分散基礎講座 (第Ⅲ講)

色材, 77 [8], 375-379 (2004)

溶剤系での顔料分散

小林 敏勝*

1. 溶剤系における顔料分散の特質

顔料分散は、塗料やインク、絵の具などの製造において重要な工程であり、その良否は商品の光沢や着色力、隠ぺい力、彩度などの光学的性質、流動性やレベリング性などのレオロジー的性質、沈降やブツ発生、ツヤ引け、増粘などの商品安定性に多大な影響を及ぼす。

通常、顔料メーカーで製造された顔料は、乾燥し、一次粒子(注1)が多数凝集した状態で顔料分散工程に供される。これを、ビヒクル中で理想的には一次粒子の状態まで解凝集し安定化させる工程が顔料分散工程である(注2)。したがって、たとえば平均粒子径が100 nmの顔料分散系が必要な場合は、一次粒子径が100 nm以下の顔料粉末を入手する必要がある。最近の高性能な分散機では、一次粒子も破砕可能な場合があるが、一次粒子が破砕された際には、破砕面に活性部位が生じて、分散系の異常な粘度増加が生じたり、最終皮膜の耐候性や耐久性に問題が生じる可能性が高い。

顔料分散工程は、ぬれ、機械的解砕、分散安定化の三つの単位過程¹⁾に分割して考えると、分散設計やトラブルシューティングの際に便利である。すなわち、顔料分散工程では第一に乾燥し凝集した一次粒子凝集体のビヒクルに対するぬれが生じる。とくに一次粒子凝集体の中にある微細な隙間へのビヒクルの毛管浸透が重要である。凝集部分がビヒクルにぬれて一次粒子間の付着力が減少した状態で、分散機のずり力や衝撃力が印加されると、より小さい凝集体に分割される。この過程が機械的解砕の過程である。この過程は分散機のパワー、ミルベースの粘度などの因子に影響され、化学工学的なアプローチが重要である。より小さな凝集体に分割されると、ビヒクル/顔料粒子界面の面積が増加するので、この界面が不安定な場合には、折角分割された粒子同士の再凝集が生じて、分散が進行しない。分散を進行させるためには、ビヒクル/顔料界面を安定化させることが必要であり、高分子吸着層や電気二重層を顔料粒子周りに形成させることで、安定化が達成されている。この過程が分散安定化過程である。ぬれ、機械的解砕、分散安定化の全ての過程が満足されると、理想的には安定な一次粒子の分散系が得られるはずである。

機械的解砕の過程では、さきにも記したように化学工学的アプローチが重要であり、本連載講座では分散機に関する別講が用意されている。このため、本講では機械的解砕過程に関する解説は割愛する。

一般的な溶剤系の塗料やインクでは、有機溶剤の表面張力が低いため、ぬれの過程の進行が阻害され分散が進行しないということはほとんど考えられず、多くの場合、分散安定化の過程をどのように満足させるかということが重要である。このため、以下では溶剤系での分散安定化の考え方や手段について紹介することにする。

2. 顔料・高分子・溶剤の親和性の基本的な考え方

溶剤系の塗料やインクなど、実用的な系における顔料の分散安定化は、顔料粒子周りに高分子吸着層を形成させることにより達成される。したがって、顔料表面と高分子の親和性を確保し、高分子の吸着が進行しやすいように設計することが重要となるが、溶剤と高分子、溶剤と顔料表面との親和性も視野にいれて、このことを考える必要がある。図-1を参照されたい。高分子が顔料

図-1 高分子、顔料、溶剤の三成分間親和性と顔料分散

〔氏名〕 こばやし としかつ
〔現職〕 日本ペイント(株)創造技術研究所
〔趣味〕 旅行、音楽鑑賞
〔経歴〕 1980年3月京大院工工専攻修了
同年 日本ペイント(株)入社
1993年 京大工博

平成 16.4.2 受理
Pigment Dispersion in Solvent Systems
Toshikatsu KOBAYASHI*

*日本ペイント株式会社 R & D 本部創造技術研究所
大阪府寝屋川市池田中町 19-17 (〒572-8501)

表-1 溶剤系での顔料分散における親和性の考え方

	現象の進行により系の乱雑さが増す場合	現象の進行により系の乱雑さが減少する場合
親和性の考え方	$T\Delta S > 0$ なので、 $\Delta H > 0$ (吸熱混合) でも可	$T\Delta S < 0$ なので、 $\Delta H < 0$ (発熱混合) でないと不可
対象となる現象	溶解, 相溶化, むれ	吸着
適用する親和性理論	溶解性パラメーター	酸塩基相互作用

に吸着するためには、顔料と高分子の親和性は溶剤と高分子の親和性より高い必要があるが、高分子吸着を優先するあまり、顔料に対する溶剤の親和性が低すぎると、分散の単位過程であるむれが進行しない。一方、吸着した高分子鎖は溶媒和し、溶剤中に溶け広がる必要がある。このためには、高分子と溶剤の間に親和性がなければならないが、親和性が大きすぎると高分子の溶剤中への分配係数が大きくなり、顔料への吸着が阻害される。

では、具体的にどのように親和性を考えれば良いかということになるが、このことに関しては表-1を参照されたい。熱力学によれば、吸着やむれ、溶解など、どの現象を考えるにしろ、その現象が生じる前後のギブス自由エネルギーの変化 (ΔG) は負の値をとらなければならない。エンタルピー変化 (ΔH) とエントロピー変化 (ΔS) を用い、 T を絶対温度とすれば、

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$$

が成立することが現象進行のための必須条件である。ここで、吸着では現象の進行により系の乱雑さが減少する。すなわち $\Delta S < 0$ なので、 $\Delta G < 0$ のためには $\Delta H < 0$ である必要がある。すなわち親和性としては発熱的な相互作用が生じないと、吸着という現象は進行しないことになる。一方、溶解やむれでは現象の進行により系のエントロピーが増加するので $-T\Delta S < 0$ であり、 $\Delta G < 0$ のためには $T\Delta S$ の絶対値を超えない範囲内で ΔH は正の値も取ることが許される。すなわち吸熱的な弱い相互作用でも現象が進行することになる。むしろ吸着を阻害しないように発熱的な相互作用を避けて、 $0 \leq \Delta H < T\Delta S$ の範囲内に収める方が分散工程全体からは好ましい。比喩的な言い方をすれば、吸着は高分子と顔料の仲がよくなければ絶対進行しないが、顔料の溶剤へのむれや高分子の溶解は、溶剤との仲がさほど悪くなければそれでよいということになる。

結論的には、溶剤系の顔料分散においては、高分子の顔料への吸着には発熱的な強い相互作用である酸塩基相互作用を働かせることが必要であり、高分子や顔料の酸塩基的性質が重要である。また、顔料へのむれや高分子の溶解のために溶剤が持つべき親和性は、樹脂吸着を阻害しないような弱い親和性が望ましく、このレベルの親和性を取り扱うには溶解性パラメーターの考え方が適している。つぎの3章では顔料と高分子の酸塩基的性質の評価法、4章では溶剤の溶解性パラメーターの評価法および溶解性パラメーターを用いた高分子と顔料の評価法について概説する。

3. 非水電位差滴定法を用いた顔料と高分子の酸塩基的性質の評価

顔料と高分子の間に酸塩基相互作用が生じるようにするためには、顔料や高分子の酸塩基的性質を適切に評価することが必要である。ここでは、非水電位差滴定法による測定例、および顔料分散挙動との関連について事例にもとづいて解説する。

ここで紹介する非水電位差滴定法は、ガラス電極を用いて水素

図-2 強度の異なる酸性試薬を用いた酸化チタン顔料の塩基量測定例³⁾

イオンの電位を計測しながら、適切な試薬で滴定する方法である。著者らは、メチルイソブチルケトン (MIBK) に測定の対象となる高分子を溶解させておき、酸量の測定には水酸化テトラブチルアンモニウムヒドロキシド (TBAH) やカリウムメトキシドを、塩基量の測定には過塩素酸を、それぞれ MIBK 溶液にして滴定する方法を報告している^{2,3)}。滴定曲線の当量点から高分子の酸量と塩基量が決定できるが、さらに当量点までの滴下量の半分の滴定試薬が滴下された点 (半当量点) における電位から、高分子の酸や塩基の強度に関する情報も得ることができる。くわしくは原報²⁾を参照されたいが、半当量点での電位が高いほど強酸であり、低いほど強塩基である。

一方、顔料は MIBK 等の溶剤には溶解しないので、直接滴定することは困難であり、逆滴定法を用いることになる。すなわち、あらかじめ濃度が既知の酸性試薬や塩基性試薬を準備しておき、一定の比率で顔料と混合して中和反応を生じさせる。一定時間経過後に遠心分離などの方法で顔料を除去して得た上澄み液を電位差滴定することにより、残余の酸性試薬や塩基性試薬の濃度を決定し、減少した酸性試薬の量から顔料の塩基量を、塩基性試薬の量から顔料の酸量を決定する。

逆滴定法による顔料の酸量、塩基量の測定において、顔料と接触させる酸性試薬や塩基性試薬に強度が異なるものを用いると、強度別に顔料の酸量や塩基量を決定することができる。図-2³⁾は塗料用酸化チタン顔料の塩基量の測定例である。横軸は用いた酸性試薬の強度を、上述した半当量点での電位で示してあり、電位が高いほど強酸である。試料の D や C では、強度の高い酸性試薬を用いた場合には $60 \mu\text{mol/g}$ 前後の比較的多量の塩基が観測されるが、酸性試薬の強度が低い場合には $20 \sim 25 \mu\text{mol/g}$ 程度しか観測されない。このことより、試料の C や D の塩基には強度の分布があり、高強度の酸性試薬と相互作用し得る比較的低強度のものまで含めると塩基点は多いが ($60 \mu\text{mol/g}$ 前後)、低強度の

図-3 塗料用顔料の酸量・塩基量測定例²⁾

酸性試薬とも相互作用し得る高強度の塩基の量は少ない (20~25 $\mu\text{mol/g}$ 程度) と考えることができる。

図-3²⁾は、塗料用の各種顔料についての酸量、塩基量の測定結果である。塩基量の測定には過塩素酸が、酸量の測定にはTBAHがそれぞれ用いられており、これら酸性、塩基性の試薬は比較的高強度であるので、図-3では図-2における強度の低いものまで全て含めた酸量、塩基量が測定されている。図中、黒抜きで示したCarbon black Cは酸量が圧倒的に多く酸性顔料、塩基しか測定されないCu-Phthalocyanine blue Aは塩基性顔料、Chrome yellowは酸量、塩基量ともに多いので両性顔料などと分類することができる。

表-2²⁾にアルキド樹脂塗料用の数種のバインダー樹脂について、その酸量、塩基量を上述の滴定法を用いて測定した結果を示す。Alkyd-Pは酸しかなくAlkyd-M1~M3には酸、塩基の両方があり、塩基量はM1<M2<M3の順に増加している。

表-2のバインダー樹脂を用いて、図-3のCarbon black Cを分散した際の分散時間と分散ペーストの光沢値との関係を図-4²⁾に示す。分散度が高いほど分散ペーストの光沢値は高い値を示す。Carbon black Cは酸性顔料であるので、その分散速度は樹脂中の塩基量の多いP<M1<M2<M3の順に増加している。この比較実験では用いた分散機や溶剤は同一であり、ぬれや機械的解砕の過程には差がないと考えられる。したがって、図-4の分散速度の差は、樹脂が酸塩基相互作用でCarbon black Cに吸着して分散安定化させる程度に由来すると考えることができ、塩基量の多い樹脂ほど酸性顔料の分散安定化能が高いことが理解できる。

高分子や顔料の酸塩基的性質の評価方法は、ここで紹介した非

表-2 塗料用アルキド樹脂の酸量・塩基量測定例²⁾

樹脂名	酸量 $\text{mol} \cdot \text{Kg}^{-1}$	塩基量 $\text{Mol} \cdot \text{Kg}^{-1}$
Alkyd-P	0.14	0.00
Alkyd-M 1	0.14	0.04
Alkyd-M 2	0.14	0.10
Alkyd-M 3	0.14	0.17

図-4 酸性顔料の分散性に対するアルキド樹脂の塩基量の影響²⁾
(塩基量; P<M1<M2<M3)

水電位差滴定法の他にも、浸せき熱⁵⁾や吸着熱⁶⁾など酸性や塩基性の標準物質との相互作用にともない発生する熱を測定する方法、等酸点を測定する方法⁷⁾、ガスクロマトグラフィーのカラム中に顔料や担体に担持させた高分子を充填し、酸性や塩基性の標準物質の保持容量を測定する方法 (逆相ガスクロマトグラフィー法)^{8,9)}などが報告されている。中でも逆相ガスクロマトグラフィー法は、ルイスの酸塩基性を評価することができるので、安全性や顔料分散性以外の物性のために強力なブレンステッドの酸塩基を用いられないような場合にも有効である。

4. 溶剤の選択 (溶解性パラメーター)

高分子や顔料と溶剤との親和性を定量的に取り扱う尺度として、溶解性パラメーター (Solubility Parameter: SP) が知られている。なお、本連載講座の前の連載講座「計測講座」で、「親和性をはかる ～溶解性パラメーター～」と題してSPを用いた親和性評価についてくわしく解説しているので参照されたい¹⁰⁾。

SPは元来、非極性液体同士の混合熱を説明するために導入されたパラメーターであり¹¹⁾、ある液体1モルあたりの蒸発エネルギーを ΔE 、モル体積を V_m とすると、その液体のSP値 δ は(1)式で定義される。

$$\delta = \sqrt{\frac{\Delta E}{V_m}} \quad (1)$$

たとえば、水は23.5、アセトンは9.77、ヘキサンは7.24 (単位は $\text{cal}^{1/2} \cdot \text{ml}^{-1/2}$) という値である。

SPがそれぞれ δ_1 と δ_2 である二つの液体が混合した際の内部エネルギーの変化 ΔE_{mix} は、体積分率をそれぞれ ϕ_1 、 ϕ_2 、平均のモル体積を V_m として、(2)式であらわすことができる。

$$\Delta E_{\text{mix}} = \phi_1 \phi_2 V_m (\delta_1 - \delta_2)^2 \quad (2)$$

液体の混合時の体積変化は一般的に小さく、外部に対する仕事

を無視できるので、 ΔE_{mix} は混合のエントルピー変化 ΔH_{mix} と近似することができる。第2章で触れたように、混合では $T\Delta S$ は正の値をとるので、この絶対値を超えない範囲内で ΔH_{mix} は正の値をとることが許されるが、 ΔH_{mix} (≡) が小さいほど ΔG の負の絶対値は大きくなる。(2)式から、 δ_1 と δ_2 が近い値であるほど ΔE_{mix} が小さくなるので、 ΔG の負の絶対値は大きくなる。すなわち、よく混合することになる。

高分子や顔料に対しても、以下で述べる方法で SP 値を定義することが可能であり、(2)式を準用して、1成分を高分子または顔料とすれば、高分子または顔料に近い SP 値の溶剤ほど親和性が高いと考えることができる。

(2)式で、凝集エネルギー ΔE に関する分子間力として、分散力、永久双極子間力、水素結合力を考え、これらが独立に寄与すると考えると、つぎの各式が成立する。下付き文字の d, p, h は、それぞれ分散力、永久双極子間力、水素結合力の寄与であることを示す。

$$\Delta E = \Delta E_d + \Delta E_p + \Delta E_h \quad (3)$$

$$\delta_d = \sqrt{\frac{\Delta E_d}{V_m}} \quad \delta_p = \sqrt{\frac{\Delta E_p}{V_m}} \quad \delta_h = \sqrt{\frac{\Delta E_h}{V_m}} \quad (4)$$

$$\delta^2 = \delta_d^2 + \delta_p^2 + \delta_h^2 \quad (5)$$

$$\Delta E_{\text{mix}} = \phi_1 \phi_2 V_m \left\{ (\delta_{d1} - \delta_{d2})^2 + (\delta_{p1} - \delta_{p2})^2 + (\delta_{h1} - \delta_{h2})^2 \right\} \quad (6)$$

(6)式から導かれる結論は、SP 値の分散力成分 δ_d 、永久双極子間力成分 δ_p 、水素結合力成分 δ_h が、それぞれ高分子または顔料と近い溶剤ほど親和性が高いことになる。

SP 値をこのように、分散力成分、永久双極子間力成分、水素結合力成分に分割する考え方は、1967年に C. M. Hansen によって提唱され、塗料、インク用の高分子や顔料の評価に適用された^{12,13)}。 δ_d 、 δ_p 、 δ_h は Hansen パラメーターと呼ばれており、多数の溶媒の値が示されている^{10,12,14)}。

高分子や顔料の SP 値を決定するためには、SP 値が既知の溶剤を複数種用意し、溶解性や分散性の差を観測することになる。たとえば、高分子(良溶媒:アセトン, 貧溶媒:水, ヘキサン)に対し(1)式の δ を決定するには、一定量 (A ml) のアセトン ($\delta=9.77$) に高分子を溶解させておき、水 ($\delta=23.5$) を滴下して曇点までの滴下量 (W ml) を求める。同様にヘキサン ($\delta=7.24$) を用いて曇点までの滴下量 (H ml) を求める。曇点におけるアセトン/水、アセトン/ヘキサン混合液の SP 値 ($\delta_{A/W}$, $\delta_{A/H}$) は、体積平均で決定できるとして、それぞれ

$$\delta_{A/W} = \frac{9.77 A + 23.5 W}{A + W} \quad \delta_{A/H} = \frac{9.77 A + 7.24 H}{A + H}$$

となる。高分子の SP 値は $\delta_{A/W}$ と $\delta_{A/H}$ の中間値 $(\delta_{A/W} + \delta_{A/H})/2$ で与えられる。顔料のような粉体の場合は、溶解性ではなく懸濁性を基準に判断することになる。上記のようにして決定した高分子や顔料の SP 値と近い SP 値をもつ溶剤ほど親和性が高いと考えることができる。

Hansen パラメーターによる表示の場合には、数十種類程度の多数の溶剤を準備し、溶解性や懸濁性の評価を行う。 δ_d 、 δ_p 、 δ_h をそれぞれ座標軸とする三次元座標系を考えると、任意の溶剤は座標空間の一つの点であらわすことができ、良好な高分子溶解性や顔料懸濁性を示す溶剤は、高分子または顔料の SP 値に対応する点を中心とした一定半径の球の内側に含まれることになる。コンピュータ処理等を用いてこの球を決定し中心を求める方法¹⁵⁾

図-5 高分子中でのアンカー部の分布と顔料表面への吸着形態¹⁷⁾

や、三角座標を用いる方法¹⁶⁾が報告されている。このようにして決定した高分子や顔料の SP に相当する点と溶剤の SP に相当する点が近いほど、親和性は良好と考えることができる。

5. 高分子顔料分散剤の設計と選択

表-2のアルキド樹脂のように、マトリクスを構成する高分子を酸性や塩基性の化合物で変性することにより、顔料分散性を付与することは可能である。表-2の塩基量の範囲内では塩基量が増加するほど酸性顔料の分散性が向上した。しかしながら、この実験の塩基のように、顔料表面に親和性があり吸着する部分はアンカー部と称せられるが、アンカー部の量をただ単に増加させても常に顔料分散性が向上するとは限らず、高分子の分子設計の考え方が必要になる。

Jakubauscas は高分子中でのアンカー部の分布に関して、図-5のような分類を行い¹⁷⁾、II, IV, VIのようにアンカー部が鎖端に複数個あったり、鎖に沿って幾つもあるような場合には、顔料粒子間に橋架け凝集を生じるとしている。著者らも、カルボキシル基をアンカー部として持つ高分子について、アンカー部の分布と顔料分散性との関係について検討し、一分子中に複数個のアンカー部を持つ高分子が存在すると、複数の顔料粒子に橋架け的に吸着する結果、凝集体が生じ着色力の低下や粘度の増加など顔料分散性が不良となることを示している¹⁸⁾。したがって、表-2のアルキド樹脂の場合でも、塩基の量がさらに増加すると一分子中に二つ以上の塩基を持つ分子が生成し、顔料分散性は低下すると考えられる。

一方、図-5でVやVIIのように、多数のアンカー部が一箇所に集中して存在し、そこから多数の溶媒和部(テール部)が出ていような構造をした高分子は、酸、塩基の量が少なく強度も低い高級有機顔料にも、少量で優れた分散安定性を示すことが知られている。これは、一箇所に集中してアンカー部が存在するため、先の橋架け吸着による凝集が生じ難いことに加え、顔料表面の吸着サイトに対し多数のアンカー部が協調的に吸着するために、たとえ一組のアンカー部-吸着サイト間の相互作用が弱くて吸着平衡が脱着側にシフトするようなことがあっても、常にいずれかのアンカー部が吸着している状態が実現するためである。このような分子設計をされた高分子が、高分子量顔料分散剤として多数上市されている。

図-6 顔料誘導体の一例（ジメチルアミノエチルキナクリドン）

6. 顔料の表面処理

顔料は多くの場合、表面処理がほどこされており、その目的は一般的には分散性の付与・改善である。また、耐候性の改善など他の目的でほどこされる表面処理であっても、表面が変化する訳であるから、顔料分散性にも当然影響を及ぼすと考えなければならない。

たとえば、塗料用の酸化チタンでは光触媒作用を低減させるために、シリカやアルミナなどの金属酸化物による被覆処理がほどこされるが、その結果、シリカ処理では酸性に、アルミナ処理では塩基性に表面の酸塩基的性質が変化する。

無機顔料に溶剤系での分散性を付与する目的で、シランカップリング剤やポリオールなどの有機物による被覆処理がなされるが、これは顔料表面の極性を低くすることにより、極性の低い溶剤系媒体に対するSP的な親和性を付与する効果がある。

高級有機顔料の表面は酸塩基的性質が乏しいために、顔料誘導体（シナージスト）による処理がほどこされることが多い。図-6に顔料誘導体の一例を示す。図-6に示したのはジメチルアミノエチルキナクリドンでキナクリドン系顔料の分散性改善に用いられる。図-6で破線で囲った部分はキナクリドンであり、この構造の分子が結晶を組んで顔料粒子を形成している。キナクリドンの分子構造そのものには、強い塩基や酸が存在しないので、酸塩基相互作用による高分子吸着が生じにくく、分散安定化が困難な顔料の一つである。図-6の顔料誘導体はキナクリドン構造と強塩基性のジメチルアミノエチル基により構成されており、キナクリドンの顔料結晶へ、キナクリドン構造の部分で水素結合や π 電子軌道の重なり合いを介して強固に吸着する。この吸着の結果、顔料粒子表面には強塩基性の官能基が存在することになるので、酸性の高分子が吸着して分散安定化が図られることになる。通常、このような顔料誘導体による表面処理は顔料メーカーによってほどこされ、易分散化処理グレードとして上市されている。

文 献

- 1) V. T. Crowl : *J. Oil Colour Chem. Assoc.*, **46**, 169 (1963)
- 2) 小林敏勝, 筒井晃一, 池田承治 : 色材, **61**, 692, (1988)
- 3) 小林敏勝, 池田承治 : 日化, 145 (1993)
- 4) 国吉隆, 小林敏勝 : 色材, **67**, 547 (1994)
- 5) J. Schröder : *Prog. Org. Coatings*, **19**, 227 (1991)
- 6) 石森元和, 浅田匡彦, 保坂正喜 : 色材, **65**, 155 (1992)
- 7) 田里伊佐雄, 藤井清司, 平井竹次 : 電気化学, **49**, 517 (1981)
- 8) J. Lara, H. P. Schreiber : *J. Coatings Tech.*, **63** (801), 81 (1991)
- 9) A. Ziani, R. Xu, H. P. Schreiber, T. Kobayashi : *J. Coatings Tech.*, **71** (893), 53 (1999)
- 10) 小林敏勝 : 色材, **77**, 188 (2004)
- 11) J. H. Hildebrand, R. L. Scott : "Solubility of Nonelectrolytes", 3rd ed., Reinhold, New York (1949)
- 12) C. M. Hansen : *J. Paint Tech.*, **39** (505), 104 (1967)
- 13) C. M. Hansen : *J. Paint Tech.*, **39** (511), 505 (1967)
- 14) C. M. Hansen : *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Develop.*, **8**, 2 (1969)
- 15) 須原常夫, 福井寛, 山口道広 : 色材, **67**, 489 (1994)
- 16) 竹原佑爾, 浅田勉, 谷常保, 山本晃夫, 田原幸夫, 末沢正明 : 色材, **47**, 412 (1974)
- 17) H. L. Jakubauskas : *J. Coatings Tech.*, **58** (736), 71 (1986)
- 18) 小林敏勝, 池田承治, 尾崎邦宏 : 日本レオロジー学会誌, **20**, 18 (1992)
- 19) A. C. D. Cowley : *J. Oil Colour Chem. Assoc.*, **70**, 207 (1987)
- 20) 高橋巖之助 : 色材, **67**, 44 (1994)
- 21) P. Quednau : 塗装技術, **30**(4), 127 (1991)

(注1) 顔料粒子には、粒子全体が単結晶体のクリスタライト、多結晶体のクリスタル、クリスタライトやクリスタルが面結合により強固に凝集したアグリゲート、辺結合や点結合で緩やかに凝集したアグロメレートがあるとされている。顔料分散工程で通常用いられる分散機では、クリスタライトやクリスタル、アグリゲートはこれ以上分割することがむずかしく、これらの粒子は分割の最小単位という意味で一次粒子と称される。分散工程で分散の対象となるのは主としてアグロメレートである。

(注2) 一部のインク製造工程では、顔料製造工程の最終段階品である水性顔料スラリーに分散剤を混合した後、油性ビヒクルを投入し、混練することにより、分散状態を保持したまま顔料粒子を油相に転相させ、残余の水相を除去する手法が取られる。この手法はフラッシングと呼ばれる。