

GISを用いた化学物質の環境運命予測

岐阜大学工学部 正会員 小尻利治
横浜国立大学 正会員 東海明宏
岐阜大学大学院 学生員 堀 博
岐阜大学工学部 学生員 ○石徹白伸也

1.はじめに

農薬等の化学物質は、環境へ放出された後、大気、土壌、水域間の濃度勾配によって移動する。現在までに提案されているモデルでは、空間的解像度が低く、流域を一つのコンパートメントとしたものも多い。本研究では、空間的解像度を向上させるためにGIS流域モデルを用い、流域からの水分流出、土壌からの栄養塩流出による河道での生態系モデルを組み合わせて用い、微生物の増減による分解を考慮した化学物質の環境運命予測を行う。

2.モデルの全体構造

モデルの全体構造は、化学物質の多媒体モデル、降雨-水分流出モデル、汚濁負荷発生・流送モデル、河道内物質収支という4つのサブシステムからなる。これらの関係は、矢印で示され、1)水分流出による化学物質の流出、2)汚濁負荷流出による河道内微生物の増加、3)微生物増殖による化学物質の分解促進、4)河道内化学物質濃度の低下に伴う媒体間の物質移動などが考えられる。

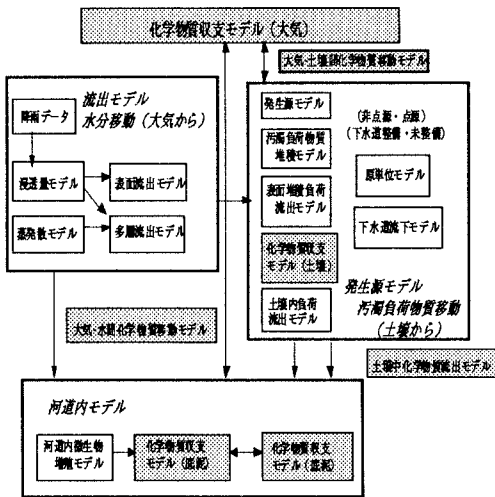


図-1 モデルの全体構造

3.流域モデル

流域の水分、汚濁負荷、化学物質濃度の空間分布を推定

するため、流域を500mのメッシュに区切る。また、流域には様々な土地利用があり、水分流出、汚濁負荷流出に影響を与える。そこで、土地利用を水分流出解析には5分類、汚濁負荷流出解析には11種類に分類して解析に用いる。流域モデルとしては、中井の提案しているメッシュ型多層流出モデルを採用する¹⁾。なお、予測対象成分として、水、懸濁物質、栄養塩、化学物質を取り上げる。

4.化学物質動態モデル²⁾

化学物質が、大気、土壌、底泥、水中での循環を評価する。化学物質の循環の概要を図-2に示す。

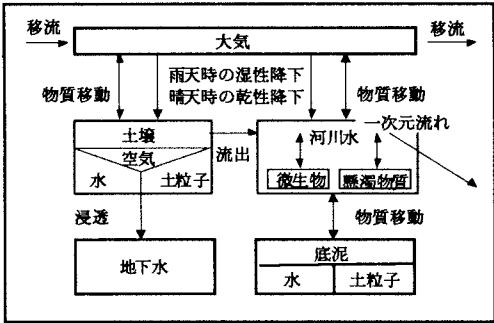


図-2 化学物質の環境媒体間動態

大気、河川水、底泥、土壌での化学物質収支式を次式で示す。

$$\frac{dV_i C_i}{dt} = (Q_{i,in} C_{i,in} - Q_{i,out} C_i) - K_i V_i C_i - \sum_{j=1}^N U_{ij} A_{ij} \left(C_i - \frac{C_j}{H_{ji}} \right) + \sum_{j=1}^N \Omega_{ij} + S_i \quad \dots(1)$$

- i : 対象のコンパートメント
- j : i コンパートメントに接するコンパートメント
- V_i : i コンパートメントの体積(m^3)
- $Q_{i,in}$: i コンパートメントへの移流量(m^3/h)
- $C_{i,in}$: i コンパートメントへの移流流入濃度(mg/m^3)
- $Q_{i,out}$: i コンパートメントからの移流量(m^3/h)
- C_i : i コンパートメントの濃度(mg/m^3)

K_i : 分解係数(1/h)
 U_{ij} : i から j への移動係数(m/h)
 F_{ji} : j 間の分配係数(-)
 Ω_{ij} : j 間のその他の物理的移動量(mg/h)
 S_i : 放出速度(mg/h)

第1項は移流、第2項は分解、第3項は用いた物質移動、第4項は地下水流出、降雨による大気からの湿性降下など物理現象的移動、第5項は化学物質の使用・消費等による環境への放出速度を示している。

5. 発生源モデル

発生源モデルの概念図を図-3に示す。汚濁負荷発生源モジュールとしては、発生源分類モデル、汚濁負荷堆積モデル、汚濁負荷流出モデルの3つからなる。

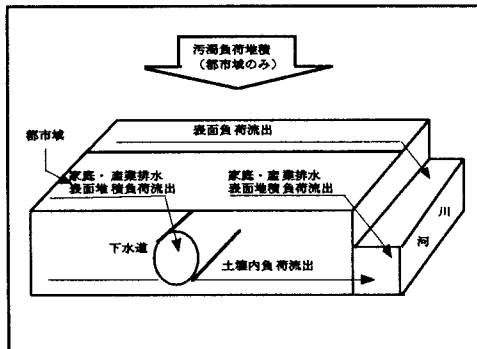


図-3 発生源モデルの概念図

5.1 発生源分類モデル

汚濁負荷物質は、メッシュでの土地利用の種類や割合により原単位法で算出する。その際、点源・非点源、下水道整備・未整備の4パターンを発生源分類モデルとする。

5.2 汚濁負荷堆積モデル

都市域において、晴天時に路面に堆積した汚濁負荷物質や、流出後、流下過程の間に堆積した汚濁負荷物質がある。従って、この汚濁負荷堆積量を先行晴天日数等の気象条件によってモデルを表現する。

5.3 汚濁負荷流出モデル

汚濁負荷流出モデルは、様々な形のものが提案されているが、本研究ではそのなかでも土地利用をパラメータとして扱えるモデルを用いる³⁾。後述の土壌の直列4層の貯留型モデルに対応させて物質の移動を示したのが、式(2)から式(5)である。メッシュからの流出負荷量は以下の式に示される。

$$L_{po} = \int_p L_p \quad \dots(2)$$

$$L_A = C_A Q_{AH} A + k_{wp} P_{Ap} Q_{AH} A + k_{wnp} P_{Anp} Q_{AH}^2 A \quad \dots(3)$$

$$L_U = C_U Q_U A \quad \dots(4)$$

$$L_I = C_I Q_{IH} A \quad \dots(5)$$

L_{po} : 点源由来の汚濁負荷流出負荷量(mg)

f_p : 流出率(-)

L_p : 点源由来の汚濁負荷排出量(mg)

L_a : A層からの水平汚濁負荷流出量(mg)

C_a : A層の汚濁負荷物質濃度(mg/m³)

Q_{ah} : A層からの水平流出高(m)

A : メッシュ面積(m²)

k_{wp} : 点源由来の掃流係数(1/m)

P_{Ap} : 点源由来の堆積汚濁負荷物質質量(mg/m²)

k_{wnp} : 面源由来の掃流係数(d/m²)

P_{Anp} : 面源由来の堆積汚濁負荷物質質量(mg/m²)

L_{ij} : I層からJ層への鉛直汚濁負荷流出量(mg)

Q_{av} : A層からの鉛直流出高(m)

C_I : I層の汚濁物質濃度(mg/m³)

Q_{ih} : I層からの流出高(m)

6. 河道内モデル⁴⁾

河道においては、水質物質の反応、微生物増殖を取り上げる。微生物により化学物質の分解が行われるとして、微生物量（植物プランクトン、動物プランクトン）の時間変化を求める。次式に植物プランクトンの増殖を示す。また、動物プランクトンについても同様である。

$$\begin{aligned} \frac{dV_w C_1}{dt} &= (Q_{w,in} C_{1,in} - Q_{w,out} C_1) \\ &+ V_w (G_p - D_p) C_1 - V_w C_g C_1 C_2 + W_1 \dots(6) \end{aligned}$$

C_1 : 植物プランクトン濃度(mg/m³)

C_2 : 動物プランクトン濃度(mg/m³)

G_p : 植物プランクトン増加率(1/h)

D_p : 植物プランクトン死亡率(1/h)

C_g : 動物プランクトン捕食率(1/h・mg)

W_1 : 植物プランクトン進入力(mg/h)

参考文献

- 1) 中井智宏: GISメッシュ型流出モデルを利用した流域水環境シミュレーション、岐阜大学修士論文、1996
- 2) Yoram Cohen, Wangteng Tsai, Steven L. Chetty, and Glenn J. Mayer: Dynamic Partitioning of Organic Chemicals in Regional Environments: A Multimedia Screening-Level Modeling Approach, Environ. Sci. Technol. Vol.24, No.10, 1990
- 3) 国松孝男、村岡浩爾: 河川汚濁のモデル解析、技報堂、pp.168、1989
- 4) 小島篤司: 水域の富栄養化現象のシナリオ分析、岐阜大学卒業論文、1993