

審査の結果の要旨

氏名 清水 貴範

本研究は、山地に生育する森林を対象に、渦相関法による水蒸気交換量の観測および解析方法に由来する誤差を定量的に評価し、その結果をわが国の森林小流域での長期観測データに適用するとともに、観測手法間の比較を通じて、森林の蒸発散量推定の高精度化を行うものである。

第1章では、渦相関法が森林の蒸発散量観測に広く用いられてきた経緯とともに、その測定原理とデータ解析上の問題点を整理し、他の観測手法との比較の意義について述べている。渦相関法での水蒸気フラックスの測定に用いられる超音波風速温度計 (SAT) と赤外線式ガスアナライザー (IRGA) の測定値について機器特性に由来する補正の必要性和、複雑地形地で渦相関法を適用する際の地表面-大気間の乱流輸送方向を規定するための座標変換法の課題を示した。また、渦相関法の他に「流域水収支法」、および、「遮断蒸発量・林床付近からの蒸発散量と樹液流速測定に基づく蒸散量の和による積上げ法」の三手法による蒸発散量の同時比較は世界で実例が無く、これを課題とする。

第2章では、具体的に検討対象となる観測地と、観測システム全般について詳述した。観測地である鹿北流域試験地 (北緯 33 度 8 分, 東経 130 度 43 分) は、複雑地形の山地に存する暖温帯のスギ・ヒノキ林小流域である。

第3章では、渦相関法の観測機器・システムに内在している誤差について、詳細に検討を行い、補正方法を確立した。まず、風洞実験により SAT の機器自体が風速を乱す現象を評価し、センサーによる風の遮蔽が風速誤差の最大の要因であること、風速が小さい時ほど風速の減衰割合が大きくなることを確認した。この事象を組み込んだ風速補正式により、風速 1ms^{-1} での最大の補正量は、旧来の研究結果による算出値よりも 7.6% 大きくなる。次に、クローズドパス型 IRGA に採取ガスを導流する際に生じる信号減衰について、二酸化炭素濃度ではチューブ内の流量が変動した場合でも、既存の補正式の組み合わせによって十分補正可能であるが、水蒸気濃度はガス採取時の水蒸気圧が飽和水蒸気圧に近いほど、ガス採取から濃度変動検知までの時間が、二酸化炭素濃度に対して大きく遅れる。水蒸気変動量と、信号減衰が小さい SAT の温度変動量とのコスベ

クトル比を算出し、チューブ内の流れに依存する信号減衰の定式化を行った。ガス濃度検知までの遅れ時間の変動を考慮して算出した水蒸気フラックス値は、これを考慮しない場合に比べて、平均で 20%以上の差異が生じることが判明した。

第4章では、複雑地形地で渦相関法を適用する際に必要となる、地表面－大気間の乱流輸送方向を規定するための座標変換法について検討した。「ダブル・ローテーション (DR) 法」、「プラナーフィット (PF) 法」、「セクターワイズ・プラナーフィット (SPF) 法」他、新規に考案した方法を含め計7種類の座標変換法を比較した。近年、複雑地形地で最も合理的な座標変換法と考えられている SPF 法は厳密なデータ品質管理後でも、熱フラックスを 5%程度過小評価した。一方、水・熱輸送量の小さい夜間では、SPF 法が最も誤差が小さい。観測地では、日中は SPF 法以外の方法の適用が望ましく、夜間は SPF 法の適用が推奨できると結論づけた。この結果は、今後も増え続けると考えられる複雑地形地の渦相関法観測地点での、データ解析指針となる。

第5章では、上記の検討結果を渦相関法でのデータ解析に反映して蒸発散量を算出し、水収支法および積上げ法による蒸発散量との詳細な比較を行った。水収支法による年蒸発散量 897.5mm、植生が異なる右岸と左岸とに分割して評価した渦相関法による蒸発散量は 2007 年で 839.9mm、2008 年で 811.8mm となった。右岸の日中の蒸発散量は 2007 年 4 月～2008 年 3 月で 894.7mm となり、積上げ法によるスギ林分の蒸発散量 911.4mm に匹敵する値となった。渦相関法で得られた年蒸発散量は熱収支インバランスの補正によって良い推定値となること、小流域からの系外への流出は降雨量の 3%程度と見積もられること、および、渦相関法の値は風向ごとの蒸発散量推定にも適用できることが示された。週および月ごとの蒸発散量を渦相関法と積上げ法とで比較すると大きな量の降雨後では、ほぼ必ず積上げ法の値の方が大きい。一方、無降雨日の蒸発散量は、渦相関法の値が大きい場合が多い。この不一致は、降雨中～降雨直後以外の時間帯での遮断蒸発の発生、もしくは、湿潤時での渦相関法の測定精度の低下のいずれか（あるいは両方）に依るものと推定された。第6章では、上記の結果を総括している。

これらの研究成果は、学術上応用上寄与するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。