ミニレビュー

農薬製剤・施用法の歩みと今後の展望[#]

藤田 茂樹*

クミアイ化学工業株式会社製剤技術研究所

(2013年5月13日受理)

Recent advances and future prospects in the pesticide formulation and application technologies in Japan

Shigeki FUJITA

Formulation Technology Institute, Kumiai Chemical Industry Co., Ltd.,
100 Shibukawa, Shimizu-ku, Shizuoka-shi, Shizuoka 424-0053, Japan

Keywords: formulation, application, labor-saving, environmental loading, cost.

はじめに

かつて農薬防除は「きつい」、「汚い」、「危険」の3Kであった。さらに、近年は「高価」という認識も加わるが、農薬防除は現代の農業にとって欠くことのできない農業資材の一つである。本来、農薬製剤の基本的な目的は、農薬を使用し易い形にすること、つまり少量の農薬有効成分を広範囲に、かつ、均一に散布することができる形態にすることである。しかし、それ以外にも農薬製剤に期待されることは多く、農薬の効果を最大限発揮させること、農薬の短所をカバーすること、使用者の安全性、環境安全性を付与すること、農薬散布の作業性を改善したり省力化を図ること等が挙げられる。一方、農耕地の面積の減少、農業従事者の高齢化、専業農家の減少、残留農薬に対する社会的な関心の高まり、ポジティブリスト制度の施行等、時代によって農薬を取り巻く環境は変

化をしており、特に近年、これらの変化を考慮した農薬製剤の設計として、「省力化」、「環境負荷」が重要なキーワードである。また、これらのキーワードを踏まえた農薬製剤は高付加価値製剤であり、一般的に原料や製造経費も高くなる傾向にあるため「低コスト」も製剤設計の重要なキーワードといえる¹⁾。以上の3つのキーワードを中心に、これまでの農薬製剤と施用法の歩みと今後の展望について述べる。

1. 省力化

水稻栽培を例にとると、除草作業に要する時間は、優れた除草剤の普及により1950年から40年の間に1/20となったが、市場にはさらなる省力化の要求がある。その要因として、使用者が高齢化していること、専業農家が減少していること、一方、区画整理により大規模圃場の増大が進んでいること等が挙げられ、それに対するが農薬散布の省力化を具現化する手段として、「軽量化（少量製剤）」「省力化製剤」「散布装置の利用」等がある。

1.1. 軽量化（少量製剤）

かつて、農薬製剤の使用量は10a当たり3kgを処理してい

[#] 第38回大会シンポジウムを取りまとめた解説。

* 〒424-0053 静岡県静岡市清水区渋川100

E-mail: s-hujita@kumiai-chem.co.jp

© 日本農薬学会

たが、1994年に1キロ粒剤が普及し始め、水田に持ち込む農薬粒剤の量は物量的に1/3に減少した。それに伴い、粒剤の散布機も1キロ粒剤対応型に改良され、1度農薬をタンクに入れば、従来の3倍の面積を処理することが可能となり、大きな水田であっても、車まで戻って農薬を詰め替える労力が減ることとなった。この1キロ粒剤には、処理量が1/3になっても十分な防除効果が得られる製剤技術として、十分な散布到達性や、成分の拡散性が良好となる技術が用いられている。

また、次項の省力化製剤で述べるが、1990年台中頃から普及し始めた10a当たり250~500gを散布するジャンボ剤やフロアブル剤といった省力化製剤も軽量化に大きく貢献することとなった。

1.2. 省力化製剤

省力化製剤は、水という拡散媒体がある水稻分野が主な対象であり、水田に入らずに畦畔から散布することをコンセプトに開発、普及した製剤である。製剤技術が最も反映される農薬製剤と言える。以下に主な製剤について述べる²⁾。

フロアブル剤は元々水に希釈して散布されていた製剤であるが、水田に直接散布されるようになった。容器の口の部分に数個の穴が開いた中栓があり、そこから中身が飛び出る構造となっており、畦畔を回りながら10a当たり500mLの製剤を数十回に分けて振り込むように散布する。この製剤には原液のまま液滴の状態でも散布されても、成分が均一に拡散するような製剤技術が用いられている(図1)。

ジャンボ剤はポリビニルアルコール等の水溶性フィルムの中に拡散型粒剤や浮遊型粒剤が1袋当たり25~50g入った製剤が主流であり、そのほかに入浴剤のように炭酸ガスを発する成分を固めた製剤もあるが、いずれも10a当たり10個を水田に投げ入れる製剤であり、非常に省力的な散布が可能な製剤である。他の省力製剤と比べて極めて局所的な処理となるため、成分の拡散性が最も要求される製剤であり、成分の

図1. フロアブル散布

図2. ジャンボ剤の散布

拡散距離を評価するモデル試験等によって製剤の最適化が図られ製品化されている(図2)。

豆つぶ[®]剤は粒径が約5mmと通常の粒剤より粒が大きな製剤であり、10a当たり250gを施用する。散布すると水面に浮き、短時間で崩壊し水田全体に拡散する。1粒が大きいので、遠くまで投げ入れることができることが特徴であり、畦畔を歩きながら手に掴んでばら撒いたり、釣りのコマセを撒く柄杓でさらに遠くまで散布することができるが、動力散布機やラジコンヘリ散布等の散布装置を用いることで、より省力的な散布も可能である。水田の規模によって好みの方法で散布することが可能な製剤と言える(図3)。この製剤は、水面に浮くための微細な中空体を含み、また、水面、すなわち水と空気の界面において、短時間で崩壊させることに最適化した組成となっている^{2,3)}。

1.3. 散布装置の利用

農薬散布の省力化には専用の散布装置を用いる方向性もある。水稻を例に挙げると、種子消毒として吹付処理装置、育苗箱への播種時処理装置、田植え同時薬剤処理装置、移植後に農薬を散布する装置として、動力散布機、ラジコンヘリ散布装置等、種々の装置が用いられ、省力化が図られている。また、農薬が処理される時期は、田植え後よりも田植え時、田植え時よりも育苗期、育苗期よりも種子というように、稲の栽培ステージ前である程処理する面積が少なく、効率的である。農薬製剤だけでなく農薬の施用技術も時代によって進化していると言える。

ところで、これらの散布装置は薬剤に対して必ずしも万能ではなく、装置に適合した農薬製剤が必要である。例えば、種子消毒における吹付処理では、高濃度の農薬希釈液が処理されるが、装置の配管の中を高濃度の希釈液が数日間満たされるため、液の流れがない部分に固形分が詰まりやすくなる。高濃度薬液を処理する装置においては、それが無い製剤

図3. 豆つぶ[®]剤とその散布

が要求される。また、育苗箱への播種時処理では、発芽時の最もデリケートなときに薬剤と接触するため薬害が生じやすく、それが無い製剤であることが要求される。また、装置の中で粒剤が潰れない硬度、また、時間当たりより沢山の育苗箱に施用できる繰り出し量を確保できるあることも製剤の要件である。田植え同時処理では、移植直後の稲の根は土壌に深く埋め込まれているわけではないため薬剤の影響を受けやすく、薬害を抑制した製剤が必要である。田植え後の水田に動力散布機を用いて粒剤を畦畔から散布する場合、動力散布機に装着した単管噴頭でより遠くまで飛ばすための製剤設計が必要である。ラジコンヘリで薬液を空中散布する場合、原則的には希釈散布ではあるが、地上散布と異なり、機体への搭載量の都合から、8倍や16倍といった非常に高濃度の希釈液が散布される。農業製剤にはこの希釈に耐えられる希釈性能、および高濃度希釈液のノズルからのスプレーに影響のない性質が要求される。また、ラジコンヘリ散布は1剤だけで散布するのは不経済であるため、同時に複数の薬剤が散布される場面が多く、薬剤同士を混合しても凝集等の問題がない混用性も要求される。

以上のように、散布装置への製剤適性として、製剤技術が担う部分は非常に多い。

2. 環境負荷軽減²⁾

現代の農業は非常に安全性の高いものであるが、化学物質であることに変わりはなく、社会通念上、人畜あるいは自然

環境に対して何らかの影響を及ぼすとの認識を払拭することはできない化学製品である。このような製品を取り巻く現代の社会環境として、2006年にはポジティブリスト制度が施行され、未登録作物に対し一律0.01 ppmという厳しい作物残留基準値が設けられた。また、流通面からは、農林水産省が定めたガイドラインに従って生産された特別栽培農産物は、付加価値が高まることが実態である。農業を化学物資として認識し、取り扱う上では、環境負荷軽減は現代の農業に求められる一つの方向性と言える。

2.1. ドリフト軽減

粒子は小さな粒子ほど飛散しやすく、農業製剤を散布する際のドリフトの原因となっている。1950年以降、主に水稻栽培の中後期の製剤として、直接散布剤である粉剤が普及したが、散布時のドリフトが著しく、1970年以降ドリフト軽減の取り組みが行われた。その中で確立されたのが飛散し易い微粒子を取り除き、凝集剤を配合して見掛け上の粒子を大きくしたDL粉剤と、63~212ミクロンという散布剤としては大きな範囲に粒度分布を持つ微粒剤Fであったが、DL粉剤は安価に生産ができること、また、当時の基準で粉剤のドリフト軽減の基準が達成できたことから、次第に微粒剤Fはなくなり、DL粉剤が広く普及することとなった。しかし、DL粉剤のドリフトは、ポジティブリストが施行された現代の基準で容認できるものではなく、2006年に日本植物防疫協会が主体となって微粒剤協議会が発足し、微粒剤Fが現代に甦ることとなった。現在はまだ数剤が登録を受けているのみであるが、今後さらなる普及が期待される製剤である。(図4)

2.2. 生物農業

生物農業は、天然物素材を利用した農業である。農業登録は当然必要であるが、元々自然界に存在している素材であるため、農業としてのカウントはゼロである。1990年代の終わり頃から普及し始め、急激に使用量が増えているわけではないものの、生産金額は現在も増加傾向にある。生物農業は然るべき評価を経て農業登録となるが、単に施用すればよいのではなく、化学農業並の活性を得るには最適な施用条件が必要であること、また、生物農業の多くは孢子や芽胞といった耐久体が有効成分ではあるが、生き物であるため貯蔵時の安定性が化学農業と比べて劣る問題点を内在している。

2.3. 生物農業と化学農業のハイブリッド農業

生物農業と化学農業を混合したハイブリッド型農業も近年普及を始めた。化学農業の部分はカウントされるが、生物農業と併用することにより、化学農業の薬量の低減が可能となること、また、適用範囲の拡大、化学農業の抵抗性回避等、種々のメリットが期待される。

図4. 微粒剤FとDL粉剤の散布

3. 低コスト¹⁾

農業経営における経費の内、農薬に占める割合は、例えば稲作農家において1割弱程度であるが、心情的には少しでも低減したい経費と言える。安価な農薬を提供するには農薬製剤自体のコストを低減する必要があるが、昨今の農薬は付加価値の高い製剤が求められることが多く、それが農薬製剤の原価に反映することとなる。それに対し、農薬製剤メーカーは様々な角度からコスト低減を図っている。

例えば、製剤コストの低減に関して、生産の効率化は重要な課題である。実験室で目的とする製剤が得られたとしても、それが実際の工場で効率的に生産できなければコストの高い製剤となるため、想定される生産設備を見据え、製剤検討の初期の段階から、工場での効率的な生産を視野に入れて製剤検討を行うことが必要である。

ところで、農薬製剤の原価に占める割合が最も大きいのは農薬の有効成分である。単位重量当たりの価格が同じ有効成分であるならば、高活性化化合物ほど使用量は少なくて済むことから、このような有効成分を用いることは農薬価格の低減に有効である。また、使用量が少ないことは単位面積当たり投下される化学物質の量が少ないことであることから、環境負荷低減からも好ましい。近年開発される農薬の有効成分はほとんどが高活性化物質であり、農薬製剤の歩みと平行した農薬開発の一つの方向性と言える。

4. 今後の展望

以上、3つのキーワードに関し、個々に農薬製剤の視点から述べてきたが、いずれのキーワードにも関わる概念として、農薬成分の効率的な利用を挙げることができる。これは、PDS (Pesticide Delivery System) という概念であり、必要な時に、必要な場所に、必要な量だけ有効成分を送り届けるということである⁴⁾。具体的な技術の一つとして溶出制御が挙げられる。例えば、水田の水面施用剤においては、薬害が発生する水中濃度に達することなく、効果発現に必要な濃度だけを長期間維持させる制御技術であれば処理薬量の低減、散布回数の低減が実現できる²⁾ (図5)。また、播種時処理用の育苗箱処理剤においては、薬剤の効果が不要な育苗期間には有効成分を製剤中に閉じ込めておき、水田に移植された後溶出する制御技術であれば薬害がなく処理薬量の低減を実現することができる (図6)。現在、これらの製剤技術はある程度のレベルまで達しているが、今後、制御の精度を高めることで、さらに無駄のない農薬の利用が可能となり、省力化、環境負荷低減、低コストに繋げることができるとともに、時代に即した新たな効果も期待することができると考えられる。

図5. 水面施用剤の溶出

図6. 水稻育苗箱播種時処理剤の溶出

また、農薬製剤はこれまで施用法と共に歩んできた一面があり、今後も農薬製剤の性能を最大限発揮するための様々な

施用法，及び散布装置に適合する使用しやすい製剤を目指してしていきたい。

引用文献

- 1) 大川哲生：農薬製剤・施用法シンポジウム第30回大会講演要旨集，pp. 15-17 (2010).
- 2) 藤田茂樹：農林水産技術研究ジャーナル 34(11), 32-36 (2011).
- 3) 藤田茂樹，加藤進：農林水産技術研究ジャーナル 34(3), 21-24 (2011).
- 4) 辻孝三：農薬製剤はやわかり，化学工業日報社，p. 173 (2006).

略歴

藤田茂樹（ふじた しげき）
生年月日：1959年11月13日
最終学歴：静岡大学農学部農芸化学科
研究テーマ：農薬製剤研究
趣味：街道歩き，自転車，溪流釣り