

# 論文審査の結果の要旨

氏名 堀江 勇人

ヒートポンプ空調機の性能評価法は JIS 規格で定められており、冷暖房合わせて 5 点の試験結果を用いて、気象条件や負荷変化による成績係数(COP)の変化が推算でき、さらに年間のエネルギー消費効率(APF)を算出することができる。COP とはヒートポンプ空調機が発生する冷房熱量あるいは暖房熱量を消費電力量（あるいは消費ガス熱量）で除した無次元量である。また、APF とは年間の総冷房熱量と総暖房熱量の和を年間の総冷房消費電力量と総暖房消費電力量の和で除した無次元量である。この評価法により、年間エネルギー消費効率や年間消費電力量の計算を行うことができるようになった。しかし、現在の JIS で定められている APF 評価法は、使用時間の想定、部分負荷時の COP の推定法などが実態に即していないと言われており、改訂の必要性が叫ばれてきている。本論文では、パッケージエアコン、ガスエンジンヒートポンプ(GHP)、ルームエアコン(RAC)を対象に、低負荷域における成績係数(COP)の低下を定量的に評価し、さらに新たな性能評価法を提案することを目的としている。ヒートポンプ空調機の断続運転時の性能低下係数として、 $C_D$  値が用いられている。 $C_D$  値とは、断続運転の際の COP が連続運転時の COP と比べ、どの程度低下するかを示す値で、0～1 の値を持つ。圧縮機が定速で運転する機種では 0.25 と定められているが、インバーター搭載のヒートポンプ空調機については  $C_D$  値の値が測定された例がない。

本論文は 6 章より構成されており、第 1 章では序論で従来の研究の紹介、研究の目的が記載されている。第 2 章では、パッケージエアコンの性能試験結果が説明され、APF の新しい計算法が提案されている。第 3 章では、ガスエンジンヒートポンプの性能試験結果が説明され、APF の新しい計算法について考察されている。第 4 章では、ルームエアコンの性能試験結果が説明され、APF の計算法が考察されている。第 5 章では、部分負荷時の圧縮機の断続運転に伴う性能低下のメカニズムが考察され、断続運転時の圧縮機の回転数制御や発生する冷暖房能力により、性能の低下の程度が異なることが実験と解析により示されている。第 6 章は、結論で本研究を総括している。

パッケージエアコンについては、先行研究で行われた部分負荷試験の実験データを用いて、現行評価法と実験データから求まる APF が比較された。実験対象は、室内機と室外機が 1 台ずつ備わっている機種が 3 種類と、室外機 1 台に対して室内機が 4 台備わっている機種（ビルマル機）が 2 種類である。その結果、JIS 法(JIS B 8616:2006)から求まる APF の方が、部分負荷試験の結果から求まる APF よりも 5～26%大きかった。原因は低負荷域における COP 低下であった。次に 6 つの APF 評価法を考案し、50%負荷試験を含む 5 点を使い、最適化した  $C_D$  値を用いた評価法を新たな評価法として提案している。

GHP については、室外機 1 台に対して室内機が 4 台備わっている機種（冷房定格能力 56kW）4 台を対象として試験を行っている。部分負荷試験の結果から求まる APF を基準値とすると、JIS 法から求まる APF は、27～38%大きかった。この原因は、パッケージエアコンと同様に低負荷域での断続運転による COP 低下が大きかったからである。パッケージエアコンと同様に 6 つの評価法を考案し、50%負荷試験を含む 5 点の実験結果と、 $C_D$  値を 0.25 とした評価法が最適であるとの結論を得ている。

RAC も冷房定格能力が 4kW で、メーカーが異なる 3 機種について部分負荷試験を行っている。パッケージエアコンと GHP と同様に部分負荷試験の結果から求まる APF を基準値として JIS 法から求まる APF との偏差を計算した結果、偏差は+3~13%で、C<sub>D</sub> 値を部分負荷試験結果から求めると、0~0.64 と幅広い値を示すことを明らかにした。

さらに、C<sub>D</sub> 値の物理的な根拠を明らかにするため手動 ON-OFF 実験を行っている。この実験では圧縮機回転数を矩形に変化させた場合と、起動時に回転数を多くした後に、徐々に所定の値に戻した場合の 2 通りについて調べ、圧縮機回転数と発生する冷暖房能力の時間変化により C<sub>D</sub> 値は変化することが示されている。このことから、C<sub>D</sub> 値は起動時の制御方法によってある範囲の値を取り得ることを明らかにしている。

本研究では、パッケージエアコン、GHP、RAC の三つのヒートポンプ空調機を対象に部分負荷試験を行い、低負荷域での COP 低下を考慮した APF を定量的に評価している。C<sub>D</sub> 値についても定量的に考察し、その数値根拠について考察を行っている。パッケージエアコンと GHP に関しては、新評価法を提案し、基準 APF との偏差をパッケージエアコンでは平均 3%、GHP については平均 4%まで小さくできることを示している。

本研究の全般にわたって論文提出者が主体となって実験及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると判定する。