

土壌カラム実験における水分量・電気伝導度・温度の非破壊的連続測定 Undisturbed and continuous measurement of water content, electrical conductivity, and temperature in a soil column

落合 博之*, 登尾 浩助*, 溝口 勝**

Hiroyuki Ochiai, Kosuke Noborio, Masaru Mizoguchi

はじめに

本研究では温度勾配条件下における土壌中の水分・溶質の移動について調べた。これは、Nassar ら (1992) によって研究された水分と溶質の移動の試験に類似している。彼らの実験ではいくつもの供試体を用いて一定時間経過後に土壌カラムを分割して測るというものである。このような方法ではすべての供試体が同一の条件下にある可能性はとても低いと考えられる。本研究では単一のカラムに Thermo Time Domain Reflectometry (Thermo TDR 法) を用いて土壌水分量・電気伝導度 (EC)・温度の経時変化を非破壊的に測定した。

実験方法

本研究では土壌カラムを恒温槽内に設置して行った。カラムは外径 90mm、内径 78mm の透明なアクリルパイプを 25 ミリ間隔に切断して作成した。カラムに 3 線式サーモ TDR プローブを取り付けた。また、締め固めの際にプローブが曲がらないように、プローブをカラムの両端で固定した。プローブのステンレス管内には温度測定のための熱電対と加温用ヒーターを挿入した。サーモ TDR プローブは Noborio ら (1996) によって開発されたもので、Topp ら (1980) によって発表された TDR 法による従来の土壌水分、塩分測定に加えて、熱伝導率・体積熱容量を非破壊的かつほぼ同時に測定可能である。実験では、サーモ TDR プローブを取り付けたカラムとただのカラムを交互に 9 つ繋げ、これに一定水分量に調整した土壌を充填し、このカラムの両端をアルミ板で密閉固定し

た。このアルミ板にペルチェ素子を設置することによってカラム内に温度勾配を自由に作れるようにした。これによって、本カラム実験では密封状態で様々な温度勾配条件下で土壌水分量と溶質濃度の変化を同時にしかも非破壊的に測定できる。実験では豊浦砂を $\rho_d=1.5\text{mg}/\text{m}^3$ になるように充填した。恒温槽内の温度を 20.0 に、カラム両端の温度をそれぞれ 41.2、1.5 に設定した。ここでは温端側からカラム a、b、c、d の順でもっとも冷端側のカラムを e とした。0.2mol/L の KCl 溶液を用いて供試土を $\rho=0.3\text{m}^3/\text{m}^3$ に調整し、水分量、EC、温度変化を測定し考察した。

結果と考察

図 1 から温度は測定開始 2 時間以降はほと

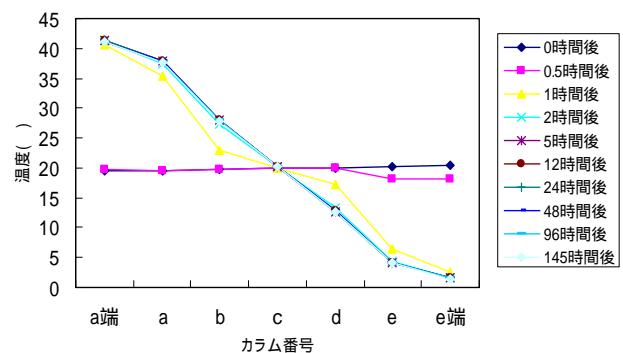


図1 プローブごとでの温度変化の経時変化

んど変化がなくなり定常状態に達したと考えられる。また、温度勾配が直線的になったことから特定位置からの熱の漏れはないと考えられる。

図 2 では特定の時間を選んでその時々でそれぞれのカラム内の土壌水分量を示す。最も

*明治大学, Meiji University, **東京大学, University of Tokyo, サーモ TDR プローブ, 土壌水分量, 電気伝導度

冷端に近いプローブ e で土壌水の移動がもっとも大きいことがグラフの振幅の大きさからわかる。測定開始 2.5 時間で冷端よりのカラム内 (e) での土壌水分量が最高値を示しその後減少した。カラム c では土壌水分量が 0.28 から $0.29\text{m}^3/\text{m}^3$ とほぼ変化しなかった。温端側カラムでは土壌水の動きが冷端側に比べて小さいことがわかる。

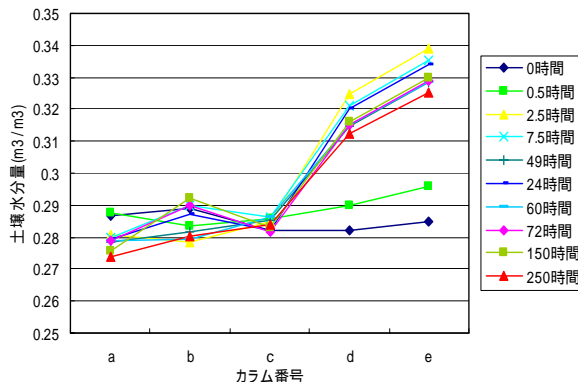


図2 プローブごとの土壌水分量の経時変化

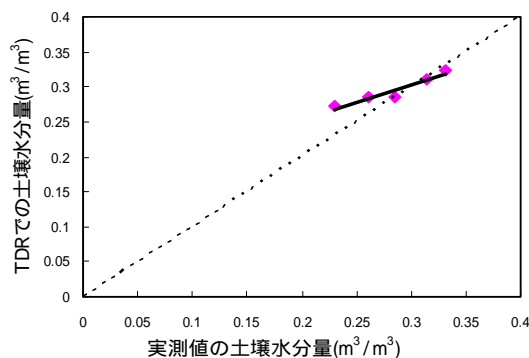


図3 実測値とTDRによる土壌水分量の比較

図 3 には実験終了後に炉乾燥法によって測定した各土壌カラム内の土壌水分量と TDR 法

参考文献

Nassar, I.N., R. Horton, and M.M.A. Globus. : Simultaneous Transfer of Heat, Water, and Solute in porous Media: . Experiment and Analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1357-1365 (1992)

Noborio, K., J.K. McInnes, and L.J. Heilman: Measurements of soil water content, heat capacity, and thermal conductivity with a single TDR probe. Soil Sci. 161:22-28 (1996)

で実験終了直前に測定した土壌水分量の比較を示した。 $<0.285\text{m}^3/\text{m}^3$ では TDR 法での水分量が過大な評価を示した。このことから図 2 で示した温端付近での土壌水分量も TDR 法によって過大に評価されたと考えられる。

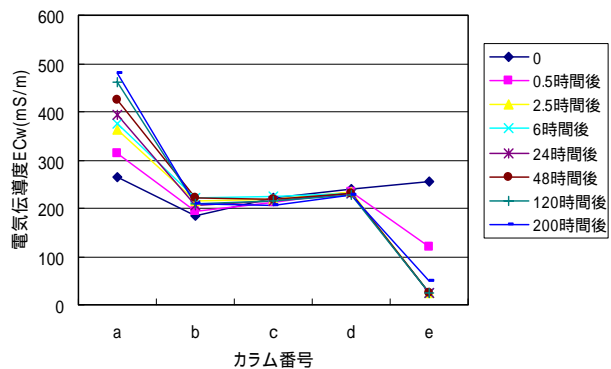


図4 プローブごとの電気伝導度の経時変化

図 4 では温端に近いカラム a での電気伝導度が上昇し続けているのが分かる。これは 8 日経ってもさらに上昇し続けており、原因は以下の 3 つの可能性が考えられる。 土壌水分量が減少してその分濃度が上昇した、水の移動と共に KCl が移動した、あるいは 温度勾配によって KCl が分子拡散によって移動した。図 2 で示した土壌水分量の測定結果との関連で、温端で起きた土壌水分量の減少に伴って電気伝導度が上昇している。また冷端では土壌水分量の増加とともに電気伝導度が低くなったことから水分は主に水蒸気態で移動し、温端側から冷端側に水蒸気態で移動してきた水分量の増減によって凝縮・希釈されたと考えられる。

Topp, G.C., K.K. Davis, and P.A. Annan.:

Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. Water Resour. Res. 16:574-582 (1980)

謝辞

本研究は(財)日本宇宙フォーラムが推奨している「宇宙環境利用に関する地上研究公募」プロジェクトの一環として行ったものである。

*明治大学, Meiji University, **東京大学, University of Tokyo, サーモ TDR プローブ, 土壌水分量, 電気伝導度