

インクジェット用顔料インキにおける顔料分散

安井 健悟

Pigment Dispersion for Pigmented Ink-Jet Ink

YASUI Kengo

For the preparation of pigment dispersions used for Ink-Jet inks, the organic pigments are to be dispersed in water in sub-micrometer size. In addition, the inks have to be as low in viscosity as water and have supreme dispersion stability that maintains the initial dispersion status for some years. To achieve these characteristics, we have to develop new technologies for pigment dispersion. We found the importance of using fine particle pigments with excellent dispersibility and of dispersing them under mild conditions. The use of such fine particle pigments can shorten the dispersion time, and as a result, the abrasion of the materials employed, i.e., dispersion media, dispersion apparatus, and the surface of the pigment particles, are controlled. The reduction of the abrasion of pigment particles improves the storage stability remarkably. We propose the micro-encapsulation technology. The pigment dispersions prepared by this technology are excellent in dispersibility and dispersion stability. In addition, these dispersions show excellent tolerance to many kinds of water-soluble organic solvents, which leads to reduction of the restrictions on ink formulation. Ink-Jet inks prepared with the dispersions of micro-encapsulated pigments have excellent fixation ability on printing media.

1 緒言

インクジェットプリンタは、最近の急激な価格低下と品質の向上や、インターネットの影響によるカラー化の波に乗って、オフィス、ホームユーザーなどの一般ユーザーへ広く普及した。産業用としてもポスター、宣伝広告看板、CAD、POP、捺染等の用途にワイドフォーマットプリンタなどの大型インクジェット装置が普及している。

現在、インクジェットの色材には染料が主として使用されている。これは、これまでの長い研究と実績に基づく長期保存安定性、吐出安定性などへの信頼性と、染料の持つ彩度と透明性の2つの物性に由来している。しかしながら、染料には耐光性、耐水性の問題がある。屋外で使用する用途に対してこれらの物性は必要不可欠である。現在は、印字物をラミネート加工することで対処しているが、ワイドフォーマットプリンタを使用しているユーザーの多くはこのラミネート加工を外注しており、コストの面と共に、インクジェットプリンタの特徴である簡単に、誰でも、直ちにカラー印刷ができるというメリットを引き下げることになっている。

従って、耐光性、耐水性を必要とする用途には顔料インキが必要となってくる。現在、顔料インキは産業用がメインである。一部、一般プリンタの黒インキにカーボンブラックを採用したものがあるが、これは普

通紙での耐水性とトナータイプのレーザープリンタレベルの黒色度を出すためである。

インクジェット用顔料インキの問題点の1つはヘッド部分での目詰まりである。染料のような溶解系から顔料の分散系へと変わるわけであるから、この問題はまず最初に上がる。しかし、最近の顔料インキは分散系の改善が進み、現在、産業用に使用されているインクジェット顔料インキは、目詰まりに関してはかなり改善されている。また、長期間の保存安定も問題である。

この目詰まり、長期の保存安定性といった特性をいかにして向上させるかは、顔料を水にどれだけ安定に分散させるかにかかっている。

ここではインクジェット用顔料インキにおける顔料分散ということで、できるだけ広く、分散を中心に概説する。

2 顔料インキの現状と課題

インクジェットインキの分散媒体には水が使用される。使用環境を配慮した安全性の要因もあるだろうが、最も大きな要因は水の特徴である表面張力の高さにあると思われる。表面張力については後述する。

インクジェット顔料インキの開発の難しさは、疎水性の有機顔料を水に分散しなくてはならず、しかも体積平均粒径100nm前後という、ほぼ一次粒子近くま

での分散が要求されることである。

同様な顔料の水性分散体である水性グラビアインキは、水が約5割、その他にアルコール系の溶剤が2～3割である。これに対し、インクジェットインキは、8割が水で、1割程度のエチレングリコールやグリセリン等の溶剤が加えられる。アルコール類の添加量が少ない分、インクジェットインキはより純粋な水分散系と言え、その分散の難易度は高い。

インクジェットインキの作成には、一般に顔料を水に分散する工程と、最終インキ組成に調整する工程の2段階で行う。これは、分散の効率とインキに対するフォーミュレーション（ヘッドへの適性化、粘度の調整、最適の色再現性を出す各色ごとの顔料分の調整、インキの浸透性等）を行い易いなどの理由による。

第1段階では、顔料、分散剤、水を、強力な分散機により分散する。第2段階では、希釈のための水、浸透剤、保湿剤、水溶性溶剤、pH調整剤、場合によっては防腐剤等が最終インキ戦略に従い添加される。

最終インキの顔料分は、

- ブラック 5wt%前後
- カラー3色 2～5wt%

に調整されることが多い。第1段階の顔料分としては、最終インキで溶剤等が添加されることを加味して、10wt%以上の顔料分で分散する必要がある。

第1段階の顔料分散工程について、顔料、分散剤、分散方法それぞれについて個別に考察したい。

2.1 インクジェットインキに使用される顔料

以下にインクジェットインキに使用される顔料をTable 1に列挙した。

これらのうち、主に使用されている顔料は、次の通りである。

- ブラック カーボンブラック
- シアン C.I.Pigment Blue 15:3
- マゼンタ C.I.Pigment Red 122
- イエロー C.I.Pigment Yellow 74

Table 1 Pigments for Ink Jet Printing Ink

Color	Pigment
Black	Carbon Black
Cyan	Copper Phthalocyanine (C.I.Pigment Blue 15:3, C.I.Pigment Blue 15:4) Aluminum Phthalocyanine
Magenta	Dimethyl quinacridone (C.I.Pigment Red 122) Quinacridone (C.I.Pigment Violet 19)
Yellow	Monoazo (C.I.Pigment Yellow 74) Disazo (C.I.Pigment Yellow 16, C.I.Pigment Yellow 128) Isoindolinone (C.I.Pigment Yellow 109)

2.1.1 ブラック

カーボンブラックにはかなり多くの種類がある。選定基準は、黒色度が高いという点が重要視される。最近のインクジェットプリンタのスピードが向上し、ネットワークプリンタやマルチプリンタ（ファックス、コピー機の機能を併せ持つプリンタ）などの部分でのカラープリンタとして使用されるようになり、逆にカラー以外の通常の文字印字だけの部分で、トナーと比較できる黒色度が求められるようになった。

また、見た目の黒みを上げるために、シアン色を添加することもしばしば行われるようである。

2.1.2 シアン

シアンについては、ほとんどの場合、C.I.Pigment Blue 15:3が使用されている。分散性を良好にするために、顔料誘導体を添加したC.I.Pigment Blue 15:4が使用されるケースも見られるが、いずれもこれらは銅フタロシアンである。

これに対し、最近、アルミニウムフタロシアンを使用したインキが市場に登場してきた。アルミニウムフタロシアンは、特徴のあるターコイズ色をしている。ただ、光劣化の点で、銅フタロシアンがdarkeningであるのに対し、アルミニウムフタロシアンはfadingする。従って、印字物での見た目の印象はアルミニウムフタロシアンの方が大きく変化したように感じられる。

2.1.3 マゼンタ

色相、耐光性の点からC.I.Pigment Red 122が使用される。キナクリドン顔料を使用した場合、マゼンタ

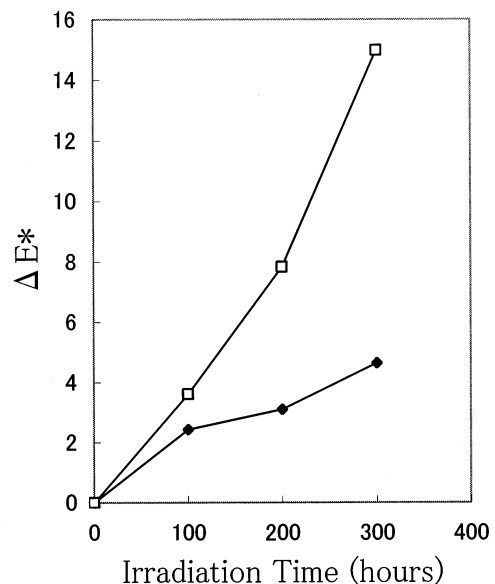


Fig.1 The effect of a particle size on lightfastness.

Large Particle Size Yellow
Small Particle Size Yellow

色を発する型の結晶型を得るための顔料化工程と呼ばれる結晶成長段階で粒子が過剰成長しやすく、インクジェット用の顔料としては大きすぎる粒子になりやすい。この粒子径の制御が重要である。

2.1.4 イエロー

ブラック、及びカラー3色の中で、耐光性の点で問題なのが、イエローである。しかし、C.I.Pigment Yellow 74を使用した場合でも、ラミネート加工した印字物について各ワイドフォーマットプリンタメーカーは2年の保証をしているケースが多い。現在のワイドフォーマットインクジェットプリンタのポスターなどの用途については、ほとんどの場合は満たされるレベルであると推察される。しかし、今後の用途の拡大に伴って、より高耐光性のイエロー顔料が必要とされる。耐光性と色濃度のいずれをとるか、用途による使い分けも考える必要がある。

2.2 顔料インキにおける課題

顔料には、化学構造が同じでも粒子サイズ、表面処理等によって、数種の製品が存在し、これらが印刷インキの物性（粘度、発色性、透明性、色別れ等）に与える影響は大きく異なる。以下にインクジェット用としての顔料の一般的な選定基準を述べる。

- 1)一次粒子が細かい（100nm以下）
- 2)色相が、シアン、マゼンタ、イエローのカラーバランスを大きく外れない。
- 3)顔料の色濃度が高い。
- 4)高耐光性である。
- 5)易分散性である。

一次粒径を細かくすることにより、濃度アップ、透明性アップ等のメリットが期待できるが、耐光性の低下等のデメリットもある。

2種類の粒子サイズの異なるC.I.Pigment Yellow 128のカーボンアークフェードメータによる光退色挙動についてFig.1に示した。粒子サイズを細かくすると耐光性は著しく劣化する。

また、粒子サイズは、インキの浸透性等に影響する

こともある。Fig.2はインクジェット専用紙に2種類の粒子サイズの異なるカーボンインキを印字した際の紙の断面である。

浸透性が良好であれば、インキの乾燥性、耐擦過性などは向上するが、紙表面での反射に係る顔料濃度が減少する分、印字物における色濃度の点ではマイナスに働く。従って、Fig.2におけるカーボンのような場合、粒子サイズが細かくなり、顔料自体の持つ色濃度が向上しても、印字物の色濃度では逆の結果になることがある。

現在、染料インキを使用した一般プリンタでは写真画像での高画質化のため、ライトインキ（染料濃度が低いインキ）が使用される¹⁾。ライトインキは、ハイライト部分でのドット数の打ち込み数を多くすることができるため、滑らかな表現が可能になる。この効果はドットを細かくすることなく同じドットの大きさで画像の向上が可能となることから、目詰まりの可能性を抱えた顔料インキに対しては高画質化に対し有効な手段になる。粒子である顔料インキにこの手法を使うためには、透明性の高い顔料インキ、すなわち、1次粒子径の細かい顔料インキが求められる²⁾。

また、色濃度の点からも細かい粒子サイズの顔料インキが必要とされることから、現在の粒子サイズから更なる微粒子化が進むと考えられる。但し、Fig.2のカーボンの浸透のように、粒子サイズがインキの物性にまで影響することを考慮しつつ、耐光性とのバランスを考えた顔料インキの開発が必要である。

3 顔料分散とジェットインキ特性

3.1 分散剤

インクジェット用分散剤としては、界面活性剤のような比較的分子量の低いものから、スチレン-アクリル系樹脂のような高分子量のものまで広く使用される³⁾。

いずれも、疎水性の有機顔料を水に分散するために、顔料に吸着するための疎水部分と水に分散するための親水部分を有する。加えて、分散状態を安定に保つに十分な立体効果を発揮できるだけの炭素鎖をもつ必要

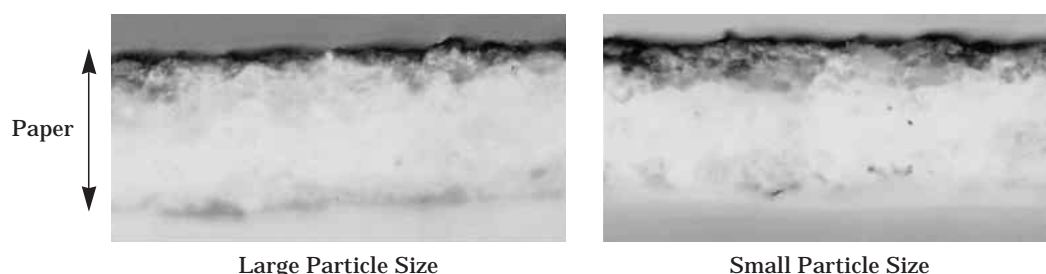


Fig.2 The effect of a particle size on ink permeation.

Table 2 Dispersing Agent for Ink Jet Printing System

Classification	Example	Reference
Anion Type		
Carboxylate	Polyacrylate	4)
	Polystyrene-Acrylate	
Sulfonate	Polyoxysulfonium salt	5)
	Sodium N-methyl-N-oleoyltaurate	
	Dodecyl benzene sulfonate	
Phosphate	Polyoxyphosphonium salt	6)
Cation Type		
Primary to Tertiary amine	Cationic Resin	7)
Non-ionic Type		
Polyoxyethylene	Polyoxyethylenealkyl ether	8)
	Polyoxyethylenealkyl aryl ether	
	Acetyleneglycol	
	Polyoxyethyleneglycolester copolymer	
Amide	Polyoxyethylenealipatic amide	9)
Saccharide	Polysaccharide	10)

がある。また、低分子分散剤と高分子の水溶性樹脂とを併用し、顔料分散と立体排除効果による分散安定化を個々の化合物に持たせて使用する場合もある。

特許に見られる分散剤としては、アニオン系、ノニオン系、カチオン系の全てがあるが、一般にはスルホン酸塩に代表されるアニオン系、もしくはポリオキシエチレン構造を持つノニオン系が使用される⁴⁻¹⁰⁾(Table 2)。

高分子分散剤を使用する際には、構造も重要である。JakubauskasによってA-Bブロックポリマーを使用して、顔料吸着サイトと非吸着サイトの配置構造によっては、分散剤にも凝集剤にもなると報告されている¹¹⁾。

一般にカチオン系分散剤は、その種類が少ないこと、生分解性が劣っていることなどの点で敬遠される。また、分散能力の点でも劣っているようである。カチオン系の分散剤を使用すると、印字物において、耐マーカ性（印字物をマーカペンでなぞったとき、色が滲む現象に対する耐性）、耐擦過性（印字物がこすれたときにインキが剥がれたり、かすれたりする現象に対する耐性）が劣る結果になることが多い。しかしながら、高い色濃度の発色が可能で、カラーブリーディングが抑制されたインキの作成ができる利点がカチオン系分散剤にはある¹²⁾。

カチオン系の特徴的な使用方法として、色材インキが着弾する前に、カチオン系の処理液を印字して、イオン結合により、瞬時に凝集させる技術が開発されている¹³⁾。

3.2 分散装置と方法

最初に述べたように、インキの表面張力、粘度、または色濃度に代表されるインキ物性のコントロールの行い易さから、顔料の分散工程とインキ調整のための希釈工程の2段階工程でインクジェットインキは製造されることが多い。高い顔料分の分散工程でも、顔料分散体は数mPa・s ~ 10mPa・s前後の非常に低粘度の

液体である。この低粘度液体を、顔料の一次粒径近くの100nm前後まで分散させる剪断力が必要とされる。このため、分散方法としては湿式のビーズミルを使用した分散が一般的である。顔料と樹脂をロール分散した後、水に分散させる方法もある¹⁴⁾が、工程が増えるなどの理由から前者の方法が採用されるケースが多い。

分散メディアとしてはジルコニアビーズに代表される無機セラミックビーズが主に使用される。

このような無機セラミックビーズを使用した水性分散で問題となるのはビーズとベッセルの磨耗である¹⁵⁾。無機酸化物を水溶液中で分散剤の存在下、強い力を加えるため、避けがたい問題となる。

インキ中にこのような無機物が存在すると、ヘッドでの目詰まりの原因になったり、パブルジェット方式のようにヒーターで加熱する形式の場合、ヒーター部分で析出し、ヘッドを痛める原因になる。

また、無機酸化物を使用した分散では、長時間分散を行っている間にヒドロキシオンを産出し、系のpHが上昇する現象が見られる¹⁵⁾。この場合には、分散時、常に系内の状態が変化しており、安定な分散系を得るためには好ましくないといわれている。

さらには、分散メディア等の磨耗は、コスト的に考えても好ましいことではない。

これらの対策としては、

- (1)遠心分離により、無機不純物を除去する
- (2)系のpHを中性から弱アルカリ性に分散する
- (3)分散時間をできるだけ短くする

等が考えられる。また、分散機によっては分散に対するエネルギー効率を高くし、ビーズの磨耗を抑制できる分散機もある。しかし、抑制はできてもある一定の磨耗は避けがたい。

(1)の処置により、大きな粒子の除去はできるが、磨耗に対する本質的な改善にはならない。また、(2)の対策もアニオン性、もしくはノニオン性分散剤を使用すれば容易に採用することができる。しかし、やはり、機械的な磨耗に対する改善には繋がらない。

従って(3)の対策が重要となる。一般に顔料の一次粒径は50~200nmであるが、一次粒径の大きな顔料を選択すると、インクジェットに求められる平均粒径100nm前後までに分散するためには顔料の摩砕もこの分散の工程に求めることになり、所要時間が長くなる。

顔料の合成は、顔料の化学構造を作る化学反応の後、顔料製造特有の顔料化という結晶粒子を調製する工程が含まれる。この段階でのコントロールにより、一次

粒径の細かい顔料を調製することが可能となる。このような顔料を使用すると摩砕を必要としないので、同じ平均粒径を得るためだけには分散時間を短くできる。Fig.3に、一次粒径の異なる顔料を、分散剤、水とともにジルコニアビーズを用いてペイントシェーカーで分散（分散力からすると非常に弱い条件）させた場合の分散粒径の経時変化を示した。

粒子サイズは異なっても体積平均径の経時変化は、120分まで、傾きはほとんど同じである。粒子の小さい顔料は、一旦過分散と思われる変化を示すが、この後さらに分散を続けると、再度平均粒径が小さくなる向きに分散が進行する。

このような弱い分散でも体積平均粒径的には十分インクジェット用としての条件を満たすレベルまでになっている。但し、光散乱で測定される体積平均粒径としては満たされるが、実際のインクジェット用としては分散の分布が広く、均一性に欠けるため、目詰まり、吐出の安定性、分散体の熱安定性の点で問題となる。

メディア磨耗の問題を解決する手段として、分散メディアにポリマービーズもしくはポリマーコートビーズを使用して分散する技術が提案された。この方法によれば、分散に長時間かけることができ、安定な分散が可能になるとしている¹⁵⁾。

3.3 ジェットインキ特性に与える影響

3.3.1 分散剤の影響

顔料により、親水性、表面状態、表面積が異なるため、最適の分散剤および添加量が顔料ごとにある。

分散剤は一般に界面活性剤であるから添加量は重大な意味を持つ。例えば、界面活性剤の添加はインキの

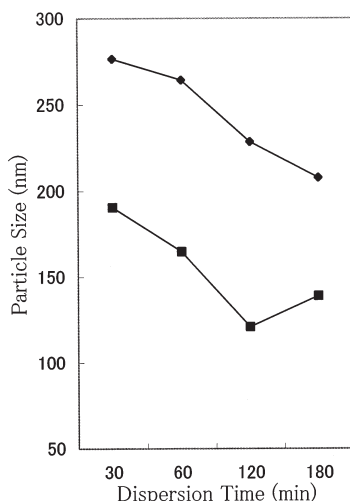


Fig.3 The effect of a particle size on the efficiency of dispersion.

Large Particle Size Small Particle Size

表面張力の低下を招く。特に非極性顔料に対しては界面張力低下能の大きい分散剤が分散能力が高いと言われており¹⁶⁾、有機顔料に対して分散良好な分散剤ではその影響は大きいと予想される。また、表面張力はインキの浸透に影響するため¹⁷⁾、印字物の色濃度に影響し、分散剤を多量に使用すると色濃度の低下を招く場合が多い。

また、界面活性剤の添加による表面張力の低下と粘度の増加は、インキ滴の真球性の低下、吐出速度の低下、サテライトの発生などをもたらすことが鈴木、甘利らによって示されている¹⁸⁾。

インクジェットインキ用の顔料分散では、100nm前後の分散が求められる一方で、紙への浸透などのインキ物性を同時に考慮した分散が求められる。

インキの着弾後の挙動について、興味深い観察結果が報告されている¹⁷⁾。これによるとインキ滴は着弾後、数μs～数10μsの間に拡がり、その後、表面張力でドーム状になった後、数ms～数10msの時間で浸透が起こるとされている。

また、浸透についても、Lucas-Washburnの式

$$l = \sqrt{\frac{dty \cos \theta}{4}}$$

l :浸透距離, d :毛管直径, y :表面張力,

t :時間, η :粘度, θ :接触角

を用いた浸透モデルでドット径を精度良く予測できるとされている。従って、インキの表面張力はインキの吐出部分から、着弾後のドーム形状の形成、その後の浸透と全領域にわたって重要な物性となる。

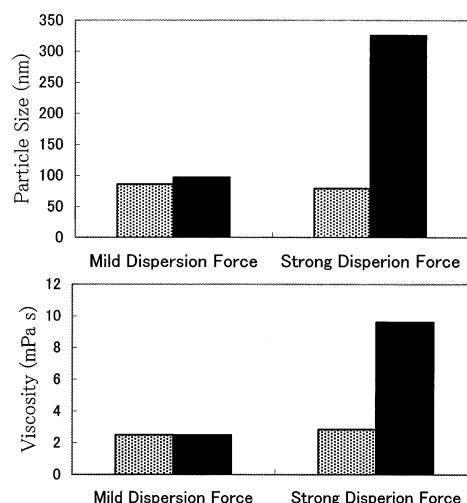


Fig.4 The effect of mechanical dispersing force on the thermostability of pigment dispersion.

70 °C, 0 day 70 °C, 3 days

3.3.2 分散工程の与える影響

一次粒子の細かい顔料をできるだけ弱い分散力で短い時間で分散する利点は、分散メディア等の磨耗に対してだけでなく、インキの物性に対しても重要な影響を与える。

Fig.4に分散力の異なる2種類の条件で顔料を分散した場合の加熱促進試験での平均粒径の変化を示した。

明らかに強い分散力(強い機械的エネルギー)をかけた顔料の方が貯蔵安定性に劣っている。これは強い分散力をかけると顔料化工程で安定化していた表面が壊され、活性な状態になったためである。

従って、安定なインクジェット用顔料分散体を作るためには、先に述べたメディアの磨耗対策も含め、分散機中で微粒子化することは好ましくなく、微粒子顔料を顔料製造工程で作リ、その表面状態を損なうことなく分散する必要がある。

4 マイクロカプセル化顔料

前述のように、透明性、色濃度の点から一次粒径としてより微細な顔料が求められている。顔料粒子が細くなれば表面積が増加し、それに伴って表面エネルギーが増加する。従って、微粒子顔料の分散においては凝集が起こりやすく、安定な分散体の調製が難しくなる。また、分散方法のところで述べたように、分散しにくい顔料を分散機で長時間摩砕分散することは、磨耗の点からもインキ物性の点からも好ましくない。即ち、いかにして微粒子で易分散性の顔料を作ることが重要な改良のポイントになる。

このための手法として以下の3つが提案されている。

- ・顔料誘導体の添加¹⁹⁾
- ・カーボンブラックに見られる表面処理による自己分散型顔料²⁰⁾
- ・マイクロカプセル化顔料²¹⁾

顔料誘導体の添加は、極性の高い官能基をもつ顔料誘導体を顔料粒子内に含有することで顔料の表面を改質し、樹脂との親和性を向上させて分散性を上げる手法である。しかし、この手法だけで顔料を水に分散させることは難しく、実際には水溶性樹脂と組み合わせることになる。

2番目の手法は、化学反応により共有結合で顔料粒子表面に水溶性の官能基を導入する手法で、この顔料単体で水への分散が可能になる。但し、これは現在のところ、市販製品としてはカーボンにおいてのみ取られている手法である。

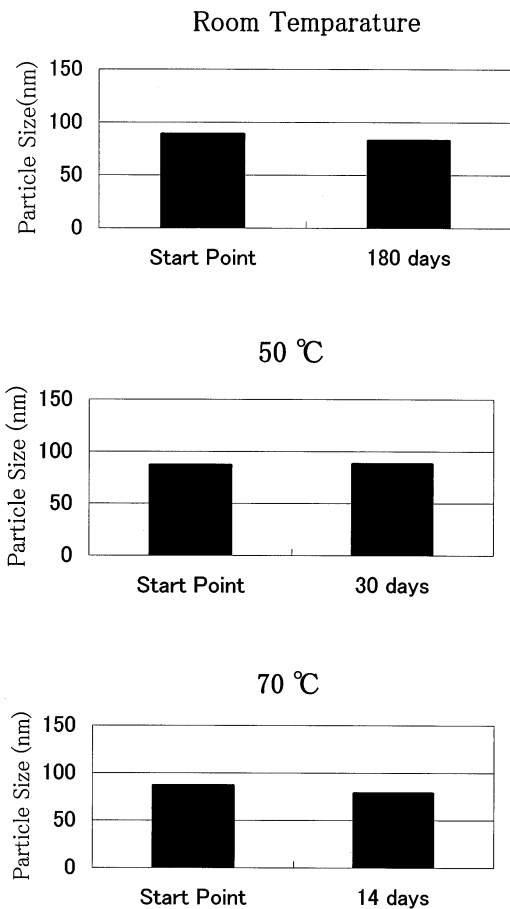


Fig.5 The thermostability of microcapsule pigment dispersion.

これに対し、マイクロカプセル化顔料は顔料微粒子表面を樹脂層で覆うことで顔料の表面活性を下げ、なおかつ水への分散能も持たせて安定な分散を可能にしている。この顔料単体で水への分散が可能であり、4色すべての顔料に使える手法である。顔料誘導体と水溶性樹脂との組み合わせと類似するが、カプセル化顔料は樹脂が強固に、そして均一に顔料表面に存在した状態であり、樹脂が剥がれ難く、高い安定性が得られる。

Fig.5にマイクロカプセル化顔料分散液の保存安定性を示す。

室温3ヶ月、50 °Cで1ヶ月保存しても全く変化は認められなかった。70 °C、2週間の時点でも全く変化はなかった。また、実際に通常の条件下で保存された分散体について、1年以上経過しても、物理的、色相的に何ら変化しないことを確認している。

次にマイクロカプセル化顔料の耐溶剤性をFig.6に示した。マイクロカプセル化顔料分散液とアニオン系高分子分散剤により分散した顔料分散液とに種々の溶

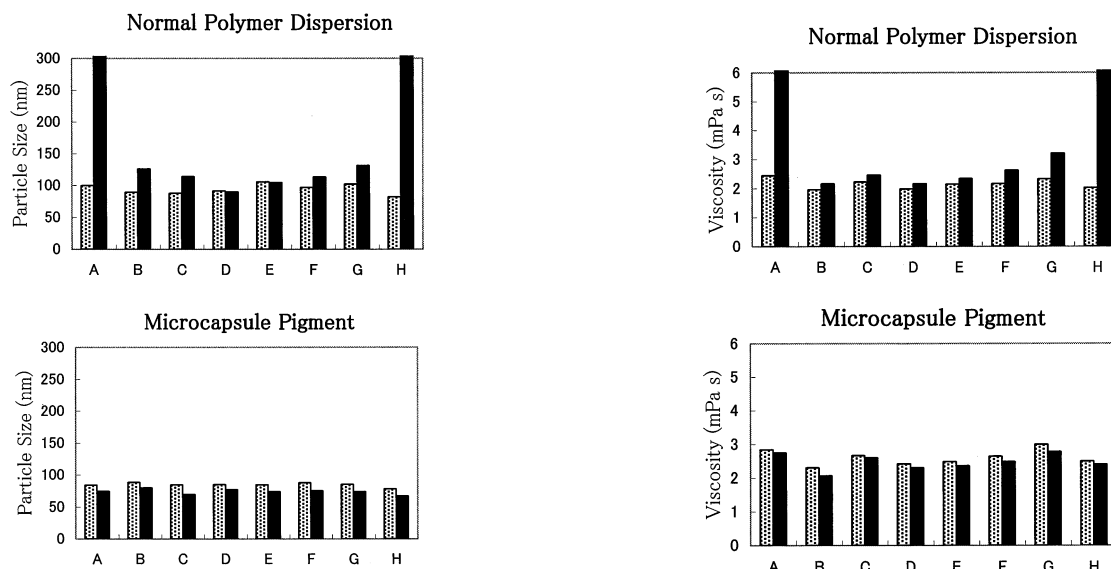


Fig.6 The resistance of microcapsule pigment against various solvent.

70 , 0 day 70 , 3 days

- A: Triethyleneglycolmonobutylether, B: Dimethylformamide,
- C: Ethanol, D: Ethyleneglycol, E: 1-Methyl-2-pyrrolidone,
- F: Ethoxyethanol, G: Isopropanol, H: Ethanolamine.

剤を添加して、促進試験した場合の分散粒径の変化で保存性を評価した。

マイクロカプセル化顔料は、広い範囲の溶剤に対し耐久性があり、インキ作成時の溶剤選択の許容幅が広い。

このようにマイクロカプセル化顔料は、平均粒径100nm以下の微分散状態で高い保存安定性と耐溶剤性を示す。

親水性の樹脂で覆われたマイクロカプセル化顔料は紙への浸透性に優れる。この浸透性により、耐マーカ性、耐擦過性、耐水性などの性能に優れたインキの作成が可能である。しかし、浸透性が大きすぎると先に述べたように色濃度の低下をもたらす。

マイクロカプセル化顔料の今後の課題の一つは、表面での浸透を如何にしてコントロールするかという点にあると考えている。

5 まとめ

耐水性、耐光性の要求から、インクジェット用顔料インキの重要性は上がってくると予想される。しかも、今後は顔料の一次粒子径のさらに細かい、透明性の高いインキが必要とされる。

このような細かい粒子径の顔料分散体を作成するにあたっては、ビーズミルによる強い摩砕をかける条件では粒子表面が活性化状態になり、安定な分散体をつくることできないことが示唆された。従って、一次

粒径が細かく表面活性の低い顔料を顔料合成時に作り、表面破壊の起こらないソフトな条件での分散が重要である。

このための手法として、マイクロカプセル化顔料は重要な解決策と成り得る。マイクロカプセル化顔料からは非常に安定な顔料水分散体が得られる。耐溶剤性に優れているため、インキ作成時の種々の溶剤の添加が可能であり、インキフォーミュレーションのパリエーションを広くすることができる。このカプセル顔料を使用したインキにおいては、耐マーカ性、耐擦過性、耐水性などに優れたインキの作成ができる。

本稿は、日本画像学会誌 129号, p195-202(1999)に掲載されたものをもとに加筆修正したものである。

参考文献

- 1) 角谷繁明：第47回日本画像学会技術講習会資料, p.170-181(1999).
- 2) D.E.Bugner, A.D.Bermel: IS&T's NIP 13, 1997 International Conference on Digital Printing Technologies, p.667-669(1997).
- 3) 安井健悟, (株)技術情報協会編：顔料分散技術, p.284-291(1999).
- 4) 東洋インキ製造株式会社, 特開平10-081843(1998).
- 5) リコー, 特開平10-053740(1998).

- 6) イーストマンコダックカンパニー，特開平10-176131(1998).
- 7) キヤノン株式会社，特開平10-095107(1998).
セイコーエプソン株式会社，特開平10-088053(1998).
- 8) 日立マクセル株式会社，特開平10-095944(1998).
富士色素株式会社，特開平10-168367(1998).
サカイクス株式会社，特開平10-077432(1998).
花王，特開平10-060345(1998).
セイコーエプソン株式会社，特開平10-120950(1998).
- 9) ゼロックス，特開平10-204359(1998).
ゼロックス，特開平10-204348(1998).
- 10) イーストマンコダック，特開平10-067954(1998).
- 11) H.L.Jakkubauskas: J.Coatings Technol., **58**(736), 71(1986).
- 12) キヤノン株式会社，特開平10-140063(1998).
セイコーエプソン，特開平10-130555(1998).
- 13) 倉林豊：日本写真学会誌，**6**(60)，364(1997)
- 14) E.I.du Pont de Nemours and Company, US Pat. 5,310,778
- 15) Eastman Kodak, US Pat. 5,478,705(1995)
- 16) 小野寺祥，(株)技術情報協会編：顔料分散技術，p.127-140(1999)
- 17) 塩谷真，岡崎猛史，田村泰之：電子写真学会誌，**37**,149(1998)
A. Asai, M.Shioya, S.Hirasawa, T.Okazaki: J.Imaging Sci.Technol., **37**(2), 205(1993)
- 18) 鈴木健司，甘利武司，色材，**70**(5),291(1997)
- 19) 東洋インキ製造株式会社，特開平10-95946(1998)
- 20) Cabot Corporation, US Pat. 5,571,311(1996)
- 21) 大日本インキ化学工業株式会社，特開平10-140065(1998)
大日本インキ化学工業株式会社，特開平9-151342(1997)



製品開発センター
PX-2プロジェクト
研究主任
安井 健悟
YASUI Kengo