

水田各相における散布農薬の濃度特性

○永淵修¹、井上隆信²、海老瀬潜一³、浮田正夫⁴
福岡県保健環境研究所¹、国立環境研究所²、摂南大学³、山口大学⁴

1 はじめに

近年、わが国ではゴルフ場から水環境への農薬の流出が注目され、大きな社会問題になった。しかし、ゴルフ場施用農薬は全農薬使用量の1%程度で、98%以上は他の農林業用に使用され、その内の約50%は水田で使用されている。したがって、環境水中に排出される農薬に関してはゴルフ場施用農薬に偏らず水田施用農薬の環境水中への流出を評価することも重要である。

著者らはそれぞれの流域で水田農薬の環境への流出量評価のための調査研究を行っており、最終的には流出量評価のモデル化を目標にしている。ここでは、モデル化の基礎資料を得るために、モデル水田における田面水の濃度変化、土壌水中の濃度変化について検討した結果を報告する。

2 調査および分析の概要

調査は、13.8a (A水田) と14.6a (B水田) のモデル水田で1996年6月25日から9月25日まで行った。田面水は、それぞれの水田の水口、水尻および中間点、土壌水は、中間点にボーラスカップを10cm、30cmおよび70cmの深さにセットした。使用した農薬は、前者の水田では、除草剤はザークD粒剤 (ダイムロン、メフエナセット、ベンスルフロンメチル)、殺菌剤はコラットP粒剤 (ピロキロン)、後者の水田では、除草剤はウルフェース粒剤 (チオベンカルブ、メフエナセット、ベンスルフロンメチル) 殺菌剤はキタジンP (IBP) であった。

試水は褐色ガラス瓶に採水し、氷冷して持ち帰り、あらかじめアセトンで洗浄したガラス繊維濾紙でろ過した。農薬の分析は、ろ液500ml (但し、土壌抽出液については抽出液量) を固相 (Sep-Pak, PS-2) 抽出法によって、固相に吸着した農薬をジクロロメタンで溶出させアセトンに転溶し、GC-MS (島津QP-5000) を用いて定量した。但し、ベンスルフロンメチルは分析していない。

3 結果と考察

調査期間中のダイムロンとピロキシロンの田面水中の濃度変化および土壌水中の濃度変化を図1に示す。散布農薬量は、それぞれA水田ではダイムロン62.1g、メフエナセット138g、ピロキロン207g、B水田ではベンチオカーブ219g、メフエナセット65.7g、IBP755gであり、散布時期は、除草剤では7月2日であり、殺菌剤では8月6日であった。田面水中での各農薬の減少速度は、一次反応にしたがっている。但し、ダイムロンの経時変化にみられるように田面水が入れ替わるような降雨の時は、土壌中に吸着している農薬の脱着反応により田面水中の農薬濃度が再び高くなっている。その後、同様に一次反応にしたがって減少している。一方、30cm層の土壌水中の濃度は田面水中濃度に比較して10²のオーダーであった。さらに、30cm層のダイムロンの経時変化をみると7月2日に散布された後、徐々に濃度が上昇し、7月16日に最大値になっている。田面水では散布後、直ぐに最高濃度に達しているが、土壌水では最高濃度が遅れて出てきている。すなわち、田面水と土壌水では、時間的な挙動が異なっている。ピロキロンについても同様であり、田面水では、散布後直ぐに最高濃度に達し、30cm層の土壌水では、8月6日に散布後、徐々に濃度が上昇し、8月15日に最高濃度に達している。単純に鉛直方向の移動速度を計算するとダイムロンは2.1cm/日、ピロキロンは3.3cm/日となる。田面水の濃度現象速度、土壌水の濃度および濃度変化の結果を考慮すると、水田からの農薬の流出は、表面流出が大部分であることが示唆された。

ピロキシロンの晴天時流出については、既報で示しているが、図2におけるE流域 (Stn.4) でのピロキシロンの流出負荷量を田面水の表面流出のみで検証してみた。ピロキロンは、短期間 (1~2週間) では田面水中での分解がないとしている。また、MackayのfugacityモデルのレベルIを用いて環境各相の分布率を求めた (表1)。Stn.4における河川水中のピロキロンは、E流域でピロキシロンを散布された水田からだけ負荷されたとすると次の物質収支式が成立する。

$$C_{S4}Q_{S4} = C_{UR}Q_{UR} + C_PQ_P + C_{PP}Q_{PP} \quad (1)$$

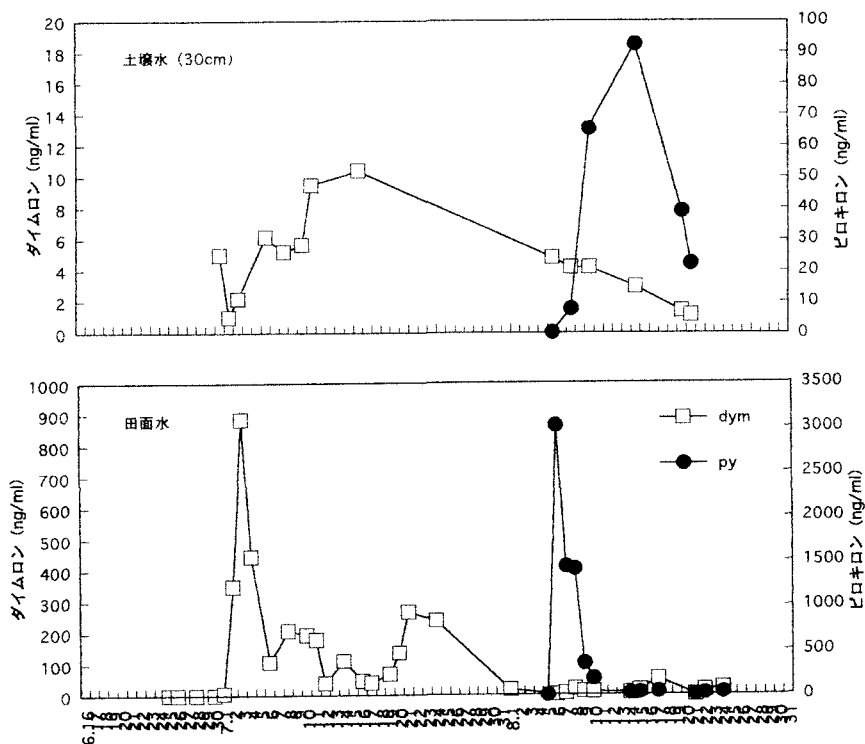


図1 田面水と土壌水中の農薬の経日変化

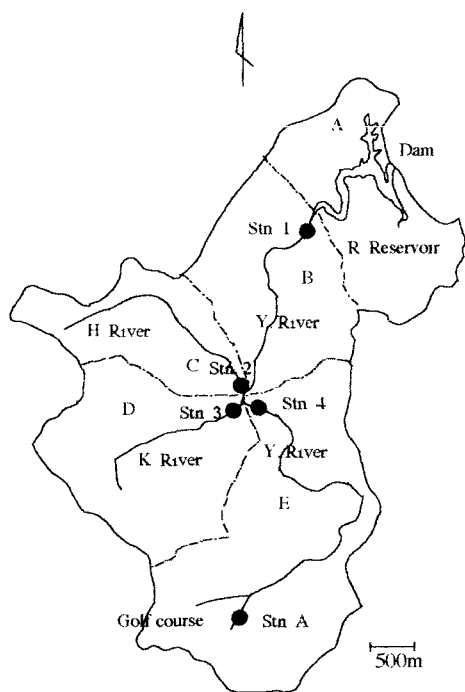


図2 調査地点

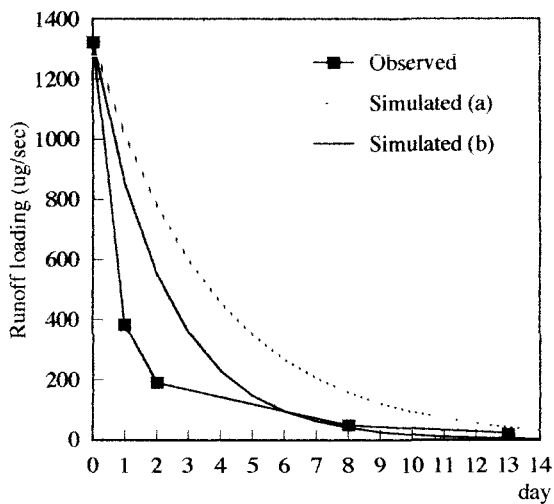


図3 Stn.4におけるピロキロンの流出負荷量予測結果

表1 Fugacityモデルによるピロキロンの水田内分布

	仮定環境容量 (m^3)	濃度 (mol/m^3)	絶対量 (mol)	分布率 (%)
大気	10000	4.40×10^{-11}	4.40×10^{-7}	0.00
土壌	20	0.0018	0.037	4.27
水	50	0.015	0.79	91.2
稲			0.039	4.49

ここで、 C_{S4} 、 C_{UR} 、 C_P 、 C_{PP} および Q_{S4} 、 Q_{UR} 、 Q_P 、 Q_{PP} はそれぞれStn. 4、水田からの影響を受けない河川水、ピロキロンを散布してない水田およびピロキロンを散布した水田のピロキロン濃度および流出水量である。 $C_{UR}=0$ 、 $C_P=0$ であるので、(1)式は(2)式となる。

$$C_{S4}Q_{S4}=C_{PP}Q_{PP} \text{----- (2)}$$

田面水のピロキロンの濃度変化はモデル水田における実測値から求めた式を修正した(3)式を用いた。

$$C_{PP}=C_0 \cdot e^{kt} \text{----- (3)}$$

ここで、 C_0 は標準散布量から計算した理論濃度(2.74mg/l)を与え、濃度減少速度定数はモデル水田の濃度変化から求めた $k=0.265$ を与えた。このモデル水田では田面水の減水深が0.3cm/日であった。この減水深分をピロキロンを含まない水で補給したときの濃度減少速度定数は $k=0.437$ になる。この二つの条件(前者をa、後者をb)で予測を行った。その結果を図3に示す。かなり観測結果に近似した曲線を描いている。この結果から、水田からの農薬の流出は表面流出のみで、ある程度実測に近い値が得られることが示唆された。今回のピロキロンは水溶解度が大きい(4000mg/l)こと、土壌吸着が少ないことから水相の濃度変化のみで予測したが、一般的な水田農薬は水相、土壌相の2相モデルを用いることで十分環境動態を表せると考えられる。

4 まとめ

水田農薬の田面水中の濃度変化は一次反応速度に従い、土壌相と水相の濃度勾配により吸脱着反応が認められる。農薬の鉛直方向の物質移動速度は3cm/day程度であり、30cm相の濃度は田面水の 10^2 程度である。この結果から、水田農薬の流出形態は表面流出が主なものであり、水田農薬の流出量評価のためのモデル化を行う場合、水相(田面水)と土壌相(表層数cm)の2相モデルで表面流出を表せることが示唆された。

引用文献

- 1) Nagafuchi, O., Inoue, T. and Ebise, S., 1994 Runoff Pattern of Pesticides from Paddy Field in the Catchment Area of Rikimaru Reservoir, Japan, Water Science & Technology, 30, 7, 137-144.
- 2) 金澤純, 1990 農薬の環境中分布の数式モデルによる予測, 植物防疫, 44, 27-32