

# 国立科学博物館附属自然教育園・ ひょうたん池に生息する *Phytophthora* 属菌類

筒井杏子<sup>1,\*</sup>・遠藤拓洋<sup>2</sup>・升屋勇人<sup>3</sup>

<sup>1</sup>茨城大学農学部応用生物学野, <sup>2</sup>国立科学博物館附属自然教育園, <sup>3</sup>森林研究・整備機構 森林総合研究所  
(2025年12月15日受付; 2026年3月25日受理)

***Phytophthora* species inhabiting Hyotan Pond in the Institute for Nature Study. Miscellaneous Reports of the Institute for Nature Study (58): 1–9, 2026.**

Kyoko Tsutsui<sup>1</sup>, Takumi Endo<sup>2</sup>, Hayato Masuya<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Applied Biological Sciences, Ibaraki University, <sup>2</sup> Institute for Nature Study, National Museum of Nature and Science, <sup>3</sup> Forestry and Forest Products Research Institute

(Received December 15, 2025; Accepted March 25, 2026)

## Abstract

*Phytophthora* species were investigated in Hyotan Pond, located within the Institute for Nature Study, National Museum of Nature and Science, Tokyo, a long-preserved urban forest. Water samples and submerged leaf litter were collected in July 2023 and May 2024, and *Phytophthora* species were isolated using a baiting method or direct isolation using selective media. Five species—*P. honggalleglyana*, *P. intercalaris*, *P. polonica*, *P. chlamydospora*, and *P. gonapodyides*—were isolated, among which *P. chlamydospora*, *P. intercalaris*, and *P. polonica* were new records for Japan. Although these species have been reported as plant pathogens overseas, no severe decline attributable to *Phytophthora* infection was observed in the vegetation surrounding the pond. A tree survey revealed a decline in alder species (*Alnus japonica* and *A. hirsuta*) in wet and shaded areas near the pond; however, a direct relationship between alder decline and the presence of *Phytophthora* species could not be determined. Further inoculation experiments are required to evaluate the pathogenicity of the isolated species. This study provides baseline information on the ecological distribution and potential risks of *Phytophthora* species in urban forest environments in Japan.

**Key words:** *Phytophthora*, baiting method, plant pathogens, isolation

---

\* E-mail: i250134e@vc.ibaraki.ac.jp

## はじめに

植物疫病菌 (*Phytophthora* 属; ストラメノパイル・卵菌綱・フハイカビ目・フハイカビ科) は植物に根腐れ、葉枯れ、萎凋、枯死を引き起こす病原菌として知られている。近年、本属菌は世界各国で作物のみならず、果樹園、苗畑、プランテーション、自然保護区、天然林において樹木に深刻な被害をもたらしている (Brasier & Jung, 2006; de Sampaio *et al.*, 2013; Hansen *et al.*, 2012)。そこで海外では病原菌の被害発生や拡大を防ぐため、原因菌の特定だけでなく、本属菌の自然生態系における分布調査や感染経路の予測が行われてきた (Giordana *et al.*, 2020)。しかし本邦では、これまで病害発生時以外の疫病菌の生息状況はほとんど調べられておらず、どの種がどのような場所に生息しているか、明らかにされていない。本属菌各種の分布状況を明らかにすることは、本属菌各種の生態を知ることにともなり、被害の予測や防除にも繋がるため重要である。そこで2021年4月より、著者らは関東平野部の池に生息する本属菌の調査を開始した (筒井ほか, 2022)。本研究はその調査の一環である。

自然教育園は東京都の中心部にある森林緑地で、「旧白金御料地」として国の天然記念物・史跡にも指定されている。約20ヘクタールもの敷地には、林、草地、池、湿地などの多様な自然が残されており、開園から平成12年までにシダ植物54種、蘚苔類95種、種子植物1079種の植物が確認されている。本園では、自然本来の姿を残すよう、枯れ木・枯れ枝は可能な限りそのまま存置し、動植物や菌類の生活の場として残すよう管理されてきた。そのため、園内にはキンラン、ギンラン、アサザ、エビネ、カワラナデシコ等の東京都レッドリストに記載される植物も多く存在している (国立科学博物館附属自然教育園, 2022)。

現在、自然教育園では *Phytophthora* 属菌による植物被害の報告はない。しかし、なるべく自然本来の姿を残すよう維持・管理してきた本園において、どのような *Phytophthora* 属菌が生息しているかを知ることは、本属菌各種の原産地や、都市近郊林への侵入種を予測する上で重要な情報の1つとなる。また、温暖化が進行する中、本研究によって得られる情報が園内の貴重な植物を保全するための重要な基礎データになる。一般に、疫病菌は水媒伝染性の菌として知られているため、まず本研究では、園の中心部に位置する、「ひょうたん池」に生息する *Phytophthora* 属菌について、その種類相の調査を行った。

## 材料および方法

### 調査地概要：

自然教育園は、昭和24年の開園以来、園全体の地形、水文、生態系等、定期的に調査が行われてきた。それらによれば、本園は関東ロームと呼ばれる赤土で覆われる武蔵野台地上に位置し、周辺は低地となっている。園内は、台地と谷地からなり、地形は起伏に富んでいる。標高は台地面で28~33m、谷地面で13~18mとなっており、3つある谷筋にそれぞれ「水鳥の沼」、「ひょうたん池」、「サンショウウオ沢」がある。ひょうたん池の南東からは地下水が湧き出しており、後にこの水はひょうたん池から水生植物園区 (以下、水生区) へ流れ込み、園内北東の「森の小道」脇の湿地へと流れ込み、園外へ出ていくという水文状況である (図1)。

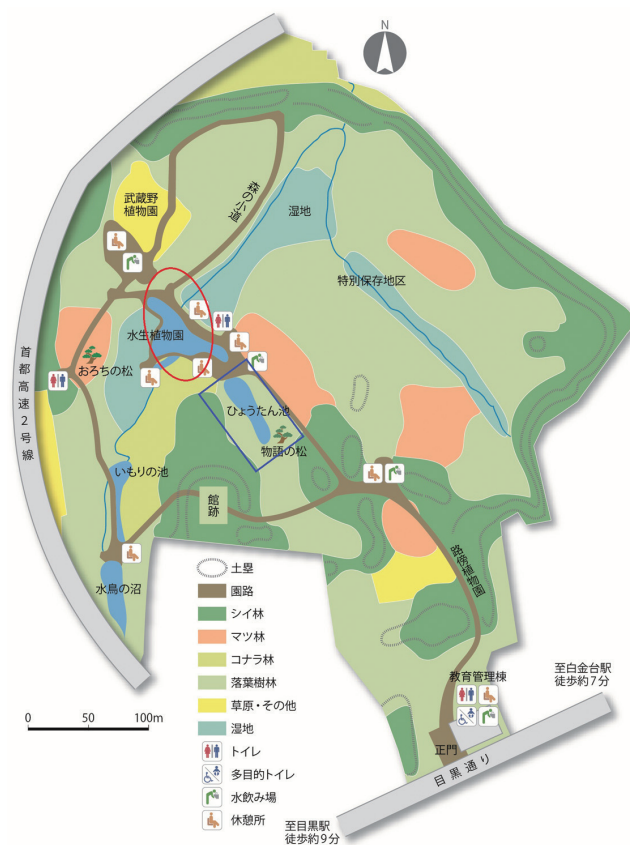


図1. 自然教育園全体図：園内は、台地と谷地からなり、3つある谷筋にそれぞれ「水鳥の沼」、「ひょうたん池」、「サンショウウオ沢」がある。ひょうたん池の南東からは地下水が湧き出しており、後にこの水はひょうたん池から「水生植物園」、「森の小道」脇の湿地へと流れ込み、園外へ出ていく。紫四角は本研究における調査エリアを示す。赤丸はハンノキ、ヤマハンノキの衰退が多く確認されているエリアを示す。地図は自然教育園より提供。

このように自然教育園は、複数の池や湿地を含む林分であるため、東京都内の平均気温および湿度が 15.9℃ / 63%であるのに対し、園内では 15.3℃ / 69%と、都内の中では比較的低温・高湿度を保つ空間である（国立科学博物館附属自然教育園，2022）。

池周辺における樹木の生育状況：

ひょうたん池の周囲（池を取り囲む幅 10m 以内の林分を対象とした）には 19 種 101 本の樹木の生育が確認されているが（国立科学博物館附属自然教育園，2025）（図 2，表 1），いずれの樹種においても池周囲において *Phytophthora* 属菌由来の病害と思われる衰退は見られなかった。

ひょうたん池から水が流入する水生区においても、広範囲に樹木が衰退・枯死するような深刻な被害は見られなかった。しかし 2023 年，水生区の水辺において，胸高周囲長 1m のハンノキ (*Alnus japonica*) の地際が腐り，幹が折れて枯死した。また，毎木データベースによると，2007 年に全 13 本あったハンノキが水生区の北側斜面において多数枯死しており（図 1），ヤマハンノキ (*Alnus hirsuta*) においても 2007 年に全 4 本あった樹木が水辺あるいは日陰林内において枯死していることが分かっている（国立科学博物館附属自然教育園，2025）。荻原（2016）は，これらハンノキ類の衰退を他樹木による被陰と水位の上昇が原因であると推察している。

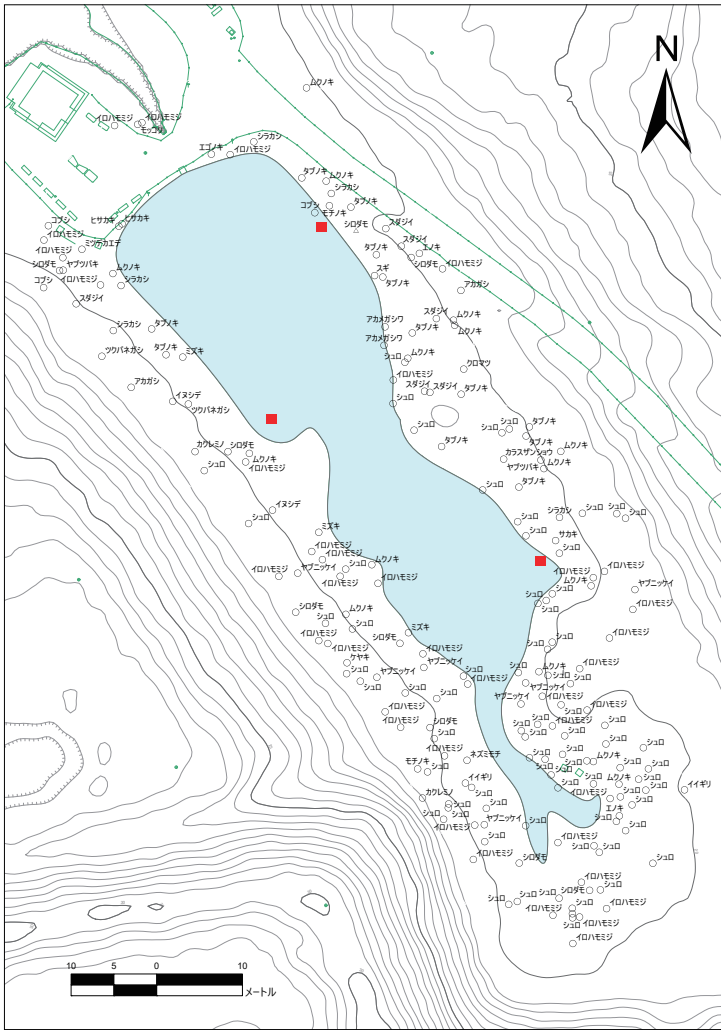


図 2. 採集地点および池周辺の樹木の生育状況：ひょうたん池の縁から外側，幅 10m のエリアに 19 種 101 本の樹木が生育している（自然教育園毎木データベース；[http://db.kahaku.go.jp/webmuseum/search?cls=col\\_f1\\_02](http://db.kahaku.go.jp/webmuseum/search?cls=col_f1_02)）。赤四角で示した箇所において水および落葉を採取した。

表 1：ひょうたん池周辺に生育する樹木リスト<sup>1</sup>。  
<sup>1</sup>ひょうたん池の周囲（池を取り囲む幅 10m 以内の林分を対象）には 19 種，101 本の樹木が生育している。  
 （自然教育園毎木データベース；[http://db.kahaku.go.jp/webmuseum/search?cls=col\\_f1\\_02](http://db.kahaku.go.jp/webmuseum/search?cls=col_f1_02)）

樹種	学名	本数
アカガシ	<i>Quercus acuta</i>	12
イイギリ	<i>Idesia polycarpa</i>	3
イヌシデ	<i>Carpinus tschonoskii</i>	2
イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>	2
エノキ	<i>Celtis sinensis</i>	7
クロマツ	<i>Pinus thunbergii</i>	4
ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	4
コブシ	<i>Magnolia kobus</i>	1
シュロ	<i>Trachycarpus fortunei</i>	1
シロダモ	<i>Neolitsea sericea</i>	6
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	10
スダジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>	13
タブノキ	<i>Persea thunbergii</i>	3
ツクバネガシ	<i>Lithocarpus glaber</i>	3
ミズキ	<i>Cornus controversa</i>	3
ミツデカエデ	<i>Acer cissifolium</i>	1
ムクノキ	<i>Aphananthe aspera</i>	15
モチノキ	<i>Ilex integra</i>	4
ヤブニッケイ	<i>Cinnamomum yabunikkei</i>	7

## 採集地点および採集方法

ひょうたん池（約600m<sup>2</sup>）の周囲3地点（図2）において岸から5mのロープ付きバケツを投入し、各地点において池水を2L採取した。採水地点は樹木が水辺を被覆し、比較的暗い場所を選定した。また、柄の長さ180cm、網枠50cm×60cmのタモ網を用いて、深さ約50～60cmの水底に沈んだ褐色の落葉を採取し菌の分離に用いた。落葉は目視により判定可能な範囲で樹種を判別した。

## 菌の分離・同定

各採水地点において池水2Lおよび水に沈んだ落葉を採取し、クーラーボックスに入れて実験室に持ち帰り実験に供試した。著者らがこれまでに疫病菌検出に用いてきたヒラドツツジ：品種・オオムラサキ（*Rhododendron pulchrum* 'Oomurasaki'）、シラカシ（*Quercus myrsinifolia*）、コナラ（*Quercus serrata*）の葉をベイトに用い、採取した水の表面にベイトとなる葉を浮かべ、菌が遊走子によって葉に感染するよう、3～5日間静置した。葉に形成された壊死斑から2mm角の葉片を切り出し、選択培地〔PARPH-V8A：50%ピマリシン10mg、アンピシリンナトリウム250mg、リファンピシンナトリウム塩10mg、ヒメキサゾール50mg、V8ジュース上清（炭酸カルシウムでpH調整後、遠心分離器を用いて沈殿を除去したもの）100mL、寒天15g、蒸留水900mL（Jones *et al.*, 2014）〕に静置した。落葉サンプルはアルコールを湿らせた脱脂綿で表面を拭き、葉に形成された壊死斑から2mm角の葉片を切り出し、上記同様選択培地に静置した。2～3日後、葉片から生育してきた *Phytophthora* 属菌の菌糸を、V8ジュース寒天培地〔V8A：V8ジュース上清100mL、寒天15g、蒸留水900mL（Schmitthenner & Bhat, 1994）〕に移植し、純粋培養菌株を確立した。得られた菌株は、シトクロムcオキシダーゼサブユニット1（cytochrome c oxidase subunit 1: *cox1*）の遺伝子の塩基配列（680bp）を決定し（Yang & Hong, 2018）、DDBJ（日本DNAデータベース）のデータベースを用いて相同性検索を行い、99%以上の相同性が得られ、且つ最上位にヒットした種名をその分離菌の候補種とした。Abad *et al.*（2023b）が提唱した *Phytophthora* 属菌の分類体系に従い、候補種と同Cladeに属す複数種のタイプ菌株の配列と共にアライメ

ントを行った。系統解析はMEGA version 11（Kumar *et al.*, 2018）を用い、近隣結合法（neighbor-joining）により系統樹を作成し、1,000反復のブートストラップ解析を行った。同一枝上に位置する種を、当該分離株の種として同定した。同定した菌は、ポテトデキストロース培地（PDA：Difco製ポテトデキストロースアガー39g、蒸留水1L）およびV8ジュース培地上で7日間培養し（20℃、暗黒下）、IDphy: molecular and morphological identification of *Phytophthora* based on the types（Abad *et al.* 2023a）に示された各種基準菌株の形態情報と比較し、相違ないことを確認した。

## 結 果

ひょうたん池の3地点で採取した6Lの水から *P. honggalleglyana*, *P. intercalaris*, *P. polonica* の3種が分離された。また、水に沈んだ1枚のアカガシ（*Quercus acuta*）の落葉から4菌株の *P. chlamydospora* が、1枚のシロダモ（*Neolitsea sericea*）の落葉から1菌株の *P. gonapodyides* および1菌株の *P. intercalaris* が分離され、計5種の *Phytophthora* 属菌が採集された（図3-7）。以下に採集された各種の国内外における分布および病害報告を記す。

## 各菌の生態

### *Phytophthora chlamydospora* Brasier & E.M. Hansen

*Phytophthora chlamydospora*（図3）はヨーロッパ、北アメリカ、南アメリカ、アジア、アフリカ、オーストラリアの各種樹木の根、葉、果実、温暖な森林土壌、湿地帯の各植物、川、水路から分離され、広い宿主範囲をもつ種として知られている（Hansen, 2015）。最近、北アメリカやトルコではアーモンドやクルミに根腐れや地際の壊死を起こす原因菌として（Derviş *et al.*, 2016., Blomquist *et al.*, 2012; Browne *et al.*, 2020）、オランダではリンゴやナシの果実腐敗の原因菌として報告されている（Wenneker *et al.*, 2021）。

### *Phytophthora gonapodyides* (H. E. Petersen) Buisman

*Phytophthora gonapodyides*（図4）は世界の自然生態系に最も広く分布する種と言われており（McGowan *et al.*, 2020）、アメリカ合衆国、カナダ、チリ、ヨーロッパ各

国, オーストラリア, ニュージーランドにおいて多種多様な植物の根から分離され, 根腐れを起こす病原菌として報告されている。最近では, 新たにカナダにおいてレッドラズベリーの根腐れの病原菌として (Burlakot *et al.*, 2023), スウェーデンにおいて, ヨーロッパブナ (*Fagus*

*sylvatica*) の地際を壊死させる病原菌として報告されている (Cleary *et al.*, 2016)。日本では神奈川県が生田緑地内の「奥の池」において水から本種が分離されている (筒井ら, 2025)。これまで本種は河川・河畔地域・湿地などの水生環境に生息する腐生能力を持つ弱い寄生菌とみなされてきたが (Brasier *et al.*, 2003), 温暖化に伴う夏季の高降水量と温暖な冬季気温や, ブナ林の平均樹齢上昇が本種に対する感受性増大に寄与した可能性が示されている (Cleary *et al.*, 2016)。

#### *Phytophthora honggalleglyana* Abad

*Phytophthora honggalleglyana* (図5) はツツジの芽枯れや葉枯れ, シヤクナゲの地際部を壊死させる病原菌としてイタリア, スペイン, アメリカ合衆国において報告がある (Hong *et al.*, 2010; Vitale *et al.*, 2014; Pintos *et al.*, 2016; Xiong *et al.*, 2019)。ブルガリア南東部の衰退したセイヨウハンノキ (*Alnus glutinosa*) の根圏土壌から分離された *P. polonica* および *P. honggalleglyana* は, セイヨウハンノキおよびケヤマハンノキ (*Alnus incana*) に対し病原性を示すことが明らかにされている (Christova, 2024)。関東平野における池の水の調査では, 本種および本種に近縁の種 (相同性検索においては96%以上99

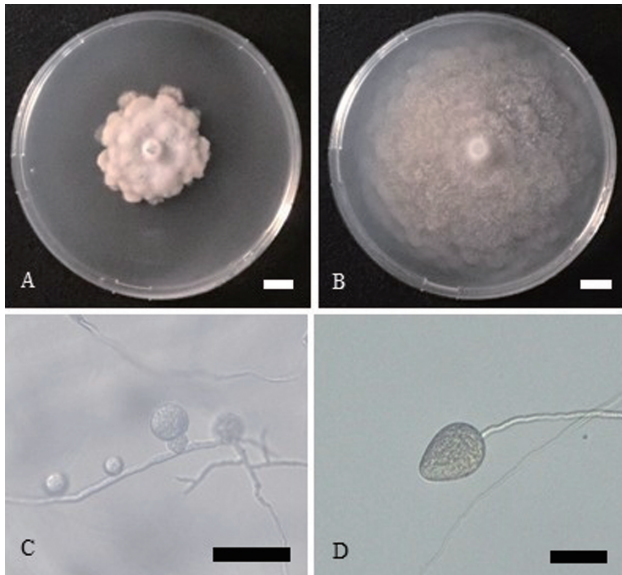


図3. *Phytophthora chlamydospora* : A, PDA上のコロニー; B, V8A上のコロニー; C, 厚壁孢子; D, 乳頭状突起をもたない遊走子嚢. スケールバーは1 cm (A, B), 20 μm (C, D).

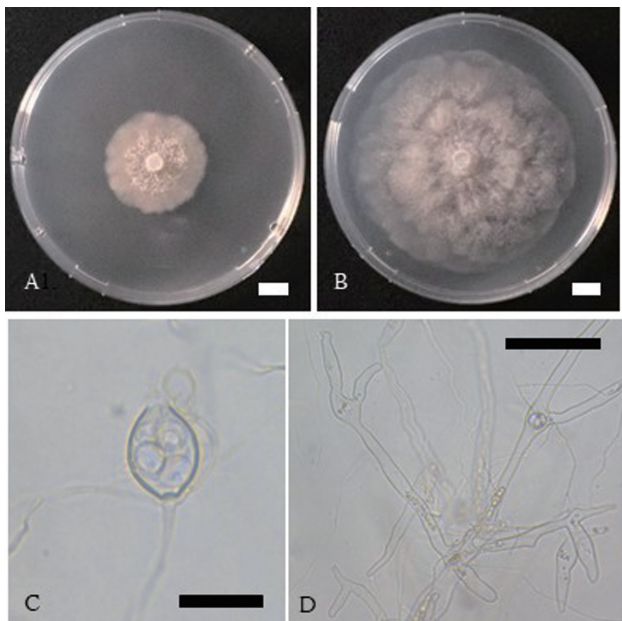


図4. *Phytophthora gonapodyides* : A, PDA上のコロニー; B, V8A上のコロニー; C, 遊走子嚢; D, 二股に分岐し, 歪な膨らみを有す菌糸. スケールバーは1 cm (A, B), 20 μm (C, D).

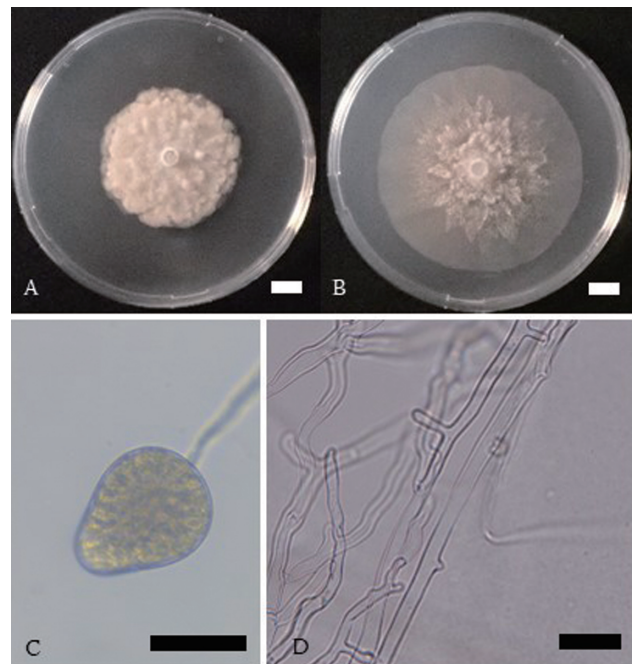


図5. *Phytophthora honggalleglyana* : A, PDA上のコロニー; B, V8A上のコロニー; C, 倒洋ナシ型の遊走子嚢; D, 歪な膨らみを有す菌糸. スケールバーは1 cm (A, B), 20 μm (C, D).

%未満の相同性だが、分子系統解析では本種のタイプ菌株とは同分岐群にならない)が最も多くの池(40池中30池)から採取されており(著者ら,未発表),神奈川県が生田緑地内の「奥の池」の水からは本種に近縁の種が分離されている(筒井ら,2025)。本種は世界各国の温帯域の灌漑用水からもよく分離されているが、交雑しやすく、種の境界が不明瞭であるため、今後分類学的検討が必要とされている。

***Phytophthora intercalaris* Xiao Yang, Balci, Brazee, Loyd & C.X. Hong**

*Phytophthora intercalaris* (図6)はアメリカ合衆国マサチューセッツ州, ノースカロライナ州, バージニア州, 西バージニア州の河川や苗畑の灌漑用水から分離されているが(Yang *et al.*, 2016, 2017), その他の国・環境・宿主から分離された報告はない。著者らの関東平野における本属菌の分布調査においては、池の水および湿地土壌から本種が分離されている(著者ら,未発表)。

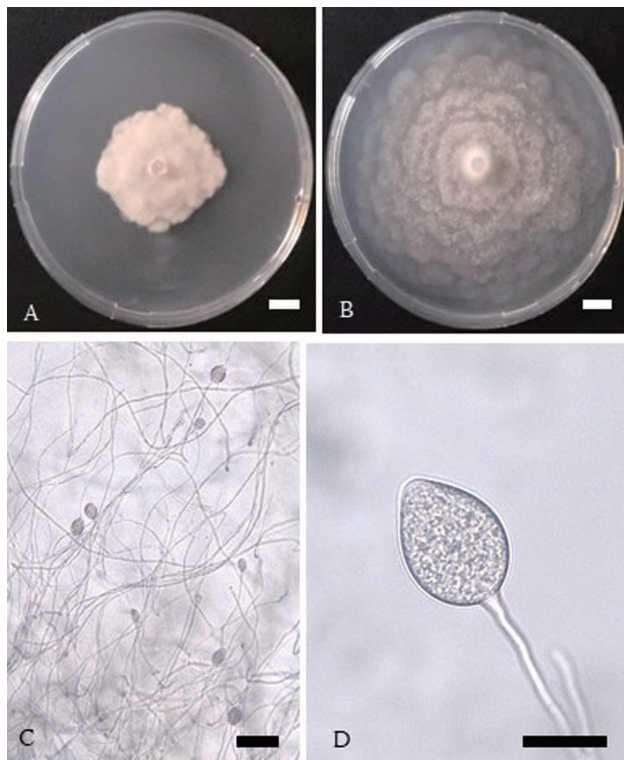


図6. *Phytophthora intercalaris*: A, PDA上のコロニー; B, V8A上のコロニー; C, 遊走子嚢を豊富につくる; D, 乳頭状突起をもたない遊走子. スケールバーは1cm (A, B), 50 $\mu$ m (C), 20 $\mu$ m (D).

***Phytophthora polonica* Belbahri, E. Moralejo & Lefort**

*Phytophthora polonica* (図7)は北アメリカ, ベルギー, ポーランドの水および土壌から分離されており, セイヨウハンノキの枝にわずかな病原性を示すとされている(Belbahri *et al.*, 2006)。最近ブルガリアでもセイヨウハンノキの根圏土壌から本種が分離され, セイヨウハンノキおよびケヤマハンノキの葉に壊死を引き起こすことが報告された(Christova, 2024)。またトルコでは, セイヨウハシバミ(*Corylus avellana*)の根腐れの原因として報告されており(Türkkan *et al.* 2024), カバノキ科を宿主とする報告が複数ある。*P. polonica*は耐高温性傾向を持つ系統で, 水域に生息する樹木において検出が多い種であり, 温暖化による分布拡大が危惧されている(Christova, 2024)。

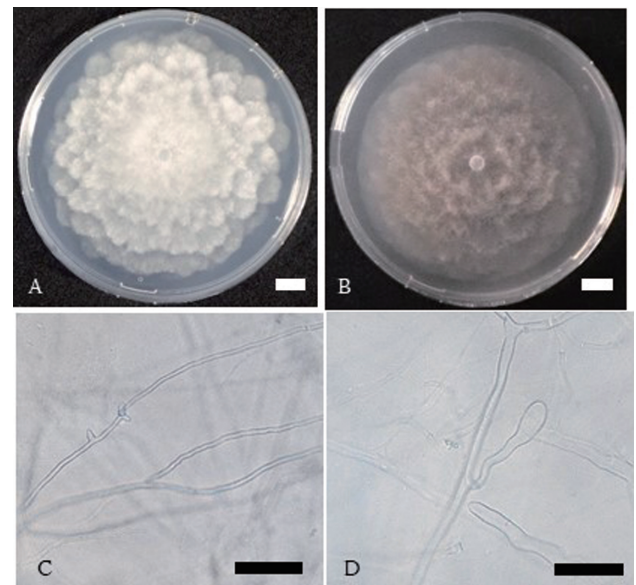


図7. *Phytophthora polonica*: A, PDA上のコロニー; B, V8A上のコロニー; C, 菌糸の膨らみが少ない菌糸; D, 稀に棍棒状の菌糸の膨らみ(Hyphal swellings)が見られる. スケールバーは1cm (A, B), 50 $\mu$ m (C, D).

## 考 察

国立科学博物館附属自然教育園・ひょうたん池の水および落葉から *P. chlamydospora*, *P. gonapodyides*, *P. honggalleglyana*, *P. intercalaris*, *P. polonica* の5種の *Phytophthora* 属菌が分離され、うち、*P. chlamydospora*, *P. intercalaris*, *P. polonica* は日本新産種であった。5種はいずれも、他の関東平野部の複数の池からも分離されており、海外の水域や灌漑用水から分離されている種であることが明らかになった。著者らによる関東平野における池の水の調査では、本研究と同樹種の葉を用いたベイト法により、1池あたり0~6種、平均2.1種の *Phytophthora* 属菌が分離されているため（著者ら、未発表）、ひょうたん池（池水から3種、池に沈んだ落葉から2種採集）は本属菌の多様性が平均以上であると評価できる。本属菌には宿主特異性のある種が存在することが分かっているため（Kroon *et al.*, 2012; Roy, 2017）、池に供給される葉の樹種が多ければ多いほど、そこに生息する本属菌の種が増える可能性が考えられる（図8、表1）。

本属菌による植物への被害は1980年頃から急増し、海外では感染経路を予測するための分布調査が数多く行われてきた（Jung *et al.*, 2018）。その結果、本属菌の種数は近年急速に増加し、種内でいくつかの系統に分かれるものも複数見つかったため、これらは今後分類学的検討が必要とされている（Abad *et al.*, 2023b）。本調査においても分離された *P. honggalleglyana* は、関東平野部の池の調査において、最も多くの池から分離され、遺



図8. ひょうたん池の秋の様子。池周囲の多樹種の葉が池に供給されている。

伝的多様性が高いことが示されている（著者ら、未発表）。今後、分類学的整理のため、より広範な地域から分離した菌株を対象に、他の遺伝子領域も解析し、系統学的な位置づけを明確にする必要がある。

本調査地で分離された *P. intercalaris* 以外の4種はいずれも海外において植物病原菌としての報告があるが、本調査地においては本属菌の存在と樹木の衰退に関連があるかは不明である。しかし、ひょうたん池から水が流入する水生区において、ハンノキの枯死個体が多い状況や、水位の上昇によってハンノキおよびヤマハンノキが衰退したという過去の記録、ハンノキ類に病原性をもつ *P. polonica* がひょうたん池の水から分離されていることなどから、水環境が樹木の衰退に関与している可能性が考えられる。今後、池周辺の衰退樹木の根圏土壌や、植物組織からの菌の分離と接種試験を通じて、*Phytophthora* 属菌と衰退との関連を明らかにする必要がある。

## 謝 辞

本論文は研究報告等編集委員会を通じ、査読者による査読を受けました。

## 引用文献

- Abad, Z. G., Burgess, T. I., Redford, A. J. & Bienapfl, J. C. 2023a. *IDphy*: molecular and morphological identification of *Phytophthora* based on the types. Online resource, <https://idtools.org/phytophthora/> (accessed on 2024-October-10).
- Abad, Z. G., Burgess, T. I., Bourret, T., Bensch, K., Cacciola, S. O., Scanu, B., ... & Redford, A. J. 2023b. *Phytophthora*: taxonomic and phylogenetic revision of the genus. *Studies in Mycology*, 106 : 259-348.
- Belbahri, L., Moralejo, E., Calmin, G., Oszako, T., García, J.A., Descals, E. and Lefort, F., 2006. *Phytophthora polonica*, a new species isolated from declining *Alnus glutinosa* stands in Poland. *FEMS microbiology letters*, 261 (2), pp.165-174.
- Blomquist, C.L., Yakabe, L.E., Soriano, M.C. and Negrete, M.A., 2012. First report of leaf spot caused by *Phytophthora* taxon *Pgchlamydo* on evergreen nursery stock in California. *Plant Disease*, 96 (11), pp.1691-

- 1691.
- Brasier, C.M., Cooke, D.E., Duncan, J.M. and Hansen, E.M., 2003. Multiple new phenotypic taxa from trees and riparian ecosystems in *Phytophthora gonapodyides*-*P. megasperma* ITS Clade 6, which tend to be high-temperature tolerant and either inbreeding or sterile. *Mycological research*, 107 (3), pp.277-290.
- Brasier, C. & Jung, T. 2006. Recent developments in *Phytophthora* diseases of trees and natural ecosystems in Europe. In Brasier, C. M. & Jung, T. (eds.) *Progress in Research on Phytophthora Diseases in Forest Trees*: 5-16. Forest Research, Farnham.
- Browne, G.T., Ott, N.J., Forbes, H., Yaghmour, M.A. and Milliron, L.K., 2020. First report of *Phytophthora chlamydospora* causing crown and root rot on almond in California. *Plant Disease*, 104 (7), pp.2033-2033.
- Burlakoti, R.R., Sapkota, S., Lubberts, M. and Lamour, K., 2023. First report of *Phytophthora gonapodyides* causing root rot on raspberry in Canada. *Plant Disease*, 107 (7), p.2268.
- Christova, P.K., 2024. *Phytophthora polonica* and *Phytophthora hydropathica* from clade 9 associated with alder decline in Bulgaria. *Life*, 14 (6), p.720.
- Cleary, M., Ghasemkhani, M., Blomquist, M. and Witzell, J., 2016. First report of *Phytophthora gonapodyides* causing stem canker on European beech (*Fagus sylvatica*) in southern Sweden. *Plant Disease*, 100 (10), p.2174.
- Derviş, S., Türkölmez, Ş., Çiftçi, O. and Ulubaş Serçe, Ç., 2016. First report of *Phytophthora chlamydospora* causing root rot on walnut (*Juglans regia*) trees in Turkey. *Plant Disease*, 100 (11), p.2336.
- de Sampaio e Paiva Camilo-Alves, C., da Clara, M.I.E. and de Almeida Ribeiro, N.M.C., 2013. Decline of Mediterranean oak trees and its association with *Phytophthora cinnamomi*: a review. *European Journal of Forest Research*, 132 (3), pp.411-432.
- Giordana, G., Kitzberger, T. & La Manna, L. 2020. Anthropogenic factors control the distribution of a southern conifer *Phytophthora* disease in a peri-urban area of northern Patagonia, Argentina. *Forests*, 11 (11) : 1183.
- Hansen, E. M., Reeser, P. W. & Sutton, W. 2012. *Phytophthora* beyond agriculture. *Annual Review of Phytopathology*, 50 : 359-378.
- Hansen, E.M., Reeser, P., Sutton, W. and Brasier, C.M., 2015. Redesignation of *Phytophthora* taxon *Pgchlamydo* as *Phytophthora chlamydospora* sp. nov. *North American Fungi*, 10, pp.1-14.
- Hong, C.X., Gallegly, M.E., Richardson, P.A., Kong, P., Moorman, G.W., Lea - Cox, J.D. and Ross, D.S., 2010. *Phytophthora hydropathica*, a new pathogen identified from irrigation water, *Rhododendron catawbiense* and *Kalmia latifolia*. *Plant Pathology*, 59 (5), pp.913-921.
- Jones, L. A., Worobo, R. W. & Smart, C. D. 2014. Plant-pathogenic oomycetes, *Escherichia coli* strains, and *Salmonella* spp. frequently found in surface water used for irrigation of fruit and vegetable crops in New York State. *Applied and Environmental Microbiology*, 80 (16) : 4814-4820.
- Jung, T., Pérez-Sierra, A., Durán, A., Jung, M.H., Balci, Y. and Scanu, B., 2018. Canker and decline diseases caused by soil-and airborne *Phytophthora* species in forests and woodlands. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 40 (1), pp.182-220.
- Kroon, L.P., Brouwer, H., de Cock, A.W. and Govers, F., 2012. The genus *Phytophthora* anno 2012. *Phytopathology*, 102 (4), pp.348-364.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. & Tamura, K. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35 (6) : 1547-1549.
- McGowan, J., O'Hanlon, R., Owens, R.A. and Fitzpatrick, D.A., 2020. Comparative genomic and proteomic analyses of three widespread *Phytophthora* species: *Phytophthora chlamydospora*, *Phytophthora gonapodyides* and *Phytophthora pseudosyringae*. *Microorganisms*, 8 (5), p.653.
- Pintos, C., Rial, C., Aguin, O., Ferreiroa, V. and Mansilla, J.P., 2016. First report of *Phytophthora* hydropathica in river water associated with riparian alder in Spain.
- Roy, S.G., 2017. Host specificity in *phytophthora*: a conundrum or a key for control?. In *The Phytopathogen* (pp. 173-190). Apple Academic Press.
- Schmitthenner, A. F. & Bhat, R. G. 1994. Useful methods for studying *Phytophthora* in the laboratory. [Manual or report; publisher not specified.]
- Türkkan, M., Özer, G. and Derviş, S., 2024.

- Morphological, physiological, molecular, and pathogenic insights into the characterization of *Phytophthora polonica* from a novel host, hazelnut (*Corylus avellana*). *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 131, p.102–292.
- Vitale, S., Luongo, L., Galli, M. and Belisario, A., 2014. First report of *Phytophthora hydropathica* causing wilting and shoot dieback on *viburnum* in Italy. *Plant Disease*, 98 (11), pp.1582–1582.
- Wenneker, M., van Rijswijk, P.C.J., Pham, K.T.K., Kerkhof, E., Bos, R. and Hartevelde, D.O., 2021. First report of *Phytophthora chlamydospora* causing postharvest fruit rot on apples and pears in the Netherlands. *Plant Disease*, 105 (3), pp.713–713.
- Xiong, Q., Qian, Y., Zhang, C., Shi, N. and Zheng, X., 2019. First report of *Phytophthora hydropathica* causing wilting and shoot blight on *Bixa orellana* in China. *Plant Disease*, 103 (1), p.163.
- Yang, X., Balci, Y., Brazee, N.J., Loyd, A.L. and Hong, C.X., 2016. A unique species in *Phytophthora* clade 10, *Phytophthora intercalaris* sp. nov., recovered from stream and irrigation water in the eastern USA. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66 (2), pp.845–855.
- Yang, X. & Hong, C. 2018. Differential usefulness of nine commonly used genetic markers for identifying *Phytophthora* species. *Frontiers in Microbiology*, 9 : 23–34.
- Yang, X., Tyler, B.M. and Hong, C., 2017. An expanded phylogeny for the genus *Phytophthora*. *IMA fungus*, 8 (2), pp.355–384.
- 筒井杏子・升屋勇人・岡根泉. 2025. 生田緑地・奥の池における *Phytophthora* 属菌類調査. 川崎市青少年科学館紀要, p.1–6.
- 国立科学博物館自然教育園. 2022. 天然記念物及び史跡旧白金御料地（国立科学博物館附属自然教育園）保存活用計画, 70pp.
- 国立科学博物館附属自然教育園. 2025. 自然教育園每木データベース  
[http://db.kahaku.go.jp/webmuseum/search?cls=col\\_fl\\_02](http://db.kahaku.go.jp/webmuseum/search?cls=col_fl_02) [アクセス 20250901]
- 筒井杏子・升屋勇人・山岡裕一・岡根泉. 2022. つくば市とその周辺地域のため池における *Phytophthora* 属菌の探索. 日本菌学会大会講演要旨集, 日本菌学会第66回大会 : 57. 日本菌学会, 東京.
- 萩原信介. 2016. 自然教育園における過去60年間の樹木の推移. 国立科学博物館附属自然教育園（編）, 863pp.

