イネ紋枯病の発生と被害の予測法

誌名	北陸農業試験場報告 = Bulletin of the Hokuriku Agricultural Experiment Station
ISSN	04393600
著者名	羽柴,輝良
発行元	農林省北陸農業試験場
巻/号	26号
巻号補足	
掲載ページ	p. 115-164
発行年月	1984年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

〔北陸農試報
26, 115～164 (1984)〕

イネ紋枯病の発生と被害の予測法*

羽柴輝良(1)

要　約

本研究ではイネ紋枯病の発生と被害を解析し，その発生経過を理論的に明らかにするとともに，本病の発生予測を数式化し，それを用いて減収量の予測を試みた。

すなわち，病斑高率と発病株率の両者を用いて，本病の発生予測を行った。全体の被害度（D）は病斑高率（X）（最上位病斑高／草丈×100）と発病株率（A）との間に D＝(1.62X－32.4)・A/100 の関係が成り立つ。一方10a当りの減収量(L)は L＝(41.31X－826.2)・A/1,000kg の関係が成り立つ。本算出式の病斑高率（X）は日平均株間温・湿度およびイネ体の感受性の２つの要因を組合せて，１日ごとの病斑進展のモデル曲線を作り，これを用いることにより予測が可能である。また，発病株率（A）は日平均株間温・湿度および菌核数の２つの要因を組合せて推測することが可能である。紋枯病による10a当りの減収量は日平均株間温・湿度，イネ体の感受性および菌核数の３つの要因を組合せて順次積算することにより予測することが可能になった。また，上越地方の実測データを用い，計算値と比較検討した結果，本モデルの妥当性が確認できた。

このことから，イネ紋枯病の減収量予測のモデルは本病の発生予測に利用できることが明らかになった。

目　次

Ⅰ．緒　言…… 116
Ⅱ．イネ紋枯病の病斑高率を用いた被害度の算出法…… 118
1. 材料および方法…… 118
2. 試験結果…… 119
1) 最上位病斑高と出穂期との関係… 119
2) 病斑高率と出穂期との関係…… 120
3) 被害度（吉村の方式）と病斑高率との関係…… 120
4) 病斑高率と最上位病斑高との関係…… 121
3. 考　察…… 121
Ⅲ．イネ紋枯病の病斑高率と発病株率による減収量の算出法…… 122
1. 材料および方法…… 122
2. 試験結果…… 123
1) 全体の被害度および発病度と精玄米重との関係…… 123
2) 1976年から1979年の全体の被害度と精玄米重との関係…… 124
3) 減収量の算出式…… 124
3. 考　察…… 125
Ⅳ．病斑の上位進展と気象環境およびイネ体の感受性の変化について…… 126
1. 材料および方法…… 126
2. 試験結果…… 129
1) 気象環境とイネ体上における病斑の進展との関係…… 129
2) 生育に伴うイネ体の感受性の変化と病斑の進展との関係…… 130
3. 考　察…… 134
Ⅴ．イネ紋枯病病斑の上位進展のモデル曲線…… 135
1. 材料および方法…… 135
2. 試験結果…… 135
1) 日平均気温から算出した病斑進展のモデル値と圃場における調査結果との比較…… 135
2) 株間湿度による病斑進展の補正… 135
3) イネ体の感受性による病斑進展の補正…… 136
4) 1977，1979，1981年の紋枯病の

* 1983年10月21日受理

(1) 環境部病害第２研究室（現　農業環境技術研究所）

病斑進展のモデル曲線と圃場における調査結果との比較…… 137
3. 考　　察…… 138
Ⅵ. イネ紋枯病の水平進展のモデル曲線… 138
1. 材料および方法…… 139
2. 試験結果…… 139
1) 株間温・湿度の変化と発病株率の推移…… 139
2) 菌核数の異なる圃場における発病株率の推移…… 141
3) 菌核数による水平進展度の補正… 141
4) 菌核数によって補正した水平進展のモデル曲線と圃場調査結果との比較…… 142
3. 考　　察…… 142
Ⅶ. 百葉箱内温・湿度を用いたイネ紋枯病の水平進展のモデル曲線の作成…… 143
1. 材料および方法…… 144
2. 試験結果…… 145
1) 株間温度と百葉箱内気温との関係…… 145
2) 株間温度と百葉箱内湿度との関係…… 145
3) 百葉箱温度および湿度によるイネ紋枯病の水平進展のモデル曲線と圃場調査結果との比較…… 146
3. 考　　察…… 147
Ⅷ. イネ紋枯病の発生予測方法の数式化とそれを用いた減収量の推定…… 148
1. 材料および方法…… 148
2. 試験結果…… 148
1) 上位進展および水平進展のモデル曲線を用い減収量の算出法…… 148
2) 本予測方法によって計算した減収量と実際の減収量との比較…… 153
3. 考　　察…… 154
Ⅸ. 総合考察…… 154
Ⅹ. 摘　　要…… 156
引用文献…… 158
英文摘要…… 161

Ⅰ. 緒　　言

イネ紋枯病は1910年に Miyake[41]によってその存在が認められて以来，発生面積の推移は年々増加を示し，最近では平年のいもち病のそれを越え，発生面積は約120万haと最も大きいイネの病害となった。

保温折衷苗代および機械移植栽培の導入により栽培時期が早期化し，田植時期が30年前よりも半月以上も早まったことが紋枯病発生面積増加の理由の1つとして考えられる。このため，30年前には西南暖地の病害とされていた紋枯病が，現在では北日本にまで普遍的に発生するようになった。

上記の観点から，病原菌の側からは菌核の越冬および生存力などの諸性質が多くの研究者によって詳細に研究された[1,2,17-21,34,42]。菌核の内部形態についても数多くの報告がある[1,3,16,19,26,28,42,44]。また著者は[4,8-10,12-14]先に本病が菌核によって伝搬されるので，菌核の形態形成，特に菌核形成開始要因，菌核形成過程における形態的変化，菌核の浮上機構および菌核の発芽能力維持について，菌核形成開始から菌核の発芽能力消失までの過程を追求して報告した。

紋枯病の発生程度と被害との関係については池野[25]，木谷ら[31]，野津・横木[45]，小野[47]，吉村[55,56]などの報告があり，数々の被害度算定式が案出されている。これらの算定式のうち，吉村の方式による被害度算定式が紋枯病の薬剤効果試験および被害度予測等にしばしば用いられているが，この算定式は主に本病の被害査定を扱ったものである。また，防除要否の限

界については井上ら[26]，山口ら[52]の報告があり，防除によって増収が可能な限界を成熟期の発病度で示している。堀ら[23]は本病による被害の予察および防除要否の限界について精力的に研究を行い，穂ばらみ期の発病株率から成熟期の被害度，さらに減収率が推定できる表を作成した。

一方，岩田[27]はイネ紋枯病の病勢進展を，進展様相から上位進展と水平進展とに大別されることを示した。その後堀ら[23]，高坂[33]らによって上位進展（病斑の上位葉鞘への進展）と水平進展（発病株率の増加）の考えが理論的に裏付けられた。ここで，堀ら[23]，高坂[33]の研究に基づいて，本病の発生生態を上位進展と水平進展に分けて，その特質を要約すれば次のようになる：上位進展に影響する要因は主に①イネの生育期間の気象環境（特に株内温・湿度の変化）②生育に伴うイネ体の感受性の変化の2つに整理することができる。一方，水平進展に影響する要因は主に①イネの生育期間の気象環境（特に株内温・湿度の変化），②菌核の株附着度（菌核数）の2つに整理することができる。

上記イネ紋枯病の発生と被害および病勢進展の研究を基にして堀[24]は本病の発生予察技術を確立するための研究に着手し，数々の成果を報告した(1956—1970)。その中で，堀は越冬菌核の密度，幼穂伸長期の発病程度，気象要因のそれぞれを指標とした発生予察方法および被害予察方法の4つに分けて本病の予察技術を検討した。

著者も本病の発生と被害を解析し，その発生経過を理論的に明らかにすることにより，堀らの4つの部分からなる発生予察方法を数式化することの重要性を認め，北陸農業試験場において1969年から本病に関する研究に着手した。

本論文はこれまでに得られた結果を既発表の成績[8,10,12,14,15]も含めて整理したものであるが，10章から成り，その概要を示すと次のとおりである。第Ⅱ章ではイネ紋枯病の病斑高率から被害度を求める算定式を作製し，吉村の被害度算出式[55,56]の簡便化を試みた。さらに，第Ⅲ章では本式を基準にして，病斑高率と発病株率から減収量を算出する方法を検討した。第Ⅳ章では株内温度，株内湿度およびイネの感受性の要因と上位葉鞘，葉身への病斑進展（上位進展）との関係を把握することを試みた。第Ⅴ章では病斑の上位進展について，また第Ⅵ，Ⅶ章では水平進展について理論的な解析を行った。第Ⅷ章では紋枯病の発生予測方法を数式化し，それを用いて減収量の予測を試みた。なお，Ⅸ章の総合考察では本予測法を使用するに当っての問題点，今後改良を要する点について考察し，最後に減収量予測のシミュレーションモデルをも作製した。

本研究の実施および試験設計に当っては，北陸農業試験場病害第2研究室長山口富夫博士（現東北農業試験場）から常に有益な示唆をいただいた。ここに深く謝意を表する。

更に本研究の実施については北陸農業試験場環境部長山田昌雄博士，元病害第2研究室長茂木静夫博士（現九州農業試験場），前同小林尚志室長の指導の下に行われたものである。また同吉野嶺一博士，同研究室鈴木穂積博士(現東北農業試験場)，病害第1研究室長佐藤善司技官（現農業環境技術研究所），作物第1研究室長内山田博士技官（現農業研究センター），病害第2研究室山元　剛技官（現熱帯農業研究センター）からは常に有益な助言をいただき，新潟県上越防除所小池賢治氏ならびに北陸農業試験場病害第1，第2研究室，農業気象研究室，作物第2研究室および業務科の方々の協力をいただいた。ここに記して衷心から厚く感謝の意を表する。

最後に本稿の公表に当り，北陸農業試験場山下鏡一前環境部長，柚木利文企画連絡室長，北村晴夫資料課長の御高配をいただいた。これらの方々に衷心から感謝申上げる。

II．イネ紋枯病の病斑高率を用いた被害度の算出法

イネ紋枯病の被害と減収については従来多くの研究者による報告がある。木谷ら[31]，小野[47,48]，吉村[55]は発病程度を数段階にわけ，それぞれに減収度の指数を乗じ，被害度算定式を案出している。基本的には，これらの算定式は発病程度と減収程度を茎ごとに扱ったものである。このほか，株ごとに発病程度を分類して減収程度をみた研究例も多い[23,46,53]。これらの算定式のうち，吉村の方式による被害度算定式が紋枯病の薬剤効果判定試験および被害予測等にしばしば用いられている。しかし，本方式は茎ごとの発病程度を発病葉鞘位別に4段階に分類し，止葉の葉鞘に発病した場合の被害度が100になるように作ってあり，調査に時間を要することから，調査の規模，調査点数が制約される。

本章では，収量を基準とした真の被害度を算出するための第1段階として，国内外の稲約1,700品種を供試し，イネ紋枯病の最上位病斑高，病斑高率と吉村の方式[55]による被害度との関係を検討し，最上位病斑高と草丈の調査から被害度の算出を行い，吉村の方式の簡便化を計った。病斑高率の算出式および吉村の方式による被害度（H）算定式は次式のとおりである。

$$\text{病斑高率}(\%)=\frac{\text{最上位病斑高(cm)}}{\text{草丈(cm)}}\times 100$$

$$H(\%)=\frac{3n_1+2n_2+1n_3+0n_4}{3N}\times 100 \qquad H=\text{被害度}$$

1. 材料および方法

特に記述しないかぎり次の試験方法にしたがった。

供試品種：外国稲，1,429品種と日本稲277品種を供試した。各品種は農業技術研究所生理遺伝部種子貯蔵管理室および遺伝第7研究室から分譲を受けたほか，日本の主要品種や寒冷地の奨励品種についてはそれぞれの育成地あるいは栽培県から分譲を受けた。上記品種の原産地は40か国に及ぶ。

耕種法：4月8日に播種し，5月18～19日に1株1本植とし，畦幅は（36cm＋18cm）の複条とし，株間は18cmとした。本田基肥はN，P_2O_5，K_2O をそれぞれ3kg/10a施用した。その他の栽培法は慣行に従った。

供試菌と接種方法：上越市北陸農試圃場の発病株から分離した0-0菌（北陸農試保存番号）を使用した[5,6]。接種には2週間培養したフスマ培養菌を用い，1品種2株当り約2gずつ，7月15日に株内に挿入接種した。

調査方法：9月1～6日の間に1品種2株ずつ，葉身および葉鞘に認められる最上位の病斑高および草丈を調査し，草丈に対する最上位病斑高の割合を算出して，前記の病斑高率を品種ごとに求めた。約1,700品種の調査に要する日数が病斑高率に変動を与えることを恐れ，短時日の間に調査を終了するために本調査では1品種2株とした。病斑高率の調査と平行して，前記の吉村の方式[55]に従って被害度の調査をも行った。

病斑高率には草丈と稈長との両者に対する数値が考えられるが，本試験で最終的に約350品種が出穂しなかったこと，および予備試験において，草丈および稈長の両者に対する病斑高率を比較すると，前者の方が変動が少なかったことから，草丈に対する病斑高率を採用したものである。

2. 試験結果

1) 最上位病斑高と出穂期との関係

暦日上同一調査日におけるイネ紋枯病の最上位病斑高と出穂期との関係を第1図に示した。各品種の最上位病斑高を，出穂期ごとに7月18日以前，7月19～31日，8月1～12日，8月13～24日，8月25～9月6日，9月7～18日の各期間に出穂したもの，および9月18日現在で出穂未了の品種群に類別して示した。

最上位病斑高は同一調査日において，早生＞中生＞晩生の傾向を示した。すなわち，出穂期の早い品種ほど紋枯病病斑は上位葉身，葉鞘に進展していることが認められた。しかし，同一出穂期の品種間にもそれらの最上位病斑高に幅があった。たとえば，7月18日以前に出穂した品種群では最上位病斑高の平均値が48.6cm，標準偏差値12.4を示した。一方，出穂期が遅い品種群は7月18日以前に出穂した品種群よりも病斑高の差が小さくなる傾向があっ

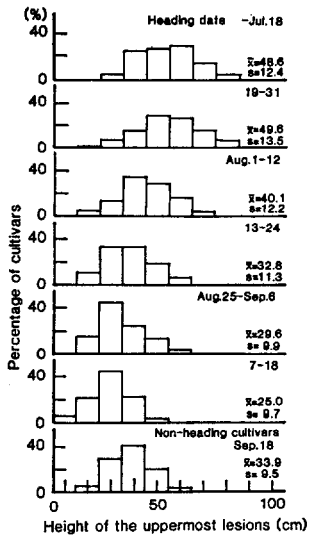


Fig. 1.

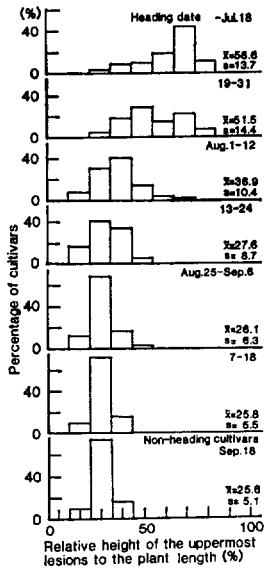


Fig. 2.

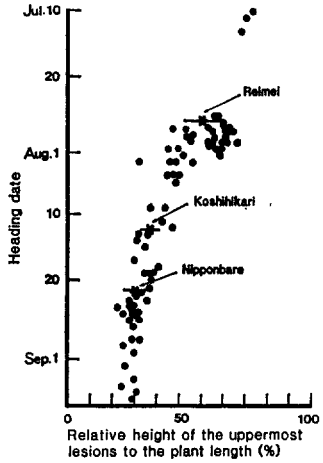


Fig. 3.

Fig. 1. Relationship between the heading date and the height of the uppermost lesions in foreign and domestic rice cultivars. $\bar{X}$: mean value, s: standard deviation.

Fig. 2. Relationship between the heading date and the relative height of the uppermost lesions to the plant length in foreign and domestic rice cultivars. $\bar{X}$: mean value, s: standard deviation.

Fig. 3. Relationship between the heading date and the relative height of the uppermost lesions to the plant length in domestic rice cultivars. Horizontal lines in the figures represent ± standard deviation.

た。

2) 病斑高率と出穂期との関係

イネ紋枯病の病斑高率を草丈と最上位病斑高から求め，それと出穂期との関係を第2，3図に示した。第3図は第2図の内外稲品種の中から日本稲品種の病斑高率を調査277品種のうち80品種のみについて出穂日ごとにプロットして示した。

同一調査日において病斑高率は早生＞中生＞晩生の傾向を示し，病斑高で示したときと同様な傾向であった。最上位病斑高で示した第1図と病斑高率で示した第2図とを比較すると，8月13日以降に出穂した品種群では病斑高率の変異幅，標準偏差値はともに最上位病斑高より小さい。特に出穂期が遅くなるにつれ，病斑高率の標準偏差値が小さくなる傾向を示し，8月25日～9月6日出穂の品種群では最上位病斑高の標準偏差値は9.9であるのに対し，病斑高率でのそれは6.3，9月7～18日出穂の品種群では9.7に対して5.5，出穂未了の品種群では9.5に対して5.1であった。一方，7月31日以前に出穂した品種群では両者の差異は小さかった。

第3図の日本稲品種における出穂期と病斑高率との関係においても，病斑高率は早生＞中生＞晩生の傾向を示した。また，約50品種ごとに圃場に配置した39区の標準品種，レイメイ，コシヒカリ，日本晴の病斑高率の変動は小さく，標準偏差値はそれぞれ8.4，4.3，5.0であった。

3) 被害度（吉村の方式[55]）と病斑高率との関係

吉村による被害度算定式から算出した被害度と病斑高率との関係を内外稲約500品種を用いて調査し，その結果の一部（100品種）を第4図に示した。

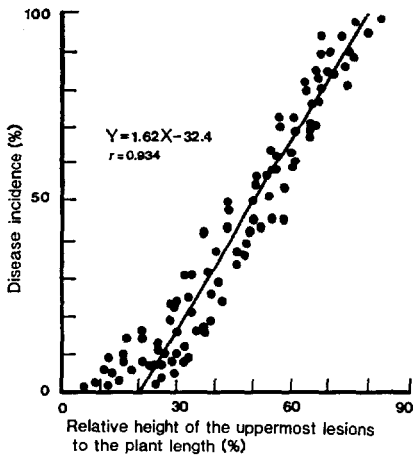


Fig. 4. Correlation between the disease incidence (Y) with Yoshimura's formula and the relative height of the uppermost lesions to the plant length (X). Solid line indicates a linear relationship expressed as $Y=1.62X-32.4$.

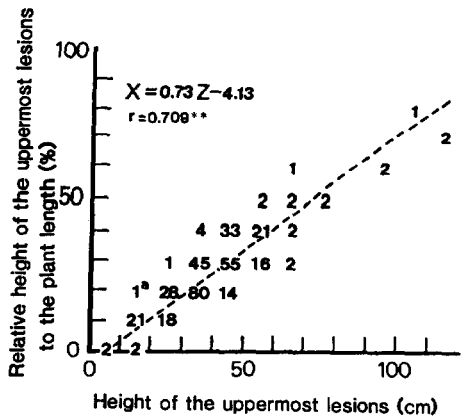


Fig. 5. Correlation between the relative height of the uppermost lesions to the plant length (X) and the height of the uppermost lesions (Z). a : Number of cultivars tested. Broken line indicates a relationship expressed as $X=0.73Z-4.13$.

茎ごとの発病程度を発病葉鞘位別に4段階に分類し，吉村の方式により算出した被害度と病斑高率との間には高い相関関係 $r=0.934^{***}$ が認められた。両者の関係を示す回帰式は $Y=1.62X-32.4$（Yは被害度，Xは病斑高率）として示された。本方式では病斑高率が20−82%の範囲であれば，草丈と最上位病斑高の調査によって，吉村の方式による被害度を算出することができる。病斑高率が20%以下では被害度は0−10%であり，82%以上では被害度100%とみなすことができる。

4) 病斑高率と最上位病斑高との関係

8月1〜12日に出穂した367品種の病斑高率と最上位病斑高との関係を第5図に示した。病斑高率と最上位病斑高との間にも $r=0.709^{**}$ の相関関係が認められた。両者の関係を示す回帰式は $X=0.73Z-4.13$（Xは病斑高率，Zは最上位病斑高）として示された。この回帰式と，被害度と病斑高率との間の回帰式 $Y=1.62X-32.4$ とから被害度と最上位病斑高との関係を求めることができる。しかし，最上位病斑高と被害度の相関を，第4図に示した病斑高率と被害度の相関と比較すれば，後者の方が相関は高い。このことから，病斑高率を用いて被害度の算定を行う方がより精度が高いということができる。

3. 考　察

多数の外国稲品種，日本稲品種における病斑の上位進展は同一調査日において早生＞中生＞晩生の順となった。岩田[27]，高坂ら[35-37]も多数の品種を供試して調査を行い，上位進展程度は熟期との相関が高いことを報告した。しかし，上位進展の調査を同一調査日でなく，出穂期ごとに行うと早生，中生，晩生種間の差が小さくなる[15]ことから，熟期の異なる品種の上位進展を調査する場合，調査日を充分考慮する必要があると思われる。

紋枯病病斑の上位進展を病斑高率で示すと最上位病斑高で示した時よりも標準偏差は小さくなり，特に出穂期が遅い品種ほど両者の差は大きい。高坂ら[36-38]は上位進展速度は葉身，葉鞘の新旧に関係し，葉位によって各葉身，葉鞘の耐病性が異なるためであると結論した。このことから，同一成熟期の品種ではほぼ一定の葉鞘位に病斑が進展していると考えられ，草丈の高い品種では最上位病斑高も低いと言える。上記の理由から，紋枯病病斑の上位進展速度は最上位病斑高で示すよりも，病斑高率で示す方が標準偏差値が小さくなったものと思われる。

本病の上位進展の程度を表現するために，堀ら[24]，小川ら[46]は最上位葉舌高または止葉葉節高に対する最上位病斑高の比を取って比病斑高あるいは病斑高比として表現している。調査時点で出穂未了の品種では稈長の測定が出来ないこと，上位進展が激しい場合には最上位の葉舌よりもさらに上位の，止葉葉身あるいは穂に至る病斑の進展が認められ，上記の数値が100%を超える結果になることなどから，本試験では草丈と最上位病斑高との比を算出して病斑高率として示した。

病斑高率と被害度（吉村の方式[55]）との関係は $Y=1.62X-32.4$ として示され，本方式は病斑高率が20〜82%の範囲であれば草丈と最上位病斑高の調査によって被害度を算出することができる。病斑高率が20%以下では被害度は0〜10%と低い値となり，実質的な被害を生ずるには至らない。病斑高率82%以上では被害度100%とみなすことができるが，一般圃場ではかなり激発した場合でも被害度が100%となることはまれで，被害度70%以下が実際に

利用される範囲であると指摘している。

1区当りの調査株数は多いほど望ましいと思われるが，約50品種ごとに圃場に配置した39区の標準品種，レイメイ，コシヒカリ，日本晴の3品種（各78株）による病斑高率の変動は，第3図に示したように，比較的小さかったこと，また最近，小池ら（未発表）は本方式を用いて圃場における調査株の抽出方法ならびに最少調査株数の検討を行い，調査株数は100株で十分であると示唆していることからも，本方式を用いて調査する場合，調査株は100株で十分であると思われる。

吉村の方式による被害度の調査では15～20株を選び，各株の全茎葉についてその発病程度を調査しなければならないため，これに要する時間は本方式による100株の病斑高と草丈の調査時間の約5倍を要することからも，本方式は簡便であり，能率的であると言える。

Ⅲ. イネ紋枯病の病斑高率と発病株率による減収量の算出法

イネ紋枯病の被害度算定法については数多くの方法がある[11,23,31,46,48,55,56]。これらの算定式のうち，1株内の茎を調査単位とし，茎ごとの発病程度に一定の係数を与えて，被害度を算出するいわゆる吉村の方式[55,56]が広く用いられてきた。

大面積の圃場において被害算定を行う場合は，吉村の式と同等の調査精度を備え，しかも能率的であることが望まれる。この考えから，著者は前章においてイネ紋枯病病斑高率から被害度を求める算定式，$Y=1.62X-32.4$（Yは発病株の被害度，Xは病斑高率）を作製し，吉村の方式を簡便化した。

また，大面積の防除を行う場合，あらかじめ紋枯病による減収量を把握し，経済効果を試算する必要がある。しかし，従来報告された幾つかの被害度算出式[23,31,46,47,55,56]は減収量を表示出来ず，わずかに堀ら[23]が被害度と収量との関係を求めた一次式を報告しているだけである。

本章では病斑高率から被害度を求める算出法を基礎にして，病斑高率から減収量を算出する方法を検討した。

1. 材料および方法

特に記述しないかぎり次の試験方法に従った。

耕種法：北陸農試圃場試験（1976—1978年）*；品種レイメイを供試し，4月5—9日に播種，5月17—19日に30×15cmの栽植密度で3本植として本田に移植した。基肥として尿素化成高度45号（15-15-15）を60kg/10a施用した。新潟県中頸城郡頸城村農家圃場（以後農家圃場と略す）（1979年）；品種越路早生を供試し，5月4日に30×18cmの栽植密度で稚苗を機械移植した。基肥は10a当りN，3.0，P_2O_5，6.8，K_2O，9.4kg，追肥はN，3.6kgを施用した。その他の栽培法は慣行に従った。

供試菌と接種方法：接種は前章で供試したNo.0-0菌（北陸農試保存番号）を，2週間フスマ培養し，6月下旬から7月上旬にかけ株内に挿入して行った。農家圃場では接種株率を

* 日本植物防疫協会委託試験成績，稲関係（1976）21：94-95；（1977）22：421-422；（1978）23：103-105.

それぞれ25，30%とし，発病程度の異なる区を設定した。

紋枯病防除剤の散布時期，量および方法：自然発病区のほかに培養菌接種後，バリダシン粉剤を小型散粉器（ミゼットダスター）で10a当り4kg散布した。散布時期は4か年とも出穂約7日前および出穂日の2回散布である。

調査方法：発病株率並びに葉身および葉鞘に認められる最上位の病斑高および草丈を1区100株調査し，草丈に対する最上位病斑高の割合を算出し，第Ⅱ章で示した算出法によって病斑高率を求めた。この病斑高率から，第Ⅱ章で作製した被害度算出式（第6図(1)）に従って被害度を調査した。北陸農業試験場では吉村の式（第Ⅱ章）に従って被害度の調査を行った。上記被害度の調査と平行して，病害虫発生予察要領の調査基準に従い，100株の発病程度を調査して次式により発病度を算出した。

Disese incidence of affected hills

$$Y=\frac{3n_1+2n_2+1n_3+0n_4}{3N}\times 100 \quad \text{(Yoshimura's formula)}$$

$$\| $$

$$Y=1.62X-32.4 \quad \cdots\cdots (1)$$

$$X=\frac{\text{Height of the uppermost lesions}}{\text{Plant length}}\times 100$$

$$\text{Disease incidence (D)}=(1.62X-32.4)\times\frac{A}{100} \quad \cdots\cdots (2)$$

Percentage of affected hills

Yield loss (per 10a)

$$L=(1.62X-32.4)\times\frac{A}{100}\times 8.5\times 300\ \text{g} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$=(41.31X-826.2)\times\frac{A}{1000}\ \text{kg} \quad \cdots\cdots (4)$$

Fig. 6. An empirical formula for estimating the yield loss in rice sheath blight disease.

$$\text{発病度}(\%)=\frac{4A+3B+2C+D}{4\times\text{調査株数}}\times 100$$

A：株の半数以上の茎が発病し，そのほとんどが止葉から穂首まで侵され，止葉が枯死した状態を呈する。B：株の半数以上の茎が発病し，大部分の病斑が止葉葉鞘まで達しているが，止葉は枯死しない。C：株の半数以上の茎が発病し，大部分の病斑が第2葉鞘まで達している。D：病斑が第3葉鞘まで達している。

収量調査：病斑高率，被害度，発病度を調査後，円型坪刈り機を用いて3.3m² を刈り取り，脱穀，調整後精玄米重を測定した。

2. 試験結果

1) 全体の被害度および発病度と精玄米重との関係

第7図は1979年農家圃場において，発病株の被害度算出式(第6図(1))，Y＝1.62X－32.4に発病株率（A）を乗じて算出した全体の被害度（D）（第6図(2)）と，3.3m² 当りの精玄米重との関係，および病害虫発生予察要領の調査基準から算出した発病度3.3m² と当りの精玄米重との関係を示した。

両者とも全体の被害度あるいは発病度が数%以下の少発生の場合には，全体の被害度あるいは発病度と減収量との関係は一定しないが，全体の被害度が増加するにつれて精玄米重は直線的に減少した。病斑高率から算出した全体の被害度（D）と3.3m² 当りの精玄米重（g）

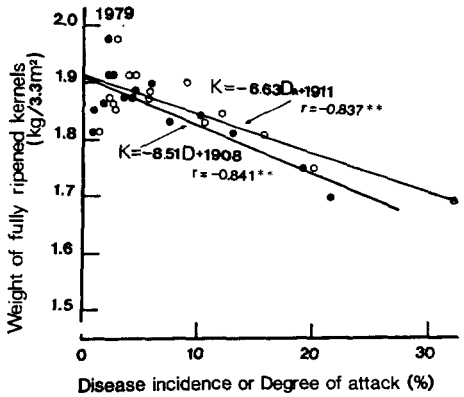


Fig. 7. Correlation between disease incidence (D) or degree of attack (D_A) at the maturing stage and the weight of fully ripened kernels (K). See Materials and Methods for further explanation. Solid line indicates a relationship expressed as K=−8.51D+1908 and K=−6.63D+1911. ○: Degree of attack, ● : Disease incidence.

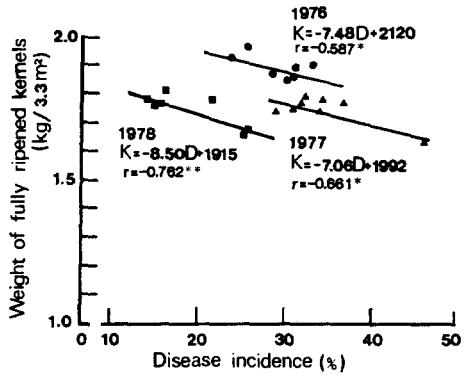


Fig. 8. Correlation between the disease incidence (D) at the maturing stage and the weight of fully ripened kernels (K) in 1976, 1977 and 1978. Solid line indicates a relationship expressed as K=−7.48D+2120 (in 1976), K=−7.06D+1992 (in 1977) and K=−8.50D+1915 (in 1978).

（K）との間の回帰式は K=−8.51D+1908, r=−0.841** であり，被害度が1%増加する毎に3.3m² 当りの精玄米重が8.51g ずつ減少する関係が認められた。同様に発生予察要領の調査基準から算出した発病度（D_A）と精玄米重との間の回帰式は K=−6.63D_A+1911, r=−0.837** であり，被害度1%に相当する 3.3m² 当りの減収量は 6.63g であった。病斑高率あるいは発生予察要領のいずれの調査基準に従って全体の被害度を算出しても減収量は被害度の増加と共に一定の傾きをもって減少することが示された。

2) 1976から1979年の全体の被害度と精玄米重との関係

第7，8図は1976～1979年の4か年間，北陸農試および農家圃場で実施したイネ紋枯病の被害度と 3.3m² 当りの精玄米重との関係を示した。

病斑高率から算出した全体の被害度（D）と精玄米重（K）との間の回帰式は1976年度，K=−7.48D+2120, r=−0.587,* 1977年度，K=−7.06D+1992, r=−0.661*, 1978年度，K=−8.50D+1915, r=−0.762,** 1979年度，K=−8.51D+1908, r=−0.841** であった。このことから，全体の被害度が1%増加するごとに3.3m² 当りの減収量はそれぞれの回帰式から1976年度が7.48g，1977年度，7.06g，1978年度，8.50g，1979年度，8.51g であった。

以上の結果，同一地点におけるイネ紋枯病の全体の被害度と精玄米重との間には4か年間とも被害度が1%増加するごとに3.3m² 当りの精玄米重はほぼ 7.06～8.50g ずつ減少する関が見られた。

3) 減収量の算出式

前項の過去4か年間の試験結果から，減収量の算出式を作製するに当り，ここでは4か年間の減収割合の最高値，8.50g を使用することにした。

全体の被害度（D）は発病株の被害度算出式Y＝1.62X－32.4に発病株率（A）を乗ずることによって算出されるので，D＝(1.62X－32.4)・A/100として表わすことができる。3.3 m²当りのイネ紋枯病による減収量（ℓ）は全体の被害度（D）が1％増加するごとに8.5gずつ精玄米重が減少することから，全体の被害度に8.5gを乗ずることによって算出できる。すなわち，減収量（ℓ）はℓ＝(1.62X－32.4)・A/100・8.6gとして表わされる。10a当たりに換算すると，本式に300を乗じて，減収量（L）はL＝(1.62X－32.4)・A/100・8.5g・300gとなり，減収量（L）と病斑高率（X）および発病株率（A）との間にはL＝(41.31X－826.2)・A/1,000kgの関係が成り立つ。すなわち，イネ紋枯病による減収量（L）は病斑高率（X）と発病株率（A）によって表わすことができる（第6図）。

3. 考　察

病斑高率の調査から被害度を求める方法を基準にして病斑高率と発病株率から10a当りの減収量を算出する式，L＝(41.31X－826.2)・A/1,000kgを作製した。この減収量算出式によると，多数の被害調査を短時間で処理することが可能であり，しかも病斑高率と発病株率の調査だけでイネ紋枯病の被害を減収量によって示すことができること，また年次間の被害を比較出来ることの利点がある。

堀ら[23]は先に吉村の方式による被害度と収量との間には，極めて高い負の相関があることを認め，50株当りの精玄米重＝1506.2－3.8x（xは被害度）の一次式を報告した。著者の被害度算出式は吉村の被害度算出式を簡便化したものであるから，本章の精玄米重を表わす回帰式は堀の一次式とほぼ同じものと考えられる。堀の50株当りの精玄米重を本章の3.3m²当りの精玄米重に換算すると，回帰式はK＝－4.7D＋1807（Kは精玄米重，Dは全体の被害度）となる。ここでは回帰式の勾配は4.7となり，著者の求めた回帰式の勾配，7.1～8.5よりも小さい。本病による被害算定法については多くの報告があり[23,31,43,46-49,53,55,56]，それらによると減収率は品種や栽培法によっても違ってくることを示しており，このことは当然減収量にも違いが生じ，結果として回帰式の勾配にも違いが生じたものと思われる。また本章では同一品種，同一栽培様式でも回帰式の勾配にわずかな違いが生じている。

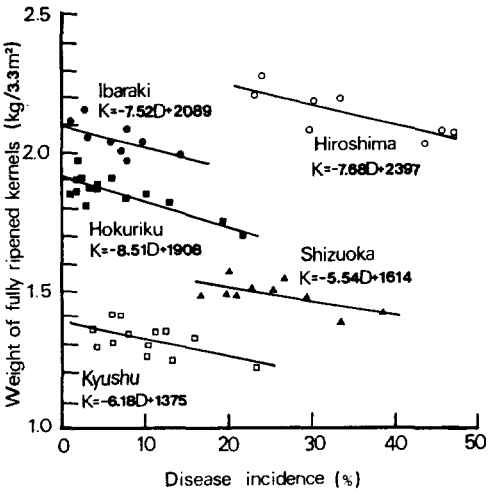


Fig. 9. Correlation between the disease incidence (D) at the maturing stage and the weight of fully ripened kernels (K) in 5 different localities (Japan Plant Protc. Assoc. 1978).

バリダシン粉剤の全国試験データ*から3.3m²当りの精玄米重と被害度との関係式を求め

* 日本植物防疫協会（1978）昭和53年度バリダシン粉剤のイネ紋枯病防除適期に関する特別委託試験成績．同協会1-321.

ると，第9図に示したように茨城県農試ではK＝−7.5D＋2089，広島県農試ではK＝−7.7D＋2397，静岡県農試，K＝−5.5D＋1614，九州農試 K＝−6.2D＋1375 の関係式が得られ，北陸農試で行なった試験結果とほぼ等しい勾配で減少しているが，上記勾配よりも小さい地域（岩手，山口，鳥取，三重県農試）も見られた。しかし，堀ら[23]も指摘しているように，被害度と収量との間には極めて高い負の相関が認められることからも，本方式を適用する場合には品種，栽培様式，地域ごとに精玄米重と被害度との関係式を求めて勾配を知り，減収量の算出式を作製して使用する必要がある。

Ⅳ．病斑の上位進展と気象環境およびイネ体の感受性の変化について

イネ紋枯病の発病におよぼす環境条件の影響は複雑であるが，高坂[33]は本病の発生経過に関係する要因としてイネの生育期間の気象環境，特に株内温・湿度およびイネ体の感受性の2つをあげている。このことから各種の栽培条件などが，株内温・湿度，イネ体の感受性とそれぞれどのような関連をもち，また，いかなる影響を与えているかを明らかにすれば，本病の環境と発病との関係を理解できるものと思われる。

上記2つの要因のうち，イネの生育期間の気象環境，特に株内湿度に関しては多湿の時，とくに高温・多湿の時にまん延が著しいといわれている。しかし，空気湿度の株内湿度に対する影響は，発病初期には顕著であるが，イネの生育に伴ってしだいにその影響が少なくなり，イネの繁茂状態が株内湿度を左右し，発病をも左右するようになると報告している。第2の要因，イネの感受性に関して高坂[33,44]は上位進展経過が葉身，葉鞘の新旧，葉位によって各葉身，葉鞘の耐病性が異なるためであると結論し，イネの生理生態的特性と関連することを明らかにした。

本章では高坂が示した2つの要因，すなわち気象環境（特に株内温・湿度の変化）と病斑の進展および生育に伴うイネ体の感受性の変化と病斑の進展について解析した。

Table. 1. Heading time of the rice cultivars tested in 1970 to 1974.

Varieties		Heading time
Early	Fujiminori	Jul. 24–25
	Koshijiwase	Jul. 30–Aug. 2
	Hounenwase	Aug. 1–3
	Todorokiwase	Aug. 3–4
	Nihonkai	Aug. 5
Medium	Koshiyutaka	Aug. 7
	Koshiminori	Aug. 8–9
	Dewaminori	Aug. 8–9
	Koshihikari	Aug. 8–12
Late	Manryo	Aug. 16–18
	Kinmaze	Aug. 18–19
	Aichiasahi	Aug. 21–22

1. 材料および方法

特に記述しないかぎり次の試験方法に従った。

耕種法：4月5～9日に播種，5月15～18日に 30×18cm の栽植密度で2本植として本田および1ポット2本植として1/5,000aワグネルポットに移植した。本田の基肥は推肥を10a当り，1,200kg，N，P_2O_5，K_2O をそれぞれ8 kg施用し，ワグネルポットには基肥として，3要素をそれぞれ1.15gづつ施用した。その他の栽培法は慣行に従った。

供試品種と出穂期：供試品種と出

穂期は第1表に示した通りである。

試験条件：ポット試験では恒温接種箱（湿度95%以上，照度5,800～12,500 Lux）または，自動人工環境実験室（湿度70%以上，灯下1m平均照度50,000 Lux，プログラムにより温・湿度および照度を自動制御）を用いた。各温度条件下における病斑の進展の試験では湿度を100%に保ち，それぞれ20，21，23，25，27，28，30°C（±0.5°C）の温度区を設定した。異なる湿度条件下における病斑の進展の試験では，第10図に示したように湿度変化を与えたプログラムを作製した。その場合の日平均湿度は温度25°Cに対して，それぞれ84，86，90，92，95，98，100%とし，自動人工環境実験室を用いて8月の日長に合せ昼夜の自動切り変えをプログラムによって行った。各区4ポットとし，3回反復実験した。

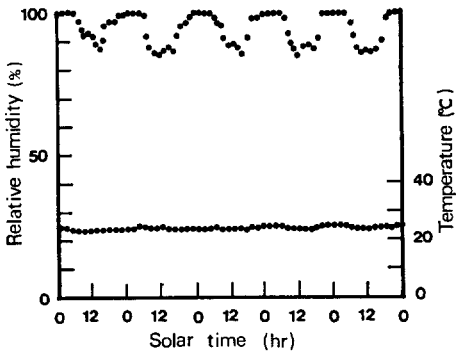


Fig. 10. The programe of humidity changes under constant temperature (25°C)

供試菌と接種方法：ポット試験では前章で供試したNo. 0-0菌を使用し，接種はウレタンチップ培養菌を用い，3日間培養後，1ポット当り5茎につき葉耳部の葉鞘と茎との間隙に菌をはさみ込んで行なった。各温度条件下および異なる湿度条件下における病斑進展の試験では止葉葉鞘位を第1葉鞘位とし，それより下位の第3葉鞘に接種した。葉鞘の感受性の変化と病斑の進展との関係を知る試験では第2，3および4葉鞘に接種した。圃場試験では自然発病株を供試した。

調査方法：ポット試験では菌糸の進展状況を接種2日後から11日間にわたり，葉鞘表面を進展する菌糸をルーペを用いて調査した。一方，病斑の進展は8mmシネ撮影機を用いて微速度撮影を行い病斑進展の経過と病斑長を調査した。圃場における発病株については葉身および葉鞘に認められる最上位の病斑高および草丈を経時的に調査した。また，最上発病葉鞘位の調査は7月31日から約10日ごとに4－5回ランダムに50株を抽出して行った。最上発病葉鞘位は時期を追って追跡し，その移動速度を高坂[33]の報告に従って上位進展度とした。

株間温・湿度の測定：自記温・湿度観測器（型式EHT-176，飯尾電機KK）を用い，経時的に測定した。測定部位は水田内で地上20，40，60，80cmと露場温・湿度（北陸農業試験場，露場観測計）である。

C/N率の異なる培地における菌叢の生育：紋枯病の生育に好適とされる可溶性澱粉を炭素源とした[7,40,50,57]。窒素源として好適とされるグルタミン酸ナトリウムおよび硝酸ナトリウム[40,50]は予備試験においてイネ体にほぼ等しいpH 5.5下で，菌叢の生育に対する効果がほぼ同じであったことから，本実験では硝酸ナトリウムを用いた。第2表に示したとおり供試全品種の葉鞘内窒素含量は生体重1g当り0.8～1.6mgの範囲にあり，またでんぷん量は5.0～37.6mgの範囲内にあることから，窒素量を培地1ml当り0.8，1.0，1.1，1.2，1.3，1.4，1.5，1.6mgの8段階に設定した。でんぷん量も炭素量に換算して同様に2.2，4.4，6.6，8.8，11.0，13.2，15.4，17.6mgの8段階とし，窒素と炭素のそれぞれの組合せによって

Table. 2. Changes in the nitrogen and starch contents in rice sheaths and growth of the fungus on medium containing the equivalent amounts of nitrogen and starch.

Varieties			Second sheath			Third sheath		
			Date			Date		
			Jul. 31	Aug. 10	Aug. 20	Jul. 31	Aug. 10	Aug. 20
Early	Koshijiwase	A	1.4	1.5	1.6	1.4	1.3	1.3
		B	17.8	15.1	8.2	19.0	10.3	5.0
		C	4.9	5.0	5.1*	4.9	5.1	5.3*
		D				3.1	2.3	1.5
	Nihonkai	A	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
		B	25.2	24.5	13.2	23.8	22.0	6.4
		C	4.7	4.8	5.1*	4.7	4.8	5.2*
		D				3.5	2.7	1.8
	Dewaminori	A	0.9	0.8	1.4	1.1	1.0	1.4
		B	26.2	29.4	21.2	28.0	24.3	16.7
		C	4.6	4.7	4.9*	4.6	4.8	5.0*
		D				4.3	3.3	2.4
Medium	Koshihikari	A	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
		B	29.5	23.9	16.2	32.7	25.9	19.7
		C	4.6	4.8	5.0*	4.6	4.7	4.9*
		D				4.2	3.3	2.2
Late	Manryo	A	—	1.0	1.4	1.0	0.9	1.2
		B	—	27.0	26.2	28.5	37.6	30.2
		C	—	4.6	4.5	4.6	4.5	4.5
		D				4.7	4.0	3.3
	Aichiasahi	A	—	1.2	1.2	1.4	1.2	1.2
		B	—	30.0	32.2	24.8	33.7	29.9
		C	—	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
		D				4.8	4.5	4.3
	Kinmaze	A	—	1.0	1.3	—	1.0	1.3
		B	—	25.4	24.7	—	28.7	28.6
		C	—	4.6	4.6	—	4.6	4.5
		D					4.3	4.1

A: Nitrogen contents in rice sheaths, mg/1g fresh weight.
B: Starch contents in rice sheaths, mg/1g fresh weight.
C: Growth of the fungus on medium containing the same amounts of nitrogen and starch as in rice sheaths. Diameter of colony, cm.
D: Leaf sheath position of the uppermost lesions of the plants.
* Indicates significant difference between Jul. 31 and Aug. 20, $p=0.01$.

138—2,200％までのC/N率（原子／原子）からなる２％寒天培地を使用した。培地は0.01Nの HCl および NaOH を用いてイネ体にほぼ等しい pH 5.5 に修正後，滅菌した。各培地は１シャーレ当り 20 ml を分注し，１回の実験には１組合せシャーレ10枚を用い，５回反復と

した。接種源はPDA上に生育させた2日目の菌叢を用い，径0.5cmのデイスクを取りシャーレの中心に接種した。25°Cで24時間培養後各菌叢の直径を測定した。

窒素・でんぷん量の異なる培地における菌叢の生育：窒素源の硝酸ナトリウムは上記と同様に0.8～1.6mgまでの8段階とした。でんぷん量は5，10，15，20，25，30，35，40mgの8段階を設定し，各窒素量と種々の組合せ培地を作り菌叢の生育を調査した。培養温度は19，21，25°Cの3段階である。

葉鞘内窒素と粗でんぷん量の定量：葉鞘内でんぷんの日変動を防ぐために採集時間を午前9時とし，圃場からランダムに40株を抜き取り，直ちに主桿の第2および第3葉鞘を採集した。採集葉鞘は直ちに生体重を測定後，85°Cで1時間キリングし，その後60°Cで数日間熱風乾燥した。乾燥葉鞘はボールミルで十分に磨砕し，100メッシュで篩別した。葉鞘中の粗でんぷんの定量はMcCready *et al.*[39]の方法によって熱アルコール抽出，Anthrone - 硫酸試薬法により比色定量した。窒素含量は同一試料の葉鞘についてセミミクロケールダール法あるいはC・Nコーダー（柳本MT-500型）によって定量した。各試料3回反復実験し，平均値を示した。

2　試験結果

(1)　気象環境とイネ体上における病斑の進展との関係

(1)　各温度条件下における菌糸および病斑の進展

予備試験において，イネ体上における菌糸の進展は明区と暗区との間に顕著な差異が認められなかったので，湿度100％，明区条件で20，21，23，25，27，28，30°Cの各温度下におけるイネ体上での菌糸および病斑の進展を，出穂直後の第3葉鞘に接種したのち，経時的に調査した。一方，PSA培地上での菌叢の進展を24時間後に調査し，病斑の進展と比較した。

第3表に示すように，イネ体上における菌糸の進展は28＞27＞30＞25＞23＞21°Cの順であり，培地上の菌叢の生育も同傾向であった。一方，病斑の上位進展は菌糸の進展よりも遅いが，いずれの温度条件でも菌糸の進展様相と同傾向であった。

(2)　異なる湿度条件における病斑の進展

Table. 3. Vertical development of lesions and mycelia on rice plants infected with sheath blight fungus, and growth of the mycelia on agar medium under various temperatures.

Development of lesions and mycelia	Average temperature (°C)						
	20	21	23	25	27	28	30
A	0.48	0.70	1.13	1.35	1.51	1.58	1.50
B	1.11	1.75	2.31	2.51	2.64	2.71	2.62
C	5.00	5.55	6.54	7.20	7.70	7.95	7.95

A: Vertical development of lesions on rice plants under 100% relative humidity, (cm/day).
B: Vertical development of mycelia on rice plants under 100% relative humidity, (cm/day).
C: Growth of the mycelia of potato sucrose agar medium, (cm/24 hr).

Table. 4. Relative humidity correction for vertical development of lesions on rice plants infected with the rice sheath blight fungus.

Development of lesions	Relative humidity (%)							
	<84	84	86	90	92	95	98	100
Vertical development of lesions[a)]	0.00	0.14	0.51	1.17	1.21	1.30	1.34	1.35
Index of vertical development[b)]	0.00	0.10	0.38	0.87	0.90	0.96	0.99	1.00

a) Vertical development of lesions on rice plants under 25°C and various relative humidity, (cm/day).
b) Ratio of vertical development of lesions under various relative humidity to that under 100% relative humidity.

湿度の変化と病斑の進展との関係を知る目的で，異なる湿度条件における病斑の進展を7，8月の最多日平均気温である25°C下で測定した。

第4表は25°C下で異なる湿度条件を与え，イネ体上に進展した病斑長と，湿度100%で進展した病斑長に対する，各湿度条件下で進展した病斑長の割合を示した。湿度100%の場合を1とすると98%で0.99，95%で0.96，90%で0.87，86%で0.38であり，湿度が高いほど病斑進展の割合は大きかった。日平均湿度が84%以下になると病斑は進展しなかった。

2) 生育に伴うイネ体の感受性の変化と病斑の進展との関係

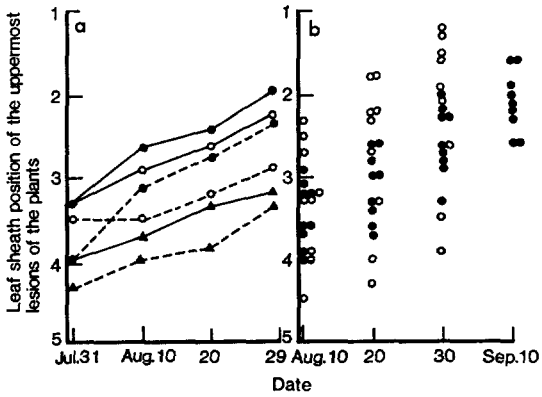


Fig. 11a. Changes in vertical disease development of the same variety in the ordinary cultivation and in the late sowing and transplanting cultivation. ——: Ordinary cultivation, – – –: Late sowing and transplanting cultivation. ●: Nihonkai (early variety), ○: Koshihikari (medium variety), ▲ :Manryo (late variety).

Fig. 11b. Changes in vertical development of various varieties with and without arranged heading time. ○: Rice varieties with different heading time. ●: Rice varieties cultivated to head at about the same date by changing sowing and transplanting time.

(1) 植付時期と上位進展

日本海(早生)，コシヒカリ(中生)，マンリョウ（晩生）を普通植および晩植した時の発病茎の上位進展経過を比較調査した。植付は普通植が5月18日，晩植が5月31日である。

結果は第11図aに示した。普通植と晩植のイネにおける紋枯病の上位進展度を比較すると，同一調査日において早生，中生，晩生ともに普通植の方が大きい。供試3品種とも普通植の最上発病葉鞘位はいずれの調査日においても晩植のそれよりも0.3—0.5葉鞘高い。すなわち，同一品種でも田植日が早い方が紋枯病の上位進展が早いことを示している。

(2) 播種期の調節により出穂期をほぼ同一にした場合における供試品種の上位進展の比較

ここでは播種日と移植日を変えて早生，中生，晩生種の出穂期をほぼ

Table. 5. Sowing and transplanting time of rice cultivars.

Varieties		Sowing time	Transplanting time
Early	Nihonkai	May 31	Jun. 21
	Koshijiwase	May 31	Jun. 21
	Dewaminori	May 31	Jun. 21
	Todorokiwase	May 31	Jun. 21
	Hokuriku 94	May 31	Jun. 21
Medium	Koshiyutaka	May 21	Jun. 25
	Koshiminori	May 21	Jun. 25
	Koshihikari	May 21	Jun. 25
Late	Manryo	May 10	Jun. 1
	Kinmaze	Apr. 13	May 15
	Aichiasahi	Apr. 13	May 15

同一にした場合と，播種日，移植日を同一として出穂期を異にした場合における上位進展の比較を行った。

出穂日を同一にするために供試品種の播種日，移植日は第5表のように変えた。7月5日フスマ培養菌を株内に挿入接種し，8月10日から経時的に最上発病葉鞘位の調査を行った。

結果は第11図bに示した。出穂期を同一にするために早生種の播種日を晩生種より45日遅らせた結果，供試品種の出穂期は8月18日をはさみ1週間以内となった。この操作によって早生種の初期生育は不良で，発病茎率が約100％に達するのに晩生種よりも約10日遅れた。このような操作によって出穂期を同一にしたイネでは早生，中生，晩生種間の上位進展の差が小さく，進展のもっとも速い品種ともっとも遅い品種における最上発病葉鞘位の差は暦日上同一調査日で1.2葉鞘位以内であった。

一方，播種日を同一にした場合には，早生，中生，晩生種間の上位進展の差が大きく，上位進展のもっとも早い品種ともっとも遅い品種における最上発病葉鞘位の差は同一調査日で2.2～2.7葉鞘位であった。すなわち，どの調査日を取っても出穂期が異なる品種は早生＞中生＞晩生の順に上位進展度が早いのに対し，出穂期を同一にすると上位進展度は各品種ともほぼ同程度となった。

(3) 培地のC/N率と菌叢の生育との関係

ここでは生理的要因，特にイネ体の成分変化について，炭素源として可溶性でんぷんを，窒素源として硝酸ナトリウムを用いて，炭素対窒素の比率を変えた種々の培地における菌叢の生育を調査した。

結果は第12図に示した。C/N率の大小と菌叢の生育との間に一定の関係は認められな

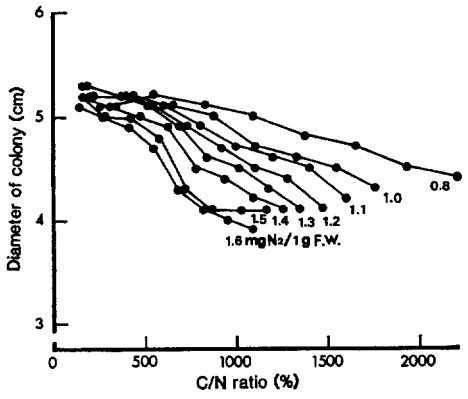


Fig. 12. Influence of initial exogenous carbon: nitrogen ratio (atom: atom) on growth of colony one day after inoculation in starch-nitorate medium.

いが，窒素量を一定にしてC/N率を高めると，どの場合でもC/N率が大きくなるにつれて菌叢の生育は悪くなる。また同一C/N率の培地でも両者の含量が多くなるにつれて菌叢の生育は悪くなる。たとえば炭素8.8mg/mlと窒素0.8mg/mlから成る培地，13.2mgと1.2mgから成る培地，あるいは17.6mgと1.6mgから成る培地では共にC/N率が1,100%であるにもかかわらず菌叢の生育はそれぞれ5.0cm，4.5cm，3.9cmと異なる。しかし，窒素量を0.8—1.3mgの範囲にし，C/N率が600%以下になるように炭素量を添加した培地では菌叢の生育にほとんど差が認められず生育は良好である。

(4) 窒素・でんぷんの量的変化と菌叢の生育との関係

同一C/N率であっても炭素および窒素量の変動が菌叢の生育に影響を与えることから，窒素とでんぷんの量的な変動と菌叢の生育との関連について検討した。

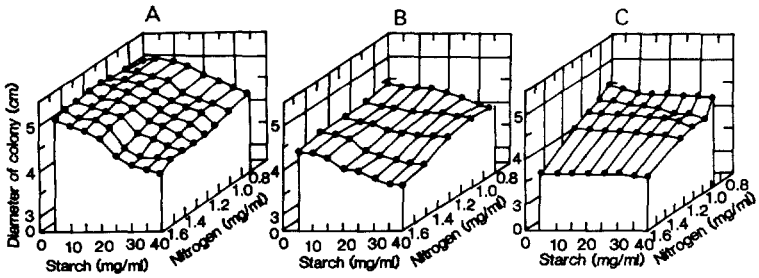


Fig. 13. Influence of various concentrations of starch and nitrogen on growth of colony under various temperatures.
A: Growth of colony at 25°C, B: Growth of colony at 21°C, C: Growth of colony at 19°C.

結果は窒素量，でんぷん量および菌叢の生育とからなる3次元図を第13図に示した。25°Cにおける菌叢の生育は窒素量を同一としでんぷん量を変えた時，でんぷん量の増加に伴い生育は不良となる（第13図A）。またでんぷん量を同一にし窒素量を変えても菌叢の生育に影響が見られず，でんぷん量が25mg以上では窒素量の増加に伴い生育が不良になる傾向を示した。

21°C（第13図B）における菌叢の生育は25°Cで見られたのと同様な傾向であるが，19°C（第13図C）になるとでんぷん量による影響は小さくなる。この原因については不明である。

(5) 葉鞘内窒素・でんぷん量の変化と上位進展

前項では培養基の窒素・でんぷん量のちがいと菌叢生育との関係を明らかにしたが，この結果にもとづいて，圃場における病斑の上位進展と，葉鞘内窒素・でんぷん含量との関連を検討した。

越路早生，日本海，でわみのり，コシヒカリ，マンリョウ，愛知旭，金南風の7品種を供試し，1972年と1973年に上位進展が始まる7月31日から経時的に第2および第3葉鞘を採集し，生体重1g当りの窒素と粗でんぷん量を定量した。また圃場において各供試品種の上位進展を調査した。培養試験で行なった窒素とでんぷんの量的な変化と菌叢の生育との関係が，圃場栽培の稲の葉鞘内窒素・でんぷん含量と本病の上位進展との関係にほぼ一致するの

ではないかと仮定して，イネ体の窒素・でんぷんの定量値とこれに対応する培地上の菌叢の生育を第13図Aから読み取って示したのが第2表である。

上位進展の速い早生種では供試3品種とも葉鞘内窒素・でんぷん含量が培地上での菌叢の生育に好適な成分含量と一致した。たとえば，早生種における第2，第3葉鞘のでんぷん含量は7月31日17.8～28.0mgを示し，8月下旬には5.0～21.2mgを示した。培養試験では，このような濃度においては菌叢の生育に窒素含量の影響が少く，菌叢の生育に好適な成分含量に当り，圃場での本病の上位進展が早生種においてもっとも早いこととよく一致する。一方，上位進展の遅い晩生種ほど早生種に比べ成分含量が培地上での菌叢の生育に不適当な成分含量に相当した。すなわち，晩生種ではでんぷん含量が高く，8月10日は23.9～37.6 mg，8月20日は24.7～32.2mgといずれの調査日を取っても30mg前後の値を示している。また，25mg以上のでんぷん含量ではでんぷん量の増加は勿論窒素量の増減も菌叢の生育に影響を与え(第13図)，晩生種では早生種よりも窒素含量がわずかに少い。以上の結果は圃場において晩生種における上位進展が早生種よりも劣ることとよく一致している。

同一品種，同一葉鞘の窒素・でんぷん量の経時変化を見ると，早生種は日数の経過と共にでんぷん量の低下がすみやかに起り，晩生種ではこの変化が緩慢である。すなわち，早生種は早い時期にでんぷん含量が25mg以下に達し，しかも日数の経過につれてでんぷん含量は低下し，培養試験で良好な菌叢の生育を示す含量に近ずくが，晩生種では8月20日調査でもでんぷん含量30mg前後を維持し，培養試験での菌の生育には不適当な成分含量になっている。

以上の結果から，イネ紋枯病の上位進展とイネ体内の成分変化との間に並行関係が認められ，葉鞘内窒素とでんぷんの量的変化によって著しく影響される可能性が示唆された。

(6) 葉鞘の本病に対する感受性の変化と病斑の進展

出穂後の経過日数，すなわち，イネ体の感受性の変化と病斑の進展との関係を知るため，本病菌を28°C，100%の湿度条件下でイネに接種し，病斑の進展を調査した(第14図)。出穂後のイネ体の感受性の変化と病斑の進展度は第2，第3葉鞘ともに出穂後に高くなり，出穂10日後に最高に達し，以後次第に低下している。このことから，出穂5日前の第3葉鞘上における病斑の進展は，第14図から1日当り0.71cmと読み取れる。さらに，出穂5日目の第3葉鞘上における病斑の進展は1.32cmであり，出穂後10日目の第2葉鞘における病斑の進展は1.71cmと読み取れる。また出穂後25日目の第1葉鞘上での病斑の進展は同様に1.52cmであった。

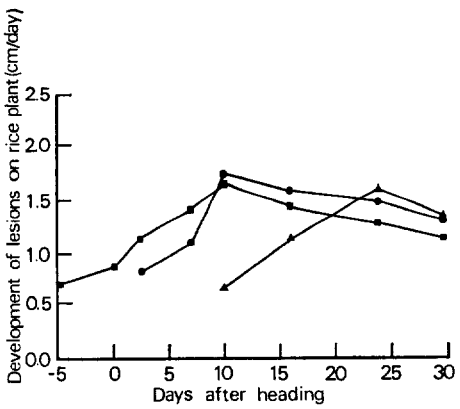


Fig. 14. Vertical development of lesions and susceptibility of the first, second and third leaf sheaths after heading. ▲—▲: First leaf sheath (sheath of flag leaf), ●—●: Second leaf sheath, ■—■: Third leaf sheath.

3. 考 察

本章では上位進展が著しい出穂後の病斑の進展を出穂日を基準にして実験を行い，第1の要因である温度と病斑の進展との関係については，湿度100％の条件下で7段階の温度条件で実施し，また湿度と病斑の進展との関係については，温度25°Cの条件下で7段階の湿度条件で実施した。各温度条件下における菌糸および病斑の進展は，28>27>30>25>23>21>20°Cの順であり，23°C以下では急速に進展が衰えた。高坂ら[37]によれば実験的に侵入可能な温度は22～23°C以上で，各地で観察された圃場における初発生時期の平均気温も22～23°Cである[24,30,35]。また，発病進展は22～23°C以上で行われ，高温のときほど著しく[33,34]，平均気温約20～22°C以下のときは病勢が衰えて停滞すると考えられている。

堀[23]，小川ら[46]は圃場における積算温度と病斑の進展との間に相関を認め，小川ら[46]は病斑の上位進展の有効温度を23°Cとし，有効積算温度 $T=\sum(t-23)$ を求めた場合，有効積算温度と病斑高との間には高い相関があることを認めた。しかし，本章では，病斑の進展は気温のみによって影響を受けるのではなく，湿度が高いほど病斑進展の割合も大きく，日平均湿度が84％以下になると病斑は進展しないことを認めた。

播種期または移植期を変えて出穂期を変動させた品種の上位進展様相は同一品種でも出穂が早いほど上位進展が進行することを示し，上位進展に出穂の早晩が大きく関与することがわかった。上位進展に関与する形態的要因については高坂[33]がすでに指摘し，イネ体の栄養と活力が罹病度と関連深いことは井上ら[26]が報告しているが，筆者は上位進展がイネ自体の変化とくにイネ体内の成分変化に伴って変動するものと仮定し，イネ体内の成分変化の解析として，菌叢の生育にもっとも重要と思われる窒素とでんぷんの量的な変化と菌叢の生育との関連を検討した。圃場において上位進展の速い早生種は葉鞘内でんぷん含量が低く，培養実験での菌叢の生育に好適な成分含量に相当する。上位進展の遅い晩生種ではでんぷん含量が高く，生体重1g当り30mg前後の値を示し，培養実験では菌叢の生育に不適な含量に相当するが，このような含量の時は窒素量の増減も影響を与える。また同一品種，同一葉鞘の窒素，でんぷん含量の経時変化をみても早生種は日数の経過と共にでんぷん含量は低下し，培養実験での良好な菌叢の生育を示す含量に近づくが，晩生種ではこの変化が緩慢である。もし生体内と培地上の菌糸生育が並行すると仮定すれば晩生種の上位進展が早生種よりも遅い現象を窒素とでんぷん含量の変化によって説明することが可能である。高坂ら[38]は抽出直後の葉鞘は耐病性が強く，出葉後5週間目頃から弱まり，この時期的変化が上位進展を制約すると考察している。筆者はこの現象を葉鞘内でんぷんと窒素含量の経時変動の面から説明出来る可能性を示唆するとともに，出穂後のイネ体の感受性の変化と病斑の進展度は出穂後に高くなり，出穂10日後に最高に達し，以後次第に低下することを認めた。最近山元[54]はイネ白葉枯病の発生と紋枯病の発生との関連を解析し，葉鞘蓄積でんぷん率を低下させる処理をした稲では紋枯病斑の進展が大となり，増大させる処理をした稲では進展が小さいことを認めている。このことは筆者が示した葉鞘内でんぷんの量的変化と紋枯病の上位進展との関係についての推定を裏付けているものと思われる。

筆者は上位進展の遅・速，葉鞘内窒素・でんぷん含量の推移および培地中の窒素・でんぷん量と菌叢の生育との3者の間に並行関係があることを認めたが，本研究における葉鞘内窒

素・でんぷん含量は健全葉鞘のみを分析したものであり，下位葉鞘が発病した場合，あるいは多量の窒素追肥，遮光・暗黒処理などによる葉鞘内窒素とでんぷん含量の変動と上位進展との関係については未検討である。今後，栄養と耐病性との間の因果関係を追求する必要がある。

V．イネ紋枯病病斑の上位進展のモデル曲線

前章に示したように病斑の進展は2つの要因（株内温・湿度とイネの感受性）が相互に複雑にからみあっていると考えられる。しかし，これらの要因に関する理論的な研究成績は少なく，2つの要因と病斑進展との関係を体系的に説明したものはない。

本章では2つの要因を組合せてイネ体上における病斑の進展を検討し，そのモデル値から紋枯病の上位進展，すなわち病斑高率（X）を予測する方法を試みた。

1. 材料および方法

特に記述しないかぎり次の試験方法に従った。

耕種法：北陸農業試験場圃場試験（1970～1972, 1977, 1978年）では第Ⅳ章に示した方法に従い，品種越路早生を供試した。新潟県中頸城郡頸城村農家圃場（1979～1981年）の耕種法は第Ⅲ章に示した方法に従った。

出穂期：品種越路早生の各年度における出穂期は第6表に示した通りである。

供試菌と接種方法：第Ⅱ章に示した方法に従った。

調査方法：病斑高および最上発病葉鞘位の調査は第Ⅱ章に示した方法に従った。

株間温・湿度の測定：第Ⅳ章に示した方法に従った。

Table. 6. Heading time of a rice cultivar, koshijiwase.

Year	Heading time
1970	Jul. 30
1971	Jul. 28
1972	Jul. 29
1977	Jul. 29
1978	Jul. 27
1979	Jul. 27
1980	Jul. 28
1981	Jul. 30

2. 試験結果

1) 日平均気温から算出した病斑進展のモデル値と圃場における調査結果との比較

出穂後1日ごとの病斑の進展は，前章に示した室内試験結果から得られたイネ体上における各温度条件での病斑の進展表（第3表）を用いて読み取った。すなわち，日平均気温を第3表にあてはめて病斑の進展を読み取り，毎日積算して，階段状に示したものが日平均気温から求めた病斑進展のモデル曲線である（第15図の線A）。一方，第15図の線Dは圃場における病斑進展の調査結果である。

日平均気温から算出した病斑進展のモデル曲線は，1978, 1980年とも圃場調査結果よりも高い値を得た。

2) 株間湿度による病斑進展の補正

前章（第4表）で求めた25°C下で異なる湿度条件を与え，イネ体上に進展した病斑と湿度

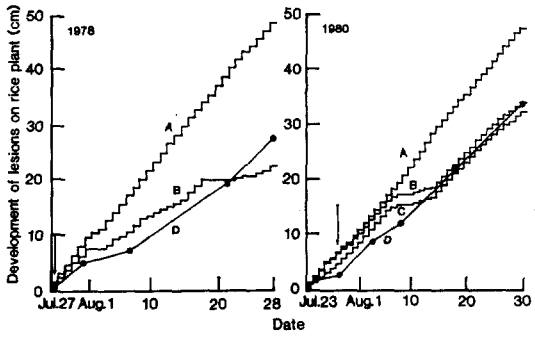


Fig. 15. Comparison of vertical development of lesions on rice plants infected with sheath blight fungus as observed in fields in 1978 and 1980 and as estimated by the cumulative model curve.
A: Cumulative model curve of the vertical development of lesions calculated from Table 3 according to average temperature. B: Cumulative model curve of the vertical development of lesions modified from Table 4 according to the relative humidity. C: Cumulative model curve of the vertical development of lesions modified from Table 4 and Fig. 14 according to the relative humidity and susceptibility of leaf sheath. D: The vertical development of lesions on rice plants in paddy fields. An arrow indicates heading time.

100％で進展した病斑長に対する割合を用いて，先に日平均気温から算出した病斑進展のモデル値を補正し，圃場調査結果と比較した。

第15図の階段曲線Bは1日ごとの株間の平均湿度を第4表にあてはめ，病斑の進展割合を読み取り，日平均気温から算出した病斑進展のモデル曲線を補正して作製したものである。このように湿度による補正を行った病斑進展のモデル曲線は1978，1980年とも圃場調査結果（第15図の線D）に近づいた。

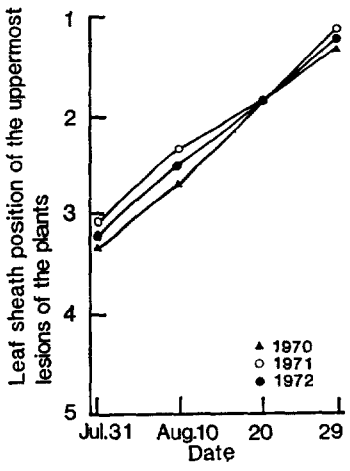


Fig. 16. Vertical disease development of sheath blight on a rice cultivar, koshijiwase.

3) イネ体の感受性による病斑進展の補正

第3表に示したように，病斑がもっとも良く進展する気象環境は温度28°C，湿度100％条件下であるが，本条件下でもイネ体の感受性によって病斑の進展度が異なることから（第14図），本実験では病斑がもっとも良く進展する温・湿度条件下におけるイネ体の感受性の変化と病斑の進展との関係を検討した。その結果，気温と湿度から算出した病斑進展のモデル値が，最適温・湿度条件下でイネ体の感受性の実験から求めた病斑進展の値よりも大きい場合には，イネ体の感受性から求めた病斑進展値よりも大きい値を理論的に取り得ないと考え，その値を病斑進展の上限値とした。

1978年度の調査期間内では感受性で求めた病斑進展の上限値を越す値は見られず，イネ体の感受

性からの進展の補正を行う必要はなかった。1980年度のモデル曲線（第15図）は出穂5日前から作製した。出穂前の5日間の温・湿度から求めた病斑の進展度は，いずれも感受性の上限値を越えたために，感受性による補正を行った。すなわち，品種越路早生を供試して，北陸農業試験場における過去3か年間（1970～1972年）の試験では，紋枯病斑は出穂前約10日から出穂後2～6日までの間に第3葉鞘に進展している(第16図)。その後第2葉鞘に移り，出穂後21日目から病斑はさらに第1葉鞘に進展する。このことから，イネ体の感受性から求めた出穂5日前の病斑の進展は，第14図から1日当り 0.7cm と読み取れる。しかし，1980年度，出穂5日前の株間温・湿度はそれぞれ 24.7°C，98% であり，この値から算出した病斑進展値は 1.29cm と感受性の上限値 (0.7cm) よりも大きい。この場合，出穂5日前は感受性の上限値を適用する。同様な操作を1日ごと繰返して，第15図Cの階段状の実線を得た。本階段状の実線は温・湿度と感受性の2つの要因を加味して作製した病斑進展のモデル曲線であり，圃場調査結果Dとほぼ同傾向の病斑進展を示した。

4) 1977，1979，1981年の紋枯病の病斑進展のモデル曲線と圃場における調査結果との比較

上記の方法によって株間温・湿度，感受性の組合せから，さらに1977，1979，1981年の3か年間の紋枯病の病斑進展のモデル曲線を作製し，圃場調査結果と比較した。

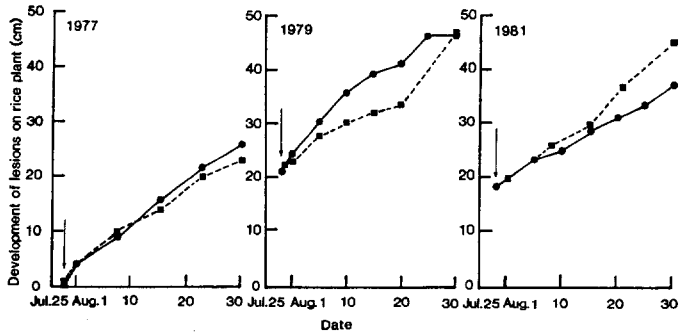


Fig. 17. Comparison of vertical development of lesions on rice plants infected with the rice sheath blight fungus as observed in fields in 1977, 1979 and 1981 as estimated by the cumulative model curve. ■----■: Vertical development of lesions on rice plants grown in paddy fields. ●—●: Cumulative model curve of the vertical development of lesions. An arrow indicates heading time.

1977年度（第17図）は北陸農業試験場におけるデータである。1979，1981年度（第17図）は北陸農業試験場から 10km 離れた農家圃場で行った結果である。

1977年度はモデル曲線と調査結果とが良く一致した。1979年度は8月中旬においてモデル曲線と圃場調査結果との間に開きが見られたが，収穫期には両者の進展がほぼ一致した。1981年度は8月15日までモデル曲線と実測値がほぼ一致したが，以後両者の間に開きが見られた。

3. 考　察

第1の要因である温度と病斑の進展との関係については，湿度100％の好条件下で実施したために越路早生での出穂日以後の日平均気温から算出した病斑進展のモデル曲線は，1978，1980年とも圃場調査結果よりも高い値を示した。このことから，気温のみによって病斑の進展を予測することは困難であり，前述したように病斑の進展は2つの要因（株内温・湿度とイネの感受性）が相互に複雑にからみあっていると考えられる。次に，気温をもとにして作製した病斑進展のモデル曲線を株間湿度による病斑進展の値を用いて補正すると，進展曲線は圃場調査結果にさらに近接した。

気温と湿度から算出した病斑進展のモデル値をさらに第2の要因であるイネ体の感受性の変化による病斑の進展値を用いて補正した。2つの要因を組合せて作った病斑進展のモデル曲線は年次による差がやや認められるものの，圃場調査結果と良く一致し，病斑の進展は株間温・湿度，イネの感受性の2つの要因を組合せることによってほぼ正確に予測できるものと思われる。

2つの要因を組合せて作った病斑進展のモデル曲線は年次による差がやや認められた。このことは，病斑進展に関与する要因として，上記要因の外に病斑上の菌糸の病原力等が考えられ，今後病斑の進展と他の要因との関係をさらに検討し，本予測法の精度を高める必要がある。

本実験では供試品種が越路早生に限られており，栽培法も単一であるために，本方法を他の品種あるいは他の栽培法に適用する場合にはさらに品種別，栽培法別に補正値を作ることによって，本方式による病斑進展のモデル曲線が一般化できるものと思われる。また第3章の結果を適用して，このモデル曲線によって病斑高率の予測も可能である。

VI. イネ紋枯病の水平進展のモデル曲線

イネ紋枯病の水平進展，すなわち発病株率の増加は主にイネの生育期間の気象環境（特に株間温・湿度の変化）と菌核の株附着度（菌核数）の2つの要因によって影響を受けることが知られている。すなわち，イネの生育期間の気温が高いような気象環境，株間湿度を高めるような栽培条件はいずれも直接的には株内伝染を助長し，発病茎率を高くする。さらには株間伝染をも助長して発病株率を高める。また，越冬菌核数が多い時には株附着菌核数を多くし，初発時の発病株率，発病茎率を高める。このように菌核数を除いた他の要因はいずれもイネの生育と関連していることが認められる。しかも，これらのうち生育時期的に最も遅くまで発病を制約している要因は株間湿度である。このように，発病株率に影響をおよぼす要因がそれぞれ複雑なために発病株率の推移を正確に推定することはこれまで困難であった。

堀ら[23]は発病株率を推定するために気温を取り上げ，気温25°C以上に遭遇した積算時間と発病株率との間に高い相関関係を認め，本病の水平進展を予察する上に積算温度が重要であることを報告している。しかし，株間湿度が96％以上と高湿度条件の時に本病菌の侵入が起こる[9,38]ことから，本病の発生には温度のみでなく株間の湿度も重要な要因であると考えられる。また，本病の1次伝染源である越冬菌核数によっても発病株率は当然左右されるものと考えられることから，株間温・湿度，菌核数の要因を組合せて発病株率を推定すればよ

り精度も高まるものと思われる。

本研究では水平進展（発病株率）の増加に関与する2つの要因，すなわち株間温・湿度および菌核数を組合せて本病の発病株率の推移を検討するとともに水平進展のモデルを作製して紋枯病の水平進展を予測する方法を試みた。

1. 材料および方法

特に記述しないかぎり次の試験方法に従った。

耕種法：発生予察圃場；新潟県中頸城郡の発生予察圃場20筆に5月1～4旬に稚苗および中苗を機械移植した。基肥は予察圃場平均，10a当りN；4.4，P_2O_5；6.2，K_2O；4.9kgおよび追肥をそれぞれ1.5；0.6；0.2kg施用した。その他の栽培法は慣行に従った。無菌核圃場；北陸農業試験場の本田に，1区2×2mの無菌核圃場を設けた。各区は波板によって仕切って菌核の出入を阻止し，約10cmの表土を掘り取り，畑土壌を客土した。4月5～9日に播種し，5月15～18日に30×18cmの栽植密度で2本植として移植した。本田の基肥は推肥を10a当り1,200kg，N；P_2O_5，K_2Oをそれぞれ8kg施用した。その他の栽培法は慣行に従った。

供試品種：発生予察圃場の供試品種の作付状況は1977～1981年までの5年間を平均して，コシヒカリ　30%，トドロキワセ　13%，北陸99号　9%，北陸100号　6%，ナゴユタカ　6%，越路早生　6%，こがねもち　5%，その他の品種25%である。一方，無菌核圃場は越路早生を用いた。

出穂期：コシヒカリ；8月8～12日，トドロキワセ；8月1～4日，越路早生；7月30～8月2日，北陸99号およびナゴユタカ；7月27～29日，北陸100号；8月8～12日，こがねもち8月3～5日であった。

無菌核圃場への菌核投入試験：北陸農業試験場の圃場で代かき後に浮上した菌核をすくい取り，風乾後塵芥を除き，菌核のみを選別し，1975年度は無菌核圃場10a当り，菌核数をそれぞれ3万，9万，64万個，1977年度は2万，7万，14万，21万，36万個，1978年度は1万，2万，5万，15万，30万個となるように投入して菌核量と発病株率の推移を調査した。

株間温・湿度の測定：病斑の進展と最も関係が深い株間温・湿度を，第Ⅳ章と同様の方法で，1975，1977～1981年度に経時的に測定した。

発病株率の調査：発生予察圃場の発病株率の調査は7月10日から15日毎にランダムに1筆100株を抽出して行った。無菌核圃場の発病株率の調査は7月3日から7～10日毎にランダムに100株を抽出して行った。また発病株率の調査と平行して草丈の調査も行った。

2. 試験結果

1) 株間温・湿度の変化と発病株率の推移

越冬した菌核が発芽して，イネ体に感染するには株間温度22～23°C以上，株間湿度96%以上の条件が必要である[9,38]。そこで，発病株率の増加を推測する方法として，水稲群落内でこの両者の要因が満足された時に発病株率は増加すると仮定し，さらに，その満足の程度が高い時，即ち，高温，多湿の好適条件ほど発病株率はさらに高まり，その程度は上位進展

の場合と同じものと仮定し，発病株率の推移を試算した。

すなわち，発病株率は株間温度22°C以上，株間湿度96%以上の時に増加することを基本にして，地上5cmの株間湿度が96%以上，株間温度が22°C以上の両者を満足する日の，1日当りの病斑伸長の長さを水平進展度として置き代える方法を採用した。実際には地上5cmの株間温・湿度を測定できなかったことから，地上20cmの株間湿度が92%以上あれば，地上5cmの株間湿度は96%以上あるものと推定した。このことから，地上20cmの株間湿度が92%以上で，株間温度が22°C以上の両者を満足した日について，その日の平均株間温度により1日当りの病斑伸長の長さを第3表から求め，その値を水平進展度として置き代える。例えば，日平均株間温度が27°C，株間湿度が97%を示した日の水平進展度は第3表から1.51と読み取る。

上記の方法を1977～1981年までの5か年間北陸農業試験場の圃場で測定した地上20cmの株間温・湿度にあてはめて紋枯病の水平進展の試算を行い，モデル曲線を作製し，予察圃場における発病株率の調査結果と比較した（第18図）。図中の階段状の実線Bは上記の方法によって求め，1日ごとに積算した水平進展のモデルである。また実線Aは予察圃場20筆の平均発病株率の推移である。

1977年の発病株率は最終的に20%を越えた。また平均株間温・湿度から求めた水平進展のモデル値も実測値とほぼ平行して高まっている。1978年度の水平進展のモデル曲線は7月中旬～8月上旬にかけて実測値よりも低く経過したが，8月中，下旬にはほぼ実測値に近い値に達した。1979年度の発病株率の推移は両者ともほぼ一致した。1980年度も水平進展のモデル値と実測値とはほぼ平行して推移し，発病株率の増加が著しい時にはモデル値も同様に曲

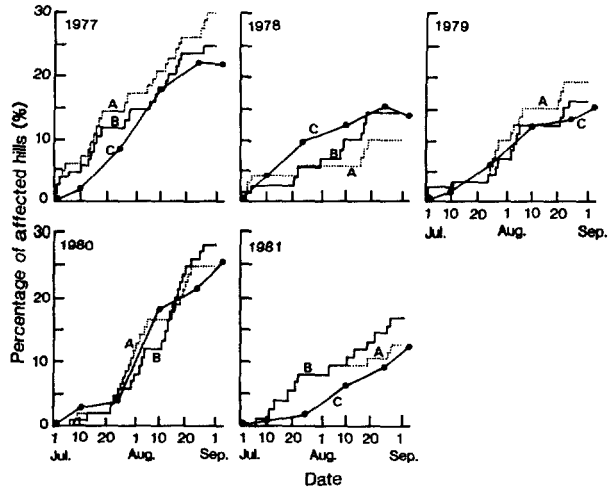


Fig. 18. Comparison between the horizontal development of disease on rice plants infected with sheath blight fungus as observed in fields in 1977 to 1981 and that estimated by the cumulative model curve.
A: The horizontal development of disease on rice plants in paddy fields.
B: A cumulative model curve of the horizontal development of lesions (Table 3) according to the average temperature.

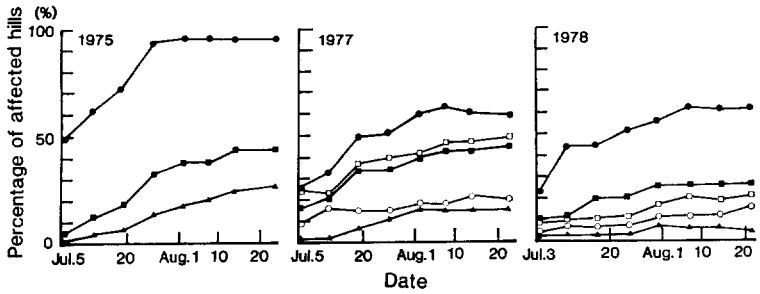


Fig. 19. Horizontal development of disease under different quantity of sclerotia in fields in 1975 1977 and 1978.
1975. ●—●: 64×10^4 sclerotia, ■—■: 9×10^4 sclerotia, ▲—▲: 3×10^4 sclerotia/10a.
1977. ●—●: 35×10^4 sclerotia, □—□: 21×10^4 sclerotia, ■—■: 14×10^4 sclerotia, ○—○: 7×10^4 sclerotia, ▲—▲: 2×10^4 sclerotia/10a.
1978. ●—●: 30×10^4 sclerotia, ■—■: 15×10^4 sclerotia, □—□: 5×10^4 sclerotia, ○—○: 2×10^4 sclerotia, ▲—▲: 1×10^4 sclerotia/10a.

線の増加を示した。1981年度の実測値は10%前後と低い値を示すとともに水平進展のモデル値も同様に低い値を示した。しかし，モデル値は実測値よりも終始高い値であった。

以上の結果から，株間温・湿度の組合せから求めた水平進展のモデル値は5か年間とも実測値に近い推移を示したといえる。

2) 菌核数の異なる圃場における発病株率の推移

本項では無菌核圃場に一定数の菌核を投入し，菌核数と発病株率との関係を検討した。

第19図は3か年の菌核数と発病株率との関係を示している。多量の菌核が投入された区は発病株率も高く，少ない菌核の区は発病株率も低い。しかし，投入菌核数が同一であっても，年次によって最終発病株率は一致せず，約10%の変動が見られた。調査3か年間の投入菌核数（10 a 当り）に対する平均発病株率は2万個投入で15±10%，5万個投入で20±10%，9万個投入で35±10%，15万個投入で40±10%であった。

3) 菌核数による水平進展度の補正

予備試験において，予察圃場20筆の平均菌核数は，収穫後イネ体から落下した菌核を土壌と共に採集し，水中に浮上させ，計数したところ10 a 当りほぼ5万個であった。菌核数が10 a 当りほぼ5万個の圃場では前項の方法によって株間温・湿度の組合せで発病株率が推測できる。

本項では菌核数と発病株率の調査結果をもとに，菌核数の異なる圃場における水平進展度の補正を検討した。

第20図は菌核数5万個の場合の水平進展度を1として，菌核数に対する水平進展度の割合を示した。菌核数と菌核数に対する水平進展度の割合との間には高い相関関係 $r=0.937$ が認められた。両者の関係を示す回帰式は $I=0.091S+0.49$（Iは菌核数5万個に対する水平進展度の割合，Sは菌核数）として示された。本式から，菌核数に対する水平進展の補正値は10 a 当りの菌核数が5万個の時を1.0とし，10万個では1.4，20万個で2.3，30万個で3.2，

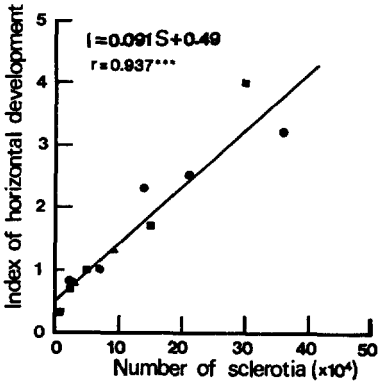


Fig. 20. Relationship of the horizontal development of disease to the quantity of sclerotia in fields. Index is shown as a ratio of the horizontal development under different quantity of sclerotia to that under 5×10^4 sclerotia per 10 ares. ▲ : Indexes calculated from Fig. 19 (1975). ● : Indexes calculated from Fig. 19 (1977). ■ : Indexes caluculated from Fig. 19 (1978).

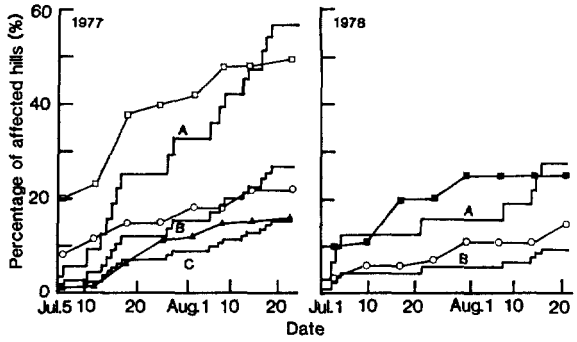


Fig. 21. Comparison between the horizontal development of disease on rice plants infected with sheath blight fungus as observed in fields in 1977 and 1978 and that estimated by the cumulative model curve. Horizontal development of disease and cumulative model curves (A, B, C) modified vertical development of lesions (Table 3) under different quantity of sclerotia.

1977. A, ○—□: 21×10^4 sclerotia. B, ○—○: 7×10^4 sclerotia. C, ▲—▲: 2×10^4 sclerotia.

1978. A, ■—■: 15×10^4 sclerotia. B, ○—○: 2×10^4 sclerotia.

40万個で4.1となる。すなわち，菌核数の異なる圃場での発病株率は株間温・湿度から求めた水平進展度に菌核数に対する補正値を乗ずることによって求めることができる。

4) 菌核数によって補正した水平進展のモデル曲線と圃場調査結果との比較

上記の方法で先に株間温・湿度の組合せから求めた水平進展値に，さらに菌核数によって補正した水平進展のモデル曲線を作製し，圃場調査結果と比較した。

第21図は1977年度無菌核圃場で実施した菌核投入数（2万，7万，21万／10a）に対する発病株率の圃場調査結果と株間温・湿度から求めた水平進展値に，それぞれ菌核数2万個に対し0.67，7万個では1.13，21万個では2.40の補正値を乗じて作製した水平進展のモデル曲線（階段状実線）を示している。この結果は1977年度の発病株率の圃場調査結果と水平進展のモデル曲線とは各菌核数ともほぼ一致することを示している。また，1978年度は10a当りの菌核数をそれぞれ，2万，15万個投入し，同様に発病株率の圃場調査結果と水平進展のモデル値との結果を比較した。菌核数に対する補正値は2万個に対して0.67，15万個に対して1.86を用いた。1978年度も1977年度と同様に発病株率の実測値と水平進展のモデル値とはほぼ一致した。

以上の結果から，菌核数の異なる圃場の発病株率の推測は株間温・湿度から求めた発病株率に，菌核数に対する補正値を乗ずることによってほぼ可能となった。

3. 考　察

水平進展すなわち発病株率の推移を予測するには，そこに関与している多数の要因の相互関係を知る必要がある。本章では株間温度と株間湿度より水平進展を推測し，次に菌核数の多少によって発病株率の増減を補正する方法を検討した。

発病株率の推移を予測するには平均気温 22°C 以上，株間湿度96%以上の両者を満足した日の平均気温を用いて，1日当りの病斑進展の長さを求め，その値を水平進展度に置き代える方法を採用した。この方法によって求めた水平進展のモデル値は発生予察圃場における調査結果とほぼ一致した。このことから，発病株率の増加は病斑の進展と密接な関係にあると言えよう。最近，小池ら（未発表）はこのような観点から発病株率と平均病斑高率（全病斑高率／調査株数）との関係を調査し，両者の間に高い相関を見いだし，病斑進展を水平進展度として置き代える本方法の裏付けを行った。

環境条件が発病に好適であっても，第1次伝染源である菌核数の多少が紋枯病の発病株率を左右することは当然考えられる。無菌核圃場における投入菌核数と発病株率の推移の実験結果から，菌核数に対する発病株率の補正値を作り，株間温・湿度から求めた水平進展のモデル値を補正した。堀ら[23]も接種菌核の密度と各時期の発病株率との間に高い正の相関を認め，接種菌核の密度は，被害度よりも発病株率に，より顕著な影響をおよぼすと報告している。

本章では発病株率の推移は主に株間温度と湿度および菌核数によって規定されるから，これらの要因を組合せることによって紋枯病の水平進展すなわち発病株率の推測が可能となると結論した。しかし，堀ら[24]，木谷ら[31]，高坂[37]らによって指摘された1株の茎数の多少と茎の近接度の条件については，本研究では検討していない。その理由は，茎数の多少は株間温・湿度と関係が深いことから，株間温・湿度の要因によって示すことができることによる。また特殊な栽培法の場合は別として，一般農家圃場では一株の茎数の年次間の差異は小さいと考えられる。しかし，これらの条件についても水平進展予測の精度を高めるためにはさらに検討を加える必要がある。

発生予察田のように毎年調査を続けている圃場では本実験のデータから菌核数の推定はほぼ可能であるが，一般圃場での菌核数の推定は困難であると思われる。現段階では，菌核数の推定には本田の移植直後に株間に浮上している菌核をすくい取ることによって算出する堀ら[23]の方法を用いることが最良である。著者らもより精度の高い菌核数の推定法を確立するために現在継続的な調査を行い，検討している。

Ⅶ. 百葉箱内温・湿度を用いたイネ紋枯病の水平進展のモデル曲線の作成

前章に示した方法に従って株間温・湿度からイネ紋枯病の上位進展あるいは水平進展を予測する場合，直接株間温・湿度が手軽に測定できれば予測値の精度も当然上ると思われる。しかし，一般農家圃場では株間温・湿度の測定が困難である。

株間温度と百葉箱内気温との関係についてはすでに堀ら[23]，木谷ら[32]，高坂[33]は株間温度は百葉箱内の観測値で十分代用が可能であると報告している。しかし，株間湿度に関しては百葉箱内湿度との間にかなりの差異が認められる。木谷ら[32]は水稲の生育状況の変化が，株内（間）湿度に影響をおよぼしており，両者の間に差異が生ずると考察している。

本章では百葉箱内温・湿度から株間温・湿度を推定する方法を試み，水稲の生育状況に応じた株間湿度の垂直分布を用いてイネ紋枯病の水平進展のモデル曲線を作り，圃場調査結果と比較した。

1. 材料および方法

特に記述しないかぎり次の試験方法に従った。

耕種法：発生予察圃場の耕種法は第Ⅵ章，また株間温・湿度測定のために供試した品種越路早生の耕種法はⅣ章に示した方法に従った。

供試品種および出穂期：発生予察圃場20筆の供試品種と出穂期は第Ⅵ章に示すとおりである。

調査方法：発病株率の調査は第Ⅳ章に示した方法に従った。

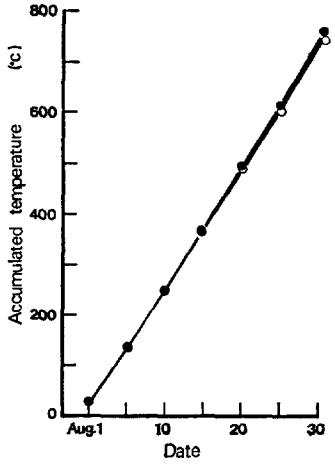


Fig. 22. Cumulative values of temperature between rice hills and atmospheric temperature obtained in field weather observatory. o : Temperature between rice hills, ● : Atmospheric temperature obtained in field weather observatory.

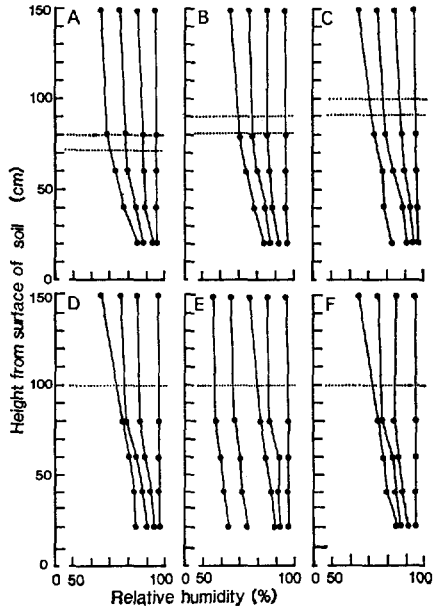


Fig. 23. Vertical distribution charts of humidity between rice hills. A: Growth stage of rice plants in July 8–15 (plant height about 71–80cm), B: Growth stage of rice plants in July 16–25 (plant height about 81–90cm), C: Growth stage of rice plants in July 26–31 (plant height about 91–100 cm), D: Growth stage of rice plants in August 1–10 (plant height about 100cm), E : Growth stage of rice plants in August 11–20 (plant height about 100cm), F: Growth stage of rice plants in August 21–31 (plant height about 100cm). Dodded line indicates a plant height.

株間温・湿度の測定：第Ⅳ章に示した方法に従った。

2. 試験結果

1) 株間温度と百葉箱内気温との関係

地上から 20, 40, 60, 80cm の高さの株間温度と北陸農業試験場観測露場，百葉箱内温度との関係を調査した。

第22図は地上から 20cm の高さの株間温度と百葉箱内気温（日平均気温）をそれぞれ積算した結果である。株間温度は百葉箱内気温と比べわずかに低いが，両者の傾向はよく一致した。このことから，株間温度は百葉箱内の気温で代用可能である。

2) 株間湿度と百葉箱内湿度との関係

本項では百葉箱内の湿度と株間湿度との関係を知るために，品種越路早生を供試して，1977～1981年の5か年間7月8日～9月4日まで地上 20, 40, 60, 80cm の株間湿度と百葉箱内湿度を調査し，両者の関係を検討した。また，水稲の生育状況を調査し，株間湿度と草丈との関係も合せ検討した。

第23図は日平均株間湿度を横軸に，地面からの高さを縦軸に取り，水稲群落内の両者の関係を示す垂直分布図である。各図中の実線は百葉箱内（150cm）の任意の湿度に対し，その

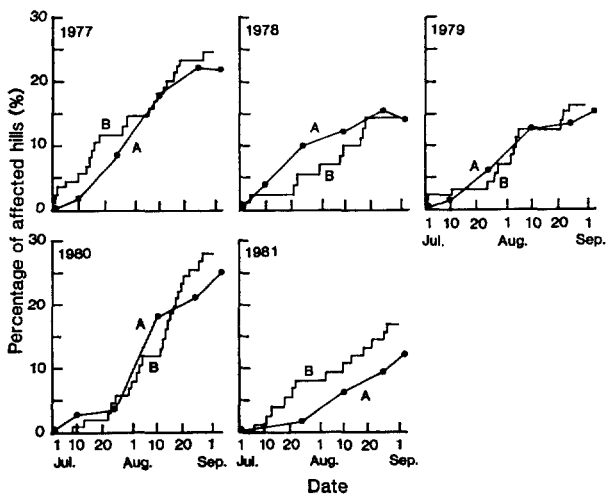


Fig. 24. Comparison between the horizontal development of disease on rice plants infected with sheath blight fungus as observed in fields in 1977 to 1981 and that estimated by the cumulative model curve. A: A cumulative model curve of the horizontal development of lesions according to the average temperature for each day when the average temperature rose above 22°C, and the humidity between hills estimated by using vertical distribution charts of humidity between rice hills and atmospheric humidity obtained in field weather observatory was kept above 96%. B: A cumulative model curve of the horizontal development of lesions (Table 3) according to the average temperature for each day when the average temperature rose above 22°C, and the humidity between hills was kept above 96%. C: The horizontal development of disease on rice plants in paddy fields.

時の株間湿度を示す点を地上からの高さ別に結んだものである。第23図Aは7月8日～15日までの草丈がほぼ71～80cmのときの水稲群落内の株間湿度の垂直分布図である。同様に株間湿度の垂直分布図を水稲の生育状況に合せて7月16～25日（草丈81～90cm）（第23図B），7月26～31日（草丈91～100cm）（第23図C），8月1～10日（草丈100cm）（第23図D），8月11～20日（草丈100cm）（第23図E）および8月21～31日（草丈100cm）（第23図F）の計6図を作製した。たとえば，7月27日の百葉箱内（地上150cm）の湿度が75%のとき，地上20cmの水稲群落内の株間湿度は第23図Cから約91%と読み取ることができる。水稲の生育に伴う株間湿度の推移は第23図から，水稲の草丈がほぼ最高に達する穂ばらみ期から出穂期までが株間湿度も高まり，収穫が近づくにつれて低くなる傾向が示された。

上記の結果から，百葉箱内の湿度から水稲群落内の任意の高さの株間湿度を水稲の生育程度に応じて推定することがほぼ可能となった。

3) 百葉箱内温度および湿度によるイネ紋枯病の水平進展のモデル曲線と圃場調査結果との比較

前章では株間温・湿度の実測値を用いて水平進展の算出を行った。本項では株間温・湿度の実測値の代りに，株間温度として百葉箱内の日平均気温を，株間湿度としては百葉箱内の湿度と株間湿度の関係を示した垂直分布図（第23図）から株間湿度を読み取り，前章の方法に従って水平進展の算出を行い，モデル曲線を作製した。

第24図は1977～1981年の5年間の予察圃場における発病株率の推移（実線C）と百葉箱内温・湿度から算出した水平進展のモデル曲線（階段状点線A）である。さらに前章で示した株間温・湿度の実測値から算出した水平進展のモデル曲線（階段状実線B）も合わせ比較し

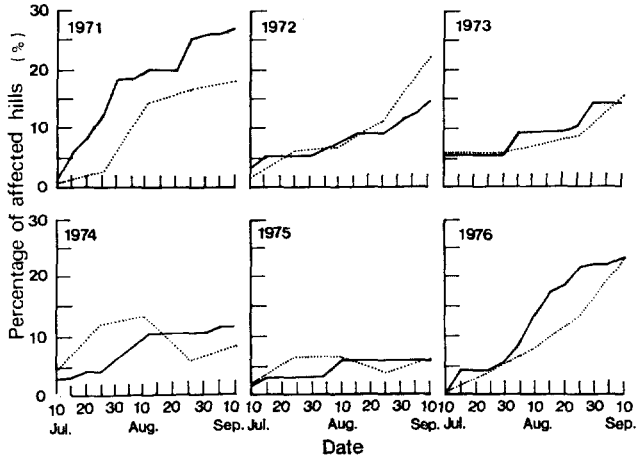


Fig. 25. Comparison between the horizontal development of disease on rice plants infected with sheath blight fungus as observed in fields from 1971 to 1976 and that estimated by the cumulative model curve.
——:A cumulative model curve of the horizontal development of lesions (Table 3) according to the average temperature for each day when the average temperature above 22°C, and the humidity between hills using vertical distribution of humidity was above 96%. ……: The horizontal development of disease on rice plants in paddy fields.

た。

1977年度は株間温・湿度の実測値から求めた水平進展のモデル曲線（B）よりも百葉箱内温・湿度から株間温・湿度を求めて計算した水平進展のモデル曲線（A）の方がわずかに高い。両モデル値は実測値（C）よりも高いが，実測値の傾向とほぼ平行している。1978年度は株間温・湿度の実測値から求めた水平進展のモデル曲線と圃場調査結果とほぼ一致したが，百葉箱内温・湿度から求めて計算した水平進展のモデル曲線の間に隔りが見られた。1979年度は3者ともほぼ平行した水平進展の推移を示した。1980年度は両モデル曲線とも調査結果と良く一致し，発病株率（水平進展）の停滞時には同様にモデル曲線も停滞した。1981年度は水平進展の低い年であり，両モデル曲線とも低い値を示したが，株間温・湿度より求めたモデル曲線と圃場調査結果との間に隔りが見られた。しかし，百葉箱内温・湿度より株間温・湿度を求めて計算した水平進展のモデル曲線は8月中，下旬には実測値とほぼ一致した。

一方，第25図は1971～1976年までの6年間にわたる水平進展のモデル曲線と予察圃場における水平進展の調査結果である。1976年以前は株間温・湿度の実測を行わなかったので，百葉箱内温・湿度から株間温・湿度を求めて水平進展のモデル値を計算し，圃場調査結果と比較した。

1971年度は紋枯病の多発年であり，水平進展のモデル曲線と圃場調査結果との間に隔りが見られた。1972～1976年の5か年間は水平進展のモデル曲線と圃場調査結果ともほぼ平行して推移した。

3. 考　察

株間温度は百葉箱内気温と比べてわずかに低いが両者の傾向は良く一致した。このことは，すでに堀ら[23]，木谷ら[32]，高坂[33]によって報告されており，発生予察資料としては株間温度を測定しなくとも，百葉箱内の観測値で十分代用可能と考えられる。

一方，本病の発生には株間湿度が重要な要因であり，96％以上の高湿度で本病の侵入が起こる[33]。また，病斑の進展と株間湿度との関係は，日平均湿度が84％以下になると適温であっても病斑は進展せず，株間湿度の重要性について第Ⅴ章で指摘した。ところが，株間湿度は水稲の生育状況に強く影響されるので，百葉箱内の平均湿度をそのまま採用出来ない。本章では株間湿度の垂直分布図を品種，越路早生を用いて生育期別に7月8日～8月31日までの間を6区分し，露場湿度から株間湿度を推定する方法を試みた。株間湿度の垂直分布図を用いて試算した水平進展すなわち発病株率の推移と実際に株間湿度から求めた発病株率の推移とがほぼ一致したことから，株間湿度の垂直分布図を用いて露場湿度から水平進展を推定して差支えないと思われる。しかし，水平進展が著しい多発年，たとえば1971年度（第25図）には水平進展のモデル値と実測値との間に隔りが認められる。このことからも，イネ体の生育状況，特に茎数の増加と水稲群落内微気象，すなわち株間湿度との関係についてさらに検討を加える必要がある。

株間湿度はイネの生育時期，株の繁茂程度と関係が深く，一般に生育が進むほど高湿度を長時間保つようになることを堀ら[23]は報告している。木谷ら[32]も株間湿度の変動様相は病斑進展の消長と一致し，とくに1株苗数の多い株ほど，生育各期を通じて株内における多湿状態が長く続く傾向を認めている。本実験の株間湿度の垂直分布図は品種越路早生と限定され

ていること，栽培法も単一であることから，このまま他の品種あるいは他の栽培法に直接適用出来るとは思われない。しかし，百葉箱内湿度と株間湿度との垂直分布図を栽培法別に補正することによって，ある程度株間湿度の推定が可能であり，この値を用いて水平進展の推測が可能であると思われる。

Ⅷ. イネ紋枯病の発生予測方法の数式化とそれを用いた減収量の推定

本章では第Ⅲ章に示した減収量の算出式を基本としてイネ紋枯病の発生予測方法を数式化し，減収量の予測計算を行った。

1. 材料および方法

特に記述しないかぎり次の試験方法に従った。

耕種法：耕種法は第Ⅲ章に示した方法に従った。

調査方法：第Ⅲ章に示した方法に従って発病株率並びに葉身および葉鞘に認められる最上位の病斑高および草丈を調査し，病斑高率を求めた。この病斑高率から第Ⅱ章で作製した被害度算出式（第6図）に従って実際の被害度を調査した。また，紋枯病による実際の減収量の調査は第Ⅲ章に示した方法に従った。一方，予測法による被害度と減収量の算出は第Ⅴ，Ⅵ章の方法に従って，それぞれ上位進展および水平進展のモデル値を求め，第Ⅲ章の式に代入して求めた。

2. 試験結果

1) 上位進展および水平進展のモデル曲線を用いた減収量の算出法

(1) 紋枯病による減収量の算出式

第Ⅲ章において述べたように紋枯病による被害度（D）は病斑高率より求めた発病株の被害度に発病株率を乗ずることによって$D=(1.62X-32.4)\cdot A/100$（Xは病斑高率，Aは発病株率）として表わすことができる（第6図(1)）。さらに減収量（L）は被害度（D）に8.5gを乗ずることによって算出され，10a当りの減収量（L）と病斑高率（X）および発病株率（A）の間に$L=(41.31X-826.2)\cdot A/1,000$kgの関係が成り立つ。

減収量算出式に示されたX（病斑高率）は葉身および葉鞘に認められる最上位の病斑高および草丈を調査し，次式により算出する。病斑高率（%）＝最上位病斑高（cm）／草丈（cm）×100（第6図(1)）。

(2) 病斑の上位進展のモデル曲線の作製

さらに，変数X（病斑高率）は株間温・湿度およびイネ体の感受性の2つの要因を組み合せて，1日ごとの病斑の上位進展のモデル曲線を作製して求めることができる。すなわち，日平均気温より1日当りの病斑の進展を第3表から作製した0.5°Cごとの病斑進展表（第7表）を用いて読み取る。

次に湿度補正は湿度100%で進展した病斑長に対する各湿度条件下で進展した病斑長の割合を第8表を用いて読み取る。実際には露場湿度より病斑進展の割合を直接読み取る表（第9表）を用いる。本表は株間湿度の垂直分布図（第23図）と各湿度条件下における病斑進展

Table. 7. Vertical development of lesions on rice plants infected with sheath blight fungus under various temperatures.

Average temperature (°C)	Vertical development of lesions on rice plants under 100% relative humidity (cm/day)
19.0	0.27
19.5	0.40
20.0	0.48
20.5	0.64
21.0	0.70
21.5	0.81
22.0	0.91
22.5	1.02
23.0	1.13
23.5	1.18
24.0	1.24
24.5	1.29
25.0	1.35
25.5	1.39
26.0	1.43
26.5	1.47
27.0	1.51
27.5	1.55
28.0	1.58
28.5	1.56
29.0	1.55
29.5	1.53
30.0	1.50

Table. 8. Relative humidity correction for vertical development of lesions on rice plants infected with sheath blight fungus.

Relative humidity (%)	Index of vertical development a)
84	0.10
85	0.24
86	0.38
87	0.52
88	0.66
89	0.77
90	0.87
91	0.89
92	0.91
93	0.94
94	0.95
95	0.96
96	0.97
97	0.98
98	0.99
99	1.00
100	1.00

a) Ratio of vertical development of lesions under various relative humidity to that under 100% relative humidity.

の割合を示す第８表とを用いて作製した。また本表作製に当り，株間湿度の垂直分布図から株間湿度を読み取るには，病斑が進展している高さ，すなわち７月は地上20cm，８月１日～20日までは地上30cm，８月21日以後は地上40cm の部位で行った。

株間温・湿度から作製した病斑進展のモデル値が最適病斑進展度を越える場合には，最適病斑進展度を上限値とする。最適病斑進展度は病斑進展が最適である温度28°C，湿度100%条件下におけるイネ体の感受性の変化と病斑進展との関係であり，第14図を数値化した表（第10表）を用いる。

上記の順序で計算した１日ごとの病斑進展を順次積算することにより，病斑の上位進展すなわち病斑高が得られ，この値を草丈で割ると病斑高率（X）が得られる。

(3)　水平進展のモデル曲線の作製

変数A（発病株率）は株間温・湿度および菌核数の２つの要因を組み合せて，１日ごとの

Table. 9. Vertical development of lesions on rice plants infected various growth stages of rice plants.

Atmospheric humidity (%)	July 1–25		July 26–31	
	Humidity between hills (%)	Index of vertical development a)	Humidity between hills (%)	Index of vertical development a)
65	85	0.24	—	0.00
66	85	0.24	—	0.00
67	86	0.38	84	0.10
68	86	0.38	85	0.24
69	86	0.38	86	0.38
70	87	0.52	88	0.66
71	87	0.52	88	0.66
72	87	0.52	89	0.77
73	88	0.66	90	0.87
74	88	0.66	91	0.89
75	88	0.66	91	0.89
76	88	0.66	91	0.89
77	88	0.66	92	0.91
78	89	0.77	92	0.91
79	90	0.87	93	0.94
80	91	0.89	93	0.94
81	92	0.91	94	0.95
82	93	0.94	94	0.95
83	94	0.95	95	0.96
84	94	0.95	95	0.96
85	94	0.95	95	0.96
86	95	0.96	95	0.96
87	95	0.96	95	0.96
88	96	0.97	96	0.97
89	96	0.97	96	0.97
90	96	0.97	96	0.97
91	96	0.97	96	0.97
92	97	0.98	97	0.98
93	97	0.98	97	0.98
94	98	0.99	98	0.99
95	98	0.99	98	0.99
96	98	0.99	98	0.99
97	99	1.00	99	1.00
98	99	1.00	99	1.00
99	100	1.00	100	1.00
100	100	1.00	100	1.00

a) Ratio of vertical development of lesions under various humidity between hills

with sheath blight fungus under various atmospheric humidity and

August 1–10		August 11–20		August 21–31	
Humidity between hills (%)	Index of vertical development[a)]	Humidity between hills (%)	Index of vertical development[a)]	Humidity between hills (%)	Index of vertical development[a)]
—	0.00	—	0.00	—	0.00
—	0.00	—	0.00	—	0.00
84	0.10	—	0.00	—	0.00
84	0.10	—	0.00	—	0.00
85	0.24	84	0.10	—	0.00
86	0.38	84	0.10	—	0.00
87	0.52	85	0.24	—	0.00
88	0.66	85	0.24	—	0.00
89	0.77	86	0.38	84	0.10
89	0.77	86	0.38	85	0.24
89	0.77	86	0.38	86	0.38
89	0.77	86	0.38	86	0.38
89	0.77	86	0.38	86	0.38
90	0.87	87	0.52	87	0.52
90	0.87	87	0.52	87	0.52
91	0.89	88	0.66	88	0.66
91	0.89	88	0.66	88	0.66
92	0.91	89	0.77	89	0.77
92	0.91	89	0.77	89	0.77
93	0.94	90	0.87	90	0.87
93	0.94	90	0.87	90	0.87
93	0.94	90	0.87	90	0.87
94	0.95	90	0.87	91	0.89
94	0.95	91	0.89	91	0.89
94	0.95	91	0.89	92	0.91
94	0.95	92	0.91	92	0.91
95	0.96	93	0.94	93	0.94
95	0.96	94	0.95	93	0.94
96	0.97	95	0.96	94	0.95
96	0.97	95	0.96	95	0.96
96	0.97	95	0.96	95	0.96
97	0.98	96	0.97	96	0.97
98	0.99	97	0.98	97	0.98
98	0.99	98	0.99	98	0.99
99	1.00	99	1.00	99	1.00
100	1.00	100	1.00	100	1.00

to that under 100% relative humidity

Table. 10. Vertical development of lesions and susceptibility of leaf sheaths after heading under the most favorable conditions.

Days after heading	Values calculated from the susceptibility of leaf sheaths (cm)
−5	0.71
−4	0.74
−3	0.76
−2	0.79
−1	0.84
0	0.86
1	0.95
2	1.12
3	1.19
4	1.25
5	1.32
6	1.38
7	1.45
8	1.54
9	1.62
10	1.71
11	1.69
12	1.66
13	1.64
14	1.61
15	1.59
16	1.56
17	1.56
18	1.56
19	1.56
20	1.56
21	1.56
22	1.56
23	1.56
24	1.56
25	1.52
26	1.47
27	1.43
28	1.38
29	1.34
30	1.29
31	1.25
32	1.20
33	1.16
34	1.11
35	1.07
36	1.02

Table. 11. Relation between atmospheric humidity and humidity within canopy 20cm high above the soil surface.

Atmospheric humidity (%)	Humidity within canopy				
	July 1–25	July 26–31	August 1–10	August 11–20	August 21–31
75	88	91	90	87	89
76	88	91	90	87	89
77	89	92	91	88	90
78	89	92	91	88	90
79	90	92	91	90	90
80	90	93	92	90	90
81	91	93	92	90	90
82	91	93	92	91	91
83	92	94	93	91	91
84	92	94	93	92	91
85	93	95	94	93	92
86	93	95	94	93	92
87	93	95	94	93	93
88	94	95	94	93	93
89	94	95	94	94	93
90	94	96	95	94	94
91	94	96	95	94	94
92	95	96	95	95	94
93	95	96	95	95	95
94	95	96	95	95	95
95	96	97	96	96	96
96	98	98	97	97	97
97	99	99	98	98	98
98	99	99	99	99	99
99	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100

Table. 12. Relationship of the horizontal development of disease to the quantity of sclerotia in fields.

Number of sclerotia*	5	10	20	30	40	50
Index of horizontal development**	1.0	1.4	2.3	3.2	4.1	5.0

* Number of sclerotia per 10 ares.

** Index is shown as a ratio of the horizontal development under different density of sclerotia to that under 5×10^4 sclerotia per 10 ares.

水平進展のモデル曲線を作製して求める。すなわち，地上 20cm の株間湿度が 92%以上で，日平均気温が 22°C 以上の両者を満足した日の日平均気温から，1日当りの病斑長を第11表より求め，順次積算することにより水平進展度が得られる。

次に，それぞれの圃場の菌核数に応じて，第12表に示す補正値を乗じ菌核数による補正を行う。第12表の菌核数に対する補正値は第20図を数値化したものである。

上記の順序に従って算出した数値を1日ごとに順次積算すると発病株率（A）が得られる。

2) 本予測方法によって計算した減収量と実際の減収量との比較

上記の操作によって求めた病斑高率（X）と発病株率（A）を第6図(2)の式，D＝(1.62X－32.4)・A/100に代入して被害度（D）を，また第6図(4)の式，L＝(41.31X－826.2)・A/1,000kg に代入して減収量（L）を計算する。

第13表は1976～1980年の5か年間の紋枯病による実際の被害度と減収量および本予測法によって計算した被害度と減収量の関係である。1976年度の紋枯病による実際の被害度は 6.9

Table. 13. Comparison between the actual yield loss on rice plants infected with sheath blight fungus as observed in fields from 1976 to 1980 and that estimated by the forcasting model.

Year		X	A	D	L
		%	%	%	kg
1976	1	45.0	17.0	6.9	13.3
	2	42.3	22.6	8.4	21.5
1977	1	48.2	23.0	10.5	26.8
	2	51.6	31.7	16.7	42.6
1978	1	37.1	14.0	3.9	9.9
	2	34.0	9.3	2.2	5.5
1979	1	46.0	16.0	6.7	17.2
	2	43.7	19.3	7.6	19.4
1980	1	47.0	25.6	11.2	26.2
	2	51.0	26.4	13.7	34.8

1 : Observed value, 2 : Estimated value.

X : Relative height of the uppermost lesions to the plant height (%)

A : Percentage of affected hills (%)

D : Disease incidence (%)

L : Yield loss (kg/10 ares)

%，また計算による値は8.4%，1977年度は10.5%と16.7%，1978年度は3.9%と2.2%，1979年度は6.7%と7.6%，1980年度は11.2%と13.7%であり，計算値の方が1978年度を除いて1～6%高い。しかし，実際の被害度が高い値の時には計算値も高く，ほぼ両者の傾向は一致した。一方，実際の減収量は1976年度10a当り13.3kgに対し，計算値は21.5kg，1977年度は26.8kgに対し42.6kg，1978年度は9.9kgに対し5.5kg，1979年度は17.2kgに対して19.4kg，1980年度は26.2kgに対し34.8kgあり，減収量も被害度と同様に1978年度を除き計算値の方がやや高かった。

3. 考　察

イネ紋枯病の被害度および減収量は直接圃場において病斑高率（最高病斑高／草丈×100）と発病株率を調査することによって算出可能になった。一方，病斑高率は1日ごとの病斑進展のモデル曲線から，また発病株率は1日ごとの水平進展のモデル曲線から間接的に求めることも可能になった。しかも，本減収量予測のモデルから求めた計算値と上越地方の5か年間の実測データとを比較検討した結果，ほぼ一致したことから本モデルの妥当性が確認できた。被害度よりも減収量の方がモデル値と実測値の間に隔りが見られ，この原因は第Ⅲ章でも述べたように，同一品種，同一栽培様式でも年度によって精玄米重と被害度を表す回帰式にわずかな違いが生じている結果からも推察できる。さらに誤差拡大の要因は株間温・湿度から水平進展および上位進展を計算して減収量を推定することにもよる。このことからも，実際に本法を適用して減収量を予測する場合には，定期的に圃場調査を行い，直接病斑高率と発病株率を求めて計算値を補正することが望ましい。

Ⅸ. 総　合　考　察

本論文ではイネ紋枯病の病斑高率および発病株率を用いて本病の発生を予測する方法を検討し，モデル化した。本法はまだ多くの問題点が残されており，どの地域でも直ちに適用出来るとは考え難い。したがって本予測法を使用するに当っての問題点，今後改良を要する点，本発生予測法に取り上げた要因とさらに検討を加えるべき要因について述べ，本予測法のシミュレーションモデルの作製法を示す。

イネ紋枯病の被害度と減収について従来多くの報告がある。これらの被害度算定式のうち，1株内の茎を調査単位とし，茎ごとの発病程度に一定の係数を与えて，被害度を算出するいわゆる吉村の式[55]が紋枯病の薬剤効果試験および被害予測等に広く用いられて来た。しかし，吉村の方式では調査に長時間を要し，大面積での効率的な調査が困難であることから，本論文では吉村の方式の簡便化を試み，イネ紋枯病の病斑高率から被害度を求める算出式，$Y = 1.62X - 32.4$（Yは発病株の被害度，Xは病斑高率）を案出した。また，大面積の防除を行う場合，あらかじめ紋枯病による減収量を把握し，経済効果を試算する必要がある。このことから，上記被害算出式を基準にして病斑高率と発病株率から減収量を求める算出式 $L = (41.31X - 826.2) \cdot A/1,000$kg（Lは減収量，Xは病斑高率，Aは発病株率）を案出した。これらの算定式は吉村の被害度算出式を簡便化し，さらに改善を加えたものである。基本となる吉村の式は提案されてからすでに約25年経過しており，この間にイネの栽培様式，品種

等も大きく変っており，再度被害度算出式の検討が必要であると考えられた。しかし，本方式による被害度と収量との間には負の高い相関が認められたことから，紋枯病の病勢進展は病斑高率（X）と発病株率（A）の両者によって表現できると結論づけた。

病斑高率すなわち上位進展は日平均気温と株間湿度およびイネの感受性の2つの主要因を組合せることによって予測が可能であり，イネ体の感受性と病斑進展との関係[15]ならびに上位進展経過とイネの生理生態的特性[33]に関する理論的な解析は2つの要因の重要性を裏付けていると思われる。

水平進展すなわち発病株率の推移については関与している要因が複雑なために，上位進展のように簡単に推定することは困難である。本論文での発病株率の推定は1日当りの病斑伸長の長さから，その値を水平進展度に置き代える方法を考えた。本方法で求めた水平進展のモデル値は発生予察圃場における調査値とほぼ一致したことから，本法の妥当性を見いだした。さらに菌核数の多少によって発病株率が左右されることから，上記値に対して菌核数による発病株率の補正を行った。菌核数による補正には圃場に存在する菌核数を知る必要がある。現時点では堀ら[23]の菌核密度調査法，すなわち，株間浮遊菌核のすくい取りによる密度調査法が適当であるとされている。本法は代かき後の日数を経るほど，イネの生育度が進むほど菌核採集率が低下し，そのために推定値の変動が大きくなるので，調査日は代かき後できるだけ早い時期が適当とされている。

堀ら[23]は紋枯病の発生に関与する主要因を多数の研究報告をもとにして摘出した。しかも，各要因について発生予察と関連の深い既往の研究をあげ，発生予察上の指標としての利用価値について論じた。第14表は堀ら[23]，高坂[34]のまとめた紋枯病発生様相を本研究で取り上げた水平進展と上位進展の2つに整理して改変したものである。

Table. 14. Influence of cultural and environmental conditions on the disease.

Disease development	Conditions on the pathogen	Conditions on rice plants	Weather conditions
Vertical	Density of sclerotia Virulence to rice plants	Density of planting Susceptibility of rice plants	Humidity within the canopy Temperature within the canopy
Horizontal	Virulence to rice plants	Density of planting Susceptibility of rice plants	Humidity within the canopy Temperature within the canopy

本発生予測法に取り上げなかった要因として，水平進展の項では感染菌糸の病原力，イネの耐病性の2つの要因と，上位進展の項では病斑菌糸の病原力の要因である。これらの要因と病勢進展との関係をさらに検討し，本予測法の精度を高める必要がある。なお，水平進展の項の茎の近接度および株の近接度の要因についても本研究では直接取り上げなかったが，茎，株の近接程度は当然株間の温・湿度に影響を与えることから，本要因は株間温・湿度で十分カバーできるものとした。しかし，水平進展の著しい年度では水平進展のモデル曲線と

実測値との間に開きが生じたことから，茎・株の近接度は単に株間温・湿度に影響を与えるのみならず，接触伝染の助長等にも関与していることを示唆しており，さらに本要因の検討も必要と考えられる。

また，薬剤効果の要因については全くふれなかったが，たとえば，病害の進展状況あるいは被害状況に対する防除適期の問題，薬剤散布による病菌に対する作用力すなわち，薬剤散布後の病勢進展状況の変化については特に重要であるが，本報告では検討していない。今後の検討が望まれる。

本方式を用いて紋枯病の予測を行う場合，圃場での調査の精度が予測の精度を左右すると思われ，圃場での調査方法を詳細に検討する必要がある。すでに病害虫発生の実態調査法として，高木ら[51]の任意系統抽出によるサンプリング法，小野[47]による1か所200株の調査法，さらには堀ら[23]の調査法，すなわち，圃場の対角線上の両端および中央から連続して各50株の計150株，これを両対角線について調査し，計300株を調査する方法がある。最近小池ら（未発表）は堀の調査方法をもとにして実用的に満足できる精度を有し，しかも簡便な調査法の検討を行い，系統抽出法によりａ条から15株おきに20株，次にｂ，ｃ，ｄ，ｅ条から，それぞれ同様に20株抽出して合計100株の調査が妥当であるとした。

さらに本研究では露場観測値からの予測法は精度の点で株間温・湿度の実測値から求めた予測値よりも不正確であるが，ほぼ紋枯病の発生予測が可能なことを示した。

井尻ら[29]は著者と共にイネ紋枯病の病斑高率および発病株率から作製した減収量の算出式をもとにして，減収量予測のシミュレーションモデルの作製を行い，本モデルの妥当性の確認を行った。

イネ紋枯病発生予測方法は今までに得られた本病の生活環を中心にして作製したモデルである。すなわち，イネ紋枯病の生態に関し，詳細な知見が得られるほど予測モデルの精度も上ると思われる。本法にはまだ多くの問題点が残されているが，今後本モデルを活用し，不足部分をおぎない，さらに精度の高い予測モデルにするよう検討中である。

X．摘　　要

1) 外国稲1,429品種，日本稲277品種を供試し，紋枯病斑の上位進展について，最上位病斑高，病斑高率｛(最上位病斑高／草丈)×100｝および被害度（吉村の方式）の相互関係を検討した。7月15日紋枯病菌を株内に挿入接種，9月1～6日に上位進展を調査した。外国稲，日本稲品種とも同一調査日における上位進展は早生＞中生＞晩生の傾向を示し，最上位病斑高より病斑高率を用いた方が，より顕著な差がみられた。被害度と病斑高率との間には$Y=1.62X-32.4$（Yは被害度，Xは病斑高率），病斑高率と最上位病斑高との間には$X=0.73Z-4.13$（Zは最上位病斑高）の関係が成り立つ。病斑高率あるいは最上位病斑高から被害度の推定が可能であり，吉村の被害度算出方法よりもより簡便であり，能率的である。また病斑高率による被害度推定はより精度が高い。

2) 病斑高率と発病株率の両者から，本病による減収量を算出する方法を検討した。全体の被害度（D）は病斑高率から求めた発病株の被害度，$Y=1.62X-32.4$（Xは病斑高率）に発病株率（A）を乗ずることによって$D=(1.62X-32.4)\cdot A/100$として表わされる。一

方，全体の被害度と精玄米重との間には被害度が1％増すごとに3.3m²当り7.1～8.5gの減収が認められる。すなわち，3.3m²当りの減収量（ℓ）は被害度（D）にかりに8.5gを乗ずることによって算出され，10a当りの減収量（L）と病斑高率（X）および発病株率（A）の間にL＝(41.31X－826.2)・A/1,000kgの関係が成り立つ。

3) 上位進展に関与する2つの要因，すなわち気象環境（特に株間温・湿度の変化）および生育に伴うイネ体の感受性の変化と病斑の進展について解析した。品種越路早生を供試し，異なる温・湿度条件下における紋枯病の1日当りの病斑の進展は湿度100％で温度が20°Cでは0.48cm，23°Cでは1.13cm，25°Cで1.35cm，28°Cで1.58cmであった。一方，異なる湿度条件下におけるイネ体上での病斑の進展の割合は，温度25°Cで湿度100％に対して1であるとすれば，湿度98％で0.99，95％で0.96，90％で0.87，86％で0.38であった。次に出穂期の異なるイネを用い，紋枯病の病斑の上位進展経過を調査し，イネ紋枯病の上位進展は生育に伴うイネ体の感受性，特にイネ体の成分変化に依存していると考え，葉鞘内窒素・でんぷんの量的な変化と上位進展との関連について検討した。圃場において上位進展の速い早生種のでんぷん含量は8月下旬5.0～21.2mg/g生体重内にあり，この範囲は培養実験でも菌叢の生育に好適な含量に相当する。上位進展の遅い晩生種はでんぷん含量が高く，24.7～32.2mg/g生体重を示し，この含量の範囲では培養試験でも窒素量を増加させても菌叢の生育が不良となることが示されており，早生種よりも菌叢の生育に不適といえる。同一品種の葉鞘内窒素・でんぷん量の経時変化をみても，早生種は日数の経過と共にでんぷん含量が急激に低下し，培養実験での良好な菌叢を示す含量になるが，晩生種ではこの変化が緩慢である。このことから，イネ紋枯病の上位進展は葉鞘内窒素とでんぷんの量的変化によって著しく影響されるかとも推定された。また，病斑進展が最適である温度28°C，湿度100％条件下における出穂後日数の経過によるイネ体の感受性の変化と病斑進展との関係は，出穂後2日目の第3葉鞘上における病斑の進展は1日当り1.12cm，5日目には1.32cm，10日目には第2葉鞘に病斑は進展し，その病斑の進展は1.71cm，15日目には1.59cmであった。

4) 上位進展に関与する2つの要因を組合せて，イネ体上における病斑の進展を検討し，そのモデル値から紋枯病の上位進展，すなわち病斑高率（X）を予測する方法を試みた。品種越路早生を供試し，異なる温度条件下におけるイネ紋枯病の1日当りの病斑の進展値を用いて日平均気温から算出した病斑の上位進展のモデル曲線を作った。次に，異なる湿度条件下におけるイネ体上での病斑進展の割合を用いて，日平均気温から算出した病斑進展のモデル曲線に対して湿度による補正を行った。さらに，病斑進展が最適である温度28°C，湿度100％条件下における出穂後日数の経過によるイネ体上での病斑進展の値を最適病斑進展度とし，気温と湿度から作製した病斑進展のモデル曲線にあてはめ，モデル値が最適病斑進展度を越える場合には，最適病斑進展度を上限値として補正し，気象要因とイネ体の感受性とを組合せた病斑進展のモデル曲線を得た。本モデル曲線は実際に出穂後，圃場における病斑の進展の調査結果とほぼ一致した。このことから，上記2つの要因を組合せた病斑進展のモデル曲線を用いることによってより精度の高い本病の発生予測が可能と思われる。

5) 品種越路早生を供試し，異なる温・湿度条件下におけるイネ紋枯病の水平進展，すなわち発病株率，および菌核量と水平進展との関係を検討し，1日ごとの水平進展のモデル値を作製した。地上20cmの株間湿度が92％以上，株間温度が22°C以上の両条件を満した日の

日平均株間温度を用いて，1日当りの病斑長を求めその値を水平進展度として置き代えた。この値を用いて，日平均株間温度から算出した水平進展のモデル曲線を作った。一方，異なる菌核量における水平進展の割合は菌核数が5万，10万，20万，30万，40万，50万個／10aに対して，それぞれ1.0，1.4，2.3，3.2，4.1，5.0であった。この値を用いて，上記水平進展に対して菌核数による補正を行い，株間温・湿度と菌核数の要因を組合せた水平進展のモデル曲線を得た。本モデルは実際に圃場における水平進展の調査結果とほぼ一致した。このことから，上記2つの要因を組合せた水平進展のモデル曲線を用いることによってより精度の高い本病の発生予測が可能と思われる。

6) 百葉箱内温・湿度から株間温・湿度を推測する方法を検討した。株間温度は百葉箱内の温度で代用できた。株間湿度は水稲の生育程度と株間湿度との関係を示す垂直分布図を，品種越路早生を用いて作製し，その図から求めた。株間湿度の垂直分布図を用いて試算した水平進展の推移と株間湿度の実測値から求めた水平進展の推移とがほぼ一致した。このことから，株間湿度は百葉箱内湿度から株間湿度を推定する垂直分布図を用いてある程度の推定が可能であり，この値を用いて水平進展の推測もできる。

7) 病斑高率と発病株率の両者を用いて，本病の発生予測を行った。2項に記した全体の被害度（D）および10a当りの減収量（L）を求める式において，病斑高率（X）は日平均株間温・湿度およびイネ体の感受性の2つの要因を組合せて，1日ごとの病斑進展のモデル曲線を作り，これを用いることにより予測が可能である。また，発病株率（A）は日平均株間温・湿度および菌核数の2つの要因を組合せて推測することが可能である。すなわち，紋枯病による10a当りの減収量は日平均株間温・湿度，イネ体の感受性および菌核量の3要因を組合せて順次積算することにより予測することが可能になった。また，上越地方の実測データを用い，計算値と比較検討した結果，本モデルの妥当性が確認できた。

引 用 文 献

1. 遠藤 茂（1931）稻の菌核病に關する研究（第4報）主要なる稻菌核病菌類の形態．植物病害研究 **1**：126–148.
2. ———（1931）同上（第5報）主要なる稻の菌核病菌類の越年能力竝に乾燥に對する抵抗力．同上 **1**：149–167.
3. 深野 弘（1932）稻紋枯病菌の細胞學的研究．九州帝大農學雜 **5**：117–136.
4. Hashiba, T. (1982) Sclerotial morphogenesis in the rice sheath blight fungus (*Rhizoctonia solani*). *Bull. Hokuriku Natl. Agric. Exp. Stn.* **24**: 29–83.
5. 羽柴輝良・小池賢治・山田昌雄（1983）イネ紋枯病の病斑高率と発病株率による減収量の算出法．日植病報 **49**：143–147.
6. ———・———・湯野一郎・山田昌雄（1982）イネ紋枯病の病斑進展のモデル曲線．日植病報 **48**：499–505.
7. ———・茂木静夫（1972）稻紋枯病菌の生育と菌核形成におよぼす窒素源と炭素源の比の影響．北陸病虫研報 **20**：45–50.
8. Hashiba, T. and Mogi, S. (1975) Developmental changes in sclerotia of the rice sheath blight fungus. *Phytopathol.* **65**: 159–162.

9. ——— and Ishikawa, T. (1978) Effect of adenosine 3′, 5′-cyclic monophosphate on induction of sclerotia in *Rhizoctonia solani*. *Phytopatol.* **68**: 1723–1727.
10. ——— and Staples, R.C. (1976) Nucleic acid metabolism in developing sclerotia of the rice sheath blight fungus (*Rhizoctonia solani* Kühn). *J. Gen. Microbiol.* **96**: 239–245.
11. 羽柴輝良・内山田博士・木村健治（1981）イネ紋枯病病斑高率からの被害度の算出法．日植病報 **47**：194–198.
12. Hashiba, T. and Yamada, M. (1981) Viability of sclerotia formed on rice plants and on culture media by *Rhizoctonia solani*. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* **47**: 464–471.
13. 羽柴輝良・山口富夫（1971）稲紋枯病菌核の発芽に及ぼす温・湿度の影響．北陸病虫研報 **19**：6–10.
14. Hashiba, T.; Yamaguchi, T. and Mogi, S. (1972) Biological and ecological studies on the sclerotium of *Pellicularia sasakii* (Shirai) S. Ito. I. Floating on the water surface of sclerotium. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan.* **38**: 415–425.
15. 羽柴輝良・山口富夫・茂木静夫（1977）イネ紋枯病の上位進展経過と葉鞘内窒素・澱粉の量的変化 日植病報 **43**：1–8.
16. Hemmi, T. and Endo, S (1928) On a staining method for testing the vaiability of sclerotia of fungi. *Mem. Coll. Agric., Kyoto Imp. Univ.* **7**: 39–49.
17. 逸見武雄・横木國臣（1927）稻の菌核病に關する研究（第一報）．農及園 **2**：955–966.
18. ———・———（1927）同上（第一報）其二．同上 **2**：1079–1094.
19. ———・遠藤　茂（1929）同上（第二報）．同上 **4**：21–23.
20. ———・———（1931）同上．第三報．稻菌核病菌類の菌核形成及び病原性に關する二・三の實驗．植物病害研究 **1**：111–125.
21 .———・———（1933）同上．（第六報）．稻紋枯病菌寄主體侵入と濕度竝に時間の關係．同上 **2**：202–218.
22. 堀　真雄・安楽又純（1967）稲紋枯病に対する薬剤防除要否の限界について．中国農業研究 **36**：23–25.
23. ———・———（1971）イネ紋枯病の発生予察技術に関する研究．農林省指定試験（病害虫）**11**：1–138.
24. ———・来島義一・内野一成（1958）早期栽培における稲紋枯病発生機構について．病害虫発生予察資料 **61**：83–92.
25. 池野早苗（1951）稲大粒菌核病の被害と品種．農及園 **26**：583–585.
26. 井上好之利・内野一成（1963）稲紋枯病に関する研究．第1報　被害の生態および薬剤防除．農林省指定試験（病害虫）**4**：1–136.
27. 岩田和夫（1957）イネモンガレ病に於ける水平進展と垂直進展．北陸病虫研会報 **5**：15.
28. ———（1964）紋枯病の稲体上における菌核形成量および越冬菌核の形態．同上 **12**：19–23.
29. 井尻　勉・羽柴輝良・山田昌雄（1982）イネ紋枯病による減収量予測のシミュレーションモデルの作製．日植病報（講要）**48**：345.
30. 河合一郎・森　喜作・松田　明（1958）水稲栽培時期と紋枯病の発生．東海近畿農業研究 **9**：82–89.
31. 木谷清美・井上好之利・重松喜昭（1958）紋枯病の発生が水稲の諸形質および収量におよぼす影響（第1報）普通栽培稲について．病害虫発生予察資料 **61**：7–27.
32. ———・———・———（1958）稲紋枯病における1株苗数および栽植密度と発病との関係

について．同上 **61**：39-69.
33. 高坂淳爾（1961）稲紋枯病に関する研究，とくに発生生態に関する実験的考察と薬剤防除法について．中国農業研究 **20**：1-133.
34. Kozaka, T. (1975) Sheath blight in rice plants and its control. *Rev. Plant Protec. Res.* **8**：69-80.
35. 高坂淳爾・孫工彌寿雄（1958）早期栽培及び普通栽培における稲紋枯病の発生経過と気象との関係．病害虫発生予察資料 **61**：101-113.
36. ――――・――――・福代和子（1954）稲紋枯病に関する研究 第1報 晩生品種の被害廻避について．中国農試報 **2**(2)：74-88.
37. ――――・――――・柚木利文（1957）同上 第2報 初発生に関する実験的考察．同上 **3**：407-421.
38. ――――・柚木利文・孫工彌寿雄（1960）同上 第4報 葉身，葉鞘の感受性の経時変化と上位進展との関係．同上 **4**：283-293.
39. McCready, R.M.; Guggolz, J.; Silviera, V. and Owens, H.S. (1950) Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* **22**：1156-1158.
40. 三沢正生（1965）病原糸状菌の培地における栄養因子．日植病報 **31**：27-34.
41. Miyake, I. (1910) Studien über die pilze der reispflanze in Japan. *J. Coll. Agric. Tokyo Imp. Univ.* **2**：237-276.
42. 中田覺五郎・河村榮吉（1939）稻ノ菌核病ニ關スル研究（第1報）稻ニ發生スル菌核病ノ種類及ビ病菌ノ性質．農林省農事改良資料 **139**：1-176.
43. 中沢雅典・加藤喜重郎（1953）水稲紋枯病の発病時期と収量との関係―水稲紋枯病被害査定資料（Ⅱ）―．愛知農試彙 **8**：123-125.
44. 野中福沢・加来久敏（1973）イネ菌核病菌の菌核の解剖学的所見 自然菌核について．佐賀大農彙 **34**：35-40.
45. 野津六兵衛・横木國臣（1936）稻紋枯病に關する研究成績．島根農試特報 1-188.
46. 小川勝美・渡部 茂（1977）稲紋枯病の発生予察に関する研究――とくに，岩手県における発生経過と薬剤の散布要否について――．岩手農試研報 **20**：55-75.
47. 小野小三郎（1953）紋枯病による稻の被害．植物防疫 **7**：99-103.
48. ――――（1956）稲紋枯病の被害と生態．農業技術 **11**：18-22.
49. 斎藤大明・千葉未作・福士隆二・小野 博（1956）稲もんがれ病の被害相とその解析．北日本病虫研報 **7**：46-48.
50. 孫工彌寿雄・高坂淳爾（1965）イネ紋枯病菌の病原力ならびに栄養生理に関する研究，特に栄養条件が病原力に及ぼす影響について．中国農試報 A11：77-111.
51. 高木信一・杉野多万司・西野 操（1962）病害中発生予察事業における実態調査法の研究．病害虫発生予察特別報告 **9**：1-74.
52. 山口富夫・倉本 孟（1967）栽培条件の異なる早生種における稲紋枯病進展経過．北陸病虫研報 **15**：22-25.
53. ――――・――――・岩田和夫（1971）稲紋枯病の発生予察に関する研究．第2報 早生種における発生経過と薬剤の散布要否．北陸農試報 **13**：35-47.
54. 山元 剛（1980）イネ白葉枯病と他病害発生との関係 第2報 紋枯病の進展に及ぼす白葉枯病の影響．日植病報（講要）**46**：398.
55. 吉村彰治（1954）稲紋枯病の被害度査定基準について．日植病報 **19**：58-60.
56. ――――（1955）稲紋枯病の被害について．九州農試彙 **3**：143-154.
57. ――――・田原敬治（1959）イネモンガレ病菌の栄養生理に関する研究 第3報 炭素源の種類と菌の生育について．北陸病虫研会報 **7**：80-82.

[Bull. Hokuriku Natl. Agric. Exp. Stn. 26, 115~164 (1984)]

Estimating Method of Severity and Yield Loss by Rice Sheath Blight Disease*

by

Teruyoshi HASHIBA(1)

Environment Division, Hokuriku National Agricultural Experiment Station; Inada, Joetsu, Niigata 943-01, Japan

Summary

In this paper severity and its yield loss was extensively studied in rice sheath blight disease. A method to estimate the yield loss or the severity by the disease will be described first, followed by model of vertical development expressed in terms of the upward development of sheath blight lesions and model of horizontal disease development expressed in terms of the increase of diseased hills of sheath blight and then described forcasting model of rice sheath blight disease.

1. Estimation of the disease incidence based on the height of the lesions in rice sheath blight disease

The methods to estimate the severity of rice sheath blight disease caused by *Rhizoctonia solani* Kühn were investigated with an aim to find a method which saves time and makes simple to test it. Rice cultivars, 1,429 foreign cultivars from more than 40 countries of the world and 277 domestic cultivars, were tested for the height of the uppermost lesions of rice plants, relative height of the uppermost lesions to the plant length and the degree of disease incidence estimated by the Yoshimura's method. All cultivars were inoculated by putting bits of the mycelia grown on wheat bran medium into the hills on July 15, 1976, and vertical development of the disease was assessed on September 1 to 6. Vertical development of the disease was always more extensive in early maturing cultivars than in late maturing ones. Statistical analysis enabled one to estimate the degree of disease incidence (Y) from relative height of the uppermost lesions to the plant length (X) by the following expression, $Y=1.62X-32.4$. The value X was estimated as $X=0.73Z-4.13$, where Z is the height of the uppermost lesions. Estimating of the degree of disease incidence according to those formulae is more efficient and simple than one according to the Yoshimura's method.

2. A method for estimation the yield loss by the rice sheath blight disease based

* Received: october 21, 1983

(1) Present Address: National Institute of Agro-Environmental Sciences: Kannondai, Yatabe, Ibaraki 305, Japan

on height of the lesions and percentage of affected hills in rice

A method to estimate the yield loss by rice sheath blight disease were investigated with relative height of the lesions to the plant length and percentage of the affected hills. Whole disease incidence (D) at the maturing stage could be represented as product of disease incidence of affected hill estimated by relative height of the uppermost lesions to the plant length (X) and percentage of affected hills (A) because it was calculated as

$$D=(1.62X-32.4)\ A/100.$$

On the other hand, the loss of fully ripened kernels has been estimated to be 8.5 g per 3.3m^2 for each additional 1% disease incidence, from which the following equation was derived (L represents yield loss in kg per 10 ares).

$$L=(41.31X-826.2)A/1,000.$$

The yield loss obtained in paddy fields in 1976 to 1980 was in accord with that estimated by the formula.

3. Influence of environmental and physiological conditions to vertical disease development of sheath blight.

Thirteen cultivars of rice plant with different heading time were tested for vertical development of sheath blight caused by *Rhizoctonia solani* Kühn under varied environmental and physiological regimes. Vertical development of lesions of rice plants under 100% relative humidity (RH) was 0.48cm at 20°C; 1.13cm at 23°C; 1.35cm at 25°C and 1.58cm at 28°C. The ratios of vertical development of lesions under different relative humidity to that under 100% relative humidity (at 25°C) were 0.99 at 98% RH; 0.96 at 95% RH; 0.87 at 90% RH and 0.38 at 86% RH. Vertical disease development was always more extensive in early maturing cultivars than in late maturing ones. Delayed sowing resulted in a decreased vertical development. On the other hand, when these varieties were sown and planted to have the same heading date, difference in the degree of vertical development between the early and late cultivars became small. These results suggested that the vertical development of sheath blight was correlated with physiological condition of the sheath rather than the environmental conditions and let us to analyze starch and nitrogen contents in sheaths as factors reflecting physiological conditions associated with vertical spread. Starch contents in sheaths of the early cultivars were 5.0−21.2mg/g fresh weight and mycelial growth on nitrogen-containing media added with starch at this range of concentrations was as good as that observed in these sheaths. On the contrary, starch contents in late cultivars were 24.7−32.2mg/g fresh weight, and the fungal growth on media containing this level of starch was reduced even if increasing concentration of nitrogen was added to the media, suggesting that sheaths of the late cultivars might be nutritionally less favorable for the fungal growth than those of the early cultivars. Starch content in the sheaths of early cultivars rapidly

decreased with time in contrast to the slow decrease in these of late cultivars. These results suggest that the vertical development of sheath blight is correlated with the quantitative changes of nitrogen and starch contents in the sheaths. The susceptibility of leaf sheaths to a sheath blight fungus correlated with their maturity. The vertical development of lesions observed on 2–, 5–, 10–, and 15-day-old sheaths after heading under the most favorable conditions (at 28°C, 100% RH) was 1.12, 1.32, 1.71, 1.59cm per day, respectively.

4. Model of vertical development of sheath blight lesions on rice plants.

Vertical disease development of sheath blight caused by *Rhizoctonia solani* Kühn was investigated with a rice cultivar, koshijiwase, under different temperature and relative humidity conditions. Model curves of the vertical development of lesions were made as a function of temperature, relative humidity and susceptibility of the rice plants. The first model curves was obtained by a calculation of the vertical development of lesions under the average temperature. The second model curve was obtained as modified the first one according to the relative humidity. When the daily calculation values of vertical development of lesions were larger than the values calculated from the susceptibility of leaf sheaths, the values calculated from the susceptibility for each day were used. Thus, the final model curve of the vertical development of lesions calculated from the temperature, relative humidity and susceptibility of leaf sheath almost coincide with the vertical development of lesions observed in paddy fields in 1971 to 1981. These models will be useful for forcasting of rice sheath blight.

5. Model curves of horizontal disease development of sheath blight on rice plants

Horizontal disease development expressed in terms of the increase of diseased hills of sheath blight caused by *Rhizoctonia solani* Kühn was investigated with a rice cultivar, koshijiwase, under different temperature and relative humidity. Model curves of the horizontal development of disease were made as a function of different temperature, relative humidity and density of sclerotia. The horizontal development of disease was replaced with vertical development of lesions under the average temperature for each day when the average temperature rose above 22°C, and at the same time the humidity between hills at the height of 5 cm above the soil surface was kept above 96%. The first model curve was obtained by calculation of the vertical development of lesions. The ratios of horizontal development of disease under different quantity of sclerotia to that under 5×10^4 sclerotia per 10 ares were 1.4, 2.3, 3.2, 4.1, and 5.0 at 10×10^4, 20×10^4, 30×10^4, 40×10^4, and 50×10^4 sclerotia, respectively. The second model curve was obtained as modified the first one taking into account the quantity of sclerotia. Thus the final model curves of the horizontal development of disease calculated from the temperature, humidity between hills and quantity of sclerotia almost coincided with the observed horizontal develo-

pment of disease in paddy fields from 1977 to 1981. These model curves will be useful for forcasting of rice sheath blight.

6. Model curves of horizontal disease development of sheath blight using humidity obtained in field weather observatory.

The methods to estimate the temperature and humidity between hills under different growth stage of rice plants were investigated with atmosperic temperature and humidity obtained in field weather observatory. The temperature between hills was almost the same as the atmospheric temperature. The vertical distribution chart of humidity between hills at each growth stage of rice plants was obtained with a rice cultivar, koshijiwase. Model curves of the horizontal development of disease calculated from the vertical distribution charts of humidity between hills coincided with the model curves of the horizontal development of disease calculated from humidity between hills observed in paddy fields. These vertical distribution charts of humidity between hills will be useful for forcasting of rice sheath blight.

7. Forcasting model and estimating of the yield loss according to those model

Forcasting of rice sheath blight disease were investigated with ratio of the height of the lesions to the plant height and percentage of the affected hills.

1). Whole disease incidence (D) at the maturing stage could be represented as product of disease incidence of affected hill estimated by ratio of the height of the uppermost lesions to the plant height (X) and percentage of affected hills (A) became it was calculated as $D=(1.62X-32.4)A/100$.

2). The loss of fully ripened kernels has been estimated to be 8.5g per 3.3m^2 for each additional 1% disease incidence, from which the following equation was derived (L represents yield loss in kg per 10 ares). $L=(41.31X-826.2)A/1,000$.

3). The daily calculation values of vertical development (X) were expressed in terms of ratio of the height of the uppermost lesions to the plant height calculated from the temperature, relative humidity and susceptibility of leaf sheath.

4). Model curves of the horizontal development (A) expressed in terms of the increase of diseased hills of sheath blight calculated from the temperature, humidity between hills and density of sclerotia.

5). The yield loss obtained in paddy fields in 1976 to 1980 almost coincided with that estimated by the model.