

コニカにおける生産技術の開発

—感光材料における生産技術—

Development of Production Technology in Konica

—Production Technology in Photosensitive Materials—

山本高俊*

Yamamoto, Takatoshi

Among recent trends in production technology, a greater emphasis has been placed on the necessity to maintain a close relationship with product development from initial planning stage, perhaps to a level of fostering and expanding creative work. This added emphasis derives directly from the increased demand for products which are technologically advanced in quality and function, as well as from a change in the demand structure affected by such factors as individualization, diversification, fashionability, and others.

Under such constraints, only companies which are capable of quick turnaround, driven by motivational power, and established in their original technology may survive. These points must be kept under constant consideration throughout the reform of production structure.

1 はじめに

感光材料においてやっかいな事は、造り込んだ品質を一品一品確認し修正できない事である。従って工程においては、常に安定した品質を保証する技術の確立が最も重要となる。しかも、コストや納期も同様に重視した生産技術が必要であり、工程は顧客の要望に迅速に対応できなければならない。ここでは生産技術センターの取り組みの一部を紹介し合わせて今後の開発動向を述べる。

2 感光材料における生産技術

2.1 生産技術センターの役割

感光材料の製造工程は、合成工程、乳剤製造工程、カプラー分散工程、製膜下引工程、塗布乾燥工程、包装工程に大別される。従って、生産技術センターは、それぞれの工程で必要となる生産技術の開発が主な仕事であるため、素材、合成、支持体、乳剤、塗布、包装設備、包装材料、製品機能（形態）、計測、制御、検査、システム等の各要素技術の開発と実現化に取り組んでいる。この場合、各開発センターの商品計画とリンクした研究開発を共同作業で進める場合が多い。勿論、各工場との共同作業も多くあり、要素技術に限らず、製造技術グループの協力を得ながらのエンジニアリングも重要な役割である。また、設備の内作化や包装材料の内作化の推進も、自動化、省人化の取り組みやコスト・ダウンの取り組みと同様に重要な位置付けとなっている。このように、生産技術の取り組みは関連部門と一体となりながら、泥臭く進める必要があるが、対象範囲が広いので4つの研究

* 感光材生産本部 生産技術センター

室が分担している。以下に取り組みの一例を紹介する。（但し、第四研究室は都合により除く。）

2.2 多層塗布技術（乳剤・塗布／第一研究室）

写真感光材料の塗布は、その特種な要求品質から高度な技術が必要とされるが、高精度な多層塗布としてスライド・ホッパー型の塗布方式が一般的に知られている。この方式で最も重要となるのが「ビード」である。「ビード」とは、塗布装置リップ先端と支持体との間隙にできる液架橋部のことである。ビード部の、ある条件での形状と有限要素法を用いて計算した圧力分布の計算の結果をFig.1に示す。

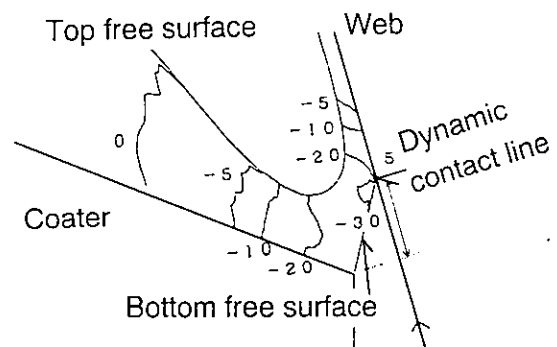


Fig. 1 Typical flow pattern of coating liquid (Pressure contour)(mmAq)

ビード部は上側と下側の自由界面に囲まれた、急激に液が引き伸ばしを受ける部分である。その中でも特に接液部は気液固（gas-liquid-solid）の移動境界であり、圧力変化も非常に大きいことを示している。塗布の安定性を確保するためには、このビード部の安定性を保つことが必要であるが、速度、膜厚、液物性、ビード間隙に大

きく関係している。塗布速度が大きくなれば支持体に連れられてくる同伴空気が接液部に影響を与えるため、下側の減圧によって下側自由界面を保持しながら、同伴空気の排除を行う必要がある。同伴空気によって接液部でどのような圧力が発生するかを、接液の位置と塗布速度の関係で求めた計算の結果を Fig.2 に示す。これによると、塗布速度が大きい程、また接液高さが高い程、急激な圧力上昇が発生し、ビード内部圧力、ビード下側減圧と較べても無視できないレベルとなっている。

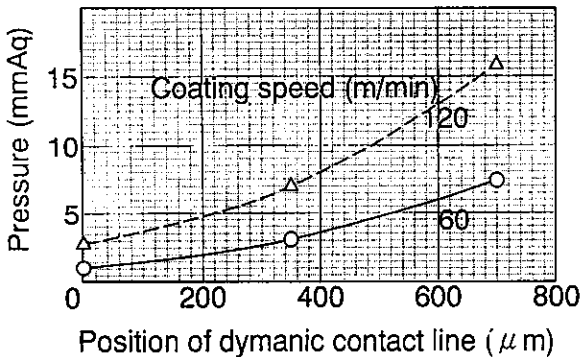


Fig. 2 Pressure caused by entrained air at the dynamic contact line

同一の塗布膜厚の条件下で、接液高さが塗布速度によってどのように変化するかを可視化実験によって測定を行った結果を Fig.3 に示す。

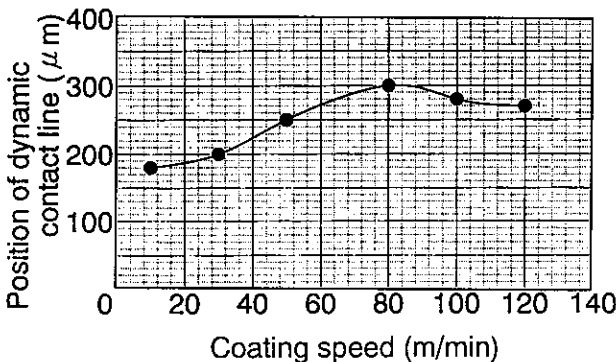


Fig. 3 Relationship between coating speed and position of dynamic contact line

上図によると、塗布速度が上がるにつれて接液高さは上昇するが、途中から下降していることが判る。これは速度が上がるにつれて、相対的に同伴空気によって接液部が押し上げられていることが推定され、さらに速度が上がると、逆にビード内で発生する差圧が急激に大きくなり、その結果、ビードを下に押しさえつける力が大きくなって、接液の位置が下がるものと推定されている。このように、同伴空気によってもビード部の状態は常に変化していることがわかる。従って、ビード部を常時、安定に

保つことは非常に難しいことではあるが、塗布速度 V 、膜厚 t 、液粘度 μ 、ビード間隙 G 、などの関係を一定な条件になるようにすることが考えられる。しかし、スライド・ホッパー型の塗布方式で安定な塗布を行うための限界領域が存在することも良く知られている。Tallmadge らによれば、塗布下限膜厚 t は、

$$t > k \frac{\mu^{0.5} V^b}{G^a}$$

$$a = 0.13 \sim 0.17$$

$$b = 0.30 \sim 0.40$$

で示される。また高速塗布に有利なカーテン塗布方式においても、塗布液物性の関係で同様に解決しなければならない課題が多く存在している。例えば、コーターエッジからの液離れ、カーテン膜の安定性、及び支持体との接液部での挙動に関する事で、液の流量や粘度などが関係している。カーテン塗布におけるコーティング・ウインドウの一例として、流量と液粘度との関係を Fig.4 に示す。

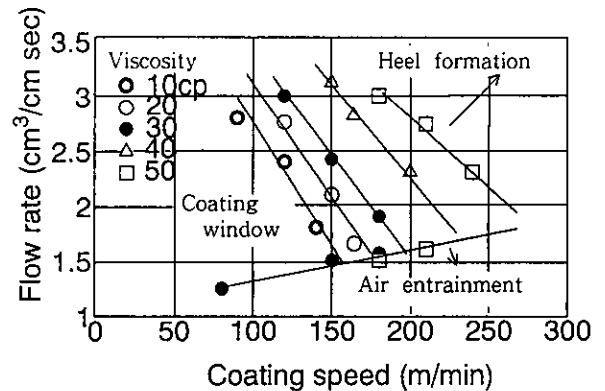


Fig. 4 Coating window -- Effect of viscosity on operable speed limits and flow rates

ここでは、流量の少ない領域で塗布を行うと、塗布面に空気を巻き込んだ跡が現れ、また、流量が多い領域では、ヒールと呼ばれる滞留部分ができることによって塗布面が乱れることを示している。さらに、液粘度が高くなるにつれてヒール発生域が上方へ移動し、塗布可能域が広がることが判る。安定な塗布を確保するためには、これからもビード部や動的接液線での気液固の「濡れ性」の検討や空気境界膜について更なる解析を進めるなど、基礎的な研究が継続して行われなければならない。このような技術の深耕によって、今まではブラックボックスになっていた部分が解明されて、より高度なラインのコントロールを可能にすることになるのである。実際の塗布工程においては、液物性にかかわる塗布の安定化以外にも数々の生産技術が準備されなければならない。例えば、液ロスをも最小にするための送液技術、小ロット生産用多

サイクル塗布のための自動切り替え技術そして、高速塗布になればなるほど必要性が増す省エネルギー・省スペースを実現するための高効率乾燥技術などである。また、素材の安定化のための合成技術や高機能なクリーンクリスタルを造るための増感技術等も生産技術としてのニーズが大きくなってきている。

2.3 瞬時切り替え技術（包装設備／第二研究室）

アマチュア・フィルムのサイズは、12枚撮、24枚撮、36枚撮が一般的であるが、その他のサイズについても販売の要望によって生産しなければならない。この時に必要となるのがサイズ・フリー化技術である。もちろん、主要3サイズ間のチェンジを自由にできるようにしておくことも必要なことである。サイズ・チェンジの一般的な方法としては、機械構造的な部分を電気的に移動させて、各々のサイズ条件を自動的に設定する方法があるが、装置が大袈裟になることや、時間が掛かり過ぎる欠点がある。色々なサイズの商品を次々に流したい場合には、どうしても瞬時に切り替えが実行されなければならない。内装機（Inner-Packaging Machine）において、サイズフリー化のネックになるのは、駒ナンバー等のサイズによって変わる潜像焼込みと共に、サイズによって変わるガイド・シュートである。ここでは、後者を紹介する。ガイド・シュートの形状は、直線型、ループ型などが考えられるが、いずれも固定型であるので無段階に全てのサイズに対応することは不可能である。従って、ガイド・シュート無しのエアースポートが必要となる。先ずスプール（巻軸）へフィルムが系止されるまでの間、空中に安定にフィルムを浮上させなければならないが、この時、以下の条件が満たされる必要がある。

$$\begin{aligned} \text{フィルム浮上力} (F_i) &\gg \text{フィルム自重} = F_1 \\ F_i &\ll \text{フィルム座屈力} = F_2 \\ F_i &\ll \text{スリ傷許容荷重} = F_3 \end{aligned}$$

仮に、フィルム自重 = 1.7 (gf)、フィルム座屈力 = 168 (gf)、スリ傷許容荷重 = 150 (gf) として、実験によって得られた「浮上力とエアースポートの関係」について、Fig.5に示す。

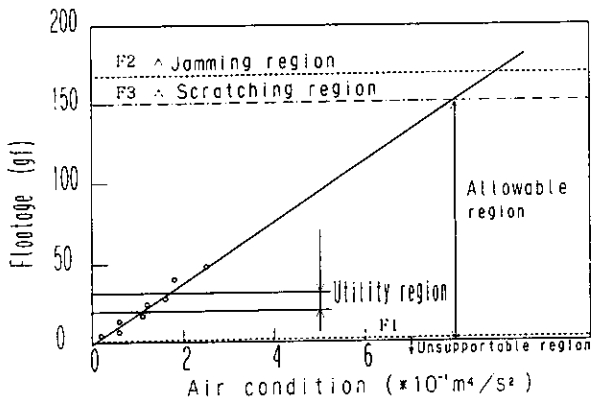


Fig. 5 Relation between floatage and air condition

エアースポート1個の浮上力をFとすれば、

$$F = \frac{\rho Q v}{g}$$

- ρ : エアースポート密度
- Q : 流量
- v : 流速
- g : 重力換算係数

実際は複数のノズルを設置し、フィルム面に対して角度 θ を設けるので、トータルの浮上力 F_i は以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} F_i &= a \sin \theta \sum F \quad (a : \text{比例定数}) \\ &= \frac{a \rho}{g} \sin \theta \sum Q v \end{aligned}$$

Fig.5に示されている許容範囲に対して、十分安全な使用域を抽出してエアースポート条件を決めることができる。

次に、スプールへのフィルム系止と同時に撮影枚数分のフィルム送りを行うためには、その長さに応じたバッファが必要である。ここでも固定型のシュートは使えないので、フリー・ループ型のバッファが必要となるが、以下の条件を満足しなければならない。

$$\begin{aligned} \text{ループ維持力} (F_l) &\gg \text{フィルム自重} = Fa \\ F_l &\gg \text{フィルム慣性力} = Fb \\ F_l &\ll \text{フィルム折り曲げ力} = Fc \end{aligned}$$

この場合のフィルム自重は、ループ長 l で変化するが、フィルム自重 = $1.3 \times 10^{-2} l$ (gf)、フィルム慣性力 = 2 (gf)、フィルム折り曲げ力 = 73 (gf) として実験によって得られた「ループ維持力とループ長との関係」をFig. 6に示す。

ループ維持力 F_l は、流量 Q と流速 v の関数と考えられるので次式で表すことができる。

$$F_l = K \rho Q v \quad (K : \text{比例定数})$$

実際は、 $Q v = 1.7$ 以上でループのバタツキが確認されるので、Fig.6に示されている許容範囲でループ形成条件を決めることになる。

エアースポート条件とループ形成条件が決められると、例えば、10枚撮の要求に対しては、10枚撮を選定するだけで、フィルム先端は、上側ガイドに沿って空中を安定して移動し、スプールに系止された後、規定の長さのフィルムが繰り出され、空気をはらむように適度なループを保ちながら、しかも、尾端の激しいバタツキも無く巻き取りを完了することができる。この技術の開発によって、フィルム・サイズに無関係に、しかもフィルム・サイズに応じて、いかなる部品の移動や交換無しに、

瞬時にサイズ・チェンジを実現することになる。包装工程における生産技術の課題も多くあり、設備に対してだ

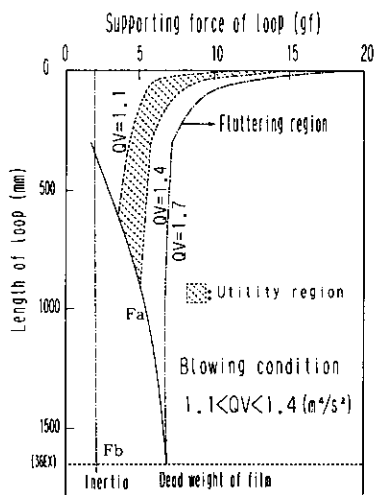


Fig. 6 Relation between supporting force and length of loop

けではなく、包装材料や意匠に至るまで多品種少量／多品種変量の販売要望に迅速に答えられなければならない。さらに、納期だけでなく、包装材料のコストに占める割合が未だ高いこと、品質への影響に直接関与することからも、包装材料部品や印刷などの内作化技術が重要になっている。また、最近の特徴として、環境問題を意識した材料選定と組立・包装形態設計が重要な位置付けとなっている。

2.4 ソフト型の生産技術

(システム・制御／第三研究室)

技術的な仮説に基づいてあるモデルを作り、工程改革を行うソフト型の生産技術として最適制御技術がある。つまり、モデル化、シミュレーションによって、膨大なデータを効率的に処理し、実験結果との差異を見て新たな仮説で最適解を求める方法で、液流量の最適化や、空調制御の最適化などがある。オーダー・システムや物流とリンクした生産管理システムなどもソフト型の生産技術と言える。生産リード・タイムの短縮や在庫圧縮など、多くの課題が残されている。

3 今後の開発動向

生産技術には多くの課題があると同時に、改革のための多くの切り口がある。従って、限られた戦力で大きな効果を出すためには、何に集中するかを決めることが大切である。この場合、目指すべき方向をマクロ的に分類して、その分類に従って現状のレベルを計ることが必要である。また、より進んでいるトップ企業を参考にすることも重要な事である。コニカの感光材料における生産技術レベルを、各群のトップ企業のレベルを100として、

自己評価した得点表を下に示す。

群	ゴール	トップ企業	基準	得点	注
1	無人化	日本たばこ	100	76	
2	顧客直結	花王	100	63	*
3	安く造れる	T D K	100	68	*
4	高性能	ソニー	100	64	*
5	環境対応	?	100	85	

第1群：無人思考型生産構造（日本たばこ、川崎重工）

第2群：顧客直結型生産構造（花王、トヨタ）

第3群：安く造れる生産構造（TDK、カシオ）

第4群：高性能商品生産構造（ソニー、任天堂）

第5群：環境対応型生産構造（キャノン等各社進行中）

この表は、筆者個人の感性的なまとめであって異論もあると思われるが、ここでの目的がその正確さではないのでご勘弁願いたい。また、トップ企業の業種はまちまちであり一概に比較することは難しく、さらに、各群はお互い関連があってははっきり分離できないところもある。しかし、現状を詳細に分析して、あるべき姿を考えるための一つの目安になりうる。特に第2、第3、第4群については、遅れの目立つところであり、今後、早急に強化していかねばならない。つまり、顧客の希望する商品が、何時でもタイムリーに必要な量だけ安く供給でき、顧客が安心して使えて、持っているだけで楽しかったり、誇らしくなったりするような商品の供給ができるようにすることである。特に、最近の円高や世界的な不況の中で、企業が生き抜く為には、徹底したコスト・ダウンがまず必要である。これを実現するためにも部分的な工程改善ではなく、CIM化、SIS化へ向けて、総合的シナリオに基づく順序立った改革を進める事が必要である。また、生産拠点についても再度見直す必要がある。さらに、顧客にとって魅力ある高機能化商品についても、開発や販売だけの事とせず、生産技術を加えた総合技術としてシステムの捉えていくことが肝要である。この事を実現するためには、開発部門－製造部門－販売部門との連動を、より強める必要がある。生産技術センターとして常に留意したいことは、コニカが小回り性や機動力を持って、しかも、他に誇れるコストと独自の技術を提供出来る企業であり続けるための生産構造の改革を継続して実施することである。

●引用文献

- 1) 水越智秀 等：研究発表論文,(1989)
- 2) 宮川・郎 等：化工学会,(1991)
- 3) 曾根庸介 等：化工学会,(1987)
- 4) Tallmadge et al.: "Bead Coating Instability"(1979)
- 5) 伊藤 孝 等：研究発表論文,(1989)