

流域酸性化モデルの比較検討

岐阜大学工学部 学生員・大坪和裕

岐阜大学工学部 正会員 東海明宏

岐阜大学工学部 正会員 湯浅 晶

1. はじめに

酸性雨の影響は湖沼、流域の酸性化と、土壤中の陽イオン交換によるアルミニウム等、有害な金属イオンの流出があげられる。現在の日本では、西欧諸国と同程度のpHの雨が降っているにも関わらず、影響は比較し得るほどではない。本研究では、このような現象の解明に提案されたモデル(ILWASとMAGICの二つ)を試験流域へ適用し、モデルの再現性、操作性を比較することを目的とする。

2. 解析手法及び手法

ここで本研究で用いるILWASとMAGICのモデルについて簡単に紹介する。MAGICモデルはCosbyら(1985)によって提案された。このモデルは流域の長期的な酸性化プロセスを再現するためのもので、酸性化のプロセスを比較的簡略化して表現している。他方、ILWASモデルはGheriniら(1984)によって提案された。このモデルは湖沼の季節的なpHやアルカリ度の変動を再現するため開発された。この二つのモデルにおける代表的な相違点を表-1に示す。

表-1 ILWASとMAGICの相違点

	ILWAS	MAGIC
時 間 間 隔	1日	1年
鉛直方向の土壌分割	5層	2層
大 気 の 沈 着	湿性乾性	総降水量
湖 の 成 層	含む	含まず
湖 の 凍 結	含む	含まず
大気と湖の気体交換	含む	含まず
雪 解 け の 影 響	含む	含まず

(1) MAGIC (Model of Acidification of Groundwater In Catchment)モデルの場合

このモデルは一年単位での水中の主要なイオン濃度を推定しているため、入力として必要となるデータは一年間の平均値であり、モデルの検証用のデータとしては過去数十年分が必要である。

まず最初に、対象となる流域の降雨データを基に流出解析を行い、試験流域への流入量、

流出量をタンクモデルを用いて予測する。流入量の推定によって、流域への各物質の入力負荷量を推定する。

次に土壌中の反応性を決定するための各反応定数、パラメーターの設定を行う。MAGICモデルのモデル式、及び化学反応式等を表-2に示す。

表-2 MAGICの支配方程式

1) モデル式

$$\frac{dX_T}{dt} = F_X + W_X - Q \cdot X \cdot n$$

X_T : Xの総陽イオン量 (eq m⁻²)
 F_X : 大気からの入力 (eq m⁻² y r⁻¹)
 W_X : 土壌中の取込みと放出 (eq m⁻² y r⁻¹)
 Q : 単位面積当たりの流出流量 (m y r⁻¹)
 X : Xの化合物種の総濃度 (mol m⁻³)
 n : Xのイオンの電荷 (-)

2) 土壌中の化学反応

$$\frac{[X]^n [Y]^m}{[X]^n [Y]^m} = K_{XY}$$

X : 土壌の間隙水中の物質X (mol m⁻³)
 Y : 土壌の間隙水中の物質Y (mol m⁻³)
 K_{XY} : 平衡定数

3) モデル式と化学反応式の定義付け

$$X_T = SP \cdot CEC \cdot E_X + n \cdot V \cdot X$$

X_T : Xの総イオン量 (eq m⁻²)
 SP : (土壌密度) / (流域面積) (kg m⁻²)
 CEC : 土壌の陽イオン交換能力 (eq kg⁻¹)
 E_X : Xの土壌への吸着率 (-)
 n : Xの電荷 (-)
 V : (土壌間隙水) / (流域面積) (m)
 X : 化合物種Xの総濃度 (mol m⁻³)

MAGICモデルの計算例の一つとして図-1に、文献1)で対象としている地域での計算結果を

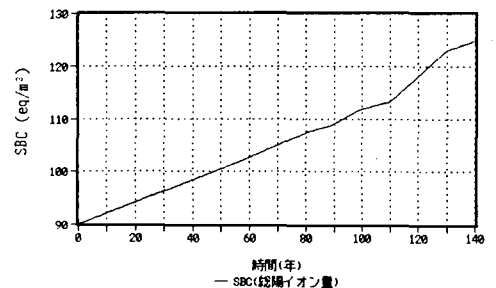


図-1 MAGICモデルでの計算
White Oak Run への適用例
計算は1884年から開始した。

図-1に示す。総陽イオン量SBCが、現在に至るまで増加し続けていることを示している。

(2) ILWASモデルについて

対象流域は(1)と同様である。

このモデルは、1日単位でのイオンの濃度を推定している。そのためモデルの入力として必要なデータの時間間隔は1日単位となっている。

降雨データを基にした流出解析および流域への入力の前測については(1)の場合と同様である。次に、土壤中の反応を決定する反応定数、パラメーターの設定を行う。

空間的な分割については次のように設定する。土壌コンパートメントは5個に設定する。また、湖沼コンパートメントは、湖沼の成層を考慮して2個とする。ILWASモデルの簡略化したモデル式を表-2)に示す。

表-3 ILWASの支配方程式

モデル式	
$V_i \frac{dC_i}{dt} = \frac{\xi_{i,j} A}{L_{i,j}} (C_j - C_i) + \mu_i C_i V_i + D_i - Q_{C,i} + Q_{C,j} (\alpha_i C_i + \beta_j C_j)$	
C_i	: コンパートメントiの濃度 (mol m^{-3})
C_j	: コンパートメントjの濃度 (mol m^{-3})
V_i	: コンパートメントiの体積 (m^3)
Q_i	: コンパートメントiへの流入量 ($\text{m}^3 \text{ day}^{-1}$)
$A_{i,j}$	: コンパートメントi, j間の断面積 (m^2)
$L_{i,j}$	: コンパートメントi, jの平均深さ (m)
D_i	: コンパートメントiへの負荷項 (mol day^{-1})
$Q_{i,j}$	: コンパートメントi, j間の移流量 ($\text{m}^3 \text{ day}^{-1}$)
α_i	: 移流量重み係数 (-)
β_j	: 移流量重み係数 (-)
μ_i	: コンパートメントiの生物反応係数 (day^{-1})
$\xi_{i,j}$	: コンパートメントi, j間の鉛直拡散係数 (m day^{-1})

文献2)での検討条件をもとに計算した結果を図-2~4に示す。

計算は1984年の6月29日から開始した。

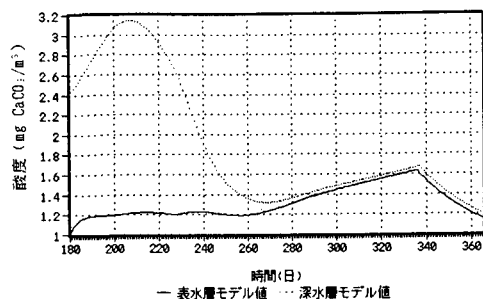


図-2 ILWASモデルでの計算(1)
Bickford Reservoir への適用例

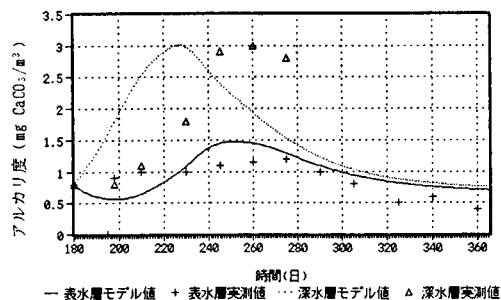


図-3 ILWASモデルでの計算(2)
Bickford Reservoir への適用例

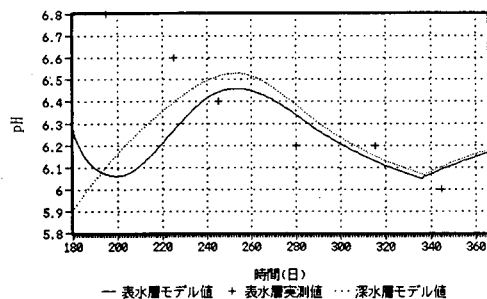


図-4 ILWASモデルでの計算(2)
Bickford Reservoir への適用例

3. あとがき

今後の予定として、試験流域への適用を行い、その結果よりILWASおよびMAGICモデルの適合性及び、操作性に対する評価を行なう予定である。最終的な結果に関しては発表の時点とさせていただきます。

《参考文献》

- 1) B.J. Cosby, R.F. Wright, G.M. Hornberger, and J.N. Galloway (1985). "Modeling the Effect of Acid Deposition: Estimation of Long-Term Water Quality Responses in a Small Forested Catchment" Water Resour. Res., 21, pp1591-1601
- 2) Wu-Seng Lung, A.M. ASCE (1987). "Lake Acidification Model: Practical Tool" Journal of Environmental Engineering, 113 (4), Aug., pp900-915