

ブナが優占する冷温帯落葉広葉樹林における異なる斜面方位での土壌呼吸量の空間変動

Spatial variability of soil respiration in different topographical locations
in a cool-temperate deciduous broad leaved forest dominated by *Fagus crenata*

高田名津海*1・小坂泉*1・大越亮介*1・鎌田真友*1・

黒澤理紗*1・村田真純*1・両川光流*1・瀧澤英紀*1・阿部和時*1

Natsumi TAKADA*1, Izumi KOSAKA*1, Ryousuke OKOSHI*1, Mayu KAMATA*1,

Risa KUROSAWA*1, Masumi MURATA*1, Hikaru MOROKAWA*1, Hideki TAKIZAWA*1, Kazutoki ABE*1

*1 日本大学生物資源科学部

College of Bioresource Sciences, Nihon University, Fujisawa, Kanagawa 252-0880

要旨：本研究では、ブナが優占する日本大学水上演習林内で同一標高(標高 900 m)に位置する北側および南側斜面において土壌呼吸量の多点観測を実施し、両斜面における土壌呼吸量の空間変動について調べた。その結果、測定期間における南側斜面の土壌呼吸量の平均値は、北側斜面のものを上回った。土壌呼吸量の平均値に対する標準偏差の割合を示す変動係数は、北側斜面では 27~50%，南側斜面では 12~27% となり、南側よりも北側斜面のもので高くなる傾向を示した。両斜面で測定された土壌呼吸量の平均値は、信頼区間 95% で真の平均値の誤差 20% 以内に収まる値であることが示された。

キーワード：CO₂ フラックス、地温、土壌含水率、北側斜面、南側斜面

I はじめに

森林生態系における炭素収支を把握する上で、CO₂ 放出量の占める割合が多い土壌呼吸量を評価することは重要であるが、その空間変動特性は一様でなく、斜面部位により異なることが報告されている(4)。瀬戸ら(3)は、日本大学水上演習林内で同一標高(標高 900 m)に位置する北側および南側斜面において土壌呼吸量を測定した結果、北側より南側斜面で土壌呼吸量が大きいことを示したが、両地点での空間変動については検討していない。そこで本研究では、瀬戸ら(3)が実施した同一斜面上において土壌呼吸量の多点観測を実施し、両地点における土壌呼吸量の空間変動について考察した。

II 方法

観測地は群馬県利根郡みなかみ町にある日本大学水上演習林(36°48'N, 139°02'E, 標高 650-985 m)で、優占樹種はブナ(*Fagus crenata*)であり、その他の樹種としてミズナラ(*Quercus crispula*)などの落葉広葉樹が混在した平均樹高 15 m 程度の 50~60 年生の二次林である。

測定は、高平山の南側と北側斜面の同一標高(標高 900 m)の 2 地点に、1m 間隔に区切った 4m 四方のプロットを両斜面にそれぞれ設置し、格子上の 25 点において行なわれた。調査項目は、土壌呼吸量、地温、土壌含水率

の 3 項目である。土壌呼吸量の測定は、赤外線ガスアナライザー(LI-6262, LI-COR)と自作の閉鎖循環型チャンバーを用いて、チャンバー内の CO₂ 濃度の時間変化を測定し、土壌表面からの CO₂ 放出量を次式より算出した。

$$F_{soil} = \frac{V}{A} \cdot \rho_a \cdot \frac{dc}{dt} \quad (1)$$

ここで、 F_{soil} は土壌呼吸速度 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)、 V はチャンバーの容積 (0.0023256 m^3)、 A はチャンバーの面積 (0.042828 m^2)、 ρ_a は空気密度 ($=P/RT=90,613.6/8.314 \cdot (T+273.15)$, mol m^{-3})、 dc/dt はチャンバー内の CO₂ ガス濃度の時間変化 ($\mu\text{mol mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$)、 T は地温 ($^{\circ}\text{C}$) である。地温および土壌含水率の測定は、棒状温度計 (AD-5612A, A&D) および土壌水分センサー (CS-620, Campbell) を用い、1 地点につき 1 回計測した。これらの測定は、1 か月に 1 回程度の頻度で、2017 年 6 月 30 日、8 月 1 日、8 月 29 日、9 月 29 日の計 4 回実施した。ただし、6 月 30 日に関しては、4m 四方のプロット 25 点中、4 隅と中央の計 5 点のみ測定した。

本研究では、土壌呼吸量の多点観測結果の空間代表性を検討するため、信頼区間 95%、誤差 10% あるいは 20% 内に収まる平均値を求めるために必要な測定点数 (N') を、以下の式より算出した(2)。

$$N' = \frac{t_p^2 s^2}{Se^2} \quad (2)$$

ここで、 t_p は信頼区間 $p(95\%)$ における対象とする標本の自由度でのスチューデント t , s は標準偏差, Se は明示された誤差の範囲(実際の値の 10% あるいは 20%)である。

III 結果および考察

図-1 は、多点観測で平均した a) 土壌呼吸量, b) 地温, c) 土壌含水率および d) 土壌呼吸量の変動係数の経時変化であり、黒丸実線が南側斜面, 白丸実線が北側斜面を示す。図中のバーは標準偏差を示す。北側および南側斜面の土壌呼吸量の季節変化は、6月下旬から8月初旬にかけて増加し、8月下旬以降では減少する傾向がみられ、地温も同様の季節変化がみられた。土壌呼吸量の平均値については、北側よりも南側斜面のものが上回った。8月1日と8月29日に測定した土壌呼吸量と地温の関係において、北側斜面では地温の低下に対して土壌呼吸量の増加がみられるが、南側斜面では地温の上昇に対して土壌呼吸量の減少がみられ、斜面方位により土壌呼吸量と地温の最大値を示した時期に違いがみられた。8月1日と8月29日の土壌含水率を比較すると、両地点でばらつきはあるものの、平均値に大きな違いは見られないことから、土壌含水率が土壌呼吸量に与える影響は少ないと考えられる。

土壌呼吸量の平均値に対する標準偏差の割合を示す変動係数は、北側斜面では 27~50%, 南側斜面では 12~27% だった。すべての測定日において、北側斜面の変動係数は、南側斜面のものより高くなる傾向を示した。こ

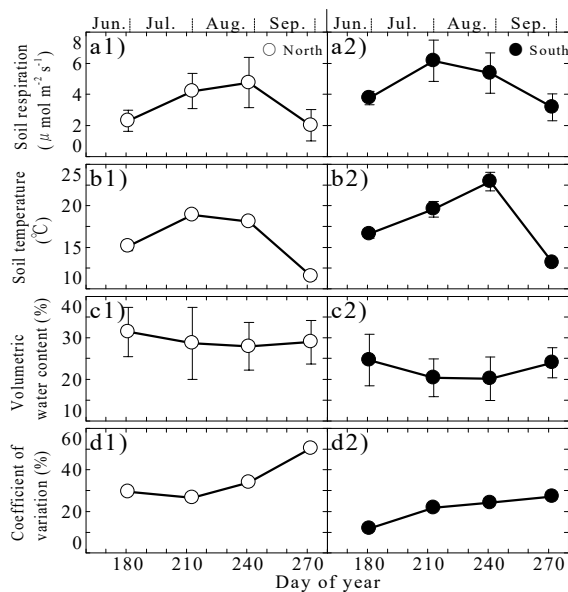


図-1. 土壌呼吸量(a)とその変動係数(d), 地温(b), 土壌含水率(c)の経時変化

表-1. 必要サンプリング数の算定結果

Date	Number of sampling points needed to estimate the soil respiration($p=0.05$)			
	North		South	
	Within10%	Within20%	Within10%	Within20%
08/01	32	8	20	5
08/29	49	12	25	6
09/29	109	27	32	8
Average	63	16	26	6

のことは、南側より北側斜面において、土壌呼吸量の空間的なばらつきが大きいことを意味する。既往研究における土壌呼吸量の変動係数は、コナラやアカシデなどで構成される落葉広葉樹林で 29~74%(1), スギ, ヒノキ林で 17~70%(4) となることが報告されている。本試験地における土壌呼吸量の変動係数は、既往研究のものに比べやや小さかった。

表-1に、北側および南側斜面において、信頼区間 95%, 誤差 10% あるいは 20% 以内に収まる平均値を求めるために必要な測定点数を示す。信頼区間 95%, 誤差 10% 以内の値を得るためには、北側斜面では 32~109 点, 南側斜面では 20~32 点の測定点数が必要になり, 誤差 20% 以内の値を得るためには、北側斜面では 8~27 点, 南側斜面では 5~8 点の測定点数が必要であった。これらを平均すると、誤差 10% および 20% 以内の値を得るためには、北側斜面では 63 点および 16 点, 南側斜面では 26 点および 6 点の測定点数が必要になる。これらの結果から、本研究で得られた土壌呼吸量の平均値は、信頼区間 95% で真の平均値の誤差 20% 以内に収まる値であることが示された。

引用文献

- (1) 溝口康子 (2009) 林床における CO₂ 放出フラックスの変動特性に関する研究. 森林総合研究所研究報告 8(1): 1-50
- (2) PETERSEN, R. G., CALVIN, L. D. (1986) Sampling. In Methods of soil analysis part 1 physical and mineralogical methods. KLUTE A (ed) American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Wisconsin, USA: 33-51
- (3) 瀬戸萌子・小坂泉・野中翔平・浅香歩・高松美月・瀧澤英紀・阿部和時 (2017) ブナが優占する落葉広葉樹における異なる斜面方位での土壌呼吸量の測定. 関東森林研究 68(1): 77-78
- (4) 玉井幸治・清水貴範・大貫靖浩・石塚成宏 (2010) 斜面部位による土壌呼吸量の空間変動-熊本県北部のスギ, ヒノキ林の場合. 森林立地 52(1): 1-10