

分布型水循環モデルを用いた流域圏における微量化学物質循環量の算定

Estimation of Chemicals in River Basin using Distributed Water Circulation Model

○戸部達也*・加賀昭和*・近藤明*・井上義雄*・川島元樹*・松本大輔**・鶴川正寛***

*大阪大学大学院工学研究科, **富士通, ***兵庫県立健康環境科学センター

T. Tobe, A. Kaga, A. Kondo, Y. Inoue, M. Kawashima, D. Matsumoto and M. Tsurukawa

1. 本研究の背景と目的

近年、多大な環境負荷が流域圏にもたらされ、都市環境は悪化し、自然環境システムは劣化の一途をたどっている。都市と自然生態系との水循環・物質循環の秩序ある健全な有機的関係を樹立させながら、自然共生型都市の形成をめざしていく必要がある。本研究では、流域圏の自然共生を目指す施策の評価ツールとして、GIS(Geographic Information System)を利用した水循環モデルを構築し、微量化学物質の環境中の循環量(挙動や濃度)を経年的に解析する環境循環モデル(Multimedia Model)を開発した。この環境循環モデルを用いてダイオキシン類(PCDDs, PCDFs)の環境循環量のシミュレーションを行い、兵庫県南部加古川流域におけるダイオキシン類の平面分布ならびに経年変化を算定した。

2. 水循環モデル

2.1 流域のモデル化

GISは、さまざまな種類の地理情報を扱うことができ、空間解析によってユーザが得たい地理情報を容易に加工、抽出することができる。流域圏における水循環モデル・環境循環モデルを構築するにあたり、流域圏データベースを構築し、モデル計算に必要な入力データセットを作成した(Fig. 1)。

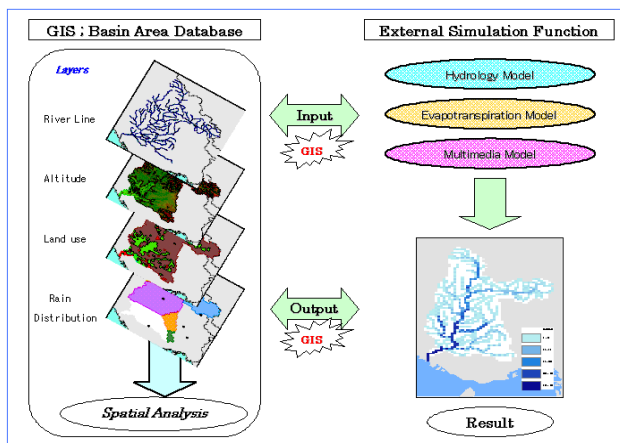


Fig.1 GIS database and simulation models

2.2 水循環モデルの概要

水循環モデルは、小杉ら(1998)のメッシュ型多層流出モデルを参考に構築した(Fig. 2)。流域を1kmメッシュに分割し、地下に4段の層(A~D層)を設置した。地表流ならびに河道流はKinematic Wave Modelを、A~D層は線形貯留モデルを、それぞれ適用した。A~D層の各層の貯留水量が層厚に達し飽和状態になると、上層に復帰流として流入する。A層(中間流)からの復帰流は、地表流となる。河川への流入は、河川を有するメッシュの地表流ならびにA~C層の流出を加えたものとする。蒸発散量は、A層の水量から差し引き、A層の水量が0のときはB層より差し引いた。

・ Kinematic Wave Model

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r(x, t) \quad \dots(1)$$

$$q = \alpha h^m \quad \dots(2)$$

ここに、 h :水深(m)、 q :単位幅当たりの流量(m^2/s)、 r :単位幅当たりの横流入量(m/s)、 t :時間(s)、 x :流下方向距離(m)、 α と m :流れがManningの抵抗則に従う場合、地表流では、 $m = 5/3$ 、 $\alpha = \sqrt{\sin \theta} / n$ 、河道流では、 $m = 4/3$ 、 $\alpha = \sqrt{\sin \theta} / 2n$ (n :Manningの粗度係数、 θ :斜面勾配)である。

・ 線形貯留モデル

$$\frac{dS}{dt} = I - O \quad \dots(3)$$

$$O = k \cdot S \quad \dots(4)$$

ここに、 S :貯留量(m^3)、 I :流入強度(m^3/s)、 O :流出強度(m^3/s)、 k :透水係数($1/s$)である。

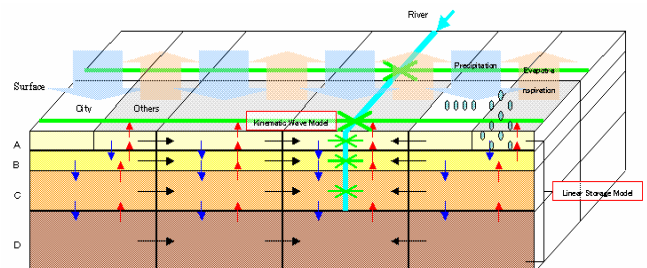


Fig.2 Structure of runoff model

3. 環境循環モデル(Multimedia Model)

3.1 環境循環モデルの概要

Fig. 3 に環境循環モデルの構造を示す. 主に大気, 水域, 土壌があり, 大気は気相と粒子相(Particle)から構成され, 水域は液相, 浮遊粒子相(SS), 生物相(Biota), 底質により構成されるとし計7つのメディアを想定した. 流域をメッシュ分割すれば, 各メッシュにFig. 3のMultimedia Boxが存在するものとする.

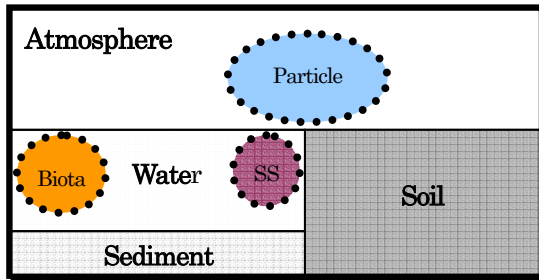


Fig.3 Structure of Multimedia Model

3.2 環境循環モデルの基礎方程式

化学物質の循環量に関する基礎方程式はメディア間の平衡フラックス, 微量化学物質の排出フラックス, 移流フラックス, 消滅フラックス, 沈降・流出・巻上げフラックスからなっている. またフラックスのうち平衡と沈降・流出・巻上げのフラックスは, 隣接するメディア間での循環なので各メディア間との総和で表してある.

$$\frac{dM_i}{dt} = \sum_{j=1}^{j=MN} f_{eq\ ij} + f_{emi\ i} + f_{fl\ i} + f_{deg\ i} + \sum_{j=1}^{j=MN} f_{dprs\ ij} \quad \dots(5)$$

ここに, i, j : メディアの識別文字, MN : メディアの総数, M_i : メディア i 中の微量化学物質質量(mol/s), f_{eq} : メディア間の平衡による物質移動フラックス(mol/s), f_{emi} : 微量化学物質の排出フラックス(mol/s), f_{fl} : 移流フラックス(mol/s), f_{deg} : 消滅フラックス(mol/s), f_{dprs} : 沈降・流出・巻上げフラックス(mol/s)である.

3.3 メッシュ間の移流フラックス

メッシュ間の微量化学物質の循環は, 大気と水域における移流とともに発生する. 大気におけるメッシュ間の移流フラックスは, 風向・風速データを各メッシュに割り当てることにより算出した. 水域におけるメッシュ間の移流フラックスは, 水循環モデルから計算された河川流量を用いて算出した.

4. 適用と考察

加古川流域(1700km²)に, 水循環モデルならびに環境循環モデルを適用した. 水循環モデルは, 1995年の降雨パターンをもとに計算した(Fig. 4). 環境循環モデルは, 計算期間を1960年から2010年, 対象物質はダイオキシン類(PCDDs, PCDFs)とした(Fig. 5). 発生源としては, 廃棄物焼却炉と農薬起源のものを想定した.

計算結果からダイオキシン類の経年的な平面分布を表すことができた. 大気では発生源からダイオキシン類が広がっているのがわかる. また土壌でも同じく発生源である水田の近くが高濃度となった.

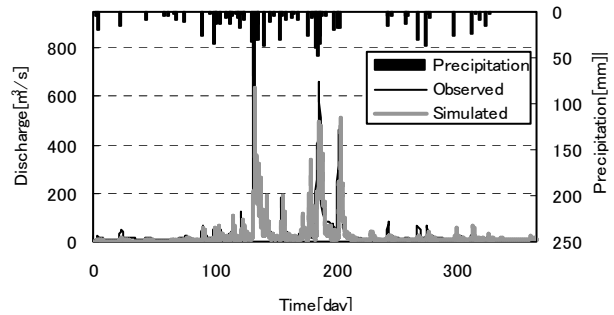


Fig.4 Discharge sequences at Oshima

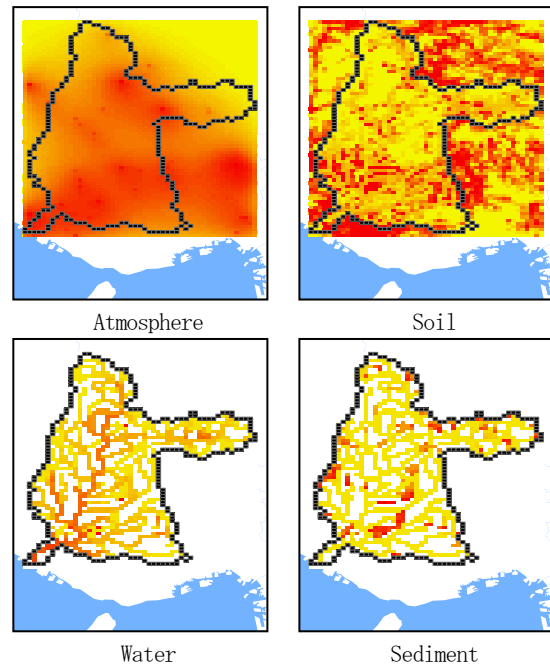


Fig.5 Dioxins distributions in Kako river basin(2000)

【謝辞】 本研究は環境省環境技術開発等推進費の助成を受けた. 謝意を表します.

【参考文献】 小尻利治ら(1998) : シミュレーションモデルでの流域環境評価手順の開発, 京都大学防災研究所年報, 第41号, B-2, pp.119-134

【キーワード】 流域, 水循環, ダイオキシン, GIS