

II - 470

酸性降下物による土壌酸性化予測シミュレーション

○大阪大学 学生員 鷹野 誠 大阪大学 正会員 加賀 昭和
大阪大学 正会員 山口 克人 大阪大学 李 虎

1 はじめに 現在の地球環境問題の一つとして、酸性降下物による生態系への影響がある。北欧や北米の国々では、その影響が既に森林の衰退や湖沼の酸性化といった形で顕在化している。このような被害の顕在化した段階から生態系を回復させるには膨大な資金と時間がかかるであろうと予測される。そのため、酸性降下物が植生、土壌、陸水に及ぼす影響を包括的にモデリング、シミュレーションすることによって影響の将来予測をすることが有効であり、実際そのような事例は海外では報告されている¹⁾²⁾。そこで我々はまだ酸性降下物の影響が顕在化していない日本において、まず被害が顕在化するとと思われる土壌表層に注目した。そして、植生と土壌表層について水分と化学物質の移動をモデリングし、このモデルをケース・スタディとして大阪大学吹田キャンパス内の竹林に適用し、土壌酸性化の将来予測を行った。

2 モデルの構造 このモデルは植生地を対象としており、地上と地下でそれぞれ水分と物質の移動を考慮した四つのサブモデルからなる。環境条件、モデルパラメータをそれぞれのサブモデルに入力すると、データを図1のようにサブモデル間で受け渡すことにより最終的に土壌水のpHと土壌水中のイオン量の推移を出力する。ここでは各サブモデルの構造と各サブモデルのパラメータについて述べる。

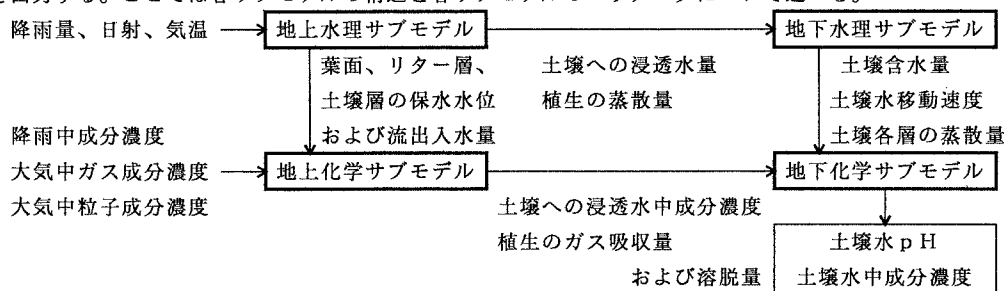


図1 土壌酸性化将来予測モデルの構成

(1) 地上水理サブモデル ここでは葉面、リター層、土壌表層をタンクで近似し、地上での水分移動量を求める。葉面とリター層のタンクでは降水量と蒸発量によって決定する仮想的な水位が、各タンクの保水可能水位を上回ると水が流出し、土壌表層のタンクからは土壌の最大透水速度を上限として水は瞬時に土壌に浸透するとした。パラメータのうち森林の被覆度、Leaf Area Index、葉面とリター層の保水可能水位、葉面の蒸発速度は土壌酸性化予測を行うフィールドで実測した。

(2) 地上化学サブモデル ここでは地上水理サブモデルで仮定した各タンク中および流出水中の物質量を求める。物質はタンク水中に完全混合の状態で存在するとした。各タンクからの物質の流出は流出水と共に生じるとし、流入については葉面では降雨、乾性沈着、葉面溶脱、リター層では降雨、葉面からの流出水、乾性沈着、土壌表層ではリター層からの流出水によるとした。

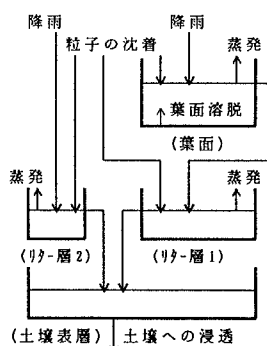


図2 各タンクでの物質移動

これらのタンクの中で特に葉面のタンクでは、降雨がその流出水(Throughfall)となると乾性沈着と溶脱によって濃度が上昇する。溶脱は森林における物質循環の一過程であるが、乾性沈着はこの物質循環にとっての外部因子なので扱いを分ける必要がある。このため、この両者の影響を分離評価する方法は近年研究されている³⁾。ここでは乾性沈着は常時一定の沈着速度 v_{DD} で行われているとし、溶脱については溶脱フラックス j_F が降雨強度 P_R の m 乗に比例するとし、 $j_F = e_i P_R^m$ (e_i :イオン i の溶脱係数)とする仮定を立

てた。そして、降雨時間や降雨強度などを変えて人工降雨を降らせ、人工降雨とThroughfall中の物質濃度測定結果に最もよく適合する m の値として $m = 0.5$ を得た。そして、この仮定をフィールドの降雨とThroughfallの観測値に適用してパラメータ v_{DD} と e_i の値を回帰的に求めた。これらの値を用いて計算されたThroughfallの成分量を実際のThroughfallの成分量と比較した結果を図3に示す。

(3) 地下水理サブモデル ここでは土壤中での水分移動量および植生による吸水蒸散量を求める。土壌層間の水のフラックスは重力ポテンシャルとマトリックスポテンシャルの和である全ポテンシャルの勾配と、飽和透水係数と含水率の関数である不飽和透水係数の積により求める。また蒸散量は(根の分布×不飽和透水係数)の比率で各土壌層から生じるとした。ここで使われるパラメータはサンプル土壌の透水試験により求めた⁴⁾。

(4) 地下化学サブモデル ここでは土壌と土壌水間での陽イオン交換を、陽イオン交換平衡式、溶解度平衡式を用いて求める¹⁾。ここで用いられるパラメータの値はサンプル土壌の化学分析により別途求めた⁵⁾。また、植生による自らの必要物質の吸収は各土壌層から(蒸散量×物質濃度)の比率により生じるとした。

3 土壌酸性化予測シミュレーション結果 上記のモデルにAMeDASによる豊中市の降雨データ、大阪府の大気中ガス成分濃度、実測による降雨中成分濃度と大気中粒子成分濃度を入力データとして100年後までシミュレーションしたときのpHと陽イオンの例として Ca^{2+} の経年変化を図4、5に示す。

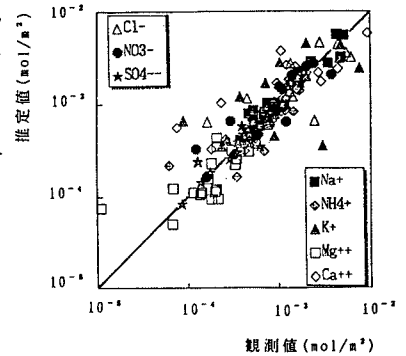


図3 Throughfallの成分量の回帰式による推定値と観測値の比較

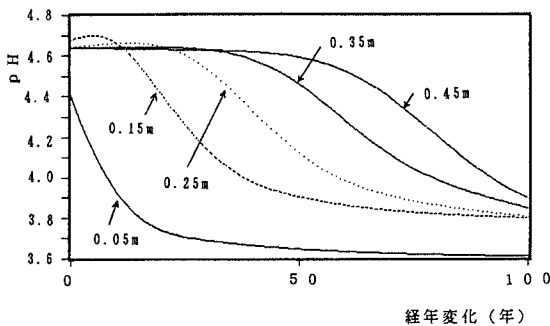


図4 pHの経年変化

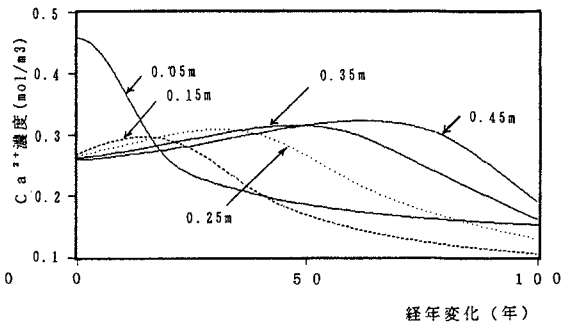


図5 Ca^{2+} の経年変化

図4を見ると、土壌層の上層よりpHが低下していくことが解る。これは図5のような土壌粒子からの陽イオンの流出による。そして、pHの低下は土壌粒子からの Al^{3+} の流出を招き^{1) 6)}、養分となる陽イオンの流出と共に植生の発育を妨げる結果となる。シミュレーション結果から、このフィールドにおいては現在の状態が30年続けば根の85%を含む地下0.15mまでの Al^{3+} 濃度が1ppmを越えるため、酸性降下物による影響が植生の発育の阻害という形で現れると思われる。

- 4 参考文献 1)B.J.Cosby et al.:Modeling the Effect of Acid Deposition:Estimation of Long-Term Water Quality Responses in a Small Forested Catchment,Water Reseach,21,11,pp.1591-1601(1985) 2)Electric Power Research Institute:The Integrated Lake-Watershed Acidification Study,Voll:Model Principles and Application Procedures(1983) 3)L.J.Pucket:Estimates of ionsources in deciduous and coniferous throughfall,Atmospheric Enviroment,24A,3,pp.545-555(1990) 4)李虎:大阪大学修士論文(1994) 5)鶴田敏郎:大阪大学修士論文(1993) 6)Bloom et al.:Aluminum Organic Matter in Acid Soils, Buffering and Solution Aluminum Activity,soil Sci. Soc. Am. J.,43,pp.488-493(1979)