

1 はじめに 人類が環境を省みない自分本意の開発行為を行ってきたため、近年世界各地で様々な環境問題が顕在化している。なかでも、化石燃料の使用の際に発生する NO_x や SO_x 等による酸性雨はその影響範囲を着実に広げつつあり、湖沼の酸性化による魚類の死滅、森林の衰退、建築物の侵食などが大きな問題となっている。さらに積雪地帯における酸性雪は、積雪期に蓄積した酸性物質を融雪期に一度に放出するため、河川・湖沼のpHを低下させ、そこに存在する生態系に大きな影響を与えるアシッドショックなる現象を引き起こす。

このような背景から本研究は、森林域における酸性雪の影響を評価するため、降水流出という量的な側面と降水中の物質の土壌内化学反応という質的な側面の2つの方向からアプローチを試み、酸性雪流出水量・水質変換モデルの開発を試みた。

2 水量・水質変換モデルの概要 本研究では、森林域における酸性雪が河川に与える影響を評価するために水量・水質変換モデルの2つのモデルを用いる。降水(雨・雪)が河川へ流出するまでの量という側面からのアプローチが水量変換モデルであり、降水中の各物質が、土壌に浸透してから河川へ流出するまでの質という側面からのアプローチが水質変換モデルである。

水量変換モデルには、積雪・融雪・流出過程を詳細に表現した、池淵ら(1984)の積雪・融雪・流出モデル¹⁾を、水質変換モデルにはアメリカ電力中央研究所(EPRI)が開発した、ILWASモデル²⁾を改良した越田ら(1995)の土壌内化学モデルをベースに用いる。

モデル全体のフローを図1に示す。

2.1 水量変換モデルの概要 融雪流出量の予測には、降雪・降雨→積雪→融雪→流出といった一連の過程をモデル化する必要があり、水量変換モデルでは、積雪層内の鉛直水平構造を詳細に扱うことはしないで1つの層と考え、積雪・融雪過程計算より得られた融雪量の地表面到達量を4段タンクモデルの

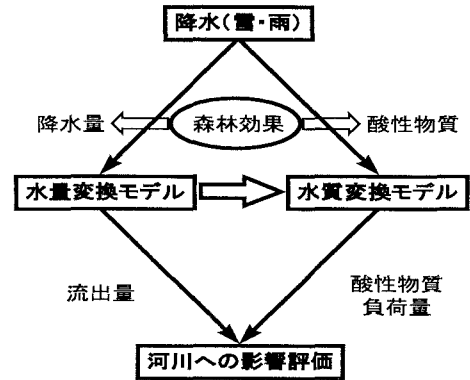


図1: モデル全体のフロー

インプットとして河川への流出量を計算している。

このモデルの特徴は以下の通りである

- 積雪・融雪期を通して1時間のタイムステップで連続的に計算できる。
- 積雪の冷却・凍結過程がモデルに組み込める。
- 積雪内貯留過程がモデルに組み込める。
- 積雪過程のなかで、積雪水量、積雪深、積雪密度、雪温、含水量などの積雪の状況で表す諸要素が算出される。

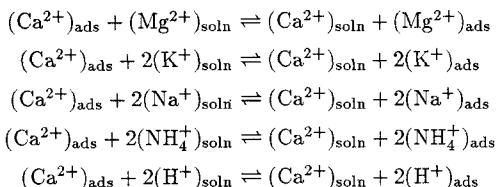
2.2 水質変換モデルの概要 土壌に浸透する降水・融雪水の成分のうち、土壌、湖沼の酸性化に大きく影響するものは次のイオンである。

陽イオン Ca^{2+} Mg^{2+} K^{+} Na^{+} NH_4^{+} H^{+}

陰イオン SO_4^{2-} NO_3^{-} Cl^{-}

したがって酸性雪・雨に含まれる上記の各イオンの、積雪層～土壌内浸透～河川流出という過程における濃度変化を表現するために水質変換モデルを用いる。

土壌浸透水中の各イオンは次式の様に、土粒子に吸着している他のイオンと交換反応を行うことにより、あるイオンは濃度が増加し、あるイオンは濃度が減少する。



ここで、添字の ads(adsorption) は土粒子への吸着、soln(solution) は間隙水に溶解していることを示す。

このイオン交換反応により土壌浸透水の酸性度は低下するのであるが、水質変換モデルでは先程の水量変換モデルの流出過程で用いた4段タンクモデルの各タンク内でこの反応が起こるものとして、各イオン濃度を算出する。最後に河川水の pH を

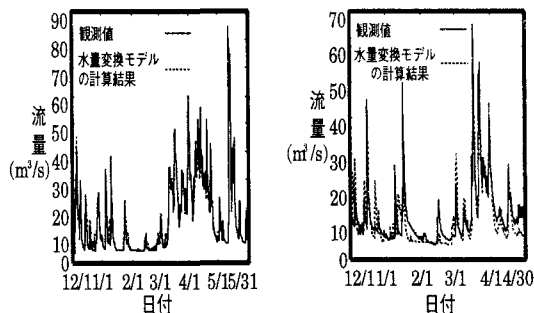
$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

で算出する。

2.3 森林効果の導入 森林域における実現象を考えた場合、森林の樹冠部はさまざまな影響を及ぼす事が知られている。したがって本研究では森林の様々な効果のうち、

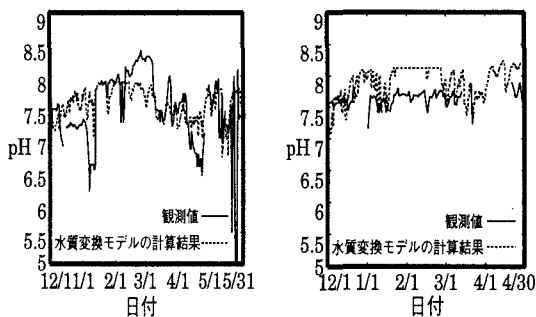
- 降雪の遮断・貯留
 - 地表部への日射透過の制限
 - 乾性沈着補足量の増加
- の3つをモデルに導入した。

3 モデルの実流域への適用 上述の水量水質変換モデルを滋賀県伊香郡余呉町に建設予定の丹生ダム流域に適用した。適用期間は1994年12月～1995年5月と1995年12月～1996年4月の2事例であり、水量変換モデルの適用結果を図2に水質変換モデルの適用結果を図3に示す。



(a) 94年～95年 (b) 95年～96年

図2: 水量変換モデル計算結果



(a) 94年～95年 (b) 95年～96年

図3: 水質変換モデル計算結果

図2より水量変換モデルの計算結果は、観測値の値と変化の傾向をほぼ捉えているものと思われる。

また水質変換モデルに関しては図3から、全体的な変化の傾向と弱いアシッドショックは再現できているが、変化の幅とその度合いが小さいといえる。これらの原因として、積雪層内での融雪・再凍結による非常に強いイオン濃度集中の発生や、融雪剤 (CaCl_2 等)・家庭排水などによる水質変化が考えられる。

4 おわりに 水量変換モデルにくらべて水質変換モデルは精度が低い。したがって今後は、

- イオン交換反応を左右するパラメータである選択係数の値を他の事例も用いて同定する。
- 年間を通じてみられる河川水の pH の日内変化を調査し、それをモデル内で表現する。
- 現段階では観測されていない種々のデータを入力することにより正確な初期値を用いる

などを行いモデルの精度向上をはかっていきたい。

[参考文献]

- 1) 池淵周一, 宮井宏, 友村光秀: 琵琶湖北部域の積雪・融雪・流出調査とその解析, 京都大学防災研究所年報第27号, pp.197-220.
- 2) Gherini, S.A., et al.: The ILWAS model, formulation and application, Wat. Air Soil Pollut. 26. pp.425-459, 1985.