

# ゴルフ場使用農薬による水域汚染調査 (1989~1993)

村松克彦 小林規矩夫 飛田修作

Monitoring of Water Pollution with  
Pesticide used in Golf Links (1989~1993)

Katsuhiko MURAMATSU, Kikuo KOBAYASHI and Shusaku TOBITA

諸種の環境問題が取り沙汰されている昨今、ゴルフ場で使用される農薬による環境影響、特に公共用水域への流出による水道水源の汚染、水生生物への影響<sup>1)</sup>等が全国的に問題となっている。このことを受けて、環境庁は1988年、自治体に対しゴルフ場周辺の水質等に係る調査を実施し実態把握に努める旨を指示し、また1990年には「ゴルフ場における農薬の暫定指導指針」を示した。

このような状況のなか山梨県ではゴルフ場農薬による環境汚染実態について、県内のゴルフ場を対象に1989年度から排水路、周辺河川水域の水質に係る調査を行ってきた。今回は1993年度までの結果の概要を報告する。

1993年の県内における農薬の出荷量<sup>2)</sup>は、殺虫剤、殺菌剤、除草剤等を合わせて約4600トンであり、10年間に約6%の増加であった(表1)。

1993年現在、県内では33カ所のゴルフ場が営業しているが、これらのゴルフ場での農薬の年間総使用量は約46トンであり、県内出荷量の1%となっている。1ゴルフ場当たりでは約1.4トンで、その内訳は表2に示した。

前述のように、県内のゴルフ場で使われる農薬量は全体では1%に過ぎず、薬効別にみると出荷量の最も多い殺菌剤でも0.6%と少なく、殺虫剤と除草剤ではそれぞれ2.0%、2.4%となっている(1992)。

このように出荷量にすると約1%にしか過ぎないゴルフ場農薬がどうして問題視されやすいのか、改めて検討していきたいところである。

なお1991年及び1992年にゴルフ場で使われた農薬のうち使用量の多かったものは、殺虫剤ではダイアジノン、酒石酸モランテル、MEPであり、殺菌剤ではフルトラニル、クロロネブ、チウラム、除草剤ではアシュラム、MCP Pなどであった。

表1 県内の農薬出荷量の推移<sup>2)</sup>

年度	殺虫剤	殺菌剤	除草剤	その他*	合計
1984	585	2,861	698	220	4,364
1988	738	2,760	643	225	4,366
1992	641	2,971	640	227	4,479
1993	657	3,151	630	207	4,645

\*その他：植物成長調整剤、展着剤等

表2 県内ゴルフ場の農薬使用量の推移<sup>2)</sup>

	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年
殺虫剤	6	7	8	13	13
殺菌剤	274	290	310	433	385
除草剤	15	14	14	16	19
	699	596	563	548	576
合計	9	8	13	16	15
	396	368	530	531	465
合計	30	29	35	45	47
	1,369	1,254	1,403	1,512	1,426

上段：全ゴルフ場(t)  
下段：1ゴルフ場当たり(kg・ℓ)

## 調査方法

### 1. 試料採取

1989年度から1993年度までの5年間、それぞれの年に営業しているゴルフ場を対象に年3回(農薬使用量の多い時期2回、比較的使用量の少ない時期1回)1ゴルフ場につき3地点(排水路、直近河川の上流、下流、ただし、1993年度は排水路のみ)で採水し、農薬の分析を行った。

## 2. 調査対象農薬

調査開始当初、分析対象とした農薬は、県農務部で実施した「ゴルフ場における農薬等の使用実態調査」の結果に基づき46成分であった。1991年以降、対象農薬を追加し、1993年度には57成分に及んでいる。

表3 調査対象農薬一覧

殺虫剤 (23成分)	殺菌剤 (17成分)	除草剤 (17成分)
ダイアジノン	TPN (クロロトロニル)	SAP (ベンスリド)
MEP (フェントロチオン)	キャプタン	ブタミホス
イソキサチオン	クロロネブ	シデュロン
DEP (トリクロロホン)	イプロジオン	CAT (シマジン)
$\alpha$ -ベンゾエピン	ダイホルタン	ペンディメタリン
$\beta$ -ベンゾエピン	フルトラニル	ベスロジン
EPN	イソプロチオラン	ニトラリン
マラチオン	エクロメゾール	CNP
クロルピリホス	メプロニル	プロピザミド
アセフェート	プロシミドン	ナプロパミド
サリチオン	ペンシクロン	アトラジン
$\alpha$ -CVP	PCNB	DBN
$\beta$ -CVP	EDDP (エジフェノス)	DCPA (プロパニル)
DDVP	オキシシン銅*	アシュラム*
MPP (フェンチオン)	チウラム*	タービュカーブ*
PAP (フェントエート)	トリクロホスメチル*	メコプロップ**
CYP (シアノフェノス)	トリアジメホン**	メチルグイムロン**
CYAP (シアノホス)		
ホルモチオン		
エチルチオメトン		
イソフェンホス*		
ピリダフェンチオン**		
NAC**		

\* : 1990年度に追加したもの

\*\* : 1991年度に追加したもの

## 3. 分析方法

### (1) 試薬

農薬標準品は、和光純薬工業(株)およびガスクロ工業(株)のものを使用した。また、ジクロロメタン、n-ヘキサン、アセトン、アセトニトリル、メタノールなどの有機溶媒、抽出時用到的塩化ナトリウムは、和光純薬工業(株)製の残留農薬試験用試薬を用いた。

ガスクロマトグラフ/質量分析計(GC/MS)分析における内部標準のアントラセン $d_{10}$ 、フルオランテン $d_{10}$ 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使用した。

### (2) 分析操作と定量法

採取した水試料は、その日のうちに抽出操作を行った。対象農薬のうち中性成分については試料1ℓに塩化ナトリウムを5%加え、ジクロロメタン(100ml, 50ml)で2回抽出し、無水硫酸ナトリウムで脱水・濃縮後、ヘキサンに転溶し測定に供した。また、酸性成分は塩酸でpHを3以下に調整してから中性成分と同様にジクロロメタンで抽出した。スクリーニングとしての分析にはガスクロマトグラフ[GC(ECD・NPD)]を用い、農薬標準品の保持時間に近いピークを認めた場合はガスクロマトグラフ質量分析計[GC/MS(SIM)]を用いて確認した。

なお、GCでは直接分析できないアシュラム、チウラム、オキシシン銅、MCP Pは前記のジクロロメタン抽出物をメタノール、アセトニトリルに転溶し高速液体クロマトグラフ(HPLC)で測定した。GC, GC/MS, HPLCの測定条件を表4に示した。検出下限値はすべての農薬について、0.001mg/ℓとした。

表4 農薬分析機器の測定条件

ガスクロマトグラフ: HP5890 SERIES II (ECDおよびNPD)
カラム: DB-1 (0.53mm×15m)
カラム温度: 50℃(2分)-25℃/min-150℃-5℃/min-250℃(5分)[ECD] 50℃(2分)-10℃/min-160℃-6℃/min-250℃(5分)[NPD]
キャリアーガス: ヘリウム(流速 20ml/min, 背圧 2psi)
検出器温度: ECD 250℃ NPD 220℃
オートインジェクター: 7673型
ガスクロマトグラフ質量分析計: HP5890Aおよび日本電子(株) JMS-AX505W
カラム: DB-1 (0.25mm×30m)
カラム温度: 50℃(1分)-25℃/min-125℃-10℃/min-300℃(2分)
キャリアーガス: ヘリウム(背圧 20psi)
注入口温度: 250℃
注入法: スプリットレス 1 $\mu$ ℓ
セパレーター温度: 250℃
イオン化電圧: 70eV
高速液体クロマトグラフ: 島津LC-6A
カラム: Shodex RSpak DE-613 (6.0mm×150mm)
溶離液: 50mMKH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (pH3.3) -アセトニトリル (49:51)
溶離液流量: 1.0ml/min
検出器: UV (270nm, 243nm, 230nm)
カラム温度: 40℃

## 結果及び考察

表5に1989年度から1993年度までの5年間の調査結果のうち、ゴルフ場排水路についてのデータを示した。調査した農薬57成分のうち、いずれかの試料から検出されたものは23成分であり、なかでもタービュカーブ、CAT、ダイアジノン、フルトラニル、アトラジン、イソプロチオランは検出頻度が高かった。排水路での最高濃度はタービュカーブの0.16mg/ℓであり、比較的高濃度のもにフルトラニル0.022mg/ℓ、イソプロチオランの0.018mg/ℓなどがあったが、環境庁の排水指針値を超過したものはなかった。

図1に、今回の調査のうち1991年度、1992年度について農薬の使用量とその検出頻度との関係を示した。使用量の多いものは、アシュラム、MCP P、ダイアジノン、クロロネブ、フルトラニルなどである。検出頻度の高いものは、前述のとおりタービュカーブ、CAT、フルトラニル、アトラジンであった。使用量として特に多いMCP P、クロロネブは全く検出されず、むしろ使用量の少ないタービュカーブ、CAT、アトラジンが高い頻度で検出されており、水域の農薬は一概に使用量が多ければ多いほど検出率が高くなるとはいえない。特に今回の調査では、この傾向が除草剤について目立っていた。

除草剤CNP、CATが毒性や検出頻度の面で問題視され監視が強化されている昨今、本県でも検出頻度の高

い除草剤について特に注意を払っていく必要がある。

河川水中に検出された農薬は、CAT(0.003~0.012mg/ℓ)、フルトラニル(0.006mg/ℓ)、イソプロチオラン(0.006mg/ℓ)、タービュカーブ(0.003mg/ℓ)などであった。

表6 検出された農薬の水溶解度と半減期

農薬成分名(検出率%)*	水溶解度(mg/ℓ) <sup>3)</sup>	半減期(河川水)日 <sup>4)</sup>
タービュカーブ(6.5)	7	
イソプロチオラン(3.2)	48	152
アトラジン(3.1)	33	42~180
CAT(3.0)	5	42~180
ダイアジノン(2.6)	40	19
フルトラニル(2.4)	9	

\*5年間全体での検出率(タービュカーブは、1990年以降4年間)

表6に検出頻度の高かった農薬の水への溶解度と河川水中での半減期を示した。ダイアジノン、アトラジン、イソプロチオランは水への溶解度が高く、散布後の水域への移行が容易で検出されやすいと推測される。また、イソプロチオランは溶解度に加えて水中半減期が152日と長いことも高頻度に検出された一因であろう。CAT、アトラジンは水中持続性が長いとされており<sup>4)</sup>検出されやすい原因と考えられる。

表5 ゴルフ場排水路において検出された農薬(1989~1993年度)

農薬成分名	環境庁排水指針値	89年度(試料数79)		90年度(試料数68)		91年度(試料数70)		92年度(試料数73)		93年度(試料数82)		
		検出数	最高濃度	検出数	最高濃度	検出数	最高濃度	検出数	最高濃度	検出数	最高濃度	
殺虫剤	ダイアジノン	0.05	2	0.005	1	0.002			2	0.010	3	0.007
	MEP	0.03	1	0.002			1	0.001				
	DEP	0.3							1	0.007		
	DDVP	—							1	0.004		
	イソキサチオン	0.08									1	0.004
殺菌剤	TPN	0.4	1	0.003			1	0.001				
	チウラム	0.06			1	0.005						
	フルトラニル	2			1	0.001	1	0.004	4	0.022	1	0.009
	イプロジオン	3						2	0.003			
	イソプロチオラン	0.4						4	0.018	1	0.001	
	トリクロホスメチル	0.8						1	0.004			
	クロロネブ	0.5								1	0.002	
メブロニル	1								1	0.007		
除草剤	CAT	0.03	1	0.001	2	0.002	3	0.002			3	0.002
	タービュカーブ	0.2			5	0.16	7	0.031	3	0.005	4	0.005
	アトラジン	—					1	0.003	3	0.002	3	0.003
	ナプロバミド	0.3								1	0.002	
	アシュラム	2										
	DBN	—							1	0.004		
	ベスロジン	0.8							1	0.001		
	プロピザミド	0.08							1	0.001		
	MCP P	0.05							1	0.002	1	0.002
	メチルダイムロン	0.3									2	0.010
										2	0.010	

## ま と め

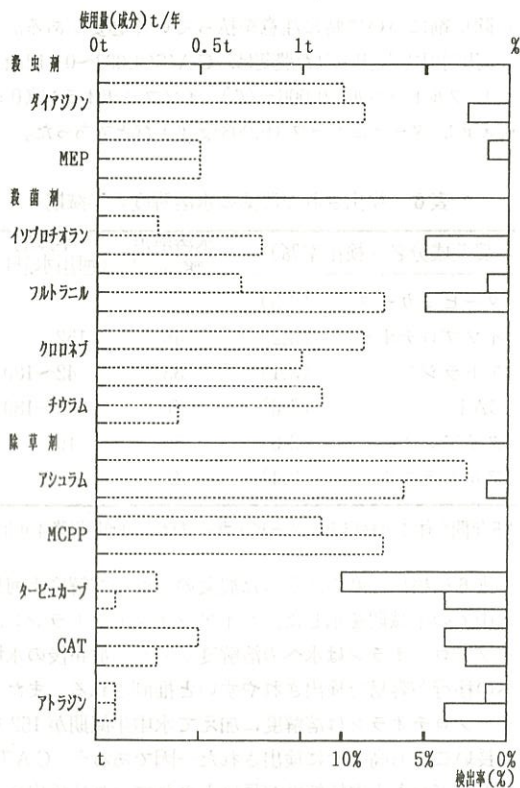


図1 ゴルフ場農薬使用量と水試料からの検出率  
(上段：1991年度 下段：1992年度)

表7にゴルフ場排水中の農薬の検出状況の推移を示した。1989年から1992年にかけて検出率の明らかな上昇があったが、1993年度は前年より低い検出率で推移している。今回の調査では、試料採取を一定の条件下（たとえば降雨などの気象条件）で行っていない。このことは、農薬の検出率にも関係していると思われるので、今後は試料採取条件等を細かく定めて、調査していかねばならないと考えている。

表7 ゴルフ場排水中の農薬の検出状況

	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年
試料数	79	68	70	73	82
検出数	5	10	14	27	24
検出率 (%)	6	15	20	37	29
検出成分数	4	5	6	14	13

1989年度から1993年度にかけ、山梨県内で営業しているゴルフ場33施設の使用農薬について、排水路、流入河川における汚染実態調査を行った。県内で比較的多く使われており、測定上、一斉分析が可能な57成分を選んで調査した結果、次のことが明らかになった。

- 1) 本県において最も多く検出されたのは、除草剤タービュカーブ(MBPMC)であった。その検出率は1990年度は7.3%、1991年度10.0%であったが、1992年度、1993年度は4%台に低下した。この推移は使用量に関係していると思われる。1992、1993年度の使用量は1991年度に比べ1/10量となっていた。
- 2) タービュカーブに次いでダイアジノン、CAT、フルトラニル、アトラジン、イソプロチオランが検出率の高かった農薬で、環境庁が各年度に発表する全国調査の結果と同じ傾向にあった。
- 3) 3種の除草剤タービュカーブ、CAT、アトラジンは、使用量の少ない割には高い頻度で検出された。水域の農薬は、一概に使用量が多ければ検出率が高くなるとはいえない。
- 4) 検出最高濃度は排水中のタービュカーブの0.16mg/lであり、比較的高濃度のものにフルトラニル0.022mg/l、イソプロチオランの0.018mg/lなどがあつたが、これまで環境庁による排水指針値を超過したものはなかった。
- 5) 河川水中に検出された農薬は、CAT(0.003~0.012mg/l)、フルトラニル(0.006mg/l)、イソプロチオラン(0.006mg/l)、タービュカーブ(0.003mg/l)などであった。これらは水中持続性の長い、分解されにくい農薬とされており、今後の監視が重要である。

稿を終るにあたり、試料採取を担当された県環境保全課、各保健所、資料提供をしていただいた県農業技術課の方々に感謝します。

## 引用文献

- 1) 茂岡忠義：水質汚濁研究，14，88~91(1991)
- 2) 山梨県：農務部農業技術課資料(1993)
- 3) 富澤長次郎ら：最新農業データブック，ソフトサイエンス社(1989)
- 4) 金澤 純：農薬の環境科学，合同出版(1992)