

(II-67) 草炭を混入した砂土壌中の 不飽和浸透流の土壌特性値の逆推定と数値シュミレーション

千葉工業大学工学部 学生員 ○千葉克史
千葉工業大学 講師 正会員 篠田 裕

1. はじめに

世界の沙漠は3,000万km²以上にも及んでいる。これは、アフリカ大陸全体に相当する面積であり、日本の耕地面積の500倍以上に達するものである。さらに沙漠化の速度は毎年6万km²ともいわれ、地球上の緑地の減少が心配され、沙漠化した地域の緑地回復の研究が急務とされている。その研究の一つに、土壌改良保水材として、草炭を混入して土壌の保水力の上昇を期待するものがある。

2. 研究目的

本研究では、室内モデル実験として降雨実験を行いそれにより得られたデータから、土壌物理特性式の一つであるvan Genuchten式のパラメータを逆推定、土壌中の水分移動現象の数値的な解析を行い、水分量とサクションの関係(水分特性曲線)を導く。砂土壌のパラメータの変化が、草炭混入によって保水力が変化したと考え、沙漠土壌における最適な草炭混入のシュミレーションの指標とすることを目的とした。

3. 研究概要

土壌中の水分の移動を表す式として、一次元の Richards の不飽和浸透方程式を用いる。

$$C(\phi) \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\phi) \frac{\partial \phi}{\partial z} - 1 \right]$$

土壌物理条件式は、van Genuchten 式を用いる。

$$\theta(\phi) = (\theta_s - \theta_r) \left[\frac{1}{1 + (\alpha \phi)^n} \right]^m + \theta_r$$
$$K(\phi) = K_s \cdot \frac{\{1 - (\alpha \phi)^{n-1} [1 + (\alpha \phi)^n]^m\}^2}{[1 + (\alpha \phi)^n]^{m/2}} \quad (\text{ただし } m = 1 - 1/n)$$

$C(\phi)$: 比水分容量 ($C(\phi) = \partial \theta / \partial \phi$)

z : 座標軸に沿った深さ (下向き正)

θ : 体積含水率

θ_s : 飽和水分量 (飽和体積含水率、空隙率) ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$)

θ_r : 最小体積含水率または残留土壌水分量 ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$)

α, n : van Genuchten 式の特徴パラメータ

ϕ : 圧力水頭

$K(\phi)$: 不飽和透水係数

K_s : 飽和透水係数

キーワード : 草炭, 沙漠緑化, 土壌物理特性式, パラメータの逆推定

連絡先 : 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学土木工学科 TEL 047-478-0446 FAX 047-478-0474

降雨－流出過程の観測データから、その系の状態量(土壌パラメータ)を推測するが、不飽和浸透流では、比水分容量と透水係数も変化するの、問題が非線形になる。そのため、同定には、最小二乗法の中でも一般に良い結果を与えるといわれている Marquardt 法を採用することにした。

この同定手法は、既知の実験データに対して、数値モデルによる計算値が最も近づくように未知パラメータを求めるもので、数値モデルは Richards の一次元不飽和浸透方程式を用い、実験データとしては、降雨実験による流出量の時間変化を用いる。実験データに対応する、任意の時間の計算値は Richards の式から求め、その計算値が実験データに最もよく合うように計算し、 $K(\phi)$ 、 $C(\phi)$ の関係を求める。

具体的には、 $K(\phi)$ 、 $C(\phi)$ の関係を近似した土壌物特性式の1つである van Genuchten 式に含まれるパラメータを同定する。飽和体積含水率 θ_s 、飽和透水係数 K_s を实测し既知パラメータとして与え、残りの土壌パラメータ α 、 n 、 θ_r を未知パラメータとして同定する。実験・計算条件は、標準砂のみの場合(ブランク)と草炭を5wt%混入した場合の条件について、土壌特性値を同定した。

4. 結果および考察

標準砂(豊浦砂)のみ(ブランク)と、草炭を5wt%混入した条件について、降雨－流出実験を行い、パラメータを同定した結果、表1および図1～図3の結果を得た。

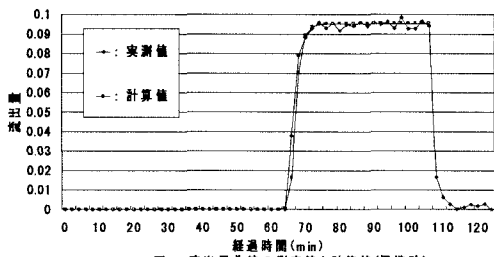


図1 流出量曲線の測定値と計算値(標準砂)

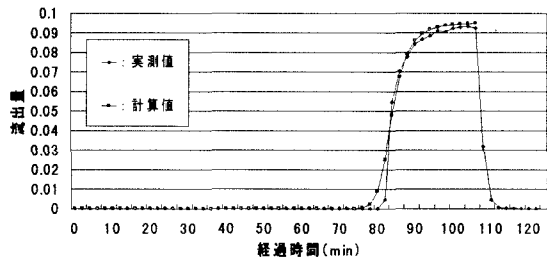


図. 2 流出量曲線の測定値と計算値(草炭 5 wt%)

表1. 土壌パラメータの同定結果

条 件	α	n	θ_r	θ_s	K_s
ブランク	0.4007	2.3973	0.010	0.420	0.179
5wt%混入	0.1656	2.4538	0.021	0.558	0.131

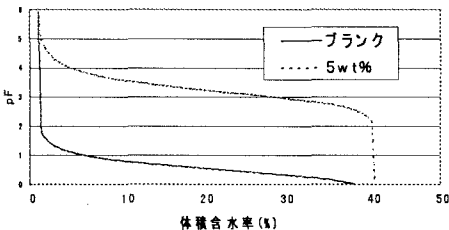


図3. 同定から得られた水分曲線

今回は、図1・2に示すように、流出量曲線における吸水過程のみで同定した。表1の同定パラメータおよび既知のパラメータで水分特性曲線 ($pF \sim \theta$)を描いたものが図3であるが、植物の水分当量付近で体積含水比が増加した。すなわち、草炭を加えることにより、砂土壌の水分保持力が強化され、当初の予測通り草炭を加えることで、保水力を増すことができることが定量的に確認できた。

5. おわりに

吸水過程と排水過程で、水分特性曲線が同一にならないヒステリシス現象を、今回は考慮していない。現在、シュミレーションプログラムを改変して対応中である。

さらに、得られた結果を、実測値で検証すべく、実験装置も改変中である。