

## 顔料分散入門 チャーハンをモデルにして

門脇 徹治<sup>\*,†</sup>

<sup>\*</sup>御国色素株式会社 兵庫県姫路市御国野町国分寺101 (〒671-0234)

<sup>†</sup>Corresponding Author, E-mail: kadowaki@mikuni-color.co.jp

(2010年10月22日受付; 2011年6月27日受理)

### 要 旨

最近、顔料や分散剤などの原材料の開発、微細可能な分散機の出現があり、分散技術は飛躍的に進歩を遂げている。この分散技術は、地味な技術分野ではあるが、さまざまな工業分野での基盤技術となっている。さらにナノテクノロジー、環境、エネルギーなどのこれからの時代を先導する科学技術の重要な要素技術である。本解説は顔料の分散の入門書とし、顔料の分散の考え方のイメージをつかんでもらうことを目的とし、概念的なモデルを用いて簡潔にまとめた。

キーワード：顔料分散、分散技術、分散剤

### 1. はじめに

近年、顔料はニーズが多様化し、塗料やインキ、プラスチック用着色剤や筆記具から電子材料・化粧品に至るまで、幅広く用いられている。そこでは、単に顔料を微細化するだけでなく、分散安定化させ、耐光性、耐熱性、着色力、透明性など用途に応じた要求性能が求められている。とくに近年は、これまでより小さな、数nm～数十nmレベルの粒子径の材料が開発されてきている。このような粉体粒子は、高い表面活性や製造時の乾燥工程の影響などにより、凝集しやすい。しかし、粉体材料は、凝集しては、本来の機能を発揮することができない。そこで分散が必要になる。最近では、顔料や分散剤などの原材料の開発、微細可能な分散機の出現があり、分散技術は飛躍的に進歩を遂げている。

ここで用いられる「分散技術」は、地味な技術分野ではあるが、さまざまな工業分野で、基盤となり、支えとなっている。さらに、ナノテクノロジー、環境、エネルギーなどこれからの時代を先導する科学技術の重要な要素である。

今回は入門編として、分散の考え方のイメージをつかんでいただくことを目的としてまとめてみたい。

ここで「分散」の定義を確認しよう。「分散」は、液体中に粒子状態ではばらばらにすることだ。それに対して、「溶解」は分子状態ではばらばらにすることである。ちなみに、色材では、分子が「染料」、粒子が「顔料」である。

「染料」⇒「溶解」分子状態

「顔料」⇒「分散」粒子状態

という関係になる(図-1)。

顔料の凝集状態は、一次粒子(アグリゲート)、二次粒子(アグロメレート)という言葉であらわすことができる。結晶

### 分散とは？

幅広い分野で必ず必要な重要な技術

(塗料・インキ・筆記具・紙・プラスチック  
・布・建材・電気製品・電子材料など)



素材の機能を十分に引き出すことができる  
(色・電気特性・光学特性・力学特性など)

溶解と分散の違い

溶解 ⇒ 1個1個の分子状態 …… 技術不要  
分散 ⇒ 粒子状態(分子の集合体) …… 技術必要

図-1 分散の定義

単位で凝集したものが一次粒子であり、さらに大きく顔料合成途中の乾燥工程などで一次粒子が凝集したものが二次粒子である。一般の塗料や印刷インキ中の、顔料粒子の一次粒子サイズは、数十nm～数μm程度である。分散は、二次粒子の凝集を解砕することであり、理想的には一次粒子1個1個まで孤立した状態にすることである。

### 2. 分散のイメージ ～チャーハンを例に挙げて～

分散のイメージをつかんでいただくために、料理(その中でもチャーハン)を例に挙げて説明してみたい。

料理は、さまざまな食材を選び、材料を切って小さくしてから、混ぜたり、練ったりして、おいしくしていく。「小さくする」「混ぜる」「練る」などのプロセスは分散そのものである。そして「おいしく」というのが、あえて言えば、料理の主目的の機能である。

後述するように、粒子表面を分散剤で均一に被覆することが、分散粒子のイメージだが、このイメージにぴったり合う料理の一つがチャーハンである。チャーハンのご飯つぶがばらばらになって、ご飯つぶ一つ一つまで味がつくのがおいしい。ばらば

〔氏名〕 かどわき てつじ

〔現職〕 御国色素(株)技術研究所 グループマネージャー

〔趣味〕 読書(歴史、科学など)

〔経歴〕 1993年4月御国色素(株)入社。

らの食感もおいしさを引き立てる。ご飯つぶは粘り気があり、くっついて凝集しやすい。ご飯つぶが凝集していると、中まで味が染み込まないので、まずいチャーハンになってしまう。

このご飯つぶがばらばらの状態が、理想の分散状態ということになる(図-2)。

チャーハンのご飯を油で炒める料理である。もともとご飯は水分が多いので、ご飯を油へ分散するというのは、考えてみれば無理がある。水と油は相容性が悪い。この環境下で、ご飯つぶを油の中でばらばらにする役目を果たす、いわば分散剤が、実は卵だった。

卵そのものが油と水を含んだ複合体であり、水と油の両方に相容するタンパク質を含んでいる。卵をご飯つぶの一つ一つの表面にコーティングするのがポイントである。卵をご飯つぶと油の馴染みをよくさせて、ばらばらにする。

ご飯つぶ一つ一つがばらばらになれば、調味料が均一に広がるために、おいしいチャーハンになる。ご飯つぶが凝集してしまうと、調味料がご飯つぶの中まで行きわたらないために、うまく味付けができない(図-2)。

顔料分散において、分散プロセスの大きなポイントは、分散剤を顔料粒子に被覆することである。分散剤が粒子間の凝集を防ぎ、粒子1個1個にまで分散させる役割を果たす。チャーハンでの卵が、顔料分散の分散剤と対応していることがイメージいただけたらだろうか。

チャーハンで分散剤の役割を果たす卵は、液状ではご飯つぶ表面を覆うことができるが、熱で固まってしまうと覆うことができない。熱で固まる前に、卵でご飯つぶをコーティングしなければならない。

卵をご飯つぶに均一にコーティングするために以下のようなレシピが、テレビの料理番組やネットなどで提案されている。

- (1) 卵が熱で固まる前に、短時間に手際よくフライパンで混ぜる
- (2) あらかじめ卵とご飯をよく混ぜてから、フライパンで加熱する

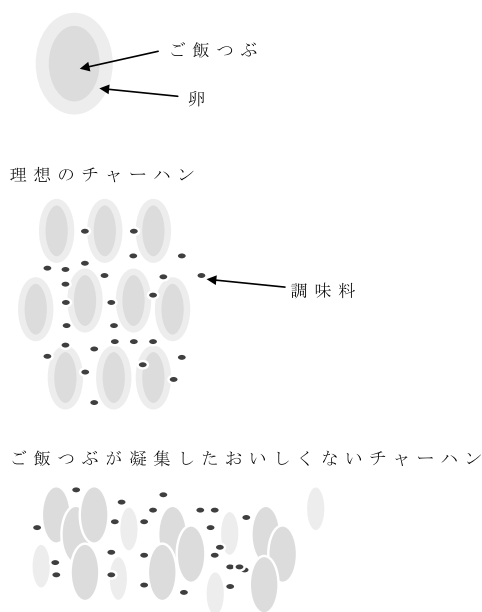


図-2 チャーハンをモデルにした理想の分散状態

(3) 油とご飯を電子レンジで加熱して、油で十分濡らしてから、フライパンに卵を入れて加熱しながら混ぜる。

どれを選ぶかは状況次第と思う。かき混ぜる腕に自信があれば(1)でよい。手間をかける時間の余裕があれば(2)や(3)が安心できる。

分散工程の場合も、往々にして、(1)~(3)のような、複数候補から選ぶことになる。均一な混合が確保できるのであれば、コスト的には1工程の(1)がよいし、複数工程にしても分散剤の均一被覆を重視するのであれば(2)(3)もよい。

チャーハンのような料理も、視点を変えると、分散科学になる。素材を選び、プロセスを選び、品質を追い求めるという点では、プロの料理人も分散技術者も目指すところは近いのかもしれない。

### 3. 分散安定化機構

それでは、本題の分散の話に戻ろう。

分散過程は

- ①濡れ 顔料表面の気体を分散媒・樹脂・分散剤に置換する。
  - ②解砕 凝集した顔料を機械的な力で一次粒子近くまで孤立状態にする。
  - ③安定化 再凝集が起こらないようにする。
- の三つの過程よりなるとされている(図-3)<sup>1,2)</sup>。

まず顔料の凝集体が樹脂溶液にぬれて粒子間の凝集力が低下し、ついで分散機の機械力が加わって解凝集される(機械的解砕)。解凝集されたままの粒子は、熱運動などにより容易に再凝集するので、再凝集に対して安定化させる必要がある。安定化のために、粒子表面を分散剤で均一に被覆する。

上記①~③のプロセスの中で、分散機の機械的要素と、分散剤の化学的要素の両方が重要な役割を果たす。したがって、分散は、機械・化学の両方の視点が必要である。

ただし、今回は誌面の都合もあり、化学的要素である、分散剤の分散安定化機構のほうの概略を述べるに留めたい。

#### 3.1 分散剤による分散安定化機構

おもな安定化機構は静電気反発と立体障害によるものである。

静電気反発は、分散剤により顔料に表面電位を付与する。顔料同士は同じ極性の電荷をもつことで、互いに電氣的に反発し合い、顔料の凝集を防ぐ。一般に、水などの極性の高い分散媒で有効である。低極性分散媒では、静電気反発は期待できない。

立体障害は、顔料表面に吸着した分散剤が、その主鎖・側鎖

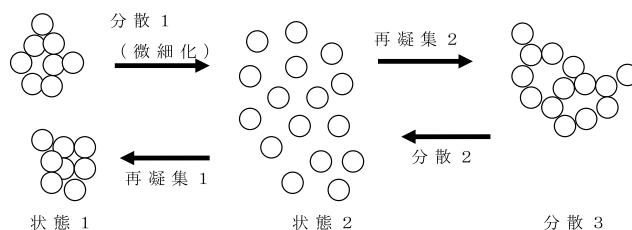


図-3 顔料の分散過程(実際には三つの現象が同時進行している)  
 ①濡れ…顔料/空気・水⇒顔料/分散媒(有機溶剤・樹脂)  
 ②微細化…分散機などによる微細化(微粒子化)  
 ③安定化…微細化した粒子の再凝集防止

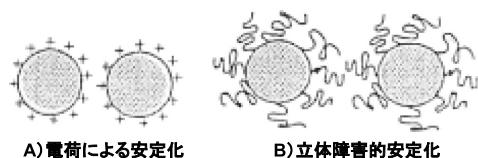


図-4 分散安定化の方法

相溶性鎖： (主鎖及び側鎖)	顔料吸着基：	
-脂肪酸	-アミン	
-ポリアミノ	-カルボン酸	
-ポリエーテル	-リン酸	
-ポリエステルの	-アミン塩	
-ポリウレタンの	-カルボン酸塩	
-ポリアクリレートの	-リン酸塩	

図-5 分散剤の吸着基の例

を系中へ伸ばし、保護層を形成することで、顔料同士の凝集を防ぐ。立体障害は、系の極性の高低にかかわらず有効であり、バインダーとの相溶性がポイントである。分散剤の主鎖・側鎖が、系中に十分伸びてくれないと保護層の厚さは確保できない。主鎖・側鎖の例としては、脂肪酸、ポリアミノ、ポリエーテル、ポリエステル、ポリウレタン、ポリアクリレートがある(図-4)。

### 3.2 顔料吸着のメカニズム

顔料分散において、顔料と分散剤の引力では、酸・塩基の相互作用が最も強い。酸性表面の顔料には塩基性吸着基をもつ分散剤が適し、塩基性表面の顔料には酸性吸着基をもつ分散剤が好ましい。

塩基性の代表例としては、アミン(一級・二級・三級)が挙げられる。酸性タイプでは、カルボキシル基、リン酸基である。リン酸基は金属酸化物用にも用いられる。金属元素との間に酸素原子を介してリン元素が相互作用し強い吸着性を示す。

極性基のない有機顔料の場合は、 $\pi$ 電子による相互作用を利用する。

水性では、疎水性相互作用も重要である。溶媒である水の秩序化による安定化による安定化エネルギーがかなり大きいために、親水部のネットワーク(秩序化)から排除された疎水基が不安定な水との界面エネルギーを最小とするよう疎水基同士(分散剤の疎水部と疎水性顔料表面)が集合する現象である(図-5)<sup>3,4)</sup>。

低分子量分散剤の吸着パターン(図-6a)と高分子量顔料分散剤のループ・トレイン・テール型吸着パターン(図-6b)の比較を図示した。低分子量分散剤の広がりはおおよそ、直径0.5 nm、長さ2 nm くらいの円筒と考えてよい。低分子量型は、分散安定化の要件である吸着と立体障害のどちらもが弱く、分散安定化効果に限界がある。分散状態の安定化には、次の点で高分

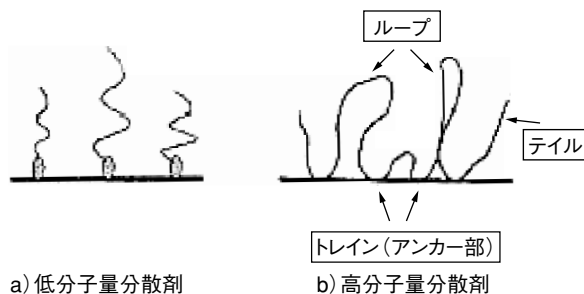


図-6 固体表面への分子吸着のイメージ

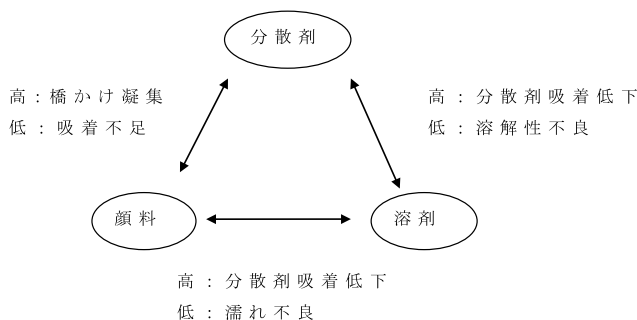


図-7 粒子・分散剤・溶剤の関係

子吸着による立体的安定化が有効である<sup>4)</sup>。

- 1) 多点吸着のため、比較的低濃度からでも吸着する(脱着しにくい)。
- 2) 安定層の厚みが確保しやすい。

### 3.3 顔料・分散剤・溶剤の関係

粒子表面に分散剤を吸着させるためには、分散剤と粒子の間に親和性が必要であるが、多くの分散系では、第三の成分である溶剤との関係でこれを考える必要がある。分散剤が粒子に吸着させるためには粒子と溶剤の親和性より大きい必要がある。ただし、分散剤吸着を優先して、粒子表面に対する親和性が低すぎる溶剤を選択すると、分散の「濡れ」が進行しない。一方、分散剤が溶剤に溶解するためには、分散剤と溶剤の間にも親和性が必要だが、親和性が強すぎると、粒子への吸着が阻害される。以下の図のように、粒子・分散剤・溶剤の相容バランスを考慮することが必要となる(図-7)<sup>5)</sup>。

## 4. 分散と物性・機能

なんで分散するのかといえば、目的とする物性や機能を引き出すための手段だからである。あくまで分散は手段であって、目的ではない。したがって、分散は、物性・機能と結びつけて議論しなければならない。

顔料の分散粒子径を例に挙げて説明しよう。一般的な傾向を図-8にまとめた。

#### ①着色力

顔料粒子が小さいと、粒子表面積は大きくなって光の吸収率が高くなり、着色力が増す。

#### ②隠ぺい力

隠ぺい力が最大になる粒子径が存在する。光波長の1/2が目安と言われている。それ以下の粒子径では、粒子径が小さいほど透明になる。

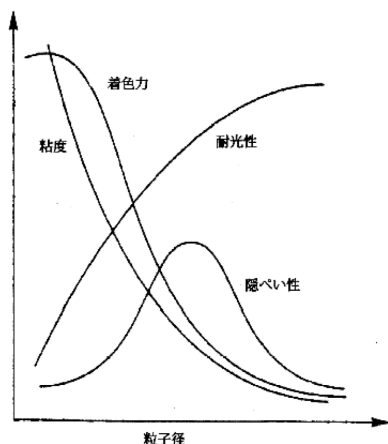


図-8 顔料の粒子径と物性の関係

### ③耐光性

粒子径が大きいほうが耐光性は良好。

このように、顔料の分散粒子径が物性に与える影響は大きい。また、トレードオフの関係にある物性もある。

ここで述べたのは粒子径についてだが、粒子径以外のさまざまな因子についても調整しなければならない。したがって、必要とされる物性に合わせて分散設計を行い、最適な分散条件を

検討することになる。

ここでは、機能・物性を確認し、粒子の分散状態を把握する、評価分析技術も必須である。評価分析がしっかりしていないと、分散試験結果が判定できず、検討の方向性も定まらない。分析技術の中での評価分析の占める割合は大きい。

## 5. 最後に

以上駆け足で分散について概略を述べた。

分散は、材料からプロセス、アプリケーションに至るまで幅広い知識や技術が必要である。先に述べたように、機械的要素と化学的要素が複合化した学際的な奥深い研究分野で、まだまだ未知の領域も広い。

今後も、世の中のさまざまな産業の中で、分散技術が活躍し発展していくことを期待している。

## 文 献

- 1) 最新顔料分散ノウハウ集, 技術情報協会, p.14 (2008).
- 2) *Filler*, **13** (15), p.19, May (2009).
- 3) 最新顔料分散ノウハウ集, 技術情報協会, p.92 (2008).
- 4) Y. Kushi: *J. Jpn. Soc. Colour Mater.*, **78** [3], 141 (2005).
- 5) 塗料・インクにおける溶液物性の基礎とその制御・評価, p.128, 情報機構 (2009).

## A Introductory Pigment Dispersion Technique, Illustrating with Chinese Fried Rice

Tetsuji KADOWAKI<sup>\*,†</sup>

<sup>\*</sup>Mikumi Color Ltd., 101 Kokubunji, Mikuninocho, Himeji, Hyogo 671-0234, Japan

<sup>†</sup>Corresponding Author, E-mail: kadowaki@mikumi-color.co.jp

(Received October 22, 2010; Accepted June 27, 2011)

### Abstract

Recently, raw materials such as pigments and the dispersing agents are developed, and a dispersion machine that can crush minutely appears and the dispersion technology provides rapid advancement. It is a basic technology in a variety of industrial fields though this dispersion technology is a sober technical field. In addition, it is an important elemental technology in the science and technology that guides nanotechnology, the environment, and the age of energy etc. of the future. This paper was concisely by aiming to be the introduction of pigment dispersion and had the image of the idea of the pigment dispersion using a conceptual model.

**Key-words:** Pigment dispersion, Dispersion technology, Dispersing agent