

# MBI-D 剤耐性イネいもち病菌の発生経過と防除対策

九州沖縄農業研究センター 荒井 治 喜

## はじめに

近年のいもち病防除薬剤の進化には目覚ましいものがあり、成分と製剤の多様化が進んでいる。メラニン合成阻害剤 (MBI) には多くの製品があり、その作用特性から還元酵素阻害型メラニン合成阻害剤 (MBI-R) とシタロン脱水酵素阻害型メラニン合成阻害剤 (MBI-D) に分別され、いもち病防除薬剤の大きな柱となっている。

2001年7月、佐賀県においていもち病防除薬剤 (カルプロバミド剤) の防除効果低下事例が認められ、MBI-D 剤に対する耐性菌の関与が示された (山口ら, 2002)。近年、全国的に MBI-D 剤の普及が進んでいることから、本剤に対する耐性菌により防除効果が低下し、いもち病による被害が増大することはもちろん、種子の移動・流通に伴い耐性菌が急速に分布を拡大することが危惧された。そこで、本問題の重要性から、九州沖縄農業研究センターでは2003年度より新規研究課題に着手した。さらに、日本植物病理学会薬剤耐性菌研究会は、2003年3月に開催した第13回シンポジウムで「イネいもち病菌のシタロン脱水酵素阻害型メラニン合成阻害剤 (MBI-D) 耐性」を特集した。本稿では、上記シンポジウムにおける研究発表内容を概説するとともに、その後の研究の状況を取りまとめた。なお、薬剤耐性機構と遺伝子診断法の詳細については、本号掲載の高垣氏の総説を参照されたい。

## I 発生経過

カルプロバミド剤は、最初の MBI-D 剤として育苗箱施用剤の形で1998年に上市された。本剤はいもち病に高い防除効果を有することから、九州地域でも宮崎県や熊本県の早期水稻栽培地帯、佐賀県のいもち病常発地帯を中心に普及が進んできた。近年、九州地域においてはいもち病の多発傾向が続いているが、その要因として‘ヒノヒカリ’等の良食味品種の寡占化があげられる。これらの品種はいもち病抵抗性が劣るものの、その市場性

によりいもち病常発地帯でも主要作付品種となっている。佐賀県においても状況は同じであり、常発地帯ではいもち病の防除が水稻の栽培体系の中で重要な位置を占め、育苗箱施用剤への依存度を高めている。同県内では、トリシクラゾール剤が広く普及していたが、より残効期間の長いカルプロバミド剤が登場したことにより、いもち病常発地帯の多くで本薬剤への切替が進んだ。特に、佐賀県オリジナルの良食味品種‘夢しずく’はいもち病圃場抵抗性が弱いことから、カルプロバミド剤の施用を前提として普及が進められてきた。ところが、2001年7月に佐賀県西北部地域を中心に、カルプロバミド箱粒剤を施用したのにもかかわらず葉いもちが多発生し、ズリ込み症状を呈する圃場があり、薬剤防除効果が著しく低下する事例が認められた (口木ら, 2002)。MBI-D 剤は、佐賀県が1998年から同地域に設置していた試験圃場で2000年まで安定した効果を示していたが、2001年に防除効果が著しく低くなった。さらに、同圃場に分布していた菌株は、MBI-D 剤への感受性が大きく減退していることが判明した。緊急調査の結果と、この薬剤防除効果低下の主要因は薬剤耐性菌の発生によると考えられた。加えて、いもち病抵抗性弱品種の作付、多肥栽培、苗いもちの多発による伝染源の持ち込み等も関与していると推察されている (山口ら, 2002; 山口, 2003)。

2002年は、九州南部の早期水稻を中心に葉いもちの初発生が早く、宮崎県、鹿児島県、佐賀県および熊本県の一部で葉いもちが多発生した。危惧されていた MBI-D 剤の防除効果低下事例もこれらの県を中心に報告され、佐賀県や宮崎県では甚発生に至る圃場も認められた。2003年の調査結果は、現在集約中であるが、幸いにも九州地域全体ではいもち病の発生が少なく防除指導も徹底されたことから、防除効果の低下は一部地域だけに限られるようである。

## II 薬剤耐性菌の発生動向

### 1 薬剤耐性機構と感受性検定法

薬剤メーカー研究所が中心となり、薬剤耐性機構と薬剤感受性検定法の検討が進められた。薬剤といもち病菌の関係を総合的に判断するには生物検定が基本となる。圃場においてカルプロバミド剤が防除効果を発揮するイネ体内濃度は1 ppm 前後とされている。宗 (2003) は、

Occurrence and Control of MBI-D-fungicide Resistant Isolates in the Rice Blast Fungus (*Pyricularia oryzae*). By Michiyoshi ARAI

(キーワード: イネいもち病, 薬剤耐性菌, MBI-D, 防除)

幼苗を用いた生物検定の条件について試験を行い、噴霧薬液中のカルプロバミド濃度を 10 ppm とした場合にイネ体内濃度が約 1 ppm になることを認めた。そこで、2 葉期のコシヒカリを用い供試薬剤を処理後、供試菌株の分生孢子懸濁液を噴霧接種し、第 2 葉上に生じた病斑数から、カルプロバミド 10 ppm 処理において防除価 90 未満の菌株を耐性菌とすることを提案した。山口 (2003) も 2～3 葉期のヒノヒカリを用い、カルプロバミド 100 ppm 処理に対して防除価が 80 未満のものを耐性菌として判定している。一方、薬剤耐性菌の簡易な検定法として遺伝子診断法の開発が試みられ、簡易 DNA 抽出法と PIRA-PCR 法を組み合わせることにより、多量のサンプルを迅速かつ正確に遺伝子診断することが可能となった (角ら, 2003 ; 高垣・梶原, 2003)。

さらに、ポットと圃場での防除効果試験から耐性菌と薬剤との関係が明らかにされた。佐賀県から分離された耐性菌は、カルプロバミド、ジクロシメットおよびフェノキサニルの各 MBI-D 剤に対して交差耐性を示すが、MBI-R 剤、ストロビルリン系剤および抵抗性誘導剤には高い感受性を示すことが明らかになっている (宗ら, 2003)。

2 薬剤耐性菌モニタリング

薬剤耐性菌の分布実態の把握が急務であったことから、薬剤メーカーと佐賀県を中心に調査が進められ、2003 年は関係機関の連携を深めモニタリングが継続された。

2001 年：防除効果の低下が認められた佐賀県西北部の伊万里市、武雄市および相知町から採取した 57 菌株について生物検定を行った結果、カルプロバミド 100 ppm 処理でも防除価 60～70 を示す菌株が多数確認された (宗, 2003)。梶原・高垣 (2003) は、佐賀県内から採集した 932 菌株を用い菌叢着色阻害検定を行った。そして、これら菌株のうち無作為に選んだ 185 菌株について遺伝子診断、125 菌株について生物検定を行った。その結果、遺伝子診断供試菌株の 40%、生物検定供試菌株の 58% が耐性菌と判定され両法の結果は一致した。山口 (2003) は、2001 年産の自家採種種子のいもち病菌の保菌状況と耐性菌の割合を調査し、佐賀県内のいもち病常発地帯 18 市町村からの自家採種種子 58 点のうち 37 地点の種子でいもち病菌の保菌を確認した。さらに、種子から分離菌を得た 33 地点について生物検定を行い、17 地点がすべての菌株が耐性で、2 地点が耐性菌と感受性菌が混在していることを示し、佐賀県西北部地域で、MBI-D 剤耐性菌が高率に分布していたことを明らかにした。

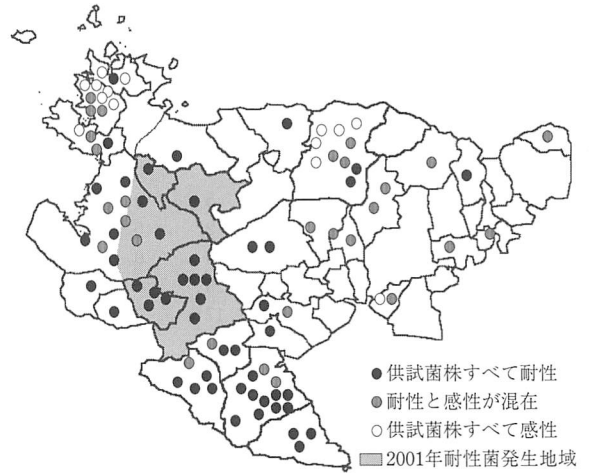


図-1 佐賀県における葉いもちの MBI-D 剤耐性菌発生状況 (2002 年, 山口, 2003 より引用)

表-1 九州地域における薬剤耐性菌モニタリング結果 (2002 年・圃場数)<sup>a)</sup>

| 県名 <sup>b)</sup> | 調査圃場数 | MBI-D 剤使用の有無 |     |     | 耐性菌検出の有無 |     |
|------------------|-------|--------------|-----|-----|----------|-----|
|                  |       | 使用           | 未使用 | 不明  | 検出       | 未検出 |
| 福岡県              | 36    | 26           | 2   | 8   | 28       | 8   |
| 佐賀県 A            | 30    | 23           | 1   | 6   | 22       | 8   |
| 佐賀県 B            | 18    | 4            | 11  | 3   | 1        | 17  |
| 佐賀県 C            | 40    | 7            | 30  | 3   | 36       | 4   |
| 長崎県              | 24    | 3            | 11  | 10  | 7        | 17  |
| 大分県              | 29    | 8            | 5   | 16  | 7        | 22  |
| 熊本県              | 73    | 26           | 9   | 38  | 16       | 57  |
| 宮崎県 A            | 13    | 6            | 1   | 6   | 10       | 3   |
| 宮崎県 B            | 43    | 5            | 0   | 38  | 21       | 22  |
| 宮崎県 C            | 64    | 10           | 11  | 43  | 32       | 32  |
| 鹿児島県             | 21    | 3            | 4   | 14  | 5        | 16  |
| 計                | 391   | 121          | 85  | 185 | 185      | 206 |

<sup>a)</sup> 梶原・高垣 (2003) を一部改変。 <sup>b)</sup> 佐賀県 A ; MBI-D 剤使用地区, B ; 低使用頻度地区, C ; 使用停止地区。 宮崎県 A ; 西都市, B ; 早期栽培地帯, C ; 普通期栽培地帯。

2002 年：山口 (2003) による佐賀県内の葉いもち分離菌株についての生物検定結果では、調査した 101 地点のうち 86 地点で耐性菌が認められ、その分布は県内のいもち病常発地帯のほぼ全域に拡大していた。特に、2001 年に耐性菌を認めた西北部に加え南西部でも耐性菌の検出頻度が高かった (図-1)。一方、薬剤メーカーも九州地域において PIRA-PCR 法による耐性菌のモニタリングを行った。サンプルは多発生地域からのものに偏っているが、表-1 に示すデータが得られた。さらに、MBI-D 剤の使用実績が多い県を中心に全国規模でのモ

表-2 北海道・東北地域における薬剤耐性菌モニタリング結果 (2002年・圃場数)<sup>a)</sup>

| 県名  | 調査圃場数 | MBI-D 剤使用の有無 |     |    | 耐性菌検出の有無 |     |
|-----|-------|--------------|-----|----|----------|-----|
|     |       | 使用           | 未使用 | 不明 | 検出       | 未検出 |
| 北海道 | 12    | 3            | 6   | 3  | 0        | 12  |
| 青森県 | 13    | 4            | 4   | 5  | 0        | 13  |
| 秋田県 | 10    | 5            | 3   | 2  | 0        | 10  |
| 岩手県 | 8     | 4            | 4   | 0  | 0        | 8   |
| 宮城県 | 30    | 4            | 3   | 23 | 0        | 30  |
| 山形県 | 23    | 3            | 3   | 17 | 0        | 23  |
| 福島県 | 10    | 7            | 1   | 2  | 0        | 10  |
| 計   | 106   | 30           | 24  | 52 | 0        | 106 |

<sup>a)</sup> 梶原・高垣 (2003) を一部改変。

モニタリングが試みられたが、極少発生の県が多く十分なサンプル数を確保することができなかった。表-2に示したように北海道および東北地域の供試菌株からは、耐性菌は検出されず、九州地域以外では防除効果の低下事例を認めなかった。しかし、中四国地域の一部の県で、遺伝子診断により薬剤耐性菌の存在が確認された。このように、サンプルに偏りがあるものの、薬剤耐性菌の分布は九州地域を中心とする西日本に限定されていた (梶原・高垣, 2003)。しかし、九州全県で耐性菌の存在が確認されるとともに、佐賀県と宮崎県では県全域にその分布が広がっていることから、全国への分布拡大が心配された。

2003年：薬剤メーカーが中心となって関係機関と連携しながら耐性菌のモニタリングを実施している。本稿執筆時点 (10月末) では、検定結果の取りまとめが終了していないが、幸いなことに東日本では耐性菌を認めていない。

### III 防除対策

九州地域では、MBI-D 剤の普及率が各県で異なることから、各々の状況に応じた情報提供と指導により耐性菌の頻度低下と拡大防止のための対策が講じられた。

佐賀県では、2001年の薬剤防除効果低下事例と薬剤耐性菌の発生を受けて、当該地域での MBI-D 剤の使用を中止するとともに、病害虫対策資料第1号 (2002年4月16日) および第6号 (同年6月11日) により、以下に示すような基本防除技術の徹底を指導した。①種子更新と塩水選の実施および種子消毒の徹底、②育苗期間中に苗いもちが発生した場合には早急な防除を実施、③常発地帯では、育苗箱施用剤を必ず定められた方法で使用、④補植育苗は早急に取り除く、⑤ MBI-D 剤を使用した圃場で、効果が低い場合には早急に本田防除を

実施。さらに、2002年のモニタリング結果では、耐性菌検出圃場の割合が引き続き高い状態にあったことから、2003年は MBI-D 剤の県内使用をいったん中止し、関係機関による指導の強化を図った。

宮崎県では、2002年に防除効果が低下した圃場が多く認められ、モニタリング結果から薬剤耐性菌が県内全域で高率に確認された。このため、同県では、2003年の防除指針から MBI-D 剤を削除し、MBI-R 剤や抵抗性誘導型剤への切替を行った。さらに、佐賀県と同様に種子消毒の徹底を柱とする基本防除技術の徹底を指導した。この他の県でも、耐性菌を認めた地域では MBI-D 剤の使用を見合わせるとともに、防除対策の徹底を指導した。また、2002年のモニタリングで耐性菌が検出された岡山県、鳥取県および愛媛県では技術情報等を発し、防除効果の低下事例は認めていないものの、薬剤メーカーにより一部地域で薬剤耐性菌を確認したことを公表するとともに耐性菌拡大防止対策を示した。このように、関係機関の連携と情報公開が適切に行われたことは、薬剤耐性菌への理解と対策を進める上で重要であったと考えられる。今後、2003年のモニタリング結果を受けて、翌年の稲作シーズンに向けた防除対策の再点検が進められる。

### IV 今後の課題

なぜ MBI-D 剤耐性菌が九州地域で最初に確認され、かつ急激に拡大したのであろうか。耐性菌は極低頻度で自然界に存在しており、薬剤の淘汰圧の中で選択的に増殖してきたものと推察される。しかし、農家圃場での本格的な使用から3~4年という期間はあまりにも短いように感じられる。筆者らは、農家使用種子の保菌率が高いことに注目し、基本防除の徹底と健全種子生産そのものが耐性菌対策であることを指摘してきた。九州地域では、自家採種の割合が比較的高く、種子消毒も低濃度長時間浸漬処理が一般的であり、長期残効型育苗箱施用剤の普及が進んでいる地帯では、穂いもち防除が省略される傾向がある。さらに、育苗期間中の感染リスクも高く、潜伏感染を含めて本田に持ち込まれる伝染源量は莫大なものと推定される。表-3には、近年の水稻苗いもちの発生面積を示したが、九州地域における発生面積は群を抜いている。このような条件下で、予防的作用中心の育苗箱施用剤を使用しても効果が十分に発揮されず、数年の間に耐性菌の密度を急速に高めてしまったと推測している。

MBI-D 剤耐性菌問題は、長期残効型剤および非殺菌性防除剤として初めての経験であることから未知の領域

表-3 近年の水稲苗いもち発生面積 (ha)<sup>a)</sup>

| 地域  | 1998年  | 1999年 | 2000年 | 2001年 | 2002年 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|
| 北海道 | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 東北  | 0      | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 関東  | 121    | 19    | 6     | 4     | 4     |
| 北陸  | 11     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 東海  | 1,487  | 145   | 152   | 83    | 153   |
| 近畿  | 1,471  | 1,191 | 192   | 92    | 632   |
| 中四国 | 2,315  | 222   | 213   | 3,103 | 992   |
| 九州  | 10,454 | 1,120 | 1,435 | 1,306 | 1,935 |
| 沖縄  | 5      | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 総計  | 15,864 | 2,697 | 1,998 | 4,588 | 3,717 |

<sup>a)</sup> 農水省植物防疫課資料より作表。

が多く、緊急避難的に薬剤を切り替えただけでは新たな耐性菌出現が繰り返されることが予想される。今後の課題として、薬剤耐性菌の諸性状や適応能力と遺伝的背景を解明し、防除体系の相違と薬剤耐性菌の分離頻度の経年変化など圃場内における動態を明らかにしなければならない。現場ニーズとしては、当該薬剤の使用を中止した場合に耐性菌の頻度がどのように推移し、耐性菌の頻度がどこまで低下すれば薬剤の使用再開が可能なかを明らかにする必要がある。これまでの知見から、耐性菌が存在しても少発生年には被害に結びつかないことが知られている。事実、2003年は九州地域でのいもち病発生は少なかった。しかし、長期残効型という剤型の特徴を考えた場合、現状では使用再開を判断できる科学的根拠を持ち合わせていない。九州沖縄農研病害生態制御研究室では、2003年度より研究課題「MBI-D系統薬剤耐性イネいもち病菌の分布拡大要因の解明」を開始した。現在、九州各県の協力を得て農家圃場からの菌株採集を行い、種子の来歴や防除体系の相違と薬剤耐性菌の分離頻度との関係を調査するとともに、DNAマーカーを用いた遺伝的解析を進めており、耐性菌の起源や動態に関するデータが集積されつつある。

おわりに

水稲の病害虫防除体系は様々な変遷を遂げてきたが、近年では薬剤のドリフト問題や作業の厳しさから粉剤の使用量が減少し、圃場の大区画化や防除態勢の弱体化により地上防除そのものの実施が難しくなってきた。このような状況から、長期残効型育苗箱施用剤の開発と普及が急速に進んでいる。本剤の功罪については様々な論議があるが、九州地域の多様な稲作形態の中では、飛来性害虫と病害の同時防除およびIPMの観点からも手放せないものとなっており、長期残効型育苗箱施用剤は低投入・省力化というメリットを活用しながら大事に使っていく必要がある。また、全国的にも、薬剤防除の大きな柱として位置付けられている。

農薬メーカーを中心にして薬剤耐性発達のリスクアセスメントの必要性がこれまで以上に認識されるようになってきている。多額の投資と長い年月、多くの労力をかけて登録に至る新規薬剤を長期にわたって安定的に使用することは、メーカーはもちろんのこと、生産者、さらには消費者にとっても望ましいことであろう。とかく薬剤防除に関する誤解は多いが、作物生産に薬剤防除が欠かせない現状を直視し食品の安全性を確保するためにも、薬剤耐性菌出現リスクを低減する観点からの病害総合管理技術に関する研究開発が急務と考える。

謝辞：本稿執筆に当たり、佐賀農技センター・山口純一郎氏、バイエルクロップサイエンス(株)をはじめ多くの皆様にご協力いただいた。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 角康一郎ら (2003) : 日植病報 69:297 (講要).
- 2) 口本文孝ら (2002) : 九州病害虫研究会報 48:93 (講要).
- 3) 宗和弘 (2003) : 日本植物病理学会・第13回薬剤耐性菌研究会講要集, 37~47.
- 4) ———ら (2003) : 日植病報 69:298 (講要).
- 5) 梶原 穂・高垣真喜一 (2003) : 日本植物病理学会・第13回薬剤耐性菌研究会講要集, 59~68.
- 6) ———ら (2002) : 日植病報 68:262 (講要).
- 7) 高垣真喜一・梶原 穂 (2003) : 日本植物病理学会・第13回薬剤耐性菌研究会講要集, 49~57.
- 8) 山口純一郎 (2003) : 同上, 29~36.
- 9) ———ら (2002) : 日植病報 68:261 (講要).

！好評の病害虫見分け方リーフレット！

1部送料120円, 50部以上のご注文は送料サービス, 200部以上は1割引, 500部以上は2割引

作物細菌病の見分け方

A4判 16頁カラー 主要83種を収録  
定価 945円税込み (本体900円) 送料120円

ワタヘリクロノメイガのリーフレット

A4判 4頁 (カラー2頁+解説2頁)  
定価 105円税込み (本体100円) 送料120円

お申し込みは直接当協会へ、前金(現金書留・郵便振替)で申し込むか、お近くの書店でお取り寄せ下さい。  
社団法人 日本植物防疫協会 出版情報グループ 〒170-8484 東京都豊島区駒込1-43-11  
郵便振替口座 00110-7-177867 TEL (03)3944-1561(代) FAX (03)3944-2103 メール: order@jppa.or.jp