

宮城県におけるイネ紋枯病の発生状況と効率的な防除体系

宮城県古川農業試験場 ^{すず}鈴 ^き木 ^{とも}智 ^{たか}貴

はじめに

イネ紋枯病はイネ紋枯病菌 *Rhizoctonia solani* (完全世代 *Thanatephorus cucumeris*) による水稻の重要病害である。主に茎葉に発生し、徐々に上位葉鞘に進展する。主な被害は稔実歩合および千粒重の低下による減収であるが、近年、玄米の品質、特に白未熟粒を増加させることが報告され(磯田ら, 2002; 宮坂・中島, 2009), 収量のみならず高品質な玄米を生産するためにも本病の防除は重要である(図-1, 2)。

本病の第一次伝染源は主に菌核であり、病斑上に形成された菌核が圃場に落下して越冬し(図-3), 次年の代かきにより田面水上に浮上して、移植されたイネ株に漂着・発病する(掘, 1991)。その後は菌糸により、発病株上での病斑の垂直進展と、隣り合う株への水平伝搬により発病株が増加する。イネいもち病のように発病株が急激に増加する病害ではないため、本田の発病状況から防除の要否判断が可能であり、多くの府県で防除要否の判断基準が設定されている(小川・渡部, 1977; 早坂・本田, 1999等)。

宮城県のイネ紋枯病に対する防除要否は、品種‘ササニシキ’で設定されたもので、減収率5%を被害許容水準として穂ばらみ期の発病株率が15%程度に達した場合に防除が必要とされている(宮城県, 1998)。一方、宮城県の現在の主力品種は‘ひとめぼれ’であるが、防除要否は‘ササニシキ’と同じ設定としており検討がされていない。また、宮城県では農薬節減栽培が推進されている中、通常用いられている防除薬剤に紋枯病を対象とする農薬成分が採用されていない。このため本県の紋枯病の発生は増加傾向にある。

そこで、現在の主力品種‘ひとめぼれ’でイネ紋枯病の防除要否の判断基準をロジスティック回帰分析により新たに設定し、かつ本病をより効率的に防除する手法としての箱処理剤(あるいは水面施用剤)を組合せた効率的

な防除体系を検討したので紹介する。

なお、本内容は農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト」の「地球温暖化が農業分野に与える影響評価と適応技術の開発」において実施したものである。

I ロジスティック回帰分析について

1948年に米国のフラミンガム研究所で開発された前向きコホート研究の一つで、疾患の発症に影響するリスクファクターを分析し、疾患が発症する前に、疾患が発症するかどうかを予測するための手法である。線形回帰分析が量的変数を予測するのに対して、ロジスティック回帰分析は目的変数の発生確率(目的変数が1となる確率)を予測する回帰分析である。主に医学分野や社会科学で利用されている。病害虫分野では斑点米カメムシ類による斑点米の被害予測や被害解析によく用いられている(渡辺ら, 2003; 竹内ら, 2006; 加進, 2014等)。

なお、ロジスティック回帰の概念や応用については、筆者の持ちうる知識では十分な説明ができかねるため、専門書などを参照されたい(丹後ら, 1996; 渡邊ら, 2003等)。

紋枯病の防除要否はこれまで、収量と被害度の関係と、被害度と想定する防除時期の発病状況(多くは出穂前の発病株割合)をそれぞれ直線回帰に当てはめ、「任意の減収率(多くは5%)が起こる被害度は、防除時期



図-1 イネ紋枯病の初期症状

Development of Effective Control System of Rice Sheath Blight in Miyagiprefecture. By Tomotaka SUZUKI

(キーワード: イネ紋枯病, 本田期防除要否, 次作の予防要否, 防除体系, ロジスティック回帰分析)



図-2 イネ紋枯病の症状



図-3 イネ紋枯病の病斑上に形成された菌核

の発病状況でどのくらいか」によって設定している。筆者は今回、収量という量的データを、「任意の減収率（被害許容水準）が起こったか否か（被害が発生したか否か）」で質的データに変換し、ロジスティック回帰分析によって被害発生確率を推定するモデルから防除の要否を設定した。

II 宮城県におけるイネ紋枯病の効率的な防除体系

1 イネ紋枯病と収量、玄米品質（白未熟粒）との関係

防除要否の判断基準を設定するため、まずは‘ひとめぼれ’におけるイネ紋枯病の発生量と収量、および玄米品質との関係を解析した。試験は2010年から13年に宮城県古川農業試験場の複数の実験圃場において実施した。出穂前の発病株割合、収穫直前の発病株割合、最上位病斑高、草丈を調査し、羽柴ら（1981）の方法により被害度を算出した。収量および品質は、1.8mmのふるい目で調整した玄米収量（kg/a）と白未熟粒割合を調査した。また、それぞれの関係についてスピアマンの順位相関係数で評価した。

その結果、出穂前の発病株割合と収量の関係は年次、圃場により異なっており、4年間で（試験圃場数として）9事例のうち6事例で有意な相関関係が認められた。また出穂前の発病株割合と白未熟粒割合との関係では4事例で関係が認められた。一方、被害度と収量との関係では、9事例のうち7事例で、被害度と白未熟粒割合では4事例で有意な関係が認められ、これは収量の1事例を除き出穂前の発病株割合と有意な相関関係が認められた

事例と一致していた。すなわち、本病の被害は出穂前の発病株割合で評価できると考えられたため、防除要否の判断基準には、従来行われていた収量－被害度、被害度－出穂前発病株割合の二段階ではなく、出穂前の発病株割合から直接判断基準を設定した。

2 本田期における防除要否の判断基準の設定

有意な関係が得られた事例データを用いてロジスティック回帰分析により被害発生確率を推定するモデル式を求め、防除要否の判断基準を設定した。本来、ロジスティック回帰分析にはデータの相関関係の有無は必要ないが、本田期の茎葉散布による防除は本病の被害を抑える最終手段であることと、防除の要否を積極的に判断してもらうことを考えて有意な相関関係が得られたデータのみで解析した。

圃場ごとの収量データを、接種区の収量が無接種区の収量に対して任意の減収率（今回は1%、3%、5%）以上となったかどうかで質的データに変換（設定した減収割合を超えたときを1、超えなかったときを0）し、これを目的変数、各区の出穂前の発病株割合を説明変数としてロジスティック回帰分析を行った。その結果、各減収率においてその被害が発生する確率を求めるモデル式が得られた（表-1）。被害の発生確率は任意に設定できるが、ここでは被害発生確率が50%のラインを防除要否の判断基準とした。その結果、減収率5%以上の場合には出穂前の発病株割合で18%（図-4）、同じように3%以上では12%、1%以上では10%の防除要否の目安を設定した（表-2）。白未熟粒については、例えば斑点米カ

表-1 ロジスティック回帰分析による各被害許容水準の発生確率を求める推定式

品種	被害の対象	被害許容水準	推定式
ひとめぼれ	収量	5%以上減収	$y = \exp(-6.85 + 0.37x) / (1 + \exp(-6.85 + 0.37x))$
		3%以上減収	$y = \exp(-2.87 + 0.24x) / (1 + \exp(-2.87 + 0.24x))$
		1%以上減収	$y = \exp(-2.84 + 0.29x) / (1 + \exp(-2.84 + 0.29x))$
	白未熟粒	3%以上増加	$y = \exp(-1.92 + 0.03x) / (1 + \exp(-1.92 + 0.03x))$
		1%以上増加	$y = \exp(-0.44 + 0.04x) / (1 + \exp(-0.44 + 0.04x))$
コシヒカリ	収量	5%以上減収	$y = \exp(-2.32 + 0.08x) / (1 + \exp(-2.32 + 0.08x))$
		3%以上減収	$y = \exp(-2.16 + 0.12x) / (1 + \exp(-2.16 + 0.12x))$
		1%以上減収	$y = \exp(-2.66 + 0.19x) / (1 + \exp(-2.66 + 0.19x))$
	白未熟粒	3%以上増加	$y = \exp(-1.71 + 0.03x) / (1 + \exp(-1.71 + 0.03x))$
		1%以上増加	$y = \exp(-1.24 + 0.10x) / (1 + \exp(-1.24 + 0.10x))$
ササニシキ	収量	5%以上減収	$y = \exp(-5.50 + 0.54x) / (1 + \exp(-5.50 + 0.54x))$
		3%以上減収	$y = \exp(-2.18 + 0.25x) / (1 + \exp(-2.18 + 0.25x))$
		1%以上減収	$y = \exp(-0.67 + 0.12x) / (1 + \exp(-0.67 + 0.12x))$
	白未熟粒	3%以上増加	$y = \exp(-3.97 + 0.14x) / (1 + \exp(-3.97 + 0.14x))$

注) 統計ソフト JMP10.0 で解析した。

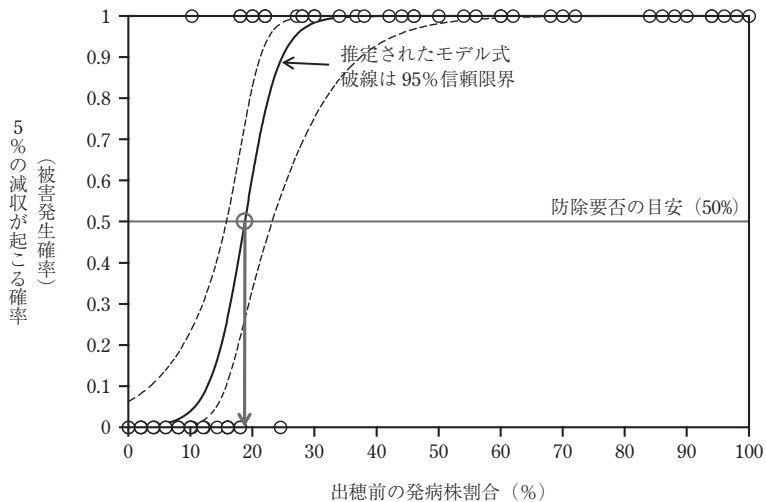


図-4 ロジスティック回帰分析による出穂前の発病株割合と被害発生確率との関係
品種‘ひとめぼれ’、被害許容水準を減収率5%にした場合の例を示す。防除要否の目安は、95%信頼限界の範囲が最も小さくなる被害発生確率50%とした。この場合、モデル式の実線と被害発生確率50%ラインとの交点を横軸に下ろすと、出穂前発病株割合が18%となる。

メムシ類による被害粒（着色粒）のように明確な落等基準がないため、被害許容水準は無接種区と比較して単純に任意の割合（今回は1%、3%）で増加したかどうかで解析した。ロジスティック回帰分析の結果、それぞれの割合で有意なモデル式が得られ（表-1）、これらのモ

デル式から減収率の防除要否の判断基準と同じように、白未熟粒の増加割合が1%以上では出穂前の発病株割合で11%、3%以上では67%の防除要否の目安を設定した。一般的に減収の許容量は5%未満とすることが多いことから、収量を基準として要防除水準を設定しておけば、

表-2 宮城県におけるイネ紋枯病の本田防除要否の判断の基準

被害許容水準	穂ばらみ期発病株率		
	ひとめぼれ	ササニシキ	コシヒカリ
収量 5%以上減収	18%	10%	29%
収量 3%以上減収	12%	9%	18%
収量 1%以上減収	10%	3%	14%
白未熟粒 3%以上増加	67%	28%	51%
白未熟粒 1%以上増加	11%	-	12%

白未熟粒の増加は防ぐことができることとなる。また同手法によって、‘ひとめぼれ’のほかに‘ササニシキ’、‘コシヒカリ’でも新たな目安を設定した（表-2）。

3 次年作における予防薬剤の使用要否の設定

紋枯病の防除薬剤には本田茎葉散布剤のほか、育苗箱処理剤などの予防剤がある。洞口・武田（2011）は箱処理剤による紋枯病のインターバル防除の可能性を述べている。宮城県病害虫防除所は巡回調査結果から、紋枯病を対象とした成分を含む箱処理剤の使用地域は、対象成分を含まない箱処理剤に変更しても数年間は発生密度が低く推移するとしている（渡邊・笹原，2015）。一方、石川ら（2012）は、前年の紋枯病発生量から翌年の防除要否が判断できる可能性を示している。しかし、前年の発生量に応じた、箱処理剤などの要防除基準は定められていなかった。そこで、前年の紋枯病発生量がどの程度になれば次年作で箱処理剤などの予防薬剤を選択するべきかの判断基準について検討した。

宮城県内の一地域で5年間（2009～13年）、同一圃場の収穫直前の発病株割合を継続調査し、発病株割合から5段階（A：10%未満，B：10%以上20%未満，C：20%以上30%未満，D：30%以上40%未満，E：40%以上）に分けて、当年の発生程度と次年の発生の関係を圃場ごとに解析した。その結果、当年の収穫直前の発病株割合が高いほど、次年の収穫直前の発病株割合が当年の発病株割合を上回る圃場が多くなることが明らかとなった（図-5）。

さらに、次年の収穫直前の発病株割合が当年を上回る圃場の発生確率を目的変数（y）、当年の収穫直前の発病株割合を説明変数（x）としたロジスティック回帰分析を行い、得られたモデル式から予防薬剤の使用要否を設定した。要否の設定は育苗箱処理剤が茎葉散布剤よりも価格が高く、本県の薬剤選択が生産者個人ではなく農協単位であることなどを考慮し、「次年に確実に被害が増加する」と薬剤選定者が感じられるレベルで設定した。

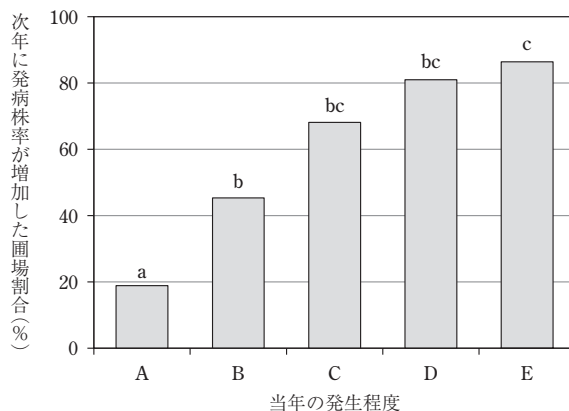


図-5 当年の収穫期発生程度と次年度の収穫期発病株割合の関係
同一地域の5年間計299事例の圃場データを解析した。発生程度は、A：収穫期発病株割合10%未満，B：同10%以上20%未満，C：同20%以上30%未満，D：同30%以上40%未満，E：同40%以上とした。図中の英小文字は異符号間に有意水準5%で差があることを示す（G検定後，Bonferroni補正しFisher's exact test）。

すなわち、「次年の発病株割合が当年を上回る圃場割合」の発生確率が80%を判断基準とし、収穫直前の発病株割合で40%以上の場合は次年における予防薬剤の使用要否として設定した。

4 イネ紋枯病の効率的な防除体系の構築

上記の結果を踏まえて、宮城県におけるイネ紋枯病の効率的な防除体系を構築した（図-6）。紋枯病の調査は、畦畔際の発病株割合を出穂前（7月下旬）と収穫前（9月中旬）の2回実施する。本防除体系を実施する場合、1年目の収穫前（9月中旬）に2年目（翌年）の予防のための薬剤使用の要否を判断する。2年目に、本田期の茎葉散布防除要否を出穂収穫前（7月下旬）の調査によって判断し、収穫前（9月中旬）に3年目（翌々年）の予防薬剤の使用要否を判断する。これを毎年繰り返すことにより、栽培当年におけるイネ紋枯病を対象とする成分を0（防除なし）から2成分の範囲で選択することが可能になり、不必要な薬剤成分の投入を防ぐ効率的な防除が可能となる。

なお、本防除体系は圃場ごとに防除要否を判断するため、あくまで圃場に出向いて発生状況を調査する必要がある。そのため多数の圃場を管理している大規模生産者にとっては、労力的に困難なこともあると考えられる。その場合、普段からの発生状況の把握や、圃場の特徴の把握等により補う必要があると思われる。また、近年、農業においてもICTなどの活用が見込まれており、様々

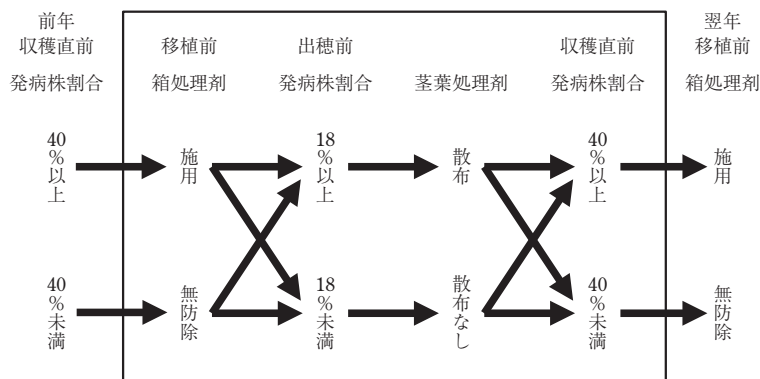


図-6 宮城県におけるイネ紋枯病の効率的な防除体系

品種‘ひとめぼれ’を例に、イネ紋枯病による減収率5%を被害許容水準とした場合を示した。‘ひとめぼれ’以外の品種を作付けする場合、出穂前の発病株割合を表-2を参考に設定する。

な試みが行われている。今後は、本病の防除要否を含む病害虫防除全般についても ICT などの活用を考えていく必要がある。

おわりに

現在、宮城県では農薬節減栽培が推進されており、使用する薬剤成分数が制限されていることから、イネ紋枯病無防除の圃場が多く、一部の地域を除き問題となっている。一方、防除が実施されている一部の地域ではイネいもち病と本病が同時防除可能なオリサストロピンを含む箱処理剤が使用されていたが、本成分に対するイネいもち病菌の耐性菌が2014年に確認され(櫻田, 2016)、同一系統成分を含む薬剤の使用は2016年以降原則中止されることとなった。すなわち、本県では紋枯病を対象とする成分が積極的に取り入れられない限り無防除の状態が継続し、長期的には本病の発生および被害が増加すると考えられる。本防除体系の実施によって今後、紋枯

病を対象とする成分を含む薬剤を効率的に防除メニューに加え、活用されることが望まれる。

引用文献

- 1) 羽柴輝良ら (1981): 日植病報 47: 194 ~ 198.
- 2) 早坂 剛・本田浩央 (1999): 山形農試研報 33: 43 ~ 54.
- 3) 洞口博昭・武田眞一 (2011): 北日本病虫研報 62: 206 (講要).
- 4) 掘 眞雄 (1991): イネ紋枯病, 日本植物防疫協会, 東京, p.38 ~ 45.
- 5) 石川浩司ら (2012): 北陸病虫研報 61: 11 ~ 13.
- 6) 磯田 淳ら (2002): 日植病報 68: 81 (講要).
- 7) 加進丈二 (2014): 応動昆 58: 263 ~ 268.
- 8) 宮城県 (1998): <http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/70072.pdf> (平成 28 年 5 月現在アクセス確認).
- 9) 宮坂 篤・中島 隆 (2009): 九州病虫研報 55: 13 ~ 17.
- 10) 小川勝美・渡部 茂 (1977): 岩手農試研報 20: 55 ~ 75.
- 11) 櫻田史彦 (2016): 第 26 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集, 殺菌剤耐性菌研究会, 横浜, p.12 ~ 17.
- 12) 竹内博昭ら (2006): 応動昆 50: 137 ~ 143.
- 13) 丹後俊郎ら (1996): ロジスティック回帰分析, 朝倉書店, 東京, p.1 ~ 245.
- 14) 渡辺和弘ら (2003): 北日本病虫研報 54: 110 ~ 112.
- 15) 渡邊真紀子・笹原教子 (2015): 北日本病虫研報 66: 162 (講要).
- 16) 渡邊裕之ら (訳) (2003): カテゴリカルデータ解析入門, サイエンス社, 東京, p.141 ~ 200.