

氏 名	みや たく しゅう すけ 宮 田 秀 介
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1624 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	農 学 研 究 科 森 林 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Surface runoff and infiltration processes on hillslopes with water repellent soils (土壌撥水性を示す斜面における表面流と雨水浸透過程に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 水 山 高 久 教 授 三 野 徹 教 授 谷 誠

論 文 内 容 の 要 旨

ホートン型表面流は森林斜面においてはほとんど起こらないとされてきた。しかし、土壌撥水性を示す斜面では表面流が発生し、水文過程に対して重要な役割を果たしていると考えられる。本研究は、その土壌が土壌撥水性をもつことが知られているヒノキ林斜面において土壌撥水性の表面流発生と雨水浸透への影響を明らかにし、表面流の流下過程におけるスケール効果について検討して、物理式に基づく表面流・雨水浸透モデルを構築したものである。

第2章では水文過程を検討する上で基礎的な情報となる土壌の水利特性（透水性・保水性）を測定し、土壌撥水性の強度と土壌含水率の関係について調べた。土壌の透水性の指標となる飽和透水係数は通常起こり得る降雨強度よりもはるかに大きかった。深度5 cm までの表層土壌において強度の土壌撥水性が示され、それより深部の土壌は親水性（非撥水性）であった。土壌撥水性は土壌が乾燥するほど強く、湿潤になるほど弱くなり親水性となることが示された。

第3章では土壌撥水性をもつヒノキ林斜面において表面流の発生要因について現地実験および水文観測より検討した。第2章で示されたように土壌の透水性が非常に高いにも関わらず表面流が発生したことから、表層土壌の撥水性により浸透が妨げられ表面流の発生要因となっていることが示された。観測プロット（幅1 m×斜面長2 m）での表面流出率は降雨直前の土壌含水率と負の相関を示した。これは土壌が乾燥した条件では土壌撥水性が強く、土壌が湿潤になるにつれて土壌撥水性の強度が低下するためである。さらに表面流出率は土壌の初期条件だけではなく、降雨の履歴にも影響されることがわかった。また、降雨イベント中にも土壌撥水性の低下による表面流出率の低下が観測された。降雨中の土壌撥水性の低下と雨水の浸透過程の変化の相互関係について明らかにした。

第4章では、林床被覆が表面流と土壌侵食量に及ぼす影響について検討するために、林床被覆が乏しい斜面と豊富な斜面に観測プロット（幅1 m×斜面長2 m）を設置し表面流出量と土壌侵食量の比較を行った。従来の知見とは異なり、林床が下層植生とリターで覆われた斜面においても表面流が発生し、表層土壌の土壌撥水性によって表面流が起こることが明らかとなった。林床被覆が乏しい斜面においては土壌撥水性に加え、土壌表面に形成されるクラスト（土壌皮膜）が表面流発生の原因であることが示唆された。林床被覆によって土壌の剝離量が減少することが、土壌侵食量の減少の原因であった。林床が下層植生とリターで覆われることによって表面流が20%減少し、土壌侵食が50%減少した。

第5章では現地観測にもとづいて表面流のスケール効果（スケールが大きくなると流出率が小さくなる現象）について検討した。通常の降雨強度に対しては、小プロット（斜面長2 m）と大プロット（斜面長20 m）で観測された単位幅あたりの表面流出量はほぼ同じであり、流出率（単位面積あたりの流出量）は大プロットで小さかった。しかし、降雨強度が非常に大きい（5 mm/5 min）場合には、大プロットからの単位幅あたりの流出量は小プロットの2倍以上となり、表面流のスケール効果は小さくなった。

第6章では表面流の流下・浸透過程を明らかにするために、斜面長の異なる実験プロット（幅0.5 m×斜面長0.5～5.0 m）に対して人工降雨実験を行った。降雨強度が約4 mm/5 min の場合は斜面長が2～5 m のプロットからの表面流出量は

ほぼ同じであった。しかし、約12 mm/5 min の降雨に対しては斜面長が長くなるにつれて表面流出量が増加した。表面流の流下過程での浸透量が表面流の水深に依存するために斜面下流ほど浸透量が増加し、最終的に浸透量が降雨量と等しくなると考えられる。このために第5章で示された表面流のスケール効果が起こることが明らかとなった。また斜面長3 mの実験プロットにおける染色実験より、表面流の流下距離が1 mを超える（表面流の水深がある程度増加する）まで土壌への浸透が起これず、浸透の形態は土壌撥水性の影響で一様でない選択的な形態となることが示された。

第7章では、第2章から第6章で得られた土壌撥水性による表面流・浸透過程への影響と表面流の流下・浸透過程を考慮し、リチャーズ式に基づく表面流・雨水浸透モデルを提案した。表面流をリター層内の水移動として扱うことによって表面流と土壌内の水移動を詳細に再現し、「浸透スポット」を土壌層内に設けることによって、第6章で行った人工降雨実験と染色実験で得られた流出・浸透の傾向を良好に再現することができた。

以上により、土壌撥水性が水文過程において重要な役割を果たすことが明らかとなった。また近年指摘されている表面流の発生による河川の洪水流出量増加を明らかにするためには、小プロットスケールでの表面流観測だけでは不十分であり、実際の斜面スケールにおける表面流の流出・浸透過程を観測・検討する必要があることが示された。

論文審査の結果の要旨

降雨強度が浸透強度を上回るときに発生するホートン型表面流は、流出を促進させる重要な流出過程のひとつであるが、森林流域では表面流は発生しないと考えられてきた。本論文は、従来考慮が乏しかった土壌撥水性を要因とする表面流の発生とそれに伴う土壌侵食および表面流の流下過程について、ヒノキ林斜面に大小のプロットを設定し、自然降雨に対する観測と散水実験によって明らかにしたものである。また、表面流の流下過程におけるスケール効果についても検討して、物理式に基づく表面流・雨水浸透モデルを提案している。

評価できる点は以下の通りである。

1. 土壌サンプルの測定、現地実験、現地観測により、土壌撥水性によって表面流が発生することを明らかにした。降雨中の土壌撥水性の変動とそれに伴う表面流出・浸透の変化について詳細に示した。
2. 林床被覆状況の異なる2斜面での観測から、下層植生とリターによる林床被覆が表面流出・土壌侵食に及ぼす影響を定量的に評価し、それぞれのメカニズムについて示した。
3. 観測するスケールが大きくなると流出率が小さくなる表面流のスケール効果を観測結果により明らかにした。
4. 人工降雨実験により表面流のスケール効果が起こるメカニズムについて示した。表面流の流下過程における浸透量が表面流の水深に依存することが明らかにされた。このことから、斜面からの表面流出量を求めるには、有効降雨から小さいスケールで求められる浸透能を差し引くだけでは不十分であり、表面流の流下過程の重要性が示された。
5. 土壌撥水性と表面流のスケール効果を考慮した表面流・浸透モデルを構築した。ここで提示されたモデルを用いることによって、相互関係を持つ表面流出と土壌内の水移動を同時に求めることが可能になった。

以上のように本論文は、土壌撥水性を示す斜面における表面流・雨水浸透過程を水文学的な方法によって明らかにしたもので、森林科学、山地保全学、森林水文学、水資源工学に寄与するところが多い。

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19年2月9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。