

展着剤の機能と応用

花王株式会社 ケミカル事業ユニット 川島和夫

1. はじめに

農業分野では農薬散布時に展着剤が慣行的に添加されているが、現場ではその機能を十分に把握して使用されるケースは少ないのが実状である。従来の農薬散布においては葉裏にも薬液がかかる様に十二分の水量で散布する指導の下、展着剤は本来の機能を発揮せず、単なる濡れ剤としての位置付けであった。しかし、2006年5月29日にポジティブリスト制度が施行された後、周辺作物へのドリフト対策が講じられる中、散布水量の低減化やドリフトレスノズルの導入により、散布ムラ防止や薬効安定化のニーズが著しく高まっている。本報では展着剤の機能と応用例を紹介し、展着剤の機能が少しでも理解されて昨今の現場ニーズに対して展着

剤が活用される契機になることを大いに期待する。

2. 展着剤の機能

(1) 展着剤の分類

展着剤は農薬を散布する際に現場で添加する薬剤であり、農薬要覧2006によると、63種類の展着剤が農薬登録されている。展着剤を機能発現からみると、機能性展着剤（アジュバント）、一般展着剤、固着剤、飛散防止剤の4種類に分類することができる（図-1）。その中でアジュバントは農薬科学用語辞典によると、広義には補助剤全般を意味するが、一般的に農薬の有効成分が本来もっている作用を改良する目的に用いられる物質と定義されている。また、

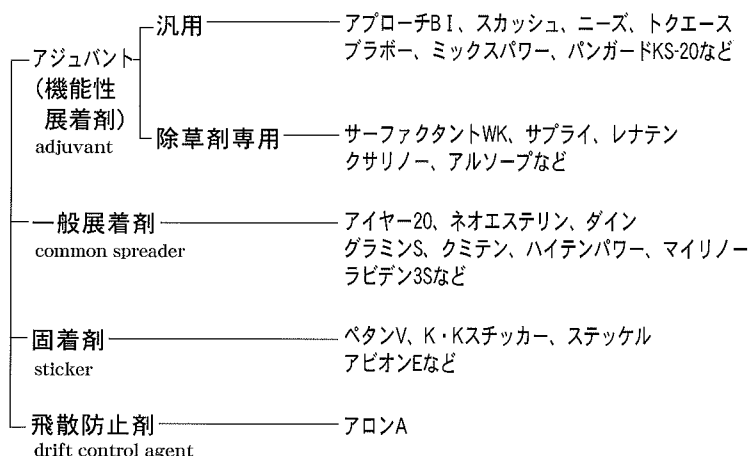


図-1 機能性からみた展着剤の分類

Holloway らはアジュバントを Spray modifier (濡れ性や拡張性の改善) と Activator (葉面吸収や生物活性の改善) の 2 つのカテゴリーに分類しており、ここでは後者の作用を有するものをアジュバントと解釈する。

アジュバントは高濃度で使用されて濡れ性を改善すると共に農薬の効果を積極的に引き出す剤であり、農薬を含む総経費の低減の利点が生産者に還元されるものである。アジュバントは一般的に浸透性の農薬との相性が良く、卓越した効果向上作用が期待できる。しかし、葉害の発生しやすい条件(高温、高湿など)や葉害の出やすい農薬との混用時には十分な注意及び予備検討が必要である。代表的な製品としてアプローチ B I、ニーズ、スカッシュ、ミックスパワー、パンガード KS-20 やサーファクタント WK などがある。

一般展着剤は、散布ムラをなくす観点から散布液の表面張力を下げることにより湿展性を改善し、低濃度で濡れにくい作物や病害虫などへの付着性を改善する。低泡性の機能のものや水和剤と乳剤などの混用性を改善する機能のものが、物理的性状の視点から現場の作業性を改善することができる。代表的な製品として Y-ハッテン、アイヤー、グラミン S、マイリノーなどがある。

固着剤は初期付着量を高めることにより、殺菌剤の耐雨性を高めて残効性を延ばすことができ、特に保護殺菌剤との混用により効果が期待できる。しかし、収穫間際の農薬散布は、作物残留に影響を及ぼすので製品ラベルに記載された使用基準の遵守が必要である。代表的な製品としてペタン V、K・K ステッカーやアビオン E などがある。飛散防止剤は、空中散布時のドリフト(飛散漂流)防止を目的として添加され、製

品としてアロン A がある。最近では地上散布におけるドリフト防止が大きな課題になっている。

(2) 界面活性剤の種類と機能

展着剤を有効成分からみると、展着剤の約 8 割に界面活性剤(活性剤と略す)が配合されている。石鹼に代表される活性剤は同じ分子内に親油基と親水基を併せ持つ両極性物質であり、気体/液体、液体/液体、液体/固体などの界面(表面)に配向し、界面の性質を著しく変える物質の総称である。親水基の電荷状態から活性剤を分類すると陰イオン性(アニオン)、陽イオン性(カチオン)、非イオン性(ノニオン)、両イオン性の 4 種類になる。活性剤は展着剤の有効成分だけでなく、広く農薬製剤用助剤としても配合されている。具体例として活性剤は乳剤向けの乳化、水和剤やフロアブル向けの湿潤や分散などの機能発現のためにも必須成分として配合されている。

展着剤の有効成分である活性剤は非イオン性が主体であるが、陰イオン性が配合されたものや、最近では陽イオン性が配合されたものもあり、非イオン性単独、陰イオン性配合、その他の 3 種類に分類することができる。63 品目の展着剤の中で 26 品目はノニルフェノール又はオクチルフェノールを原料とする非イオン性活性剤が有効成分である。これらのエーテル型非イオン性活性剤は上述したように農薬製剤において乳剤用乳化剤や水和剤用湿潤剤などとして機能している。

活性剤の基本的な特性として様々な界面に吸着し分子配向することで、界面エネルギーが減少して表面張力を著しく低下させる。活性剤はある濃度以上においてミセル(会合体)の形成が始まり、このミセル形成濃度を CMC と称しており CMC 近傍で活性剤の洗浄力、可溶化能

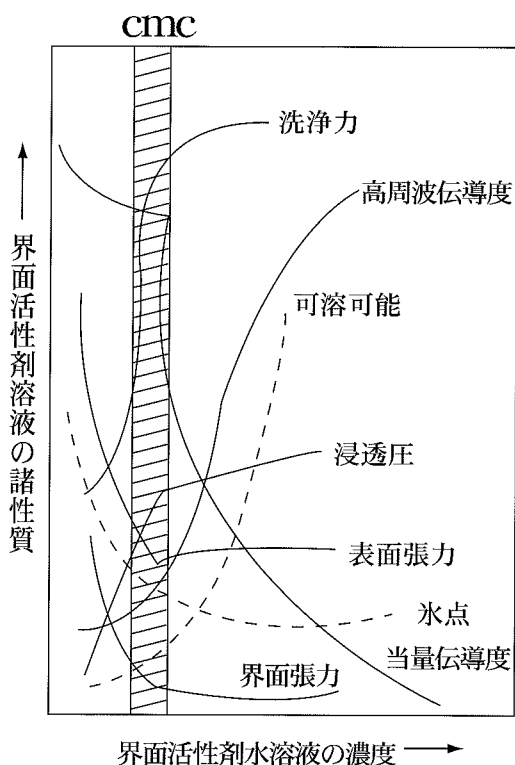


図-2 界面活性剤の濃度による溶液の性質変化

や表面張力などが著しく変化する(図-2)。国内において展着剤を使用するに当たり、CMCを意識した濃度設定に基づいて展着剤の本来の機能を引き出している事例は極めて少ない。界面科学の視点から農薬を散布した際の濡れをみると、付着濡れ、浸漬濡れ、拡張濡れの3つの型が同時に起きている(図-3)。乳剤や水和剤などを植物に散布すると薬液は茎葉の表面に

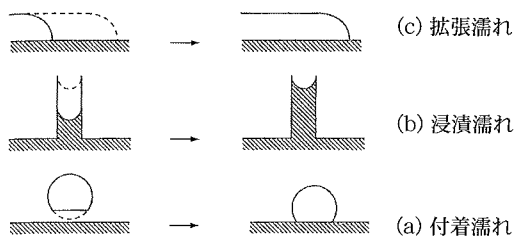


図-3 3つの濡れの型

付着し、この状態が付着濡れである。固着剤を添加する場合には付着濡れの機能が強く発現する。同様に農薬散布において茎葉上で薬液が横に広がる状態は拡張濡れであり、一般展着剤やアジュバントを添加する場合にこの機能が発現する。さらに植物の葉表の凹凸部へ薬液が縦に入り込む状態が浸漬濡れであり、アジュバントを添加する場合にこの機能が発現する。一般展着剤とアジュバントの相違は使用濃度にあり、上述したCMC以上の濃度で使用するものがアジュバントであり、様々な薬効増強作用がアジュバント添加により期待できる。

(3) 展着剤の出荷実績と対象作物

展着剤の出荷実績は農薬要覧2006によると約3000トンの出荷実績がある。地域別では北海道が最も多く21%を占有し、群馬・静岡・青森・長野と続く(表-1)。北海道では畑作全般に展着剤が使用される中、特に小麦の雪腐れ病対策で多用されている。昨今はドリフトレスノズル導入によって一般展着剤からアジュバン

表-1 日本における展着剤の出荷数量及び主用途

No.	地区	平成17農薬年度 平成13農薬年度		主用途
		出荷数量	出荷数量	
1	北海道	617	444	畑作全般
2	群馬	270	254	キャベツ、コンニャクなど
3	静岡	161	193	茶
4	青森	156	207	リンゴ
5	長野	130	234	落葉果樹
	その他	1645	1972	各種
合計		2979トン	3304トン	

トへの移行が加速している。一方、リンゴの産地では農薬散布回数の低減や一般展着剤使用の減少が起きているものと推察される。茶の産地では難防除害虫であるクワシロカイガラムシ対策を中心に使用されている。

過去のトレンドをみると農薬全体の出荷数量が減少する中、展着剤も明らかに減少している。しかし、地区別で展着剤の出荷数量を見るとリンゴや茶を主体とする地区と異なり北海道は上昇傾向にある。この背景として大規模経営が拡大する中で農薬経費のトータルコスト低減のための散布水量低減の動きと共にポジティブリスト制度導入後のドリフトレスノズル普及も大いに関係しているものと推察される。

3. 展着剤の応用例

(1) 効果向上作用

a. 小麦の雪腐れ病

小麦の雪腐れ病は北海道で長期間の残効性が望まれており、道内の普及センターにて5種類の展着剤が評価された(表-2)。3種類の殺菌剤混用系(トルクロホスメチル水和剤、イミノクタジン酢酸塩液剤、チオファネートメチル水和剤)に対して5種類の展着剤の添加効果が検討された結果、予想に反して固着剤添加区は最も発病度が高く防除効果が劣った。発病度が最も少なく効果向上作用が大きかったのは陽イオン性活性剤が配合されたタイプ及びエステル型非イオン性活性剤を有効成分とする展着剤で

あった。

b. トマトハモグリバエ

トマトハモグリバエは幼虫が葉の内部に潜入する肉食性害虫であり、現場では浸透性を高める機能性展着剤が求められていた。そこで奈良農業センターにて作用性の異なる8種類の殺虫剤を用いて5種類の展着剤の添加効果が検討された。供試した殺虫剤の中で、スピノサド、クロルフェナピル、フルフェノクスロン及びルフェヌロンは機能性展着剤添加によって殺虫効果が著しく向上した。特にクロルフェナピル、フルフェノクスロン及びルフェヌロンは浸透性が向上する機能性展着剤添加の影響が大きいと考察された。

c. 芝の除草剤

芝の除草作業においてスズメノカタビラ防除は重要な課題である。除草剤としてオキサジアルギル水和剤を用いてエーテル型非イオン性活性剤を有効成分とする展着剤を用いてポット栽培のスズメノカタビラ(1-2葉期及び3-4葉期)に対して検討された(表-3)。その結果、展着剤添加によって1-2葉期の雑草に殺草効果の向上が確認され、特に3-4葉期の雑草の場合に顕著な効果向上作用が認められた。エーテル型非イオン性活性剤を有効成分とする展着剤は除草剤用途に適している。

d. 茶の輪斑病

静岡県では茶の輪斑病のベノミル剤耐性菌に対して、その代替剤であるTPN剤などを一番

表-2 小麦雪腐れ病防除に及ぼす5種類の展着剤の添加効果

供試展着剤の種類	発病度
陽イオン性	8
エステル型非イオン性	9
陰イオン性	19
エーテル型非イオン性	26
パラフィン系	38

試験場所：北海道美幌地区農業改良普及センター
 処理薬剤：トルクロホスメチル水和剤×1000、イミノクタジン酢酸塩液剤×1000、チオファネートメチル水和剤×2000
 処理日：1999年11月10日
 調査日：2000年4月19日、各区50株を調査

表-3 スズメノカタビラ生育処理に及ぼす展着剤の添加効果

試験区	除草剤	無処理対比残草量(%)	
	g/a	1-2葉期	3-4葉期
展着剤添加区	5	1	2
	10	0	t
	20	0	0
無添加区	5	5	9
	10	1	5
	20	1	5
無処理	—	100	100

試験場所：丸和バイオケミカル つくば圃場
 供試展着剤：サーファクタントWK（エーテル型非イオン性活性剤）2000倍
 供試除草剤：オキサジアルギル水和剤
 処理時期：1997年11月11日（1-2葉期）、
 11月21日（3-4葉期）
 調査時期：1-2葉期（12月17日、12.04g）、
 3-4葉期（12月24日、13.31g）

茶の摘採と同時に散布しないと十分な効果が発現しないという問題があった。摘採と同時に散布することは作業上、極めて難しく、茶摘み後数日目にこれらの薬剤散布で薬効を発現させる浸透剤（機能性展着剤）が強く求められていた。そのような状況下で、静岡茶試と共同研究が行われた。薬効は現地圃場で調査され、エステル

型非イオン性活性剤を有効成分とする展着剤が効果的であることが確認された。しかし、展着剤添加により効果向上作用が確認されたため、現場では茶の農薬残留量について懸念が持ち上がった。堀川らによって作物残留試験が実施された結果、供試した展着剤は農薬残留を増大させる傾向のないことが明らかになった（表-4）。

（2）散布回数低減

a. リンゴの斑点落葉病

リンゴ栽培において各種の難病害虫があり、適期の農薬散布が求められる中で、斑点落葉病に対して陽イオン性活性剤を有効成分とする機能性展着剤を用いて散布回数の低減化が岩手園試で検討された（表-5）。殺菌剤としてキャプタン・ホセチル水和剤を用いて慣行区は散布間隔10日で合計5回に対して、機能性展着剤添加区は15日間隔で合計4回散布が6月中旬から7月下旬まで実施され、8月中旬に調査された。その結果、機能性展着剤添加の15日間隔

表-4 展着剤添加によるTPN剤の茶中残留試験

試験区	茶浸出液から抽出(ppb)	荒茶からの直接抽出(ppb)
TPN水和剤800倍	89 *	584 *
TPN剤+アプローチBI 500倍	29	213
無処理区	検出されず	42

*：1%の危険率で有意差あり

試験場所：静岡茶業試験場
 供試展着剤：アプローチBI（エステル型非イオン性活性剤）

表-5 リンゴ斑点落葉病防除に及ぼす展着剤の添加効果（省力散布試験）

試験区	散布間隔	調査葉数	発病葉率(%)	100葉当り病斑数	薬害
ニーズ添加区	10日	339	13.4	19	無
ニーズ添加区	15日	320	16.5	27	無
一般展着剤添加区	15日	305	30.5	52	無
無添加区	10日	299	16.2	21	無
無添加区	15日	322	29.8	54	無
無処理区	—	208	82	432	無

試験場所：岩手園芸試験場
 供試殺菌剤：キャプタン・ホセチル水和剤 800倍
 供試展着剤：ニーズ（陽イオン性活性剤配合物）
 散布日：10日間隔（合計5回：6月16日、25日、7月5日、15日、27日）
 15日間隔（合計4回：6月16日、30日、7月15日、31日）
 調査日：1993年8月12日

散布は一般展着剤添加区及び展着剤無添加区の15日間隔より、防除効果が高く、また展着剤無添加の10日間隔散布区と同等な高い防除効果を示した。以上のように機能性展着剤添加により、15日間隔散布でも10日間隔散布並みの高い防除効果が認められて省力散布の可能性が示唆された。

b. ウリ類のうどんこ病

キュウリ、メロンやカボチャなどのウリ類のうどんこ病はEBI剤の耐性菌問題があり、現場では安定した効果と散布回数の低減化が重要な課題になっていた。陽イオン性活性剤を有効成分とする機能性展着剤を用いて九防協を通じて佐賀農試と鹿児島農試で検討された。TPN剤とEBI剤であるトリアジメホン剤を用いて機能性展着剤の添加効果が検討された結果、慣行の1週間間隔（一般展着剤添加）と同等以上の防除効果が認められて農薬散布間隔を1週間から2週間へ延長できることが示唆された。機能性展着剤添加は、殺菌剤が浸透性のないTPN剤よりも浸透性を有するEBI剤においてより顕著な防除効果の向上が認められた。

(3) 散布水量低減（茶赤焼け病）

茶の赤焼け病は晩秋から翌年の初春の低温期に発生する病気であり、一番茶への影響が大き

く、その防除には銅系殺菌剤が一般的に10a当たり400Lの水量で散布される。殺菌剤としてカスガマイシン・銅水和剤及び銅水和剤を用いて散布水量を200L、300Lに低減して陽イオン性活性剤を有効成分とする機能性展着剤の添加効果が検討された（表－6）。その結果、機能性展着剤を添加した区は散布水量を400Lから200L～300Lへ低減しても同等な防除効果が得られ、作業の軽減化と共に経済面の経費削減効果も期待できることが確認された。

(4) 耐雨性向上

a. ブドウの無核果

ブドウの品種デラウェアは植物ホルモン剤のジベレリン処理により、種なしブドウ（無核果）として広く実用化されている。長野農試ではジベレリン処理が梅雨時に当たるため、降雨対策が大きな問題になっていた。各種の展着剤の中でエステル型の非イオン性活性剤を有効成分とする機能性展着剤添加により、耐雨性効果が認められた。

b. カンキツの黒点病

カンキツの代表的な病害虫として黒点病とダニが挙げられる。殺ダニ剤としてマシン油乳剤が普及しているが、マシン油乳剤を機能性展着剤として利用する取組みが佐賀果試において行

表－6 茶赤焼病の体系防除における散布水量の低減に及ぼす展着剤の添加効果

試験区	発病葉数	発病葉率	防除率	一番茶収量	減収率	薬剤費
	(枚/m ²)	(%)	(%)	(Kg/10a)	(%)	(円/10a)
殺菌剤400L/10a	195.2	6(○)	63.1	541.7	13.7	5500
殺菌剤＋ニーズ400L/10a	216.8	6.7(○)	59	563	10.3	6200
殺菌剤＋ニーズ300L/10a	157.1	4.8(○)	70.3	575.1	8.3	5300
殺菌剤＋ニーズ200L/10a	215	6.6(○)	59.4	598.6	4.6	4300
無処理区	529.3	16.3(×)		484.9	22.7	—

試験場所：鹿児島茶業試験場（九防協委託試験）

処理日：2004年12月14日、2005年1月12日、2月8日、3月4日（合計4回）

供試殺菌剤：1回目はカスガマイシン・銅水和剤、2回目から4回目は銅水和剤

供試展着剤：ニーズ（陽イオン性活性剤配合物）

発病葉率：被害許容水準6.6%と比較し、水準～+0.3%まで○、+0.3%以上は×と判定

薬剤費：鹿児島県内流通概算価格

表-7 カンキツ黒点病防除に及ぼすマシン油乳剤の効果

試験区	薬剤散布日						発病度	防除価
	5/20	6/21	6/25	6/27	7/21	8/4		
累計降雨200-250mm	●	●		●	○	○	0.4	99
累計降雨200-250mm	○	○		○	○	○	10.7	76
累計降雨300-350mm	●		●		○	○	0.4	99
累計降雨400-500mm	●			●		○	10.4	77
無散布							45.0	—

●：マシン油乳剤添加，○：殺菌剤単独（マンゼブ水和剤）
試験場所：佐賀果樹試験場（1999年）

なわれている。すなわち、マンゼブ水和剤に展着剤としてマシン油乳剤を添加して殺菌剤の耐雨性向上が検討された（表-7）。マシン油乳剤を添加した場合、殺菌剤散布後の累積降雨量を300-350mm 間隔としても同 200-250mm 間隔と同等の高い効果が認められ、耐雨性が向上していることが示唆された。

（5）海外における展着剤の実情

a. 米国

米国のヘレナケミカル社によると、米国はアジュバント市場が最も大きく世界の40%を占有し、対象作物としてトウモロコシと大豆で全体の5割以上を占めている。アジュバントとして非イオン性活性剤、植物油濃縮剤、肥料配合物などがある。アジュバントは多様な効果が期待されており、効果増強、葉害軽減、散布液の改善、環境負荷の低減などが挙げられ、最近ではドリフト低減などの機能も検討されている。また、Foyによると、米国において市販されている農薬ラベルを調べた結果、19社の485品目の中で約49%にアジュバント推奨がラベルに明記され、5%がアジュバントの添加は不要と記載されており、農薬ラベルの5割以上にア

ジュバント情報が記載されている。

このようなアジュバント利用の最大の狙いは散布作業時間を含めた農業経費のコスト削減であり、米国の生産者が経営者としての視点を強く持っていることは特筆すべき点である。さらに高濃度少量散布のように散布水量が日本に比べて極少量のため、散布ムラが発生する中で効果向上作用のニーズが非常に高いものと推察される。

b. その他

International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals(ISAA2004)によると、1993年における西欧のアジュバントの出荷数量は20.3トと報告され、1998年には増加傾向にあると伝えている。この数字に肥料配合物や植物油濃縮物は含まれていない。ドイツのFederal Office of Consumer Protection and Food Safetyは農業と共にアジュバントの登録を管理しており、webサイトによると2006年で49社の81種類のアジュバントが登録されている。ドイツではアジュバントの目的は複数あり、薬効増強、湿展性向上、固着性向上や低泡性などがある。欧州は米国と少し異なり、環境

負荷の低減の視点から防除機と併せてアジュバントの利用が検討されている。

4. おわりに

日本では界面活性剤を有効成分とする展着剤が主流であるが、海外をみると活性剤以外の成分として植物油、マシン油、有機溶剤、無機物なども広く活用されている。一方、活性剤は様々な業種において使用されており、国内でも5千種以上が商品化されている中、農業関連はわずか3%にすぎない。すなわち、他業種で使用されている活性剤を含めて異なる機能を有する化学物質をアジュバントとして有効利用する余地が十分にあると言える。

展着剤の今後の課題として次の4点を挙げることができる。

- ① アジュバント普及における適用農業及び適用作物の整備
- ② 安全性データ（作物に対する薬害及び人畜・環境への影響）の整備
- ③ アジュバント活用による新しい散布技術の確立及び普及
- ④ リスクのより少ない機能性展着剤（アジュバント）の開発

冒頭にて述べたように、日本での農業散布は葉裏にも濡れるようにミスト化して十二分の水量で散布するのが慣行的であり、散布ムラは少なく、さらに散布回数の低減のみに重点を置いており、散布水量の低減化や登録範囲内の低濃度の活用（1000倍～2000倍であれば2000倍）に関しては十分な検討が行なわれていなかった。ポジティブリスト制度の施行により、ドリ

フト対策として初めて散布水量の適量化（低減化）及び散布液滴の粒径が大きくなる方向の中で一般展着剤ではなくアジュバント活用に注目が集まり、新たなニーズであるドリフト防止機能を有するアジュバントの開発も含めて日本におけるアジュバント普及が新たな時代を迎えようとしている。

今後、アジュバント技術を広く普及させるに当たり、指導機関の皆様から益々のご支援とご協力を切にお願いしたい次第である。

参考文献

1. 川島和夫, アグロケミカル入門, 米田出版 (2002)
2. 川島和夫, 植調, 37 (8) 250 (2003)
3. 川島和夫, 植物の生長調節, 42 (1) 100 (2007)
4. シンポジウム「21世紀の農業散布技術の展開」講演要旨, 日本植物防疫協会 (2000)
5. 農業要覧2006, 日本植物防疫協会 (2006)
6. Proceeding of the 7 Internatinal Symposium on Adjuvants for Agrochmicals (2004)
7. Peter J. Holloway, David Stock, Industrial Applications of Surfactant II .pp303(1990)
8. Chester L. Foy, 38,65, Pesticide Science (1993)
9. 井村岳男, 今月の農業, 10月号, 46, 化学工業日報社 (2006)
10. 堀川知廣ら, 茶業研究報告, 57, 18 (1983)