

植	物	
防	疫	
講	座	

病害編-2

イネいもち病の発生生態と防除

元 農研機構中央農業総合研究センター 小 泉 信 三

はじめに

我が国におけるイネいもち病に関する最古の記録は宮城県名取市にある広積院の「永禄以来当院記録年鑑」(延宝8年, 1680年)に記された「イリモチ」で, 本記録から江戸時代前期に本病が水稲に大きな被害を及ぼしていたことがわかる(山中・山口 編, 1987)。一方, 農林水産省の作物統計によると, 農薬施用下にかかわらず, 我が国の水稲におけるいもち病による被害率は, 平年で2%と病害による被害率の63%を占めている(農林水産省大臣官房統計部 編, 2015)。これは水稲の病害の中で最も大きく, 本病は現在でも水稲の安定生産上大きな障害となっている。ここではイネいもち病の発生生態と防除について, 概説してみたい。

I 発生生態

1 本病の名称と伝染環

(1) 病原菌と名称

本病はカビの一種のイネいもち病菌 *Pyricularia oryzae* Cavara によって生じる。本菌の一部菌株を培地上に混ぜて培養すると, 完全世代(子のう胞子)が形成される。しかし, 自然条件下で完全世代の形成は確認されていない。本菌はイネ体の各部を侵害し, 病斑を形成するが, その形成部位によって「葉いもち」, 「穂いもち」[「籾いもち」, 「枝梗いもち」, 「穂くびいもち」および「ミゴ(穂首節から下の節間部位)いもち」等から成る], 「葉節いもち」および「節いもち」等と呼ばれている(図-1)。なお, 葉に大型の病斑が形成されると, その後に形成される葉鞘と葉身の長さは短くなって展開し, 多発時, イネ株が萎縮する。この症状を「ズリコミ」といい, 同症状を呈する本病を「ズリコミいもち」と呼ぶ。一方, 種子伝染でイネ苗が罹病すると, 「苗いもち」が起き, 葉鞘, 葉鞘等が褐変・枯死した後, 立枯れる。(図-1)。また, 本病の発生をうながす誘因(肥培・気象・環境条件)

をもとに「肥(こえ)いもち」, 「冷えいもち」, 「風いもち」および「ひでりいもち」等とも呼ばれる(山中・山口編, 1987)。

(2) 伝染環と発病

1) 第一次伝染源

本病の第一次伝染源には, 保菌種子, 被害わら・保菌籾がらおよびイネ以外の植物がある。これらのうち最も主要な第一次伝染源は保菌種子で, 被害わら・保菌籾がらがこれに次ぐ(図-1)。なお, イネ以外の植物が第一次伝染源になることは少ない。

2) 育苗期

苗いちは育苗期間が長いほど, 発生の確率が高まり, 種子の保菌率が高いほど, 発生が多くなる。苗いちに罹ると, 一般に鞘葉は灰色から暗灰色, 不完全葉および第1本葉の葉鞘は灰緑色となり, その後, これらは褐変し, 枯死する。また, 罹病苗では主に地際部に病原菌の分生胞子が形成され, これが第1, 2本葉等の葉身に感染し, 苗に葉いもちの病斑を形成する(図-1)。一方, 苗いちは湛水条件下では発生せず, その発生は覆土により抑制される(鈴木・藤田, 1977)。

保菌種子から苗いもちへの発病経過は2種に大別される。外側の鞘葉, 不完全葉等から枯れるI型は, 発芽時に幼芽や幼根が接触する護穎等の部分が病原菌に侵されているとき, 多く発生する。一方, 第1本葉, 第2本葉, 不完全葉, 鞘葉の順に内側から枯れるII型は, 玄米まで病菌が侵入しているとき, 主に発現する(鈴木・藤田, 1977)。早坂ら(2002)によれば, 病菌が玄米まで侵入している割合は保菌種子の約25%である。なお, 育苗施設内に置かれた被害稲わらや保菌籾がらも苗いもちの伝染源となる。

本病に感染あるいは罹病した苗を本田に移植すると, 幼苗移植の場合, 日平均気温が20℃になる日の30日前までに移植を行えば, その後の本田での発生に影響しない。しかし, これ以外の暖かい気象条件下では, 感染・罹病苗は本田内での伝染源となり, 本田での発生を早める。一方, 補植用苗を本田に放置すると, 密植状態である同苗内では, 温度条件(最低気温16℃以上)さえ整

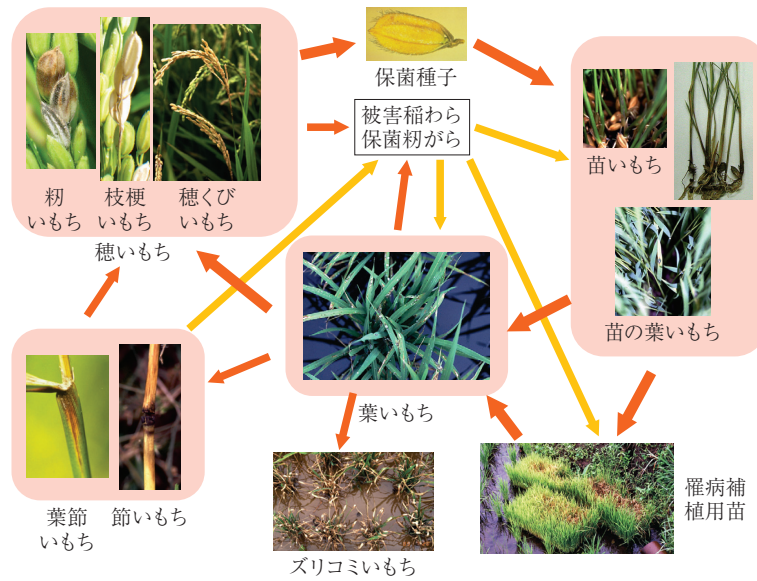


図-1 イネいもち病の主要伝染環と発生部位別名称

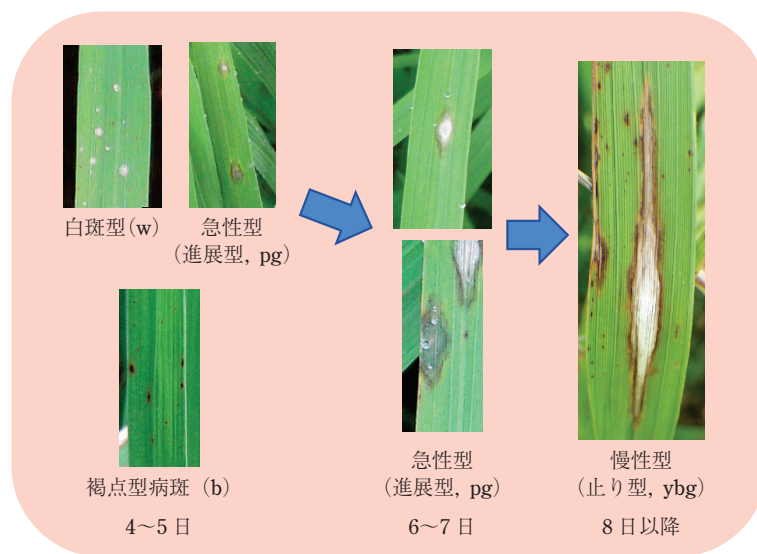


図-2 葉いもちの病斑型とその変化

注) 日は感染後の日数, ローマ字は病斑の色をあらわす。

えば本苗内の感染苗あるいは周囲の他の伝染源から飛散した病原菌の分生胞子によって感染をうけ、補植用苗内でいもち病がまん延する。そして、本病がまん延した補植用苗からいもち病菌の分生胞子が飛散し、周辺の本田のイネ株に感染し、本病が広まる (図-1) (山中・山口編, 1987)。

3) 分けつ期から出穂前

本時期には葉と葉節に本病が発生する。しかし、本時期に主に発生するのは葉身上の葉いもちである (図-1, 2)。イネの感受性・生育時期等によって異なるが、病原菌は通常気象条件では、展開中の葉 (n 葉) とその次

葉 (n-1 葉) の若い葉の葉身に感染し、その後、分生胞子を多数形成する中～大型の葉いもち病斑 (罹病性病斑) を形成する。一方、n-2 葉以下の古い葉身上では、小型の褐点病斑 (抵抗性病斑、分生胞子をほとんど形成しない) しか形成しない (図-2)。しかし、若い葉の上でも抵抗性病斑は形成される。また、抵抗性病斑の n-1 葉上での罹病性病斑に対する形成率は分けつ期後、生育が進むに従って増加し、イネは抵抗性が強まる。分けつ期は茎数の増加に伴い①感受性の高い若い葉の量が増加し、②茎葉が繁茂してイネ群落内が多湿になりやすいことから、葉いもちがまん延しやすい。

いもち病菌は若い葉の葉身に感染すると感染後4~5日目に初め円形から楕円形の白色(w, 白斑型, 多発生下で発生)または中央灰色(g), 周縁暗緑色~紫色(p)ないし暗緑色の水浸状病斑を形成する。そして, この病斑は葉脈に沿って拡大し, 中心部灰白色, 周縁紫色~紫褐色(pg)の紡錘形ないし長菱形の病斑となる。この病斑を急性型(進展型)病斑という(図-2)。病斑上に形成される病原菌の分生孢子数はこの病斑が最も多く, 1晩に1病斑当たり3~4万個の分生孢子が形成されることがある。本病斑はその後, 周縁褐色(b), 中心部灰白色(b), 葉脈にそって褐色のえ死線, 周囲に淡黄色(y)の中毒部を形成する慢性型(止り型, ybg)と呼ばれる病斑となる。慢性型病斑の分生孢子形成能は急性型(進展型)病斑に比べると劣る。なお, 群落の下層に分布する古い葉では, 感染すると最初, 点状の病斑が現れるが, 伸展がわずかでただちに褐変(b)し, 上述したように分生孢子をほとんど形成しない病斑(褐点型病斑)となる(図-2)(山中・山口 編, 1987)。

葉いもちも穂いもちの主な伝染源である。すなわち, 葉いもち病斑上に形成される分生孢子は空气中に飛散し, 穂に感染し, 穂いもちを発生させる。このため, 出穂前に穂の分布位置に近く, 出穂時にいもち病菌の分生孢子が多く形成される上位葉(止葉を含めた上位3葉)での葉いもち病斑数が多いと穂いもちの発生が著しくなる。しかし, 下位葉上の古い病斑でも分生孢子は形成されるので, 伝染源として無視できない。なお, 葉いもち病斑は周囲40~50mまで穂いもちの伝染源になりうる。

葉と葉鞘の境にある葉節が罹病すると「葉節いもち」が生じる。葉節は罹病すると葉舌, 葉耳も褐変して, 葉身, 葉鞘へも病斑が伸展し, これらの上で分生孢子が形成される。特に止葉の葉節に発生した本病は穂いもちの大きな伝染源になり, 出穂前の穂ばらみ期に穂が止葉葉鞘から出現する直前, 同葉鞘内で葉節いもちからミゴへ感染が起きる可能性がある(山中・山口 編, 1987)。

4) 出穂以降

出穂以降, 籾, 枝梗, 穂軸, ミゴ, 穂くび節等の穂各部に付着した病原菌は侵入・感染後, 潜伏期間を経て, 穂いもちを生じる。穂各部の感染から発病までの潜伏期間は出穂期の平均的な気温で籾, 枝梗, 穂くび節でそれぞれ, 5~8日, 7~10日, 9~12日で, 低温ほどこれが長くなる。籾いもちの潜伏期間は穂いもちの中で最も短いため, 発生も早く, 穂いもちの二次伝染源となる。籾が感染を受けると穎の先端あるいは側面が白化(多雨条件で時に褐変)し, これが籾全体に及び, 後, 表面に灰色, 後に灰黒色の多数の分生孢子を含む菌層を形成す

る。なお, 籾いもちによる白化籾は時に健全部との境が褐変する。籾いもちから枝梗へ病斑が伸展(枯れ下がり)すると, 枝梗いもちとなる。また, 護穎・小枝梗は感染を受けると紫黒色に変色する(図-1)(山中・山口 編, 1987)。

枝梗は節部が感染を受けやすく, 感染部位は灰白色から黒褐色に変色し, その後, 病斑は上下に伸展する。感染が出穂後の早期の場合, 感染部位の上部の籾は枯死し, 不稔となり, 後期の感染では, 登熟不良が起きる。穂軸に本病が発生すると「穂軸いもち」になり, 本病の発病経過は枝梗と類似する(図-1)(山中・山口 編, 1987; 日本植物防疫協会, 2010)。

穂くび節の潜伏期間は穂の中では最も長い。このため, 穂くびいちは穂いもちの中で最も遅く発生する。穂くびいちは, 最初, 穂くび節が紫褐色に変色し, これが節全体に带状に広がる。その後, この病斑は上下に伸展し, 暗褐色となり, 時に病斑の外周に不明瞭な黄褐色の中毒部を生じる。穂くび節が早期に感染を受けると穂全体が白穂となり, 不稔となる。感染時期が遅いとその被害は少なくなるが, 収量・品質に及ぼす影響は大きい(図-1)(山中・山口 編, 1987)。

ミゴの病斑は穂首節から下の節間部に形成され, 穂くびの病斑と類似し, 早期感染で感染上部の穂は白穂となる。節いちは茎の節が感染を受けて生じ, 最初, 円形の褐色病斑を形成し, これが拡大し, 節全体に広まり, 黒変する。また, 節いもちの病斑の周囲は淡暗褐色に変色し, 節部は折れやすく, 感染節より上の茎は枯死する(図-1)(山中・山口 編, 1987)。

(3) 発生相

本病の発生様相は大きく北日本型と南日本型に分けられる(図-3)。北日本型の発生地はいもち病による被害が著しく, 通常, 東北地域や関東以西の中山間地等がこれに属する。本型の発生地では, 移植後, 気温が低いことや梅雨の開始時期が遅いため, 葉いもちの発生時期が遅い。しかし, 葉いもちの発生は出穂期と重なるため, 葉いもち病斑が伝染源となって穂いもちが多発生しやすい(山中・山口 編, 1987; 日本植物防疫協会, 2010)。

一方, 南日本型の発生地は一般に関東以西の平坦部がこれに属し, いもち病による被害は北日本型ほど著しくない。本型の発生地では移植後の気温が高いため, 葉いもちの発生は北日本型より早く, 梅雨明けとともに葉いもちの発生は一旦終息する。しかし, 秋の長雨にともない登熟後期に穂いもちが発生する。なお, この二つの型の発生地は気温の高低や雨期の長短や発生時期等によって変動し, 冷害年では関東以西の平坦部でも北日本型の

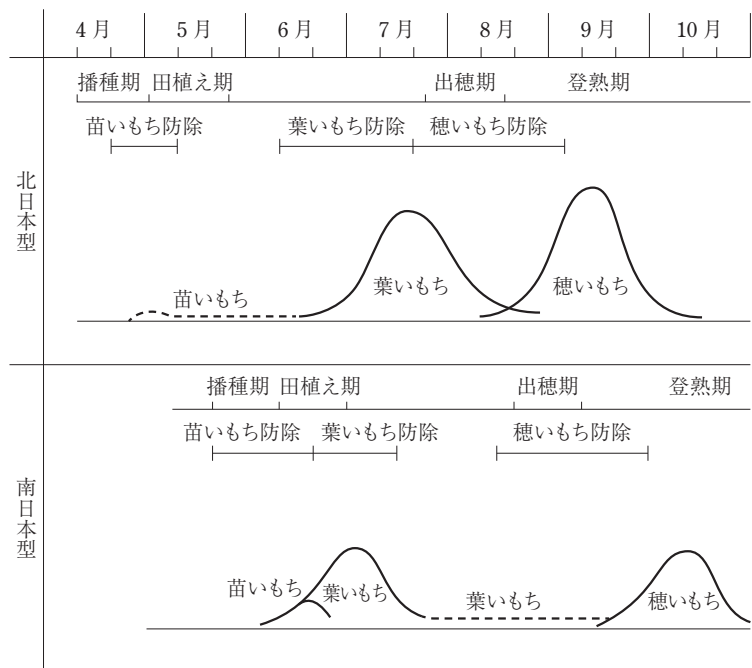


図-3 いもち病の発生相と薬剤防除時期 (山中・山口 編, 1987)

発生となる (山中・山口 編, 1987; 日本植物防疫協会, 2010)。

2 発病要因

(1) 感染環と気象

1) 孢子形成・離脱・飛散・付着

葉いもちの感染環を図-4 に示した。本病の病勢は感染環を繰り返して、進展する。分生胞子の形成は湿度 89% 以上 (93% 以上で旺盛), 12~32℃ の温度で約 6 時間後から行われ, その形成数は 25~28℃ で最も多い。また, 葉いもち病斑上での延べ分生胞子形成数は中温 (20~25℃) で最も多く, 高温 (30~32℃) では孢子形成のピークは早い, その後形成数は急減する。低温 (16℃) では孢子形成のピークは遅く, 形成数は少ない。いずれの温度でも, 病斑発現後, 20 日以上にわたり分生胞子が形成される。穂いもち病斑上の分生胞子形成能は, 籾, 穂くび節では病斑発現後, 各々 4~8 日, 8~15 日後がピークで, 籾では 20 日以上, 穂くび節では 30 日以上孢子形成能がある (山中・山口 編, 1987)。

分生胞子は成熟後, 高湿度 (90% 以上) で主に夜間, 分生子柄から離脱し, 空気の流れにそって飛散・浮遊するとともに落下し, イネ体上に付着する。分生胞子の離脱には水 (露・雨), 風, 明暗も関与し, 結露や雨の濡れによる分生子柄からの分生胞子の離脱も行われる。なお, 雨が強く (3.5 mm/hr 以上) になると, 分生胞子が雨滴に捕捉され, 空気中での飛散分生胞子数は減少する。分生胞子が分生子柄から離脱するために必要な時間は,

病斑上に新たに分生子柄と分生胞子が形成されるときには約 6 時間である。しかし, 既に形成されている分生胞子や分生子柄が存在する場合には, 日没後の結露あるいは小雨等により, 分生胞子の離脱は 6 時間以前から始まる。分生胞子の離脱の多くは日没後病斑上に新たに作られる分生子柄から形成された分生胞子で行われる。このため, 分生胞子の空気中での飛散数は普通, 夜半から早朝に多い (山中・山口 編, 1987)。

イネ体に付着する分生胞子の数はイネ群落内外の空気中における分生胞子の飛散数と落下速度, イネ体の表面積とその構造, 角度および空気の流れや速度等によって決定される。

2) 発芽・侵入・感染

イネ体に落下した分生胞子はその表面が濡れているとその先端にある粘着物質で付着し, 発芽管を出し, 発芽管を伸長させる過程で固着し, 疎水性基質を認識し先端に付着器を形成する。付着器はその後, 表面に粘着物を分泌して固着を強固なものにするとともに, メラニン化して褐変し, 細胞内のグリセロール濃度を高め, 高い膨圧 (80 気圧弱) で, 侵入菌糸を出し, 表皮細胞内に侵入する。病原菌の菌糸はその後, イネの細胞内で伸長と分岐を続け, 隣接する細胞へと伸展し, 感染が成立する (図-4) (浅賀ら 編, 2003)。

いもち病菌の分生胞子の発芽および付着器形成は 12~33℃ の温度で行われるが, 18~29℃ では 23℃ 付近が最も速く, 温度 (x) と付着器形成平均所要時間 (y) と

の間には $y = 0.072(x - 23.2)^2 + 10.9$ の関係がある。また、分生胞子が発芽後、付着器を形成するまでに強い雨ががあると分生胞子はイネ体から流亡する、そして、イネ苗を使った試験では降水量 (x) と形成病斑数 (y) の間に $y = 5x^{-0.73}$ の関係式が得られている (山中・山口 編, 1987)。

いもち病菌が侵入に要する最短時間は温度によって異なり、24℃で6時間、20℃および28℃で8時間、32℃で10時間、14℃で12~24時間、11~13℃で24~48時間以内である。しかし、分生胞子を集団としてみると、イネ葉への平均侵入所要時間 (y) と温度 (x) との間には $y = 0.054(x - 24.2)^2 + 12.4$ の関係式が成り立ち、葉への侵入率は、侵入所要時間の平均値とする累積正規分布曲線に従って経時的に増加する。また、葉への最高侵入率 (y) と温度 (x) との間には $y = -0.139(x - 23.8)^2 + 16.9$ の関係があり、20~30℃では最高侵入率の差が少なく最高侵入率は18℃以下および32℃以上で急減する (山中・山口 編, 1987)。

いもち病菌分生胞子のイネ体への侵入量は雨などによる流亡がない場合、イネ体上の濡れの持続時間と温度によって決定される。イネ体上の濡れは溢泌液、露、雨、霧等によって生じ、晴天日では、夜間、イネ体上に落下した分生胞子の多くは、イネ体の濡れによって発芽するものの、翌朝の日の出とともにイネ体が乾燥するため、付着器形成・侵入に至る前に死滅し、侵入量は少ない。しかし、曇天や雨天日では、濡れの持続時間が長くなるため、分生胞子のイネ体への侵入量は多くなる (山中・山口 編, 1987)。

葉身では機動細胞と気孔副細胞への侵入率が他の部位より高い。また、穂の小穂表皮細胞は葉身の表皮細胞より侵入・菌糸伸張がともに速く、感染が容易で、穂では水滴が消失しにくい部位での発病が多い (山中・山口 編, 1987)。

3) 潜伏期間・病斑形成

葉いもちと穂いもちの潜伏期間については上述したが、葉身では潜伏期間 (y , 日) と気温 (x , 15~27℃) との間には $y = -0.60x + 20.8$ の関係がある。高温 (25~32℃) では病斑の出現・伸展・停止が早く、中温 (20~25℃) では病斑の伸展の停止は比較的ゆっくりで、低温 (16~20℃) では病斑の伸びはゆるやかで、長い病斑となる (日本植物防疫協会, 2010)。

(2) 発病要因

1) 気象

(i) 気温

2節(1)で記述したように本病病原菌の感染環のうち

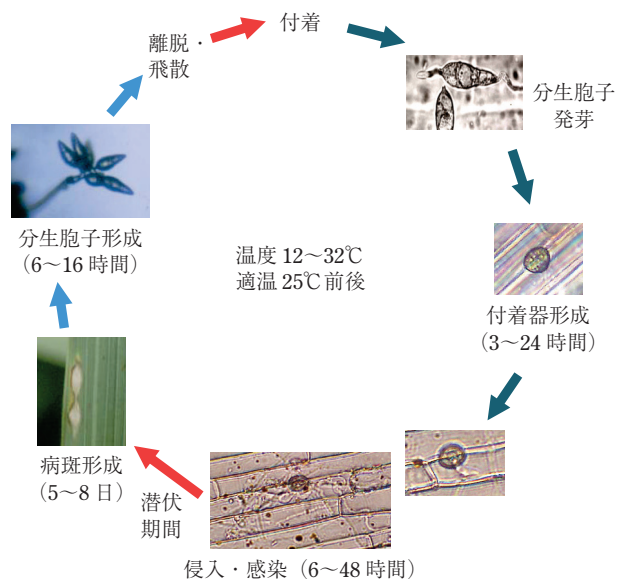


図-4 葉いもちの感染環
注) 分生胞子形成 (吉野嶺一氏撮影)

離脱・飛散・付着を除く、分生胞子形成、発芽、付着器形成、侵入、感染および病斑伸展は気温に依存して起き、この感染環が成り立つ温度範囲は12~32℃で、その適温は25℃前後である (図-4)。

一方、イネの本病に対する抵抗力も温度によって変動する。葉では低温期間中あるいは直後に一時抵抗力は高まり、その後抵抗力が低下するが、イネの本病抵抗力は温度が20℃以下の低温になればなるほど、また、その低温期間が長いほど、低下する。低温によるいもち病抵抗力の低下程度は、葉では低温処理後新たに抽出する2~4葉後の葉が最も著しく、穂では出穂日までは第10葉期~止葉期の低温処理で最も顕著である。また、出穂日以後では、出穂日の低温処理で抵抗力の低下が著しく、同5日以降の処理ではその影響は低下する。不稔粉の増加は穂いもち抵抗力を低下させる。冷害年では冷害による不稔粉の発生と低温による抵抗力の低下が重なり、穂のいもち病感受性が一層高まる。また、低温時には出穂が遅延して、ばらつくため、抵抗力の低い穂が長く存在し、穂いもちの発生が助長される (山中・山口 編, 1987)。

一方、低温下では高温下のようなイネの抵抗性の増加と葉いもち病斑の停止型への早期の移行が見られない。このため、葉いもちの病勢はゆるやかだが出穂期まで継続して進展し、穂への感染につながる。

(ii) 雨

上述したように強雨は空気中でのいもち病菌の分生胞子の飛散数を減少させ、発芽初期の分生胞子をイネ体上から洗い流す。しかし、一般に雨はイネ群落内の湿度を

高めて、病原菌の分生胞子の形成を促進するとともに、イネ体を濡らして、感染を誘起する。さらに、連続した降雨下では日照が限られ、イネ体が冷えるため、イネの抵抗力が低下する。

なお、葉いもち病斑が見られる場合、出穂前後に降雨日数が多いほど穂いもちの発生が多くなる（山中・山口編，1987）。

（iii）日照

葉いもちの発生は曇天中には少ないが、曇天から晴天後に急に多くなる。これは①曇天中イネの組織内でのいもち病菌の伸展抵抗は低下するが、侵入抵抗性が高まる、②曇天によって夜間の露の形成が抑えられる、③曇天期間終了後イネの侵入・伸展の抵抗性がともに低下し、抵抗力が急激に低下することによる。また、曇天後の抵抗力の低下は、曇天期間が長く、施肥量が多いほど、長くなり、曇天程度が強いほど、著しい（山中・山口編，1987）。

（iv）風

強風によって形成されたイネ体上の傷は、病原菌の侵入の門戸となる。しかし、一般に風は蒸散を誘起し、イネのケイ質化を促進して、抵抗性を増強し、大気中に飛散するいもち病菌分生胞子を拡散して、イネ体への付着数を減少させ、葉上の水滴を早く消失させるため、本病の発生を抑制する（山中・山口編，1987）。

2) 肥料

（i）三要素

窒素、リン酸およびカリの過剰施用はイネの抵抗力を低下させ、いもち病の発生を助長する。しかし、いもち病の発生に最も影響するのは窒素である。窒素肥料を多用するとイネが軟弱となり、可溶性窒素含量が増加し、抵抗力が低下する。また、イネが過繁茂となり、群落内の湿度が高まる。これらはいもち病菌のイネへの侵入・感染と菌糸の伸展、分生胞子形成を促し、本病を多発生に導く。なお、穂の本病に対する抵抗力の低下は減数分裂期における窒素肥料の追肥の影響が最も大きく、出穂期以降の追肥による抵抗力への影響は小さい（山中・山口編，1987）。

（ii）ケイ酸

ケイ酸質肥料を施用するといもち病の発生が抑制される。この原因として、イネ表皮細胞へのケイ酸の沈積による侵入抵抗性の増大、イネのケイ酸含量の増加に伴う窒素含量の低下のほか、ファイトアレキシンの産生やイネの病害防御反応の誘導が考えられている。なお、圃場抵抗性が中程度のイネ品種では、幼穂形成期の葉身で6%以上、出穂期の葉身で7%以上、穂で8%以上のケイ

酸含量があるといもち病に対する抵抗力が高まる（山中・山口編，1987）。

（iii）有機物・土壌

有機物はその種類により、土壌中への有機物の集積やイネへの窒素供給量が異なるので、過剰な有機物施用を避けるとともに、化成肥料を同時に施用するときは窒素過多にならないよう、施肥量を調節して、いもち病の多発生を防ぐ（山中・山口編，1987）。

排水不良で腐食含量の多い湿田や泥炭田ではイネの根腐れが起きて、イネの窒素代謝が乱れるため、可溶性窒素含量が増加し、いもち病抵抗力が低下する（山中・山口編，1987）。

3) 栽培様式

耕土が浅いとイネの初期生育が急速に進み、抵抗力が弱まり、葉いもちの発病が多くなる。また、密植するとイネは過繁茂となるとともに、感染可能葉面積が増加するため、葉いもちの発生が多くなる。しかし、施肥量が少なければ、生育後期に肥切れ状態になって、抵抗力が強くなるため、発病が少なくなる。一方、疎植では生育後期まで密植より肥切れしにくく、穂の本病に対する感受性は密植より高いと推測される（山中・山口編，1987）。

早植栽培は晩植栽培に比べ、イネの抵抗力が生育初期に弱く、後期に強くなる。しかし、晩植栽培では生育後期まで肥切れにならずイネの抵抗力は早期栽培より生育後期に弱い。

冷水による灌漑では主に水口付近でイネの生育が遅れるとともに、葉いもちの発生が遅れる。しかし、生育が進んで温度が高まるとイネの抵抗力は低下し、本病が多発する。なお、冷水の体質に及ぼす影響は長く続き、低温による影響と類似する。早期落水は土壌の乾燥が激しいほど、本病の発生を助長する（山中・山口編，1987）。

直播栽培には乾田直播、湛水直播、折衷直播があり、播種法は点播・条播・散播に分かれる。直播と移植あるいは播種法の違いによるいもち病の発病差は、イネの繁茂程度、感染可能葉面積、体質ならびに感染好適条件の出現時期等によって影響を受けることと、直播は移植栽培より出穂が遅れるため、一定の傾向を見いだすことは難しい。しかし、直播イネは移植栽培のイネに比べて養分吸収が早く、肥切れ状態になりやすく、これが発病に影響する。

II 品種抵抗性と病原菌のレース

1 抵抗性の種類と遺伝子

イネ品種のいもち病抵抗性は、質的な真性抵抗性と量的な圃場抵抗性に分けられる。真性抵抗性は優性な1個

表-1 判別品種に対する代表的イネいもち病菌レースの反応

品種	真性抵抗性遺伝子型	コード番号	病菌レース名			
			001.0	003.0	007.0	037.1
新2号	<i>Pik-s</i>	1	S	S	S	S
愛知旭	<i>Pia</i>	2	R	S	S	S
石狩白毛	<i>Pii</i>	4	R	R	S	S
関東51号	<i>Pik</i>	10	R	R	R	S
ツユアケ	<i>Pik-m</i>	20	R	R	R	S
フクニシキ	<i>Piz</i>	40	R	R	R	R
ヤシロモチ	<i>Pita</i>	100	R	R	R	R
Pi No.4	<i>Pita-2</i>	200	R	R	R	R
とりで1号	<i>Piz-t</i>	400	R	R	R	R
K60	<i>Pik-p</i>	0.1	R	R	R	S
BL1	<i>Pib</i>	0.2	R	R	R	R
K59	<i>Pit</i>	0.4	R	R	R	R

S: 罹病性; R: 抵抗性.
 病菌レース名: 罹病性を示したコード番号を足した数値.

の遺伝子で支配され、本抵抗性が発現すると通常、病気は発生しない。しかし、本抵抗性遺伝子を導入した品種を単一に栽培すると、これを侵害するいもち病菌の系統(レース)(表-1)が出現し、その抵抗性が数年で無効になる。これは本病真性抵抗性が遺伝子対遺伝子説に従い、抵抗性遺伝子とこれに対応する病原菌の非病原性遺伝子の相互作用により抵抗性が発現し、非病原性遺伝子の変異で新たなレースが出現し、抵抗性の罹病化が起きるためである。

一方、圃場抵抗性は真性抵抗性が作用していない条件で発現し、一般に複数の遺伝子がこの抵抗性に関与する。本抵抗性ではいもち病の発病は見られるが病勢の進展が抑制される。圃場抵抗性は通常、いもち病菌の系統によって変動しないことから、その抵抗性は長く持続すると考えられている。しかし、一部の圃場抵抗性遺伝子はいもち病菌の菌株によって抵抗性が変動する。

近年のイネのゲノム解析技術の進歩にともない、現在、いもち病に対し100個以上の真性および圃場抵抗性の遺伝子(これらのうち20個以上の遺伝子は単離済み)が同定され、これらのイネ染色体上での座乗領域が推定・特定されている。そして、抵抗性遺伝子と密接に連鎖するDNAマーカーが作出され、これらを用い、劣悪な形質を伴わず抵抗性遺伝子をイネ品種に効率的に導入することが可能になってきている(小泉, 2014 a)。

一方、イネの抵抗性遺伝子同様、いもち病菌の非病原性遺伝子も同定され、一部の遺伝子は単離されて、その

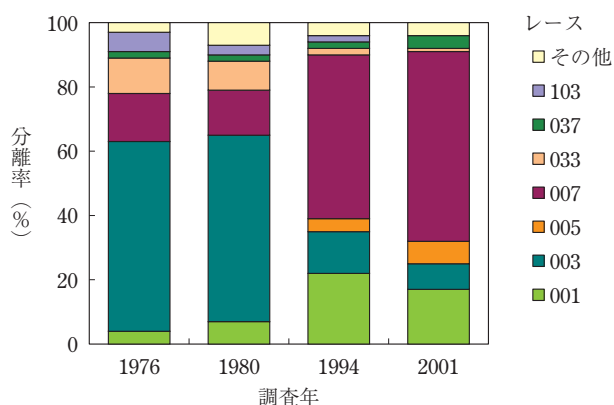


図-5 我が国におけるイネいもち病菌レース分布の変動 (Koizumi, 2009)

遺伝子構造や変異様式および病原性変異頻度 (AVR-Pita で約 10^{-5} など) が明らかになっている。

2 病原菌のレース

我が国におけるイネいもち病菌のレースの判別は、現在、主な真性抵抗性遺伝子を個々に有する12イネ品種(これを判別品種という)に病斑から単孢子分離したいもち病菌株を接種し、病斑型による反応を調べることで行われている(表-1)。しかし、我が国の判別品種の中には一部の外国産イネいもち病菌に抵抗性を示す真性抵抗性遺伝子(日本産イネいもち病菌では検出不能)が含まれている。また、これらの品種には近年、同定された抵抗性遺伝子の一部は含まれていない。このため、国際農林水産業研究センターと国際稲研究所は共同研究で真性抵抗性遺伝子を持たない中国のイネ品種 'Lijiangxintuanheigu (LTH) 麗江新団黒谷' に主要な真性抵抗性遺伝子を1個ずつ導入した一遺伝子系統(LTHを含む26系統, 23遺伝子)を育成し、これを用い国際的なイネいもち病菌レースの判別システムを開発した。現在、我が国および世界各地ではこれらの判別品種を用い、イネいもち病菌のレースを判別し、その分布様相を調査している(Koizumi, 2009; Hayashi et al., 2009)。

図-5に我が国で近年行われた4回のイネいもち病菌レースの全国調査の結果(初期の調査ではK60, BL1およびK59は判別品種に含まれていなかったため、これらの結果は除いた)を示した。4回の調査で延べ約7,200菌株のレースが判別され、総計36レースが同定された。近年、真性抵抗性遺伝子 *Pii* を侵害するレース分布が増加したが、これは *Pii* を保有するイネ品種('キヌヒカリ', 'ひとめぼれ', 'あきたこまち', 'ヒノヒカリ', 'あいちのかおり', 'きらら397', 'はえぬき', 'つがるロマン'等)の栽培面積が増加したことによる。また、比較的小さい地域の中でも、栽培されていたイネ品種の真性抵抗性遺

伝子型の栽培面積率の違いによって、レース分布は異なっていた (KOIZUMI, 2009)。

3 抵抗性遺伝子の持続的利用

イネ品種の抵抗性の持続的な利用法として、①真性抵抗性の集積、②真性抵抗性と圃場抵抗性の組合せ、③圃場抵抗性の集積、④抵抗性の交替栽培および⑤多系品種の利用が考えられる。これらのうち、我が国で持続的な抵抗性遺伝子の利用として実用化されているマルチライン (多系品種) と圃場抵抗性遺伝子の利用について記述する。

(1) マルチライン (多系品種)

上述したように真性抵抗性遺伝子は単独で利用すると病原菌の新レースが出現・増殖し、その抵抗性を長く維持できない。このため、我が国では、現在、真性抵抗性遺伝子を混合して利用することで、特定レースの急激な増殖が起きず、長く抵抗性が維持できるマルチライン (多系品種、宮城県‘ササニシキ BL’、新潟県および富山県‘コシヒカリ BL’) が栽培されている。なお、マルチラインとは、異なる真性抵抗性を有するが、他の形質が戻し親品種と同一な同質遺伝子系統 (IL, アイソジェニックライン) を数種類、混植したもので、混合した状態で1品種として取り扱われる。

‘ササニシキ BL’は我が国で最初のマルチラインで、1995年に宮城県で異なる遺伝子を有する3ILを混植し、栽培が開始された。栽培面積は一時5,500 haあったが、現在、その栽培面積は数10 haと減少している。本マル

チラインは、導入後、遺伝子 *Pik*, *Pik-m* を有する IL を侵害するレースが増えたので、IL の構成が変更され、2006年以降は7個のILが等量混合されている (図-6)。なお、本マルチラインでは抵抗性IL (*Piz* と *Piz-t* 保有) 導入1~2年後にこれらを侵害するレースが出現したが、その分布頻度は高くならず、抵抗性が維持されている。

一方、新潟県全域 (約90,000 ha) で2005年から栽培された‘コシヒカリ BL’は、4ILから構成され、分布レースに対し、抵抗性ILが7割を占め、いもち病の発生が薬剤散布と同程度に抑えられるIL構成となっている (図-6)。新潟県では本マルチラインの導入により、いもち病の発生が劇的に抑制され、薬剤防除も減少した (図-7)。また、本マルチラインも導入数年後抵抗性ILを侵害するレースが分離されたため、IL構成が数年ごとに変更されている (図-6)。富山県の‘コシヒカリ BL’は分布レースに抵抗性の3ILから成り、2003年から特別栽培米として約400 haで栽培されている (図-6)。

マルチラインのIL構成比は、これまでレース分布のモニタリングなどを元に経験的に決められてきた。しかし、レースのモニタリングには労力を要し、IL構成比の変更は、種子の準備などもあり、実際の変更年の数年前に決定する必要がある。このような中、中央農研センターは、マルチラインの持続的利用のため、新潟県、宮城県等と協力し、マルチラインにおける単年のいもち病の発病程度とIL変更比決定に必要ないもち病菌レース分布の長期変動を予測できる計算機システム (レースの長

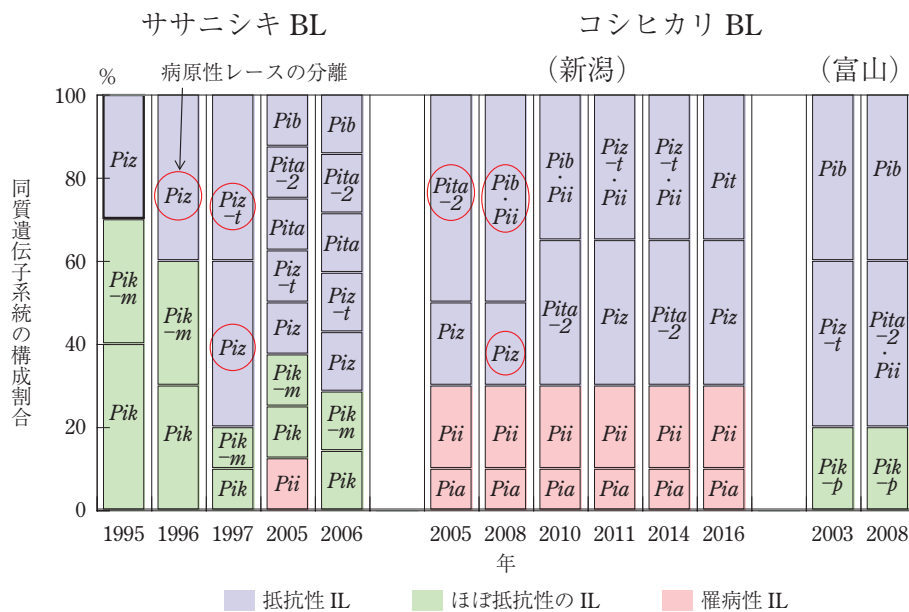


図-6 我が国におけるいもち病抵抗性マルチラインのIL構成 (小泉, 2014 a)
 英字は各同質遺伝子系統 (IL) が保有する遺伝子、赤丸で囲った遺伝子はその遺伝子を侵害するいもち病菌レースが抵抗性ILから分離されたことを示す。

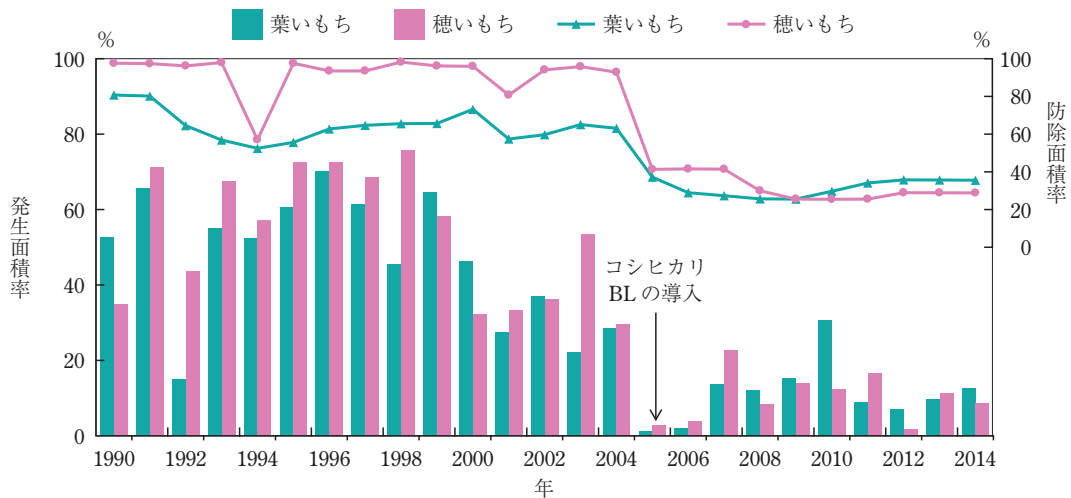


図-7 新潟県での‘コシヒカリ BL’導入によるいもち病の発生面積率と防除面積率の変動 (小泉, 2014 a)

期変動と葉・穂いもちの発病予測モデル)を開発した。本システムは現在、ネット上に公開され (http://www.naro.affrc.go.jp/narc/contents_hokuriku/ml_systop/index.html), いもち病抵抗性マルチラインの持続的利用を支えている。

我が国のマルチラインはこれまで IL 構成比の変更でその抵抗性を維持してきた。しかし、現在のマルチラインは、交替 IL のための抵抗性の遺伝子源が限られ、IL の圃場抵抗性も弱い。このため、今後は、新遺伝子源を追加し、IL の圃場抵抗性を増強する必要がある (小泉, 2014 a)。

(2) 圃場抵抗性

量的な形質の圃場抵抗性は、真性抵抗性と異なり、病原菌の新レースの増殖で短期間に抵抗性が無効にならないと考えられている。このため、我が国では、圃場抵抗性を用いたいもち病の抵抗性育種が古くから行われてきた。ところが、遺伝子解析の不十分さと抵抗性強品種の一部の食味不良等のため、圃場抵抗性遺伝子を利用したいもち病防除はこれまで限られていた。しかし、近年のイネのゲノム解析の進歩にともない、圃場抵抗性の遺伝子解析が進み、遺伝子と密接に連鎖する DNA マーカーを利用することにより、食味などの不良形質を除き、圃場抵抗性遺伝子のみをイネ品種に導入することが可能となってきた (小泉, 2014 b)。

1) 我が国で近年同定された圃場抵抗性遺伝子と特性

我が国で報告されている圃場抵抗性遺伝子には、①外国イネ、②陸稲、③在来水稲および④野生イネ由来のものがある。しかし、これらのうち、近年、同定された圃場抵抗性遺伝子は、野生イネ由来の *Pi38(t)* を除けば、いずれも外国イネおよび陸稲品種由来の遺伝子である

(表-2)。すなわち、*Pi35* (単離済み) と *Pi39* は中国イネ品種、*Pb1* (単離済み) はインド型イネ品種から、それぞれ導入されている。一方、*pi21* (単離済み)、*Pi34* および *Pi63* (単離済み) は陸稲由来の遺伝子である。

Pi35, *Pi39*, *Pb1* ならびに *Pi38(t)* はいずれも優性遺伝子で作用力が強く、それぞれ単独で高度な圃場抵抗性を発現する。ただし、*Pb1* は葉いもちに十分な効果はなく、穂いもちのみ抵抗性を発現する。一方、劣性の *pi21* は世界で最初に単離された圃場抵抗性遺伝子で、陸稲品種‘オワリハタモチ’が持つ 4 個の圃場抵抗性遺伝子の中で作用力が最も大きい。陸稲品種‘戦捷’に由来する優性の *Pi34* は高度な圃場抵抗性を発現し、日本在来の陸稲品種‘嘉平’由来の *Pi63* も作用力が大きい。

2) 圃場抵抗性遺伝子を導入した品種・系統

近年、圃場抵抗性遺伝子を導入して育成された主な品種・系統を表-2 に示した。現在、最も広く利用されている遺伝子は *Pb1* で、本遺伝子を導入した品種 (‘あさひの夢’、‘あいちのかおり SBL’ 等) は数万ヘクタールで栽培されている。*Pb1* は縞葉枯病抵抗性遺伝子 *Stvb-i* と連鎖している。このため、本遺伝子を導入した品種の多くは *Pb1* と *Stvb-i* がともに導入され、穂いもちと縞葉枯病に強い。‘中国 IL1 号’は *Pi34* と縞葉枯病抵抗性遺伝子 *Stvb*、‘ひたち IL1 号’は *Pi63* を各々‘コシヒカリ’に導入した系統で病害抵抗性以外の形質は‘コシヒカリ’と変わらない。*pi21* を導入した‘ともほなみ’は DNA マーカーで *pi21* に近接する食味を悪くする遺伝子を除去している。このため、同品種はいもち病に強く、食味もよい。*Pi35* を導入した低アミロース品種の‘ゆきのはな’、*Pi39* を導入した良食味品種の‘みねはるか’はいずれも高度の圃場抵抗性を有する (小泉, 2014 b)。

表-2 近年我が国で同定されたイネいもち病圃場抵抗性遺伝子と同遺伝子導入品種 (小泉, 2014 b)

遺伝子名	座乗染色体	来歴	同定・解析	遺伝子導入品種・系統	育成地	その他
<i>Pb1</i>	11	インド型イネ品種 Modan	愛知県・北海道農研・ 次世代作物開発研	コシヒカリ愛知 SBL, あさひの夢, あいちの かおり SBL, 月の光他	愛知県	穂いもち抵抗性, 単離 (次世代作物開発研) 縞葉枯病抵抗性遺伝子 <i>Stvb-i</i> と 連鎖
<i>pi21</i>	4	陸稲品種オワリ ハタモチ・戦捷	次世代作物開発研・ 愛知県	ともほなみ	愛知県・ 次世代作物 開発研	単離 (次世代作物開発研)
<i>Pi34</i>	11	中部 32 号 (陸稲品種戦捷由来)	東北農研	中国 IL1 号	西日本農研	縞葉枯病抵抗性遺伝子 <i>Stvb</i> と 連鎖
<i>Pi35</i>	1	北海 188 号 (中国イネ品種 荔支江由来)	中央農研・ 次世代作物開発研	ゆきのはな	青森県	単離 (次世代作物開発研・中央農研)
<i>Pi38(t)</i>	4	イネ近縁野生種 <i>Oryza rufipogon</i>	作物研			
<i>Pi39</i>	4	中国イネ品種 Haonaihuan	愛知県・ 次世代作物開発研	みねはるか	愛知県	
<i>Pi63</i>	4	陸稲品種嘉平	茨城県・ 次世代作物開発研	ひたち IL1 号	茨城県	単離 (次世代作物開発研)

愛知県：愛知県農業総合試験場，茨城県：茨城県農業総合センター，青森県：(地方独法) 青森県産業技術センター農林総合研究所，
中央農研・次世代作物開発研・北海道農研・東北農研・西日本農研：(独)農研機構 中央農業研究センター・次世代作物開発研究セン
ター・北海道農業研究センター・東北農業研究センター・西日本農業
研究センター。

表-3 圃場抵抗性遺伝子を集積して育成された品種・系統 (小泉, 2014 b)

集積遺伝子	品種・系統	育成地	その他
<i>Pi39, Pb1</i>	中部 134 号	愛知県	2013 年 11 月品種登録出願
<i>Pi39, Pb1</i>	たちはるか	九州沖縄農研	縞葉枯病抵抗性遺伝子 <i>Stvb-i</i> 保有

愛知県：愛知県農業総合試験場。
九州沖縄農研：(独)農研機構 九州沖縄農業研究センター。

圃場抵抗性遺伝子と密接に連鎖する DNA マーカーの
開発により，同遺伝子の集積も以前より容易になってき
た。このため，抵抗性の高度化とその持続的利用を考え，
圃場抵抗性遺伝子を集積した品種が近年，育成されてい
る(表-3)。これらの品種では各遺伝子を単独に保有する
品種・系統よりいもち病に対する抵抗性が增強している。

3) 圃場抵抗性遺伝子の持続性

真性抵抗性遺伝子を単独に利用するとこれを侵害する
病原菌のレースが出現・増殖し，持続性に欠ける。圃場
抵抗性遺伝子でも高度な圃場抵抗性を発現する *Pif*,
Pi34, *Pi35* および *Pi63* でその抵抗性を侵害する病原菌
の菌株の存在が報告され，*Pi34* および *Pi35* では病原菌
の非病原力遺伝子が同定されている。また，近年，単離
済みの圃場抵抗性遺伝子を主に抵抗性の発現機構が検討
され，真性抵抗性遺伝子と比較することで，圃場抵抗性
遺伝子の効果の持続性を解明しようという努力がなされ

ている。しかし，抵抗性を長く維持してきた品種は遺伝
解析から，複数の遺伝子を保有している事例が多く，圃
場抵抗性でも遺伝子を持続的に用いるには特定の遺伝子
に頼らないことが重要である。

上述したように圃場抵抗性遺伝子を利用したいもち病
の防除は以前と比べ容易となっている。また，圃場抵抗
性遺伝子を導入した良食味品種も育成されている。環境
保全型の低コストなイネ栽培を推進するには本抵抗性遺
伝子のさらなる利用が期待される。

III 被害と防除

1 被害

いもち病菌はイネの全生育時期にイネのほとんどの部
位を侵害するため，イネの罹病時期や罹病部位によっ
て，被害様相は異なる。葉いもちによる被害は，幼穂形
成期に近い最高分げつ期での葉の罹病が収量に最も大き

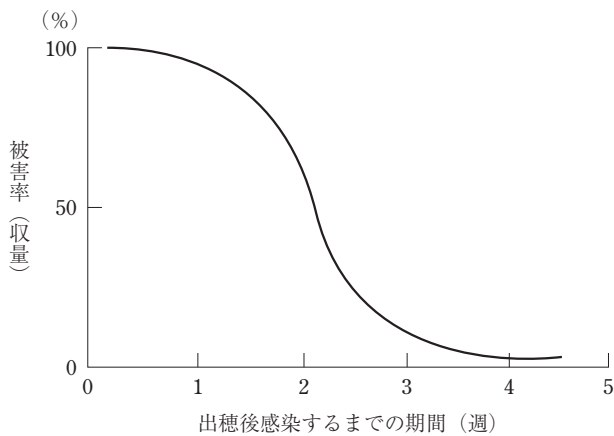


図-8 穂いもちの感染時期と被害率との関係 (模式図) (山中・山口 編, 1987)

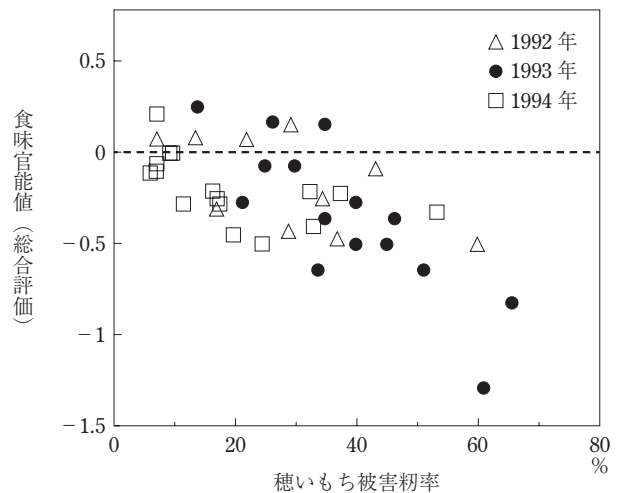


図-10 穂いもちの発病程度と米の食味との関係 (品種‘ミネアサヒ’) (小泉・藤, 1993)

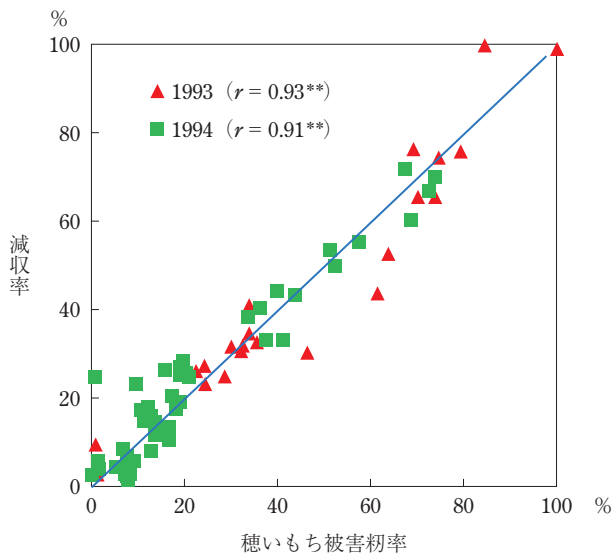


図-9 穂いもち発病程度と減収率の関係 (小泉ら, 1995)
注) 図中の線は両調査値の1:1の値を示す. ‘ササニシキ’ 同質遺伝子系統による試験.

く影響し、同時期の罹病葉率が10%までなら、収量への影響は小さいが、10%を超えるに従い減収程度が著しくなる。また、葉いもちによる罹病によって、稈長、穂長が短くなり、完全米が低下するとともに茶米、死米、奇形米が増加する(山中・山口 編, 1987)。葉の罹病はさらに葉面積の減少や分けつを発生を遅延し、光合成の低下と呼吸の増加を促し、乾物生産の低下も起こす(浅賀ら 編, 2003)。

穂いもちでは、収量に及ぼす本病の感染時期は出穂後25日(図-8)までで、出穂からの積算温度が350℃を超えると収量に及ぼす影響が小さくなる。しかし、これら以降の感染においても品質の劣化や籾への保菌が生じる。穂いもちの発生程度と減収程度との間には正の相関関係が見られ、穂いもちの多発生下では出穂約1か月後

の穂いもちによる被害率と減収率の値はほぼ一致する(図-9)。また、穂いもちの発生増に伴い、完全米が減少し、茶米、心白・腹白米および死米が増加し、さらに、穂いもちの多発により粒厚が薄くなるとともに米粒中の窒素濃度が高まり、食味も低下する(図-10)。

2 発生予察

(1) 気象による予察

気象条件によるいもち病の発生予察には、過去の気温、日照、降雨等の気象データから回帰式、重回帰式あるいは数量化手法等によりいもち病の発生量を予測する方法と現在の気象データからいもち病の発生を予測する方法がある(山中・山口 編, 1987)。後者には小林(1984)の葉いもちの全般発生開始期と病勢の急増期を起こす気象条件をもとに全般発生開始と急増期を予測する方法がある。この方法は越水(1988)のアメダス(AMeDAS, 気象庁の地域気象観測システム)の気象データを用いた葉いもちの感染好適日の予測システム(BLASTAM)となり、現在、本システムはいもち病の発生予察のために最も広く用いられている。

BLASTAMはアメダスの気象データ(風速、降水量、日照時間、気温)から、葉面の湿潤時間を推定し、その湿潤時間とその間の気温から、いもち病菌のイネ葉への侵入率を推定し、侵入率が4%前後以上の時を、感染好適湿潤時間とし、これと分生胞子の形成にかかわる好適湿潤時間出現前の気温を組合せ、感染好適条件の出現の有無を予測する。また、湿潤時間の出現や継続・停止に関与する風速、降水量、日照時間を感染好適条件の予測の決定に用いている。東北地域では、移植最盛期20日後の6月10日から、幼穂形成期ころの7月15日までが適用日となっており、複数の地点で感染好適条件が出現

すると全般発生開始期や病勢の急増期が予測できる（越水, 1988）。なお、最近、生産者がインターネットで利用できる1 km メッシュ気象データを用いた Google Map 版 BLASTAM が開発された。この BLASTAM の感染好適条件推測結果に基づき、薬剤防除の要否を判断することで、現地で慣行防除に比べ、効果的で効率的な薬剤防除が実施できた（倉内ら, 2016）。

なお、穂いもちでは出穂前のイネの上位葉での葉いもち病斑密度と穂揃期の降雨確率予報を用い、穂いもちの防除要否と薬剤散布回数を決定するシステムが考案されている（日本植物病理学会 編, 2015）。

（2）シミュレーションモデルによる予察

福島県で開発されたシミュレーションモデル BLASTL は3時間ごとの気象データと葉面の濡れ（多量の濡れも含む）の開始時刻と消失時刻およびイネの生育・耕種条件、伝染源の初期値等のパラメータを入力することで、葉いもちの病勢進展をシミュレートする。計算値は水田における実測値と類似するが、実際に本病の発生予察に利用するには、入出力データが細かく、そのような気象データの長期予測が困難なことなどもあり、BLASTL は現在、広く使われていない。しかし、薬剤防除の効果的で効率的な散布時期を提示できるツールとしての利用法が提案されている（山中・山口 編, 1987；日本植物病理学会 編, 2015）。シミュレーションモデルには確率モデルを導入した穂いもちモデルや BLASTL を改良したマルチラインのためのいもち病発生モデル（BLASTMUL）やいもち病菌レースの長期変動予測モデルも開発されている（芦澤, 2007；芦澤ら, 2015）。

（3）その他

上記以外に空気中での病原菌の分生孢子飛散数、幼苗暴露により生じた病斑数、イネの感受性の指標（葉鞘裏面接種により菌の伸展、葉鞘デンプン蓄積率、止葉のケイ化度、窒素・ケイ酸含有率、葉色）による発生予察や出穂前の葉いもちあるいは初いもちの発病程度による穂いもち発生量の予察、複数の上記の要因を組合せたいもち病発生予察法がある（山中・山口 編, 1987）。

3 防除

（1）抵抗性品種

我が国ではブランド米といわれる良食味米品種の多くは‘コシヒカリ BL’などを除き、いもち病抵抗性が弱い。抵抗性品種を利用すると減農薬でいもち病を防除できるため、低コストで環境にもやさしい。現在、良食味で圃場抵抗性の強い品種も多く育成されてきており、今後、品種抵抗性の持続性とその特性を考慮しながら、より積極的に抵抗性品種の導入を図る必要がある。

（2）薬剤防除

1) 種子消毒

種子消毒には化学合成農薬と生物農薬による消毒および一般に60度の温湯に種籾を10分間浸漬する温湯消毒があり、化学合成農薬の処理法として浸漬、湿粉衣（一部生物農薬）、塗沫がある。化学合成農薬による浸漬消毒では、液温を10度以下にせず、種子と薬液の浴比を1:1以上にして効果的に行う。生きている微生物が有効成分の生物農薬は保管・処理法、一部の化学合成農薬との非併用、出芽・育苗初期の管理等、処理上の注意事項を遵守して消毒を行う。また、温湯消毒は処理温度・時間を厳守し、処理後の再汚染や糯・陸稲品種等での処理後の発芽不良などに注意する。なお、一部の化学合成消毒剤、生物農薬および温湯消毒では、玄米まで侵入したいもち病菌には十分な殺菌効果を示さないことがある。

2) 葉いもち防除

長期持続型育苗箱剤の施用（床土・覆土混和、播種時～移植当日施用）は、出穂前にいもち病の防除効果が落ち、気象条件次第で出穂前からの葉いもちや穂いもちが発生する。このため、本剤施用田では、薬効の持続性に注意するとともに、本病の発生状況を観察して、追加の薬剤散布を行う。なお、最近、抵抗性誘導剤で直播栽培にも利用できる種子処理による長期ないもち病防除が可能となった（表-4）。

育苗箱施用剤同様、予防的な湛水散布剤は、葉いもち初発7～10日前に散布し、治療効果がある剤でも、初発時までに散布し、施用後は防除効果が落ちないように、4～5日間、湛水状態を保ち、落水や水のかけ流しをしない。また、種子伝染などで発病苗が本田に持ち込まれた場合、本田での発生が通常より早くなるので、本剤の散布時期が遅れ、防除効果が十分発揮されないことがある。湛水散布剤も出穂前にはその効果が落ちるので、圃場をよく観察し、必要な場合、薬剤を追加散布する。

茎葉散布剤は、葉いもちが進展した後では散布しても一般に十分な防除効果が得られない。このため、葉いもちの全般発生開始期後の病斑数が急増する前の発生初期に本剤を散布し、発生状況などに応じ、追加散布を行う。

3) 穂いもち防除

茎葉散布剤による穂いもち防除は、穂ばらみ期と穂ぞろい期の2回が原則だが、葉いもちの発生状況や気象条件によって、散布回数を削減できる可能性がある。また、穂いもち多発時には、傾穂期に追加散布する。湛水散布剤は散布後の湛水保持に留意し、出穂10日から20日前ころに散布し、多発条件下では追加の茎葉散布を行う。葉いもち後期と穂いもちの防除は無人ヘリ等によること

表-4 育苗箱・本田施用のイネいもち病防除薬剤のFRACコードと施用方法

作用機構	作用点とコード	グループ名	有効成分名	農薬名(例)	耐性菌リスク備考	FRACコード	施用方法
B: 有糸核分裂と細胞分裂	B2: β-チューブリン重合阻害	MBC 殺菌剤 (メチルベンゾイミダゾールカーバメート)	チオファネートメチル	トップジン M	高 広範囲の耐性菌が 発生, グループ内で 交差耐性がある	1	散布
			ベノミル	ベンレート			育苗箱
C: 呼吸	C3: 複合体 III ユビキノール酸化酵素 Qo 部位	QoI 殺菌剤 (Qo 阻害剤)	アゾキシストロビン	アミスター	高 複数の耐性菌が 発生, グループ内で 交差耐性がある	11	散布 育苗箱 湛水散布
			メトミノストロビン	オリブライト, イモチエース			湛水散布
			オリサストロビン	嵐			育苗箱 湛水散布
D: アミノ酸および蛋白質生成	D3: 蛋白質生成	ヘキソピラノシル 抗生物質	カスガマイシン	カスミン	中 耐性糸状菌が発生	24	散布
F: 脂質生成または輸送/ 細胞膜の構造または機能	F2: リン脂質生成, メチルトランスフェラーゼ阻害	ホスホロチオレート	IBP(イプロベンホス)	クタジン P	低~中 グループ内で 交差耐性がある	6	湛水散布
		ジオチラン	イソプロチオラン	フジワン			散布 育苗箱 湛水散布
I: 細胞壁のメラニン生成	I1: メラニン生成の還元酵素	MBI-R	フサライド	ラブサイド	耐性菌未発生	16.1	散布
			ピロキロン	コラトップ			育苗箱 湛水散布
			トリシクラゾール	ビーム			散布 育苗箱
	I2: メラニン生成の脱水酵素	MBI-D	カルプロパミド	ウイン (登録失効)	中 耐性菌が発生	16.2	散布 育苗箱 湛水散布
			ジクロシメット	デラウス			散布 育苗箱
	I3: メラニン生成のポリケタイド合成酵素	MBI-P	トルプロカルブ	サンプラス, ゴウケツ	耐性菌未発生	16.3	散布 湛水散布
							育苗箱 湛水散布
P: 宿主植物の抵抗性誘導	P2	ベンゾイソチアゾール	プロベナゾール	オリゼメート	耐性菌未発生	P2	育苗箱 湛水散布 側条
	P3	チアジアゾールカルボキサミド	チアジニル	ブイゲット			育苗箱 湛水散布 側条
		イソチアゾールカルボキサミド	イソチアニル	スタウト, ルーチン			種子 育苗箱 湛水散布
U: 作用機構不明	不明	ピリミジノンヒドラゾン	フェリムゾン	ブラシンの成分	耐性菌未発生	U14	散布
	複合体 III 結合部位不明	4-キノリル酢酸	テブフロキン	トライ	QoI とは交差しない, 耐性リスク不明. 中と推測	U16	散布

注) Japan FRAC ホームページ (<http://www.jfrac.com/>) 一部改変.

が多いが、降雨などで適期散布が困難なときには、薬剤の雨中の地上散布も行う。なお、いもち病の防除は、広域の一斉防除で防除効果が高まる。

4) 薬剤耐性菌の発生とその抑制

現在まで、カスガマイシン、イプロチオラン、IBP、MBI-D 剤および QoI 剤耐性いもち病菌の発生が報告されている。MBI-D 剤耐性菌は育苗箱処理剤のカルプロパミド剤の導入後 4 年目、QoI 剤耐性菌はメトミノストロビン剤、アゾキシストロビン剤の導入から 13 年目、育苗箱処理剤を主とするオリサストロビン剤の導入から 5 年目に出現している。育苗箱剤では薬剤がイネ体中に長く存在するため、耐性菌が出現しやすい可能性がある。MBI-D 剤耐性菌は 2001 年に佐賀県でその発生が確認された後、2010 年には北海道までその分布が拡大した。一方、QoI 剤耐性菌の発生は 2012 年に九州から西日本で確認された後、2014・2015 年には東北地方までその分布が拡大した。

薬剤耐性菌の発生抑制は①耐性菌が出現する可能性のある薬剤を連用しない、②健全種子を用い、適正な塩水選・種子消毒を行い、圃場衛生に努める、③採種圃およびその周辺では薬剤耐性菌が出現する可能性のある薬剤を用いず、耐性菌による種子保菌を防ぐ、および④これらを地域全体で実施することで行う。なお、日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会はイネいもち病防除における QoI 剤および MBI-D 剤耐性菌対策ガイドライン (<http://www.taiseikin.jp/mwbhwp/wp-content/uploads/44918cb113471e9dc6ff2e24b27b5544.pdf>)、また農研機構は殺菌剤耐性イネいもち病菌対策マニュアル〈QoI 剤〉 (http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/073008.html) を公表している。

表-4 に育苗箱・本田施用のイネいもち病防除薬剤とそれらの FRAC コードならびに施用方法を示した。

(3) 耕種の防除

1) 第一次伝染源の除去

本病の第一次伝染源は保菌種子、被害わら・保菌糞がらなどである。種子はいもち病ができるだけ発生していない圃場から採種し、塩水選（粳品種：比重 1.13 以上、糯品種：同 1.08 以上）を行うとともに種子消毒を適正に実施する。なお、播種は厚播で、覆土が不十分だと、保菌糞にいもち病菌の分生胞子が形成され、育苗箱に本病が発生する。このため、厚播は避け、覆土を十分に行う。さらに育苗中は過度に加湿状態とならないようにする。育苗期間が長いといもち病菌による感染の機会が増加するので注意する。

伝染源となる被害わら、保菌糞がらは育苗施設に放

置せず、圃場でも被害わらは野積みなどせず、除去する。また、被害わらを畑作物の敷わらとして使用しない。

2) 補植用苗の早期除去

上記したように水田に置かれた密植状態の補植用苗は種子伝染のほか、外から飛来するいもち病菌分生胞子をトラップして発病しやすくなり、発病すると周囲の圃場への大きな伝染源になる。このため、補植用苗は早期に除去する。

3) 適正な栽培と施肥

施肥は発病を助長する窒素肥料の多施用と基肥の重点施用を行わず、適正量を分施し、穂いもちの発生が懸念されるときは追肥を控えめにする。また、堆肥の多施用を避け、ケイ酸資材を施用する。冷水のかけ流しは、イネの感受性を高めるので行わず、発病をうながす密植・遅植・早期落水は避ける。なお、いもち病が発生しやすい腐食含量の多い湿田や泥炭田、老朽化水田等では客土や排水の整備を行い、土壤改良資材を施用する。

おわりに

米価の下落傾向の中、農家が稲作で所得の増大を図るには、農薬の散布経費を減らして、稲作の安定生産を行う必要がある。このような中、いもち病防除においては抵抗性品種を積極的に利用するとともに本病の発生生態と被害およびコスト解析に基づいた効率的で効果的な総合防除システムを構築したい。

引用文献

- 1) 浅賀宏一ら 編 (2003): 世界におけるいもち病研究の軌跡—21 世紀の研究発展をめざして—日本植物防疫協会, 東京, 261 pp.
- 2) 芦澤武人 (2007): 東北農研報 108: 1~46.
- 3) ———ら (2015): 中央農研報 24: 15~29.
- 4) 早坂 剛ら (2002): 日植病報 68: 297~304.
- 5) HAYASHI, N. et al. (2009): JIRCAS Working Report No.63: 11~15.
- 6) 小林次郎 (1984): 秋田農試研報 26: 1~84.
- 7) KOIZUMI, S. (2009): JIRCAS Working Report No.63: 1~9.
- 8) 小泉信三 (2014 a): グリーンレポート 535: 20~21.
- 9) ——— (2014 b): 同上 536: 18~19.
- 10) ———・藤 晋一 (1993): 愛知農総試研報 25: 45~50.
- 11) ———ら (1995): 同上 27: 95~99.
- 12) 越水幸男 (1988): 東北農試研報 78: 67~121.
- 13) 倉内賢一ら (2016): 北日本病虫研 67: 71~76.
- 14) 日本植物防疫協会 (2010): 植物防疫講座 第 3 版—病害編—, 日本植物防疫協会, 東京, p.113~130.
- 15) 日本植物病理学会 編 (2015): 日植病報 創立 100 周年記念特別号 81: 49~53.
- 16) 農林水産省大臣官房統計部 編 (2015): 平成 26 年産 作物統計 (普通作物・飼料作物・工芸作物), 農林統計協会, 東京, p.116~117.
- 17) 鈴木穂積・藤田佳克 (1977): 東北農試研報 55: 241~244.
- 18) 山中 達・山口富夫 編 (1987): 稲いもち病, 養賢堂, 東京, 365 pp.