

オオムギ雲形病の発生生態と防除法

農林水産省北陸農業試験場 **あら 井 治 喜**

はじめに

オオムギ雲形病は我が国でも古くから発生が知られ、特に第二次大戦後の食糧増産時代には、山陰や北陸地域を中心に北海道から九州にいたる全国各地で猛威を振るった。そのため試験研究も活発に行われ、発生生態や病原性の分化に関する多くの知見が得られた(尾添, 1956; 農林省, 1958; 梶原・岩田, 1963)。しかしながら、1960年代以降、オオムギ作付けの激減に伴い雲形病の発生も減少し、試験研究に長い空白期間が生じてしまった。

本病に関しては海外を中心に多くの研究蓄積があるので総説(SHIPTON et al., 1974; BEER, 1991)を参考にさせていただき、本稿では雲形病研究の国内動向を中心に紹介したい。

I 病原菌と発生動向

病原菌は *Rhynchosporium secalis* (OUDEMANS) J. J. DAVIS で、有性世代は確認されていない。本菌は学名が示すように初めはライムギで記載され、オオムギや牧草類など広くイネ科植物に寄生するが、寄生性の分化に関する十分な整理は行われていない。なお日本有用植物病名目録では分化型を認め、f. sp. *hordei* IWATA et KAJIWARA を採用している。本病は、ヨーロッパや北米など世界各地のオオムギ栽培地帯で発生し、特に冷涼な地域で問題となっている(SHIPTON et al., 1974; BEER, 1991)。

国内では、水田利用再編対策事業によりオオムギの作

付けが再び増加する過程で、北陸地域を中心に恒常的に多発生するようになった。本菌は雨滴の飛沫によって分生子が飛散することから、降雨が多い気象条件ほど発病が助長されやすく、播種期の10月以降に不順な天候が続く北陸地域は本病の発生に極めて好適な地域といえよう(荒井, 1991)。また、北海道や東北、関東、さらに九州等全国各地で発生が確認されており、今後の発生動向が気になりである(表-1)。

II 発病推移と病徴

1 第一次伝染源と秋期発生

本病の第一次伝染源は保菌種子および罹病残渣とされるが、現行の農作業体系ではコンバイン収穫とその後の耕起作業によって麦稈の腐熟が進み、雲形病菌のほとんどは越夏中に死滅してしまうものと考えられる。乾燥保存した麦稈を圃場に持ち込むようなことがない限り、伝染源としては保菌種子の比重がもっとも大きいであろう。ただし、東北など夏期冷涼な地域や、北海道の春播き地帯では罹病麦稈が重要な伝染源になり得ると考えられる。伝染源量と発病の関係を調べるため、健全種子に多発圃場産の保菌種子を混入して播種した結果、保菌種子の混入率が高いほど初発時期が早まり秋期多発生となった。実験的に保菌種子を播種すると、2~4週間後に子葉鞘が淡褐色~暗褐色に褐変し、第一葉葉鞘まで病斑が伸長する場合もある。ただし、*Fusarium* 属菌等によっても褐変が生じるので診断に注意が必要である。圃場では、注意深く観察しないと子葉鞘の病徴を見つけるこ

表-1 近年の雲形病発生動向(発生面積: ha)^{a)}

順位	1987年	1989年	1993年	1998年
1	新潟県 2,477	新潟県 4,055	富山県 1,850	富山県 595
2	山形県 416	富山県 800	新潟県 1,372	石川県 334
3	石川県 340	秋田県 469	石川県 469	新潟県 212
4	秋田県 200	山形県 400	福井県 399	福岡県 144
5	鹿児島県 20	石川県 395	秋田県 200	福井県 11
6	鳥取県 3	茨城県 164	福島県 25	福島県 10
	全国計 3,456	6,407	4,370	1,307

:「農水省植物防疫年報」より作表。

とは難しい。播種後30~40日頃から葉身や葉鞘に病斑が認められ始め、葉身には灰白色で紡錘形~不正形の典型的な雲形病斑が、葉鞘には褐色で不正形の病斑を生じる(荒井, 1991)。

2 雲形病菌の積雪下における動態

本病の研究を開始した当初、農家圃場での発病調査過程で、積雪前には発病を確認できなかったにも関わらず、消雪時には雲形病がまん延している事例に出会うことが多かった。そこで、積雪下での調査や接種試験を行ったところ、本病は積雪下においても新しい病斑を生じることが明らかとなった。場合によっては一種の雪腐症状を呈し、消雪後の再生が遅くなる。このような部分は坪状に発生することが多く全体的に淡褐色を帯び、葉腐れ部位には雲形病の病斑が認められるので褐色雪腐病等の病徴とは識別可能である。雲形病菌の生育適温は15~20°Cの間で、病斑発現までは通常約2週間ほどの潜伏期間がある。潜伏期間は温度が低下するほど長くなるものの、本菌は積雪下で休止状態にあるのではなく、ゆっくりと生育を続けていたと考えられる。北陸や東北の積雪地帯では、発生初期が積雪下で経過するため本病のまん延を見過ごしやすい(荒井, 1991, 1993; 鈴木・荒井, 1990)。

3 越冬後から収穫期まで

新潟県における発病調査から、越冬後の雲形病の病勢進展に特徴的なパターンが認められた。消雪後増加した病斑面積率は茎立期から止葉展開期にかけて一時的に低下し、病斑は下位葉のみに存在して病勢は停滞してしまうが、止葉展開期から登熟期間中に再び急激に進展するというパターンである。新潟県では4月から5月にかけて比較的降水量が少なく二次伝染が生じにくくなる。さらにこの時期のオオムギは急速に節間伸長しながら次々と新葉が展開していくのに対して、雲形病の潜伏期間は約2週間であるため、病斑の出現よりもオオムギの生育速度が勝ってしまう。これらの理由から、見かけの上で病勢が一時的に停滞してしまう現象であることが明らかとなった。茎立期の時点で下位葉に病斑が多く存在する場合には、止葉展開後に上位葉へ急激に病勢進展する可能性がある(荒井, 1991; 鈴木・荒井, 1990)。

この時期に葉身に生じる病斑は、典型的な雲形病斑であるが、宿主が罹病的な体質になっているときは灰白色の病斑が急速に拡大する場合がある。また、生育期後半に多発生した場合には、止葉などに褐色味が強く焼けたような病斑を生じる。比較的少発生の場合でも葉節部が侵されることが多く、枯死部位から引きちぎれやすくなる。出穂期に上位葉まで病斑が形成されている

と、穂への感染が起こりやすい。特に出穂初期に感染した場合には穂にも病斑を生じる。穎の先端部、特に芒の基部に内部が灰白色~淡褐色で周囲が暗褐色、または全体に褐色の不正形病斑を生じるが、成熟とともに病斑は目立たなくなる。出穂後の日数が経過した穂では、明瞭な病斑を形成せずに無病徴感染となる(荒井, 1991; SKOROPAD, 1959)。多発圃場では、登熟期間中にイネのいもち病菌による節いもちに類似した節部褐変壊死症状が認められ、穂への養水分の転流が阻害されたり、刈り遅れた場合に節部から折れやすくなる(荒井, 1996)。

III 国内におけるレース分布

本病菌にもうどんこ病菌やさび病菌などと同様に寄生性の分化と病原性の分化(レース)が知られており、変異に富む菌であるとする報告が多い(SHIPTON et al., 1974; BEER, 1991)。一方、国内でのレースに関する研究は梶原・岩田(1963)の研究があるのみで、近年のレース分布実態は不明であった。このため、国内におけるレースの分布を明らかにし、抵抗性品種利用の基礎的知見を得ようと研究を進めてきた(荒井・藤田, 1997b, 1998c)。梶原らは、レース判別品種として国内品種2と外国品種8の計10品種を選択し、38菌株を10レースに類別してJ-1~J-10の名称を与えている。この判別品種を基本とし、現在の主要栽培品種である‘ミノリムギ’と‘カシマムギ’を加え、さらに国際比較のためGOODWINら(1990)の判別品種も用いてレース検定システムを構築した。1989年から1996年にかけて全国各地の雲形病発生圃場から採取した126菌株についてレース検定を行った結果、供試菌株は大きく5レースに分けられた。レースの構成割合は、レースJ-4が約16%、J-5が約6%であったが、梶原らの体系では判別できない反応を示す菌株が全体の約70%を占めた。これらの菌株は、レースJ-4よりも病原性の幅が狭く、2判別品種と‘ミノリムギ’に対してのみ明瞭な病原性を示すことから、新たにレースJ-4aと仮称した。これら主要3レースは、近似した病原性を有するレースと考えられるが、採取地域や年次との明瞭な関係は認められず、全国に分布していた。一方、東北農試オオムギ育種圃場より採取した菌株の中にのみ、病原性の幅の広いレースJ-7とJ-9が認められた(表-2)。このようなレースが、様々な品種・系統が栽培されている育種圃場から得られたことは、レース分化を考える上でも興味深い。本試験で確認された五つのレースは、GOODWINらの24判別品種のうち4~8品種に病原性を示すのみであった。レースの国際的な比較は、方法や条件が完全に同一ではないた

表-2 オオムギ雲形病菌レースの反応型と菌株数

判別品種 ^{a)}	レース				
	J-4	J-5	J-7	J-9	J-4 a ^{b)}
小首1号	S	S	S	S	M-R ^{c)}
魁	R	M-R	S	S	R
Nigrum	S	S	S	S	S
West China	M-R	S	S	S	R
W. W.×Glabron	R	R	S	R	R
Wong	S	S	R	S	S
Brier	R	R	S	S	R
Hudson	R	R	R	R	R
Tennessee Winter	R	R	R	R	R
Atlas 46	R	R	R	R	R

ミノリムギ	S	S	S	S	S
カシマムギ	R	M-R	S	S	R
菌株数	21	8	2	7	88

^{a)}: 梶原・岩田 (1963) の判別品種, ^{b)}: 仮称, ^{c)}: 病型型: 0~2=M, 3~4=S (ただし 2 と 3 が混在する場合は M とした)。

め難しい面もあるが、国内には病原性の幅が狭いレースが優先して分布しており、海外で報告されている抵抗性品種に病原性を有するレースは少ないようである。これは、抵抗性品種の育成と利用を進めるに当たって有益な情報となる。

IV 防 除 対 策

1 種子消毒

種子伝染性病害である雲形病の発生を防ぐには、健全な種子を用いることが基本となる。物理的な種子消毒法として湯湯浸法が古くから用いられているが、大量処理や機械播種には不適である。薬剤ではチウラム・ペノミル剤の乾燥種子重量 0.5% 量の粉衣処理が登録されている。圃場試験の結果、薬剤処理により初発時期が遅延し消雪後の病勢進展も緩慢になる効果が認められた。しかし、種子の罹病程度が高かったり、保菌種子の混入割合が多い場合には防除効果がやや不安定であった (荒井, 1991; 鈴木・荒井, 1990)。

2 薬剤散布

雲形病による収量や品質の低下を防ぐには、特に止葉を中心とする上位葉を守ることがポイントになり、登録のある茎葉散布剤としてはトリアジメホン剤とプロピコナゾール剤がある。両剤は高い効果を有しているが、消雪時に既に発病程度が高い状態にある場合には、薬剤散布を行っても十分に効果が上がらない。薬剤散布の効果を引き出すにはあくまでも種子消毒の実施が前提となり、種子消毒は薬剤の茎葉散布では代替できない必須作業であるといえる (荒井, 1991; 鈴木・荒井, 1990)。

3 耕種的防除

第一次伝染源としては保菌種子が重要であるが、地域によっては罹病残渣の比重が高まることから、特に採種圃場では連作を避け、麦稈の持ち出しや焼却などの圃場衛生に努めることが大切である。また、同一の種子を用いても播種法や播種時期によって発病程度が異なり、表面散播や早播きでは種子伝染が起こりやすくなる。多肥は発病を助長するため施肥量や追肥時期に注意し、過繁茂にならないようにする (荒井, 1991)。

4 抵抗性品種の利用

麦作を巡る国内の厳しい状況から、高品質安定生産とともに一層の低コスト化が求められている。'ミノリムギ'等の国内主要栽培品種はいずれも雲形病に罹病性であるため、病害および育種分野の連携を強化し、主要病害に対する複合抵抗性品種を育成していく必要がある。海外では雲形病抵抗性育種が先行しているが、既にアメリカにおいて抵抗性品種の崩壊事例が報告されている (HOUSTON and ASHWORTH, 1957)。また、カナダにおいても抵抗性品種の崩壊が生じており、真性抵抗性から圃場抵抗性品種の開発へと育種方向が変化してきているという (TEKAUZ, 私信)。

国内における雲形病抵抗性を意図した品種としては、'クモガタシラズ' (北陸皮 6 号) が 1957 年に登録されたが、その後のオオムギ作付けの急減と育種組織の再編成に伴い、抵抗性育種の流れは途絶えていた。最近になって北陸農業試験場と長野県農事試験場 (ムギ類育種指定試験地) を中心に本格的な取り組みが行われるようになり、北陸農試では、北陸地域におけるオオムギ低収の原因となっている湿害、雲形病、雪腐病等に強く、多収で加工適性の高い新品種の開発を目指している。'クモガタシラズ' は、圃場試験において複数のレースに対して安定した抵抗性を示すことから、いわゆる圃場抵抗性を有しているものと考えられる (荒井・藤田, 1998 b)。これを交配親に用いた系統として新たに '北陸皮 30 号' と '北陸皮 31 号' が育成されたが、雲形病に対する抵抗性は 'クモガタシラズ' に及ばなかった (荒井ら, 1998 d)。雲形病抵抗性遺伝資源を探索する過程で、東北農試で育成された小さび病抵抗性系統のうち、'大麦さび系 2 号' と '大麦さび系 3 号' が雲形病にも抵抗性を示すことが明らかになり (湯川ら, 1989)、交配親として利用されている。これら系統は、'アサマムギ' に小さび病抵抗性を示す外国品種を交配したもので、雲形病菌に対してレース特異的な抵抗性を示す (荒井ら, 1997 a, 1998 d)。'北陸皮 33 号' と '北陸皮 34 号' は、'ミノリムギ' に比べてやや早生で品質や収量は同等かやや優り、

表-3 北陸農試育成系統の雲形病抵抗性検定結果 (1999年)

品種系統名	交配組み合わせ	幼苗の反応 ^{a)} (レース J-4 a)	圃場発病程度 ^{b)}	
			(99.4.30)	(99.5.10)
北陸皮 30号	東北皮 20号/クモガタシラズ	S (4)	6	6
北陸皮 31号	クモガタシラズ/ミユキオオムギ	S (4)	7	7
北陸皮 32号	ミノリムギ/ハヤタムギ	S (4)	6	6
北陸皮 33号	ミユキオオムギ/大麦さび系 2号	R (0)	0	1
新系 95-30 ^{c)}	東山皮 85号/大麦さび系 2号	R (0-2)	0	1
新系 96-16 ^{d)}	東北皮 27号/東山皮 79号	S (3-4)	6	7
新系 96-17 ^{e)}	東北皮 27号/東山皮 79号	S (4)	7	7
ミノリムギ	東山皮 1号/コウゲンムギ	S (4)	7	7
ミユキオオムギ	ハガネムギ/北陸皮 26号	S (3-4)	5	5
アサマムギ	ミノリムギ/東山皮 54号	S (4)	7	8
大麦さび系 2号	アサマムギ/Vogelsanger-Gold	R (0)	1	2
大麦さび系 3号	アサマムギ/Ager	R (0)	0	0

^{a)}: 調査基準 (0~4); 0~2=R, 3~4=S 接種菌株は, NB 1-1-1 (レース J-4 a, 新潟県), ^{b)}: 調査基準 (0~10); 接種菌株は, NB 1-1-1 (レース J-4 a, 新潟県), ^{c)}: 北陸皮 34号, ^{d)}: 北陸皮 35号, ^{e)}: 北陸皮 36号.

雲形病抵抗性を有するのが特徴となっている (表-3)。この他にも外国品種を交配に用いた系統が育成されつつあり, 同様な取り組みが長野農事試においても行われている。

おわりに

本病菌は, 有性世代が知られていないことから, 病原性の変異は突然変異や菌糸融合によって生じていると考えられる。このメカニズムを明らかにしない限り, 抵抗性品種もいつかは崩壊の運命にある。オオムギと雲形病菌の関係も, うどんこ病菌等と同様に遺伝子対遺伝子説が成り立つと考えられており, 既に非病原性遺伝子が単離されている (ROHE et al., 1995)。また, 抵抗性遺伝子の種類によっては, 条件により反応が不安定になったり, 抵抗性が変動することが報告されている (SHIPTON et al., 1974; 荒井・藤田, 1998 a)。抵抗性品種を安定的に利用していくためには, 品種抵抗性と雲形病菌の病原性分化機構の解明を急ぐことが重要であり, 抵抗性品種の育成と並行して定期的なレース分布調査が必要である。

最後に, 本病が種子伝染性で雨滴の飛沫により伝搬するという特性に注目したい。これまで全国各地で発生が確認されていることから, 未発生地でも保菌種子が持ち込まれた場合には多発生にいたる可能性がある。作付拡大に伴う種子需要の急増が予想されるが, 種子の移動には注意が必要であり, 健全種子生産技術の確立が望まれる。本病は, 種子伝染性でありながら空気伝染によって二次伝染していくイネいもち病などとは異なり, 伝搬範

囲が雨滴による孢子飛散が可能な伝染源周辺に限られるため, 種子消毒によって第一次伝染源量を大きく減少させることが, 直接的に二次伝染を少なくすることに結びついていく。また, 変異レースが生じたとしても, その拡大は緩やかなものと考えられる。健全種子の使用が基本であるものの, 採種圃場における防除の不徹底や転用種子の問題から, 種子伝染を完全に防止できていないのが現状である。今後想定される新品種の普及に当たっては, 種子増殖過程での十分な雲形病対策を望みたい。

引用文献

- 1) 荒井治喜 (1991): 農業および園芸 66: 1293~1299.
- 2) ARAI, M. (1993): 6th ICPP abstracts: 147.
- 3) 荒井治喜 (1996): 日植病報 62: 254~257.
- 4) ———・藤田佳克 (1997 a): 育種 (別 2): 108.
- 5) ———・———— (1997 b): 日植病報 63: 214.
- 6) ———・———— (1998 a): 同上 64: 362.
- 7) ———・———— (1998 b): 育種 (別 2): 259.
- 8) ARAI, M. and Y. FUJITA (1998 c): 7th ICPP abstracts: 2. 2. 105.
- 9) 荒井治喜ら (1998 d): 北陸作報 33: 112~114.
- 10) BEER, W. W. (1991): Zbl. Mikrobiol. 146: 339~358.
- 11) GOODWIN, S. B. et al. (1990): Phytopathology 80: 1330~1336.
- 12) HOUSTON, B. R. and L. J. ASHWORTH (1957): ibid. 47: 525.
- 13) 梶原敏宏・岩田吉人 (1963): 農技研報 C 15: 1~73.
- 14) 農林省振興局研究部 (1958): 農業改良技術資料 98号: 1~53.
- 15) 尾添 茂 (1956): 島根農試報 1: 1~122.
- 16) ROHE, M. et al. (1995): EMBO J. 14: 4168~4177.
- 17) SHIPTON, W. A. et al. (1974): Rev. of Plant Patho. 53: 839~861.
- 18) SKOROPAD, W. P. (1959): Phytopathology 49: 623~626.
- 19) 鈴木穂積・荒井治喜 (1990): 植物防疫 44: 214~219.
- 20) 湯川智行ら (1989): 北陸作報 24: 55~56.