

CS 75

酸性雨の森林土壌への影響に関する研究

熊本大学工学部 学生員○永友佳仁
 熊本大学工学部 正 員 中島重旗
 熊本大学工学部 正 員 原田浩幸

1. はじめに

酸性雨が森林土壌に与える影響の一つに土壌pHの低下が考えられる。土壌のpHが低下すると土壌塩基飽和度の低下、土壌溶液中アルミニウム濃度の増加などにより植生へ悪影響を与えることが懸念される。酸性降下物による環境被害発現の予測を行う上で土壌酸化等をできるだけ忠実にモデル化し、物質収支式に組み込むことが望ましいため、本研究では影響を予測し、定量的な把握をするためのモデルの構築を行うにあたってシンプルなモデルを取り上げ基礎的な検討を行った。本研究で対象としたのは熊本市の立田山におけるスギ林の褐色森林土である。森林において土壌は層位を形成するため、雨水が浸透していく際には各層により異なる複雑な反応をするが、塩基量等が多く草木にとって重要なA層を中心に解析を行った。

2. 実験方法

カラム実験：内径51mm、高さ50mmの土壌採取器にて不攪乱土壌を採取し、直径2mm 前後のケイ砂をつめたボトム部（口径70mmガラス製漏斗）に取り付け、カラム上部より定量ポンプにて模擬酸性雨を降雨強度11.3mm/hr で連続浸透させ、浸出水の各成分を定量した。模擬酸性雨は、1992年7月14日に熊本大学工学部8号館屋上で採取した雨を原水とし硫酸と硝酸を当量比1:1 で添加してpHを3.6 に調整したものをを用いた。

モデル実験：50ml遠心分離用容器に風乾土壌5gを入れ硫酸溶液（ $2.5 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ ）35mlを加え24時間軽く振とうし、その後遠心分離機により溶液と土壌を分離し（1500rpm）、溶液のみを取りだしpH等各成分を定量した。新たに同じ硫酸溶液35mlを加え同様に操作し、これを13日間繰り返した。ここで、1日の操作は1年分の酸の負荷に相当するものと仮定する。

3. モデル式の概要

シミュレーションモデルとしてBloom and Grigal(1985)¹⁾のものをを用いた。ここでは土壌溶液のpHとBS（塩基飽和度：Base Saturation）は以下の関係を示すものと仮定する。

$$\text{pH} = \text{pK}_a + n \log [\text{BS} / (1 - \text{BS})] \quad [1]$$

pK_a は見かけの酸度を示す定数、 n は経験的な定数で式[1]は拡張Henderson-Hasselbach式である。このモデルでは土壌溶液pHと土壌pHの間には0.8の差があるものとしている。また、土壌溶液pHと Al^{3+} は以下の関係を示すものと仮定する。

$$\log [\text{Al}^{3+}] = 2.60 - 1.66 \text{ pH} \quad [2]$$

ここで式[2]はBloomらが実験により求めた式である。モデル実験においてはpH3.6の雨が降り続いた場合を想定しており、1日後の土壌溶液pH等から交換性塩基の年間における変化量（kmol/ha）を求め、前年度の土壌の交換性塩基保持量から変化量を差し引いて1年後の土壌の塩基飽和度を算出し、[1]式から1年後の土壌溶液pHを求める。この操作を繰り返し行うことにより経年的な変化を求める。

4. 結果および考察

表1から、A層はpHが4.27と低く、酸性化がかなり進行していることが判る。一方酸性雨が土壤中を浸透していく際にpHを上昇させる土壤の能力を表すANCはA層で8.41と大きくB層以下の約4倍となっている。これには土壤に保持されている交換性塩基の量の寄与が大きいものと考えられる。これらのことから、酸性化は土壤上部より順に進んでいくが、酸中和能は土壤上部ほど大きいものと考えられる。A層の酸性化がさらに進行すると、それに伴い土壤に保持される塩基の量は減少し、酸中和能も小さくなっていくものと推測できる。したがって現時点で中和能力の大きいA層の果たす役割は非常に大きく、A層の変化予測をすることは非常に重要である。

カラム実験における浸出水のpHと Al^{3+} の関係を図1に示す。浸出初期においてはpHが高く Al^{3+} の濃度は低いが、時間の経過と共にpHは低下し Al^{3+} 濃度は増加した。この結果pHと Al^{3+} の間には $\log Al^{3+} = 3.84 - 1.71 \cdot pH$ の関係があり、pHが低下するほど植物等にとって有害なアルミニウムイオンの濃度は増加することが判った。

土壌pH変化のモデルによる計算結果と実験結果を図3に示す。今回用いたモデルはやや経験的モデルであり、基礎的なものであり、硫酸イオンの吸着や鉱物の風化等を考慮にいれていないため、いくつかの修正ないし補強を要すると思われるが、図のように、初期pHが4.27であったものが、平均pH3.6の雨が降り続けた場合14年後にはpHが約3.8にまで低下するという予測結果となった。

おわりに

酸性雨が長期に渡り降下すると土壤のpHは着実に低下するものと考えられ、アルミニウムイオン濃度の増加のみならず、微生物の活動の低下等森林生態系へ様々な悪影響を及ぼすことが考えられる。最終的には森林の衰退等により人間の生活にも影響が及ぶものと思われるため、モデル式の構築に加え、森林土壌pH低下阻止のための具体的な施策の検討も望まれるであろう。

<参考文献>

- 1) Bloom, P. R., and D. F. Grigal, 1985. Modeling soil response to acidic deposition in nonsulfate adsorbing soils. J. Environ. Qual. 14:489-495
- 2) 佐藤一男ら：酸性降下物に対する土壌中和能の簡易測定法、環境科学会誌3(1):37-48(1990)

表1 試料土壌の化学的特性

	pH(H ₂ O)	CEC	BS	交換性塩基	ANC
A	4.27	31.5	19.4	6.12	8.41
B ₁	4.22	14.6	6.6	0.97	1.77
B ₂	4.43	12.3	5.1	0.62	1.90
B ₃	4.54	11.6	5.3	0.62	2.08

CEC(meq/100g):交換性陽イオン容量, BS(%):塩基飽和度, 交換性塩基(meq/100g): Σ (Ca, Mg, Na, K), ANC(meq/100g):酸中和能

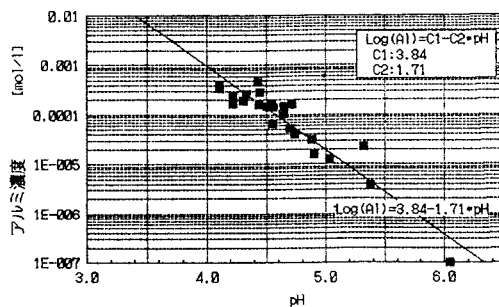


図1 A層における土壌溶液pHとアルミニウム濃度の関係

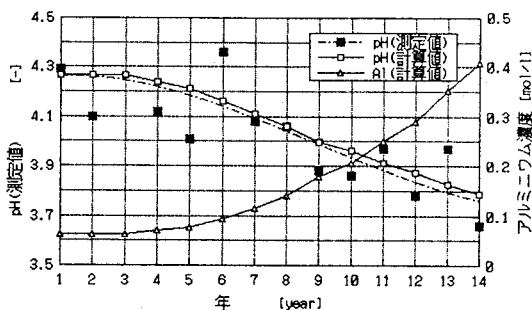


図2 A層土壌pH、アルミニウム濃度の変化予測