

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02225

研究課題名(和文) 根株腐朽病の被害拡大要因の解明 激害化へのターニングポイント

研究課題名(英文) The factors contributing to the spread of brown root rot - turning point toward severe damage

研究代表者

太田 祐子 (OTA, Yuko)

日本大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：60343802

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：南根腐病は小笠原において被害が顕在化している樹木病害である。小笠原では被害が拡大する場所と拡大しない場所があることが知られている。本研究では、病気の発生にかかわる環境条件、宿主樹木、病原菌に着目し、南根腐病の被害拡大にかかわる要因を明らかにすることを目的とした。土壌の物理性、化学性、菌の生理特性(成長速度、温度特性、乾燥耐性)、菌のジェネット構造については、被害拡大地と非拡大地間に明らかな違いは認められなかった。温度及び湿度に関しては、被害拡大地のほうが温度が高く湿度が低い傾向が見られた。宿主の生理状態においても被害拡大地で気孔が閉じ気味である可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

根株腐朽病害は多犯性の病原菌を原因菌とすることから、病害のコントロールのためには被害拡大にかかわる要因を明らかにする必要がある。本研究では、小笠原で発生している南根腐病について、被害拡大に関わる要因は、菌の生理的・遺伝的性質の違いや土壌条件の違いよりも、温度および湿度など水分条件に影響する要因である可能性が示された。小笠原諸島において南根腐病から希少種や固有種を守るために役に立つ情報が得られた。

研究成果の概要(英文)：Brown root rot is a tree disease that is becoming more apparent in Ogasawara Islands. It is known that some areas are affected while others are not in Ogasawara Islands. The objective of this study was to clarify the factors involved in the spread of brown root rot by focusing on the environmental conditions, host trees, and pathogens involved in disease development. No obvious differences were found between the affected and non-affected areas in terms of soil physical and chemical properties, physiological characteristics of the fungus (growth rate, temperature, and desiccation tolerance), and the genet structure of the fungus. Temperature and humidity tended to be higher and lower in the affected area. The physiological state of the host also suggested that the stomata may be more closed in the affected area.

研究分野：森林病理学

キーワード：南根腐病 小笠原 被害拡大 要因

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

根株腐朽菌は、天然林では激甚な被害を起こすことなく心材や枯死材などの死んだ組織上で腐生生活をしているが、公園や庭園、街路、造林地などの人為的な環境下においては樹木を衰弱枯死させることが知られている。根株腐朽菌が腐生から寄生へと性質を変化させる要因は明らかになっていない。根株腐朽病害のひとつである南根腐病は、担子菌であるシマサルノコシカケ (*Phellinus noxius*) を病原とする病害である。本病は日本では南西諸島から報告されていたが、2010 年ごろから小笠原で顕在化し、固有樹種を含む多種の樹木に枯死被害が見られた。近年の夏季の高温乾燥、大型台風の頻発、世界遺産指定による人為の影響も危惧された。これまでに本病原菌は小笠原に古くから生息する土着の菌であり、宿主を選ばず感染する多犯性の病原菌であること、孢子感染と根系感染で広がることが明らかにされていた。したがって固有種や希少種を含むあらゆる樹種が小笠原においては被害にあう可能性がある。一方、野外観察により、南根腐病による枯死被害は、毎年拡大を続ける場所と、枯死被害が出ても数本の被害にとどまり、その後新規に被害木ができることなく収まる場所があることが分かってきた。小笠原の希少樹種、固有樹種の保全のためには、本病による被害が拡大する要因を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、南根腐病の被害拡大要因を明らかにすることを目的とした。一般に病害の発生は、環境条件、宿主樹木の生理状態および特性、菌の病理学的特性の 3 つの要因の相互作用によって引き起こされる。そこで、これら 3 つの要因について、被害拡大地と被害が拡大せず収束する場所(非拡大地)において調査し、激害化のターニングポイントとなる要因を明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

(1) 被害地実態調査

小笠原諸島父島および母島にあらかじめ設置してある 43 か所の調査プロット(当初 46 か所だったが 3 か所は台風により崩壊)において、新規の被害が見られる場所を拡大地、2019 年以降新たな被害が見られない場所を非拡大地とした。各プロットの大きさは、プロット設置時の被害中心地から半径 5m の円形を基本とした。被害拡大地、非拡大地ともに重点調査地として 20m 四方のプロットを 2 か所ずつ設置した。

基本的に年に 1 回被害拡大調査を行った。プロット内の調査木の病徴(葉の変色、落葉、枯死)および標徴(根株部分に付着した褐色の菌糸膜、子実体の有無)について調査と記録を行った。新たな枯死木が見られた場合は根あるいは根株の一部を採取し、菌の分離をおこない菌株を樹立した。

(2) 各プロットの微気象調査

各プロットの中心地に温湿度計(Hobo pro v2、onset 社)を設置し、年間の温湿度を計測した。被害拡大地及び非拡大地の代表的なプロット各 2 か所においては土壌深 10cm の位置に土壌水分センサー及びロガー(ZL6、および ECO20、メータジャパン)を設置した。

(3) 菌の病理学的特性解明

拡大地および非拡大地プロットから採取された代表的な菌株を用いて、培地上での菌糸最適成長温度、菌糸成長速度、培地及び木片上での菌糸死滅温度を調査した。培地は 1/2PDA 培地を用い、3 から 5 刻みに設定した恒温機で培養を行った。菌の乾燥耐性については、グリセリンおよび NaCl を添加し、水分活性測定機 LabSwift-aW (ラボスイフト、DKSH ジャパン株式会社)により水分活性を測定した培地を用いて調査を行った。ジェネットの分析については、Akiba et al. (2015) で報告された SSR マーカー 10 種を用いてマイクロサテライト分析を実施し、拡大地および非拡大地から採取された菌株の遺伝的特性を調査した。

(4) 樹木の生理特性の解明

プロットを代表する樹種個体(主に拡大地においてはシャリンバイ、ヒメツバキ等、非拡大地においてはモクダチバナ等)の樹冠の葉を採取した。リーフパンチでくりぬいた葉片を 70 で 2 日間乾燥させたのち、重量を測定し比葉重量を求めた。その後サンプルを粉碎し、NC コーダ(Sumigraph NC-22、住化分析センター)で窒素含量を、質量分析計(MAT252 + NC2500、Thermo Finnigan 社および CE Instruments 社)で炭素同位体比(^{13}C)をそれぞれ測定した。これらを被害拡大地と非拡大地とで比較した。

(5) 土壌特性の解明

100mL 土壌円筒を用いて各プロットから土壌を採取し、土壌物理性(透水計数、孔隙率、水分特性曲線)および化学性(pH、交換性塩基濃度(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 Al^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+})、全窒素含有率、全炭素含有率、C/N 比)を調査した。長谷川式土壌貫入計を用いてプロットの土壌深約 1m までの土壌硬度を計測した。

(6) 被害拡大指標の決定、環境要因の抽出とモデル化

上記の各データを統合して被害拡大にかかわる環境要因を抽出する。現時点では使用予定のデータの一部がそろっていないためペンディングである。

4. 研究成果

(1) 被害地実態調査

本研究の3年間の調査で、拡大地プロットにおいては新たな感染木、枯死木の発生が見られた。典型的な拡大地の一つ父島大神山公園プロットにおいて感染が周辺木に拡大する速度が平均1.48 m/年(最低0.31 m/年、最高3.55 m/年)であった。非拡大地プロットにおいては新規感染は見られなかった。

(2) 微気象

新型コロナウイルス感染症拡大の影響で温度ロガーの設置が予定より遅れたため、現時点では1年間のデータでの比較となった。被害拡大地と収束地の代表プロット間の気温については夏季の最高気温が被害拡大地プロットのほうが2程度高かった。湿度については、冬季及び夏季の最低湿度が被害拡大地のほうが10%程度低かった。被害拡大地のほうが乾燥傾向にあると考えられた。

(3) 菌の病理学的特性

培地上での菌系最適成長温度はいずれの菌株も28~32であった。菌系成長速度は、 $1.20 \pm 0.32 \text{ cm/day}$ であり、被害拡大地と非拡大地の間に差は認められなかった($n=26, p>0.05$)。培地及び木片上での菌系死滅温度は、培地上では高温では40で死滅し、低温では5、49日間の培養で多くが生存していたが、-10では1菌株を除きすべて死滅した。木片では-10、49日間培養で1菌株を除きすべて生存した。本試験に使用した菌株数は8菌株であったため拡大地と非拡大地由来菌株間での比較はできなかった。

水分特性を調査するためNaCl、グリセリンを濃度を変えて添加したPDA培地上において、18菌株の1日当たりの菌系成長速度を調査したところ、NaClを添加した培地では、3%($a_w=0.978$)まですべての菌株の菌系成長が確認され、7%($a_w=0.955$)からはすべての菌株で菌系成長が確認されなかった。5%($a_w=0.965$)では、18菌株中15菌株の成長が確認された。グリセリンを添加した培地では、15%($a_w=0.959$)まですべての菌株の菌系成長が確認され、25%($a_w=0.875$)ではすべての菌株で菌系成長が確認されなかった。20%($a_w=0.930$)では、18菌株中12菌株の成長が確認された。ジェネットの調査においては、10種のSSRマーカーを使用して分析を行ったところ、代表的な拡大地プロットの大神山プロット及び非拡大地の桑の木山プロットにおいては、いずれも3ジェネットが検出された。いずれのプロットでもひとつのジェネットが優先的に広く分布していた。被害拡大地と非被害地のプロット内のジェネットは近縁であり、どちらの場所においても本病原菌の遺伝的多様性は低かった。拡大地においては一つのジェネットが同心円状に拡大していく様子が見られ、根系感染を裏付けた。被害拡大地においては近接する複数のプロットで広域に分布するジェネットが見いだされ、限られた感染源から拡大した可能性が示された。

(4) 樹木の生理特性の解明

樹種をプールして全体で解析した結果、非拡大地よりも被害拡大地でLMAや13Cが大きかった。このことは、被害拡大地において恒常的に気孔が閉じ気味であったことを示している。一方で葉の窒素含量に違いはなかったことから、立地の窒素含量に違いがなかったことが示唆された。(5)の土壌の全窒素含有量の調査結果と一致する結果となった。

(5) 土壌特性の解明

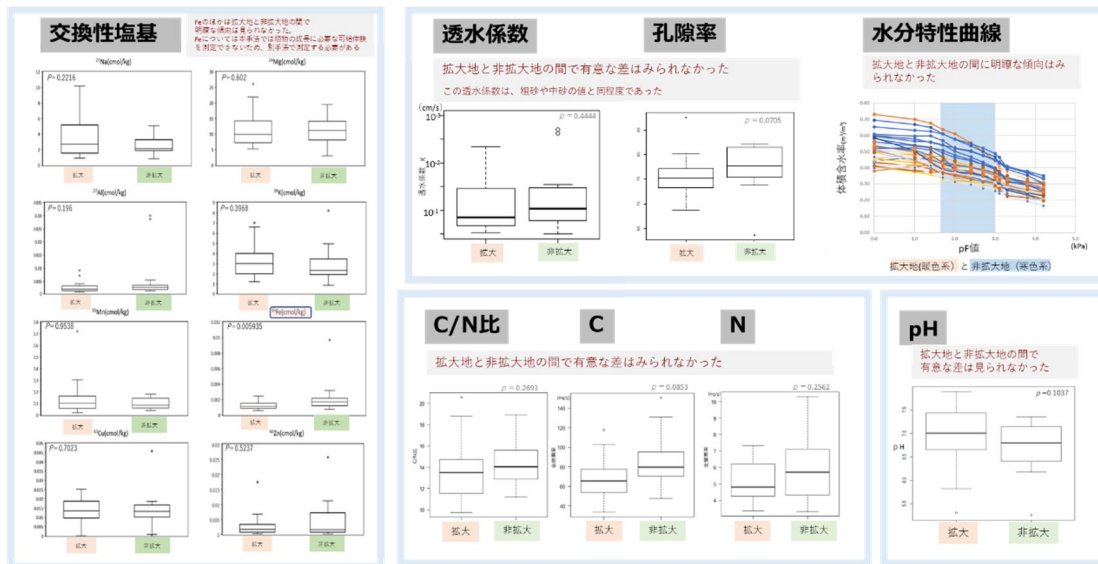
土壌の化学性に関しては土壌pHは5.3~7.9の範囲であった。拡大地と非拡大地間では違いは見られなかった。交換性塩基に関しては、拡大地と非拡大地間で交換性Fe塩基濃度に有意な差がみられたが、そのほかの項目には有意な差は見られなかった。全炭素含有量、全窒素含有量C/N比においても統計的に有意な差は得られなかった。土壌の物理性については、土壌粒は粗砂から中砂程度で透水性は高く保水力も高いと考えられた。

土壌硬度に関しては、土壌貫入計を用いてプロットの土壌深約1mまでの土壌硬度を計測したところ、長谷川式軟らか度(S値)が1.0以下(根系発達に阻害があるとされる)の土壌が、被害拡大地においては土壌深15cm程度から現れる傾向があった。被害拡大地においては固い土壌層が比較的浅い位置に分布する傾向が見られたことから、根系の発達阻害がおきやすく樹木に水ストレスがかかりやすい可能性が示された。土壌の総合的な特徴を簡便に捉えることが可能とされている近赤外分光分析を実施し、被害拡大地と収束地の表層土壌のスペクトル分析を行った結果、被害拡大地と収束地の土壌はいくつかのグループに分かれ類型化できる可能性が示唆された。近赤外線分析においては、母島の収束地プロットは、他のグループと比較して炭素含有率が有意に高いことが明らかになった。被害拡大地全体として炭素含有率が低い傾向が示されたことから、炭素含有率が低い場所では被害が拡大しやすい可能性が示唆された。

(6) 被害拡大指標の決定、環境要因の抽出とモデル化

上記調査項目のデータを充実させ、被害拡大地、非拡大地の環境項目の情報(標高、斜面方位、道路からの距離、樹種、調査開始時の幹直径および樹木密度等)を合わせて、被害拡大にかかわ

る要因を抽出する予定である。現時点では、短い期間のデータではあるが拡大地と非拡大地との間の温度と湿度に違いが見られることから、樹木の水分状態が被害拡大に影響を与えるのではないかと予想している。新型コロナウイルスの影響で、現地調査が必須の本研究課題において、実際一年間遅れて開始したこと、近年の台風などの影響で調査地の崩壊があり1回分の調査を素の調査に費やしたこと、機器の設置に時間がかかったことが本研究の遅れの大きな要因であった。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 浦野 旭, 糟谷直央, 小幡奈央, 太田祐子, 松倉君予, 小野里 光	4. 巻 27
2. 論文標題 根株腐朽病菌に対する土壌殺菌剤処理時における土壌中の薬剤濃度と拡散範囲	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 樹木医学研究	6. 最初と最後の頁 149-150
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 太田祐子、田中宏卓、島田律子、向哲嗣、安藤裕萌、大川夏生、佐橋憲生、秋庭満輝、矢崎健一、松倉君予、古澤仁美、才木真太郎、石田厚	4. 巻 50
2. 論文標題 外来種ルビーロウムシの父島および母島における寄主植物と分布	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 小笠原研究	6. 最初と最後の頁 69-78
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yazaki K, Kimura SK, Zhang C, Levia DF, Akiba M, Saiki S-T, Ishida A, Kojima M, Takebayashi Y, Sakakibara H, Maruyama Y, Ota Y, Sahashi N	4. 巻 168
2. 論文標題 Physiological responses of seedlings to the invasion of brown root rot hyphae differ between semi-deciduous Bischofia javanica Blume and evergreen Raphiolepis umbellata (Thunb.) Makino	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 147-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10658-023-02740-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 Tsujiimoto S, Akiba M, Kameyama N, Sahashi N	4. 巻 53
2. 論文標題 Occurrence of brown root rot in Ocean Expo Park, Okinawa, Japan: Infection route and preventive control measures	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Forest Pathology	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/efp.12809	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 Liao T-Z, Chen Y-H, Tsai J-N, Chao C, Huang T-P, Hong C-F, Wu Z-C, Tsai I-J, Lee H-H, Klopfenstein NB, Kim M-S, Stewart JE, Atibalentja N, Brooks FE, Cannon PG, Farid AM, Hattori T, Kwan H-S, Lam RYC, Ota Y, Sahashi N, Schlub RL, Shuey LS, Tang AMC, Chung C-L	4. 巻 2022
2. 論文標題 Translocation of fungicides and their efficacy in controlling <i>Phellinus noxius</i> , the cause of brown root rot disease	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Disease	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1094/PDIS-06-22-1285-RE	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 該当する

1. 著者名 酒井康子, 伊藤俊輔, 秋庭満輝, 太田祐子, 佐橋憲生	4. 巻 24
2. 論文標題 土壌中の南根腐病菌に対する 2 種の土壌くん蒸剤の殺菌効果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 樹木医学研究	6. 最初と最後の頁 189-195
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hattori T, Ota Y, Sotome K	4. 巻 63
2. 論文標題 Two new species of Fulvifomes (Basidiomycota, Hymenochaetaceae) on threatened or near threatened tree species in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mycoscience	6. 最初と最後の頁 131~141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.47371/mycosci.2022.04.002	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 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 古澤仁美・太田祐子・大川夏生・宮崎杏紀・樋口水紀
2. 発表標題 小笠原における南根腐病の被害拡大要因の解明 近赤外分光分析の試行
3. 学会等名 日本緑化工学会第 54 回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢崎健一・佐橋憲生・山口宗義・張春香・鳥居正人・宮下俊一郎・飛田博順・才木真太郎・太田祐子
2. 発表標題 南根腐病に罹病した苗木の通水機能および気孔反応特性
3. 学会等名 第134回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浦野旭・糟谷直央・太田祐子・松倉君予・小野里光
2. 発表標題 根株腐朽病の薬剤処理時の土壤中の薬剤濃度の測定
3. 学会等名 樹木医学会第27回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田祐子・宮崎杏紀・樋口水紀・大川夏生・小坂泉・矢崎健一・古澤仁美・秋庭満輝・佐橋憲生
2. 発表標題 小笠原の南根腐病発生地における土壌特性
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Asiegbu FO, Kovalchuk A (Chapter 20: Kim M-S, Heinzlmann R, Labbe F, Ota Y, Elias-Roman RD, Pildain MB, Stewart JE, Woodward S, Klopfenstein NB)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Academic press	5. 総ページ数 463
3. 書名 Forest microbiology, forest tree health, volume 2 (Chapter 20: Armillaria root diseases of diverse trees in wide-spread global regions, 分担P366-367)	

〔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	秋庭 満輝 (Akiba Mitsuteru) (50353553)	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	矢崎 健一 (Kennichi Yazaki) (30353890)	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	古澤 仁美 (Hitomi Furusawa) (40353841)	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	松倉 君予 (Matsukura Kimiyo) (20883515)	日本大学・生物資源科学部・助教 (32665)	

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