

オオムギ縞萎縮病抵抗性準同質遺伝子系統の作出と 病原ウイルス系統に対する反応

河田尚之・五月女敏範

摘要：オオムギ縞萎縮病ウイルス(BaYMV) I型, II型, III型及び山口農試系統に対する抵抗性品種に, 罹病性二条大麦品種のダイセンゴールド及びはるな二条を戻し交雑し, 準同質遺伝子系統と後代系統を作出した。これら的大麦系統の BaYMV系統に対する抵抗性反応から, 抵抗性遺伝子の特性を明らかにした。

木石港3が持つ抵抗性遺伝子 *ym1* は BaYMV I型に完全な抵抗性, III型に高度な抵抗性を示し, *ym5* はIII型以外の系統に完全な抵抗性を示す劣性遺伝子であった。はがねむぎなどが持つ *ym3* は, 山口系統以外に完全な抵抗性を示す劣性遺伝子であった。羽系 I-41, Solan及び横綱の持つ遺伝子はI型, II型, III型に完全抵抗性で山口系統に罹病し, *ym5* の複対立遺伝子であることが明かとなり *ym5a* と仮称することとした。TN 2は *ym5* の複対立遺伝子を持ち, エチオピア71-450は BaYMV系統に既知遺伝子とは異なった抵抗性反応を示す遺伝子(群)を持つと考えられた。縞系4は全ての BaYMV系統に抵抗性を示す遺伝子を持つと考えられ重要な抵抗性遺伝子であった。これらの他に BaYMV系統に完全な抵抗性を示す早木曾2号及び島原裸は重要な抵抗性遺伝資源と考えられた。

ビール大麦の BaYMV抵抗性育種戦略を立てる上で, *ym3* と *ym5* あるいは *ym3* と *ym5a* の2遺伝子を集積すること, 縞系4など全ての BaYMV系統に抵抗性を示す遺伝子を導入することが不可欠と考えられた。また, 戻し交配により作出した準同質遺伝子系統の中で, 多数の BaYMV 系統に完全な抵抗性を示し, 極高醸造品質のはるな二条を遺伝的背景に持つ系統は, 抵抗性育種素材として有用である。

キーワード：大麦, オオムギ縞萎縮病ウイルス, 準同質遺伝子系統, 抵抗性, 系統分化

Breeding of near isogenic lines for resistance to Barley Yellow Mosaic Virus and reaction to virus strains

Naoyuki KAWADA and Toshinori SOTOME

Summary: Barley germplasms were tested for reaction to Barley Yellow Mosaic Virus strains I, II, III and Yamaguchi strain. The resistant varieties were backcrossed with a susceptible two-rowed variety, Daisen Gold and a two-rowed malting variety, Haruna Nijo, with excellent malting quality, and near-isogenic lines for BaYMV resistant genes were developed. Also, many lines developed from the crosses of the resistant varieties with the susceptible varieties. Nature of the resistant genes were revealed by the reaction of the lines to BaYMV strains. A resistant gene, *ym1* from Mokusekko 3 was completely resistant to strain I and highly resistant to strain III, and *ym5* from Mokusekko 3 was completely resistant to strain I, II and Yamaguchi strain and susceptible to strain III. A recessive gene, *ym3* from Haganemugi etc. was completely resistant to all strains but Yamaguchi strain. Hakei I-41, Yokozuna and Solan carried *ym5a*, a multiple allele of *ym5*, which showed complete resistance to strain I, II and III but susceptible to Yamaguchi strain. A resistant gene of TN 2 was multiple allele of *ym5* and Ethiopia 71-450 carried resistant genes which showed different reaction to BaYMV strains from other known genes. Shimakei 4 carried an important gene which appeared to be completely resistant to all strains. Nakaizumi Zairai, Hayakiso 2 and Shimabara Hadaka were also important because the derived lines from those showed complete resistance to all strains. Combination of two resistant genes or introduction of a resistant gene to all strains are indispensable for BaYMV resistant breeding of barley and the near-isogenic lines with excellent malting quality are important cross parents for malting barley breeding.

Key words: barley, Barley Yellow Mosaic Virus(BaYMV), near-isogenic line, resistance, differentiation

(1998.6.30受理)

I 緒言

オオムギ縞萎縮病は、菌類の *Polymyxa graminis* Led. によって媒介されるオオムギ縞萎縮ウイルス (Barley Yellow Mosaic Virus, BaYMV) を病原とする土壤伝染性のウイルス病である^{12,35)}。土壤消毒などによる薬剤防除は経済的に困難であり抵抗性品種の利用以外に有効な防除手段はない。近年、同病はわが国だけではなくヨーロッパや中国などの秋播き大麦地帯にも急速に拡大し、大麦の最も重要な病害となっている^{5-7,39)}。

オオムギ縞萎縮病は1940年にわが国で初めてその発生が報告され¹¹⁾、1950年代よりこの病害に対する抵抗性を全く持たないビール大麦が著しい被害を受けたため、同病に対する抵抗性遺伝子の探索と育種が本格的に行われた。ビール大麦では中国在来種である木石港 3 の持つ抵抗性遺伝子を利用しミサトゴールドン、ミカモゴールドンなどの抵抗性品種が育成され同病の防除に大きく貢献した^{27,40)}。また、本病に対する抵抗性遺伝資源の探索と遺伝子分析により多数の抵抗性品種が見いだされ^{20,32)}、これまでに木石港 3 の持つ *ym1* と *ym5*^{23,33)}、御堀裸3号の持つ *Ym2*³³⁾、はがねむぎの持つ *ym3*^{16,36)}、Sonate などヨーロッパ品種の持つ *ym4*^{4,13,14)} が抵抗性遺伝子として報告されている。さらに日本の在来種でいくつかの遺伝子が報告されている^{2,3,16-19)}。

病原ウイルスの系統分化は、二条大麦品種の BaYMV 系統に対するの抵抗性反応の違いから明らかとなった³⁸⁾。また、抵抗性品種ミサトゴールドンの栽培が始まって2年後にはそれを犯す病原ウイルスが発生し、抵抗性育種を行う上で BaYMV の系統分化が極めて重要であることが示された²⁶⁾。現在までに主要なウイルス系統として、関東地域以南に広く分布し抵抗性遺伝子 *ym5* を犯すことの出来ない I 型系統、関東地域の六条大麦連作圃場に発生し多くのビール大麦品種は罹病しない II 型系統及び *ym5* を犯す III 型系統が報告されている¹⁵⁾。III 型系統は1985年に茨城県下館市で初めて発生が確認され、1991年には栃木県壬生町においても発生が認められた³⁰⁾。BaYMV が多発した1998年には栃木県南部のビール大麦主産地で広範囲に発生が確認された。この様にビール大麦においては主要なウイルス系統である I 型及び III 型に対する抵抗性品種の育成が重要な目標となっている。

これまでに大麦品種の BaYMV 系統に対する抵抗性反応の報告はあるが⁹⁾、抵抗性育種を行うには、各抵抗性遺伝子の BaYMV 系統に対する抵抗性反応を明確にし、罹病化が起こりにくい抵抗性遺伝子の利用や複数の抵抗性遺伝子の集積などの育種戦略を持つことが重要で

ある。さらに、醸造品質が重要視されるビール大麦の育種においては、醸造品質が優れた品種や系統を交配親として用いない限り効率よく高品質品種を育成することは出来ない。優れた抵抗性遺伝子であっても、醸造品質の劣る品種の持つ遺伝子を導入する場合、高品質ビール大麦との交配と品質による選抜を数回繰り返す必要がある^{27,31)}。

ビール大麦の病害抵抗性育種を効率よく進めるには、有用な抵抗性遺伝子を戻し交雑育種法などによりあらかじめ高品質ビール大麦に導入し、直接の交配親として利用できる育種素材を作出しておくことが重要である。この様な育種戦略に基づき、高品質ビール大麦の遺伝的背景を持つ BaYMV 抵抗性遺伝子の準同質遺伝子系統を作出したので、その育成経過と BaYMV 系統に対する抵抗性反応を報告する。さらに、準同質遺伝子系統や育成途上系統と病原ウイルス系統との相互反応から、既知抵抗性遺伝子の作用や新たな抵抗性遺伝子の存在を明らかにしたので報告する。

II 材料及び方法

1. 準同質遺伝子系統の作出に用いた抵抗性遺伝子源と育成経過

オオムギ縞萎縮病抵抗性遺伝子源として、九州農業試験場において抵抗性極強と判定された品種²⁰⁾の中から第1表で*を付けた14品種を用い、罹病性戻し交配親として1980年代の二条大麦主要品種であるダイセンゴールドとビール醸造品質が極めて優れるはるな二条を用いた。第1表に抵抗性品種の特性を示す。木石港 3 は抵抗性遺伝子源としてわが国で広範囲に用いられた品種で、ミサトゴールドンなどの抵抗性ビール大麦品種の育成に利用された抵抗性遺伝子 *ym5* と *ym1* の2遺伝子を持っている^{23,33)}。*ym5* は第3染色体長腕のエステラーゼアインザイム遺伝子 *Est1-Est2-Est4* と密に連鎖し^{19,22)}、*ym1* は第4染色体上のぬれ葉遺伝子 *gl3* と連鎖している²³⁾。西海皮31号は木石港 3 より抵抗性遺伝子を導入した系統で *ym5* を持つ。羽系 I-41、Solan及び横綱は、*ym5* と同一座の単一抵抗性遺伝子を持つと報告されている^{18,19)}。はがねむぎ、イシュクシラズ、会津 6 号、倍取、朝鮮及び米イラズは、突然変異系統 Ea52 において同定された抵抗性遺伝子 *ym3* を持つと報告され^{16,17)}、イシュクシラズははがねむぎから抵抗性遺伝子を導入した二条大麦である。陽新-II は *ym3* と同一座の作用の弱い対立遺伝子、TN 2 は *ym5* の対立遺伝子と未同定の遺伝子、エチオピア 71-450 は未同定の複数の遺伝子を持つと推定されている^{17,18)}。

第1表 オオムギ萎縮病抵抗性品種及び準同質遺伝子系統の作出に用いた親品種・系統の特性とBaYMV系統に対する反応

品種名(略称)	糸並性渦遺伝子型	Est 1-2-4 遺伝子型	九州農試 I 型	場内 I 型			栃木 I 型			壬生 III 型			山口			農研センター		
				1982-90	1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1997	I 型	II 型
				1982-90	1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1997	I 型	II 型
あまぎ二条	2 +	Pr-Fr-Su	罹病性	S-SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	-	-
ダイコンゴールド(D)	2 +	Pr-Fr-Su	罹病性	S	S	SS	S	SS	S	S	S	S	SS	SS	S	S	S	S
はるな二条(H)	2 +	Pr-Fr-Su	罹病性	S-SS	S	SS	S	SS	S	SS	S	SS	S	SS	S	MS	S	S
木石港 3(Mok)*	6 +	Ca-Mo-Nz	ym1,ym5	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	M
501-234(501)	6 +	Al-Fr-Ac	ym1	-	RR	RR	-	RR	R	RR	R	-	-	-	-	-	-	-
御堀裸3号(Mih)	6 +	Af-null-Mh	Ym2	R	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	M
Ea52	6 uz	Ca-Mo-Nz	ym3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	-	-
はがねむぎ(Hag)*	6 +	Ca-Mo-Nz	ym3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	RR
イッシュラス(ish)*	2 +	Pr-Fr-Su	ym3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	S	S	RR	RR
会津6号(Aiz)*	6 +	Ca-Fr-Su	ym3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	RR
倍取(Bai)*	6 +	Ca-Fr-Su	ym3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	R	-	RR	RR
朝鮮(Cho)*	6 uz	Af-null-Mh	ym3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	RR
岩手メッシュリ-2号(lwa2)	6 +	Ca-Fr-Su	ym3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	-	-
Diana(Dia)	2 +	Ca-Fr-Su	ym4	RR	R	RR	RR	RR	RR	RR	MS	M	R	-	-	RR	RM	
Sonate(Son)	2 +	Pr-Fr-Su	ym4	RR	RM	RR	RR	RR	RR	M	MS	R	-	-	RR	RM		
西海皮31号(Sai)*	2 +	Ca-Mo-Nz	ym5	RR	RM	RR	RR	RR	RR	MS	M	-	-	RR	RR			
羽系 1-41(Hak)*	2 uz	Ca-Lin-Su	ym5a	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	RM
Solan(Sol)*	6 +	Ca-Lin-Su	ym5a	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	M	M
横綱(Yok)*	6 uz	Ca-Lin-Su	ym5a	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	RM
TN 2(TN2)*	2 +	Pr-Fr-Su	ym5b	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	RR
徳島モチ裸	6 uz	Ca-Lin-Su	ym3,ymX	-	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	-	-
縞系4(S4)	2 +	Ca-Lin-Su	ymX	-	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	-	-
三月(San)	6 +	Ca-Fr-Su	ymY	RR	RR	RR	RR	RR	RR	R	RR	RR	RR	RR	-	-	RR	M

第1表 オオムギ縞萎縮病抵抗性品種及び準同質遺伝子系統の作出に用いた親品種・系統の特性とBaYMV系統に対する反応(つづき)

品種名(略称)	条並性	Est 1-2-4 遺伝子型	抵抗性遺伝子	九州農試 I 型	場内 I 型			栃木 I 型			壬生 III 型			山口			農研センター		
					1982-90	1997	1996	1995	1994	1996	1995	1994	1997	1996	1995	1994	1997	1996	1995
Anson Barley(Ans)	6 +	Ca-Fr-Su		-	R	RR	RR	RR	R	RM	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-
エチオピア 71-450(Eti)*	2 +	Al-Fr-Ac		RR-R	RM	RR	RR	RR	RR	RM	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	RR
露57号(R57)	2 +	Ca-Fr-Su		RM	RM	RR	RR	RM	M	RM	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-
早木曾2号(Hya)	6 +	Ca-Un-Su		RM	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-
細麦(Hos)	6 +	Ca-Fr-Su		RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-
出水早生裸(Izu)	6	Al-null-Mh		M	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-
米イラス(Kom)*	6 +	Ca-Fr-Su	ym3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	RR
御島裸	6	Ca-Un-Su		RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-
密陽在来(Mit)	6 +	Al-null-Mh		RR-R	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	RR
中泉在来(Nak)	6 +	Ca-Un-Na		RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	RR
浦項皮麦3(Kaw3)	6 +	Ca-Un-Su		R	R	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-
島原裸(Shi)	6	Ca-Un-Su		RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-
陽新-II(Yos)*	6 +	Ca-Mo-Nz		RR-R	RR	RR	RR	RR	R	RM	M	M	M	M	M	M	M	-	M
ミチコールデン	2 +	Ca-Mo-Nz	ym5	RR	M	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	RR
タカゴールデン	2 +	Ca-Mo-Nz	ym5	-	R	RR	-	-	RR	RR	-	MS	S	S	S	S	S	-	-
関東二条29号	2 +	Fr-Fr-Su	ym3	-	RR	RR	-	-	RR	RR	-	RR	RR	RR	RR	RR	RR	S	MS
なす二条	2 +	Ca-Un-Su		-	M	R	M	RM	MS	RM	M	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	RR
関東二条32号	2 +	Ca-Mo-Nz	ym3,ym5	-	RR	RR	-	-	RR	-	-	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	RR
栃系253	2 +	Ca-Mo Nz	ym3,ym5	-	RR	RR	-	-	RR	-	-	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	RR

注1. 品種名の後に付けた()内は品種の略称を,*は準同質遺伝子系統の作出に用いた抵抗性親品種であることを示す。

注2. 条性は, 2:二条, 6:六条を示す。並濁性は,+;並濁性は,-;並濁性を示す。Est 1-2-4 遺伝子型は, エステラーゼアインザイム遺伝子座 Est1-Est2-Est4 の遺伝子型を示す。

注3. 抵抗性遺伝子の ym5a は本報告で推定した。ymX と ymY は抵抗性遺伝子を区別するための仮称である(本文参照)。

注4. 九州農試 I 型ウイルス系統に対する反応は Kawada(1991)による。場内 I 型は栃木分場内 I 型ウイルス系統汚染圃場、栃木 I 型は栃木市現地 I 型系統汚染圃場、壬生 III 型は栃木県壬生町 III 型系統汚染圃場、山口は山口県農試特性検定試験圃場、農研センターは I 型及び II 型系統汚染圃場における抵抗性反応を示す。

注5. オオムギ縞萎縮病ウイルス系統に対する反応は、発病株率とモザイク病斑の程度を調査し, RR; 完全な抵抗性から SS; 極罹病性までの7階級で評価した。

ダイセンゴールド及びはるな二条にこれらの抵抗性品種を1982年に交配し、1984年に各組合せ約200のF₃系統の中から抵抗性ホモ系統を選抜し、ダイセンゴールド及びはるな二条を戻し交雑した。その後代のB₁F₂からB₁F₆までは、各抵抗性品種について3から20の抵抗性系統を九州農業試験場のBaYMV I型系統の汚染圃場で栽培し、抵抗性系統の選抜と固定を図った。1990年には25組合せ合計157のB₁F₆系統に、第2表に示す「YML-戻し交雑親記号(D, H)/抵抗性品種略称-系統番号」の系統名を付けた。戻し交雑親記号のDはダイセンゴールド、Hははるな二条を示し、抵抗性品種の略称は第1表の()内に示した。これらの系統は、B₁F₇までは九州農試で、B₁F₈からB₁F₁₀は栃木県農業試験場栃木分場で抵抗性検定と系統選抜を行った。また、84系統のB₁F₈、66系統のB₁F₉、44系統のB₁F₁₀を用い BaYMV系統に対する抵抗性反応を調査した。

戻し交雑を進めるためB₁F₆系統に反復親品種を交配し、1991年にB₂F₁を九州農試で栽培した。1994年には76組合せのB₂F₂各110粒を栃木分場内 BaYMV I型系統の汚染圃場で栽培し、14の抵抗性親品種あたり2個体以上合計90の戻し交雑親に類似した抵抗性個体を選抜しB₂F₃系統とした。また、66個体に反復親を戻し交雑しB₃F₁種子を得た。1997年には42組合せのB₃F₂を各組合せ100個体栽培し、戻し交雑親に類似した48の抵抗性個体を選抜し戻し交雑を行うとともにB₃F₃系統を作成した。1998年時点で、これらの抵抗性品種については4回の戻し交雑を終えB₄F₂種子が得られている。また、90系統のB₂F₃、48系統のB₂F₄、39系統のB₂F₅及び48系統のB₃F₃を用い BaYMV系統に対する抵抗性反応といくつかの農業形質を調査した。

2. 準同質遺伝子系統育成途上系統の作出に用いた抵抗性遺伝子源

準同質遺伝子系統の作出に用いた14品種以外に、第1表に示した16品種を選定しダイセンゴールド及びはるな二条に交配した後代系統(F₃からF₁₀)と、さらに戻し交雑を1回行ったB₁F₃系統を用いて、抵抗性遺伝子のBaYMV系統に対する反応を調査した。16品種の中で、501-234 は木石港 3 とColsessとの交雑後代から選抜した抵抗性遺伝子 *ym1* のみを持つ系統で²³⁾、九州大学の小西教授より分譲された。徳島モチ裸は2つの抵抗性遺伝子を持ち、一つは *ym3*、他方は *ym1*、*Ym2*、*ym3*、*ym5* とは異なる遺伝子(本報告では便宜上 *ymX* と表した)であると報告されている^{2,3)}。縞系4は徳島モチ裸とニューゴールデンの交雑後代から選抜した抵抗性遺伝子 *ymX* のみを持つ系統で、農業研究センターの牧野大

麦育種研究室長より分譲された。SonateとDianaはオオムギマイルドモザイクウイルス(BaMMV)に対する抵抗性遺伝子 *ym4*^{13,14)}と、これ以外に BaYMV に対する抵抗性遺伝子を持つと報告されているドイツの二条大麦品種である^{18,19)}。三月は *Ym2*、*ym3*、*ym5* とは異なる未知の抵抗性遺伝子を持つと報告されている^{17,19)}。中泉在来は *ym3* と *ym5* の2遺伝子を持つと報告されている¹⁸⁾。これらの他に抵抗性遺伝子が同定されていない密陽在来、露57号、Anson Barley、浦項皮麦3、岩手メンシュアリー-2号、細麦、出水早生裸、早木曾2号及び島原裸を抵抗性遺伝子源として交配に用いた。

3. BaYMV系統に対する抵抗性反応の検定

準同質遺伝子系統及び育成途上系統の BaYMV 系統に対する抵抗性検定は、栃木分場内のBaYMV I型系統汚染圃場(場内I型)では点播栽培し、発病株率とモザイク病斑の程度を調査した。栃木市大塚町のI型系統特性検定圃場(栃木I型)と栃木県壬生町のIII型系統汚染圃場(壬生III型)では、約30個体を条播し発病茎割合とモザイク病斑の程度を調査した。山口県農業試験場内の特性検定圃場(山口)では点播栽培し、縞萎縮病特性検定試験としてモザイク病斑の発病抵抗性を調査した。農業研究センターのI型とII型系統汚染圃場(農研センターI型、II型)では約50個体を条播栽培し、発病株率とモザイク病斑の程度を調査した。発病茎割合とモザイク病斑の程度は無(0)~激甚(6)の7階級で評価した。これらの調査結果を基に、抵抗性反応を次の7階級で評価した。

- RR : 完全な抵抗性
- R : 発病株率が1割以下でモザイク病斑程度は1
- RM : 発病株率が3割以下でモザイク病斑程度は2
- M : 発病株率が5割程度でモザイク病斑程度は3
- MS : 発病株率が8割程度でモザイク病斑程度は4
- S : ほぼ全株が発病しモザイク病斑程度は4~5
- SS : 全株が発病しモザイク病斑程度は5~6

品種反応から見て、1997年の場内I型圃場の一部ではIII型系統の混合感染が確認された。また、農研センターII型圃場を除き、麦類萎縮病ウイルス(SBWMV)の混合感染はないと判断した。1997年には場内I型、壬生III型及び山口圃場のモザイク病斑が発生した罹病葉を用いてELISA法³⁷⁾により感染ウイルスを検定し、SBWMVやBaMMVの混合感染がないことを確認した。

4. エステラーゼアイソザイム遺伝子型の分析

大麦のエステラーゼアイソザイム遺伝子 *Est1-Est2-Est4* は変異に富むとともに*ym5*遺伝子が密接に連鎖している²²⁾。そこで、*ym5* 遺伝子座の遺伝子型を推定するため、また選抜系統の確認のために、小西らの方法²¹⁾に

準じてでん粉ゲル電気泳動によりエステラーゼアイソザイムの分析を行った。遺伝子型の表記は、HvidとNielsen⁸⁾及び坂と河田¹⁾に準じて行った。

Ⅲ 結果

準同質遺伝子系統の抵抗性遺伝子源として用いた抵抗性品種及び既知抵抗性遺伝子の *ym5* 及び *ym3* を持つことが知られている品種・系統の BaYMV 系統に対する抵抗性反応を第1表に示した。罹病性品種であるあまぎ二条及び戻し交雑親として用いたダイセンゴールドとはるな二条は全ての BaYMV 系統にほぼ完全な罹病性(S-SS)を示し、抵抗性品種及び準同質遺伝子系統の中程度(M)以上の抵抗性反応を検出することが可能であった。

ym1 のみを持つ501-234は BaYMV I型には完全な抵抗性(RR)、壬生のⅢ型に高度の抵抗性(R-RR)を示した。Ym2を持つ御堀裸3号は、九州農試I型を除くI型とⅢ型に完全な抵抗性を示した。*ym3*を持つイシユクシラズなどの品種は、I型、Ⅱ型、Ⅲ型にRRであったが、山口の BaYMV 系統に対しては罹病性(S)であった。*ym4*を持つDianaなどの品種は、Ⅲ型系統の混合汚染が見られた1997年の場内I型を除いて、I型にRR、Ⅲ型に中程度の抵抗性(M-MS)を示した。*ym5*のみを持つミサトゴールドなどの品種は、同様に1997年の場内I型を除いて、I型、Ⅱ型、山口の系統にRR、Ⅲ型に中程度の抵抗性(M-S)を示した。*ym5*と同一座の遺伝子(本報告では以下*ym5a*と表す)を持つ羽系I-41などの品種は、I型とⅢ型にRRを示したが、Solanは農研センターのI型にMであった。同様に*ym5*と同一座の遺伝子(以下*ym5b*と表す)とその他の遺伝子を持つと報告されているTN 2は、全ての BaYMV 系統にRRを示した。縞系4は未報告の抵抗性遺伝子(以下*ymX*と表す)を持ち、I型、Ⅲ型及び山口の系統にRRを示し、三月は未同定の遺伝子(以下*ymY*と表す)を持ち、I型にRR、Ⅲ型にRR-RMの反応を示した。

SBWMVの混合汚染が考えられる農研センターⅡ型を除いて、抵抗性遺伝子 *ym1* と *ym5* を持つ木石港3はI型及びⅢ型両方に完全な抵抗性を示した。また、*ym3* と *ym5* を集積した関東二条32号と栃系253は検定を行っていないⅡ型を除く全ての BaYMV 系統にRRであった。

14の抵抗性品種にダイセンゴールドとはるな二条を1回戻し交雑し、自殖により固定を図ったB1F8~B1F10系統の BaYMV 系統に対する抵抗性反応を第2表に示した。また、戻し交雑を進めた準同質遺伝子系統であるB2F3、B2F4、B2F5及びB3F3世代の BaYMV 系統に対する抵抗

性反応とB2F3、B2F4及びB3F1世代における特性を第3表に示した。

抵抗性親として *ym5* を持つ西海皮31号を用いた系統であるYML-D/Saiと木石港3を用いたYML-H/Mokは、Ⅲ型のみ罹病性でその他の BaYMV 系統にはRRを示した。1997年に場内I型で検定したB3F3世代の準同質遺伝子系統は、Ⅲ型系統の混合汚染により一部の個体が罹病したためRとなった。抵抗性親として *ym5a* を持つ羽系I-41、横綱、Solanを用いたB1F8~B1F10系統は、Ⅲ型に対し全てRRで山口系統に対してはS-SSであった。また、YML-D/Yok-3を除きⅡ型に対してもRRであった。ところが、YML-D/Hak-1を除き栃木I型には罹病し(RM-S)、場内I型に対してもYML-H/Hak-10とYML-H/Yok-8は抵抗性は強いものの罹病した。*ym5a* の BaYMV 系統に対する反応は、*ym5* とは明確に異なっていた。

ym3 のみを持つはがねむぎ、イシユクシラズ、会津6号、倍取、朝鮮及び米イラズのB1F8~B1F10系統及び準同質遺伝子系統はI型、Ⅱ型及びⅢ型にRRで山口の BaYMV 系統に対してはMS-Sであった。B1F9世代のYML-H/Ish-1のみがⅡ型にSであったが、その理由は不明である。

ym5b を含む複数の抵抗性遺伝子を持つTN 2を抵抗性親として用いたB1F8~B1F10系統は、農研センターのI型とⅡ型及びⅢ型に対しRRで、山口系統には罹病しMS-SSであった。場内I型に対して、ダイセンゴールドを戻し交雑親とするYML-D/TN 2-6とYML-D/TN 2-13RのB1世代はRR、準同質遺伝子系統はR-RRであったが、はるな二条を戻し交雑親とする系統の抵抗性は劣り、世代や年度による変動が大きかった。また、栃木I型には中程度以上に罹病する系統が多かった。これらのB1世代系統の BaYMV 系統に対する反応は *ym5a* を持つ系統と類似していた。

複数の抵抗性遺伝子を持つと報告されているエチオピア71-450のB1世代では、YML-D/Eti-10の様に場内I型にはRMで栃木I型とⅢ型にはRRを示す系統、YML-D/Eti-6の様にⅢ型だけにRRでI型には罹病する系統、YML-H/Eti-5の様にⅢ型に中程度に罹病するがI型にはやや強い抵抗性を示す系統があったが、場内I型に対する反応は安定しなかった。準同質遺伝子系統では、世代が進むとⅢ型に対する抵抗性が失われた。陽新一Ⅱでは中程度以上の安定した抵抗性を示す系統は得られなかった。

抵抗性遺伝子 *ym5* の存在は、それと密接に連鎖するエステラーゼアイソザイム遺伝子 *Est1-Est2-Est4* の遺伝子型によりほぼ判断できる。第1表には抵抗性親品種の

第2表 B1F8, B1F9, B1F10世代における選抜系統のオオムギ縞萎縮病ウイルス系統に対する抵抗性反応

系統名	場内I型			栃木I型		壬生III型			農研センター		山口	<i>Est 1</i> 遺伝子型 B1F8
	B1F10	B1F9	B1F8	B1F10	B1F9	B1F10	B1F9	B1F8	I型	II型	B1F9	
									B1F9	B1F9		
YML-D/Sai-2	RR	RR	RR	RR	RR	MS	RM	M	-	-	-	Ca
YML-D/Sai-5	RR	RR	RR	RR	RR	S	S	M	RR	RR	RR	Ca
YML-H/Mok-3	RR	RR	RR	RR	RR	S	MS	S	-	-	-	Ca
YML-H/Mok-5	RR	RR	RR	RR	RR	SS	MS	MS	RR	RR	RR	Ca
YML-D/Hak-3	R	RR	RR	S	M	RR	RR	RR	RR	RR	S	Ca
YML-H/Hak-1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	SS	Ca
YML-H/Hak-10	R	M	RM	MS	RR	RR	RR	RR	-	-	-	Ca
YML-D/Yok-1	RR	RR	RR	RM	RM	RR	RR	RR	-	-	-	Ca
YML-D/Yok-3	RR	RR	RR	S	M	RR	RR	RR	RR	R	S	Ca
YML-H/Yok-5	RR	RR	RR	MS	M	RR	RR	RR	RR	RR	S	Pr
YML-H/Yok-8	RR	RM	RR	M	M	RR	RR	RR	-	-	-	Ca
YML-H/Yok-9	RR	RR	RR	MS	M	RR	RR	RR	-	-	-	Ca
YML-D/Sol-4	RR	RR	RR	S	RM	RR	RR	RR	RR	RR	SS	Ca
YML-D/Hag-2	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	MS	Pr
YML-H/Hag-2	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	S	Pr
YML-D/Ish-3	RR	RR	RR	RR	R	RR	RR	RR	RR	RR	MS	Pr
YML-H/Ish-1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	S	MS	Pr
YML-D/Aiz-1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	MS	Ca
YML-H/Aiz-1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	MS	Ca
YML-D/Bai-1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	MS	Pr/Ca
YML-H/Bai-2	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	MS	Pr
YML-D/Cho-2	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	-	Pr
YML-D/Cho-3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	M	Af
YML-H/Cho-1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	-	Af
YML-H/Cho-2	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	-	-	-	Pr
YML-H/Cho-3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	S	Af
YML-D/Kom-1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	MS	Pr
YML-D/TN2-6	RR	RR	RR	S	M	RR	RR	RR	RR	RR	S	Pr
YML-D/TN2-12	R	R	RR	MS	RM	RR	RR	RR	-	-	-	Pr
YML-D/TN2-13R	RR	RR	RR	MS	RR	RR	RR	RR	-	-	-	Pr
YML-H/TN2-6	RR	MS	RM	M	M	RR	RR	RR	-	-	-	Pr
YML-H/TN2-8	RM	MS	RM	S	MS	RR	RR	RR	RR	RR	SS	Pr
YML-H/TN2-12	RR	M	RR	M	M	RR	RR	RR	RR	RR	MS	Pr
YML-D/Eti-5	MS	M	RM	SS	M	M	RM	R	RR	RR	-	Al
YML-D/Eti-6	MS	M	RM	S	MS	RR	RR	RR	RM	RR	S	Al
YML-D/Eti-8S	RM	M	RM	R	RR	R	RR	RR	-	-	-	Al
YML-D/Eti-10	RM	RM	RM	RR	R	RR	RR	RR	-	-	-	Al
YML-H/Eti-3	M	MS	M	SS	S	M	M	RR	RM	RR	S	Al
YML-H/Eti-5	RM	MS	RR	RM	RR	M	M	RR	-	-	-	Pr/Al
YML-H/Eti-6	R	M	M	M	R	RM	RR	RR	-	-	-	Al
YML-H/Eti-10	RM	MS	RR	RR	RR	RM	RR	RR	RR	S	R	Pr
YML-D/Yos-6R	RM	MS	M	S	S	S	S	S	-	-	-	Ca

注1. 場内I型は栃木分場内I型ウイルス系統汚染圃場, 栃木I型は栃木市現地I型系統汚染圃場, 壬生III型は栃木県壬生町III型系統汚染圃場, 山口は山口県農試特性検定試験圃場, 農研センターはI型及びII型系統汚染圃場における抵抗性反応を示す.

注2. オオムギ縞萎縮病ウイルス系統に対する反応は, 発病株率とモザイク病斑の程度を調査し, RR: 完全な抵抗性からSS: 極罹病性までの7階級で評価した. *Est 1* 遺伝子型は, エステラーゼアインザイム遺伝子座 *Est 1* の遺伝子型を示す.

第4表 交雑後代及び戻し後代系統のオオムギ縞萎縮病ウイルス系統に対する抵抗性反応

系統名	世代	場内 I 型				栃木 I 型		壬生 III 型			山口		農研センター	
		1997	1996	1995	1994	1996	1995	1997	1996	1995	1997	1996	I 型	II 型
YML-H/501-2	F3	RR	-	-	-	-	-	RR	-	-	-	-	-	-
YML-D/S4-2	F3	RR	-	-	-	-	-	RR	-	-	-	-	-	-
YML-H/S4-4	F3	RM	-	-	-	-	-	RR	-	-	-	-	-	-
YML-D/Iwa2-1	F5	RR	RR	RR	-	RR	-	R	RR	-	-	-	-	-
YML-D/Iwa2-1//H-1	F3	RR	-	-	-	-	-	RR	-	-	-	-	-	-
YML-D/Son-8	F10	M	RM	RM	RR	R	RR	MS	S	RM	-	RM	RR	RM
YML-D/Son-8/2/D-1	B1F3	M	-	-	-	-	-	MS	-	-	-	-	-	-
YML-D/Dia-3	F9	M	RR	RM	R	RR	RR	M	M	M	RR	R	RR	RM
YML-D/Dia-3/2/D-2	B1F3	RM	-	-	-	-	-	S	-	-	-	-	-	-
YML-D/San-2	F9	RR	RR	RR	RR	RR	R	RR	RR	RM	RR	R	RR	RM
YML-D/San-1/2/D-2	B1F3	RM	-	-	-	-	-	MS	-	-	-	-	-	-
YML-D/Nak-4	F9	R	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	M
YML-D/Nak-4/2/D-1	B1F3	RR	-	-	-	-	-	RR	-	-	-	-	-	-
YML-D/Nak-7//H-1	F3	RR	-	-	-	-	-	RR	-	-	-	-	-	-
YML-D/Mit-4	F9	R	RM	RM	RR	RM	R	RM	RR	RM	RR	RR	RM	M
YML-D/Mit-4/2/D-1	B1F3	RM	-	-	-	-	-	M	-	-	-	-	-	-
YML-D/Ans-1	F5	R	RR	M	-	RR	-	R	RR	-	RR	-	-	-
YML-D/Ans-1//H-2	F3	RM	-	-	-	-	-	M	-	-	-	-	-	-
YML-D/R57-3	F9	RM	RR	RR	M	RR	M	M	RM	R	MS	S	-	-
YML-D/R57-1/2/D-1	B1F3	RM	-	-	-	-	-	M	-	-	-	-	-	-
YML-D/Hos-1	F5	R	RR	RR	-	RR	-	RM	RM	-	-	-	-	-
YML-D/Hos-1//H-1	F3	R	-	-	-	-	-	M	-	-	-	-	-	-
YML-D/Izu-1	F5	RR	RR	R	-	RR	-	R	M	-	-	-	-	-
YML-D/Izu-1//H-1	F3	R	-	-	-	-	-	MS	-	-	-	-	-	-
YML-D/Hay2-1	F5	RR	RR	RR	-	RR	-	RR	RR	-	-	-	-	-
YML-D/Hay2-1//H-1	F3	RR	-	-	-	-	-	RR	-	-	-	-	-	-
YML-D/Kaw3-2	F5	R	RR	RM	-	MS	-	R	R	-	-	-	-	-
YML-D/Kaw3-2//H-2	F3	RM	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
YML-D/Shi-1	F5	RR	RR	RR	-	RR	-	RR	RR	-	-	-	-	-
YML-D/Shi-1//H-1	F3	RR	-	-	-	-	-	RR	-	-	-	-	-	-
ダイセンゴールト*	P	S	-	-	-	-	-	S	-	-	-	-	-	-
はるな二条	P	SS	-	-	-	-	-	SS	-	-	-	-	-	-

注 1. 場内 I 型は栃木分場内 I 型ウイルス系統汚染圃場, 栃木 I 型は栃木市現地 I 型系統汚染圃場, 壬生 III 型は栃木県壬生町 III 型系統汚染圃場, 山口は山口県農試特性検定試験圃場, 農研センターは I 型及び II 型系統汚染圃場における抵抗性反応を示す。

注 2. オオムギ縞萎縮病ウイルス系統に対する反応は, 発病株率とモザイク病斑の程度を調査し, RR: 完全な抵抗性から SS: 極罹病性までの 7 階級で評価した。

遺伝子型, 第2表には B1F8 系統の *Est1* の遺伝子型, 第3表には B3F3 の準同質遺伝子系統の遺伝子型を示した. *ym5* 及び *ym5a* を持つ系統のエステラーゼアイソザイム遺伝子型は, 抵抗性親と同一であり, 抵抗性親の遺伝子

ブロックが導入されていた. *ym3* を持つ準同質遺伝子系統では 1 系統を除いて, 戻し交雑親の遺伝子ブロックに置換されていた. エチオピア 71-450 を抵抗性親とする系統では, 1 系統を除いて抵抗性親の遺伝子ブロック

が導入されていた。

準同質遺伝子系統のB₂F₃、B₂F₄及びB₃F₁世代の出穂期、稈長、穂長と穂型や外観品質も含めた戻し交雑親との類似性の評価を第3表に示した。BaYMVに罹病しない戻し交雑親の稈長や穂長の測定値はないが、両品種ともBaYMVに罹病しない場合の稈長は90cmよりやや短いと推定される。B₂F₃では90cmを超える稈長の系統が多数あるが、B₂F₄ではほとんどの系統が90cm以下であった。また、出穂期、穂長はB₂F₃世代で戻し交雑親と大差ない値に改善されていた。また、類似性の評価では、異なる(Cランク)や全く異なる(Dランク)系統はなく、類似する(Bランク)か極めて類似する(Aランク)と判定した。B₃F₁世代では、全てのF₁が戻し交雑親と同程度にBaYMVに罹病し、これらの準同質遺伝子系統の持つ抵抗性は劣性と見なされた。また、BaYMVに罹病した条件で、B₃F₁の出穂期、稈長、穂長は戻し交雑親のそれと良く類似していた。

準同質遺伝子系統の育成を目的にダイセンゴールドに抵抗性親を交配した後代系統(F₃~F₁₀)、1回戻し交雑を行った系統(B₁F₃)及びはるな二条を交配した系統(F₃)のBaYMV系統に対する反応を第4表に示した。抵抗性遺伝子 $ym1$ を持つYML-H/501-2と縞系4の ymX を持つYML-D/S4-2は場内I型とIII型にRRであった。 $ym3$ を持つ岩手メンシュアリー2号のF₅系統とはるな二条を交配したF₃系統は、I型とIII型にRRであった。BaMMVに対する抵抗性遺伝子 $ym4$ を持つSonateとDianaのF₉、F₁₀系統は、III型系統が混合汚染する1997年の場内I型を除くI型と山口系統にはRR-RM、III型にはM-MS、II型にはRMで、抵抗性親とほぼ同一の反応を示したが、B₁F₃のBaYMV系統に対する判定は困難であった。 ymY を持つ三月のF₉系統は、I型、III型と山口系統にRRであったが、そのB₁F₃系統はI型にRM、III型にMSであった。

中泉在来を抵抗性親とするF₉系統は、I型、III型と山口系統にRR-Rで、そのB₁F₃及びはるな二条を交配したF₃系統はI型とIII型にRRであった。密陽在来を抵抗性親とするF₉系統は山口のBaYMV系統にRRであるが、I型とIII型にR-RMで、そのB₁F₃系統ではIII型にMであった。Anson Barleyを抵抗性親とするF₅系統はI型、III型及び山口系統にRR-Rであったが、それにはるな二条を交配したF₃はI型にRM、III型にMであった。I型とIII型に完全な抵抗性を示さない露57号を抵抗性親とするF₉とはるな二条を交配したF₃系統はI型にRR、III型及び山口系統に罹病性であった。I型とIII型に完全な抵抗性を持つ細麦、出水早生裸、早木曾2号、浦項皮麦3、島原

裸を抵抗性親とするF₅とはるな二条を交配したF₃系統では、早木曾2号と島原裸ではI型とIII型にRRを示す系統が得られたが、細麦、出水早生裸と浦項皮麦3では両BaYMV系統に完全な抵抗性を示す系統は得られなかった。

IV 考察

オオムギ縞萎縮病抵抗性遺伝子の準同質遺伝子系統の病原ウイルス系統に対する反応から、各抵抗性遺伝子の作用について考察する。また、病原ウイルス系統の判別やビール大麦の抵抗性育種における準同質遺伝子系統の有用性を合わせて考察する。

オオムギ縞萎縮病ウイルスは、主要な系統としてI型、II型及びIII型に分けられているが、品種抵抗性によってさらに細分化されている¹⁵⁾。また、これまでの基準では分類できないBaYMV系統も出現している。山口農試の検定圃場だけで見られるBaYMV系統は、抵抗性遺伝子 $ym5$ を犯すことは出来ないが $ym3$ を犯すことにより特徴づけられる新しい系統である³⁰⁾。今回行った抵抗性品種及び同質遺伝子系統の山口系統に対する検定において、 $ym5$ を持つ品種系統以外に縞系4、Diana、Anson Barley、三月、密陽在来に由来する系統が抵抗性を示し抵抗性遺伝資源として有用であった。

BaYMV I型系統に対する検定は九州農試の検定結果を加えると4カ所の汚染圃場で行ったが、いくつかの品種・系統で明らかな差が見られた。なす二条³⁴⁾は九州農試と農研センターではRRであったが、栃木分場内と栃木市ではRMからMの反応を示した。また、 $ym5$ の複対立遺伝子を持つ横綱、羽系 I-41、Solan^{18,19)}は全てのI型系統に完全な抵抗性を示すが、その準同質遺伝子系統の一部は栃木I型に罹病した。また、エチオピア 71-450の準同質遺伝子系統の1つは、栃木I型と農研センターでは完全な抵抗性を示したが場内I型には罹病した。これらの結果より、栃木分場内、栃木及び農研センターのBaYMV I型系統は病原性が異なることが明らかとなった。また、病原ウイルスの系統識別を行うには、抵抗性品種では不十分で準同質遺伝子系統が有効であった。

準同質遺伝子系統は、遺伝子の作用を明確に把握するためにも有用である。特に日本の六条大麦品種はそのほとんどがBaYMVに対し中程度以上の抵抗性を持っているため¹⁶⁾、抵抗性遺伝子の作用を評価するには罹病性程度が同一の遺伝的背景の上で行う必要がある。不完全優性遺伝子として同定された $ym1$ ³³⁾B₁F₁は全てI型系統に罹病するが、モザイク病斑は軽く抵抗性反応はMであった(データ省略)。また、I型系統にはRRであ

るがⅢ型にはRR-Rでわずかに罹病した。木石港3のⅢ型系統に対する完全な抵抗性は、*ym1* と *ym5* の集積効果によると推定される。

羽系 I-41, 横綱, Solanは対立性検定の結果 *ym5* と同一遺伝子座の単一の抵抗性遺伝子を持つと報告されていたが¹⁸⁾, これらの品種から作出した準同質遺伝子系統の BaYMV 系統に対する反応は、Ⅲ型に完全な抵抗性、山口系統に極めて弱く、栃木 I 型系統に罹病する点で *ym5* と作用が全く異なる複対立遺伝子であることが明らかとなり、*ym5a* と仮称することにした。TN 2が持つ 7=3/*ym5* の対立遺伝子 *ym5b* も *ym5* とは作用が全く異なるが、*ym5a* と作用が類似しており現時点では *ym5a* との作用の違いが不明である。エチオピア71-450はⅢ型に完全な抵抗性、I 型に中程度の抵抗性を示す遺伝子の存在が推定されるが、その作用が不安定であった。エチオピア71-450を用いた準同質遺伝子系統の多くが抵抗性親と同一のエステラーゼアイソザイム遺伝子型を持つことから、少なくとも1つの遺伝子は第3染色体長腕上に存在すると思われる。三月の持つ遺伝子は *Ym2*, *ym3*, *ym5* と異なると報告されているが^{17,19)}, BaYMV 系統に対する反応からみてもこれらの既知遺伝子とは異なっていた。*ym1*, *ym4* との対立性検定を行っていないが、新しい遺伝子の可能性がある。

病原に系統分化が認められる病害の抵抗性育種を効率的に行うには、遺伝子の作用が明確で選抜が容易に行え、多数の病原系統に抵抗性を示す遺伝子を用いる事が望ましい。オオムギ縞萎縮病抵抗性育種の現段階において、I 型及びⅢ型系統に対する抵抗性は必須である。また、*ym3* を犯す BaYMV 系統が山口農業試験場だけでなく宮城県においても発生していることが報告されており²⁴⁾, 山口系統に対する抵抗性も重要となる。さらに、Ⅱ型系統に対し多くのビール大麦は抵抗性を示すが¹⁰⁾, 六条大麦では重要な BaYMV 系統である。また、ヨーロッパだけではなく日本でも発生が報告されている BaMMV²⁵⁾ に対する抵抗性も重要となる。

山口で見られる BaYMV 系統を除けば、*ym3* は I 型、Ⅱ型、Ⅲ型に完全な抵抗性を示し、その準同質遺伝子系統も安定した抵抗性を示した。*ym3* は大麦の抵抗性育種に広く使われイシュクシラズなどの品種が育成されている。また、ビール大麦においても関東二条29号のように *ym3* を持った極高品質系統が育成されており³¹⁾, 有用な抵抗性遺伝子である。今回、*ym3* を持つはがねむぎ、イシュクシラズ、会津6号、倍取、朝鮮、岩手メンシュアリー-2号を抵抗性親とする準同質遺伝子系等を作出した。これら系統は検定を行った限りでは全ての

BaYMV 系統に対し同一の反応を示した。また、準同質遺伝子系統の作出過程においても、抵抗性反応が明確で劣悪形質との連鎖もなく選抜が容易で、極めて有用な遺伝子と考えられる。

ym3 を持った品種以外で、I 型、Ⅱ型、Ⅲ型系統に完全な抵抗性を示す品種は多数存在するが、単一遺伝子の効果として抵抗性を示す遺伝子は縞系4の *ymX* に限られていた。作出した準同質遺伝子系統の中で *ym5a* を持つ YML-D/Hak-1などは、主要な3つの BaYMV 系統に抵抗性を示した。この遺伝子はエステラーゼアイソザイム遺伝子型が選抜標識として使えることから有用と思われるが、山口の系統には著しく罹病した。木石港3の持つ *ym1* は I 型及びⅢ型に抵抗性であるが、Ⅱ型と山口の系統に対する反応が不明である。また、これまでのビール大麦育種において選抜過程で *ym1* を持った系統は淘汰されてきた。おそらく劣悪形質と密接に連鎖していると思われる。縞系4の持つ *ymX* 遺伝子は、I 型、Ⅱ型、Ⅲ型及び山口の系統に対しても抵抗性を示し、有望な遺伝子と考えられる。また、三月の持つ *ymY* はⅡ型系統以外に対しては抵抗性で、Ⅱ型系統に対する抵抗性の遺伝的背景を持つビール大麦の育種では利用価値が高いと思われる。

日本におけるビール大麦のオオムギ縞萎縮病抵抗性育種においては、第1段階で *ym5* の利用が図られた²⁷⁾。その後、Ⅲ型抵抗性を付与するため、*ym3* 遺伝子がビール大麦育種に利用された³¹⁾。現在では、全ての BaYMV 系統に対する抵抗性を付与するため、*ym3* と *ym5* を集積した系統の育成が進められている²⁹⁾。この両遺伝子はDNAマーカーやアイソザイム遺伝子型によるマーカーアシスト選抜が可能であり^{22,28)}, これらの集積は最も有効であると考えられる。山口系統に対する抵抗性を考慮しなければ、BaMMV に抵抗性が確認されている *ym5a* と *ym3* の集積も有効と思われる。木石港3の持つ *ym1*, 縞系4や三月の持つ遺伝子など *ym5* の非対立遺伝子で、Ⅲ型系統に抵抗性を示す準同質遺伝子系統や後代系統は、*ym5* との遺伝子集積が可能であり、有用な抵抗性母本と思われる。また、早木曾2号と島原裸の後代系統は I 型及びⅢ型に安定した抵抗性を示す。これらが持つ遺伝子の解析は進んでいないが、1遺伝子でⅡ型や山口系統に抵抗性を示せば有用な交配母本となる。

謝 辞

供試材料の BaYMV I 型、Ⅱ型及び山口系統に対する抵抗性検定は、農業研究センター牧野徳彦大麦育種研究室長、山口県農業試験場前岡庸介氏及び井上興氏に協力

いただいた。また、栃木分場の石川武氏には試験圃場の管理に多大な協力をいただいた。ここに心からの感謝を申し上げる。

引用文献

1. 坂智宏・河田尚之(1989) オオムギにおけるエステラーゼアイソザイムの等電点電気泳動法による分析. 育雑 39(別2):144-145.
2. 福岡忠彦・古庄雅彦・牧野徳彦(1991) モチ性オオムギ品種'徳島モチ裸'に存在する新しい縞萎縮病抵抗性遺伝子について. 育雑 41(別2):388-389.
3. 古庄雅彦・福岡忠彦(1997) オオムギ縞萎縮病抵抗性の遺伝子分析とその利用. 農研センター研報 27:31-71.
4. Graner, A. and E. Bauer(1993) RFLP mapping of the ym4 virus resistance gene in barley. Theor. Appl. Genet. 86:689-693.
5. Hill, S. A. and E. Evans(1980) Barley Yellow Mosaic Virus. Plant pathology 29:197-199.
6. Huth, W. and D. E. Lesemann(1978) Eine für die Bundesrepublik Deutschland neue Virose an Wintergerste. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 30:184-185.
7. Huth, W. (1984) Die Gelbmosaikvirose der Gerste in der Bundesrepublik Deutschland-Beobachtungen seit 1978. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 36:49-55.
8. Hvid, S. and G. Nielsen(1977) Esterase isoenzyme variants in barley. Hereditas 87:155-162.
9. 飯田幸彦・渡辺健・戸嶋郁子・小川奎(1992) 大麦縞萎縮病ウイルス系統に対する大麦品種の抵抗性反応. 育雑 42:863-877.
10. 飯田幸彦・渡辺健・戸嶋郁子・小川奎(1993) 大麦縞萎縮病ウイルス系統に対する二条大麦品種の抵抗性反応とエステラーゼ同位酵素の遺伝型との関係. 育雑 43:113-122.
11. 鑄方末彦・河合一郎(1940) 小麦縞萎縮病に関する研究. 農事改良資料 154:1-123.
12. Inouye, T. and Y. Saito(1975) Barley Yellow Mosaic Virus. C. M. I./A. A. B. Descriptions of plant Viruses No. 143.
13. Kaiser, R. and W. Friedt(1989) Chromosomal location of resistance to Barley Yellow Mosaic Virus in German winter-barley identified by trisomic analysis. Theor. Appl. Genet. 77:241-245.
14. Kaiser, R. and W. Friedt(1992) Gene for resistance to Barley Mild Mosaic Virus in German winter-barley located on chromosome 3L. Plant Breeding 108:169-172.
15. Kashiwazaki, S., K. Ogawa, T. Usugi, T. Omura and T. Tsuchizaki(1989) Characterization of several strains of Barley Yellow Mosaic Virus. Ann. Phytopath. Soc. Japan 55:15-25.
16. Kawada, N. and M. Tsuru(1987) Genetics and breeding of resistance to Barley Yellow Mosaic Virus. Barley Genetics V:651-657.
17. 河田尚之(1988) オオムギ縞萎縮病抵抗性の遺伝様式 III. 劣性抵抗性遺伝子. 育雑 38(別2):418-419.
18. 河田尚之(1989) オオムギ縞萎縮病抵抗性の遺伝様式 IV. 不完全優性遺伝子の遺伝分析. 育雑 39(別2):286-289.
19. Kawada, N. (1991) Resistance genes to Barley Yellow Mosaic Virus. Barley Genetics VI:616-618.
20. Kawada, N. (1991) Resistant cultivars and genetic ancestry of the resistance genes to Barley Yellow Mosaic Virus in barley (*Hordeum vulgare* L.). Bull. Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn. 27:65-79.
21. 小西猛朗・松浦誠司(1987) わが国の二条大麦品種の変遷とエステラーゼ同位酵素の変異. 育雑 37:412-420.
22. Konishi, T., N. Kawada, H. Yoshida and K. Sohtome(1989) Linkage relationship between two loci for the Barley Yellow Mosaic resistance of Mokusekko 3 and esterase isozymes in barley (*Hordeum vulgare* L.). Japan J. Breed. 39:423-430.
23. Konishi, T., T. Ban, Y. Iida, and R. Yoshimi (1997) Genetic analysis of disease resistance to all strains of BaYMV in Chinese barley landrace, Mokusekko 3. Theor. Appl. Genet.
24. 長田茂・高橋智恵子・柏崎哲・日比野啓行(1992) 宮城県におけるオオムギ縞萎縮病の発生状況とBaYMVの系統. 日植病報 58:614-615.
25. 野村研・柏崎哲・中田栄一郎・都崎芳久・日比野啓行・奥山哲(1992) オオムギマイルドモザイクウイルスの発生. 関東東山病害虫研究会年報 39:33-35.
26. 小川奎・渡辺健・飯田幸彦・戸嶋郁子・柏崎哲・土崎常男(1987) オオムギ縞萎縮病抵抗性品種「ミサトゴールデン」の罹病について. 日植病報 53:123.
27. 瀬古秀文ら(1986) 二条大麦新品種「ミサトゴールデン」について. 栃木農試研報 32:43-64.
28. 早乙女和彦・河田尚之・五月女敏範(1997) オオムギ縞萎縮病抵抗性遺伝子 ym3 のRAPDマーカーの開

- 発. 育雑 47(別1):278.
29. 五月女敏範・早乙女和彦・河田尚之・福田暎・宮川三郎(1995) エステラーゼ同位酵素遺伝子型を標識としたオオムギ縞萎縮病抵抗性の選抜並びに抵抗性遺伝子の集積. 栃木農試研報 43:95-106.
30. 五月女敏範・早乙女和彦・河田尚之・前岡庸介・井上興(1997) BaYMVⅢ型系統の拡大及び抵抗性遺伝子 *ym3* を持つ品種の罹病について. 育雑 47(別1):279.
31. 五月女敏範他(1997) オオムギ縞萎縮病抵抗性遺伝子 *ym3* を持つ極高品質, 多収ビール大麦系統「関東二条29号」. 栃木農試研報 44:91-108.
32. 高橋隆平・林二郎・山本秀夫・守屋勇・平尾忠三(1966) 大麦の縞萎縮病抵抗性に関する研究 第1報 二条大麦及び六条大麦品種の抵抗性検定試験. 農学研究 51:135-152.
33. 高橋隆平・林二郎・守屋勇・平尾忠三(1970) 大麦の縞萎縮病抵抗性に関する研究 第3報 抵抗性の遺伝と連鎖. 農学研究 53:153-165.
34. 寺村好司・小山内英一・伏田均・河西隆喜(1990) ビール大麦新品種「なす二条」の育成とその縞萎縮病抵抗性について. 育雑 40(別2):174-175.
35. 遠山明・草葉敏彦(1970) オオムギ縞萎縮病の伝染について 第2報 *Polymyxa graminis* Led. による媒介. 日植病報 36:223-229.
36. 鶴飼保雄・山下淳(1980) オオムギにおける縞萎縮病抵抗性の突然変異. 育雑 30:125-130.
37. 宇杉富雄・桑原達雄・土崎常男(1984) 酵素結合抗体法(ELISA)によるオオムギ縞萎縮病, コムギ縞萎縮病およびムギ類萎縮病の血清学的診断. 日植病報 50:63-68.
38. 宇杉富雄・柏崎哲・土崎常男(1985) オオムギ縞萎縮病ウイルスの系統について. 関東東山病害虫研究会年報 32:53-55.
39. Yili, R. and J. Dengdi(1983) On Barley Yellow Mosaic (BYMV). *Acta. Phytopathologica Sinica* 13:49-55.
40. 吉田久ら(1988) 二条大麦新品種「ミカモゴールドン」の育成(二条大麦農林13号). 栃木農試研報 35:31-50.