

(第5号様式)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	YADANAR ZAW
審査委員	主査 大上 博基 副査 都築 勇人 副査 森 牧人 副査 佐藤 嘉展 副査 荒木 卓哉

論文名

Throughfall and stemflow by rainfall and fog under different tree characters in a montane forest of Popa Mountain Park, Central Myanmar

(中部ミャンマー・ポップア山林における異なる樹種を対象とした降雨と霧による林冠通過雨量と樹幹流に関する研究)

審査結果の要旨

中部ミャンマーにはステップ気候 (BSh) に属する地域があり、年間降水量が 600mm に満たない年もあるため、ポップア山林は地域の貴重な水源林として国によって保護されている。しかし現地で水源林に関する学術的な調査は行われたことがなく、科学的な根拠に基づく森林保護政策が不十分な現状にある。森林の水源としての役割を水収支の観点で評価する場合、降雨のうち地表に到達する通過雨量と樹幹流の割合は重要な検討課題である。そこで本研究では、異なる群落の形状または樹木の特性を対象に、一連降雨における総降雨量と通過雨量または樹幹流の関係を明らかにすること、群落の形状または樹木の特性と降雨量に対する通過雨量または樹幹流の割合の関係を明らかにすることを主な目的とした。ポップア山林地での調査は雨季の6月末から10月末まで実施され、樹木のない開けた場所の降水量 (P_g)、群落の特性が異なる地点における通過雨量 (TF) を25カ所 (うち3カ所は転倒樹雨量計を使用) で、樹種および物理的特性の異なる9本の樹木 (うち3本に転倒樹雨量計を使用) の樹幹流 (SF) を測定した。SFは樹冠投影面積あたりの水高 (mm) に換算した。測定対象とした地点の群落形状と樹木の特性項目は、胸高直径、樹高、樹冠投影面積、開空率、樹形、葉面積指数、樹幹の粗さレベルである。

本研究の主な成果は、群落の形状と樹木の特性によって、降雨に対する通過雨量と樹幹流の分配率が異なることを実証したこと、降雨に起因するだけでなく霧による林冠通過雨量と樹幹流が無視できないことを明らかにしたこと、霧に起因する林冠通過雨量と樹幹流への分配率と群落形状または樹木の特質の関係は、降雨に起因する分配率と群落形状または樹木の特性の関係と異なることを示し、その理由を合理的に説明したこと、樹幹流への分配率が高い樹種の根元では土壌水分が高く保持されたことを示し水源涵養の効果が高いことを実証したことである。

以下、論文を構成するテーマごとにその内容と評価できる点を整理し、審査結果を記述する。

(1) 一連降雨における総降雨量の通過雨量、樹幹流、遮断雨量への分配

実験サイトにおける P_g , TF, SF の測定結果から、降雨が地表面に到達する過程における水収支を明ら

かにした。雨季の 113 日間において 29 回の一連降雨が発生し、総降雨量 753.6mm が観測された。全期間において、Pg の TF および SF への分配率はそれぞれ 58.7% (442.3 mm), 18.9% (142.4 mm)であり、遮断雨量（遮断蒸発などによる損失）は 22.4% (168.8 mm)であった。他の森林における研究結果と比較すると、本実験地では遮断への分配率が低いことが特徴的で、現状で水源林としての機能が比較的高いと評価できた。また、他の森林と比較して TF への分配率がやや低かったが SF への分配率が高いことも特徴的であった。これは(2)で検討した樹木の特質によると考察した。以上のように、当該森林における降雨が地表面に到達する過程の実情を明らかにした。

(2) 群落の形状と樹木の特性の違いが降雨と霧による林冠通過雨水量と樹幹流に及ぼす影響

Pg, TF, SF の経時変化から、無降雨の時間帯に TF と SF が頻繁に観測された。現場における目視観測と気象データから、それはほぼ確実に霧が原因であることがわかった。そこで、降雨に起因する TF と SF の割合 (TF_{rain}/Pg および SF_{rain}/Pg)、全 TF および SF に占める TF_{rain} および SF_{rain} の割合 (TF_{rain}/TF_{all} および SF_{rain}/SF_{all})、全 TF および SF に占める霧に起因する TF と SF の割合 (TF_{fog}/TF_{all} および SF_{fog}/SF_{all}) を計算し、群落の形状と樹木の特性の違いがそれらの割合に及ぼす影響を解析した。まず、観測した全期間で TF_{fog}/TF_{all} が 15.2 – 27.2%, SF_{fog}/SF_{all} が 22.2 – 39.5%であり、霧が TF と SF に及ぼす影響は無視できないことが明らかになった。次に TF に関して、疎な群落で小 LAI の群落グループ A は、密な群落で大 LAI の群落グループ B よりも降雨に起因する TF を多く発生する (TF_{rain}/Pg と TF_{rain}/TF_{all} が高い) が、霧に起因する TF は少ない (TF_{fog}/TF_{all} が低い) ことがわかった。また SF に関して、樹冠投影面積が小さく背が低く樹皮が滑らかなグループ I の樹木は、樹冠投影面積が大きく背が高く樹皮が粗いグループ II の樹木よりも、降雨に起因する SF を多く発生する (SF_{rain}/Pg と SF_{rain}/SF_{all} が高い) が、霧に起因する SF は少ない (SF_{fog}/SF_{all} が低い) ことがわかった。これらの群落形状と樹木特性の違いが各割合に及ぼす影響は、合理的に説明された。以上の結果から、降雨と霧の両方による TF_{all} はグループ B の方が A より大きく、 SF_{all} はグループ I の方が II より大きいことがわかった。(1)および(2)の研究成果は、霧が頻繁に発生する当該山林地において、より多くの TF と SF を地表面に到達させるための森林整備に向け、科学的で有益性の高い知見であると評価できる。

(3) Funneling ratio と樹幹流の関係および土壌中への水分供給に及ぼす樹幹流の効果

樹種および物理的特性の異なる 9 本の樹木について、降雨に起因する SF の多寡を Funneling ratio ($FR = SF_{rain}(\text{体積}) / \text{幹の胸高断面積当たりの } Pg(\text{体積})$)で検討した。調査期間を通しての FR は 3.6 – 22.5 であり、他の研究結果とほぼ同等であった。FR の高い樹木は降雨を樹幹流として捕捉する効果が高い。樹木の特性を解析した結果、FR の高い樹木は、樹高が低く胸高直径が小さく樹幹が滑らかで直立した樹形であり、(2)の研究成果を支持するとともに一部の知見を加えることができた。一方、樹木の根元付近と樹木のない開けた場所で土壌水分を測定した結果、樹木の根元付近の土壌水分（深さ 15cm の平均が 21.7%）は開けた場所（深さ 15cm の平均が 9.0%）よりも有意に高かった。この結果から、樹幹流が土壌中への水分供給機能を有していることが実証された。以上の成果は、水源涵養の効果を高める森林整備計画に対して、(1)と(2)の研究成果の付加的な知見であると評価できる。

本論文は、ステップ気候にあるポッパ山林の水源としての役割を水収支の観点で評価した。また、降雨だけでなく霧が樹幹流を通じて地中へ水分供給されるプロセスも重要であり、降雨または霧に起因する水を地表へ供給する効果の高い森林群落の形状と樹木の特性を明らかにした。霧の効果に関する成果は新規的であると評価できる。本論文は、当該地域における持続的な水資源確保を目的とする森林管理に対し、通過雨量や樹幹流の割合が高い樹種を植林し群落構造を設計するなど、森林水文学の専門的立場から技術と情報を提供できる可能性があり、社会的に有益であり学術的に意義深いと評価できる。

本論文に関する公開審査会は、令和 5 年 8 月 5 日に香川大学農学部において開催され、学位論文発表と質疑応答が行われた。引き続き開催された学位論文審査委員会で本論文を慎重に審査した結果、審査委員全員一致して、本論文が博士（農学）の学位を授与するに値すると判定した。