

サツマイモ基腐病に挑んだ4年間の軌跡

農研機構九州沖縄農業研究センター
暖地畑作物野菜研究領域 上級研究員

こばやし ゆき
小林 有紀

1. 未知の病害との遭遇

2018年の年明け、当センター糸満駐在の研究員から、「沖縄県でかんしょの株の地際が黒変もしくは地上部が枯れ上がり、いもが腐敗する症状が多発している。茎根腐（くきねぐされ）細菌病の症状に似ているが、症状のある部位から本病の病原菌（*Dickeya* 属の細菌の一種）が分離できないため、そちらでも検討してもらえないか？」との連絡があった。沖縄県のかんしょには、アリモドキゾウムシやイモゾウムシ、サツマイモノメイガなど、他の地域で発生していない害虫が発生しているため移動規制があり、未消毒の植物体を送ってもらうことはできない。そこで、症状が発生している現地の土を梱包して送ってもらい、土を鉢に詰めてかんしょを栽培し、発病したら、その植物体から病原菌を分離することにした。

送ってもらった土に沖縄県の主要品種「ちゅら恋紅」の苗を植え（1本/1鉢）、温室で栽培し始めたのが3月だった。現地の土には病原菌が含まれている可能性があるため、周囲を汚染して病原菌を拡散させることのないよう細心の注意を払って試験を行っていたが、いくら待っても発病しなかった。諦めかけていた6月のある日のこ

と、12鉢のうち2鉢で、茎の地際がわずかに黒変していることに気付いた（写真1）。葉も枯れている。既に3か月以上経過しているため、別の要因で枯れた可能性も考えられたことから、ターゲットとしていた病害が発生したのか半信半疑で病原菌の分離に取り掛かった。

茎根腐細菌病の発生を疑い、まずは細菌の分離を試みたが、黒変した茎を表面殺菌した後に磨碎し、細菌用の培地に塗りつけ培養しても何も生えてこなかった。消毒の条件が厳しすぎたのかもしれないと思い、



写真1 「ちゅら恋紅」の茎基部の黒変（矢印）

今度は表面殺菌せずに黒変茎を磨碎し培地に塗り付けたが、やはり細菌は生えてこない。どうしたものか…。すると、ビニール袋に入れ、捨てずにとっておいた黒変茎に白い菌糸が生えていることに気付く。もしや、病原菌は細菌ではなく糸状菌（カビ）ではないかと思い、黒変茎の小片をいくつか素寒天培地に置くと、何やら菌糸が生えてきて、その菌糸の先端を糸状菌用の培地に移植し培養すると、白い絨毯のような菌糸が広がり、培地が徐々に褐色に染まってきた（写真2）。

このような発病部位から分離した菌が必ずしも病原菌であるとは限らない。そこで、分離した糸状菌をいもの輪切りや苗に接種したところ、いもや茎が腐敗し、かんしょに対して病原性があることが確認できた。

これが基腐病との初めての出会いだった。当時撮影した写真を4年ぶりに見返すと、何と、黒変茎の表面に柄子殻（へいしかく）が多数形成されているではないか（写真3）。柄子殻は糸状菌の繁殖器官で、中に大量の胞子が形成される。柄子殻の形成や中に入っている胞子の形態は、基腐病を診断する際の重要な指標となることを後述



写真2 黒変茎から分離された糸状菌



写真3 柄子殻（微小な黒粒）が形成されていた茎（矢印）

するマニュアルで紹介しているが、当時は柄子殻を見たことがなく、その存在に気付いていなかった。今なら見逃すことはないだろう。基腐病の知識があり、栽培中によく注意して見ていれば、茎基部が黒変していることにもっと早く気付けたかもしれない。

筆者が「ちゅら恋紅」の発病を待っている間に沖縄県では研究が進み、*Diaporthe destruens*（当時は*Phomopsis destruens*と呼ばれていた）という糸状菌に感染することにより生じる基腐病（国内未報告）が発生していたことが明らかになり、11月に沖縄県病害虫防除技術センターから病害虫発生予察特殊報が発出され、皆の知るところとなった。研究は後れを取ったが、この時に基腐病菌を扱った経験がその後大いに役立つこととなった。

2. 共同研究の始まり

九州・沖縄地域で近年増加しているいも類の病害虫の発生状況、および防除の取り

組みについて情報を共有するため、2018年10月初めに宮崎県において現地検討会が開催された。その時、鹿児島県、宮崎県の研究者と、南九州のかんしょ産地でも株が立枯れ、いもが腐敗する症状が発生しているため、データをある程度蓄積した後に、その対策のためのプロジェクト研究を立案し、応募しようという話をした。

10月中旬になると急に、生産法人などから、かんしょの病害に関する相談や、罹病植物体（枯れた茎、腐敗いも）の持ち込みが増えた。11月初めには、県の研究者と共に現地を訪れ、罹病植物体の採集や菌の分離など進めていたが、いもの収量減少が深刻化し、11月中旬には農林水産省による現地視察が行われた（写真4）。その後、生

研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」（JPJ007097）の緊急対応研究課題の募集があり、予定よりも早く応募することになった。

3. 緊急対応研究課題（2018年度）

2019年1～3月という短期間に、農研機構（九州沖縄農業研究センター、中央農業研究センター）、鹿児島県（農業開発総合センター）、宮崎県（総合農業試験場、農政水産部農業経営支援課）が協力して、かんしょの立枯れ・いも腐敗症状の原因菌、既存登録農薬の効果および病害発生要因の解明に取り組んだ。

(1) 原因菌の解明

筆者は主に原因菌の解明に取り組んだ。鹿児島県および宮崎県の現地をいくつか回ったところ、様々な症状が認められ、複数の病害の発生が疑われた。そこで、罹病植物体を採集して病原菌の分離を試みたが、新聞やテレビでも報道され騒ぎとなっている立枯れ・いも腐敗症状の原因をわずか数か月で明らかにしなくてはいけないというプレッシャーに、一人で試験をするのが怖いと初めて思った。そこで、採集した罹病植物体の各個体をそれぞれ半分にして県の担当者と分け合った。異なる機関で病原菌を分離し、同じ結果が得られれば答え合わせになり安心できる。

採集した植物体を眺め、こんなに処理できるのかと途方に暮れたが、やるしかない。県の担当者が実施した分も合わせると、63圃場（鹿児島県37圃場、宮崎県26圃場）から採集した罹病植物体から、細菌と糸状菌を合わせて579株分離した。基腐病菌に類



写真4 視察時の圃場の様子（上）と採取した腐敗いもの外観および内部症状（下）

似した菌を優先して、簡易な発病試験や遺伝子の塩基配列解析による菌種の推定を行った。その結果、鹿児島県および宮崎県の調査圃場のそれぞれ2～3割から基腐病菌、同じく2～3割から乾腐（かんぷ）病菌、7～8割からつる割（われ）病菌を含むフザリウム属菌、宮崎県のみ約1割から茎根腐細菌病菌が検出された。

3月までに病原性の確認や菌種の推定ができなかった菌株は、後述する研究課題に引き継ぎ、つる割病菌とは別のフザリウム属菌に感染すると、基腐病と類似した症状が生じることも明らかになった。

(2) 既存登録農薬の効果の解明

基腐病は本邦で初めて発生が確認された病害であるため、国内で防除に利用できる登録農薬はなかったが、かんしょまたはいも類の他の病害に登録のある殺菌剤4剤および土壌消毒剤2剤が基腐病菌の培地上における生育を抑制することを確認し、将来、農薬として利用できる可能性を示した。

(3) 病害発生要因の解明

立枯れ・いも腐敗症状が発生した地域を中心に、鹿児島県では62生産者118圃場、宮崎県では38生産者76圃場を対象に個別面談式のアンケートと圃場の土壌分析を行った。限られた期間内で取りまとめ、解析した結果は、2019年3月に公開したパンフレット（https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130564.html）で紹介しているが、次の研究課題の中で翌年にも同様の調査を実施しており、2年間で延べ311圃場について、病害発生状況、栽培管理状況、土壌

理化学性、気象、地形、排水対策事業に関する情報を収集し、データベースに整理して統計解析を行ったので、本稿ではそちらの結果を紹介する。統計解析の結果、かんしょの立枯れ・いも腐敗症状（主に基腐病）の発生には、「圃場の表面排水の不良」、「過去に発生あり」、「積算降水量が多い」の3要因が大きく影響していると考えられた。表面排水と降水量は水を介した基腐病のまん延を、過去の発生は種いもや圃場の汚染を示唆していると考えられる。

(4) 発病抑制対策の提示

基腐病（英名：Foot rot）は、米国では1912年に初めて発生が報告され甚大な被害が生じたが、現在では発生の珍しい病害となっている。海外の文献から得られる情報や上述の疫学調査の結果を踏まえ、有効と考えられる対策として、①苗消毒の徹底（健全苗の確保、当日調製した薬液を用いた消毒）、②圃場の排水対策、③土壌消毒など（殺菌剤を用いた土壌消毒、罹病残渣の除去または分解促進、輪作）を提示した。海外の文献には、「基腐病は適切な衛生管理が行われていれば問題とならない病気」と記されていたため、対策を示し、「これで問題は解決するのでは？」との考えが一瞬頭をよぎったのだが、そんなに甘い病害ではなかった。

4. 基腐病対策を提示するための研究（2019～2021年度）

基腐病は国内での発生生態や防除対策についての知見が全くなかったため、生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」（JJPJ007097）の支援を受け、基

腐病の伝染方法や発生病長の調査、診断技術の開発、薬剤、資材、抵抗性品種などを利用した防除技術の開発、および総合的な防除体系の構築に取り組んだ。研究グループには、緊急対応研究課題のメンバーに加えて、農研機構では野菜花き研究部門、植物防疫研究部門、鹿児島県では経済農業協同組合連合会、そして沖縄県農業研究センターが参画した。

以下に、主要な研究成果を紹介する。

(1) 伝染環の解明

現地調査や接種試験を行い、基腐病は種苗伝染や土壌伝染すること、土壌伝染の主な原因は罹病残渣であるが、罹病残渣を除いた土壌であっても伝染源となること、発病株には多数の胞子が形成され、降雨により生じる湛水などにより周辺株に広がりまん延すること、株元の発病部位からいもへと腐敗が進むこと、発生圃場から採取したいもは、収穫時に健全に見えても貯蔵中に腐敗する可能性があり、接触している他のいもへの伝染源となることを明らかにした。

(2) 診断技術の開発

基腐病類似病害の診断ポイントとなる病徴と病原菌の形態的特徴を明らかにするとともに、病徴から識別困難な基腐病と乾腐病を最短1日で診断可能な遺伝子診断法(PCR法)を開発した。

(3) 防除技術の開発

①健全種苗の生産

種いもや苗は未発生圃場(本圃・苗床)から採取するのが原則であるが、発生の可

能性がある圃場から種いもを採取する場合は、基部が黒変していない株から採取し、貯蔵前に種いもを水洗・選別し、なり首・尾部を切除して、薬剤や蒸熱または温湯処理による消毒を行う、また、苗は地際から5cm以上離れた部位で採取し、苗全体を当日調製した薬剤、または温湯に浸漬することで発病リスクが軽減されることを明らかにした。

また、発生苗床は、農薬を用いず、米ぬかをすき込んで湛水・被覆し、高温・湿潤状態を1か月程度維持する土壌還元消毒法でも消毒できることを明らかにした。

②抵抗性品種の利用

現地の甚発生圃場における栽培試験により、149品種・系統の基腐病抵抗性程度を明らかにした。さらに、国内主要20品種については、収穫時期を変えて発病程度を明らかにし、被害を軽減するための早掘りの目安時期を示した。

国内において作付面積が広い「コガネセンガン」、「べにはるか」、「ベニアズマ」、「高系14号」、および「シロユタカ」の抵抗性は、2021年度の試験では、「シロユタカ」(抵抗性“中”)を除き“弱～やや弱”と評価された。一方、青果用では「べにまさり」、焼酎原料用では2021年に育成された「みちしずく」、でん粉原料用では2019年に育成された「こないしん」および焼酎原料用でもある「みちしずく」が“やや強”と評価され、現場への導入が急速に進んでいる。また、加工用の「オキコガネ」など、抵抗性“強”を示す品種・系統の存在も明らかになり、抵抗性“強”品種育成のための交配親として利用されている。

③薬剤による防除

2022年8月8日現在、基腐病防除に利用可能な農薬として、種いも消毒用にチオファネートメチル水和剤、苗消毒用にベノミル水和剤およびチウラム・ベノミル水和剤、茎葉散布用に銅剤（炭酸水素ナトリウム・銅水和剤、銅水和剤）およびアゾキシストロビン水和剤、土壌消毒用にダゾメット粉粒剤およびカーバムナトリウム塩液剤、土壌処理用にフルアジナム水和剤およびフルアジナム粉剤が登録されている。

本課題では、基腐病菌の感受性評価による薬剤のスクリーニング、薬効試験を実施するために必要となる、確実に植物体を発病させることのできる人工接種法の開発、および新たに登録拡大された農薬について効果的な散布方法の検討を行った。

発病株を除去すると、薬剤散布による発病抑制効果が高まる。生育初期は、除去した発病株の周辺株に銅剤を散布して感染拡大を予防する。苗消毒による感染防止効果が低下する定植後5週目頃に、圃場全体にアゾキシストロビン水和剤を予防散布し、以降、基腐病のまん延を助長する降雨の前に銅剤またはアゾキシストロビン水和剤を交替で予防散布すると防除効果が高いと考えられる。アゾキシストロビン水和剤が使用できるのは3回までである。薬剤耐性菌の発生を防止するため、今後、作用機作の異なる他の薬剤の登録も望まれる。

土壌消毒は、圃場から罹病残渣を持ち出し、持ち出せない残渣は耕耘して十分に細断してから実施する。畝間の汚染土壌からも感染が生じるため、圃場全体を消毒する必要がある。土壌消毒後に堆肥などを施用して病原菌以外の微生物を土壌に補給する

ことで防除効果が高まる可能性がある。また、2008年に基腐病の発生が確認された台湾で実施されている対策を参考に、農薬を使用せず、圃場を湛水して還元状態にすることで病原菌を減らす研究も行っている。

④残渣処理

圃場から罹病残渣を持ち出すと、次作での基腐病の発生は軽減される。残渣を持ち出しできない場合は、収穫後速やかに細断してすき込み、分解を促進することでも発生を軽減できると考えられる。冬の低温期には圃場に資材を投入しても残渣の分解は進まず、翌年も伝染源となることが確認されている。また、耕土層と心土層を入れ替える天地返しを行い、地表付近の残渣量を減らすことでも発生を軽減できると考えられる。

(4) 防除対策マニュアルの作成

当初は課題の最終年度にマニュアルを作成する予定であったが、研究成果を速やかに公表し現場で活用してもらうため、初年度からマニュアルを作成・公開し、以降、毎年度マニュアルの内容をバージョンアップしていった（図1）。



図1 最終年度のマニュアル

圃場試験の結果が得られるのは収穫期の9～11月頃であるが、1～2月には次年度の苗生産が始まるため、試験結果から考えられる次年度取るべき対策について、できるだけ早く情報を発信しなくてはならない。10月頃から各自でデータを取りまとめ、情報を共有してマニュアルの内容を検討し、担当者による原稿執筆の後、意見集約と原稿の修正を何度も繰り返した。2月末日発行という目標に向けて、毎年、壮絶な日々を送った。

毎年度、作成したマニュアルに基づいて皆が各地で研修会などを行い、対策の普及に努めた。2020年度以降、南九州・沖縄以外でも基腐病の発生が確認されたため、農林水産省やいも類振興会などからの依頼を受けて、WEBを用いた全国規模の説明会も行った。

南九州の基腐病が多発している地域では、初めの2年は、「対策をとっても効果がない」と言われたが、3年目になると、「マニュアルの通りにやったら、被害が減った」という嬉しい声が聞けるようになった。研究が進んだこともあるが、生産現場まで情報が行き渡り、理解してもらうための時間も必要だったのだろうと思う。

6. 今後の展開

基腐病に特效薬はない。基腐病を防除するためには、病原菌を圃場に「持ち込まない」、圃場で「増やさない」、圃場に「残さない」ための複数の対策を着実に実践する必要がある。言うのは簡単でもやるのは大変だと思うが、現時点では、発病リスクが軽減する対策をいくつも積み重ねることで防除していくしかない。

3年間の課題は終了したが、今後も基腐病を防除するための研究は続く。これまでに得られた知見を基に、健全種苗の確保や汚染圃場を健全圃場へと回復させるために必要な技術の開発、病害の発生や病原菌の挙動に即した効果的な薬剤防除体系の構築、抵抗性品種の育成など、より効果的・効率的な防除技術の開発が進められるだろう。

腐敗いもを分けてくれた生産者の寂しそうな微笑みと、収穫皆無の圃場が夕日に照らされていた光景が脳裏に浮かぶ。開発した技術が現場に浸透することにより、本邦でも近い将来、必ず基腐病が収束することを信じている。