

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21325

研究課題名(和文)菌根菌の埋土胞子は千年生きるのか：地質ボーリングコアを用いた挑戦

研究課題名(英文)How long can soil spore banks of ectomycorrhizal fungi survive?: Challenges with geological boring cores

研究代表者

奈良 一秀(Nara, Kazuhide)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：60270899

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：森林土壌中に休眠状態で存在する外生菌根菌(以下、菌根菌)の埋土胞子は攪乱後の宿主実生の定着を支える。一部の菌根菌では、埋土胞子の生存期間が長期におよぶと推定されているが、十分な検証がなされていない。そこで本研究では、過去の埋土胞子が含まれる可能性のある津波堆積物や、宿主樹木が過去に枯死した場所の土壌試料を用いて長期間の生存期間を検証した。その結果、ショウロ属などの一部の菌根菌の埋土胞子が最大で16年間感染性を維持していることが明らかにされたものの、それよりも長期の生存は確認できなかった。今回確認された生存期間はこれまでに報告された中で最長であり、森林の管理方法に重要な示唆を与えるものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

菌根菌は樹木の成長に不可欠な共生微生物であり、その感染源となる土壌中の胞子の生存期間を明らかにすることは森林管理や希少樹木保全において重要である。本研究では、これまでで最長となる16年間の埋土胞子生存期間が確認されたものの、数十年以上にわたって感染性を維持することは困難であることも示された。一部の絶滅危惧樹に不可欠な菌根菌は埋土胞子として主に存在していることから、それを有効活用するためには時間的な猶予がないことを示唆するなど、森林の管理手法に重要な提言をもたらす可能性のある成果である。

研究成果の概要(英文)：Soil spore banks of ectomycorrhizal (ECM) fungi support the establishment of host seedlings after disturbances. Although soil spore banks of some ECM fungi are assumed to keep infectivity over long periods, their longevity has not been fully examined for >10 years. In this study, we examined the infectivity of soil spore banks over hundreds of years, using geological boring cores with past tsunami deposits that potentially contain forest soil transferred from coastal pine forests and soil samples collected from locations where host trees have died long ago. We confirmed that soil spore banks of some ECM fungi, including Rhizopogon species, keep the infectivity over a maximum of 16 years, over which no ECM infection was observed. The longevity confirmed in this study is the longest for soil spore banks of ECM fungi documented to date and has important implications for forest management.

研究分野：森林微生物

キーワード：菌根菌 埋土胞子

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) マツ科やブナ科など、自然林の主要樹木はキノコをつくる担子菌類などと外生菌根(以下、菌根)共生をしている。この菌根共生は宿主樹木が土壤養分を獲得して正常に成長するために不可欠なものである。自然界において樹木が適合する菌根菌を獲得する経路は菌根から土壤中に伸びる菌糸体と胞子の2つである。大規模な攪乱時には宿主樹木とともに菌根と菌糸体が死滅することから、土壤中に蓄積された埋土胞子が菌根菌の主要な感染源となる。

(2) 多種多様な菌根菌のうち、埋土胞子バンクを形成して、遷移初期の実生定着に重要な役割を果たすのはショウロ属などの一部の菌種である。これらの埋土胞子がどの程度の生存期間を持つのかを明らかにすることは、森林管理方法を考える上で極めて重要である。しかし、キノコから採取した胞子を実験的に土壤中に保管して感染性の推移を調べる従来の方法では、長期の生存期間を実証することは難しく、これまでに実証された生存期間は6年に過ぎない。

2. 研究の目的

(1) 菌根菌の胞子を実験的に一定期間保存するアプローチの限界を超えて胞子の生存期間を解析することを目的とする。そのためには、過去の胞子が自然に保存されている試料を得る必要がある。

(2) 海岸低湿地の地質ボーリングコア試料には、過去の津波堆積物が千年以上にわたって保存されていることが知られている。日本の海岸林には昔から広くクロマツが自然分布・植栽されているため、クロマツ林の土壤が津波によって後背低湿地に運ばれて堆積し、その土壤に含まれていたショウロなどの胞子が保存されている可能性がある。このような堆積物中の胞子の感染性を調べることによって、数百年から千年を超える時間スケールで埋土胞子が生存できるのかを明らかにすることを目的とする。

(3) その他にもショウロ属と共生することが知られているハイマツ林周辺の湿地から得られたボーリングコア試料、病害等でマツ類が地域絶滅した場所の土壤試料中にも、感染性を維持した過去の埋土胞子が含まれている可能性があり、それを検証することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 岩手県小谷島海岸、および青森県関根浜で採集されたボーリングコアのうち、過去の津波堆積物層とその上下の堆積物層を採取してバイオアッセイ試験(後述)に供した。小谷島海岸のコア試料中には、2011年(東北地方太平洋沖地震)、1896年(明治三陸地震)、1611年(慶長三陸地震)の津波堆積物のほか、それよりも以前の津波堆積物(1290-970BP、1710-1440BP)も含まれている(Ishimura & Yamada 2021)。関根浜のコア試料中には500年~300年前と推定されている津波堆積物が含まれている(Ishimura et al. 2022)。

(2) 八幡平のハイマツ林周辺の4つの湿原から採取されたボーリングコアからバイオアッセイ用の土壤試料を採取した。これらのコアは主に泥炭から構成されており、十和田aテフラ(AD915年)の層をいずれも途中に含んでいた。また、炭素年代測定から最大7500年前の泥炭堆積物を含むことが明らかにされている(Sasaki & Sugai 2018)。

(3) 種子島において、ヤクタネゴヨウがマツ材線虫病などによって枯死した10箇所の異なる地域から土壤試料を採取した。枯死後の年数は2年から71年までの異なる時期を含む。

(4) 以上の土壤試料をそれぞれ50mlプラスチック遠心チューブを加工した栽培容器に充填し、発芽させた宿主実生を植栽し、6ヶ月間育苗するバイオアッセイ試験を実施した。

(5) バイオアッセイ苗に菌根が形成された場合、実体顕微鏡下で形態分類した後、それぞれDNA抽出し、菌類のrDNAのITS領域をPCRによって増幅した後、ダイレクトシーケンスを行った。得られた塩基配列を国際塩基配列データベース上の配列と比較することで菌種の同定を行った。

(6) また、ヤクタネゴヨウのバイオアッセイで検出されたヤクタネショウロについては、最も近隣に現存するヤクタネゴヨウ林からの胞子散布の可能性を検討するため、マイクロサテライトマーカーを用いた集団遺伝構造解析を行った。

4. 研究成果

(1) 海岸後背湿地のコアから採取した土壤試料を用いたバイオアッセイでは、岩手県小谷島海岸の2011年の東北地方太平洋沖地震による津波堆積物層、およびその上層(2011年以降の湿地性堆積物)において菌根の形成が確認された(図1)。DNA解析による菌種を同定した結果、2011年の津波堆積物からショウロ属 sp.とアマタケ(*Suillus bovinus*)、チチアワタケ(*Suillus granulatus*)および子囊菌の*Wilcoxina*属2種が検出された。この結果から、検出された5種の菌種では胞子が最低でも10年程度は感染性を維持する可能性があることと示唆される。一方、2011年の津波堆積物直下やそれ以前の堆積物層からは菌根菌の感染が確認されなかった。この結果から、菌根菌の埋土胞子の生存期間が100年以上である可能性は低いものと考えられる。

(2) 八幡平の湿原試料を用いたバイオアッセイでは、最も表層(現生)を含むいずれの堆積年代

からも菌根の形成が確認されなかった（図1）。このことから、ハイマツに共生する菌根菌の胞子は、宿主樹木に感染するのに十分なほどの量がこれら湿原に流入していないものと考えられる。

(3) 種子島において過去にヤクタネゴヨウが生育していた地域の土壌を用いたバイオアッセイでは、10箇所の採取地点のうち6箇所で菌根の形成が確認された。宿主枯死からの年数では2年での菌根感染率が最も高かったものの、宿主枯死後15年の地点から採取した土壌でも50%を超える感染率が確認され、最大16年経過した視点でも感染が確認された（図1）。感染した菌根菌はヤクタネゴヨウのみを自然宿主とするヤクタネショウロ(*Rhizopogon yakushimensis*)が優占していた。この結果から、ヤクタネショウロの埋土胞子は少なくとも15年以上にわたって感染能力を有することが示唆される。一方、ヤクタネゴヨウが枯死後37年や71年経過した地点では菌根菌の感染が観察されなかった。この結果から、数十年を超えて埋土胞子が感染性を維持することは困難な可能性がある。

(4) (3)のバイオアッセイ試験で感染したヤクタネショウロ集団と、現生で最も近接するヤクタネショウロ集団では、顕著に集団遺伝構造が異なることが明らかにされた。以前の我々の研究から、ヤクタネショウロの胞子散布は300m以内の範囲に限られることが明らかにされている。これらの結果から、採取した地点のヤクタネショウロの埋土胞子は、現生の集団から供給されているものではなく、ヤクタネゴヨウが枯死する前にそれぞれの地点で散布・蓄積した胞子であることは明らかである。よって、(3)で示唆された15年以上にわたるヤクタネショウロの埋土胞子生存期間は集団遺伝構造の違いからも支持されたといえる。

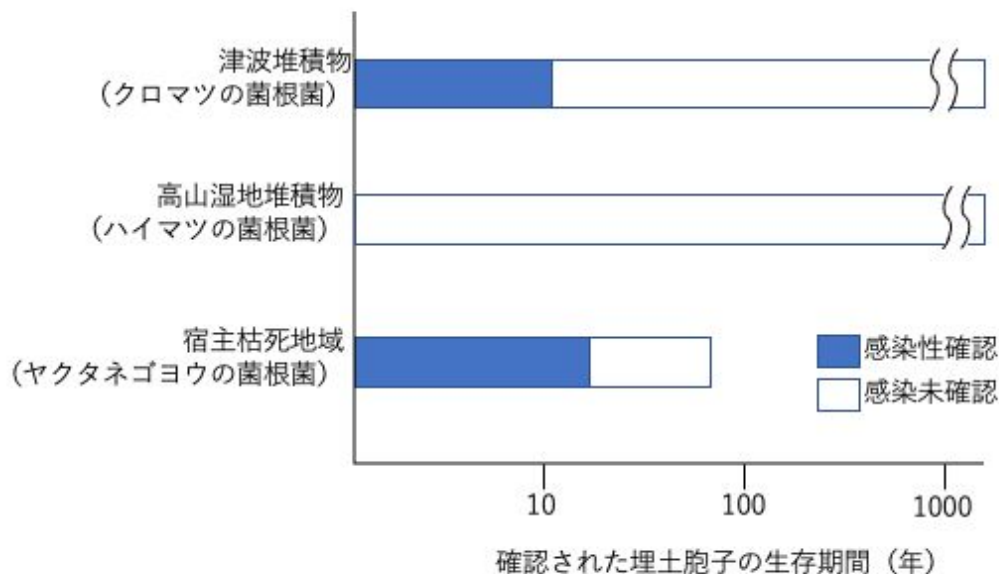


図1 各種土壌サンプルを用いた菌根菌埋土胞子の生存期間推定

引用文献

Ishimura D, Ishizawa T, Yamada M, Aoki K, Sato K. (2022) Washover deposits related to tsunami and storm surge along the north coast of the Shimokita Peninsula in northern Japan. *Progress in Earth and Planetary Science* 9:69.

Ishimura D & Yamada K. (2021) Integrated lateral correlation of tsunami deposits during the last 6000 years using multiple indicators at Koyadori, Sanriku Coast, northeast Japan. *Quaternary Science Reviews* 256:106834.

Sasaki N. & Sugai T (2018) Holocene development of mountain wetlands within and outside of landslide in the Hachimantai volcanic group, northeastern Japan. *Quaternary International* 471: 345-358.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 村田 政穂, 金谷 整一, 奈良 一秀
2. 発表標題 ヤクタネシヨウ口埋土胞子の宿主選好性
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 村田政穂・金谷整一・奈良一秀
2. 発表標題 ヤクタネシヨウ口の埋土胞子は何年生きるか：過去の松枯れ被害地から推定
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会（名古屋大学，3/27-3/30）
4. 発表年 2020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
---------	---------