

降水の強度と酸性度が不飽和・不均質媒体内における溶質輸送に与える影響

Impact of rainfall intensity and acidity on solute transport in variably saturated macroporous media

杉田 文 [1]; 中根 和郎 [2]

Fumi Sugita[1]; Kazuro Nakane[2]

[1] 千葉商大; [2] 防災研

[1] CUC; [2] NIED

ミミズや植物の根により形成されるマクロポアは広く畑や森林の土壌中の特に地表面近くに高密度で分布している。マクロポア内を流れるマクロポア流は地表面近くの物質を地下水へ素早く流出させ、その発生は降水特性に依存することが知られている。また、近年では土壌は酸性降下物を中和する重要な役割を担っている。本研究では降水装置を有するライシメータ (3mL × 1mW × 0.6mD) を用いて、降水の強度と酸性度がマクロポアを有する多孔体中における物質移動におよぼす影響を明らかにすることを目的として三セットの室内実験をおこなった。

第一セットでは細砂 (厚さ 0.4m) の上に土壌 (厚さ 0.2m) を充填したライシメータに 10 分間あたり 4.0, 6.8, 13.0, 26.0mm のいずれか一種の降水を 24 時間間隔でくり返し与え、トレーサとして第 1 回降水の直前に与えた塩素イオンと硝酸イオンのライシメータ内における動きを観測した。第二セットでは第一セットに用いたものと同じ媒体中に直径 2 mm のマクロポアを鉛直に深度別マクロポア密度が 0~0.2m 深は 100 本/m²、0.2~0.3 m 深は 50 本/m²、0.3~0.6m 深は 25 本/m² となるように人工的に形成し、第一セットと同じ降水パターンで実験を行った。第三セットでは 13.0 と 26.0 mm 降水の実験を pH3.2 の降水を用いてマクロポアのある場合と無い場合でおこない、土壌水と流出水中の塩素イオンと硝酸イオン濃度および p H, EC, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ 各イオン濃度を測定した。

第一セット (マクロポアなし均質媒体) の 4.0~13.0mm/10min の弱い降水条件下ではプロファイル中の最大濃度は常に地表面近くの土壌中に存在し、硝酸イオンおよび塩素イオンの鉛直方向への浸透は生じなかった。4mm 降水条件下では、脱室作用によると推定される硝酸イオンの濃度減少が土壌中で観測された。一方 26mm/10min の強い降水条件下ではピストン流が発生し両イオン同様の浸透・流出が認められた。

第二セット (マクロポアあり媒体) の弱い降水条件下 (4.0~13.0mm/10min) では第一セットと同様に最大濃度は常時に地表近くの土壌中に存在して 13mm/10min 条件下でわずかに早い下方への溶脱が認められたものの、明らかなマクロポア流や大量の溶脱は認められなかった。一方 26mm/10min の降水下では、明瞭な溶脱と共にプロファイル中に 2 つの濃度ピークが観測された。2 つの濃度ピークは一部の溶質がマクロポア流で素早く深部へ輸送される一方、残りがマトリックス流により遅れて溶脱したことを示唆する。複数の水理パラメータを最適化することにより 2 重間隙構造タイプの一次元数値モデルを用いて、2 つの濃度ピークを持つプロファイルを再現することができた。これにより、2 つのピークがマクロポア流とマトリックス流によるものであることが明らかとなった。また、本実験条件下では降雨強度 13mm/10min 以上でマクロポア流が発生することがわかった。

第三セットの実験では正味 1 ポアボリューム以上のくり返し 26mm/10min 降水後でも流出水の pH に変化は認められなかったが EC は大きく上昇した。すなわち中和機能が本実験装置内でも働いていることが明らかに認められた。水質分析の結果 EC の増加は主に SO₄²⁻、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺ の各イオン濃度の増加によることがわかった。マクロポアを有する媒体からの流出水においては pH のわずかな減少が認められ、中和作用を受けないマクロポア流による早い物質移動の影響と考えられる。これらの結果は、酸性降下物が地下水の p H の低下は招かなくてもその水質に多大な影響を与えるであろうことが示唆された。