

## マイクロ波加熱リボコーンの紹介

杉本 隼人<sup>\*)</sup>

### 1. はじめに

大川原製作所はマイクロ波技術の専門メーカーである山本ビニター株式会社とマイクロ波加熱とリボコーンの伝導伝熱を組み合わせ、新たなハイブリット型の乾燥装置を共同で商品化した。

リボコーンは逆円錐型容器に螺旋リボン回転翼を収納した混合・乾燥装置である。材料の混合性能がよいことから高い伝導伝熱性も評価され、食品、化学材料などの幅広い材料の混合、乾燥で使用されている。

昨今、乾燥処理の要求として、製品の品質・機能性の保持、省エネルギー化、環境対応などが求められて

いる。特に電池・電子材料向けの粉体乾燥では、低水分までの乾燥を求められるお客様も多く、目標水分到達までに長時間を要するケースや凝集物の発生で目標水分に到達できないケースなどが見られている。

今回、上記の課題解決に期待して開発したマイクロ波加熱リボコーンを紹介する(図1)。

### 2. 特長

リボコーンはジャケット部に熱媒体を供給することで伝導伝熱により材料加熱を行い、さらに容器内を減圧することで真空乾燥ができる。また、不活性ガスを導入することで酸化を防止した処理も可能である。熱媒体は加熱温度により温水、蒸気、熱媒油等が選択される。

材料はリボンの攪拌により循環流となるため全量混合されるため、混合速度が速く、乾燥、熱処理の時間も早い。

本機は上述のリボコーン処理にマ

イクロ波を照射するものだが、マイクロ波利用の一般的な長所として急速加熱、選択加熱、高熱効率、容易な加熱制御などが挙げられる。一方で短所として局部加熱、加熱むら、放電の発生、電磁波の漏洩リスクなどがいわれている。

リボコーンとマイクロ波技術を組み合わせ、リボンの攪拌作用により均一に混合されている材料に対し、マイクロ波を照射することで均一かつ選択的に揮発分(主に水)を加熱することができ、材料内部からの乾燥を促進させ、乾燥時間の短縮に期待ができる。

特に通常の伝導伝熱のみでは材料表面が加熱され、表面から水分が蒸発するため、材料内部では水分の移動抵抗が大きく乾燥速度が低下、結果、乾燥時間が長くなるようなケースでは、マイクロ波加熱は有効と考えている。

マイクロ波加熱リボコーンの特長を以下に整理する。

- ①リボコーンの循環流による均一な混合がマイクロ波の局部加熱や加熱ムラを解消抑制
- ②乾燥時間の短縮により熱劣化を最小限に抑える
- ③内部加熱の効果により乾燥による収縮を低減、ポーラスな乾燥品を得られる
- ④塊状や凝集体になりやすい材料を内部加熱によりほぐし、粉粒体の乾燥品を得られる
- ⑤マイクロ波+真空伝導伝熱で乾燥時間の大幅短縮が期待できる

### 3. 構造

マイクロ波加熱リボコーンは、マイクロ波の短所である局所加熱、放電、電磁波の漏洩の対策として、装置に以下の工夫を行っている。

#### ①電磁波の漏洩対策

装置上蓋のリボン軸貫通部からの電磁波漏洩を防ぐため、軸シール部にマイクロ波を減衰させるチョーク構造を設けている。また、装置周囲に電磁波を測定するセンサを設置し、マイクロ波の漏洩量が基準値を上回る場合には、照射を停止するようにしている。

<sup>\*)</sup>SUGIMOTO Hayato : (株)大川原製作所 開発部開発課 係長  
〒421-0304 静岡県榛原郡吉田町神戸 1235  
TEL : 0548-32-9741  
FAX : 0548-32-6844  
E-mail : h-sugimoto@okawara-mfg.jp

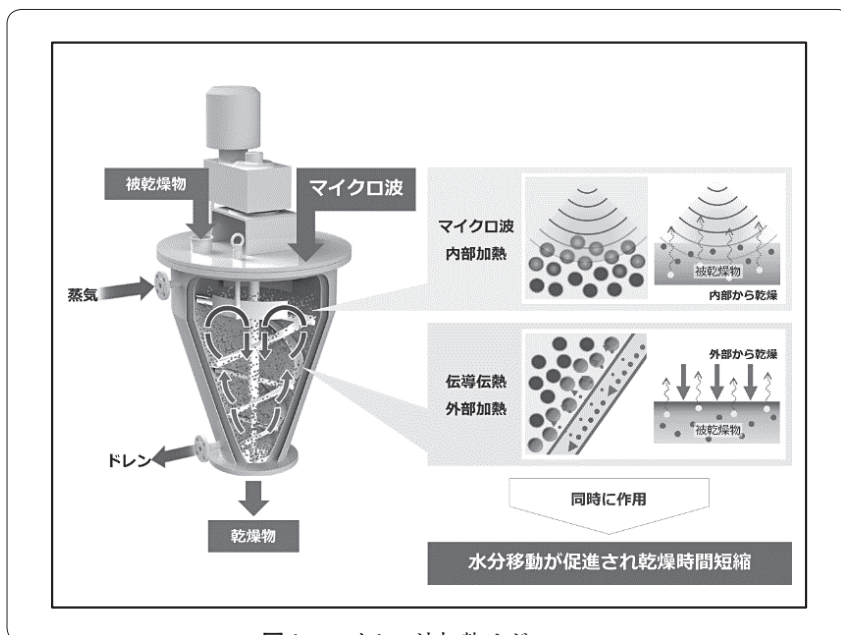


図1 マイクロ波加熱リボコーン

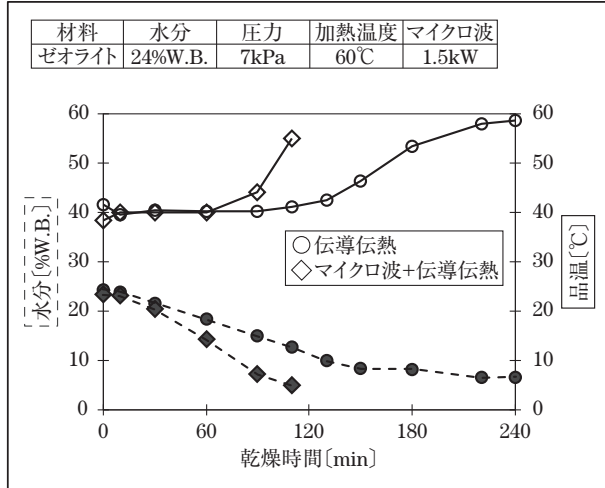


図2 ゼオライトの乾燥運転状況

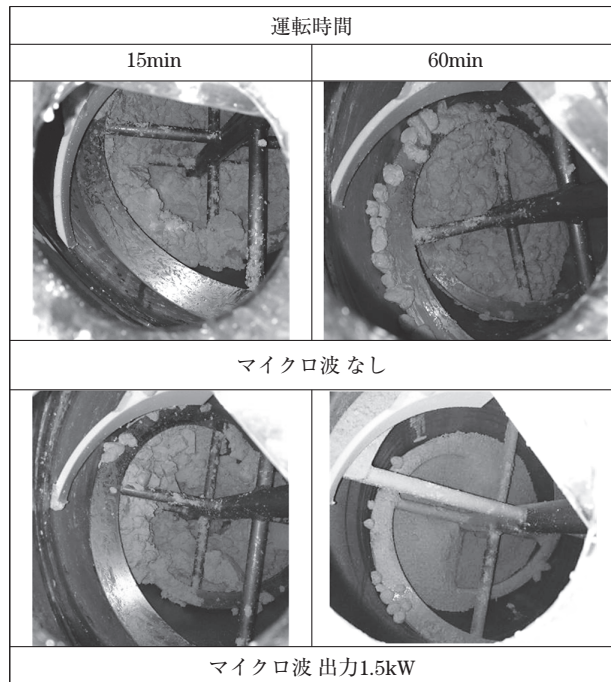


図3 炭酸カルシウム槽内状況

また、バグフィルタに飛散し付着した材料がマイクロ波で局所加熱されることがないようにバグフィルタの一次側となる排気ダクトにマイクロ波を遮蔽するような構造を設置している。

#### ②放電対策

放電する要因となる装置内の鋭利な金属部分を無くすため、一部は樹脂製の部品に変更している。また、UVセンサを設置して、内部を常時監視することで、放電検出時は速やかにマイクロ波の照射を停止するようにしている。また、マイクロ波の出力制御は材料の品温を見ることができ、装置内部が異常加熱されないようにしている。

#### 4. マイクロ波加熱リボコーンの実施例

次にゼオライト、炭酸カルシウムの乾燥例を紹介する。

図2にゼオライトの乾燥時の運転状況を示す。通常の真空伝導伝熱乾燥と合わせてマイクロ波加熱乾燥を行ったものである。このときマイクロ波は出力1.5kWで照射した。

通常の真空伝導伝熱のみの乾燥では150分までが一定の傾きで水分が

低下しており、恒率乾燥区間であった。その後、乾燥速度が低下し240分までの乾燥運転で5% W.B.まで水分が低下した。

一方マイクロ波を照射した条件は恒率乾燥区間の乾燥速度は速く、80分で10% W.B.以下までの水分が低下した、5% W.B.到達は100分程度であった。マイクロ波照射時は低水分時での品温上昇が早く、減率乾燥区間での乾燥速度の低下がほとんど見られず、短時間で低水分までの乾燥が可能であった。

次に図3に炭酸カルシウムの乾燥運転後の装置内の状況を示す。本材料は通常の伝導伝熱のみの乾燥では運転開始60分の時点で数cmの凝集物が見られ、一部はリボン下部で塊状になっていた。凝集物は表面のみが乾燥し、乾燥速度が急激に低下する傾向が見られた。

マイクロ波を照射した条件では乾燥途中で凝集物が形成される傾向は同様だが、マイクロ波加熱により凝集物内部から加熱されることで、表面と内部の両方から蒸発が促進されることで、伝導伝熱のみの加熱に比べ、内部の水分が早い段階で低下し、凝集物が崩壊し、低水分まで安定し

た乾燥が可能であった。

#### 5. 最後に

伝導伝熱のみの乾燥では長時間運転するような材料に対しマイクロ波加熱が有効に作用することが示された。マイクロ波は揮発分を選択的に加熱することが可能であり、時間短縮だけでなく、省エネにも貢献できるものと考えられる。

現在、当社ではマイクロ波加熱リボコーンRM-50型(50L仕込み)の試験機の設置し、試験実施の体制を整えている。また、今回ご紹介したマイクロ波加熱リボコーンではなく、電池・電子材料向けに最高350℃まで加熱可能なリボコーンも設備した。

最近ではコロナウイルスの影響もあり、ご来社が難しいお客様向けにリモートでの試験対応もさせていただいている。これらの装置がお客様の製品開発の一助になれば幸いである。

#### (参考文献)

引用：飯田晃弘 円錐型リボン混合・乾燥機「リボコーンとその適用事例」化学装置2020年5月 第62巻 第5号