

# ミカン果実上のアジア新産種 *Talaromyces cecidicola* および その基質依存的なシンネマの形態変化

中島淳志・折原貴道

Atsushi Nakajima and Takamichi Orihara:  
*Talaromyces cecidicola* New to Asia on Citrus Fruits and the  
Substrate-dependent Morphological Variation of its Synnemata

**Abstract.** A synnematous anamorphic fungus on decayed *Citrus unshiu* and *Fortunella japonica* fruits was collected in Odawara City, Kanagawa Prefecture. Based on ITS rDNA sequence similarities and morphological observation, we identified the species as *Talaromyces cecidicola*, which was originally found on cynipid galls from North America. Full description and illustrations of the Japanese specimens are provided. Size of *T. cecidicola* synnemata significantly varied in accordance with difference of substrates (i.e., rotten citrus fruits, MA, MEA and CMA). Furthermore, the *T. cecidicola* synnemata showed positive phototropism in vitro. These could help to clarify the ecological role of the synnemata.

## 背 景

子囊菌門のユーロチウム目マユハキタケ科に属するアオカビ類は、Fleming (1929) が発見したペニシリンをはじめ、有用かつ独特な二次代謝産物の産生能を有することから、重要な有用生物資源と位置づけられ、盛んに探索および生理学的研究が行われてきた菌群である (Petit *et al.*, 2009; Agren *et al.*, 2013)。本菌群に対しては長らく単一の属名、*Penicillium* が用いられていたが、Samson *et al.* (2011) は分類学的再検討を行い、本属のうち主に *Biverticillium* 節の種に *Talaromyces* の属名を適用する措置を行った。

*Penicillium* 属菌と同じく、*Talaromyces* 属菌にも潜在的有用性を持つ二次代謝産物を産生する種が知られているが、従来アオカビ類から新規化合物が見出された例では、その分離源は土壤にほぼ限られていた (例: Matsuzaki *et al.*, 1995; Chu *et al.*, 2004; Uchida *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2008; Frisvad *et al.*, 2013)。しかし、*Talaromyces* 属菌の既知種には *T. dendriticus*, *T. pseudostromaticus*, *T. palmae*, *T. cecidicola*, *T. ramulosus* など、土壤ではなく特定の宿主または基質から見出されている例があり、特異的な生息環境を持つ種が多い傾向があることが指摘されている (Visagie & Jacobs, 2012)。本菌群の未知の多様性を把握するためには、分離源を土壤に限定せず、自然界での本菌群の生態学的特性に着目した探索を行うことが効

果的であると考えられる。

筆者らはこれまで、特に植物の果実を基質とし、かつ分生子柄が束状になった「シンネマ」と呼ばれる構造を形成するアオカビ類の探索を継続してきた。シンネマに着目した理由は以下の2点である: (1) シンネマのサイズが肉眼的であり、同定に通常顕微鏡的形質および培養性状の検討を要するアオカビ類を野外で発見、判別するための指標として有用であるため。(2) 前述の土壤以外から知られている *Talaromyces* 属菌5種がいずれもシンネマを形成するのに対し、他の *Talaromyces* 属菌の多くは通常シンネマを形成しないことから、シンネマ形成と宿主選好性の間に関連性が推測されるため。

本研究では、神奈川県小田原市でウンシュウミカン (*Citrus unshiu*) およびキンカン (*Fortunella japonica*) の腐朽果実に繰り返し発生したシンネマ (分生子柄束) 形成性の菌について、顕微鏡的形質および培養性状の検討、核 rDNA ITS 領域 (以下 ITS 領域) の相同性検索を行った。その結果、アジアにおいて未報告の *Talaromyces cecidicola* との同定結果を得たのでここに報告する。また、本菌のシンネマと基質の関係について得られた新知見についても報告および考察を行う。

## 材料と方法

### 採集

2013年6月～7月および2014年6月に神奈川県小田

原市入生田および早川の果樹園で調査を行い、腐朽が進行して黒変乾燥したウンシュウミカンおよびキンカン落果上に発生していたアオカビ類のシンネマを果実ごと採集した。調査地ではウンシュウミカン、キンカンともに多数の果実に *Talaromyces* 属菌のものとみられるシンネマが多数密生していた。シンネマは粒状を呈し、独特の濃緑色の色相から全てが同種と推測された。シンネマを果実ごと採集後、実体顕微鏡 (Olympus SZ61) 下でシンネマ上の分生子を麦芽寒天 (MA) 培地 (日水製薬) に単離した。採集した果実は 50℃ で 24 時間乾燥させ、分離菌株はスラント中の MA 培地に接種し長期保存を行った。乾燥標本と分離菌株はそれぞれ、神奈川県立生命の星・地球博物館 (KPM) の菌類標本庫 (NC) および独立行政法人製品評価技術基盤機構バイオテクノロジー分野 (NBRC) に収蔵・保管されている (NBRC 110731–110733)。

### 顕微鏡的形質

光学顕微鏡 (Olympus BX50, Olympus, Tokyo, Japan) でウンシュウミカン果実、キンカン果実に発生したシンネマの観察を行った。低倍率 (40–100 倍)、透過光でシンネマの高さおよび幅を測定し、3% KOH 水溶液で封入したプレパラートを 1000 倍で観察して分生子、フィアライドのサイズを測定した。光学顕微鏡用 CCD カメラ (Olympus DP-12, Olympus, Tokyo) を用い、各標本につきシンネマは 20 本、分生子およびフィアライドは 30 個を撮影した。PhotoRuler ver. 1.1 ([http://hyogo.inocybe.info/\\_userdata/ruler/PhotoRuler.html](http://hyogo.inocybe.info/_userdata/ruler/PhotoRuler.html)) を用いて各形質の測定を行い、平均値および標準偏差を算出した。記載文中では最小値–最大値 (平均値 ± 標準偏差) の形で表記した。

### 培養性状

Samson & Pitt (1985) の標準手法を基本とし、6 種の寒天培地を用いて培養性状を記録した。MA 培地、麦芽エキス寒天 (MEA) 培地 (Difco)、コーンミール寒天 (CMA) 培地 (日水製薬) およびポテトデキストロース (PDA) 培地 (日水製薬) を定法により調製した。ツアベック酵母エキス寒天 (CYA) 培地および酵母エキス・スクロース寒天 (YES) 培地は Samson *et al.* (2004) の処方に従って調製し使用した。CYA 培地は 5℃, 25℃, 37℃ で、その他の培地は 25℃ で、暗所で 7 日間培養したのち、コロニーの色、直径、形状などを記録した。シンネマ形成の有無は 14 日間の培養後に記録し、形成を認めた場合には比較的成熟したシンネマを任意に 20 本選び、光学顕微鏡による観察を行った。

### DNA 抽出、塩基配列決定、相同性検索

菌株の一部を MA 培地に移植したのち、3 日以内の若いコロニーを周囲の寒天ごと無菌的に切り出し、FTA カード (Whatman International Ltd, Maidstone, England) を用いて DNA 抽出を行った。抽出し

た DNA を鋳型として、ITS1F/ITS4 (Gardes & Bruns, 1993) のプライマーペアを用いて Orihara *et al.* (2012) のプロトコルに従い PCR を行った。アガロースゲル電気泳動により PCR 産物の増幅を確認したのち、Illustra Exostar (GE Healthcare, Albany, NY, USA) を用いて、常法に従い PCR 産物の生成を行った。サイクルシーケンシングには PCR 時と同じプライマーを用い、ABI 3730 シーケンサー (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) により ITS 領域の塩基配列決定を行った。取得した配列を SeaView v. 4.5.2 (Galtier *et al.*, 1996) によるアライメント後、波形データと照合して目視で適宜修正したのち、BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) により、国際ヌクレオチドシーケンスデータベース (INSD) に登録されている塩基配列データとの相同性検索を行った。取得した配列は INSD に登録した (KP036455, KP036456)。

### 統計解析

各天然基質および寒天培地上で発生したシンネマの高さと幅について、それぞれ Tukey-Kramer の HSD 検定を行った。解析には JMP version 10 (SAS Institute Inc.) を使用した。

## 結 果

神奈川県小田原市産ウンシュウミカンおよびキンカン果実由来の菌株は ITS 領域の塩基配列が完全に同一であった (510/510 bp)。BLAST 検索において得られた配列と最も高い類似度を示したのは *Talaromyces cecidicola* の ex-type 菌株由来の配列 (AY787844) であり、99.8% (509/510 bp) の相同性を示した。また、顕微鏡的形質および培養性状の形態学的検討の結果、ウンシュウミカン果実、キンカン果実由来の菌株は天然基質上でのシンネマの形態を除き (詳細は後述)、互いに極めて類似しており、かつ、Seifert *et al.* (2004) による原記載とよく一致した。これらの結果から、ウンシュウミカン果実、キンカン果実に発生した菌を同種と判断し、*T. cecidicola* と同定した。

## 記 載

*Talaromyces cecidicola* (Seifert, Hoekstra & Frisvad) Samson, Yilmaz, Frisvad & Seifert, Stud. Mycol. 70: 175, 2011.

≡ *Penicillium cecidicola* Seifert, Hoekstra & Frisvad Seifert in Hoekstra & Frisvad, Stud. Mycol. 50: 520, 2004.

天然基質上での形態 (図 1-A) — シンネマは基質表面の広範囲に密に分布する。シンネマのサイズはウン

シュウミカン果実で  $400\text{--}1000 \times 50\text{--}150 \mu\text{m}$  ( $634 \pm 151 \times 92 \pm 30 \mu\text{m}$ ), キンカン果実で  $260\text{--}400 \times 20\text{--}55 \mu\text{m}$  ( $329 \pm 35 \times 36 \pm 11 \mu\text{m}$ )。シンネマの柄は分枝せず, 帯黄褐色~褐色。シンネマの末端に帯灰緑色~濃緑色, 類球形の分生子頭を形成する。モノネマ(単生する分生子柄)はほとんど形成されない。

**寒天培地上での形態 (図 1-B, 1-C)** — 分生子柄は寒天表面または気生菌糸から生じ, 培養 7 日目では全培地でシンネマの形成が見られないが, 14 日目までに一部の培地でシンネマの形成が開始する。YES 培地では気生菌糸が盛んに形成されるがシンネマや分生子柄を形成せず, 不稔。PDA 培地ではコロニーの中心付近でモノネマからの分生子形成が盛んだが, シンネマを形成しない。MA 培地ではコロニーの中心付近でモノネマからの分生子形成が盛んで, のちにシンネマを形成する。CMA, MA 培地ではシンネマが発達する一方で, モノネマはほとんど形成されない。PDA 培地のモノネマは  $20\text{--}90 \times 3\text{--}4 \mu\text{m}$ 。シンネマのサイズは CMA 培地で  $1650\text{--}3000 \times 15\text{--}40 \mu\text{m}$  ( $2401 \pm 354 \times 24 \pm 6 \mu\text{m}$ ), MEA 培地で  $350\text{--}1150 \times 25\text{--}60 \mu\text{m}$  ( $680 \pm 159 \times 46 \pm 9 \mu\text{m}$ ), MA 培地で  $1100\text{--}6000 \times 40\text{--}200 \mu\text{m}$  ( $3930 \pm 1145 \times 83 \pm 40 \mu\text{m}$ )。シンネマの柄は分枝せず, 淡クリーム色~帯黄褐色で基部に向かうにつれ濃色。シンネマの末端に帯灰緑色~濃緑色, 粉状の分生子頭を形成する。分生子頭は MEA 培地では類球形であるが, CMA 培地および MA 培地ではシンネマの頂部から放射状に伸長し, 全体として星状を呈する。分生子柄は無色~淡赤褐色で表面は平滑。筆状体 (図 1-C) は無色~淡赤褐色でモノネマ, シンネマともに主に二輪生。

メトレは筆状体あたり 3–5 個でやや散開状, フィアライドとはほぼ同長。フィアライドは  $9.0\text{--}11.6 \times 1.6\text{--}2.4 \mu\text{m}$  ( $10.3 \pm 0.6 \times 1.9 \pm 0.2 \mu\text{m}$ ), 針形~狭アンプル形。周縁部は厚壁でなく, 襟を伴わない。分生子は  $2.0\text{--}3.0 \times 1.7\text{--}2.6 \mu\text{m}$  ( $2.5 \pm 0.3 \times 2.1 \pm 0.2 \mu\text{m}$ ), 類球形~楕円形, 平滑でやや厚壁。Q 値(長径/短径)は  $1.0\text{--}1.6$  ( $1.2 \pm 0.1$ )。筆状体の形態には基質による違いをほとんど認めない。

CYA 培地上でのコロニーは  $25^\circ\text{C} \cdot 7$  日間の培養で直径  $15\text{--}24 \text{ mm}$ 。表面は平らでビロード状 (14 日目には綿毛状)。気生菌糸は疎ら。中心付近は淡桃色~桃色, 縁部に向かうにつれ白色に近づき, 縁部はほぼ無色。縁部は全縁。裏面は帯桃褐色~帯赤褐色 (14 日目には帯紫褐色)。分生子の形成は見られない。滲出物を欠く。褐色の水溶性色素を産生する。 $37^\circ\text{C}$  では分生子が発芽し, 僅かに生長する。 $5^\circ\text{C}$  では生長しない。MEA 培地上でのコロニーは  $25^\circ\text{C} \cdot 7$  日間の培養で直径  $37\text{--}40 \text{ mm}$ 。中心部付近は帯赤橙色, 縁部付近は帯桃白色。裏面は帯赤褐色。YES 培地でのコロニーは  $25^\circ\text{C} \cdot 7$  日間の培養で直径  $36\text{--}40 \text{ mm}$ 。中心付近は桃色, 縁部に向かうにつれ白色に近づき, 縁部はほぼ無色。裏面は血赤色~暗赤褐色。MA 培地上でのコロニーは  $25^\circ\text{C} \cdot 7$  日間の培養で直径  $30\text{--}33 \text{ mm}$ 。中心部付近は淡い帯桃褐色, 縁部付近は淡桃色。裏面は帯黄褐色。不稔。14 日目以降に盛んにシンネマの形成が見られる。シンネマは細長い針状で顕著な正の屈光性を示す (図 1-D)。CMA 培地上でのコロニーは  $25^\circ\text{C} \cdot 7$  日間の培養で直径  $28\text{--}32 \text{ mm}$ 。全体がほぼ無色で, 中心部付近は淡黄褐色を帯びる。裏面はほぼ無色。14 日目以降に盛んにシンネマの形成が見られる。シンネマは細長い針状で顕著な正の屈光性を示す。

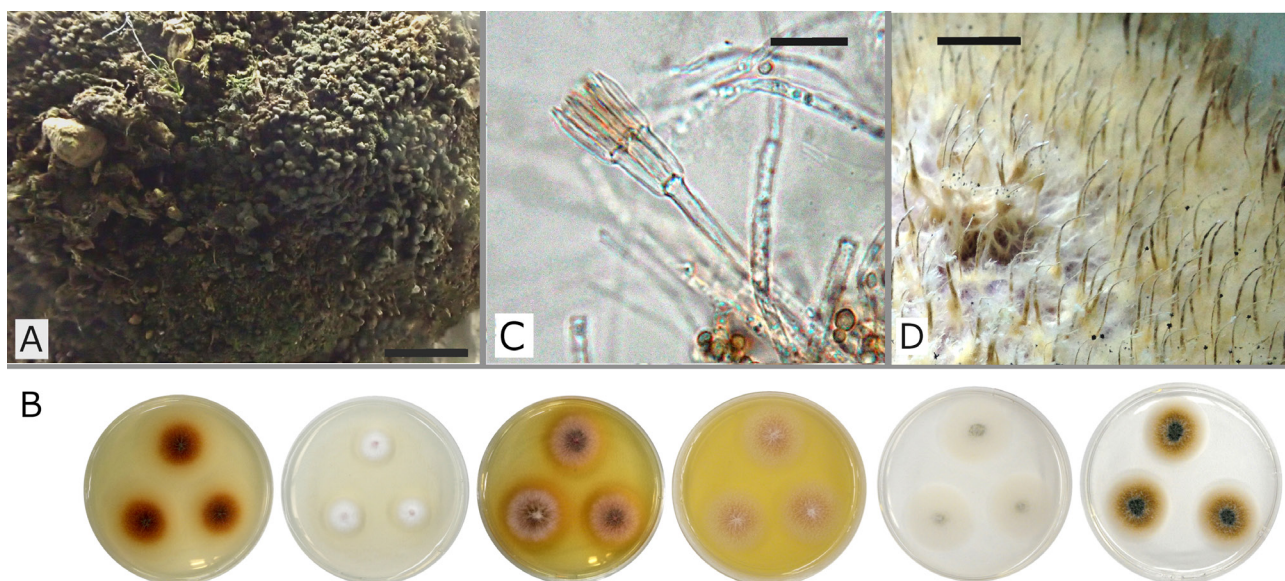


図 1. *Talaromyces cecidicola* (KPM-NC 23091). A: 濃緑色粒状のシンネマに覆われたウンシュウミカン腐朽果実, B: 各培地でのコロニー (左から MEA, CYA, YES, MA, CMA, PDA. 全て  $25^\circ\text{C} \cdot 7$  日間培養), C: 筆状体, D: 正の屈光性を示す MA 培地上のシンネマ ( $25^\circ\text{C} \cdot 14$  日間培養). 光源は右方向. スケールバーは A: 3 mm, B: 10  $\mu\text{m}$ , C: 1 cm.

供試標本：KPM-NC 23090：日本，神奈川県小田原市入生田，果樹園，キンカン腐朽果実上，中島淳志・酒井きみ採集，2013 年 7 月 7 日，分離菌株あり（NBRC 110731），KPM-NC 23091：日本，神奈川県小田原市早川，果樹園，ウンシュウミカン腐朽果実上，中島淳志採集，2013 年 7 月 10 日，分離菌株あり（NBRC 110732），KPM-NC 23092：日本，神奈川県小田原市入生田，果樹園，ウンシュウミカン腐朽果実上，中島淳志採集，2013 年 7 月 7 日，分離菌株あり（NBRC 110733），KPM-NC 23722：日本，神奈川県小田原市入生田，果樹園，ウンシュウミカン腐朽果実上，中島淳志採集，2014 年 6 月 22 日，分離菌株なし。

付記一本報告における記載は Seifert *et al.* (2004) の原記載と概ね一致するが，以下の点で異なる：CYA 培地でのコロニーが淡橙白色ではなく白色～桃色，CYA 培地で分生子が生じる，CYA 培地および MEA 培地で滲出物が生じることがない，MEA 培地での分生子が暗緑色ではなく灰緑色～灰色，YES 培地でのコロニー直径が大きい（22–28 mm vs 36–40 mm），YES 培地でのコロニーがクリーム色～黄色ではなく帯桃白色～桃色。以上の形質の相違は種内変異の範疇に含まれると判断した。

その他の検討標本に関する所見—12 月から 1 月にかけて同調査地（小田原市入生田および早川）で行った調査では，ウンシュウミカン落果上に見出されたシンネマ

の分生子頭は濃緑色ではなく，より淡色の帯灰青緑色～青緑色であった。これらは形態学的検討および ITS 領域の塩基配列の相同性検索に基づき，全て *Penicillium italicum* と同定された。また，神奈川県横須賀市，京都府宮津市のミカン畑でも調査を行ったが，これらの調査地でウンシュウミカンおよびナツミカン（*Citrus natsudaidai*）落果上に見出されたシンネマも全て *P. italicum* と同定された。

#### 基質の違いによる *T. cecidicola* シンネマの形態変化

*Talaromyces cecidicola* のシンネマの発生は天然基質（ウンシュウミカンおよびキンカンの腐朽が進み黒変した果実）と 3 種類の培地（MA, MEA, CMA）で見られ，各々の形態が顕著に異なっていた（図 2-A）。シンネマの高さを縦軸，幅を横軸に置いた散布図では，各々のシンネマのサイズの範囲にほとんど重複を認めなかった（図 2-B）。Tukey-Kramer の HSD 検定では，シンネマの高さでは「MEA 培地」と「ウンシュウミカン」，「MEA 培地」と「キンカン」，「ウンシュウミカン」と「キンカン」以外の 7 組み合わせで有意差が検出された（ $p < 0.01$ ）。また，シンネマの幅では「MA 培地」と「ウンシュウミカン」，「MEA 培地」と「キンカン」，「キンカン」と「CMA 培地」以外の 7 組み合わせで有意差が検出された（ $p < 0.01$ ）。

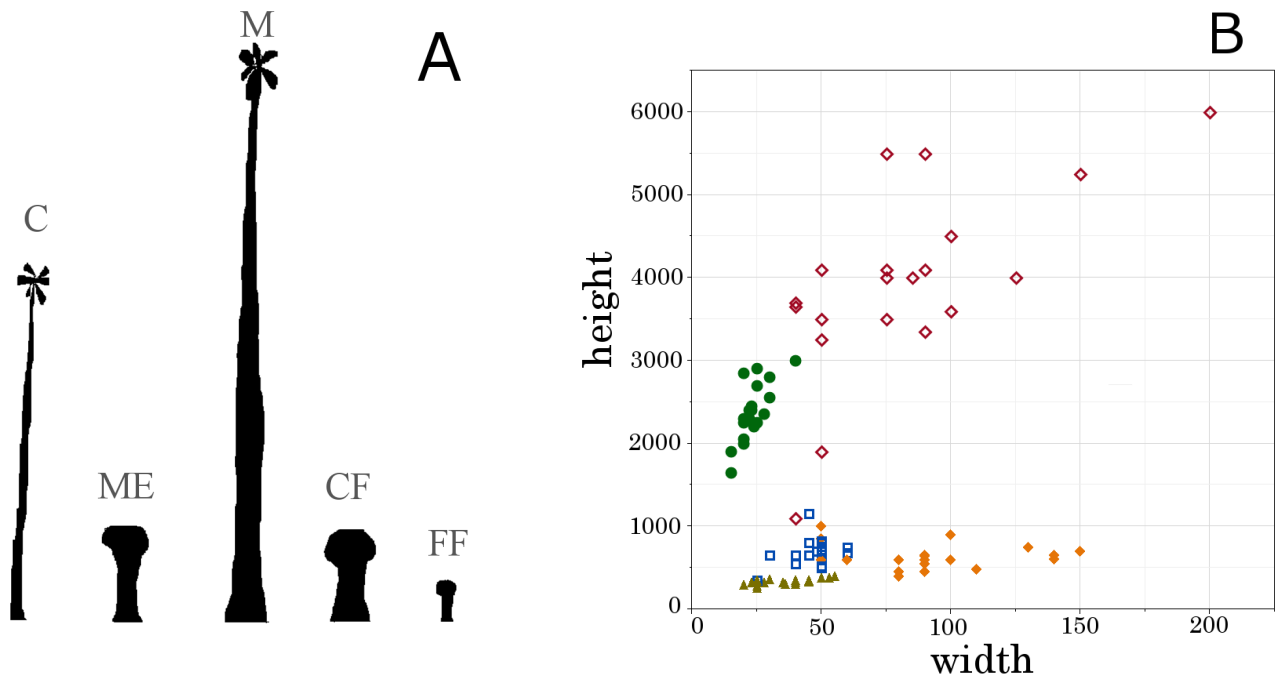


図 2. A: 各基質および培地でのシンネマの概念図。各培地での計測値平均を基に相対的なサイズの差異を示した。CMA 培地（C），MEA 培地（ME），MA 培地（M），ウンシュウミカン果実（CF），キンカン果実（FF）の各基質におけるシンネマを表す。B: シンネマのサイズの範囲を示した散布図。縦軸は高さ，横軸は基部の幅を表す。単位はいずれも μm。各記号の対応は以下の通り；●…CMA 培地，□…MEA 培地，◇…MA 培地，◆…ウンシュウミカン果実，▲…キンカン果実。

## 考 察

本報告では、ウンシュウミカンおよびキンカンの腐朽果実に発生した菌を *Talaromyces cecidicola* と同定した。本種は米国でコナラ属樹木 (*Quercus pacifica*) 上のタマバチの虫癭 (虫こぶ) から分離された菌であり、虫癭に対する強い宿主選好性や、孢子散布におけるタマバチの関与の可能性が示唆された (Seifert *et al.*, 2004)。

本種は原記載以後、2 例の報告がある。Vega *et al.* (2006) は米国メリーランド州でコーヒーノキ属樹木のエンドファイトとして分離した菌株を分子系統解析の結果に基づき、Yamazaki *et al.* (2009) は米国ハワイ州で土壌から分離した菌株を形態学的検討および塩基配列の類似性に基づき、それぞれ本種と同定した。従って、本種の既知の分布域は現時点で米国に限られ、本報告は *T. cecidicola* のアジア初の記録となる。

また、前述の通り本種には強い宿主選好性が想定されているが、本報告により既知の宿主範囲に柑橘類の果実が加わったことは、Seifert *et al.* (2004) らが強調したほど、本種の虫癭に対する宿主選好性が強くない、あるいは限定されていないことを示唆している。同様の考えは、コーヒーノキ属樹木のエンドファイトとして本種を分離した Vega *et al.* (2006) によっても示されている。ただし、本研究ではウンシュウミカン、キンカンの果実に局所的に多数の *T. cecidicola* の発生が認められたことから、本種が柑橘類の果実に顕著な宿主選好性を示すという別の可能性も考えられる。この仮説を検証するためには、地理的分布および宿主の観点で、より広範な標本の蓄積が必要である。また、既にタマバチとの関係が示唆されていることから、孢子散布に関与する節足動物の存在にも今後着目していく必要がある。

本種は 6–7 月に多数の発生が見られた一方、12–1 月の同地点での調査では全く見出されなかった。アオカビ類の天然基質における孢子形成はこれまで注目されておらず、フェノロジーに関する知見は、寒天培地や温室などを用いた人為的な孢子形成誘導を伴う研究 (Gomathi *et al.*, 2011; Cruz *et al.*, 2013) を除いては、文献調査の限りでは皆無であった。本種は柑橘類という特定の基質に着目して通年の観察が可能であり、アオカビ類のフェノロジー研究の材料として適していると考えられる。

本研究で *T. cecidicola* の他に柑橘類の果実に見出された *Penicillium italicum* は、*T. cecidicola* の発生が認められたような、腐朽が進行して黒変乾燥した果実には生じず、落果後間もない新鮮な果実に発生する傾向があった。*Penicillium italicum* は *P. digitatum*, *P. expansum* などとともに、柑橘類の果実に収穫後の腐敗 (ポストハーベスト病害) を引き起こす菌として知られており (Palou, 2013), このことから新鮮な果実に発

生する傾向が窺える。これら 2 種の時間的・空間的棲み分けの有無は今後の研究課題である。

本研究で観察されたもう一つの顕著な現象として、基質依存的なシンネマの形態変化が挙げられる。Seifert *et al.* (2004) も、天然基質と寒天培地での *T. cecidicola* のシンネマの形態 (高さなど) の差異に言及しているが、本研究において MA および CMA 培地で観察されたような、顕著に細長い針状で、頂部に星状の分生子頭を形成する型は見出されなかった。また、天然基質上のシンネマに屈光性が観察されないにもかかわらず、培養下でこの現象が起こる理由は現段階では不明である。シンネマの生態学的意義については定説がなく、節足動物による孢子散布に関係しているという仮説もあるが (Abbott, 2002; Visagie *et al.*, 2009), さらに検証が必要である。本研究によって明らかになった、*T. cecidicola* のシンネマの基質依存的な形態変化や屈光性などの性質は、ユーロチウム目の糸状菌において広く認められるシンネマの生態学的意義に何らかの形で関連している可能性がある。

## 謝 辞

神奈川県立生命の星・地球博物館の菌類ボランティア、酒井きみ氏、中島稔氏、井上幸子氏に標本を提供いただいた。また、菌株寄託に際して独立行政法人製品評価技術基盤機構の伴さやか氏にご対応いただいた。ここに感謝申し上げる。

## 参 考 文 献

- Abbott, S. P., 2002. Insects and other arthropods as agents of vector-dispersal in fungi. <http://www.thermapure.com/pdf/AbbottInsectdispersal.pdf> (accessed on 2015-January-4)
- Agren R, L. Liu, S. Shoaie, W. Vongsangnak, I. Nookaew & J. Nielsen, 2013. The RAVEN toolbox and its use for generating a genome-scale metabolic model for *Penicillium chrysogenum*. *PLoS Computational Biology*, DOI: 10.1371/journal.pcbi.1002980
- Chu M, R. Mierzwa, L. Xu, L. He, J. Terracciano, M. Patel, V. Gullo, T. Black, W. Zhao, T-M. Chan & A. T. McPhail, 2003. Isolation and Structure Elucidation of Sch 642305, a Novel Bacterial DNA Primase Inhibitor Produced by *Penicillium verrucosum*. *Journal of Natural Products*, 66: 1527-1530.
- Cruz, R., C. Santos, J. Silva de Lima, K. Aparecida Moreira & C. Maria de Souza-Motta, 2013. Diversity of *Penicillium* in soil of Caatinga and Atlantic Forest areas of Pernambuco, Brazil: an ecological approach. *Nova Hedwigia*, 97: 543-556.
- Fleming, A., 1929. On the Antibacterial Action of Cultures of a *Penicillium*, with Special Reference to their Use in the Isolation of *B. influenzae*. *British Journal of Experimental Pathology*, 10: 226-236.

- Frisvad J. C., N. Yilmaz, U. Thrane, K. B. Rasmussen & J. Houbraken, 2013. *Talaromyces atrovirens*, a new species efficiently producing industrially relevant red pigments. *PLOS ONE*, DOI: 10.1371/journal.pone.0084102
- Galtier N, M. Gouy & C. Gautier, 1996. SEAVIEW and PHYLO\_WIN: two graphic tools for sequence alignment and molecular phylogeny. *Computer Applications in the Biosciences*, 12: 543-548.
- Gardes, M. & T. D. Bruns, 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes - application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 2: 113-118.
- Gomathi, S., V. Ambikapathy & A. Panneerselvam, 2011. Studies on Soil Mycoflora in Chilli Field of Thiruvavur District. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 1: 117-122.
- Matsuzaki, K., H. Tanaka & S. Omura, 1995. Isochromophilones I and II, novel inhibitors against gp120-CD4 binding produced by *Penicillium multicolor* FO-2338. I. Screening, taxonomy, fermentation, isolation. *The Journal of antibiotics*, 48: 703-707.
- Orihara, T., M. E. Smith, N. Shimomura, K. Iwase & N. Maekawa, 2012. Diversity and systematics of the sequestrate genus *Octaviania* in Japan: two new subgenera and eleven new species. *Persoonia*, 28: 85-112.
- Palou, L., 2013. Mini-review: Heat treatments for the control of citrus postharvest green mold caused by *Penicillium digitatum*. *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education*, Vol. 1: 508-514.
- Petit, P., E. M. F. Lucas, L. M. Abreu, L. H. Pfenning & J. A. Takahashi, 2009. Novel antimicrobial secondary metabolites from a *Penicillium* sp. isolated from Brazilian cerrado soil. *Electronic Journal of Biotechnology*, DOI: 10.2225/vol12-issue4-fulltext-9
- Samson, R. A. & J. I. Pitt (eds.), 1985. *Advances in Penicillium and Aspergillus systematics*. 483pp. Plenum Press, New York.
- Samson, R. A., E. S. Hoekstra, V. C. Frisvad & O. Filtenborg (eds.), 2004. *Introduction to food borne fungi*. 322pp. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.
- Samson, R. A., N. Yilmaz, J. Houbraken, H. Spierenburg, K. A. Seifert, S. W. Peterson, J. Varga & Frisvad, 2011. Phylogeny and nomenclature of the genus *Talaromyces* and taxa accommodated in *Penicillium* subgenus *Biverticillium*. *Studies in Mycology*, 70: 159-183.
- Seifert, K. A., E. S. Hoekstra, J. C. Frisvad & G. Louis-Seize, 2004. *Penicillium cecidicola*, a new species on cynipid insect galls on *Quercus pacifica* in the western United States. *Studies in Mycology*, 50: 517-523.
- Uchida, R., R. Imasato, K. Shiomi, H. Tomoda & S. Omura, 2005. Yaequinolones J1 and J2, novel insecticidal antibiotics from *Penicillium* sp. FKI-2140. *Organic Letters*, 7: 5701-5704.
- Vega, F. E., F. Posada, S. W. Peterson, T. J. Gianfagna & F. Chaves, 2006. *Penicillium* species endophytic in coffee plants and ochratoxin A production. *Mycologia*, 98: 31-42.
- Visagie, C. M., F. Roets & K. Jacobs, 2009. A new species of *Penicillium*, *P. ramulosum* sp. nov., from the natural environment. *Mycologia*, 101: 888-895.
- Visagie, C. M. & K. Jacobs, 2012. Three new additions to the genus *Talaromyces* isolated from Atlantis sandveld fynbos soils. *Persoonia*, 28: 14-24
- Yamazaki, H., K. Kobayashi, D. Matsuda, K. Nonaka, R. Masuma, S. Omura & H. Tomoda, 2009. Absolute stereochemistry of pentacecylides, new inhibitors of lipid droplet formation in mouse macrophages, produced by *Penicillium cecidicola* FKI-3765-1. *The Journal of Antibiotics*, 63: 315-318.
- Yang, L., Xie, J., Jiang, D., Fu, Y., Li, G., Lin, F., 2008. Antifungal substances produced by *Penicillium oxalicum* strain PY-1—potential antibiotics against plant pathogenic fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24: 909-915.

---

中島淳志：神奈川県立生命の星・地球博物館 菌類ボランティアグループ

折原貴道：神奈川県立生命の星・地球博物館