

第 1 章

製品技術の進歩

第2章

技術の基礎および歴史的な歩み

第2節 サーマルインクジェットヘッドの吐出設計

元・キヤノン(株) 金子 峰夫

はじめに

数あるインクジェット技術の中で、サーマルインクジェット技術はピエゾインクジェット技術と並んで広く普及している。特に、民生用インクジェットプリンタにおける出荷台数はピエゾインクジェットを上回る。一方で、産業用インクジェットの分野ではサーマルインクジェットの使用は限定的である。一つの要因は、非水系インクへの対応が難しいと考えられていることであろう。

筆者は35年間サーマルインクジェットヘッド開発に携わり、また国際学会などを通じて様々なサーマルインクジェット技術を見聞してきた。その経験を読者と共有することで、サーマルインクジェット技術を活かした新たな研究開発の一助としたい。

「サーマルインクジェット」の呼称はヒューレット・パカード社によるものであり、日本国内ではキヤノン(株)が名付けた「バブルジェット」(登録商標)が使われてきた。バブルジェットは液滴吐出のメカニズムを良く表した名称であるが、国際的にはサーマルインクジェットの呼称が普及しているため、本節ではこれを採用する。

1. サーマルインクジェットの基礎

1.1 サーマルインクジェットの吐出メカニズム(その1)

サーマルインクジェットは、液体の気体への相転移(沸騰)に伴う急激な圧力上昇をエネルギー源として液体を吐出させる技術である。加熱プロセス(時間、温度)のサーマルバブルに与える影響に関しては多くの研究があり、高出力を得るためには液体の臨界温度付近での沸騰が好ましいことが知られている¹⁻³⁾。これは突沸として知られる現象であり、身近なところでは高温の油に水滴が混入した場合の油跳ねなどに見られる。火山の水蒸気爆発も高温のマグマに地下水が触れることによって発生する現象であり、同じメカニズムである。2022年1月に発生したトングの火山島の噴火は、噴火の圧力により海面変動を誘発して日本でも潮位変化が観測されたことで注目された。この噴火は、噴火の規模に比較して降灰量は少ないことから海面下で発生した水蒸気爆発とする説がある。先行した海上での噴火により山体が崩壊して海面下に没し、続く噴火により海面直下で急激な沸騰が発生したことで大きな圧力が解放されたのではないかと推測されている。このような臨界温度(水の場合は320℃)での沸騰を人工的に安定して発生させるためには臨界温度以下での沸騰を避けるために急速加熱が必要であることが知られている^{2,3)}。

加熱プロセスにおける液体温度とサーマルバブルの圧力、体積の時間変化を図1に示す⁴⁾。

サーマルバブルの発生から消滅までの過程は以下のように分けられる(図2)。

- ①加熱開始～沸騰
- ②膜沸騰の形成(高压気泡の形成)
- ③気泡の成長、液滴の吐出
- ④減圧、液滴形成
- ⑤最大発泡～収縮～消滅

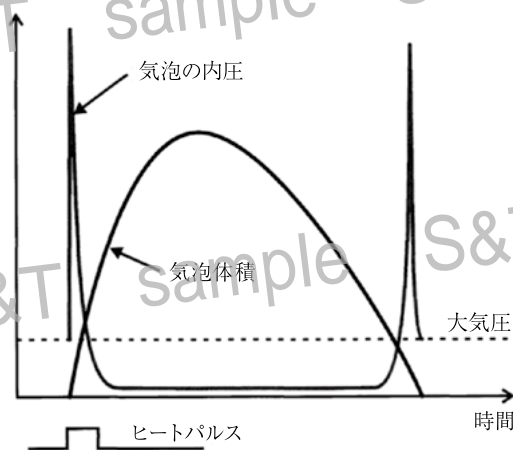


図1 サーマルバブルの内圧と体積の時間変化⁴⁾

第 3 章

顔料および顔料分散

第1節 インクジェット用顔料分散

DIC(株) 安井 健悟

はじめに

インクジェットインクに顔料が使用されるようになって久しい。染料から始まったインクジェットインクに顔料を使用しようということ、筆者が最初に意識するようになったのは、本書籍を監修されている野口氏の、1997年の色材協会第22回顔料物性講座での講演を拝聴した時からである。1997年といえば、前年にセイコーエプソン(株)からカラーインクジェットプリンタPM-700Cが出たばかりで、染料を使った写真画質ということが意識され始めたような時期である。染料についても、安定的に飛ばすということを目指して、精製に精製を重ねていた中で、水に溶解しない粒子である顔料を使うことは、突拍子もない話であった。

当時の我々は、社内で開発されたマイクロカプセル化技術により、顔料を水系でも使えるようにできる技術の用途展開を模索している時であった。当初は塗料業界に水性化ということをご提案したりしたが、時期尚早であったこと、コストを考えた時にそこまで水性化の必要性が高くなかったなどで、受け入れてもらえていなかった。水系で使われている用途探索の中で、インクジェットインクは、今は染料だが、水系しかもかなり水が多い系であり、顔料を使うには技術的ハードルが高そうな分野であることから、マイクロカプセル化技術が生かせそうだと考えた。そういうタイミングでの野口氏の講演である。

野口氏の講演は、「インクジェット印刷も耐水性、耐光性といった耐久性の追求が求められることになる。通常の印刷インクは顔料でできており、その耐久性が基準になれば、インクジェット印刷が一般化するに従ってその耐久性が必要となるのは必定であり、耐久性の改良には顔料化が必要である」というような趣旨であった。顔料を推進したい我々にとっては大変心強く思ったことを記憶している。

これらを機に、インクジェット用に顔料を水系に分散しようということをご本格化させたのであるが、マイクロカプセル化技術の基本が社内にあったとはいえ、インクジェット用に分散を追求すると似て非なるレベルの改良追求が必要であった。そこには、分散する基質である顔料の改良、選択から始めなければならない部分もあり、さらには、分散の技術レベルを水性塗料向けの技術とは違ったレベルへと引き上げることも必要とされた。本節では、そのあたりの顔料が抱えている課題と、インクジェット用に分散するということの難しさをご理解頂くことができれば幸いである。

1. 顔料について

1.1 顔料メーカーの変遷

図1に顔料メーカーの変遷を簡単にまとめた¹⁾。合成色素はもともと、ドイツを中心に始まった合成染料を製造する技術から始まり、その後、耐久性を上げるため結晶化し、粒子とする顔料が開発されてきた。2021年のDIC(株)によるBASF社の顔料事業買収、2022年のClariant社とHeubach Group/SK Capital Partners社の顔料事業統合により、顔料事業の中心が欧米からアジアへと移ったことが鮮明になった。これは、中国、インドなどにおける新興メーカーの台頭によるコスト圧力の高まり、塗料やプラスチックなど顔料事業の出口における成長の中心がアジアにあり、欧米企業が期待する将来にわたっての顔料事業による収益性の成長が期待できないということから来るものと考えられる。また、顔料を製造する上での原料は、大半が中国、インドに依存しており、その点でも顔料の中心がアジアへ移るのは必然と考えられる。

第3節 インクジェット用分散体の粒子径・ゼータ電位測定

大塚電子(株) 橋田 紳乃介

はじめに

液体中に直径数nmから数 μm の微粒子が分散した系は、コロイドと呼ばれる。コロイド粒子の例は様々で、牛乳に含まれる蛋白質や乳脂肪、清涼飲料水に含まれる香料エマルジョンのような身近なものから、感染症診断に使用されるラテックスや金ナノ粒子、半導体の精密研磨に用いられるセリア(酸化セリウム)やアルミナ(酸化アルミニウム)などの研磨砥粒、電池材料として用いられる触媒ナノ粒子やカーボン微粒子などが挙げられる。

インクも代表的なコロイドの1つであり、各種の顔料や染料、エマルジョン、ゲル、金属ナノ粒子などが、水や有機溶剤中に分散している。インクジェット用分散体は極小のノズルから高速・精密に吐出されるが、その粒子径が不均一であると、ノズルの詰まり、吐出再現性の低下、発色不良などの様々な問題を引き起こす。また、インクの分散安定性が低いと、インクの製造から使用までの期間中に粒子同士が凝集し、やはり印刷品質の低下やノズルの詰まりなどの問題を引き起こす。そのため、インクジェット用分散体の基本的な性能を確保する上で、粒子径および分散安定性の評価は不可欠である。逆にいえばインクの粒子径や分散安定性を適切に測定・評価し、改善改良を行うことで、より高度に制御されたインクジェット印刷が実現すると考えられる。インクジェット用分散体に限らず、コロイド粒子のサイズおよび分散安定性は、各々の用途における機能や特性、保存安定性などに密接に関係している。そのため、粒子径測定とゼータ電位測定は、コロイドを用いた製品開発や品質管理における最も基本的な評価項目である。

本節では、インクジェット用分散体の分散性を評価する技術として、光散乱を用いた粒子径とゼータ電位の測定法および測定例を紹介する。

1. 粒子径測定

1.1 動的光散乱法による粒子径測定の概要

コロイドの粒子径を測定する代表的な手法の1つが、動的光散乱法(Dynamic Light Scattering : DLS)である。DLS測定の光学系の概念図を図1に示す。

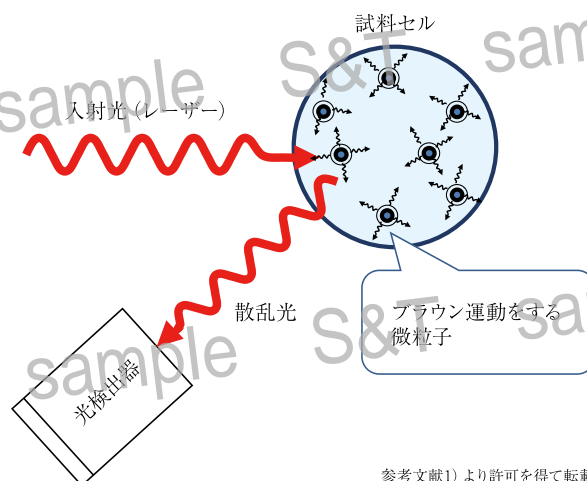


図1 DLS測定の光学系の概念図

第5節 インクジェット用水性顔料インクに用いる樹脂の物性とその選択指針

星光PMC(株) 森本 幸嗣

はじめに

インクジェットインクに関して、特に水性顔料インクに用いられる樹脂は顔料分散やバインダとして活用され、目的に応じ様々な種類、骨格、構造の樹脂が存在する。本節では水性インク用樹脂について、アクリル系樹脂を用いた水性インクの非吸収メディアへの印刷例の紹介も交え解説する。

1. インクジェットインクの構成、種類

インクジェットインクは、色材、溶媒、液体の蒸発によるノズルの目詰まりを防止する乾燥防止剤、メディアへの濡れ性や浸透性を調整する浸透剤、pH調整剤、防腐防カビ剤、樹脂等で構成される。

樹脂は色材の分散剤、あるいは色材の定着のためのバインダとして使用される。樹脂はインクの粘度や安定性、ヘッドからのインクの吐出性に影響するため、樹脂の種類や分子量、添加量等目的に応じて設計される。

インクジェットインクは色材で分類でき、染料インクと顔料インクに大別できる。インク溶媒中に溶解している染料と分散している顔料、それぞれの状態の違いからも特性の優劣が異なり、染料インクは発色性や光沢性に優れる。一方、顔料インクは耐光性や耐水性に優れ、通常の商業印刷では顔料インクが使用される。

インクジェットインクは、溶媒でも分類できる。溶媒系と無溶媒系で、溶媒系は有機溶剤を用いる溶剤系インクと水を用いる水性インクに大別できる。水性インクは溶媒が水ゆえに安全性が高く、環境負荷も低い。水性インクの定着プロセスの特徴を、紙等の吸収性のあるメディアとフィルム等非吸収性のメディアに分けて図1に示す¹⁾。吸収性メディアの場合は、インクがメディアに浸透でき、水の蒸発により画像を形成できる。非吸収メディアの場合は、メディア上で適度にインクの広がりを持たせるため濡れ性が必要になる。インクはメディアに浸透しないため、加熱によって水の蒸発を促進する必要がある。

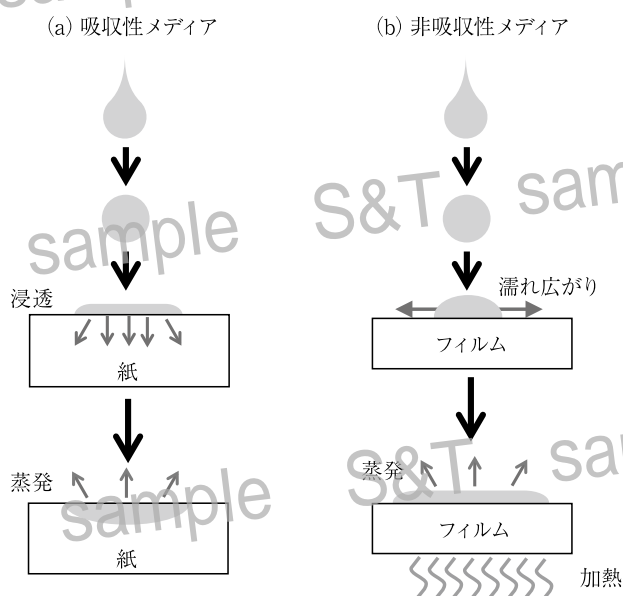


図1 水性インクの定着

第7節 テキスタイル用水系顔料インクジェットプリントシステム

(株)松井色素化学工業所 馬渡 舞斗

はじめに

インクジェットプリントと聞いて真っ先にイメージするのは、会社の事務所や家庭で目にする文書や写真を紙に印刷する機械である。

本執筆を行う上で、テキスタイル(布)用の布帛や編み物へのインクジェットプリント(捺染)について、理解をより深めるために布へのプリントの基礎となる従来の捺染について話をしたい。

1. 捺染

1.1 変遷

染色における捺染方法が存在する前、繊維を着色するには布や糸を染料液に漬け込み染色する浸染法や、図柄を施すには布に直接筆や刷毛を使用して染色していた。

染色の歴史はとても古く、紀元前のエジプトのミイラは藍染めが施された衣類を着用していたといわれている。その後、型紙を用いた繊維の染色法が発見され、その染色法を捺染というようになった。

1.2 捺染の歴史と進化

初期の捺染は、切り抜いた型紙を紗に貼り、染料の色のりを木ベラやゴムベラで繊維にすり込む方法であり、現在の捺染方法の礎となったといえる。

現在においては、紗に感光乳剤を塗布したスクリーン型や、金属ロールを彫刻、あるいは腐蝕する方法で捺染型を作る方法が発見され、工業的に繊維に捺染する方法へと進化した。

更に、近年、捺染は繊維に無製版で染色するインクジェット捺染へと進化しており、その詳細を本節で紹介する。

1.3 捺染の利用

現在における捺染の染色物は、婦人服地、スポーツ衣料、Tシャツ、トレーナー、のぼり旗、伝統的な浴衣や着物物の染色などに利用され、世界各国で盛んに衣料品の染色法として行われている。

近年は多種多様で精密なデザインに対応した個性的ファッションニーズに対応するため、捺染は更に進化し続けている。

1.4 染色における捺染法

広義に繊維への着色は、種々の染料を用いて糸や繊維を全面に着色する浸染法、あらかじめスクリーン版を作成し繊維に染料や顔料で図柄を形成する捺染法に分類できる。

前者の浸染法は、糸状繊維においてはかせ状に束ねた糸をかせ染め染色機で回転しながら加熱し染色する方法、あるいはチーズ状(コーン)に巻かれた糸を外側から内側へ加熱した染料液を高速で循環させて染色するチーズ染色機で染色する方法がある。

長尺の布帛や編み物繊維は、ウインス染色機、液流染色機、サーキュラー高圧染色機を用いて染色する浸染法で着色が行われている。

製品となった衣料品は、ドラム染色機で染料や顔料による製品染め染色法が特殊な染色法として用いられている。

第4章

インクの乾燥と定着

第1節 UV照射装置の現象と将来像

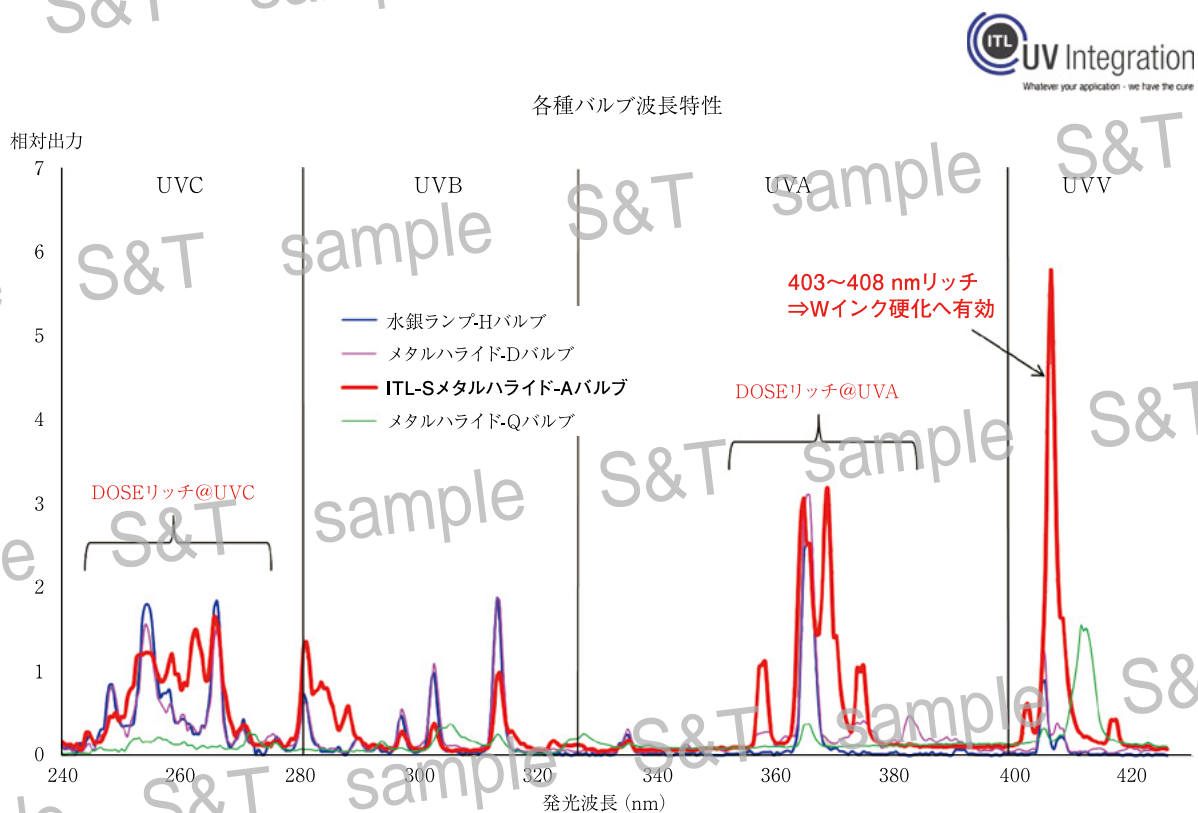
(株) K-SOLUTION 勝田 康

はじめに

産業印刷アプリケーションにおけるインク/材料の乾燥手段は様々なタイプ・手法が存在するが、最もメジャーな方式は主に熱乾燥とUV硬化に分けられる。水系インク、溶剤系インク等を使用した印刷系では必ず熱処理工程が必要となり、そのインクの種類(溶剤タイプの種類)および各乾燥条件(温度・時間管理)の数だけ様々な乾燥装置し、小規模～大掛かりな設備によるものまでそのプロセス種は多岐にわたる。

一方、UV硬化インクは、UV光(紫外線)を受けることで硬化反応を起こすインクである。UV硬化インクの基礎・詳細は本書籍では割愛させていただくが、乾燥性コントロール、塗膜安定性、生産性、設備費用(ハードウェアコスト、運用面)、環境性能等、産業印刷設備のインク乾燥(硬化)手段としては最も理想的な方式といえる。

UV硬化インクの乾燥(硬化)には紫外線ランプを使用する(以下、水銀UVランプ)。水銀UVランプとは、いわゆる水銀ランプ(Mercury Lamp)およびメタルハライドランプ(水銀に加えて金属をハロゲン化物の形で封入したタイプ)に分けられる。総じて紫外線領域～可視光領域(200～480 nm)をブロードに発光するのが特徴で(図1, 2)、使用するインク/材料の硬化特性にあったランプタイプ(水銀、あるいはメタルハライド)およびランプシステム(冷却方式、出力特性)を選択する。メタルハライドランプは封入する金属の種類により、特定波長域の発光出力を増強するのが目的で、Feドーピング型、Gaドーピング型、Inドーピング型等がある(図1)。



*ITL-Sメタルハライド-Aバルブ: 英国IST INTECH社特許バルブ

図1 各種水銀UVランプ発光波長