

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26450216

研究課題名(和文) 土壌呼吸の温度特性におよぼす土壌水分変動の影響

研究課題名(英文) Soil moisture effect on the temperature sensitivity of soil respiration

研究代表者

阪田 匡司 (Sakata, Tadashi)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：50353701

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：茨城県かすみがうら市のスギ人工林において、降雨遮断による土壌乾燥処理試験をおこない、土壌呼吸のQ10値を観測した。野外觀測による土壌呼吸のQ10値は乾燥処理によって有意に低下した。一方、室内実験による根、リター、鉱質土壌からのCO2放出速度のQ10値は乾燥処理によって有意な違いは認められなかった。乾燥処理区のリターからのCO2放出速度は非常に小さく、また、リターからのCO2放出速度のQ10値は根よりも大きかったことから、乾燥に伴って土壌呼吸に対するリターからのCO2放出速度の寄与率が低下し、Q10値が相対的に低い根呼吸の寄与率が増加したため、土壌呼吸のQ10値が低下したと考えられた。

研究成果の概要(英文)：Q10 values of soil respiration were measured at a soil drying treatment by rainfall interruption in a Japanese cedar plantation forest in Kasumigaura city, Ibaraki prefecture. The Q10 value of soil respiration by field observation was significantly decreased by the drying treatment. On the other hand, the Q10 value of CO2 emission from root, litter and mineral soil by laboratory experiments were not significantly different by the drying treatment. The rate of CO2 emission from the litter at the drying treatment was very small and the Q10 value of the CO2 emission from the litter was larger than the root. Therefore, it was considered that the Q10 value of soil respiration decreased due to the decrease of the contribution ratio of litter emission to soil respiration decreased with desiccation, in other words, the increase of the contribution of root respiration with relatively low Q10 value.

研究分野：森林土壌学

キーワード：土壌炭素動態 温室効果ガス 温度依存性 乾燥影響

1. 研究開始当初の背景

森林生態系の炭素循環のなかでも土壌呼吸は光合成と並んで大きなフローであることから、森林生態系の炭素収支を明らかにするためには土壌呼吸の推定をより正確にすることが非常に重要である。土壌呼吸は温度に強く依存することから、土壌呼吸の推定モデルに温度の指数関数モデル式が広く用いられている。

$$R_s = R_{10} \times Q_{10}^{(T_s - 10)/10} \quad (\text{式 1})$$

(R_s : 土壌呼吸、 T_s : 温度、 R_{10} 、 Q_{10} : パラメータ)

このモデル式において土壌呼吸の温度依存特性に関わる係数 Q_{10} 値 (10°C 温度が上がったときの土壌呼吸の変化割合) は温度に対して指数的に作用する。今後の気温上昇によって急激に土壌呼吸が増え、森林生態系の炭素吸収能の低下、炭素収支が大きく崩れる可能性が示唆されている (Bond-Lamberty and Thomson (2010))。しかし、土壌呼吸の Q_{10} 値は通常 2 と固定されてモデル式に用いられるが、実際は 2 ~ 10 と変動幅は大きく (Chen et al. (2005))、森林生態系の炭素収支を正確に予測するためには土壌呼吸の Q_{10} 値の変動要因を明らかにすることが不可欠である。

通常、土壌呼吸の Q_{10} 値は通年の野外観測で得られた土壌呼吸と温度との関係から求められ、土壌水分の変動影響は考慮されないことが多い。また、温度と土壌水分の二つの要因を含む土壌呼吸モデル式においても、 Q_{10} 値と土壌水分は独立の関係として処理されることが多い。近年、土壌呼吸の自動連続観測によって時間分解能の高い土壌呼吸観測がなされるようになり、季節や土壌水分によって土壌呼吸の Q_{10} 値が異なり、土壌水分に依存して Q_{10} 値が変動している可能性が示唆されている (Jassal et al. (2008); 阪田ら (2008))。近年の気候変動に伴って温度上昇のみならず、降水パターンの変化・干ばつ頻度の増加が危惧されており、土壌呼吸の Q_{10} 値におよぼす土壌水分変動の影響を明らかにすることは土壌呼吸の将来予測にとっては非常に重要である。

一般に土壌水分は季節によって変動するため、自然条件下の通常観測では土壌呼吸の Q_{10} 値の変動に対して土壌水分の影響を季節性と分離して評価できず、土壌呼吸におよぼす Q_{10} 値への直接的な土壌水分変動影響は明らかにされておらず、その原因もよく分かっていない。

2. 研究の目的

本研究は土壌呼吸の Q_{10} 値の変動要因を明らかにするために、人工的に土壌水分を制御して土壌呼吸の観測をおこない、土壌呼吸の Q_{10} 値の変化やその変化の挙動におよぼす環境要因との関係を明らかにすることを

目的とする。

3. 研究の方法

(1) 調査地

茨城県かすみがうら市に位置する森林総合研究所千代田苗畑構内のスギ人工林 (40 年生) でおこなった。地形はほぼ平坦で、下層植生はほとんどなく、土壌型は適潤性褐色森林土および淡黒色土であった。

(2) 野外観測

2016 年 7 月 24 日より対照区および降雨遮断区を設け、それぞれの処理区で 4 基の自動開閉チャンバーを設置し (うち各処理区 1 基はリターを除去) 土壌呼吸の連続観測を開始した。8 月 15 日に降雨遮断区の上空 1.5m 付近に、2.7×5.4m のビニールシートを張り、降雨遮断をおこない乾燥処理を開始した。土壌呼吸観測用チャンバーの蓋が 6 分間閉じた間のチャンバー内 CO_2 濃度上昇を計測し、土壌呼吸速度を測定した。土壌呼吸の測定間隔は 1 時間とした。その他、林内の気温および土壌深さ 5、10、20、40cm の地温をサーミスタ温度計 (RTR-502、T&D) で、土壌深さ 5 および 20cm の土壌水分を TDR 水分計 (EC-5、METER) で計測し、10 分おきに記録した。

(3) 室内培養実験

野外観測で設けた降雨遮断区および対照区から室内培養実験に供する根、リター、土壌試料を採取した。採取日は根とリターは 2017/6/20、土壌は 2016/11/10、2017/6/20、2017/7/11 であった。根試料については直径 2mm 以下の細根を対象とし、土壌深さ 0-10cm から出来るだけ根を傷つけないように注意してほり取り、その後、余分な土壌や夾雑物を取り除いた。リター試料は林床面を方形区 10×20cm の枠を置き、その方形区内のリター層を採取した。土壌試料は 100mL 採土円筒を用いて土壌深さ 0-5cm の最表層の鉞質土層を採取した。各試料は、採取後乾かないように密閉容器に入れて、保冷庫に入れて実験室に持ち帰り、約 5 分で冷蔵庫に一晩整地した。試料採取翌日に室内培養実験をおこなった。培養実験は培養用の密閉容器を用いて、まず、5 に温度設定した恒温器内で培養をおこない、 CO_2 放出速度を測定した。 CO_2 放出速度測定は CO_2 センサー (GMP343、Vaisala) を用い、1~2 時間の CO_2 濃度上昇速度から算出した。5 の測定後、25 に恒温器の温度設定を変更し、5 と同様にして CO_2 放出速度を測定した。それらの CO_2 放出速度終了後、根およびリター試料は 70 で乾燥させ、絶乾重を測定し、試料重あたりの CO_2 放出速度に用いた。

4. 研究成果

(1) 降雨遮断に伴う土壌呼吸の Q_{10} 値の変動

対照区および降雨遮断区の両処理区にお

いて土壤呼吸は概ね地温の変動に追従するように変動していた(図1)。降雨遮断処理(8/15)をする前は対照区と遮断区の土壤呼吸や地温、土壤水分は概ね同水準で推移した。降雨遮断処理をした直後の100mmを超える大雨により対照区では土壤含水率が急激に大きくなったが、遮断区ではわずかな上昇に留まった。遮断区でわずかに土壤含水率が上昇したのは林床面からではなく、土壤側方から浸透水の影響のためと考えられる。8月中旬以降の降雨直後は地温も上昇傾向で、対照区の土壤呼吸は上昇した。その後、地温または土壤含水率の変動に土壤呼吸は追従して推移した。一方、遮断区の土壤呼吸は降雨直後上昇したのち低下し、約2週間後にはリターを除去した地点の土壤呼吸と同水準まで低下した。これらのことから遮断区における土壤呼吸の低下はリターからのCO₂放出の低下によるものと考えられた。また、対照区のリターを除去した地点の土壤呼吸も同水準なことから、本研究でおこなった降雨遮断による乾燥程度では鉍質土壤からのCO₂放出への影響はあまりなかったと考えられた。

土壤呼吸と地温との間には対照区および遮断区とも有意な正の相関関係が認められた(図2)。式1で回帰されたQ₁₀値は対照区では2.73、遮断区では2.32であり、降雨遮断による乾燥処理によって土壤呼吸のQ₁₀値は有意な低下が認められた。

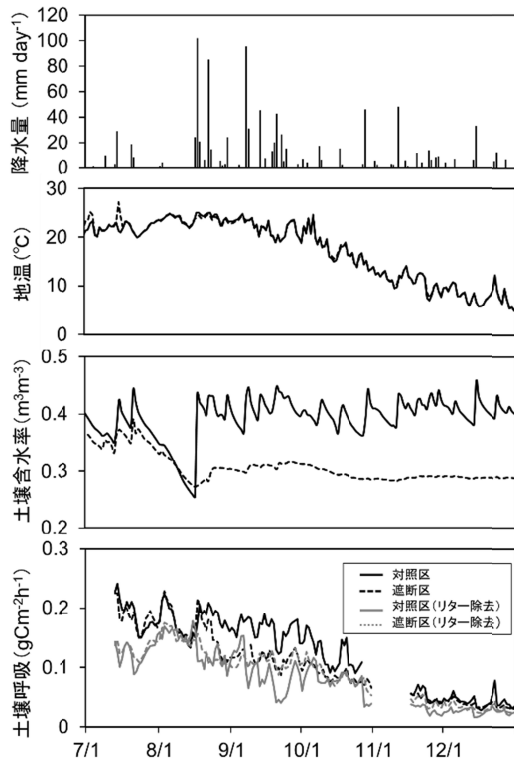


図1 土壤呼吸の経時変化(日平均値)

(2) 根、リター、土壤からのCO₂放出速度のQ₁₀値におよぼす乾燥影響

全ての根、リター、土壤試料のCO₂放出速度は5よりも25の方が大きかった。同じ

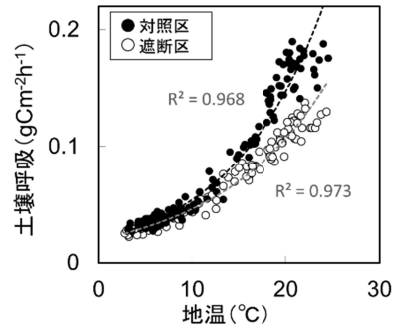


図2 土壤呼吸と地温の関係(日平均値)

温度の重量あたりのCO₂放出速度は根、リター、土壤の順に大きく、それぞれの1桁程度異なっていた(表1)。これらの値はストロブマツ林(Vose and Ryan(2002))やヒノキ林(阪田ら(2016))の報告例と同程度であった。処理区による違いについては、リターや土壤試料において遮断区の方が有意にCO₂放出速度は小さかったが、根のCO₂放出速度では明瞭な違いは認められなかった。それらのQ₁₀値は、土壤(4.6)、リター(2.8)、根(2.2)の順に大きく、特に土壤のCO₂放出速度のQ₁₀値は有意に大きかった。しかし、それらのQ₁₀値の処理間差については、根、リター、土壤とも有意な違いは認められなかった。

表1 降雨遮断処理によるCO₂発生速度の違い(mgC kg⁻¹ h⁻¹、25)

	対照区	遮断区	処理間差
細根	146.0(42.9)	123.2(58.9)	
リター	15.1(9.5)	4.0(3.0)	*
土壤	2.2(1.2)	1.0(0.3)	**

括弧内は標準偏差、*、**は有意水準 p<0.05、p<0.01 で有意差あり

(3) 土壤呼吸のQ₁₀値におよぼす土壤水分の影響

土壤乾燥処理によって土壤呼吸のQ₁₀値が低下した理由の1つとして、リター、根、土壤からのCO₂放出速度の寄与率が乾燥によって変化したことが挙げられる。林床面にあるリターは最も環境変化が大きいので、乾燥影響を受けやすいと思われる。本研究において、リターを除去した地点と除去しなかった地点の土壤呼吸の挙動からも乾燥した降雨遮断区のリターからのCO₂放出速度は小さいことは明かで、乾燥処理によって土壤呼吸におけるリターからのCO₂放出速度の寄与率は低下していたと考えられる。室内培養実験から、リターからのCO₂放出速度のQ₁₀値は根よりも大きいことから、Q₁₀値の大きいリターからのCO₂放出速度の寄与率が乾燥に伴って低下したため(言い換えればQ₁₀値が相対的に低い根呼吸の寄与率が増加したため)、土壤呼吸のQ₁₀値が低下したと考えられた。土壤呼吸における根、リター、土壤からのCO₂

放出速度の寄与率は植生や立地、気象条件によってさまざまな寄与率をとりうることから、土壌呼吸におよぼす土壌水分影響をより正確に評価するためには、より多くの異なる森林生態系において、それらの寄与率が土壌水分変動に伴ってどのように変化するのかを明らかにする必要があると思われる。

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2件)

阪田匡司・古澤仁美. (2018) 乾燥処理が根・リター・土壌からのCO₂放出速度の温度依存性におよぼす影響. 関東森林研究, 69(1):印刷中(査読あり)

阪田匡司・野口享太郎・平井敬三. (2017) 降雨および土壌水分変動が土壌呼吸の温度特性におよぼす影響. 関東森林研究, 68(1):75-76(査読あり)

[学会発表](計4件)

阪田匡司・古澤仁美. 土壌の乾燥が土壌呼吸の温度依存性におよぼす影響. 第129回日本森林学会大会. 2018年

阪田匡司・古澤仁美. 降雨遮断処理による土壌水分変動が土壌呼吸におよぼす影響 - 室内培養による根・リター・土壌からのCO₂発生速度の温度依存測定 -. 第7回関東森林学会大会. 2017年

阪田匡司・野口享太郎・平井敬三. スギ人工林における土壌乾燥処理にともなう土壌呼吸変動. 第128回日本森林学会大会. 2017年

阪田匡司・野口享太郎・平井敬三. 降雨イベントおよび降雨遮断処理が土壌呼吸におよぼす影響. 第6回関東森林学会大会. 2016年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阪田 匡司 (SAKATA, Tadashi)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号: 50353701