

# 福井県におけるオオムギ赤かび病の発生状況と防除対策

本多範行\*

## The Occurrence and Control of Fusarium Head Blight of Barley in Fukui Prefecture

Noriyuki HONDA

福井県のオオムギからは、*Fusarium graminearum* 種複合体、*Fusarium avenaceum*、*Microdochium nivale* の3種類の赤かび病菌が分離された。優占種である *F. graminearum* 種複合体は、*F. asiaticum* と *F. graminearum* s. str. であった。赤かび病罹病粒の粒厚は小さく、容積重は軽かった。出穂後5日のチオファネートメチル水和剤散布は赤かび病の防除効果およびマイコトキシンの低減効果が高かった。

キーワード：六条大麦、赤かび病菌、マイコトキシン、防除、容積重

### I. 諸言

福井県では水田転換畑で六条大麦が約 5,000ha 栽培され、全国一の作付面積を誇っている。オオムギは病害虫による被害が比較的少ない作物であるが、ムギ類に発生する赤かび病は人畜に有害なかび毒を生産することが知られている。福井県の主要品種である‘ファイバースノウ’の赤かび病抵抗性は「やや弱」と位置づけられ、以前の‘ミノリムギ’の「弱」より強い<sup>12)</sup>。福井県において近年、赤かび病が多発生した年は1985、'97、'98年とそれほど多くはない。最近では2002年の発生面積率1.1%が比較的高かった。これらの年はいずれも5月上・中旬の平均気温が18℃以上、降水量が150mm以上と高温多雨の年であった。

これまで福井県では赤かび病に関する試験はあまり行われてこなかった。しかし、2002年に農産物検査における赤かび粒混入限度が0.0%と厳しくなった。小麦ではマイコトキシンの一つであるデオキシニバレノール(DON)の暫定基準値が設けられた。さらに、2003年にポジティブリスト制度が導入され、基準が設定されていない農薬等が一定量以上含まれる食品の流通が禁止された。市場からも福井県は六条大麦の主要産地として高品質、安定生産とともに農作物の安全面から赤かび病等の対策が求められている。

オオムギ赤かび病を引き起こす病原菌として、*Fusarium graminearum* Schwabe、*F. avenaceum* (Fries) Saccardo、*F. culmorum* (Smith) Saccardo および *Microdochium nivale* (Fries) Cesati がある<sup>8)</sup>。しかし、*F. graminearum* は分子系統学的概念により近年分類が再構築され、数種の分子系統群からなる種複合体(species complex)であることが明らかにされている<sup>16)</sup>。

そこで、福井県における赤かび病の発生生態を明らかにし、効率的な防除法について検討したので報告する。

### II. 試験方法

#### 1 品種

六条大麦の品種は‘ファイバースノウ’を用いた。ただし、2002年には‘ミノリムギ’も採集した。

#### 2 菌の分離・判定

*Fusarium* 菌の分離は常法により表面殺菌後、FG培地<sup>15)</sup>を、一般糸状菌は素寒天培地を用いて、単菌糸分離した。

分離菌はPDA培地(ジャガイモ200g、デキストロース20g、寒天15g)、CMA培地(BBL社製)で25℃・10日間培養後、胞子の形態から判定した。*Fusarium* 菌はCLA培地<sup>14)</sup>、またはSNA培地<sup>11)</sup>を用い、20℃・10日間、BLBライト連続照射下で培養し、胞子の形態から青木<sup>1)</sup>の記載により所属を判定した。

#### 3 マイコトキシンの測定

DONの測定は試料5gをMulti-Beads Shocker(安井器械株式会社製)で粉砕し、蒸留水100mlを加え、3分間振とう抽出後、上澄みをろ紙(No.1, ADVANTEC社製)でろ過した。抽出液濃度をDON測定ELISAキット「Veratox 5/5」(NEOGEN社製)を用いて測定した。保証範囲を超えた場合は抽出液を希釈して行った。

#### 4 病徴と分離菌

2002年5月の成熟期に福井市、鯖江市、あわら市、坂井市、越前市、永平寺町、南越前町の38地点から、変色した小穂のある穂を採取した。小穂は粒厚が2.2mmの縦目篩(藤原製作所製)を手で振って、2.2mm以上とそれ未満に分けた。また、色調から赤色粒、灰紫色粒、オレンジ色粒、黒色粒、褐色粒および白色カビ粒に分類し、変色粒から菌を分離し、所属を判定した。

また、2005年5月に福井市、鯖江市、坂井市、越前市、越前町の立毛中のオオムギ圃場12地点において、変色した小穂を採取した。小穂基部に白色、ピンク色またはオレンジ色の菌糸が観察されるものを赤かび粒とし、この他に小穂基部が水浸状粒、小穂に斑紋が見られる粒に分類し、これら変色粒から*Fusarium* 菌を分離し、判定した。

#### 5 オオムギ植物体における *Fusarium* 菌

農業試験場内の水田転換圃場と畑圃場で栽培したオオムギ植物体を用いた。菌の分離源として出穂直前(2003年4月15日)、穂揃期(5月1日)、成熟期(6月3日)に最上位葉、中位葉(第3葉)、枯死葉の葉身先端部と先端部から5cmの位置の5mm角の葉切片および小穂を採取した。*Fusarium* 菌の分離は流水洗浄した試料を、CMA培地に置床し、単菌糸分離した。分離菌はSNA培地を用

\*福井県農業試験場 生産環境部 病理昆虫研究グループ

いて菌の形態から判定し、置床切片当たりの出現率を調査した。1処理10莖、小穂は50粒を供試した。

## 6 赤かび病菌の病原性およびDON産生能

菌株は2002年、2003年にオオムギ小穂および葉身から分離した *Fusarium* 属菌25菌株を供試した。対照に北海道中央農試から分譲されたDONを産生する狭義の *F. graminearum* s.str. S0322菌を用いた。また、オオムギ小穂から分離した *Alternaria* 菌4菌株、*Phoma* 菌4菌株、*Epicoccum* 菌1菌株、*Pyrenophora* 菌1菌株および *Curvularia* 菌1菌株を供試した(第3表)。

病原性試験に用いた *Fusarium* 菌はオオムギ培地<sup>7)</sup>で培養した。また、*Alternaria* 菌、*Phoma* 菌、*Epicoccum* 菌、*Pyrenophora* 菌および *Curvularia* 菌はPDA培地で培養した。培地に殺菌水を加え、100倍視野で20~200胞子の胞子液を作成した。農業試験場内水田転換圃場で栽培したオオムギの開花盛期(2004年4月22日)とその8日後の2回、胞子液約30 ml/m<sup>2</sup>を噴霧接種した。5月18日に10株当たりの発病状況を調査した。また、小穂50粒を表面殺菌後、素寒天培地に置き、接種菌の再分離を行った。

DON産生能は、米培地<sup>9)</sup>で20℃・14日間培養後、6日間風乾した培養菌体と上記の病原性試験で接種し収穫した小穂を、ELISAキットで測定した。また、h2358、h2360、h2372(第4表)の3菌株は、須賀の方法<sup>17)</sup>でPCR-RFLP解析により分子系統学的に分類した。

## 7 赤かび病の感染時期と気象

農業試験場内水田転換圃場で2004年と2005年の2か年、時期を変えて赤かび病菌を接種した。

2004年の接種菌は *F. graminearum* 種複合体 h2353 菌を用いた。オオムギ培地で培養し、殺菌水に懸濁した胞子液(100倍視野で30胞子)をm<sup>2</sup>当たり100 ml、出穂期(4月23日)、出穂後5日、10日、14日に接種した。出穂後25日に100穂の発病穂数を調査した。収穫後、乾燥・脱穀し、縦目篩に通した粒厚2.3 mm以上の小穂について赤かび粒と、また小穂基部が黒褐色を呈するものを基黒粒として発生粒率を調査した。基黒粒は表面殺菌後、FG培地に置き、接種菌出現頻度を調査した。基黒粒率に接種菌出現頻度を乗じて感染粒率として算出した。DON濃度は粒厚2.3 mm以上の小穂を粉碎し、ELISAキットで測定した。1区3.3 m<sup>2</sup>、3連制で行った。

2005年は *F. graminearum* 種複合体 h2360 菌を用いた。エンバク粒培地を用い、25℃で2週間培養後、シャーレに粒を並べた。食品包装用ラップフィルムで覆い、25℃のBLB照射下で1週間培養した菌を殺菌水で懸濁し、5×10<sup>5</sup>個/ml胞子濃度に調整した。出穂期(4月25日)、出穂後5日、10日、15日、20日、25日に150 ml/m<sup>2</sup>を噴霧接種し、出穂後21日に発病を調査した。6月8日に収穫し、2004年同様に感染粒率、DON濃度を測定した。1区3.3 m<sup>2</sup>、2連制で行った。

また、試験圃場の畦畔に気象観測装置(長岡製作所製)を設置し、気温、降水量、相対湿度、濡れ時間を測定した。

## 8 防除

### 1) 防除薬剤

薬剤の防除効果試験を農業試験場内水田転換圃場で行った。2004年はオオムギ培地で培養した *F. graminearum* 種複合体 h2360 菌を殺菌水で懸濁し、100倍視野に30胞子に調整した胞子液を開花盛期(4月30日)に30 ml/m<sup>2</sup>を噴霧接種した。薬剤はトリフルミゾール水和剤2000

倍液、水和硫黄剤400倍液、クレソキシムメチル水和剤3000倍液、チオファネートメチル水和剤1500倍液を30 L/a、プロピコナゾール乳剤2000倍液、テブコナゾール2000倍液を6 L/a、穀物酢は1000倍液、パチルススブチリス水和剤は1000倍液をそれぞれ15 L/aを接種2日前に1回散布した。対照に無散布区も設けた。1区3.3 m<sup>2</sup>、2連制で行った。

接種後18日に1区100穂当たりの発病穂率を調査した。小穂の感染粒率は収穫、乾燥、脱穀後、粒厚2.2 mm以上の小穂100粒を常法により表面殺菌後、FG培地に置床し、接種菌の出現頻度から算出した。DON濃度は粒厚2.3 mm以上の小穂を粉碎し、ELISAキットで測定した。

### 2) 薬剤散布方法

薬剤の散布量、剤型を変えた防除効果試験を2005年に行った。接種は出穂10日後に上記の方法で作成した *F. asiaticum* h2360 菌の胞子液(5×10<sup>5</sup>個/ml)を60 ml/m<sup>2</sup>噴霧接種した。薬剤はチオファネートメチル水和剤1500倍液を用いた。散布量はa当たり15 L、10 Lおよび6 Lを接種3日前に散布した。チオファネートメチル粉剤は4 g/m<sup>2</sup>を接種3日前に散布した。また、1回散布区とその7日後にも同粉剤を散布する2回散布区を設けた。散布時期試験として、チオファネートメチル水和剤1500倍液を接種前10日(出穂期)、接種前3日、接種後5日、10日、15日に10 L/a散布した。

発病調査は接種15日後に1区約200穂当たりの発病穂率を調べた。収穫後、乾燥、脱穀し、粒厚2.3 mm以上の小穂について感染粒率、DON濃度を調査した。1区3.3 m<sup>2</sup>、3連制で行った。

### 3) スズメノカタビラ麦角病の防除薬剤

福井県ではかつてオオムギ麦角病が発生したが、登録薬剤がなく苦慮した。オオムギ麦角病も開花期に感染する。スズメノカタビラ由来の麦角病菌でもオオムギで菌核を形成する<sup>19)</sup>ことから、赤かび病防除薬剤の麦角病に対する防除効果をポットに鉢上げしたスズメノカタビラを用いて2006年に検討した。プロピコナゾール乳剤2000倍液、トリフルミゾール水和剤2000倍液、チオファネートメチル水和剤1500倍液、クレソキシムメチルフロアブル3000倍液を100 ml/鉢、メトコナゾール粉剤は5 g/鉢を、いずれも接種前2日または接種後2日に散布した。接種にはオオムギ麦角病の菌核から分離した福井農試保存菌を用いた。PDA培地で培養後、殺菌水に懸濁した胞子液(4.7×10<sup>5</sup>胞子/ml)を10 ml/鉢噴霧した。無防除区を設けるとともに麦角病菌を接種しなかった無接種区も設けた。接種後2日間はビニール袋で被覆した。調査は接種後35日に行った。1区1ポット、3連制で行った。

### 4) 肥培管理による赤かび病防除効果

施肥量を変えて発病への影響を2004年に調査した。肥料はアラジン484を用い、10a当たり窒素成分を基肥6 kg、越冬後追肥3 kg、1回目穂肥2 kg、2回目穂肥1.5 kgを標準とした。2回目の穂肥を施用しなかった区、2回目を2倍量施肥した区を設けた。また、消雪直後に風乾した水田土壌をムギ株間に土入れし、中耕した区も設けた。2005年は穂肥施肥量を2倍量にした区、穂肥に用いる肥料の種類を硫安(窒素成分21%)、磷硝安加里S604(窒素成分16%)に変えた試験を行った。1区3.3 m<sup>2</sup>、3連制。収穫後、粒厚2.3 mm以上の小穂について感染粒率、DON濃度を調査した。

## 9 選別

収穫後の赤かび粒の選別について検討した。2006年に

第1表 変色したオオムギ小穂から分離される糸状菌<sup>1)</sup>(2002年)

| 小穂色調  | 粒厚<br>(mm) | 調査<br>粒数 | 分離率 (%)             |                     |                     |                                       |                      |  |                                      |                                       |     |      |      |
|-------|------------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|-----|------|------|
|       |            |          | F. g. <sup>2)</sup> | F. a. <sup>2)</sup> | M. n. <sup>2)</sup> | <i>Fusarium</i><br>spp. <sup>3)</sup> | <i>Phoma</i><br>spp. | <i>Pyreno-</i><br><i>phora</i><br>spp. | <i>Epico-</i><br><i>ccum</i><br>spp. | <i>Alter-</i><br><i>naria</i><br>spp. | その他 | 不明   | 分離なし |
| 赤色    | 2.2 ≤      | 383      | 8.1                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.3                                   | 1.8                  | 1.3                                    | 17.0                                 | 13.3                                  | 9.9 | 10.2 | 38.1 |
|       | 2.2 >      | 395      | 3.8                 | 0.0                 | 1.0                 | 0.3                                   | 1.0                  | 0.3                                    | 15.2                                 | 8.6                                   | 4.8 | 10.6 | 54.4 |
| 灰紫色   | 2.2 ≤      | 208      | 0.0                 | 0.0                 | 1.9                 | 0.0                                   | 0.0                  | 0.5                                    | 12.5                                 | 59.6                                  | 3.9 | 5.7  | 15.9 |
|       | 2.2 >      | 90       | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                                   | 1.1                  | 2.2                                    | 10.0                                 | 25.6                                  | 2.1 | 27.9 | 31.1 |
| オレンジ色 | 2.2 ≤      | 81       | 1.2                 | 0.0                 | 8.6                 | 0.0                                   | 0.0                  | 1.2                                    | 29.6                                 | 13.6                                  | 3.6 | 31.1 | 11.1 |
|       | 2.2 >      | 93       | 4.3                 | 0.0                 | 15.1                | 1.1                                   | 0.0                  | 1.1                                    | 12.9                                 | 9.7                                   | 3.3 | 35.3 | 17.2 |
| 黒色    | 2.2 ≤      | 193      | 0.0                 | 0.0                 | 3.6                 | 0.0                                   | 2.6                  | 0.5                                    | 11.4                                 | 60.0                                  | 4.1 | 10.0 | 7.8  |
|       | 2.2 >      | 252      | 0.0                 | 0.0                 | 0.8                 | 1.2                                   | 0.0                  | 1.2                                    | 10.7                                 | 25.0                                  | 4.4 | 8.3  | 48.4 |
| 褐色    | 2.2 ≤      | 30       | 0.0                 | 6.7                 | 0.0                 | 0.0                                   | 13.3                 | 0.0                                    | 13.3                                 | 53.4                                  | 0.0 | 0.0  | 13.3 |
|       | 2.2 >      | 7        | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                                   | 14.3                 | 0.0                                    | 28.6                                 | 28.6                                  | 0.0 | 14.2 | 14.3 |
| 白色カビ  | 2.2 ≤      | 4        | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                                   | 0.0                  | 0.0                                    | 25.0                                 | 25.0                                  | 0.0 | 50.0 | 0.0  |
|       | 2.2 >      | 2        | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                                   | 0.0                  | 0.0                                    | 0.0                                  | 0.0                                   | 0.0 | 50.0 | 50.0 |

1) 福井県内38圃場, 品種: ミノリムギ, ファイバースノウ

2) F. g.: *Fusarium graminearum*種複合体, F. a.: *Fusarium avenaceum*, M. n.: *Microdochium nivale*

3) *Fusarium graminearum*種複合体, *F. avenaceum*, *F. culmorum*以外の*Fusarium*菌

県内で自然発病した六条オオムギを供試した。粒厚選別は6種類の縦目篩(藤原製作所製)を5分間振とうし、粒厚別に赤かび粒、基黒粒および外見上健全粒に分類し、その重量を調査した。容積重は穀粒容積重測定器(木屋製作所製)で行った。小穂の55%とう精は試料150gを用いた。ただし、2.3~2.4mmは100gをGrain Testing Mill(SATAKE製)を用いてとう精時間を測定した。

### Ⅲ. 結果

#### 1 県内のオオムギ赤かび病菌

2002年の変色した小穂から分離される糸状菌は*Alternaria*菌、*Epicoccum*菌の分離率が高かった。灰紫色粒、黒色粒、褐色粒からは*Alternaria*菌の分離率が高かった。*F. graminearum*種複合体は赤色粒、オレンジ色粒から分離された。*Microdochium nivale*はオレンジ色粒、黒色粒からの分離率が高かった。*F. avenaceum*は褐色粒から分離された(第1表)。

2005年のオオムギ赤かび病の発生は少なかった。12地点のうち5地点で赤かび粒が見られ、4地点が*F. graminearum*種複合体で、*M. nivale*が1地点であった。基部水浸状粒、斑紋粒からも*F. graminearum*種複合体が分離された(第2表)。小穂基部にピンク色の菌糸が確認された粒からは赤かび病菌以外の菌は分離されなかった。基部水浸状粒、斑紋粒からは*F. graminearum*種複合体が分離されたが、本菌よりは*Alternaria*菌の分離頻度が高かった(表省略)。

#### 2 オオムギ植物体における*Fusarium*菌

立毛中のオオムギ植物体から分離される赤かび病菌は*F. graminearum*種複合体、*F. avenaceum*、*M. nivale*であった。また、連鎖状の小分子子を形成する*Gibberella fujikuroi*種複合体などの*Fusarium*菌も分離された。

*F. graminearum*種複合体、*F. avenaceum*は枯死葉で出穂直前から出現頻度が高かった。水田転換圃場と畑圃場を比べると、畑圃場では*F. graminearum*が、水田転換圃場では*F. avenaceum*の出現頻度が高かった。また、穂揃期からいずれの菌ともに最上位葉、中位葉で出現した。小穂では穂揃期から分離され、成熟期には出現頻度が高くなった。小穂における*F. graminearum*種複合体の出現頻度は*F. avenaceum*より高かった(第3表)。

#### 3 分離菌の病原性およびDON産生能

病原性試験に供試した*Fusarium*属菌は*F. graminearum*種複合体が19菌株、*F. avenaceum*が4菌株、*F. incarnata*

第2表 2005年におけるオオムギ赤かび病の発生状況<sup>1)</sup>

| 採取地 | 赤かび病菌の分離状況         |                     |                     |      |
|-----|--------------------|---------------------|---------------------|------|
|     | 赤かび粒 <sup>2)</sup> | 基部水浸粒               | 斑紋粒                 |      |
| 福井市 | 荒木新保               | -                   | F. g. <sup>3)</sup> | F. g |
|     | 北山新保               | F. g                | -                   | -    |
|     | 安竹                 | -                   | -                   | -    |
|     | 和田                 | -                   | F. g                | F. g |
| 鯖江市 | 大野                 | M. n. <sup>4)</sup> | -                   | -    |
|     | 南井                 | -                   | -                   | F. g |
|     | 橋立                 | F. g                | -                   | F. g |
| 越前市 | 宮谷                 | -                   | -                   | F. g |
|     | 中平吹                | -                   | -                   | -    |
|     | 北山                 | F. g                | F. g                | F. g |
| 坂井市 | 中庄                 | F. g                | F. g                | F. g |
| 越前町 | 気比庄                | -                   | -                   | -    |

1) 福井県内12地点, 品種: ファイバースノウ

2) 小穂基部にピンク色, またはオレンジ色の菌糸が見られる

3) F. g.: *Fusarium graminearum*種複合体

4) M. n.: *Microdochium nivale*

第3表 オオムギ植物体から分離される*Fusarium*菌

| 場所        | 採取<br>部位 | 採種<br>時期 | 試料<br>数 | 分離率 (%)             |                     |                     |      |
|-----------|----------|----------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
|           |          |          |         | F. g. <sup>1)</sup> | F. a. <sup>1)</sup> | M. n. <sup>1)</sup> | その他  |
| 水田転<br>換畑 | 最上位<br>葉 | 出穂直前     | 40      | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 穂揃期      | 40      | 2.5                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 成熟期      | 40      | 5.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           | 中位葉      | 出穂直前     | 40      | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 穂揃期      | 40      | 0.0                 | 2.5                 | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 成熟期      | 40      | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           | 枯死葉      | 出穂直前     | 40      | 2.5                 | 22.5                | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 穂揃期      | 40      | 2.5                 | 15.0                | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 成熟期      | 39      | 7.7                 | 41.0                | 0.0                 | 2.6  |
| 小穂        | 穂揃期      | 100      | 0.0     | 0.0                 | 0.0                 | 1.0                 |      |
|           | 成熟期      | 172      | 12.9    | 0.6                 | 0.0                 | 2.7                 |      |
| 畑         | 最上位<br>葉 | 出穂直前     | 40      | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 穂揃期      | 40      | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 2.5  |
|           |          | 成熟期      | 40      | 12.5                | 2.5                 | 0.0                 | 0.0  |
|           | 中位葉      | 出穂直前     | 40      | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 穂揃期      | 40      | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 成熟期      | 40      | 15.0                | 7.5                 | 0.0                 | 25.0 |
|           | 枯死葉      | 出穂直前     | 40      | 27.5                | 7.5                 | 0.0                 | 2.5  |
|           |          | 穂揃期      | 40      | 25.0                | 0.0                 | 0.0                 | 0.0  |
|           |          | 成熟期      | 39      | 38.5                | 2.6                 | 0.0                 | 51.4 |
| 小穂        | 穂揃期      | 100      | 4.0     | 0.0                 | 0.0                 | 2.0                 |      |
|           | 成熟期      | 200      | 28.5    | 0.0                 | 0.0                 | 11.5                |      |

1) F. g.: *Fusarium graminearum*種複合体, F. a.: *Fusarium avenaceum*, M. n.: *Microdochium nivale*

第4表 オオムギから分離した糸状菌の病原性とデオキシニバレノール (DON)産性能

| 所 属                              | 菌株<br>番号 | 採取地   | 分離源 | 発病穂率<br>(%) | 菌分離率<br>(%) | DON濃度   |          |
|----------------------------------|----------|-------|-----|-------------|-------------|---------|----------|
|                                  |          |       |     |             |             | 米培地     | 玄麦       |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2241    | 福井市   | 変色粒 | 16          | 22          | <1ppm   | 0.59ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2281    | 福井市   | 変色粒 | 23          | 16          | <1ppm   | 1.68ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2290    | 福井市   | 変色粒 | 9           | 16          | <1ppm   | 0.91ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2291    | 福井市   | 変色粒 | 11          | 14          | 3.0ppm  | 0.75ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2358    | 福井市   | 変色粒 | 90          | 34          | 10ppm<  | 2.5ppm<  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h3001    | 福井市   | 止葉  | 0           | 4           | 1.3ppm  | 0.97ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2081    | 鯖江市   | 変色粒 | 18          | 10          | <1ppm   | 1.12ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2429    | 鯖江市   | 変色粒 | 0           | 18          | <1ppm   | 0.75ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2431    | 鯖江市   | 変色粒 | 0           | 20          | 3.4ppm  | 0.84ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2246    | あわら市  | 変色粒 | 19          | 28          | <1ppm   | 1.05ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2360    | あわら市  | 変色粒 | 92          | —           | 10ppm<  | 2.5ppm<  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2372    | あわら市  | 変色粒 | 17          | —           | 10ppm<  | 2.5ppm<  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2205    | 越前市   | 変色粒 | 10          | 8           | <1ppm   | 0.35ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2213    | 越前市   | 変色粒 | 12          | 28          | 1.1ppm  | 2.5ppm<  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2314    | 越前市   | 変色粒 | 38          | 32          | 5.0ppm  | 1.31ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2411    | 越前市   | 変色粒 | 0           | 16          | 1.32ppm | 2.07ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2921    | 坂井市   | 変色粒 | 14          | 8           | <1ppm   | 0.75ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2026    | 坂井市   | 変色粒 | 22          | 16          | 2.2ppm  | 1.72ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | h2109    | 南越前町  | 変色粒 | 5           | 10          | <1ppm   | 0.46ppm  |
| <i>Fusarium graminearum</i> 種複合体 | S0322    | 北海道空知 | コムギ | —           | —           | 10ppm<  | —        |
| <i>Fusarium avenaceum</i>        | h3007    | 福井市   | 止葉  | 0           | —           | <1ppm   | 0.95ppm  |
| <i>Fusarium avenaceum</i>        | h2549    | あわら市  | 変色粒 | 0           | 2           | <1ppm   | <0.25ppm |
| <i>Fusarium avenaceum</i>        | h2551    | あわら市  | 変色粒 | 0           | 4           | <1ppm   | 1.68ppm  |
| <i>Fusarium avenaceum</i>        | h2557    | あわら市  | 変色粒 | 0           | 66          | <1ppm   | <0.25ppm |
| <i>Fusarium incarnatua</i>       | h2658    | 福井市   | 変色粒 | 0           | 6           | <1ppm   | 0.25ppm  |
| <i>Fusarium incarnatua</i>       | h3120    | 福井市   | 枯死葉 | 0           | 0           | <1ppm   | 0.55ppm  |
| <i>Alternaria</i> sp.            | h2007    | 福井市   | 変色粒 | 0           | 0           | —       | —        |
| <i>Alternaria</i> sp.            | h2035    | 坂井市   | 変色粒 | 0           | 4           | —       | —        |
| <i>Alternaria</i> sp.            | h2039    | 坂井市   | 変色粒 | 0           | 0           | —       | —        |
| <i>Alternaria</i> sp.            | h2231    | 南越前町  | 変色粒 | 0           | 0           | —       | —        |
| <i>Phoma</i> sp.                 | h2156    | あわら市  | 変色粒 | 0           | 8           | —       | —        |
| <i>Phoma</i> sp.                 | h2166    | あわら市  | 変色粒 | 0           | 12          | —       | —        |
| <i>Phoma</i> sp.                 | h2040    | 坂井市   | 変色粒 | 0           | 0           | —       | —        |
| <i>Phoma</i> sp.                 | h2057    | 坂井市   | 変色粒 | 0           | 0           | —       | —        |
| <i>Epicoccum</i> sp.             | h2001    | 越前市   | 変色粒 | 0           | 0           | —       | —        |
| <i>Pyrenophora</i> sp.           | h2315    | 越前市   | 変色粒 | 0           | 0           | —       | —        |
| <i>Curvularia</i> sp.            | h2759    | 越前市   | 変色粒 | 0           | 12          | —       | —        |

— : 未調査

が2菌株であった。接種試験の結果、小穂に菌糸が発生し、病原性が見られた菌株は、*F. graminearum* 種複合体の15菌株であった。特に、h2358菌、h2360菌を接種すると発病穂率は高かった。*F. avenaceum*、*F. incarnatua*、*Alternaria* 菌、*Phoma* 菌、*Epicoccum* 菌、*Pyrenophora* 菌および *Curvularia* 菌を接種すると、穂全体が若干黒ずむように見えるものもあったが、小穂にかびが生育し、子実が枯死するようなことはなかった。

米培地から DON が検出されたのは本試験で分離された *F. graminearum* 19 菌株のうち 10 菌株で、*F. avenaceum*、*F. incarnatua* はすべて 1ppm 以下であった。北海道分離菌 S0322 と分離株 h2358、h2360、h2372 は 10ppm 以上であった。開花期に *Fusarium* 菌を接種した小穂では、*F. avenaceum* の 2 菌株を除いた 23 菌株で DON が検出された。分離株 h2358、h2213、h2360、h2372 を接種した小穂の DON 濃度は 2.5ppm 以上と高かった(第4表)。2002年にオオムギ赤かび粒から分離した *F. graminearum*

種複合体3菌株を PCR-RFLP 解析による簡易判定法で判定した結果、あわら市で分離した h2360、h2372 菌は *F. asiaticum* で、福井市で分離した h2358 菌は *F. graminearum* s.str. であった。

#### 4 感染時期と気象条件

接種試験において、2004年は2005年より赤かび病の発生が多く、無接種区でも発病穂率17.3%と高かった。2004年に *F. graminearum* 種複合体を出穂後10日に接種すると、発病穂率、粒厚2.3mm未満のくず麦率、DON濃度も高かった。基黒粒は出穂後5日接種で多かった。2005年は出穂期に *F. graminearum* 種複合体を接種しても赤かび粒率、基黒粒率、感染粒率および DON 濃度は低かった。出穂後5日接種は、発病穂率、粒厚2.3mm未満のくず麦率、赤かび粒率、感染粒率および DON 濃度が最も高く、その後接種時期が遅くなるほど低くなった(第5表)。基黒粒からの *F. graminearum* 種複合体の分離率は外見上健全粒に比べ高いが、その分離率は1~12%とそ

第5表 赤かび病菌の接種時期と発病との関係

| 年次    | 接種時期   | 発病穂率<br>(%) <sup>1)</sup> | くず麦率<br>(%) <sup>2)</sup> | 赤かび粒率<br>(%) <sup>3)</sup> | 基黒粒率<br>(%) <sup>4)</sup> | 感染粒率<br>(%) <sup>5)</sup> | DON濃度<br>(ppm) <sup>6)</sup> |
|-------|--------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 2004年 | 無接種    | 17.3                      | 26.0                      | — <sup>7)</sup>            | —                         | —                         | —                            |
|       | 出穂期    | 38.5                      | 16.0                      | 0.20                       | 17.0                      | 0.91                      | 4.8                          |
|       | 出穂5日後  | 40.5                      | 20.5                      | 0.63                       | 25.1                      | 3.08                      | 7.5                          |
|       | 出穂10日後 | 71.0                      | 28.5                      | 0.20                       | 6.9                       | 1.11                      | 16.1                         |
|       | 出穂14日後 | 27.5                      | 16.0                      | 0.03                       | 9.2                       | 0.82                      | 3.8                          |
| 2005年 | 無接種    | 0                         | 3.9                       | 0                          | 3.2                       | 0                         | <0.25                        |
|       | 出穂期    | 0.9                       | 2.2                       | 0.08                       | 2.8                       | 0.11                      | 1.0                          |
|       | 出穂5日後  | 26.7                      | 6.3                       | 0.29                       | 20.6                      | 1.65                      | 16.6                         |
|       | 出穂10日後 | 0.1                       | 2.6                       | 0.05                       | 7.1                       | 0.35                      | 7.7                          |
|       | 出穂15日後 | 0                         | 2.5                       | 0                          | 2.0                       | 0.22                      | 2.7                          |
|       | 出穂20日後 | —                         | 3.1                       | 0.04                       | 2.8                       | 0.15                      | 4.3                          |
|       | 出穂25日後 | —                         | 2.9                       | 0.05                       | 4.6                       | 0.09                      | 3.9                          |

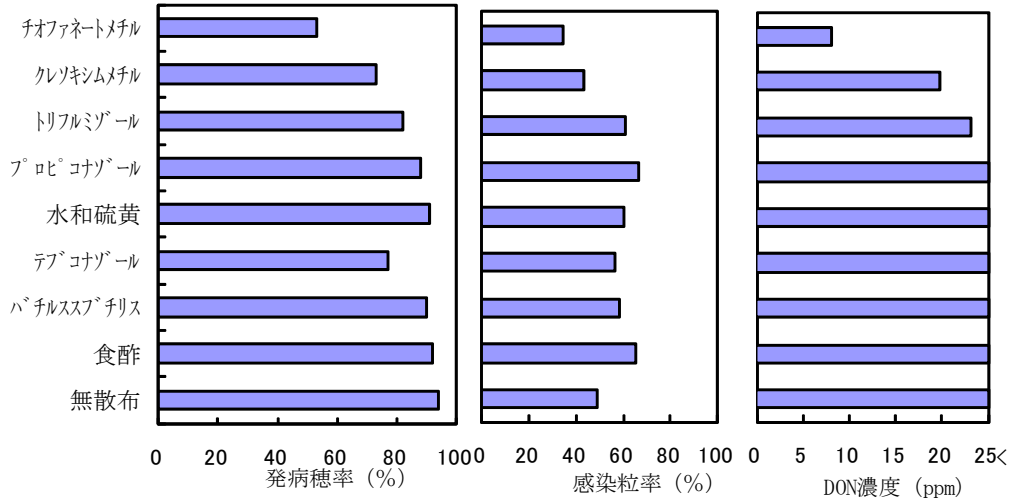
- 1) 発病穂率は2004年は出穂25日後、2005年は出穂21日後に調査
- 2) くず麦率は粒厚2.3 mm未満の麦の重量比率
- 3) 小穂基部に鮭肉色の菌糸が観察されるもの
- 4) 小穂に菌糸は見られないが、基部が黒褐色に変色したもの
- 5) 感染粒率は黒褐色粒率に赤かび病菌分離率を乗じて算出
- 6) DON濃度は粒厚2.3 mm以上の試料をELISAキットで測定
- 7) —は未調査。

第6表 2004年、2005年のオオムギ出穂後の気象条件

| 出穂後<br>日数 | 2004年       |           |             |              | 2005年       |           |             |              |
|-----------|-------------|-----------|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------|--------------|
|           | 降水量<br>(mm) | 湿度<br>(%) | 濡れ時間<br>(h) | 平均気温<br>(°C) | 降水量<br>(mm) | 湿度<br>(%) | 濡れ時間<br>(h) | 平均気温<br>(°C) |
| 出穂期       | 12.0        | 83        | 6           | 13.8         | 0           | 48        | 0           | 16.8         |
| 出穂後1日     | 5.5         | 74        | 1           | 8.8          | 5.0         | 78        | 2           | 14.6         |
| 2日        | 0           | 69        | 11          | 10.7         | 0           | 54        | 11          | 15.9         |
| 3日        | 0           | 60        | 0           | 15.1         | 0           | 37        | 0           | 20.6         |
| 4日        | 56.0        | 85        | 12          | 15.0         | 6.5         | 78        | 3           | 18.0         |
| 5日        | 10.0        | 77        | 15          | 10.2         | 0           | 74        | 2           | 20.4         |
| 6日        | 0           | 70        | 9           | 12.5         | 7.5         | 69        | 0           | 18.9         |
| 7日        | 0           | 66        | 0           | 15.7         | 2.0         | 80        | 11          | 16.7         |
| 8日        | 0           | 79        | 0           | 15.4         | 0           | 69        | 12          | 16.6         |
| 9日        | 0           | 67        | 0           | 17.4         | 0           | 61        | 17          | 18.6         |
| 10日       | 0           | 60        | 0           | 20.6         | 0           | 61        | 0           | 17.9         |
| 11日       | 30.5        | 89        | 12          | 16.7         | 3.0         | 71        | 0           | 17.8         |
| 12日       | 0           | 87        | 18          | 13.2         | 45.0        | 88        | 15          | 14.8         |
| 13日       | 0           | 67        | 0           | 16.7         | 0           | 77        | 1           | 15.3         |
| 14日       | 0           | 76        | 0           | 15.9         | 1.0         | 74        | 0           | 16.0         |
| 15日       | 0           | 62        | 3           | 18.6         | 0           | 74        | 10          | 14.5         |
| 16日       | 2.5         | 61        | 1           | 20.8         | 1.5         | 69        | 0           | 13.8         |
| 17日       | 38.0        | 81        | 1           | 20.7         | 8.5         | 78        | 14          | 15.6         |
| 18日       | 9.5         | 91        | 22          | 17.1         | 0.5         | 75        | 7           | 16.2         |
| 19日       | 0           | 69        | 0           | 21.6         | 0           | 69        | 0           | 17.1         |
| 20日       | 30.0        | 77        | 1           | 21.4         | 1.0         | 73        | 5           | 17.3         |
| 21日       | 1.5         | 86        | 12          | 16.2         | 0           | 73        | 0           | 14.0         |
| 22日       | 0.5         | 67        | 0           | 19.8         | 0           | 62        | 10          | 18.1         |
| 23日       | 69.5        | 95        | 14          | 18.7         | 4.5         | 65        | 0           | 18.2         |
| 24日       | 91.0        | 92        | 24          | 19.4         | 2.0         | 76        | 12          | 19.7         |
| 25日       | 0           | 74        | 2           | 18.7         | 0           | 68        | 10          | 18.1         |
| 26日       | 7.5         | 84        | 0           | 16.4         | 0           | 62        | 0           | 19.7         |
| 27日       | 29.5        | 92        | 17          | 16.8         | 14.5        | 78        | 3           | 18.4         |
| 28日       | 14.0        | 80        | 12          | 19.6         | 1.0         | 84        | 18          | 16.9         |
| 29日       | 0           | 81        | 2           | 18.3         | 10.0        | 86        | 3           | 14.3         |
| 30日       | 0           | 77        | 12          | 17.4         | 0           | 78        | 0           | 17.4         |

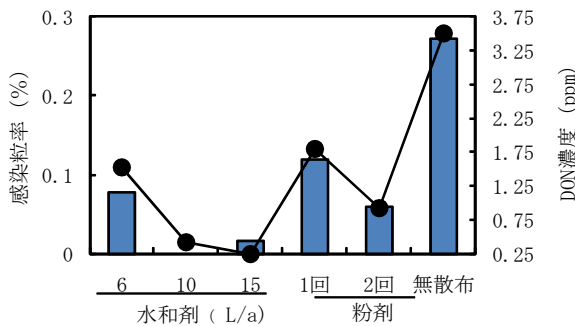
注) 網掛けは湿度80%以上、平均気温15°C以上の日





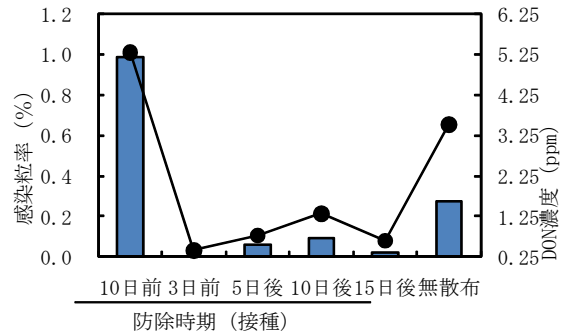
第1図 オオムギ赤かび病に対する薬剤の防除効果

注) 品種：ファイバースノウ，接種：2004年4月30日（出穂7日後），薬剤散布：4月28日，チオファネートメチル水和剤1500倍，クレソキシムメチルフロアブル3000倍，トリフルミゾール水和剤2000倍，水和硫黄フロアブル400倍を各30 L/a，テブコナゾールフロアブル2000倍，プロピコナゾール乳剤25 2000倍を各61/a，バチルススブチリス水和剤1000倍，食酢1000倍各15 L/a，発病調査：5月18日，DON：収穫後粒厚2.3mm以上のものをELISAキットで測定



第2図 チオファネートメチル剤の剤型および散布量と赤かび病防除効果

■感染粒率 ●DON濃度



第3図 チオファネートメチル水和剤の散布時期と赤かび病の防除効果

■感染粒率 ●DON濃度

れほど高くはなかった。

2004年のオオムギ出穂後の気象は、2005年に比べ、降雨日数に差はなかったが、降水量、相対湿度80%以上の日が多かった。2004年は出穂後11日～12日、17日～18日、23日～24日、26日～29日に2日以上連続した湿度の高い日があった。また、平均気温15℃以上で、相対湿度80%以上の日も2005年に比べて多かった(第6表)。

## 5 防除

### 1) 防除薬剤

オオムギの赤かび病防除に使用できる資材の防除効果を見た。薬剤試験における無散布区の発病率は94%、感染粒率は49.0%、DON濃度は25 ppm以上と多発条件下の試験であった。チオファネートメチル剤は発病率、感染粒率が低く、防除効果が高かった。次いでクレソキシムメチル剤、テブコナゾール剤、トリフルミゾール剤、プロピコナゾール剤で、水和硫黄剤、バチルススブチリス剤、食酢は効果が低かった。チオファネートメチル剤はDONの低減効果も高かった。しかし、クレソキシムメチル剤、テブコナゾール剤、トリフルミゾール剤、プ

ロピコナゾール剤で、水和硫黄剤、バチルススブチリス剤、食酢は効果が低かった。チオファネートメチル剤はDONの低減効果も高かった。しかし、クレソキシムメチル剤は発病を抑制しているわりに、DON濃度が高い傾向にあった(第1図)。

### 2) 薬剤散布方法

散布量を変えた試験において、無散布区の発病率は1.2%と極少発生で、赤かび粒の発生はほとんど見られなかったことから赤かび病感染粒率から判断した。チオファネートメチル水和剤のa当たり散布量は10 Lと15 Lでは感染粒率に差はなかったが、6 L散布では感染粒率がやや高く、DON濃度も高かった。また、チオファネートメチル粉剤の1回散布は水和剤に比べ感染粒率、DON濃度が高く防除効果が低かった。粉剤の2回散布は1回散布に比べ感染粒率、DON濃度が低くなったが、水和剤のa当たり10 Lの1回散布に比べ、防除効果はやや低かった(第2図)。

チオファネートメチル水和剤の散布時期は接種3日前散布が最も効果が高かった。接種後散布時期が遅くなる

第7表 スズメノカタビラ麦角病に対する薬剤の防除効果

| 薬剤名            | 調査茎数 | 発病茎率 (%) | 茎当たり (個) |      |        |
|----------------|------|----------|----------|------|--------|
|                |      |          | 菌核数      | 密露数  | 菌核+蜜露数 |
| (接種前2日散布)      |      |          |          |      |        |
| メトコナゾール粉剤      | 36.0 | 33.3     | 0.07     | 0.77 | 0.84   |
| チオファネートメチル水和剤  | 32.3 | 18.0     | 0.04     | 0.38 | 0.42   |
| プロピコナゾール乳剤     | 52.3 | 10.2     | 0.00     | 0.16 | 0.16   |
| トリフルミゾール水和剤    | 33.0 | 28.6     | 0.00     | 0.83 | 0.83   |
| クレソキシムメチルフロアブル | 37.3 | 26.0     | 0.52     | 0.81 | 1.34   |
| (接種後2日散布)      |      |          |          |      |        |
| メトコナゾール粉剤      | 44.0 | 32.2     | 0.11     | 1.26 | 1.37   |
| チオファネートメチル水和剤  | 35.0 | 23.5     | 0.88     | 0.64 | 1.52   |
| プロピコナゾール乳剤     | 38.0 | 20.0     | 0.00     | 1.08 | 1.08   |
| 無散布            | 44.7 | 29.9     | 1.40     | 0.71 | 2.11   |
| 無接種            | 34.7 | 0.0      | 0.00     | 0.00 | 0.00   |

第8表 2回目穂肥の施用量<sup>1)</sup>、土入れ<sup>2)</sup>が赤かび病発生に及ぼす影響

| 処 理           | 発病穂率 (%) | 100茎当たり   |                        |         |              |                        |
|---------------|----------|-----------|------------------------|---------|--------------|------------------------|
|               |          | 発病小穂数 (個) | 感染粒率 (%) <sup>3)</sup> | 粗麦重 (g) | 2.3 mm以上 (g) | くず麦率 (%) <sup>4)</sup> |
| 2回目穂肥無施用      | 24.0     | 59.3      | 15.7                   | 147     | 112          | 25                     |
| 2回目穂肥2倍量      | 13.0     | 23.7      | 7.0                    | 156     | 114          | 27                     |
| 標準施肥 (土入れ+中耕) | 12.0     | 20.7      | 8.3                    | 157     | 126          | 20                     |
| 標準施肥 (慣行)     | 17.3     | 29.7      | 9.7                    | 146     | 108          | 26                     |

- 1) 10a当たり穂肥窒素量：1回目2 kg、2回目1.5 kg、
- 2) 土入れ：3月26日、中耕：4月7日、出穂期：4月23日
- 3) 小穂100粒当たりの*Fusarium*菌分離率
- 4) 粒厚2.3 mm未満の重量比

第9表 穂肥の種類、施用方法<sup>1)</sup>と赤かび病発病との関係

| 処 理         | 茎数  | 茎当たり 精麦 (g) | くず麦率 <sup>2)</sup> (%) | 基黒粒 率 (%) | 感染粒 率 (%) | DON濃度 (ppm) |
|-------------|-----|-------------|------------------------|-----------|-----------|-------------|
| 硫安          | 253 | 2.04        | 2.8                    | 3.11      | 1.7       | 0.32        |
| 磷硝安加里S604   | 232 | 2.03        | 3.1                    | 2.04      | 1.7       | <0.25       |
| アラジン484・2倍量 | 173 | 2.54        | 2.4                    | 5.47      | 0.0       | <0.25       |
| アラジン484・慣行量 | 229 | 2.09        | 4.0                    | 3.22      | 1.0       | <0.25       |

- 1) 10a当たり慣行窒素成分を基肥6 kg、追肥3 kg、1回目穂肥2 kg、2回目穂肥1 kg
- 2) 粒厚2.3 mm未満の重量比

ほど感染粒率、DON濃度が高くなる傾向にあった。接種10日前散布では効果が低かった(第3図)。

### 3) スズメノカタビラ麦角病の防除薬剤

赤かび病防除薬剤の中でプロピコナゾール剤、トリフルミゾール剤を接種前2日に散布すると麦角病菌核の形成は見られず、スズメノカタビラ麦角病に高い防除効果が認められた。プロピコナゾール剤は密露の形成も少なかった。赤かび病に対して効果の高かったチオファネートメチル剤も菌核形成を抑制する効果が認められたが、クレソキシムメチル剤の効果はやや低かった。しかし、蜜露の形成数は同一系統であるプロピコナゾール剤、トリフルミゾール剤、メトコナゾール剤で差が見られた。接種後の薬剤散布の防除効果は接種前散布に比べ、いずれの薬剤も低かった(第7表)。

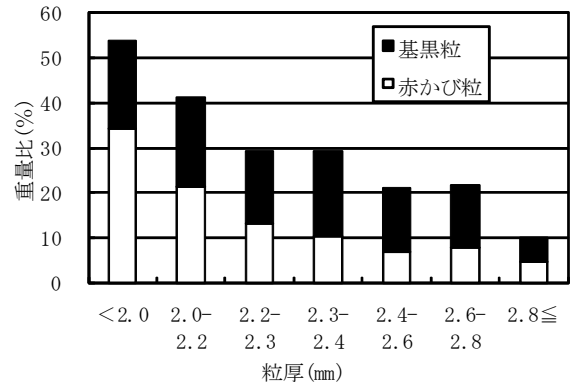
### 4) 肥培管理による赤かび病防除効果

2回目穂肥の施用量は多いほうが、同無施用に比べて発病は少ない傾向にあった。土入れ区も発病が少なくなる傾向にあった(第8表)。硫安、磷硝安加里S604号は

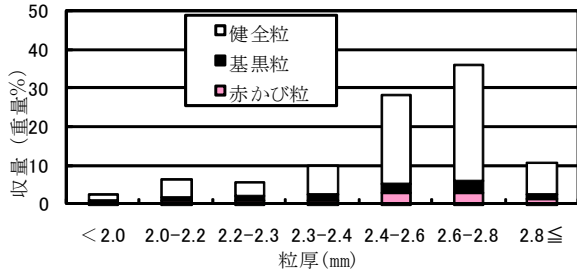
アラジン484に比べて、赤かび病感染粒率が高くなり、硫安施用区ではマイコトキシンも検出された(第9表)。

### 6 選別

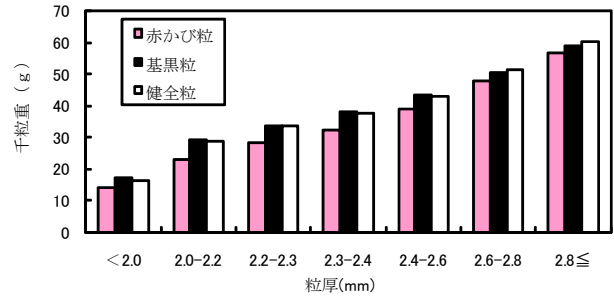
赤かび粒率は粒厚が小さくなるほど高くなる傾向があ



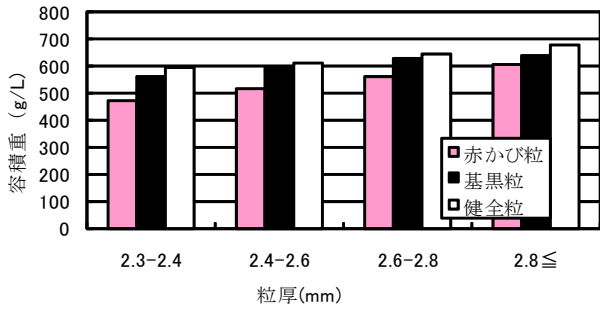
第4図 粒厚別赤かび粒と基黒粒の占める割合



第5図 オオムギ赤かび病の粒厚分布



第6図 オオムギ赤かび病粒の千粒重



第7図 オオムギ赤かび粒の容積重

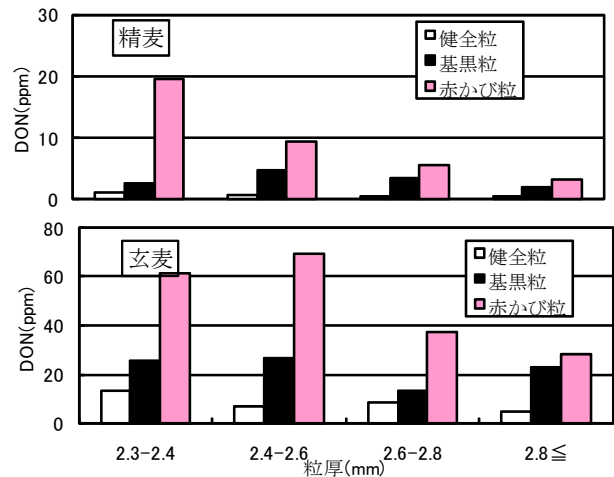
り, 粒厚 2.2 mm 以下で急激に混入率が高くなった。また, 基黒粒の混入率も粒厚が小さくなるほど高くなる傾向にあった(第4図)。しかし, 赤かび粒の粒数は粒厚 2.4~2.8 mm で多く, 2.8 mm 以上でも 5%は赤かび粒であった(第5図)。赤かび粒の千粒重は外見上健全粒に比べ常に軽く, 粒厚が 2.6mm 以上で 7~8%, 2.4 mm 以下で 12~19%軽かった(第6図)。赤かび粒の容積重も外見上健全粒に比べ常に軽く, 粒厚が 2.8 mm 以上で 11%, 2.4 mm 以下で 20%と, 粒厚が小さいほど軽くなる傾向にあり, 千粒重よりその差が大きかった(第7図)。また, 基黒粒も外見上健全粒に比べ 3~6%軽かった。

とう精後の精麦における DON 濃度は, 赤かび粒が 3~20 ppm, 基黒粒は 2~5 ppm であったのに対して, 外見上健全粒では 0.5~1.1 ppm と低く, 小麦における暫定基準値以下であった。しかし, 外見上健全な玄麦の DON 濃度は赤かび粒や基黒粒に比べて低いものの, 5~12 ppm と精麦に比べて高かった(第8図)。

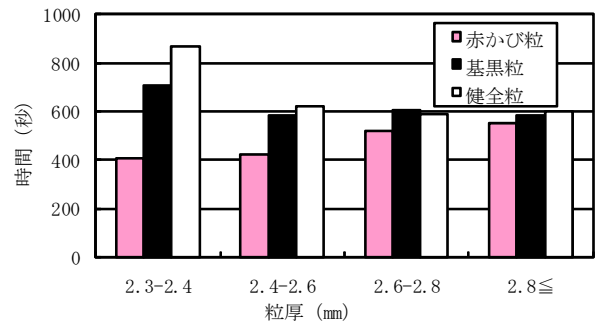
赤かび粒は外見上健全粒に比べて, とう精時間が短かった。また, 外見上健全粒は粒厚が小さくなるほどとう精時間が長く, 赤かび粒では反対に小さくなるほど短かった(第9図)。また, 赤かび粒は外見上健全粒に比べ白度が低かった。

#### IV. 考察

2002年に発生したオオムギ小穂の変色部位からは, *Alternaria* 菌, *Epicoccum* 菌などが多く分離され, 腐生菌が関与していると考えられた。一方, 分離菌のなかで病原性が強かったのは, 赤かび病菌であった。福井県では *F. graminearum* 種複合体, *F. avenaceum* 種複合体, *M. nivale* の3種類の病原菌が赤かび病の発生に関与することが分かった。このうち優占種は *F. graminearum* 種複合体であった。近年の研究で, *F. graminearum* 種複合体は9つの種に分類されて, 国内では *F. asiaticum*, *F. graminearum* s.str.の2系統が分離され, 前者は関東以西で, 後者は北



第8図 オオムギ赤かび粒の粒厚とデオキシニバレノール(DON)濃度



第9図 重量比55%とう精時間

海道で多いことが分かっている<sup>16)</sup>。また, マイコトキシン産生能による分類でも DON 産生型とニバレノール(NIV)産生型に地域間差異がある<sup>16)</sup>。福井県では両方のタイプが生息し, マイコトキシンの一つである DON 産生能の高い菌も分離された<sup>2, 5)</sup>。福井県はちょうど北日本と西日本の境界に位置することから両種の生息が可能なのであろう。

本菌の伝染源はイネ科作物やイネ科雑草の残さ, 枯れた組織および罹病種子である<sup>8)</sup>。本試験でもオオムギの出穂直前, 穂揃期には枯死葉から分離され, 中位葉, 最上位葉からはほとんど分離されないことから, 枯死葉などで増殖した病原菌胞子は直接小穂に飛散し感染すると考えられた。そのため, 消雪後のオオムギ枯死葉や稲わらの中耕や土入れによって埋設することは発病低減に有効であった。オオムギの連作は赤かび病の発生リスクを



高くする。福井県でも *F. graminearum* 種複合体 がイネからも分離されている<sup>5)</sup>。福井県のようなイネ・オオムギ輪作体系では稲わらの土壌中へのすき込みは有効と考えられる。

穂肥の施用量が多いほうが発病は少ない傾向にあった。赤かび病菌は腐生性の強い菌である。窒素施用量の減少は植物体の老化を促進し、赤かび病菌の増殖、または感染を促したものと考えられる。また、コムギでは倒伏によってマイコトキシンによる汚染が高くなる<sup>10)</sup>ことから、生育診断に基づいた肥培管理も赤かび病防除対策として重要である。

出穂後、時期を変えて赤かび病菌を接種すると、2004年は開花率が高かった出穂後10日が、2005年は出穂後5日の発病率が高かった。発病が多くなるほど、粒厚2.3 mm未満のくず麦が多くなり、2.3 mm以上でも粒厚の小さい子実の割合が多くなり減収した。その後、感染時期が遅くなるほど発病は少なかったが、成熟間際の接種でも発病が確認された。また、出穂期接種では発生はそれほど多くなかった。これらの結果から、開花後の気象が赤かび病の発生に大きく影響すると考えられる。同じく開花期に感染する病害としてイネの褐色米がある。褐色米は開花期に穎内に病原菌が飛び込み感染するため、開花期の病原菌量が大きく影響する<sup>6)</sup>。平均気温が15℃以上で、雨が多い年は孢子の飛散量が多く、赤かび病の発生も多くなる<sup>18)</sup>。赤かび病の場合は葯などで一旦増殖し、感染することから、開花期の感染条件が大きく影響していると考えられる。赤かび病の発生は降雨の影響が大きく、出穂後成熟期まで雨が降らないと、実用的にはほとんど問題とならない。2004年の赤かび病の発生状況から、穂が出て、花が咲く時期に平均気温15℃以上で、相当量の雨が降って湿度の高い日が2日続く年は問題となる発生量に達すると考えられる。

収穫したオオムギ小穂を粒厚別にみると、2.3 mm未満では赤かび粒混入率が高いことから、網目下に多くの赤かび粒が除去されたように見える。しかし、全体に占める赤かび粒の割合は2.4 mm以上で多いことから、粒厚選別は必ずしも有効な手段ではない。赤かび粒の容積重は健全粒に比べ常に軽く、粒厚が大きいく所では11%、小さいところでは20%と粒厚が小さいほど軽くなる傾向にあった。また、基黒粒も健全粒に比べ3~6%軽かったことから、比重選別が粒厚選別に比べ、赤かび粒の除去に有効と考えられた。

赤かび病多発圃場から収穫した外見上健全粒のとう精後のDON濃度は1.1 ppm以下であった。しかし、玄麦においては赤かび粒等に比べ低いものの5~13 ppmと高かったことから、多発圃場では潜在感染が多かった<sup>4)</sup>と推測される。外見上健全に見える小穂でも赤かび病菌に感染している可能性が高いことから、赤かび病多発圃場の収穫後の選別は困難と考えられる。そのために、圃場でできる限り赤かび病の発生を抑制することが必要である。

以上のように、赤かび粒は多発すると除去することが難しいことや選別作業が煩雑なことから、乾燥調製施設では健全に生育した圃場の麦と赤かび病が発生した麦の別仕分けを徹底する必要がある。赤かび粒は農産物規格規定<sup>13)</sup>によると赤かび病菌等に侵されて赤色を帯びた粒とされている。本試験では小穂に赤かび病菌の菌糸が見られ、明らかに病原菌に侵されているものを赤かび粒とし、表面が赤色を呈しているも光沢があるものはアントシアンによる赤色粒として区別した。また、小穂の付

け根が黒褐色なる被害粒を基黒粒としたが、基黒粒からの赤かび病菌分離率がそれほど高くないことから、小穂の基部などに白色、ピンク色およびオレンジ色の菌糸が確認できる粒を赤かび粒とするほうが妥当と考えられた。

赤かび病は成熟期になって枯れ上がると見分けにくい。そのために、糊熟期から黄熟期の圃場審査によって、仕分ける必要がある。

赤かび病の防除には薬剤散布が最も効果が高く、経済的とされている。2005年にポジティブリスト制度が導入されたことから最も効果的な防除体系が求められた。本試験でも薬剤の種類、剤型によって防除効果、マイコトキシン低減効果に差が見られた<sup>3)</sup>。効果の高かったチオファネートメチル剤の散布時期は赤かび病菌が感染する直前の防除効果が高く、感染後、散布時期が遅れるほど防除効果が低くなった。しかし、感染後遅れて散布しても発病抑制、マイコトキシン低減効果が見られた。出穂期では防除効果は低く、出穂後5日~10日が防除適期であった。赤かび病菌接種10日前の散布では防除効果が見られないことから、追加防除は10日以内に行う必要がある。

オオムギ麦角病も開花期に感染する。スズメノカタビラ由来の麦角病菌でもオオムギで菌核を形成する<sup>16)</sup>ことから、スズメノカタビラを使って赤かび病防除剤の麦角病に対する防除効果を検討した。プロピコナゾール剤を麦角病菌接種前に散布すると、菌核や密露の発生が少なく防除効果が高かった。また、赤かび病防除効果の高かったチオファネートメチル剤も麦角病に防除効果が認められた。麦角病菌のオオムギへの感染については不明な点が多い。福井県では比較的低温で雨が多い年に麦角病の発生が見られる。前述のように赤かび病の発生にも降雨の影響が大きい。効果の高かったチオファネートメチル水和剤でも1回散布では多発条件では完全に赤かび病の発生を抑えることができなかった。また、*F. graminearum* 種複合体でもチオファネートメチル剤耐性菌が確認されている<sup>20)</sup>ことから、まず、出穂5日~10日後の開花期にチオファネートメチル剤散布を行い、その後発生予察情報を参考に薬剤の系統を変えて第2回散布、第3回散布を検討し、少数回の防除で効果の高い防除に努めることが望まれる。

## V. 謝辞

本研究を実施するに当たり、*F. graminearum* s.str.を分譲していただいた地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部中央農業試験場 相馬潤氏、赤かび病菌の同定にご協力いただいた福井県農業試験場病理昆虫研究グループ 渡辺貴弘氏、有益なご助言をいただいた川久保幸雄氏(元福井県農業試験場長)には深く感謝いたします。

## VI. 引用文献

- 1)青木孝之(2003). 麦類の赤かび病原フザリウム菌の分類. 農薬時代 44. 77~88.
- 2)本多範行(2005). 福井県のオオムギから分離された赤かび病菌のデオキシニバレノール産生能(講要). 北陸病虫研報 54. 82.
- 3)本多範行(2005). 福井県における六条大麦の赤かび病薬剤防除試験結果(講要). 2005年赤かび病研究会講演要旨集 19~20.
- 4)本多範行(2007). 六条大麦における赤かび粒の粒厚, 容

- 積重等の比較 (講要).第6回フザリウム研究会資料集.
- 5)本多範行・古賀博則(2008). 褐色米から分離した *Fusarium graminearum* 種複合体のマイコトキシン産生能 (講要). 北陸病虫研報 57. 60.
- 6)本多範行・古賀博則(2010). 水田内における褐色米発生状況と病原菌密度との関係.福井農試報告 47.15~24.
- 7)小泉信三(1995).コムギ赤かび病.作物病原菌研究技法の基礎-分離・培養・接種-.大畑貫一他編. 日本植物防疫協会 p66.東京
- 8)小泉信三・加藤肇・吉野嶺一・駒田旦・一戸正勝・梅原吉広・林長生(1993).ムギ類赤かび病菌の病原学的・疫学的研究.農研センター研報 23.1~114.
- 9)中島隆・内藤繁男(1995).日本産 *Microdochium nivale* のマイコトキシン産生能の再評価.日植病報 61.357~361.
- 10)中島隆・富村健太・吉田めぐみ.ムギ類の赤かび病マイコトキシン汚染に及ぼす倒伏の影響.日植病報 72.35.
- 11) Nirenberg, H. I. and O'Donnell, K. (1998). New *Fusarium* species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*. 90. 434~458.
- 12) 農林水産省(2006).都道府県別奨励品種における赤かび病抵抗性一覧.  
[http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/pdf/akakabi\\_2006.pdf](http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/pdf/akakabi_2006.pdf).
- 13) 農林水産省(2004).農産物検査規定.
- 14)外側正之(1992).CLA 培地による *Fusarium* 属菌の孢子形成に及ぼすカーネーション葉の滅菌方法, 品種, 葉令の影響.日菌会報 33. 385~393.
- 15)外側正之(1994).*Fusarium graminearum* 分離のための選択培地.土と微生物 44. 77~88.
- 16)須賀晴久(2006). ムギ類赤かび病菌における近年の研究動向.日植病報 72.121~134.
- 17)須賀晴久(2007).日本産 *Fusarium graminearum* 種複合体の種とトリコテセン系毒素タイプの構成 (講要). 第6回フザリウム研究会資料集.
- 18)上田進(1995)ムギ類赤かび病の発生予察・防除ならびにマイコトキシン汚染防止に関する研究. 愛媛農試研報 33:1~54.
- 19)八木敏江(2002)オオムギ麦角病.北陸病虫研報 50. 222~226.
- 20)吉松英明・富村健太・石井英夫・大久保裕行・中島隆・挾間渉(2006)チオファネートメチル剤に対する *Fusarium graminearum* 耐性菌の初確認と *F.avenacium* のペースライン感受性 (講要).日植病報 72:32

## The Occurrence and Control of Fusarium Head Blight of Barley in Fukui Prefecture

Noriyuki HONDA

### Summary

The three pathogens of Fusarium head blight, *Fusarium graminearum* species complex, *Fusarium avenaceum* and *Microdochium nivale*, were isolated from barley in Fukui Prefecture. The dominant species *Fusarium graminearum* species complex, which were families of *F. asiaticum* and *F. graminearum* s.str. The thickness and volum weight of Fusarium damaged kernels decreased. Application of thiophanate-methyl on barley in 5 days after heading stage was effectively on the control of Fusarium head blight, and on the protection of the contamination by mycotoxin.