

# 塗布膜乾燥のメカニズムと乾燥トラブル対策

講師：鏡 裕行氏（徳山大学 福祉情報学部 教授）

塗布膜の乾燥機構の解明は、様々な工学等の分野で求められている重要な課題である。塗布膜の乾燥においては、例えば乾燥後の膜厚分布が均一になることが求められるが、多くの場合、膜厚分布が均一にならず、また乾燥条件によって膜厚分布が変化することが経験的に知られていた。均一な乾燥後の膜厚分布を得るためには、塗布膜の乾燥過程の機構を解明することがまず必要で、その解明を経て、必要な制御を系に施すことにより、均一な乾燥後の膜厚分布を得るといった目標へ近づくことになる。均質な膜分布を得る場合も同様である。また、乾燥後の様々な欠陥を克服する際にも、同様のプロセスが必要となる。

本講演では、塗布膜の乾燥工程の機構を解明するにあたり必要となる物理学的知識、考え方の講義から始めて、それらを基にした上記工程のモデル化の実際、およびその数値シミュレーションの実際を概説し、塗布膜乾燥機構の本質を理解する。また、これに基づいて様々な塗布膜不具合の原因を物理学的に考察する。そして、膜乾燥における様々な欠陥、問題の克服と、膜厚分布の制御の方法について考察する。この講演が、今後参加者が実際に扱う系の乾燥過程の理解および乾燥後の欠陥対策のヒントとなることを目指す。

開催日時	2022年3月7日（月）13：30～16：30	※本セミナーは、当日ビデオ会議ツール「Zoom」を使ったライブ配信セミナーとなります。推奨環境は当該ツールをご参照ください。後日、視聴用のURLを別途メールにてご連絡いたします。 詳細は裏面をご覧ください。
受講料	44,000円（税込） ※資料付 * メルマガ登録者 39,600円（税込） * アカデミック価格 26,400円（税込）	

\*アカデミック価格：学校教育法にて規定された国、地方公共団体、および学校法人格を有する大学、大学院の教員、学生に限りです。

★【メルマガ会員特典】2名以上同時申込かつ申込者全員がメルマガ会員登録していただいた場合、1名あたりの参加費がメルマガ会員価格の半額となります★【対象者】様々な塗布膜乾燥工程に従事する企業等の技術者、研究者等。★【得られる知識】塗布膜乾燥の機構を理解できる。塗布膜乾燥および関連する現象について、物理学的および数値的理解ができる。所望の膜厚・膜質分布となる乾燥方法・条件を設計できる（膜厚・膜質分布を制御できる）。乾燥後の塗布膜の不具合の原因を推測できる。

## 【本セミナーのプログラム】

※適宜休憩が入ります。

### 1. 塗布膜の乾燥工程の概要と課題

#### 1.1 乾燥させるとは？

- 1.1.1 乾燥が進行する原理
- 1.1.2 乾燥を進行させる方法
- 1.2 レジスト塗布工程の例
- 1.2.1 塗布方法
- 1.2.2 乾燥方法
- 1.3 乾燥後に求められるもの

### 2. 液体の理論

- 2.1 液体の一般理論
- 2.1.1 液体中の分子に働く力
- 2.1.2 液体を固体から乱れた状態としてとらえる
- 2.1.3 液体を気体論的に考える
- 2.2 液体論からみた蒸発の理論
- 2.3 液体の凝集力の起源
- 2.4 液体の理論のモデルへの導入のポイント

### 3. 溶液の理論

- 3.1 溶液の一般論
- 3.1.1 溶液とは
- 3.1.2 平衡状態の溶液の化学ポテンシャル
- 3.1.3 非平衡状態の溶液の化学ポテンシャル
- 3.2 高分子溶液の特徴
- 3.3 溶液の理論のモデルへの導入のポイント

### 4. 表面・界面の理論

- 4.1 表面張力
- 4.2 界面のぬれ
- 4.3 界面のゆらぎ
- 4.4 表面張力波と緩和時間
- 4.5 表面・界面の理論のモデルへの導入のポイント

### 5. 溶媒の蒸発速度の理論

- 5.1 蒸発速度の式

### 6. 溶液中の溶質・溶媒の動力学

- 6.1 拡散方程式
- 6.2 流体方程式
- 6.3 揮発中という非平衡状態での動力学
- 6.3.1 化学ポテンシャルからの拡散係数の導出（平衡系）
- 6.3.2 化学ポテンシャルからの拡散係数の導出（非平衡系）

### 7. 平坦な基板上に塗布された高分子溶液の揮発過程

- 7.1 レイリー数とマランゴニ数
- 7.2 最もシンプルなモデル化
- 7.3 シンプルなモデルの改良
- 7.4 精密なモデル
- 7.5 数値シミュレーション結果の例
- 7.5.1 膜厚分布の時間発展
- 7.5.2 乾燥後の膜厚分布の乾燥速度依存性
- 7.5.3 乾燥後の膜厚分布の塗布膜厚依存性
- 7.5.4 乾燥後の膜厚分布の濃度の拡散係数依存性
- 7.5.5 乾燥後の膜厚分布の溶媒の拡散係数依存性
- 7.5.6 乾燥後の膜厚分布の固有粘性率依存性
- 7.5.7 乾燥後の膜厚分布の蒸発潜熱依存性
- 7.5.8 乾燥後の膜厚分布に対する高分子溶液特有の蒸気圧変化の効果
- 7.5.9 液膜の表層と内部の乾燥の時間発展の違い

### 8. シミュレーション技術

- 8.1 拡散方程式の解法
- 8.2 流体方程式の解法

### 9. 実験によるモデルの検証

### 10. モデルの発展

- 10.1 3次元モデル
- 10.2 溶質の種類が複数ある場合
- 10.3 溶媒の種類が複数ある場合
- 10.4 具体的な現象へのモデルの応用（様々なムラ等）
- 10.5 マランゴニ効果の考慮

### 11. 膜厚制御の実際、今後

- 11.1 様々なムラ等の制御の例
- 11.2 端部の凹凸の制御の例 1：温度管理
- 11.3 端部の凹凸の制御の例 2：気圧管理
- 11.4 端部の凹凸の制御の例 3：濃度管理

### 12. 様々な形状への応用

- 12.1 基板の側面への塗布の影響
- 12.2 球状体への塗布膜の場合

### 13. 塗布膜の設計における留意点

弊社記入欄

## ウェビナー申込書

セミナー名

塗布膜乾燥のメカニズムと乾燥トラブル対策

所定の事項にご記入下さい

会社名（団体名）

TEL：

住所 〒

FAX：

メルマガ会員、登録希望の場合は○↓

E-mail：

会員登録済み

新規登録希望

部署

役職

氏名

お支払方法

銀行振込 ・ その他

お支払予定

2022年 月 日頃

■申込方法：セミナー申込書にご記入の上 FAX または E-mail(re@cmcre.com)でお申し込みください。

■セミナーお申込み後のキャンセルは基本的にお受けしておりません、ご都合により出席できなくなった場合は代理の方がご出席ください。

■申込先：(株)シーエムシー・リサーチ 東京都千代田区神田錦町2-7 TEL 03-3293-7053

■本セミナーの関連情報は、弊社HPでもご覧になれます。⇒ <https://cmcre.com>

参加申込 FAX 番号

03-3291-5789

2022年3月7日（月）開催

# 塗布膜乾燥のメカニズムと乾燥トラブル対策

講師：鏡 裕行氏（徳山大学 福祉情報学部 教授）

【講師経歴】東京大学理学部天文学科卒業、京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻修士課程修了、京都大学大学院理学研究科物理学・宇宙物理学専攻博士後期課程研究指導認定の上退学（単位取得満期退学）、稚内北星学園大学情報メディア学部助手、名古屋短期大学保育科講師、藤田医科大学医学部准教授、徳山大学福祉情報学部教授 博士（工学）【活動】塗布膜乾燥機構、間欠泉の噴出機構、尿路結石症発症機構、動脈硬化症発症機構等の数理モデルによる研究【所属学会】日本物理学会、日本温泉科学会、応用物理学会、情報処理学会、異文化間情報連携学会、徳山大学福祉情報学会【著書】・ウェットプロセスによる精密薄膜コーティング技術、真部高明・鏡裕行他、技術情報協会、2014年・粘着剤、接着剤の最適設計と適用技術、佐久間亮介・鏡裕行他、技術情報協会、2014年 など

当該セミナーは、**ライブ配信のウェビナー（オンラインセミナー）**です！

## 【ライブ配信対応セミナー】

- 本セミナーはビデオ会議ツール「Zoom」を使ったライブ配信セミナーとなります。  
お申し込み前に、下記 URL より視聴環境をご確認ください。  
→ <https://zoom.us/test>
- 当日はリアルタイムで講師へのご質問も可能です。
- タブレットやスマートフォンでも視聴できます。
- お手元のPC等にカメラ、マイク等がなくてもご視聴いただけます。この場合、音声での質問はできませんが、チャット機能、Q&A 機能はご利用いただけます。
- ただし、セミナー中の質問形式や講師との個別のやり取りは講師の判断によります。ご了承ください。
- 「Zoom」についてはこちら↓をご参照ください。  
<https://zoom.us/jp-jp/meetings.html>

## 【お申込み後の流れ】

- 開催前日までに、ウェビナー事前登録用のメールをお送りいたします。お手数ですがお名前とメールアドレスのご登録をお願いいたします。
- 事前登録完了後、ウェビナー参加用 URL をお送りいたします。
- セミナー開催日時に、参加用 URL よりログインいただき、ご視聴ください。
- 講師に了解を得た場合には資料を PDF で配布いたしますが、参加者のみのご利用に限定いたします。他の方への転送、WEB への掲載などは固く禁じます。
- 資料を冊子で配布する場合は、事前にご登録のご住所に発送いたします。開催日時に間に合わない場合には、後日お送りするなどの方法で対応いたします。

## 【注意事項】

- 本セミナーの受講にあたっての推奨環境は「Zoom」に依存します。受講者の方のお手元のPCなどの設定や通信環境が受信の状況に大きく影響いたしますので、ご自分の環境が対応しているか、お申し込み前の確認をお勧めいたします。

<https://support.zoom.us/hc/ja/articles/201362023-PC->

[MacLinux%E3%81%AE%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E8%A6%81%E4%BB%B6](https://support.zoom.us/hc/ja/articles/201362023-PC-MacLinux%E3%81%AE%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E8%A6%81%E4%BB%B6)

- Zoomクライアントは最新版にアップデートして使用してください。
- インターネット経由でのライブ中継ですので、回線状態などにより、画像や音声が入り乱れる場合があります。また、状況によっては、講義を中断し、再接続して再開する場合がありますが、予めご了承ください。
- 万が一、当社や講師側（開催側）のインターネット回線状況や設備機材の不具合により、開催を中止した場合には、受講料の返金や、状況により後日録画を提供すること等で対応させていただきます。
- 本セミナーはお申し込みいただいた方のみ受講いただけます。  
複数端末から同時に視聴することや複数人での視聴は禁止いたします。
- 受講中の録音・撮影等は固く禁じます。
- Zoomのグループにパスワードを設定しています。お申込者以外の参加を防ぐため、パスワードを外部に漏洩しないでください。  
万が一外部者が侵入した場合は管理者側で部外者の退出あるいはセミナーを終了いたします。