

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

STUDY ON STATE OF COP AND REGIONAL CHARACTERISTICS OF APF FOR ROOM AIR CONDITIONERS

赤林伸一 —— *1 坂口 淳 —— *2
大嶋拓也 —— *3 市川裕幸 —— *4
有波裕貴 —— *5

Shin-ichi AKABAYASHI — *1 Jun SAKAGUCHI —— *2
Takuya OSHIMA —— *3 Hiroyuki ICHIKAWA —— *4
Yuki ARINAMI —— *5

キーワード：
ルームエアコン、カタログスタディ、APF、COP

Keywords:
Room air conditioner, Catalogue study, APF, COP

A conventional selection criterion of room air conditioners based on rated performance is considered suboptimal from the standpoint of energy efficiency. In order to help consumers evaluate energy performance, annual performance factor (APF) was introduced in the 2005 revision of JIS C 9612. However, APF assumes thermal environment of Tokyo, which makes regional deviation of APF remain unknown. In the present study, rated coefficients of performance (COPs) and market prices of year 2012 models of air conditioners are collected. From the collection, APFs are calculated at nine representative cities in Japan to quantify regional characteristics of APF.

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%¹⁾を占め、室内の快適性の追求や新たな家電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。住宅におけるエネルギー消費は、冷暖房によるエネルギー消費が全体の約 1/4¹⁾を占め、住宅の省エネルギー推進のために住宅の断熱・気密性能の向上とともに、冷暖房機器の性能の向上は極めて重要と考えられる。

住宅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おり、期間消費電力量(AEC)で比較すると2001年から2011年の10年間で約14%¹⁾削減されている。一方、ユーザーが機種選定する際には、設置する部屋の冷暖房負荷に併せて行うのではなく、主に冷暖房定格能力に応じた部屋の大きさに対応するラインナップから選定しているのが現状である(写真1)。住宅の断熱気密性能の向上が推奨されているが、性能が向上し、負荷が減少している住宅に最適なエアコンを居住者が選定しているとは言い難いのが現状である。このような選定方法では、冷暖房期間の多くの時間はエネルギー効率の悪い部分負荷運転、又はON・OFF運転している状況があると推察され、省エネルギーの観点から極めて大きな問題であると考えられる。

また、ルームエアコンの規格である JIS C 9612²⁾は 2005 年の第 9 回改訂の際に、消費者が省エネ性能を判断する際の評価項目の一つとして、新たに期間エネルギー消費効率 (APF) の表示を義務付けている。しかし、評価の対象としている都市が東京のみであるため、

他地域でエアコンを購入・利用する際に必ずしも同程度の性能を得られる保証はなく、地域換算係数等を用いてより正確なエアコンの省エネルギー性能を表示する必要があると考えられる。

本報では、2012 年度モデルのルームエアコン(以下ルームエアコン)を調査対象とし、カタログ値から対象機種の性能、効率等の比較・評価を行い、住宅用エアコンの性能の分析を行う。また、全国 9 都市の外気温度に応じた APF を算出し、現在の評価基準都市となっている東京と各都市との比較を行い、地域換算係数等の必要性の検討を行うことを目的とする。

2. カタログスタディによるルームエアコン比較

2.1 調査内容

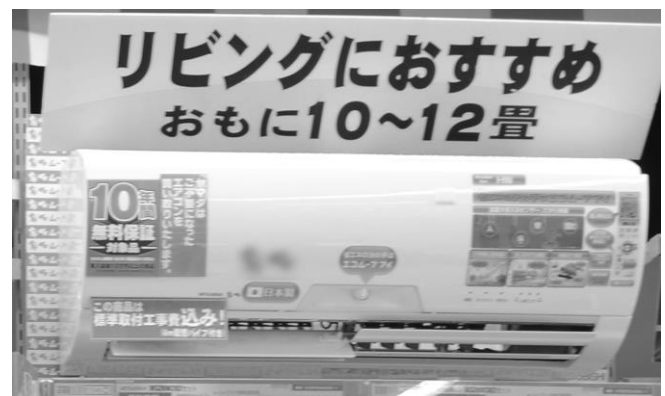


写真1 エアコンの販売状況

*1 新潟大学大学院自然科学研究科 教授
(〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050)

*2 新潟県立大学国際地域学部国際地域学科 教授

*3 新潟大学工学部建設学科 助教

*4 三建設工業(株)(当時新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生)

*5 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

*1 Professor, Graduate School of Science and Technology, Niigata University

*2 Professor, Faculty of International Studies and Regional Development, University of Niigata Prefecture

*3 Assistant Professor, Faculty of Engineering, Niigata University

*4 Sanken Setsubi Kogyo Co., Ltd.

*5 Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Niigata University

表1にメーカー毎の対象としたルームエアコンの台数を示す。調査対象は2012年度モデル(2011年4月～2012年3月の期間に販売開始されたモデル)の壁掛けタイプの冷暖房兼用機種とし、主要メーカー9社309機種についてカタログ値の比較を行う。表2に主要メーカーの代表的な機種の室内・室外機サイズと市場価格^{注1)}を示す。尚、主要メーカーの代表的な機種は、各主要メーカーの最上位機種の暖房定格出力2.5kW、5.0kW、8.5kWの機種とする。

2.2 調査結果

(1) 定格能力及びCOP・APFの傾向

図1に定格能力と定格平均COPの相関を示す。ここで定格平均COPは、定格能力毎に当該定格能力を有するすべてのルームエアコンの定格COPを平均した値である。冷暖房共に定格能力の上昇に伴い定格平均COPは低下する傾向がある。特に通常仕様では、暖房において最大定格能力(8.5kW)の機種で最小定格能力(2.2kW)の機種から定格平均COPが1.5程度低下するため、暖房負荷が多い部屋では、ルームエアコンを選択する際に効率の良い定格出力の小さい機種(2.2～2.8kW)を複数台設置し、台数制御を行う方が省エネルギーとなる可能性がある。又、全ルームエアコンの定格平均COPは、冷房3.6、暖房4.3、寒冷地仕様暖房5.0、低温暖房2.7、平均APFは通常仕様5.7、寒冷地仕様5.9である。しかしながら、表2および図1に示すように、製造メーカー、機種ごとの付加機能、定格能力等により平均COPには大きなばらつきがある。

(2) サイズ・価格の傾向

ルームエアコンの室内機のサイズは2006年の法改正により、冷房定格出力が4.0kWまでの機種においてルームエアコンの横幅寸法800mm以下かつ高さ295mm以下の機種を『寸法規定タイプ』、それ以

外を『寸法フリータイプ』とし、それぞれのタイプごとにAPFの目標基準値が設けられている。これは室内機の寸法により区分を分けられない場合、寸法フリータイプの機種のみ性能が良くなるため寸法規定タイプが淘汰される恐れがあり、他の住宅設備との不調和が危惧されるためである。寸法フリータイプの機種は2012年モデルではなくなっている。

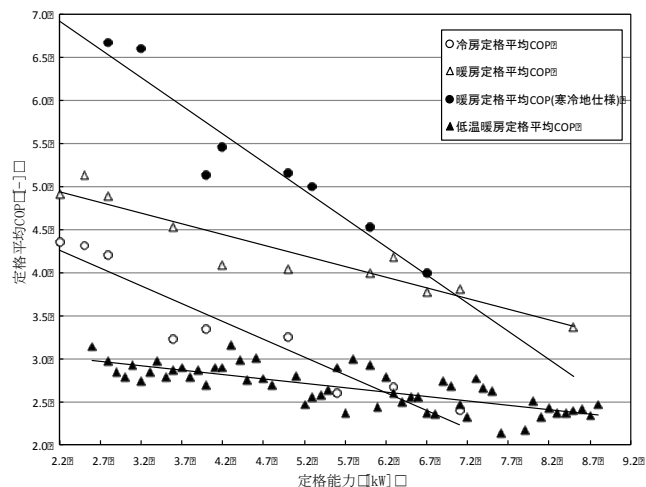
ルームエアコンの室内機サイズは幅728～890mm(全機種の90%以上が780～799mm)、奥行203～312mm、高さ250～309mm(全機種の70%以上が290～295mm)程度、室外機サイズは幅655～809mm(全機種の74%以上が780～800mm)、奥行240～300mm(全機種の78%以上が285～300mm)、高さ505～720mm程度であり、定格出力毎の室内機サイズの違いはほとんどない。定格出力が大きくなっても室内機サイズが変わらないため、室内機の熱交換器の大きさが定格出力に対応しないので、COPが下がると考えられる。

表1 主要メーカー毎の対象ルームエアコン台数

対象エアコン台数[台]	暖房定格出力[kW]															メーカー毎の総台数
	2.2	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.2	5.0	5.3	6.0	6.3	6.7	7.1	8.5		
P社	5	1	7	1	8	0	7	8	0	1	0	6	1	1	46	
ME社	0	5	5	0	8	0	8	5	0	0	0	5	1	1	38	
MH社	0	4	3	0	5	0	3	4	0	0	1	2	0	0	22	
H社	1	3	4	0	5	0	4	5	1	0	0	3	3	3	32	
T社	5	1	6	0	6	1	2	8	0	0	0	4	1	1	35	
D社	3	2	5	0	6	2	6	12	0	4	8	12	4	4	68	
F社	2	3	5	0	5	0	1	5	0	1	0	4	2	2	30	
S社	5	1	6	0	6	0	2	4	0	0	0	4	1	1	30	
C社	0	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	8	
出力毎の総台数	21	22	43	1	51	3	33	53	1	6	9	40	13	13	309	

表2 主要メーカーの代表的な機種の室内・室外機サイズと市場価格

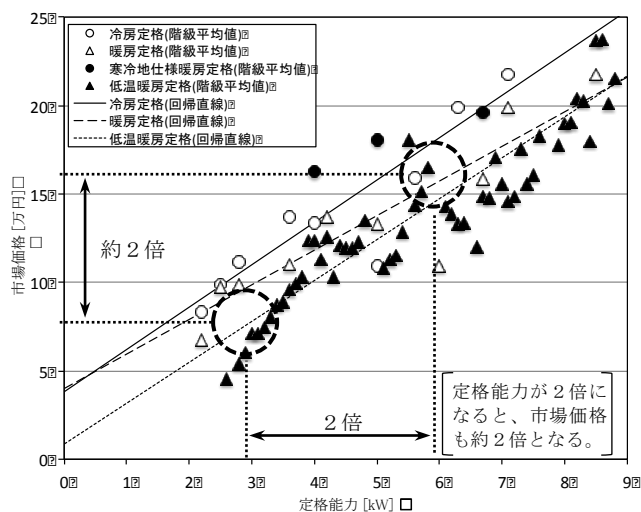
メーカー	性能							室内機サイズ			室外機サイズ			市場価格[円]
	冷房定格能力[kW]	冷房定格消費電力[W]	冷房定格COP[-]	暖房定格能力[kW]	暖房定格消費電力[W]	暖房定格COP[-]	APF[-]	幅[mm]	奥行[mm]	高さ[mm]	幅[mm]	奥行[mm]	高さ[mm]	
P社	2.2	395	5.6	2.5	420	6.0	7.2	798	278	295	799	299	619	122170
	4.0	1010	4.0	5.0	1025	4.9	6.6	798	278	295	799	299	619	163560
	7.1	2990	2.4	8.5	2630	3.2	4.9	798	278	295	799	299	619	216650
ME社	2.2	440	5.0	2.5	465	5.4	6.9	799	312	295	800	285	550	118930
	4.0	1055	3.8	5.0	1100	4.5	6.3	799	312	295	800	285	550	149920
	7.1	2995	2.4	8.5	2565	3.3	4.7	799	312	295	809	300	630	208450
MH社	2.2	435	5.1	2.5	465	5.4	6.5	798	255	294	800	290	640	108000
	4.0	1115	3.6	5.0	1290	3.9	5.6	798	255	294	800	290	640	148500
	2.2	385	5.7	2.5	420	6.0	6.8	798	295	295	750	288	570	119110
H社	4.0	970	4.1	5.0	955	5.2	6.7	798	295	295	792	299	600	157120
	7.1	3000	2.4	8.5	2450	3.5	5.0	798	295	295	792	299	600	197310
	2.2	450	4.9	2.5	450	5.6	6.7	790	299	293	780	290	550	108490
T社	4.0	1000	4.0	5.0	1040	4.8	6.4	790	299	293	799	299	630	143150
	7.1	2940	2.4	8.5	2640	3.2	4.9	790	299	293	799	299	630	190970
	2.2	425	5.2	2.5	460	5.4	6.7	798	298	295	795	300	693	136670
D社	4.0	960	4.2	5.0	980	5.1	6.6	798	298	295	795	300	693	164400
	7.1	3000	2.4	8.5	2530	3.4	4.7	798	298	295	795	300	693	227760
	2.2	395	5.6	2.5	430	5.8	6.8	798	289	293	790	290	540	120870
F社	4.0	975	4.1	5.0	1015	4.9	6.3	798	289	293	790	290	620	161660
	7.1	2810	2.5	8.5	2235	3.8	5.2	890	289	293	790	290	620	215170
	2.2	420	5.2	2.5	465	5.4	6.7	798	308	295	780	289	540	117960
S社	4.0	1090	3.7	5.0	1090	4.6	6.0	798	308	295	800	300	630	149600
	7.1	3000	2.4	8.5	2360	3.6	4.9	798	308	295	800	300	630	220690
	2.2	510	4.3	2.5	520	4.8	5.8	795	247	290	780	278	533	68300
C社	4.0	1340	3.0	5.0	1425	3.5	5.0	795	247	290	780	278	533	112700



直線回帰式と回帰係数

冷房定格平均COP: $y = -0.4137x + 5.1682$ $R^2 = 0.9056$
 暖房定格平均COP: $y = -0.2481x + 5.4838$ $R^2 = 0.8876$
 暖房定格平均COP(寒冷地仕様): $y = -0.6554x + 8.3627$ $R^2 = 0.9079$
 低温暖房定格平均COP: $y = -0.1021x + 3.2422$ $R^2 = 0.5848$

図1 定格能力と定格平均COPの相関



直線回帰式と回帰係数

冷房定格能力に対する市場価格: $y = 23942x + 38286$ $R^2 = 0.4759$
 暖房定格能力に対する市場価格: $y = 19602x + 40070$ $R^2 = 0.4787$
 低温暖房定格能力に対する市場価格: $y = 23153x + 8703$ $R^2 = 0.6771$

図2 定格能力と市場価格の相関

図2に冷暖房定格能力、寒冷地仕様暖房定格能力および低温暖房定格能力別の平均市場価格、及び能力に対する市場価格の全機種に対する回帰式を示す。ただし、寒冷地仕様暖房定格能力については、3機種と少ないため回帰式を示していない。エアコンの価格は、1.0kWあたり冷房で24,000円、暖房で20,000円、低温暖房で23,000円となっている。更に、価格と出力の関係はほぼ比例しているため、出力の大きなエアコンを1台設置するより、小さなエアコンを複数台設置しても価格的には大きな違いがないことが明らかである。

3. APFの地域特性の把握

3.1 研究概要

JISC9612に基づいた表3の条件で、都市ごとのAPFを算出する。算出対象は、北見、岩見沢、盛岡、長野、宇都宮、岡山、東京、宮崎、那覇^{注2)}の9都市とする。外気温はJISC9612では公益社団法人 空気調和・衛生工学会の標準気象データを使用しているが、本解析ではデータの入手性の点から日本建築学会拡張アメダス気象データ(標準年)を用いる^{注3)}。

室内設定温度は冷房27℃、暖房20℃とする。尚、負荷の発生する外気温度は、冷房24℃以上、暖房17℃以下とする。冷房期間は標準気象データにおいて日平均気温が22℃以上となる3回目の日から、日平均気温が22℃以上である最終日より3回前の日まで、暖房期間も冷房期間と同様に、日平均気温が14℃以下となる3回目の日から、日平均気温が14℃以下である最終日より3回前の日までとする。冷暖房の使用時間は冷暖房期間の午前6時から午前0時までの18時間とする。

算出対象住宅はJISC9612による平均的な木造平屋建て住宅とし、外気に接する窓は南面のみとする。又、単位床面積当たりの負荷は冷房220W/m²、暖房275W/m²とする。

各都市毎の外気温から日平均気温を求め、設定した冷暖房期間及び冷暖房使用時間内での、負荷発生時の1℃毎の外気温度の累積発生時間を算出する。日平均気温から算出した都市毎の地域区分で寒冷地及び温暖地に分け、外気温度の累積発生時間を寒冷地及び温暖

表3 APFの算出条件

対象都市		全国842都市
外気温度[℃]		日本建築学会拡張アメダス気象データ(標準年)
室内設定温度[℃]	冷房	27
	暖房	20
冷暖房期間	冷房	日平均気温が22℃以上となる3回目の日から、日平均気温が22℃以上である最終日より3回前の日まで
	暖房	日平均気温が14℃以下となる3回目の日から、日平均気温が14℃以下である最終日より3回前の日まで
冷暖房使用時間		6:00~24:00(18時間)
住宅		JISC9612による平均的な木造平屋建て住宅(南向き)
単位床面積当たりの熱負荷[W/m ²]	冷房	220
	暖房	275

表4 暖房デGREEデイによる地域区分

住宅の建築主の判断基準における地域区分名	住宅事業建築主の判断基準における地域区分名	暖房デGREEデイ(D18-18)
I地域	I a地域	4500℃・日以上
	I b地域	3500℃・日以上4500℃・日未満
II地域	II地域	3000℃・日以上4500℃・日未満
III地域	III地域	2500℃・日以上3000℃・日未満
IV地域	IV a地域	2000℃・日以上2500℃・日未満
	IV b地域	1500℃・日以上2000℃・日未満
V地域	V地域	500℃・日以上1500℃・日未満
VI地域	VI地域	500℃・日未満

地毎のAPFの計算式に導入し、負荷及び消費電力の発生時間(定格値換算)を求め、比較を行う。

3.2 地域区分の算出

表4に暖房デGREEデイ(D18-18)による地域区分を示す。住宅事業建築主の判断の基準⁴⁾に示された地域区分に基づき、暖房デGREEデイ毎に8地域に分類を行い、I a~III地域を寒冷地、IV a~VI地域を温暖地とし解析を行う。

3.3 冷暖房負荷の累積発生時間

表5に地域区分毎の代表都市と冷暖房期間、図3に代表都市における冷暖房負荷の発生時間を示す。寒冷地では、暖房期間が約7ヵ月以上で暖房負荷累積発生時間が4000時間を超えるが、冷房期間は約3ヵ月未満で冷房負荷累積発生時間も1000時間未満であり、冷房は暖房の1/4以下の負荷発生時間となる。温暖地では、暖房期間が約6ヵ月未満で暖房負荷累積発生時間は3500時間未満であるが、冷房期間は約3ヵ月以上で冷房負荷累積発生時間は約1000時間以上であり、冷房は暖房の1/4~1/2程度の累積負荷発生時間となる。尚、那覇は暖房期間に該当する日平均外気温度が発生しなかったため、累積暖房負荷発生時間は0となる。

3.4 期間総合負荷及び期間消費電力量

表6に現在のエアコンカタログにおける冷房能力毎の期間総合負荷及び室温安を示す。現在のエアコンのカタログでは、評価都市を東京とし、下記の式から期間総合負荷(ATL)を算出している^{注4)}。

$$CSTL[kWh] = 583.08[\times \phi_c \cdot h] \quad (1)$$

$$HSTL[kWh] = 1136.62[\times 1.25 \times \phi_c \cdot h] \quad (2)$$

$$ATL[kWh] = CSTL + HSTL = 2003.85[\times \phi_c \cdot h] \quad (3)$$

尚、暖房期間総合負荷(HSTL)の算出における係数の1.25は、標準的な木造南向き和室におけるヒートポンプ暖房(空冷式)負荷と冷房

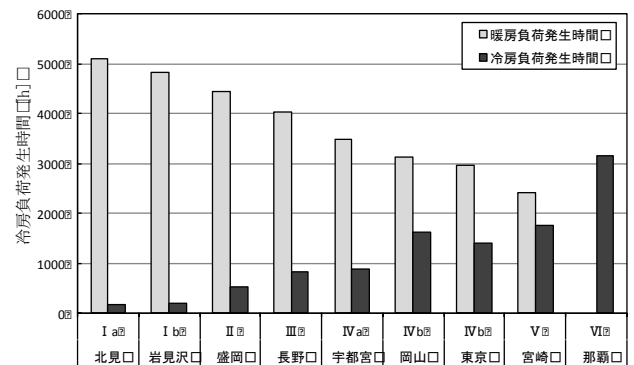


図3 代表都市の冷暖房負荷発生時間

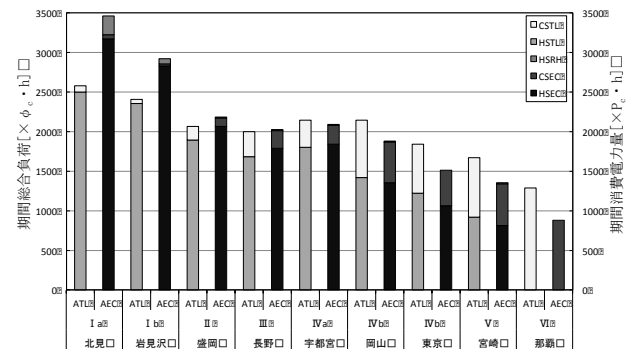


図4 代表都市の期間総合負荷及び期間消費電力量

負荷の負荷比率である。図4に代表都市の期間総合負荷及び期間消費電力量(AEC)を示す。代表都市の期間総合負荷は寒冷地で2000~2500[×φ_c・h]程度、温暖地で1300~2300[×φ_c・h]程度である。

図5に、代表都市のCOPに対するAPFの比率であるAPF/COP値を示す。地域区分ごとにAPF/COP値が大きく異なり、通年でのエネルギー効率の算出の際に地域差を考慮した適正な評価を行う必要があると考えられる。寒冷地ではAPF/COP値が1以下となり、通年では定格COP以下のエネルギー効率で稼働することがわかる。また、計算値による東京のAPF/COP値は1.2程度であるが、現在のエアコンカタログ値でのAPF/COP値は1.2~1.7程度であり、機種や定格能力により差が見られる。

4. まとめ

①2012年度モデルルームエアコンの定格平均COPは、冷房3.6、暖房4.3、寒冷地仕様暖房5.0、低温暖房2.7、平均APFは5.7、寒冷地仕様5.9であるが、機種、定格能力等により大きな差がある。

②地域区分ごとにAPF/COP値が大きく異なり、通年でのエネルギー効率の算出の際に地域差を考慮した適正な評価を行う必要があると考えられる。

住宅用エアコンは本来、住宅設備であり、居住者ではなく負荷計算等ができる住宅設計者が、住宅の性能に合わせて選定するべきであるとする。住宅設計者が選定すれば、寸法フリーのエアコンを納まり良く設計することも可能であり、より一層の省エネルギーを図ることが出来ると考えられる。今後は、実機における外気温、COP及び出力の関係を明らかにし、負荷に応じた最適機種選定の指針を作成し、データベースとして設計者に公開する予定である。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金挑戦的萌芽研究「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。

記号

h : 冷房又は暖房時間[hour]

φ_c : 冷房定格能力[kW]

φ_h : 暖房定格能力[kW]

P_c : 冷房定格消費電力[W]

COP: 成績係数[-]

表6 冷房能力毎の期間総合負荷及び室目安

冷房能力[kW]	2.2	2.5	2.8	3.6	4.0	5.0	5.6	6.3	7.1	
期間総合負荷[kWh]	4408	5010	5611	7214	8015	10019	11222	12624	14227	
住宅平屋建て 和室南向き目安	床面積[m ²]	10	11	13	16	18	23	25	29	32
	畳数[畳]	6	7	8	10	11	14	15	17	20

表5 地域区分毎の代表都市と冷暖房期間

代表都市(寒冷地)	北見	岩見沢	盛岡	長野	宇都宮	岡山	東京	宮崎	那覇
暖房デグリーデイ(D18-18)[℃・日]	4612	4054	3234	2886	2325	1822	1609	1255	125
地域区分	I a	I b	II	III	IV a	IV b	IV b	V	VI
暖房	開始日	9月16日	9月27日	10月5日	10月6日	10月23日	10月25日	11月6日	11月11日
	終了日	7月8日	6月20日	6月19日	5月24日	5月4日	4月17日	4月14日	3月31日
	日数	295日	266日	257日	230日	193日	174日	159日	140日
冷房	開始日	7月26日	7月29日	7月7日	6月17日	6月15日	6月2日	5月30日	6月2日
	終了日	8月13日	8月30日	9月5日	9月5日	9月10日	9月30日	9月26日	10月3日
	日数	18日	32日	60日	80日	87日	120日	119日	123日

APF : 通年エネルギー消費効率[-]

CSTL: 冷房期間総合負荷[kWh]

HSTL: 暖房期間総合負荷[kWh]

CSEC: 冷房期間消費電力量[kWh]

HSEC: 暖房期間消費電力量[kWh]

HSRH: 暖房期間電熱装置消費電力量[kWh]

CSPF: 冷房期間エネルギー消費効率[-]

HSPF: 暖房期間エネルギー消費効率[-]

ATL : 期間総合負荷[kWh]

AEC : 期間消費電力量[kWh]

注

注1)市場価格とは、大手家電量販店における平均価格をインターネットで調査したものである。

注2)表4に示すそれぞれの住宅事業建築主の判断基準の地域区分(8区分)に属する都市および東京を選定した。

注3)JIS C 9612に示された、公益社団法人 空気調和・衛生工学会の標準気象データを用いて算出された冷房負荷発生時間、および本解析における日本建築学会拡張アメダス気象データ(標準年)を用いて算出された冷房負荷発生時間を共通の都市で比較すると、JIS C 9612では盛岡521時間、東京1430時間に対し、本解析では図3より盛岡536時間、東京1399時間である。同様に、JIS C 9612における暖房負荷発生時間は、盛岡3947時間、東京2889時間に対し、本解析では盛岡4428時間、東京2974時間であり、ほぼ一致している。

注4)JIS C 9612:2005解説5.3.2回転数制御型ルームエアコンの算出例より、冷房期間総合負荷CSTL(同JIS解説ではCSPL)=583.08[×φ_c・h]、暖房期間総合負荷HSTL(同JIS解説ではHSPL)=1136.62[×φ_h・h]。尚、同JIS解説5.2.3より、φ_h=1.25×φ_cである。

参考文献

- 1)資源エネルギー庁:平成21年度 エネルギーに関する年次報告書(エネルギー白書),2010年
- 2)日本規格協会:JIS C 9612:2005 ルームエアコンディショナ,2005年
- 3)日本冷凍空調工業会, JRA 4046:2004 ルームエアコンディショナの期間消費電力量算出基準,2004年
- 4)経済産業省・国土交通省:住宅事業建築主の判断の基準,平成二十一年経済産業省・国土交通省告示第二号,2009年

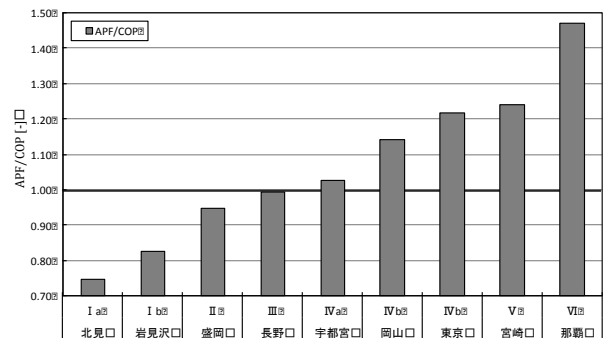


図5 代表都市のAPFとCOPの相関