

ドライマイスタ[®] (DMR) 過熱蒸気閉回路システム

石岡 一雄^{*)}

1. はじめに

地球温暖化対策の必要性が世界的に認知され、CO₂の削減等、日本でも様々な取り組みが行われている。特に工場から排出されるCO₂は多く、地球温暖化に対する影響力が大きい。そこで、工場設備の乾燥工程で「省エネ」「CO₂削減」ができ、地球温暖化対策を考慮した乾燥技術として弊社の乾燥機である「ドライマイスタ[®]」(図1に示す)(以下DMR)を用いた過熱蒸気閉回路システムを紹介する。このシステムは、乾燥で使用された後の比較的温度の高い状態で大気に放出され捨てられていた熱風を再利用するところに特徴がある¹⁻⁴⁾。

2. 開発背景

弊社には直接式乾燥機のドライマイスタ (DMR, 図1, 図2) があり、過熱蒸気には殺菌効果も確認されている。そこでDMRと過熱蒸気を組み合わせることで粉碎・分級・乾燥・殺菌を同時に行うことができるシステムを開発することとした(図6参照)。実際にテストを行うと、その殺菌効果が高いことを確認できた。過熱蒸気は乾燥機で発生した水蒸気を熱交換器に戻し加熱することで作っていたため、通常はブロワから大気へ放出して捨てていた熱エネルギーを再利用することになり、殺菌効果の他、省エネやCO₂削減効果、低酸素濃度運転による火災および粉塵爆発の抑止効果などの特徴を併せ持つシステムとなった。

3. DMR 装置の原理と構造

3-1. DMR 装置の外観と内部

DMRの外観および内部構造を図1と図2に示す。

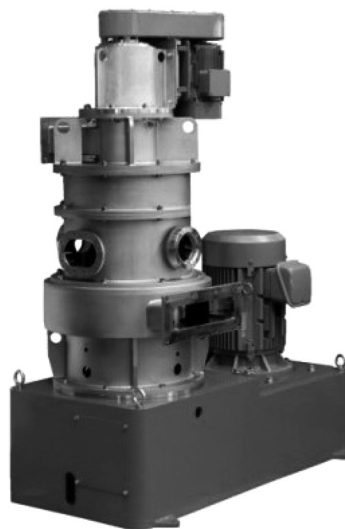


図1 DMR 外観



図2 DMR 機内分級部

3-2. DMR 開回路システム

3-2-1. システムフロー

DMR 開回路システム標準フロー(図3参照)は熱風発生炉で加熱された空気が高温の熱風になり、

^{*)} Kazuo ISHIOKA: ホソカワミクロン株式会社 粉体システム事業本部 Business Process Re-engineering 部
〒227-0973 千葉県柏市十中二 407-2
TEL: 04-7131-3165 FAX: 04-7137-3166
E-mail: kishioka@hmc.hosokawa.com

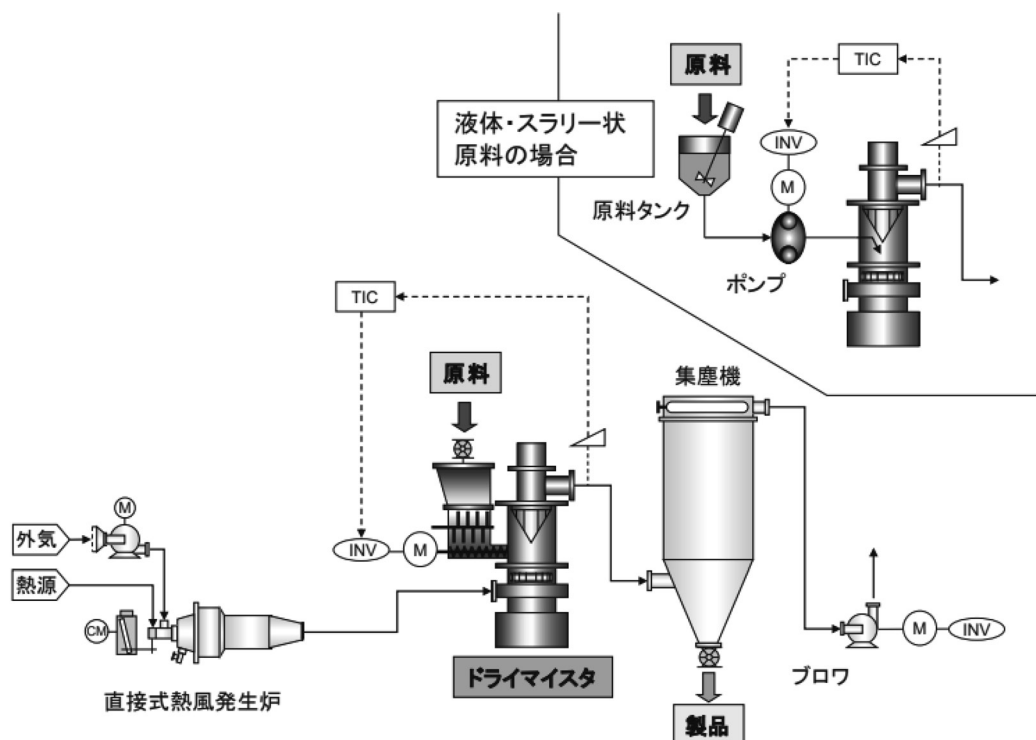


図3 DMR 開回路システム(標準フロー)¹⁾

DMR（乾燥・粉碎・分級を同時に行う弊社乾燥機）に入る。供給機で供給された原料と熱風が高速で回転する分散ロータにより強制的に攪拌され、その渦流の中で効率的に熱交換が行われ、原料中の水分が熱風により蒸発し乾燥が行われる（図4、図5参照）。その後、製品は集塵機まで空気輸送されて捕集される。一方、熱風は集塵機を通過しブロウから大気へ放出される。この熱風の温度は100℃前後になることが多い。

3-2-2. 製品湿分調整方法

製品湿分は製品粒度と DMR 出口温度に応じて変

化し、目的の製品を安定的に得るためには、そのコントロールが重要になってくる。製品粒度は分散ロータと分級ロータの回転速度を変えることで調整できる。主に分級ロータの回転速度の調整で行い回転速度を上げると製品粒度は細くなり、比表面積が増えることで乾燥が促進され製品湿分値は低い方向へ変化する。逆に回転速度を下げると製品粒度は粗くなり製品湿分値は高い方向に変化する。製品によっては過粉碎をすると製品にならない物もある。その場合は分散ロータの回転速度を下げ原料が分散ロータに衝突する力を下げることで過粉碎を

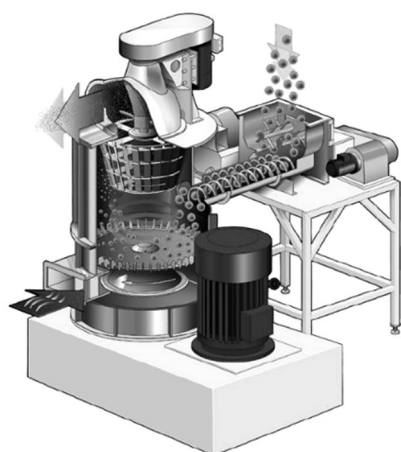


図4 原料の流れ

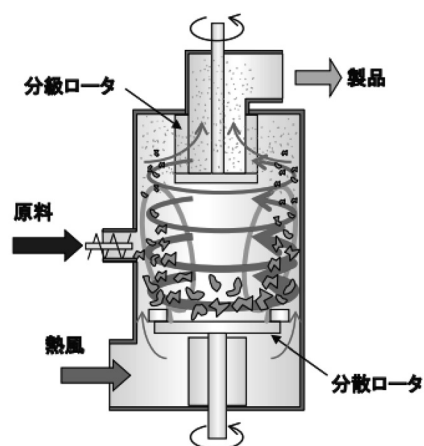


図5 DMR 構造¹⁾

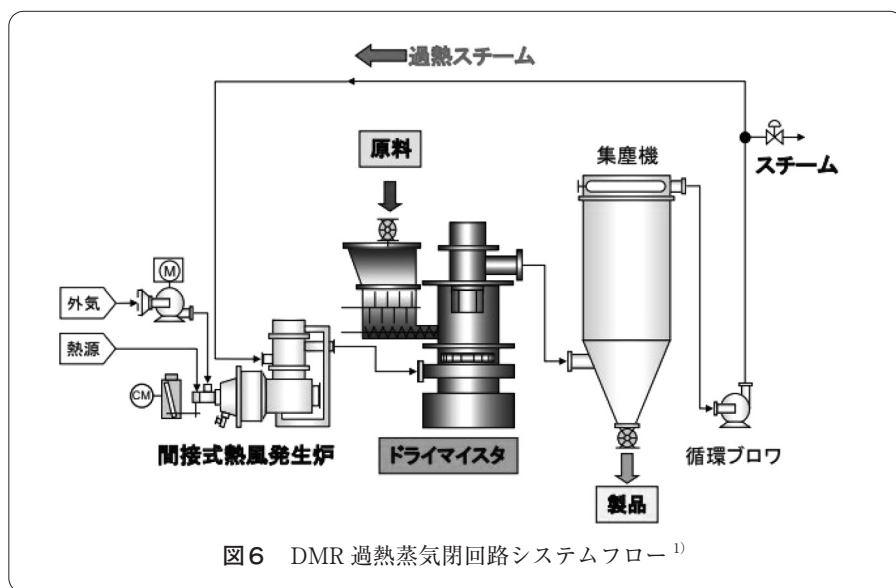


図6 DMR 過熱蒸気閉回路システムフロー 1)

点になるため結露しやすく循環ガスの露点コントロールや系内結露対策、系内圧力バランス、風量調整が必要になってくる。一方、既設設備を閉回路に改造する場合、大がかりな改造が必要になってくる。そこで、省エネ性は低下するものの結露対策が不要な程度に熱風を少量戻す方法がある。結露対策をしない分、比較的安価に設備を導入することができ、たとえ省エネできる数値は高くなくても、十分に意味があり改造の価値があると考えられる。

避けることができる。製品湿分に最も影響するのがDMR 出口温度である。この温度を一定に保つことが必要となる。標準でDMR 出口温度が一定になるように自動調整を行うようなシステムとなっている。

3-3. DMR 過熱蒸気閉回路システム

3-3-1. システムフロー

DMR 過熱蒸気閉回路システムフローは上記DMR 開回路システムでブロワより大気へ捨てられていた熱風を熱風発生炉に戻すことが大きな相違点となっている。熱風を再利用することにより熱風発生炉で加熱する熱量を少なくすることができ、また循環するガスは過熱水蒸気になるため、「省エネ」「CO₂削減」「ランニングコスト削減」の他に「殺菌」「低酸素運転」などができるシステムになっている。基本的にはブロワの排気口と熱風発生炉の入り口を繋ぐだけではあるが、循環する過熱スチームが高露

3-3-2. 性能

① 原料性状

液体、スラリー、粘土状、フィルタープレス品等のブロック状、粉状のものなど幅広く対応可能。

② 概略製品湿分

1 % W.B. 以下程度～5 % W.B. 程度

③ 機器仕様（表1 参照）

3-3-3. 省エネ性

1) 省エネ率簡易計算式

実際には系内を循環する湿り空気の比熱やその露点をコントロールするための空気量を考慮する必要があるが、概略計画時に大まかな判断をするための省エネ率の簡易計算式を下記に示す。この数値をもとに開回路と比較し閉回路にする有効性をおおまかに判断することができる（図7、図8 参照）。

① 乾燥必要熱量比（Q1=Q1' として）

$$\text{閉回路 / 開回路} = (T2' - T1') / (T2 - T1)$$

② 簡易省エネ計算式

表1 ドライマイスタ機器仕様

Model	DMR-1BD	DMR-1	DMR-2	DMR-3	DMR-4	DMR-5	DMR-6	DMR-7
全高 [mm] Overall height	1930	1930	2800	3390	4160	4950	5620	6220
全長 [mm] Overall length	1670	1470	1850	2330	2840	3380	4040	4500
幅 [mm] Width	900	740	1100	1300	1690	2260	2490	2790
粉碎部動力 [kW] Power of grinding	5.5～11	5.5～11	11～22	22～45	45～90	90～200	132～280	160～355
分級部動力 [kW] Power of classification	0.75～1.5	0.75～1.5	1.5～3.7	3.7～7.5	7.5～15	15～30	18.5～37	30～55
標準出口風量80℃ [m ³ /min] Standard air-volume	18～25	18～25	35～50	70～100	140～200	280～400	420～600	630～800
最高入口熱風温度 [℃] Max temperature of hot-air	450	450	450	450	450	450	450	450
水分蒸発量 [kg/h] Capacity of water evaporation	200	200	390	780	1550	3100	4650	6220
概略質量 [kg] Rough weight	1000	1000	2000	3300	8000	14500	25000	35000

注) 水分蒸発量は入口 400℃ 出口 100℃ の参考値

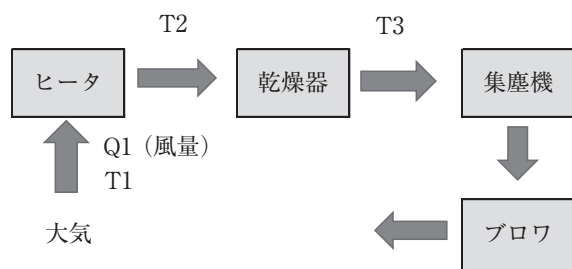


図7 開回路システムブロックフロー⁴⁾

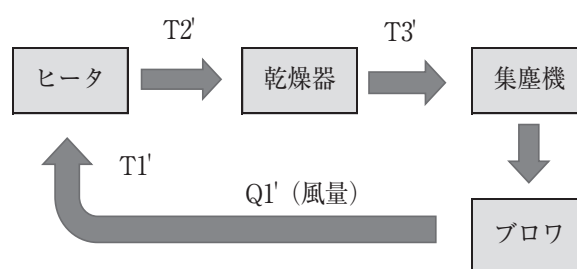


図8 閉回路システムブロックフロー⁴⁾

$$\text{省エネ率} = (1 - (T2' - T1') / (T2 - T1)) \times 100$$

③省エネ率計算例

ヒータ入口温度 T1：0℃ 出口温度 T2：220℃

ヒータ入口温度 T1'：110℃ 出口温度 T2'：220℃

簡易省エネ計算式に上記数値を代入し計算すると省エネ率は50%となる。これは標準の開回路に比べ閉回路はエネルギーを50%削減すると同時にCO₂を50%削減できることを意味している。上記は省エネ率が高い実績計算事例であったが、省エネ率はおおよそ20～30%になることが多い。

4. 適用例

4-1. 低酸素濃度運転

DMR 過熱蒸気閉回路システム納入実績のあるA社さんでは省エネ性と低酸素濃度運転ができることを評価され採用していただいた。循環ガス中の水蒸気割合が多ければ多い程、循環ガス中の空気が減ることになり、その結果、酸素濃度は低くなる。しかし循環ガス中の水蒸気割合が多くなればなるほど露点温度が高くなり、系内で結露しやすい状態になる。そのため高露点温度のガス状態でも運転できるように装置に結露対策を行う必要があった。結露対策を行い高露点温度での運転を行った結果、系内に結露はなく客先の低酸素濃度の運転目的を達成することができた。

4-2. 省エネ性

A社殿、DMR 開回路システムと閉回路システムの熱風発生炉の消費エネルギーは下記のとおりであった(表2)。

表2 省エネ率

	実測値
開回路 (kJ)	341,996
閉回路 (kJ)	179,998
省エネ率 (%)	42

5. 終わりに

世界的に取り組まれているSDGsの17の目標の中でも地球温暖化対策は根幹の目標と言える。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価報告書(2013～2014年)によると世界平均気温は1880年から2012年の期間に0.85℃上昇している。第6次評価報告書では2011～2020年に1.1℃温暖化し、今後温暖化が更に進み近い将来1.5℃に達する可能性が高いとの報告がある。地球から多くの恩恵を受けて生活している私たちは気候変動による影響を受けやすく、脆い。地球温暖化対策は私たちの暮らしの基盤である地球環境を守るために極めて重要な課題である。特に様々な品物を生産している工場から排出されるCO₂は多く地球温暖化に対する影響力が大きい。未来の子供たちのために今できることをしていきたいと考える。今回、紹介したDMR 過熱蒸気閉回路システムは、生産工場の乾燥工程で地球温暖化対策として有効な「省エネ」「CO₂削減」ができる乾燥技術として弊社で提案することが可能である。

<参考文献>

- 1) ホソカワミクロン(株)編集：ホソカワ製品ハンドブック，“ドライマイスタ[®]”(2003) p163-166.
- 2) ホソカワミクロン(株)発行，ドライマイスタ DMR の食品への展開，粉碎，49 (2005) 91-94. <https://doi.org/10.24611/micromeritics.2005017>
- 3) ホソカワミクロン(株)発行，直接加熱型気流式乾燥機ホソカワミクロン ドライマイスタ[®] DMR-H，粉碎，57 (2014) 92-94. <https://doi.org/10.24611/micromeritics.2014017>
- 4) 石岡 一雄，地球温暖化対策としての乾燥技術，粉碎，66 (2023) 57-60. Ishioka K., Drying Technology as a Measure against Global Warming, THE MICROMERITICS, 66 (2023) 57-60. <https://doi.org/10.24611/micromeritics.2023012>