

土壌残留農薬による作物汚染に関する研究 (第1報)*

作物による土壌残留有機塩素系殺虫剤の吸収

羽生 幌・高橋順子

I 緒 言

BHC・DDT・アルドリン・エンドリン等の有機塩素系殺虫剤は、過去において、殺虫効果の持続性が長く、急性毒性が少なく、そのうえ価格が低れんなどの理由のため広く使用されてきた。しかしながら農薬としてはすぐれた性質を有する反面、その化学性がすこぶる安定なため環境汚染物質として生物界の調和を乱し、人体にも慢性中毒を起す可能性が指摘され、社会問題として大きくとりあげられるに至った。

有機塩素系殺虫剤の生態系に及ぼす害作用については、従来多数の調査結果が報告されている⁶⁾。DDTおよびその類縁化合物が鳥類の卵殻を薄くし、ふ化率の低下を起したり、甲殻類・魚類の体内に蓄積され、さらに哺乳類・人体に濃縮されることが指摘されている。人体はその濃縮の頂点に立っているため、もし害作用が起されば、もっとも危険にさらされるのは人類であると言っても過言ではなかろう。ただ幸なことに現在までのところ、人体がこれら農薬の慢性毒性のために害作用を受けたという報告はない。しかし人体に多量に蓄積されている事例はしばしば報告されており、早急に人体に対する影響の解明が望まれる。

有機塩素系殺虫剤の生化学的影響についてはATPアーゼの阻害、炭酸脱水素酵素の阻害、鳥類・ほ乳類の肝臓障¹⁾害等が指摘されている。ATPアーゼ阻害は神経障害を起す。炭酸脱水素酵素は鳥類の卵殻に石灰を沈積する作用を有するため、鳥類の卵殻の薄層化はこの酵素の阻害が原因と推定されている。またこれらの農薬

は鳥類・ほ乳類の肝臓の酸化酵素群を誘導し、長期間活性を高め、エストロゲン濃度の低下、あるいは甲状腺機能こう進等の症状を起すと言われている。

以上のような有機塩素系化合物による生物の影響は、結局は農薬使用による環境汚染に起因している訳であるが、わが国では1968年作物の農薬残留許容量の設定以来、農薬安全使用基準を設けて有害農薬の使用を規制したため、それ以後作物の有機塩素系殺虫剤による汚染は急速に低下した。

しかしながら過去の大量使用による影響は、農薬散布以外の汚染経路を経て、未だに作物を汚染している。そのひとつとして土壌汚染が考えられ、その残留性からみて今後しばらくの間はこれらの農薬による作物汚染の可能性が続くものと思われる。

以上のようなことから筆者らは、土壌中に残留する有機塩素系殺虫剤による作物汚染対策の一環として、1970年以来作物可食部における有機塩素系殺虫剤の吸収に関する一連の対策試験を行ってきた。まだ試験は完結せず、不備ではあるが、対策の緊急性にかんがみ、今までの結果をとりまとめ報告する次第である。

II 試験方法

1. 供試農薬

供試した有機塩素系殺虫剤は、BHC・DDT・アルドリン・ディルドリン・エンドリン・ヘプタクロールである。供試農薬の剤型、保証成分および分析成績は、第1表のとおりである。

*本報告は日土肥学会関東支部大会(1972年度)で発表した。

第1表 供試農薬の分析成績

品 名	剤 型	保証成分(%)	分 析 結 果 (%)
B H C	粉 剤	γ -BHC、3	α -1.175、 β -1.43 γ -3.38、 δ -1.30
D D T	"	DDT、5	PP'-4.48、OP'-0.90
アルドリン	"	アルドリン、4	アルドリン、4.08
ヘプタクロール	"	ヘプタクロール、2.5	ヘプタクロール、2.40
エンドリン	乳 剤	エンドリン、19.5	エンドリン、19.00
ディルドリン	"	ディルドリン、15.7	ディルドリン、15.80

農薬の分析は市販の製剤から、ベンゼンにて成分を抽出し、ガスクロマトグラフにて定量した。分析法の詳細は、後記作物の分析法に記載した方法に従った。

2. 供試作物名および試験内容

供試作物は栃木県にて一般的に栽培され、しかも農業汚染の可能性の大きいと思われる作物を選定し、主として可食部について土壤中からの有機塩素系殺虫剤の吸収蓄積状況を、つぎのような項目・内容について調べた。

第2表 有機塩素系殺虫剤の施用量と作物による吸収試験設計
その1 (農薬施用量成分 g/10a)

農薬名	施用段階	はくさい	ほうれんそう	だいこん
	少量	90	179	
B H C	中 "	268	536	
	多 "	536	1,072	
	少 "	122		
アルドリン	中 "	245		
	多 "	367		
	少 "	20	41	
ディルドリン	中 "	61	122	
	多 "	122	245	

注. 1. 試験年次、はくさい、1970年。
ほうれんそう、だいこん、1971年。
2. 農薬施用法、はくさい、植穴。ほうれんそう、だいこん、条施。

第3表 有機塩素系殺虫剤の施用量と作物による吸収試験設計

その2 (農薬施用量成分 g/10a)

区 名	B H C				アルドリン
	α	β	γ	δ	計
BHC 1.5	176	21	51	20	268
" 3	353	43	101	39	536
" 6	705	86	203	78	1,072
" 9	1,058	129	304	117	1,608
" 12	1,410	172	406	156	2,144
アルドリン 1.5					61
" 3					122
" 6					245
" 9					367
" 12					490

注. 1. 試験年次 1971年。
2. 農薬施用法、全層施用。

1) 有機塩素系殺虫剤の施用量と作物による吸収

ほうれんそう・だいこん・はくさい・ビール麦に対し、BHC・アルドリン・ディルドリンの施用量を変えて土壤施用し、農薬の施用量と作物可食部における吸収との関係を調べた。

試験の内容は第2表(はくさい・ほうれんそう・だいこん)、第3表(ビール麦)のとおりである。

2) BHCの施用法と作物の吸収

1)項の試験では農薬の施用法は、慣行に従

第4表 BHCの施用方法と作物の
吸収試験設計

(ポット当り成分施用量mg)

区 名	BHC施用量	処 理 法
全層混合	89	土壌全層に混合
植穴施用	"	植穴に施用
表層 "	"	定植後表層に施用し、浅く 土壌に混合

注. 試験年次 1971年。

って条施または植穴施用か、あるいは土壌中濃度の適確な把握のために全層施用したが、このような施用方法の差によって、作物による吸収にもかなりの差異が推定されるのでこの試験を行なった。

試験の内容は第4表に示したように、2千分の1ワグナーポットにきゅうりを栽培し、BH

Cを全層混合、植穴施用、定植後表層施用した場合、各施用方法ときゅうりのBHC吸収状況との関係を調べた。

3) 有機塩素系殺虫剤の種類と各種作物による吸収

有機塩素系殺虫剤を土壌施用した場合、農薬の種類と各種作物可食部における吸収蓄積の難易を知るためこの試験を行なった。

試験は栃木農試(宇都宮市瓦谷町)畑ほ場と佐野分場(佐野市堀米町)畑ほ場の2カ所で行なった。試験の内容は第5表のとおりである。

4) 作物による有機塩素系殺虫剤の吸収に及ぼす有機物の影響

地力保全のためには、有機物の補給は不可欠の条件である。有機物の施用は、土壌微生物の

第5表 有機塩素系殺虫剤の種類と作物による吸収試験設計

試験地	作物名	施 薬 量 (成分 g/10a)						施用法
		BHC	DDT	アルドリン	ディルドリン	エンドリン	ヘプタクロール	
宇都宮市瓦谷町	いちご	1072	323	245			144	全層
	トマト	"	"	"	241	240	"	植穴
	なす						"	"
	すいか	536	161	122	120	120	72	"
	はくさい	1072	323	245	245	245	144	条施
	かんらん	"	"	"	"	"	"	"
	さといも	"	"	"	"	"	"	"
	落花生	536	161	122	120	120	72	"
	小麦	357	215	163	163	163	144	"
佐野市堀米町	大豆	"	"	"	"	"	"	"
	ピーマン	1072	323	245	241	240	144	条施
	しょうが	"	"	"	"	"	"	"
	とうもろこし	"	"	"	"	"	"	"

注. 1. いちごはBHCとDDT, アルドリンとヘプタクロール, 小麦大豆はBHCとDDT, ヘプタクロールとエンドリンを混用する。

2. 大豆は小麦の跡作。

3. 試験年次 1971年(小麦のみ1970年)

第6表 作物の有機塩素系殺虫剤の吸収に及ぼす有機物の影響試験設計 (農薬成分g/10a)

区名	有機物	BHC	DDT	アルドリ	ヘプタクロール
有機物施用	2トン	1,072	323	245	144
〃 無施用	0	〃	〃	〃	〃

注. 1. 供試有機物, イネワラ堆肥 1970年製造。

現品中にBHC α 体0.020, β 体0.033

γ 体0.004, δ 体0.120。OP・DDT

0.100, PP・DDT, こん跡を含有。

(単位ppm)

2. 試験年次 1971年。

活動を高める。有機物の施用が、作物による有機塩素系殺虫剤の吸収に及ぼす影響を知るためにこの試験を行なった。試験区の内容は第6表

に示したとおりである。

なお供試した有機物はイネワラ堆肥であるが、第6表に注記したように、少量のBHC・DDTを含有していた。

3. 栽培方法

第7表は、供試した各作物の栽培方法である。栽培方法は栃木県における慣行に従い、栽培は栃木農試野菜部および佐野分場に依頼した。なお大豆は小麦の跡作である。

4. 試験ほ場土壌の性質

栃木農試・土壌肥料部の調査によると、栃木農試畑ほ場は、土性壤土、全炭素79%, 全窒素05%, PH(水浸出)58, 塩基置換容量38.8 me, リン酸吸収係数2415を示す典型的な黒ボク土壌である。

佐野分場畑ほ場は、同じく土壌肥料部の調査

第7表 供試各作物の栽培方法

試験名	作物名	品種名	栽培様式	施薬期日 (月/日)	播種定植 期日(月/日)	栽培密度 (cm×cm)	収穫期 日(月/日)	1区面 積(m ²)
施用量	はくさい王	将	露地移植	9/9	9/9	70×40	11/19	6
	ほうれんそう	豊	露地直播	9/8	9/8	60(条播)	10/21	1.8
	だいこん	きぬ	〃	9/2	9/2	30×60	11/10	2.7
施用法	きゅうり	東北ときわ	ポット	5/24	5/24			
農薬の 種類 と 作物 の 吸収	いちご	ダナー	株冷蔵	12/15	12/15	30×30	3/5~5/17	2
	トマト	豊錦	夏秋	5/17	5/28	200×50	8/30	4
	なす	千両2号	早熟マルチ	5/17	5/17	100×50	6/16~8/5	8
	すいか	いすず	露地移植	5/14	5/26	300×150	8/16	4.5
	はくさい王	将	露地直播	8/18	8/18	75×45	12/9	3.4
	かんらん	早取B号	〃	8/17	8/17	〃	12/20	〃
	さといも	愛知早生	〃	4/8	4/8	60×30	10/1	1.8
	落花生	千葉半立	〃	5/26	5/26	70×30	10/14	2.8
	小麦	農64	〃	11/2	11/2	70(条播)	6/17	5.25
	大豆	タチスズナリ	〃	5/28	5/28	70×15	9/29	〃
有機物 影響	ピーマン	にしき	露地移植	5/17	5/21	90×50	8/2, 8/16	4.5
	しょうが	中太種	露地直播	5/7	5/17	70×30	10/15	1.47
	とうもろこし	クロスバ ンダム	〃	5/7	5/15	80×30	9/2	3.6
	にんじん	新黒田5寸	〃	5/13	5/13	60×15	9/17	2.4

によると、土性壤土、全炭素1.7%、全窒素0.3%、PH（水浸出）6.1、塩基置換容量21.0 me，リン酸吸収係数1/40を示す淡色黒ボク土壌である。

5. 分析法

1) 有機塩素系殺虫剤の抽出法

(1) 作物体

作物体は収穫最盛期に採取し、よく混ぜた後一部を分析試料とした。各作物部位別の抽出方法はつぎのとおりである。

Ⅰ いちご・トマト・すいか（果実）

いちごは約500g（花梗とがくを除去），トマト（へたを除去）は約1kg，すいかは4個をとり、水洗水切り後、いちごはそのまま、トマト・すいかは各果実を4ないし8等分しその一部を家庭用ミキサーにかけ細切均質化した。

そのうち150gを1ℓ容のガスラ共栓つき3角フラスコにとり、高純度のベンゼン（和光純薬製。残留農薬分析用。以下同じ）500mlを添加し、ときどき振とうしながら1時間室温で放置した。ベンゼン抽出液は傾斜または遠心分離して別の3角フラスコに移し、無水硫酸ナトリウム（試薬特級。以下同じ）50gを加え脱水した後、東洋ろ紙No.5 Cを用いてろ過した。

ろ液250mlをなす型フラスコにとり、ロータリエバポレーターにて40～50℃で減圧濃縮し、正確に25mlとした。さらにこの液5～10mlを、フロリジル3gを充填しその上に無水硫酸ナトリウム1gを積層したクロマト管（内径15mm，長さ30cm）に注入し、6%（V/V）エチルエーテル含有n-ヘキサン（いずれも和光純薬製。残留農薬分析用。以下同じ）200mlで展開した。フロリジルはあらかじめ130℃で8時間活性化した。流出液はロータリエバポレーターにて上記同様減圧濃縮した後正確に5mlとし、ガスクロマトグラフ試験液とした。

Ⅱ. はくさい・かんらん（以上結球部），ほうれんそう（茎葉），さといも（塊茎），に

んじん（根）・ピーマン（果実）

はくさい・かんらんは5個をとり各球を4等分した後その一部を、ほうれんそうは茎葉約1kg，さといも塊茎（表皮を除去）約1kg，にんじんは根5本，ピーマンは花梗を除去し約1kgを、いずれも水洗水切り後薄刃にて細切し，さらにその一部をとり等量の蒸留水を加えて家庭用ミキサーにて細切均質化した。そのうち150gをとり，Ⅰ項の場合と同様ベンゼンにて抽出した。

Ⅲ. 小麦（穂・稈）・とうもろこし（子実）

小麦の穂・稈は室内にて風乾後，さらに真空乾燥器（温度50℃，負圧70cm Hg）で乾燥し粉碎した。とうもろこし子実は乳鉢で摺りつぶした後，小麦と同様乾燥し粉碎した。粉末15gを精秤しベンゼン500mlを加え，上記Ⅰ・Ⅱ項と同様抽出した。

Ⅳ 落花生・大豆（子実）

子実約500gに蒸留水を加えて膨潤させ，乳鉢にて摺りつぶした後，真空乾燥器で上記Ⅲ項と同様乾燥後粉碎した。粉末20gを東洋ろ紙製，円筒ろ紙No.84にとり，アセトン（和光純薬製。農薬残留分析用。以下同じ）130mlを加え，ソックスレー抽出器を用いて8時間抽出した。抽出アセトン液をロータリエバポレーターを用いて減圧濃縮後，500ml容の分液ロートに移し，残渣は30mlのアセトンで洗いこんだ。さらにn-ヘキサン飽和アセトニトリル（和光純薬製。農薬残留分析用。以下同じ）30mlを加えて抽出し，これを3回くり返した。アセトニトリル層を合せて1ℓ容の分液ロートに移し，2%硫酸ナトリウム液500mlを加え，100mlのn-ヘキサンで2回抽出した。n-ヘキサン層を合せて100mlの蒸留水で2回洗った後，n-ヘキサン層に無水硫酸ナトリウム50gを加え脱水後ろ過濃縮し，フロリジル5g（無水硫酸ナトリウム2g積層），5%（V/V）エチルエーテル含

有 n -ヘキサン200mlで上記 i 項のとおりクリンアップを行なった。流出液は正確に5mlにし試験溶液とした。

V. しょうが(地下茎)・なす(果実)

しょうが(地下茎)・なす(果実)をそれぞれ約1kg採取し、水洗水切り後、薄刃にて細切した。50gをホモジナイザーにとり、アセトン100mlを加え3分間ホモジナイズした。傾斜または遠心分離してアセトン層をとり、減圧濃縮後分液ロートに移し、2%硫酸ナトリウム液250mlを加え、 n -ヘキサン50mlで2回抽出した。 n -ヘキサン層を合わせ、無水硫酸ナトリウムで脱水後、前記IV項とおりクリンアップし、流出液を濃縮して正確に5mlにし試験液とした。

(2) 土壌

土壌は試験ほ場内8~10カ所からランダムに、12cm立方のブロック状に採取し、よく混合した後約2kgをビニール袋にとり分析室内に搬入し、室内にて風乾した。風乾するには約5~7日間を要した。風乾土壌は2ミリの篩で篩別し、通過部分を分析試料とした。

水分測定後風乾土壌にて乾土30g相当量を、300mlのガラス共栓づき三角フラスコにとり、これにアセトン150mlを添加し、往復振とう器で1時間振とうした。東洋ろ紙No.5Cのろ紙を用いて200ml容のメスフラスコにろ過し、残渣を2回アセトンで洗いフィルアップした。1l容の分液ロートに2%硫酸ナトリウム液500mlをとり、これにアセトン抽出液20ml、 n -ヘキサン75mlを加え万能シェカーで3分間振とう後分液した。硫酸ナトリウム液層に再び n -ヘキサン75mlを加え同様に抽出後、 n -ヘキサン層を合わせ無水硫酸ナトリウム40gを添加して脱水した。 n -ヘキサン液は減圧濃縮した後、フロリジル5gを充填しその上に無水硫酸ナトリウム2gを積層したクロマト管に注入し、6%(V/V)エチルエーテル含有 n -ヘキサン

200mlにて展開した。流出液を減圧濃縮し、正確に25mlにし試験液とした。

2) ガスクロマトグラフィ

(1) 機種および操作条件

使用したガスクロマトグラフィ機種およびその操作条件は、つぎのとおりである。

i. 機種 島津製作所製。GC5A型。

ii. 検出器の種類、台数 電子捕獲型。

iii. 密封線源の種類 ^{63}Ni

(2) カラム充填剤の種類

i. 5%シリコンOV-17/クロモソープG。カラム長さ100cm。日本クロマト製。

ii. 2%シリコンOV-17/クロモソープW。シラン処理。カラム長さ100cm。和光純薬製。

iii. 2%シリコンDC QF-1/クロモソープG。シラン処理。カラム長さ200cm。和光純薬製。

iv. 10%シリコンDC-200/シマライトW。カラム長さ100cm。和光純薬製。

注：カラムはガラス製。内径3mm。

充填剤粒度 60~80メッシュ。

(3) 操作条件

カラム温度 190℃

試料気化室温度 250℃

検出器温度 250℃

キャリアーガスの種類および流速、窒素ガス(東洋酸素製。高純度)60ml/min。

セル印加電圧 40~80 mv

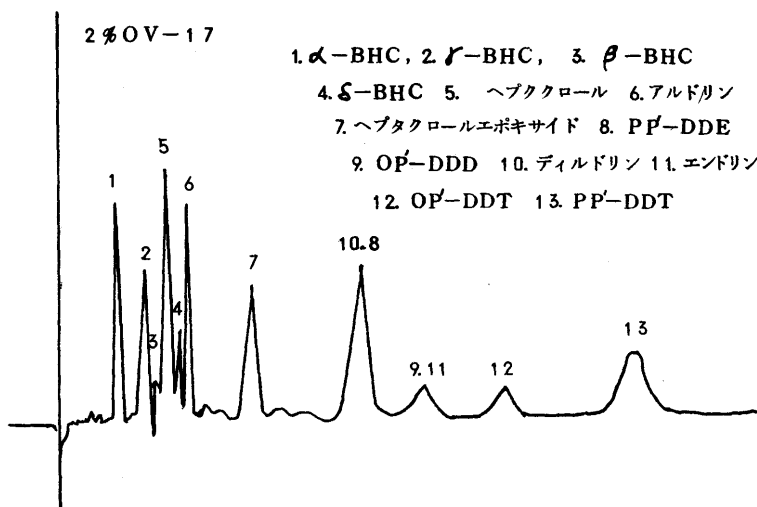
チャートスピード 5~10mm/min

農業標準物質 ユニラブ社製、農業純末品。

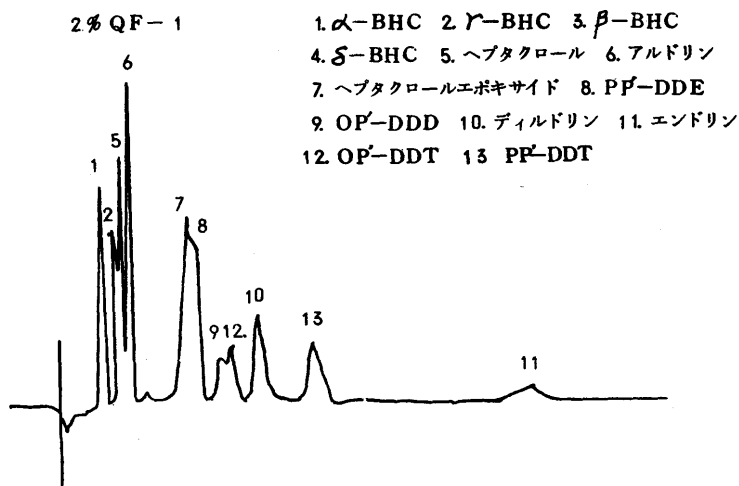
定量法 絶対検量線法。

III 試験結果

1. ガスクロマトグラフィの検討



第1図 2%OV-17のガスクロマトグラム



第2図 2%QF-1のガスクロマトグラム

分析するにあたって、まず各種カラム充填剤による有機塩素系殺虫剤各成分の分離状況、添加農薬の回収率の検討を行なった。その成績をあげると、つぎのとおりである。

1) カラム充填剤の種類と有機塩素系殺虫剤各成分の分離

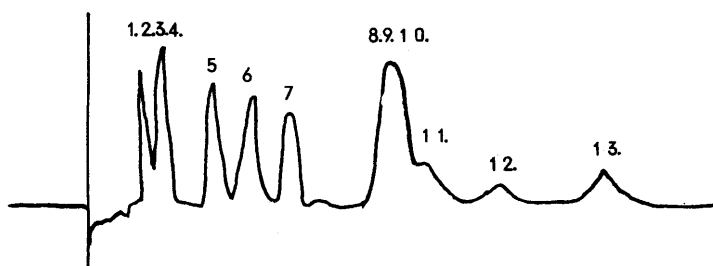
BHC各異性体・DDT異性体および類縁化合物・アルドリン・ディルドリン・エンドリン標準品の混合液を作り、各種のカラム充填剤による各成分の分離性、定量性の検討を行なった。

ガスクロマトグラフの操作条件は、前記Ⅱ、(3)項のとおりである。

その結果、5%シリコンOV-17/クロモソープG (以下5%OV-17と略称)と、2%シリコンOV-17/クロモソープW (以下2%OV-17と略称)とは、ベースラインの安定性は良好であったが、ディルドリンとPP'-DDE、エンドリンとOP'-DDDの分離が悪く、また β -BHCとヘプタクロールの分離がやや悪かった。なお5%OV-17は2%OV-17に比較

10% DC-200

1. α -BHC 2. γ -BHC 3. β -BHC
 4. δ -BHC 5. ヘブタクロール 6. アルドリン
 7. ヘブタクロールエポキシサイド 8. PP'-DDE
 9. OP'-DDD 10. ディルドリン 11. エンドリン
 12. OP'-DDT 13. PP'-DDT



第3図 10%DC-200のガスクロマトグラム

第8表 カラム充填剤の種類と
農薬混合液を使用した
場合の各成分の分離性

成分名	2%OV-17	2%QF-1	10% DC-200
α -BHC	◎	◎	△
β - "	○	△	△
γ - "	◎	○	△
δ - "	○	△	△
PP'-DDT	◎	◎	◎
OP'- "	◎	△	◎
PP'-DDE	△	△	△
OP'-DDD	△	△	△
アルドリン	○	△	◎
ディルドリン	△	◎	△
エンドリン	△	◎	○
ヘブタクロール	○	△	◎
ヘブタクロール エポキシサイド	◎	△	◎

注. ◎分離良好。 ○分離やや劣る。

△分離不良または不能。

し、各成分の保持時間が長かったので、通常は2%OV-17を使用した。第1図は2%OV-17のチャートである。農薬各成分のガスクロマトグラフへの注入量は α ・ γ -BHC 0.2 ng, PP'-DDT 0.6 ng, その他の成分はすべて0.5

ngである。

2%シリコンDC QF-1 / クロモゾーブ G (以下2%QF-1と略称) は β ・ δ -BHCとヘブタクロール・アルドリン、ヘブタクロールエポキシサイドとPP'-DDE, OP'-DDDとOP'-DDTの分離が悪かった。第2図は2%QF-1のチャートである。注入量は α ・ γ -BHC 0.16 ng, PP'-DDT 0.48 ng, その他の成分はすべて0.4 ngである。

10%シリコンDC-200 / シマライトW (以下10%DC-200と略称) は、BHC各異性体間の分離、およびディルドリン・PP'-DDE・OP'-DDDの分離が不能であり、またエンドリンがディルドリン等のピークと一部重なるため測定誤差がやや大きくなる恐れがあった。第3図は10%DC-200のチャートであり、注入量は2%OV-17の場合と同量である。

以上の結果をまとめると、第8表のようになる。ピークの重ならない成分の場合には問題ないが、ピークの重なり易い成分が検出されたときには、上記の3種のカラム充填剤を併用することによって、検出、定量精度の向上をはかることができた。なおここにあげた成分以外にも

第9表 クリンアップ展開液中
のエチルエーテルの含
有比と農薬回収率

成分名	カラム種類	6%	15%	30%	50%
ヘプタクロール	2%OV-17	103.8	105.0	100.0	97.5
ロール	10%DC-200	101.3	96.3	97.5	95.0
アルドリ	2%OV-17	93.8	103.8	96.3	97.5
リン	10%DC-200	100.0	96.3	93.8	93.8
ディルド	2%OV-17	107.5	106.3	103.8	101.3
リン	2%QF-1	101.5	88.9	110.5	—
	10%DC-200	98.8	96.3	95.0	91.3
エンドリン	2%QF-1	82.0	73.0	73.0	64.6
	10%DC-200	100.0	96.3	96.3	88.8
OP'-DDT	2%OV-17	85.0	88.8	95.0	95.0
	2%QF-1	106.3	86.2	107.7	120.2
	10%DC-200	95.0	93.8	87.5	80.0
PP'-DDT	2%OV-17	80.0	85.0	90.0	88.8
	2%QF-1	100.1	88.9	101.5	114.7
	10%DC-200	95.0	96.3	92.5	82.5

未知物質のピークが現れ、有機塩素系殺虫剤との分離を困難にすることがあったが、これも上記の方法をとることによってほぼ解決し得た。

筆者らは通常は2%OV-17を使用し、補助的に2%QF-1, 10%DC-200を使用した。

2) 展開液中のn-ヘキサン, エチルエーテルの混合比と有機塩素系殺虫剤各成分の回収率
クリンアップの際, 展開液中のn-ヘキサン

とエチルエーテルの含有比のちがいに, 農薬各成分の回収率が異なることが指摘されているので, n-ヘキサン中のエチルエーテルの含有率を容量で6%, 15%, 30%, 50%に変えた場合の, 各成分の回収率を各カラム充填剤について調べた。各農薬成分の添加量はそれぞれ1ngとし, 混合液を作製し使用した。第9表はその結果である。

それによるとヘプタクロール・アルドリ・ディルドリンは, エチルエーテルの含有率が50%までは変わっても回収率に大差はなかったが, エンドリンは50%になると低下し, OP'-DDT・PP'-DDTは逆に高くなった(ただし10%DC-200ではやや低下)。なお2%QF-1を使用するとエンドリンの回収率はやや低い数値が得られた。

一般にはエチルエーテルの含有率が6%から30%の間では, 各成分とも回収率に大差がなかった。

3) 添加農薬の回収率

分析対象農薬の検出されぬ作物体各部位, 土壌に農薬を添加し, その回収率を検討した。

(1) 作物体

ミキサーにて細切均質化した分析試料150g

(かんらん結球部・ほうれんそう茎葉は等量の蒸留水を加え細切) に, BHC・DDT各異性

第10表 作物体に添加した農薬の回収率(%)

作物 部位名	カラム 種類	B H C				D D T		ヘプタ クロール	ヘプタ クロール エポキシ サイド	アルド リン	ディル ドリン	エンド リン
		α	β	γ	δ	OP'	PP'					
ほうれん そう・葉	2%OV-17	113.8	92.2	112.6	100.0	99.2	99.9	84.8	90.5	87.4	101.1	96.8
	2%QF-1					95.8	99.4			93.4	112.6	
	10%DC-200					111.0	118.5	103.5		107.2	106.0	107.2
かんらん ・球	2%OV-17	91.3	103.0	96.0	93.3	114.2	106.0	97.2		90.4	110.2	95.3
	2%QF-1					91.7	96.8				83.7	87.7
いちご ・果実	2%OV-17	94.9	75.0	94.9	75.0	85.6	79.9	75.6	73.8	72.4	81.9	81.4
	2%QF-1					124.4	121.4			109.4	113.9	87.4
	10%DC-200					96.0	97.2	93.5		94.8	89.8	89.8

第11表 土壤に添加した農薬の回収率(%)

カラム	B H C				D D T		OP'	PP'	ヘプタ	アルド	ディル
種類	α	β	γ	δ	OP'	PP'	DDD	DDE	クロール	リン	ドリソ
2% OV-17	95.2	85.1	95.7	85.3							
					106	118	102	94.7	98.0		
2% QF-1	95.2	100	97.5	113							*
					87.4	96.4	99.0	88.8	87.6		

注. *は分離不能。 **は分離やや不良。

供試土壤，黒ボク畑土壤。

体・ヘプタクロール・ヘプタクロールエポキサイド・アルドリソ・ディルドリソ・エンドリン各10 μ gを添加し，II・5項の分析法により抽出定量し回収率を測定した。その結果を第10表にあげた。

いちご果実では2%OV-17を使用した場合， β ・ δ -BHC，ヘプタクロール，ヘプタクロールエポキサイド，アルドリソの回収率がやや低く，また2%QF-1を使用した場合，OP'-DDT，PP'-DDTが高かった。その他はほぼ満足すべき結果であった。

なお落花生，大豆等の油脂作物については，

第12表 ほうれんそうに対するBHC・ディルドリソの施用量と検出濃度(生体中ppm)

農薬名	成分 施用量 (g/10a)	B H C				ディル ドリソ
	α	β	γ	δ	計	
BHC	90	0.470	0.056	0.157	0.036	0.719
	268	0.692	0.069	0.287	0.089	1.137
	536	0.124	0.124	0.573	0.153	2.193
ディル ドリソ	20	<0.005		<0.005		
	61	"		"		
	122	"		"		0.069

第13表 だいこんに対するBHC・ディルドリソの施用量と検出濃度(生体中ppm)

農薬名	成分 施用量 (g/10a)	部位	B H C				ディル ドリソ
			α	β	γ	δ	計
BHC	179	根	0.028	<0.005	0.020	0.009	0.057
		葉	0.044	0.011	0.042	0.015	0.112
	536	根	0.052	<0.005	0.026	0.012	0.090
		葉	0.073	0.014	0.067	0.027	0.181
	1,072	根	0.049	<0.005	0.033	0.012	0.094
		葉	0.032	<0.005	0.044	0.019	0.095
ディル ドリソ	41	根	<0.005		<0.005		
		葉	0.019		0.021		0.040
	122	根	0.021		0.014		0.035
		葉					<0.005
	245	根					<0.005
		葉					<0.005

有機塩素系殺虫剤を含有しない試料が得られなかったため、回収率の測定は行なわなかった。

(2) 土壌

乾土30g 相当量の黒ボク畑土壌をとり、BHC各異性体・アルドリン・ディルドリン混合グループとO^p-DDT・P^p-DDT・O^p-DDD・P^p-DDE・ヘプタクロール混合グループの2系列に分け、各成分10 μ g づつ添加

第14表 はくさいに対するアルドリンの施用量と検出濃度
(乾土中 ppm)

アルドリン 施用量 (g/10a)	結 球 部 アルドリン ディルドリン	跡 地 土 壌 アルドリン ディルドリン
無 施 用		不 検 出
1 2 2		1 7.6 3
2 4 5		2 2.4 1
3 6 7		3 0.7 7

し、前記Ⅱ・5項の分析法のとおり抽出定量を行ない回収率を測定した。第11表はその結果である。

2%OV-17, 2%QF-1いずれの充填剤でも、ほぼ満足すべき結果を得た。ただ2%QF-1の場合はアルドリンのピークが δ -BHCと重なるため分離不能であり、 δ -BHCの数値も誤差が大きかった。

2. 有機塩素系殺虫剤の施用量と作物可食部における吸収

1) ほうれんそう (茎葉)

第12表は、ほうれんそうに対するBHC、ディルドリンの施用量試験の分析結果である。

茎葉中のBHC濃度は、施用量と明らかな正の相関がみられ、90g/10a施用 (γ -BHC 3%保証粉剤で3kg/10a) で、食品衛生法に定める残留基準 (02ppm) を大巾に超過した。

ディルドリンは61g/10a以下の施用量では検出されなかったが、122g/10aでは残留基準 (0.02ppm) 以上検出された。

2) だいこん (根・葉)

だいこんに対し、ほうれんそうと同様BHC、ディルドリンの施用量試験を行なった結果を第13表にあげた。

BHCは根・葉ともに β 体の検出濃度は低かったが、 $\alpha \cdot \gamma \cdot \delta$ 体は施用量536g/10aまでは増加率が高く、1072g/10aになると根ではほぼ横ばいになるのに対し葉では明らかに減少した。いずれの場合も残留基準以下であり、とくに葉より根が低かった。

ディルドリンは葉・根ともにいずれの施用段階でも検出されなかった。

3) はくさい (結球部)

はくさいに対するアルドリンの施用量試験の結果を第14表にあげた。はくさいの結球部からは、アルドリン・ディルドリンは検出されなかった。なお土壌中には多量のアルドリンが残留していたが、ディルドリンは検出されなかった。

4) ビール麦 (穂ばらみ期茎葉)

第15表はビール麦に対し、BHC・アルドリンの施用量試験を行なった結果である。農薬の施用法は、土壌全層施用である。分析試料は穂ばらみ期に採取した。

BHC施用系列では、ビール麦の生育は1620g, 2160gの両区が初期から分けつ・草丈いづれも劣り、葉色やや濃く、明らかに生育の抑制がみられた。270g・540g・1080gの各区は順調で、区間に生育上の差はみられなかった。

ビール麦茎葉中のBHC濃度は、 $\alpha \cdot \gamma$ 体が高く、270g区から1080g区の間では、施用量が多いほど体内濃度は低くなる傾向を示したが、1610g区になると著しく増加し、2160g区に至って再び低下した。

ビール麦によるBHC吸収の抑制が起る土壌中のBHC濃度は、乾土あたり3ppm (それ以下は検討しなかった) が限界と思われる。また土壌中の濃度が約20ppm以上になると、生育の

第15表 ビール麦に対するBHC・アルドリンの施用量と
検出濃度 (茎葉・土壤乾物中 ppm)

農薬名	成分施 用量 (g/10a)	B		H	C		アルド リン	ディル ドリン	土壤中 のBHC アルドリン
		α	β	γ	δ	計			
BHC	270	0.079	0.031	0.021		0.131			3.187
	540	0.036		0.015		0.051			8.698
	1,080	0.030		0.010		0.040			17.263
	1,620	0.067		0.047	0.022	0.136			233.34
	2,160	0.038		0.011		0.049			31.739
アルド リン	60						0.056	0.060	0.709
	120						0.014	0.026	10.20
	240						0.040	0.042	1.942
	360						0.055	0.018	28.79
	480						0.026	0.054	32.51

注. 茎葉は穂ばらみ期。水分82～84%。土壤は播種時に採取したもの。

抑制がみられた。

なお1620g 区の体内BHC濃度が高かったことは、この施用量が生育抑制を起す初期濃度であることと関連があるものと推定される。

アルドリン施用系列では各区間の生育状況にはほとんど差がなかった。各区の茎葉中からアルドリンとディルドリンが検出されたが、施用

量と吸収濃度との間には一定の相関関係はみられなかった。ディルドリンはアルドリンの酸化によるものであろう。

2. BHCの施用方法と作物の吸収

第16表はきゅうりについて、BHCの施用法を変えた場合の吸収濃度の差を調べた結果である。

第16表 きゅうりに対するBHCの施用方法と検出濃度 (生体中 ppm)

区名	部位	B		H	C		計
		α	β	γ	δ		
全層混合	果実 a	0.037		0.033			0.070
	" b	0.052		0.018			0.070
	葉	0.279	0.160	0.064	0.098		0.601
植穴施用	果実 a	0.012		0.008			0.020
	" b	0.020		0.001			0.021
	葉	0.069	<0.005	0.069	<0.005		0.122
表層施用	果実 a	0.003		0.010			0.013
	" b	0.013		0.008			0.021
	葉	0.040	0.079	0.069	0.124		0.312

注. 果実 a は収穫期前半, 果実 b は後半。葉は収穫末期に採取

果実は収穫期間を前半と後半の2回に分け分析したが、いずれの場合も全層混合区の濃度が他の2法に比較し明らかに高かった。植穴施用と表層施用との比較では、表層施用が α 体は2回とも低く、 γ 体はやや高い傾向がみられた。

収穫末期の葉中の濃度も、全層混合区が明らかに高く、表層施用区、植穴施用区の順に低下した。なおきゅうりの生育にはほとんど差がなかった。

3 有機塩素系殺虫剤の種類と各種作物による吸収

1) いちご (果実・葉)

果実は収穫最盛期までは、約1週間ごとに収穫し分析した。茎葉は収穫末期に採取し、また施用農薬の消長をみるため、定植時と収穫末期に土壌を採取し分析した。その結果を第17表に示した。

果実中のBHCは、収穫開始ほぼ2週間後が最高濃度を示し以後低下した。ディルドリン・ヘプタクロールは収穫開始1週間後が高く、以後減少する傾向にあったが、収穫末期には著しく増加した。アルドリンは収穫最盛期にやや高かった。ただ濃度はディルドリンに比較すると低かった。ヘプタクロールエポキシサイドは収穫末期に検出された。DDTは検出されなかった。

なお残留基準からみれば、BHC・アルドリン・エンドリンいずれも大巾に超過していた。

収穫末期の茎葉からは、 β ・ γ -BHC、O P'・P P'-DDT、ディルドリン、ヘプタクロールエポキシサイドが多量検出された。アルドリン、ヘプタクロールは検出されなかった。

土壌中の農薬各成分の消長は、定植時に比較し収穫末期では、BHC (とくに α 体)・DDT・アルドリン・ヘプタクロールの減少が著し

第17表 いちごにおける有機塩素系殺虫剤の時期別検出濃度と土壌中の消長 (作物体は生体、土壌は乾土 ppm)

区 名	部 位	採取期 日 (月/日)	B H C					D D T		アルド	ディル	ヘプタ	ヘプタ クロール エポキ サイド
			α	β	γ	δ	計	PP'	OP'	リン	ドリン	クロール	
BHC ・DDT	果 実	3/ 5			0.050		0.050						
		3/16	0.043	0.169	0.077	0.072	0.361	<0.005					
		3/22	0.018	0.152	0.450	0.084	0.704	"					
		3/30	0.021	0.160	0.281	0.084	0.546	"					
		5/17	0.010	0.110	0.222	0.100	0.442	"					
	茎 葉	5/28	<0.005	1.925	1.079	<0.005	3.004	3.004					
	土 壤	12/15	43.64	155.6	134.6	109.6	836.2	7.000	23.87				
		5/28	0.050	1.462	1.284	1.462	4.258	1.492	3.794				
アルドリン ・ヘプタ クロール	果 実	3/ 5											
		3/16								<0.005	0.071	0.024	
		3/22								0.007	0.026	0.018	
		3/30								0.011	0.024	0.018	
		5/17	0.009	0.042	0.026	<0.005	0.077			<0.005	0.248	0.072	0.042
	茎 葉	5/28		0.404							0.024	<0.005	0.159
	土 壤	12/15										27.32	
		5/28	0.051		0.173		0.224			4.061	0.952	2.066	

第 18 表 さといも（塊茎）における有機塩素系
殺虫剤の検出濃度（生体あたり ppm）

区 名	B H C			ディルドリン	エンドリン	ヘブタクロール	ヘブタクロールエポキシサイド
	α	β	計				
B H C	0.460	0.310	0.770				
D D T	<0.005						
アルドリン	<0.005			0.019			
ディルドリン	<0.005			0.022			
エンドリン					0.021		
ヘブタクロール						0.007	0.006

かった。なおディルドリンは少量しか検出されず、アルドリンの酸化により生成したディルドリンもかなりの量が消失するものと推定される。このような土壤中での著しい減少は、作物による吸収以外に、土壤中での分解によるものと推定され、とくに保温が分解に拍車をかけたものと思われる。

2) さといも（塊茎）

第18表はさといもの塊茎を分析した結果である。塊茎からは $\alpha \cdot \gamma$ -BHC, ディルドリン, エンドリン, ヘブタクロール, ヘブタクロールエポキシサイドが検出された。アルドリン区からはアルドリンは検出されず、ディルドリンが多量検出された。DDTは検出されなかった。

3) 落花生（子実）

落花生の生育にも、各区間の差はみられなか

った。第19表は落花生子実の分析結果である。

BHC区からは多量の各異性体が、アルドリン区からは少量のアルドリンと多量のディルドリンが、ヘブタクロール区からは多量のヘブタクロールエポキシサイドとヘブタクロールが、エンドリン区からは多量のエンドリンが検出された。DDTは検出されなかった。なお処理区以外の区からもBHC, ディルドリン, ヘブタクロールが少量検出されたが、この原因については不明である。

4) しょうが（地下茎）

しょうがの生育にも、各区間の差はみられなかった。第20表はしょうがの地下茎を分析した結果である。分析は親しょうが（種子）と子しょうがについて行なった。

それによると、全区の親・子しょうがから α

第 19 表 落花生（子実）における有機塩素系殺虫
剤の検出濃度（風乾物 ppm）

区 名	B H C				アルドリン	ディルドリン	エンドリン	ヘブタクロール	ヘブタクロールエポキシサイド
	α	β	γ	δ					
B H C	0.419	0.198	0.305	0.223	1.145				
D D T	0.064		0.013		0.077			0.067	
アルドリン	0.040		0.006		0.046	0.019	0.317		
ディルドリン	0.031		<0.005		0.031	0.478		0.052	<0.005
エンドリン	0.041		0.014		0.055	0.025	0.277	0.053	
ヘブタクロール	0.032		0.011		0.043			0.112	0.501

第20表 しょうが(地下茎)における有機塩素系
殺虫剤の検出濃度 (生体 ppm)

区 名 部位	B		H	C		計	アルド リン	ディル ドリン	エンド リン	ヘプタク ロール	ヘプタクロ ールエポ キサイド
	α	β	γ	δ							
B H C	親	0.681		0.387		1.068		1.813	0.095		0.123
	子	0.229		0.339		0.568		0.165	0.054		0.037
D D T	親	0.064		0.182		0.246		0.994	0.088		
	子	0.068		0.258		0.326		0.113	0.077		
アルドリン	親	0.488		0.208		0.696	<0.005	1.745	0.082		
	子	0.054		0.158	0.158	0.370		0.528	0.071		
ディルドリン	親	0.052		0.254		0.306		1.988	0.119		0.135
	子	<0.005		0.123		0.123		0.492	0.030		
エンドリン	親	0.089		0.247		0.336		1.503	0.110		
	子	0.029		0.124		0.153		0.143	0.273		
ヘプタクロール	親	0.040	<0.005	0.128		0.168		1.093	0.077	0.023	0.193
	子	0.044		0.284		0.328		0.174	0.111		0.243

注。1. 親しょうがは種子。

2. 試験土壌原土中から、 α -BHC 0.042, γ -BHC <0.005, OP'-DDT 0.832, PP'-DDT 0.739, アルドリン 0.125, ディルドリン 1.623, ヘプタクロール 0.146 (乾土 ppm) が検出された。

・ γ -BHC, ディルドリン, エンドリンが検出されたが, 子しょうがの場合 BHC 区の BHC, アルドリン・ディルドリン区のディルドリン, エンドリン区のエンドリンは, 他区より明らかに高く, 施用農業の吸収が行なわれたことを示しているものと思われる。ヘプタクロール区では, 親しょうがからは少量のヘプタクロールとやや多量のヘプタクロールエポキサイドが検出されたが, 子しょうがからは多量のヘプタクロールエポキサイドのみ検出された。アルドリンはアルドリン区の親しょうがから定量限界以下検出されたのみであった。DDT は検出されなかった。なお処理区以外の区から BHC, ディルドリン, エンドリンが検出されたことは, 植付時の親しょうがを分析しなかったので確言はできないが, 試験会場原土中にすでに多量の

ディルドリン, 少量のアルドリン, ヘプタクロール, α -BHC が含有されていたことから推察すると, 子しょうが中の BHC・エンドリンは主として親しょうがから移行し, ディルドリンは親しょうがからの移行と, 土壌中のディルドリンの吸収に由来するものと思われる。

5) 小麦 (穂・稈)

成熟期の小麦の穂と稈を分析した。BHC 区の稈からは α 体 (0.124), β 体 (0.112), γ 体 (0.045) 各 BHC とヘプタクロールエポキサイド (0.655) が検出 (単位: 乾物あたり ppm) されたが, 穂からはこれらの成分が定量限界以下検出されただけであった。

6) 大豆 (子実)

第21表は大豆の子実の分析結果である。それによると, BHC・DDT 区からは α ・ γ -B

第21表 大豆(子実)における有機塩素系殺虫剤の検出濃度(風乾物 ppm)

区 名	B H C			計	D D T		ディルドリン	エンドリン	ヘブタクロール	ヘブタクロールエボキサイド
	α	γ	δ		PP'	OP'				
BHC・DDT	0.084	0.046	<0005	0.130	<0005	<0005	0.007			
アルドリノ	0.028	0.009	"	0.037			0.026			
ディルドリン	0.028	0.010	0.011	0.049			0.047		0.010	
ヘブタクロール エンドリン	0.028	0.011	0.016	0.055		0.015		0.018	0.080	0.068

H Cと定量限界以下のPP'・OP'-DDTが検出された。アルドリノ区からはアルドリノは検出されず、ディルドリンが多量検出された。ディルドリン区からは多量のディルドリンが、ヘブタクロール・エンドリン区からはエンドリン、ヘブタクロール、ヘブタクロールエボキサイドが検出された。その他BHC・DDT区以外の各区から少量のBHCが、またBHC・DDT区から少量のディルドリンが検出されたが、これは農薬施用時の影響によるものと思われる。

なおBHCの検出量は、残留基準(0.2ppm)以下であった。アルドリノ、ディルドリン、エンドリンについては現在大豆の残留基準は決ま

っていないが、もし0.02ppmで決まると仮定しても残留基準を上まわる恐れがあった。

7) ピーマン(果実)

各処理区の果実から、 α ・ δ -BHCが定量限界以下検出された以外、いずれの成分も検出されなかった。

8) かんらん・はくさい(結球部)

かんらん、はくさいの結球部を分析した結果、両者のBHC区から α ・ γ -BHCが定量限界以下検出された以外、いずれの成分も検出されなかった。

9) トマト・すいか(果実)・とうもろこし(子実)

第22表 にんじん(根)の有機塩素系殺虫剤の吸収に及ぼす有機物の影響(生体 ppm)

区 名	B H C			計	アルドリノ	ディルドリン	ヘブタクロール	ヘブタクロールエボキサイド
	α	β	γ					
有機物施用	B H C	0.492	<0005	0.554	0.167	12.13		
	D D T	0.012		0.010		0.022		
	アルドリノ	0.013		0.007	<0.005	0.020	<0.005	0.049
	ヘブタクロール	<0005		<0.005			0.067	<0005
無施用	B H C	0.446	<0005	0.359	0.120	0.925		
	D D T							
	アルドリノ	<0005		<0.005			0.067	
	ヘブタクロール	"		"			0.064	0.029

注. 供試イネワラ堆肥(水分56.5%)中から -BHC 0.020, -BHC 0.033, γ -BHC 0.004, δ -BHC 0.120, OP'-DDT 0.100, PP'-DDT <0.005 (ppm) が検出された。

いずれの成分も検出されなかった。

10) なす (果実)

ヘブタクロールのみ施用し、果実を収穫初期、中期、後期の3回にわたって採取し分析したが、ヘブタクロールおよびヘブタクロールエポキシイドは検出されなかった。

4. 作物の有機塩素系殺虫剤の吸収に及ぼす有機物の影響

第22表はにんじんの根についての分析結果である。有機物施用系列、無施用系列いずれのBHC区からも、 $\alpha \cdot \gamma \cdot \delta$ -BHCが多量検出され、有機物施用系列のBHC区の方がやや高かった。また有機物施用系列のBHC以外の区からも、 $\alpha \cdot \gamma$ -BHCが少量検出された。これは供試したイネわら堆肥中に少量のBHC各異性体が含有されていたことから推察すると、有機物中のBHCをにんじんが吸収したものと考えられた。

DDTは供試したイネわら堆肥中にも少量含有されていたが、にんじんからは検出されなかった。

両系列ともアルドリン区からはディルドリンが、ヘブタクロール区からはヘブタクロールおよびヘブタクロールエポキシイドが検出された。アルドリン・ディルドリン・ヘブタクロールの吸収に及ぼす有機物施用の影響は不明であった。

IV 考 察

以上、土壤中に現在なお残留する有機塩素系殺虫剤による作物の汚染回避対策の一環として、土壤中に存在するこれら農薬の各種作物(可食部)における吸収状況を調べた結果を述べた。つぎにこの結果について若干の考察を加えてみる。

1. 分析法

試験成績の検討を行なう前に、まず留意しなければならぬことは、分析方法の精度であろう。

作物体中に残留する有機塩素系殺虫剤の測定値のオーダーは、通常1 ppm以下0.001 ppmの範囲であり、農薬成分の同定、定量には抽出法およびガスクロマトグラフの操作条件が大きく影響する。しかし精度のより高い分析法であっても分析操作があまりに複雑であっては、多数の分析点数を一度に処理する必要がある場合には不便である。

筆者らは分析の精度を、最少検出量0.001 ppm、定量限界を0.005 ppm、添加農薬の回収率を75%以上とし、成可く簡便な分析法を採用した。本研究課題の内容からみれば、十分目的は達しているものと考えられる。

2. 各種作物(可食部)における土壤中の有機塩素系殺虫剤の吸収

各種作物による土壤中の有機塩素系殺虫剤の吸収状況を調べる場合、まずこれら農薬の施用量および施肥方法が問題になる。

ここで供試した対象農薬は現在使用規制が強化されているので、試験研究機関とは言え、広範な試験ほ場を設定することは不可能である。したがって一部の作物についてのみ施用量、施用方法の検討を行ない、他の作物については施用量を慣行使用量(粉剤にて3 kg/10 a)ないしその倍量を基準とし、施用方法は各作物の慣行に従った。

きゅうりに対するBHCの施用方法試験の結果で、果実・葉ともに全層混合が吸収濃度が高いことから考えると、施用方法の問題は根に及ぼす農薬成分濃度の問題に帰着するようである。

またほうれんそう、だいこん、ビール麦に対するBHC施用量試験の結果で、ほうれんそう(条施)の茎葉、だいこん(条施)の葉では、施用量536g/10 a(製剤3 kg/10 a)まで吸収濃度が増加し、ビール麦(全層施用)の場合施用量が1620g/10 a以上になると生育抑制がみられ、体内濃度が著しく増加することは前述

した。

このことから類推すると、その他の作物が、農業施用量が過剰であったために異常吸収をした恐れはないものと思われる。とくに検出されなかった作物については、生育状況からみても施用量過多のため吸収が抑制され、検出限界以下であったとは考え難い。

しかし作物の吸収濃度は、作物部位または分析時の抽出法のちがいだけでなく、農業施用量および施用方法、すなわち根に対する農薬成分濃度の差によって大きく変化することが推定されるので、本研究の場合は作物部位の検出濃度の絶対値から直ちに作物の吸収性あるいは残留基準問題を論ずることは危険であろう。

以上のようなことから、土壌中の残留農薬が作物吸収の適濃度であっても、作物の可食部から残留基準以上検出されぬという意味で、各作物（可食部）の有機塩素系殺虫剤吸収蓄積の難易を区別すると、つぎのようになる。

まず吸収蓄積し易い作物部位としては、ほうれんそう茎葉、きゅうり果実、いちご果実、さといも塊茎、落花生子実、大豆子実、しょうが地下茎、にんじん根を、吸収蓄積し難い作物部位としてはだいこん根、トマト果実、なす果実、すいか果実、はくさい結球部、かんらん結球部、小麦穂、ピーマン果実、とうもろこし子実をあげることができる。ただだいこんの葉は根に比較し、BHCの吸収濃度が高く、残留基準をこえる恐れがあるので、吸収蓄積し易い作物部位に区別する必要があった。

⁴⁾ Lichtensteinらの報告によると、きゅうり、にんじんはアルドリン・ディルドリンを吸収し易く、かんらんはヘプタクロールを吸収し難いとしている。ただだいこんは吸収し易い作物に分類しているが、筆者らの結果では根はむしろ吸収蓄積し難い作物部位に区分すべきであると思われる。

³⁾ 川原らはなすの茎葉・根はディルドリン・ア

第23表 有機塩素系殺虫剤の種類と各種作物部位による吸収性

作物名	部位	BHC	DDT	アルドリン	ディルドリン	エンドリン	ヘプタクロール	ヘプタクロール ニルエボキサイド
ほうれんそう	葉	◎	—	—	○	—	—	—
だいこん	根	○	—	—	△	—	—	—
	葉	○	—	—	△	—	—	—
きゅうり	果実	○	—	—	—	—	—	—
	葉	◎	—	—	—	—	—	—
いちご	果実	◎	△	□	◎	—	○	○
	茎葉	◎	◎	—	○	—	△	○
さといも	塊茎	◎	—	—	○	○	□	□
落花生	子実	◎	—	○	◎	◎	○	◎
しょうが	地下茎	◎	—	△	◎	◎	○	◎
大豆	子実	○	△	—	○	○	○	○
にんじん	根	◎	—	△	○	—	○	○

注. 表示記号例 ◎ 0.2 ppm以上, ○ 0.2 ~ 0.02 ppm,

□ 0.02 ~ 0.005 ppm, △ 0.005 ~ 0.001, — 未調査,

空欄 0.001 ppm以下。

ルドリン・ヘクタクロールの吸収が大きい、果実への移行は少ないと報告しており、筆者らの結果もこれとほぼ一致している。

3. 有機塩素系殺虫剤の種類と作物による吸収

第23表は有機塩素系殺虫剤の検出された作物部位について、各成分の検出濃度をまとめたものである。前述のとおり検出濃度の数値にはかなりの変動が想定されるので、数値を大きく区切って表示した。

遠観的にみると、最も検出され易い成分はBHC・ディルドリンであり、エンドリン・ヘブタクロール（エポキサイドを含め）がこれにすぎ、DDTは少なかった。アルドリンは土壤または作物体中で酸化されディルドリンに変化するため、この結果からは吸収性は不明であった。しかし、ディルドリンに変化し易いことから考えると、実際にはディルドリンと同等に扱うべきであろう。

なお過去における農業使用の実態から土壤汚染問題を考えると、筆者らが行った実態調査の結果でも、BHC・DDT・ディルドリン・アルドリン・ヘブタクロールによる場合が多く、これを作物の吸収性から考えると、土壤残留による作物汚染を起し易い成分は、BHC・ディルドリン（アルドリン）・ヘブタクロールであると言える。

4. 作物の有機塩素系殺虫剤吸収に及ぼす有機物の影響

供試した有機物中の少量のBHCが作物によく吸収されたことは、今後有機物そのものが新たな汚染源に転化する可能性を示唆しているものと思われる。

V 摘 要

各種作物（可食部）における土壤中の有機塩

素系殺虫剤の吸収について調べた。

各作物部位の有機塩素系殺虫剤吸収蓄積の難易を区別すると、つぎのとおりである。

吸収蓄積し易い作物部位 ほうれんそう茎葉、きゅうり果実、いちご果実、さといも塊茎、落花生子実、大豆子実、しょうが地下茎、だいこん葉。

吸収蓄積し難い作物部位 だいこん根、トマト果実、なす果実、すいか果実、はくさい結球部、かんらん結球部、小麦穂、ピーマン果実、とうもろこし子実。

有機塩素系殺虫剤の種類と作物における吸収の難易については、つぎのとおりであった。

最も吸収され易い成分 BHC、ディルドリン（アルドリン）

やや吸収され易い成分 エンドリン、ヘブタクロール（エポキサイドを含む）

吸収され難い成分 DDT。

また有機物中に含有されるBHCは少量であっても作物によく吸収されるので、今後その作物汚染源のとしての解明が必要である。

VI 引用文献

- 1) 米国科学アカデミー海洋委員会（道口・磯野訳）（1972）自然 27（4）：61～71
- 2) 羽生 幌・高橋順子（1971）栃木農試農業残留対策試験調査成績
- 3) 川原哲城・中村広明（1971）農業検査所報告 11：51～54
- 4) E. P. Lichteinstein ほか（1970）J. Agr. Food Chem 18：100
- 5) 大槻久美子ほか（1971）衛生試験所報告 89：34～37
- 6) 湯嶋健ほか（1971）科学 41（9）：507～519