

有害物質の降雨流出特性の検討

岐阜大学工学部 学生員[○] 鶴飼哲基
 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
 岐阜大学工学部 正 員 湯浅 晶

1. 研究目的

本研究の最終目的は、有害物質がある環境系に放出されてからの様な挙動を示すか、つまり分解して消失するのか、いずれかの環境相に滞留し続けるのか等の運命を解析するモデルを構築することである。本研究では、いくつかの農薬を対象として土壌への散布、土壌への流出、河川伝播プロセスを定式化し、モデルシミュレーションを行った。

2. 解析方法・手順

(1) 対象地域

琵琶湖水系真野川流域を対象地域とした。この河川流域はおもに山地と農耕地でしめられていることが特徴である。

(2) 対象物質の決定

滋賀県における農薬要覧(昭和60年)に記載された各農薬の年間総使用量や各物質の毒性(急性毒性LD₅₀、魚毒性LC₅₀)、水溶解度から汚染対象物質の決定をする。表1にその整理結果を示す。

表1 各農薬の使用量・毒性・水溶解度の比較

種類	農薬名	使用量 [t/年]	LD ₅₀ [mg/kg]	魚LC ₅₀ [mg/l]	水溶解度 [mg/l]
殺虫剤	MPP	39.864	190-315	B	54-56
	BPMC	34.388	410	B-s	0
	カブタノ	2.548	150-600	B-s	40
	カルタップ	2.986	380	B-s	200000
除草剤	CNP	54.501	10800	A	0.25
	モネート	26.584	500-700	B	1000
	ベンチカブ	20.308	1300	B	30
殺菌剤	TPN	7.825	>10000	C	0.6
	PCNB	7.740	>12000	A	0
	IBP	7.004	660	B	1000

※:魚毒性LC₅₀ A類…(≧10ppm以上), B類…(≧10.5~100ppm)
 B-s類…(≧12ppm以下で他の魚類に0.5ppm以下)
 C類…(≧10.5ppm以下)

滋賀県では、MPPやBPMC、CNPが特に多く使用されている。カルタップは、使用量は比較的少ないが水溶解度が著しく大きいことから、水棲生物に与える影響は大きいことが推測される。

(3) 農薬散布量の予測・設定

真野川流域における年間の農薬散布量は、各農薬によって散布される時期が異なるため、6、7月を中心とした正規分布と仮定して、年間の使用量を月毎に配分した。

(4) 降雨パターン設定

年間降雨域の設定は、岩井法による確率降雨強度式によった。年間降雨量の確率分布と先に示した農薬散布量の分布型を重ねて、水系への流出パターンを検討した。

(5) 土壌からの流出プロセス

土壌から河川への農薬の流出プロセスを、土壌間隙水と土壌固相との間で化学物質が平衡分配される場合として定式化した。

土壌間隙水へ分配された農薬の量の散布量に対する比が、1年間における農薬の流出率であると考え、この値を年間降雨量で除することにより降雨1mmあたりの農薬の流出率を式(1)から推定した。この式を用いて計算した各物質の流出率と水溶解度との相関関係を図1に示す。

$$k = \frac{C_w \cdot V_w}{C_d \cdot V_d \cdot \gamma + C_w \cdot V_w} \quad \dots (1)$$

(年間降雨量)

ここで、 V_w, V_d :水及び土壌体積[l], [m³],
 C_w, C_d :水中及び土壌中農薬濃度[mg/l], [mg/kg],
 γ :土壌密度[kg/m³], k :降雨1mm当りの流出率[l/mm]

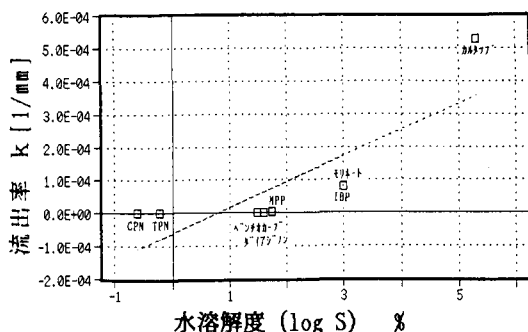


図1 各物質における水溶解度・流出率の相関

推定した流出率 k を使い、一次反応として、農薬の河川流出量 I を式(2)によって求めた。

$$I = Re \cdot (1 - \exp(-k \cdot i \cdot t)) \quad \dots(2)$$

ここで、 I : 農薬流出量[kg]、 Re : 土壌における農薬の現存量[kg]、 i : 降雨強度[mm/hr]、 t : 降雨継続時間[hr]

(6) 河川伝播系での挙動解析 (水中・底泥)

解析にあたっては、一次元移流分散方程式を使い、農薬を溶解態、懸濁態の二成分にわけて計算を行った。水中においては、分解、懸濁物質の吸着、沈澱等のプロセスをとりあげ、底泥では、懸濁態の成分の沈降、水中との濃度勾配できる拡散プロセスをとりあげた。

[水中]

$$\frac{\partial(A C_w)}{\partial t} + \frac{\partial(A \cdot u \cdot C_w)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A E \frac{\partial C_w}{\partial x} \right) - k A C_w + q_{in} \cdot C_{win} \quad \dots(3)$$

ここで、 A : 河川断面積[m²]、 u : 断面平均移流速度[m/s]、 C_{win} : 横流入濃度[mg/l]、 k : 濃度減衰率[1/s]、 q_{in} : 横流入流量[m³]

[底泥]

$$\frac{\partial C_s}{\partial t} = -K_R f_s^d C_s \gamma + \frac{K_S f_w^p C_w}{H_s} + \frac{E_z A_z}{V_s \Delta z} (f_w^d C_w - f_s^d C_d) \quad \dots(4)$$

ここで、 C_s : 底泥中農薬濃度[mg/l]、 K_R : 底泥中総括一次反応速度係数、 f_s^d : 底泥中溶存成分比、 f_w^p : 底泥中懸濁成分比、 H_s : 底泥厚さ[m]、 A_z : 水と大気、水と底泥の界面の面積[m²]、 E_z : 鉛直方向拡散係数、 Δz : $(H_w + H_s)/2$ 、水と底泥の界面の境界厚さ[m]、 γ : 底泥密度[kg/m³]

3. 結果及び考察

シュミレーションのシナリオの設定の一例としては、真野川での農地の面的な分布状況から河口3km上流の地点において、降雨により流出した農薬が河川に流入するとした。流量は、日単位降雨強度のデータから貯蓄関数法で推定した。

計算結果の中の一例として、殺虫剤のダイアジノン、除草剤のモリネートについての真野川河口付近での濃度出現日数曲線を図2、3に示す。縦軸の濃度が年間において出現する日数が横軸となっている。

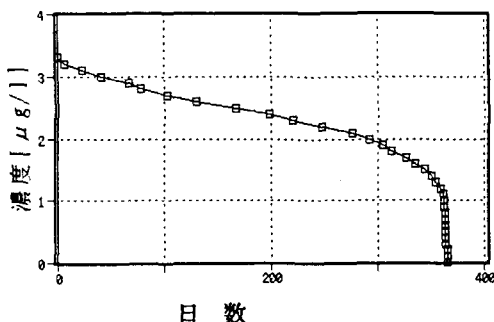


図2 濃度出現日数曲線 (ダイアジノン)

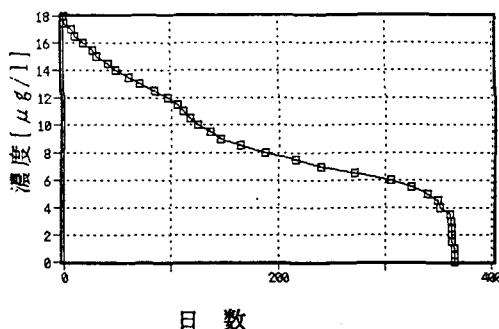


図3 濃度出現日数曲線 (モリネート)

この結果からモリネートの方がダイアジノンよりも出現濃度は大きく、また濃度変化も激しい。これは、式(1)から流出率は水溶解度 k に左右され、図1からも明かなように水溶解度がより大きい物質の方が、それだけ土壌から河川に一度に多量に流出しているためであると考えられる。

4. おわりに

今後は、以下の視点において本研究を発展させていく予定である。

- ① 河川中のD0-BODの変動から設定される底泥層での拡散の影響の考慮。
- ② 土壌中で分解・流出しきらずに翌年以降に持ち越される現象の追跡。
- ③ 降雨パターンに応じた流出量の変化。

以上の計算結果の詳細は講演時に示したい。

参考文献

- 1) 永井克弘: 有害物質の環境運命解析と用量反応関係に基づいたリスク評価, 岐阜大学卒業論文, 1992