

II-410 積雪・融雪・流出モデルへの酸性物質項の導入とその適用

大阪ガス 正員 越田哲史
 京都大学防災研究所 正員 池淵周一
 日本気象協会関西本部 正員 友村光秀

1 はじめに 最近話題となっている地球環境問題の1つに酸性雨の問題がある。酸性雨とは、一般に、化石燃料が燃焼したときに発生する NO_x 、 SO_x が降水に取り込まれたものである。この酸性雨により地上の植生物は被害を受けていることは周知の事実である。とくに酸性雪の場合は、アシッドショックと呼ばれる融雪期に酸性物質が集中して流出し、河川・湖沼の水質を著しく低下させる現象が観測されている。そこで本研究は、従来の積雪・融雪・流出モデルに、水素イオンに代表される酸性物質の項を導入し、陸水酸性化評価モデルを構築し、そのモデルを琵琶湖北西部の丹生ダム建設予定地に適用した。

2 観測 流出モデルの構築に先立って、95年の2月から3月の融雪初期～末期の4回にわたって、融雪水と河川水の水量・水質項目を観測した。観測項目はpH、EC、水温、各種イオン濃度（ Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 H^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- ）である。また、集中観測と平行して河川水の自動観測も行っている。観測項目は、流量、水温、pH、ECである。さらに、流域へのインプットとなる降水の水質（pH、EC、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- ）も降水0.5mm毎に自動観測している。観測した降水のpHは約3.8～5.0であった。菅並地点での河川流量と河川のpHの変化を図1に示す。また、融雪

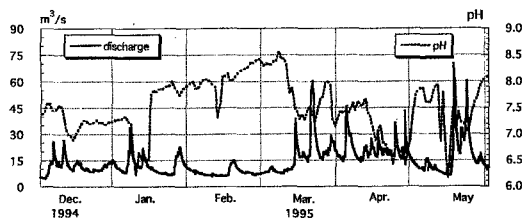


図1：菅並地点での流量とpH

水量と融雪水のイオン濃度の例を図2(a)、図2(b)に示す。図1によると、流量が増加するとpHが低下（すなわちより酸性化）する。これは、流量が多いときには雨水・融雪水量が多く、その結果、土壌の緩衝能が十分ではなくなりpHの低い雨水・融雪水がそのまま河川に流れ込むためであろう。図2(a)は融雪水量の

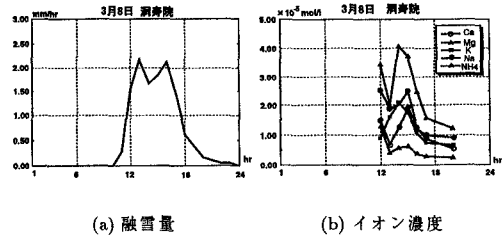


図2：3月8日の観測結果（積雪層下層）

日内変化を示している。図2(b)はその融雪水中に含まれるイオン濃度であり、融雪が進行するにしたがって、融雪水中の各イオンの濃度が指数関数的に減少することが確認される。

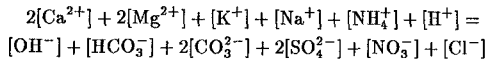
3 陸水酸性化評価モデルの概要

1. 積雪・融雪・流出過程 積雪・融雪・流出モデルは池淵ら¹⁾のモデルを用いた。そのモデルの特徴を簡単に示す。

- (a) 積雪・融雪期を通して連続的に計算できる。
- (b) 積雪の冷却・凍結・融解過程がモデルに組み込み、積雪・融雪過程の中で積雪深・積雪密度などの諸量が算出されるため、化学物質濃度の導入が可能である。
- (c) 積雪内貯留過程がモデルに組み込む。
- (d) 流出モデルは、流域全体を1つのタンクとみなす4段タンクモデルである。
- (e) 計算時間ステップは1時間である。

2. 土壌内化学過程 土壌内の化学反応を表現するモデルとして、アメリカ電力研究所によるILWASモデル²⁾を用いた。このモデルの特徴は、

- (a) 流域・湖沼の酸性化を総合的に評価するモデルである。
- (b) イオン電荷釣り合式（次式）と溶質連続式を基礎式とし、陽イオン交換、陰イオン吸着を補助式とする。



本研究のモデルでは、化学反応としては Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , H^+ の6つの陽イオンの交換反応のみを取り込んでいる。陰イオン吸着は、降水の濃度と河川水の濃度にほとんど差が見られないため、考慮しなくて良いものと考えられる。

4 陸水酸性化評価モデルの実流域への適用 陸水酸性化評価モデルを実流域に適用するにあたり、土壌へ浸透する融雪水の濃度は図2より時間の経過にしたがい、指数関数的に減少する傾向が見られることから次式で計算する。

$$C = C(t) \cdot A \cdot \exp(-B \cdot T_M) + C(t) \quad (1)$$

$C(t)$ はそのときの積雪層内の平均濃度、 T_M は融雪継続時間、 A , B はそれぞれ濃度の立ち上がりと減衰を表すパラメータである（図3）。この計算を6つの陽

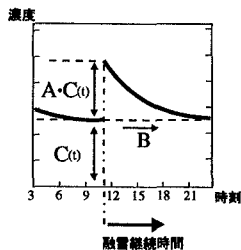


図3：融雪水中イオン濃度計算式

イオンと3つの陰イオン (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) について行い、土壌へのインプットとする。

また、土壌での陽イオン交換反応は非常に早い反応ではあるが、融雪水が大量に土壌に浸透した場合は、その全てが反応するとは考えにくい。そこで、その反応の上限値を設け、これを陽イオン交換許容率 CEA と定める。本解析においては $CEA = 1.0 \times 10^{-4}$ とした。

これらの項を導入して行った計算の結果を図4と図5に示す。

5 考察 流出解析については計算結果は積雪期の12月から2月にはやや過小に、融雪期の3月～4月にはやや過大になっているが、観測結果をほぼ再現しているといえる。土壌内化学過程については陽イオ

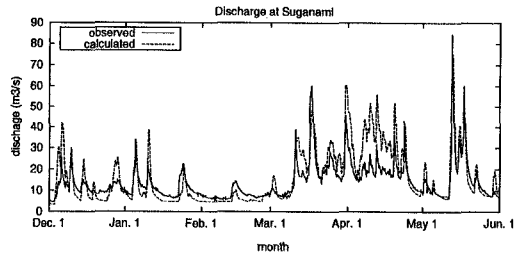


図4：流量計算結果

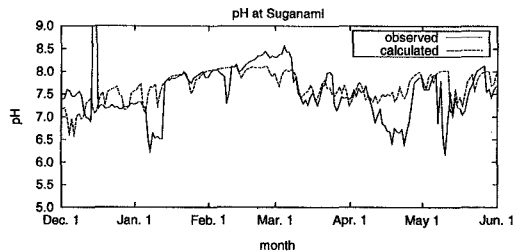
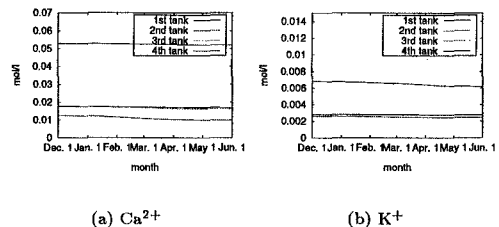


図5：河川水pHの計算結果



(a) Ca^{2+}

(b) K^+

図6：土粒子に吸着している陽イオン濃度（計算結果）

ン交換容量 CEA を用いることにより、河川水の pH を比較的良く再現しているといえるであろう。また、土壌に吸着している陽イオンの濃度は、時間の経過にしたがって減少している。これは水素イオンが土粒子に吸着していた陽イオンに置換されていることを示しており、この現象によって酸性雨が緩衝されているのである。換言すれば、土粒子に吸着している陽イオンが減少していく状態を土壌が酸性化するというのである。今後、さらに現地で観測を行い、データを補足することにより、さらに良い解析結果が得られると考える。

[参考文献] 1) 池淵, 竹林, 友村: 琵琶湖北部及び全流域の積雪・融雪・流出モデル解析, 京都大学防災研究所年報第29号B, 1986, pp173-192. 2) Gherini, S. A. et al.: THE ILWAS MODEL: formulation and application., Wat. Air and Soil Pollut. 26, 1985, pp425-459.