

D 2 1 2 排熱駆動デシカント空調システム

AIR-CONDITIONING SYSTEM USING DESICCANT DRIVEN BY WASTE HEAT

○岡野 浩志 (西部技研), 金 偉力 (西部技研), 船戸 浩史 (西部技研), 広瀬 勉* (熊本大工)

○Hiroshi OKANO, Wei-Li JIN, Hiroshi FUNATO and Tsutomu HIROSE*

Seibu Giken Co., Ltd.3108-3, Aoyagi, Koga-city, Fukuoka 811-3134, Japan

* Department of Applied Chemistry, Kumamoto University, 2-39-1, Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan

ABSTRACT

We author have commenced the proof test of cogeneration system combing a micro gas turbine generator with a new desiccant air conditioning system. We could improve its performance in compare with conventional system and we simplified it. We designed the system to direct burning gas to a desiccant rotor for reactivation directly. On the other hand, we build desiccant air-conditioning system that utilize waste heat of boiler by using a heat exchanger that exchanges heat from the boiler with the outer-air that is directed to a desiccant rotor. We confirmed its potential by proof test.

Key Words: Desiccant, Adsorption, Dehumidifier, Sensible heat Exchanger, Cogeneration

1. まえがき

近年, 地球温暖化防止対策, 省エネルギーなどの背景から各種自家発電装置と組み合わせたコージェネシステム (以下CGSと表示) の需要が増加している。CGSとは, 一種類の燃料から電気や熱など二種類以上のエネルギーを同時かつ連続的に得ることによりエネルギーの有効利用を図るシステムであるが, 年間を通して高い運転効率を維持するためには排熱を給湯需要以外に有効活用する方法の開発が課題となっている。

デシカント空調システムは太陽熱や排熱を熱源として, ハニカム除湿機と顕熱交換器及び水を冷媒とする気化冷却器を組み合わせて冷房するノンフロン, 非電力型空調システムであるが, 給湯需要の少ない夏期においても排熱を効率的に利用できるシステムとして今後のCGS普及のカギになると考えられている。

著者らはマイクロガスタービン発電機 (以下, MGTと表示) からの排熱を利用するデシカント空調システムとして, 新しい発想で従来式より性能を向上し, シンプルな構成としたNEWデシカント空調システムを開発し実証試験を行っている。燃焼ガスを直接デシカントローターの再生空気として投入する直接再生式に続き, 今回さらにボイラ等の排熱を, 熱交換器を介して間接的に投入する間接再生式NEWデシカント空調システムを製作し実証試験を行ったので, その概要及び試験結果について報告する。

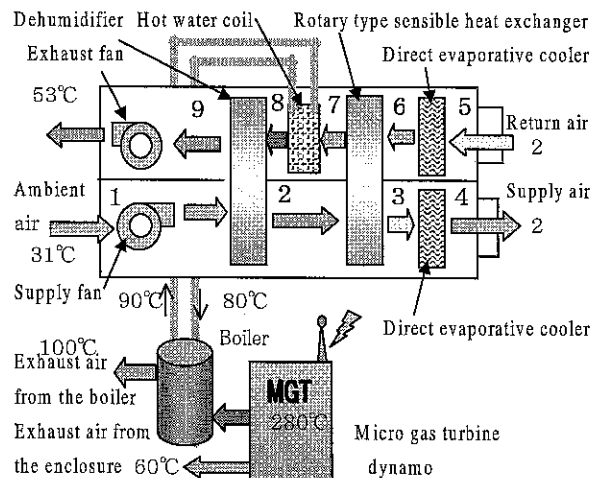


Fig.1 Conventional system of the desiccant air-conditioning system

2. 従来タイプデシカント空調システム

従来のデシカント空調システムは一般に Fig. 1 に示すようなツインローター式で, 除湿ローター, 回転式顕熱交換器, 再生空気加熱用の温水ヒーター, 直接気化冷却器, および排熱回収のための排熱ボイラなどの機器から構成される [1-3]. 冷房運転の原理は Fig. 1 より, まずハニカム除湿機で取り入れた外気中の水分を除湿ローターの吸着剤 (デシカント) により除去した後 (1→2), その際生じた吸着熱を顕熱交換器で除

去(2→3), さらに気化冷却器で水の蒸発潜熱を利用して空気を冷却する(3→4). 熱源はハニカム除湿機で吸着除去した水分をシステム外に排出するいわゆる再生工程(7→8→9)のために必要となる.

MGTの排熱を利用したCGSとして, 従来式のデシカント空調システムをそのまま適用しようとした場合以下のような問題がある. まず排熱の効率的利用という点から考えて, 従来式のデシカント空調システムではFig. 1のように約280℃の高温排ガスを排熱ボイラに投入して温水を作り, さらにその温水を熱交換器(温水ヒーター)を介して除湿機の再生空気を加熱する方式のため2台の熱交換器が必要で, 熱損失の増加や, イニシャルコストがアップするという問題がある. 実際にMGTと排熱ボイラを組み合わせたCGS実機においては排熱ボイラから100℃前後の排ガスが排気されており, 排熱ボイラ前後の温度差および外気温度より概算して排ガスエネルギーの約27%がムダになっていることが分かる. また熱媒体として常圧の水を扱うため, 280℃という高温の排ガスがあるにもかかわらず除湿ローターに投入できる実際の再生温度は80℃以下にならざるを得ないという制約もある. このような背景からマイクロガスタービンの排熱を効率よく利用するデシカント空調システムを検討した.

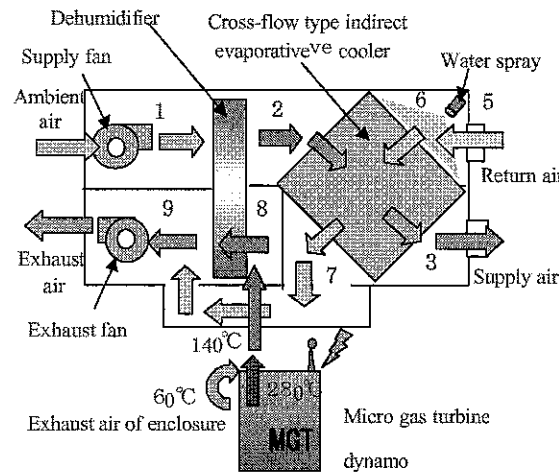


Fig.2 A desiccant air-conditioning system regenerated by Micro gas turbine exhaust gas direct

3. マイクロガスタービン排ガス直接再生型デシカント空調システム

著者らは, LNGあるいはLPGを燃料とするMGTとの組み合わせを対象としたデシカント空調システムとして, 燃焼ガスを直接除湿ローターの再生空気として使用するほか, 顕熱交換器も従来の回転式にかえて特殊直交流式熱交換器を採用し, 高性能化とシンプル化を同時に実現したFig. 2に示すような直接再生型

NEWデシカント空調システムを開発した. この新しいシステムは, 排熱ボイラ, 温水ヒーター及び気化冷却器がなく, システムとしてはかなり簡素化された構造になっている.

冷房運転の原理はFig. 2より, ハニカム除湿機で取り入れた外気中の水分を吸着により除去した後(1→2), その際生じた吸着熱を特殊直交流式熱交換器で熱交換冷却するが, その際還気側に水をスプレーしその蒸発潜熱を利用して(4→5)給気を強力に冷却して室内に供給する(2→3). ハニカム除湿機はガスタービンの排ガスとエンクロージャー冷却排気をミックスした140℃前後の空気で再生する(6→7). 詳細については既発表論文[4]を参照いただきたい.

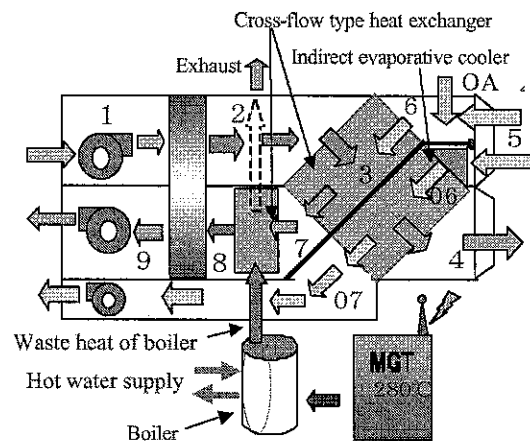


Fig.3 A new desiccant air-conditioning system Regenerated by exhaust gas indirectly

4. 排ガス間接再生型NEWデシカント空調システム

前節で述べた直接再生型NEWデシカント空調システムはMGT排ガスを直接投入して冷暖房を行うシステムであるが, 本報ではさらに給湯用ボイラを使用するCGSを対象として, 排熱ボイラからの排ガスを利用して駆動することを想定したFig. 3に示すような間接再生型NEWデシカント空調システムを試作し実証試験を行った. 前節でも述べたように排熱ボイラからは100℃前後の排熱が排気されているが, 従来であれば利用価値のほとんどないこの排ガスを利用してデシカント空調機に内蔵した再生空気用直交流式熱交換器を介して再生用空気を加熱して除湿ローターの再生空気として使用する.

冷房運転の原理はFig. 3より, ハニカム除湿機で取り入れた外気中の水分を吸着により除去した後(1→2), その際生じた吸着熱を特殊直交流式熱交換器の空気対空気熱交換器と間接気化冷却の2段で, 還気との熱交換(2→3)及び水の気化潜熱を利用して給気を強力に冷却して室内に供給する(3→4). 還気は熱

交換器と間接気化冷却器に振り分けて流入させる，熱交換器側では一部外気を混合して熱交換器で熱回収を行い（5→7），さらに再生空気加熱用の熱交換器で加熱してハニカム除湿機の再生空気として使用する（7→9）．間接気化冷却器側では還気と共にスプレー水飛沫を同伴して流入させ，給気を気化冷却する冷熱源とする（5→07）（Fig. 4）．

間接再生型NEWデシカント空調システムは排ガスを熱交換して再生空気を加熱する方式なので燃焼空気中のガスや燃焼により生じた水蒸気により，ハニカム除湿ローターの性能や，耐久性に対して影響を受けることが無く，比較的ダーティーな排ガスにも適用可能である．また再生空気加熱用熱交換器を温水ヒーターに交換すれば温水で再生することも可能である．

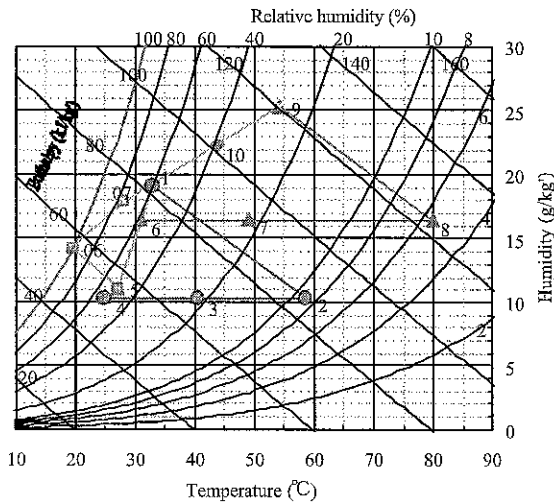


Fig.4 History of Air State in Desiccant Air-conditioning System

5. 間接再生型NEWデシカント空調システムの実証試験

間接再生型NEWデシカント空調システムの実証試験装置の全景を Fig. 5に，システムの外観を Fig. 6，空調対象室室内吹出し口の設置状況を Fig. 7の写真に示す．空調対象室は(株)西部技研開発部の試験室で，実験等で有機溶剤を使用するため一般の事務所より多量の換気が必要とする場所である．また空調はデシカント空調システムとエアコンの組み合わせで運転を行っている．

以下夏期の冷房運転状況及び検討結果例について説明する．なおNEWデシカント空調システムはオールフレッシュ式なので，冷房能力 CC (kW) は Eq. (1) 式によって算出した．

$$CC = G_{SA} \cdot (I_{OA} - I_{SA}) \quad (1)$$

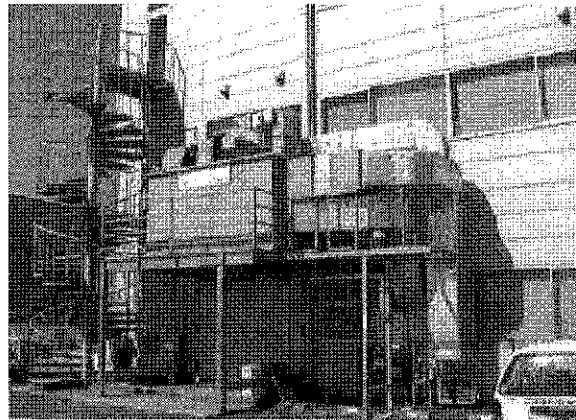


Fig.5 Actual-proof Examination System Photograph



Fig. 6 Appearance photograph of New Desiccant Air-conditioning System

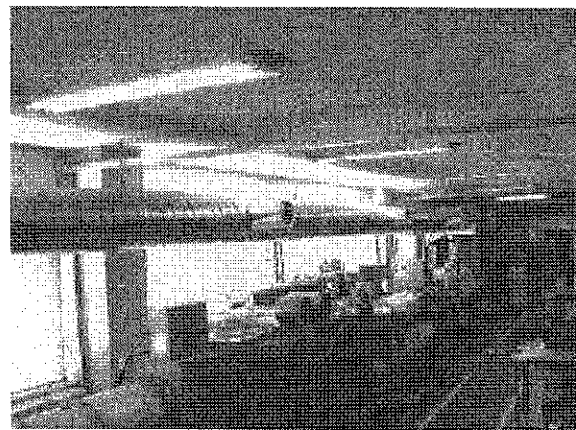


Fig.7 Installation of the Indoor Blow-off Duct for Air-conditioning

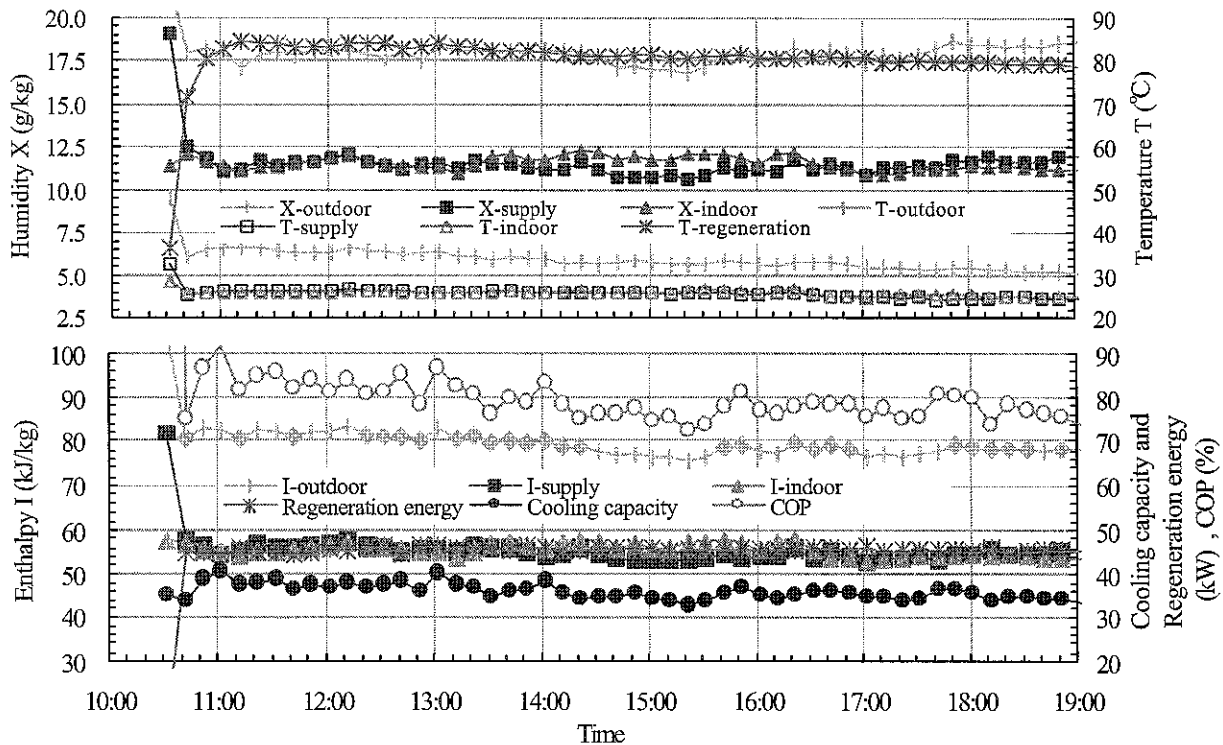


Fig.8 Aging of Desiccant Air-conditioning System Cooling Performance (02/08/1 Fine weather)

実証試験データの一例を Fig. 8 に示す。この日は晴れで、午前中の外気温度は $35\sim 36^{\circ}\text{C}$ に達し、湿度も 18g/kg と高く非常に蒸し暑い典型的な夏日であった。この日は外気負荷が高いにもかかわらず、また室内容積 720m^3 に対し換気風量 $4500\text{m}^3/\text{h}$ という多量の換気を実現しながら室温への給気温度は 26°C 前後、給気湿度は 11.5g/kg 前後の快適さに保たれていた。この時の外気負荷に対する冷房能力は 39kW 前後で COP は 0.84 前後に達している。このときの再生温度は $80\sim 84^{\circ}\text{C}$ で、排ガス側温度は図中には示していないが $102\sim 104^{\circ}\text{C}$ 程度である。この実証試験により温水ボイラ等からの 100°C 前後の低温排ガスであっても、デシカント空調システムを有効に稼働させることが可能であることが分かった。

6. おわりに

現在実用化されている CGS は、発電機の排ガスを排ガスボイラに投入して温水にし、給湯や吸収(吸着)式冷凍機等の駆動熱源にしているが、排ガスボイラから排気される熱は利用価値の無い熱として排気されていた。本研究ではさらにこの低温排ガスを利用してデシカント空調システムを駆動することを検討し、実証試験によってその可能性を確認した。

[謝辞] 本研究は経済産業省新規産業創造補助金対象事業により実施されました。ここに記して深く感謝の

意を表します。

NOMENCLATURE

CC	:Cooling capacity ,W
$G_{S,A}$:Mass flow rate of supply air , kg/s
I	:Air enthalpy, J/kg
T	:Temperature , $^{\circ}\text{C}$
X:	Absolute humidity, g/kg

REFERENCES

- [1] W. Jin, A. Kodama, M. Goto and T. Hirose: "An Adsorptive Desiccant Cooling Using Honeycomb Rotor Dehumidifier," J. Chem. Eng. Japan, **31**, 706-713(1998)
- [2] A. Kodama and T. Hirose: "Solar-powered Adsorption Desiccant-based Air-conditioning Systems for the Hot and Humid Climate of Japan," IEA Heat Pump Center Newsletter, **19**, (4), 18-20(2001)
- [3] T. Kuma, T. Hirose, M. Goto and A. Kodama: "Thermally Regenerative Monolithic Rotor Dehumidifier for Adsorption Cooling System," ASME Journal of Solar Energy Engineering, **120**, 45-50(1998)
- [4] H. Okano and W. Jin: "Air-conditioning System Using Desiccant Driven by waste Heat from Micro- Gas-Turbine" REFRIGERATION Vol. 77/No.893 (2002). (in Japanese)