

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

Study on the best selection method of home-use Air Conditioner
Part 1 Study on a 2013 year model Air Conditioner performance and
Annual COP analysis by the COP Matrix

技術フェロー 赤林 伸一 (新潟大学) 技術フェロー 坂口 淳 (新潟県立大学)
学生会員 ○文 欣潔 (新潟大学) 学生会員 有波 裕貴 (新潟大学)

Shin-ichi AKABAYASHI*1 Jun SAKAGUCHI*2 Xinjie Wen*1 Yuki ARINAMI*1

*1 Niigata University *2 University of Niigata Prefecture

In this paper, the calorie meter which can carry out temperature adjustment is manufactured, and analyzed the relationship of COP, heating and cooling load and outside air temperature using the calorie meter. COP is obtained by dividing the enthalpy difference on inlet and outlet of inside air conditioner unit by the electric power consumption of air-conditioner. We constructed "COP MATRIX" using the database which is measurement results. COP of cooling is higher when outdoor temperature is relatively low. COP of heating is higher when outdoor air temperature is relatively high.

1 研究目的

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)}を占めており、室内の快適性の追求や新たな家庭製品の普及などにより住宅部門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。2011年夏季には東日本大震災に伴う電力不足を契機に大口需要家のみならず、一般住宅においても節電の協力が求められ、節電手法の関心が高まっている。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、地域の気象条件及び設備配置計画を含めた建物の熱負荷特性に応じた機種の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いる。現在の機種選定では断熱性能の極めて低い^{文1)}部屋の大きさに応じた6畳用・8畳用・16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のみで機種が選定されていることが多い。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、実使用時では暖冷房期間の多くの時間は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になっている。

本報では市販されている家庭用エアコンを対象としたカタログスタディにより、各機種の性能分析を行う。次に、外気温、暖冷房負荷が自由に調整可能な簡易カ

リーメータを製作し、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シェルター性能及び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ことを目的とする。

2 研究概要

2.1 カタログスタディの概要

表1に調査対象としたメーカー毎のエアコン台数、代表的な機種の仕様^{文2)}と平均市場価格^{文3)}を示す。調査対象は家庭用エアコン(2013年度モデル)の暖冷房用機種(壁掛けタイプ)とし、大手家電メーカー9社^{文4)}325機種についてカタログ値から対象機種の能力、消費電力、定格COP等の比較を行う。

表1 調査対象としたメーカー毎のエアコン台数、
体系的な機種の仕様と平均市場価格

メーカー	性能							室内機サイズ				室外機サイズ				平均市場価格[円]	対象エアコン[台]
	冷房定格能力[kW]	冷房定格消費電力[W]	冷房定格COP[-]	暖房定格能力[kW]	暖房定格消費電力[W]	暖房定格COP[-]	APF[-]	幅W[mm]	奥行D[mm]	高さH[mm]	幅W[mm]	奥行D[mm]	高さH[mm]				
P社	2.2	395	5.6	2.5	420	6.0	7.2	798	287	295	619	799	299	619	168,800	1	
	2.8	585	4.8	3.6	710	5.1	7.0								185,050	6	
	4.0	1200	3.3	5.0	1190	4.2	6.0								215,930	7	
NE社	2.2	440	5.0	2.5	465	5.4	6.9	799	312	295	800	285	550	164,985	6		
	2.8	600	4.7	3.6	710	5.1	6.8							178,645	5		
	4.0	1095	3.7	5.0	1130	4.4	6.3							194,667	7		
MH社	2.2	420	5.2	2.5	445	5.6	6.8	798	293	294	800	290	640	225,833	9		
	2.8	595	4.7	3.6	705	5.1	6.7							291,300	7		
	4.0	995	4.0	5.0	1130	4.4	6.1							141,782	2		
H社	2.2	410	5.4	2.5	435	5.8	6.8	798	299	295	750	288	570	165,762	4		
	2.8	625	4.5	3.6	690	5.2	6.7							179,629	5		
	4.0	990	4.2	5.0	945	5.3	6.9							147,710	2		
T社	2.2	450	4.9	2.5	450	5.6	6.8	798	310	293	780	290	550	164,366	6		
	2.8	610	4.6	3.6	720	5.0	6.7							200,000	7		
	4.0	1120	3.6	5.0	1170	4.3	5.9							171,333	2		
D社	2.2	450	4.9	2.5	450	5.6	6.7	798	321	295	768	357	599	122,650	1		
	2.8	640	5.2	3.6	680	5.3	6.8							185,966	3		
	4.0	930	4.3	5.0	1050	4.8	6.2							204,667	7		
F社	2.2	390	5.0	2.5	430	5.8	7.0	798	306	293	790	290	620	181,333	4		
	2.8	555	5.1	3.6	680	5.5	6.8							192,500	6		
	4.0	975	4.1	5.0	1015	4.9	6.3							122,650	1		
S社	2.2	430	5.1	2.5	435	5.8	6.8	798	321	295	780	289	540	185,966	3		
	2.8	565	5.0	3.6	685	5.3	6.7							89,750	4		
	4.0	980	4.1	5.0	1090	4.6	6.2							114,700	4		
C社	2.2	510	4.3	2.5	520	4.8	5.8	795	247	290	780	278	533	114,700	4		
	2.8	715	3.9	3.6	800	4.5	5.8							128,000	4		
	4.0	1340	3.0	5.0	1425	3.5	5.0										

2.2 簡易カロリメータの測定概要

表2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、室内側チャンパーは3m(幅)×3m(奥行き)×2.7m(高さ)、室外側チャンパーは一辺が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。各チャンパー内には温度調整用空調機を設置し、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出来る。実験対象エアコンの室内機の吸込口に温湿度センサー(HIOKI社製)^{*5}とサーミスタ風速計^{*6}を1点ずつ、吹出口に温湿度センサーを2点設置する。又、室外機の吸込口には温湿度センサーを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。COPの算出の際は室内機吹出温度は温湿度センサーと熱電対で計測した値の平均値^{*7}を用いる。

2.3 家庭用エアコン COP 簡易測定法

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。測定対象エアコンはP社製の定格冷房出力7.1kW・定格暖房出力8.5kW(エアコン①)の機種と定格冷房出力2.8kW・定格暖房出力3.6kW(エアコン②)の計2機種とし、風量設定は風量4(最大風量)とし、暖冷房運転時を測定対象とする。外気温、暖冷房負荷を変化させて、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する。各点のエンタルピーから吸込・吹出口のエンタルピー差を求め、測定した処理風量から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。

2.4 COPマトリックスの作成方法

2.3により測定を行った各外気温、各暖冷房出力とCOPの関係からCOPマトリックスの作成を行う。測定結果から外気温0.1℃、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。

2.5 暖冷房COP算出方法

図2に日本建築学会標準問題モデル1階平面図を、表3に熱負荷計算の条件を示す。

2.5.1 シェルター性能を変化させる場合：表4に各解析の概要を示す。建物のシェルター性能による年間COPの変化を検討するため、住宅モデルの断熱性能を変化させ解析を行う。対象地域は東京、新潟、解析対象とするエアコンは①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(標準年)を使用する。対象モデルは日本建築学会標準問題モデルを用い、LDKをZONE A、和室をZONE Bとし、空調対象室をZONE Aとした場合とZONE A+Bとした場合の2caseについて熱負荷計算を行う。

更に、case1とcase2をJIS C 9612のAPF^{*8}算出条件

と同程度の断熱性能として最大暖房負荷目標値を275W/m²として調整を行い、熱損失係数を10.06W/m²・Kとする。case3とcase4はJIS C 9612と次世代省エネ基準(新潟:地域IV、2.7W/m²)の中間条件として熱損失係数を5.05W/m²・Kとする。case5とcase6は新潟の次世代省エネ基準(地域IV:2.7W/m²)を満たす住宅の断熱性能として熱損失係数を2.00W/m²・Kとする。熱負荷シミュレーションソフトTRNSYSにより合計12caseで熱負荷計算を行う。算出した熱負荷と標準気象データの各時刻の外気温を測定した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時間毎1年間のCOPを算出する。

エアコン②では新潟の次世代省エネ基準(地域IV:

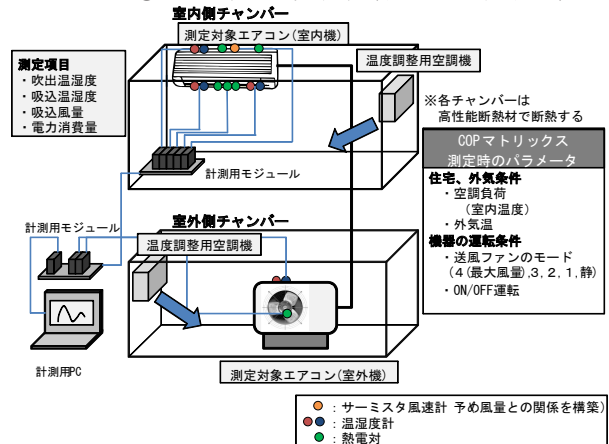


図1 簡易カロリメータの概要

表2 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[kW]	冷房定格COP	暖房定格能力[kW]	暖房定格消費電力[kW]	暖房定格COP	APF	期間消費電力[kWh]	冷房W	暖房W	幅D [mm]	高さH [mm]	奥行D [mm]	高さH [mm]	内径	外径	相	電圧 [V]		
P社	2.2	395	5.6	2.5	420	6.0	7.2	612												
	2.8	585	4.8	3.6	710	5.1	7.0	802												
	4.0	1,010	4.0	5.0	1,025	4.9	6.7	1,196	798	287	295			619						
	5.6	2,190	2.6	6.7	1,720	4.0	5.6	2,004						799	299	619				
	7.1	2,990	2.4	8.5	2,630	3.2	4.9	2,903												

表3 熱負荷計算の条件

項目	設定	備考	
冷房設定温度[℃]	27		
冷房設定湿度[%]	50		
暖房設定温度[℃]	20		
暖房設定湿度[%]	50		
暖冷房期間	冷房	日平均外気温が22℃以上となる3回目の日から、日平均外気温が22℃以上である最終日より3回前の日まで	
	暖房	日平均外気温が14℃以下となる3回目の日から、日平均外気温が14℃以上である最終日より3回前の日まで	
暖冷房負荷発生条件	冷房	冷房期間の中で外気温が24℃以上	
	暖房	暖房期間の中で外気温が17℃以下	
空調方式	時間帯空調	6:00-23:59	
対象住宅モデル	3人	日本建築学会熱負荷計算標準問題モデル	
設置エアコン①	冷房	7.1	カタログ目安:木造20畳、32m ³
	暖房	8.5	カタログ目安:木造19畳、31m ³
設置エアコン②	冷房	2.8	カタログ目安:木造8畳、13m ³
	暖房	3.6	カタログ目安:木造8畳、13m ³

表2 各解析 case の概要

解析case	対象地域	ZONE	熱損失係数[W/m ² ・K]
case 1-1	東京	A	10.06
case 1-2	新潟	A	JIS C 9612条件と同等
case 2-1	東京	A+B	(目標値:暖房負荷275W/m ²)
case 2-2	新潟	A+B	
case 3-1	東京	A	5.05
case 3-2	新潟	A	次世代省エネ基準と
case 4-1	東京	A+B	JIS C 9612条件の中間
case 4-2	新潟	A+B	
case 5-1	東京	A	2.00
case 5-2	新潟	A	新潟の次世代省エネ基準
case 6-1	東京	A+B	(地域IV:2.7W/m ² ・K)を満たす住宅
case 6-2	新潟	A+B	

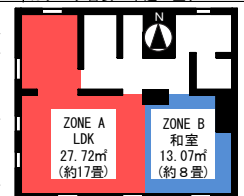


図2 標準問題モデル1階平面図

2.7W/m²)を満たす住宅の断熱性能として熱損失係数を2.00W/m²・Kとし、空調対象室をZONE Aとした場合とZONE A+Bとした場合の2 case について熱負荷計算を行う。

2.5.2 地域条件を変化させる場合：地域条件を変化させる場合の解析対象地域は札幌、仙台、東京、名古屋、新潟、京都、大阪、神戸、広島、高知、福岡、北見、岩見沢、盛岡、長野、宇都宮、岡山、宮崎、那覇の計19都市^{※9}とする。解析対象エアコンはエアコン①とし気象データ、対象モデル、暖冷房設定温度、暖冷房期間はシェルター性能を変化させる場合の解析条件と同様とする。住宅モデルのシェルター性能はJIS C 9612におけるAPF算出条件の断熱性能と同程度の10.06W/m²・Kとする。1時間毎に算出した熱負荷と各時刻の外気温から測定したCOPマトリックスと照合することで、1時間毎に1年間のCOPを算出する。尚、本解析では実験により得られた風量4(最大風量)のCOPマトリックスと照合する。

3 解析結果

3.1 カタログスタディの解析結果

3.1.1 定格能力と市場価格の関係：図3に定格能力と市場価格の関係(2013年度モデル)を示す。暖冷房共に定格能力と平均市場価格の関係はほぼ比例しており、定格能力が約2倍上昇すると平均市場価格は約1.6倍に上昇する。

3.1.2 定格能力と平均定格COPの関係：図4に定格能力と平均定格COP^{※10}の関係(2013年度モデル)を示す。暖冷房共に定格能力の上昇に伴い平均定格COPは低下する傾向がある。定格能力が約2倍上昇すると平均定格COPは1.2程度低下する。

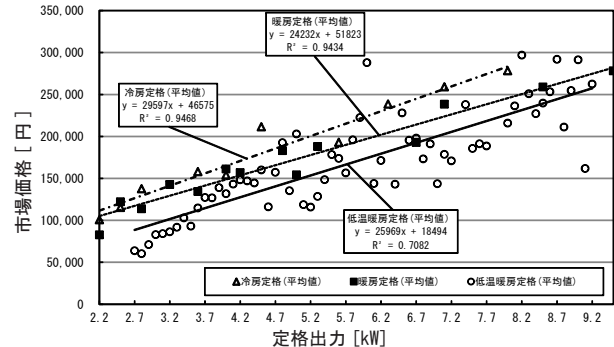


図3 定格能力と平均市場価格の関係(2013年度モデル)

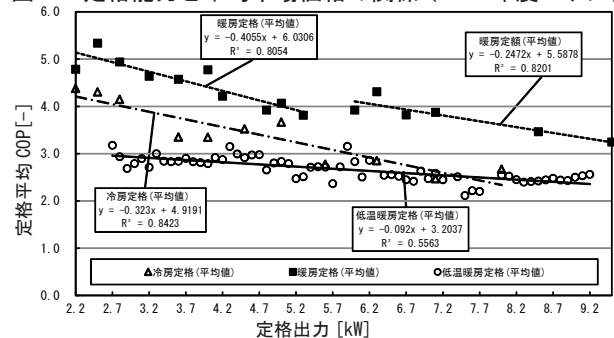


図4 定格能力と平均定格COPの関係(2013年度モデル)

3.2 COPマトリックス測定結果

図5にエアコン①のCOPマトリックス(暖冷房、風量4)を、図6にエアコン②のCOPマトリックス(暖冷房、風量4)を示す。どちらのエアコンにおいても冷房時では外気温が低い方が、暖房時では外気温が高い方がCOPが高くなる。エアコン①では、出力が高い方がCOPが低く、エアコン②では、出力が高い方がCOPが高くなる。又、暖冷房ともに同じ外気温で同じ出力においてエアコン①とエアコン②比較すると、エアコン②の方がCOPが高い。

3.3 年間COPの解析結果

3.3.1 シェルター性能を変化させた場合(エアコン①)：図7にシェルター性能を変化させた場合の年平均暖冷房COP(エアコン①)を示す。シェルター性能毎に比較すると、暖冷房負荷が減少するにつれてCOPが低下する傾向がある。これは断熱性能が向上し、暖冷房負荷が少なくなった場合ではON/OFF運転^{※11}の頻度が多くなるためと考えられる。次世代省エネ基準を満たすcase5, case6では他のcaseと比較して年平均COPのばらつきが小さい。又、実験対象エアコンのカタログAPFは4.9であるが、APF算出条件と同程度の断熱性能であるcase2-1(東京)の年平均暖冷房COPは3.6程度、case2-2(新潟)では3.3程度とAPFと比較して1.3程度低い。カタログによる年積算消費電力量は約2900kWhであるが、case2-1(東京)では、COPマトリックスによる1時間毎のCOPから算出した年積算消費電力量は約3800kWhとなり、年間で約900kWh多い。

3.3.2 エアコン2機種について年間COP解析結果の関係：図8にエアコン①とエアコン②の年平均COPの関係を示す。次世代省エネ基準と同程度の断熱性能の場合(熱損失係数2.00W/m²・K)年平均COPは、エアコン②では3.1程度、エアコン①では2.8程度とエアコン①の方

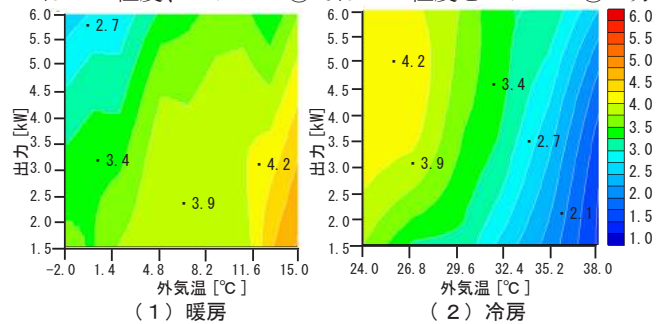


図5 エアコン①のCOPマトリックス(暖冷房、風量4)

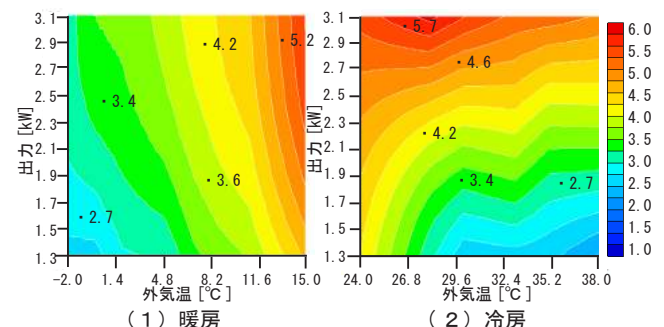


図6 エアコン②のCOPマトリックス(暖冷房、風量4)

がエアコン②と比較して0.3程度低い。年積算消費電力を比較すると、エアコン①では約1341kWh、エアコン②では約1121kWhとなり、エアコン②の方が、約220kWh少ない。

3.3.3 地域条件を変化させた場合（エアコン①）：図9に19都市における年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均COP（熱損失係数：10.06W/m²・K）を示す。那覇は暖房期間に該当する日平均外気温が発生しなかったため、年積算暖房負荷は0となる。年平均COPは、北海道以南の地域では3.2～3.8程度となる。暖房負荷の比較的大きい札幌、岩見沢、北見では、年積算暖房負荷が増加するにつれて年平均COPが減少する。これはマトリクス上で暖房出力が上昇するにつれてCOPが低下するためと考えられる。

4 まとめ

①暖冷房共にカタログ値の定格能力の上昇に伴い平均定格COPは低下する傾向がある。定格能力が約2倍上昇すると平均定格COPは1.2程度低下する。

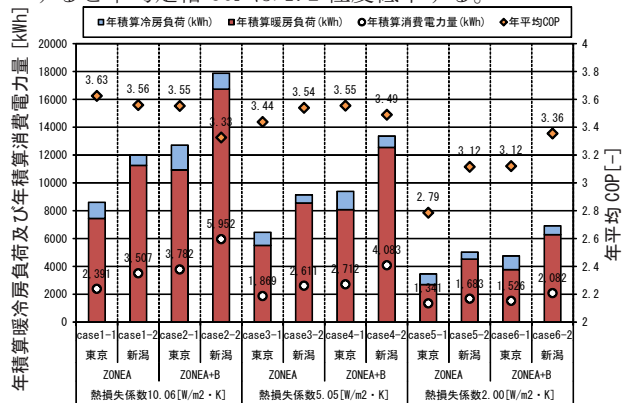


図7 シェルター性能を変化させた場合の年平均COP (エアコン①：東京・新潟)

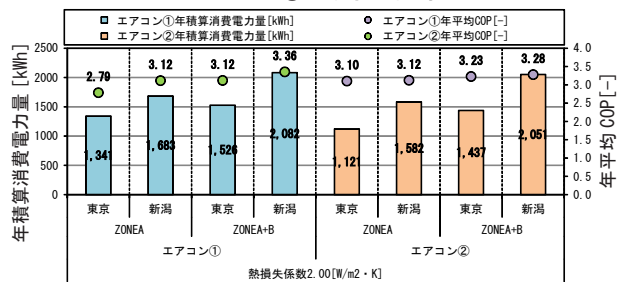


図8 エアコン①とエアコン②の年平均COP

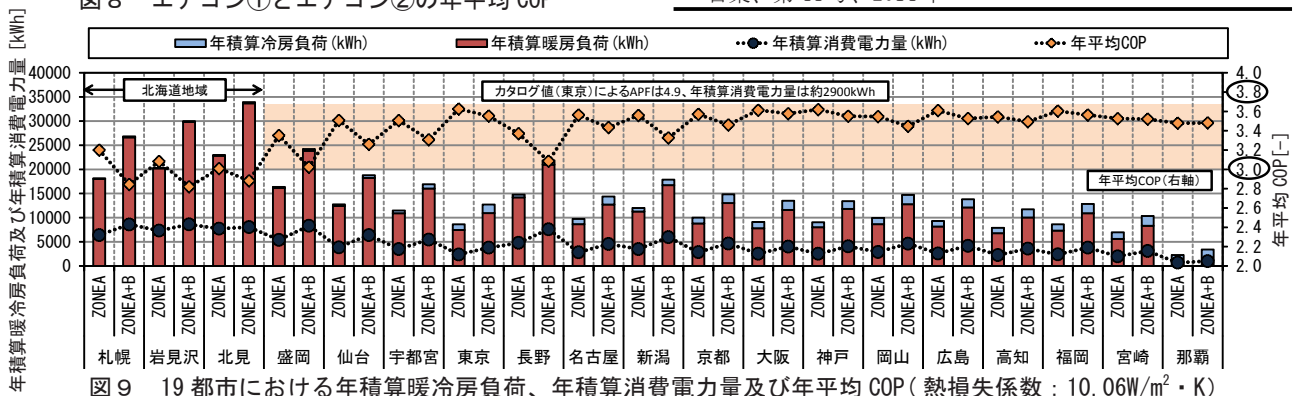


図9 19都市における年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均COP（熱損失係数：10.06W/m²・K）

- ②今回対象としたエアコンでは、冷房時では外気温が低い方が、暖房時では外気温が高い方がCOPが高い。
- ③エアコン①では、出力が高い方がCOPが低く、エアコン②では、出力が高い方がCOPが高くなる。又、暖冷房ともに同じ外気温で同じ出力の場合のCOPを比較すると、エアコン②の方がCOP高い。
- ④シェルター性能毎に比較すると、暖冷房負荷が減少するにつれてCOPが低下する傾向がある。これは断熱性能が向上し、暖冷房負荷が少なくなった場合にはON/OFF運転^{※11}の頻度が多くなるためと考えられる。

5 今後の予定

引き続き簡易カロリーメータを用いて、外気温、暖冷房負荷、風量に応じたCOPを測定し、各家庭用エアコンにおけるCOPマトリクスデータベースを構築する。

注

- ※1 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。
- ※2 各主要メーカーの最上位機種暖房定格出力2.5kW、3.6kW、5.0kWの機種。
- ※3 大手家電量販店(YD社、KD社、YC社、BC社)のweb公開価格の平均値(2013/5/28～2013/7/22に調査した値)。
- ※4 P社、ME社、MH社、H社、T社、D社、F社、S社、C社の大手家電メーカー9社。
- ※5 温度分解能:0.1℃、湿度分解能:0.1%、温度測定精度:0～35.0℃±0.5℃、35.1～70.0℃±1.0℃、湿度測定精度:測定温湿度によるが概ね±5～10%。
- ※6 予備実験により、吸込口風速と吹出風量の関係を測定することにより、吸込口風速から処理風量を算出する。
- ※7 測定間隔は1[s]とし、COPの算出には1分間の平均値を用いる。
- ※8 Annual Performance Factor: 通年エネルギー消費効率。
- ※9 主要11都市として札幌、仙台、東京、名古屋、新潟、京都、大阪、神戸、広島、高知、福岡とし、住宅事業建築主の判断基準の地域区分(8区分)に属する8都市として北見、岩見沢、盛岡、長野、宇都宮、岡山、宮崎、那覇とする。
- ※10 調査対象の家電メーカーにおいて、定格能力毎に当該定格能力を有するエアコンの定格COPを平均した値。
- ※11 エアコン①では暖房負荷1.2kW以下(COP2.1)、冷房負荷1.5kW(COP2.6)以下、エアコン②では暖房負荷1.3kW(COP3.9)以下、冷房負荷0.6kW(COP2.2)以下の場合、ON/OFF運転を行うとする。

謝辞

本研究の一部は、科研費挑戦的萌芽研究「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」(課題番号24656333)の助成を受けた。

【参考文献】

- 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・坂口・佐藤・浅間「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年
- 3) 赤林・坂口・大嶋・市川・有波「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、第44号、2014年