

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24780157

研究課題名(和文) 葉の生理生態学的特性を利用した新しい枝呼吸能力の推定方法の開発

研究課題名(英文) Consideration of leaf properties for estimating branch respiration

研究代表者

飯尾 淳弘 (Iio, Atsuhiko)

静岡大学・農学部・その他

研究者番号：90422740

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：地上木部の呼吸能力を精度よく効率的に推定するため、枝幹の呼吸能力は器官サイズでなく梢端部の葉重量に規定されるという仮説を検証した。具体的には、若いブナ個体内の様々な位置にある枝や幹の呼吸能力と梢端部の葉重量、器官サイズ、齢を調べ、呼吸能力と葉重量、サイズ、齢の関係を分析した。その結果、呼吸能力の空間変化を最もよく説明するのは葉重量ではなく、サイズと齢であることがわかった。これは被陰等により枝や個体の光合成量が低下しても、木部の呼吸能力は変化しないことを意味する。競争に負けて被陰された枝や個体では、過去に蓄積された木部器官の呼吸が相対的に大きくなり、炭素利用効率が急激に悪化する可能性がある。

研究成果の概要(英文)：For more accurate and efficient estimation of above ground wood respiration, I have validated a hypothesis that above ground wood respiration is determined by leaf properties at edge of woody organ but not by size of organ (e.g. diameter, volume). I thus measured spatial variations in wood respiration at 161 locations in 14 years old beech trees, in relation to total leaf weight at edge of organ, size and age of organ. However, by contrast to my expectation, the best factor explaining spatial variations in above ground wood respiration was size of organ but not leaf weight. This means that changes in foliage carbon gain have no influence on wood respiration. For suppressed trees and branches in shaded conditions, woody organs accumulated in past will make their carbon use efficiency worse significantly.

研究分野：森林生理生態

キーワード：樹皮呼吸 葉特性 ブナ

1. 研究開始当初の背景

枝や幹(地上木部器官)の呼吸能力を推定する際には、ある一部で測定した呼吸速度を器官のサイズ(直径など)で拡張することが多い。しかし、サイズには生細胞だけでなく呼吸しない死滅細胞も含まれるため、推定値は大きな誤差を含む危険性がある。

地上木部呼吸は樹木のCO₂収支の20~50%を占める重要なプロセスであり、森林のCO₂固定の再現には欠かせない。しかし、地上木部呼吸の定量研究は光合成や土壌呼吸と比べて少なく、その推定手法は1970年代から変わっていない。CO₂固定の定量研究は広域化する傾向にあるが、上述した“サイズを利用した呼吸能力の推定方法”が抱える問題を解決しないと、森林の機能や成長量を大きく見誤る危険性がある。

サイズに代わる地上木部呼吸能力の推定指標として、木部器官の梢端にある葉の生理生態学的特性が有効である可能性が高い。木部呼吸の源である木部内の生細胞は、葉からの光合成産物の輸送や貯蔵、樹液の葉への輸送を担っており、両者は相互に依存しているからである。実際に、樹木の葉量推定には幹の直径よりも通導組織の断面積のほうが有効であることは古くから知られている。また、葉は外部に露出しているため木部の生細胞よりも調査ははるかに容易であり、確立された直接的・間接的な測定手法が多数存在する。木部器官のサイズではなくその先端にある葉の利用によって、樹皮呼吸能力の効率的かつ高精度の予測を期待できる。

2. 研究の目的

呼吸の源である木部の生細胞の量はサイズよりも梢端にある葉と関連している可能性に注目し、以下の項目を明らかにする：

- (1) 枝の葉特性、生細胞の量、木部呼吸能力の相互関係
- (2) 枝の生育環境や年齢が(1)の関係に与える影響
- (3) サイズよりも葉特性を考慮したほうが木部呼吸能力の推定精度が向上するかどうか

3. 研究の方法

調査地と材料は静岡大学天竜フィールドの苗畑に生育する14年生のブナ(*Fagus crenata*)である。肥大成長がほぼ停止した10月上旬~下旬に、優勢木3本と被圧木1本を伐採した。これら4個体の合計161ヶ所から長さ5~10cmの枝幹サンプルを採取し、22における呼吸速度(維持呼吸)を測定した。呼吸測定には自作の装置(閉鎖方式)を用いた。

呼吸能力と葉特性の関係を知るため、すべ

ての木部サンプルについて、梢端にある葉の重量と面積を調べた。また、木部サンプルのサイズ(直径、表面積、体積)と年齢、生細胞(師部、辺材部柔細胞)の割合も調べた。

4. 研究成果

(1) 木部断面積と葉重量の関係

採取した木部サンプルの断面積とその梢端にある葉重量の関係を図1に示す。断面積が大きくなるほど支持する葉量は増加したが、個体間、枝間で断面積あたりの葉重量に大きなバラツキが見られた。これは、サイズが同じであってもシュートや枝の枯死状況が個体や枝ごとに異なるため、サイズと梢端の葉量の関係は一定でないことがわかった。

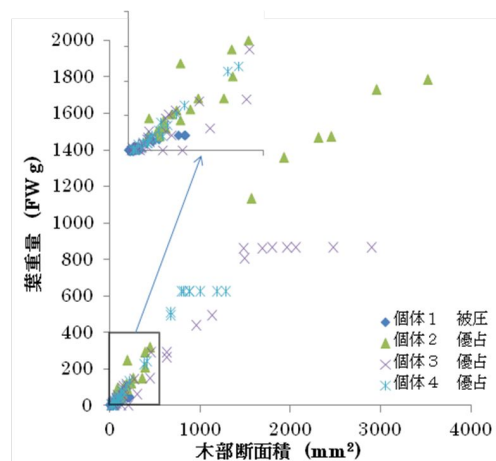


図1 ブナ4個体から採取した木部サンプルの断面積と梢端部葉重量の関係

(2) 呼吸能力のサイズ依存性

木部内で呼吸を行う生細胞には、主に師部、形成層、辺材内の柔細胞がある。木部表面積にある師部や形成層の呼吸の割合が大きい場合には、呼吸速度は木部表面積に依存し、辺材内柔細胞の影響が大きい場合には、体積に依存することが知られている(Levy & Jarvis 1998)。呼吸速度の表面積、体積に対する依存性を調べたところ、体積のほうが表面積よりも強い正の相関を示した(図2)。つまり、若いブナ個体の木部呼吸は体積に強く依存しており、活性の高い表層組織だけでなく、辺材内の細胞も活発に呼吸していることがわかった。この結果は、枝や若い個体では死滅組織が少ないため、表面積よりも体積に強く依存するというこれまでの報告と一致する(依田&佐藤 1967)。ただし、年齢別に依存性を分析すると、当年枝のみ表面積と強い相関を示した。当年枝では呼吸活性の低い髓が器官体積の20~30%を占めるためと考えられる。

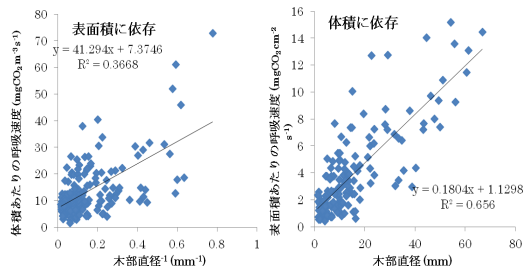


図2 木部直径と呼吸速度の関係(左;呼吸速度が表面積に依存する場合、右;体積に依存する場合)相関が高いほど強く依存することを意味する。

(3) 葉特性を考慮した呼吸能力の推定

葉量が木部器官内の生細胞およびその呼吸活性に比例すると仮定すると、器官の呼吸速度は梢端部葉量と器官長の積で表される。このような呼吸推定に葉特性を考慮することの有効性を検証するため、器官体積で推定する従来法と葉特性を考慮する新手法を重回帰分析で比較した(図3、表1)。なお、先行研究(Bosc et al. 2003)で指摘されているように、サイズあたりの呼吸速度は木部の齢が高いほど低下したため、重回帰モデルには齢を考慮した。どちらのモデルも呼吸速度と強い正の相関を示したが、従来法のほうがわずかだがより強い相関を示した。つまり、葉特性を考慮しても推定精度は向上せず、梢端の葉量は木部器官サイズよりも木部生細胞の量や活性をよく反映するという本研究の仮説は棄却された。

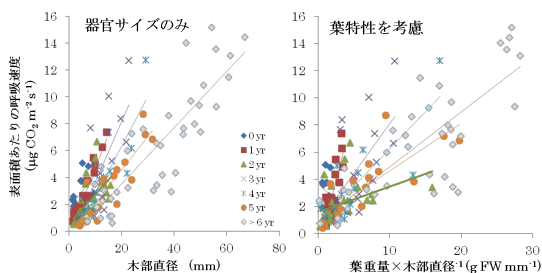


図3 従来法(左)と新手法(右)の比較異なるシンボルは齢の違いを意味する。

表1 重回帰モデルの比較

モデル	サイズ D	葉特性 F/D	齢 Age	r^2	AIC
$R_a = D + \text{Age}$ (従来法)	1.202 ***	---	-0.485 ***	0.737 ***	627.3
$R_a = F/D + \text{Age}$ (新手法)	---	0.845 ***	-0.092 ns	0.610 ***	688.6

*** ; $p < 0.001$, ns ; $p > 0.05$

(4) まとめ

ブナ樹冠内にある枝や幹では、サイズが同じであっても、支持している葉量に大きなバラツキが見られた。しかし、梢端部の葉重量を考慮しても枝幹の呼吸能力の再現精度は向上せず、呼吸能力は器官のサイズと齢に規定されることがわかった。つまり、枝や個体が被陰され光合成量が大きく低下しても、炭素収支の悪化を緩和するような木部呼吸能力の低下はないといえる。競争に負けて被陰されつつある枝や個体は、かつて成長が良好であったため、葉量に対し大きな木部器官を保持している。そのため、被陰にともない炭素固定効率が急激に悪化する可能性が高い。

<引用文献>

Levy & Jarvis (1998) Stem CO_2 fluxes in two Sahelian shrub species (*Guiera senegalensis* and *Combretum micranthum*). *Func Ecol* 12: 107-116.

依田、佐藤 (1968) 林木の呼吸測定法の検討、*JIBP-PT-F* 41: 53-60

Bosc, Grandcourt, Loustau (2003) Variability of stem and branch maintenance respiration in a *Pinus pinaster* tree. *Tree Physiol* 23: 227-236.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

飯尾淳弘、樹木の内部 CO_2 フラックス：樹液による木部内の CO_2 輸送から葉緑組織による固定まで、*光合成研究*、査読有、24号、2014、18-26、査読あり

〔学会発表〕(計 2 件)

飯尾淳弘、若いブナの樹皮呼吸能力の空間分布を規定する要因、第125回日本森林学会、2014年3月26日、大宮ソニックシティ

飯尾淳弘、落葉広葉樹の枝呼吸の空間的なバラツキと梢端部の葉特性との関係について、第77回日本植物学会、2013年9月13日、招待講演、北海道大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯尾 淳弘 (Iio Atsuhiro)
静岡大学・農学部・特任助教
研究者番号： 90422740

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし