

森林と草地における土壌CO₂フラックス空間変動の比較

橋本徹・三浦覚 (森林総研)

要旨：森林生態系の炭素循環を解明する上で土壌CO₂フラックスの定量は必須であるが、土壌CO₂フラックスは空間変動が大きいことから、その空間変動を把握することが重要である。そこで、岩手県安比高原のブナ林と草地に調査区を設け、10 m, 1 m, 0.2 m間隔でそれぞれ21カ所、夏から秋にかけて土壌CO₂フラックスを測定した。その結果、ブナ林区でのフラックスの変動係数は草地区とあまり変わらなかった。草地区での変動係数は不規則な季節変化を示したが、ブナ林区ではあまり季節変化しなかった。また、ブナ林区の0.2 m間隔でのフラックスの変動係数は1 m間隔、10 m間隔の場合と比べて小さかった。

キーワード：土壌CO₂フラックス、空間変動、変動係数、ブナ二次林、草地

I はじめに

近年、炭素循環における森林の機能解明が益々重要となっている。森林生態系における炭素の多くは土壌中に存在するので、森林土壌から大気への炭素放出過程である土壌CO₂フラックスの実態を解明することが必須である。しかし、土壌CO₂フラックスは空間的なばらつきが非常に大きい。特に、森林には草地や畑地のような他の陸域生態系には見られない巨大な固着性生物（樹木）があるため、その存在がもたらす立地環境要因の空間的不均一性は大きいと考えられる。例えば、pH、窒素量、交換性塩基、イオン交換容量、容積重などの土壌特性（6）、細根量（5）、土壌呼吸（4）などが樹幹からの距離とともに変化することが報告されている。このようなことから、森林生態系では草地など他の生態系と比べて、土壌CO₂フラックスの空間変動が大きいと考えられる。また、土壌CO₂フラックスの空間変動は測定スケールによっても変化すると考えられる。測定スケールが小さい場合は樹木の影響が顕著に見られ、より大きなスケールで測定すれば、地形の影響が大きくなると予想される。そこで、本研究では、草地を比較対象として複数のスケールで森林の土壌CO₂フラックスの空間変動を調査した。

II 調査方法

岩手県八幡平市安比岳国国有林（岩手北部森林管理署474林班）にある森林総合研究所の安比二酸化炭素動態観測共同試験地（北緯40度0分4秒、東経140度56分12秒、標高825

m）とそこから約800 m離れたところにある草地（通称「中の牧場」）で調査した。岩手松尾アメダス観測所（北緯39度57分1秒、東経141度3分9秒、標高275 m）における2004–2005年の日平均気温は9.5 °C、年平均降水量は1273 mmだった。調査地はほぼ平坦な緩斜面地形であり、地質は輝石かんらん石安山岩（1）、土壌は適潤性暗色系褐色森林土（2）で、火山灰の薄層（十和田aテフラ）が見られる。森林は70–80年前に一斉更新したと考えられているブナ二次林で、林冠高は約20 mだった。林床植物は散在する程度で非常に少ない。草地には、イネ科草本とワラビが優占していた。

ブナ林区、草地区の両方に、等高線と平行に200 mのライントランセクトを設定し、そこに、0.2 m, 1 m, 10 m間隔でそれぞれ計21個となるようにチャンバー（直径10 cm, 深さ7 cm）を配置した（図1）。各チャンバーは約4 cm埋設した。土壌CO₂フラックスの測定は、ブナ林区では2004年の9/18, 9/26, 10/26, 2005年の8/16, 10/14の計5回、草地区では2005年の8/5, 9/9, 9/20, 10/5の計4回行った。Li-cor社の携帯式土壌呼吸測定装置Li-820を用いて、密閉法（3）により土壌CO₂フラックスを測定した。1カ所につき、5分間密閉し、最初の2分間を除いた3分間のデータを用いて、CO₂濃度の増加率を直線回帰で計算し、CO₂フラックスに換算した。測定はおおむね9時から14時に行った。

土壌CO₂フラックスの測定時に、チャンバーの近傍2カ所で深さ10 cmの地温をデジタル温度計（Model SK-250WP,

佐藤計量器製作所) で、チャンパー近傍4カ所で深さ12 cmまでの平均土壌体積含水率をTDR土壌水分計 (HydroScene-3, Campbell Scientific Australia, Pty Ltd.) でそれぞれ測定した。

草地区の測定では日変化が見られたので、測定時刻と土壌CO₂フラックスの回帰によって日変化の補正をした。

III 結果と考察

ブナ林区と草地区における土壌CO₂フラックスの空間変動は図2のようになった。ブナ林区では2004年と2005年に測定したが、測定年にかかわらず夏から秋にかけて土壌CO₂フラックスが減少した。また、ブナ林区ではいずれのスケールにおいても、相対的に高い地点はどの測定回でも相対的に高い傾向が見られた。一方、草地区の土壌CO₂フラックスは全体的にブナ林区よりも高かった。草地区には直接太陽光が当たるため、地温がブナ林区より高かった。この地温差などが土壌CO₂フラックスの差に影響していると考えられる。空間変動の度合いを変動係数で見ると、ブナ林区と草地区の土壌CO₂フラックスの変動係数の数値の大きさにあまり違いはなかった(図3)。しかし、ブナ林区では1 mスケールと0.2 mスケールの変動係数がほぼ一定で、どの測定回でも1 mスケールの方が高い傾向を示したのに対し、草地区での変動係数は不規則な季節変化を示した。

地温はブナ林区でも草地区でもほとんど一定で地点間差は非常に小さかった。地温の空間分布がほぼ一定だったことから、その変動係数は土壌CO₂フラックスと比べて非常に小さかったが、草地区の方がブナ林区より多少高い傾向があった(図4)。一方、土壌体積含水率の空間変動では、ブナ林区の10 mスケールの変動係数が大きく、地形の影響と考えられた。土壌体積含水率の変動係数はブナ林区の方が草地区より高かった(図5)。また、草地区では三つのスケールでの変動係数の値がほぼ同じだったのに対して、ブナ林区では大きい測定スケールほど変動係数も大きかった。これは、測定スケールが大きくなるとともに地形要因がより大きく影響しているためだと推測する。

ブナ区の土壌CO₂フラックスの相対的な空間分布は草地区の場合と異なり、測定回によって変化しなかった(図2)。この違いがどのような原因によるものかは今回の調査からはわからないが、一つの可能性として樹木の有無が

考えられる。樹木が空間的に固定されていることが、土壌CO₂フラックスの空間分布の安定性に貢献していると考えられた。

なお、図2に見られるように相対的空間分布の形状や、絶対値の季節変化には04年と05年の違いは見られなかったことから、変動係数の挙動も測定年の差異による影響は小さいと考える。

IV おわりに

本研究の結果、土壌CO₂フラックスの空間変動の程度はブナ林と草地であまり変わらないことがわかった。しかし、ブナ林では測定スケールによって空間変動の程度に違いが見られた。これらの変動パターン生成機構の解明が今後の課題である。

なお、本研究は森林総合研究所交付金プロジェクト#200303 および農林水産省委託プロジェクト「地球温暖化研究」により行われた。

引用文献

- (1) 猪木幸男(編)(1992) 日本地質図大系東北地方. 135pp, 朝倉書店. 東京.
- (2) 石塚成宏・阪田匡司(2006) 日本の森林土壌に適合するガス拡散係数推定式について-主として黒色土と褐色森林土を対象として-. 森林立地. 48: 9-15.
- (3) 阪田匡司(1999) 地表面のガスフラックス. (森林立地調査法. 森林立地調査法編集委員会編, 284pp. 博友社, 東京). 209-211.
- (4) TANG, J. and BALDOCCHI, D. D. (2005) Spatial-temporal variation in soil respiration in an oak-grass savanna ecosystem in California and its partitioning into autotrophic and heterotrophic components. Biogeochemistry 73: 183-207.
- (5) TASKINEN, O., ILVESNIEMI, H., KUULUVAINEN, T. and LEINONEN, K. (2003) Response of fine roots to an experimental gap in a boreal *Picea abies* forest. Plant Soil 255: 503-512.
- (6) ZINKE, P. J. (1962) The pattern of influence of individual forest trees on soil properties. Ecology 43(1): 130-13

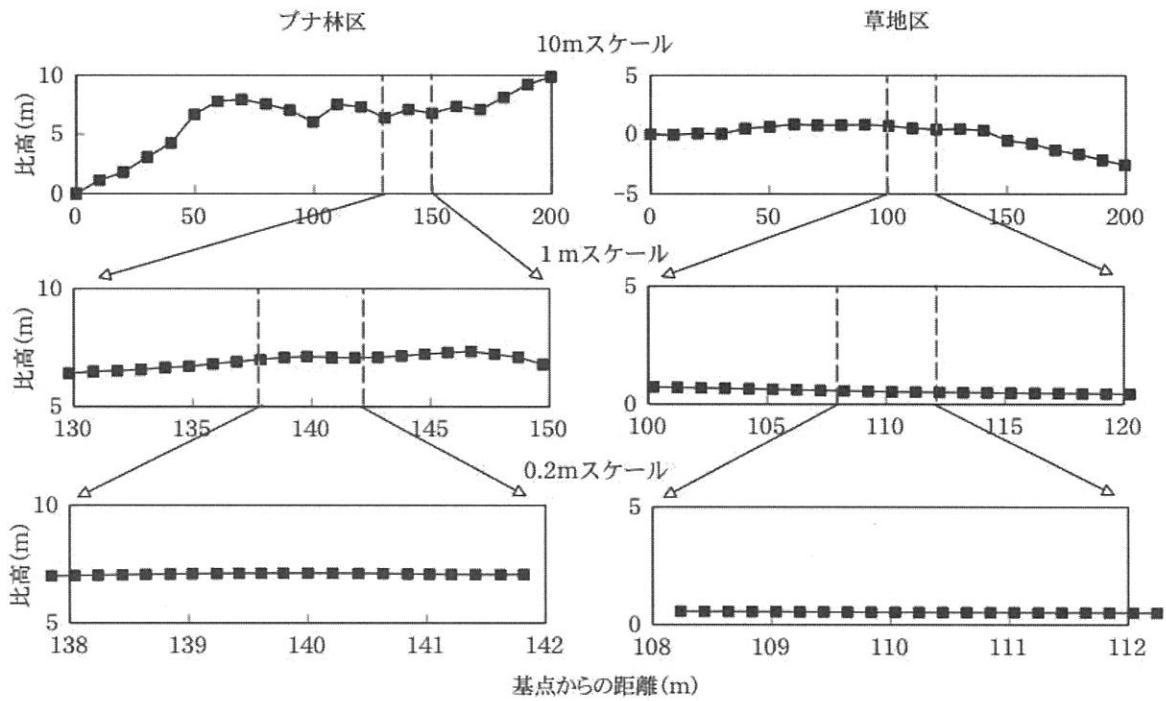


図-1. 測定チャンパー配置図

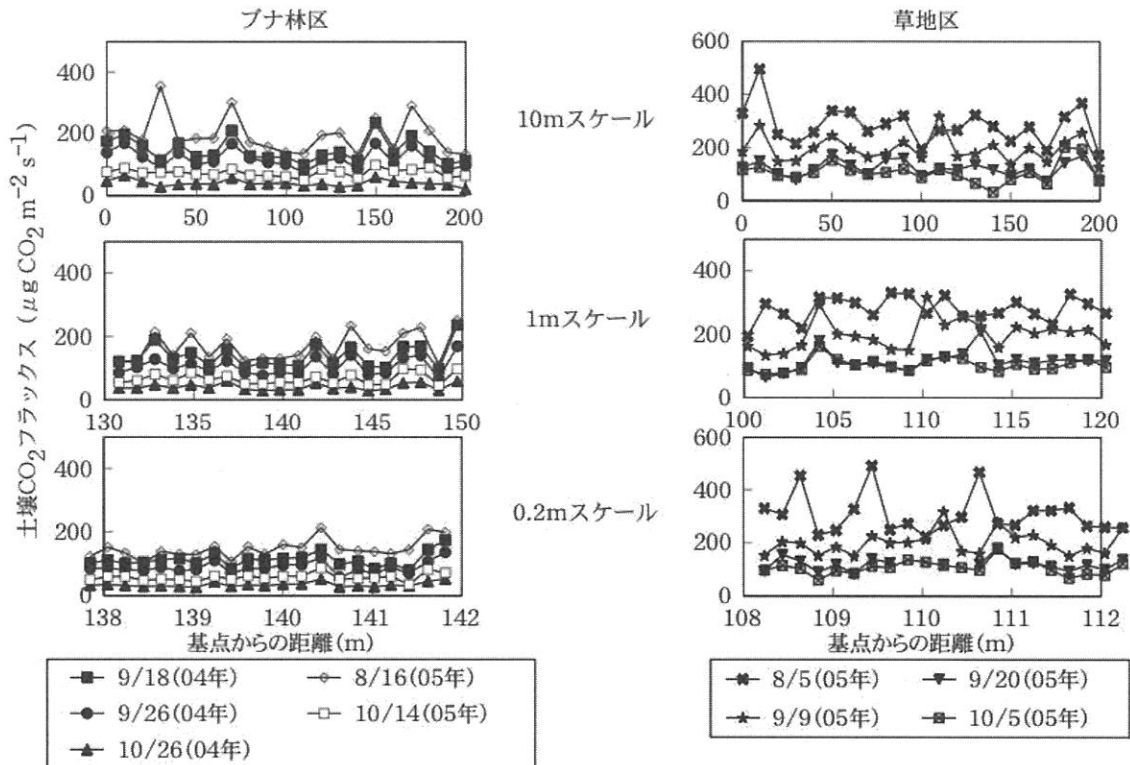


図-2. 土壌CO₂フラックスの空間分布

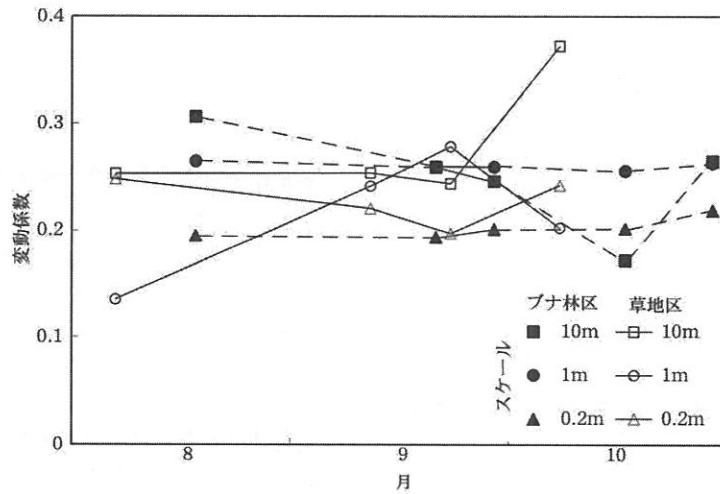


図-3. 土壌CO₂フラックスの変動係数の季節変化

§ 点線は、異なる測定年（2004年と05年）の点を結んでいることを示す

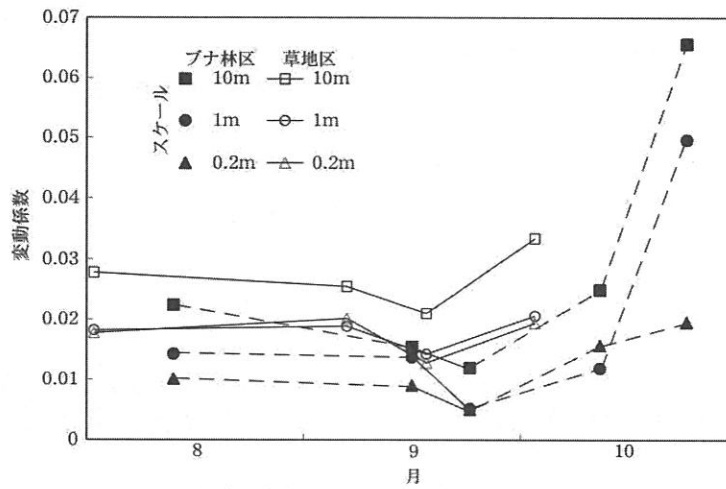


図-4. 地温の変動係数の季節変化

§ 点線は、異なる測定年（2004年と05年）の点を結んでいることを示す

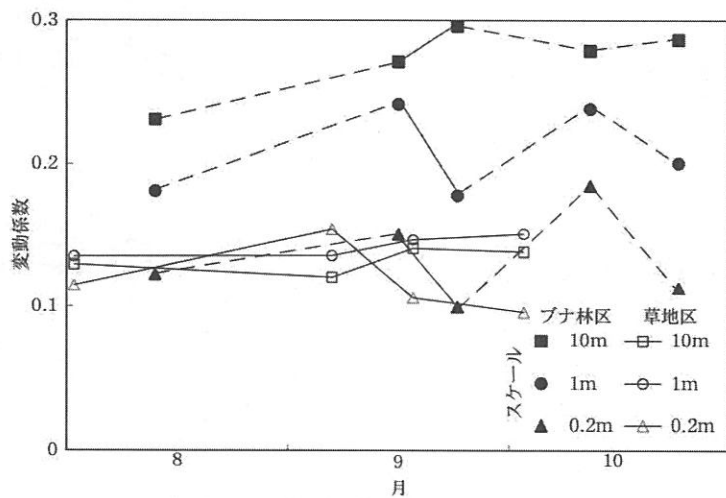


図-5. 土壌体積含水率の変動係数の季節変化

§ 点線は、異なる測定年（2004年と05年）の点を結んでいることを示す