

酸性雨による土壌化学性変化を予測するモデルの開発

企画調整部地球環境研究チーム 新藤 純子

はじめに

化石燃料の燃焼に起因する酸性物質、農業や畜産からの窒素、また火山から発生する硫黄化合物などが酸性降水物として地上に降り注いでいる。生態系内では、土壌の化学的な反応や、動植物の作用により、酸を吸収、中和する様々な緩衝機構が働いて、急激な変化を防いでいる。しかし北欧や北米で問題となった湖沼の酸性化は、緩衝能の小さい土壌が酸性雨により負荷された酸を十分中和できなかったことが一因であり、pHの低下とそれによって溶出したアルミニウムが魚類に被害を及ぼしたと考えられている。

酸性雨によってもたらされる酸に対して土壌の中和能力が十分であるのか、また酸性雨により土壌の性質はどのように変化するかを知ることは、生態系への影響を評価するために重要である。酸の中和は土壌の特性や酸性化の段階によって関与する反応機構や寄与の大きさが異なり、また土壌の性質の変化は非常に緩慢であるため検出が難しい。このため、いろいろな反応機構を取り入れたモデルによる推定が有用であると考えられる。本研究では、日本の土壌の酸中和機構として重要と思われる反応を含んだモデルを作成し、1年間にわたる野外調査に適用して、土壌水中イオン濃度変化を予測することにより、どのような反応過程が土壌の化学性の変化を支配しているかについて検討した。

モデルの概要

図1にモデルの概念図を示した。土壌水を中心に考えると、そこには、物質が降水と共に流入する。また鉱物風化や有機物分解により土壌固体からイオンが溶出し、一方、植物による吸収などにより消費される。モデルでは、これらの過程による、土壌中での各イオンの正味変化量 (Δ) をインプットデータとして与える。さらに、土壌水中および粘土鉱物や土壌有機物の表面に吸着しているイオンが係わる、図に示したような化学反応を平衡反応として導入した。

野外調査

農業環境研究所の自然土壌保存圃場(観音台)、および茨城県新治郡八郷町の国有林(八郷)において、林外雨、林内雨、A₀層浸透水および土壌水を定期的に採取した。観音台は、淡色黒ボク土で、30年生のアカマツ林である。八郷は花崗岩母材であるが、火山灰の影響もかなり受けた褐色森林土で、20~30年生の落葉広葉樹林である。各調査地で林外雨2地点、林内雨とA₀層浸透水を3地点で採取し、土壌水も各3地点においてA層の下部(深さ20cm)とB層の中(深さ50cm)からポーラスカップを用いて採取した。

図2に、いくつかのイオンについて、林外雨による沈着量から土壌B層内(50cm)からの流出量まで、1m²、1年間(1997年10月~)当たりの移動量を示した。乾性沈着や樹冠溶脱により、降水は樹冠を通過することによりイオン濃度を増し、さらにA₀層でイオンが大量に負荷される。この際水素イオンが消費されpHも高くなった。ナトリウムを除く塩基性陽イオンや硝酸イオンは、A₀層から土壌への流入量よりも土壌からの流出量の方が小さい。即ち、鉱物風化などによる供給量よりも植物吸収な

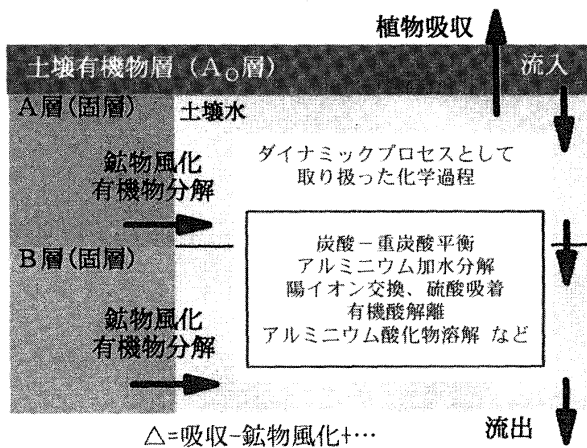


図1 モデルの概念と考慮した化学過程

どによる消費量の方が大きいことが示された。特にカリウムイオン（アンモニウムイオンも）の減少率が大きく、これらのイオンは土壌層からほとんど流出せず、植物などに効率的に利用されていた。

土壌の化学性変化を支配している過程の検討

モデルの上記野外調査への適用において、 A_0 層からの流入量を土壌へのイオンのインプットとして用い、A層(20cm)とB層(30cm)を対象にした。モデルによるイオンの各土壌層からの1年当たりの流出量が測定値(図2)とほぼ等しくなるように土壌層での正味の生成速度(Δ)を与えた。

図3に Δ を年間一定値とした時の観音台の推定結果を示した。土壌水pH、土壌水中の硝酸イオンや塩基性陽イオンの濃度の変化が比較的良好に再現されている。養分吸収による消費や鉱物風化などによる供給は、いずれも温度に依存して季節変化をする。観音台では変化がお互いに相殺された結果、年間を通してほぼ一定の生成(消費)速度となり、土壌水中イオン濃度は、 A_0 層を通して大気から土壌層へ負荷される物質の量に依存して変化している。落葉広葉樹林である八郷の場合、 Δ が年間一定値であるとする、モデルによる推定結果は測定値と大きく異なる。図4(a)は、 Δ に図4(b)のような季節変化を仮定した時の推定である。八郷では植物による養分吸収の季節変化が有機物分解や鉱物風化の季節変化に比べて大きく、植物吸収が土壌水濃度へ与える影響が大きいと考えられた。また、図3に示したように、陽イオン交換反応が機能しないと仮定した場合には、土壌水のpHの予測値は大きく変動し、酸性雨による酸や土壌内で生成した酸を迅速に中和して系のpHを一定に保つために、陽イオン交換反応の役割が大きい。

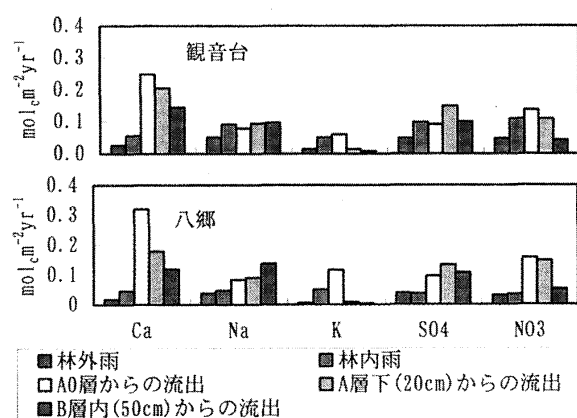
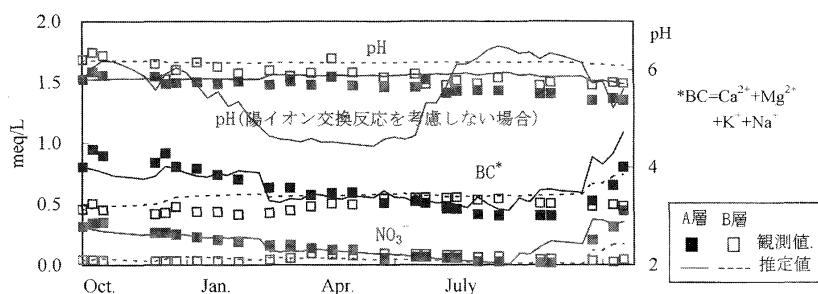


図2 林外雨、林内雨や土壌浸透などによるイオンの下方へのフロー

終わりに

酸性雨として大気からもたらされる窒素や硫黄は、長期的に土壌pHや栄養塩濃度などの土壌特性を変化させ、それは土壌微生物や土壌動物の活性に影響を与え、栄養塩循環の変化を引き起こす可能性がある。さらに植物の生育にも影響を及ぼすことも考えられる。本文でも紹介したような観測は、生態系における物質循環に関する情報を与える。物質循環や土壌の特性を支配しているメカニズムを



推定することにより、その変化のおよその方向と大きさを予測するために、モデルが利用できるのではないかと考えている。

2000年7月

図3 アカマツ林(観音台)の土壌水pHとイオン濃度変化の推定結果

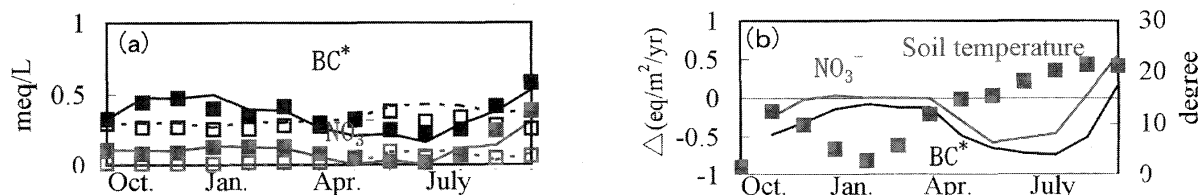


図4 落葉広葉樹林(八郷)の土壌水中イオン濃度変化の推定結果(a)と土壌内イオン生成速度 Δ (b)