

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24656333

研究課題名(和文)住宅用エアコンの実使用時の成績係数に着目した最適設計法の開発

研究課題名(英文) Study on development of best selection method for domestic air-conditioner focused on coefficient of performance in use

研究代表者

赤林 伸一 (Akabayashi, Shin-ichi)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：70192458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、外気温、暖冷房負荷が調整可能な簡易カロリーメータを製作し、外気温度・暖冷房負荷毎の実使用時の成績係数(COP)を詳細に測定しCOPマトリックスデータベースを構築する。更に、戸建住宅モデルを対象に地域条件を変化させて熱負荷計算を行い、COPマトリックスデータにより1時間毎のCOPを算出し年平均COPを求める。年平均COPとカタログAPFを比較し、地域条件、熱負荷条件による家庭用エアコンの機器特性を明らかにする。エアコンの処理風量を一定としたCOP測定方法により、風量別COPマトリックスを測定し、外気温、暖冷房負荷毎に最も高いCOPを選択することで風量合成COPマトリックスを作成した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a simple calorie meter to carry out temperature adjustment, and used it in analysis of the relationships among COP, heating and cooling load and outside air temperature. We constructed "COP MATRIX" using a database of the measurement results. Heat load calculation was performed for detached housing model of the residential standard model of the Architectural Institute of Japan. Annual COP was calculated from the result of heat load by collation with the computed COP matrix, which was measured by the outside air temperature each time for the standard meteorological data. COP matrixes divided by supply flow rate of air conditioner are measured by COP-measuring method which controls quantity of passing air of air conditioner constantly. Compositd COP matrix is constructed by comparison of COP matrixes divided by supply flow rate.

研究分野：建築都市環境工学

キーワード：住宅用エアコン 最適選定法 COPマトリックス COP測定法

1. 研究開始当初の背景

日本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 14%^(文1)を占め、室内の快適性の追求や新たな家庭製品の普及等により住宅のエネルギー消費量は、今後、更に増加すると予想されている。住宅のエネルギー消費では暖冷房によるエネルギー消費割合が多く、省エネルギーを図るためには住宅の断熱・気密性能の向上とともに、暖冷房機器の性能向上が必要である。特にヒートポンプにより暖冷房を行うエアコンでは、外気温と暖冷房負荷に応じて機器の成績係数(COP)が大きく変化するため、建物の熱負荷特性に応じた機種を選定が極めて重要である。

家庭用エアコンは省エネ法に基づくトップランナー方式により機器効率が年々高まってきている。現在の機種選定では6畳用・10畳用等の機種のラインナップの中から設置する部屋の大きさ(畳数目安)のみで機種が選定されていることが多い。その際、機種選定の基準となる部屋の単位床面積当たりの暖冷房負荷値は1964年から改正されておらず、現在エアコン選定の際に用いられる畳数目安は、断熱性能が極めて低い住宅が基準となっている。そのため、断熱化された住宅では過大な暖冷房能力を持った機種が選定され、実使用時には暖冷房期間の多くの時間でCOPの悪い部分負荷運転あるいはON-OFF運転している状況にあり、省エネルギーの面では極めて大きな問題となっている。

2. 研究の目的

本研究では住宅用エアコン最適選定のために必要となる、外気温・暖冷房負荷毎の実使用時の成績係数(COP)を詳細に測定し、実使用時のCOP、外気温湿度、運転状態のデータベースを構築する。外気温、暖冷房負荷が自由に調整可能な簡易カロリメータを製作し、外気温、暖冷房出力とCOPの関係を明らかにし、COPマトリックスデータベースの作成を行う。更に、戸建住宅モデルを対象に地域条件を変化させて熱負荷計算を行い、作成したCOPマトリックスデータと照合することにより、1時間毎のCOPを算出し、年平均COPを求める。年平均COPとカタログAPFを比較し、地域条件、熱負荷条件による家庭用エアコンの機器特性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 簡易カロリメータの概要

表1に実験対象のP社製エアコン5台の仕様を、図1に簡易カロリメータの概要を示す。簡易カロリメータは、室内側チャンバーは3m(幅)×3m(奥行き)×2.7m(高さ)、室外側チャンバーは一辺が2mの立方体とし、壁体は厚さ60mmの高性能断熱材(熱伝導率:0.024W/m・K)と構造用合板で構成されている。各チャンバー内には温度調整用空調機(冷凍倉庫用クーラー(最低吹出温度-15℃)

とヒーター(最大出力10kW))を設置し、温度を制御することで暖冷房負荷及び外気温を任意に変化させることが可能である。

表1 実験対象のP社製エアコン5台の仕様

メーカー	性能							室内機サイズ		室外機サイズ		質量		電源		
	冷房定格能力 [kW]	冷房定格消費電力 [W]	冷房COP [-]	暖房定格能力 [kW]	暖房定格消費電力 [W]	暖房COP [-]	APF [-]	幅 [mm]	高さ [mm]	幅 [mm]	高さ [mm]	内 [kg]	外 [kg]			
P社	2.2	395	5.6	2.5	420	6.0	7.2	612			619		15.0	38.0	100	
	2.8	585	4.8	3.6	710	5.1	7.0	802			799		14.0	39.0		
	4.0	1,010	4.0	5.0	1,025	4.9	6.7	1,196	798	287	295	299	619	43.0		200
	5.6	2,190	2.6	6.7	1,720	4.0	5.6	2,004								
	7.1	2,990	2.4	8.5	2,630	3.2	4.9	2,903								

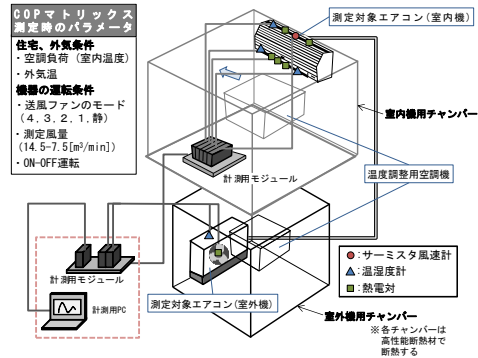


図1 簡易カロリメータの概要

(2) 家庭用エアコン COP 測定方法

① 風量自動に設定した場合の COP 測定 (測定方法①)

吸込・吹出空気の時湿度を測定するため、時湿度センサー(HIOKI社製)を実験対象エアコンの室内機の吸込口に時湿度センサーとサーミスタ風速計を1点ずつ、吹出口に時湿度センサーを2点設置する。エアコンの処理風量は予備実験により、吸込口風速と吹出風量の回帰式を算出することで吸込口風速から処理風量を求める。又、室外機の吸込口には時湿度センサーを1点設置し、この点の温度を外気温とする。更に、実験精度を検討するため、室内機吸込口に2点、吹出口に3点ずつ熱電対を別途設置する。測定間隔は1[s]とし、COP算出の際は室内機吹出温度は時湿度センサーと熱電対で計測した値の1分間の平均値を用いる。

② 風量を一定に制御した場合の COP 測定 (測定方法②)

図2に表1の家庭用エアコン(冷房定格能力:2.8[kW]、暖房定格能力:3.6[kW])を風量3に設定した場合の暖房通常運転時の実測値を示す。エアコンは通常運転しており、風量設定は変更させていないにもかかわらず、処理風量が勝手に変化する。この現象は、表1に示す測定を行った全ての機種において、また送風ファンの全ての風量設定(4~1、静)の暖冷房運転時に生じる。

図3に設定風量を3に設定した場合の暖冷房出力とCOP及び風量の関係を示す。風量の変化に応じ、同じ出力の場合でも異なるCOPが測定される。そこで本研究では、補助

ファンによりエアコンの処理風量を一定に制御し測定する方法（測定方法②）を用いて風量別に暖冷房出力と COP の関係を明らかにする方法を検討する。測定方法②の測定装置の概要を図4に示す。測定方法②では測定対象エアコン室内機吹出口の寸法に合わせて作成した亜鉛引き鉄板のアタッチメントを設置し、フレキダクトで気密性能測定装置に接続する。更にシロッコファンを風量測定装置の先に直列に接続し、処理風量を風量測定装置で計測し、気密性能測定装置のファン及びシロッコファンで風量を段階的に制御する。エアコンの風量設定は風量4とする。

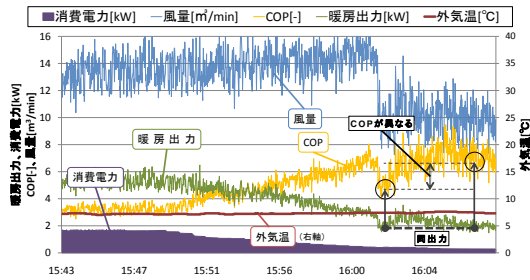


図2 家庭用エアコンの暖房通常運転時の実測値
(冷房定格能力：2.8[kW]、暖房定格能力：3.6[kW]、
風量設定3)

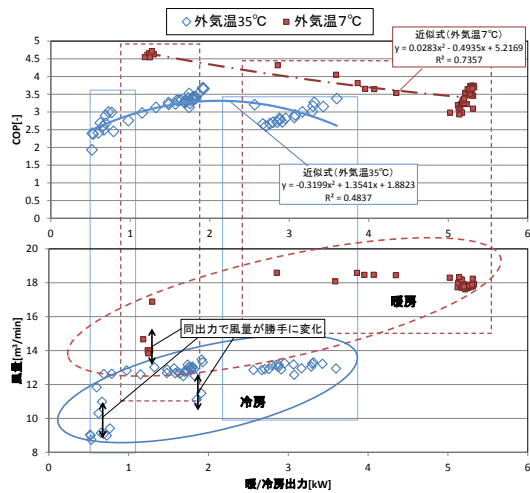


図3 暖冷房出力と COP 及び風量の関係
(風量設定3)

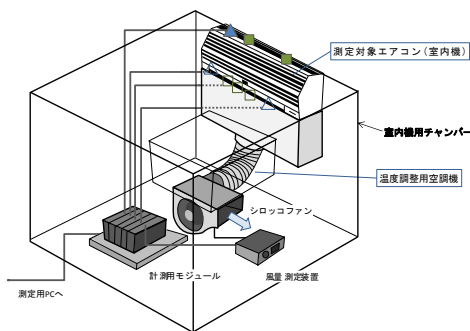


図4 測定方法②の測定装置の概要

(3) COP 測定条件

表2に測定条件の概要を示す。エアコンのCOP測定は、家庭用エアコンCOP簡易測定法^{文2)}により行う。測定対象エアコンの風量設定は風量4及び風量自動とし、暖冷房通常運転時を測定対象とする。外気温(冷房時：24～38[°C]、暖房時：-2～15[°C])、暖冷房負荷(室内機チャンバー空気温度)を変化させて、エアコンの吸込・吹出口の温湿度より各点のエンタルピーを算出し、吸込・吹出口のエンタルピー差を求める。処理風量に空気密度を乗じた重量流量にエンタルピー差を乗じて、暖冷房出力を算出する。暖冷房出力を測定した電力消費量で除すことでCOPを算出する。

表2 測定条件の概要

	エアコン設定温度 [°C]	風量設定	風量 [m³/min]	空調負荷(室内温度) [°C]	外気温 [°C]
冷房	28	4	14.5	40~27	24~38
			13		
			11.5		
			10		
			7.5		
		自動	-		
暖房	22	4	14.5	0~23	-2~15
			11.5		
			10		
			8.5		
			-		
		自動	-		

(4) COP マトリックスの作成方法

風量自動に設定した場合のCOP測定(測定方法①)と風量を一定に制御した場合のCOP測定(測定方法②)より各外気温、暖冷房出力とCOPの関係を測定し、COPマトリックスの作成を行う。測定結果から外気温0.1°C、出力0.1kW毎にCOPをマトリックス内にプロットする。測定結果が無い条件は周囲の値から回帰式を求め、補間を行う。

(5) 風量合成 COP マトリックスの作成方法

測定方法②によって作成した風量別COPマトリックスを対象に暖冷房運転時におけるCOPマトリックスの比較を行う。外気温・出力毎にCOPが最も高い値を選択することで新たなCOPマトリックス(風量合成COPマトリックス)を作成する。

(6) 年平均 COP の算出方法

表3に熱負荷計算の条件を示す。解析対象エアコンは冷房定格能力4.0[kW]、暖房定格能力5.0[kW]である。対象地域は札幌、仙台、東京、長野、名古屋、新潟、京都、大阪、神戸、広島、高知、福岡、那覇とし、気象データは日本建築学会拡張アメダス気象データとする。対象モデルは日本建築学会標準住宅モデルを用い、LDKをZONE A(27.72m²：約17畳)、和室をZONE B(13.07m²：約8畳)とし、空調対象ZONE Aとした場合とZONE A+Bとした場合の2つの条件について熱負荷計算を行う。算出した熱負荷と各時刻の外気温をCOPマトリックスと照合することで、各空

調室に実験対象エアコンを設置した場合の1年間のCOPを1時間毎に算出する。本解析で対象とするCOPマトリックスは風量自動と風量合成COPマトリックスとする。

表3 熱負荷計算の条件

項目	設定	備考	
冷房設定温度[°C]	27		
冷房設定湿度[%]	50		
暖房設定温度[°C]	20		
暖房設定湿度[%]	50		
暖冷房期間	冷房	日平均外気温が22°C以上となる3回目の日から、日平均外気温が22°C以上である最終日より3日前の日まで	JIS C 9612条件
	暖房	日平均外気温が14°C以下となる3回目の日から、日平均外気温が14°C以上である最終日より3日前の日まで	JIS C 9612条件
暖冷房負荷発生条件	冷房	冷房期間の中で外気温が24°C以上	JIS C 9612条件
	暖房	暖房期間の中で外気温が17°C以下	JIS C 9612条件
空調方式	時間別空調	6:00-23:59	
人員数	3人	父、母、子1人	
対象住宅モデル	日本建築学会熱負荷計算用標準問題モデル	次世代省エネ基準と JIS C 9612条件の中間条件 (目標値: 最大暖房負荷275W/m ²)	
設置エアコン定格能力[kW]	冷房	4.0	カタログ目安: 本道11畳、18m ²
	暖房	5.0	カタログ目安: 本道11畳、18m ²

4. 研究成果

(1) 暖冷房出力と COP の関係

暖冷房出力と COP の関係は、測定結果を精度良く再現するため6次曲線で近似を行う。図5に測定方法②による通常運転時の暖房出力と COP の関係を示す。暖冷房出力が約1.5[kW]以下で、エアコンはON-OFF運転となる。暖房時では出力の約2.0~3.5[kW]の範囲でCOPは最高になり徐々にCOPが低下する。

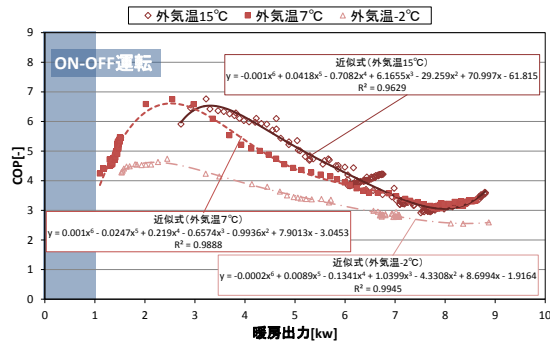
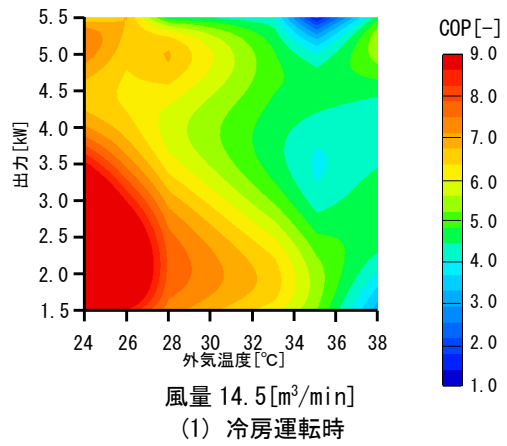


図5 測定方法②による通常運転時の暖冷房出力とCOPの関係

(2) COP マトリックス測定結果

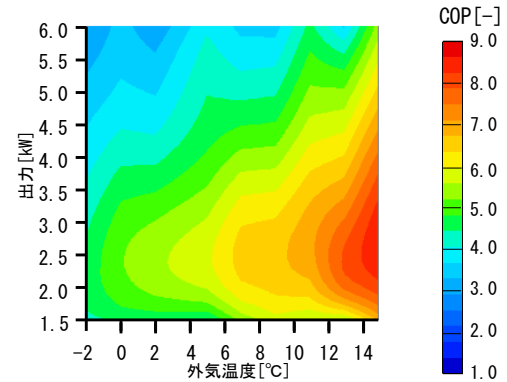
① 処理風量別 COP マトリックス

図6に測定方法②による暖冷房時の処理風量別COPマトリックスを示す。冷房時の処理風量別COPマトリックスでは、出力が1.8~2.5[kW]で、外気温28[°C]以下の場合にCOPは最高になり、出力が約3.5~4.3[kW]の範囲で上昇するに従ってCOPが低下する。出力が約4.3[kW]以上では、出力が上昇する程COPは再び高くなる。また、暖房時の出力が2.5~3.0[kW]では、外気温15~12[°C]の範囲でCOPが高く、外気温が上昇するに従ってCOPが上昇する傾向がある。出力が約3.0[kW]以上になると、外気温が低くなる程COPは低下する。



風量 14.5[m³/min]

(1) 冷房運転時



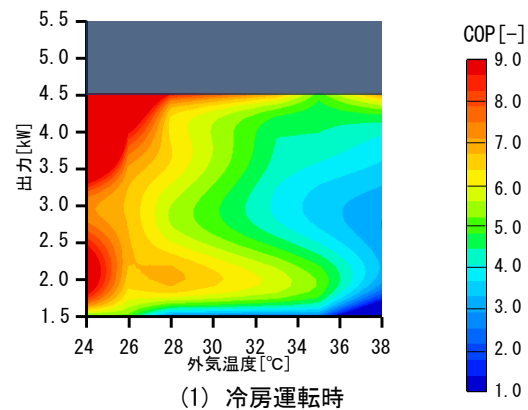
風量 14.5[m³/min]

(2) 暖房運転時

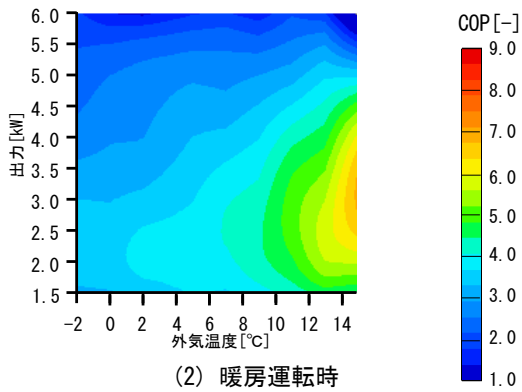
図6 測定方法②による暖冷房時の処理風量別COPマトリックス

② 風量自動のCOPマトリックス

図7に測定方法①による風量自動のCOPマトリックスを示す。風量自動運転時では、処理風量別COPマトリックスとほぼ同様の特徴が見られるが、冷房時では出力が低下すると、COPも顕著に低下する。また出力が3.5~4.5[kW]、外気温28[°C]以下でCOPが高くなる範囲がある。暖房時では、比較的少ない風量(8.5[m³/min])に類似したCOPマトリックスとなる。



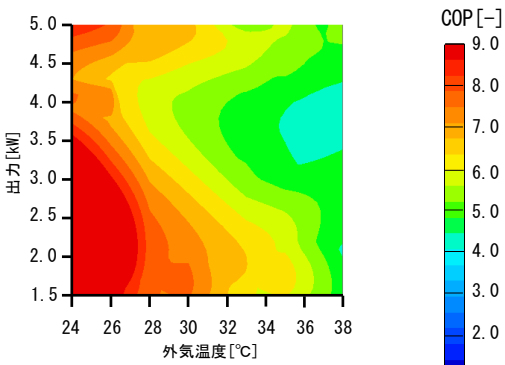
(1) 冷房運転時



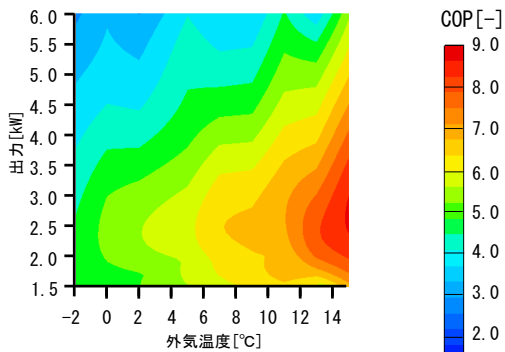
(2) 暖房運転時
図7 測定方法①による風量自動の COP マトリックス

(3) 風量合成 COP マトリックス

図8に風量合成 COP マトリックスを示す。風量合成 COP マトリックスは風量別 COP マトリックスの結果と全体的には同様の傾向があり、冷房時は外気温が低い方が COP が高く、暖房時は外気温が高く出力が低い方が COP が高くなる。



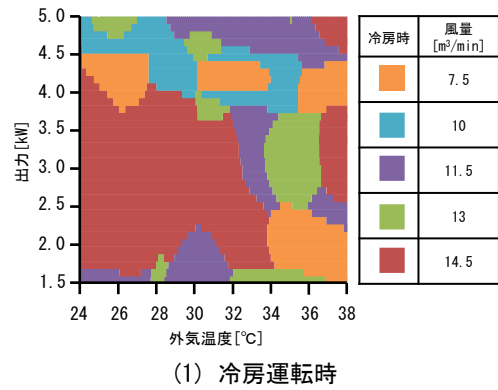
(1) 冷房運転時



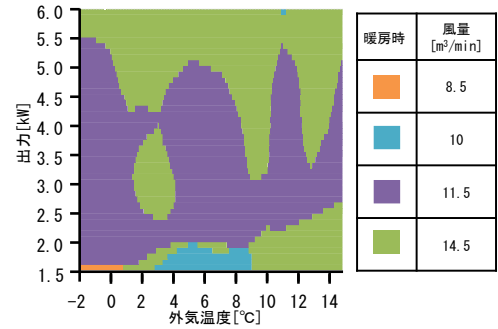
(2) 暖房運転時

図8 風量合成 COP マトリックス

図9に風量合成 COP マトリックスの作成時に選択された風量別マトリックスの分布を示す。暖房時には比較的風量の多い COP マトリックス(風量 14.5 及び 11.5[m³/min])の値が風量合成 COP マトリックスを占めている。冷房時には全ての風量のマトリックスが混在して分布しているが、外気温が低い部分では主に風量の大きい 14.5[m³/min]の COP マトリックスの値が分布している。



(1) 冷房運転時



(2) 暖房運転時

図9 風量合成 COP マトリックスの作成時に 選択された風量別マトリックスの分布

(4) 年平均 COP の解析結果

図10に年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均 COP を示す。熱損失係数 5.05[W/m²・K]で風量自動 COP マトリックスと照合した場合(東京 ZONE A)の年平均 COP は 3.8 程度、年積算消費電力量は約 1800[kWh]となり、カタログ APF と比較して 2.9 程度低く、年間で約 600[kWh]多い。風量合成 COP マトリックスと照合した場合では年平均 COP は 4.8 程度、年積算消費電力量は約 1300[kWh]となり、カタログ APF と比較して 1.9 程度低く、年間で約 100[kWh]多くなる。

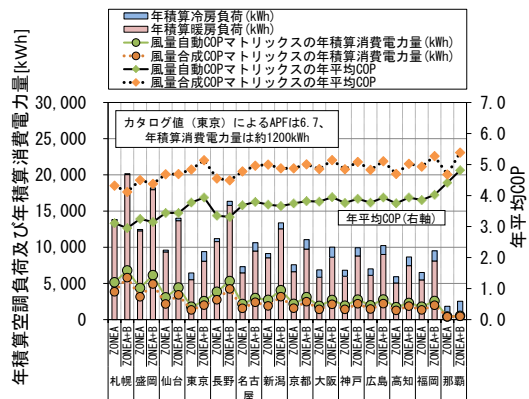


図10 年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び 年平均 COP

風量自動の場合と風量合成の場合を比較すると全ての地域で風量合成の場合の方が年平均 COP が高い。これは風量自動の風量は冷房時は 5.5~11.0[m³/min]、暖房時は 6.0

～12.1[m³/min]となっており、図9に示したCOPの高い部分である風量の多い部分(風量13及び14.5[m³/min])での運転が、風量自動では設定されていないためと考えられる。

今後の展望としては、更にCOPマトリックスの測定を行い、エアコンの最適選定のためのデータベースの拡充を行う。又、最適選定結果を社会に公開し、エアコンメーカーに対して、エアコンのCOPマトリックスの自主的な公開の必要性を強く訴える。

<引用文献>

- ① 経済産業省資源エネルギー庁、エネルギー白書 2013
- ② 赤林伸一、坂口淳、佐藤久遠、浅間英樹、家庭用エアコンCOP簡易測定法の開発研究、日本建築学会技術報告集、第22号、2005、315-318

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① 赤林伸一、坂口淳、大嶋拓也、市川裕幸、有波裕貴、住宅用エアコンのCOPの現状とAPFの地域特性に関する研究、日本建築学会技術報告集、査読有、第20巻、第44号、2014年、187-190、https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijt/20/44/20_187/_pdf

[学会発表] (計10件)

- ① 阿部真季、赤林伸一、坂口淳、有波裕貴、文欣潔、大熊耀平、家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適機種選定方法に関する研究 その3 エアコンの運転特性に対応したCOP測定方法、日本建築学会大会学術講演会、2015年9月4日-2015年9月6日、神奈川県・平塚市
- ② 大熊耀平、赤林伸一、坂口淳、有波裕貴、文欣潔、阿部真季、家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適機種選定方法に関する研究 その4 COPマトリックス測定結果、日本建築学会大会学術講演会、2015年9月4日-2015年9月6日、神奈川県・平塚市
- ③ 文欣潔、赤林伸一、坂口淳、有波裕貴、阿部真季、大熊耀平、家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適機種選定方法に関する研究 その5 風量合成COPマトリックス及び年平均COPの算出、日本建築学会大会学術講演会、2015年9月4日-2015年9月6日、神奈川県・平塚市
- ④ J Wen, S Akabayashi, J Sakaguchi, Y Takano and Y Arinami, Study on the Selection of Domestic Air Conditioners -COP measurements of air conditioners in 2013 model year-, ISHVAC-COBEE 2015, 2015 July 12-15,

Tianjin, China

- ⑤ 阿部真季、赤林伸一、坂口淳、有波裕貴、文欣潔、大熊耀平、家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適機種選定方法に関する研究 その2 COP測定方法及びCOPマトリックス測定結果、日本建築学会北陸支部大会講演会、2015年7月11日-2015年7月12日、新潟県・長岡市
- ⑥ 大熊耀平、赤林伸一、坂口淳、有波裕貴、文欣潔、阿部真季、家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適機種選定方法に関する研究 その3 風量合成COPマトリックスと風量自動COPマトリックスの比較及び年平均COPの算出、日本建築学会北陸支部大会講演会、2015年7月11日-2015年7月12日、新潟県・長岡市
- ⑦ 赤林伸一、坂口淳、文欣潔、有波裕貴、家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適機種選定方法に関する研究 その1 2013年度モデルを対象としたカタログスタディ及び簡易カロリーメータの概要、日本建築学会大会学術講演会、2014年9月12日-2014年9月14日、兵庫県・神戸市
- ⑧ 坂口淳、赤林伸一、文欣潔、有波裕貴、家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適機種選定方法に関する研究 その2 COP測定結果と年間暖冷房COPの解析結果、日本建築学会大会学術講演会、2014年9月12日-2014年9月14日、兵庫県・神戸市
- ⑨ 赤林伸一、坂口淳、文欣潔、有波裕貴、家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適機種選定方法に関する研究 その1 2013年度モデルを対象としたカタログスタディ及びCOPマトリックスによる年平均COPの解析結果、空気調和・衛生工学会大会、2014年9月3日-2014年9月5日、秋田県・秋田市
- ⑩ 赤林伸一、坂口淳、文欣潔、有波裕貴、家庭用エアコンを対象としたCOPマトリックスデータベース構築及び年間COPの算出に関する研究、日本建築学会北陸支部大会講演会、2014年7月12日-2014年7月13日、富山県・富山市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤林 伸一 (AKABAYASHI, Shin-ichi)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号：70192458

(2) 研究分担者

坂口 淳 (SAKAGUCHI, Jun)
新潟県立大学・国際地域学部・国際地域学科・教授
研究者番号：90300079