

ゴルフ場の農薬による水質汚染調査 (I)*

石 黒 靖 尚**大 野 健 治**北 森 成 治**

1. はじめに

近年、ゴルフ場で芝生等を維持管理するために使用される農薬による環境汚染が新たな環境問題として提起されている。多くのゴルフ場は山間部に位置するため、ゴルフ場で散布された農薬が河川水及び地下水を汚染する可能性があり、その河川水または地下水を水道水源として利用している周辺住民の健康への影響が危惧されている。ゴルフ場で使用される農薬は殺虫剤、殺菌剤及び除草剤であり、一つのゴルフ場で年間約2~4t使用されている。しかし、ゴルフ場周辺でこれらの農薬による環境汚染の実態を調査した例は、1988年に報告された、奈良県山添村の事例を除いてほとんどない¹⁾。そこで著者らは、福岡県内の某ゴルフ場で散布された有機リン系殺虫剤(ダイアジノン、フェンチオン、フェニトロチオン)及び除草剤(ダクター、オルソベンカーブ)について1988年10月から1989年8月にかけて環境汚染調査を行ったので、その概要を報告する。

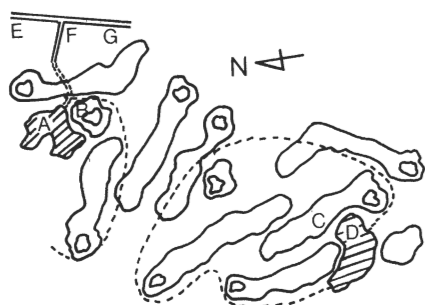


図1 試料採取地点

A, D: 調整池 B, C: フェアウェイ
E: 排水口上流 F: 排水口直下
G: 排水口下流
点線は、それぞれの調整池の流入域を示す。

2. 調査方法

2・1 試料採取地点

調査対象ゴルフ場は総面積約70ha、芝面積約49haで農地と住宅地が混在する標高約100mの丘陵地に位置している。今回行った調査では、ゴルフ場敷地内にある2カ所の調整池で水質及び底質試料、調整池に隣接する2カ所のフェアウェイで土壌試料(地表から3~5cmの土壌)、ゴルフ場からの排水が流入する河川(流量:3300t/day)で水質試料を採取した(図1)。また、ゴルフ場から500m以内にある11本の井戸水についても農薬汚染調査を行った。

2・2 試料採取時期

農薬散布直前・直後及び最初の1カ月間は毎週、その後は1カ月毎に調査対象農薬の濃度が散布前の水準に戻るまで約5カ月間、試料採取を行った。

2・3 分析方法

2・3・1 ダイアジノン、フェンチオン及びフェニトロチオン

水質試料については、衛生試験法²⁾に準じて、試料11をn-ヘキサンで抽出、カラムクロマトグラフィーでクリーンアップ、濃縮後、GC-FPD(P)で分析する。底質及び土壌試料については、風乾した試料約10gをメタノールで抽出後、n-ヘキサンに転溶し、地下水質試料と同様に処理する。本分析法によるこれら有機リン系農薬の検出限界は、水質試料:0.01 μ g/l、底質及び土壌試料:0.005 μ g/g(乾泥)である。

2・3・2 ダクター

水質試料については、試料11に塩化ナトリウム50gを添加し、ジクロロメタンで抽出、カラムクロマトグラフィーでクリーンアップ(フロリジル10g, n-ヘキサン-エーテル9:1, 200ml)、濃縮した後、GC-ECDで分析する³⁾。土壌試料については、風乾した試

*Research on Pesticide Residues in and around Golf Links (1).

**Yasuhisa ISHIGURO, Kenji OHNO, Shigeji KITAMORI (福岡県衛生公害センター) Fukuoka Environmental Research Center.

料 10 g をメタノールで抽出後、ジクロロメタンに転溶し、以下水質試料と同様に処理する。本分析法によるダクトールの検出限界は、水質試料：0.001 $\mu\text{g/l}$ 、土壌試料：0.0001 $\mu\text{g/g}$ （乾泥）である。

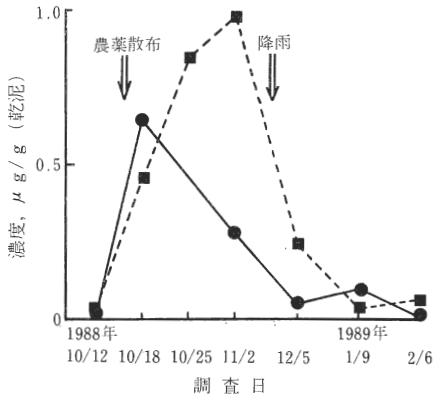


図2 土壌中のダイアジノン濃度の経時変化
 ●—：フェアウエイ B
 ■---：フェアウエイ C

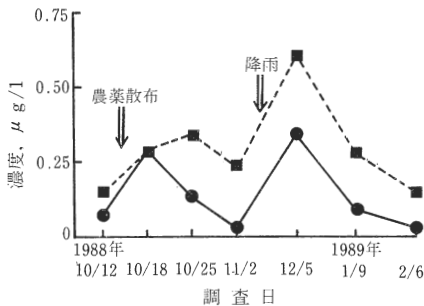


図3 池水中のダイアジノン濃度の経時変化
 ●—：調整池 A ■—：調整池 D

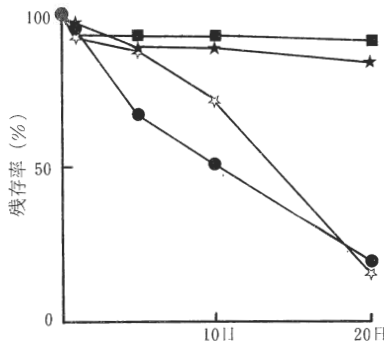


図4の1 ダイアジノンの分解性スクリーニングテスト
 pHを5,7,9の調整した緩衝液及び池水 (pH6.8) にダイアジノンを添加し、20℃、暗所における残存率の経時変化を測定した。

●—：pH 5 ■—：pH 7
 ★—：pH 9 ☆—：池水

2・3・3 オルソベンカーブ

試料11に塩化ナトリウム 50 g を添加し、n-ヘキサンで抽出、カラムクロマトグラフィーでクリーンアップ（フロリジル 10 g、n-ヘキサン-エーテル 70：30、100 ml）、濃縮後、GC-FPD (S) で分析する。本分析法によるオルソベンカーブの検出限界は、0.01 $\mu\text{g/l}$ である。

3. 結果及び考察

3・1 有機リン系殺虫剤

今回ゴルフ場で使用されたダイアジノンは、3% 剤剤で2~3 g/m^2 （原体として60~90 mg/m^2 ）が散布された。ダイアジノンの土壌中の濃度は、図2に示すように、農業散布後徐々にその濃度が高くなり（最高約0.98 $\mu\text{g/g}$ 乾泥）、大量の降雨（約40 mm）の後急激に低下した。

一方、調整地のダイアジノン濃度は散布直前には約0.1 $\mu\text{g/l}$ 程度であったが、散布後約0.3 $\mu\text{g/l}$ とわずかに高くなり、約3週間で散布前の水準に戻った。しかし、降雨の後再び高くなり（最高約0.6 $\mu\text{g/l}$ ）その後徐々に減少した（図3）。これは、ダイアジノンが粒剤で散布されたため、散布の際に粒剤の一部が直接調整池に入り、ダイアジノン濃度がわずかに上昇し、その後約1か月間ほとんど降雨がなかったため、ダイアジノンの粒剤から土壌への移行が徐々に進行し、その後の大量の雨水によって、土壌中のダイアジノンが溶出、調整池に流入したためと考えられる（図2）。調整池中でダイアジノンが比較的速く分解する傾向が認められたので、pH 5, 7, 9の緩衝液及び池水 (pH 6.8) を用いてダイアジノンの水中での分解性を検討した

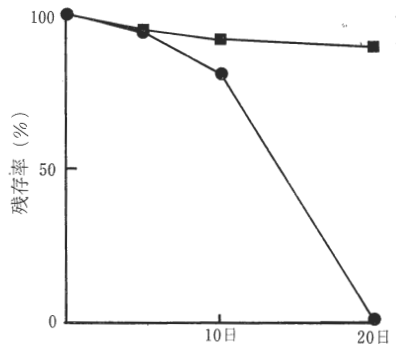


図4の2 ダイアジノンの分解性スクリーニングテスト
 pH7に調整した緩衝液及び池水 (pH6.8) にダイアジノンを添加し、室温、日光下における残存率の経時変化を測定した。

■—：pH 7 ●—：池水

(図4)。その結果、20℃、暗所の条件において、pH5ではダイアジノンが他の有機リン系農薬と異なり、酸性条件では不安定なため、20日後の残存率は約17%であったが、pH7, 9ではほとんど分解せず、20日後の残存率は80%以上であった。しかし、池水の場合はpH6.8とほぼ中性であるにもかかわらず、20日後の残存率は約15%であった。また、自然条件下(室温、太陽光)では、pH7の緩衝液中では、ほとんど分解しないのに対して、池水中の20日後の残存率は0%であった。この結果は、池水中のダイアジノン濃度の減衰傾向と一致し、ダイアジノンは環境水中において約20日で微生物により生分解されると考えられる。

底質については、ダイアジノンが環境中で微生物により速やかに分解されるため、調査期間を通じてダイアジノンは一度も検出されなかった。

フェンチオン及びフェニトロチオンはダイアジノン

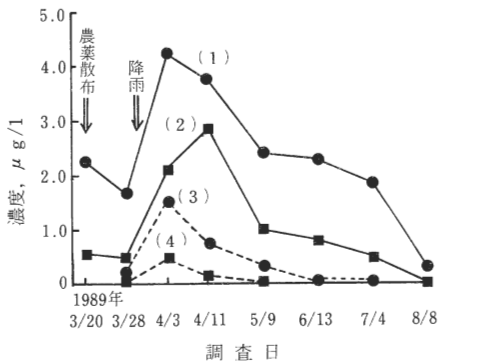


図5 河川水および池水中のダクタール濃度の経時変化 (1): 調整池D, (2): 調整池A, (3): 排水口直下 (4): 排水口下流

と異なり、局部的に散布されたため、フェンチオンはフェアウェイの1カ所の土壌から検出された(最高3 μg/g)だけで、水質及び底質試料からは検出されなかった。また、フェニトロチオンについては、散布直後に調整池中から、低濃度(調整池-A: 0.6 μg/l, 調整池-D: 0.2 μg/l)で検出されただけであった。

3・2 除草剤

今回散布されたダクタールは、0.5%水和剤で約300 ml/m²(原体として約1.5 g/m²)散布された。調整池中のダクタールの濃度は、散布後1週間はほとんど降雨がなかったため顕著な濃度の上昇は認められなかったが、30 mm程度の降雨の後、濃度は急激に高くなり(最高約4.23 μg/l)、その後、徐々に減少した(図5)。しかし、図6に示すように、ダクタールは、有機リン系農薬に比較して、水中での分解が遅いため、かなりの期間(約3カ月間)残留が認められた。土壌中のダクタールの濃度については、バラツキが大きく、土壌中でのダクタールの経時変化を正確に把握することはできなかったが、土壌中の残留期間は約1.5~2カ月程度であると推定される。

3・3 環境への影響

ゴルフ場で使用された農薬による環境水の汚染がどの程度であるかを把握するために、ゴルフ場周辺の井戸水、ゴルフ場からの排水及び排水が流入する河川水を調査した。その結果、ゴルフ場周辺の井戸水の調査では、調査したダイアジノン、フェンチオン、フェニトロチオン、ダクタール及びオルソベンカーブのいずれも検出されなかった(表1)。また、排水口直下及び下流の河川水の場合、ダイアジノンは調整池の濃度が高くなったとき(最高約0.6 μg/l)に排水口直下で最

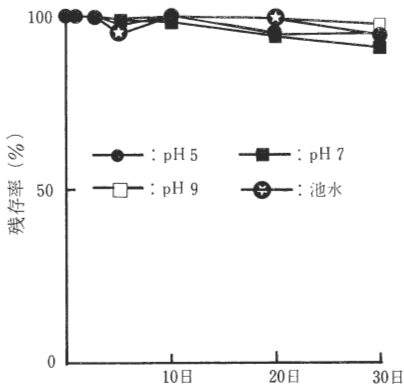


図6の1 分解性スクリーニングテスト pHを5,7,9の緩衝液および池水(pH 7.6)にダクタールを添加し20℃、暗所に静置し、残存率を測定した。

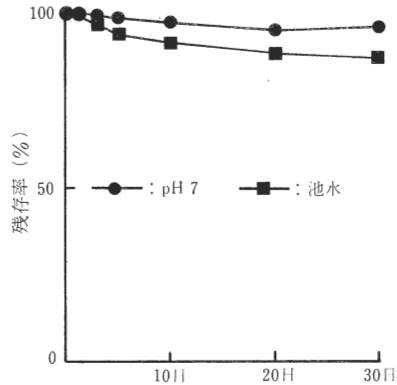


図6の2 分解性スクリーニングテスト pH7の緩衝液および池水(pH 7.6)にダクタールを添加、室温、太陽光下に静置し、残存率を測定した。

表1 ゴルフ場周辺の井戸水の農薬汚染調査

	ダイアジノン	フェンチオン	スミチオン	ダクタール	オルソベンカーブ
1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
3	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
4	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
5	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
6	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
7	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
8	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
9	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
10	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
11	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.

検出限界・ダイアジノン 0.01 μ g/l、フェンチオン 0.01 μ g/l、スミチオン 0.01 μ g/l
ダクタール 0.001 μ g/l、オルソベンカーブ 0.01 μ g/l
N. D. : 検出限界以下

高0.29 μ g/l 検出されたが、降水量の少ない時期であったため、排水量が少なく、排水口下流では、調整池の水を大量に放流したときに0.14 μ g/l 検出されたのを除いて検出限界以下であった。一方、ダクタールは調整池で最高約4.3 μ g/l、排水口直下で最高1.55 μ g/l、排水口下流の河川水からも、低濃度ながら散布後約1カ月間にわたって検出され、最高値は0.492 μ g/lであった(図5)。

以上の結果から、今回調査したゴルフ場の調整池、排水及び排水が流入する河川水から検出された農薬のうちダイアジノンについては、1990年5月に環境庁が示した、ゴルフ場排水口からの排水指針値(ダイアジノン:50 μ g/l)よりもはるかに低い値であり、ゴルフ場周辺の環境に対する影響はほとんどないと考えられる。また、ダクタールの場合は、環境庁が示した21種類の農薬に含まれていないため、環境庁の排水指針値による直接の評価はできないが、除草剤で指針値が最も低いシマジンの場合、排水基準値は30 μ g/lであり、河川水から検出されたダクタールの濃度はそれ以下であること、ダクタールは毒性が低いこと(普通物、魚毒性A類)、また、農村地帯の河川からはダイアジノン、NIP、ベンチオカーブ等の農薬が0.6~0.7 μ g/l程度の濃度で検出される^{4,5)}ことを考慮すれば、ゴルフ場で使用される農薬による環境水の汚染は比較的小さいと考えられる。しかしながら、ゴルフ場の立地条件によっては、ゴルフ場の排水が直接水道水源に流入する可能性もあり、また、今回は調査しなかった、ゴルフ場で使用された肥料等による環境水の富栄養化及び農薬による大気汚染の可能性もあるため、ゴルフ場周辺での農薬汚染実態調査を今後も続ける必要があると考えられる。

4. おわりに

今回の調査を実施するに当たり、適切なる御助言を賜りました、福岡県衛生公害センター所長高橋克巳博士に深く謝意を表します。

一引用文献一

- 1) 中地重晴;環境監視, 5号, pp. 6-11, 1989.
- 2) 日本薬学会編「衛生試験法・注解」pp. 96-101, 金原出版(株), 東京, 1980.
- 3) 後藤真康, 加藤誠哉編著「残留農薬分析法」pp. 281-282, ソフトサイエンス社, 東京, 1980.
- 4) 大崎靖彦, 中村又善; 全国公害研会誌, Vol. 8 (2), pp. 29-34, 1983.
- 5) 中村又善, 大崎靖彦; 全国公害研会誌, Vol. 9 (1), pp. 35-39, 1984.