

家庭用エアコン COP 簡易測定法の開発研究

DEVELOPMENT OF THE COP SIMPLE MEASURING METHOD FOR A HOUSEHOLD AIR-CONDITIONER

赤林伸一 —*1 坂口 淳 —*2
佐藤久遠 —*3 浅間英樹 —*4

Shin-ichi AKABAYASHI —*1 Jun SAKAGUCHI —*2
Hisato SATO —*3 Hideki ASAMA —*4

キーワード：
家庭用エアコン, 成績係数, 簡易測定法

Keywords：
Household air-conditioner, COP, Simplicity test method

The purpose of paper is to develop the simplified measurement technique of the coefficient of performance (COP) for the household air-conditioner. Furthermore, using the developed COP measurement technique, we measured COP of air-conditioner in five residences. We compared the result of a simple measuring method and a detailed measuring method, and the simple measuring method checked validity.

1. はじめに

我が国におけるエネルギー消費量のうち、住宅部門で消費されるエネルギーの割合は、全体の約14%を占め、室内の快適性の追求やIT化などにより住宅で消費されるエネルギーは今後更に増加すると予想される。住宅で消費されるエネルギーの中で、冷暖房によるエネルギー消費は相対的に多く、冷暖房機器の性能向上が重要であると考えられる。

家庭用エアコンの性能は、製品カタログに定格出力時の成績係数 (COP = エアコンの熱出力 / 消費電力) が表示されている。このCOPは消費電力の観点から性能を比較する際の目安になるが、家庭用のエアコンは定格出力で運転されているとは限らないため、定格出力時のCOPより家庭で消費されるエアコン消費電力を推定することは出来ない。このため、実使用時の運転状況に反映された新たな成績係数測定方法を整備が必要であると考えられる。

エアコンのCOP測定はカロリメータ型空気エンタルピー装置 (以下カロリメータ) と呼ばれる大掛かりな装置が用いられる。カロリメータは定格時の測定に適した方法であるが、実際の住宅に持ち込み、実使用時のエアコンのCOPを測定するためには不可能である。このため、実使用時のエアコンのCOPを測定するためには、カロリメータに代わる新たなCOP測定手法を開発する必要がある。本研究では家庭用エアコンに設置可能な吹出・吸込部の温湿度、コンプレッサ周波数、循環ファンインバータ周波数、消費電力量などの計測モジュールで構成されたCOP簡易測定システムを構築し、家庭用エアコンの実使用時のCOP測定法について検討を行う。

2. COPの簡易測定手法

2.1 測定手法の概要

家庭用エアコンの成績係数 (COP) は、日本工業規格 (JIS B 8615-1:1999) に規定されているカロリメータ型空気エンタルピー測定装置によって定格運

転時の測定が行われており、カタログに表示されている。住宅に設置されたエアコンは居住者によって比較的頻繁に運転状態 (設定室温等) が調整されるため、エアコンの電力消費量や運転状況、COPの実態を明らかにするためには、エアコンに取り付け可能な簡易測定手法の開発が必要である。

エアコンの熱出力は、エアコン吹出部と吸込部の湿り空気のエントルピーの差から求めることが出来る。このため、家庭用エアコンに着脱可能な吹出・吸込部の温湿度、吹出・吸込部の風量とエアコン消費電力量を計測するモジュールを開発し、実使用時のCOPを測定することを検討する。図1にCOP簡易測定システムの概要を示す。表1に測定システムを構成する計測モジュールの仕様を示す。

実験はA社カロリメータ試験室で行い、JIS B 8615を参考に冷房、暖房それぞれ室内温湿度、外気温湿度を設定し、カロリメータによる吹出乾球温度、湿球温度、吹出風量、エアコン能力、消費電力を記録する。又、エアコンに設置した簡易測定システムから吹出・吸込温湿度、循環ファンインバータ

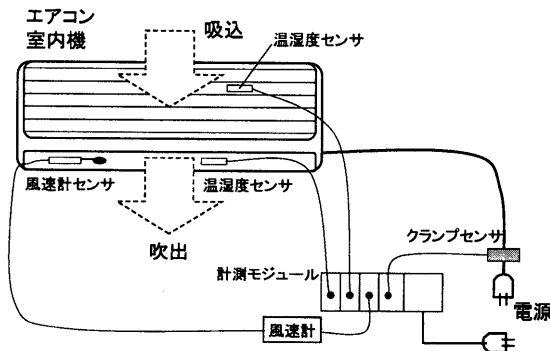


図1 測定システムの概要

*1 新潟大学大学院自然科学研究科 教授・工博
(〒950-2181 新潟市五十嵐2の町8050)
*2 県立新潟女子短期大学 助教授・博士(工学)
*3 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生
*4 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

*1 Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.
*2 Assoc. Prof., Niigata Woman's College, Dr. Eng.
*3 Graduate Student, Graduate School of Niigata Univ.
*4 Graduate Student, Graduate School of Niigata Univ.

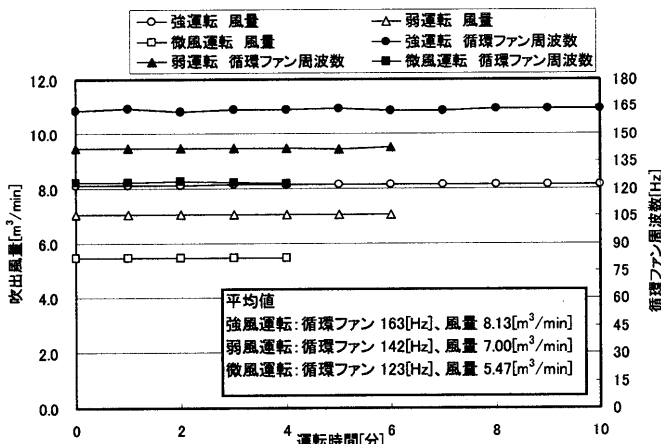
周波数、コンプレッサーインバータ周波数、消費電力、室温湿度、外気温湿度を1分ごとにサンプリングする。エアコンの熱出力は、エアコン吹出、吸入空氣のエンタルピーの差に吹出風量を掛けて算出する。

2.2 吹出風量の測定

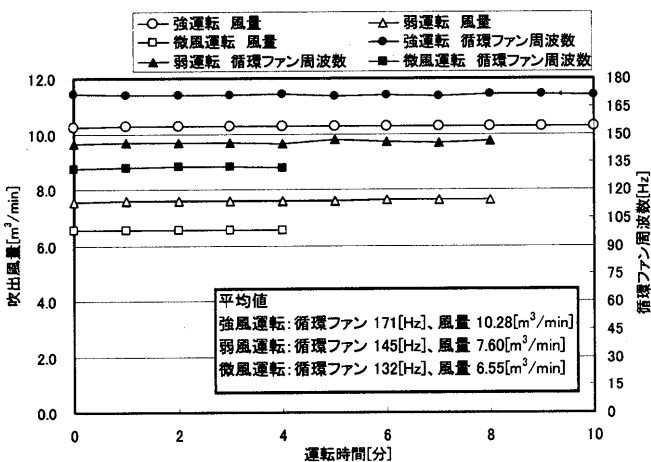
簡易測定法では吹出風量を吹出部に設置した風速計または循環ファンインバータ周波数から算出する必要がある。カロリーメータで検討したエアコンには循環ファンインバータ周波数の出力があるため、循環ファンインバータ周波数より吹出風量を測定することを試みる。対象としたエアコンの運転モードは強運転、弱運転、微風運転があり、それぞれ運転時の吹出風量が不明なため、カロリーメータで測定した吹出風量と循環ファンインバータ周波数の関係を明らかにする。図1に、それぞれの風量で冷房、暖房運転を行い、定常に達した

表1 計測モジュールの概要

モジュール名	主な仕様
温度湿度モジュール (エアコン吹出、吸入温度を測定)	温度 -40.0~85.0 °C (測定分解能:0.1°C) 湿度 0.0~100.0%rh (測定分解能:0.1%rh) 測定精度: 温度 0.0~35.0 °C ±0.5 °C 湿度が0°Cのとき 40% ±6%, 70% ±8%, 90% ±10% 湿度が20°Cのとき 40% ±5%, 70% ±6%, 90% ±8%
直流電圧モジュール (吹出部に設置した風速計の出力を測定)	測定レンジ 電圧: ±50 mV/±500 mV/±5V/±50 V 測定精度 フルスケールの±0.3%
パルスモジュール (エアコンの吹出ファン回転数を測定)	パルス幅12.5 ms以上、パルス間隔25 ms以上
電力モジュール (エアコンの消費電力を測定)	測定精度: 電流 フルスケール(50A)の±1.9% 電圧 フルスケール(200V)の±1.0%



(1) 冷房時の測定結果



(2) 暖房時の測定結果

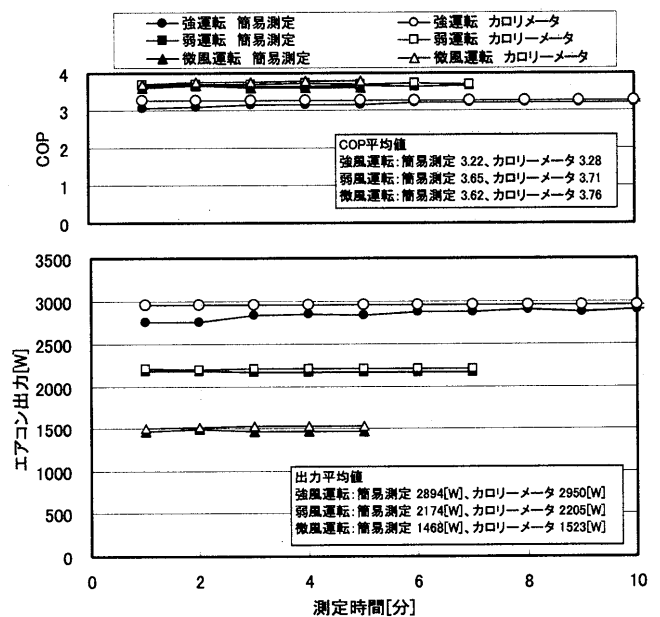
図1 吹出風量と循環ファン周波数測定結果

時点からのカロリーメータの風量と循環ファン周波数の結果を示す。吹出風量はそれぞれの運転モード(強、弱、微風)で、ほぼ一定であるため、COPの計算ではインバータ出力に対してそれぞれ1つの吹出風量を与えて算出する。

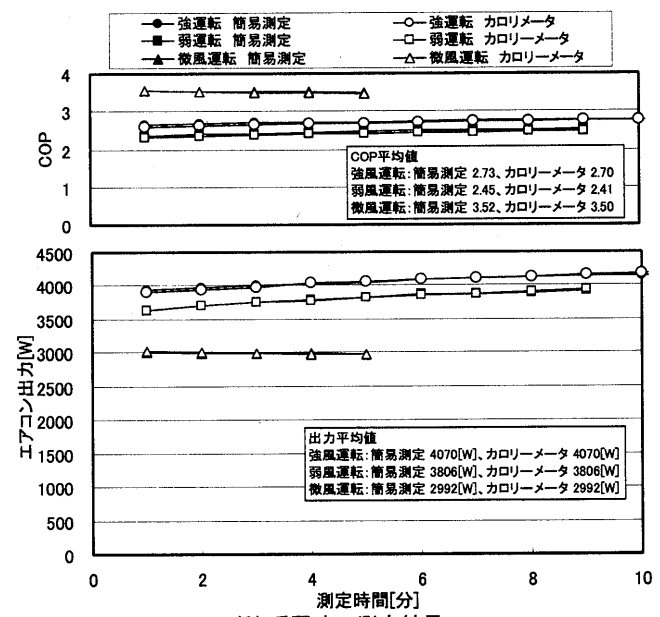
2.3 カロリーメータとの比較

(1) 定常時の測定結果

定常時の冷房、暖房運転時の吸入、吹出の温湿度、空気エンタルピーの差、吹出風量を簡易測定装置で測定し、カロリーメータで測定した値と比較する。図2に冷房時および暖房時のカロリーメータで測定したエアコン出力と簡易測定法のエアコン出力の時間変化を示す。冷房時、暖房時ともに両者は良く一致しており、最終的に求めたいCOPも正確に測定することが可能であると考えられる。



(1) 冷房時の測定結果



(2) 暖房時の測定結果

図2 エアコン出力とCOP出力

(2) 非定常時の測定結果

室内機の設置してある試験室の温度をエアコンの設定温度より冷房時には高く、暖房時には低く設定し、試験室の温湿度をコントロールしている空調機を停止後、室温がエアコン設定室温となるまでエアコンを運転した時の非定常状態の測定を行う。エアコンの出力は、室温が設定室温に近づくにつれて徐々に小さくなり、エアコン設定室温となるとエアコンは停止する。測定結果を図3に示す。カロリーメータで測定したエアコン出力と、簡易測定によるエアコン出力の結果は、冷房、暖房時とも相関は高く、両者は良く一致している。

3. 実際に使用されているエアコンのCOP測定結果

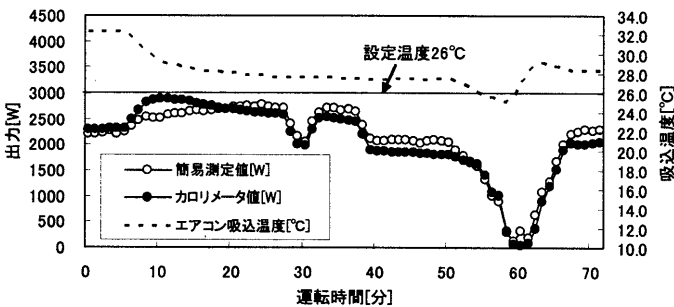
カロリーメータで検証を行った測定システムを住宅に設置し、測定システムのエアコン取り付け方法を確認するとともに、実使用時の家庭用エアコンのCOPの実態を明らかとする目的で表2に示す住宅を対象に測定する。測定方法は2章同様に吹出・吸込温湿度、吹出風速、消費電力を1分ごとにサンプリングする。写真1に設置時の状況を、写真2に計測システムを示す。住宅Aでは室内機循環ファン回転数より吹出風量を算出し、住宅B～Eでは設置時に吹出風速とエアコンの運転状態の関係を明らかとし、吹出風速によりエアコンの運転状況を判定し、メーカー設定風量を推定する。COPの算出は以下の式で行い、計算は1分間毎に測定した瞬時値を用いて計算する。

$$C = \frac{AQ}{E} \quad \dots(1)$$

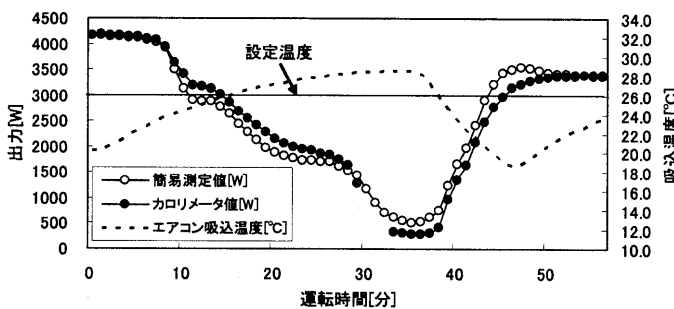
C: エアコンのCOP[-] Q: エアコン吹出風量[kg/s]
 A: エアコン吹出・吸込空気のエンタルピー差[J/kg]
 E: エアコン消費電力量[W]

3.1 カタログCOPと実使用時におけるCOPの関係

表3に各住宅における実使用時の平均COPとメーカーカタログに表示されて



(1) 冷房時の測定結果



(2) 暖房時の測定結果

図3 非定常時のカロリーメータ値と簡易測定値

いるCOPを示す。実使用時COPとカタログのCOPには相違が見られる。特に、住宅Bの冷房時においてはカタログCOPに比べ実使用時COPが約2倍、住宅Cの暖房時においてはカタログCOPに比べ実使用時COPが約1/3となり、大きな差がある。

また、住宅A, B, Cのエアコンは、カタログCOPは冷房時と暖房時でほぼ同様のCOPの値となっている。しかしながら、本研究で行った実使用時COPは冷房時の場合が暖房時に比較して相対的に高い数値を示している。

表2 対象住宅の概要

	所在地	建築年	床面積	定格暖冷房出力	定格電力消費量
住宅A	新潟市	1996年	150.0㎡(居住部分)	冷房:2.8kW 暖房:4.0kW	冷房:560W 暖房:810W
住宅B	新潟市	2002年	117.5㎡	冷房:2.2kW 暖房:3.2kW	冷房:380W 暖房:555W
住宅C	新潟市	2002年	178.2㎡	冷房:2.8kW 暖房:4.0kW	冷房:480W 暖房:670W
住宅D	新潟市	2002年	130.8㎡	冷房:5.0kW 暖房:6.7kW	冷房:1635W 暖房:1745W
住宅E	新潟市	2001年	241.8㎡	冷房:2.8kW 暖房:4.0kW	冷房:495W 暖房:680W

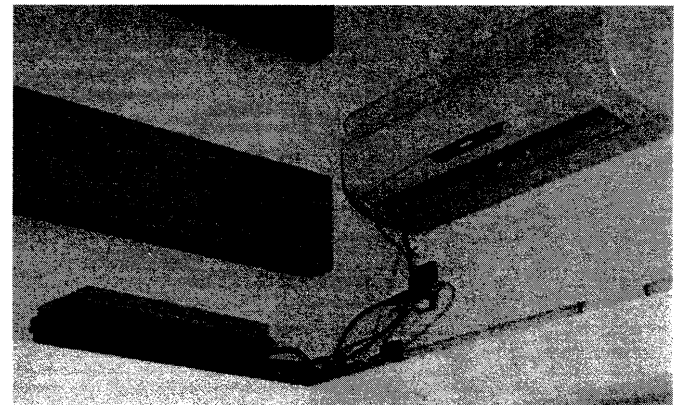


写真1 計測システム設置状況

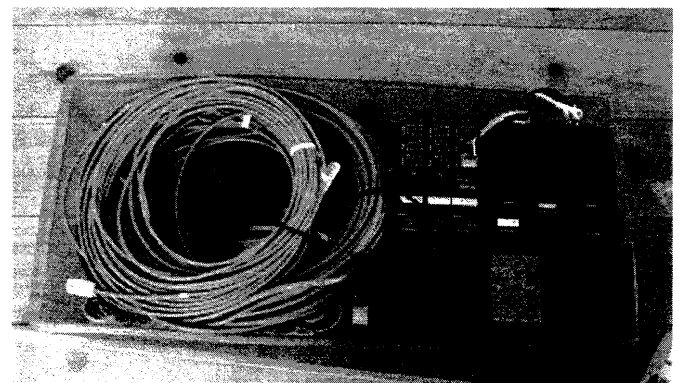


写真2 計測システム

表3 実使用時平均COPとカタログCOP

	運転状態	測定日	実使用時平均COP	カタログCOP
住宅A	冷房	8/1~9/30	6.61	5.00
	暖房	10/1~4/30	2.94	4.94
住宅B	冷房	9/11~9/15	10.90	5.79
	暖房	12/20~12/24	6.70	5.77
住宅C	冷房	9/2~9/5	5.53	5.83
	暖房	12/5~12/8	1.82	5.97
住宅D	冷房	8/26~8/31	2.89	3.06
住宅E	暖房	11/14~11/17	4.00	5.88

3.2 実使用時の冷房時COPと暖房時COPの関係

住宅Aにおける冷房時の測定結果を表4に、暖房時の測定結果を表5に示す。住宅Aは夏季及び冬季に連続して測定しているため、ここでは代表日のみの結果を示す。運転時間は、1回の運転開始から終了までの連続運転時間である。

表4 冷房時のCOP測定結果 (住宅A)

	運転時間	積算電力消費量 [Wh]	積算エアコン熱出力 [Wh]	平均COP	平均外気温度 [°C]	平均外気湿度 [%]	平均室内温度 [°C]	平均室内湿度 [%]
8/9	11時間00分	1581	8133	5.14	24.6	90.8	25.1	69.1
8/16	6時間49分	1110	7854	7.08	22.8	70.4	25.6	61.7
8/24	11時間22分	1835	10596	5.77	26.1	84.6	25.1	65.4

表5 暖房時のCOP測定結果 (住宅A)

	運転時間	積算電力消費量 [Wh]	積算エアコン熱出力 [Wh]	平均COP	平均外気温度 [°C]	平均外気湿度 [%]	平均室内温度 [°C]	平均室内湿度 [%]
12/18	10時間54分	2758	8157	2.96	4.5	93.8	26.4	39.0
12/21	13時間24分	3448	10673	3.10	4.4	92.0	26.4	39.0
12/22	10時間48分	2515	7839	3.12	10.3	86.0	26.4	41.9

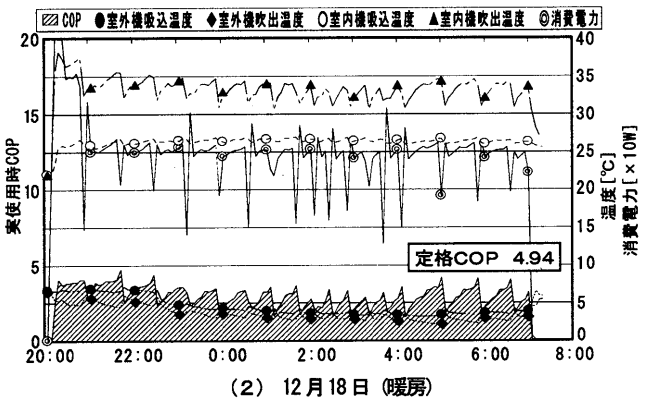
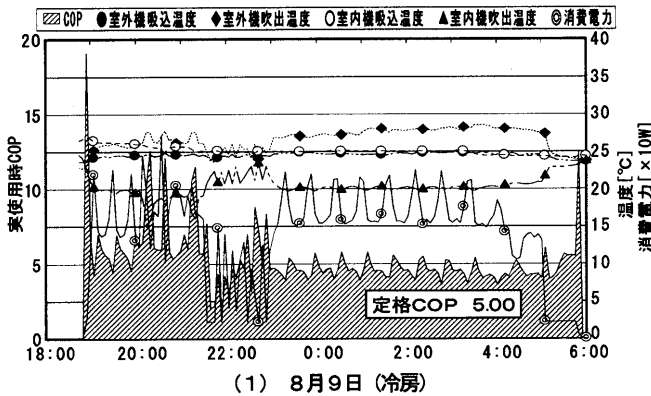


図4 COP、消費電力、室内外機の吹出・吸込温度の時間変化

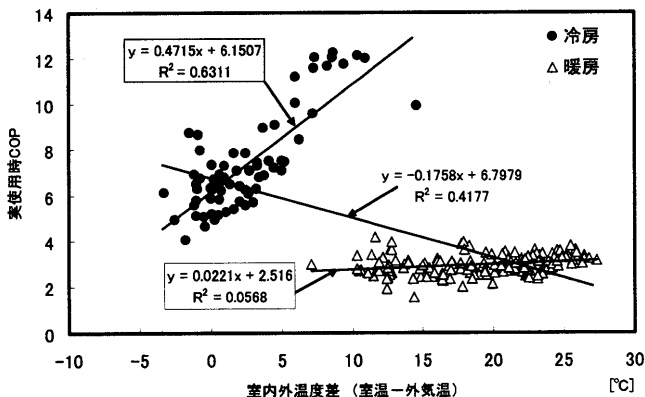


図5 室内外温度差とCOPの関係 (住宅A)

り、積算電力消費量、積算エアコン熱出力、平均COP、および各平均湿度は、その連続運転時間内における積算値、平均値である。

積算エアコン熱出力がどちらも約8100Whである8月9日と12月18日を比較すると、積算電力消費量がそれぞれ1581Wh、2758Whと大きな相違が見られる。同様に、住宅Aにおける8月16日と12月22日、8月24日と12月21日を比較すると、同程度のエアコン熱出力に対し、積算電力消費量が大きく異なっている。

図4に住宅AにおけるCOP、消費電力および室内外機の吹出・吸込温度の時間変化を示す。冷房時お運転開始後約4時間まではCOPが高く、変動も大きい。その後はほぼ一定の値を示す。暖房時のCOPは終始ほぼ一定であり、冷房時より低い値を示す。

3.3 室内外温度差と実使用時COPの関係

図5に住宅Aにおける室内外温度差と実使用時COPの関係を示す。室内外温度差は、室内機吸込温度から室外機吸込温度を引いた値である。室内外温度差が大きくなるにつれてCOPが大きくなる傾向が見られるが、相関係数は冷房時が0.631、暖房時が0.0568程度であり暖房時の相関が低い。これは、室内外温度差が大きくなると負荷が増加し、エアコンがON-OFF運転から連続運転になる為と考えられる。また、夏季に比べて冬季は内外温度差が大きいため、暖房時と冷房時には明確なCOPの差が見られ、冷房時のCOPが暖房時に比較して高い結果となっている。

4. まとめ

本報では、住宅内で使用するエアコンの実使用時の成績係数 (COP) を測定する、簡易測定手法を開発した。さらに開発したCOP簡易測定手法を用い、家庭用エアコンに取り付け、住宅5棟を対象に夏季冷房時および冬季暖房時の実使用時COPを測定した。

まとめは以下の通りである。

- ① カロリーメータによる詳細測定と本研究で開発した簡易測定法の比較実験を行い、両者の結果は良く一致していることを確認した。
- ② メーカーカタログによるCOPと実使用時COPには大きな差が見られる。住宅A, B, Cでは、カタログCOPは冷房時と暖房時で差が殆どないのに対し、実使用時COPは冷房時の場合が暖房時に比較して極めて高くなっている。
- ③ 冷房時のCOPは暖房時に比較して、変動が大きい。

謝辞

本研究の一部は、国土交通省、東京電力、中部電力、関西電力、九州電力から委託を受け、(社)日本建築学会学術委員会「住宅内のエネルギー消費に関する全国的調査研究委員会 (委員長: 村上三慶 慶應義塾大学教授)」の活動の一環として実施したものである。また、本研究を行うに当たり居住者の方々の協力を得ました。関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 坂口淳, 赤林伸一, 佐藤久遠: 家庭用エアコンの実使用時における成績係数に関する研究 その1 簡易測定法の概要とカロリーメータ測定装置との比較検証, 日本建築学会北陸支部研究梗概, 2004年
- 2) 日本規格協会: エアコンディショナ 第1部 直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ 定格性能及び運転性能試験法 JIS B 8615-1: 1999, 1999年
- 3) 韓相牧, 森祐美子, 佐藤春樹: 住宅内における家庭用エアコンの消費電力量測定, 日本建築学会学術講演梗概集, 2003年

[2005年4月20日原稿受理 2005年7月22日採用決定]