

## 微小重力下における粗粒多孔質体中の浸潤速度 Infiltration rate in coarse porous media under microgravity

○佐藤直人\*, 丸尾裕一\*\*, 野川健人\*\*\*, 人見晋貴\*\*\*, 伊東雄樹\*\*\*\*,  
西田亮也\*\*\*\*\*, 登尾浩助\*

SATO Naoto\*, MARUO Yuichi\*\*, NOGAWA Kento\*\*\*, HITOMI Shinki\*\*\*, ITO Yuki\*\*\*\*,  
NISIDA Ryoya\*\*\*\*\*, and NOBORIO Kosuke\*

### 1. 背景

月や火星, 宇宙船内などの宇宙空間で農業を実現するためには, 低重力下における多孔質培地中の水分移動制御技術を確認することが重要である. 微小重力( $\mu\text{G}$ )下においては多孔質体中の水分移動速度が地球重力(1G)下よりも低下することが報告されており<sup>[1,2]</sup>, 1G下で収集した水力学的性質の情報のみを使用して  $\mu\text{G}$  下の水分移動を推定することは困難である. そこで本研究では, 土壌中の浸潤速度に対する重力の影響を明らかにすることを目的に  $\mu\text{G}$  実験を実施した.

### 2. 実験方法

$\mu\text{G}$  環境は, 北海道赤平市にある落下塔(COSMOTORRE, HASTIC)(図 1a)を用いて作出した. COSMOTORRE は 50 m の高さをもつ実験塔であり, 実験装置を内包したカプセル(図 1b)を自由落下させることにより, 2.5 秒の  $\mu\text{G}$  環境を作出した.

浸潤速度は佐藤ら<sup>[3]</sup>の方法に則り測定を行った. 豊浦砂および焼結多孔体を円筒カラム(内径 24 mm, 長さ 13.5 mm)に振動を加えながら充填した. 試料を充填したカラムを鉛直に設置し, 下端を水源と接続した(図 2). 試料と水源の間を水で満たした後, 任意の浸潤距離(初期浸潤距離)に到達するまで浸潤させ, 試料と水源の間の電磁弁を閉じた. 初期浸潤距離から, 既に土壌中

\* 明治大学農学部, School of Agriculture, Meiji University

\*\* 明治大学研究・知財戦略機構, Organization for the

Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University

\*\*\* 明治大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, Meiji University

\*\*\*\* 大林組技術研究所, Technology Research Institute, Obayashi Corporation

\*\*\*\*\* 株式会社 TOWING, TOWING

キーワード: 土壌の物理化学的性質, 間隙構造, 水分移動

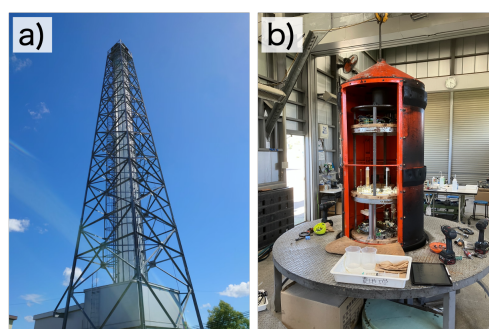


図 1 落下塔(a)および落下カプセル(b)  
Fig. 1 Drop Tower(a) and Drop capsule(b)

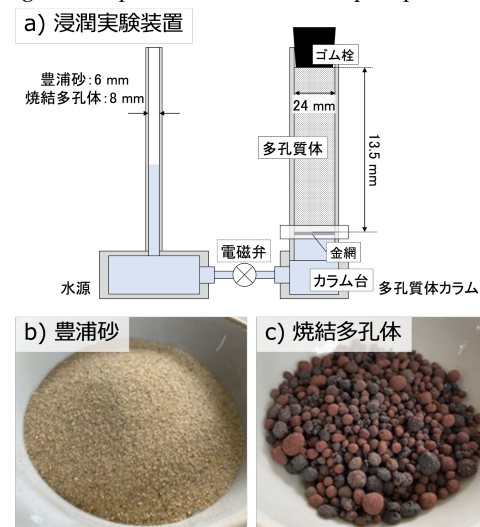


図 2 浸潤実験装置概要図(a)および多孔質体試料(b:豊浦砂, c:焼結多孔質体)

Fig. 2 Experimental apparatus(a), Toyoura sand(b) and Sintered porous media.

に浸潤した水の体積を計算し、カラムの断面積で除すことにより初期積算浸入量[cm]を算出した。装置を搭載した落下カプセルを50 mの高さまで引き上げた後、カプセルが静止するまで放置し、その後、切り離して自由落下させた。自由落下開始後、 $\mu\text{G}$  下において電磁弁を解放し、2.5 秒間の吸水量を測定した。吸水量は、水源水位をビデオカメラで撮影しておき、画像解析により水位の変化を測定して算出した。さまざまな初期浸潤距離に対して測定を実施し、積算浸潤量と浸潤速度の関係を明らかにした。1G 下において実施した水平浸潤実験の結果から、 $\mu\text{G}$  下における浸潤速度を推定し、 $\mu\text{G}$  実験の結果と比較した。

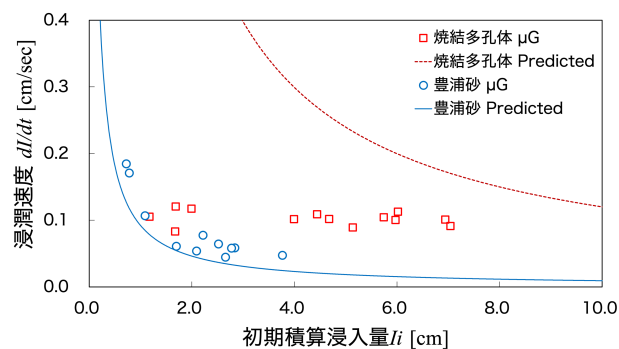


図3 豊浦砂および焼結多孔体における初期積算浸入量と浸潤速度の関係

Fig. 3 Initial infiltration and infiltration rate in Toyoura sand and sintered porous media

### 3. 結果

豊浦砂および焼結多孔体における初期積算浸入量と浸潤速度の関係を図3に示す。豊浦砂では地上実験の結果から予測した浸潤速度(豊浦砂 Predicted; 青実線)と  $\mu\text{G}$  下における浸潤速度(豊浦砂  $\mu\text{G}$ ; 青丸印)が一致した。一方で、焼結多孔体では地上実験に基づく予測値(焼結多孔体 Predicted; 赤点線)よりも  $\mu\text{G}$  下における浸潤速度(焼結多孔体; 赤四角)の方が小さかった。

### 4. 考察

豊浦砂の浸潤速度は重力依存性がなかった一方で、焼結多孔体の浸潤速度は  $\mu\text{G}$  下で低下した。このような重力依存性の有無は  $\mu\text{G}$  下における粒子の移動性の違いによって生じると考えられる。土壌中の粒子は1G下では鉛直下向きに拘束されているが、 $\mu\text{G}$  下では浮遊するため多孔質体の水理特性が変化する<sup>[4]</sup>。佐藤ら<sup>[5]</sup>は  $\mu\text{G}$  下では粗大粒子間に存在する可動性の細粒子の移動が発生するため、特に粒径の不均一な土壌において飽和透水係数の変化が発生したと述べた。本研究で用いた豊浦砂が粒径の均一な土壌であったのに対して、焼結多孔体は粒径の不均一な土壌であったため、佐藤ら<sup>[5]</sup>の結果と同様に微細粒子の移動が発生し、透水係数が低下したと考えられる。

#### 参考文献

- [1] Yendler, B. S., Webbon, B., Podolski, I. and Bula, R. J. (1996): Capillary movement of liquid in granular beds in microgravity. *Advances in Space Research*. 18(4): pp. 233-237. [2] Mohamed, A.M.O., Antia, H.E. and Gosine, R.G. (2002): Water flow in unsaturated soils in microgravity environment. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*. 128(10): 814-823. [3] 佐藤・町田・人見・丸尾・野川・登尾 (2022) 2 m 落下塔による短時間微小重力下における浸潤実験. 2022 年度土壤物理学大会講演要旨集, pp. 96-97. [4] Reddi, L.N., Xiao, M. and Steinberg, S.L. (2005): Discontinuous pore fluid distribution under microgravity-KC-135 flight investigations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69(3): 593-598. [5] 佐藤・丸尾・野川・人見・伊東・西田・登尾 (2023) 重力変化に伴う粗粒多孔質体中の透水係数の変化. 2023 年度土壤物理学大会講演要旨集, pp. 50-51.