

水田で使用された数種農薬の動態

長崎 洋子

Fate of Several Pesticides Applied to Paddy Fields

Youko Nagasaki

目 次

I 緒 言	87	IV 考 察	97
II 調査地域及び方法	87	V 摘 要	102
III 調査結果	90	引用文献	102

I 緒 言

近年、環境汚染に対する関心が高まり、ゴルフ場で使用された農薬による水質汚濁への不安が叫ばれるようになって以来、農薬の水系環境への流出が懸念されるようになってきている。

水田では除草剤をはじめ、殺虫・殺菌剤が多量に散布されている。水田は作付け期間中ほとんど水で覆われ、使用された水は水路を通して河川へ排出されることから、水系への農薬の流出量は畑地より大きいものと考えられる。

水田除草剤の水系における挙動についてはこれまで多数報告されている(加藤ら, 1978; 築地ら, 1982; 中村ら, 1982; 半川, 1985; 中村ら, 1985; 山田, 1985)が、殺虫・殺菌剤の挙動を報告したものは少ない。筆者は1993年から4年間、数種類の除草剤と殺虫・殺菌剤を対象に出雲市の水田及び河川水中の濃度推移と流出について調査し、いくつかの知見が得られたので報告する。

なお、本研究の一部は環境庁の委託を受けて行った。また、現地水田調査では、出雲市上島町の嘉本久仁男氏、西神西町の森国雄氏にご協力いただいた。これらの方々に深く感謝の意を表す。

II 調査地域及び方法

1. 調査地域

1) 上島地区

1993年から1995年までの3年間調査を行った。調査地域を図1に示した。出雲市上島町は、斐伊川下流の左岸に位置する面積120haの水田地帯である。用水はこの地域よりやや上流の斐伊川樋門から取水され、北側の用水路を斐伊川沿いに流れている。一方、水田からの排水はこの地域の南側を流れる新田川に流れ込み、斐伊川に排水され、最終的に宍道湖へ流入する。この地域の田植えは4月下旬から5月上旬を中心に行われ、主な栽培品種は‘コシヒカリ’である。

2) 西神西地区

1995年から1996年までの2年間調査を行った。調査地域を図2に、調査地域の水田の概要を図3に示した。出雲市西神西町は、出雲市の西部に位置する神西湖に面した水田地帯である。用水はため池と谷川の水を源とする今井川から取水し、排水は再びこの今井川へ流入して最終的に神西湖へ流れる。この地域の田植えは4月下旬から5月上旬を中心に行われ、主な栽培品種

は‘コシヒカリ’である。この地域の水田3.1haを対象に調査を行った。

2. 対象薬剤

調査対象農薬は、調査地域で多く使用されている除草剤3種、殺虫剤1種、殺菌剤3種とし

た。これらの農薬はほとんど混合剤として使用される。本報告では、農薬の名称は農林水産省に登録された種類名を用いた。調査対象とした農薬の International Standards Organization (ISO) によって承認された名称、主要な商品名及び水溶解度を表1に示した。

表1 調査対象農薬名と水溶解度

	種類名	ISO名	主な商品名	水溶解度 (ppm)
除草剤	メフェナセット	Mefenacet	ザークD、ウルフェース	4
	シメトリン	Simetryn	サターンS	450
	ベンチオカーブ	Thiobencarb	ウルフェース、サターンS	30
殺虫剤	ブプロフェジン	Buprofezin	アブロード	0.9
	EDDP	Edifenphos	ヒノザン	5
殺菌剤	フルトラニル	Flutolanil	モンカット	9.6
	イソプロチオラン	Isoprothiolane	フジワン	48

表2 現地水田調査における農薬散布条件

調査場所	農薬名		含有率 (%)	散布月日
	商品名	種類名		
出雲市上島町 (面積18.5a)	ウルフェース粒剤	ベンスルフロンメチル	0.17	1993.5.13
		メフェナセット	1	
		ベンチオカーブ	5	
	ザークD粒剤	ベンスルフロンメチル	0.17	1994.5.19
		ダイムロン	1.5	
		メフェナセット	3.5	
出雲市西神西町 (面積8.6a)	フジワンモンカット粒剤	フルトラニル	7	1995.7.9
		イソプロチオラン	12	
	フジワンモンカット粒剤	フルトラニル	7	1996.7.1
		イソプロチオラン	12	

3. 調査方法

1) 現地水田調査

調査地域内の1区画の水田において、農薬散布後の田面水中農薬濃度と地表排水による農薬の流出量を測定した。調査水田の位置は、上島地区が図1の①地点、西神西地区が図3の⑥地点とした。土壌の種類は上島地区が中粗粒強グライ土、西神西地区が細粒グライ土である。農薬散布条件を表2に示した。田面水の採取方法は、水田の数カ所でガラス製の注射器を用い、水面下2~3cmの深さから採水した。採水は散布直後から1週間後までに4回、その後は散布約1か月後まで7日毎に行った。水田からの

地表排水量は、排水口に直角三角ゼキと自記水位計を設置して連続測定した。西神西町では、同様の方法で用水量と排水量を測定し、用水からの農薬の流入量も調査した。これらの調査結果から農薬の流出率を次式により算出した。

$$\text{流出率(\%)} = \frac{\sum \text{農薬濃度 (ppm)} \times \text{排水量 (m}^3\text{)}}{\text{成分投下量 (g)} + \text{用水からの流入量 (g)}} \times 100$$

ただし、水量の多い斐伊川から取水している上島地区では、用水からの流入量はわずかと考えられたため考慮しなかった。

2) 一定地域からの農薬の流出調査

上島地区の採水地点は、用水路最上流(図1、

②)、この地域の排水が集まる新田川最下流(図1、③)とした。

西神西地区の採水地点は排水路上流(図3、⑦)、この地域の排水が集まる排水路の最下流(図3、⑧)とした。

調査は両地区とも水稻栽培期間中約7日間隔で行った。試料は水路及び河川中央の表層水をビーカーあるいはバケツで1~2L採取した。調査地点②、⑦、⑧の水量は、採水時に調査した流速と水深から算出した。③地点では河川に自記水位計を設置し、水位を連続観測した。採水時に調査した水位(H:m)と流量(Q:m³/sec)の回帰式(H-Q式)を用い、水位のデータを

流量に換算した。

上島地区の流出率は次式により算出した。

$$\text{流出率(\%)} = \frac{\sum \text{農薬濃度 (ppm)} \times \text{新田川の水量 (m}^3\text{)}}{\text{成分投下量 (g)} + \text{用水からの流入量 (g)}} \times 100$$

西神西地区の流出率は次式により算出した。

$$\text{流出率(\%)} = \frac{\sum \text{③地点の流出量 (g)} - \sum \text{⑦地点の流入量 (g)}}{\text{成分投下量 (g)}} \times 100$$

注) ③地点の流出量：農薬濃度 (ppm) × 水量 (m³)

⑦地点の流入量：農薬濃度 (ppm) × 水量 (m³)

西神西地区の用水は、ため池と谷川の水を源としているため、流入量はわずかと考えられたため考慮しなかった。

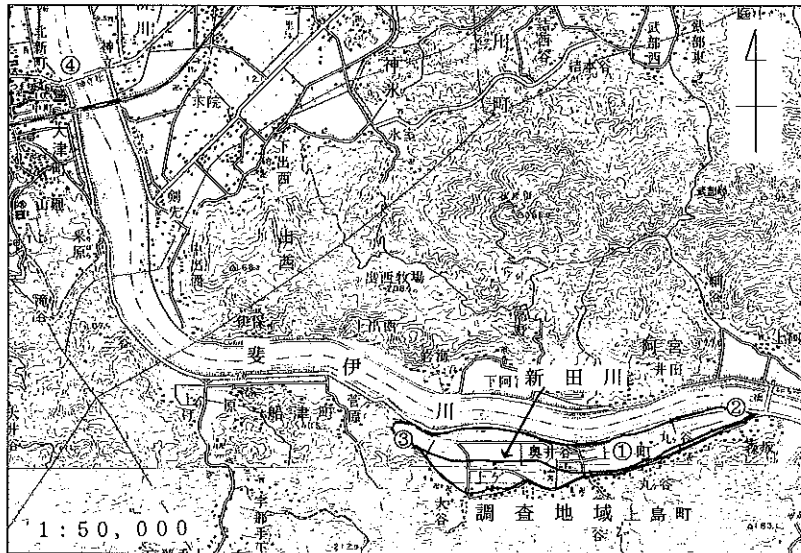


図1 調査地域(上島地区)と採水地点

- : 調査地域。
- ① : 調査水田 ② : 用水路最上流
- ③ : 新田川(排水路)最下流 ④ : 公共用水域。

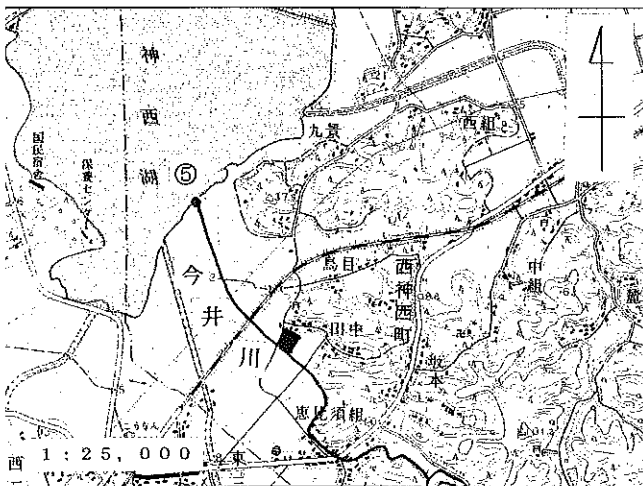


図2 調査地域(西神西地区)と採水地点

- : 調査地域 ⑤ : 公共用水域。

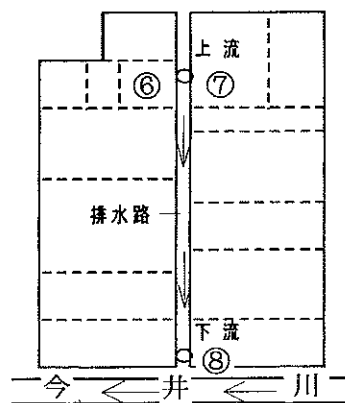


図3 調査地域の概要(西神西地区)と採水地点

- ⑥ : 調査水田 ⑦ : 排水路上流
- ⑧ : 排水路下流。

3) 公共用水域での農薬濃度調査

水田からの排水は、水路を通じて小河川、大河川へと流れる。そこで、公共用水域での農薬の影響を評価するため、両地域の排水が流入する河川的环境基準点（環境基準点は河川・湖沼の水質を監視する代表地点）近傍で採水し、農薬濃度の推移を調査した。採水地点は、上島地区より6 km下流の斐伊川にかかる神立橋周辺（図1、④）と西神西地区の排水が流入する今井川最下流（図2、⑤）とした。試料は河川中央の表層水をバケツで2 L採取した。

4) 調査対象農薬の散布量

上島地区では、出雲市農協上津支所の水稲用農薬販売量を地域の散布量とした。また、西神西地区では農家へのアンケートにより散布量を調査した。表3に調査地区の農薬散布量（投下成分量）を示した。

5) 分析方法

試料水500mlに5%相当の塩化ナトリウムを加え、ジクロロメタンによる振とう抽出を2回

行った。抽出液に無水硫酸ナトリウムを加え脱水後、濃縮、定容し、ガスクロマトグラフィーで測定した。この分析法による調査対象農薬の添加回収率は、80%以上であった。また、ガスクロマトグラフの測定条件は、表4のとおりである。

III 調査結果

1. 現地水田調査

1) 農薬濃度の推移

田面水における農薬濃度の推移を図4に示した。農薬散布後最高濃度に達したのは、散布当日～3日後であった。ベンチオカーブの最高濃度は0.86ppm、メフェナセットは0.28～0.91ppmであった。上島地区と西神西地区におけるイソプロチオランの最高濃度はそれぞれ7.1ppm、1.6ppm、フルトラニルの最高濃度は3.5ppm、1.4ppmで地区による差が大きかった。散布1週間後、ベンチオカーブは最高濃度の約1/10に、メフェナセットは1/5～1/4になった。イソプロ

表3 調査地区の農薬散布量^{注)}

農薬名	剤型	上島地区 (g/ha)			西神西地区 (g/ha)	
		1993年	1994年	1995年	1995年	1996年
メフェナセット	粒	272	369	237	576	481
シメトリン	粒	83	36	42	44	52
ベンチオカーブ	粒	768	539	513	203	240
ブプロフェジン	粒・粉	132	126	134	171	164
EDDP	粉	258	309	353	799	593
フルトラニル	粒・粉	337	420	510	533	510
イソプロチオラン	粒	512	656	766	619	1564

注) 投下成分量

表4 ガスクロマトグラフの測定条件

分析成分	装置	検出器	カラム		
			種類	長さ (m)	温度 (℃)
メフェナセット					
シメトリン					
ベンチオカーブ	島津製	FTD	DB-1 (メガボアタイプキャピラリーカラム)	20	170→230 (昇温)
ブプロフェジン	GC-14A				
EDDP					
フルトラニル					
イソプロチオラン	島津製	ECD	ULTRA BOND 20M (ガラスカラム)	1	180
	GC-5A				

チオランとフルトラニルは、上島町では1/9に低下したのに対し、西神西町では3/4に低下しただけであった。散布1か月後の濃度は、ベンチオカーブ0.0013ppm、メフェナセット検出限界以下～0.0014ppmに、イソプロチオランは0.015～0.066ppm、フルトラニルは0.089～0.15ppmであった。田面水中での半減期を算出すると、ベンチオカーブは4.4日、メフェナセットは3.5～4.3日、イソプロチオランは4.2～4.4日、フルトラニルは6.4～7.3日であった。

2) 地表排水による農薬の流出

降水量と水田からの排水量及び地表排水による農薬の流出量の推移を図5に示した。また、農薬の流出率を表5に示した。1993年に上島地区で調査したベンチオカーブ・メフェナセット剤は、散布当日（5月13日）から降雨により流

出し、前者は散布45日後まで、後者は散布28日後まで流出を認めた。その流出量は散布後3日間が大部分を占めていた。1994年調査のメフェナセットは散布当日（5月19日）から散布41日後まで流出を認め、そのピークは散布16日後と19日後であった。1995年調査のイソプロチオラン・フルトラニル剤は散布8日後から35日後まで流出を認めた。そのうち散布12日後の流出が最大で、その日のイソプロチオランの流出量は調査期間全体の73%を占め、同様にフルトラニルは56%を占めていた。1996年に西神西地区で行った調査では、散布4日後から74日後まで流出を認め、そのピークは散布10日後と19日後であった。現地水田からの農薬の流出率が最も高かったのは、1995年調査のフルトラニルで25.4%、最も低かったのは1993年調査のベンチオカーブで0.2%であった。

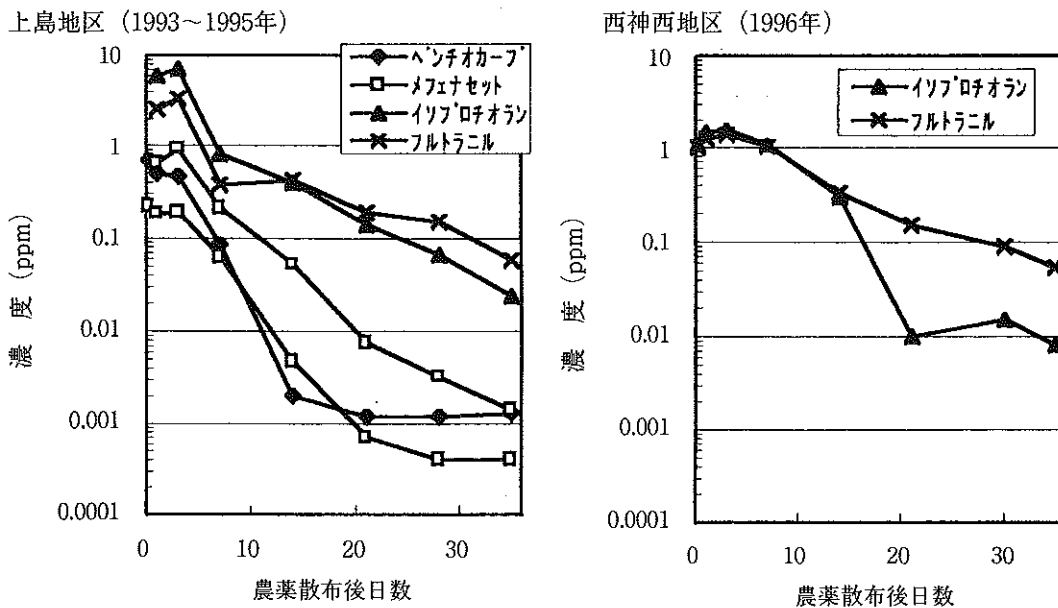
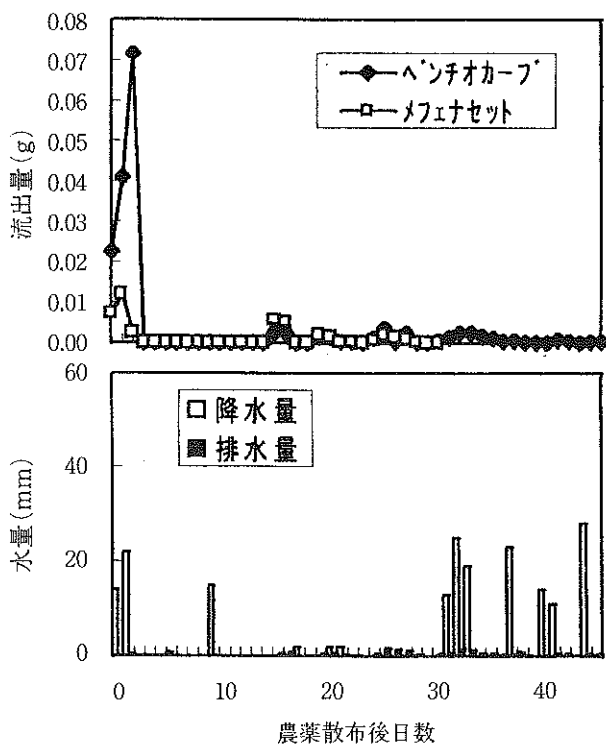


図4 田面水における農薬濃度の推移

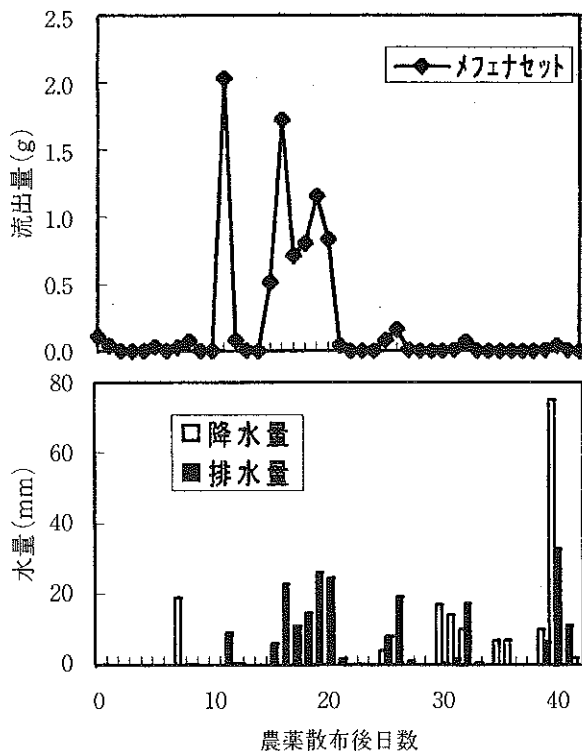
表5 現地水田における農薬の流出率

農薬名	調査年	流出率(%)
ベンチオカーブ	1993	0.2
メフェナセット	1993	0.3
	1994	4.4
フルトラニル	1995	25.4
	1996	11.7
イソプロチオラン	1995	16.2
	1996	6.1

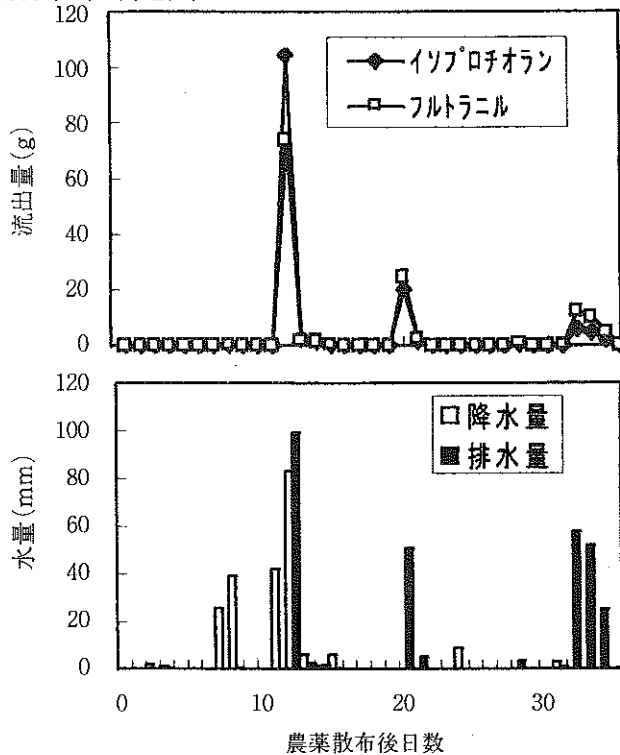
1993年 (上島地区)



1994年 (上島地区)



1995年 (上島地区)



1996年 (西神西地区)

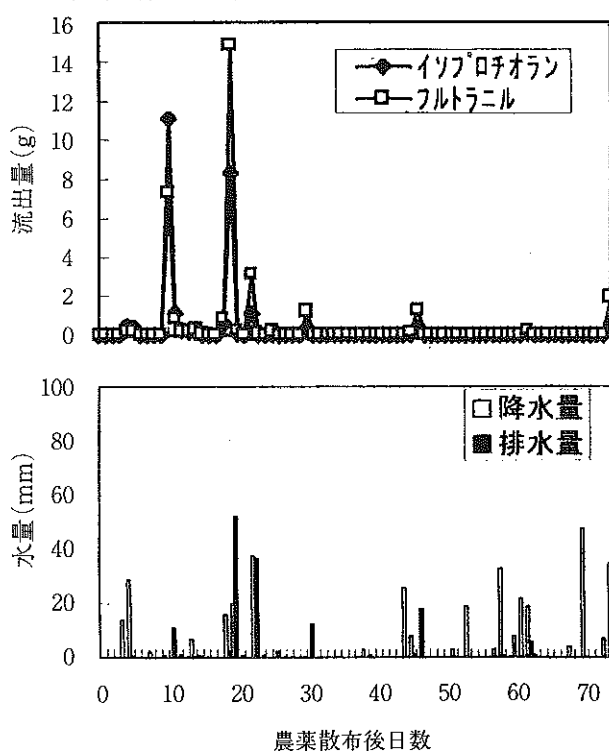


図5 地表排水による農薬の流出量の推移

2. 一定地域からの農薬の流出調査

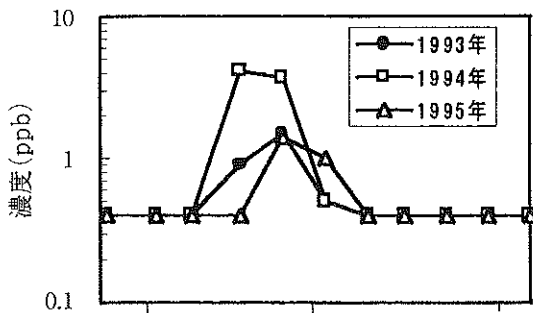
1) 農薬濃度の推移

(1) 上島地区

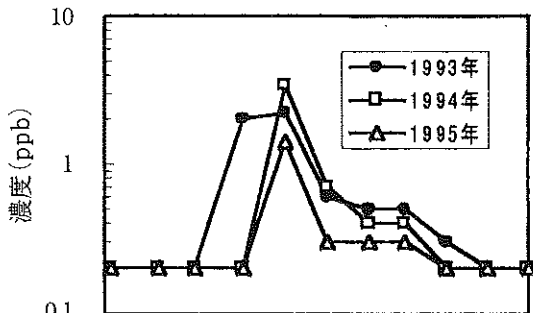
新田川における農薬濃度の推移を図6に示した。除草剤3種類は5月から6月に検出され、その濃度は5月下旬に最高となった。メフェナセットの最高濃度は1993年1.5ppb、1994年4.1ppb、1995年1.4ppb、シメトリンの最高濃度は1993年2.2ppb、1994年3.4ppb、1995年1.4ppb、ベンチオカーブの最高濃度は1993年4.2ppb、1994年5.2ppb、1995年5.6ppbであった。殺虫剤のブプロフェジンは、7月下旬から8月中旬に検出され、最高濃度は1993年と1994年は0.3ppb、1995年0.9ppbであった。殺菌剤のEDDPは、1993年は8月中旬に1回検出されただけであった。他の2年間は8月上旬に最高濃度となり、その

濃度は1994年0.7ppb、1995年0.9ppbであった。フルトラニルは、7月から8月に検出され、そのピーク時期は明瞭でなかった。最高濃度は1993年8ppb、1994年と1995年は9ppbであった。イソプロチオランは5月から9月まで検出され、7月に最高となった。その濃度は、1993年12ppb、1994年29ppb、1995年8.4ppbであった。

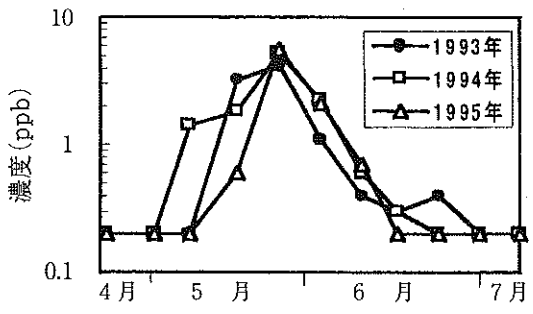
メフェナセット



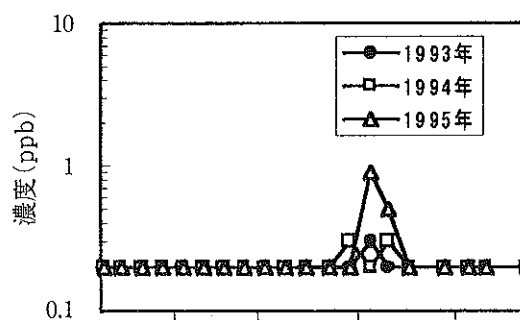
シメトリン



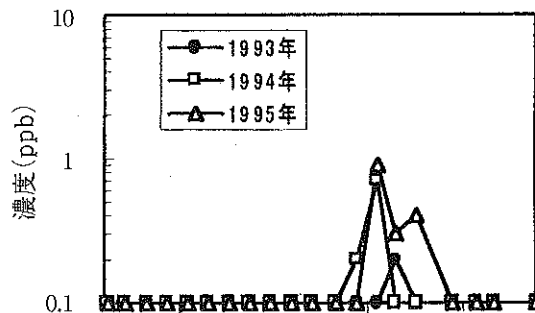
ベンチオカーブ



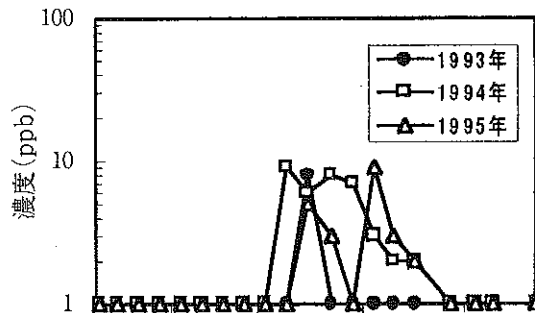
ブプロフェジン



EDDP



フルトラニル



イソプロチオラン

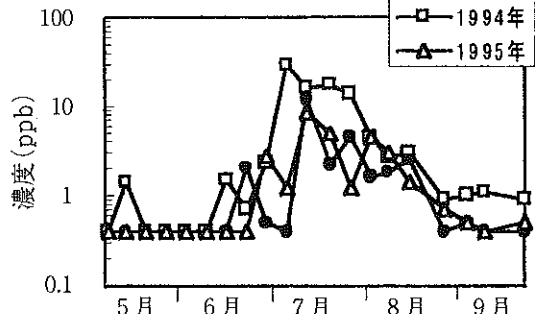


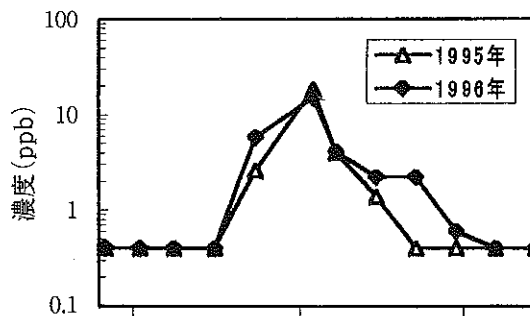
図6 上島地区新田川における農薬濃度の推移

(2) 西神西地区

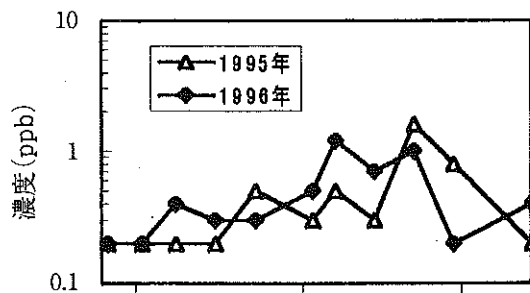
排水路下流における農薬の濃度推移を図7に示した。メフェナセットは5月下旬から検出され、1995年は6月中旬まで、1996年は6月下旬まで検出された。そのピークは6月上旬で、最高濃度は1995年19ppb、1996年15ppbであった。シメトリンの検出期間は5月から7月上旬で、そのピークは6月上～中旬であった。最高濃度は1995年1.6ppb、1996年1.2ppbであった。ベンチオカーブは1995年には検出されなかったが、1996年には6月上旬から下旬に検出された。そのピークは6月中旬で最高濃度は、7.5ppbであった。プロフェジンの検出時期は1995年が6月上旬から8月下旬まで、1996年が7月下旬から8月中旬で年によって変動していた。最高濃度は1995年が4.8ppb、1996年が0.3ppbであった。EDDPは1995年には8月中旬に、1996年には

8月上旬に1回検出されただけであった。フルトラニルは7月中旬から検出され、1995年には8月下旬まで、1996年には8月上旬まで検出された。そのピークは両年とも明瞭でなかった。最高濃度は1995年が10ppb、1996年が4ppbであった。イソプロチオランの検出期間は、1995年は5月上旬から9月中旬、1996年は6月上旬から9月中旬であった。1995年のピークは明瞭でなく、最高濃度は2.1ppbであった。1996年の

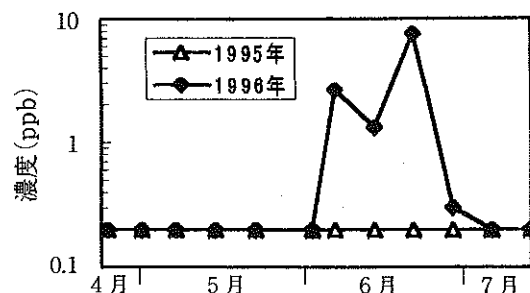
メフェナセット



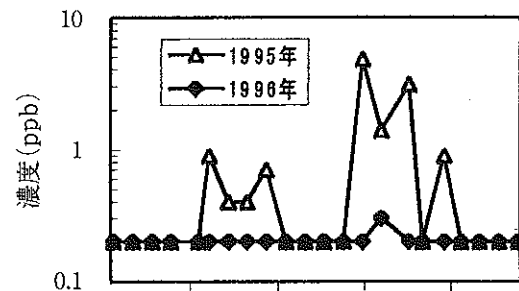
シメトリン



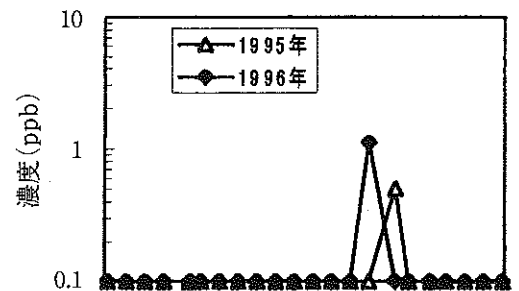
ベンチオカーブ



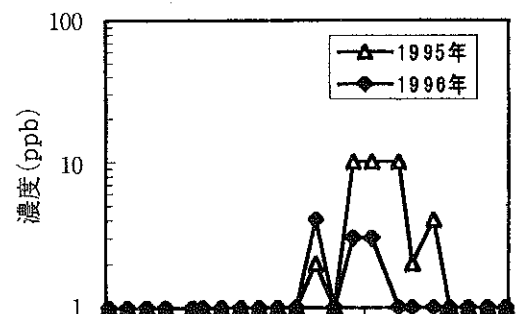
プロフェジン



EDDP



フルトラニル



イソプロチオラン

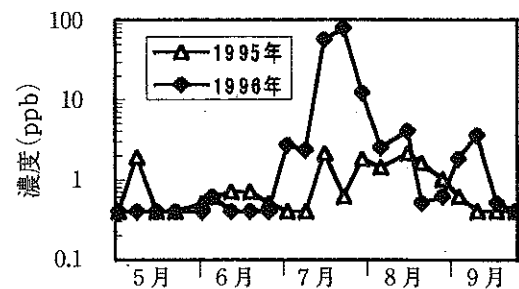


図7. 西神西地区排水路における農薬濃度の推移

ピークは7月下旬で、最高濃度は79ppbであった。イソプロチオランの検出期間は他の農薬に比べ長かった。

2) 農薬の流出量の推移

(1) 上島地区

調査地域からの農薬の流出量の推移を図8に示した。除草剤は3種類とも5月中旬から下旬の流出が大部分を占め、そのピークは調査した3か年とも5月下旬であった。全流出量に対するこの時期の流出割合は、メフェナセットが85~94%、シメトリンが62~71%、ベンチオカーブが80~86%であった。プロプロフェジンの1994年の流出は7月下旬から8月中旬に分散してい

た。1995年の流出ピークは8月上旬で、この時期だけで全流出量の73%を占めていた。EDDPの流出ピークは1994年、1995年とも8月上旬でこの時期だけで全流出量の60~68%を占めていた。フルトラニルの流出は主に7月上旬から8

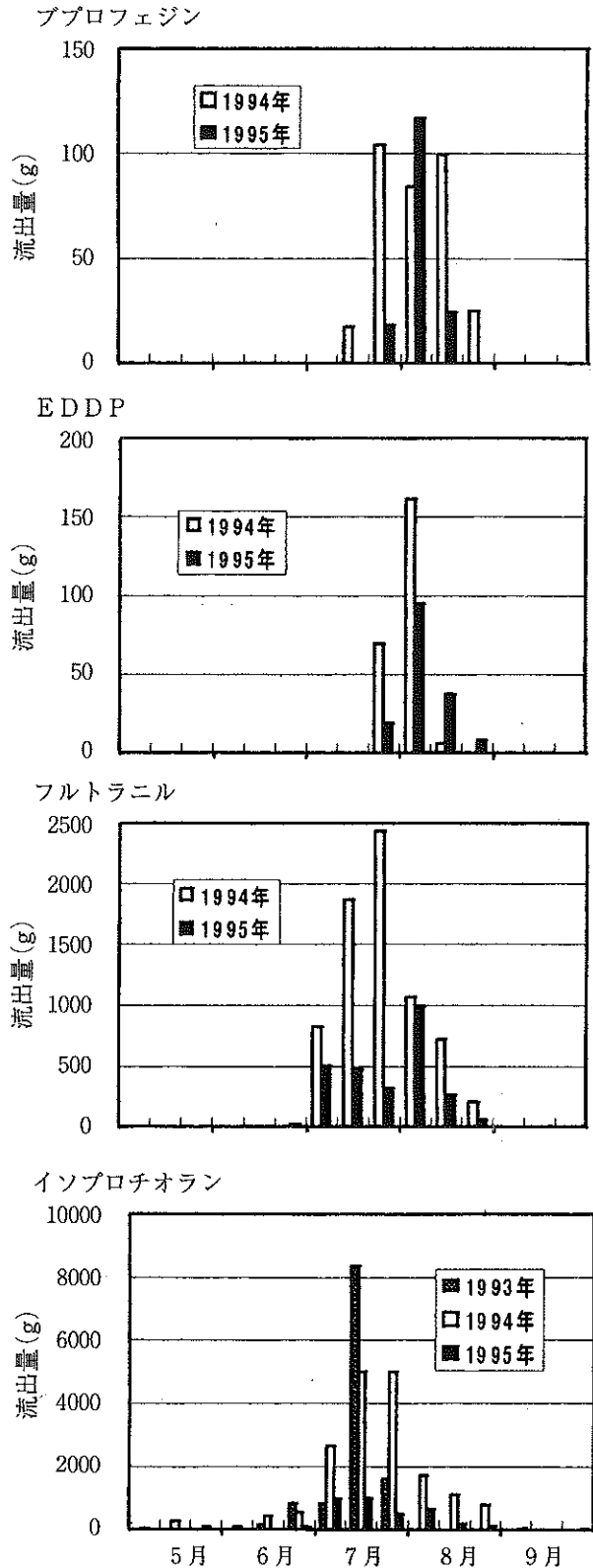
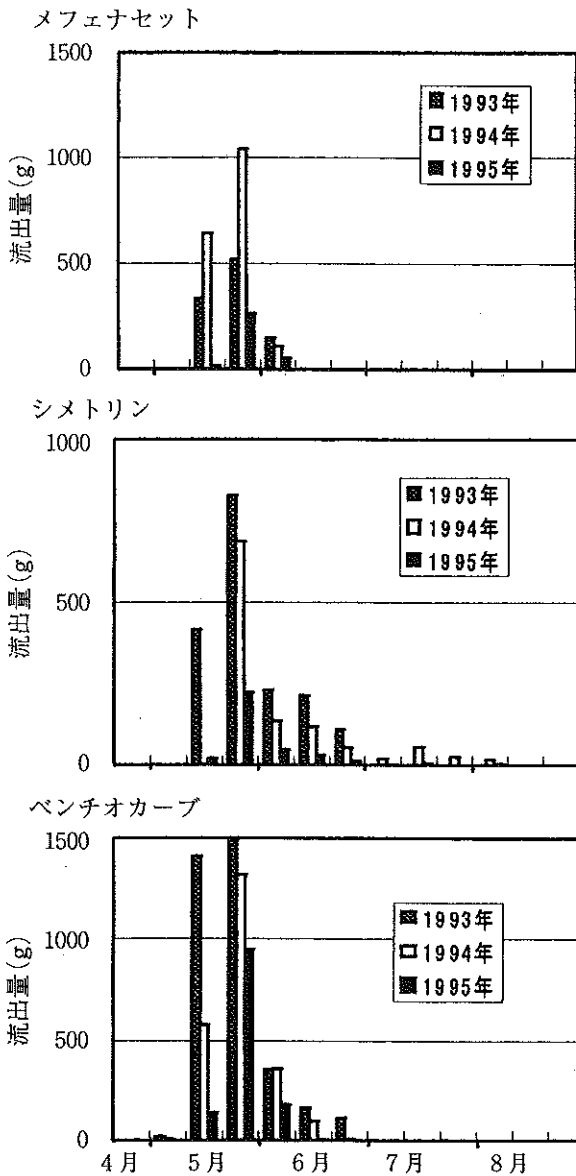


図8 上島地区における農薬の流出量の推移

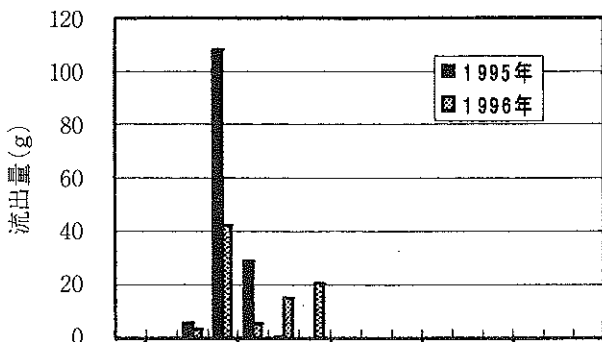
月下旬でそのピークは1994年が7月下旬、1995年が8月上旬であった。イソプロチオランの流出は主に6月下旬から8月下旬の長期にわたり、そのピークは1993年と1995年が7月中旬、1994年が7月下旬であった。フルトラニルとイソプロチオランの流出量は年次変動が大きかった。

(2) 西神西地区

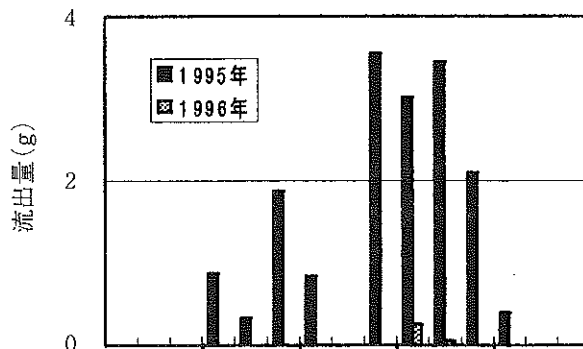
調査地域からの農業の流出量の推移を図9に示した。メフェナセットの流出ピークは2か年とも5月下旬で、この時期だけで全流出量の49~75%を占めていた。シメトリンの流出ピークは1995年が5月下旬、1996年が6月中旬であつ

た。この地区で使用されるベンチオカーブはシメトリンとの混合剤であることからシメトリンとほぼ同様の推移を示した。プロフェジン、フルトラニル、イソプロチオランは年によって流出量が大きく変動していた。プロフェジンとフルトラニルの流出量は1995年の方が多く、イソプロチオランは1996年の方が多かった。プロフェジンの流出ピークは2年間とも8月上旬であった。フルトラニルの流出ピークは1995年が7月中旬、1996年が8月上旬であった。イソプロチオランの流出ピークは1995年が7月中旬、1996年が7月下旬であった。EDDPの流出は2年間ともほぼ0であった。

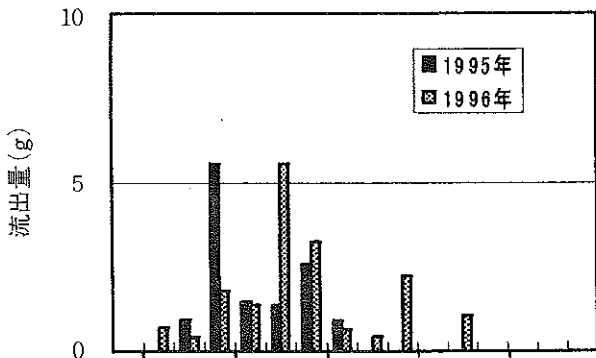
メフェナセット



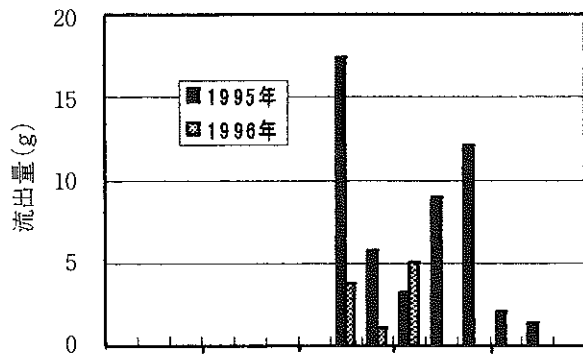
プロフェジン



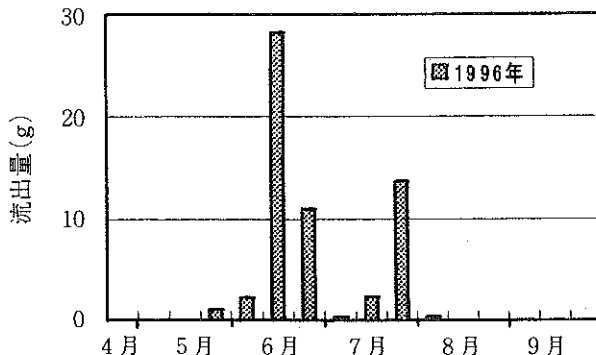
シメトリン



フルトラニル



ベンチオカーブ



イソプロチオラン

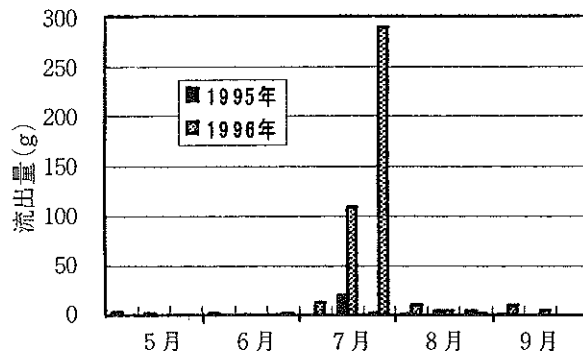


図9 西神西地区における農業の流出量の推移

3) 農薬の流出率

調査地域からの農薬の流出率を表6に示した。流出率は、農薬の種類や年による変動が大きかった。除草剤3種類の流出率を比べるとシメトリンが最も高く、6.6~23.4%であった。殺虫・殺菌剤の流出率は除草剤より変動幅が大きかった。

流出率の最大は、1994年調査のイソプロチオランで22.0%であった。上島地区における1994年の流出率は1993年、1995年に比べ全体的に高かった。西神西地区の年による傾向は明瞭でなかった。また、調査地区による流出率の差も判然としなかった。

表6 一定地域からの農薬の流出率

農薬名	上島地区(%)			西神西地区(%)	
	1993年	1994年	1995年	1995年	1996年
メフェナセット	3.1	4.0	1.2	8.1	5.8
シメトリン	17.3	23.4	6.6	9.5	10.6
ベンチオカーブ	3.8	3.6	2.1	0.0	8.0
ブプロフェジン	—	2.2	1.0	3.1	0.1
EDDP	—	0.6	0.4	0.0	0.0
フルトラニル	—	14.2	4.2	3.1	0.6
イソプロチオラン	19.1	22.0	3.8	2.2	9.2

3. 公共用水域における農薬濃度の推移

図10は斐伊川の神立橋周辺における農薬濃度の推移を示した。メフェナセットは1993年と1995年には検出されず、1994年の5月中旬に0.8ppb検出されたただけであった。シメトリンとベンチオカーブは5月から6月に0.2~0.8ppb検出された。殺虫・殺菌剤ではブプロフェジンとEDDPは検出されず、フルトラニルは、1993年の7月中旬と1994年の7月下旬に1ppb検出されたただけであった。イソプロチオランは主に7月上旬から8月中旬に0.4~2.7ppb検出された。

図11は今井川下流における農薬濃度の推移を示した。メフェナセットは5月から6月中旬に1.2~11ppb、シメトリンは5月から8月上旬に0.2~4.4ppb、ベンチオカーブは5月から6月に0.2~2ppb検出された。ブプロフェジンは8月上旬に0.8ppb検出された。EDDPは8月上旬・中旬に0.1~0.4ppb、フルトラニルは7月上旬から8月中旬に2~11ppb検出され、イソプロチオランは7月中旬をピークに5月から9月まで0.4~37ppb検出された。

神立橋周辺の除草剤濃度は、新田川の1/30~1/6、殺虫・殺菌剤は1/20~1/4に低下した。今井川最下流での除草剤濃度は排水路の1/8~1/2、殺虫・殺菌剤は1/3~1/2に低下した。

IV 考 察

水田で使用された農薬による環境への影響を検討するためには、まず農薬の流出実態を把握することが重要である。

1. 現地水田調査

現地水田では粒剤を施用し、田面水の農薬濃度の推移と流出量を調査した。田面水中の農薬の最高濃度はイソプロチオラン>フルトラニル>ベンチオカーブ>メフェナセットの順であった。これは、10a当たりの投下成分量の多い順であった。ベンチオカーブの田面水中の半減期は、4.4日であり、築地ら(1982)の4~6日、丸(1991)の3.3日とほぼ同じ結果であった。供試した4農薬の半減期は、フルトラニルが最も長く約7日、他の3農薬が約4日であった。

イソプロチオランとフルトラニルの最高濃度は、上島町と西神西町で大きな差があった。上島町の農薬濃度は、西神西町の2.4~4.5倍であり、最高濃度に達したのは両農薬とも散布3日後であった。水田に散布された農薬は田面水中に溶出し、速やかに土壌表面に吸着される。そして、溶脱水とともに土壌中に拡散していくといわれている(楢塚、1976)。調査した2地区の

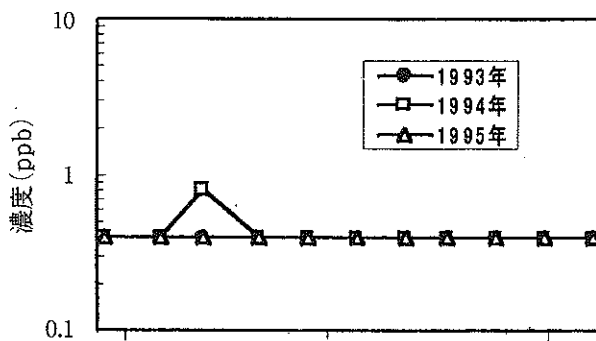
水田は土壌の種類が異なり、上島町は西神西町より減水深が大きい。そのため散布3日後には田面水が減少し、一部で田面が露出していたことを確認している。この田面水量の違いから濃度に差が生じたものと考えられる。その後、散布1～2週間後の濃度はほぼ同じになり、半減期に大きな差はなかった。

現地水田で供試した農薬の流出率とその農薬の水溶解度の関係を図12に示したが、これらの間には相関が認められなかった。しかし、丸

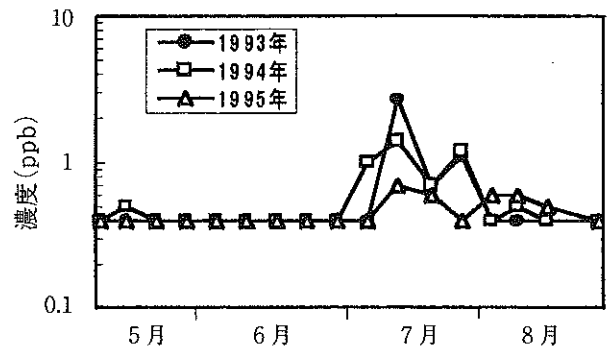
(1991) はライシメーター試験では相関が認められたと報告している。このライシメーターはコンクリート枠で区切られ、給排水が自動制御され水管理が均一に行われていた。このため、現地水田で行った本試験とは条件が異なっていたと考えられる。現地水田における農薬の流出は、水溶解度より水管理や降雨の影響が大きいものと推察された。

農薬の流出が0になるまでの期間の排水量と降水量の関係を図13に示したが、相関は認めら

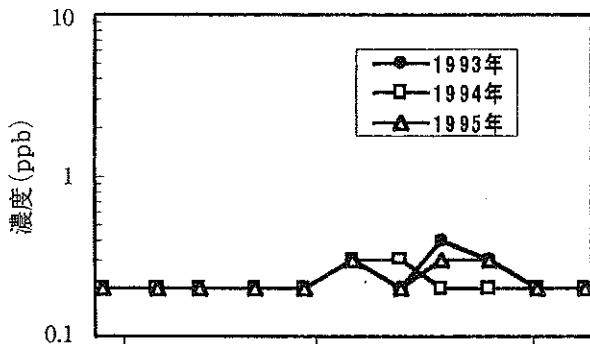
メフェナセット



イソプロチオラン



シメトリン



ベンチオカーブ

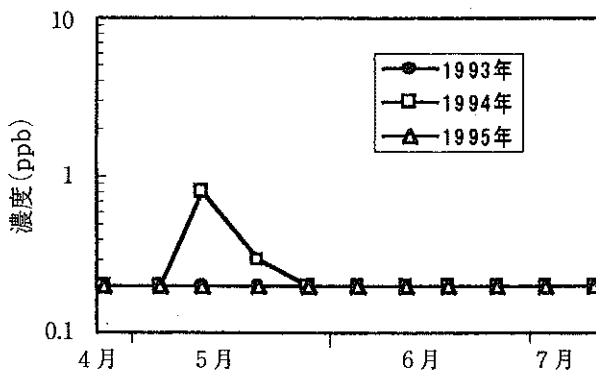


図10 神立橋周辺における農薬濃度の推移

*環境基準
 ベンチオカーブ 20ppb
 イソプロチオラン 40ppb (要監視項目).

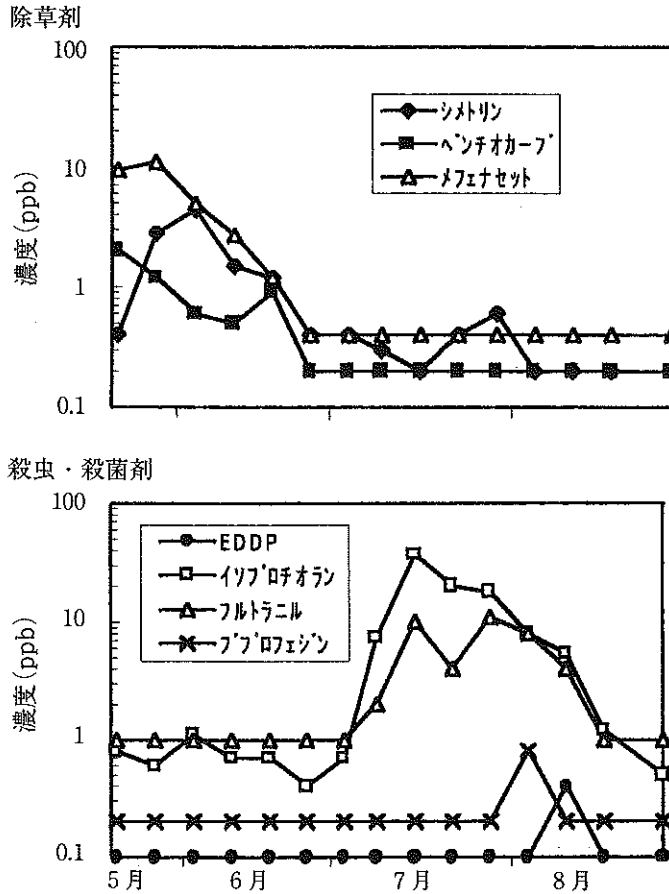


図11 今井川下流における農薬濃度の推移 (1996年)
 *環境基準 ベンチオカーブ 20ppb
 イソプロチオラン 40ppb (要監視項目)。

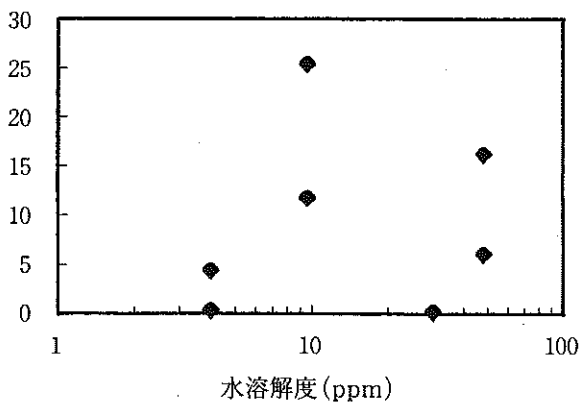


図12 農薬の流出率と水溶解度の関係 (現地水田)

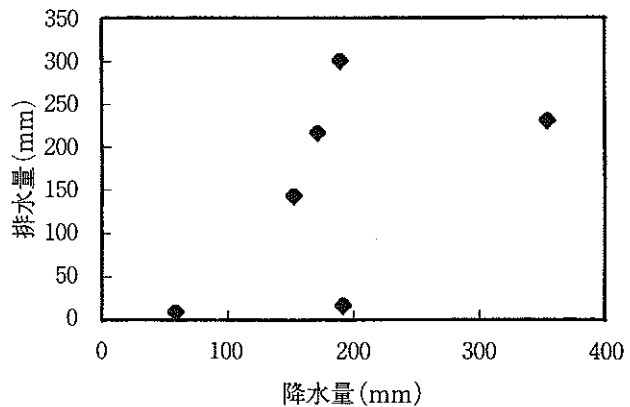


図13 農薬流出期間中の排水量と降水量の関係 (現地水田)

れなかった。しかし、図5からみて10~20mm/日以上の降水量があった時や雨が続いた時、また7日以上降雨がなく用水の掛け流し状態が続いた時に排水量が多くなる傾向があった。このことから、排水量は一降雨の降水量や降雨日数と関係があると考えられた。

2. 一定地域からの農薬の流出調査

上島地区と西神西地区の水田からの農薬の流出実態を調査した。

1) 農薬濃度の推移

現地水田において排水を完全に止めることは、

排水口や畦畔からの漏れ等により困難な場合が多いと考えられる。また、この地域の防除暦やアンケート調査による使用時期から考えて、新田川や排水路における農薬は、散布後まもなく検出され、検出ピークはほぼ農薬散布最盛期と推察された。

中村(1993)の報告によると、排水路における除草剤の検出濃度は水溶性の高いものほど投下成分量に対する濃度が高くなる傾向が認められている。本調査でも新田川および排水路での投下成分量に対する農薬濃度(最高濃度/投下成分量/haの値)は、各農薬の水溶解度と1%水準

で有意の相関が認められた(図14)。

最高濃度の年次変動は、上島地区では水溶解度が10ppm以下の農薬(メフェナセット、プロフェジン、EDDP、フルトラニル)は投下成分量の年次変動に対応していた。西神西地区でもEDDP以外は同様であった。また、水溶解度が10ppm以上の農薬(シメトリン、ベンチオカーブ、イソプロチオラン)は、流出率が高い年に最高濃度が高くなる場合が多かった。これらのことから河川や排水路において検出される最高濃度は、農薬の投下成分量と流出率の影響を受けると考えられた。

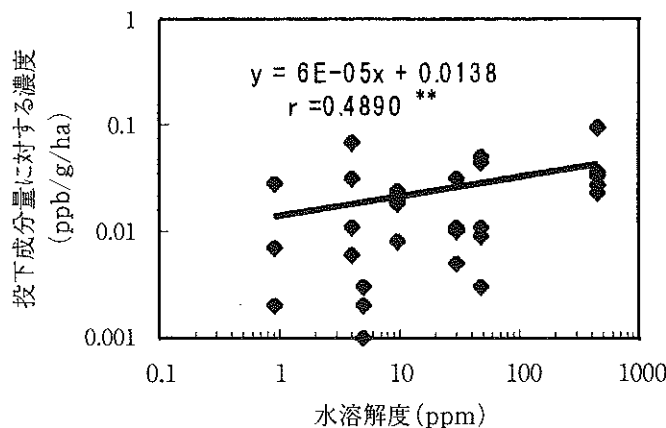


図14 新田川および排水路における投下成分量に対する農薬濃度と水溶解度の関係

2) 農薬の流出率

除草剤の流出率については多くの報告がある。中村ら(1982)は、反復かんがいを実施されている地区の流出率はシメトリン-15~17%、ベンチオカーブ-1.1~4.1%と報告している。飯塚(1989)は、水田面積115~700haの地域からの流出率はシメトリン2.1~4.2%、ベンチオカーブ1.8~2.1%、また、丸(1991)はタンクモデルによる水路流量と農薬濃度から算出した水田面積25haの地域からの流出率は、メフェナセット17.8%、シメトリン19.2~50.5%、ベンチオカーブ9.2~23.2%であったと報告している。さらに中村(1993)は200haの水田からの流出率は、シメトリン18.4~82.1%、ベンチオカーブ0.5~20.1%と報告している。これらと表6の流出率を比較すると、除草剤のうちシメトリンは、他の農薬に比べ流出率が高い傾向にあるという点で同じ

であった。石川(1980)が報告しているようにシメトリンは水に非常によく溶け、水溶液中でも安定であるため流出し易かったものと考えられる。本調査で対象とした殺虫・殺菌剤の一定地域からの流出率の報告は少なく、丸(1991)が空中散布されたEDDPの流出率は0.4~4.6であったと報告しているだけである。本調査で、最も流出率が高かったのはイソプロチオラン、次にフルトラニルで、これも水溶解度の大きい順であった。最も流出率が低かったのはEDDPであった。調査地域で使用されるEDDPの剤型は粉剤であるため、稲体への付着を考慮すると投下成分量に対する田面への落下割合は粒剤に比べ低いと考えられる。また水溶解度も小さいことから流出率が低かったと考えられる。

一定地域からの農薬の流出率と水溶解度の関係を図15に示した。流出率と水溶解度は1%水

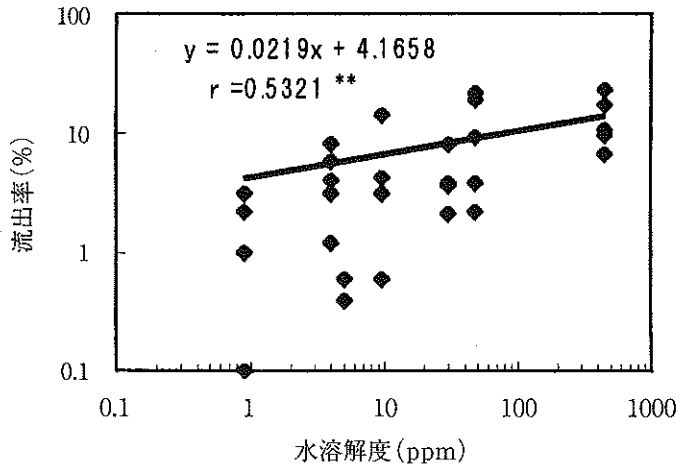


図15 一定地域からの農薬の流出率と水溶解度の関係

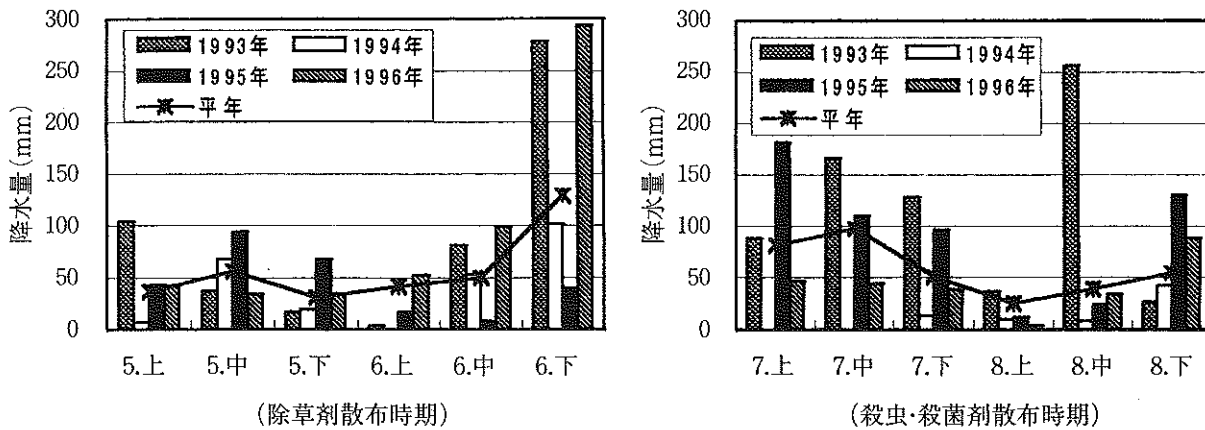


図16 農薬散布時期の年次別降水量

準で有意な相関が認められ、丸（1991）や中村（1993）の報告と一致した。

農薬散布時期の年次別降水量を図16に示した。上島地区では1993年と1994年の農薬の流出率が高かった。除草剤散布時期の5月～6月と殺虫・殺菌剤散布時期の7月～8月の降水量を比較すると、1993年の5月～6月は平年の1.5倍、7月～8月は平年の2倍であり、農薬散布時期の降水量が多かった。また、天候不順のためいもち病が大発生し、防除回数も平年より多かった。1994年の降水量は、5月～6月が平年の72%、7月～8月は平年の21%と少なかった。降水量が少なかったにもかかわらず流出が多かったのは、用水の取り入れ回数が多く、掛け流し状態が続いたため流出が多くなったものと推定される。

西神西地区では降水量と農薬の流出率の間に一定の傾向は認められなかった。この地区では、

使用農薬の種類や剤型が年によって異なり、調査対象面積が小さいため流出率にこれらの影響が現れ易かったと推察される。

3. 公共用水域での農薬濃度調査

公共用水域では山林に降った降雨の流入により著しく水量が増大する。この水域における農薬濃度は排水路及び小河川に比べ急激に低下していた。これは、河川流下中の分解や底質への吸着等も考えられるが、最も大きい要因は水量の著しい増加による希釈であると考えられる。

公共用水域での水質に関する基準は環境基準で定められている。調査農薬の中で基準値が設定されているのはベンチオカーブとイソプロチオランである。この2農薬の濃度はすべて基準値以下であり、低い濃度で推移していた。したがって公共用水域における人の健康に対する農薬の影響はないと推定される。

本調査から、水田で使用された農薬は排水路を経て河川への流出が認められた。1区画の水田における農薬の流出率は、その農薬の水溶解度と相関が認められなかった。しかし、一定地域からの流出率では認められた。1区画の水田では地表排水による流出から流出率を算出した。一方、地域からの流出率には地表排水の他、土壌浸透水、排水口や畦畔からの漏れによる流出も含まれている。丸(1990)はライシメーター試験で、ほとんどの種類の農薬が浸透排水から検出され、水溶解度の高い農薬ほど浸透しやすいことを報告している。これらのことから、1区画の水田と水田群とで相関の違いが生じたものと考えられる。

これまで述べてきたように、農薬の流出にはその農薬の水溶解度等の理化学性、水田の水管理や土壌の種類等の栽培要因、そして降水量等の気象要因が影響すると推察された。これらの要因が相互に関与するため、流出率は年次変動が大きくなると考えられる。また、現地水田の排水と降雨の関係をみると、農薬散布後1週間は降雨があっても排水は少なく、止水が比較的守られていた。これは、粒剤散布後の水田では効果の観点から3~5日間は止水するように指導されているためと考えられる。しかし、それ以降は降雨時や取水時の排水が多くなっていた。各調査年の流出の推移をみると、概して散布直後から約2週間までの流出が大部分を占めていた。したがって、農薬散布後2週間程度止水できれば流出を大きく削減できると考えられる。そして、更に水田からの農薬の流出削減技術を検討し、環境への負荷を低減していかなければならない。

V 摘 要

水田で使用された数種類の除草剤と殺虫・殺菌剤の水田及び河川水中の濃度推移と流出を調査した。

1. 田面水中の農薬の半減期は、4~7日であった。

2. 現地水田における農薬の流出率は0.2~25.4%で、流出率と農薬の水溶解度には相関が認められなかった。

3. 排水路及び河川における投下成分量に対する農薬濃度は、水溶解度と相関が認められた。一定地域からの農薬の流出率は年次変動が大きかったが、流出率と農薬の水溶解度には相関が認められた。

4. 公共用水域での農薬濃度は、排水路及び小河川に比べ急激に低下していた。また、その濃度は環境基準より低かった。

5. 流出には、農薬の理化学性や栽培要因、気象要因が影響すると推察された。また、農薬散布後2週間程度止水できれば、農薬の流出を大きく削減できると考えられる。

引用文献

- 半川義行(1985) 田面水および河川水におけるモリネートの消長. 農業誌10, 107-112.
- 飯塚宏栄(1989) 水田除草剤の水系における動態. 農環研報6, 1-18.
- 石川哲雄(1980) 除草剤解説(3). 雑草研究25, 55-60.
- 加藤三奈子・丸 諭(1978) 水田除草剤使用時における河川水中のベンチオカーブとモリネートの消長. 千葉農試研報19, 127-132.
- 鉄塚昭三(1976) 土壌環境中における除草剤の分解. 農業科学3(3), 107-122.
- 丸 諭(1990) 水田用ライシメーターからの農薬流出と水溶解度の関係. 農業誌15, 385-394.
- 丸 諭(1991) 水系環境における農薬の動態に関する研究. 千葉農試特報, 1-62.
- 中村幸二・柴 英雄・長谷川英世(1985) 水田および水田周辺における数種除草剤の消長. 埼玉農試研報41, 73-93.
- 中村幸二(1993) 農耕地の土壌・水圏環境における農薬の動態に関する研究. 埼玉農試研報46, 1-124.
- 中村 稔・小林正幸・長谷川清善(1982) 水田における循環かんがいと水質汚濁成分の収支(第2報). 滋賀農試研報24, 79-86.
- 築地邦晃・小澤龍生・飯村茂之(1982) ベンチオカーブ剤の水田および河川における消長. 岩手農試研報23, 105-112.
- 山田忠男(1985) 水田除草剤の環境中における動態. 雑草研究30, 1-20.

Summary

The residue in surface paddy water and river of several pesticides applied to paddy fields were studied.

1. The half-life of 4 pesticides in surface paddy water was 4 - 7 days.
2. The runoff rate of pesticides from a paddy field to water way for drainage were calculated at 0.2-25.4%. There was no correlation at the runoff rate and the water solubility of pesticides.
3. The concentration of pesticides in drainage and river water increased in proportion as increasing the water solubility of pesticides. The runoff rate of pesticides applied to paddy fields fluctuated annually. But it was recognized that those were relative to water solubility of pesticides.
4. The concentration of pesticides in public water area became low level and that was lower than environmental quality standard.
5. The physicochemical property of pesticides, crop culture factor and weather factor were concerned in runoff of pesticides from paddy fields.

These results suggest that it is possible to reduce runoff amount of pesticides by preventing drainage from a paddy field during 14 days after application.