



FRAC 作用機構分類一覧表^{©*}2022: 交差耐性パターンと作用機構で分類された殺菌剤 (FRACグループの分類を含む)

※ FRAC: Fungicide Resistance Action Committee

免責事項:

国際的なガイドライン／ウェブサイト／出版物／議事録に含まれている技術情報が CropLife International/RAC(薬剤抵抗性対策委員会)の会員、非会員、科学コミュニティおよびより広く一般の方に提供されています。

CropLife International と各薬剤抵抗性対策委員会は、ガイドラインに正確で信頼性の高い情報を提示するためにあらゆる努力を払っていますが、それらの情報の正確性、完全性、有効性、適時性または正しい順序付けの保証をするものではありません。CropLife International および各薬剤抵抗性対策委員会は、それぞれが提供する情報を利用することによって生じる結果について何ら責任を負うものではありませんし、その情報に含まれる誤りまたは省略、事実に基づくまたは科学的な推定、研究または結論の正確性または合理性など何れの内容に関しても責任を負いません。

RACコードリストへの有効成分と製品の掲載は、作用機構の科学的な評価に基づいています。それは特定の製品の使用を推薦したり効果の判断を提供するものではありません。CropLife International および各薬剤抵抗性対策委員会はガイドラインに記載されている情報の使用、参照又は依存から生じるいかなる種類の損害についても責任を負わず、その損害に対する全ての責任を明確に否認します。

CropLife International / 薬剤抵抗性対策委員会が推奨する化学物質クラス又は作用機構のリストに掲載されているからといって、各国でその化合物の使用が認められていると解釈してはなりません。使用に際しては事前に、使用者それぞれがその国における現在の登録状況を確認し、その国で承認された用途や使用方法に厳密に従わなければなりません。

はじめに:

作用機構分類表は、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P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。生物由来の殺菌剤成分は、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の名称に準拠しました。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。このFRACコードは製品ラベル上で次のように“殺菌剤グループ”を定義するために用いられます。

殺菌剤分類 7

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。

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:2022年6月

次回改訂:2023年5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。営利目的で本リストを使用する場合は事前の書面による許可が必要です。

【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 (2021 年 3 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
	A5: デノボピリミジン生合成におけるジヒドロオロト酸デヒドロゲナーゼ阻害	DHODHI 殺菌剤	フェニルプロパノール	イプフルフェノキン	中から高程度の耐性リスク。	52

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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タンパク質	B1: チューブリン重合	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ている(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: チューブリン重合	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: チューブリン重合	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		
	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: スペクトリン様タンパク質の非局在化	ベンズアミド類	ピリジニルメチルベンズアミド類	フルオピコリド フルオピモミド	ブドウべと病で耐性菌株が分離されている。 中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。	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。 中程度から高い耐性リスク。 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	低感受性のうどんこ病菌が分離されている(<i>Blumeria</i> 属及び <i>Sphaerotheca</i> 属)。 中程度の耐性リスク。 耐性管理が必要。 2018 年にU8から分類変更。	50
			ベンゾイルピリジン	ピリオフェノン		
B7: チューブリン ダイナミクスモジュレーター	ピリダジン類	ピリダジン	ピリダクロメチル	高程度の耐性リスク。	53	

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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。 中程度から高い耐性リスク。 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		
			フェニルシクロブチルピリジンアミド	フェニルシクロブチルピリジンアミド	シクロブトリフルラム		
			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	ベンゾピンジフルピル 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		
			ピリジニカルボキサミド類	ピリジニカルボキサミド類	ボスカリド		
ピラジニカルボキサミド類	ピラジニカルボキサミド類	ピラジフルミド					

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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。 QoI グループのすべての剤で交差耐性が知られている。 高い耐性リスク。 FRAC の QoI 耐性管理ガイドラインを参照。	11
			メキシアセトアミド類	マンデストロビン		
			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		
			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		
			オキシイミノアセトアミド類	ジモキシストロビン フェナミンストロビン 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		

FRAC の作用機構分類 (2021年3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	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)	シアノイミダゾール	シアゾファミド	耐性リスクは未知だが、中程度から高い耐性リスクがあると推測される。(モデル生物での標的部位の突然変異が知られている。耐性管理が必要。フェンピコキサミドは卵菌類用殺菌剤のシアゾファミドとアミスルプロムとは殺菌スペクトルで重複しない。	21
			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 フロリルピコキサミド		
	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	低い耐性リスク。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。		
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・塩化トリフェニルスズ・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	シルチオファミン	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、ステグマテリン結合サブサイト)	QoSI 殺菌剤 (Qo 阻害剤、ステグマテリン結合タイプ)	トリアゾロピリミジルアミン	アメトクトラジン	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 アミノ酸およびタンパク質合成	D1: メチオニン合成(<i>cgs</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 メバニプリム 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: タンパク質合成(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: タンパク質合成(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>Pseudomonas 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: タンパク質合成(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: タンパク質合成(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 (2021 年 3 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。中程度の耐性リスク。 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 (2021 年 3 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: 細胞脂質の過酸化(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)	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	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	
		複素芳香族	1,2,4-チアジアゾール類	エクロメゾール(エトリジアゾール)			
	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	ヨードカルブ プロパモカルブ 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	以前は <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strains (FRAC Code 44); 2020 年に BM 2に再分類					
	F7: 細胞膜の攪乱	以前はゴセイカユプテ(ティーツリー)の抽出物 および植物油類(オイゲノール、ゲラニオール、チモール) FRAC Code 46、2021 年に BM 1に再分類					
	F8: エルゴステロール結合	ポリエン	放線菌 Streptomyces natalensis あるいは S. chattanoogaensis 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タンパク質阻害	ピペリジニルチアゾールイソオキサゾリン類	オキサチアピプロリン フルオキサピプロリン	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 U 15として分類)	49		
F10: 細胞膜脂質画分との相互作用、細胞膜への複数の作用	タンパク質画分	ポリペプチド	ポリペプチド ASFBIOF01-02	耐性は知られていない。	51		

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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 位の脱メチル化酵素 (<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 イブコナゾール メフェントリフルコナゾール メトコナゾール ミクロブタニル ペンコナゾール 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						
			トリアゾリンチオン類	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 $\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ -イソメラーゼ (<i>erg24</i> , <i>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	うどんこ病菌で感受性が低下。 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- β -ケト還元酵素	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									

(<i>erg27</i>)					
------------------	--	--	--	--	--

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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 テルビナフィン		
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			U 18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	耐性は知られているが、 <i>Phytophthora infestans</i> 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。	40
			パリンアミドカーバメート類	ベンチアパリカルブ イプロパリカルブ 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	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。				
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。 宿主植物の抵抗性誘導による細菌及び真菌に対する付加的作用も有する。	16. 3	

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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	ベンゾチアゾール BTH	ベンゾチアゾール 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	ベンゾイソチアゾール	ベンゾイソチアゾール	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	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U33から分類変更。	P7
			亜リン酸および塩			
P8: サリチル酸シグナル伝達	イソチアゾール	イソチアゾリルメチルエーテル	ジクロベンチアゾクス	SA 経路の上流と下流で抵抗性誘導を活性化する。 耐性は知られていない。	P8	

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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	耐性の報告がある。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P7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> 属菌で耐性。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50に分類変更。						
	細胞膜の崩壊(提案中)	ゲアニジン類	ゲアニジン類	ゲアニジン(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	<i>Sphaerotheca</i> 属菌および <i>Podosphaera xanthii</i> で耐性。耐性管理が必要。	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)	4-キノリル酢酸	4-キノリル酢酸	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 (2021 年 3 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	
特定されない	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)※	※有機銅にも適用	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	アンバム 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) ホルベット		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	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。
		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		M12	

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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植物抽出物	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	植物抽出物	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 M 12として分類)	BM1
	真菌胞子と発芽管に影響、植物の抵抗性誘導	植物抽出物	フェノール、セスキテルペン、トリテルペノイド、クマリン	<i>Swinglea glutinosa</i> からの抽出物	耐性は知られていない。	
	細胞膜破壊、細胞壁、植物防御機構の誘導	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	<i>Melaleuca alternifolia</i> ゴセイカユプテの抽出物(ティーツリーオイル) 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。(以前は F 7として分類)	

FRAC の作用機構分類 (2021 年 3 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 M 複数の作用機構を有する生物農薬 微生物農薬	複数の作用が報告されている: 競合、菌寄生、抗菌作用、殺菌性リポペプチドによる細胞膜破壊、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 LU132 株 SC1 株 SKT-1 株 77B 株	グリオクラディウム・カタネラタムからクロノスタキス・ロゼアに命名変更。 耐性は知られていない。 バチルス・アミロリクエファシエンスは、2020 年に F6、FRACコード44から再分類された。 バチルス・アミロリクエファシエンスの別名は、バチルス・ズブチリス及びバチルス・ズブチリス アミロリクエファシエンス系統(以前の分類学上の分類)	BM2
			真菌 トリコデルマ属	トリコデルマ・アスペレルム T34 株 Kd 株		
			真菌 トリコデルマ属	トリコデルマ・ハルジアナム T22 株		
			真菌 トリコデルマ属	トリコデルマ・ビレンス G-41 株		
			真菌 クロノスタキス属	クロノスタキス・ロゼア J1446 株 CR-7 株		
			真菌 コリオチリウム属	コリオチリウム・ミニタンス CON/M/91-08 株		
			真菌 ハンゼニアスポラ属	ハンゼニアスポラ・ウバルム BC18Y 株		
			真菌 タラロマイセス属	タラロマイセス・フラバス SAY-Y-94-01 株		
			真菌 サッカロマイセス属	サッカロマイセス・セレピシエ LAS02 株 DDSF623 株		
			細菌 バチルス属	バチルス・アミロリクエファシエンス QST713 株 FZB24 株 MBI600 株 D747 株 F727 株 AT-332 株 バチルス・ズブチリス AFS032321 株 Y1336 株 HAI-0404 株		
			細菌 エルウィニア属 (ペプチド)	PHC25279		
			細菌 グルコノバクテラ属	グルコノバクテラ・セリヌス BC18B 株		
			細菌 シュードモナス属	シュードモナス・クロロファフィス AFS 009 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		
				ストレプトミセス・リディ クスWYEC 108 株		