

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580229

研究課題名(和文) 林床植物の生物多様性が土壌CO₂フラックスに与える影響の評価研究課題名(英文) Evaluation of effect on soil CO₂ flux by biodiversity of forest floor vegetation

研究代表者

橋本 徹 (Hashimoto, Toru)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号：70353810

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：森林土壌CO₂フラックスの空間変動に林床植物の生物多様性がどのように効いているかを解明した。羊ヶ丘試験地と千歳試験地の平坦林に50mラインを張り、ライン上の63点で土壌CO₂フラックスと林床植生、土壌サンプルの調査を行った。地形が平坦であっても、土壌CO₂フラックスに空間依存性があることがわかった。羊ヶ丘試験地ではチャンパーから最近木までの距離が、千歳試験地では林床植物の生物多様性が土壌CO₂フラックスの空間変動に対して有意に影響していた。立地変動の小さい平坦林で調べることで、林床植物の多様性や樹木といった生物要因が土壌CO₂フラックスの空間変動に影響している可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：I studied the effect on soil CO₂ flux by biodiversity of forest floor vegetation. I set 50 m lines at Hitsujiogaoka and Chitose sites. I examined soil CO₂ flux, flora of forest floor and soil properties at 63 points on the two lines. I found that there were spatial dependencies on distributions of soil CO₂ flux although topographies of two study sites were flat. The distances from the CO₂ flux chamber to the nearest tree at Hitsujiogaoka site, and biodiversity indices of forest floor vegetation at Chitose site affected significantly on the distribution of soil CO₂ flux. It was suggested that biological factors like as trees and forest floor vegetation affect the spatial distribution of soil CO₂ flux by examining these at flat forests.

研究分野：森林生態学

キーワード：土壌CO₂フラックス 林床植物 生物多様性

1. 研究開始当初の背景

人類が持続的に生態系サービスを楽しむためには、生物多様性と生態系機能の関係を解明することが重要である。これまで、生物生産や生態系の安定性に生物多様性が寄与していることがわかりつつあるが、一次生産以外の炭素循環過程に生物多様性がどのように関連しているかを解明することも重要な課題である。

森林土壌 CO₂ フラックスは、巨大な炭素ストックである森林土壌からの CO₂ 放出過程であり、その時空間変動は炭素循環に大きな影響を与える。しかし、土壌 CO₂ フラックスは空間的な不均一性が大きいいため、土壌 CO₂ フラックスを正確に予測するためには、その空間変動要因を解明することが重要である。土壌 CO₂ フラックスの空間変動に地形や樹木が大きく影響していることはわかってきたが、林床植物の影響についてはこれまであまり注目されていない。しかし、林床植物はリター供給能力も小さくなく、炭素を循環させるドライバーとして無視できない。

2. 研究の目的

微地形変化の小さい平坦林において、0.4-50mスケールでの土壌 CO₂ フラックスの空間分布と林床植物群集の生物多様性やその他の立地環境要因の対応関係を解明する。

3. 研究の方法

(1) 森林総合研究所北海道支所の羊ヶ丘実験林 3 林班ち、り小班 (羊ヶ丘試験地) と北海道森林管理局の石狩森林管理署管内 5209 林班ろ小班 (千歳試験地) にそれぞれ 50m ラインを設定した。羊ヶ丘試験地は約 40 年生のヤマハンノキ人工林で、ヤマハンノキの間にドロノキ、ミズナラ等の広葉樹が混じっていた。林冠高は約 11m で、立木密度は 1683 本/ha だった。この場所は、札幌オリンピック時にクロスカントリースキーのスタート/ゴール地点として平坦に造成されている。千歳試験地は、択伐跡の見られる天然生林で、ミズナラ、イタヤカエデ等が優占していた。林床にはオシダ、ハエドクソウ、ツタウルシ等が優占していた。林冠高は約 20m で、立木密度は 550 本/ha だった。こちらも平坦地形で、火山噴石物を母材とする未熟土壌である。

(2) それぞれの 50m ラインで、2.5m おきに 21 個のコドラートを設定した(図 1 の)。それぞれのコドラートから左右どちらかランダムに方向を決め、そこから 0.4 m、0.9 m 離れた場所にもコドラートを設置した(図 1 の)。計 63 個のコドラートを設置した。このようにコドラートを設定することで、少ないコドラート数で、様々な距離のコドラートペアが得られる。それぞれのコドラートでは、

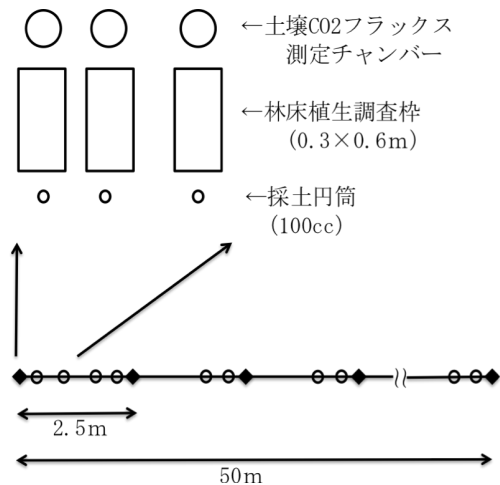


図1 調査デザイン

0.3×0.6 m の林床植生調査枠、そのそばに内径 20 cm の土壌 CO₂ フラックス測定チャンバーを設置した。

(3) 土壌 CO₂ フラックスは、土壌 CO₂ センサー (Vaisala 社、GMD20) で密閉法により 2012-2014 年にかけて複数回測定した。測定は、10-13 時の間で行った。別の測器で、土壌 CO₂ フラックスの時間変化をモニタリングしていたが、明確な時間変化は見られなかったため、測定時間帯による補正は行わなかった。樹木については、チャンバーから最も近い樹木 (最近木) までの距離とその胸高直径を測定した。林床植生については、コドラート内の茎高 5cm 以上の種の種名と被度を記録した。また、コドラートのそば (土壌 CO₂ フラックスチャンバーとは反対側) で、100cc 採土円筒により土壌サンプルを採取し、定積細土重、三相組成、リター量、細根量、pH、CN 量を分析した。

(4) 土壌 CO₂ フラックスの空間依存性を、セミバリオグラムによって解析した。また、土壌 CO₂ フラックスの空間変動の要因解析を、ステップワイズ (最小 BIC による停止ルール、変数増加) 重回帰分析で行った。モデルの従属変数には土壌 CO₂ フラックス指標、独立変数には、林床植生の総被度、林床植生の多様度指数 H'、チャンバー中心から最近木までの距離、最近木の胸高断面積、リター量、細根量、定積細土重、液相率、pH、N 量を組み込んだ。

4. 研究成果

(1) 土壌 CO₂ フラックスの空間変動パターン

図 2 と図 3 は、両試験地の土壌 CO₂ フラックスの空間変動を表す。凡例の 6 桁の数字は、最初の二桁が西暦の下二桁、次の二桁が月、最後の二桁が日を表す。測定日によって、土壌 CO₂ フラックスの平均値が異なるため、そ

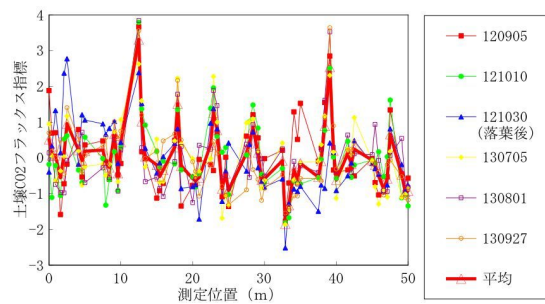


図2 羊ヶ丘試験地の土壌 CO2 フラックス指標の空間変動

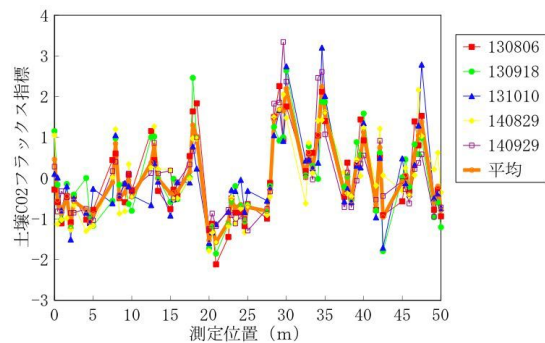


図3 千歳試験地の土壌 CO2 フラックス指標の空間変動

それぞれの測定日のデータについて、平均0，標準偏差1となるように基準化したものを土壌 CO2 フラックス指標としてプロットした。どちらの試験地でも、土壌 CO2 フラックスの空間変動パターンは、0.4-50mスケールでは、測定時期に依らず一定のパターンを示した。微地形変化の小さい平坦林での土壌 CO2 フラックスには、樹木や林床植物といった生物要因の影響が強いと想定していた。従って、細根の活性の季節変動などの影響により、測定時期によって空間パターンが変化する可能性も考えられたが、今回設定した0.4-50mという空間スケールでは、土壌 CO2 フラックスの空間変動パターンは一定であることがわかった。

(2) 土壌 CO2 フラックスパターンの空間依存性

土壌 CO2 フラックスの空間依存性を調べるために、距離階別のセミバリエーションに対してセミバリエーションモデルを当てはめたところ、図4，5のような結果となった。それぞれのモデルのパラメータは、表1のようになった。微地形変化の小さい平坦林においても土壌 CO2 フラックス変動に空間依存性が認められた。

空間依存性の範囲を示すセミバリエーションのレンジは、千歳試験地の方が羊ヶ丘試験地よりも大きかった(表1)。千歳試験地は天然生林で太い木が低密度で生えているのに対し、羊ヶ丘試験地は若いハンノキ林で細い木が高密度で生えていた。従って、立木間距

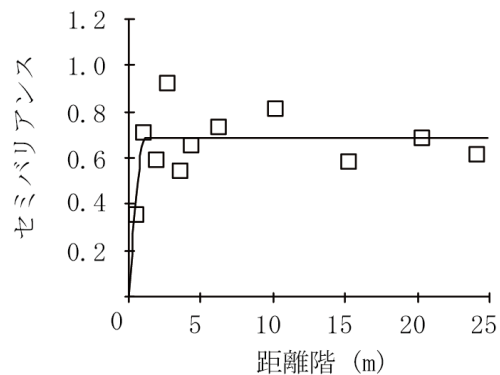


図4 羊ヶ丘試験地の土壌 CO2 フラックスのセミバリエーション

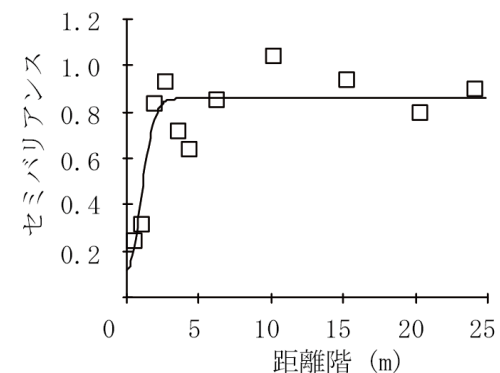


図5 千歳試験地の土壌 CO2 フラックスのセミバリエーション

離は千歳試験地の方が長かった。土壌 CO2 フラックスの空間変動には細根の分布も影響していると考えられる。両試験地における立木間距離の違いが細根分布のばらつきに繋がり、それがセミバリエーションにおけるレンジの違いに現れたのではないかと推測する。

表1 土壌 CO2 フラックス空間変動のセミバリエーションモデルのパラメータ

調査地	羊ヶ丘	千歳
モデル	Spherical	Gaussian
R ²	0.441	0.781
ナゲット	0.001	0.119
シル	0.686	0.858
レンジ (m)	1.13	2.30

(3) 土壌 CO2 フラックスの空間変動とその変動要因

セミバリエーション解析で、土壌 CO2 フラックスの空間変動に1-2mレンジの空間依存性があることがわかったので、2.5m間隔のデータセット(計21点)を用いて、土壌 CO2 フラックスの空間変動の要因解析を行った。

どちらの試験地のステップワイズ重回帰モデルも有意だった(表2, 3)。羊ヶ丘試験地では、選択された要因のうち、チャンバーから最近木までの距離が有意だった。一方、千歳試験地では、選択された要因のうち、林床植生の多様度指数 H' が有意だった。

表2 羊ヶ丘試験地における土壌 CO₂ フラックス空間変動のステップワイズ重回帰モデルの分散分析表と選択された要因の推定値

要因	DF	SS	MS	F 値
モデル	4	2.85	0.71	4.43
誤差	15	2.41	0.16	p 値
全体	19	5.26		0.015*

項	推定値	S.E.	p 値
切片	-2.42	2.15	0.278
林床植生の多様度指数 H'	0.22	0.13	0.122
最近木までの距離	-0.01	0.00	0.018*
pH	0.72	0.37	0.067
N 量	-3.67	1.77	0.056

表3 千歳試験地における土壌 CO₂ フラックス空間変動のステップワイズ重回帰モデルの分散分析表と選択された要因の推定値

要因	DF	SS	MS	F 値
モデル	2	6.43	3.21	4.73
誤差	18	12.22	0.68	p 値
全体	20	18.64		0.022*

項	推定値	S.E.	p 値
切片	-2.91	0.94	0.006
林床植生の多様度指数 H'	0.83	0.33	0.021*
リター量	0.88	0.44	0.062

羊ヶ丘試験地でのチャンバーから最近木までの距離と土壌 CO₂ フラックス指標の関係をみると、チャンバーから離れるにつれて土壌 CO₂ フラックスが減少し、100 cm ほど離れたところで底を打っていた(図6)。この距離はセミバリオグラムレンジの値(1.13 m)と一致しており、樹木からの距離が土壌 CO₂ フラックスの空間依存性に大きく影響していることがこのことから示唆される。

千歳試験地では、林床植生の多様度指数 H' が有意な要因だった。林床植生量の間接的指標である総被度は選択されておらず、炭素供給源としての林床植生の量ではなく、その種多様性が土壌 CO₂ フラックスの空間変動に影響していると示唆された。

セミバリオグラムで見られた両調査地のレンジの違いの要因として立木密度の違い

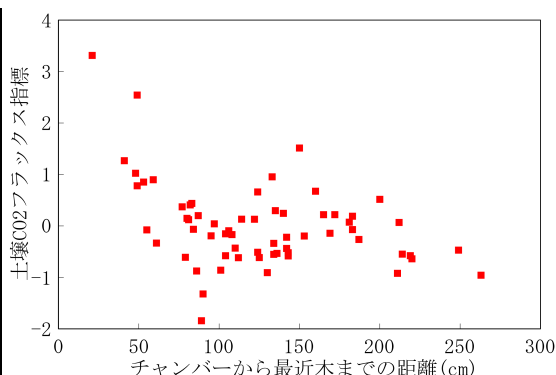


図6 羊ヶ丘試験地におけるチャンバーから最近木までの距離と土壌 CO₂ フラックス指標の関係

に起因する細根分布の差を挙げたが、どちらの試験地の統計モデルでも細根量は有意な要因として選択されなかった。これは、100cc の採土円筒によるサンプリングでは、細根の空間的な不均一性を捉えきれなかったためだと推測する。

(4) まとめ

本研究により、林床植生の生物多様性が土壌 CO₂ フラックスの空間変動に影響していることが示唆された。また、その程度は、林分特性によって異なることもわかった。対象林分に合わせた適切な空間スケールで測定することで、土壌 CO₂ フラックスと林床植生の関係が明らかになると考えられる。今後は、林床植生の生物多様性がどのようなメカニズムで土壌 CO₂ フラックスに影響しているのかを解明する必要がある。

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 0 件)

[学会発表](計 2 件)

橋本徹 北海道の平坦林における土壌 CO₂ フラックスの空間変動。日本生態学会、2015 年 3 月 21 日、鹿児島大学(鹿児島市)

橋本徹、阪田匡司 異なるチャンバー法による土壌 CO₂ フラックス測定法の比較。日本生態学会、2013 年 3 月 7 日、静岡県コンベンションアーツセンター(静岡市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 徹 (Hashimoto Toru)

独立行政法人森林総合研究所北海道支所
主任研究員

研究者番号：70353810