

平成21年度IPM技術評価基準策定・情報提供委託事業／
周辺作物飛散影響防止対策基準策定事業報告書

農薬飛散対策技術マニュアル



平成 22 年 3 月

社団法人 日本植物防疫協会

はじめに

農薬は農業生産に不可欠な資材であるが、その散布に伴う飛散に対し、これまでもいくつかの視点から問題提起されてきた。その主な課題は散布者の農薬被曝と近隣住民を含む周辺環境への影響である。これらに加え、平成18年からの残留基準へのポジティブリスト制度導入によって近隣農作物に不慮の残留影響が懸念されたことを受け、当協会では平成17年12月に地上防除ドリフト対策マニュアルを作成し、それらの対策の一助としてきたところである。その後、農林水産省の事業等によって飛散メカニズムの解明やその対策技術に関する数多くの知見が得られたことから、平成21年度IPM技術評価策定・情報収集事業／周辺作物飛散影響防止対策基準策定事業の一環として、これを取りまとめることとなった。

本書はこのような目的のもとに、前書「地上防除ドリフト対策マニュアル」の全面改訂版として作成したものである。本書は、主に地域の指導機関における活用を意図し、対策の目的や考え方といった総論部分に加え、これまでの調査で有効性が明らかになった個別技術対策をできるだけ多く収載することにつとめた。このため、本書のタイトルも農薬飛散対策技術マニュアルとあらためた。

前書の刊行を契機に全国の生産現場で飛散に対する関心が高まり、これまでのところ飛散に起因する重大な残留基準違反事例が発生していないのは何よりであるが、近年、近隣住民を含む周辺環境との関係において飛散対策に社会的な関心が寄せられるようになってきている。地域や分野によっては、その一層の対策が急務となっているケースもある。このため、本書の活用等により、一層の飛散対策が推進されることを期待したい。

なお、本書は散布に基づく農薬の飛散を対象としており、揮発に基づく気中農薬濃度への影響やその対策（例えば土壌くん蒸など）については取り扱っていない。これらについては専門の解説等を参考にしていきたい。

最後に、本書の作成に当たっては、前書同様、防除機や農薬に詳しい各方面の専門家に編集委員として参画いただき、有益な助言をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

社団法人 日本植物防疫協会
理事長 岩本 毅

編集委員

(五十音順, 敬称略)

- 東 恵一 (ヤマホ工業株式会社)
角田 泰 (農薬工業会)
川幡 寛 (JA 全農 営農・技術センター)
富田 恭範 (茨城県農業総合センター園芸研究所)
中島 満 (社団法人農林水産航空協会 農林航空技術センター)
中村 幸二 (社団法人日本植物防疫協会)
宮原 佳彦 (独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター)
湯浅 一康 (株式会社 丸山製作所)
- 事務局 (社団法人日本植物防疫協会)
藤田 俊一
高木 豊

利用上の注意

1. 飛散を表す用語には、漂流飛散、ドリフトなどがあるが、本書では煩雑を避けるため「飛散」を用いた。
2. 本書で用いている主な数値の単位の意味は以下のとおりである。
散布粒子の大きさの単位: μm = 千分の1ミリメートル
農薬散布液の濃度: ppm = 水1リットルの中に溶解している農薬の有効成分量 (ミリグラム)
残留農薬の濃度: ppm 又は mg/kg = 作物体1キログラム当たりの残留農薬成分量 (ミリグラム)
3. 本書で用いている「液剤」とは、水和剤や乳剤のように水に希釈して用いる農薬製剤の総称である。
4. 本書で引用した試験データは、実際の試験が行われた年次を表示した。このため、当該試験が掲載された報告書の報告年次とは必ずしも一致しない場合がある。なお、巻末には主な引用文献を掲載した。

目 次

第Ⅰ章 飛散対策の目的	1
1. 農薬の飛散メカニズム	1
2. 農薬飛散に伴う問題	1
3. 農薬飛散に関係する指導や規制	2
第Ⅱ章 飛散対策の基本	5
1. どんな時に問題になりやすいか	5
2. 基本的散布操作を励行しよう	8
3. 散布器具の洗浄も重要	12
4. 対策の組立てかた	14
第Ⅲ章 個別対策技術の解説	17
1. 飛散低減ノズルの利用	18
2. 遮蔽物の利用	28
3. スピードスプレーヤの飛散低減対策	33
4. 粉剤対策	39
5. 少量多品目栽培圃場や混植園での対策	42
6. 無人ヘリの飛散対策	44
7. 散布者同士の連携	49
8. 農薬の剤型や登録内容	50
9. 飛散の少ない散布機の利用	53
10. その他の対策	55
11. 感水紙を用いた飛散の量的評価法	56
引用文献	66

第 I 章 飛散対策の目的

1. 農薬の飛散メカニズム

農薬は農作物の安定的かつ経済的な栽培のために不可欠なものである。農薬には様々な施用法があるが、最も汎用的に利用されているのが「散布」である。農薬の散布は、散布機から噴射された散布粒子を作物に到達させる施用技術であるが、散布粒子が目標物以外に散逸する現象を「飛散（ドリフト）」という。

飛散する農薬粒子の大きさは様々で、比較的大きいものは近隣に落下し、空気中を漂いやすいものは風に乗って移動する。後者の一部は空気中で拡散し、落下しないまま消失するものもある。

飛散の発生は、農薬や散布器具がもつ内的要因と散布時の風速などの外的要因によって大きく左右される。農薬に関わる要因は主に剤型であり、粒剤<液剤<粉剤の順に飛散しやすくなる。散布器具に関わる要因には散布粒子の大きさ、到達力、散布量などがあり、散布器具の種類によって特徴づけられるが、同じ散布器具を用いた場合でも操作法によって飛散程度は大きく異なる。このため操作法の良否も重要な要因のひとつである。外的要因としては、散布時の自然風が最も強く関与するが、上昇気流の有無や湿度なども飛散した散布粒子の挙動に影響を与える。

目標物以外の場所への到達パターンはふたとおりある。散布機から強い勢いで噴霧された散布粒子が目標物を飛び越えたり突き抜けたりして直接到達する場合と、一旦空中に舞い上がった散布粒子が風によって風下に到達する場合である。例えば、樹木や立体作物への手散布を行うと、しばしば前者によって近隣の作物が飛散を受ける。平面的な作物に上から散布した場合、風や上昇気流にのった微細な散布粒子が空中を漂って風下に到達する。スピードスプレーヤのように広角な散布を行う散布法では両者のメカニズムが働く。

◆飛散粒子の到達落下範囲

上述したとおり飛散には気象条件など多くの要因が関係するため、飛散の到達範囲は一概に言えないが、量的に問題になりやすいのは、小規模な散布の場合 10 m 程度まで、大規模な散布では 50 m 程度までのエリアである。これらは後述する散布操作上の留意により、大幅に低減することができる。

2. 農薬飛散に伴う問題

飛散に伴う問題は、近隣住民等に対する影響、近隣に栽培されている農作物の汚染、近隣の公共用水域への混入などがある。

近隣住民等に対する影響は、異臭、洗濯物や器物への農薬付着といった従来からの苦情に加え、近年化学物質過敏症への配慮も求められるようになってきている。近接公道を通過する人車に飛散した農薬がかからないような配慮も必要である。住宅地周辺での農薬散布に対しては国から指導通知も発出されているので、その内容に留意し適切に対応しなければならない。

近隣に栽培されている農作物の汚染リスクは、残留農薬基準にポジティブリスト制度が導入され

て以降、飛散に伴う問題点としての認識が高まってきた。この問題は、散布する農薬が作物ごとにどのような残留基準値を有するかによって大きく異なる。また、一定の飛散を受けた場合でも作物の種類によって問題の程度が大きく異なる。さらに作物の収穫時期までの期間や気象条件等によっても異なる。このように、近接作物への残留リスクは極めて複雑であるが、一般に収穫期が近い軽量な葉菜類が近接して栽培されている場合に問題が顕在化しやすくなるため、対策を講ずる必要がある。多様な作物をモザイク的に栽培している圃場群などではとくに注意が必要である。



また、近隣に公共用水域がある場合、飛散した農薬が大量に流入すると水質汚染だけでなく魚介類に被害を及ぼすこともある。とくに魚毒性が高い農薬の場合に注意が必要であるが、魚介類にも残留基準が設定されていることにも留意したい。飲料水源に近い場合は農薬の種類を問わず注意が必要である。周辺に養蜂や桑園がある時には、ミツバチや蚕等に対する危被害防止の観点も重要となる。

このように農薬飛散に伴う問題は多様であるが、つねにこれらの問題が発生する訳ではない。飛散の及ぶ範囲に注意を要する対象物が存在しない、飛散が極めて少ない、といった場合には問題が生じないのは当然である。

一方、飛散はいわば散布ロスであり、散布者自身への農薬被曝とも密接に関係する。このため、飛散をできるだけ少なくする努力は、農業者自らのためにも考慮するべきである。

3. 農薬飛散に関する指導や規制

近隣住民等との調和をはかるため、農林水産省と環境省から「住宅地等における農薬使用について」と題する通知が発出されている。また、非食用農作物への農薬散布が周辺の食用作物に影響を与えないよう農林水産省から通知が発出されている。主として公園や街路樹等の病虫害・雑草管理を行う関係者に対しては、環境省が平成19年に管理マニュアルを作成し、啓発をすすめている。なお、地方自治体でもこれらに関する独自の指導や啓発を行っているところがある。

住宅地等における農薬使用について

(平成 19 年 1 月 31 日付農林水産省消費・安全局長 環境省水・大気環境局長 通知) 抜粋

- 1 住宅地等における病虫害防除に当たっては、農薬の飛散が周辺住民、子ども等に健康被害を及ぼすことがないように、次の事項を遵守すること。
 - (1) 農薬使用者等は、病虫害やそれによる被害の発生の早期発見に努め、病虫害の発生や被害の有無に関わらず定期的に農薬を散布するのではなく、病虫害の状況に応じた適切な防除を行うこと。
 - (2) 農薬使用者等は、病虫害に強い作物や品種の選定、病虫害の発生しにくい適切な土づくりや施肥の実施、人手による害虫の捕殺、防虫網等による物理的防除の活用等により、農薬使用の回数及び量を削減すること。特に公園等における病虫害防除に当たっては、被害を受けた部分のせん定や捕殺等を優先的に行うこととし、これらによる防除が困難なため農薬を使用する場合（森林病虫害等防除法（昭和 25 年法律第 53 号）に基づき周辺の被害状況から見て松くい虫等の防除のための予防散布を行わざるを得ない場合を含む。）には、誘殺、塗布、樹幹注入等散布以外の方法を活用するとともに、やむを得ず散布する場合には、最小限の区域における農薬散布に留めること。
 - (3) 農薬使用者等は、農薬取締法に基づいて登録された、当該防除対象の農作物等に適用のある農薬を、ラベルに記載されている使用方法（使用回数、使用量、使用濃度等）及び使用上の注意事項を守って使用すること。
 - (4) 農薬使用者等は、農薬散布は、無風又は風が弱いときに行うなど、近隣に影響が少ない天候の日や時間帯を選び、風向き、ノズルの向き等に注意するとともに、粒剤等の飛散が少ない形状の農薬を使用したり農薬の飛散を抑制するノズルを使用する等、農薬の飛散防止に最大限配慮すること。
 - (5) 農薬使用者及び農薬使用委託者は、農薬を散布する場合は、事前に周辺住民に対して、農薬使用の目的、散布日時、使用農薬の種類について十分な周知に努めること。特に、農薬散布区域の近隣に学校、通学路等がある場合には、当該学校や子どもの保護者等への周知を図り、散布の時間帯に最大限配慮すること。公園等における病虫害防除においては、さらに、散布時に、立て看板の表示等により、散布区域内に農薬使用者及び農薬使用委託者以外の者が入らないよう最大限の配慮を行うこと。
 - (6) 農薬使用者は、農薬を使用した年月日、場所及び対象植物、使用した農薬の種類又は名称並びに使用した農薬の単位面積当たりの使用量又は希釈倍数について記帳し、一定期間保管すること。
- 2 農作物等の病虫害を防除する際に、使用の段階でいくつかの農薬を混用する、いわゆる現地混用については、散布労力の軽減等の観点から行われている事例があるものの、混合剤として登録されている農薬の使用とは異なることから、現地混用を行う場合、農薬使用者等は、以下の点に注意する必要がある。
 - (1) 農薬に他の農薬との混用に関する注意事項が表示されている場合は、それを厳守すること。
 - (2) 試験研究機関がこれまでに行った試験等により得られている各種の知見を十分把握した上で、現地混用による危害等が発生しないよう注意すること。その際、生産者団体が発行している「農薬混用事例集」等を必要に応じて参考とし、これまでに知見のない農薬の組合せで現地混用を行うことは避けること。特に有機リン系農薬同士の混用は、混用による相加的な作用を示唆する知見もあることから、これを厳に控えること。

非食用農作物等の農薬使用による周辺食用農作物への影響防止対策について

(平成 18 年 4 月 28 日付農林水産省消費安全局長・生産局長・経営局長通知 — 抜粋 —)

- (1) 農薬を使用する場所の周辺に食用農作物が栽培されていないか確認し、必要に応じて都道府県、市町村、JA 等と相談して、周辺の食用農作物の栽培者に対して、事前に、農薬使用の目的、散布日時、使用農薬の種類等について連絡する。
- (2) 実際の農薬散布に当たっては当該病虫害・雑草の発生状況を踏まえ、必要最小限の農薬散布にとどめる。
- (3) 農薬取締法に基づいて登録された、当該防除対象の農作物等に適用のある農薬を、ラベルに記載されている使用方法（使用回数、使用量、使用濃度等）及び使用上の注意事項を守って使用する。
- (4) 農薬散布に当たっては、無風又は風が弱いときに行うなど、近隣に影響が少ない天候の日や時間帯を選ぶとともに、風向き、散布器具のノズルの向き等に注意する。

- (5) 都道府県，市町村，JA 等と連絡を密にし，特に，周辺で栽培されている食用農作物の収穫時期が近い場合等には，状況に応じて使用農薬の種類を変更し，飛散が少ない形状の農薬を選択し，又は農薬の散布方法や散布に用いる散布器具を飛散の少ないものに変更する。
- (6) 以下の項目について記録し，一定期間保管する。
- ア．農薬を使用した年月日，場所，対象農作物，気象条件（風の強さ）等
 - イ．使用した農薬の種類又は名称及び単位面積当たりの使用量又は希釈倍数
- (7) 農薬の飛散が生じた場合には，周辺農作物の栽培者などに対して速やかに連絡するとともに，都道府県，市町村，JA 等にも同様の連絡を行い，農業者を交えてその後の対応について相談する。



環境省が公表している「公園・街路樹等病害虫・雑草管理暫定マニュアル」
(http://www.env.go.jp/water/noyaku/hisan_risk/manual1/00cover.pdf)

第 II 章 飛散対策の基本

1. どんな時に問題になりやすいか

(1) 主な要因とリスク

第 I 章で解説したとおり、飛散に伴う問題には幾つかの種類があり、問題の顕在化には対象物、農薬ごとの潜在的リスク、飛散の範囲と量といった要因が関与する。また、飛散の範囲・量には散布器具とその操作方法、散布時の気象条件などが関与する。主な要因について、どのような時に飛散による問題発生につながりやすいかを以下にまとめる。

① 農薬に関する要因

剤型：粉剤や液剤は飛散しやすい。

臭い：臭いの強い農薬は近隣住民からの苦情を受けやすい。揮発性の強い農薬は散布後にも影響が残しやすい。

登録状況：登録がない等によって近隣作物に残留基準を有さない又は基準値が著しく小さい場合には、近隣作物に残留上の問題を生じやすい。

濃度等：有効成分含有率が高く希釈倍率が低い（有効成分投下量が多い）場合は、他の農薬よりも飛散農薬量（成分量）が多くなりやすい。

魚毒性：魚類への影響が極めて強い農薬は近隣河川等で魚介類被害を生じやすい。

他の特性：蚕やミツバチへの影響が極めて強い農薬はこれらに被害を生じやすい。

② 散布機と散布操作に関する要因

散布粒径：微細な散布粒子ほど飛散しやすい。

到達性：遠方まで到達できる散布器具は飛散しやすい。送風機構をもつ散布機では送風量が多いと飛散を助長しやすい。

ノズル操作：作物体からはなれた位置から散布すると飛散が多くなりやすい。またノズルをふりまわしたり、風向きや散布液の到達方向を考慮しない散布操作を行うと飛散を助長しやすい。

散布量：散布量が多くなった場合は飛散量も多くなりやすい。

③ 気象条件

風の強さ：風がある時は飛散しやすい。散布時の風が強くなるほど遠くまで飛散が及ぶ。

風の向き：風向は風速以上に問題発生に大きく関与する。風下方向に飛散させたくない対象物がある場合は注意が必要である。

(2) 近隣作物に対するリスク

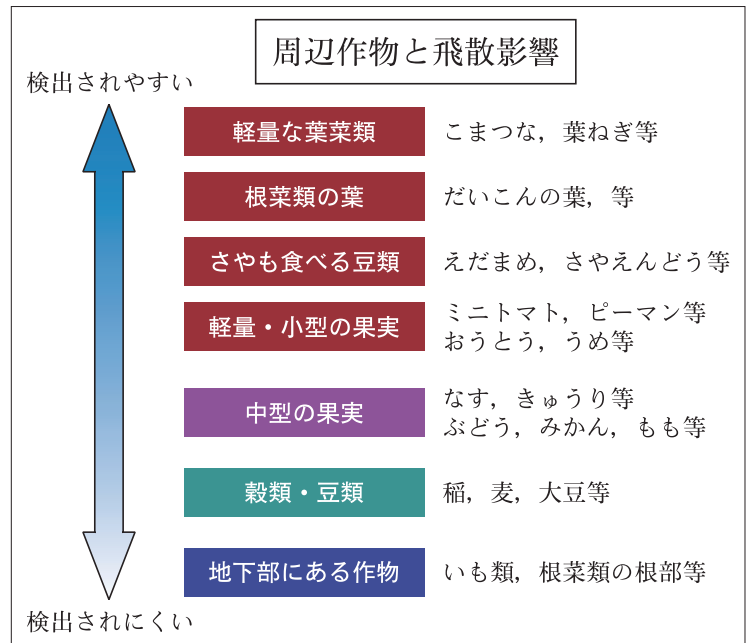
第 I 章で解説したとおり、近接作物に対する残留リスクは関与する要因が極めて多いため、最も複雑である。このためどのような時に近接作物への問題が生じやすいか、以下にチェックポイントを整理する。

① 飛散の及ぶ範囲に作物が栽培されているか

飛散した散布粒子が比較的多く落下する範囲に作物が栽培されていれば問題が生じやすい。反対に近隣に栽培中の作物があるが飛散の及ばない範囲である、といった場合には問題は生じない。飛散が及ぶ範囲は使用する散布器具の種類などからだいたいの目安が得られる。

② 近隣作物は飛散の影響を受けやすい種類か

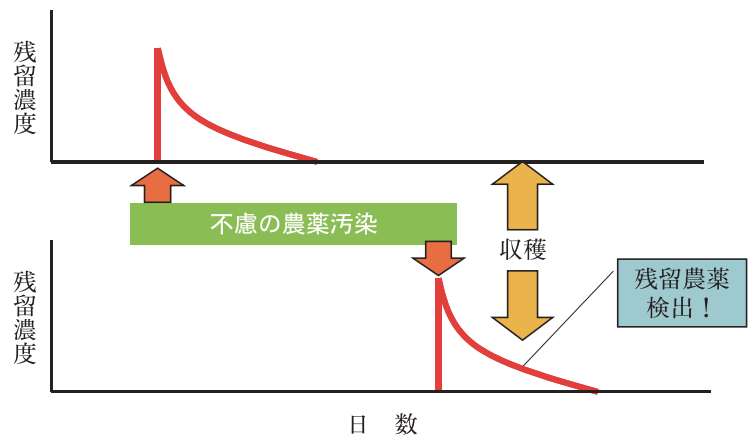
可食部（残留検査の対象部位）が軽量である、表面積が大きい、といった種類の近隣作物（例えばホウレンソウのような葉菜類や小粒の果実類）は、飛散による残留リスクが大きい。反対に、重量が大きいもの（例えば大玉スイカ）、可食部が莢等に覆われているもの（例えばソラマメ）、地表下に存在するもの（例えばイモ類）は可食部に直接飛散が及ばないため、よほど大量の飛散を受けない限り心配はない（ただし、作物によっては莢や地上部が可食部になる作物もあるので注意が必要である。）。また、米や大豆、麦のように圃場全体の収穫物が混合調製される作物では、圃場の一部に飛散を受けたとしても、全体としての残留リスクは極めて小さくなる。



③ 近隣作物の収穫時期が近い

作物上の農薬は紫外線や降雨等によって時間とともに消失していく。また、作物の肥大成長に伴って残留濃度は減少していく。このため、飛散を受けたとしても収穫までに十分に期間があれば残留濃度は減少し、飛散量が多くならない限り問題はない。反対に収穫間際に飛散を受けると場合によってはわずかの飛散でも問題が生ずる。

収穫までの期間と残留濃度の減少



飛散を受けたとしても収穫までに十分に期間があれば残留濃度は減少し、飛散量が多くならない限り問題はない。反対に収穫間際に飛散を受けると場合によってはわずかの飛散でも問題が生ずる。

④ 飛散した農薬は近接作物に対して登録（残留基準値）があるか

農薬は登録された作物には残留基準値が設定されている。これらの基準値は農薬成分単位で決められる。また国際的な基準値が適用されている場合もある。このため、使用した農薬製剤がその作物に登録がない場合でも残留基準値が設定されていることもある。これら残留基準値は通常、飛散に伴う残留レベルに比べて十分大きいいため、このような農薬と作物の組み合わせにおいては飛散に伴う残留上の問題はまず生じない。しかし、登録が無い等によって残留基準値が設定されていない

部分には、いわゆる一律基準（0.01 ppm）もしくは極めて低い基準値が設定されているため、飛散に伴う残留上の問題につながりやすい。



(3) 飛散影響が心配される場面

平成 19 年に行った全国の指導機関へのアンケート調査によると、以下のような場面で飛散影響が心配されている。

① 水田からの飛散

水田での農薬散布は、散布面積単位が比較的大きく、しかも粉剤や無人ヘリのように飛散しやすい散布法が用いられることが多いが、転作によりモザイク状に野菜等が栽培されている地区が多い。水田農薬は稲以外への残留基準値があまり設定されていない場合が多いため、転作作物としてエダマメなど検出されやすい作物が混在している時にはとくに注意が必要と考えられている。

② 果樹園からの飛散

果樹は作物が大きいことから、野菜等に比べて散布量が多く、上方に向けて散布を行うこともあるため、飛散が大きくなりやすい。とりわけスピードスプレーヤを用いている場合はその潜在的な到達力が大きいことから、近隣への飛散影響が心配されている。

③ 少量多品目栽培ほ場での散布

狭い区画で多くの種類の野菜等を相互に近接して栽培しているため、相互の飛散影響が心配されている。このようなほ場では、しばしば登録農薬が少ない地域特産作物が栽培されることも、心配の背景にある。

④ 混植園での散布

園地に他の樹種が混植されている場合は、それへの飛散影響が避けられない。とりわけスピードスプレーヤを使用している園地では特別な対策が必要ではないかと考えられている。また、葉菜類などで同一作物を区画ごとに収穫時期をずらして栽培している場合、収穫期にある区画に飛散して基準値超過を招くことがあるのではないかと心配されている。早生種と晩生種が混在している果樹園でも一部で心配されている。

⑤ 混住地区での散布

主として近隣住民等に対する心配である。飛散に基づく直接的な影響のほかに、臭いや散布機の騒音といった様々な苦情が含まれているとみられる。

2. 基本的散布操作を励行しよう

農薬の飛散による問題発生を回避するための対策アプローチは、飛散を低減する方法、飛散から対象物を保護する方法、のように大きく分けることができる。なかでも「飛散ができるだけ少なくなるように注意して散布すること」は最も基本的かつ有効な対策であるとともに、特別なコストを要しない対策でもある。以下にそのポイントを掲げる。

(1) 風の弱い時に風向に注意して散布する

飛散発生の最大の要因は「風」である。いかに優れた散布法を採用しても、風の強い時に散布すれば飛散を減らすことは難しい。風の弱い時に風向に注意して散布することは、全てに共通した最も基本的な対策である。実際には、散布中に風速や風向が変化してくることがしばしばあるが、風下方向に飛散影響が懸念される対象物がある時には、散布を中断することも必要である。

◆風速と飛散量

一般的なノズルを用いて1分間定置散布を行い、風下3mの位置に感水紙（水滴に触れると発色する特殊な調査紙）を置いて風速別に調べると、下図のように風速が強い場合と弱い場合では大きく飛散状況が異なることが分かる。その程度は用いる散布機の種類などによっても異なるが、風が弱い時に散布すれば飛散リスクを大きく減らすことができるといえる。

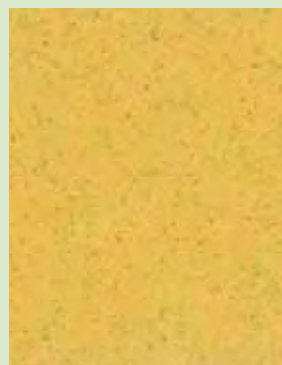
風速 2.0 m/s



風速 1.0 m/s



風速 0.5 m/s



日植防研 2005

注意：上図は実験の一例であり、常にこのような格差を示す訳ではない。

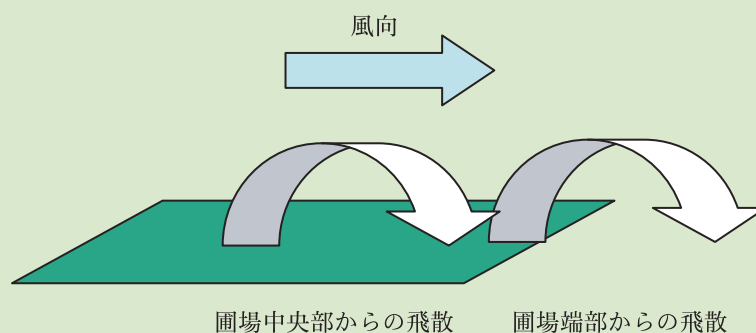
(2) 散布の方向や位置に注意する

散布はできるだけ目標物（作物）だけにかかるように注意して行わなければならない。とくに高さのある作物に対する散布は水平方向や斜め上方に向けた散布になるため、作物を飛び越えたり、隙間から散布液が突き抜けるのをできるだけ少なくするように注意する。園地の端部での散布にはとくに注意が必要で、外側から内側に向かっての散布をこころがけるとよい。また、作物だけに正

確に散布するには、できるだけ作物の近くから散布することが必要である。ノズル先端と作物との間の距離が離れると風にあおられやすくなる。

◆圃場の端部からの飛散に注意

通常、圃場の端部から生じた飛散は最も大きな影響を及ぼす。その理由は、圃場中央部の散布で生じた飛散の多くは散布圃場内に落下するのに対し、端部では圃場外に落下する割合が増えるためである。また、果樹などでは樹体そのものが遮蔽効果をもつが、端列は最後の遮蔽物であり、しかも樹間などの隙間も多い。このように圃場の端部での散布にはことさら注意が必要である。



(3) 適切なノズルを用い、適正な圧力で散布する

散布ノズルは、作物への農薬の送達手段として最も重要なパーツであり、その特性は飛散を大きく左右する。とりわけ粒径（噴霧される粒子の大きさ）は飛散に密接に関係し、微細な粒子ほど少しの風でも飛散しやすくなる。一般に、殺菌剤や殺虫剤の散布では微細な粒子を発生するノズルが好まれるが、こうした慣行ノズルにも多くの種類があり、粒径にはかなり格差がある。著しく微細な粒径のノズルの使用は避けるべきである。

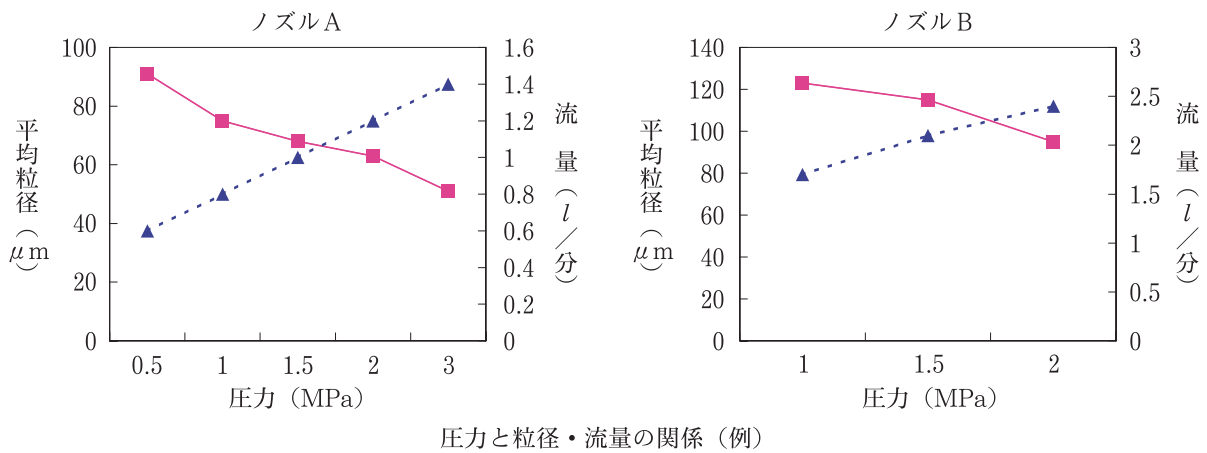
また、ノズルは散布圧力を高めるほど噴霧量が増すが、粒径はより細かくなり、飛散しやすくなっていく。動噴などの場合、しばしば3MPa（約30kgf/cm²）以上もの高圧をかけて散布する例があるが、通常、ノズル先端圧は1.5MPa程度までが適正とされているため、圧力を高めすぎないようにすることが肝要である。

なお、除草剤では薬害防止の観点からも飛散に注意が必要であるが、このためには飛散しにくい粗大な粒子を発生する除草剤用ノズルを使用することがよく、粒子の細かい殺虫・殺菌用ノズルで兼用することは避けるべきである。除草剤に限らず、ひとつのノズルでカバーできる範囲には限界があるため、用途に応じて幾つかのノズルを使い分けていくことが理想的である。

◆慣行ノズルの粒径

殺菌・殺虫剤用のノズルは平均粒径が100 μ m未満のものが多い。中でも動噴やブームスプレーヤで使用する野菜用のものは平均粒径が50~80 μ m程度と非常に細かい。果樹用の慣行ノズルは噴霧量が多いタイプが標準的であり、平均粒径はこれらよりもやや大きいものが多い。背負い式の小型散布機に装着されているノズルも平均粒径は同じ程度である。これに対し、除草剤用ノズルの平均粒径は格段に大きい。

図に示すように、ノズルを高圧で使用すると流量（噴霧量）が増えるが、粒径は小さくなり、飛散しやすくなる。このため、噴霧量を増やそうとして無闇に高い圧力をかけることは禁物である。



◆粒径と効果

作物の表面をしっかりと覆うためには、理論上はできるだけ細かい粒子のほうが有利であるが、微細なほど効果が高まるという訳ではなく、散布のていねいさや農薬自体の効果の特徴のほうが、むしろ効果に強く影響する。

◆適正な圧力の考え方

散布ノズルには大きく低圧用 (0.5MPa 前後で使用するもの) と高圧用 (1.5MPa 前後で使用するもの) がある。手動式の肩掛け散布機のように低圧でしか使用できない散布機には低圧用のノズルが装着されているが、欧米製のノズルのように低圧ポンプとの組合せで使用するように設計されているものもある。それぞれのノズルには適正な圧力のレンジがあり、高圧にすぎると無理がかかって破損したり飛散しやすくなる一方、低圧にすぎてもボタおちなど異常な噴霧パターンの原因となる。従って、高圧ノズルの場合なら、先端圧が1~1.5MPaで使用するのがよい。

ブームスプレーヤやスピードスプレーヤのように、圧力計が手元にあり、しかも配管による圧力ロスが少ない散布機であれば、圧力計によってこれを確認すればよい。しかし、長いホースを用いる動力噴霧機の場合は、ホースによる減圧がある上に手元で圧力が確認できないといった難点がある。このため、圧力を徐々に上げてゆき、適正な噴霧パターンが得られる範囲でなるべく低めの圧力レンジを選んで使用するとよい。なお、散布ノズルの手元部分に圧力計が装着できるものを使用すれば、より直接的に確認できる。

◆ホースによる圧力低下

ホース内面の摩擦抵抗によって圧力の低下が生じる。この圧力低下はホース内径・長さ、噴霧流量によって計算される。例えば内径 8.5mm の 100m ホースを用いて毎分 8l を散布する場合、ポンプの元圧にかかわらず約 0.7MPa の圧力低下が生じる。この圧力低下は、ホースの内径が細いほど、長さが長いほど、また流量が多いほど大きくなる。

(詳細は丸山製作所 HP を参照 <http://www.maruyama.co.jp/safety/02.html>)

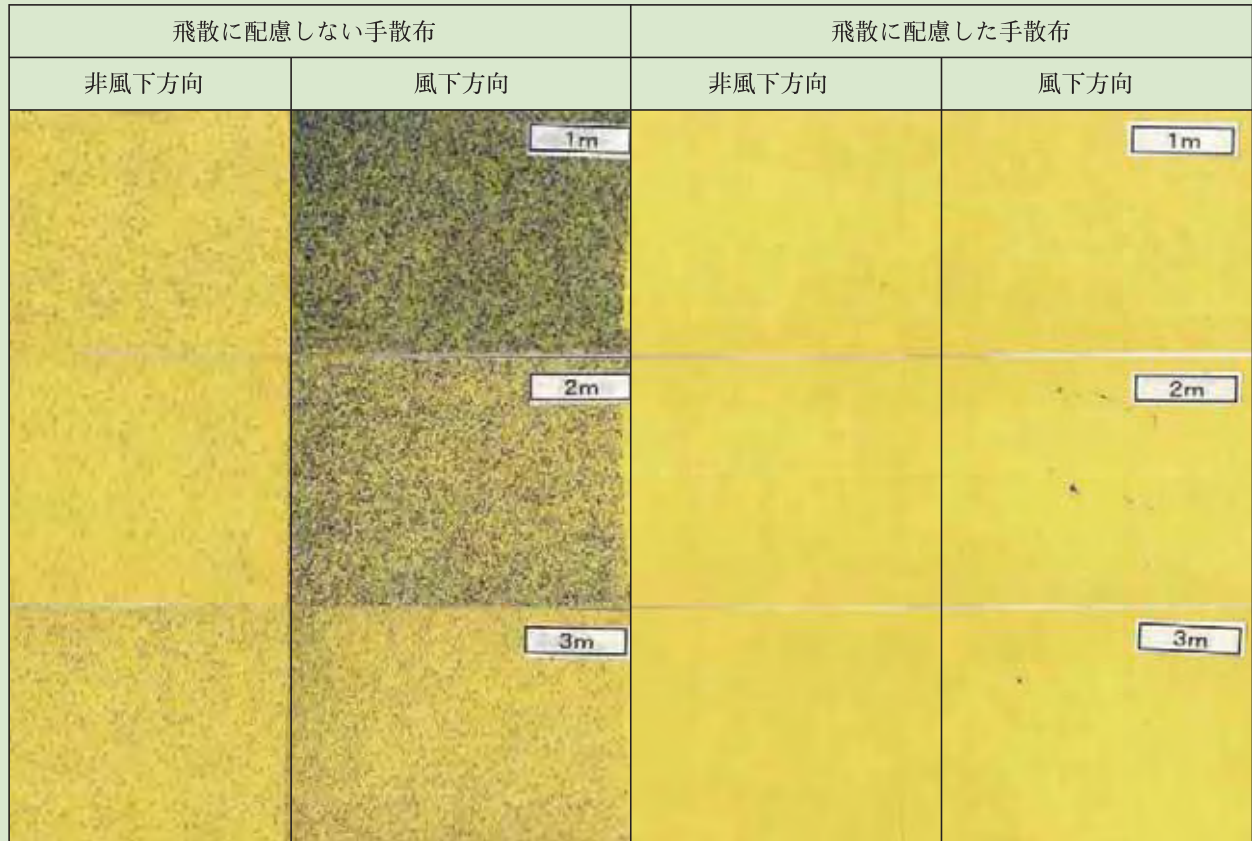
(4) 適正な散布量で散布を行う

同じ散布機を用いた場合、散布量が多いほど飛散量は多くなり、同一条件であれば飛散量は散布量にほぼ比例する。すなわち、300l/10a を散布した場合は 100l/10a 散布の場合に比べて約 3 倍に飛散量が増える。このため、過度の散布量とならないよう留意することが必要である。

作物に農薬を散布すると、一定量以上は滴り落ちてしまい、それ以上は有効な付着に寄与しない。作物や病害虫の種類、さらに用いる農薬の特性によっても違いがあるが、作物全体に散布液がほどよく行き渡り、滴り落ちが生じ始める程度の量が適正な散布量だと考えることができる。無闇な節減には注意が必要であるが、定植間もない作物に生育後期と同等量の農薬散布を行うのは明らかに過剰であり、飛散リスク低減のみならず、防除コスト節減の観点からも適正量の散布をこころがけたい。

◆基本的散布操作の励行による飛散低減効果

下図は、草丈 50 cm のブロッコリーに対し風の弱い時（平均風速 0.7～0.9 m/s）に背負動噴による手散布を行い、風下側への飛散を感水紙で調査したものである。風が弱い時であっても、飛散に配慮しない散布操作（図左：フルスロットル（約 2MPa）、作物体から少し離れた距離から無造作に散布）では風下方向を中心に散布区域の周囲に飛散が及ぶが、飛散に配慮した散布操作を励行した場合（図右：約 1MPa、作物体の近くから慎重に散布、端部ではとくに注意して散布）は風下方向であっても 1 m 地点でわずかな飛散にとどまっている。

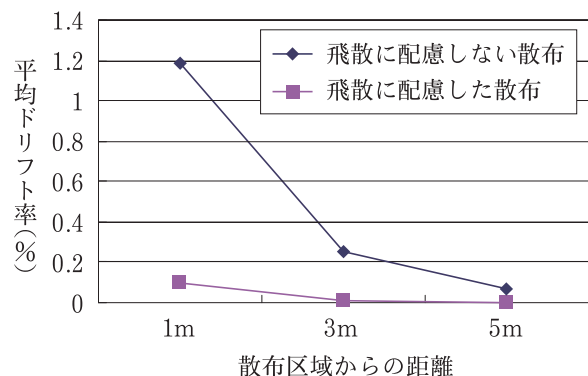


日植防研 2005

また、草丈 1.8m のナスに慣行ノズルとセット動噴との組み合わせで手散布を行い、飛散に配慮しなかった場合と配慮した場合とを、風下方向への飛散落下量により比較した（シャーレでトラップした農薬を分析定量）。飛散に配慮した散布においては、ていねいな散布操作に加え、端列の風下方向への散布時に手元コックにより吐出量を半減した。この結果、両者の散布量は同等であったが、飛散に配慮して散布した場合の周辺への飛散量は著しく低減された。（右図）

これらの事例はいずれも基本的散布操作にこころがけたものであるが、とくに圃場の風下側の境界部からの飛散が生じないように注意している点が重要である。このような配慮によって、問題が生じない程度まで飛散を減らすことが可能であることを示している。

ナス畑での手散布による周辺飛散調査結果
（奈良農総セ 2006）（文献 4）



3. 散布器具の洗浄も重要

近接作物に不慮の農薬残留をもたらす要因は飛散だけではない。散布機のタンクや配管に前回使用した薬液が残っていたり付着していれば、それが残留上の問題につながることもある。とくにホースや配管中の残液は、次回の散布開始時にそのまま散布され、部分的に高濃度の残留につながるおそ

れがある。このため、散布終了後にタンクやホースの残液を抜き、しっかりと洗浄しておくことが必要である。散布機ごとの洗浄方法のポイントを示すが、いずれの場合も散布後すみやかに洗浄することが重要で、翌日まわしにすると薬剤が固化して容易におちなくなるばかりか、ノズルの目詰まりの原因ともなる。なお、残液や洗浄液が河川に流入しないように適切な場所で作業を行わなければならない。

散布器具の洗浄不足による問題

A 作物に使った a 農薬が残ったまま B 作物に b 農薬をまいた
→ B 作物から a 農薬が検出

【対策】

- ① 散布が終わったら残液を抜く
- ② 確実に洗浄・通水してから片付ける
- ③ 次回の散布開始時に気をつける



古くなったタンク・ホースはとくに念入りに

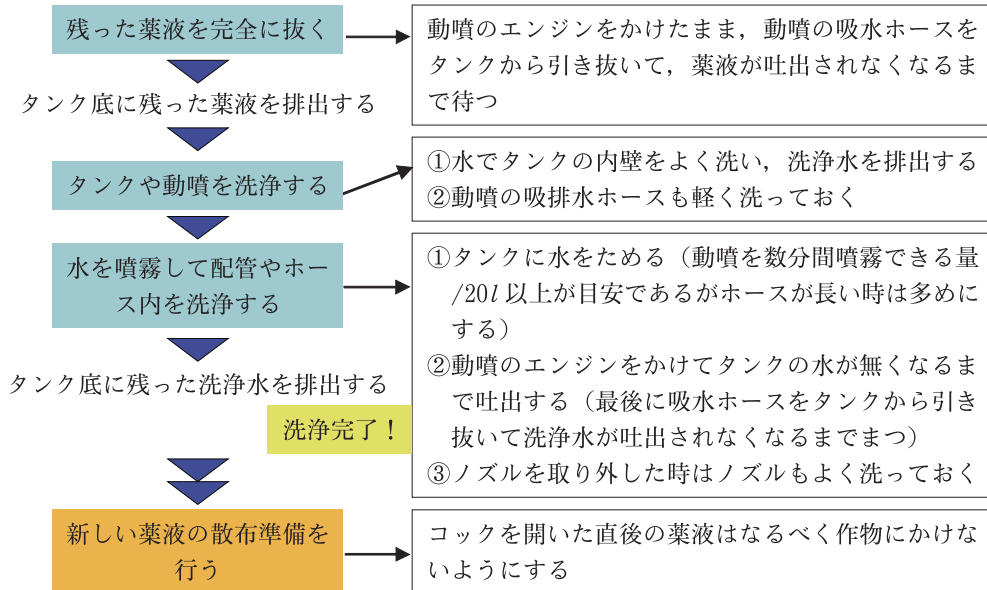
(1) 肩掛け式や背負い式の散布機

これらの散布機はタンクや配管系が比較的単純である。タンクに残った残液を排出したのち、流水でタンク内壁面を洗うとともにノズル・ホースにも十分通水する。ストレーナや蓋、ドレンキャップなども洗っておく。流水が使えない時は、タンクに半分ほど注水してタンクごとよく振って内壁を洗ったのち排出する（これを2回以上繰り返すことが望ましい）。排出の際にノズルからも噴霧させてノズルとホース内を洗う。洗浄が十分できたかどうか不安な時は、次回の散布開始に当たり、数秒間試し噴霧を行ってから作物に散布するようにする（このことによって配管内に残った残液の影響を低減することができる）。

(2) セット動噴

セット動噴は、動噴本体のほかにタンク、ホース、ノズルといった各パーツが独立して組み合わさるため、洗浄にも手間がかかる。セット動噴では、以下に示す手順でまず残液の排出を行い、次いでタンクや配管、ホース内の洗浄を行う。2回以上洗浄を行うと安心であるが、1回で完了させたい場合はできるだけいねいに洗浄する。

セット動噴の洗浄手順



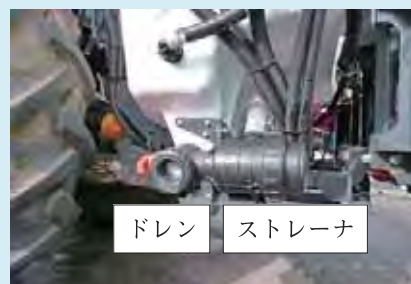
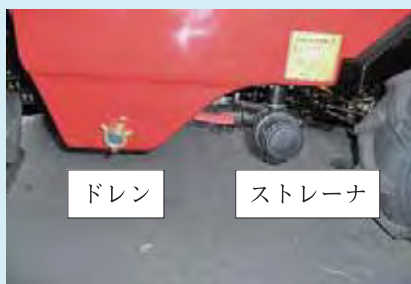
(3) 大型防除機

ブームスプレーヤやスピードスプレーヤでも洗浄対策は不可欠である。大型防除機の場合、タンクが大きく、配管系も複雑であることから、次のようなポイントに留意して行う。

- ① タンクのドレンから確実に残液を排出する。この排出が不十分だとその後の洗浄効果が薄れる。
- ② ホースを用いて流水でタンク内壁をよく洗う。ストレーナやドレンコックなどもよく洗う。
- ③ タンク内に十分量の水をためてからポンプを作動し、周辺に気をつけながらノズル部から噴霧排水する。この時間は長いほうがよいが、少なくとも1分間程度は行う。残液はドレンから排水する。
- ④ 可能であればもう一度タンク内に水をため、同様に洗浄を行う。最初の洗浄に用いた水量が少なめであった時は、再度これを行うほうがよい。
- ⑤ ノズルは数が多いので、外部からも流水で洗浄し、目づまりや汚れを取り除いておく。

◆大型防除機の外部ストレーナ

タンクの外にストレーナが設置されている大型防除機では、タンクのドレンから薬液を排出しても外部ストレーナ中に残る場合があるので、ストレーナのふたを開け薬液を排出するようにしたい。その際ストレーナも洗浄しておきたい。このストレーナが目詰まりを起こすと、噴霧用ポンプの空運転・焼つきに繋がる。



◆洗浄液を完全に排出するには（大型防除機）

噴霧用ポンプを空運転させると洗浄液の排出ができる。方法はタンクを空にし、エンジンを低速回転にし、噴霧用

ポンプを運転して空気を吸わせ、噴霧と同じ要領でノズル部から配管内の残液を排出させる。エンジン回転が低速であれば1分間程度の空運転ならポンプに与える影響はない。

また、各防除機の取扱説明書には「長期保管の方法」として、配管内やポンプ内の水抜きの方法が記載してあるので、参考にするとよい。

4. 対策の組立てかた

飛散による問題発生を回避するための第一歩は、まず周辺に何が存在するのかを認識し、どのような問題が発生する可能性があるのかをチェックしてやることである。

次に、いかなる場合でも基本的な散布操作が重要であることを認識しておく必要がある。混住地区では2ページに掲げた国の指導のとおり、つねに飛散をできるだけ減らす散布をこころがけなくてはならないが、それ以外の場合であっても対策の基本は同じだからである。

前節で解説したとおり、基本的散布操作の徹底によって問題発生の確率を大きく低下することができる。小規模な手散布の場合であればこれだけで十分な対策になる。しかし、どの程度飛散を防止できたかどうか自信がもてない等、散布者にとってこれだけでは不安が残ることも少なくない。さらに、著しく近接した場所に心配な作物がある、注意をしても飛散を大きく減らせない作物や散布器具である、といった場合はより安心できる具体的な対策が必要となる。そこで、近接作物への影響回避を例にとり、対策の組立てかたを解説する。

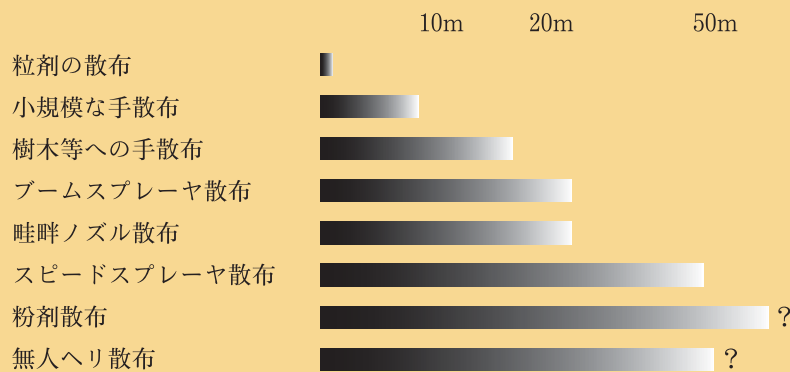
(1) 注意エリアを認識する

飛散の及ぶ範囲は散布時の多くの要因によって千差万別であるが、散布区域周辺のどの範囲まで注意を向けるべきかを認識しておくことが重要である。近接作物に対する影響回避の観点では、作物に飛散した時に残留影響の可能性のある範囲が注意を要するエリアであり、飛散が完全に無くなる範囲まで考える必要はない。

注意エリアは、使用している剤型や散布器具によってある程度の目安を得ることができる。粒剤はよほど風が強い時か噴頭を乱暴に振り回さない限りまず飛散しない。液剤の手散布は、平面的な作物の場合なら通常数mくらいまでの範囲が要注意であるが、スズランのような多頭口ノズルの場合はやや拡大する。立体作物への手散布は野菜の場合5m、果樹の場合は10mくらいまでが要注意である。水田などで使用する畦畔ノズルは到達力が大きく、追い風を受けると20m程度飛散する。数多くのノズルが装着されているブームスプレーヤも手散布よりも飛散が大きくなりやすく20m程度までが注意エリアとなる。スピードスプレーヤは使用する送風量や園地の条件によって千差万別であるが、少ない場合でも20m、多い場合には50mくらいまで要注意となる。無人ヘリの場合も50mくらいまで要注意である。最も潜在的な飛散が大きいものは粉剤である。粉剤の場合は散布面積が大きいほど注意エリアが拡大する。

この範囲内に作物が栽培されていなければ、近接作物に対する影響は心配しなくてもよい。栽培されている場合はさらに次の確認を行う。

◆主な散布法と注意エリアの目安

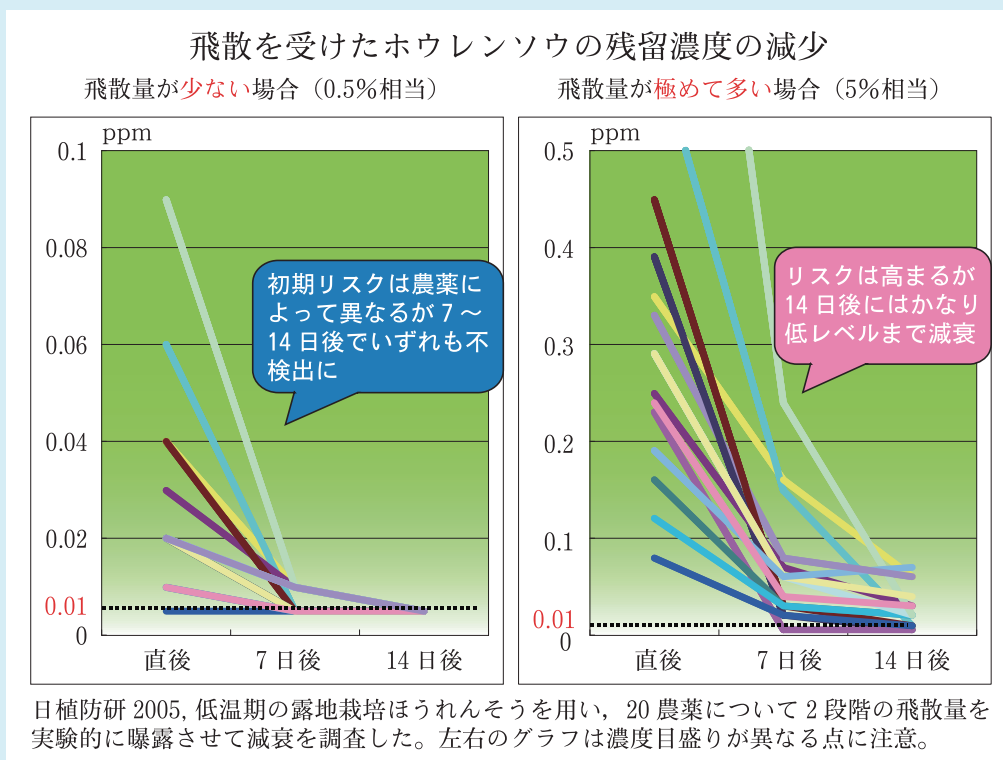


(2) 注意エリア内の作物と収穫時期を確認する

6 ページに説明した要領で、飛散の影響を受けやすい作物であるかどうか、その作物の収穫時期が近いかどうかを確認し、万一飛散した場合のリスクを検討する。この結果、注意エリア内に飛散の影響を受けやすい作物が栽培されており、収穫が近い時は最大限の注意が必要である。それ以外の場合は過度に神経質になる必要はない。また、エリア内が全て同等のリスクをもつわけではなく、散布区域にごく近い場所が最も飛散量が多く、離れるほどリスクは低くなる。このため、エリア内であっても離れた地点であったり途中で障害物がある場所ならそれほど神経質になる必要はない。

◆収穫前の要注意期間

飛散を受けても通常は時間とともに残留濃度は減少し、ある程度以上の期間が経過すると検出されることは極めて少なくなる。下図は検出されやすい作物のひとつであるほうれんそうを用いて数多くの農薬の残留濃度の推移を実験的に調査したものであるが、飛散量が少なければ7日後でほぼ検出されなくなることを示している。このことから、収穫前1週間程度が注意を要する期間になると考えられる。

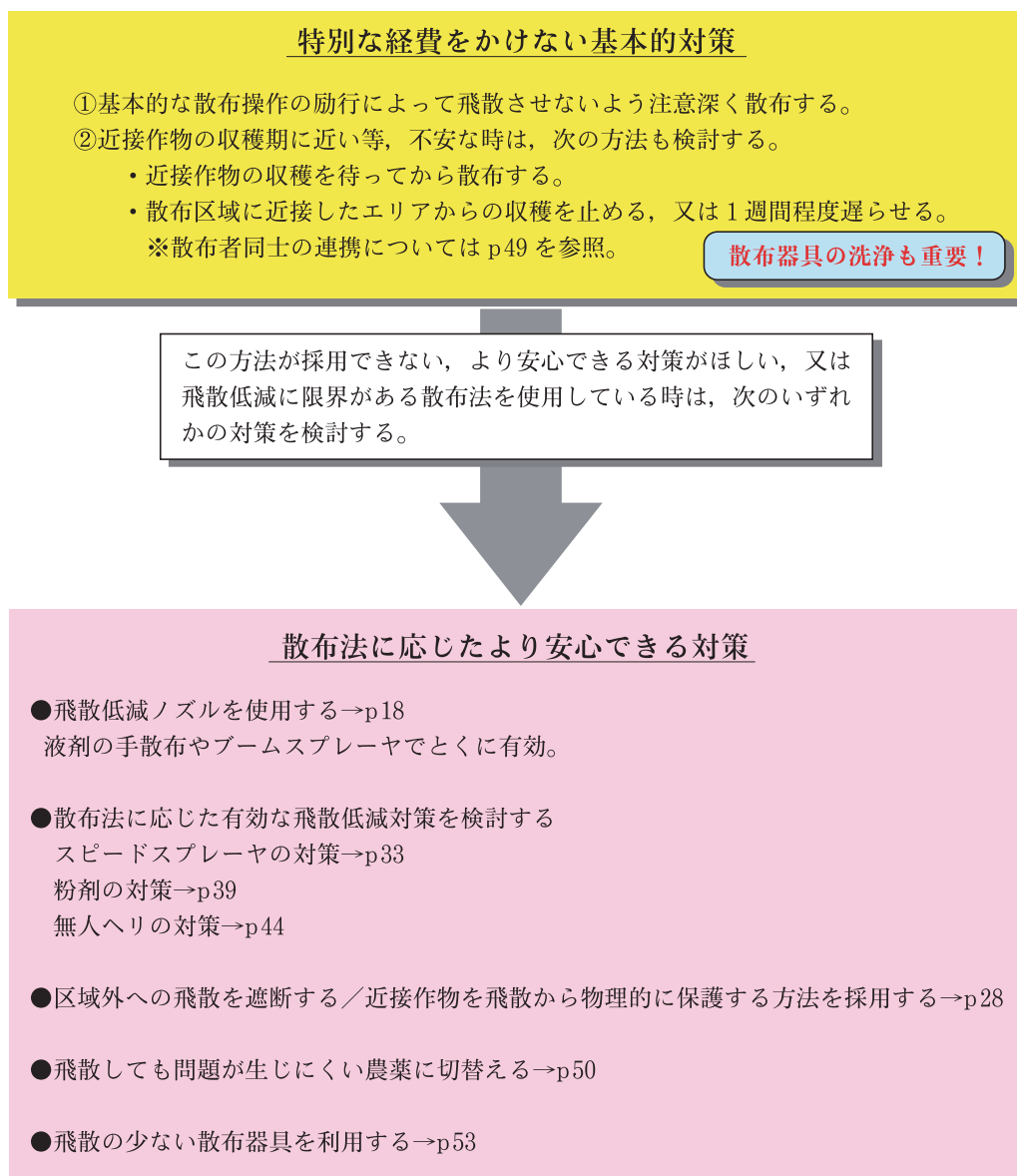


(3) 使用する農薬の登録を調べる

使用する農薬が近接作物にも登録があるかを確認する。これは農薬のラベルで確認できる。近接作物にも登録があればあまり神経質にならなくてもよいことを意味する。登録がなく、基準値があるかどうかの確認法は次章で解説するが、確認できない時は一律基準（0.01 ppm）を想定して飛散対策を考えるようにすればよい。

(4) 対策の組立て

対策は次のようなアプローチで考える。



(5) 近接作物以外への対策は？

近接作物以外での飛散対策は、飛散をできるだけ減らすことを基本に置く必要がある。基本的散布操作の励行は、分野を問わない対策の基本であるが、第三章に示す個別対策技術も参考になろう。なお、飛散低減ノズルの利用は液剤散布の飛散対策として最も汎用的なものであるため、今後は基本的散布操作の励行と併せて積極的に活用するべきである。

第 III 章 個別対策技術の解説

第 II 章では最も簡便かつ有効な飛散対策が基本的散布操作にあることを説明した。しかし、それだけでは安心して防除作業がすすめられないこともある。注意して散布してもある程度の飛散が避けられない散布法もある。本章では、そうした場合の対策としてどのようなものがあるかを解説する。解説に当たっては、個々の技術の特徴や活用法が理解できるよう、最新の調査データも盛り込むようつとめた。本章で取り上げた技術又は対策分野は下記のとおりである。

ここに掲げた内容は、近年一層の配慮が必要となっている周辺住民等に対する理解や保護の促進という観点からも有効なものが多い。このため、求める対策レベルに応じて利用可能な個別技術を積極的に検討していくことが望まれる。なお、利便性を考え、個別技術として整理した場合と、対策分野を掲げてそれに利用できる個別技術を体系的に解説した場合とがある。いずれの場合もそれぞれの技術には一定の限界があることを理解いただいたうえで、立地条件や求められる対策レベルに合わせ、柔軟な組み合わせを工夫していただきたい。

1. 飛散低減ノズルの利用
2. 遮蔽物の利用
3. スピードスプレーヤの飛散低減対策
4. 粉剤対策
5. 少量多品目栽培圃場や混植園での対策
6. 無人ヘリの飛散対策
7. 散布者同士の連携
8. 農薬の剤型や登録内容
9. 飛散の少ない散布機の利用
10. その他の対策
11. 感水紙を用いた飛散の量的評価法

1. 飛散低減ノズルの利用

1. 飛散低減ノズルの原理と概要

飛散低減ノズルとは、散布粒径を大きくすることでこれまでの慣行ノズルに比べて飛散しにくくしたノズルであるが、厳密な定義はない。慣行ノズルの中にも散布粒径が大きく飛散しにくいものがあるため、慣行であるかどうかを問わず「飛散しにくい散布粒径を有するノズル」と理解するのが適切である。

散布粒径が小さい/大きい判断は、一般にはノズルから噴霧された様々な大きさの散布粒子の平均粒径によって行われる。経験上、平均粒径が $100\mu\text{m}$ 以下の場合には飛散しやすくなり、 $200\mu\text{m}$ 以上の場合に飛散が顕著に少なくなってくる。

平均粒径がある程度以上大きくなると1粒子当たりの体積は大きく増えるため、散布量が多くなりやすいという問題がある。このため、数百 μm 以上の飛散低減ノズルでは、空気を取り込んで中空の散布粒子を作り出す機構が採用されているものが多い。

飛散低減ノズルは、従来除草剤用ノズルなど限定された分野で製品化されていたが、現在ではあらゆる作物の病害虫防除用途に豊富な製品供給が行われるようになっている。その研究や使用事例も増え、従来の慣行ノズルに代わって定着した事例も増えつつある。



2. どんな対策に向いているか

飛散低減ノズルは、液剤散布のあらゆる用途で利用可能で、現在利用できる飛散低減対策の中では最も広範囲に活用できる簡便かつ有効な対策である。従って、基本的には作物分野や用途を問わずに活用できるが、スズランノズルや鉄砲ノズルなど噴霧量大きいノズルをセット動噴との組み合わせで使用しているケースやブームスプレーヤを使用しているケースなどはとくに有効である。

一方、その有効性が十分発揮できない場合もある。例えば、飛散低減ノズルを過信して風の強い時に散布する等、基本的散布操作を軽視すると思わぬ飛散影響が発生する。また、スピードスプレーヤに飛散低減ノズルを装着しても大風量のまま散布したような場合は低減効果が得られない。粗大な粒子は運動エネルギーが大きいため、その直接的な到達力は慣行ノズルよりも大きいことを知っておくべきである。

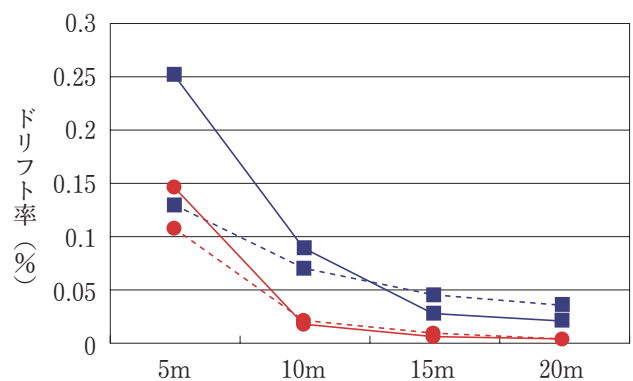
飛散低減ノズルのもうひとつの特徴として、散布者への農薬被曝が大きく減少することがあげられる。このため、農薬被曝しやすい果樹など立体的な作物への散布や施設内での散布では、飛散低減ノズルの利用を是非とも考えたい。また、飛散低減ノズルは飛散量そのものが減るだけでなく、散布の「霧」が発生しにくいいため、周辺住民に対する配慮の観点からも極めて有効である。

3. 飛散低減の調査事例

飛散低減ノズルの飛散低減効果に関する調査事例を掲げる。ここで示されているとおりその飛散低減効果は大きいですが、飛散をゼロに出来るものではないことを理解して使用する必要がある。周囲への飛散対策を徹底したい時には、基本的散布操作を心がけながら注意深く使用することが不可欠であり、必要に応じて他の対策とも組み合わせるようにしたい。

(1) 水 田

畦畔ノズルは、幾つかのノズルを取り付けることで手前から遠い距離まで噴霧液がカーテン状にひろがるよう工夫されたノズルで、到達距離は10~15mに及ぶ(右図)。この畦畔ノズルにも飛散低減タイプの製品が市販されており、その飛散低減能力はかなり高い。調査結果によると、飛散低減型の畦畔ノズルの場合10m以遠への飛散量は極めて少なくなることが分かっており、注意エリアを狭めることができる。ただし、飛散低減タイプであっても噴霧方向には到達力があるので、飛散させたくない対象物がある方向に向けて散布操作を行わないようにしたい。



畦畔ノズルの飛散調査結果

日植防研 2006 ■は慣行ノズル, ●は飛散低減ノズル, 風速は1回目(実線)が最大2.4 m/s・平均0.8 m/s・2回目(破線)が最大2.3~2.4 m/s・平均1.5~1.7 m/s(文献3)

(2) 野 菜

野菜は作物の種類や形状が実に様々で、飛散低減ノズルの有効性を示す調査事例は数多く報告されているが、ここでは最も一般的な散布法

として動力散布機を用いた手散布について、平面的な野菜と立体的な野菜が近接して栽培されている場合の相互への飛散影響を調査した事例を紹介する(次頁図)。

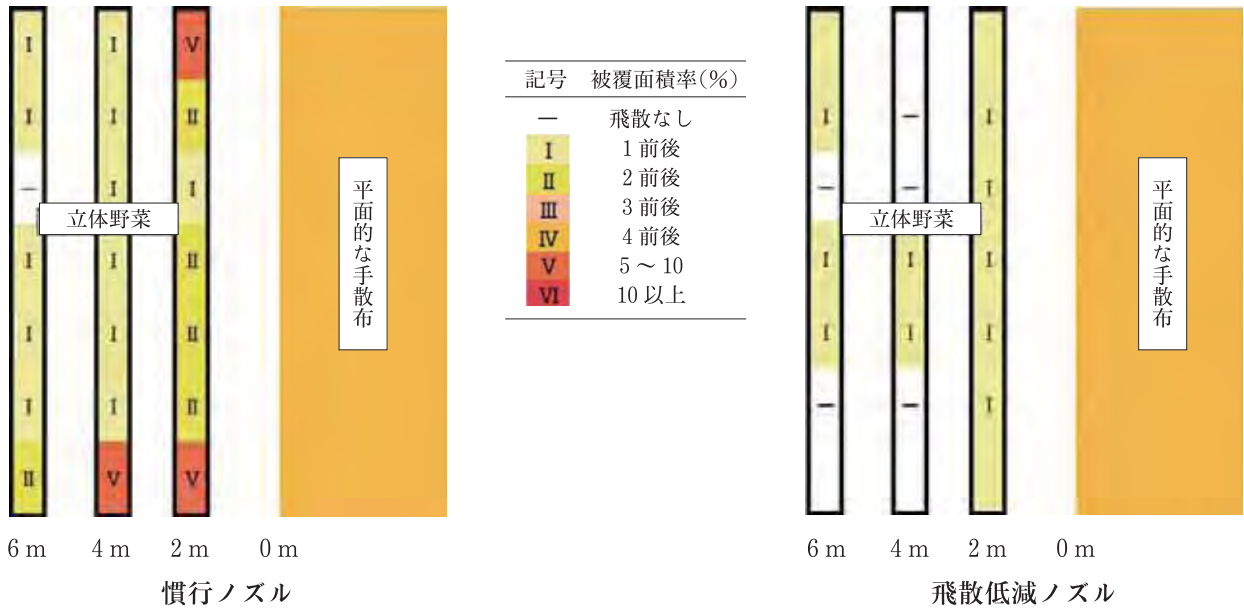
風がある条件下で平面的な作物に散布した場合、慣行ノズルでは最も近接した畦にある立体野菜にかなりの飛散が認められた。立体野菜の場合、作物自体の遮蔽効果があるため、2列目以遠の飛散量はかなり少なくなる。ただし端部は飛散のまわりこみがみられた。これに対し飛散低減ノズル(平均粒径200 μ mのものを使用)では、1列目であっても飛散は極めて少なかった。次に風が弱い条件下で立体作物に散布を行い、周囲の平面野菜への飛散を同様に比較した結果、慣行ノズルでは風下10m程度まで飛散が認められ、散布区域から数mまでの範囲では飛散量が極めて多かった。

また、立体作物への散布では風上方向にも飛散が認められた。これに対し飛散低減ノズルでは近接した場所でも飛散量は著しく少なかった。

この調査ではいずれも散布操作に一定の注意を払っているが、風がある条件では飛散は防止でき

①はくさい圃場からのキュウリへの飛散

平均風速 2 m/s 前後



②きゅうり圃場からはくさいへの飛散

平均風速 1 m/s 以下



ナス畑からの飛散調査例

供試ノズル	粒径 (μm)	平均風速 (m/s)	風下方向のこまつな残留濃度 (ppm)		
			1 m	3 m	7 m
慣行ノズル	約 60	2.52	3.16~0.29	0.19~0.04	0.04~0.02
飛散低減ノズル	約 300	1.58 1.14	0.04~<0.01	<0.01	<0.01

奈良農セ 2006

40%フロアブル剤の 1000 倍液を 200 l/10 a 散布し、散布後に分析。

慣行ノズル区は各距離 3 地点のデータ、低減ノズル区は 2 試験のべ 4 地点のデータ。(文献 4)

ないこと、立体作物の散布ではごく近接した場所への飛散はなかなか防止できないことを示している。飛散低減ノズルを用いればかなり安心できるようになる。

ナス畑に隣接するこまつなに対して実際の残留濃度調査を行った事例では、慣行ノズルで飛散にあまり注意しないで散布した場合、風下方向で残留リスクが高いことが示されたが、飛散低減ノズルを用いて注意深く散布すればリスクが大幅に低減できることが示されている。

(3) ブームスプレーヤ

ブームスプレーヤは短いものでも 20 個以上、長いものでは 60 個以上のノズルが装着されており、一度に多量の薬液を散布するため、裸地に近い条件や風がある条件ではかなり遠方まで飛散することがある。ブームスプレーヤの場合、手散布のように臨機応変な散布操作には限界があるため、飛散低減を達成するには飛散低減ノズルのような特別の手段に頼る以外に方法がない。ブームスプレーヤが一般的に使用されている欧米では早くから飛散低減ノズルが開発されていたが、我が国の高圧型のブームスプレーヤに適用できる飛散低減ノズルは比較的最近になって開発されたものである。これら飛散低減ノズルの飛散調査事例は

数多く存在するが、その多くは平面的な作物に対する手散布での調査結果と類似する結果となっている。ここでは近接作物に対して残留影響を調査した事例を紹介する。キャベツ畑で散布方向に追い風を受けた時、その風下に近接した 2 種類の葉菜類への残留影響を調

ブームスプレーヤでの飛散低減ノズルの飛散低減効果調査事例



	散布境界 からの距離	リーフレタス		ほうれんそう	
		A 剤	B 剤	A 剤	B 剤
慣行ノズル	2m	0.04	0.16	0.06	0.23
	5m	<0.01	0.03	0.02	0.06
飛散低減ノズル (約 280 μm)	2m	<0.01	0.04	0.02	0.10
	5m	<0.01	0.01	<0.01	0.03

群馬高冷地 2006, A 剤は 50 ppm, B 剤は 200 ppm, 混用し 200 l/10 a 散布, 散布直後に採取。表中の単位は ppm (文献 4)

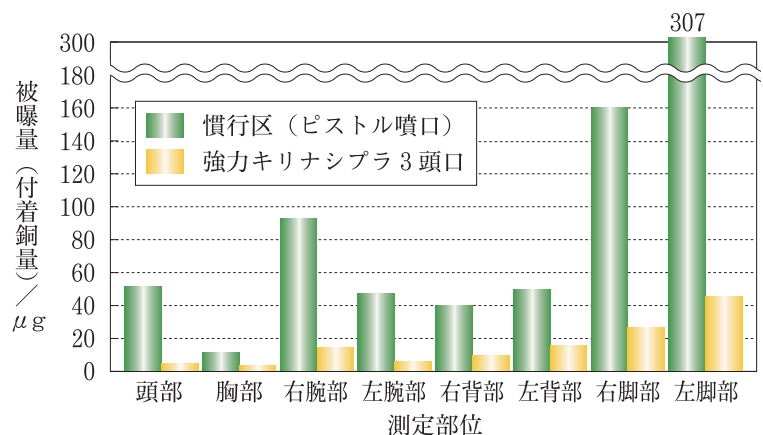
べたものであるが、飛散低減ノズルでは慣行ノズルの場合よりも残留濃度が数分の1程度に減少した。この調査では、飛散低減ノズルの散布において近接作物に最も近い位置で急に風が強くなったことが影響したと報告されていることから、一般にはこの調査結果以上に両者の差異があらわれるものと考えられる。ただし、飛散低減ノズルであっても近接した位置では飛散を完全に防止できないことに留意する必要がある。

(4) スピードスプレーヤ

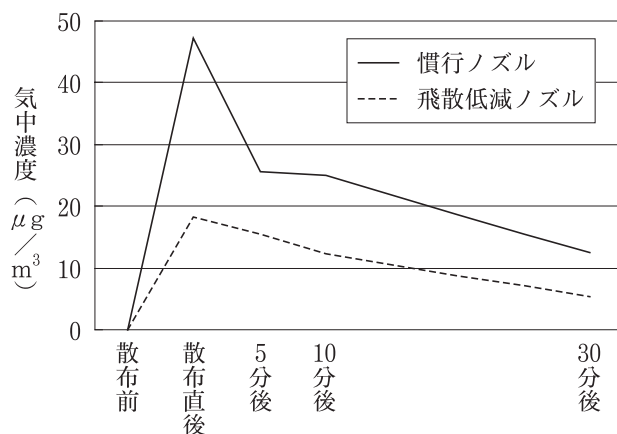
スピードスプレーヤへの飛散低減ノズルの利用についてはこれまで多くの検討事例があり、幾つか商品化されているものもある。それらの潜在的な飛散特性については、野菜等で実証されている事実と基本的に何ら変わらない。しかし、別項で解説するように、スピードスプレーヤの飛散にはノズルの粒径よりも他の要因が強く影響する。このため、単に飛散低減ノズルに取り替えただけでは十分な飛散低減効果が得られないことが多い。なかには到達力が以前よりも高まって飛散が大きくなる場合もある。飛散低減と防除効果をバランスよく得るためには、ノズルのセッティングや送風量との相性など、総合的に検討していくのがよい。

4. 散布者への被曝量の低減

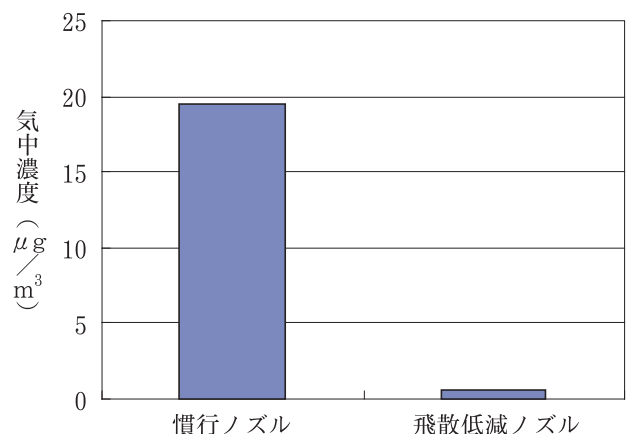
飛散低減ノズルのもうひとつのメリットは、散布者に対する農薬被曝が大きく減らせることである。右図はかんきつ園での散布について散布者への農薬付着量を調べたものであるが、飛散低減ノズルはいずれの身体部位への付着が大きく減ることが示されている。また、ハウス内での散布は微細な散布粒子が空気中に滞



(佐賀果樹試 1996)



散布後の気中濃度調査事例 (ハウス内)
(日植防研 2007 文献 6)



散布者口元の気中濃度 (散布中)
(日植防研 2009 文献 8)

留しやすいが、飛散低減ノズルを使用すると気中濃度が低く保たれることが明らかになっている。ハウス栽培のきゅうり等を用いて調査した結果では、飛散低減ノズルを使用すると散布者への吸入曝露量を大幅に低減できることが示されている。

5. 飛散低減ノズルの散布特性と防除効果

飛散低減ノズルに対しては、「防除効果が不安」「散布しにくい」といった感想がしばしば聞かれる。これは、極めて微細な散布粒子を発生する慣行ノズルに比べて粗い散布粒径を用いるため、葉

飛散低減ノズルの防除効果等に関する調査結果（日植防研 2009）

作物名	病虫害名	場所	供試農薬		供試ノズル別の防除効果		
			剤型等	浸透移行性の有無	慣行	低減(中粒)	低減(大粒)
きゅうり	ワタアブラムシ	茨城	H乳剤	なし	A	A	A
			A顆粒水和剤	あり	A	A	A
	うどんこ病	高知	A水和剤	あり	A	A	A
			N液剤	なし	D	D	D
	べと病	宮崎	Dフロアブル	なし	B	B	B
トマト	疫病	茨城	R水和剤	あり	A	A	A
なす	ワタアブラムシ	宮崎	S顆粒水溶剤	あり	A	A	A
			タバココナジラミ	宮崎	S顆粒水溶剤	あり	A~B
キャベツ	黒腐病	茨城	Z水和剤	なし	?	?	?
	ヨトウムシ	茨城	F乳剤	なし	B	B	C
			Tフロアブル	なし	A	A	A
	コナガ	茨城	F乳剤	なし	B	C	B~C
Tフロアブル			なし	B	C	C	
はくさい	ニセダイコンアブラムシ	高知	Aフロアブル	あり	A	A	A
			D乳剤	なし	B	D	D
いちご	うどんこ病	高知	Bフロアブル	なし	A~B	B~C	B~C
			S乳剤	なし	A~B	A~B	A~B
だいこん	白さび病	高知	Dフロアブル	なし	A	A	A
りんご(わい化)	ハダニ	秋田	Gフロアブル	なし	A	A	A

- 供試ノズルはいずれも2頭口。各ノズルのおよその平均粒径は、慣行60~70 μ m、低減(中粒)200~300 μ m、低減(大粒)400~500 μ m。
- 防除効果はA: 高い効果, B: 十分な効果, C: やや力不足, D: 効果なし, ?: 効果判定できず、を示す。各ノズル間で同等の記号が示されている場合はノズル間の差異がないことを示す。いずれのノズルにもDが示されている試験は、供試農薬自体の効果が得られなかったことを示す。
- いずれの試験とも、ノズルごとの散布量はほぼ同等である。

粒径の異なるノズルを用いたこまつな残留濃度（日植防研 2009）

	A 剤（浸透移行性のない農薬）			B 剤（浸透移行性のある農薬）		
	慣行ノズル	低減ノズル （中粒）	低減ノズル （大粒）	慣行ノズル	低減ノズル （中粒）	低減ノズル （大粒）
直 後	2.26	1.96	1.71	1.50	1.52	1.25
3 日後	1.08	0.84	0.88	0.95	0.54	0.36
7 日後	0.79	0.60	0.60	0.48	0.26	0.12

単位 ppm, 4 頭口ブームノズルを用いて 100 l/10 a を 1 回散布（A 剤と B 剤の混用）

（文献 8）

の裏側などに薬液がまわりにくい、十分散布できたかどうか判断しにくい、といったことに起因していると考えられる。例えば、葉の裏側までくまなく散布しようとした結果、慣行ノズルに比べて散布量が多くなることもある。しかし、これまでの多くの調査結果から、飛散低減ノズルであっても慣行ノズルと同じ感覚、散布量で使用しても効果には大きな影響がないことが示されている（街路樹等の病害虫防除でも飛散低減ノズルの効果は遜色がない（文献 6））。従って、散布操作上の違和感があってもあまり気にせず、基本的にはこれまで同様に使用することができる。

一方、飛散低減ノズルにも様々な種類があり、中には散布粒子がかなり粗いものもある。一般に病害虫防除では粗すぎる粒子では十分な効果が得られないと考えられてきたが、これを詳細に検討した結果によれば、粒径が粗くなっても効果には大差がない場合が多いことが明らかとなっている（前頁表）。また、浸透移行のない農薬には不向きとも考えられてきたが、必ずしもそうではないことも明らかとなっている。これらの試験は散布量は同等条件のもとで実施されていることから、飛散低減ノズルであってもことさら散布量を増やす必要がないことを示している（文献 8）。

また、除草剤の散布では飛散低減ノズルの使用は必須であるが、飛散をほぼ皆無にできる粗粒径のものでも防除効果には何ら差異がないことも明らかになっている。

このように、多くの場合、飛散低減ノズルは粒径の大小によらず、これまでの慣行ノズルの代替として通常の防除に何ら問題なく使用していけると考えられるが、一定の注意も必要である。例えば、慣行ノズルの場合でも薬液がかかりにくいケースは、飛散低減ノズルであっても注意深く散布する必要がある。このような場合は効果が不安定になりやすいので、浸透移行性のある農薬を選択するほうがよい結果が得られる。

なお、飛散低減ノズルを用いた場合の作物残留濃度への影響を調査した結果、粒径が多少粗くなっても残留性はほぼ同等であり、慣行ノズル以上に残留リスクを高めるおそれはないことが明らかになっている。

6. 製品情報

いくつかのメーカーから飛散低減ノズルが供給されており、ほぼ全ての用途分野がカバーされている。その多くは噴霧形状が扇形のものであるが、円錐形のタイプ（コーンノズル）もある。

飛散低減ノズルの例（ヤマホ工業株式会社提供）

対象作物	種 別	ノズル名称 (ノズル型式)	適正圧力 (MPa)	噴 出 量 (L/min)	平均粒径 (μm)
果 樹	2 頭口ノズル (中粒径)	SV-30-55 K	1.0~1.5	6.0 (1.5 MPa)	160
	到達用 2 頭口ノズル (粗粒径)	N-KF-15 B	0.5~1.5	6.3 (1.0 MPa)	600
	角度可変式ノズル (粗粒径)	N-KZV-20	1.0~1.5	5.8~7.2 (1.5 MPa)	380~710
高木・樹木	遠距離用ノズル (粗粒径)	N-KZV-20	1.0~1.5	5.8~7.2 (1.5 MPa)	380~710
	遠距離・中距離切替ノズル (粗粒径)	N-KF-15 B N-KE-20 B	0.5~1.5	6.3 (1.0 MPa) 5.7 (1.0 MPa)	600 860
野 菜	スズラン 5 頭口ノズル (中粒径)	SV-20-80 C	1.0~1.5	10.3 (1.5 MPa)	130
	広角スズラン 5 頭口ノズル (中粒径)	N-ES-10	1.0~1.5	8.7 (1.5 MPa)	280
	3 頭口ノズル (中粒径)	SV-20-80 C	1.0~1.5	6.2 (1.5 MPa)	130
	3 頭口ノズル (粗粒径)	N-KS-11	1.0~1.5	6.2 (1.5 MPa)	450
茶	5 頭口ノズル (中粒径)	SV-23-40 K	1.0~1.5	11.6 (1.5 MPa)	190
	5 頭口ノズル (粗粒径)	N-KF-15 B	0.5~1.5	15.7 (1.0 MPa)	600
水 田	畦畔ノズル (粗粒径)	N-KS-11 N-KF-11 B, 他	0.8~1.0	13.4 (0.8 MPa)	560~860
	切替式畦畔ノズル (粗粒径)	N-KS-10 B N-KF-11 B, 他	0.5~1.0	10.4 (0.8 MPa) 11.3 (0.6 MPa)	570~1,430
除 草	動力散布機用 2 頭口ノズル (粗粒径)	N-KA-055 SB	0.5~1.0	0.72 (0.7 MPa)	750
	動力散布機用 2 頭口ノズル (中粒径)	N-KA-10 R	0.5~1.0	2.8 (1.0 MPa)	420
	人力散布機用 (粗粒径)	N-KAL-15 R	0.1~0.3	1.2 (0.2 MPa)	740
ブーム, 乗用管理機用	広角型ノズル (中粒径)	N-ES-8	1.0~1.5	1.1 (1.5 MPa)	300
	Y 型 2 頭口 (中粒径)	N-ESY 90-8	1.0~2.0	1.1 (1.5 MPa)	190, 240
	少量散布用ノズル (中粒径)	N-SVN-5 SY	1.0~1.5	0.34 (1.0 MPa)	120

果樹用



果樹 2 頭口ノズル (中粒径)



果樹到達用 2 頭口ノズル (粗粒径)

野菜用



野菜スズラン5頭口ノズル（中粒径）

← 野菜3頭口ノズル（中粒径）

茶 用



茶用5頭口ノズル（粗粒径）

除草用



動力散布機用2頭口ノズル（粗粒径）

◆適正な圧力で使用する

飛散低減ノズルであっても適正な圧力で使用することが重要である。動力散布機用のものは一般に1.0～1.5 MPaの範囲で適正な噴霧パターンが得られるように設計されている。これを大きく下回る圧力ではボタ落ちなどが発生して十分な防除効果が得られない。反対に、大きく超過する圧力では微細な粒子が発生したり噴霧の勢いが強くなりすぎ、飛散低減に逆効果となる。

ブーム、乗用管理機用



広角型ノズル（中粒径）



Y型2頭口（中粒径）

2. 遮蔽物の利用

1. 遮蔽物の種類と用途

遮蔽物には本来様々な素材や構造物の利用がありうるが、ネット、遮蔽植物及び被覆資材が実用的と考えられている。

これら遮蔽物は、散布区域を囲うなどして外部への飛散を防止する目的で設置する場合（ネットや遮蔽植物）と、飛散から守る目的で保護対象物のほうを覆う場合（遮蔽植物や被覆資材）とがある。また、半恒常的に設置する場合（生け垣やネット）と、必要な時だけ臨機に設置する場合（被覆資材）とがある。ただし設置方法の工夫（例えばネットを開閉式にする）によってより柔軟な利用形態にすることもできる。

2. ネットの利用

(1) ネットの遮蔽効果

ネットの遮蔽効果は、目合いの細かさと設置高によって左右される。これまでの調査から、次のようなことが明らかとなっている。

- ① ネットを通過した飛散粒子は、ネットの防風効果によって飛散距離は短くなる。
- ② ネットを通過する飛散粒子の遮断効果は、ネットの目合いが細かいほど高くなる。ラッセル織り（撚糸で編まれたネット）であれば2ミリ目以下なら極めて高い遮断効果を有する。
- ③ 防虫ネットのように通気性のよいネットは、編糸が細いため、目合いが細かくとも飛散粒子の遮断効果は低い。
- ④ シートのように通気性がほとんど無い素材は、飛散粒子がこれを乗り越える現象が顕著となる。
- ⑤ ネットは十分な高さで設置する必要がある。
- ⑥ ネットの地際部に隙間があるとそこからの漏出が発生する。とくにSS散布の場合に顕著である。
- ⑦ ネットに直接散布液がかかると、ネット面に衝突した散布粒子が砕けてより微細な飛散粒子が発生する。

(2) ネットの利用法

① 棚仕立ての果樹園

ブドウやナシのような棚仕立ての園地では、周囲を4ミリ目程度のラッセル織りネットで囲っている場合が多いが、スピードスプレーヤを使用している場合、この程度の目合いのネットでも周囲への飛散低減上有効である。すなわち、ネットのもつ防風効果によって、散布粒子がネットを通過しても比較的近距离に落下するため、危険域はかなり狭まる。ただし、ネット自体の遮蔽効果はそれほど高くないため、送風量を控えて散布する、水平方向のノズルを止める、ネット際の散布走行は行わない、といった配慮を行うことが重要である。これらに配慮すれば5m以遠まで飛散が及ぶ

ことは希になる。この程度の目合いのネットは、適度の通風性をもつため園内の通気性も確保でき、安価で耐久性もあるため、通年設置が可能である点でも有利である。こうした側面ネットに加え、雹対策のために天井部分に目合いの粗い防災ネットを併設している園地では、わずかではあるが、飛散低減効果はより高まる。確実な飛散防止効果を得たい場合には、2ミリ目以下の細かい目合いのネットを側面用として利用する。ただし、目合いの細かいネットは通気性が低下するため、部分的な設置又は開閉式を検討する必要がでてくる。

◆代表的なネットの素材



4ミリ目ラッセル織り



2ミリ目ラッセル織り



1ミリ目ラッセル織り

風洞試験によるネットの遮蔽効果（日植防研 2005）

衝突風速	ネット	風下落下量(ng/シャーレ)			総量比	低減率(%)
		1~2 m	3~5 m	6~10 m		
1.5 m/s	無し	68.64	6.95	0.49	100	—
	4mm 目	23.07	2.10	0.10	32.9	67.1
	2mm 目	11.21	0.47	0.01	14.8	85.2
	1mm 目	0.59	<0.01	<0.01	0.7	99.3
3.0 m/s	無し	69.01	17.49	2.03	100	—
	4mm 目	37.94	4.91	0.56	46.6	53.4
	2mm 目	21.16	1.61	0.12	23.8	76.2
	1mm 目	1.35	0.01	<0.01	1.4	98.6

(文献 2)

② 立木又は垣根仕立ての果樹園

棚仕立ての場合はもともとネットを展張できる支柱が存在しているのに対し、立木等の園地ではまずネット設置のための支柱を検討する必要がある。スピードスプレーヤを使用しているこれら園地では、一般に4~5mの高さまでネットを展張する必要があるが、その支柱を新たに設置するためにはかなりのコストを要する。このため、新しく支柱を設置する場合は、飛散させたくない特定の方角や区間を優先して検討するのが一般的である。なお、かなりの高さまで展張するネットは、耐久性の観点から4ミリ目よりも細かいネットを常設して用いるのは難しい。このため、細かい目

合いの場合は散布時だけ使用できるよう、開閉式にする等の工夫が必要である。

③ 畑地など

野菜等の畑では、果樹園ほどの高さを確保する必要はなく、作物の高さに応じて1~2m程度あれば十分である。このため新たな支柱を要する場合でも、園芸ポールなどが利用できる。畑地ではスピードスプレーヤのように送風を伴う散布は行われな

防葉ネットの例



(H18 青森りんご試験成績より引用)

布は行われなため、遮蔽効果が高い2ミリ目以下の細かい目合いのネットを用いるようにしたい。ただし防虫ネットのように通気性がよいものは飛散防止効果が低いので注意が必要である。

3. 遮蔽植物の利用

遮蔽植物には、恒常的に生け垣を設置する考え方と、シーズンを限って設置する単年生植物の利用がある。前者は景観上も優れる等の利点があるが、新たに栽植しても遮蔽効果を発揮するまでに年月を要することから、一般的な対策にはなりにくい。これに対し後者は短期的な対応として利用することができる。

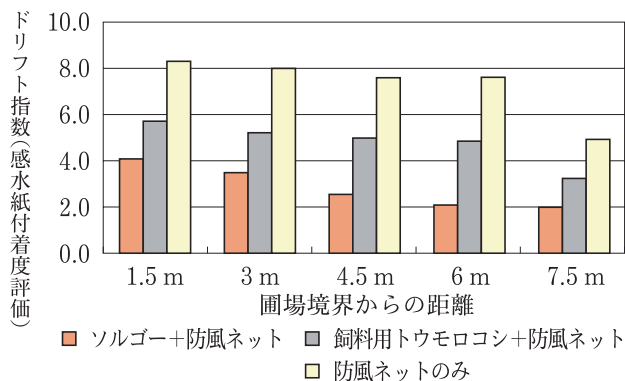
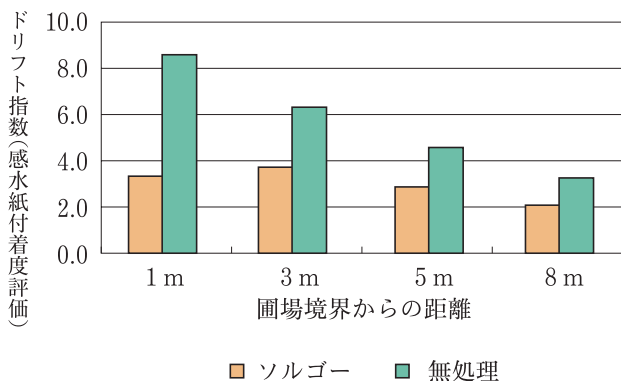
遮蔽植物には、①十分な高さに生育すること、②必要な時期までに十分な高さに成長すること、③栽培管理が容易であること、といった要件が求められる。このため、ソルゴー等の緑肥作物の利用が各地で検討されている。ソルゴーは、天敵生物の棲息場所にもなることから、露地なす等のIPM栽培方法のひとつとして奨励されていることも、飛散対策への積極的な活用の背景にある。これまで各地で行われた調査を概観すると、ソルゴーを利用する場合のポイントは以下のとおりである。

- 150 cm 以上にならないと十分な遮蔽効果が得られないことが多い。
- このため、農薬散布時期や作物の収穫時期等を考慮し、それまでに十分な高さまで生育する品種や種時期を選定することが肝要。
- 十分な遮蔽効果を得るためには栽植密度に留意する必要がある。2条播き(条間30~60 cm)とし、株間があかないよう十分な播量(3 g/m程度)とするのがよい。

現在、主な種苗会社からソルゴー以外にも飛散対策に向くと考えられる緑肥作物が紹介されているので、それらを参考にすることができる。

これら緑肥作物の利用については、以下のような課題も指摘されている。

- 遮蔽効果は生育状態次第であり、安定しない。
- 完璧な遮蔽効果は得られないので、基本的な散布操作を守ることが必要。
- 遮蔽物として利用できるまで時間がかかる。
- 風によって倒伏しやすい。



露地ナス畑のソルゴーによるドリフト防止効果 (動力噴霧機による散布) (群馬県普及指導室)

ナシ園の周囲に植栽された緑肥作物のドリフト防止効果 (スピードスプレーヤによる散布) (群馬県普及指導室)

農薬飛散防止作物 (ドリフトガード作物) の特性

品 種 名	草 丈 (m)	播 種 量		播 種 期	播 種 期												
		通常緑肥 (kg/10a)	条まき (g/m)		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
ソルゴー	メートルソルゴー	1.2~1.3	1~2	2条で1.8g						●							
ソルゴー	ラッキーソルゴー	2.0~2.8	4~6	2条で1.8g						●							
ソルゴー	トウミツA号ソルゴー	2.5~3.0以上	1~2	2条で1.2g						●							
えん 麦	アマリⅡ	1.0~1.4	8~10	2条で 3~4g	暖地	9~11月											
					寒地	3~5月											
					暖地	8~10月											
					寒地	4~6月											
らい 麦	ライ太郎	1.8~2.5	8~10	4条で 6~8g	暖地	8月中旬~11月											
					寒地	3~5月											
					寒地	5~9月中旬											

● 播種 ■ 障壁として利用可能な時期

(タキイ種苗株式会社パンフレットより引用)

緑肥作物の検討例

農薬ドリフト対策 障壁ソルゴー品種比較試験 H19.9.25 調査 JA 上伊那・上伊那農業改良普及センター

品 種	雪 印	雪 印	雪 印	雪 印	カネコ	カネコ	カネコ
	つちたろう	三尺ソルゴー	ハイグレンソルゴー	高糖分ソルゴー	リトルソルゴー	スーパーシュガーソルゴー	おおきいソルゴー
草 丈(cm)	260	120	150	160	90	190	240
出穂の有無	無	有	有	有	有	有	無
葉 数(枚)	13	8	8	9	8	10	16
倒 伏	無	無	有	無	無	無	無
ドリフト試験	◎	○~△	△~×	◎	△	◎	○~△

1. 播種日: 雪印5月28日, カネコ5月30日, 手押し式2条播種機(ごんべえ)にて播種
2. 草丈: 止め葉の葉耳位置で平均的な高さ
3. 穂: 「無」の「つちたろう」, 「おおきいソルゴー」は調査時に出穂始期
4. 葉数: 調査時の現存葉数
5. ドリフト試験: 2条植えの状態, 背負式動噴で噴口高さ1.5m, 真横に5秒噴霧。2m離れた高さ1m及び0.5mに感水紙設置してドリフト状況調査。◎ドリフトほとんど無し~×ドリフト多い(相対評価)
6. 雪印マメ科緑肥作物「田助」は発芽不良で, データ無し。

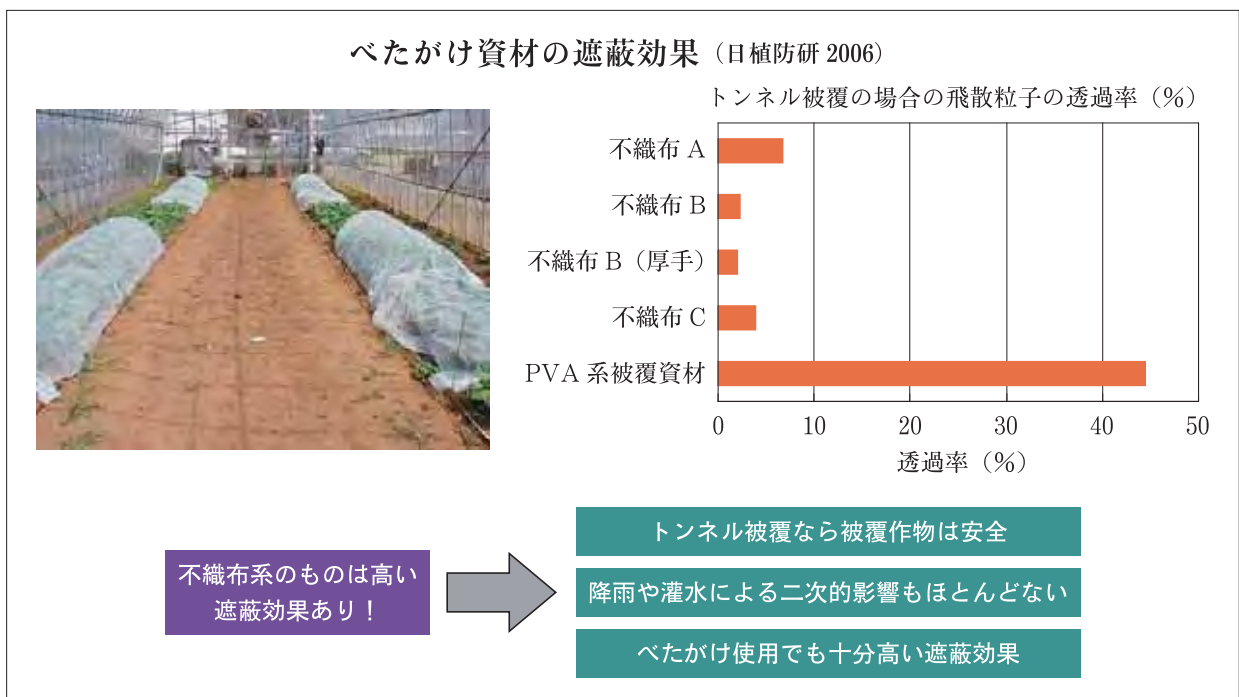
- 病害虫の温床となったり、出穂すると鳥害が増える等の報告事例もある。
- 残渣処分が大変である。

4. 被覆資材の利用

トンネルやべたがけ等に用いられる被覆資材には様々なものがあるが、これらは周囲からの飛散から作物を守るうえで一定の効果が期待できる。例えばビニルやポリ製のシートは、ネットの代わりに用いるのは不向きであるが、飛散させたくない作物を一時的に覆う目的であれば十分に利用できる。

ビニルシートのように全く通気性の無いものは遮蔽効果は極めて高いが、被覆資材の中には通気性が高く飛散した農薬粒子を通過してしまうものもあるので注意が必要である。これまでの調査では、不織布系のものは遮蔽効果が高いことが明らかになっている。また、不織布表面に農薬が飛散した場合、降雨や灌水による二次汚染のおそれは低いと考えられている。

不織布は極めて軽量であるため、一時的な被覆にも利用しやすく、少量多品目栽培圃場における臨機の飛散対策に活用できる。



3. スピードスプレーヤの飛散低減対策

1. スピードスプレーヤの飛散要因

スピードスプレーヤ（以下「SS」という）は、円周状に数多くのノズルが配置され、送風によって散布液の到達力を高めている散布機である。このため、他の散布機に比べていずれの散布方向にも飛散しやすい構造を有している。SSの飛散要因は次のとおりである。

- ノズルの部位

上方に散布するノズルは、上部に覆いかぶさる樹体への散布に有効であるが、上部が開けた場所では樹高よりも上部にまで舞い上がり、時に遠方まで飛散する。

側方に散布するノズルは、樹体の最も繁茂した部位への散布に不可欠であるが、樹の切れ目や繁茂のうすい場合では多量の散布液が突き抜ける。

下方に散布するノズルは、多くの場合通路又は樹体の根元までしか散布できず、根元の空間をはってかなりの距離まで飛散する。

- 送風量

送風量が多くすると散布液の到達力が高まるが、それに応じて飛散も大きくなる。送風量が多い場合は風上方向にもかなり飛散する。

- 旋回と外周散布

旋回時や外周散布時に外側を噴霧したまま散布を行うと、多量の散布液がそのまま飛散する。



2. 飛散対策の考え方

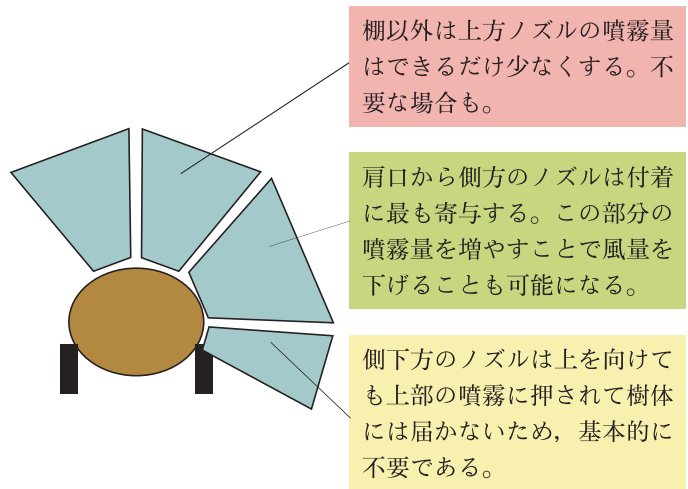
SSの飛散対策の基本は、飛散量をできるだけ減らすことである。このためには、前項で説明した飛散要因を知り、それらの低減に有効な基本的な対応を講じていくことが肝要である。次に、園地の樹型管理法にも留意する必要がある。容易には薬液が付着できない高樹型や過繁茂を改善すれば、少ない送風量でも十分な防除効果が得られるようになる。近隣に心配な作物がある時には、危険域やリスクの高い時期を予め確認しておき、それを避けて散布作業を行う、もしくは飛散しても問題になりにくい農薬を選定する等の対応を行うようにする。恒常的にリスクがある場合には、ネット等の遮蔽物を検討するのも有効である。

SSの飛散対策に関し、単純に農薬の選定のみで済まそうとする傾向があるが、本書で繰り返し指摘しているように、飛散には近隣作物影響以外にも様々な潜在的問題があるため、飛散量をできるだけ減らすことを一義として対策を組み立てるべきである。

3. 飛散を低減しうる SS のセッティングと操作法

(1) ノズルのセッティング

右図を参考に園地の条件にあったセッティングを行うのがよい。ノズルの噴霧量は、ノズルチップ表面に刻印された数字（穴径を示す）によって知ることができる。ノズルの選定や交換はメーカーに相談にのってもらうとよい。なお、メーカーによっては2種類のノズルを自由に切り替えたり、噴霧を止めたりできる部品を用意しており、ノズルを臨機に使い分けたい時に便利である。



SS のノズルセッティング

(2) 送風量

送風の目的は、樹体に散布液を確実に到達させることと送風によって葉を揺らし、内部まで薬液を浸達させることである。従って、適正な送風量は樹種や園地の条件によって異なる。現在普及している SS は概ねタンク容量ごとに最大送風量が分類でき、1000l クラスの大型 SS では最大風量が 900~1,000 m³/分、600l クラスの中型 SS は 600 m³/分前後、500l クラスの小型 SS は 500 m³/分以下となっている。このうち大型 SS の最大風量は、もともと隔列で効率よく散布するような目的で開発されてきた。このため、このような大風量が必要となるケースは限られる。従って、大型 SS であっても、大風量では使用しないようこころがけることが重要である。

また、開花期のように少ない送風量でも十分と考えられる時期に過大な送風散布を行うと、繁茂期以上に飛散が多くなる。

なお、送風量の低減は、SS 特有の問題点でもある騒音対策上も極めて重要である。

◆送風量と飛散距離

900 m³/分もの大風量の場合、風上にも散布液が飛散し、その到達範囲は 20 m にも及ぶ。圃場条件や走行方法によっても異なるため一概には言えないものの、これまでの調査から、900 m³/分程度の送風散布を行っている場合は風向きによらず圃場周囲 20 m はリスクが高いと考えるべきで、600 m³/分程度の場合は 10~15 m 程度、300 m³/分では 5~10 m 程度になると推定される。当然のことながら風下方向ではリスクの高い区域はより拡大する。

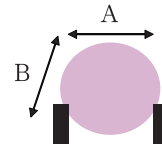
(3) 旋回と外周散布操作

旋回時や外周散布時に外側を噴霧したまま散布を行うと、多量の散布液がそのまま飛散するため、通常は外側の噴霧を停止して散布を行う。しかし、一般的な SS は上方と両側方の3系統でしか停止操作ができないことが多く、側方みの噴霧停止では、上方から噴霧された散布液が外側にも飛散してしまう。このため、できるだけ上方も停止して散布するようにすると飛散は大幅に減らすことができる。

外周散布時の飛散低減要素技術の比較

要素技術	飛散性	付着性	到達性		
			5.0 m 高	3.5 m 高	0.5 m 高
① 外側 1/3 止め	5.3	8.3	10.0	10.0	10.0
② 外側 2/3 止め	1.6	7.4	7.5	10.0	10.0
③ 1/3 止め+遮風板使用	3.3	8.3	9.0	10.0	10.0
④ 2/3 止め+遮風板使用	0.7	6.6	8.0	10.0	10.0
⑤ 風量低減+2/3 止め	1.5	6.1	7.0	10.0	10.0
⑥ 送風停止+1/3 止め	1.7	5.2	0.1	2.0	10.0

日植防研 2008, モモ園で 600 l 機を用いて外周散布時の散布条件での外側への飛散性, 樹体への付着性, 樹間に設置した立体ポールへの垂直到達性について調査。数値は感水紙の付着グレードの平均値 (10 が最大)。1/3 止めは B のみを停止, 2/3 止めは B に加えて A も停止。遮風板は B を送風口ごと遮蔽する器具。風量低減は 645→410 m³/分に 37% 減。(文献 7)



2/3 止めの外周散布

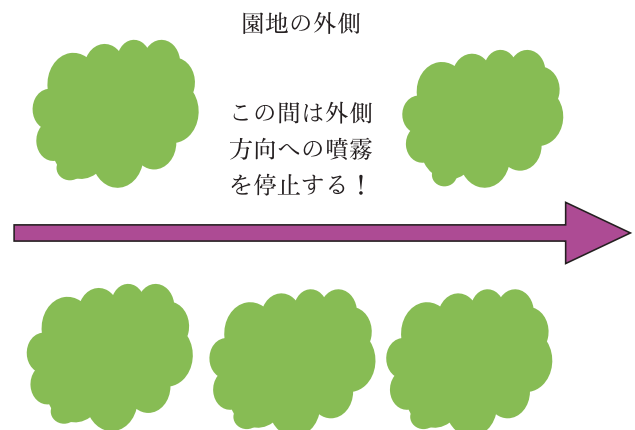


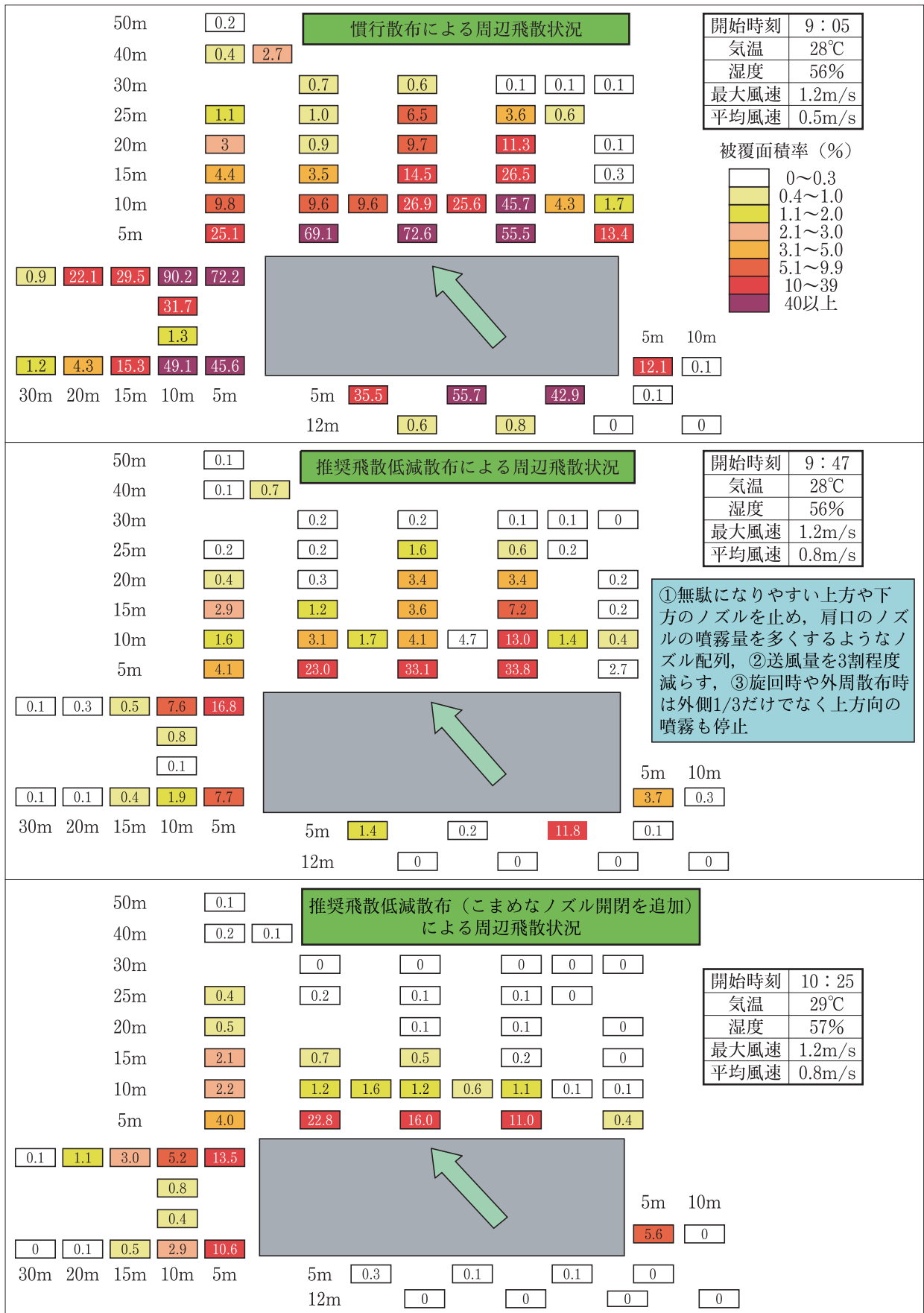
遮風板の例

外周散布時に利用可能な要素技術の飛散性や付着性を比較調査した結果を図に示す(次頁)。一部のメーカーからは、金属製の板で側方の送風口ごと遮蔽するオプションが供給されている。これはファンに再吸引された散布粒子が噴霧を停止した外側に再噴出する現象防止に有効と考えられているが、上方を噴霧したままだとその飛散低減効果は高くないことが明らかになっている。また、送風口ごと遮蔽してしまうため、残りの送風口とりわけ上方への送風量が強くなる、噴霧粒子の流れに乱れが生ずるといった現象がみられる。

(4) こまめなノズル開閉操作

果樹園では樹間があいていたり、中には欠株となっている部分もある。園地の端列がこのようになっている時、園地の外側に向けた噴霧を一様に行うと、樹の切れ目から多量の散布液が園外に飛散する。このため、端列の散布操作においては、運転席にある開閉コック操作に留意





日植防研 2008, モモ園内で 600l の SS を用いて調査。感水紙上の付着面積率で表示。(文献 7)

SSの飛散低減散布操作法の評価（日植防研 2008（文献7））

		5 m	10 m	15 m	20 m	25～30 m	40 m	50 m
慣行散布	最大値	72.6	90.2	29.5	22.1	6.5	2.7	0.2
	平均値	41.7	18.1	10.4	3.43	1.18	0.83	0.10
推奨散布	最大値	33.8	13.0	7.2	3.4	1.6	0.7	0.1
	平均値	11.5	2.39	1.78	0.54	0.26	0.20	0.03
	低減率*	72.3%	86.7%	83.0%	84.3%	78.2%	75.8%	66.7%
推奨散布 + こまめなノズル開閉	最大値	22.8	5.2	3.0	1.1	0.4	0.2	0.1
	平均値	7.03	1.02	0.78	0.14	0.06	0.08	0.03
	低減率*	83.1%	94.3%	92.6%	95.9%	94.5%	90.9%	66.7%

数値は被覆面積率。散布区域周囲の同一距離に設置した感水紙の被覆面積率を集計。

* 被覆面積率に基づく低減率であるため必ずしも農薬量の低減率と同じではない。

し、樹の切れ目でこまめに噴霧を停止するようにこころがけることで飛散を大きく減らすことができる。

(5) 上記を組み合わせた対応

上記はいずれも特別な経費がかからない対策である（不要なノズルを止めるだけなら特別の経費はかからないが、幾つかを交換する場合でも比較的安価で済む。）。これらを組み合わせたモモ園での対応例として、①無駄になりやすい上方や下方のノズルを止め、肩口のノズルの噴霧量を多くするノズルセッティングを行う、②送風量を3割程度減らす、③旋回時や外周散布時は外側1/3だけでなく上方向の噴霧も停止しながら行う、ようにした結果、それまでのSS散布に比べて周辺への飛散量を70～80%低減できることが示された。さらに、端列散布時においてこまめなノズル開閉操作を加えた場合は80～90%周辺への飛散を低減できることが示された。これらの検討においては同時に樹体への付着性も調査したが、いずれも高い付着性が確保されており、十分な防除効果が得られると考えられる。こうした対策により、SSを使用している場合でも周囲の危険域を大きく狭めることができる。

(6) 補正散布

園地の境界付近をより注意深く散布するには、送風を停止する方法もある。これに限らず、境界付近では散布ムラが発生しやすくなるため、必要があれば手散布で補正散布を行うとよい。SSには通常補正散布用のホースがセットされているので、その活用も考えたい。



4. ネットの併用による飛散対策

上述したように、SSのノズルセッティングの見直しと散布操作を工夫することによって、果樹園からの飛散をかなり減らすことが可能であるが、至近距離に飛散させたくない対象物がつねに存在する場合や混住地区では、ネット等の併用によって十分な飛散防止を行う必要がある。

5. その他の対策

飛散しにくい散布法でも十分防除ができるよう、薬液が通りやすいような樹型管理に留意していくことは極めて重要な対策でもある。また、近年飛散の少ないSSの開発もすすめられている(54ページ参照)。

4. 粉 剤 対 策

1. 粉剤の飛散リスク

粉剤は45 μm 以下の固形剤であり、飛散が少なく抑えられたDL粉剤であってもその平均粒径は22 μm である。液剤の散布において飛散しやすい慣行ノズルの平均粒径が60～100 μm であることを考慮すれば、これら粉剤がいかに飛散しやすいかは容易に理解できる。



粉剤が最も一般的に使用されるのは水稻の中後期病害虫防除である。水田に散布された粉剤の粒子の一部は、水稻に付着する前に気流によって飛散し、水稻に到達した粒子の一部も株間から二次飛散する。水田からの上昇気流の影響も受けやすい。粉剤粒子に含まれる農薬成分量はわずかであるが、水田は風の影響を受けやすいことに加え散布面積単位が大きくなりやすいため、その飛散量は無視できないものとなる。

これまでの調査から、散布面積が大きい場合は近接する作物への影響が懸念され、風がある時に散布を行うと危険域はかなり大きくなることが示されている。風が弱い時には危険域は狭まるものの、風向が定まらないぶん周囲のあらゆる方向にリスクが及びやすいという悩ましさもある。このように、散布者が注意を払っても飛散を制御しにくい点が、粉剤の特徴でもある。

また、粉剤のもうひとつの問題点として、散布者に対する被曝が多くなることがある。DL製剤化によって重篤な事故の発生はみられなくなったが、他の剤型や施用法に比べ、被曝量は格段に大きい。

こうした粉剤の散布は、近接作物への影響ばかりでなく、周辺住民等をはじめ周辺環境への影響も大きく、混住地帯のみならず使用が制限されている地区は少なくない。

2. 粒剤体系

水田は畑地のように容易に足場が確保できないことから、粉剤の代替防除法の採用には様々な制約がある。このため、粉剤と同じように畦畔から人手をかけずに施用できる剤型として、粒剤の利用が各地で検討されている。粒剤は、除草剤や初期病害虫の防除用途には一般的に用いられているが、水面に施用し、田面水に溶解した農薬成分を稲体が吸収することによって病害虫に作用する機構であることから、中後期の病害虫防除とりわけカメムシ防除には限界があると考えられてきた。しかし、近年浸透移行性と残効性に優れた殺虫剤が登場したことによって、箱粒剤～一発除草剤～本田粒剤(1～2回)という体系が可能となりつつある。

この粒剤体系は飛散対策上は極めて有効であると考えられる(粒剤の飛散特性は50ページを参照)が、以下のような問題点が指摘されている。

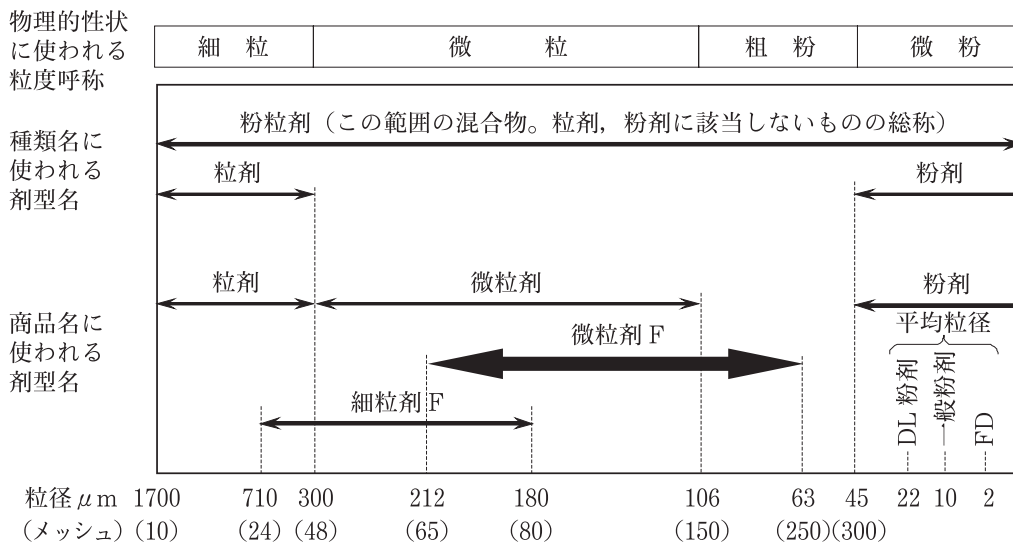
- ① カメムシ類などの多発時、あるいは発生種によっては効果が十分でない。

- ② 効果発現に時間を要するため、臨機の対応に限界がある。
- ③ 混合剤が少なくメニューが限られ、コストもかかる。

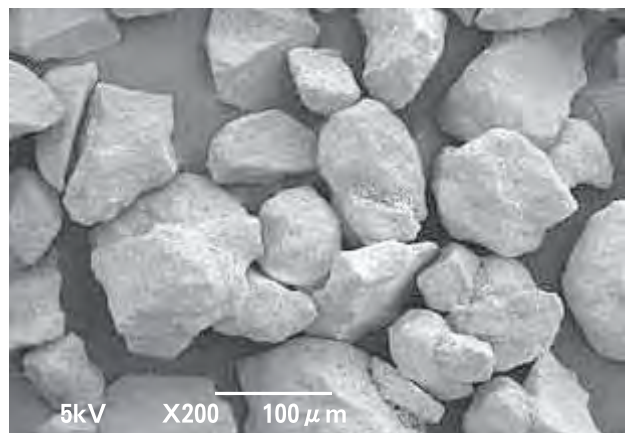
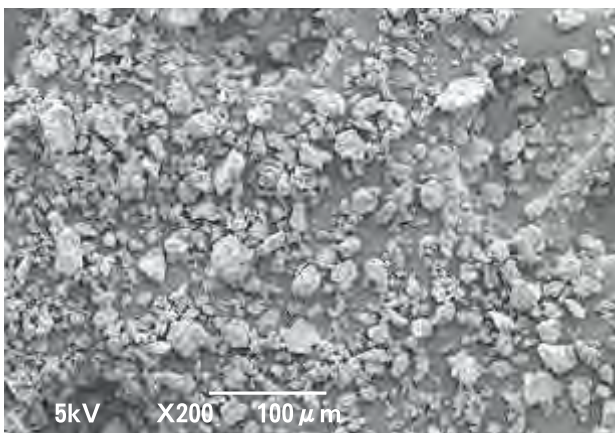
3. 微 粒 剤

(1) 開発経緯

粉剤による散布者事故を契機に 1970 年代に粉剤の低飛散化がすすめられたが、当時 DL 粉剤と同時に開発されたのが微粒剤 F である。微粒剤 F は 63~212 μm の粒径を用いるもので、液剤における中粒径の飛散低減ノズルの粒径分布に類似している。微粒剤 F は、上述した粒剤とは異なり、粉剤と同じ感覚で臨機に使用できる茎葉散布技術であるが、DL 粉剤全盛下で忘れ去られた存在となっていた。このため平成 18 年に関係機関や企業が協議会を発足してその本格的な開発と利用技術確立に着手した。この結果、これまでに数剤が農薬登録を取得し、平成 22 年秋から上市されることとなった。



固型剤の粒度分布



同倍率での DL 粉剤と微粒剤 F の粒子比較 (写真提供: クミアイ化学工業株式会社)

(2) 散布方法

微粒剤 F は、粉剤と同様、動力散布機によって散布することができる。粉剤と異なるのは、粒剤

用のホースを使用する点である（微粒剤 F 専用のホースも開発されている）。基本的には粉剤の場合と同じように散布すればよいが、稲体に接触しない適度の高さでホース散布すること、適切な調量開度が限られているのでよく確認して散布機を操作することが重要である。なお、小規模の不整形水田では、周囲に近接作物がない時はホースを装着しない噴頭直接散布も可能である。



(3) 飛散特性

これまで数多く行われた調査から、微粒剤 F の飛散低減効果はかなり高いことが明らかとなっている。また、散布者への被曝リスクが極めて少ないことも明らかとなっている。なお、周囲からは散布粒子が全く見えないことから、混住地帯でも安心して使用できるのではないかと考えられる。



DL 粉剤



微粒剤 F

散布水田の風下のコマツナからの農薬検出結果

	散布区域境界からの距離			
	10 m	20 m	30 m	50 m
DL 粉剤	0.27	0.22	0.17	0.11
微粒剤 F	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

全農・日植防（2008） (単位：ppm)

散布者の吸入曝露

	気中濃度
DL 粉剤	262
微粒剤 F	1

全農・日植防（2008）
2人の散布作業者の平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(4) コスト等

上市される微粒剤 F の防除効果は粉剤と同等の十分な防除効果を示す。本製剤は高度な製造行程が必要となることから、現時点ではまだ製剤数が限られており、粉剤よりもやや割高となる見通しである。散布ホースは粒剤用ホースと概ね同等である。

5. 少量多品目栽培圃場や混植園での対策

1. 少量多品目栽培圃場での飛散対策

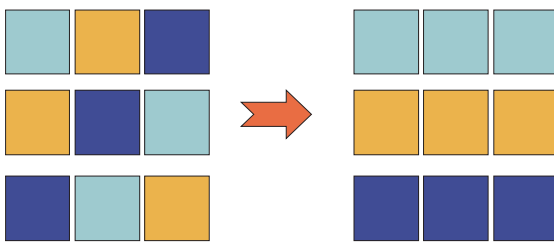
限られた圃場に様々な作物を小面積ずつ栽培している場合、相互の飛散リスクはどうしても大きくなりがちである。このような場合、それぞれの農薬散布において飛散させないように注意深く散布することが対策の基本となるが、他のケースに比べて飛散リスクが大きいので、以下のような対策を併用するほうがよい。

- 必ず飛散低減ノズルを用いる。
- 散布操作はことさら注意深く行う。
- 不安な時は散布時に隣接する作物を不織布などで覆う。

また、抜本的なリスク低減をはかるのであれば、下図のような考え方で作付け方法を再検討してみることも有効である。

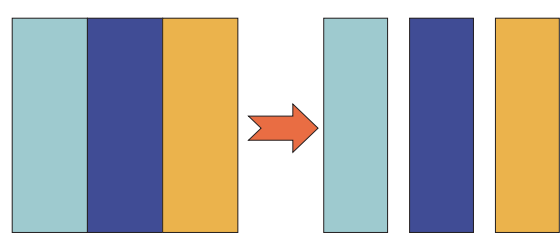
飛散対策を取り入れた栽培法の概念

1. モザイク状の栽培→栽培圃場を集約



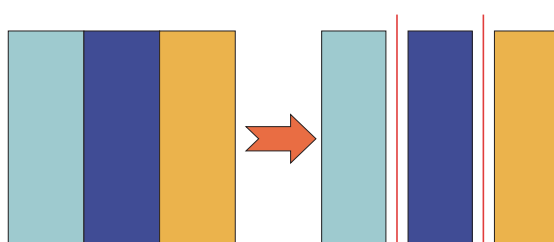
地域で作付け変更を検討する機会に併せて考慮

2. 緩衝地帯を取り入れた作付け



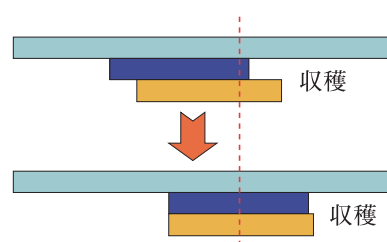
1～数m程度とするだけでも安心度は向上。

3. 物理的な障壁を取り入れた栽培



ネットや緑肥作物を設置。安心感高いが過信は禁物。

4. 作付け時期を調整



問題になりやすい防除時期に当たらないよう作付け・収穫時期を調整

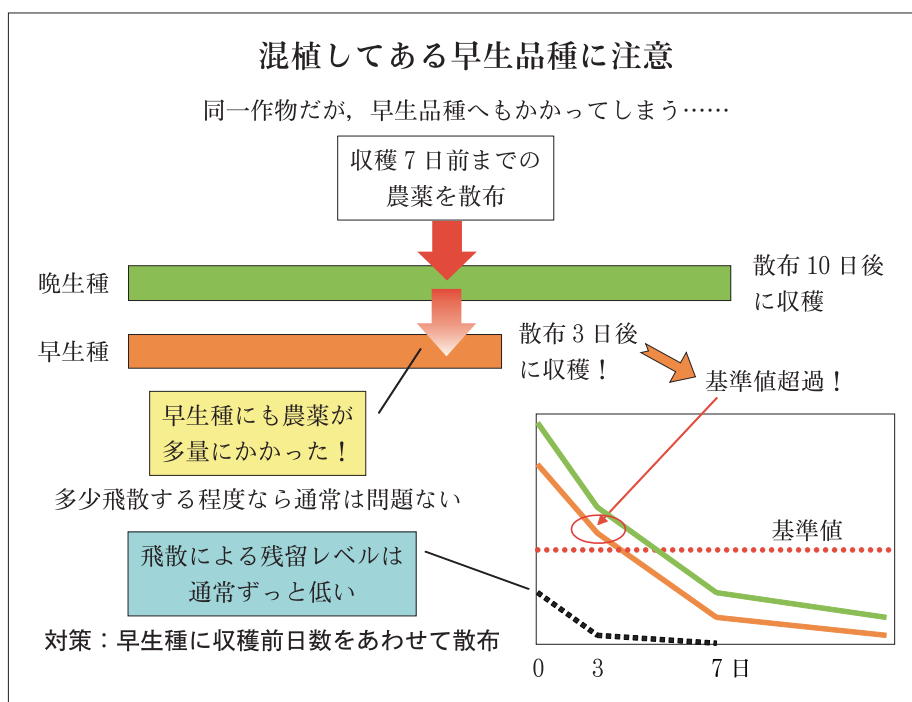
2. 混植園での対策

混植園にはふたつのタイプがあり、それぞれによって対策の考え方が異なる。ひとつは、別の作物（果樹）が混植されているケースで、この場合は① 共通登録のある農薬を選んで散布する、② できるだけ飛散させないように注意して散布する、③ 混植樹からは収穫しない又は混植をやめる、といった難しい対応が必要になる。手散布の場合であれば②も可能であるが、SSを使用している場合は②の対応は実質的に不可能となる場合が多い。従って、①の対策が中心となるが、共通登録が

ある農薬の場合でもそれぞれの収穫前日数をよく確認して散布することが肝要である。なお、授粉樹がこうした問題の対象となるケースがあることから、研究機関において代替樹の検討もすすめられている。

もうひとつのケースは、作物（樹種）は同じであるが、収穫時期の異なる品種が混在している場合である。晩生種の防除のために使用した農薬が収穫期を迎えた早生種にもかかると、早生種の残留基準超過につながることもあるので注意が必要である。これは、早生種のほうに大量に飛散した場合でも同様である（多少の飛散であれば問題ない）。このため、早生種が園内に混在しSSを使用しているような場合は、特別な遮蔽手段を講ずるか、又は早生種の収穫前日数にあわせて散布日を決めるようにする。

類似の問題は、は種期をずらせながら近接して栽培している野菜などでも生ずることがある。



6. 無人ヘリの飛散対策

無人ヘリコプター（以下「無人ヘリ」という）は水稲を中心とした効率的な防除に全国各地で利用されているが、低空とはいえ気流の影響を受けやすい高さから散布すること、他の防除法に比べて高濃度の薬液を用いることから、その飛散に対しては十分に注意する必要がある。

無人ヘリの飛散対策には、オペレーション上の対策と、散布区域の管理上の対策というふたつの視点がある。前者には無人ヘリの散布装置の選定や飛行操作に係る課題が含まれ、主に散布業者及びオペレーターの対応事項となる。後者は、無人ヘリによる飛散影響の回避の観点から散布除外地区を設定したり農薬を選定する等、防除の実施主体（散布地区の生産者や関係機関による協議会等）が対応する事項となる。ここでは、近接作物への影響回避の観点からの対策を中心に解説する。

1. 無人ヘリによる農薬散布の特性

無人ヘリによる農薬散布は、自らが飛行するための主回転翼（メインローター）が起こす「吹き降ろし下流（ダウンウォッシュ）」を効率よく利用するもので、噴霧された散布液粒子は、ダウンウォッシュに乗って下方へ吹き降ろされ、拡散しながら落下し作物に付着する。この場合、散布液の付着・分散・飛散には、ノズル等*の配列・間隔・取付け角度、散布飛行高度・速度、散布薬液の物理化学的性状、風



ダウンウォッシュの効果

向・風速等が密接かつ相互に関与する。ダウンウォッシュの影響する範囲は狭いが、飛散対策の観点からは操作方法によって自然風と相乗的に作用して飛散範囲を広めることがあるので注意が必要である。

* 散布液の霧化は加圧ノズルと回転円盤（ロータリーアトマイザー）の2方式がある。

2. 散布作業の基本・遵守事項（文献9）

(1) 散布作業の基本

農林水産省により「無人ヘリコプター利用技術指導指針」（http://www.maff.go.jp/j/kokuji_tuti/tuti/t0000794.html）が定められているので、無人ヘリを用いて農薬散布を行う場合は、この指針に従わなくてはならない。

(2) 散布作業前の対策

① 事前の散布研修

関係者（事業実施主体、散布実施者等）は散布シーズン前にデモフライトを含めた安全対策研修を行い、散布パターンの実態を把握して、飛散対策を習得する。

② 散布装置の定期点検・整備の徹底

機体の保有者は散布シーズン前に、散布装置の定期点検・整備を必ず行い、吐出圧力や吐出量が適正であることの点検を行う。ノズルの吐出圧力や吐出量は飛散の原因となる微細粒子の発生に関係するので注意が必要である。ノズルやアトマイザーの取り付け位置は、メインローターの翼端付近の過流による散布粒子の舞い上がりを防ぐために、ローター径の70%以内としているので確認を行う。

③ 事前確認調査の徹底

散布者は実施主体とともに「散布周辺の他作物」に関する情報と除外地区、飛散を防ぐべき圃場の防護状況の確認を行う。

④ 散布装置の洗浄の徹底

散布者は散布作業終了後に機体清掃とともにタンク、配管、ノズル等の洗浄を行う。特に散布対象作物や農薬が変わる場合は洗浄を徹底する。

(3) 実施主体が行う対策

① 周辺作物に関する情報収集

無人ヘリ散布は対象区域が広いので、散布対象と周辺他作物、除外地が確認できるような散布作業地図を作成する。作業地図には最新の情報を記載する。

② 周辺作物の飛散リスクの検討

6ページの解説を参考とし作物の種類および収穫予定時期から飛散を受けた場合のリスクを判断する。また、散布予定農薬の周辺作物に対する残留農薬基準値をチェックして、飛散した場合のリスクを判断する。これらの結果からリスクを回避する方針をたて、散布計画に盛り込む。

③ 周辺への広報・周知

散布予定月日が決まったら、周辺作物の関係者へチラシ等で事前の連絡をする。

④ 現地確認調査と対策の要請

除外地区、飛散を防ぐべきほ場の防護状況の確認を散布者とともに行う。必要であれば耕作者とともに作物の被覆やハウスの扉や開口部を閉めるなどの措置を検討する。

⑤ 散布順序の確認

他作物が風上に位置することや風の弱いときに優先して散布が行えるように、事前調査の段階で散布の順序について散布者とともに十分な打合せを行う。



散布作業地図の例

(4) 散布時の対策

① 散布基準

散布者は「無人ヘリコプター利用技術指導指針」に定められた飛行速度、飛行高度などの散布基準を逸脱しない。

② 風の弱いときの散布の徹底

実施基準で定められている風速 3 m/秒以下を遵守することが基本である。右図はドリフト率の調査例であり、風速は飛散に与与することが認められており、基準内であっても可能な限り風の弱い条件で散布作業を行うことが望ましい。

③ 他作物が栽培されている周辺の散布は特に注意

注意が必要な圃場は風の弱いときに優先して散布が実施できるように、事前調査の段階で実施主体と十分な打合せを行い、散布当日の気象条件によって、散布順序が変更できるような対応も検討しておく。このために、散布作業地図を活用することも重要である。

④ 他作物が栽培されているほ場に対して平行散布を徹底

他作物の栽培ほ場へ向けた散布飛行は極力避けて、圃場に対して平行散布飛行を行うように努める。このときの「機体の引き起こし」は極力抑える。他作物の栽培ほ場に向かって散布しなければならない場合は、風の状況に応じて数回枕地をとって、平行散布を行う。また、必要に応じ、センターノズルによる散布を行う。

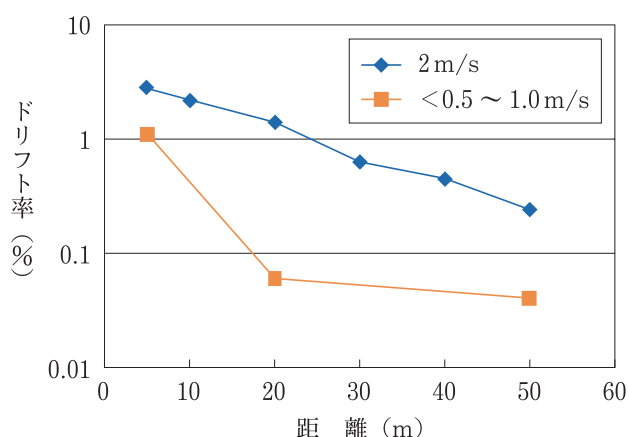
⑤ 他作物の栽培されているほ場を風下にしないような散布を行うように努める。

⑥ 散布吐出の開始・停止のタイミングを適切に

散布を行いながら、前進散布からの機体の引き起こし、旋回を行わない。機体の急激な姿勢変化時には気流が乱れるので、散布時の吐出の開始・停止のタイミングが不適切であると、思わぬ飛散の発生要因となる。機体の引き起こし、旋回時は注意を払い、これら操作の手前で適切に吐出を停止する。

⑦ 散布飛行速度、高度を調整する。

散布時の風向や風の強さに応じて、散布基準の範囲内で「速度を下げる」「高度を下げる」散布を行う。速度連動装置は速度を下げてても適正な散布量が得られるので、慎重な操作を要する



風速別飛散の一例

(農林水産航空協会、北海道環境科学研究センター)



散布対象以外の作物やハウスに向けて飛散させない！

禁止事項



薬剤散布しながら、前進飛行からのフレア（機体引き起こし）、旋回など行わないこと

場合は機体速度を下げることも有効である。

⑧ 散布装置の特性を把握する

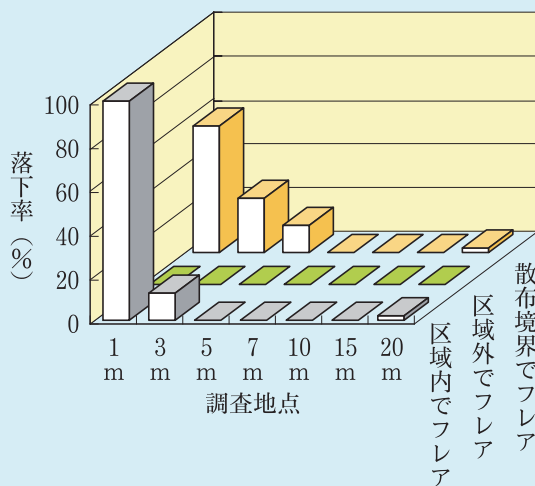
加圧型ノズルは吐出量を多くすることにより吐出圧力が上がり、噴霧粒子径が小さくなる傾向にある。これに対してロータリーアトマイザーは吐出量を少なくすると粒子径が小さくなる傾向にある。手動あるいは速度連動による調整でも散布基準を逸脱すると微細粒子の発生を助長することができるので注意する。

⑨ 気象観測の徹底

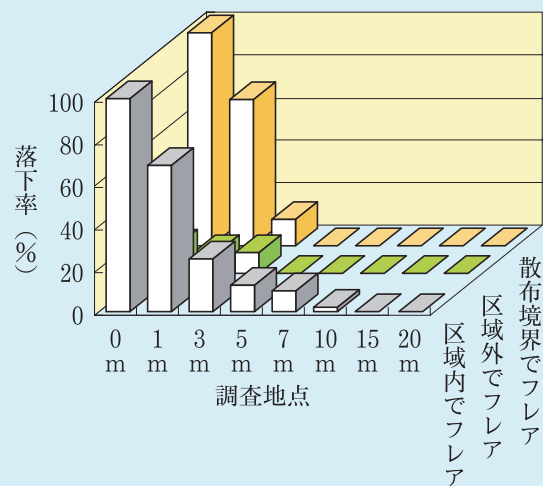
実施主体、散布者はともに気象条件（風向・風速）を記録し、一定期間保管する。

◆フレアによる飛散

減速後のフレア（機体引き起こし）操作と飛散の違いを3パターン示した。



フレア操作後の飛行方向へのドリフト
(農林水産航空協会, 2005)



フレア操作後の横方向へのドリフト
(農林水産航空協会, 2005)

- ① 散布区域内でフレア：散布境界3m～5m手前の散布区域内で散布を停止し、直ちにフレア操作を行い横移動
- ② 散布区域外でフレア：散布境界3m～5m手前の散布区域内で散布を停止し、散布境界を通過し3m経過してフレア操作を行い横移動
- ③ 散布境界でフレア：散布を停止せず、散布境界でフレア操作を行い横移動

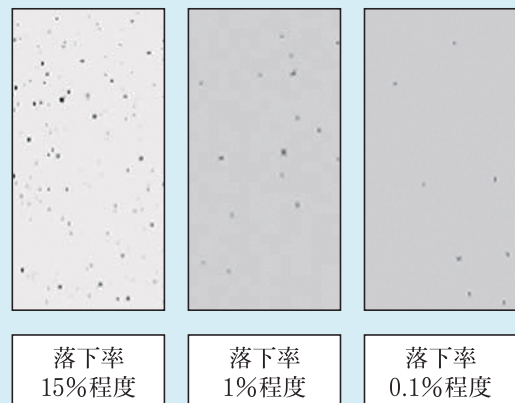
この調査では、散布しながらフレアを行った場合、飛散の程度が大きいことが見られた。散布を停止した後フレアを行った場合では、フレアのタイミングで飛散の程度が異なった。また、横方向への飛散程度は、飛行の進行方向よりも高くなる場合も認められた。これらのことから、他作物が栽培されているほ場周辺の散布は、必ず散布を停止してからフレアを行うこと、また、他作物栽培ほ場へ向けての散布では、フレアのタイミングが繊細に求められるので、近接する境界付近は散布ほ場内で数回の平行散布を行い、枕地を取ってから散布を行うことが望ましいと考えられた。

なお、このような散布場面では散布実施基準の範囲で「速度を下げ」、フレア操作は極力抑えることに努める。

◆調査紙上で見る落下程度

図は、農薬の落下率（ドリフト率）を調査紙の付着程度で示したものである。

落下程度の目安については、調査紙の種類、農薬の種類によって異なることがある。



(農林水産航空協会, 2005)

この調査では、調査紙上で落下粒子の付着が見られなかった場合は、おおむね落下率が0.1%未満で、明らかに落下粒子が見られた場合では落下率が1%以上であった。

3. 低飛散型の新しい散布装置の活用

無人ヘリに搭載されているこれまでの散布装置でも、その散布操作に十分留意すれば飛散低減を行うことができるが、より確実な飛散低減対策を行うため、最近新しい散布装置が実用化された。この新散布装置は現在稼動中の機体にも取り付けることができるので、一層の飛散対策のために積極的に活用したい。(詳細は販売会社に問い合わせること)



- 写真は実飛行時の薬剤の流れ
- 青線はコンピューター解析による薬剤の流線

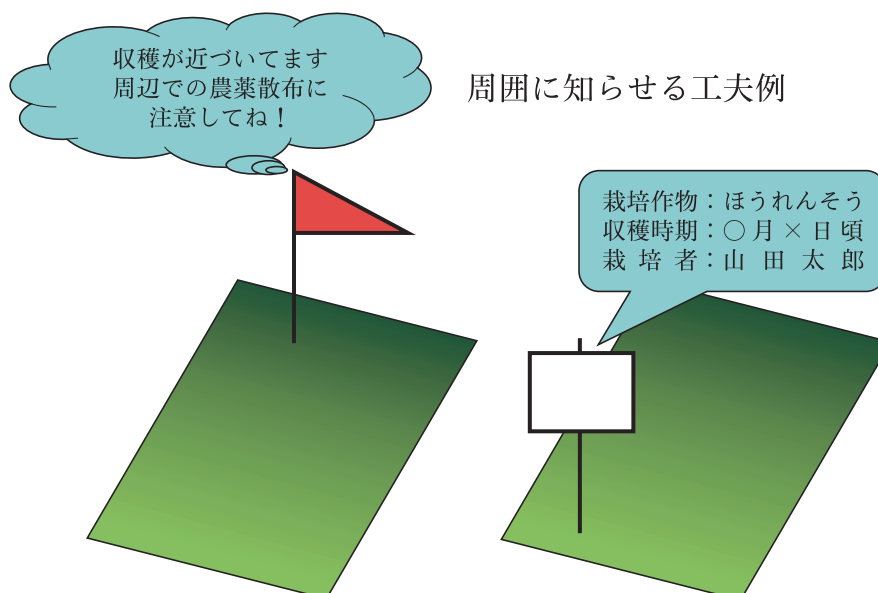
7. 散布者同士の連携

近接しあう生産者同士が相互に飛散リスクを認識しあうことは、飛散による不慮の農薬残留の回避に役立つ。第Ⅱ章 16 ページの“特別な経費をかけない基本的な対策”に示す「近接作物の収穫を待ってから散布する」あるいは「散布区域に近接したエリアからの収穫を止める、又は1週間程度遅らせる」という対応を行ううえで、それぞれの生産者同士の連携は不可欠でもある。また、「5. 少量多品目栽培圃場や混植園での対策」に示したように、異なる生産者を含む単位で作付け計画や時期を調整する必要が生じた時も同様である。

地域によっては、指導機関が管内の栽培マップを作成し、危険エリアの判断やその対策についての啓発や調整を行っている場合もある。ヘリ散布のように地域ぐるみで防除を行う場合も同様である。こうした連携によって、事前にリスク回避の検討が行われることは、極めて有効な対策である。

一方、兼業化がすすむ中でなかなか近接した生産者同士が緊密に連携できない、請負防除の増加によって関係者が複雑化している、家庭菜園の増加で農薬使用者が分からないケースが増えている、といった悩みも多く、相互の連携がはかれない場合も多い。

こうした中、幾つかの地区では、収穫が近づいた栽培圃場に「目印旗」をたてることで、近隣のエリアで農薬を散布する者に注意を喚起している事例がある。導入している地区によると、管内生産者に対し、「収穫前2週間になったらほ場の四隅に小旗をたてる」「収穫予定時期を明記した看板を栽培期間中たてておく」といった方法を要請している。一方、注意喚起はしたものの周囲の農薬散布がどのように配慮されたのかが確認できない、といった問題も指摘されている。



8. 農薬の剤型や登録内容

農薬には様々な剤型があり、飛散しにくい剤型や施用法もある。また、飛散を受けた作物に農薬登録されているような農薬の場合、多少飛散しても実質的な問題は生じない。このように、使用する農薬から飛散対策を講じることもできる。いずれにおいても、目的とする作物や病害虫に登録のある農薬の中から選定することになるので、用途によってはそうした選択肢が十分得られないことも考慮しておく必要がある。

1. 飛散しにくい剤型

飛散しにくい剤型には、ジャンボ剤、粒剤、細粒剤、微粒剤といった固形剤のほかに、フロアブルの手ふり散布がある。これらはいずれも液剤に比べて飛散しにくい特性を有しているが、注意が必要なのはその散布方法であり、動力散布機を用いて噴頭を無造作にふりまわしたり、風の強い条件下で散布すれば、飛散しやすくなるのは当然である。このため、これらの剤型であっても基本的な散布操作に留意しなければならない。

風速 3 m/s 未満の条件での粒剤のドリフト

散布方法	散布時風速 (m/s)	距離別のドリフト率 (%)						
		1 m	2.5 m	5 m	10 m	15 m	20 m	
散粒器	(1キロ粒剤)	2.2	41.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(3キロ粒剤)	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
拡散噴頭	(1キロ粒剤)	2.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ホース	(1キロ粒剤)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		1.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(3キロ粒剤)	1.0	19.8	0.9	0.05	0.0	0.0	0.0
フロアブル		0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
塊型ジャンボ		1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
袋型ジャンボ		1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

風速 3~4 m/s 条件での粒剤のドリフト

散布方法	散布時風速 (m/s)	距離別のドリフト率 (%)						
		1 m	2.5 m	5 m	10 m	15 m	20 m	
拡散噴頭	(1キロ粒剤)	3.5	16.0	3.7	0.6	0.0	0.0	0.0
	(3キロ粒剤)	3.0	15.8	3.7	0.1	0.0	0.0	0.0
短稈噴頭	(1kg 粒剤)	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		28.5	13.1	6.2	0.0	0.0	0.0	
		3.0	31.8	18.3	4.9	0.0	0.0	0.0
	3.0	37.5	15.0	4.0	0.0	0.0	0.0	
	(3kg 粒剤)	3.3	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
		238	173	8.5	0.0	0.0	0.0	
		4.0	52.4	22.2	0.3	0.0	0.0	0.0
ホース (1キロ粒剤)		2.8	36.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
塊型ジャンボ		3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
袋型ジャンボ		3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

強風条件での粒剤のドリフト

散布方法	散布時風速 (m/s)	距離別のドリフト率 (%)						
		1 m	2.5 m	5 m	10 m	15 m	20 m	
短稈噴頭	(1kg 粒剤)	4.7	41.7	21.6	3.2	0.0	0.0	0.0
		7.0	61.2	42.3	34.7	10.7	0.2	0.0
	(3kg 粒剤)	5.6	110	97.4	71.3	15.3	0.3	0.0
ホース (1キロ粒剤)	5.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	6.0	19.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
塊型ジャンボ		6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
袋型ジャンボ		6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

(日本植物調節剤研究協会 2004)

◆細粒剤の飛散特性

風速 3 m/s 以上のやや風が強い条件下で細粒剤の飛散を調査した結果では、同じ条件で散布した粒剤と同等であり、2.5 m 以遠に飛散することはまずないと考えられている。(日植調 2006 (文献 4))

◆微粒剤の飛散特性

粉剤対策の項を参照。

2. 飛散しても問題が生じにくい農薬

第 I 章で述べたとおり、飛散に伴う問題点は幾つかあるため、どのような問題回避を目的にするかによって選択の基準が変わってくる。例えば、ミツバチへの危被害防止が目的であれば、ミツバチへの影響が小さい農薬を選ぶことになる。こうした基本的情報は農薬のラベル表示や指導機関から得られる場合が多い。ここでは近隣作物への影響回避の目的でどのような農薬選択が有効かを解説する。

(1) 近隣作物にも登録がある農薬

使用しようとする農薬が近隣作物にも登録があれば、近隣作物に飛散した場合でも通常は問題は生じない。この登録の有無は農薬のラベルによって容易に確認することができる。ただし、購入後に新たな作物が追加登録されている場合や、類似の作物をグループとして一括表示している場合があり、このような場合にはラベルの表示内容だけでは十分確認できないため、必要に応じてメーカーや指導機関に問い合わせるとよい。

なお、近隣作物に登録があるからといって大量に飛散させても何ら問題にならないということではない。希に小さい基準値しか設定されていない場合もあるため、できるだけ飛散させないように心がけるようにしたい。

(2) 近隣作物に登録はないが残留基準が設定されている農薬

農薬は国際商品であるため、国内では登録がなくとも、海外で登録がある等により作物に残留基準値が設定されている場合もある。Web 上で残留基準値の検索ができるデータベースがいくつかあるので、それらから情報を得ることができるが、このカテゴリーに属する農薬と作物の組み合わせはそれほど多くない。

(3) 近隣作物の残留性が問われない農薬

天敵や微生物農薬といった生物農薬は作物の残留性は問題とならない。また、農薬であってもいわゆる化学合成農薬以外のものの多くは、残留基準の規制対象外となっているため、近隣作物に飛散しても問題とはならない。このような農薬には無機銅剤や食品添加物を成分とするもの等があるが、有機栽培で使用が認められている農薬がこれに該当する。

◆農薬選定の限界

問題になりにくい農薬の選定を基本に様々なケースについて防除プログラムを構築することは、全体としてはかなり難しい。基準値とは無縁の農薬は効果の点で不十分になりやすく、基準値設定が広範囲に及ぶ農薬の種類は限られるからである。地域における農薬の選定には、効果、コスト、環境保全あるいはIPMといった幾つもの観点が含まれていることを踏まえれば、基準値の設定状況のみから安易に農薬を選定していくことは望ましいことではない。代替農薬として無理なく利用できる候補剤の中から採用を考えていくようにしたい。

◆残留基準値の設定状況

殺菌剤や殺虫剤の場合、用途ごとにその基準値設定状況には特徴がある。例えば、水稻が主用途である農薬の場合、水稻以外の作物に対する基準値設定は一般に少ない傾向にある。殺ダニ剤も登録作物以外の基準値設定は少ないものが多い。上市されて間もない新しい農薬の場合も、基準値の拡充は適用拡大とともに行われていくため、基準値の設定は限定的になりがちである。これとは反対に、古くから様々な用途で使用されてきた農薬では、基準値はより多く設定されている。しかし、部分的に基準値が空白となっているものも多いので、精査が必要である。近年、残留基準値の見直しが大規模にすすめられており、これまで基準があった作物に一律基準（0.01 ppm）が適用されるケースも増えているので注意が必要である。

◆登録拡大対応の困難化

登録拡大には必要なデータ作成と登録認可に多大な費用と時間がかかることから、農薬企業サイドでは、近接作物への基準値設定を理由にした登録拡大をすすめるのは容易ではない。さらに、近年登録取得のための残留試験の大幅な拡充が求められており、その対応が一層難しくなっている。

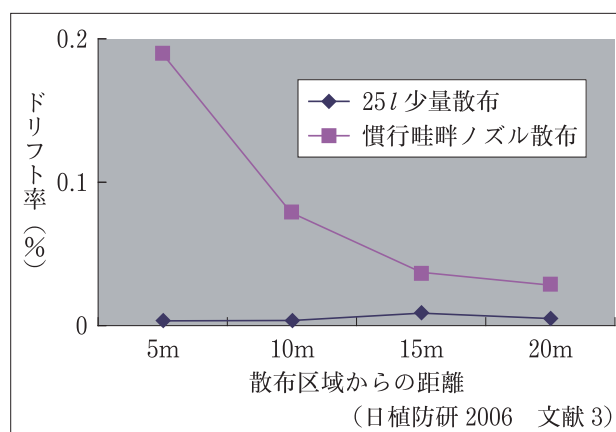
9. 飛散の少ない散布機の利用

1. 水田防除に利用できる低飛散型散布機

近年、水田・畑作内を走行しながらブームによる液剤散布が可能な乗用管理機が数社から供給されている。これら乗用管理機の水田用途は慣行散布だけでなく10a当たり25lの少量散布が使用できるものがあり、それらには少量散布専用の飛散低減型ノズルが装備されている。

これまで行われた調査では、飛散低減ノズルを装着した乗用管理機で25l/10aの少量散布を行うと、飛散が極めて少ないことが明らかとなっており、現時点ではあらゆる液剤散布法の中で最も飛散が少ない技術である。一方、乗用管理機で慣行ノズルによって慣行散布を行った場合は一定の飛散が発生するが、作物に近接した位置で散布するという特徴から、畦畔ノズルなどに比べれば飛散は少ないのではないかと考えられる。

乗用管理機は、こうした低飛散性以外にも一人で快適に防除が行えるという点で優れているが、高価であるため水田ではなかなか普及がすすんでこなかった。しかし、最近一部のメーカーから廉価版が発表されている。



2. 小規模な畑地で利用できる低飛散型散布機

液剤散布は様々な分野に用いられており、その有力な飛散対策として飛散低減ノズルがあるが、慣れ親しんだ慣行ノズルからの転換に抵抗感をもつ生産者も少なくない。このため、慣行ノズルにフードを取り付けて周囲への飛散を防止する散布器具やオプションがいくつか開発されている。



写真提供：みのる産業株式会社

うち、手押し的小型ブームスプレーヤに全体をすっぽり覆うカバーを取り付けた製品は、高い飛散低減効果があるものと考えられる。類似の製品は茶の散布ノズルでもいくつかある。

3. 低飛散型スピードスプレーヤ

欧米では樹種や樹型にあわせ様々な構造を有するSSが普及しているが、我が国では画一的な製品しか供給されてこなかった。最近になってこれを見直す機運がでてきており、もともと少ない送風しか要らない棚づくり果樹向けに、全く新しい散布構造をもつ散布機が研究されている。この散布機はブーム状のノズルで棚面に広がる枝葉に近接した位置から散布する構造を有しており、送風量は極めて少なくすむ。このため、飛散が極めて少ないだけでなく、SS特有の騒音も少なく、混住地区でのなしやぶどう産地への普及が期待されている。



開発中の低飛散型SS（生研センター提供）

画一的な構造のSSしか供給されなかった理由のひとつは、我が国の果樹栽培における栽植密度や樹型の仕立てが多様で、いずれにも使用できるような最大公約数的な構造が求められてきた点にある。従って、今後棚づくり果樹以外でもこれら低飛散型のSSの開発を促すためには、これまでの栽培管理方法を部分的に見直し統一化をはかるなど、新しい構造を有するSSを積極的に活用する環境づくりをすすめていくことが不可欠であろう。

◆ 静電ノズルは飛散対策に有効か？

静電散布は、散布粒子を帯電させて作物への付着量を高める目的で開発された技術で、当初は高い付着効率を得るために濃厚少量散布が基本とされていたが、その後慣行散布を対象とした技術開発がすすめられ、野菜等の手散布ノズルとして現在は数社から市販されている。本ノズルはその特徴から飛散低減にも有効ではないかとの意見があり、一部ではその調査も行われている模様であるが、詳細は明らかにされていない。

最近行われた調査結果（日植防研 2008（文献7））では、静電散布は近距離の範囲で落下付着量が増え、風がある条件下では、風速の強弱にかかわらず、静電付加しなかった場合よりも風下での落下付着量が増加する傾向であった。これに対し一般的な飛散低減ノズルは風下での落下付着量は極めて少なかった。これは、帯電効率を得るために飛散しやすい微細な噴霧粒子を用いていることに加え、こうした帯電粒子は、風によって大気中に拡散したのち、多くが霧散せずに風下に落下するためと考えられる。このことから、静電ノズルを飛散低減対策として用いることは逆効果になるおそれがあると考えられる。



10. その他の対策

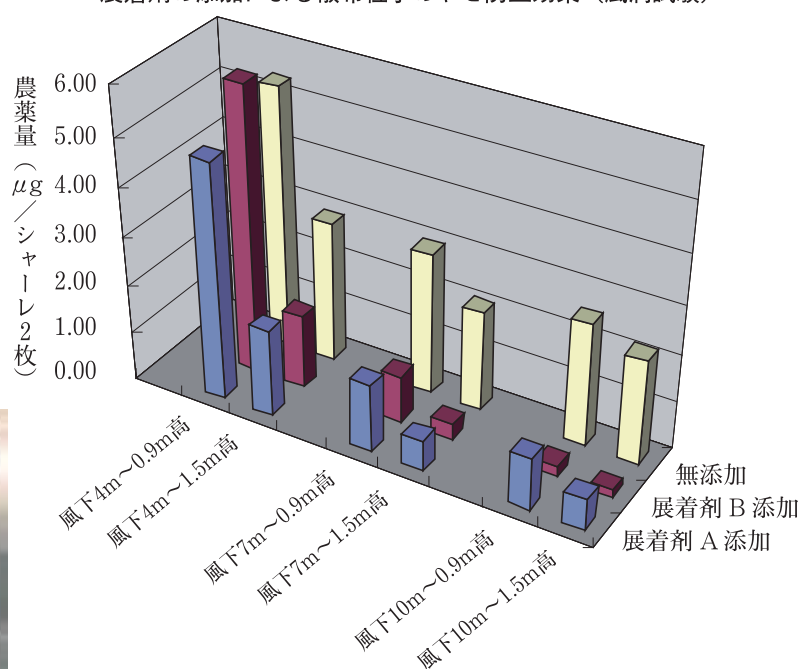
飛散による問題回避のために役立つのではないかと考えられてきた対策は、これまで解説した以外にも幾つかある。例えば、飛散を受けてしまった作物をすみやかに水洗すれば、ある程度付着した農薬を除去することができる。光触媒で付着した農薬の分解を促進するアイデアも示されている。これらはいずれもある程度の効果はあるが安定的なものではないため、安心して利用できる積極的な対策にはなりにくい。

一方、飛散対策の基本である「飛散そのものの低減」に役立つ技術は、これまで解説したもの以外にこれというものは無いが、展着剤が有効なのではないかとの指摘もある。

ノズルから噴霧された粒子は、大気中を移動する間に「やせ」が生じ、より飛散しやすい微細な粒子に変化するといわれている。こうした現象は低湿度条件で実験的に確認されているが、とりわけスピードスプレーヤのように大気中の移動距離が大きい散布法の場合、湿度や直射日光の影響をより受けやすいのではないかと考えられている。このような飛散助長要因について、有人ヘリ分野では特殊な展着剤によって粒子のやせを防止する技術があり、欧米でも類似のアジュバントが存在している。これらはいずれも少量散布における技術であるが、一部では慣行防除にも応用できるのではないかと考えられている。

これについて2008年に当協会が調査を行ったところ、ヘリ分野で使用される特殊な展着剤はその粘性から慣行防除には使用困難であったが、一般的な展着剤は一定のやせ防止効果がある可能性が示唆された。ただし、このやせ防止効果によってどの程度の飛散低減効果が期待できるのかは、現時点では明らかでない。

展着剤の添加による散布粒子のやせ防止効果（風洞試験）



(日植防研 2008 文献 7)

11. 感水紙を用いた飛散の量的評価法

感水紙は水滴が付着すると変色することから、液剤散布による飛散実態を把握するうえで便利なツールである（第Ⅱ章を参照）。感水紙は農業者でも入手可能であるが、高価であることから、これまでは主に指導機関や企業の関係者が調査研究目的での使用や研修会のデモンストレーション等に利用してきた。感水紙で検出された水滴パターンをもとに、飛散した農薬量を推定したり、作物の残留濃度が推定できれば、その応用範囲はさらに拡大し、飛散による周辺作物リスクの判定に一層活用できる可能性がある。そこでこれらに関する最近の研究報告を紹介する。感水紙上に現れる付着パターンには極めて多くの要因が関係することが分かってきており、ここで紹介する推定法もその再現性が十分確認されているものではない。このため、あくまで参考としての利用にとどめるべきである。

なお、感水紙以外に飛散した水滴を感度よく検出できる身近な素材がないかも検討されているが、実用的なものは見出されていない。

（感水紙の入手等は <http://www.spray.co.jp/products/kansuishi01.html> を参照）

1. 感水紙の付着パターンから落下農薬量を推定する方法

これまでの調査から、感水紙上に現れた水滴痕の面積と落下農薬量には相関があることが分かっている。一方、付着面積率が同等であっても農薬量がかなり異なることもある。これには多くの要因が考えられるが、とくに散布ノズルの種類と環境条件を考慮しておきたい。湿度が低い乾燥条件の場合に散布粒子の「やせ細り」が起きると考えられているためである。実際の農薬量推定に当たってもうひとつ重要なのは、用いる農薬の有効成分濃度がまちまちなため、それを考慮しなければならないことである。これらを考慮した推定法の一例として、以下の方法が報告されている。（文献5）

STEP 1: 画像解析ソフトで被覆面積率（％）を求める

推奨できるソフト：

① まい A のーど (<http://www.nozzle-network.co.jp/drift/myAnodo.html>)

② 感水紙専用画像処理ソフト

(http://brain.naro.affrc.go.jp/iam/News/iam_news54.htm#5305 参照)*

* 利用希望者は生研センター企画部企画第2課（Tel:048-654-7000(代)）に問い合わせること（公的機関には無償で提供可）

STEP 2: 次式により 100 ppm 薬液の場合の農薬落下量（mg/m²）を求める

慣行ノズル・低湿度条件の時：被覆面積率（％）×0.0255－0.0022

慣行ノズル・高湿度条件の時：被覆面積率（％）×0.0116－0.0025

低減ノズル・低湿度条件の時：被覆面積率（％）×0.0326＋0.0012

低減ノズル・高湿度条件の時：被覆面積率（％）×0.0193－0.0007

STEP 3: 散布された農薬の薬液濃度を求める

$$\text{薬液濃度(ppm)} = \text{有効成分含有率(\%)} \div \text{希釈倍率(倍)} \times 10,000$$

STEP 4: 農薬落下量 (mg/m²) を求める

$$\text{農薬落下量(mg/m}^2\text{)} = \text{STEP 2 農薬落下量} \times \text{STEP 3 薬液濃度} \times 1/100$$






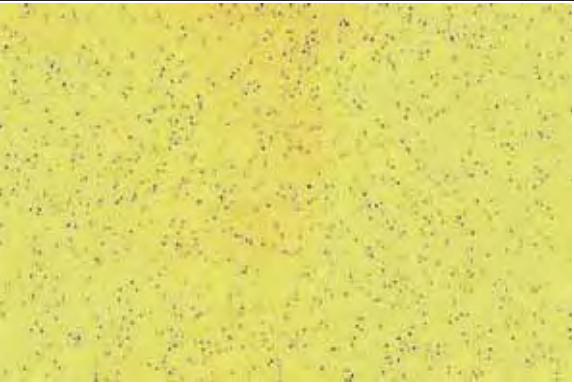


◆より簡便な推定方法

58 ページ～62 ページに掲げた感水紙の代表的な付着パターンに照らし合わせることで、およその被覆面積率と 100 ppm 換算の農薬落下量 (mg/m²) を知ることができる。次に実際に散布された農薬の薬液濃度を上記 STEP 3 により求め、それが 50 ppm であった時には 1/2 倍し、200 ppm であった時には 2 倍して実際の農薬落下量を求める。

【注意】






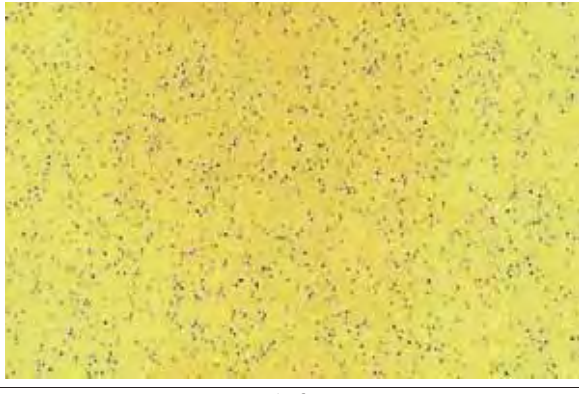

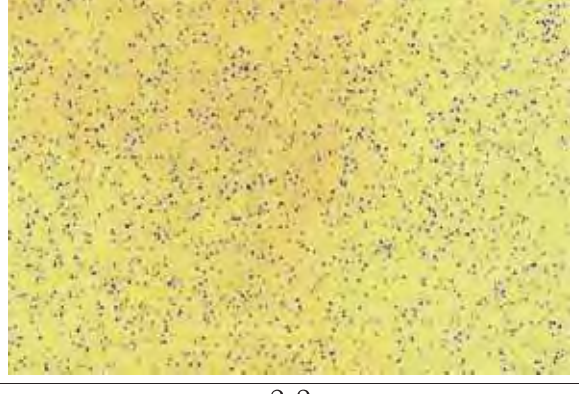
- 被覆面積率が 10% を超えるような場合（感水紙に極めて多くの水滴が付着する状態）は上の推定式は利用できない。
- 湿度条件によって感水紙上の付着状態が異なるのは、散布粒子がやせる現象によると考えられる。散布される粒子の大きさ・ばらつき程度はノズルの特性、使用条件によって異なるので、上記推定はあくまで目安として用いることが適当である。
- 飛散による農薬落下は調べる場所によって大きく異なるため、1 カ所の感水紙のみから全体を判断することは避けるべきである。

感水紙の付着パターン（その1）

低湿度・微細粒子		
	0.5 0.011	1.0 0.023
高湿度・微細粒子	<div data-bbox="359 656 764 741" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 感水紙上では極めて微細な飛散粒子が認められている。 </div> 	
		0.9 0.008
低湿度・粗大粒子		
	0.5 0.018	1.0 0.034
高湿度・粗大粒子		
	0.5 0.009	0.8 0.015



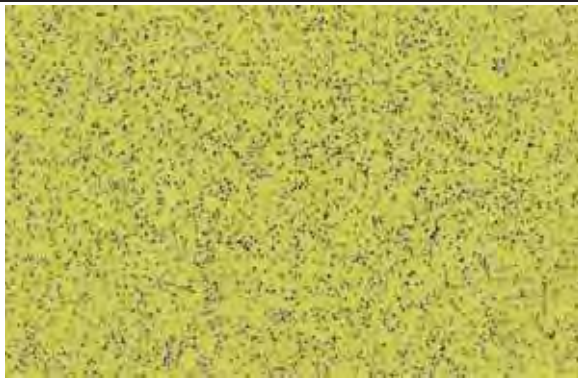

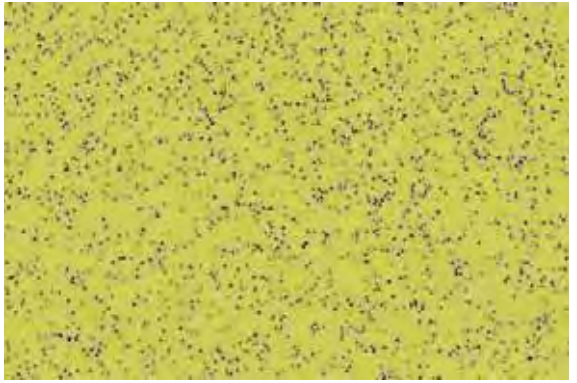
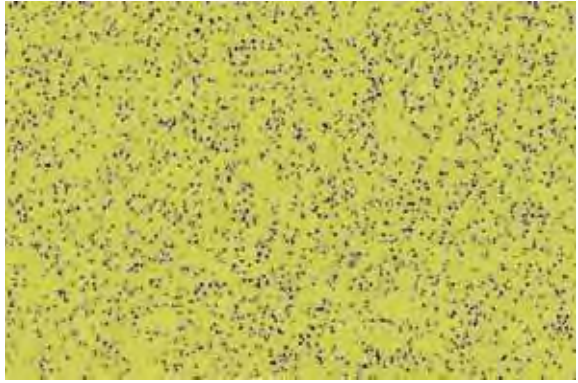
注) 印刷画像のため実際のイメージとやや異なる場合もある。各欄の数値は、上段が被覆面積率(％、まいAのーど使用)、下段が100ppmの農薬の場合の推定落下成分量(mg/m²)を示す。

感水紙の付着パターン（その2）

低湿度・微細粒子		
		1.9
		0.046
高湿度・微細粒子		
	1.6	2.2
	0.016	0.023
低湿度・粗大粒子		
	1.4	1.9
	0.047	0.063
高湿度・粗大粒子		
	1.7	2.3
	0.032	0.044



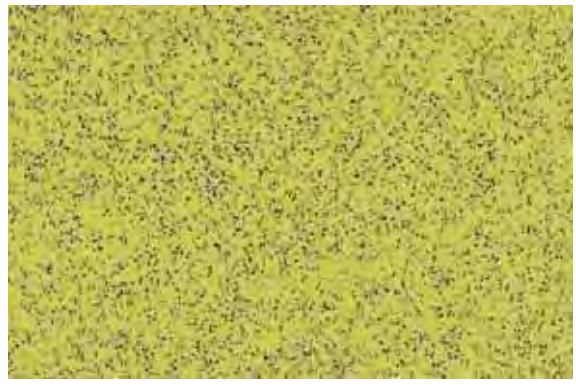



注) 印刷画像のため実際のイメージとやや異なる場合もある。各欄の数値は、上段が被覆面積率(％、まいAのーど使用)、下段が100ppmの農薬の場合の推定落下成分量(mg/m²)を示す。

感水紙の付着パターン（その3）

低湿度・微細粒子		
	2.5	
	0.062	
高湿度・微細粒子		
	2.8	3.8
	0.030	0.042
低湿度・粗大粒子		
	2.8	
	0.092	
高湿度・粗大粒子		
	2.7	4.0
	0.051	0.077

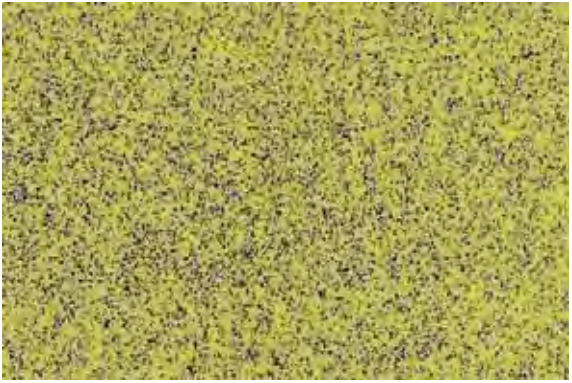
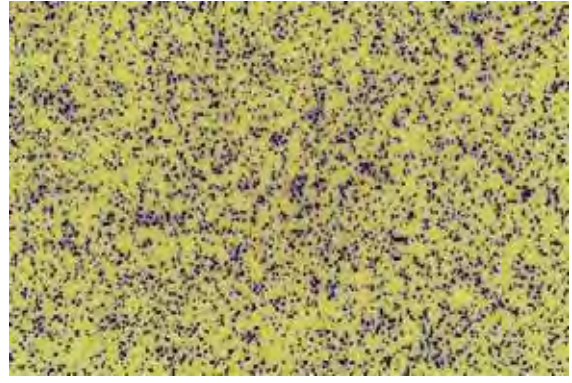
注) 印刷画像のため実際のイメージとやや異なる場合もある。各欄の数値は、上段が被覆面積率(％、まいAのーど使用)、下段が100ppmの農薬の場合の推定落下成分量(mg/m²)を示す。

感水紙の付着パターン（その4）

低湿度・微細粒子		
	4.8	7.6
	0.120	0.192
高湿度・微細粒子		
	4.7	
	0.052	
低湿度・粗大粒子		
	4.7	8.0
	0.154	0.262
高湿度・粗大粒子		
		6.7
		0.129

注) 印刷画像のため実際のイメージとやや異なる場合もある。各欄の数値は、上段が被覆面積率(％、まいAの一ど使用)、下段が100ppmの農薬の場合の推定落下成分量(mg/m²)を示す。

感水紙の付着パターン（その5）

低湿度・微細粒子		
高湿度・微細粒子		
	9.1	
	0.103	
低湿度・粗大粒子		
高湿度・粗大粒子		
	8.8	
	0.169	

注) 印刷画像のため実際のイメージとやや異なる場合もある。各欄の数値は、上段が被覆面積率(％、まいAのーど使用)、下段が100ppmの農薬の場合の推定落下成分量(mg/m²)を示す。

2. 作物残留濃度を推定する方法

感水紙への付着状況から作物における農薬濃度を推定するのは容易ではない。その理由は、たとえば一定の落下量があったとしても、作物の種類や形状・大きさによって農薬濃度は全く異なることに加え、農薬の希釈倍率が様々であったり、飛散を受けてから収穫までに日数がある場合の減衰予測が難しい等、多くの予測困難な要因が複雑に関係するからである。このため、作物残留濃度の推定が出来るのは飛散を受けた直後に限られ、また作物の種類についても平面的で均質に栽培されているもの以外は、かなり難しくなる。

◆平面的作物の飛散直後の作物残留濃度の推定（文献7）

一般的な推定の手順は次のとおり。

STEP 1: 農薬落下量 (mg/m²) を推定する

STEP 2: 飛散を受ける作物の重量を推定する

- ① 概ね1m²当たりで考えることとし、1m²当たりの栽培株数に株重量を乗じて計算する。
- ② 株間があいていて土壌表面が露出している場合は、その割合に応じて0.7など適当な係数を①で計算した推定農薬量に乗ずる。

STEP 3: 飛散を受けた直後の残留濃度を計算する

次式により計算する。

$$\text{飛散を受けた作物の農薬濃度(mg/kg)} = \frac{\text{農薬落下量(mg/m}^2\text{)}}{\text{収穫物重量(kg/m}^2\text{)}}$$

◆より簡便な推定方法

64ページ～65ページに掲げた感水紙の代表的な付着パターンは、こまつなを用いて低湿度条件で散布した場合（ワーストケースに近い）の作物残留濃度の実測値を対比させた図である。農薬量、残留濃度ともに100ppm換算値であるので、実際に散布された農薬の葉液濃度が50ppmであった時には1/2倍し、200ppmであった時には2倍して判定する。

【注意】

- 前節の注記同様ひとつの目安に過ぎない。
- 重量がより重い葉菜類や表面積当たり重量がより重い小粒果実類では、こまつなの場合よりも残留濃度は低下する。

【飛散を受けた作物は何日たったら安全になるか？】

飛散によって作物表面に付着した農薬は、通常日数が経過するとともに紫外線等によって分解する。また、作物自体が肥大成長期にある場合は、その重量増加も加わり、残留濃度は大きく減少していく。これら残留濃度の減少を左右する要因は極めて多様であるため、簡単な計算等によってこれを感度よく推定することは不可能である。しかし、数多くの農薬を用いて実験的にこれを調査した結果（16ページ図参照）では、1週間程度で相当の減少が認められている。このため飛散量が多くならない限り、通常1～2週間程度でほぼ検出されないレベルにまで減少するものと考えられる。一般に、高温期の露地栽培では減少はより早く、低温期の栽培や施設栽培では減少が遅くなる傾向がある。



被覆面積率 (%)	11.1
100ppm農薬量 (mg/m ²)	0.204
こまつな残留濃度 (mg/kg)	0.167

100ppm薬液



被覆面積率 (%)	11.7
100ppm農薬量 (mg/m ²)	0.178
こまつな残留濃度 (mg/kg)	0.162

100ppm薬液



被覆面積率 (%)	4.6
100ppm農薬量 (mg/m ²)	0.087
こまつな残留濃度 (mg/kg)	0.062

100ppm薬液



被覆面積率 (%)	0.6
100ppm農薬量 (mg/m ²)	0.033
こまつな残留濃度 (mg/kg)	0.025

100ppm薬液



被覆面積率 (%)	0.1
100ppm農薬量 (mg/m ²)	0.027
こまつな残留濃度 (mg/kg)	0.016

100ppm薬液

引用文献

- 1) 地上防除ドリフト対策マニュアル, 平成 17 年 12 月 12 日, 日本植物防疫協会.
<http://www.jppa.or.jp/information/tecinfo/data/doriftmanual%20s.pdf>
- 2) 平成 17 年度農薬飛散対策に関する調査研究報告書, 平成 19 年 3 月 31 日, 日本植物防疫協会.
http://www.jppa.or.jp/information/tecinfo/data/hisantaisaku_17.pdf
- 3) 平成 18 年度農薬流出防止技術評価事業調査結果報告書, 平成 19 年 3 月 30 日, 日本植物防疫協会. <http://www.env.go.jp/water/report/h19-01/index.html>
- 4) 平成 18 年度農薬飛散低減対策調査報告書, 平成 19 年 3 月, 日本植物防疫協会.
http://www.jppa.or.jp/information/tecinfo/data/hisantaisaku_18.pdf
- 5) 平成 19 年度 IPM 技術評価策定・情報提供委託事業／周辺作物飛散影響防止対策基準策定事業報告書, 平成 20 年 3 月 25 日, 日本植物防疫協会.
- 6) 平成 19 年度農薬飛散リスク評価手法確立調査（基礎調査業務）報告書, 平成 20 年 3 月 31 日, 日本植物防疫協会. <http://www.env.go.jp/water/report/h20-04/index.html>
- 7) 平成 20 年度 IPM 技術評価策定・情報提供委託事業／周辺作物飛散影響防止対策基準策定事業報告書, 平成 21 年 3 月 25 日, 日本植物防疫協会.
- 8) 平成 21 年度 IPM 技術評価策定・情報提供委託事業／周辺作物飛散影響防止対策基準策定事業報告書, 平成 22 年 3 月 25 日, 日本植物防疫協会.
- 9) 産業用無人ヘリコプターによる病虫害防除実施者のための手引き（平成 21 年版）.
http://mujin-heri.jp/index_top.html