

解説

農薬の製剤と施用法 (3) 農薬の粉粒状製剤

安達 享一

クミアイ化学工業株式会社化学研究所
(昭和57年2月20日受理)

Pesticide Formulation of Solid Type

Kyōichi ADACHI

Research Institute, Kumiai Chemical Industry Co., Ltd.,
Shibukawa, Shimizu 424, Japan

はじめに

農薬製剤の歴史は古く、1670年にウンカ防除に鯨油¹⁾が用いられたのが最初であるといわれている。戦後、DDT、BHCが導入され、その後パラチオン、EPNなどの有機リン剤をはじめ、多くの有機合成農薬が開発され、粉剤としての製剤が本格的に使用されるようになった。さらに、2,4-D、PCP、BHCが粒剤として開発され、散布機具の進歩、散布技術の向上とともに飛躍的に伸長していった。今日も希釈散布剤の乳液剤、水和剤とともに粉粒状の粉剤、粒剤が農薬製剤の主流をなしている(表1)。現在、実用化されている剤型は図1のごとく分類されているが、粉粒状製剤は、製剤をそのまま散布装置などで施用できるのが特徴で、防除効果、散布性、経済性、安全性などを十分に考慮した製剤加工がなされている。

粉 剤

粉剤は、散布の均一性を高め、病虫害との接触を大きくすることによって、十分な防除効果を得るために製剤の粒度を44 μm 以下に粉碎している。反面、漂流飛散(ドリフト)による目的地域外への飛散が比較的多く植物への付着が少ない、など欠点もある。付着量を高めるために製剤上での工夫もされているが、一般に液剤散布よりも主剤(有効成分)投下量が多く必要である²⁾。

1. 粉剤の特徴

① 簡単な散布装置で、製剤をそのまま散布できる。

② 主剤の含有量が低く、ほとんどの主剤の製剤化ができる。また、混合製剤も容易で、同時防除による省力化ができる。

③ 増量剤(キャリアー)などの主要な副原料が入手しやすく、安価であるが、製品の輸送などに経費がかさむ。

④ 散布時の天候によっては微粉が散布区域外へ漂流飛散する。

2. 物理性状

粉剤の主要な物理性状は、散布性能に関するものとして分散性、流動性、吐粉性、防除効果に関するものとして粒度分布などがある。

① 分散性: 散布したとき、粉剤が均一に分散する程度を表わす指数で、粉体特性の凝集力、粒度、真比重が影響する因子である。

② 流動性: 分散性で見掛比重を合わせた特性を示し、粉体の凝集性を表わす指数である。分散性、流動性は増量剤の種類、粒度分布、主剤の性状による影響が大きい。

③ 吐出性: 標準散粉機からの吐出量を表わす。

④ 粒度分布: 主剤の粒径は、防除効果との関係が大きく⁴⁻⁷⁾、一般に小さいほど、防除効果が高くなることが明らかにされているが、付着性、耐雨性、自然条件下での分解との関係が複雑で、適正粒度の設定にはむずかしい点がある。

⑤ 見掛比重: 増量剤の種類、粒度構成によって異なる。見掛比重は、吐粉性に影響し、小さい場合は、吐出

表1 製剤形態別生産数量, 全額²⁾

(単位数量 t または kl, 金額 100 万円, () 内比率 %)

	51 年		52 年		53 年		54 年		55 年	
	数量	金額	数量	金額	数量	金額	数量	金額	数量	金額
粉 剤	304,509	46,538 (21.3)	285,269	47,729 (19.7)	274,451	48,600 (17.9)	258,139	49,977 (39.2) (17.1)	260,347	54,103 (37.5) (16.1)
粒 剤	223,208	61,748 (28.3)	235,579	70,747 (29.2)	233,898	72,894 (26.8)	229,756	75,874 (34.9) (25.9)	236,832	83,388 (34.1) (24.7)
乳液剤	52,306	50,920 (23.3)	56,044	55,788 (22.9)	62,844	67,937 (25.0)	76,757	75,609 (11.7) (25.8)	82,374	84,643 (11.8) (25.1)
水和剤	28,067	44,626 (20.4)	34,747	55,429 (22.8)	36,779	67,266 (24.8)	39,368	72,503 (6.0) (24.7)	43,811	91,851 (6.3) (27.3)
粉粒剤	6,775	1,498 (0.7)	5,885	1,593 (0.7)	5,064	1,274 (0.5)	6,539	1,772 (1.0) (0.6)	7,443	2,237 (1.1) (0.7)
その他	37,012	13,164 (6.0)	36,728	11,323 (4.7)	49,213	13,565 (5.0)	48,148	17,280 (7.3) (5.9)	64,115	20,740 (9.2) (6.1)
総 計	651,877	218,494	654,252	242,608	662,249	271,536	658,706	293,015	694,922	336,962

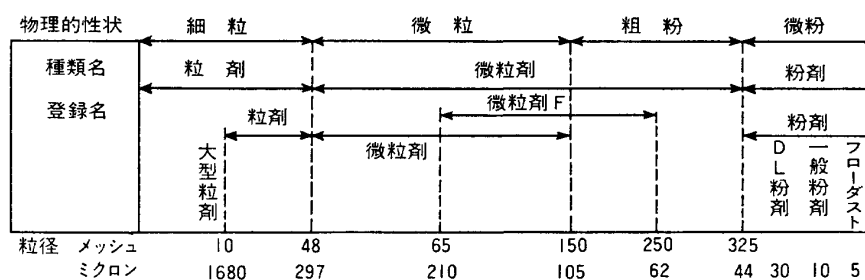


図1 粉粒状農薬の粒径別系統図

表2 粉剤, DL 剤, FD 剤の物理性規格 (全農規格)

項 目	粉 剤	DL 粉剤	FD 剤	測 定 法
粉 末 度 (300メッシュ以下)	98% 以上	95% 以上	99% 以上	公定法 ⁸⁾
見 掛 比 重	0.45~0.60	0.7~1.0	0.05~0.10	公定法 ⁸⁾
分 散 性	20 以上	20 以上	40 以上	全農法 ⁹⁾
流 動 性	30 以下	30 以下		全農法 ¹⁰⁾
吐 粉 性	1,100 ml 以上	700 ml 以上		農研式標準機法 ¹¹⁾
平 均 粒 径		20 μ m 以上, 10 μ m 以下	20% 以下	5 μ m 以下
浮 遊 指 数		20 以下	85 以上	公定法

量が減少する。粉剤の特性はおのものの物理性が相互に複雑に影響し合うので、防除効果、散布性を十分に考慮して製剤設計をしなければならない。物理性規格を表2に示す。

3. 原料組成

粉剤の組成は、1~10%の主剤とこれを希釈する増量剤、物理化学性などを調整する少量の補助剤や有効成分の分解防止剤および液状の原料を粉末化する高吸油性粉

末などを配合して製剤する。

① 増量剤: 鉍物質微粉が大部分で、タルク、クレイ、ピロフィライトなどの珪酸塩や炭酸カルシウムなどは比較的安価で、安定した供給性があり、最も多く使用される。鉍物質は、種類、産出地により製剤の物理化学性状に大きく影響し、その選択には十分な検討が必要である。とくに鉄塩類などの夾雑物や pH、表面活性は有機リン化合物、カーバメイト化合物の安定性に悪影響を及

ばすため増量剤の選択とともに分解防止剤の添加などで製剤上の工夫を必要とする。

② 補助剤：分散性、流動性の付与剤として、一般にイソプロピルホスフェート、高級脂肪酸などがある。その他分解防止剤、葉害軽減剤、固着剤¹²⁾、毒性軽減剤など製剤の物理化学性の欠点を改良するため、それぞれの目的に応じて各種の添加剤が使用される。

③ 高吸油性粉末：液状の原料を粉末化するために必要である。代表的なものとして、含水珪酸ナトリウム（通称ホワイトカーボン）、けいそう土などがある。その他粉碎助剤の目的で添加することもある。

4. 製造方法

粉剤は、比較的簡単な単位操作で製造でき、製造工程は大別して2法となる。第1は、主剤が固体である場合主剤、増量剤、補助剤などを粉碎混合して製品とする。第2は、主剤が液状の場合、あらかじめ高吸油性粉末に吸収させ、濃厚粉末とし、増量剤で希釈したのち粉碎混合して製品とする（図2）。

主剤が固体の場合でも、混合効率を高めるため、2～3倍の希釈法をとることが多い。

粉碎機として、衝撃式のミクロンミル、アトマイザー、ハンマーミルなどが多いが、主剤を微粉化する場合、ジェットオーマイザーで粉碎する。混合機としては、リボンミキサー、ナウタミキサー、V型ミキサーなどが使用される。

DL 粉 剤

DL粉剤は、昭和49年頃から本格的に開発がなされた新剤型である。DLはドリフトレスの略で、漂流飛散が少ない粉剤を意味する。粉剤散布による区域外への漂流飛散を減少させるために、粉剤に代わる剤型として普及がめざましい。

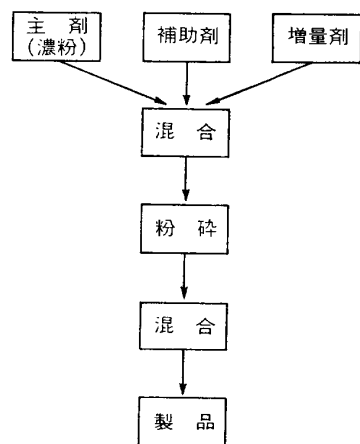


図2 粉剤製造のフローダイアグラム

本剤の漂流飛散の抑制原理は、構成粒子を粗くし、落下速度を速くすることにより、製剤は増量剤の粒径を大きくし、さらに、凝集剤の添加によって微粉粒子を二次凝集させる方法がふつうである。

1. DL 粉剤の特徴

① 粉剤に比較し、2～3m程度の風では、漂流飛散が著しく少ない¹³⁾。

② 粉剤とほとんど同じ散布方法で散布が可能である。

③ 防除効果は、粉剤に比較して劣らないが、いもち病などの水稻殺菌剤では、本剤が稲体の株元に多く付着する傾向があることから、散布上の工夫が必要な場合がある。

2. 物理性状

① 浮遊性指数：漂流飛散の原因となる浮遊微粒子の程度を判定するため最も重視される項目である。測定法は所定の条件下で散布箱に散布し、1分後に空気中の滞留粒子を水中に捕集して光透過率を測定し、指数として表示する。DL粉剤は、20以下と定められている。

② 粒度：製剤の平均粒径が20μm以上で、10μm以下の微粉部分は20%以下に規制されている（粉剤は50%くらい含む場合もある）。

③ 見掛比重：増量剤の微粉部分がカットされているため、粉剤より大きく、0.7～1.0g/ml程度となる。また、DL粉剤は通常の粉剤に比較して、粒度が大きいため、流動性、噴流性が高い傾向を示すことが物理特性として認められる。したがって、散布の際、吐出量の調整が重要である。物理性規格を表2に示す。

3. 原料組成

粉剤に準ずるが、漂流飛散の大きい10μm以下の微粉を少なくした平均粒径20μm以上の増量剤を使用する。主剤の漂流飛散は、増量剤の粒度を大きくするだけでは十分に減少できず、微粉の粗粒子表面への二次凝集、付着を起こさせるための特殊な凝集剤¹⁴⁾が添加される。

4. 製造方法

製造方法、製造工程は粉剤に準ずる。したがって、製造装置は粉剤とほとんど共通にできる。しかし、増量剤の粒子が大きく、見掛比重が大きいため、流動性に富み、工程内で噴流現象が起こったり、機械の摩耗が大きくなるなどの問題があり、工程改善、処方上の工夫が必要となっている。

フローダスト剤

フローダスト(FD)剤は、粉剤の粒子を、さらに微粉

表3 現用施設内防除方法の分類¹⁶⁾

方 法	適				用
	経済性	使 い やすさ	薬 剤 汎用性	拡 散	備 考
サーチ式	○	○	×	△	熱分解 300°C 以下は適用不可・5~6 個/10 a の設置要する
くん煙筒	×	○	×	△	大量の煙による害に注意・処理後の暖房に注意
暖房装置 くん煙法	○	○	×	△	各種暖房機への一般化要する・高温時不適・暖房機の損耗あり
蒸 散 性	×	○	△	○	専用のグレン形態を要す・熱分解あり・揮散温度に注意・空気流動と蒸気量の考慮要す
プルスフォグ	×	○	○	△	騒音 5 m 以内で 120 ホーン・拡散助剤の加用要す

○: 適, △: やや難, ×: 難

化したもので、ハウスなどの施設栽培専用の製剤¹⁵⁾である。施設の防除法として、従来から、液剤散布法、くん煙法、フォグマシン法などがあるが、一長一短があり(表3)、新しい施用方法の確立が望まれていた。そのようななかで昭和48年頃から、微粉の浮遊する性質を利用して閉鎖された施設内に微粉化した粉体を浮遊させて施用する技術の研究がなされ、昭和54年に実用化された新剤型である。フローダストという名称は、flour(細かい粉), float(漂う), flow(流れる)のfloをとったもので、次のような特徴がある。

1. フローダスト剤の特徴

- ① 水を使用しないため、施設内の湿度を高めることがない。
- ② 粉剤用の動力散布機で、短時間に散布でき(3~5分/10a)、省力的である。
- ③ 浮遊拡散がよいので、均一な防除効果が期待できるのみならず、外から散布できるので作業への安全性も期待できる。
- ④ 大部分の主剤がFD剤化でき、また混用散布も可能である(図3)。

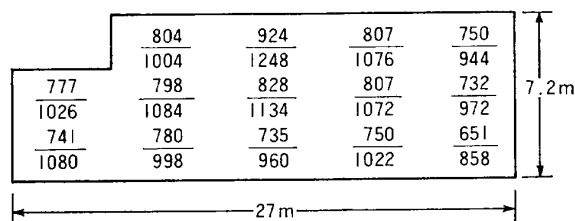


図3 混用散布の落下分散の均一性¹⁷⁾(モレスタン FD₁₀, スプラサイド FD₁₅ 各 300 g/10a, 裸地条件. あらかじめ2薬剤を混合したのち, 薬剤タンクに投入)
(注) 数値上段はモレスタン, 下段はスプラサイド(落下粉体量 μg/19cm シャーレ)

2. 物理性状

施設内を均一に拡散させて、十分な防除効果を得るため、くん煙粒子径と同程度の 5 μm 以下に微粉化されている。最も重要な物理性として、浮遊性指数がある。粒子を均一に分散、拡散させるため、十分な気中滞留が付与されていることが必要である(図4)。DL剤の浮遊性に準ずる測定法で85以上に規格化されている。見掛比重は、散布の均一性を高めるため、粉剤の1/6くらいにしてある。物理性規格を表2に示す。

3. 原料組成

粉剤に準ずるが、主剤、高吸油性粉末、増量剤は平均粒径 5 μm 以下のものを配合する。散布量は、原料の種類と平均粒径から決まる見掛比重および均一拡散に必要な吐出時間から 300~500 g/10a が適当となっている。

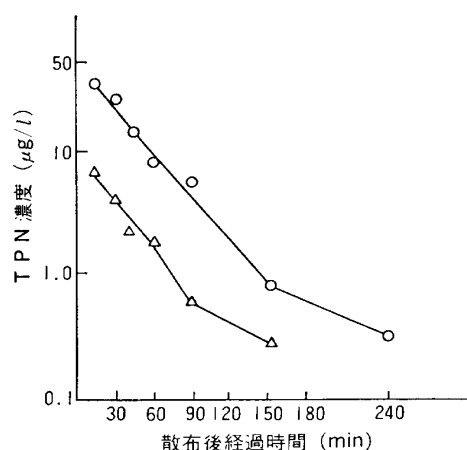


図4 大型ハウス(15×67 m)におけるダコニール FD の気中滞留性¹⁸⁾(昭49全農)
○: ダコニール FD₃₀(500 g/10a 散布, TPN 150 g/10a)
△: ダコニール粉剤₄(3.75 kg/10a 散布, TPN 150 g/10a)

したがって、主剤の含有量は粉剤よりも高濃度の 15～30% が大部分である。しかし、上記の散布量の減量化について、さらに今後の改良研究が望まれている。

4. 製造方法

製造方法、製造工程は粉剤に準ずるが、5 μm 以下に微粉碎できるジェットオーマイザーなどの粉碎装置が必要である。

粒 剤

粒剤は、土壌または水面施用する点、他の剤型と大きく異なる。主剤の作用特性から除草剤、殺虫剤の粒剤が多いが、吸収移行性の強い殺菌剤の粒剤化もなされている。

1. 粒剤の特徴

① 形態が粒状であり、漂流飛散がないため、目標散布区域に確実に散布でき、安全性からも好ましい。

② 特別な散布装置を必要とせず、省力的である。

③ 物理性は原料に左右されやすい反面、処方上ある程度調整が可能である。

④ 植物に対する接触的薬害が回避できる。

⑤ 原料面、製造面で、コストが高くなる。

粒剤の作用は、主剤が水に溶出またはガス化して防除効果が発現してくるが、水面施用による防除効果の発現メカニズムは、まだ完全に解明されていない。主剤の水溶解性が、即粒剤化の可能性を示すものでなく、水溶解性の小さい化合物の粒剤化も実現している。

2. 物理性状

粒剤の物理性として通常、次の項目が規格化されている。

① 粒径・粒度：農薬の分類では、10～48 メッシュの粒度を細粒とし、これを粒剤と称している。一般に 0.6～1.0 mm が多いが、主剤の水溶解度が小さい場合、粒径を小さくすると効果が安定することもある¹⁹⁾。

② 硬度：製造、輸送、散布時の粉化防止のため硬度を付与する。通常はボールミル法で、10～15% 以下である。

③ 水中崩壊性：水面施用粒剤では、主剤が水に溶出して効果発現するため、水中崩壊性、拡張性に影響されることが多い。

④ 水分：主剤の安定性、硬度に影響するので規格化される。

⑤ その他：見掛け比重、pH、粒数、固結性などの規格を設定することがある。

3. 原料組成

粒剤の構成原料は、製造方法によってほぼ決まってい

まう。

① 主剤：主剤の製剤含有量は 1～10% が多い。製造方法によって濃粉または液状として使用する。

② 増量剤・担体：押出し造粒法には、クレー、タルク、ベントナイト、炭酸カルシウムなどの鉱物質微粉が最も多く使用されている。吸着法には、ベントナイト、ゼオライト、軽石、けいそう土など吸油性の天然鉱物を整粒した粒状の担体または押出し造粒した担体が使用される。被覆法には、非吸油性の粒状鉱物が多く、珪石、炭酸カルシウムが代表的である。

押出し造粒法で使用するナトリウム塩型のベントナイトは、強い粘結性、可塑性、膨潤性を有し、造粒性、硬度、水中崩壊性などの向上において、他の鉱物にみられない特異的性質をもつため、多くの粒剤に使用される。一方、アルカリ性で、平衡水分が高く、塩基置換容量も大きいため、使用できない主剤もある。

③ 補助剤：硬度付与剤として、ポリビニールアルコール、カルボキシメチルセルロースなどの結合剤、界面活性剤などの湿展・崩壊剤、溶剤、その他必要に応じ造粒性向上剤²⁰⁾、分解防止剤などを添加する。

④ 高吸油性粉末：液状原料の粉末化や被覆粒剤の仕上がり剤として、含水珪酸ナトリウムなどの高吸油性粉末を使用する。

4. 製造方法

粒剤の製造方法については多くの報告^{21～24)}があるが、湿式法（押出し造粒法）、乾式法、被覆法、吸着法、転動造粒法、噴霧造粒法、などが適用可能である。今日、主剤の物理化学性状、経済性などから押出し造粒法、被覆法、吸着法が広く採用されている。

① 押出し造粒法：主剤と増量剤、補助剤を粉碎混合

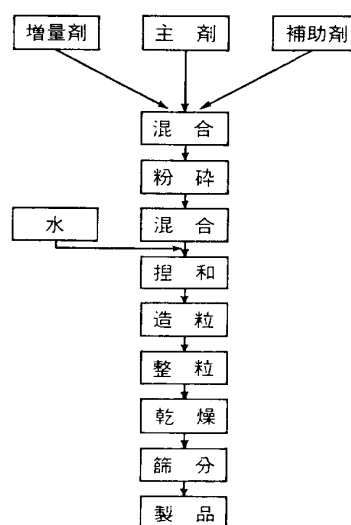


図 5 押出し造粒製造のフローダイアグラム

したのち、加水・捏和し、所定のスクリーンを通過させて造粒する方法である(図5)。主剤の濃粉工程は粉剤と同じである。本法の特徴として、

- ⑧ 固体、液体のいずれでも粒剤化できる。
- ⑨ 水中崩壊性などの物理化学性の調整が可能である。
- ⑩ 加水、乾燥工程があるため、加水分解性、熱不安定性、揮散性の主剤には適さない。

などであるが、原料および造粒機種、工程、さらには製造時の種々の条件が複雑に作用して、造粒能力から製品の物理化学性などの品質にまで影響する。したがって、工程を考慮した処方設計や製品によっては工程改善など、一般のレオロジーの領域で解決のつかない経験的技術指向が必要となる。

② 被覆法: 液状の主剤または溶剤などを加えて液状にした主剤、補助剤を非吸油性の粒状担体に添加し、混合被覆する。次に高吸油性粉末を加え、流動性を付与して製品とする²⁵⁾(図6)。混合機としてコンクリートミキサー、ナウタミキサーが適している。

本法の特徴として、

- ⑪ バッチ式となるが、工程はあまり複雑でない。
- ⑫ 加水、乾燥工程がないため、水分、温度の影響がない。
- ⑬ 歩留りが高いが、高濃度の被覆が困難である。
- ⑭ 天然担体を使用するため、水中崩壊性など製剤技術上の制約がある。

などがあげられるが、混合機種と製造条件が製品の被覆状態、流動性などの品質を大きく左右するので、きめ細かな条件設定が必要である。

③ 吸着法: 天然の吸油性担体、または主剤を含まない押し出し造粒した担体に、液状の主剤または溶剤などを加えて液状にした固体の主剤を吸着させる方法である(図6)。天然担体を使用する場合物理化学性は担体の種類によって決まってしまう、均一吸着や物理化学性面で

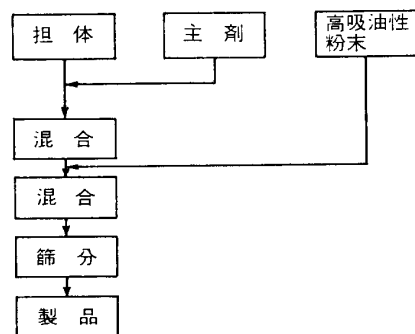


図6 被覆法、吸着法のフローダイアグラム

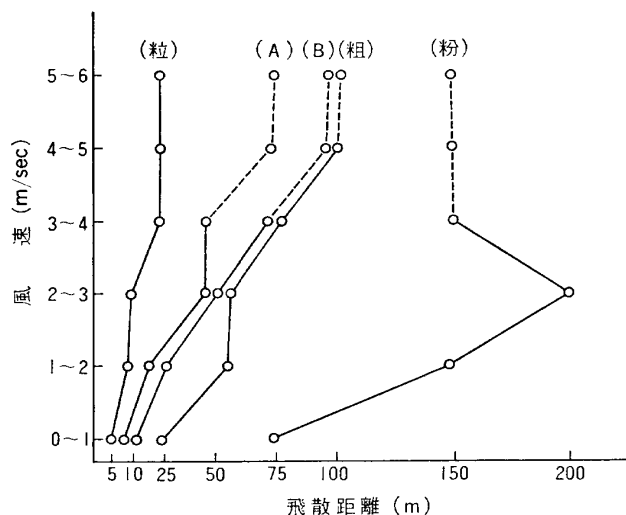


図7 粉粒剤の粒度と飛散(落下板法)²⁷⁾
 (粒): 50~150 メッシュ, (A): 100~200 メッシュ, (B): 100~250 メッシュ, (粗): 150~300 メッシュ, (粉): 300 メッシュ以下。
 破線は推定飛散距離

使用できる担体には制約がある。造粒担体の場合は、水中崩壊性、吸油能などの調整が比較的容易にできる利点がある。

吸着法では、均一吸着が重要となるが、キャピラリー域での均一吸着製造法が確立されている。著者ら²⁶⁾は、混合機内の固体、液体、気体の三相系における状態変化に着目し、次式の関係式を導いて均一吸着法を確立している。理論上は $\eta \geq 1$ で均一吸着される。

$$\eta = (W/S)T$$

η : 均一吸着係数, W : 物質移動量

$$W = \frac{1}{4} \pi p (D^2 - d^2) \rho \phi n,$$

p : ピッチ幅, D : スクリュー径, d : 軸径, ρ : 輸送物の見掛比重, ϕ : 輸送係数, n : 回転数

S : 粒体量 (バッチサイズ), T : 吸着の速さ

吸着法の特徴として、

- ① 加水、乾燥工程がなく、主剤の分解や揮散の心配がない。
- ② 液状化できない主剤の適用が困難。
- ③ 工程が簡単で、設備費、製造経費が小さい。

などがある。

農薬粒剤の造粒性に関しては基準化されたものがなく経験に頼るところが多いが、製造法の選択、原材料の選択、造粒設備の選択などにおいて粉体工学的観点での研究も重要である。

微 粒 剤 F

微粒剤は、粉剤の欠点である漂流飛散を粒子の粗大化により防止することを目的として開発された新剤型である(図7)。その後、防除効果、製造上の難点を考慮して、昭和48年に微粒剤Fという名称で粒度規格が変更された。粒度は粉剤と粒剤の中間にあるが、製剤的には粒剤の性質が強く、主剤の作用点、散布性においては粉剤的要素が大きいなど両剤型の長所を兼ね備えている。

1. 微粒剤 F の特徴

① 粒径が大きいと散布区域外への漂流飛散が少なく、空中散布にも適用できる。

② 稲体の株元などへの到達性もよく主剤によっては粉剤とほぼ同等の防除効果が得られるが、殺菌剤では稲体上部への付着性の改善を必要としている。

③ 増量剤の供給性、製造工程での歩留りが悪いのが最大の欠点であり、経済性の面では不利である。

2. 物理性状

① 粒度：最も重要な項目で、防除効果、漂流飛散の防止面より粒度規制が厳しくされている。

② はく離率・硬度：輸送、散布時に担体から主剤がはく離したり、また硬度が弱い場合、粉化して漂流飛散の原因となるため、微粉化の程度をはく離率および硬度の測定で規制している。

③ 安息角・その他：散布性に関係する安息角、見掛比重なども規格化されている。

物理性の全農規格を表4に示す。

3. 原料組成

増量剤の粒度が異なるほかは、粒剤の原料に準ずる。

4. 製造方法

微粒剤Fは粒剤としての特性が強く、製造方法は粒剤に準ずるが、粒度が細かいと難点が多い。

① 練込み造粒法：粒径が小さいため押出し造粒はで

きず次の方法による。主剤を増量剤、補助剤とともに粉碎混合したのち加水混合して、粒度調整し乾燥する。または乾燥後、粒度調整して製品とする。あるいは粒度規格より小さい微粒状担体に主剤の粉末、結合剤を加え、加水混合して担体のまわりに主剤を被覆する方法がある。いずれの方法も、欠点として特別な造粒装置を要し、歩留りで難点が多い。

② 被覆法・吸着法：粒剤の製造に準じて簡単に製造ができるが、規格粒度の担体の入手がむずかしい。

③ その他：噴霧乾燥造粒、流動層造粒などがあるが、品質、経済性などで未解決の問題があり、製造方法として普及段階に至っていない。

微粒剤Fが十分に伸長しなかった原因の一つに製剤コスト上の問題があり、現在なお有利な製造技術の確立には至っていない。したがって、今後も研究を続ける必要のある課題であろう。

お わ り に

農薬の製剤形態は、栽培形態、施用方法、安全衛生、経済性など、製剤に対する要求が時代の流れとともに変化し、次々と新剤型が開発されてきた。その他普及段階に至っていないが、ゴマシオ粉粒剤、粗粒剤、ジャンボ粒剤など新しい発想で研究された新剤型もある。

製剤化の目標は、主剤を安全に、経済的に最大の防除効果を得るための手段の開発にある。そして、製剤形態は、防除効果はもちろん、施用技術から製造面に至るまで総合的な検討の結果決定されるものであるから、圃場における主剤の特性の発現を基本的条件として、各種要因を考慮しながら製剤改良や新製剤の研究開発が行なわれる。とくに開発過程においては、実用化に至るまで散布技術あるいは散布装置との一体化が必須であり、この点から農業指導機関、農機具メーカーとの連携が常に重要となる。

引 用 文 献

- 1) 植物防疫事業発展 10 周年記念実行委員：農薬のあゆみ, 1 (1960)
- 2) 農薬工業会：農薬時報 第271号 (1981)
- 3) 上島俊治：農薬デザインと開発指針— IV-4, 山本 出・深見順一編, ソフトサイエンス社, p. 1018, 1979
- 4) 鎌田 裕・井上忠彦・近藤和信・平尾忠紀：農薬生産技術 22, 2 (1970)
- 5) 坂本 彬：植物防疫 28 (9), 363 (1974)
- 6) W. Maas: Int. Congr. Pestic. Chem., 4 (3), p. 772, 1979
- 7) 坂本 彬：農薬デザインと開発指針— IV-4,

表 4 微粒剤 F の物理性規格

項 目	規 格
粒 度	250~65 メッシュ 90% 以上, 250 メッシュ以下 5% 以下
見 掛 比 重	0.8~1.4
は く 離 率 ^{a)}	10% 以下
安 息 角	50 度以下
硬 度	10% 以下 (ボールミル法の 250 メッシュ通過率 %)
有効成分の分布	粒度規格に成分表示量を含有する

^{a)} はく離測定法²⁸⁾：粉剤の分散性測定法に準じて操作し、飛散前後の成分量を測定する。

- 山本 出, 深見順一編, ソフトサイエンス社, p. 1029, 1979
- 8) 鈴木照磨: 農薬公定検査法註解, 南江堂, 1972
- 9) 上田一誠: 農薬生産技術 **6**, 22 (1962)
- 10) 中村完治, 大竹丈夫, 鎌田 裕: 同上 **24**, 43 (1971)
- 11) 鈴木照磨: 同上 **8**, 33 (1963)
- 12) U. S. Pat. No. 3151969 (1964)
- 13) 宮原和夫: 農薬研究 **26** (2), 15 (1979)
- 14) 公開特許公報 No. 49-80253, 50-53538, 50-157531, 54-160735
- 15) 同上 No. 54-107525
- 16) 坂本 彬: 農薬通信 第 109 号, 24 (1980)
- 17) クミアイ農薬協議会: クミアイ農薬ニュース 第 188 号, 97 (1981)
- 18) 薬丸 薫: 農薬通信 第 104 号, 39 (1978)
- 19) 遠山輝彦・高沢良夫: 農薬生産技術 **23**, 1 (1971)
- 20) U. S. Pat. No. 3056723 (1962)
- 21) 中村利家: 造粒便覧 III 編 6 章, 日本粉体工業協会編, オーム社, p. 549, 1975
- 22) 岡田隆夫: 粉体工学研究会誌 **14** (12), 22 (1977)
- 23) P. A. Backman: *Ann. Rev. Phytopathol.* **16**, 215 (1978)
- 24) C. G. L. Furmdge: *Pestic. Sci.* **3**, 745 (1972)
- 25) 特許公報 No. 39-18859, 40-8920
- 26) 高橋善郎・西尾道康・安達享一: 科学と工業 **55** (5), 158 (1981)
- 27) 岡田隆夫: 粉体工学研究会誌 **14** (12), 26 (1977)
- 28) 坂本 彬・上谷俊道・能城義明: 農薬生産技術 **28**, 44 (1972)