

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02232

研究課題名（和文）気候と土壤酸性度の2勾配に対する根圏コンソーシアム応答の解明

研究課題名（英文）Elucidation of rhizospheric consortium responses to two gradients of climate and soil acidity

研究代表者

松田 陽介（Matsuda, Yosuke）

三重大学・生物資源学研究所・教授

研究者番号：30324552

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：気候変動、土壤の酸性化による環境かく乱が、世界各地の森林生態系機能の低下を引き起こしている。本研究では、樹木根、菌根菌、細菌、線虫を根圏コンソーシアムと捉え、異なる気候帯と土壤酸性化がこのコンソーシアムに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。冷温帯から亜熱帯に分布するスギ人工林の根圏の真菌と細菌類群集、土壤線虫は生息する土壤環境に有意な影響を受けていた。スギの根と葉を基質とした2.5年間の培養実験により、根の浸出液中の主な窒素形態は硝酸塩であり、その累積量は葉の浸出液の22.6倍であった。細菌群集は、硝酸濃度と浸出水pHに関連していたのに対し、真菌群集構造の変化は浸出水pHに関連していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、スギ人工林における樹木細根を取り巻く土壤生物の動態を包括的に解き明かし、見えない地下部の生物多様性に関して有用な視点を提供した。さらに器官特異的なリターの窒素動態と関わる微生物を理解することで、窒素循環を予測するための視点を提供した。以上の情報は、局所および地球規模の環境変化に対する森林生態系の応答、健全性を予測するための基礎情報を提供する。

研究成果の概要（英文）：Environmental disturbances due to climate change and soil acidification are causing a decline in the functioning of forest ecosystems worldwide. In this study, tree roots, mycorrhizal fungi, bacteria and nematodes were considered as a rhizosphere consortium, and the aim was to clarify the effects of different climatic zones and soil acidification on this consortium. The rhizosphere fungal and bacterial communities and soil nematodes of cedar plantations in cool-temperate to subtropical regions were significantly affected by the soil environment inhabited. A 2.5-year incubation experiment using cedar roots and leaves as substrates showed that nitrate was the predominant nitrogen form in the root leachate, with a cumulative amount 22.6 times higher than in the leaf leachate. Bacterial communities were associated with nitrate concentration and leachate pH, whereas changes in fungal community structure were associated with leachate pH.

研究分野：森林微生物

キーワード：スギ 細根 真菌 細菌 線虫 窒素

## 1. 研究開始当初の背景

気候変動による生態系かく乱が顕在化する中で、健全な森林を維持することは次世代への責務である。森林がもつ生態系サービスを持続的に享受するためには、樹木の健全な生育と、それを維持する適正な施業が必要である。我々は本邦の主要造林樹種、スギを対象に「植物—土壌—土壌生物群の相互作用」を研究し、森林の生育とともに「肥沃なスギ林土壌はますます肥沃に、酸性度の高い痩せたスギ林土壌はますます痩せて酸性になる」という正のフィードバック現象を見出した。その現象に対して「根圏コンソーシアム(共同体)」という考えを導入し、細根の近く(根圏)で暮らす真菌、細菌、土壌動物(線虫)が、住処や食糧として相互に関係して土壌の物質循環を駆動し、樹木はその循環から生み出される養分を用いて生育する、という仮説を立てた。この「植物—土壌—土壌生物群」の連関は、生態系の維持や多様性の維持につながると考えられている。日本は南北に長い列島であり、広範な緯度系列をもつ。多様な気候帯に成立するスギ人工林の地下部生態系を対象に、気候の違いが樹木とその生育環境に及ぼす影響を予測するためには、土壌生物群の特徴づけを先んじて行う必要があると考えた。さらに、過去の調査から健全なスギの細根には植物と共生する菌根菌とよばれる生態グループ以外に、「内生菌」が多く分布する。そこで、この菌の役割を有機物分解の観点から検証し、物質循環、特に森で不足しがちな窒素(N)への寄与を検討することとした。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、1. 冷温帯や温帯、亜熱帯の根圏コンソーシアムを解明し、異なる気候帯と土壌酸性度に伴う土壌生物群集の遷移を解明し、2. 物質循環に資する土壌生物の働きを培養試験により解明することである。そこで日本の固有種で主要な造林樹種であり、土壌酸性度に対して鋭敏な生育応答を示すスギを対象にその根圏に生息する真菌、細菌、線虫の群集構造を調べ、スギの葉と根を用いた分解試験を行った。

## 3. 研究の方法

亜熱帯から冷温帯にまたがって分布する北緯 24 度(台湾)から 42 度(北海道)の間に、8 つのスギ人工林(樹齢 40 年から 60 年)、100m×100m の方形区を設定した。そのうち、スギ根圏の細菌と真菌は方形区の 3 地点:対角線上の 2 角と中心地点から採取した。落ち葉などのリターを除いた後に、表層 5cm までスギ細根系を採取し、その周囲に付着する土壌を根圏土壌として、その一部を次世代シーケンズ解析に用いて、生息する真菌と細菌を推定した。また土壌線虫は、設定した方形区の 4 角と中心地点の合計 5 か所から表層土壌(20 cm 深)を採取した。土壌中に潜む線虫は計数後に、次世代シーケンズを用いて塩基配列の決定を行い、分類群の推定をした。いずれに地点においても、土壌の理化学性を現地もしくは実験室に持ち帰ってから計測を実施した。

培養実験では、スギの人為的に切断した細根と葉を基質として用い、最大 2.5 年間、実験室内で培養を行った。基質は底部に 0.2 $\mu$ m メッシュ付カップ上で 20 暗条件下で培養し、5 回(25 週目、59 週目、79 週目、106 週目、131 週目)回収を行った。カップから放出される N 形態と量を計測し、カップに残存した基質は次世代シーケンズを行い、そこに定着する真菌と細菌を推定した。

## 4. 研究成果

真菌および細菌群集の  $\beta$  多様性は、土壌環境(土壌 pH, C/N 比, C/N 比)および空間的要因に有意に関連していた(図 1)。しかし、真菌類群集と細菌群集は異なる生態学的プロセスによって形成されていた(図 2)。異なる生態学的プロセスによって形成されていた。ヌルモデル解析の結果、ドリフト(34.4%)と分散制限(48.9%)が真菌類群集を形成する支配的な要因であり、細菌群集では同質的選択(72.1%)が支配的であった。このことは真菌類群集と細菌群集の形成が、それぞれ確率論的、決定論的に決まることを示唆している。頻繁に検出される微生物分類群を対象とした共起ネットワーク解析では、有意な関係は主に細菌分類群間で検出され、次いで真菌類と細菌類の間で認められた(図 3)。推定される生物学的相互作用および環境フィルタリングは、分類群間の共存関係に大きく寄与し、環境フィルタリングは、分類群間の相互排他的な関係に大きく寄与した(図 4)。このことは、真菌類や細菌類の分類群間では、環境要因だけでなく生物学的相互作用も群集生成過程において重要であることが示された。詳細は Obase et al. (2023)を参照のこと。

線虫の塩基配列の豊富さは、緯度によって有意な単峰性パターンを示し、北緯 33 度で最大の豊かさが観察された(図 5)。一方で、線虫の存在量は緯度によって有意な U 字型パターンを示し、中緯度では少なかった。亜熱帯域の線虫群集構造は、温帯域や冷温帯域とは明らかに異なっていた(図 6)。測定された環境因子の中で、年平均気温、土壌 pH、炭素含有量が線虫群集の最も大きな変動要因であった。これらの結果は、線虫の豊富さと存在量は緯度勾配に沿って正反対のパターンを示したことを示している。さらに気候条件と土壌条件の相互関係が、土壌線虫群集

構造の最良の予測因子として同定された。詳細は Kitagami et al. (2022)を参照のこと。

スギの根リターからの正味 N 損失量のうち、浸出 N は 40%を占め、残りはおそらく気体状で失われた。一方、葉リターは培養中に N 量は増加した(図 7)。根の浸出液中の主な N 形態は硝酸塩 ( $\text{NO}_3^-$ ) であり、累積  $\text{NO}_3^-$  量は葉のもの 22.6 倍であった(図 8)。根リターから検出された細菌類では、硝化細菌が指標分類群として選択され、葉リターでは多くの科の硝化細菌が指標的な分類群として選択された。培養期間終了時の両器官では、細菌の分類学的多様性は高く、培養時間とともに増加した。真菌、細菌の群集構造は基質間で明瞭に異なり、細菌群集構造は  $\text{NO}_3^-$  濃度、浸出水の pH に関連していたのに対し、真菌群集構造の変化は浸出水の pH に関連していた(図 9)。これらの結果は、根と葉の基質における対照的な N 動態が、その浸出液の特性および浸出液によって採用される微生物に強く影響されることを示唆している。詳細は Tanikawa et al. (2023)を参照のこと。

本研究では、細根を取り巻く微生物、線虫の動態に加えて、細根や葉のリター分解に関わる窒素動態を示し、スギ人工林内における生物的、非生物的な反応に関する基礎情報を提供する。今後、局所および地球規模の環境変化に対する森林生態系の管理に対して、地上部を維持する地下部の応答を予測する上で有用と考える。

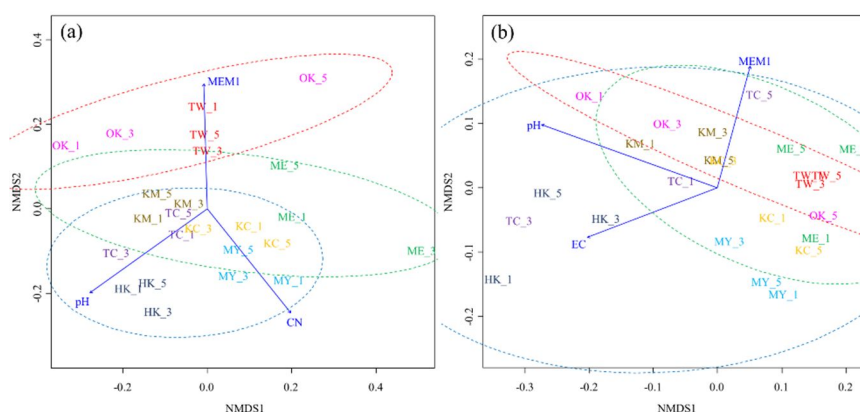


図 1 スギ根圏における真菌群集 (a) と細菌群集 (b) の非計量多次元尺度法 (NMDS) による序列化。両図のポイントは試料 ID (調査地のコードと番号) で示し、楕円は気候帯別で群集がグループ化した場合の 95% 信頼限界を示す。矢印は試料間の群集の非類似性に有意な関係する環境 / 空間変数を示す (envfit,  $p < 0.01$ )。

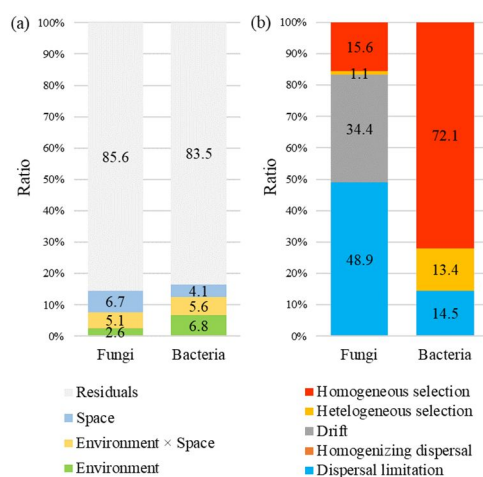


図 2 (a) variation partitioning 分析による真菌と細菌の群集構造の変動のうち、環境要因と空間構造によって説明される割合、(b) nulモデル解析による真菌と細菌の群集を制御する生態学的プロセスの割合。

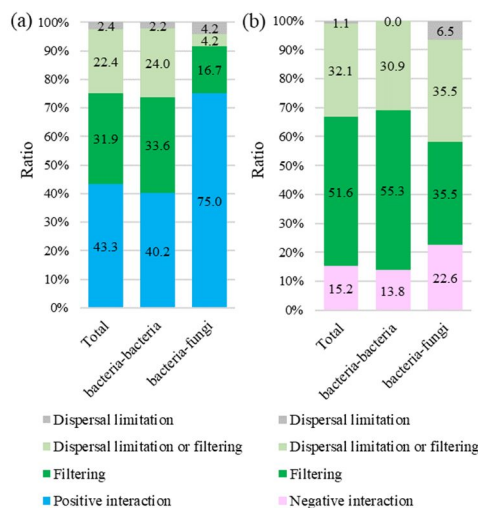


図 4 共起ネットワークにおける ASV 間の (a) 正のリンクと (b) 負のリンクを生成する潜在的な過程。x 軸の Total は全 ASV 間、bacteria-bacteria は細菌 ASV 間、bacteria-fungi は細菌と真菌 ASV 間のリンクを示す。

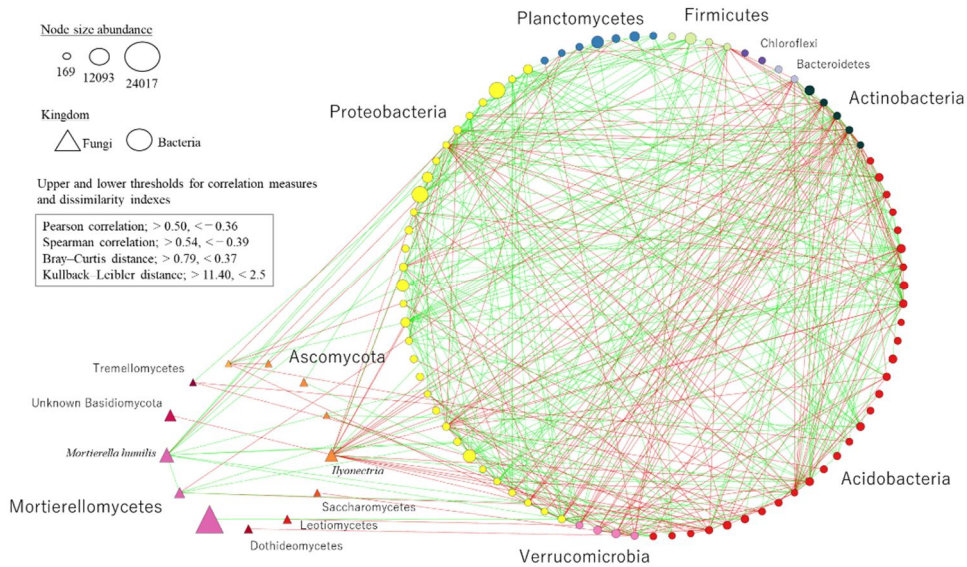


図3 真菌と細菌 ASV 間の共起ネットワーク .4 つの相関測度と非類似度指数による ASV 間の正と負の関係は ,それぞれ緑と赤の線で結ばれている .異なる門レベルの分類群のノードは色分けされている . ASV は DNA 配列情報にもとづく Amplicon Sequence Variant という操作的な分類群を指す .

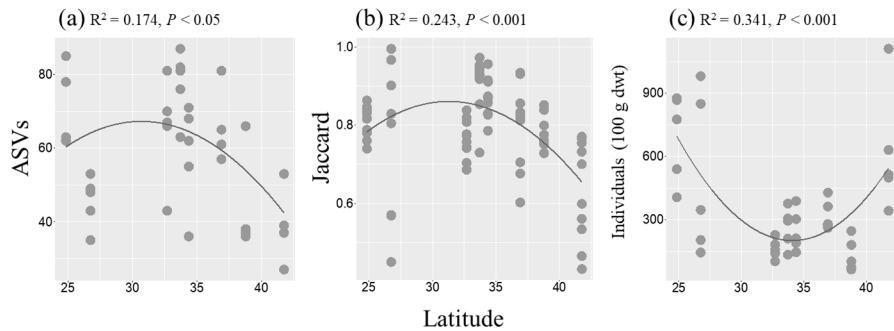


図5 スギ人工林 8 調査地における試料間の土壤線虫群集の (a) ASV の豊富さ ,(b) Jaccard 非類似度指数 ,(c) 個体数 .実線は緯度勾配に沿った群集非類似度の反応パターンを ,灰色地の部分は 95% 信頼区間を示す .

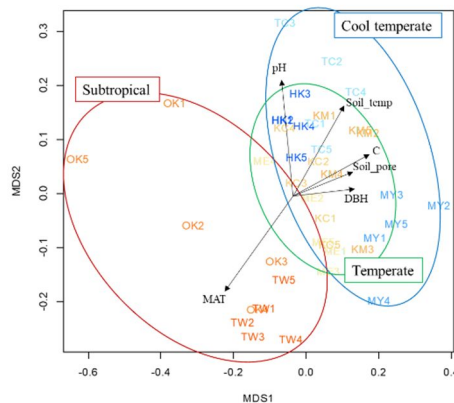


図6 Jaccard 非類似度にもとづく非計量多次元尺度法 (NMDS) による土壤線虫の群集構造の散布図 . 試料 ID は調査地コードとサンプル番号 (1-5) の組合せで示した . 線虫群集構造は 3 つの気候帯 ( $R^2=0.118$  , PERMANOVA 並べ替え 9999 回 ,  $p < 0.001$ ) と 8 調査地 ( $R^2=0.359$  , PERMANOVA 並べ替え 9999 回 ,  $p < 0.001$ ) 間で有意差があった . 矢印で示された土壤温度 (Soil\_temp) , 土壤間隙 (Soil\_pore) , 土壤 pH (pH) , 全炭素 (C) , 胸高直径 (DBH) , 平均年間気温 (MAT) は線虫群集の構造と有意に関連していた (envfit , 並べ替え 9999 回  $p < 0.05$ ) . ストレス値=0.171 .

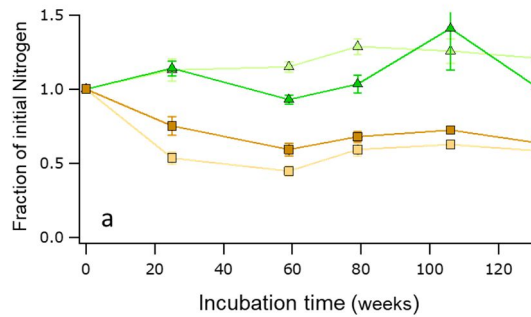


図7 スギとヒノキの培養期間中における初期窒素(N)割合の変化

値は平均値(n=3) ± SE. 初期 N の残存率 = (最終基質[N] × 最終残存質量) / (初期[N] × 初期質量 + 総雨 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + 総雨 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

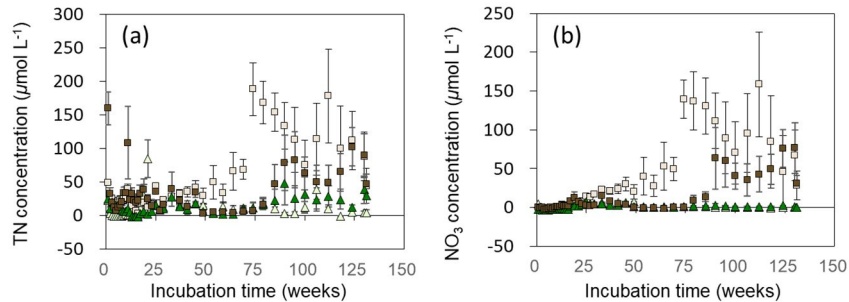


図8 培養期間中のスギとヒノキの根と葉リターからの浸出液の(a)補正值全窒素 (b)補正 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 量の経時変化. 値は平均値(n=3) ± SE. 各値から人工降雨で添加した窒素量を差し引いた.

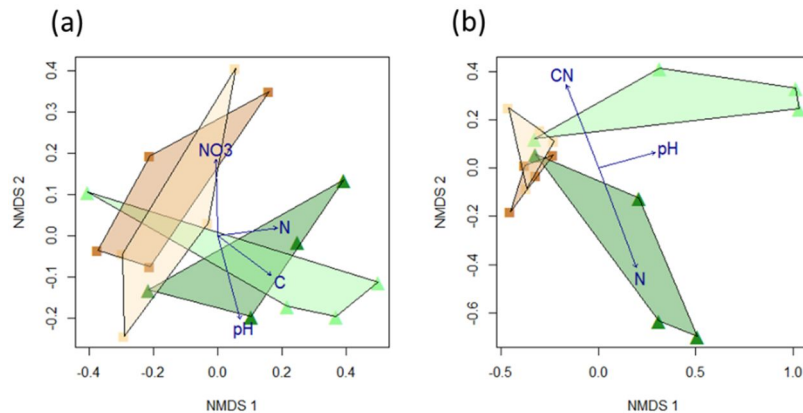


図9 非計量多次元尺度法 (NMDS) によるスギとヒノキの葉リターと根リターの残渣から得られた(a)細菌群集構造と(b)真菌群集構造の散布図. 三角と四角のマーカーはそれぞれ葉と根の試料を示す. 濃色と淡色はそれぞれヒノキとスギの試料を示す. 細菌, 真菌の群集構造は, 基質と樹種で有意差があった (a,  $r^2 = 0.11$ , PERMANOVA,  $p = 0.019$ ; b,  $r^2 = 0.263$ , PERMANOVA,  $p = 0.004$ ). (a)の浸出液 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (NO<sub>3</sub>), pH, 残留炭素(C)と窒素(N)濃度, (b)の浸出液 pH, 残留 N 濃度, C:N 比(CN)は, 群集構造に有意な影響を示した (envfit,  $p < 0.05$ ). 細菌群集と真菌群集のストレス値は 0.128 と 0.073.

#### 【引用文献】

- Kitagami Y, Obase K, Chen CF, Matsuda Y (2022) Effects of climatic and edaphic conditions on structuring patterns of soil nematode communities in Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) plantations. *Forest Ecology and Management* 524: 120518, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120518>
- Obase K, Mine T, Kitagami Y, Tanikawa T, Chen CF, Matsuda Y (2023) Fungi and bacteria in the rhizosphere of *Cryptomeria japonica* exhibited different community assembly patterns at regional scales in East Asia. *Rhizosphere* 28:100807, <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100807>
- Tanikawa T, Maie N, Fujii S, Sun L, Hirano Y, Mizoguchi T, Matsuda Y (2023) Contrasting patterns of nitrogen release from fine roots and leaves driven by microbial communities during decomposition. *Science of the Total Environment* 855(10): 158809, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158809>

#### 【備考】

使用した図は上記引用文献をもとに改変された.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Mine Taichiro, Kitagami Yudai, Tanikawa Toko, Matsuda Yosuke	4. 巻 28
2. 論文標題 Archaeal community structures associated with fine root systems of <i>Cryptomeria japonica</i> (Cupressaceae) in central Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 33 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2022.2108657	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kitagami Yudai, Matsuda Yosuke	4. 巻 112
2. 論文標題 High-throughput sequencing covers greater nematode diversity than conventional morphotyping on natural cedar forests in Yakushima Island, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Soil Biology	6. 最初と最後の頁 103432 ~ 103432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejsobi.2022.103432	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kitagami Yudai, Obase Keisuke, Chen Chien-Fan, Matsuda Yosuke	4. 巻 524
2. 論文標題 Effects of climatic and edaphic conditions on structuring patterns of soil nematode communities in Japanese cedar ( <i>Cryptomeria japonica</i> ) plantations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Forest Ecology and Management	6. 最初と最後の頁 120518 ~ 120518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foreco.2022.120518	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tanikawa Toko, Maie Nagamitsu, Fujii Saori, Sun Lijuan, Hirano Yasuhiro, Mizoguchi Takeo, Matsuda Yosuke	4. 巻 855
2. 論文標題 Contrasting patterns of nitrogen release from fine roots and leaves driven by microbial communities during decomposition	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 158809 ~ 158809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2022.158809	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Matsuda Yosuke, Kita Kohei, Kitagami Yudai, Tanikawa Toko	4. 巻 468
2. 論文標題 Colonization status and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi in the coniferous tree, <i>Cryptomeria japonica</i> , with special reference to root orders	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 423 ~ 438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-021-05147-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitagami Yudai, Obase Keisuke, Matsuda Yosuke	4. 巻 90
2. 論文標題 High-throughput sequencing and conventional morphotyping show different soil nematode assemblages but similar community responses to altitudinal gradients on Mt. Ibuki, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Pedobiologia	6. 最初と最後の頁 150788 ~ 150788
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pedobi.2021.150788	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitagami Yudai, Matsuda Yosuke	4. 巻 32
2. 論文標題 Effect of ectomycorrhizal fungal species on population growth and food preference of a fungivorous nematode	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mycorrhiza	6. 最初と最後の頁 95 ~ 104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00572-021-01063-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okada Keita Henry, Matsuda Yosuke	4. 巻 32
2. 論文標題 Soil spore bank communities of ectomycorrhizal fungi in <i>Pseudotsuga japonica</i> forests and neighboring plantations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mycorrhiza	6. 最初と最後の頁 83 ~ 93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00572-021-01065-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okada Keita Henry, Abe Hiroshi, Matsuda Yosuke, Nara Kazuhide	4. 巻 27
2. 論文標題 Spatial distribution of spore banks of ectomycorrhizal fungus, <i>Rhizopogon togasawarius</i> , at <i>Pseudotsuga japonica</i> forest boundaries	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 308 ~ 314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2021.2023386	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Obase Keisuke, Kitagami Yudai, Tanikawa Toko, Chen Chien-Fan, Matsuda Yosuke	4. 巻 28
2. 論文標題 Fungi and bacteria in the rhizosphere of <i>Cryptomeria japonica</i> exhibited different community assembly patterns at regional scales in East Asia	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Rhizosphere	6. 最初と最後の頁 100807 ~ 100807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rhisph.2023.100807	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 大上 楽・北上雄大・松田陽介
2. 発表標題 スギ林の異なる基質が根圏におけるアンモニア酸化アーキア群集に与える影響
3. 学会等名 第134回日本森林学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Linda Y, Kitagami Y, Tanikawa T, Obase K, Chen CF, Matsuda Y
2. 発表標題 Genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with planted Japanese cedar trees along a latitudinal gradient
3. 学会等名 Eleventh International Conference on Mycorrhiza (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Obase K, Mine T, Kitagami Y, Tanikawa T, Chen CF, Matsuda Y
2. 発表標題 Community assemblages of rhizosphere bacteria and fungi along with environmental gradients in <i>Cryptomeria japonica</i> plantations, in Japan and Taiwan.
3. 学会等名 Asian Mycological Congress 2021 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kitagami Y, Obase K, Tanikawa T, Chen CF, Matsuda Y
2. 発表標題 Diversity and assemblage patterns of soil nematodes in <i>Cryptomeria japonica</i> plantations.
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Obase K, Mine T, Kitagami Y, Tanikawa T, Chen CF, Matsuda Y
2. 発表標題 Community assembly of rhizosphere fungi and bacteria along environmental gradients in <i>Cryptomeria japonica</i> plantations
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Matsuda Y, Kitagami Y, Tanikawa T, Chen CF, Obase K
2. 発表標題 Culturable endophytic fungi of <i>Cryptomeria japonica</i> roots among man-made forests along a latitudinal gradient
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Linda Y, Kitagami Y, Tanikawa T, Obase K, Chen CF, Matsuda Y
2. 発表標題 Species richness of arbuscular mycorrhizal fungal associated with Japanese cedar forest along a latitudinal gradient.
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Matsuda Y, Kitagami Y, Tanikawa T, Chen CF, Obase K
2. 発表標題 Diversity and community structure of culturable root endophytic fungi isolated from Cryptomeria japonica grown at artificial forests along a latitudinal gradient.
3. 学会等名 Asian Mycological Congress 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Matsuda Y, Kita K, Kitagami Y, Tanikawa T
2. 発表標題 Fungal diversity associated with woody roots
3. 学会等名 2021 Korea-Japan Joint Symposium on Mycology (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	谷川 東子  (Tanikawa Toko)  (10353765)	名古屋大学・生命農学研究科・准教授   (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小長谷 啓介  (Obase Keisuke)  (90612739)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等   (82105)	
研究分担者	北上 雄大  (Kitagami Yudai)  (40882684)	三重大学・生物資源学研究科・助教   (14101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関