

# エタノール水溶液の濃度増加が水平浸潤に与える影響

## Effect of increasing concentrations of ethanol solution on Horizontal Infiltration

佐藤直人<sup>1</sup>・登尾浩助<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 明治大学大学院農学研究科、〒214-0014、神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

<sup>2</sup> 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不飽和多孔質媒体中の溶液挙動を明らかにするため、表面張力の変化が浸潤に与える影響を評価した。浸潤溶液として異なる濃度のエタノール水溶液を用いて、水平浸潤実験を行った。エタノール濃度の増加にともなう表面張力の低下により、浸潤速度が低下し土壌中の水分分布は不均一になったが、キャピラリー数が増すと浸潤速度は上昇した。

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

宇宙農業の実現のためには、多孔質媒体中の水分移動のメカニズムを明らかにすることが必要とされている。地上における不飽和土壌中の水分移動は全水ポテンシャルの高い方から低い方へと行われることが知られている。しかし多くの微小重力実験によって地上のフラックスモデルの適用可能性が疑問視されている (Jones and Or, 1999)。微小重力下においては重力勾配が極めて小さいため、多孔質媒体中の水分移動はマトリックポテンシャル勾配に依存すると考えられてきた (Heinse et al., 2007)。ところが、パラボリックフライトによる微小重力実験によって、微小重力下における多孔質体間隙中の水分移動が極めて困難であることが発見された (渡邊, 2013; 名倉, 2013)。すなわち微小重力下では、多孔質媒体中において体積含水率の変化に対するマトリックポテンシャルの変化が地上に比べて小さい事が予想される。そこで本研究では、マトリックポテンシャルの主要要素である毛管力に注目し、表面張力の異なる浸潤溶液を用いて毛管力の変化が多孔質媒体中の水分浸潤に与える影響を評価した。

### 2. 実験方法

#### (1) 試料の準備

多孔質体試料として 2 mm ふるいを通した豊浦砂を用いた。また、浸潤溶液には、濃度 0,10,20,30,40,70,80,90,100% (v/v) のエタノール水溶液を用いた。20°Cにおけるエタノール濃度増加に伴う表面張力と粘性率の変化を Fig. 1 に示した。エタノール水溶液はエタノール濃度の上昇に従って表面張力が減少するのに対して、粘性率は濃度 0%から濃度の増加に伴って上昇し、濃度 40%付近で最大となったのち下降する。

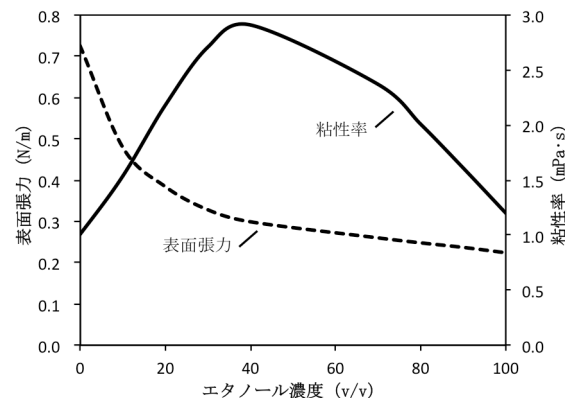


Figure 1 表面張力と粘性率のエタノール依存性

## (2) 水平浸潤試験

内径 2.4 cm、幅 1 cm のアクリルカラムを 40 個連結し、試料が 1.55 Mg/m<sup>3</sup> になるように充填した。カラムを水平に設置し、カラムの一方からマリOTT管を用いて水頭差を与えずに浸潤溶液を給水した。カラムのもう一方は大気に解放した。浸潤開始からの経過時間と浸潤距離を記録し浸潤速度を求めた。浸潤距離が 30cm に達した時点の経過時間と給水した浸潤溶液の体積を記録し、各エタノール濃度におけるキャピラリー数を求めた。

## 3. 結果と考察

Figure 2 は、浸潤開始から 15 分後までの経過時間の二乗根と浸潤距離の関係である。各直線の傾きは浸潤速度を示している。濃度 0% から 90% のエタノール水溶液では、濃度の上昇に従って浸潤速度が低下した (Fig. 2)。これは表面張力の低下により、浸潤前線の前後でマトリックポテンシャルの差が小さくなったためであると考えられる。また、Fig. 3 に濃度 90% のエタノール水溶液を用いた時の結果を浸潤距離が 30cm に到達するまでまとめた。プロットは実数値で、直線は浸潤開始から 15 分までの実測値の近似曲線を延長したものである。浸潤時間の経過に伴ってプロットが直線から下方へずれていく (Fig. 3) 事から、浸潤前線が進むに従って透水性が低下していく事が分かった。この事から、水源から離れた土壌では浸潤前線通過後も不飽和である事が予想される。また、100% の浸潤速度は 90% に比べて上昇した (Fig. 2)。これは、90% 溶液に比べて 100% 溶液のキャピラリー数が大きく (Fig. 4)、粘性の影響が大きく現れたため、粘性率低下により (Fig. 1) 気相に溶液が流れ込みやすくなったため、水源から離れた土壌でも飽和に近くなり透水性が維持されたためだと考えられる。

参考文献等

[1] Jones, S.B. and D. Or. 1999. Microgravity effects on water flow and distribution in unsaturated porous media:

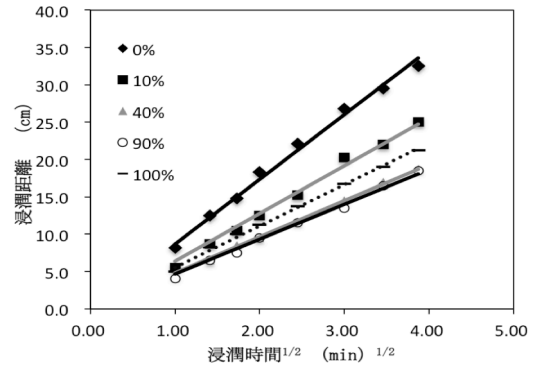


Figure 2 浸潤開始からの経過時間の二乗根と浸潤距離の関係

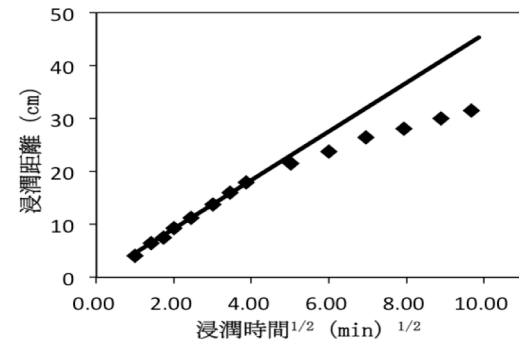


Figure 3 濃度 90% エタノール水溶液を用いた時の、浸潤開始からの経過時間の二乗根と浸潤距離の関係

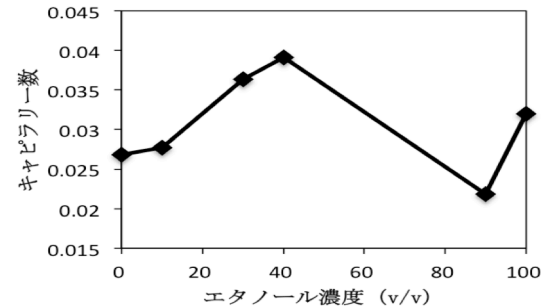


Figure 4 エタノール濃度とキャピラリー数

Analysis of flight experiments. Water Resour. Res.35:929-942. Doi:10.1029/ 1998WR900091 [2] 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 [3] 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) [4] 名倉理紗. 2013 : 微小重力下における土壌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)