

# 農薬散布時のドリフト

農業環境技術研究所 化学環境部  
有機化学物質研究グループ長  
與語 靖洋

## はじめに

農林水産省 1000 人アンケートによれば、生産者に一番望んでいることは、「安全・安心」次に「無農薬」であった。また食品の安全性と信頼に関する主婦調査でも、「残留農薬」が一位を占めている。農薬は人畜毒性だけでも慢性毒性を含む 2 3 項目に及ぶ試験が義務付けられているものの、「沈黙の春」や「奪われし未来」にあるように消費者の不安をぬぐうことはできないようである。このような状況や無登録農薬問題、OECD 等における農薬等に関する取り組みを受けて、近年ドリフトに関連する様々な法的規制も整備されてきた。

ここでは、その中でも農薬散布時のドリフトに焦点を絞り、そこにおける問題点、法律および発生要因等を整理するとともに、各場面における防止技術を紹介することにより、ドリフトによる人や周辺環境が農薬に暴露するリスク低減の一助とする。

## 1. 農薬のドリフトとは

農薬のドリフト(漂流飛散、drift)にはスプレードリフトとベーパードリフトとがある。前者は散布時に起こるドリフトであり、後者は農薬散布後に農薬の有効成分の持つ蒸気圧等による揮散である。スプレードリフトはさらに一次液滴と二次液滴の二つに分かれる。前者はノズルから直接発生するドリフトであり、後者は一旦土壌や作物に落ちたものが跳ね返りよりドリフトするものである。ベーパードリフトも土壌または作物の両方から起こるが、農薬がガス化するのと粒子状の物質に吸着して拡散する二つの様式があり、農薬によって大きく異なる。

散布時のスプレードリフトによって、防除対象である圃場以外場所に農薬が到達した場合の問題点には、以下のようなものがある。

法的な問題：次項に示す法律に関連した問題には、居住地や公共施設へのドリフト(農薬取締法)、収穫物への農薬残留(食品衛生法)、公共用水域への農薬混入(水道法)等がある。

周辺作物への薬害：特に除草剤の場合に多い。除草剤は選択性があるため、当該薬剤に感受性の周辺作物に付着すれば、薬害症状を生ずるだけでなく、収量・品質の低下を招くこともある。また薬害症状がなくてもの農薬残留はありうる。

環境負荷の増加：周辺の自然生態系や河川・湖沼に生息する非標的生物が農薬に暴露されて生育障害や個体群の減少、さらには生態系バランスを崩す可能性がある。

散布上の問題：ドリフトは逆に農薬散布のロス(損失)になるため、薬剤費や散布作業代等の防除コストに跳ね返る。また散布者の農薬被爆の危険性が高まる。

なお、除草剤散布後のベーパードリフトについても周辺作物への薬害や残留性有機汚染物質(POPs)の長距離移動問題等、各種問題があるが、ここでは扱わない。

## 2．農薬のドリフトに関連した法律

農薬のドリフトに関連した法律には、1) 農薬取締法、2) 食品衛生法、および3) 水道法の三つがある。いずれも運用面において様々な課題が山積している。

農薬取締法は、平成15年3月に改正された。その省令第6条の中で「農薬使用者は、住宅の用に供する土地及びこれに近接する土地において農薬を使用するときは、農薬が飛散することを防止するために必要な措置を講じるよう努めなければならない」という記載がある。これは直接的にドリフト防止を求めるものである。

食品衛生法は、同年5月に法律が一部改正され、いわゆる「ポジティブリスト制度」を平成18年度には導入することになった。その第11条・第3項の中で7項目に及ぶ規制が明記されているが、総じて「残留基準が設定されていない農薬等が残留する食品等の販売等を原則禁止する制度」である。これは農家にとっては極めて厳しい制度である。

水道法は、同年5月に改正され、翌平成16年より施行された省令において、「水質基準項目」の中に「農薬類」として101種類の農薬に対して総農薬方式による水質管理が行われることが明記されている。飲料水の70%を河川や湖沼に依存しており、河川の直結した水田が農地の半分を占める我が国では緊急な対応が必要である。

## 3．農薬のドリフトの発生要因

農薬散布時のドリフトの発生要因としては、米国環境庁(EPA)の Spray Drift Task Force (SDTF) では、以下のうち下記の ~ の影響が大きいと考えられている。

散布時の粒子径：ノズルの形状、散布圧、散布水量が関与する。即ち散布装置の総合的な性能が決定する。これは前述の一次液滴だけでなく、二次液滴にも影響する。

散布高度：地上散布から航空散布まで影響の大きさに大きな差がある。

風速：気象要因としての速度や風向き以外に、地形や作付け(地理上)が関与する。

ブームスパン：意味としてはノズル間隔とブーム長さがあるが、ここでは特に航空散布において後者が関与する。

粒子のやせ細り：我が国では航空散布も含めて水で希釈するため考慮すべき重要な要因となる。ちなみに欧米の航空散布では油性溶媒で希釈して散布する技術もある。

散布液の物理性：とも関連するが、粘弾性や表面張力、およびそれらを決定する要因(展着剤等)が関与する。

散布速度：走行(飛行)速度のこと。との関係が強い。

以上のことをドリフトの発生機構の観点から考察すると、散布時の粒子径( )に応じて散布高度( )や風速( )により漂流飛散距離が決定され、その距離に応じて散布液の物理化学的特性( )や気象(温度や湿度)が影響した結果、粒子のやせ細り( )が起こり、それらが時系列的に複雑に関与して、ドリフトの程度が決まると考えられる。

## 4．農薬ドリフト防止対策

地上散布と航空散布に分けて、問題点と具体的対策について概括する。全体に共通して、まず以下のような対策を考えることができる。

なお、実際に農薬を散布する前に散布液滴がどの程度ドリフトするかを把握するために、水を利用して市販の感水紙や蛍光塗料を利用する方法が知られている。

ドリフトの少ない製剤の利用：ドリフトで主に問題になるのは、水で希釈するか、液体製剤を直接霧状にして散布処理する場合である。粒剤や拡散性のあるフロアブルやジャンボ剤に切り替えることでドリフトを抑えることができる。

農薬使用量・使用回数の合理的な低減：防除暦や都道府県の防除指針、さらにはその年に発生する病害虫・雑草の種類や発生パターンをベースに適正な農薬の選定、使用量の決定、およびの効果的な処理時期を見極めることが大切である。病害虫については地域ごとに警報等のタイムリーな情報があるし、雑草については発生草種が前年と極端に変わることはない。但し、農薬抵抗性生物種や外来生物の発生も考えられるため、例年と違う現象を見つけたら、早めに近くの指導機関に相談する。

散布水量の合理的な低減：我が国では従来作物の葉が農薬でたっぷり濡れることが効果の安定や増大につながると考えられてきた。確かに我が国では欧米と異なり集約的な栽培をするため、地際まで農薬を届かせるためには散布液量を多くする必要のあるもの確かである。しかし一方で、近年の農薬は浸透移行性を持ったものも多し、日本の散布水量では作物に付着した液滴が流れ落ちることによるロスは少なくない。またドリフトの危険性も高まる。例えば、日本では農薬の散布水量は 10  $\mu\text{l}/\text{a}$  が一般的であるが、実際、欧米諸国では、2 ~ 5  $\mu\text{l}/\text{a}$  散布が一般的である。北海道では近年少水量散布技術が普及して徐々に欧米の水量に近づきつつある。

散布圧力の低減：霧状にするためにはある程度の圧力が必要であるが、圧力が弱ければ、適正な散布粒子径が安定せず、ぼた落ちが起こるし、過度な圧力は二次液滴によるドリフトの発生を助長する危険性があるので、それぞれのノズルと散布条件に合った圧力を選定する必要がある。

風：風速や風向は常に変動する。一般に風速が 3 m を超えるときは散布を控える。作物との距離：散布位置と作物や土壌との距離が離れるほど、散布粒子は主に風の影響を受けてドリフトしやすくなる。逆に近すぎると散布が不均一になるだけでなく、二次液滴が増加する可能性がある。基本的にノズルごとに定められたノズル間隔と作物との距離で散布するのがよい。

緩衝地帯の利用：居住地や周辺作物との距離をとることである。我が国では作付状況から現実的な対策ではないが、可能であれば極めて有効な手段である。他にも周辺作物の収穫間際に散布しないというのもリスク低減に考慮すべきである。

## 4-1. 地上散布

### (1) スピードスプレーヤー

スピードスプレーヤーは果樹栽培の農薬散布において中心的技術である。ここで留意すべき点は散布する果樹の形（高さ）に向かって散布するようにノズルの角度を調整するとともに、不要なノズルは噴霧を止めておく必要がある。特に低木では上に向けての散布はドリフトの危険性を高めるだけで効果の向上には役立たない。また低木では風量（散布器の送風）を抑えることができる。他にも一番端の列は圧力を下げて散布するか手散布とする、遮蔽シートやネットを設置する等が考えられる。散布者の暴露リスクを低減するには無人防除機も考えられるが、広く普及するにはまだ時間がかかるであろう。

## (2) ブームスプレーヤー

ブームスプレーヤーは基盤整備された方形の大規模圃場で有効であり、近年は畑作だけでなく散布装置の改良により、水田でも活用されている。ドリフトに関しては一般に鉄砲ノズルや後述のパイプダスターにくらべて低いと考えられている。

ドリフトを防止の基本は、適正なノズルを適正な圧力で使用することである。最近では特に扇型ノズルでドリフト抑制ノズルも販売されており、最も有効な手段の一つである。代表的なものとして、除草剤ではフォームノズルという空気を混入することで粒子径を大きくしたものも利用されている。さて病害虫と雑草ではそもそも適正なノズル(粒子径)が異なるため、薬剤ごとにノズルを交換する必要があり、思ったよりも面倒である。そこで顕微鏡の対物レンズのようにワンタッチで切り替えができるノズルのアタッチメントもある。

圧力については、ノズルの種類とも関連するが、我が国では2 MPa程度であるのに対して、欧米では0.5 MPa程度と極めて低い。これには粗放農業と集約農業の違いや病害虫の発生部位等も関与していると考えられるが、現行の圧力よりも低下させることは可能である(最大でも1~1.5 MPaあれば十分)。

その他のドリフト防止技術には、エアカーテンや静電気を利用したもの、散布ブームの前に棒をセットして作物を進行方向に抑えることで下部まで薬剤が届く仕組み等、様々な工夫がなされている。

また道路や防風林等の緩衝地帯がない場合は、圃場の額縁部分における散布によってドリフトによる問題が生じる危険性が高まるため、圧力を低下させる、ストップノズルを使用する、手散布と組み合わせるなどの工夫が必要である。これについては前述のスピードスプレーヤーと同様である。

## (3) 手散布

動力噴霧器や鉄砲ノズルである。前者では散布粒子径が細いとか、後者では遠方まで飛ばすことができることから農薬のドリフトが懸念される。いずれにおいてもドリフトする危険性は、散布者によるところが大きい。従って周辺作物に注意する、方向転換の時には一旦散布を止める等、基本的なことに留意する。

また畝間処理もドリフト削減に有効である。但し、市販機では一度にせいぜい1~2畦程度しか防除できないし、背負い式動力噴霧器が一般的である。そこで現在数社の散布器具メーカーが乗用の畦間処理用ブームスプレーヤーを開発中である。

## (4) パイプダスター(水田)

いわゆる多口ホース噴頭である。ドリフトを抑えるために古くからDL粉剤が利用されているものの、条件によってはかなりのドリフトが発生することは現場ではよく知られたことである。また散布者の暴露量が最も多い散布方法の一つである。

このドリフトを抑える方法は製剤以外には、散布者の技術向上や風が少ない時間帯(朝夕)の散布がある。それ以外には前述のように他の防除方法に切り替えることが考えられる。

## 4 - 2 . 航空散布

地上散布に比べて作物との距離が長いことから、ドリフトの危険性が高まる。

### ( 1 ) 航空散布の種類

我が国における航空散布はヘリコプター（有人と無人）を利用する。導入当初（1960年代）は有人ヘリ（狭義の航空防除）が主流であった。しかし我が国の複雑な作付け、住宅地と農村の距離の接近、および農薬への関心から、最近（1990年代）では小規模に対応でき、地上防除の代替技術として無人ヘリが拡大している。これらは何れもいわゆるダウンウォッシュ（下に吹き付ける風）を利用して散布粒子を作物へ到達・付着させる技術である。様々な実証試験から散布飛行諸元が設定された。

### ( 2 ) ドリフト防止対策

第一に散布粒子を大きくすることである。まずポリアクリル酸ナトリウム（アロンA）を増粘剤として1%程度の添加が効果的である。また装着する散布装置（ノズル）にはロータリーアトマイザーと渦巻きノズルがあるが、前者では回転数の減少、後者では大きめのノズルの使用により微細粒子を減少させることができる。

第二にブームスパン（両端のノズル間の距離）である。これをヘリコプターのメインローターの70%内側にすること（ブームスパン短縮型液剤散布）や散布幅をさらに狭くしたカーテン散布によりドリフトを抑えることができる。

第三に「後流」である。飛行速度が速すぎると、後流の角度が浅くなり、機体のはるか後方の標的（作物）に散布することになるとともに、落下速度が低下することにより自然の風の影響を受けやすくなる。逆に飛行速度が遅すぎると作業効率が低下する。そのため表1の飛行諸元にも飛行速度が明記されている。

また除草剤散布の場合は、周辺作物への影響を皆無にする必要がある。そのため水田では拡散性のあるフロアブルの滴下処理や圃場額縁におけるインペラ（機体に搭載した散粒装置のモーター駆動の回転式吐出口）の回転数の減少等各種ドリフトレス散布法が実用化されている。

## 4 . 農薬のドリフトに関するその他の取り組み

ドリフトに関わる米国や我が国における他省庁の取り組みを簡単に紹介する。

### ( 1 ) 欧米の状況

米国にはドリフトに関して AgDRIFT と DRIFTSIM の二つの数理モデルがある（参考資料参照）。いずれも散布方法は、航空散布、地上散布（ブームスプレーヤーまたはスピードスプレーヤー）等に分けられており、モデルに散布に関する物理的性質（水滴サイズ）、散布器具（ブームの長さ、ノズルの高さ等）、気象（風速、温度、湿度等）等のデータを入力するだけで、ドリフト程度がわかるとともにドリフトを防ぐための隣接圃場や河川等との距離が推定できる。即ちいずれも物理的情報を元にしたモデルで、農薬ごとの化学的情報は考慮しない。米国では、周辺作物等へのドリフトが懸念される場合は前述の「緩衝地帯」を設けるのが基本的な対策であり、その距離を推測するモデルといってよい。その他にも PREFUM 等散布者の暴露量を評価する数理モデルもある。これらの数理モデルは実証的なモニタリング試験の膨大な結果を元に策定したものである。

一方、日本では農薬の散布技術が多岐に渡っており、また作付けや居住地が近接するとともに、特に中山間地では地形も大きく関係して複雑に入り組んでいるので、「緩衝地帯」を設けることが難しい。そのため我が国の条件で適用できる数理モデルの開発は欧米に比べて難しいことが予想される。

## (2) 他省庁の取り組み

大気環境汚染は多種多様な経済（人間）活動に関連している。大気汚染物質は、これまで NO<sub>x</sub> や SO<sub>x</sub> を中心に公害問題として大きくクローズアップされるとともに、1968 年には大気汚染防止法が制定された。1980 年代に入ると、環境庁や経済産業省は窒素酸化物総量規制に関するマニュアルを作成する等各種法律の制定とともに代作を講じてきた。

その中で煙突や排気ガスから発生する点源・線源汚染を評価するための、発生源周辺における大気汚染物質の拡散予測モデル（METI-LIS）が開発され、現在 Web 上で公開されている。この数理モデルはもやもやと上がる煙を想定したものであるため、散布液を下に強く吹き付けること、散布粒子のやせ細り、農薬の分解等、追加すべき要因が多く、農業場面にそのまま利用することはできないものの、予測する範囲（数 km 程度）や使用者が自ら使うことができる点で今後大いに参考になろう。

## おわりに

農薬は病害虫・雑草防除を目的とした農業用資材として有用であることには間違いない。従ってドリフトのリスク低減のために、そのベネフィットを低下させては元も子もない。今回紹介した農薬のドリフト防止対策で農薬を使うことを前提にしたのもそのためである。

もちろん有機農法や無・減農薬栽培で採用されているように、物理的防除、生物的防除、さらには作付体系等、農薬以外の代替防除技術を有効に組み合わせることにより、病害虫・雑草を防除することもドリフト防止対策として有効な手段である。

今後とも単なる薬効・薬害の視点から、人畜や環境への影響の視点が重要視される中、ドリフト問題は緊急かつ長期的に捉えて、対策を構築することが必要である。

## 参考資料

1. 田雑征治（2003）：植調 37(11)、350-357
2. ドリフト対策連絡協議会（2003）：「農薬散布時のドリフト防止対策ガイダンス」（Website：JPP-NET、<http://www.jpnpn.ne.jp/jpp/data/dorihuto.pdf>）
3. 中島満・五月女淳・前沢嘉彰・柳真一・植松勉：植物防疫 56(2)、68-75
4. 日本植物防疫協会編（1990）：「農薬の散布と付着」
5. 日本植物防疫協会編（2005）：農薬飛散防止の開発に関する調査研究報告書
6. 農業環境技術研究所編（2004）：第 21 回農薬環境動態研究会資料「農薬散布におけるドリフトの環境リスク管理」
7. 農業環境技術研究所編（2005）：第 22 回農薬環境動態研究会資料「農薬の多成分一斉分析法 - 需要動向と手法開発 - 」
8. 藤田俊一（2004）：植物防疫 58(6)、271-274
9. 山本幸洋・大谷徹・在原克之・松丸恒夫（2003）：千葉県農業総合研究センター研究

報告 2、61-67

10. 山本幸洋・澤川隆・松丸恒夫(2004):千葉県農業総合研究センター研究報告、3135-139
11. 山本幸洋・松丸恒夫(2005):日本土壤肥料学雑誌 76(1)、69-73
12. 與語靖洋(2000):雑草とその防除 37、18-23
13. Spray Drift Task Force (AgDRIFT): Website (<http://www.agdrift.com/index.htm>)
14. DRIFTSIM : Website (<http://ohioline.osu.edu/b923/pdf/b923.pdf>)
15. METI-LIS :  
Website ([http://www.jemai.or.jp/CACHE/tech\\_details\\_detailobj1816.cfm](http://www.jemai.or.jp/CACHE/tech_details_detailobj1816.cfm))