

〔特集〕ゴルフ場と環境

ゴルフ場の環境調査法における諸問題

吉 柳 隆 行*

はじめに

近年、九州山口でのゴルフ場は、折からのレジャーブームに加え1987年の「総合保養地域整備法」(リゾート法)による開発規制の緩和により、既設約230ヶ所に加え、造成中44ヶ所にも及び、これらの総面積は約237km²で、九州山口全土の約0.5%にも達するといわれている(平成2年10月現在)。

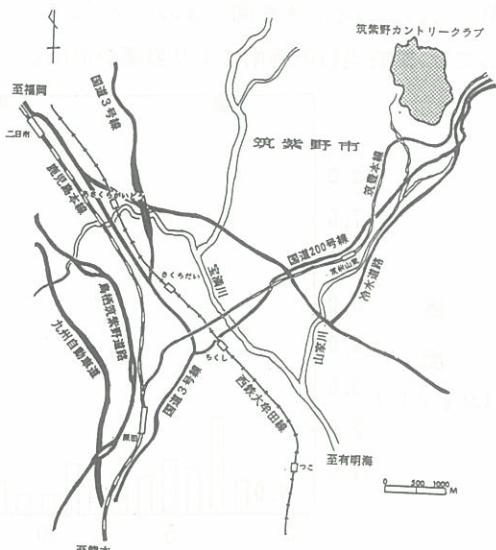
一方、ゴルフ場建設に伴う自然環境の破壊や使用農薬による環境汚染等、ゴルフ場に関する諸々の問題点がマスコミ等により報道され、これら社会情勢を受けて1988年8月には農林水産省からゴルフ場における使用農薬に対する通達が出され、また1990年5月には厚生省から「ゴルフ場使用農薬に係る水道水の安全対策について」の告示があり、引き続き環境庁から「ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指導指針について」が告示された。しかし、現在までのところゴルフ場周辺の環境の実態は未だ調査・研究の段階であり、公表された資料も少なく、しかもその多くは水質に関するものが大半である。

そこで、当協会はゴルフ場内外の環境把握のため、平成元年よりある既設ゴルフ場を対象として環境調査を連続的に行っている。ここにその一部を紹介し、その結果をもとにゴ

ルフ場の環境調査に関する諸問題について述べる。

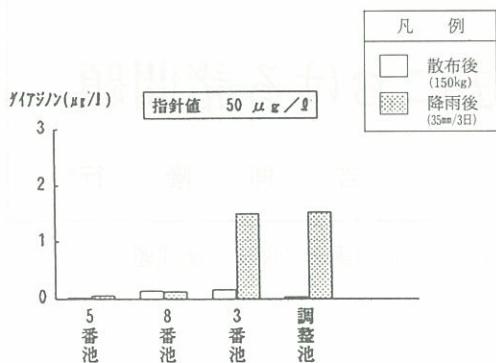
1. 既設ゴルフ場の農薬に関する環境調査

当協会では、筑紫野カントリークラブ(所在地:福岡県筑紫野市山家)のご協力により本ゴルフ場を対象場所として調査を実施している。当該ゴルフ場は昭和49年11月に営業が開始され、ゴルフ場の総面積は97.9万m²、18のゴルフコースは全体的に起伏に富んだ丘陵コースである。ゴルフ場からの流出水は山家川に合流の後、宝満川を経て有明海へ注いでいる。



図一 既設ゴルフ場環境調査位置

* 当協会環境部調査課長

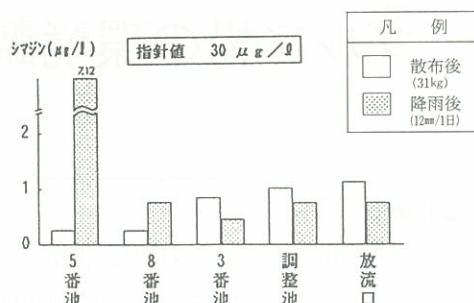


図一2 池水中のダイアジノン散布後と降雨後の濃度

(1) 水質への影響

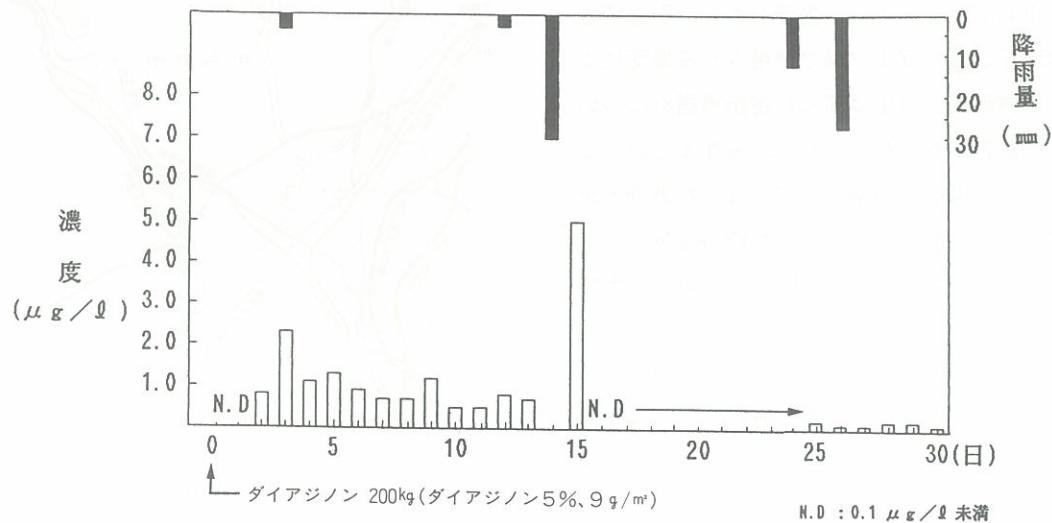
当該ゴルフ場内の池水及び流末調整池水において、対象農薬の散布後とその後の降雨の後に行った農薬分析結果を図一2, 3に示す。

図一2に示すダイアジノンの調査結果から、散布後の晴天時には農薬の流出はわずかな量にとどまっているが、降雨後には流域に散布された農薬が流出し、調整池等の農薬濃度が高くなっている。また図一3のシマジンについては、調査当日の降雨により農薬が流出し、

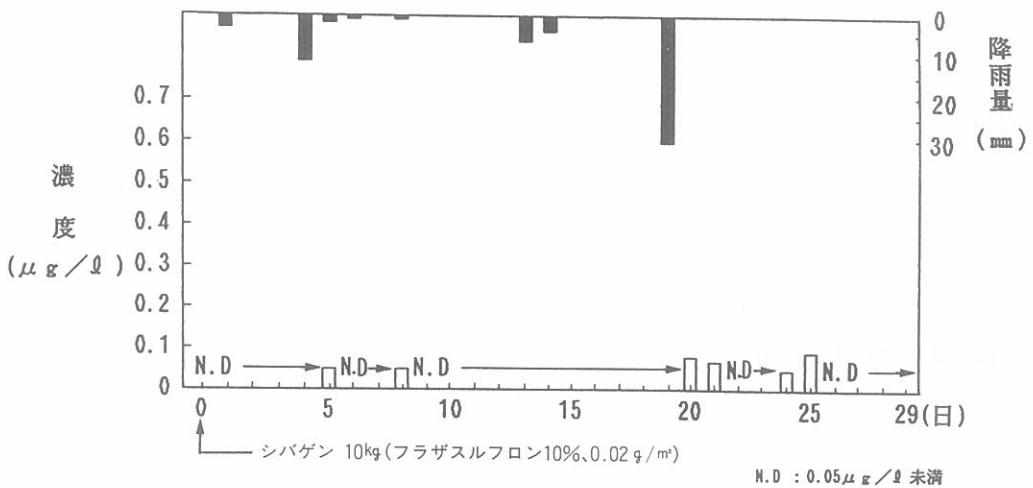


図一3 池水、放流口でのシマジン散布後と降雨後の濃度

場内池に到達していることがわかる。なお、散布後の晴天時（降雨のない時）の調整池等下流側にあたる池水で、シマジンの濃度が上流の池水に比べやや高くなっているのは、流域面積が大きいことや以前の降雨により流出したシマジンが停滞していることによるものと考えられる。ここでダイアジノン、シマジン以外の農薬2物質についても同様な調査を行ったが、農薬の水溶性等特性の違いなどにより、降雨に対する流亡・流出の程度は異なる



図一4 農薬流出濃度経日変化（ダイアジノン）



図一5 農薬流出濃度経日変化（フラザスルフロン）

っていたが、概ね前記2農薬と類似した結果を示した。

これらから、農薬散布後とその後の降雨の後の水質中の農薬濃度に差がみられ、農薬の流亡・流出は降雨時に大きいことが確認された。

また、農薬散布後約1カ月間ゴルフ場流出口で1回／日採水し、濃度変化を調べた結果を図一4、5に示す。これらからも、降雨に伴って農薬が流出することは明らかであり、ゴルフ場からの農薬流出を調査する場合、降雨時の調査が重要であることがわかる。

なお、ここで検出された農薬の濃度は環境庁の指針値に比べ低い。

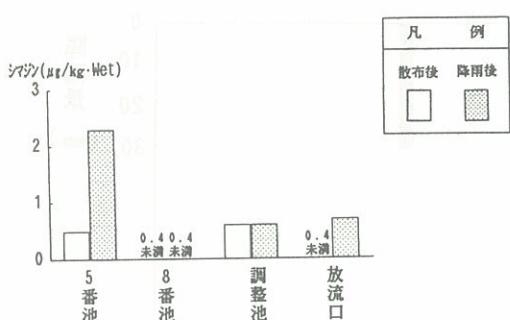
水底土壤についても、農薬の堆積・残留状況を農薬の散布後と降雨後に調査したが、その結果は図一6に示すように、前述の水質と同様に農薬が降雨により流出して底質中に堆積する様子がうかがえる。

以上のように、ゴルフ場に散布された農薬は晴天時には流亡・流出はほとんどなく、降雨により流出し、下流へ影響を及ぼすもので

あり、調査する際には、このことを十分考慮し、目的にあった調査時期及び頻度で実施しなければならない。

つぎに、地下水について当該ゴルフ場内の飲料水源井（-75m）、調整池横の監視井（-40m）及びゴルフ場周辺の家庭井3カ所（-30m、-20m、-15m）において、農薬散布後の降雨の後では散布された農薬を対象に、また通年の農薬散布終了後（冬季）には厚生省の飲料水暫定水質目標に掲げられた農薬21項目について各々調査したところ、すべてが検出限界未満で検出されず、農薬の地下水汚染は認められなかった。

さらに、ゴルフ場内の池に生息、生育している魚類等及び水生植物に対する調査を行ったが、各池で採取された魚介類はギンブナが最も多く、そのうち調整池で採取されたギンブナ80尾中に背鰭のない個体が1尾みられた。採取された魚介類は筋肉部と内臓に分離して分析したが、表一に示すように3番池、調整池に生息するギンブナの内臓にそれぞれダコニール、ダイアジノンが検出された。表一



図一6 水底土壤中のシマジン濃度

6に示すように、ダコニールは有機塩素化合物であるため、生体内蓄積の可能性は高く、有機リン系のダイアジノンについても農地散布後魚介類への蓄積が報告されている農薬である。また、各池で採取した水生植物は5番池と放流口ではキシュウスズメノヒエ、8番池と調整池ではキショウブであったが、表一2に示すように5番池のキシュウスズメノヒエにわずかにシマジンが検出されたのみであ

表一1 魚介類の農薬分析結果

(単位: $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{Wet}$)

魚介類名	調査地点	項目 組織	キャプタン	ダコニール	ダイアジノン	スミチオン	シマジン	ベスロジン
ギンブナ	5番池	内臓	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
		筋肉	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
	8番池	内臓	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
		筋肉	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
	3番池	内臓	4未満	8	10未満	20未満	4未満	4未満
		筋肉	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
コイ	調整池	内臓	4未満	4未満	21	20未満	4未満	4未満
		筋肉	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
	8番池	内臓	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
		筋肉	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
マルニタシ	3番池	内臓	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
		筋肉	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
	3番池	内臓と筋肉	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満	4未満
		調整池	内臓と筋肉	4未満	4未満	10未満	20未満	4未満

表一2 水生植物の農薬分析結果

(単位: $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{Wet}$)

項目 調査地点	キャプタン	ダコニール	ダイアジノン	スミチオン	シマジン	ベスロジン
5番池	10未満	5未満	2未満	4未満	3	2未満
8番池	10未満	5未満	2未満	4未満	2未満	2未満
調整池	10未満	5未満	2未満	4未満	2未満	2未満
放流口	10未満	5未満	2未満	4未満	2未満	2未満

表一3 水田の農薬濃度

(単位: $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{Wet}$)

場所	試料	項目	キャプタン (殺菌剤)	ダコニール (殺菌剤)	ダイアジノン (殺虫剤)	スミチオン (殺虫剤)	クロルピリホスメチル (殺虫剤)	シマジン (除草剤)	ペスロジン (除草剤)
ゴルフ場排水	土 壤	2 未満	2 未満	2 未満	4 未満	2 未満	2 未満	10	
	根	10 未満	5 未満	2 未満	5 未満	6	2	3	
	ワ ラ	10 未満	5 未満	2 未満	5 未満	80	2 未満	21	
	玄 米	10 未満	5 未満	2 未満	5 未満	5 未満	2 未満	2 未満	
対照水田	土 壤	2 未満	2 未満	2 未満	4 未満	2 未満	2 未満	8	
	根	10 未満	5 未満	2 未満	5 未満	23	2 未満	6	
	ワ ラ	10 未満	5 未満	2 未満	5 未満	86	2 未満	12	
	玄 米	10 未満	5 未満	2 未満	5 未満	5 未満	2 未満	2 未満	

った。

一方、ゴルフ場使用農薬を含む排水を下流水田が取水することにより、農薬が水田土壤に堆積し、そこで生育する稻に蓄積することが危惧される。そこで、ゴルフ場排水が流入する水田とそうでない水田について、土壤及び稻の農薬分析を行った。調査結果を表一3に示す。この結果から、ゴルフ場排水が流入する水田の土壤にペスロジンが検出され、そこで生育した稻の根にクロルピリホスメチル、シマジン、ペスロジンが、またワラにはクロルピリホスメチル、ペスロジンが各々検出された。しかし、玄米には農薬は検出されず、また根やワラで検出された農薬はゴルフ場排水が流入しない水田と同程度の濃度であることから、ゴルフ場の水田への影響はさだかではなかった。なお、稻の根やワラで検出されたクロルピリホスメチル(殺虫剤)はゴルフ場では使用されておらず、農業に伴って散布

された農薬である。

(2) 大気への影響

ゴルフ場で散布される農薬は、降雨により流亡・流出し、水を媒体としてゴルフ場外へ流出する他、散布中に大気に拡散し、大気を媒体に周辺へ影響を及ぼすことも考えられる。

そこで、農薬が直接散布されていないゴルフ場内の樹木の葉部を採取し、葉体の農薬分析を行った。採取日以前の2カ月間でゴルフ場で使用された農薬は、ダイアジノン5%粒剤72kg(グリーン、ティーグラウンド)、スミチオン50%乳剤20l(グリーン)、シマジン50%水和剤31kg(フェアウェイ、ラフ)、ペスロジン58%水和剤130kg(フェアウェイ)であり、その間の降雨は延べ14日、計66mmであった。

分析結果は表一4に示すとおりであるが、2カ月間で散布されなかったキャプタン、ダコニールは、今回調査した樹木には検出されなかった。しかし、ダイアジノン、シマジン、

表一 4 草木の農薬分析結果

(単位: $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{Wet}$)

試料名	項目	キャプタン	ダコニール	ダイアジノン	スミチオン	シマジン	ペスロジン
18番グリーン横 ハマヒサカキ	5未満	5未満	5	5未満	40	8	
18番グリーン横 ウバメガシ	5未満	5未満	2未満	5未満	19	2未満	
練習グリーン横 サザンカ	5未満	5未満	6	5未満	5未満	2未満	
5番ホール アカマツ	5未満	5未満	16	12	6	2	
11番グリーン横 モッコク	5未満	5未満	2未満	5未満	23	5	

表一 5 ゴルフ場内大気中のダイアジノン濃度

捕集地点	ガス状濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	粒子状濃度 (ng/m^3)
A	0.77	0.9
B	0.21	0.5未満

A : 散布地域内 , B : 散布地域外約300m

ペスロジンがグリーン横に植樹されている樹木やラフの樹木に検出され、スミチオンも一部の樹木に検出された。このうち、スミチオン、シマジン、ペスロジンは乳剤または水和剤の形状のものが噴霧されることから、大気中に飛散・拡散し、樹木への付着は容易に考えられるが、粒剤として散布されているダイアジノンが散布地域以外の樹木の葉体に検出されたことが注目された。

そこで、殺虫剤のダイアジノンが散布されている日に、ゴルフ場の散布地域と散布地より約300m離れた所(非散布地域)で、地上1.

5mの大気を吸引し、ダイアジノンの濃度を測定した。測定は大気中の粒子状の濃度とガス状の濃度とに分けて行ったが、その結果は表一5に示すように、散布地域で $0.77\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ガス状)、 $0.9\text{ng}/\text{m}^3$ (粒子状)のダイアジノンが検出され、非散布地域でも $0.21\mu\text{g}/\text{m}^3$ のガス状ダイアジノンが検出された。

ダイアジノンは、5%粒剤のものが地上約1mの高さから機械散布されていたが、散布時に大気中に揮散・拡散し、散布地域外へ運ばれていることが認められた。

このように、霧状で散布される水和剤等の農薬の他、農薬特性によっては粒剤で使用される農薬でも大気中に拡散し、風によって運ばれ、住居地の樹木や住宅の屋根等に付着することが考えられる。ゴルフ場で使用される農薬に限ったことではないが、農薬を使用する場合は散布時の気象に十分注意を払うことが重要である。

表一 6 調査対象各農薬の特性と構造

区分	一般名・商品名	化学名・構造式・性質	毒性・残留性
	ダイアジノン diazinon (I, B, C, E)	diethyl 2-isopropyl-4-methyl 1-6-pyrimidinyl phosphorothionate チオリン酸O,O-ジエチル=O-2-イソプロピル-4-メチル-6-ビリミジエル	[人畜] 効物(1%以下を除く) ラット8:250 ラット9:285 [魚類] B-s コイ:3.2 ミジンコ:0.08 [ADI] 0.002 [厚] 各作物:0.1 [環] 畦、雑穀、野菜、サトウ:0.1
	ダイアジノン Diazinon		無色油状、b.p.83~84/0.0002, d201.117, v.p.1.4×10-4, nD21.4978~1.4981, 水:40ppm, 有機溶媒:易溶, 水中または酸性で徐々に分解
殺虫剤	MEP fenitrothion (I, B, C, E)	dimethyl 4-nitro-m-tolyl phosphorothionate チオリン酸O,O-ジメチル=O-4-ニトロ-m-トルイル	[人畜] マウス8:1336 マウス9:1416 [魚類] B コイ:8.2 ミジンコ:0.002 [ADI] 0.005 [厚] 各作物:0.1 [環] 畦、雑穀、野菜、サトウ:0.1
	スミチオン Sumithion Folithion		淡黃褐色液体, d201.3227, v.p.6×10-4/20, nD20 1.5528, 水:不溶, 有機溶媒:可溶
	クロルピリホスメチル chlorpyrifos-methyl (I, A, B, E)	dimethyl 3, 5, 6-trichloro-2-pyridyl phosphorothionate チオリン酸O,O-ジメチル=O-3, 5, 6-トリクロロ-2-ピリジル	[人畜] マウス8:2254 マウス9:2032 ラット8:2472 ラット9:1824 [魚類] B コイ:4 ミジンコ:0.017 [ADI] 0.01 [厚] 各作物:0.2 [環] 米:0.01, 野菜、てんさい:0.03
	ダウレルダン Reldan		白色結晶, m.p.46, 水:不溶, アセトン・ベンゼン・クロロホルム・二硫化炭素:易溶, エタノール:僅溶
除草剤	ペスロジン benfluralin (I, B) benefin (A, W)	N-butyl-N-ethyl-α,α,α-trifluoro-2, 6-dinitro-p-toluidine N-(ブチル)-N-エチル-α,α,α-トリフルオロ-2, 6-ジエトロ-p-トルイジン	[人畜] ラット:1530 [魚類] B コイ:2.1 ミジンコ:>40
	バナフィン Balan		橙色固体, m.p.66, v.p.4×10-7/25, 水:70ppm,多くの有機溶媒:可溶, 紫外線では分解を受けやすいが、比較的安定
	シマジン [CAT] simazine (I, A, B, C, W)	2-chloro-4, 6-bis (ethylamino) -1, 3, 5-triazine 2-クロロ-4, 6-ビス(エチルアミノ)-1, 3, 5-トリアジン	[人畜] マウス:>5000 [魚類] A コイ:>40 ミジンコ:>40 [環] 米・雑穀、果実、野菜、豆類、いも類、茶:検出されないと
	シマジン Gesatop Primatol S		白色結晶, m.p.225~227, v.p.6.1×10-9/20, 水:5ppm, メタノール:400ppm, 軽油:2ppm, クロロホルム・エチルセロソルブ:僅溶
殺菌剤	キャプタン captan (I, B, C)	N-(trichloromethylthio)-4-cyclo-hexene-1, 2-dicarboximide N-(トリクロロメチルチオ)-4-シクロヘキセン-1, 2-ジカルボキシミド	[人畜] ラット:9000 [魚類] C コイ:0.25 ミジンコ:1.5 [ADI] 0.1 [厚] トマト, キュウリ, なす, りんご:5.0 [環] 米, 豆類, 果実, 野菜:5.0
	キャプタン オーソサイド Orthoclide 406		白色結晶, m.p.178, v.p.<10-8/25, 水:<0.5ppm, 石油:可溶, キシレン:5, クロロホルム:5, アセトン:3, シクロヘキサン:5, イソプロパノール:1, アルカリ性:不安定
	TPN chlorothalonil (I, A, B)	tetrachloroisophthalonitrile テトラクロロイソフタロニトリル	[人畜] ラット8:10000 [魚類] C コイ:0.05 ミジンコ:2.5 [ADI] 0.03 [厚] 果実、野菜、いも類、豆類、てんさい、茶:1.0
	ダコニール Daconil 2787		白色結晶, m.p.250, b.p.350/760, v.p.<0.01/40, 水:0.6ppm, アセトン:2, シメタルホルムアミド:3, ケロシン:>1, キシレン:8, アルカリ, 酸, 热に安定

出典:農業ハンドブック1981年版, 日本植物防疫協会
農薬・毒性の事典, 三省堂

E): 毒性・残留性の略号は以下の内容を示す。

[人畜]: 毒物、効物の指定別。
 哺乳動物に対する急性経口毒性的データ例 [LD₅₀値 (mg/kg)]。
 [魚類]: 魚毒性分類 覧表による魚毒性ランク。
 コイ、ミジンコに対する魚毒性データ例 [コイについては48時間後、ミジンコについては3時間後におけるLC₅₀値 (ppm)]。
 [ADI]: WHOの勧告した人1日摂取許容量 (mg/kg)
 [厚]: 厚生省が食品衛生法に基づき食品規格として設定した農薬の残留基準 (ppm)。(1987年現在)
 [環]: 環境庁が農薬収録法に基づき設定した農薬の登録保留基準 (ppm)。(1987年現在)

2. 問題点

(1) 降雨時調査の必要性

1990年5月に厚生省及び環境庁より告示された、「ゴルフ場使用農薬に係る水道水の安全対策について」、「ゴルフ場使用農薬に係る暫定指導指針について」(以下「指針」という)の内容並びに告示までの経緯については先に述べられているとおりであるが、このうち環境庁の「指針」では農薬流出実態の調査として、「排水口において、農薬濃度が高い状態になると見込まれる時の排出水について実施することを基本とする」ことが記されている。調査時期についての解釈は、ゴルフ場に対して直接的な指導を行う各都道府県に委ねられており、必ずしも一定ではない。

そこで、前述のように降雨により農薬が流出することが明らかであることから、ゴルフ場排水の調査について、散布後の第1降雨時またはその直後に実施する必要があると考える。

(2) 農薬の流出率の検討

ゴルフ場を開発しようとする場合、ゴルフ場が約100ha以上の広域であり、かつ地形変更、樹木の伐採、流出水による環境汚染への危惧等から、環境事前評価(環境アセスメント)が求められる場合が多い。その際、農薬流出に伴う周辺環境への影響予測評価の実施が必要となる。農薬の流出を予測する場合、通常使用される予測方法は下式によるが、ここで重要な問題は農薬の流出率(R)である。

予測式

$$C = \frac{N \times (Y/100) \times (R/100)}{Q}$$

ここで C : 流出濃度

N : 農薬の使用量

Y : 農薬の有効成分

R : 農薬の流出率

Q : 流出水量

農薬の流出率(R)については、現在までのところ必ずしも十分な知見が得られているわけではなく、各々の農薬特性や土壤、地形等により変化するものと考えられる。表-7は過去実施された環境アセスメントで使用された流出率及び水田等の実験から得られた流出率に関する文献をまとめたものである。一般的に流出率(R)は10~30%として予測する場合が多いようである。

そこで、前述のゴルフ場排水の農薬分析結果から、ゴルフ場で散布された農薬がどの程度流出するかの試算を行った。試算に当たっては、水質の他水量のデータが必要であるが、現在当協会では、ゴルフ場からの降雨流出解析を行っている最中であり、詳細な流出率算出までには至っていない。しかし、通常アセスメント等でよく使われている芝地等からの降雨流出値(0.5)を使用すると、ダイアジノンの場合、最大流出率0.5%，1カ月間での流出率0.01%程度と算出された。また、スミチオン、ペスロジン、シマジン、フラザスルフロンについても同様に試算したところ、すべてダイアジノンの流出率より低値であった。これら農薬の流出率に対しては、調査頻度を重ね、降雨流出解析を行った上で詳細な検討を行う予定であるが、ここで算出した流出率は前述のアセスメント等で使用されている値の約1/100と著しく低いものである。流出率が予測結果にそのままの割合で影響を及ぼす因子であることから、予測に使用される値はゴルフ場からの農薬流出をよく反映したものでなくてはならない。現在までのところ、この分野において実際のゴルフ場での調査結果

に基づいて流出率を算出された例は極めて少なく、早急に農薬の流出率について検討される必要がある。

表一7 農薬の流出率の事例

事 例		流出率 (%)	農 薬 の 種 類
ゴルフ場	A ゴルフ場	20	不明
	B ゴルフ場	15	不明
	C ゴルフ場	16 (max. 30)	不明
	D ゴルフ場	3	不明
水田等	模擬水田実験	8hr 流水 16 24hr 流水 30	PCP (除草剤)
	模擬水田実験	10 ~ 20	PCP (除草剤)
	カラム実験	1 ~ 3	PCNB
	水田実験	20 ~ 27	パラチオン

[資料 : 1) 水情報 Vol. 8 No. 11(1988) P 5
2) 環境技術 Vol. 17 No. 11(1988) P 41]

3. ゴルフ場環境調査方法について

(1) サンプリング時の留意点

前述の指針値に基づいて、行政が指導するゴルフ場で実施すべき排水等の自主検査の場合のサンプリング要領を整理すると、概ね以下に示すとおりである（平成3年4月1日現在）。

イ. 調査場所

- ① 排出水がゴルフ場の区域から場外に流出する地点（排出口）又は場内調整池、排水路、河川等を含めゴルフ場からの農薬の流出実態が適切に把握できる地点（環境庁）。
- ② 流域ごとに影響が大きい排水口とするが、排水先河川、地下水についても検査することが望ましい（福岡県）。
- ③ 排水口、地下水観測井（熊本県、鹿児島県）。
- ④ 排水口又は調整池（佐賀県）。

ロ. 調査時期及び頻度

- ① 使用農薬の種類や使用の時期等に留意（環境庁）。
- ② 農薬の使用量が多く、農薬の流出の可能性が高い時期。年2回以上（福岡県）。
- ③ 農薬の使用時期、使用量等を考慮し、年2回以上（熊本県）。
- ④ 農薬散布の時期、降雨等を勘案して、年3回以上。地域特性（上水道水源の上流に立地している場合）により頻度を高める（佐賀県）。
- ⑤ 使用時期を考慮して年2回以上（長崎県）。
- ⑥ 使用頻度、使用量の多い時期に年4回以上。下流に水道水源、飲用井戸、養魚場等がある場合は調査回数を多く（鹿児島県）。

ハ. 対象項目

- ① 使用農薬の種類や使用の時期に留意（環境庁）。
- ② 使用する農薬（福岡県）。
- ③ 使用農薬のすべて（熊本県）。
- ④ 殺虫剤、殺菌剤又は除草剤毎とし、使用量の多いものや毒性の強いものは必ず調査対象とする（佐賀県）。
- ⑤ 農薬の種類ごとに使用量等を考慮して（長崎県）。
- ⑥ 農薬の種類ごとに使用量の多いもの2物質以上（鹿児島県）。

ニ. その他

採取容器はガラス瓶を使用し、すみやかに分析。運搬・保存の場合は冷暗所にて行う（福岡県他）。

ここでまず調査場所であるが、ゴルフ場が山間部の地下水水源部にあたる場所に立地す

る場合が多く、農薬による環境汚染に対する周辺住民への配慮から、ゴルフ場流末付近での地下水の水質及び水位の監視はゴルフ場の責任において行うべきである。

また調査時期として、前述の既設ゴルフ場排水調査結果の例から明らかなように、降雨時に農薬の流出が多いことから、散布後の降雨時又はその直後の調査を加えるというよう具体的に示す必要がある。

対象項目としては、農薬特性上、一般的な除草剤のように土壌吸着性を持ち比較的長期にわたり効果が期待されるものもあれば、殺虫剤のように即効性を重視するものもある。よって、各々の農薬特性を考慮して流亡・流出しやすい農薬を中心に調査する必要があり、かつ評価可能な指針値に掲げられた農薬が望ましい（この場合、使用農薬も指針値農薬である必要がある）。しかし、現在のところ農薬の流亡・流出についての知見は十分ではなく、諸機関で実施されている農薬調査結果の公表を待ち、農薬に関する諸資料を十分検討した上で対象項目を選定しなければならない。

次に、一般的な事項として、採水容器は、農薬の種類によっては容易に光分解されるものもあると考えられるため、出来れば褐色ガラス瓶の方が好ましい。また、採水容量は単項目で約2ℓ、多項目（指針21項目）では5ℓ程度が必要で、試水は容器に満たし、空気に触れないよう注意すべきである。運搬はクーラー等に納め冷暗して行い、保存は分析対象項目毎にその特性を考慮して薬品固定等を行っても良いが、すみやかに分析を行うにこしたことはない。

(2) 農薬の流出量の把握

前述のように、ゴルフ場からの農薬流出に

ついて、ゴルフ場に対し各県の指導・要綱に基づいた水質調査が義務付けられているが、周辺への影響を知る上では、水質に加え水量を調査し、農薬の流出量（濃度×水量）を明らかにしておく必要があるのではないかと考える。農薬の流出量が把握されれば、流出先での水量を知ることにより水質予測が可能となり、利水地点での影響の程度等を容易に知ることが出来る。しかも、ゴルフ場で使用される農薬の流亡・流出の特性や効果・効率等が推察でき、ゴルフ場を管理する側にとっても有効であろう。

農薬の流出量を把握するには、農薬が散布された後、連続的かつ長期的な調査を行わなければならないが、農薬流出の多い降雨時と降雨のない時の水質と水量を調査しておくと、おおまかな流出量が算出される。通常、ゴルフ場内には一排水系統で池や調整池が複数あるため、水質はそれらにより緩衝され、変化は緩やかとなる。しかし、水量は降雨に鋭敏に反応し、水質に比べ変化は著しい。よって水量の調査頻度を水質のそれより多く行った方が好ましい。

水量測定は、その都度流速計により実測する方法、水路等に流量計を設置する方法及び堰による流量観測方法が考えられるが、堰による方法が最も簡便で維持管理も容易であり、堰上流に水位計を設置しておけば水量の連続観測も可能であるため、ゴルフ場での水量測定には適当な方法と考える。

おわりに

以上実際に営業されているゴルフ場での環境調査結果をもとに、農薬問題を中心にゴルフ場周辺の環境の実態を述べ、現在行われて

いる環境調査の問題点及びいくつかの提案を行った。しかし、これは1カ所のゴルフ場での調査結果にもとづいたものであり、今後、さらに研究を重ねる必要があるが、ここで述べた知見が少しでも資するところがあればと思っている。

終わりに、ここで紹介した既設ゴルフ場環境調査は、「筑紫野カントリークラブ」の御協力によって実施できたものであり、同ゴルフ場の国谷支配人、高橋前支配人、大渕課長、西村課長の各氏には大変お世話になった。ここに厚くお礼を申し上げる。

