

岩手県立農業試験場報告
第23号91-104(1982)

水田散布農薬の残留実態ならびに魚毒性

小 澤 龍 生

Residue and Fishtoxicity of Submerged
Application of Agricultural Chemicals in Paddy Field
by
Tatsuo OZAWA

目 次

- | | |
|---|----------------------------------|
| I はじめに | IV モリネートおよびベンチオカーブのコイに
およぼす影響 |
| II 水面施用殺菌剤 (IBP) および除草剤 (モ
リネート) の残留実態 | V 総 合 考 察 |
| III IBP 剤および水田散布用殺虫剤のドジョウ
におよぼす影響 | VI 摘 要 |
| | VII 引用文献 |

I はじめに

水田においては除草剤をはじめ、殺菌剤、殺虫剤がかなり頻繁にしかも広域に使用されており、これが水系に入りしばしば環境汚染の原因となっている。なかでも水面施用剤は単位面積当りの投下成分量他剤より多く、有効成分が水溶性であることから、水産動物への影響が懸念される場所である。実際に、昭和51年度において、岩手県内の養魚池で発生した魚(鯉)のへい死事故の原因が、一部の農薬(除草剤)に起因するのではないかとされ、その因果関係が問題となった。

農薬の魚類に対する毒性の評価は、原則として農薬原体の毒性ですべての製剤の毒性を代表させることとして魚毒性のランク付けをA~D類に分類している^{1,2)}。しかし、この分類方法の問題点が指摘され³⁾、その補正方法として農薬の単位面積当りの使用量から水田水中の期待濃度を求め、製剤の半数致死濃度をもとに危険度を算出し、毒性を評価するよう考慮されている^{3,4)}。このような急

性毒性の評価からしても、上述のようなへい死魚の発生原因を類推することは困難であり、半数致死濃度よりさらに低い濃度に長時間さらした場合の魚類への影響を農薬の種類ごとに調査した結果から判断されるべきであろう。このような背景から、ここでは投下薬量の多い水面施用剤 (IBP、モリネート、ベンチオカーブ) をとりあげ、灌漑水中の残留実態ならびにドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor)、コイ (*Cyprinus carpio* Linne')) におよぼす影響について検討したところ、若干の知見を得たので、既報^{5,8)} の成績も含めてその結果を報告する。

本研究を実施するに当たり、農林水産省農業技術研究所農薬残留研究室金沢純博士にご指導をいただいた。また、元当場環境部長・大森秀雄氏ならびに現在北上農業改良普及所長・渡部茂氏 (前環境部長) には終始有益な助言と配慮を頂いた。

なお、コイにかかる魚毒性試験については、岩手県養魚場 (現在、岩手県内水面水産指導所・紫波支所) において、養魚場職員ならびに県庁漁業

振興課職員各位の協力のもとに実施した。とりわけ、コイの魚毒性にかかる病理学的検査については、当時の北上保健所、伊藤隆夫博士（現在、花巻保健所）の協力を賜った。これらの方々に心から感謝の意を表す。

II 水面施用殺菌剤（IBP）および除草剤（モリネート）の残留実態

近年、稲いもち病防除のため粒剤の水面施用による使用量が年々増加しており、又、田植後20～25日頃に施用する、いわゆる中期除草剤の使用量も多くなっている。そこで、比較的投下薬量が多く、広面積に使うIBP剤（0.0-ジイソプロピル-S-ベンジルチオホスフェート）ならびにモリネート剤（S-エチル-ヘキサヒドロ-1H-アゼピン-1-カーボチオエート）の残留実態を明らかにしようとして、農試および現地の水田でこれらの製剤を施用し、その後の動向を調査した。

1. 調査方法

IBP 粒剤の水田および水路における消長

農試水田では、1972年8月1日にIBP粒剤（商品名・キタジンP（17%）を10a当り5kg（投下成分量・850g）水面施用した。施用区は灌漑水かけ流し区と止水区の2区を設け各5aとし、各区の水口部と水尻部から水と土壌（深さ5cmまでの表層土）を経時的に採取し、残留量を分析した。

灌漑水のかけ流しは薬剤施用後、ほぼ3週間継続した。止水区は水深4～6cmの湛水状態とし、2～3日ごとに流入し、水位を保持した。

次に、現地の調査場所として江刺市田原の農家水田を設定し、対象面積は集団水田22haとした

（第1図）。

1974年7月31日にIBP粒剤を10a当り5kg水面施用し、灌漑水と水田土壌を経時的に採取し、残留量を分析した。水田土壌は表層（0～5cm）と下層（5～10cm）とに分けて採取した。なお、稲体への残留量を知るため、出穂期、収穫期の稲体についても分析した。

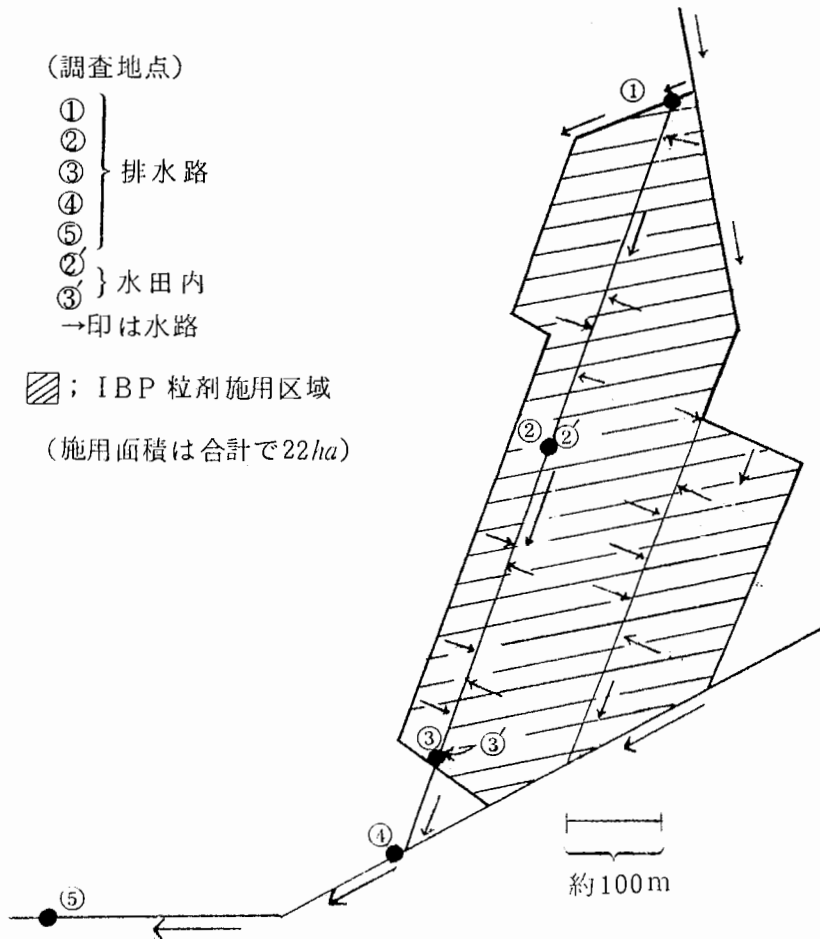
モリネート剤の灌漑水における消長

水沢市佐倉河字橋元の農家水田31aを対象に、1976年6月15日18時～19時にマメットSM粒剤（有効成分；モリネート・8%、シメトリン・1.5%、MCPB・0.8%）を10a当り3kg（投下成分量；モリネート・240g）水面施用した。

調査地点は上流の水路から、施用田、排水路を経て、下流の幹線水路までとし、これら地点における灌漑水中のモリネートの残留量を経時的に分析した（第2図）。

養魚池取水口地点における灌漑水中の2～3農薬の消長

花巻市二枚橋の民間養魚池に流入する取水口地点において、水田灌漑水の農薬の消長を1977年5月31日～7月27日まで計6回にわた



第1図 IBP粒剤施用区域現地水田略図（江刺市田原）

り調査した。

調査対象農薬は一般農家がこの時期に水田に使用するとみなされるもので、モリネート、ベンチオカーブ、PMPの3成分とした。

各農薬の分析法

1) **IBPの分析法** FTD (KBr) - ガスクロマトグラフィにより分析した。灌漑水の分析は、採取した水をろ過し、その100~200mlを塩化メチレンで抽出し、必要に応じて活性炭カラムクロマトグラフィで精製し、ガスクロマトグラフィで分析した。土壌の分析は、生土30~50gをアセトン抽出し遠心分離後、塩化メチレン転溶し、溶媒留去後ダルコG・60+アビセル(1:9)の混合カラムクロマトグラフィで精製後、ガスクロマトグラフィで分析した。稲体の分析は、細切した茎葉(生体)10~30gをアセトン抽出し、吸引ろ過後塩化メチレン転溶し、以下土壌の場合と同様の操作を経てガスクロマトグラフィで定量した。

なお、稲わらの場合はソックスレーでアセトン抽出後、塩化メチレン転溶した。

ガスクロマトグラフィの条件として、カラムは内径3mm、長さ2mのバイレックスガラス製で、充てん剤は5% DC-11クロモソルブ W・AW 60~80メッシュを用いた。カラム温度・200℃、検出器および注入口温度・250℃、キャリアーガスはN₂ 50ml/分、H₂・20ml/分、空気0.6l/分とした。

2) **モリネートの分析法** FPD (Sフィルター) - ガスクロマトグラフィにより分析した。採取した水をろ過し、その400~800mlに濃塩酸3mlを加え、クロロホルム100mlで2回抽出し、クロロホルム層を留去し、n-ヘキサンで一定容にしてガスクロマトグラフィで分析した。ガスクロマトグラフィの条件として、カラムは内径3mm、長さ1mのバイレックスガラス製で、充てん剤は5%シリコンAN600、ガスクロムQ(80~100メッシュ)を用いた。カラム温度・170℃、注入口温度・200℃、検出器温度・250℃、キャリアーガスはN₂ 40ml/分、H₂ 45ml/分、空気45ml/分とした。

3) **ベンチオカーブの分析法** FPD (Sフィルター) - ガスクロマトグラフィにより分析した。採取した水をろ過し、その400~800mlに0.1N硫酸200mlを加え、アセトン200mlで抽出後、n-ヘ

キサン転溶し、濃縮後、一定容にしてガスクロマトグラフィで分析した。ガスクロマトグラフィの条件としてカラムは内径3mm、長さ1mのバイレックスガラス製で、充てん剤は5%シリコンAN600、ガスクロムQ(80~100メッシュ)を用いた。カラム温度・240℃、注入口および検出器温度・250℃、キャリアーガスはN₂・40ml/分、H₂・50ml/分、空気・35ml/分とした。

4) **PMPの分析法** FPD (Pフィルター) - ガスクロマトグラフィにより分析した。採取した水をろ過し、その800mlに塩化ナトリウム16gを加え、塩化メチレン100mlで2回抽出後、脱水、濃縮、乾固し、アセトンで一定容にしてガスクロマトグラフィで分析した。ガスクロマトグラフィの条件として、カラムは内径3mm、長さ1mのバイレックスガラス製で、充てん剤は10% DC-200・クロモソルフ W(80~100メッシュ)を用いた。カラム温度・240℃、注入口および検出器温度・250℃、キャリアーガスはN₂・40ml/分、H₂・50ml/分、空気・50ml/分とした。

2. 結果および考察

IBP粒剤の水田および水路における消長

農試水田における調査結果は次のとおりであった。水田内灌漑水中のIBPの濃度は、施用1日後で止水区は3.7~9.5ppm、かけ流し区は、1.3~2.5ppmとなり、止水区の濃度が高かった。

この傾向は施用6日後までみられ、10日後に両区とも検出限界(0.006ppm)以下となった。

一方土壌中の濃度は、表層(0~5cm)のみの調査であるが、施用1日後で止水区は約30ppm、かけ流し区は約12.5ppm(いずれも水口、水尻の平均値)となり、灌漑水の場合よりかなり高濃度であった。また、日数経過による残留量の減少は緩慢であり、施用84日後(10月24日)でも0.93~1.56ppmであった。土壌の場合も止水区の方がかけ流し区より高い濃度で経過した。さらに、稲体中のIBP濃度においても、止水区の方が出穂期、収穫期とも高濃度であり、このようなことからして、防除効果の発現は、やはり止水区(湛水)で高いことが示唆された。

江刺市田原の現地水田における調査結果を第1

第1表-1 灌漑水および水田土壌におけるIBPの残留消長

区別	調査地点	経過日数	施用前	1日後	2日後	5日後	12日後	49日後	備考
		(7.30)	(8.1)	(8.2)	(8.5)	(8.12)	(9.18)		
排水路灌漑水	①	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	8月2日 排水路水温 24.0℃
	②	-	0.001	0.068	<0.001	<0.001	-		
	③	-	0.004	0.006	<0.001	0.012	-		
	④	-	0.002	<0.001	<0.001	0.022	-		
	⑤	-	<0.001	<0.001	-	0.029	-		
水田内灌漑水	②'	-	9.538	7.317	4.162	0.094	0.211	8月2日 水温 25.0℃ 水深 2.5~3cm 地温 24.5℃ (深さ 10cm)	
水田土壌	② { 上層 下層	<0.012	23.681	20.934	-	6.780	0.029		
		<0.012	0.098	2.905	-	0.571			

注：土壌の残留値は乾土重量当りで表示。

検出限界；水は0.001ppm、土壌は0.012ppm。

水田土壌；上層は0~5cm、下層は5~10cmまでの深さ。

第1表-2 稲体における残留量

部位別	出穂期 (8月12日生体)						収穫期(9・下旬)		
	止葉第2葉身以上	止葉第2葉鞘以上	止葉第3葉身以下	止葉第3葉鞘以下	穂	株全体	わら	玄米	
②'	濃度(ppm)	3.768	1.193	15.043	5.191	0.345	4.535	0.476	0.065
	重量(g)	(15.0)	(51.6)	(23.2)	(37.4)	(20.2)	(147.4)		
③'	濃度(ppm)	1.823	1.247	3.493	1.844	0.505	1.624	-	-
	重量(g)	(18.0)	(76.7)	(25.4)	(44.1)	(28.4)	(192.6)		

図および第1表-1・2に示した。

第1図は現地水田における試料採取地点の地形的概況を示したものである。すなわち、調査地点①はIBP粒剤施用区域の上流で、地点②、③は施用区域内の排水路であり、地点④はその下流で、本調査区域外の水田や、別の排水路からの灌漑水が合流し、地点⑤はさらに下流となる。

第1表-1から、調査地点②、③の灌漑水濃度は施用2日後に0.068~0.006ppmとわずかながら

検出された。

一般に水面施用剤は薬剤施用後、数日は止水して湛水状態を保持させなければならないが、この場合も薬剤の流出は少なかったものと判断された。

下流の地点④、⑤においては殆ど検出限界(0.001ppm)以下で経過した。しかし、12日後で0.02~0.03ppmとわずかではあるが検出されたのは、上流の水田の他区域にも本剤が施用されたためと考えられる。

一方、IBP粒剤施用水田の灌漑水濃度(地点②')

は施用1日後で9.54ppm、5日後でも4.16ppmと濃度低下は少なかったが、12日後では流入水により希釈され、0.09ppmにまで減少した。

次に施用水田土壌(地点②')の濃度は、表層(0-5cm)が1日後で23.68ppmと高いが、日数経過に伴い徐々に低下し49日後(9月18日)で0.21ppmとなった。これに対し下層(5-10ppm)はいずれの時期も表層より低濃度であり、濃度のピークは施用2日後であった。

第1表-2に稲体の残留量を示した。出穂期(8月12日)における稲体の濃度は株全体で地点②'のものが4.54ppm、地点③'が1.62ppm(いずれも生体当り)となっており、有効濃度とされる1.0ppm以上のとりこみ量であった。部位別にみると、葉身の濃度が高く、とくに止葉逆算第3葉身以下の下位葉での残留量が高い傾向を示した。

第2表 水田灌漑水中におけるモリネートの濃度消長

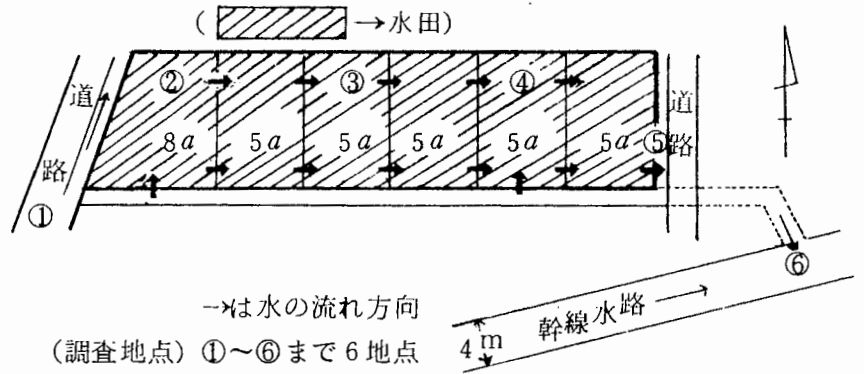
採水地点 No.	分析値 (ppb)			備 考
	施用1日後 (6月16日)	施用3日後 (6月18日)	施用6日後 (6月21日)	
①	6.3	1.7	1.3	水深(2~3cm 施用時)
②	2,056.3	34.4	87.5	水温(6月16日 施用時)
③	2,006.3	253.0	157.5	水温(6月16日 施用前)
④	2,034.3	457.5	29.1	水田内 25.5℃ 排水路 19.0℃
⑤	197.5	36.3	37.5	
⑥	2.4	1.1	2.3	

注；品種・農林116号、田植・5月10日(機械移植)、2反復平均値

水田灌漑水中のモリネートの濃度は、田面水(採水地点②、③、④、⑤)が比較的高濃度であり、施用1日後で198~2,056ppbであった。

一方、地点⑥は上流からの幹線水路で水量が豊富であり、通水により希釈されたためか、1~2ppb程度となり、施用水田よりはるかに低い濃度であった。

なお、本剤施用水田の上流となる地点①からも若干検出されたが、これは上流方面の一般水田でもモリネート剤が使用されたためと考えられる。



第2図 マメットSM粒剤施用水田略図(水沢市佐倉河)

モリネート剤の灌漑水における消長

第2図にマメットSM粒剤施用水田の略図を示した。

調査地点を①~⑥まで6地点設定し、調査結果を第2表に示した。

養魚池取水口地点における水田灌漑水の2・3農薬の消長

農薬の使用期間内における灌漑水の農薬成分の消長を第3表に示した。

これによると、ベンチオカーブは6月10日で19.1ppb検出され、6月20日にはさらに濃度が上昇し、6月30日には43.8ppbとピークに達し、7月に入り減少した。一方、モリネートおよびPMPはベンチオカーブより低濃度で経過したが、その消長はベンチオカーブと同様の傾向であり、

第3表 取水口地点における水田灌漑水中の農薬の消長

分析成分	水田灌漑水(排水)の時期別濃度					
	*5月/31日	6/10	6/20	6/30	7/7	7/27
モリネート	< 0.2 ppb	< 0.2	1.4	5.0	< 0.2	< 0.2
ベンチオカーブ	< 0.3	19.1	32.8	43.8	12.2	1.7
P M P	< 0.2	< 0.2	0.6	6.0	1.0	< 0.2

*5月/31日の数値は養鯉場内の池の水中濃度を示す。

いずれも濃度のピークは6月30日であった。

一般農家水田では、これらの成分を含有する製剤をいわゆる中期除草剤として、また水田初期害虫の防除剤として、6月中～下旬に使用しており、これと対応して灌漑水の濃度もこの時期が増加傾向を示し、加藤ら⁷⁾のベンチオカーブ、モリネートの消長調査結果と付合した。

III IBP剤および数種殺虫剤のドジョウに対する毒性試験

前述の灌漑水および土壌における農薬の残留実態から、水田内および水路などでごく普通に生息しているドジョウ(*Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor))に対し、農薬がどのような作用性を与えるのかを知らうとして、各薬剤の半数致死濃度より低い濃度系列を設定し検討した。供試農薬はIBP剤および殺虫剤のMEP、PAP、PMP、カルタップの各剤の単用または併用による影響をみた。

1. 試験方法

農業試験場ガラス温室内で、試験IはIBP(48%)乳剤を供試して1974年10月8日～14日までとし、試験IIはIBP(17%)粒剤を供試して同年10月16日～11月2日まで、さらに試験IIIはIBP乳剤と殺虫剤*

* MEP = チオリン酸 0.0 - ジメチル = 0 - 4 ニトロ - m - トリル
 PAP = ジチオリン酸 S - (α - (エトキシカルボニル) ベンジル) = 0.0 - ジメチル
 PMP = ジチオリン酸 0.0 - ジメチル = S - (フタルイミドメチル)
 カルタップ = ビス(チオカルバミン酸) S₂S₂ - [2 - (ジメチルアミノ)トリメチレン]

とを併用供試して、同年11月8日～12月9日までにわたり試験した。

供試魚の準備 野外で捕獲した当歳ドジョウ(体長3.5～5.5cm、平均体重0.64g)を水槽に飼育し、必要に応じて試験に供した。供試用ドジョウは試験開始に先立ちそれぞれの水槽に移し、一昼夜馴致させてから、正常な個体だけを選んだ。

供試水槽の規模、区制 ガラス水槽(60×29×30cm)を使用し、1水槽当たり20尾供試し、1濃度2水槽を使用した。

薬液使用量 1水槽につき、10ℓとした。この10ℓの容量はガラス水槽で約6cmの水深となった。

土壌加用区では、水槽の底面に農試場内の水田土壌(腐植質火山灰土)を敷きつめてから、一定量の水(又は薬液)を流入した。なお、土壌の加用量は全重量(水+土壌)の40%とした。この場合、ガラス水槽では、全重量15kgのうち土壌6kgを加用すると、敷きつめた土壌の深さは約3cm、水深は約5.6cmとなった。

供試濃度区分 供試濃度の設定は第3・4・5図の濃度区分に示したように、IBP剤はドジョウに対する半数致死濃度(TL_m48時間後)の約1/3～1/2の濃度を中心とした。

すなわち、試験IはIBP(48%)乳剤を0.48～19.2ppm区まで6段階設け、いずれも土壌無加用区とし、比較として土壌加用区(4.8ppm区)を設けた。

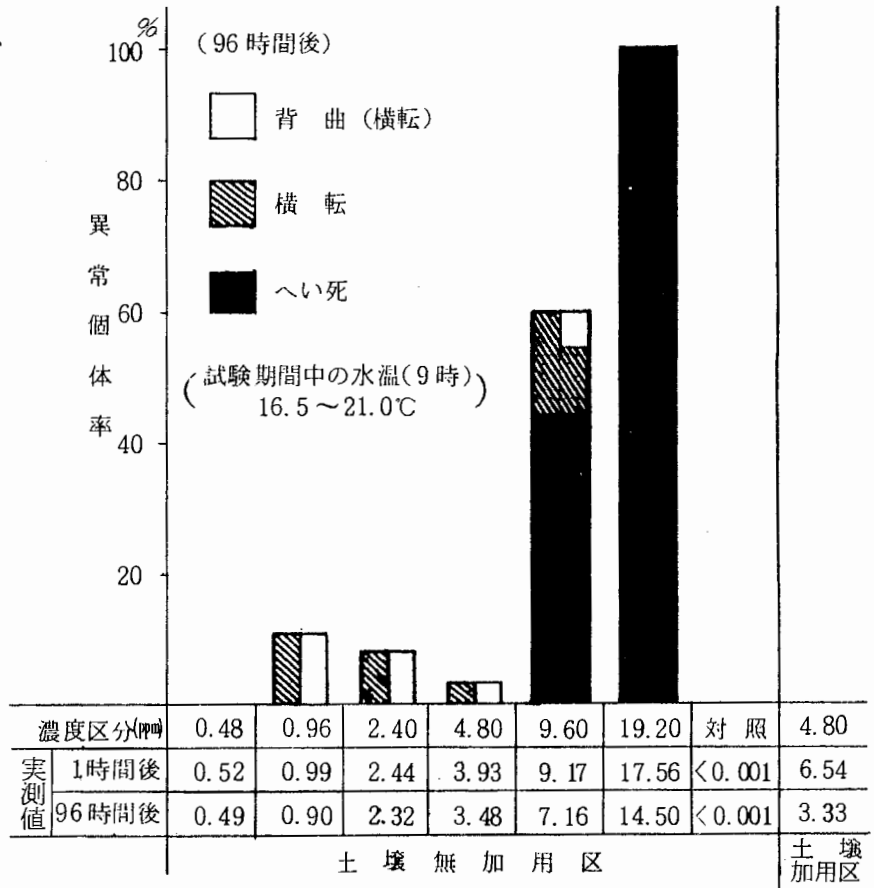
試験IIは土壌加用区とし、IBP(17%)粒剤を0.96～14.4ppm区まで7段階設け、比較として土壌無加用区を設けた。なお、薬剤添加量はいずれの区も全重量に対する濃度とした。

試験IIIはいずれも土壌無加用とし、IBP(48%)乳剤の4.8ppm区(48時間後の半数致死濃度の1/3)を基本に、各殺虫剤[PAP(50%)乳剤、MEP(50%)水和剤、カルタップ(50%)水溶剤

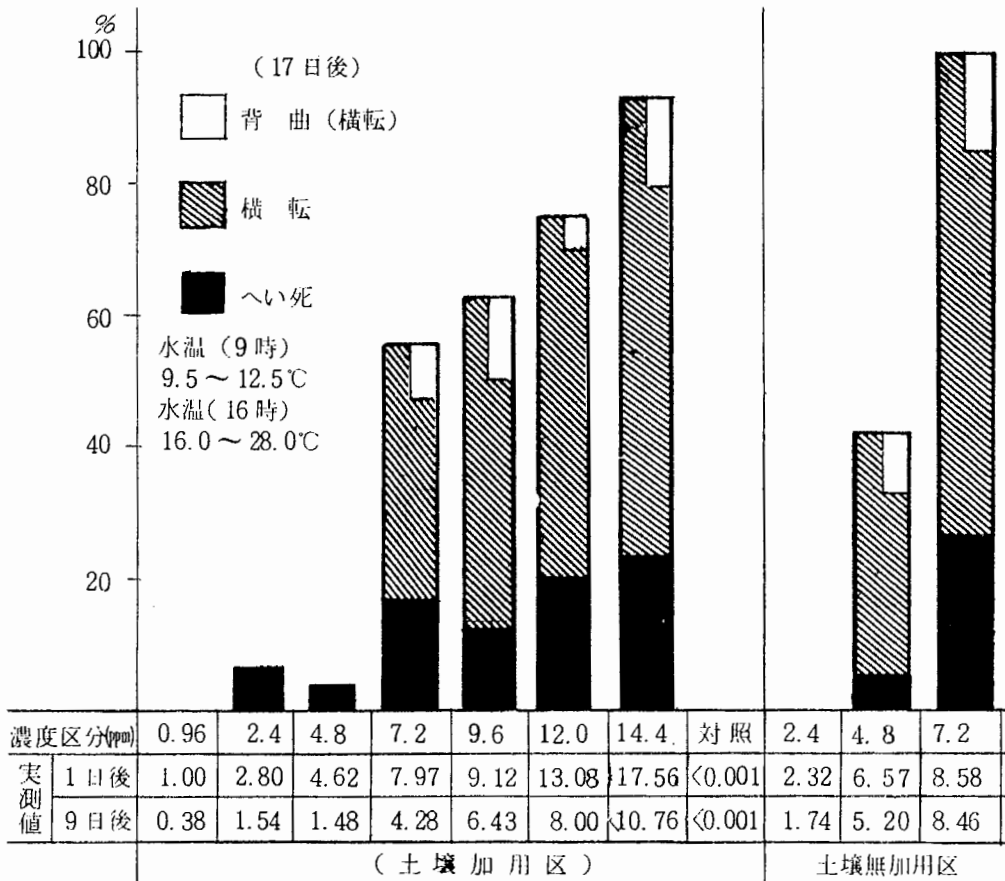
以下乳剤は(乳)、水和剤は(水)、水溶剤は(溶)と略す]をそれぞれ加用した。各殺虫剤の供試濃度は2段階設け、ドジョウに対する48時間後の半数致死濃度の1/5~1/3の濃度を下限とした。

調査方法 各濃度系列の水槽にドジョウを放飼し、時間経過に伴う挙動を、各個体ごとに、正常、横転(衰弱を含む)、背曲り、致死に分けて調査した。なお、試験Iおよび試験IIでは、それぞれの試験開始直後と、試験終了直後に水槽内のIBPの残留濃度を分析した。

土壌加用区は、ドジョウが泥にもぐり、十分な観察ができなかったため最終調査時に泥を洗い流し、供試ドジョウを別の水槽に移してから挙動を観察した。



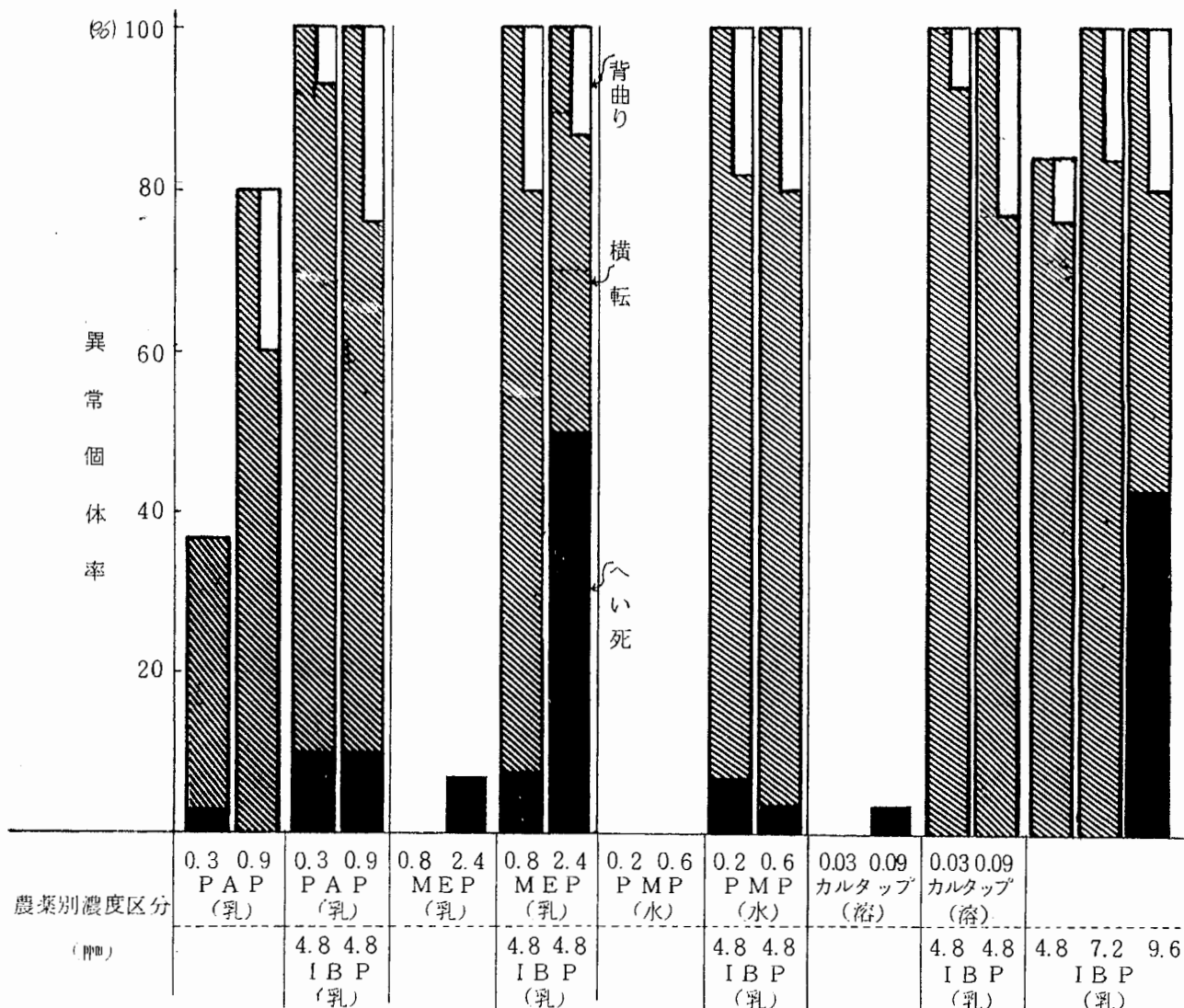
第3図 IBP乳剤のドジョウに対する影響(試験I) (1974年10月9日~10月13日)



第4図 IBP粒剤のドジョウに対する影響(試験II)(10月16日~11月2日)

2. 結果および考察

試験I 第3図にIBP(48%)乳剤の各濃度溶液における96時間(4日)経過後のドジョウの中毒状態を示した。IBP乳剤の濃度区分19.2ppm区は、薬液に放飼1時間後で40.0%、24時間後では100%のへい死率となった。これより1/2濃度の9.6ppm区では96時間後に、へい死率45.0%となり、残りの生存



(土壤無加用区)(31日後)(水温、9時・5.0℃、16時・16.0℃)
 第5図 IBP 乳剤と殺虫剤の併用に伴うドジョウへの影響 (試験Ⅲ)(11月8日~12月9日)

個体のなかに背曲り症状を示すものが2.5%と少ないながら認められた。さらに低濃度溶液の4.8、2.4、0.96ppm区になるに伴い、へい死個体の発生は認められなくなったが、背曲り症状を示す個体が2.5~7.5%の比率で発生した。最も低い濃度の0.84ppm区では、いずれの個体も異常は認められず、肉眼的に正常な状態であった。

4.8ppm区における土壤無加用、土壌加用の比較では、無加用区が2.5%の背曲り症状の発生をみたが、土壌加用区では異常個体の発生は全く認められなかった。土壌加用に伴うこのような毒性の低下は、水中のIBP濃度の分析値からもうかがわれた。つまり薬剤添加直後(1時間後)では各区とも設定濃度に近似し、無加用区は96時間後でも濃度低下があまりみられなかったのに対し、土壌加用区の水中濃度は6.54ppmから3.33ppmとなり、

薬剤添加直後の約1/2の濃度にまで減少したことがある。

これは薬剤成分が土壌に吸着されて、その分水中濃度が低下したためにドジョウに対する影響がみられなかったものと考えられる。

試験Ⅱ 第4図は土壌加用によるIBP(17%)粒剤のドジョウへの影響を示したものである。IBPのドジョウに対する48時間後のTLm値(半数致死濃度)は15.0ppmであり、本試験では薬剤添加17日後まで調べたが、へい死個体の発生は14.4ppm~2.4ppm区まで認められた。14.4ppm区(薬剤添加1日後の実測値;17.56ppm)における異常個体率は93.3%で、その内訳はへい死率23.3%、横転率70.0%(背曲り率13.3%を含む)であった。

以下これより低濃度区になるにしたがい、異常を示す個体は減少し、0.96ppm区では、対照区(薬

剤無添加)と同様に異常個体は全く認められなかった。

次に横転または背曲り症状を示す個体は、土壌加用区で7.2 ppm以上の高濃度区で、無加用区では4.8 ppm以上の高濃度区でそれぞれ認められたが、これより低い濃度区では発生せず、土壌の加用でドジョウの中毒症状(へい死、横転、背曲り)の発生比率は抑制された。水中の濃度分析結果から土壌無加用区水槽のIBP濃度は9日後でも減少程度が少ないのに対し、土壌加用区の水中濃度はかなり減少しており、本試験においても薬剤成分の土壌への吸着が考えられる。このようなことから土壌の存在下では、毒性が軽減される可能性があり、自然条件下において灌漑水中の農薬成分の濃度は水田内土壌および排水路などの底質土への吸着によって減少することが考えられる。

試験Ⅲ 第5図はIBP乳剤と各種殺虫剤(MEP、PAP、PMP、カルタップ)の組合せによるドジョウへの影響について、31日後の状況を示したものである。

本試験は、秋期後半に実施したため、水温は実際場面より低い状態で経過したが、その結果は次のとおりである。

IBP乳剤区；供試濃度4.8～9.6 ppm区のなかで9.6 ppm区はへい死率43.3%、残り56.7%はすべて横転(背曲り個体20%含む)した。7.2 ppmおよび4.8 ppm区ではへい死個体は認められなかったが横転するものが7日後以降増加し、最終調査時の31日後では正常な個体は殆どみられなかった。背曲り症状は13.3～20.0%の範囲で発生した。

IBP(乳)+MEP(乳)； MEP乳剤0.8 ppm区は異常を認めなかった。IBP(乳)4.8 ppm+MEP(乳)0.8 ppm併用区は1日後で大部分が横転し、4日後には83%の個体が正常状態に回復したように観察されたが、7日後以降再び横転個体が増加し回復しなかった。MEP乳剤2.4 ppm区は1日後に83.4%が横転したが、2日後以降徐々に回復し、14日後以降は大部分が回復し、へい死率は6.7%にとどまった。これに対しIBP(乳)4.8 ppm+MEP(乳)2.4 ppm区は殆どが横転し、以後回復はみられずへい死率50.0%となった。

IBP(乳)+PAP(乳)； 0.3 ppm区は7日後まで異常個体を認めなかったが、その後横転するもの

が現われ、最終的には横転個体率36.6%となった。

PAP(乳)0.9 ppm区では、1日後に殆どが横転し、回復する個体は少なく、横転個体率80.0%となった。IBP(乳)4.8 ppm+PAP(乳)0.3 ppm併用区は殆どが横転し、へい死率10.0%となった。

IBP(乳)+PMP(水)； PMP(水)0.2 ppm区は異常が認められなかった。PMP(水)0.6 ppm区では2日後に50.0%が横転したが、以後回復し、14日後以降はいずれの個体も異常は認められなかった。これに対し、IBP(乳)4.8 ppm併用区は初期には影響が少ないようであったが、14日後以降は殆どが横転し、へい死個体も若干発生した。

IBP(乳)+カルタップ(溶)；カルタップ(溶)0.03 ppm区は異常を認めず、0.09 ppm区では1日後に80.0%の横転個体が発生したが、以後比較的早く回復し、7日後にはへい死率3.3%のみで、残りはいずれも異常を認めなかった。IBP(乳)4.8 ppm+カルタップ(溶)0.03 ppm併用区はへい死個体は発生しなかったが、直後(1日後)から全個体が横転し、最終調査時まで回復しなかった。

IBP(乳)4.8 ppmカルタップ(溶)0.09 ppm併用区では、へい死個体が1日後で53.3%、4日後では76.7%に増加し、残り23.3%は横転状態となり、31日後でも回復しなかった。

第6図は上述の各農薬の個々について、経過日数に伴う中毒症状の変化を横転(背曲り含む)+へい死の合計値で示したものである。その結果、IBP(乳)のドジョウに対する毒性は最初緩まんであったが、日数経過に伴い増加傾向を示した。

PAP(乳)は初期から毒性が強く現われ、後期まで持続した。これに対し、カルタップ(溶)およびMEP(乳)は、最初強く作用したが、以後急速に毒性が低下した。PMP(水)の毒性は強くなくその持続も短かめであった。

背曲り症状については、MEP(乳)、PMP(水)、カルタップ(溶)単用の場合はいずれも発生は認められなかったが、IBP(乳)およびPAP(乳)で発生し、その発生個体率は試験Ⅰでは7.5%以下、試験Ⅱでは13.3%以下、試験Ⅲでは20.0%以下であった。PAP(乳)はドジョウに対する半数致濃度(48時間後1.3 ppm)の1/2の濃度で、またIBP(乳)は試験Ⅰの場合、約1/15の低濃度でも発生した。背曲りの症状はごく軽いものから、強く

発現するものまであり、強度の個体は彎曲部分が内出血しているものも観察された。発現部位はとくに一定していなかった。

IV 水田用中期除草剤のコイに対する毒性

1976年6～7月に、岩手県内養魚池で相次いで発生したコイのへい死事故の原因が、一部の農薬（モリネート剤等）に起因するのではないかとされ、その因果関係が問題となった。そこで、そのような農薬について魚毒性試験を行なった。

I. 試験方法

紫波町の県養鯉場（現岩手県内水面水産指導所・紫波支所）で、試験Ⅰは1976年7月23日～8月11日まで22日間、試験Ⅱは、1976年9月10日～10月9日まで約1か月間にわたり実施した。

供試農薬 マメットSM粒剤（含有成分；モリネート・8%、シメトリン・1.5%；MCP・0.8%）およびサターンS粒剤（含有成分；ベンチオカーブ・7%、シメトリン・1.5%）の2薬剤を供試した。

供試魚の準備 養鯉場で育成したマゴイを供試した。

試験Ⅰでは、平均体長15cm、平均体重70gの個体を1水槽当たり20尾ずつ供試し、試験Ⅱでは、平均体長12cm、平均体重30gの個体を1水槽当たり30尾ずつ供試し、それぞれエアポンプで通気した。

操作 ガラス水槽を用い、水は松尾村県養鱒場（現県内水面水産指導所）から運搬した天然用水を供試した。1水槽につき150ℓの水を用い、供試薬剤を所定濃度になるように投入、溶解させ、1濃度2水槽を使用した。

供試濃度区分 試験Ⅰでは第7図に示すようにモリネートは0.01～5ppm区まで、ベンチオカーブは0.5～5ppm区までそれぞれ4段階設けた。試験Ⅱではモリネートは0.001～0.1ppm区まで、ベンチオカーブは0.005～0.5ppm区までそれぞれ3段階設けた。

調査方法 へい死数とへい死個体の外観症状を経過日数ごとに調べるとともに、解剖検査を行なった。農薬の水中濃度消長は、試験Ⅰでは施用直

後から14日後まで、試験Ⅱでは施用直後から29日後まで経時的に分析した。分析成分はマメットSM粒剤区はモリネートを、サターンS粒剤区はベンチオカーブをそれぞれ分析した。分析法は前節Ⅱの2)および3)と同じである。

2. 結果および考察

各薬剤の水槽内濃度消長 第7図にモリネートおよびベンチオカーブの濃度消長を示した。それぞれの濃度消長は添加量に比例した。試験Ⅰではモリネート区の5、1、0.1ppm区は薬剤添加6日後まで検出され、0.01ppm区は2日後まで検出され、その後は検出（0.001ppm以下）されなかった。これに対し、ベンチオカーブは5ppm区を除けば1.5ppm区は2日後まで、0.5、0.1ppm区は添加直後にそれぞれ検出され、その後は検出（0.013ppm以下）されず、モリネート区より消失が早い傾向を示した。試験Ⅱでは濃度設定、経過日数が異なるが、試験Ⅰと同じ傾向が認められた。

除草剤の各濃度区におけるコイの耐過日数

第8図は薬剤添加後、19日後までの経過日数に伴うへい死魚の発生個体数を示したものである。

その結果、へい死魚の発生はモリネートの5、1ppm区では、薬剤添加4～6日後に集中しているのに対し、これより低濃度の0.1～0.01ppm区では14～18日後のかなり日数が経過してからでもへい死する個体が認められた。

一方、ベンチオカーブ区では、5ppm区が薬剤添加後30分以内に全供試個体が急性的にへい死した。

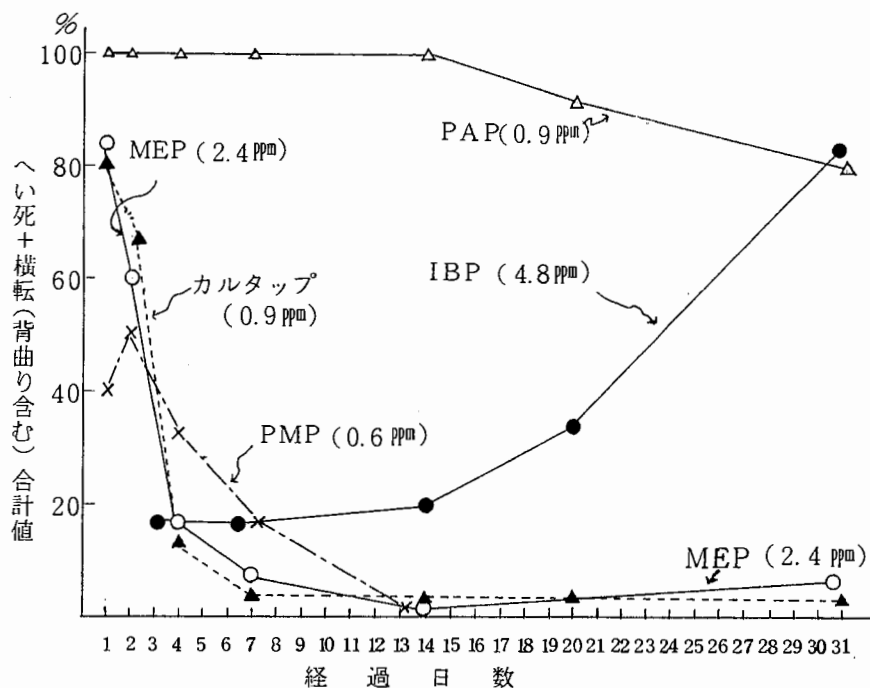
その後、エアポンプによる通気を中止したためか、水中の濃度変化は少なかった。1.5ppm区ではこれより遅れて4～6日後に集中してへい死個体が発生し、0.5ppm区はさらに遅れて発生し、7～15日後までに11尾（55%）がへい死した。

このように両薬剤とも低濃度区では、日数経過に伴い、薬剤成分が消失してからもへい死個体の発生がみられた。この理由は明らかでないが、添加初期の薬剤成分が魚体にとりこまれ、生理的に後期まで影響したことが一因と考えられる。

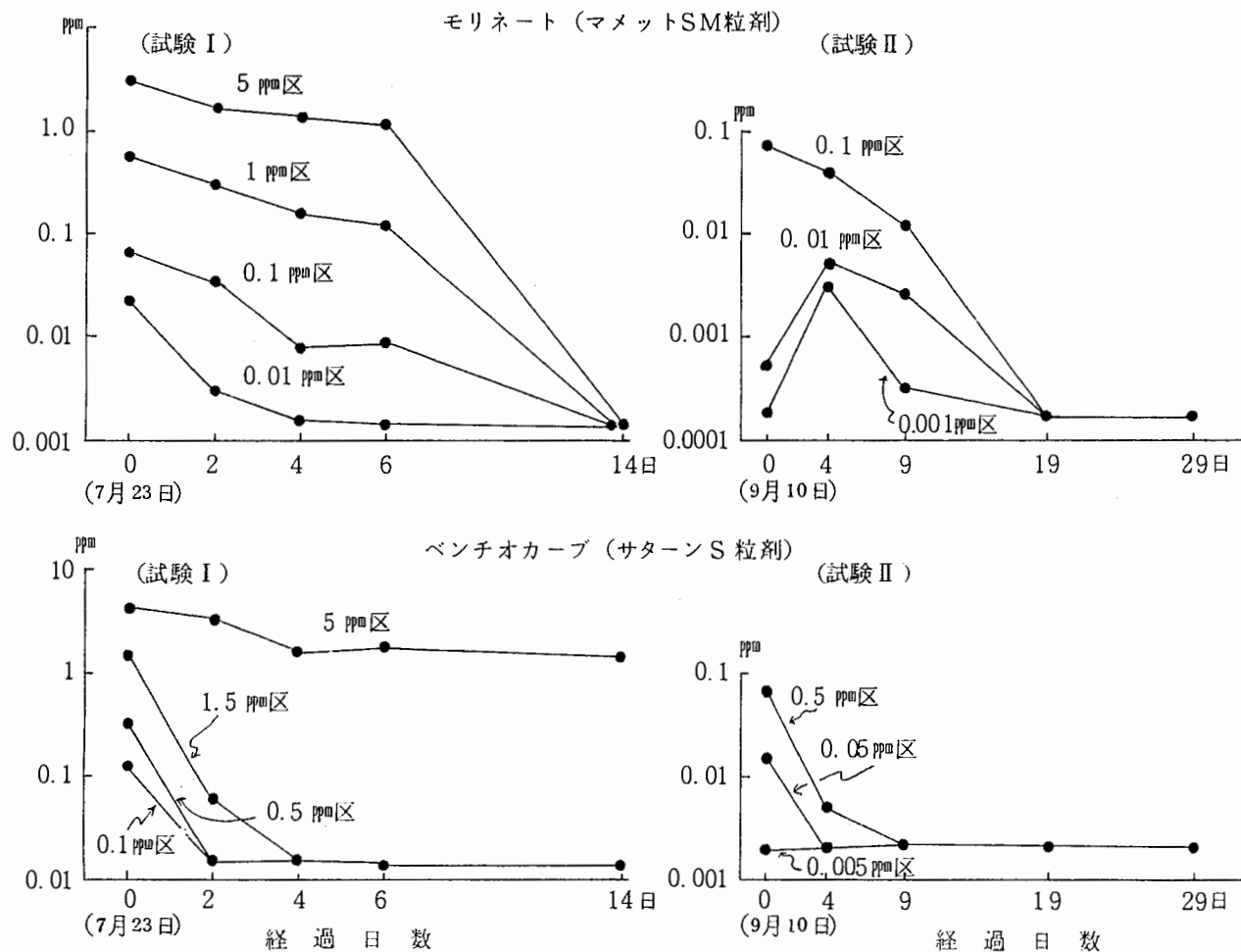
なお、本試験では背曲り症状は認められなかった。

水田散布農薬の残留実態ならびに魚毒性

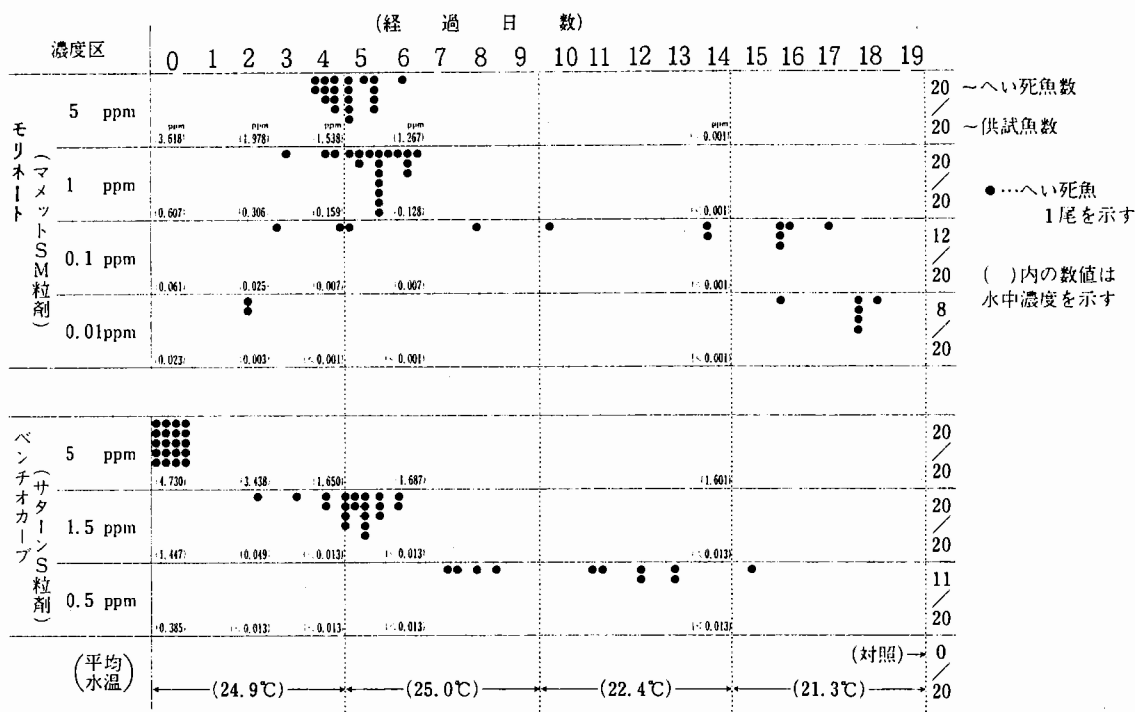
へい死魚の外見症状および解剖検査の概要は次のようである。モリネート区はエラに出血斑がみられ赤血球が少なく、貧血状態が全身的であり眼球周囲の溢血、胃腸管粘膜の萎縮、血色素の沈着、ネフローゼ等の所見から死因は貧血とネフローゼによるものと推定された。このようなへい死魚の状態は、現地で発生したへい死魚のそれとよく類似した。なお、生存中は眼球突出のみられる個体があったが、死後普通の状態に戻った。ベンチオカーブ区は、赤血球数が正常魚と変わりなく、貧血症状は認められなかった。



第6図 経過日数に伴う殺虫剤のドジョウに対する影響



第7図 水槽内におけるモリネート、ベンチオカーブの濃度消長



第 8 図 除草剤の各濃度区におけるコイの耐過日数 (昭 51. 7. 23. 16 時 ~ 8. 11. 12 時)

第 4 表 水田散布用殺虫剤の田面水中の期待濃度とドジョウに対する半数致死濃度

薬 剤 名	使用濃度	散 布 量 (10 a 当り)	水面落下量	水深 3 cm の 場 合 の 田 面 水 濃 度	ドジョウに対する * TL m 48
MEP (50%) 乳 剤	1,000 倍	100 ℓ	} 70%	1.17 ppm	4.8 ppm
PAP (50%) 乳 剤	1,000	100		1.17	1.3 (乳)
PMP (50%) 水和剤	1,000	100		1.17	0.84
カルタップ (50%) 水溶剤	1,000	100		0.11 (溶)	

*半数致死濃度は「農薬汚染」(環境庁水質保全局土壤農薬科編) P 43 ~ 45 による。

V 総 合 考 察

IBP 粒剤を水面施用すると、その製剤は直ちに湛水下地表面に降下して土壤に吸着される一方、水にも溶解し、田面水中に流出する。田面水中の IBP の初期濃度は、農試の水田で止水区が 6.6 ppm、かけ流し区が 1.8 ppm (各 1 日後) であり、現地の農家水田では 5 日後で 4.16 ppm もあった。このような濃度はドジョウに対する毒性試験の結果からみて明らかに中毒症状を示す濃度である。水田では単一の薬剤だけでなく、他の殺虫剤などの近接使用も多いことから、複数薬剤の相乗作用による影響があると考えられる。

農薬の単独施用よりも併用施用の方が毒性が強く現われ、へい死率の増加がみられることは第 5 図の結果からもうかがわれるところである。

前述の殺虫剤を水田に散布した場合の田面水中の期待濃度は第 4 表のとおりとなり、ドジョウに対する 48 時間後の半数致死濃度を超えることがあり得よう。このように水田内では農薬が水面に直接施用されるため、水、土壤中にはかなり高濃度で残留し、水生生物に急性中毒症状をおこしやすいとみられる。しかし、農薬成分が田面水の流出、漏出などで水田外へ放出されると濃度が低下する。

排水路や幹線水路などでは、そのときの水量の多少にもよるが、上流からの通水などにより稀釈

され、大幅に濃度が低下し、急性中毒症状を示すものは少ないと思われる。むしろ、低濃度領域における慢性的影響が懸念される。

半数致死濃度より低い濃度では慢性的症状ともいえる背曲りを起すことが、一部の有機りん殺虫剤でドジョウ⁸⁾、モツゴ⁹⁾などで報告されている。

本試験でも、ドジョウでIBP、PAPによる背曲りが低率であるが発生した。田面水の流出する水路や河川で背曲り魚を観察することがしばしばあり、その発生原因は農薬以外の物質によっても起こり得るかも知れないが、本試験に供試した農薬に起因するものがあると考えられる。

モリネートによるコイの貧血症状については、深津¹⁰⁾の報告があり、川津¹¹⁾はそれをエラの障害による出血性貧血であるとした。本試験においてもモリネートによるコイのへい死魚の発生はエラに出血斑をおこす貧血症状によると推定された。

現地の水田で、マメットSM粒剤施用田における田面水中のモリネートの濃度(第3表)は、ガラス水槽におけるコイの毒性試験からみて明らかにへい死させるに十分な濃度であるが、排水路(調査地点⑥)の濃度は1~2ppb程度にまで減少した。この濃度は深津¹¹⁾が貧血魚の出現限界濃度と推定した5ppb程度より低濃度であり、水量が豊富であれば当然さらに稀釈されると思われる。

VI 摘 要

A 水面施用剤の殺菌剤(IBP)と除草剤(モリネート)の残留実態を農試水田と江刺市および水沢市の現地水田で調査し、次の結果を得た。

1. IBPの田面水濃度の最高値は施用1日後で、農試水田の止水区が6.6ppm、現地水田(江刺市)では9.54ppmであった。

2. これらの水田土壌中の濃度は田面水より高く、農試の止水区が表層で30ppm、現地では23.7ppmとなり、田面水の2.5~4.5倍の高濃度であった。

3. モリネートの田面水濃度の最高値は施用1日後で2.056ppbであった。

4. 養魚池取水口地点における農薬の水中濃度は、6月中~下旬に増加し、最高値がモリネートで5ppb、ベンチオカーブで43.8ppb、PMPで

6ppbであった。

B IBPと殺虫剤(MEP、PAP、PMP、カルタップ)のドジョウに対する毒性を、又、モリネートとベンチオカーブのコイに対する毒性をガラス水槽内で調査し、次の結果を得た。

1. IBPはドジョウに対し、半数致死濃度(15ppm)の1/2~1/3の低濃度で、へい死、横転の中毒症状を示すとともに背曲り個体も生じた。しかし、土壌の存在下で中毒症状の発現は抑制され、土壌吸着による毒性の軽減が示唆された。

2. PAP、MEP、PMP、カルタップの各殺虫剤の毒性比較では、PAPがとくに中毒症状の個体率が高く、背曲りを生じた。これらの殺虫剤にそれぞれIBPを添加すると毒性が増大した。

3. モリネートおよびベンチオカーブとも低濃度になるほど、へい死魚は後期に出現した。モリネート区では水槽内の初期濃度が0.023ppmの低濃度でもへい死魚が発生した。

4. 貧血症状を示す個体はモリネート区で発生したが、ベンチオカーブ区では認められなかった。

VII 引 用 文 献

1. 西内康浩(1971); 農薬の魚毒性分類表について 植物防疫 25 279~280
2. 吉田孝二・橋本 康・西内康浩(1967); 農薬の魚毒性表示について 植物防疫 21(3) 109~111
3. 吉田孝二・西内康浩・橋本 康(1968); 農薬製剤の魚類への毒性評価について 農薬生産技術 19 24~26
4. 吉田孝二・西内康浩・橋本 康(1970); 水田に使用される農薬「混合製剤」の魚類に対する毒性の評価について 農薬生産技術 21 61~66
5. 小澤龍生(1975); IBP粒剤の水田および水路における動向並びにドジョウへの影響 北日本病虫研報 26 100~101
6. 小澤龍生・三浦潤子(1978); 水田除草剤(モリネート、ベンチオカーブ)の水中残留ならびに魚毒性 東北農業研究 23

- 37 ~ 38
7. 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
 8. 西内康浩(1973);各種農薬のドジョウに及ぼす影響-II 水産増殖 19 151
 9. 橋本 康・菅原寛夫(1961);農薬の微量定量用供試生物としてのモツゴとヒメダカ 日本応動昆会誌 5(2) 145 ~ 150
 10. 深津鎮夫(1976);水田除草剤と魚類の貧血症との関係 関東病虫研報 23 130
 11. 川津浩嗣(1977);除草剤モリネートによるコイの出血性貧血について 魚病研究談話会 魚病シンポジウム講演要旨集