

## イネいもち病菌の病原性突然変異頻度の推定

石川 浩司<sup>1,2\*</sup>・黒田 智久<sup>1,3</sup>・佐藤 秀明<sup>1,4</sup>

Kouji ISHIKAWA, Tomohisa KURODA, Hideaki SATO :

Estimating the rate of the mutation of rice blast fungus from avirulent to virulent

イネいもち病菌の病原性突然変異菌の出現頻度を、イネ葉身で孢子形成させた場合とオートミール培地で培養し孢子形成させた場合について推定した。レース001.0, 007.0の菌株と親和性品種「コシヒカリ」、非親和性品種・系統「コシヒカリ新潟BL3, 4, 5, 7, 8号」(真性抵抗性 *Pita-2*, *Piz*, *Pik*, *Piz-t*, *Pib*) を用い結露処理または噴霧接種を行い、突然変異頻度を推定した。葉身で孢子形成させた場合の突然変異頻度は $2.3 \times 10^{-6} \sim 2.0 \times 10^{-5}$ 、オートミール培地で孢子形成させた場合は $2.8 \times 10^{-6} \sim 2.2 \times 10^{-4}$ と推定された。出現頻度の最大値はオートミール培地の場合が葉身より11倍高かった。また、2つの孢子形成方法で同じレースの変異菌が発生した4事例ではオートミール培地が葉身より9~29倍出現頻度が高かった。オートミール培地での培養・孢子形成は葉身で病斑形成・孢子形成するより突然変異が発生しやすい可能性が示唆された。

Key words : rice blast, *Pyricularia oryzae* Cavara, mutation rate, mutant, race

### 緒言

イネいもち病(病原菌 *Pyricularia oryzae* Cavara) 防除のため1960年代から外国稲の持つ真性抵抗性を導入した品種の育成・普及が行われた。それらの品種は導入当初は極めて高い発病抑制効果を示したが、数年後には導入した品種が持つ真性抵抗性に親和性を示す新レースのいもち病菌が出現し、抵抗性が無効となった(岩野, 1987a)。真性抵抗性品種を単独で使用する欠点を補う利用法として導入された「ササニシキ」, 「コシヒカリ」のマルチライン(佐々木ら, 2002; 石崎, 2010)でも、導入後に新レースの発生が確認されている(笹原ら, 2008; 石川ら, 2013)。非親和性を期待する品種に病原性を獲得した新レースの発生は発病抑制効果の低下要因となり、その出現頻度はレース頻度の変化を予測してマルチラインを継続的に利用するために必要な数値である。

イネいもち病菌の病原性の遺伝的変化要因として、突然変異、有性的組換(交配)、準有性的組換が考えられる(清沢, 1966)。しかし、鈴木ら(2012)はSSRマーカーを用いたイネいもち病菌の集団解析を行い、マーカー間の連鎖不平衡解析の結果、高頻度で連鎖不平衡を検出したことから、いもち病菌の繁殖様式は交雑のない無性生殖に依存したクローン増殖であるとしている。したがって、病原性変異菌は突然変異で発生すると考えられる。いもち病菌の突然変異頻度は、 $2.2 \times 10^{-3} \sim 2.6 \times 10^{-1}$ (清沢, 1966),  $3.7 \times 10^{-6} \sim 4.3 \times 10^{-5}$ (岩野, 1987b),  $1.6 \times 10^{-5} \sim 3.2 \times 10^{-4}$ (高橋ら, 2008)と推定され値が大きく異なっている。これらの試験では、供試品種に噴霧接種を行うかパンチ接種(三沢, 1959)して発病させたイネを伝染源として使用している。接種に用いる孢子はオートミール培地等の合成培地で培養した後に気中菌糸を除去し、BLBランプや蛍光灯などの人工光源を照射

<sup>1</sup>新潟県農業総合研究所作物研究センター Niigata Agricultural Research Institute, Crop Research Center, 857 Nagakura-cho, Nagaoka, Niigata 940-0826

<sup>2</sup>現:新潟県病害虫防除所 Present address: Niigata Prefectural Plant Protection Office, 857 Nagakura-cho, Nagaoka, Niigata 940-0826

<sup>3</sup>現:新潟県農業総合研究所 Present address: Niigata Agricultural Research Institute, 857 Nagakura-cho, Nagaoka, Niigata 940-0826

<sup>4</sup>現:新潟県農業総合研究所佐渡農業技術センター Niigata Agricultural Research Institute, Sado Agricultural Technology Center, 351 Nakaoki, Sado, Niigata 952-1211

E-Mail: ishikawa.koji2@pref.niigata.lg.jp

して孢子形成を促して得られている（吉田・関口，1967）。清沢（1966）は培地での培養中に変異が起こり，失敗した突然変異頻度測定の実験があるとしており，合成培地での培養や孢子形成処理が突然変異頻度の推定値に影響を与えている可能性がある。そこで，イネ葉身で孢子形成させた場合とオートミール培地で培養し孢子形成させた場合について病原性突然変異の出現頻度を推定した。

本研究は農林水産省実用技術開発事業「マルチラインの持続的利用に向けたもち病流行予測システム」で行った。研究内容の一部は事業の成果情報として公開されており，本論文でその詳細について報告する。

## 材料および方法

第1図にイネ葉身およびオートミール培地で孢子形成させた試験のフローチャートを示した。

### 1. 突然変異頻度の推定法

病原性突然変異の出現頻度は，清沢（1966）の間接法により次式で求めた。

$$Ms = Ra/Sa$$

ここで， $Ms$ は病原性突然変異の出現頻度， $Ra$ は非親和性品種の葉身上に生じた罹病性病斑数， $Sa$ は親和性品種の葉身上に生じた罹病性病斑数を表す。

### 2. 供試品種および栽培管理

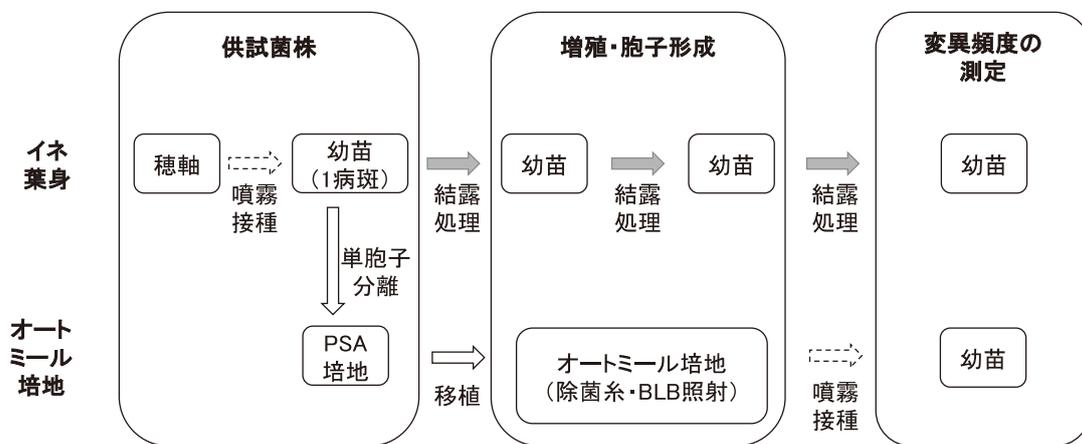
親和性品種として「コシヒカリ」，非親和性品種として「コシヒカリ新潟BL3号」（真性抵抗性*Pita-2*），「コシヒカリ新潟BL4号」（*Piz*），「コシヒカリ新潟BL5号」（*Pik*），「コシヒカリ新潟BL7号」（*Piz-t*），「コシヒ

カリ新潟BL8号」（*Pib*）を用いた。種子は60℃・15分の湯湯処理後，チウラム・ベノミル水和剤の200倍液に48時間浸漬し，徒長防止のため催芽時にウニコナゾールPの150倍液に浸漬した。種子を1つのシードリングケース（縦15cm×横5cm×高さ10cm）に1品種・系統とし60粒（10粒×6列）ずつ播種し，加温出芽した後ガラス温室内で6葉期まで管理した。育苗には市販の粒状培土にピートモスを容積比で4：1に混合し，N， $P_2O_5$ ， $K_2O$ をそれぞれ分量で1ケースあたり0.19，0.28，0.23gとなるよう加えた培土を用い，接種7～10日前に $N0.2g/ケース$ を施用した。育苗中にカスガマイシン・フサライド液剤により3回の薬剤防除を実施した。

葉身による増殖過程での変異菌の出現の有無を確認するため，前述と同様な処理を行った「コシヒカリ」，コシヒカリ新潟BL3，4，5，7，8号の種子を，シードリングケースに各10粒ずつ播種した（以下，変異確認用ケース）。

### 3. イネ葉身で形成した孢子による感染

2006年に新潟県村上市で採集した発病穂軸を温室で孢子形成させ，2007年3月1日に0.01%のTween80希釈液で洗浄して孢子懸濁液を作成し，「コシヒカリ」の苗約60本に噴霧接種した。3月8日に3本の苗でそれぞれ1病斑が確認され，そのうち1病斑を相対湿度100%で1晩静置して孢子形成を促した。3月9日に孢子形成させた苗1本を増殖用の「コシヒカリ」4ケースと変異確認用ケース2ケースと一緒にプラスチックケース（縦55cm×横30cm×高さ28cm）に入れた。超音波式加湿器（コロナ社製UF-500AS）を用い16時から翌10時まで20分に1回，5分間加湿して感染を促した（以下，結露



第1図 試験のフローチャート

処理)。この処理を3月9日から12日まで4日連続で行った。

結露処理によって発病した「コシヒカリ」4ケースを伝染源として、周囲及び上部をビニールシートで囲った温室の水盤上に「コシヒカリ」32ケースと変異確認用ケース13ケースを並べた。結露処理を3月23日から3日連続で行い、超音波式加湿器（日本シーズ線製KUS1200）を用い16時～翌12時まで20分に1回、10分間加湿した。

2回目の結露処理で発病した「コシヒカリ」を伝染源として、病原性突然変異の出現頻度を測定するための結露処理を行った。伝染源として発病した「コシヒカリ」32ケース、変異頻度の分子となる病斑数*Ra*測定用の非親和性品種・系統各30ケース、変異頻度の分母となる病斑数*Sa*測定用の親和性品種「コシヒカリ」15ケースを乱塊法により水盤に並べ、結露処理を4月3日から5日連続で行った。「コシヒカリ」のケースは1回の結露処理終了毎に新しいケースと入れ替えた。

2008年は、2007年に新潟県湯沢町で採集した発病穂軸を用い2007年と同様な試験を実施した。4月10日に穂軸で形成させた孢子により孢子懸濁液を作成して24本の苗に噴霧接種した。5本の苗でそれぞれ1病斑が確認され、そのうち1病斑を供試した。1回目の結露処理を4月17日から4日連続で、2回目の結露処理を5月1日から2日連続で行った。病原性突然変異の出現頻度を測定するための結露処理を5月14日から5日連続で行った。

## 調 査

*Sa*は、「コシヒカリ」15ケースの各ケース12本について感染処理の6～8日後に罹病性病斑数を調査し、結露処理5日分を合計して算出した1個体あたりの病斑数に非親和性品種・系統の全個体数を乗じて算出した。*Ra*は、感染処理9～12日後に測定用の非親和性品種・系統の全個体から罹病性病斑及び崩壊部を有する病斑を採集し、病斑から単孢子分離した菌株でレースを判別し、伝染源と異なるレースの菌株数から求めた。分離菌のレースは常法に従い判別品種への接種（Kiyosawa, 1981；Yamada *et al.*, 1976）で判定した。病原性変異菌と判定された菌株は、再確認のため再度レースの調査をおこなった。

## 4. オートミール培地で形成した孢子による感染

供試菌株は、イネ葉身で形成した孢子による感染試験で最初の伝染源として使用した1病斑から単孢子分離を行い、PSA斜面培地に移植した。2007年はM176菌株、2008年はM716菌株を用い、単孢子分離から5日後にオートミール培地に移植し、10日間培養後に絵筆で除菌糸を行い、BLBランプ照射下で3日間静置して孢子形成を促した。2007年4月18日、2008年5月7日に6葉期まで生育したイネ各18ケースに、2007年は $3 \times 10^5$ 個、2008年は $1 \times 10^5$ 個に調製した孢子懸濁液を20ml/5ケース噴霧接種した。「コシヒカリ」には10、20倍希釈した孢子懸濁液をそれぞれ5ケースに接種した。接種後、相対湿度100%の接種箱に24時間静置した後、ガラス温室で管理した。

## 調 査

*Sa*は、接種濃度の異なる「コシヒカリ」各5ケースの各ケース12本について感染処理の9日後に罹病性病斑数を調査し、1個体あたりの病斑数に非親和性品種・系統の全個体数を乗じて算出した。*Ra*は、感染処理12～14日後に測定用の非親和性品種・系統の全個体から罹病性病斑及び崩壊部を有する病斑を採集し、病斑から単孢子分離した菌株でレースを判別し、伝染源と異なるレースの菌株数から求めた。レースの調査は葉身からの感染試験と同様に行った。

## 結 果

### 1. イネ葉身で形成した孢子による感染

試験結果を第1表に示した。供試した菌株のレースは、M176菌株はレース007.0、M716菌株はレース001.0であった。M176菌株では、*Piz*でレース047.0が確認され出現頻度は $2.7 \times 10^{-6}$ 、*Piz-t*でレース407.0が確認され出現頻度は $2.6 \times 10^{-6}$ 、*Pib*でレース107.0が確認され出現頻度は $2.6 \times 10^{-6}$ であった。M716菌株では、*Pita-2*でレース301.0が確認され出現頻度は $2.3 \times 10^{-6}$ 、*Piz*でレース041.0が確認され出現頻度は $7.6 \times 10^{-6}$ 、*Pik*でレース037.1が確認され出現頻度は $2.0 \times 10^{-5}$ 、*Pib*でレース001.2が確認され出現頻度は $1.4 \times 10^{-5}$ であった。

増殖の過程で設置した変異確認用ケースでは「コシヒカリ」のみで発病が認められ、他の品種・系統の発病は確認されなかった。

第1表 非親和性系統への結露処理・接種による病原性突然変異菌の出現頻度

接種 菌株 (レース)	真性 <sup>a)</sup> 抵抗性	変異菌 の レース	変異菌の出現頻度 <sup>b)</sup>				
			イネ葉身で孢子形成 <sup>c)</sup>		オートミール培地で孢子形成 <sup>d)</sup>		
			出現頻度	95%信頼区間	出現頻度	95%信頼区間	
M176 (007.0)	<i>Pita-2</i>	107.0	ND( $< 2.6 \times 10^{-6}$ )	( $6.6 \times 10^{-8} \sim 7.8 \times 10^{-6}$ )	$5.0 \times 10^{-5}$	( $2.9 \times 10^{-5} \sim 8.0 \times 10^{-5}$ )	
	<i>Piz</i>	047.0	$2.7 \times 10^{-6}$	( $6.6 \times 10^{-8} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ )	$3.0 \times 10^{-5}$	( $1.4 \times 10^{-5} \sim 5.5 \times 10^{-5}$ )	
		047.2	ND( $< 2.7 \times 10^{-6}$ )	( $0 \sim 8.0 \times 10^{-6}$ )	$3.0 \times 10^{-6}$	( $7.6 \times 10^{-8} \sim 1.7 \times 10^{-5}$ )	
		407.0	ND( $< 2.7 \times 10^{-6}$ )	( $0 \sim 8.0 \times 10^{-6}$ )	$3.0 \times 10^{-6}$	( $7.6 \times 10^{-8} \sim 1.7 \times 10^{-5}$ )	
	<i>Pik</i>	017.1	ND( $< 2.6 \times 10^{-6}$ )	( $0 \sim 7.8 \times 10^{-6}$ )	$2.8 \times 10^{-6}$	( $7.0 \times 10^{-8} \sim 1.6 \times 10^{-5}$ )	
		<i>Piz-t</i>	407.0	$2.6 \times 10^{-6}$	( $6.5 \times 10^{-8} \sim 1.4 \times 10^{-5}$ )	ND( $< 2.8 \times 10^{-6}$ )	( $0 \sim 8.3 \times 10^{-6}$ )
	<i>Pib</i>		107.0	$2.6 \times 10^{-6}$	( $6.5 \times 10^{-8} \sim 1.4 \times 10^{-5}$ )	ND( $< 3.1 \times 10^{-6}$ )	( $0 \sim 9.4 \times 10^{-6}$ )
			007.2	ND( $< 2.6 \times 10^{-6}$ )	( $0 \sim 7.7 \times 10^{-6}$ )	$9.4 \times 10^{-5}$	( $6.4 \times 10^{-5} \sim 1.3 \times 10^{-4}$ )
047.2	ND( $< 2.6 \times 10^{-6}$ )	( $0 \sim 7.7 \times 10^{-6}$ )	$6.3 \times 10^{-6}$	( $7.6 \times 10^{-7} \sim 2.3 \times 10^{-5}$ )			
M716 (001.0)	<i>Pita-2</i>	301.0	$2.3 \times 10^{-6}$	( $5.7 \times 10^{-8} \sim 1.3 \times 10^{-5}$ )	$3.7 \times 10^{-5}$	( $9.3 \times 10^{-7} \sim 2.1 \times 10^{-4}$ )	
	<i>Piz</i>	041.0	$7.6 \times 10^{-6}$	( $2.1 \times 10^{-8} \sim 1.9 \times 10^{-5}$ )	$2.2 \times 10^{-4}$	( $8.7 \times 10^{-5} \sim 4.5 \times 10^{-4}$ )	
	<i>Pik</i>	037.1	$2.0 \times 10^{-5}$	( $9.8 \times 10^{-6} \sim 3.5 \times 10^{-5}$ )	ND( $< 3.0 \times 10^{-5}$ )	( $0 \sim 9.0 \times 10^{-5}$ )	
	<i>Piz-t</i>	—	ND( $< 1.8 \times 10^{-6}$ )	( $0 \sim 5.4 \times 10^{-6}$ )	ND( $< 3.0 \times 10^{-5}$ )	( $0 \sim 9.0 \times 10^{-5}$ )	
<i>Pib</i>		001.2	$1.4 \times 10^{-5}$	( $6.1 \times 10^{-6} \sim 2.8 \times 10^{-5}$ )	$1.2 \times 10^{-4}$	( $3.2 \times 10^{-5} \sim 3.0 \times 10^{-4}$ )	

a) コシヒカリ新潟BL3号 (*Pita-2*), 4号 (*Piz*), 5号 (*Pik*), 7号 (*Piz-t*), 8号 (*Pib*) を用いた。

b) 変異菌出現頻度=変異菌の病斑数/(調査本数×「コシヒカリ」1本あたり病斑数)。

NDは変異菌が出現せず、出現頻度は( )内の検出限界以下とした。

c) イネ葉身: 「コシヒカリ」を用い2世代増殖し、結露条件を与え感染を促した。

d) オートミール培地: BLBランプ連続照射下に3日間静置し、孢子懸濁液を噴霧接種した。

## 2. オートミール培地で形成した孢子による感染

試験結果を第1表に示した。M176菌株では、*Pita-2*でレース107.0が確認され出現頻度は $5.0 \times 10^{-5}$ 、*Piz*でレース047.0, 047.2, 407.0が確認され出現頻度はそれぞれ $3.0 \times 10^{-5}$ ,  $3.0 \times 10^{-6}$ ,  $3.0 \times 10^{-6}$ 、*Pik*でレース017.1が確認され出現頻度は $2.8 \times 10^{-6}$ 、*Pib*でレース007.2, 047.2が確認され出現頻度はそれぞれ $9.4 \times 10^{-5}$ ,  $6.3 \times 10^{-6}$ であった。M716菌株では、*Pita-2*でレース301.0が確認され出現頻度は $3.7 \times 10^{-5}$ 、*Piz*でレース041.0が確認され出現頻度は $2.2 \times 10^{-4}$ 、*Pib*でレース001.2が確認され出現頻度は $1.2 \times 10^{-4}$ であった。

## 考 察

本研究では、穂軸に形成された孢子を用い噴霧接種を行い、形成された1病斑を供試菌株として使用した。いもち病で1つの病斑から異なるレースの菌株が分離されることがあり(中西・今村, 1960), 内藤(1979)は親和性菌により病斑が形成された後に非親和性菌を接種すると病斑において低頻度ながら非親和性菌が増殖する現象を確認している。また、1つの葉身に病斑が多数形成されるような条件では、複数の孢子由来の病斑が融合して1病斑を形成することも考えられる。しかし、本研究

では、穂軸で形成された孢子を用いた噴霧接種は1回のみであり、病斑が形成されてから別の菌株が侵入する機会はない。また、約60本、24本の苗に接種して、3病斑、5病斑が形成されたのみで孢子濃度は低かったと推定される。このため、この病斑は単孢子由来である可能性が高いと判断した。

2種類の孢子形成方法で試験を行い、伝染源の菌株(以下、元菌)と異なるレースが、レース007.0のM176菌株から107.0, 047.0, 047.2, 407.0, 017.1, 007.2の6種類、レース001.0のM716菌株から301.0, 041.0, 037.1, 001.2の4種類が得られた。本研究では高橋ら(2008)のように菌株特異的のマーカを用い変異菌が元菌由来かの確認を行っていないが、試験は野外でいもち病が発生しない時期に実施し、得られた菌株のレースは037.1を除き新潟県内に分布していないレースであり(石川ら, 2005), 突然変異によって生じたと考えられる。

葉身で孢子形成させた場合の突然変異頻度は $2.3 \times 10^{-6} \sim 2.0 \times 10^{-5}$ 、オートミール培地で孢子形成させた場合は $2.8 \times 10^{-6} \sim 2.2 \times 10^{-4}$ であり、出現頻度の最大値はオートミール培地の場合が葉身より11倍高かった。また、両方法で同じ新レースが発生した4事例ではオートミール培地の方が9~29倍頻度が高く、変異菌が片方の

胞子形成方法のみで確認された9例中オートミール培地は6例、葉身は3例で、オートミール培地の事例数が葉身より多かった。

葉身で胞子形成した場合の突然変異頻度は、清沢(1966)の $2.2 \times 10^{-3} \sim 2.6 \times 10^{-1}$ より低かった。清沢(1966)はジャガイモ寒天培地上で培養されている間に突然変異したものを使用した試験があった可能性があり、培養中の突然変異の影響で推定値が高くなったと推定される。岩野(1987b)は突然変異頻度を $3.7 \times 10^{-6} \sim 4.3 \times 10^{-5}$ と推定し、本研究と同程度であった。しかし、*Sa*を親和性品種の葉身上に生じた罹病性病斑数ではなく、非親和性品種の葉身上に生じた褐点型病斑で算出している。親和性品種に生じる病斑の数は、付着器を形成し組織内に侵入した胞子の割合から推定される値より少ない(吉野, 1979)。したがって、非親和性品種の葉身上に生じた褐点型病斑数は親和性品種の葉身上に生じる罹病性病斑数より多く、*Sa*が過大に算出され突然変異頻度が低く推定されている可能性がある。高橋ら(2008)は突然変異頻度を、噴霧接種による試験で $5.9 \times 10^{-5} \sim 3.2 \times 10^{-4}$ 、パンチ接種して発病させた苗を伝染源とした試験で $1.6 \times 10^{-5} \sim 8.8 \times 10^{-5}$ と推定しており、噴霧接種で突然変異頻度が高い試験がある。噴霧接種、パンチ接種ともに培地で胞子形成させているが、パンチ接種は噴霧接種より接種に用いる胞子数が少なく、培地での培養・胞子形成による高い突然変異頻度の影響が小さかった可能性がある。これらの理由から、本研究の結果は既報と矛盾しないと考えられる。

本研究では、オートミール培地で培養・胞子形成を行った場合、葉身で胞子形成した場合より突然変異頻度の推定値が高く、オートミール培地での培養・胞子形成では葉身で病斑形成・胞子形成するより突然変異が発生しやすい可能性があると考えられる。本研究は、元菌2菌株についての結果のため、胞子形成法による突然変異頻度の違いは、より多くの菌株を用い検討する必要がある。

レース007.0のM176菌株を元菌として、2つの真性抵抗性に対して病原性を獲得したレース047.2が確認され、その突然変異頻度は $3.0 \times 10^{-6}$ と推定された。同じM176菌株を元菌として、1つの真性抵抗性に対して病原性を獲得したレースの出現頻度は $2.6 \times 10^{-6} \sim 9.4 \times 10^{-5}$ であり、レース047.2の出現頻度の0.86~31.3倍であった。2つの真性抵抗性に対しそれぞれ独立して同時に変異が発生して病原性を獲得する頻度は、1つの真性抵抗性に

対し病原性を獲得する頻度の積値と考えられる。仮に1つの真性抵抗性に対し病原性を獲得する頻度を $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6}$ とすると2つ同時に獲得する頻度は $1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-12}$ となり、本研究による推定値 $3.0 \times 10^{-6}$ と大きく異なる。

新潟県では2005年にコシヒカリマルチラインを導入し、2008年以降、新たなレースとして003.2, 007.2, 047.0, 047.2, 037.3, 077.1, 077.3, 307.2, 337.1, 337.3が確認されている(石川ら, 2013)、マルチライン導入後の新潟県内の主要なレースは007.0, 037.1であり(石川ら, 2007)、047.2, 077.3, 307.2, 337.3は007.0, 037.1に比べ真性抵抗性に対する病原性を2つ以上多く保有している。これら新レース確認の前年までの調査では、*Piz*, *Pita-2*, *Pib*に対して病原性を獲得した菌は新レースが確認された地域では分離されていない。限られた範囲で*Piz*, *Pita-2*, *Pib*に対して病原性を獲得した菌が発生しそれらを元菌として047.2, 077.3, 307.2, 337.3が発生した可能性も否定できないが、本研究の結果からこれら新レースは007.0, 037.1を元菌として発生した可能性がある。本研究のように2つの真性抵抗性に対して同時に病原性を獲得した菌が、1つの真性抵抗性に対して病原性を獲得した菌に近い頻度で出現する理由は明らかでない。本研究の047.2や県内から分離された047.2, 077.3, 307.2, 337.3は*Pib*に対して病原性を有している点が共通しており、*Pib*に対する病原性獲得と何らかの関連があるのかもしれない。Takahashi *et al.* (2010)は日本各地の分離菌株の非病原性遺伝子*AVR-Pita1*を解析し、日本菌株の多くは*AVR-Pita1*の重複遺伝子を2種類もっており、非病原性遺伝子として機能する一方の遺伝子を欠失して病原性を獲得しているとしている。このような解析を2遺伝子に対し同時に病原性を獲得した菌で行うことで、同時に病原性を獲得する機構を解明できる可能性がある。

## 引用文献

- 石川浩司・小湊慶司・堀 武志・原澤良栄・佐々木行雄 (2005) 新潟県において1998~2002年に分布したイネいもち病菌のレース. 北陸病虫研報54: 1-6.
- 石川浩司・黒田智久・堀 武志・佐々木行雄 (2007) 新潟県のコシヒカリ同質遺伝子系統において2005~2006年に分布したイネいもち病菌のレース. 日植病報73: 203 (講要).

- 石川浩司・黒田智久・岩田大介・小瀧慶司・堀 武志  
(2013) 新潟県のコシヒカリ同質遺伝子系統において2007~2012年に分布したイネいもち病菌のレース  
日植病報79:196 (講要).
- 石崎和彦 (2010) 新潟県における「コシヒカリ新潟BL  
シリーズ」の開発と普及. 育種学研究12:160-164.
- 岩野正敬 (1987a) 稲作における新品種導入・普及と病原菌  
レースの変動. 農林水産技術研究ジャーナル  
10:23-28.
- 岩野正敬 (1987b) イネいもち病菌の病原性変異と病原  
性変異菌の病原力. 北日本病虫研報38:5-9.
- 清沢茂久 (1966) いもち病菌の病原性の自然突然変異に  
ついて. 植物防疫20:159-162.
- Kiyosawa, S. (1981) Gene analysis for blast resistance.  
*Oryza* 18:196-203.
- 三沢正生 (1959) いもち病菌接種法についての考案. 植  
物防疫13:15-16.
- 内藤秀樹 (1979) イネ葉のいもち病罹病性病斑部におけ  
る非病原性イネいもち病菌レースの増殖. 日植病報  
45:272-274.
- 中西 勇・今村三郎 (1960) いもち病菌のRaceに関する  
研究:単一病斑から分離した菌株の病原性. 日植  
病報25:4 (講要).
- 笹原剛志・大場淳司・辻 英明・近藤 誠・神名川真三  
郎・三上綾子・門間陽一・菅野博英・畑谷みどり  
(2008) いもち病真性抵抗性の異なる多系品種「サ  
サニシキBL」導入後のイネいもち病菌レースの変  
遷. 宮城古川農試報7:61-69.
- 佐々木武彦・阿部眞三・松永和久・岡本栄治・永野邦  
明・丹野耕一・千葉芳則・狩野 篤・植松克彦・滝  
沢浩幸・早坂浩志・涌井 茂・黒田倫子・薄木茂  
樹・千葉文弥・宮野法近・佐々木郁彦・遠藤貴司  
(2002) ササニシキの多系品種「ササニシキBL」  
について. 宮城古川農試報3:1-35.
- 鈴木文彦・藤 晋一・古場文子・中島 隆・荒井治喜  
(2012) SSRマーカーによる西日本から分離された  
イネいもち病菌の多様性と集団解析. 日植病報78:  
10-17.
- 高橋真実・芦澤武人・平八重一之 (2008) 水田圃場にお  
けるイネいもち病菌の病原性突然変異頻度の推定.  
北陸病虫研報57:11-17.
- Takahashi, M., Ashizawa, T., Hirayae, K., Moriwaki, J.,  
Sone, T., Sonoda, R., Tsujimoto Noguchi M.,  
Nagashima, S., Ishikawa, K. and Arai, M. (2010)  
One of two major paralogs of *AVR-Pita1* is  
functional in Japanese rice blast isolates.  
*Phytopathology* 100:612-618.
- Yamada, M., Kiyosawa, S., Yamaguchi, T., Hirano, T.,  
Kobayashi, T., Kushibuchi, K. and Watanabe, S.  
(1976) Proposal of a new method for differentiating  
races of *Pyricularia oryzae* Cavara in Japan. *Ann.  
Phytopathol.Soc.Jpn.* 42:216-219.
- 吉田 力・関口義兼 (1967) いもち病菌の胞子形成法.  
植物防疫21:160-162.
- 吉野嶺一 (1979) いもち病菌の侵入に関する生態学的研  
究. 北陸農試研報22:163-221.  
(2022年11月14日受理)