

淀川水系におけるHCHの経年変化

岐阜大学 学生員[○] 黒木 雅之
 岐阜大学 正員 東海 明宏
 岐阜大学 正員 湯浅 晶

1. はじめに

現在さまざまな化学物質が製造され使用されている。これらは耐用年数、効用期間を終えると環境中に放出される。本研究では長期間に渡って使用された化学物質の環境中での挙動を解析することを目的とする。そのための数学モデル式を定式化し実測値と比較してモデルの評価を行う。対象とする化学物質として農薬のHCHs (Hexa Chlorocyclo Hexanes) をとりあげる。HCHsは現在では使用禁止になっているが、長期間に渡って観測データが蓄積され化学物質の挙動を評価するのに都合がよい物質である。

2. 解析方法

(1) モデルの定式化¹⁾ 対象とする淀川水系を主な河川、湖(琵琶湖、宇治川、桂川、木津川)の流域に分割する。分割した河川、湖の流域を更に大気、土壌、河川水、底泥の4つのコンパートメントに分け、大気コンパートメントは河川コンパートメントからの揮発、土壌コンパートメントからの揮発、降雨による流出、分解と4つの項からなっている。ここでは大気コンパートメント間、コンパートメント外部からの移流による影響を無視している。土壌コンパートメントでは、農薬の散布による進入、降雨による大気コンパートメントからの進入、大気コンパートメントへの揮発、降雨による河川コンパートメントへの流出という5つのプロセスからなっている。農地に散布された農薬が降雨によって河川コンパートメントに流れ込む様子を流出係数によって表している。河川コンパートメントと底泥コンパートメントでは、懸濁成分と溶存成分の移動プロセスが介在している。河川コンパートメントでは降雨による大気コンパートメントからの進入、土壌コンパートメントからの流入、大気コンパートメントへの揮発、懸濁成分の底泥コンパートメントへの沈降、底泥コンパートメントからの巻き上げ、底泥中の水との平衡分配、懸濁物質での分解、河川水成分中での分解、上流からの流入、下流への流出といったプロセスからなっている。底泥コンパートメントでは、河川水からの懸濁物質の沈降、巻き上げによる河川水中への進入、底泥と河川水中の水どうしの平衡分配、懸濁成分での分解、河川水中での分解というプロセスからなっている。モデル式を図-1に示す。

$$L_a \left(A_w^{(i)} + A_s^{(i)} \right) \frac{dC_a^{(i)}}{dt} = k_{wa} C_w^{(i)} A_w^{(i)} + k_{sa} C_s^{(i)} A_s^{(i)} - R^{(i)} \left(A_w^{(i)} + A_s^{(i)} \right) \frac{C_a^{(i)}}{H} - k_H C_a^{(i)} \left(A_w^{(i)} + A_s^{(i)} \right) L_a^{(i)} \quad (1)$$

$$L_s A_s^{(i)} \frac{dC_s^{(i)}}{dt} = I^{(i)}(t) - k_{sa} C_s^{(i)} A_s^{(i)} - k_s C_s^{(i)} A_s^{(i)} L_s - R^{(i)} A_s^{(i)} \frac{C_a^{(i)}}{H} - k^{(i)} R^{(i)} C_s^{(i)} A_s^{(i)} L_s \quad (2)$$

$$H_1 A_w^{(i)} \frac{dC_{w1}^{(i)}}{dt} = R^{(i)} A_w^{(i)} \frac{C_a^{(i)}}{H} + k^{(i)} R^{(i)} C_s^{(i)} A_s^{(i)} L_s - k_{wa} C_{w1}^{(i)} A_w^{(i)} - v_s C_{wp1}^{(i)} A_w^{(i)} + v_u C_{wp2}^{(i)} A_w^{(i)} - K_f (C_{wd2}^{(i)} - C_{wd1}^{(i)}) A_w^{(i)} - k_w C_{wd1}^{(i)} A_w^{(i)} - k_s C_{wp1}^{(i)} A_w^{(i)} + Q_{上流} C_{w1}^{(i)} - (Q_{上流} + Q_{total} + R^{(i)} A_w^{(i)}) C_{w1}^{(i)} \quad (3)$$

$$H_2 A_w^{(i)} \frac{dC_{w2}^{(i)}}{dt} = v_s C_{wp1}^{(i)} A_w^{(i)} - v_u C_{wp2}^{(i)} A_w^{(i)} + K_f (C_{wd2}^{(i)} - C_{wd1}^{(i)}) A_w^{(i)} - k_w C_{wd2}^{(i)} A_w^{(i)} - k_s C_{wp2}^{(i)} A_w^{(i)} \quad (4)$$

肩の添え字 (i) は、各流域を表す。(1: 琵琶湖, 2: 宇治川, 3: 木津川, 4: 桂川)
 (1) は大気コンパートメント, (2) は土壌コンパートメント, (3) は河川コンパートメント, (4) は底泥コンパートメントを表している。 L_a : 大気高さ(m), L_s : 土壌高さ(m), H_1 : 河川高さ(m), H_2 : 底泥厚さ(m), A_w : 河川表面積(m²), A_s : 土壌表面積(m²), C_a : 大気濃度(kg/m³), C_s : 土壌濃度(kg/m³), C_{w1} : 河川総括濃度(kg/m³), C_{w2} : 底泥総括濃度(kg/m³), C_{wp1} : 河川懸濁成分中濃度(kg/m³), C_{wd1} : 河川水濃度(kg/m³), C_{wp2} : 底泥懸濁物質濃度(kg/m³), C_{wd2} : 底泥水濃度(kg/m³), R : 降水量(mm/day), Q : 流量(m³/day), K : 流出係数(-), K_{wa} : 河川からの揮発係数(m/day), K_{sa} : 土壌からの揮発定数(1/day), K_H : 大気総括分解定数(1/day), K_s : 土壌総括分解定数(1/day), K_w : 水中総括分解定数(1/day), K_f : 平衡定数(m/day), H : ヘンリー定数(-)

図-1

(2) 淀川水系でのHCHsの解析 分割した各々の流域から降雨によって河川へ流出する流量をタンクモデルによって推定する。HCHsの各々の流域での使用量を農地面積の比率から全国使用量を基にして割り振る。これらの値を先の図-1に示したモデル式に代入してRunge-Kutta法で計算する。

3. 結果と考察

解析結果の一例として γ -HCHsの琵琶湖流域での解析結果を示す。表-1はHCHsの α 、 β 、 γ 、 σ 各異性体の物理化学特性を示す²⁾。図-2には全国HCHs使用量を示した³⁾。使用は昭和24年から昭和47年まで行われ以後は中止となっている。図-3では γ -HCHsの琵琶湖における土壌からの流入量、下流への流出量、大気への揮発量、底泥への沈降水量、水中での分解量、懸濁物質中での分解量を表している。グラフからわかるように水中での濃度低減は、ほとんど水中での分解で行われている。大気への揮発、懸濁物質中での分解は γ -HCHsの濃度変化に対しては影響が小さいことも読み取れる。図-4では γ -HCHsの土壌への蓄積量が示されている。土壌蓄積量は生産量に比例しているが生産が中止された後も減少しながら、かなりの期間土壌中に存在し続けることが判る。そのため河川においても γ -HCHsが検出されることになると考えられる。

表-1 BHCの物理化学特性

物質名	融点(°C)	蒸気圧 mmHg 20°C	水に対する 溶解度 ppb 25°C	ベンゼンに對 する溶解度 g/100g 20°C
α -BHC	160	2.5E-5	1630	9.9
β -BHC	310	2.8E-7	700	1.9
γ -BHC	112	9.4E-6	7900	28.9
σ -BHC	139	1.7E-10	21300	41.1

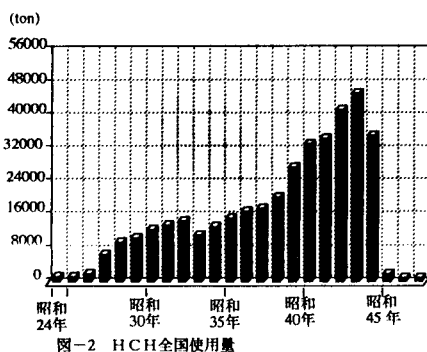


図-2 HCH全国使用量

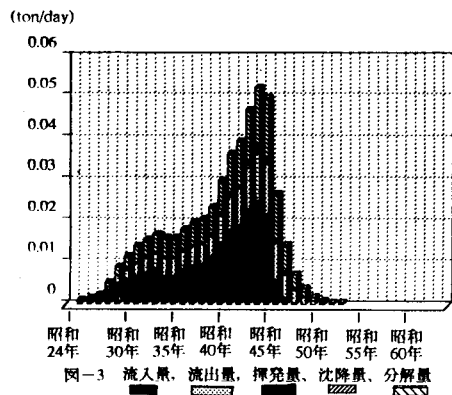


図-3 流入量、流出量、揮発量、沈降水量、分解量

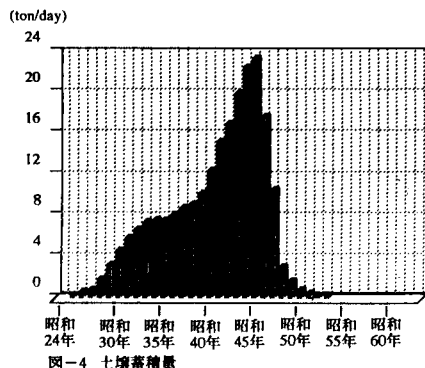


図-4 土壌蓄積量

4. おわりに

以上の解析手法をもとにして、化学物質の物性の違いによる環境濃度の変動パターン、各フラックスの変動パターンの相違を明らかにする予定である。対象とする物質としては界面活性剤のLASをとりあげて議論する。

参考文献；

- 1) Morioka, T. and Chikami, S. (1986) Basin - Wide Ecological Fate Model for Management of Chemicals Hazard, Ecological Modelling, Vol. 31, pp. 267~282
- 2) 湯嶋、桐谷、金沢 (1973) 生態系と農薬、現代科学選書、p. 46
- 3) 日本植物防疫協会、農薬要覧