

草炭混入砂土壌の 土壌特性値の逆推定と数値シミュレーション

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

現在、世界の沙漠面積は3,000万km²以上に及ぶといわれている。さらに沙漠化の速度は、毎年6万km²ともいわれている。沙漠の緑化は、沙漠の有効利用から近づくつつある、食料危機の問題、環境悪化の諸問題の解決を図るものである。このような観点から、沙漠緑化・耕地化の研究は緊急を要するものとなっている。その研究の一つに、天然有機資源の草炭を混入して、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、砂土壌に草炭を混入したときの土壌のパラメータ変化が、保水力の変化を表すと考え、沙漠土壌における草炭混入率の最適値を求めることを目的とした。具体的には、草炭無混入、1wt%混入、3wt%混入、5wt%混入の4条件について、一次元ライシメータで降雨実験を行い、それ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)を導びき、結果を比較することとした。

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、砂土壌で適合性が良いと言われる、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 ϕ : 圧力水頭 $K(\phi)$: 不飽和透水係数 K_s : 飽和透水係数

θ_r : 最小体積含水率または残留土壌水分量 (cm^3/cm^3)

α, n : van Genuchten 式の特性パラメータ

θ_s : 飽和水分量 (飽和体積含水率, 空隙率) (cm^3/cm^3)

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で、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 法を採用した。この同定手法で、既知の実験データ

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

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た。実験データは、降雨－流出実験による流出量を用いるとともに van Genuchten 式の飽和体積含水率 θ_s 、飽和透水係数 K_s を実測し、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した。

4. 結果および考察

標準砂を用いて、草炭無混入、1, 3, 5 wt% 混入した条件について、表 1 および図 1～3 の結果を得た。

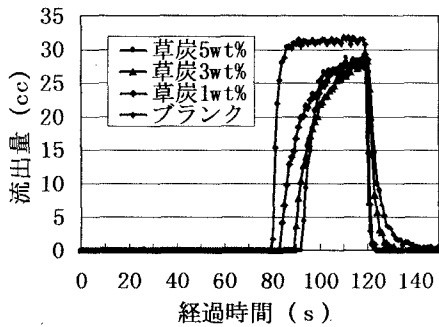


図 1 降雨実験結果

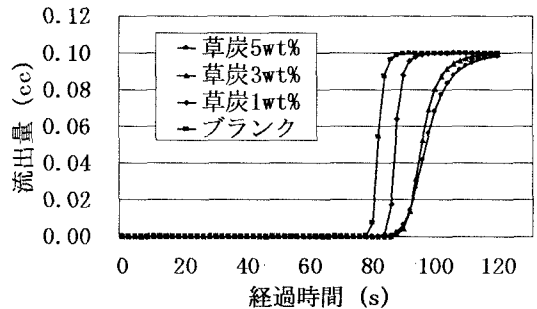


図 2 流出量曲線の計算値

表 1 土壌パラメータの同定結果

	α	n	θ_r	θ_s	K_s
blank	0.284	2.355	0.012	0.360	0.185
1wt%	0.250	2.557	0.014	0.378	0.153
3wt%	0.128	2.743	0.015	0.476	0.133
5wt%	0.088	3.234	0.024	0.484	0.110

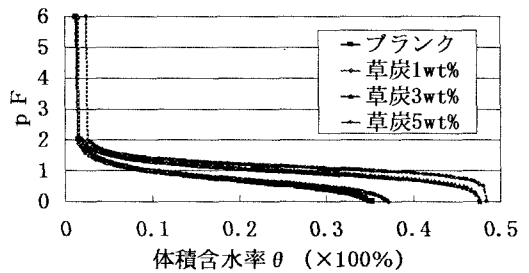


図 3 水分特性曲線

今回は、図 1 に示すように、流出量曲線における吸水過程のみで同定を行った。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。結果は、草炭の混入率を 1→3→5 と増加させると、流出開始時間が順次遅くなっている。さらに、120 分の降雨停止後も blank では速やかに流出が停止しているが、草炭混入では少量の流出が継続している。体積含水率についても混入率の増加とともに上昇している。また、植物に利用される水分の有効範囲は、図 3 の水分特性曲線の $pF1.8$ 水分量から $pF4.2$ 水分量を差し引いた量で確認できるが、これは blank ではほぼ 0 であるのに対して、草炭混入砂では、僅かではあるが有効水分範囲を確認することができた。以上のことから 3～5 wt% の草炭混入率が、この砂土壌に最適な混入率であると言える。

5. あとがき

砂と草炭をライシメーターに均一に充填することは、非常に難しい。これで良しと考えて降雨を与える
と湿潤線が降下せず、再実験となる事がしばしばあった。したがって、今回の研究で求めたパラメータや水分特性曲線が、沙漠土壌での草炭混入を完全にモデル化しているかということには、若干の不安が残る。

今回の同定計算は、吸水過程のみでしか実施できなかったが、脱水過程でこそ草炭の保水力が生きて
考えられるので、今後も実験の再現性等に工夫を凝らして、研究を続けて行きたい。