



第3章 発生生態

1 感染までの仕組み

毎年、いもち病菌は第一次伝染源を出発点として、イネ体上で次のサイクルで生活をくり返している。

第一次伝染源→孢子形成→離脱・飛散→イネ体付着→発芽・付着器形成→イネ体侵入→組織内菌糸伸展→病斑発現（発病）→病斑拡大→孢子形成→離脱・飛散…→。

この生活史の各場面について以下に述べていく。

1) 第一次伝染源

第一次伝染源とは次年の最初の発病をひきおこす根源を言うか、いもち病では被害わら、罹病種子、もみ殻、イネ以外の植物のいもち病などがあげられるが、さてその各々について詳しく検討すると、まだ不詳の点も多いのである。個別にそれらについてみてみよう。

(1) いなわら

いもち病にかかったわらを乾燥状態で貯蔵しておく、病患部からはよく菌が分離できる。私はとくに節いもちの部分で分離に用いた。したがって古い時代の慣行であるわらの室内貯蔵、わら加工品（なわ、こも、むしろ等）等では十分に越冬し、翌春になって、種々の農作業材料として野外に持ち出された場合には、温・湿度を得て孢子形成にいたり、それがイネ体上に飛来して伝染源となるケースである。今日でも量の多少はあっても、これが有力な伝染源であることには変わりないと思う。一方今日の主流であるコンバインによる収穫、細断いなわらの田圃への放置ではどうであろうか。東北地方のように、冬期寒冷で積雪の多い地帯では、これまでの調査では、散乱状態では菌は死滅し、越冬は出来ないと結論されていた。しかし、これを1mの高さに堆積しておく、その

内面では地面から 30、50、80 cmのところでは菌が生存していて、越冬することが証明されている^{28,29)}。積雪前にこれらのすべてが圃場に薄く散布され、さらに秋耕で土壌中にすきこまれるのであれば、とくに問題になることはないであろうが、前述のような水田内、外での堆積は、翌春までの菌の生存を助け、伝染源として役立っていくものと推定される。この点に関し、さらに詳細な試験の実施を希望する。

(2) もみがら、いなわらと育苗ハウス

むかし 1956 年から、商標高地帯ではビニール畑苗代が普及して、健苗育成に力を発揮したことがあった。当時の苗代づくりは、ビニール被覆のために竹、木等で支柱と枠をつくり、さらにそれを結束するのになわを使用した。私はこれにならって、節いもちにかかったわらでなわをつくり、上記の結束用に使用して、この苗代内で苗いもち発生があるか否かを試験したことがある。併せて罹病したわらを苗代内につり下げて、ここで分生孢子形成があるか否かについても調査した。その結果、分生孢子形成を確認するとともに、苗の発病も認めることが出来た^{45,46)}。

当時は管理の都合上、この苗代は住宅のごく近くに設置されていたので、必然的に「積みわら」と接近していて、このことが苗いもちの発生を招く結果となったものである。

今日では前にも述べたように、コンバイン収穫のため、わら利用は少なく、したがって畑苗代でみられたような事例は、あってもわずかなものであろう。

箱育苗の現在では、以下に述べるようなケースが稀にみられるので紹介する。

箱育苗法が普及しはじめた 1970～1975 年にかけて、育苗ハウス内は連日の灌水のために地面がぬかるみ、管理作業が難渋したので、歩行路や箱の設置面に、もみがら、わらを敷きつめて、その解消をはかったも

のである。そのためにばか苗病といもち病の発生で苦労した問題があった。現在では経験も積んだので、このようなことも姿を消したが、当時はこの現象はすべて種子消毒剤の責任に転嫁され、電話で「この薬は効かない」とか、「こんな処方はだめだ」と苦情がよせられたものだった。当方も技術的に納得できないので、現場に行ってみると、上記のような実態であった。

このような失敗を重ねながら、今日の育苗技術が出来たのであるが、それでも稀にはまだ同じようなことをしているのが見受けられるのは、作業者の老齢化だけによるのだろうか？、1994年もこんな例があったので紹介しよう。育苗ハウスの出入口近くにもみがらを堆積しておいたという（前年11月から移植後まで山積した）。育苗後期の2.5葉期頃から徒長（ばか苗病）が目立ったので、徒長苗を除去してから、外見上健全苗のみを田植したが、約1ヶ月後から本場で再び徒長苗が目立つようになった。育苗期間中は、外からもみがらが風に運ばれて、ハウス内に散乱するようになった…という。農家も営農指導員もその原因がつかめないで困っている

との電話が私あてに来た。

このことに関して、試験成績を添付して、次のように回答した。

- 1 ばか苗病の発生は、苗箱に飛散したもみがらから感染したものであること（通常もみがらは保菌しているとみてよい）。
- 2 葉齢3葉まで感染・発病するから、このケースはこれに該当すること。
- 3 ハウス内は高温で・潜伏期間（感染から発病までの期間）が短い（約10日ほど）。先に感染したものは移植前に発病（徒長）したが、おくれて感染したもの（もみからのハウス内飛散は長い期間にわたってあったため）は、移植後はハウス内より低温であり、潜伏期間が長くなり、このことから6月中旬ごろから発病することになる。これも現場の状況と一致する。

- 4 苗齢別の接種試験では、種子、鞘葉抽出時、本葉1葉期・同2葉期～同5葉期毎の菌接種で、3葉期まで発病、4～5葉期接種では発病しないこと（接種試験成績添付）。

以上は1994年新潟県でみられた実例である。このほか苗病発生の生態は、そのままもち病発生にも同じく適用されるので・引用が長くて恐縮だが紹介した次第である。

（3）種子伝染

いもち病は、ばか苗病、ごま葉枯病とともに種子伝染することは古くから知られていたことである。また、種子消毒と塩水選の実施によって、これらの伝染源を除去、または殺菌することも重要な技術として定着していた。

種子を水につけたあととり出し、シャレーに濾紙を敷いた上に播いて25℃前後に2日ほど置いてから、低倍率（30倍ほど）で調べてみると、もみの基部（護穎）に、霜降り状の白い胞子が沢山形成しているのが観察される。ルーペを用いてもよい。もし、穂いもちの発生したほ場から採種した場合、その保菌状況を知りたいときには、播種前にこのような調査を行うのも、現場では大切な仕事であろう。箱育苗では種子消毒したあと播種しても、苗いもちが少量発生することがあり問題となる。

しかし、いもち発生のための試験法マニュアル（山形農試案）にも述べたように、実際にいもち病を意のままに発生させるためには、現実にそれほど頻繁にはあり得ないような操作を行ってはいじめて可能となるので、その因果関係についての吟味を要望したい。

箱内の感染、発病、或いは本田内に長く放置される補植用苗の早発（本田移植苗の発病よりも早いこと）は、もみがら・いなわら等ハウス内外の動向（孢子形成時期、飛散など）とより深い関係があるように思うのだが、試験例が少なく、想像の域を脱しない。本田に放置された補植

用苗の早発は、1、ハウス内の感染であり、それが本田でおくれて発病したか、2、本田内で生育量の増加に伴って過密となり、このため水滴の蒸散がおくれ、長時間のぬれによって、その頃飛散した胞子の侵入を許したか、或いは1、2とも関与しているのか？ははっきりしない。現在では現象面の調査事例は多いのだが、実際に胞子形成の場所と時期、飛散の実態、補植苗上における行動、発病に至る時期と本田生育との関係など、納得のいく試験成績に乏しいのが実情である。

(4) イネ以外の植物

イネに病原性を示すPyricularia菌の自然発生する植物は、イネ以外に31種の植物で確認されているが、その中でタケ、ササ類を除くネズミムギ（イタリアンライグラス）、クサヨシ、ハトムギなどは冬期間枯死する場合は、イネ被害わらに準ずるとみてよいと考察されているし、またこれらの自然発病は、イネいもち病の発生後であることから、たとえイネに寄生性があったとしても、第一次伝染源にはならない。

イネ以外では、タケ、ササ類は生葉が着生したままで冬期間を経過するので、いもち病菌は、これらの生葉の組織内で越冬し、翌年の第一次伝染源となる可能性がある」と指摘する研究者もいるのでその概要を述べてみよう。島根大学農学部の糸井節夫氏らのグループは、1977年8月～9月に島根県下でタケとササの葉に、いもち病の自然発病しているものを発見した。この研究結果の要約は以下のとおりである^{7,8,9)}。

- 1 このタケ、ササ類生葉の越冬前のいもち病斑は紡錘型が多く、越冬中と越冬後の病斑（1978年1～7月採集）は不規則大型が多い。
- 2 同年3月下旬以降Pyricularia属菌が寄生したタケを8県（鹿児島、熊本、広島、岡山、島根、鳥取、滋賀、和歌山）から、ササを6県（広島、岡山、島根、鳥取、滋賀、和歌山）から採集した。これらはすべて越冬病斑であった。

- 3 供試したタケ菌 16 菌株、ササ菌 5 菌株はすべて供試したタケ、ササに病原性を示した。タケ菌、ササ菌とも噴霧法で人工接種が出来た。
- 4 タケ菌 13 菌株のうち 5 菌株、ササ菌 3 菌株のうち 1 菌株はイネ（新 2 号、愛知旭の両方または新 2 号）に病原性を示した。
- 5 タケ菌 T 300 菌株は新 2 号、愛知旭、石狩白毛に罹病性病斑を形成したので、007 レースであると判定した。
- 6 供試したイネ菌 10 菌株のうち、8 菌株はタケに、9 菌株はササに病原性を示した。T-2、C-1、C-8、N-2 の各レースはタケ、ササ両方に病原性を示した。また、噴霧法で接種が可能である。
- 7 1978 年 1 月下旬～8 月下旬の島根県下での調査によると、*Pyricularia* 属菌はタケ、ササ類の生葉の病斑内で菌糸で越冬する。越冬後も罹病葉は生存を続け、8 月下旬に採集された。温室処理により病斑上に高発芽率の分生胞子が形成された。
- 8 1977 年秋、タケ菌（T 300）を人工接種した鉢植のピロウドナリヒラと自然発生のケナシナリヒラを鉢植にして室内においた。罹病葉は越冬し、8 月中旬まで生存したのもあった。温室処理により病斑上に分生胞子を形成した。
- 9 1978 年 6 月 22 日、島根県広瀬町布部の水田に隣接した場所でみつけたマダケの罹病葉率は 6.9% であり、越冬病斑であった。
- 10 1978 年、島根県下のタケ・ササの生葉の越冬病斑上で、分生胞子形成は 5 月 10～13 日に認められた。タケの第一次初発病は 6 月 1～5 日に認められた。

以上が糸井氏らの報告内容である。このことからみれば、タケ、ササの罹病葉の組織（病斑内）で菌糸で越冬することが明らかなので、それはイネ罹病株の発病部位（例えば節いもち）で菌糸越冬し、翌年に温、湿度を得て、分生胞子を形成して、その年の第一次伝染源として作用することと全く異なるところがない。事実 5 月 10～13 日に分生胞子を形

成し、6月1～5日にタケ上で第一次病斑を形成しているの、これは田植直後の時期に相当するから、タケ、ササ自生地（病斑形成葉を持っていることが条件）が水田に隣接しておれば、そこから水田内のイネに感染、発病の可能性は十分に考えられるところである。

なお前項に述べた採集地のタケ8県とは、鹿児島、熊本、広島、岡山、島根、鳥取、滋賀、和歌山、ササ6県とは、広島、岡山、島根、鳥取、滋賀、和歌山の諸県である。

この報告にみられるPyricularia属菌の越冬する地域は、東北地方とは冬期間の気象条件が異なるので、この結果がそのまま該当するとは考えにくい、東北地方でもタケの生育地は多いし（冬期は温暖な場所で自生の傾向はあるが）、ササ類においてはタケ類を上廻る多くの自生地を有するので、宿主量としては前記地域とくらべても遜色はない。

今日では実際にタケ、ササのいもち病が伝染源となってイネにいもち病が発生したという事例は確認されていないが、先に述べた越冬病斑上の分生孢子形成時期（イネわら上の形成時期やいもち病発生時期と一致すること）から考えて、第一次伝染源となる可能性は否定できない。

イネいもち病菌は、先にも述べたように、現在のところ完全時代（子のう孢子的形成）はイネ体上では見つかっていない。オヒシバ、シコクビエ菌との交配で実験的に確かめられたのみである。このようなことから推理すると、自然条件下で最もイネとの交流の可能性をもつタケ、ササ類いもち病菌について、菌の交雑についての検討が必要ではないだろうか。イネいもち病菌の新しいレース誕生のメカニズムや、イネいもち病抵抗性品種育成に対しての、示唆や新知見などが得られるかも知れないからである。東北地方において研究のとり組みを要望したい。

2) 分生孢子的形成

いもち病の伝播拡大は、病斑上に形成した分生孢子的の離脱・宿主上の

定着、侵入によっておこる。したがって、自然環境下での胞子形成の実態について理解することが大切である。これらの研究業績は、古くは京都大学、長野県農事試験場で逸見武雄、栗林数衛両大家をはじめとして、近年では岩野正敏、吉野嶺一両氏が北陸農試で行なった業績、及び他の研究があるので以下それらについて紹介しよう^{12, 13, 22, 51, 52}。

病斑上の胞子形成は湿度 89 % 以上で始まり、93 % 以上で高湿度ほど胞子形成が旺盛に行なわれる。湿度が胞子形成に十分な条件下にあっては、温度によって左右される。その場合は 12 °C から正常胞子が形成され、温度が高まるほど形成量が多くなり、28 °C で最高となり、これより高温になると急減して、34 °C ではごく僅かの形成となり、18 ~ 20 °C と 30 °C では、最高形成時(28 °C)の 1/2, 14 ~ 16 °C と 32 °C では 1/4 の胞子形成量である(加藤ら¹⁵)。

次に胞子形成の過程について、次のような観察結果がある(豊田ら)のでそれを紹介する⁴⁴。

- 1 室温下で病斑部での胞子形成過程を観察した。
- 2 病斑上の既存の胞子と分生子柄を取除いた試料を室温中に置いた。
- 3 この 6 時間後に分生子柄の出現が見られる。7 ~ 8 時間後に胞子形成が始まる。
- 4 分生胞子が形成し始めて完成されるまでに 40 分を要した。
- 5 第 2 の胞子は第 1 胞子の完成された 1 時間後に完成する。1 本の分生子柄上には、6 ~ 7 コの胞子形成がみられることが多い。

以上の順序であるが、温室内形成開始は 4 時間後(加藤)、6 時間後(栗林、岩野)と研究者によって若干の相違点がみられるが、それは実験温度差によるものとみられる。

胞子形成は自然環境下では、晴天日には主として夜間に行なわれる。日中は湿度 90 % 以下に下降するために、分生子柄は萎れた状態になっているため、胞子形成は不能であり、新しい分生子柄形成も行なわれない。

これに対して、日没とともに株間湿度が高まると同時に既存の分生子柄が膨潤となり、胞子形成を再開して、新しい分生子柄も形成されてくるためであるとした（栗林）。そして分生子柄が再膨潤した際には、その上に形成途中の未熟胞子はそのままで、再膨潤して成長することはなく、これは退化消滅して行く。そして同じ分生子柄上に新たに胞子が形成される（吉野）のである。この現象は胞子発芽時にもみられる。即ち、発芽途中で水分が蒸発して、乾燥状態になれば胞子は乾固して、次の夜に湿度が高まり、水滴が出来ても発芽行動を再開することは出来ないことと同じ現象である。

夜間の胞子形成は2山型がみられる。1つは午後11時ころにみられる山であるが、これは前日までに形成された分生子柄上の分生胞子である。2つめは午前3時ころにみられる山であり、それは新しく形成された分生子柄上の胞子形成の山である（Kato）¹⁶⁾。

栗林らは新病斑上の胞子形成率は午後6時～10時が最も多く、これに次いで午前4時～6時、胞子数は午後6時に多いとした。また、同一病斑上の2時間毎採集では、胞子形成率、胞子数とも午後8時～12時と午前6時ころの2山があるとし、この両者の調査結果がほぼ一致している。同氏らは室内の適温湿度条件下の分生胞子形成時間は、最短6時間、普通8時間だから、理論的には1日3～4回形成し得るが、日中の乾燥と日光照射のため理論どおりにはならない。形成回数は温湿度が適当だと夜間2回波状に行なわれる。第1回の形成波は午後6時～10時、第2回は午前2時～6時であると述べている。

病斑上に形成される胞子数は、病斑の部位、来歴、当日の天候、病斑型、宿主の抵抗性等によって異なる。病斑型と胞子形成量では、yb,bg型と罹病性病斑に近づくほど胞子形成数が増加し、抵抗性病斑のb型ではほとんど認められない（市川、豊田）^{10,44)}。

発現後の日数の短いp、w型病斑は胞子数は少ないが、pg、ybgでは

1万個以上の胞子が形成される。また、P、W型の新しい病斑ほど温室処理後すみやかに胞子形成が行なわれ、開始6～8時間後の離脱胞子数の比率がPg,ybgより高い(岩野、表1参照)。

葉もち病斑の形成位置では、葉身基部の方が先端部側よりも多く、また早いといわれている(岩野)。

圃場抵抗性の弱い品種の病斑上で胞子形成が多い(山口ら)⁴⁷⁾。

また、多チッソ栽培のイネでは普通肥栽培イネより胞子形成が多いと述べている。

以上述べてきたように、病斑上の分生胞子形成についてみると、宿主の抵抗性、病斑型、環境条件等で形成数が異なり、その形成時間も湿度の影響を受けるなど要因が複雑である。

表1 病斑型・面積を異にする病斑の裏面からの離脱胞子数(室内試験)

(岩野1982)

試験開始後時間	病斑No.	1	2	3	4	5	6	7	8
	病斑型	P	W	pg	pg	pg	ybg	ybg	ybg
	病斑面積	1.1mm ²	2.3	6.9	8.1	10.6	13.4	25.9	26.8
6～8 時間		187個	522	1,139	2,023	2,692	2,332	3,494	4,247
		(22.9)	(25.5)	(15.5)	(17.7)	(18.6)	(15.0)	(13.5)	(9.0)
8～10		247	541	2,332	3,013	4,060	4,580	6,773	10,139
		(30.3)	(26.5)	(31.7)	(26.3)	(28.0)	(29.5)	(26.2)	(21.4)
10～12		172	428	1,668	2,472	3,300	3,498	6,175	11,116
		(21.1)	(20.9)	(22.7)	(21.6)	(22.8)	(22.6)	(23.9)	(23.5)
12～14		126	305	1,428	2,213	2,618	2,952	5,096	11,099
		(15.4)	(14.9)	(19.4)	(19.3)	(18.1)	(19.0)	(19.8)	(23.5)
14～16		84	248	782	1,730	1,826	2,146	4,258	10,694
		(10.3)	(12.1)	(10.6)	(15.1)	(12.6)	(13.8)	(16.5)	(22.6)
合計		816	2,044	7,349	11,451	14,496	15,508	25,796	47,295
		(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

注) カッコ内数字は試験開始後6時間めから16時間めまでの総離脱胞子数に対する比率(%)。

3) 分生胞子の離脱と飛散

病斑上に形成した胞子は、成熟すると分生子柄から離脱する。そうして空気の流れにのって飛散し周辺に拡散する。風雨によって運ばれてイネ体内に付着し、条件が満たされればそこから発芽、侵入して感染がおこり、順次拡大して伝播するのである。したがって、古い時代からこの胞子飛散量、状態を調査して、イネ体、気象等の要因と関連させ、以後の病気の発生状態を予測しようとする研究が行なわれたのである。

中でも1934年から長野県農事試験場で栗林数衛氏らによって精力的にこの仕事が進められてきた。その結果、イネ生育中の一定期間の胞子飛散状況と、くびいもちの発生との間に密接な関係のあることを発見して、その飛散傾向から出穂3～4週間前に、くびいもちの発生程度を正確に予察できるようになったものである。

戦後化学肥料の生産、使用が次第に増加し、これに伴って病害虫の発生も目立つようになった。農林省は病害虫発生予察事業に力を注ぎ、具体的には全国都道府県農試に予察職員を配置（人件費の補助）し、備品の整備や事業費等の助成措置を行なった。調査事業では、いもち病発生予察のための手法として、この胞子採集法が採用され、各農試ではこれを実施したのであった（発生予察調査実施要綱による）。

私はその頃岩手県農試に採用され（1949年）、そこで最初に手がけたのがこのいもち病菌分生胞子の採集調査であった。前述の栗林氏の胞子採集法が穂いもち予察に有効であるとの実証に基づくものであるが、この方法をマニュアル化するとともに、地域に適合した予察法を確立する目的で行なわれたものである。

栗林氏の胞子採集法によるいもち病発生予察の研究業績は、「稲熱病の発生予察に関する研究：昭27」で報告されているが、その一部は次のとおりである。

- 1 水田中で分生孢子の飛散好適条件は、8月中旬～9月上旬で20.5～21.8℃の比較的低温で、90%以上の高湿度が10時間以上持続する場合で、これは夜間の気象条件である。
- 2 孢子飛散時期は夜間で、昼間は飛散しない。日没後高湿度となり、午後10時頃から飛散が始まり、午後10時～午前2時に最高となり、午前6時～8時頃まで飛散する。
- 3 曇雨天で高湿時には、日中も分生孢子の形成、飛散がみられる。風があり乾燥する夜は飛散しない。
- 4 分生孢子の飛散と高さは、地上1m以下の草冠高で多く、1.5m以上で減少、24mでも僅かに飛散する。
- 5 孢子飛散でくび、ふしいもちの発生は、出穂後の降雨、多湿で多数飛散し、その数日～10日後に多発生。多発年は孢子飛散回数が多い。
- 6 孢子採集数は、採集器よりも採集合採集が多い。圃場の曝露日数は1日が5日間より採集数が多い等々である。

この業績のあと、鈴木、三沢、吉野、橋本、岩野各氏らが離脱と葉面水滴、風、降雨等多面的な検討を加え、孢子離脱、飛散のあとにおこる株（葉）への定着（付着、発芽、付着器形成など）段階に解析が展開していくのである。各氏の検討内容は次のとおりである^{4, 5, 27, 36, 37, 38, 39, 52}。

以下主要な点にふれておく。

- 1 孢子の離脱には90%以上の高湿度が必要であるが、100%に近づくほど離脱量が多くなる。
- 2 気温は11～26℃の範囲では影響しないが、30℃、35℃と高温では離脱が悪い。
- 3 成熟した孢子は、露、溢泌液、雨等の水滴に触れると速やかに離脱、風速4m/S以上の風でも離脱する。
- 4 正常孢子の離脱は明暗の周期が必要で、明期に続いて6～8時間の暗黒期が必要。

- 5 胞子の離脱と飛散は夜半から早朝に多くなるが、晴天日には日の出とともに葉面が乾くので、この時間帯に離脱した胞子は、侵入に必要な時間が不足し、感染、発病には関与しない。18時～0時（前日の夕方から真夜中まで）に離脱した胞子が発病と関係が深い。
- 6 しかし暴雨天で葉の乾きが遅れると、5に述べた夜半～早朝の離脱胞子による感染が増加する。
- 7 1個の病斑から1日に離脱する胞子数は、発病後日数の短いw,p型病斑で800～20,000個、梅雨期間中のybg病斑で約50,000個に達する。
- 8 栗林氏が開発した胞子採集方法は、スライドグラスにグリセリン膠を塗抹して、これを地上1mの高さの板上に固定、水平に静置する簡単な方法であった。後に東大教授、明日山秀文氏によって、回転式胞子採集器が考案されて全国で使用されたのであるが、さらに鈴木氏は回転式胞子採集器を発明した。これは積極的に胞子を捕まえる方式で、従来用いられている静置式採集器（前述栗林、明日山方式を指す）に比較して、きわめて高い採集能力を持つので、水田に用いる場合には、夜中の1～2時間の作動だけで十分目的を達するほどである。現在県農試ほか多くの機関で使用されている。

表2 いもち病菌胞子の採集と時刻との関係

採集 時間	豊科 昭13. 9. 11		豊科 昭13. 9. 20		長野 昭15. 9. 4		豊科 昭16. 8. 18	
	採集 胞子数	天気	採集 胞子数	天気	採集 胞子数	天気	採集 胞子数	天気
14:00	10	晴	0	雨	0	晴	0	晴
16:00	2	快晴	0	曇	0	晴	0	晴
18:00	4	快晴	0	曇	0	晴	1	晴
20:00	0	快晴	0	曇	0	晴	2	晴
22:00	3	快晴	18	曇	4	晴	1	晴
24:00	44	快晴	298	曇	150	晴	21	晴
次日 2:00	61	晴	225	曇	156	晴	24	晴
4:00	106	快晴	255	曇	153	晴	19	晴
6:00	89	晴	107	曇	9	晴	3	晴
8:00	39	曇	20	曇	2	晴	0	晴
10:00	5	晴	4	晴	1	晴	0	晴
12:00	8	晴	0	晴	0	晴	0	晴
14:00								

(栗林数衛ら1952)

表3 分生胞子の形成と湿度及時間との関係 (昭和16年成績)

湿度 経過時間	80%		90%		94%		100%	
	形成歩合	平均 胞子数	形成歩合	平均 胞子数	形成歩合	平均 胞子数	形成歩合	平均 胞子数
2時間	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0
4時間	0	0	0	0	0	0	0	0
6時間	0	0	20	5	40	13	60	39
8時間	0	0	20	8	40	17	60	31

(栗林数衛ら1952)

表4 分生孢子形成と時間との関係（昭和15年成績）

経過時間	孢子形成病斑数歩合	20視野中の平均孢子数
2時間	0 %	0 ケ
4時間	0	0
6時間	20	52
8時間	80	138
10時間	60	133
12時間	100	234
14時間	100	379
16時間	100	483
18時間	100	184

（栗林数衛ら1952）

表5 いもち病菌分生孢子の採集数の多少と発病の多少との関係

月および 半旬別		少発年					中発年				多発年		
		17	20	21	22	23	14	15	19	24	13	16	18
7	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
	4	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1
	5	1	0	0	0	0	1	2	1	1	8	2	0
	6	4	0	0	0	2	1	3	1	3	55	6	3
8	1	4	0	0	0	3	1	2	2	7	88	17	8
	2	4	0	1	1	0	15	2	6	12	294	75	30
	3	2	0	0	1	2	10	8	16	4	194	123	111
	4	35	1	1	1	2	6	37	41	5	217	90	101
	5	1	1	2	0	2	41	14	37	4	365	122	48
	6	4	1	0	3	3	11	13	2	0	197	62	21
9	1	8	1	0	1	1	2	8	11	1	134	23	73
	2	1	1	0	3	3	6	6	7	8	24	1	15
	3	4	1	1	14	1	2	6	6	1	8	10	16
	4	11	1	1	2	4	2	1	2	2	45	2	53
	5	1	1	0	5	1	2	1	1	11	94	2	0
	6	1	0	0	0	0	1	0	0	3	4	11	3
首いもち%		8.4	5.8	1.5	5.9	11.4	17.2	23.4	21.2	18.6	87.2	52.3	55.0
節いもち%		12.8	2.0	0.4	0.6	6.4	12.8	22.9	16.0	17.2	42.9	16.9	19.7

（栗林数衛ら1952）

4) 分生孢子の宿主への付着と発芽・付着器形成

宿主から離脱、飛散した分生孢子は、風、雨によって運ばれて、イネ体に付着し、やがて発芽、付着器形成、侵入の経過をたどる。自然条件下では、孢子の付着、発芽、侵入に至るまでには、いくつかの条件が揃わないといけないので、そのことにふれてみる。

1個の病斑上に形成される孢子量は、ybg型では約5万個にも達すると前述した。したがって、いもち病のまん延に好適した条件下では、よく大な孢子量が空中を飛散しているわけだが、そのうちのごく一部がイネ体に付着、侵入するようになる。

イネ体では孢子の付着には草型、葉位によって差が見られるという。まず葉位では完全展開葉では下葉ほど付着数が多いこと（葉の固さなどが関係するので、侵入数が多いとは限らないが）、葉の水平部分で付着が多いこと、第1葉では基部に、第2葉は先端部、第3葉では中央部での付着が多いという。

莖に対する葉の開度の大きい品種では、全般に付着量が多く、葉身中央部に付着しやすいのに対し、開度の小さな葉身が立型の品種は付着量が少ない。これらは全体的に見て孢子が平らな位置ほど付着しやすいことを意味しているものとみられる。

付着量の多少もこのあと侵入の足場となる水滴の葉上における安定度（孢子侵入完了か、少なくとも付着器形成完了まで）でその侵入量が左右されるから、この孢子付着量の多少だけでは発病と直接関連づけられない。

水滴によって捕捉された孢子は、はじめ水滴表面に浮いているが、水滴の振動で沈下し、葉面に付着して固着し、ここで発芽、侵入行動に入るが、侵入完了前に水滴が蒸散して消失すれば、孢子は死滅して侵入できないことになる。このことに関する橋本氏（1964）の実験結果を述

べておく。

自然付着させたイネ苗を加湿状態としたあと、所定時間ごとに取り出して乾燥すると、加湿 30 分～1 時間後の乾燥処理では、病斑形成数に影響は少ないが、加湿 3～6 時間後の乾燥では病斑数の減少が著しかった。この加湿 3～6 時間後というのは、付着した孢子が発芽管を伸ばし、付着器形成を始めた時期だから、孢子がいったん発芽行動を始めると乾燥に対する抵抗力を失い、死滅するものと考えられる。このことから、いもち病の流行期間であれば、孢子の発芽行動に適した温度条件下にあることから、夜間葉面に付着した孢子は、葉面上に形成された露滴の中で発芽行動をおこし、露滴が乾燥するまでの間に侵入を完了する必要がある。自然条件下では飛散は早朝に多いが、これは日の出とともに葉面が乾くので、この時間帯に離脱した孢子は侵入に必要な時間が不足して、感染には関与できない。このことから 16 時～0 時に離脱、付着した孢子が侵入可能となるわけである。

このように葉上の水滴状態は孢子の発芽、付着器形成、侵入行動にとってきわめて重要な要素であるから、その水滴の葉上滞留時間の長短が後に発病の多少を決定することになる。水滴が安定的に葉上にとどまる条件は次のようなことかあげられる。

- 1 強風は葉の振動がはげしく、水滴を落下させる作用がある。
- 2 降雨も葉上水滴の形成に影響が大きい。とくに強い雨は孢子の付着、水滴形成、滞留を阻害する。
- 3 弱い雨 2 mm/時間、30 分～1 時間の人工降雨では無降雨と大差ない病斑形成数であったが、5 mm/時間では病斑数が減少する。1 時間降雨では 1/2 に減少、さらに降雨時間を長くし、降雨の強さを増すほど減少する。
- 4 降雨による孢子の流亡は、付着器形成までの間におこるから、接種 8 時間までの間に 1 時間の降雨処理で病斑形成が著しく減少し、11

時間後では病斑数は減少していないから、付着器形成後であれば孢子流亡は少ない、等の試験結果がみられている。

孢子の発芽と付着器形成は、12～33℃で行なわれるが、26℃以上では付着器形成は減少する。孢子から伸びる発芽管は表面平滑、その先端に付着器を形成する。付着器膜は厚く、外、中、内層と3層から成り、表面に粘質物を分泌して宿主体表に付き、付着器を固着させている。このようにして宿主に固着した後は、付着器下部から侵入糸が出て宿主内に侵入するとともに、付着器細胞の原形質は侵入糸内に流入し、付着器は中空となる^{2,3)}。

温度は18～29℃の範囲では23℃付近が最も速やかに付着器形成が行なわれる。温度(x)と付着器形成所要時間(y)の間には

$$y = 0.072 (x - 23.2)^2 + 10.9$$

の関係があると吉野氏は述べている⁵²⁾。

以上は孢子の宿主への付着と発芽、侵入に関連した経過とそれに関する環境の問題である。近年になってから、この面の検討が進んだことから、分生孢子の宿主侵入を完了するまでの「発生好適条件」が解明されて、発生予察への利用が展開されている。温度、夜間の風速、降雨条件、結露計の開発利用など計数化と入力によって、精度の高い葉いもち初発期、まん延期の予察などに活用されつつあることは心強いことである。

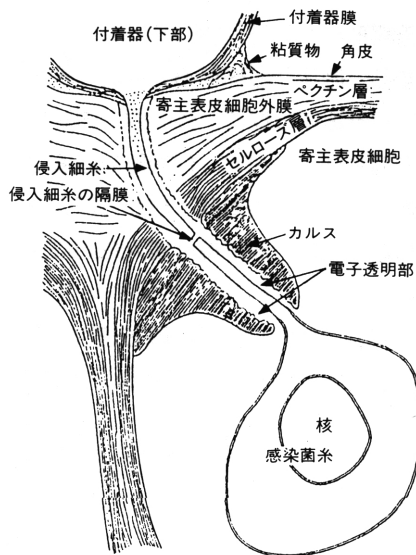


図1 侵入細糸の表皮細胞貫通電顕写真からの模式解読図 (福岡良夫 1972)

表6 胞子の水滴あるいは基物への接触方法と発芽・付着器形成率

発芽床の種類	水滴あるいは基物への胞子の接触方法	発芽率 (%)	付着器形成率 (%)
スライド	スライドへの圧着	93	50
	スライド面への落下	97	25
	水滴内の懸濁	86	20
	水滴表面に浮上	98	2
	水滴面への自然落下	99	9
イネ葉	イネ表面への圧着	—	47
	水滴表面に浮上	—	27

(鈴木穂積 1968)

5) 侵入・定着

いもち病菌の宿主内侵入は、一般的にはイネ体表面に形成された付着器から侵入糸を生じ、これが宿主の表皮細胞を貫通して組織内に侵入する角皮侵入である。その過程は、

- 1 侵入糸は付着器の底部から生ずる。
- 2 この侵入糸は付着器の原形質が流入して次第に生長してくる。
- 3 侵入糸が侵入完了のころには付着器内は空となる。
- 4 侵入糸は宿主表皮細胞外壁のクチクラ層、ペクチン層を通過して、セルロース層に達してから隔膜を形成し、さらに表皮細胞、原形質膜を貫いて、細胞原形質内で急に膨大して1核を含む侵入菌糸細胞となる。

その概要は橋岡氏の侵入模式解読図をご覧くださいと理解しやすい。

侵入糸は細く、その直径は約 100 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) である。またその長さは侵入が表皮細胞中央から起った場合は直線状で短いが、細胞縫合部から侵入した場合は、表皮細胞原形質に向って湾曲するので、 $2 \mu\text{m}$ に達することもあるという。

侵入糸は葉鞘裏面細胞では接種 12 ~ 16 時間経過すると観察されるようになるが、葉の表皮細胞では観察できないという。葉の表皮細胞のうち、付着器形成の多いのは機動細胞と長短型細胞であるが、侵入頻度では機動細胞が最多である。

いもち病菌が侵入に要する最短時間は 24°C では 6 時間、 20°C と 28°C で 8 時間、 32°C で 10 時間、 14°C で 12 ~ 24 時間、 $11 \sim 13^{\circ}\text{C}$ で 24 ~ 28 時間で侵入を完了させるけれども、 18°C 以下と 32°C 以上では急激に侵入率(侵入菌糸形成付着器数/表皮細胞上に形成した付着器数 $\times 100$)は低下、 13°C と 35°C では全く侵入は認められない。

自然環境下では葉いもちまん延期の平均気温はほぼ $18 \sim 26^{\circ}\text{C}$ 間にあり、この温度域では孢子侵入率によって葉いもち発生が左右されること

は殆どないが、冷害年のような平均気温 18℃以下の低温時には、侵入率の多少は全体の発生に影響するといわれている。

胞子侵入には葉のぬれが必要であることは前に述べたとおりだが、例えば 0 時にイネ葉面に胞子が付着したと仮定すると、晴天時では葉面をぬらしていた溢泌液、夜露は日の出とともに蒸散して消失するので、午前 8 時頃までぬれが必要だから、侵入ぎりぎりの線であろうが、それには気温 20℃以上が必要条件となってくる。これが雨天時にはこれ以下の気温であっても、ぬれ時間が長い（降雨内容により異なるのは当然）ので、侵入は完了できることになる。時刻毎の胞子採集割合と天候（晴天、曇天・雨天 1 日のみ、雨天の連続による場合）と付着胞子の侵入関係をみると、侵入量が晴天日に対して暴雨天で 2.1 倍、1 日のみ雨天 13.9 倍、連続雨天では 16.1 倍という結果になっている（吉野⁵²⁾。このように体内への侵入には、葉身のぬれが長く続くような雨天、曇天の連続が必要となってくるし、またこのような気象条件が続くときにもいちもち病が大発生することになる。

6) 潜伏期間・病徴発現

侵入に成功したいもち病菌は、侵入した表皮細胞内で伸長と分岐を続け、しだいに隣の表皮細胞と葉肉柔細胞を侵していく。侵入菌糸が隣接細胞に侵入するため細胞壁を貫通する際には、菌糸はくびれてそこを貫通することになるが、細胞壁が薄くて柔い場合はくびれ度は小さくて、直径が 0.5 μm 程度であるが、厚くて固い場合はくびれが著しく、直径 0.25 μm 程度と前者の 1/2 ほどに細くなると橋岡氏は電顕観察で述べている。温度との関係では 24 ~ 27℃での侵入菌糸の伸長はゆるやかで、接種 48 時間後では侵入細胞のみに限られ、72 時間後で 2 細胞に、その後急速に伸長して、96 時間後には 20 ~ 50 個の細胞内に菌糸伸長が観察されるといわれている（吉野、古賀^{24, 52)}。

潜伏期間中の温度はそれ以後に発現する病斑の数と型にも影響する。

接種後昼間 23℃夜間 15℃に置いたイネでは急性型病斑が、同 29℃、21℃下に置いた場合は慢性型病斑が現れるという²³⁾。また、千葉氏らの実験では、進展性病斑 (pg) は 14～20℃、16～22℃で最も多く形成し、温度が高くなるに伴って進展性病斑数が減少して、対照的に停滞性病斑 (ybg) は 26℃～32℃、28～34℃で多く、温度の低下にしたがって減少すると述べている¹⁾。

この2つの結果をまとめると、いもち病菌の活動可能温度域であっても、低温ほど罹病的な病斑が発現しやすいことを示していると解釈される。

潜伏期間中の温度と病斑型は以上のとおりであるが、この温度以外にも病斑発現に影響する要因のあることが知られているのでそれをあげてみる。

- 1 イネ生育程度・葉位と病斑の関係では、接種時に展開中の葉ではイネ生育程度に無関係に罹病性病斑が多いが (40～60%)、生育が進んだイネでは完全展開した上位第1葉以下の葉 (上記展開中の葉の次の下葉以下のこと) ではそれが著しく少なくなる (吉野)。
- 2 このことに関して、松山氏らは下位葉が上位葉より葉脈組織が機械的に強くなっていること、下位葉では抗菌物質の集積が多いことがその理由としてあげている²⁶⁾。

圃場では発現したばかりの病斑は円形に近いが、日数が経過するに伴い拡大して紡垂型の典型的ないもち病斑になることは日常観察しているところである。そして病斑の拡大は葉脈に沿った方向に大きく、横方向への拡大は少ないし、また、一枚の葉では基部の方で病斑拡大があり、先端方向では褐変に変わるのが早い傾向を示す。病斑拡大も温度に左右される。昼・夜の温度設定を 32/25℃と 20/16℃で比較すると、高温区では初期の病斑拡大は急速だが 12日以降停滞し、20日めに停止するのに対し、低温区では初期の拡大は地区より劣るが拡大しつづけて 25日後に最大病斑

となっている。このことから低温環境下では病斑拡大がいつまでも続き、大きな病斑となる。この事例は 1993 年の凶作年に観察されている。

7) 穂いもちの感染と発病

これまで述べてきた発生生態に関する項目は主として葉いもちを対象とした研究成果をもとにその見解をまとめている。いもち病では穂いもちよりも、葉いもちを材料とした業績が多いが、それは発病時期、期間、研究手法等から取扱いやすい点もあるなどやむを得ない事情もある。

そこで本項では穂いもちをとりあげて、感染、発病について述べてみる。

穂いもちの伝染源は葉いもちであることは申すまでもないことである、したがって葉いもちの発生の多少と時期によって、穂いもちの発生が決定されるケースが多い。とくに東北地方はイネ栽培法、気象等の特質から、葉いもち発生盛期と穂いもち感染期である出穂期が接近しているため、他地域に比較してその関連が強い。一般にこの発生を「北日本型」と呼び、いもち病発生の特徴としているのである。近年米の品質、食味が重要視されるため、これに関与する穂いもち発生に対する関心が高く、その発生を葉いもち発生と関連づけた研究のとりくみ、発生予察情報の発表などが多くみられるようになってきた。

(1) 葉いもち発生と穂いもちの関係

葉いもち発生量の多少、発生盛期の早晩が穂いもち発生に強く関与することは、「北日本型いもち」の特徴であることは先にもふれたとおりである。それは葉いもち発生の山と出穂期（穂いもち感染期）が接近しているため、活性の強い葉いもち病斑上の分生胞子が飛来し、出穂直後の柔らかい穂の各部に侵入、感染することによるものと考えられている。

葉いもちの発生盛期は、必ずしも出穂期に接近するとは限らず、早期

発生ののち停滞して、発生と感染のピークが遠のき、いわゆる「南日本型」になることもあるけれども、冷害年や北東北地方ほど両者の山が接近し、穂いもち多発をみる例が多い。近年では 1988 年（宮城、岩手、秋田県の葉いもちの後期多発と穂いもち激発）、1993 年（大冷害年）はその好例であり、記憶に新しい⁹⁾。

1988 年の葉いもち後期発生と穂いもち発生（北日本型の典型だが）を調査解析した秋田県農試、防除所の成果を紹介しよう²⁵⁾。

- 1 秋田県では穂いもちの予察情報は、例年 8 月初めの葉いもち発生、イネの生育遅延、いもち抵抗力の強弱、出穂期以降の降雨予測等から発表してきた。
- 2 県内を 8 地区に分けた葉いもち盛期の発病度と収穫期の穂いもち発病度は、14 年間のうち 6 年が有意性を認めたにすぎない。
- 3 しかし、両者間には普通正の相関があるので、地域性を大まかに予測することは可能であると考えてきた。
- 4 前記の 1988 年は 8 月初めの葉いもち少発生から、穂いもちは平年以上の発生にならないと予測した。
- 5 ところが後期の穂いもち多発が県南内陸部で認められ、初期の予測は的中しなかった。
- 6 そこで従来の調査時期からこれを 8 月中旬頃の上位葉の葉いもちと、籾いもちの発生を追加調査して、上記の欠陥を補うとし、翌年はその実証調査を実施した。
- 7 その結果葉いもち上位葉、籾いもち発生地点と穂いもち多発地域は一致した。

以上のほかに宮城県防除所では過去 10 か年のデータを解析して、出穂期前後の気象条件が同じであれば、穂いもち増加割合がほぼ一定となるため、葉いもちの多少が穂いもち発生量を大きく左右するとし、あらためて穂いもち伝染源としての葉いもちの重要性を再確認している。

穂いもち発生にかかわる葉いもちの発病葉位は、第2章表2に記載したようにn-1葉、n-2葉、止葉の病斑数と高い相関がみられている。したがって、出穂以降に上位3葉の発生状況に注意し、少なくとも穂いもち防除適期までにはその緊急度を知っておかねばならない。

上位葉の発病とも関連するのであるが、この葉位の葉節部の発病、とくに止葉葉節部の発病は末抽出のくびいもち、ミゴいもち、枝梗いもちの原因となりやすいので指標として利用できる。

(2) 籾いもちの伝染源としての役割

籾は内穎よりも外穎で発病が多く、中でも浮先付近から発病が多いという。未熟籾に接種すると穎表皮を買通し、とくに外穎の肩から浮先にかけて侵入しやすく、72時間後には各組織内に菌糸がまん延する(平野ら)⁶⁾。

穂いもちの潜伏期間は感染部位によってかなりの差がみられるようである。籾いもちでは5～8日(日平均気温20.4～28.4℃の条件)、穂くびいもち9～12日(同18.1～28.4℃)、枝梗いもち7～10日であるという。このように潜伏期間に差がみられるのは各器官の組織のちがいと固さによるものようである。このうち籾いもちの潜伏期間が最も短く、発病が早いので、この上に形成した孢子による二次伝染も重要な意味をもつ。このことから、近年では発生予察のための調査にこの籾いもち発生の動向を重視しているところがみられる(前掲の秋田農試、防除所の調査もこの例である)。

また籾いもちの特徴として孢子形成量の多いことがあげられる。穂各部よりも発病が早く、その上に形成する孢子量も多量であれば、当然二次伝染源として各部に影響する。さらに籾から枝梗、枝梗から穂軸への「枯れ下がり」現象もみられるが、その発生源も籾いもちとみられることと併せ考えれば、その重要度が理解できよう。

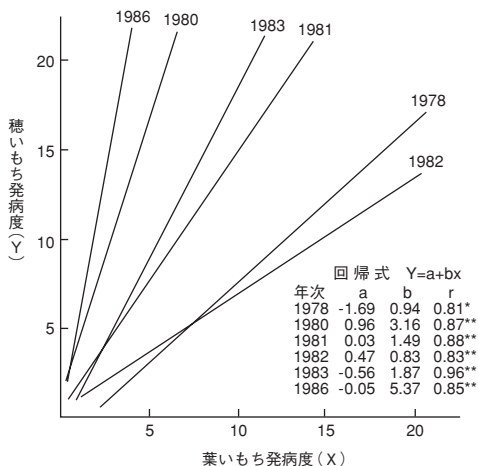


図2 葉いもち盛期の発病度と収穫期の穂いもち発病度との関係

(松橋ら、1990)

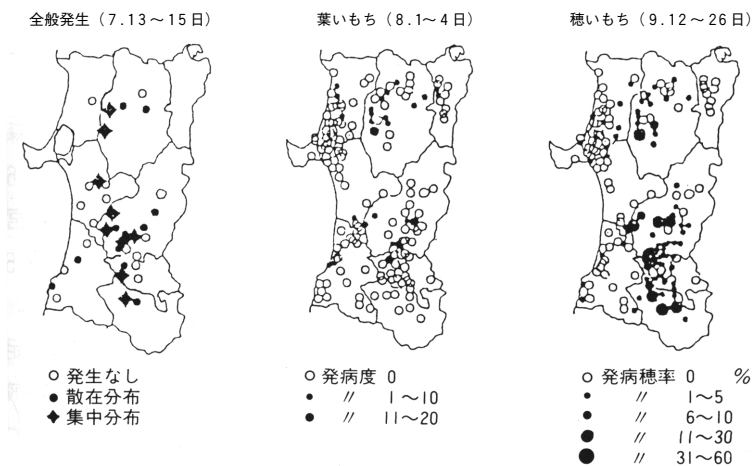


図3 1988年いもち病発生状況

(松橋ら、1990)

2 発生要因

いもち病はイネを侵そうとするいもち病菌の存在とその病原力の強弱、イネがそれをはね返す抵抗力、およびそれを取りまく環境の4者のバランスで発生が決定される。そのうちの環境は、自然要因としての気象、土壌、人為的要因としての肥培管理、薬剤防除などがあげられる。中でも気象要因は発病の成立と程度に大きな影響を持つことは1993年の大冷害といもち多発の事例をみても明らかである。肥培管理の影響も少なくない。それらが複雑に関連しあって発生を支配することが多い。

この項では気象、土壌、肥培管理等について述べ、他は項を改めて記載することとする。

1) 気象

戦後東北地方におけるいもち病の多発生は、地域によって必ずしも同じではないが、1953年、1963年、1976年、1980年、1988年、1991年、1993年などがあげられる。ともに7～8月に低温少照に経過したが、各年を詳細に検討するといもち病発生様相も気象経過の内容も同一ではないことがわかる。

私の記憶ではいもち病発生程度、面積が甚大だったのは1963年(青森県発生面積率葉いもち10.7%、穂いもち24.2%、秋田被害面積率75.6%、岩手被害面積率77.0%、山形被害面積率葉22.4%、穂16.3%、宮城被害面積率葉2.6%、穂6.5%、福島被害面積率葉32.6%、穂22.6%)で、東北各県のうちでも秋田、岩手、山形、福島県で激発した²¹⁾。この年以前では1953年だったが、その主たる気象要因は低温と日照不足が、1963年は長期にわたる日照不足と6月からの夜温のたかまりで、日較差が少なく、葉いもちの早発を招き、以後の日照不足が多発生に拍車をかけた(表7、図4)。比較的近年の多発事例は1980年、1988年、1991年、1993年な

どであるが、共通点は気象変動が大きく、偏りがみられたことと、中にはヤマセが卓越して穂いもち多発と登熟不良が重なって減収した。この中で1993年は特級の冷害年であって、7月中旬から8月中旬までの異常低温、少照により出穂遅延といもち病が全域にわたり発生した。

以上からいもち病の発生は、平年と違った低温、多湿、日照不足などの気象条件がイネ抵抗性、生育に影響すること、病原菌の増殖と侵入に好適することなど冒頭にかかげた4つの関係条件を満たして多発生を招く。各年次ごとにみれば必ずしも多発要因は一致しないが、それ自体いもち多発の複雑さを物語っている。

そうした中で鈴木氏は、葉いもち初発時から最高発生日までの30日間の気象要素と発生程度の間接関係を要領よくまとめてあるので引用した⁴²⁾。

それによると発生程度と温度、湿度、雨量、雲量とは明瞭な関係はなく、雨天日数、風速と関係することが示されている。それは雨天日数が多くて、風速は弱いほど発病が多くなること、雨量は多いと葉上での安定を欠くことからマイナスに作用することによるもので、侵入の場面ではむしろ「静かな夜」、「むし暑い夜」が必要なこと、そしてその連続が多発生に関係することを意味するものと理解される(表8)。

個々の気象要素が感染から発病までの過程で、どのような関係にあるかをふれてみる。

(1) 風

通常の風は葉上水滴の消失(蒸散)、落下を早めるから、菌の侵入をじやまし、飛散胞子をさらに拡散してイネへの付着を減少する。岩手県農試圃場(滝沢村)では、ここに移転して32年経過したが、未だいもち病の目立った発生を認めていない(1995現在)。私はその理由として「岩手おろし」の冷たい風が吹き、イネの葉を絶えず動かして、水滴(夜つゆ)の形成を阻害しているためと推測している。

(2) 湿度

湿度は高いほど葉上水滴の滞留が長びき、低温（侵入好適以下）でも菌の侵入を可能にする。ただし、前述したように、弱い風、雨である必要がある。「土砂降り」はマイナス作用である。病斑形成後の湿度では高いと進行型（孢子形成が多く長時間続く）、低いと止り型となる（小野）。孢子形成は飽和湿度で多い。

(3) 気温

発病は基本的には気温に左右される。分生孢子が離脱し、空中飛散してイネ体に付着するまでは温度に無関係であるが、付着孢子の発芽は10～32℃、適温25℃、侵入は14～30℃、適温25℃、菌糸の伸展は10～32℃、適温25～28℃であると鈴木氏は述べている³⁷⁾が、これらに関しては古くからの成績でもほぼ同様のものが多い。このことから、発病に要する温度は14～30℃、適温は25℃とみて差支えない。

潜伏期間は高温で短く低温で長い。10℃とかなりの低温でも潜伏期間は長びくが発病するという。病斑数は菌侵入後の温度が30℃以上、10℃以下では抑制される。

いっぽうイネ生育といもち抵抗力では、高温ほど珪酸、タンパク態チッソが多いというから、体質的には高温で生育した場合ほどいもちに強いイネということが出来る。

ある時期に強い低温に遭遇した場合そのイネの抵抗力はいつ頃最も弱くなる（低下する）かが実際に問題になる。鈴木氏が東北農試で行なった実験では、葉位別に13℃に10日間置いた時（自然条件下ではめったにない低温だが）、6葉、8葉期の低温処理でその2～4葉後に、10葉期以後の処理ではその2葉後抽出の葉でいもち抵抗力が最も低下している⁴⁰⁾。

表7 7～8月気象平年差と発生との関係（盛岡）

年次	7月と葉いもち				8月と穂いもち			
	発生量・被害	雨量	日照	気温	発生量・被害	雨量	日照	気温
		%	%	℃		%	%	℃
昭. 28	多・局地甚	153	88	-0.2	多・甚	148	67	-2.4
29	少・少	35	91	-2.9	少・少	18	107	-0.2
30	少・少	43	144	+2.6	少・並	103	110	+0.2
31	並・少	84	98	-0.8	並～多・局地やや多	82	91	-2.4
32	やや多・並	118	82	-1.0	やや多・多（節）	*134	80	-0.1
33	やや多・局地性	*214	99	-0.5	少・並	87	73	-1.8
34	やや多・並	128	99	-0.4	並・並	70	79	-1.3
35	少・少	68	137	-0.1	少・少	96	117	-0.1
36	多く早～広）・やや多	136	106	+1.4	並・並	83	107	0
37	少～並・少	71	108	+0.7	並・少	*154	112	0
38	多・甚	114	86	-0.5	多・甚	129	95	-0.3

注）*一時的多雨、30・35年は典型的の少発生年、29年はむしろ低温抑制（北日本病虫研特報1965）

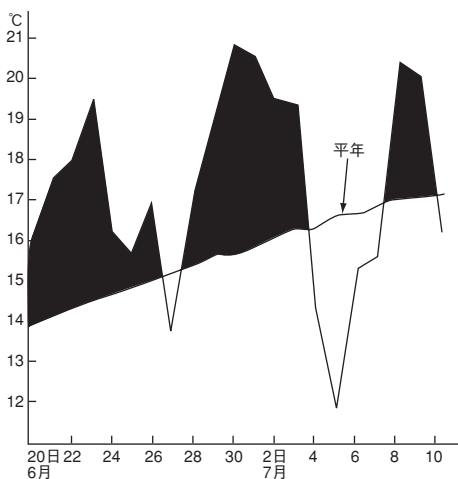


図4 最低気温平年比較（盛岡）

表 8 初発生日から最高発生日までの 30 日間の

気象要素と葉いもち発病程度

(鈴木 1972)

年 度 (年)	葉いもち 最高発病程度*	気 温 (℃)	相対湿度 (%)	雨 量 (mm)	雨天日数 (日)	雲 量 (10分比)	風 速 (m/s)
1970	3	24.8	86.0	4.6	8	7	2.2
1969	4	24.8	77.0	4.7	14	8	1.9
1967	5	24.4	80.0	7.4	17	8	2.2
1964	6	23.2	80.7	21.9	19	9	1.8
1961	7	23.7	80.2	10.7	20	8	1.8
1966	8	22.2	86.0	9.0	21	9	1.7
1965	9	22.9	85.5	13.2	23	9	1.7
1962	9	25.0	82.0	4.4	22	7	1.7
1963	10	22.6	80.3	4.2	23	8	1.7

注) *基準は 0～10 段階を作り、0：無、1：稀、2：少、3：中、4：中の多、5：多、6：甚、7：ズリコミ始め、8：ズリコミ、9：甚だしいズリコミ、10：枯死。

(4) 日照

これまでの経験では曇雨天が長く続き、日照不足があるといもち病は多発生している。その好例は 1963 年であり、田植後から 7 月中旬まで長期間にわたり日照不足がみられ、盛岡では平年の 80.7% でしかなかった。

日射といもち病の関係は、圃場において寒冷紗被覆により日射量を 65～35% 抑制した場合のいもち発生変動を調査した吉野、山口氏の試験例⁵⁰⁾、室内で光照射と分生孢子形成に関する実験例が山中、生井氏^{31,49)}によって、またその他にも光の影響を報告した例が数多く見られる。

吉野氏らの結果の概要は次のとおりである。

- 1 圃場では自然感染による葉いもち発生は、連続遮光で減少したが、

10日間ずつの間断遮光では遮光除去後に急増した。遮光時期はまん延期前に遮光処理を終ったイネで多発、まん延期間中遮光されていると少発生である。

- 2 穂いもちは遮光で発生が増加する。
- 3 噴霧接種でみると、遮光除去5日後に最も罹病が多い。この傾向は上位葉ほど顕著である。遮光中に展開し始めた葉は罹病的だが、それ以外の葉では抵抗的である。
- 4 病斑の大きさは、接種前の遮光では遮光により大きくなるが、接種後の遮光では遮光で小さい。
- 5 日射量が70%以下になるような遮光では、遮光3日後からイネは感受性を増してくる。遮光を除いた後の影響は遮光日数が長いほど、施肥量が多いほど遅くまで残る。また遮光による感受性は、遮光が強いほど大きく、最高分けつ期～幼穂形成期で最も影響を受ける。
- 6 遮光に伴う葉緑素含量は、遮光5日後から増加、遮光除去9日後でも葉色が濃くて含量が多い。葉鞘でんぷん蓄積率は前日の日射量と対応して変動する等である。

以上の結果から遮光処理によっていもち病に対するイネの進展抵抗は低下するけれども菌の侵入と菌糸の伸長に関連した侵入抵抗は増大して遮光中の葉いもち発生は抑えられる。いっぽう、遮光除去後はイネの侵入、進展抵抗はともに小さくなり、葉いもちば急激に進展増加する。自然状態の曇雨天による日照不足は、この遮光試験とは異なって、降雨がいもち菌侵入に好適環境をつくり出して（寒冷紗被覆ではイネ葉面上の露形成が悪く、このため菌の発芽と付着器形成が減少する）、葉いもちが増加し、その後の晴天下でもしばらくの間はイネの侵入と進展抵抗の低下によって病斑数が増加するのだと考察している。

実験室内ではオートミール煎汁培地上で菌を培養し、これに対して蛍

光灯を照射して、いもち病菌の分生子柄や分生孢子形成について調査した東北大学（山中、生井ら）の試験例を紹介する。

それによると、分生子柄は光照射で形成されるか、暗黒下では気中菌糸が生育する。分生孢子の形成も光依存性が高く、連続光照射で形成がよい。しかし、照射を中断すると、孢子形成が抑制される。暗黒下でも徐々に孢子形成はみられるが、形成部位や孢子の形態に異常が認められる。光の中断による孢子形成抑制現象は、再び光照射で回復し、形成が進行する。分生孢子形成を起こさせるためには、 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の温度下では少なくとも6時間の光照射が必要である等がその結果の概要である。

（5）雨

雨は一般にはいもち病の発生を多くするが、特に弱い雨が長く続くほど発病に好適していることは経験的にもわかっている。このことを背景にして、発生予察注意報、警報などが発表されている現況である。

まず本田で葉いもちの最初の全般発生が起るためには、夜間の気温と雨が重要視される。それは孢子は日没から早朝にかけて飛散する性質があるので、夜間の気温すなわち最低気温が重要な因子となる。また同時にその孢子侵入の場は葉上の水滴中であるから、たとえ最適温度より低い気温であっても、そこに水滴が長く保持できる湿潤な条件があればよいわけである。この際は強い雨は無用である。

本田における葉いもちまん延開始時の気象について、佐々木氏ら³⁵⁾は、大曲市とその周辺において8年間の圃場調査を中心にしてその概要をとりまとめた。それによると、最低気温 17°C 以上が2日続き、2日以上降雨があった後の晴間（曇天または晴天）が侵入日であると推定した。この降雨後の晴間は、侵入足場である葉上水滴の安定と、いっぽうでは孢子飛散と定着に関係しているように私は推察する。

その他雨との関係について記載したものを若干まとめてみると以下の

とおりである。

- 1 イネに付着した孢子は、付着 2 時間以内だと雨による流亡比率が高いが、4～6 時間だと大部分が発芽し、付着器形成を行なうため、かなり激しい降雨でもその 60 %は葉面に残るといふ (吉野)。
- 2 晴天時は草冠部では発芽が少なく、下位葉(部)では付着器形成も少ない。雨天だと発芽、付着器形成は草冠部では少ないが下位部(植被層)では多い。また、発芽管が短く、短時間で付着器を形成する。
- 3 病斑の大きさは長雨で大型となり、その作用は夜間よりも日中の降雨で強く影響する。穂いもちに対しても降雨日数が多いと各部位の病斑が長くなる。
- 4 葉いもち抵抗力は降雨終了直後にやや強いが、数日後にやや弱くなる。これは降雨量が多いほど、また雨滴温度が外気温より低いほど顕著である。降雨による抵抗力の変化は雨滴の冷却作用によると考える (鈴木)⁴¹⁾。

2) 施肥といもち

肥料でいもち病の発生と最も関係の深いのは窒素である。一般に窒素を多く施せばいもち病が多発生し、少ないと発生しない。この事実はずい分と古くからわかっていた。

戦後はじめていもち病が多発生して問題となったのは 1953 年である。この時期はようやく世情も落ち着き、化学肥料の生産も軌道にのったときで、農家はコメ増産に多肥栽培を実行していった。これが低温経過の気象と、抵抗性弱品種の作付けと相まって、とくに穂いもちが東北全域で激発したのである。

この間の経緯を「昭和 28 年度、冷害年に於ける稲熱病発生の実態と其解析」からみると、窒素肥料の多用を多発生の原因としてあげているのは、青森、岩手、宮城、福島の太平洋側 4 県で共通して指摘している

ところである。中でも岩手県では、28年の施肥量は戦前（昭和12～14年）に比較すると1.53倍、終戦直後（肥料不足の昭和20～22年）に比べて4.0倍も使用していたと述べている。青森県ではこの年の前々年、前年（昭和26、27年）の豊作のあとをうけて、次第に施肥量が増加し、ことに窒素肥料の偏用をあげているし、福島県では、秋落対策としての分施が誤用してくびいもちが激発したこと、宮城、福島県では二毛作田での晩植、多肥栽培では例外なしに激発したと述べている¹⁸⁾。

近年では1993年の冷夏でいもち病の多発生がみられたが、いもち病発生と多肥との関係を復元田におけるいもち発生という視点でとらえた調査結果が宮城県病害虫防除所でまとめている³⁰⁾（図7、8）。

以上は窒素肥料の偏、多用がいもち病発生を誘発した事例のごく一部である。

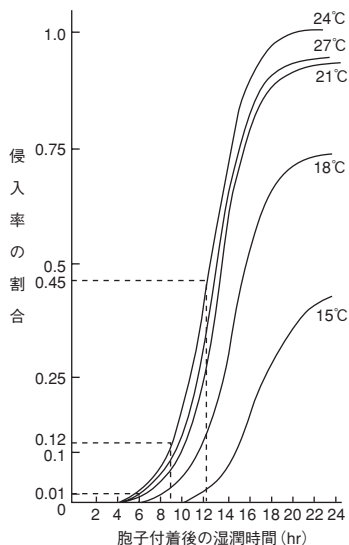


図5 イネ葉へのいもち病菌胞子の侵入量の温度および湿潤時間による違い

(農林水産省北陸農試)

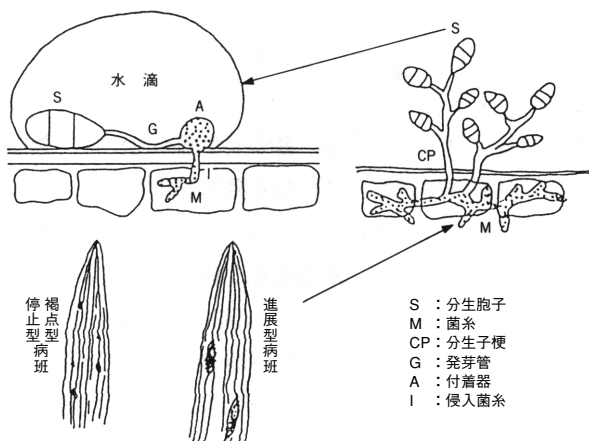


図6 孢子形成、発芽侵入

表9 附着孢子への侵入と天候

(吉野 1979)

時刻	孢子採集割合 (%)	天候			
		晴天 (%)	曇天 (%)	雨 (1日のみ) (%)	雨 (連続) (%)
0	8.2	0.02	0.20	1.72	1.72
1	10.9	0	0.14	2.29	2.29
2	12.2	0	0.08	2.56	2.56
3	8.6	0	0.02	1.81	1.81
4	12.1	0	0	2.54	2.54
5	9.2	0	0	1.93	1.93
6	7.4	0.31	0	1.55	1.55
7	4.2	0.18	0	0.88	0.88
8	2.1	0.09	0	0.44	0.44
9	1.9	0.08	0.23	0.40	0.40
10	2.4	0.10	0.29	0.50	0.50
22	3.5	0.05	0.23	0.05	0.74
23	5.0	0.03	0.21	0.03	1.05
計	100	1.31	2.76	18.20	21.00
晴天日に対する比		1	2.11	13.9	16.1

注) 結露開始: 20時とした。

窒素肥料は施用されると、イネはそれを吸収して体内の窒素濃度は一時的に高まるが、やがて光合成作用の活発化によって乾物重の増加がおり、その濃度が正常化する。この条件は日照時間が長く、高温であるほどよいのであるが、日照の少ない曇雨天が続くと、体内濃度が転化しないまま高めに保持されるからいもち多発生をまねく。

窒素肥料が多いとイネの組織が軟弱になり、表皮の珪化細胞数が減少し、細胞内の窒素が増加して、菌の侵入、伸展に対し抵抗力は弱くなってくる。

今日は窒素肥料施肥診断システムが各地で採用され、主要な品種について地帯別、土壌型別施肥基準と、栄養診断に基づいた施肥管理がとられている。したがって、長年のカンに頼って行なわれてきた施肥技術は改善され、極端な窒素過多、偏重、基肥中心等などの施肥法は改善されつつある。このことはいもち発生防止のうえからも喜ばしいことである。

磷酸は土壌の種類により磷酸吸収量が異なるので、それによってイネの生育反応とともにいもちの発生も若干の差が見られる。東北農試(大曲市)では勝部氏が行なった試験では、磷酸吸収係数の高い土壌(約1,500、同2,100、同2,600)に磷酸を施して、葉身の磷酸含有率を高めると多発すると述べている。一般には磷酸の影響は条件によって変動し、窒素のように単純ではないのが普通である¹⁷⁾。

加里は窒素肥料が適量だと発病を抑制するが、多量に存在すると多発させることが多い。とくに苦土欠乏土壌に多量の加里を施用するといもち病が多発生するといわれている。

有機物は種類が多く、原料、腐熟度など多岐にわたる内容をもつので、一概に述べるのがむずかしい。しかし、機械化栽培に伴って、堆肥から稲わら施用に、とくにコンバイン収穫の普及からいっそう傾向がはっきりしてきた。稲わらのすき込みは、作業の都合から全量が施用される場合が多く、その効果は土壌条件の影響を受けやすい。低温が続いたあ

との高温多照の気象条件がくると、とくに排水の悪い水田では、俗に「わく」といって土壌の還元や、根腐れが進み、イネの生育遅延を招く場合もある。

堆肥の施用により窒素肥沃度は高くなり、施用量が多くなるに伴って、堆肥から吸収される窒素量が多くなって、いもち多発をみる場合もある。現在はあまり目にふれないが、昔はよくみられた現象として、水田に運んだ堆肥（東北地方では冬期に雪上から、或は消雪直後に水田に運搬した事例が多く、それを水田耕起までの期間数ヶ所に堆積しておいたものである）の置いた跡が遠目でも葉色が濃く、草丈が高く、分けつも多くて周辺の生育よりも日正盛なことがわかった。やがてこれにいもちが発生して、周辺に拡大していったものである。

化学肥料の施用を一定にした場合の堆肥施用量といもち病の関係は、少発年で2 t/10 aまで、多発年では1 t/10 aまでは無施用の場合とほぼ同程度の発生（但し葉いもちの場合であり、穂いもちでは多発田では1 t/10日施用でも差が認められる）となっている^{40,42}。有機物を連用したとき、有機物の種類で土壌中への有機物の集積やイネに対する窒素供給能が異なり、年次とともに土壌窒素が増加するから、連用時には当然ながら適量に注意するとともに、施肥量に対しても十分な配慮が必要で、過剰な施用はいもち発生を助長する結果となるだけである。

有機物による施肥窒素の施用量の目安は、よく腐熟した堆肥で1 t/10 aを施用基準として、牛糞厩肥では20～30%、豚糞厩肥で50～60%、鶏糞で60～80%を減らす必要があるといわれている。これに関連した事項では1963年のいもち病大発生年に経験した。それは鶏糞の施用によるいもち誘発の事例である。岩手県では6月下旬から7月末まで長期間にわたって日照不足が続き、鶏糞施用田のイネの過剰繁茂、濃い葉色がとくに目立ち、これが葉いもちの激発となり、ズリコミいもちから穂いもち多発に連動していったものである。

表 10 いもち病の発生と肥料 3 要素との関係

(山形農試)

試験区番号	肥料3要素			葉いもち (昭5-8年平均)	首いもち (昭5-8年平均標準区 第8区を100として)
	N	P	K		
1	0	1	1	少	49
2	1/2	1	1	少	68
3	1/2	1	2	少	70
4	1/2	2	1	少	56
5	1/2	2	2	少	68
6	1	0	1	少	79
7	1	1	0	少	77
8	1	1	1	少	100
9	1	2	1	少	93
10	1	1	2	少	103
11	2	1	1	中	256
12	2	4	1	稍多	311
13	2	1	4	多	452
14	2	2	2	多	400
15	2	4	4	多	525

(小野小三郎、イネいもち病を探る 1994)

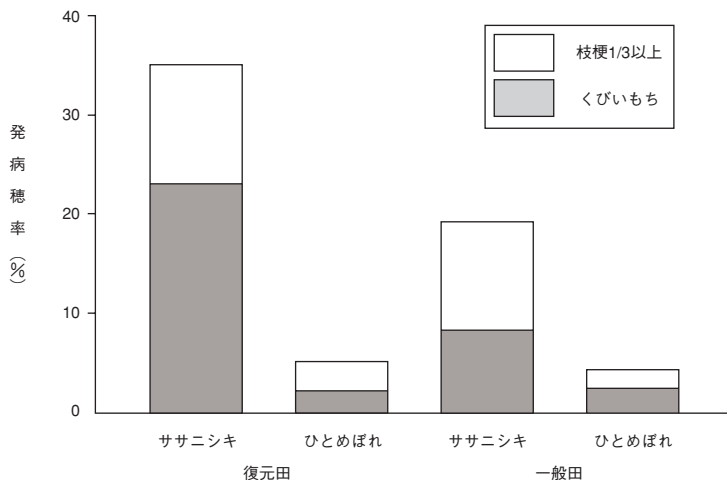


図 7 復元田、一般田における品種別穂いもち発生状況

(注) 数値はササシキ 25 筆、ひとめぼれ 12 筆の平均 (宮城県防除所 1994)

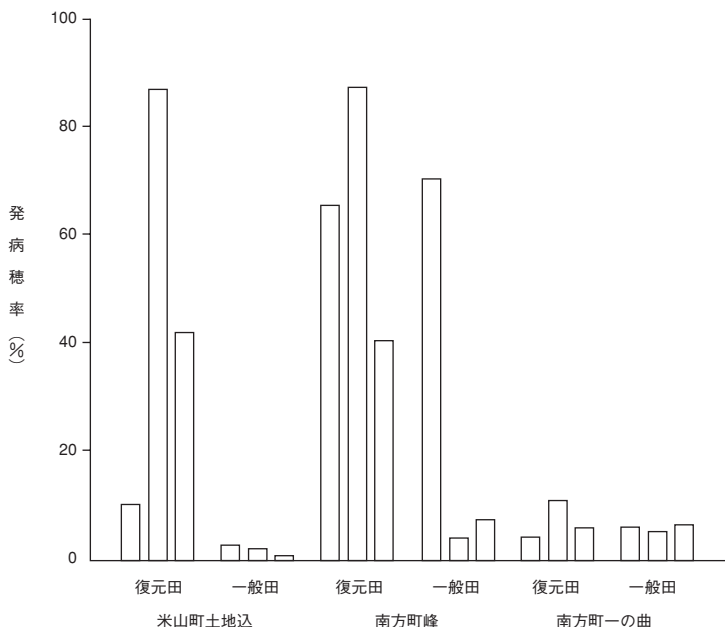


図8 同一地域における復元田、一般田の圃場馴穂いもち発生状況

注) 発病率はくびいもち、枝梗1/3以上の合計発率 (宮城県防除所1994)

3) 栽培法といもち

いもち病の発生は育苗法や播種、移植時期など栽培法によって左右されることが知られている。

東北地方のように稲作にとって気象制約の大きい地域では、青森から福島まで春に播種、育苗が一斉に始まり、5月の移植を経て8月の出穂と9月末～10月の収穫となり、どこでもその時期に大差はみられていない。しかし、近年では規模拡大による稲作の専門化も模索されて、このことから労働の分散のための育苗方式の組合せ、例えば直播、乳苗、稚苗、成苗等多くの方式が導入されるようになってきた。そうしたイネの栽培法とい

もち病との関係についてふれてみよう。

(1) 育苗

かつて1950年ころから保温折衷苗代が普及して、それまでの水苗代の育苗障害は除かれたうえ、冷害克服の第一条件とされた早播き、早植えを可能にして、北日本の稲作安定に大きな貢献をした。この事実は、年配の方々はよく承知しているところである。当時はまさに革命的改善とまで言われたもので、その功績はきわめて大きいものがあった。

この新しい育苗法の普及をとらえ、1951～1952年の両年にわたり、保温折衷苗代栽培における病害虫発生に関する共同調査を、東北農試、6県農試で実施した経緯がある。その内容は今日すでに採用されていない過去の育苗法だから割愛するが、参考にされたい方は、「保温折衷苗代と病害虫、北日本病虫研、特別報告2号、昭和30年1月」を利用されたい¹⁸⁾。

さらにこの保温折衷苗代に続いて、ビニール被覆による畑苗代が登場したことにより、移植時期も必然的に早まり、当時で1～3旬も早くなった事実から、早植栽培と病害虫の発生相をテーマとして、再び共同研究が1957、1958年に実施された。その調査結果も「水稻早植栽培と病害虫、北日本病虫研報、特別報告5号、昭和35年3月」として刊行されたのである²⁰⁾。

その中からいもち病に関する調査成績をあけてみる。

青森県：標準栽培（5月15日～19日移植）と遅植栽培（6月1日～5日移植）で比較している。

- 1 葉いもちは早植で初発が早い。
- 2 葉鞘接種法による被害度は、苗代末期、本田初期は早植で高いが、本田初発期になると差はみられない。
- 3 くびいちは差がないが、節いちは遅植で少なく、しこういちは遅植で多い。

福島県：

- 1 早植は生育も進み、稲体も充実して耐病性も増加、さらに早期生育により発病回避もあって葉いもちは少ない。
- 2 出穂時の天候、分生孢子飛散の影響を受けるので、早植でもくびいもち多発の危険性がある。

東北農試：いもち病は両年で結果が一致しない。本田初期に早発だと早植栽培で多発生してその影響が収穫期までおよぶ。遅い発生の場合は早植ではイネが抵抗性を得て、普通栽培よりも発生が少ない。しかし、しこういちは常に早植栽培で多かった。その理由は早植では出穂が早く成熟期が温暖なためであるとした。

今日では機械移植のための箱育苗法の全盛期である。育苗の種類といもち病の発生は、苗の抵抗力と伝染源の両面から考える必要があるが、育苗環境（温湿度、播種量、移植時の苗令、土壌条件等多項目にのぼる）から、そして育苗時（各苗代の普及時代を指す）の発病頻度からみて、箱育苗苗が最も弱く、ついで保温折衷苗代苗、畑苗代苗で、水苗代苗が最も強いと考えられている。水苗代苗が強いのは珪酸含量が多いことと、種子伝染や第二次伝染が少ないため（生育環境から箱育苗法と対比してみると理解が早い）だろうとみられている。

畑苗代で生育したイネは、本田移植後も水苗代イネにくらべて、水分吸収が少ない性質をもち、そのため水とともに吸収される珪酸含量が少なく、体質的にはいもちに弱いとみられている。このことは薬剤の効果検定のために、水稻を畑に播種して発病を促したかつての畑晩播法と相通するものがあると思われる。

毎年のように発生予察関係者は、葉いもち初発生期を的確に知るために事前の調査を実施している。その中で重点を置いて調べている項目のひとつに本田内の片隅に長く放置されている補植用苗の発病調査がある。この補植用苗は移植の済んだ水田で、欠株のあった場合にそれを補うた

めに一時的に苗を仮植しておくものだから、補植作業が終了したら除去するのが当然であるのだが、それが出来ずに放置するので葉もちが早発し、やがて周辺苗へ拡大していく。予察技術としては、そこを重点的に調査して、周辺へのまん延時期を気象データ等とともに把握しようとするものである。それでは箱育苗苗の補植のための本田放置はなぜ葉もちの発生が早く、それが伝染源として重要なかを吟味してみたい。

いもち感染のための好適温度や水滴保持時間、侵入経過等についてはこれまでに述べてきた。

それらの条件を思い出して、そのことと放置苗、及び環境についてつき合わせてみればその早発要因が理解できる。

- 1 放置苗は各地の慣行により若干の差異はあるが、おおよそ1箱（30 cm×60 cm）分の苗をそのまま補植用として置くか、それをいくつかに分けて水田内に置く場合が多い（この補植用苗の呼び名も統一されていないが、「とり置き苗」、「補植月余り苗」「補植用とり置苗」と呼ばれている）。
- 2 この苗は箱内の播種密度のままであるから、時間とともに株間が超過密となり、葉上水滴の形成時間が早く、消失時刻がおそい。このため菌の侵入に必要な最適温度より低いときでも、侵入の足場である葉上水滴が確保されるから、発芽、侵入が可能となる。これに対して一般移植苗では、とくに本田初期だと出葉、分けつも少ないことから、葉上の結露は夕方おそくて朝方の消失は早い。侵入最適温度（侵入に要する最短時間）より低くても、つまり侵入の速度は遅くても、それを完了させるまで水滴が保持されれば感染がおこるから、発病も当然早まることになるわけである。

取直苗の早期発病は1970年ころから箱育苗の普及とともに各地で認められたところであり、またそれを本田初発生の予察に利用できることも東北地方ではこの時期から行なわれてきたところである。

さて、育苗期（本田移植前まで）と、本田移植後の補植用取直苗はとも苗もち（育苗箱内での苗のいもち病）と葉いもち（取直苗のいもち病）が多いことは周知の事実である。ここではその伝染源についてふれてみる。

ア 育苗箱（期）の伝染源

移植前の箱内でも発病苗の見られる場合や、潜伏苗で移植後に早期発生する場合がある。そのことについて考えてみたい。

ア) 種子

種子伝染の可能性については苗いもちの項で解説した。無消毒種子を播種してみても、発病苗を思いのままに発現させることの困難性についてふれ、このことに関する山形農試のマニュアルを紹介した。しかし、種子伝染の事実は古くから認められていることで、そのことを否定するつもりは全くない。結論は箱育苗の環境（高温多湿、厚播き、ある期間の遮光など）を重視し、この環境でも発病しない種子を確保することが基本であることを理解して、そのための種子消毒の徹底を図ることがなによりも大切なことである。最近になって山形農試佐藤智浩氏は、現在の市販品で一般に使用されている種子消毒剤の中には、規定通りの消毒法でもいもち罹病（保菌）種子に対しては効果が甘く、低率ではあるか発病を認めると発表した（第50回北日本病害虫研究発表会、1997年2月7日、三沢市で開催）。

今後はこの事実を重視して、その対策をたてるべきであると考えます。

イ) もみがら、いなわら

毎年見られる事例だが、明らかに移植時には幼苗が発病していたことが観察されたり、潜伏苗を移植したために、5月末～6月はじめに早々

と本田で発病することが経験されている。もし、種子からの由来であれば、乳苗育苗のような育苗期間の短いケースを除けば、環境からみて移植時までには発病しても当然である。見落としている可能性が強い。これと並んで重要な伝染源としてあげられるのはもみ殻であろう。このこともすでに述べたことだが、1994年新潟県でみられたばか苗病の多発生は育苗ハウス前に堆積したもみ殻が育苗箱内に飛散したものに原因したことを紹介した。いもち病の場合もこれと同じ現象が各地で認められるのである。1995年岩手県内のある地域で苗いもちが発生し、これを移植した本田1ha以上の広面積で苗の活着不良をおこした。6月13日にラジコンヘリを利用し、緊急防除を実施して、周辺水田へのまん延防止につとめた経過がある。現地でのこの農家の育苗環境を調査した結果、もみ殻のハウス内飛散によるものであることが判明したものである。

イ 本田における補植用苗の伝染源

本田で補植用苗の発病が一般移植苗よりも早発することは前にも述べた。この取直苗は移植時までには一般移植苗と全く同一の生育環境であったから、両者の発病差は移植後の環境差によるものと言ってよい。取直苗は生育が進むのに伴って超過密、超うっ閉の状態となり、株上の結露が長時間続くことがその後の移植苗と大きく異なるところである。これが早発の原因であろうと推察した。

それではこの取直苗への伝染源は何か、どこから飛来した孢子なのか問題となる。さらに一般移植田の発病はこれより先に発病する取直苗にすべて由来するのか、とくに広域的な発生を示す時にすべて伝染源は取直苗の発病によるのか、取直苗を発病前に早期除去した場合の本田初期の伝染源は何か…等疑問な点が多い。また、補植苗の発病がすべて育苗期間中の感染とは思えないし、本田に残されたいわゆる取直苗への伝染源は何か等か素朴な疑問点である。

以上の問題に関してつぎの点の解明がほしい。

- 1 作業の機械化が進み、収穫の大半はコンバインによって行なわれている。この時の細断わらの消息と、わら上では最も越冬率が高い「節いもち」罹病部での菌生存状況を知ること。水田上に1mの高さに堆積した場合は、内部のわら上では生存可能と言うデータは山形農試の試験結果から明らかとなっている^{28,29)}。田面に散乱された場合はどうか。
- 2 この菌越冬いなわらは、春先耕起・代かきで土中に埋没されるが、全部が土壌と混合されるのか。代かき作業時や田植の終わったあとの水田をよく観察すると、畦畔にうち寄せられた細断わらの多いのに気がつく。この上での菌の生存と孢子形成はどうか、何時頃から形成するのか等の解明がほしい。
- 3 イネを鎌で手刈りしていた時代は、圃場に散乱した罹病わら上では越冬できないと結論されていた。菌の越冬場所は室内に貯蔵（乾燥状態）されたわら、もみがらであるといわれていたが、コンバイン収穫の今日ではそれらがどこに集められ、或はどこに放置されているのか、その上での菌の生存、孢子形成の可能性はどうか等の解明と、本田（補植用取直苗も含めて）への伝染病としての位置づけが必要である。

以上、育苗といもちについて述べてきた。問題点も指摘してきたが、伝染源の解明は古い時代にすでになされたことではある。しかし新しい栽培体系下での証明が不十分だと考えるのは私だけなのだろうか。

なお、表、図は1988年水稲いもち病等の多発要因の解析と防除、岩手県、1989年10月、から引用した¹¹⁾。

表 11 県南部における補植用苗でのいもち病発生状況

(岩手県)

年次	調査区域	調査 月日	調査 筆数	補植用 苗放置 筆率%	補植用 苗発病 筆率%	関係 農家 数	発病 葉位	病斑型	周辺株 発病 筆率%
1985	前沢～一関	6.28	60	26.6	5.0	—	n~n-4	P~ybg	3.0
1986	江刺～川崎	6.25	130	19.2	3.8	—	n~n-5	P~ybg	2.3
1987	前沢A地区	6.10	141	31.9	7.1	5	2~6	P~ybg	0.0
	◇ B ◇	6.19	88	25.0	2.3	2	n-1~n-4	p g ~ybg	1.1
	胆沢町	6.10	79	21.5	3.8	2	2~4	P~ybg	0.0
	花泉A地区	6. 9	139	25.9	0.7	1	3~6	P,ybg	0.0
	◇ B ◇	6. 9	45	42.2	0.0	—	—	—	—
1988	前沢A地区	6.11	76	21.1	5.3	2	2~5	P~ybg	0.0
	◇ B ◇	6.11	74	20.3	4.1	3	2~5	w~ybg	0.0
	平泉町	6.11	44	38.6	11.4	4	2~5	P~ybg	0.0

注 1) : '85年'86年及び'87年の前沢B地区の発病葉位は抽出中の葉をnとし、順次下位にn-1、n-2とした。

注 2) : 関係農家数については、聞き取り調査及び圃場の地理的關係から推定した。

注 3) : '87、'88年の前沢A、B地区はそれぞれ同じ地区を調査した。

表 12 農家育苗ハウスにおけるいもち病感染の実態

(岩手県 1987年調査)

調査場所	農家の育苗内			容蒙古稻の発病状況				補植用苗の 発病状況1)
	品種	種子消毒	ハウスの環境	発病 箱数	病班 数	発病 葉位	病班 型	
胆沢町No.1	ササニシキ	消毒済種子	牛舎隣接	0	0			—
◇ No.2	キヨニシキ	◇	置床に籾殻使用	2	2	第2葉	p g	—
◇ No.3	コガネヒカリ	湿粉衣	牛舎隣接	0	0			—
前沢町No.1	ササニシキ	◇	牛舎隣接	3	4	第2葉	p g	第2、3葉ybn
◇ No.2	ササニシキ	消毒済種子	ハウス外にわら放置	0	0			—
◇ No.3	ササニシキ	湿粉衣	牛舎隣接	0	0			—
農試温室2)				0	0			—

注 1) : 5月27日に農家が育苗した補植用苗を調査した。一印は補植用苗がなかったことを示す。

注 2) : 対照として、6箱を農試温室内で管理した。

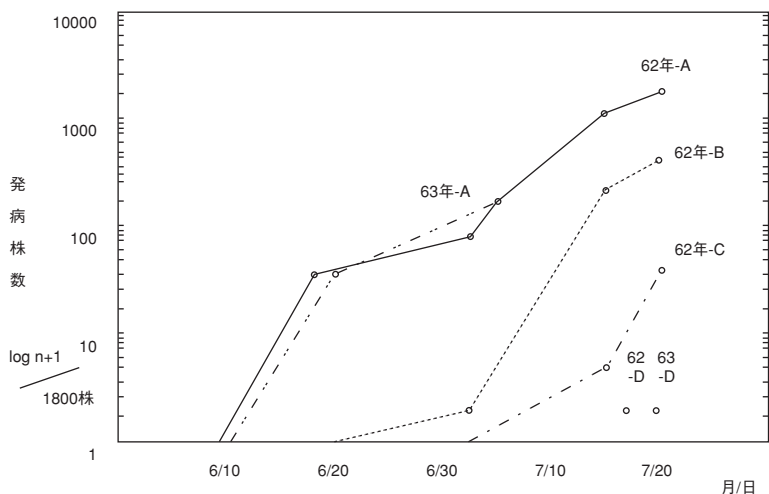


図9 早期発生田（発病した補植用苗放置水田）及び周辺圃場における葉いもち発生推移（岩手県）

注）A：発病した補植用苗放置水田（1987、1988年） B：Aの隣接水田（1987年）
C：Aから50m離れた水田 D：一般水田（全般発生開始期、1987、1988年）

（2）播種期、移植期

播種期と移植期の関連では、同じ播種期であっても、現在のように稚苗、中苗（成苗）移植というように、苗齢の異なったものか若干の時期をずらして移植されるようになり、また、最近では乳苗というごく若齢の苗も移植されるようになってきた。

これは主に労働力の分散、中でも大規模稲作農家や移植作業受託農家の移植期の分散（集中回避）によるものであり、さらには山間高冷地帯における本田初期生育確保のための成苗移植の普及推進で、育苗日数や移植期に差異がみられるようになってきたためでもある。

播種期もこれに対応して若干の移動がみられるようになった。

いもち病発生の視点でとらえると、これまでに乳、稚、中（成）苗でそれぞれ箱内や本田移植後の発病に違いがあるという報告は見当たらない。

前にも述べたように、箱内、本田での伝染源と様式は複雑だから、単純に育苗日数の長短で苗感染の多少と関連づけられないように思われる。

育苗環境、例えば畜産農家でわら、もみ殻等の伝染源を敷わら等を使用し、また、これを屋外に堆積して置いたとき（もみ殻は腐熟し難いし、稲わらも乾燥した状況で堆積されている場合が見受けられる。）それらが箱内の感染源になったことは表 12 でも明らかである。この場合の感染チャンスは育苗日数の長いときほど高いことは容易に想像できる。

また、ある事情によって移植期が遅延した場合に、苗箱で激発した例は 1993 年に経験している。このケースは 6 月上旬の移植とその時期が大幅に遅れたためであるが、移植時にも病斑形成があったし、その直後からまん延が始まり、白斑型病斑が多数形成してズリコミいもちとなった。

それは、肥料吸収が日正盛となったうえ、未だ莖葉組織が柔らかくて、いもち抵抗力が弱いためであろう。このことから、通常時期の移植であっても、6 月初めからの高温到達は本田の早発を招くので、東北地方では注意が必要なのである。

（3）栽植密度

機械移植では手植え時のような栽植密度に大きな違いはみられない。したがって、これといもち発生との関係も問題となった事例は見当たらない。

一般的にみて密植の場合は、疎植に比べて生育盛期のときは株間のうっ閉度が高くなるから、風、日光の透過が悪く、葉上水滴の蒸散も遅いので、いもち病菌の侵入に好適するから多発生するし、やがて穂いもちへの移行も多くなってくる。

(4) 灌がい水

山間地で冷水が絶えず入るような水田は、水口ほどイネの活着遅延、初期生育不良となり、やがて出穂遅延、青立ちとなってくる。このような水田では気温が上昇して、いもち発生の適温に達すると「水口いもち」となってひどい症状を呈するようになる。

イネの生育が進み、出穂時に近づくにしたがって、普通イネとの生育差が目立ち、葉色が濃くて軟弱となり、葉いもちの発生にとって最良の「場所」を提供してくれる。

出穂～登熟期にこのような遅延イネをみると、孢子形成の多い大型で活性の高い病斑を上位葉に多数認めることができる。この結果から重要な伝染源となって、穂いもち、節いもち発生に連動してくる。

平坦地の広い水田は、灌がい水温の差は少なく、したがって水口、水尻の生育差はないから、水口いもちの現象はみられないのが普通である。

落水時期が早く、土壤の乾燥が進むほど発病が助長され、穂の枯れ上りも早いというのがこれまでも観察されている。昨今はコンバイン収穫が主体であるから、早く落水して土壤の乾燥固化を促進し、収穫作業の能率化をはかるのが一般的傾向である。穂いもちの被害はこんなところにも関連してくるのである。

灌がい水の水質はいもち発生と深い関係があるといわれ、特に珪酸は水系によってその含量が異なり、含量の多い水系を利用した水田では発病が少ないと指摘する研究者（西門）もいる。最近の山林事情や河川改修の進行によって、従前の珪酸含量に大きな違いが見られるようになったことは注目すべきことである。

このことに関して、純情産地いわてにおける「つちづくりと施肥の方向」、JA岩手経済連営農技術室・生産資材部、平成7年の資料から引用して紹介する¹⁴⁾。

- 1 年間の珪酸収支量から毎年の肥料施用の目安をたてる。この場合、玄米収量 600 kg、粃、わらの珪酸分はわら重 750 kgとして、各々 37.5 kg. 70.0 kgとする。土壌からの溶脱量は 20 kgとする。灌がい水からの珪酸供給量は珪酸含量 15 ppm、年間用水量 1,000 tとして 15 kg、わらは全量還元等々を前提として珪酸収支を算出して施肥量を示している（10 aあたり）。
- 2 ところがこの基準として示された河川の天然供給量の珪酸含量 15 ppmは近年減少し、表示したように 4.4～14.9 ppmの値を示していて、昭和 54～57年調査値の 9.5～17.9 ppmから著しく減少した。岩手県内の灌がい用水を利用している 7つのダムの珪酸含量平均値は、前記昭和 54～57年調査値 14.4 ppmであるのに対して昭和 63～平成 3年のそれは 9.9 ppmと大幅に減少しているのである。
- 3 この減少の明確な証拠は出されていないが、
 - a 山林の樹木の減少で、雨が直ちにダムに流入しやすい。
 - b ダムから水田までの水路がコンクリート整備のため、土と接触しながら珪酸を溶かしてくる灌がい水ではなくなっていること等がその原因ではないかと推論している。

このように珪酸含量が 15 ppm以下の灌がい水では、いもち病発生の危険性が高いと県農試では警告している。

表 13 主要ダム灌漑水の珪酸含量分析値(岩手農試)(単位SiO₂ppm)

	採水場所	昭和54～57年	昭和63～平成3年
御所ダム	盛岡市上太田	18.0	14.2
	◇	18.3	16.1
	盛岡市猪去	18.1	15.1
	盛岡市下飯岡	18.8	15.4
	盛岡市西見前	18.2	14.4
	矢巾町白沢	16.1	14.1
	(平均)	17.9	14.9
山王海ダム	紫波町片寄	13.5	12.1
	◇	11.3	11.0
	石鳥谷町大興寺	21.9	24.1
	石鳥谷町北寺林	14.4	11.6
	(平均)	15.3	14.7
田瀬ダム	東和町百の沢	6.2	5.1
	東和町南川目	2.4	5.0
	東和町前田	12.4	7.8
	江刺市広瀬	13.0	5.3
	江刺市福瀬	13.3	3.2
	(平均)	9.5	5.3
豊沢ダム	花巻市西宮野目	16.0	13.1
	花巻市北湯口	16.4	13.7
	花巻市太田	12.5	11.6
	(平均)	15.0	12.8
湯田ダム	金ヶ崎町西根	10.3	4.5
石沢ダム	水沢市姉体	26.5	5.2
	水沢市真城	12.3	4.9
	前沢町立石	17.2	4.7
	胆沢町小山	10.7	3.6
	胆沢町一本松	11.0	3.6
	(平均)	15.5	4.4
岩洞ダム	滝沢村鶯飼	12.1	7.4
	(全平均)	14.4	9.9

(岩手県経済連 1995)

●参考文献

- 1) 千葉末作ら 青森農試研究報告 22 (1977)
- 2) 橋岡良夫 農業及び園芸 47.3 (1972)
- 3) 橋岡良夫 日植病報 4 2, 237 - 238 (1976)
- 4) 橋本晃 植物防疫 30.7 (1976)
- 5) 橋本晃 福島農試特別報告、2 (1984)
- 6) 平野喜代人ら 農技研報告 C16 (1963)
- 7) 糸井節美ら 日植病報 45.209 - 213 (1978)
- 8) 糸井節美ら 日植病報 45.375 - 385 (1979)
- 9) 糸井節美ら いもち病、研究と実際場面から、No. 4、武田薬品、日本イーライリリー (1983)
- 10) 市川久雄ら 長野農試研究集報 5 (1962)
- 11) 岩手県 昭和63年水稲いもち病等の多発要因の解析と防除 (1989)
- 12) 岩野正敏 北陸病虫研報 30 (1982)
- 13) 岩野正敏 北陸病虫研報 30 (1982)
- 14) JA岩手経済連 純情産地いわてにおける「土づくりと施肥の方向」(1995)
- 15) 加藤肇ら 農技研報告 C28 (1974)
- 16) Kato H. ProceecingsSymPo.Climate&Rice,IRRI (1976)
- 17) 勝部利弘ら 東北農試報告 28 (1963)
- 18) 北日本病害虫研究会 北日本病虫研報 特別報告 1 (1954)
- 19) 北日本病害虫研究会 北日本病虫研報 特別報告 2 (1955)
- 20) 北日本病害虫研究会 北日本病虫研報 特別報告 5 (1960)
- 21) 北日本病害虫研究会 北日本病虫研報 特別報告 6 (1965)

- 22) 栗林数衛ら 農業改良技術資料 24 (1952)
- 23) 金軍圭 九州農試報告 24、53 - 119 (1985)
- 24) 古賀博則ら 日植病報 48、506 - 513 (1982)
- 25) 松橋正仁ら 北日本病虫研報 41 (1990)
- 26) 松山宣明ら 日植病報 50、379 - 332 (1984)
- 27) 三沢正生ら 日植病報 25、1. (1982)
- 28) 三浦春夫ら 山形農試研究報告 9 (1975)
- 29) 三浦春夫ら 北日本病虫研報 26 (1975)
- 30) 宮城県病害虫防除所 平成5年冷夏といもち病多発生の記録 (1994)
- 31) 生井恒雄ら 日植病報 43、175 - 182 (1977)
- 32) 西門義一 農学研究 43 (1955)
- 33) 小野小三郎 北陸農業研究 2.1 (1953)
- 34) 小野小三郎 イネいもち病を探る、
日本植物防疫協会(1994)
- 35) 佐々木次雄ら 北日本病虫研報 22 (1971)
- 36) 鈴木穂積 北陸病虫研会報 16 (1968)
- 37) 鈴木穂積 北陸農試報告 10 (1969)
- 36) 鈴木穂積 北陸病虫研会報 17 (1969)
- 39) 鈴木穂積 北陸病虫研会報 20 (1972)
- 40) 鈴木穂積 北日本病虫研報 35 (1984)
- 41) 鈴木穂積ら 北日本病虫研報 37 (1986)
- 42) 鈴木穂積 稲いもち病 P.115 (1987)
- 43) 高橋富士男ら 北日本病虫研報 43 (1992)
- 44) 豊田栄ら 日植病報 27、1 - 4 (1952)
- 45) 渡部氏 北日本病虫研報 14 (1963)
- 46) 渡部氏 東北農業研究 7 (1965)
- 47) 山口富夫ら 日植病報 45、518 (1979)

- | | |
|-----------|------------------|
| 48) 山口富夫 | 農業通信 122 (1985) |
| 49) 山中達ら | 日葡報 17 (1976) |
| 50) 吉野嶺一ら | 北陸農試報告 16 (1974) |
| 51) 吉野嶺一 | 北陸病虫研報 23 (1975) |
| 52) 吉野嶺一 | 北陸農試報告 22 (1979) |