解 説

農薬の製剤と施用法 (4)

乳・液製剤と懸濁製剤

千葉 馨

北興化学工業株式会社開発研究所
(昭和 57 年 2 月 20 日受理)

Formulation of Emulsifiable Concentrate and
Suspension Concentrate

Kaoru CHIBA

Central Research Laboratories, Hokko Chemical Industries Co., Ltd.,
Toda, Atsugi 243, Japan

製剤設計と主剤の諸性質

農薬原体 (主剤) のもっている生物活性を十分に製剤に付与させるためには、まず主剤となる化合物の諸性質を熟知していることが必要である。製剤設計上、情報として必要な主剤の諸性質と施用面から求められる諸要因特性を表 1 に示す。これらの情報は製剤による主剤の効果増強、持続性付与、葉害軽減、毒性軽減などをはかる場合にも、きわめて重要となる。本稿では液剤、乳剤、懸濁剤を製剤技術の面からその現状と問題点について概説し、乳・液剤に関連する界面化学現象もあわせて平易にのべることにする。

液剤 (soluble concentrate)

水溶性液体の製剤であって、そのまま水に希釈、溶解して用いるものを「液剤」といい乳剤と区別している。液剤に含まれる主剤は一般に水溶性原体が多い。通常、水溶性がたかく、有機溶剤に難溶な主剤の製剤は、水を溶媒とする液剤処方を最初に検討することがおこなわれる。カスガマイシン、バリダマイシン、ポリオキシソルホン、メタンアルソン酸鉄アンモニウム、硫酸ニコチンなどの液剤がその例としてあげられる。液剤の系では主剤+水+展着性界面活性剤が主構成成分となるが、このほかの補助剤として着色剤、凍結防止剤、分解防止剤、沈澱防止剤などを含むことがある。液剤に用いられる界面活性剤は、液剤の性質上乳化を必要としないから、展着

性を付与できるもので、しかも非イオン界面活性剤ではその曇点や、原体に由来する共存無機塩の影響を配慮して選択される。

液剤製剤で問題となるのは主剤の安定性である。液剤系の主剤の安定性は、用いる界面活性剤、補助剤の影響のほかに液剤系の pH が大きく関与する例が多いので、主剤安定性上の最適 pH を試験して製剤化されている。有機リン化合物のなかには水溶性のたかいものもあるが、加水分解をうけやすく商品として実用化されていないのが実情である。しかし、主剤の分解防止法や特殊製剤技術の開発がすすめば可能性はあるものと考えられる。水は人畜毒性がなく、危険物にも該当せず、省資源、経済性からみてすぐれた溶剤の一つであり、液剤にかぎらず懸濁剤なども含めてその製剤への利用について大いに考える必要があろう。

液剤の特性として冬期凍結の問題があるが、通常 -5 から -10°C で 72 時間放置しても有効成分の析出、系全体の凍結のないよう処方されている。このためにグリコール類、アルコール系溶剤の添加が必要によりおこなわれている。一度凍結しても常温に放置した場合、液剤の物理化学的性質をそこなうことなく復元できれば問題はない。液剤系は水、界面活性剤を含むので、剤の貯蔵中に微生物の発生も考慮しておく必要があるので処方上はこれらの点にも留意して製剤化される。

液剤製剤を水で希釈することなく、原液で空中散布するときに問題になるのは、散布液滴粒子が地上に到達す

表 1 製剤設計上必要な主剤の諸特性と散布特性要因

項 目	特 性
1. 物理化学的性質	(1) 外観, 色調, 臭, (2) 融点, (3) 沸点, (4) 比重, (5) 粘度, (6) 溶解度 (水, 有機溶媒), (7) 分配係数 (オクタノール/水), (8) pH, (9) pK_a , (10) 蒸気圧, (11) 加水分解性 (酸・アルカリ), (12) 熱安定性, (13) 光安定性, (14) 腐食性
2. 生 物 活 性	(1) 対象病害・虫・草, (2) 対象作物, (3) 有効濃度, 薬量, (4) 薬害特性, (5) 効果発現上からみた化合物の生物活性上の性格, (6) 作用機作情報
3. 安 全 性	(1) 急性毒性, (2) 魚毒, (3) 眼, 皮膚刺激性, (4) 予想される主剤分解物の諸毒性
4. 施 用	(1) 施用方法, (2) 散布機具, (3) 希釈倍数, (4) 希釈方法, (5) 混用散布の有無

るまでに水の蒸発揮散がおこり, 液滴粒子径が減少しドリフトをおこしやすくすることである. 製剤設計上はこれらの防止にも配慮がおこなわれている.

乳剤 (emulsifiable concentrate)

乳剤は主剤である有効成分を溶剤に溶解し乳化剤を加えた溶液であるが, 必要によりこのほかに主剤分解防止剤, ゲル化, 沈澱防止剤, 結晶析出防止剤などを補助剤として用いることがある. 一般には主剤+溶剤+乳化剤の3成分系の処方が多く, 主剤を 20~75% 含有する. 溶剤を用いないで主剤の含量を多くした主剤+乳化剤のみの高濃度乳剤もあるが, 製剤の粘度, 比重が大きくなる欠点もあり国内では一般化していない. 乳剤の品質特性として品質設計上考慮される項目をまとめると次のとおりである. 外観, 比重, pH, 乳化性, 乳化安定性, 耐熱性, 耐寒性, 主剤安定性, 表面張力, 接触角, 混用性, 付着性, ゲル化性, 包装容器適合性.

1. 溶 剤

乳剤に用いる溶剤は次のことがらを考慮しながら選択することになる. (1) 溶解度の大きいこと, (2) 主剤, 乳化剤を分解しないこと, (3) 対象作物に薬害のないこと, (4) 揮発性, 引火性の低いこと, (5) 主剤の効果を増強すること, (6) 毒性, 眼皮膚刺激性がないこと, (7) 経済的であること. 主剤が液体原体であるときは乳剤処方上問題はすくないが, 固体原体の場合は溶解性のたかい溶剤をスクリーニングし乳化の可能性を検討する. 固体原体で溶解性のたかい溶剤がなく, 高含量の乳剤をつくり難い例としてフサライド, NAC などがある. カーバメイト剤は BPMC をのぞいて 30% 前後の主剤含量が限界となっているのも主剤の溶解性に起因している. よい溶剤がない場合には水和剤, 懸濁剤への製剤化が試みられることとなる. 乳剤に用いられる溶剤として脂肪族炭化水素, 脂環式炭化水素, 芳香族炭化水素, ハロゲン化炭化水素, アルコール類, ケトン, エステル類

表 2 農薬乳剤に主として用いられる溶剤

種 類	内 容
芳香族, 脂肪族炭化水素	キシレン, トルエン, エチルベンゼン, メチルナフタレン, アルキルベンゼン, ナフサ, ケロシン, イソパラフィンなど
ハロゲン化炭化水素	メチレンクロライド, テトラクロルエチレン, o-ジクロルベンゼン
アルコール	メタノール, エタノール, イソプロパノール, ノルマル, イソブタノール
多価アルコールと その誘導体	エチレングリコール, ジエチレングリコール, プロピレングリコール, ポリエチレングリコール, ポリプロピレングリコール, メチルセロソルブ, エチルセロソルブ, フェニルセロソルブ, ジエチレングリコールのエーテル類 (メチルカービトール, カービトールなど)
ケ ト ン	メチルエチルケトン, メチルイソブチルケトン, イソホロン, シクロヘキサノンなど
そ の 他	ジメチルホルムアミド, ジメチルスルホキシド, アセトニトリルなど

などがあり、農薬乳剤によく用いられる溶剤の例を表 2 に示した。実際の処方にあたっては溶剤を単独で使用することもあるが、難溶性原体では溶解性と乳化性の両面から 2 ないし 3 種類を混合して用いることもある。芳香族炭化水素のなかでもキシレンは主剤に対する溶解性がたかく、乳化剤の選択も容易で、さきにのべた乳剤としての具備すべき条件にすぐれているのでよく用いられる。溶剤が主剤の安定性に影響をおよぼすが、とくに有機リン剤はアルコール、多価アルコール、セロソルブ類などの極性の強い溶剤や、難溶性原体の溶解によく使われるジメチルホルムアミド (DMF) の共存によって分解をうけやすい。ジメトエート原体は DMF で分解がはげしくメチルエチルケトン、ジオキサン、アセトニトリル、シクロヘキサノンなどでは分解がすくない¹⁾。ジメトエート乳剤を乳化させると瞬間乳化性にとほしく、水中を油滴状に落下する。振とうすれば良好な乳化液となるが、この乳化性は主剤安定性からくる溶剤の選択に起因する。溶剤の薬害については Gast の報告がある²⁾。乳剤散布後の主剤の結晶析出、浸透性、残効性、薬害の発生に關与する溶剤の選択には十分な配慮がもとめられる。オイルそのものが有効成分であるマシン油、精製マシン油については、とくにその殺虫効果と薬害が問題となる。これに關与する要因はオイルの粘度、パラフィン分含有率、蒸留範囲、スルホン化価ならびに製剤にしたときの乳化の良否、表面張力などがあげられる。

2. 乳化剤と乳化

乳化剤を選択する場合、製剤上からは、乳剤の希釈倍率、水温、水質、希釈液のかくはん方法、散布機の散布機構、混用条件、主剤安定性、期待される生物効果などを考慮しつつ幅広い性能をもつ乳化剤の選択がなされる。農業用乳化剤として用いられる界面活性剤はアニオン性界面活性剤、ノニオン性界面活性剤が多く、カチオン性界面活性剤はほとんど使われていない。乳化剤のコンポーネントとしては、ドデシルベンゼンスルホネート、ジアルキルスルホサクシネート、ポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテルサルフェート、ポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテルフォスフェート系の各種塩類、ポリオキシエチレンアルキルアリルエーテル、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシエチレンソルビタンアルキレート、ポリオキシエチレンノニルフェノールポリマー、ポリオキシエチレンベンジル (またはスチリル) 化フェニルエーテルなどで詳細は本紙別稿で解説されるが、通常は 1 種類で用いられることは少なく 2 種以上の組合せで使用され、製剤中に 3~20% 添加される。

図 1 界面活性剤の基本的な構造因子とその性質・作用

乳化剤を構成する界面活性剤の基本的な構造因子とその性質、性能、作用との関係は図 1 のようになる³⁾。乳剤の乳化、分散、ぬれ、浸透、湿潤、付着、可溶化、起泡などの諸作用はこれら構造因子の組合せにより影響をうける。農薬の乳化にあたって 2 種類以上の界面活性剤を組み合わせる複合効果⁴⁾をねらう例としてマシン油の乳化についてのべる。マシン油の乳化にあたって下記界面活性剤 A と B とを組み合わせると安定な自己乳化型のエマルションが得られる。

図 2 は混合比 A/B をかえてエマルションの安定性をみているが、A/B=8/2 付近が乳化がすぐれている。この機構は図 3 に示すが、非イオン界面活性剤 A は油滴 (マシンオイル) に吸着して油/水 界面の界面張力を低下さ

図 2 農薬の乳化安定性と界面活性剤 A/B の混合比との関係

図3 乳化安定機構

せてエマルションを生成すると同時に、アニオン活性剤Bも油滴に吸着してエマルションに電荷を与え安定化させる。つまりAとBの共力作用によって安定なエマルションをつくっている。乳剤を水に投入すると自己乳化してエマルションをつくるが、生成するエマルションはo/w型である。水の硬度と温度によって生成するエマルションの安定性がことなるので、乳化試験の水の硬度は3度（農業公定法）5度、10度、19度（WHO規格のCaCO₃ 342 ppmに相当）水温は15、20、30°Cのなかから必要条件を設定し、希釈濃度はその乳剤の使用濃度を中心に選んで2時間後の乳化安定性を観察することがおこなわれている。固体原体を乳化化するためにDMFなどを溶剤に使った処方では、乳化時にDMFが水と親和力が強いために固体原体が水中に析出する現象がよくあるので、溶剤と乳化剤の選択に注意がはらわれている。

乳化により生成したo/w型エマルション系は、油（ここでは主剤と溶剤の混合したもの）の微粒子が水に分散している粒子コロイドであり熱力学的に不安定である。乳剤の乳化液を長時間放置しておくとき分離がおきてくる現象である。エマルション不安定化の過程はクリーミング→凝集→合一の3過程をとる。図4は過程のモデルである。クリーミングはエマルション粒子の浮上現象であり、エマルションの粒子径が大きくなることに原因があり油滴と水層の密度差、分散媒粘度も関係する。この現象はストークスの式で

$$u = 2a^2(\rho - \rho_0)g/9\eta$$

u : 沈降速度, a : 粒子半径, ρ : 粒子の密度, ρ_0 : 液の密度, η : 液の粘度, g : 重力の加速度

$\rho - \rho_0 < 0$ のため $u < 0$ となり浮上することになる。クリーミングをおこした粒子は次には凝集、粒子間の融着をおこして図4(b)の状態になる。図4(c)の状態では水と油へ分離し、完全に分離したものは図4(d)の状態となる。合一のプロセスは図4(e)のように粒子界面の界面活性剤の吸着層が接触するとき脱離したり、界面を移動したりして裸の界面が現われ、粒子同士の接触、融着によりおこる。したがって乳化の安定性を保つためには、界面張力を低下させてできるだけ小さい粒子のエマルションとしてクリーミングを防止し、アニオン性界面活性剤などの電気二重層形成、ノニオン性界面活性剤の吸着層、水和層の形成により凝集を防止させ、脱離しにくい吸着層をつくって合一を防止することが必要で、これにあった乳化剤の選択が重要である。エマルション粒子の大きさにより、効果と葉害が関係する製剤例としてDCPA乳剤がある。この乳剤処方では、乳化安定性がよく乳化粒子径の小さいエマルション処方が除草効果が大きくなるが、逆に葉害も大きくなる傾向があるので適度の乳化安定性が要求されている。

エマルションが不安定であったり、乳化により固体原体の結晶を希釈液中に放出しやすい製剤では乳化を可溶化系にすることもある。乳化剤の濃度が大きいほど、また一般には臨界ミセル濃度(cmc)が小さいほど可溶化量は大きくなり可溶化の傾向はつよくなるが、可溶化系は防除効果、葉害、主剤の毒性面に影響を与えるので主剤ごとに検討してきめる必要があろう。液剤と乳剤を容量で1:1などの高濃度に混用するときに経験する現象に転相(phase inversion)がある。一般にエマルションがo/w型からw/o型へ、w/o型からo/w型へ変わる現象をそういつている。この現象がおきると混用液の粘度が上昇し、散布時のおかれた温度前後で不安定な状態もおこりうるので、高濃度混用を目的とする乳剤では、かかる現象も考慮した乳化剤の選定が必要であらう。

3. めれと付着

乳剤の希釈液を植物や虫体に散布したとき、葉液がその接する表面で十分めれる必要がある。めれ現象は界面

図4 エマルション不安定化の過程

(a) クリーミング, (b) 凝集, (c) 合一, (e) 合一のプロセス。

図 5 ぬれの四つの型

化学的には付着（接着）ぬれ，浸透ぬれ，拡張ぬれ，浸漬ぬれの四つの型がある（図 5）。植物や虫体散布の場面では付着，浸透，拡張ぬれが関係し，種モミ消毒のごとき浸漬の場合は浸漬ぬれが重要となる。ぬれるとは気体・固体の界面が液体・固体の界面におきかわることであり図 5 (a) は液滴が固体につくときのぬれで，薬液が葉の表面に散布され付着する状況に相当する。図 5 (b) は毛細管の中を液体が浸透していく現象で植物体の表面の間隙，葉表面の凹凸部へ薬液が入りこむ状況に相当する。図 5 (c) は水和剤粉末を水中に投入するときの水和や，種モミを消毒液の中に浸漬するときにおこる現象で，水和剤の水和現象は浸漬ぬれと浸透ぬれが同時におこっている。図 5 (d) は拡張ぬれといい散布薬液が葉面上でひろがる現象である。したがって薬液の散布がなされると図 5 (a) (b) (d) のぬれが同時におきている。付着ぬれについてみると（図 6 参照） $\gamma_s = \gamma_{LS} + \gamma_L \cos \theta$ が成立する。ここで γ_s : 固体の表面張力， γ_{LS} : 液体・固体の界面張力， γ_L : 液体の表面張力， θ : 接触角，をあらわす。

付着ぬれによる自由エネルギー

= 付着ぬれによる表(界)面張力の変化

= $\gamma_{LS} - \gamma_s$

= G_P

前項の式を代入して $G_P = -\gamma_L \cos \theta$ 。もし $\theta < 90^\circ$ ならば $G_P < 0$ となり付着現象がおきる。 γ_L , θ とも測定可能である。薬液の植物葉面上の接触角がぬれの難易を表わすが，筆者らがおこった各種植物の葉表面上の接触角測定結果を表 3 に示す。測定はゴニオメータ式接触

図 6 付着ぬれの接触角
(a) 一般，(b) 完全にぬれないとき

図 7 粗面のぬれ

θ_0 : 真の接触角， θ : みかけの接触角（実際上の値）

角測定器を用いて， $5 \mu\text{l}$ の液滴を水平に置いた葉の表面に静かに滴下し，1 分後に測定したものである。接触角はイオン交換水とポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル（EO 9.8 モル付加）の 50，100 ppm 溶液についておこった結果である。

サトイモの葉の表面は水にぬれにくい代表的なものであるが，これは葉の表面が粗面構造になっていて，つぎにのべる粗面のぬれで説明される⁵⁾。固体表面に凹凸があるとき（粗面という）その粗度を γ で表わす。 γ は表面の凹凸を平らとしたとき 1 cm^2 の面は実際は $\gamma \text{ cm}^2$ になっていることをしめすから粗面とは $\gamma > 1$ のことである。粗面のぬれについてウェンツェル (Wenzel) の式がありつぎの関係がある。

$$\cos \theta = \gamma \cos \theta_0$$

ここで γ : 粗度， θ : みかけの接触角， θ_0 : 真の接触角をしめす（図 7）。

この式から

(i) $\theta_0 < 90^\circ$ のとき，粗面では $\theta < \theta_0$

(ii) $\theta_0 > 90^\circ$ のとき，粗面では $\theta > \theta_0$

となり，ぬれやすい面を粗面にするとさらにぬれやすく

表 3 各種植物の葉表面の接触角（千葉・米村）

種 類	品 種	生育ステージ	接 触 角 (度)		
			水	NP (EO 9.8) 50 ppm	NP (EO 9.8) 100 ppm
イ	ネ	朝 日	125	104	79
"	"	"	136	114	80
"	"	6.5 葉期	132	114	86
"	"	穂ばらみ期	124	93	66
コ	ムギ	農林 61 号	131	88	68
オ	オムギ	アズマゴールドン	131	91	65
ネ	ギ	相 洲	134	94	65
ダ	イズン	白 鳥	134	91	71
カ	ン	剣 山	131	92	59
サ	トイモ	弥 市	130	96	73
ブ	ドウ	デラウェア	118	62	53
イ	チゴ	宝交早生	116	66	49
メ	ロン	ア ン デ ス	99	68	56
ナ	ス	千 両 2 号	99	58	47
ト	マ	世 界 一	98	68	54
カ	キ	百 目 柿	86	54	46
サ	ツマイモ	農 林 1 号	85	58	47
ミ	カ	温 洲 早 生	81	64	57
イ	ン	大 正 金 時	79	63	49
キ	ュウリ	相 模 半 白	75	52	49
ナ	シ	長 十 郎	74	57	43
ト	ウモロコシ	ハニーバントム	72	43	40
チ	ヤ	ヤブキタ	69	47	40
モ	モ	布 目 早 生	67	56	51
リ	ン	ゴールドンデリシヤス	58	43	37

図 8 サトイモの葉の表面（千葉・前田）

なり、ぬれにくい面は粗面にするとさらにぬれにくくなる。サトイモの葉の表面の走査型電子顕微鏡写真を図 8 にしめたが、葉の表面に多数の凹凸があって粗面になっており、しかも葉の表面にロウやワックスが存在するので薬液がぬれにくくなっている。界面活性剤と農薬との関係^{6,7)}、葉面の物理化学的性質⁸⁾、コロイド化学と農薬製剤⁹⁻¹¹⁾についての報告、成書がある。

懸濁剤 (suspension concentrate, flowable concentrate)

近年、新剤型の一つとしてゾル、フロアブルの名称で農薬懸濁剤が実用化されている。固体原体の微粒子を液体に分散させた系であり、製剤上つぎの利点をもつ。

(1) 適当な溶剤がなく乳剤化できない主剤は懸濁剤にすることにより液状化できる、(2) 溶解度の点で主剤低含量の乳剤よりできないものを高含量製剤とさせることができる、(3) 水和剤の希釈取扱い中、発じんにより皮膚カブレがおきやすいものは、本剤型にして希釈時の発

じんを防ぐことができる、(4) 水ベースの剤処方により、引火の危険はなく危険物の対象外となる、(5) 空中散布用製剤としてすぐれた性質をもつ。

1. 系の構成とその特性

懸濁剤は製剤処方により水系 (water based)、油系 (oil solvent based)、エマルション系の三つのタイプに分類できる。懸濁剤に要求される品質特性項目として粘度、貯蔵安定性 (沈降性、ハードケーキング形成性)、懸垂性、水希釈性、耐寒・耐熱性、機械かくはん力に対する物理的安定性、振とうによる再分散性、貯蔵中の主剤の結晶成長性、などがあげられる。

水系タイプのものは、主剤、水、粘度調整剤からなり必要により凍結防止剤、安定剤などを添加することがある。主剤は乾式で微粉碎するか、またはサンドグラインダーのごときもので湿式粉碎して微細粒子をうる。最適粒子径は主剤ごとに防除効果をみてきめるが、平均粒子径 $1\sim 2\mu\text{m}$ 以下のものが多い。懸濁剤は固体粒子の分散系であるから、粒子の沈降現象が必ずおきる。分散系の粒子の沈降を防ぐ上で、主剤の粒子径、粒子径分布、真比重、ならびに分散媒系の比重、粘度が重要な因子であることはもちろんであるが、懸濁剤の沈降を自由沈降型とするか凝集沈降型にするかが、製剤の物理的安定性に大きく影響する。自由沈降型は主剤の粒子がひとつひとつ独立の運動体として沈降するが、凝集沈降型はいくつか集まって集団となって沈降する。懸濁剤がどちらのタイプの沈降かは、外見的に分散型を見れば判別できる。図9に示すように、自由沈降型は沈降がはじまっても、外観的には液の透明部と混濁部との境界は明らかでなく、連続的につながって濁り度は時間経過とともに上方から低下し、やがて上部が透明となってスィてくる。この系では、長期貯蔵により容器の底に固体原体の沈積層が現われ、時間経過とともにハードケーキングを形成し、使用時振とうしても容易に再分散しない。凝集沈降型は沈降開始とともに上方に液の透明部が現われ、沈降面がはっきり現われる。透明部と混濁部との境界面は経時的に下方に移動するが、凝集沈降終了とともに停止し、容器の底に固体原体の沈積層が現われない。凝集沈降機構のものは、製剤処方中に水溶性高分子などの添加により、弱い足場構造をつくりチキソトロピックな性質を与える。このような系では、製品を倉庫に保管している状態、すなわち、この系が静止している (応力が小さい) ときは粘度が高く、製剤使用時に一度ふると (応力が大きい) 足場構造がくずれて見かけの粘度も下がり、流動性もますから、農薬用懸濁剤にはこの系が好ましいと考えられる。なお凝集沈降機構を図10に示す。

図9 自由沈降と凝集沈降

図10 自由沈降および凝集沈降機構

懸濁剤の物理的安定性を考えるとき、粒子コロイドの安定性に関する DLVO の理論が役に立つ。詳細は成書にゆずるとして、懸濁剤中に存在するコロイド粒子間の反発力のエネルギーは、水溶液中に電解質があり、それから解離するイオンの濃度、原子価が大きいほど、粒子をとりまく電気二重層が縮小して反発力は小さくなる。また一方、粒子界面の電位 (ゼータ電位) が大きいほど2粒子間に働く反発力が大きくなるから、懸濁剤に界面活性剤の吸着をおこなわせて電位を大きくしてやることも懸濁剤コロイド粒子の安定化につながることになる。懸濁剤製剤では剤の製造、水による剤の希釈にあたっては、電解質を含む水の性質に十分注意する必要がある。農薬懸濁剤中に2種の固体原体を分散させる場合は、異なった粒子間の凝集 (ヘテロ凝集) が問題となる。この場合も粒子のもつゼータ電位が関与する。二つの粒子のゼータ電位の積がある値以上で分散するといわれている。両者異符号のときは凝集して製剤化はむずかしい。

油系タイプはあまり用いられていないが、この系は主剤、有機溶剤、乳化剤などで構成される。有機溶剤を使うので、長期の懸濁安定性を保持するために、溶剤の比重、粘度向上剤の選択、油中系での固体原体の結晶成長による主剤粒子径の増大を防ぐことが製剤上は重要なこととなる。

エマルション系では、主剤、溶剤、乳化剤、水の系か

らなりエマルション状態のなかに主剤が懸濁したり、一部は乳化されて存在する。主剤に適合した乳化剤の選択とエマルションを生成させる乳化条件の設定が重要となる。このために転相温度 (phase inversion temperature, PIT) の現象を利用し、安定した乳化系をつくることがおこなわれている。

引用文献

- 1) 鎌田 裕・小沢一孝: 農薬生産技術, **15**, 37 (1966)
- 2) R. Gast & J. Early: *Agric. Chem.* **11** (4), 42 (1956)
- 3) 藤本武彦: 新界面活性剤入門, 三洋化成, 1981
- 4) 常盤文克: 油化学 **28** (8), 60 (1979)
- 5) 北原文雄: 微粒子の科学 (界面とコロイド), 旺文社, 1981
- 6) 廣田幸喜: 油化学, **6** (7), 90 (1957)
- 7) 松本清蔵: 油化学, **18** (9), 37 (1969)
- 8) P. J. Holloway: *Pestic. Sci.* **1**, 156 (1970)
- 9) D. Seaman: *Chem. Ind.* **3**, 159 (1979)
- 10) J. W. van Valkenburg: "Pesticidal Formulations Research," *Advances in Chemistry Series* 86, American Chemical Society, Washington D. C., 1969
- 11) J. W. van Valkenburg: "Pesticide Formulations," Marcel Dekker Inc., New York, 1973