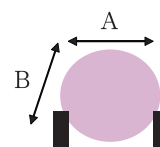


外周散布時の飛散低減要素技術の比較

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

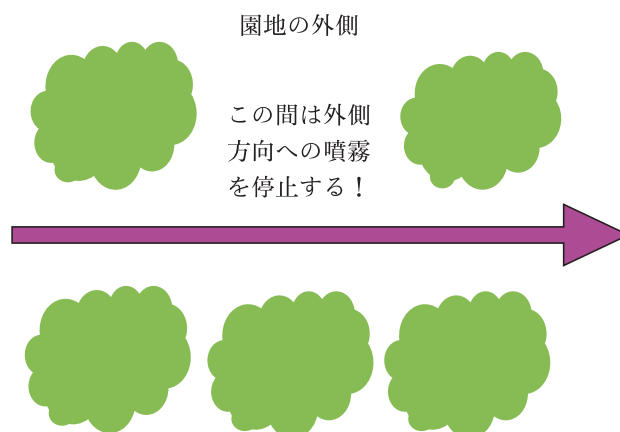


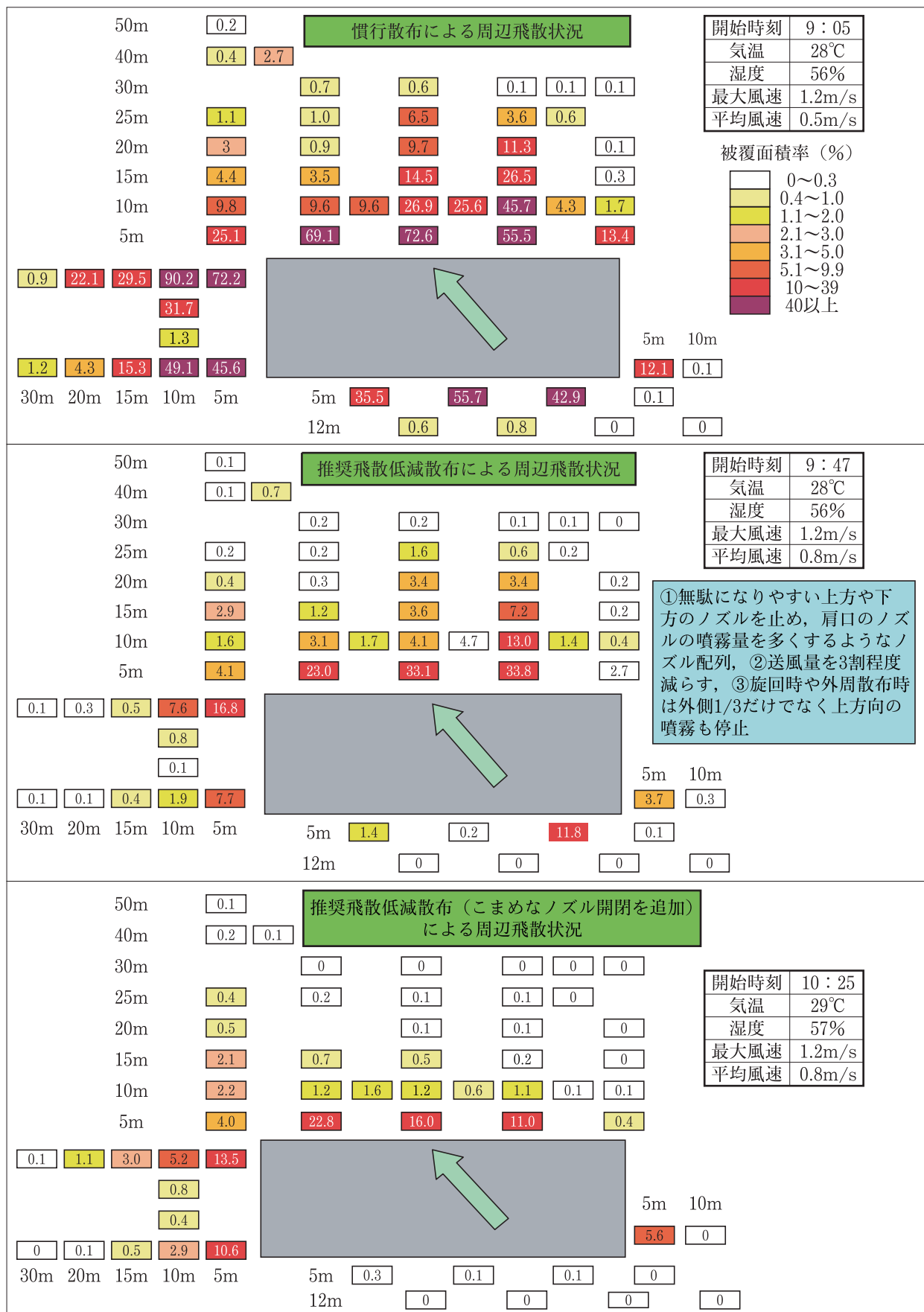
遮風板の例

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 $45\mu\text{m}$ 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 $22\mu\text{m}$ 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 $60\sim 100\mu\text{m}$ 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虫害防除である。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、除草剤や初期病虫害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虫害に作用する機構であることから、中後期の病虫害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。

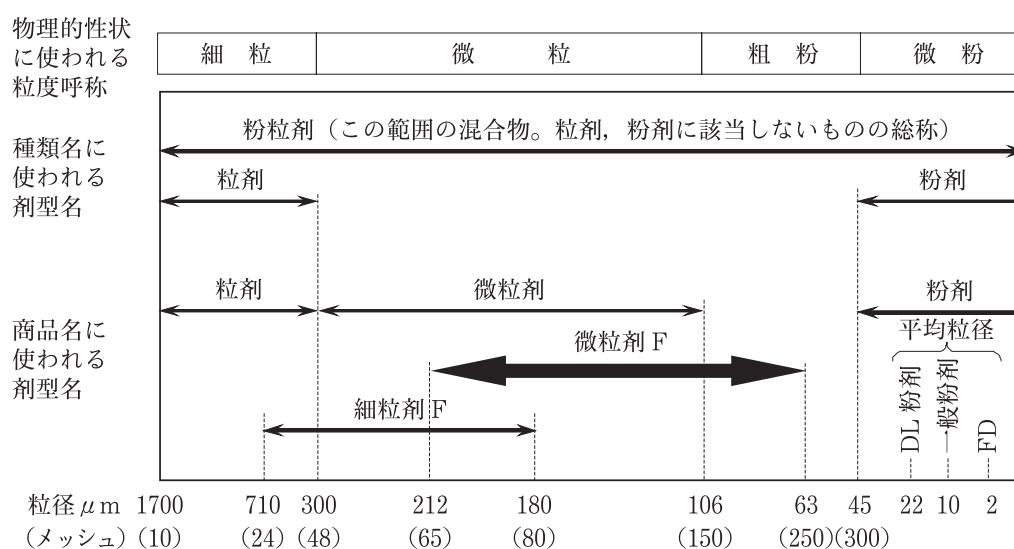
- ① カメムシ類などの多発時、あるいは発生種によっては効果が十分でない。

- 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。

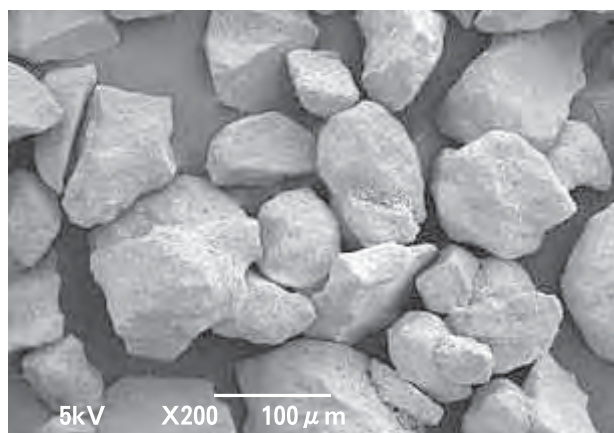
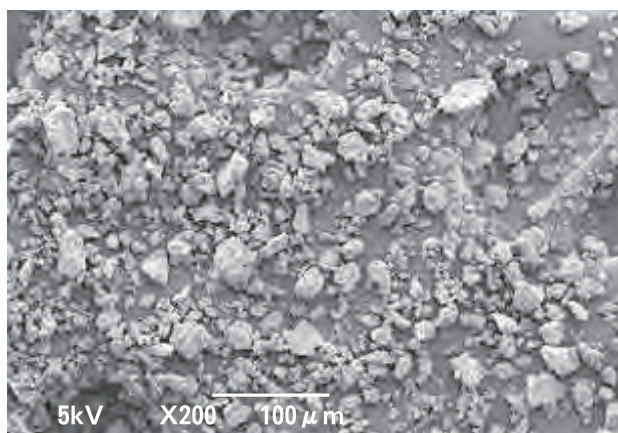
3. 微 粒 剤

(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 $63\sim 212\mu\text{m}$ 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、小規模の不整型水田では、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

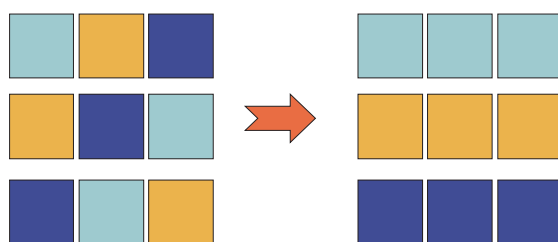
限られた圃場に様々な作物を小面積ずつ栽培している場合、相互の飛散リスクはどうしても大きくなりがちである。このような場合、それぞれの農薬散布において飛散させないように注意深く散布することが対策の基本となるが、他のケースに比べて飛散リスクが大きいので、以下のような対策を併用するほうがよい。

- 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。

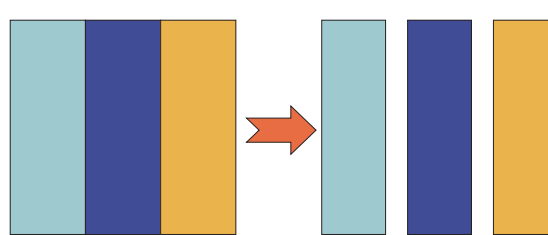
飛散対策を取り入れた栽培法の概念

1. モザイク状の栽培→栽培圃場を集約



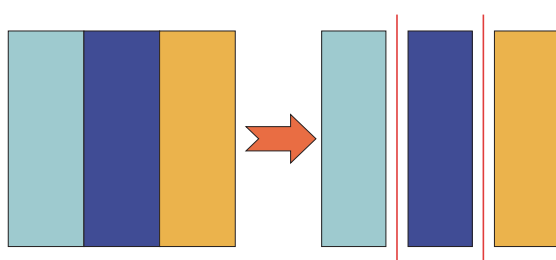
地域で作付け変更を検討する機会に併せて考慮

2. 緩衝地帯を取り入れた作付け



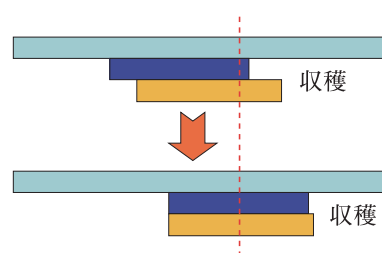
1～数m程度とするだけでも安心度は向上。

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

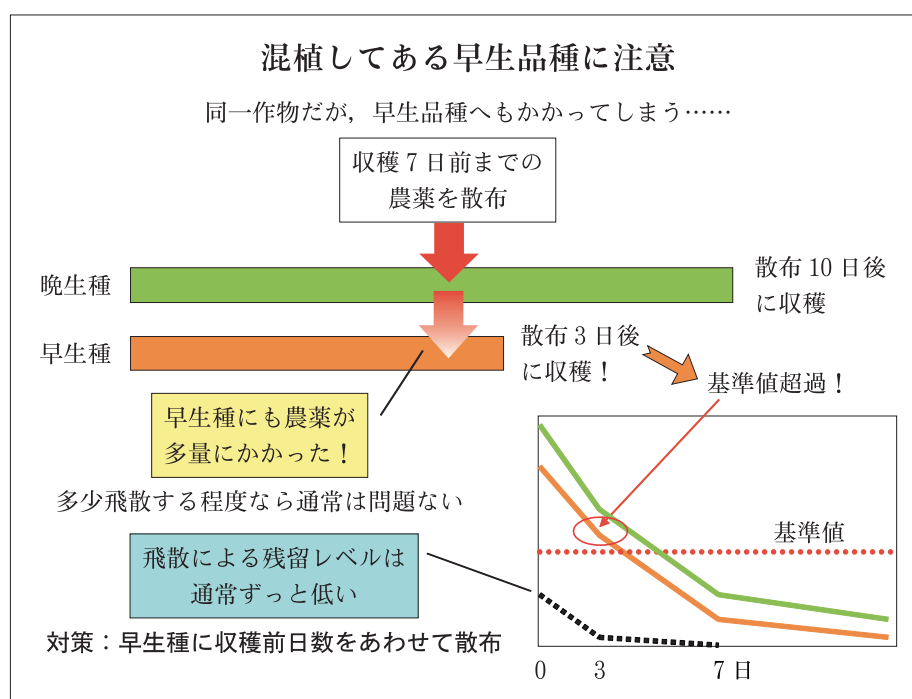
2. 混植園での対策

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）は水稻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、風速は飛散に關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。

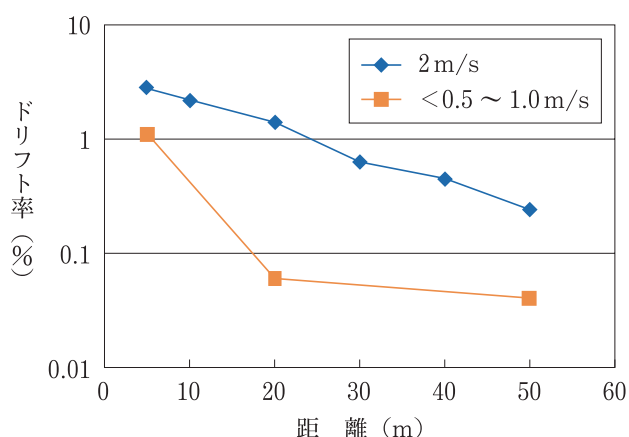
⑤ 他作物の栽培されているほ場を風下にしないような散布を行うように努める。

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れる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



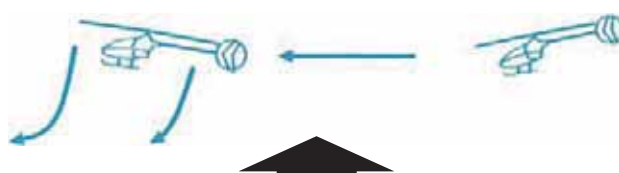
風速別飛散の一例

(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