

# I. 諸 言

コムギ条斑病の発生の歴史は古く、1931年に岡山県で発見されたのが最初の記録である。その後、2～3年の間に広島、愛媛、香川、長野、岩手などの各県で相次いでその発生が確認され、1960年代の前半まで各地で大きな被害を与えていた。現在では、田畑輪換を含む輪作の徹底、あるいはムギ類の作付の激減などによって、ほとんど問題になっておらず、栃木県や埼玉県などで発生が認められている程度である。欧米での発生は日本よりかなり遅く、1952年にスコットランド、1955年にアメリカで確認され、以来、欧米の各国で相次いで確認された。現在では、カナダや北アメリカ各州の冬コムギ地帯で重要病害として注目され、近年になっても発生地域の拡大が報告されている。

北海道では、1981年に網走支庁管内と胆振支庁管内で同時に発生が確認された。特に、胆振支庁管内追分町での発生は特徴的であった。1981年6月下旬、追分町の農家は場で試作中の北見42号（のちに「チホクコムギ」）が急激に枯れあがり、原因不明の奇病とされ、良質の有望系統である北見42号の前途に暗雲をもたらすものとして危惧された。そのため、北海道立中央農業試験場では、栽培、土壌肥料、病理の各分野の研究者で構成する「異常生育小麦調査班」を組織し、筆者もその一員として原因の究明にあたった。その結果、異常生育をもたらした原因は条斑病であることが判明し、翌1982年に実施した全道的な発生調査により、条斑病は北海道のコムギ栽培地帯の広範囲に分布し、しかも、多発生ほ場も各地に分布していることが明らかとなり、緊急にその防除対策を確立する必要性が認識された。

そこで、北海道立中央農業試験場病虫部病理科を中心として、同北見農業試験場及び同十勝農業試験場の病虫予察科が共同し、条斑病に対する緊急防除対策を確立するためのプロジェクト研究が1983年より開始された。筆者は、北海道における条斑病の発生確認からプロジェクト研究の終結に至るまで、条斑病に関する研究に従事した。

本論文は、前記プロジェクト研究及び筆者が1981年から1982年にかけて実施した試験で明らかにした、北海道における条斑病の発生生態とそれに基づく防除対策などを取りまとめたものである。

本研究を遂行するにあたり、元北海道立中央農業試験場長故馬場徹代博士、元同病虫部長高桑 亮博士の両氏には本研究課題を与えられるとともに、終始懇切な御指

導を賜った。前道立中央農業試験場病虫部研究員近藤則夫氏（現北海道大学農学部）、元同病虫部長赤井 純博士、前同病虫部病理科長児玉不二雄博士（現道立北見農業試験場研究部長）、前道立北見農業試験場病虫予察科長宮島邦之博士（現道立中央農業試験場病虫部主任研究員）、同研究員清水基滋氏、前道立十勝農業試験場病虫予察科長谷井昭夫博士（現道立道南農業試験場主任研究員）、元同坪木和男氏（現北海道農政部農業改良課総括専門技術員）、元同研究員青田盾彦氏（現道立上川農業試験場病虫科長）の各氏には本研究の共同研究者として終始御協力と御援助を賜った。北海道大学農学部名誉教授故宇井格生博士、元帯広畜産大学教授成田武四博士には有益な御指導を賜った。元道立上川農業試験場長仲野博之氏、元道立中央農業試験場主任研究員真野 豊氏には本研究遂行上の御便宜を賜った。前道立中央農業試験場農業機械部研究員桃野 寛博士（現道立十勝農業試験場農業機械科長）には、種子消毒に関する実験で御協力を賜った。勇払郡追分町牧田俊夫氏には、本研究遂行のためのコムギ圃場を提供されるとともに栽培管理上多大な御協力を賜った。元道立中央農業試験場病虫部長赤井純博士、現同土屋貞夫博士、同病虫部土壤微生物科長田村 修博士、前道立上川農業試験場総括専門技術員多賀辰義博士（現北海道農政部首席専門技術員）、道立上川農業試験場総括専門技術員平田国太郎氏の各氏には、本論文の取りまとめに際し御激励を賜るとともに御便宜を賜った。道立北見農業試験場主任研究員天野洋一博士には貴重なるコムギ種子を分譲いただいた。前道立中央農業試験場主任専門技術員佐藤久泰氏（現道立北見農業試験場総括専門技術員）、元道立十勝農業試験場専門技術員梶野洋一博士（現道立上川農業試験場主任研究員）の両氏には、アンケート調査に多大の御協力を賜った。

また、元道立中央農業試験場臨時農業技能員渡辺 暁氏、同志賀 恵氏（旧姓秋田谷）、同久柱札子氏、同松本康子氏、同清水美幸氏（旧姓柴田）、同南 菊枝氏、同田中美枝子氏には研究遂行上多くの御協力と御援助をいただいた。

以上の各位に対し、衷心から感謝の意を表するとともに、本論文の校閲の労をとられた、東京農業大学農学部教授脇本 哲博士、同中村重正博士、同丹田誠之助博士、同藤井 溥博士、同田辺 猛博士、北海道大学農学部教授生越 明博士の各位に対し、深甚なる謝意を表する。

## II. コムギ条斑病に関する既往の研究

### 1. 病原菌

コムギ条斑病は、1931年に岡山県で発見されたのが世界的にも最初の記録である(西門ら, 1933)。本病の病原菌に関しては、本病が発見されて以来、詳細な比較研究により *Cephalosporium* 属菌の新種であることが明らかにされて、*Cephalosporium gramineum* Nisikado et Ikata と命名された(西門ら, 1933)。以来、コムギ条斑病の病原菌名として採用されていたが、条斑病が激発した圃場の枯死麦稈上に多数のスポロドキアの形成が観察され、それらは形態的特性から *Hymenula* Fries に属し、麦稈上にスポロドキアを形成する *Hymenula cerealis* Elli. & Ev. (Ellis & Everhart, 1894) に該当すること、さらに、スポロドキアに生成された分生子を培地で培養すると、*Cephalosporium gramineum* 型のコロニーを形成すること、及び接種試験の結果などから、条斑病の病原菌名は先命権を重視して、*Hymenula cerealis* Ell. & Ev. に変更すべきであることが報告された(Bruehl, 1963)。また、*Cephalosporium* 属菌を *Acremonium* 属に編入すべきであるとする検索表が Gams (1971) によって提案され、次第に *Cephalosporium* 属は用いられなくなってきている。しかし、コムギ条斑病菌の病原菌名に関しては現在なお *Cephalosporium gramineum* を採用する研究者も多く、日本植物病理学会病名調査委員会の見解もそのとおりである。

### 2. コムギ条斑病の発生分布及び被害

コムギ条斑病は1931年に岡山県で発見されて以来、数年の間に広島、兵庫、愛媛、香川、愛知、長野、岩手、などの各県に発生分布が拡大し、1960年代の前半頃まで各地で多発し、被害を与えていた(西門ら, 1933; 鑄方・河合, 1937; 柚木・桜井, 1965)。しかし、これらの各県では現在ではほとんど問題になっていない。一方、近年になって栃木県(飯泉ら, 1982)と埼玉県(藤田ら, 1984)で、1981年に発生が確認されて、コムギ栽培上の問題となっていることが報告されている。

欧米における本病の発生は、1952年にはスコットランド(Gray & Noble, 1960)、1955年にはアメリカ(Bruehl, 1957)で確認され、以来相次いで欧米の各国で確認されているが、現在も重要病害として注目され

ているのは、カナダやアメリカ各州の冬コムギ地帯であり、これらの地帯では近年になっても発生地域の拡大が報告されている(Gerdemann & Wiebel, 1960; Slope, 1962; Smith et al, 1966; Wiese, 1972; Willis, 1974; Fernandez & McShane, 1980; Jones et al, 1980)。条斑病の発生がコムギの生育に及ぼす影響に関しては、草丈の低下が著しいことが示されている(Bruehl, 1956; Johnston & Mathre, 1972)。また、条斑病の発生がコムギの収量構成要素に及ぼす影響に関しては、発病により最も影響を受けるのは粒重や1穗粒数であり(Johnston & Mathre, 1972; Mathre et al, 1977)、発病すると子実の充実が悪く、ほとんどがしいなになることが報告されている(西門ら, 1933; 鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1956; 柚木・桜井, 1965; Richardson & Rennie, 1970)。圃場における発病率と収量に関して、発病率と減収率は高い相関があり(Johnston & Mathre, 1972; Mathre et al, 1977)、減収率を評価できる生育ステージは穂ばらみ期から開花期であること(Bockus & Sim, 1982)が報告されている。

### 3. 発生生態

コムギ条斑病は、コムギ、オオムギなどのムギ類のほか多くのイネ科植物に寄生することが報告されているが、ムギ類以外のイネ科植物で自然感染が確認されているのは、オーチャードグラス、マウンテンプロムグラス、シバムギ及びカモジグサなどであり(鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1953; 柚木・桜井, 1965; Jones et al, 1980)、自然界における条斑病菌の動態には非常に多くのイネ科植物が関与していることが知られている。しかし、コムギ条斑病の発生とイネ科植物との関係に関する報告は見られない。

条斑病菌は種子及び土壌伝染をなし、コムギでの発病形態は典型的な導管病の形態を取る(西門ら, 1933; 鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1957; 柚木・桜井, 1965; Wiese, 1972; Mathre & Johnston, 1975; Wiese & Ravenscroft, 1975; Morton et al, 1980)。種子伝染は、条斑病菌が種子表面に付着して起る(鑄方・河合, 1937)、あるいは、種子内部にも存在して起る(Elizabeth & Stiers, 1977)とする報告があるが、種子内部から直接病原菌を検出した例はない。また、

種子伝染をもたらす種子の汚染経路に関しても、収穫期のコムギ各部位から条斑病菌が検出されることから、それらによる種子の汚染を示唆する報告（鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1957）があるのみである。土壌伝染は、発生圃場に残された罹病コムギ茎葉の存在との関係が強く、土壌中に感染源を供給するのは、罹病コムギ茎葉に生成するスポロドキアであること（Lai & Bruehl, 1966）、更に、スポロドキアの生成条件が報告されている（Bruehl, 1963; Lai & Bruehl, 1966; Wiese & Ravenscroft, 1975）。土壌中で感染源としての役割を果たすのは、スポロドキアで産生された分生子であり（Mathre & Johnston, 1975）、分生子は土壌凍結その他によって生じた根の負傷部から侵入・感染し（鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1956; Pool & Sharp, 1960; Slope & Bardner, 1965; Pool & Sharp, 1966; Mathre & Johnston, 1975; Morton & Mathre, 1980; Bailey et al, 1982）、コムギの収量構成要素に影響を及ぼす程度の発病は、土壌中の病原菌数が $10^6/g$ 乾土以上に達する必要があるとされる（Johnston & Mathre, 1972）。条斑病の発生圃場における土壌中の病原菌数の推移は、晩秋から初冬にかけて多く、春には少なくなり、夏にはほとんど検出されなくなることが報告されている（Wiese & Ravenscroft, 1975）。

#### 4. 防除対策

条斑病の種子伝染防止対策に関しては、昇こう水及び種子消毒用有機水銀剤による種子消毒が有効であるとす報告（鑄方・河合, 1937; 柚木・桜井, 1965）があるのみで、これらの薬剤は現在では種子消毒剤として使用することができない。条斑病の発生圃場対策として、クロルピクリン剤による土壌消毒の有効性が示されている（柚木・桜井, 1965）。コムギの播種時期の早晚と条斑病の発病に関し、早期に播種してリン酸質肥料を多施用すると、根系の発達が良好になり、その結果、土壌凍結による凍上によって断根が増加し、病原菌の侵入門戸が

多くなり、条斑病の発生が多くなることが示されている（西門ら, 1933, Pool & Sharp, 1966, ; Pool & Sharp, 1969）。条斑病の発生圃場における防除対策として、罹病麦稈が腐敗して病原菌が死滅するまで、コムギを作付しないことが最も効果的であること（Bruehl et al, 1969; Latin et al, 1982; Wiese, 1987）、その具体的方法として、非寄主作物を組み合わせた輪作の効果が高く、特にマメ科作物を2年間栽培した場合の、条斑病の発生の減少が著しいことが明らかにされている（Latin et al, 1982）。条斑病の発生圃場でコムギを連作する場合の発病軽減策として、圃場に残る罹病麦稈の量を少なくするため、収穫後の茎葉を焼却すると有効であることが報告されている（Bockus et al, 1983; Christian & Miller, 1984）。水田裏作が可能な本州府県では、水田裏作にコムギを作付ける、あるいは、収穫後のコムギ圃場に30日間以上湛水すると有効であることが示されており（鑄方・河合, 1937; 藤田ら, 1984）、北海道でも水田転換畑のコムギに発生する立枯病の発生を軽減する方策として、コムギ収穫後の圃場に少なくとも20日間以上湛水すると有効であることが明らかにされ（宮島, 1986）、また、同様の方法は眼紋病に対しても有効である可能性があることが示唆されている（尾崎, 1990）。

条斑病の発生に及ぼす耕種的条件に関しては、以上のほかに土壌 pH との関係（Bockus & Classen, 1985; Love & Bruehl, 1987）や土壌の水分条件との関係（Martin et al, 1986）に関する報告がある。

コムギ品種の条斑病抵抗性に関しては、品種間に差があることが示されており（柚木・桜井, 1965; Mathre & Johnston, 1975; Morton & Mathre, 1980; Morton et al, 1980; Martin et al, 1986; Bruehl et al, 1980; Mathre et al, 1985）、品種・系統の抵抗性の型として、病原菌の感染が減少する型の抵抗性と、感染後の株内まん延を抑制する型の抵抗性の存在が報告されている（Morton & Mathre, 1980）。

### Ⅲ. 病原菌に関する実験

#### 1. 病原菌の分離と同定

##### 材料及び方法

胆振支庁管内追分町から発病株を採取し、病原菌を分離した。病原菌の分離は、採取した標本を0.5~1 cmの細片とし、これを15~20時間流水で洗浄した後、アンチホルミンの80倍液（有効塩素濃度：0.07%）で10分間表面殺菌後、滅菌水で3回洗浄し水分を除いてから酸性トウモロコシ煎汁培地（以下CMA）に置床して、20℃の定温器に設置することにより行った。分離菌の形態測定はCMAの平面で20℃、10日間培養後に実施した。また、分離菌株のグラミニンAの産生能については、北海道大学農学部植物寄生病学講座の小林喜六助教授に依頼した。

##### 実験結果

発病株の茎葉及び冠部から、酸性CMA上で極めて緩慢に生育し、白黄色の菌叢を形成する糸状菌が多数分離された。ここで分離した15菌株を、病原性検定と形態測定に供試した。これら分離菌株の分生子懸濁液（ $10^5 \sim 10^6$ 濃度）に、コムギ幼苗（チホクコムギ）を浸漬して鉢植え栽培すると、2~3週間後に下位葉に1~2本の黄色条斑を生じ、上位葉へと進展した。供試菌株による症状の差は認められず、発病した葉身からはすべて接種菌が再分離された。また、発病株の茎葉を乾燥し細切して殺菌土壌に混和し、コムギ（チホクコムギ）を播種すると、約3週間後に下位葉身に黄色条斑が生じ、これらの葉身からも白黄色の菌叢を形成する糸状菌が高率で分離された。

本菌の分生子は、無色、単胞、長楕円形、大きさ $5 \sim 11 \times 1.5 \sim 3 \mu\text{m}$ で、2個の小滴を内包し、短い分生子柄上に帽頭状に集合して形成される。本菌の形態測定結果をコムギ条斑病菌 ATCC36969株及び西門ら（1933）の記載と比較すると第1表のようであり、本菌の形態上の諸性質はコムギ条斑病菌（*Cephalosporium gramineum* Nis. & Ika.）とほとんど一致した。

第1表 コムギ条斑病分離菌（分生子）の形態測定の結果

分離菌株 (15菌株)	ATCC36969株*	西門ら (1933)
$5 \sim 11 \times 1.5 \sim 3 \mu\text{m}$	$3 \sim 11 \times 1.2 \sim 3 \mu\text{m}$	$5 \sim 11 \times 1.5 \sim 3 \mu\text{m}$

注) \*Kobayashi et al (1982)

また、上記の菌株から3菌株を選定して条斑病菌が生産する毒素グラミニンAの生産を検定した結果、いずれの菌株もT. L. C. 上で多量のグラミニンAの生産が確認された（Kobayashi et al. 1982；小林ら，1982）。さらに、本病の罹病茎葉上には、黄色ないし黄褐色で粘質、大きさ1~2 mmの条斑病菌に特有の（Bruehl, 1963）スポロドキアを生成し、多量の分生子を形成しているのが確認された。

#### 2. 条斑病菌の病原性の比較

##### 材料及び方法

1986年6月に全道各地の発病葉身から分離した菌株の病原性を比較した。接種は、分離菌株を滅菌エンバク粒で3週間培養して作成した接種源を、ワグネルポット（1/5000 a）に充填した無病土に混和後（エンバク粒1 g及び5 g）、秋まきコムギ（チホクコムギ）を播種することにより行った。播種は1986年10月9日に行い、発芽後は各ポット3株立てとし、各菌株5反復として野外で管理した。発病調査は、1987年5月2日と5月21日に実施した。

##### 実験結果

実験結果を第2表に示した。表に明らかなように、採取場所による病原性の差はほとんどなかったが、KF-960株とKF-970株の発病株率がやや低い傾向にあった。接種源の量が多い方が発病株率も高い傾向にあった。なお、供試菌株間における形態的な差異は認められな

第2表 北海道各地から採取した菌株の病原性の比較

菌株番号, 採取地, 品種	発病株率 (%)			
	5月2日		5月21日	
	1 g*	5 g	1 g	5 g
KF-960 追分町 ホロシリコムギ	16.0	5.3	44.0	36.0
KF-961 厚真町 タクネコムギ	13.3	20.0	40.0	46.7
KF-962 鶴川町 ホロシリコムギ	0	6.7	33.3	46.7
KF-963 清水町 ホロシリコムギ	6.7	0	53.3	60.0
KF-970 音更町 チホクコムギ	6.7	13.3	33.3	20.0
KF-973 音更町 チホクコムギ	26.7	6.7	26.7	53.3
KF-978 池田町 ムカコムギ	0	46.7	60.0	80.0
KF-981 足寄町 チホクコムギ	0	13.3	66.7	46.7
KF-985 津別町 チホクコムギ	0	13.3	0	46.7
KF-990 斜里町 チホクコムギ	33.3	33.3	53.3	66.7

注) \*: 接種に用いた接種源の量

かった。

### 3. 条斑病菌の各種イネ科植物に対する寄生性

#### 材料及び方法

1983年6月に網走支庁管内置戸町の罹病葉身から分離した条斑病菌 (Cg-1) を、CMA 平面で20℃で7日間培養後に分生子を収集し、滅菌水に懸濁して接種源とした (孢子濃度:  $7.4 \times 10^7 / \text{ml}$ )。接種植物は、無病土を充填したワグネルポット (1/5000 a) に播種し、発芽後に5~6株仕立てとした。ただし、レッドトップ、スズメノカタビラ、スズメノテッポウ、オオスズメノテッポウの4植物は、無発病圃場から採取した株を株分けして用いた。

接種は根部浸漬接種と注入接種により実施した。根部浸漬接種では、播種後約50日の植物を接種源に5~6秒間浸漬後、再度ポットに移植した。接種後の植物は、15~20℃の変温条件の温室に保ち、発病の有無を観察した。注入接種では、接種源を植物の葉鞘内に注射器で0.1mlづつ注入し、前記と同じ温室に保って発病の有無を観察した。

なお、各種イネ科植物における自然発生を、発生圃場内及びその周辺において随時観察した。

#### 実験結果

実験結果を第3表に示した。表に明らかなように、条斑病菌はマウステンブロムグラス、オーチャードグラス及びシバムギに寄生性が認められた。

1984年6月、空知支庁管内長沼町、胆振支庁管内厚真町及び十勝支庁管内清水町のコムギ圃場の周辺で、雑草

第3表 各種イネ科植物に対するコムギ条斑病菌の寄生性

供試イネ科植物	発病株率 (%)	
	浸漬接種	注入接種
スムズブロムグラス ( <i>Bromus inermis</i> )	0	0
マウンテンブロムグラス ( <i>Bromus marginalis</i> )	100	40.0
オーチャードグラス ( <i>Dactylis glomerata</i> )	100	28.6
チモシー ( <i>Phleum pratense</i> )	0	0
トールフェスク ( <i>Festuca arundinacea</i> )	0	0
メドウフェスク ( <i>Festuca elatior</i> )	0	0
イタリアンライグラス ( <i>Lolium multiflorum</i> )	0	0
ペレニアルライグラス ( <i>Lolium perenne</i> )	0	0
ケンタッキーブルーグラス ( <i>Poa pratensis</i> )	0	0
リードカナリーグラス ( <i>Phalaris arundinacea</i> )	0	0
シバムギ ( <i>Agropyron repens</i> )	0	16.7
レッドトップ ( <i>Agrostis sp.</i> )	0	0
スズメノカタビラ ( <i>Poa annua</i> )	0	0
スズメノテッポウ ( <i>Alopecurus aequalis</i> )	0	0
オオスズメノテッポウ ( <i>Alopecurus pratensis</i> )	0	0

化したオーチャードグラスで自然発生が確認された。各地点ともにコムギの連作圃場で、条斑病の多発圃場の周辺に位置していた。症状は、コムギに比較して条斑が鮮明ではなく、幅1mm前後の褐色の細い条斑が、葉鞘から葉身へと連続して生じる。病原菌を分離して検討した結果、条斑病菌であることを確かめた。

### 4. 罹病麦稈におけるスポロドキアの生成

#### 材料及び方法

#### (1) 土壌中でのスポロドキアの生成と温度条件

多発生圃場から採取した罹病茎 (チホクコムギ) を、約7cmに切断し、径15cmの腰高シャーレに充填した無殺菌の多湿土壌に30~50本づつ埋め込み、0, 5, 7, 10, 12, 15, 20, 25, 30℃の温度の定温器に12日間保持した。12日後に第4表に示した基準でスポロドキアの生成状況を調査した。

第4表 コムギ条斑病のスポロドキア生成調査基準

指数	罹病茎葉におけるスポロドキア生成
0	まったく生成しない
1	極めてわずかに生成する
2	まばらに生成する
3	密に生成する

$$\text{スポロドキア生成率} = \frac{\text{生成個体数}}{\text{供試個体数}} \times 100$$

$$\text{スポロドキア生成度} = \frac{\sum (\text{各指数} \times \text{該当個体数})}{3 \times \text{供試個体数}} \times 100$$

#### (2) 環境条件とスポロドキアの生成

多発生圃場の刈り取り後、裸地及びアカクローバ繁茂地に残存する罹病麦稈、さらに、堆積罹病麦稈におけるスポロドキアの生成状況を、1982年10月6日に調査した。

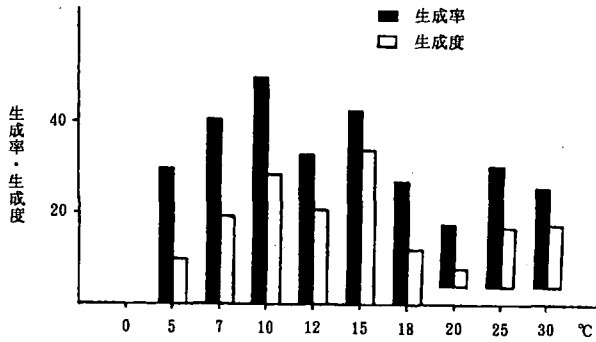
#### (3) スポロドキアで産生された分生子の病原性

1982年8月に多発生圃場で採取した罹病麦稈を10~15cmに切断し、無殺菌の多湿土壌を充填した径15cmの腰高シャーレに入れ、15℃で2週間保持してスポロドキアを生成させた。生成したスポロドキアをナイフで切り取って集め、健全種子 (チホクコムギ) と混和し、無発生地土壌を充填した4㎡のコンクリート枠に播種して、翌年の発病の有無を観察した。なお、供試したスポロドキアにおける分生子数の測定は、実施しなかった。

#### 実験結果

#### (1) 土壌中でのスポロドキアの生成と温度条件

実験結果を第1図に示した。図に明らかなように、本病原菌のスポロドキアの生成は5~18℃の温度範囲で認められ、最適温度は7~15℃の間にあると考えられる。



第1図 温度条件とコムギ条斑病菌スポロドキアの生成 (20~30°Cの場合は、各温度に12日間保持した後、15°Cに10日間保持した結果)

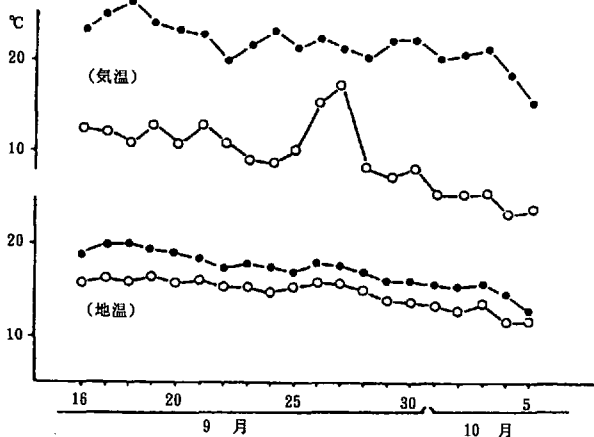
20~30°Cではスポロドキアを全く生成しなかったが、それらの罹病麦稈を15°Cに10日間保持すると、スポロドキアを生成した。

(2) 環境条件とスポロドキアの生成

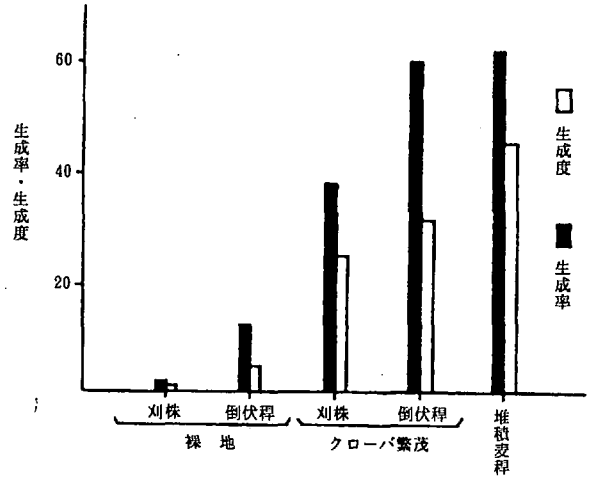
調査結果を第3図に、また、調査前の気温(最高、最低)と地温(最高、最低)の測定結果を第2図に示した。調査前の気温は、9月下旬以降は平均気温が20°C以下になり、平均地温も気温とほぼ同様の傾向であった。第3図に示したとおり、各調査場所におけるスポロドキアの生成には明らかな差が認められた。スポロドキアの生成は、裸地では少なく、クローバが繁茂して被覆度の高い場所で生成が多く、直立した刈株より地表面に接している倒伏麦稈で生成が多かった。罹病麦稈を堆積した場合には、その内部での生成が多かった。

(3) スポロドキアで産生された分生子の病原性

実験結果を第5表に示した。表に明らかなように、スポロドキアで多量に産生された分生子を付着させた種子を播種すると、極めて低率ではあるが種子伝染による発



第2図 調査前の温度条件



第3図 調査場所の環境条件とコムギ条斑病菌のスポロドキア生成

第5表 コムギ条斑病菌スポロドキアと混和した健全種子による発病

発病茎率 (%)			
5月16日	5月26日	6月8日	7月8日
0	0	0.1	0.1

注) 播種: 1982年9月20日  
発病調査: 1983年

病が認められた。

5. 考 察

(1) 病原菌の分離と同定

本実験で分離した病原菌は、その形態的性状、病原性、グラミニンAの産生能及びスポロドキアの生成などから考え、既報(西門ら, 1933; Bruehl, 1957; Kobayashi et al., 1982)のコムギ条斑病菌の記載と差がなかったため、*Cephalosporium gramineum* Nis. & Ika. と同定された。

条斑病菌の分類学的所属に関し、分生子が無色単胞で分岐の少ない担子梗上に帽頭状に形成されることから、*Cephalosporium* 属菌であるが、植物に寄生するとされる *C. acremonium* Corda 及び *C. sacchari* Butler と比較した結果、分生子の大きさや形態、生育温度などが著しく異なり、そのため、コムギ条斑病菌は、*Cephalosporium gramineum* Nis. & Ika. という分類群として記載された(西門ら, 1933)。その後、条斑病が激発した圃場の枯死麦稈上に多数のスポロドキアが形成することが報告された(Bruehl, 1963)。それらは形態的特性から、*Hymenula* Fries に属し、麦稈上に

スポロドキアを形成する *Hymenula cerealis* Ell. & Ev. (Ellis & Everhart, 1894) に該当すること、さらに、スポロドキアに生成された分生子を培地上に拡散させて培養すると、*C. gramineum* 型のコロニーを形成することや、接種試験の結果などから、条斑病の病原菌は先命権を重視して、*Hymenula cerealis* Ell. & Ev. を採用し、病名としては *Cephalosporium stripe* を採用すべきであることを主張する報告 (Bruehl, 1963) がある。また、*Cephalosporium* 属菌を *Acremonium* 属に編入すべきであるとする検索表 (Gams, 1971) が提案されたことから、*Cephalosporium* 属は次第に用いられなくなっている。しかし、条斑病の病原菌としては、現在なお *C. gramineum* を採用する報文がほとんどであること、更に、日本植物病理学会病名調査委員会 (小林享夫委員長, 1988年5月12日) は、コムギ及びオオムギ条斑病の病原菌名は、*C. gramineum* を採用すると決議している。従って、筆者もコムギ条斑病の病原菌名として、*Cephalosporium gramineum* Nis. & Ika. を採用した。

## (2) 条斑病菌の病原性の比較

Mathre et al (1977) は北アメリカの各地から25株の条斑病菌を収集して、その病原性を比較した結果、わずかな減収を示すにすぎない菌株が存在することを報告している。本実験では、北海道内の9地点から分離した10菌株を用いて病原性を比較したが、発病率がやや低い菌株 (KF-960, KF-970) が認められた。しかし、発病株における症状の広がりなどから考えて、本質的な差とは認められないので、道内から収集した病原菌の病原性には差がなかったと考えられる。

## (3) 条斑病菌の各種イネ科植物に対する寄生性

条斑病菌は、コムギ、オオムギなどのムギ類のほか多くのイネ科植物に寄生することが報告されている (鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1953, 柚木・桜井, 1965; Jones et al, 1980)。これらの報告のうち、自然感染が確認されているのは、*Dactylis glomerata* (オーチャードグラス), *Bromus marginatus* (マウンテンブムログラス), *Elymus galancus* (blue wildrye), *Secale cereale* (ライムギ), *Agropyron semicostatum* (カモジグサ) などで (鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1957)、接種試験では16属 (Bruehl, 1957)、あるいは8属8種 (柚木・桜井, 1965) のイネ科植物に寄生することが報告されている。

本実験で条斑病菌の寄生性が認められたのは、マウンテンブムログラス、オーチャードグラス、シバムギの3草種で、これらはいずれも自然感染が報告されている

(Bruehl, 1957) 草種である。なお、オーチャードグラスの自然感染が北海道でも確認された。本実験で寄生性が認められたイネ科植物の種類は、これまで寄生性が報告されている種類と比較するとかなり少ないが、この原因は明らかでない。

## (4) 罹病麦稈におけるスポロドキアの生成

罹病麦稈におけるスポロドキアの生成条件に関しては、十分な水分と0℃以上の温度が必要である (Bruehl, 1963)、スポロドキアの生成は12℃で盛んになる (Wiese & Ravenscroft, 1975) ことなどが指摘されている。更に、Bruehl (1963) は、スポロドキアで多量に産生される分生子は、土壤の汚染源そして寄主食物の感染源として極めて重要であることを指摘し、Wiese & Ravenscroft (1975) は、スポロドキアの生成と分生子の産生に関する詳細な組織解剖学的実験に基づき、感染源を供給する罹病麦稈の重要性を指摘している。本実験では、スポロドキア生成の温度条件を明らかにした。すなわち、0～30℃の範囲で設定した各温度条件の土壤中におけるスポロドキアの生成状況から、スポロドキアの生成は5～18℃の広い温度範囲で認められ、その最適温度は7～15℃の間にあることを明らかにした。また、20～30℃の高温域ではスポロドキアの生成をまったく認めなかったが、それらの罹病麦稈を15℃に移して保持すると、多数のスポロドキアの生成が見られたことから、罹病麦稈組織内の病原菌は不良環境下においてもスポロドキアの生成能を失わないことが判明した。これらのことから、北海道の秋及び春の温度環境は、条斑病菌のスポロドキア生成に極めて好適な条件であると考えられる。

条斑病の発生圃場に残された罹病麦稈におけるスポロドキアの生成状況は、裸地で少なく、植物が繁茂している場所が多い、刈株より地表面に接する倒伏麦稈の方が多く、堆積麦稈では内部で多い、などのことが確かめられた。これらのことから、圃場におけるスポロドキアの生成は、湿度が十分に保持される場所が多いと言える。なお、罹病麦稈の部位別のスポロドキアの生成を比較すると、茎稈よりも葉身や葉鞘での生成が多いことが観察された。

スポロドキアで生産される分生子を、健全種子に付着させて播種すると、極めて低率ではあるが種子伝染による発病が認められた。このことから、スポロドキアで多量に産生されて土壤中に分散する分生子は、コムギの根から感染できることが明らかであり、スポロドキアを生成する罹病麦稈のコムギ圃場における存在は、条斑病の防除対策を考えるうえで極めて重要であることが指摘される。

## IV. コムギ条斑病の病徴と発病経過

北海道におけるコムギ条斑病の感染時期、感染部位、症状の発現経過等を明らかにし、条斑病の診断及び調査に関する知見を得るため、条斑病が多発している現地農家圃場で調査及び観察を実施した。

### 材料及び方法

1981年に激しく発病した圃場（胆振支庁管内追分町；牧田俊夫氏）跡地に、秋まきコムギを播種して発現症状を観察するとともに、経時的に標本を採取して条斑病菌を分離した。供試品種は、「ホロシリコムギ」と「チホクコムギ」の2品種で、種子にはチウラム・ベノミル水和剤を種子重量の0.5%乾粉衣し、9月9日に播種した。播種量は㎡当り340粒で畦幅30cmの条播とした。施肥量（kg/10a）は、基肥としてN：6.6，P：10.8，K：8.4，MgO：2.4，追肥としてN：3.0を施した。基肥は播種時に作条施用し、追肥は越冬後の5月6日に畦上に施用した。雪腐病の防除は、チオファネートメチル・トルクロホスメチル水和剤を用い、12月3日に約10cmの積雪を排除して実施した。

症状の観察は、両品種それぞれ任意の25～30株を掘り取り、水洗して行った。症状はその程度に基づき1～4に分けて調査した。さらに、観察に供試した標本は、根、冠部、葉身の各部位に分け、それぞれから病原菌を分離した。病原菌の分離は、前記に準じて行った。

条斑病の症状発現程度類別基準

指数	症状の発現程度
1	わずかに症状を認める
2	症状がやや目立つ
3	症状がかなり目立つ
4	症状が極めて激しい

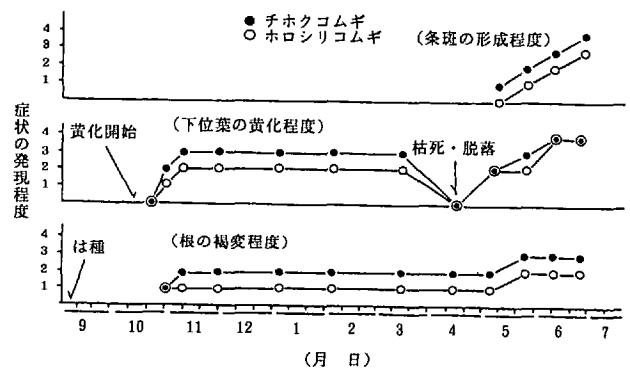
条斑症状の消長は、各品種の畦長50cm間の病莖率を条斑症状が初発した5月6日以降、5月24日、6月10日、及び6月23日の計4回調査し、さらに6月23日には各品種100莖の止葉の発病状況を調査した。また、株内における病原菌のまん延状況を明らかにするため、5月24日に各品種50莖を採取し、第1節から病原菌を分離した。病原菌の分離方法は前記に準じた。

### 実験結果

試験圃場における両品種の発芽は斉一で、初期生育は両品種とも良好であったが、「チホクコムギ」の方がや

や良かった。根雪は平年より約1か月早く、積雪期間も長かったが雪腐病の発生は少なく、越冬は良好であった。土壌凍結は1月上旬から3月中旬に3～5cmの深さで、均一に認められた。2月上旬から融雪期にかけて、地表面に1～3cmの厚さに結水するのを認めたが、コムギへの悪影響は認められなかった。

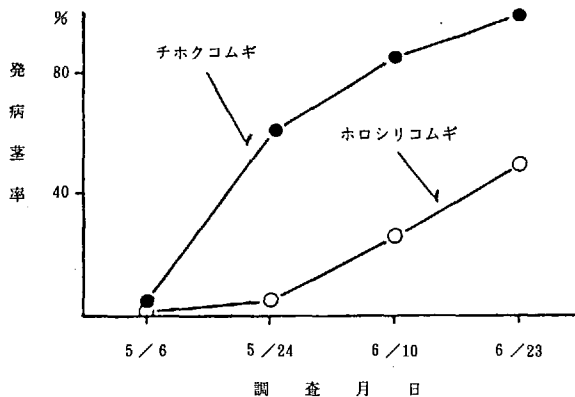
症状は葉身の黄化症状と条斑症状に分けられ、黄化症状は第4図に示したように、発芽約1か経過後の10月中旬頃から下位葉身に認められるようになり、積雪前の11月上旬には中位葉にまで黄化が認められるようになった。この黄化は「チホクコムギ」で多かった。これら黄化葉身は融雪後の翌春4月中旬には、自然枯死あるいは雪腐病により枯死脱落して、ほとんど見られなくなった。葉身が黄化した株を掘り取り、洗浄して観察すると根の褐変が認められた。根の褐変は「チホクコムギ」の方がやや多く、11月上旬以降ほとんど増減しなかったが、越冬後の5月上旬以降わずかに増加した。根の褐変部位は特定しないが、地表に近い部分に比較的多く、種子根より節根に多い傾向があった。根の褐変が甚だしい場合には、引き抜くと褐変部から切断してほとんど根がみられない株も認められた。また、褐変している株の冠部を切断すると、冠部の導管部が褐変していることが多かった。条斑症状は越冬前には全く認められず、越冬後の5月6日に初めて認められた。この時の症状は、葉身の中肋部にやや不鮮明な黄色条斑を形成する程度であったが、病勢進展の著しい5月中旬以降は鮮明な黄色ないし黄褐色の条斑となった。また、葉身の条斑が増加するとともに、株全体が退緑黄化しはじめ、6月下旬には両品種ともほぼ全株が黄化した。



第4図 コムギ条斑病多発圃場における症状の発現経過



葉身の条斑は葉鞘に生じる条斑と明らかに連続しているのが特徴であり、症状の激しい株では稈や穂軸にも黄褐色ないし茶褐色の条斑が認められた。条斑は1枚の葉身に1~2本、時には3~4本形成した。条斑症状の形成程度は「ホロシリコムギ」より「チホクコムギ」が著しかった。第5図に畦長50cm間における病茎率の推移を示した。図に明らかなように、「チホクコムギ」の病茎率の上昇は極めて著しく、6月23日には100%となった。これに対し「ホロシリコムギ」の病茎率は徐々に上昇し、6月23日に約50%となり、それ以降は増加しなかった。



第5図 コムギ条斑病多発生圃場における発病茎率の推移

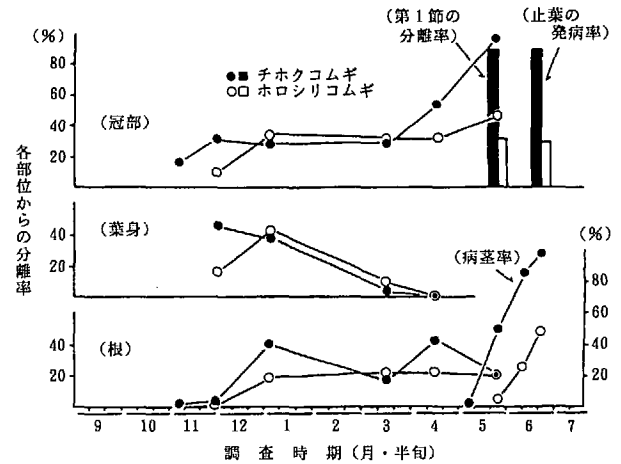
このように、「チホクコムギ」は病茎率が極めて高く、6月下旬にはほとんどの葉身が枯死し、穂は出穂後開花しても稔実前にほとんど白穂となった。止葉の発病率を6月23日に調査した結果を、第6表に示したが、病茎率で認められた両品種の発病差は、止葉の発病率でも全く同様の傾向が認められた。

第6表 コムギ条斑病多発生圃場における止葉発病率の比較

品 種	止葉の発病率 (%)
チホクコムギ	89.2
ホロシリコムギ	30.0

(1982年6月23日の調査)

発生圃場から採取した株の各部位からの病原菌の分離率の推移を第6図に示した。図に明らかなように、条斑病菌は越冬前から根、冠部、葉身の各部位から低率で分離された。褐変根では11月下旬から分離されはじめ、積雪下になってからやや増加するが、越冬後条斑症状が増加する6月上旬以降は分離が困難となった。分離率は一時的に「チホクコムギ」が高い時期もあったが明確ではなかった。黄化葉身では、条斑症状が全く認められない



第6図 コムギ条斑病多発生圃場から採取したコムギ各部位からの条斑病菌の分離率の推移

11月下旬には高率に条斑病菌が分離されたが、越冬後は黄化葉身が枯死脱落したことにより、ほとんど分離されなくなった。冠部からの分離結果は注目すべき推移を示した。供試した冠部はすべて褐変していたものであるが、越冬前までは両品種の分離率に明らかな差は無かった。ところが、越冬後「チホクコムギ」の分離率が急上昇し、5月下旬には94%に達した。これに対して「ホロシリコムギ」の場合は、越冬後も急激な増加は認められず、5月下旬に至っても44%の分離率に終わった。この傾向は第6表に示した止葉の発病率、第7表に示した茎の第1節からの分離率、さらに第5図に示した病茎率の推移とも良く一致した。

第7表 コムギ条斑病多発生圃場から採取したコムギ茎第1節からの条斑病菌分離率の比較

品 種	分離率 (%)
チホクコムギ	88.0
ホロシリコムギ	32.0

(1982年5月24日の結果)

## 考 察

条斑病の多発生圃場にコムギを播種すると、発芽は正常であったが、10月中旬頃から下位葉身の黄化及び根と冠部の褐変が認められた。これらの褐変部位からは、部位によって頻度が異なるが、条斑病菌が分離された。しかし、黄化した葉身、褐変した根及び冠部の全てから条斑病菌が分離されたわけではない(第6図)。このことは、これらの症状が条斑病の一症状であると断定し得ないことを示すものである。しかし、条斑病菌の感染がこれらの症状を発現する原因のひとつであることは明らかである。コムギの根を変色させる原因として、条斑病のほか

に立枯病や斑点病などがある。また、変色根には黒色のものと茶褐色のものがあり、黒色の根からは立枯病菌が圧倒的に多く分離される(宮島ら, 1981)。本実験における変色根からの菌の分離結果によれば、黒色の根からは立枯病菌が82%分離されたが、条斑病菌は全く分離されず、茶褐色の根からは条斑病菌が8%と立枯病菌が16%分離されたほか、*Bipolaris* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp., *Pythium* sp. など多様な菌が分離された。これらのことから、条斑病菌が感染した根の症状は黒色根ではなく、茶褐色根であると推察された。しかし、菌の種類と茶褐色根の外観的特徴の間には有意な差が認められなかった。

条斑病菌の侵入部位は根で、侵入後通導組織を通じて地上部組織に移行し、特有の症状を発現する(鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1956; Mathre & Johnston, 1975; Morton et al, 1980)。しかも、根からの侵入は傷が無ければ不可能で、ハリガネムシなどの潜土性昆虫の食痕や、冬期間の土壤凍結によって生ずる断根などによって、侵入門戸が形成されることが必要であるとされる(鑄方・河合, 1937; Bruehl, 1956; Pool & Sharp, 1960; Slope & Bardner, 1965; Pool & Sharp, 1966; Mathre & Johnston, 1975; Morton & Mathre, 1980)。また、凍結根あるいは解凍根からの浸出液は、病原菌の分生子発芽や分生子形成及び菌糸の生育などに好適な条件を作り出すとされる(Bailey et al, 1982)。第6図に示した病原菌の分離結果は、病原菌は11月下旬にすでに組織内に侵入していたことを明らかに示すものである。この場合の侵入門戸は土壤凍結により生じたものではない。また、ハリガネムシなどの潜土性害虫の発生も認められなかった。このことから、北海道における侵入門戸、感染生態は今後なお検討を要する課題であるが、後述するように、根に傷を付けると感染発病が多くなるのは明らかである。

条斑病の最も典型的な症状である葉身の条斑症状の初発時期は、越冬、起生後の5月6日であった。初発時の症状は、下位葉身の中肋部に境界がやや不鮮明な黄色条斑を形成するのが特徴であり、株内のまん延が進むと鮮明な黄色条斑を葉脈に沿って数本形成し、遂には葉身全体が枯死する。本病の発病消長と病原菌の組織内でのまん延に関する知見は多い。それによれば、葉身の条斑は病原菌が存在する木質部の周辺に生ずること(Wiese, 1972)、病原菌が存在する維管束周辺部は、病原菌の産生する毒素の影響よりも、病原菌の存在により水分の移動が局部的に制限されることの影響をより強く受けること(Morton & Mathre, 1980)、病原菌の組織内での移行は求頂的であり、葉身や節の下位から上位へと移行し、それぞれの部位で症状を発現すること(Bruehl, 1959; Wiese, 1972; Morton & Mathre, 1980)、などが明らかにされている。本実験結果からも、病原菌の組織内での移行は求頂的であることがうかがわれた。第6図に示した病原菌の分離結果で、生育中期から後期にかけての冠部からの分離率は、「チホクコムギ」では急激に上昇し、「ホロシリコムギ」ではわずかに上昇するという特徴的推移を示した。この結果は、両品種における病原菌の侵入とまん延程度に差があることを示すもので、第1節における病原菌の存在(第7表)、病原菌の株内まん延の結果である止葉の発病率(第6表)、さらに病茎率の推移における両品種の違い(第5図)と良く一致した。このように、止葉の発病率の高低は、第1節からの病原菌の分離率の高低との関係が極めて高く、このことから、病原菌は地下部から侵入し、第1節を通過して上部へと進展することが明らかである。また、生育期ごとに各部位における病原菌の存在を確認することにより、品種間の差を評価できる可能性が極めて高いと考えられた。

## V. コムギ条斑病の発生実態と被害解析

北海道におけるコムギ条斑病の発生分布と発生程度、発生圃場の来歴及び特徴等を明らかにし、条斑病の現状把握及び発生環境に関する知見を得るため、北海道内の主要コムギ栽培地帯の農家圃場を調査した。条斑病の発病がコムギの生育と収量に及ぼす影響が極めて大きいことは、多くの報告で明らかにされているが、北海道における条斑病がコムギに及ぼす影響を明らかにするため、現地農家の多発圃場において被害解析に関する調査を実施した。

### 1. 発生実態調査

#### 調査方法

1982年6月13日～17日に、石狩、空知、胆振、十勝及び網走支庁管内の36市町村、合計112の秋まきコムギ圃場を任意に調査した。各圃場ごとに病茎の有無と発生型の型を第8表に従って調査するとともに、病茎を認めた場合は新鮮な病葉身を持ち帰り、条斑病菌の分離を試みた。

第8表 圃場におけるコムギ条斑病の発生型調査基準

発生型	圃場における発生状況
1	わずかに圃場の周辺に発生する
2	パッチ状に発病茎が存在する
3	ほぼ圃場全体に発病茎が存在する

病原菌の分離は、葉身の両面を70%エタノールを含んだガーゼで拭い、5mm前後の細片にしてCMAに置床した。CMAには25%乳酸水を培地1リットル当たり2ml添加して酸性(pH3.8～4.0)にして用い、培養温度は20℃とした。

分離菌の病原性は次の方法で検定した。すなわち、ジャガイモ煎汁寒天培地(PSA)で20℃、約1か月培養して得た分離菌の濃厚分生子液に、予め0.1%昇汞水で表面殺菌後に芽出した「チホクコムギ」の幼苗を浸漬して接種した。幼苗の根は浸漬前にピンセットで付傷し、浸漬後の幼苗は紙コップに充填した殺菌砂に移植してガラス室に保ち、発病の有無を観察した。

なお、発生分布の拡大状況は1982年以降も随時全道的に調査を実施して、状況の把握に努めた。

#### 調査結果

条斑病の発生は、調査した112圃場のうち36圃場で確認され、発生圃場割合は32.1%、発生を認めた市町村数

第9表 コムギ条斑病の発生圃場における調査結果(1982)

支庁	市町村名	品 種	発生型	病原菌の確認
胆 振	早来町	H	1	+
	鶴川町	H	3	+
	追分町	C	2, 3	+, +
	穂別町	H	3	+
空 知	長沼町	H	1	+
	由仁町	H	1	+
	栗山町	H	2, 3	+, +
	岩見沢市	H	1	+
十 勝	清水町	H, T	1, 1	+, +
	新得町	H	1	+
	士幌町	H	1	+
	音更町	H, T	1, 2	+, +
	芽室町	H	2	+
	池田町	H	1	+
	本別町	C	2	+
	足寄町	H	1	+
網 走	美幌町	H, T	1, 1	+, +
	女満別町	H	1	+
	常呂町	H	1	+
	留辺蘂町	H	1	+

注) H:ホロシリコムギ, T:タクネコムギ, C:チホクコムギ

は22であった。このように、条斑病は1981年に初めて発見されたにもかかわらず、第9表に示したように北海道の主要麦作地帯に広範に分布し、しかも一部には多発圃場も認められた。本調査で確認した多発圃場はいずれの場合も連作圃場であった。多発圃場における連作年数はほとんど5年以上で、中には20年近い連作圃場もあり、最も短い年数は3年であった。多発圃場には普通畑と転換畑が含まれているが、両者による差は無く、転換畑ではコムギを転換作物として早くから導入している地域での発生例が多かった。発生圃場における発生の程度は、一部の多発圃場を除いて極めて少なく、第9表に示したように、圃場の端に発病茎が散在する発生型1の場合が最も多く、少発生圃場では圃場の中心部に発病茎を認めることがほとんどなかった。

発生圃場から採取した条斑葉身のすべてから、容易に条斑病菌が分離され、分離菌を接種した結果、いずれの菌株も接種後20～25日後に明らかな条斑症状を発現し、条斑病菌であることを確認した。

1982年以降継続して実施した発生分布調査によって、1989年までに条斑病の発生が確認された地点を第7図に



第7図 北海道におけるコムギ条斑病の発生分布

示した。図に明らかなように、北海道における条斑病の発生分布は極めて広範囲に及んでおり、条斑病の被害防止に対する注意を怠ると、著しい被害を受ける可能性があると考えられる。

また、1982年から1989年までに多〜甚発生圃場が確認された市町村は以下のとおりであった。

- ◆空知支庁：栗山町，長沼町，由仁町，美唄市
- ◆胆振支庁：追分町，厚真町，鶴川町，穂別町
- ◆渡島支庁：森町
- ◆上川支庁：東神楽町
- ◆十勝支庁：清水町，音更町，本別町，足寄町，陸別町，芽室町
- ◆網走支庁：津別町，滝上町，白滝村，遠軽町，佐呂間町，訓子府町，女満別町

なお、1983年以降の病害虫発生予察事業における条斑病の発生程度別面積調査の集計結果を第10表に示した。

第10表 北海道におけるコムギ条斑病の発生程度別面積の推移

年次	作付面積 (ha)	発生面積 (ha)	被害面積 (ha)	発生程度別面積 (ha)				
				無	少	中	多	甚
1983	94,320	32,120	2,740	66,480	29,380	1,630	650	460
1984	93,600	19,381	4,836	74,219	14,545	3,146	1,075	615
1985	90,900	18,747	3,471	75,753	15,276	2,603	843	25
1986	97,800	24,311	6,342	81,389	17,969	5,336	784	222
1987	106,000	25,364	3,544	96,236	21,820	2,560	892	92
1988	129,700	11,253	2,291	99,000	8,962	2,008	191	91
1989	129,700	40,636	18,567	89,064	22,069	18,567	0	0
1990	120,900	19,576	4,741	101,324	14,835	3,047	1,160	534
1991	115,400	12,205	1,564	103,195	10,641	1,178	261	125
1992	110,500	9,845	1,121	100,655	8,724	598	239	284
1993	96,270	11,304	2,031	85,215	9,273	1,380	482	169

(各年度の北海道農作物有害動植物発生予察事業年報による)

## 2. 被害解析

### 調査方法

#### (1) 生育に及ぼす影響

6月23日に健全茎と発病茎の各45茎の草丈と最上位の節間長を測定して比較した。なお、最上位の節間長は、止葉の基部から穂軸の基部までの長さとして測定した。

#### (2) 発病がコムギの収量構成要素に及ぼす影響

条斑病の発病がコムギの収量構成要素に及ぼす影響を、発病程度別に調査した。すなわち、個体毎の発病程度を6月23日に第11表に示した基準で30〜35個体標識しておき、7月29日に個体別に収穫した。収穫した穂は室内で十分に乾燥させてから、1穂ずつ脱粒し、1穂粒重、千粒重、整粒重その他の項目を調査した。整粒重は径2mmの篩上に残った粒を整粒として測定した。

第11表 コムギ条斑病の個体別発病程度調査基準

指数	発病状況
0	健全
1	止葉以外の葉が発病する
2	すべての葉が発病する
3	発病が激しく穂がズリ込む

#### (3) 発病率と収量

1987年と1989年に条斑病の発病率が異なる試験区の収量を調査して、発病率と収量との関係を検討した。供試品種は「チホクコムギ」で、施肥その他の管理は標準耕種法とした。

### 調査結果

#### (1) 生育に及ぼす影響

条斑病の発生がコムギの生育に及ぼす影響を知るた

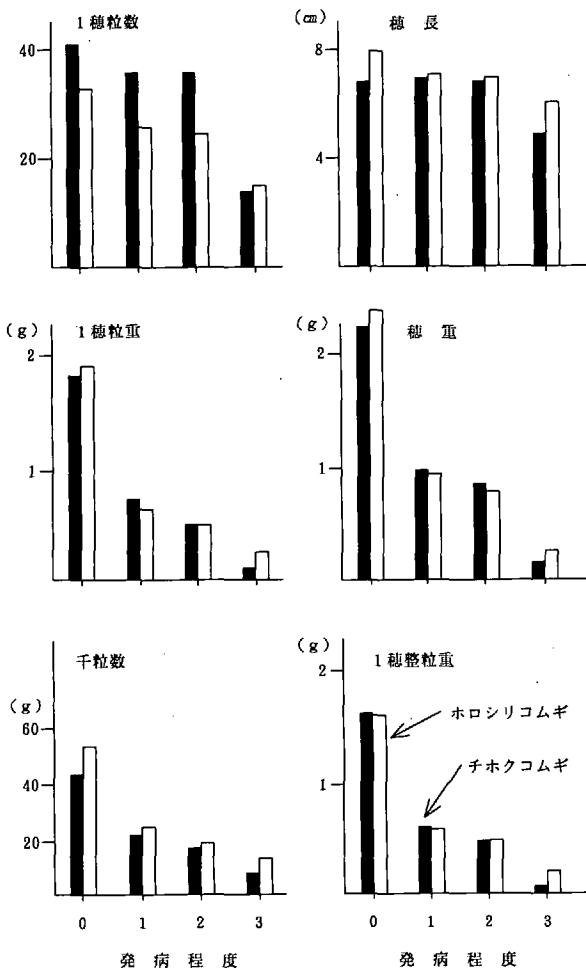
第12表 コムギ条斑病の発病が生育に及ぼす影響

品 種	草丈 (cm)		最上位の節間長 (cm)	
	健全株	発病株	健全株	発病株
チホクコムギ	74.5	50.2	14.3	2.5
ホロシリコムギ	79.8	61.8	16.1	5.6

め、草丈と最上位の節間長を測定した。結果を第12表に示した。表に明らかなように、発病すると草丈は健全株に比較して「チホクコムギ」で20cm以上、「ホロシリコムギ」で17cm前後も低くなるのが明らかとなった。また、発病すると最上位の節間長が両品種とも10cm以上短くなり、穂が著しく出すくみになることが明らかとなった。

### (2) 発病がコムギの収量構成要素に及ぼす影響

条斑病の発生がコムギの収量構成要素に及ぼす影響を、生育中の条斑病の発病程度別に調査した。結果を第8図に示した。図に明らかなように、生育中の条斑病の発病程度とコムギの収量構成要素との間には極めて密接な関係があった。穂長は発病による影響を受ける程度が少なく、激しく発病した場合にのみやや減少する傾向に

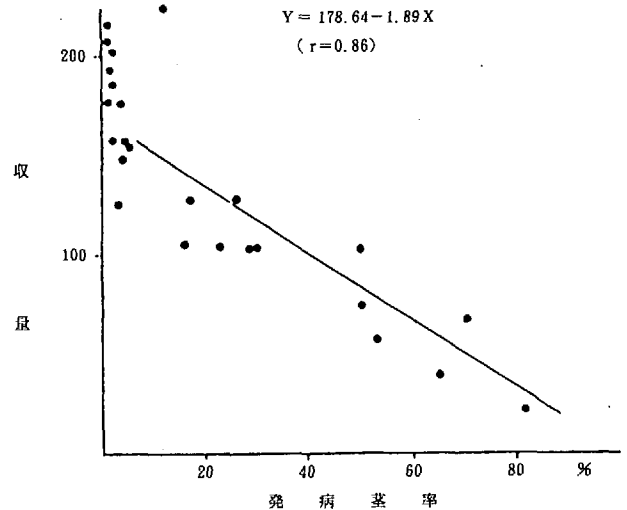


第8図 コムギ条斑病の個体別発病程度と収量構成要素

あり、品種間の差は認められない。1穂粒数は発病程度が高くなるにつれて減少し、発病が激しい穂では健全な穂に比較して「ホロシリコムギ」が56%、「チホクコムギ」が65%も減少した。穂重は発病すると著しく減少し、発病程度3の穂では健全な穂に比較して「ホロシリコムギ」が84%、「チホクコムギ」が94%も減少した。1穂粒重も発病による影響を強く受け、発病程度3の穂では健全な穂に比較して「ホロシリコムギ」が88%、「チホクコムギ」が93%も減少し、ほとんどの子実が全く稔実しないしいなであった。このため、千粒重と整粒重も同様に減少し、千粒重は発病程度3の穂では健全な穂に比較して「ホロシリコムギ」が74%、「チホクコムギ」が81%減少した。1穂整粒重は発病の影響を受ける程度が最も大きく、発病程度3の穂では健全な穂に比較して「ホロシリコムギ」が90%、「チホクコムギ」が98%も減少した。

### (3) 発病率と収量

調査結果を第9図に示した。図に明らかなように、発病率と総子実重との間には高い負の相関関係が認められ、 $Y = 178.64 - 1.89X$  の関係式が得られた。これによると、発病率10%で10.6%の減収となることが示された。



第9図 コムギ条斑病の発病率と総子実重

## 考 察

### (1) 発生実態調査

条斑病の発生の歴史は古く、1931年に岡山県で確認されたのが世界的に最初の記録で、その後数年の間に広島、兵庫、愛媛、香川、愛知、長野、岩手などの各県でも確認され(西門ら, 1933; 鋳方・河合, 1937; 柚木・桜井, 1965), 1960年代の前半頃まで各地で大きな被害を与えていた。現在では、輪作の徹底あるいはムギ類の作付が

減少したことなどにより、ほとんど問題になっておらず、栃木県（飯泉ら、1982）や埼玉県（藤田ら、1984）でわずかに発生している程度である。

欧米での発生は、1952年にスコットランド（Gray & Noble, 1960）、1955年にアメリカ（Bruehl, 1957）で確認され、現在ではカナダやアメリカ各州の冬コムギ地帯で重要病害として注目され、近年に至っても発生地域の拡大が報告されている（Gerdemann & Weibel, 1960；Slope, 1962；Smith et al, 1966；Wiese, 1972；Willis, 1974；Fernandez & McShane, 1980；Jones et al, 1980）。

北海道では1981年に確認されたが（小林ら、1982；Kobayashi et al, 1982）、1982年の調査で既に北海道の広範囲に分布し、一部には多発圃場が存在していた。条斑病は汚染種子によって発生地域を拡大するとされるが（西門ら、1933；鑄方・河合、1937；Bruehl, 1957）、種子伝染による発病率が極めて低率であるために（西門ら、1933；鑄方・河合、1937；Bruehl, 1957；柚木・桜井、1965）、侵入後1～2年で多発圃場になるとは考えられない。また、調査した多発圃場で最も短い連作年数は3年であった。このようなことから、条斑病が北海道に侵入したのは1981年より少なくとも3年以上前であったと推定される。病原菌の北海道への侵入経路は不明であるが（Kobayashi et al, 1982）、今回の調査ではチモシーを基幹草種とする牧草跡地での発生例が多く認められた。条斑病菌の寄主範囲は多数のイネ科植物に及ぶことが確認されており（西門ら、1933；鑄方・河合、1937；Bruehl, 1957；柚木・桜井、1965；Jones et al, 1980）、また、オーチャードグラスでは自然発生も確認されている（Bruehl, 1957）。筆者も北海道で後述するようにオーチャードグラスでの自然発生を1984年に確認している。これらのことから、イネ科牧草あるいは雑草が、病原菌の侵入や定着に何らかの役割を果たしたとも考えられる。また、このように広範囲に発生が認められるようになった原因として、水田転作の進行とともにコムギの栽培面積が急増し、長期連作化傾向が強まったことや、種子更新が徹底されていなかったことなどが考えられる。

## (2) 被害解析

条斑病の発病がコムギの生育と収量に及ぼす影響に関する報告は多く、いずれの場合も発病が及ぼす影響が重大であることを指摘している。本実験でも、条斑病の発病がコムギの生育に大きく影響することが知られた。条斑病の発病が草丈に及ぼす影響に関し、接種した病原菌の分生子濃度が高い場合には、草丈が健全な株に比較し

て20%低くなり、（Johnston & Mathre, 1972）、健全株に比較して15～30cmも短程になることが認められており（Bruehl, 1956）、本調査結果と一致する。また、発病株の最上位の節間長は著しく短くなり、甚だしい場合には穂が完全に抽出せずに葉鞘内に残る場合もあった。このため、条斑病の多発圃場では顕著なズリ込み症状になることが多く、条斑病の発病がコムギの生育に及ぼす影響は極めて大きいことが明らかである。

多発圃場で、発病程度と収量構成要素との関係を調査した結果、条斑病の発病は収量構成要素に著しく影響することが明らかとなった。発病と収量構成要素との関係について、発病により最も影響を受けるのは粒重や1穂粒数であり（Johnston & Mathre, 1972；Mathre et al, 1977）、発病すると穂長が短くなることも知られている（Bruehl, 1956；柚木・桜井、1965）。また、発病すると子実の充実が極めて悪く、ほとんどの子実がしいなになることは多くの報告で一致している（西門ら、1933；鑄方・河合、1937；Bruehl, 1956；Richardson & Rennie, 1970）。本調査の結果では、穂長は発病による影響が比較的少なく、しかも、発病程度による差も少なかったが、健全株に比較すると明らかに劣り、これまでの報告（Bruehl, 1956；柚木・桜井、1965）と一致した。1穂粒数は、発病程度の高まりとともにほぼ直線的に減少し、発病による影響が大きいことが明らかであり、Johnston & Mathre（1972）、Mathre et al（1977）の報告と一致する。穂重も発病すると激しく減少し、発病による影響が極めて大きい。1穂粒重も発病による影響を強く受けて大きく減少し、そのため1穂整粒重と千粒重も同様に激減した。これらのことから、条斑病の発病によって最も強く影響される要因は、コムギの収量構成要素の根幹をなす、1穂当りの粒数と粒重であることが明らかである。とくに注目されることは、1穂粒重、1穂整粒重、千粒重ともに健全株と発病株との差が極めて大きく、発病株では各要因ともわずかに発病しただけで50%以上の減少率となり、条斑病による個体別の被害は発病程度の差より、発病の有無に大きく左右されることで、これまでの報告（Johnston & Mathre, 1972；Mathre et al, 1977）とは異なる。なお、本調査の結果では各要因における品種間差は認められず、発病すると同じように影響を受けた。

圃場における発病率と収量との関係について、発病率と減収率とは高い相関があり（Johnston & Mathre, 1972；Mathre et al, 1977）、また、減収量を算定できる発病程度の評価法に関し、Feek's scale（Large, 1954）による生育ステージで10.0あるいは10.5（穂ばら

み期、開花期)の時期の発病茎率と全身病徴の出現状況に基づく発病程度の評価値が、発病による減収量と相関が高いことが報告されている(Bockus & Sim, 1982)。本調査の結果でも、第6図に示したように、発病茎率と総子実重との間には極めて高い相関関係が認められ、条斑病の発生が収量に及ぼす影響が大きいことが明らか

で、前記報告と一致した。しかし、本調査結果では、わずかに発病したのみで全ての子実がしいなになることが明らかなので、Bockus & Sim (1982)による全身病徴の出現状況に基づく発病程度の評価値は、実質的減収量を推定するうえでほとんど意味がないと考えられる。

## VI. コムギ条斑病の発生生態

コムギ条斑病の発生生態に関しては極めて多くの報告があり、防除対策確立に関する多くの知見が得られている。本実験では、北海道の自然条件下における病原菌の生存と増殖を左右する諸要因、特に各種イネ科植物との関連、条斑病の伝染環に関与する要因等を明らかにし、防除対策を構築するための知見を得る目的で実験を行った。

### 1. 条斑病の伝染環

#### (1) 種子伝染

##### 材料及び方法

##### ① 発生圃場産種子の汚染状況

病原菌による種子汚染の様式、汚染部位及び種子伝染の様式を明らかにするため、第13表に示した種子から、以下に示す方法で病原菌を検出した。

第13表 コムギ条斑病菌の検出に用いた種子

種子	品 種	種子を採取した圃場の発病状況
種子-1	チホクコムギ	止葉のすべてが発病している
種子-2	ホロシリコムギ	止葉の発病率が20~30%
種子-3	チホクコムギ	第11表に示した発病程度別に採取した
"	ホロシリコムギ	"

#### ア. 種子表面に付着する病原菌の検出

静置法：供試種子を表面殺菌（アンチホルミン80倍液で10分間または $\text{HgCl}_2$  0.1%液で1分間）または無殺菌のまま選択培地（Wiese & Ravenscroft, 1973., Green Wheat Agar：以下GWA）に置床し、20°Cで7~14日間培養して病原菌を検出した。

洗浄法：供試種子を滅菌蒸留水を100ml入れた500ml容の三角フラスコに入れ、30分間強く振とう後、1mlをGWAに広げて培養し、病原菌を検出した。

#### イ. 種子内部の病原菌の検出

供試種子を、0.1%の $\text{HgCl}_2$ で5分間表面殺菌後、ナイフで無菌的に胚を切り取り、そのままGWAに置床して培養した。また、同様にして切り取った100個の胚を10mlの滅菌蒸留水中で摩砕後、10倍に希釈してその1mlをGWAに広げて培養した。更に、同様にして表面殺菌した種子を、シャーレ内で無菌的に発芽させ、発芽後の種子を幼根、幼芽及び胚の残存部分に分けてGWAに置床し、病原菌を検出した。

#### ② 汚染種子による発病

発生圃場産の種子を播種した場合の、種子伝染による発病の有無を、第13表に示した種子-1と種子-2を用いて検討した。供試種子を無発生地土壌を充填した4㎡のコンクリート枠圃場に播種した。施肥量（kg/10a）は、N：8.8, P：14.4, K：11.2, 追肥はN：2とした。発病状況は越冬後の5月中旬以降に数回、全個体を調査した。

#### ③ 種子の汚染経路

##### ア. 通導組織を通じた汚染

通導組織を通じた種子汚染の有無を明らかにするため、7月から8月にかけて多発生圃場から「チホクコムギ」を採取し、部位別の病原菌の存在を調べた。採取標本は、根、冠部、葉身、節及び穂軸に分けて細片とし、常法により表面殺菌後、GWAに置床した。また、収穫期に同じ多発生圃場から穂を採取し、穎（内穎、外穎、護穎）を表面殺菌せずにGWAに置床した。

##### イ. 生育中の健全株の汚染

圃場で生育中の健全株が、周囲に存在する発病株との接触により、汚染するかどうかを多発生圃場で検討した。すなわち、9月7日に無発生圃場に播種した「チホクコムギ」を、越冬後の4月27日に無発生地土壌を充填したワグネルポット（1/5000a）に1株づつ移植し、5月18日に多発生圃場の3地点にポットを埋設して生育させ、発病及び汚染の拡大を検討した。

健全株の埋設地点は次のとおりとした。

- ① 発生株と茎葉が接触し合う、多発生圃場の畦間。
- ② 多発生圃場から約5m風下の、テンサイ圃場。
- ③ 多発生圃場から約5m風下の、トウモロコシ圃場。

8月4日に各地点ごとに穂を収穫し、室内で十分に乾燥後に脱粒した。汚染の有無は、各地点ごとに前記に準じて、種子の表面から病原菌を検出して確認した。

##### ウ. 収穫作業時の種子汚染の拡大

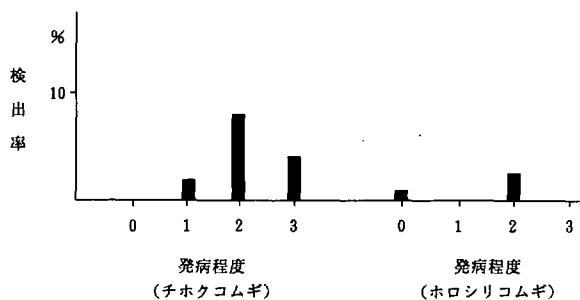
罹病茎葉の組織内に存在する病原菌が、収穫作業時に健全種子を汚染する可能性を検討した。8月に採取した罹病枯死茎葉を3~5mmに細切し、健全種子（チホクコムギ：北見農試産）と十分に混和した。混和後、種子のみを取り出し、無発生地土壌を充填した4㎡のコンクリート枠圃場に9月20日に播種した。播種した種子による土壌汚染の有無を知るため、根圏土壌を採取して病原



第14表 静置法による種子表面からの条斑病菌の検出結果

供試種子	品 種	表面殺菌の有無	検出率
種子-1	チホクコムギ	80倍アンチホルミン10分	10.8%
	"	0.1%HgCl <sub>2</sub> 1分	0.2
	"	無殺菌	5.8
	"	無殺菌(こすりつけ)	24.0
種子-2	ホロシリコムギ(整粒)	無殺菌	0
	"	無殺菌(こすりつけ)	0.5
	ホロシリコムギ(しいな)	無殺菌	0
	"	無殺菌(こすりつけ)	2.5

注) こすりつけは、培地表面で種子を転がすことにより行った。



第10図 発病程度の異なる茎で生産された種子表面よりの条斑病菌の検出結果

菌を検出した。病原菌の検出は次の方法で実施した。

被検土壌の10gを取り、滅菌蒸留水で1,000倍に希釈する。希釈液の1mlを取ってGWA上に広げ、20℃で1~2週間培養後、出現する病原菌のコロニー数を数えた。

#### 実験結果

##### ① 発生圃場産種子の汚染状況

##### ア. 種子表面に付着する病原菌の検出

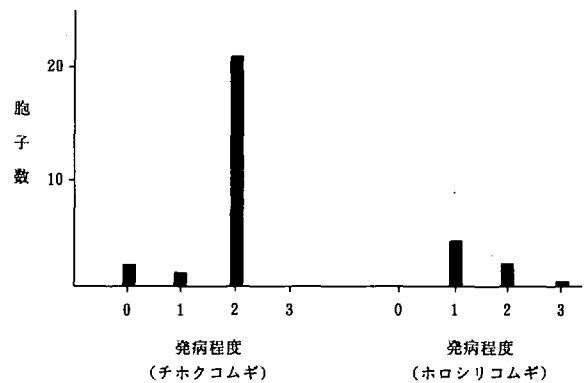
静置法により種子-1、種子-2及び種子-3の表面に付着している病原菌を検出した結果を、第14表と第10図に示した。表及び図に明らかなように、検出率に差があるが、多くの種子から病原菌が検出された。供試種子を表面殺菌すると、病原菌の検出率は著しく低下する。検出率は、供試種子をGWA上で転がして、種子の表面を培地表面に多く接触させた場合に高い。最も高率で病原菌が検出されたのは、多発生圃場産の種子で、24%の種子から病原菌が検出された。発病程度別に採取した種子-3からの検出率は、発病程度3で低く、1及び2で高い傾向にあり、また、0の場合にも検出されることがあった。

次に、洗浄法により種子-1、種子-2及び種子-3の表面に付着している病原菌を検出した結果を、第15表と第11図に示した。表及び図に明らかなように、供試し

第15表 洗浄法による種子表面からの条斑病菌の検出結果

供試種子	供試種子粒数	検出病原菌数/ml
種子-1	1000	181
	100	4
種子-2	1000*	6
	1000**	32

注) \*: 整粒, \*\*: しいな



第11図 発病程度の異なる茎で生産された種子よりの洗浄法による条斑病菌の検出結果

た種子を洗浄した滅菌蒸留水のほとんどから、病原菌が検出された。検出された菌数は、多発生圃場産の種子-1で最も多く、中発生圃場産の種子では、整粒よりもしいなの方が多く検出された。又、発病程度別に採取した種子では、発病程度が1及び2で多い傾向にあった。

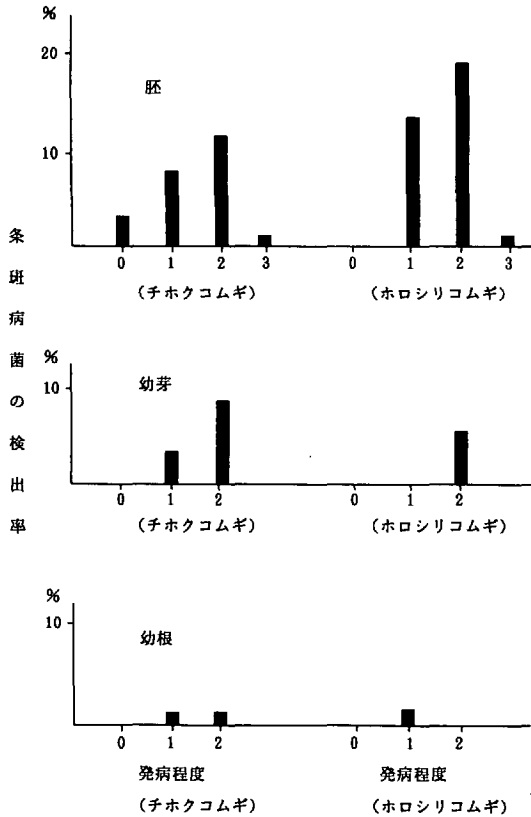
##### イ. 種子内部の病原菌の検出

種子内部から病原菌を検出した結果を、第16表と第12図に示した。十分に表面殺菌した種子-1の胚を切り取り、そのままGWAに置床するか、あるいは、胚を滅菌蒸留水中で摩砕した摩砕液をGWAに広げることにより、種子内部に存在したと考えられる病原菌が検出された。発病程度別に採取した種子-3の胚の残存部、幼芽及び幼根のいずれの部位から病原菌が検出された。この場合、両品種ともに胚の残存部からの検出率が高く、検出率には発病程度による差が認められた。すなわち、発病程度3で低く、1及び2で高い傾向で、また、0の場合でも検出されることがあった。

第16表 汚染種子の胚からの条斑病菌の検出結果

検出方法	検出結果
胚をGWAに置床	5%
摩砕液をGWAに広げる	6.4/ml*

注) \*: 摩砕液1ml当りの病原菌数



第12図 発病程度の異なる茎で生産された種子内部からの条斑病菌の検出結果

② 汚染種子による発病

多発生圃場及び中発生圃場の種子を播種した場合の、種子伝染による発病に関する実験結果を第17表に示した。表に明らかなように、種子伝染による発病は、種子-1と種子-2のしいなを播種した区で認められ、発病率は種子-1が1.1%、種子-2のしいなが0.1%で、いずれも極めて低率であった。

第17表 種子伝染による条斑病の発生

供試種子	発病率 (%)			
	5月20日	5月26日	6月8日	7月8日
種子-1	0.2	0.3	0.8	1.1
種子-2, 整粒	0	0	0	0
” , しいな	0	0.04	0.1	0.1

③ 種子の汚染経路

ア. 通導組織を通じた汚染

生育後期に多発生圃場から採取したコムギの各部位から病原菌を検出した結果を、第18表と第19表に示した。表に明らかなように、通導組織を含む組織内に存在した病原菌が高率に検出された。病原菌は冠部や根などの地下部組織に比較し、節や穂軸などの地上部組織から多く

検出された。冠部や根などの地下部組織からの検出率は、8月よりも7月の方が明らかに高かった。一方、節からの検出率は、7月よりも8月の方が明らかに高かった。また、収穫期に多発生圃場から採取した穂の穎からも、高率に検出された。

第18表 多発生圃場から採取したコムギ各部位からの条斑病菌の検出結果

検出部位	検出率 (%)	
	7月	8月
穂 軸	—	96
葉 身	96	16
節	64	100
冠 部	44	24
根	17	4

第19表 多発生圃場から採取した穂の穎からの条斑病菌の検出結果

穎の部位	内側の検出率	外側の検出率
護 穎	36%	52%
外 穎	44	24
内 穎	36	60

イ. 生育中の健全株の汚染

実験結果を第20表に示した。多発生圃場及びその周辺で生育させたポット植えの健全コムギは、周囲の発病株に影響されずにすべて健全に生育した。多発生圃場で生育させた健全株は、生育期間を通して発病株と接触したが、まったく発病しなかった。また、多発生圃場から約5m風下のテンサイ圃場及びトウモロコシ圃場で生育させた健全株も、まったく発病しなかった。更に、各地点で生育させた健全株の穂を採取し、種子の汚染の有無を調べたが、いずれの種子からも条斑病菌は検出されなかった。

第20表 多発生圃場とその周辺で生育させた健全株の汚染調査結果

健全株の設置場所	収穫種子の汚染率
多発生圃場のコムギの畦間	0%
5m風下のテンサイ圃場	0
5m風下のトウモロコシ圃場	0

ウ. 収穫作業時の種子汚染の拡大

実験結果を第21表に示した。健全種子を、細切した罹病枯死茎葉と十分に混和後、種子のみを取り出して無発生圃場に播種すると、生育中の根圏土壌から、種子に由来すると考えられる病原菌が検出された。また、越冬後の5月下旬には、低率ではあるが種子伝染による発病が

第21表 条斑病に罹病した茎葉と接触させた種子による土壌の汚染と発病

土壌中の病原菌数 (g 乾土当)			発病率 (%)		
1982年		1983年	1983年		
12月17日	3月3日	4月27日	5月16日	5月26日	7月8日
3800	0	0	0	0.2	0.3

認められた。

## (2) 土壌伝染

### 材料及び方法

#### ① 汚染種子による土壌の汚染と連作による病原菌数及び発病の増加

1982年8月に多発生圃場から採取した汚染種子(チホクコムギ)を、無発生地土壌を充填した4㎡のコンクリート枠圃場に1982年9月7日に播種し、土壌の汚染を知るため、土壌中の病原菌数を調査するとともに、発病の推移を調査した。収穫後の1983年9月14日に、再度健全種子(チホクコムギ:北見農試産)を播種し、連作による土壌中の病原菌数及び発病の増加を調査した。なお、初年目の収穫後の茎葉は、すべて細切して圃場に鋤き込んだ。土壌中の病原菌の検出方法は前記に準じた。

#### ② 多発生圃場における土壌中の病原菌数の季節的消長

1983年11月から1984年10月までの1年間、胆振支庁管内厚真町の多発生圃場において、土壌中の病原菌数の年間消長と垂直分布を調査した。土壌中の病原菌の検出方法は前記に準じた。

### 実験結果

#### ① 汚染種子による土壌の汚染と連作による病原菌数及び発病の増加

実験結果を第22表に示した。表に明らかなように、多発生圃場産の汚染種子を播種すると、土壌中から病原菌が検出される。検出される病原菌数は $10^2$ レベルと少ない。しかし、同じ圃場にコムギを連作すると、土壌中の病原菌数は前年の約100倍に達した。また、汚染種子を播種した初年目の発病率(種子伝染による)は極めて低率であったが、同じ圃場にコムギを連作すると、発病率が前年の約50倍に達した。

第22表 条斑病菌で汚染した種子による土壌の汚染と連作による病原菌数及び発病の増加

供試種子	土壌中の病原菌数*				発病率 (%)		
	1982年		1983年		1983年		1984年
	12/2	2/15	10/14	11/12	5/20	7/8	6/25
汚染種子	0.85	0.1	28.5	41.2	0.4	1.1	56.0

注) \* :  $\times 10^5$  / 乾土 1 g 当り

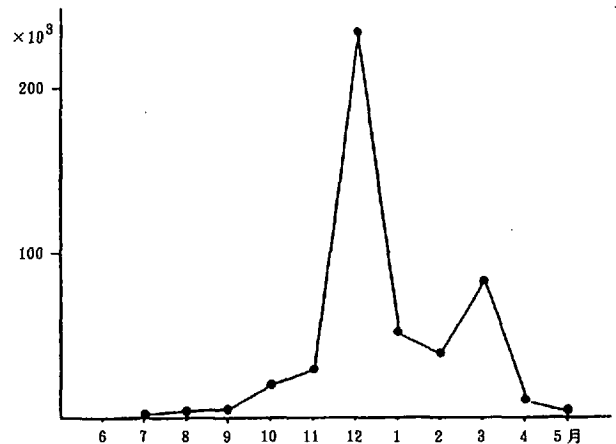
#### ② 多発生圃場における土壌中の病原菌数の季節的消長

1か月間隔で調査した土壌中の病原菌数の土壌深度別の推移を第23表に、また、平均的作土層である土壌深度15cmまでの病原菌数の平均値で作成した、病原菌数の年間消長を第13図に示した。土壌中の病原菌数は、10月から3月にかけて最も多く推移し、その後急激に減少して、6月から8月にかけてほとんど検出されなくなる。多発生圃場では、病原菌が地表下35cmまで分布し、0~20cmの範囲内に多く分布する。

第23表 条斑病の多発生圃場における土壌深度別の病原菌数の推移

土壌の深さ (cm)	1983	1984					
	11月	1月	3月	5月	7月	9月	10月
0~5	45,000	43,000	24,000	3,700	300	1,500	47,000
5~10	27,000	77,000	210,000	500	0	2,600	4,600
10~15	53,000	29,000	17,000	100	0	6,900	8,100
15~20	500	17,000	7,300	0	0	4,600	5,300
30~35						400	
50~55						0	
100~105						0	

病原菌数は乾土 1 g 当り



第13図 条斑病の多発生圃場における土壌中の病原菌数の推移

## (3) 他寄主植物との関係

### 材料及び方法

#### ① 各種イネ科植物根圏における条斑病菌の存在

1984年の6月から7月にかけて、道内の8市町村、合計14か所の条斑病が発生しているコムギ圃場内及び圃場周辺から、9植物、合計64点の標本を採集し、それぞれの根圏土壌から病原菌を検出した。土壌中の病原菌の検出方法は前記に準じた。実験に用いた標本の採取地点と採取点数を第24表に示した。

第24表 実験に用いたイネ科植物の採取地点と採取点数

イネ科植物名	厚真町	早来町	音更町	置戸町	端野町	女満別町	津別町	北見市	計
オーチャードグラス	1	1	1	0	1	0	0	0	4
ケンタッキーブルーグラス	2	0	2	1	5	0	0	0	10
シバムギ	1	0	5	0	3	1	0	0	10
スズメノカタビラ	1	1	0	0	4	0	1	0	7
スズメノテッポウ	0	0	0	0	3	0	0	0	3
スムーズブロムグラス	0	0	0	1	0	0	0	0	1
チモシー	3	1	2	1	2	0	0	0	9
レッドトップ	1	1	4	2	6	1	1	2	18
メドウフェスク	1	1	0	0	0	0	0	0	2
計	10	5	14	5	24	2	2	2	64

第25表 条斑病発生圃場から採取したイネ科植物根圏土壌からの病原菌の検出結果

供試イネ科植物	供試個体数	検出個体数	検出病原菌数
オーチャードグラス	4	1	13
ケンタッキーブルーグラス	10	3	13~170
ツバムギ	10	3	100~290
スズメノカタビラ	7	1	40
スズメノテッポウ	3	2	77
スムーズブロムグラス	1	1	210
チモシー	9	5	3~77
レッドトップ	18	9	3~350
メドウフェスク	2	0	0

検出された病原菌数は乾土1g当りです

② 各種イネ科植物根圏土壌における条斑病菌の生存期間

無発生地土壌を充填した1/5000aのワグネルポットで栽培した各種イネ科植物に条斑病菌(Cg-1)を根部浸漬接種して生育させ、経時的に根圏土壌を採取して病原菌を検出し、根圏土壌における病原菌の生存期間を調査した。実験に用いた各種イネ科植物は、Ⅲ-3で述べた条斑病菌の各種イネ科植物に対する寄生性の実験で、根部浸漬接種した植物をそのまま用いた。接種後の植物は冬期間は温室、夏期間は野外で生育させ、各種イネ科植物の生育状況に応じて、刈り取り及び施肥を行った。

根圏土壌からの病原菌の検出は前記に準じた。なお、実験は1983年11月から1985年11月にかけて実施した。

実験結果

① 各種イネ科植物根圏における条斑病菌の存在

コムギ圃場に雑草として自生する各種イネ科植物根圏における条斑病菌の存在を検討した。採集標本の根圏土壌から病原菌を検出した結果を、第25表に示した。実験に用いた9植物のうち、オーチャードグラス、ケンタッキーブルーグラス、ツバムギ、スズメノカタビラ、スズメノテッポウ、スムーズブロムグラス、チモシー、レ

第26表 イネ科植物根圏土壌から検出した菌株の病原性

菌株の分離源	供試菌株数	病原性
オーチャードグラス	1	+
ケンタッキーブルーグラス	3	+
ツバムギ	1	+
スズメノカタビラ	2	+
スズメノテッポウ	2	+
スムーズブロムグラス	2	+
チモシー	5	+
レッドトップ	8	+

注) 接種は根部浸漬接種による。コムギ品種は「チホクコムギ」。

ドトップの8植物の根圏土壌から条斑病菌が検出されたが、メドウフェスクの根圏土壌からは検出されなかった。条斑病菌が検出された植物を採取したコムギ圃場での、条斑病の発生程度と条斑病菌の検出量との間には、明らかな関係が認められなかった。

各種イネ科植物の根圏土壌から検出された菌株は、第26表と第27表に示したように、コムギに対する病原性と形態測定の結果から、コムギ条斑病菌であると考えられる。

第27表 イネ科植物根圏土壌から検出した菌株の形態測定の結果

菌株の分離源	供試菌株	分生子	分生子柄
オーチャードグラス	AZ-16	3×8 $\mu$ m	2×9 $\mu$ m
ケンタッキーブルーグラス	TN-45	2×9	2×9
ツバムギ	OT-10	2×7	2×10
スズメノカタビラ	TB-611	2×8	3×10
スズメノテッポウ	TN-1	2×8	2×8
スムーズブロムグラス	OK-5-1	2×8	3×10
チモシー	OT-9	2×8	2×7
レッドトップ	OK-6	3×7	2×9
コムギ	Cg-1	2×7	2×8
	鈴方ら	3×7	5~18
	小林ら	2~3×5~11	2×3~10

注) PSA, 20℃, 7日間培養後に測定した。

## ② 各種イネ科植物根圏における条斑病菌の生存期間

イネ科植物根圏における条斑病菌の生存期間（保菌期間）は第28表に示した。条斑病菌の生存は、供試イネ科植物のすべての根圏で確認され、ほとんどのイネ科植物根圏で317日後まで認められた。特に、スムーズプロムグラス、オーチャードグラス、イタリアンライグラス、リードカナリーグラスでは739日後まで生存することが認められた。検出される条斑病菌の菌数は、秋から春に検定した場合に多く、夏には少なかった。

第28表 各種イネ科植物根圏に接種した条斑病菌の生存期間

供試イネ科植物	病原菌を根圏接種後の日数					
	108	148	199	317	480	739
スムーズプロムグラス	++	+++	++	+++	-	+
マウンテンプロムグラス	++	+++	+	+	+++	-
オーチャードグラス	+++	+++	+	+++	+++	+
チモン	++	+++	+	+	+++	+
トールフェスク	++	-	+	+++	++	-
メドウフェスク	++	++	-	+	+++	-
イタリアンライグラス	+++	+	-	+++	+	+
ベレニアルライグラス	++	+	+	+++	-	-
ケンタッキーブルーグラス	+	++	+	++	-	-
リードカナリーグラス	++	-	+	-	-	+
ツバムギ	+++	++	+	++	-	-
レッドトップ	++	+	+	+++	-	-
スズメノカタビラ	+++	++	+	+++	-	-
スズメノテッポウ	++	++	+	+++	++	-
オオスズメノテッポウ	++	+	+	+++	-	-
裸地	-	-	-	-	-	-

注) 108日：3月7日，148日：4月16日，199日：6月6日，  
317日：10月2日，480日：3月15日，739日：11月29日  
+~++++：×10~×10<sup>4</sup>を示す。

## (4) 考 察

## ① 種子伝染

発生圃場産種子を洗浄した液から病原菌が検出されるが、種子の内部からは検出されなかったことから、病原菌は種子表面に付着しているのみとする報告（鋳方・河合，1937）と、発生圃場産の種子を表面殺菌しても低率で病原菌が検出されるので、種子内部にも存在するとする報告（Elizabeth & Stiers, 1977）がある。しかし、いずれの場合も種子内部から直接病原菌を検出した結果に基づいたものではない。

発生圃場産の種子表面から病原菌で汚染されていることは、本実験結果からも明らかである。種子表面からの病原菌の検出率は、供試種子と検出方法によって差が認められた。検出率は中発生圃場産の種子が最高2.5%であったのに対し、多発生圃場産の種子では24%と明らか

に高く、同一圃場産の種子では、整粒よりしいなの方が明らかに高かった。また、検出方法としては、供試種子をGWAに静置する前に、GWA上を転がしながらこすりつけた方が検出率が高く、優れていた。供試種子を洗浄した液からも、多数の病原菌が検出された。検出された病原菌数は、多発生圃場産の種子で最も多く、同一圃場産の種子では、整粒よりしいなの方で多く、前述の結果と同じ傾向であった。

種子の内部から病原菌の検出を試みた結果、十分に表面殺菌した種子で最高20%の胚から病原菌が検出された。また、十分に表面殺菌した種子から発芽、発根した幼芽及び幼根からも、病原菌が検出された。これらのことから、発生圃場産の種子の内部に病原菌が存在することが明らかである。

発病程度別に採取した種子からの病原菌の検出率の違いは注目される。すなわち、6月下旬に健全と判定した株で生産された種子の表面と内部からも病原菌が検出され、その検出率は発病程度2の株から採取した種子より低率であったが、発病程度3の株から採取した種子の検出率とほとんど差がなく、発病程度の軽重と病原菌の検出率の高低が、直接的に結び付かないと考えられる。同一圃場で生産された種子を整粒としいなに分けると、しいなの方が病原菌の検出率が高く、検出菌数も明らかに多かった。これは、病株で生産された種子は、前述のごとくほとんどしいなになるため、この場合のしいなも病株で生産されたものを、多く含んでいたことによると考えられる。

以上のように、発生圃場産の種子は、その表面と内部が病原菌に汚染され、汚染程度は発生の多い圃場産の種子ほど激しいことが明らかとなった。これらをまとめると、本病の種子伝染様式は、岸（1976）の総説に従うと付着型と侵入型の両方があり、汚染部位としては種子の表面と内部（胚）の両方があると結論できる。

種子伝染による発病率は極めて低く（西門ら，1933；鋳方・河合，1937；Bruehl, 1957；柚木・桜井，1965）、多発生圃場から採取した汚染種子による発病率は、0.18%であり（西門ら，1933）、発生圃場産の種子を用いた時の発病率は、播種時期が早いほど高率で、最高12.6%であったこと（鋳方・河合，1937）が報告されている。本実験でも、発生圃場産の種子を播種すると、種子伝染による発病が認められたが、発病率は最高で1.1%と極めて低率であった。種子の汚染程度と発病率との間には、密接な関係があることが確かめられた。すなわち、病原菌の検出率が24%の種子-1を播種した場合の発病率は最も高かった。しかし、種子の汚染率

に比較して、種子伝染による発病の頻度が極めて低く、種子を汚染している病原菌のすべてが必ずしも発病に関与しているものではないものと考えられるが、その原因は明らかでない。このように、発生圃場産の種子の使用は、種子伝染による発病を招くが、種子伝染による発病茎率が低いことから、汚染種子が条斑病の発生拡大に果たしている役割が軽視されがちである。しかし、汚染種子の使用によって発生圃場となった圃場にコムギを連作すると、健全種子を播種しても、発病茎率が前年の約50倍に達する事例(第22表)がある。このことから、発生圃場産の汚染種子が病原菌の分散と定着に果たす役割は極めて重要であり、発生地域の拡大をもたらす最大の要因は、汚染種子の使用にあると考えられる。

種子の汚染経路を明らかにすることは、健全種子を生産するための技術を確認するうえで重要である。しかし、これまで種子の汚染経路に関する報告は少なく、わずかに脱穀作業等によって茎葉中の分生子が飛散して、種子の表面に付着する(鑄方・河合, 1937)、あるいは、温室で栽培した発病コムギの各部位から病原菌が検出される(Bruehl, 1957)ことが報告されているにすぎない。本実験では先に、発生圃場産種子の内部にも病原菌が存在することを明らかにしたが、それらの病原菌がどのような経路で種子内部に到達するのか不明であった。そのため、生育後期のコムギを多発生圃場から採取し、導管通過型感染(岸, 1976)に関与し得る病原菌が組織内に存在するかどうかを検討した。その結果、病原菌は生育後期のコムギ各部位、特に、節、穂軸及び穎などの地上部の組織内から高率で検出され、前述の報告(Bruehl, 1957)と一致した。このことは、根から侵入後、維管束系を通じてコムギの組織内を移行するとされる(西門ら, 1933; Bruehl, 1957)病原菌が、生育後期には種子に最も近い穎にまで移行していることを示すものである。また、条斑症状を示すコムギの各部位の通導組織に、病原菌の菌糸が充満している状態は、病斑部の切片を作成することにより容易に観察できる(図版-11)。さらに、導管内の病原菌は分生子形成と分生子発芽を通常に行うとともに、導管内を求頂的に移行する(Wiese, 1972)。以上のことから、発生圃場産種子の内部(胚)に存在する病原菌は、発病コムギの通導組織を通じて移行し、いわゆる導管通過型感染をしたものと考えられる。

条斑病状は越冬後の5月中旬から発生し、6月に入ると急激に病勢が進展するという経過をたどるが、極端な多発生圃場を除くと、通常は発病株と健全株が混在し接触し合う。このような状況下で、発病株周辺へ発病と汚

染が拡大するかどうかについて検討した。その結果、生育期間を通して発病株と接触し合った健全株、及び、多発生圃場から約5m風下に設置した健全株は、まったく発病しなかった。また、圃場で採取した発病株の病斑上を顕微鏡観察しても、病原菌はまったく確認できない。このことから、発病株の組織内には多数の病原菌が存在するが、圃場で生育中に茎葉が接触し合っても、健全株にはまん延しないことが判明した。更に、各地点に設置した健全株の穂を収穫し、種子汚染の有無を検討したが、いずれの種子からも病原菌は検出されないので、汚染は周辺に拡大しないことが明らかである。

生育後期の発病株の組織内には、多数の病原菌が存在することは先に述べたが、圃場に健全株と発病株が混在し、同時に収穫された場合、発病株組織内の病原菌が健全種子に付着する可能性が高い。これは、収穫作業が大型や小型のコンバインで行われるため、刈り取られたコムギ組織が脱穀部内のシリンダの高速回転により、破壊されるとともに種子と強く混合され、病原菌と接触するためである。このことを検討するため、収穫期に採取した罹病枯死茎葉の細片と健全種子を混和し、健全種子の汚染の有無を調査した。その結果、罹病枯死茎葉と混和した健全種子の汚染と、種子伝染による発病が確認された。このことから、発病株が混在する圃場では収穫作業時に、発病株組織内に存在する病原菌により、種子の汚染が拡大することが明らかである。また、発生圃場では、6月下旬に肉眼的に健全と判断した株の種子からも病原菌が検出されるので、発病株の抜取りを徹底しても、健全種子の生産は不可能であると考えられる。従って、条斑病の発生圃場では、どのような方法で収穫を行っても、健全種子の生産及び種子汚染の拡大防止は困難であると考えられる。

## ② 土壌伝染

汚染種子を播種した場合、無発生圃場の土壌は確実に病土化することを確認した。汚染種子を無発生圃場に播種した初年目の土壌中の病原菌数は、 $10^2$ レベルとかなり少なく経過する。しかし、同一圃場にコムギを連作すると、土壌中の病原菌数は急激に増加して $10^4$ レベルに達し、発病茎率も初年目の50倍以上に達した。これは、初年目のコムギ収穫後、罹病茎葉を含む麦稈を土壌中に鋤き込んだことにより、土壌中に多量の感染源を供給するスポロドキアが、罹病茎葉上に生成されたことによると考えられる。条斑病菌の侵入及び感染部位は根であることを先に述べたが、土壌中で感染源として役割を果たすのは分生子であり(Mathre & Johnston, 1975)コムギの収量構成要素に影響を及ぼす程度の発病は、土壌

中の病原菌数が $10^9$ レベル以上に達する必要があるとされる (Johnston & Mathre, 1972)。以上のことから、条斑病の土壌伝染は、汚染種子で無発生圃場に持ち込まれた病原菌が、罹病茎葉で増殖するとともに定着するため、同一圃場にコムギを連作することにより生じ、土壌中の病原菌数は、コムギの連作で増加し発病も急増するものと考えられる。

発生圃場における土壌中の病原菌数の消長に関して、病原菌数は晩秋から初冬にかけて多く、春には少なくなり夏にはほとんど検出されなくなるのが典型的消長であるとされる (Wiese & Ravenscroft, 1975)。本実験でも同様の結果が得られた。すなわち、土壌中の病原菌数は10月から3月にかけて最も多く推移し、その後急激に減少して、6月から8月にかけてはほとんど検出されなくなる。Wiese & Ravenscroft (1975) によると、このような土壌中の病原菌数の季節的変動は、罹病茎葉におけるスポロドキアの生成量の季節的変動に支配されており、病原菌数に明瞭な季節的変動がみられるのは、土壌中に単独で存在する分生子の生存期間が短いことに起因しているとされる。土壌中の病原菌数が急激に増加する時期の平均地温 (地下5 cm) は $15^{\circ}\text{C}$ 前後で、先に述べたスポロドキアの生成条件からすると最適温度に近く、そのためスポロドキアの生成が盛んになり、多数の感染源が土壌中に供給されると考えられる。

柚木・桜井 (1965) は、土壌中の病原菌は地表下18 cmまで分布し、2~6 cmの範囲に多く分布しているとしているが、本実験の結果では、土壌中の病原菌は地表下35 cmまで分布し、0~20 cmの範囲内に多く分布することが確かめられた。冬コムギの12月における根の分布は、そのほとんどが地表下0~15 cmの範囲に分布することが知られている (Welbank et al, 1974)。従って、コムギの根は病原菌が多く分布する地表下0~20 cmの範囲内にそのほとんどが分布していることになり、土壌中の病原菌には非常に多くの感染の場が与えられていると言える。

### ③ 他寄主植物との関係

条斑病菌は非常に多くのイネ科植物に寄生するため、それらのイネ科植物の存在がコムギ条斑病の発生に著しく影響することが指摘されている (鏡方・河合, 1937; Bruehl, 1957; Gerdemenn & Weibel, 1960; 柚木・桜井, 1965; Jones et al, 1980)。これらはいずれも、条斑病菌の寄主としての各種イネ科植物の重要性を論じたもので、寄生性の有無に関係なく各種イネ科植物の根圏における条斑病菌の生存 (保菌) に関する報告は見当たらない。本実験では、条斑病の発生圃場及びその周辺に自生する、各種イネ科植物の根圏における条斑病菌の

生存の有無とその期間を検討した。北海道内の8市町村、合計14か所から採取した9植物、合計64の試料のうち、8植物25点の根圏土壌から条斑病菌が検出された。各試料から検出された病原菌数は非常に少なく、また、検出された病原菌数の多少は、試料を採取した圃場の条斑病の発生程度と関連性がなかった。これは、試料を採取した時期が、土壌中の病原菌数が最も少ない時期であったことによると考えられる。なお、供試したイネ科植物では条斑症状はまったく認められなかった。しかし、オーチャードグラスでは前述したように、一部地域で自然感染を確認している。

各種イネ科植物に条斑病菌を浸根接種後、無発生地土壌に移植した場合、マウンテンブロムグラスとオーチャードグラスでは明瞭な条斑病状を発現したが、それ以外の13植物ではまったく条斑症状が現れず、寄生性が認められなかった。しかし、接種した病原菌は供試イネ科植物すべての根圏土壌中で、長期間生存することが確かめられた。根圏土壌における生存期間は、ほとんどのイネ科植物が、300日以上と考えられ、中でもスムーズブロムグラス、オーチャードグラス、イタリアンライグラス、リードカナリーグラスでは、最終検定の739日後でも生存していることが判った。根圏土壌から検出される病原菌数は、秋から春に検出した場合に多く、夏に検出した場合に少ない。これは、秋から春の病原菌の増殖に好適した条件下で、スポロドキアを生成することなく増殖を繰り返したことによる (Wiese & Ravenscroft, 1978) と考えられる。

以上のことから、条斑病の伝染環において、イネ科植物が条斑病菌の保菌源として果たす役割は重要であり、条斑病の防除対策を構築するに際して、コムギ圃場におけるイネ科雑草対策の必要性が指摘される。

## 2. 栽培環境と条斑病の発生に関するアンケート調査

### 調査方法

1984年に北海道内を、道央 (空知, 石狩, 胆振), 十勝及び網走の3地帯に区分し、各農業試験場の専門技術員室を通じてそれぞれの地帯の農家を対象にアンケート調査を実施した。調査点数は、道央: 105筆, 十勝: 78筆, 網走: 243筆で、調査項目は発病状況, 前作, 種子, 土壌, 麦稈処理, 収量その他合計18項目とした。

### 調査結果

調査結果の中から条斑病の発生との関係で、一定の傾向が認められる項目を、第29表から第32表に示した。連作年数と発病に関しては、連作年数の増加とともに発生

圃場における条斑病発病指数の調査基準

	*		*	*	**	*	***	**	*****
	*		*	*	*	**	**	**	*****
	*		*	*	*	**	**	**	*****
		*	*	*	**	*	**	**	*****
		*	*	*	*	**	*	**	*****
0		1	2	3	4				

注) 1筆の圃場における病株の存在状況を示す

第29表 コムギの連作年数と条斑病の発生

	道 央		十 勝		網 走		平 均		
	発 生 圃場率	被 害 圃場率	発 生 圃場率	被 害 圃場率	発 生 圃場率	被 害 圃場率	総調査圃場数	発 生 圃場率	被 害 圃場率
連作4年以上	88%	76%	100%	75%	80%	47%	92筆	84%	59%
" 3 "	59	53	100	20	70	33	70	67	41
" 2 "	48	33	89	33	31	12	104	44	20
輪 作	44	11	43	9	21	3	154	31	6

第30表 条斑病の発病指数とコムギの収量

品 種 別	調 査 場 所	調 査 数	10 a 当り収量 (kg)					対 無 発 病 比				
			発 病 指 数					発 病 指 数				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
ホロシリコムギ	道央	100筆	318	308	284	226	182	100	97	89	71	57
タクネコムギ	十勝	13	376	257	340	-	134	100	68	90	-	36
チホクコムギ	網走	84	382	378	343	364	210	100	99	90	95	55

第31表 コムギ収穫後の麦稈処理と条斑病の発生

	道 央		十 勝		網 走		平 均		
	発 生 圃場率	被 害 圃場率	発 生 圃場率	被 害 圃場率	発 生 圃場率	被 害 圃場率	総調査圃場数	発 生 圃場率	被 害 圃場率
麦稈すき込み	71%	55%	80%	27%	52%	27%	134筆	63%	35%
麦稈焼却	53	35	100	100	50	0	20	55	35
麦稈搬出	64	48	46	11	43	17	251	47	22

第32表 コムギの播種期と条斑病の発生

	道 央		十 勝		網 走		平 均		
	発 生 圃場率	被 害 圃場率	発 生 圃場率	被 害 圃場率	発 生 圃場率	被 害 圃場率	総調査圃場数	発 生 圃場率	被 害 圃場率
9月20日以前	65%	49%	61%	26%	46%	23%	230筆	55%	33%
9月21日以降	65	47	57	13	42	17	196	48	18

圃場率、被害圃場率ともに上昇する結果が得られた(第29表)。発病程度と収量に関しては、発病程度の高まりとともに徐々に収量が減少し、発病指数が4になると著しく減収する結果が得られ、この傾向は各品種同様であった(第30表)。圃場における麦稈処理と発病に関しては、麦稈の焼却例が少ないので、焼却と発病に関する

一定の傾向は見られないが、麦稈鋤き込みと麦稈の圃場外搬出を比較すると、麦稈を圃場外に搬出した場合に発生圃場率、被害圃場率ともに低い傾向が認められた(第31表)。播種期と発病に関しては、9月20日以前とそれ以降の播種とに分けて比較したが、発生圃場率ではほとんど差がみられず、被害圃場率は9月21日以降に播種し



た方が低い傾向にあった（第32表）。これ以外の項目では、施肥量特にカリと発病、雑草の量と発病との間にわずかに相関が認められた。

#### 考 察

北海道を3地帯に区分してコムギの栽培環境と条斑病の発生状況に関するアンケート調査を実施した結果、いくつかの項目が条斑病の発生に影響を及ぼす要因になっていることが認められた。すなわち、連作は条斑病の発生増加をもたらす最大の要因であるとされるが(Wiese, 1987)、本調査結果からも連作が条斑病の発生被害を増大させていることが示唆され、この傾向は地帯による差は認められなかった。条斑病の発病指数と収量に関しては品種別に集計したが、各品種ともに発病指数が高まると、健全な場合に比較して低収化傾向が見られる。しかし、減収程度は発病指数3までは少ないが、発病指数4

になると著しく減収することが示され、コムギの連作による発病指数の高まりを防止することの重要性が示唆された。収穫後の麦稈の取扱い方法と発病との関係については、麦稈を圃場外に搬出した場合の発病が少ない傾向が認められたが、顕著ではなかった。しかし、圃場に罹病麦稈を残すことは、感染源を増加させることに直接結び付くので、さらに詳細な検討が必要と考えられる。播種期と発病に関し、現在の北海道における適期播種の限界を概ね9月20日と考え、それまでに播種した場合と、それ以後に播種した場合とに分けて集計した。その結果、適期播種の限界以後に播種した場合の被害圃場率が高い傾向が認められ、特に十勝及び網走でその傾向が強く、播種期の早晚が発病の多少と関係している可能性が示唆された。