

蒸発法による黒ボク土の不飽和水分移動特性の推定

505153 星野隆文 (土壌圏循環学教育研究分野)

はじめに土中の水分移動の予測には、不飽和透水係数と水分保持曲線の評価が必要である。我が国に広く分布する火山灰土の黒ボク土は、発達した団粒構造のため、階段状の水分保持曲線を持つ。団粒土の水分移動特性モデルとしては、dual porosity モデル(DPM)が提案されているが、特に不飽和透水係数の推定に関する研究例は少なく、明確な手法は確立されていない。そこで本研究では、蒸発過程の土中水圧力変化の測定値から水分移動特性を推定する蒸発法に対して、黒ボク土の DPM のパラメータを推定する逆解析手法を提案した。そして、推定結果に基づき異なる黒ボク土の水分移動特性について比較検討した。

試料と方法 [蒸発法] 試料には、茨城、熊本、三重、長野の黒ボク土を用いた。内径 4cm、高さ 16cm のアクリルカラムに試料を充填し、蒸留水で毛管飽和後、下端フラックスをゼロとして、カラム上端から蒸発乾燥させ、蒸発過程の土中水圧力と蒸発速度を測定した。

[逆解析] 用いた DPM の水分保持曲線と不飽和透水係数は次式で与えられる(Durner, 1994)。

$$K(S_e) = K_s (w_1 S_{e1} + w_2 S_{e2})^l$$

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = w_1 \left[1 + (\alpha_1 h)^{n_1} \right]^{-m_1} + w_2 \left[1 + (\alpha_2 h)^{n_2} \right]^{-m_2} \times \frac{\left(w_1 \alpha \left[1 - (1 - S_{e1}^{1/m_1})^m \right] + w_2 \alpha_2 \left[1 - (1 - S_{e2}^{1/m_2})^m \right] \right)^2}{(w_1 \alpha + w_2 \alpha_2)^2}$$

吸引法、加圧板法、水ポテンシャル法による実測値から水分保持曲線の 7 個のパラメータを決定し、蒸発過程の圧力測定値より飽和透水係数 K_s と間隙結合係数 l のみを推定した。そして、適合が悪い場合には、条件に応じて推定パラメータ数を段階的に増やす推定手法を用いた。なお、逆解析には、不飽和水分移動汎用プログラム HYDRUS-1D を用いた。

結果と考察 熊本と三重の黒ボク土では、 K_s と l の推定で蒸発過程の土中水圧力変化をよく再現でき、DPM の水分移動特性を得ることができた。茨城、長野の黒ボク土では、測定の誤差が生じやすい水分保持曲線の一段目を表すパラメータである α_1 , n_1 , w_2 を推定することで水分保持曲線が修正され、実測した土中水の圧力変化をよく再現できた。Fig.1 は、推定した黒ボク土の水分移動特性である。水分保持曲線のプロットは実測値である。団粒構造が発達した黒ボク土では、大きな団粒間隙と小さな団粒内間隙を反映した 2 段の階段状の水分保持曲線と不飽和透水係数となるが、黒ボク土により団粒の大きさや水分量、また団粒内の間隙径分布が異なることが明らかになった。パラメータ数の多い DPM では、水分保持曲線を幅広い圧力範囲における正確な測定値を利用することにより、不飽和透水係数を高い精度で推定できることが明らかになった。

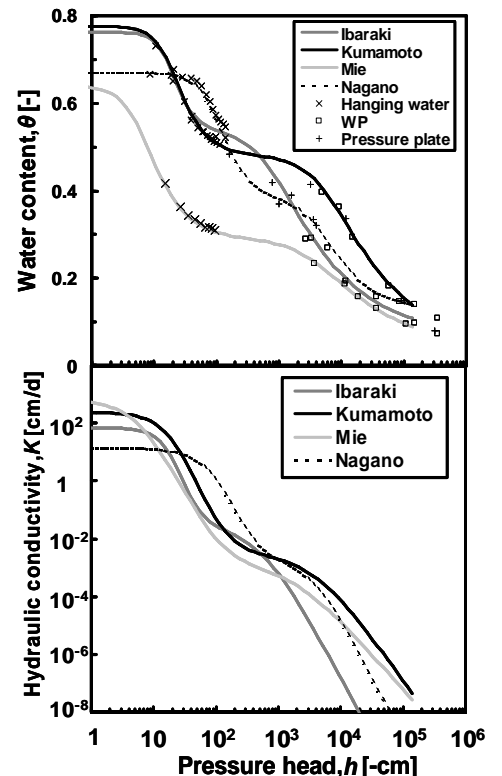


Fig.1 黒ボク土の水分移動特性