

北陸地域における畑・園芸作物の疫病と生物防除

岡 本 博

Hiroshi OKAMOTO:

Studies on *Phytophthora* diseases of horticultural and upland field crops
and their biological control in Hokuriku District

はじめに

北陸地域で被害が発生して問題となった畑・園芸作物の疫病は10種類ほど知られている。その半数は我が国で新たに発生した病害で、その病徴、発生生態、病原菌の同定、防除法等について試験研究が精力的に行われた。いずれの病害も地域特産の作物が主体で、地域の作物振興の推進を図る上で重要であり、その対策が求められた。以下にそれぞれの病害の概要を試験研究が実施された年代順に記述し、その後で根圏細菌を利用した生物防除についても言及した。

マクワウリ疫病 [病原菌: *Phytophthora parasitica*] ^{17,22~24)}

1953年、福井県において最もウリ類栽培の盛んな鯖江市持明寺町で、マクワウリが白色綿毛状の気中菌糸に覆われ、腐敗する病害が発生した。しかもその年の6~7月に降雨が多かったため、その被害は甚大であった。本病は *Phytophthora parasitica* Dastur に起因する病害で、本県では初めて発見された疫病であった。本病原菌は多犯性で、土壌pHが酸性になるにつれて、また土壌水分が多いほど発病が多くなる傾向がみられた。前年栽培跡地から本年栽培地への病原菌の浸入経路としては、排水路や溝の役割が大きく、風をともなった降雨で、本病原菌の胞子を飛散させることも明らかにした。また、敷きわらや高畦などの耕種的対策および薬剤散布による防除効果など、総合的な防除法を確立した。

ラッキョウ白色疫病 (新称) [病原菌: *Phytophthora porri*] ^{5~7,10,26)}

福井県のラッキョウは日本海沿岸の砂丘地帯で栽培され、特産花ラッキョウの製品として知られている。しかし、1957年頃から腐敗病の被害が目立ち、問題視されるようになった。葉の先枯れないし、葉身の葉枯れに始まる葉またはりん茎の腐敗が、中秋から春先にかけての低温期に激しく発生した。病原菌については諸説があり明らかでなかったが、1966年にラッキョウりん茎内に藻菌類の寄生を検出し、分類学的所属について検討を行った結果、1969年に本病原菌を *Phytophthora porri* Foister と

同定した。その後、鳥取、富山、愛知県産の罹病りん茎からも同じ病原菌が検出された。接種試験の結果、ネギ、タマネギ、ニラ、ノビル、ニンニクに対しても病原性が確認された。本邦初発見の病原菌に起因することから、白色疫病と名付けられた。本病原菌は低温性 (発育適温15~20℃) で、傷や気孔から感染し、植え付け時期が遅いほど被害は甚大であった。また石灰類の施用により発病が助長される傾向が認められた。薬剤防除法としては、ダイホルタン剤 (1989年登録失効) を砂で増量して混和し、10月下旬から12月初旬にかけて2回、植え溝に手播散布することでミミナグサの除草効果もあり一石二鳥の効果が得られた。

トマト疫病 [病原菌: *Phytophthora infestans*] ⁹⁾

長野県において、1958年頃ボルドー液散布の励行が唯一の手段であった時期から、新農薬出現による防除薬剤の見直しが行われた。発病直前から7月上・中旬に、重点的に銅水銀剤や有機硫黄剤を散布することで防除効果を確認する事ができた。

ジャガイモ疫病 [病原菌: *Phytophthora infestans*] ²⁵⁾

福井県で、1963年頃にジャガイモの需要の増加傾向によって、端境期の解消ならびに鮮度保持といった面から栽培が増えた秋作ジャガイモに疫病が発生し、その防除法について試験が行われた。秋作の品種間には病原性の差異が認められた。防除薬剤の検討も行われた。

オウレン疫病 (新称) [病原菌: *Phytophthora citrophthora*] ⁸⁾

薬用植物のオウレン栽培は日本海に沿った地域に多く、なかでも福井県は全国生産量の大半を占めていた。比較的腐植質に富み、夏期冷涼な山地において、従来から無肥料で栽培され収穫までは10数年を要していた。しかし、漢方薬ブームと相まって国内需要も増加したことから、有機質肥料の施用や黒寒冷紗被覆により数年で収穫可能となる平地短期栽培法が、水田転換畑を中心に普及し始めた。ところが、1978年ころから地上部葉身が腐敗枯死する病害が発生し始め、次第に山地へと被害が拡

大した。分離菌の形態、生理的性質などから、病原菌を *Phytophthora citrophthora* と同定し、オウレン疫病と命名した。本菌はこれまでアメリカ・カリフォルニア州の柑橘栽培で生産に大被害を与えた病原菌として知られているが、本邦では柑橘とイチジクにおいてのみ発生が報告されており、その寄主範囲は極めて限られていた。にもかかわらず、オウレンに広く発生したことは疫学的にも興味もたれた。その後、互いに苗を交流する事もなく隔離された栽培環境にある兵庫、青森、鳥取の各県でも同一の菌が分離され、伝染経路の解明が求められた。薬草に対する登録薬剤はなく、生薬故の困難さから有効な防除ができず、水田転換畑での短期栽培の試みは本病が原因で次第に姿を消していった。しかし、一時期のブームは過ぎ去ったものの、今なお標高800m近くにあるブナ林での林間栽培では、本病の発生は見られず、従来通りの安定的な栽培が続けられている。

チューリップ疫病 (新称) [病原菌: *Phytophthora cactorum*] ¹²⁻¹⁵⁾

富山県において、1981年5月中旬、球根栽培圃場で品種Golden Melodyなどに、とくに球根養成中の小球の1枚葉株に激発した。病徴は1枚葉では最初地際の葉基部が水浸状を呈し、白色に変色した後、褐変枯死した。しかし、球根の腐敗は認められていない。遊走子嚢 (av. $37.3 \times 28.0 \mu\text{m}$) は、顕著な乳頭突起を有し、蔵卵器 (av. $24.0 \times 33.1 \mu\text{m}$)、蔵精子器 (av. $11.7 \times 11.8 \mu\text{m}$)、卵胞子 (av. 径 $24.1 \mu\text{m}$) を形成し、蔵精子器は主として側着性。CMA培地上での生育温度は $10 \sim 30^\circ\text{C}$ (opt. 25°C) で、チューリップに対して強い病原性を示した。本病は土壌伝染するが、球根での発病や球根伝染は認められない。また、抵抗性に品種間差異が認められた。病原菌の形態的、生理的諸性質から *Phytophthora cactorum* と同定された。接種試験では、数種のアリウム類にも病原性が確認された。本病に対する有効薬剤としてキャプタン・ホセチル水和剤、銅水和剤、ダイホルタン水和剤で予防効果が認められ、キャプタン・ホセチル水和剤は治療効果でも優れていた。

ダイズ茎疫病 [病原菌: *Phytophthora sojae*] ^{2,16,21)}

福井県では、1990年6月に金津町で初めて本病の発生が確認されて以来、福井市、坂井町などで発病を認め、発生面積の増加が懸念された。本病に対する薬剤の種子粉衣による防除効果を検討した結果、リドミルMZ水和剤の1.0%乾粉衣で発病抑制効果があった。1990年以来久しく発生の見られなかった本病が、2001~2002年に多発した。特に2001年は県内の比較的低位で冠水しやすい水田転換畑においてダイズ幼苗に立枯れ症状が多発し、高頻度で疫病菌が分離された。2002年は発生面積が

175ha (発生面積率9.9%) にも拡大した。本菌は、形態、生理的性質、寄生性などから *Phytophthora sojae* と同定したが、レースの検定はまだ残されている。発病の圃場間差異は発病好適条件下で推移していた気温よりも、むしろ降水量の差と圃場における排水状態の良否に原因することが大きいと推察された。2002年には富山県でも水田転換畑で多発し、同じ病原菌が確認されている。なお、水田転換畑への伝染経路については明らかにされていない。

ネギ根腐性疫病 [病原菌: *Phytophthora* spp.] ^{28,29)}

1994年、富山県において、ネギに発生する土壌伝染性病害の発生実態および発生推移について調査が行われた。被害株からは *Fusarium* spp.、*Phytophthora* spp.、*Trichoderma* spp.、*Erwinia carotovora* 等が分離され、それぞれのネギに対する病原性が調べられた。*Fusarium* spp. が強い病原性が示したが、*Phytophthora* spp. は有傷接種で僅かに菌糸侵入が確認される程度であった。収穫期の生存率を高めるための有効薬剤が検討された。

ギョウジャニンニク白色疫病 (新称) [病原菌: *Phytophthora porri*] ^{11,27)}

富山県で、山間地の振興作物としてギョウジャニンニクの養成栽培試験が行われていたが、1995年頃から障害となる病害が発生した。融雪後の3月下旬から、葉に白色ないし灰白色の比較的大きな病斑を形成する。病斑はある程度拡大すると急激に黄化し、特に養成株では被害が著しく、早期に枯死する。しかし、進行しても葉鞘、鱗茎および根での発生は見られなかった。分離菌は無隔膜菌糸で 27°C では伸長せず、生育適温が $15 \sim 20^\circ\text{C}$ と低温性で、形態的特徴などから *Phytophthora porri* Foister と同定された。寄生性については、ギョウジャニンニク他に、タマネギ、ネギ、ニラ、ニンニク、ヒアシンス、チューリップの葉にも病原性が認められた。本邦で未記録の病害で、病名をギョウジャニンニク白色疫病とした。

アスパラガス疫病 (新称) [病原菌: *Phytophthora erythroseptica*] ³⁰⁻³²⁾

1998頃、富山県内のアスパラガス栽培地帯で、春期に不萌芽が多発し問題となった。発病株は crown および根がアメ色に変色し、萌芽茎が地際部を中心に水浸状に腐敗する。PDAやWA培地を用いて患部から菌の分離を行うと、*Fusarium* spp. が多数検出された。一方、同一試料を疫病菌選択培地を用いて分離すると、*Phytophthora* 属菌のみが高率に検出された。分離された *Phytophthora* 属菌をアスパラガスに接種すると病徴が再現された。また、有傷接種ではアスパラガス以外に、トマトとナシの果実にも病原性を示したが、無傷接種では

アスパラガスにのみ強い病原性を示した。遊走子嚢は大きさが32~24 μm で卵~倒洋梨型、乳頭突起をもたず、貫生する。有性器官の形成は同株性で、藏精器は大きさが17~14 μm で底着型。藏卵器は表面が平滑な球形で径31 μm 、卵胞子は径27 μm であった。10~30℃で生育し、適温は20~25℃であった。本病原菌は*Phytophthora* 属菌で、group IV (Waterhouse 1963) に属し、厚膜胞子を形成せず、swellingを形成し、35℃で生育しないことから、*Phytophthora erythroseptica*と同定された。ただし、ジャガイモに病原性を示さず、同一種であるジャガイモ緋色腐敗病菌 (*P. erythroseptica* var. *erythroseptica*) と寄生性の点で異なることから、新しいvarityの可能性が示唆された。防除薬剤として、発病初期にファモキサドン・シモキサニルドライフロアブル、ホセチル水和剤およびメトラキシル粒剤を散布することで高い防除効果が得られた。

根圏細菌を利用した生物防除の問題点と将来展望^{1,3,4,18~20)}

Phytophthora 属菌は運動性を有する遊走子で水媒伝染する病原菌であり、他の病原体に比べ一般に伝搬が早く、その進展が急速であるため、土壌伝染性菌類の中では最も恐れられているものの一つである。しかも、*Phytophthora* 属菌は発病環境が不適となると、菌糸体、厚膜胞子、卵胞子の耐久器官を形成して、土壌中に深くしかも長期間生存することが可能である。このような特徴を持つ本病原菌に対して、農薬のみに依存する防除方法は、経費や環境汚染の面あるいは薬剤耐性菌の出現といった点で多くの問題がある。これらのことから、有用根圏微生物を利用した生物防除の実用化が大きく期待されている。*Phytophthora* 属菌を対象にした、細菌利用による生物防除の実験例についていくつか紹介する。Malajczukらは、*P. cinnamomi*によって生じるユウカリノキ属 (*Eucalyptus calophylla*, *E. marginata*) の疫病の発病抑止土壌から、拮抗細菌として *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp. および *Streptomyces* sp. を分離し、*P. cinnamomi* の菌糸体や胞子体への付着と、広範囲に及ぶ粘液物質の分泌、さらには菌糸体の溶解、被嚢胞子発芽抑制、胞子体の破壊について、光顕と電顕レベルで観察した結果を報告している。Lifshitzらは、ダイズ疫病菌 *P. megasperma* f. sp. *glycinea* の被嚢胞子発芽を阻害した拮抗細菌 *Pseudomonas putida* の3菌株と、*P. fluorescens* の12菌株を用いてホット実験を行ったところ、ダイズ疫病菌の遊走子嚢による接種濃度が、1苗当り 10^3 個/ ml では発病を抑制できたが、 10^4 個/ ml になるとその効果はみられなくなったことを報告している。さらにリンゴ疫病 (*P. cactorum*) に関する Utkhedera の研究では、*Enterobacter aerogenes* (B8) と *Bacillus subtilis* が、*P.*

cactorum の菌糸の生育や胞子の発芽を抑制し、それらの抑制は、細菌が産生する抗菌性物質によるものであって、B8株の場合には、中性で低分子量の抗菌性物質であったと述べている。また、*Bacillus subtilis* が培地上で顕著な菌糸生育の阻止帯を形成したが、ポット実験では発病を軽減できなかつたとも報告している。しかし、*E. aerogenes* と *B. subtilis* も、殺菌剤 fosetyl Al や metalaxyl と混合して使用すると、抗菌性物質の産生が促進されたと報告している。筆者らは、*P. capsici* によって生じるキュウリ灰色疫病に対して、*Serratia marcescens* F-1-1株 (抗菌性物質 prodigiosin を産成) が遊走子嚢や被嚢胞子の発芽を阻害することで、水耕栽培において顕著な発病抑制効果が示されたことを明らかにした。また、*P. cactorum* によるタラノキ立枯疫病に対して、*Enterobacter cloacae* T-1-14株、*Serratia ficaria* T-1-8株 および T-1-23株が微生物資材として有効であり、被嚢胞子発芽や菌糸生育を抑制することで、苗圃場での発病が抑制されることを明らかにした。しかし、いずれの場合も発病抑制効果の持続性や安定性など不十分な面も多く、実用段階までには至っていない。しかし近年、環境保全型農業の推進にともなって、コンポストなどの有機物資材の施用により、活性化する土着微生物の特性や発病抑制機能についての研究が行われるようになったことから、土作りを重視した新しい生物防除の可能性が生まれてきた。すなわち、コンポスト土壌のような発病抑制土壌で植物を育てると、植物に抵抗性が誘導されるとの報告があり、これらは発病抑制とくに誘導抵抗性に関わる微生物が自然土壌中に存在することを示唆しており、植物の全身抵抗性は、単一の有用微生物のみならず、微生物コミュニティによって誘導されることを意味している。このことは、すでに Baker, K.F. (1978) が、紹介した Asyburner 方式の有効性を裏付ける結果にもなっている。Asyburner 方式とは *Phytophthora cinnamomi* に起因するアボガドの根腐疫病対策として、オーストラリア・クイーンズランド州のアボガド栽培者 Asyburner が実践し成功した栽培手法である。すなわち、秋 (3~4月) に青花ルーピン (*Lupinus angustifolus* L.) を植え、春の花咲く頃 (10~11月) に鋤込む。鶏糞を播き、NPK肥料を施し、直ちにマメ科の *Lablab purpureus* とトウモロコシカソルガムを混合して植える。秋に鋤込み、再び鶏糞とNPK肥料を施し、土壌pHが6.0以下の場合はいつでも石灰で修正し、再び青花ルーピンを植える。この手順によれば土壌表面に多くの有機物が施されることになり、これらの被服作物は2年間栽培された後、コンテナで育苗された無病のアボガド苗木を移植する。即ち、豊富な有機物、カルシウム、窒素成分が土壌中の有用微生物を増

加させ、活性化させる。pH6.0~7.0はこれら細菌の生育に好適で、豊富な有機物とカルシウムは土壌の構造や排水条件をも改善する。健康な植物は過剰な水分を土壌から取り除き湛水状態を改善する。そして、宿主に病害抵抗性を誘導するとしている。今後は、各種植物の生育を促進するのみならず、各種土壌病害を抑制することが知られているPGPRやPGPFによる誘導抵抗性機構の解明の進展が、生物防除の実用化への鍵を担っていると期待している。

引用文献

- 1) Erwin, D. C. and Ribeiro, O. K. (1996) Biological control. In: *Phytophthora Diseases Worldwide*. 176-184 APS, St. Paul, Minnesota, USA.
- 2) 福井農試試験成績 (1992) ダイズ茎疫病の薬剤防除.
- 3) 福井 糧 (2002) 土壌病原菌の根圏・根面での挙動解析. 土壌伝染病談話回レポート. 21: 53-66.
- 4) 百町満朗 (1998) 有用根圏微生物より誘導される植物の全身抵抗性. 日本農薬学会誌 23: 422-426.
- 5) 伊阪実人・宮越 盈 (1968) ラッキョウの腐敗を起因する *Phytophthora* 菌について. 北陸病虫研報. 16: 83-87.
- 6) 伊阪実人・宮越 盈・山田茂子 (1969) ラッキョウ白色疫病に関する研究—各地産分離株の菌糸生育, 孢子形成および病原性の相違. 北陸病虫研報 17: 113-119.
- 7) 伊阪実人・宮越 盈 (1971) ラッキョウの腐敗を原因する白色疫病に関する研究. 福井農試報 8: 1-49.
- 8) 伊阪実人・岡本 博 (1983) 薬用植物の病害に関する研究 3. *Phytophthora citrophthora* (R.E. Smith et E.H. Smith) Leonianの寄生によるオウレンの疫病. 福井県短大研究紀要 8: 9-24.
- 9) 市川久雄・黒岩 匡・近藤 祖 (1958) トマトエキ病の発病進展と薬剤防除. 北病研報 6: 25-27.
- 10) 桂琦 一・伊阪実人・宮越 盈 (1969) ラッキョウの白色疫病 (新称) を原因する *Phytophthora porri* Foisterについて. 日植病報 35(1): 55-61.
- 11) 向島博行・梅林智美・守川俊彦 (1997) ギョウジャニンニクに発生した白色疫病 (新称) とすすかび病 (新称). 日植病報 63(6): 525. (講要)
- 12) 向島博行・草葉敏彦・名畑清信・鈴木孝仁 (1983) チューリップに発生した新しい疫病と病原菌. 日植病報 49(3): 391. (講要)
- 13) 向島博行・草葉敏彦・名畑清信・山本孝彦・鈴木孝仁 (1985) チューリップ疫病 (新称) の病原菌の同定および品種抵抗性. 日植病報 51(1): 77. (講要)
- 14) 向島博行・鈴木孝仁・名畑清信・山本孝彦 (1987) 我が国で発生した *Phytophthora cactorum* によるチューリップ疫病について. 日植病報 53(3): 291-300.
- 15) 向島博行・草葉敏彦・名畑清信・山本孝彦 (1991) チューリップの土壌伝染病—とくに病原菌の同定, 発生生態ならびに防除に関する研究. 富山農七研報 9: 1-116.
- 16) 向島博行・梅沢順子 (2003) 2002年に富山県で確認されたダイズ茎疫病の発生について. 日植病報 69(1): 60-61. (講要)
- 17) 奈須田和彦・友永 富・竹内祥晃 (1964) マクワウリ疫病の防除に関する研究. 福井農試報 1: 71-97.
- 18) 岡本 博・伊阪実人 (1989) 植物病害のバイオコントロールに関する研究—拮抗細菌によるキュウリ灰色疫病の抑制. 福井県短大研究紀要 14: 33-44.
- 19) Okamoto, H., Sato, M., Sato, Z. and Isaka, M. (1998) Biocontrol of *Phytophthora capsici* by *Serratia marcescens* F-1-1 and analysis of biocontrol mechanisms using transposon-insertion mutants. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 64: 287-293.
- 20) Okamoto, H., Sato, Z., Sato, M., Koiso, Y., Iwasaki, S. and Isaka, M. (1998) Identification of antibiotic red pigments of *Serratia marcescens* F-1-1, a biocontrol agent of damping-off of cucumber, and antimicrobial activity against other plant pathogens. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 64: 294-298.
- 21) 岡本 博・本多範行・福田明美 (2003) 福井県におけるダイズ茎疫病の発生実態. 北陸病虫害研報. (講要)
- 22) 友永 富・奈須田和彦 (1954) 甜瓜の疫病 (病原菌の形態, 生理学的性質について). 日植病報. 18(3,4): 181-182. (講要)
- 23) 友永 富・奈須田和彦 (1956) マクワウリのエキ病に関する研究 (第1報). 病原菌の形態と生理学的性質について. 北陸病虫研報. 4: 55-56.
- 24) 友永 富・奈須田和彦 (1956) マクワウリのエキ病に関する研究 (第2報). 土壌水及び敷藁の種類と発病. 北病研報. 4: 57.
- 25) 友永 富・伊阪実人・山本公志 (1963) 秋作馬鈴薯

- のエキ病防除に関する知見. 北陸病虫研報 11:56-58.
- 26) 友永 富・伊阪実人・川久保幸雄 (1966) ラッキョウ腐敗病の発生と栽培条件との関係. 北陸病虫研報. 14:75-77.
- 27) 富山農技セ農試試験研究成績 (1998) ギョウジャニンニクに発生する病害の発生生態と防除.
- 28) 富山農技セ農試試験研究成績 (1993) ネギの病害防除対策試験. (1)疫病等土壤伝染性病害の県内の発生実態調査. (2)疫病等土壤伝染性病害の発生推移調査.
- 29) 富山農技セ農試試験研究成績 (1994) ネギの病害虫防除対策試験. (1)疫病等土壤病害の発生推移. (2)疫病等土壤伝染病害の菌の分離. (3)疫病菌等土壤伝染病害に対する薬剤防除.
- 30) 富山農技セ農試試験研究成績 (2000) アスパラガス不萌芽対策試験. (1)病原菌の同定. (2)疫病の薬剤防除試験. (3)疫病の耕種的防除. (4)疫病菌等の病原力.
- 31) 山崎陽子・守川俊彦 (1998) 富山県で発生したアスパラガス疫病 (新称). 日植病報. 64(6):629. (講要)
- 32) 山崎陽子・守川俊彦・植松清次 (2000) アスパラガス疫病の病原菌の同定と防除について. 北陸病虫研報 48:64. (講要)
-