

河川環境におけるゴルフ場関連農薬の挙動

杉崎 三男 倉田 泰人

要 旨

ゴルフ場で使用されている農薬について、複数のゴルフ場の排水が流入する水系で流域調査を実施した。34種の農薬を分析した結果、ゴルフ場の排水から ダイアジノン、イソプロチオラン、イプロジオン、フルトラニル、シマジン、テルブカルブ、プロピザミド、トリクロピルアミン、MCPD、ナプロパミドの10種類の農薬が検出された。特にフルトラニル、イソプロチオラン、シマジン、テルブカルブは検出される頻度が高かった。それらは排水の流入する河川水中でも検出された。

また、試料の保存性と河川水中におけるの消長を推察するために農薬の分解性について室内実験を行った。その結果、4℃<20℃<室温（盛夏）の順で農薬の分解速度は増加した。キャプタン、イプロジオン、トリクロピルエステル等は試験を行った農薬のうち分解しやすいものであり、プロピザミド、テルブカルブ、シマジン、フルトラニル等は分解しにくいものであることが分かった。これら分解速度の遅い農薬はゴルフ場排水から検出される頻度の高いものであり、他に検出される頻度の高い農薬は水溶解度の大きい農薬であることがわかった。

1 はじめに

現代社会においては、多種多様な化学物質が快適な生活や効率的な工業活動を維持・支援するために生産・消費され、意図的に、または非意図的に環境に放出されている。河川環境に放出された化学物質は、その環境中で生物的、化学的に分解されるだけでなく、生物や底質にも蓄積される。

農薬のほとんどは、人工的に合成された化学物質であり、農業生産活動のみならず、林業や市街地、家庭等で幅広く使用されている。ゴルフ場においても、芝生や立木の保護のために殺菌剤や殺虫剤が、雑草の駆除に除草剤が使用されている。

近年、水道水源の近隣にゴルフ場が立地し、散布される農薬による水源汚染の恐れが指摘され、社会問題化した¹⁻³⁾。それに対処して、平成2年5月に21種類の農薬について、厚生省は飲料水の暫定的水質目標値⁴⁾を、環境庁はゴルフ場排水の暫定的指針値⁵⁾を示し

た。さらに平成3年9月に、新たに9種の農薬が追加され、監視・指導を行うよう地方自治体に通達がなされた⁶⁻⁷⁾。

平成4年4月現在、埼玉県内で営業されているゴルフ場は67カ所である。県内のゴルフ場で使用されている農薬は、102種類にもなる。これらの内訳は殺菌剤42種、殺虫剤21種、除草剤39種で、その使用量はそれぞれ総計37.7トン、44.3トン、38.8トンである⁸⁾。

埼玉県ではゴルフ場内における農薬被害の防止や流域の環境保全を目的に、昭和63年12月に「埼玉県ゴルフ場農薬安全使用指導要綱」を策定した。この要綱では、使用量の多い農薬の水質測定の実施及び調整池内に適当な魚を飼育しての監視を事業者に求めている。

また、埼玉県では年に4回ゴルフ場排水について、32種（環境庁が指針値を示した30種と埼玉県内ゴルフ場での使用量の多い2種類）の農薬の検査を行っている。

本報告は、このような背景にあるゴルフ場関連農薬

について複数のゴルフ場の排水が流入する河川をフィールドとして選び、河川環境での挙動等について調査を行った。また、ゴルフ場関連農薬の河川水中での挙動をみるために、農薬の分解性についても室内実験を行ったので報告する。

2 調査内容

2・1 流域調査

対象とした場所は埼玉県西部に連なる外秩父山地東縁に2つのゴルフ場が立地している水域で、M川とその支流のA川である。調査水域の世帯数は約350戸であり、地目はゴルフ場、山林、田畑である。図1に示したように、このM川水系にはTゴルフ場(142万㎡、27ホール)の全域とEゴルフ場(109万㎡、18ホール)の北半分の排水が流入する。またこれらのゴルフ場にはさまざまな大きさの調整池、ウォーターハザードがあり、それらのオーバーフロー水がこれらの水系に流入している。それらの調整池のうち、常時排出している排水口(E-1, E-2, T)について調査を行った。またこの水系に流入するTゴルフ場北半分の排水については調査を行わなかった。また河川環境での挙動を調べるためにA川合流前のM地点、A-2地点(M川合流前)、A-1地点(E-1流入後、合流点より1.3km上流)、A-0地点(最上流、同3.3km上流)

で水質調査、流量観測を実施した。流域調査は平成3年度に月約1回の割合で計11回行った。

2・2 気象データ

降水量のデータは気象月報から引用し、調査対象流域に一番近い鳩山測候所のデータを用いた。

2・3 河川水を用いた農薬の室内分解性試験

農薬を添加した河川水を異なる3種類の温度条件下に置き、分解性について室内実験を行った。

300ml容共栓三角フラスコに、農薬標準溶液(アセトン溶液)を $5\mu\text{g}/\text{l}$ (キャプタンは $50\mu\text{g}/\text{l}$)になるように添加した。窒素気流下でアセトンを留去した後、荒川・秋ヶ瀬取水堰で採取した試料(平成4年7月24日、BOD $1.2\text{mg}/\text{l}$)を200ml加え、十分に攪拌を行い試験試料とした。試料を放置した温度条件は、 4°C (冷蔵庫、暗所)、 20°C (恒温槽、暗所)、室温(風通しの良い日陰)とした。これらの検体を1, 2, 4, 6, 9, 11, 13, 21日経過後に抽出、濃縮を行った。

2・4 分析方法

2・4・1 試薬

分析に使用した農薬標準品は、市販されているもの(和光純薬工業㈱、ナノゲン社、林純薬工業㈱)以外

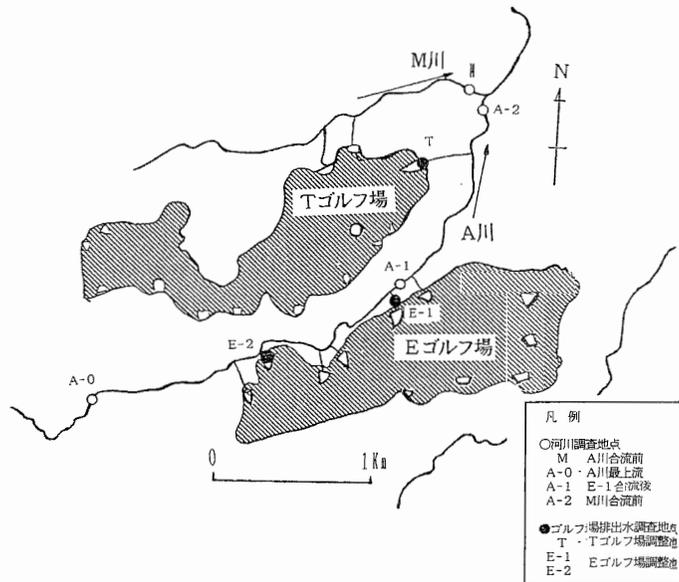


図1 調査水域概略図

表1 GC/MS (SIM) 測定に用いたモニターイオンと検出限界値

農 薬 名	用 ⁺ 途	モニター イオン	検出* 限界	農 薬 名	用 ⁺ 途	モニター イオン	検出* 限界
ジクロベニル	H	171, 136	0.1	エトリジアゾール	F	211, 183	0.1
クロネブ	F	206, 193	0.1	フェノブカルブ	I	150, 121	0.1
トリフルラリン	H	306, 264	0.1	ベンフルラリン	H	264, 292	0.1
シマジン	H	201, 186	0.1	アトラジン	H	200, 215	0.1
プロビザミド	H	175, 173	0.1	ダイアジノン	I	179, 304	0.1
クロタロニル	F	266, 264	0.1	テルブカルブ	H	205, 220	0.1
トルクロホスメチル	F	265, 267	0.1	フェントロチオン	I	277, 125	0.1
ベンチオカーブ	H	257, 125	0.1	クロロピリホス	I	199, 314	0.1
シアナジン	H	212, 198	0.1	ペンディメタリン	H	252, 281	0.1
キャプタン	F	79, 114	0.5	メチルグタイムロン	H	107, 119	0.1
イソフェンホス	I	213, 121	0.1	ナプロバミド	H	72, 128	0.1
ブタミホス	H	232, 286	0.2	フルトラニル	F	173, 281	0.1
イソプロチオラン	F	162, 189	0.1	トリクロピルエステル [#]	H	210, 185	0.2
イソキサチオン	I	105, 177	0.2	メプロニル	F	119, 269	0.1
イプロジオン	F	316, 314	0.1	ピリダフェンチオン	I	340, 199	0.1
EPN	I	157, 169	0.2				
アントラセン-d ₁₀ **	—	188	—	フルオランテン-d ₁₀ **	—	212	—

** 内部標準, * (検出限界値 単位: $\mu\text{g}/\ell$), + F: 殺菌剤, I: 殺虫剤, H: 除草剤
トリクロピルブトキシエチルエステル

は、原体メーカーの好意により譲渡されたものである。それらの標準品はアセトンで希釈し、貯蔵溶液を調製した。さらにそれらを混合して測定用の標準溶液を作成した。抽出操作等に使用した試薬は残留農薬試験用であり、塩化ナトリウムについては特級試薬を600°Cで加熱したものを使用した。GC/MS分析で内部標準としてアントラセン-d₁₀、フルオランテン-d₁₀を使用した。それらはそれぞれアルドリッチ社、ケンブリッジアイソトープ社製のものをヘキサンで希釈して、測定溶液で1mg/ℓになるように添加した。

2・4・2 分析条件

GC/MS, GC, HPLCの分析条件は以下の通りである。

(1) GC/MS (SIM)

GC/MS: 日本電子(株) JMS AX-505W (GC: HP5890J)

分析カラム: DB-5, ϕ 0.25mm×30m, 膜厚0.25 μm (J&W Scientific Co.)

カラム温度: 50°C (2分) - (25°C/分) - 150°C - (4°C/分) - 250°C (5分)

試料注入: 1 μl , HP7673Aによる自動注入, スプリットレスモード

注入口温度: 200°C

キャリアーガス: Heヘッド圧 (110Kpa)

設定質量数: 表1参照

(2) GC (FTD)

GC : 島津製作所(株) GC-15A

分析カラム: DB-5, ϕ 0.53mm×15m, 膜厚1.5 μm (J&W Scientific Co.)

カラム温度: 210°C

注入口温度: 240°C

キャリアーガス: Heヘッド圧0.3kg/cm²

(3) HPLC (UVD)

HPLC : ヒューレット・パッカード社
モデル1050

分析カラム: Shim-pack CLC-ODS,
 ϕ 4.6mm×150mm

溶 離 液: アセトニトリル: 水 = 6 : 4

流 速: 1 ml/分

測定波長: トリクロピルメチルエステル295nm

MCPPE-メチルエステル230nm

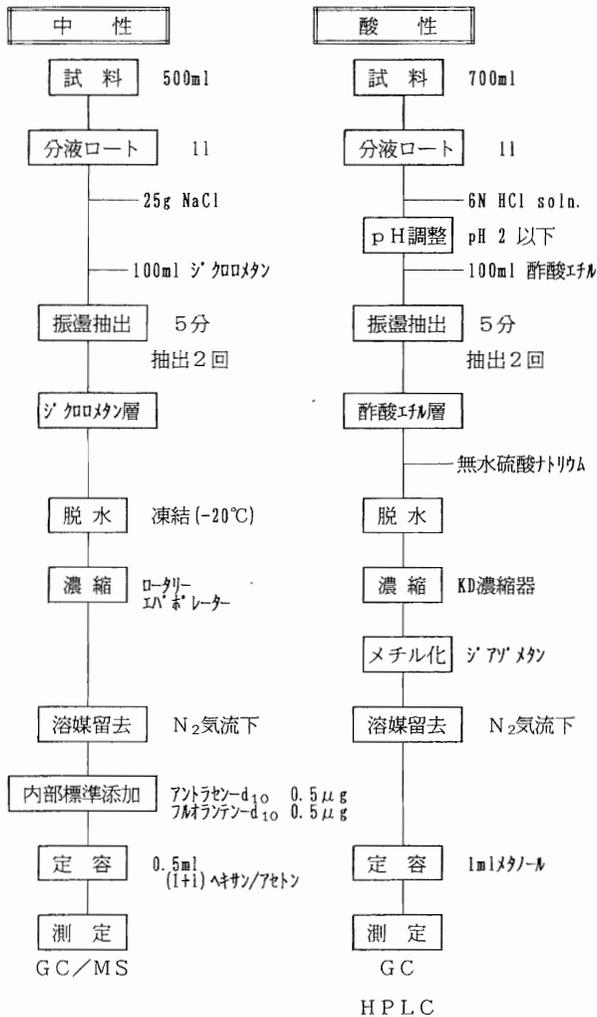


図2 河川水・ゴルフ場排水中の農薬分析操作フローシート

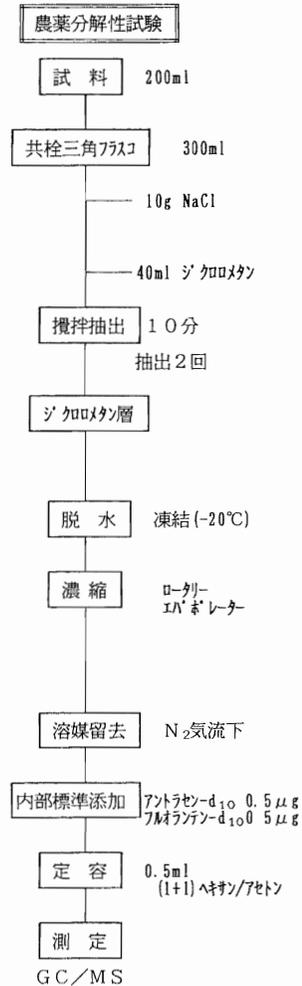


図3 農薬の分解性試験の分析操作フローシート

2・4・3 分析操作

2・4・3・1 河川水，ゴルフ場排水中の農薬の分析

水質調査で採取した試料はその日のうちに抽出操作を行った。

農薬の化学的な性質の違いにより，2つの抽出系統に分け，抽出を行った。図2に分析フローを示した。

中性溶液からの抽出物については31種の農薬を測定した。その一覧は表1にGC/MS (SIM) 測定時のそれらのモニターイオン，検出限界と共に示した。

酸性溶液からの抽出物は，ジアゾメタンによるメチル化の後に，アシュラム，トリクロピルアミン，MC

PPの測定に用いた。アシュラムはGCで，トリクロピルアミン，MCPPはHPLCで測定を行った。それらの検出限界はそれぞれ1μg/l，0.5μg/l，0.5μg/lであった。

2・4・3・2 農薬の分解性試験

農薬の分解性試験については，図3に分析フローを示した。

3 結果と考察

3・1 流域調査

3・1・1 降水量

ゴルフ場に散布された農薬の流出を考えた時に、降水の影響が大きいと思われる。調査年度の鳩山測候所での日間降水量を図4に示す。それによると8月から10月にかけて100mm以上の降水が認められた。これは台風の接近による降雨である。また平年の降水量と比較するために、月間降水量と過去10年間の平均月間降水量を図5に示した。これによると、8月から10月にかけて、平均よりも月間降水量が200~300mm程度多いことが分かった。その他の月では平均と大きな差異を認められなかった。

3・1・2 河川流量

調査時のM川、A川の流量を図6に示す。M川で1地点、A川では3地点の調査を実施した。流量観測を行ったどの地点でも、6月25日、10月3日に極大を示し、変動パターンは同じであった。

M川、A川とも上流に特定の水源を持たない河川であり、流量は流域への降雨、生活排水、ゴルフ場排水によって成り立っている。M川の流域面積はA川と同等であり、両河川の流量はほぼ同程度である。またその変動も同一の挙動を示す。A川では、最上流（A

-0地点）からM川合流前（A-2地点）までに5倍程度の増加を示した。それらの増加分が降雨、生活排水、ゴルフ場排水等によるものである。

そこで、河川流量に一番大きな影響を持つものと思われる降水量と流量の関係について考察する。河川流量（A-2地点、M地点）・ゴルフ場排水量（T、E-1、E-2）と調査日以前に降った雨の累積量との関係を表2に示す。河川流量は調査日以前の3~6日間に降った雨の総量と高い相関があることがわかる。このことは降水量のデータから流量を推定することが可能となる。

同様にゴルフ場排水量（E-1、E-2、T）についても、河川流量と同様に、3~6日の累積降水量と高い相関がある。

このことは山地の尾根に立地しているゴルフ場であるので、ゴルフ場内に降った雨は調整池に集水し、調整池の容量を越えた時、場外に排出されることになり、ゴルフ場の排水量もまた降水量によって影響されることが明らかになった。

本調査では調整池から常時排出されている地点について調査したが、この水系に流入すると思われる調整池は図1に示したように他にもあるため、降雨量の多い時期には調査を実施しなかった調整池から排出されていたものと思われる、ゴルフ場から排出される全量を把握できなかった。

表2 河川流量及びゴルフ場排水量と累積降水量との関係

調査日	河川 流量(m ³ /sec)		ゴルフ場 排水量(m ³ /sec)			累積降水量(mm)									
	A-2	M-1	E-1	E-2	T	前日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	
1991/ 5/ 1	0.073	0.052	0.0023	—	—	0	0	13	13	13	20	23	23	23	
5/30	0.036	0.011	0.0015	0.0023	0.0003	5	5	5	5	5	8	8	8	8	
6/25	0.531	0.610	0.0424	0.0257	0.0239	19	38	63	66	92	92	92	92	109	
7/23	0.062	0.034	0.0036	0.0004	0.0011	0	0	3	3	9	9	23	23	26	
8/27	0.198	0.146	0.0113	0.0129	0.0050	0	0	5	12	12	84	227	235	235	
10/ 3	0.457	0.414	0.0266	0.0146	0.0147	0	80	94	94	96	96	96	98	98	
10/30	0.198	0.241	0.0088	0.0082	0.0096	0	0	43	44	77	77	77	77	77	
12/ 9	0.031	0.025	0.0008	0.0004	0.0009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1992/ 1/14	0.022	0.034	0.0012	0.0000	0.0005	0	0	0	0	6	6	6	19	19	
2/ 5	0.041	0.078	0.0019	0.0008	0.0008	0	0	0	18	25	26	26	26	26	
3/25	0.119	0.202	0.0084	0.0028	0.0031	3	14	14	44	44	44	66	75	80	
累積降水量との相関係数						r(A-2)	0.620	0.819	0.907	0.881	0.883	0.879	0.530	0.508	0.550
						r(M)	0.704	0.751	0.864	0.885	0.918	0.848	0.452	0.434	0.484
累積降水量との相関係数						r(E-1)	0.756	0.757	0.824	0.814	0.828	0.806	0.471	0.452	0.505
						r(E-2)	0.704	0.627	0.757	0.720	0.757	0.872	0.632	0.610	0.654
						r(T)	0.714	0.704	0.863	0.824	0.885	0.824	0.417	0.392	0.442

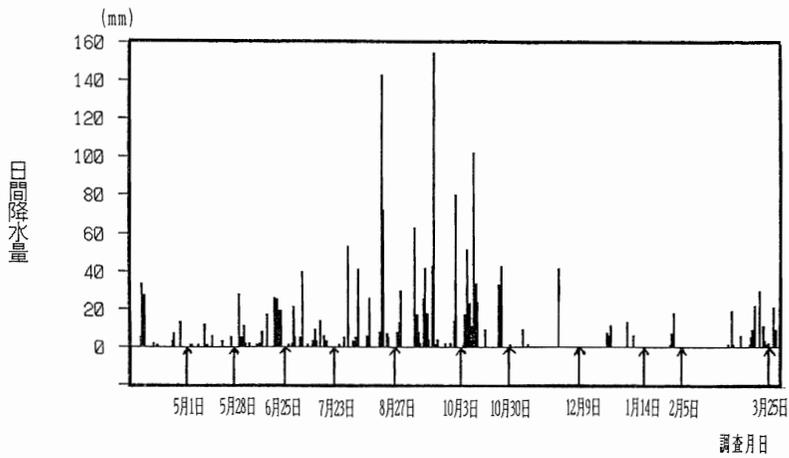


図4 平成3年度の鳩山測候所での日間降水量の変動 矢印は調査日

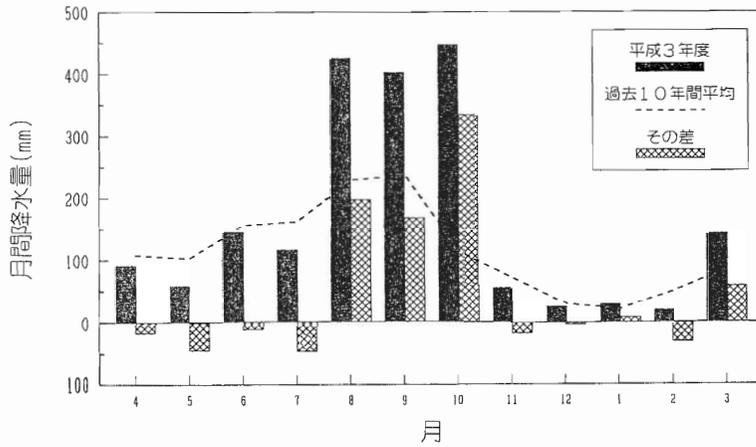


図5 月間平均降水量と調査年度との比較

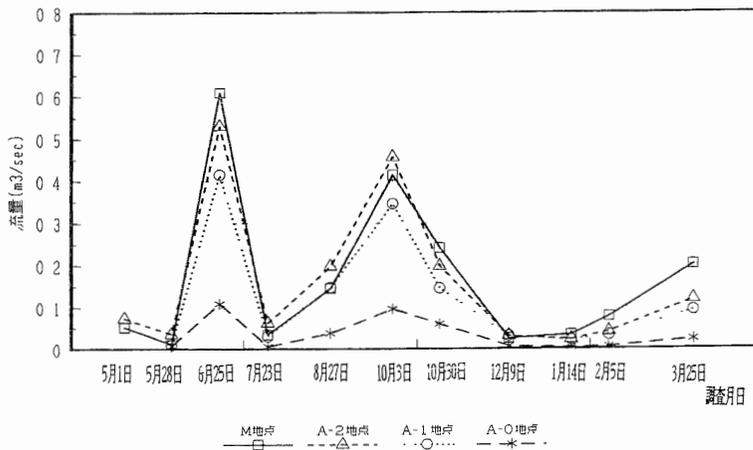


図6 調査河川の流量変動

3・1・3 河川，ゴルフ場排水中の農薬の挙動

ゴルフ場で使用する農薬は多種多様であり，ゴルフ場ごとにまた季節によっても使用される農薬が異なる。散布農薬のゴルフ場外への流出は，散布時間，降雨の程度，季節によって左右される。

2つのゴルフ場の主要な使用農薬を表3に示した。両ゴルフ場で使用される農薬は計20種類にもなる。そのうち分析を行った農薬は16種類である。

調査期間中にゴルフ場排水・河川水から検出された農薬の濃度範囲と検出率を表4にまとめた。

ゴルフ場排水から検出された農薬は10種類で，イソプロチオラン，フルトラニル，シマジンが70%以上の高い頻度で検出された。河川水では8種類検出され，しかし河川水での希釈等のために，低濃度で検出率も低くなっている。ゴルフ場排水から検出されたイプロジオン，ナプロバミドは河川水では検出されなかった。

Tゴルフ場（T）排水中の農薬の濃度変化を図7に示した。6月に殺菌剤であるフルトラニル，イソプロチオランが検出された。これは，梅雨時期の芝を病気（ラージパッチ，サビ病等）から保護するために，それらの合剤（殺菌剤）が散布され，降雨によって流出し，ゴルフ場外に排出されたものと思われる。

12月9日の調査では，除草剤のプロピザミド $54\mu\text{g}/\ell$ ，シマジン $25\mu\text{g}/\ell$ ，MCPP $31\mu\text{g}/\ell$ 等が検出さ

れた。このプロピザミドとシマジンは，雑草発生予防及び雑草枯死作用のある除草剤であり，MCPPは越年性の広葉雑草の防除に使用される薬剤である¹⁰⁾。これらの農薬の検出された理由は8月から10月までの平均降水量の約2倍の降雨があったため，雑草の発生を抑制・防除する目的で，除草剤の散布を11月中旬に実施している。その後さらに42mm（11月28日）の降雨によって調整池に集水，オーバーフローによって排出されたことによると思われる。

ゴルフ場排水（T）はA川に流入するが，Tゴルフ場北半分の排水はM川に流入する。M川の農薬の濃度変動は，Tゴルフ場排水（T）と類似している（図8）。このことから，M川の農薬濃度変動は，Tゴルフ場北側の排水の影響を強く受けているものと推察される。

Eゴルフ場排水では，シマジン，ダイアジン，フルトラニル，イソプロチオラン，トリクロピルアミン，プロピザミド，MCPPが検出された。E-1地点（図9）では10月3日にフルトラニル，イソプロチオランがそれぞれ $15\mu\text{g}/\ell$ ， $21\mu\text{g}/\ell$ 検出された。E-2地点（図10）ではE-1地点ほど高濃度で検出されていないことから，E-1地点に流入するゴルフコースの一部分に散布された農薬が流出した可能性がある。その他調査日の農薬の濃度変動は同一の挙動を示したことにより，定例のゴルフ場の維持管理のための農薬散

表3 対象ゴルフ場で使用している農薬

種類	Eゴルフ場	Tゴルフ場
殺虫剤	アセフェート ダイアジノン	タイアジノン トリクロロホン
殺菌剤	イミノクタジン酢酸塩 クロタロニル フルトラニル イプロジオン オキシ銅 クロネブ イソプロチオラン	キャプタン クロタロニル フルトラニル イプロジオン オキシ銅 イソプロチオラン
除草剤	ペンティメタリン アシュラム MCPP トリクロピルアミン シマジン ベンフルラリン	ベンスリド アシュラム MCPP プロピザミド ナプロバミド シマジン

備考 これらの農薬は農薬原体であり，商品化しているものは2，3種を混合した合剤や展着剤，乳化剤等を調合している。

表4 流域調査でゴルフ場排水・河川水から検出された農薬

種類	農薬名	ゴルフ場排水		河川水	
		濃度範囲 ($\mu\text{g}/\ell$)	検出率 (%)	濃度範囲 ($\mu\text{g}/\ell$)	検出率 (%)
殺虫剤	ダイアジノン	n. d. ~ 3.5	34	n. d. ~ 0.48	9
殺菌剤	イソプロチオラン	n. d. ~ 21	94	n. d. ~ 2.0	65
	イプロジオン	n. d. ~ 3.4	9	n. d.	0
	フルトラニル	n. d. ~ 14	90	n. d. ~ 1.8	67
除草剤	シマジン	n. d. ~ 25	75	n. d. ~ 2.6	32
	テルブカルブ	n. d. ~ 0.74	47	n. d. ~ 0.43	5
	プロピザミド	n. d. ~ 54	34	n. d. ~ 7.1	20
	トリクロピルアミン	n. d. ~ 14	31	n. d. ~ 1.5	4
	MCPP	n. d. ~ 31	21	n. d. ~ 1.2	2
	ナプロバミド	n. d. ~ 0.85	9	n. d.	0

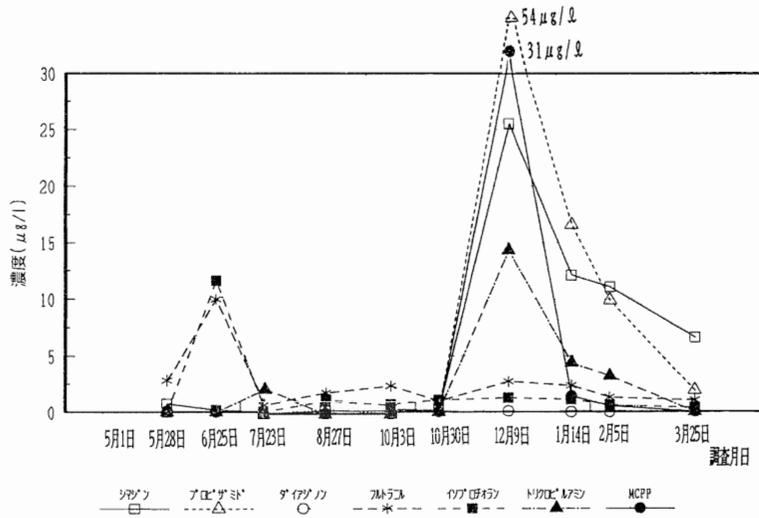


図7 Tゴルフ場排水中の農薬の濃度変動

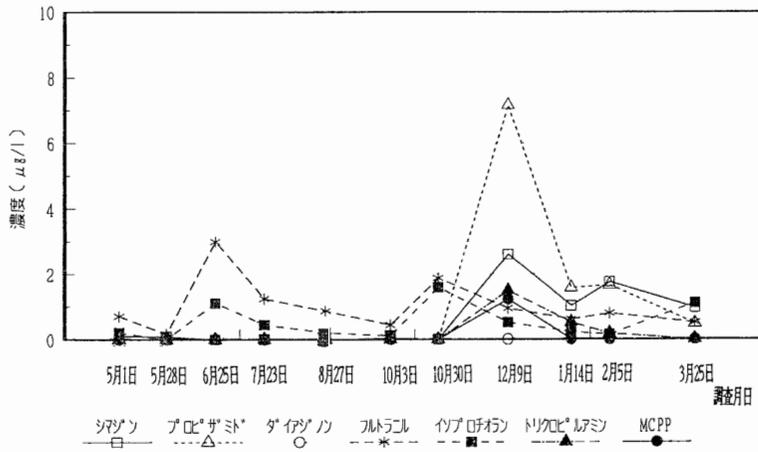


図8 河川水 (M) 中の農薬濃度の変化

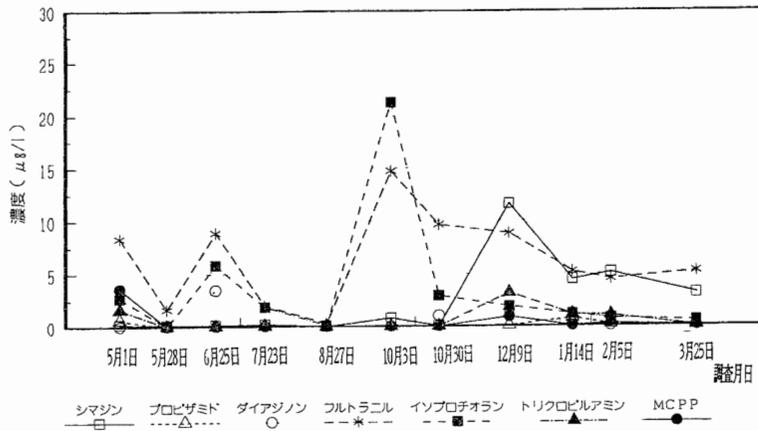


図9 Eゴルフ場排水 (E-1) 中の農薬の濃度変動

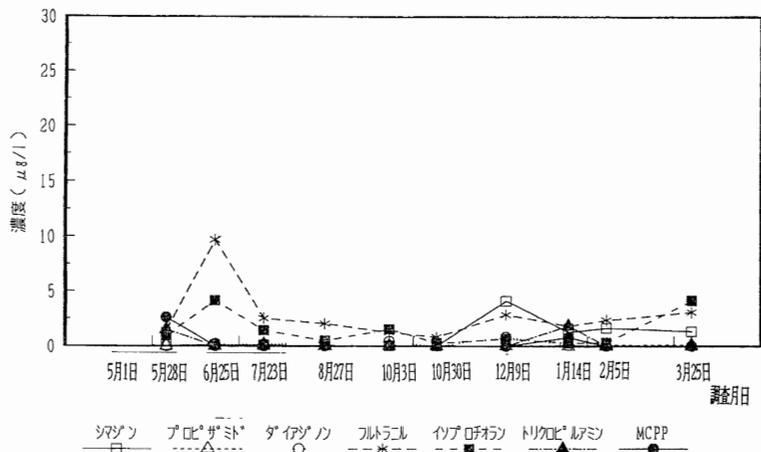


図10 Eゴルフ場排水（E-2）中の農薬の濃度変動

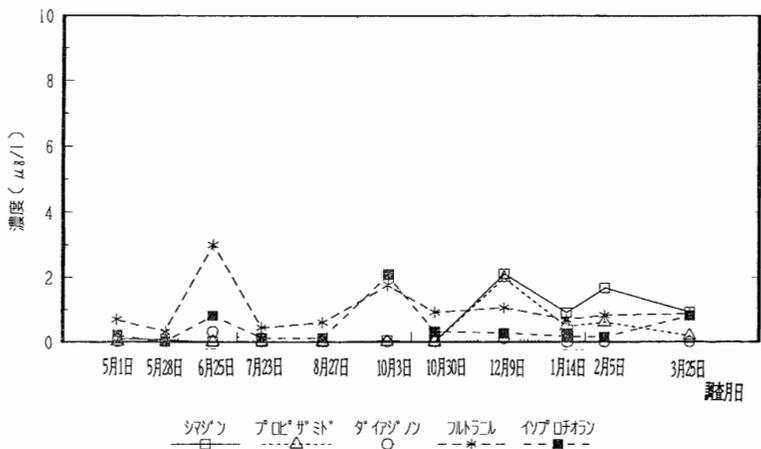


図11 河川水（A-2）中の農薬濃度の変化

布がEゴルフ場全域で行われたことを示している。

農薬がゴルフ場排水から高濃度で検出されるのは、梅雨期や台風襲来期の以降であった。このことは、降雨量が多くなる9月中旬以降に採取した試料から高濃度のフルトラニル、イソプロチオラン、ナプロパミド、シマジンを検出した仕らの報告¹¹⁾と一致する。

ゴルフ場排水の流入のないA川最上流（A-0）では、分析した農薬は検出されなかった。図11に両ゴルフ場の排水が流入するA-2地点での農薬の変動を示した。ダイアジノン、フルトラニル、イソプロチオラン、シマジン、プロピザミド等が検出され、その濃度範囲はnd～3 μg/l程度であったが、ゴルフ場排水に比べ農薬濃度は低いが、両ゴルフ場の排水中の農薬の影響を受けた変動となった。また12月9日に

Tゴルフ場で検出されたトリクロピルアミン、MCPPは河川水中では、痕跡量を確認するにとどまった。

3・2 農薬の室内分解性試験

採取した試料中の農薬の保存性とゴルフ場から河川に流出した農薬の消長をみるために、河川水中での農薬の分解性について室内実験を行った。試験は7月下旬から8月にかけて実施した。春秋（20℃）、夏（室温）、冬（4℃）と考えて3つの温度条件を設定した。一部の農薬の分解性について図12, 13, 14に示し、表5に3つの温度条件での農薬分解の推定半減期をまとめた。

4℃保存では、残存率が50%以下になるのはキャプタンで1日以内、トリクロピルエステルで4日、イブ

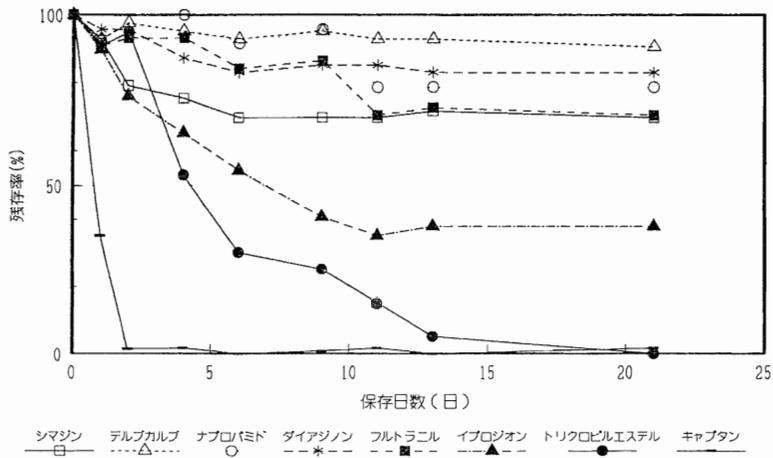


図12 4°C保存でのゴルフ場農薬の分解性

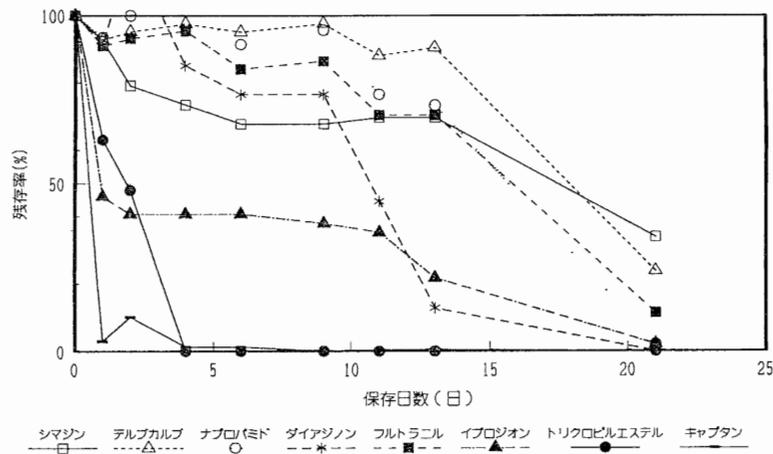


図13 20°C保存でのゴルフ場農薬の分解性

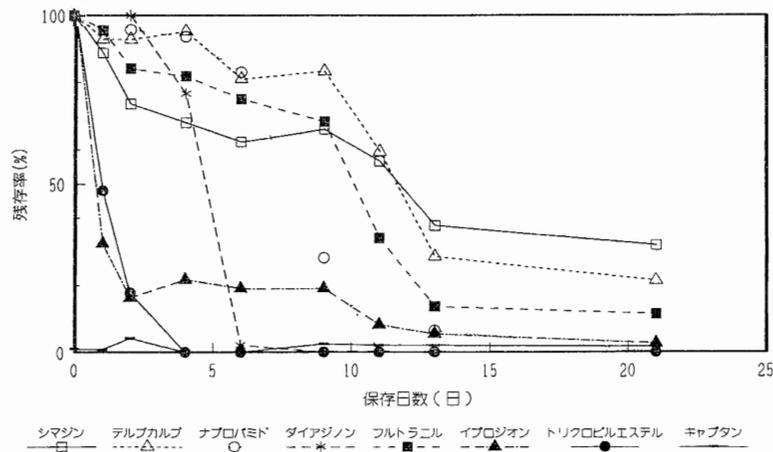


図14 室温保存でのゴルフ場農薬の分解性

表5 農薬の分解性（推定半減期）

農 薬 名	4℃保存	20℃保存	室温保存	分解性
キャプタン	0-1	0-1	0-1	易 ↓ 難
イプロジオン	6-8	0-1	0-1	
トリクロピルエステル*	4-6	1-2	0-1	
クロロタロニル	11-13	1-2	1-2	
フェノプカルブ	13-21	1-2	1-2	
イソキサチオン	9-11	4-6	2-4	
EPN	>21(56)	6-9	2-4	
クロロピリホス	>21(56)	9-11	4-6	
フェントロチオン	>21(67)	9-11	4-6	
ピリダフェンチオン	>21(76)	9-11	4-6	
ダイアジノン	>21(83)	9-11	4-6	
トルクロホスメチル	>21(91)	11-13	4-6	
イソフェンホス	>21(66)	11-13	6-9	
クロロネブ	>21(85)	11-13	9-11	
イソプロチオラン	>21(72)	13-21	6-9	
ベンチオカーブ	>21(81)	13-21	6-9	
フルトラニル	>21(71)	13-21	9-11	
ベンディメタリン	>21(77)	13-21	9-11	
ナプロバミド	>21(79)	13-21	9-11	
メプロニル	>21(80)	13-21	9-11	
トリフルラリン	>21(86)	13-21	9-11	
ベンフルラリン	>21(87)	13-21	9-11	
シマジン	>21(70)	13-21	11-13	
アトラジン	>21(80)	13-21	11-13	
テルブカルブ	>21(91)	13-21	11-13	
プロピザミド	>21(98)	13-21	11-13	

備考 数値は経過日数

>21 : 21日経過しても50%以上残留していた。

括弧内の数値は残存率(%)を示す。

* トリクロピルブトキシエチルエステル

ロジオンで6日、イソキサチオン9日後であり、そのほかの農薬は21日経過した後も70%以上残存しているものが多い。

また、20℃保存では4℃保存に比べて農薬の分解する速さは増加し、21日後にはすべてのものが50%以下に減少した。残存率50%を下回る経過日数はイソプロジオン(1日)、クロロタロニル、フェノプカルブ(2日)、イソキサチオン(6日)、EPN(9日)で、4℃保存の場合より分解が速くなった。室温放置では、盛夏に実施したために、水温が25℃以上になり、20℃保存時よりもほとんどの農薬でさらに分解が進行した。

農薬の分解性に対する温度の影響は、4℃<20℃<室温(夏期)の順で大きくなる。従って、試験した農薬のうちでは、キャプタン、イプロジオン、トリクロピルエステル等が分解しやすく、プロザミド、テルブカルブ、アトラジン、シマジン等が分解しにくいと考えられる。早川ら¹²⁾は、蒸留水、海水、河川水に農薬を添加したガラス容器を、実験室内の日の当たる場

所に放置し、分解性について検討を行った。冬期における実験のため、厳密に今回の結果と比較できないが、それによると、キャプタン、クロロタロニル等が易分解性で、シマジン、フルトラニル、イソプロチオラン、イソフェンホス等が分解しにくいことが伺われ、今回の結果はそれらと同じ傾向にあった。

ところで、キャプタンについては、4℃で保存しても急激に分解するので、検体採取後なるべく速やかに抽出操作を行わなければならないことが明らかになった。

なお、県が定例的に行っている平成3年度のゴルフ場排水中の農薬調査では、埼玉県内のゴルフ場46ヵ所について年4回、32項目の農薬について検査が行われた。ゴルフ場排水中に検出した農薬を表6に示した。延べ160検体のうち、フルトラニル、シマジン、イソプロチオラン、テルブカルブが検出率10%以上の高い割合で検出される⁸⁾。

これらは、分解性試験の結果から分解しにくい農薬であり、ゴルフ場外の水系に流出する可能性が大きい

表6 埼玉県内のゴルフ場排水で検出された農薬と検出率（平成3年度）

用途	農薬名*	検出率(%)	水溶解度***	検出限界**
殺虫剤	ダイアジノン	1.9	40(20℃)	0.5
	アセフェート	3.8	650×10 ³	1
殺菌剤	イソプロチオラン	16.3	48(20℃)	1
	イプロジオン	1.3	13	1
	フルトラニル	29.4	9.6(20℃)	1
除草剤	アシュラム	3.8	4000(20-25℃)	1
	シマジン	16.3	5(20-25℃)	1
	テルブカルブ	23.3	6-7(25℃)	1
	ブタミホス	1.3	5.1(20℃)	1
	プロピザミト	7.5	15(25℃)	1
	MCP P	1.7	620	1
	メチルタイムロン	1.3	120	1
	トリクロピルアミン	5.0	440	1

延べ項目数=44~46検体×25~32項目×4回=延べ4840項目

* 農薬名は1%以上検出されたものに限定した。

† 単位 mg/ℓ, †† 単位 μg/ℓ

** 文献13より引用

ことが分かる。また上記以外のアセフェート、アシュラム、MCP P等は水溶解度¹³⁾が大きな農薬である。すなわち、水環境中での分解が早くても、水溶性の高い農薬は、降雨などによって容易に調整池に流入するため、ゴルフ場排水に検出される可能性が高いものと推察される。このことは、寺沢ら¹⁴⁾の調査結果とも一致する。

4 まとめ

複数のゴルフ場の排水水が流入するM川流域で、ゴルフ場関連農薬の流域調査ならびに河川水を用いた農薬の室内分解性試験から次のことがわかった。

- 1 河川流量と降水量の関係では、調査日以前の3~6日の累積降水量と調査日の河川流量に高い相関が認められた。特定の水源を持たない河川での累積降水量の河川流量への影響が大きいことが推察される。
- 2 流域調査結果では、ゴルフ場排水水からシマジン等が検出され、それが流入する河川水でも検出された。特にM川（A川合流前）では、Tゴルフ場排水水の濃度変化と流入先河川と同じ挙動を示しており、M川で検出されたのはゴルフ場排水水の流入が原因であることが分かった。
- 3 秋期に多量の降雨があり、初冬に多量の農薬散布（除草剤）が行われた。その後の雨によって流出し、排水水から高濃度の農薬を検出した。ゴルフコースの維持管理のために予防的に除草剤を散

布したことによる。

- 4 農薬の室内分解性試験の結果、3つの温度条件下で放置した場合、4℃<20℃<室温（夏期）の順で分解が進んだ。シマジン、テルブカルブ、プロピザミド等は分解しにくい濃度であり、キャプタン、イプロジオン、トリクロピルテスは分解しやすい農薬であることが分かった。
- 5 平成3年度に埼玉県で実施したゴルフ場排水中の農薬の検査結果から、分解性の悪い農薬とともに水溶解度の大きな農薬も、検出率が高いことが分かった。

文 献

- 1) 山田国広：ゴルフ場亡国論，新評論，（1989）
- 2) 日本消費者連盟編著：ゴルフ場はいらない，三一書房（1990）
- 3) 河野修一郎：日本農業事情，岩波新書，pp. 140-158，（1990）
- 4) 厚生省生活衛生局水道環境部長通知：ゴルフ場使用農薬に係る水道水の安全対策について，平成2年5月31日，衛水第152号
- 5) 環境庁水質保全局長通達：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導指針について，平成2年5月24日，環水土第77号
- 6) 厚生省生活衛生局水道環境部長通知：ゴルフ場使用農薬に係る水道水の安全対策について，平成3年7月30日，衛水第192号
- 7) 環境庁水質保全局長通達：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導指針の一部改正について，平成3年7月30日，環水土第109号
- 8) 埼玉県：環境白書，39-47（1992）
- 9) 熊谷気象台：埼玉県気象月報，1981-1992
- 10) 香月繁孝ら：農業便覧（第7版）農文協，（1989）
- 11) 辻 正彦ら：ゴルフ場農薬の流出モニタリング，環境化学，1，71-75（1991）
- 12) 早川修二ら：農薬の分解性について，三重県環境科学センター研究報告，[12]，26-30（1992）
- 13) 富澤長次郎ら編：最新農業データブック，ソフトサイエンス社（1989）
- 14) 寺沢潤一ら：ゴルフ場の農薬調査，長野県衛生公害研究所研究報告，[14]，13-20，（1991）