薬検査所報告, 11 : 67~72.
- LICHTENSTEIN, E. P. (1959) : Absorption of some chlorinated hydrocarbon insecticides from soils into various crops. *J. Ag. Food Chem.*, 7 : 430~433.
- LICHTENSTEIN, E. P., T. W. FUHREMANN, & K. R. SCHULZ (1971) : Persistence and vertical distribution of DDT, lindane and aldrin residues, 10 and 15 years after a single soil application. *J. Ag. Food Chem.*, 19 : 718~721.
- SMITH, S. & J. F. PARR (1972) : Chemical stability of DDT and related compounds. *J. Ag. Food Chem.*, 20 : 839~841.
- TAYLOR, A. W., H. P. FREEMAN, & W. M. EDWARDS (1971) : Sample variability and the measurement of dieldrin content of a soil in the field. *J. Ag. Food Chem.*, 19 : 832~836.
- VOERMAN, S. & A. F. H. BESEMER (1975) : Persistence of dieldrin, lindane, and DDT in a light sandy soil and their uptake by grass. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 13 : 501~505.
- WEDEMEYER, G. (1967) : Dechlorination of 1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane by *Aerobacter aerogenes*. I. Metabolic products. *Appl. Microbiol.*, 15 : 569~574.

山本公昭・奴田原誠克（1974）：農耕地のディルドリン残留調査におけるサンプリング誤差。高知農
林技研報告 6：57～58。
湯嶋健・桐谷圭治・金沢純（1973）：生態系と農薬。岩波書店。東京，214 pp.