

土壌呼吸に対する根呼吸割合の簡易測定

Estimate of the contribution of root respiration to soil respiration

阪田匡司*¹・平井敬三*¹Tadashi SAKATA *¹ and Keizo HIRAI *¹

* 1 森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Ibaraki 305-8687

要旨: 森林生態系炭素動態の解明に必要である土壌有機物分解や根呼吸の特性を明らかにするため、土壌呼吸における根呼吸および微生物呼吸の分離測定法について検討した。簡便に用いることができる培養法を用いて、茨城県加波山山麓のヒノキ人工林土壌を対象に測定した。培養法によって推定された根呼吸は 0.94 MgC/ha/y、土壌微生物呼吸は 3.53 MgC/ha/y と推定され、土壌呼吸に対する根呼吸の割合は約 20%であった。培養法によって推定された根呼吸と土壌微生物呼吸の合計はチャンバー法によって測定された土壌呼吸 (4.73 MgC/ha/y) とほぼ同水準であったことから、培養法による推定は妥当であったと考えられる。培養法は、多地点への適用も容易であり、また、既往のデータを用いた推定が可能であるため、土壌呼吸の根呼吸割合の推定には有用な手法であると考えられる。

キーワード: 培養法、微生物呼吸、温度特性

Abstract: In order to clarify the mechanism of soil organic matter dynamics and forest ecosystem carbon dynamics, there is a need to clarify the characteristics of soil organic matter decomposition and root respiration in many sites. However, the separation method of measuring root respiration and microbial respiration in soil respiration has not been established. Therefore, in order to examine the useful separation methods, we have investigated in a cypress forest at Mt. Kaba in Ibaraki prefecture using an incubation method which can be used in relatively simple. As a result, the root respiration and the soil microbial respiration were estimated to be 0.94 and 3.53 (MgC/ha/y), respectively, using the incubation method. The ratio of root respiration to soil respiration was about 20 % in this study site. Since the sum of the root respiration and the soil microbial respiration was almost the same level as the soil respiration (4.73 MgC/ha/y), which is measured at control plots by the chamber method, the incubation method was considered to be reasonable. Since the incubation method can be relatively easily in many sites and may be estimated using previous data, the method appears to be a useful technique for estimating the root respiration ratio of soil respiration.

Keywords: incubation method, soil microbial respiration, temperature sensitivity

I はじめに

土壌呼吸による CO₂ 放出量は生態系呼吸の 50%以上を占め (7)、全球レベルでは約 100 PgC/y になると推定されている (1)。また、気温の上昇に伴う土壌呼吸の増大によって、さらなる気温上昇を引き起こす正のフィードバック作用の可能性も指摘されている (2)。土壌呼吸は土壌有機物の分解(微生物呼吸・分解呼吸・従属栄養呼吸)と植物根の呼吸(根呼吸・根圏呼吸・独立栄養呼吸)に分けられ、それぞれ温度などの環境要因に対する応答性が異なることから、さまざまな要因が複雑に関与している。そのため、土壌呼吸の将来予測や生態系の炭素収支を考える上で根呼吸と微生物呼吸を分離して考える必要がある。

根呼吸と微生物呼吸の分離手法には、トレンチ法 (6)、根量回帰法 (3)、培養法 (5)、同位体比法 (11) などが

挙げられる。それらの手法にはそれぞれ長所・短所があり、それらについて議論がなされている (4)。中でも培養法は現地と異なる状況で測定するため、かく乱の影響を無視できないという短所があるが、温度や水分条件など環境条件を任意に設定、制御することができ、微生物呼吸・根呼吸の温度依存性について単純化できる大きな長所がある (8, 4)。また、簡便に計測できるため、土壌呼吸の温度依存性のメカニズム解明や多地点の微生物呼吸や根呼吸を比較するためには有用な方法である。

培養法を用いた報告例の多くは根呼吸推定に培養法を適用し、現地観測によって得た土壌呼吸から差し引いて微生物呼吸の推定をおこなっている。そのため、試料根のかく乱影響をどのように評価するかが問題となっている。そこで、本研究では、培養法を根呼吸だけでなく微生物呼吸

ら、本培養法による推定は妥当であると考えられた。本法では、培養法によって深さ 40 cm までの直径 20 mm までの根呼吸についておこなった。根の分布は表層に集中し、深くなるほど急激に減少していたため、深さ 40 cm 以上の根について余り影響しなかったと考えられた。また、粗大な根の呼吸については、過去の報告では根呼吸全体に占める直径 20mm 以上の根の呼吸の割合が落葉広葉樹林で 9% (12)、2 mm 以上の根の呼吸の割合がマツ林で 29% (9) であったことから、本地点もこれらと同水準と仮定しても、根呼吸と微生物呼吸の合計値 (4.56~4.73 MgC/ha) は土壌呼吸とほぼ同水準であった。ただし、地点によっては根の垂直分布や根径分布は異なることも予想され、地点によって深度や根径の培養試料の採取範囲を考慮する必要があると考えられる。

本調査地の根呼吸割合は夏に高くなる傾向があった。この季節変化は夏季の A₀ 層からの CO₂ 放出速度の割合の低下が反映したためと考えられる。本報告では A₀ 層からの CO₂ 放出は現地での測定に限ったが、培養法によって、温度だけでなく水分との関係を明らかにすることによって、より詳細で正確な推定が可能になると考えられる。このように、培養法は簡便に根呼吸の割合を推定できるだけでなく、土壌層位や根の形態別にそれらの CO₂ 放出速度と環境要因と特性を明らかにすることによって、土壌 CO₂ 動態、土壌有機物動態のメカニズムを明らかにすることができると考えられる。

引用文献

(1) BOND-LAMBERTY, B., THOMSON, A. (2010) Temperature-associated increases in the global soil respiration record. *Nature* **464**:579-582

(2) KIRSCHBAUM, M.U.F. (2000) Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming? *Biogeochemistry* **48**: 21-51

(3) BEHERA, N., JOSHI, S.K., PATI, D.P. (1990) Root contribution to total soil metabolism in a tropical forest soil from Orissa, India. *Forest Ecology and Management* **36**:125-134

(4) KUZYAKOV, Y. (2006) Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods. *Soil Biology and Biochemistry* **38**: 425-448

(5) LARIONOVA, A.A., YEVDOKIMOV, I.V., KURGANOVA, I.N., SAPRONOV, D.V., KUZNETSOVA, L.G., de GERENJU, V.O.L. (2003) Root respiration and its contribution to the CO₂ emission from soil. *Eurasian Soil Science* **36**: 173-184

(6) LEE, M.S., NAKANE, K., NAKATSUBO, T., KOIZUMI, H. (2003) Seasonal changes in the contribution of root respiration to total soil respiration in a cool-temperate deciduous forest. *Plant and Soil* **255**: 311-318

(7) LONGDOZ, B., YERNAUX, M., AUBINET, M. (2000) Soil CO₂ efflux measurements in a mixed forest: impact of chamber disturbances, spatial variability and seasonal evolution. *Global Change Biology* **6**:907-917

(8) RAKONCZAY, Z., SEILER, J.R., SAMUELSON, L.J. (1997) A method for the in situ measurement of fine root gas exchange of forest trees. *Environmental and Experimental Botany* **37**: 107-113

(9) RYAN, M.G., HUBBARD, R.M., PONGRACIC, S., RAISON, R.J., McMURTRIE R.E. (1996) Foliage, fine-root, woody-tissue and stand respiration in *Pinus radiata* in relation to nitrogen status. *Tree Physiology* **16**: 333-343

(10) SAKATA, T., ISHIZUKA, S., TAKAHASHI, M. (2004) A Method for Measuring Fluxes of Green House Gases from Forest Soils. 森林総合研究所研究報告 - Bulletin of FFPRI **3**: 263 - 269

(11) SAKATA, T., ISHIZUKA, S., TAKAHASHI, M. (2007) Separation of soil respiration into CO₂ emission sources using C-13 natural abundance in a deciduous broad-leaved forest in Japan. *Soil Science and Plant Nutrition* **53**:328-336

(12) TOMOTSUNE, M., YOSHITAKE, S., WATANABE, S., KOIZUMI, H. (2013) Separation of root and heterotrophic respiration within soil respiration by trenching, root biomass regression, and root excising methods in a cool-temperate deciduous forest in Japan. *Ecological Research* **28**:259-269

表-1. 土壤微生物呼吸と根呼吸の温度特性パラメータ

Table 1 Temperature sensitivities parameter of soil microbial respiration and root respiration.

深さ(cm)	土壌		根		
	a	b	直径(mm)	a	b
0-5	0.217	0.092	0-2	7.025	0.087
5-10	0.047	0.101			
10-20	0.020	0.080	2-5	2.563	0.099
20-30	0.010	0.106			
30-40	0.003	0.121	5-20	1.206	0.102

表-2. 各深度の根量および土壌容積重

Table 2 Root biomass and soil bulk density at each soil depth.

深さ(cm)	根量(kg/m ³)			土壌容積重(kg/m ³)
	0-2mm	2-5mm	5-20mm	
0-5	0.269	0.009	0	26.0
5-10	0.178	0.034	0.089	42.0
10-20	0.098	0.034	0	44.8
20-30	0.075	0.038	0	45.3
30-40	0.033	0.008	0	

表-3. 土壤呼吸、土壤微生物呼吸、根呼吸の年間推定値

Table 3 Estimated annual values of soil respiration, soil microbial respiration and root respiration

	微生物		根			土壌呼吸
	Ao層	鈣質土層	0-2mm	2-5mm	5-20mm	
年間呼吸量	1.96	1.56	0.85	0.09	0.02	4.73
(割合)		(75%)		(20%)		(100%)

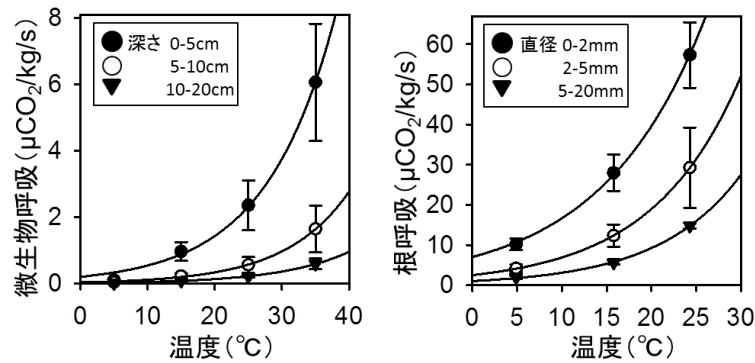


図-1. 土壤微生物呼吸および根呼吸の温度特性 (エラーバーは標準偏差)

Fig. 1 Temperature sensitivities of soil microbial respiration and root respiration.

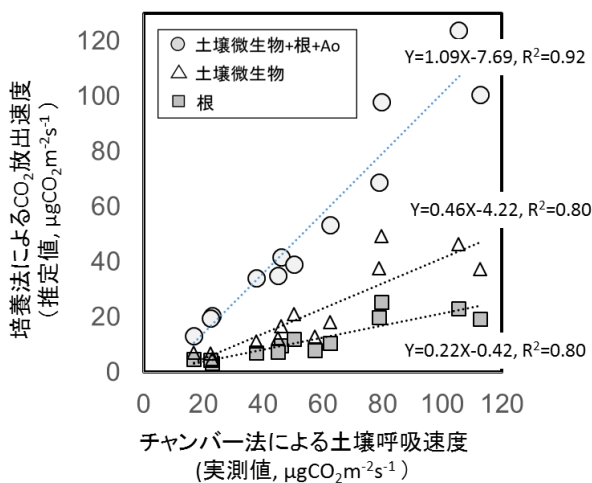


図-2. 培養法とチャンバー法による土壌呼吸の関係

Fig. 2 Relationship of the estimated soil respiration by the culture method and the chamber method.

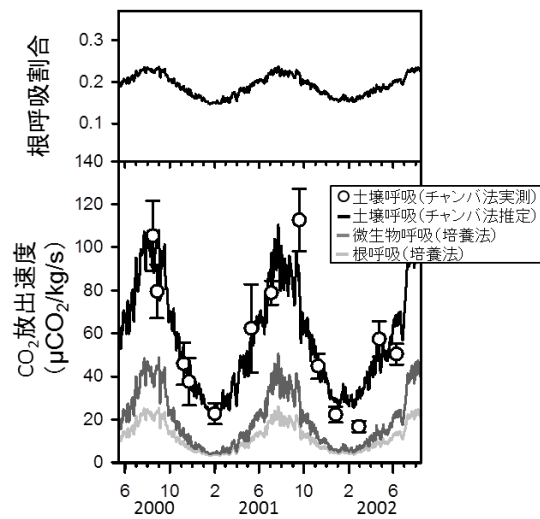


図-3. 土壌呼吸、微生物呼吸、根呼吸の季節変化

(エラーバーは標準偏差)

Fig. 3 Seasonal fluctuation of soil respiration, soil microbial respiration and root respiration.