

CS 76

土壤層位に注目した森林土壌の酸性化に関する実験的検討

京都大学工学部 正会員 堀内将人
京都大学工学部 正会員 井上頼輝
野村総合研究所 吉田卓司

1. はじめに

土壤環境において酸性雨は表面に付加されるインパクトであるため、酸性雨による土壌の酸性化は表層から順に進むものと考えられる。したがって森林土壌を対象にする際には、層ごとの土壌特性の違いが重要視されるべきである。本研究では、森林土壌を各層位(O,A,B層)ごとに採取し、その化学的特性から各層位の酸性化の程度ならびに酸緩衝能の違いを把握した。さらにO層とA層に注目し、両層の酸緩衝能の違いおよびO-A連続層として見た場合の単一層との違いをカラム実験を実施することにより検討した。

2. 試料土壌の採取と化学的特性

試料土壌には三重県名張市郊外の森林土壌(褐色森林土)を用いた。森林土壌は落葉層を取り除いた後、O層(地表より深さ4cmまで、おもにH層に対応)、A層上部(深さ4~20cm)、A層下部(深さ20~35cm)、B層(深さ35~50cm)の4層に分けて採取し、風乾後篩別(2mm)したものを試料土壌とした。試料土壌の化学的特性を表1に示す。土壌pH(H₂O,KCl)は全層とも低く、塩基飽和度も非常に低い。すなわち交換性陽イオンの多くがすでに水素イオンと置換され、土壌の酸性化がかなり進行しつつあると推定される。また、陽イオン交換容量(CEC)と塩基飽和度の大きさから、交換性塩基による酸緩衝能はO層とB層が比較的大きく、A層が小さいと考えられる。また交換性陽イオン量に関しては、MgやCaのO層における値が非常に高く、地上部からのリターフォールとして供給されたものと推定される。一方KとNaは、O層だけでなく下層、特にB層の値が高い。これは試料土壌の酸性化が進んでいるため、アルカリ金属の溶脱が進んでいる結果と推察される。

表1 試料土壌の化学特性

	pH	pH	アルカリ度	CEC	交換性陽イオン (me/100g 乾土)						塩基飽和度	有機炭素
	(H ₂ O)	(KCl)	(me/100g 乾土)	(me/100g 乾土)	K	Na	Ca	Mg	Al	Mn	(%)	(%)
O層	4.56	3.65	0.13	19.2	0.5	0.16	0.74	0.38	0.34	0.09	9.3	3.88
A層上部	4.53	3.68	0.04	15.5	0.23	0.16	0.29	0.14	0.29	0.02	5.3	2.53
A層下部	4.6	3.75	0.01	13.8	0.26	0.15	0.2	0.1	0.42	0.01	5.2	1.88
B層	4.77	3.83	0.01	11.2	0.32	0.61	0.18	0.1	0.12	0.02	10.8	0.51

3. カラム実験

3.1 模擬酸性雨水の調製

雨水原水には1991年8月30日に京都大学土木総合館屋上で採取した雨水を濾過(Whatman No.542)して用いた。この雨水に硝酸と硫酸を当量比1:1で添加し、カラム実験用の模擬酸性雨水とした。

3.2 実験方法

試料土壌15gを充填した内径2.6cmのガラスカラムに、水分飽和条件で模擬酸性雨(pH3.3,4.0)を通水(56.5 mm/h)し、流出液中の各種イオン濃度を測定した。実験は合計4回実施し、RUN1はA層、RUN2はO層、RUN3はA層(7.5g)上部にO層(7.5g)を充填し、pH3.3の模擬酸性雨を添加した。RUN4は、RUN3と同じO-A連続層カラムにpH4.0の模擬酸性雨を添加した。流出液は0.45 μ mで濾過後、pH(ガラス電極)、陽イオン濃度(K,Naは原子吸光光度法,Mg,Al,Ca,Zn,Fe,MnはICP発光分析法)および陰イオン濃度(Cl⁻,NO₃⁻,SO₄²⁻等、イオンクロマトグラフ分析法)で測定した。

3.3 結果および考察

(a) 流出液のpH変化(図1) O層とA層を比較するとO層の方が流出液のpH低下が遅く、酸緩衝能が高いことが明らかである。O層(RUN2)は特にpH5あたりで一度プラトー域をもっている。またRUN1~3を比較すると、O層とA層を組み合わせた場合(RUN3)には降雨量1600mmあたりまでは比較的A層(RUN1)に近いが、そ

れを超えるとO層(RUN2)とはほぼ同じ曲線を描く。このことから、O層の存在により土壌プロファイル全体(O層+A層)でみた場合の酸緩衝能はO層を考えない場合に比べて高くなるが、土壌溶液のpHが比較的高い場合には、A層が持つ酸緩衝能はその層自身が単独で持つ酸緩衝能よりも低くなると考えられる。RUN3とRUN4を比較すると、同一流出液pHに対する降雨量の比は模擬酸性雨の水素イオン濃度比(5:1)にはほぼ逆比例している。このことは、模擬酸性雨pHを現実よりも低い3.3に設定した実験は、土壌溶液のpH変化に関して現実の酸性雨による影響の加速試験として利用できることを示唆している。

(b) 流出液中の陽イオン濃度

i) カルシウム(図2) A層ではCa濃度は初期に高く、水素イオン濃度の増加につれて徐々に低くなっている。しかしO層を充填したRUN2,3では初期に高いCa濃度を示し、一度濃度が低下した後再び上昇して極大値を示す。特にRUN2でこの傾向が顕著である。流出液のpH変化と対応させると、A層では初期の段階から交換性のCaがほとんど溶出しているのに対し、O層では始めは水溶性Caが流出し、pH5あたりから徐々に交換性Caが溶出していると考えられる。

ii) アルミニウム(図3) A層(RUN1)では流出液pHの低下とともにAlの溶出がみられる。Alは溶出が始まると急激に濃度が上昇し、降雨量1600mmあたりで極大となった後徐々に減少している。一方O層では流出液pHが低下していなくても、初期からAlが溶出している。この初期溶出Alは陰イオン状のものが多いことから、主に有機性錯体の形態であると推定される。O層とA層を組み合わせたRUN3でも初期からAlの溶出が認められるが、おそらく上部O層の影響と考えられる。RUN4では、実験期間内で極大値を示すまでには至らなかった。RUN3と4を比較すると、RUN4で極小値を示す降雨量約3500mm以降では、RUN4における降雨量を流入水素イオン濃度の逆比(1/5)倍に縮めるとAl濃度も約1/5倍になっている。すなわち、流入水素イオンの多くがAlの溶出によって緩衝されるため、流入水素イオン濃度の違いが溶出Al量の違いとして反映されたものと考えられる。

4. おわりに

今回対象とした試料土壌はすでにかかなり酸性化しており、陽イオン交換緩衝から生態系への影響が問題となるアルミニウム交換緩衝へと移行する一歩手前であると推察された。今後、同様の森林土壌から溶出するアルミニウムの形態や有機物層(O層)が及ぼす影響についてさらに実験的検討を加えるとともに、Gaines-Thomas式等を用いた土壌の酸性化現象のモデル化についても検討し、土壌の酸性化並びに生態系への影響に関してより信頼性の高い予測を試みる予定である。

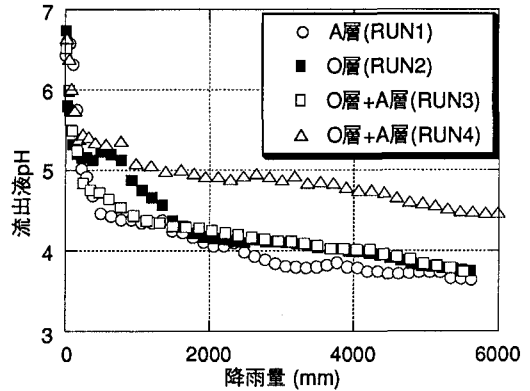


図1 カラム流出液のpH変化

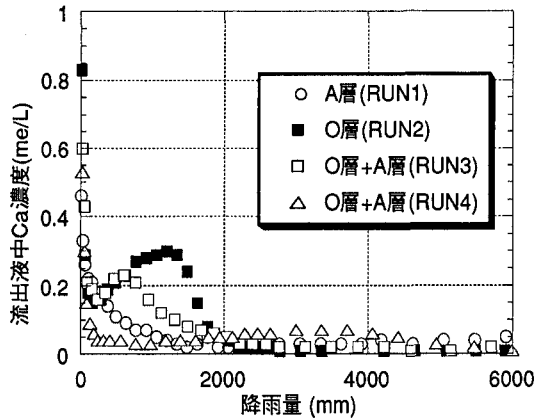


図2 カラム流出液のCa濃度変化

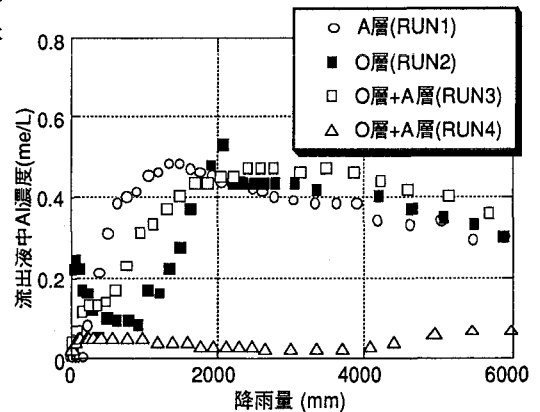


図3 カラム流出液のAl濃度変化