

土壤中における農薬の残留性と縦移動

奴田原誠克・市原 勝

Persistence and Vertical Transport of Pesticides in Several Soils.

Masakatsu NUTAHARA and Masaru ICHIHARA

土壤中における農薬の残留性と縦移動

奴田原誠克*・市原 勝*

Persistence and Vertical Transport of Pesticides in Several Soils.

Masakatsu NUTAHARA and Masaru ICHIHARA

はじめに

処理された農薬の土壤中における残留性や縦移動（地下浸透）等の動態を知ることは、農薬の効率的かつ安全使用のために必要不可欠と考える。すなわち、残留性は農薬の残効性や次作物への影響等の面で、縦移動は有効成分の植物根域への到達度や降雨による流亡、さらには周辺環境への影響等を推測するうえで非常に重要な資料となる。しかし、これらの残留性と縦移動は、農薬や土壌の種類、気象条件等によって大きく異なることが報告されている。^{1)~4)}

そのため、今回数種の高知県土壌を用いて、殺虫、殺菌、除草剤の残留性および縦移動について調査検討したので報告する。

材料および方法

1. 供試農薬

縦移動試験には、アセフェート（オルトラン5%粒剤）、ジメトエート（5%粒剤）、メソミル（ランネート45%水和剤）、NAC（デナポン5%粒剤）、BPMC（バ

ッサ2%粉剤）、エチルチオメトン（ダイシストン5%粒剤）、ダイホルタン（80%水和剤）、TPN（ダコニール75%水和剤）、エクロメゾール（パンソイル40%乳剤）、ベノミル（ベンレート50%水和剤）、メタラキシル（リドミル2%粒剤）、DCMU（カーメックスD80%水和剤）、プロマシル（ハイパーX80%水和剤）、オキサジアゾン（ロンスター12%乳剤）を、残留性試験には、農薬標準品を使用した。

2. 供試土壌

第1表に示した高知県の代表的な土壌を使用した。

3. 試験装置および方法

1) 土壌残留性試験

100mlの三角フラスコに生土（乾土40g相当）を入れ、10日間各々の温度条件下でプレインキュベーションした後、農薬を処理し、10、30、60および120日目に残存量を定量し、回帰直線式を求め農薬の分解速度を算出した。農薬は200ppmアセトン液1mlを添加（乾土当たり5ppm）し、ガラス棒で攪拌した。畑状態（土壌水分：圃場容水量の60%）および水田状態（表層1cm

第1表 供試土壌の性質

土 壌	pH		置換性塩基 (me/100g)			CEC	リン酸 吸収係数	T-C (%)
	H ₂ O	KCl	CaO	MgO	K ₂ O			
中粗粒灰色低地土 (技研水田土)	6.1	5.0	7.77	1.69	0.18	11.6	507	1.37
砂丘未熟土 (三里砂土)	6.6	5.4	0.29	0.10	0.06	1.7	79	0.11
褐色森林土 (枝川赤土)	6.1	4.0	9.63	11.4	0.17	21.3	1140	0.24
黒ボク土 (南国畑土)	6.0	5.3	15.8	2.03	0.63	18.8	834	2.65
細粒灰色低地土 (高岡水田土)	6.1	5.1	11.1	1.69	0.16	15.7	732	2.85

注) () 内は採土地の地名を付けた呼称

* 高知県農林技術研究所 農薬残留研究室
高知農林研報第22号 (1990) 17~24
Bull. Kochi Inst. Agr. & Forest Sci. No.22 (1990) 17~24
本研究の概要は日本農薬学会第13回大会に報告した。

湛水)の容器内試験を実施し、併せて隣接する施設、露地において比較のため圃場試験も実施した。

施設および露地での平均気温は各々26.3, 22.8℃で、施設は慣行の灌水を行い、露地の降水量は平年並であった。なお、圃場試験での農薬濃度も5 ppm (土壌深度10cm)になるよう土壌灌注した。

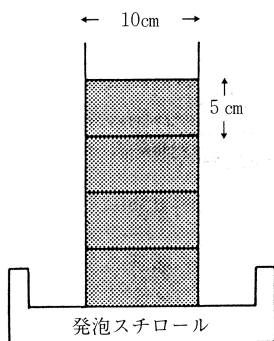
2) 縦移動試験

直径10cm, 高さ25cmの塩ビ製円筒カラム(底なし)に土壌を20cmの高さに充填し、約10日間自然条件下でブレインキュベーションを行い、表層に農薬を処理した(第1図)。粒剤はそのまま、水和剤および乳剤は水で数1000倍に希釈して、1カラム当たり成分量で5.9mgを処理した。

実験は実験室内で行い、霧吹きで1日置きに灌水を行った。灌水量は高知県の夏場の平均的降水量の10mm/日に相当し、期間中の平均気温は25~28℃であった。

農薬処理後5および10日目に土壌カラムを5cm間隔で切断し、各々の中心を直径5cmの採土器で打ち抜き、農薬量を測定することにより、移動度を調査した。

また、土壌の透水性を調査するため、同じ実験装置を用いて水の浸透速度も測定した。



第1図 農薬の土壌中縦移動試験装置

3) 分析法

アセトンまたは酢酸エチルでホモジナイズ抽出し、液々分配等ののちGCまたはHPLCで定量した。なお、一部農薬については、オキシム化、酸化、誘導体化を行った。

結 果

1. 土壌残留性

1) 畑土壌中での分解速度

中粗粒灰色低地土を用いて、容器内試験を実施した結果を第2表に示した。

殺虫剤の分解は比較的速く、ほとんどが半減期30日以下であり、中でもアセフェートとジメトエートの半減期は4.93および7.47日と分解が速かった。殺菌剤ではダイホルタンの半減期が2.55日と供試農薬中で最も速かった。TPN、エクロメゾールも半減期20日以下で

分解が速かったが、MBC (ベノミル主要代謝物)、メタラキシルの半減期は44~66日で遅いほうであった。除草剤の分解はいずれも遅く半減期が36~84日であった。

2) 分解に及ぼす諸要因の検討

BPMC, TPN, DCMUの3剤を用いて、農薬の分解に及ぼす諸条件を検討した。

(1) 滅菌土壌中での分解

高圧滅菌土壌中での分解は非常に遅くなり、非滅菌土壌での半減期の6~12倍となった(第3表)。

(2) 水田と畑状態の差異

BPMCとDCMUは、水田よりも畑での分解が速かったが、TPNは逆に水田での分解が速かった(第3表)。

(3) 温度の影響

温度と分解速度の間には、極めて高い正の相関がみられ(第2図)。BPMC, TPNおよびDCMUの分解は、土壌温度をそれぞれ4.7, 6.0および10.8℃高くすることにより、その速度が2倍になることが回帰直線式より求められた。

第2表 土壌中における農薬の半減期
(中粗粒灰色低地土, 25℃容器内試験)

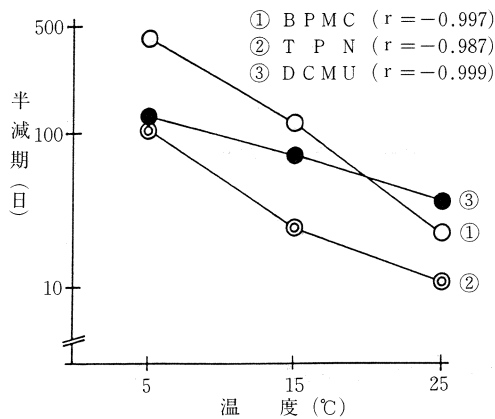
農	薬	半減期 (日)
殺虫剤	アセフェート	4.93
	ジメトエート	7.47
	メソミル	15.9
	NAC	19.8
	BPMC	22.3
	エチルチオメトン	31.9
殺菌剤	ダイホルタン	2.55
	TPN	10.5
	エクロメゾール	16.4
	MBC (ベノミル代謝物)	43.9
	メタラキシル	65.7
除草剤	DCMU	36.2
	プロマシル	66.4
	オキサジアゾン	83.8

第3表 水田、畑および滅菌土壌での分解
(中粗粒灰色低地土, 25℃容器内試験)

農 薬	半 減 期 (日)		
	水田	畑	畑滅菌土
BPMC	34.1	22.3	233
TPN	6.36	10.5	68.4
DCMU	88.0	36.2	424

第4表 高知県数種土壤中での農薬の分解比較（畑状態、25℃）

農 薬	半 減 期 (日)				
	中粗粒灰色低地土	砂丘未熟土	褐色森林土	黒ボク土	細粒灰色低地土
BPMC	22.3	180	465	21.7	25.3
TPN	10.5	287	46.7	2.92	1.39
DCMU	36.2	154	116	82.0	24.7


 第2図 農薬分解速度と温度との関係
（中粗粒灰色低地土、畑状態）

(4) 土壌別の差異

土壌別の農薬分解速度を比較すると、BPMCでは、最も分解の遅い褐色森林土と最も速い黒ボク土との間には約20倍の違いがあり、DCMUでは約6倍の違いがあった（第4表）。特に、TPNでは分解の速い黒ボク土、細粒灰色低地土と最も遅い砂丘未熟土との間には約100～200倍の違いがあった。

(5) 施設と露地の差異

圃場試験を実施した結果、BPMCとDCMUは露地で消失が速く、半減期はいずれも施設の約1/2.5であったが、TPNは両者でほぼ同等であった（第5表）。

2. 縦移動

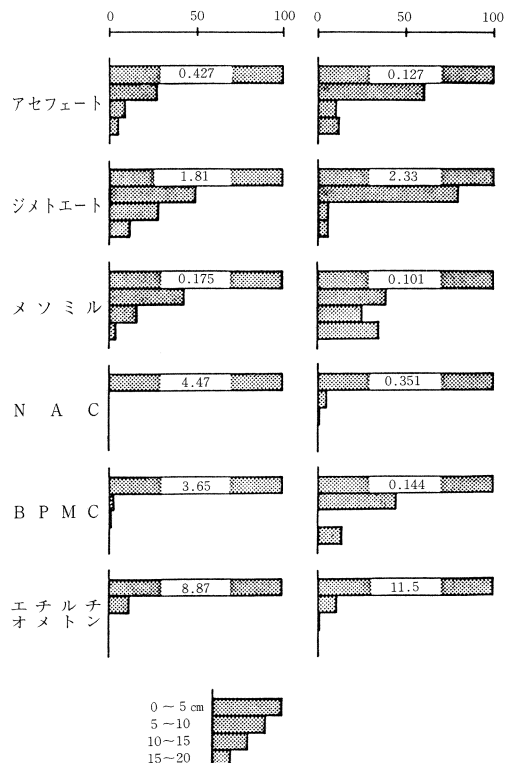
(1) 農薬間の比較

中粗粒灰色低地土を用いて、土壤中での縦移動を調査した（第3～5図）。

移動度の大きかった農薬は、アセフェート、ジメトエート、メソミル、メタラキシルおよびプロマシルであり、15～20cmの第4層まで移動した。NAC、ダイホルタン、TPN、ベノミルおよびDCMUは、移動度が小さく、大部分が0～5cmの第1層に留まった。

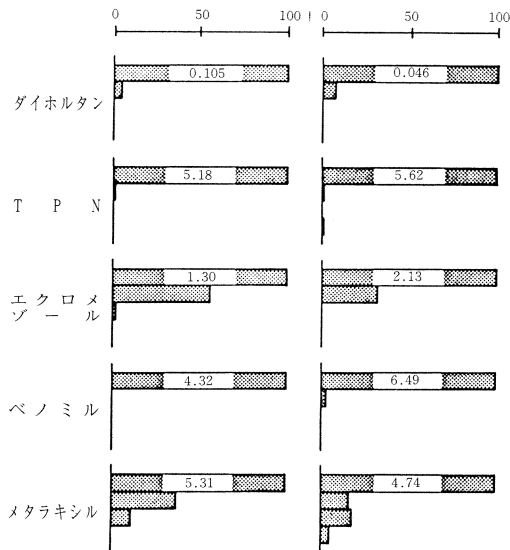
 第5表 施設および露地条件下での分解比較
（中粗粒灰色低地土、畑状態）

農 薬	半 減 期 (日)	
	施 設	露 地
BPMC	18.7	7.68
TPN	19.3	20.5
DCMU	71.7	28.9



（第1層の残留量を100として表示。
但し、グラフ中の数字は残留量 ppm）

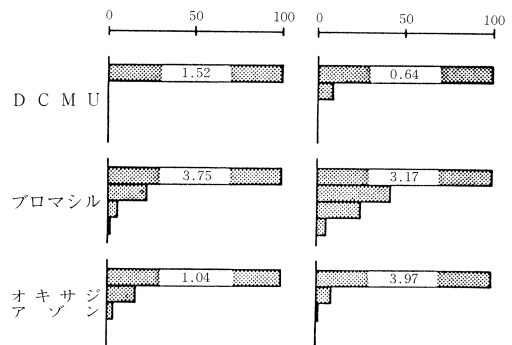
第3図 殺虫剤の土壤中縦移動



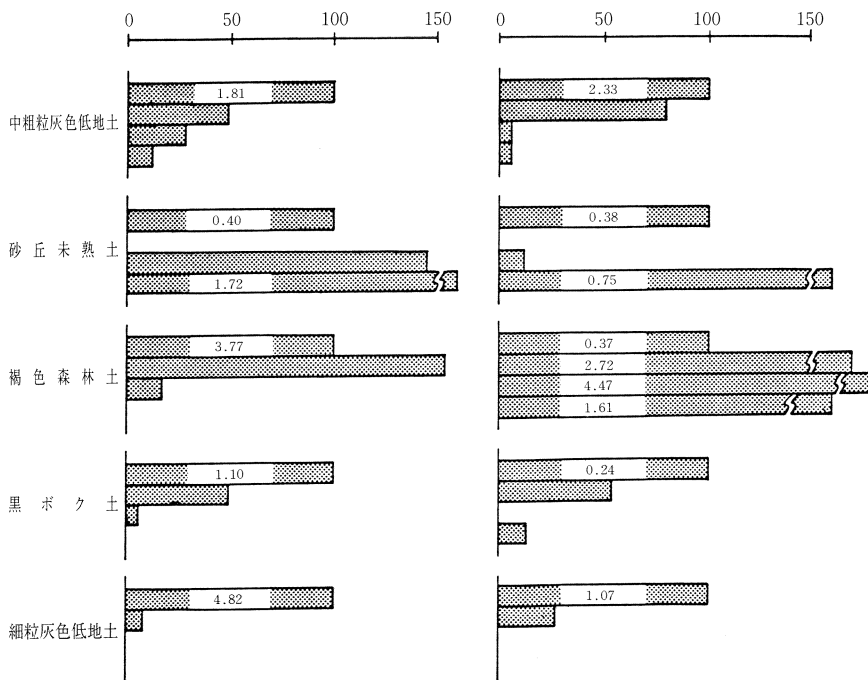
第4図 殺菌剤の土壌中縦移動

(2) 土壌間の比較

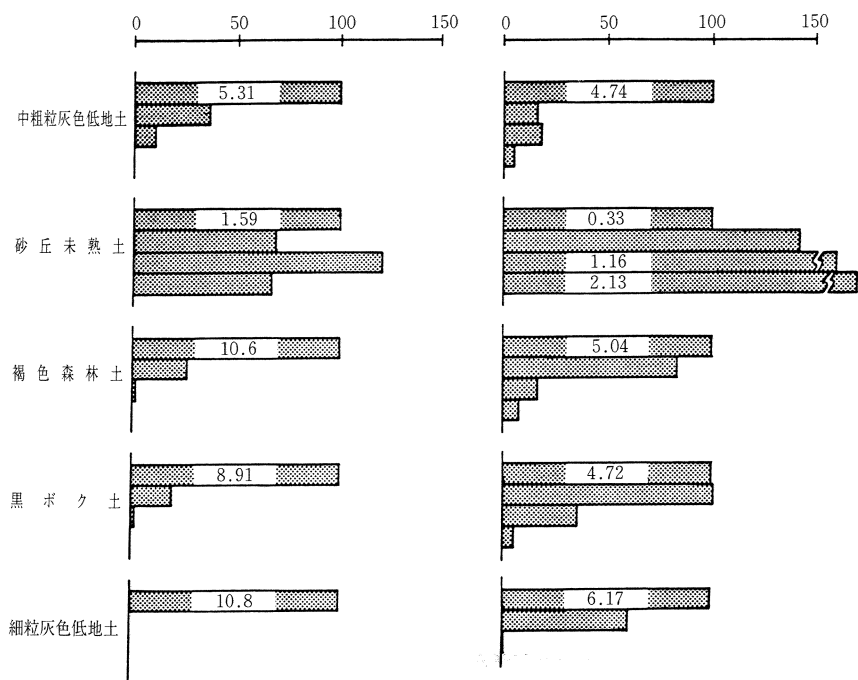
ジメトエート、メタラキシル、TPNを用いて数種土壌中での移動度を比較調査した(第6～8図)。砂丘未熟土での移動度が最も大きく、ジメトエート、メタラキシルでは最下層の第4層でも相当量検出された。次いで、褐色森林土、中粗粒灰色低地土、黒ボク土、細粒灰色低地土の順であった。ただし、TPNはいずれの土壌においても移動度が小さく、大部分が第1層に留まった。一方、土壌の透水性は、砂丘未熟土と黒ボク土が最も大きく、次いで、褐色森林土、中粗粒灰色低地土の順で、細粒灰色低地土が最も小さかった。



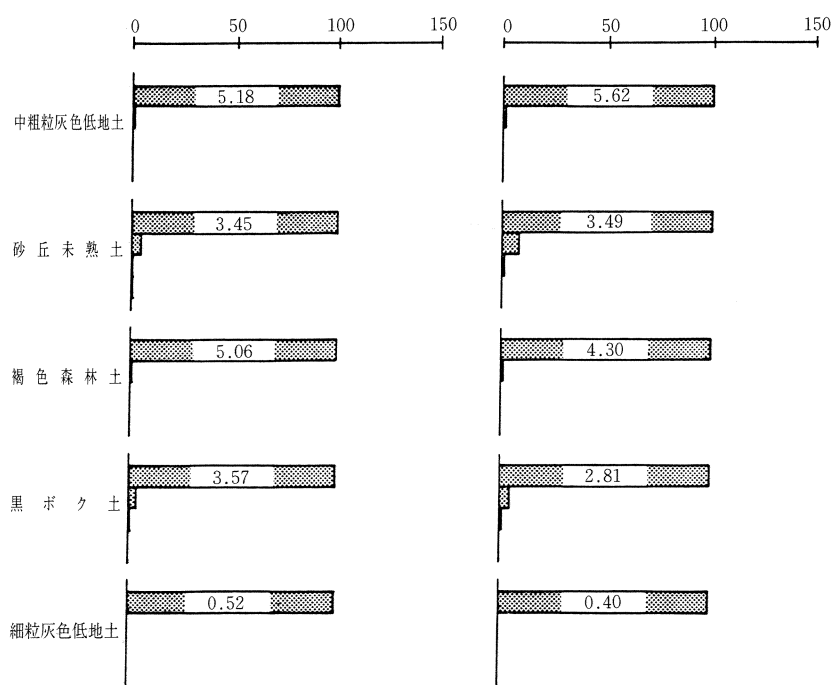
第5図 除草剤の土壌中縦移動



第6図 ジメトエートの縦移動の土壌別比較



第7図 メタラキシルの縦移動の土壌別比較



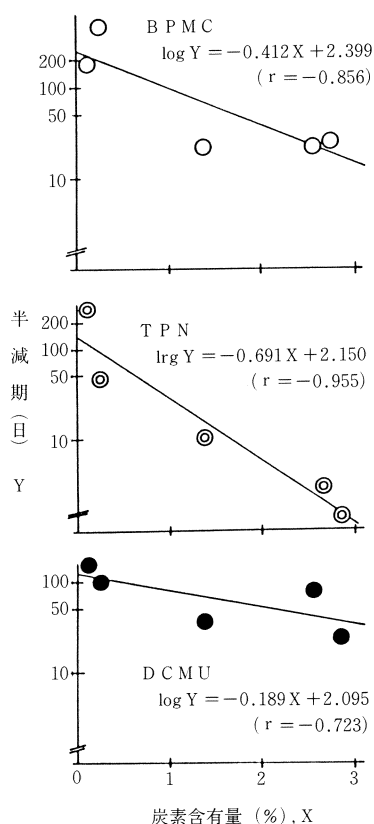
第8図 TPN の縦移動の土壌別比較

考 察

1. 土壌残留性

土壌中での農薬の分解に、微生物が関与していることは、鉄塚⁵⁾や佐藤⁶⁾によって報告されているが、今回の実験においても、高圧滅菌土壌での半減期が非滅菌土壌での6～10倍となったのは、分解に土壌微生物が大きく関与していることを示している。また、水田状態と畑状態により分解速度が異なったのは、分解に関与している微生物が農薬によって異なるためと考えられた。すなわち、BPMCとDCMUの分解が湛水処理により遅くなったのは、これらの分解菌の活性が嫌气的条件下で抑制されたためと考えられた。さらに、地温の上昇とともに微生物活性が高まり分解が速くなったことが考えられ、同じ農薬でも夏と冬ではその半減期は2倍以上異なることが予想された。

次に、土壌別の分解速度を比較すると、土壌により大きな違いがみられ、土壌中の全炭素含量と分解速度には正の相関があり、炭素含量が多い土壌ほど分解が速いことがわかった(第9図)。このことは、土壌有機物が多い土壌ほど農薬の分解に関与する微生物が



第9図 農薬の半減期と土壌中炭素含有量との関係

多く、またその活性を高めることも可能であることを示唆している。鉄塚⁵⁾も DDT, BHC, PCP の分解が、土壌有機物含量の多い土壌ほど速く、DCMU, CIPC, アトラジン, パラチオン等の農薬の分解がワラ, アルファルファ, 堆肥などの植物遺体や, グルコースなどの微生物栄養源の添加により促進されることを報告している。

一方、圃場試験における施設と露地条件での比較で BPMC と DCMU の消失が露地で速く、半減期が施設の半分以下であり、TPN は両条件で差がみられなかった。このことは、水溶解度の比較的大きい BPMC と DCMU が降雨による流亡, 浸透等の影響を受けたのに対して、水に殆ど溶けない TPN がこれらの影響を受けなかったためと考えられた。

また、農薬の土壌残留性において、除草剤の分解が殺虫剤, 殺菌剤に比べて遅かったのは、土壌中での効果の持続性を期待するため、付与された性質であることが考えられた。

以上の結果、農薬の土壌中における分解速度は、一般的に殺虫剤が速く、除草剤は遅く、殺菌剤はその種類によってかなりの幅があることがわかった。また、分解には、土壌有機物, 地温等の土壌条件が複雑に関与するほか、特に土壌微生物の影響が強く、土壌中での農薬分解を促進するためには、微生物活性を高めるような土壌管理が有効であると考えられた。

2. 縦移動

農薬の土壌中での縦移動は、農薬によって大きな差がみられ、水溶解度の大きいものほど移動度が大きい傾向があり、溶解度の小さいものは大部分が第1層に留まり、殆ど移動しなかった(第3～5図, 第6表)。

第6表 農薬の水溶解度⁸⁾

農 薬	水溶解度 (mg/ℓ)
アセフェート	650,000
ジメトエート	25,000
メソミル	58,000
NAC	120
BPMC	610
エチルチオメトン	25
ダイホルタン	1.4
TPN	0.6
エクロメゾール	50
ベノミル	2 (pH 7.0)
MBC (ベノミル代謝物)	8 (pH 7.0)
メトラキシル	7,100
DCMU	42
プロマシル	815
オキサジアゾン	0.7

第7表 農薬の縦移動度と土壌の透水性および炭素含有量との関係

農薬の縦移動度：	砂丘未熟土	>	褐色森林土	>	中粗粒灰色低地土	，	黒ボク土	>	細粒灰色低地土
土壌の透水性：	砂丘未熟土	，	黒ボク土	>	褐色森林土	>	中粗粒灰色低地土	>	細粒灰色低地土
炭素含有量：	細粒灰色低地土	>	黒ボク土	>	中粗粒灰色低地土	>	褐色森林土	>	砂丘未熟土

溶解度が大きく土壌中での移動が大きい農薬は、土壌表層に処理することにより、植物根域に十分到達するため、植物体内への浸透性があれば、吸収移行による防除が期待できることになる。このことは、市原ら⁷⁾が浸透性農薬であるメトラキシル、メソミル、BPMCを用いてのキュウリ、ナス、トマト、ピーマンでの植物体への吸収移行試験によって確認されている。

一方、移動が小さく表層に大部分が留まる農薬は、根域への到達が殆どなく、この吸収移行による効果は期待できない。しかし、除草剤はその使用目的が土壌表層の雑草防除であることを考えると、移動度の小さいオキサジアゾン、DCMUはその性質をうまく活用していることになる。

土壌間の縦移動を比較すると、砂丘未熟土での移動度が最も大きく、ジメトエート、メトラキシルでは最下層の第4層でも相当量検出され、その一部がそれ以下へも流亡したことが考えられた。次いで、褐色森林土、中粗粒灰低地土、黒ボク土、細粒灰色低地土の順であり、これは黒ボク土を除いて、土壌の透水性の順とほぼ一致したが、土壌中の全炭素含量の順とは逆であった（第7表）。このように土壌の種類によっても農薬の移動度は大きく異なることがわかり、移動度の大きいジメトエート、メトラキシルでも細粒灰色低地土ではその大部分が第1層に留まったのに対して、砂丘未熟土や褐色森林土ではかなりの量が第4層、さらにはそれ以下にまで移動した。

以上のとおり、農薬の土壌中での縦移動は、農薬や土壌の種類によって大きな差があることが確認された。このため、農薬の土壌施用に当たっては、これらの特徴を十分把握しておくことが、効率的かつ安全な使用の面で非常に有利なことになる。特に、水溶解度が大で、縦移動度が大きい農薬の使用や、有機物含量が少なく移動度が大きい土壌（砂土や山土）に農薬を施用するときには、流亡が激しいので、有機物等の施用によっての保持力を高めることが必要となる。このことによって、農薬の効果が高まることはもちろんのこと、地下水への溶脱等による周辺環境への汚染を防

止することにもつながる。

摘 要

農薬の効率的かつ安全な使用の資料とするため、高知県の数種土壌を用いて、14種の土壌処理農薬の残留性および土壌中縦移動を調査した。

1) 農薬の土壌中における分解速度は、一般的に殺虫剤が速く、除草剤は比較的遅かったが、殺菌剤は種類によって分解速度にかなりの幅が見られた。

2) 土壌有機物、地温、湛水の有無、施設・露地の違い等の土壌条件が、分解に関与し、特に土壌微生物の影響が強いことがわかった。

3) 農薬の土壌中縦移動は、農薬の水溶解度と土壌の透水性が大きいほど大きく、土壌の有機物含量が大きいほど小さい傾向が見られ、農薬や土壌の種類により大きく異なることがわかった。

引 用 文 献

- 1) 後藤真康 (1979). 農薬の土壌残留試験の問題点。農薬残留分析法談話会—農薬の土壌残留—。11～15。
- 2) 加藤誠哉・今泉則子・前川吉明 (1979). 容器内試験における農薬の各種土壌中での消失。農薬残留分析法談話会—農薬の土壌残留—。16～20。
- 3) 能勢和夫 (1975). 除草剤・生育調節剤等の土壌残留性。植調。9(1): 2～17。
- 4) Vinlen A. J. A., Yaron B. & Nye P. H. (1983). Vertical Transport of Pesticides into Soil When Adsorbed on Suspended Particles. J. Agric. Food Chem. 31: 662～664。
- 5) 鉦塚昭三 (1979). 土壌中における農薬の挙動。農薬—デザインと開発指針—。ソフトサイエンス社。1082～1099。
- 6) 佐藤 匡 (1984). 除草剤の微生物分解をめぐる。植調。18(2): 6～18。
- 7) 市原 勝・奴田原誠克 (1989). 土壌施用されたメソミル、メトラキシル及びBPMCの作物体への

- 吸収と移行. 高知農林研報. 21：9～14.
- 8) Worthing C. R. (Ed.) (1983). The Pesticide Manual (7th Ed.). The British Crop Protection Council.