

氏 名	田 中 広 樹
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1040 号
学位授与の日付	平成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	農 学 研 究 科 地 域 環 境 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	森林におけるCO ₂ およびH ₂ O 移動現象に関する研究

(主査)

論文調査委員 教授 武田博清 教授 櫻谷哲夫 教授 水山高久

論 文 内 容 の 要 旨

森林における様々な物質移動過程に関する諸現象は、現在、森林水文学や接地気層の気象学の分野において世界的に関心もたれており、地球規模での気候変動など、環境問題を明らかにするという点からも重要視されている。このうち、本研究では森林におけるCO₂とH₂Oの移動過程について取り扱った。

森林におけるCO₂およびH₂Oの移動過程の物理的・生理的メカニズムを明らかにし、移動速度が環境条件でどのように変動するのかを定量化することを目的とした。そのため、様々な環境条件下においてCO₂およびH₂Oの移動速度を測定し、環境条件から移動速度を推定するモデルを構築した。モデルを用いて移動過程をコントロールする物理的・生理的要因を定量的に評価し、移動速度の環境要因への応答特性を解析した。

亜熱帯常緑広葉樹林を対象とした降雨一流出応答特性の解析では、対象とした森林流域における降雨および流出を長期に渡って観測した。その結果、対象森林流域では比較的緩やかな流出の通減を持ち、年間の流出率がおおよそ50%であることが観測された。また、流出特性を水循環モデルを用いて定量化することによって、対象とした森林流域の持つ大きな水貯留能が数値的に評価された。さらに、モデルを用いた他の流域との比較考察を行うことにより、対象となった森林流域の流出応答特性が明らかとなった。これらのことから、水循環モデルによって森林における土壌－溪流間のH₂O移動過程が表現され、森林土壌におけるH₂Oの貯留量および移動速度が数値化されることが示された。同時に、森林－大気間のH₂O移動過程におけるメカニズムの解明と、それを表現する数値モデルの必要性が示された。

森林における森林－大気間のH₂O移動過程の重要性とともに、森林－大気間におけるH₂O移動とCO₂移動の連動性を考慮し、暖温帯常緑針葉樹林を対象とした森林－大気間のCO₂およびH₂O移動速度の測定を行い、測定結果を用いて、森林－大気間のCO₂およびH₂O移動過程のモデル化を行った。構築されたモデルを用いて、対象とした森林における純放射量・日射量・風速・気温・大気水蒸気圧・大気CO₂濃度の6つの環境要素から森林－大気間のCO₂およびH₂O移動速度の年間を通じた経時変化を算出する数値実験が行われた。計算結果を用いて、森林群落における炭素固定量および蒸散量の季節変化および年間収支を見積もった。その結果、炭素固定のピークは春期に見られ、夏季には呼吸による分解量が固定を上回ることが示唆され、年間の炭素固定量はおおよそ2.4tCha⁻¹と見積もられた。また、蒸散量については、春期および夏期においてほぼ一定となり、11月に最低となる季節変化が見られ、年間の蒸散量はおおよそ282mmと見積もられた。

さらに、森林－大気間のCO₂およびH₂O移動速度の環境応答特性の季節変化を考慮するため、亜寒帯落葉針葉樹林群落を対象として同様の観測を比較的長期に連続して行った。その結果、ほぼ年間の収支を表すと考えられる5月中旬から8月末までの炭素固定量と蒸散量はそれぞれ2.1tCha⁻¹と153mmと計算された。また、観測された森林－大気間のCO₂およびH₂O移動速度は開葉期に移動速度が大きく変化し、移動速度の環境応答特性が開葉によって大きく変化したものと考えられた。また、夏期から秋期においても緩やかに変化が見られ、環境応答特性の緩やかな変化が推察された。これらの季節毎の観測値からモデル中のパラメータの最適化を行い、環境応答特性の季節変化を定量化した。その結果、これらのパラメータの変

化は、開葉による葉面積の増加、開葉後の葉の成熟および老化に対応しており、森林の光合成および蒸散に関する物理的・生理的な特性の季節変化を反映していることが示された。

以上の研究によって、森林における植物-大気間の CO_2 および H_2O 移動と土壌-溪流間の H_2O 移動過程がモデルによって表現され、移動速度の環境応答特性を明らかにすることが出来た。残された素過程における移動過程のメカニズムの解明とモデルによる定量化が今後の課題として残された。

論文審査の結果の要旨

森林における水循環・物質循環を定量的に把握する上で、群落樹冠と大気との間の水蒸気・二酸化炭素の交換量を正確に測定することは重要な課題の一つである。また、近年大気中の二酸化炭素濃度上昇と気候変動の関係が学術的にも社会的にも注目され、森林がもつ二酸化炭素の吸収能の評価が緊急の課題となっている。特に微気象学的な直接測定を二酸化炭素の交換量把握に適用する研究は、従来からの森林の現存量調査に基づく炭素固定量の推定よりも時間分解能が高く、最近世界各地で観測データの蓄積が始められたところである。本論文は観測例の希少な東アジアの3つのサイト（シベリア・亜寒帯タイガ林、日本・暖温帯針葉樹林、中国・亜熱帯照葉樹林）で観測を行い、交換量に影響する気象・水文環境の諸要因を明らかにしている。特に、光合成の生化学過程をサブモデルとするビッグリーフモデルを構築し、植生側のフェノロジカルなふるまいにともなう、群落としての交換量がどのように変動するかを、これまでにない高い時間分解能で検討している。本論文において、特に評価すべきは以下の2点である。

1) 湿潤暖温帯に位置するヒノキ林において、乱流変動法を中心とする二酸化炭素・水蒸気のフラックス観測を実施し、種々の季節におけるガス交換量を、気象要素とともに高精度で直接測定した。この観測結果は、暖温帯の針葉樹林では、呼吸量の小さい冬期に顕著な CO_2 の吸収があることを示す貴重なデータである。また、この観測結果を用いてビッグリーフモデルを構築し、年間の蒸発散量と二酸化炭素吸収量を、時間単位の推定値の積算量として推定した。この値は立木の毎木調査による成長量から算定した炭素固定量と一致した。このモデルにより、炭素固定量推定の時間分解能が飛躍的に向上し、季節変化はもとより、時々刻々変化する気象要素に対する群落のレスポンスが考察可能となった。

2) 同様の二酸化炭素・水蒸気フラックスの観測をシベリア、亜寒帯落葉針葉樹林において実施した。この観測結果に上記モデルを適用し、開葉期の群落のフェノロジカルな変化を、光合成生化学サブモデルのパラメータの変化として抽出、定量化した。この結果、開葉の前後で起こるガス交換量の変動を放射量、気温などの環境要因に対する群落の反応と関連付けて解釈することが可能となった。従来の気候モデルの地表面過程として開発されている植生のビッグリーフモデルでは、ここで考慮しているような精緻な光合成生化学モデルは取り入れておらず、 CO_2 に関し大気-群落間の相互作用を解析するために十分な機能を持っていなかった。本論文で、検証データとともに提示されたモデルは、今後、広域の炭素循環を求める有力なツールとなりうるものである。

以上のように本論文は、森林群落における二酸化炭素と水蒸気の交換過程を精緻な観測とそのモデル化によって、環境要因との相互関係を明らかにしており、森林水文学、物質循環論の分野に寄与するところが大きい。

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11年2月12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。