

毛管力の変化が水平浸潤に及ぼす影響

Effects of the Change of Capillary Force on Horizontal Infiltration

佐藤直人¹・登尾浩助²

¹ 明治大学農学部農学科、〒214-0014、神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

² 明治大学農学部、〒214-0014、神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

要旨(Abstract) ;

微小重力下における多孔質体中の水分移動のメカニズムを明らかにするため、表面張力の変化が水平浸潤速度に与える影響を評価した。表面張力の低下により毛管力が小さくなるため、浸潤速度が低下することが示された。

テーマ： 土壌物理研究の最前線 Trend in Soil Physics

キーワード： 微小重力, 表面張力, 水平浸潤, 不飽和透水係数

Key words: Microgravity, Surface tension, Horizontal infiltration, Unsaturated hydraulic conductivity

1. はじめに (ゴシック、10. 5P, アンダーライン)

宇宙空間で植物を育てる宇宙農業の実現のために、微小重力下における多孔質媒体中の水分移動のメカニズムの理解が必要とされている。地上において水分は、不飽和多孔質体中をポテンシャルが高い方から低い方へと移動する事が知られている。微小重力下においては、これまで、重力勾配が無いため、マトリックポテンシャルが高い方から低い方に水分が移動すると考えられてきた。ところが近年行われた実験^{[1][2][3]}から、微小重力下において水分は体積含水率の勾配に従った移動をしない可能性が指摘されている。この事から、微小重力下では多孔質体中において、体積含水率が変化してもマトリックポテンシャルが変化しない事が予想される。我々はその要因が毛管力にあるのではないかと考えた。微小重力下における毛管力の変化を確かめるために、微小重力実験を行う必要があるが、その予備実験として重力勾配以外の環境要因の変化が多孔質体中の水分の移動に与える影響を確かめる必要がある。微小重力実験、特に航空機実験において変化する環境要因として挙げられるのは、重力勾配以外に、気圧や温度、そして液体の表面張力である。本研究ではこのうち、液体の表面張力の大きさの

変化が浸潤に与える影響を評価する事を目的として、エタノール水溶液を用いて水平浸潤試験を行い、浸潤距離と浸潤速度を評価した。

2. 実験方法

(1) 試料の準備

実験試料として豊浦砂を用いた。豊浦砂は炉乾後、デシケーター内で室温まで冷ましたものを使用した。また、浸潤溶液には、濃度 0, 0.4 (m³/m³)エタノール水溶液を用いた。各水溶液における密度と表面張力を、表-1 に示す。

表-1 20℃におけるエタノール水溶液の密度と表面張力^[4]

		エタノール水溶液濃度(m ³ /m ³)	
		0.0	0.4
密度	(Mg/m ³)	0.9982	0.9352
表面張力	(N/m)	0.07275	0.02990

(2) 水平浸潤試験

内径 2.4cm、幅 1cm のアクリルカラムを 40 個連結し、試料を 1.55(Mg/m³)で充填した。このカラムを水平に設置した。カラムの一方からマリOTT管を用いて水頭差を与えず給水を行った。もう一方は大気に解放した。浸潤が開始してから 15 分間給水を行った。浸潤開始から 1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 15 分後に浸潤距離を記録し浸潤速度を計算した。15 分後給水を止め、直

ちにカラムを分解し、各カラムの水分量を測定し水分分布曲線を求めた。浸潤溶液のエタノール濃度を換え同様の実験を行い、浸潤速度、水分分布曲線を求めた。

3. 結果と考察

(1)浸潤速度

Fig.1 は浸潤開始からの経過時間の二乗根と浸潤距離の関係を示したものである。

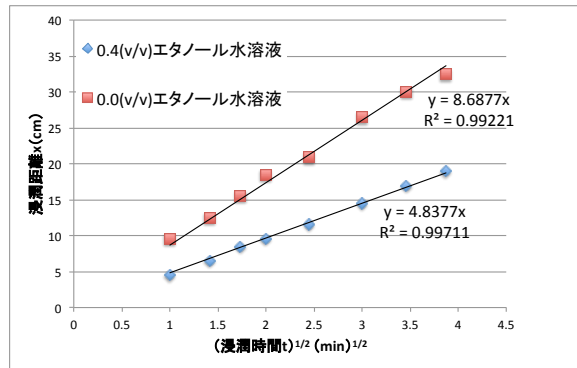


Fig 1 エタノール濃度を变化させた時の(浸潤時間 t)^{1/2} と浸潤距離 x の関係

この結果からエタノール濃度の増加により、浸潤速度が低下する事が確かめられた。この原因は、表面張力の低下による毛管力の減少によるものと考えられる。

毛管上昇高は式-1により求められる^[5]。

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g \gamma} \quad \text{式-1}$$

h :毛管上昇高(cm) σ :表面張力(N/m) γ :毛管半径(cm) ρ :液体の密度(Mg/m³) g :重力加速度(m/s²)

表-1 に示される値を用いて計算すると、濃度 0.4(m³/m³)のエタノール水溶液を用いた時の毛管上昇高は、純水を用いたときの 0.439 倍となる。この事から毛管力の変化が浸潤速度に大きな影響を与える事が示唆された。

(2)浸潤距離

Fig.2 は 15 分間浸潤させたあとの水分分布曲線である。濃度 0.4(m³/m³)エタノール水溶液では浸潤前線が距離 18.5cm から 20.5cm の間にはっきりと現れているのに対して、純水では浸潤前線が距離 24.5cm から 33.5cm とあいまい

であった。また、純水に比べて濃度 0.4(m³/m³)エタノール水溶液では、浸潤前線よりも水源側の体積含水率が距離の増加に従って小さくなっていく傾向が見られた。これは、水源から離れると土壤が飽和に至りづらくなる事を示している。

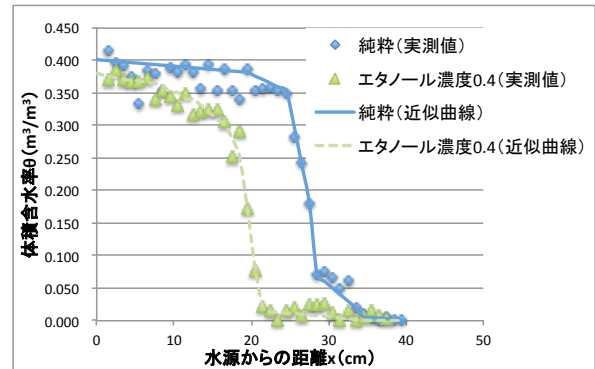


Fig 2 浸潤終了後の水分分布曲線

4. おわりに

本研究により、表面張力の低下により毛管力が小さくなると浸潤速度が低下すること、エタノール水溶液を用いた水平浸潤では水源から離れるほど土壤が飽和に至りづらくなる事が示された。今後、液体の表面張力以外の環境要因(気圧、温度)が変化した場合の浸潤速度に対する影響を確認した後、微小重力下における土中の水分の挙動を明らかにしていく必要がある。

参考文献等

- [1] Heinse, R., S.B. Jones, S.L. Steinberg, M. Tuller, and D. Or. 2007. Measurements and modeling of variable gravity effects on water distribution and flow in unsaturated porous media. *Vadose Zone J.* 6:713–724. doi:10.2136/vzj2006.0105
- [2] 渡邊幸. 2013: 微小重力下での多孔質体中の水分移動, 明治大学農学部農学科土地資源学研究室卒業論文(未発表)
- [3] 名倉理紗. 2013: 微小重力下における土壤粒子モデル間隙中の水分移動, 明治大学農学部農学科土地資源学研究室卒業論文(未発表)
- [4] 一般社団法人アルコール協会 <http://www.alcohol.jp/expert/list/suiyoueki.html>
- [5] 宮崎毅,長谷川周一,粕渕辰昭. 2005: 「土壌物理学」朝倉書店 20pp.