

# 水稻の穂枯症状について

## —細菌性病害—

農業環境技術研究所 對 馬 誠 也

### はじめに

1980年代には西南暖地を中心に本田で大発生したイネもみ枯細菌病（以下、もみ枯細菌病、口絵①）も、90年以降はもみ枯症（育苗箱で生じる苗腐敗症に対して、本田で発生する発病穂をもみ枯症と称す）の発生は少なくなり、最近ではあまり見たことがないという研究者が多いようである。このような状況であるため、もともと本病の発生が少なかった地域では、もみ枯症はもはや「まぼろしの病害」となっているかもしれない。

このような「まぼろしの病害」は、地域によってはもみ枯細菌病以外にもあると思われるが、それではこれらの病害が将来全く問題にならないかというところまで単純ではないと考える。なぜなら、病害が栽培体系の変遷などに伴って発生したりしなかったりすることは経験的にも知られているし、最近取り組みが盛んなIPMでも古くから特定病害を抑制することによる二次病害（警戒していなかった他の病害）の発生が指摘されているからである（對馬，2001）。最近、世界的に注目されている地球温暖化や気象変動も、高温を好む病原菌によるもみ枯細菌病（口絵①）やイネ内穎褐変病（口絵①）などの発生に影響を及ぼす可能性はあろう。

もみ枯細菌病の大発生は確かに1990年以降少なくなったが、この間も筆者のところには、いくつかの県から、特定の水田でもみ枯症が発生しているという情報をいただいた。本病の発生生態から考えると、局地的発生でも継続的に発生が認められる場合、それらが伝染源となって大きな発生を起こす可能性は否定できない。

したがって、現在のところ少発生の病害であっても、日ごろから発生状況を正確にモニタリングしておくことや、必要に応じて正確に診断できるようにしておくことが重要と考える。しかし、穂枯症は多数の病原菌によって引き起こされることが報告されており（いね穂枯性病害，1990）、慣れていない人の場合、誤診が起きる可能性がある。例えば、いもち病による発病もみ（口絵①C）をもみ枯細菌病（口絵①A）と誤診したり、逆に典型的

なもみ枯細菌病の症状（口絵①A）でも他の病害と誤診することはあるのではないであろうか。そのうえ、発病もみに強風の影響などが加わると、さらに診断は難しくなるであろう（口絵②；長谷川，私信）。

以上のことから、ここでは特に診断が難しいと思われるもみ枯細菌病を中心として、他の細菌病（内穎褐変病など）と発病部位、病徴の色、進展方向等を比較しながら、これら細菌性穂枯症の識別方法について整理したい。

## I イネもみ枯細菌病とイネ内穎褐変病との病徴の比較

### 1 病徴発現部位

表-1は、文献情報を基に、もみ枯細菌病と内穎褐変病との発生部位の違いを示したものである。参考までに、もみの部位の名称を図-1に示した。イネでは、小穂は一つの小花（外穎と内穎をあわせたもの）をもち、この小穂を特に穎花と呼ぶ。穎花（小穂）は、内・外穎、護穎、小穂軸、副護穎、小枝梗からなる（内部に葯、柱頭、子房、鱗被がある）。また、発病部位に関しては、参考のために、イネいもち病との比較も載せた。この結果、表-1でわかるように、内穎褐変病は、その名のとおりに主に内穎に症状を現し、時に外穎や、まれに護穎にも症状が見られるものの、副護穎、枝梗が褐変することはない（吉田ら，1982）。また小穂軸にも症状は出ない（長谷川，私信）。これに対して、もみ枯症は内外穎のほか護穎、副護穎、小穂軸に病徴が現れる特徴がある。さらには、激しいときには、まれにもみ基部の小枝梗が変色することがある（後藤・大畑，1958；内藤，1990）。このように、もみ枯細菌病は内穎褐変病より多くの部位に病徴を発現する。なお、もみ枯症も「内穎のみ」が褐変することがある（栗田ら，1958）ので、内穎のみが変色しているからといって、直ちに内穎褐変病とは必ずしも言えないことも留意しておく必要がある。

なお、穂いもちでは、穂軸、ミゴ等にまで発病する点がこれら二つの細菌病と明らかに異なる。加えて興味深いことに、「初いもち発病部位は内穎より外穎に多く、中でもふ毛付近から発症する例が多い」（山中・山口，1987）とあり、いもち病菌が内穎より外穎を好む点も二つの細菌病と異なるようである。

Symptom of Rice Panicle Diseases Caused by Bacterial Pathogen.  
By Seiya TSUSHIMA

（キーワード：イネもみ枯細菌病，イネ内穎褐変病，病徴，診断）

表-1 イネもみ枯細菌病, イネ内穎褐変病の発病部位

	穂軸			枝梗		籾 (小穂)				
	穂くび	ミゴ	穂軸	一・二次	小枝梗	護穎	副護穎	小穂軸	外穎	内穎
イネもみ枯細菌病	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○
イネ内穎褐変病	×	×	×	×	×	△	×	×	△	○
イネいもち病	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○：病徴が見られる, △：病徴がまれに見られる, ×：病徴が見られない. イネいもち病参考文献：山中・山口 (1987), 大畑 (1989), 藤田, 私信.

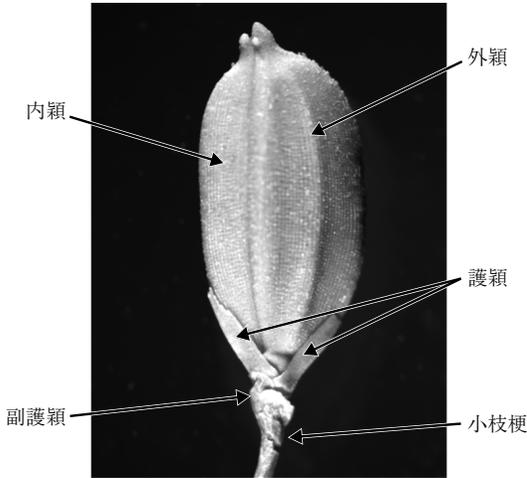


図-1 もみの各部位の名称 (丹羽理恵子氏原図に加筆)

## 2 発病部の色調

病徴の色調も, 例外はあるものの, もみ枯細菌病と内穎褐変病ではかなり異なる。内穎褐変病では, 初め内穎が淡紫褐変になったのち, 内穎全体が紫褐変あるいは暗褐変する (吉田ら, 1982)。これに対して, もみ枯症では, 基部がわずかに淡黄白色に変色し, その変色は次第に上部に拡大する。拡大とともに, 淡黄白色は黄白色に変わり, さらに完全に退色して灰白色または蒼白色になる (栗田ら, 1958)。また, 前述したように, もみ基部の小穂軸が侵害され銑色～黒褐色を呈する場合も多い (後藤・大畑, 1958; 内藤, 1990)。このほか, 護穎, 副護穎および小枝梗も褐変する。このように, 内穎褐変病が紫褐色から暗褐色が特徴的であるのに対して, もみ枯症は淡い褐色や蒼白色など, 全体に淡い色調を呈すること, すべてではないが一部の発病もみでは基部が黒褐色になる特徴がある (口絵③)。以上から, もみ枯症の診断では, 「もみ基部が黒く, 内外穎が淡い褐変」が一つの目安になるかと思われる。

## 3 もみでの病徴の進展

病気の進展の仕方ももみ枯症と内穎褐変病では異なるようである。内穎褐変病が内穎の一部から上下方向に進展しているのに対して, もみ枯症は, 多くの場合, もみ基部から上方に向かって進展していく傾向がある (後藤・大畑, 1958; 栗田ら, 1958)。実際に, 発病したもみを走査電子顕微鏡で観察したところ, 特に発病初期では, 籾の基部にある鱗被の表面やその近くの穎の内側表面に最も多く細菌が観察される (図-2 B; 對馬ら, 1987)。また, 銑色に黒褐変した籾の小穂軸では, 表面にペースト状に細菌の塊が観察された (對馬, 未発表)。

もみ枯細菌病に関しては, 発病籾の菌密度はすべての籾で  $10^9$  cfu/g (生重) まで増殖しており, 病原菌の増加と病徴の進展は密接に関係していると考えられる (對馬, 1987)。この点を確認するために, さらに発病初期のもみで部位ごとに詳細に観察したところ, 発症部位では  $10^9$  cfu/g であったのに対して, 未発症部位では  $10^8$  cfu/g 以下であったことから, やはり菌密度の増加と病徴発現が密接に関係していることが示唆される。発病前の汚染もみや葉鞘では, 通常病原菌量は約  $10^5$  cfu/g ~  $10^6$  cfu/g である (TSUSHIMA et al., 1991 a) ことから, もみが発病するまでには, 病原菌は初期濃度 (感染時の濃度) の少なくとも約 1,000 ~ 10,000 倍まで増殖する必要があるようである。ちなみに, 最近, もみ枯細菌病の毒素生産が密度依存的に遺伝子発現を制御するシステム, すなわちクオラムセンシングシステムに制御されていることが報告されており (Kim et al., 2004), このことも発病と菌密度との密接な関係を示唆している。

加えて, 発病との直接的な関係は不明であるが, 小穂軸での著しい増殖によると思われる「基部の銑色～黒褐色」の症状ももみ枯細菌病特有の現象と言えるようである。

## II 玄米の症状

もみ枯細菌病特有の病徴として忘れてならないのは, 玄米の中央部に褐色の条斑, すなわち褐色帯 (栗田ら,

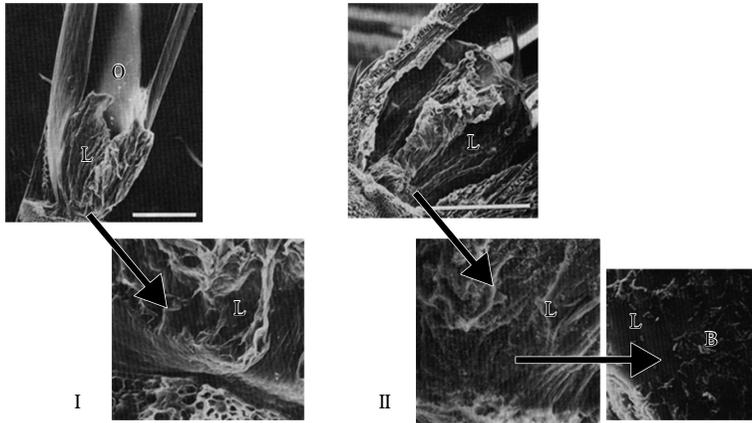


図-2 イネもみ枯細菌病のもみ基部(鱗被)での増殖

I: 健全もみ, II: 罹病もみ, L: 鱗被, B: 病原細菌. パー: 500 $\mu$ m.

1958)が見られることで、「褐色条斑米」(茂木ら, 1984)などと呼ばれている(口絵④)。この症状の発生機構についてはいまだ不明であるが、従来から、もみ枯細菌病特有のものと言われている。筆者らの観察では、これら褐色条斑米の発生率は発病もみ全体の約3%であった(茂木ら, 1984)。発病もみの内外穎をはがして、この症状が見られたらもみ枯細菌病を考えてよい。3%というと、実際の圃場で確認するのは時間もかかり容易ではないと思うかもしれないが、慣れてくるとそうでもない。その理由は、発病もみには「しいな」や、「乳白米」が多く混じっており、これらの発病もみはもみをさわっただけでそのふくらみ程度から簡単に除外することができるからである。褐色条斑米を探すときには、それら以外の適度に細く、扁平になったもみをはがしてみると比較的簡単に見つけることができる。

### III もみ枯症の本田での発生の特徴

前章まで、もみや玄米の病徴の特徴を書いたが、圃場におけるもみ枯症の発生の特徴を把握すると、診断に役立つので簡単に紹介する。一つ目としては、古くから本病の特徴として記載されている「重症穂」が診断の目安になるであろう。この重症穂とは、穂の大半のもみが発病して「しいな」になるため、穂が軽くなり直立している穂をいう。穂が「直立している」ことから他の病害と区別しやすい。また、穂全体が淡紅色から淡褐色で、白色ではないことも特徴といえる。二つ目としては、もみ枯症では、しばしば「坪状の発生」(田部井ら, 1970)が観察され、この「坪」の発生も本病を診断するうえでの目安になるかと思う。ただし、すべて「坪」になると

は限らないので注意が必要である。というのは、「坪」が全く形成されずに重症穂だけが直立している異様な光景も、現場ではしばしば見られるからである。「坪」ができたり、できなかったりする原因は、「坪」の形成が「一次伝染源(重症穂)の発生時期」と「それからの二次伝染条件(周囲の穂の感受性と気象条件等)」などの要因に大きく左右されることと関係している。具体的には、①一次発病(葉鞘由来の病原菌による発病)による発病穂はランダムに出現する(TSUSHIMA, 1991b)、②出穂期後により早く出現した重症穂ほど大きな「坪」を形成する(TSUSHIMA, 1991b)、③もみの感受性が開花後3日程度と短く、イネ群落全体の感受性の高い期間も極めて短い(TSUSHIMA et al., 1995a)ことなどの結果から、坪ができないケースでは、一次発病によりたまたま重症穂が発生したものの、その穂からの二次伝染条件(重症穂の発生時期、伝搬・感染条件、周辺穂の感受性等)が満たされないために「坪」を全く形成することができなかったと推定された。重症穂が本田での発生・まん延に重要なファクターであることは、「出穂期1週間後の重症穂数」と「発病および減収率」と間に一定の関係があること(TSUSHIMA et al., 1995b)から明らかと考える。これらの結果から、重症穂数を指標とした少、中、多程度の大まかな被害予測も可能と思われることから、本病による重症穂の発生を瞬時に判断できることは被害予測のうえでも重要と考える。

なお、重症穂の類似症状としてニカメイガやヒメクサキリ、コバネササキリによる白穂があり、重症穂とこれらの穂枯症状、穂いもちなどを区別する場合には、「枝梗」の色(もみ枯による重症穂は枝梗に病徴をださない)

で判断するのがよい(長谷川, 私信)。

#### IV その他の細菌性病害「イネ葉鞘褐変病」

イネの穂枯症としては、もみのみをターゲットにするもみ枯細菌や内穎褐変病以外には、イネ葉鞘褐変病による穂枯症などがある。葉鞘褐変病の場合、出穂直前の幼穂が罹病した止葉葉鞘内にあるとき、既にもみの内・外穎の全体が水浸状淡褐色に変色している(宮島, 1990)。この点が出穂後(開花後)に病徴を発現するもみ枯細菌病や内穎褐変病と大きく異なるようである。発病したもみは、その後褐色の斑点～斑紋になり、激しい場合には、暗褐色～灰褐色の斑紋(宮島, 1990)になるので、この症状ももみ枯細菌病、内穎褐変病とは異なる。また、葉鞘の病徴を伴うことが決定的に異なる。

#### おわりに

数多くある穂枯性病害の中から、本論では、特に細菌性穂枯症に関し、特に診断が難しいと思われるもみ枯細菌病を中心に、同じ細菌性穂枯症を引き起こす内穎褐変病(および一部籾いもち)と比較しながら病徴の整理を行った。考えてみると、このように、もみの部位別に相互に比較しながら、二つの病害を比較している例はこれまで少ないように思われる。このような比較が、今までもみ枯細菌病を見たことがない人にとって診断の参考になれば幸いである。

今回はあくまでも本田での簡易な診断を目的として病徴の比較を行ったが、この比較の中からいくつか興味深いことが出てきている。それは、もみに病気を起こす細菌でも、①「内穎を好む菌(内穎褐変病菌)」と「もみの基部を好む菌(もみ枯細菌病菌)」がいる、②「穎を暗褐色にする菌(内穎褐変病菌)」と「穎を淡い褐色に

する菌(もみ枯細菌病菌)」がある、ことなどである。加えて、これら二つの細菌病と異なり、「籾いもちの発病部位が内穎より外穎に多い」という指摘(前述)も興味深い。以上から、これらの病原菌の侵入あるいは増殖機構を比較研究することは、これら病害の抵抗性育種や防除だけでなく、イネにおける小穂の形成に関する研究の推進にも役立つかもしれず、今後の研究を期待したい。

なお、原稿作成に当たっては、鳥取県農林総合研究所農業試験場長谷川優氏にはイネ内穎褐変病に関する写真の提供および病害に関するご助言を、農研機構中央農業研究センター藤田佳克氏にはイネいもち病に関するご助言を、農研機構東北農業研究センター小泉信三氏にはイネいもち病の写真を、農業環境技術研究所丹羽理恵子氏にはもみの写真を提供していただいた。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 後藤和夫・大畑寛一(1958):日植病報(雑録) 23:155.
- 2) Kim, J. et al. (2004): Molecular Microbiology 54:921~934.
- 3) 栗田年代ら(1958):日植病報 23:8.
- 4) 宮島邦之(1990):いね穂枯れ性病害, 武田植物防疫叢書7, 東京, p.186~187.
- 5) 茂木静夫(1984):農業及園芸 59:679~682.
- 6) 茂木静夫ら(1984):九病虫研報 30:3~5.
- 7) 内藤秀樹(1990):イネもみ枯細菌病—発生と防除対策—(加藤 肇編), 住友化学, 東京, p.71.
- 8) 大畑寛一(1989):稲の病害, 全農教, 東京, p.296~299.
- 9) 田部井英夫ら(1970):九病虫研報 16:94~95.
- 10) 對馬誠也ら(1987):日植病報 53:663~667.
- 11) ———(2001):生物防除におけるIPM(土屋健一, 對馬誠也編), 日本植物病理学会, 東京, p.1~10.
- 12) TSUSHIMA, S. et al. (1991 a): Ann. Phytopath. Soc. Japan 57:145~152.
- 13) ——— et al. (1991 b): ibid. 57:180~187.
- 14) ——— et al. (1995 a): ibid. 61:109~113.
- 15) ——— et al. (1995 b): ibid. 61:419~424.
- 16) 山中 達・山口富夫(1987):稲いもち病, 養賢堂, 東京, p.18.
- 17) 吉田浩之ら(1982):植物防疫 36:122~126.

#### (新しく登録された農薬39ページからの続き)

たまねぎ:べと病, 黒斑病, 灰色かび病:収穫3日前まで  
 ばれいしょ:夏疫病, 疫病, 疫病:収穫7日前まで  
 てんさい:褐斑病, 褐斑病:収穫30日前まで  
 だいず:べと病:収穫45日前まで  
 にんにく:葉枯病:収穫7日前まで  
 さんしょう(果実):さび病:最終収穫後から落葉期まで  
 オリーブ:炭疽病:収穫90日前まで  
 アスパラガス(露地栽培):斑点病, 茎枯病:収穫終了後  
 但し, 秋期まで  
 かぼちゃ:べと病:収穫30日前まで  
 やまのいも:炭疽病:収穫21日前まで  
 樹木類:炭疽病, 斑点症(シュドサーコスボラ菌):発病

#### 初期

樹木類:枝枯細菌病:新梢伸長期~発病初期  
 22348:グリーンベンコゼブ水和剤(理研グリーン)  
 09/02/18  
 22349:三共グリーンベンコゼブ水和剤(北海三共)  
 09/02/18  
 マンゼブ:80.0%  
 ばれいしょ:夏疫病, 疫病, 疫病:収穫7日前まで  
 てんさい:褐斑病, 褐斑病:収穫30日前まで  
 たまねぎ:べと病, 黒斑病, 灰色かび病:収穫3日前まで  
 だいず:べと病:収穫45日前まで  
 すいか:炭疽病, つる枯病:収穫7日前まで  
 (48ページに続く)