

第1章 緒 言

ジャガイモそうか病は放線菌に起因する代表的な土壌病害^{52,132)}で、その被害は世界各地に及んでいる⁹³⁾。特に、我が国では1980年代前半から過度の連作や有機物および各種土壌改良剤の多施用に伴って、各地で多発傾向にある^{64,96,149)}。本病はジャガイモの収量に直接影響を及ぼすことは少ないが、塊茎の表面にかさぶた状の病斑を多数形成してその外観を著しく損なうことから、外観を重視する我が国では最も重要な病害となっている。このため、本病についての研究は古くから行われ、多くの防除試験がなされてきた。しかし、それにもかかわらず、現在でも防除が困難な病害として現場ではその対応に苦慮している。

本病の病原菌は1891年にThaxter¹⁷⁰⁾によって初めて明らかにされ、*Oospora scabies*の学名が与えられた。その後、1914年にGüssow⁴³⁾によって*Actinomyces scabies*に変更され、1948年にはWaksmanの分類方式¹⁷⁶⁾によって*Streptomyces scabies* (Thxt.) Waksman and Henrici¹¹⁾に修正された。しかし、最初に記載されたThaxterの病原菌株は保存されておらず、また、Waksman¹⁷⁸⁾によって提案された新基準種は形態が原記載と一致しないことから、Bergey's manual 第8版¹³⁾では'species incertae sedis' (不確定種)と認定された。このため、本菌は1980年に国際細菌分類委員会が発表したApproved List of Bacterial Names¹⁴⁴⁾から除外されて無効種となった。一方、本病には*Streptomyces scabies*以外に種々の*Streptomyces*属菌がその病原として存在する^{1,10,17,24,26,28,30,40,41,46,68,91,107,110,151)}ことが報告されている。これは、*Streptomyces*属の分類体系に問題があり¹¹²⁾、不明確な基準によって分類が行われているため、本属に含まれる多数の種の中にはかなりのsynonymが存在している可能性もあると考えられている。

以上のように、本病に関与する病原菌については混乱した状態が続いていたが、1989年にLambertら⁷²⁾はThaxterの記載した特徴に加えて、International Streptomyces Program (ISP)の調査項目になっている糖類の資化性を調べて基準種を提出し、*Streptomyces scabies*の種名を復活させた。さらに、*S. scabies*とは耐酸性が異なり、強酸性土壌においても強い病原性を示すそうか病菌を*Streptomyces acidiscabies*として提案した⁷³⁾。これら2種の病原菌はDNAの相同値⁴⁶⁾および16SリボソームRNA遺伝子の塩基配列¹⁵⁴⁾の比較結果から、明らかに別種であることが示されている。

その後、*S. scabies*、*S. acidiscabies*とは遺伝的類縁関係

の異なるそうか病菌が見いだされ、カナダでdeep scabを引き起こす病原菌がGoyerら⁴⁰⁾によって*Streptomyces caviscabies*として、また、北海道に分布する病原菌がMiyajimaら¹¹⁰⁾によって*Streptomyces turgidiscabies*として、それぞれ提案された。このように、現在、4種の*Streptomyces*属菌が本病の病原菌として記載されており、これまでに報告された病原菌との比較検討が必要となっている。

これら病原菌の病原性の検定には土壌接種法^{48,63,150)}が主に用いられているが、簡易法として土壌中を伸長した茎部に生じる症状をみる方法⁵⁰⁾や無菌条件下で誘導した塊茎^{7,8,82)}、あるいは茎部から誘導した塊茎^{49,90)}への接種法などが開発されている。さらに、*S. scabies*および*S. acidiscabies*については病原菌の産生する毒素が明らかにされ^{6,65,66,67,83,92,120,121)}、毒素産生能が病原性のマーカーとして利用されている¹⁶⁾。

本病の伝染方法は土壌伝染^{52,132)}および種間も伝染^{14,44,48,100)}によるとされてきたが、種間も伝染については否定的な報告^{3,54,78,140)}もあり、その評価は定まっていない。しかし、*S. acidiscabies*については種間も伝染が発病に大きく関与している⁹⁸⁾ことが指摘されている。

本菌は塊茎の皮目や気孔あるいは若い塊茎表面から直接侵入する³¹⁾。若い塊茎は成熟した塊茎よりも感受性が高く³¹⁾、塊茎の短径が30 mm程度以上になると急激に発生が少なくなる¹⁴⁶⁾。発病は11~30°C^{52,59,146)}あるいは13~25°C¹⁴¹⁾で起こり、適温は20~22°C^{49,141,146)}、潜伏期間は3日程度である¹⁴⁶⁾。病原菌の違いによって形成される病斑も異なる^{1,160)}が、その違いは明瞭でない場合が多く、病斑の形態や深さは品種や土壌条件によって異なる^{52,153)}ことが示されている。しかし、これらの知見は主として*S. scabies*についてのものと思われ、他の病原菌についての検討はほとんど行われていない。なお、Lambertらによって報告された*S. scabies*⁷²⁾および*S. acidiscabies*⁷³⁾については、その宿主範囲の詳細な検討が行われている⁴²⁾。

生態の解明を行う上で重要となる病原菌の検出・定量については、*S. scabies*の選択培地^{16,105)}が作製されているが、その選択性は不十分で、血清反応¹⁸⁴⁾や毒素産生能の検定¹⁶⁾と併せて用いられており、手法が煩雑で、十分とは言えない。また、病原菌に寄生するアクチノファージ(バクテリオファージ)を利用した検出法が試みられている^{125,127)}が、病原菌に対する特異性が不明確なことから実

用化には至っていない。この他に、PCRによる病原菌の判別法¹⁵⁸⁾は、精度は高いが生態研究への応用は未だなされていらない。

以上のように、土壌中からの菌の検出および土壌中における菌の定量やその動態を把握することが困難なことから、現状では本病の生態については発生状況を観察して得られた結果をもとにした知見が大部分である。すなわち、*S. scabies*は弱酸性～中性域で菌体の生育が良好^{53,136)}で、土壌pHが5.2から8.0の間ではpHが高くなるに従って発病が激しくなり、pHが5.2以下および8.0以上では発生は減少する^{4,36,37,53,114,136,175)}が、*S. acidiscabies*が生存する土壌ではpH 5.2以下の強酸性土壌においても激しい発病がみられる⁹⁸⁾こと、塊茎肥大初期の土壌水分含量が多い場合には発生が少なくなる^{75,76,78,79,80,102,113,132,135,145,147)}こと、病原菌は宿主が存在しない条件下においても腐生的な生活を営み、土壌中で長期間生存する⁵²⁾こと、家畜の消化管を通過しても生きている¹¹⁷⁾こと、土壌中では局在する傾向にある⁷⁸⁾こと、地表面から25 cmまでの表層土に多く分布している¹⁴⁷⁾ことなどが明らかにされている。しかし、個々の病原菌についてその生態が詳細に検討された事例は見あたらないようである。

防除については、これまでに土壌pHの制御^{4,36,102,113)}、畑地灌漑^{20,22,32,145,147,155,180)}、輪作^{113,172)}、土壌消毒^{34,61,64,113)}および種いも消毒^{61,64,140,159,160)}などが個々の技術として開発されてきた。すなわち、*S. scabies*に起因するそうか病は一般にpH 5.2以下の強酸性土壌では発生が極めて少ない^{4,36,37,132,175)}ことから、土壌pHを5.0～5.2程度に保つことによって本病の防除は可能であるとされ、土壌pHを低下させる資材として硫黄華^{27,33,51,100,101,119)}、フェロサンド^{157,162)}、高タンパク質資材^{39,108,109)}等の施用技術が開発された。また、本病は塊茎肥大期の土壌が湿潤な場合にはその発生が少ない^{75,77,78,79,80,102,113,132,135)}ことから、この時期に積極的な灌水を行って発病を抑制する試み^{20,22,32,76,145,147,155,180)}が数多く報告されており、さらにその場合、薬剤の土壌処理や土壌pHの低下処理との併用^{20,22,155,162)}によって効果がより向上することが知られている。また、輪作を行うことによる被害軽減効果^{113,172)}が示されているが、逆に長期間のジャガイモの連作によって発病が減少する事例^{98,181)}も知られている。なお、輪作の過程でダイズを緑肥としてすき込むと発病が抑制され^{129,181)}、この機構として*Bacillus subtilis*が拮抗微生物として関与している^{182,183)}ことが指摘されている。土壌消毒についてはクロルピクリン剤による土壌燻蒸の効果が高く^{34,61,62,64,113)}、PCNB剤やトリクラミド剤の施用効果も認められ^{34,61,62,64,123,160)}、フォルマリンの施用も行われている⁶⁹⁾。種いもを経由した病原

菌の持ち込みを防止するための種いも消毒剤については、水銀剤の効果が優れていたが、1970年代に使用禁止となり、代替薬剤として無機銅剤^{61,62,64,160)}やストレプトマイシン剤^{159,173)}の効果の高いことが明らかにされている。その他、3,5-D (3,5-dichlorophenoxyacetic acid) やエチオニンの茎葉散布による被害軽減⁹⁵⁾、微量元素の土壌施用による発病抑制^{21,118)}、施肥法の改良による発病抑制^{23,115,116)}、夏季のビニール被覆による発病土壌の太陽熱消毒^{134,148,187)}などが試みられている。さらに、本病に対しては生物的要因に基づく発病抑止型土壌の存在する¹⁰⁶⁾ことが明らかになっており、ジャガイモの塊茎表面や根部から分離された拮抗細菌の種いもへのバクテリアゼーションや土壌施用による生物防除^{45,87,89,122,161)}も行われている。また、本病の発生と土壌の理化学的性質との関係について検討され^{23,54,114,160,188,189)}、土壌管理の面からの防除法の開発が行われている^{23,29,115)}。しかし、土壌燻蒸剤による直接的な病原菌密度抑制以外の効果については不安定な場合が多く、一方、土壌燻蒸剤の使用については土壌および周辺環境への悪影響が懸念され、経費の面からも問題がある。また、抵抗性品種の利用が本病の回避に最も有効な方法として期待されており、現在栽培されている品種間にも若干の抵抗性の差異は認められるが、実用的な抵抗性品種は未だ育成されていない¹⁰⁴⁾。このように個々の技術では十分に対応できないために、これらの技術を組み合わせた総合的な対策の構築が難防除病害である本病に対しては必要なことが指摘されている¹²⁸⁾。

ところで、佐賀県の北西部に位置する東松浦半島一帯は標高100～250 mの波状の丘陵性台地となっており、一般にこの地帯は‘上場(うわば)地域’と呼称され、県内における代表的な畑作地帯である。当地域では古くからジャガイモが主要な作物として栽培されており、1970年代初めまでは長崎県に次ぐ秋作ジャガイモの産地を形成していた。ところが、1970年代半ば以降ジャガイモそうか病の発生が顕在化し、徐々に発生が増加していった。一方、1973年から、当地域において計画面積5,300 haに及ぶ大規模な国営および県営による‘上場地区土地改良事業’が開始され、畑地灌漑施設が整備された新規開発畑が造成された。これらの畑地は玄武岩を母岩とした強粘質・酸性土壌^{56,70)}が大部分を占める山林原野を切り拓いて造成されていることから、それまで既成畑で問題となっていた本病が発生する恐れは無いものと考えられ、これらの新規畑の大部分にジャガイモが作付けされていった。ところが、初作目から畑全面に本病が激発するという事例が続出し、土地改良事業完了後の基幹作目として期待されたジャガイモの生産振興は大きな打撃を被る事態となった。このように、

当地域では既成畑，新規開發畑ともに本病の發生が深刻化し，栽培面積および生産量は減少傾向にあり，本病に対する防除技術の確立が現場から切望される状況になっていた。

本研究は当該地域におけるジャガイモそうか病の發生実態を明らかにして問題点を抽出し，さらに，生態の解明ならびに防除技術を開発する上で最も重要となる病原菌を明らかにするとともに，その生態について検討を加え，それらの知見をもとに効果的な防除技術の開発を試みたものである。

すなわち，まず，各作型における發生状況を明らかにする¹⁶⁴⁾とともに，採種体系の問題点を指摘し，病原菌の種の類別についてはこれまで用いられてきた形態，培養的性質，生理的性質の検討に加えて，分子生物学的な分類手法をも取り入れて行った¹⁶⁷⁾。また，病原性の簡易な検定手

法を開発して¹⁶⁹⁾生態研究の一助とし，強酸性土壌においても發生している本病の病原菌を明らかにした¹⁶⁸⁾。さらに，これまで認識の低かった本病の種いも伝染の重要性を明らかにし，このことが新規開發畑における多發生を引き起こしていることを指摘した¹⁶⁶⁾。次に，防除技術について，大規模な畑地造成およびそれに伴う畑地灌漑施設の整備が進められている当該地域では，塊茎肥大初期の灌水による発病抑制が実用可能であると考え，土壌水分制御による防除技術の実用化を図り¹⁶³⁾，さらに，その効果安定のための土壌条件や殺菌剤の土壌処理との併用効果を明らかにした¹⁶⁵⁾。また，新規開發畑への病原菌の侵入を防止するとともに，既成畑における病原菌量の増加を抑制するための手段としての種いも消毒技術を開発した。そして，これら個別の技術を組み合わせた総合的な制御技術を組み立て，本病の防除が十分に可能であることを明らかにした。