水田に施用された農薬施用量推定法の検討

沼 辺 明 博* 井 上 隆 信** 海老瀬 潜 一***

Comparison of Estimation Methods of Pesticides Amounts Applied to Paddy Fields

Akihiro NUMABE*, Takanobu INOUE** and Senichi EBISE***

* Hokkaido Institute for Environmental Sciences, Kita-19 nishi-12, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido, 060-0819, Japan

** Department of Civil Engineering, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu, 501-1193, Japan

*** Department of Civil Engineering, Setsunan University, 17-8 Ikedanakamachi, Neyagawa, Osaka, 572-0074, Japan

Abstract

To estimate the application amount of pesticides for paddies, the sales amounts sold by ten agricultural cooperatives (agr-coops) in Ibaraki and Hokkaido were investigated.

The amounts sold from these agr-coops in Ibaraki and Hokkaido and the amounts shown in "Noyaku Yoran", the Japanese Pesticides Handbook, were compared. The share of the amount of pesticides sold by each agr-coop was investigated by dividing the standard application area for herbicides sold by the agr-coop by the rice planted area to find the herbicide-application-area ratio (R).

The standard application amounts of herbicides for rice plantings were sold by five of agr-coops. Three coops in Ibaraki, however, sold fifty percents or less of the standard application amounts. The amounts sold by three agr-coops cannot be evaluated application amounts of pesticides. The amounts of pesticides used as obtained from the Handbook were quite different from the amounts sold by the agr-coops. Accordingly, the exact amount of pesticides used in the areas evaluated cannot be determined from the Handbook. In order to learn the exact amount of pesticides in the area to be evaluated, it is necessary, therefore, to investigate the amounts sold by agr-coops having a large share of the pesticides market.

Key words : pesticides, rice planting, agricultural cooperatives, Noyaku Yoran, application amount of pesticides

1. はじめに

農薬は環境中に直接放出して用いられる化学物質であり、他の化学物質に比べ環境中から高い濃度で検出されている。したがって、化学物質による環境影響の軽減を図る上からも農薬の環境内動態解析は重要である。特に、水田施用農薬は畑地用に比べ水系へ流出しやすく¹⁾、環境に与える影響も大きいと考えられる。このため、水田からの農薬流出解析に関して数多くの報告がなされている²⁻¹⁰⁾。

農薬の環境内動態の解析には、農薬施用量など、調査地域における農薬の使用実態の把握が必要であり、このために我々が容易に入手できる資料は、農薬製造会社からの報告をもとに農薬製剤の都道府県別出荷量を集計した農薬要覧（以下、要覧と略す）である。

丸³⁾、山口⁴⁾は要覧の県内農薬出荷量に調査地域の水田面積割合を乗じて施用量を求め、水田からの農薬流出

解析を行っている。笹川⁵⁾、永瀬⁶⁾は調査地域の農協で農薬販売量を調べ、さらに丸⁷⁾は小流域の流出調査に際し、個々の農家に対するアンケート調査を実施している。丸が行ったアンケート調査は、調査地域の農薬施用量を正確に把握する最も確実な方法と考えられる。しかし、調査地域が広域な場合には農家戸数も多くなり、戸別調査は極めて困難となる。

筆者らは、同一の防除目的に複数の薬剤が販売されるなど、地域ごとに施用農薬の種類や量が異なることも予想されることから、要覧による農薬施用量の推定では不正確と考え、水田施用農薬の流出調査に際し、調査地域の農協において、可能な場合には支所あるいは流域別の農薬販売量調査を行い、農薬の流出解析を行ってきた^{8,9)}。その結果、農協の販売シェアが高い地域では、農協における販売量調査が有効であると考えられた。しかし、流出解析に用いた農薬施用量について、その妥当性を検討した例は少ない¹⁰⁾。

* 北海道環境科学研究センター 〒060-0819 札幌市北区北19条西12丁目

** 岐阜大学工学部 〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

*** 摂南大学工学部 〒572-0074 寝屋川市池田中町17-8

本稿では、水田からの農薬流出解析に用いる農薬施用量を、要覧の都道府県別出荷量と農協の販売量から推定し、両者の比較を行った。また、農協系の農薬販売シェアは年々低下する傾向がみられることから、農協における農薬販売量の評価を試みた。

2. 方法

2.1 農協における農薬販売量調査

農薬販売量調査は、水田施用農薬に関する詳細な河川流出調査⁸⁾を行った1991年に茨城県内7農協で、1995～98年に北海道内3農協で実施した。

茨城県では、水稻移植前後から6月末までに施用される農薬を対象に、各農協の販売状況を考慮し、1990年12月～91年5月(AM・TY農協)、1991年2～5月(IS・NH・SK・TC農協)、1991年2～6月(YS農協)に販売された農薬製剤の販売量を集計した。このうち、YS農協では8支所、AM農協では4支所、TY農協では3支所に集計を行った。

北海道では、TD農協が1995・96年の2年間に、NP・NG農協が1996～98年の3年間に販売した全農薬製剤の年間販売量を集計した。なお、TD農協では前年10月から当年9月、NP・NG農協では2月から翌年1月の販売量を年間販売量として集計している。また、1996年のTD農協では、TD川流域(TD-R)49戸に販売された水田施用農薬製剤の戸別販売量についても調査を実施した。なお、返品された農薬量は考慮していない。

2.2 農協における農薬販売量の評価

我が国の農薬流通経路は農協系(系統)と一般小売系(商系)の2系統がある。このうち、商系は販売店も多く、販売量の把握は困難であった。一方、系統の販売シェアは全国平均で約70%とされており¹¹⁻¹³⁾、農協の販売量を施用量として用いるには、その妥当性を検証する必要がある。

水田用除草剤の施用は、移植前後に初期剤、移植後15～25日に中期剤、その後必要に応じて後期剤を用いる体系処理と、移植後1回の処理で済ませる一発処理の二法があり、同一製剤が同じ水田に重複して施用されることは少ない。除草剤の施用は施用基準にもとづき、個々の農家がこの二法を圃場ごとに選択して行っており、ここでは、初期剤と一発剤の併用が少ないことに着目し、農協における水田施用農薬の販売量評価を試みた。すなわち、初期剤、一発剤について、個々の除草剤(製剤)の販売量と規定施用量から除草剤*i*(製剤)の規定施用面積 A_i (ha) を求め、各農協で販売された初期剤と一発剤の規定施用面積の合計 ΣA_i (ha) と水稻作付面積 A_r (ha) の比 R から農協の販売量と施用量の関係を推定した。

$$A_i = S_i / Q_i \quad (1)$$

$$R = \Sigma A_i / A_r \quad (2)$$

S_i : 除草剤 i (製剤) の販売量 (kg), Q_i : 除草剤 i (製剤) の規定施用量 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), R : 除草剤施用面積比率

なお、水稻作付面積は各年度の道・県の農林統計および各市町村の生産調整割当面積を用いた。

農協で販売された除草剤(製剤)の R が約1となることで、その地域に施用される農薬の多くが農協をとおして販売されていると考えられ、農協の販売量をその地域の農薬施用量とすることができる。

2.3 水田への農薬施用量推定方法の比較

検討対象農薬は、おもに直接水田に施用される水田用農薬製剤のみとし、スミチオン乳剤のように畑作等、広範に用いられる製剤は対象外とした。

1991年の茨城県に関しては、販売量調査を行った期間から、6月初旬までに施用がほぼ完了する初期除草剤および一発処理剤について比較した。北海道については1996・97年の2年間の調査結果を用いた。

農薬施用量の比較は以下の方法で行った。

水田用農薬製剤に関して、要覧の県内出荷量、農協の全販売量、支所または流域別の販売量を集計し、各製剤の有効成分含有率から有効成分販売量を求めた。次に、この有効成分販売量を水稻作付面積で除して1ヘクタール当たりの施用量(比施用量: $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$) を求め、県内の比施用量と各農協および支所・流域の比施用量を比較した。

3. 結果と考察

農協の販売量から求めた初期除草剤と一発処理剤の施用面積比率(R)をTable 1に示す。また、要覧の県出荷量から同様に求めた R 、および水稻作付面積 (A_r) と水稻作付面積比率 (r) を一緒に示した。

要覧から得られた R は1.1～1.4と1を超えているが、販売店が一定の在庫を持つことを考慮すると、要覧の出荷状況から両県における施用農薬の概要把握は可能と考えられる。

北海道の3農協における R の値はTD-R流域も含め0.86～1.12の範囲であった。通常、 R の値は、

①水田用除草剤は一般に10a当たりの規定量を単位として梱包され販売されていること

②個々の農家の水稻作付け面積、水田の区画面積は正確に10a単位となっていないこと

などから、正確に1とはならず、規定量より多く購入する農家がある一方で、農協が減農薬栽培を強力に推進している地域もあることなどを考慮すると、3農協の農薬販売量はその地域の必要量をほぼ満たしており、いずれも農協の販売量で農薬施用量を推定できと思われる。

1991年の茨城県では、NH農協の R は0.93、YS農協は各支所も含め1.12～1.27の範囲にあり、この2農協管内では、水田用農薬はおもに農協をとおして販売されていることを示している。TC・TY農協の R は0.7前後となり、一部農協以外からの購入も考えられるが、農協の販売量で施用量の概要が把握できと思われる。

他の3農協では、 R が0.5あるいはそれ以下となり、これらの地域の農薬施用量は農協の販売量で推定できない。また、AM農協では支所別の R が0.36～0.81と大きく異なり、同一農協内であっても地域ごとに農薬の販売状況が異なることを示している。

近年、農産物を農協以外の商社に販売し、農業資材を農産物を販売した商社から購入する農家もみられる。しかし、米は依然として農協をとおしての流通が多く、水稻作付面積比率 (r) の大きい地域では R も大きくなると考え、 R と r の関係について検討を試みた。その結果、AMおよびTY両農協の支所間では r が小さくなると R も小さくなる傾向が認められたが、IS・SK農協は相対的に r が大きいにもかかわらず R は小さく、 r と R の間

Table 1 The herbicide-application-area ratio (R), rice planted area and ratio of rice planted area (r)

Ibaraki Pref			Agr. Coops.				
			IS	SK	TC	NH	
1991	Ar	80200	916	459	873	485	
	r	0.498	0.424	0.427	0.342	0.433	
	R	1.12. ¹⁾	0.36	0.45	0.73	0.93	
			AM	Branches of AM Agr. Coops.			
				AM-1	AM-2	AM-3	AM-4
	Ar		649	184	193	93	178
	r		0.376	0.397	0.299	0.494	0.416
	R		0.51	0.38	0.46	0.81	0.55
			TY	Branches of TY Agr. Coops.			
				TY-1	TY-2	TY-3	
	Ar		568	197	179	192	
	r		0.330	0.275	0.334	0.411	
	R		0.74	0.69	0.82	0.73	
			YS	Branches of TS Agr. Coops.			
				YS-1	YS-2	YS-3	YS-4
	Ar		1751	188	212	241	221
	r		0.455	0.530	0.457	0.468	0.510
	R		1.19	1.24	1.11	1.19	1.18
				YS-5	YS-6	YS-7	YS-8
	Ar			232	225	218	213
	r			0.522	0.297	0.462	0.528
	R			1.15	1.12	1.24	1.27
Hokkaido Pref.			Agr. Coops.				
			TD	TD-R	NP	NG	
1995	Ar	163000	1370				
	r	0.144	0.617				
	R	1.36. ¹⁾	0.99				
1996	Ar	155000	1330	307	3630	6310	
	r	0.138	0.509	—	0.641	0.579	
	R	1.31. ¹⁾	0.86	0.98	1.07	1.06	
1997	Ar	154000			3620	6300	
	r	0.140			0.641	0.583	
	R	1.12. ¹⁾			1.07	0.94	
1998	Ar	142000			3250	5630	
	r	0.141			0.576	0.521	
	R	1.18. ¹⁾			1.12	1.09	

$$R = \Sigma A_i / Ar$$

A_i : standard Application Area
of Herbicide Product i (ha)

Ar: Rice Planted Area (ha)

$$r = Ar / Ac$$

Ac: Total Cultivation Area (ha)

TD-R: TD River Basin

1): Calculated with "Noyaku Yoran"

に一定の関係はみいだせなかった。R が小さくなる理由として、減農薬栽培による農薬施用量の減少も一因と考えられるが、茨城県において兼業農家が多いことと除草作業の手間を考えると、除草剤施用の極端な減少は考え難く、商系の進出による系統の販売シェアの低下が大きく影響しているものと思われる。しかし、商系と系統の農薬販売実態に関する詳細は不明である。

Table 2 に示した水田施用農薬の有効成分について要

Table 2 Lists of investigated pesticide ingredients used for estimation of application amounts

Ibaraki Pref. Herbicides	Bensulfuron-methyl(BSM) Esprocarb(ESP) Pyrazolynate(PRZ)	Butachlor(BUT) Mefenacet(MFN) Pyributicarb(PYR)	Chlornitrofen(CNP) Pretilachlor(PRE)
Hokkaido Pref. Herbicides	ESP MFN Bentazone(BNT)	PRE PRZ Molinate(MOL)	PYR Simetryn(SIM)
Insecticides	Ethofenprox(ETF) Fenthion(MPP)	Fenobucarb(BPMC) Phenthoate(PAP)	Fenitrothion(MEP)
Fungicides	Edifenphos(EDDP) Pyroquilon(PRO)	Fthalide(FTR)	Probenazole(PRB)

覧の出荷量と農協の販売量から比施用量を求め、1991年茨城県に関して **Table 3** に、1996・97年の北海道に関して **Table 4** に示す。なお、**Table 2** に示した20成分については () 内の略記を用いて表記する。

茨城県の IS・SK 農協管内では、農協の販売量で施用量を推定できないことが明らかになり、AM 農協の R の値が小さい3支所とともに検討から除外した。初期除草剤成分の CNP と BUT は1996年にはすでに製造販売が中止されており、北海道では検討対象から除外した。

1991年に茨城県へ出荷された水田用初期除草剤および一発処理剤に含まれる有効成分は19成分で、その比施用量は MFN の $402\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ から Clomeprop の $0.6\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ まで様々であった。北海道について1996年に出荷された水田用農薬を例にみると、除草剤31成分、殺虫剤19成分、殺菌剤24成分で、除草剤は ESP の $496\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ から Phenothiol の $0.07\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ 、殺虫剤は MEP の $467\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ から Buprofenzin の $0.06\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ 、殺菌剤は FTR の $496\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ から Cupper の $0.17\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ であった。

1991年茨城県について、要覧の出荷量と農協の販売量から得られた比施用量を比較すると、TC・NH・TY 農協の PRZ, TC 農協の BSM などは要覧と各農協の比施用量がほぼ一致している。しかし、他の多くの成分は要覧との比較のみならず農協間でも大きく異なっていた。例えば、県内で最も販売量が多かった MFN は、県内比施用量に対し YS 農協の比施用量は135%, TY 農協は125%と多いが、NH 農協は60%, TC 農協は72%と少ない。次に販売量の多い CNP は、全ての農協で県内比施用量を下回り、県を上回ったのは YS 農協の1支所のみであった。特に、NH 農協では県内比施用量 $244\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ に対し $7\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ に過ぎず、AM 農協の支所 (AM-3) では販売されていない。また、YS 農協では全農協平均 $146\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ に対し、支所別では31 (YS-6) ~ $374\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ (YS-4) と支所ごとに大きく異なっていた。他の成分に関しても、県内と農協では大きな違いがみられた。表には省いたが、Thiobencarb の県内比販売量は $225\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ であったが、調査を行った7農協では、いずれの農協でも水田用除草剤としては販売されていなかった。

北海道は他県に比べ広大な面積を擁しており、農薬の施用は北海道が発行する病害虫防除・除草剤使用基準をもとに、農業改良普及センターが担当区域の農協と別途手引き書を作成し指導している。NP 農協と NG 農協は同じ普及センター内の隣接した農協である。

茨城県と同様、要覧から得られた比施用量と各農協の比施用量は大きく異なっていた。除草剤成分・PRZ を例にみると、1996年には、道内比施用量 $123\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ に対し

Table 3 Rice planted area and specific application amounts of pesticide ingredients sold from agricultural cooperatives in Ibaraki

	Ar ha	CNP g·ha ⁻¹	BUT g·ha ⁻¹	PRE g·ha ⁻¹	PYR g·ha ⁻¹	PRZ g·ha ⁻¹	MFN g·ha ⁻¹	ESP g·ha ⁻¹	BSM g·ha ⁻¹
1991 Ibaraki Pref.	80200	244	116	104	8	126	402	142	20
TC	873	60	79	69	4	121	292	277	18
NH	485	7	56	255	0	123	236	341	30
AM	649	5	42	2	8	73	333	104	8
AM-3	93	0	96	12	0	108	486	180	23
TY	568	30	63	22	8	132	499	83	2
TY-1	197	11	73	22	9	160	426	0	0
TY-2	179	73	47	36	7	81	517	263	6
TY-3	192	11	69	19	6	150	557	0	0
YS	1751	146	190	39	8	451	541	315	9
YS-1	188	93	197	32	5	474	716	230	8
YS-2	212	71	228	29	14	421	522	129	3
YS-3	241	50	178	43	8	400	534	304	8
YS-4	221	374	136	24	6	326	436	336	9
YS-5	232	204	113	77	4	252	645	159	5
YS-6	225	31	193	24	7	460	614	240	6
YS-7	218	113	207	34	10	496	431	545	14
YS-8	213	234	277	34	7	672	436	544	15

Table 4 Rice planted area and specific application amounts of pesticide ingredients sold from agricultural cooperatives in Hokkaido

		Herbicides							
	Ar ha	PRE g·ha ⁻¹	PYR g·ha ⁻¹	PRZ g·ha ⁻¹	MFN g·ha ⁻¹	ESP g·ha ⁻¹	MOL g·ha ⁻¹	SIM g·ha ⁻¹	BNT g·ha ⁻¹
1996 Hokkaido Pref.	154800	157	141	123	217	496	71	19	75
TD	1330	29	190	62	13	68	38	6	24
TD-R	307	24	237	20	14	75	43	8	0
NP	3630	190	155	47	329	378	64	62	124
NG	6310	225	141	708	126	233	63	16	184
1997 Hokkaido Pref.	154300	160	72	166	97	205	58	15	67
NP	3620	276	95	184	174	333	291	82	181
NG	6300	324	120	980	50	94	60	17	221
	Insecticides					Fungicides			
	BPMC g·ha ⁻¹	MEP g·ha ⁻¹	MPP g·ha ⁻¹	PAP g·ha ⁻¹	ETF g·ha ⁻¹	FTR g·ha ⁻¹	EDDP g·ha ⁻¹	PRB g·ha ⁻¹	PRQ g·ha ⁻¹
1996 Hokkaido Pref.	199	467	225	210	107	493	201	90	101
TD	494	344	114	156	312	754	142	797	119
TD-R	403	434	165	142	388	784	206	1330	124
NP	219	612	369	69	41	252	324	5	22
NG	112	116	472	4	76	193	267	3	7
1997 Hokkaido Pref.	183	419	133	205	113	398	177	131	94
NP	208	597	403	76	42	253	348	20	177
NG	99	115	487	2	64	194	278	3	52

NG 農協では約 6 倍の 708g·ha⁻¹、逆に TD 農協では 5 割、NP 農協では約 4 割に過ぎず、要覧の出荷量から施用量を推定すると、NG 農協では過小に、TD・NP 農協では過大に見積もることになる。また、1997 年には道内の比施用量（要覧）が 96 年の 135% の増加に対し、NP 農協では 390% の大幅な増加がみられ、NP 農協の比施用量は道内比施用量を大きく上回った。殺虫剤、殺菌剤成分に関しても、TD 農協における BPMC・ETF・FTR・PRB は、要覧からは過小に見積もられ、NP・NG 農協では、MEP・MPP・EDDP は過小、PAP・ETF・PRB は過大となり、要覧の出荷量からは正確な施用量を得ることができない。また、TD-R 流域に関しては、要覧からの推

定値に比べ農協販売量からの推定値の方がより一致していた。

以上の結果から、A 農協の B 農薬というように個々の成分では、要覧から得られた県内比施用量と農協の販売量から得られた比施用量が一致するものもみられる。しかし、Table 3, 4 で示されたように、県内の出荷量が多い農薬であっても、全ての農協で平均的に販売しているものはみられない。また、北海道の NP・NG 農協のように、栽培条件が比較的類似する隣接した農協であっても、それぞれの比施用量は大きく異なっており、年度によっても大きく変動していた。これらの結果は、農薬要覧の都道府県別出荷量からは調査地域の農薬の施用量を正確

に把握できないことを意味している。実際、要覧の出荷量をもとに小流域の流出率を求めると、50%以上、ときには100%を超える場合もみられ、少なくとも農協における販売量調査が必要であることを示している。しかし、茨城県内の農協でみられたように、同一農協内であっても地域ごとの比施用量が大きく異なる農薬もみられることから、調査地域のより正確な施用量を得るためには、可能な限り支所別、或いは流域別の販売量調査を行うことが必要である。また、一部に農協の販売シェアが小さい地域も認められることから、農協の販売量で施用量を推定するためには、農協における農薬販売状況の評価が必要であり、それには本稿で示した除草剤（製剤）の施用面積比率による検証が有効と考えられる。

近年、農協の統合による広域化が進み、農薬販売の本所一括管理により支所別や流域別の詳細な資料を得にくい状況が進みつつある。実際、YS農協では1993年以降、支所別販売量の把握が困難になった。さらに、農家戸数や就農人口の減少、それに呼応する形での営農規模の拡大で、居住地域外に耕作地を持つ農家の増加もみられ、販売された農薬が調査区域外に施用されることも考えられる。今回の調査地域では、区域外耕作が少ないことを確認し、流出率等の解析でも、ほぼ妥当な結果が得られている⁸⁻¹⁰⁾。しかし、今後は農薬の区域外移動にも注意が必要であり、流出解析の結果をみながら、農薬施用量の逆評価も必要と考えられる。

農薬の環境内における動態解析は生態系の保全からも重要な課題の一つであり、そのためには正確な農薬施用量の把握が必要である。このためには、商系も含めたより詳細な農薬販売量統計の整備が求められる。

4. 結 論

水田からの農薬流出解析に必要な農薬施用量を把握する目的で、農協で農薬販売量調査を行い農薬要覧の都道府県別出荷量と比較検討した。また、農協の販売量を施用量として用いることの妥当性について、重複施用が少ない初期および一発処理除草剤の販売量から除草剤（製剤）の規定施用面積を求め、水稻作付面積との比較から農協における農薬販売量を評価し、以下の結果を得た。

1) 農薬要覧の都道府県別出荷量から推定される比施用量と農協の販売量から得られる比施用量には大きな違いがみられた。

2) 各農協の農薬販売量から得られた比施用量は、隣接した農協であっても違いがみられた。

3) 1), 2)から、農薬の比施用量は地域ごとに異なることが明らかになり、要覧の都道府県別出荷量からは調査地域の農薬施用量を正確に把握することは困難であり、少なくとも農協における販売量調査を行う必要がある。

4) 同一農協内であっても地域により比施用量の異なる農薬がみられることから、可能な場合には支所あるいは流域別の販売量集計が必要である。

5) 農協の水田用農薬販売量を除草剤（製剤）の販売量で検証した結果、除草剤（製剤）の規定施用面積と水稻作付面積の比が0.3~1.3となり、農協における農薬販売シェアの小さい地域のあることが認められた。

6) 農薬の動態解析は重要な課題の一つであり、商系も含めた、より詳細な農薬販売量統計の整備が求められる。

謝 辞

本調査にあたり農薬の販売量に関する資料を提供していただいた農協各位に深く感謝いたします。

(原稿受付 2001年6月1日)

(原稿受理 2001年10月23日)

参 考 文 献

- 1) 金澤純 (1992) 農薬の環境科学, PP.141-150, 合同出版.
- 2) 中村又善, 大崎靖彦 (1984) 環境中における農薬に関する研究 (第2報), 全国公害研究会誌, 9, 35-39.
- 3) 丸論 (1985) 千葉県内河川の農薬モニタリング, 生態化学, 8, 3-10.
- 4) 山口之彦, 福嶋実, 藤田忠雄, 山田明男 (1991) 淀川水系における農薬の分布および季節変動, 環境化学, 1, 56-63.
- 5) 笹川容宏, 松井三郎, 山田晴美 (1996) 琵琶湖南湖流域における水田除草剤の流出に関する調査, 水環境学会誌, 19, 547-556.
- 6) 永淵修, 井上隆信, 海老瀬潜一, 浮田正夫 (1997) ダム集水域における水田からの殺菌剤の流出量と流出特性, 土木学会論文集 VII-3, 49-60.
- 7) 丸論 (1991) 水系環境における農薬の動態に関する研究, 千葉県農業試験場特別報告, 18, pp.34-41.
- 8) 沼辺明博, 井上隆信, 海老瀬潜一 (1992) 田園地河川における水稻移植後の農薬流出量の評価, 水環境学会誌, 15, 662-671.
- 9) 沼辺明博, 永洞真一郎 (1999) 田園地河川における水田除草剤の流出負荷, 第33回水環境学会年会講演要旨集, 8.
- 10) 井上隆信, 海老瀬潜一 (1994) 田園地河川における水田からの農薬流出量の定量評価, 国立環境研究所研究報告, 133, 87-100.
- 11) 農林水産省農産園芸局植物防疫課監修 (1992) 農薬要覧1992, 日本植物防疫協会.
- 12) 農林水産省農産園芸局植物防疫課監修 (1997) 農薬要覧1997, 日本植物防疫協会.
- 13) 農林水産省農産園芸局植物防疫課監修 (1998) 農薬要覧1998, 日本植物防疫協会.