

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K06141

研究課題名（和文）樹木における心材形成様式の種特性の解明と心材腐朽菌類の感染経路の特定

研究課題名（英文）Species-specific characteristics of heartwood formation and Identification of infection pathways of heartwood-decaying fungi in deciduous broadleaved trees

研究代表者

梅林 利弘（Umebayashi, Toshihiro）

秋田県立大学・生物資源科学部・特任助教

研究者番号：20585997

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）：樹木の心材形成機構の解明及び心材腐朽菌類の感染経路の特定を目的として、早期に心材を形成する樹種を含む落葉広葉樹4種を緯度の異なる地域に植栽し、木部の生理変化を樹木生理学的観点から検討した。その結果、すべての樹種は温暖地域でより成長が大きい傾向が認められた。木部の着色は、タラノキは植栽から約1年後に、ヌルデとヤマザクラは約2年後に認められた。木部の着色が起きた部位において、ヌルデとヤマザクラは柔細胞が生きていたため、木部の着色は心材形成の前段階であることが明らかになった。タラノキとヌルデに心材腐朽菌類を接種した結果、着色した木部の道管・木部繊維・柔細胞に菌糸が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果として、心材形成や心材腐朽に関する研究は、早期に心材形成するタラノキなどの広葉樹を活用することにより、木部の形成から心材に至るまでの木部の老化全体を考えていくことが可能になった。さらに木部の着色が認められた部位で心材腐朽菌類の侵入が認められたことから、心材腐朽菌類の侵入経路を予測する上で必要な知見が得られた。本研究は、街路樹の心材腐朽や菌類の検出方法を考えていく上での基礎研究として活用されていくと考えられる。

研究成果の概要（英文）：To explore the mechanisms of heartwood formation in trees and to identify the infection pathways of heartwood-decaying fungi, four species of deciduous broadleaved trees, including those that form heartwood early, were planted in regions with different latitudes. The physiological changes in xylem were examined from the perspective of tree physiology. As a result, all species showed a tendency for greater growth in warmer regions. Xylem discoloration was observed approximately one year after planting in *Aralia elata*, and about two years after planting in *Rhus javanica* and *Cerasus jamasakura*. In the discolored areas of the xylem in *R. javanica* and *C. jamasakura*, living parenchyma cells were still observed, indicating that the discoloration was a preliminary stage of heartwood formation. When heartwood-decaying fungi were inoculated into the *A. elata* and *R. javanica*, hyphae were found in the vessels, wood fibers, and parenchyma cells of the discolored wood.

研究分野：森林科学

キーワード：木部 心材 心材腐朽菌

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

樹木は高木になるにつれ、台風などの突発的な自然災害による倒木や落枝の発生率が増加する。このことは、都市樹木などの植栽木における管理上の問題の一つである。そのため、植栽木の選抜や管理を考えていくために、樹幹における「木部の老化」に関する生理学的観点からの研究が必要である。

樹木の大半を占める木部は、機械的支持と、通水組織(仮道管や道管)による水輸送、柔細胞などの生きている細胞による同化産物などの物質の貯蔵といった、生きていく上で必要な機能を有している。通水組織は死んだ細胞であるため、木部の通水経路は環境ストレスにより通水阻害を引き起こすことが知られている。水輸送と物質の貯蔵を行っている木部は辺材とよばれ、柔細胞が養分を蓄積しているが、通水阻害を引き起こすとやがて柔細胞も死に、心材になると考えられている。この辺材から心材に至るまでが木部の老化であるが、スギやヒノキなどの心材は十数年以上経過しないと形成されないため、心材形成に関しては断片的な研究を組み合わせで説明がなされていた。さらに、倒木の原因の一つとして、心材腐朽があげられるが、心材の腐朽過程に関して十分な研究がなされているとは言い難かった。

2. 研究の目的

早期に心材を形成する樹種を含む落葉広葉樹4種(タラノキ・ヌルデ・ミズナラ・ヤマザクラ)を緯度の異なる国内4地域に植栽し、植栽した苗木の主幹における木部の老化の種特性に関する知見を得ることが本研究の目的である。多くの樹種の心材は木部の変色が起き、着色心材として肉眼で観察できることから、着色した木部に心材腐朽菌類を接種し、腐朽菌類の感染経路の詳細を樹木生理学・樹木病理学的手法により明らかにすることを第二の目的とした。

3. 研究の方法

2020年6月に北海道足寄町(九州大学北海道演習林・愛冠苗畑)、埼玉県秩父市(東京大学秩父演習林・影森苗畑)、静岡県浜松市(静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター・苗畑)の3地域へ、落葉広葉樹4種(タラノキ・ヌルデ・ミズナラ・ヤマザクラ)の苗木(1ヶ所につき種毎で30~37本)を植栽した。

植栽後、毎年1回以上、地域毎に苗木の樹高と地際直径を測定するとともに、種毎に2-3本を切り、木部の着色の有無の確認を行った後、木材試料を採取した(試料A)。さらに、浜松におけるタラノキ・ヌルデの地際付近の主幹を対象に、2022年10月に3本ずつ0.5%酸性フクシン水溶液の中で髓に達するまでドリルで孔を設け、10分間染色液を吸引させた。吸引部位から30cm上部まで5~10cm長の試料を採取した後、液体窒素で凍結した(試料B)。足寄のヤマザクラは、同年10月に苗木を掘り取り、水中下で数回切り、約15cm長の試料を取得した。採取試料は直ちに下部断面から0.5%酸性フクシン水溶液を減圧法で吸引させ、約2cm長の試料を切り出し、液体窒素で凍結した(試料C)。

試料A: 30%エタノール水溶液を用いて固定し、秋田県立大学大瀧キャンパスに郵送した。ハンドセクションもしくは凍結ミクロトーム(約10~14 μ m厚)を用いて、試料から切片を取得した。切片毎にヨウ素液によるデンプンの染色と、酢酸カーミン溶液ないしDAPI染色により核染色を行った後、生物顕微鏡を用いて検鏡した。

試料B・試料C: 秋田県立大学大瀧キャンパスにて、2cm長の試料を切り出して凍結乾燥した。残りの試料は-30 $^{\circ}$ Cの冷凍庫で保存し、凍結ミクロトームを用いて試料から10~20 μ m厚の切片を取得した。切片は凍結ミクロトーム内にて半日乾燥させ、取り出した後、プレパラートを作成し、生物顕微鏡を用いて検鏡した。

2022年の秋に秩父と浜松のタラノキとヌルデを対象に、ナミダタケモドキを用いた心材腐朽菌類の接種試験を行った。地際付近にて髓に達するまでドリルで穴をあけ、菌糸を蔓延させた爪楊枝を差し込み、パラフィルムで傷口をふさいだ。半年後、接種部を含む約5cm厚の円板をノコギリで取得し、液体窒素で凍結後、クール宅急便にて秋田県立大学大瀧キャンパスまで郵送した。試料は-30 $^{\circ}$ Cの冷凍庫で保存し、凍結ミクロトームを用いて試料から10~20 μ m厚の切片を取得した。切片毎にF-WGA染色により菌糸を染色させた後、生物顕微鏡下で検鏡した。

さらに、2021年に秋田県大瀧村(秋田県立大学・アグリイノベーション教育研究センター農場)へ新たに4樹種の苗木を植栽し、2023年まで枯死の有無と木部の着色を調査した。

4. 研究成果

落葉広葉樹4種の成長特性に関して、温暖な地域に植栽した苗木ほど樹高と地際直径が大きい傾向が認められた。タラノキ・ヌルデに関して、浜松と秩父に植栽した苗木は枯死が認められなかったが、足寄では2021年・2022年とも全個体で春先に地上部の枯れと萌芽の発生が認められた。大瀧に植栽した2樹種の苗木は2022年・2023年とも地上部の枯れは認められなかった。足寄にはタラノキが自生していることから、2種において地上部の枯れが生じる理由はよくわからなかったが、足寄は大瀧よりも冬季の最低気温が低く、積雪も深いことから、おそらく地上部

の枯れは冬季の凍結ストレスが関与していると考えられた。

タラノキ・ヌルデは、2地域（秩父と浜松）に植栽した個体では地際付近にて髓周辺で木部の着色が認められた（タラノキは2021年8～9月、ヌルデは2022年5月で確認）。過去の研究と同様に、木部の着色が起きる部位は着色以前に通水阻害を引き起こしていた。木部の着色域において、タラノキはデンプンと核が確認されなかったが、ヌルデはデンプンが減少するものの複数の柔細胞で核が認められた。ヤマザクラは、2022年10月に足寄に植栽した個体のみで木部の着色が認められ、着色部に位置する柔細胞はデンプンを含んでいた。これらの結果から、木部の着色は心材が形成される前段階で起きることが明らかになり、ヌルデ・ヤマザクラに関しては心材形成には至っていないと判断した。

心材腐朽菌の一種であるナミダタケモドキをタラノキ・ヌルデに接種した結果、両樹種とも接種部近辺の着色した木部の道管と木部繊維、いくつかの柔組織で菌糸が確認された。これらの結果から、心材腐朽菌類が侵入する際、道管や木部繊維を活用して侵入し、分布拡大することが考えられた。

したがって、本研究の第一の成果として、早期に心材形成や木部の着色を起こす樹種が確認され、心材形成機構を明らかにする上で樹種の選択は極めて重要であることが明らかになった。木部の老化は、旧年輪の木部にて通水阻害が生じ、成長期の肥大成長のために柔細胞のデンプンが消費されることで進行すると考えられた。着色した木部の領域は心材腐朽菌類の侵入を可能とさせ、ナミダタケモドキは分布拡大のために木部の死んだ組織を利用することが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 梅林利弘	4. 巻 29
2. 論文標題 温暖な地域ではなぜ落葉環孔材樹種が少なくなるのか？	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 木科学情報	6. 最初と最後の頁 42-45
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 無
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5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 梅林利弘, 野末尚希, 内海泰弘, 大村和也, 山田利博
2. 発表標題 落葉広葉樹2種の木部の老化特性
3. 学会等名 東北森林科学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅林利弘, 野末尚希, 内海泰弘, 大村和也, 山田利博
2. 発表標題 3地域に植栽された落葉広葉樹の主幹における木部形成と老化
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 相衍, 香川聡, 鈴木(張)春花, 永井智, 内海泰弘
2. 発表標題 重水トレーサーを用いた当年生のオノエヤナギにおける当年根から葉に至る軸方向の重水濃度勾配の解明
3. 学会等名 日本木材学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 林飛艶, 久米朋宣, 古賀信也, 戴ジ, 相行, 楊茂皎, 永井 智, 内海泰弘
2. 発表標題 モウソウチクの通水特性と組織構造に稈齡が及ぼす影響
3. 学会等名 日本木材学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梅林利弘、内海泰弘、野末尚希、山田利博
2. 発表標題 早期心材形成樹種における木部形成と心材形成の関係
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2022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	山田 利博 (Yamada Toshihiro) (30332571)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・教授 (12601)	
研究分担者	内海 泰弘 (Utsumi Yasuhiro) (50346839)	九州大学・農学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	山田 晋也 (Yamada Shinya) (20502579)	静岡県農林技術研究所・静岡県農林技術研究所・上席研究員 (83804)	

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	野末 尚希 (Nozue Naoki) (80738493)	静岡県農林技術研究所・静岡県農林技術研究所・主任研究員 (83804)	

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