研究速報

模擬酸性雨による植生土壌の 溶脱成分に関する基礎的研究

Eluviated component of ando-soil by artificial
acid rain using planted soil column

原 田 浩 幸*・ガユミヤーン・ジャワール*・田 中 一 彦**・中 島 重 旗*

ABSTRACT

The effects of artificial acid rain on eluviated component using the planted soil column and soil column was studied. The column were watered with "rain" having pH 4.0. The concentration of Ca^{2+} , Mg^{2+} and Cl^- in the soil-solution from planted soil-column were higher than that from soil column. The distribution of eluviated total cation in the planted soil-column was no difference. It could be considered that effect of acid rain on eluviation was influenced by root zone.

要 旨

植生した土壌カラムと植生しない土壌カラムに人工酸性雨（pH 4）を灌水し溶脱挙動を検討した。その結果、植生土壌では Ca, Mg, Cl の溶脱が著しくなり、深さ方向での溶脱したカチオンの量の違いは認められなかった。これらの結果から酸性雨の溶脱への影響は植物根によって影響されるものと考えられた。

1. 諸 言

近年、酸性雨が環境問題として取り上げられ、環境庁の第一次酸性雨対策調査¹⁾に見られるように土壌・植生への影響の研究が土壌の塩基溶脱や植物の耐性などを対象として行なわれてきた。しかし植物を含めた土壌の塩基溶脱挙動の把握が植生への影響を定量的に考える上で重要であるにもかかわらず森林地における樹幹流や林内、林外雨の違いが注目されている他、植生土壌系で検討された例（堀内ら²⁾（1990））は極めて少ないように思われる。

そこで、本研究はその基礎研究として、植生ポット

と植生をしないポットを用い、模擬酸性雨による塩基溶脱挙動の違いについて実験的に検討を加えた。

2. 実 験 方 法

2. 1 試料土壌の特性

熊本県上益城郡の造成中の森林地より土壌を採取した（地表より 5 m）。それは火山灰土で赤色をしており赤ぼく土に分類される。採取した土壌は風乾して篩により 2 mm 以下のものを実験に供した。土壌の性状を表 1 に示す。

2. 2 模擬酸性雨

0.1 mmol の K_2SO_4 , KNO_3 混合液（イオン交換水

表 1 試料土壌の理化学的性質

	pH		CEC [meq/100 g]	塩 基 飽和度 [%]	交換性陽イオン					粘 土 [%]	シルト [%]	砂	
	H_2O	KCℓ			Ca	Mg	K	Na	Al			細 [%]	粗 [%]
赤ぼく	6.5	5.4	28.8	41.2	7.54	3.26	0.38	0.67	0.22	69.7	26.4	3.9	—

* 熊本大学工学部土木環境工学科 Hiroyuki HARADA, Jafar GHAYOUMIAN, Shigeki NAKAJIMA

** 通産省工技院名古屋工業試験所 Kazuhiko TANAKA

で調整)をHC ℓ でpH4に調整した溶液を用いた。これはNodvinら³⁾硫酸塩(Na_2SO_4)による模擬酸性雨調整法を参考にした。また SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度比は熊本県の公的機関で測定された値を参考とし1:1とした。

2. 3 実験法

植生土壌と土壌カラムをそれぞれ調整する。カラムは内径150mm×高さ500mmの亚克力製で、そのカラムに土壌を高さ400mmまで充填密度0.98で充填した。植栽および成育の方法は堀内ら²⁾の方法に従い大豆をカラムに成育させた後実験に供した。この際の根はほぼ300mmの深さに達していた。この植生土壌カラムと土壌カラムをサイフォンによりイオン交換水で飽和させ、そしてこの水を重力排出した後、模擬酸性雨、イオン交換水を500mm相当を灌水した。土壌溶液は表層から深さ10cm毎に挿入した土壌溶液採取器により採取し分析に供した。土壌溶液の分析は、試料溶液を5Bろ紙でろ過した後pH(pH電極使用)、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- (イオンクロマトグラフィー使用:DIONEX-2000i)および Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} を測定した(原子吸光分析:HITACHI-6000i使用、なお Ca^{2+} の測定では SO_4^{2-} のマスキング剤として SrCl_2 を用いた)。

3. 結果と考察

3. 1 植生土壌カラムの溶脱挙動

植生土壌カラムと土壌カラムの模擬酸性雨処理におけるカチオンとアニオンの挙動を示す(図-1)。

Ca^{2+} : 植生カラムではカルシウムの溶脱が土壌カラムに比べ2.5~4.7倍大きくなっておりかつその濃度が50mm灌水毎に増減を繰り返している。

Mg^{2+} : 植生カラムでは200mm灌水まで濃度の増減を繰り返し200mm以降、0.69~0.75 meq/ ℓ でほぼ一定になったのに対し土壌カラムでは200mmまで濃度は増加し、その後0.53~0.59 meq/ ℓ でほぼ一定となった。

Na^+ : 土壌カラムでは400mm灌水まで0.26 meq/ ℓ から0.38 meq/ ℓ に増加してその後濃度が0.32 meq/ ℓ に低下し溶脱が減少の傾向にある。一方、植生カラムでは0.23 meq/ ℓ から0.49 meq/ ℓ まで増加し

濃度の減少は見られなかった。

K^+ : 多少のばらつきはあるが植生、土壌カラムとも0.02 meq/ ℓ ~0.05 meq/ ℓ であり、模擬酸性雨成分濃度から考えると0.25 meq/ ℓ 以上が土壌や植物に吸着、吸収されたことになる。

Mn^{2+} : 50, 150, 250mm灌水で植生カラムのみ検出された。

Fe^{2+} : 極く微量(約 9×10^{-4} meq/ ℓ)であるが植生カラムにおいて300mm灌水まで検出された。

Al^{3+} : ばらつきが認められるが、傾向としては土壌カラム(pH4模擬酸性雨処理)で100mm灌水から0.004 meq/ ℓ 程度検出されているのに対し植生カラムでは150mm降雨から検出され始め250mm灌水で0.009 meq/ ℓ に達した後減少し400mm灌水では検出されなくなった。

SO_4^{2-} : 模擬酸性雨成分であるが土壌溶液の濃度はイオン交換水降雨とほぼ同じであり、土壌や植物によって吸着、吸収されていることがわかる。また、カラム

図-1 酸性雨による植生土壌の溶脱挙動

植生土壌カラム (模擬酸性雨処理)

図-2 深さ方向での溶脱挙動の違い

間の差は小さい。

NO_3^- : 模擬酸性雨成分で吸着, 吸収が認められるが, 300mm灌水から溶液中の濃度は0.007meq/ℓと増加し, 吸着される量が減少していることがわかる。

pH : カラム間の差はわずか6.0~6.2で一定であった。

図-2に表層から10cm, 20cm, 30cm, 40cmの採取点における灌水量と土壤溶液組成の濃度変化を示す。植生土壌カラムでは土壌カラムと比較して図-1で述べたように Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Mn^{2+} の濃度の増減がいずれの深さにおいても認められ, 加えて Ca^{2+} , Mg^{2+} , pHでは深さ40cmの採取点の値が他の採取点に比べ小さくなっている。そして Cl^- は溶脱が継続し溶液中の濃度が増加の傾向にあって土壌カラムとは逆の挙動を示す。

植生土壌での溶脱挙動については欧米で多くの農業灌漑に関連した移動モデルの研究 (D. Melamed ら (1977)⁴⁾ : source-think モデル C. W. Robbins ら (1980)⁵⁾ : カチオン交換モデル, W. A. Jury ら (1977)⁶⁾ : 平衡モデル) がある。これらのモデルは水分移動の式に土壌-土壌溶液間の関係を適用したもので植物根の影響やpHに対する挙動の記述は多くない。本研究の植生土壌カラムでの溶脱挙動は水素イオンとカチオンの交換, 移動, 植物根による吸収, 吸収されない成分の下方移動⁵⁾に起因し, そのため Ca^{2+} , Mg^{2+} など

の増減が認められたものと思われる。そしてその溶脱量, 特に Ca^{2+} , Cl^- が土壌カラムに比して大きくなったのは攪乱土で同一条件でカラムに充填したが植生土壌カラムでは植物根によって粒団が形成されその粒団内細孔によって500mmの灌水では著しい Ca^{2+} の溶脱がおこり, イオンバランス Cl^- が溶脱するものと考えられる。

3. 2 土壌溶液のイオン組成

図-3は各カラムにおける土壌溶液の組成を示す。植生土壌カラムでは溶液中のカチオンはほぼ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ により構成される。採取点10cmにおける土壌溶液では Na^+ が5割以上を占め, その割合は採取点40cm, 土壌カラム (模擬酸性雨, イオン交換水) に比して高くなっている。カチオンの総量は土壌カラムではほぼ SO_4^{2-} に相当するが, 植生土壌カラムでは Cl^- が溶脱し Cl^- と SO_4^{2-} の合計にバランスするようになる。

3. 3 水素イオン負荷量の影響

図-4は水素イオン負荷量に対する総カチオン溶脱量を示したものである。植生土壌カラムでは10cmと40cmにおける差異は少ない。これは10cmの採取点では40cmの採取点に比べ Ca^{2+} の溶脱が大きいのに対し, 40cmの採取点では Na^+ の溶脱が大きくなっており全体として溶脱量の差が小さくなったためである。そして, 水素イオンと溶脱カチオンの比は1:11であった。また土壌カラムでは10cmで1:10, 40cmで1:8とな

図-3 土壌溶液組成

図-4 水素イオン負荷量と総カチオン溶脱量の関係

り、土壌カラムでは表層で塩基の溶脱が進行していることが分かる。

4. ま と め

植生土壌（火山灰土－赤ぼく土）では酸性雨（pH 4）により植物根圏で、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} の塩基溶脱が促進され、そして灌水に伴う土壌溶液中の Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 濃度は増減を繰り返した。総塩基溶脱量では深さ方向の差異は認められなかった。この独特な挙動は

植物根により土壌間隙が変化したこと起因すると考えており、今後土壌構造による影響や植物の個体の吸収など影響について検討を加えて行く予定である。

謝 辞

本研究に御協力を頂いた本研究室卒業生 奥村知明君（現 熊本県庁）、久保賢二君（現 広島市）に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 環境庁水質保全局土壌農業課監修（1990）：酸性雨－土壌・植生への影響，公害研究対策センター
- 2) 堀内将人，井上頼輝（1990）：植生土壌中の汚染物質の挙動に関する実験的考察，土木学会第45回年次学術講演会，II－410，pp.872～873
- 3) Nodvin S. C., Driscoll C. T., Linkes G. E (1986) : The effect of pH on sulfate adsorption by a forest soil, Soil Science, Vol.142, No.2, pp.69～74
- 4) Melamed D., Hanks R. J., Willardson L. S. (1977) : Model of a salt flow in soil with a source-sink term, Soil. Sci. Soc. Am J., Vol.41, pp.29～33
- 5) Robinson C. W., Jurink J. J., Wagnet R. J. (1980) : Calculating cation exchange in a salt transport model, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.44, pp.195～1198
- 6) Jury W. A., Frenkel H., Devitt D., Stolzy H. (1971) : Transient changes in the soil-water system from irrigation with saline water: I Theory, Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 42, pp.579～584