

氏名	おおくぼ しんじろう 大久保 晋治郎
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	農博第1682号
学位授与の日付	平成20年3月24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	Evaluation of CO ₂ exchange between forests and the atmosphere based on analyses of the storage and mass flow components (貯留項および移流項の解析に基づく森林-大気間のCO ₂ 交換に関する評価)
論文調査委員	(主査) 教授 谷 誠 教授 武田博清 教授 川島茂人

論文内容の要旨

森林-大気間のCO₂交換量をより正確に評価するためには、樹冠上の観測で捉えられる乱流変動フラックスの他に、貯留および移流の各フラックス要素の寄与を評価する必要がある。貯留フラックスは樹高の高い森林においてCO₂交換への寄与率が高いとされているものの研究例は十分ではなく、系統的には説明されていない。また、大気が安定な夜間においては移流フラックスのCO₂交換への寄与が大きくなり、それによるCO₂放出の過小評価が森林の炭素固定機能評価において大きな問題になっている。本研究では、温帯ヒノキ林および熱帯雨林の貯留フラックスについて長期観測に基づく詳細な評価を行うとともに、ヒノキ林においてはチャンパー観測によって生態系呼吸量を推定し、夜間における移流フラックスの寄与を評価した。

第2章では、温帯ヒノキ林において林床から樹冠上までCO₂濃度、温度、湿度の空間分布観測を行い、CO₂、顕熱、潜熱の貯留フラックスを計算した。3年間の貯留フラックス日変化の平均値は、CO₂、顕熱、潜熱の順に、 $-1.3\sim 1.2\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、 $-9\sim 12\text{W m}^{-2}$ 、and $-2\sim 5\text{W m}^{-2}$ であった。また、CO₂貯留フラックスは、夏季に日変動が大きく、冬季に小さくなる季節変化が見られた。これは、光合成と呼吸によるCO₂のシンク・ソースの日変動の季節差が、顕熱・潜熱の場合に比べて大きいことによって生じると説明された。

第3章では、熱帯雨林において第2章と同様の観測を行い、CO₂、顕熱、潜熱の貯留フラックスを解析した。3年間の観測によって得られた貯留フラックス日変化の平均値は、CO₂、顕熱、潜熱の順に、 $-12.7\sim 3.2\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、 $-15\sim 27\text{W m}^{-2}$ 、 $-10\sim 20\text{W m}^{-2}$ であった。いずれの貯留フラックスの日変動幅も温帯ヒノキ林のそれらよりも大きく、とりわけCO₂貯留フラックスに関しては、負のピーク時に乱流フラックスに匹敵するほどの大きさを持つことが分かり、温帯ヒノキ林と比べてきわめて大きな違いがみられた。日中と夜間を比較すると、日中はいずれの貯留フラックスも空気の混合効率を表す摩擦速度が大きくなるほどゼロに近づく傾向があったが、夜間は生態系呼吸という大きなソースを持つCO₂貯留フラックスのみに、日中と同様の摩擦速度の影響がみられた。

第4章では、チャンパーで測定した夜間の生態系呼吸量を乱流フラックスと貯留フラックスの和と比較することにより、移流フラックスの寄与について検討した。その結果、空気混合効率が低下する条件下において乱流フラックスと貯留フラックスの和が生態系呼吸量を過小評価すること、摩擦速度が小さいほどその過小評価の程度が大きくなり、移流フラックスの寄与が大きくなることがわかった。観測を行った2年間の平均炭素固定量は、夜間のCO₂交換量を乱流・貯留量フラックスの和からチャンパーで測定した生態系呼吸量に置き換えることにより、 $799\text{ g C m}^{-2}\text{ year}^{-1}$ から $594\text{ g C m}^{-2}\text{ year}^{-1}$ に修正され、炭素固定量の見積もりが26%ほど減少した。一般に、夜間におけるCO₂放出量の過小評価の補正には、摩擦速度の閾値を観測地毎に決めて混合効率の低い期間の値を推定する手法が用いられているが、生態系呼吸量を独立して推定した本章の結果を基にして、その補正手法について検討した。その結果、当ヒノキ林における摩擦速度閾値の妥当性が確かめられた。

論文審査の結果の要旨

森林の炭素固定機能を評価するために、タワーを用いた樹冠上方におけるCO₂輸送量の観測が広く行われているが、その正確な把握のためには、測定高と地表面間のCO₂貯留量の変動に基づく貯留量フラックスを推定することが必要である。また、樹冠上方の観測で捉えることが困難である移流フラックスの寄与が空気混合効率の低下する夜間に大きくなって、結果的に生態系呼吸によるCO₂放出量を過小評価し、炭素固定量を過大評価してしまうことが大きな問題となっている。本研究は、CO₂濃度の鉛直分布や生態系呼吸の詳細な観測を行って、貯留フラックス、移流フラックスが森林-大気間のCO₂交換に及ぼす影響を評価しようとしたものであり、評価できる点は以下のとおりである。

1. 温帯ヒノキ林におけるCO₂濃度、温度、湿度の空間分布の長期観測を行って、CO₂、顕熱、潜熱の貯留フラックスの日変動の季節変化を検討した結果、各貯留フラックスの変動がそれぞれのシンクとソースの性格を反映したものであることが示された。

2. 熱帯雨林において貯留フラックスを解析したところ、日中は、CO₂、顕熱、潜熱の貯留フラックスすべてにおいて摩擦速度の大きい場合に減少する傾向が認められたが、夜間はでこの傾向はCO₂フラックスのみに認められた。また、熱帯雨林ではヒノキ林に比べてCO₂交換における貯留フラックスの寄与がきわめて大きいことがわかった。これにより、群落規模が大きく複雑な構造を持つ熱帯雨林におけるCO₂、顕熱、潜熱の貯留フラックスの特徴が見いだされた。

3. 空気の混合効率の低い期間のCO₂交換量は移流フラックスの寄与が大きく樹冠上の観測で捉えにくいとされ、一般に、混合効率の高い期間のデータから推定される。この推定では混合効率を表す摩擦速度の閾値を決めなければならないが、その決定根拠が乏しく、また、閾値の大小が炭素固定量に影響を及ぼすことが多い。そこで、チャンバーを用いて、ヒノキ林の土壌、幹、枝葉の呼吸量を乱流フラックス・貯留フラックスとは別に測定して、移流フラックスの寄与を議論した結果、当ヒノキ林における摩擦速度における妥当な閾値が求められた。

4. 森林-大気間のCO₂交換を正確に評価するためには、摩擦速度による補正では限界があり、本研究で用いた貯留変動や生態系呼吸の観測を基にした解析手法が有効であることが明らかになった。

以上のように、本研究は、貯留フラックスと移流フラックスの詳細な観測に基づいて森林の炭素固定機能の正確な評価に貢献したものであり、森林水文学と森林生態学の発展のみならず、陸域生態系が地球環境に及ぼす影響の予測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20年2月7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。