

土壤コンパートメントモデルによる農薬の河川への流出率に関する研究

岐阜大学大学院

学生員 ○加藤秀男

岐阜大学工学部

正 員 東海明宏

岐阜大学流域環境研究センター

正 員 湯浅 晶

1. はじめに

農薬は環境に対し開放的用途であるため、環境条件によってその挙動は大きく左右される。特に河川等の水環境への流出をみた場合、その主要因は水文・気象条件、物理化学的性質である。本研究では、降雨量、物理化学性状値を入力条件にもつ土壤コンパートメントモデルの定式化を行い、代表的な農薬について、降雨条件、散布条件の変化が、河川への農薬流出量そして流出率にどのような影響を与えるか明らかにする。なお、試験流域は滋賀県真野川流域とする。

2. 解析手順および手法

1) 対象農薬の決定および散布量、散布期間の設定

対象農薬には、農薬要覧(昭和60年)より、滋賀県において年間使用量の多いもの、水溶解度の大きいもの、毒性値(LD₅₀、LC₅₀)が強いものを選択した。表-1にその整理結果を示す。

真野川流域における農薬年間散布量は、滋賀県での年間使用量に、滋賀県全耕地面積に対する真野川流域耕地面積の比を掛けることで推定し、農薬散布期間は、水稻栽培において農薬が散布される期間をもとに、①5月1日の1日間、②5月1日から5月14日の14日間、③5月1日から8月31日の123日間の3パターンを設定した。そして真

表-1 各農薬の物理化学性状値および毒性

農薬原体名	使用用途	使用量 (ton/y)	分子量 (mol/l)	水溶解度 (g/ton)	蒸気圧 (mmHg)	LD ₅₀ (g/ton)	LC ₅₀ (g/ton)	土壤中 半減期
CNP	除草	54.501	318.5	0.25	1.7*10 ⁻⁶	10800	A	11
ベンザト・フ	除草	20.308	257.8	30	1.5*10 ⁻⁶	1300	B	20
NAC	殺虫	13.684	201.2	40	5.0*10 ⁻³	800	B	18
ダクトリン	殺虫	2.458	304.3	40	1.4*10 ⁻⁴	380	B-S	5
キアタソ	殺菌	3.320	300.6	0.5	1.0*10 ⁻⁵	9000	C	30

野川流域での年間散布量を、散布期間で除すことにより、単位時間当たりの散布量とした。

2) 降雨パターンの設定

降雨パターンの設定には、日単位降雨量を模擬発生させるRichardsonの日降雨モデル(式(1),(2),(3))を用いた。P_{mw/d}、P_{mw/w}、λ_mは、真野川流域近郊の北小松(南小松)観測所における20年間分の日降雨量データより推定し、状態確率Prに標準一樣乱数を発生させ、50年間分の日降雨量r_tを模擬発生させた。

$$\Pr(R_t \leq r_t / R_{t-1} = 0) = P_{md/d} + P_{mw/d} \cdot F_m(R_t) = 1 - P_{mw/d} (1 - F_m(R_t)) \quad (1)$$

$$\Pr(R_t \leq r_t / R_{t-1} > 0) = P_{md/w} + P_{mw/w} \cdot F_m(R_t) = 1 - P_{mw/w} (1 - F_m(R_t)) \quad (2)$$

$$F_m(r_t) = 1 - \exp(-r_t / \lambda_m) \quad (3)$$

ここに、t:時間(day), R_t:t日での降雨量(mm), r_t:R_tの特定値(mm), λ_m:m月での平均降雨量(mm), P_{md/d}:t-1日が晴でt日が晴の確率, P_{mw/d}:t-1日が晴でt日が雨の確率, P_{md/w}:t-1日が雨でt日が晴の確率, P_{mw/w}:t-1日が雨でt日が雨の確率

3) 土壤コンパートメントモデルによる農薬流出量、流出率の推定

土壤中での挙動プロセスとして揮発、分解、流出を考慮した土壤コンパートメントモデル(式(4),(5),(6))より、河川への農薬流出量L_{sw(t)}(式(7))、そして年間散布量に対する流出率LR(式(8))を推定した。農薬流出プロセスについては、土壤中水部分に溶存する農薬が、土壤から河川への流量により流出するものとした。したがって、土壤コンパートメントから河川への流量Q_{so}は、発生した降雨強度r_(t)が、土壤コンパートメントから損失することなく流出するものと仮定し、式(6)より推定した。また、土壤中水部分の農薬濃度C_{sw}は、土壤が常に飽和状態であると仮定し、式(5)より推定した。

$$A_{so}H_{so} \frac{dC_{so}}{dt} = I(t) - K_{ss}C_{so}A_{so}H_{so} - K_{SA}C_{so}A_{so} - C_{sw}Q_{so} \quad (4)$$

散布項 分解項 揮発項 流出項

$$C_{sw} = \frac{C_{so}}{\phi + K_P \frac{\rho_{SP}}{\rho_{SW}} (1 - \phi)} \quad (5) \quad Q_{so} = A_{so}r(t) \quad (6)$$

$$L_{sw}(t) = C_{sw} A_{so} r(t) \quad (7)$$

$$LR = \frac{\sum_{t=1}^{365} L_{sw}(t)}{\sum_{t=1}^{365} I(t)} \quad (8)$$

ここに、 t :時間(day), $I(t)$:農薬散布量(g/day), C_{so} :土壌中農薬濃度(g/m³), C_{sw} :土壌中水部分農薬濃度(g/m³), A_{so} :土壌コンパートメント面積(m²), H_{so} :土壌コンパートメント厚さ(m), $r(t)$:降雨強度(m/day), Q_{so} :土壌コンパートメントから流出する流量(m³/day), K_{ss} :分解速度定数(1/day), K_{SA} :揮発速度定数(m/day), ϕ :土壌空隙率(-), ρ_{sp} :土壌中土粒子部分密度(ton/m³), ρ_{sw} :土壌中水部分密度(ton/m³), K_p :土壌吸着平衡係数(ton-水/ton-土壌), $L_{sw}(t)$:河川への農薬流出量(g/day), LR :河川への流出率(-)

3. 結果および考察

各農薬について、散布条件3パターンそして降雨条件50パターンの、合計150パターンについてシミュレーションを行った。散布条件②の場合における各農薬の流出率の変化を図-1に、その時の累積相対度数0.5に対する流出率と水溶解度との相関関係を図-2に示す。図-1より、各農薬の流出率は、降雨条件により大きく変化することがわかる。特に、累積相対度数1.0に近い流出率が生じたのは、散布直後に多量の降雨が発生した場合であり、また、累積相対度数0.0に近い流出率が生じたのは、5月中旬に殆ど降雨が発生しなかった場合であった。したがって、散布時期の降雨条件によって、流出率は大きく変化するといえる。図-2より、水溶解度と流出率の間には高い相関があるといえ、水溶解度の大きい農薬ほど流出率も大きくなるといえる。次に、ベンチオカーブ、NACについての、散布条件の相違による流出率の変化を、図-3, 4に示す。累積相対度数0.0から1.0に対する流出率の変化は、ベンチオカーブ、NACともに、散布条件①、条件②そして条件③の順に小さくなっている。そしてこの傾向は他の農薬についても同様であった。したがって、散布期間の短い農薬ほど流出率の変化が大きく、散布期間の長い農薬ほど小さくなるといえる。

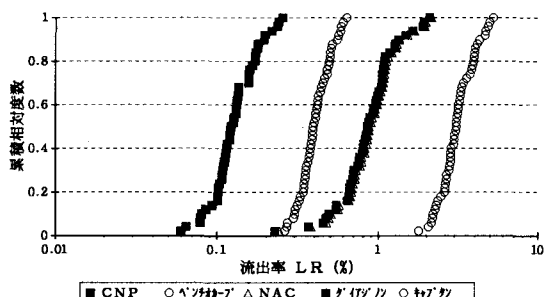


図-1 各農薬における流出率の累積相対度数分布

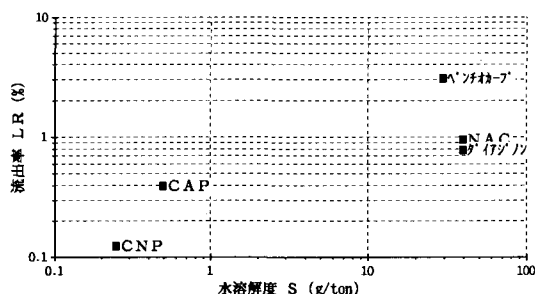


図-2 各農薬における水溶解度と流出率の相関

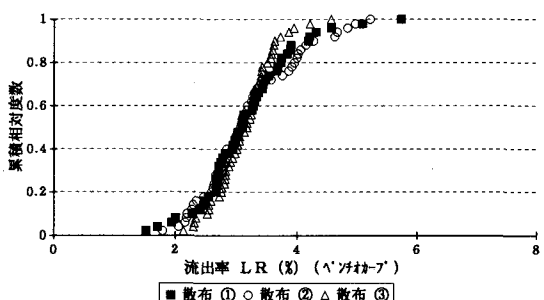


図-3 各散布条件における流出率の累積相対度数分布

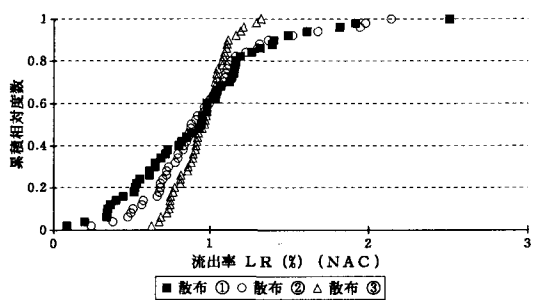


図-4 各散布条件における流出率の累積度数分布

<参考文献>

- 1) D. Haith: Variability of pesticide loads to surface water, J. WPCF, Vol. 57, No. 11, pp. 1062~1066, 1985.
- 2) D. Haith: Extreme event analysis of pesticide loads to surface water, J. WPCF, Vol. 59, No. 5, pp. 284~288, 1985.
- 3) 鶴銅哲基: 有害物質の降雨流出特性の検討, 岐阜大学卒業論文, 1993.