

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：23501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K11624

研究課題名(和文)根呼吸の日中低下現象の実態解明：陸上生態系炭素循環モデルの精度向上を目指して

研究課題名(英文)Clarification of generality of temperature independent diurnal fluctuation of root respiration.

研究代表者

坂田 有紀子(別宮有紀子)(Bekku, Yukiko)

都留文科大学・教養学部・教授

研究者番号：20326094

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：これまでの申請者らの研究で、根の呼吸が日中に、温度以外の要因で大きく変動すること、また、その変動が葉の蒸散速度の変化と関係していることが冷温帯の樹種2種(ミズナラ・ヒノキ)で明らかになっている。本研究は、同様の現象が他の多くの樹種でも起こっているかを明らかにするために、小笠原に生育する亜熱帯性の樹種(テリハハマボウ、シャリンバイ)と暖温帯の樹種(シラカシ、アラカシ)を対象として、野外で根の呼吸と葉の蒸散・光合成速度、道管流速等の連続測定をおこなった。その結果、これらの種においても、根の呼吸速度が日中に大きく変動していること、それが葉の蒸散速度の影響を受けている可能性が高いことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

根の呼吸速度は、陸上生態系の炭素循環量を推定する上で非常に重要な要素である。本研究では、亜熱帯と暖温帯性の樹種3種の根の呼吸速度が、葉の蒸散速度の影響を受けて、日中に大きく変動することが明らかになった。これは、陸上生態系の炭素循環量を高精度に推定する上で、根の呼吸が葉の蒸散速度に影響を受けるというプロセスを考慮する必要があることを示している。今後は更なる一般化・モデル化のための研究をおこないたい。

研究成果の概要(英文)：Root respiration is an essential factor in estimating the carbon balance of terrestrial ecosystems. Since root respiration affects the estimation of heterotrophic respiration (= decomposition of soil organic matter), the carbon-balance estimation varies greatly depending on the root respiration value.

We measured root respiration and leaf transpiration, photosynthesis, and water flow in xylem vessel at the trunk of subtropical trees (*Hibiscus glaber*, *Raphiolepis umbellata*) in Ogasawara islands using optical dissolved O₂ sensor (VisiFerm), portable photosynthesis measurement system (Li-6400), and sap flow meter (SFM1). Root respiration rates of both species changed significantly independent with root temperature in midday, and it seems to be related with leaf transpiration rates. Our results indicate that root respiration would be affected by water use of plants. This means that the carbon balance in terrestrial ecosystems links possibly with the water use of plants.

研究分野：生態系生態学

キーワード：陸上生態系 炭素循環 根の呼吸 蒸散速度

1. 研究開始当初の背景

地球規模の炭素循環や水循環の解明と、モデルの予測精度の向上は、気候環境の劇的変化が現実になりつつある今、喫緊の課題である。ところが、地球規模の物質循環を予測するためのモデルには、生態系における物質循環を制御している生態的プロセスがほとんど考慮されていない。例えば、炭素循環モデルの場合は、生態系からの炭素放出量を、単純に純一次生産量と従属栄養生物による呼吸の差として評価しているだけである。モデルの予測精度を向上させるには、生物の環境応答とそのメカニズムが解明され、モデルに組み込まれることが必要である。しかしながら、環境変化に対して生物群集がどのように応答し、その結果、炭素循環・水循環がどのように変化するのかについては、未だ統合的な研究成果が得られていない。現在、様々な生態系において群落レベルの炭素・水循環機能の解明や、群落を構成する優占種の個体レベルの炭素・水利用特性の解明に、世界中の研究者が取り組んでおり、着実にデータが蓄積されつつあるが、それらの研究には重要な要素(視点)が抜け落ちている。それは、根の呼吸の日中低下あるいは根の呼吸と葉の蒸散との関係性に関してほとんど考慮されていないということである。根の呼吸は、これまでの陸上生態系の炭素循環研究の中では、土壌からのCO₂放出(=土壌呼吸)から、土壌動物・微生物の呼吸(=土壌有機物分解速度)を求めるためのパーツとして研究されることが多かった[土壌呼吸 - 根の呼吸 = 土壌有機物分解速度:式]。それらの研究の多くは、切断根の呼吸速度の温度依存性を実験室内で測定し、温度を変数として野外の群落あたりの根の呼吸量を推定するというものがほとんどである。切断根の呼吸速度は生育温度範囲では、温度が高くなるほど増加することはよく知られている。ところが、申請者らが、ミズナラ、ヒノキ、シラカンバ、イヌツゲの4種の根の呼吸を地上部につながった状態で野外で測定したところ、日中に温度が高い状況にも関わらず根の呼吸速度が大きく低下すること、そして根の呼吸速度が葉の蒸散速度の低下や上昇に呼応して大きく変動していることが明らかになった。この現象の意味するところは、根の呼吸は葉の挙動(光合成や蒸散)と連動しており、炭素循環と水循環に大きく関わっているということである。しかしながら、根の呼吸と葉の挙動との関係に関する研究は、その後ほとんど進展しておらず、炭素循環や水循環モデルにも考慮されていない。申請者による試算では、富士山麓のヒノキとミズナラを用いて、野外で地上部とつながった状態で測定した根の呼吸量の推定値は、従来の切断根を用いた測定値の20-50%程度大きくなることわかっている。これは、従来の推定方法では根の呼吸量を過小評価し、その結果、土壌動物・微生物の呼吸量すなわち土壌有機物の分解量を過大評価していることを意味する(式より)。純一次生産量と土壌有機物の分解量の差が生態系の炭素固定量であるので、従来の方法では生態系の炭素固定量を過小評価している可能性がある。もし様々な生態系で同様な現象がおこっているとすれば、これまでの研究では土壌に蓄積されていた炭素が分解され大気に放出される量を過大評価していた可能性があることを意味しており、地球規模の炭素循環推定値に大きな影響を

与えることが予想される。しかしながら、上述のように、野外における根の呼吸の日中低下の存在や、種による変動の実態については、ごく一部の種を除いてほとんど明らかになっていない。

2．研究の目的

本研究の目的は、様々な生態系の優占樹種において、根の呼吸速度の日中低下の存在およびその反応特性を検証し、陸上生態系における根の呼吸速度の日中低下の実態と規模を明らかにすることである。申請者らは、これまで世界で誰も予想し得なかった根の呼吸の日中低下の存在を明らかにし、根の呼吸速度が蒸散速度と連動していることを明らかにしたが、本研究はさらに研究対象とする生態系や樹種を広げ、根の呼吸の日中変動の実態やその規模、根の呼吸速度を律速している環境要因との関係を明らかにする。

3．研究の方法

研究対象としたのは小笠原諸島父島に自生する亜熱帯性樹種であるテリハハマボウとシャリンバイ、都留文科大学構内に自生する暖温帯性樹種であるシラカシとアラカシである。これらの樹木の根の呼吸速度を、野外で根が地上部とつながった状態で、呼吸速度および根の温度の日変化を測定した。根の呼吸測定には、光学式酸素電極を用いた呼吸測定システムを用いた。また、根の呼吸の測定と同時に、光合成蒸散測定システム LI-6400 を用いて、樹冠部の光合成速度、蒸散速度、光環境、葉温、各種パラメータを測定した。また、幹の道管流速をサップフローメータを用いて測定した。各樹種につき、3 個体を測定対象とし、1 日～2 日間の昼夜連続測定をおこなった。得られたデータから、根の呼吸速度に影響を与える環境要因、植物個体内の要因について解析をおこなった。

4．研究成果

亜熱帯性樹木であるテリハハマボウとシャリンバイの根の呼吸速度は、光合成・蒸散速度の日中低下より少し遅れてではあるが、日中に大きく低下する時間帯があった(図1にシャリンバイでの測定値を示す)。また、光合成・蒸散速度の回復より少し遅れて増加していた。同様に、アラカシとシラカシで野外測定をおこなったところ、アラカシでは検出できなかったが、シラカシでは、葉の光合成・蒸散速度の日中低下やその後の回復と並行して、根の呼吸速度も大きく変動していた。測定対象とした4 樹種のうち、3 種において根の呼吸の日中変動が観測されたため、既に観測されたミズナラ、ヒノキ、シラカンバ、イヌツゲの4 種と合わせて、計7 種の樹木において、温度変化によらない”根の呼吸の日中変動”が存在していること、そしてその要因が、葉の蒸散速度と関係していることが明らかとなった。しかしながら、葉の蒸散速度の変化に対し根の呼吸速度の変化に遅れが認められる樹種もあった。今後の課題としては、その遅延の原因と、根の呼吸速度の日中変動のメカニズムを明らかにすることである。また、他の気候帯の樹種につ

いても今後、根の呼吸の日中変動の存在を明らかにしていく予定である。

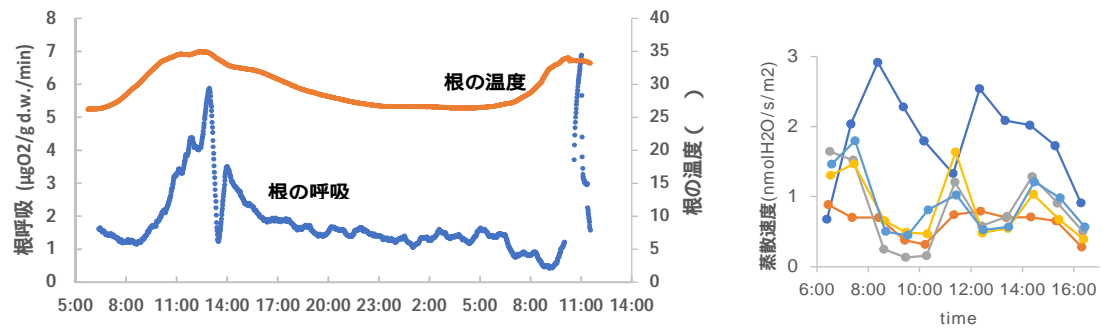


図1. シャリンバイの根の呼吸速度、根の温度、蒸散速度の日変化の測定例。根の呼吸速度は蒸散速度の変化から2時間程度遅れて変動していることがわかる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yukiko Bekku, Tsuyoshi Sakata, Seiya Katsuno, Syunsaku Hamaguchi, Miki Sakata,, Naoki Kachi, Atsushi Ishida
2. 発表標題 TEMPERATURE INDEPENDENT DIURNAL FLUCTUATION OF ROOT RESPIRATION AND ITS LINKAGE WITH WATER USE IN ABOVE-GROUND PARTS.
3. 学会等名 INTECOL 2022 in Geneva Swiss (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	坂田 剛 (SAKATA TSUYOSHI) (60205747)	北里大学・一般教育部・准教授 (32607)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------