

特集：QoI 剤耐性菌の発生状況とその対策（水稻編）

福岡県における QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生とその対策

福岡県農林業総合試験場 石井貴明

はじめに

福岡県の水稻は、品種‘夢つくし’、‘元気つくし’、‘ヒノヒカリ’を中心に約3万9千ha（平成25年作）作付けされている。本県のいもち病は、ここ数年の天候不順の影響でやや多い年が目立ち、特に昨年は8月の記録的な低温多雨により、25年ぶりに穂いもちの警報が発表され、各メディアに取り上げられたことは記憶に新しい。

本県のいもち病防除は、種子消毒、葉いもち対象の育苗箱処理、穂いもち対象の本田期処理による3回を基本とした体系防除が定着している。体系防除においてQoI剤は、いもち病だけでなく紋枯病にも効果があるため、基幹防除剤の一つとして使用してきた。とりわけオリサストロビン箱粒剤は、高い効果と長い残効性に加え、大規模育苗施設での播種時同時処理による大幅な省力化が可能なことから、上市以来使用面積が急増し、2011年には県下20JAの約半数で稲作栽培ごとに採用されるに至った。しかし、QoI剤は幅広いスペクトラムと高い効果を持つ反面、耐性菌が発達しやすい短所があり、水稻のいもち病でも高い耐性菌発達リスクが指摘されていた（宗・山口、2008；石井、2014）。

耐性菌の発生が懸念される中、2012年に突然のように山口県、島根県、愛媛県、福岡県、大分県等から相次いでQoI剤に耐性を示す本病菌の発生が報告された。これ以降、西日本を中心に耐性菌の発生地域は拡大し、2014年には東日本の宮城県で発生が確認される事態となった。

本稿では、本県におけるQoI剤耐性いもち病菌の発生経過とその後、本県が講じた対策を紹介する。

I QoI 剤耐性菌の発生

2012年夏、県内の水稻圃場においてオリサストロビン箱粒剤を使用しているにもかかわらず、葉いもちが多

Occurrence and Disease Control of QoI Fungicides-resistant Rice blast Fungus (*Pyricularia grisea*) in Fukuoka Prefecture. By Takaaki Ishii

（キーワード：イネいもち病、QoI剤、耐性菌）

発する事例が相次いで報告された。緊急に発生状況を調査したところ、ずりこんだ圃場が見られるなど、本剤に対する感受性低下を疑わせるような現象が認められた（図-1）。そこで、オリサストロビン箱粒剤を使用した圃場から採集した罹病葉からいもち病菌を単胞子分離し、QoI剤に対する感受性を調べた。

1 生物検定

3葉期ごろのイネ苗に水稻に登録のある各種QoI剤、またはその原体を処理し、その3日後に分離菌株および感受性の対照菌株（佐賀県農業技術研究センター分譲）の胞子懸濁液を噴霧接種した。その結果、多発圃場から分離した菌株はオリサストロビン、メトミノストロビンおよびアゾキシストロビンに対する感受性が著しく低下していた。これに対して、対照菌株はこれらの薬剤に高い感受性を示した（表-1）。

2 遺伝子検定および培地検定

様々な作物病害で発生しているQoI剤耐性菌には、チトクロームb遺伝子にG143AやF129Lの変異が生じている（石井、2009）。そこで、分離したいもち病菌株にこうした変異が認められるかどうかARAKI et al. (2005)の方法に準じて遺伝子検定を行った。また、宮川・富士（2013）の方法に従って培地検定を行った。培地に含まれるQoI剤としてオリサストロビン原体を100ppm濃度で用いた。

遺伝子検定の結果、生物検定でQoI剤に対する感受性が低下していた菌株のすべてにチトクロームb遺伝子のG143Aの変異が認められた。なお、これらの菌株にF129Lの変異は見当たらなかった（図-2）。また、これらの菌株は、オリサストロビン100ppmを含む寒天培地で菌糸伸長が見られたが、感受性菌株では菌糸伸長は見られなかった（図-3）。

以上、生物検定、遺伝子検定および培地検定の結果から、これらの分離菌株はQoI剤耐性いもち病菌と判断した。

3 代替薬剤の防除効果

QoI剤の代替防除薬剤を選ぶ目的で、作用機作の異なる主ないもち病防除剤に対する耐性菌株の感受性を調べた。その結果、フェリムゾン・フサライド水和剤、トリ

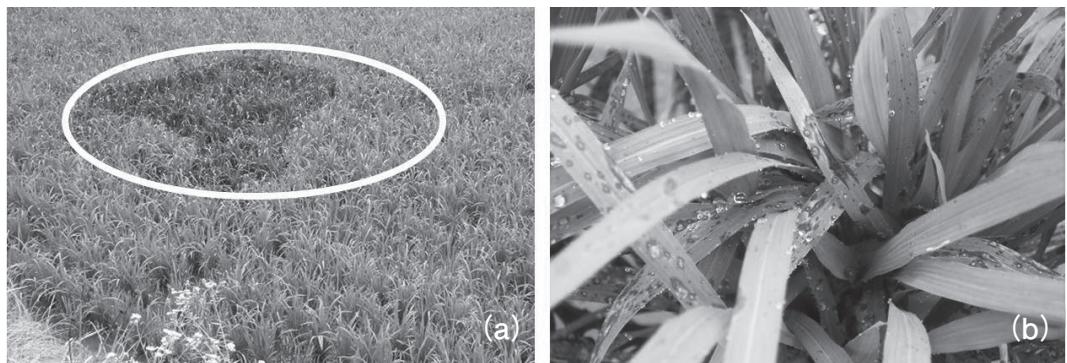
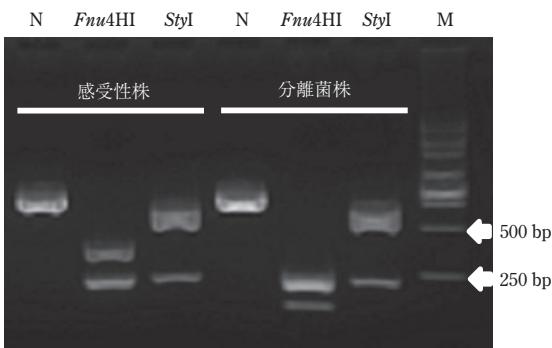


図-1 葉いもち激発圃場の様子 (a) と罹病葉に形成された進行型病斑 (b)

表-1 分離菌株に対する各種 QoI 剤の防除効果

供試薬剤	処理量・濃度	供試菌株					
		福岡 A 株		福岡 B 株		感受性菌株 (対照)	
		病斑数 /30 苗	防除価	病斑数 /30 苗	防除価	病斑数 /30 苗	防除価
オリサストロビン箱粒剤	50 g/苗箱	21.3	36	15	39	0	100
オリサストロビン (原体)	100 ppm	22.3	33	14	43	0	100
メトミノストロビン (原体)	100 ppm	23.3	30	16	35	0	100
アゾキシストロビン水和剤	× 1,000	28.7	14	17	31	0	100
フェリムゾン・フサライド水和剤 (参考)	× 1,000	0.3	99	0	100	0	100
無処理			33.3		24.7		45.3



N: 制限酵素未消化 M: サイズマーカー

図-2 分離菌株の PCR-RFLP プロフィール

シクラゾール水和剤、カスガマイシン液剤等水稻で一般的に使用される薬剤は、いずれも耐性菌株に対して高い防除効果を示した (表-2)。

4 種子消毒剤の効果

既存の種子消毒剤の耐性菌に対する効果を確認するために、15%の汚染種子もみ (耐性菌保菌率 100%) を用

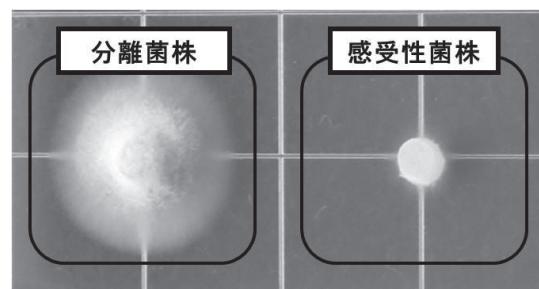


図-3 分離菌株の薬剤添加培地上での生育

いて、テクリード C フロアブル、ペノミル水和剤、テクリード C とペノミル水和剤の併用、温湯浸漬後のカスガマイシン液剤の播種後覆土前かん注の各処理後に播種した。播種後 3 週間目の発病苗率により防除効果を調べた結果、テクリード C フロアブルの防除価が 97.1 と他の処理と比べてやや低かったが、その他はいずれも 99.1 ~ 100 の防除価を示した (データ省略)。

表-2 各種いもち病防除薬剤の分離菌株に対する防除効果

供試薬剤	処理量・濃度	供試菌株					
		福岡 A 株		福岡 B 株		感受性株 (対照)	
		平均病斑数 /30 苗	防除率	平均病斑数 /30 苗	防除率	平均病斑数 /30 苗	防除率
フェリムゾン・フサライド水和剤	× 1,000	0	100	0	100	0	100
トリシクラゾール水和剤	× 1,000	0	100	0	100	0	100
ピロキロン箱粒剤	50 g/苗箱	0	100	0	100	0	100
ジクロシメット箱粒剤	50 g/苗箱	0	100	0	100	0	100
カスガマイシン液剤	× 1,000	2.3	92	6.3	92	0	100
アゾキシストロビン水和剤	× 1,000	19.3	35	64.3	15	0	100
無処理		29.7		76		60.7	

表-3 2012 年における地域別の QoI 剤耐性いもち病菌の分離頻度

採集地	調査圃場数	分離菌株数	耐性菌株数	耐性菌分離頻度 (%)	QoI 剤の使用履歴	
					育苗箱 (使用年数)	本田
県北部	IS 市	4	8	0	0	—
	FO 市	1	1	0	0	箱剤不使用
	CH 市	1	1	0	0	—
	NA 市	5	7	7	100	+(4 年)
	OG 町	3	5	5	100	+(4 年)
県中部	O 市	1	1	0	0	—
	TH 村	1	1	0	0	—
	CZ 町	1	1	1	100	—
	KM 市	6	19	19	100	+(4 年)
	IZ 市	5	15	15	100	+(4 年)
県東部	ID 町	1	3	3	100	—
	SD 町	1	3	3	100	—
	TG 市	1	1	0	0	—
県南部	YM 市	1	1	0	0	—
	MY 市	1	3	3	100	+(3 年)
	YG 市	1	1	0	0	—
計 (平均)		34	71	56	78.9	

5 感受性モニタリング調査 (2012 年)

QoI 剤耐性菌の出現を受けて、県内各地から採集した罹病イネから分離した菌株の QoI 剤に対する感受性を調査した結果を表-3 に示した。時期を逸して罹病イネが採集できなかった地域もあったが、11 市 4 町 1 村の 31 か所から分離した 71 菌株のうち、78.9% に当たる 58

菌株が耐性菌であることが明らかになった。耐性菌が確認された圃場は、QoI 剤の育苗箱粒剤を 4 年程度連年使用していたところが多かったが、使用の履歴がない圃場で発生していた事例もごく少数ながら認められた。これについては、耐性菌の発生地域との育苗箱苗のやりとりや近隣の発生圃場からの飛び込み等々が考えられるもの

の原因を明らかにすることは難しい。

II 次年度の水稻作に向けた対策

県内で QoI 剤耐性菌が広域に発生していることが確認されたため、県、JA 全農およびメーカー等の関係機関が対応を協議した。このとき、既に 2012 年作のいもち病防除は終了しており、次年度以降の耐性菌のまん延抑制と新たな被害防止のために、2013 年の水稻作における QoI 剤の使用中止を決めた。これにより JA 全農ふくれんは、各地域の JA に対して次年作の稻作暦への QoI 剤の掲載見送りと使用自粛を要請した。一方で県は、「病害虫・雑草防除の手引き」に耐性菌対策として「いもち病を対象とする QoI 剤の使用をやめ、作用機構の異なる薬剤を使用する取組を地域が一体となって実施する」よう記載し、併せて従来のいもち病対策を励行するよう強調した。また、2013 年 1 月には「ストロビルリン系殺菌剤 (QoI 剤) に対する感受性の低下したいもち病菌の発生について」の技術情報を公表し、広く注意喚起を行った。こうした関係機関の連携と努力により、県内の 2013 年稻作ごとに QoI 剤は掲載されず、生産現場での使用はほぼなくなったと考えられた。

III 2013～14 年における耐性菌の発生状況

本県では 2012 年に QoI 剤耐性菌の発生が確認され、次年作での QoI 剤の使用が中止されたが、中止以後の耐性菌の発生推移を把握することは、耐性菌のまん延や被害の抑止だけでなく、中止が耐性菌の発生に及ぼす影

響を明らかにするために重要と考えられる。そこで、2013 年と 2014 年に県下全域からいもち病罹病葉や穂を採集し、本病菌を分離した。2013 年は 89 圃場から 157 菌株を分離し、培地検定および遺伝子検定を併用して耐性菌の出現頻度を調査した。その結果、157 菌株中、24.8% に相当する 39 菌株が耐性菌と判断された (表-4)。また、2014 年の調査では、237 圃場から 500 菌株を分離し、感受性を調べた結果、22.6% に相当する 113 菌株が耐性を示した (表-4)。3 か年のモニタリング調査から、発生年である 2012 年の耐性菌の分離頻度は 78.9% と高かったが、発生から 2 年が経過したところで、分離頻度が 23% 程度に大きく減少していることがわかった。その一方で、QoI 剤の使用を中止した後も耐性菌が県内で広域に分布していることが明らかとなった。また、圃場内の耐性菌と感受性菌の比率については、2012 年では分離菌株のすべてが耐性菌の圃場ばかりであったが、2013 年および 14 年の調査では、そのような圃場はほとんどなくなり、耐性菌と感受性菌の比率は圃場ごとにばらつきが見られた (データ省略)。耐性菌の分離頻度が年を追うごとに大きく減少していくケースは、これまでにもイネいもち病の MBI-D 剤耐性菌で知られている。この点について、MBI-D 剤耐性菌は感受性菌より環境適応能力や競合力が劣る可能性が示唆されており (石井、2014)，QoI 剤耐性いもち病菌が今後どのような発生推移をするのか、今後も継続した調査を行う必要がある。

表-4 地域別 QoI 剤耐性菌の分離頻度の経年変化

地域	初発年(2012)	1年目 (2013年)				2年目 (2014年)			
		耐性菌分離頻度 (%)	調査圃場数	調査菌株数	耐性菌株数	耐性菌分離頻度 (%)	調査圃場数	調査菌株数	耐性菌株数
A	0	6	10	0	0	29	89	3	3.4
B	—	2	2	1	50	6	26	0	0
C	33.3	17	20	2	10	8	12	3	25
D	—	22	43	3	7	22	59	11	18.6
E	100	2	5	2	40	13	86	6	7.0
F	100	7	12	12	100	114	127	84	66.1
G	85.7	10	23	5	21.7	14	48	2	4.2
H	0	2	4	1	25	8	13	0	0
I	75	5	12	6	50	13	24	3	13
J	—	16	26	7	26.9	10	16	1	6.3
合計	78.9 (56/71)	89	157	39	24.8	237	500	113	22.6

IV 今後の防除対策

現在、本県では耐性菌対策として以下の三つの項目を実施している。

- ①県全域でのQoI剤の使用自粛の継続。
- ②継続的な耐性菌の発生状況調査と関係機関における調査結果の情報共有。
- ③いもち病の発生を抑えるための総合的な防除技術の励行。

①については、先の項目Ⅱに述べたので省略する。②については、2012年から14年の3年間、当試験場病害虫部にて感受性検定を実施した。得られた情報は各普及指導センターなど関係機関と共有し、地域の防除対策に活用してもらっている。③については、耐性菌対策とは詰まるところいもち病対策そのものなので、QoI剤以外の薬剤による防除を基軸に耕種的防除技術などを組合せた総合的対策を地道に実行することである。本県の防除の手引きに掲載している内容を以下に紹介する。

1 健全種子の確保および塩水選の励行

健全種子の使用は、種子伝染するいもち病対策として重要である。自家採種の種子と比較して病原菌の汚染リスクが低い購入種子を使用する。また、塩水選を実施し、健全種子の選抜に努める。

2 種子消毒の徹底

本県では通常イプロカゾール銅水和剤が水稻種子消毒剤として広く使用されている。また、温湯浸漬消毒の利用も普及しつつある。玄米感染など重篤に汚染された種子への対応として、これらとペノミル水和剤かカスガマイシン液剤の併用を勧めている。

3 葉いもちや穂いもち防除の徹底

長期残効性を持つ育苗箱粒剤といえども、穂いもち防除まで完璧にカバーできるものではない。また、西日本では葉いもちの発生が少なくとも、穂いもちが予想外に発生する事例が見られるため、穂いもちを対象とした出穂期頃の防除を徹底するよう指導している。特に、健全

種子生産のため、採種圃場では出穂期の2回防除を指導している。

4 圃場衛生管理の徹底

保菌もみ殻や被害わらは伝染源となる可能性があるため、育苗施設の周辺に放置しない。

V 今後の課題と対策

QoI剤耐性いもち病菌は、2012年中四国および九州地域の複数県で同時多発的に発生し、2013年以降も耐性菌の分布は急速に拡大している。しかし、この状況を説明できる耐性菌の発達・選抜過程や伝搬経路、環境適応性についてはほとんど解明されていない。また、JAや普及指導センターで活用できる耐性菌の簡易診断技術の開発、種子もみからの高精度な耐性菌検出技術の確立、代替防除体系のいもち病や紋枯病に対する有効性を検証する作業や未発生県でQoI剤を継続的に使用するための最適な防除体系の確立も急務である。さらに、今後の耐性菌密度の低減次第では、本田期に処理するQoI剤の使用再開について検討する必要があろう。現在、委託プロジェクト研究「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発」(PRM)の中で、これらの課題を解決すべく試験研究が進められているところである。

おわりに

ここでは、福岡県で2012年にQoI剤耐性イネいもち病菌の発生が確認された経緯、3年間の耐性菌モニタリング調査の結果および耐性菌対策について述べた。既に発生した県、未発生の県によらず、今後の耐性菌の拡大防止および発生後の対応の一助となれば幸甚である。

引用文献

- 1) ARAKI, Y. et al. (2005): J. pestic. Sci. 30: 203 ~ 208.
- 2) 石井英夫 (2009): 第19回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 62 ~ 69.
- 3) _____ (2014): 日本植物病理学会報 79: 197 (講要).
- 4) 宮川典子・富士 真 (2013): 第23回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 25 ~ 35.
- 5) 宗 和弘・山口純一郎 (2008): 第18回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 70 ~ 80.