氏　名	林　祐妃

（論文内容の要旨）

森林土壌が水文過程に及ぼす影響の定量的評価が求められている。森林土壌は粒径分布や母材によって特徴付けられる一次構造と，森林生態系の影響により発達する二次構造によって形成される。一次構造と二次構造を含む不撹乱土と，不撹乱土を締め固めて作った一次構造のみで形成される撹乱土の土壌構造を比較することで構造発達を評価することができると考えた。そこで，この手法を用いて，まず構造発達が水文過程に及ぼす影響を一般化し，次に，より実情にあった解析を行うために天然林斜面における構造発達の空間分布が水文過程に及ぼす影響を明らかにした。最後に，水文過程の数値シミュレーションを行う実用的な観点から，天然林斜面において空間分布する土壌構造をより簡単に表現するための手法を開発した。

第一章の緒論に続き，第二章では，森林土壌の構造発達の影響を一般化することを目的として，土壌構造の発達に伴う孔隙径分布と飽和透水係数の変化を検討した。母材、粒径，植生の異なる林地から不撹乱土を採取し，孔隙径分布と飽和透水係数を測定した後，同じ土壌を撹乱して構造を破壊し同じ試験を繰り返した。その結果，母材、粒径，植生にかかわらず，構造発達によって，飽和透水係数が増加した。孔隙径分布に関しては、大孔隙が増加する一方，中間サイズの孔隙が減少することが分かった。中間サイズの孔隙は，一般に雨水貯留上有効な指標とされているが，これは減少する傾向を示した。さらに，孔隙径分布や飽和透水係数は，構造発達前においては母材や粒径の影響を強く受けるが，構造発達後は母材や粒径に関わらず似た値を示した。

第三章では，第二章で解析を行った土壌構造を入力データに用いて，一次元の雨水の浸透流出シミュレーションを行い，構造発達が水文過程に及ぼす影響を明らかにした。不飽和水分特性を表すパラメータを解析したところ，母材にかかわらず，構造発達によって孔隙径の分布の幅，メジアン孔隙径が増加することが分かった。また，数値シミュレーションから，構造発達の影響によって流出ハイドログラフの波形が緩やかになることが分かった。この結果は，第二章の解析で明らかになった中間サイズの孔隙が減少するという結果に反するようにみえるが，不飽和水分特性である保水性を分母に透水性を分子に代入して導かれる水分拡散係数の解析結果から，流出ハイドログラフの波形特性を説明できることが分かった。

第四章では，第二章で用いた解析方法を応用して，天然林斜面における土壌構造発

達の空間分布を明らかにした。孔隙径分布については，構造発達によって，大孔隙は表層ほど大きく増加し，中間サイズの孔隙は表層ほど大きく減少した。このような構造発達による変化は、鉛直方向には顕著であったが，それに比べて斜面方向の変化は小さかった。飽和透水係数は、構造発達によって全ての斜面位置で増加し，表層ほど大きな値を持つ傾向がより顕著になった。

第五章では，第四章で解析を行った土壌構造を入力データに用い雨水の二次元浸透流出シミュレーションを行った。その結果，弱い雨の場合は，撹乱土と不撹乱土の両条件で基岩底面排水のみが起こり，前者の方が排水波形は緩やかであった。従って，降雨が弱い時は，構造発達により深層地下水へより緩やかな波形で雨水を供給するようになるため，基底流が安定化されることが推定された。降雨強度が強くなると，両条件で飽和側方流が発生した。この飽和側方流は，不撹乱土の方がより早く降雨に反応しピーク流量が大きかったため，構造発達の影響により洪水流量が増大する結果となった。しかし，不撹乱土では飽和側方流により雨水が素早く排水されることによって斜面土層内の飽和領域が小さくなったため，構造発達によって斜面崩壊が起こりにくくなると考えられる。さらに降雨強度が強くなると，撹乱土のみで表面流が発生したことから，構造発達の影響により表面侵食も発生しにくくなると考えられた。

第六章では，天然林斜面の水分特性曲線（WRC）を簡単に表現する手法の開発を行った。第四章で解析したように天然林斜面の土壌構造は空間分布をもつため，水移動の計算を行う上でひとつの代表的な水分特性曲線を設定することは困難である。そこで，少ないパラメータで空間分布を簡単に表現するため，WRCを最も特徴付けているのが孔隙径分布の中央値，分布の幅，全孔隙量の３つのパラメータの内どれであるかを検討した。斜面土層全体にわたってWRCに同一のモデル関数を適用し，３つのパラメータそれぞれの１つのみが空間分布を持つと仮定して計算を行い、計算値と実測値の相違を比較した。その結果，全孔隙量が天然林斜面土層におけるWRCの空間分布を最も特徴付けていることが分かった。さらに，この全孔隙量は貫入抵抗値と高い相関を示し，貫入試験を行うことで水分特性曲線の空間分布を簡単に推定できることを明らかにした。

以上のように，本研究によって，森林土壌の構造発達による土壌構造の変化，および構造発達が森林流域の水文過程に与える影響が明らかになった。

氏　名	林　祐妃

（論文審査の結果の要旨）

本論文は、森林土壌が水文過程に与える影響を定量的に評価したものである。不撹乱の森林土壌と，これを締め固めて撹乱し二次構造を破壊した撹乱土を試験し，その差から土壌の構造発達による土壌水分特性の変化を明らかにし，そのデータを用いて水文過程を数値シミュレーションで評価した。さらに土壌構造をより簡単に表現する手法を開発した。評価できる点は以下の通りである。

１　母材、粒径分布，植生の異なる森林における土壌の構造を測定することにより，構造発達によって飽和透水係数と大孔隙が増加し，中間サイズの孔隙が減少するという一般的変化傾向を明らかにした。
２　１で測定した水分特性のデータを入力データとして雨水の一次元浸透流出シミュレーションを行い，母材、粒径分布，植生の違いに関わらず，構造発達によって流出ハイドログラフが緩やかになり，洪水・渇水軽減に貢献することを証明した。
３　天然林斜面の斜面下部から上部まで，表層から基岩直上までの斜面全体の土壌構造発達を解析することにより，孔隙径分布については，１で示した構造発達とおなじ傾向で変化し，表層ほど構造発達による孔隙の変化量が大きいことを示した。さらに，飽和透水係数は，構造発達によって，表層ほど大きな値を持つ傾向がより顕著になることを示し，構造発達の空間分布を明らかにした。
４　３で測定した水分特性のデータを入力データとして雨水の二次元浸透流出シミュレーションを行い，弱い降雨の場合は，構造発達によって深層地下水へより緩やかな波形で降雨が供給され，洪水・渇水軽減の効果が発揮されること，強い降雨のときには，斜面側方流の増大により洪水流出量が増加する結果となるが，これにより雨水が早く土層から排出されることで，表層崩壊の危険を軽減する効果が発揮されることを証明した。
５　土壌構造の違いを相似比の違いで表現できるというスケーリングという手法がこれまで広く用いられてきたが，相似比ではなく，全孔隙量のみの違いにより天然林斜面の土壌水分特性の空間分布を精度良く表現できることを示した。さらにこの全孔隙量は貫入抵抗値との相関が高いことを示し，貫入試験を行うことで水分特性曲線の空間分布を簡単に推定できる手法を開発した。

以上のように，本論文は土壌の構造発達が天然林斜面における水文過程に与える影響を，撹乱土壌と不撹乱土壌に関する比較試験により明らかにしたものであり，山地保全学、森林水文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２１年２月６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。