

森林環境に対する酸性雨の影響(Ⅲ)

— 土壌母材別の緩衝能について —

大分県林業試験場 高宮 立身・諫本 信義

1. はじめに

pH5以下の酸性雨が今や慢性化しつつあり、森林土壌の酸性化に伴うアルミニウムの溶出により、植物の成育障害や樹勢の衰退が危惧されている。しかし、森林土壌は、酸性降水物に対する生物的・非生物的な作用によって中和する緩衝能力も持ち、酸性化の進行が抑制されている。この中和能力は、土壌母材や植被等によって相違するものと考えられる。本報告では、土壌母材別の緩衝能を検討するため、短時間に処理できるバッチ法を用いて、酸を負荷させ、浸出水のpHと溶出してくるアルミニウムの量を測定したので、その結果を報告する。

2. 材料及び方法

(1) 土壌の理化学分析

1994~1997年にかけて、県内11箇所からA層とB層の土壌を採取し、風乾させ、2mmの篩にかけて常温で保存したものを、JAおおいた経済連、土壌診断センターに持込み、pH(H₂O)、pH(KCl)、陽イオン交換容量(CEC)及び交換性カチオン(Ca, Mg, K)の分析を依頼した。なお、いずれの林分も樹勢の衰退症状は認められなかった。

(2) 酸負荷法とAl³⁺の定量

酸負荷は鴨下ら¹⁾の方法に準拠した。すなわち、土壌溶液中に酸を負荷させ、pH3に要する量を「抗酸量」として、土壌の緩衝能の一指標とした。

まず、風乾細土10gを200mlのコニカルビーカーに入れ、蒸留水50mlを添加し、よく攪拌した後、約30分放置した。これに0.1N HCl溶液をそれぞれ0, 3, 9, 27mlを加え、20分静置後pH(H₂O)を測定した。浸出水はNo.5Aのろ紙でろ過し、冷蔵保存後、大分県衛生環境研究センターでICP法によりAl³⁺を定量した。

3. 結果

(1) 土壌の分析結果

分析結果は表-1に示す。pH(H₂O)は4.2~6.2の範囲にあり、A層がB層より低い傾向にあった。CECは7.0~64.9me、塩基飽和度は0.7~83.5%の範囲内にあり、B層よりA層の方が高かった。また、塩基飽和度はpH(H₂O)との関係が高く、正の相関関係(A層:r_s=0.888, B層:r_s=0.715)が認められた。一方、置換酸性を示すpH(KCl)との間にはA層で0.946と高い数値を示したが、B層では相関関係は認められなかった。

(2) 抗酸量の測定

酸負荷量に対するpH(H₂O)をグラフ上にプロットし、これから近似的緩衝曲線を作成し、pH3に要する0.1N HClのml数を読み取り抗酸量とした。結果を表-1に示し、図-1にはCEC、塩基飽和度ともに高いNo.3とCECが高かった黒色火山灰土壌のNo.6のA層とB層のpH変動と近似曲線を示す。図のように酸負荷により土壌溶液中のpHは急激に低下し、No.3のA層とNo.6のB層以外の試料はすべて27ml酸負荷によりpH<3となった。したがって、ほとんどの試料の抗酸量は27ml以下を示したが、図に示すNo.6のB層では47.3mlと酸を負荷してもpHがなかなか低下しない土壌もあった。抗酸量はCECとの間には正の相関関係(r=0.652)が認められ、CECが高いと抗酸量も多くなる傾向を示した。

(3) Al³⁺の定量

土壌の酸性化で最も問題なのはpHが低下することにより植物に有害なAl³⁺が溶出してくることである。酸負荷によってpH(H₂O)が4以下に低下してくるとAl³⁺の溶出が急激に増加したが、ここでは各土壌試料間のAl³⁺の溶出量を比較するため、0, 3, 9, 27mlの0.1N HClを加えた時のAl³⁺の溶出量を下記に示す曲線回帰式に当てはめ、pH3のAl³⁺の溶出量を算出した。

$$\text{Log } y(j) = a_j + b_j X + c_j X^2$$

ここでy(j)はAl³⁺溶出量、xはpH(H₂O)、a_j, b_j, c_jはそれぞれの土壌試料における回帰係数である。結果は表-1に示す。Al³⁺の溶出量は1.1~380.7mg/lと差が大きかったが、特にNo.5, 6のような黒色火山灰土壌はアロフェンを多量に含むためAl³⁺の溶出量は顕著に多かつ

た。また、火山灰は広範な地域に降下しているため、No.11のように母材はチャートでも表層土壤に火山灰が降り積もっているとAl³⁺は多量に溶出してきた。

4. 考察

植物に有害なAl³⁺は、CECとの間にA層で0.916、B層は0.881と高い相関が認められた。図-2に各土壤のA層のCECとAl³⁺溶出量との関係を示すが、黒色火山灰土壤は他の土壤と比べてCECが高く、Al³⁺の溶出が顕著な特異的なグループを形成していた。これら黒色火山灰土壤はpH及び塩基飽和度が低く、CECが高いという点で共通しており、またアロフェンに多量に含まれるAlが、pHの低下とともに溶出してくる際にH⁺を消費する²⁾ためにpHの低下が抑制され、抗酸量が多いという点で他の土壤とは明らかに特異的であった。

このことから、酸性雨に対する緩衝能の実験等には、火山灰土壤とその他の土壤とは区別して行う必要があるものと考えられた。また、その他の土壤については、試料数が少なく、母材別特性が引き出せるような結果を示すことができなかった。今後は火山灰土壤と影響の少ない土壤とにわけ、試料数をさらに増やし、施業や植生等の影響を要因に入れた主成分分析等の統計解析を行う計画である。

引用文献

- (1) 鴨下 寛ほか:土肥誌, 50, 67-70, 1979
- (2) 「酸性雨」編集委員会(社)ゴルフファーの緑化促進協力会編:新版酸性雨, 201-213, 博友社, 東京, 1996

表-1 土壤試料の概要と理化学的特性及び抗酸量, Alイオンの溶出量

番号	採取場所	土壤型	母材	樹種	層位	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pH 差	CEC (me)	塩基飽和度%				抗酸量 (ml)	Alの溶出量 (mg/l)
										CaO	MgO	K ₂ O	計		
1	佐伯市	BD	粘板岩	イチイガシ	A	5.1	4.0	1.1	21.4	2.3	2.8	1.9	7.0	12.9	13.2
					B	5.5	4.4	1.1	12.6	2.4	3.2	1.3	6.9	9.1	24.5
2	佐伯市	BD	砂岩	スギ壮齡林	A	6.2	4.8	1.4	21.5	52.6	9.8	2.9	65.3	13.1	2.5
					B	5.6	4.1	1.5	12.8	43.8	13.3	1.6	58.7	7.6	1.1
3	国東町	BD	プロピライト	スギ30年	A	6.0	5.1	0.9	28.5	70.5	10.9	2.1	83.5	29.0	2.5
					B	6.0	4.5	1.5	17.8	54.5	16.9	1.5	72.9	10.5	1.9
4	三重町	BD	阿蘇熔結凝灰岩	スギ壮齡林	A	5.1	4.3	0.8	24.3	22.6	2.9	2.8	28.3	22.4	16.3
					B	5.8	4.5	1.3	7.5	8.0	1.3	13.1	22.4	9.1	10.7
5	久住町	BlD	黒色火山灰	広葉樹林	A	4.6	3.7	0.9	61.9	1.8	1.1	1.0	3.9	19.8	83.4
					B	5.3	4.3	1.0	7.0	1.4	1.4	1.1	3.9	15.3	78.7
6	久住町	BlD	黒色火山灰	スギ30年	A	4.2	3.6	0.6	64.4	1.1	0.8	0.6	2.5	24.6	83.6
					B	4.8	4.4	0.4	46.3	0.2	0.2	0.3	0.7	47.3	380.7
7	日田市	Bc	耶馬溪熔結凝灰岩	ヒノキ跡	A	5.2	4.1	1.1	16.7	19.2	6.0	3.1	28.3	7.9	3.8
					B	5.2	3.4	1.8	16.2	11.1	6.8	1.6	19.5	7.9	2.8
8	日田市	Bc	第四紀洪積層	ヒノキ跡	A	5.5	4.4	1.1	16.0	33.8	8.8	4.6	47.2	15.9	2.1
					B	5.2	3.7	1.5	11.6	1.7	14.7	2.5	18.9	10.2	3.7
9	日田市	BD (d)	筑紫溶岩	コジイ	A	4.2	3.5	0.7	26.8	1.9	4.1	1.6	7.6	10.1	18.4
					B	4.9	3.8	1.1	16.8	1.2	17.3	0.8	19.3	7.8	3.8
10	日田市	BD	変朽安山岩	スギ林	A	4.4	3.6	0.8	29.0	6.9	2.8	1.4	11.1	14.8	20.7
					B	4.7	4.0	0.7	10.5	1.0	1.0	1.0	3.0	8.0	37.9
11	宇目町	BlD	チャート	広葉樹林	A	5.0	4.0	1.0	49.5	3.8	1.8	1.4	7.0	21.5	107.3
					B	5.2	4.8	0.4	10.8	2.8	1.9	1.2	5.9	8.7	23.7

注-1) 抗酸量はpH3に要する酸(本実験では0.1N HCl)の負荷量を示す。

注-2) Alの溶出量(mg/l)はpH3における推定値を示す。

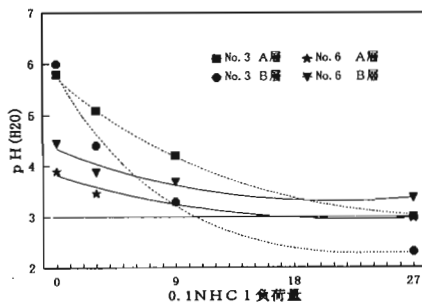


図-1 酸負荷によるpHの変動(No. 3と6)

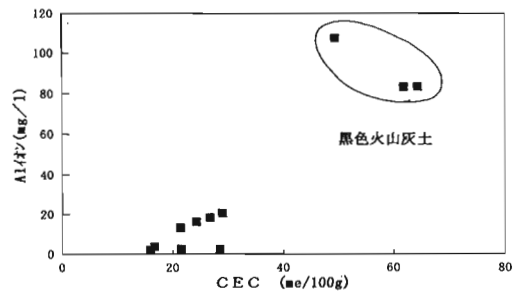


図-2 A層におけるCECとAl(pH3)溶出量との関係