塗布技術展望

足立毅太郎*

塗布とは乾いた固体面に液を塗り付け、固化して均一な塗布膜を作る操作のことであり、それは被覆される基材の保護や美観を与える方法として、また、樹脂・紙・鉄など安価な素材に高機能をもたらし高付加価値を与える最も合理的な方法として、写真フィルム、磁気テープ、印刷紙・記録紙、電子部材、包装材、工業用・医薬用各種テープ、建材、事務・家電用各種ケースなどの製造に広範囲に用いられている。塗布膜は、普通基盤支持体に対する下塗りアンカー層、複数の主機能膜、表面保護膜など多層の薄膜で構成されており、各層はそれぞれ一つ以上の多様な機能を分担している。

これらの多層薄膜を工業的に作り出す塗布技術は、塗布液の分散調合、固体表面の洗浄改質、塗布、固化整膜などの要素技術を包含し、固体や液体の表面界面の生成・利用にかかわる、極めて今日的で奥深い基盤的生産技術の一つである。これらの要素技術に関連した装置・操作・材料などは今日着実に進展しており、例えばマイクロテクノロジーのための分散技術は、分散剤を不要にし、塗布膜品質を大きく変える可能性を示す。塗布機では、一定塗布液量の安定供給、塗布幅にわたる塗布液の均一分配、所定膜厚への制御、塗布液の塗り付け、支持体への液膜の転写、液膜表面の平坦化などの諸機能が実施される。乾燥機や硬化装置は液膜を固体膜に変える。全要素技術の各段階の操作が最終塗布膜品質に及ぼす影響を把握し、それら一連の操作を通じて塗布膜に最高の機能を与えるような塗布膜構造を作り出すことが、塗布技術者の任務である。

塗布機内で塗布液体が、ニップ部と呼ばれる非常に狭い隙間を通して、静止あるいは低速の液供給側固体面からより高速で動く被塗布面に移るとき、瞬間的に高速変形を受けまた2つの固体面間で引き裂かれて、自由表面を有する塗布膜が形成される。この自由表面を有する動的液体架橋は、構造体として被塗布面の揺れや圧力変動など外乱に弱く、塗布量の変動要因である。塗布膜を形成する分裂流れは、自由表面層液体の力学特性の影響を強く受ける。またその表面流動固有の流体力学的不安定により、限界を越えると塗布面の表面に凹凸状の規則的縦筋の塗布異常を引き起こす。さらに塗布液は、顔料・機能性粒子・製膜材料などを含む構造型流体であるから、ニップ部で瞬間高速変形

を受けると、液体の構造が変化し液本体のみならず表面層液体の力学特性も変るので、それらの力学的挙動は非常に複雑である。以上のことから、ニップ部の流れは、塗布量や塗布膜表面外観、動的濡れ性や空気同伴開始速度、転写性や構造型液体薄膜の微細構造などをも支配する、物理化学的に大いに興味深い系であり、塗布技術上も大変重要な研究対象である。

省資源・省エネルギー・環境規制への対応として、塗料の溶剤削減や水性化、あるいは蒸発を伴わないUV・EBによる反応硬化などへのシフト、粉体塗装、ダイオキシン関連の脱PVC塗布や脱PDVC塗布がある。経済の急激な国際化による構造不況は、塗布製品業界に次の2つの傾向をもたらした。一つは、とにかくコストの低減で、これは装置の大型化ではなく塗布操作や乾燥速度の高速化、すなわち塗料の高固形分や無溶剤化、メンテナンスフリー化の方向、したがって例えば装置的には乾燥機は加熱気流によるフローティング方式が増加している。もう一つの方向は、高付加価値すなわち高機能化、したがって高品質化・高精密化である。これは「薄さと均一性」の極限の追求であり、そのためには、塗布装置・支持体・塗料等の最適化、塗布プロセスのクリーン化などが要求される。塗工装置のクローズド化は、外からの異物混入防止、蒸発乾燥による塗工液の濃度・粘度変化の低減、作業環境整備、防爆安全対策など、クリーン化とトラブル低減との両方に有効である。このほか、空気同伴の防止による高速化、スロットダイによる精密同時多層塗布、多層構造（ラミネーション）グラヴィアリヴァースによる薄膜化、パターン化(discrete coatingやprint coatingやscreen coating)、超平滑表面外観を得るためカーテン塗布の活用等が増加している。

さらに、以上の当面の技術課題に加えて、他方では日常の塗布試験に費やされている膨大な時間や費用の大幅な削減にも取り組まねばならない。そのためには、生産現場での多種多様な基礎データ、経験や知見を合理的体系的に蓄積し共有化して、塗布技術を作業員の直感に基づく技能(個人ワザ)から客観的な技術として他者へ伝達可能な合理的体系に変えることも塗布技術の日常的な重要課題である。

* Adachi, Kitaro
九州工業大学 工学部 応用科学教室
北九州市戸畑区仙水町 1-1 (〒804-8550)
2002. 2. 12 受理