

展着剤の現状と今後の課題

花王株式会社 化学品事業本部 川島和夫

1. はじめに

生産者や技術指導者にとって展着剤に対する認識は残念ながら低く、従来は「どの展着剤を使用しても同じ」という見解が主であった。具体的な現場での対応として、展着剤の含量が少ない水和剤には展着剤の加用を推奨し、展着剤の含量が多い乳剤には推奨していないのが一般的ではなかろうか。すなわち、現場では展着剤と製剤用界面活性剤（乳化剤や分散剤など）が同じ扱いになっているのが現状である。

展着剤は農薬登録上、所謂展着剤と固着剤に大別される。両者の相違は作物での農薬付着量を増す傾向があるか否かで決まる。ここでは我が国の展着剤の現状及び今後の課題を中心に整理しながら、展着剤を積極的に使用して農薬の効果を増強・安定化させる事例を紹介する。これらの事例が今後の新技術の開発のご参考になれば幸いである。

2. 展着剤の分類と現状

(1) 有効成分からの分類

農薬要覧2002によると、75種の展着剤が農薬登録され約3300トンの出荷実績がある。展着剤を有効成分からみると、展着剤の約8割に界面活性剤が配合されている。界面活性剤の中でも非イオン性が主体であるが、陰イオン性が配合されたり、最近は陽イオン性が配合されたもの

もある。有効成分から展着剤をみると、非イオン性単独、陰イオン性配合、その他の3種に大別することができる（図-1）。75種類の展着剤の中で35種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界面活性剤が有効成分である。これらの界面活性剤は農薬製剤化にも使用され、展着剤の基剤として一部共通する。しかし、異なる顔（機能）をもって積極的に薬効を引き出す界面活性剤が配合された機能性展着剤（アジュバント）がある。

(2) 機能発現からの分類

展着剤は、農薬を散布する際に現場で加用する薬剤で、機能発現からみて4種に分類することができる。すなわち、機能性展着剤（アジュバント；Adjuvant）、一般展着剤（Spreader）、固着剤（Sticker）、そして飛散防止剤の4つである。アジュバントとは、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で用いられる物質を言う。有効成分の浸透移行性促進、溶出制御や薬害軽減などを目的に用いられる。アジュバントとして界面活性剤の他に植物油、鉱物油、有機溶剤や無機塩などがある。使用方法として、製剤中にすでに配合されている場合（内添型）と使用時に現場で加用する場合（別添型）がある。

(3) 展着剤の現状

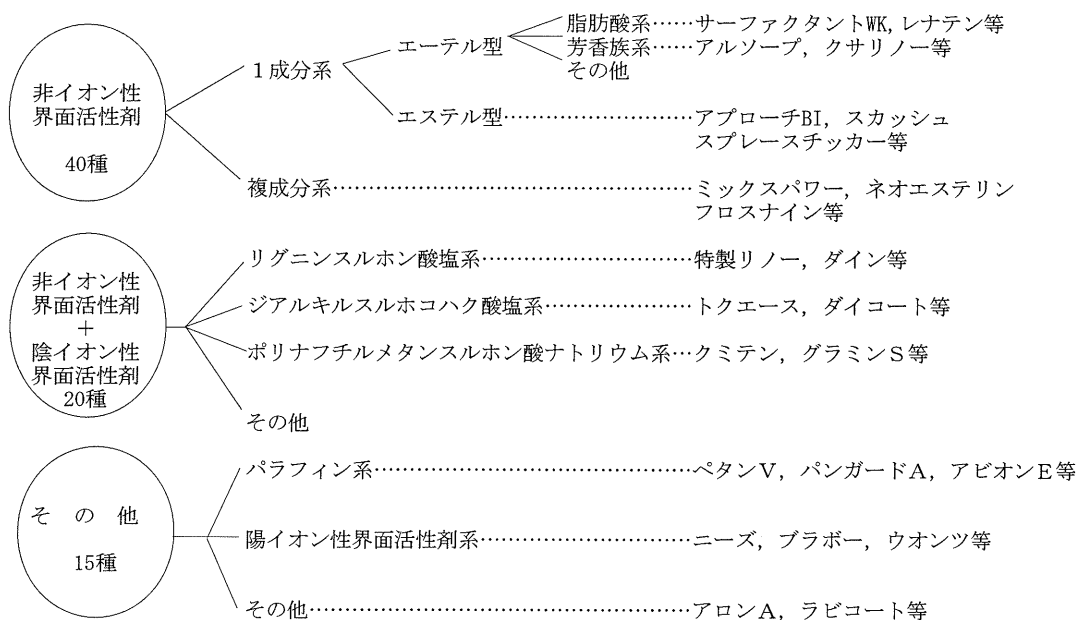


図-1 有効成分からみた主要な展着剤の分類

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（5000倍以上）で濡れにくい作物や病害虫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の混用性を改善する機能もあり、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Sハッテン、アイヤー20、グラミンS、特製リノーなどがある。

アジュバントは高濃度で使用されるが、濡れ性（湿展性）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、農薬を含む総経費で利益が還元されるものである。アメリカでは、別添型アジュバントの混用が一般化しており、特に少量散布や薬効増強などを主目的に使用され、我が国でも徐々に普及しつつある。これまでは、除草剤専用のアジュバントだけが商品化されていた。しかし、最近は殺菌剤や殺虫剤用アジュバントもある。アジュバントは浸透性の農薬（EBI剤、有機リン剤など）との混用によ

り、卓越した薬効の増強が期待できる。しかし、薬害の発生しやすい条件や薬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BI、スカッシュ、ニーズ、プラボーやサーファクタントWK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たり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。収穫間際の薬剤散布は、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をしっかりと守る必要がある。代表的な製品としてペタンV、スプレースチッカー、ステッセルやパンガードAなどがある。

飛散防止剤は、主として空中散布時のドリフト（飛散漂流）防止を目的として加用されるが、最近是非農耕地での除草剤散布時に飛散防止のために加用されることもある。製品ではアロンAなどがある。

3. 展着剤の開発動向

60～70年代には有効成分として非イオン性や陰イオン性界面活性剤を配合し、湿展性や付着性などを有する各種の汎用タイプが商品化された。特に消泡性や混用性改善は現場では実用的であり普及した。当初は濡れ性や付着性向上などの物性面での効果を狙った使用が中心であったが、除草剤用に生物効果の向上を狙った使用方法も一部で普及した。その後、機能性展着剤として殺菌剤や殺虫剤用に浸透剤の一般名で新規展着剤が上市された。さらに陽イオン性界面活性剤を配合した展着剤が薬効増強や難防除対応として上市された。昨今は環境・安全性の観点から有効成分が食品添加物や生分解の良い植物系原料のものが上市されている。

一方、初期付着量を著しく向上させる固着剤は保護殺菌剤や梅雨時期などの残効性向上を狙ってパラフィンやポリオキシエチレン樹脂酸エステルを有効成分とする製品が上市された。最近、付着量を向上させなくても均一に付着させることにより、残効性を高める結果がマシン油乳剤

を展着剤として加用したカンキツ類での防除試験で確認されており、従来の「カンキツ類での固着剤理論」を揺るがしている。

従来は濡れ性や付着性などの物性面が中心であったが、残効性や薬効増強などの生物面に注目された展着剤へ移行しつつあり、さらに環境や安全性も加味した商品の台頭が見られる。

4. 展着剤の活用事例

(1) 植物成長調整剤での応用

植物ホルモンの検定試験でよく使用される界面活性剤のTWEENを原料とする展着剤アプローチBIはブドウの無核化（種なし化）のために散布するジベレリンで最初に実用化された。ブドウの品種デラウェアに対する植調剤のジベレリン処理は、ちょうど梅雨時に当たり散布後の降雨対策が問題になっていた。長野県農業試験場で長年に渡り検討され、アプローチBIに耐雨性効果が認められた（表－1）。その後、リングの摘果剤NAC剤やブドウの花振り防止剤メピコートクロリド剤にも加用して安定した効果が得ら

表－1 ブドウの無核果に及ぼす展着剤の効果

アプローチBIの濃度 (%)	洗浄までの時間 (h)	房長 (cm)	房重 (g)	無核果		無核果 粒率 (%)	糖度
				粒重(g)	粒数		
0.1	2	11.9	97.7	55.3	97.9	89.3	21.4
	4	11.6	82.9	76.6	85.5	90.8	20.8
	無洗浄	12.4	109.1	105.6	96.4	99.9	20.9
0.3	2	11.9	88.1	77.8	91.6	93.4	21.0
	4	11.7	88.8	83.7	83.8	97.8	20.9
	無洗浄	11.2	104.6	100.5	95.7	100.0	21.1
無加用	2	11.9	99.2	57.9	80.4	71.5	21.7
	4	12.1	99.7	57.1	81.2	71.5	21.7
	無洗浄	12.9	101.5	97.3	91.0	100.0	21.1

第1回処理（5月30日）：ジベレリン 100ppm+アプローチBI
 第2回処理（6月22日）：ジベレリン 100ppm+市販展着剤 0.01%
 供試品種：デラウェア
 アプローチBI：当時の試験名はアトロックスBI
 試験場所：長野県農業試験場

表－２ 茶輪斑病に対するTPN剤の効果

試験区	摘採から散布までの期間	発病葉数／㎡	防除率(%)
TPN剤＋アブローチBI 500倍	直後	12	95
TPN剤＋アブローチBI 1000倍	直後	8	97
TPN剤	直後	28	89
TPN剤＋アブローチBI 500倍	1日後	80	68
TPN剤＋アブローチBI 1000倍	1日後	95	63
TPN剤	1日後	155	39
無処理区	—	253	—

TPN剤；ダコニール水和剤 800倍

試験場所；静岡県茶業試験場

表－３ 展着剤加用によるTPN剤の茶中残留試験

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

TPN剤；ダコニール水和剤 800倍

*；1%の危険率で有意差あり

れている。

(2) 殺菌剤での応用

静岡県で茶の輪斑病の耐性菌に対して、ベノミル剤の代替としてTPN剤などを1番茶の摘採と同時に散布しないと、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、不可能に近く、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、静岡県茶業試験場と共同研究が行われた（表－2）。薬効は現地圃場で調査され、3種のアジュバントが浸透剤として効果を示すことが確認された。その中のひとつがアブローチBIで、現場からの要望もあり、茶での作物残留をTPN剤について検討した。その結果、作物残留を増大させる傾向のないことが明らかになった（表－3）。

その後、各種のアジュバントの開発が進み、初めて汎用タイプの陽イオン性界面活性剤を有効成分とするアジュバントとしてニーズが上市

された。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剤の耐性菌問題もあり、現場では1週間間隔で薬剤散布が行われており、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。ニーズを用いた試験が、九防協を通じて佐賀県農業試験場と鹿児島県農業試験場で実施された（図－2）。TPN剤とトリアジメホン剤を用いてニーズの加用効果が検討された結果、慣行の1週間間隔散布と同等以上の防除効果が認められた。特にEBI剤へ加用することにより、増強効果が顕著に認められた。

この試験結果から、ウリ類うどんこ病についてアジュバントであるニーズを加用することにより、農薬の散布間隔を1週間から2週間へ延長できることが示唆された。同時にべと病についてもニーズ加用の効果が検討され、増強効果が確認された。

(3) 殺虫剤での応用

ブドウに大きな被害をもたらすトラカミキリの休眠期防除が、アブローチBIを用いて広島県

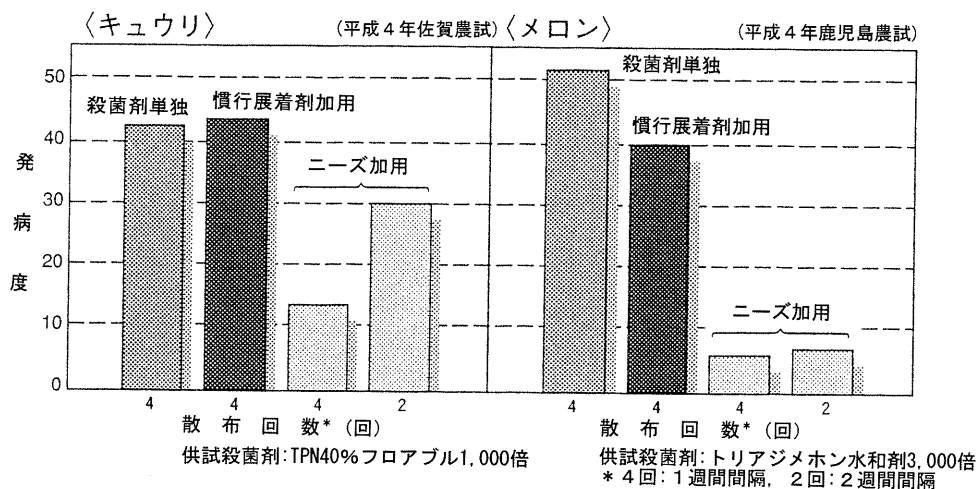


図-2 ウリ類うどんこ病防除に対する展着剤の効果

表-4 ブドウトラカミキリ防除に及ぼす展着剤の効果

トラサイドA乳剤	POEヘキシタン脂肪酸の濃度	幼虫食虫数	生存虫数	生存虫率(%)
200倍	200倍	8.7	0.1	0.6
200倍	500倍	9.8	0	0
200倍	—	14.1	1.5	10.9
400倍	200倍	16.1	1.0	5.0
400倍	500倍	12.9	1.7	12.8
400倍	—	14.0	3.7	20.1
無処理	—	16.0	6.9	40.7

POEヘキシタン脂肪酸: アプローチBI
 処 理 日: 1976年3月22日
 調 査 日: 1976年6月4日
 試験場所: 広島県果樹試験場

果樹試験場で実施された(表-4)。試験は樹木に侵入しているトラカミキリの幼虫に対するマラソン・MEP剤の効果を観察するものであり、殺虫剤の濃度を高めるよりもアジュバントを加用することが、より高い殺虫効果を示した。さらにそのアジュバント濃度を高めることにより、100%に近い殺虫効果が認められ、アジュバント加用により樹木への薬剤の浸透が高まるためと推察される。

(4) 除草剤での応用

除草剤にアジュバントを加用することはもっ

とも一般的であり、サーファクタントWK, サブライやレナテンなどの展着剤が除草剤専用として農薬登録が取得されている。ここでは、世界でもっとも普及している除草剤であるグリホサート剤に対する2種の界面活性剤(アジュバント)の効果を紹介する。

NelsonとGarlichはmilk weedとhemp dogbaneを供試雑草として用い、2種類の界面活性剤のHLB(Hydrophilic Lipophilic Balance)がグリホサート剤の殺草性に及ぼす効果を検討した結果、ポリオキシエチレン(POE)ステアシルエー

テルについては、HLBが15~16、POEステアリルアミンについてはHLBが19~20の時に殺草効果が最大になることを観察した。グリホサート剤は特許が切れたこともあり、ジェネリックが多く出回っているが、効果の安定・増強のために各種のアジュバントが配合されて商品化されている。

(5) アジュバントの作用特性

葉面散布を例にして、界面活性剤がどのように農薬の効力を増強させているかを各プロセスごとに考えてみると、まずは①処理液、次に②葉面上、そして③農薬の取り込みと移動での3つのプロセスにおける作用がある。

まず、処理液での作用について、農薬と界面活性剤の分子間相互作用（例えば、ミセル構造）が散布液の調製時に生じており、農薬と界面活性剤の組合せ方で溶液の物理化学的性状が変化し、このことが農薬の効力を左右するひとつの因子と考えられる。加用する界面活性剤の種類により、農薬の水溶解性が変化し農薬の効果に差異が生ずることが知られている。

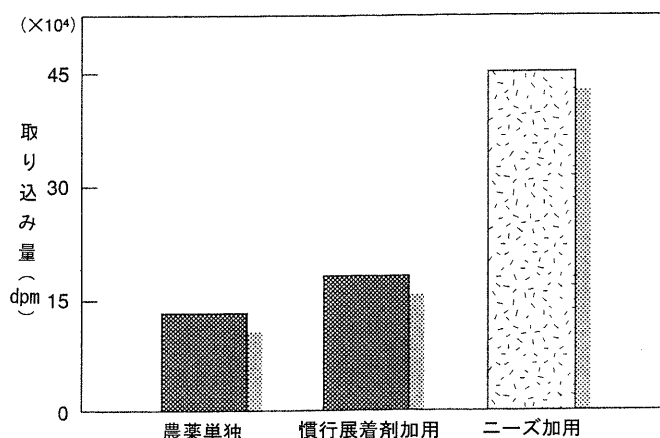
処理液の葉面での状態は、葉表面構造、ワックス組成、散布量や液滴の大きさなどにより著しく異なる。界面活性剤の加用により、散布液の表面張力、葉表面での接触角を低下させることができるので、特に濡れ性の悪い植物では農薬の効果を高めることができる。Brianは、非イオン性界面活性剤をパラコート剤に加用すると、濡れ性の悪いカモガヤの場合には約8倍も取り込みが増加するものの、濡れ性の良いトマトではその取り込み量は増加しないことを報告している。このように、散布液の物理性（濡れ性、拡張性、付着性や固着性など）が農薬の効力に一義的に関与していることも確認されている。表面張力の低下と気孔からの取り込みの関

係については、気孔の形態にも影響されるが、表面張力が70~73dyne/cmの水では取り込みは起こらない。しかし、GreeneとBukovacは界面活性剤を加用して表面張力が低下すると、気孔内への取り込みが増え、特に30dyne/cmにまで低下すると取り込み量がさらに増えることを報告している。すなわち、植物ホルモン活性のあるNAA溶液の気孔からの取り込みは極めて限られているが、界面活性剤加用により取り込みが促進されることを明らかにしている。

界面活性剤を加用し、十分な濡れ性が与えられても農薬の取り込みが促進されず、農薬の効力も増強されないことが多々ある。すなわち、①増強効果を発現させる濃度はcmc(ミセル臨界濃度)以上の濃度が必要である、②表面張力及び接触角の低下と増強効果との相関性は絶対ではない、③前述した農薬/界面活性剤/植物の組合せにおいて、ある限られた界面活性剤のみが有効であると整理することができる。

これらのことから第3の作用特性として、農薬の葉面からの取り込みや移動の促進が考えられる。SmithとFoyは、ラベル化された非イオン性界面活性剤を用いて処理した葉表面部と処理直下の組織に作用点のあることを示唆している。界面活性剤は葉表面のワックスを可溶化したり、クチクラ膜のクチン層に配向し、クチクラ膜にhydrophilic channelsが形成されてクチクラ膜の膨潤化や電荷状態の変化を起こし、農薬のクチクラ膜浸透を容易にするものと概念的に考えられる。すべての農薬に適用できるのではなく、農薬の化学構造、分子量や電荷などの性状によって効果発現は大きく異なる。

すでに紹介したアプローチBIは、可溶化能との関係により効果増強が発現するものと推察される。陽イオン性界面活性剤が配合されたニー



〔方法〕 ^3H -EBI剤を用いて、発芽胞子（斑点落葉病菌）に対する薬剤の取り込み量を液体シンチレーションカウンターにて測定した。
 〔結果〕 ニーズ加用により、EBI剤単独に比べて3倍強、取り込み量の促進が観察された。

図-3 病原菌への殺菌剤の取り込みに及ぼす展着剤の効果

ズは、病原菌の表面電荷や殺菌剤の菌への取り込み量が調べられている（図-3）。ラベル化したEBI剤を用いて斑点落葉病菌への取り込み量を調べ、約3倍の取り込み量が観察されている。その取り込み促進は、非イオン性の可溶性能及び陽イオン性の細胞膜の流動化作用などによるものと推察される。

5. 展着剤の今後の課題

展着剤の今後の課題としては次の3点を挙げることができる。

- ① リスクのより少ない展着剤の開発・普及
- ② 登録更新に必要な安全性データなどの対応
- ③ 農薬登録の適用農薬・適用作物の対応

まず①については冒頭でも述べたように既登録の主要な展着剤の有効成分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界面活性剤が配合されている。これらの界面活性剤は難分解性や水棲生物への悪影響などから日本界面活性剤工業会では代替品を積極的に推奨しており、数年後には現商品群に大幅な変更があるものと予測される。従って、環境や

安全性においてリスクのより少ない有効成分を配合した展着剤が主体になると推察する。今年3月の農薬登録法改正後、少し異なる安全性の視点から隣接する農作物に対して展着剤によるドリフト防止のニーズが高まっているが、本来は農薬の効果を十分に引き出すための手段（特に少量散布や減農薬）としての展着剤

の普及に期待する。

②については現在75品目ある展着剤も3年毎の登録更新に安全性データや物化データなどの対応が必要であり、経費と販売の関係から登録更新を断念するケースが増え、商品群が絞られることになるものと予測される。

③については展着剤も農薬登録法改正後、適用農薬と適用作物が厳しく判断されて植物成長調整剤に広く使用されていたものが使用できないケースが出てきた。除草剤などについても同様な問題が見られるが、すべての適用拡大の対応が行われるのではなく、その対応は現場ニーズと経費のバランスから個別に判断されることになる。

現場では限られた登録農薬をより効果的、且つより経済的に使いこなすため、今後は現場の真のニーズに則した展着剤だけが生き残り、従来のようなワンパターンの使用方法ではない時代に入ろうとしていると考えられる。

参考文献

- 1) 川島和夫, アグロケミカル入門, 米田出版

- (2002)
- 2) 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)
- 3) 農業要覧2002, 日本植物防疫協会 (2002)
- 4) 刈米孝夫, 界面活性剤の性質と応用, 幸書房 (1980)
- 5) 杉村順夫ら, 植物の化学調節, 19(1), 34 (1984)

新刊!

日本雑草学会ブックレット

雑草の逆襲

除草剤のもとで生き抜く雑草の話

伊藤 一幸／著

定 価 1,000円+税 B6判 112ページ

除草剤で防除していた雑草が枯れなくなる事例が増えてきた。
 雑草は除草剤抵抗性を獲得しながら、密かに逆襲する時を狙っていたのである。
 抵抗性の現状はどうなっているのか？
 どうしてそんなことが起きたのか？
 抵抗性が発達するメカニズムはどうなっているのか？
 筆者は自らの体験に触れながら、最新の研究成果に基づいて、わかりやすく解説する。



目 次

桑畑で除草剤が効かなくなってしまった話
 キク科植物にパラコート抵抗性が集中したのはなぜか？
 田んぼの草が枯れなくなった話
 ALS阻害型抵抗性の作用機作と検定法の開発
 海外における抵抗性研究
 抵抗性雑草が拡散するための要因
 除草剤抵抗性の分子生物学
 除草剤の必要性和抵抗性雑草対策