

京都大学工学部 学生員 大隅省二郎
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

1. はじめに

森林土壌に降下する林内雨や樹幹流は木の幹や葉に乾性沈着した物質を含み、樹木内部からのイオン溶出も生じるため、 Ca^{2+} や Mg^{2+} 等の無機陽イオン濃度が林外雨に比べて高くなる。本研究はこの点に注目し、表層付近の森林土壌を対象として、酸性化された林内雨が土壌に与える影響をカラム実験により検討した。

2. 実験試料の化学的特性

2.1 試料土壌の採取と

化学的特性

試料土壌には三重県名張

市近郊の森林土壌(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(表層0cm~4cm)とA層(表層4cm~20cm)に分けて採取し、室内で風乾後篩別(2mm)したものを試料土壌とした。本報ではO層についての結果のみを以下に示す。試料土壌の化学的特性は表1に示す通りである。

2.2 模擬酸性雨(林外雨、林内雨)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して用いた。表2に採取した雨水のイオン組成を示す。この雨水に硝酸と硫酸を当量比1:1で添加しpHを3.3に調整した。本研究では、この模擬酸性雨が林外雨を模擬するものと考え、以下Type1と呼ぶ。

林内雨の陽イオン組成としては、表3に示すようなデータが報告されている^{1)~3)}。本研究ではそれらのデータを参考にして、Type1の模擬酸性雨に NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ (すべて塩化物として)を表4のように添加して模擬林内雨を調製した。以下この酸性雨水をType2と呼ぶ。また、落葉層からの養分等の浸出によって林内雨のイオン濃度がさらに高められる場合を想定して、添加する各イオンの濃度をType2の10倍にしたものを調製した。以下この酸性雨水をType3と呼ぶ。

3. カラム実験

3.1 実験方法

pH調整をせず無機イオンも添加していない雨水原水を入れたガラスカラム(内径2.6cm)に、試料土壌15gを落下させて水分飽和カラムとした。定流量ポンプを用いて、模擬酸性雨(Type1~Type3)をカラム上部より滴下(降雨強度約56.5mm/h)させ、流出液をフラクションコレクターで一定流量毎に採取した。流出液は0.45 μm で濾過後、pH(ガラス電極法)、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^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 等、イオンクロマトグラフ分析法)を測定した。

3.2 実験結果

(a)流出液のpH変化 流出液pHの変化を図1に示す。降雨量約1500mmまでの流出液pHは、模擬酸性雨のTypeによって明白な違いがみられ、雨水の共存陽イオン濃度が高くなるほど流出液pHが低くなっている。ただし、pH変化の傾向は各Typeで類似している。降雨量が1500mmを越えると、共存陽イオン濃度の多少(Typeの違い)に関わらずpHがほぼ等しくなり、そのpHは約4.2である。これらの傾向はA層についての実験でも確認された。

(b)土壌塩基の溶出 土壌塩基として代表的なCa, Mgの流出液(溶出)濃度変化を図2、3に示す。ただし、

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(meq/100g乾土)						塩飽和度	有機炭素
(H_2O)	(KCl)	(meq/100g乾土)	(meq/100g乾土)	K	Na	Ca	Mg	Al	Mn	(%)	(%)
4.56	3.65	0.13	19.2	0.50	0.16	0.74	0.38	0.34	0.09	9.3	3.88

表2 実験に用いた雨水原水の成分(meq/l)

Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	NH_4^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	H^+
0.013	0.045	0.018	0.006	0.003	0.008	0.005	0.006	0.005

表3 文献1)~3)における雨水中の各成分の平均値(meq/L, pHを除く)

pH	NH_4^+	Ca^{2+}	K^+	Na^+	Mg^{2+}
林内雨	4.96	0.11	0.085	0.059	0.090
林外雨	4.28	0.11	0.084	0.082	0.071
樹幹流	4.81	0.030	0.018	0.0058	0.025

表4 各模擬林内雨に添加した陽イオン濃度(meq/l)

	NH_4^+	Ca^{2+}	K^+	Na^+	Mg^{2+}
Type2	0.1	0.1	0.05	0.1	0.075
Type3	1.0	1.0	0.5	1.0	0.75

Type2, 3についてはカラム流入液である模擬酸性雨(林内雨)にこれらの陽イオンを添加しているために、(流出液濃度) - (流入液濃度)を土壌からの溶出濃度として図にプロットしている。

Ca, Mgともに降雨量約120mm以上ではTypeによる定性的な違いはあまりなく、降雨量500~750mmの間に極大値をとりその後単調に減少し、1500~2800mmで溶出濃度がほぼゼロになっている。しかし降雨量約120mm以下では、模擬酸性雨が林外雨(Type1)か林内雨(Type2, 3)かによって傾向が異なる。すなわち、林外雨(Type1)の場合には流出初期に濃度が最大となるのに対し、林内雨(Type2, 3)の場合には流出初期に最小値を記録し、その後濃度が急激に上昇している。

(c) Alの溶出 Alの溶出濃度変化を図4に示す。溶出曲線の形状は各Type間で類似している。しかし量的には、実験開始から降雨量1800mmあたりまででTypeによる差が明白であり、雨水の共存陽イオン濃度が高いほどAl溶出量が多くなっている。

4. 土壤酸性化現象への林内雨水質の影響とその原因機構

3章での実験結果に示した通り、模擬酸性雨の陽イオン濃度が高いほど流出液pHの低下が早くなり、土壌の酸性化を加速させる結果となった。また、Typeによる流出液pHの差がなくなる時のpH(約4.2)は、Ulrich⁴⁾が土壌の酸緩衝機構として分類した陽イオン交換緩衝領域とAl交換緩衝領域との境界pHと一致する。このことから、雨水中の共存陽イオンは、陽イオン交換による酸緩衝を妨害するが、その後のAlの溶出による酸緩衝にはほとんど影響を及ぼさないと考えられる。この考え方の妥当性は、降雨初期において、Type2や3の方がType1に比べて交換性陽イオン(Ca, Mg)の溶出濃度が低いことから間接的に支持される。一方、雨水の共存陽イオン濃度が高いほどAlの溶出が多くなるのは、pHが低くなるほど土壌構成成分としてのAlの溶出($3H^+ + Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al^{3+} + 3H_2O$)が進むためと考えられる。しかし、Al溶出量もAl交換緩衝領域となるpH(約4.2、その時の降雨量約1800mm)以下になるとTypeによる違いがほとんどみられない。

5. おわりに

本研究で実施したカラム実験により、林内雨のように雨水中の無機陽イオン濃度が高い場合、酸性雨の土壌への影響(土壌溶液pHの低下、Alの溶出)が加速されることを示した。今後は、土壌酸性化への影響が、共存イオンの総濃度(あるいはイオン強度)によるものか、特定のイオン濃度によるものかをさらに実験的に検討する必要がある。また、落葉層等の影響も考慮して、森林土壌に供給される水の成分をさらに正確に調査・把握する必要がある。(参考文献)

- 1) 藤井他, 日土肥学会講演要旨集, 第35集, pp. 172(1989).
- 2) 安田他, 日本林学会講演要旨集, pp. 38(1988).
- 3) 藤井, 酸性雨: 土壌、植生への影響, pp. 9(1990).
- 4) Ulrich, B. et al., Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems, pp. 127-146(1983).

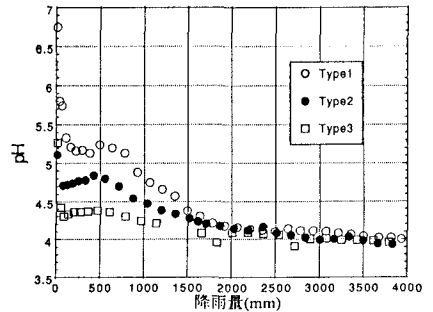


図1 カラム流出液pH(流入液pH3.3)

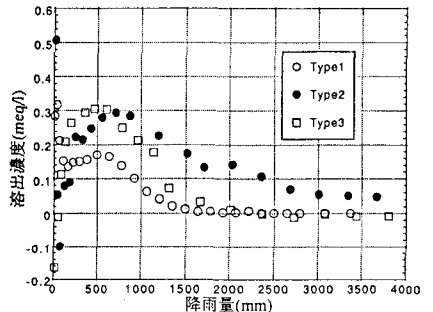


図2 Caの溶出濃度変化

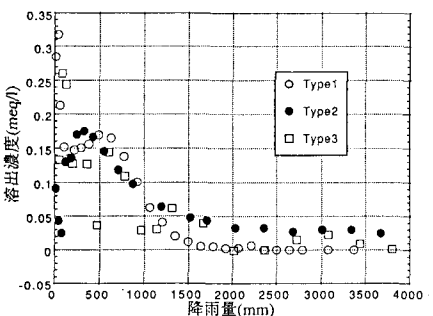


図3 Mgの溶出濃度変化

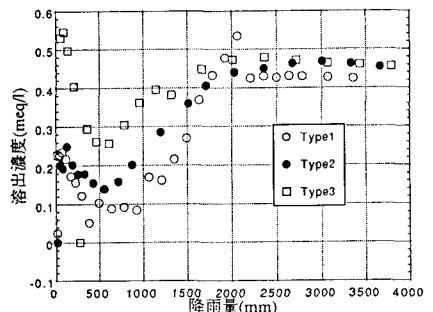


図4 Alの溶出濃度変化