

# 連載 展着剤を上手に使うための基礎と応用(1)

丸和バイオケミカル(株) 技術士

川島 和夫(かわしま かずお)

## はじめに

我が国では従来、農業散布において葉裏にも薬液がかかるように十分な水量で散布する指導がなされ、展着剤は、その本来の機能である薬効や散布効率の向上が発揮されず、濡れ性や付着性などの物理化学的性状の改善を目的とする単なる補助剤としての位置づけであった。しかし、2006年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需要が著しく高まり、北海道を中心に展着剤の役割が少しずつ見直されつつある。一方、米国では高濃度少量散布の際に機能性展着剤であるアジュバントが積極的に有効活用されている。本稿では海外の情報も含めて展着剤を上手に使うための基礎と現場での応用事例について紹介したい。各地での有効活用に向けて参考にして頂ければ幸いである。

## I 日本における展着剤について

### 1 展着剤の分類と機能

展着剤は殺虫剤、殺菌剤や除草剤など(主剤)に代表される農業の一つで、農業を散布する際に現場で添加する薬剤であり、同剤は主剤の物理化学的性状を改善して生物活性を安定化させたり高めるために用いられる。過去10年間の展着剤の出荷数量は約3,000tであったが、最近はやや減少傾向にあり、2012農業年度では2,824t、63品目の展着剤が農業登録されている。展着剤の出荷数量は県別では北海道がもっとも多く507tで、続いて群馬・青森・長野・愛知の順になり、上位5県で約42%になる。その主要な対象作物として北海道は麦類・豆類などの畑作物、群馬はコンニャク・キャベツ、青森はリンゴ・ニンニク、長野は落葉果樹、アスパラガスやキャベツ、愛知はキャベツ、ブロッコリー、キクなどになる。過去10年間の製品推移をみると、最近では単なる濡れ剤としての一般展着剤から多機能なタイプへ移行している傾向が見られる。

次に展着剤を有効成分からみると、全体の約9割に界面活性剤が配合されている。展着剤の有効成分である界面活性剤は非イオン(ノニオン)が主体であるが、陰イオン(アニオン)が配合されたものや陽イオン(カチオン)が配合されたものもあり、①ノニオン単独、②アニオン配合、③その他の3グループに大別することができる<sup>1,2)</sup>(図-1)。商品コンセプトから展着剤を分類すると、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種類に大別することができたが、2011年に唯一の飛散防止剤が登録失効になり、現在は3タイプになる。その中でアジュバントは広義には補助剤全般を意味するが、一般的には農業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HollowayとStock<sup>3)</sup>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。

アジュバントは一般展着剤に比べて高濃度で添加されて濡れ性や付着性を改善すると共に特に難除場面などで農業の効果を積極的に引き出す剤であり、単に効果を高めるだけでなく農業散布の作業時間を含む総経費削減の利点が生産者に還元されるものである。一般展着剤は、散布液の表面張力を下げることにより拡張性を改善し、アジュバントに比べて低濃度で添加されて濡れにくい作物や病害虫などへの付着性を改善する。また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あり、物理化学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。固着剤は初期付着量を高めることにより、殺菌剤などの耐雨性を高めて残効性を延ばすことができ、特に保護殺菌剤への添加により効果が期待できる。

### 2 過去の開発経緯

過去の展着剤の開発経緯を簡単に振り返ると、大正12年頃からカゼイン石灰が代表的な製品となり、農業に添加して効果を向上させる試みが行われた。昭和5年

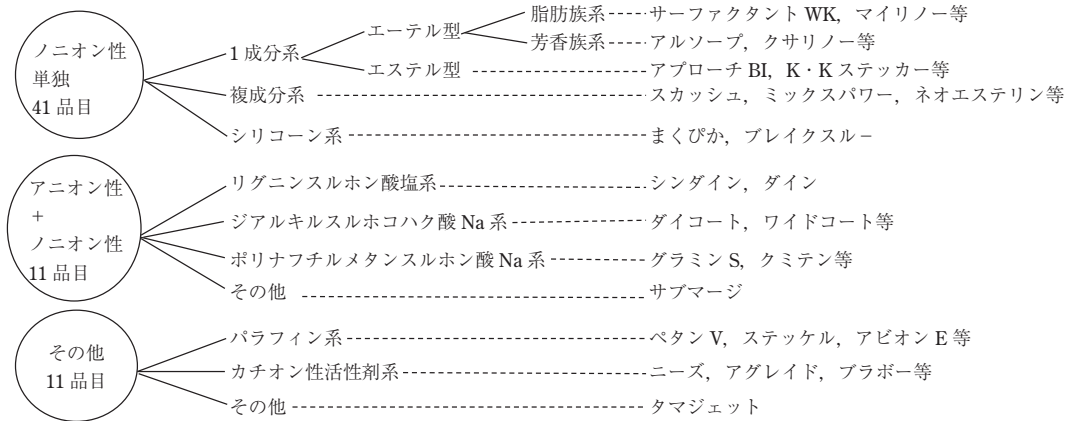


図-1 有効成分からみた主要な展着剤の分類

頃から松脂展着剤, 次にロジン酸石鹼が出現し, 昭和10年頃にヒ素剤やボルドー液へ添加されて濡れ性の悪い作物への普及が広がった。戦後は油脂系展着剤やチーク展着剤, さらに戦前のカゼイン石灰と松脂展着剤が復活して使用された。その後は硫酸ニコチン, 除虫菊やデリス剤の使用量の減少と共に石鹼類も減少し, 同様にヒ素剤の減少と共にカゼイン石灰も急減し, 1953~1954年にかけて展着剤としての登録が失効した。1955年頃からノニオンやソープレスソープが展着剤として応用されるに至り主要な位置づけになり, かつては汎用であったヤシ石鹼, 魚油石鹼や粉末石鹼などが1974年までに登録失効になった。

1970年以降もいわゆる一般展着剤の時代であり, 有効成分は製剤助剤(分散剤, 湿潤剤, 乳化剤等)として一般に使用されていたアニオンやノニオンを配合して製品化され, 現場で混用時の物理化学的性状の改善に貢献していた。1980~2000年は浸透剤やカチオンを始めとする多機能な製品が上梓されてきたが, まだ一般展着剤が主流であった。しかし, 2006年のポジティブリスト制度施用後はドリフト対策に伴い, 過剰な散布水量から適正な散布水量へ見直されてドリフトレスノズルの普及とともに, 一般展着剤から機能性展着剤への加速が顕在化し, その流れの中で顕著な濡れ性を示すシリコーン系タイプが上梓されている。

## II 界面活性剤について

### 1 界面活性剤の定義と種類

63品目の展着剤の約9割が界面活性剤を有効成分とすること, さらに添加する対象である殺虫剤, 殺菌剤や除草剤などの農業に製剤助剤として界面活性剤が配合されて重要な役割を担っていることから, まず界面活性剤

表-1 界面活性剤の分類と主要な用途

イオン性	構造	機能	主要な用途
陰イオン性 (アニオン)		分散能	洗剤, シャンプー 乳化剤, 分散剤など
陽イオン性 (カチオン)		吸着能	リンス, 柔軟剤 防カビ剤, 殺菌剤など
非イオン性 (ノニオン)		低濃度 cmc	洗浄剤基剤, 乳化剤 可溶化剤, 湿潤剤など
両イオン性		水溶液状 態で 陰/陽 イオン	シャンプー/リンス基剤 柔軟剤, 防錆剤など

の基礎について触れたい。

界面活性剤は両極性物質であり, 親油性部分と親水性部分をひとつの分子内に併せ持った化学構造である。一般的に界面活性剤のモデル図はマッチ棒で示され, 丸い部分が親水基, 棒の部分が親油基である。また界面活性剤は親水・親油バランスによって2相の境界面に吸着されて界面の状態や性質を著しく変える作用を有する物質の総称でもあり, 石鹼水の添加により水と油が混じり合って均一相になる現象が代表的な乳化事例である。界面活性剤は親水基と親油基の組合せによって各種のタイプが存在するが, 親水基の電荷状態によって4タイプに大別できる(表-1)。すなわち, マイナスではアニオン, プラスではカチオン, 電荷のない場合はノニオン, プラスとマイナスの両方を持つ場合は両イオン性(両性)と称される。農業分野, とりわけ農業において使用されている界面活性剤はノニオンとアニオンが主体である。

### 2 界面活性剤の基本的な性質

界面活性剤は化学構造上の特長から一般の分子には見

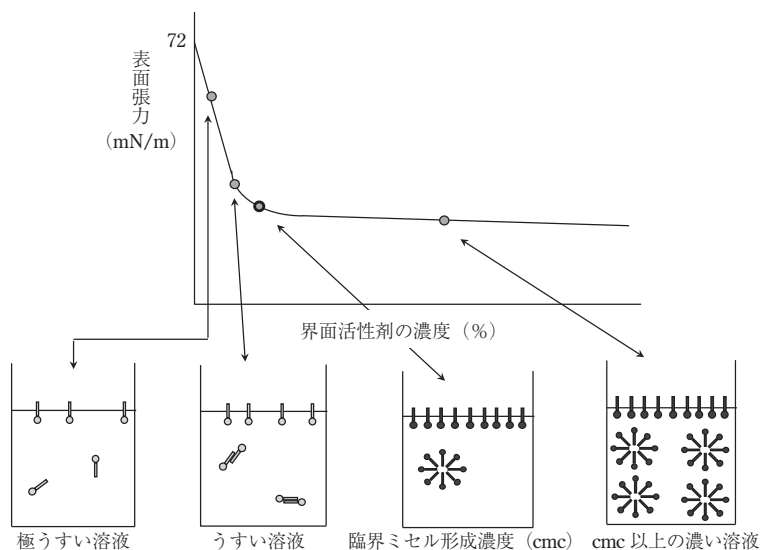


図-2 界面活性剤水溶液中のミセル状態と表面張力

られない2つの基本的な性質を持っている<sup>4)</sup>。すなわち、  
 ①吸着：界面で配向吸着して界面の状態や性質を変化させること、  
 ②会合：ある濃度を超えると界面活性剤同士が集まって（会合）小さな集団（会合体：ミセル）を作り、混じり合った状態になることである（図-2）。この2つの基本的な性質（吸着と会合）に基づき、界面活性剤は分散・乳化・可溶化・起発・潤滑・濡れ・洗浄・触媒作用などの様々な機能を発現する。数十分子から数百分子の界面活性剤の集合であるミセルが出来始める濃度を臨界ミセル形成濃度（cmc）と呼び、cmc 近傍において界面活性剤水溶液の諸物性は大きく変化する（図-3）。一般展着剤は cmc よりも低い濃度で添加され、現場では単なる濡れ剤として使用されている事例が多い。濡れに関しては付着，浸透，拡張の3つの現象があり，散布現場では3つの濡れが同時に起きている。

### III 米国におけるアジュバントの種類と活用

#### 1 農薬用アジュバント国際学会 (ISAA : International Society for Agrochemical Adjuvants)

ISAA はアジュバントに特化した国際学会であり、1986年に第1回の大会がカナダにて開催され、その後は3年毎に世界各国にて開催されている<sup>5,6)</sup>。最近では2013年4月にブラジルで盛大に開催された。その大会では約400名の参加者、口頭発表43件、ポスター発表53件があり、主要なテーマとしてアジュバント効果45件、除草剤関連30件、殺菌剤関連21件、試験方法17件、ドリフト関連13件があり、アジュバント活用が広く国

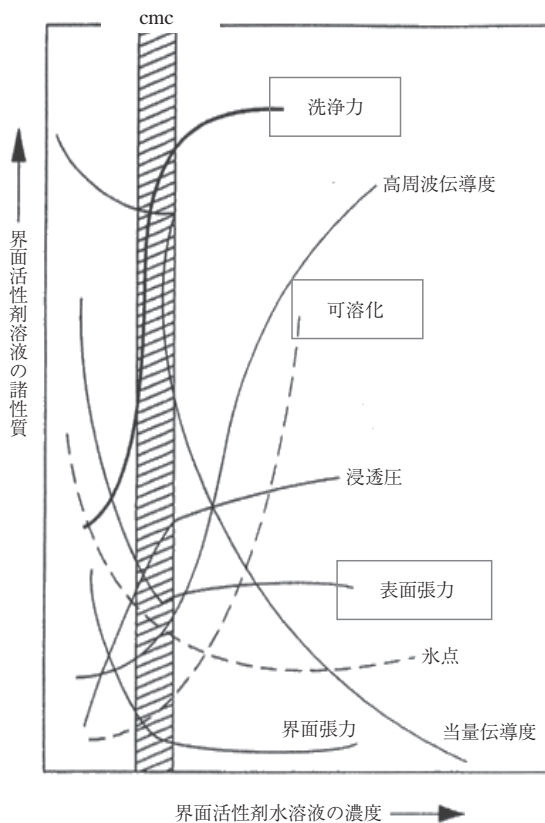


図-3 界面活性剤の cmc と溶液の諸性質の関係

際的に検討されている。アジュバント研究開発に関する国際的なこのような動向をみると、近い将来に我が国でも地上散布や無人ヘリコプター散布用に散布機器の改良と共にドリフト防止剤が開発・実用化される可能性は高いと予測される。

## 2 米国でのアジュバントの種類と使用実態

サーザン・イリノイ大学のヤング<sup>7)</sup>が編集した除草剤用アジュバント概説書によると、2012年において米国のアジュバントは27タイプに分類され、その製品数(27タイプからタンク洗浄剤、発泡剤、香料、緩衝剤、その他を除く)は933品目あり、タイプでみると窒素配合系157品目、ノニオン性界面活性剤134、植物油メチル化物62、植物油濃縮物(大豆、ヒマワリ、ナタネなど)51、シリコーン系界面活性剤39、ドリフト防止剤224、展着剤・固着剤25などに分類できる。製造元は37社あり、主要な会社としてヘレナケミカルが53品目、レッドリバースペシャルティーズが48、ウィルバー・エリスが45あり、様々な機能のアジュバントが製造・販売されている。この除草剤用途のアジュバント概説書以外に殺虫剤、殺菌剤や植調剤用アジュバントも製造・販売されており、したがって米国では日本の展着剤に相当

する製品数は約千品目が上梓されているものと推定される。米国では日本と比べて高濃度少量散布(標準で25 l/10 a)や空中散布が一般的であり、その際に散布ムラが発生しやすい散布条件である。アジュバントメーカーは積極的に大学やコンサルタントを活用して基礎試験や現地試験データを公表すると共に、農薬会社自身も独自で開発したアジュバントを推奨しているケースも見られる。要はアジュバント添加によって農薬散布作業の効率化も含めてトータルでコストを削減できるために(経営者の視点)、アジュバント活用が米国で広く普及しているものと推察される。

今回は、日本における展着剤の活用事例と作物残留への影響について紹介する。

## 引用文献

- 1) 川島和夫(2007):「散布技術を考える」シンポジウム講演要旨集, 日本植物防疫協会, 22~30.
- 2) ——— (2009): 植物防疫 63: 233~236.
- 3) HOLLOWAY, P. J. and D. STOCK (1990): Industrial Applications of Surfactant II, 303~337.
- 4) 川島和夫(2002): アグロケミカル入門, 米田出版, 1~172.
- 5) ——— (2014): 農業及び園芸 89: 241~246.
- 6) ——— (2014): 展着剤の基礎と応用, 養賢堂, 1~138.
- 7) Bryan Young (2012): Compendium of Herbicide Adjuvants, Southern Illinois University, 1~48.

## (新しく登録された農薬37ページからの続き)

イプフェンカルバゾン: 2.5%

テフリルトリオン: 2.0%

ベンスルフロンメチル: 0.75%

**移植水稲**: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ, ミズガヤツリ(東北), ウリカワ, クログワイ(東北), オモダカ(北海道), ヒルムシロ, セリ

●イプフェンカルバゾン・テフリルトリオン・ベンスルフロンメチル粒剤

23516: カチボシ L ジャンボ (北興化学工業) 14/9/10

イプフェンカルバゾン: 8.3%

テフリルトリオン: 6.7%

ベンスルフロンメチル: 1.7%

**移植水稲**: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, クログワイ(北陸, 近畿・中国・四国), オモダカ(北陸, 関東・東山・東海, 近畿・中国・四国), ヒルムシロ, セリ

●イプフェンカルバゾン・テフリルトリオン・ベンスルフロンメチル粒剤

23517: カチボシジャンボ (北興化学工業) 14/9/10

イプフェンカルバゾン: 8.3%

テフリルトリオン: 6.7%

ベンスルフロンメチル: 2.5%

**移植水稲**: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ, ミズガヤツリ(東北), ウリカワ, クログワイ(東北), オモダカ, ヒルムシロ, セリ

●イマズスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・プロモブチド水和剤

23519: バッチリ IX フロアブル (協友アグリ) 14/9/10

イマズスルフロン: 1.7%

オキサジクロメホン: 0.56%

ピラクロニル: 3.7%

プロモブチド: 16.3%

**移植水稲**: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ(北海道, 東北), ウリカワ, ミズガヤツリ(北海道を除く), ヒルムシロ, セリ(北陸を除く)

●イマズスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・プロモブチド粒剤

23520: バッチリ IX ジャンボ (協友アグリ) 14/9/10

イマズスルフロン: 2.25%

オキサジクロメホン: 0.75%

ピラクロニル: 5.0%

プロモブチド: 22.5%

(70ページに続く)