

論文審査の結果の要旨

氏名 魏 忠旺

陸面からの蒸発散フラックスのうち、植生を経由する蒸散量と土壌からの蒸発量の割合がどれくらいかということは、地球水循環の全体像を理解するうえの基本的な事項であるにもかかわらず未だ十分理解されているとは言えず、ここ数年で活発な議論が行われている最中である。このような背景のもと、魏忠旺氏は、博士論文「Study on Atmospheric and Terrestrial Water Circulation Processes Using Stable Water Isotopes (水の安定同位体比情報を利用した大気と陸面の水循環過程の解明に関する研究)」において、つくば市真瀬における試験水田において水蒸気・降水・表層水の安定同位体比の観測を3年にわたって行い、水蒸気同位体比がどのような要因によって変動するのか、蒸発散フラックスにおける蒸散の寄与がどれくらいでどのように変化するのかを分析し、さらに、その手法を全球に適用して地球全域における蒸散寄与率を求める手法を提案した。

第1章では研究の背景と目的について述べられている。水の安定同位体の理論的な背景を説明したうえで、前述した蒸発散フラックスにおける蒸散寄与率を定量することの重要性と、過去の研究例に存在する問題点を指摘し、本論文の位置づけを示している。

第2章では、本論文に共通する手法についての詳細が述べられている。つくば市真瀬の試験水田にレーザー分光計及び周辺装置を設置し、稲穂直上の水蒸気を連続的に採取しその同位体比を数秒に1度の高頻度で測定するシステムを構築した。一方、気象データについては同じ観測サイトで気象観測を行っている協力者から提供を受けた。それらの高頻度データを用いて、蒸発散フラックスと蒸散・蒸発各フラックスの同位体比を推定し、蒸散フラックスの寄与率を求めた。

第3章では、観測から得られた水蒸気同位体比の変動要因と、大規模な大気中の水蒸気輸送過程との関係を分析している。真瀬上空における水蒸気へのローカルな地表面から寄与は年平均で $16.0 \pm 12.3\%$ 、夏平均で $20.5 \pm 12.9\%$ と推算され、大気中の大規模な水蒸気輸送過程が水蒸気同位体比変動の第一の要因であることを明らかにした。この値と季節変化の特徴は、色水追跡モデルからも追認された。

第4章では、本研究論文の一番の見どころである蒸発散分離に関する研究結果が述べられている。第2章で説明した手法を適用し、高頻度水蒸気同位体比データを分析すると、蒸散寄与率 (T/ET) が稲の成長と共に高まっていることが確認できた。しかし、葉面積指数 (LAI) と単調な比例関係にあるのではなく、 $T/ET = 0.67 * LAI^{0.25}$ と、稲の成長の初期段階で蒸散寄与率がより大きく変化するということが明らかとなった。共同研究者が測定した気象観測データを用いることで、渦相関法とボックスモデルによる独立の

手法で同じく T/ET を求めたところ、同様の値が得られ、本研究の手法の頑健性が示された。

第 5 章では、第 4 章で得られた植生の LAI と蒸散寄与率の関係性をヒントに、60 以上の文献をあたり、様々な手法で得られた蒸散寄与率と LAI との関係性を調べた。その結果、6 つの植生タイプにおける LAI と蒸散寄与率の関係を定量化した。その式を、植生の全球分布及び水収支式から求めた蒸発散分布に適用することで、蒸散寄与率の全球分布及び平均値を求めた。その結果は、50-60%であり、近年複数発表された同位体比を用いた研究による値よりはかなり小さく、一般的な地表面モデルによる推定値により近い値であった。全球蒸散寄与率の高い推定値の要因として、降水が葉面に一度貯留されたのち、そのまま蒸発する過程である遮断蒸発の過小評価を取り上げている。しかしながら本研究においても、遮断蒸発量に関する不確実性の大きさは変わっておらず、今後の課題としている。

第 6 章では本論文の結論として全体のまとめと今後の展望を示している。

このように、本論文は地球水循環における大気中の過程及び地表面での過程の重要性に着目し、その詳細を水同位体比を用いるというユニークな手法で定量的に解き明かしたという点において極めて重要な成果が得られた。このような研究成果は、自然環境の解明に役立つのみならず、気候変動問題やそれに対する社会の適応に対しても役立つことが期待され、水文学を含む地球システム科学の進展にも大きく貢献するものである。

なお、本論文第 3 章は、芳村圭・岡崎淳史・小野圭介・金元植・横井正治・C.T. Lai との共同研究であり、本論文第 4 章は、芳村圭・岡崎淳史・金元植・劉忠方・横井正治との共同研究であるが、論文提出者が主体となって観測・分析・考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1988 字