

はじめに

機能性フィルムの開発や製造の課題を遂行する際、欠陥やトラブルに悩まされることが多いであろう。私自身、就職してから生産技術の研究部門で塗工理論を学んだ後に、製造部門の技術者として、生産性や品質向上に従事したが、塗工論文は学術的過ぎるし、現場情報はノウハウ的で、勘所をつかむまでには時間を要した。本書では、Roll To Roll塗工・乾燥の開発から製造までに携わる初学者から経験者までを対象にまとめた。

理論と現場の実践力を網羅した塗工技術が皆様から広まれば、機能性フィルム業界の発展にもつながるであろう。本書を読まれた皆様が塗工製造技術を高めて、新しい機能性フィルムの開発や製品の品質向上をされることをお祈りする。

AndanTEC 浜本伸夫

第1章 塗工技術のノウハウ

第1節 塗膜の開発品を Roll To Roll 量産へ スケールアップするために

AndanTEC

浜本 伸夫

1 Roll To Roll 塗工とフィルム製品の歴史と分類

Roll To Rollとは「ロール状の原反フィルムを巻き出して、塗工・乾燥や貼り合わせなどの処理を施した後に巻き取る加工方式」である（図1）。工業的にRoll To Roll生産が始まったのは19世紀の映画フィルムに遡る（図2）。戦後の高度成長期には感熱紙やトイレットペーパーのようなロール紙、電子化が進むとMLCC、1980年代にはデジタル時代が幕明け、ノートPC、リチウムイオン電池、今世紀には液晶TVやスマホが出現し、各製品の要所でフィルム部材が利用されるようになった。

製品ごとにフィルム部材の使われ方はさまざまで、例えば液晶TVならば幾多ものフィルムを積層して光学性能を付与し、リチウムイオン電池では電極部材そのものがエネルギーを蓄積～放出する主役、MLCCの基材は生産過程で使用されるが最終製品には含まれない（図3）。

これらのフィルム膜を大きく分類すると厚みと層数で整理される（図4）。単層の薄塗りは離型フィルムやプライマー、単層の厚塗りは電池の電極や粘着フィルム、ハードコートや光学補償フィルムは重層で、さらに厚塗りとなると写真感光材料やMLCCとなろう。

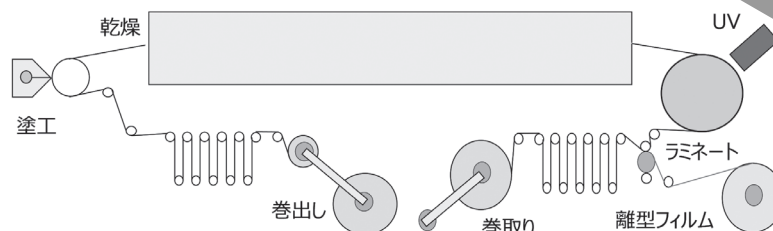


図1 一般的なRoll To Roll工程

第1章 塗工技術のノウハウ

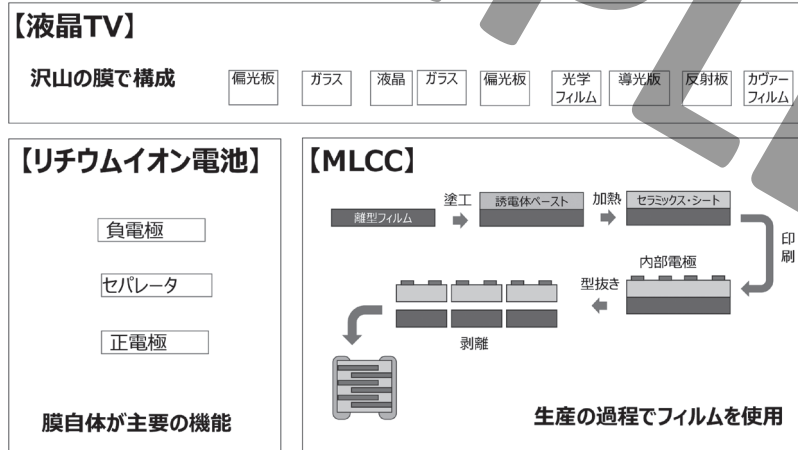
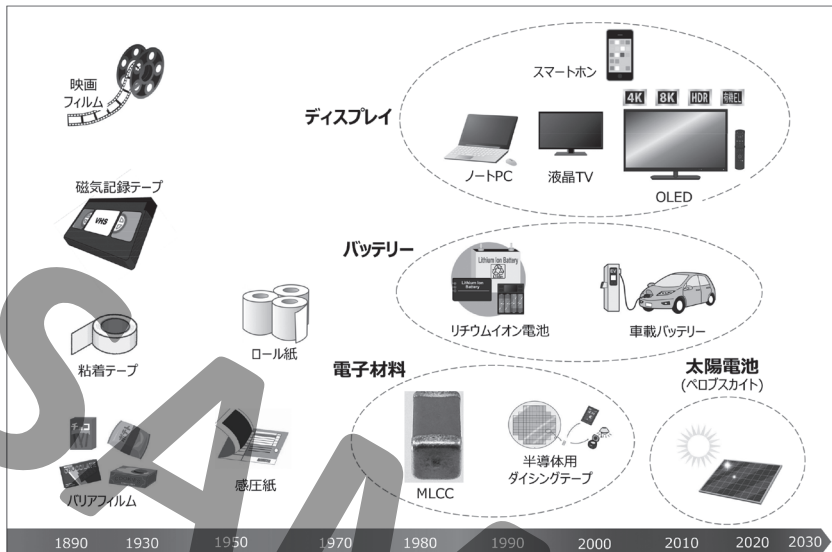


図3 フィルム部材の使われ方

第1節 塗膜の開発品をRoll To Roll量産へスケールアップするために

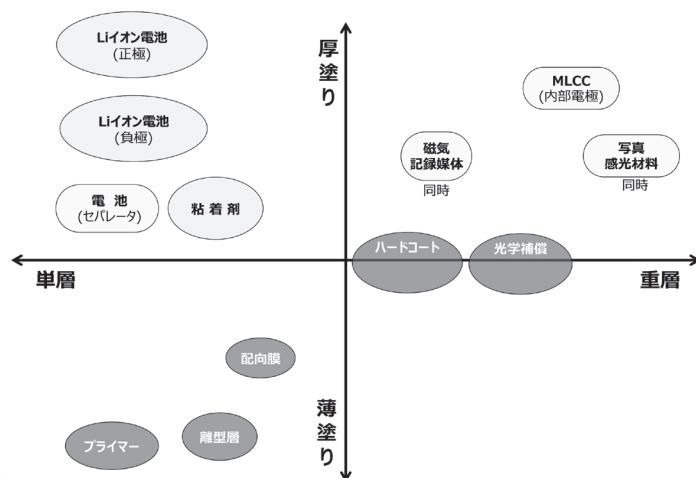


図4 塗工膜の分類

2 種々の塗工方式と塗工範囲

一般に塗工液は溶媒に溶かして塗って乾かすので、塗る膜は完成する膜よりも厚い。塗工時の乾燥前の厚みを「Wet厚み」、乾燥後は「Dry厚み」と区別して考える。完成品のDry厚みを与えるWet厚みは濃度次第でいかようにもなる。大抵、実験室で希薄な低粘度を塗り、量産検討のときに乾燥しやすくなるよう濃縮するので高粘になる(図5)。塗工しやすさは主に粘度とWet厚みに支配され、おのこの塗工方式で得意な領域が異なる(図6)。スロット塗工の守備範囲が最も広範だが、実際には薄塗りと厚塗りでスロットダイの仕様は異なるし、より薄く塗るにはグラビア塗工、より厚く塗るにはブレード塗工(「コンマコーター」、ヒラノテクシードの商標)の方が適する場合もある。なお、図6は大まかなイメージであり、右隅(1000~10000 mPas、10~30 μ m付近)を実際に塗るのは困難であろう。

3 前計量と後計量

塗工方式は「前計量」と「後計量」に分類される(図7)。前計量はポンプで送液した液が全て塗られる方式、後計量は送液した一部が塗られる方式である。前計量の代表格であるスロットダイは「ポンプ流量と基材搬送速度を決めるとおのずとWet膜厚が決まる」、その使い勝手の良さから、汎用の塗工方法として普及している。

第1章 塗工技術のノウハウ

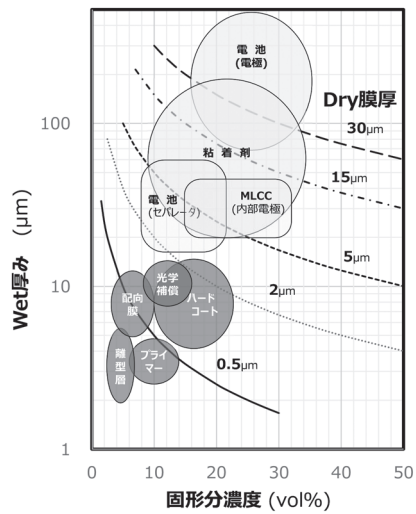


図5 固形分濃度とWet厚み

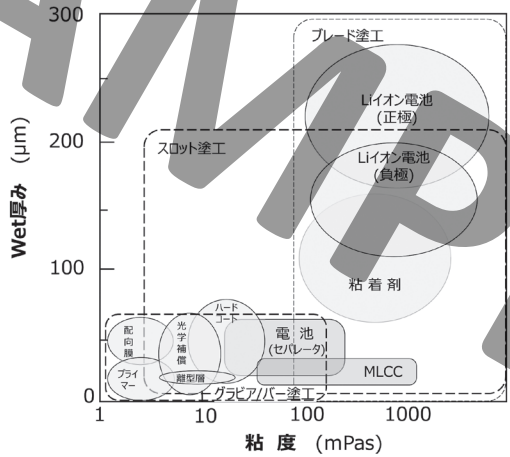


図6 各塗工方式の守備範囲

送液系		前 計 量	後 計 量		
1 バ ス		ダイ塗工	ブレード塗工	メニスカス塗布	スピン塗工
循 環			グラビア塗工	バー塗工	ディップ塗工

図7 塗布方式の分類

4 量産におけるRoll To Roll工程(Roll To Roll工程)

大量に製品を量産する際は、帯状フィルムを連続的に巻き出して塗工～乾燥～硬化の後に、完成した塗膜付きフィルムを巻き取るRoll To Rollプロセスで生産される（図1）。図7に示した塗工方式のうちスピン塗工以外は、原理的にいずれもRoll To Roll工程に適応可能である。

5 実験室で活用されるバッチ方式

素材の開発段階では名刺サイズやA4サイズで塗工したサンプルで評価される¹⁾（表1）。スケールアップの際に実験塗工からRoll To Rollに移行するが、実験塗工方式の特徴とRoll To Rollとの違いを把握しなければ課題が滞る。

表1 主な実験塗工方式

分類	方式	塗工量		説明	特徴	
		厚塗り	薄塗り		長 所	短 所
浸漬	ディップ	○	○	液溜めに基材を浸漬後、引き揚げる	不定形の基材に塗工できる	両面に塗られてしまう
	刷毛塗り	○	×	刷毛(ハケ)で塗る	簡易、塗り重ね可能	塗工量を管理できず
	ローラー塗り	○	×	不織ロールに浸された液を塗る		
	ナプキンコート	△	△	布に浸した液を塗る	多少は薄く塗れる	布は使い捨て
ブレード	アプリケーションター	○	×	「下駄」で規定した間隙で塗工量を規定	簡易におおむね塗工量を規定できる	薄塗りには不適
	ワイヤーバー	△	○	ワイヤーバーを手で転がして塗工	RTRにスケールアップ可能	塗工量変更できない
	ヘラ塗り	○	×	ヘラで液を塗り拡げる	簡易に塗れる	塗工量を管理しにくい
遠心力	スピン塗工	×	○	ステージを回転させて液を塗り拡げる	薄く塗りやすい	小面積用、高粘不可
噴霧	静電噴霧	△	○	注射針に高電圧を印加し液を微粒化	薄く塗れる	低粘の希薄溶液のみ