

氏名	藤 本 将 光
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	農博第1683号
学位授与の日付	平成20年3月24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	農学研究科地域環境科学専攻
学位論文題目	Effects of hillslope topography and bedrock groundwater dynamics on runoff generation in forested headwater catchments (斜面地形および岩盤地下水の動態が森林流域における流出機構に及ぼす影響)
論文調査委員	(主査) 教授 谷 誠 教授 小崎 隆 教授 水山高久

論文内容の要旨

山地森林流域における降雨流出過程には、土層内の水の移動過程が重要な役割を担っており、それは斜面の地形的特徴に支配されることが指摘されている。また近年、基底流出時には、基岩内を通過する水(岩盤地下水)の寄与が大きいことがわかってきた。しかし、降雨流出過程に及ぼす地形的要因の影響や基岩内での水移動過程の実態については、観測に基づく知見が少なく不確実な点が多い。そこで本研究では、風化花崗岩山地流域における水量・水質の総合的な観測をおこなって、これらの過程の流出機構における役割を検討した。

第2章では、山地斜面を構成する基本的な地形単位である谷頭部斜面と谷壁斜面において詳細な水文観測を行って、斜面の地形形状が洪水時の流出応答に及ぼす影響について検討した。その結果、降雨の規模によって、これらの斜面が異なる流出応答を示すことがわかった。また流出成分分離のための水質解析によって、小規模降雨では谷壁斜面の末端部のみから流出が生じるが、中規模降雨では谷頭部斜面で土壌内の一時的地下水の流出が生じ始め、さらに、大規模降雨になると土壌内の一時的地下水の流出が谷壁斜面でも生じるという、降雨規模拡大に伴う流出寄与域拡大が斜面形状によって異なる実態が明らかになった。これにより、斜面形状による流出応答の差異は、斜面末端における土壌の貯留容量の違いと3次元的な集水性の差に基づくものと説明された。

第3章では、谷頭部斜面、谷壁斜面、およびそれらを含み、入れ子状に設置された谷次数2次、3次、5次の3つの小流域における観測結果から、異なる地形的特徴をもった谷頭部斜面、谷壁斜面が、空間スケールの異なる小流域の降雨流出応答に及ぼす影響について検討した。その結果、3つの小流域の降雨流出応答は大きな差がなく、流域の降雨流出応答における空間代表性は最小の2次流域において備えられていること、また、小規模降雨時は、小流域の流出応答に対して谷壁斜面の寄与が卓越するが、降雨の規模の拡大に伴って谷頭部斜面の寄与が大きくなっていくことが明らかになった。これらのことから、小流域の降雨時における流出応答が谷頭部斜面と谷壁斜面の流出の合成によって説明されるが、このような性質は2次谷流域よりも大きい空間スケールで一般的にみられることが示唆された。

第4章では、谷壁斜面において、基岩内まで掘削したボーリング孔における地下水の水位・水質等の長期観測を加え、岩盤地下水の動態および流出に対する影響を検討した。その結果、斜面からの基底流出量やその水質の時間変動が岩盤地下水とよく対応し、基底流出に対する岩盤地下水の寄与が大きいことが示された。また、水質や地温・水温の比較による流動経路の推定、安定同位体比の分析による水の平均滞留時間の推定などによって、降雨にともなう岩盤地下水の比較的速やかな水位変動が圧力伝播に基づく押し出し流によって生じていること、そのため大規模な降雨時に土壌水が基岩に押し出され、そこでの長い滞留時間を要する水移動によって、地下水水質の長期にわたる変動がもたらされることが明らかになった。このことから、流域流出応答・水質形成の評価において、岩盤地下水の変動が大きな役割を持つことが示唆された。

論文審査の結果の要旨

溪流の水量や水質は流域の諸条件の影響を受けて変動する。その影響を予測することは、森林を含む流域管理における最重要課題である。しかし、雨水の流出機構は、地質・地形・土壌・風化基岩などの影響を複雑に受け、これらを評価できる予測モデルは提案されるに至っていない。本研究は、風化花崗岩地質における地形形状の異なる2つの斜面や入れ子状に配置した3つの小流域において水量・水質の観測を展開し、斜面地形の違いや岩盤での地下水動態の雨水流出に及ぼす影響について新しい知見を得ようとしたものであり、評価できる点は以下のとおりである。

1. 斜面形状が雨水流出に及ぼす影響に関しては、斜面上の流出経路が互いに平行である谷壁斜面、経路が凹地に集中する谷頭部斜面の相違が特に注目される。そこで、両斜面での観測に基づいて洪水流出生起過程を比較し、降雨規模の増大にともなう洪水流発生域の拡大が地形形状によって異なっていることを明らかにした。こうした地形形状の影響解析はこれまでモデルを用いて行われてきたのみであって、観測によって実態を明らかにした新しい成果として評価できる。

2. 流域は空間スケールの異なる小流域から構成され、その小流域は斜面や河道によって成り立っている。本研究で行った観測により、谷次数スケールで2次谷として表現されるきわめて小さい流域の洪水流出特性がより空間スケールの大きい流域の特性を代表できること、また、この小流域の洪水流出特性が、地形形状の異なる谷壁斜面と谷頭部斜面の特性の合成によって説明できることが明らかになった。この結果は、風化花崗岩地質を均質に持つ山地におけるものではあるが、洪水流出特性に及ぼす空間スケールの影響を考察する上での重要情報を与えるものである。

3. 土壌水に比べて岩盤地下水の動態については、調査が困難なため不明点が多い。本研究では、岩盤地下水の水位・水質変動、土壌水の水質、地温・水温、水の同位体比などの長期観測を実施し、種々の情報が提供された。そのうち、降雨に対する水位変動が比較的早い一方、水の移動速度はきわめて遅いという観測結果は、押し出し流にともなう現象として一般的なものではあるが、大規模な降雨時に土壌水が風化基岩に押し出され、地下水質を数ヶ月にわたって変化させる実態が示されたことは注目に値する。これまで基岩内の水質形成過程はほとんど不明であったが、ここで得られた結果は、土壌水の鉛直下方への移動と基岩内の斜面方向への移動の両方が重要であることを示唆しており、今後の水質形成研究の基礎情報になるものである。

以上のように、本研究は、山地森林流域における降雨流出応答過程や水質形成過程に対する新しい見解を提供するものであり、森林水文学の発展に寄与するほか、山地河川の流出量・水質の変動予測をめざす河川水文学のモデル開発研究に対しても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20年2月7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。