

京都大学	博士（農学）	氏名	釣田竜也
論文題目	森林土壌中での水フラックス計測に基づく森林斜面における土壌水の移動特性の解明		
（論文内容の要旨） 本研究は、野外の森林土壌中を不飽和浸透する水のフラックスを、ポーラスプレートを用いて土壌水を直接集める手法と地下水の基礎式に基づいて推定する手法を併用して実施し、森林斜面における土壌水の貯留・移動特性を明らかにしたものである。 まず第1章においては、野外の森林土壌中における水フラックスの時空間分布の実態把握が測定の困難性のために遅れていること、Buckingham-Darcy 則が、空間的に不均質でかつ選択的なバイパス流が存在する野外の森林土壌に対して有効であるかが明らかになっていないことを述べ、本研究の目的が、Buckingham-Darcy 則によるフラックス推定法（BDE 法）の適用性を野外計測に基づいて確認・検証することにより、森林土壌の流量調節機能評価を前進させるところにあることを説明した。 第2章では、研究を行った桂試験地および試験斜面の特徴を記述した。試験斜面の平均土層厚は 3.3 m でかなり厚く、また土壌も火山灰由来の容積重が小さく軟らかい特徴を持っていた。したがって、土壌中では不飽和浸透が卓越すると推察された。 第3章では、吸引圧を観測地点の値に基づいて調整して土壌水の移動量を測定する手法であるポーラスプレート・テンションライシメータ法（PPTL 法）を試験斜面に適用した。PPTL 法で測定された下層土壌内 90 cm の深さでの鉛直浸透量の年間総量は、斜面の中部地点と下部地点では、年流出水量とほぼ等しく、鉛直浸透を仮定した場合に、根系以深を通過して流出に寄与する水フラックスの年間総量として妥当であると考えられたが、斜面の上部地点の年間浸透量は、渓流水の年流出水量より少ないため、選択的なバイパス流もしくは不飽和側方流などが存在する可能性が推察された。 第4章では、BDE 法で算出された長期間の土壌中の鉛直水フラックスを、PPTL 法の結果や対象流域の降水量・流出水量との比較により検証した。試験斜面の上部地点と下部地点の下層土壌（深さ 90 cm）に BDE 法を適用した結果、算出された土壌水の年フラックスの総量は年流出水量の約 80%、また、下部地点では年流出水量と年降水量の間の値であった。このことから、蒸発散で消費されたもの以外はほぼ鉛直に浸透していること、各地点の深さ 90 cm における土壌水のフラックスが BDE 法によって妥当な精度で測定できることが示された。また、この結果は、PPTL 法により直接水を集めて測定した土壌水の浸透量の結果ともおおむね一致しており、異なる斜面位置の特徴を反映した土壌水の年フラックスの総量として妥当であると考えられた。さらに、土壌の透水性の斜面位置での違いを考慮しないと、推定値に 2～3 オーダーの誤差が生じることを示し、土壌の透水性の空間的不均一性に対応してマトリックスポテンシャルや土壌水分量が時空間的に変動しており、両者が対になって Buckingham-Darcy 則に従って土壌水のフラックスが説明されることを実証的に明らかにした。 第5章では、降雨イベント毎のフラックス変動を評価した。斜面の上部地点、下部地点とも、降雨規模が大きいほど、また先行降雨量が多いほど、土壌水のピークフラックスが大きく下層への到達が早い傾向が認められ、野外の観測結果が数値モデルに基づく従来の理解と整合的であることが示された。さらに、土壌層における降雨時の水収支的解析の結果、上部地点では、夏期の土壌乾燥期の降雨イベント時に土壌中の水移動に占める選択的なバイパス流の寄与が増大し、バイパス流が樹冠通過雨量の 9 割を占める場合もみられるが、春期や秋期の他の多くの降雨イベントにおいては Buckingham-Darcy 則に従う鉛直下方へのマトリックス流が土壌中の水移動で支配的であることが明らかにされた。また、斜面下部地点では、年間を通じてマトリックス流が土壌中の水移動の主体であり、鉛直下方のみでなく斜面下方への移動も恒常的に存在していると考えられた。			

以上のように本研究により、土壌が空間的に不均一と考えられる森林土壌においても、観測地点ごとの土壌の透水性の違い、土壌のマトリックポテンシャルと含水率の時間変動の違いを把握すれば、**Buckingham-Darcy** 則によって野外土壌中の不飽和水フラックスが適切に評価できること、土壌層の水収支的解析から、時空間的に限定して発生している選択的な水移動の存在が示唆されることが明らかになった。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 words で作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

空間的な不均質性が著しい山地森林斜面において土壌の洪水・渇水緩和機能を評価するには、均質な土壌における水移動の法則性がどの程度適用できるのか、適用できない場合にどのように扱えばよいかを検討する必要がある。本研究は、土壌水を直接集める PPTL 法と Buckingham-Darcy 式に基づく手法 (BDE 法) を用いて詳細な土壌水移動の長期観測を行って、BDE 法の適合性やバイパス流発生条件などを調べたものである。評価すべき点は以下のようにまとめられる。

1) PPTL 法によって水フラックスの年間総量を把握でき、斜面方向の流れを一部含むが、土壌内で鉛直浸透流が卓越している結果が得られた。

2) 土壌水フラックスの年間総量について、BDE 法によって評価した値が、PPTL 法で評価した値とほぼ一致したことにより、BDE 法は、鉛直方向の土壌水フラックスを評価するために有効な手法であることが示された。

3) 土壌内における透水性の不均質性は非常に大きく、土壌水フラックスはこれにしたがって 2~3 オーダー程度の敏感な変動をするため、透水性の実測が土壌水フラックス推定において、特に重要であることが明らかになった。

4) 降雨イベント毎の土壌水フラックスは、降雨規模や先行降雨によって大きくなり、数値モデルで予想される傾向が実証された。

5) 土壌層における水収支を検討した結果、Buckingham -Darcy 則に従うマトリックス流が支配的であり、鉛直方向だけではなく降雨時には斜面方向にも発生すること、斜面側方流で選択的なバイパス流が卓越するのは、斜面上部で、かつ乾燥期の降雨イベント時に限られることが明らかにされた。

以上のように本研究により、空間的不均質性の大きい森林土壌においても、地点ごとのマトリックスポテンシャルや透水性を詳細な計測で把握することにより、Buckingham-Darcy 則による評価が可能であることを実証したものであり、森林水文学・森林土壌学の発展に寄与し、森林土壌の流量調節機能の評価に貢献するものである。

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 23 年 2 月 10 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。

注)Web での即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降