

1997年に福井県において発生した変色籾と褐色米から分離された糸状菌

本多 範行・木子 博文^{***}・岡本 博

Noriyuki HONDA, Hirofumi KIGO^{***} and Hiroshi OKAMOTO :
The fungi isolated from discoloured husks and discoloured rice
grains in Fukui Prefecture in 1997

1997年に福井県奥越地域では、出穂直後の早生品種が強風に遭遇し、変色籾が多発生した。そこで籾の変色程度、色調から変色型を分類し、分離される糸状菌種および褐色米発生との関係を調査した。変色籾から分離される糸状菌種は変色型によって差が見られ、変色が籾全体の1/2以上の変色程度の高い変色型籾からは *Alternaria alternata*, *Curvularia* 属菌, *Phoma* 属菌の分離率が高く、このうち先端部が灰白色を呈する変色型籾からは *A. alternata*, *Curvularia* 属菌の分離率が高くなる傾向にあった。また、褐色米発生率は変色程度の高い変色型籾が多い圃場ほど高くなる傾向にあった。濃褐色米の発生が多い圃場ほど *Curvularia* 属菌の分離率が高かったが、淡褐色米の発生が多い圃場では *Phoma* 属菌の分離率が高く、従来の糸状菌種と異なった。籾の変色型によって出穂後早期の玄米感染率に差が見られ、変色程度が高くかつ褐色に変色した変色型籾の多い圃場では玄米感染率が高かった。籾の先端部が灰白色を呈する変色型籾の多い圃場では、籾の菌密度が高くなるほど褐色米から同一菌の分離率が高くなる傾向にあった。また、フェリムゾン・フサライド剤の出穂後1回散布は褐色米発生抑制効果が認められた。

Key words : 変色籾, 褐色米, 病原菌密度, 感染時期, discoloured husk, discoloured rice grain, fungal density, infection period

緒 言

1997年8月、福井県では水稲に変色籾が発生し問題となった。変色籾は、出穂期～穂揃期のイネが気象災害にあうと多発生するとされている¹⁾。福井県では1978年に大きな被害を受けているが、1978年は7月～9月が高温乾燥条件で、しかも中晩生品種の出穂期から穂揃期にかけて台風遭遇し、キンパ、日本晴および一部のコシヒカリで変色籾、褐色米が発生した²⁾。

1997年の場合、台風9号が福井県の西側を通過したことにより、強風が7月26日19時から27日19時まで続き、福井市では27日5時頃に最大瞬間風速20.6m/sを記録した。この強風によって、永平寺町のハナエチゼンでは白穂の被害が激しく、減収した³⁾。一方、嶺南地域のコシヒカリと奥越地域のハナエチゼン、五百万石では変色

籾が発生した。変色籾の被害は、ハナエチゼンと五百万石のなかでも出穂の遅かった圃場で、コシヒカリでは出穂の早かった圃場で多く、出穂まもない圃場での被害が大きい傾向が認められた。また、変色籾の発生は、畦畔沿いに多く発生したが、まれに全面に発生した圃場も見られた。奥越地域のハナエチゼンの出穂期は7月18日～23日、五百万石では19日～24日と平年に比べて3日～7日程度早かったことや台風通過時に降雨があり福井市に比べ気温の低かったことが関係していると考えられた。

そこで、1997年に発生した変色籾と褐色米について、発生実態と糸状菌の分離調査および薬剤防除試験を実施した。

材料および方法

1. 発生実態調査

1997年8月5日に、隣接した福井県大野市、勝山市お

福井県農業試験場 Fukui Agricultural Experiment Station, Ryo-machi 52-21, Fukui, Fukui 918-8215

^{*} 奥越農業改良普及センター Okuetsu Agricultural Extension Center, Tomoe 11-10, Ono, Fukui 912-0016

^{**} 現在 福井県嶺南振興局 Present address : Reinan Promotion Branch Office of Fukui Prefectural Government, Chuou-cho 1-7-42, Tsuruga, Fukui 914-0811

よび永平寺町で調査を実施した。ハナエチゼンまたは五百万石が栽培されている圃場から白穂および褐変穂の発生程度の異なる9圃場を選び、それぞれの圃場から10～18本の穂を採取した。採取した穂を解体し、籾の変色程度と色調から、変色が籾全体の1/2以内で褐色に変色している籾、変色が籾全体の1/2以上で褐色に変色している籾、変色が籾全体の1/2以上で、かつ先端部が灰白色を呈する籾の3種類の変色型と変色していない健全籾に類別した。

さらに、変色籾を採取した同一の9カ所から、8月22日にそれぞれ20～30本の穂を採取し、乾燥、脱穀、籾摺を行い玄米とした。褐色米の調査は川久保らの方法¹⁾に準じて、玄米を着色程度により類別し、黒カルトンで健全粒と識別できるものを濃褐色米、黒カルトンでは識別できないが白カルトンで区別できるものを淡褐色米とした。

2. 菌の分離・同定

採取した籾は20℃で2日間風乾した。糸状菌の分離は、常法により籾を表面殺菌後に素寒天培地に置き、25℃で10日間培養後、生育してきた菌叢を検鏡し、同定した。類別した籾の種類ごとに1カ所当たり0～50粒供した。

褐色米からも、同様の方法で、糸状菌を分離・同定した。

3. 薬剤散布

試験は福井県農業試験場内圃場で行った。供試品種はハナエチゼン、供試薬剤はフェリムゾン・フサライド粉剤（フェリムゾン2%、フサライド1.5%）、EDDP粉剤

（EDDP25%）、ポリオキシソ・EDDP粉剤（ポリオキシソ0.09%、EDDP1.5%）の3剤を用い、10a当たり4kgを散布した。薬剤散布は1回散布とし、台風通過2日後の7月28日に行った。なお、イネは穂揃期に達していた。

8月28日に刈り取ったイネは乾燥、脱穀を行い、変色籾数を調査した。また、籾摺した玄米を前述した方法で類別し、糸状菌を分離・同定した。

結果および考察

1. 発生状況および病徴

1997年8月5日に採取した褐変穂の籾は、主に籾の先端から褐色または灰白色を呈し、灰白色部には小黒点が観察された。

採取した9カ所の変色籾率は79.2～98.0%（平均92.6%）と高く、健全籾は少なかった。変色した籾のうち、変色が籾全体の1/2以内で、褐色に変色した籾の発生率は61.5～84.9%（平均72.6%）と変色程度の軽い籾が多かった。変色が籾全体の1/2以上で、褐色に変色した籾の発生率は1.8～34.5%（平均13.1%）で、変色籾率の高い圃場で高くなる傾向が見られた。変色が籾全体の1/2以上で、かつ先端部が灰白色を呈する籾率は0～17.6%（平均6.9%）と圃場による差が見られ、白穂の発生している圃場で高くなる傾向が見られた（第1表）。

灰白色を伴った変色籾はフェーン風（高温・乾燥）によって発生し²⁾、褐変穂は強風あるいは低温が関与している³⁾とされている。褐色の変色籾は大野市で多く、灰

第1表 1997年に福井県において発生した変色籾と褐色米の発生状況

採取場所	品種名	圃場における発生状況 ^{a)}		変色籾発生率(%) ^{b)}	程度別変色籾率(%)				褐色米発生率(%) ^{c)}	程度別褐色米率(%)	
		褐変穂	白穂		1/2以下	1/2以上		計		濃色	淡色
						褐色	灰白色				
1 勝山市北郷	五百万石	少	少	94.8	70.1	7.1	17.6	24.7	2.4	0.6	1.8
2 永平寺町浄法寺	ハナエチゼン	少	多	95.6	84.9	6.1	4.6	10.7	2.5	0.8	1.7
3 大野市富田	五百万石	中	無	98.0	65.4	16.1	16.5	32.6	6.3	3.2	3.1
4 勝山市北郷	五百万石	少	少	95.1	77.1	6.0	12.0	18.0	10.0	2.3	7.7
5 大野市乾側	ハナエチゼン	少	無	79.2	74.6	1.8	2.8	4.6	1.3	0.6	0.7
6 大野市富田	ハナエチゼン	中	無	85.0	77.3	7.7	0	7.7	1.9	0.8	1.1
7 大野市阪谷	ハナエチゼン	中	無	92.6	69.3	14.5	8.8	23.3	9.5	2.0	7.5
8 大野市富田	五百万石	多	無	97.4	73.4	23.8	0.2	24.0	10.0	2.8	7.2
9 大野市富田	五百万石	多	無	96.0	61.5	34.5	0	34.5	12.6	1.5	11.1

a) 台風通過（7月26日～27日）9日後における変色籾採取圃場の被害状況。褐変穂：圃場の1/3以下で畦畔沿いに発生（少）、圃場の1/3～2/3（中）、圃場の2/3以上（多）。白穂：発生なし（無）、散見される（少）、圃場全体に見られる（多）

b) 8月5日に採取。調査籾数：806～1,691粒/区

c) 8月22日に採取。調査米数：1,326～2,024粒/区

白色の変色籾は白穂の発生した勝山市、永平寺町で比較的多いことから、被害時に局所的な気象の差異があったと考えられた。

濃褐色米率は0.6~3.2% (平均1.6%)、淡褐色米率は0.7~11.1% (平均4.7%)、これを合計した褐色米発生率は1.3~12.6% (平均6.3%) で、変色籾の発生に比べ褐色米の発生は少なかった。これまでに籾の変色程度は褐色米発生と密接な関係があるとされており²⁾、本調査においても、変色が籾全体の1/2以上の籾率が高い圃場ほど、褐色米の発生率も高くなる傾向が認められた (第1表)。

2. 変色籾、褐色米からの分離菌

籾から分離された主な糸状菌は *Nigrospora* 属菌、*Phoma* 属菌、*Curvularia* 属菌、*Alternaria alternata*、*A. padwickii*、*Fusarium* 属菌、*Cladosporium* 属菌および *Pyricularia* 属菌で、同定できなかった糸状菌も約25%含まれていた。健全籾および変色が籾全体の1/2以内の籾からは、病原力が弱いとされている *Nigrospora* 属菌³⁾ の分離率が高く、それぞれ66.8%、58.4%であった。変色が籾全体の1/2以上の籾からは、*Phoma* 属菌、*A. alternata*、*Curvularia* 属菌の分離率が高くなる傾向にあった。また、変色が籾全体の1/2以上で、かつ先端部が灰白色を呈する籾からは *A. alternata* が26.2%、*Curvularia* 属菌が23.6%と、変色が籾全体の1/2以上で、褐色に変色した籾に比べ両菌の分離率が高かった。このことから、1997年に発生した変色籾には、これら3種の糸状菌が関与していると推定された。これまで福井県内で発生した変色籾からの分離率が高いと報告²⁾ されている *A. padwickii* の分離率は低かった (第2表)。

褐色米を引き起こす糸状菌としては *Curvularia* 属菌、*A. alternata*、*Sarocladium attenuatum*、*Phoma* 属菌、*Cochliobolus* 属菌、*A. padwickii*、*Epicoccum nigrum* が報告されている⁵⁾。本調査では、褐色米からは *Phoma* 属菌の分離率が高く、次いで *Curvularia* 属菌、*A. alternata* であったのに対して、1978年に分離率の高かった *A. padwickii* の分離率は低かった¹⁾。また *Sarocladium attenuatum*、*Cochliobolus* 属菌、*Epicoccum nigrum* はほとんど分離されなかった。*Curvularia* 属菌の濃褐色米からの分離率は29.1%と、淡褐色米からの分離率5.5%に比べ高く、1978年の傾向と一致した¹⁾。濃褐色米の発生率が高い圃場ほど、*Curvularia* 属菌の分離率が高くなる傾向にあり、台風によって発生した変色籾発生圃場における濃褐色米にも

Curvularia 属菌が関係していると考えられた。

一方、淡褐色米からは *Phoma* 属菌、*A. alternata* が多く分離された。これまで福井県内では、淡褐色米からの *A. alternata* の分離率が高く、褐色米発生への関与が指摘されていた¹⁾。また、*Phoma* 属菌による褐色米の着色程度は比較的軽いとされている¹⁾。本調査では淡褐色米の発生率が高い圃場ほど、*Phoma* 属菌の分離率が高くなる傾向があり、淡褐色米には *A. alternata* の他に *Phoma* 属菌の関与が考えられた (第3、4表)。

森川³⁾ は、台風直後に発生した白穂に混在する先端から白変を呈する籾から、もみ枯病菌 (*Phoma*

第2表 変色程度の異なる籾から分離される糸状菌

分離菌	分離頻度 (%) ^{a)}			健全
	変色程度1/2以上		変色程度1/2以内	
	灰白色	褐色		
<i>Alternaria alternata</i>	26.2	14.3	8.4	3.4
<i>Alternaria padwickii</i>	1.1	0.5	0.9	3.1
<i>Curvularia</i> spp.	23.6	10.5	4.7	2.9
<i>Phoma</i> spp.	21.8	23.0	7.6	6.3
<i>Nigrospora</i> spp.	21.1	20.7	58.4	66.8
<i>Fusarium</i> spp.	8.4	4.3	1.1	0
<i>Cladosporium</i> spp.	7.6	6.2	2.4	3.1
<i>Pyricularia oryzae</i>	0.4	0	0	0
その他	2.2	1.0	0.4	0
未同定	20.7	35.9	26.4	21.7
分離なし	0	0.2	3.6	7.3

a) 調査籾数：変色程度1/2以上で灰白色に変色した籾数275粒。変色程度1/2以上で褐色に変色した籾数421粒。変色程度1/2以内の籾数450粒。健全（変色のない）籾数383粒

第3表 変色籾発生圃場から採取した褐色米から分離される糸状菌

分離菌	分離頻度 (%) ^{a)}	
	濃褐色米	淡褐色米
<i>Alternaria alternata</i>	3.9	7.9
<i>Alternaria padwickii</i>	0.8	0.9
<i>Curvularia</i> spp.	29.1	5.5
<i>Phoma</i> spp.	40.6	48.3
<i>Nigrospora</i> spp.	1.6	2.0
<i>Cladosporium</i> spp.	0	0.7
<i>Fusarium</i> spp.	0.4	5.9
<i>Pyricularia oryzae</i>	0.4	0.6
その他	0.4	0.7
未同定	18.9	17.1

a) 濃褐色米は254粒、淡褐色米は542粒からの分離率

第4表 地点別の変色籾および褐色米の病原糸状菌密度

採取場所 ^{a)}	<i>Alternaria alternata</i>			<i>Alternaria padwickii</i>			<i>Curvularia</i> spp.			<i>Phoma</i> spp.		
	発生率(%) ^{b)}		玄米感染率(%) ^{c)}	発生率(%)		玄米感染率(%)	発生率(%)		玄米感染率(%)	発生率(%)		玄米感染率(%)
	褐色米	籾		褐色米	籾		褐色米	籾		褐色米	籾	
1 勝山市北郷	0	4.3	0	0	0.9	0	0.17	1.8	9.4	0.71	2.3	30.9
2 永平寺浄法寺	0.21	11.8	1.2	0.05	0.2	25.0	0.31	4.6	6.4	0.31	10.3	3.0
3 大野市富田	0.19	7.2	2.6	0	0.1	0	2.11	22.6	9.3	2.34	4.9	47.8
4 勝山市北郷	0.70	24.2	2.9	0.38	0	100<	1.52	8.8	17.3	2.74	23.5	11.7
5 大野市乾側	0.12	6.0	2.0	0.06	1.0	6.0	0.54	9.4	5.7	0	13.6	0
6 大野市富田	0.35	22.1	1.6	0	3.3	0	0.05	4.6	1.1	0.45	14.8	3.0
7 大野市阪谷	0.42	2.2	19.1	0	0.1	0	0.25	2.5	10.0	7.15	10.7	66.8
8 大野市富田	1.31	3.0	43.7	0	2.9	0	0.77	0	100<	4.28	3.6	100<
9 大野市富田	0.32	2.5	12.8	0	0.7	0	0.12	3.7	3.2	11.54	4.7	100<

a) 番号は第1表の採取場所に準ずる

b) 糸状菌別籾率 = Σ 籾変色型別 (1: 変色程度1/2以上で灰白色, 2: 変色程度1/2以上で褐色, 3: 変色程度1/2以内, 4: 健全) 発生籾率 \times 各糸状菌分離率, 8月5日採取 糸状菌別褐色米率 = Σ 褐色種類別 (1: 濃褐色米, 2: 淡褐色米) 発生米率 \times 各糸状菌分離率, 8月22日採取

c) 玄米感染率 = (糸状菌別褐色米率) / (糸状菌別籾率) \times 100

glumarum) を分離している。もみ枯病は籾の先端部から褐変し、しだいに灰白色となり、籾表面に黒点の柄子殻を形成することから、今回発生した変色籾の病徴および発生状況が酷似している。しかし、本調査では灰白色を伴った変色籾からは、*Phoma* 属菌より *A. alternata*, *Curvularia* 属菌の分離率が高く、*Phoma* 属菌による特異的な病徴とは考えにくい。川久保²⁾ は、変色籾発生には数種の菌が関与し、籾の変色型には特定の菌によるよりも、感染後の環境条件の違いや感染部位によって変化するとしている。また、変色籾は病原菌以外にフェーン風によっても発生する²⁾ ことから、圃場によって強風の程度や穂の出穂後日数に差があったものと考えられる。

病原菌の籾内への侵入には、開花時の孢子飛び込みによる前期感染と、菌が出穂後の台風やフェーン風による籾の傷口から侵入する後期感染が考えられている¹⁾。そこで、変色籾発生直後の籾の病原菌密度と褐色米発生との関係を見るために、採取地点ごとに出穂直後の変色型別籾率、濃褐色米率および淡褐色米率にそれぞれの糸状菌分離率を乗じて、その圃場の糸状菌別籾率および糸状菌別褐色米率として第4表に示した。また、菌の出穂直後の籾感染が褐色米発生へ及ぼす影響を見るために、糸状菌別褐色米率が出穂直後の糸状菌別籾率に占める割合を玄米感染率として示した。

白穂や灰白色変色籾の発生した勝山市と永平寺町等の4圃場(地点番号1, 2, 3, 4)では、玄米感染率が低く、また籾からの *A. alternata*, *Curvularia* 属菌、

Phoma 属菌分離率が高くなるほど、褐色米から同一の菌が分離される率が高くなる傾向が見られた。この4圃場における玄米への菌感染は、籾に付着した菌密度に影響され、菌が台風によって生じた傷口から籾内部にまで侵入したと推察される。一方、白穂や灰白色変色籾の発生が少なく、褐色変色籾の発生が多かった大野市の3圃場(地点番号7, 8, 9)では、*A. alternata*, *Phoma* 属菌の玄米感染率が、他の6圃場より明らかに高かった。地点番号5, 6, 7, 8, 9の5圃場では褐色変色籾が増加するほど褐色米率が高くなる傾向が見られた。川久保²⁾ は出穂当日に穎外から孢子液を接種したり、開花期に穎内へ乾燥孢子を接種すると全面褐変籾が生ずるとしていることから、この5圃場は穎内への孢子の飛び込みによる感染、あるいは出穂後早期の籾内部への侵入が主であったと考えられる。特に地点番号7, 8, 9の圃場では、出穂後早期の玄米感染が、褐色米発生へ強く影響したと推察される。

今後、調査地点数を増やし、出穂直後の籾における病原糸状菌密度調査と籾変色型ごとの病原糸状菌感染率を推定することによって、褐色米の発生予察技術確立への利用が期待できる。

3. 薬剤防除効果

試験圃場では変色籾の発生率は低かったものの、薬剤散布による褐色米発生低減効果が認められ、フェリムゾン・フサライド剤散布区の褐色米発生率は1.31%で無散布区の2.23%より約40%減少した。EDDP剤、ポリオキ

第5表 薬剤散布による褐色米防除効果^{a)}

薬剤名	変色粉率 (%) ^{b)}	程度別褐色米率 (%) ^{c)}			糸状菌別褐色米率 (%) ^{d)}			
		濃色	淡色	計	A. a ^{e)}	A. p	Cur.	Pho.
フェリムゾン・フサライド粉剤	21.7	0.12	1.18	1.31	0.23	0.11	0.05	0.02
EDDP粉剤	12.3	0.17	1.62	1.80	0.39	0.12	0.10	0.11
ポリオキシン・EDDP粉剤	9.2	0.15	1.87	2.02	0.34	0.20	0.09	0.05
無散布	8.1	0.22	2.01	2.23	0.45	0.29	0.10	0.05

a) 品種：ハナエチゼン，出穂期：7月22日，薬剤散布：7月28日（台風2日後），4 kg/10a，1区12 m² 3連制（畦畔沿い）

b) 収穫期（8月27日）に調査。調査粒数：2,709粒～3,800粒/区

c) 調査粒数：8,905粒～11,690粒/区

d) 糸状菌別褐色米率 = Σ褐色種類別（1：濃褐色米，2：淡褐色米）発生米率 × 各糸状菌分離率

e) A. a: *Alternaria alternata*, A. p: *Alternaria padwickii*, Cur.: *Curvularia* spp., Pho.: *Phoma* spp.

シン・EDDP剤の褐色米に対する防除効果はフェリムゾン・フサライド剤より低かった。

本圃場の褐色米から分離された主な糸状菌は *A. padwickii* と *A. alternata* で、*Phoma* 属菌や *Curvularia* 属菌の分離率は低く、今回調査した地域とは主要な菌種（第3表）が異なった。フェリムゾン・フサライド剤の散布によって、*A. padwickii* と *A. alternata* の分離率は低くなり、出穂後の1回散布でも防除効果が認められた（第5表）。一般に褐色米の防除時期は出穂前後にあるといわれている。本試験は出穂後の1回散布であったが、明らかな効果が認められたことから、糸状菌の籾内への侵入を抑制したものと考えられる。

変色粉の発生は、褐色米の発生につながるだけでなく、採種農家では外観品質の低下、種子発芽などへの悪影響が心配されている。近年、福井県では出穂後のフェーン風や台風による変色粉の発生が多く、問題となっている。

1997年は登熟期間の気温、降水量は平年並みであったこともあり、着色程度の濃い褐色米は少なく、着色粒混入による検査等級落ちの事例は、幸いにも少なかった。しかし、良食味、高品質米を求める消費者のニーズはより強くなっており、ごくわずかな褐色米の混入でも商品価値を落とすため問題となっている。このため、いもち病防除剤に匹敵するような、より効果の高い薬剤の開発が望まれている。また、近年の褐色米の発生状況を見ると、かつての多発年であった1978年に比べて、気象条件や圃場条件、肥培管理等が変化しているとともに、分離される主要な糸状菌種も異なってきており、圃場におけ

る褐色米発生に關与する糸状菌の生態的研究がより必要となってきている。

引用文献

- 1) 川久保幸雄・杉本義則・高松 進・古河 衛・奈須田和彦（1980）病原菌からみた茶米の発生生態に関する研究 第1報1978年の福井県における茶米、暗褐色米の発生状況ならびに糸状菌の分離結果について。福井農試報 17: 13～30.
- 2) 川久保幸雄（1982）病原菌からみた茶米の発生生態に関する研究 第2報籾の変色型と茶米および褐色米との関連、ならびに二、三変色型粉の発生要因に関する検討。福井農試報 19: 33～50.
- 3) 森川千春（1995）イネもみ枯病の発生と防除対策。北陸病虫研報 43: 7～11.
- 4) 那須英夫・岡本康博・藤井新太郎（1982）近年、岡山県で発生した変色米（茶米）とその原因（続報）。日植病報 48: 100～101.
- 5) 日本植物病理学会編（2000）日本植物病名目録 16, 日本植物防疫協会，東京。
- 6) 笈田豊彦・湯浅佳織（1999）1997年台風9号によって発生した白穂被害の状況。北陸作物学会報 34: 73～75.
- 7) 田中文夫（1990）V 紅変米および褐変穂について。イネの穂枯れ性病害。武田植物防疫叢書 第7巻。111～124, 全国農村教育協会，東京。

（2001年12月14日受領）