



第6章 発生予察

イネいもち病に関する研究の業績は、イネの他病害はもちろん、他作物のそれに比較してみても、研究の歴史、研究の規模、人員、内容等すべての点で圧倒的に多い。

いもち病発生の場合面にしぼってみても、多発生の詳細な記録とその解析、病原に関するもの、侵害されるイネの抵抗力、両者の攻争をとりまく環境条件など多岐にわたっている。それらの業績をひもといてみると、多発生や早期発生などの条件、イネの被害、防除のあり方の問題等が明らかにされてくる。少なくとも各県単位には過去の多、少発生の記録、経過、条件解析等の成績が存在する。それらを検討すると発生時期、量、推移などの相互関係や条件（法則性）を知ることができるから、これらに加えて当年の現地の発生調査、イネの生育、気象観測データ等で補強していくと以後の推移を予測することが出来るようになる。

その結果から防除の要否、時期、方法、緊急度など現地が適期に、経済的に防除するのに役立つ情報を提供する。このシステムが病害虫発生予察事業である。

わが国においていもち病の発生予察事業が組織化されたのは古く、第二次大戦中の1941年であるが、今日のように全国が一定規格の実施要領によって進められるようになったのは、1950年の植物防疫法の制定と、1951年の同法改正によってからであり、農作物有害動植物発生予察事業としてスタートした。

都道府県における病害虫防除事業を効率的に実施するための病害虫防除所が設けられたのは、岩手県では1952年7月1日付けであり、県内に15ヶ所設置されたものである。各県とも同様の経過で設置されている。現在では原則として1県1防除所の体制となっているが、いずれにしても作物病害虫の発生予察業務を担当する唯一の公所である。

さて、古くから実施されているこの発生予察事業の中において、いもち病に関しては概略次のようにして行われているので参考までに記述する。

1 予察担当者と調査事項

予察事業を担当するのは国においては農水省植物防疫課で、農業研究センターをはじめ全国の地域農業試験場等研究機関と連携をとりながら事業を推進している。

都道府県では県庁の担当部署が事務をとる他、実際の調査等を実施する専門機関として病害虫防除所が、そしてこの専任職員が職務に当たっている。また、都道府県では病害虫防除員を委嘱（市町村職員、農業協同組合営農指導員など）して、調査や情報の提供など事業の効率化をねらっている。

病害虫防除所においては次のような調査を実施している。

調査圃場；いもち病発生予察圃、防除適期決定圃（定点調査圃）、一般圃場（巡回調査と発生程度別面積集計のサンプリング等に使用）。

調査事項；いもち病菌の孢子飛散状況、発生状況、イネ生育状況、イネのいもち病感受性（体内N濃度調査など）、気象状況等いもち病発生予察に必要なすべての事項。

2 予察方法

各府県において蓄積した調査試料から予察方法を確立し、それに基づいて予察を行う。

気象経過と今後の予測、作付品種の実態、施肥法等にも十分配慮しつつ、隣接県との情報交換も行いながら高精度の予察に心がけている。予察法の具体的内容は別に述べる。

3 情報の提供

情報の提供は農水省ではほぼ統一した様式を採用しているが、最近では各県で知恵をしばった情報を発表している例もみられる。定例的な発生予察と緊急な、或は発生動向に変化があった場合の情報に分けられる。

1) 予報

病害虫の発生に関する情報が定期的に発表されるもので、一般には月1回程度発表されている。イネをはじめとして作物別、病害虫別に発生時期、発生地域、平年比較、防除の要否、防除方法、使用薬剤等の情報が記載されている。

2) 警報

いもち病の大発生が予測され、直ちに防除する必要がある場合に発表される。これには発生現況から多発生の予想される地域、時期、程度、防除時期、方法など記載されている。

3) 注意報

警報を発表するほどではないが、多発生が予想されて、早めの防除対策が必要と思われる場合や、従来が発生状況と異なる傾向を示し、今後その動向に注意する必要があるときに発表される。記載事項は警報に準ずる。

4) 特殊報

新しい病害虫が発見されたり、あるいは発生の仕方が例年と異なる特異的な現象が認められたときに発表される。いもち病の場合は該当することは多くはないが、例えば補植用苗での発病が異常に多い時などが該

当しそうである。

5) 伝達

従来は情報は郵送されていたが、今日では植物防疫課と都道府県病害虫防除所を結ぶオンラインネットワークが整備されて、情報内容はもちろん、その根拠となった調査データについても相互伝達されるようになってきている。地方においては警報、注意報のように緊急に伝達を必要とする情報においては、地元新聞社、テレビ局を通じて即刻伝えられるようになってきているし、関係機関に対する伝達もファクシミリによる迅速な提供が実現している。

このように情報の伝達においては、従来に比較して著しく改善され、利用者は「瞬時」にしてその入手が可能となってきた。しかし、問題はここから先のことだ。即ちその重要な予察情報を速やかに入手できたとしても、その予察情報が訴えている内容、対策が直ちに構築されて実行されるかどうか最大の問題となる。

古くは予察情報の持つ意義は、「早期発見・早期防除」を可能にした現場の対応があったからこそその価値があったものと言うことができる。今日のように伝達までの「近代化」もそれが現場で活用されない予察情報である限り「絵に画いた餅」にしかすぎない……とは言い過ぎであろうか。

現場における防除体制の崩壊は目を覆うものがある。共同防除組織が機能している数は僅少であり、存続していても高齢化が進んでいて、特定のリーダーのみに負担がかかっているのが現状である。

精度の高い情報の発表と迅速な伝達、的確な防除の対応……効率的、経済的防除の実施が出来ない現状を嘆くのみである。

4 一般的な予察法

1) 気象条件を指標とした予察法

予察時点まで（予察等の情報作成時まで）に得られた気象データと、その後の気象予報値の両面から総合的に予察する方法が行われている。しかし、いもち病の発生は単に気象要因のみならず他の要因も複雑に関連しているので、一般には品種作付状況、施肥、イネ生育経過、発病現況（早発の状況）などを総合的に考察して実施している。

近年ではいもち病発生生態の解明が進み、機械類の開発もあって、侵入の場面にスポットを当てた葉上の結露状況の観測、微細気象測定などから全般発生や急増期の予測も行われている。

(1) 気象要因と発病の回帰式利用による予察

岩手県農試で古い育苗様式の頃（保温折衷苗代、畑苗代）に作成、利用した予察法を参考までに述べてみる⁵⁾。

ア 穂いもち予察のねらい

穂いもち防除は予防散布が基本であり、発病後散布では間に合わない。このために穂いもちの伝染源である葉いもち後期発生（出穂期に近いころ）の程度に重点をおいた予察を行う。

$$Z = -0.4x + 6.67y + 20.06 \quad r = 0.960^{***} \quad n = 13$$

ただし、

x ; 7月全期の日照時数

y ; 肥料指数（1937～1939年＝10）

Z ; 発生面積（単位 100 ha）

上記により穂ばらみ期の葉いもちを予測し、穂いもち予察式として利用する。xy値が平年と著しく開きのある場合は同式を対数曲線とした。

$$\text{Log}Z = -0.0031x + 0.1255y + 0.4256$$

この場合の方が的中度が高い。

しかし、その後肥料状況が変化し、年次変動が少なくなったので、本式の利用場面は少なくなった。

以上のほかに気象データから関連の強い因子をとらえて次のように予察している。

イ 苗代のいもち

気象条件 ; 半月平均気温が 15℃を越えると、被害わらに分生胞子の形成が始まり、夜間最低気温が 10℃以上あれば、胞子侵入が可能である。したがって苗代期間の 4月下旬～5月の気温が高く、多湿の年は発病が早く、程度も高い。

耕種条件 ; 畑苗代でビニール除覆がおくれる場合、苗代日数が長いとき多発する。

その他の条件 ; わらの堆積場所が苗代に近いときに多発する。

ウ 本田の葉いもち

気象条件 ; 5月の乾燥、7月の多雨少照が要因となる。5月の乾燥は乾土効果とみる。葉いもち発生初期の気温と後期発生量の関係は、6月下旬～7月上旬における日別平均気温(盛岡)から 19℃を差引いた温度の積算 $T = \sum (tx - 19)$

(tx；日別平均気温、起点日6月21日)が、多発年では6月～7月上旬に急上昇、少発年は水平かゆるやかである。

地域の予想では、7月気温平年並～県北、北部沿岸部、その他山間部で多発。7月やや低温多湿で全県発生。7月低温多湿で平坦部多発の傾向を有する。

耕種条件　　；チッソ施肥量、移植時期、品種をチェックする。

生育状況　　；草丈、莖数の平年比較を重視する。葉色、繁茂状況も経験的に考慮する。

補助的諸条件；初発生の早晚、まん延増加曲線、ズリコミの多少、病斑型の推移等を考慮する。

以上説明が長くなったが、いもち病発生と相関の高い要因を選んで回帰式を求めて予察式を導入した一例を示した。品種、栽培法等が変化しているとき、いつまでもこの予察式が適用できるとは思わない。その時期ごとに新たな要因を抽出し、さらに精度の高い重回帰式を用いるなどして算出し、時代の要請にこたえるべきであろう。

古い時代には東北地方をはじめ全国各地では、この気象要因との関係で予察式を導入した報告は多い。

比較的近年になっては、以下に示すような業績が北日本病害虫研究会で発表されている。

千葉末作ら（青森農試）　　；葉いもち病斑数、伝染速度に影響を及ぼす要因と重回帰分析¹⁾

太田恵二ら（青森農試）；葉鞘検定法におけるいもち病菌の伸展度
に及ぼす気象の影響の統計的解析¹⁷⁾

太田恵二ら（青森農試）；葉鞘検定法におけるいもち病菌の伸展度
に及ぼす気象の影響の統計的解析(2)¹⁸⁾

高橋富士男ら（宮城防疫所）；宮城県における最近のイネいもち病の発
生要因について²¹⁾

これら諸報告の概要にふれてみる。千葉末作氏らの詳細な検討内容は次のようである。

気象要因と生物要因（葉鞘検定による伸展度）のいもち病菌胞子の附着、発芽、侵入、進展、に対する影響度合いを数量化し、その適合性を重回帰分析で検討した。

葉いもち病斑数、伝染速度は変換前より変換後変数を用いたとき決定係数が大となる。

説明変数間では発病指数量、初発時病斑数が他の変数よりも重要。伝染速度に対する重回帰式の適合度も検討、コンペルツ式が高いという。

太田恵二氏は葉鞘検定法による菌の伸展度に対する影響を 1973～'83 にふ系 69 号を用いて検討した。農試場内の気象観測データから重回帰分析でみると、伸展度、気象要因の重相関係数は、日照時間>平均気温。複合気象条件では平均気温×日照時間/平均風速が最も大きい。

また、菌の伸展度（イネ抵抗力）はある期間の気象環境下で経過したイネ抵抗力が、その後ある期間の気象経過でどのように影響したかを知ろうとして、伸展度、気象要素をもとに重回帰分析を行っている。

高橋富士男氏は、1982 年以降 10 か年のデータから葉いもち全般発生期が早い場合に多発すること、とくに 7 月 3 半旬以前に出現すると多

発するとしている。

穂いもちの増加割合＝穂いもちの発生面積/葉いもち発生面積 y と出穂期前後 10 日（21 日間）の気象指数 x の関係をみると、 $y = -0.008 + 0.019x$ ($r = 0.895$) の式が得られるとしている。この場合の気象指数とは、仙台管区気象台の平均気温、降水量、日照時間を用い、日別気象指数として平均気温 26℃以上、20～25℃、20℃以下に 3 区分し、この時の降水量 1mm 以上＋日照時間 1 時間以下で指数を 3、5、3 とし、降水量 1mm 以上で 2、3、2、日照時間 1 時間以下で、1、2、1 の各指数を与えて検討している。

今後の検討課題としては、使用する気象要素や指数の設定検討、稲体感受生も考慮にいれた気象指数の設定が望ましいと述べている。

(2) 気象要因利用による全般発生開始期、急増期の予察

小林次郎氏は秋田農試で 1972 年から'82 年までの期間の研究で次のことを明らかにした^{10,11)}。

- a 本田初期の葉いもちの 2 日ごとの病斑数の増加曲線は、明瞭な急増期と漸増期が認められる。この現象を「波状発生」と呼ぶ。急増期には病斑の分布拡大が著しい。
- b 葉いもちの伝染過程には、全般発生開始期（病斑密度、発生時期に関係なく、一つの地域内のほとんどの水田で発病している状態）とその後の急増期がある。これはその年の本病発生期の極く初期である。
- c 全般発生開始期、急増期は予察と防除に重要であるから、気象条件からなる「全般発生開始期、急増期」の予測基準を作成した。
- d これによってあらわされる感染好適気象は、「当日午後または翌日午前が曇雨天で夜は無風～微風、無降雨で結露があるか微風で最

低気温が16℃以上」と結論した。

- e このための気象予測基準は、一般気象法は秋田気象台地上観測値を、微気象法は秋田農試圃場観測値を利用した。

そして日射量、降水量、風速、気温、結露等について詳細な基準値を設けて使用した。例えば葉いもち全般発生開始期、急増期の予測には19～8時、無降雨または継続的降雨が1mm/時間以下、ただし一時期強雨は4.0mm/時間以下とする。また、風速では21～6時における草高部位10cm上の平均風速が0.5m/秒未満とする等である。

さらに水田における結露の条件について細かい基準値を設け、結露のない条件、結露する条件を規定した。

このようにして田植後約1か月から出穂20日日前頃までの期間に、予測基準を満たした日から潜伏期間を経て、葉いもちの全般発生または急増がみられるのであると述べている。

(3) アメダス資料を利用する葉いもち予察

この予察法は、気象庁が1976年に完成した地域気象観測システム(AMeDAS)で毎日連続的に測定される雨量、気温、日照時間、風速の4つの気象要素を組合わせて、葉いもち感染に好適な葉面湿潤(濡れ)時間の出現を推定して、その好適条件(いもち病菌のイネ体内侵入に適した条件)の出現した時期と回数に基づいて、それから全般発生開始期、流行の開始期、発生地域の予測をコンピューター利用の電算化システムとして開発されたものである。

例えば東北地方においては、葉いもち発生の早晩はイネが若いか、成熟に近づいて珪酸蓄積も進み、葉が固定化した時期かに関連して、以後の発生面積、程度にも関係する。したがって、前記の好適条件の早晩は、全般発生時期、流行開始期、発生地域の予測とともに、発生程度(甚、

多、中、少に分ける)の予想も可能とし、また葉いもち発生の早晚(上位葉への進展にも関係する)からは、穂いもち発生の多少もある程度読みとれる可能性を持っている(穂いもち感染時の葉いもち発生実態調査、イネ体質、品種作付状況、気象予報から総合判断して予測することは当然であるが)。

ア 好適条件とはどのような基準か

- a 午後4時～翌朝6時の間に1時間でも降雨があれば、湿潤時間はその1時間前から翌朝7時まで継続したとする。但し、日照時間と風速については4つの制限条件をつける(詳細は省略)。
- b 1時間4mm以上の降雨、3mm以上で2時間以上連続するときは、降雨直前から9時間は病原菌の侵入・感染には無効である。
- c b項同様の降雨のとき、その降雨の直前からさかのぼって9時間以内にはじまった湿潤時間も無効とする。3mmの雨が2時間以上続くときは、はじめの3mmの時間からさがのぼった9時間とする。
- d 午前7時以後からはじまる湿潤時間は無効とする。
- e 湿潤時間中の1時間ごとの温度の平均値をその湿潤時間の温度とし、別に作表した温度－湿潤時間関係表からその温度が時間以上であれば、感染好適な葉面湿潤が出現したものとする。
- f 感染好適葉面湿潤時間は午後4時を起点とし、それ以前は入れない。また、午前7時から始まり、午後4時以降まで及ぶときは好適条件の基準に達したところで一たん切る。その後あらためて午後4時から好適条件出現の有無を測る。
- g 好適条件が現れても、出現した日を含めてその日以前の5日間の日平均気温の平均値20℃未満、25℃以上の時は無効。
- h 推定基準の適用は、移植盛期20日後の6月10日から始まり、幼穂形成期頃の7月15日までとする(東北地域)。

- i 好適条件がこの適用期限内ではじめて出現しても、一両日の間に3地点以上に現れないときは広域的初発はないものとする。

イ 葉いもち予察の要領

- a 好適条件が適用期間に始めて出現した日から7日めに広域的発生がある。好適条件の出現が多いほど発生範囲が広いとする。
- b 好適条件出現後に強い低温が訪れない限り、2週間後には流行、発病増加がはじまるものと予測する。
- c 好適条件が最初に引き続き1週間以内にさらに出現したときは、その日数（回数）が多いほど流行開始時の病斑密度が高い。
- d 好適条件の出現がない場合や、ごく小数地点に限られる場合は広域的初発の可能性は低い。

以上に関して岩手県における好適条件の早期出現（多発生）、遅発（少発生）年の6～7月の状況を参考までに示した。

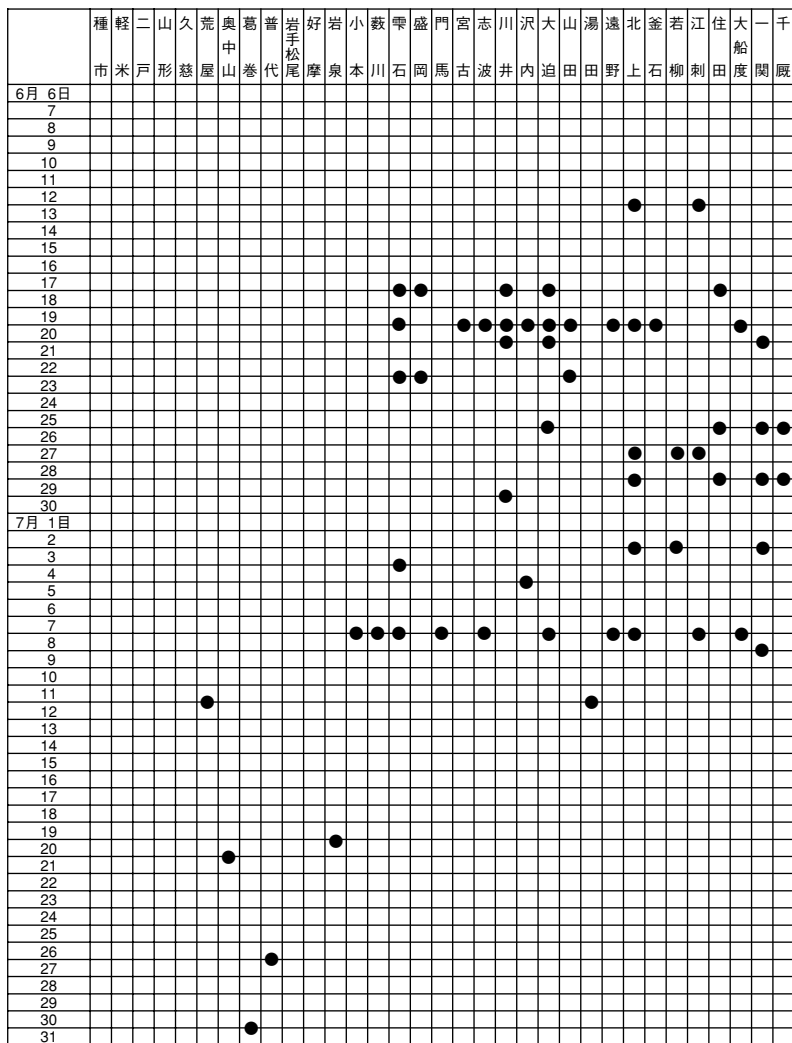


図1 1978年岩手県における感染好適葉面湿潤時間の出現

(岩手県資料 1978)

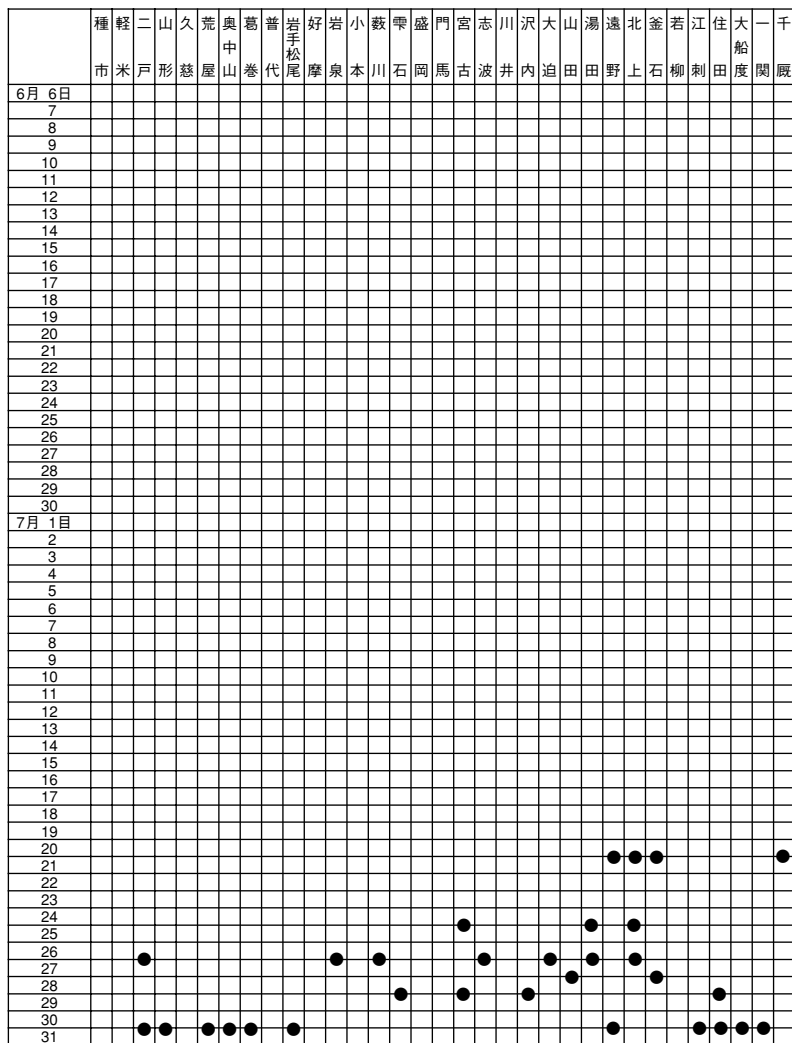


図2 1983年岩手県における感染好適葉面湿潤時間の出現

(岩手県資料 1983)

2) 伝染源の密度を指標とした予察法

(1) 孢子採集法による予察

いもち病の伝播拡大は、病斑上に形成した分生孢子の離脱、宿主上の定着、侵入によっておこることは既に述べた。

この孢子の飛散状況を孢子採集器を利用して捕捉し、その飛散量、時期等からその後の葉いもち、穂いもち発生の多少を予測しようとするものである。

この方法は 1934 年から 1949 年まで 16 年間もの長い間にわたって孢子採取法の考案と発生予察への利用に心血を注がれた長野県農試栗林数衛、市川久雄両氏の業績と、以後北陸農試で 1953 年から 15 年間研究された鈴木穂積氏の研究成果によるもので、とくに穂ばらみ期までの分生孢子採集数によって、穂揃期以降に発生するくびいもち、節いもちの発生が予測できるとしたものである²⁰⁾。

孢子採集法は次の 3 種がある。

ア 水平静置スライド法

グリセリン膠（グリセリン 80 mL、膠 40 g、水 100 mL を加熱して溶解させたもの）を塗布したスライドグラスを採集台に水平にセットし、予察田（毎年同一耕種条件下で、弱品種を多チツソで栽培し、一般栽培圃場に先だって発病が起こるよう配慮してある）の中央に設置する。スライドグラスは一昼夜曝露したあととり出して、その中央部の 18 mm × 18 mm 内（カバーグラスの面積）に付着した分生孢子数を数えるのである。

イ 回転式孢子採集器

グリセリン膠を塗布したスライドグラスをアームの両端に垂直に取付

け、これをモーターで回転させ採集する。この採集器は前項の水平静置式にくらべると採集効率が高いので、空中飛散の最も多い時刻に1時間作動させるだけでよい。いもち病の場合午前1～2時の1時間とする。この時間にタイマーをセットしておけば自動的に回転させることが出来る。設置位置は水田の中央部、高さ1.3mであるが半径1kmといった広域を対象とする場合は、8～17mの高所に設置する。採集孢子数は孢子の拡散状態で補正された値に変換し、予察時期までの平均葉上水滴消失時刻や雨天日数率等の孢子侵入可能程度を考慮したうえで予察することにする。それによって、広域的な、しかも高精度の予察が出来るようになる。

鈴木穂積氏が北陸農試で行った成果の中で、葉いもち発生程度を甚、多、中、少発生の4階級に分けた圃場における半旬別1日平均採集孢子数と葉、穂いもち発生程度の平均値の関係を表1に示した。

それによると、葉いもち、穂いもちともに多発年や地域では、早くから多くの孢子が採集できるのに対して、少発年には孢子は遅れて採集され、その数も少ない。

孢子採集状況と葉いもちの関係は、採集数と葉いもち最高発生程度の間には7月1半旬以降に正の相関がみられ、とくに3半旬以降で高い。水平静置式スライド法では採集数が少なく、葉いもちの予察は不可能とされていたが、採集効率の高い回転式採集器では、7月1半旬以降になると、葉いもち最高発生程度について大体の予察が出来る点が注目される。同表から穂いもちとの関係をみると、6月5半旬から病聴率と高い正の相関々係が認められ、とくに7月3半旬以降は平均 $\gamma = 0.880^{**}$ の係数を示す高い相関があり、採集孢子数から穂いもち発生程度をかなり確実に予察できそうである。

以上から多発の場合は、採集日が早く、数も多いので7月3半旬になると確実に穂いもちの発生予想ができると述べている。これをそのまま東北地方に当てはめてみると、7月15日になると、その約20～30日

後にみられる出穂とその感染、発病が概略判断できるから、防除対策にも十分な時間の余裕が得られることになり、予察効果は高いと評価できる。

孢子採集田に高さ 1.3 m に回転捕集器を設置して、1～2 時の時刻に作動した場合について、採集孢子数による発生予察基準を求めて次のように示している（表 2）。

また、孢子採集田の栽培条件と採集孢子数について吟味しているが、それによると、一定耕種基準による耐病性弱品種多肥栽培田では、採集田と周辺田の年次消長は類似しているから、採集田の孢子数を指標として差支えないが、多肥弱品種栽培田だけの調査では、その田だけ多発し、採集孢子数が多くなるし、また採集田に隣接して激発田があると、採集数と発病に不一致を生じるから不適切と述べている。これに対し、孢子採集田か周辺水田と似た発病状態を示す標準施肥田の場合は、採集数が採集田や周辺水田の発病程度と似合ったものとなる。したがって一般水田の耕種基準に準ずる採集田が比較的利用しやすいことになると述べた。

ウ 幼苗曝露法

孢子採集器では採集できない孢子密度の著しく低い時期、すなわちいもち病初発生日以前の孢子飛散の有無を知る目的に使用される。今日各地で本田の早発が問題となり、それが補植用苗からの感染か、いなわら、もみ殻等般的な越冬源からの飛散によるものかが知られていない場合がある。そのような時に本田内か畦呼上にごく弱い品種（一般に蒙古稻を用いることが多い）を置き、後に回収して、温室で発病を促し、初発日を早く予察しようとするものである。

具体的には径 10 cm の鉢にごく弱品種の苗を 20 本ずつ、多チツソで 5 葉期まで育成する。1～3 日間水田内に曝露した後、25℃の温室に 1 日間保って、発現した病斑数を調査する。このことによって、初発の

7～18日前に孢子飛散のあったことが推定でき、これによって葉いもち初発生日を早く予察しようとする。

表1 発生程度別の半旬平均1日採集孢子数と
葉・穂いもち発生程度との相関

調査項目		半旬別1日平均孢子数				採集孢子数 (x) との相関係数	
		甚発生	多発生	中発生	少発生	葉いもち最高 発病程度 (y)	穂いもち発生 穂率 (y)
調査時間	6月1半旬	0	0	0	0		
	2	3	0	0	0		
	3	3	0	0	0		
	4	124	0	0	0		
	5	174	1	0	0		0.621*
	6	873	3	0	0		0.894**
	7・1	4300	4	2	0	0.608*	0.674**
	2	8302	105	29	1	0.541	0.624*
	3	2487	203	24	1	0.758**	0.892**
	4	121	429	113	11	0.943**	0.981**
	5	—	1131	226	14	0.883**	0.976**
	6	—	1433	119	10	0.685**	0.753**
	8・1	—	1404	244	23	—	0.703**
	2	—	1656	150	23	—	0.965**
葉いもち最高発生程度*		>V ⁵⁵	IV ¹¹ ～V ²⁵	III ² ～IV ¹	< II ^{0.5}		
穂いもち発生種率 (%) *		枯死	74	21	2		

注：*農林省農政局「普通作物病害虫発生予察事業実施要領」（1965）

(鈴木穂積 1969)

表2 回転式孢子捕集器の採集孢子数によるいもち病発生予察基準

7月第3半旬までの半旬 別平均1日最高孢子数	葉いもち最高発病程度	穂いもち発生種率(%)
30以下	II ⁰⁵ 以下	5以下
30~100	III ² ~IV ¹¹	20
100~500	IV ⁰	60
500以上	IV ⁰⁵ 以上	100

注) 葉いもち病程度——病害虫発生の調査基準(農畜園芸局)による。(鈴木穂積 1969)

(2) 葉いもち発病度による予察

前に述べた孢子採集法による予察では、採集した孢子数の調査が繁雑で、しかも連日スライドガラスの調査と交換も必要なため、その実施には困難を伴うことが多い。

私は岩手県農試に就職して最初に担当した仕事がこの孢子採集に関する調査であった。実際に担当してみると、他の業務の関係で出張して留守になるような時には、調査するスライドガラスの量が多くなって、後にその調査に集中するケースが避けられなくなる。タイミングが重要な内容だけに苦労することが多いのである。

このような欠点を回避するため、孢子形成源である葉いもちの発生状況を直接調査することにより、その後の葉いもち、穂いもち発生動向を予測しようとするのがこの方法である。孢子飛散量調査に対して、その形成源を直接的に把握し、ある時期の葉いもち発病度を指標として穂いもちを予察するのに利用されることが多い。とくに穂ばらみ期の葉いもち発病度や上位葉の罹病度などがよく利用されている。また、松橋氏¹³⁾らはこの上位葉の発病に加えて籾いもちの発病調査結果も穂いもちの後期発生の地域性を把握するのに役立つと述べている。

病害虫発生予察を担当する各県の病害虫防除所は、機動力も整備されたので、葉いもち発生の実態調査は入念に行われているのが実情である。それによって以後の葉いもちの進展と穂いもちへの予測に役立てている。

1974年加藤氏ら⁸⁾が明らかにした穂いもちと葉位別葉いもちとの関係以来、上位葉の葉いもち発生が重視されるようになってきた。すなわち、止葉、 $n-1$ 葉、 $n-2$ 葉の病斑数と籾いもち、くびいもちの相関が高いこと(籾いもちでは $+0.89$ 、 $+0.93$ 、 $+0.82$ 、くびいもちでは 0.81 、 $+0.92$ 、 $+0.86$ の相関係数を示している)に基づくものである。

小野氏は¹⁵⁾「いもち病菌の隠れ家—葉節いもち」の項で、葉節部はいもち病にかかりやすく、発病しても赤、褐色の目立つ色を出さないのが気づかないことが多いが、孢子形成は多いので、止葉葉節の場合は出穂の時に穂首、枝梗、初等に孢子がつき、発病する。また、ここの孢子は葉鞘と稈の透き間を夜露、雨水といっしょに流れ降り、節部に付着、ここで節いもちを起こすチャンスが多い。このため首いもち、節いもちが予想外の大発生になったりする。出穂期前には丹念に葉節いもちの有無を検査することが発生予察につながると述べている。

3) イネのいもち病感受性を指標とした予察法

(1) 葉鞘接種法を利用する予察

この接種法を予察に利用することを提案したのは高橋喜夫氏である²²⁾。

北海道農試在職中に研究された葉鞘内への孢子液注入接種法により、イネ体のいもち抵抗性を知れることから、これを発生予察に利用しようとしたものである。

この葉鞘接種(検定)法の採用に当っては、供用する孢子形成法、接種に用いる葉鞘標本の採取法、孢子注入法、細胞内の菌糸伸展度調査法などこの検定処方の一統を図る必要があったから、当時の農業技術研究

所（東京都北区西ヶ原）に各県の予察担当者（各県とも農試が担当していた）を召集して研修会を開催、高橋先生から直接指導を受けたものだった。

当時の発生予察事業実施要綱（要領）から葉鞘検定法についての記載を抜粋してみると次のとおりである。

葉鞘検定法

予察圃場のイネを用い、その地方の葉いもちの初発生と思われる10日前から出穂期まで行う。調査は7日おきとし、毎回最長稈の3番目の葉鞘15cm（穂ばらみ期以後は2番目の葉鞘）を5本ずつとり、48時間以内にできた胞子の浮遊液（1白金耳滴5～7個の胞子濃度）を作り、これをスポイトで葉鞘内に注入し、シャーレ温室内に収め、24～25℃に40時間保った後取り出し、菌が葉鞘細胞を侵した度合い（伸展度）によって判定する。この場合、いもち菌はその地方の菌型および全国共通株を用いる。また、菌の伸展度と付近の発病との関係を求めておいて、イネの強弱程度を判定する。

私がこの検定法で苦勞した点は、胞子形成についてであった。当時培養法については常法がなかったが、高橋氏培地、見里氏培地が示されたので、それになった。しかし言われたほどの形成量がなく、また、麦粒培地も使用したが同様の結果だったことを記憶している。

この検定法に対して本格的に取り組んだのは青森農試千葉末作氏であった²⁾。その結果は「青森県地方におけるイネいもち病発生程度と病勢伸展予測式；青森農試研報、27（1983）」に記述されている。

また、宮城農試の齊作男氏⁹⁾は、この検定に見里氏培地、高橋氏培地で得た胞子を供用したが病原性の差異がみられることから、両培地の培養温度、日数を変えて胞子形成量、発芽と病原性等の検討を行った。その結果、

- 1 見里培地の 27℃の培養胞子は、高橋培地のそれより病原性が低い。それは病原性強の菌株、イネ抵抗性が低下したとき、抵抗性弱品種で明瞭になる。
- 2 見里培地では 24℃の培養胞子は 27℃のそれよりも病原性が強い。
- 3 培養日数 13 日以内ではその日数による病原性には差異は認められない。この傾向は両培地とも同様である。
- 4 高橋培地に濾紙培養法を用いると、孢子形成は多くなる。この場合孢子発芽率、病原性は常法と変りない。
- 5 見里培地は培養操作や孢子形成量の点ですぐれた培地であるから、これを利用するときは 24℃で培養した方がよい。
- 6 高橋培地は病原性で優秀な性能を持つが、培養操作や孢子形成量の点で難点がある。しかしこれに濾紙培養法を用いればこの欠点を解消し、すぐれた性能を持つ培地として活用できると述べた。

その他ではこの葉鞘接種法は暖地では一般に伸展度が低く予察に利用しにくいこと、評価値が供試菌の病原性、病原力、試料によって変動しやすく、検定に多くの労力を要するなどの問題が指摘された。

このような諸点から本法が全国各地で広く採用され、予察情報の作成に貢献したという事例は少なかったように思われる。

(2) イネ成分含有率による予察

ア 葉鞘でんぷん蓄積率による葉いもちの予察

一般にイネの炭水化物含有率が高い場合には、いもち病に対する抵抗力が強い。このことから堀真雄氏⁴⁾は主稈の完全抽出した上位 3 葉鞘を切り取り、縦に半切してアルコールで固定、脱色したのち、ヨードヨードカリ液で染色し、でんぷん反応を示した部分の長さ（でんぷんの蓄積

した部分)と葉鞘長との比率を指標として、葉いもち感受性を推定した。すなわち、この比率が大きい場合は、でんぷん蓄積量が多いことから、イネの抵抗力が強く、発生しにくいと予測するものである。

それによると、でんぷん長率と葉いもち病葉率の間には相関が認められ、でんぷん長率の著しく低下した7～10日後に葉いもちが急増してくる。中生旭1号を供試した山口県の結果によると、分けつ盛期のでんぷん長率が10%以下の年は、葉いもちが多発、11～30%の年は少～中発、31%以上の年は少発となり、本法が予察に利用できるとした。このことに関する葉いもち病葉率の推定表を表3に示した。

吉野嶺一氏²³⁾は北陸農試において、施肥量および遮光処理の異なるイネについて、各種体質といもち発生程度の相違について検討しているなかで、葉鞘でんぷん蓄積率についても調査しているのでその概略について述べる。

でんぷん蓄積率は品種、生育時期によって異なるとともに、施肥量、植付月日など栽培条件で変動し、さらに毎日の天候の変化に対応して変動し、前日の日射量が少ないと葉鞘でんぷん蓄積率も減少した。調査には15～20本の葉鞘を採取、調査を必要とする。葉鞘でんぷん蓄積率は同一地方での同一品種圃場間のイネ体質の比較診断を容易に行うことができる。しかし北陸農試周辺では予察のための利用可能時期は6月中～下旬に局限され、6月中の葉鞘でんぷん蓄積率の最小値が60%以上の年は少発生、20%程度の年は多発生の可能性があるとして述べている。

イ 止葉の珪化度による穂いもちの予察

葉の珪酸含有率が高いほど、葉いもちの発生が少ないことはよく知られているところである。また、止葉の珪化度とくびいもち発生との間には高い相関があることから、堀貞雄氏はこれを利用してくびいもち発生予察方法を考案した。完全展開後10日目の止葉中央部を5×10mm切

片とし、アルコールで脱色、石炭酸で透明化したのち、顕微鏡で珪化機動細胞数を数え、20枚の平均値を珪化度として表現する。それによると、品種中生旭1号の場合くびいもち発病率(%)と止葉珪化度(珪化度調査8月31日)との相関は図4、表4～5に示したように $y = 55.2 - 22.1 \log x$ の関係が成り立つとしている(y=くびいもち発病率、x=止葉珪化度)。この場合は8月3日の珪化度調査であるので、これをそのまま東北地方にあてはめるのには時期的に問題があるし、また、止葉が完全展開10日後の標本調査であるから、予察に利用するには間に合わない問題でもある。従って東北地方の予察に利用できる体質(抵抗の強弱)の調査法は別に検討する必要がある。

ウ 窒素、珪酸含有率による葉・穂いもちの予察

窒素含有率が高いイネはいもち病に対して罹病的、珪酸含有率が高いイネは抵抗的であることは一般に知られているところである。

このことから成分含有率を指標とした予察法が福島農試の小林裕氏¹²⁾によって提案された。

それによると葉いもち予察の可能性については、可溶性窒素量、珪酸/可溶性窒素量含有率比に高い相関関係が認められる。葉いもち最盛期の病株率との相関についてみると、7月1日(初発前)と $\text{SiO}_2/\text{S-N}$ では-0.93、7月7日(発生直前)では-0.92、7月15日(発生初期)では-0.92、7月22日(まん延期)では-0.90、7月28日(発生最盛期)-0.90といった状態である(いずれも農林21号普通植区)。このことは経時的に見て珪酸の含量が増加してくるのに対し、可溶性窒素含量が減少し、その比率がきわめて密接であることを意味している。

次に止案内成分測定によるくびいもち発生予察の可能性について述べるがその概要は以下のとおりである。

止葉と次葉との葉耳間長が10cmになったとき(出穂約1週間前)の

止葉内成分、とくに可溶性窒素及び珪酸/可溶性窒素比と、くびいもち発病率との間には高い相関があるので、止葉内成分の測定はよい判別法であるという。この時の相関係数をみると、普通植区農林 21 号では -0.99、-0.99、-0.99 (1959、'60 年) で、いずれも密接な関係にあることを示している。実数では 1959 ~ '61 年普通肥農林 1 号でみると、 $\text{SiO}_2/\text{S-N}$ 値は 6.56、71.8、68.8 である (いずれも出穂 7 ~ 8 日前、6 ~ 7 日前、10 日前に該当)。

しかし小林氏はこの方法を直ちにくびいもち予察法に採用するには次の問題点があることを指摘している。それは出穂約 1 週間前の時期に止葉内成分を測定して、くびいもち予察に利用するには、防除適期までの期間が短い欠点がある。また、くびいもち発生に關与する要因は複雑であるので、止葉内成分とくびいもち発生程度との相関の状態は、年による偏差が大であって、予察基準に不向な面があるということである。今後研究を重ねて検討する必要があると結んでいる。

現在では止葉 ~ 3 葉の上位葉に形成した病斑数、形態を重視して、穂いもちとの関係を予察する方向にある。これでは葉分析のような操作も不必要であるし、出穂期のかなり以前に直接圃場を調査してまとめれば、防除時期にも間に合うし、また病斑の出現は、宿主の抵抗の強弱、病原力、環境条件の総合結果であるとの見解にたてば、合理的な調査法と言うことができる。

表3 葉鞘蓄積澱粉長率による葉いもち病葉率の推定表

(堀 1965)

澱粉長率(%)	10>	11~20	21~30	31~40	40<
予察日					
7月11日	多	中(少)	少(中)	少	少
7月16日	多	中(少)	少(中)	少	少

注；品種 中生旭1号、病葉率調査8月3日(最盛期)発病少、中、多はそれぞれ病葉率10%>、11~30%、30%<、()内はときに該当することがあることをしめす。

表4 穂孕期における止葉珪化度および

1株当り総病葉数による首いもち病発病率の推定表

(堀 1965)

1株当り病葉数	10>	11~20	21~30	31~40	41<
止葉珪化度					
20>	20.6	24.2	33.2	47.0	64.2
21~40	13.4	17.1	18.3	—	—
41~60	6.5	12.1	—	—	—
61~80	6.1	—	—	—	—
81~100	4.9	—	—	—	—
101<	2.5	—	—	—	—

注；品種 中生旭1号、(—)は該当値なし。

表5 予察要因のちがいによる首いもち病発生予察の的中率 (堀 1965)

予察要因	誤差の許容範囲	
	±5%	±10%
(A) 株当病葉数	33.0	75.0
(B) 止葉珪化度	22.5	65.0
(C) AとBの組合わせ	66.7	91.7

注：(A) $Y = 1.34 x_1 + 3.40$ X_1 …1株当り総病葉数
 (B) $Y = 55.5 + 22.1 \log x_2$ X_2 …止葉珪化度
 Y …首いもち病発病率

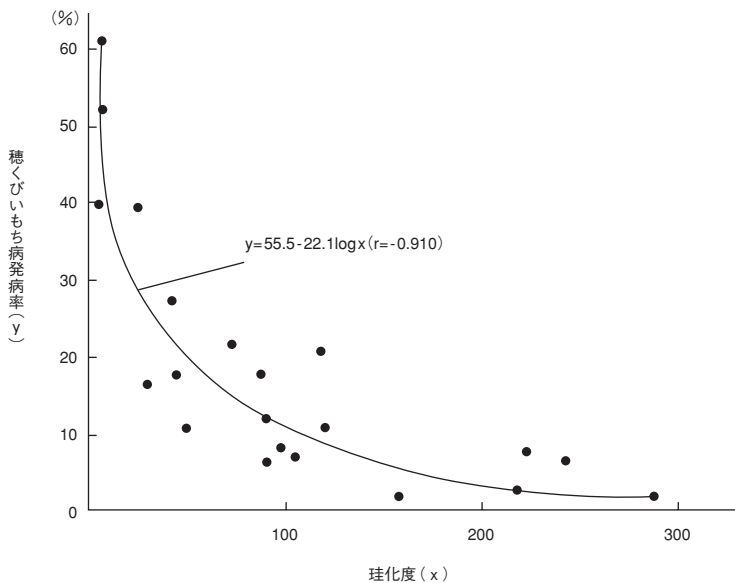


図4 止葉珪化度と穂くびいもち発病率との関係 (堀 1995)

4) 複数要因を組合わせた予察方法

いもち病発生の多少をきめる要因は、宿主であるイネの抵抗力の強弱、病原菌の攻撃力(病原性の強弱、レースとも関連する)、環境によって支配されることはこれまでも述べてきた。

したがって、そこに生育するイネが今後どのようないもち病発生の経過をたどるのか、それを事前に(少なくとも防除適期までに)予測するためには上記の3要因についての相互の関連を出来る限り詳しく、正確に調査していく必要がある。つまり、発生予察の精度を高めるためには単一な要因ではなしに、発生に関係する多くの要因を可能な限り取り込む必要があり、その要因の選定、組み合わせ、発病に対する影響の程度などを予測的に組立てていくことが大切である。また単に最終段階の発生度を示すものではなく、時々刻々の病勢変化を推測できるものであれば発生予察上いっそう利用価値が高いものとなるであろうから、今後関係者の努力を期待したい。

これらに関する業績を簡単に紹介する。

(1) 伝染源量とイネ感受性を組合せた穂首いもちの予察

前に述べたように、堀貞雄氏は止葉の珪化度と穂ばらみ期の株当たり総病斑数(葉いもち)の2要因を組合せて穂首いもち発病率を予察すると単一要因よりものち中度が高くなった。

(2) 伝染源量と侵入環境を組合せた葉いもちの予察

胞子の飛散量を測定し、これを予察に利用しようとした最初の試みは長野農試の栗林氏らによって行われたことは既に述べた。この胞子飛散量をそのまま予察に利用するよりはイネ体に付着した胞子数、さらにはそれからイネ体に侵入した胞子数を利用することの方が精度を高めるう

えで有利であることは当然である。このような観点から金章圭、吉野嶺一氏⁹⁾らはイネ体への侵入可能な孢子数を次式のように算出した。

$$PSN = DSN \times RA \times MIP \times RI$$

$$DSN = CSN \times C \times LA / GA$$

但し、PSN；株当り推定侵入孢子数

DSN；株当り推定付着孢子数

R A；付着器形成率

MIP；最高侵入率

R I；侵入比率

CSN；孢子採集数の高度補正值

C ；補正係数

L A；葉面積

G A；カバーガラス面積

この侵入可能孢子数の算出に当っては、回転孢子採集数、結露計によって測定した葉面ぬれ時間、風速、気温等の調査結果を用いて行い、推定侵入孢子数とその累積値から病斑数を計算した。その結果、病斑の推定値は実際の発病調査とかなり一致し、今後基礎的な調査をさらに進めることによって、一層精度を高めうるものと述べている。

吉野氏²⁴⁾はさらに検討を重ねた結果、毎日の侵入量の計算実例を示した。その算出基礎としては、伝染源量×イネの生育時期別侵入率×侵入比として毎日の侵入量を求めている。

(3) 伝染源量、侵入環境、

イネの感受性を組合せた葉もち、穂もちの予察²⁾

侵入する病原と宿主の感受性、及びそれらをとるまく環境の三大要因

を組合せて予測する方式である。本病の発生生態に基づいて各要因を一定の尺度で数量化し、これを総合化して予測式を組立てたもので本病の発病度を5～7日ごとに予測し、病勢進展様相として示したものである。

a. 葉いもち病斑数とその病勢進度の予測式

$$EL(n) = [EL(n-1) - EL(n-3)] \times IS \times RE(n-1) \\ \times AT(n-1) \times FDI(n-1) \times V(n-1) \\ \times LR(n-1) + EL(n-1)$$

但し、EL(n-1) ; n期間における累積病斑数

IS ; 孢子形成指数 (5とする)

RE ; 孢子形成抑制指数 (株当たり病斑数に応じて1.0～0.05とする)

AT ; 孢子付着指数 (出穂直前は0.08、他は1.0とする)

FDI ; CI×R×ILの7日間の和

CI ; 温湿度指数

R ; 降雨指数

V ; 病原力指数

IL ; 葉いもち侵害率

LR ; 病斑形成抑制指数

予察時期は7月上旬～8月上旬とし、7日ごとに行う。

b. 穂いもち発病穂率とその病勢進度の予測式

$$EN(n) = TV \times TWR(n-2) \times INI \times V(n-2)$$

×AG (n-2) ×TWS (n-2)

×NR (n-2) +EN (n-1)

但し、EN (n) ; n期間における累積発病穂率

T V ; 穂いもち伝染源量指数

T W R ; 気象指数

I N I ; 穂いもち侵害力指数

V ; 穂いもち病原力指数

A G ; 生育度指数

T W S ; 風指数

N R ; 穂いもち発病抑制指数

予察時期は出穂2日前から5日ごとに行う。

青森県において本予察法的な程度は、年次、品種、施肥量が異なる条件下でも実測値とほぼ一致し、また病勢の進展様相ともおおむね一致するという。

千葉末作氏は既述の葉鞘接種法によるイネ体のいもち病感受性検定の試験に力を注ぎ、精力的にその実施に当った。その成果から葉いもち侵害率、病原力指数、穂いもち侵害力指数にこの葉鞘接種による進展度を活用し、上記の葉いもち、穂いもちの予察式に使用している。

葉鞘検定法によるイネ体の葉いもちの侵害抵抗性と、さらに穂いもち侵害抵抗性にまでこれを利用して予察式導入を試みたのは千葉氏が最初である。

5) シミュレーション予察

コンピュータの普及に伴って大量の情報が短時間で容易に処理できるようになった。発生予察分野でも、被害状況、気象データ、発生相の地域区分などにコンピュータが利用されるようになってきた。しかし、発

生時期、量を予測する手段としては、入力するデータの種類や重みづけ、相互関係などとともに、病原菌、宿主、環境の発生动態を数量的に表現する処理手段を数式で示した予測モデルをどのように構築していくかが問題となる。背景には綿密な生態的な解明とともにその資料集積が必要不可欠であるから、今後その視点にたった研究とデータ集積に期待しながら、シミュレーション予察の展開を待ちたいと思う。

福島農試の橋本晃氏ら³⁾は、葉いもちの病勢進展をイネの生育経過、抵抗力変動、いもち病菌の動向、気象要素の相互関係から追跡するコンピュータのシミュレーション・モデルを作成した。

モデルの要因関連図とその実行に必要なデータとパラメータは図5と表6に示したとおりである。このうち気象条件はアメダスの観測値と水田畦畔に設置した結露計で得たデータを使用している。また、イネ生育特性、栽培条件、孢子飛散特性は経験的に推定される暫定値を入力している。

モデルではこれらの入力値に基づいて、イネ主茎の葉齢と株当りの葉面積の変化を日別に算出、次いでこの葉身に初期病斑が伝染源となって同一株上でふえていく葉いもち発病量を算出した。いもち病菌の生活環に沿った感染から病斑形成と孢子形成、飛散までの流れの量的変化を3時間または1日経過ごとにそれを葉位別に演算して、それからイネ抵抗力変動、孢子動向、感染量、葉位別病斑数、病斑面積率等の経過を日別、時刻別に求めたものである。

その結果、この方法は病斑の潜伏期間に相当する約7日間の短期予察に対しては確定的な資料が得られ、初発生の推定、進展量の測定には有効であるとし、長期予察に対しても通常の気象経過を前提とすれば発病量の範囲を示すのに役立つとしている。根本文宏氏ら¹⁴⁾はその後、福島県で葉いもちが多発した1991年にこのシミュレーション・モデルの適合性について検討し、このモデル利用の発生予察結果から葉いもち適正防除について試験した。

その結果、葉いもち発生経過の予測はほぼ的中し、また、それに基づいて葉いもち全般発生期に薬剤散布を行ったところ、慣行散布に比較して高い防除効果が得られたと報告した。

青森農試の太田恵二氏ら¹⁶⁾も福島農試と同時期にシミュレーションプログラムによる葉いもちの発生予測を試みている。

いもち病の発生から終息までのフローチャートを作成し、病原菌と環境、宿主間の相互関係についてのデータを数量化し、シミュレーションプログラムを作成した。

処理結果から各年次ごとに葉いもち病斑数をもとめているが、この数値(計算値)と実測値を比較して、その適用性の状況を検討している。具体的には1973年から76年まで4ヶ年と1979年から'81年まで3ヶ年について品種ふ系69号とムツホナミ、レイメイを材料として検定した。

その結果から計算値と実測値の間には時期的推移でみると必ずしも一致しているとは言切れない点が見られるので今後さらに検討を重ね、精度を高めるための努力が必要であろう。

6) 予察情報に記載される主な用語について

これまでに発生予察の項で用いられている用語のうち、主なるものについてみると概略下記のように説明されているので参考までに記載する。

感染好適条件；

いもち病の全般発生開始期または急増期をもたらす気象条件をいう。このような気象条件が現れた日を感染好適日ともいう。アメダステータを利用した発生予察では、気温、降雨、風速、日照で計算するが、大まかには最低気温15～16℃で、夜間イネの葉が10時間以上継続して濡れている状態をさす。他の予測法では小林次郎氏が述べた「当日午後、翌日午前のいずれか、或はその両日が曇天もしくは

は雨 天で、夜は結露がみられるか微雨、無風または微風で最低気温 16℃以上」が感染好適条件となるから、これを参考にしてもよい。

全般発生開始期；

病斑密度、発生時期に関係なくひとつの地域内のほとんどの水田で発病している状態。広域的初発生期ともいう。その時期の病斑密度は 10 アール当り平均 100 個で、それは水田にはいり 1,000 株以上を注意深く観察してやっと病斑が見つかる程度である。病斑の色彩が斉一な孤立散在の状態で見い出される。感染好適条件が出現した日からほぼ 7 日後におこる。

散生病斑；

水田内に特定の伝染源がなく、病斑が散在してある状態をいう。全般発生開始期の病斑分布の特徴。1,000 株をていねいに調査して 1 ～ 2 個の病斑が見つかる程度。

坪発生；

取置き苗や持ち込み（後述）等の特定の伝染源を中心として病斑が集中分布している状態。また、特定の伝染がなく、周囲よりやや高い密度で病斑分布をしている状態も示す。あわせて病斑が集中分布していることも表現することがある。

急増期；

一般には病斑が指数的に増加する時期。いもち病では全般発生開始期から約 1 週間後に起こり、その後も漸増期、急増期をくり返してまん延する。全般発生開始期を基準にし、約一週間後に次の世代の病斑が現われる時期を病斑の増加密度に応じて流行開始期、または発病増加開始期と呼び、茎葉散布を開始すべき時期にあたる。水田内では比較的容易に病斑が見つかる程度に高まる。おおよそ株当り 0.1 ～ 1 個の病斑。

持ち込み；

発病している苗や菌が侵入を終えて潜伏期間中の苗を本田に移植すること。本田での重要な伝染源となる。同様に苗を取置き曲として放置することは、持ち込み苗とは表現しないが、持ち込み以上の伝染源となる。

早期発生；

相対的に早い発生をあらわし、例年より全般発生開始期が早い場合も、全般発生開始期以前にまん延している場合のいずれも早期発生で、病理上の区別はない。しかし、全般発生開始期以前にまん延していることを示す場合は、防除上特別な対応が必要なので、岩手県ではそのことがわかるように表現することになっている。

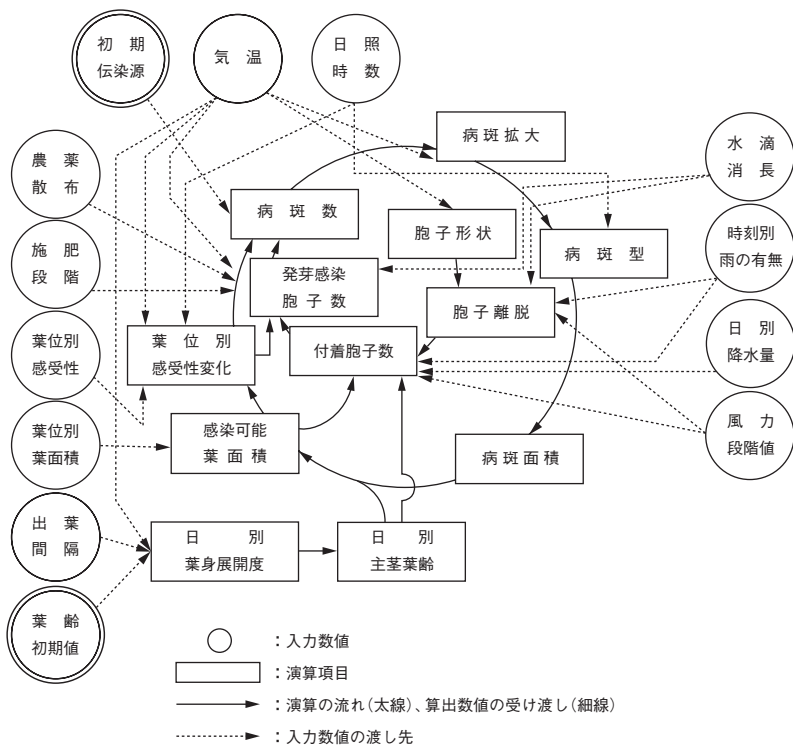


図5 モデルの要因関連図

(橋本ら 1982)

表6 入力するデータとパラメータ

種類	具体的項目
(I) 気象条件	a) 1日8回観測気温 b) 3時間ごとの平均風力階級値 C) 同降雨の有無 d) 日別日照時数 e) 同降水量 f) 水滴保持開始時刻 g) 多量水滴の保持開始時刻 h) 水滴消失時刻
(II) イネの生育条件	a) 6月1日の葉齢 b) 葉位別の出葉間隔日数 c) 葉位別株当たり葉面積 d) 出葉速度制御係数 e) 葉身の老熟化所要日数 f) 葉位別抵抗力係数
(III) 耕種条件	a) 施肥段階係数 b) 農薬防除の有無 (防除回数、月日、使用農薬の特性)
(IV) 孢子空中飛散特性	a) 垂直拡散の定数 b) 水平拡散の定数
(V) 伝染源の初期値	a) 感染月日 b) 感染葉位と病斑数

●参考文献

- | | |
|--------------|----------------------------|
| 1) 千葉未作ら | 北日本病虫研報 32 (1981) |
| 2) 千葉未作 | 青森農試研究報告 27 (1983) |
| 3) 橋本晃ら | 北日本病虫研報 33 (1982) |
| 4) 堀貞雄 | 日植病報 31、記念号2 (1965) |
| 5) 岩手県 | 植物防疫20年のあゆみ 29～30 (1972) |
| 6) 岩手県 | 平成7年度稲作指導指針 108～109 (1995) |
| 7) 岩手県病害虫防除所 | 平成7年度植物防疫年報 (1996) |
| 8) 加藤肇ら | 農技研報告 C28 (1974) |
| 9) 金章圭ら | 日植病報 41.5 (1975) |
| 10) 小林次郎 | 秋田農試研究報告 26 (1984) |

- 11) 小林次郎 いもち病～研究と実際場面から～武田薬品、
日本イーラーイリリー、No.15 (1986)
- 12) 小林裕 病害虫発生予察特別報告 15 (1963)
- 13) 松橋正仁ら 北日本病虫研報 41 (1990)
- 14) 根本文宏ら 北日本病虫研報 43 (1992)
- 15) 小野小三郎 いもち病を探る日本植物防疫協会 156～157
(1994)
- 16) 太田恵二ら 北日本病虫研報 33 (1962)
- 17) 太田恵二ら 北日本病虫研報 35 (1984)
- 18) 太田恵二ら 北日本病虫研報 36 (1985)
- 19) 齊伴男 宮城農試報告 29 (1962)
- 20) 鈴木穂積 北陸農試報告 10 (1969)
- 21) 高橋富士男ら 北日本病虫研報 43 (1992)
- 22) 高橋喜男 稲熱病発生予察のための2・3の基礎資料、
植物防疫課 (1957)
- 23) 吉野嶺一 北陸病虫研報 21 (1973)
- 24) 吉野嶺一 北陸農試報告 22 (1797)