

ハダニ類防除技術の 最近の動向と薬剤抵抗性管理



日本曹達株式会社 小田原研究所

山本 敦司

Atsushi Yamamoto

1. はじめに

農業時代第 193 号および日本農業学会誌に、農業生産へ持続的に貢献するこれからの害虫制御のあり方について寄稿した(山本、2012a;b)。その中で、「持続的に登録のある薬剤をいかに上手に使用していくか」という普及的課題を掲げ、その対応策の一つに薬剤抵抗性管理・対策の実施を提案した。本稿ではあらためて薬剤抵抗性管理・対策の重要性を取り上げ、さらに抵抗性問題とは切り離すことができないハダニ類の防除技術についても最近の動向を総説する。なお本稿は、「日植防シンポジウム／2019.9.20 開催」(山本、2019a)と「東京農業大学総合研究所研究会農業部会第 116 回セミナー／2019.11.15 開催」(山本、2019b)での講演、および「農業の創製研究の動向／シーエムシー出版」への執筆(山本、2018)から主に引用し、新しい情報を加えて取りまとめた。

2. 多彩なハダニ防除技術の時代へ

ハダニ類は農作物の収量・品質を低下させるため、古くから重要な防除対象である。日本でハダニ類が問題となる作物を、殺ダニ剤の 2015 年の販売調査(GfK kynetec 社、2017)から推定すると、かんきつ 24%、りんご 22%、その他果樹 13%、茶 18%、および果野菜・野菜類 13%、花き類 3% およびその他作物 7%であった。

また、ハダニ類は産雄単為生殖、繁殖力の高さ、世代交代の速さ、近親交配、および異物代謝能力の高さなどの薬剤抵抗性を発達させやすい“生物学的特性”を持つ。そのため、防除上の解決は未だにみることができず、常に新しい防除技術への関心と期

待がある。近年、ハダニ防除には化学的防除の殺ダニ剤だけでなく、さまざまなハダニ防除法が実用化され使用されている(表 1)。

殺ダニ剤による化学的防除では薬剤抵抗性発達のために基幹殺ダニ剤の変遷が著しい(図 1)。殺ダニ剤はこれまで概して約 100 億円の出荷金額レベルで推移していたが、2000 年前後から減少傾向にあり、2017 年現在では約 73 億円となった。一方、化学的防除以外のハダニ防除技術の実用化が進んでいる。販売統計のあるものでは、気門封鎖剤やハダニ用カブリダニ製剤 3 種は 2000 年当時ではほとんど利用されていなかったが、2017 年にはそれぞれ約 13 億円と約 10 億円の出荷で普及が進んでいる。殺

表 1. 農業上問題となるハダニ類の防除技術
山本(2018)を改訂; 2019a)

化学的防除法
殺ダニ剤 殺ダニ活性のある殺虫剤
天然物由来剤など
気門封鎖剤 マシン油, 硫黄剤, 石灰硫黄合剤
生物的防除法
カブリダニ類(製剤・土着) + バンカーシート 昆虫病原性微生物, 土着天敵昆虫
物理的防除法
中波長紫外線(UVB) + 反射シート 高濃度炭酸ガス, 蒸熱処理 粘着板, など

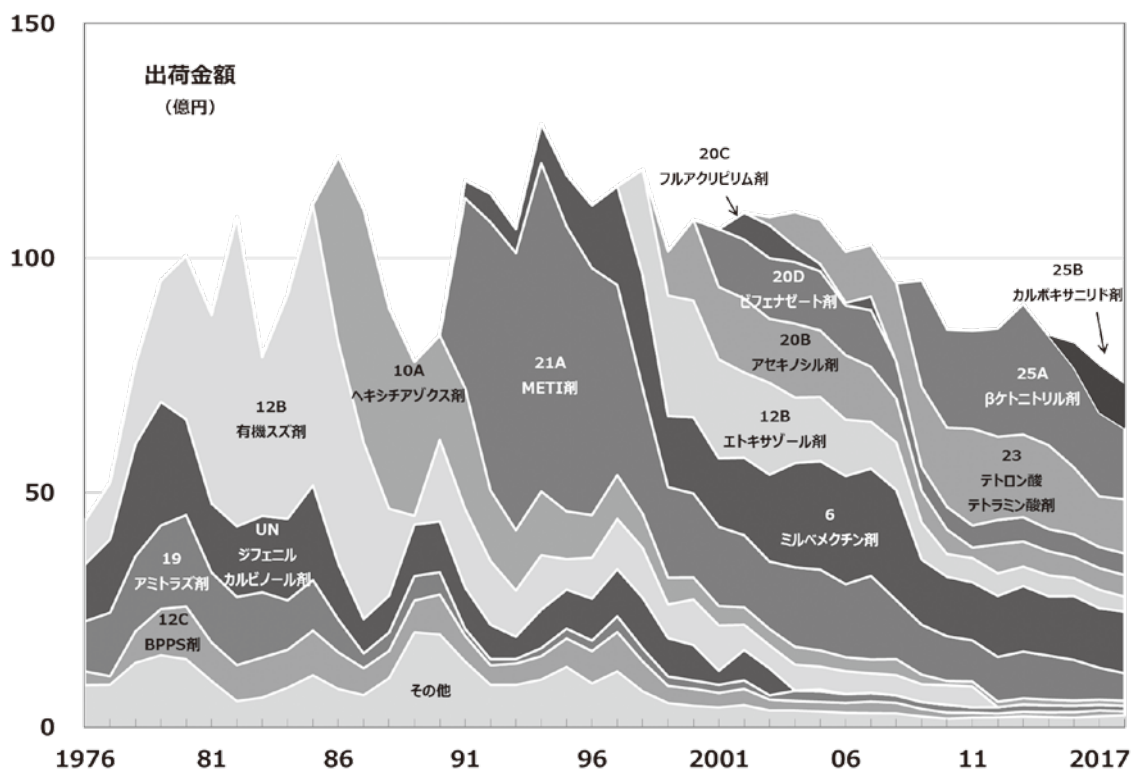


図1. 殺ダニ剤の販売推移 (1976～2017 日本)
山本(2018)を改訂、農業要覧より集計、番号はIRACコード

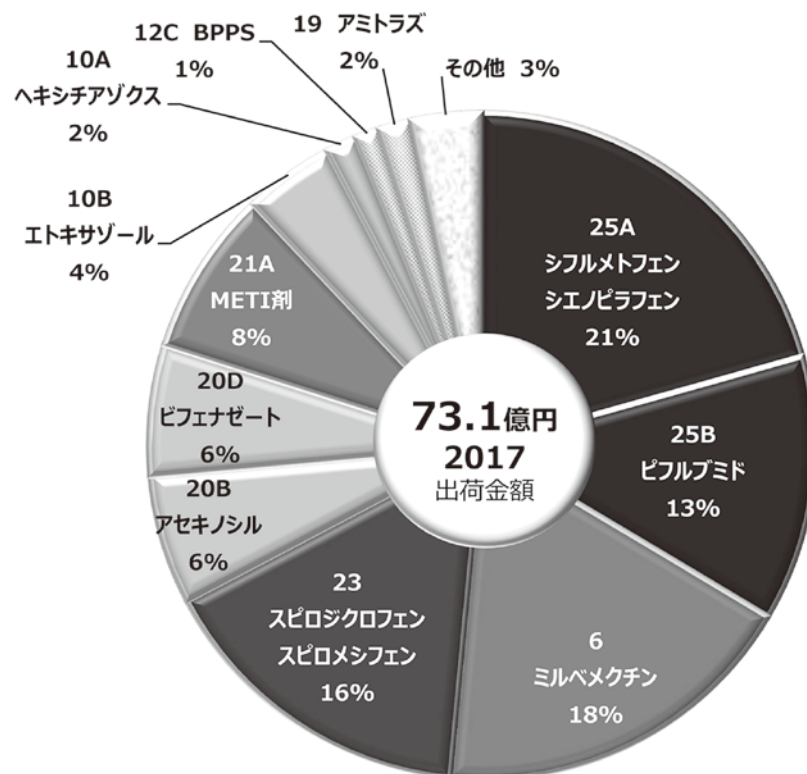


図2. 殺ダニ剤の作用機構別の販売状況 (2017 日本)
山本(2018)を改訂、農業要覧より集計、番号はIRACコード

ダニ剤はその使用が簡便で効果が確実であるため、今後も継続してハダニ類の基幹防除技術として使用されるだろう。だが、同時に抵抗性問題から逃れることも難しい。したがって、今後のハダニ防除では新規作用機構の殺ダニ剤の開発とともに、抵抗性管理を考慮した多彩な防除技術の併用が求められる。

3. 殺ダニ剤

IRAC（殺虫剤抵抗性対策委員会）では殺ダニ剤をハダニの生物学的ターゲット別に作用機構を分類した。①神経・筋肉の6種の作用機構、②呼吸の5種の作用機構、③成長・発育の3種の作用機構、および④不明の4薬剤である（IRAC、2019）。

2017年現在の日本における殺ダニ剤の作用機構別の販売状況を図2に示した。現在の基幹殺ダニ剤は、ミトコンドリア電子伝達系複合体II阻害剤（IRACコード25）とグルタミン酸作動性イオンチャンネルモジュレーター（IRACコード6）とアセチルCoA阻害剤（IRACコード23）の3つの作用機構に含まれる剤である。これらの剤ではハダニ防除上の効力低下の大きな問題はないものの、残念ながら薬剤抵抗性の報告が一部地域のハダニで散見されている。

(1) 新規殺ダニ剤

殺ダニ剤と殺ダニ活性を有する殺虫剤・殺菌剤の1985年以降の開発状況を表2にまとめた。2019年には、フルキサメタミド（fluxametamide、グレースシア®、日産化学、IRACコード30）とアシノナビル（acynonapyr、日本曹達、IRACコード未定）が登録された。

(2) 開発中の殺ダニ剤

日本において2019年現在で開発中のハダニ類に活性を示す薬剤は3剤である（表2）。KUI-1821（クミアイ化学、委託試験中2018年～）は殺ダニ剤、AKD-5196（アグロカネショウ、委託試験中2017年～）は殺菌・殺虫剤、SYJ-295（シンジェンタ、委託試験中2019年～）は殺虫剤である。これら開発中薬剤の生物的特性、作用機構、合成、物理化学的特性、各種の安全性に関しては、今後公開される報告を待ちたい。

(3) 再注目したい殺ダニ剤

すでに登録のある有効成分であるが、ハダニ類に適用拡大された2剤に再注目したい（表2）。新しい作用機構の追加の点から抵抗性管理へ貢献する意義がある（山本、2019b）。

ポリオキシシン（polyoxin、ポリオキシシンAL®等）：本剤は、科研製薬㈱が1967年に登録取得したペプチジルピリミジンヌクレオシド系の殺菌剤である（FRACコード19）。ポリオキシシンのハダニ類に対する適用拡大登録は2009年（ポリオキシシンAL®）であり、2018年には殺ダニ殺菌剤としてデュアルサイド®が登録された。デュアルサイド®はポリオキシシンと気門封鎖剤のプロピレングリコールモノ脂肪酸エステル（アカリタッチ®）との混合剤であり、ハダニの成虫に対する速効性が補完された。ポリオキシシンはダニ類成長阻害剤（IRACコード10A、10B）とは異なる作用機構でキチンの生合成を阻害する（キチン前駆物質との競合的阻害）（Demaeght et al., 2014；堀・柿木、1977）。

スピノサド（spinosad、スピノエース®）：本剤は、ダウ・アグロサイエンス社が1999年に登録取得したスピノシン系殺虫剤（IRACコード5）で、その作用機構はニコチン性アセチルコリン受容体のアロステリック・モジュレーターである。スピノサドと脂肪酸グリセリド（サンクリスタル®）の混合剤であるダブルシューターSE®（サンケイ化学、ダウ）が2018年にハダニ類等に登録された。それぞれの有効成分の単独使用ではハダニ類に低活性であったが、混合による相乗効果でテトラニカス属のナミハダニ等に実用的な防除効果を示した（サンケイ化学HP）。

4. IPM 資材のハダニ類防除技術

ハダニ防除の分野では、2000年以前は主に殺ダニ剤や殺ダニ活性を有する殺虫剤による防除法が主流であった。しかし、2000年以降には、各種のIPM技術を基盤とした資材が数多く実用化され普及が進んでいる。例えば、気門封鎖剤、カブリダニ製剤、土着天敵昆虫、昆虫病原性糸状菌製剤、高濃度炭酸ガス燻蒸処理、蒸熱処理、紫外光UV-B照射などが注目されており、IPM関連の総説にも詳しい（國本、2019；関根、2019；山本、2018；柳田、2019）。このような多彩なIPM技術と殺ダニ剤の併

表2. 殺ダニ剤と殺ダニ活性を有する殺虫剤・殺菌剤の開発状況（1985～2019 日本）
山本（2018）に 2019 年現在の情報を加え改訂

登録年	有効成分	化学構造等のタイプ	IRAC コード, 等	会社 (略称)	
〔開発中〕					
2019～	SYJ-295DC／殺虫剤	—	〔100g/L, 2500-5000倍〕	シンジェンタ	
2018～	KUI-1821WP	—	〔8%, 1000倍〕	クミアイ化学	
2017～	AKD-5196SC／殺菌・殺虫剤	—	〔200g/L, 1000-2000倍〕	アグロカネショウ	
〔神経・筋肉〕					
グルタミン酸作動性塩素イオンチャンネル・アロステリックモジュレーター					
2013	アバメクチン／殺虫剤	アベルメクチン系	6	シンジェンタ	
1997	エマメクチン安息香酸塩／殺虫剤	アベルメクチン系	6	シンジェンタ	
1990	ミルベメクチン	ミルベマイシン系	6	三井化学アグロ	
GABA作動性塩素イオンチャンネル					
2019	フルキサメタミド／殺虫剤	イソオキサゾリン系	30	アロステリックモジュレーター	日産化学
1987	ジエノクロル	環状ジエン有機塩素系	2A	アンタゴニスト	アグロカネショウ
ニコチン性アセチルコリン受容体・アロステリックモジュレーター 部位 I					
2018適用拡大	スピノサド／殺虫剤	スピノシン系	5		ダウ,サンケイ
ナトリウムチャネル・モジュレーター					
1995	アクリナトリン／殺虫剤	ピレスロイド系	3A		CBC
1988	フェンプロバトリン／殺虫剤	ピレスロイド系	3A		住友化学
1987	フルバリネート／殺虫剤	ピレスロイド系	3A		日本農薬
〔呼吸系〕					
ミトコンドリア電子伝達系 複合体II阻害剤					
2015	ピフルブミド	カルボキサニド系	25B		日本農薬
2008	シエノピラフェン	β-ケトニトリル誘導体	25A		日産化学
2007	シフルメトフェン	β-ケトニトリル誘導体	26A		OATアグリオ
ミトコンドリア電子伝達系 複合体III阻害剤					
2001	フルアクリピリム	ピリミジニルオキシ	20C		日本曹達
2000	ピフェナゼート	ヒドラジン	20D		日産化学
1999	アセキノシル	ナフトキノ	20B		アグロカネショウ
ミトコンドリア電子伝達系 複合体I 阻害剤 (METI)					
1995	ピリミジフェン	METI	21A		三井化学アグロ
1993	デブフェンピラド	METI	21A		日本農薬
1991	フェンピロキシメート	METI	21A		日本農薬
1991	ピリダベン	METI	21A		日産化学
酸化的リン酸化脱共役剤					
1996	クロルフェナピル／殺虫剤	ピロール	13		BASF
1990	フルアジナム／殺菌剤	2,6-ジニトロアニリン	FRAC29		石原
〔成長・発育〕					
アセチルCoAカルボキシラーゼ阻害剤					
2012	スピロテトラマト／殺虫剤	テトラミン酸誘導体	23		バイエル
2007	スピロメシフェン	テトラミン酸誘導体	23		バイエル
2003	スピロジクロフェン	テトラミン酸誘導体	23		バイエル
成長調節機能を阻害する剤					
2013適用拡大	ポリオキシシン／殺菌剤	ペプチジルピリミジンヌクレオシド	FRAC19	キチン合成阻害	科研製薬
1998	エトキサゾール	オキサゾリン	10B	CHS1-ダニ類成長阻害	協友アグリ
1993	フルフェノクスロン／殺虫剤	ベンゾイルフェニルウレア	15	CHS1-キチン生成阻害	BASF
1989	クロフェンデジン	テトラジン	10A	CHS1-ダニ類成長阻害	アダマ・ジャパン
1986	フェノチオカルブ	チオカーバメート	UN	殺卵・殺幼虫活性	クミアイ化学
1985	ヘキシチアゾクス	チアゾリジノン	10A	CHS1-ダニ類成長阻害	日本曹達

表3. 化学合成農薬以外の殺ダニ活性を有する農薬の開発状況（2019 日本）
山本（2018）に 2019 年現在の情報を加え改訂

登録年	有効成分	代表的商品名*	有効成分 %	濃度* ダニ類対象の濃度	会社（略称）
〔気門封鎖剤、マシン油、および無機硫黄剤〕					
開発中 2019～	ORO-030S3D 液剤	〔成分〕 Orange Oil	6	250 倍	Joy Consulting
2019	グリセリンクエン酸 脂肪酸エステル	ビタイチ乳剤	50	500 倍	協友アグリ
2015	ポリグリセリン脂肪酸エステル フーモン		82.5	1000 倍	日本化薬
2010	調合油 (サフラワー油および綿実油)	サフオイル乳剤	97	300 ～ 500 倍	OAT アグリオ
2009	ソルビタン脂肪酸エステル	ムシラップ, 他	70, 他	500 倍, 他	丸和バイオ
2005	還元澱粉糖化物	エコピタ液剤, 他	60	100 倍	協友アグリ
2001	プロピレングリコール モノ脂肪酸エステル	アカリタッチ乳剤	70	1000 ～ 3000 倍	OAT アグリオ (東亜合成)
2000	脂肪酸グリセリド	サンクリスタル乳剤, 他	90	300 ～ 600 倍	サンケイ化学
1998	ヒドロキシプロピルデンブ	粘着くん液剤	5	100 倍	アグロス
1984	なたね油	ハツバ乳剤	90	100 ～ 200 倍	サンケイ化学
1948	マシン油	機械油, 他	95, 97, 98	50 ～ 200 倍, 他	各社
1948	無機硫黄	石灰硫黄合剤 硫黄剤各種	27.5, 他	80 ～ 200 倍, 他	各社
〔カブリダニ製剤〕					
2008	スワルスキーカブリダニ	スワルスキー, 他	—	—	アリスタ
2003	ミヤコカブリダニ	スパイカル, 他	—	—	アリスタ
1995	チリカブリダニ	スパイデックス, 他	—	—	アリスタ
〔昆虫病原性糸状菌〕					
			cfu/ml		
開発中 2016 ～	ボーベリア バシアーナ ATCC 株	CBC-1601E	2.3×10 ⁷	1000 倍	CBC
2018 適用拡大	ボーベリア バシアーナ GHA 株	ボタニガード ES	1.6×10 ¹⁰	1000 倍	アリスタ
2018 適用拡大	ベキロマイセス フモンロセウス	ブリファード水和剤	1.0×10 ⁹	1000 倍	三井物産

濃度*：ダニ類対象の普及濃度事例。詳しくは、各製品の登録内容を参照。

用によって、殺ダニ剤の薬剤抵抗性管理が成り立つことは言うまでもない。本稿でも最近ハダニ類に登録が取得された気門封鎖剤と昆虫病原性糸状菌について取り上げる。

(1) 気門封鎖剤 (IRAC コード UNE)

表 3 に気門封鎖剤の開発状況をまとめた。気門封鎖剤は 2000 年当時には、有効成分 2 剤のみで出荷金額は約 0.3 億円のみであったが、2017 年現在で 8 有効成分まで開発され出荷金額も約 13 億円と増加した。

この中で食品添加物を有効成分とする最近の 3 剤を紹介する。調合油乳剤（サフラワー油および綿実

油、サフオイル乳剤[®]）は、OAT アグリオ(株)が理化学研究所と共同開発し、2015 年に登録された殺虫・殺ダニ・殺菌剤である。殺卵活性を有する特徴がある。ポリグリセリン脂肪酸エステル乳剤（NK-1001、フーモン[®]）は、日本化薬(株)が開発し 2016 年に登録された殺虫・殺ダニ・殺菌剤である。1000 倍という高希釈倍率で使用でき、作物への薬害リスクも低い。グリセリンクエン酸脂肪酸エステル（ビタイチ乳剤[®]）は、協友アグリが開発し 2019 年に登録された殺虫・殺ダニ・殺菌剤である。

気門封鎖剤の中には化学農薬と相乗効果を示す事例もある。例えば、脂肪酸グリセリド（サンクリスタル乳剤[®]）は殺ダニ剤ピフルブミドや殺虫剤スピ

ノサドとの混用でハダニ類に対して効力を増強することが報告された（土井ら、2018；中野ら、2018；サンケイ化学 HP）。また、調合油や脂肪酸グリセリドが気門封鎖だけでなくハダニの忌避効果を示すとの報告もある（井口、2019）。

(2) 昆虫病原性糸状菌（IRAC コード UNF）

昆虫病原性微生物、特に昆虫病原性糸状菌は、2000 年以降に開発・普及が進んだ。2017 年の出荷金額は合計約 1.4 億円で、野菜害虫対象の製品に限れば約 0.9 億円である。化学農薬と同様に、散布処理や粒剤の土壌処理ができるのが施用上の身近さである。

これまで、主に野菜のコナジラミ類・アザミウマ類・アブラムシ類の微小害虫がターゲットであったが、2018 年にボタニガード ES[®]（ボーベリア・バシアーナ GHA 株：アリスト）とプリファード水和剤[®]（ペキロマイセス・フモソロセウス；三井物産）がハダニ類へ適用拡大された。また、CBC-1601E フロアブル（ボーベリア・バシアーナ ATCC 株；CBC 社）がハダニ類も含み 2016 年から開発中である。ボーベリア・バシアーナ ATCC 株ではハダニの殺卵効果が高いもののカブリダニの卵には感染力が弱い（Doso et al., 2008）、カブリダニ製剤との体系施用によるハダニ防除もできるだろう。このような昆虫病原性糸状菌の開発によって、ハダニ類の薬剤抵抗性管理に新しい作用機構の選択枝が追加されることになる。さらに菌株によっては感染する害虫種が広いことや、うどんこ病などの病害へのデュアル効果も期待できることから、さまざまな病虫害の同時防除にも貢献する。

5. 薬剤抵抗性管理を見据えたハダニ防除

殺ダニ剤によるハダニ防除では、薬剤抵抗性管理・対策が薬剤の延命に重要である。ここでは、殺ダニ剤も含めた薬剤抵抗性管理・対策の基本的な考え方を解説する（山本、2019a）。

(1) 薬剤抵抗性はヒューマンエラー

どうして薬剤抵抗性によって薬剤が効かない害虫や病害が顕在化するのか？ まず抵抗性の定義を噛み砕いて分かりやすく説明すると次のとおりである。「薬剤抵抗性とは、病虫害に対してうっかりと「適

切でない方法」で薬剤を繰り返し使い続けてしまうと、これまで有効であった登録薬量・濃度で防除できなくなってしまうことであり、やっかいなことに、病虫害の次の世代へ「遺伝して」伝わってしまう現象である」（山本、2019a）。すなわち、抵抗性発達の防除的な原因は薬剤防除のやり方の良し悪しで引き起こされるヒューマンエラーとも言える（山本、2017）。そしてよくあるのは、現場で抵抗性が問題になるのは薬剤が効かなくなってからである。だが、このタイミングでは遅く、全く問題にならない時期からあらかじめ抵抗性対策を考えておくのが賢い考え方である。農業生産者はもちろん行政、研究者・現場指導員や農薬企業にとっても、長い目で見て「みんなが得をする」ことを意識して抵抗性対策に取り組むことが大切である。

(2) 薬剤抵抗性問題の解決へのステップ

薬剤抵抗性問題には 2 つの解決策があり（山本、2017;2019a）（表 4）、企業による新規薬剤の開発と、現場での「後手にまわらない薬剤抵抗性管理の普及」が重要である。そして、薬剤抵抗性管理では、抵抗性発達を「抵抗性リスク」として考えてリスクに対応するための「リスク分析」の考え方を取り入れて進むべき道を明らかにする。この薬剤抵抗性リスク分析の考え方の流れは「リスク評価→リスク管理→リスクコミュニケーション」の 3 つのステップである。特に現場では、後述するように関係者の間での対話である薬剤抵抗性リスクコミュニケーションが大切である。最近、殺虫剤抵抗性リスクを見える化するための殺虫剤抵抗性リスク評価表の作成が、農林害虫防除研究会で進められており（山本、2019a）、その HP 上で公開予定である。

ここで薬剤抵抗性に関する用語を整理する（図 3）。「薬剤抵抗性管理」とは、薬剤抵抗性という難敵を抑えるための大きな「戦略（strategy）」である。そして、「薬剤抵抗性対策ツール」というさまざまな「武器（weapon）」を活用して、「薬剤抵抗性対策」という「戦術（tactic）」すなわち適切な薬剤の使用方法を実行して難敵を駆逐する。抵抗性対策ツールをどれだけ準備し活用できるか、薬剤ローテーション等の抵抗性対策をいかに正しく適切に実施できるかが、抵抗性管理のポイントであるのは言うまでもない。

(3) 薬剤抵抗性管理は IPM の延長線上にある

ここで、薬剤抵抗性管理の位置づけを説明する。薬剤抵抗性管理 (PRM; Pesticide Resistance Management) を効率的に進めるためには、総合的作物管理 (ICM; Integrated Crop Management) の重要な基盤技術の一つである耕種的防除の利用や、総合的病害虫雑草管理 (IPM; Integrated Pest Management) の生物的防除や物理的防除資材の活用が不可欠である。すなわち、薬剤抵抗性管理 PRM は ICM・IPM の基盤なしには成り立たない (図 4) (山本、2019a)。IPM 実践指針 (農水省植防課、2005) の考え方が生産現場でも浸透したと考えられる現在、薬剤抵抗性管理は IPM・ICM の延長線上に位置している。

(4) 薬剤抵抗性リスクコミュニケーション

薬剤抵抗性リスク評価 (研究) やリスク管理 (施策) によって薬剤抵抗性管理・対策の技術はでき上がる (表 4)。しかしその技術は作ったら終わりとは

いうのではなく、それが農業生産者に伝わり使われてはじめて意味を持つ。そのために、リスクコミュニケーションが必要なのである (図 5)。一般的に、リスクコミュニケーションとは専門家が一般の人へリスクの情報を伝え対話することである。したがって研究者・指導員には、農業生産者へ抵抗性リスクの重大性や損失の程度を正しく伝え、抵抗性対策ツールや方法を分かりやすく説明する対話技術、専門性、指導力が求められる。抵抗性リスクコミュニケーションを見えるかたちとするために、地域の作物に応じた防除マニュアルや防除基準に、抵抗性管理の考え方を盛り込んでみるのも一手である。そして、上から目線ではなく、生産者の自主性を伸ばすようなアドバイスができれば良いと考える。

薬剤抵抗性リスクコミュニケーションを進めるためには薬剤抵抗性ツールが助けとなる。中でも、薬剤抵抗性リスク評価表や薬剤作用機構分類コード (RAC コード) や薬剤感受性検定結果情報等のツールが重要である。それに加えて、GAP (Good

表4. 薬剤抵抗性問題の解決策と薬剤抵抗性リスク分析
山本 (2017; 2019a)

農業生産現場からの よくある質問	
① どうして 抵抗性が発達するのか？	
② 抵抗性発達の 遅延・抑制 はできるのか？	
③ 一度発達した抵抗性は 感受性が回復 するのか？	
④ どんな対策を、いつ 実施したらよいのか？	
薬剤抵抗性問題の解決策	
① [開発] 新規作用機構を持つ 薬剤の開発	
② [普及] 後手に廻らない 薬剤抵抗性管理	
薬剤抵抗性リスク分析, 3 ステップ ^o	
【① 研究】 薬剤抵抗性リスク評価	
・ 薬剤の効果・抵抗性機構の解明 ・ 抵抗性病害虫の生物的・遺伝的特性の解明 ・ 抵抗性の検出 (生物検定・遺伝子診断) ・ 抵抗性リスク評価表の作成	
【② 施策】 薬剤抵抗性管理	
・ 抵抗性対策 (防除方法) の確立 (ローテーション, 混用, IPM体系, 等) ・ 抵抗性対策ツールの整備 (抵抗性管理ガイドライン, 等の作成)	
【③ 対話】 薬剤抵抗性リスクコミュニケーション	
・ 抵抗性リスクの正しい伝達 ・ 農業生産者との対話・連携の仕組み作り ・ 関係者の所属・立場の垣根を超えた連携 ・ 地域の防除暦・基準への抵抗性管理の導入	

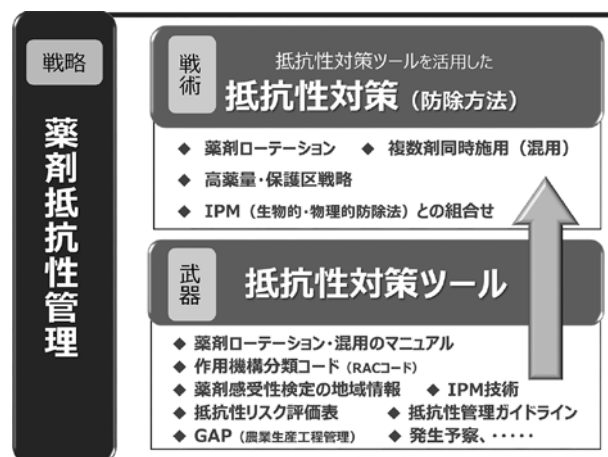


図3. 薬剤抵抗性管理を構成する要素 山本 (2019a)



図4. 農業生産に関わる管理体系と薬剤抵抗性管理の位置づけ
山本 (2017; 2019a)

Agricultural Practice：農業生産工程管理）によるチェックも推奨したい。GAPの農薬適正使用工程チェック項目の中に、薬剤抵抗性対策を設けている都道府県GAPも少なくない。すなわち、GAPそのものが農業生産者の薬剤抵抗性管理・対策の意識向上に貢献するものと考えている。

6. おわりに

ハダニ類防除には殺ダニ剤に加え多彩な技術が使える時代となり、薬剤抵抗性管理が望む姿に近づいている。薬剤抵抗性管理は現場ファーストであり、生産者・現場指導員が主役である。そして、IPM・ICMの技術を基盤に関係者が所属の枠を超えてワンチームとなり、みんなが得する薬剤抵抗性管理へのビクトリーロードを進みトライを決めたいと思う！

参考文献

Demaeght P. et al. (2014) Insect Biochem. Mol. Biol. 51: 52-61.
土井誠ら (2018) 第62回日本応用動物昆虫学会大

会 講演要旨：8 (A108).

Duso et al. (2008) Biological Control 47：16-21.

GfK kynetec (2017) i-map3DataBase.

堀正大・柿木和雄 (1977) 日本農薬学会誌 2：345-355.

井口雅裕 (2019) 農林害虫防除研究会 第24回大会 講演要旨：32.

IRAC (2019) Acaricide Mode of Action Classification：http://www.irac.online.org

中野元文ら (2018) 第62回日本応用動物昆虫学会大会 講演要旨：8(A109).

農林水産省消費安全局植物防疫課 (2005)：「総合的病害虫・雑草管理 (IPM) 実践指針」http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_ipm/pdf/byougai_tyu.pdf

國本佳範 (2019) 植物防疫 73(11)：721-725.

サンケイ化学 HP：製品情報「ダブルシューター」 (2019.10.14 アクセス) .

関根崇行 (2019) 日本応用動物昆虫学会誌 63(3)：79-75.

山本敦司 (2012a) 農薬時代 193：14-20.

山本敦司 (2012b) 日本農薬学会誌 37：392-398.

山本敦司 (2017) 植物防疫 71(5)：337-346.

山本敦司 (2018) 「農薬の創製研究の動向／シーエムシー出版」：pp.113-127 (第6章).

山本敦司 (2019a) 植物防疫 73(12)：766-773.

山本敦司 (2019b) 東京農業大学総合研究所研究会 農薬部会第116回セミナー 講演要旨.

柳田裕紹 (2019) 日本応用動物昆虫学会誌 63(1)：1-12.

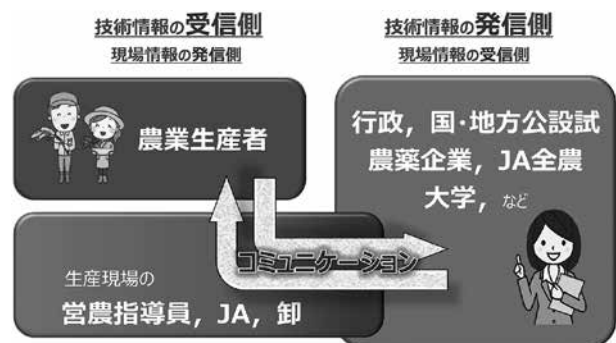


図5. 薬剤抵抗性リスクコミュニケーション 山本 (2019a)