

## 微小重力下における不飽和多孔質粒子上の浸潤現象 Infiltration on Unsaturated Porous Particles under Microgravity.

○丸尾裕一\*・佐藤直人\*\*・野川健人\*・長沼菜摘\*・塚野真穂\*\*・水谷隼人\*\*・登尾浩助\*\*

○Yuichi Maruo\*, Naoto Sato\*\*, Kento Nogawa\*, Natsumi Naganuma\*, Maho Tsukano\*\*,  
Hayato Mizutani\*\*, and Kosuke Noborio\*\*

### 1. 背景

アルテミス計画では月面および月周回軌道における持続的な人類活動圏を 2028 年までに構築することが計画されている。しかし、食料である作物の生産に不可欠な多孔質体中の水分移動と重力の関係は十分に解明されていない。Yendler et al. (1996) は微小重力下における不飽和多孔質体中の水分浸潤速度は地球上での水平浸潤速度よりも遅かったと報告した。即ち、微小重力下においては多孔質体中で浸潤が阻害されることが考えられる。Nagura et al. (2019) は微小重力下において直径 32.7 mm のガラスで作った模擬多孔質体中では孔隙の拡張部において水が動きづらかったと報告している。また微小重力下のガラス管中においても、管の径が 0.8 mm から 2.3 mm に急拡張する継ぎ目で水の毛管上昇が停止した (丸尾ら、2019)。これらの研究が対象とした間隙は作物栽培用の多孔質体よりもかなり大きく、多孔質体中においても同様に拡張部において浸潤が阻害されるか不明である。本研究の目的は微小重力下において不飽和多孔質体中の浸潤が阻害される位置を同定することである。

### 2. 方法

多孔質体中の水分移動を可視化するため、薄層のアクリルカラム (24 mm x 71 mm x 2.3 mm) に直径 0.8 mm のビーズを乾燥密度 1.39 Mg m<sup>-3</sup>、孔隙率 0.44 で充填した。カラムは電磁弁を介し、メチレンブルーによって染色した脱気水が充填されたマリ奥特管に接続した (図-1)。電磁弁は加速度センサーに接続したマイコンボード (Arduino UNO、

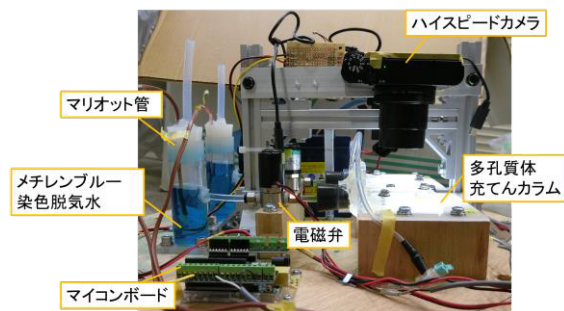


図-1 実験装置

Experiment apparatus

Arduino) によって制御した。実験の開始前に多孔質体中の約 35 mm の位置まで、脱気水を浸潤させた。実験は 50 m 落下塔 (COSMOTORRE、HASTIC) からの自由落下によって得られた約 2.4 s 間の微小重力環境下において行った。微小重力環境の開始から 0.2 s 後に電磁弁を開放し、脱気水が多孔質体中を浸潤する様子をハイスピードカメラ (DSC-RX100M5A、SONY) によって撮影した。撮影した動画は画像ファイルに分割し、Python の画像解析ライブラリ (OpenCV) によって約 0.001 s ごとの浸潤位置を解析した。

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

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

キーワード：水分移動、間隙構造

### 3. 結果

密に充填した粒子による多孔質体は体心立方格子状に配置されるので、多孔質体中の孔隙はビーズ粒子上の濡れた部分が 0.5 のとき最も大きくなる (図-2)。微小重力下において各ガラスビーズ粒子の濡れた部分が 0.1 から 0.9 に増加するまでの時間変化を図-3 に示した。ビーズ粒子 1 個上の水分移動はスケールが小さいため、ダルシー流ではなく、移動と静止を断続的に繰り返した。ビーズ粒子 1 個上において、濡れた部分が 0.1 から 0.9 に増加するまでに観察された濡れた部分の相対度数は 0.1 から 0.3、0.7 から 0.9 で大きく、0.4 から 0.6 で小さかった (図-4)。即ち、先行研究 (Nagura et al., 2019; 丸尾ら, 2019) より間隙のスケールが小さい多孔質体中においても、間隙の拡張部において浸潤が阻害されることが明らかになった。

### 4. 参考文献

- 1) Yendler, B.S., Webbon, B., Podolski, I., Bula, R.J.: Capillary movement of liquid in granular beds in microgravity. *Adv. Space Res.* 18, 233–237 (1996)
- 2) Nagura, R., Watanabe, Y., Sato, N., Komiya, S., Suzuki, S., Katano, K., Minami, H., Noborio, K.: Water movement on the convex surfaces of porous media under microgravity. *Adv. Sp. Res.* 63, 589–597 (2019)
- 3) 丸尾裕一, 佐藤直人, 登尾浩助, 形状の異なるガラス細管中の微小重力下における毛管上昇. *Int. J. Microgravity Sci.* 36, 360206–1–360206–7 (2019)

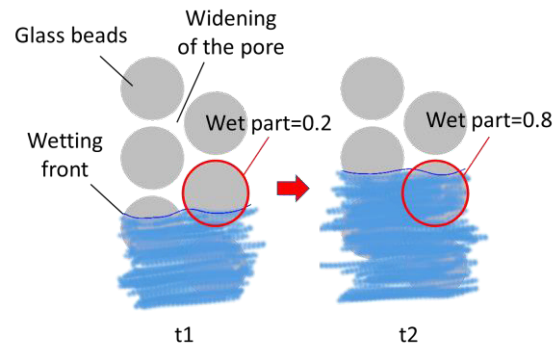


図-2 ガラスビーズ上の水分移動の断面模式図

Schematic diagram of the water movement on the glass bead particles

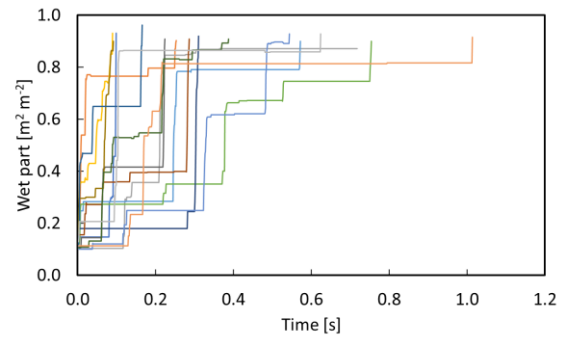


図-3 各ガラスビーズ粒子上の濡れた部分の時間変化

Time series of the wet part on each glass bead particle.

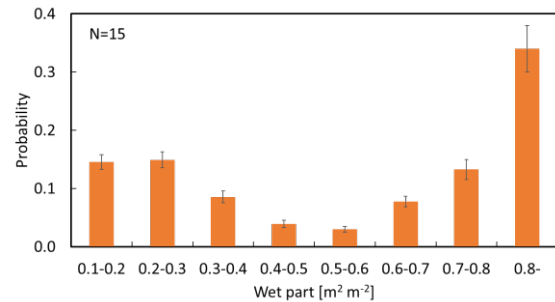


図-4 ガラスビーズ粒子上の濡れた部分のヒストグラム

Histogram of the wet part of the bead particles