

II-510 土壤中における農薬の移動性に関する研究

北海道大学工学部 正員 亀井翼、丹保憲仁、松井佳彦
学生員 丹治雅人、岡中孝美

1. はじめに

農薬が上水道水源流域に散布された場合(1)どのようなタイプの農薬が(2)どのような気象条件で(3)どのようなタイプの土壌からどの程度流出するかを明らかにすることは、適切な水源水質の管理を行う上で重要である。今回は①農薬の特性として水に対する溶解度が様々に異なる農薬の挙動に着目し、②土壌の特性としては腐植物質の多い表層土層と腐植物質の少ない中間および深層土層を考え、それらの層を通過する場合に様々な農薬が条件に応じてどの程度移動するかを明らかにすることを目的とした。

2. 実験に用いた農薬と土壌

実験に用いた農薬はCNP、MCP、Simazine、Diazinon、Bentazone、Asulam、実験に用いた土壌は札幌市の上水道水源域に比較的広範囲に分布している火山灰土壌（羊ヶ丘火山灰中間層土壌）と森林表層土壌（篠舞演習林表層土）であり、その特性は表1のようである。

3. 農薬の計測方法

農薬の計測はろ別した1mL程度以下の試水を高速液体クロマトグラフに直接注入することにより行った。カラムはプレカラムとしてガードパックスC18、本体カラムとしてWakosil-II 5C18-100（4.6×150mm）を用いた。このようなプレカラムを用いることによって本体カラムに非可逆的に吸着するようなフミン質の一部をプレカラムにより予め除去することができる。HPLCはCH₃CN:H₂O=90:10の条件でiso-cratic mode(UV260nm)で行なった。自然水中の成分と農薬との分離の程度は図1に示すようであるが注入量を多くし検出波長を選ぶことにより直接注入のみでppbレベルまでの測定が可能である。さらに検出感度を高くするために用いたSep-Pak C18カートリッジによる吸着濃縮の一例は図2のようである。図からも明かなように水溶解度の低い成分の吸着濃縮の場合に有効である。

表1 土壌の性質

4. 土壌カラムによる農薬吸着実験

内径0.8cm、長さ10cmのカラムに所定量の土壌を充填しポンプにより所定の空筒速度で所定濃度の農薬水溶液を通水してカラム流出水の濃度を計測し、破過曲線を作成した。

	7%シメタム量	コロイド荷電	含水率	蒸留水100mL 流出水中のE260
羊ヶ丘土壌	4.5mg/g	-20meq/l	43.9%	0.105
篠舞土壌	0.71	-30	35.1	0.387

5. 農薬の土壌吸着実験結果

土壌カラムを用いた農薬の吸着破過実験結果、いずれの場合も吸着等温線はHenry型でありHenry式の係数kの値は表2のとおりである。

6. 農薬の移動性予測

土中では飽和流でも不飽和流でも平均的な農薬の移動距離を $f_w/\rho_b(w+k)$ (f_w :土中水flux[kg/m²・s], ρ_b :土壌の乾燥密度[kg/m³], w :含水比[-], k :Henryの係数[kg/m³])に降雨継続時間Tを掛けたものとして扱ってみる。現時点の水文学では降雨のパターンを入力しても土中の任意の位置における土中水fluxの時間変動を降雨パターンの関数として普遍的に記述できない。安全側の観点から地表

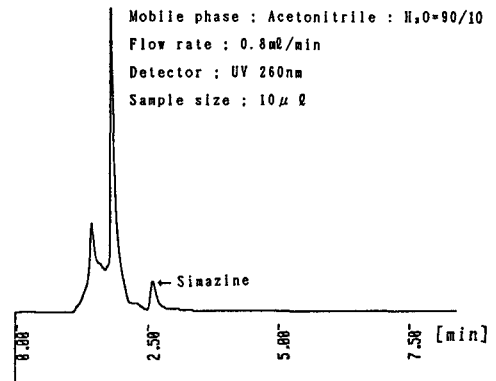


図1 有機着色水(E260=0.453)中の成分とSimazine(0.5ppm)の分離

面に散布された農薬は降雨継続時間の間、表層側方向あるいは鉛直方向に同一の f_w の条件で移動すると考えてみることにする。実際の算定は次に示すような仮定の下に実測値の平均的な値を用いて行った。(1)地表面に散布された農薬は散布量の大小によらず降雨により各農薬の水溶解分のみが側方向または鉛直方向に降雨継続の間移送される。(2)降雨の強度は f_w に影響せず側方向または鉛直方向への降雨量の配分比のみを決定する。(3)地質構造は羊ヶ丘土壌あるいは簾舞土壌から形成されており場所的に等方性である。(4) $f_w = 0.0113 \sim 0.0025 [\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}]$, $w = 0.2 \sim 0.4 [-]$, $\rho_s = 1500 \sim 2650 [\text{kg}/\text{m}^3]$ 。以上のような条件下で表2に示したような吸着係数を用いて降雨継続24時間で各農薬がどの程度移動するか算定した結果いずれの場合も0.2~0.4(m)程度しか移動しないことになる。 f_w , w , ρ_s などの数値を危険側に換えてみてもその移動距離は高々1.8(m)程度であり24時間程度の一降雨では散布された農薬は表面流あるいはパイプ流が発生するような極端な強雨でないかぎり河道には到達しないことになる。またTien¹⁾等がTouliow Sandy loamを充填したタンクを屋外に設置し表層にisouronを散布し4週間及び16週間後のisouronの深さ方向の分布を調べた結果は図3のようである。Tien等が報告している係数 ($\rho_s = 1500 [\text{kg}/\text{m}^3]$, $q = 0.58 \text{c}$, q : 土壌に対する農薬の吸着量 $[\text{kg}/\text{kg}]$, c : 土中水中の農薬濃度 $[\text{kg}/\text{m}^3]$, $f_w = 0.0022 [\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}]$) を用い $w = 0.2 \sim 0.4$ として先に示した方法で4週間後(積算降雨時間=14.2hr)および16週間後(積算降雨時間=43hr)の移動距離を算定すると0.08~0.10[m]および0.23~0.29[m]となりisouronの土中における実際の分布の概略値を示しているものと思われる。

6. まとめ

- 1) 逆相分岐HPLCにより直接試水を装置に注入してppbレベルの農薬の測定が可能である。
- 2) 土壌に対する農薬の吸着性はHenry型であり、その吸着係数からみれば土壌の有機物含有量および農薬の水溶解度にはほとんど依存せずほぼ一定に近い値をとる。
- 3) 24時間程度の降雨継続時間では斜面側方向または鉛直方向への農薬の移動距離は高々1.8(m)、一般的には0.2~0.4(m)程度であると推測される。

(参考文献)

- 1) C.W. Tien et al.: Movement, Adsorption and Desorption of the Herbicide Isouron in Soils, J. Pesticide Sci. Vol. 14, 437 (1989)

表2 各農薬のHenry係数 $k [\text{m}^3/\text{kg}]$

	羊ヶ丘土壌	簾舞土壌
Simazine	0.00252	0.00295
Diazinon	0.00306	—
Bentazone	0.00277	—
Asulam	0.0018	—

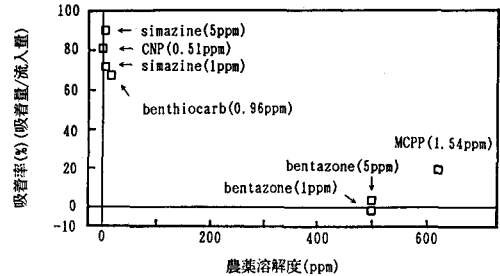


図2 Sep-Pak C18による農薬の吸着

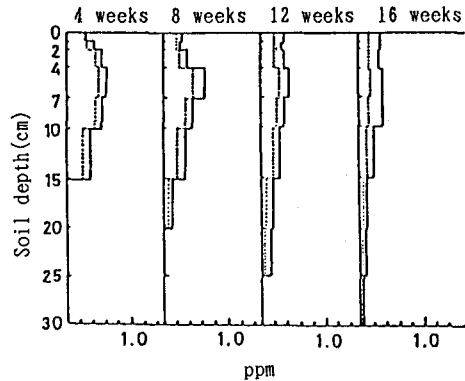


図3 Touliow sandy loam充填タンクにおけるisouron (as radioactive carbon)の鉛直分布¹⁾
——, Total ^{14}C ; -----, Unchanged isouron.