

水系における農薬の挙動とそのリスク指標

資材動態部農薬動態科農薬管理研究室 石井 康雄

はじめに

わが国の水稲栽培時期の夏期は高温多湿で、稲の生育を害する多種多様な害虫、病菌、雑草が発生します。現状では、それらを防除するために農薬使用は避けられません。水田で使用された農薬が河川へ流出する現象が観察されています。河川水中の農薬濃度が十分に低ければそこに棲息する生物に悪影響を与えることはありません。農薬使用の結果起こるかもしれない環境への悪影響を未然に防止する対策を立てることが必要です。ここでは、河川中の農薬濃度を予測し、農薬の生態影響を評価する一つの方法を紹介します。

水田中の農薬濃度の変化

水田に農薬が散布された時の様子を図1に示します。

農薬が水に溶解し、徐々に水田土壌の表面に吸着され、水田水中の農薬濃度は下がります。水田の水深は5cm程度ですが、水田水は地下浸透し、あるいは畦から漏れて減少する分を補うために水を供給します。水位の減少率は1日に数mm～数十mmに達します。雨が降れば田面水量が増え、日が照れば水が蒸発して水量が減ります。水中の農薬濃度が減少してくると土壌表面に吸着されていた農薬が再び水へ溶解してきて水中濃度が上昇します。水中と土壌中の農薬は、微生物により分解されます。その他、酸化や加水分解などの化学的分解により分解されます。蒸気圧の大きい農薬は大気中への蒸散が無視できません。水中では太陽光線による分解が起こります。このように、農薬の水中濃度は増減を繰り返しながら減少します。多くの農薬の水中濃度は3～7日で最大濃度の半分の濃度に下がります。3週間も経つと水中からほぼ消失します。

数式は避けたいですが、この様子を説明するためには数式の助けが必要です。次式は水田水中に農薬製剤が落下した瞬間から農薬が水中や土壌中へ拡散していく様子を三つの微分方程式で表したものです。

$$\frac{dW}{dt} = -Vk_s (C_{ws} - C_w) \quad (1)$$

$$V\frac{dC_w}{dt} = Vk_s (C_{ws} - C_w) - Q_s C_w - Q_g C_w - Mk_{des} (K_f C_w^{1/n} - C_s) - k_L A C_w - V k_{dw} C_w \quad (2)$$

$$M\frac{dC_s}{dt} = Mk_{des} (K_f C_w^{1/n} - C_s) - Mk_{ds} C_s \quad (3)$$

A : 水田面積 (m^2) C_s : 土壌中農薬濃度 (mg/kg) C_w : 水田水中農薬濃度 (mg/L) C_{ws} : 農薬の水溶解度 (mg/L) K_f : フロインドリッヒ吸着係数 (L/kg) k_L : 農薬の揮発速度定数 (m/day) k_{des} : 農薬の脱着速度定数 ($1/day$) k_{ds} : 農薬の土壌中での一次分解速度定数 ($1/day$) k_{dw} : 農薬の水中での一次分解速度定数 ($1/day$) k_s : 農薬製剤からの有効成分溶出速度定数 ($1/day$) M : 土

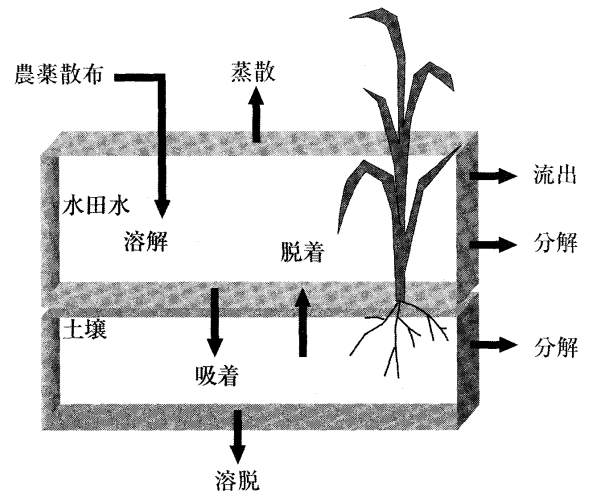


図1 水田に散布された農薬の挙動

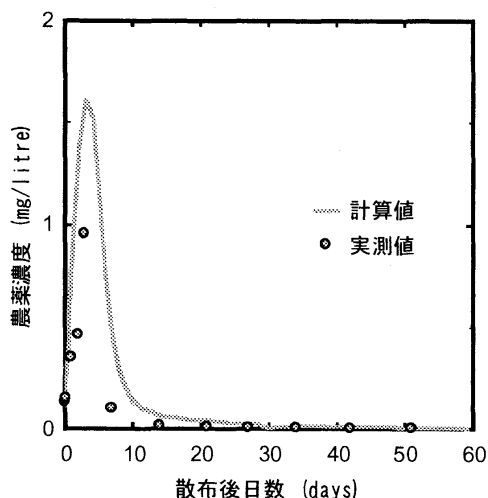


図2-1 水田水中のメフェナセットの濃度変化

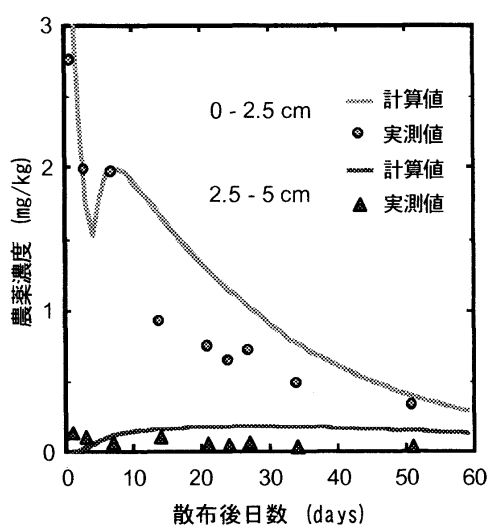


図2-2 水田土壌中のメフェナセットの濃度変化

の結果が図中の実線です。実測値と計算値はよく一致しています。この方程式により1筆の水田から流出する農薬量を計算します。次に、水田群について考えます。水田ごとに農薬散布時期が多少異なるため流出する農薬量と時期がばらつきます。このため、数学モデルで計算するには水田群における水管理方法、気象情報、農薬使用時期や使用量の情報などが必要です。図3に茨城県南部のある集水域におけるメフェナセットの河川水中濃度を実測し、河川水量、雨量、農薬使用量などの情報から集水域の農薬濃度を算出した結果を示します。この間の計算方法は省略しますが、実測値と計算値はよい一致を示しています。

農薬の河川水中濃度と生物影響指標

動態予測モデルを用いて一定のシナリオの下に個々の農薬の野生生物リスクを次式により相対的に比較することができます。

$$RQ = \frac{PEC}{TOX}$$

ここで RQ はリスク指数、 PEC は予測環境濃度、 TOX は対象生物に対する毒性です。農薬の毒性

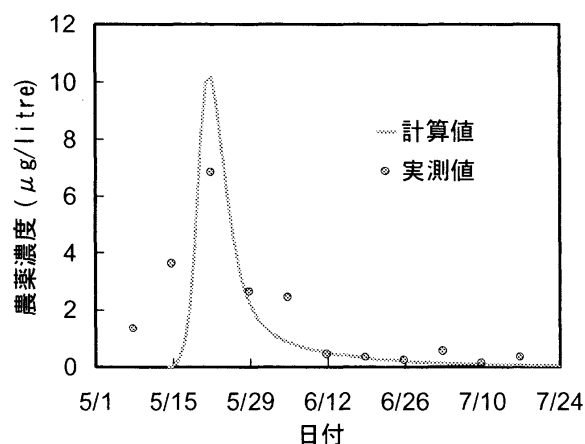


図3 小集水域におけるメフェナセット濃度変化

壤固相重量 (kg) $1/n$: フロイドリッヒ吸着平衡の非線形度 Q_g : 水田の浸透水量 (m^3/day) Q_s : 水田水の流出水量 (m^3/day) t : 時間 (day) V : 水田水量 (m^3) W : 製剤中の成分量 (mg)

式 (1) は農薬製剤から成分が水中に溶け出す様を、式 (2) は水中農薬量の変化を、式 (3) は土壌中の農薬量の変化を表します。

実例としてメフェナセット除草剤の例を図2-1および2に示します。この図で実線は前述の微分方程式をコンピューターで計算し、その数値をグラフ上に描いたものです。丸印は水田水と土壌を分析して得た値をグラフ上に示したものです。普通、この連立微分方程式を紙と鉛筆で解くことはできません。解くとは微分式を含まない方程式の形にすることです。したがって、農薬の物性、気象情報などの数値を微分式に代入してコンピューターを使って数値計算を行います。そ

は生物種により異なります。RQが大きいほどリスクが大きいことにはなりますが、リスクが無視できるのはどの位と考えたらよいのでしょうか。急性毒性の場合RQが0.1以下ならば急性リスクは小さいと考えられます。河川水中農薬濃度は数理モデルや実測値などで求めることができます。問題は野生生物に対する毒性値です。現在は、魚類、甲殻類および藻類を実験生物として急性毒性試験が行われています。今後はより長期の毒性試験成績が整備されることとなっています。全農薬のRQ合計値の変化を年単位で観察すると農薬の野生生物リスクの増減傾向を観察できます。ただし、リスク指数が50%減少したから現実のリスクも50%減少したかどうかの量的関係は未解明です。しかし、数年間のリスク増減傾向を見るためには有効な方法であると思います。

2001年3月