

【4-17】

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

家庭用エアコン 最適選定方法 COP マトリックス
風量合成 APF 年平均 COP

正会員 ○大熊耀平*2 同 赤林伸一*1
同 坂口 淳*3 同 有波裕貴*4
同 文 欣潔*5 同 阿部真季*2

1 研究目的

前報（その 2）では COP 測定方法及び COP マトリックス測定結果について報告した。本報（その 3）では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、風量設定を自動とした場合の COP マトリックス（風量自動 COP マトリックス）及び風量合成 COP マトリックスと照合することにより、1 年間の COP を 1 時間毎に算出し、年平均 COP を求める。算出した年平均 COP とカタログ APF を比較し、シェルター性能及び地域条件による家庭用エアコンの機器特性について明らかにし、最適機種選定方法の検討を行うことを目的とする。

2 研究概要

2.1 風量合成 COP マトリックスの作成方法

前報（その 2）の測定方法による風量毎の外気温と出力と COP の測定結果から作成された風量別 COP マトリックスを対象に冷暖房運転時における COP マトリックスの比較を行う。各外気温、各出力毎に 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。

2.2 年平均 COP の算出方法

図 1 に日本建築学会標準住宅モデル（1 階平面）を、表 1 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 2.8[kW]、暖房定格能力 3.6[kW] のエアコンをエアコン①、冷房定格能力 4.0[kW]、暖房定格能力 5.0[kW] のエアコンをエアコン②とする。

2.2.1 シェルター性能を変化させた場合

表 2 に解析 case を示す。建物のシェルター性能による年平均 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、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 2 つの条件について熱負荷計算を行う。

更に、case1 と case2 は JIS C 9612 の APF^{*1} 算出条件と同程度の断熱性能として熱損失係数を 10.06[W/m²・K] とし、case3 と case4 は最大暖房負荷目標値を 275[W/m²] として調整を行い、JIS C 9612 と次世代省エネ基準（地域 IV：2.7[W/m²・K]）の中間条件の断熱性能である熱損失係数 5.05[W/m²・K] とする。case5 と case6 は新潟の次世代省エネ基準（地域 IV：2.7[W/m²・K]）を満たす住宅の断熱性能として熱損失係数を 2.00[W/m²・K] とする。熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS により計 12case で熱負荷計算を行う。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及び風量合成 COP マトリックスとする。

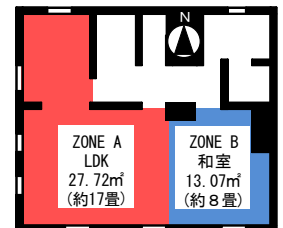


図 1 日本建築学会標準住宅モデル（1 階平面）

表 1 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		
冷暖房期間	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 回前の日まで	
	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 回前の日まで	
冷暖房負荷発生条件	冷房	冷房期間の中で外気温が 24°C 以上	
	暖房	暖房期間の中で外気温が 17°C 以下	
空調方式	時間常空調	6:00-23:59	
人員数	3 人	父、母、子 1 人	
対象住宅モデル	日本建築学会標準住宅モデル		
設置エアコン定格能力 [kW]	冷房	エアコン① 2.8	カタログ目安：木造 8畳、13m ³
		エアコン② 4.0	カタログ目安：木造 11畳、18m ³
	暖房	エアコン① 3.6	カタログ目安：木造 8畳、13m ³
		エアコン② 5.0	カタログ目安：木造 11畳、18m ³

表 2 解析 case

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 JIS C 9612 条件と同程度
case 1-2	新潟		
case 2-1	東京	A+B	5.05 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)
case 2-2	新潟		
case 3-1	東京	A	2.00 新潟の次世代省エネ基準と (地域 IV：2.7W/m ² ・K) を満たす条件
case 3-2	新潟		
case 4-1	東京	A+B	
case 4-2	新潟		
case 5-1	東京	A	
case 5-2	新潟		
case 6-1	東京	A+B	
case 6-2	新潟		

Study on the best selection of home-use Air Conditioners

Part3 Compare a COP matrix of compose air volume and automatic air volume. And simulation of Annual COP.

OKUMA Yohei, AKABAYASHI Shin-ichi,
SAKAGUCHI Jun, ARINAMI Yuki,
WEN Xin jie, ABE Maki

2.2.2 地域条件を変化させた場合

地域条件を変化させた場合の解析対象地域は札幌、岩見沢、北見、盛岡、仙台、宇都宮、東京、長野、名古屋、新潟、京都、大阪、神戸、岡山、広島、高知、福岡、宮崎、那覇の計19都市^{*2}とする。解析条件は2.2.1と同様とし、住宅モデルのシェルター性能はJIS C 9612と次世代省エネ基準（地域Ⅳ：2.7[W/m²・K]）の中間条件の断熱性能である5.05[W/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をCOPマトリックスと照合することで、1年間のCOPを1時間毎に算出する。尚、本解析で対象とするCOPマトリックスはシェルター性能を変化させる場合と同様に、風量自動及び風量合成COPマトリックスとする。

3 解析結果

3.1 風量別 COP マトリックスの合成結果

図2にエアコン①の風量別COPマトリックスを、図3に風量合成COPマトリックスを、図4にエアコン②の風量合成COPマトリックスを示す。どちらのエアコンでも風量合成COPマトリックスは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。

図5、図6にそれぞれのエアコンの合成に用いた風量別マトリックスの分布を示す。エアコン①の風量合成COPマトリックスは暖房時では高出力部分は主に風量6-3[m³/min]のCOPマトリックスの値が、低出力部分は主に風量15-12[m³/min]のCOPマトリックスの値が分布している。冷房時では全体的に風量9-7[m³/min]のCOPマトリックスの値が分布している。エアコン②の場合、暖房時で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。冷房時で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14.5[m³/min]のCOPマトリックスの値が分布している。

3.2 年平均 COP の解析結果

3.2.1 シェルター性能を変化させた場合

図7にエアコン②の風量自動COPマトリックスを、図8にシェルター性能を変化させた場合の年積算消費電力量及び年平均COPを示す。COPマトリックスは、風量自動及び風量合成COPマトリックスである。シェルター性能の変化に着目すると、断熱性能が向上し、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、暖冷房負荷が小さくなった場合にはCOPの低いON-OFF運転^{*3}の頻度が多くなるためと考えられる。又、実験対象エアコンのカタログAPFは6.7、年積算消費電力量は約1200[kWh]であるが、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（case3-1（東

京）^{*4}）の年平均COPは3.8程度とカタログAPFと比較して2.9程度低く、年積算消費電力量は約1800[kWh]となり、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の年平均COPは4.8程度とカタログAPFと比較して1.9程度低く、年積算消費電力量は約1300[kWh]となり、年間で約100[kWh]多くなる。

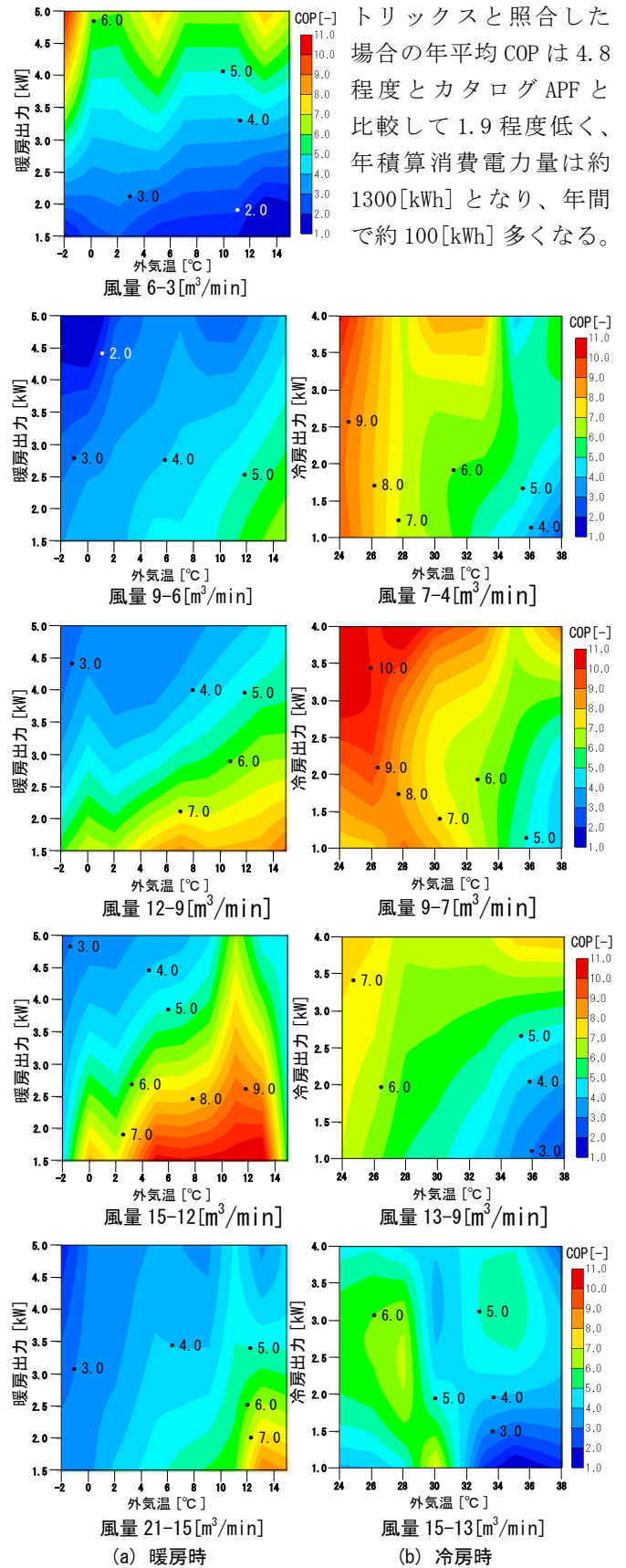


図2 エアコン①の風量別 COP マトリックス

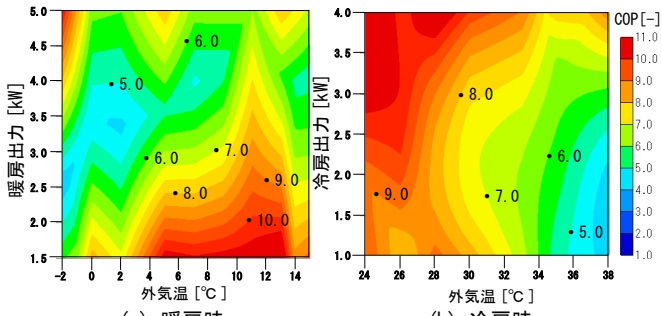


図3 風量合成によるCOPマトリックス
エアコン①

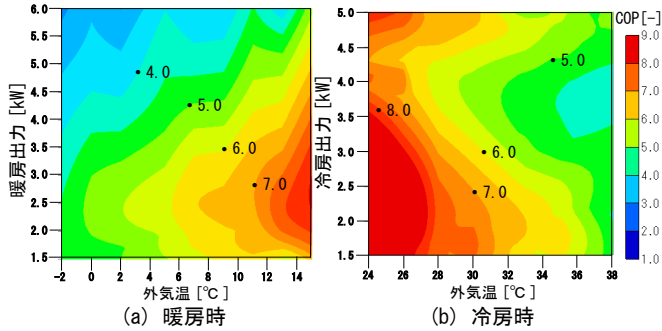


図4 風量合成によるCOPマトリックス
エアコン②

暖房時	風量[m ³ /min]	冷房時	風量[m ³ /min]
■	6-3	■	7-4
■	9-6	■	9-7
■	12-9	■	13-9
■	15-12	■	15-13
■	21-15		

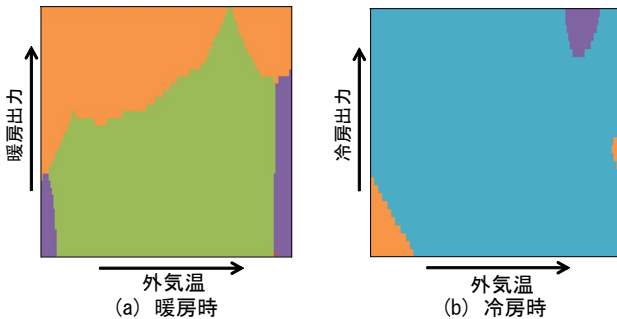


図5 風量合成に用いた風量別マトリックスの分布
エアコン①

暖房時	風量[m ³ /min]	冷房時	風量[m ³ /min]
■	8.5	■	7.5
■	10	■	10
■	11.5	■	11.5
■	14.5	■	13
		■	14.5

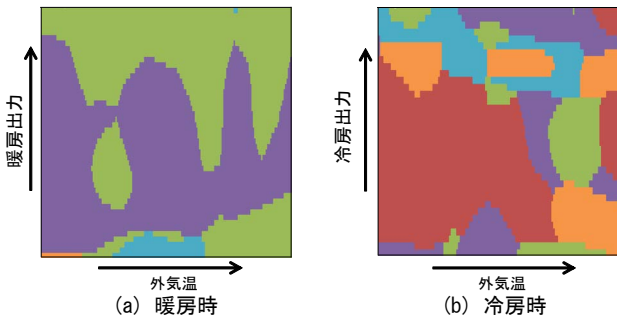


図6 風量合成に用いた風量別マトリックスの分布
エアコン②

3.2.2 地域条件を変化させた場合

図9にエアコン②の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: 5.05[W/m²・K])を示す。COPマトリックスは、風量自動及び風量合成COPマトリックスである。那覇を除く18都市では年積算冷房負荷と比較して年積算暖房負荷が多い。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、年積算暖房負荷は0となる。又、風量自動COPマトリックスと風量合成COPマトリックス共に、ZONE A+BとZONE Aを比較するとZONE Aの年平均COPの方が低い。これはシェルター性能を変化させた場合と同様に暖房負荷が減少することでCOPの低いON-OFF運転の頻度が多くなるためと考えられる。年平均COPは、北海道以南の地域では3.5~4.0程度となる。暖房負荷の大きい北海道地域での年平均COPは他地域よりも低くなっている。これはCOPマトリックス上で外気温が低く出力が高いところでCOPが低下しているためと考えられる。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方が年平均COPが高い。前報(その2)より風量自動の風量は冷房時は11.0~5.5[m³/min]、暖房時は12.1~6.0[m³/min]となっており、図4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。

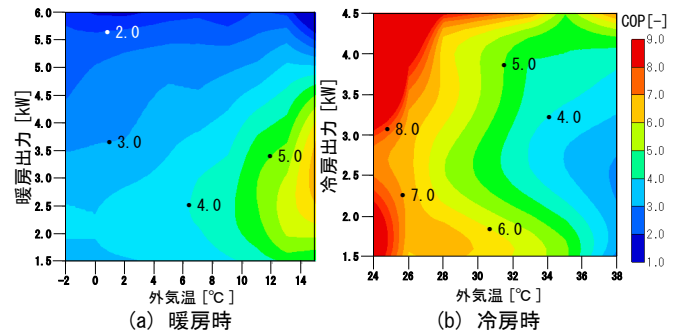


図7 風量自動COPマトリックス
エアコン②

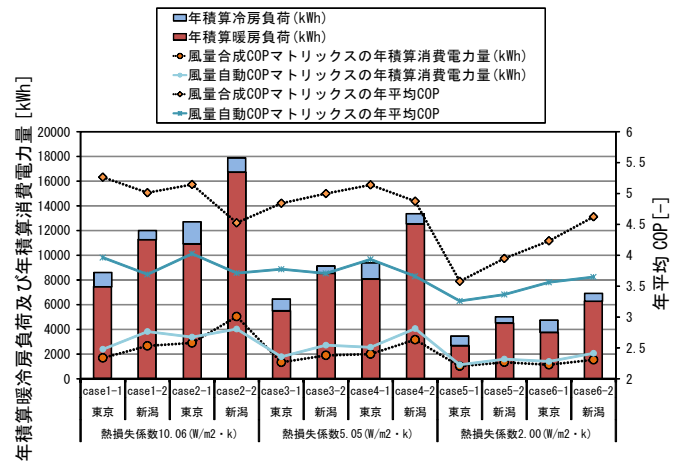


図8 シェルター性能を変化させた場合の年平均COP(東京、新潟)エアコン②

4 まとめ

- ① エアコン①とエアコン②ではどちらも風量合成 COP マトリックスは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。
- ② エアコン①の風量合成 COP マトリックスは暖房時では高出力部分は主に風量 6-3[m³/min] の COP マトリックスの値が、低出力部分は主に風量 15-12[m³/min] の COP マトリックスの値が分布し、冷房時では全体的に風量 9-7[m³/min] の COP マトリックスの値が分布する。
- ③ エアコン②の風量合成 COP マトリックスは暖房時で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る。冷房時では全ての風量のマトリックスが混在して分布しており、外気温が低い部分では主に風量 14.5[m³/min] の COP マトリックスの値が分布している。
- ④ 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 (case3-1 (東京)) の年平均 COP はカタログ APF より 2.9 程度低く、年積算消費電力量はカタログ値と比較して約 600[kWh] 多い。
- ⑤ 風量合成 COP マトリックスと照合した場合の年平均 COP はカタログ APF より 1.9 程度低く、年積算消費電力量はカタログ値と比較して約 100[kWh] 多い。
- ⑥ 風量自動 COP マトリックスと照合した場合の年平均 COP は、北海道以南の地域では 3.5 ~ 4.0 程度となる。
- ⑦ どちらの COP マトリックスを用いた場合でも暖房負荷の大きい北海道地域での年平均 COP は他地域よりも低くなっているのは、COP マトリックス上で外気

温が低く出力が高いところで COP が低下しているためと考えられる。

- ⑧ 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。これは図 4 に示した COP の高い風量の多い部分 (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。

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 マトリックスデータベースを構築する。

注

- ※1 Annual Performance Factor: 通年エネルギー消費効率
- ※2 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。
- ※3 エアコン①では暖房負荷 1.5kW 冷房負荷 1.0kW 以下の場合、エアコンは ON-OFF 運転を行うとする。その際の COP は外気温により変化し、ON-OFF 運転時の実験結果より冷房: 外気温 30°C で COP0.6、暖房: 外気温 7°C で COP5.3 とする。エアコン②では暖房負荷 1.5kW 冷房負荷 1.2kW 以下の場合、エアコンは ON-OFF 運転を行うとする。その際の COP は外気温により変化し、ON-OFF 運転時の実験結果より冷房: 外気温 35°C で COP2.6、暖房: 外気温 7°C で COP2.4 とする。
- ※4 本解析での空調対象室は 17 畳、25 畳としているが、カタログ APF 算出時は 11 畳が対象とされている。

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) 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
- 2) 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
- 3) 赤林・文・坂口・有波 「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研究報告集、第 57 号、2014 年

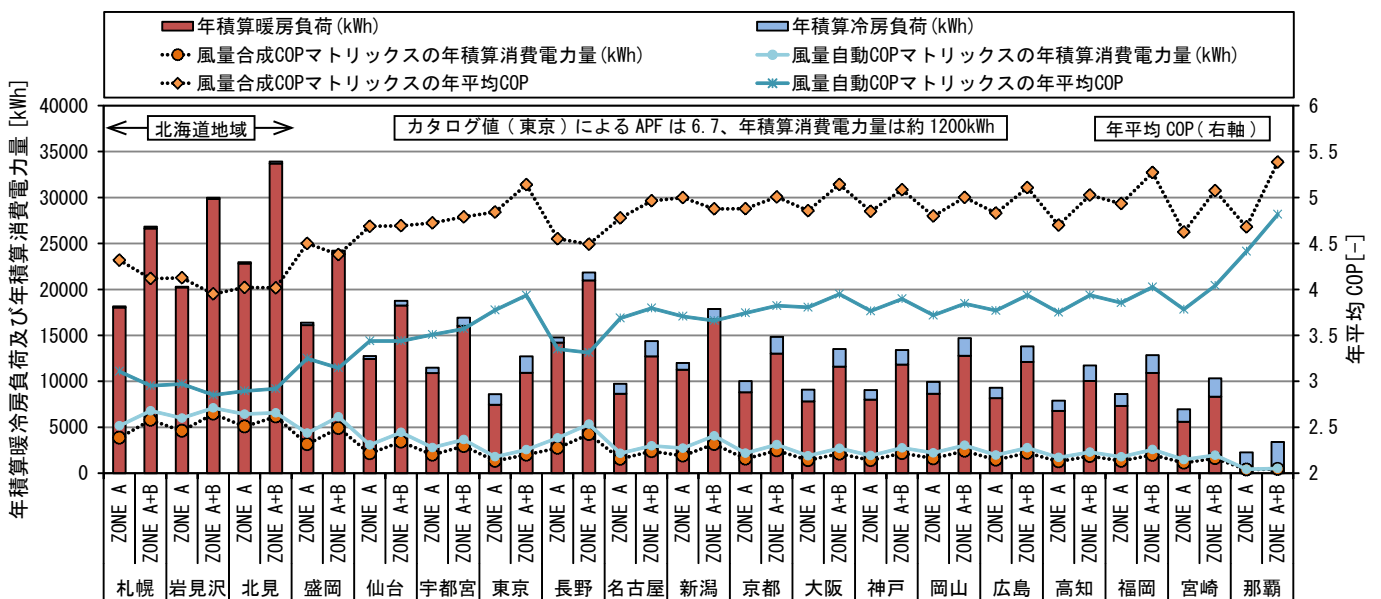


図9 エアコン②の 19 都市における年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均 COP (熱損失係数: 5.05W/m²・K)

*1 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士

*2 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生 修士 (工学)

*3 新潟県立大学国際地域学部国際地域学科 教授 博士 (工学)

*4 日本学術振興会特別研究員 PD (新潟大学大学院自然科学研究科) 博士 (工学)

*5 新潟大学自然科学研究科 大学院生 修士 (工学)

*1 Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.

*2 Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate school of Niigata Univ., M.Eng.

*3 Prof., Faculty of International Studies and Regional Development, Department of

International studies and Regional Development, University of Niigata Prefecture, Dr. Eng.

*4 JSPS Research Fellow, Graduate School of Science and Technology, Niigata Univ., Dr. Eng.

*5 Graduate Student, Division of Science and Technology, Graduate school of Niigata Univ., M.Eng.