

インバーター圧縮機を搭載した高効率ヒートポンプチラーの 夏期実測結果に基づく性能評価

建築都市デザイン学科 2280060061-1 宮井 亜里紗
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

熱源システムの設備容量は年間の最大負荷に対応して設計されるが、現実には定格値で運転されることは少なく、負荷率 50% 以下の運転が大半を占めるとされている¹⁾。このような背景から、定格時の効率向上に加えて、部分負荷効率向上を主眼としたヒートポンプチラーが登場してきている²⁾。本研究ではデュアルインバータ圧縮機³⁾を搭載した高効率ヒートポンプチラーを、実建物で運用したデータを収集・分析し、性能評価を行った。

2. 概要

2.1 評価対象機器概要

評価対象である高効率ヒートポンプチラーの概要を表 1 に示す。また、部分負荷時の効率向上を特徴として設計された事を確認するため、一般的な製品の COP⁴⁾ と比較した結果を図 1 に示す。

2.2 対象建物及びシステム概要

実測対象の建物は大阪府に位置する K 工場である。システム構成と運転概要を表 2 に示す。チラーは吸収式 1 台のリプレースとして導入された。運転方法は 3 種類ある (表 3)。基本的には吸収式がベース運転を行い、チラーが負荷に応じた制御を行うという、並列吸収式優先運転を行なっている。システム構成はチラー 3 台が並列配置、チラー系統と吸収式系統が並列配置となっている (図 2)。

2.3 実測概要

実測は 2009 年 7 月～9 月に実施し、出入口温度、流量、消費電力、外気温度、湿度を 10 分毎に記録した。この他に 6/8～6/12 には同様の測定項目を 1 分毎に記録した⁴⁾。

表 1 評価対象機器概要

商品名 (型式)	コンパクトキューブ (MCHV-P1800A)
種類	電気式、空冷式ヒートポンプチラー
メーカー (発売年度)	三菱電機 (2008 年)
COP (60Hz) / 冷却能力	3.35 / 180kW

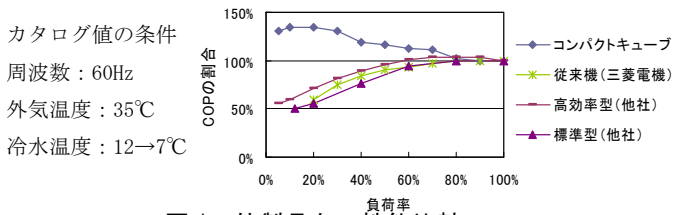


図 1 他製品との性能比較

表 2 システム構成と運転概要

システム	・ ヒートポンプチラー×3台 ・ ガス式吸収冷凍機×1台
運転日	月～金曜日と一部の土曜日
運転時間	日によって異なる (3:00～17:00 が最も多い)
出口温度設定	7°C

表 3 運転方法

運転方法		チラー運転台数
チラー・吸収式 並列運転	チラー優先運転	1台・2台・3台
	吸収式優先運転	2台・3台
チラー単独運転 (吸収式停止)		1台・2台・3台

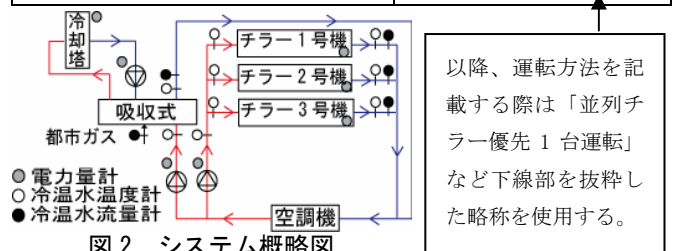


図 2 システム概略図

3. 対象建物負荷特性

チラー単独⁵⁾ 負荷率の発生頻度を調べた (図 3)。結果、負荷率 40% 未満が全体の 63% に上り、長時間低負荷運転を行っていた。

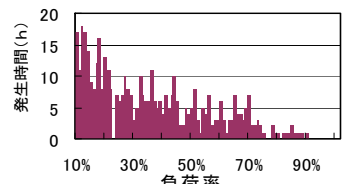


図 3 負荷発生頻度

4. 結果

4.1 ヒートポンプの性能評価

単独運転時のみの実測データから COP と COP 比⁶⁾ を算出した (図 4)。算出の際は製品の能力線図に基づき、外気温度 35°C 時の能力に補正した。結果、COP 比平均が 92%、COP 比 85% 以上の時刻が全体の 73% となり、設計値に近い能力で運転していることを確認した。しかし、低負荷になっても COP が設計通り上昇していない。これは機器の発停の頻発に起因している恐れがある (図 5)。

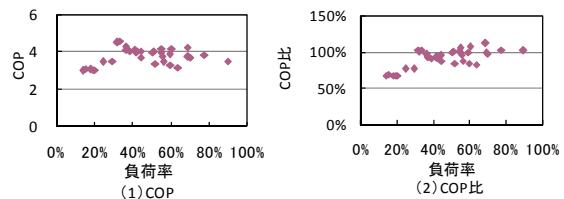


図 4 負荷率と COP・COP 比の関係

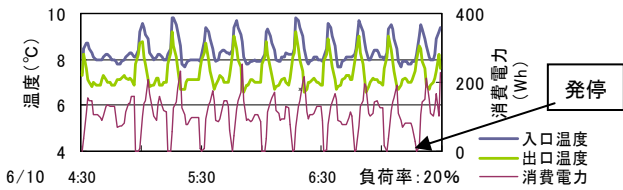


図5 単独運転時のチラーの発停

4.2 システムの性能評価

以降は並列運転時を中心に、システム全体の効率を考慮した最適な運用方法の検討を行っていく。

(1) 負荷の大きさに比べた運転台数

データ量の多い並列吸収式優先運転時のみで、2台運転と3台運転を比較した(図6、表4)。今回は負荷に応じた台数制御は行われていない。

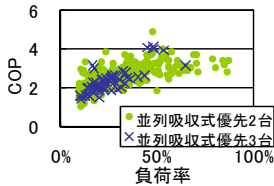


表4 運転台数別平均 COP

運転台数	平均負荷率	平均COP
2台	30%	2.54
3台	25%	2.31

図6 運転台数別 COP

(2) 並列吸収式優先運転時のチラーの運転状況

並列チラー優先運転の方が並列吸収式優先運転に比べ、COPは41%高かった(図7、表5)。原因として出口温度が並列チラー優先時は安定していたのに対し、並列吸収式優先時は大きく変動していたことから推測すると、並列吸収式優先時はチラーが負荷変動に対応するので、発停を含めた不安定な運転を強いられるためと考える(図8)。

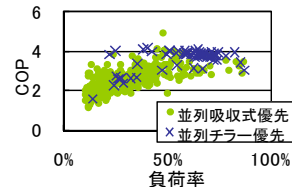


表5 運転方法別平均 COP

運転方法	平均負荷率	平均COP
並列チラー優先	58%	3.57
並列吸収式優先	30%	2.54

図7 運転方法別 COP

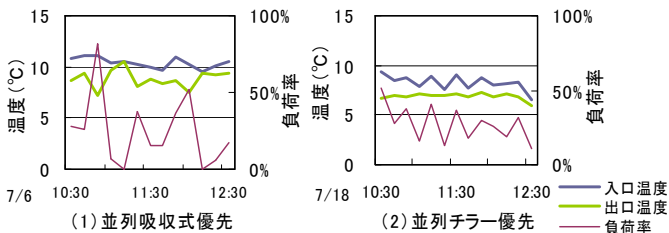


図8 チラーの出口温度の様子

(3) 吸収式冷凍機の影響

発停が確認できた負荷率40%未満を低負荷とした^{注7)}。負荷低減によるCOPの低下は単独運転時には無いが、並列運転時には確認できる(図9、表6)。並列吸収式優先時、ベース運転を行う吸収式は安定して運転を行っていたが、チラーの発停時は影響を受けて不安定になっていた(図10)。反対に並列チラー優先時は、吸収式の発停の影響を受けたチラーが不安定になっていたと予想され、

お互いの発停が影響しあった結果であると考えられる。

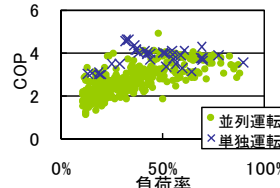


図9 運転方法別 COP

表6 負荷別平均 COP

運転方法	平均 COP	
	低負荷	高負荷
並列チラー優先	2.87	3.76
並列吸収式優先	2.32	3.15
単独	3.73	3.80

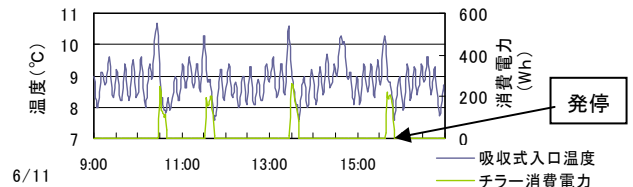


図10 吸収式の入口温度とチラーの発停

(4) 発停の影響

発停を繰り返す断続運転のCOPから発停の影響を除き、連続運転を想定したCOPを算出した。算出方法を以下に示す。まず、1分毎の計測データの内20分以上連続運転をしているものを使用し、起動と停止の影響でCOPの低下が見られる時間を求めた(図11)。次に、影響が見られた起動後8分間と停止前6分間を除いて算出したCOPを連続運転のCOP、何も手を加えずに算出したCOPを断続運転のCOPとして、負荷率ごとに補正係数を求めた。最後に、補正係数を10分毎の計測データに反映させた。その結果、低負荷時のCOP向上が認められた(図12)。

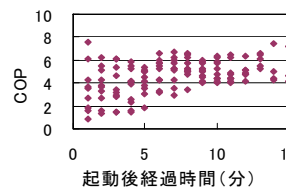


図11 起動の影響

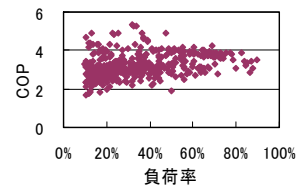


図12 補正後の COP

5. まとめ

単独運転時は、設計値に近い能力が発揮されていた。システム全体を考慮した場合は、運転台数・運転方法・併設する他熱源機などCOPに影響する要素が多い。これらの要素を考慮する必要がある。運転方法としては、チラーを優先的に運転することにより負荷率が上昇し、COPの向上が図れる。さらに、低負荷時の効率的な運用には発停の影響が大きいことが解ったので、低負荷時でも発停の回数を減らし、連続運転を行うことが重要である。

注1) 神戸製鋼所…ハイエフヒーポン ダイキン工業…ヘキサゴンモジュールチラーなど 注2) 圧縮機と送風機をインバータにより連続制御する 注3) メーカーカタログから引用 注4) 1分毎の計測データは一部が単独運転、他は全て並列吸収式優先運転で、負荷率は全て40%未満 注5) 以降の検討も含め、代表機として3号機の使用データを使用した 注6) 実測COP÷カタログCOPで算出した 注7) 負荷率40%以上の発停は1分毎のデータが無く、確認できなかった 文1) 中原信生：新版 ビル・建築設備の省エネルギー、2001年