

京都大学工学部 学生員 ○和佐 守紘
 独立行政法人産業技術総合研究所 正会員 東海 明宏
 京都大学防災研究所 正会員 小尻 利治

1. 研究の目的

水資源質の評価においては、質にかかわる要因として汚濁負荷の排出過程、流達過程、被影響過程を相応の精度でつなぐ必要がある。また、排出源から移流・拡散された汚濁物質の生態系への作用は、最終的に水生生物体内の反応を介して発現する。本研究では、汚濁物質が排出されてから生態系へ影響を与える過程をモデル化し、地域水利用計画の評価指標に利用することを目的とし、化学物質の環境中での分解過程を考慮したうえで、分布型流出モデル Hydro-beam を用い、化学物質濃度の動態推定と生態系への影響予測モデルの構築を行った。

2. 研究の方針

分布型流出モデル Hydro-beam、化学物質多媒体間動態モデル、PBPK(Physiologically Based Pharmacokinetic Model)モデルを用いたのち、影響評価を行う(木内、2000、小笠原、1999、吉川、2002)。対象流域として愛知県庄内川流域を選び、外因性内分泌攪乱化学物質の一種であるノニルフェノールについて、魚類個体数に及ぼす変化について評価を行った。

3. 研究の構成

3. 1 モデルの構成

Hydro-beam は自然の降雨流出過程と、取水・排水といった人工の水利用系を同時に扱うとともに、高水・低水を連続的に扱う分布型流出モデルである。基本構成は、流域を適当なメッシュに分解し、標高データをもとに落水線図を描き、河川を抽出するとともに、表面流をキネマティックウェーブモデルで、地下水層を4層に分割した線形貯留モデルで流量を計算する(図1参照)。

Hydro-beam によって得た水量データを用いて、化学物質多媒体間動態モデルにより各メッシュ内の各環境媒体における化学物質濃度を媒体間移動・分解反応を取り入れて計算する(図2参照)。

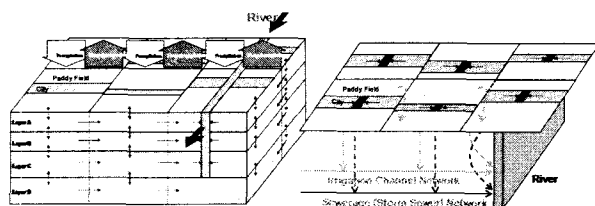


図1 Hydro-beam の概念図

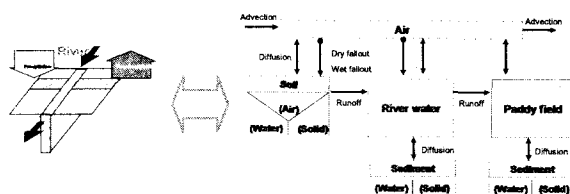


図2 化学物質多媒体間動態モデルの概念図

3. 2 評価方法

流域の汚染は水生生物体内における反応によって、個体群への影響として発現する。そこで、PBPK モデルを用いて、エラを介した溶存化学物質濃度と餌への吸着化学物質濃度を入力データとして、魚体内臓器間の化学物質輸送と分解をコンパートメントで表現し、臓器中化学物質濃度を計算した(Nichols,1990)。コンパートメントの構成を図3に示す。

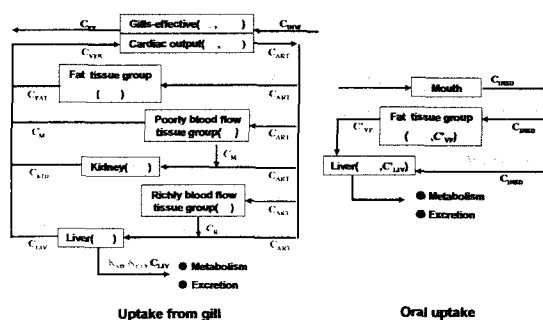


図3 PBPK モデルの構成

PBPK モデルによって求めた臓器中化学物質濃度に各成長段階別のインパクトを重ね合わせて、地域水系の評価指標とした。その際、成長段階別の個体数は式(1)のロジスティック式を用いた。

$$\frac{dN}{dt} = rN(1 - \frac{N}{K}) - h(C_f - C_{f0})N \quad (1)$$

N : 個体数、 t : 時間(day)、 h : 死滅速度係数 (1/(mg/m³)day)、 C_f : 肝臓での化学物質濃度 (mg/m³)、 C_{f0} : 閾値(mg/m³)、 r : 内的自然増加率 (1/day)、 K : 環境容量

また各成長段階の生存率 R を用いて、再生産性ポテンシャルを式(2)により計算する。

$$\Delta R = R_1 \times R_2 \times R_3 \quad (2)$$

R_1 : 卵の生存率、 R_2 : 稚魚の生存率、 R_3 : 成魚の生存率

式(1)(2)の計算で必要となるパラメータとしては、生態毒性学分野の論文に記載されている値、魚類生理学分野の専門書に記載されている値を参考にして決めたが、今のところ思考実験的に決めた値であり、今後の調整が残されている。

3. 3 事例適用

対象流域として愛知県庄内川水系の志多見より上流を選び、流域を 1km メッシュに分割し計 504 メッシュとした。対象化学物質として外因性内分泌攪乱化学物質であるノニルフェノールを取りあげた。ノニルフェノールは水環境における内分泌攪乱化学物質の実態調査結果(環境庁、建設省、平成 10~12 年)によって最も高い頻度で検出された物質であり、主に産業用洗剤として使用されているノニルフェノールエトキシレートの分解産物であり、分解経路を図 5 のように考える(K.Fenner,2002)。

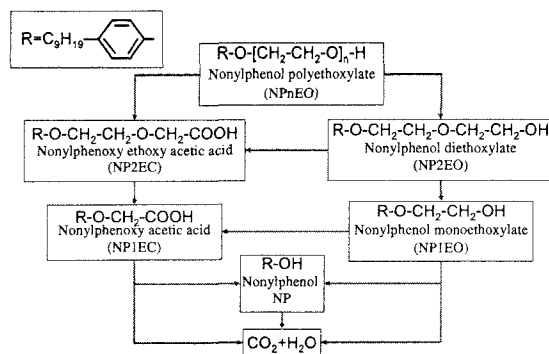


図 5 分解経路

4 結果と考察

流出計算については、降雨に対して比較的良好な応答結果が得られているが、総流出量については実測値以上に流出しているため、透水係数等の改善が

必要である。化学物質動態に関しては、空間分布において、スポット的な高濃度場の出現が認められた。これは、近傍メッシュからの排出量の大きさが影響していると考えられる。時系列においては、水中濃度は一定の濃度レベルであるとともに降雨に対して鋭敏に応答しており、底泥中濃度は蓄積傾向が見られる。生態系への影響推定に関しては、稚魚、成魚については影響が見られたが、卵の孵化率に関しては影響が見られなかった。

5 結論

本研究では、流域環境評価の枠組みに試行的に化学物質の分解過程および生態応答を取り入れたモデルを構築して、愛知県庄内川に適用し、ノニルフェノールの空間分布特性、下流域での濃度時系列、次世代影響を生態影響指数によって検討した。流出計算については、総流出量が実測値と整合のとれた結果となっていないのでパラメータの改善が必要である。ノニルフェノールの濃度推定に関しては法律の整備により今後、より精度の高い排出量推計データベースが提供されることが期待できる。しかし、濃度計算において、しばしば異常値が現れるので、計算の安定化を図る必要がある。生態影響に関しては今後、最新の知見を導入しつつ推定の精度を検証していく必要がある。

参考文献

- 木内陽一(2000) 分布型短長期流出モデルによる流域水循環とその評価に関する研究, 京都大学大学院工学研究科修士論文
- 吉川仁恵(2002) 環境ホルモンを考慮した流域環境評価に関する基礎的研究, 京都大学卒業論文
- John W. Nichols, et al.(1990) A Physiologically Based Toxicokinetics Model for the Uptake and Disposition of Waterborne Organic Chemicals in Fish, Toxicology and Applied Pharmacology, vol.106, pp.433-447
- Kathrin Fenner, et al. (2002) Including Transformation Products into the Risk Assessment for Chemicals; The Case of Nonylphenol Ethoxylate Usage in Switzerland, Environ.Sci.Technol. 36,1147-1145.