

【ノート】

水田地域における河川水中農薬調査

吉 田 光方子^{1*} 藤 森 一 男²

The Study of Pesticide in the River Water around the Paddy Area

Mihoko YOSHIDA^{1*} and Kazuo FUJIMORI²

¹*Environmental Safety Division, Hyogo Prefectural Institute of Public Health
and Environmental Sciences, 3-1-27, Yukihiro-cho, Suma-ku, Kobe
652-0032, Japan and* ²*Project Planning and Information Division*

The pesticide concentrations and flow rates in the river water were analyzed, and the behavior of pesticide loads around the paddy area was studied.

The detection of the herbicide is related to the rice-planting dates. The detection of the fungicide is effected by not only the load from paddy fields but also aerial application. This behavior of fungicide is more complicated than the herbicide because of the various dates and methods of application.

I はじめに

近年、多種多様な農薬が生産・販売され、農耕地やゴルフ場をはじめとし広く散布されている。その一方で、環境汚染に対する関心は高まり、農薬が多少なりとも生態リスクをもつ^{1),2)}ことによる人体影響や水質汚濁への不安は増している。このような状況のなか、公共用水域における農薬に関する測定、研究は数多くなされてお³⁾⁻⁸⁾、兵庫県においても環境中での農薬の監視を目的とした測定を実施している⁹⁾。これらの調査結果からは低濃度ながら、水田で使用された農薬の河川への流出が指摘されている。

当センターでは、年1～6回の割合で常時監視の観点から環境基準及び要監視項目の16農薬成分、並びにゴルフ場農薬の暫定指導指針値設定農薬45成分を分析している。その一方で、工場やゴルフ場などの事業所と異なり、排水基準が設けられておらず、また栽培品種及び適用時期ごとに多種類の農薬を効果的に使い分けている農耕地に

おいては、実際に使用されている農薬数及び散布時期に対応して全ての環境への影響を把握しきれていない状況である。

兵庫県内における耕地面積63000haの約6割を占める39800haの水田地域¹⁰⁾において使用される農薬についての詳細な調査は過去に事例がない。さらに、春先における除草剤散布及び夏季の無人ヘリコプターによる空中防除などは水稲栽培の省力化に貢献する一方で、環境中への拡散は看過できない問題であり現状を把握する必要がある。

そこで本研究では、兵庫県中央部に位置する水田地域において河川水中の農薬82種類の濃度変動を調べ、とりわけ農薬が多く散布される春～夏にかけ採水頻度をあげ調査した結果、いくつかの知見が得られたので報告する。

II 方 法

2.1 調査地点

2.1.1 地域の概要

調査対象地域は、兵庫県の中央部に位置する多可郡加美町内の多田地区とした。加美町は面積84.06km²、人口7,398人（2005年7月現在）の自然豊かな町であり、千々峰に源流を發する多田川沿いに築かれた棚田は、農林

¹安全科学部、²現 企画情報部

*別刷請求先：〒654-0037 神戸市須磨区行平町3-1-27
兵庫県立環境科学研究センター
安全科学部 吉 田 光方子

水産省「日本の棚田百選」にも選ばれ、県下でも有数の水稲栽培地域である。

多田地区の水田では、コシヒカリを中心に、酒米の山田錦も生産されている。多田地区内の2004年度の水稲作付け面積は3734a（みのり農業協同組合加美町営農経済センター調べ）であった。多田地区の田植えは、例年5月連休～中旬にかけ行われている。この地区の田植えは、多田地区から下流に広がる西脇などの地域と比較して、半月～1月程度早く行われる。

2.1.2 採水地点

調査地点の概略図をFig.1に示す。

多田川は、河川長さ約5kmの小河川であり、杉原川に合流し、さらに西脇市内で1級河川の加古川へと続いている。調査地点は、水田からの排水の影響を最も受けると考えられる動態観測点として多田川の流末付近のG橋（以下、地点Gと示す）を、上流部観測点として杉原川のI橋（以下、地点Iと示す）を、下流部測定点として多田川と杉原川の合流後、約1km下流に位置する杉原川のT橋（以下、地点Tと示す）と、さらに約10km下流のK橋（以下、地点Kと示す）の4地点を選定した。

2.2 調査方法

2.2.1 採水時期

調査は、2004年4月26日から2005年2月14日までおよそ10ヶ月にわたり行った。

採水は、田植えの時期や稲の生育状況に左右される農薬散布の時期を考慮して行った。農薬使用量の多い春から夏にかけては少なくとも週に1回の頻度で採水し、なかでも田植え時期で除草剤が集中的に散布されたと推察される5月中旬は毎日、空中散布が実施された後は約6

時間おきに数回と高頻度で採水した。

農薬の使用が少なくなった秋以降は2～3週間に1回の頻度で各地点49回、延べ196の河川表層水を採取した。

2.2.2 採水方法

採水は、午前中から昼にかけて上流部から下流部へと順に、ステンレス製のバケツを橋上からおろして河川流心で行った。流量は、プロペラ式流量計（東邦電探製；CM-1B型電気流量計）を用い流心で測定し、川幅、水深を乗じて求めた。pHは、pHメーター（堀場製作所製；pHメーターD-12）を用いて測定した。

2.3 調査対象農薬

調査では、種類別分類により殺虫剤（insecticides）21種類、殺菌剤（fungicides）24種類、除草剤（herbicides）37種類の合計82種類の農薬を対象とした。これら農薬の選定根拠は、人の健康の保護に関する環境基準値¹¹⁾や指針値^{12),13)}が定められていること、また対象地域の水田で大量に使用されていると推定されることによる。

また対象農薬の使用場所としては、主に水田で使われると推定される農薬が24種類、ゴルフ場が29種類、両方での使用が想定されるものが27種類であった。1,3-ジクロロプロペン（D-D剤）及びECPの2種類は、野菜などの栽培時に畑の土壌くん蒸剤や処理剤などに利用される薬剤であり、どちらにも属さないものと分類された¹⁴⁾。

2.4 分析方法

チウラム、オキシ銅など19農薬は、河川水500mLをWaters社製PS-2カートリッジに吸着させ、アセトニトリルで溶出したのちHPLCで分析を行った。

1,3-ジクロロプロペンは河川水10mLをヘッドスペース法で、その他62農薬は河川水500mLをWaters社製PS-2、AC-2カートリッジに吸着させ、ジクロロメタンで溶出し、内標準物質としてヘキサクロロベンゼン-¹³C₆及びフルオランテン-d₁₀を添加後、GC/MSによる分析に供した。装置の測定条件など詳細は既報^{15),16)}に準じた。

III 結果および考察

3.1 使用農薬及び推定散布量

調査対象の多田地域において、2004年度に使用された農薬の詳細をTable1に示した。

a（水田直接散布）は、田植え前及び田植え直後に個々の農家が稲の苗箱に施用した殺虫殺菌剤、及び水田に直接散布した除草剤についてまとめたものである。これらの薬剤の多田地域における対象面積は、作付け面積のほ

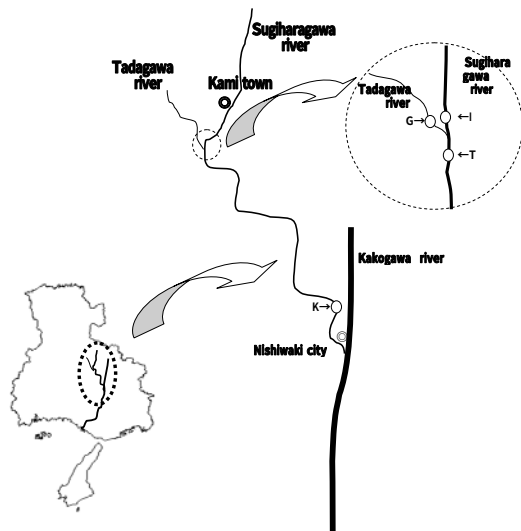


Fig.1 Map of sampling sites

Table 1 Data for application of pesticide

a: paddy field application						
target area(a)	application time	pesticide/ commercial name	component%	application rate (Kg,mL/a)	assumed application volume (kg)	
3734	April~May	insecticide & fungicide/ Digital coratop actar a granule	thiamethoxam 2% pyroquilon 12%	0.1 kg	7.5	45
3734	April~May	herbicide/ Shokinie F	bromobutide 18% pentoxazone 4%	50 mL	34	7.5
3734	April~May	herbicide/ Joystar granule	cafenstrole 2.1% dymron 4.5% cyhalofop-butyl 1.5% bensulfuron-methyl 0.51%	0.1 kg	7.8	5.6
					17	1.9
b: aerial application						
species of rice	target area(a)	application time (day)	pesticide/ commercial name	component%	application rate (Kg,mL/a)	assumed application volume (kg)
Koshihikari	796	June(6/28)	fungicide/ Coratop granule12	pyroquilon 12%	0.1 kg	9.5
Koshihikari	2299	July(7/23)	fungicide/ Kasurabvalidasol	ftalide 15%	10 mL	3.4
Koshihikari	2258	August(8/12)	insecticide / Mr.Joker EW	silafuofen 19%	5 mL	2.1
Yamadanishiki	110	July(7/28)	insecticide & fungicide/ Amistar torebos SE	ethofenprox 10% azoxystrobin 8%	10 mL	0.1
Yamadanishiki	110	August(8/21)	fungicide/ Kasurabvalidasol	ftalide 15%	10 mL	0.2

とんど全域で使用されることから、3734 a とした。薬剤は、「水稻病害虫防除ごよみ」（みのり農業協同組合配布資料）に記されている薬剤の商品名とその含有成分量を示した。使用基準は、薬剤ごとに定められている単位面積あたりの散布量である。

推定散布量は、以下の計算式により求めた。

推定散布量(kg)＝対象面積(a)×使用基準(kg/a)×含有量

この推定散布量と、実際に 2004 年度にみのり農業協同組合加美町営農経済センターで販売したそれぞれの薬剤量（同センターからの聞き取り）とを比較すると、3 種類ともに 8 割以上が使用された結果となり、各農家が必要分だけ農薬を購入し、使用基準を遵守して散布されたと推察された。

b（空中散布）は、稲の生育時 6～8 月にかけて農家が同協同組合に依頼して、病害虫駆除のため無人ヘリコプターによる空中散布で使った殺虫殺菌剤、殺虫剤、殺菌剤についてまとめたものである。対象地域における空中散布は、いずれの日も早朝から午前中にかけて実施された。薬剤の散布は、稲を風圧で痛めない程度の高さから、液状の農薬を噴霧する方法により行われた。

前述の水田直接散布の農薬使用とは異なり、希望する農家の水田にのみ集中して散布されるため、対象面積は使用薬剤や品種により大きく変化している。栽培量の違いからコシヒカリ対象の薬剤散布面積が山田錦対象面積よりも広がっている。コシヒカリのなかでも、7、8 月の薬剤散布面積は、6 月の場合と比較して広く、対象地域全域の 6 割以上の 2300 a の水田において空中散布が依頼された。

推定散布量は、上述したように、対象面積に使用基準

及び含有量を乗じることで求めた。この推定散布量と実際に空中散布に使用した薬剤量（同協同組合聞き取り）とは、概ね合致した。

以上から、本調査で分析対象とした農薬成分のうち、多田地域での農薬散布推定量は、殺菌剤のピロキロン（a と b の合計）が 55kg と最も多く、次いで除草剤のブロモブチド 34kg、ダイムロン 17kg、ペントキサゾン、カフェンストロール、殺菌剤のチアメトキサムが各々 7.5～7.8kg と続き、ほか殺菌剤のフサライド（b 表 2 段の合計）3.6kg、殺虫剤のシラフルオフェン 2.1kg であった。

3.2 検出された農薬の種類の特徴

Table 2 に調査対象とした 82 種の農薬名、及び検出数の調査結果を示した。左から順に種類別分類ごとに農薬名、使用場所、検出頻度、各採水地点ごとの最小及び最大濃度、検出数及び定量下限値を示している。

調査した 82 種類の農薬のうち一度でも検出された農薬は 17 種類であり、内訳は、殺虫剤が 4 種、殺菌剤が 5 種、除草剤が 8 種であった。検出されたこれらの農薬は、種類別分類ごとに、検出数の多いものから順に記した。いずれの項目においても基準値及び指針値を超過しているものはなかった。

検出数が全検体の 2 割以上に相当する 40 を超えて検出された農薬は、殺菌剤のピロキロン及び除草剤のブロモブチド、プレチラクロール、ペントキサゾン、ダイムロン、カフェンストロールの 6 種であった。これらはいずれも水田で主に使用されると考えられる農薬である。また、上記 6 種のうちプレチラクロールを除く 5 種は、3.1 で記述した推定散布量の上位 5 種と合致し、散布量の多いものが高頻度で検出される結果となった。

Table 2 Concentrations, detection numbers and determination limits of pesticides in the river water samples

group		frequency of detection	G concentration (μg/L) detected Min. Max. number			I concentration (μg/L) detected Min. Max. number			T concentration (μg/L) detected Min. Max. number			K concentration (μg/L) detected Min. Max. number			determination limit (μg/L)	
pesticide name	place															
<i>insecticides (21)</i>																
silafuofen	a)	5	/196	nd	0.38	3	nd	0.26	1	nd	0.25	1	nd	nd	0	0.010
malathion	a)	2	/196	nd	0.19	1	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	1.0	1	0.010
fenitrothion(MEP)	a) b)	1	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	0.20	1	0.010
ethofenprox	a) b)	1	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	0.044	1	0.010
thiamethoxam	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.10
clotianidin	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.10
imidacloprid	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.10
thiodicarb	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.50
1,3-dichloropropene	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.50
fenobucarb(BPMC)	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
carbaryl(NAC)	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
fenthion(MPP)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
isoxathion	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
pyridaphenthion	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.030
dichlorvos(DDVP)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
diazinon	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.060
chlorpyrifos	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
isofenphos	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
EPN	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
buprofezin	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
dichlofenthion(ECP)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
<i>fungicides (24)</i>																
pyroquilon	a)	69	/196	nd	2.2	19	nd	0.55	16	nd	0.59	16	nd	1.5	18	0.010
isoprothiolane	a) b)	31	/196	nd	0.19	12	nd	nd	0	nd	0.13	5	nd	0.27	14	0.010
tricyclozole	a)	11	/196	nd	1.0	3	nd	0.34	3	nd	0.30	3	nd	0.19	2	0.010
thialide	a)	10	/196	nd	0.17	3	nd	0.14	1	nd	0.15	1	nd	0.17	5	0.010
flutolanil	a) b)	8	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	0.81	8	0.010
benomyl	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
azoxystrobin	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
oxine-copper	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
thiuram	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	2.0
iprobefos(IBP)	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
edifenphos(EDDP)	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
metalaxyl	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
mepronil	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.020
probenazole	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
chloroneb	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
tolclofos-methyl	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
quintozene(PCNB)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
chlorothalonil(TPN)	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
iprodione	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.015
etridiazol	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
captan	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
propiconazole(1)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
propiconazole(2)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
pencycuron	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
difolatan	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
<i>herbicides (37)</i>																
bromobutide	a)	93	/196	nd	4.9	28	nd	1.3	18	nd	1.4	20	nd	4.6	27	0.010
pretilachlor	a)	65	/196	nd	0.74	16	nd	0.31	16	nd	0.70	16	nd	0.61	17	0.010
pentoxazone	a)	62	/196	nd	0.77	17	nd	0.21	13	nd	0.23	15	nd	0.40	17	0.010
dymron	a)	55	/196	nd	5.4	14	nd	1.0	12	nd	1.1	15	nd	1.4	14	0.10
cafenstrole	a)	48	/196	nd	1.6	14	nd	0.49	10	nd	0.48	13	nd	1.0	11	0.010
pyributicarb	a) b)	11	/196	nd	0.090	4	nd	0.084	3	nd	0.078	3	nd	0.078	1	0.015
mefenacet	a)	11	/196	nd	1.3	5	nd	nd	0	nd	0.43	2	nd	0.45	4	0.010
simetryn	a)	1	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	0.16	1	0.010
bensulfuron-methyl	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.10
bensulfide(SAP)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
2,4-D	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
MCPA	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
mecoprop	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
flazasulfuron	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
halosulfuron-methyl	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
isoxaben	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
asulam	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
triclopyr	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	1.0
c yhalofop-butyl	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
chlornitrofen(CNP)	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
molinate	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
esprocarb	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
terbucarb(MBPMC)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.020
thiobencarb(benthiocarb)	a)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
simazine(CAT)	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
pendimethalin	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
oxadiazon	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
dithiopyr	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
butamifos	a) b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
siduron(1)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
siduron(2)	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
triclopyl-2-butoxyet	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
napropamide	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
propyzamide	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
benfluralin	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
methylglyphon	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
prodiamine	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010
orbencarb	b)	0	/196	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	nd	nd	0	0.010

a) : use in paddy field

b) : use in golf course

Table1に記されていないプレチラクロールは、2004年度の「水稻病害虫防除ごよみ」に掲載されておらず、加美町全域で使用されているわけではないが、水稻栽培地域において以前から汎用されている除草剤であることから、検出されたと考えられる。なお、みのり農業協同組合での2004年度販売実績量に含有成分量を乗じたプレチラクロール推定散布量は0.5kgであった。

次に、上記6種よりは少なかったが、10回を超えて検出された農薬は、殺菌剤のイソプロチオラン、トリシクラゾール、フサライド及び除草剤のピリブチカルブ、メフェナセットの5種であった。

それ以外に、殺虫剤のシラフルオフェン、殺菌剤のフルトラニル、除草剤のシメトリンなど、残り6種類の農薬は、検出回数は10回未満であったが、短期間に集中して検出されたり、1地点でのみ検出された。

検出された農薬を種類別分類ごとに、各月の全検出数を採水日数で除して各月の農薬平均検出数を求めた。この農薬平均検出数を月別、地点別にFig.2に示した。

検出数が最も多い除草剤は、4～5月が使用最盛期であるため(Table1)、上流部3地点(地点G、I、T)においては、5月を最大に徐々に減少した。一方、杉原川下流の地点Kにおいては、5月よりも6月の検出数が多く、7、8月に減少する結果となった。このように検出数のピークの時期が地点によりずれるのは、上流部の3地点の田植えの時期が5月上旬に開始されるのに対し、下流域の西脇地域では半月～1月程度田植えが遅れる(みのり農業協同組合聞き取り)ことに起因すると考えられる。

これに対して、殺菌剤は5～7月に全ての採水地点で検出され、除草剤のような減少傾向は見られなかった。

殺虫剤は7、8月に局地的に検出された。

3.3 濃度変動の特徴

3.3.1 変動パターンの分類

河川中の濃度の経時変化には、農薬が継続して検出される山型と、単発で検出されるスポット型の2種類のパターンがみられた。前者の代表的な例をFig.3に、後者

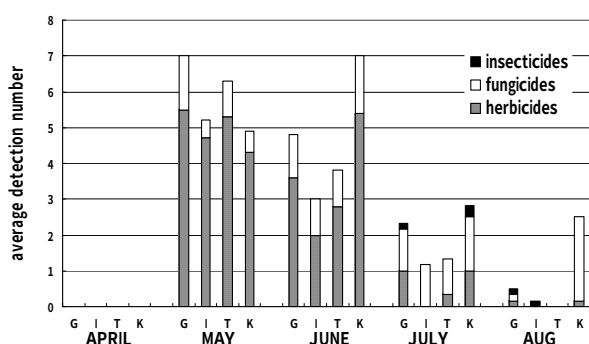


Fig.2 Monthly variations in the detection of pesticide

の例をFig.4にまとめた。前者のパターンには、殺菌剤と除草剤が当てはまり、殺虫剤は該当しなかった。図中では、上段から順に地点G、I、T、Kにおける濃度変化を示す。

3.3.2 山型変動(検出継続型)パターン

(1) 殺菌剤

殺菌剤のピロキロン(Fig.3-a)は5月下旬に最初に検出されて以来、8月上旬まで約2月半にわたり、継続して0.25～2.2μg/Lの濃度が検出された。ピロキノンの濃度は、杉原川や加古川と比較して流域規模の小さい多田川(Fig.1参照)の地点Gで比較的高く、ピロキロンが空中散布された(Fig.3-a矢印で示す)前後の6月下旬の採水日に最高濃度が測定された。多田地区の空中散布の日以前にも高濃度で検出されているのは、同時期に空中散布を依頼せず各自で農薬を散布する水田も存在することに起因するものと考えられる。

地点Gにおいて、6月下旬に集中して高濃度が検出された原因としては、多田地区で使用されるピロキロン推定散布量55kgの約2割に相当する9.5kgが6月下旬に集中して空中散布されたことによると推測される。

上述のようにピロキロンは、地点Gにおいては、急激な濃度の上昇がみられたが、その下流域にあたる地点Tでの濃度上昇は非常に緩やかであった。これは、地点Gが位置する多田川のこの時期における流量は1～11万m³/dayであるのに対し、地点Tが位置する杉原川の流量は、約3倍の7～33万m³/dayであったことから、希釈効果により、地点Tの濃度変動が緩和されたと考えられる。

一方、この地域から約10km下流に位置する地点Kは、濃度変動幅が0.34～1.5μg/Lであり、最高濃度は上流部の地点Gと大差はなかったが、その検出時期が7月上旬にずれた。これは、田植え時期の違いによりもたらされた稲の生育時期の差を反映したと考えられる。

(2) 除草剤

(1)の殺菌剤と同様に山型を呈する変動パターンの除草剤は、ダイムロン、ブロモブチド、ペントキサゾン、カフェンストロール、プレチラクロールの5種類であった。代表例としてダイムロンとブロモブチドについて、Fig.3-b、3-cに示す。

ダイムロンは、5月上旬に最初に検出されて以来、6月下旬まで約2か月にわたり、概ね継続して0.12～5.4μg/Lの濃度が検出された。上流部3地点(地点G、I、T)に限れば、検出期間は6月上旬までの約1か月であり、継続して検出された。下流域の地点Kでは、最初の検出は5月中旬であり、検出されなかった時期をはさみながら断続的に6月下旬まで約1月半にわたり、0.12～1.4μg/Lの濃度が検出された。上流部3地点の濃度が、検出開始当初に

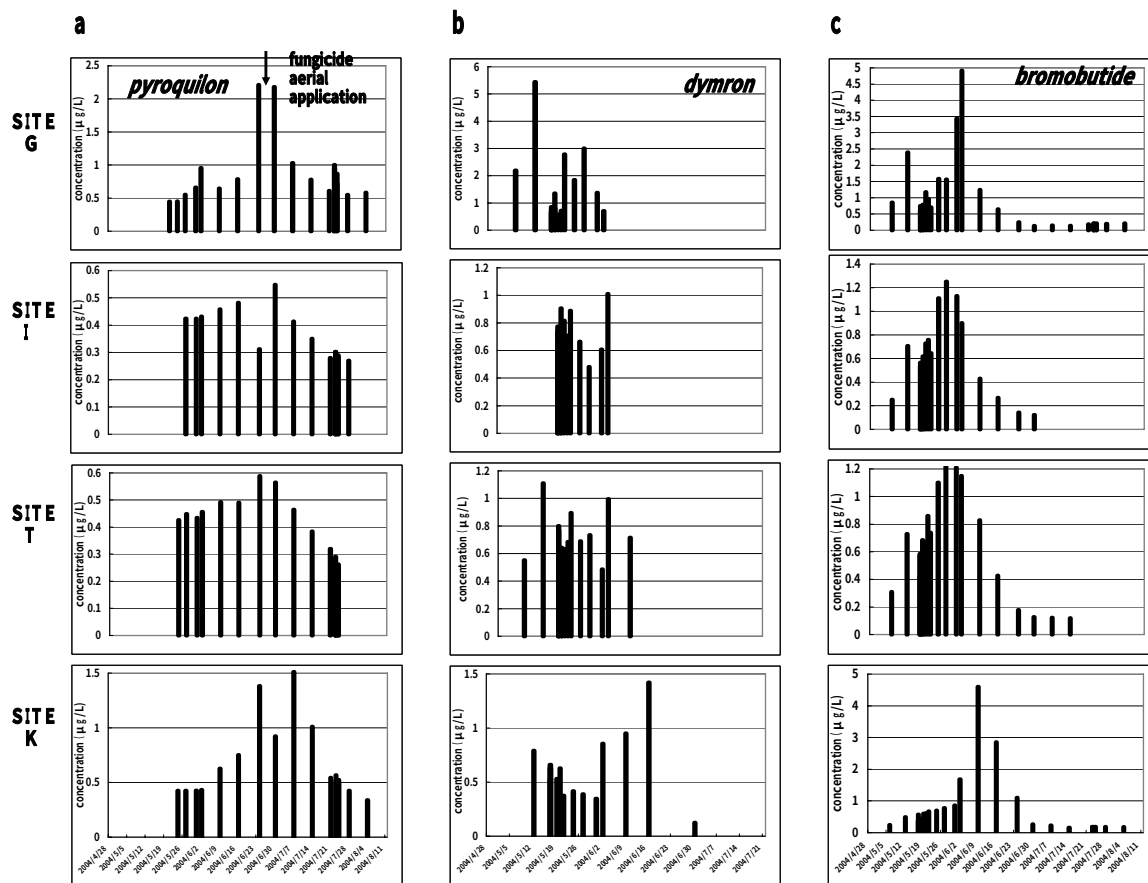


Fig.3 Variations in the concentrations of pesticides over an extended period of time

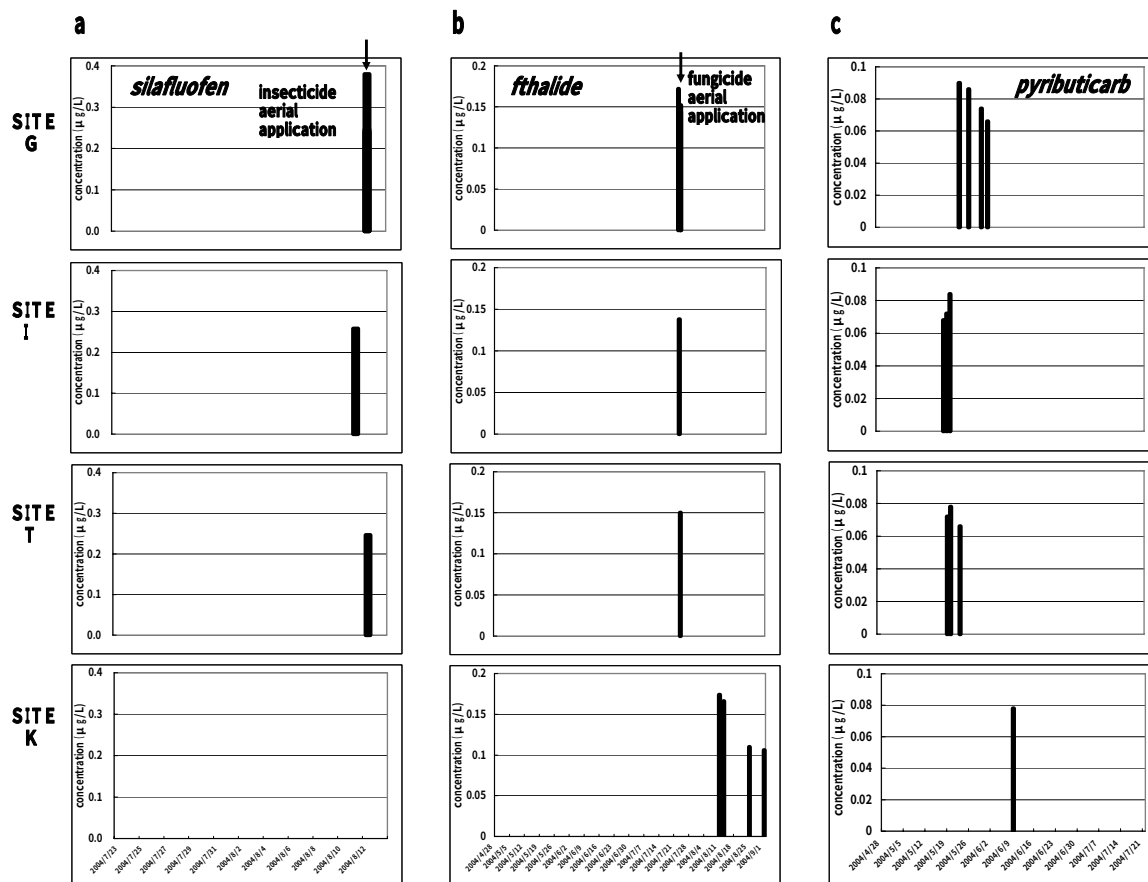


Fig.4 Variations in the concentration of pesticides over short periods of time

最高濃度に近い値を記録し、徐々に低減して約1ヶ月で検出されなくなったのに対し、地点Kの濃度は、検出開始当初は一定濃度を維持し、その後約1ヶ月でピークを迎えた。この傾向は、同じく山型パターンを呈するほかの除草剤に関しても同様のことが言える。このように濃度ピークの時期が地点により大きくずれるのは、3.2で述べたように田植え時期の違いに起因すると推察される。すなわち、上流部3地点の濃度変動は多田地区の除草剤流出の影響だけを受けるのに対し、地点Kは上流部からの影響に加え、地点K周辺において、1月遅れで実施される田植えの影響が現われるため、本来ならば田植え当初に高濃度で検出される農薬のピークが後ろにずれ込むことになると考えられる。

ブロモブチドは、5月上旬に最初に検出されて以来、8月上旬に至る約3ヶ月にわたり、概ね継続して0.12~4.9 µg/Lの濃度が検出された。検出期間は上流部3地点と下流部の地点Kでは類似したが、ダイムロンと同様に地点Kの濃度ピークの時期が大きく遅れた。一方、前述のダイムロンやほかの除草剤のいずれもが、5月上旬の田植え開始時期から、遅くとも6月下旬までの約2ヶ月後には検出されなくなるのに対して、ブロモブチドはさらに1月後の8月上旬まで長期にわたり検出された。その一因として、他除草剤よりも非常に多い散布量の影響によると考えられるが、詳細は不明である。

3.3.3 スポット型変動(検出単発型)パターン

(1) 殺虫剤

殺虫剤は、本調査で検出されたシラフルオフェン、MEP、マラチオン、エトフェンブロッックスの4種類すべてがスポット型変動パターンを示した。代表例としてシラフルオフェンの場合をFig.4-aに示す。

殺虫剤のシラフルオフェンは、多田地区での空中散布日(Fig.4-a 矢印で示す)8月12日の10時~22時の12時間に、地点G、Tで0.24~0.38 µg/Lの濃度が4回観測され、その前日には地点Iにおいて0.26 µg/Lの濃度が観測された。このようにシラフルオフェンは、全調査期間中において、空中散布日の約1日半の短期間に5回検出されただけであった。

また、図には示していないが、殺虫剤のエトフェンブロッックスは、10月6日に地点Kで1回だけ検出され、濃度は0.044 µg/Lであった。この時期は、水稻栽培期間や水田の落水時期をはずれており、Table1に示される空中散布とも関係づけ難い。この殺虫剤は、ゴルフ場での使用も考えられることから、その負荷源として、水田以外の可能性も検討する必要がある。

(2) 殺菌剤

殺菌剤は、3.3.2 (1) で述べたピロキロンを除き、本

調査で検出されたフサライド、イソプロチオラン、トリシクラゾール、フルトラニルの残り4種類がスポット型変動パターンを示した。上流部3地点における各々の殺菌剤の検出時期は、概ね一致していた。代表例としてフサライドをFig.4-bに示す。

殺菌剤のフサライドは、多田地区のコシヒカリに対し7月23日(Fig.4-b 矢印で示す)に3kgが空中散布されたと推定され(table1)、7月23日の22時~7月24日の10時の12時間に地点G、Tで0.14~0.17 µg/Lの濃度が4回観測された。7月23日の10時には地点Iにおいて0.14 µg/Lの濃度が観測された。地点Kにおいては、8月11日~9月1日にかけて断続的に5回検出され、濃度は0.11~0.17 µg/Lであった。これらの観測結果から、フサライドについても、上流部3地点において、空中散布の影響が認められると推察される。

(3) 除草剤

除草剤は、3.3.2 (2) で述べたダイムロン、ブロモブチドなど5種類を除き、本調査で検出された残り3種類がスポット型のパターンとなった。代表してピリブチカルブをFig.4-cに示す。

ピリブチカルブは、5月中旬~6月上旬までの約半月間、各地点で単発的に0.07~0.09 µg/Lの濃度が得られた。地点Iでは、5月19日~21日までの3日間、地点Tでは5月20日~24日までの4日間検出されたが、下流の地点Kでは6月9日の1日のみ検出された。このピリブチカルブの濃度変動の結果から、5月中下旬に上流部の地点I、Tで検出された本成分は、下流地点Kにたどり着くまでに希釈され、当センターの分析法では定量下限値未満となり消失すると考えられる。一方、6月9日に地点Kで検出された本成分は、検出時期が大きくずれていることから、他地域からの流入であるものと考えられる。

3.4 空中散布の影響

3.3.2 (1) 及び3.3.3 (1) (2) の結果から、河川水中の濃度変動と空中散布とが関係付けられる農薬は、殺虫剤のシラフルオフェン(Fig.4-a)と殺菌剤のピロキロン(Fig.3-a)、フサライド(Fig.4-b)の3種類であると考えられる。殺菌剤のピロキロンに関しては、田植え時に水田に直接施用する粒剤の影響もあわせて考える必要があるが、殺虫剤のシラフルオフェンと殺菌剤のフサライドに関しては、多田地区の空中散布日付近にのみ、上流部3地点(地点G、I、T)で農薬が検出され、その影響は短期かつ局所的であるといえる。したがって、空中散布に使用される農薬類の調査に際しては、調査地点及び時期について特に注意を払う必要があると思われる。

また、空中散布で使用された上記2種の農薬の検出時

期が短い理由として、散布量の違いのほかに、ヘリコプターを使用する散布方法によるところが大きいと思われる。すなわち、ある時期に集中して、かつ数時間のみの散布であること、加えて河川へ流出しやすい形状で散布されることが、その一因であろうかと推察される。空中散布では、液状の薬剤を上空から噴霧するため、農薬の一部は霧散しながら稲の葉の表面に付着するが、残りの薬剤は即座に水田水と混ざり合うと考えられる。このことは、Table1 及び 3.1 に記した水田直接散布の薬剤が粒状であり、水田中で徐々に溶解しながら効果を維持する性状とは大きく異なっている。

IV 結 論

ほぼ1年をとおして県下中央部に位置する水田地域を対象として農薬82種類について調査を行った。その結果17種類の農薬が検出され、その流出の状況については、使用用途や施用・散布方法等、さまざまな要因によりいくつかの傾向が観察された。

検出された17種類のうち12種類は主として水田でのみ使用され、残り5種類は水田・ゴルフ場の両方での使用が想定される農薬であった。また、高頻度で検出された農薬は、推定散布量の多い農薬と合致し、散布量の多いものが高頻度で検出される結果となった。これらの結果は、これまでの調査結果¹⁵⁾と同様に、使用量の多い農薬が環境中に流出しやすいことを示唆している。

河川中における除草剤の検出は、田植えの時期に依存していた。除草剤は、田植え初期に集中して散布されるため、その時期に高濃度で検出された。広範囲の水田地域を流れる河川においては数箇所の異なる水田の田植え時期の影響を受けるため、地点により検出数及び濃度のピークは5月または6月に分かれたが、7、8月まで徐々に減少しながらも長期にわたり除草剤の検出が継続した。

また、殺菌剤の検出に関しては、水田に直接施用されるものからの影響もさることながら、空中散布による単発的な検出も確認された。除草剤とは異なり、散布方法や散布時期も様々であるため、環境への流出状況はさらに複雑であると考えられた。

殺虫・殺菌剤の空中散布による河川水への影響は、短いものでは1日半で消失するため、環境への負荷を調査するには採水日のタイミングが重要であることが示唆された。

謝 辞

本研究は、環境省の「平成16年度農薬残留対策総合調査」の委託事業の一環として行われたものである。

本事業を実施するにあたり調査計画策定などにご尽力いただいた兵庫県健康生活部環境局水質課の村松和夫主査、採水及び情報提供にご協力いただいた笹倉丈夫課長補佐をはじめとする兵庫県北播磨県民局県民生活部環境課の方々、並びに農薬使用実績及び水稻栽培に関する情報を提供いただいたみのり農業協同組合加美町営農経済センターの岸本浩センター長に謝意を表します。

文 献

- 1) 中西準子：環境リスク学—不安の海の羅針盤—，日本評論社(2004)
- 2) 月岡忠，寺沢潤一，吉田徹也，山本明彦，小沢秀明，佐藤守俊，丸山節子：野鳥突然死の原因究明，長野県衛生公害研究所研究報告，22，25-31 (1999)
- 3) 沼辺明博，永洞真一郎：環境中における農薬の動態及び環境影響の逓減に関する研究，北海道環境科学研究センター所報，27，97-101 (2000)
- 4) 築地邦晃，伊藤美穂，中南真理子：イネいもち病防除薬剤の河川における消長，岩手県農業研究センター研究報告，1，1-8 (2000)
- 5) 村上加枝，下田喜則，小中ゆかり，松木司，佐伯彩路，矢野泰正，大倉健二，世良勝利：河川からの農薬検出状況，広島市衛生研究所年報，19，92-94 (2000)
- 6) 西沢憲彰，次田啓二，落位勅：福井県内河川における農薬汚染実態調査（第5報）三方湖流域における実態調査，福井県環境科学センター年報，28，114-121 (1999)
- 7) 石塚伸一，工藤健，大久保英樹：ベンチオカーブの水田における挙動及び河川への流出状況，青森県環境保健センター研究報告，8，27-33 (1997)
- 8) 永洞真一郎，沼辺明博，村田清康：農用地からの農薬流出調査，北海道環境科学研究センター所報，24，78-80 (1997)
- 9) 兵庫県：平成16年度公共用水域及び地下水の水質の測定に関する計画 (2004)
- 10) 兵庫県企画管理部管理局統計課：平成15年兵庫県統計書，p.58-62，兵庫(2005)
- 11) 水質汚濁に係る環境基準について，昭和46年12月28日付環境庁告示第59号
- 12) 環境庁水質保全局長通知：ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指針について，平成2年5月24日付環水土第77号，ほか平成3年7月30日付

環水土第 109 号, 平成 4 年 12 月 21 日付環水土第 187 号
など

- 13) 環境庁水質保全局長通知: 公共用水域等における農薬の水質評価指針について. 平成 6 年 4 月 15 日付環水土第 86 号
- 14) 香月繁孝, 数賀山靖, 後藤宗玄: 農薬便覧・第 8 版, p.1108, 社団法人農山漁村文化協会, 東京(1999)

- 15) 吉田光方子, 鄭小萍, 藤森一男: 加古川下流域における農薬の濃度変動, 兵庫県立健康環境科学研究所年報, **2**, 162-167(2003)
- 16) 藤森一男, 吉田光方子: 河川中における農薬の濃度, 第 14 回環境化学討論会講演要旨集, 674-675(2005)
- 17) 上杉康彦, 上路雅子, 腰岡政二: 第 3 版(1997)最新農薬データブック, p.351, (株)ソフトサイエンス社, 東京(1997)