

技術紹介

地中熱源と大気熱源エアコンを集中制御

～汎用システムのハイブリッド化でランニングコストを抑える～

Centralized Operation of a Dual-Source Air Conditioning System

勝俣 盛 *1
Mori KATSUMATA

杉本 要二*1
Yoji SUGIMOTO

甲木 里沙*2
Risa KATSUKI

来るシステムの開発や機器の実用化は僅かです²⁾。

1. はじめに

地下水や地中熱¹⁾などを熱源とする水冷ヒートポンプ式のエアコン(以下, GSHP)は, 大気熱を熱源とした空冷ヒートポンプ式(以下, EHP)よりも有効に冷房排熱, 暖房採熱できるので, エネルギー消費効率(以下, COP)が高くなります。しかし, 部分負荷運転になると, GSHP は熱源水や熱媒の搬送動力などに消費するエネルギーの割合が上昇します。このため, 補機を考慮したシステム全体のCOPは, GSHP よりもEHPが優位になることがあります²⁾。

そこで, 本研究ではGSHPとEHPのパッケージエアコンを集中制御することで, これらを高効率で運用する方法を検討しました。ここでは, 機器特性を把握するために実施した冷房試験の結果を報告します。

2. パッケージエアコンの特徴と課題

空冷式のパッケージエアコンは, 1 台の室外機で複数台の室内機を同時に制御する“店舗・オフィス用エアコン(以下, 同時運転マルチ)”と, 1 台の室外機で複数台の室内機を個別に制御する“ビル用マルチエアコン(以下, 個別運転マルチ)”に大別できます。これらエアコンの選別は, 上記の制御方法に加えて, 冷媒配管の総延長, 室内機と室外機の高低差などで決まります。一方, 水冷式の個別運転マルチは, 配管延長の制限などが緩和されるので, さらに汎用性が高くなります。

その際, エアコンのサイズ選定は, ピーク負荷を基準にします。しかし, その発生頻度は極めて少なく, 通常は部分負荷効率 50%以下での運転が殆どです。また, 冷房負荷と暖房負荷に大きな乖離がある場合や, 室外機への日射などによる能力低下を避ける目的で上位機種を選定する場合など, これらは負荷率の低下を助長します。さらに負荷率が下がると, 油戻し制御などで室外機は断続運転になり, 機器性能が大きく低下します³⁾。

また, 中・小規模建物を対象に, GSHP と EHP の独立した二系統を併用した事例はありますが, 両方同時に制御出

3. 既往設備の概要

川田テクノロジーズ㈱技術研究所は1995年から供用開始で, エアコンはEHPのみでした。2010年に実験用のGSHPを増設しています⁴⁾。このため, 一部の部屋では, 二系統の空調システム(EHP, GSHP)が混在しており, 状況に応じて使い分けています。各系統の構成を表1に示します。

表1 空調システムの構成

	EHP	GSHP
仕 様	同時運転マルチ	個別運転マルチ
室外機	1 台@空冷ヒートポンプ ^{※1}	1 台@水冷ヒートポンプ ^{※2}
室内機	2 台@パッケージユニット ^{※1}	3 台@ファンコイルユニット ^{※1}
風量(弱)	14m ³ /min/台	10m ³ /min/台
リモコン	1 個@ワイヤードリモコン	3 個@ワイヤードリモコン
冷房能力	14.0kW ^{※3}	10.0kW ^{※4}
消費電力	5.13kW	3.38kW+3@0.047kW
設備稼働	1995 年 12 月	2010 年 1 月

※1: A 社, ※2: B 社

※3: 外気温度 35℃DB, 室内吸込み空気温度 19℃WB

※4: 採熱戻り温度 30℃, 採熱側循環流量 25L/min, 冷房往き温度 7℃, 冷房側循環流量 16L/min

(1) 建物諸元

- ・所在地 : 栃木県芳賀郡芳賀町
- ・建物構造 : S 造 2 階
- ・延床面積 : 902.79m²
- ・外壁材 : カラーガルバリウム鋼板 0.6 mm
- ・断熱材 : グラスウール 75 mm
- ・内壁材 : 化粧石膏ボード 9 mm
- ・窓構造 : 引き違い, 二重ガラス
- ・採光 : 西北西向き, ガラス面積 36.97m²
- ・執務室 : 1 階中部屋, 床面積 110.13m², 天井高 2.5m

(2) EHP

EHP は, 6 馬力の同時運転マルチで, 室外機 1 台に対して, 室内機 2 台を分散設置しています。インバータ非搭載で, 冷媒が R22 です。

*1 川田テクノロジーズ㈱技術研究所 主幹

*2 川田テクノロジーズ㈱技術研究所

(3) GSHP

GSHP は、水冷ヒートポンプ 1 台、ファンコイルユニット 3 台で構成され、室内機毎にリモコンで個別制御しています。インバータ搭載で、冷媒が R410A です。熱媒は 1 次側、2 次側とも水道水で希釈した不凍液（シーシーエス；ウエストンブライン PB）です。熱媒と地中熱の熱交換方法は、文献 4）を参照ください。

4. 基礎試験

これらの設備を外部から集中制御できるように改修して、各種センサを取り付けて特性を確認するとともに、機器制御方法について検討しました。改修後の機器構成を図 1 に、概要を以下に記します。

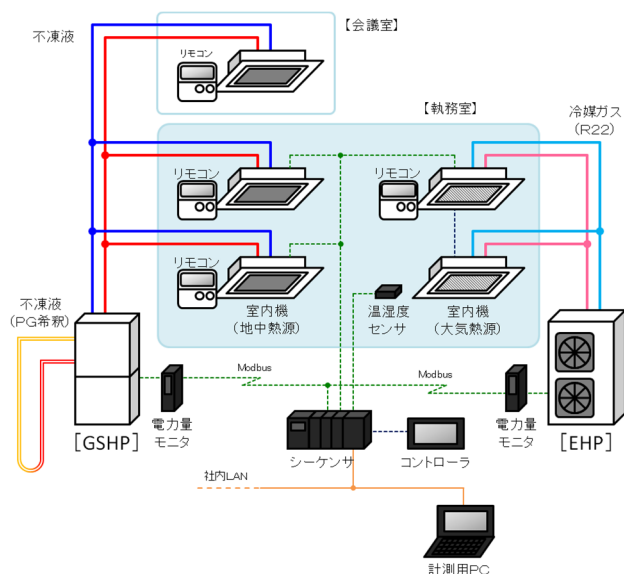


図 1 GSHP と EHP の機器構成

(1) 改修内容

リモコン制御している室内機（GSHP2 台、EHP1 台）に、A 社純正部品のグループ遠方制御アダプタを増設して、シーケンサ（キーエンス；KV-N40AR）からのアナログ出力でエアコンを運転または停止させます。ここでは、室温設定や風量などを各リモコンで設定することとして、後付けのコントローラ（キーエンス；VT3-W4TA）で運転時間などを設定します。このとき、運転制御は、リモコンまたはコントローラのいずれかで“後押し”した方が優先されます。なお、温度、湿度なども計測しているので、時間以外に、これらをパラメータに設定して運転制御することも容易です。

また、別室の動力盤に電力量モニター（オムロン；KM-N1-FLK）を設置して、コントローラの画面上で消費電力の瞬時値なども監視しています。シーケンサとのデータ送受信は無線で行い、データのシリアル通信プロトコルに Modbus 方式を採用しています。

なお、1 分間隔でサンプリングした計測データは、LAN 上の計測用 PC に保存しています。リモートデス

クトップなどの機能を使えば、他 PC からリアルタイムの計測データなどを参照できます。

(2) 試験方法

偶数日は GSHP から、奇数日は EHP から運転を開始して、1 時間毎に運転を切り換えて交互運転しました。通常、就業時は職員が 12 名在席しています。

- ・試験期間：2016 年 8 月 11 日～2016 年 9 月 19 日
- ・運転時間：8:00～18:00（1 時間毎に交互運転）
- ・設定温度：27℃（JIS 規格準拠）
- ・熱媒設定：冷房行き温度 7℃
- ・風量設定：弱

(3) 室温管理

エアコンは、設定温度に対してオーバーシュート防止のために、室内機の吸込空気温度が設定温度に近づくとボディーサーモ（室内機内の温度センサ）からリモコンサーモ（リモコン内の温度センサ）に切り替わります。ここで、GSHP、EHP の窓際の室内機の吸込み口、吹出し口および執務室 4 箇所、建物外 1 箇所に温湿度センサ（オムロン；ES2-THB）を設置しました。



(a)室内機



(b)リモコン、温湿度センサ

写真 1 室内設備の外観

5. 試験結果

2016 年 8 月 26 日の運転状況と機器消費電力の時刻歴を図 2、表 2 に示します。当日は一日を通じて空調負荷が高く、8 時台は GSHP 運転で、平均外気温度が 27.7℃DB、待機運転を除いた有効運転時間 56 分、実稼働時間に対する瞬時消費電力の平均が 2.120kW でした。同様に、9 時台は EHP 運転で、平均外気温度が 28.7℃DB、有効運転時間 36 分、瞬時消費電力の平均が 4.233kW でした。

EHP は、13 時 35 分に吸込温度が 24.6℃DB、吹出温度が 8.7℃DB でした。一方、GSHP は、14 時 21 分に吸込温度が 24.5℃DB、吹出温度が 14.7℃DB でした。このとき、執務室の 4 箇所に設置した温湿度センサの読みは、26.7～27.3℃DB と 27.3～27.4℃DB で、相対湿度が 59～67%RH、64～67%RH でした。EHP は吹出温度が低く、除湿効果も期待できるので、運転時間の短縮に寄与しています。なお、一般的に室外機の冷房能力特性は、空気温度を湿球温度“CWD”で標記して、乾球温度“CDB”と区別します。

次に、試験期間（就業日）の計測データを 1 時間毎平均して、整理した結果を図 3 に示します。横軸が外気温度、縦軸が見かけの消費電力と空調負荷です。ここで、8 時

台は立ち上がり運転で高負荷になるので、サンプルから除きました。また、温度センサ(オムロン;E52-P20C-N-7)で2次側熱媒の行き温度、還り温度および流量センサ(キーエンス;FD-M50AT)で瞬時値を計測しています。熱源水の密度、比熱が既知(プロピレングリコール濃度:25.4%)なので、この熱量と空調負荷が等価と見なしました。なお、GSHPのファンコイルユニットの冷房能力(定格値)は、2次側熱媒の Δt が7Kとき3.03kW/台です。

有効運転時の消費電力の算術平均を“見掛けの消費電力”として整理しました。これらを線形近似して、相関関数 R^2 を図3中に併記しました。これより、弱い相関が認められ、外気温度が24°CDB程度で、GSHPとEHPの消費電力が逆転するのがわかります。例えば、外気温を基準に運転する場合は、24°CDB未満のときEHP優先で機器を始動させて、室温27°CDBでGSHPに切り換えることで、消費電力量を抑えることができます。

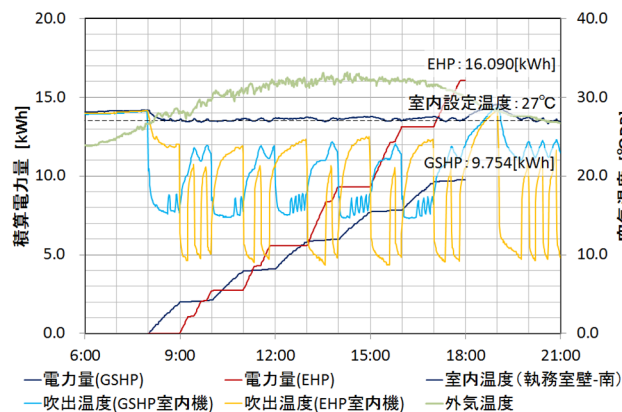


図2 空調機器の稼働状況事例

表2 計測結果

単位	8:00~	9:00~	10:00~	11:00~	12:00~	13:00~	14:00~	15:00~	16:00~	17:00~
運転空調システム	—	GSHP	EHP	GSHP	EHP	GSHP	EHP	GSHP	EHP	GSHP
外気温度*	°CDB	27.7	28.7	30.5	31.3	32.0	32.2	32.4	31.9	30.9
吸込温度*	°CDB	24.1	25.0	23.7	25.1	24.2	25.2	24.8	25.3	24.4
吹出温度*	°CDB	16.4	14.3	15.4	14.0	16.2	12.1	15.9	11.8	13.5
室内温度*	°CDB	27.3	27.0	27.1	27.1	27.3	27.2	27.4	27.2	27.3
室内相対湿度*	%RH	62.0	62.1	63.4	62.7	65.3	61.7	63.9	60.6	62.5
有効運転時間	min	56	36	55	38	49	48	51	49	52
消費電力*	kW	1.979	2.540	1.857	2.779	1.678	3.616	1.740	3.652	1.790
見掛けの消費電力	kW	2.120	4.233	2.025	4.388	2.055	4.521	2.047	4.472	2.065
負荷熱量	kW	9.3	—	9.1	—	8.6	—	8.4	—	8.1
SCOP	—	4.7	—	4.9	—	5.2	—	4.8	—	4.5

※ 1時間平均値

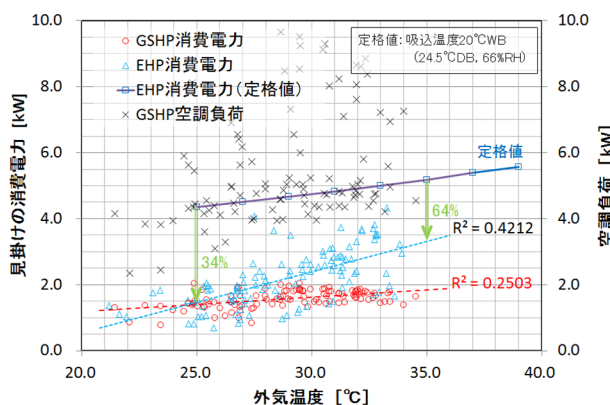


図3 外気温度と消費電力(就業日・8時台なし)

6. 考察

空気調和・衛生工学会の冷暖房熱負荷簡易計算法(SHASE-S 122-2009)に準拠すると、当執務室の空調負荷は、概算で冷房10.3kW、暖房14.0kWです。2016年8月25日に外気温度が28.7°CDBで、空調負荷が9.7kWになったことを考慮すると、現行のEHP6馬力(冷房能力14kW、暖房能力16kW)は適当と思われます。これを同能力の最新機に更新したとしても、定格運転ではGSHPが優れます。

GSHPのみで大幅な省エネを実現した事例⁵⁾もありますが、当地のように、冷房需要よりも暖房需要が卓越する地域は、暖房基準でGSHPを設備すると、冷房時のピーク負荷に対しては熱源水量がやや不足ぎみになります。このため、冷房運転時の部分負荷効率が低下します。

したがって、ここでは暖房需要のピーク負荷の6割程度をGSHPで、冷房時の不足相当をEHPで構成すると共に、機器を集中制御することで、空調設備を高効率で運用できると考えます。

7. おわりに

エアコンの消費電力量は、機器の部分負荷特性と熱負荷の頻度に依存します。JIS規格に基づく期間エネルギー消費効率の評価方法は、低負荷時の機器能力を過大評価しているため、実際と大きく異なります⁶⁾。また、インバータ搭載機を最適運転制御しても、インバータ非搭載機を全負荷で短時間運転した場合とほぼ同等か僅かに優位になる程度との見解もあります⁷⁾。今後は、暖房運転時の挙動も精査して、GSHPとEHPのベストミックスについて検討します。

参考文献

- 1) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム，オーム社，2007.9.
- 2) 南，大岡，柴：地下循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの開発，空気調和・衛生工学論文集，No.151，pp.23-29，2009.10.
- 3) 齊藤：冷凍サイクル制御の課題と最新技術，伝熱，Vol.54，No.227，pp.1-7，2013.2.
- 4) 畠中，越後，勝俣，佐藤，石下，臼谷：基礎杭型地中熱交換器の性能評価と実用，川田技報，Vol.30，2011.1.
- 5) 笹田，高杉，館野：都心での地中熱利用，応用地質，第51巻，第6号，pp.265-272，2011.2.
- 6) 廣田，宮田，渡邊，徳田，中山，宮岡：業務用エアコンにおける期間エネルギー消費量予測の高精度化に関する研究，三重大学社会連携研究センター研究報告，第18巻，pp.109-114，2010.12.
- 7) ヒートポンプ・蓄熱センター：複合熱源式蓄熱システムの最適設計・運用マニュアル，2013.3.