

塗布膜乾燥のメカニズム：  
数理モデルの数値シミュレーションに基づく  
様々なタイプの溶液の乾燥後の膜厚分布  
The Mechanism of Drying of Coated Solution Film：  
Film Thickness Distribution after Drying of Various Types of Solutions Based  
on Numerical Simulation of the Mathematical Model

鏡 裕行

キーワード：塗布膜乾燥、拡散、蒸発速度、モデル、膜厚・膜質分布

Keywords: Drying of coated solution film, Diffusion, Vaporization rate, Model, Thickness and quality distribution

1. はじめに

塗布膜の乾燥プロセスは、塗装工学をはじめとした工学の様々な分野で見られ、かつ、このプロセスの成否が以後のプロセスに大きな影響を与える場合も多い。したがって、工学の各分野において、地味でありながら、クリアしなければならない重要な位置を占めているといえる。

前稿<sup>1)</sup>では、塗布膜乾燥過程の一般的な機構と、そこから明らかになる乾燥後に所望の膜厚分布を得るための条件の設定の仕方について、理論的に論じた。しかしながら、紙面の都合上、導出された数理モデルに基づく数値シミュレーション結果の提示、およびそれに基づく解説は十分に行えなかった。

本稿では、前稿で十分提示できなかった数値シミュレーション結果と、それに基づく考察に重点をおいて解説し、様々なタイプの溶液の乾燥後の膜厚、膜質の分布、その制御の方法の概要について論じる。

2. 平坦な基板の上に塗布された溶液膜の減圧乾燥プロセスの数理モデル

2.1 基本モデル（1種の溶質、1種の溶媒のモデル）

前稿に導出の詳細を述べている<sup>1)</sup>ため、ここではその要点を述べる。

まず、前稿において、平坦な基板の上に薄くかつ広範囲に塗布された溶液膜の乾燥プロセスにおいて支配的な動力学は拡散であるといえ、この拡散には、空間当たりの粒子数を一様にする拡散と、濃度を一様にする拡散の、大きく2種類があることになると述べた。そして、前者は、平衡時には、空間当たりの粒子数は一様と考えられるため、考える必要はないが、減圧乾燥プロセスという非平衡時には、溶媒の蒸発が常に生じている気液界面付近においては、空間当たりの粒子数は、溶液膜の十分内部に比べて小さくなっており、溶液膜の十分内部から気液界面へ向けての空間当たりの粒子数の負の勾配が生じていると考えられるため、考慮しなければならないとも述べた。この部分は本モデルの基本的考えを説明する重要な部分であるが、紙面の都合上やや粗い説明で終わってしまったため、