

公益信託 エスペック地球環境研究・技術資金

平成 18 年度 助成金研究報告書

森林における生態系（土壌・幹・葉）呼吸量の時空間変動評価に関する研究

大久保晋治郎

京都大学大学院 農学研究科 地域環境科学専攻 森林水文学研究室

1. はじめに

地球温暖化問題に関心が高まる中で、森林は主要な温室効果ガスである CO₂ の吸収源として期待されている。地球温暖化防止京都会議以降、各国が CO₂ をはじめとする温室効果ガスの具体的な排出量削減目標を掲げる中で、社会的にも森林の CO₂ 吸収量の正確な評価が必要とされている。森林の CO₂ 吸収量を評価する場合、生態系の光合成による CO₂ 吸収量と呼吸による CO₂ 放出量の差によって評価される。

森林生態系における CO₂ 交換量を求めるにあたり、現在世界的に広く普及している方法の 1 つとし乱流変動法があげられる。この方法は森林に観測タワーを建て、その樹冠上で風速と CO₂ 濃度の変化を非常に応答の速い(10Hz ほど)測器で計測し、それから森林と大気間の CO₂ 交換量(フラックス)を求める手法である。しかし、この方法は広域スケールの植生と大気の交換量を、植生上の 1 点で観測する手法であり、植生が水平一様で、大気と植生の間で空気がよく混ざることとを基本的測定条件としている。森林を含む現実の植生においては、多くの場合この条件を満たさないため、光合成吸収と呼吸放出の差として精度良く求める必要がある正味の CO₂ 交換量を十分評価できないという問題点を抱えている。

そこで本研究では樹冠上の観測では把握できない森林空間内の生態系呼吸量について明らかにするために、生態系呼吸量を土壌、幹、葉の 3 つのコンパートメントに分け、それぞれを自動開閉チャンバーを用いて連続観測行うことにより、時系列変化を把握した。また、1 本の木を切り倒し、各部分の幹、枝、葉の呼吸量を細かく測定することにより空間分布を把握した。同時にこれらの変動に対して季節変化をはじめとした環境要因がどのように影響を及ぼすかを評価することを目標とした。

2. 方法

2. 1 観測地

観測を実施した桐生水文試験地(KEW)は滋賀県南部(北緯 34 度 58 分, 東経 136 度 00 分)に位置し田上山系に属する。田上山系一帯は百数十年前までは基岩が露出する荒廃斜面であったが, 山腹植栽工によって現在では植生が回復している。流域面積は 5.99 ha であり, 標高は 190-250 m である。本研究は源頭部小流域, 流域面積 0.68 ha のマツ沢流域において行った。

マツ沢流域の表面地形における平均斜面傾斜は 20.6 度, 基岩基質は風化花崗岩である。観測を行った 2003 年から 2006 年の年平均気温および年降水量は, それぞれ, 12.9 °C, 13.6 °C, 13.5 °C, 12.9 °C, 1971 mm, 1797 mm, 1150 mm, 1859 mm であった。

植生は, 主に 1959 年に植栽されたヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc.) であり, 平均樹高は約 16.3 m, 葉面積指数 (LAI) は 4.5-5.5 の範囲である。流域上部には, かつてはアカマツ (*Pinus densiflora* Sieb et Zucc.) と落葉広葉樹の混交林であったが, 現在では 1990 年代に進行したマツ枯れにより落葉広葉樹が主体となっている小領域を含む。下層植生は主にヒサカキ (*Eurya japonica* Thunb.) およびサカキ (*Cleyera japonica* Thunb.) である。

2. 2 観測方法

2. 2. 1 自動開閉チャンバー

土壌呼吸量測定のための自動開閉チャンバーは土壌水分の異なる 3 地点 (Plot G5、G1、G34) に設置した。Plot G5 は斜面上部に位置し通常は地下水帯が存在せず、Plot G1 は斜面下部に位置し恒常的に地下水帯が存在し、Plot G34 は斜面中腹に位置し最も乾燥する時期を除いて地下水帯が存在する。

幹呼吸量測定のための自動開閉チャンバーはヒノキの高さ 1.5m の樹幹部分を覆うように設置した。

葉呼吸/光合成量測定のための自動開閉チャンバーは設置時のヒノキの高さ 14m の葉を覆うように設置した。後に 2005 年 10 月にチャンバーの位置を 16m に移動し異なる葉を測定した。

これら森林空間内に設置された各チャンバーと数メートル離れた観測小屋に設置した

CO₂濃度分析器の間に2本のチューブを介し、両者の間をポンプを用いて循環させ、そのCO₂濃度上昇率から各生態系呼吸量を評価した(図1)。

2. 2. 2 伐採調査

ヒノキの呼吸量の空間分布を測定するために1本の木(樹高16.9m)を切り倒し、各高度ごとに細かく切り分け、葉群も枝と葉の2つのコンパートメントにさらに分けることによって、高さ方向への生態系呼吸量の分布を把握した。測定は幹は長さ40cmほど、枝と葉は長さ10cmほどに切り分けられたサンプルをそれぞれのサンプルが入るプラスチックの箱に入れ、その箱内のCO₂濃度上昇率から各生態系呼吸量を測定した。また樹冠上層から1mごとに層を分け、それぞれの葉サンプルをA,B,C,D,E(内側)、a,b,c,d,e(外側)とした。

3. 結果と考察

3. 1 自動開閉チャンバー

自動開閉チャンバーを用いて得られた土壌3地点、幹、葉の呼吸量データ単位地面面積辺りに換算したものを図2に示す。なお、自動開閉チャンバーによる観測は2003年5月より始められており、その結果の一部はOhkubo et al. (Agr. For. Met. 142, 50-65)に記されている。いずれの呼吸量/光合成量も夏季に大きく、冬季に小さくなる様子が見られる。この結果は生態系呼吸量が温度に大きく依存するという先行研究の結果と一致する。

土壌呼吸量は日変化をほとんど示さなかった。土壌呼吸量の群落全体の呼吸量に占める割合は1年を通じて半分近くを占め(夏場にその占める割合が大きくなった)、その重要性が確認された。また降雨時に一時的に呼吸量が急増する様子も見られ、乾燥時期にはそれ以外の時期の同じ温度条件下の土壌呼吸量を下回った。

幹呼吸量も土壌呼吸量と同じく大きな日変化は見られなかった。幹呼吸量の群落全体の呼吸量に占める割合は1年を通じて1割程度で寄与は小さかった。また幹が肥大成長する5月から7月中旬にかけて、その他の時期の同じ温度条件下の幹呼吸量を上回った。

葉呼吸量は日中は光合成を反映して負の値をとり、夜間は呼吸のみになり正の値をとった。季節によってその時間帯は異なるが、6時から18時頃までが負、それ以外の時間帯が正となった。葉呼吸量についても幹呼吸量と同様に幹が肥大成長する5月から7月中旬にかけて、その他の時期の同じ温度条件下の葉呼吸量を上回ったが、幹呼吸量ほど顕著な違いは見られなかった。

3. 2 伐採調査

次に1本の木を切り倒し、各高度ごとに測定した幹、枝、葉の呼吸量を以下に示す。

図3に単位辺材体積辺りの幹呼吸量を高さごとに測定した結果を示す。高い位置ほど呼吸速度が大きいことが分かった。特に樹冠最後部付近で顕著な違いが見られた。その理由として樹高が高い位置の幹は成長率が高いため、それに伴い呼吸量が大きいこと、辺材によって柔組織細胞の年齢や成熟度が異なり、辺材体積辺りの呼吸量が高さによって一定でないということが考えられる。

図4に単位体積あたりの枝呼吸量を示す。直径が1cm以上では直径が小さくなるにつれて幹呼吸量は微増し、直径が1cm未満の細枝では指数関数的に大きくなった。直径が細くなるほど単位体積あたり呼吸速度が増加したのは、高さによる呼吸速度の増加と同様に、直径成長量の増加が理由として考えられた。また、細枝は他の枝よりも著しく直径成長が大きいことや先端部を含むので伸長成長があることが、単位体積あたりの呼吸量増加率が高くなる原因と推測された。

図5にA~Eの5層×2(内側、外側)のあわせて10地点における単位葉面積辺りの葉呼吸量の値を示す。高度が高くなるほど、また外側に位置するものが呼吸量が大きい結果が得られた。特に樹冠上層部(A,a,B,b)でこの違いは顕著に見られた。これらの結果から呼吸速度は光条件と関係があることが示唆された。また、陽葉と陰葉の性質の違い(質量、厚さなど)や葉齢の違いを表しているとも考えられる。

4. 結論

本研究で自動開閉チャンバーによる観測により生態系呼吸量の時間変動及びそれぞれの寄与率が明らかになり、ヒノキの幹、枝、葉の呼吸量の空間分布がある程度明らかになった。先行研究と同様に、土壌呼吸の寄与が最も大きく、温度によって大きく左右され、夏場に高くなる季節変化も見られた。また、非同化部(幹、枝)の呼吸は成長量に起因する直径と高さによって分布があることが分かった。葉呼吸量に関しては葉のついている位置が木の上部であったり、樹冠の表面であったりする(光条件が良い)と、呼吸量は増加することが示唆された。

なお、本報告においてはシンプルな計算方法により簡単に結果を記したが、より正確な時空間変動、および呼吸量評価を行うためには更なる解析、データ選別が必要と考えられる。

最後に、本研究の遂行にあたり資金面でご支援いただきました、エスベック地球環境研究・技術基金に厚く御礼申し上げます。

共同研究者

小杉 緑子 京都大学大学院 農学研究科 助教

横山 直人 京都大学大学院 農学研究科 修士課程

図1 観測略図

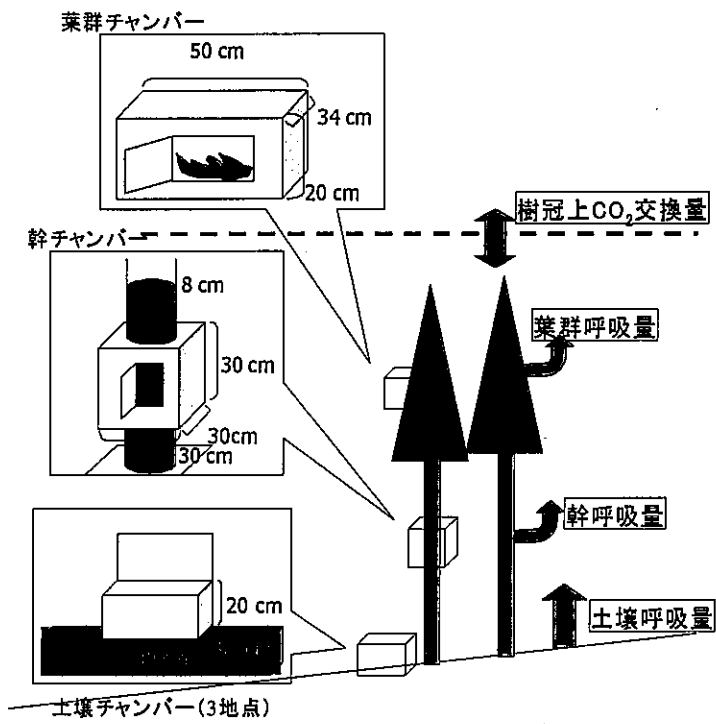


図2 単位地面面積あたりの生態系呼吸量/光合成量データ。上段：土壌3地点の呼吸量、中段：幹呼吸量、下段：葉呼吸量/光合成量

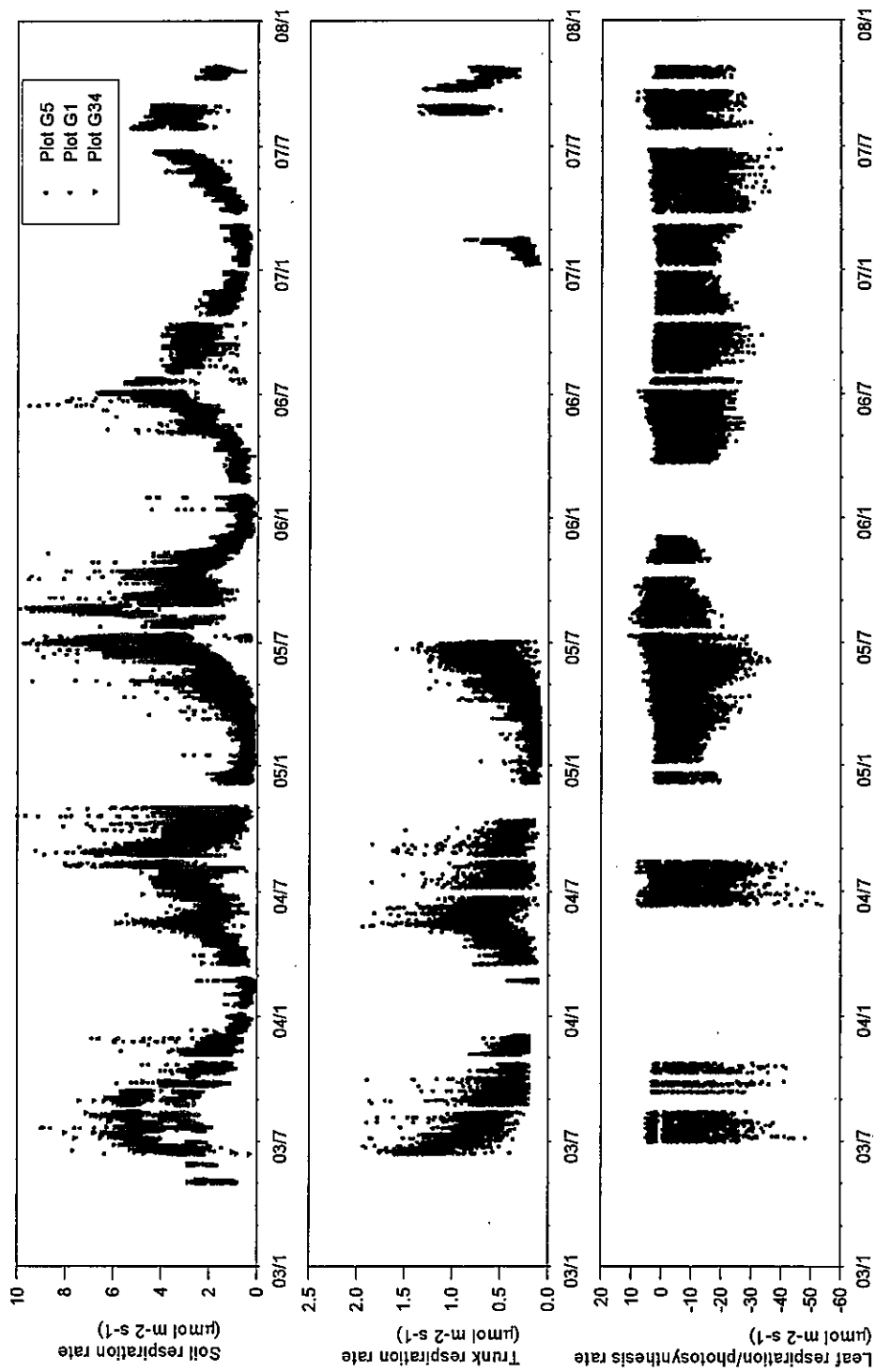


図3 単位体積あたりの幹呼吸量 (横山未発表データ)

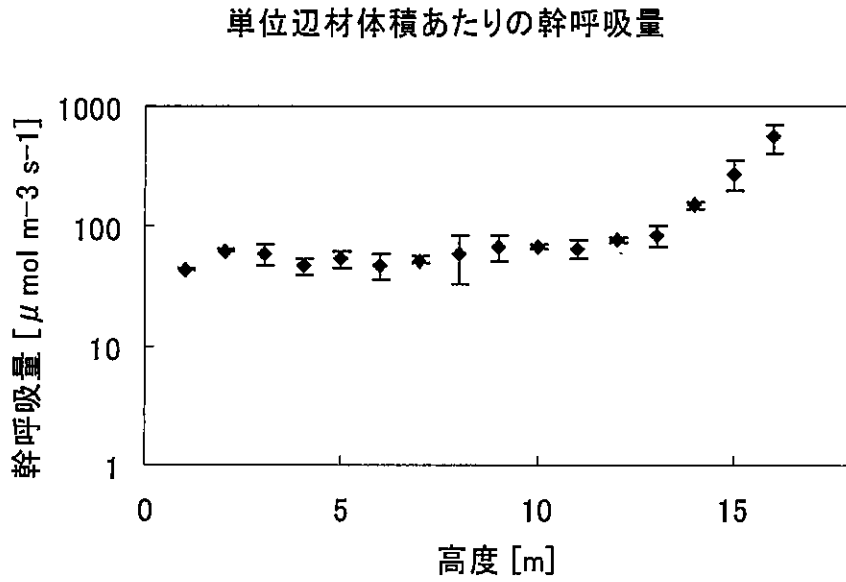


図4 単位体積あたりの枝呼吸量 (横山未発表データ)

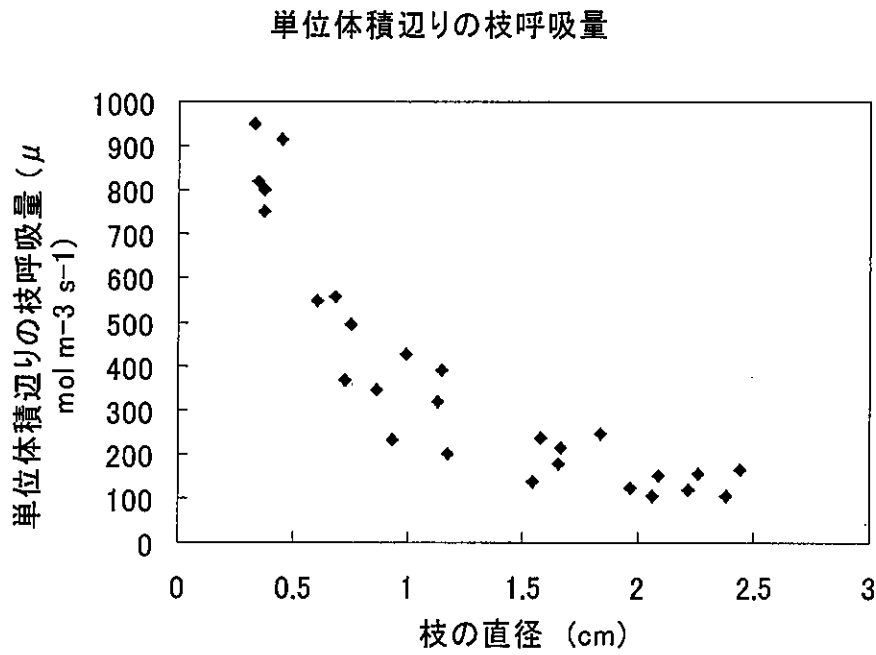


図5 単位葉面積辺りの葉呼吸量 (横山未発表データ)

各位置の単位葉面積辺りの葉呼吸量

