

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 18 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23510032

研究課題名(和文) 極地の野生植物の生存に及ぼす植物病原菌の影響評価

研究課題名(英文) Influences of phytopathogenic fungi on growth and community structure of wild plants in polar regions.

研究代表者

東條 元昭 (Tojo, Motoaki)

大阪府立大学・生命環境科学研究科(系)・准教授

研究者番号：90254440

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：植物病原菌は極地の野生植物の多くに感染しており生育や集団形成に影響を及ぼすと考えられるため、それらの感染様式などを特徴づけることは重要である。本研究では、高緯度北極域スバルバル諸島に生息する植物病原菌等について分類学的・生態学的特徴の一部を明らかにした。まずキョクチャナギ寄生性子のう菌のRhytisma属1種とカギハイゴケ寄生性卵菌のPythium属1種を、Rhytisma polare およびPythium polareとして新種記載した。さらにこれらの植物病原菌がそれぞれの宿主植物に病害を起こすことと、それらの発生が降雨などの気象要因によって影響を受けている可能性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Phytopathogenic fungi and fungal like microbes occur frequently on moss and vascular plant species in polar regions. Characterization of the pathogens is important because they can affect the growth and community structure of many wild plants. In this study, I partially clarified the taxonomic and ecological features of the phytopathogenic fungi in Svalbard, a High Arctic archipelago. Fungi found in Svalbard, such as the ascomycete Rhytisma and the oomycete Pythium were discussed on their taxonomic positions and infection behavior. Present study described Rhytisma polare and Pythium polare as new species. They were consistently present in the living of polar willow (*Salix polaris*) and *Sanionia* moss (*Sanionia uncinata*) and were causing damages on their host plants. Moreover, their distribution patterns in the moss were affected by climatic factors.

研究分野：植物病理学

キーワード：植物病原菌 極地 分類 生態

1. 研究開始当初の背景

極地の主要植生であるコケやヤナギ類は、炭酸同化や表土層保持によってこの地域の陸上生態系の基盤を形成している。これらの植物に多くの植物病原菌が寄生していることは20世紀初頭の極地探検時代から知られていたが、宿主植物への影響についてはほとんど調べられてこなかった。温帯域の野生植物を対象とした研究では、異常気象などによる環境ストレスによって宿主植物の抵抗力が下がり、新たな植物病原菌による被害が発生する現象が数多く見られる。極地は地球温暖化が最も速く進行している地域であり、そこに自生する植物は、急激な温度や湿度変化などの環境ストレスにさらされている。そのため極地での植物病原菌による野生植物の被害は温帯域の場合よりも先に進行している可能性があるが、これを実際に明らかにした例は見られない。

そこで本研究代表者は植物病理学的見地からの極地の野生植物に感染する植物病原菌の研究を1999年から開始し、極地の野生植物に生息する植物病原菌がこれまで考えられていたよりも多様性に富み、宿主植物の消長に影響を及ぼしている可能性を示す結果を得てきた。一方で、低温環境下で緩やかに進行する病原・宿主双方の変動を定量的に把握するには、長期にわたる定点観測が必要なことわかってきた。

2. 研究の目的

この研究の第一の目的は、高緯度北極域に位置するスピッツベルゲン島に自生する主要な数種の植物を対象に、2003年から1~2年毎に実施してきた定点調査を継続して実施し、1つの定点における極地の野生植物の消長に及ぼす植物病原菌の影響を明らかにすることであった。また、第二の目的は、極地の広範な地域(北極のノルスピッツベルゲン島、領グリーンランド、ノルウェー本土高山域、南極のキングジョージ島チリ・エスクデロ基地、および南極の英国ロゼラ基地)から独自に収集した植物病原菌の未報告種、計約700菌株について、種同定、植物病原性試験、生理的特性試験を実施することで、南北両極地の広い範囲の植物病原菌の分布と生態を明らかにすることであった。

3. 研究の方法

スピッツベルゲン島日本基地周辺に設置した定点観測地点で、2012年と2014年の各夏期に計2回の植物病原菌の種類と密度、宿主植物の数、および気象データを計測し、同じ場所で2003年から1~2年間隔で得たデータと総合して分析した。

<平成23年度>

(1) 極地の植物病原菌の同定と性状解析

これまでに北極のスピッツベルゲン島、グリーンランド、ノルウェー本土高山域、南極のキングジョージ島チリ・エスクデロ基地、お

よび南極の英国ロゼラ基地から研究代表者が独自に収集した *Pythium* 属菌を主とする植物病原菌の未報告種、合計約700菌株を材料し、以下の手順で実験を行った。

微分干渉顕微鏡を用いた形態観察により、分離菌株を形態的に異なるグループ(以下、形態グループ)に類別した。

これまでの調査から極地の *Pythium* 属菌には雌雄異株性のものが多いことが明らかになっていた。そこで、それぞれの形態グループからいくつかの菌株を選び、互いを対峙培養させて、その交配行動を調べることで、雌雄異株性が同株性かを区別した。

各形態グループの代表株の植物への発病力と発病条件を評価した。スピッツベルゲン島から持ち帰って無菌培養したカギハイゴケなどの野生植物を用い、各菌株の菌そうを接種してグロースキャビネット内に静置した。グロースキャビネットを照度と温度が異なるいくつかの条件に設定し、褐変などの病徴の進展と病原菌の組織内での侵入状態を肉眼と微分干渉顕微鏡で観察した。

形態グループの代表株の生理的特性を明らかにするために、菌糸の温度生育特性と凍結耐性、また卵胞子の温度発芽特性と凍結耐性を調べた。

各形態グループの代表株の内、カギハイゴケへの病原性を示した菌株の培養菌体から核DNAを抽出し、18S rDNAのITS領域の塩基配列を決定した。これによって種を決定し、近縁種との類縁関係を調べた。

同定した菌株は、国内外の主要な微生物保存機関に寄託し、研究用として一般に公開した。

<平成24年度>

(1) 極地の植物病原菌の同定と性状解析
前年と同様の実験を行った。

(2) 極地の植物病原菌の野外調査

スピッツベルゲン島の日本北極基地に夏期に短期間(約3週間)滞在し、基地周辺のカギハイゴケやキョクチャナギに発生する病原菌を調査した。

日本北極基地周辺のカギハイゴケやキョクチャナギを調査し、植物病原菌の感染率を調べた。カギハイゴケについては、研究代表者が2003年に設置してその後1~2年間隔で定点観測を行ってきた6個の試験区について、分離法による植物病原菌の動態調査を行った。また、キョクチャナギについては、2006年に設置してその後2年間隔で定点観測を行ってきた20個の試験区について、肉眼と顕微鏡観察による植物病原菌の動態調査を行った。分離した植物病原菌株は、植物防疫所の許可を得て日本に持ち帰り、上述1の実験手順で、同定と性状調査を行った。

上述の試験区には、2010年夏に5年間有効の屋外用温度記録計を設置しており、これを回収して各試験区の温度変化をモニタリングした。降水量については日本北極基地の観測データおよび日本北極基地付近で観測

しているノルウェー極地研究所の観測データを入手して利用した。

各試験区における植物病原菌の感染率と温度や降水量を取りまとめ、同じ場所での2003年から1~2年間隔で得たそれらのデータと総合して分析した。

<平成25年度>

(1) 極地の植物病原菌の同定と性状解析
平成23年度と同様の実験を行った。

<平成26年度>

(1) 極地の植物病原菌の同定と性状解析
平成23年度と同様の実験を行った。

(2) 極地の植物病原菌の野外調査

平成23年度と同様の方法で現地調査を行った。また、同じ地点で2003年から1~2年間隔で得た植物病原菌の感染率と温度や降水量の11年間分のデータを取りまとめ、各要因の関係を分析した。

4. 研究成果

本研究では下記の3つを主な成果として得た。

(1) 極地の植物病原菌の新種記載と宿主の成育に及ぼす影響の評価：北極域の主要植生であるカギハイゴケとキョクチャナギに病害を起こしている植物病原菌をそれぞれ *Pythium polare* および *Rhizyctis polare* として新種記載した。いずれも宿主植物に病害を起こし、生育を阻害している可能性が示された。

Pythium polare の分類的特徴と宿主の成育に及ぼす影響：*P. polare* はカギハイゴケなどの茎葉に寄生して褐変を起こす卵菌である。本種は温帯で麦類褐色雪腐病を起こす *P. iwayamai* と分類的に近縁であるが、遊走子と呼ばれる水中遊泳性の胞子が形成される際の逸出管が長いこと (av. 34.1 μm) や、雌雄異株性であること、さらにリボソームDNAのITS領域の塩基配列に基づく系統樹解析で独立した単系統群を形成することなどの特徴によって *P. iwayamai* などとは異なる新種であることがわかった。研究代表者らが極地の広範な地域(北極のスピッツベルゲン島、グリーンランド、ノルウェー本土高山域、バフィン島、南極のキングジョージ島およびアデリー島)から収集した植物病原菌の未報告種について調べた結果、その多くが *P. polare* であり、本種はこれら南北両極のすべての地域に生息していることが明らかになった。本種は南北両極の主要植生であるカギハイゴケに褐変などの被害を引き起こしていること、また土壌や水中にも生息していることが明らかになった。カギハイゴケは南北両極の露岩域における一次生産者として重要であるだけでなく、表土を覆うことによって流出を防ぐ役割もある。*P. polare* は遊走子を降雨時や融雪時に形成するために、今後、極地の温暖化にともなう局所的な降雨や積雪が増えれば、本種によるカギハイゴケの被害が拡大する可能性が示唆された。

Rhizyctis polare の分類的特徴と宿主の成育に及ぼす影響：*R. polare* は、キョクチャナギの葉に寄生して黒紋病を起こす真菌である。本種は当初、既知種の *R. salicinum* と考えられていたが、形態と遺伝子解析をあらためて行った結果、新種であることが判明した。本菌は子実体と呼ばれる胞子形成器官をキョクチャナギの生葉上に形成し、落葉上で子実体を成熟させる。子実体は黒色であり、葉の一部分を覆い、子実体で覆われた部分は光合成が全く行われなくなる。そのため本菌は宿主の生育を阻害する。今回はスピッツベルゲン島からの試料のみを扱ったために *R. polare* の分布は明らかでないが、宿主であるキョクチャナギは北極海沿岸全域に分布しているため本種もこれらの地域に広範に分布している可能性がある。また、野外実験により *R. polare* は日本国内のヤナギ類に寄生する *Rhizyctis* 属菌に比べて成熟胞子の形成までの期間が約4分の1(約2週間)であることがわかった。このことは、*R. polare* が、温帯産の近縁種に比べて極地の短い夏に適応した生活環をもつことを示している。

(2) 植物病原菌の高病原性種が増加している現状の把握：ノルウェー領スピッツベルゲン島ニールスン日本基地の北側斜面のカギハイゴケ群落に生息する *Pythium* 属菌の分離頻度と種構成の変化について2012年と2014年を調べ、先に実施した2003年からのデータと合わせて解析した。その結果、*Pythium* 属菌6種は、それぞれの種によって異なる密度変化を伴ってこのカギハイゴケ群落に生息しており、その内の病原性の高い1種である *P. polare* が密度を近年増加させ、内比較的病原性が弱いと考えられる2種が近年になって急に密度を減少させていることがわかった。

(3) 極地の植物病原菌が産生する新規抗菌物質の発見：応募者らはスピッツベルゲン島のコケからコケ感染性糸状菌の *Trichoderma polysporum* をこれまでに分離し同定している(Yamazaki et al. 2011)。今回、本種の抗菌活性を詳しく調べた結果、植物病原性 *Pythium* 属菌の1種である *P. iwayamai* を抑制する新規の化合物を含む数種化合物を培地上で産生することが明らかになった。そこでこれらの化合物の構造を決定し「抗ピシウム菌剤」として特許出願(特願2013-163584)した。

<引用文献>

Yamazaki Y, Tojo M, Hoshino T, Kida K, Sakamoto T, Ihara H, Yumoto I, Tronsmo AM, Kanda H (2011) Characterization of *Trichoderma polysporum* from Spitsbergen, Svalbard archipelago, Norway, on species identity, infectivity to moss, and polygalacturonase activity. Fungal Ecology 4: 15-21.

<http://dx.doi:10.1016/j.funeco.2010.06.002>

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計10件)

Bouket AC, Arzanlou M, Tojo M, Babai-Ahari A (2015) A web-based identification programme for *Pythium* species. Archives of Phytopathology and Plant Protection 48, 査読有, <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2015.1024043>

Murakami R, Yajima Y, Kida K, Tokura K, Tojo M, Hoshino T (2015) Surviving freezing in plant tissues by oomycetous snow molds. Cryobiology, 査読有, 70: 208 - 210. <http://dx.doi:10.1016/j.cryobiol.2015.01.007>. Epub 2015 Feb 3.

Masumoto S, Tojo M, Uchida M, Imura S (2014) *Rhytisma polaris*: Morphological and molecular characterization of a new species from Spitsbergen Island, Norway. Mycological Progress, 査読有, 13:181-188.

<http://dx.doi:10.1007/s11557-013-0918-2>

東條元昭 (2014) 極地の土壌伝染性植物病原菌. 土と微生物, 査読有, 68: 69-71.

<http://ci.nii.ac.jp/naid/40020228237> (Accessed in Apr. 21, 2015)

Tojo M, Van West P, Hoshino T, Kida K., Fujii H, Hakoda H, Kawaguchi Y, Mühlhauser HA, Van den Berg AH, Küpper FC, Herrero ML, Klemsdal SS, Tronsmo AM, Kanda H (2012) *Pythium polare*, a new heterothallic Oomycete causing brown discoloration of *Sanionia uncinata* in the Arctic and Antarctic. Fungal Biology, 査読有, 116: 756-768. <http://dx.doi:10.1016/j.funbio.2012.04.005>

Tojo M, Newsham KK (2012) Snow mould in polar environments. Fungal Ecology 5: 395 -402. 査読有, <http://dx.doi:10.1016/j.funeco.2012.01.003>

[学会発表](計2件)

Tojo M, Hoshino T, Yagi H, Kawaguchi Yuki, Kida K, Tokura K, Herrero ML, Uchida M, Imura S. Population changes of moss-inhabiting *Pythium* at the north side cliff of Japanese Ny-Ålesund observatory, Spitsbergen Island, Norway from 2003 to 2014. The

fifth Symposium on Polar Science. 2014年12月3日, 国立極地研究所, 東京都立川市

Herrero ML, Sundheim L, Brevik AM, Tojo M, Brurberg MB. Oomycetes survey in Northern Norway. 7th Meeting of IUFRO Working Party. Phytophthora in Forest and Natural Ecosystems, 2014年11月12日, Esquel, Argentina

Tojo M, Phytopathogenic fungi in polar regions and their relationship with climate change. 3rd Korea-Japan Joint Symposium & The 2014 KSPP Fall Meeting on Plant Pathology. 2014年10月23日, Busan, Korea

Tojo M, Brevik AM, Yagi H, Hoshino T, Radmer LE, Herrero ML, Masumoto S, Uchida M, Imura S. Distribution of *Pythium polare* which causes brown discoloration of *Sanionia uncinata* in Spitsbergen Island. The fourth Symposium on Polar Science. 2013年11月13日, 国立国語研究所, 東京都立川市

Tojo M, Masumoto S, Uchida M, Imura S. Characterization of tar spot and rust diseases of polar willow based on their occurrence and host survivability. The 34th Symposium on Polar Biology. 2012年11月27日, 国立極地研究所, 東京都立川市

Tojo M, Plant pathogenic fungi in western Svalbard. Meeting of the International Project "Mapping and Barcoding of Pseudofungi in Norway, including Svalbard". 2012年3月20日, Ås, Norway

Tojo M, A new heterothallic *Pythium* causing brown discoloration of *Sanionia uncinata* in the Arctic and Antarctic. The 33th Symposium on Polar Biology. 2011年11月18日, 国立極地研究所, 東京都立川市

[図書](計2件)

Tojo M, Masumoto S, Hoshino T (2013) Phytopathogenic fungi and fungal-like microbes in Svalbard. In: Imai R, Yoshida M, Matsumoto N (eds), Plant and microbe adaptations to cold in a changing world. Springer, New York, pp. 22 (263-284). http://dx.doi:10.1007/978-1-4614-8253-6_23

Hoshino T, Xiao N, Yajima Y, Kida K, Tokura K, Murakami R, Tojo M, Matsumoto N (2013) Ecological strategies of snow molds to tolerate freezing stress. In: Imai R, Yoshida M, Matsumoto N (eds), Plant and microbe adaptations to cold in changing world. Springer,

New York, pp. 8 (285-292).
http://dx.doi:10.1007/978-1-4614-8253-6_24

〔産業財産権〕

出願状況（計 1 件）

名称：抗ピシウム菌剤
発明者：東條元昭・細江智夫
権利者：公立大学法人大阪府立大学・学校法人星薬科大学
種類：
番号：特願 2013-163584
出願年月日：2013 年 8 月 6 日
国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

URL: m-tojo.jimdo.com

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東條 元昭 (TOJO Motoaki)
大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授
研究者番号：90254440