



デシカント空調システムの基礎運転特性

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 石川, 俊嗣, 村田, 遼太郎, 田島, 大輔, 林, 則行, Ishikawa, Toshitsugu, Murata, Ryotaro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/5889

デシカント空調システムの基礎運転特性

石川 俊嗣^{a)}・村田 遼太郎^{a)}・田島 大輔^{b)}・林 則行^{c)}

Operation Characteristics of Desiccant Air Conditioning System

Toshitsugu ISHIKAWA, Ryotaro MURATA, Daisuke TASHIMA, Noriyuki HAYASHI

Abstract

Co-generation system is one of the effective methods to solve the global warming and energy problem. Effective utilization of heat energy plays an essential roll to introduce electricity-heat cogeneration systems. The authors have proposed to use the low-temperature heat energy in the desiccant air-conditioning system. In particular, in summer season, the excess heat energy can be used for the purpose of dehumidification in green houses by using the desiccant air-conditioning system. On the other hand, the development of the environmental improvement technology in greenhouses are demanded in agricultural sectors. It is expected that desiccant air conditioning system can solve these problems. In this paper, two operation methods of desiccant conditioning system were carried out to set for optimum temperature and optimum relative humidity of various vegetables in the greenhouse. First experiment is "ventilation sysytem", second one is "hybrid sysytem". Experimental conditions were large temperature difference and absolute humidity difference between inside and outside the greenhouse. As the result, using the ventilation system, temperature and relative humidity in the greenhouse can not be controlled to optimum conditions. Using the hybrid system, relative humidity in the greenhouse can be controlled to optimum condition. It is confirmed that performance of hybrid system is better than that of ventilation system. However, in hybrid system, further decreasing of absolute humidity is required. In the furture, in this experimental conditions, decreasing of temperature and absolute humidity in the greenhouse are required.

Keywords: Co-generation, Desiccant air conditioning system, Ventilation system, Hybrid sysytem

1. はじめに

分散型電源を用いてエネルギーを供給するシステムとして、コージェネレーションシステムの利用が注目されている。コージェネレーションシステムの特徴は、発電の際に発生した熱エネルギーを回収することで電気と熱を同時に得ることができ、総合熱効率 70~80 %以上と非常に高い効率が得られることである。コージェネレーションシステムのなかでも、ガスエンジンコージェネレーションシステムは小型化が可能、総合効率が高等の特徴を持っている¹⁾。しかし、その反面、排熱の温度が約 80 °Cと低いため、使用用途が限られていることが課題となっている。また、排熱の中でも約三分の一は利用されているが、残りの約三分の二は利用されていない。さらに、利用されていない排熱の大部分は、ガスエンジンコージェネレーションシステムなどから発生する使用用途が限られた 100 °C以下であることも課題のひとつとして挙げられる。

一方、1981 年~2010 年までの調査によると、我々の住んでいる宮崎県は快晴日数、日照時間、年間平均気温が全国トップクラスであり、温暖な気候である²⁾。

そのため、宮崎県では、このような恵まれた気候を生かした温室内の農作物の栽培が非常に盛んである。しかし、1981 年~2010 年までの調査によると、宮崎県は全国的にも年間平均湿度が高い。そのため、梅雨の時期や夜間では、温室内の相対湿度が 100 %付近まで上昇し病原菌が繁殖しやすい環境となり、温室内で栽培される農作物が病気になりやすくなる。そこで、温室内の相対湿度を制御し、温室内で栽培される農作物が病気になりにくい環境を整備することが必要である。

そのため、我々は、低温排熱が有効利用可能なデシカント空調システムを用いて温室内の環境改善を目的とした研究を行っている。横軸に温度、縦軸に絶対湿度、斜軸に相対湿度の空気線図上に本研究で目標とする温室内の温湿度領域を図 1.1 に示す。

前年度の実験より、循環方式よりも換気方式の方が温湿度制御が容易ということが確認された⁴⁾。そこで、本論文では換気方式、また、新たな運転方式であるハイブリッド方式のそれぞれの運転方式を用いて温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合に、目標温湿度に制御するための除湿試験を行い、それぞれの除湿試験結果の比較を行ったので報告する。

a)電気電子工学専攻大学院生

b)福岡工業大学助教

c)工学教育研究部教授

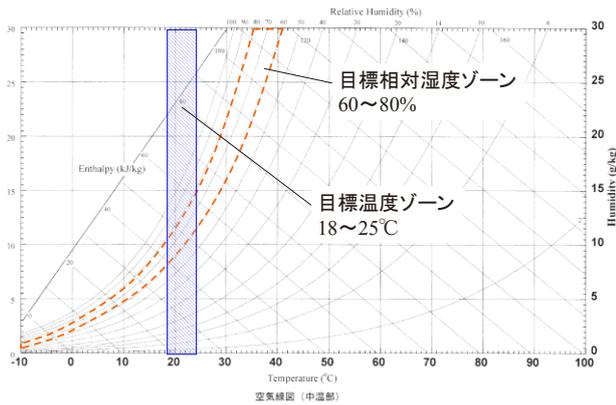


図1. 1. 目標温湿度領域⁴⁾.

2. デシカント空調システムの原理と特徴

除湿制御には、過冷却方式と吸着及び吸収方式がある。過冷却方式は水分を凝縮し分離させ、空気を露点温度以下まで過冷却し、水分が取り除かれた後で温度制御を行う方法である。

一方、デシカント空調システムは吸湿材料に空気中の水分を吸着させ、湿度制御を行う吸着式である。デシカント空調システム内の吸湿材料の水分の吸着容量には限界がある。そのため、吸湿材料を熱によって再生させることで、デシカント空調システムの連続運転を可能にしている。吸湿材料中の水分を除去させる際の温度は約 80 °C程度であり、図2.1に示すようにヒートポンプよりも高温を必要とせず、コージェネレーションシステムの排熱や太陽熱を利用する事ができる。また、過度に冷却して再加熱する必要がないため、冷却に要するエネルギーを抑えることができる。さらに、温度と湿度を独立して制御できることから導入効果は、空調システムの省エネルギーだけでなく、一般に病原菌などの繁殖抑制及び冷却しすぎない適切な空調にも期待できる。

図2.2に一般的な2ロータ式デシカント空調システムの原理図を示す。図2.2より、デシカント空調システムには除湿過程と再生過程が存在していることが分かる。まず、除湿過程について説明する。除湿される空気的水分はデシカントロータの除湿側を通過する際に吸湿材料によって吸着除湿される。その際に発生した吸着熱は顕熱交換器で回収される。その後、外部冷熱源とつながった冷却器で温度が制御される。続いて、再生過程について説明する。再生空気は顕熱交換器で熱供給され、さらに低温排熱などの外部熱源によって追加加熱される。その後、この高温の再生空気は、デシカントロータの再生側を通過する際に吸湿材料の水分を除去して吸湿材料を再生させる⁸⁾。

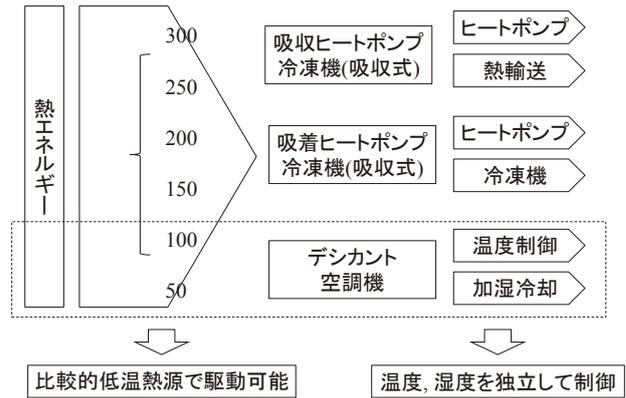


図2. 1. 吸収脱着デシカントによるエネルギー変換と熱輸送技術のイメージ。

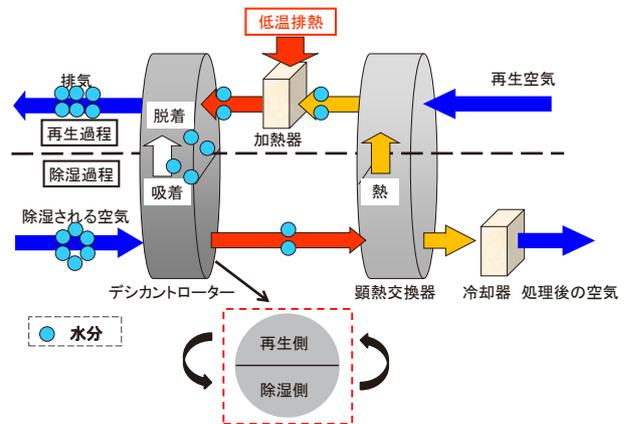


図2. 2. デシカント空調システムの原理図⁸⁾.

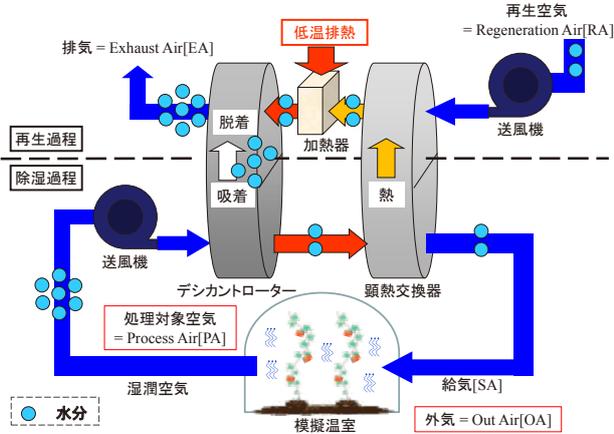
3. 換気方式による除湿試験

3.1 循環方式と換気方式

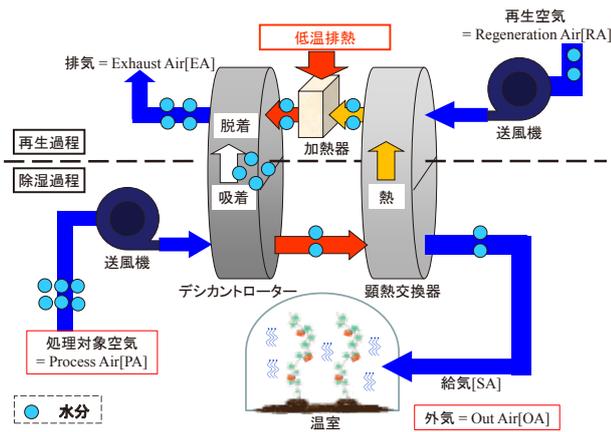
図3.1(a)に循環方式の概略図、図3.1(b)に換気方式の概略図をそれぞれ示す。はじめに、それぞれの運転方式の違いについて説明する。図3.1(a)に示した循環方式では温室内の空気がデシカントロータ内の吸湿材料によって除湿され、除湿された空気が再び温室に送り込まれる。一方、図3.1(b)に示した換気方式では外気がデシカントロータ内の吸湿材料によって除湿され、除湿された空気が温室に送り込まれるといった違いがある。

続いて、それぞれの運転方式の特徴について説明する。循環方式では、外気よりも温度が高い温室内の空気を除湿し循環させているので、温室内の温度が上昇しやすくなる。一方、換気方式では、温室内よりも温度が低い外気の空気を除湿し温室に送り込んでいるので、温室内の温度は低下しやすくなるという特徴がある。

そこで、本論文では温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合の実験を行ったので、図 3.1(b)に示すような換気方式を用いて除湿試験を行った。



(a) 循環方式.



(b) 実験装置(換気方式).

図 3. 1. デシカント空調システムの運転方式.

3.2 実験方法

デシカント空調システムの装置条件を表 3.1、温室内外の実験初期条件を表 3.2 にそれぞれ示す。表 3.2 より、温室内外の初期条件は温度差 17.1 °C、絶対湿度差 34.8 g/kg である。本章では、温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合に換気方式というデシカント空調システムの運転方式を用いて、目標温湿度に制御することを目的として温室内の除湿試験を行った。

図 3.1(b)より、処理空気(PA)と再生空気(RA)は共に外気を用いた。除湿過程ではデシカントローター(DW)内の吸湿材料によって PA の除湿を行った。再生過程では顕熱交換機、約 60 °C の排熱によって温められた RA が DW 内の

吸湿材料の再生を行った。そして、温室内外の温度、相対湿度をそれぞれ約 120 分間測定し、絶対湿度を計算した。

温室内外の温湿度の測定には、それぞれ熱電対(型式:DW01-DT301)及び湿度センサー(型式:B-530)を用いた。計測範囲は温度は-30~+150 °C、湿度は0~+100 %である。再生用の熱源には、温水の条件を制御するために日立製のエコキュート(型式:BHP-Z37FU)を用いた。

表 3. 1. デシカント空調システムの装置条件.

デシカントローター(DW)	回転速度 [rph]	36
	直径 [m]	0.2
	長さ [m]	0.3
風量	吸湿 (PA) [m³/h]	180
	脱水 (RA) [m³/h]	180
温水	温度 [°C]	60
	流量 [L/min]	2.5

表 3. 2. 実験初期条件(換気方式).

	温室外の初期条件	温室内の初期条件
温度 [°C]	30.3	47.1
絶対湿度 [g/kg]	13.0	44.8
相対湿度 [%]	48.2	63.8

3.3 換気方式による除湿試験結果

換気方式を用いた場合の温室内の除湿処理結果を図 3.2 に示す。図 3.2 には実験開始から実験終了後までの温室外の温度と絶対湿度を平均した値、実験開始から実験終了後までの温室内の温度と絶対湿度、目標温湿度が示されている。

図 3.2 より、実験終了後の温室内の温度は 38.3 °C となり、実験開始時と比べて約 8.8 °C 低くなった。目標温度に制御するためには、さらに約 13.3~20.3 °C 低下させる必要がある。実験終了後の温室内の相対湿度は 52.9 % となり、実験開始時と比べて約 10.9 % 低くなった。実験終了後の温室内の絶対湿度は 22.7 g/kg となり、実験開始時と比べて約 22.1 g/kg 低くなった。目標相対湿度に制御するためには、さらに約 6.7~15.0 g/kg の絶対湿度を低下させる必要がある。

実験結果より、温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合、換気方式を用いて目標温湿度に制御することはできなかった。実験開始時の温室内の相対湿度は目標領域内であったが、実験終了後の温室内の相対湿度は目標領域内に制御することができなかった。この原因として、実験終了後の絶対湿度は実験開始時と比べて約 0.49 倍低下したのに対して、実験終了後の温度は実験開始時と比べて約 0.19 倍しか低下していないことが考えられる。そのため、温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合、目標温湿度に近

づけるためには、温室内の絶対湿度の制御よりも温度制御の方が必要であることが分かった。

そのため、目標温湿度に近づけるために換気方式よりも温度制御に優れた新たなデシカント空調システムの運転方式を用いて温室内の除湿を行っていく必要がある。

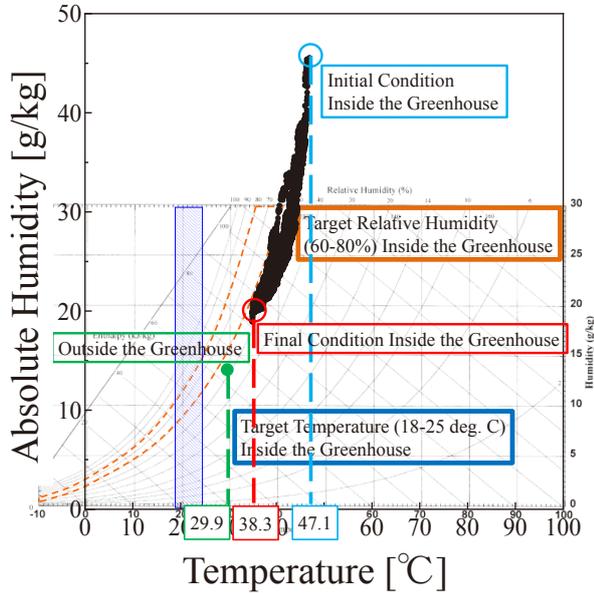


図3. 2. 除湿処理結果(換気方式).

4. ハイブリッド方式による除湿試験

3章では、温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合に換気方式を用いて、目標温湿度に制御するための除湿試験結果を述べた。しかし、目標温湿度に制御することができず、温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合には温室内の温度制御が特に必要であることが分かった。

そこで、本章では、温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合にハイブリッド方式というデシカント空調システムの新たな運転方式を用いて、換気方式の場合よりも目標温湿度(特に目標温度)に制御することを目的として温室内の除湿試験を行った。

4.1 実験方法

デシカント空調システムの装置条件を表4.1、温室内外の実験初期条件を表4.2にそれぞれ示す。表4.2より、温室内外の初期条件は温度差12.5 °C、絶対湿度差17.3 g/kgであり、3章と同様に温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合である。

以下の①~③の手順でハイブリッド方式を行った。

- ① デシカント空調システムを運転させる前に温室の入り口を開放し、しばらくおき、温室内と外気的环境を同程度にする。
- ② 温室内と外気的环境が同程度になった後、温室の入り口を閉じる。
- ③ 図3.1(b)に示すような換気方式を用いて除湿を行う。

そして、温室内外の温度、相対湿度をそれぞれ約120分間測定し、絶対湿度を計算した。温湿度を測定するための装置は3章の実験装置と同じである。

表4. 1. デシカント空調システムの装置条件.

デシカントローター(DW)	回転速度 [rph]	36
	直径 [m]	0.2
	長さ [m]	0.3
風量	吸湿 (PA) [m ³ /h]	180
	脱水 (RA) [m ³ /h]	180
温水	温度 [°C]	60
	流量 [L/min]	2.5

表4. 2. 実験初期条件(ハイブリッド方式).

	温室外の初期条件	温室内の初期条件
温度 [°C]	39.8	52.3
絶対湿度 [g/kg]	21.5	59.0
相対湿度 [%]	46.3	63.6

4.2 ハイブリッド方式による除湿試験結果

ハイブリッド方式を用いた場合の温室内の除湿処理結果を図4.1に示す。図4.1には実験開始から実験終了後までの温室外の温度と絶対湿度を平均した値、実験開始から実験終了後までの温室内の温度と絶対湿度、目標温湿度が示されている。

図4.1より、実験終了後の温室内の温度は35.5 °Cとなり、実験開始時と比べて約16.8 °C低くなった。実験終了後の温室内の温度は実験開始時と比べて約0.32倍低下した。目標温度に制御するためには、さらに約10.5~17.5 °C低下させる必要がある。実験終了後の温室内の絶対湿度は22.7 g/kgとなり、実験開始時と比べて約36.3 g/kg低くなった。実験終了後の温室内の絶対湿度は実験開始時と比べて約0.62倍低下した。実験終了後の温室内の相対湿度は61.7%となり、実験開始時と比べて約1.9%低くなった。目標相対湿度に制御するためには、さらに約6.7~15.0 g/kgの絶対湿度を低下させる必要がある。

実験結果より、温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合、ハイブリッド方式を用いて目標温度に制御することはできなかった。しかし、温室内の相対湿度は実験開始時

から実験終了後まで目標領域内に制御することができた。また、ハイブリッド方式は換気方式よりも温室内の温度、絶対湿度を低下させることができた。しかし、今回のようにさらなる絶対湿度の低下が必要な場合、温室内の温度が目標温度になると相対湿度は上昇してしまう。

そのため、今後は、ハイブリッド方式を用いて温室内の除湿を行うとともに、顕熱交換器を通り過ぎた後の空気を冷却し温度を低下させた状態の空気を温室内に送る必要がある。また、現在使用している吸湿材料よりも絶対湿度を低下させることができる吸湿材料を探す必要がある。

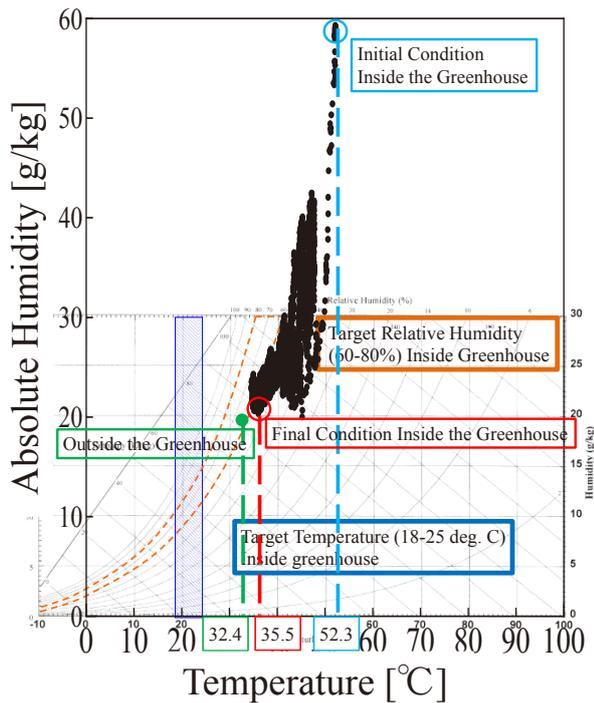


図 4. 1. 除湿処理結果(ハイブリッド方式).

5 まとめ

本研究では、低温排熱が有効利用可能なデシカント空調システムを用いて温室内の環境改善を目的とした研究を行っている。

本論文では換気方式、また、新たな運転方式であるハイブリッド方式のそれぞれの運転方式を用いて温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合に目標温湿度に制御するための除湿試験を行い、それぞれの除湿試験結果の比較を行った。主な結果は以下のとおりである。

- 1) 換気方式を用いた結果、目標温湿度に制御することはできなかった。温室内外の温度差と絶対湿度差が大きい場合、温室内の温度制御が重要であることが分かった。
- 2) ハイブリッド方式を用いた結果、目標温度に制御することはできなかったが、目標相対湿度に制御することはできた。また、換気方式の場合よりも温室内の温度、絶対湿度を低下させることができた。今後は、目標温湿度にするために温度、絶対湿度をさらに低下させていく必要がある。そのため、除湿過程において顕熱交換器通過後の空気を冷却したり、新しい吸湿材料を探すなどの検討を行っていく。

参考文献

- 1) 中塚勉, 土本信孝, 毛利邦彦:”環境にやさしい新エネルギーの基礎”, 森北出版株式会社, 2007.
- 2) 気象庁過去の気象データ・ダウンロード
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/#>
- 3) 佐々木仁, 村田遼太郎, 田島大輔, 林則行:”デシカント空調システムにおける除湿性能の向上手法”, 宮崎大学紀要, vol.44, pp.21-25, 2015.
- 4) 我孫子和雄:”トマトうどん粉病の発病に及ぼす温度ならびに湿度の影響”, 関西病虫害研究会報 20:49-52, 1978.
- 5) 梅川学, 渡辺康正:”施設栽培におけるキュウリ斑点細菌病の発生に及ぼす温度および湿度の影響”, 日本植物病理学会報 48:301, 1982.
- 6) 我孫子和雄, 石井正義:”ナス黒枯病に関する並びに湿度の影響”, 野菜・茶業試験場研究報告, 2:93-98, 1988.
- 7) 下元 祥史:”ピーマン黒枯病の発病に及ぼす湿度および温度の影響”, 四国植防, 45 : 1-5, 2010.
- 8) 濱本芳徳:”エネルギーの貯蔵・輸送 第4章 吸収・吸着デシカント材による熱輸送技術”, 株式会社エヌティーエス, 2008.