

令和 5 年 5 月 17 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02243

研究課題名（和文）樹木細根のフェノロジー：枯死プロセスの解明とその定量評価

研究課題名（英文）Physiology of fine roots of woody plants: how and how much they die

研究代表者

大橋 瑞江 (Ohashi, Mizue)

兵庫県立大学・環境人間学部・教授

研究者番号：30453153

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：樹木の細根は、葉のように短いサイクルで発生と枯死を繰り返すとされているが、このライフサイクルにおいて、最も不明瞭な部分が衰退から枯死への過程である。本研究は枯死根の判定方法の確立と発生量の解明を目的とした。実験1では枯根判定の不確実性と判定基準のばらつき、細根性状と枯根判定との関係を検討した。その結果、枯死判定は実験者間で大きくばらつき、細根の枯死判定率に影響する要因として、細根の直径、分光反射特性、CN比が挙げられた。実験2では、暖温帯混交林において、スキャナ法を用いて細根枯死のフェノロジーを明らかにした。その結果、枯死根の発生は毎年夏から秋に発生することが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

樹木の枯死根を精度よく定量し、その制御要因を理解することは、温暖化などの気候変動に対する植物の応答を明らかにし、炭素固定などの森林の生態系サービスの変化を予測するために危急である。本研究によって、樹木細根の枯死判定は実験者に依存し、その原因の一つに判定基準の違いがあることが示された。したがって、細根枯死の統一的な判定基準を確立し、精度よく枯死量を推定することが、森林の生態系サービスを理解するうえで重要であることが示された。また本研究により、枯死根のフェノロジーを林分レベルで定量する方法が確立された。今後は、この方法により、広域的な枯死根フェノロジーを評価していく必要がある。

研究成果の概要（英文）：The fine roots of trees repeat growth and death in a short cycle like leaves. However, the process to death is still uncertain, which make difficult to separate dead roots from living ones. The purpose of this study was to establish a judgment method of dead fine roots and to determine the phenology of fine root mortality in trees. In Experiment 1, we investigated the uncertainty of dead root judgment and the relationship between fine root properties and the dead root judgment. As a result, it was shown that the dead root judgment varied greatly among the experimenters. Diameter of fine roots, spectral reflectance characteristics, and CN ratio were listed as its controlling factors. Experiment 2 clarified the phenology of fine root death in a warm-temperate forest. We found dead roots occurs mostly in summer and autumn.

研究分野：森林生態学

キーワード：枯死根 フェノロジー スキャナ法 判定基準 炭素循環 地下部 林分単位

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

樹木の根において、直径 2 mm 程度の細根とそれ以上の太さを持つ粗根は機能的に異なっている。粗根が樹体の支持や細根を広げる働きを持つものに対し、細根は養水分の吸収を担い、そのため樹木は実に光合成産物の最大 60% を地下部に送っている。森林生態系全体では純生産量の約 40% が細根の成長に費やされており、個々の樹木の成長のみならず、生態系の物質循環においても細根の役割は大きい。

細根のフェノロジーは、地上部の葉のそれにしばしば準えられる。細根は、葉のように発生と枯死を短いサイクルで繰り返しており、数カ月～数年のうちに大部分が入れ替わる。この短いライフスパンによって樹木は根の分布や量を調節し、葉が生育に必要な光を獲得するように、細根は養水分を獲得する。しかし近年、細根と葉のフェノロジーは必ずしも一致せず、葉のフェノロジーが樹木の内的要因に強く支配され、明瞭な季節性を持つ一方で、細根は温度や水分などの外的要因の影響を受けやすいことが示されつつある。このことは温暖化などの気象変動に対し、細根が葉とは異なる挙動を行う可能性を示している。

一般に植物のフェノロジーには発生、成長、衰退、枯死などのステージが含まれる。これらの中で森林の生態系サービスの発現と最も深く関わるのが、細根の衰退と枯死である。根の枯死で生じる根リターは、土壌生物の食物連鎖網の形成に寄与し、腐植の一部となって地中の炭素を長期間固定する。また根の枯死で生じた孔隙は、土壌構造の団粒化を促進する。一般に根リターの供給量は葉リターの供給量に匹敵すると予想されることから、枯死のプロセスを知り、森林生態系の物質循環を表すモデルに、細根の挙動を葉とは別個に記述することが、将来の気候変動下における生態系サービスの変化を予測するために不可欠である。しかしながら森林生態系において枯死根を正確に評価した試みはほとんどない。樹木細根はどのように枯死していくのか？この問いに答え、枯死根の定量評価を可能とすることが、細根のフェノロジーを理解するうえで不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、樹木細根の枯死について、判定方法の確立と発生量の解明を目的とした。

そのため、実験 1 では枯根判定の不確実性と判定基準のばらつき、細根性状と枯根判定との関係、樹種が枯根判定に及ぼす影響、を明らかにすることを目的とした。

次に実験 2 では、暖温帯の落葉樹と常緑樹が混在した林内において、スキヤナ法を用いて細根の成長と枯死のフェノロジーを明らかにすることを目的とした。ここではフェノロジーを、1) 観察プロット間、2) 観察プロット内の 2 つのスケールで評価した。そして林分単位の代表的なフェノロジーを得るために留意すべきポイントを抽出した。

3. 研究の方法

実験 1

岩手県にある森林総合研究所東北研究センター内のカラマツ林とヒノキ林で採取した細根サンプルを対象に実験を行った。これらの林の林齢は約 45 年、土壌は火山噴出物を主成分とする黒土であった。2018 年 11 月に各林分の土壌表層から細根系のサンプル 10 個を採取した。

各根のサンプルはサンプリング後すぐに研究室に輸送され、注意深く洗浄された。その後、水を張った小さな皿に一匹ずつ並べて生死判定を行った。ここでは、樹木根を研究する研究者や学生ら 14 人が、採取した根の生死判定を視覚と触覚で判断した。そして全サンプルを判定した後、判定基準を尋ねるアンケート調査を実施した。アンケート項目は、色、弾力性、枝分かれ、断面の状態、表面の状態の 5 項目から構成した。さらに判定に使用した基準の優先順位を回答した。枯死判定の個人差は、サンプルごとに以下の式により、枯死判定率(JR_{mortality}, %)を算出した。

$$JR_{mortality} = N_d / N_{all} \times 100$$

ここで N_d と N_{all} はそれぞれ、枯死判定を行った評価者の人数と、評価者の総数を表す。

判定後、形態分析を行うために各サンプルをスキャンした。その後、スキャン画像に対して WinRhizo ソフトウェアを使用して、全長(m)と直径(mm)を測定した。次に、サンプルを 60 ° C のオープンで 48 時間以上乾燥させ、重量を測定した。そして各細根サンプルについて、比根長 (SRL, $m g^{-1}$) および根組織密度 (RTD, $g cm^{-3}$) を計算した。

根サンプルのスペクトル特性は、12mmVIS-NIR 対物レンズを備えたハイパースペクトルカメラを使用して分光反射率画像を撮影することで得た。用いたスペクトル範囲は 356 ~ 976 nm で、記録間隔はそれぞれ 5 ~ 10 nm と 0.83nm とした。さらに画像の赤(R)、緑(G)、青(B)の色の相対比(%), 色相(H, 度)、彩度(S, %), 明度(V, %)も取得した。

分光反射率画像の取得後、根のサンプルを化学分析した。ここでは全窒素および全炭素濃度 ($mg g^{-1}$) を NC 分析装置で測定した。

実験 2

調査地は、兵庫県姫路市の自然観察の森で行った。敷地は全体で約 60 ヘクタールあり、混交

林、ヒノキ林、コナラ林が分布している。今回調査した林分は、コナラ (*Quercus serrata*)、アベマキ (*Quercus variabilis*)、リョウブ (*Clethra barbinervis*)、ヒサカキ (*Eurya japonica*) が混在する広葉樹の二次林である。その林分内に半径 3m の 4 つの調査プロットを設定した。2017 年の調査理における本数密度と胸高平均直径 (DBH) は、それぞれ 0.33 本 m^{-2} と 11.2 cm であった。調査地の年間降水量は 2017 年と 2018 年に 1267mm と 1670mm であり、平均年間気温は 2017 年と 2018 年に 15.3 °C と 15.9 °C であった。土壌は、適潤性褐色森林土で粘土性があり、基岩は流紋岩であった。

2016 年 9 月に各プロットを中心に、450mm × 300mm × 55mm のサイズの透明アクリルボックスを地面に垂直になるように埋設した。埋設したアクリルボックス内に、市販のイメージスキャナを差し込み、深さ 0 cm ~ 21 cm までの土壌内部を撮影した。撮影は 2017 年 4 月から開始したが、埋設時の土壌攪乱の影響を防ぐために、設置から 1 年半後の 2018 年 1 月からのデータを用いて解析を行った。

細根領域の抽出には以下の手順を用いた。

- 1) フリーソフトの GIMP ver. 2.8 を用いて、取得したスキャナ画像中の細根部分を目視で抽出する。
- 2) 1 か月後となる次のスキャナ画像を抽出画像と比較し、目視で細根の増加部分をトレースする。さらに枯死または消失した部分を別途トレースする。なお根の枯死は黒変化を主な基準としたが、判断が非常に難しいため、3 か月後のスキャナ画像とも見比べて慎重に決定した。
- 3) ImageJ Fiji を用いて、1) と 2) において抽出した細根部分、増加部分、減少部分の pixel 値を求める。以後、1) からの作業を繰り返す。

今回、取得したスキャナ画像が A4 サイズ (210mm × 297mm) であるため、0.00149mm²/pixel をかけて、pixel 値から単位面積当たりの細根面積 (mm² cm⁻²) に変換した。そして pixel 値でもとめた面積を単位スキャナ面積当たりの細根面積 (mm² cm⁻²) でそれぞれ表した。画像に写っている細根面積の全体量を現存量、連続した 2 画像における細根面積の増加量を生産量、減少量を枯死量と定義した。各プロットの根のフェノロジーは次の計算で求めた。まず各月の実測値を用いて、1 日当たりの成長量と枯死量を算出し、さらにそれを積算して月成長量 (mm² cm⁻² month⁻¹) と月枯死量 (mm² cm⁻² month⁻¹) を求めた。その後、フェノロジー評価に当たって、ピークを各年の月平均成長量または枯死量の 2 倍を上回る月 (P_p , P_m) と定義し、サブピークとして各年の月平均成長量または枯死量の 1.5 倍を上回る月 (p_p , p_m) と定義した。月成長量と月枯死量の平均値を上回る期間は生産と枯死が活発であるとして、その期間の日数を A_p , A_m として積算した。

4. 研究成果

実験 1

(1) 枯死根判定の個人差

14 人の研究者全員が、カラマツ 10 個の細根サンプルのうち 2 個の細根を枯死、1 個を生根と判定した。ヒノキでは、すべての研究者によって枯死と判定されたサンプルは無く、2 個のサンプルがすべての研究者によって生根と判定された。またヒノキでは、4 個のサンプルで 7 名が枯死、残り 7 名が生根と判定し、判定結果は半々となった。一方、カラマツでは半々のサンプルは無かった。枯死根の判定基準の優先順位は研究者間で大きく異なった。根の色は第一基準として最も多く選ばれ、半数以上の実験者が選択した。次に多く選ばれた判定基準は弾力性であったが、これを第二基準として優先した人はわずか 4 名であった。

(2) 形態的、化学的、分光特性と枯死根判定との関係

カラマツとヒノキの両方において、 $JR_{mortality}$ と平均直径と D との間に有意な相関関係があることがわかった (図 1)。しかし、両樹種で直線の傾きは逆であった。両種において $JR_{mortality}$ と SRL 及び RTD との間に有意な相関は見出されなかった。

分光反射率は、枯死根もしくは生根と判定されたサンプル間で異なった。カラマツでは、最も高い $JR_{mortality}$ を記録した Lk1 の分光反射率は、最も低い $JR_{mortality}$ を記録した Lk10 の分光反射率よりも常に高かった。しかし、ヒノキではその差は逆の結果となった (図 2)。

根の化学性において有意な関係が見られたのは、カラマツのみであり、CN 比と $JR_{mortality}$ との間に正の関係が見られた (図 3)。

実験 2

(1) プロット間のフェノロジーのばらつき

細根生産は、plot 間で 1 年目と 2 年目で異なる季節性を示した (図 4)。1 年目は春と秋にピークが見られたが、2 年目は冬にピークが見られた。各 plot の生産フェノロジーは、ピーク (P_p) とサブピーク (p_p) の発生が、初年度の 5 月、6 月、および 10 月に集中していることを示した。一方、2 年目の P_p はすべての plot で 1 月または 2 月に発生した。つまり、細根生産は全 plot で共通して、年ごとに異なる特定の時期にのみ活発になるといえる。またそのため、

経時変化が大きくなった。生産が活発な日数の合計 A_p は、4つの plot 間で、1年目で119日から184日、2年目で121日から212日まで変化し、調査地点間での違いも大きい事を示した。細根枯死は、4つの plot で1年目と2年目で似た季節変化を示し、ピークは夏に見られた。各 plot の枯死フェノロジーは、ピーク P_m の大部分が1, 2年共に8月から9月の間に発生した (Fig. 4 g-j)。枯死が活発な日数の合計 A_m は、1, 2年目の4つの plot 間で92日から182日、122日から153日まで変動し、1年目で特に高いプロット間の変動を示した。

(2)プロット内のフェノロジーのばらつき

各プロットで画像分割エリア間での生産・枯死パターンは異なっていた。例えば Plot4 の場合、初年度、 P_p は L_l と L_r の地域で冬と秋に2回見られたが、 U_l では夏の1回だけであった (図5)。 U_r では、複数の P_p と p_p が断続的に発生した。2年目では、 P_p は L_l で1回、 U_l と L_r で2回、 U_r で3回とさまざまな月に生じていた。 A_p は1, 2年目共に U_r で約180日でしたが、 L_l では89~120日しかなかった。

枯死フェノロジーについて、1年目では L_l で P_p は見られず、他の領域では1つまたは2つのピークが見られた。2年目には、 U_l 、 L_l 、 L_r で8月または9月に P_p が1回見られたのに対し、 U_r では7月と12月の2回 P_p が生じた (Fig. 6 e, f, h)。 A_m は領域によって異なり、1年目は L_l で最も長く (215日)、 U_l で最も短く (92日)、2年目では L_r で最も長く (184日)、 L_l で最も短かった (92日)。

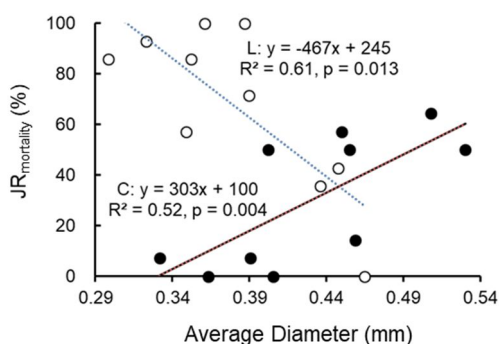


図1 平均直径と枯死判定率との関係。○ と ● はそれぞれ、カラマツとヒノキを表す。

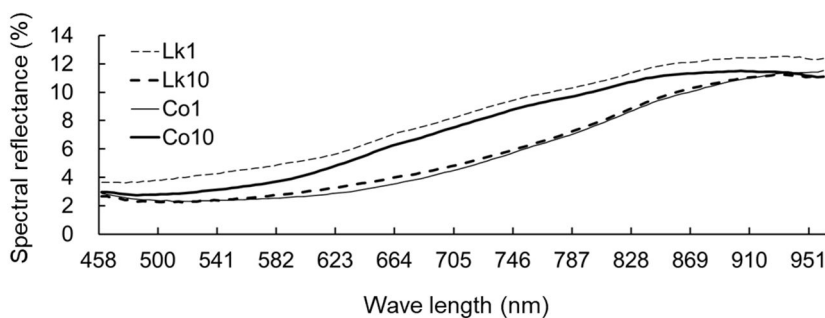


図2 異なる波長に対する分光反射率。Lk1 と Lk10 はそれぞれ、カラマツで枯死判定率が最も高かったサンプルと低かったサンプルを示す。同様に Co1 と Co10 はそれぞれ、ヒノキで枯死判定率が最も高かったサンプルと低かったサンプルを示す。

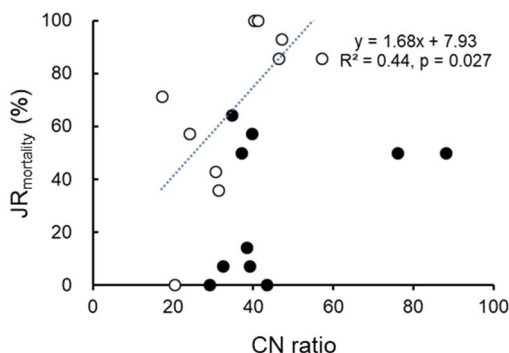


図3 CN比と枯死判定率との関係。○ と ● はそれぞれ、カラマツとヒノキを表す。

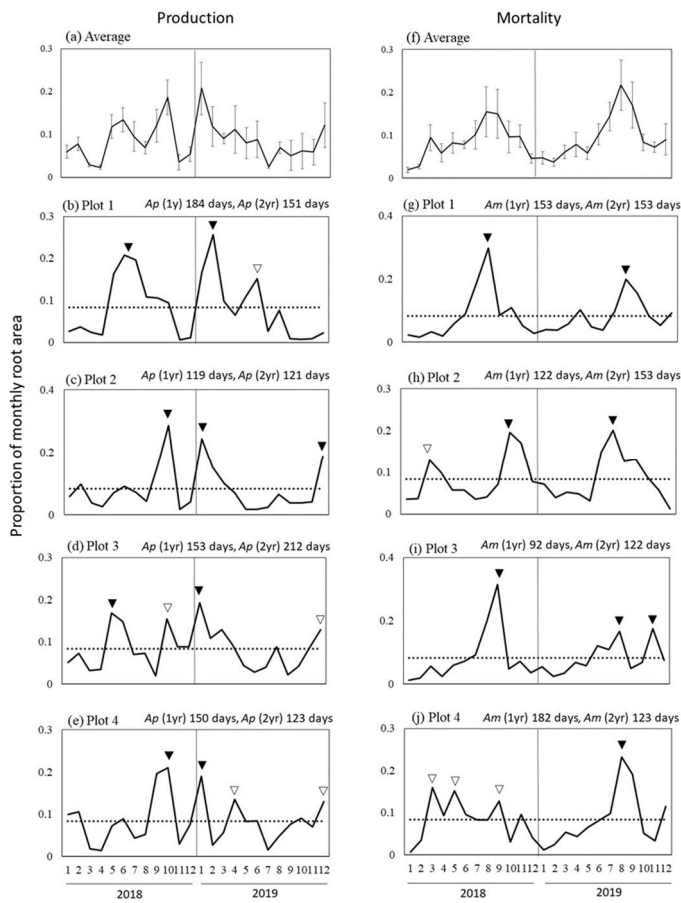


図4 細根生産量と枯死量の季節変化。4つのプロット全体の平均と、各プロットにおける変化を示す。黒と白の逆三角形は、それぞれメインピークとサブピークを表す。図の点線は、年間平均量を表す。ApとAmは、それぞれ生産及び枯死活性の高い期間を積算した日数を表す。

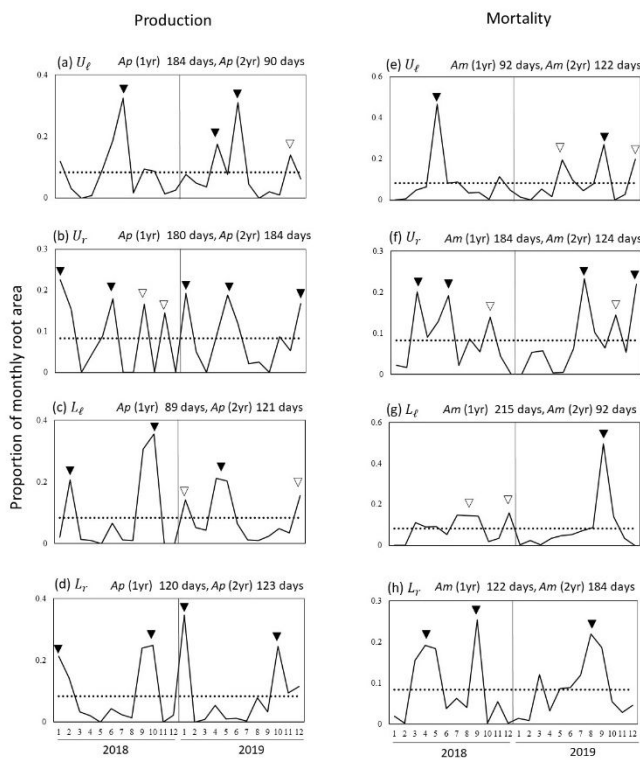


図5 スキャナ画像内の4つのエリアにおける細根生産量と枯死量の季節変化。プロット4の場合を示す。U_l, U_r, L_l, L_rはそれぞれ、画面上左、上右、下左、下右を示す。黒と白の逆三角形は、それぞれメインピークとサブピークを表す。図の点線は、年間平均量を表す。ApとAmは、それぞれ生産及び枯死活性の高い期間を積算した日数を表す。

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 3件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Endo Izuki, Kobatake Miwa, Tanikawa Natsuko, Nakaji Tatsuro, Ohashi Mizue, Makita Naoki	4. 巻 128
2. 論文標題 Anatomical patterns of condensed tannin in fine roots of tree species from a cool-temperate forest	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 59 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/aob/mcab022	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 Kuwabe Nanaho, Kawai Kiyosada, Endo Izuki, Ohashi Mizue	4. 巻 15
2. 論文標題 Influence of wind and slope on buttress development in temperate tree species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Root	6. 最初と最後の頁 50 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3117/plantroot.15.50	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 Endo, I., Kume, T., Kho, LK., Katayama, A., Makita, N., Ikeno, H., Ide, J., Ohashi, M.	4. 巻 443
2. 論文標題 patial and temporal patterns of root dynamics in a Bornean tropical rainforest monitored using the root scanner method.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 323-335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-019-04203-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 該当する
1. 著者名 Ohashi Mizue, Makita Naoki, Katayama Ayumi, Kume Tomonori, Matsumoto Kazuho, Kumagai Tomo'omi, Endo Izuki, Kho Lip Khoon	4. 巻 436
2. 論文標題 Characteristics of root decomposition based on in situ experiments in a tropical rainforest in Sarawak, Malaysia: impacts of root diameter and soil biota	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 439-448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11104-018-03929-3	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 Ohashi Mizue, Ikeno Hidetoshi, Sekihara Kotaro, Tanikawa Toko, Dannoura Masako, Yamase Keitaro, Todo Chikage, Tomita Takahiro, Hirano Yasuhiro	4. 巻 249
2. 論文標題 Reconstruction of root systems in Cryptomeria japonica using root point coordinates and diameters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Planta	6. 最初と最後の頁 445-455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00425-018-3011-x	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 Kume Tomonori, Ohashi Mizue, Makita Naoki, Kho Lip Khoo, Katayama Ayumi, Endo Izuki, Matsumoto Kazuho, Ikeno Hidetoshi	4. 巻 38
2. 論文標題 Image analysis procedure for the optical scanning of fine-root dynamics: errors depending on the observer and root-viewing window size	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 1927-1938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/treephys/tpy124	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39件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大橋瑞江
2. 発表標題 樹木の根系と分布
3. 学会等名 第132回 日本森林学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大橋瑞江
2. 発表標題 樹木根系の持つ炭素の貯留能とその動態に関する研究
3. 学会等名 第132回 日本森林学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大橋瑞江
2. 発表標題 森林生態系の地下部における炭素動態の研究
3. 学会等名 日本生態学会 第69回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大橋瑞江
2. 発表標題 森林生態系における物質循環
3. 学会等名 産学官共催セミナー 国産材・早生植林材活用のアップデート - ポストコロナ時代・未曾有の環境変化に備えて - （招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠藤いず貴・小島実和・谷川夏子・中路達郎・大橋瑞江・牧田直樹
2. 発表標題 系統学種および菌根タイプの異なる樹種間における縮合型タンニンの集積特性比較
3. 学会等名 第53回根研究学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠藤いず貴・久米朋宣・仲畑 了・片山歩美・大橋瑞江
2. 発表標題 根の時空間的動態パターンの推定に必要なスキャナ画像の取得地点数の解析
3. 学会等名 第132回 日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 桑辺七穂・趙星一・大橋瑞江
2. 発表標題 混交二次林とスギ人工林における細根動態の比較
3. 学会等名 第132回 日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前川新司・磯川梯次郎・木村敏文・池野英利・大橋瑞江・上浦尚武
2. 発表標題 フラットヘッドスキャナにより撮影された土壌画像に対する輝度補正手法
3. 学会等名 第132回 日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植田多門・小林慧人・久米朋宣・大橋瑞江
2. 発表標題 淡路島の竹林におけるリターの動態の解明
3. 学会等名 第132回 日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤いず貴・小畠実和・谷川夏子・中路達郎・大橋瑞江・牧田直樹
2. 発表標題 細根の組織発達過程における縮合型タンニンの役割の樹種間比較
3. 学会等名 第52回根研究学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桑辺七穂・趙星一・大橋瑞江
2. 発表標題 温帯混交林における細根の季節動態とその制御要因について
3. 学会等名 第52回根研究学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 趙星一・桑辺七穂・大橋瑞江
2. 発表標題 スキャナ法によるスギ細根の成長と枯死パターンの解明
3. 学会等名 第52回根研究学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井黎・大橋瑞江・檀浦正子
2. 発表標題 ヒノキ林分内における細根の成長、枯死フェノロジーの空間変動性
3. 学会等名 第132回 日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大橋瑞江
2. 発表標題 フィンランド北方林における根系研究の発展
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大橋瑞江
2. 発表標題 根系を介した炭素フローの解明に向けて
3. 学会等名 北海道大学低温科学研究所共同研究集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 檀浦正子・辻祥子
2. 発表標題 マツの根の解剖学的構造と呼吸量
3. 学会等名 第50回根研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井黎・大橋瑞江・大澤晃・檀浦正子
2. 発表標題 ヒノキ人工林における根現存量の空間的なばらつき
3. 学会等名 第50回根研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑辺七穂・趙星一・大橋瑞江
2. 発表標題 スキャナ法を用いた温帯混交林における樹木根フェノロジーの評価
3. 学会等名 第50回根研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 趙星一・桑辺七穂・大橋瑞江
2. 発表標題 スギ細根の成長の初期変化
3. 学会等名 第50回根研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤いず貴・久米朋宣・仲畑了・大橋瑞江
2. 発表標題 スキャナー画像の取得地点数が根の動態の時間変動パターン推定に与える影響評価
3. 学会等名 第50回根研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中路達郎・小熊宏之・大橋瑞江・牧田直樹
2. 発表標題 カラマツ細根の生死判定における分光・蛍光画像および形質観測の有効性
3. 学会等名 第50回根研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木大介・遠藤いず貴・中路達郎・牧田直樹・谷川夏子・清水芙宇夏・田村梓・大島暢人・伊藤拓生・増本泰河・吉田徹・藤井黎・大橋瑞江
2. 発表標題 色・構造・弾力性を用いた樹木根系の枯死判別方法の模索
3. 学会等名 第50回根研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本祐樹・大橋瑞江・木村敏文・池野英利
2. 発表標題 VisualSfMを用いた多枚数画像からの樹木根系三次元モデルの再構築
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桑辺七穂・ZHAO, XINGYI・大橋瑞江
2. 発表標題 温帯混交林における地上部-地下部フェノロジーの関係
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井黎・大橋瑞江・檀浦正子
2. 発表標題 ヒノキ林における細根現存量と枯死量の推定:空間的なばらつきを踏まえて
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 趙星一・桑辺七穂・大橋瑞江
2. 発表標題 スキャナ法によるスギ細根の成長・枯死パターンの解明
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中路達郎・小熊宏之・大橋瑞江・牧田直樹
2. 発表標題 分光・蛍光撮影によるカラマツ細根の枯死分解過程の評価
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 巖・土居龍成・和田竜征・谷川東子・平野恭弘
2. 発表標題 ヒノキ細根は細根系内のどの位置で脱落するのか？
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 巖・谷川東子・土居龍成・和田竜征・平野恭弘
2. 発表標題 ヒノキにおける脱落根の量と形態の1年間の推移
3. 学会等名 日本生態学会第67回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西村 澗 土居龍成 吉田 巖 和田竜征 谷川東子 平野恭弘
2. 発表標題 ヒノキ2林分の表層土壌における細根の1年間の成長量
3. 学会等名 第50回根研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田 巖・土居龍成・和田竜征・谷川東子・平野恭弘
2. 発表標題 表層土壌におけるヒノキ細根の月別脱落根量
3. 学会等名 第50回根研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田 巖・土居龍成・和田竜征・谷川東子・平野恭弘
2. 発表標題 ヒノキにおける脱落根の量と形態の1年間の推移
3. 学会等名 日本生態学会中部地区大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村 梓, 小熊宏之, 藤本稜真, 栗林正俊, 牧田直樹
2. 発表標題 長野県カラマツ林におけるシュートと細根の動態と色変化の關係の解明
3. 学会等名 第50回根研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村 梓, 小熊宏之, 藤本稜真, 栗林正俊, 牧田直樹
2. 発表標題 長野県カラマツ林における細根とシュートの動態および色情報
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野口享太郎
2. 発表標題 ミニリゾトロン法による樹木細根動態の解析
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑辺七穂, 大橋瑞江
2. 発表標題 Evaluation of root phenology in a temperate mixed forest using a scanner method.
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大橋瑞江
2. 発表標題 熱帯多雨林における根現存量と根呼吸量の変動特性
3. 学会等名 第48回根研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田 誠 谷川東子 土居龍成 和田竜征 三木和仁 平野恭弘
2. 発表標題 ヒノキ細根の落ち根量
3. 学会等名 第4回山岳科学学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田 颯 谷川東子 土居龍成 和田竜征 三木和仁 平野恭弘
2. 発表標題 ヒノキ表層土壌における細根の脱落根量とその形態
3. 学会等名 第130回日本森林学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 平野 恭弘、野口 享太郎、大橋 瑞江	4. 発行年 2020年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 376
3. 書名 森の根の生態学	

〔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	中路 達郎 (Nakaji Tatsuro) (40391130)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授 (10101)	
研究分担者	平野 恭弘 (Hirano Yasuhiro) (60353827)	名古屋大学・環境学研究科・准教授 (13901)	
研究分担者	牧田 直樹 (Makita Naoki) (40723086)	信州大学・学術研究院理学系・助教 (13601)	

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	檀浦 正子 (Dannoura Masako) (90444570)	京都大学・農学研究科・准教授 (14301)	
研究分担者	野口 享太郎 (Noguchi Kyotaro) (70353802)	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	福澤 加里部 (Fukuzawa Karibu) (10456824)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授 (10101)	
研究分担者	大澤 晃 (Osaawa akira) (90288647)	京都大学・地球環境学堂・教授 (14301)	

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