

# SDGs に対応した乾燥技術の紹介

(株)大川原製作所 開発部開発課 保崎 有香

大川原製作所は静岡県に本社をおく乾燥装置の専門メーカーで乾燥装置を中心に造粒、濃縮、殺菌、焼却などさまざまな工程における装置をお客様に提供しており、分野は食品をはじめ化学、医薬、飼料など多岐にわたる。「品質・安全・環境に関わる技術」を提供することを経営理念のもと、国内のみでなくアジアを中心とした海外市場も対象とし、地域ごとに多様化するお客様のニーズに応えることを使命と考えている。一方で近年ますます注目されるCO<sub>2</sub>排出量削減やカーボンニュートラルに対応する装置開発に当社も務めている。

## 1. SDGsへの取り組み

2015年に採択され2030年を達成年限として目標づけているSDGs (Sustainable Development Goals) は国連加盟193か国が参加しており国内でも様々な企業、教育機関、自治体にて近年急速に導入が進んでいる。現在「行動の10年」の2年目となるが持続可能な開発に向け、あらゆるものの供給を行う装置製造業が関わるところは大きく、特に食料品や電子機器、化学・医薬品の分野の企業で検討が進んでいる。当社でも本年より「社会を潤す」「環境を潤す」「人と地域を潤す」の3つを主軸としSDGsの目標達成に向け様々な取組を実施している。

乾燥装置は食品工場においてエネルギーを特に多く使用することが知られておりその割合は工場全体のエネルギーの10%程度にもなるといわれている。そのため各種省エネ対策や製品の付加価値向上が強く望まれている。

本稿ではSDGsの9「産業と技術革

新の基盤をつくろう」、11「住み続けられる街づくりを」、12「つくる責任、つかう責任」に大きく関係する乾燥システムを2つ紹介させていただく。

### (1) 「オーカワラハイブリッド乾燥システム」

食品乾燥装置に対し特に省エネ効果が高い熱風発生型ヒートポンプを組み合わせたシステムで、廃熱を活用して熱風発生に要する化石燃料を削減するため、温室効果ガス低減、循環型社会の実現に貢献する。

### (2) 「マイクロ波加熱リポコーン」

マイクロ波を併用したハイブリッド型乾燥装置を適用することで製品品質向上、乾燥時間短縮を図り、お客様の事業性の向上に寄与する。

## 2. オーカワラハイブリッド乾燥システム

### (1) 概要

乾燥操作は伝熱方式によって大きく対流伝熱乾燥、伝導伝熱乾燥、放射伝熱乾燥に分かれる。中でも熱風を直接材料に接触させ乾燥を行う対流伝熱乾燥機は処理能力が大きく食品市場をはじめとして広汎の市場で幅広く利用されているがエネルギー使用量が大きいことも課題となっている。

オーカワラハイブリッド乾燥システムは株式会社前川製作所製のノンフロン熱風ヒートポンプ発生装置エコシロッコ(unimoES、写真1)を乾燥装置に最適な状態で組み合わせるもので、廃熱を回収し、乾燥に必要な熱風発生に利用する化石燃料を削減させる。本システムは2009年より取扱いを開始しており、現在までに多くのお客様に採用いただいている。

### (2) システムの特長

乾燥装置は基本的に外気をエアヒータで所定の温度にまで昇温した熱風を使用して乾燥製品を作り出す。最もエネルギーを消費しているのはエアヒータ部分で乾燥システム全体の90%ものエネルギーを占めている。またエアヒータは多くの場合蒸気ヒータが用いられており、その熱ロスは全体の3~4割であると言われている。「オーカワラハイブリッド乾燥システム」は、熱エネルギーを低いところから高いところへ汲み上げるヒートポンプ技術を活用したもので、従来の乾燥システムと比較すると以下の利点がある。

- ① CO<sub>2</sub>排出量従来比最大70%削減
- ② エネルギー使用量従来比最大70%削減
- ③ ランニングコスト従来比最大60%削減
- ④ 熱風と同時に冷水を冷熱源として利用可能

ヒートポンプの仕組みはエコシロッコ内部で循環している冷媒が熱エネルギーの輸送媒体となって、熱源用水(廃熱)より熱エネルギーを回収した後、圧縮・昇温され、導入する外気と間接加熱することで乾燥に必要な熱風を



写真1 (株)前川製作所 エコシロッコ外観

作り出すことができるものである。エコシロコはこの冷媒にCO<sub>2</sub>が使用されており以下のような特長がある<sup>1)</sup>。

- ①地球温暖化への影響が少ない自然冷媒・グリーン冷媒であるCO<sub>2</sub> (GWP-1)を使用。ノンフロン冷媒でフロン規制対象外
- ②冷媒を超臨界域まで圧縮することで60℃から最大120℃までの熱風の発生が可能
- ③最高成績係数COPh 6.0で省エネ、省CO<sub>2</sub>に寄与
- ④最高40℃までの未利用エネルギーから熱回収可能
- ⑤脱炭素に向けて燃料設備の電化が可能
- ⑥補助事業の高効率機器に認定

フロン系冷媒を使用したこれまでのヒートポンプ装置は、乾燥に必要な熱風温度が40℃程度と低く、乾燥時間が長くなる傾向であるため、一部の低温乾燥用途に限定されていた。本システムでは新規装置に限らず、既設の乾燥機にも適用でき、熱風と同時に発生する冷水を冷熱源として活用ことができればさらに省エネ効果が高くなる。

### (3) システムフロー

オーカワラハイブリッド乾燥システムは、乾燥装置に必要な熱風量・温度に合わせてCO<sub>2</sub>ヒートポンプと従来の熱源を組み合わせることで、プロセスに最適な省エネルギーシステムが構築できる。

本乾燥システムの代表的フローを示す(図1)。エアヒータにCO<sub>2</sub>ヒートポンプを併設し所定の温度まで昇温することで、ヒータでのエネルギー使用量を大幅に低減させることができる。また顧客工場でチラーユニット等の冷却

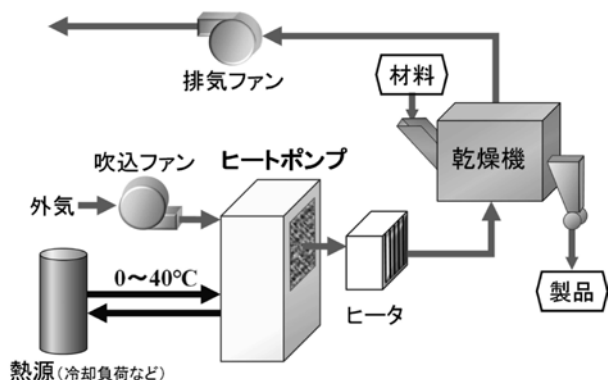


図1 ハイブリッド乾燥システムフロー

システムがすでにある場合、熱風と同時に発生する冷水は空調や冷却装置などの冷熱源としても使用することができる。この場合、熱風と冷熱源のエネルギー使用量を同時に削減することが出来るため、削減効果もより大きくなる。また、蒸気ドレンなどで通常は廃棄されているが、30℃以上の低温熱源(未利用エネルギー)をヒートポンプの熱源水の昇温用に間接的に使用することも可能である。

### (4) 導入事例

お客様の省エネ化に対する関心は高く、本システムは現在までに200件以上ほどの引き合いをいただいている。そのうち、実際に納入させていただいた実機が稼働しているA社の事例を紹介する。当社の乾燥機をこれまで何台も使用していただいている大手メーカーで省エネ化に積極的に取り組んでいる。既設乾燥機2台に対し、ヒートポンプを1台組み込むフローで試算、システム導入し運転を行った。熱源水にコンプレッサーの冷却水(クーリングタワー水)を用いることで、冷熱源も活用できクーリングタワーの運転時間削減効果も見られた。120℃の熱風を作り出すために、外気をヒートポンプで100℃まで昇温後、残りの20℃分を既設のヒータで昇温した。この時のヒートポンプのCOPは3.6となり、既設のフローより本システムに切り替えることで、蒸気使用量を210kg/hと従来に比べ約90%の削減を達成した。またCO<sub>2</sub>排出量は従来と比較して

55% (125t/年)、エネルギー消費量は40% (原油換算で30kL/年)削減した(図2)。A社では納入機での省エネ効果をご評価いただき別工場へも導入させていただいている。

## 3. マイクロ波加熱リボコーン

### (1) 概要

マイクロ波加熱リボコーン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共同で商品化したもので、マイクロ波加熱とリボコーンの伝導伝熱を組み合わせた新たなハイブリッド型の乾燥装置である。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、食品をはじめ幅広い材料の混合、乾燥で使用されている。近年、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。特に低水分までの乾燥を求められるお客様の場合、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。上記課題解決に期待してマイクロ波加熱リボコーンを開発した。

### (2) 装置の特長

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

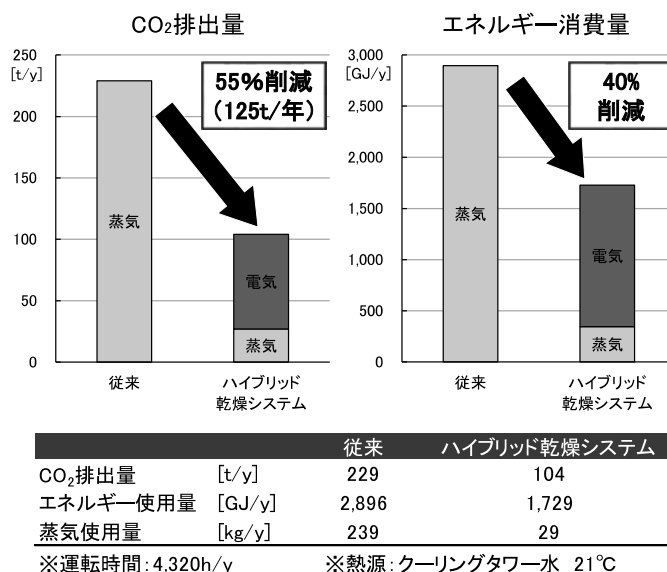


図2 導入メリット例

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が生じることで全量混合されるため、混合速度が速く、乾燥、熱処理の時間も短い<sup>2)</sup>。

本装置は上述のリボコ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報告されている。リボコ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、乾燥時間の短縮も見込むことができる。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(図3)。

マイクロ波加熱リボコンの特長を以下に整理する。

- ①リボコ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制
- 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

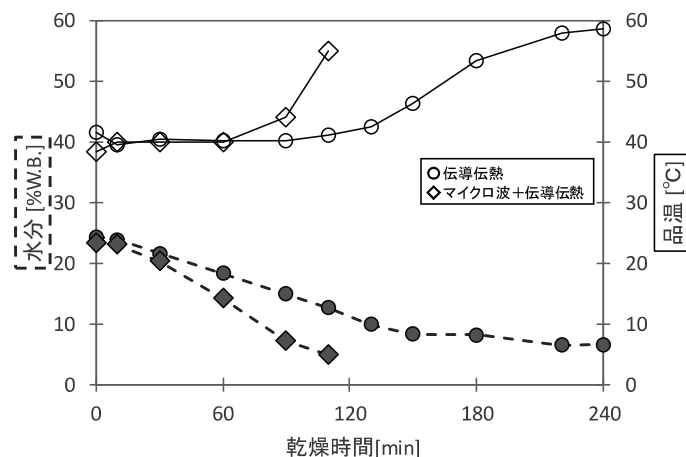


図4 ゼオライトの乾燥における水分、品温変化

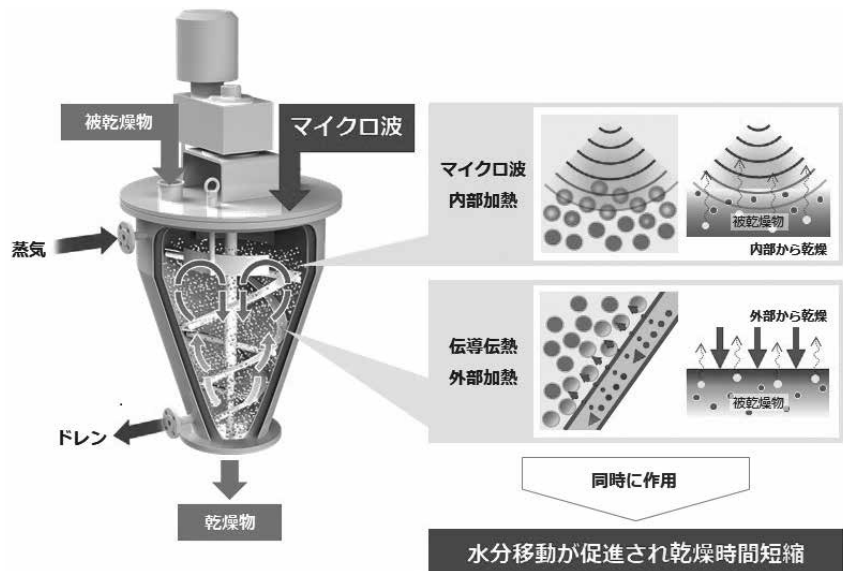


図3 マイクロ波加熱リボコン

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

### (3) 実施例

ゼオライト、炭酸カルシウムの乾燥例を紹介する。ゼオライトの乾燥時の運転状況を示す(図4)。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

下まで水分が低下し、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。次に炭酸カルシウムの乾燥運転後の装置内の状況を示す(図5)。

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

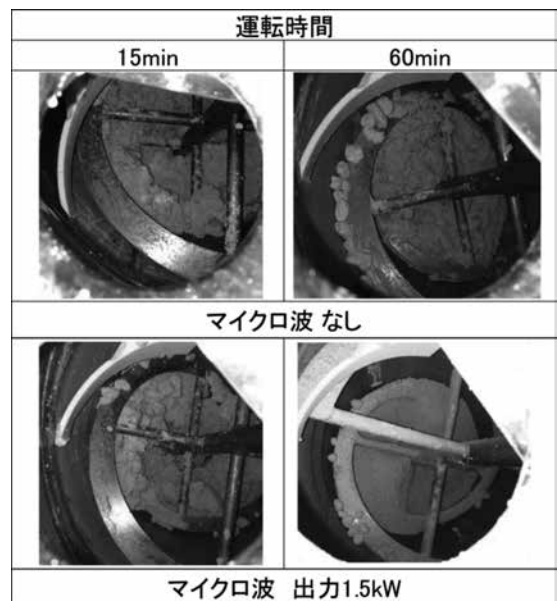


図5 炭酸カルシウムの乾燥槽内の様子

ロ波加熱により凝集物の内部からも加熱され、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、低水分まで安定した乾燥が可能であった<sup>3)</sup>。

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、時間短縮が期待できる。また、時間短縮に伴い、結果的に放熱ロスも少なくなるため、省エネにも貢献できるものと考えられる。

## おわりに

本稿では、乾燥工程におけるCO<sub>2</sub>排出量削減を目的とした「オーカワラハイブリッド乾燥システム」と製品付加価値向上、乾燥時間短縮を見込んだ「マイクロ波加熱リポコーン」を紹介した。設備の省エネ化は各企業にとって、これまでも課題となっており、近年、ふたたび同様の引合いも増加している。本システムがお客様の課題解決の一旦を担うことを期待している。

ハイブリッド乾燥システムは熱風を直接利用する対流伝熱乾燥装置にはいずれも適用が可能であるため効果比較のみでもお気軽にお問い合わせいただきたい。

またマイクロ波加熱リポコーンをはじめ社内に各種試験機を整備しており、最近ではご来社が難しいお客様向けにリモートでの試験にも対応しているため是非ご活用いただきたい。

この他にも当社では乾燥システムのIoT化や廃エネルギー量のエネルギー化などSDGs実現に向けた種々の取組を進めている。乾燥装置は様々な業界で幅広く使用されており、当社の提供する装置やサービスが食品機械の省エネ化、製品の品質向上の一助となることでお客様のSDGs促進につながれば幸いである。

## <参考文献>

- 1) 平野真理：グリーン冷媒を使用した産業用熱風ヒートポンプについて、省エネルギー、71 (10)、56-61、(2019)
- 2) 飯田晃弘：円錐型リボン混合・乾燥機「リポコーンとその適用事例」、化学装置、62 (5)、28-31 (2020)
- 3) 杉本隼人：マイクロ波加熱リポコーンの紹

介、化学装置、63 (10)、54-55 (2021)

## <著者略歴>

保崎 有香 (ほざき ゆか)

- 08年 (株)大川原製作所入社。開発部に配属。オーカワラハイブリッド乾燥システム、殺菌装置のバリューモデル化などの開発に従事。
- 18年 医薬装置部にて連続混合装置、乾式コーティング装置の開発に関わる。
- 20年 現在、開発部にて装置開発、既存商品の改良に従事している。

食品開発展プレゼンフォートナイト冬

2022年開催決定  
オンラインプレゼンが集結  
プレゼン企業募集中

Hi Japan  
FIT  
S-tec  
Food Long Life Japan

informa markets

プレゼン配信資料請求フォーム

食品開発展オンラインで2週間プレゼン配信！  
開催期間：2022年2月14日(月)～2月28日(月)  
主催：食品開発展事務局 インフォーマ マーケッツ ジャパン (株) 内  
お問い合わせ先：03-5296-1017 expo@hijapan.info