



第5章 病原菌のレース

1 病原性の分化

病原性というのは、病原菌が宿主植物（ここではいもち病菌Pyricularia Oryzae CAVARAとイネ）に病気を起す性質、能力をいうと定義される。病原菌の病原性はイネの抵抗性と相対的に表現されるから、イネ側の品種や苗齢、環境条件などを一定にして（この条件がまちまちであると、同一菌株であっても発病程度が乱れる）、種々のいもち菌株を接種した場合に、発病程度の高いものを病原性の強い菌株であり、発病程度の低いものは病原性が弱い菌株だと言うことが出来る。

そして、この病原性の差異には2種があって、1つは病斑の数や大きさ、罹病葉（穂）率など数量的に強弱を比較できるもの、2つはいもち病に罹るものと罹らないものとの対比で、質的な病原性の差であるとする。このように病原性の差は数量的、質的な2面が存在するというものである。

ところで多くの植物病原菌は、宿主の品種に対して前述の病原性を異にする系統があるのである。例えばイネの品種Aに対して、これを強く侵していくもち病菌aと、これと同じ条件下で接種しても発病しない菌bとが存在する。この現象を病原性の分化と呼び、その菌系統をわが国ではレース（Race）と一般に呼んでいる。別に菌糸、菌型、生態型の用語も用いられている。

この病原性の差異が存在することは、直接いもち病防除の可否、効果に関する重要な問題であって、古くから注目されてきたところである。

いもち病を防除する場合に最も経済的な手段として考えられるのは、抵抗性品種の利用であろうが、病原性の異なるいもち病菌の系統があると、抵抗性品種の育成と普及に関する戦略に根本的な検討が必要となってくる。

2 日本における判別品種とレース

北日本病害虫研究会報に登載されている高度抵抗性品種が罹病化した事例報告の最初は、岩田勉氏らによる「昭和 39 年度北海道における水稻品種ユーカラのいもち病異常多発の実態調査」のようである¹⁾。多発の原因については、環境条件の変化に伴って品種抵抗性が変化するのかどうか、菌型の流行を支配する要因、菌型ないし菌株で品種に対する特異的な病原性に差があるのかどうか、粗悪な種子を使用した例がみられるが、その場合の耐病性についての検討が必要である等々の問題点を指摘している。その中でレースに関しては、1955 年以降 C-1 型の分布があるので、ユーカラのみが多発したこの現象を C-1 型で説明することは病原性から見て困難だとも述べている。

このあと各地から中国品種杜稻、荔文江のいもち抵抗性を導入して育成された関東 51 号、53 号などの真性抵抗性品種が新しいレースの出現によって罹病化する事態がおこり、病原性分化現象がいもち病防除の現場で重視されて、この面の研究が広く行われるようになってきた（秋田県でもウゴニシキで 1964 年から局発したが広域的に激発したのは 1965 年からであった¹⁶⁾。これから北海道の発生事例を優先した）。

1) 日本における旧判別体系

1954 年に農林省の病害虫発生予察事業の特殊調査課題（主な作物の病害虫で、その発生生態等の不詳なものを選び、予察、防除法等確率の視点から重点地域、場所を選び、その解明に当たった特殊調査事業）として、「稲熱病菌の菌型に関する研究」がスタートした¹⁰⁾。

この研究はそれまでの知識・経験から抵抗性が異なると考えられた外国品種を含む多数の品種に対して、わが国の各地から分離された多数のいもち病菌株を接種して、その結果を整理し、イネ品種といもち病菌株

をグループ分けしながら進められてきた。それらの経過は後藤和夫氏が詳しく述べている¹⁰⁾。

この試験方法の基本的な点は以下のとおりである。

- 1 供試菌は罹病標本から単孢子分離して用いる。
- 2 接種には新鮮な孢子を用い、判別品種の4葉期の苗に分生孢子液を噴霧接種する。
- 3 孢子濃度は1 mL中に5～10万個、接種7～10日めに接種時の半展開以上の最上位の病斑型を調査する。
- 4 病斑型の類別基準は別に定めるが、HR型とR型は抵抗性(R)反応、MS型とS型は罹病性(S)反応とする。RS型は中間(M)反応としてレース判別に用いる等である。

この共同研究の成果は次のとおりである。

- 1 判別品種は、下品種群(インド稲型イネの抵抗性をもつもの)～Tetep、Tadukan、烏尖。
- 2 C品種群(中国稲の抵抗性をもつもの)～長香稻、野鷲粳、関東51号。
- 3 N品種群(日本稲群)～石狩白毛、ほまれ錦、農林22号、愛知旭、農林20号。

レースの命名には判別品種の各群に対する病原性に従って3群に分けられる。

Tレース群～T群判別品種の1つ以上が罹病性反応を示すもの。

Cレース群～T群判別品種はすべて抵抗性反応を示し、C群判別品種の1つ以上が罹病性反応を示すもの。

Nレース群～T群、C群の判別品種には病原性はなく、N群判別品種の1つ以上だけが罹病性反応を示すもの。

この方式で1966年までに類別されたものは、T群3、C群9、N群6、計18レースであった。この中には登録後にほとんど検出されなかった

ものもあった。普遍的に見出されたものはT-2、C-1、C-3、C-6、C-8、C-9、N-1、N-2、N-4などであった。

以上のような成果の具体例として、1964年ユーカラの異常多発のみられた北海道において、次年度の1965年を含む2カ年のレース消長を参考までに記載すると、1964年度は供試菌株数74のうち、C-1は24.3%、C-2、C-4がともに4.1%、C-7が5.4%、C-8が14.9%、1965年度は44菌株供試してC-1、13.6%、C-7、2.3%、C-8、6.8%、N-2、72.7%、N-1、4.5%（主なるもののみ掲載）であった。外国稻系の奨励品種編入に伴う広域化と罹病化は、C-1、C-2、C-7、C-8に由来すると考察している²⁾。

2) 日本における新判別体系

いもち病菌のレース判別が出来るようになったことから、いもち病抵抗性の遺伝学的研究も進んできた。その中で真性抵抗性遺伝子を1つずつ持っているものの組合せが最も判別能力が高いものになるということで、旧判別品種のうち、関東51号、石狩白毛、愛知旭がそれぞれ1つの遺伝子Pi-K、Pi-i、Pi-aを単独に持つので問題はないが、他品種は複雑な遺伝子構成を持つので不都合とされた。さらにフクニシキに導入されているPi-zが判別品種に含まれていないこと等が指摘された。このことから、1976年に新しい判別体系が提案されて今日に至っているわけである^{17)、18)}。

この判別体系は表1、2に示したように9判別品種が用いられる。

これらの判別品種は前述したように、日本に発生するいもち病菌に有効な真性抵抗性遺伝子のうち主要なものを1つずつ持っているものである。この9判別品種=9抵抗性遺伝子を表のように3品種ずつまとめ、それに対してそれぞれ1桁、2桁、3桁の数字のコード番号を与えておく。そしてあるレースの名称は、そのレースが侵しうる判別品種=抵抗性遺伝子のコード番号の数字の和をもって表現するようにした点が特筆される。

例えば表から新2号のみを侵すレースは001であり、この新2号と愛知旭、さらに石狩白毛の3つの品種を侵すレースは、判別品種のコード番号のそれぞれを加えたもの、即ち、 $1 + 2 + 4 =$ レース007となる。同様に新2号、愛知旭とさらに関東51号、ツユアケ、ヤシロモチ、PiNo.4をも侵しうるレースは、 $1 + 2 + 10 + 20 + 100 + 200 = 333$ となる。

逆にレース333は、1, 2, 10, 20, 100, 200に分解できるから、このレースがそれらのコード番号を持つ判別品種＝抵抗性遺伝子に病原性を持っていることがわかる。即ち、レースの病原性をその番号から直ちに知りうる利点をもっているのである。

レースの名称を判別品種のコード番号、例えば新2号の1とせずに001とか、37とせずに037とした理由は、今後外国品種の抵抗性遺伝子が新たに導入された場合、それに対する病原性の有無を判別するために、その遺伝子を持つ判別品種を加える必要があるためである。そして追加品種も3品種ずつグルーピングして、第2、第3の追加判別品種には2000, 4000のコード番号を与え、さらに第4の追加判別品種には10000のコード番号を与えれば、十分に相互関係が理解できるようにしたためである。

なお参考までに新方式と旧方式により判別されるレース関係は表3に示すとおりである。

3 日本におけるレースの分布

古い判別法によるレースの全国分布については、1954年からスタートした「稻熱病菌の菌型に関する研究」の共同研究の過程で各地域を分担して調査したレース同定の集計結果がある。

新しい判別品種体系では、1976年と1980年に全国調査を実施している。また、比較的近年の東北地方における分布調査は、東北農試が当該県の協力を得て、各地域を年度ごとに分けて調査した。その結果は北日

本病害虫研究会報に報告されている。

それらのうち東北地方におけるレース分布について述べてみる。

1) 1986年の秋田県大曲、仙北地方および 山内村におけるイネいもち病菌レース¹¹⁾

107 菌株は 6 種のレースに分れ、その分布率は 007 が最も高く全体の 64 %を占め、003, 037 がこれに次いでともに 15 %であった。

地域別にみると、大曲市、仙北地方では 007 の分布率が最も高く、003 と 037 がこれに次ぎ、033, 077 は低かった。山内村では 037 の分布率が高いうえ、上記地域にはほとんど存在しない 047, 077 が分布していた。その理由は 1980 年から 1983 年にかけて Pi-z をもつ品種やまてにしきと、Pi-k, Pi-z をもつアキユタカの栽培が全体の 40 ~ 60 %を占めていたことに原因するとみられている。

あきたこまち (Pi-a, Pi-i) の作付増加とともに、Pi-i 型品種を侵害するレースの分布率は干畑町の 80 %を除き、各地であきたこまちから 100 %の分布率を示した。

2) 1988年に宮城県・福島県で発生した イネいもち病菌レース¹³⁾

宮城県から分離された 58 菌株は 4 種のレースに分けられた。うちレース 003 の分布率が 93.1 %と極めて高く、その他の 007, 013, 033 は僅少の分布率であった。罹病品種 6 種は真性抵抗性遺伝子が + か Pi-a のもののみで、品種はササニシキが大部分を占めていた。

福島県から分離された 52 菌株は 5 種のレースに分けられた。各レースの分布率は 007 が最も高く (73.1 %)、次いで 003 であり、033, 037 は僅少であった。037⁺ はハマアサヒとその周辺のアキヒカリから分離されている。分離した標本の 7 品種の真性抵抗性遺伝子型は Pi-a 型、+ 型、

Pi-aPi-i型、Pi-i型、Pi-aPi-iPi-KPi-b型があつて品種構成が複雑である。品種ではコシヒカリ、初星が多く、アキヒカリがこれに次いだ。

前回調査のレース 003、007 の分布率と今回の調査結果を比較すると、宮城県では変化はないが福島県では 003 が減少し、007 が増加している。Pi-iをもつ初星の作付増加が原因と考察している。

表1 日本における旧判別品種体系と、それによって判別されたレース

判別品種	レース			T群									C群						N群					
	T-1	T-2	T-3	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6						
T 群 Te-teP Tadukan 鳥 尖	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	S	S	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
C 群 長 香 稲 野 鷄 梗 関東51号	S	-	-	S	M	-	S	-	S	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-					
	S	-	-	S	M	S	-	S	-	S	S	S	-	-	-	-	-	-	-					
	S	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-	-	-					
N 群 石狩白毛 ほまれ錦 銀 河 農林22号 愛 知 旭 農林20号	S	-	S	S	S	-	S	S	S	-	-	S	S	-	-	-	S	S						
	S	S	S	S	S	-	S	S	-	S	S	-	S	S	-	-	-	-						
	S	S	S	S	S	S	S	S	-	S	S	S	S	S	-	S	S	-						
	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S						
	S	S	S	S	S	-	S	S	S	S	S	-	S	S	S	-	-	S						
	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S						

注) S:罹病性反応 M:中間反応 -:抵抗性反応(山田昌雄1987)

表2 日本における新レース判別体系と、主要レースの反応

判別品種	抵抗性 遺伝子	コード 番号	レース														
			001	003	007	017	031	033	037	101	102	103	107	137	303	333	
新 2 号	Pi-k ⁶	1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	—	S	S	S	S	S
愛 知 旭	Pi-a	2	—	S	S	S	—	S	S	—	S	S	S	S	S	S	S
石 狩 白 毛	Pi-i	4	—	—	S	S	—	—	S	—	—	—	S	S	—	—	—
関 東 5 1 号	Pi-k	10	—	—	—	S	S	S	S	—	—	—	—	S	—	—	S
ツ ユ ア ケ	Pi-k ⁶	20	—	—	—	—	S	S	S	—	—	—	—	S	—	—	S
フ ク ニ シ キ	Pi-z	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ヤ ジ ロ モ チ	Pi-ta	100	—	—	—	—	—	—	—	S	S	S	S	S	S	S	S
Pi No. 4	Pi-ta ²	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	S	S
と り で 1 号	Pi-z ¹	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注) S：罹病性反応、—：抵抗性反応。

(同上)

表3 日本のいもち病菌レース判別体系における新旧レースの対比

旧レース	新レース
T-1	137
T-2	102,103,303
T-3	107,307
T	113,131,331,333
C-1,C-2,C-4,C-5,C-6	017,037
C-3	031
C-7,C-8	013,033
C-9	035
N-1,N-6	007
N-2,N-3	002,003,403
N-4	001,101,401
N-5	005

(同上)

3) 1990年に秋田県で発生したイネいもち病菌レース¹⁴⁾

秋田県から系統抽出した157地点から9月13日～25日に穂いもち罹病標本を採集し、温室で孢子形成したものを材料として用いた。

その結果6レースが分離された。それらは003, 007, 033, 037, 107, 307であった。レース007, 037, 107, 307のように真性抵抗性遺伝子Pi-iを持つ品種を侵害できる菌株の分離率が全体の89%を占め、なかでもレース007の分離率が76.7%と著しく高いのが特徴である。

この10年前(1980)に行った調査では、Pi-i侵害レース(007, 047)の分離率は全体の15%であったから、この10年間にレース構成が大きく変化したことを示している。秋田県内部を北部、中央部、南部に3区分して、そのレース分布を比較すると、レース構成は地域によって若干異なり、Pi-i侵害菌株の分離率が県南部で高く(100%)、中央部でやや低い(62%)傾向が認められた。

このようなレース構成の年次間差、地域間差は、作付品種の真性抵抗性遺伝子型と密接に関係するものとみられる。1980年にはPi-iを持つ品種が2.9%しか作付されていなかったのに対して、1990年には良食味品種あきたこまち(Pi-a, Pi-i)の作付が急増し、また、たかねみのり(Pi-i)の導入もあって、Pi-iを持つ品種が57.8%を占めるようになった。圃場抵抗性が中～やや弱であるあきたこまちの急増に伴ってその侵害レースの密度が高まり、発病好適環境の到来によって、レース007などが増加したものとみられる。また、レース構成の地域間差についても、作付品種の真性抵抗性遺伝子型と関係が深いとみられる。県南部ではPi-i侵害レースだけが分離されたのはあきたこまちの作付率が特に高いことに由来し、また、県中央部におけるレース003の分離率が他地域より高いのはササニシキ(Pi-a)の作付率が高いことに起因していると推察している。真性抵抗性遺伝子型Pi-aのササニシキ、トヨニシキ、キヨニシ

キ、アキヒカリからもPi-i侵害レースが分離されるが、これは主要品種のあきたこまちに発生したレースがその地域にまん延し、周囲の他品種に伝播したものと推察される。

4) 1991年に岩手県・山形県および福島県に 分布したイネいもち病菌レース⁶⁾

レース調査は岩手、山形県では1980年以降、福島県では1988年以降行っていない。この間1991年には3県とも葉、穂いもちが多発したが、気象条件以外に本菌レース分布も多発生に影響したと考えたので分布調査を実施した。

岩手県125、山形県42、福島県31地点から葉、穂いもち罹病サンプルを採取した。

岩手県では9レースが分離されたが、レース007の分離率が58%と最も高く、真性抵抗性遺伝子Pi-iを侵害できる菌株が全体の63%を占めた。この結果は、Pi-iを侵害できるレースの分布率が6%であった1980年と著しく異なった（分布率では10倍以上となっている）。岩手県では1991年は全作付面積の43.2%があきたこまち（Pi-a, Pi-i）や、たかねみのり（Pi-i）のようなPi-iを持つ品種で占められた。しかし、1980年には作付面積の91%がPi-a型品種で占められ、Pi-i型品種はほとんど作付されていない。Pi-iを持つ品種の作付けの急増によりPi-iを侵すレースの分布密度が高まったものと考える。

山形県では分離菌株の61%がレース003で、それ以外の菌株（分離率39.4%）はPi-iを侵害できるレースのみであった。このレース003の分離率は1980年の結果と同じだが、Pi-iを侵害できレースの分離率は前回より高い。岩手県と同様に、近年Pi-iを持つ品種の作付面積率が増加しており（1980年4.1%、'91年20.3%）、Pi-iを侵害するレース分離率の高まりはこの作付面積の増加によって生じたものであると考える。

福島県では分離菌株の52%がレース003, 33%がレース007, 15%がレース037で、1988年の007優占の場合と異なった。1988年には初星(作付面積率25%)で激発し、そこからレース077が広まり、優占したと考えられている。今回の調査では各レースの分離率は、ほぼ各抵抗性遺伝子を持つ各品種の作付面積率と比例していた。

3県調査を含め、本菌のレース分布状況は、各抵抗性遺伝子を持つ品種の作付面積に大きく影響されることは明らかであると結論している。

5) 1995年岩手県で多発した「かけはし」といもち病菌レース

岩手県では1995年から本格的にかけはしの作付に入ったが、各地でいもち病が多発生し、安定生産上の問題となっている。この多発生要因のうち、気象、防除、施肥についての解析は、平成7年度指導上の参考事項に詳細に述べられているのでそれを参照されたい。ここではレースに視点を当てて述べてみる。

かけはしの真性抵抗性遺伝子はPi-iであり³⁾、この品種に置き換えられる前のたかねみのりのPi-iと同じである。岩手県の栽培品種ではこのほかにひとめぼれ、ゆめさんさがPi-iの真性抵抗性遺伝子型である。かけはしの場合はそれまで同じPi-iを有するたかねみのりが長期間栽培されていたから、この地帯ではレース007, 017, 037, 107, 137, 307のいずれか、またはそれらの複数レースが長く存在していた筈だから、このレースはそのままストレートにかけはしに寄生出来たわけである。そのうえ圃場抵抗性がたかねみのりより弱いので、いったん感染すればたかねみのりに比較して多発生するのは当然の結果である。今後同品種の安定的栽培にはいもち病防除は不可欠の課題となる。

表4 1990年に秋田県で分離されたレース

採集地域	品種	分離レースとその数					
		003	007	033	037	107	307
県北部	あきたこまち		12		1	1	
	ササニシキ		2			1	
	キヨニシキ	1	5				
	不明	5	20				
県中央部	あきたこまち	2	9				2
	ササニシキ	11	5	1			
	トヨニシキ		1				
	アキヒカリ		1				
	コシヒカリ		1				
	不明	6	12				1
県南部	あきたこまち		25		1		
	ササニシキ		2				
	キヨニシキ		4				
	アキヒカリ		1				
	たかねみのり		1		1		
	秋田38号		1				
	不明		10				
計		25	112	1	3	2	3
(分離率%)		(17.1)	(76.7)	(0.7)	(2.1)	(1.4)	(2.1)

注) 県北部：鹿角、北秋田、山本 県中央部：秋田、由利 県南部：仙北、平鹿、雄勝 (園田ら1991)

表5 1980年および1990年の秋田県における主要品種作付率

品種	1980年		品種	1990年	
	真性抵抗性	作付率		真性抵抗性	作付率
	推定遺伝子型	(%)		推定遺伝子型	(%)
キヨニシキ	Pi-a	51.0	あきたこまち	Pi-a Pi-i	56.5
トヨニシキ	Pi-a	21.5	ササニシキ	Pi-a	22.5
ササニシキ	Pi-a	11.8	キヨニシキ	Pi-a	15.1
アキヒカリ	Pi-a	9.7	トヨニシキ	Pi-a	1.1
アキユタカ	Pi-k Pi-z	5.5	たかねみのり	Pi-i	0.9
あさあけ	Pi-a Pi-i	1.8	美山錦	Pi-a Pi-i	0.4
ヨネシロ	Pi-i	1.1	アキヒカリ	Pi-a	0.4

(同上)

表 6 1991年に岩手県、山形県および福島県で分離されたイネいもち病菌のレース

採集県	分離品種	真性抵抗性推定		分離レースとその数							
		遺伝子型	003	007	037	037 ⁺	077	103	107	303	307
岩手県	ササニシキ	Pi-a	19	6				1		1	
	あきたこまち	Pi-a Pi-i	3	22	1						1
	たかねみのり	Pi-i	1	10		1	1				
	ひとめぼれ	Pi-i	1	4							
	チヨホナミ	Pi-a						1			
	トヨニシキ	Pi-a	1								
	ゆきひかり	(Pi-a Pi-i)		1							
	不明		5	7							
	計		30	50	1	1	1	1	1	1	1
(分離比率%)		(34.5)	(57.5)	(1.1)	(1.1)	(1.1)	(1.1)	(1.1)	(1.1)	(1.1)	
山形県	ササニシキ	Pi-a	22	1	1						
	はなの舞	Pi-i	1	10			1				
	あきたこまち	Pi-a Pi-i		1							
	コシヒカリ	+		1							
計		23	13	1		1					
(分離比率%)		(60.5)	(34.2)	(2.6)		(2.6)					
福島県	コシヒカリ	+	6	3							
	初星	Pi-i		2	2						
	ササニシキ	Pi-a	3								
	チヨニシキ	Pi-a	1								
	はなの舞	Pi-i		2	1						
	あきたこまち	Pi-a Pi-i	1								
	ヒメノモチ	Pi-k			1						
	五百万石	Pi-i	1								
	美山錦	Pi-a Pi-i	1								
	こがねもち	Pi-a		1							
不明		1	1								
計		14	9	4							
(分離比率%)		(51.9)	(33.3)	(14.8)							
合計	(分離比率%)	67	72	6	1	1	2	1	1	1	
		(44.4)	(47.4)	(3.9)	(0.7)	(0.7)	(1.3)	(0.7)	(0.7)	(0.7)	

(小泉ら1992)

表7 1991年の岩手県、山形県および福島県における主要品種の作付面積率

岩手県			山形県			福島県		
品種	真性抵抗性	作付面積	品種	真性抵抗性	作付面積	品種	真性抵抗性	作付面積
	推定遺伝子型	率 (%)		推定遺伝子型	率 (%)		推定遺伝子型	率 (%)
ササニシキ	Pi-a	42.6	ササニシキ	Pi-a	70.9	コシヒカリ	+	42.8
あきたこまち	Pi-a Pi-i	29.9	はなの舞	Pi-i	15.9	初星	Pi-i	27.2
たかねみのり	Pi-i	13.3	あきたこまち	Pi-a Pi-i	4.4	ササニシキ	Pi-a	14.0
チヨホナミ	Pi-a	3.1	キヨニシキ	Pi-a	3.2	チョニシキ	Pi-a	3.4
いわて21	(Pi-a)	2.5	コシヒカリ	+	1.9	はなの舞	Pi-i	1.5
トヨニシキ	Pi-a	2.4	さわのはな	Pi-a	1.2	あきたこまち	Pi-a Pi-i	1.5
						たかねみのり	Pi-i	1.2
						日本晴	Pi-a	1.2

(同上)

4 レース分布変動はどうしておこるか

レース分布は、侵害出来る品種の作付け動向によって左右されることを具体例をもって示した。秋田、岩手、宮城、山形、福島県の調査事例（1986～1991）はともにその地域における作付面積に支配されると結論されている。

いっぽう、発生菌の性質もレース分布には影響するといわれ、その一例として、優勢レースは病斑上の孢子形成量が旺盛であり、希少レースはそれとの競合に弱いために岩野氏らは考察している⁵⁾。

1) 栽培品種の影響

新しい真性抵抗性を持った品種が導入されて栽培されると、当初はその品種を侵し得るレースが存在しないから、いもち病の発生のない状態が続くことになる。しかし、何年か経過してその品種の作付面積が拡大すると、ほとんどが発病するようになる。これを抵抗性品種の罹病化といい、実用上重大な問題に発展することになる。この例はかつて1965年頃にクサブエなど一連のPi-k型品種の罹病化をはじめとして多くの事例があり、それによって県の奨励品種採用予定を急きょ取りやめたり、奨励品種から除外した経験を私も持っている。

それまで抵抗性品種であったものがひとたび罹病化すると、その品種の上では他のレースとの競合がなく、選択的に増殖される。その速度と量は、圃場抵抗性が弱いほど、また作付面積が大きいほど早くて大きい。

抵抗性品種の罹病化が起ると、前述のようにその品種の作付は急減して、真性抵抗性の異なる品種にもどるが、それが圃場抵抗性の弱い場合は同じように数年内に再び激発することになる。これのくり返しがいつも行われている。

2) 発生菌の特性と影響

ある地域には、その地域の環境条件に適した菌系統が増殖することが考えられる。レースは品種に対する病原性で類別されるものであるから、特定のレースがふえたことと環境条件との間は無関係のようにも考えられるのであるが、しかし、ある系統が他よりも有利に増殖したとすれば、その系統の所属レースが増殖して、優勢になったような現象がみとめられることになる。

このことに関しては次のような実験結果がある。

八重樫氏ら¹⁵⁾はレース分布支配要因の解析で、菌糸発育温度のレース間差異を試験した。菌糸発育の上限温度では、高いほうからC-3,T-2,C-8,N-2,N-1,C-1,C-6の順(但し、C-8,N-2で、N-1,C-1で、C-1,C-6間では有意差なし)で温度による発育差があること、菌糸発育の適温範囲ではT-2,C-8,0-3,N-2,N-1,C-1,C-6の順で広→狭の順位を認めている(但し、T-2からN-1までと、N-1とC-1間では有意差なし)。

圃場におけるいもち病発生時期の温度条件を考えた場合、T-2,C-8,C-3,N-2の温度範囲がC-1,C-6よりも広く、しかもその差が26℃以下の温度で顕著であることは、前者を優勢化させた要因の1つであろうと考察した。また、山形、愛知、大分の各県から採集したN-2,C-8についての菌糸発育温度には地域差のないことを確認し、上記現象は普遍性のあることを裏付けしている。

このほか新潟県では、作付品種が変わらないのにC-1が減り、C-8が増加した原因を、培地上の菌糸伸展、胞子形成数、噴霧接種による罹病型病斑数など増殖や量的な病原性の点でC-8レースにすぐれた菌株が多いから、結果としてこのレースが広く分布するであろうと考察した(岩野ら)⁴⁾。

5 レースの起源

新しい病原性をもつレースの出現はどのようにして起こるのかについては、これまでにいくつかの仮説が出されているが、最近になって山形大学農学部、生井恒雄氏の研究成果が注目されている。それらを中心に紹介する⁹⁾。

1) 新レース発生のメカニズム

(1) レース間の交雑（有性的交雑）

いもち病菌は培地上で有性世代が知られているが、野外のイネ体上では完全世代が発見されていない。したがって有性的交雑によって新しいレースが野外交雑で発生する可能性は極めて低いと考えられている。

(2) 突然変異

病原性に関する遺伝子の突然変異によるレース生成の可能性は高いと今日では一般的にみられている。生井氏は山形県で「はえぬき」「どまんなか」に非親和性のレース 003, 103 を「はえぬき」水田周辺の「ササニシキ」の自然発病穂から採集し、この2品種の穂に接種して、多くの分生孢子を形成させた。このように「はえぬき」非親和性レースが「はえぬき」の穂を通過することにより、「はえぬき」葉に病原性を示す新レースの生成現象は、突然変異による可能性が高いと考察している。

(3) 菌糸融合に続く無性的交雑

内藤氏らは菌糸融合が高い頻度で生ずるレースとして 303, 033, 077 をあけ、これらを周し、てコシヒカリ幼苗葉に2菌株を対し接種（レース 303 × 033, 303 × 077）、または各レース単独接種苗をコシヒカリ栽

植田内に各レース接種苗を互いに隣接させて混植した。その結果 303 と 033 菌株の対し接種と混植区ともに、両接種菌株の病原性を合わせもった新レース 333 および 133 菌株が高い頻度で分離することが出来た。この新レース 333, 133 の誕生は、試験用のイネ体上において、両菌の菌糸融合によって無性的交雑の結果生じた可能性が高いと結論している⁸⁾。

セロファン膜上でいもち菌を培養して、菌糸融合から核融合に至る過程は顕微鏡で詳細に観察されており、同一レース、異なるレース同士の栄養菌糸が融合することと、その後無性的交雑の過程も明らかになっている¹²⁾。

2) 新レース生成が考えられるイネ体の部位

生井氏 (1995) はこれまでの経験から、抵抗性品種の崩壊までにはある程度の時間が必要で (平均 2.8 年で外国稲由来の抵抗性品種が罹病化する…渡辺 1980)、その理由は新レースの発生には非親和性レースが抵抗性遺伝子と遭遇し、しかも次世代が形成される (この場合は分生孢子のこと…注:筆者) 場所が必要であると述べた。そして非親和性レースが感染できるイネの部位を次のようにあげている。

(1) 葉身

葉身では一般に非親和性レースを接種すると大部分は褐色の小病斑を形成するか無病斑となり、そこには分生孢子は形成されない。しかし、ごく例外的な品種によって葉緑部や中肋などに崩壊部を持つ細長い病斑が形成される場合があり、ここでは孢子が形成される。

内藤氏⁷⁾ はササニシキに病原性をもち、ふ系 69、タチホナミに病原性をもたない N-1 と、ふ系 69、タチホナミに病原性をもち、ササニシキに病原性をもたない C-3 を用いて試験した。まずレース N-1 をササニシキに接種し、発病したときその病斑部にレース C-3 を接種した。その

6-13日後にこの病斑上の胞子をふ系69、タチホナミ幼苗に接種して病斑を形成させることができた。このことから親和性レースにより形成された病斑上で非親和性レースが増殖でき、胞子も形成されるとしている。したがって、葉身も場合によっては新レース生成の場となる可能性があると思われる。

(2) 葉舌、葉耳組織

この器官は本来感受性が高く、野外では目立たないがよく観察すると早期に萎ちようしているのがみられる。両組織には非親和性レースも侵入、増殖して分生胞子も形成するといわれている。

(3) 穂

非親和性レースも穂に接種すると発病することはよく知られているところである。葉身接種法によって検定しているいもち病菌レース判定法は、穂では異なる場面を提供しているわけで、穂を別にして考えてみる必要がある。新レース生成の場としては当然ながら有力な部位であることにかわりない。

3) 非親和性レースの通過で得られた変異菌

このことに関して生井氏は、穂を用いて検討しているが次のように述べている。

山形県庄内地方は古くから平坦地ではササニシキ (Pi-a) がほぼ単作的に栽培され、他品種の作付はみられていない。ところが、1992年から平坦部に「はえぬき」中山間地に「どまんなか」(ともにPi-a, Pi-i) が栽培され、品種交替がはじまった。したがってレース面からみれば003 (Pi-a=ササニシキ) 優占地域にPi-iを持つはえぬきの栽培は、真性抵抗性品種の導入とみなし、その罹病化の過程に注目した。

抵抗性品種が罹病化するときには、それに先行してその穂に微感染が観察されること、穂には非親和性レースが感染し、孢子形成がみられることの既知見から、上記の地域はこれにうまく一致する条件と考えたのである。

野外での罹病化現象の実証には、野外に発生した菌株を用いる必要があるので、はえぬき水田周辺のササニシキの自然発病穂上の非親和性レースを用いた。また、別のレースの外部からの混入を防ぐため、穂ばらみ期（即ち出穂前であることに注目）に注射接種する方法を採用した。

その結果供試したレース 003, 103 の非親和性レース菌株は、ともにはえぬき、どまんなかの穂に感染し、多くの分生孢子を形成したと述べている。そして、複数の圃場から得た非親和性レースがはえぬきの穂を通過することにより、はえぬきに罹病性を示す新レース（葉身に典型病斑形成）を生成したとしている。

このようにそれまで栽培実績のない新たな真性抵抗性遺伝子をもつ品種も栽培年数が経過するにしたがい、次第にそれを侵し得るレースの増殖により罹病化のみちをたどるようになるのである。その後の発生量は品種固有の圃場抵抗性の強弱によって、或いはまん延に好適した環境条件によって発生量の多少がきまるようになる。

6 病原性の変異

レースはどのようにして生まれるのか、或いはレース分布の変動は対応する品種の作付動向によって左右されることなどについて述べてきた。これらのこととともに病原菌には宿主を侵しうる能力が変わる現象、すなわち病原性の変異という問題も存在する。

いもち病菌株を培地に保存し、しばらくしてからレース検定を行うと、前回と別のレースに同定されることがある。この場合、病原性がまった

く変わるということではなくて、1～2の判別品種に対する病原性の獲得であったり、或いは逆に失ったりして、特定の病原性遺伝子に変異を生じたものと考えられている。保存中の菌株がまったく病原性を失ってしまうことはよく経験することでもある。これはいもち病菌に限ったことではなく、他の植物病原菌においても認められる現象である。

このような病原性の変化は、培地上の菌叢が一時に変化するのではなく、変異細胞に由来する菌叢の小部分が変異して、その部分を増殖して接種に用いた結果異なるレースに判別された結果となるものと考えられる。このため、培地上で長期間培養しておくことと起りやすいこの現象をさける意味で、供試菌を分離したあとは速やかにレース判別品種に接種するように心掛けているという。

このような病原性の変異が極めて高い頻度でおこるとすれば、レース検定の根幹にもかかわる重要な問題でもある。学者（フィリピン、韓国、日本など）間でも必ずしも見解が一致しているとは限らない面もある。このことからかつては国間の共同研究が行われた経過があった。その結果、低率ではあるが病原性の変異現象はみられている。

わが国でいもち病菌レースの研究に長期間携わってこられた山田昌雄氏¹⁶⁾は、東アジアの稲作国では、我が国のように品種数は多くとも母本系統が類似していて、遺伝子組成が単純な条件とは事情が異なっており、発生するいもち病菌は遺伝子的に複雑だから、ヘテロな状態で常に病原性が変化しているものが存在するだろうと考察している。そして、課題として、変異と環境条件による病原性の変動が区別できる実験法の確立が必要であると述べている。

●参考文献

- 1) 岩田勉ら 北日本病虫研報 16 (1965)
- 2) 岩田勉 北日本病虫研報 17 (1966)
- 3) 岩手県 平成8年度稲作指導指針 (1996)
- 4) 岩野正敬 北陸農試報告 25 (1983)
- 5) 岩野正敬ら 北日本病虫研報 34 (1983)
- 6) 小泉信三ら 北日本病虫研報 43 (1992)
- 7) 内藤秀樹 日植病報 45.272～274 (1979)
- 8) 内藤秀樹ら 日植病報 54.3 (1988)
- 9) 生井恒雄 植物防疫 49.12 (1995)
- 10) 農林省植物防疫課 病虫害発生予察特別報告 5 (1961)
- 11) 李家瑞ら 北日本病虫研報 38 (1987)
- 12) 斉藤初雄ら 日植病報 58.4 (1992)
- 13) 園田亮一ら 北日本病虫研報 40 (1989)
- 14) 園田亮一ら 北日本病虫研報 42 (1991)
- 15) 八重樫博志ら 北日本病虫研報 22 (1972)
- 16) 柳田騏策ら 北日本病虫研報 17 (1966)
- 17) 山田昌雄 植物防疫 30.6 (1976)
- 18) 山田昌雄ら 稲いもち病、養賢堂 189～274 (1987)

