

材料乾燥技術

1. はじめに

材料の乾燥工程は、製造業・食品業・医薬品・電子部品など、あらゆる産業分野において重要な役割を担っています。例えば電子部品では、水分が残っているとリフロー時に蒸気爆発を起こしてしまいますし、寸法変化や絶縁不良、腐食の原因となります。自動車部品においては、接着や塗装などの下地条件を整えるために乾燥が必要です。材料の乾燥は単なる水分除去ではなく、製品の品質・安定性・加工性・保存性に直結するプロセスであり、非常に重要です。

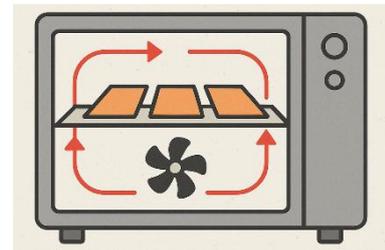
本ホワイトペーパーでは、乾燥の基本的な目的から代表的な手法、選定のポイント、最新の動向までを解説します。

2. なぜ乾燥が必要か

目的	説明	例
製品の性能維持 劣化・腐敗防止	寸法変化、絶縁不良、腐食などの原因を防ぐ 微生物やカビ、酸化などを防ぐ	電子部品、金属加工品 食品、木材、医薬品
加工工程の安定化 保存性向上	接着・塗装・焼成などの下地条件を整える 水分活性を下げて保存期間を延ばす	自動車部品、電子基板 ドライ食品、化学原料
輸送・包装の効率化	重量や体積を削減し、コストを下げる	穀物、粉体、建材

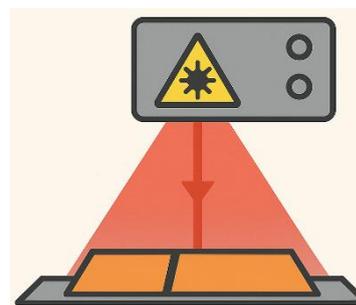
3. 主な乾燥方式と特徴

従来の乾燥技術には対流式オーブンをを用いた加熱式乾燥がある。対流式オーブン乾燥は、熱風を循環させて材料を乾燥させる方法です。ヒーターで温めた空気をファンで循環させることにより、材料表面の水分を蒸発させる方法です。(右図)



自然対流よりも乾燥速度が速く、ムラが少ないこと、温度を自由に設定可能であること、複数の材料を一度に乾燥できること、メンテナンスが容易で導入コストが比較的安価であることがメリットです。

近年、レーザーによる乾燥技術が注目を集めています。レーザー乾燥とは、レーザー光を材料に照射して、そのエネルギーを吸収した材料を加熱し、水分を蒸発させる乾燥技術です。レーザーは非接触で、局所過熱ができるだけでなく、高速で自動制御が容易であること、さらにエネルギー効率が高く環境にやさしい乾燥方法です。(右図)



4. レーザー乾燥と対流式オープン乾燥の比較

項目	レーザー乾燥	対流式オープン乾燥
加熱方式	レーザー光 (内部から発熱)	熱風 (外部から加熱)
スピード	高速 (ミリ秒～秒)	中速～低速 (分～時間)
精度	高 (局所制御)	中 (広域制御)
導入コスト	中～高	低～中
ランニングコスト	低～中	高

5. レーザー乾燥に使用するレーザーの種類

レーザー乾燥には赤外線領域の連続発振レーザーを使用するのが一般的です。ファイバーレーザー、半導体レーザー (エッジ発光レーザー EEL または LD)、面発光レーザー (VCSEL) が代表的です。

ファイバーレーザーは、髪の毛ほどの細さの光ファイバからレーザー光を出射することができる、極めてビーム品質が高いレーザー発振器です。このレーザーは溶接や切断には向いていますが、乾燥には不向きです。上述の通りこのレーザーはビーム品質が高く、非常に小さな集光スポットを生成するのに適したレーザーですが、レーザー乾燥のように比較的広いエリアを照射するためには特殊な光学系が必要となり、光路も非常に長いものが必要となります。

エッジ発光の半導体レーザー、面発光レーザーは発振効率が高くランニングコストの観点からも優れたレーザーで、かつ高面積のエリアにレーザー光を均一に照射できるというメリットがあり、対流式オープン乾燥に代わる技術として期待されています。

VCSEL はアレイ化が容易にできるというメリットがあり、エッジ発光の半導体レーザーと比較しても広範囲のレーザー乾燥に期待されている技術です。

6. VCSEL と LD の比較

項目	VCSEL	LD
発光方向	垂直（チップ表面から）	水平（チップ端面から）
発光形状	円形、対称	楕円形、非対称
出力密度	低～中	高
アレイ構成	容易	難しい
ビーム制御	面全体を均一に照射可能	光学系で制御が必要
制御	素子単位での制御ができる	光学系次第では精密制御ができる
照射面積	広いエリアまでカバー	小面積
加熱ムラ	少ない	焦点ずれなどによるムラあり
放熱性	高い（冷却しやすい）	放熱が難しい（そのためアレイ化が難しい）
コスト	安価	高い



アレイ化された VCSEL チップ

7. まとめ

カーボンニュートラルの観点から、従来の乾燥技術がレーザー乾燥技術に置き換わろうとする流れができてきました。

乾燥に使われるレーザー技術の中でも、VCSEL はアレイ化が容易で広範囲を均一にレーザー照射することができることや、比較的安価な導入コストであることを背景にこの用途においてキーデバイスになるだろうと考えられます。