

総 合 考 察

本研究では、ニホンナシおよびカキにおいて発生を認めたナシ汚果病、ナシ黒かび病（新称）、カキ葉枯病およびカキ紅粒がんしゅ病（新称）の4病害について、コッホの原則（Koch's postulates）に基づき病害を実証し、形態学的、生理生化学的および分子生物学的手法によって新病原の同定を行うことを研究の目的とした。本研究によって、ナシ汚果病の新病原として *Acaromyces ingoldii*, *Meira nashicola*, *Meira geulakonigii* および *Pseudozyma aphidis*, ナシ黒かび病（新称）の病原として *Rhizopus stolonifer* var. *stolonifer*, カキ葉枯病の新病原として *Pestalotiopsis glandicola*, *Pestalotiopsis acaciae* および *Pestalotiopsis crassiuscula*, カキ紅粒がんしゅ病（新称）の病原として *Nectria cinnabarina* が明らかとなった。なお、ナシ汚果病の新病原として記録した *M. nashicola* は、本研究により新種記載された担子菌系酵母様菌であり、その種名は本病の宿主植物であるニホンナシにちなんで命名した。

植物病原菌の多くは作物の様々な部位に障害を与えて、生産物の減収や品質低下などによって直接的に経済的な被害を及ぼすものが多いが、なかには農産物の外観のみを汚損するコスメティック病害と呼ばれるものもあり、本研究で取り扱ったナシ汚果病、*Zygothia jamaiensis* Masonによるブドウすす点病、*Diaporthe citri* Wolfによるカンキツ黒点病などがこれにあたる。これらは発生しても果実の収量には直接影響せず、可食部の果肉部分の品質にもほとんど影響がない。こうしたコスメティック病害に対する防除の要否は議論のあるところであるが、実際にはこれらの病害による果実品質の低下は生産者にとっては大きな減収要因となる。この背景として、果実類は特に嗜好性の高い園芸作物であるため、食味はもとより外観が商品性の重要な要素となっている理由があげられる。消費者からは品質の高い農産物の供給が求められる一方で、生産者からは多大な労力やコストのともなう防除作業の軽減が求められているため、今後、コスメティック病害の発生生態を解明し、よりの確な防除対策に結びつけていくことが重要である。

本研究において、鳥取県内の現地圃場に栽植された青ナシ品種の‘二十世紀’および‘ゴールド二十世紀’に発生したナシ汚果病の新病原として *A. ingoldii*, *M. nashicola*, *M. geulakonigii* および *P. aphidis* の4種の担子菌系酵母様菌が関与していることが明らかとなった。これらの酵母様菌の感染様式は傷口感染によるものであり、本来これらの菌のナシに対する病原性は低いものと

考えられる。しかし、収穫前にナシの果面に発生したクチクラ亀裂などの微細な傷口から感染し、果面で病原菌が増殖することで果面のアザなどの障害を引き起こすコスメティック病害の一種であり、青ナシ品種においては大きな減収要因となりうるため、今後とも注意が必要である。これらの酵母様菌は、ハダニ類に対する病原性や各種うどんこ病菌に対する拮抗作用を有することも報告されており（Boekhout *et al.*, 2003；Sztejnberg *et al.*, 2004；Paz *et al.*, 2007a；Paz *et al.*, 2007b）、自然界でどのような役割を果たしているのか大変興味深い。また、これらの酵母様菌は、各種寒天培地上で暗褐色～茶色の色素を出し、比較的短期間のうちに培地を変色させる性質を有する。ナシの果面上においてもこれらの酵母様菌は色素を放出すると考えられ、これが果面に発生する赤アザ型病斑の直接的な原因となっているものと推察される。

ところで、本病に関する研究の発端となった青ナシ品種に特有のカビ梨症は、まだら模様の汚れ果症状と特有のカビ臭が特徴的な果面障害であるが、発生地域が鳥取県東伯郡東伯町および赤碕町（現在の琴浦町）にはほぼ限定されている。この地域では、カビ梨症の発生が比較的多く認められた‘ゴールド二十世紀’への品種更新が早期から積極的に進められており、さらに他地域に比べて多肥栽培の傾向が強い。‘ゴールド二十世紀’は、‘二十世紀’を放射線育種することによって、ナシ黒斑病に対する耐病性品種として選抜された系統であるが（壽ら、1992；村田ら、1994）、‘二十世紀’に比べて樹勢がやや強く、果実が収穫直前に後期肥大しやすい傾向が認められる。圃場診断による聞き取り調査の結果では、早期成園化および早期多収をねらった多肥栽培や過剰な堆肥の連年施用によって、夏期の肥効による果実の後期肥大が助長され、表皮細胞層まで達するクチクラ亀裂の発生を招いている可能性が示唆された。このため、本病に対する耕種的防除対策として、適正な樹勢となるように剪定方法や肥培管理を改善し、収穫直前の急激な果実肥大を避けるために梅雨明け後のかん水を適宜行うことが重要と考えられる。

また、いわゆる赤アザ症状を示すナシ汚果病の場合は、果実袋によって被袋された果実に発病するため、被袋後の殺菌剤散布による防除効果はほとんど期待できないと推察される。ナシに使用する果実袋は、従来から黒斑病や汚果病（アザ果）対策のために数種類の殺菌剤をパラフィン紙に処理したものを加工して製造されてきた。今

後は、ナシの主要品種が‘二十世紀’から黒斑病抵抗性の青ナシ新品種に移行することが予想されるため、果実袋においては汚果病（アザ果）対策のための殺菌剤処理の重要性がより高まると考えられる。しかし、果実袋の殺菌剤処理は、農業取締法および食品衛生法上の観点から、新規薬剤を実用化するのが困難な状況にあるため、天然物由来の抗菌性物質などのスクリーニングや果実袋への既存の殺菌剤の処理技術の改良なども早急に着手する必要がある。

次に、ナシ黒かび病はポストハーベスト病害として突発的な発生が問題となった新病害である。現在の農産物の流通は複雑多岐にわたり、従来は生産地で集荷された農産物が市場に出荷され、仲卸業者や小売業者を経て、消費者の手元に届くというものであったが、近年は、市場や量販店の規模拡大に伴い、農産物の流通ルートは多様化している。さらに、‘二十世紀’などの日持ち性に優れる青ナシ品種では、海外への輸出展開が積極的であり、当初は国内販売向けの安定供給のための出荷調整の意味合いが大きかったが、現在では利益性を追求して極東アジア地域などの富有層をターゲットにした販路拡大を画策している。このように、流通過程が多様化、複雑化、長期化することにより、ポストハーベスト病害などの障害が発生しても病原菌の特定が困難な場合や、従来考えられなかった新病害の発生が懸念される。

ポストハーベスト病害は、生育期間中に発生する病害と異なり、収穫後または出荷後に発生が認められる病害の総称であるが、病原菌の感染時期の違いなどから、便宜上いくつかのグループに分類される（田中，1990）。まず、*Monilinia fructicola* (Winter) Honeyによるモモ灰星病や*Phytophthora citrophthora* (R. E. & E. H. Smith) Leonianによるカンキツ褐色腐敗病などのように、収穫前から病原菌が既に感染しており、潜伏期間中に外観上無病徴の果実が収穫、出荷された後に発病に至るものである。次に、*Phomopsis* sp.によるナシ心腐病およびリング心かび病などのように、収穫前に既に感染しているが、内部病徴のため、外観上健全なものとして収穫、出荷されるものである。さらに、*Botryosphaeria* sp.および*Phomopsis* sp.によるキウイフルーツ軟腐病などのように、収穫前に既に感染しているが、栽培期間中は全く発病せず、収穫後の追熟中に果実の生理的変化に伴って始めて発病するものである。そして、*R. stolonifer* var. *stolonifer*による果実類の黒かび病のように、健全な果実が収穫された後に病原菌に感染して発病するものであり、病原菌は多犯性で腐生的性質も強く、分生子が空中に浮遊している機会の多い糸状菌に多い。いずれにしても、これらのポストハーベスト病害は、生産地か

ら消費者の手元に届くまでの期間、貯蔵温湿度、収穫から流通期間中に生じた果実の物理的損傷などによって被害状況は大きく異なると考えられる。ナシ黒かび病の場合は、成熟果のみに発生が認められ、収穫期に樹上で過熟となった果実での発病が稀に認められるが、通常は収穫後のコンテナもしくは出荷箱内での発病である。京都府において本病の発生が確認された1997年は、ナシの収穫期に降雨日が続き、収穫した果実がコンテナ内で多湿条件となったまま数日間放置された後、本病の発生が確認されている。また、本病の発生が確認された圃場では、完全収穫を出荷目標としており、通常よりも2週間以上も収穫時期を遅らせていたため、果実が過熟傾向であり、収穫作業などによって果皮に擦れや傷が生じやすかったことも本病発生の誘因となっていた可能性が高いと推察される。さらに、本病の発生は貯蔵温度によるところが大きく、20-25℃が病原菌の生育至適温度であるため、収穫後の貯蔵はできるだけ涼しい場所で行い、輸送時の庫内温度にも留意する必要がある。同一病原による黒かび病の発生が問題となるモモやオウトウの場合は、収穫直前に灰星病との同時防除をかねてイプロジオン水和剤などによる薬剤散布を行う場合が多いが、ナシの場合、有袋栽培が多いことや、イプロジオン剤を含めて収穫直前に使用可能な殺菌剤の登録が少ないため、本病防除のために薬剤防除に頼ることは現実的には困難であり、圃場衛生に努めるなどの耕種的防除や収穫後の貯蔵および流通時の温湿度管理などの物理的防除の徹底が重要である。

次に、カキ葉枯病は*Pa. diospyri*, *Ps. breviseta*, *Ps. guepini*および*Ps. longiseta*などの*Pestalotiopsis*属および*Pestalotia*属菌が既に病原として記録されていた（日本植物病理学会編，2000）が、本研究によってさらに、*Ps. glandicola*, *Ps. acaciae*および*Ps. crassiuscula*の3種の*Pestalotiopsis*属菌が本病の新病原として追加された。鳥取県でカキ葉枯病が問題となったのは1996年であり、本県の主要品種である‘富有’や‘西条’の幼果のヘタや葉に斑点性の病害として生産現場で問題となった。1996年は、春期に強風害による葉や幼果ヘタ部の擦れや破損などがの被害が多かったこと、5月下旬以降がやや高温で経過したこと、前年の秋期の長雨による根傷みによって樹勢が弱まっていたことなどが、本病の発生を助長したと推察されたが、それ以降、本県において本病による大きな被害は発生していない。しかし、全国的にみると、*Pestalotiopsis*属菌によるカキでの被害はむしろ増加しており、特に西日本の各産地において、果実での各種症状による被害が顕在化している。岐阜県では、*Ps. foedans*および*Ps. longiseta*によるカキ軟化腐敗病の被害が

‘松本早生’、‘前川次郎’ および‘太秋’などで発生しており（渡辺ら、2000；田口ら、2001；渡辺・田口、2001）、新潟県でもカキ‘平核無’や‘刀根早生’の果実の果頂部くぼみ果および芯黒果が発生し、数種の *Pestalotiopsis* 属菌の関与が報告されている（棚橋ら、2000）。さらに、鳥根県では‘西条’の果実黒すじ症状を呈する汚損果から *Pestalotiopsis* 属菌が高率に分離されており（山本、2002）、山口県では果実黒すじ症の原因菌として *Ps. glandicola* の病原性が立証されている（唐津、2003）。このように、全国的には、*Pestalotiopsis* 属菌によるカキ果実の被害は各地で認められているが、品種、発生部位、発生時期の違いなどによって、その症状は多岐にわたっている。世界的にみても、本属菌によるカキでの病害の発生は増加しており、韓国（Chang *et al.*, 1996）やスペイン（Tuset *et al.*, 1999）などでは *Ps. theae* の新発生が報告されている。なお、*Ps. theae* によるカキ病害は我が国においては、カキ葉枯病と区別してカキ輪紋葉枯病として記録されているが、日野（1962）は、輪紋葉枯病を示す病斑部から菌を分離した場合、*Pa. diospyri* が分離される場合もあり、これらを病徴のみで明確に区別することは困難な場合があると指摘している。また、本研究において、鳥取県内の複数のカキ圃場からカキ葉枯病の罹病葉を採取し、多数の分離菌株を得たが、分離されたのは *Ps. longiseta*, *Ps. glandicola*, *Ps. acaciae* および *Ps. crassiuscula* の4種のみであり、既報の *Pa. diospyri*, *Ps. breviseta*, *Ps. guepini*, *Ps. theae* などとは分離されなかった。本来、*Pestalotiopsis* 属菌は任意寄生性で主に傷痕寄生者として多犯性の性質をもち（高橋・小林、1999）、腐生的性質が強く、*Ps. glandicola*, *Ps. acaciae* および *Ps. crassiuscula* は広葉樹および針葉樹など広い宿主範囲を有する（Steyaert, 1953；Suto and Kobayashi, 1993）ことなどから、周辺の植生が各圃場における *Pestalotiopsis* 属菌の優占種に影響を及ぼしているものと考えられた。さらに、気象的誘因およびカキの生理的な素因が加わって、1996年には本病の突発的な発生をみたと思われる。また、本病の発生が問題となった6月までは、春期に発生が多いカキ灰色かび病の防除の目的でチオファネートメチル水和剤が防除薬剤として主に使用されてきたが、鳥取県内のカキから分離された *Pestalotiopsis* 属菌の多くは、チオファネートメチルに対して高度耐性を獲得しており、本剤による防除効果はほとんど期待できないものと考えられた。本研究で行ったスクリーニングによって、*Pestalotiopsis* 属菌に対する高い菌糸伸長抑制効果を示したフルアジナム水和剤、イミノクタジナルベシル酸塩水和剤、有機銅水和剤などが、現在ではカキの防除体型に取り入れられており、カキの

主要病害に加えてカキ葉枯病に対しても高い防除効果を示しているものと考えられる。

最後に、カキ紅粒がんしゅ病は、2005年1月に鳥取県内のカキ圃場で発生が確認された新病害である。本病は、子のう菌類に属する *Nectria cinnabarina* によって引き起こされる枝幹性病害であり、本菌は世界中に広く分布している。同一病原による紅粒がんしゅ病は、我が国においてはナシ、リンゴ、クリ、クルミ、クワ、チャ、カエデ、ケヤキ、トネリコ類、ナラ類、ニレ類、ツバキ、ブナなどに発生することが知られている（日本植物病理学会編、2000）。本菌のカキに対する病原性は、工藤（1978）による人工接種試験によって観察されていたが、自然発病によるカキでの発生は、本研究によって初めて確認された。本菌は比較的広い宿主範囲を有するため、果樹園の周辺の広葉樹などの植生で普遍的に発病している可能性が十分にあり、好適な気象条件などの環境要因が整えば、本病が突発的に多発するものと考えられる。罹病樹の病斑上には、晩秋から翌年の早春にかけて淡紅色で小粒点様の分生子褥が認められ、この表面に分生子が塊状に形成される。また、分生子褥とは別の子座上に暗赤色で粟粒状の子のう殻が形成される。こうした特徴的な標徴から、本病の診断は比較的容易であり、剪定などの作業中に本病の発生に気づくことが多いものと思われる。本病による果樹作物の被害は、1920年代に米国でのアンズやリンゴで多発した事例（Cunningham, 1922；Thomas and Burrell, 1929）や、我が国においても1970年代に日本海側の各県を中心にニホンナシでの発生が報告されており（工藤、1978）、突発的に大きな被害をもたらしている。近年、鳥取県内において、ニホンナシでの本病の発生は散発的に確認される程度であるが、一度圃場内で発生をみると、数年間にわたって本病の発生が継続的に認められるため、被害が拡大しないように圃場内での発生動向に注意する必要がある。また、カキ紅粒がんしゅ病の発生圃場で調査を行った結果、分生子褥および子のう殻の形成は、ほとんどが剪定切り口周辺に観察されており、剪定によって露出した切り口が主たる感染部位であると推察された。さらに、発生圃場では、分生子褥を形成した病斑を含む剪定残さをカキ樹の株元に長期間放置していたため、これが越冬伝染源となっていた可能性が高いと考えられた。これらのことから、剪定作業によって生じた切り口は、ペースト剤塗布による癒合促進を図り、病原菌の感染の機会を減らすことが重要である。また、本菌は腐生的性質も強いいため、樹上の病斑部だけでなく、剪定残さ上でも長期間生存可能であり、長期間の剪定残さの放置は避けるべきである。また、近年は暖冬化傾向が強いため、日本海側の各県は積雪量が

減少しているものの、気象的には冬期に曇雨天日が多く、太平洋側に比較すると、本病の発病には好適な条件が続くことが考えられるため、今後、カキのみならず他の果樹作物も含めて本病の発生には注意が必要である。

果樹に限らず、野菜および花き類などを含む園芸作物の生産栽培では、収量性のみならず生産物の品質向上も重要な栽培目標であり、病害虫による品質低下を最小限にとどめるため、迅速で的確な防除対策が必要である。特に、果樹作物の場合、高品質な果実を安定生産するため、年々薬剤の散布回数が増加し、高い防除圧によって病害防除の徹底が図られていることから、現行の防除体系を維持する限り、新規に発生する病害のリスクは比較的少ないと考えられてきた。しかし、近年は、消費者の減農薬志向による薬剤防除体系の見直しや地球規模の温暖化による大きな気象変動などの影響を受けて、*Candidatus Liberibacter asiaticus*によって引き起こされるカンキツグリーンング病などをはじめとする海外からの侵入病害や新しい栽培体系や品種の導入などによる新病害発生のリスクは次第に高まっている。

他方、ナシえそ斑点病やナシ萎縮病など古くから発生が確認されているが、未だに病原が特定されず、的確な防除対策が図られていない重要病害も少なくない。ナシえそ斑点病は接ぎ木伝染性が確認されているため、ウイルス病害である可能性が極めて高いと考えられているが、これまで多くの研究者によって調査研究が行われてきたにもかかわらず、病原ウイルス粒子は確認されていないため、病原不明のままとなっている。また、ナシ萎縮病は近年、全国的に「幸水」などで発生が急激に増加している病害であり、早期の病原特定および防除対策の確立が強く望まれている病害である。本病は、当初ウイルス病害である可能性が示唆されていたが、佐久間ら（1993）は、接ぎ木伝染性は認められず、材質腐朽菌による病害であるとし、*Phellinus igniarius* (Linnaeus:Fries) Quéletを病原として推定した。近年、安田ら（2005b）は、全国のナシ萎縮病罹病樹から分離した糸状菌のrDNA部分塩基配列解析を行った結果、分離菌は材質腐朽菌の*Phellinus* spp.であることを報告し、一部の分離菌についてはナシ樹への人工接種によって、病徴の再現が可能であった（塩田ら、2008）。本病は分離菌の分子生物学的な系統解析などによって病原菌の同定がさらに進められており、病原菌の種レベルでの同定および発生生態の解明が進むものと期待される。

以上述べてきたように、農作物の生育不良、収量減少、品質低下といった農業生産現場での被害には、糸状菌、放線菌、細菌、ファイトプラズマなどの微生物およびウイルス、ウイロイドなどによるものが多く、そのなかで

も糸状菌による病害が多数を占めている。これらの生物的病原に起因する植物病害を正確に診断することは、農業の生産現場において、的確な防除対策を迅速に打ち立てるために最も基本的で重要なことであり、発病初期の正しい診断によって、病害の進展や被害の見通し、防除の要否および防除方法の選択の判断材料になりうる。こうした病害診断は、発生圃場の被害状況の確認による圃場診断と、罹病植物の検鏡や各種の鑑定手法を用いた植物診断とで成り立つが、実際には持ち込まれた罹病植物の限られた材料のみで正確な診断を求められることも少なくない。

圃場診断では、実際に病害が発生している圃場で、作物の病徴から病気の種類を推定するとともに被害状況を把握し、その病害に対する適切な防除方法を探ることが重要である。そのためには、作物上の発生部位、圃場内における病害発生の位置関係、病害が発生するまでの栽培管理や環境条件などを分析する必要がある。多くの病害は、罹病植物の病徴や標徴によって病原を推定することが可能であるが、こうした肉眼観察のみによる鑑定法は経験を積んで習得せざるを得ない。また、病徴は常に典型的に現れるとは限らず、栽培品種、作型、気象条件、作物の生育状況、耕種管理などによっても変動しうるものである。もし、診断者が直接圃場診断できない場合は、依頼者から出来るかぎり詳細に発生状況の聞き取りを行うことが必要である。

また、植物診断では、病徴診断だけでなく検鏡や各種の鑑定手法を用いて行われるが、想定される病原の種類によって、その手法を選択する必要がある。まず、病徴診断として、肉眼で病徴および標徴を詳細に観察し、典型的な病徴や標徴、罹病植物が発しているアルコール臭などの特徴的な臭気、打診による異常音の有無などを確認する。もし、最初の植物診断の時点で病原菌の典型的な標徴が形成されていない場合でも、病患部の一部を20-25℃の温室条件下に1-2日置いておけば、糸状菌病害の場合、胞子などの何らかの標徴を形成することが多いため、早期の診断が可能となる。また、細菌病の場合、病患部からの細菌粘塊の溢出や、導管からの細菌泥の噴出など肉眼による診断が容易であるが、正確な診断を期する場合は血清学的な診断等を併用する必要がある。そして、肉眼的な観察で病原を特定することが困難な場合は、病患部の切片や罹病植物上に形成された標徴の一部などを顕微鏡観察することによって診断を進める。糸状菌の場合、光学顕微鏡を用いて、菌糸の隔壁の有無、胞子の形状などによって、ある程度の診断が可能になる。ウイルス、ウイロイド、ファイトプラズマは光学顕微鏡では観察できないほど微小であるため、TEMに頼らざ

るを得ない。ウイルスなどの観察をするためには、植物の病患部の一部を化学固定し、超薄切片を作成するのが最も確実な方法であるが、試料調製のためには、特殊な装置だけでなく、習熟した技術や多大な時間が必要となるため、日常的な診断に用いることは困難である。このため、ウイルスなどの観察には、病患部の汁液と2%リンタンゲン酸溶液との混合液をグリッド上の支持膜に付着させて風乾後に観察するネガティブ染色法が一般的に行われている。しかし、ウイルスや細菌などは、肉眼および顕微鏡観察などによってその存在が確認できたとしても、その種類の正確な同定は不可能であるため、血清学的診断によってさらに診断を正確に行う必要がある。血清学的手法として、免疫沈降反応法、ラテックス凝集反応法、DIBA法 (Dot immunobinding assay)、ELISA法 (Enzyme-linked immunosorbent assay)、RIPA法 (Rapid immunofilter paper assay)、免疫電顕法などがある。これらは、診断に要する時間や検体当たりのコストがそれぞれ異なるため、検体数や求められる精度などに応じて手法を選択する必要がある。さらに、ウイルス病などの場合は想定される宿主植物に罹病植物の汁液を接種して病徴発現を確認する生物的診断も併用することで診断の精度はより高められる。

こうした診断技法を組み合わせ、農業生産現場において問題となっている病害を出来るかぎり早急に診断することにより、適切な防除対策を講じることが可能となるが、病徴観察や標徴のみによる植物診断は熟練を要し、病原菌の純粋培養や検定植物への接種などは相当な日数を要するため、早期に病原を特定することは困難な場合が多い。このような問題を解決する手段として、植物病理学の分野でも各種の遺伝子診断技術が実用化され、植物病原の同定、病害診断にも応用されつつある。なかでも、PCR法はDNAポリメラーゼと特異的な領域を含むDNA断片 (プライマー) とを用いることで罹病植物体内にわずかに混在する病原体のDNAを高感度に検出可能である。この遺伝子診断技術は、高度な知識や技術をあまり必要としないため、従来の形態学的な微生物同定と比べると汎用性が高く、経験の少ない研究者でも、正確で迅速な病害診断が可能である。また、分子生物学的手法によって、微生物学における分類学や系統進化学の分野で新たな情報が次々と集積されており、分子系統学的知見からの分類体系の再編が進められていくものと思われる。本研究において、ナン汚果病の罹病果実から分離された *M. nashicola* は、従来の形態学的観察、生化学的性状調査に加えて、分子生物学的な系統解析によって、新種の担子菌系酵母様菌であることが明らかとなった。また、本病の病原として記録されていた *Hyalodendron*

sp.についても、rDNA部分塩基配列解析などから、担子菌系酵母様菌の *A. ingoldii* と再同定された。そもそも、*Hyalodendron* 属は菌草綱 (Hymenomycetes) に分類されるのに対し、*Acaromyces* 属はクロボキン綱 (Ustilaginomycetes) に属すると考えられるため、両者の遺伝的な近縁関係は離れているが、形態的には極めて類似しており、これらの形態的特徴による識別は困難とされている (Boekhout *et al.*, 2003)。こうした事例からも、分子レベルでの遺伝的解析は、今後ますます重要度を増すことがうかがわれる。したがって、これまで報告された菌種等を代表する菌株がその再同定や他の菌株の同定、分類に際して供試可能であるかどうかはこれまで以上に重要になってくると思われる (富岡, 2005)。微生物の標本や保存菌株の集積を行っていくことは、微生物分類学の研究材料の蓄積として、貴重な財産になるものと考えられるため、ジーンバンクなどのカルチャーコレクションのさらなる整備、拡張も重要であろう。

農作物の病害診断は第一義的には病名と病原を明らかにすることである。しかし、農業生産現場での診断は単にそれにとどまらず、診断依頼者に対して、その病害に対する防除対策を明示することも重要である。このため、病名や病原の確定はできるだけ迅速に行うだけでなく、発生現場での発生状況の確認、今後の被害の見通し、現時点での防除対策や次作に向けての予防対策の提示などを包括したものが診断の対象となる。また、こうした診断作業の過程では、本研究で示したとおり、過去に発生報告のない病害 (新病害) の発生や、既知の病害と同一症状の病徴を示す場合でも、過去に発生報告のない病原 (新病原) の発生が確認される場合がある。これらのうち、農業生産上重要と考えられるものは、できるだけ速やかに病原菌の同定や病原性の立証を行い、新病害 (新病原) として日本植物病理学会に報告し、本学会に設置された日本植物病名委員会の審査を受ける必要がある。ここで、新病名 (新病原) の提案に対して、新病名の妥当性や病原同定の根拠などについて審議がなされた後、日本植物病名目録に記録されることとなる。正式に新病害 (新病原) を報告することは、産地や生産者ごとに呼ばれている俗称による混乱を避けるために名称を統一することや、農薬適用拡大や防除対策の広報普及のために重要な作業である。また、異なる都道府県で同一の新病害 (新病原) が発生していた場合、病原の同定や病原性の立証などに関する研究業務の無駄な重複を避けることにもなる。

近年、難波ら (2008) は、植物病全般の診断から防除に至る臨床技術を扱う学問分野として植物医科学を設立し、植物病に対応する臨床技術の専門家たる植物医師の

育成および植物医師が活動するための植物病院の設置とそのネットワークの構築を提唱している。これまで植物病理学の分野では、大学や独立行政法人研究機関あるいは民間企業などで病原別、作物別に専門性を分化して研究がなされてきた。一方で、各都道府県の公設試験研究機関などでは農業生産現場からの要望や依頼に対応して、総合的に病害診断業務を行っている状況にあり、それぞれの研究機関の専門性を生かした植物病害診断のネットワーク構築が強く求められている。このなかで、病害診断のデータベースやカルテを共有し、実際の病徴写真、病原の形態、圃場および植物診断、防除対策までを網羅した幅広いネットワークを構築し、多くの情報を共有することにより、特に各都道府県の公設試験研究機関における病害診断業務の精度向上、迅速化、効率化を図ることが可能と思われる。こうしたデータベースの構築は一

部で実用化されつつあり、今後の展開が期待される。

我が国におけるナシやカキなどの果樹作物の栽培を取り巻く環境として、これまでも増して、消費者からのニーズが多様化するとともに、地球温暖化の影響を受けて、さらなる暖冬化や局地的集中豪雨の発生など気象環境の変化がもたらされるものと推察される。また、鳥取県だけでなく、各都道府県では各産地のブランドを確立して有利販売するために新品種の育成や新たな技術普及が進められている。こうした社会的背景および気象的環境の変化から、果樹作物においては、今後ますます新病害の発生が増加するものと予測される。したがって、植物病の病原同定と病害診断に関する研究は、安定した農業生産を支えるための基盤研究分野として今後とも継続的に取り組む必要があると考える。

摘 要

鳥取県では古くから果樹作物の栽培が盛んであり、特にニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* Nakai var. *culta* Nakai, syn. *P. serotina* Rehd. var. *culta* Rehd.) およびカキ (*Diospyros kaki* Thunb.) が主要な品目として広く栽培されている。近年、これらの果樹作物において新たに発生を認められた数種新病害について、病害の実証および病原菌の同定を行い、以下の結論を得た。

1. 担子菌系酵母様菌によるナシ汚果病

2001年頃から、鳥取県内の圃場に栽植されたニホンナシ ‘二十世紀’ および ‘ゴールド二十世紀’ の収穫果実に赤アザを伴う汚れ果症状の発生が認められた。症状の激しいものは特徴的なカビ臭を伴い、数日後には病斑部に皺が生じ、果実が萎縮した。病斑上には酵母様菌の紡錘形分生子の連鎖や出芽によって増殖する長円体～楕円体の酵母様細胞が観察された。汚れ果症状を呈する果実の果面から菌を分離した結果、複数種の糸状菌に加えて、4種の酵母様菌が高率に分離された。これらの酵母様菌の形態的特徴、生化学的性状、rDNA部分塩基配列解析の結果などから、各分離菌株を *Acaromyces ingoldii* Boekhout, Scorzetti, Gerson & Szejnberg (PFS 007), *Meira* sp. (PFS 002), *M. geulakonigii* Boekhout, Scorzetti, Gerson & Szejnberg (PFS 014), *Pseudozyma aphidis* (Henninger & Windisch) Boekhout (PFS 037) と同定した。また、分離菌株PFS 002はこれまでに記載されている *Meira* 属のいずれの種にも該当しないため、分子系統解析の結果などから本属の新種であると結論し、*Meira nashicola* F. Yasuda & H. Otani, sp. nov. として新種記載した (基準菌株 PFS 002=MAFF 230028=CBS 117161)。これらの担子菌系酵母様菌の各菌株を健全な ‘ゴールド二十世紀’ 幼果に噴霧接種した結果、収穫果実に赤褐色のアザを伴う汚れ果症状が再現され、発病した果実の病斑部からは接種菌が再分離された。本研究により、ニホンナシの汚れ果症状の病原であることが立証された担子菌系酵母様菌の *A. ingoldii*, *M. nashicola*, *M. geulakonigii* および *P. aphidis* による汚れ果症状は、既報の *Alternaria* sp., *Hyalodendron* sp., *Phomopsis* sp. および *Stenella* sp. によるナシ汚果病 (英名: fruit stain of Japanese pear) の病徴との区別が困難であると考えられたため、本病の病原に追加した。また、本病の病原として記録されている *Hyalodendron* sp. は分子系統解析などから *A. ingoldii* と同一種であると再同定された

ため、病原学名変更を提案した。

2. *Rhizopus stolonifer* var. *stolonifer* によるナシ黒かび病

1997年9月に、京都府内の圃場に栽植されたニホンナシ ‘二十世紀’ の収穫果実にボタ腐れ症状が発生した。罹病果実には、はじめ果皮に褐色を帯びた水浸状病斑が認められ、果皮が破れると酸味のある臭いの汁液が漏出した。病斑上には白色の菌糸がまん延し、やがて病斑上の白色菌糸の表面には黒色小粒状の胞子のうを多数形成した。罹病果実から得られた単孢子分離菌株Rh-9701sはPDA培地上で空中を伸びる無隔壁のほふく菌糸と分岐の多い仮根を形成しながら、迅速に生育した。仮根の反対側には数本の胞子のう柄が真直に伸長し、胞子のうは胞子のう柄の先端部に形成された。胞子のうが成熟すると容易に破れ、内部に形成された無数の胞子のう胞子が離脱分散した。胞子のう胞子は有角亜球～広楕円形、褐色、単細胞で表面全体に細い稜線状隆起が認められた。単孢子分離菌株Rh-9701sと *Rhizopus stolonifer* (Ehrenberg: Fries) Vuillemin var. *stolonifer* の保存菌株MAFF 305786との対峙培養によって、黒色、亜球形の接合胞子の形成が認められた。以上の形態的特徴等から、本菌株を *R. stolonifer* var. *stolonifer* と同定した。分離菌株の病原性を確認するため、異なる生育ステージのナシ果実に対する接種試験を行った結果、未熟な幼果では、有傷および無傷接種のいずれの場合も発病は全く認められなかった。一方、成熟した果実では、無傷接種では発病は認められなかったが、有傷接種では病徴が再現され、病斑部から接種菌が再分離された。本菌によるナシ病害は本邦未記録であったため、病名をナシ黒かび病 (英名: *Rhizopus* rot of Japanese pear) と命名した。

3. *Pestalotiopsis* spp. によるカキ葉枯病

1996年6月に、鳥取県内に栽植されたカキ ‘富有’ および ‘西条’ において、幼葉と幼果のヘタに斑点病斑を生じる病害が発生した。はじめ硬化した葉と幼果のヘタに小黒点病斑が認められ、病斑が次第に拡大して不正円形～多角形で赤褐色となり、周縁が黒褐色で健全部との境界が明瞭な病斑が形成された。病斑部の表面には黒色小粒状の分生子層を多数生じた。罹病葉の病勢が進むと、葉面積の半分以上まで赤褐色の病斑が拡大し、早期落葉を引き起こした。幼果の果面や枝に病徴は認められな

かった。葉や幼果のヘタの病斑部から得られた*Pestalotiopsis*属（以下、*Ps.*）菌を単孢子分離し、分生子の形態観察を行った結果、分生子の大きさ、付属糸の長さおよび太さ、中央有色3細胞の色調などに違いが認められた。各分離菌株の分生子の形態的特徴等から、各菌株を*Ps. glandicola* (Castagne) Steyaert (KDL-8およびES-1), *Ps. longiseta* (Spegazzini) Dai & Kobayashi (KOL-10), *Ps. acaciae* (Thümen) Yokoyama & Kaneko (KH-1) および*Ps. crassiuscula* Steyaert (TN-3) と同定した。カキ‘富有’の成葉を付傷し、各菌株の孢子懸濁液を噴霧接種した結果、供試した各分離菌株は、いずれも有傷部位から病斑の形成が認められ、病斑部から接種菌が再分離された。*Pestalotiopsis*属および*Pestalotia*属（以下、*Pa.*）菌によるカキ病害は、*Pa. diospyri* H. & P. Sydow, *Ps. breviseta* (Saccardo) Steyaert, *Ps. guepini* (Desmazières) Steyaert および*Ps. longiseta*によるカキ葉枯病, *Ps. theae* (Sawada) Steyaertによるカキ輪紋葉枯病が記録されている。本研究で新たに*Ps. glandicola*, *Ps. acaciae*および*Ps. crassiuscula*の病原性が立証されたが、これらの病原菌によるカキの病徴は既報の病原菌による病徴との区別が困難と考えられたため、これらをカキ葉枯病（英名：leaf spot of Japanese persimmon）の病原に追加した。

4. *Nectria cinnabarina*によるカキ紅粒がんしゅ病

2005年1月に、鳥取県内の圃場に栽植されたカキ‘西条’において、枝幹部に鮮やかな紅色の小粒を無数に形

成し、枝枯れや胴枯れなどを引き起こす病害が発生した。枝幹部の病斑はやや不明瞭であったが、発病部位は剪定箇所を中心とした枯れ込み部分、枝の有傷部や裂け目などの周辺に認められた。病斑上には、晩秋期に気温が低下すると、紅色で小粒状の分生子褥上に形成された分生子の塊が形成され、時間の経過とともに鮮やかな紅色となった。分生子褥は子座と分生子柄から成り、無色、単胞、長楕円形の分生子を形成した。また、分生子褥の周辺に赤褐色で球状の子のう殻の形成が認められた。子のう殻内には、多数の子のうと糸状体が充満しており、降雨などで膨潤すると子のう殻頂部の殻孔より、これらが溢出した。子のうは一重壁、円筒形～棍棒状、通常8個の子のう胞子を内包した。子のう胞子は、楕円形、無色、2細胞であった。以上の形態的特徴等から、本菌を*Nectria cinnabarina* (Tode: Fries) Friesと同定した。ポット栽培のカキ‘富有’および‘西条’に本菌の単子のう胞子分離菌株SA001を有傷接種した結果、接種後約1か月経過した時点で接種部位の周辺の樹皮に亀裂が生じ、やや陥没した病斑を形成した。接種後約7か月経過すると、接種部位の周辺に自然発病のものと同一の分生子褥の形成が認められた。形成された病斑部からは接種菌が再分離された。本研究によって、*N. cinnabarina*の病原性が立証されたが、本菌によるカキ病害は本邦未記録であったため、病名をカキ紅粒がんしゅ病（英名：coral spot, twig canker, または*Nectria* twig blight）と命名した。

謝 辞

本研究の実施および本論文を草するにあたり、鳥取大学農学部教授 尾谷 浩博士には種々有意義な御指導、貴重な御助言と暖かい激励を賜り、かつ本稿の御校閲の労を執っていただいた。ここに謹んで深甚なる感謝の意を表す。

本研究を遂行するにあたり、島根大学生物資源科学部教授 荒瀬 榮博士、山口大学農学部教授 田中秀平博士、鳥取大学農学部教授 前川二太郎博士、鳥取大学農学部教授 児玉基一朗博士には有益な御助言と本稿の御校閲を賜った。ここに厚く御礼申し上げる。

また、酵母様菌の同定および新種報告のためのラテン語記載に関する御指導をいただいた元 山口大学農学部教授 勝本 謙博士および元 理化学研究所 中瀬 崇博士、*Rhizopus*属菌の同定に関する御指導と御助言をいただいた独立行政法人 農業生物資源研究所 佐藤豊三博士および鳥取大学農学部教授 中島廣光博士、*Pestalotiopsis*属菌の同定に関する御指導をいただいた東京農業大学嘱託教授 小林享夫博士、ナシ果実表皮構造の透過型電子顕微鏡観察を御指導いただいた神戸大学大学院農学研究科教授 朴 杓允博士、ナシ果実表皮構造の光学顕微鏡観察を御指導いただいた鳥取大学農学部教授 田村文男博士の上記各位に衷心より深謝の意を表す。

さらに、鳥取大学名誉教授 田辺賢二博士、独立行政法人 農業環境技術研究所 石井英夫博士、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 中村 仁博士、三重大学生物資源学部准教授 中島千春博士、石川県立大学助教 田中栄爾博士には種々の実験手法に関する懇切丁寧な御指導と貴重な御助言をいただいた。元 鳥取大学農学部（現 独立行政法人 国際農林水産業研究センター）赤松 創博士、同（現 鳥取大学 産学・地域連携推進機構）山岸大輔博士には共同研究者として塩基配列解析に御協力いただいた。元 岡山県立農業総合研究センター農業試

験場（現 JA全農岡山県本部）那須英夫博士、岡山県立農業総合研究センター農業試験場 井上幸次博士には貴重な菌株を分譲していただき、本研究遂行の御助言を賜った。千葉県農林総合研究センター 梅本清作博士、元 長野県南信農業試験場（現 長野県農業試験場）江口直樹氏、兵庫県立農林水産技術総合センター 神頭武嗣博士、岡山県農業総合センター農業試験場 川口 章博士、元 鳥取県農林総合研究所園芸試験場弓浜砂丘地分場（現 鳥取県立農業大学校）白岩裕隆博士には有益な御助言と学位取得に向けて終始激励をいただいた。上記の方々に対し、ここに記して深く拝謝する次第である。

本研究中に在任された元 鳥取県園芸試験場 場長 内田正人博士、同（現 鳥取二十世紀梨記念館 館長）井上耕介氏、鳥取県農林総合研究所園芸試験場 場長 齊藤 哲氏、同 次長 村田謙司氏には研究の遂行にあたって特段の御配慮と御鞭撻を賜った。元 鳥取県果樹野菜試験場 場長 宇田川英夫博士、元 鳥取県園芸試験場 環境研究室 室長 故 谷口達雄氏、同（現 鳥取県中部総合事務所農林局東伯農業改良普及所）渡辺博幸氏、同（現 鳥取県農林総合研究所企画総務部）伊澤宏毅博士、鳥取県西部総合事務所農林局米子農業改良普及所 佐古 勇博士には試験成績の取りまとめや本論文の執筆などで御助言いただいた。また、前 鳥取県農林総合研究所園芸試験場 環境研究室 室長（現 鳥取県農林水産部農政課）岡山裕志氏には、本論文の取りまとめに際し、終始適切な御指導ならびに職務全般に御配慮をいただいた。さらに、鳥取県園芸試験場（現 鳥取県農林総合研究所園芸試験場）の各研究員、各農業技手および各非常勤職員、鳥取県内の各農業改良普及所職員、JA全農鳥取県本部職員、各JAの営農指導員および現地試験を実施させていただいた園地の生産者には各種調査での御協力と御支援をいただいた。これら各位に改めて厚く感謝の意を表す。

引用文献

- 新居直祐 (1991). 新果樹園芸学. pp. 35-51, 朝倉書店, 東京.
- Barron, G.L. (1968). The Genera of Hyphomycetes from Soil. pp. 208-210, The Williams and Wilkins Co., Baltimore.
- Begerow, D., Bauer, R., and Boekhout, T. (2000). Phylogenetic placements of ustilaginomycetous anamorphs as deduced from nuclear LSU rDNA sequences. Mycol. Res. 104: 53-60.
- Begerow, D., Bauer, R., and Oberwinkler, F. (2002). The Exobasidiales: an evolutionary hypothesis. Mycol. Prog. 1: 187-199.
- Boekhout, T. (1991). A revision of ballistoconidia-forming yeast and fungi. Stud. Mycol. 33: 1-194.
- Boekhout, T. (1995). *Pseudozyma* Bandoni emend. Boekhout, a genus for yeast-like anamorphs of Ustilaginales. J. Gen. Appl. Microbiol. 41: 359-366.
- Boekhout, T., Theelen, B., Houbraken, J., Robert, V., Scorzetti, G., Gafni, A., Gerson, U., and Sztejnberg, A. (2003). Novel anamorphic mite-associated fungi belonging to the Ustilaginomycetes: *Meira geulakonigii* gen. nov., sp. nov., *Meira argovae* sp. nov. and *Acaromyces ingoldii* gen. nov., sp. nov. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 53: 1655-1664.
- Chang, T.H., Lim, T.H., Chung, B.K., Kim, B.S., and Shim, H.K. (1996). Occurrence of leaf blight on sweet persimmon tree by *Pestalotiopsis theae*. Korean J. Plant Pathol. 12: 377-379.
- Cunningham, G.H. (1922). Coral-spot, *Nectria cinnabarina* (Tode) Fries. A wound-parasite of fruit-trees. NZ Jour. Agric. 25: 354-359.
- Cavalier-Smith, T. (1981). Eukaryote kingdoms: seven or nine? Biosystems 14: 461-481.
- Cavalier-Smith, T. (1993). Kingdom protozoa and its 18 phyla. Microbiol. Rev. 57: 953-994.
- Cavalier-Smith, T. (2002). The phagotrophic origin of eukaryotes and phylogenetic classification of Protozoa. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 52: 297-354.
- 臺 喜吉・木村 茂・後藤正昭・小林享夫 (1990). 輸入検疫中の米国産キイチゴに発生した枝枯症状とその病原菌. 植防研報 26: 1-6.
- de Hoog, G.S. (1979). The black yeasts, II *Moniliella* and allied genera. Taxonomic review of *Moniliella*, *Trichosporonoides* and *Hyalodendron*. Stud. Mycol. 19: 1-36.
- de Notaris, G. (1839). *Micromycetes italici velminus cogniti*, Taurini. Dec. Secundas Mem. Reale Accad. Sci. Torino 3: 69-82.
- Diddens, H.A. (1934). Eine neue Pilzgattung, *Hyalodendron*. Zentbl. Bakt. ParasitKde. Abt. II 90: 315-319.
- Domsch, K.H. and Gams, W. (1980). Compendium of Soil Fungi. Vol. 1. pp. 707-709, IHW-Verlag, Eching.
- 江塚昭典・安藤康雄 (1994). チャの病害. pp. 210-239, 日本植物防疫協会, 東京.
- 遠藤保太郎 (1929). 桑樹病理学. pp. 139-143, 明文堂, 東京.
- Fell, J.W., Boekhout, T., Fonseca, A., Scorzetti, G., and Stätzell-Tallman, A. (2000). Biodiversity and systematics of basidiomycetous yeasts as determined by largesubunit rDNA D1/D2 domain sequence analysis. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 50: 1351-1371.
- Fell, J.W. and Scorzetti, G. (2004). Reassignment of the basidiomycetous yeasts *Trichosporon pullulans* to *Guehomyces pullulans* gen. nov., comb. nov. and *Hyalodendron lignicola* to *Trichosporon lignicola* comb. nov. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 54: 995-998.
- Felsenstein, J. (1985). Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. Evolution 39: 783-791.
- Guba, E.F. (1961). Monograph of *Monochaetia* and *Pestalotia*. 342p, Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.
- Guého, E., Improvisi, L., Christen, R., and de Hoog, G.S. (1993). Phylogenetic relationships of *Cryptococcus neoformans* and some related basidiomycetous yeasts determined from partial large subunit rRNA sequences. Antonie van Leeuwenhoek 63: 175-189.
- 浜屋悦次・堀川知廣 (1982). *Pestalotia longiseta* Spegazziniによるチャ輪斑病. 茶技研 62: 21-27.
- 林 真二 (1960). 果樹栽培生理新書 梨. pp. 237-256, 朝倉書店, 東京.
- 林 真二・田辺賢二 (1991). くだものつくりの基礎. pp.

- 150-164, 鳥取県果実農業協同組合, 鳥取.
- Henninger, W. and Windisch, S. (1975). A new yeast of *Sterigmatomyces*, *S. aphidis* sp. n. Arch. Microbiol. 105: 49-50.
- Hickey, K.D. (1990). Nectria twig blight. In Compendium of Apple and Pear Diseases. (Jones, A.L. and Aldwinckle, H.S., eds.), p. 35, APS Press, St. Paul, MN.
- 日野隆之 (1962). カキ葉枯病の病原菌. 植物防疫 16: 287-288.
- 平田尚美 (1987). 果樹園芸. pp. 91-114, 文永堂出版, 東京.
- 池上八郎 (1983). 植物糸状菌の防除 (6). 農及園 58: 951-955.
- 井上幸次・安井淑彦・那須英夫 (2007). ナシ汚果病の発生環境と防除対策. 植物防疫61: 508-510.
- 伊澤宏毅 (1999). ナミハダニによるナシ果面障害果の発生. 応動昆 43: 97-99.
- 柿 眞 (2001). 生物 8 界説にもとづく菌類の分類. 植物防疫 55: 376-381.
- 加藤作美・深谷富夫・山王丸雅子 (1976). ナシ紅粒がんしゅ病 - 秋田県における発生の概要と二, 三の知見. 東北農業研究18: 205-207.
- 唐津達彦・福原宏行・野崎 匠 (2003). *Pestalotiopsis glandicola* (Castagne) Steyaertによるカキ果実黒ずじ症状の発生. 近畿中国四国農研 2: 72-76.
- Keith, L.M., Velasquez, M.E., and Zee, F.T. (2006). Identification and characterization of *Pestalotiopsis* spp. causing scab disease of guava, *Psidium guajava*, in Hawaii. Plant Dis. 90: 16-23.
- Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. J. Mol. Evol. 16: 111-120.
- 木曾 皓 (1994). 植物防疫基礎講座 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル (6) 野菜類灰色かび病菌. 植物防疫 48: 42-46.
- 小林享夫 (2006). カラー版 植物病原アトラス 目でみるウイルス・細菌・菌類の世界 (米山勝美ほか編). pp. 78-84, ソフトサイエンス社, 東京.
- 壽 和夫・真田哲朗・西田光夫・藤田晴彦・池田富喜夫 (1992). ニホンナシ新品種'ゴールド二十世紀'. 生物研報 7: 105-120.
- 工藤 晟 (1978). ニホンナシの紅粒がんしゅ病. 果樹試報 A 5: 73-90.
- 工藤 晟・青葉幸一 (1990). 市場病害ガイドブック (田中寛康 編). pp. 55-86, 日本植物防疫協会, 東京.
- 久能 均 (1998). 新編 植物病理学概論. pp. 1-22, 養賢堂, 東京.
- 松尾綾男・神納 浄・宇津敏夫 (1970). イチジク黒かび病の発生と防除に関する試験. 兵庫農試研報 18: 103-106.
- 松尾 平 (1958). 梨「尻黒」の防除法. 農及園 33: 43-46.
- 三浦小四郎・宮下忠博・村石正夫 (1974). 二十世紀ナシの「雨やけ」(収穫期における果皮障害)に関する研究. 長農総南信試報 1: 20-36.
- 三浦宏一郎 (1978). 菌類図鑑 (上). pp. 300-301, 講談社, 東京.
- 桃沢匡勝 (1954). 梨廿世紀の栽培に対する二三の問題 (4). 農及園 29: 509-512.
- 村田謙司・北川健一・増田哲男・井上耕介・壽 和夫・内田正人・長柄 稔・吉岡藤治・田平弘基・渡辺博幸・吉田 亮 (1994). ガンマ線の急照射によるナシ黒斑病耐病性突然変異体の選抜. 園学雑 62: 701-706.
- 村田壽太郎 (1915). 柿の病害と防除法. 農業国 9 (10): 30-35.
- Nag Raj, T.R. (1993). Coelomycetous Anamorphs with Appendage-Bearing Conidia, 1101p, Mycologue Publications, Waterloo.
- 中村三夫 (1987). 果樹園芸. pp. 114-132, 文永堂出版, 東京.
- 難波成任・堀江博道・西尾 健 (2008). 植物医科学 上. pp. 1-30, 養賢堂, 東京.
- 那須英夫・中桐 昭 (1997). 岡山県に発生したナシ汚果病の病原菌. 岡山農試研報 15: 25-30.
- 那須英夫 (1998). *Stenella*属菌によるセイヨウナシ汚果病 (新称). 岡山農試研報 16: 7-12.
- 日本植物病理学会編 (2000). 日本植物病名目録. 857p, 日本植物防疫協会, 東京.
- 新田浩通 (1997). イチジク成熟果の腐敗防止に関する研究. 第1報 水浸状腐敗果の発生における果実の熟度, 温度と湿度条件, 薬剤散布及び袋かけの影響. 広島農技セ研報 65: 17-26.
- 野島友雄 (1928). 柿の葉枯病を起因する「ベスタロッチア」菌の二種類に就いて (予報). 病虫雑 15: 85-91.
- Obenauf, G.L., Ogawa, J.M., Ler, M., and Frate, C.A. (1982). Fungicide control of molds that attack caprifigs. Plant Dis. 66: 566-567.
- O'Donnell, K. (1993). *Fusarium* and its near relatives. In The Fungal Holomorph: Mitotic, Meiotic, and

- Pleomorphic Speciation in Fungal Systematics. (Reynolds, D.R. and Taylor, J.W., eds.), pp. 225-236, CAB International, Wallingford.
- Ogawa, J.M., Mathre, J.H., Weber, D.J., and Lyda, S.D. (1963). Effects of 2,6-dichloro-4-nitroaniline on rhizopus species and its comparison with other fungicides on control of rhizopus rot of peaches. *Phytopathology* 53: 950-955.
- 大崎 守・松尾 平・古賀次雄 (1956). 梨廿世紀の果皮の色沢に関する研究 (第1報). 九州農業研究 17: 94-95.
- 大崎 守・松尾 平 (1958). 梨廿世紀の果皮の色沢に関する研究 (第2報). 九州農業研究 20: 82-84.
- Page, R.D.M. (1996). TREEVIEW: an application to display phylogenetic trees on personal computers. *Comput. Appl. Biosci.* 12: 357-358.
- Paz, Z., Gerson, U., Szejnberg, A. (2007a). Assaying three new fungi against citrus mites in the laboratory, and a field trial. *Biocontrol* 52: 855-862.
- Paz, Z., Burdman, S., Gerson, U., Szejnberg, A. (2007b). Antagonistic effects of the endophytic fungus *Meira geulakonigii* on the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora*. *J. Appl. Microbiol.* 103: 2570-2579.
- Saccardo, P.A. (1884). *Sylloge fungorum omnium hucusque cognitorum* III. 860p, Sumptibus auctoris, Patavii.
- 貞松光男・実松孝明 (1983). ナシの汚れ果病 (新称) の発生実態ならびに病原について. 佐賀果試報 8: 79-91.
- Saitou, N. and Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 4: 406-425.
- 佐久間勉・高村尚武・落合政文・小林 正・阿部恭久・田中寛康・高梨和雄 (1993). ニホンナシに発生するヒボキシロン幹腐病 (新称) と萎縮病. 果樹試報 24: 45-59.
- Schipper, M.A.A. (1984). A revision of the genus *Rhizopus*. The *Rh. stolonifer* group and *Rh. oryzae*. *Stud. Mycol.* 25: 1-19.
- 塩田あずさ・金子洋平・中村 仁・安田文俊・押田正義 (2008). ナシ萎縮病樹から分離された *Phellinus* 属菌の接種による萎縮症状の発生. 日植病報74: 37 (講要).
- Snowdon, A.L. (1990). A Color Atlas of Post-harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables, Vol. 1. 302p, Wolfe Scientific Ltd., London.
- Steyaert, R.L. (1949). Contribution a l'etude monographique de *Pestalotia* de Not. et *Monochaetia* Sacc. *Bull. Jard. Bot. Brux.* 19: 285-358.
- Steyaert, R.L. (1953). New and old species of *Pestalotiopsis*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 36: 81-89.
- Sugita, T., Cañete-Gibas, C.F., Takashima, M., and Nakase, T. (1999). Three new species of *Bullera* isolated from leaves in the Ogasawara Islands. *Mycoscience* 40: 491-501.
- 杉田 隆・西川朱實 (2004). DNA塩基配列解析による病原真菌の分類・同定. 真菌誌 45: 55-58.
- Suto, Y. and Kobayashi, T. (1993). Taxonomic studies on the species of *Pestalotiopsis*, parasitic on conifers in Japan. *Trans. Mycol. Soc. Jpn.* 34: 323-344.
- 周藤靖雄・小林享夫 (1995). 針葉樹のペスタロチア病 (I) 病原菌の分類. 森林防疫44: 70-78.
- Sutton, B.C. (1980). *The Coelomycetes. Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata.* 696p, Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Szejnberg, A., Paz, Z., Boekhout, T., Gafni, A., and Gerson, U. (2004). A new fungus with dual biocontrol capabilities: reducing the numbers of phytophagous mites and powdery mildew disease damage. *Crop Protect.* 23: 1125-1129.
- 田口義広・渡辺秀樹・秋田 滋・百町満朗 (2001). カキの軟化腐敗症の発生原因と防除. 日植病報67: 33-41.
- 高橋幸吉・小林享夫 (1998). マツ類およびアカエゾマツの植木に発生したペスタロチア葉枯病. 樹木医学研究 2: 9-15.
- 高橋幸吉・小林享夫 (1999). マツ類の植木に発生したペスタロチア葉枯病 (続報). 樹木医学研究 3: 21-30.
- 棚橋 恵・根津 潔・山口吉博 (2000). カキ果実のくぼみ及び芯黒果 (通称) の発生とその原因. 日植病報 66: 98 (講要).
- Tanaka, E., Shimizu, K., Imanishi, Y., Yasuda, F., and Tanaka, C. (2008). Isolation of basidiomycetous anamorphic yeast-like fungus *Meira argovae* found on Japanese bamboo. *Mycoscience* 49: 329-333.
- 田中寛康 (1977). 青梨の汚れ果. 今月の農業 21 (6): 70-73.
- 田中寛康 (1990). 市場病害ガイドブック (田中寛康 編).

- pp. 1-3, 日本植物防疫協会, 東京.
- 田中寛康 (1995). 植物病理学事典 (日本植物病理学会編). pp. 650-654, 養賢堂, 東京.
- Thomas, H.E. and Burrell, A.B. (1929). A twig canker of apple caused by *Nectria cinnabarina*. *Phytopathology* 19: 1125-1128.
- Thompson, J.D., Higgins, D.G., and Gibson, T.J. (1994). CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acid Res.* 22: 4673-4680.
- 富樫浩吾 (1950). 果樹病害. pp. 39-40, 朝倉書店, 東京.
- 富岡啓介 (2005). 菌類による花卉・野菜の新病害の立証と診断. 近中四農研セ研報 5 : 91-187.
- 鳥取農試果樹分場 (1952). 二十世紀梨の所謂「空袋」と「ボタ腐れ」について. 因伯之果樹 6 (11) : 7-10.
- Tuset, J.J., Hinarejos, C., and Mira, J.L. (1999). First report of leaf blight on sweet persimmon tree by *Pestalotiopsis theae* in Spain. *Plant Dis.* 83: 1070.
- 渡辺秀樹・田口義広・秋田 滋 (2000). カキの軟化腐敗から分離される *Pestalotiopsis* 属菌. 日植病報66 : 98 (講要).
- 渡辺秀樹・田口義広 (2001). カキ果実軟腐病 (仮称) の発生と防除. 植物防疫55 : 307-310.
- Wells, J.M. and Harvey, J.M. (1970). Combination heat and 2,6-dichloro-4-nitroaniline treatments for control of rhizopus rot and brown rot of peaches, plums and nectarines. *Phytopathology* 60: 116-120.
- Whittaker, R.H. (1969). New concepts of kingdoms of organisms. Evolutionary relations are better represented by new classifications than by the traditional two kingdoms. *Science* 163: 150-160.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S., and Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In* PCR Protocols, a Guide to Methods and Applications. (Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. and White, T.J., eds.), pp. 315-322, Academic Press, San Diego.
- 山本 淳 (2002). *Pestalotiopsis* 属菌によるカキの汚損果の発生. 日植病報68 : 80 (講要).
- Yarrow, D. (1998). Methods for the isolation, maintenance and identification of yeasts. *In* The Yeasts, a Taxonomic Study, 4th Edn. (Kurtzman, C.P. and Fell, J.W., eds.), pp. 77-100, Elsevier, Amsterdam.
- 安田文俊・佐藤豊三・渡辺博幸 (1999a). *Rhizopus stolonifer* var. *stolonifer* によるナシ黒かび病 (新称). 日植病報65 : 376 (講要).
- 安田文俊・渡辺博幸・佐藤豊三 (1999b). ナシ黒かび病 (新称) の発生生態と防除対策. 植物防疫53 : 257-260.
- Yasuda, F., Kobayashi, T., Watanabe, H., and Izawa, H. (2003). Addition of *Pestalotiopsis* spp. to leaf spot pathogens of Japanese persimmon. *J. Gen. Plant Pathol.* 69: 29-32.
- 安田文俊・山岸大輔・赤松 創・伊澤宏毅・児玉基一郎・尾谷 浩 (2005a). 担子菌系酵母様菌 *Acaromyces ingoldii* および *Meira* sp. によるナシ汚果病 (病原追加). 日植病報71 : 156-165.
- 安田文俊・中村 仁・辻 雅人・押田正義・大谷 徹・伊澤宏毅 (2005b). ナシ萎縮病発病樹から分離された糸状菌の形態学的観察と rDNA 部分塩基配列を用いた系統解析. 日植病報71 : 220 (講要).
- Yasuda, F., Yamagishi, D., Akamatsu, H., Izawa, H., Kodama, M., and Otani, H. (2006). *Meira nashicola* sp. nov., a novel basidiomycetous, anamorphic yeastlike fungus isolated from Japanese pear fruit with reddish stain. *Mycoscience* 47: 36-40.
- 安田文俊・山岸大輔・伊澤宏毅・児玉基一郎・尾谷 浩 (2007a). 担子菌系酵母様菌 *Meira geulakonigii* および *Pseudozyma aphidis* によるナシ汚果病 (病原追加). 日植病報73 : 166-171.
- Yasuda, F. and Izawa, H. (2007b). The occurrence of coral spot of Japanese persimmon caused by *Nectria cinnabarina* (Tode: Fries) Fries. *J. Gen. Plant Pathol.* 73 : 405-407.
- 米山寛一 (2001). 梨の来た道 アジア浪漫紀行. pp. 1-161, 鳥取県立二十世紀梨記念館, 鳥取.

Summary

Fruit tree crops have been cultivated in whole area of Tottori Prefecture, Japan. Especially Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai var. *culta* Nakai, syn. *P. serotina* Rehder var. *culta* Rehder) and persimmon (*Diospyros kaki* Thunberg) are the most important agricultural products economically. In recent years, several kinds of new diseases occurred on these fruit tree crops. This study was undertaken to verify the new diseases occurred on Japanese pear and persimmon and identify the causal pathogens.

1. Fruit stain of Japanese pear caused by basidiomycetous yeastlike fungi

Since around 2001, fruit stain disease on Japanese pear cvs. Nijisseiki and Gold Nijisseiki has occurred frequently in Tottori Prefecture, Japan. The typical symptom of the disease was a reddish stain on the fruit surface accompanied by a fusty smell. In severe cases, the wilt of fruits appeared few days later harvesting. Several kinds of yeastlike fungi acropetally sporulating of blastoconidia or polar budding cells on an acropetal rachis were observed on the lesions of the diseased fruits. Morphologically different four species of yeastlike fungi were isolated from diseased fruits along with several kinds of filamentous fungi. Based on morphological and physiological characteristics and partial sequence analyses of rDNA, the isolates of basidiomycetous yeastlike fungi were identified as *Acaromyces ingoldii* Boekhout, Scorzetti, Gerson & Szejnberg (PFS 007), *Meira* sp. (PFS 002), *Meira geulakonigii* Boekhout, Scorzetti, Gerson & Szejnberg (PFS 014), and *Pseudozyma aphidis* (Henninger & Windisch) Boekhout (PFS 037), respectively. Moreover, based on conventional and chemo-taxonomic studies and molecular phylogenetic analyses of rDNA, the isolate PFS 002 was speculated as a new species of the genus *Meira*, and the name *Meira nashicola* F. Yasuda & H. Otani, sp. nov. was proposed for the strain (type strain PFS 002=MAFF 230028=CBS 117161). These four species of the basidiomycetous yeastlike fungi produced reddish stain on the surface of matured fruits of Japanese pear cv. Gold Nijisseiki by the inoculation of spore suspension in the young fruit stage,

and were reisolated successfully from the diseased fruits. Because *Alternaria* sp., *Hyalodendron* sp., *Phomopsis* sp. and *Stenella* sp. have already been recorded as the causal pathogens of Japanese pear fruit stain, it was proposed to add current *A. ingoldii*, *M. nashicola*, *M. geulakonigii*, and *P. aphidis* in the pathogens of fruit stain of Japanese pear (*Yogorekabyô* in Japanese). Besides, *Hyalodendron* sp. previously reported as the cause of Japanese fruit stain was correctly identified as *A. ingoldii* from the results of partial sequence analyses of rDNA in this study.

2. Rhizopus rot of Japanese pear caused by *Rhizopus stolonifer* var. *stolonifer*

In September 1997, fruit rot of Japanese pear cv. Nijisseiki was found in Kyoto Prefecture, Japan. The typical symptom was a soft brown rot, and the lesion enlarged rapidly. When a skin covering the lesion was ruptured, juices with sour odour leaked out. White mould strands were formed on lesions and gave rise to white globular spore-heads which later turn black. The colony of the monoconidial isolate Rh-9701s grew rapidly on PDA media producing hyaline aseptate stolons and well developed rhizoids. Numbers of sporangiophores elongated straightly on the opposite side of a rhizoid. Sporangia were produced on the terminal of sporangiophores. Angular-globose to oval, pale brown, unicellular sporangiospores were formed on the face of sporangia. Black, warted zygospores were produced in the dual culture with the compatible isolate MAFF 305786 of *R. stolonifer* (Ehrenberg: Fries) Vuillemin var. *stolonifer*. Based on morphological characteristics, the isolate Rh-9701s was identified as *R. stolonifer* var. *stolonifer*. Pathogenicity of the isolates of *R. stolonifer* var. *stolonifer* against mature fruits of Japanese pear was confirmed by the wounded-inoculation, and the inoculated fungus was reisolated successfully from the diseased fruits. Because the disease of Japanese pear caused by *R. stolonifer* var. *stolonifer* was unknown in Japan, Rhizopus rot of Japanese pear (*Kurokabi-byô* in Japanese) was proposed as the disease name.

3. Leaf spot of Japanese persimmon caused by *Pestalotiopsis* spp.

In June 1996, leaf spot disease on Japanese persimmon occurred in Tottori Prefecture, Japan. Early symptom was ring spot on the leaves and the calyxes of young fruits. Small black spots (1–3 mm in diameter) appeared initially and then gradually enlarged changing to auburn or grayish brown circular ring spots with a black border. Small, black acervular conidiomata were visible on the surface of the lesions. In severe cases, lesions developed on more than half area of the diseased leaf, resulting in early defoliation. No symptom was seen on the surface of young fruits and twigs. The monoconidial isolates of *Pestalotiopsis* (*Ps.*) spp. obtained from the lesions were different in terms of the size of conidia, length and thickness of the apical appendages, and color of three median cells. Based on morphological characteristics, the isolates were identified as *Ps. longiseta* (Spegazzini) Dai & Kobayashi (KOL-10), *Ps. glandicola* (Castagne) Steyaert (KDL-8 and ES-1), *Ps. acaciae* (Thümen) Yokoyama & Kaneko (KH-1) and *Ps. crassiuscula* Steyaert (TN-3). Pathogenicity of the each isolate of *Pestalotiopsis* spp. against mature leaves of Japanese persimmon was confirmed by the wounded-inoculation, and the each inoculated fungus was reisolated successfully from the developed lesions. Several species of the genus *Pestalotiopsis* and the genus *Pestalotia* (*Pa.*) have been already reported as the pathogens of Japanese persimmon in Japan. *Pa. diospyri* H. & P. Sydow, *Ps. breviseta* (Saccardo) Steyaert, *Ps. guepini* (Desmazières) Steyaert, and *Ps. longiseta* are known as pathogens of leaf spot of Japanese persimmon. In addition, *Ps. theae* (Sawada) Steyaert also has been reported to cause leaf blight of Japanese persimmon. Because symptoms of *Ps. glandicola*, *Ps. acaciae* and *Ps. crassiuscula* confirmed by the pathogenicity in this study was not able to distinguish from those of other *Pestalotiopsis* and *Pestalotia* spp. previously reported, *Pestalotiopsis* spp. identified in this study were proposed to add in the pathogens of leaf spot of Japanese persimmon (*Hagare-byô* in Japanese).

4. Coral spot of Japanese persimmon caused by *Nectria cinnabarina*

In January 2005, a twig canker disease on Japanese persimmon with characteristic coral spots was found in Tottori Prefecture, Japan. Early symptom of the disease was small sunken cankers around pruning stubs, wounds of twigs or crevices of branches. After development of the cankers, small bright pink pustules erupted through the bark or dead pruning stubs in the late autumn. They were pinkish at first, and then became darker with age. The pustules were spherical, cushion-shaped sporodochia, which produced conidia in profusion. Sporodochia consisted of stromata and conidiophores bearing single, ellipsoidal, hyaline conidia. On older cankers, small, globose, dark-red perithecia, which contained a mass of clavate asci were produced on the stromata densely. Each perithecium had a small pore (ostiole), and contained numerous clavate asci, immixed slender paraphyses. Each ascus contained eight, one-septate, colorless ascospores, which are elliptical and elongate, with obtuse ends. Based on morphological characteristics, the fungus observed on the lesions of a twig canker disease of Japanese persimmon was identified as *Nectria cinnabarina* (Tode: Fries) Fries. Mycelium plugs of the monoconidial isolate SA001 of *N. cinnabarina* obtained from the lesion were inoculated on fresh pruning stubs of potted trees of Japanese persimmon cvs. Fuyu and Saijyo. Sunken cankers with crack of the bark developed slowly in the growing season. A mass of bright colored sporodochia, similar to those occurred naturally on the cankers of diseased Japanese persimmon were observed on the inoculated regions after 7 months later. The inoculated fungus was reisolated successfully from the developed lesions. Because a twig canker disease of Japanese persimmon caused by *N. cinnabarina* was unknown in Japan, it was proposed to name coral spot (alternatively twig canker or *Nectria* twig blight) of Japanese persimmon (*Kôryûgansyu-byô* in Japanese).

鳥取県農林総合研究所園芸試験場特別報告第2号

平成21年6月 印刷

平成21年6月 発行

発行 鳥取県農林総合研究所園芸試験場
鳥取県東伯郡北栄町由良宿

印刷 勝美印刷株式会社
鳥取県東伯郡湯梨浜町はわい長瀬818-1