

家庭用エアコンを対象とした実使用時の  
COPマトリックスデータベース構築及び  
年平均暖冷房COPに関する研究

T10K717H  
指導教員

渡邊恭平  
赤林伸一教授

住宅におけるエネルギー消費量のうち約30%を暖冷房が占めており、暖冷房機器の性能向上が求められている。

特にヒートポンプにより暖冷房を行うエアコンは、使用時の暖冷房負荷、外気温に応じて成績係数(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選定が極めて重要である。

現在、消費者が家庭用エアコンの機種選定をする際には、主に定格能力に応じた部屋の大きさ (最大負荷) に対応する機種をラインナップから選定している。



図 店頭におけるエアコンの販売状況

本研究では、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、各機種のパフォーマンス分析を行う。

次に、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、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。

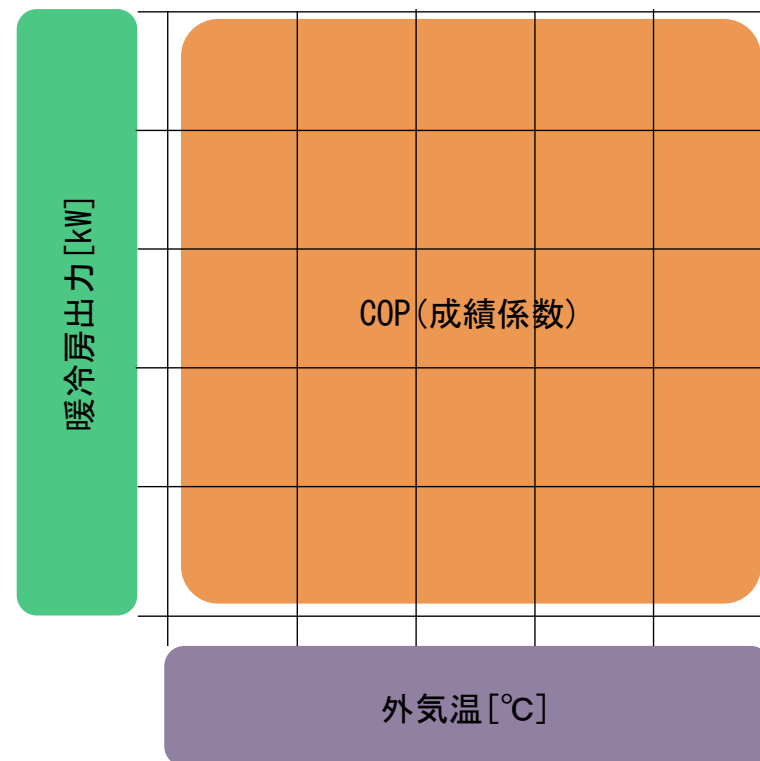


図 COPマトリックスのイメージ

更に、標準問題モデルのシェルター性能を変化させて熱負荷の解析を行い、作成したCOPマトリックスデータベースと照合することにより、年間の暖冷房COPを算出し、平均暖冷房COPを求める。

年平均暖冷房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性能特性を明らかにすることを目的とする。

※ Annual Performance Factor: 通年エネルギー消費効率

APF = 暖冷房期間の年積算出力 [kWh] / 暖冷房期間の年積算消費電力量 [kWh]

# 研究概要 カタログスタディの概要



調査対象は家庭用エアコン(2013年度モデル)の暖冷房機種(壁掛けタイプ)とし、大手家電メーカー9社※<sup>3</sup>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、代表的な機種の仕様※<sup>1</sup>と平均市場価格※<sup>2</sup>

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	299	619	168,800	1		
	2.8	585	4.8	3.6	710	5.1	7.0				799			299	619	185,050	6
	4.0	1,200	3.3	5.0	1,190	4.2	6.0									215,930	7
ME社	2.2	440	5.0	2.5	465	5.4	6.9	799	312	295	800	285	550	138,133	5		
	2.8	600	4.7	3.6	710	5.1	6.8							164,395	6		
	4.0	1,095	3.7	5.0	1,130	4.4	6.3							178,645	5		
MH社	2.2	420	5.2	2.5	445	5.6	6.8	798	293	294	800	290	640	194,667	7		
	2.8	595	4.7	3.6	705	5.1	6.7							225,833	9		
	4.0	995	4.0	5.0	1,130	4.4	6.1							291,300	7		
H社	2.2	410	5.4	2.5	435	5.8	6.8	798	299	295	750	288	570	141,782	2		
	2.8	625	4.5	3.6	690	5.2	6.7				799			299	629	165,782	4
	4.0	960	4.2	5.0	945	5.3	6.9									186,043	5
T社	2.2	450	4.9	2.5	450	5.6	6.8	798	310	293	780	290	550	147,710	2		
	2.8	610	4.6	3.6	720	5.0	6.7							164,366	6		
	4.0	1,120	3.6	5.0	1,170	4.3	5.9							200,000	7		
D社	2.2	450	4.9	2.5	450	5.6	6.7	798	370	295	768	342	595	171,333	2		
	2.8	540	5.2	3.6	680	5.3	6.8				845			204,667	7		
	4.0	930	4.3	5.0	1,050	4.8	6.2				858			218,000	14		
F社	2.2	395	5.6	2.5	430	5.8	7.0	798	306	293	790	290	620	137,333	4		
	2.8	555	5.1	3.6	660	5.5	6.8							183,600	6		
	4.0	975	4.1	5.0	1,015	4.9	6.3							192,500	6		
S社	2.2	430	5.1	2.5	435	5.8	6.8	798	321	295	780	289	540	122,650	1		
	2.8	565	5.0	3.6	685	5.3	6.7				820			340	630	185,966	3
	4.0	980	4.1	5.0	1,090	4.6	6.2									194,633	2
C社	2.2	510	4.3	2.5	520	4.8	5.8	795	247	290	780	278	533	89,750	4		
	2.8	715	3.9	3.6	800	4.5	5.8							114,700	4		
	4.0	1,340	3.0	5.0	1,425	3.5	5.0							128,000	4		

- ※1 各主要メーカーの最上位機種の暖房定格出力2.5kW、3.6kW、5.0kWの機種。
- ※2 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)。
- ※3 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。

簡易カロリメータの室内・室外機側チャンバーに温度調整用空調機を設置し、温度をコントロールする。吸込・吹出温湿度の測定にはHIOKI社製温湿度センサー※<sup>4</sup>と熱電対を用いる。

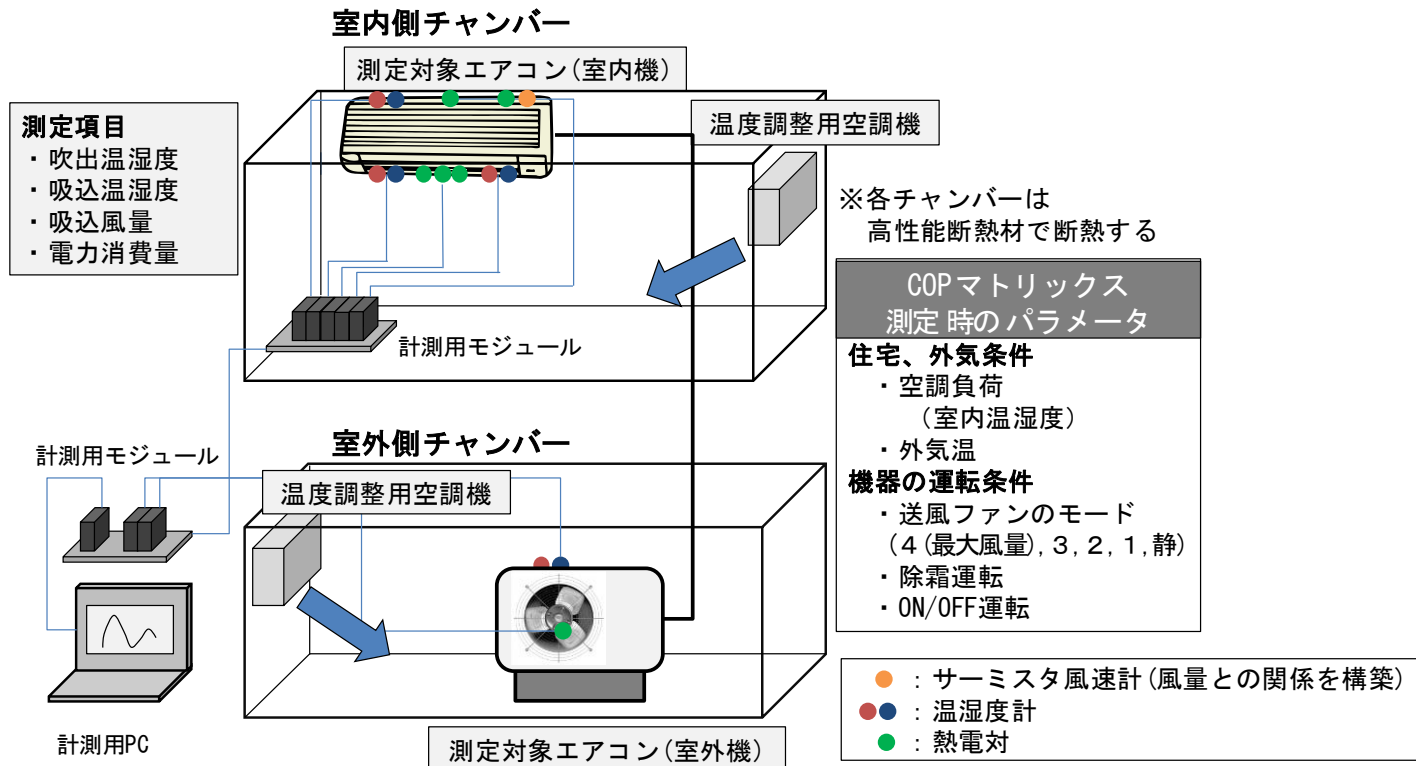


図 簡易カロリメータ

※<sup>4</sup> 温度分解能 : 0.1°C、湿度分解能 : 0.1%、温度測定確度 : 0~35.0°C ±0.5°C、35.1~70.0°C ±1.0°C、湿度測定確度 : 測定温湿度によるが概ね±5~10%。

室内機の吸込口に温湿度センサーとサーミスタ風速計※<sup>5</sup>を1点ずつ、吹出口に温湿度センサーを2点、熱電対を3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。

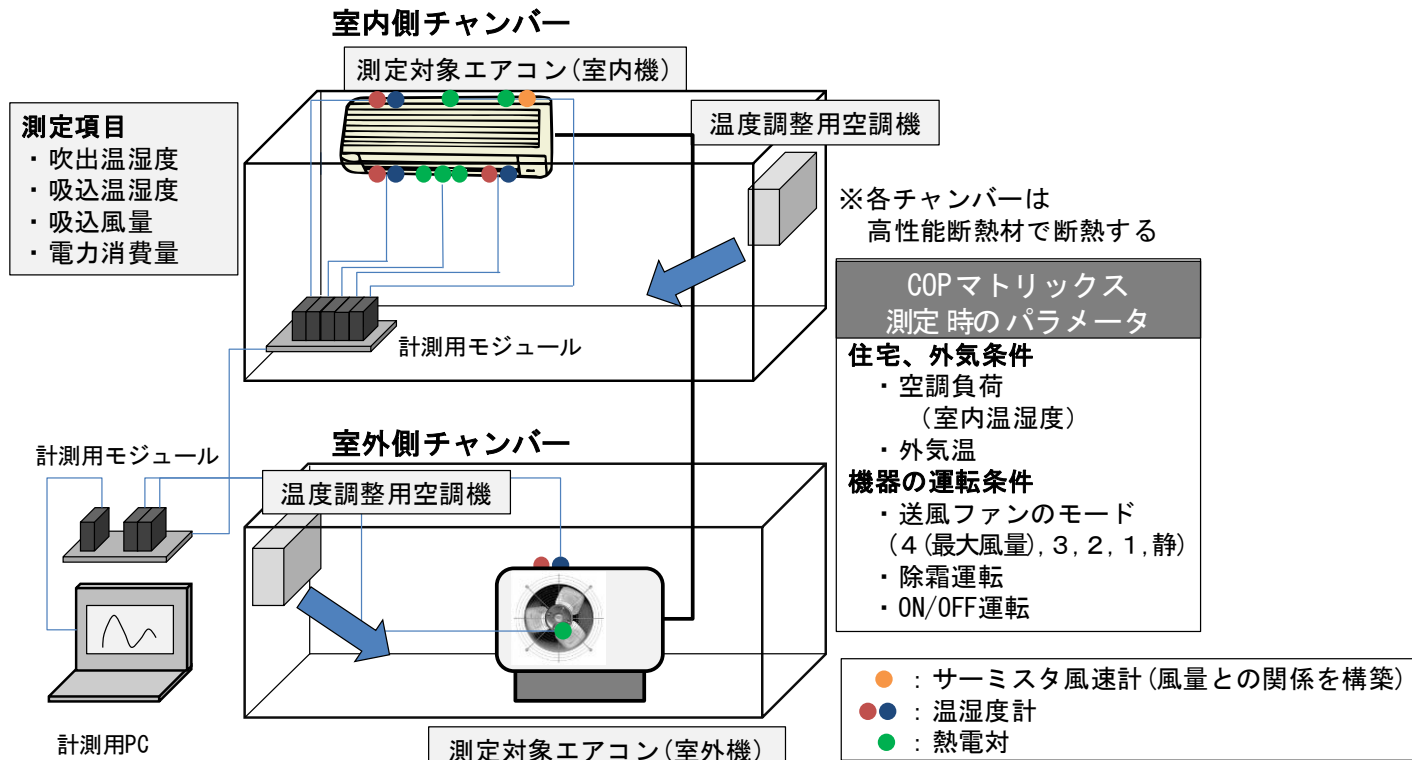


図 簡易カロリメータ

※<sup>5</sup> 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。



COPの算出の際、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※<sup>6</sup>を用いる。

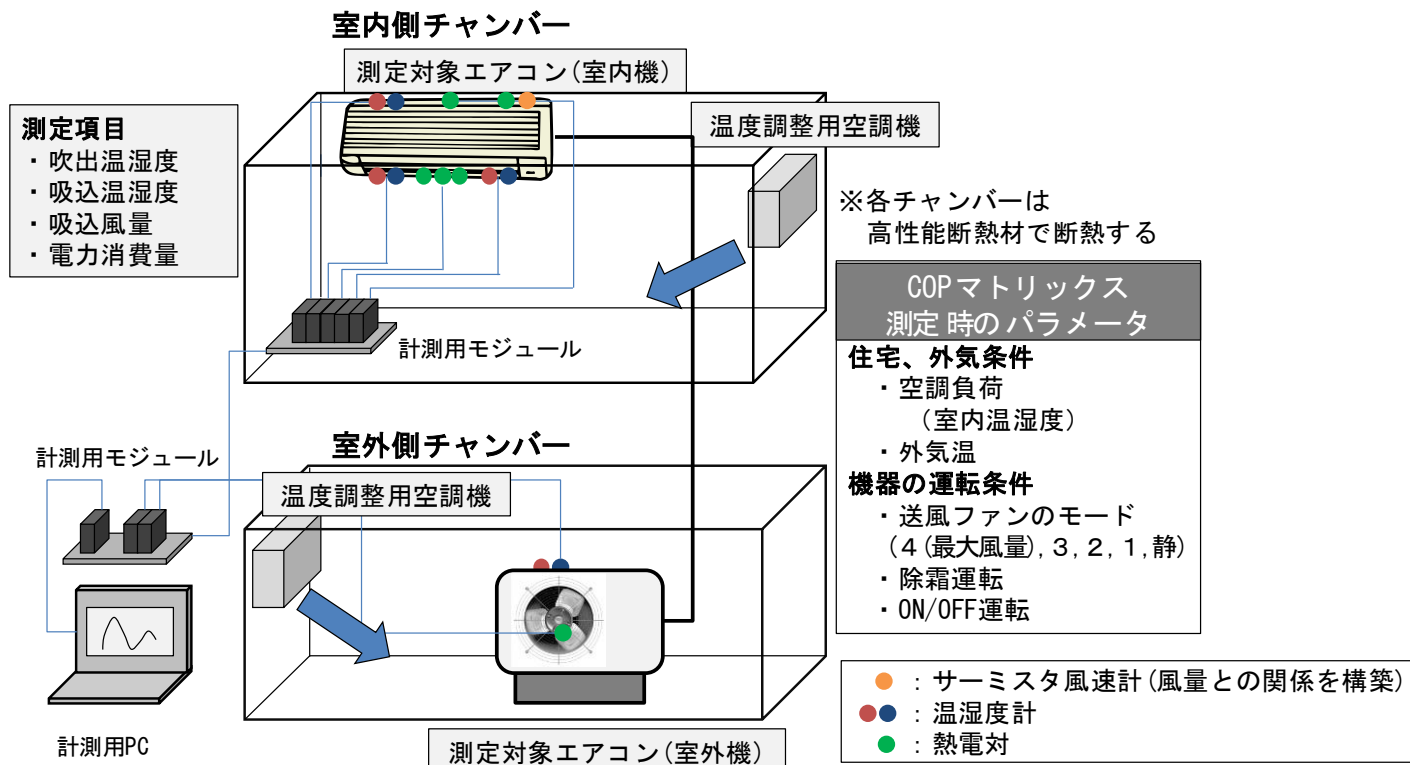


図 簡易カロリメータ

※<sup>6</sup> 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。

COP測定はCOP簡易測定法<sup>文1)</sup>により行う。測定対象エアコンの風量設定は最大風量とし、外気温、暖冷房負荷を変化させて電力消費量を測定する。エアコンの吸込・吹出口の温湿度によりエンタルピーを算出し、吸込・吹出口のエンタルピー差と測定処理風量から暖冷房出力を算出する。暖冷房出力と電力消費量からCOPを算出する。

COP簡易測定法により測定を行った外気温、暖冷房出力とCOPの関係により、COPマトリックスの作成を行う。

測定結果から外気温 $0.1^{\circ}\text{C}$ 、出力 $0.1\text{kW}$ 毎にCOPをマトリックス内にプロットし、測定結果が無い条件は周囲の値から回帰式を求め、補間する。

表 2 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回前の日まで	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回前の日まで	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		時間帯空調	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	
設置エアコン定格能力 (kW)	冷房	7.1	カタログ目安 : 木造20畳、32m <sup>2</sup>
	暖房	8.5	カタログ目安 : 木造19畳、31m <sup>2</sup>
エアコン風量 (m <sup>3</sup> /min)		19.5	風量4

地域対象は東京、新潟とする。  
 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。

表3 各解析caseの概要

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

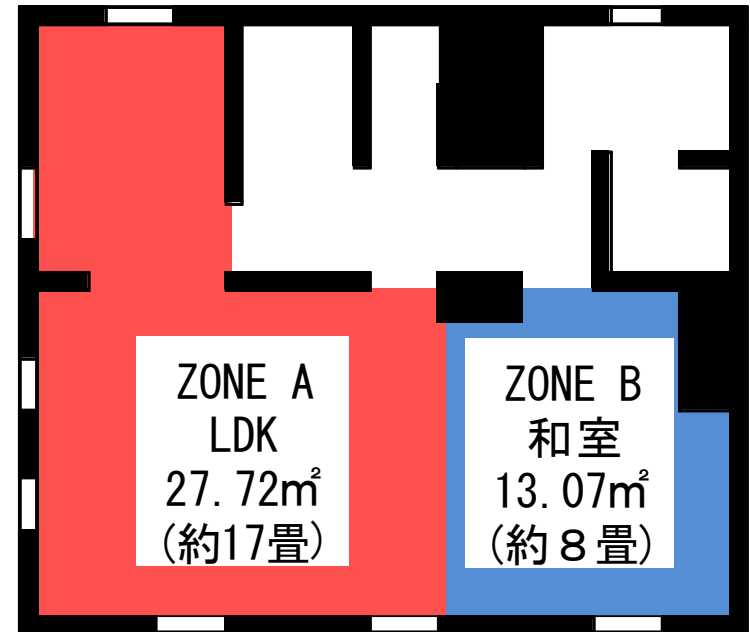


図1 標準問題モデル1階平面図

対象モデルは日本建築学会熱負荷計算用標準問題モデルを用い、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。

表3 各解析caseの概要

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

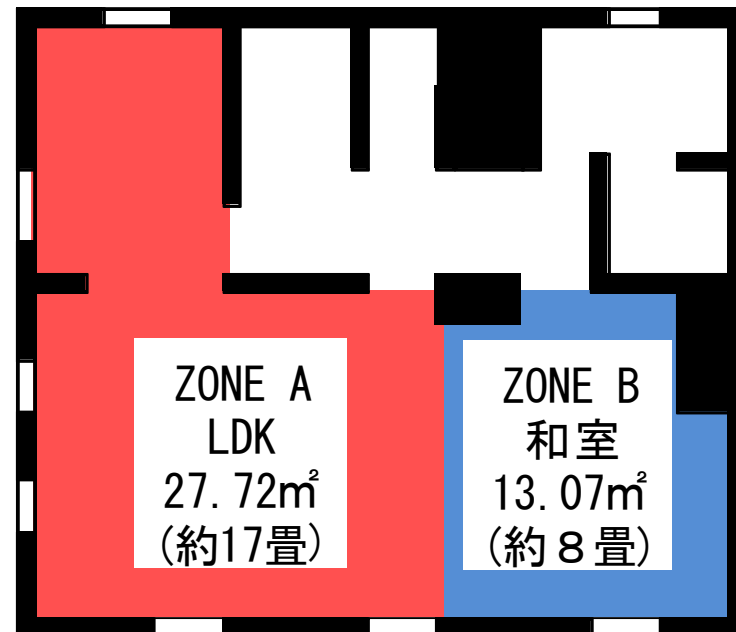


図1 標準問題モデル1階平面図

算出した熱負荷と各時刻の外気温を測定したCOPマトリックスを照合することで、1時間毎に1年間の暖冷房COPを算出する。

表3 各解析caseの概要

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

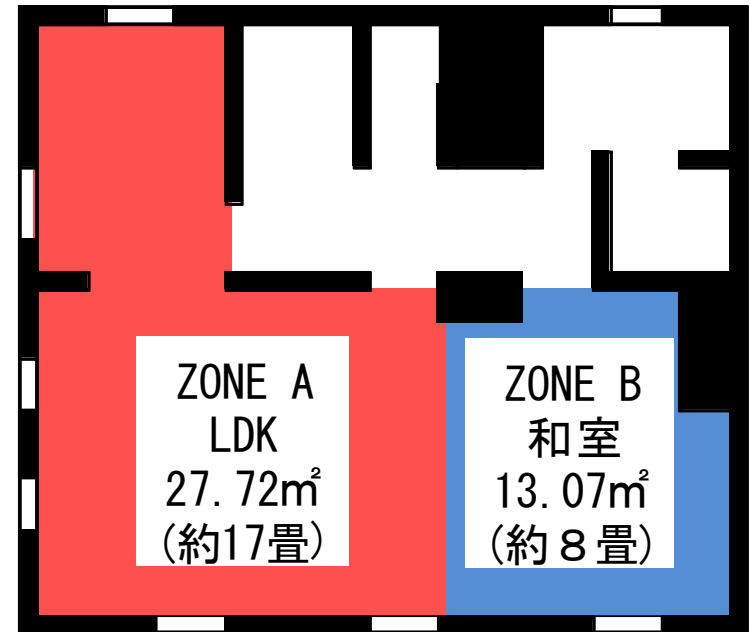


図1 標準問題モデル1階平面図

暖冷房共に定格能力の上昇に伴い平均定格COP※<sup>7</sup>は低下する。

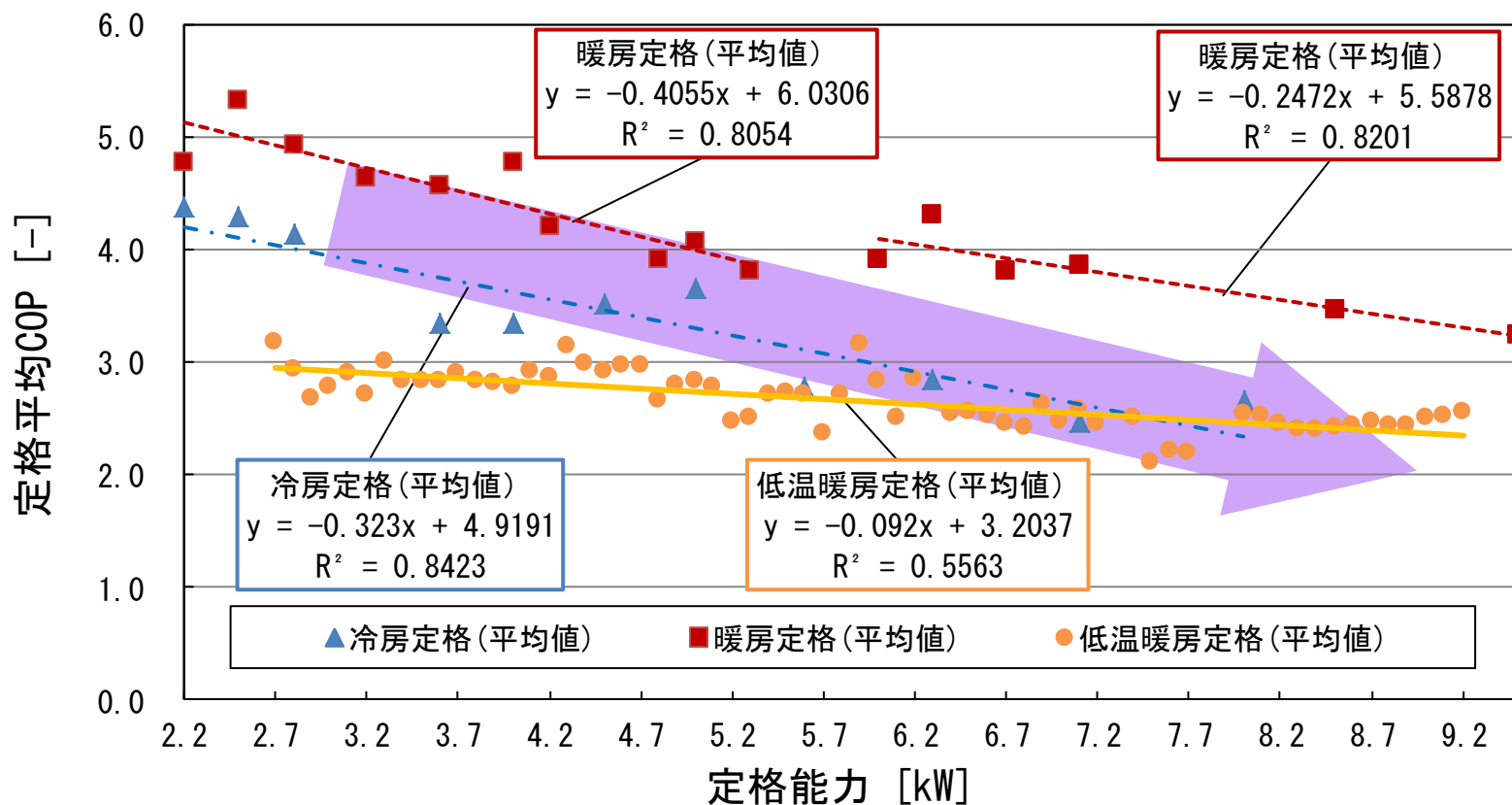
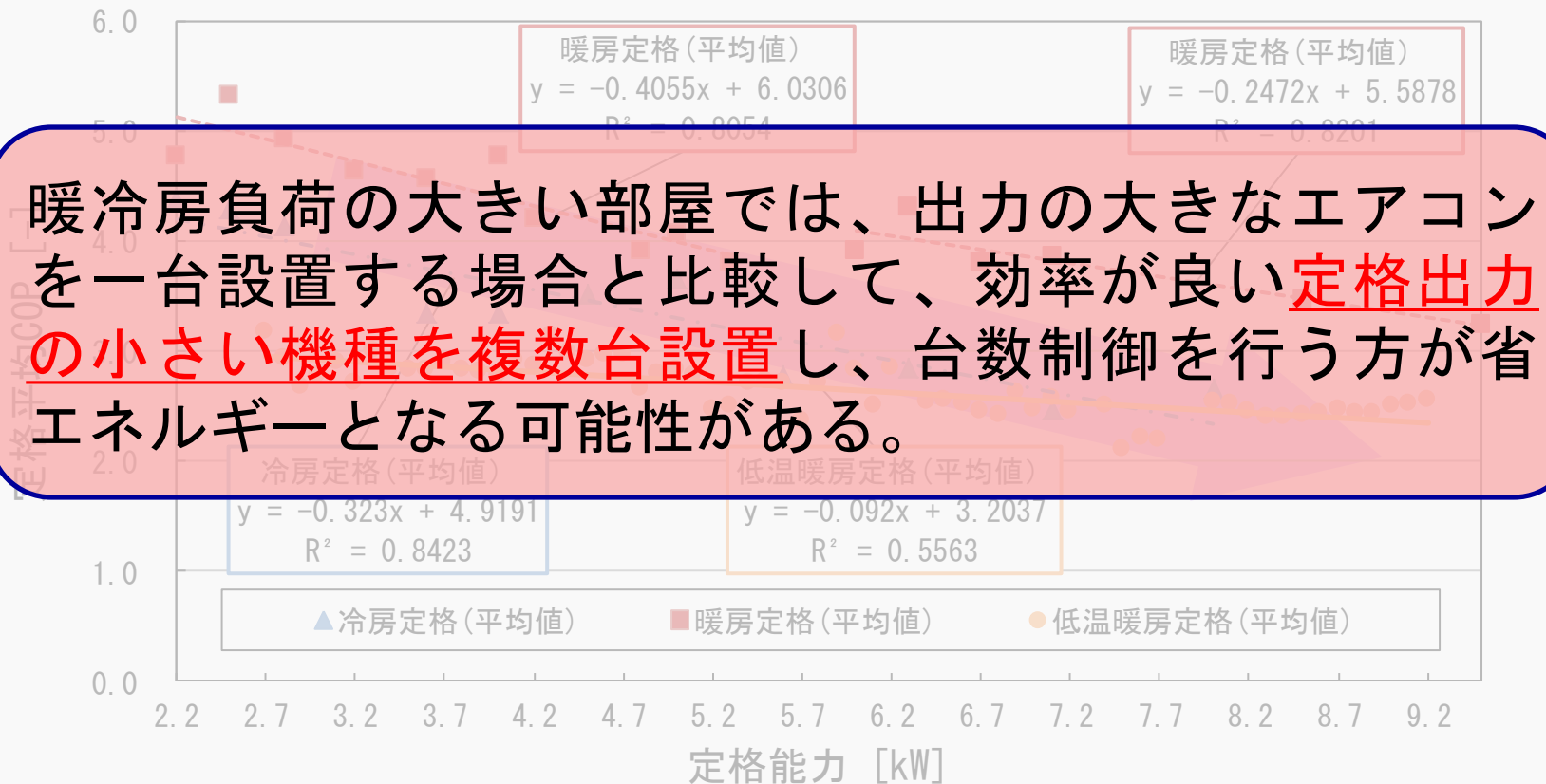


図2 エアコンの定格能力と平均定格COP※<sup>7</sup>の関係(2013年度モデル)

※<sup>7</sup> 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。



暖冷房共に定格能力の上昇に伴い平均定格COP※<sup>7</sup>は低下する。



暖冷房負荷の大きい部屋では、出力の大きなエアコンを一台設置する場合と比較して、効率が良い定格出力の小さい機種を複数台設置し、台数制御を行う方が省エネルギーとなる可能性がある。

図2 エアコンの定格能力と平均定格COP※<sup>7</sup>の関係 (2013年度モデル)

※<sup>7</sup> 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。

暖房定格では、両者の関係が暖房定格能力5.5kW付近を境界として、傾きの異なる2つの近似直線として回帰できる。

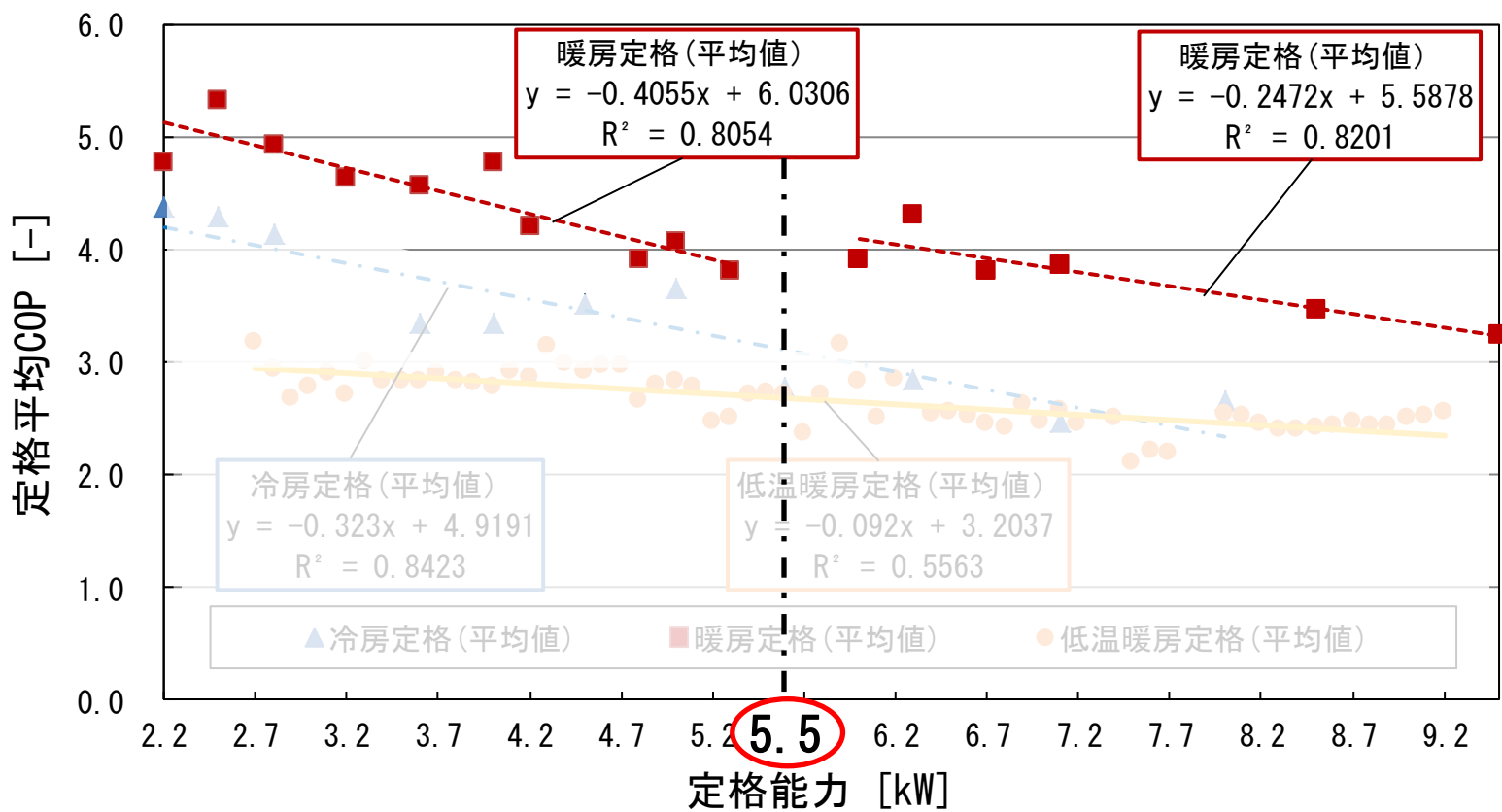
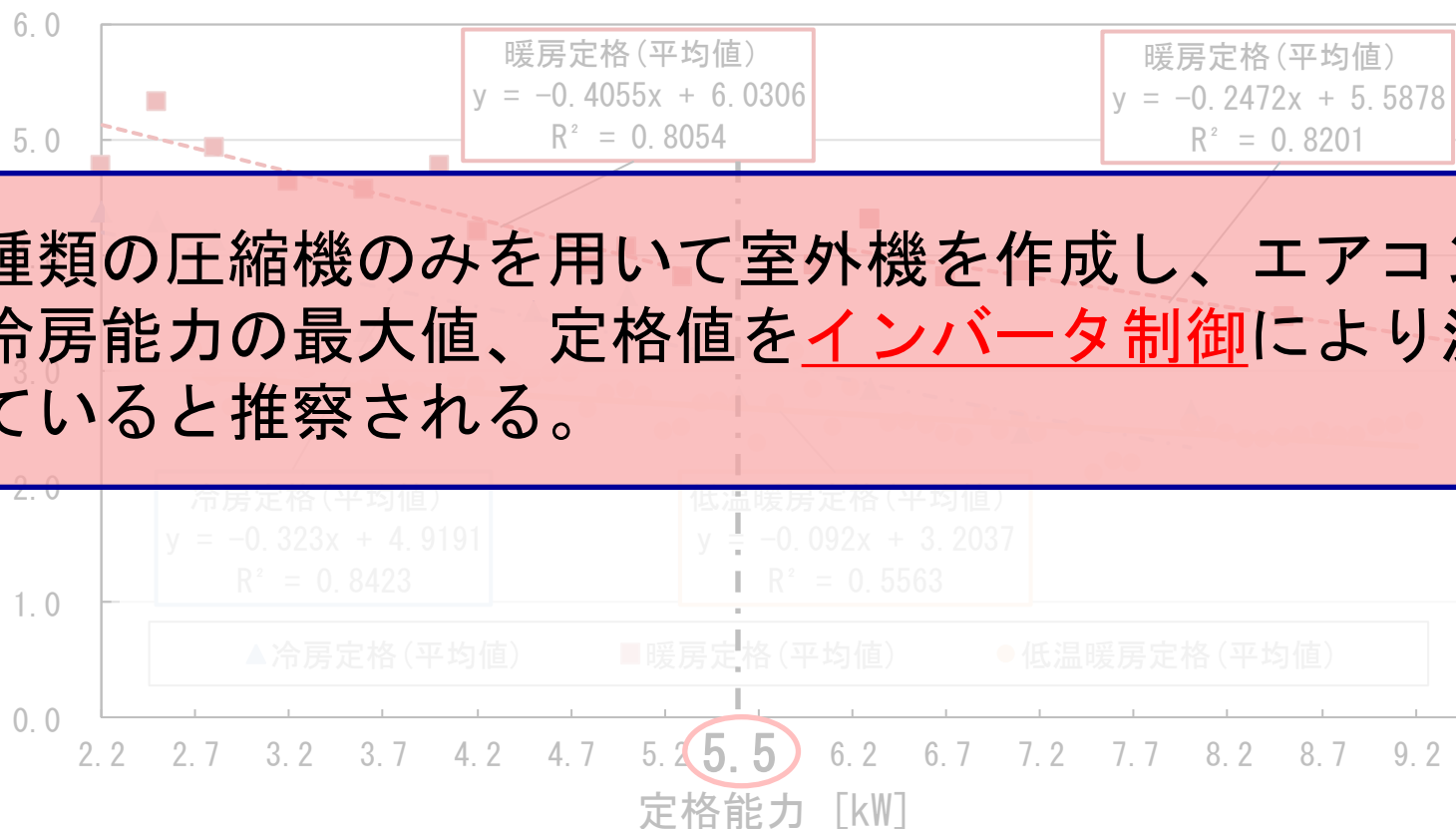


図2 エアコンの定格能力と平均定格COP※7の関係(2013年度モデル)

※7 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。

暖房定格では、両者の関係が暖房定格能力5.5kW付近境界として、傾きの異なる2つの近似直線として回帰できる。



2種類の圧縮機のみを用いて室外機を作成し、エアコンの暖冷房能力の最大値、定格値をインバータ制御により決定していると推察される。

図2 エアコンの定格能力と平均定格COP<sup>※7</sup>の関係(2013年度モデル)

※7 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。

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。又、どちらも出力が高い方がCOPが低い。

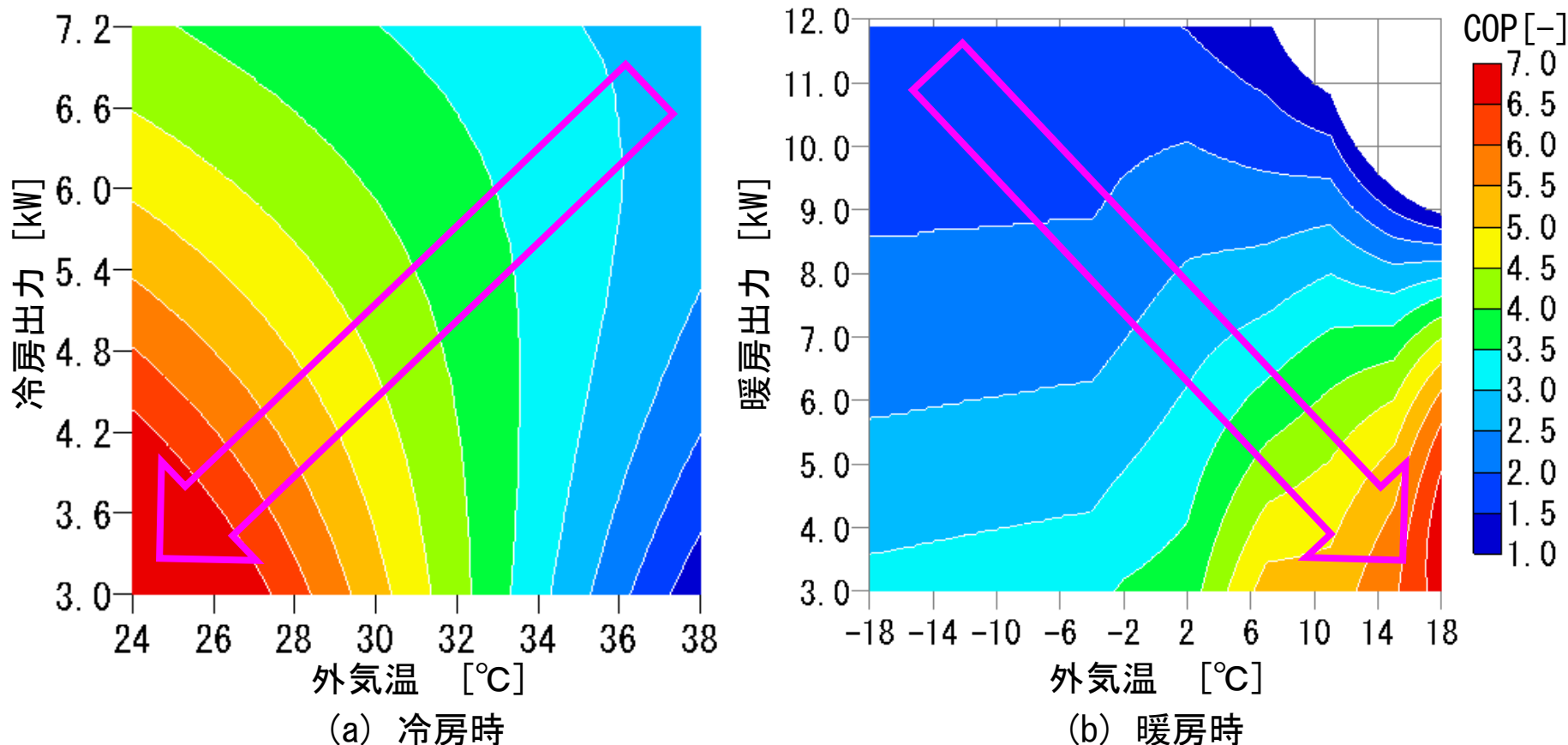


図3 COPマトリックス(最大風量)

これらのCOPマトリックスを用いて1時間毎に1年間の暖  
冷房COPを算出する。

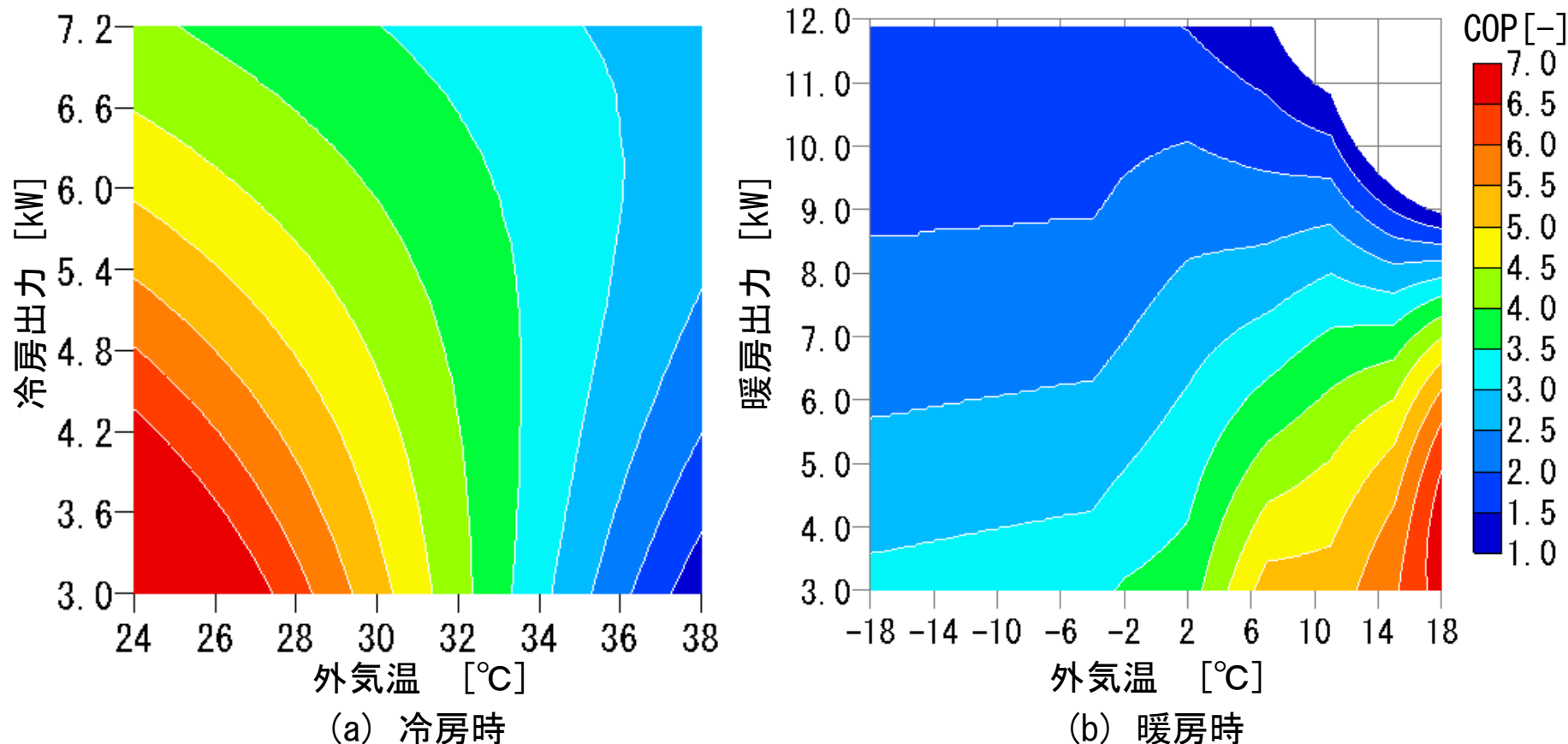


図3 COPマトリックス(最大風量)

# 解析結果 暖冷房COPの解析結果

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。

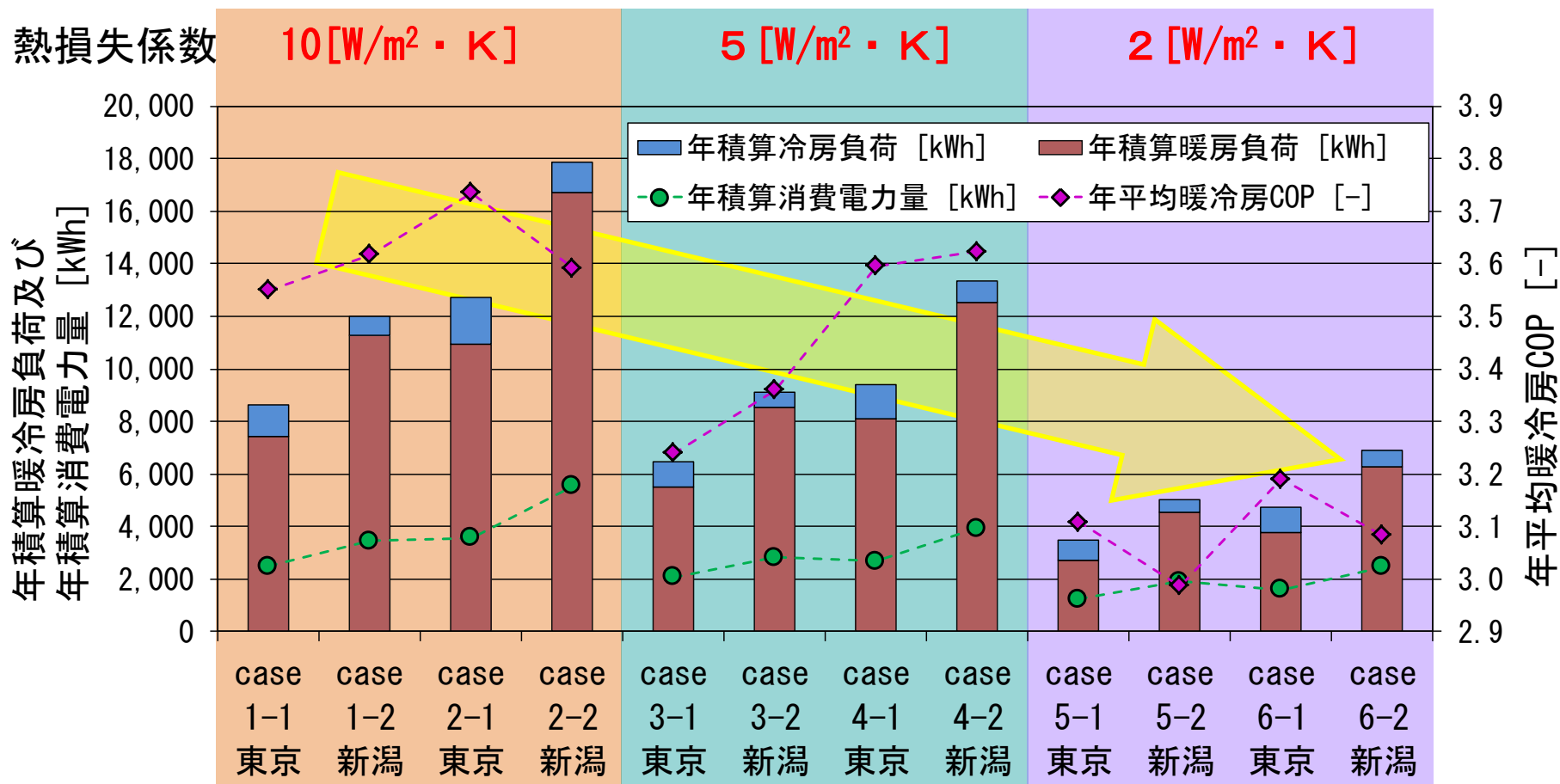


図4 年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均暖冷房COP (東京、新潟)

# 解析結果 暖冷房COPの解析結果

暖冷房負荷が少ない場合、ON/OFF運転※<sup>8</sup>の頻度が多くなるためと考えられる。

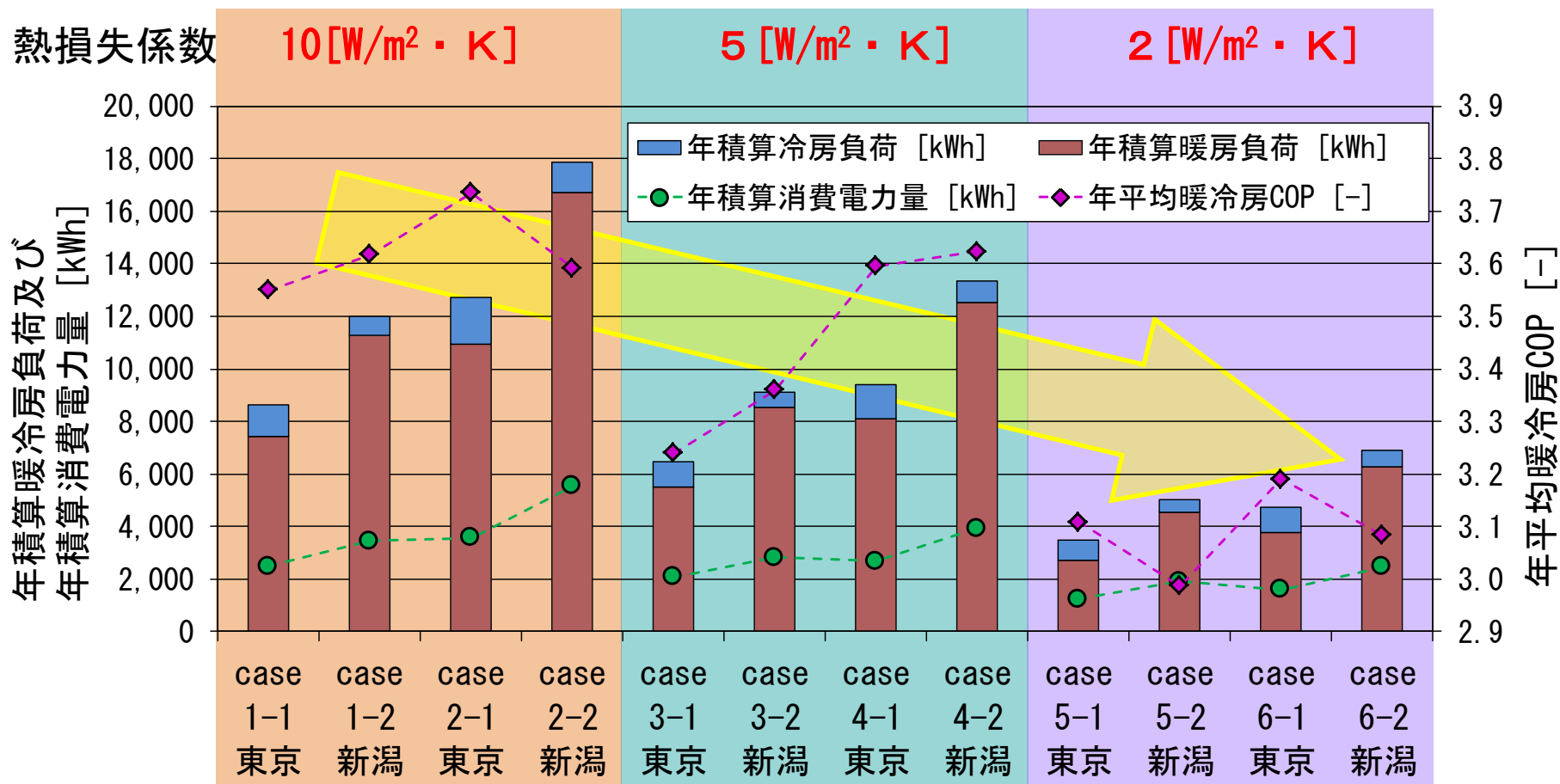


図4 年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均暖冷房COP(東京、新潟)

※<sup>8</sup> 暖冷房負荷3kW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32℃でCOP2.3、暖房：外気温11℃でCOP3.0とする。

# 解析結果 暖冷房COPの解析結果

実験対象エアコンのカタログAPFは4.9である。case2-1の年平均暖冷房COPは3.7程度、case2-2では3.6程度となる。

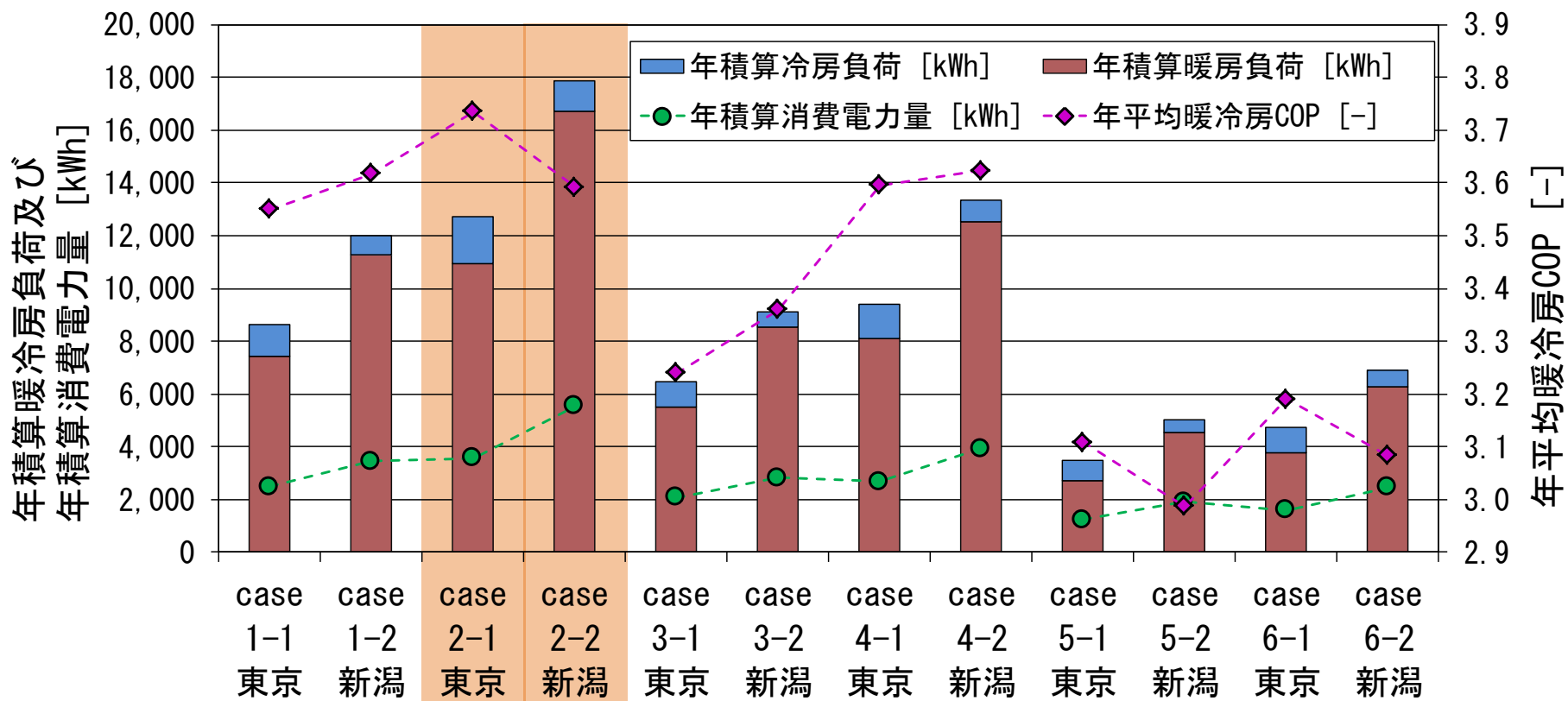


図4 年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均暖冷房COP (東京、新潟)



# 解析結果 暖冷房COPの解析結果

case2-1 (東京)では、カタログによる年積算消費電力量は約2600kWhであるが、COPマトリックスによる解析結果は約3600kWhであり、実使用時には年間で約1000kWh多い。

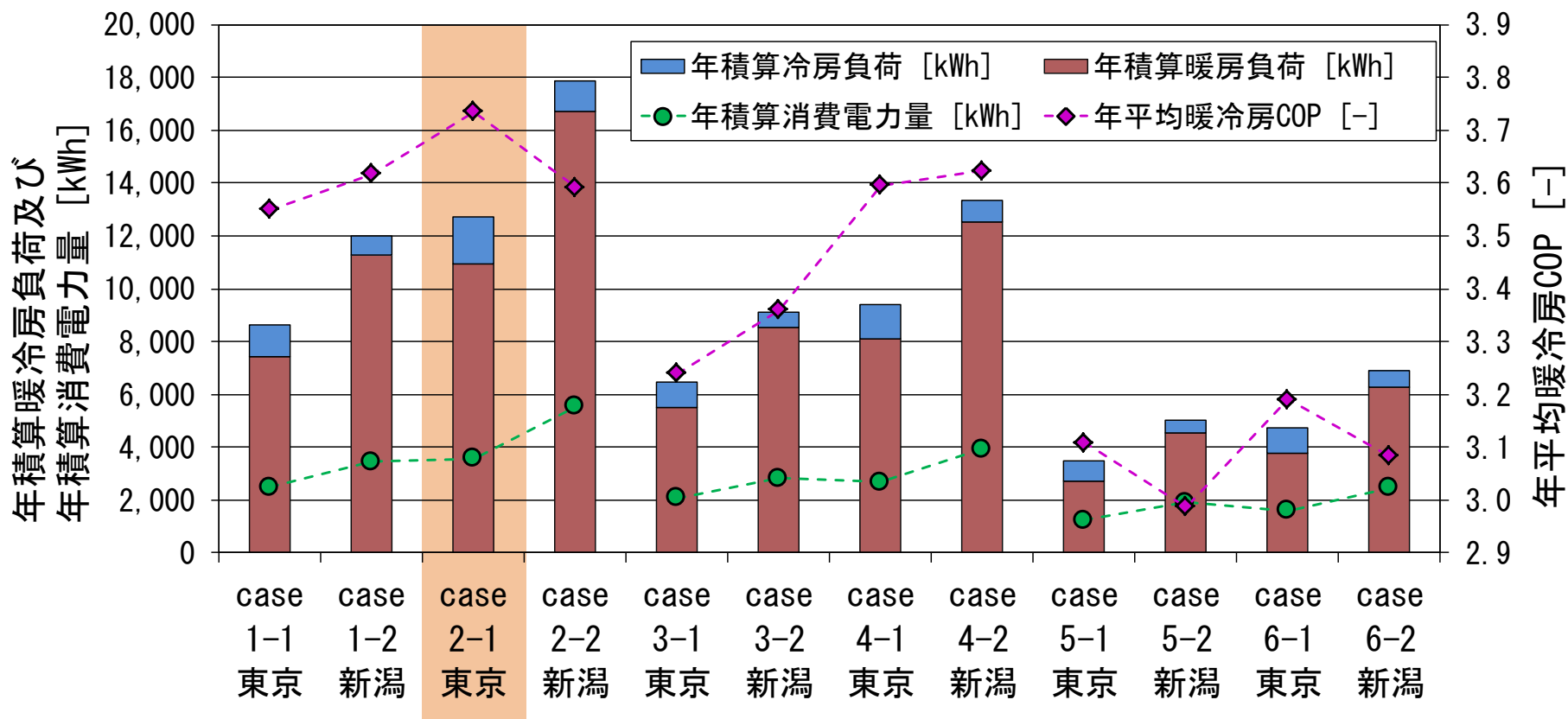


図4 年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均暖冷房COP (東京、新潟)

- ①カタログスタディの結果、定格出力の小さな機種を複数台設置し、台数制御を行う方が省エネルギーとなる可能性がある。
- 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COPが高い。更に、どちらも出力が低い方がCOPが高い。
- ③COPマトリックスによる年平均COPはカタログ値より、1.2程度低く、年積算消費電力量はカタログAPFにより算出結果より約1000kWh多い。
- ④部屋大きさによってエアコンを選定する方法は、過大な能力のエアコンを選定することになり、適切な能力を選定する方法を提案する必要がある。