

殺菌剤の作用機構分類(FRACによる)

FRAC: Fungicide Resistance Action Committee

はじめに:

作用機構分類表は、現在上市され主に植物保護用途の殺菌剤(殺バクテリア剤を含む)を作用機構と耐性リスクに従って分類しています。生化学的作用機構に準じて分類していますが、化合物間の交差耐性を同定することに主眼を置いています。

作用機構コード:

植物病原菌の生合成経路における生化学的作用機構に従って、殺菌剤をアルファベット(AからIと数字を使用)で分類しています。グループ分けは、代謝経路別に「核酸合成(A)」から始まり「メラニン生合成(I)」のような二次的代謝で終わります。その後、「宿主植物の抵抗性誘導剤(P)」、「作用機構不明または未確定(U、作用機構や耐性のメカニズムの情報が入手できるまでの一時的な分類)」ならびに「多作用点阻害化合物(M)」を掲載しています。生物由来の殺菌成分は、それぞれの作用経路における主作用機構に従って分類しています。最近になって採用された「複数の作用機構を有する生物農薬/生物由来の農薬(BM)」は、主作用機構が明らかにされていない複数の作用機構が示されている生物由来防除資材について用いられています。

標的部位とコード:

生化学的作用機構が判明している場合にはそれを記載しました。幾つかの例では、正確な標的部位は不明でも、既知の伝達経路や機能的属性の中での分類は可能でした。同一グループ内や他のグループとの関連の中での交差耐性の特性を考慮してグループ分けを行いました。

グループ名:

グループ名は「The Pesticide Manual」等の文献で認められている化学構造の関連性にに基づいています。これらは化学構造、作用部位、グループ内で最初の重要な代表物質などに由来します。

化学または生物グループ:

化学構造に基づきグループ分けをし、命名はIUPACならびにChemical Abstractの名称に準じました。生物由来の薬剤は分類学的情報に準拠しました。

一般名:

一般名はBSI/ISOで承認された、あるいは申請中の名称です。一般名は農薬の製品ラベルに有効成分として記載されています。

耐性へのコメント:

耐性機構と耐性リスクについて詳細を示しています。グループ内の1化合物が圃場で耐性を示している場合は、必ずしも全てではないが多くの場合グループ内の他の化合物との交差耐性を示すと考えられます。交差耐性の程度はグループ内の化合物と病原菌の種、さらには同一種でも異なることが明らかになりつつあります。特定の病原菌と殺菌剤の耐性と交差耐性の最新の情報については、各国のFRAC代表者、製品メーカーや植物防疫担当者に問い合わせてください。それぞれの殺菌剤グループの耐性リスクは、FRAC Monograph 1, 2, 3の原則に従って、「低」、「中」または「高」として推定しています。耐性管理は、殺菌剤固有のリスク、病原菌由来のリスクおよび栽培体系に起因するリスクを考慮して実施されます。[\(FRAC pathogen risk list 参照\)](#)

同様な殺菌剤の分類表はFRAG-UKの代表であるT.Locke (Fungicide Resistance, August 2001)とP. Leroux (Classification des fongicides agricoles et résistance, Phytoma, La Défense des Végétaux, No. 554, 43-51, November 2002)によって公表されています。

FRAC コード:

交差耐性の特性に従って、殺菌剤グループを数字と文字で分類しています。製品ラベルにはこの FRAC コードを記載します。数字は、原則、当該殺菌剤が上市された順に割り付けています。文字は「P = 宿主植物の抵抗性誘導剤」、「M = 多作用点阻害剤」、そして「U = 作用機構不明(または未確定)」を、「BM = 複数の作用機構を有する生物農薬/生物由来の農薬」を示します。新たな研究による化合物の再分類でコードが失効することがあります。「U-」とされた殺菌剤グループで作用機構が判明した場合、その「U-」コードは新たなグループに再利用されません。そして、新しいコードに再分類されたことを示す注釈を付け加えます。

最新改訂:2019 年 2 月

次回改訂:2020 年 1 月予定

***免責事項**

FRAC コードリストは FRAC の資産であり、著作権法で保護されています。教育目的で FRAC コードリストを使用する場合は FRAC の許可は不要です。営利目的で使用する場合は事前の書面による許可が必要です。FRAC コードリストへの掲載は有効成分の作用機構の科学的評価に基づきます。このリストは農薬製品の使用や効果に関して何ら推薦や保証をするものではありません。

【農薬工業会 注】

- 一般名:
原則 ISO コモンネームを使用しています。農林水産省が別名称を使用している場合にはそれを記載し、ISO コモンネームをカッコ内に併記しました。

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
A 核酸合成代謝	A1: RNA ポリメラーゼ I	PA 殺菌剤 (フェニルアミド類)	アシルアラニン類	ベナラキシル ベナラキシルM フララキシル メタラキシル メタラキシルM	作用機構は不明であるが、各種卵菌類(Oomycetes)に対する耐性及び交差耐性が良く知られている。 高い耐性リスク FRAC のフェニルアミド耐性管理ガイドラインを参照。	4
			オキサゾリジノン類	オキサジキシル		
			ブチロラクトン類	オフラセ		
	A2: アデノシンデアミナーゼ	ヒドロキシ-(2-アミノ-)ピリミジン類	ヒドロキシ(2-アミノ-)ピリミジン類	ブピリメート ジメチリモール エチリモール	中程度の耐性リスク。 耐性及び交差耐性がうどんこ病菌で知られている。 耐性管理が必要。	8
	A3: DNA/RNA 生合成 (提案中)	芳香族ヘテロ環類	イソオキサゾール類	ヒドロキシイソキサゾール(ヒメキサゾール)	耐性は知られていない。	32
			イソチアゾロン類	オクテリノン		
	A4: DNA トポイソメラーゼ タイプ II (ジャイレース)	カルボン酸類	カルボン酸類	オキソリニック酸	殺細菌剤。耐性が知られている。 糸状菌での耐性リスクは不明。 耐性管理が必要。	31

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)								
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード		
B 細胞骨格とモーター蛋白質	B1: β-チューブリン重合阻害	MBC 殺菌剤(メチルベンゾイミダゾールカーバメート)	ベンゾイミダゾール類	ベノミルカルベンダゾール(カルベンダジム) フベリダゾール チアベンダゾール	多くの糸状菌で耐性が知られている。 いくつかの部位で突然変異が認められ、主にβ-チューブリンの E198A/G/K、F200Y。 グループ内で正の交差耐性有り。 N-フェニルカーバメート類に負の交差耐性有り。 高い耐性リスク。 FRAC のベンゾイミダゾール耐性管理ガイドラインを参照。	1		
			チオファネート類	チオファネート チオファネートメチル				
	B2: β-チューブリン重合阻害	N-フェニルカーバメート類	N-フェニルカーバメート類	ジエトフェンカルブ	耐性が知られている。 標的部位で E198K の突然変異。 ベンゾイミダゾール類と負の交差耐性。 高い耐性リスク。 耐性管理が必要。	10		
	B3: β-チューブリン重合阻害	ベンズアミド類	トルアミド類	ゾキサミド	低から中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。	22		
		チアゾールカルボキサミド類	エチルアミノチアゾールカルボキサミド	エタボキサム				
	B4: 細胞分裂(作用点不明)	フェニルウレア類	フェニルウレア類	ペンシクロン	耐性は知られていない。	20		
	B5: スペクトリン様蛋白質の非局在化	ベンズアミド類	ピリジニルメチルベンゾアミド類	フルオピコリド フルオピモミド	耐性は知られていない。	43		
	B6: アクチン/ミオシン/ フィブリン機能	シアノアクリレート類	アミノシアノアクリレート類	フェナマクリル	<i>Fusarium graminearum</i> で耐性が知られている。ミオシン-5 をコードする遺伝子の標的部位における変異が室内実験で知られている。 中程度から高いリスク。 耐性管理が必要。	47		
アリルフェニルケトン類				ベンゾフェノン			メトラフェノン	低感受性のコムギうどんこ病菌が発生。 中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。
ベンズイルピリジン				ピリオフェノン			2018 年に U08 から分類変更。	

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)							
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード	
C 呼吸	C1: 複合体 I : NADH 酸化還元酵素	ピリミジンアミン類	ピリミジンアミン類	ジフルメトリム	耐性は知られていない。	39	
		ピラゾールカルボキサミド類	ピラゾールカルボキサミド類	トルフェンピラド			
		キナゾリン	キナゾリン	フェナザキン			
	C2: 複合体 II : コハク酸脱水素酵素	SDHI(コハク酸脱水素酵素阻害剤)	フェニルベンズアミド類	フェニルベンズアミド類	ベノダニル フルトラニル メプロニル	圃場の菌や実験室の変異株のうち、数種の菌種で耐性が知られている。 <i>sdh</i> 遺伝子の標的部位において、例えば、257、267、272 で H/Y(あるいは H/L) や P225L の突然変異が認められ、それらの変異は菌種に依る。 耐性管理が必要。 中程度から高いリスク。 FRAC の SDHI 耐性管理ガイドラインを参照。	7
			フェニルオキシエチルチオフェンアミド類	フェニルオキシエチルチオフェンアミド類	イソフェタミド		
			ピリジニルエチルベンズアミド類	ピリジニルエチルベンズアミド類	フルオピラム		
			フランカルボキサミド類	フランカルボキサミド類	フェンフラム		
			オキサチンカルボキサミド類	オキサチンカルボキサミド類	カルボキシシン オキシカルボキシシン		
			チアゾールカルボキサミド類	チアゾールカルボキサミド類	チフルザミド		
			ピラゾール-4-カルボキサミド類	ピラゾール-4-カルボキサミド類	ベンゾビンジフルピル ビキサフェン フルインダピル フルキサピロキサド フラメトピル インピルフルキサム イソピラザム ペンフルフェン ペンチオピラド セダキサン		
			N-シクロプロピル-N-ベンジルピラゾールカルボキサミド類	N-シクロプロピル-N-ベンジルピラゾールカルボキサミド類	イソフルシプラム		
			N-メトキシ(フェニルエチル)ピラゾールカルボキサミド類	N-メトキシ(フェニルエチル)ピラゾールカルボキサミド類	ピジフルメトフェン		
			ピリジニルカルボキサミド類	ピリジニルカルボキサミド類	ボスカリド		
ピラジニルカルボキサミド類	ピラジニルカルボキサミド類	ピラジフルミド					

FRAC の作用機構分類 (2019年2月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
C 呼吸	C3: 複合体Ⅲ:チトクローム bc1(ユビキノール酸化酵素)Qo 部位(<i>cyt b</i> 遺伝子)	QoI 殺菌剤 (Qo 阻害剤)	メキシアクリレート類	アゾキシストロビン クモキシストロビン エノキサストロビン フルフェノキシストロビン ピコキシストロビン ピラオキシストロビン	各種の糸状菌で耐性が知られている。 <i>cyt b</i> 遺伝子の標的部位での突然変異(G143A、F129L)や他の作用機構。	11
			メキシアセトアミド類	マンデストロビン	QoI グループのすべての剤で交差耐性が知られている。	
			メキシカーバメート類	ピラクロストロビン ピラメストロビン トリクロピリカルブ	高い耐性リスク	
			オキシイミノ酢酸類	クレソキシムメチル トリフロキシストロビン	FRAC の QoI 耐性管理ガイドラインを参照。	
			オキシイミノアセトアミド類	ジモキシストロビン フェナキシストロビン メミノストロビン オリサストロビン		
			オキサゾリジンジオン類	ファモキサドン		
			ジヒドロジオキサジン類	フルオキサストロビン		
			イミダゾリノン類	フェンアミドン		
			ベンジルカーバメート類	ピリベンカルブ		
			C4: 複合体Ⅲ:ユビキノン還元酵素 Qi 部位	QiI 殺菌剤 (Qi 阻害剤)		
スルファモイルトリアゾール	アミスルプロム					
ピコリナミド類	フェンピコキサミド					
C5: 酸化的リン酸化の脱共役		ジニトロフェニルクロトン酸類	BINAPACRIL(ビナパクリル) メプチルジノカップ DPC(ジノカップ)	耐性は知られていない。 殺ダニ活性も同様。	29	
		2,6-ジニトロアニリン類	フルアジナム	低いリスク。 しかし、日本では <i>Botrytis</i> 属で耐性が報告。		
		(ピリミジノンヒドラーソン類)	(フェリムゾン)	2012年にU14に分類変更。		

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
C 呼吸	C6: 酸化的リン酸化、ATP 合成酵素の阻害	有機スズ化合物	トリフェニルスズ化合物	有機スズ(酢酸トリフェニルスズ) 有機スズ(塩化トリフェニルスズ) 有機スズ(水酸化トリフェニルスズ)	いくつかの耐性事例が知られている。 低から中程度の耐性リスク。	30
	C7: ATP 輸送(提案中)	チオフェンカルボキサミド類	チオフェンカルボキサミド類	シルチオファム	耐性の報告有り。 低い耐性リスク。	38
	C8: 複合体Ⅲ:ユビキノン還元酵素(Qo 部位、スチグマテリン結合サブサイト)	QoSI 殺菌剤(Qo 阻害剤、スチグマテリン結合タイプ)	トリアゾロピリミジールアミン	アメクトラジン	QoI 殺菌剤と交差しない。 耐性リスクは中程度から高いと推定。(単一部位の阻害) 耐性管理が必要。	45
D アミノ酸および蛋白質合成	D1: メチオニン合成(<i>ogs</i> 遺伝子)(提案中)	AP 殺菌剤(アニリノピリミジン類)	アニリノピリミジン類	シプロジニル メバニピリム ピリメタニル	<i>Botrytis</i> 属及び <i>Venturia</i> 属で耐性が知られている。 <i>Oculimacula</i> 属では散発的。 中程度の耐性リスク。 FRAC のアニリノピリミジン耐性管理ガイドラインを参照。	9
	D2: 蛋白質合成(リボソーム 翻訳終了段階)	エノピラヌロン酸抗生物質	エノピラヌロン酸抗生物質	ブラストサイジンS	低から中程度の耐性リスク。耐性管理が必要。	23
	D3: 蛋白質合成(リボソーム 翻訳開始段階)	ヘキソピラノシル抗生物質	ヘキソピラノシル抗生物質	カスガマイシン	糸状菌及び細菌(<i>P. glumae</i>)の病原菌で耐性が知られている。 中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。	24
	D4: 蛋白質合成(リボソーム 翻訳開始段階)	グルコピラノシル抗生物質	グルコピラノシル抗生物質	ストレプトマイシン	殺細菌剤。耐性が知られている。 高い耐性リスク。 耐性管理が必要。	25
	D5: 蛋白質合成(リボソーム ポリペプチド伸長段階)	テトラサイクリン抗生物質	テトラサイクリン抗生物質	オキシテトラサイクリン	殺細菌剤。耐性が知られている。 高い耐性リスク。 耐性管理が必要。	41

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
E シグナル伝達	E1: シグナル伝達(作用機構不明)	アザ-ナフトレン類	アリルオキシキノリン キナゾリノン	キノキシフェン プロキナジド	キノキシフェンに対する耐性が知られている。中程度のリスク。 耐性管理が必要。 <i>Erysiphe (Uncinula) necator</i> で交差耐性がみられるが、 <i>Blumeria graminis</i> ではみられていない。	13
	E2: 浸透圧シグナル伝達におけるMAP/ヒスチジンキナーゼ(<i>os-2</i> 、 <i>HOG1</i>)	PP 殺菌剤(フェニルピロール類)	フェニルピロール類	フェンピクロニル フルジオキシニル	散発的に耐性がみられる。作用機構は推定。 低から中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。	12
	E3: 浸透圧シグナル伝達におけるMAP/ヒスチジンキナーゼ(<i>os-1</i> 、 <i>Daf1</i>)	ジカルボキシイミド類	ジカルボキシイミド類	クロゾリネート ジメタクロン イプロジオン プロシミドン ピンクロゾリン	<i>Botrytis</i> 属及び他のいくつかの病原菌で耐性が通常みられる。OS-1(主に I365S)でのいくつかの突然変異あり。 通常、グループ内化合物での交差耐性有り。 中程度から高い耐性リスク。 FRAC のジカルボキシイミド耐性管理ガイドラインを参照。	2

FRAC の作用機構分類 (2019年2月)							
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード	
F 脂質合成または輸送、細胞膜の構造または機能	F1:	以前はジカルボキシイミド類で分類。					
	F2: リン脂質合成、メチルトランスフェラーゼ	ホスホロチオレート類	ホスホロチオレート類	EDDP(エジフェンホス) IBP(イプロベンホス) ピラゾホス	特定の糸状菌で耐性が知られている。 低から中程度の耐性リスク。 耐性リスクのある病原菌への使用では、耐性管理が必要。	6	
		ジチオラン類	ジチオラン類	イソプロチオラン			
	F3: 細胞の過酸化(提案中)	AH 殺菌剤(芳香族炭化水素) (クロロフェニル類、ニトロアニリン類) 複素芳香族	芳香族炭化水素	芳香族炭化水素	ビフェニル クロロネブ CNA(ジクロラン) PCNB(キントゼン) テクナゼン トルクロホスメチル エクロメゾール(エトリジアゾール)	いくつかの糸状菌で耐性が既知。 低から中程度の耐性リスク。 活性スペクトルが異なるため交差耐性のパターンは複雑。	14
	F4: 細胞膜透過性、脂肪酸(提案中)	カーバメート類	カーバメート類	カーバメート類	ヨードカルブ プロバモカルブ プロチオカルブ	低から中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。	28
	F5:	以前は CAA 殺菌剤で分類					
	F6: 病原菌細胞膜の微生物攪乱	微生物 (<i>Bacillus</i> 属)	<i>Bacillus</i> 属および 産生された殺菌性リポペプチド類	<i>Bacillus</i> 属および 産生された殺菌性リポペプチド類	パチルス ズブチリス QST713 株 パチルス ズブチリス FZB24 株 パチルス ズブチリス MBI600 株 パチルス ズブチリス D747 株	耐性は知られていない。 QST713 株と FZB24 株の作用機構として、宿主植物の抵抗性誘導も確認されている。	44
	F7: 細胞膜の攪乱(提案中)	植物抽出物	テルペン炭化水素類とテルペンアルコール類とテルペンフェノール類	テルペン炭化水素類とテルペンアルコール類とテルペンフェノール類	ゴセイカユブテ(ティーツリー)の抽出物 植物油類(混合物) オイゲノール、ゲラニオール、チモール	耐性は知られていない。	46
	F8: エルゴステロール結合	ポリエン	放線菌 <i>Streptomyces natalensis</i> あるいは <i>S. chattanoogensis</i> が産生する両性親媒マクロライド系抗真菌性抗生物質	放線菌 <i>Streptomyces natalensis</i> あるいは <i>S. chattanoogensis</i> が産生する両性親媒マクロライド系抗真菌性抗生物質	ナタマイシン(ピマリシン)	耐性は知られていない 農業用、食品用、局所医薬用	48
	F9: 脂質恒常性および輸送/貯蔵	OSBPI オキシステロール結合蛋白質阻害	ピペリジニルチアゾールイソキサザリン類	ピペリジニルチアゾールイソキサザリン類	オキサチアピプロリン	耐性リスクは中程度から高いと推定。(単一部位の阻害) 耐性管理が必要。 (以前は U15 として分類)	49

FRAC の作用機構分類 (2019年2月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
G 細胞膜のステロール合成	G1: ステロール生合成のC14位のデメチラーゼ (<i>erg11/cyp51</i>)	DMI 殺菌剤 (脱メチル化阻害剤) (SBI: クラス I)	ピペラジン類	トリホリン	DMI 殺菌剤の殺菌スペクトラムには大きな差がみられる。 各種の菌で耐性がみられる。 いくつかの耐性発現機構は、 <i>cyp 51 (erg 11)</i> 遺伝子 (例えば、V136A、Y137F、A379G、I381V)、 <i>cyp 51</i> プロモータ、ABC トランスポーター他での標的部位の突然変異に依ることが知られている。 一般的に DMI 殺菌剤は、同一菌種に対して交差耐性を示すと考えるべきである。 DMI 殺菌剤はステロール生合成阻害剤 (SBI) であるが、他の SBI クラスとは交差耐性を示さない。 中程度の耐性リスク。 FRAC の SBI 耐性管理ガイドラインを参照。	3
			ピリジン類	ピリフェノックス ピリソキサゾール		
			ピリミジン類	フェナリモル ヌアリモール		
			イミダゾール類	イマザリル オキシポコナゾール ペフラゾエート プロクロラズ トリフルミゾール		
			トリアゾール類	アザコナゾール ビテルタノール ブロムコナゾール シプロコナゾール ジフェノコナゾール ジニコナゾール エポキシコナゾール エタコナゾール フェンブコナゾール フルキンコナゾール フルシラゾール フルトリアホル ヘキサコナゾール イミベンコナゾール イプコナゾール メフェントリフルコナゾール メトコナゾール マイクロブタニル ベンコナゾール プロピコナゾール シメコナゾール テブコナゾール テトラコナゾール トリアジメホン トリアジメノール トリチコナゾール プロチオコナゾール		
			トリアゾリンチオン類	トリアジメノール トリチコナゾール プロチオコナゾール		
	G2: ステロール生合成における Δ^{14} 還元酵素及び Δ^8 - Δ^7 -イソメラーゼ (<i>erg24, erg2</i>)	アミン類 ("モルフォリン類") (SBI: クラス II)	モルフォリン類	アルジモルフ ドデモルフ フェンプロピモルフ トリデモルフ	うどんこ病菌に対して感受性が低下。 一般に同一グループ内では交差耐性を示すが、他の SBI クラスとは交差耐性を示さない。 低から中程度の耐性リスク。 FRAC の SBI 耐性管理ガイドラインを参照。	5
		ピペリジン類	フェンプロピジン ピペラリン			
		スピロケタールアミン類	スピロキサミン			
	G3: ステロール生合成系のC4位脱メチル化における3-ケト還元酵素 (<i>erg27</i>)	KRI-殺菌剤 (ケト還元酵素阻害剤) (SBI: クラス III)	ヒドロキシアニリド類	フェンヘキサミド	低から中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。	17
			アミノピラゾリノン	フェンピラザミン		

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
G	G4: ステロール生合成系のスクワレンエポキシダーゼ(<i>erg1</i>)	(SBI: クラスIV)	チオカーバメート類	ピリプチカルブ	耐性は知られていない。 殺菌及び除草活性有り 医薬用殺菌剤のみ。	18
			アリルアミン類	ナフチフィン テルピナフィン		
H 細胞壁生合成	H3:	以前はグルコピラノシル抗生物質で分類			U18 に分類変更	26
	H4: キチン合成酵素	ポリオキシン類	ペプチジルピリミジンヌクレオシド	ポリオキシン	耐性が知られている。 中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。	19
	H5: セルロース合成酵素	CAA 殺菌剤 (カルボン酸アミド類)	桂皮酸アミド類	ジメトモルフ フルモルフ ピリモルフ	Plasmopara viticola で耐性が知られているが、 Phytophthora infestans では知られていない。 CAA グループのすべてで 交差耐性がみられる。 低から中程度の耐性リスク。 FRAC の CAA 耐性管理ガイドラインを参照。	40
			パリンアミドカーバメート類	ベンチアバリカルブ イプロバリカルブ パリアフェナレート		
マンデル酸アミド類			マンジプロパミド			
I 細胞壁のメラニン合成	I1: メラニン生合成の還元酵素	MBI-R (メラニン生合成阻害剤-還元酵素)	イソベンゾフラノン	フサライド	耐性は知られていない。	16. 1
			ピロキノリノン	ピロキロン		
			トリアゾロベンゾチアゾール	トリシクラゾール		
	I2: メラニン生合成の脱水酵素	MBI-D (メラニン生合成阻害剤-脱水酵素)	シクロプロパンカルボキサミド	カルプロパミド	耐性が知られている。 中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。	16. 2
			カルボキサミド	ジクロシメット		
			プロピオンアミド	フェノキサニル		
I3: メラニン生合成のポリケタイド合成酵素	MBI-P (メラニン生合成阻害剤-ポリケタイド合成酵素)	トリフルオロエチルカーバメート	トルプロカルブ	耐性は知られていない。	16. 3	

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
P 宿主植物の抵抗性誘導	P1: サリチル酸シグナル伝達	ベンゾチアジアゾール BTH	ベンゾチアジアゾール BTH	アシベンゾラル S メチル	耐性は知られていない。	P1
	P2: サリチル酸シグナル伝達	ベンゾイソチアジアゾール	ベンゾイソチアジアゾール	プロベナゾール(抗菌活性も有す)	耐性は知られていない。	P2
	P3: サリチル酸シグナル伝達	チアジアゾールカルボキサミド	チアジアゾールカルボキサミド	チアジニルイソチアニル	耐性は知られていない。	P3
	P4: 多糖類エリシター	天然物	多糖類	ラミナリン	耐性は知られていない。	P4
	P5: アントラキノンエリシター	植物抽出物	混合物、エタノール抽出物 (アントラキノン類、レスベラトロール)	オオイタドリ抽出液	耐性は知られていない。	P5
	P6: 微生物エリシター	微生物	細菌 バチルス属 I	バチルス・マイコイデス分離株 J	耐性は知られていない。	P6
			真菌 サッカロミセス属	サッカロミセス・セレビシア LAS117 株の細胞壁		
P7: ホスホナート	ホスホナート類	エチルホスホナート類	ホセチル	いくつかの病原菌で耐性の報告がある。 低い耐性リスク。 2018 年にUの33から分類変更。	P7	
			亜リン酸および塩			

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)							
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード	
U 作用機構不明(リスト中、U番号のないものは再分類された殺菌剤)	不明	シアノアセトアミドオキシム	シアノアセトアミドオキシム	シモキサニル	耐性の報告が有る。低から中程度の耐性リスク。耐性管理が必要。	27	
	以前はホスホナート類(FRACコード33)で分類、2018年にP07に分類変更。						
	不明	フタラミン酸類	フタラミン酸類	テクロフタラム(殺細菌剤)	耐性は知られていない。	34	
	不明	ベンゾトリアジン類	ベンゾトリアジン類	トリアゾキシド	耐性は知られていない。	35	
	不明	ベンゼンスルホンアミド類	ベンゼンスルホンアミド類	フルスルファミド	耐性は知られていない。	36	
	不明	ピリダジノン類	ピリダジノン類	ジクロメジン	耐性は知られていない。	37	
	以前はメタスルホカルブ(FRACコード42)で分類、2018年にM12に分類変更。						
	不明	フェニルアセトアミド	フェニルアセトアミド	シフルフェナミド	<i>Sphaerotheca</i> で耐性。耐性管理が必要。	U6	
	以前はアリルフェニルケトン(FRACコードU08)で分類、2018年に50Iに分類変更。						
	細胞膜の崩壊(提案中)	グアニジン類	グアニジン類	グアニジン(ドジン)	<i>Venturia inaequalis</i> で耐性が知られている。低から中程度の耐性リスク。耐性管理が必要。	U12	
	不明	チアゾリジン	シアノメチレンチアゾリジン	フルチアニル	耐性は知られていない。	U13	
	不明	ピリミジノンヒドラゾン類	ピリミジノンヒドラゾン類	フェリムゾン	耐性は知られていない。(以前はC5として分類)	U14	
	複合体Ⅲ:チトクローム bc1、結合部位不明(提案中)	酢酸4-キノリン	酢酸4-キノリン	テブフロキン	QoI 殺菌剤とは交差耐性がない。耐性リスクは未知だが、中程度のリスクがあると推測される。耐性管理が必要。	U16	
	不明	テトラゾリルオキシム	テトラゾリルオキシム	ピカルブトラゾクス	耐性は知られていない。PA、QoI、CAA 殺菌剤とは交差耐性がない。	U17	
不明(トレハラーゼ阻害)	グルコピラノシル抗生物質	グルコピラノシル抗生物質	バリダマイシン	耐性は知られていない。トレハロースによる抵抗性誘導提案中。(以前はH3として分類)	U18		

FRAC の作用機構分類 (2019年2月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
NC 未分類	不明	種々	種々	マシン油 有機油 無機塩類 天然物起源	耐性は知られていない。	NC
M 多作用点接触活性	多作用点接触活性	無機化合物 (求電子剤)	無機化合物	銅(種々の塩)	糸状菌での耐性発現の徴候がなく、一般的に耐性リスクは低いと考えられる。	M1
		無機化合物 (求電子剤)	無機化合物	硫黄		M2
		ジチオカーバメート類及び類縁体 (求電子剤)	ジチオカーバメート類及び類縁体	ファーバム マンゼブ マンネブ メチラム プロピネブ チウラム チアゾール亜鉛 ジネブ ジラム		M3
		フタルイミド類 (求電子剤)	フタルイミド類	キャプタン ダイホルタン(カプタホール) ホルペット		M4
		クロロニトリル類 (フタロニトリル類) (作用点不明)	クロロニトリル類 (フタロニトリル類)	TPN(クロロタロニル)		M5
		スルファミド類 (求電子剤)	スルファミド類	スルフェン酸系(ジクロフルアニド) トリルフルアニド		M6
		ビスグアニジン類 (細胞膜攪乱剤、界面活性剤)	ビスグアニジン類	グアザチン イミノクタジン酢酸塩/ イミノクタジンアルベシル酸塩(イミノクタジン)		M7
		トリアジン類 (作用点不明)	トリアジン類	トリアジン(アニラジン)		M8
		キノン類 (アントラキノン類) (求電子剤)	キノン類 (アントラキノン類)	ジチアノン		M9
		キノキサリン類 (求電子剤)	キノキサリン類	キノキサリン系(キノメチオナート)		M10
		マレイミド (求電子剤)	マレイミド	フルオルイミド		M11
		チオカーバメート (求電子剤)	チオカーバメート	メタスルホカルブ		2018年にUの42から分類変更。 M12

FRAC の作用機構分類 (2019 年 2 月)						
作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
BM 複数の作用機構を有する生物農薬／生物由来の農薬	細胞壁、膜を介したイオン輸送における複数の効果;キレート効果	ポリペプチド (植物抽出物より)	ポリペプチド (レクチン)	ハウチワマメ苗木の子葉からの抽出物	耐性は知られていない。(以前は M12 として分類)	BM1
	複数の作用が報告されている: 競合、菌寄生、抗菌作用、溶菌酵素、抵抗性誘導	微生物 (生存微生物、またはその抽出物、代謝物)	真菌 トリコデルマ属	トリコデルマ・アトロピリデ I-1237 株	耐性は知られていない。	BM2
				トリコデルマ・アトロピリデ LU132 株		
				トリコデルマ・アトロピリデ SC1 株		
				トリコデルマ・アスペレルム T34 株		
		真菌 グリオクラディウム属	グリオクラディウム・カテナラタム J1446 株			
		細菌 ストレプトミセス属	ストレプトミセス・グリセオビリデス K61 株			