

# HYDRUS-2D を用いた人工マクロポアによる降雨浸透促進効果の評価 Assessment of enhanced effect of artificial macropore with HYDRUS-2D

崎川和起<sup>1</sup>・諸泉利嗣<sup>1</sup>・森 也寸志<sup>1</sup>

<sup>1</sup>岡山大学大学院環境生命科学研究科

## 要旨(Abstract)

排水不良を原因とする土壌劣化は、表面流の発生で有機物に富む表層土壌を失うリスクがある。これまで人工マクロポアを用いた降雨の浸透促進による表面流の抑制を行ってきたが、浸透効果の度合いが不明確であった。本研究では土中水分・塩移動予測汎用プログラムである HYDRUS-2D を用いて人工マクロポアによる降雨浸透現象の模擬実験を行い、その効果を再現・評価した。実験ではクラストの形成を想定しており、その土層で人工マクロポアによる降雨の浸透促進が確認できた。この結果から浸透促進による表面流の発生の抑制が可能であるという知見を得た。

キーワード：土壌劣化，浸透，マクロポア

Key words : soil degradation, infiltration, macropore

## 1. はじめに

土壌は陸上最大の炭素貯留の要であり、表層 1m までの表層が最も肥沃で有機物を多く含む。しかし、近年、不適切な管理や気候変動の影響によって、劣化し流亡する問題が起こっている。不適切な管理が行われる土壌では土壌の単粒化によるクラストが形成されるやすい傾向がある。クラストとは、降雨時に雨滴の衝撃やスレーキングによって分散した土粒子が地表面の孔隙を埋めて形成されるち密な層である。この現象によって地表面の透水係数、浸透能が著しく低下し、雨水浸透を阻害することがある。この結果、地表を流れる水流が増大し、土壌表面を削り土壌浸食を起こす。表面流による土壌浸食を抑制するには、表層の透水性を改善し、降雨の浸透を促進する必要がある。

我々はこれまでに人工マクロポアという自然の間隙構造を人工的に再現する技術を用いた降雨浸透促進により土壌流亡の発生の抑制を試みている。本研究では土中水分・塩移動予測汎用プログラムである HYDRUS-2D を用いて人工マクロポアによる降雨浸透現象の模擬実験を行い、その効果を再現・評価した。

## 2. 実験と調査の方法

### (1) 模擬土層

Fig.1 に示すように、今実験では縦 75cm、横 100cm の土層を想定し、縦 50cm、横 1cm の人工マクロポアを作成した(処理区)。また、土層の表層に厚さ 1cm のクラストの形成を設定した。また、土層の上に 2cm の模擬空間を想定しており、表層での水の流れ、つまり、表面流の発生を模擬することができる。また、比較対象として人工マクロポアを作成しない土層(対照区)で同様の実験を行った。

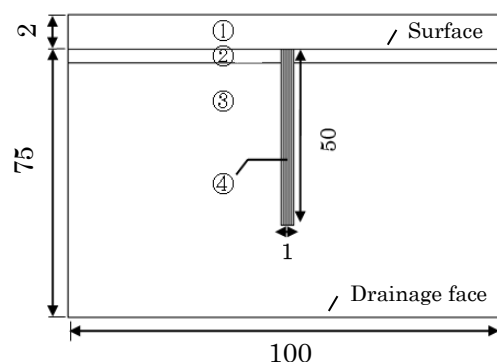


Fig.1 人工マクロポアを作成した土層

Soil layer with artificial macropore

①仮想大気 ②クラスト層 ③土層

④人工マクロポア構造

## (2) 実験期間と降雨の設定

今実験では人工マクロポアの浸透促進効果による表面流の発生抑制を想定している。そのため、模擬実験では表面流の発生が考えられる強い降雨を想定した。降雨強度  $20\text{mm h}^{-1}$  の降雨が実験開始から 6 時間発生するように設定し、実験期間は 168 時間で計算した。

## (3) 模擬土層の物理性

模擬実験に用いた土壌の水理特性に関するパラメータを Table.1 に示す。Air は仮想大気を想定している。クラストのパラメータを算出することは困難なため、Crust には粘性土壌のパラメータを代用している。Bamboo fiber (竹繊維) は人工マクロポア構造内に充填する繊維状物質あり、高い透水係数を有している。

Table.1 模擬土壌の物理性

Physical properties of soils with artificial macropore

Parameter	$\theta_r$ (-)	$\theta_s$ (-)	$\alpha$ (1/cm)	$n$ (-)	$K_s$ (cm/sec)
① Air <sup>1)</sup>	0.045	0.99	0.01	3.00	1.16
② Crust	0.089	0.43	0.01	1.23	$1.94 \times 10^{-5}$
③ Soil (masado)	0.065	0.40	0.03	1.89	$3.94 \times 10^{-4}$
④ Bamboo fiber	0.065	0.83	0.15	2.10	2.58

## 3. 結果と考察

Fig.2 に HYDRUS による模擬実験の結果を示す。処理区では、約 5 時間後から排水が確認され、急激な排水が起こっている。一方、対照区では実験期間中ほぼ排水が確認されず、表面流による降雨の流出が起こっていることが分かる。以上のことから、人工マクロポアによる表面流の発生抑制が可能であると考えられる。また、シミュレーション動画より人工マクロポアを設置した土層では構造内を通過するバイパス流の発生が確認できた。まず、マクロポア構造内を急激に降雨が流下し、構造内が飽和した。次に飽和した部分から土壌マトリックス内に水分が浸透した。最後に、マクロポア下層部で土壌中の水分が増加し、排水された。以上のように不明確であった人工マクロポア影響下での水の挙動を再現することができた。

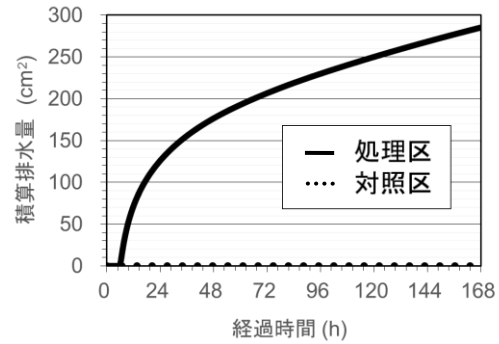


Fig.2 排水面からの積算排水量  
Cumulative drainage from drainage face

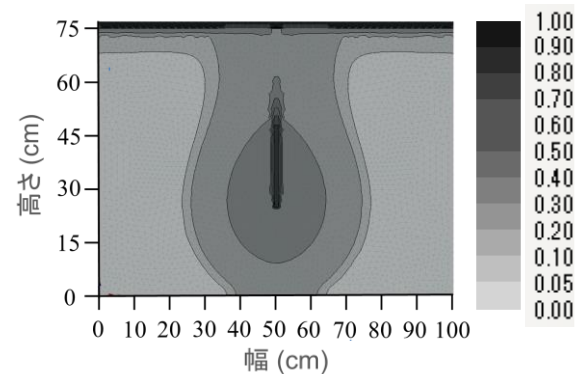


Fig.3 人工マクロポアを通じた下方浸透の様子  
Vertical transport through artificial macropore

## 4. おわりに

実験により人工マクロポアによる降雨の浸透促進が起こり、排水量の増加が確認できた。この結果から浸透促進により表面流の発生抑制が可能であるとわかった。本実験により土中水分・塩移動予測汎用プログラムである HYDRUS-2D を用いて人工マクロポアによる降雨浸透現象の再現・評価が可能であることが分かった。今後は実際に降雨浸透実験を行い、HYDRUS-2D によるシミュレーション結果と比較し、実際の浸透現象との整合性を高めていく必要があると考える。

## 5. 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会「最先端・次世代研究開発支援プログラム」(GS021)、科学研究費補助金(基盤 B 26292127)の補助を受けて行われた。記して感謝する次第である。

参考文献等

1) 取出伸夫・井上光弘(2004)・HYDRUS-2D による土中の不飽和流れの計算,第4章 4.7 項