

II - 455

農薬の土壌に対する吸着性と流出解析

岐阜大学 正会員 松井佳彦, アジア工科大学 亀井翼, 西原環境衛生研究所 額縁孝義
北海道大学 丹保憲仁, 渡辺義公

1. はじめに

本研究では, 1) 農薬の土壌吸着性と農薬・土壌の性質の定量的関係を検討し, 2) 水分の土中における不飽和浸透式と農薬の分散移動式を連結し, 土層における農薬の2次元移動解析を行い, 降雨による斜面中からの水分移動と農薬移動を解析し, ハイドログラフと流出濃度変化曲線の関連について検討した。

2. 農薬の土壌吸着

実験に用いた農薬として, 除草剤や殺虫剤として広く使用されている農薬の中で水溶解度が大きく異なるシマジン(5ppm)、ダイアジノン(40ppm)、アシュラム(4000ppm)、ヒドロキシイソキサゾール(85000ppm)を選定した。実験に用いた土壌は, 火山灰土壌、酸性褐色森林土壌、腐食土壌、泥炭地土壌といったタイプの違う6種類である。これらの農薬と土壌を用いて, 回分吸着実験を行った。その結果, 吸着等温線は全ての土壌と農薬についてヘンリー型で表現できた。

そこでヘンリー係数と土壌構成成分との関係について検討を行った。農薬の吸着に関与する土壌成分を有機成分及び無機成分に分けて考える。有機成分はフミン質に代表される腐食成分と考えられるので, 土壌から1%NaOHで抽出される成分の有機成分量(紫外部260nmの吸光度, E260)を指標とした。また, 無機成分の中で吸着に関与するのは土粒子本体と比表面積の大きい粘土成分と考えられる。各農薬のヘンリー係数について, 土壌の有機成分、粘土成分及び土粒子本体の3つの成分量を説明変数とした重回帰分析を行った。各成分のヘンリー係数は表-2のようである。表-2の係数を代入して得られた土壌のヘンリー係数と実験値の関係を例えばシマジンについて示すと図-1のようである。図のように良好な相関が得られ, その他の農薬についても同様な相関を得た。また, 重回帰分析で求めた土壌中の有機成分及び粘土成分のヘンリー係数と, 泥炭地フミン質及びカオリンに対する各農薬のヘンリー係数の関係を図-2、3に示す。図のように, 良好な相関が見られたことから, 農薬の土壌に対する吸着が土壌中の粘土及び有機成分に由来することを裏付けたと考える。表-2に示すように粘土成分と有機成分のヘンリー係数は農薬ごとに異なるので, これらの含有量の組み合わせで土壌のヘンリー係数が様々に変化し単一の指標では表現し得ないことがわかる。

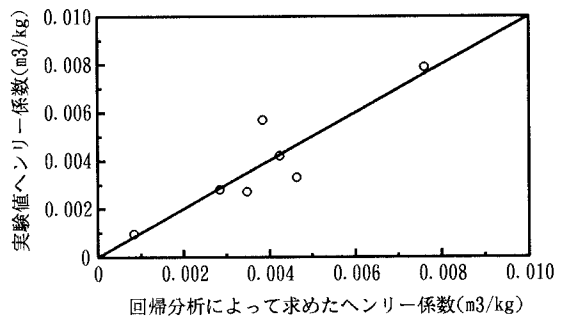


図-1 重回帰分析で求めたヘンリー係数と実験値ヘンリー係数の関係(シマジン)

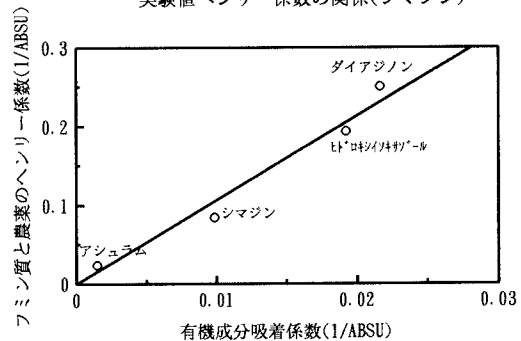


図-2 重回帰分析による有機成分の係数とフミン質のヘンリー係数との関係

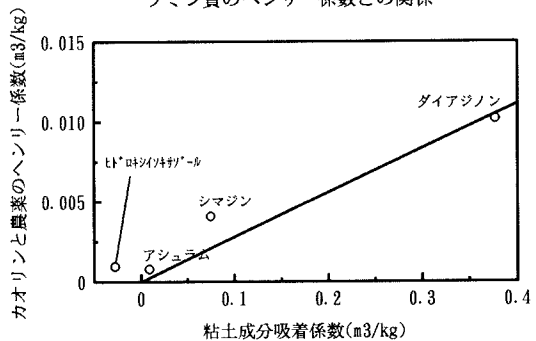


図-3 重回帰分析による粘土成分の係数とカオリンのヘンリー係数の関係

3. 農薬の流出解析

次の段階として、水の不飽和浸透式と農薬の移動式を連結した解析法の開発と、その解析法による農薬の流出解析を試みた。土層中における溶質の移動は、溶質を運ぶ媒体である水分の移動を記述する式と溶質の分散移動の基礎式を順次解くことにより解析される。

丘陵地を想定し、降雨による雨水流出と農薬流出の関連について数値計算により検討を行った。図-4に降雨のハイエトグラフと斜面からの水分流出量のハイドログラフ、流出農薬濃度を示す。図に示すとおり降雨終了から数日以上経過後に農薬濃度は単調増加を開始した。しかし、降雨が継続中には斜面端からの流出は生じていない。これは、図-5に示すように斜面長さ方向の移動が、土壌深さ方向の移動に比べ、小さいことによると考える。さらに、降雨継続時間、斜面長、ヘンリー係数の3種類の変数を様々に組み合わせてシミュレーションを行ったところ、降雨継続時間の減少及びヘンリー係数の増加と共に流出濃度は大きく低下した。

4. まとめ

本研究の結果をまとめると次のようである。

1) 農薬の土壌吸着性を示すヘンリー係数と農薬・土壌の性質との定量的関係を検討し、各農薬のヘンリー係数を土壌の含有有機成分量と粘土成分量の関数として表現した。

2) さらに、水の不飽和浸透式と農薬の土壌吸着性を考慮した分散移動式を連結した農薬の2次元移動解析によって降雨による斜面中からの水分移動と農薬移動を解析し、ハイドログラフと流出濃度変化曲線の関連について検討した。降雨による土層からの農薬の流出はヘンリー係数と降雨強度により大きく影響されることが確認された。農薬の土中移動は、斜面長さ方向に比べて土壌深さ方向が大きい。したがって、深部の排水性が高い土層構造の場合はさらに農薬の流出が促進されると思われる。

表-1 各農薬の平衡吸着Henry係数(m^3/kg)

	シモン	ダ・イソノ	アシュラム	ヒト・ロキシノキサゾール
石英砂	0.00095	0.00077	0.0003	0.00011
千歳表層土壌	0.0028	0.0063	0.00059	0.00066
千歳中層土壌	0.0027	0.0084	0.00096	0.00045
教養部裏手土壌	0.0057	0.0173	0.0014	0.0024
麻舞土壌	0.0042	0.0144	0.0015	0.0037
羊ヶ丘土壌	0.0033	0.0104	0.0019	0.0144
新琴似土壌	0.0079	0.0140	0.0011	0.0075
カオリン	0.0041	0.0102	0.00083	0.0010

表-2 各農薬の重回帰分析結果

農薬名	粘土成分に関する吸着係数(m^3/kg)	有機成分に関する吸着係数(1/ABSU)	土粒子本体に関する吸着係数(m^3/kg)	R 値
シモン	0.08506	0.00987	0.00079	0.8995
ダ・イソノ	0.37660	0.02168	0.0	0.7071
アシュラム	0.00866	0.00149	0.00067	0.5591
ヒト・ロキシノキサゾール	-0.02750	0.01924	0.0	0.6835

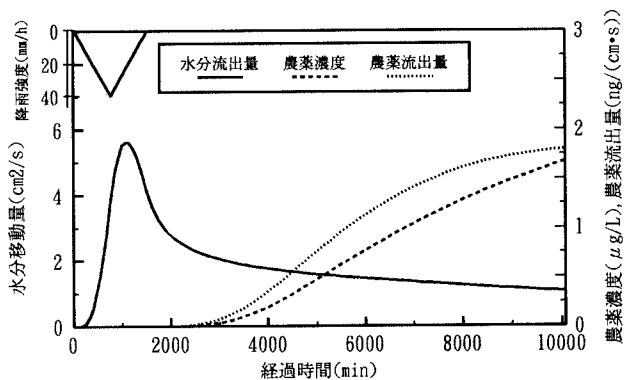


図-4 斜面からの水分と農薬の流出



図-5 等濃度線(0.1 $\mu\text{g/L}$)の時間変化