

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Influence of drying treatment on temperature sensitivity of CO₂ emission rate from roots, litter and mineral soil using an incubation method阪田匡司*¹・古澤仁美*¹Tadashi SAKATA*¹, Hitomi FURUSAWA*¹

*1 森林総合研究所

Forest and Forestry Product Research institute. Tsukuba, Ibaraki 305-8687

要旨：土壌水分変動が土壌呼吸の温度依存性(Q₁₀ 値)におよぼす影響を評価するため、降雨遮断処理による土壌乾燥試験をおこなっている 40 年生スギ人工林において、乾燥処理区および対照区から細根・リター・鉱質土壌(深さ 0~5cm)を採取し、異なる温度で室内培養し CO₂ 放出速度を測定した。乾燥処理区のリターおよび鉱質土壌の CO₂ 放出速度は有意に低下したが、細根の CO₂ 放出速度は明瞭な違いが認められなかった。細根・リター・鉱質土壌の Q₁₀ 値はいずれにおいても乾燥処理による違いは認められなかった。また、鉱質土壌の Q₁₀ 値は細根、リターの Q₁₀ 値よりも有意に大きかった。これらのことから、土壌乾燥処理によって、細根・リター・鉱質土壌の CO₂ 放出速度の Q₁₀ 値は変動しないが、異なる Q₁₀ 値を持つ根・リター・鉱質土壌の CO₂ 放出速度の土壌呼吸全体に対する寄与率が変化することによって、土壌呼吸の Q₁₀ 値に影響をおよぼすことが示唆された。

キーワード：土壌呼吸、Q₁₀ 値、降雨遮断、土壌水分

I はじめに

土壌から放出される CO₂ は土壌呼吸と呼ばれ、陸域生態系の炭素動態の中でも光合成に次ぐ大きなフローであることが知られている(IPCC(I))。土壌呼吸は温度や水分と強く関係していることが知られており、近年の気温上昇に伴って土壌呼吸が増大し、さらなる気温上昇を招く正のフィードバック作用が懸念されている(Luo and Zhou(3))。一方、温度上昇だけでなく、降水パターンの変動に伴う極端な過湿や乾燥が予測されていることから(IPCC(I))、森林生態系の炭素動態将来予測モデルを高度化するためには土壌呼吸の主たる変動要因である温度と水分との関係をより詳細に評価する必要がある。

土壌呼吸と温度との関係は指数回帰式で表されることが多い(Luo and Zhou(3))。

$$R_s = a \times e^{(b \cdot T)} = a \times Q_{10}^{(T/10)} \quad (1)$$

ここで、 R_s は土壌呼吸(mgC kg⁻¹ h⁻¹)、 T は温度(°C)、 a 、 b および Q_{10} はパラメータを表す。(1) 式の Q_{10} 値は 10°C 上昇したときの土壌呼吸の変化率を示し、温度依存性の指標としてよく用いられている。また、さらに温度だけでなく水分を考慮したモデル式も考案されているが、 Q_{10} 値と水分変数は独立として扱われることが多く、 Q_{10} 値におよぼす土壌水分の影響は明らかにされていない。そこで、筆者らは土壌呼吸の Q_{10} 値に対する土壌水分の影

響を評価するため、降雨遮断による土壌乾燥処理試験区で土壌呼吸観測をおこなったところ、降雨遮断前後で土壌呼吸の Q_{10} 値が変動し (5)、通年観測から乾燥区の Q_{10} 値が低下していたことを明らかにした (6)。本報告では、この野外観測から得られた土壌乾燥による土壌呼吸の Q_{10} 値の変動メカニズムを明らかにすることを目的とし、土壌呼吸を構成している根呼吸と微生物呼吸に分離し、室内培養法を用いて根、リターおよび土壌からの CO₂ 放出速度の Q_{10} 値を測定することによって、土壌呼吸の Q_{10} 値におよぼす乾燥影響について評価をおこなった。

II 方法

1. 調査地 本研究は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にあるスギ人工林(40 年生)でおこなった。下層植生はほとんどなく、地形はほぼ平坦、土壌型は適潤性褐色森林土または適潤性淡黒色土である。その他、調査地の情報については Konopka *et al.*(2)を参照してほしい。

2. 調査項目 土壌乾燥処理をおこなうため 2016 年 8 月 15 日に樹幹の間(約 2×5m)にビニールシート(2.7×5.4m)を高さ 1~1.5m に張って降雨遮断し、乾燥区を設けた(4 反復)。これらの乾燥区および対照区から室内培養に供する根、リター、土壌試料を採取した。採取日は根および

リターは2017/6/20, 土壌は2016/11/10, 2017/6/20, 7/11であった。根試料は直径2mm以下の細根を深さ0~10cm程度の土壌から大きくかく乱しないよう注意深く掘りあげて採取した。リター試料はリター層を方形区10×20cmから採取し, 土壌試料は表層0~5cmの鉍質土層を100mL採土円筒を用いて採取した。採取後, 乾かないよう密閉容器に入れ, 保冷庫にて実験室に持ち帰り, 5°Cで一晩冷蔵静置した。採取翌日に, それらの試料を培養用の密閉容器に入れ, 温度条件を5°Cに設定した恒温器内でCO₂放出速度を測定した。CO₂放出速度測定は赤外線CO₂分析計(バイサラ社製CARBOCAP GMP343)を用い, 密閉後1~2時間のCO₂濃度変化から計算した。5°Cで測定後, 25°Cに恒温器の温度条件を変更し, 5°Cと同様にそれらのCO₂放出速度を測定した。その後, 根およびリター試料は70°Cで, 土壌試料は105°Cで絶乾し, 試料の絶乾重を測定し, 試料重あたりのCO₂放出速度を計算した。

III 結果と考察

全ての試料の測定において5°Cよりも25°Cの時のCO₂放出速度が大きかった。同じ温度での重量あたりのCO₂放出速度は細根, リター, 土壌の順に大きく, 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(7)やヒノキ林(4)の報告例と同程度であった。乾燥処理による違いについては, リターや鉍質土層では乾燥処理区の方が有意にCO₂放出速度は低下していたが, 根のCO₂放出速度は明瞭な違いは認められなかった(表-1)。それらのQ₁₀値については鉍質土層, リター, 細根の順に大きく, 特に鉍質土層のQ₁₀値は有意に大きかった(表-2)。しかし, それらのQ₁₀値の処理間差は根, リター, 鉍質土層とも有意な違いは認められなかった。

筆者ら(5, 6)は, 野外観測において本調査地の乾燥処理により土壌呼吸のQ₁₀値が変動したことを報告した。この原因として, 土壌呼吸の発生源である根呼吸や微生物呼吸のQ₁₀値が変化したのではなく, 乾燥処理によって根呼吸よりも影響を受けやすい微生物呼吸が変動した結果, 異なるQ₁₀値をもつ微生物呼吸および根呼吸の土壌呼吸全体に対する寄与率が変化することによって土壌呼吸のQ₁₀値が変動したのではないかと推測された。

謝辞: 本研究は, 日本学術振興会科学研究費補助金「土壌呼吸の温度特性におよぼす土壌水分変動の影響」(課題番号26450216)によって実施した。

引用文献

- (1) IPCC (2013) Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York, 1535 pp
- (2) KONOPKA, B., NOGUCHI, K., SAKATA, T., TAKAHASHI, M., KONOPKA, Z (2007) Effects of simulated drought stress on the fine roots of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in a plantation forest on the Kanto Plain, eastern Japan. *J. For. Res.* **12**: 143-151
- (3) LUO, Y., ZHOU, X. (2006) Soil respiration and the environment. Academic Press, London, 316 pp.
- (4) 阪田匡司・平井敬三 (2016) 土壌呼吸に対する根呼吸割合の簡易測定. *関東森林研究* **67**(1): 129-132
- (5) 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
- (6) 阪田匡司・野口享太郎・平井敬三 (2017) 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. *日本森林学会大会学術講演集* **128**: 274(P2-204)
- (7) VOSE, J.M., RYAN, M.G. (2002) Seasonal respiration of foliage, fine roots, and woody tissues in relation to growth, tissue N, and photosynthesis. *Global Change Biology* **8**: 182-193

表-1. 乾燥処理による細根, リター, 鉍質土層のCO₂放出速度の違い (mgC kg⁻¹h⁻¹, 25°C)

	対照区	乾燥区	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)	*
鉍質土層	2.2 (1.2)	1.0 (0.3)	**

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

表-2. 細根, リター, 鉍質土層CO₂放出速度のQ₁₀値

細根	リター	鉍質土層
2.24 a (0.37)	2.84 a (0.27)	4.60 b (1.30)

値は対照区および乾燥区をともに含んだ平均値, 括弧内は標準偏差, 異なるアルファベットは試料種間に有意差あり(p<0.05))