

浸潤過程における土の不飽和水分移動特性の推定

507140 中川 絢子 (土壌圏循環学研究分野)

はじめに 土中の水分移動の予測には、不飽和水分移動特性としての水分保持曲線と不飽和透水係数の評価が必要である。不飽和水分移動特性は、蒸発や排水過程の土中水圧力や水分量の測定値に対して逆解析を用いて推定されることが多い。しかし、どちらも脱水過程であるため、吸水過程の土への水の浸潤においては、ヒステリシスの生じる土の推定には適さない。浸潤過程に対する逆解析の研究例は少ないが、古くは解析解に基づく手法で水分拡散係数 $D(\theta)$ ($=K(\theta) \cdot dh/d\theta$) が求められてきた。本研究では、Nielsen ら(1962)の水平浸潤実験に対して逆解析により不飽和水分移動特性を推定し、解析的手法を用いた結果と比較することにより、浸潤過程における逆解析手法の提案を行った。

方法 Nielsen ら(1962)は、水平に設置した砂質ローム土カラムの一端に一定境界圧力 ($h_0 = -2 \sim -100$ cm) を与えて水平浸潤実験を行い、浸潤前線位置 x を目視で測定し、 t 分後にカラムを切断して体積含水率 θ 分布を求めた。そして解析解に基づく次式で $D(\theta)$ を求めた。逆解析は、不飽和水分移動特性に(2)式の van Genuchten 式を用い、 θ 分布の測定値と計算値の残差が最小となるように(2)式のパラメータを決定した。

$$D(\theta) = -\frac{1}{t} \left(\frac{dx}{d\theta} \right) \int_{\theta_i}^{\theta} x d\theta \quad (1) \quad \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = S_e = \left(1 + |\alpha h|^n \right)^{-m}, \quad K(S_e) = K_s S_e^{\ell} \left[1 - \left(1 - S_e^{1/m} \right)^m \right]^2 \quad (2)$$

結果と考察 解析的手法の $D(\theta)$ は θ 分布のみから求まる簡便さはあるが、浸潤の湿潤側の限られた水分範囲のみ信頼できる結果が得られる。一方、逆解析は、推定するパラメータが適切でないと収束しない。吸水過程の水分保持曲線は得られない場合が多いので、Fig. 1 の解析的手法の D におおよそ適合する(2)式のパラメータを求め、それらを初期値とした。また、逆解析においても、境界圧力 $h_0 = -2$ cm の水分分布で適合したパラメータは、低い h_0 の浸潤の水分分布には適合しない。そこで、高い h_0 の逆解析で得た K_s, θ_s, n を固定し、低い h_0 に対しては α と ℓ のみを推定した。最終的に得られたパラメータ(Fig. 2)を用いて $D(\theta)$ を求めると、解析的手法の結果と幅広い水分範囲で一致した。本研究により、解析的手法の結果を用いながら逆解析を行うと、信頼度の高い推定が可能となることが確認できた。

Nielsen et al, (1962) Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26:107-111

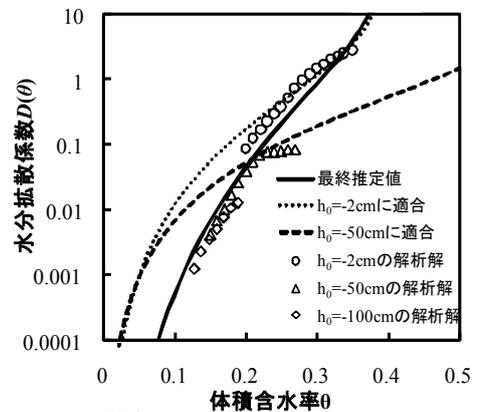


Fig.1 逆解析と解析的手法による $D(\theta)$

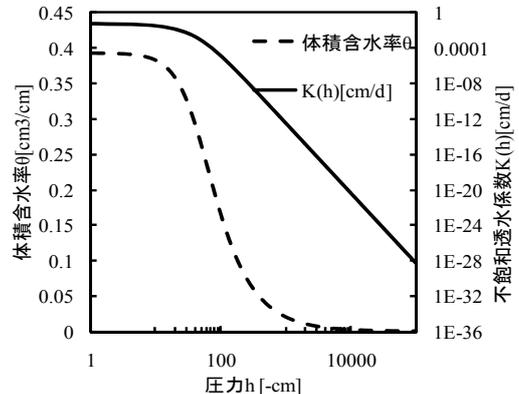


Fig.2 $\theta(h)$ と $K(h)$ の最終推定値