

人工マクロポアによる湿潤領域の数値シミュレーション Numerical simulation of wetting zones generated by artificial macropores

未継 淳^{1*}, 森 也寸志¹

SUETSUGU, Atsushi^{1*}, MORI, Yasushi¹

¹ 岡山大学環境理工学部

¹Fclt Environ Sci & Tech, Okayama Univ.

はじめに

土壌中のマクロポアは歴史的に認識されてきた(例えば Schumacher, 1864)。マクロポアの保水性は、毛管圧を用いて定量的に記述されてきた(例えば Nelson & Baver, 1940)が、マクロポア質土壌を介した輸送現象は未だに地球科学における研究課題の1つである。マクロポア質土壌における層流は、二重間隙モデル(Gerke & van Genuchten, 1993)などによって推定されている。一方、マクロポア中の速い流れを推定するためには、土壌中のマクロポアの非破壊測定技術による可視化(例えば、Capowiez ら, 2011)、マクロポア体積の定量(例えば Nakashima & Kamitani, 2007)およびマクロポア質土壌における輸送パラメータの定量的評価(Elliott ら, 2010)などが必要である。このような土壌マクロポア評価のためのツールが発展するとともに、マクロポアによって生成される自然のプロセスを活用するための様々な取組が行われている。Shipitalo と Gibbs (2000) はミミズの巣穴のネットワークを介した排水処理法を提案した。Hirth ら(2005) は土壌にライグラス幼苗を導入するための人工バイオポアを開発している。著者らは、地中の流れを促進するための人工マクロポアを開発した。この人工マクロポアは、細い(直径約 1cm)のオーガーホールを粗い繊維材料で満たしたものである(森, 2009)。繊維材料を充填することにより、マクロポアの壁面の浸食軽減が期待される。マクロポア中の急速な流れは充填材によって緩和され、地中の湿潤領域を拡大させる。このような効果は、土壌汚染物質の浸出、バイオレメディエーション、炭素貯留などで有用である。本研究では、人工マクロポアによって形成される土壌中の湿潤領域を評価するために、Hydrus2D(PC-Progress, s.r.o.)を用いた数値シミュレーションを2種の降雨強度(2、20mm/hr)と3種の斜面勾配(0、5、10度)のもとで行った。

方法

人工マクロポアの適用対象として、表層にクラストが形成されたローム質土壌を想定した計算を行った。土壌の透水係数は 5.56×10^{-7} m/s (約 2mm/hr) とした。人工マクロポアの充填剤には爆砕竹を用いることを想定した。この充填剤の飽和透水係数は 7.00×10^{-3} m/s (定水位頭法による実測値) に設定した。また、Hydrus2D によって表面流をシミュレートするために、2種のアプローチを採用した。

(1) Hydrus2D で湛水部を表現する仮想の層を導入する方法

実際の地表面の上部に湛水のための仮想の層(Rassam ら, 2003)を設けた。この層の飽和透水係数は、流れの遅滞を避けるために 5 m/s とした。計算対象の地形は、人工マクロポアの設置に理想的と考えられる谷状とした。

(2) Hydrus2D 用の地表流計算モジュールを使った方法

Hydrus2D 用の地表流計算モジュールを使った方法(Simunek, 2003; Kohne ら, 2011)では、湛水部の変動を波動関数で近似し、地表面での摩擦をマンギングの経験式で求める。マンギングの粗度係数は、下層植生が発達した森林を想定して 0.030 とした。シミュレーション対象とする地形は、このアプローチのために単一の斜面に簡素化した。土壌の保水性・透水性を記述するパラメータは、正圧時の含水率変動を抑えるために最適化し直した。

結果と考察

20 mm/hr の降雨強度では、人工的マクロポア周囲に湿潤領域が形成された(Figure 1)。谷状地形でも単一の傾斜面でも、湿潤領域の幅は約 140 cm であった。水平な土地では人工マクロポアによる下方浸透効果は限定的であった。2 mm/hr の降雨強度では人工マクロポアによる効果は認められなかった。これらの結果から、人工マクロポアの適切な間隔は、緩やかな傾斜を持つクラスト化したローム質土壌において、140 cm 未満とする必要があることが示された。より現実的な地形での推定は、COMSOL を使用して行う予定である。

キーワード: 人工マクロポア, ハイドラス, 炭素固定, 溶脱, 湿潤領域, 数値シミュレーション

Keywords: artificial macropore, Hydrus, carbon sequestration, leaching, wetting zone, numerical simulation

AGE04-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 17:15-18:30

