

氏 名	こ すぎ けんいちろう 小 杉 賢 一 郎
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	論 農 博 第 2074 号
学位授与の日付	平 成 8 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Analysis of Hydraulic Properties of Forest Soil with Lognormal Distribution Models (対数正規分布モデルを用いた森林土壌の水分特性の解析)
論文調査委員	(主 査) 教 授 水 山 高 久 教 授 岩 坪 五 郎 教 授 小 橋 澄 治

### 論 文 内 容 の 要 旨

森林流域における水循環過程の解明は、適切な水資源管理や豪雨に伴う斜面崩壊予測のための必須の課題である。林地斜面は通常、構造の発達した森林土壌に覆われ、様々なタイプの水分移動がこの土層内で起きている。このため、砂防学および森林水文学の分野では、森林流域内の水循環過程の解明に関して、森林土壌の水分特性（保水特性ならびに透水特性）を解析することの重要性が指摘されてきている。土壌の保水特性は体積含水率と水分張力（圧力水頭）の関係（水分特性曲線と呼ばれる）で、また土壌の透水特性は透水係数と圧力水頭の関係で表されるが、これらはともに土壌の孔隙径分布に基づいた特性である。本研究は、孔隙径分布に確率分布を適用することによって、土壌の保水特性と透水特性のモデル化を行い、得られたモデルを用いて森林土壌の水分特性を解析したものである。その結果は、以下のように要約される。

1. 土壌の孔隙径分布に3パラメータの対数正規分布を適用することによって、保水特性のモデルを導いた。このモデルは、従来の研究で提案されたいずれの経験的モデルと比較しても、より大きな適合性を持つことが示された。また既存の経験的モデルが、本研究で提示したモデルにおいて3つのパラメータのいずれかにある制限を設けた特殊な場合に対応することが示された。

2. 提示した保水特性のモデルを、構造の発達した森林土壌および構造の未発達な土壌について測定された300種類以上の水分特性曲線に適用した結果、いずれの場合も実測値を良好に再現することが示された。モデルのパラメータが孔隙径分布の統計量を表していることから、提示したモデルを用いることにより、孔隙径分布の特性に基づいて土壌の保水特性を解析することが可能となった。特定されたパラメータを比較したところ、構造の未発達な森林の内、ローム質土壌は砂質土壌に比べて、小さな孔隙径分布のメジアンと大きな孔隙径分布の幅を持つことがわかった。また森林土壌は、構造の未発達なローム質土壌に比べて孔隙径分布のメジアンが大きく、構造の未発達な砂質土壌に比べて孔隙径分布の幅が大きいという、独特な孔隙径分布を持つことが示された。さらに森林土壌について詳しく見ると、土壌構造が「カベ状→粒状→団粒状」と変化するにつれて孔隙径分布のメジアンが大きくなることがわかった。つまり、土壌の

構造の発達過程を孔隙径分布の特徴から見ると、孔隙径分布の幅が大きい（分布が分散型である）状態を維持したまま、分布のメジアンが次第に増加する過程であると理解することができた。

3. 提示した保水特性のモデルを基にして、土壌の透水特性のモデル化を行った。導かれたモデルは、様々な種類の土壌について測定された透水係数 - 圧力水頭関係を良好に再現し、その有用性が確かめられた。モデル中のパラメータは孔隙径分布の統計量を表しており、孔隙径分布のメジアンが大きくなるほど、また分布の幅が大きくなるほど、土壌の飽和透水係数が大きくなることが示された。

4. 一連の考察により得られたモデルを用いて土壌中の水分移動現象の数値解析を行い、孔隙径分布の特徴が水分移動に及ぼす影響を評価した。その結果、表層土内の鉛直浸透過程において、森林土壌は構造の未発達なローム質土壌よりも、ピークが小さく通減が緩やかな流出ハイドログラフを持つことがわかった。構造の未発達な砂質土壌の場合、表層土厚が大きいときには森林土壌よりもハイドログラフが緩やかになるが、土厚が小さいときにはハイドログラフはより急激になった。また森林土壌では、土壌構造が「カベ状→粒状→団粒状」と変化するにつれて、流出のピーク、通減係数とも小さくなることが示された。

#### 論文審査の結果の要旨

土壌の水分特性（保水特性ならびに透水特性）は土壌の孔隙径分布に基づいており、その解析においては土壌の孔隙径分布のモデル化を行うのが本質的な方法である。本論文では、孔隙径分布に確率分布を適用することによって、土壌の保水特性ならびに透水特性を表現するモデルを導き、そのモデルを用いて土壌構造の発達した森林土壌の水分特性を構造の未発達な土壌との比較により解析している。また、導かれたモデルを用いて土壌中の水分移動現象についても考察を加えている。本論文において評価できる主な点は次のとおりである。

1. 確率統計学的に意味のある対数正規分布を孔隙径分布に適用することによって、土壌の保水特性のモデルを導いた。得られたモデルは、従来の経験的モデルと比較して、より広い適合性を持っている。また、提示されたモデルとの比較により、現在広く用いられている経験的モデルのパラメータおよび適合性が整理された。

2. 提示されたモデルのパラメータは、孔隙径分布の統計量を表している。このモデルを用いることによって、孔隙径分布の特性に基づいて、土壌の保水特性を解析することが可能となった。

3. 提示されたモデルを用いた解析の結果、森林土壌が、構造の未発達な砂質土壌、ローム質土壌とは異なる独特の孔隙径分布を有することが示された。また、森林土壌化に伴う孔隙径分布の発達の過程を、定量的に説明することに成功した。

4. 孔隙径分布に対数正規分布を適用することによって、幅広い適合性を持つ土壌の透水特性のモデルが提示された。このモデルを用いた解析によって、土壌の透水係数と孔隙径分布との関係が明確になった。

5. 一連の考察により導かれたモデルによる土壌中の水分移動現象の数値解析の結果、土壌の孔隙径分布の特性が林地斜面表層土内の鉛直浸透過程に及ぼす影響が定量的に評価された。構造の発達した森林土壌が、より多くの雨水を土層内に浸透させると同時に、浸透水を土層内に長期間蓄え、徐々に排水させるメカニズムを持つことが明らかにされた。

以上のように、本論文は、土壌の孔隙径分布に確率分布を適用することによって水分特性のモデル化を行い、そのモデルを用いて孔隙径分布の特性が土壌中の水分移動に及ぼす影響を考察したものであり、森林水文学、砂防学、土壌物理学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成8年4月12日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。