

令和元年6月25日現在

機関番号：32658

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K15289

研究課題名(和文) 森林生態系における菌根菌への炭素配分：リアルタイム菌糸呼吸測定法の開発

研究課題名(英文) Carbon allocation to mycorrhizas in a forest ecosystem: developing a real-time measuring method for mycorrhizal respiration

研究代表者

今井 伸夫 (IMAI, Nobuo)

東京農業大学・地域環境科学部・准教授

研究者番号：00722638

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：土壌からは、腐生性微生物・植物根・菌根菌の呼吸を通して大量のCO₂が放出している。この土壌呼吸速度の規定要因を明らかにすることは、土壌炭素動態の理解や気候変動予測の上で重要である。腐生性微生物や植物根圏の呼吸については、多くの研究がある。しかし菌根菌呼吸を測るには宿主(植物根)から生理活性を保ったまま菌根菌糸を分離しなければならず、これまでは技術的に不可能だった。本研究は、菌根菌糸のみが侵入できる呼吸測定用“カラー”と自動開閉型チャンバーを組み合わせた、菌根菌呼吸速度のリアルタイム測定手法を開発した。そして、菌根菌呼吸速度が大きな日・季節変動をすることを野外で初めて観測することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、菌根菌への炭素配分は宿主である植物根の呼吸と一括りにされ無視されてきた。そうした中本課題は、高精度・経時的に菌根菌呼吸を測定する手法を確立した。また、菌根菌呼吸速度が大きな日・季節変動を示すことも明らかにした。本課題は、菌根菌の新たな生態を明らかにし、菌根菌と根の呼吸を一括りにしている現行の土壌呼吸モデルに再評価を迫るものである。

研究成果の概要(英文)：Soil respiration consists of CO₂ fluxes from free-living microbes, plant roots, and mycorrhizal fungi. Understanding the spatio-temporal pattern of CO₂ fluxes from the three components can contribute to better understanding of soil organic matter dynamics, and in turn, prediction of global carbon dynamics. Many studies have measured root respiration and soil microbial respiration. However, mycorrhizal fungal respiration has been rarely measured, largely due to the lack of appropriate measuring method.

Here we developed a measuring method for ecto-mycorrhizal fungal respiration by using micro-pore mesh in-growth core. We first, in the field, examined the effects of host plants and soil nutrient availability on ecto-mycorrhizal fungal respiration.

研究分野：植物生態学

キーワード：菌根菌 森林 炭素動態 呼吸 土壌微生物

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

土壌からは、土壌微生物・植物根・菌根菌の呼吸をとおして大量の CO₂ が放出している。この土壌呼吸速度の規定要因を明らかにすることは、土壌炭素動態の理解や気候変動予測の上で重要である。土壌微生物や植物根圏の呼吸については、これまで多くの研究が行われてきた。しかし、菌根菌の呼吸測定は、生理活性を保ったままホスト(植物根)から菌根菌系を分離しなければならず、これまでは技術的に不可能だった。菌根菌と植物根ではサイズや生理機構が全く異なるため、環境応答特性が両者で異なると考えられる。また、根呼吸のうちの数十%が菌根菌呼吸である可能性も、メタ解析研究などから示唆されている。にもかかわらず、菌根菌呼吸は根呼吸の一部として一括りにされ、すべての炭素動態予測モデルにおいて無視されているのが現状である。

そこで申請者は、世界に先駆けて菌根菌呼吸のみの分離測定手法の開発を行ってきた(若手 B,H27-28)。表層土を炭素フリーの真砂土に置換することで、腐生性微生物のコンタミを回避しながら菌根菌呼吸を測定する手法を初めて開発した。しかし、本手法はコア・サンプリングを含む侵襲的手法であるため、菌根菌呼吸の経時変化や温度応答特性までは明らかにすることができない。

2. 研究の目的

本研究は、野外において生きたままの菌根菌系の呼吸を自動連続測定する「菌根菌呼吸リアルタイム測定法」を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 測定

測定は、森林総研関西支所の京都府山城試験地において行った。底が蓋された塩ビパイプ(内径 10cm、長さ約 12 cm、厚さ 7mm)に 4 方向から 5×5cm の窓を開けた(図 1a)。40 μm メッシュシート(ポリエステルメッシュクロス、PET40、糸径: 40 μm、目開き率: 25%、厚さ: 60 μm、田中三次郎商店)を 10 cm×30.5 cm にカットしたものを用意し、この窓部に貼りつけた。この呼吸測定用“カラー”を、調査地の尾根部のコナラ樹冠下に埋設した。腐生菌の混入を防ぐため、パイプ内部と周辺土壌は有機物がほぼ含まれない真砂土に置換した。パイプ内真砂土からの CO₂ 放出速度を、CO₂ 自動連続測定システムで測定した(図 1b)。このシステムは、電磁弁、ポンプ、流量計、CO₂ 分析器(GMP343、ヴァイサラ)、タイミング制御ユニット(Zen、オムロン)から成り、約 30 分おきの CO₂ 放出速度が先端根呼吸が自動連続・リアルタイムで測れるようになっている。

(2) コンタミ量の推定

チャンバー上からの CO₂ フラックスには菌根菌呼吸以外にも僅かながら、5×5cm の窓の近傍にまで伸長してきた細根からの CO₂ 移流と、チャンバー内に徐々に蓄積した腐生性微生物による呼吸も含まれる。これらのコンタミ量を以下の手法によって推定し、菌根菌呼吸のみを抽出した。約半年後にチャンバーを掘り出し、すぐに 40 μm メッシュ窓をガムテープで密閉し、チャンバーからの炭素放出量を計測した(図 1c)。この炭素放出量は、細根からの移流を含まない。掘り取る直前までの移流込みデータと比較し、移流コンタミ量を推定した。また、掘り取ったチャンバーからの炭素放出量を、20 時間ほど連続観測した。菌根菌の呼吸は、細根からの炭素供給を断たれると急激に低下する。そのため炭素放出は低下しやがて一定になるものの、ゼロにはならない。この時の値が、チャンバー内にコンタミした土壌微生物による呼吸速度である。

4. 研究成果

数か月間の野外培養で、パイプ内に菌根菌系が入りその呼吸速度を連続測定することが確認できた(図 1)。図 2 に、6 月中旬のある 4 日間の土壌温度および菌根菌呼吸速度の日変動を示した。菌根菌呼吸速度には、昼高く夜低くなる日周変化があることが分かった。図 3 に、地温と菌根菌呼吸速度との関係を示した。ある温度における菌系呼吸速度の最大値は、温度の上昇と共に上昇した。ただし、地温が 20 以上になるような夏季でも、夜間には呼吸速度はほぼゼロにまで著しく低下していた。これは、雨天曇天の日が続くなどした際に光合成産物の菌根への供給が低下したためかもしれない。以上のように、野外においてははじめて菌根菌呼吸速度のみを高精度連続観測することに成功した。また、菌根菌呼吸の日変化や年変動も観測することが出来た。

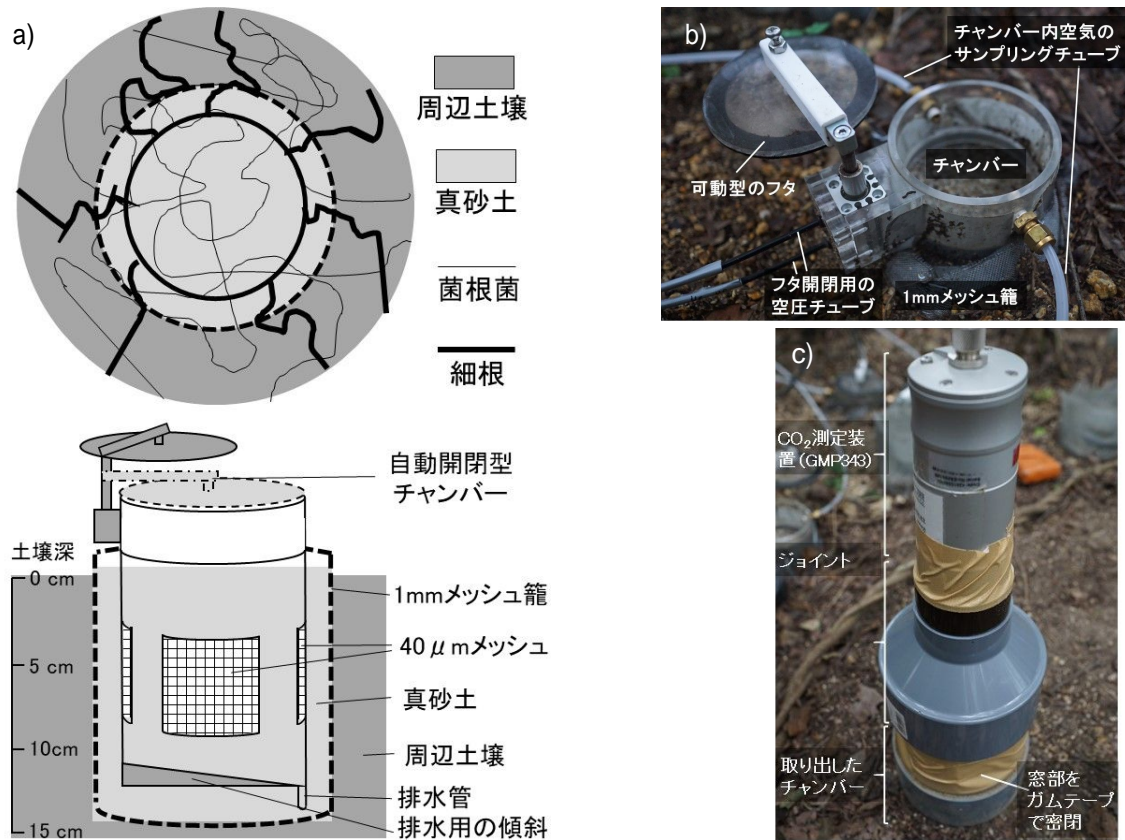


図1. 呼吸測定用カラー (a)、チャンバー (b) およびコンタミ量推定時の様子 (c)

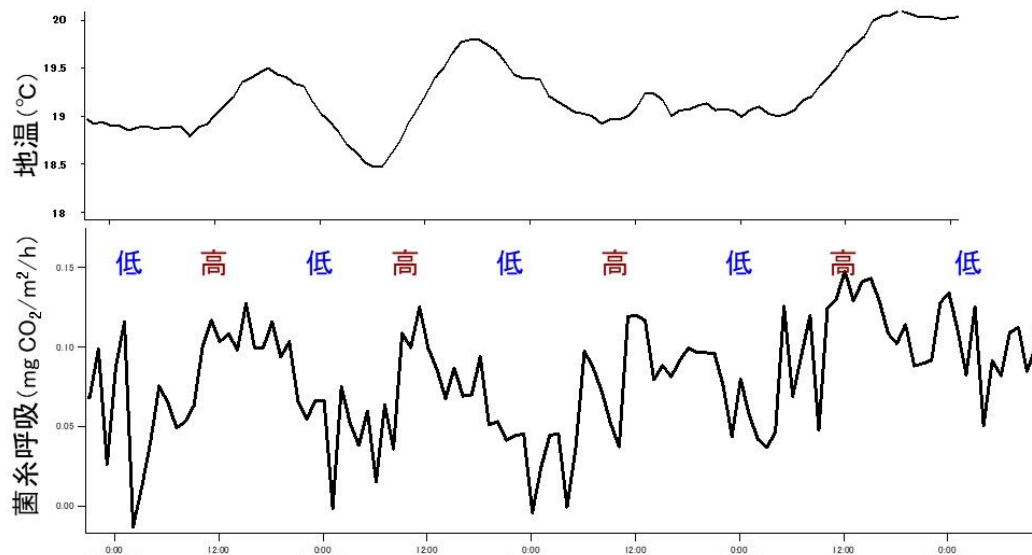


図2. 2017年6月のある4日間における菌根菌呼吸と地温の変化

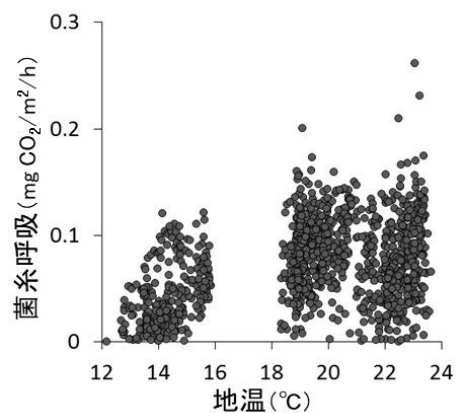


図3. 温度-菌根菌呼吸の関係

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

Kitayama K, Fujiki S, Aoyagi R, Imai N, Sugau JB, Titin J, Nilus R, Lagan P, Sawada Y, Ong R, Kugan F, Mannan S (2018) Biodiversity observation for land and ecosystem health (BOLEH): a robust method to evaluate the management impacts on the bundle of carbon and biodiversity ecosystem services in tropical production forests. Sustainability 10:4224 査読有

Aoyagi R, Imai N, Hidaka A, Samejima H, Kitayama K (2018) Abrupt increase in phosphorus and potassium fluxes during a masting event in a Bornean tropical forest. Ecological Research 33:1193-1205 査読有

Mori T, Imai N, Yokoyama D, Kitayama K (2018) Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on the ratio of activities of carbon-acquiring to nitrogen-acquiring enzymes in a primary lowland tropical rainforest in Borneo, Malaysia. Soil Science and Plant Nutrition 64:554-557 査読有

Mori T, Imai N, Kitayama K (2018) A preliminary report: does reduced-impact logging (RIL) mitigate non-CO₂ greenhouse gas emissions from natural production forests? Tropics 27:25-31 査読有

Imai N, Furukawa T, Tsujino R, Kitamura S, Yumoto T (2018) Factors affecting forest area change in Southeast Asia during 1980-2010. PLOS ONE 13:e0197391 査読有

Slik JWF et al. (Imai N 71/185 人目) (2018) A phylogenetic classification of the world's tropical forests. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 115:1837-1842 査読有

今井伸夫 (2017) 菌根菌への炭素配分に関する研究. アグリバイオ 1:1087-1091 査読無し

Aoyagi R, Imai N, Fujiki S, Sugau JB, Pereira JT, Kitayama K (2017) The mixing ratio of tree functional groups as a new index for biodiversity monitoring in Bornean production forests. Forest Ecology and Management 403:27-43 査読有

Yokoyama D, Imai N, Kitayama K (2017) Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on the activities of four different classes of fine-root and soil phosphatases in Bornean tropical rain forests. Plant and Soil 416:463-476 査読有

Mori T, Imai N, Yokoyama D, Mukai M, Kitayama K (2017) Effects of selective logging and application of phosphorus and nitrogen on fluxes of CO₂, CH₄ and N₂O in lowland tropical rainforests of Borneo. Journal of Tropical Forest Science 29:248-256 査読有

〔学会発表〕(計 5 件)

今井伸夫, Sugau JB, Pereira JT, 北山兼弘 (2019.3) 熱帯林における人為攪乱が樹種組成の空間構造に及ぼす影響. 日本生態学会第 66 回全国大会, 神戸

澤田佳美, 今井伸夫, 北山兼弘 (2019.3) 熱帯林における人為攪乱が樹種組成の空間構造に及ぼす影響. 日本生態学会第 66 回全国大会, 神戸

太刀掛脩平, 今井伸夫 (2018.11) 西表島マングローブ林における成帯構造に沿った昆虫の群集構造の変化. 第 24 回日本マングローブ学会大会, 東京

今井伸夫, 清野達之, 相場慎一郎, 武生雅明, Titin J, 北山兼弘 (2018.3) ボルネオ低地林における択伐施業が ANPP とバイオマス動態に及ぼす影響. 日本生態学会第 65 回全国大会, 札幌

Nakamura R, Imai N, Aoyagi R, Kitayama K, Kitajima K (2018.3) How does logging influence biogeochemical silicon cycling in lowland tropical forests in Borneo? 日本生態学会第 65 回全国大会, 札幌

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ

<http://nobuoimai.web.fc2.com/index.html>

6 . 研究組織

(1)研究分担者
なし

(2)研究協力者
研究協力者氏名：小南 裕司
ローマ字氏名：KOMINAMI, Yuji

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。