

令和 5 年 5 月 18 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06146

研究課題名(和文)異なる植物群系における重要樹木病原菌の分類学的再検討と種多様性

研究課題名(英文)Taxonomical studies on fungal pathogens for tree diseases among Biomes

研究代表者

中島 千晴(Nakashima, Chiharu)

三重大学・生物資源学研究所・教授

研究者番号：20378318

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)：葉枯、胴枯、枝枯性の重要な樹木病原菌の4属の主要病原菌の分子系統関係や培養性状、病原性の分化を明らかにするとともに、これらの結果を基に世界各地の既知種と比較し、東南アジアから多くの新種や基準となる標本の再設定を報告した。結果、植物に強く依存する種であってもこれまで記録されている以上に種多様性に富んでいること、日本国内でも海流分散や島嶼効果による種分化が見られること、内生的生活を送る病原菌から明らかに病原菌が分化していることが明らかになった。これは、宿主の視点から植物区系をまたいだ種の分布や移動、さらには種分化が生じていることが主な理由と示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、地球温暖化が顕在化し、一部では植物病害の北上が知られている。これらの病害のうち、宿主に強く依存する樹木病原菌の場合、宿主の移動を伴うことが必要と推察される。しかしながら実際には栽培植物ではない場合、植物区系を宿主植物が移動する必要があるが植物病原の発生記録は、一見、特定の病原のみが分布を拡大しているように見える。本研究では各地で発生する植物に強く依存する植物病原の一部は確かに分布を拡大しているが、それぞれの地域で分化した多様な種も存在することも明らかになった。今後も、重要病原の分布拡大、寄生性の分化につづく種分化、多様性の把握等の研究が、正確な樹木病害診断の上で必要である。

研究成果の概要(英文)：Four tree-pathogenic genera, regarding leaf spot, twig blight, and trunk canker, were examined based on those phylogenetic relationships, cultural characteristics, and pathogenicity. Several new species and epitypic specimens were described from comparative studies among hitherto known species from different floral regions. And also, the species diversity of fungi, strongly related to plants, was richer than expected. It was suggested that these results were caused by the oceanic-current dispersal, acceleration of the speciation rate, and switching of the ecological role from endophytic fungi to pathogenic fungi. These are observed in the different floral regions.

研究分野：植物病原菌類学

キーワード：樹病 病原系状菌 分類学 多様性 種分化 系統分類

1. 研究開始当初の背景

植物病害は農産物、森林、野生植物などに幅広く発生し、その個体、集団の直接的な被害のみならず、農産物の価値の低下や、世界的に食糧危機をもたらすと危惧されるバナナの新 Panama 病、国内でも記憶に新しい病害により劣化した森林・里山により誘発された送電線の切断による長期停電など、今なお人類の生存を脅かすファクターである。この植物の病原の 8 割は菌類によって引き起こされる病害であり、日本だけでも 600 属にのぼるこれら病原菌の正確な同定と分類学は極めて重要である。

かつては顕微鏡を用いた形態的特徴による分類学が中心であり、同定方法も形態に基づいていた。しかし、この形態形質に基づいた分類結果がときに病原性と矛盾し、しばしば生態や生理的諸性質と異なる事はよく知られていた。今日では生物の DNA 塩基配列による分子系統解析手法が一般的になり、植物病原菌についても検討が進んだ(Crous et al. 2015)。この流れの中で単独の形質を分類基準とすることの限界と、一方でゲノム中のある領域を単独で解析することで同定が可能となる生物バーコードの利便性と限界(Schoch et al. 2012)が明らかにされた。しかし、病害診断現場や菌類生態研究では、非コード領域(ITS 領域)の解析だけで正確な病害診断や多様性解析が可能とする誤解が生じ、事実、不正確な同定が学会・書籍等で公表される弊害も生じている。また、分類群の基準となるサンプルの喪失など分類学の問題も顕在化している。これらの問題に対し申請者は、樹木病原菌の分類学的再検討を、基準標本の形態形質、病原性、多遺伝子座による分子系統関係から検討するため、基準となる標本 類の探索、検討を日本及び極東地域のサンプルを基に国内外の共同研究者の協力を得ながら推進してきた。これまでに、重要樹木病原菌のアジア産 *Pseudocercospora* 属のバーコード領域の提案(Nakashima et al. 2016)、*Cercospora* 関連属菌の世界的モノグラフ(Braun et al. 2013 他)、日本、南米、欧州産 *Tubakia* 属の分類学的な再検討(Braun et al. 2018)等を発表してきた。これらの過程で、寄生性が限定的な樹木病原菌は宿主植物属が異なる毎に種名が与えられてきたが、分子系統においてもその処理が支持された。しかし、欧州と日本など遠隔地においては宿主植物属が同一で形態的に類似していたとしても、多くの場合別種であること、しかも、それぞれが異なる系統から種分化し、同一の宿主属に対し異なる場所でニッチを獲得したことが推定された(Nakashima et al. 2016)。このように宿主に強く依存する植物病原菌の異なる植物群系における種多様性を追い、相互に比較することは、植物病原菌の寄生性分化の過程を明らかにすることでもあり、学術上非常に興味深い。

2. 研究の目的

本研究ではモデルとする樹木病原菌として特に *Pseudocercospora* 属を選び、その基準標本と基準の菌株を収集、様々な情報を取得、採集地の植物群系毎に解析する。加えて重要な樹木病原菌属を加えることで、以下の 3 点を明らかにする。アジア圏と欧州の間に分布する樹木病原菌の分類学的所属を明らかにし、広く世界の森林を保全するために植物防疫上の基本情報。比較的研究の進んでいる極東アジア地域ではバーコード領域を含めた包括的な分子系統関係を引き続き明らかにし、植物病原菌の種の定義と種分化の経路。十分に樹木病原菌の種多様性研究が行われていない植物群系毎に分類学

的検討を行い、他地域の種多様性と比較、その共通性や病原菌の起源地を検討することを本研究の目的とする。また、宿主限定性があるとされる培養が可能な樹木病原菌の包括的な分類学的研究と種分化、そしてその起源地、ホットスポットを探る研究はこれまでに知られていない。さらに、このような研究には、植物病原菌の分類学に精通していること、豊富な海外での研究経験、海外の研究協力者の多さが成否を決する。これらの条件において、日本国内では随一の実績を持つ申請者が実施することにより、樹木病原菌の分類・多様性・診断等、アジアの樹木病原菌の研究センターとしての地位を確固たるものにすることを目的とする。

3. 研究の方法

アジア圏と欧州の間に分布する樹木病原菌の分類学的所属を明らかにし、広く世界の森林を保全するために植物防疫上の基本情報調査地として、温帯広葉樹林(日本)、熱帯雨林(マレーシア)を設定し、現地調査を実施した。当初、予定していたアゼルバイジャン・オーストラリア・フィリピンについてはコロナ禍のため調査の実施が叶わず、欧州、南米の共同研究者より提供された *Pseudocercospora* 属を中心とする分子系統解析データ、各種顕微鏡下で形態観察のデータにより解析を行った。

比較的研究の進んでいる極東アジア地域ではバーコード領域を含めた包括的な分子系統関係を引き続き明らかにし、植物病原菌の種の定義と種分化の経路を明らかにすることを試みた。*Pseudocercospora* 属は 100 種を超える当該菌の標本と分離菌株を有しており、これらの菌株のバーコード領域を新たに解析し、これまでの成果と合わせ分子系統解析では、申請者が提案しているバーコード領域(*rpb2*)を含めた多遺伝子座分子系統解析による解析を行い、これらの結果から正確かつ最新の分類学的知見に基づいて、森林病害の蔓延と森林の劣化を防ぐ植物防疫上の基本情報を得た。

十分に樹木病原菌の種多様性研究が行われていない植物群系毎に分類学的検討を行い、他地域の種多様性と比較、その共通性や病原菌の起源地を検討、世界各地の研究協力者の協力を得て、これを元に分子系統解析および形態的特徴を用いた植物群系ごとの種の多様性、共通性や多様性から本属の起源地、気候変動等による菌類多様性ホットスポットの存否を検討した。

4. 研究成果

特定の重要樹木病原菌を属レベルで選抜し、それらを異なる植物群系ごとに分類学的再検討を行い、種多様性を比較検討することを目的に研究を実施した。本年度は特に葉枯性の病原菌である *Pseudocercospora* 属菌の包括的分子系統樹およびモノグラフ的研究を世界の共同研究者と実施し、公表した。また、重要な胴枯・枝枯性樹木病原菌である *Lasiodiplodia* 属菌の日本産種とアジア圏種との分子系統、培養性状などによる比較研究を実施した。期間全体で葉枯、胴枯、枝枯性の重要な樹木病原菌の *Phyllosticta* 属、*Botryosphaeria* 属菌、*Neofusicoccum* 属菌、*Lasiodiplodia* 属の分子系統関係や培養性状、病原性の分化を明らかにするとともに、これらの結果を基に世界各地の既知種と比較し、東南アジアから多くの新種や基準となる標本の再設定を報告した。結果、植物に強く依存する種であってもこれまで記録されている以上に種多様性に富んでいること、日本国内でも海流分散や島嶼効果による種分化が見られること、内生的生活を送る病原菌から明らかに病原菌が分化していることが明らかになった。これは、宿主の視点から植物区系をまたいだ種の分布や移動、さらには種分化が生じていることが主な理由

と示唆された。これらの成果は、それぞれ属毎に論文として発表した。特に *Pseudocercospora* 属菌の世界的な分子系統解析については分布や種分化、多様性を詳細検討し有力誌に報告した。また、熱帯果樹を始めとする植物に広く病害を引き起こす *Colletotrichum gloeosporioides* 種複合体の迅速診断技術として LAMP 法を用いて検出する技術を開発した。さらには現在、*Cystospora* 属、*Elsinoe* 属、*Septoria* 属菌の日本産種をモデルに、これらの種分化と分類学的再検討の結果を国際誌へ投稿し、審査中である。

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 3件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Chen, Q., M. Bakhshi, R. Cheewangkoon, C. Nakashima, I. Nurul Faziha, L. Suhaizan, J. Z. Groenewald, P. W. Crous et al.	4. 巻 101
2. 論文標題 Genera of phytopathogenic fungi: GOPHY 4	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Studies in Mycology	6. 最初と最後の頁 417 ~ 564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3114/sim.2022.101.06	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 Hattori Yukako, Nakano Lynn, Nakashima Chiharu	4. 巻 64
2. 論文標題 Taxonomic re-examination of Japanese isolates of the genus Lasiodiplodia	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Mycoscience	6. 最初と最後の頁 74 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.47371/mycosci.2022.12.004	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 Hattori Yukako, Nakashima Chiharu, Kitabata Shunsuke, Naito Kosuke, Hieno Ayaka, Alvarez Lourdes V., Motohashi Keiichi	4. 巻 4
2. 論文標題 Identification of the Colletotrichum species associated with mango diseases and a universal LAMP detection method for <i>C. gloeosporioides</i> species complex	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLANT & FUNGAL RESEARCH	6. 最初と最後の頁 2-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.30546/2664-5297.2021.1.49.	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 Hattori Yukako, Ando Yuho, Sasaki Atsuko, Uechi Nami, Nakashima Chiharu	4. 巻 49
2. 論文標題 Taxonomical Study of Noteworthy Species of Botryosphaeria in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mycobiology	6. 最初と最後の頁 122-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/12298093.2021.1895486	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 Yukako, Ando Yuho, Nakashima Chiharu	4. 巻 62
2. 論文標題 Taxonomical re-examination of the genus <i>Neofusicoccum</i> in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mycoscience	6. 最初と最後の頁 250-259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.47371/mycosci.2021.03.008	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 服部 友香子, 安藤 裕萌, 中島 千晴	4. 巻 62
2. 論文標題 日本産樹木寄生性 <i>Botryosphaeria</i> 属菌株の分子系統	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本菌学会会報	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18962/jjom.jjom.R02-13	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 Yukako, Ando Yuho, Sasaki Atsuko, Uechi Nami, Nakashima Chiharu	4. 巻 49
2. 論文標題 Taxonomical Study of Noteworthy Species of <i>Botryosphaeria</i> in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mycobiology	6. 最初と最後の頁 122 ~ 132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/12298093.2021.1895486	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8件(うち招待講演 1件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 服部友香子・中島千晴・升屋勇人
2. 発表標題 樹木の胸枯れ・枝枯れ症状に関する日本産 <i>Cytospora</i> 属菌の分類
3. 学会等名 樹木医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井美沙・高橋真秀・久保周子・中島千晴・横山とも子
2. 発表標題 LAMP法およびPCR法によるトルコギキョウ斑点病菌 <i>Pseudocercospora nepheloides</i> の検出技術の開発
3. 学会等名 令和4年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西村文宏・藤澤遥・森充隆・中島千晴・川口真穂・中西充・岩本豊・三室元気・中村吉秀・池田健一
2. 発表標題 リアルタイムPCRによる土壌からのタマネギベと病菌卵胞子のモニタリング
3. 学会等名 令和4年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 服部友香子・中島千晴・升屋勇人
2. 発表標題 キリ腐らん病菌をはじめとする日本産 <i>Cytospora</i> 属の分類学的検討
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 Uy RJ, Nakashima C, Kayamori M
2. 発表標題 Characterization of Blue Mold <i>Penicillium</i> Species Isolated from <i>Dioscorea polystachya</i> in Hokkaido, Japan
3. 学会等名 令和4年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中島千晴
2. 発表標題 命名規約の知識をアップデート
3. 学会等名 第二十回植物病原菌類談話会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤田葵・De la Cruz P. Victor A.・松山春菜・中島千晴・菊野日出彦・可部裕文・本橋慶一
2. 発表標題 土壌および罹病残渣撤去によるハウス栽培マンゴーの南根腐病に対する防除効果
3. 学会等名 日本植物病理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森岡花梨・中島 賢・米阪英晃・中島千晴・富田有理・久保田まや・副島康義・廣岡裕史
2. 発表標題 Erysiphe elevataによるブルーベリーうどんこ病（新称）の発生
3. 学会等名 日本植物病理学会
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
---------------------------	-----------------------	----

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			
オランダ	Westerdijk Institute			
中国	中国科学院			
タイ	Chiang Mai University			
イラン	Iranian Res. Inst. Plant Protection			
マレーシア	Malaysia Terengganu University	Putra Malaysia University		
フィリピン	Central Luzon State University	PhilMech/DA		
アゼルバイジャン	Azerbaijan Nat Acad Sci/Inst Botany			