

北部九州の森林土壌中における選択流の発現と水質特性

Chemical properties of preferential flow emerged in a forest soil in northern Kyushu

釣田竜也¹・大貫靖浩²・壁谷直記¹

¹ 森林総合研究所九州支所・² 森林総合研究所

要旨(Abstract)

北部九州の森林斜面において、ゼロテンションライシメータ (ZTL) とテンションライシメータ (TL) を用いて土壌水の水質を調べた。表層土壌では特に斜面上部でマトリックス流とは水質が異なる、A₀層通過水の水質を比較的保った選択流の存在が ZTL で確認され、夏期に集中的に供給される降雨条件と表層土壌の撥水性が関与していると推察された。一方下層土壌では選択流の発生回数が低下するとともにその水質もマトリックス流との差が小さくなった。

テーマ：土壌物理研究の最前線 Trend in Soil Physics

キーワード：森林土壌、土壌水水質、選択流、マトリックス流、ライシメータ

Key words: forest soil, soil water chemistry, preferential flow, matrix flow, lysimeter

1. はじめに

構造の発達した森林土壌では、土壌中を比較的均一に降下浸透するマトリックス流のみでなく、粗大間隙や亀裂などを重力で移動する選択流が存在することが明らかになってきている。Marques et al. (1996) は森林土壌において、ゼロテンションライシメータでは滞留時間が比較的短く土壌中を主として重力移動する水を採水し、テンションライシメータでは滞留時間が比較的長く土壌との吸着程度が強いマトリックス流を採水していると報告している。しかし採水手法間での水質の違いやその移動経路についての検討事例は少ない。本研究では、九州の森林小流域を対象に、異なる採水手法で土壌水を採水するとともに雨水、地下水、湧水、渓流水を採水し、土壌から溪流の間の水質変化を水移動経路とともに検討する。

2. 方法

(1) 調査地

熊本県北部にある鹿北流域試験地 3 号沢を調査地とした。地質は黒色片岩で、土壌は褐色森林土が分布している。植生は、斜面上部が 39~58 年生のヒノキ人工林、下部が 58 年生のスギ人工林が主体で、アラカシ、ツブラジイ

等が混在している。

(2) 採水方法

3 号沢の源頭部斜面上部地点 (U 地点) と下部地点 (L 地点) において土壌水を採取した。U, L 地点の A₀層直下 (深さ 0cm) にチリトリ型のライシメータを、表層土壌 (深さ 20cm) と下層土壌 (U 地点は深さ 60cm, L 地点は深さ 40 cm) にゼロテンションライシメータ (以下 ZTL) とテンションライシメータ (以下 TL) を設置した。地下水は、3 号沢源頭部にあるコンクリート製の遮水壁の底部の穴 (深さ 3 m) から塩ビ管を通して流下する水を採水した。湧水は L 地点下方の湧水点において、渓流水は量水堰のやや上流において、降水は 3 号沢近傍の露場において採取した。原則 2 週間に 1 回の頻度で採水した。観測期間は 2009 年 1 月 8 日から 2013 年 12 月 24 日までの約 5 年間である。なお、地下水の採水開始は 2011 年 5 月、A₀層直下の土壌水の採水開始は 2012 年 1 月と遅れたため、欠測期間がある。

(3) 水質分析

pH をガラス電極法で測定した。0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過した後、溶存無機イオン濃度をイオンクロマト法により、SiO₂

濃度を ICP 発光分析法により測定した。

3. 結果

(1) 調査地の降雨特性

採水期間毎の雨量をおおよそ月別に集計すると、夏期に一山型のピークを持つ規則的な分布を毎年示し、6～9月の4ヶ月間に年降水量の5～7割の雨が集中的に降った。

(2) 雨水から渓流水間の水質の変化

観測期間中の溶存成分濃度の算術平均値を算出し、降水から渓流水への水質変化を見ると、pH は最小値の降水から A₀ 層通過水にかけて大きく値が増加し、土壌水では低下してその状態を維持し、地下水で再び大きく増加して湧水、渓流水でさらに微増した。また土壌水について採水手法間の違いを見ると、U 地点、L 地点の表層、下層土壌とも TL よりも ZTL の pH 値が大きく A₀ 層通過水の値により近かった。SiO₂ 濃度は雨水、A₀ 層通過水ではゼロに近い低濃度であり、土壌水で増加し、地下水で大きく増加して湧水、渓流水でさらに微増した。また土壌水について採水手法間の違いを見ると、U 地点、L 地点とも表層土壌では TL よりも ZTL の SiO₂ 濃度が低く A₀ 層通過水の値により近かった。一方下層土壌では、TL と ZTL の SiO₂ 濃度に U 地点ではほとんど差がなく、L 地点では TL より ZTL の SiO₂ 濃度が高かった。

4. 考察

(1) 土壌水水質の採水手法間での違い

表層土壌では、U 地点、L 地点とも ZTL と TL で採水された土壌水の水質は異なり、TL より ZTL の方がより A₀ 層通過水の水質を反映して、pH が高く、SiO₂ 濃度が低かった。これは、Marques et al. (1996) の結果を支持する結果であり、土壌との反応が乏しいまま A₀ 層通過水の水質を比較的保った状態で重力移動する選択流の実態を水質の面から裏付けたと言える。本試験地は毎年夏期に一山型の分布で集中的に雨が降る。この条件下では、雨水の供給速度が土壌マトリックスの吸水速度を上回

る状況が度々発生することにより選択流が発現しやすいと考えられる。深さ 20 cm の ZTL による選択流の採水回数は、U 地点 (101 回) の方が L 地点 (15 回) より約 7 倍多かった。本調査地では、U 地点のある Bd(d) 型土壌の分布域の表層土壌の撥水性が L 地点のある Bd 型土壌の分布域の撥水性より強いことが分かっており (小林, 2007)、撥水性による表層土壌のマトリックスの吸水性の低下が選択流の発生をさらに促進させたと考えられる。一方下層土壌では、TL より ZTL で SiO₂ 濃度が高い場合も混在しており、下層土壌中の ZTL で採水された土壌水は、A₀ 層通過水が直接到達したというよりは、降雨時に表層土壌で発生した選択流に起因する下層土壌への素早い圧力の伝播により、一時的に正圧状態になって下層土壌のマトリックスから押し出された水であると推察される。しかし、TL より ZTL の方 SiO₂ 濃度が低い場合も夏期に散見されており、降雨条件や土壌の撥水性の発現状況によっては、A₀ 層通過水の性質を比較的保存した選択流が下層土壌にも達していると推察される。

(2) 選択流的水移動の渓流水水質への寄与

選択流の発生は河道域から離れた斜面上部の比較的乾燥した土壌で多かった。また、本試験地では土壌層から地下水、湧水にいたる間で pH、SiO₂ 濃度が大きく増加しており、選択流の、湧水や渓流水水質への直接的影響は認められない。したがって、本流域では、地下水や渓流水の水質形成への選択流の寄与は小さいと推察された。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費 (課題番号 24780162) によって行われた。

参考文献等

Marques R., Ranger J., Gelhaye D., Pollier Q. and Goedert

O. (1996): *European Journal of Soil Science*, **47**, 407-417.

小林政広 (2007) 撥水性が森林土壌中の水の移動と貯留に及ぼす影響に関する研究: 東京大学学位論文, 31-33.