

ビル用マルチエアコンの APF 算定法の研究

66820 山本 圭一

指導教員 飛原 英治 教授

Energy consumption by almost all sectors is constantly increased. In particular, reduction of energy consumption of air conditioners is now essential. COP (Coefficient of Performance) of air conditioners is increased, but evaluation method of air conditioner doesn't correctly evaluate the actual situation. So the new evaluation method is suggested by earlier study. The new suggestion is related to PAC (Package Air Conditioner) which has an indoor equipment and an outdoor equipment. But it is not certain that the new suggestion is related to multi air conditioner for building which has an indoor equipment and some outdoor equipments. So we verify evaluation method of multi air conditioner for building.

Key words : COP, APF, JIS B 8616, evaluation of energy consumption, multi air conditioner

1 緒言

1.1 研究背景

世界的に温暖化などの環境問題がクローズアップされる中、工業製品の環境影響に対しても、その改善が大きく期待されている。特に冷暖房など冷凍空調機器が消費するエネルギーは、家庭部門で 29.7%、業務部門で 30.3%と大きな割合を占めており、より一層の省エネルギー化が望まれている。

1.2 研究目的

本研究ではエネルギー多消費型製品である冷凍空調機器に着目し性能試験を行い、現行の省エネルギー性の評価方法による評価と、実使用下における実測値を比較するとともに、実使用下での機器特性の検証を目的とした。また、それらの結果より、現状の評価法の問題点とその原因を探り、改善案として、新たな評価法の提案を試みる。

2 ビル用マルチエアコン性能試験

2.1 試験目的

室外機と室内機が 1 対 1 から 1 対複数になる時の影響の評価、および現状の評価法の問題点を探り、新たな評価方法の提案を試みることを目的とする。

2.2 条件・供試機

10 馬力のマルチエアコン・室内機 4 ユニット (冷房/暖房能力 : 28.0kW/31.5kW, 4 方向天井カセットインバータ型) を 2 機種用いた。

2.3 試験方法・項目

試験はある企業の協力を得て、空調機器実験室 (トンネル形空気エンタルピー法試験装置・一部, 平衡式室外熱量測定法試験装置を含む) で行った。試験室は、屋外の温湿度条件を模擬する室外側試験室と、空調対象室内を模擬する室内側試験室、および温湿度条件・負荷条件をコントロールする機器などを設置するスペースから構成されている。

試験内容は、JIS 規格により規定されている標準・低温試験 (圧縮機の周波数固定) のほか、定格能力の 15・30・50%にあたる熱負荷を室内側に投入する負荷試験をそれぞれ、建物負荷に対応する外気温度で試験を行った。この負荷試験については、4 つの室内機それぞれにかける負荷の組み合わせを変えて試験を行い、その影響を検証した。また、配管を長くしたときの影響をみるため、長配管 (約 90m) での試験を標準試験、負荷試験 (50%のみ) で行った。さらに標準試験と負荷試験での COP の乖離を検証するために条件 (冷房では SHF, 暖房では吹出し温度) を設定して標準試験を行った。試験点を Fig.1 に示す。(実線 : 外気温度における建物負荷, ● : 周波数固定試験, ○ : 周波数可変の負荷試験 (なりゆき運転))

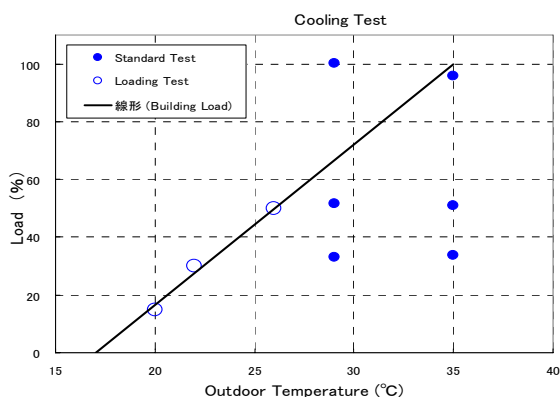


Fig.1 Cooling Testing Point

2.4 試験結果及び考察

2.4.1 標準試験と負荷試験の乖離について

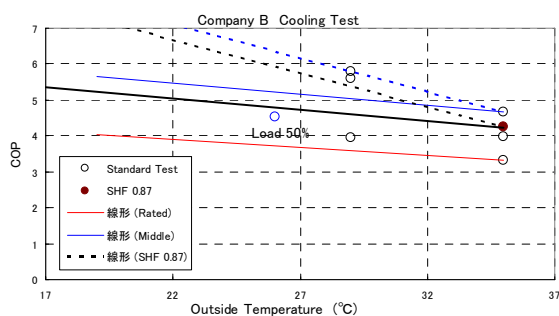


Fig.2 Cooling Loading Test and

Fig.2 では 35°C と 29°C の中間能力試験の結果を結んだ線を中間性能での COP と仮定したとき、35°C での条件付の試験結果を同じ傾きで低温域へ伸ばした場合の乖離を示した。JIS の温度係数をそのまま使用する場合(実線)には、標準中間試験と負荷 50%試験との乖離は縮まるが、JIS の温度係数を用いずに、35°C と 29°C の標準中間試験の結果を用いた場合(点線)には、COP の乖離はあまり縮まらないということが分かった。暖房についても標準中間性能と負荷 50%試験での COP で乖離が縮まらなかった。

標準試験と負荷試験との COP の乖離については、負荷試験での断続運転による COP の低下が主な原因と考えられる。実際の周波数の動きを Fig.3 で見ると分かるように、負荷試験では断続運転していることが分かる。これは、制御方法に問題がある部分(今回は室内機同士で室外機にかかる負荷を調整するような制御になっていないため)もあり、制御方法を改善することで、COP は改善が可能であると考えられる。

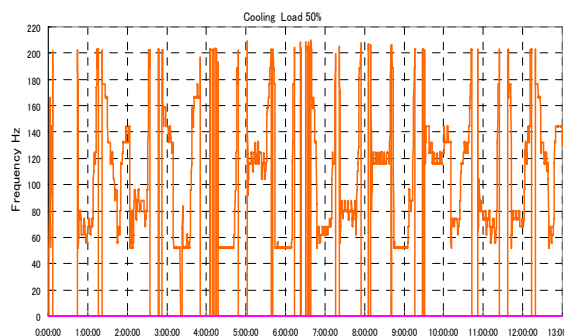


Fig.3 Frequency of Compressor

2.4.2 CD 値の設定について

中間能力が建物負荷に相当する温度が A, B 社ともに 26°C 付近であり、26°C 以下での建物負荷×発生時間の割合は 46.6% (Fig.3) と大きい値であり、26°C 以下を CD 値のみで評価してしまうのは CSPF を求める際、誤差が大きくなると考えられる。一方、最小能力が建物負荷に相当する温度が A 社は 23.5°C, B 社は 20.6°C であり、建物負荷×発生時間の割合は 23°C 以下が 23.5% であるのに対し、20°C 以下では 6.4% となり、割合としてかなり少なくなってくる。このことから、JIS のように中間能力から CD 値を用いるのではなく、最小能力から CD 値を用いるほうが CSPF を求める際、誤差が少なくなると考えられる。実際に CD 値によって CSPF がどう変わるかを計算した結果を Table1 に示す。表から分かるように、中間性能試験結果から CD 値を用いるより、最小性能試験結果から CD 値を用いた方が CSPF のバラツキが小さくなることが分かる。また、最小・中間能力運転の建物負荷に応じた外気温度を見ると、温度が低いほうが CD 値の影響を受けにくいことが分かる。

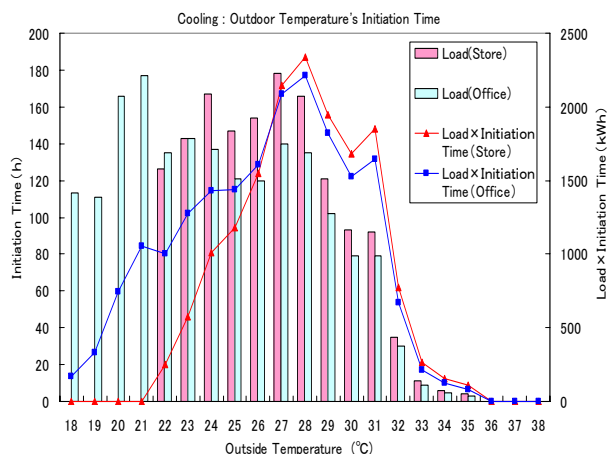


Fig.4 Outdoor Temperature's Initiation Time

Table 1 CSPF in changing CD

GSPF	At Middle Ability		At Least Ability	
	Co.A	Co.B	Co. A	Co. B
0	4.56	4.89	4.56	4.72
0.25	4.35	4.7	4.46	4.69
0.5	4.1	4.46	4.34	4.66
0.75	3.75	4.13	4.18	4.61
1	3.15	3.54	3.87	4.52
Temperature #	26.8	26.2	23.5	20.6

: Temperature correspond to Building Load

2.4.3 温度係数について

Table2にあるように能力の温度係数はいずれも規格値より高く、消費電力については規格値よりも低い値であった。このことから COP が上がる傾向にあるため、温度係数は見直すべきである。しかし、JIS の規定では、温度係数は室内機が 2 台の場合の数値であり、4 台の場合については規定していない。一般的には室内機の台数が増えると、COP が高くなる傾向があるため、今回室内機 4 台での試験で COP が上昇したのは、温度係数の変化の影響と室内機の台数による影響、それぞれどの程度影響があるのか試験してみる必要がある。

Table2 Cooling Temperature Coefficient

Ability	Standard Value	Calculated Value			average
		Co.A	Co.B		
Ability	Rated	1.015	1.049	1.062	1.055
	Middle	1.015	1.017	1.057	1.037
	Least		0.981	1.153	1.067
P.C.	Rated	0.94	0.903	0.893	0.898
	Middle	0.94	0.862	0.851	0.856
	Least		0.847	0.811	0.829

2.4.4 長配管による影響

冷房では標準・負荷試験ともに補正值とほぼ同じ値となったが、暖房では着霜領域で COP が低下した。これは除霜運転の頻度が多くなっていることが原因であると考えられるが、制御の改善により COP は改善可能であるため、長配管による影響は特に考慮する必要はない。

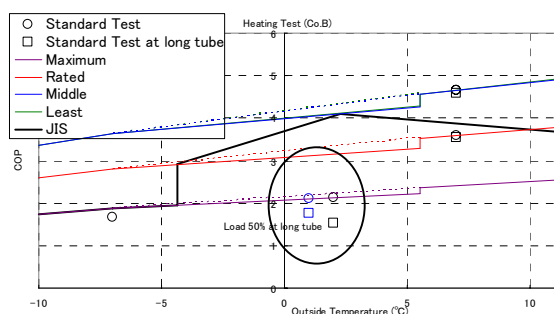


Fig.5 Heating Test

2.4.5 室内機の負荷配分による影響

Fig.5,6 に負荷のかけ方を変えたときの COP の値を示した。室内機の負荷配分を変えたときの影響は、平均負荷 30%については大きな変化は見られないが、平均負荷 15%については暖房・冷房ともに運転台数による影響を受けやすいという傾向が見られた、この傾向は機種によって原因が異なっていることから、一般的にこの傾向が見られるとは言い難い。室内機の台数変化による影響としては、暖房では台数が増えると COP も高くなる傾向があったが、冷房ではその傾向は見られなかった。これについても原因は機種によって異なるため一般的な傾向であるとは言い難い。

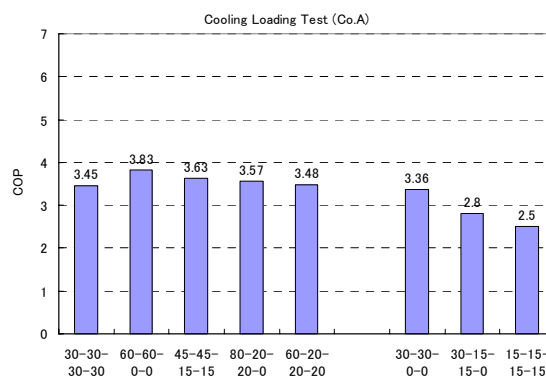


Fig.6 Cooling Loading Test (Co.A)

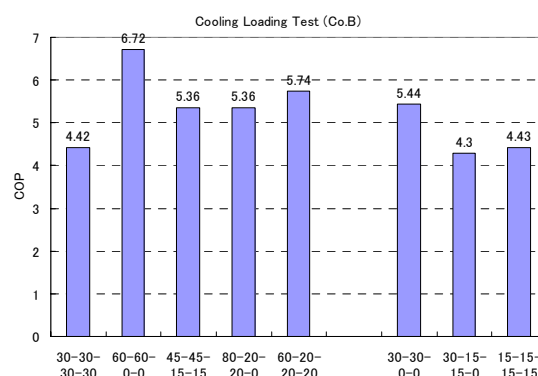


Fig.7 Cooling Loading Test (Co.B)

3 新たな評価法の提案

これまで、試験点は冷房 2 点 (35°C 標準定格・35°C 中間)、暖房 3 点 (7°C 標準定格・7°C 中間・2°C 低温最大 (除霜有)) から係数値を用いて他点を推測し、期間エネルギー消費効率を算出していた。しかし、中間能力以降の推定断続運転

域において、連続運転していた機種がある場合においても、大まかに一括で CD 値を用いてエネルギー消費効率を算出していたこと、また係数値も機種により実際の実験値とは異なっていた為、更に正確に推測・算出する為に試験点を増やし、最小能力試験点まで連続運転可能域として算出することを目的とし、新たな評価法を提案した。(下線が新たに追加された項目)

(a) **冷房試験** (実験値利用 3 点)

- ① 35°C標準定格能力試験
- ②28°C標準中間能力試験 (戸建店舗の場合)
- ③建物負荷に応じた外気温度における最小能力試験

(b) **暖房試験** (実験値利用 5 点)

- ① 7°C標準定格・15°C定格能力試験
 - ②7°C標準中間能力試験
 - ③建物負荷に応じた外気温度における最小能力試験
 - ④ 2°C低温最大能力試験 (除霜有・無)
- * 断続運転域 (最小能力運転の建物負荷に応じた外気温度以降) は CD=1 とする。

4 結論

試験結果より以下のことが分かった。

○JIS B 8616 (2006) にある温度係数 (外気温度の変化による能力や消費電力を表す係数) は試験条件数を減らし、効率よく APF を算出するために設定されたものだが、実際に試験した結果と異なり、現状の機種にあわせた係数設定、もしくは建物負荷を想定した外気温度での試験を行う方法が求められる。また、室内機が複数あるものについては、台数ごとに温度係数を変えるべきである。

○冷房、暖房共に、中間性能の COP から CD 値のみで評価するのは、APF 算出での誤差が大きくなる (特に暖房の場合) ので、APF 算出には最小試験結果を用いるべきである。

○条件付試験では負荷試験と標準試験との乖離を縮められない。この乖離については負荷試験の周波数の動きによるものであると考えられる。

○長配管による影響は、着霜領域において除霜運転の頻度が多くなるため、COP は低下する傾向があるが、制御の改善により COP は改善可能であるため、長配管による影響は特に考慮する必要はない。

○室内機の負荷配分を変えたときの影響は、平均負荷 30%については大きな変化は見られ

ないが、平均負荷 15%については暖房・冷房ともに運転台数による影響を受けやすいという傾向が見られた。この傾向は機種によって原因が異なっていることから、一般的にこの傾向が見られるとは言い難い。

新しい評価法の提案として以下のことを提案する。

●パッケージエアコンの実使用時の平均負荷率は 30%以下といわれているにもかかわらず、定格能力と中間能力の試験 (暖房は最大能力試験が加わる) を行い、50%以下の負荷率の運転性能を CD=0 と仮定して APF を算出するのは適切ではない。最小能力試験を加えるべきである。

●最小能力以下の断続運転域では、CD=1 とすることを提案する。攻めることにより、最小能力点をなるべく下げないように、機器を設計するというインセンティブが働き、実質的な省エネに貢献する。

●JIS B 8616 : 2006 では温度係数 (外気温度の変化による能力や消費電力の変化を表す係数) を多用して試験点数の削減を行っている。しかし、その係数は製品によってまちまちであるので、温度係数を用いなくてもよいような試験法に修正すべきである。すなわち、冷房の中間能力試験や最小能力試験はその能力と同じ建物負荷が出現する外気温度で試験すべきである。

参考文献

- (1) 日本規格協会 : JIS B 8616 (2006)
- (2) 日本冷凍空調工業会 : JRA4005 (2003)
- (3) 田中航祐 : 2001 年度修士論文
- (4) 渡辺なほ : 2003 年度修士論文
- (5) 伊藤麻美 : 2006 年度修士論文
- (6) 日本冷凍空調学会 : 「SI による上級冷凍受験テキスト」 (1997)
- (7) 廣田・渡邊・古川・永松、日本冷凍空調学会論文集 24-4 303 (2007)