

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580216

研究課題名(和文) 樹液流により輸送される二酸化炭素の行方? 気孔を介さない光合成の可能性

研究課題名(英文) CO₂ transportation and utilization for photosynthesis in woody plants

研究代表者

榎本 正明 (NARAMOTO, Masaaki)

静岡大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10507635

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：切り枝を用いた実験では、樹液流による上方へのCO₂輸送が確認され、安定同位体を用いたトレーサ実験から下方より輸送されたCO₂の多くが当年枝や葉柄において固定されていることが分かった。樹皮形態の違いによるCO₂拡散抵抗の違いが幹表面からのCO₂放出に影響している可能性が示され、樹皮剥離実験からも樹皮によるCO₂拡散抵抗が確認された。また、ブナ成木における高さ別の幹呼吸速度を樹液流の有無による日中と夜間で比較した結果からは、樹液流に伴うCO₂輸送が幹呼吸に及ぼす影響は高さによって異なり、幹呼吸の増加に寄与する箇所と減少に寄与する箇所があることが分かった。

研究成果の概要(英文)：The great resistance of bark on CO₂ diffusion was found from bark stripping experiments. The effect of CO₂ transportation via sap flow on stem respiration without bark was found at in cutting shoot too. The most parts of transpired CO₂ from the lower were fixed at petiole or current year twig from isotope tracer experiments with ¹³C. We measured the properties of stem respiration for 37 tree species. The bark morphological differences might affect CO₂ diffusion from bark surface. Stem respiration rate were measured at different height for mature trees of *Fagus crenata*. Stem respiration rate at about 15m of height was higher than that at the lower stem. The effects of CO₂ transportation via sap flow on stem respiration changed depending on height. The results suggested that the CO₂ transportation affect negatively via carrying away of CO₂ at breast height.

研究分野：森林科学

キーワード：幹呼吸 CO₂輸送 樹液流

1. 研究開始当初の背景

森林生態系における炭素循環において、非同化器官における呼吸量は大きく、幹呼吸量の評価は重要である。しかし、幹呼吸は樹体内の細胞が呼吸によって放出した CO₂ を単に大気に放出しているのではなく、樹体内部および樹皮での CO₂ 拡散抵抗や、樹液流に寄る CO₂ 輸送、同化器官での固定など、種々の影響を受ける。樹体内の CO₂ は、どこへ移動し、どこで放出または固定されるのか？この樹体内で起こる CO₂ 動態については不明な点も多い。

2. 研究の目的

樹液流による二酸化炭素の輸送、樹液内二酸化炭素の利用メカニズムについて、切り枝レベルと個体レベルで実験を行う。切り枝レベルでは、樹液二酸化炭素濃度の変化に対する非同化器官の呼吸、光合成への影響を複数の光合成評価方法を用いて測定し、樹液内二酸化炭素の利用メカニズムについて明らかにするほか、同位体計測を用いて二酸化炭素が吸収・固定された部位を明らかにする。また、個体レベルでは、幹における高さ別の二酸化炭素ガス交換を、樹液流速・二酸化炭素濃度と同時に計測することで、幹呼吸に及ぼす二酸化炭素輸送の影響評価を試みた。

3. 研究の方法

(1) アラカシ切り枝を用いて樹体内 CO₂ 輸送とその光合成への貢献について検討した。予備実験として樹皮剥離による CO₂ 放出への影響評価を行い、樹皮における CO₂ 拡散抵抗を調べた。樹皮剥離処理により CO₂ 拡散抵抗を軽減した状態で、CO₂ 付加により切り枝を浸した溶液の CO₂ 濃度を高め、枝からの CO₂ 放出速度を測定した。測定には携帯型光合成測定装置 (LI-6400, LICOR 社製) を用いた。

安定同位体 (¹³C) を利用して、蒸散により吸収・輸送された ¹³C がどの部位にあるかを調べた。¹²C および ¹³C の CO₂ を付加した高 CO₂ 濃度の溶液を作成し、切り枝を浸してガラスハウス内で3日間静置した後、葉・葉柄・当年枝に分けて ¹³C の同位体比率を求めた。

(2) 新潟県湯沢町(900m)に生育するブナ成木を対象に高さ別の幹呼吸速度の測定を行った。同時に、異なる高さで樹体内の CO₂ 濃度を非拡散赤外線分析計 (NDIR, GMM221, Vaisala 社製) で測定したほか、樹液流速を測定した。高さ別の幹呼吸速度を比較するほか、樹体内 CO₂ 濃度の変化との関係について解析を行った。樹皮表面に塩ビ管を用いてチャンバーを取付け、赤外線ガス分析計 (IRGA, LI-820, LICOR 社製) を使用した閉鎖型システムで測定を行った。測定期

間は2013年8月で、夜間を含み一日を通して測定を行い、測定時には気温と樹体温を同時に測定した。

(3) 幹呼吸における樹皮の CO₂ 拡散抵抗を異なる樹皮形態を持つ種間で比較するために、37種を対象に幹呼吸特性を測定した。静岡県浜松市(標高 450m)、静岡県川根本町(1400m)、山梨県富士吉田市(1100m)、新潟県湯沢町(900m)の4箇所に生育する、37樹種を対象に幹呼吸特性の測定を行った。樹皮表面に塩ビ管を用いてチャンバーを取付け、赤外線ガス分析計 (IRGA, LI-820, LICOR 社製) を使用した閉鎖型システムで測定を行った。測定期間は2013年8月~10月で、樹液流が停止していると想定される夜間(21:00~4:00)に測定を行い、測定時には気温と樹体温を同時に測定した。また樹皮呼吸測定後、測定部の直径および樹皮の厚さを測定した。

4. 研究成果

(1) アラカシ切り枝の樹皮剥離実験から、樹皮剥離により CO₂ 放出速度の増加が観察され(図1) 樹皮による高い CO₂ 拡散抵抗が確認された。樹皮の有無による CO₂ コンダクタンスを比較すると、樹皮剥離により約4倍の高いコンダクタンスを示した。

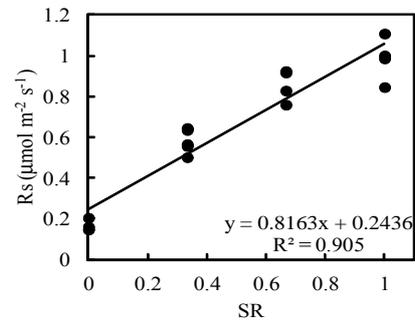


図1. 樹皮剥離率 SR と CO₂ 放出速度の関係

CO₂ 付加実験では、CO₂ 付加後に枝からの CO₂ 放出が増加した(図2)。対照実験として行った CO₂ を含まないガスの付加では枝からの CO₂ 放出の増加は確認されず、枝からの CO₂ 放出の増加は、樹液流による上方への CO₂ 輸送によると考えられる。

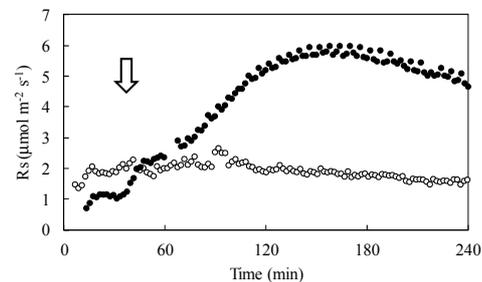


図2. CO₂ 付加実験による CO₂ 放出の変化 : CO₂ 付加、 : 対照。矢印は付加処理を

示す。

安定同位体を用いたトレーサ実験から下方より輸送された CO₂ の多くが当年枝や葉柄において固定されていることが分かった (図 3)。葉身において固定された炭素が葉柄や枝に転流していることも予想されるが、下方より輸送され葉身に存在する炭素は 17~30% であり、70% 以上は葉柄および当年枝に存在する。特に当年枝の割合は高く、その割合は 46~58% となった。

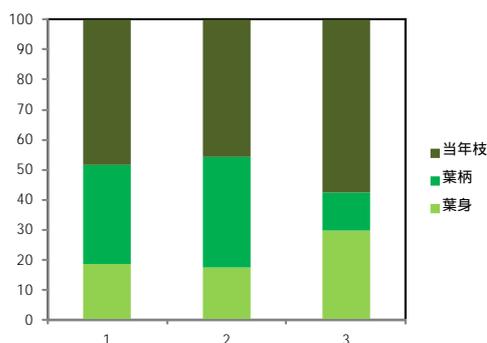


図 3.各部位における 13C 比 (トレーサ実験)

(2) プナ成木における高さ別の幹呼吸速度を樹液流の有無による日中と夜間で比較した結果からは、樹液流に伴う CO₂ 輸送が幹呼吸に及ぼす影響は高さによって異なり、幹呼吸の増加に寄与する箇所と減少に寄与する箇所があることが分かった。プナの胸高における解析では、樹液流の増加は幹呼吸の減少に寄与し、つまり樹体内 CO₂ の持ち去りに貢献していると考えられた (図 4)。

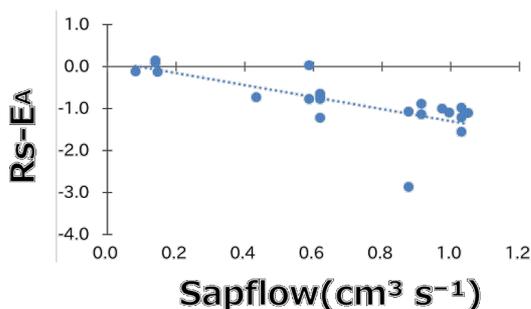


図 4.胸高位置における樹液流量と幹呼吸変化量 (日中 - 夜間) の関係

(3) 37 種の幹呼吸速度は 0.5~9.4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の範囲にあり、測定チェンバー内の CO₂ 濃度と幹呼吸速度の関係から求めた CO₂ コンダクタンスは 0.4~12.6 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ となった (図 5)。樹皮形態をその外観 (皮目、溝など) から平滑から凹凸に 4 段階に区分して比較すると、平滑な樹皮では CO₂ コンダクタンスが低くなり、最も平滑な樹皮のグループと凹凸の大きな樹皮のグループでは、平均値で 4 倍以上の違いが見られた。樹皮形態の異なる種間での幹呼吸特性の比較からは、樹皮形態の違いによる CO₂ 拡散抵

抗 (コンダクタンス) の違いが幹表面からの CO₂ 放出に影響している可能性が示された。

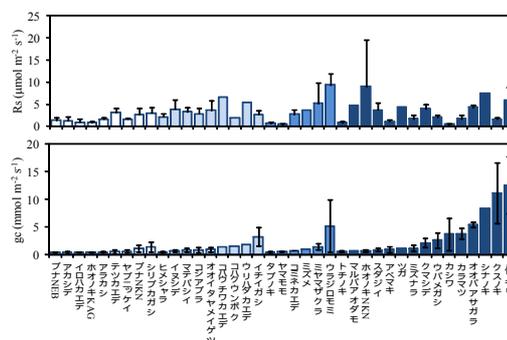


図 5.呼吸速度および CO₂ コンダクタンス

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 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

藤原祥平・榎本正明・水永博己、樹液流による CO₂ 輸送が樹皮呼吸に与える影響、第 125 回日本森林学会大会、2014 年、大宮ソニックシティ

榎本正明・影山寛明・河野翔・水永博己、37 樹種の樹皮呼吸特性、第 125 回日本森林学会大会、2014 年、大宮ソニックシティ

Masaaki NARAMOTO, Shouhei FUJIWARA, Hiroaki KAGEYAMA, Hiromi MIZUNAGA, The effects of CO₂ transfer via sap flow and bark conductance on stem respiration, IUFRO 2014 world congress, 2014, Salt Lake City (USA)

藤原祥平・影山寛明・榎本正明・水永博己、幹呼吸の垂直変化と樹体内 CO₂ の影響評価、第 126 回日本森林学会大会、2015 年、北海道大学

榎本正明・吉岡優一・水永博己、樹体内 CO₂ の行方：CO₂ 輸送と光合成への利用、第 126 回日本森林学会大会、2015 年、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

榎本 正明 (NARAMOTO Masaaki)
静岡大学・農学研究科・准教授
研究者番号：10507635

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：