

氏名(本籍)	はやし	あつし	林 敦 史 (埼玉県)		
学位の種類	博 士 (理 学)				
学位記番号	博 甲 第 6104 号				
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 23 日				
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当				
審査研究科	生命環境科学研究科				
学位論文題目	Effects of Vegetation Succession on Forest Water Balance at Single-Tree and Forest-Stand Scales (単木および林分スケールでみた植生遷移が林地の水収支に及ぼす影響)				
主 査	筑波大学准教授	博士(理学)	山 中	勤	
副 査	筑波大学教授	理学博士	杉 田	倫 明	
副 査	筑波大学教授	PhD	浅 沼	順	
副 査	筑波大学特命教授	理学博士	田 中	正	

論 文 の 内 容 の 要 旨

水資源管理の視点において、森林という土地被覆形態はその広大な面積と特有の水文学的特性から最も重要なものの一つと認識されている。気候変動や人間活動に伴う森林における植生遷移の可能性がこれまでに指摘されているが、それが林地の水収支に及ぼす影響については未解明な点が多い。林分全体の水収支変化のメカニズムを知るためには個々の種あるいは個体について単木スケールでの水収支を明らかにする必要があるが、樹木近傍における水フラックスの場は空間的に著しく不均一であり、そうした点を適切に考慮しなければ正確な水収支の評価は望めないためである。そこで本研究では、次の3点を研究目的とした。

- (1) 競合する樹種それぞれについて樹木近傍の水フラックス場の空間構造を明らかにすること。
- (2) 水フラックスの空間的不均質性を考慮して単木スケールでの水収支評価を行い、樹種によるそれらの差異を明らかにすること。
- (3) 植生遷移に伴う林分スケールでの水収支の変化とそのメカニズムを樹種毎の水収支特性を踏まえて明らかにすること。

研究対象として、筑波大学陸域環境研究センターのアカマツ・シラカシ混合林を選定した。当該林分は当初アカマツの単純林であったが、1980年代後半から二次遷移が始まり、現在ではシラカシが優占しつつある。こうした林内に試験プロットを設置し、雨量計・樹液流速計・テンシオメーター等のべ170台の測器を密に配置し、水収支各項(林外雨量・林内雨量・樹幹流量・蒸散量・土壌面蒸発量・土壌水分変化量・地下水涵養量)の連続観測を1年間実施した。その結果、シラカシの樹冠投影範囲では豊富な樹幹流によって集中的な地下水涵養が生じるのに対し、根系吸水に伴う上向き水分輸送は広範囲で生じていることが明らかとなった。一方、アカマツの樹冠投影範囲では逆に地下水涵養が広範囲でほぼ一様に生じるのに対し、根系吸水による上向き水分輸送は樹木直下の狭い領域で集中的に生じる傾向が見出された。単位樹冠投影面積における年間の水収支では、シラカシはアカマツと比較して樹幹流量が多く林内雨量は少ないものの、両者の和である正味林内雨に違いは認められなかった。ただし、シラカシは蒸散量が多いため、地下水涵養量はアカマツよりも少ないという結果が得られた。こうした傾向は日射量の多い暖候期に顕著であったが、日射量の

少ない寒候期には樹幹流によって駆動される集中的な涵養のためシラカシの涵養量が多くなる時期も存在した。

以上の観測結果を先行研究と比較することにより、植生遷移の進行と林分スケールの年間水収支との関係について次のような知見を得た。すなわち、遷移開始から中期までの間は遮断蒸発量が減少する一方で、樹幹流量・蒸散量は増加した。遷移後期には林内雨および蒸散量が減少したものの、遮断蒸発量は回復し、樹幹流量に変化はなかった。遷移中期における樹幹流の増加には、シラカシほか下層植生の個体数の増加と単木あたり流量の増加の双方が関与しており、その後変化がなかったのはシラカシ単木流量の増加と他の下層植生の個体数減少が相殺した結果と考えられた。遷移中期における蒸散量の増加はシラカシほか下層植生の個体数ならびに単木蒸散量の増加に起因しており、後期における減少はアカマツの個体数・単木蒸散量の減少と下層植生の個体数減少の影響がシラカシ個体数および単木蒸散量の増加を上回ったためと推察された。このように水収支各項の変化は個体数と個体あたり流量の双方の変化によって複雑な様相を呈したが、林外雨量に対する地下水涵養量の割合は3つの遷移段階を通じてほぼ一定であるという結果が得られた。このような観測事実は、林分スケールの総蒸発散量（=蒸散量+土壌面蒸発量+遮断蒸発量）に対する気候的（すなわち入射エネルギー量による）制約が非常に強いことを示唆しており、今後さらなる植生遷移の進行によって水収支各項の配分が変化したとしても、地下水涵養量の恒常性は維持されるものと予測される。

審 査 の 結 果 の 要 旨

1986年に開催された国際科学会議（ICSU）第21回総会において地球圏-生物圏国際協同研究計画（IGBP）の実施が決定され、最重要課題の一つとして『陸域生物圏が水循環に果たす役割の解明』が掲げられた。本研究の対象である植生遷移によって引き起こされる森林水収支の変化は、そのような課題の中でも中心的なものの一つに位置づけられるが、野外観測によってこれを実証的に明らかにすることは容易ではない。その第一の要因は森林の内部構造の不均質性を適切に考慮する方法論が確立されていないことであり、第二の要因はそうした変化を検出するためには10年以上にわたる長期的モニタリングが必要となる点である。本研究では、空間的に極めて密な観測網によって樹木周囲の水フラックスの不均質性を考慮しながら単木スケールの水収支評価を行うとともに、それを林分全体にスケールアップすることで第一の問題の克服を試みた。また、25年前および8年前の観測資料が残されている林分を試験地として選択し、比較可能な状態にデータを編集することで、第二の問題点を解消した。以上の工夫によって、樹幹流や根系吸水の空間構造がアカマツとシラカシで顕著に異なることを見出し、また林分スケールの水収支の変化を樹種構成・個体数の変化と加齢・競合による個体レベルの変化から説明することに成功した。このような研究は世界的にも前例がほとんどなく、得られた知見は極めてオリジナリティの高い研究成果と言える。また特に、本研究で見出された地下水涵養量のホメオスタティックな振る舞いは、近年著しい発展を遂げつつある生態水文学に新たな一石を投じるものと言える。これらの知見は、気候変動・人間活動の影響下で水資源を適切に管理し、かつ森林の生物多様性を保全する実務的観点からも重要性が高い。

平成24年1月16日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。