

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06150

研究課題名(和文) 広葉樹導入の足がかりとなる外生菌根菌リソースの探索

研究課題名(英文) Survey for ectomycorrhizal fungal resources as a stepping stone for hardwood seedling introduction

研究代表者

田中 恵 (Tanaka, Megumi)

東京農業大学・地域環境科学部・准教授

研究者番号：40401301

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：人工林近傍の広葉樹二次林において外生菌根菌群集を調べ、新たに侵入する広葉樹実生に感染可能な菌根菌種を推定した。その結果、異なる菌根タイプの樹種の隣接林分では境界からの距離に応じた菌根菌の種組成が変化するが、樹種混交林分では多様な菌種が確認され、小面積広葉樹二次林においても地上部の林内環境の違いと外生菌根菌群集の変化には傾向が見られた。採取子実体からは177種の菌根菌が検出され、出現種は地形的特徴や林冠構成樹種などにより変化する可能性が示された。本研究で調査した広葉樹二次林では局所的な立地環境の違いにより分布域や孢子散布を行う子実体の出現種が変化する可能性が考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

針葉樹人工林の針広混交林化や広葉樹林化は、森林の多様で健全な発達のための手段であり、公益的機能を発揮させるものとして期待されている。日本の人工林の大部分を占めるスギやヒノキはアーバスキュラー菌根性樹種であるため、これらの樹種が長期間生育している林地に広葉樹を導入する場合には、感染可能な外生菌根菌リソースが存在しているか否かが導入広葉樹の生残を決定する重要な要因になると考えられる。そこで針葉樹人工林と広葉樹二次林が小面積でモザイク状に存在し、感染可能域の比較的大きい林地において新たに侵入する広葉樹実生に感染可能な菌根菌種とその多様性を調べた。

研究成果の概要(英文)：Ectomycorrhizal fungal communities were examined in a secondary forest near an artificial forest to estimate the mycorrhizal fungal species capable of infecting newly invading seedlings. The results showed that the species composition of ectomycorrhizal fungi varied with distance from the boundary in adjacent forests of different mycorrhizal types, but a diversity of species was observed in mixed-species forests, and a trend was observed between different above-ground forest environments and changes in the ectomycorrhizal fungi community in small secondary forests. A total of 177 species of ectomycorrhizal fungal sporocarps were detected, indicating that the emergent species may vary depending on topographical features and the difference of canopy tree species. It is possible that the distribution area and the emergent species of spore-dispersing mycorrhizal fungi in the secondary forests may vary depending on the local site environment.

研究分野：森林微生物学

キーワード：広葉樹二次林 外生菌根菌 菌類リソース 境界域 子実体

## 1. 研究開始当初の背景

針葉樹人工林の針広混交林化や広葉樹林化は、森林の多様で健全な発達のための手段であり、公益的機能を発揮させるものとして期待されている。しかしながら、スギやヒノキといった樹種で構成されている人工林に広葉樹を更新あるいは植栽する際に、問題となるのが菌根の種類の違いである。

菌根とは、樹木を宿主とする共生系の一形態であり、樹木は菌根菌と共生することにより環境適応性を高めている。ブナ科やカバノキ科などの広葉樹は普遍的に外生菌根菌と共生関係を結んでいる。外生菌根菌へは樹木の光合成産物の約 2 割が供給され (Wu *et al.* 2001)、外生菌根菌からは土壌養分が受け渡される。また、野外環境においては樹体に含まれる窒素やリンのほぼ 100% が菌根菌によって吸収されたものである (Smith & Read 2008)。外生菌根性の樹種にとって共生相手の存在は非常に重要であり、菌根共生ができない個体は生き残ることができない。

一方、日本の人工林の大部分を占めるスギやヒノキはアーバスキュラー菌根性樹種であるため、これらの樹種が長期間生育している林地に広葉樹を導入して樹木の種多様性を高めたい場合、感染可能な外生菌根菌リソースが存在しているか否かが導入後の広葉樹の生残を決定する重要な要因になると考えられる (図 1)。これまでに、針葉樹人工林と広葉樹二次林の境界が明確な林分においては、境界域から人工林側 10m 程度までは孢子及び菌核によって一定程度外生菌根形成が可能である (渡邊ら 2016) が、その菌根菌種が周辺広葉樹とは全く異なること (渡邊ら 2016)、人工林側の広葉樹実生は菌根形成率が低くなること (Ishikawa *et al.* 2018) が明らかになっている。また、周辺広葉樹からの感染がない人工林間伐地に広葉樹植栽を行った場合、菌根菌群集は特定種に偏り (田中 2017)、菌根形成がない広葉樹実生は生き残ることができない (田中 2018) ことがわかった。

単一の大面積針葉樹人工林内においては、限られた境界域を除いては侵入広葉樹の菌根共生は難しい。そこで、針葉樹人工林と広葉樹二次林が小面積でモザイク状に存在し、かつその境界があまり明瞭ではない林分では、菌根菌の感染が比較的容易なのではと考えた。

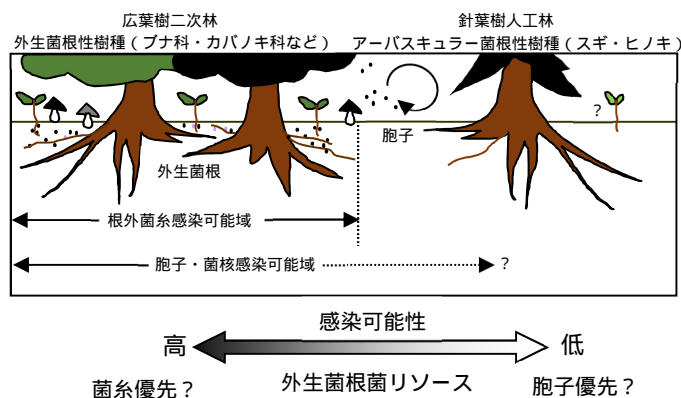


図 1 外生菌根菌の感染様式

外生菌根菌の感染様式は根外菌系によるものと孢子・菌核によるものとに大別される。根外菌系からの感染は近くに宿主となる広葉樹菌根が存在することが必要だが孢子は子実体から遠くまで散布される。

## 2. 研究の目的

人工林の近傍に存在する広葉樹二次林において、外生菌根菌群集及び感染様式 (根外菌系・孢子) の特性を調べ、新たに侵入する広葉樹実生に感染可能な菌根菌種を特定する。さらに菌根菌種による感染が実生の更新・定着に及ぼす影響を解明する。

### (1) 樹種・立地環境・攪乱強度ごとの外生菌根菌群集

外生菌根菌の感染様式は根外菌系によるものと孢子・菌核によるものに大別されるが、根外菌系による感染は広葉樹二次林側の宿主根がある狭い空間内に限られる。根外菌系の分布・感染可能域を調べることは、外生菌根菌リソースが林分地下のどの程度まで効力を発揮しうるかを知る重要な指標になる。加えて、外生菌根菌にとっては宿主根の存在しない人工林側にリソースを作るだけのベネフィットはあまりないと思われるが、では逆にどの程度の距離・バイオマス量までならリソースにエネルギーを投資できるのか。子実体の発生位置、発生環境及び孢子散布量を推定することで孢子による感染可能性を検討する。

### (2) 操作実験系を用いた実生に対する外生菌根菌の寄与

感染様式の異なる菌種では感染可能域も異なる可能性がある。仮に感染可能性が広葉樹二次林で高く、人工林で低くなり、かつその菌根菌群集が広葉樹二次林では根外菌系優先型、人工林では孢子優先型であれば、実生の更新・定着には根外菌系優先型の菌根菌種が重要になると考えられるが、その寄与の程度を野外環境条件を排除した操作実験系で明らかにする。

これまでの研究から、単一の大面積針葉樹人工林内では広葉樹実生の菌根共生が難しいことがわかってきたが、それらの造林地から比較的近距离に位置する広葉樹二次林が、仮に外生菌根菌リソースとして機能しうる場合、将来的に人工林に侵入する広葉樹の定着を促進する要因 - 広葉樹導入への足がかりになり、あわせて地域の森林全体の種多様性を高める働きを持つ環境要因として管理されることが期待される。

### 3. 研究の方法

#### (1) 樹種・立地環境・攪乱強度ごとの外生菌根菌群集

調査地を東京都青梅市・調布市・八王子市の広葉樹二次林に設定した。これらの林分はそれぞれスギ・ヒノキ人工林と広葉樹二次林が小面積単位でモザイク状に入り組み、青梅・八王子では尾根を中心にアカマツが残されている。調査地ごとに複数のプロットを設定し、外生菌根性樹木（コナラ属（落葉・常緑）、クマシデ属、アカマツ）の成木および実生からそれぞれ根系を採取し、感染菌根菌種別に菌根をサンプリングした。ITS 領域の塩基配列に基づく種推定を行い、得られた菌根菌種情報から樹種、植生、隣接人工林のサイズごとに外生菌根菌リソースを把握した。また、それらのリソースを感染様式ごとに特徴づけられるかについても、あわせて解析した。また、環境データを測定し、環境要因との比較も行った。

子実体の発生が旺盛になる春～秋季にかけて、踏査による採取を行った。採取した子実体の発生位置（植生・推定宿主樹木からの位置）を記録後、バイオマス量の測定、胞子散布量の推定、及び ITS 領域の塩基配列に基づく種推定を行った。得られたデータを元に調査林分全体に外生菌根菌の胞子リソースがどの程度存在するのかを解析した。

#### (2) 操作実験系を用いた実生に対する外生菌根菌の寄与

菌根形成に必要な菌糸体量の推定として、分離菌株を前培養した接種源を無菌実生に接種し、菌糸成長と菌根感染率との関係性を調べる。また、菌根形成が可能な菌糸距離の推定として、複数の異なる菌株を無菌実生に接種し、根外菌糸による感染が離れた実生に対してどの程度の距離まで可能か推定する。感染実生の成長量についても調べる。

いずれの実験系においても、複雑な環境要因、特に土壌要因と微生物要因を完全に排除した *in vitro* 実験系を用い、樹木実生と菌根菌種、あるいは菌根菌種同士の 1 対 1 の関係を観察する。樹種は無菌操作が用意なものとして針葉樹のアカマツと広葉樹のミヤマナギを用いた。いずれも外生菌根性樹種であり、かつ攪乱跡地などの遷移初期に侵入する樹種である。菌種については、遷移中後期種（菌糸優先型）：テングタケ、遷移初期種（胞子優先型）：キツネタケ、ウラムラサキ、ワカフサタケ、ハマニセシヨウロ、その他：コツブタケ、*Cenococcum geophilum* (Cg)、ニオイコベニタケを用い、合わせてマツ科に対する宿主特異性を持つ菌種としてアマタケ、マツタケ、シヨウロも用いた。

### 4. 研究成果

#### (1) 樹種・立地環境・攪乱強度ごとの外生菌根菌群集

東京都青梅市・調布市・八王子市の各広葉樹二次林において、外生菌根性樹木（コナラ、シラカシ、アラカシ、イヌシデ）の成木および実生からそれぞれ根系を採取し、感染菌根菌種別に菌根をサンプリングし、ITS 領域の塩基配列に基づく種推定を行った。また、踏査により採取した子実体についても ITS 領域の塩基配列に基づく種推定を行った。サンプリングされた菌根と子実体のうち、種推定ができたものは青梅 118 サンプル 73 種、調布 364 サンプル 239 種、八王子 128 サンプル 89 種となった。推定された主な外生菌根菌はイボタケ科、チチタケ属・ベニタケ属等のベニタケ科、テングタケ科、イッポンシメジ科に属している他、遷移初期種であるニセシヨウロ科、キツネタケ属、アセタケ属なども検出された。このうち、特に遷移初期種は二次林の管理として定期的な下草刈り、落ち葉かき、枝拾い等の作業を行っているプロットで頻出されたことから、これらの広葉樹二次林においては、管理による林床の攪乱が菌根菌種の種多様性を高める一因となる可能性が示唆された。

次に、八王子市の調査サイトにおいて、異なる菌根タイプの樹種が明瞭な境界を介して隣接する林分と、混交する林分においてそれぞれラインサンプリングを行い、採取した土壌サンプルから得られた菌根菌の群集組成を比較した。その結果、明瞭な境界を持つ林分では、境界からの距離に応じて外生菌根菌の種組成が変化し、境界付近ではアセタケ属やベニタケ属など遷移系列の異なる多様な菌種が確認された。また、境界から距離が大きくなるにつれ、宿主特異性を持たない、ジェネラリストが優占する傾向が見られた。一方、混交するプロットでは、ラシャタケ属やロウタケ属が検出された。これらのことから小面積の広葉樹二次林においても地上部の林内環境の違いと外生菌根菌群集の変化には一定程度の傾向が見られることがわかった。

さらに、八王子市の調査サイトにおいては集中して月に 1-2 回踏査による子実体探索を行い、子実体の発生環境及び位置情報を記録した。また、異なる立地環境ごとにプロットを設定し、土壌サンプルから外生菌根性広葉樹の菌根を採取した。1 年間に採取した子実体 352 個、形態類別した菌根 88 タイプの合計 440 サンプルから 366 配列が得られ、43 属 210 種が推定された。調査地全体ではベニタケ科が多くみられたが、出現属はプロット・ルートごとに種レベルで異なっ

いた。また、尾根・沢・園地といった立地環境の違いによる出現傾向の違いがプロット・ルートを問わずみられたことから、この結果は樹種構成・立地環境の違いを反映している可能性が考えられた。そのため子実体探索は継続して2年間実施し、最終的に子実体466個から14科28属177種が検出された(図2、表1)。また、これら出現種の傾向は地形的特徴(尾根・沢・平地・園地)や林冠構成樹種(コナラ・クヌギ)などにより変化することが示唆された(図3)。

以上のことから、本研究で調査した広葉樹二次林における外生菌根菌はベニタケ科(ベニタケ属・チチタケ属)が優占するが、微地形がもたらす局所的な立地環境の違いにより分布域が異なる可能性があることがわかった。また、林床の変化などごくわずかな環境の違いにより出現種は変化し、孢子散布の可能性のある子実体が発生しやすい環境が多様になっていることが伺えた。

## (2) 操作実験系を用いた実生に対する外生菌根菌の寄与

### アカマツ無菌実生に対する菌根菌の影響

まず、コツブタケ、Cg、アマタケ、マツタケの各菌株において菌根菌同士の対峙培養を行い、菌種毎の菌糸の成長を測定した。その結果、ほとんどの菌種において単独で培養した場合が最も菌糸成長が大きかった。しかしCgと共培養した場合のマツタケの菌糸成長はマツタケ単独よりも増加した。次に、菌株を遷移系列と宿主特異性の有無から2グループに分け、グループ内で総当たりの対峙培養を行った。使用菌種はグループ1がテングタケ、ニオイコベニタケ、ハマニセショウロ、キツネタケ、グループ2はコツブタケ、Cg、アマタケ、マツタケ、ショウロである。その結果、全ての菌種において単独培養したものが最も菌糸成長が大きくなった。また、コツブタケとCgにおいて、アマタケと組み合わせたものは菌糸成長が抑制されることがわかった。さらにCgは、コツブタケとの組み合わせで菌糸成長が抑制された。このことからCgとアマタケは、一部の菌種との組み合わせで菌糸成長の挙動が変化することが考えられる。

アカマツ無菌実生との接種試験として、菌種を単独接種した場合と複数種接種した場合の実生の成長量を比較した。その結果菌根合成に成功したのはコツブタケとCgのみであったが、接種区の実生乾重量は特にコツブタケについて対照区よりも大きくなることが確認された。

### ミヤマヤナギ無菌実生に対する菌根菌の影響

遷移初期種であり、ミヤマヤナギとの共生が確認されているウラムラサキ、キツネタケ、ワカフサタケの各菌株を用いた。異なる培地条件(植物:MS培地、菌根菌:MMN培地)を2段階の濃度別に組み合わせた処理区を用意し、ミヤマヤナギの無菌実生を置き、共培養条件下における菌糸成長と根の伸長を測定した。

その結果、菌糸成長はどの菌種においても単独培養時の成長量よりもミヤマヤナギと共培養した方が成長が小さくなることがわかった。特にウラムラサキは共培養により成長が抑制された。培地別の傾向では、1/5に薄めたMMN培地において共培養による負の影響が少なくなった。

一方、ミヤマヤナギの根はどの菌種の組み合わせでも差分が正になり、ミヤマヤナギ根の成長には菌根菌と共培養することで成長促進効果が見られた。培地は植物用の1/2MSが1/5MSよりも大きくなった。反対にMMNではどの組み合わせにおいても1/5MMNが1/2MMNよりも成長差分の合計が大きくなった。Nara(2006)は、菌糸ネットワークの実証実験として土壤中における菌根菌がミヤマヤナギに与える成長影響を検証しており、キツネタケとワカフサタケはミヤマヤナギの成長を促進させ、ウラムラサキはほぼ促進させないことを示している。このことから、キツネタケとワカフサタケの菌糸は野外環境だけでなく、*in vitro*条件下、さらには菌根形成前の状態においても、近接することによりミヤマヤナギ根の成長促進に正の影響を与えることが示唆された。

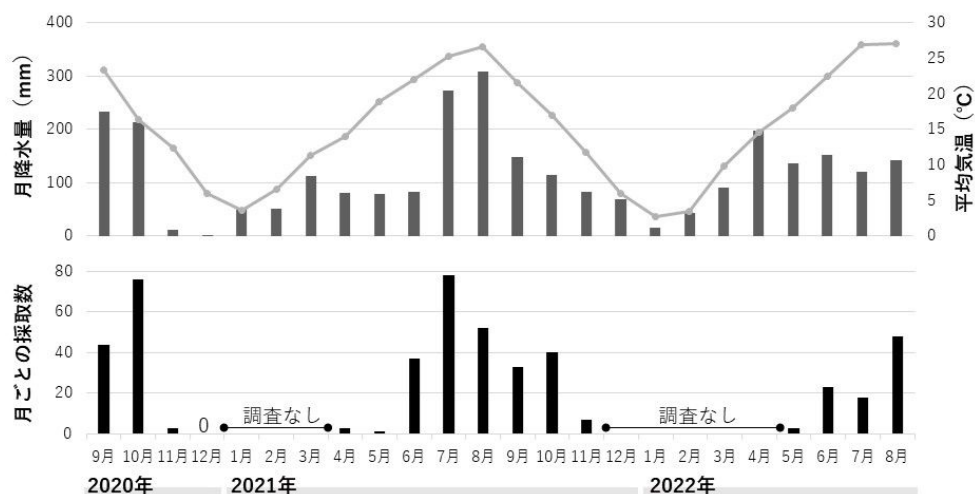


図2 調査期間中の月降水量(上:棒),平均気温(上:折線)および月ごとの子実体採取数(下)



表 1 孢子散布の可能性のある推定外生菌根菌

科名	属名	和名
Amanitaceae		テングタケ科
	<i>Amanita</i>	テングタケ属
	Amanitaceae sp.	テングタケ科 sp.
Boletaceae		イグチ科
	<i>Aureoboletus</i>	ヌメリコウジタケ属
	<i>Boletellus</i>	キクバナイグチ属
	<i>Butyriboletus</i>	-
	<i>Chalciporus</i>	コショウイグチ属
	<i>Gyroporus</i>	クリイロイグチ属
	<i>Lanmaoa</i>	-
	<i>Pseudoastroboletus</i>	ホオベニシロアシイグチ
	<i>Pulchroboletus</i>	-
	<i>Tylophilus</i>	ニガイグチ属
	<i>Xanthoconium</i>	ウツロイグチ属
	<i>Xerocomellus</i>	キッコウアワタケ属
	<i>Xerocomus</i>	アワタケ属
	Boletaceae sp.	イグチ科 sp.
Cantharellaceae		アンズタケ科
	<i>Cantharellus</i>	アンズタケ属
	<i>Craterellus</i>	クロラッパタケ属
Cortinariaceae		フウセンタケ科
	<i>Cortinarius</i>	フウセンタケ属
Elaphomycetaceae		ツチダンゴ科
	<i>Elaphomyces</i>	ツチダンゴ属
Entolomataceae		イッボンシメジ科
	<i>Entoloma</i>	イッボンシメジ属
Helvellaceae		ノボリリュウタケ科
	<i>Helvella</i>	ノボリリュウタケ属
Hydnangiaceae		ヒドナンギウム科
	<i>Laccaria</i>	キツネタケ属
Hymenogastraceae		ヒメノガステル科
	<i>Hebeloma</i>	ワカフサタケ属
Inocybaceae		アセタケ科
	<i>Inocybe</i>	アセタケ属
	<i>Inosperma</i>	-
	Inocybaceae sp.	アセタケ科 sp.
Russulaceae		ベニタケ科
	<i>Lactarius</i>	カラハツタケ属
	<i>Lactifluus</i>	チチタケ属
	<i>Russula</i>	ベニタケ属
	Russulaceae sp.	ベニタケ科 sp.
Sclerodermataceae		ニセショウロ科
	Sclerodermataceae sp.	ニセショウロ科 sp.
Suillaceae		ヌメリイグチ科
	<i>Suillus</i>	ヌメリイグチ属
Tricholomataceae		キシメジ科
	<i>Tricholoma</i>	キシメジ属

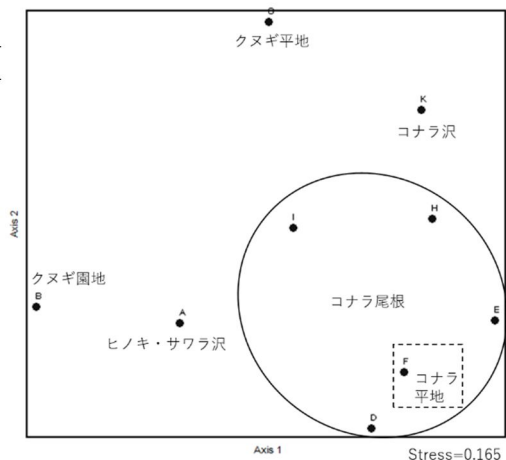


図 3 NMDS によるルートごとの外生菌根菌の序列化

Jaccard 指数、採取数が一桁のルートのデータを除きかつ調査期間中の全調査地における総出現回数が 3 以上の 26 種について在/不在データとして解析

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 田中恵, 白川誠	4. 巻 74
2. 論文標題 都市近郊森林公園における外生菌根性子実体の発生傾向	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 49-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 白川誠, 石川陽, 淵上拓朗, 田中恵	4. 巻 104
2. 論文標題 東京都多摩地域北西部の広葉樹二次林における外生菌根菌の種多様性評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本森林学会誌	6. 最初と最後の頁 351-362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4005/jjfs.104.351	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 田中恵, 小澤光, 荒谷昌輝, 明間民央	4. 巻 73
2. 論文標題 アカマツ実生を用いた外生菌根形成実験系における施肥回数と灌水頻度との関係	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 69-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 白川誠, 松下範久, 福田健二, 田中恵	4. 巻 25
2. 論文標題 二員培養系を用いたアカマツ根内生菌と根圏バクテリアの相互作用の観察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 樹木医学研究	6. 最初と最後の頁 69-71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Shirakawa, M. and Tanaka, M.	4. 巻 61
2. 論文標題 Two new deer truffle species, <i>Elaphomyces marmoratus</i> and <i>Elaphomyces fuscus</i> spp. nov. from a secondary forest in Japan.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mycoscience	6. 最初と最後の頁 315-322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.myc.2020.07.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ishikawa, A., Uehara, I., and Tanaka, M.	4. 巻 25
2. 論文標題 Ectomycorrhizal fungal communities in the boundary between secondary broad-leaved forests and Japanese cypress plantations.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. For. Res.	6. 最初と最後の頁 397-404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2020.1816614	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 -

[学会発表] 計13件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山本航, 田中恵
2. 発表標題 広葉樹菌根圏領域の違いが根圏バクテリア群集に及ぼす影響
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 奈良輪歩美, 田中恵
2. 発表標題 複数種の外生菌根菌を同時培養した際の菌糸の挙動
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 高田昇吾, 田中恵
2. 発表標題 都市近郊の広葉樹二次林における外生菌根及び子実体の種組成
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 毒島春喜, 竹内啓恵, 田中恵, 上原巖
2. 発表標題 緑地景観を構成する要素のうち, 「行ってみたい」と思わせるものは何か
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 田中恵, 白川誠
2. 発表標題 都市近郊森林公園における外生菌根性子実体の発生傾向
3. 学会等名 第12回関東森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中恵, 白川誠
2. 発表標題 複数スケールに分けた立地環境からみる外生菌根性子実体発生状況の特徴
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 瀬川あすか, 田中恵
2. 発表標題 林内環境の異なる林分間における外生菌根菌の種多様性
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 榮航太郎, 田中恵, 小南裕志, 今井信夫
2. 発表標題 暖温帯二次林における土壌呼吸に占める子実体呼吸の割合の季節変化
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 田中恵, 小澤光, 荒谷昌輝, 明間民央
2. 発表標題 アカマツ実生を用いた外生菌根形成実験系における灌水頻度と施肥回数との関係
3. 学会等名 第11回関東森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山寺豊海, 笹原真華, 石川陽, 白川誠, 田中恵
2. 発表標題 管理形態の異なる広葉樹二次林における外生菌根菌群集
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大山和也, 小口燎巳, 田中恵
2. 発表標題 カラマツ人工林の成木および実生における土壌深度別外生菌根菌種組成
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤伸久, 田中恵
2. 発表標題 無菌条件下における外生菌根菌の複数種接種がアカマツ実生に与える影響
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白川誠, 松下範久, 福田健二, 田中恵
2. 発表標題 二員培養系を用いたアカマツ根内生菌と根圏バクテリアの相互作用の観察
3. 学会等名 樹木医学会第25回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<a href="https://sites.google.com/site/megumitanakar/">https://sites.google.com/site/megumitanakar/</a>
---

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------