

家庭用エアコンを対象とした
実使用時における機器特性及び実APFに関する研究



新潟大学大学院 自然科学研究科 環境科学専攻
社会基盤・建築学コース(建築系)

大熊耀平

指導教員

赤林伸一教授

1 研究目的

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向上している。しかし現在の機種選定は設置する部屋の負荷に合わせて行うのではなく、部屋の広さに対応した機種のラインナップから選定され、高断熱化された負荷の小さい住宅では過大な暖冷房能力を持った機種が選定されることになる。

機種毎の性能としてカタログに表示されている通年エネルギー消費効率 (APF※¹) は定格・中間暖冷房、低温暖房出力時の性能のみから算出された推定値であり、実運転時の実APFとは大きく異なる可能性がある。そこで、実運転時の外気温・暖冷房出力とCOPの関係 (COPマトリクス) を実験により測定し、実APFを正確に算出することにより、実運転時の性能が最も良い機種を選定することができると考えられる。

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

本研究では、市販されているA社製エアコン(2015年製)を対象として外気温、暖冷房負荷を自由に調整可能な簡易カロリメータを用いて実使用時における外気温、空調負荷及びCOPの関係を測定し、COPマトリクスデータベースの作成を行う。

日本建築学会標準住宅モデルを対象に各都市※²における熱負荷シミュレーションを行い、シェルター性能及び地域条件を変化させて熱負荷を算出し、測定したCOPマトリクスデータベースと照合することにより、実APFを求める。

既往研究^{文2)}により明らかにしたP社製家庭用エアコンとの機器特性の違いを明らかにし、最適機種選定方法の検討を行うことを目的とする。

※2 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。

文2) 赤林ら「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」日本建築学会北陸支部研究報告集、第58号、2015年

2 測定概要

表 1 測定対象のA社製エアコン4台の仕様

メーカー	性能											
	暖房					冷房					APF [-]	期間消費電力 [kWh]
	出力 [kW]		消費電力 [W]		COP [-]	出力 [kW]		消費電力 [W]		COP [-]		
定格	範囲	定格	範囲	定格	定格	範囲	定格	範囲	定格			
エアコン①	2.5	0.6~5.2	465	105~1,480	5.4	2.2	0.6~3.4	440	105~880	5.0	6.9	603
エアコン②	2.8	0.6~5.2	525	105~1,480	5.3	2.5	0.6~3.5	520	105~910	4.8	6.7	706
エアコン③	5.0	0.6~9.9	1,090	105~3,670	4.6	4.0	0.6~5.3	1,110	105~1,600	3.6	5.9	1,282
エアコン④	6.7	0.6~10.2	1,580	105~3,670	4.2	5.6	0.6~6.0	1,850	105~2,020	3.0	5.7	1,858

**COPマトリクス
測定時のパラメータ**

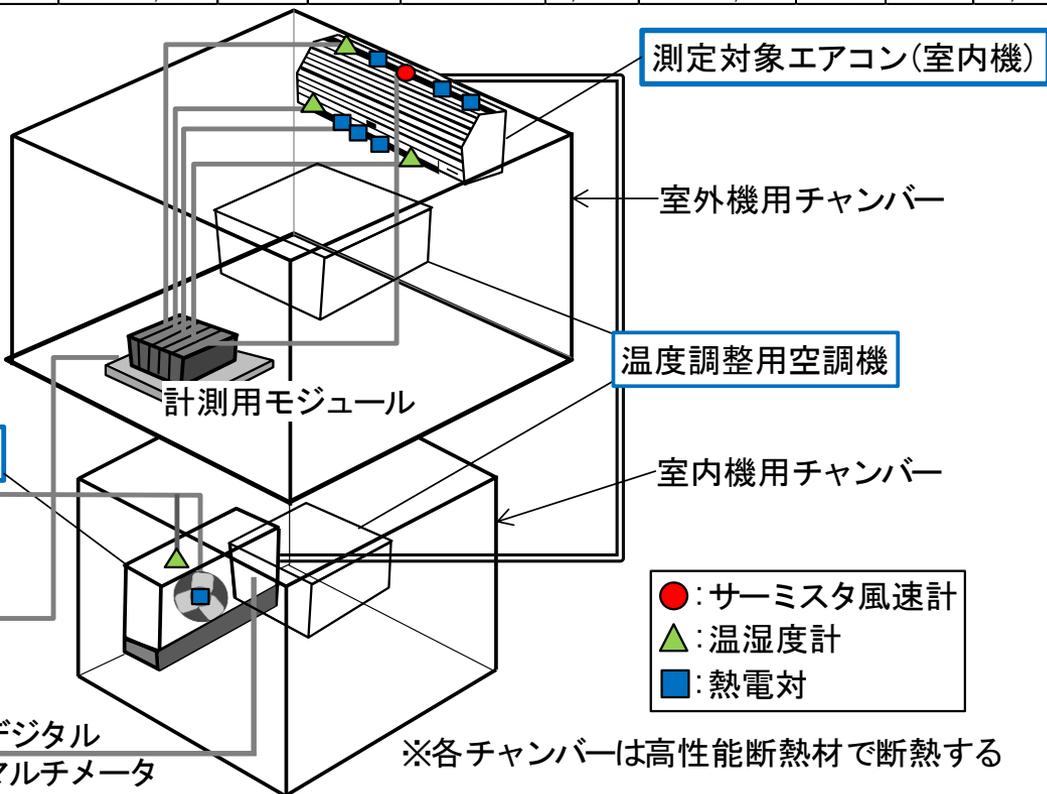
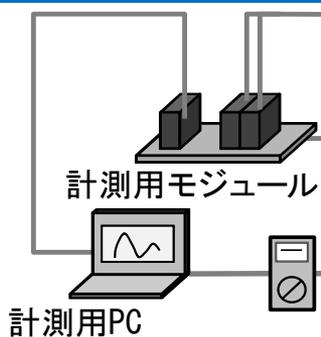
住宅、外気条件

- ・空調負荷 (室内空気温度)
- ・外気温

機器の運転条件

- ・送風ファンのモード
風量自動
- ・ON-OFF運転

測定対象エアコン(室外機)



※各チャンバーは高性能断熱材で断熱する

図 1 簡易カロリーメータの概要 (測定方法①)

測定概要

各チャンバー内には空気温度を $-10[^\circ\text{C}]$ に調整可能なクーラーと電気ヒーター(10[kW])を組み合わせた温度調整用空調機を設置し、温度をコントロール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。

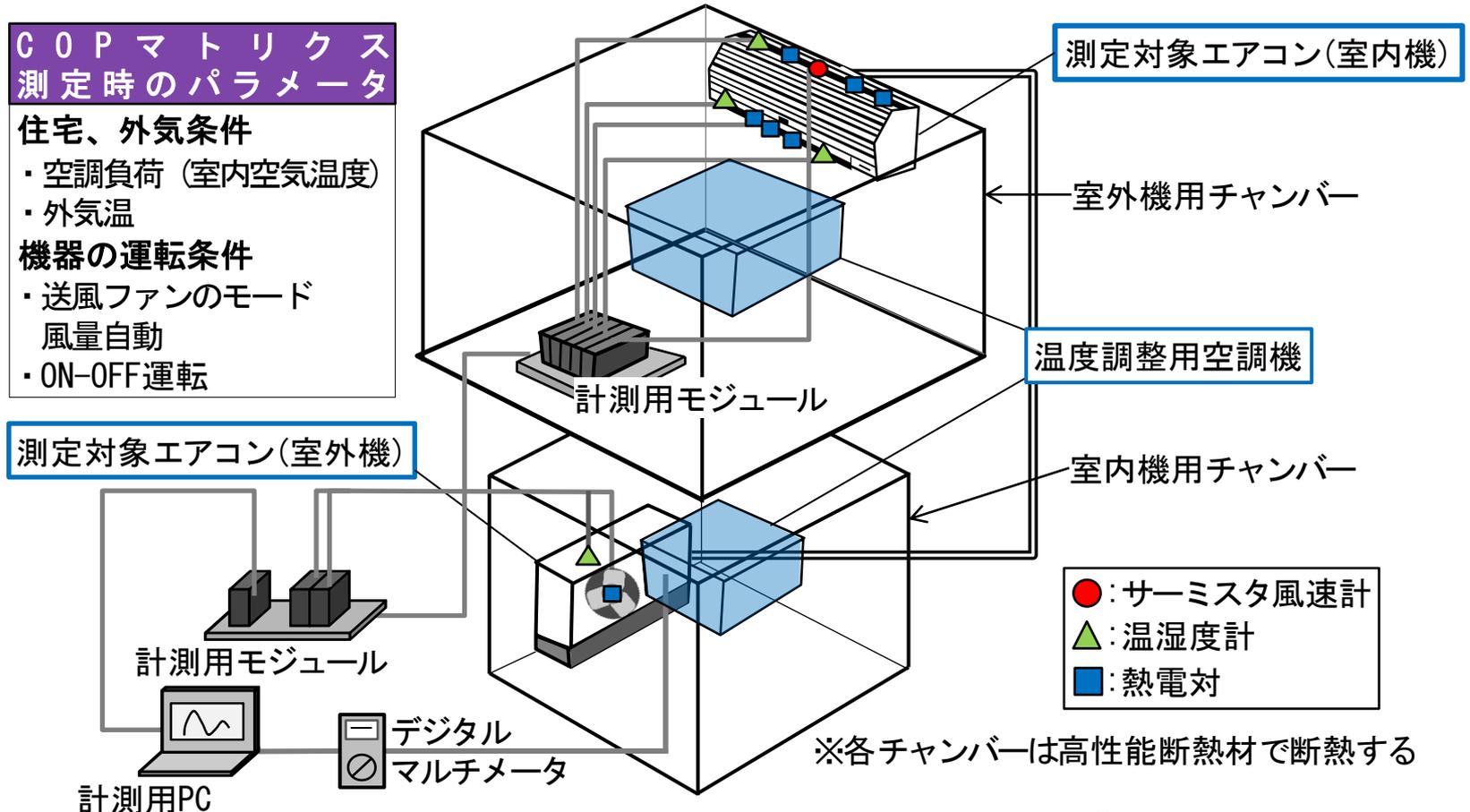


図1 簡易カロリメータの概要(測定方法①)

3 測定方法

エアコンのCOP測定は、家庭用エアコンCOP簡易測定法^{文3)}により行う。
 測定対象エアコンのリモコン風量設定は風量自動とし、外気温、暖冷房
 負荷を変化させて電力消費量を測定し、COPを算出する。

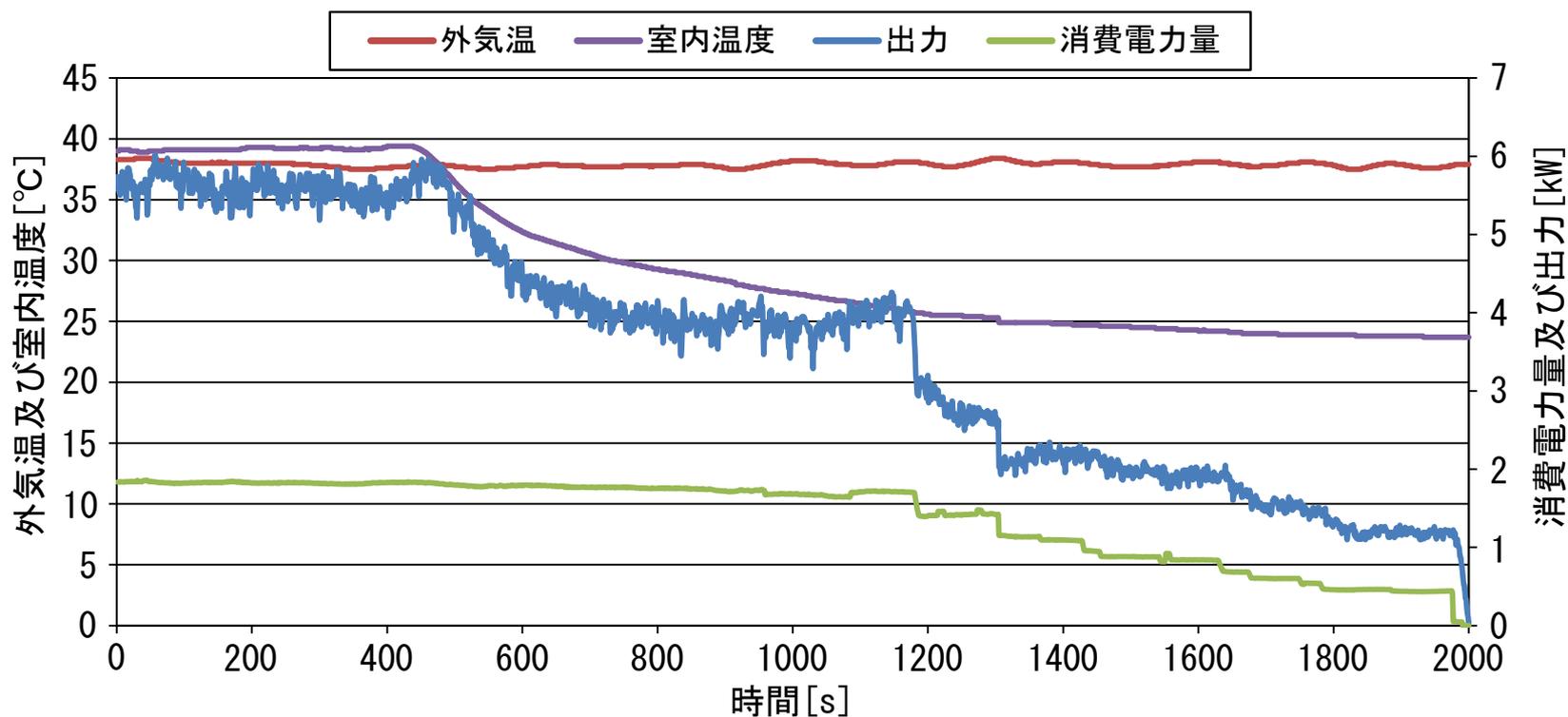


図 実運転時測定結果の一例 (エアコン④、冷房時：外気温38°C)

外気温は暖房時： $-5 \sim 15 [^{\circ}\text{C}]$ 、冷房時： $24 \sim 38 [^{\circ}\text{C}]$ とする。実験は暖冷房負荷として、室内温度を暖房時： $0 [^{\circ}\text{C}]$ 、冷房時： $40 [^{\circ}\text{C}]$ と設定し、室内温度が設定温度に達し次第、測定対象エアコンを運転させる。測定対象エアコンが稼働し、出力が一定となり定常運転となった後、室内側チャンバーの温度調整用空調機を停止させ、測定対象エアコンのみで空調を行う。

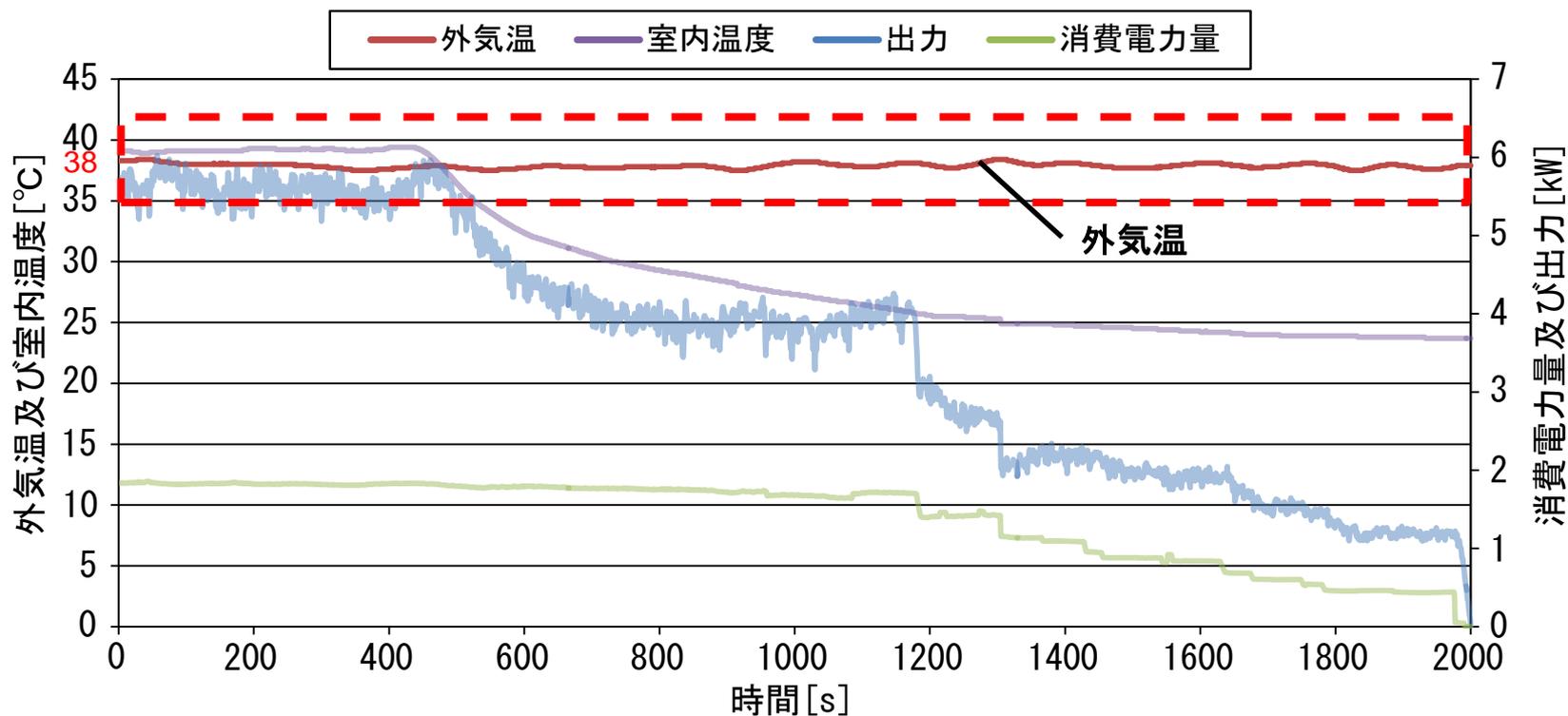


図 実運転時測定結果の一例 (エアコン④、冷房時：外気温38 $^{\circ}\text{C}$)

外気温は暖房時： $-5 \sim 15 [^{\circ}\text{C}]$ 、冷房時： $24 \sim 38 [^{\circ}\text{C}]$ とする。実験は暖冷房負荷として、室内温度を暖房時： $0 [^{\circ}\text{C}]$ 、冷房時： $40 [^{\circ}\text{C}]$ と設定し、室内温度が設定温度に達し次第、測定対象エアコンを運転させる。測定対象エアコンが稼働し、出力が一定となり定常運転となった後、室内側チャンバーの温度調整用空調機を停止させ、測定対象エアコンのみで空調を行う。

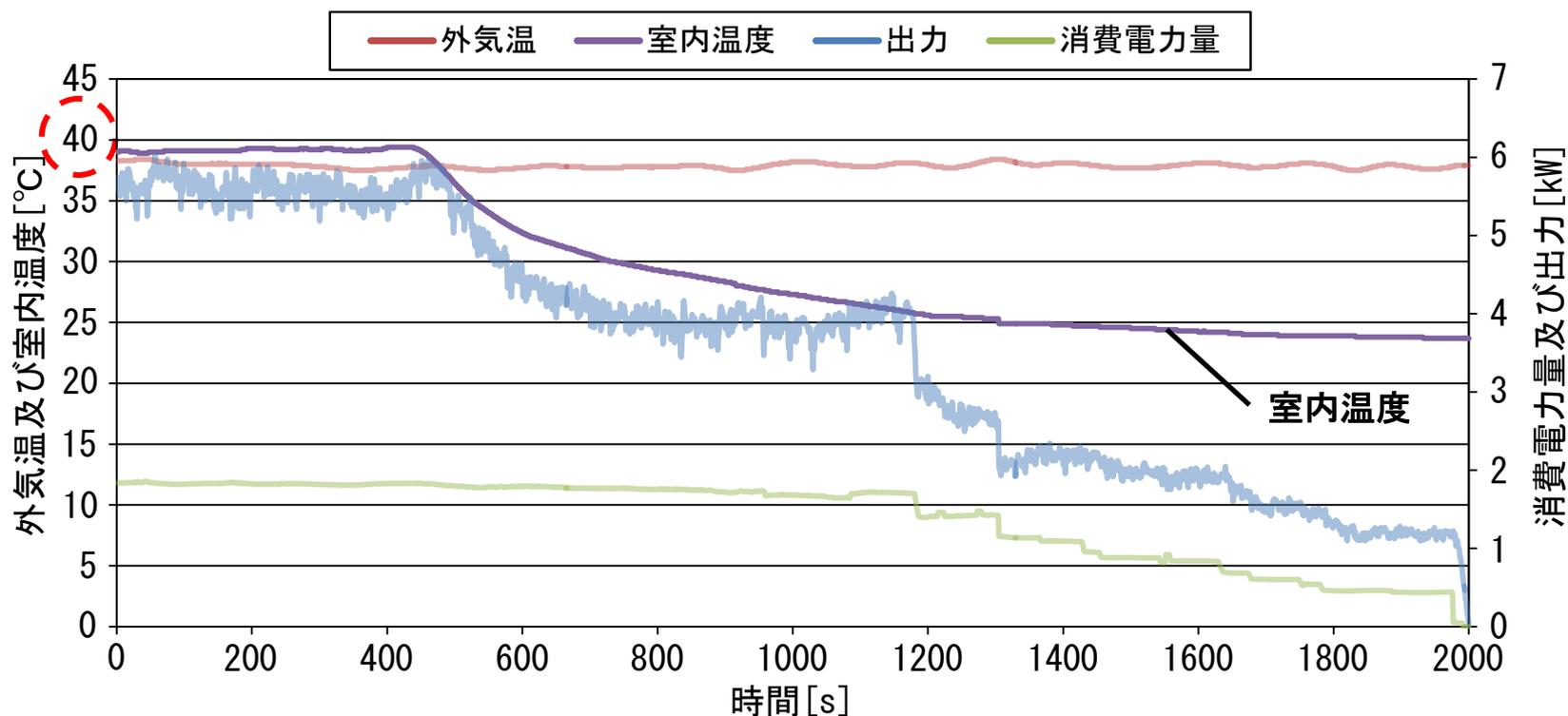


図 実運転時測定結果の一例 (エアコン④、冷房時：外気温 38°C)

外気温は暖房時：-5～15[°C]、冷房時：24～38[°C]とする。実験は暖冷房負荷として、室内温度を暖房時：0[°C]、冷房時：40[°C]と設定し、室内温度が設定温度に達し次第、測定対象エアコンを運転させる。測定対象エアコンが稼働し、出力が一定となり定常運転となった後、室内側チャンバーの温度調整用空調機を停止させ、測定対象エアコンのみで空調を行う。

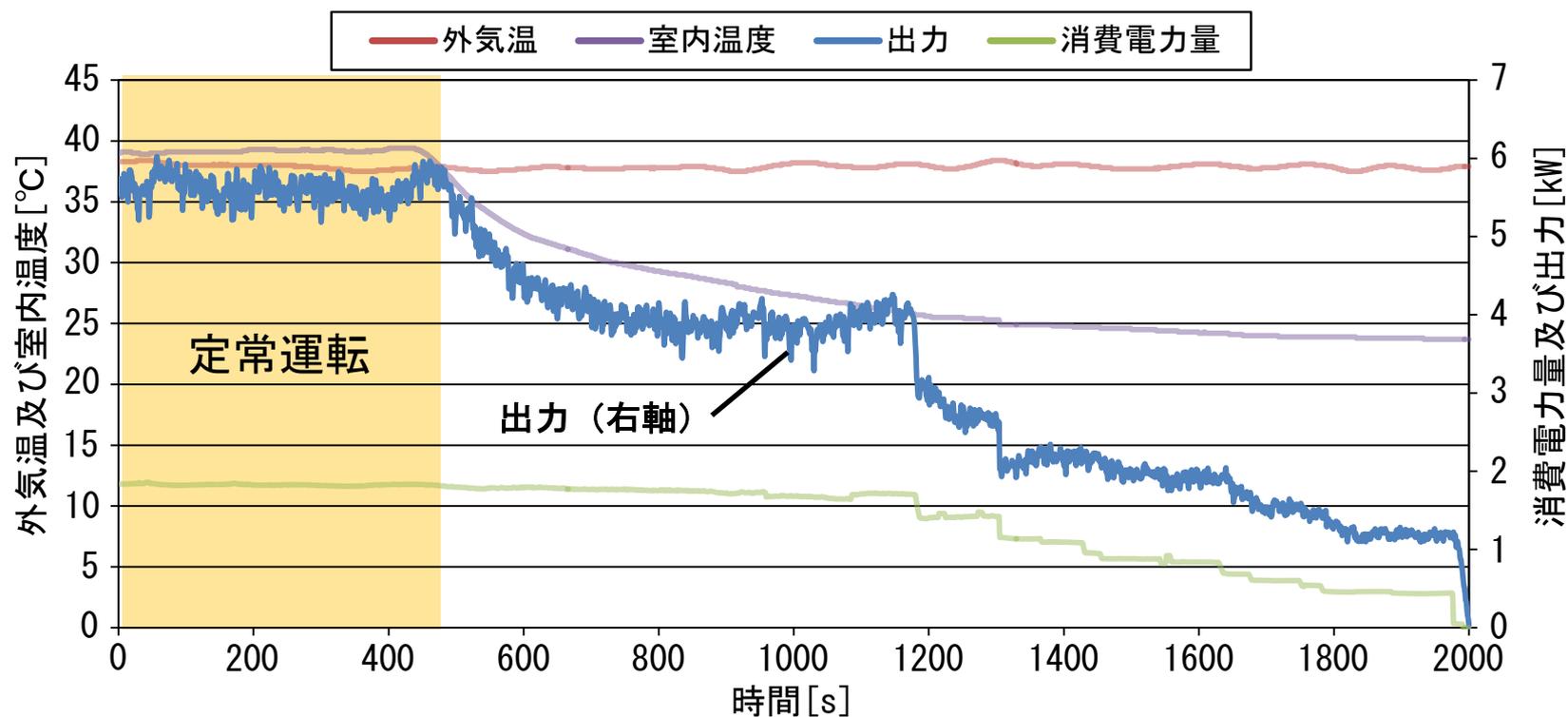


図 実運転時測定結果の一例 (エアコン④、冷房時：外気温38°C)

室温はエアコン設定温度へ次第に近づき、それによってエアコンの出力は減少する。この間のエアコンの出力と電力消費量からCOPの算出を行う。

測定結果はエアコンが稼働中の最大出力で定常運転となってから停止する直前の最小出力までの結果を用いる。

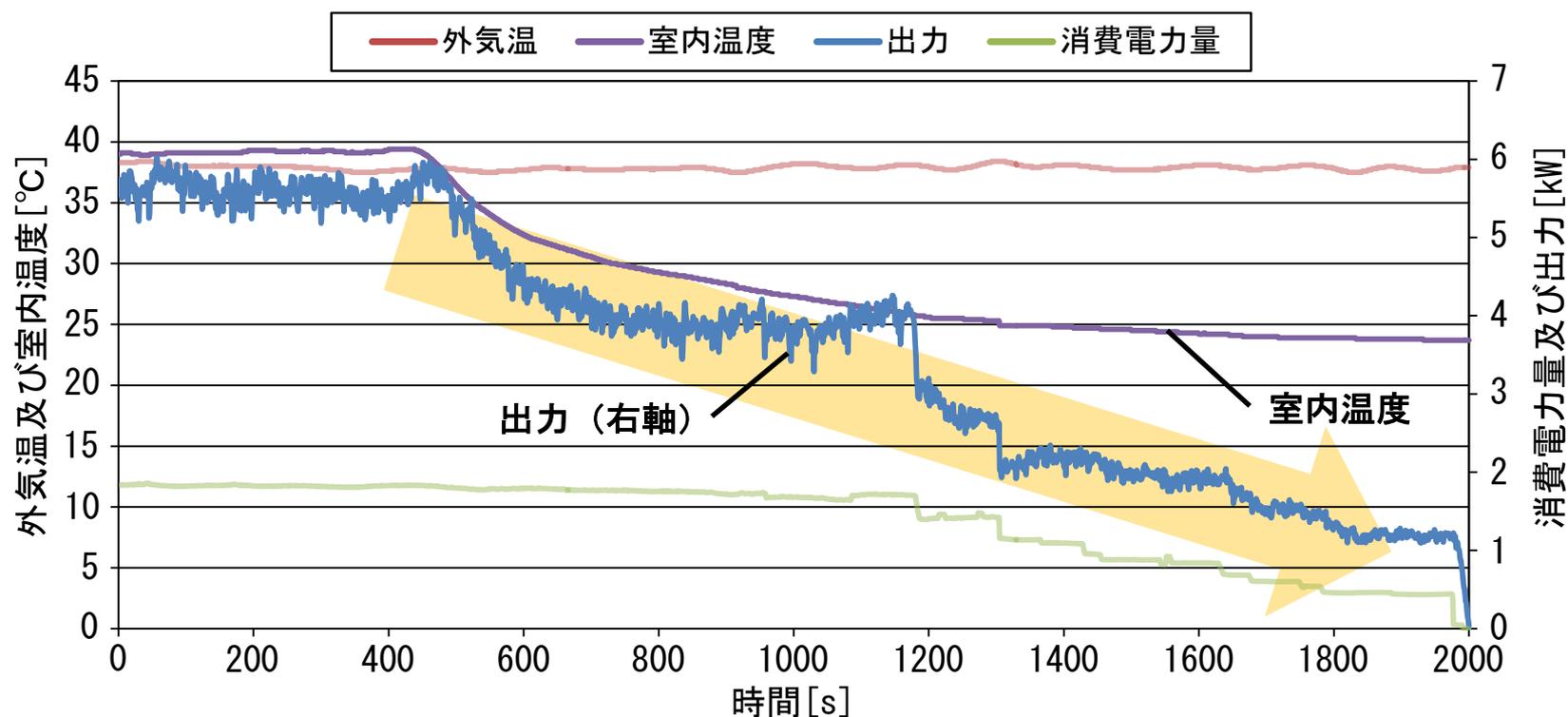


図 実運転時測定結果の一例 (エアコン④、冷房時：外気温38°C)

室温はエアコン設定温度へ次第に近づき、それによってエアコンの出力は減少する。この間のエアコンの出力と電力消費量からCOPの算出を行う。

測定結果はエアコンが稼働中の最大出力で定常運転となってから停止する直前の最小出力までの結果を用いる。

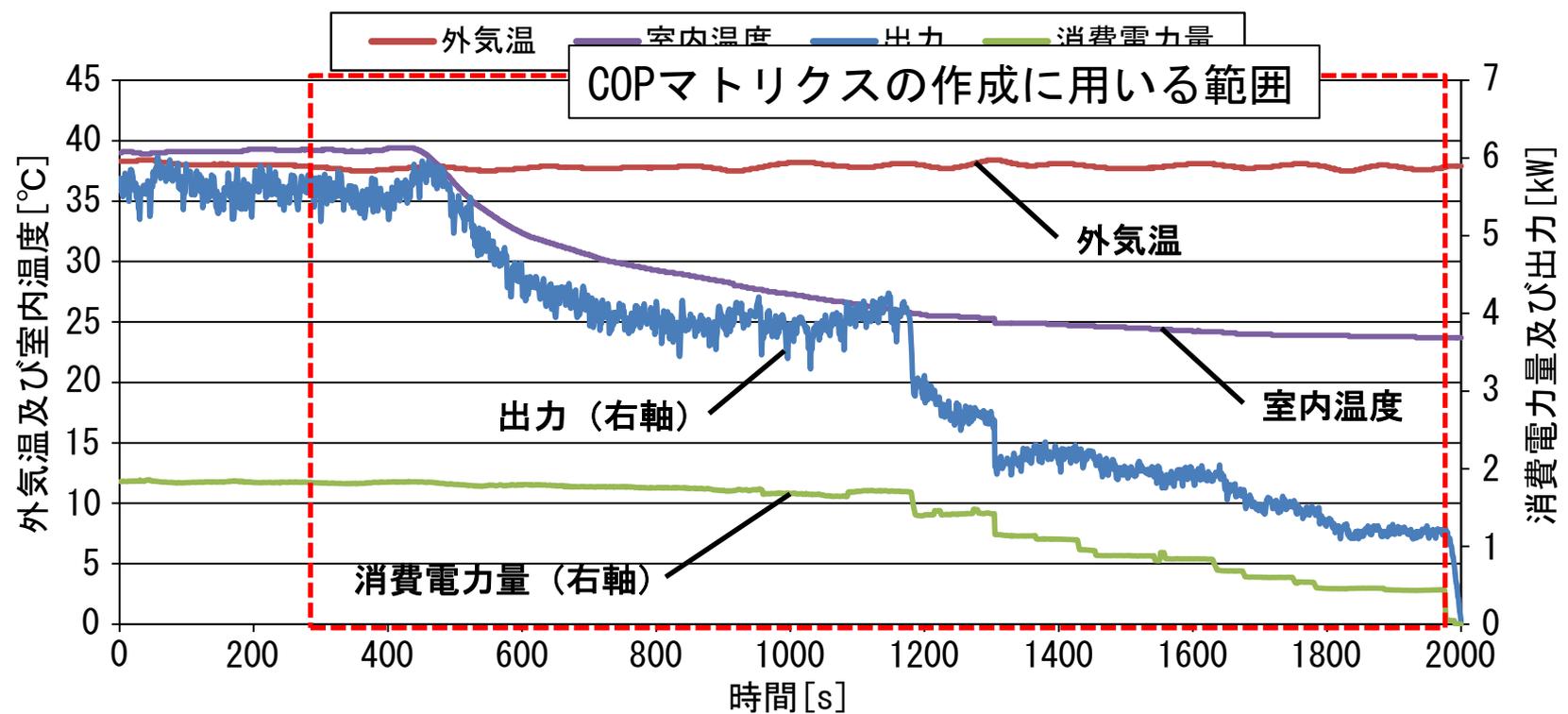


図 実運転時測定結果の一例 (エアコン④、冷房時：外気温38°C)

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、フレキシブルダクトで風量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下流に直列に接続し、循環処理風量を風量測定装置で計測し、風量測定装置のファンで風量を段階的に制御する。

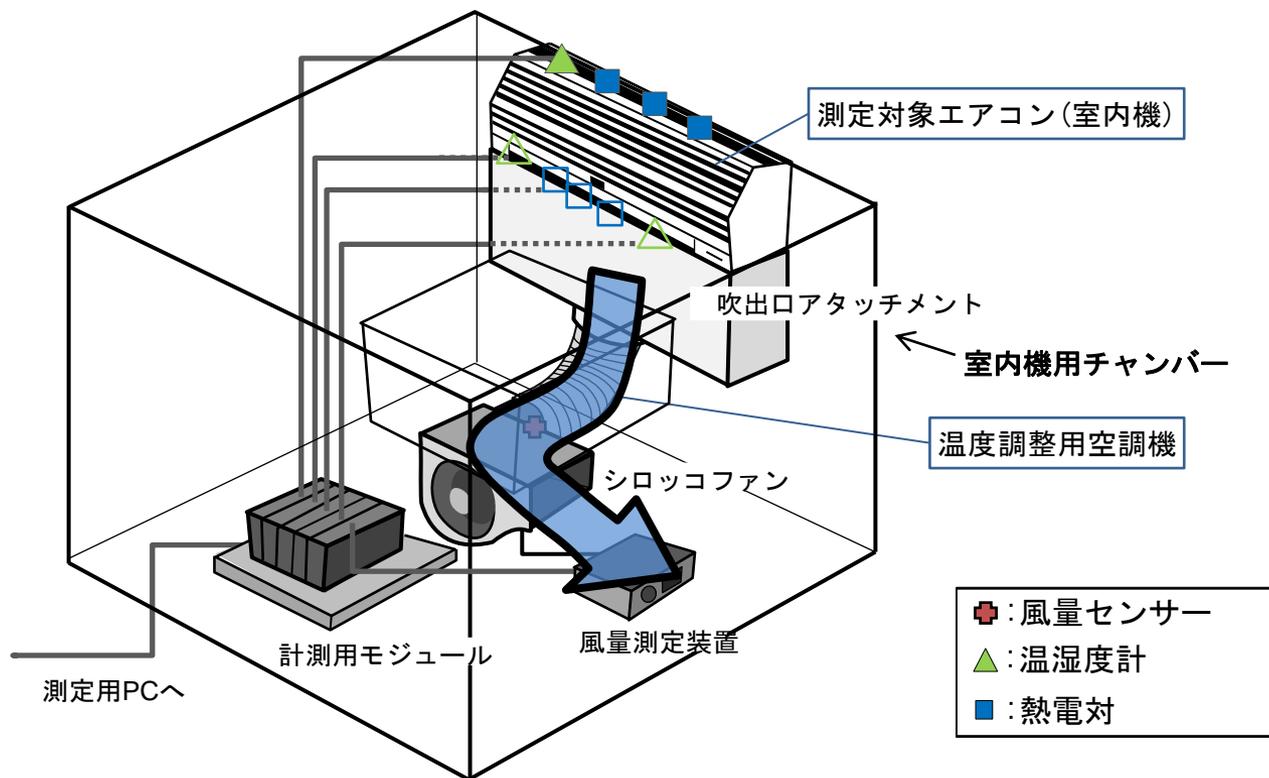


図2 測定装置の概要(測定方法②)

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をマトリクス内にプロットし、作成する。測定結果が無い条件は周囲の値から回帰式を求め、補間する。

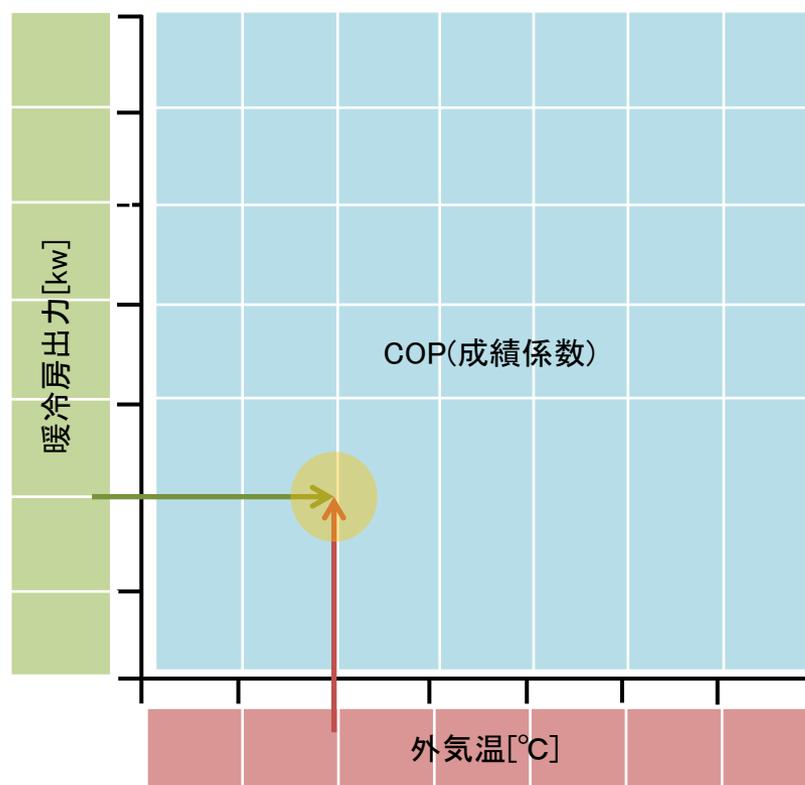
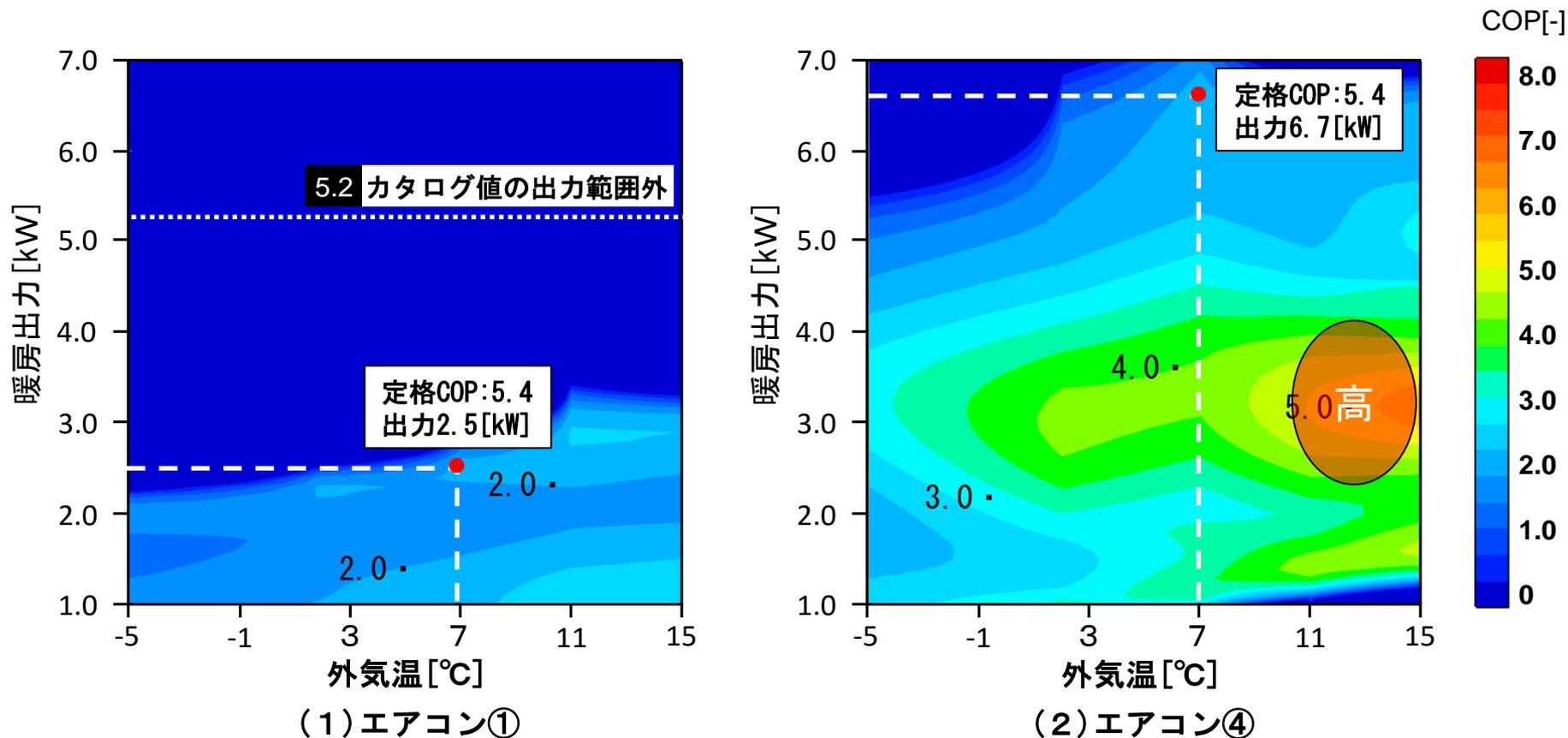


図 COPマトリクスのイメージ

4 測定結果

暖房時のエアコン④では出力が2.5~4.0[kW]、外気温11~15[°C]の範囲でCOPが高く、エアコン①ではエアコン④と比較するとCOPの低い値となる。



(a) 暖房時

図3 風量自動時のCOPマトリクス (A社製エアコン)

冷房時はエアコン①、④共に外気温26[°C]以下の場合には低出力時(1.0~2.0[kW])及び高出力時(4.0~6.0[kW])の範囲でCOPが高い。

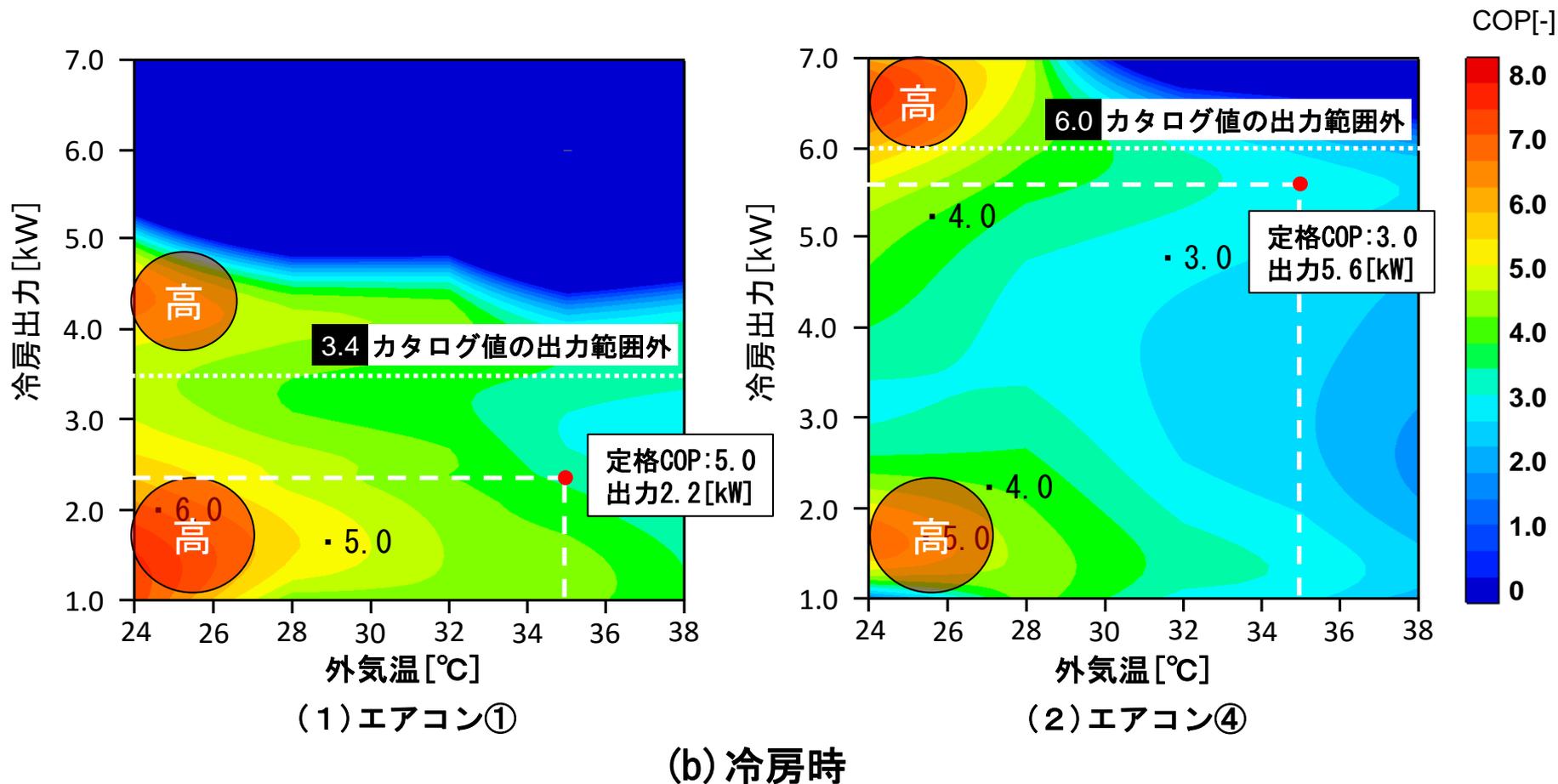
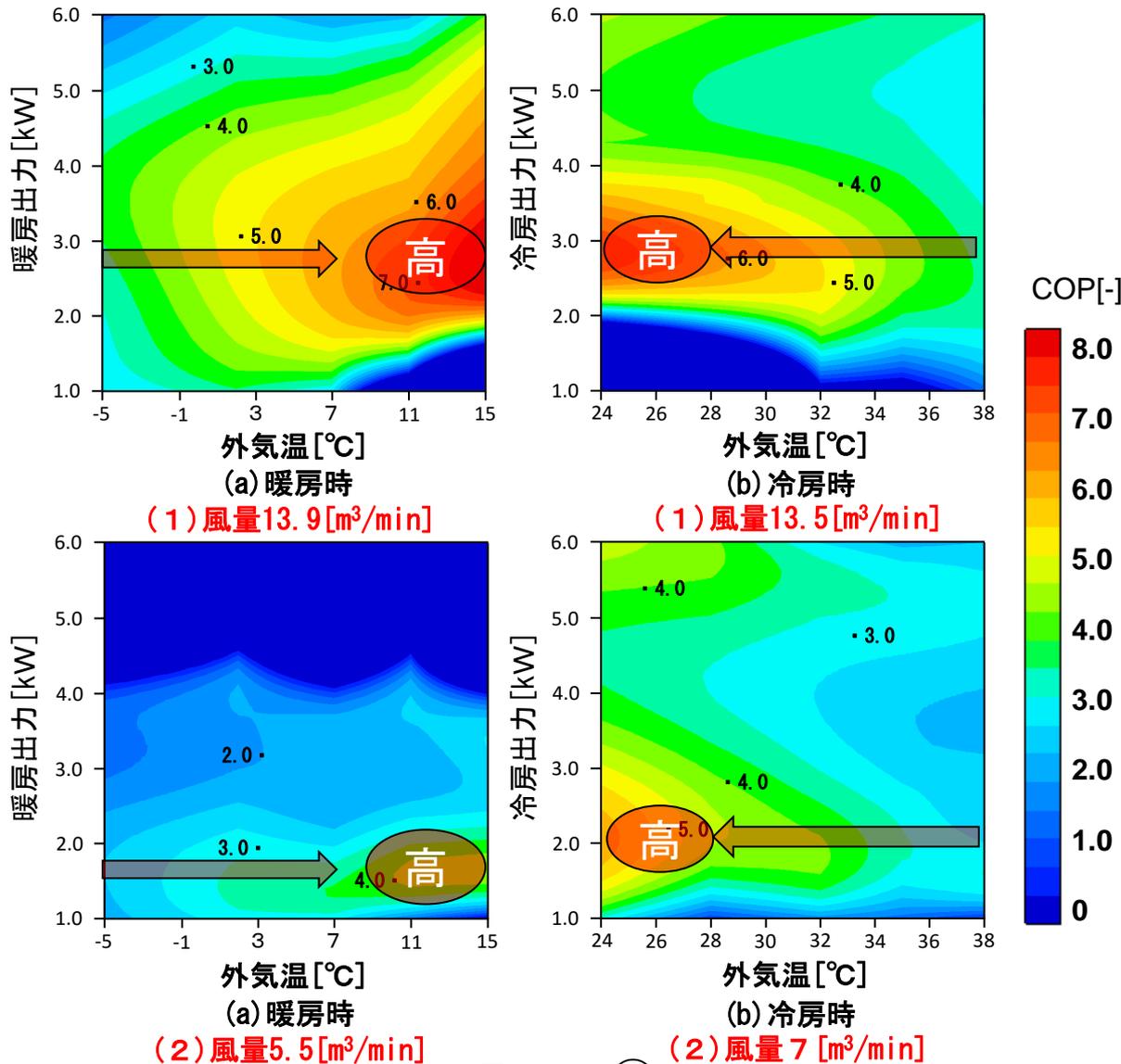


図3 風量自動時のCOPマトリクス (A社製エアコン)

測定結果 | 風量別のCOPマトリックス (測定方法②)

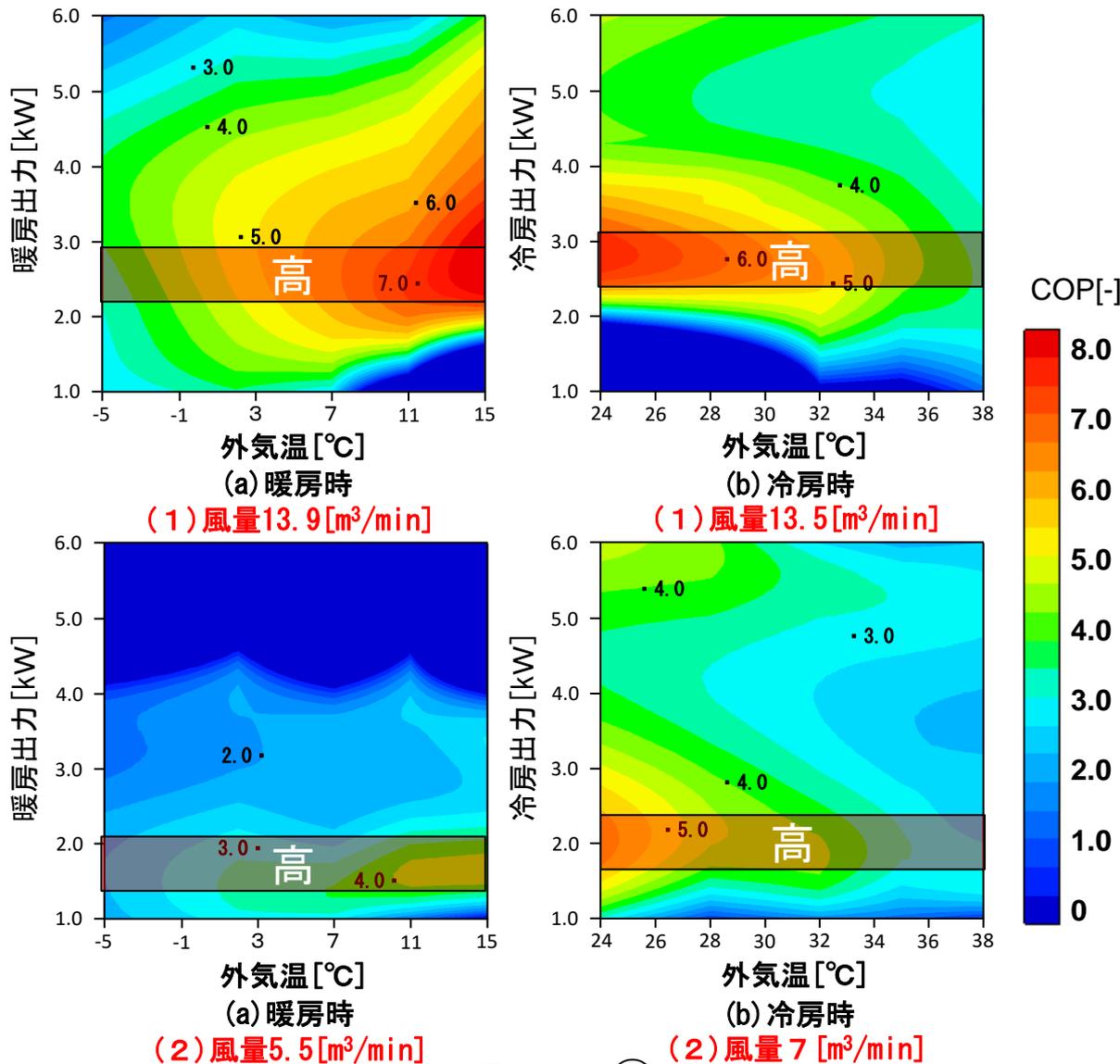


どの風量でも暖房時には外気温が高い方が、冷房時には外気温が低い方がCOPが高い。

エアコン④

図4 風量別COPマトリックス (A社製エアコン)

測定結果 | 風量別のCOPマトリックス (測定方法②)



暖冷房時共に出力が約2.0[kW]付近でCOPが高い傾向がある。

エアコン④

図4 風量別COPマトリックス (A社製エアコン)

5 解析概要

測定方法②による風量別のCOPマトリックスを対象に暖冷房時における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。

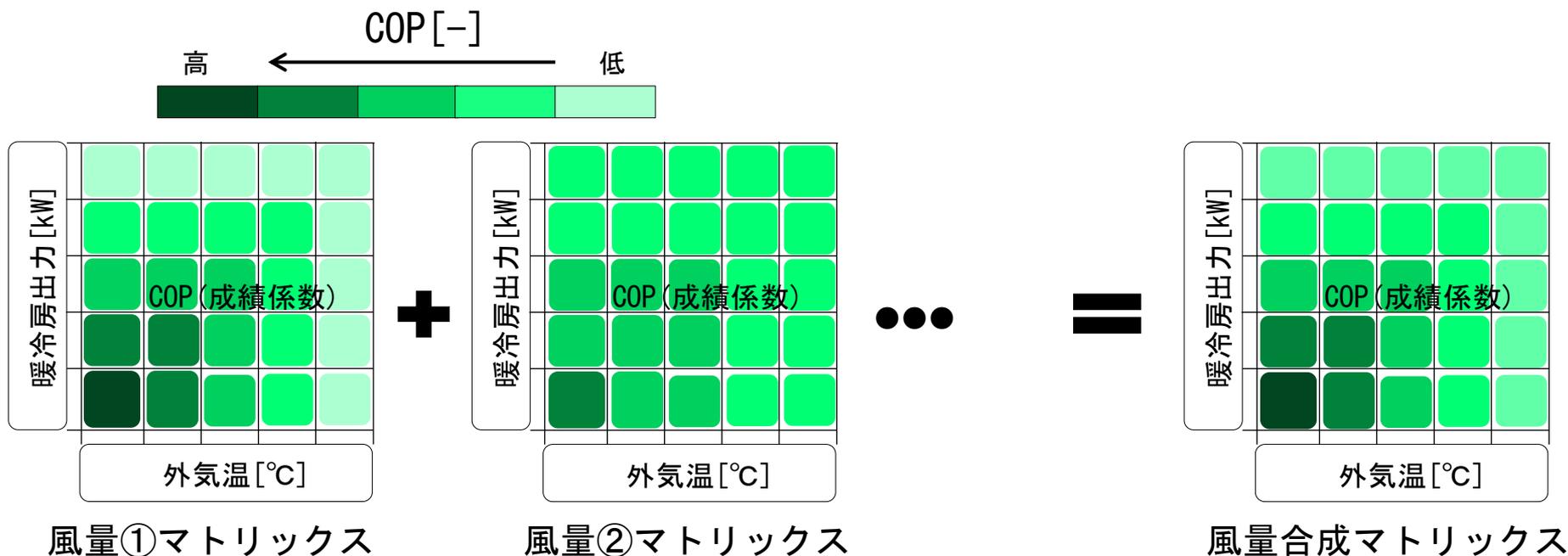


図 風量合成COPマトリックス作成方法のイメージ

解析対象エアコンは、エアコン④とし、表3に示したP社製エアコンとの比較を行う。算出した熱負荷と各時刻の外気温をCOPマトリクスと照合することで、各空調室に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。

表3 P社製及びA社製エアコンの仕様

メーカー	性能											
	暖房					冷房					APF [-]	期間消費電力 [kWh]
	出力 [kW]		消費電力 [W]		COP [-]	出力 [kW]		消費電力 [W]		COP [-]		
定格	範囲	定格	範囲	定格	定格	範囲	定格	範囲	定格			
P社	6.7	0.4~11.7	1,720	110~3,960	4.0	5.6	0.5~5.7	2190	120~2,220	2.6	5.6	2,004
A社 (エアコン④)	6.7	0.6~10.2	1,580	105~3,670	4.2	5.6	0.6~6.0	1850	105~2,020	3.0	5.7	1,858

建物のシェルター性能による実APF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：東京、新潟

●気象データ：日本建築学会拡張アメダス気象データ

表4 熱負荷計算の条件

項目		設定	備考
冷房設定温度[°C]		27	
暖房設定温度[°C]		20	
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		日本建築学会標準住宅モデル	
設置エアコン定格能力[kW]	冷房	P社製 5.6	カタログ目安：木造15畳、25m ²
		A社製 5.6	カタログ目安：木造15畳、25m ²
	暖房	P社製 6.7	カタログ目安：木造15畳、25m ²
		A社製 6.7	カタログ目安：木造15畳、25m ²
設置エアコン標準風量[m ³ /min]	冷房	P社製 17.4	風量4（最大風量）
		A社製 13.4	風量3（最大風量）
	暖房	P社製 19.5	風量4（最大風量）
		A社製 13.9	風量3（最大風量）

建物のシェルター性能による実APF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。

●対象モデルは日本建築学会標準住宅モデルを用い、LDK(約17畳/28[m²])をZONE A、和室(約8畳/13[m²])をZONE Bとし、空調対象室をZONE Aとした場合とZONE A+B(約25畳/41[m²])とした場合の2つの条件について熱負荷計算を行う。

表5 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 JIS C 9612条件と同程度
case 1-2	新潟		
case 2-1	東京	A+B	5 次世代省エネ基準と JIS C 9612条件の中間条件
case 2-2	新潟		
case 3-1	東京	A	2 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		

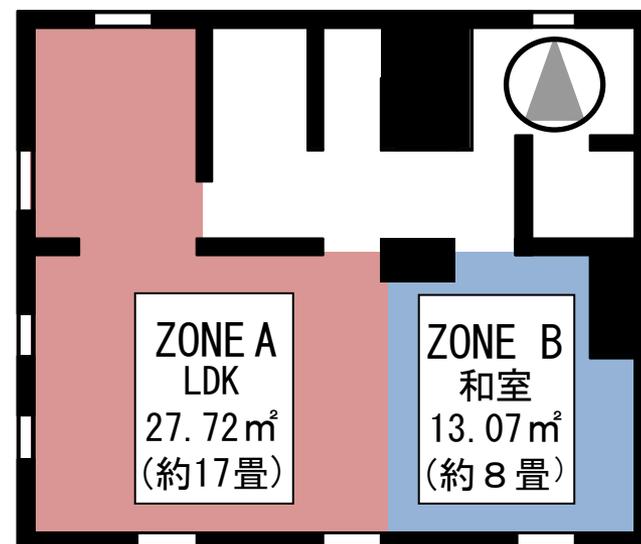


図6 日本建築学会標準住宅モデル(1階平面)

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。シェルター性能はJIS C 9612条件と同程度の熱損失係数10[W/m²・K]とする。

※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。

表5 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 JIS C 9612条件と同程度
case 1-2	新潟		
case 2-1	東京	A+B	5 次世代省エネ基準と JIS C 9612条件の中間条件
case 2-2	新潟		
case 3-1	東京	A	2 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		

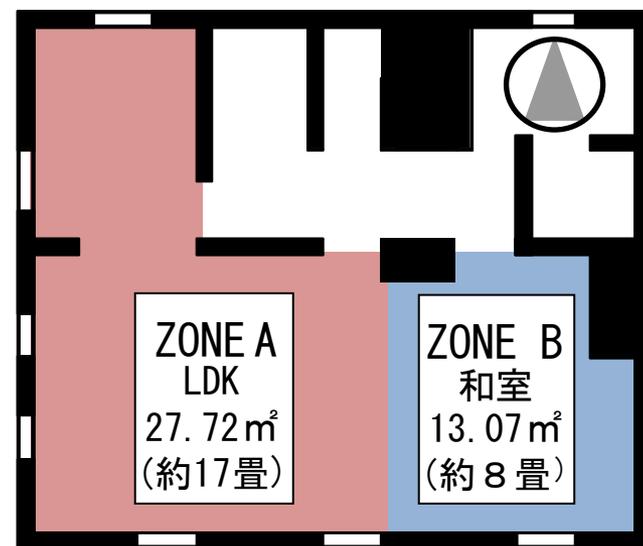
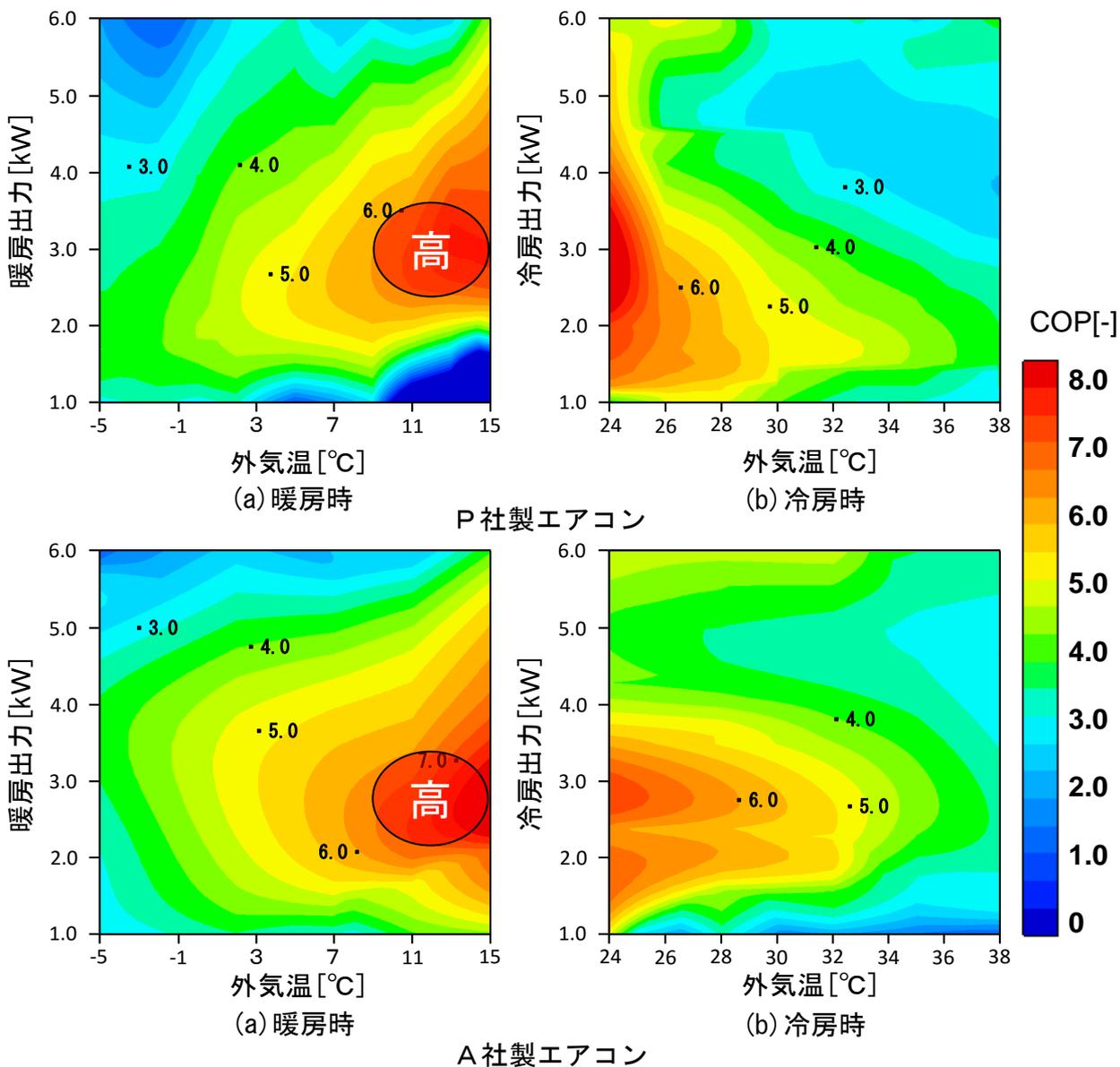


図6 日本建築学会標準住宅モデル(1階平面)

6 解析結果

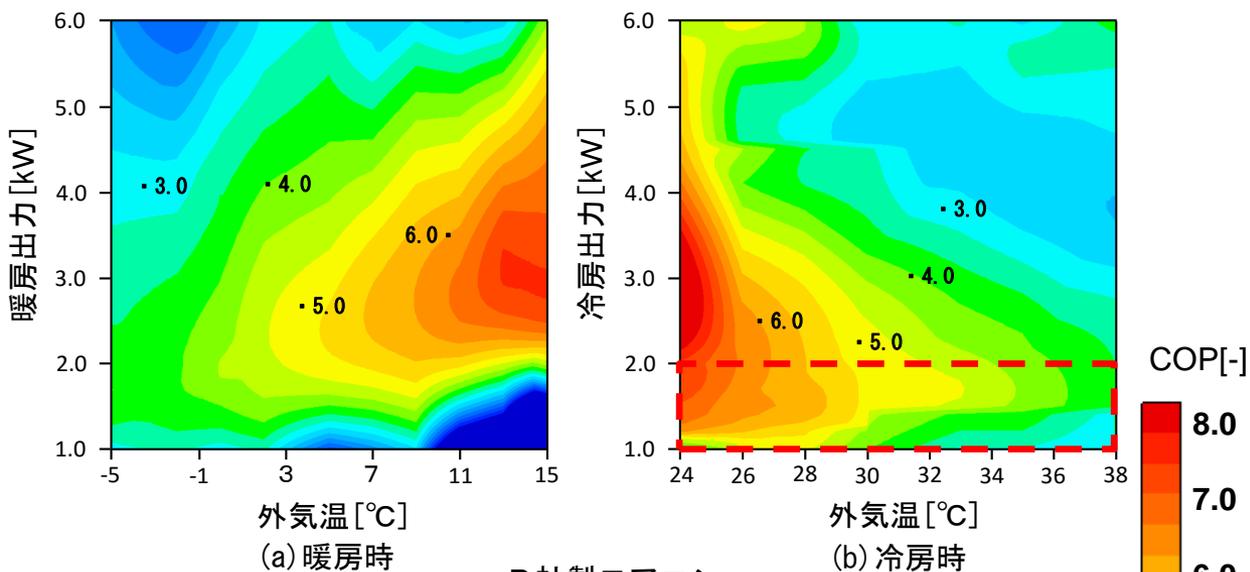
解析結果 | 風量別のCOPマトリクス合成結果



両機種共に暖房時は外気温が15[°C]、出力が約3.0[kW]付近のCOPが高く、比較的類似した風量合成マトリクスである。

図7 風量合成COPマトリクス

解析結果 | 風量別のCOPマトリクス合成結果



冷房時は2.0[kW]以下の低出力部分で、P社製エアコンの方がCOPの高い範囲が広い。

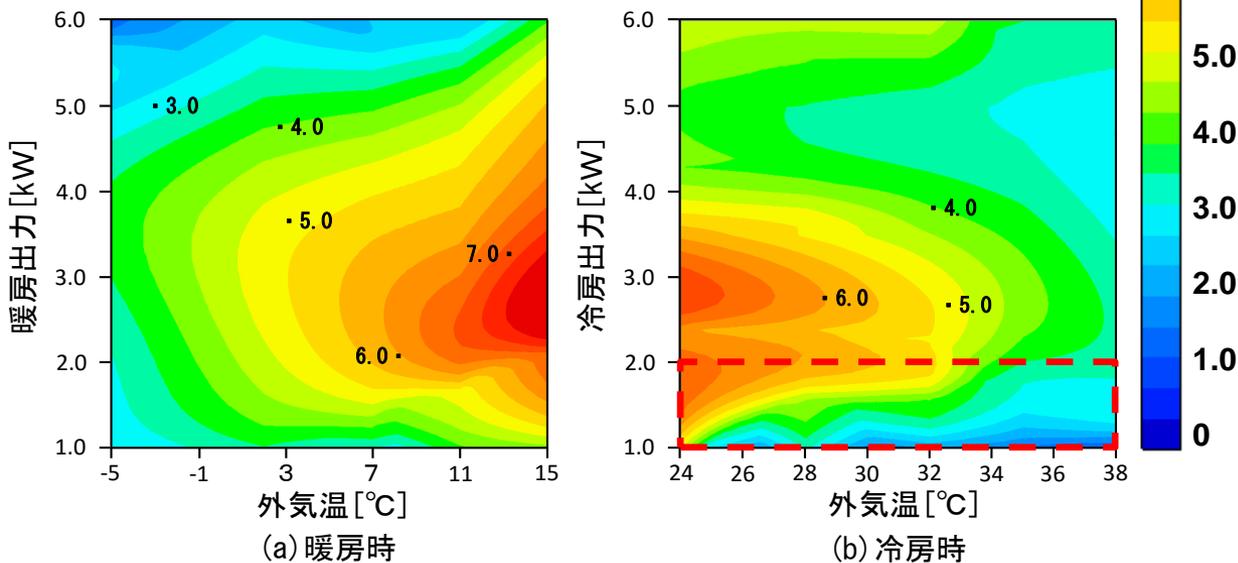


図7 風量合成COPマトリクス

解析結果 | 実APFの解析結果：シェルター性能の変化

A社製エアコンのカタログAPFは5.7、年積算消費電力量は約1,900[kWh]であるが、APF算出条件※⁸と同様のcase1-1(東京)の**実APFは3.4程度**となり、**カタログAPFと比較して2.3程度低く**、COPマトリクスによる1時間毎のCOPから算出した**年積算消費電力量は約2,800[kWh]**となり、**年間で約900[kWh](1.5倍)多い**。

※8 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、実験対象のP社製及びA社製エアコンでは18畳が対象とされている。又、APFはJIS C 9612:2005の期間消費電力量で算出する。

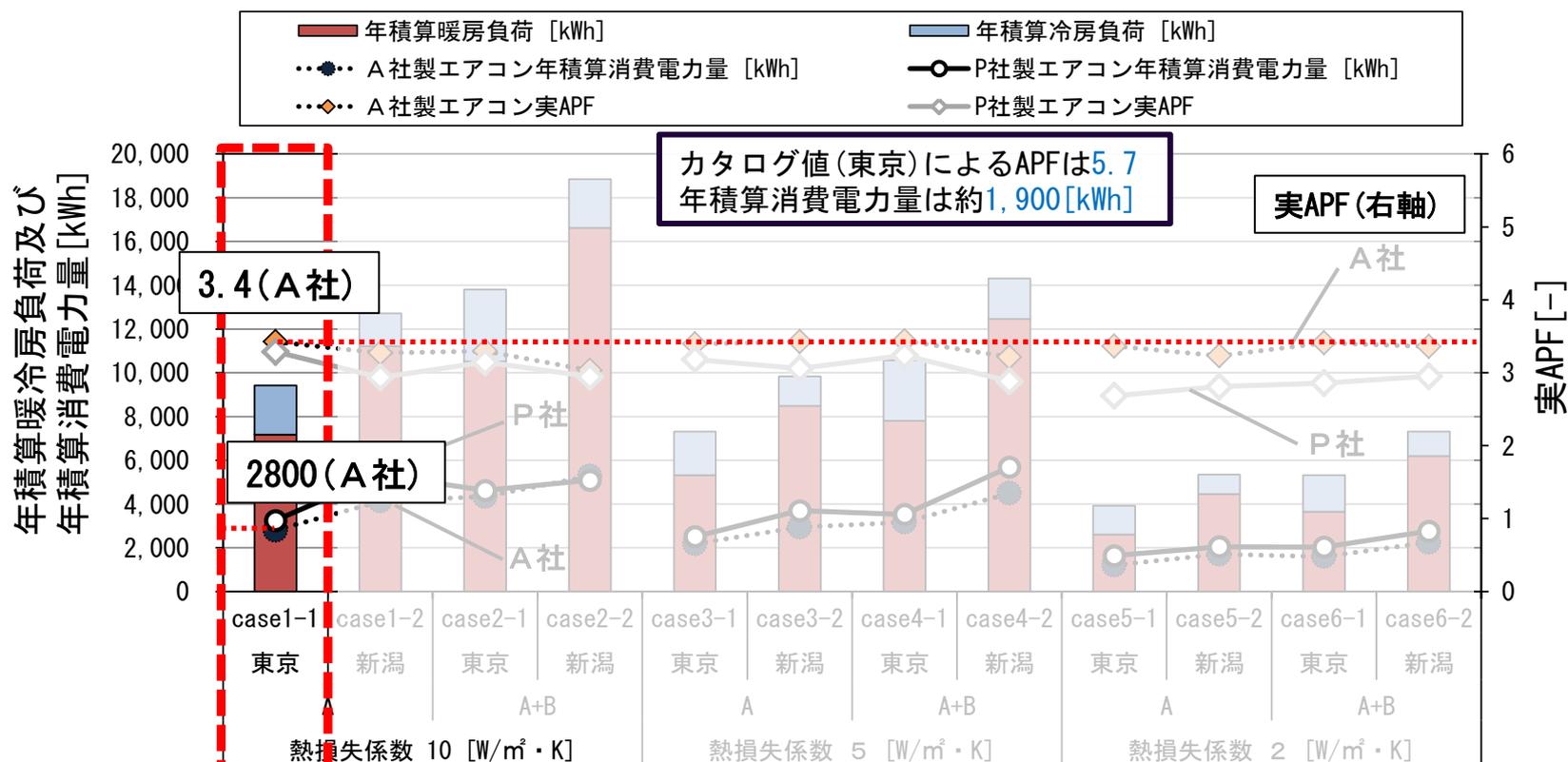


図9 シェルター性能の変化による実APF (東京、新潟/風量自動)

シェルター性能の変化に着目すると、A社製エアコンは暖冷房負荷の減少に対して実APFの変化はほぼ無く、どのcaseにおいてもP社製エアコンよりも実APFが高い。

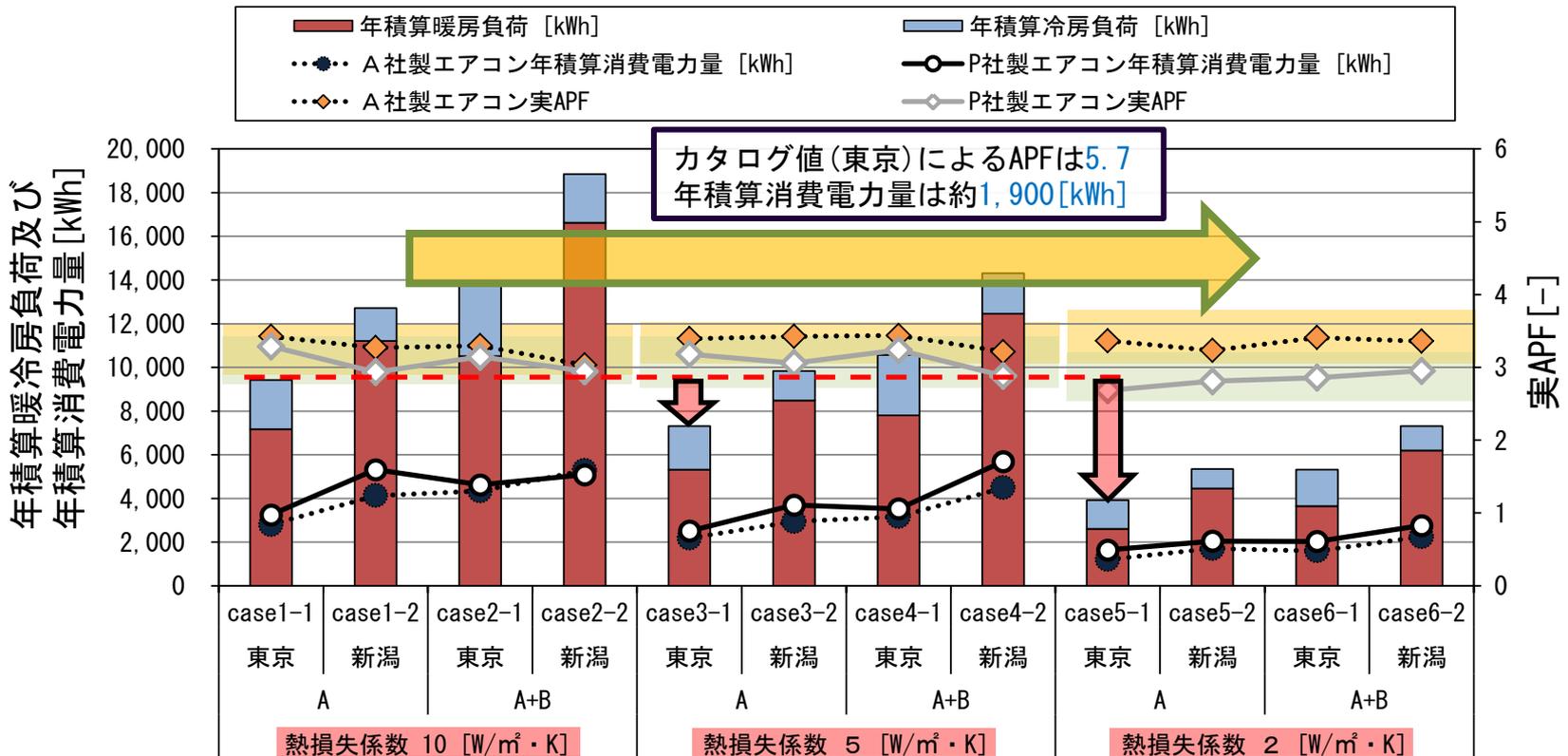


図9 シェルター性能の変化による実APF (東京、新潟/風量自動)

これは暖冷房負荷が少なくなるにつれてON-OFF運転※⁹の頻度が多くなるが、A社製エアコンはON-OFF運転時のCOPがP社製エアコンと比較して高いためと考えられる。

※⁹ P社製エアコンでは、暖房負荷1.1[kW]冷房負荷1.3[kW]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[°C]でCOP3.2、暖房：外気温7[°C]でCOP1.6とする。A社製エアコン(エアコン④)では同様に、暖房負荷1.0[kW]冷房負荷1.0[kW]以下の場合、ON-OFF運転を行い、COPは冷房：外気温35[°C]でCOP2.4、暖房：外気温7[°C]でCOP3.2とする。

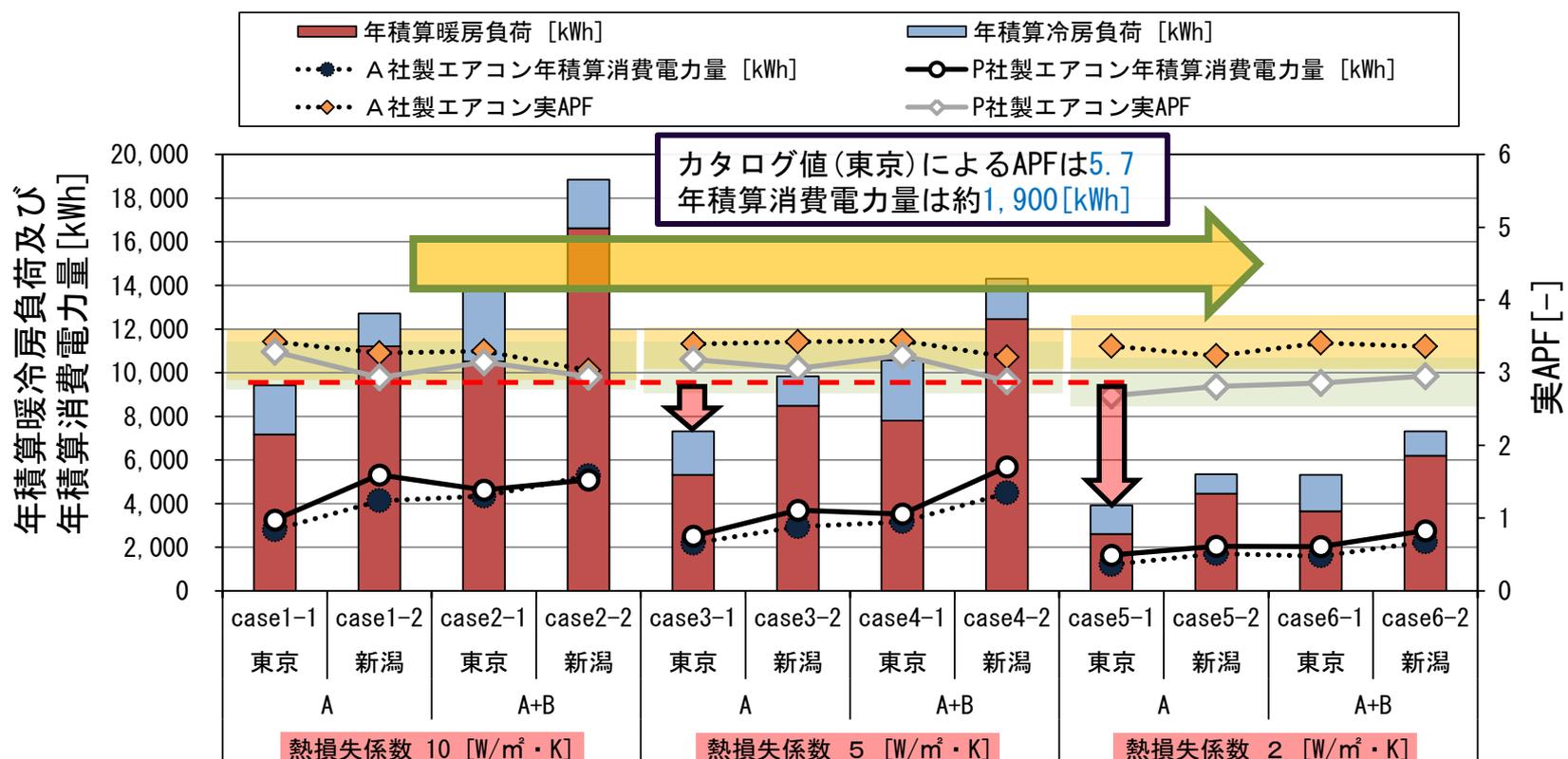


図9 シェルター性能の変化による実APF (東京、新潟/風量自動)

風量合成時のcase1-1(東京)の実APFは4.9程度となりカタログAPFと比較して0.8程度低いが、年積算消費電力量は約1,900[kWh]となり、カタログ値とほぼ一致する。又、風量自動運転時と比較して実APFは約1.5倍高い値となる。

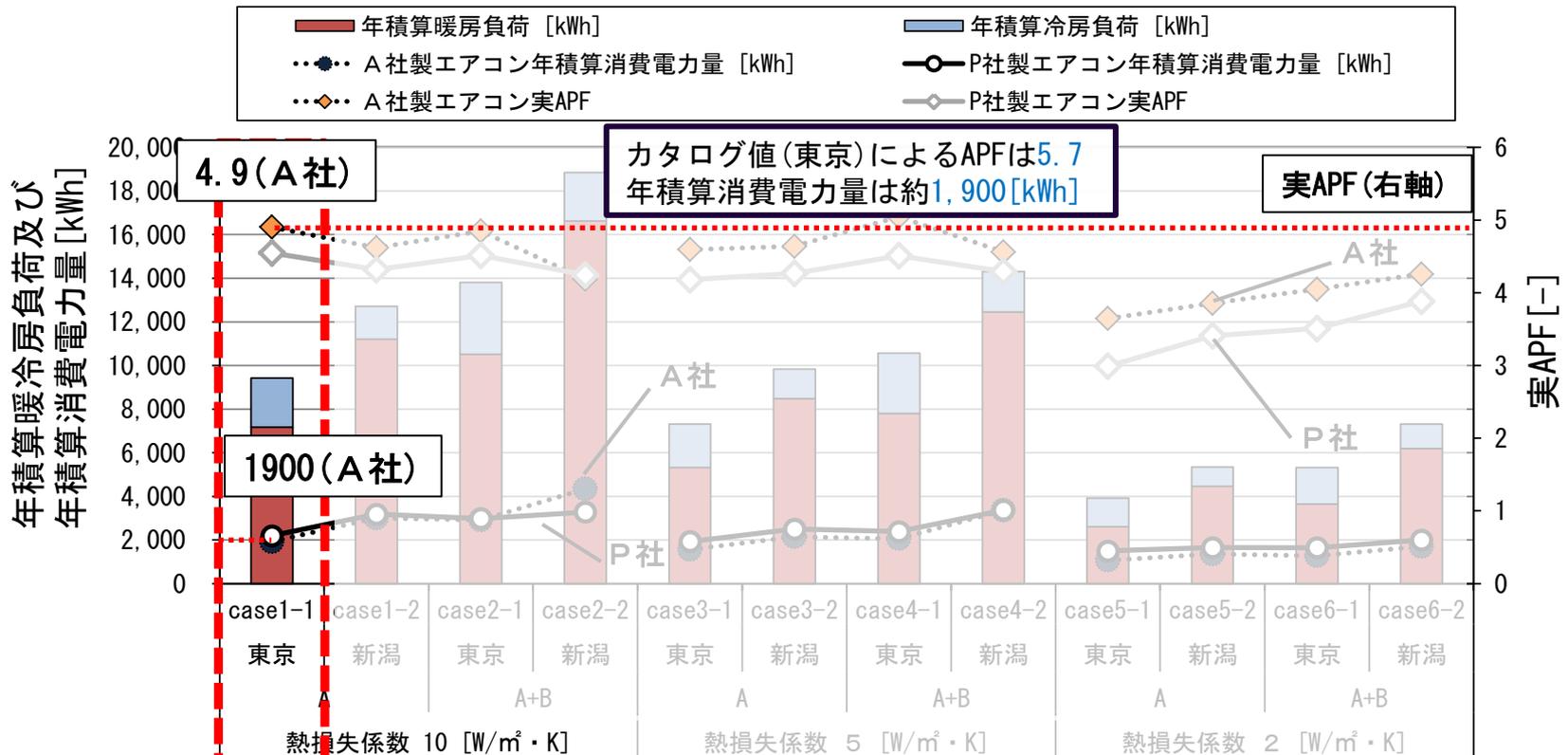


図10 シェルター性能の変化による実APF (東京、新潟/風量合成)

暖房負荷が多い地域では、A社製エアコンの実APFの方が相対的に高い。これは暖房負荷とCOPマトリクスの関係から、A社製エアコンの方がCOPの高い範囲で運転する頻度が多いためと考えられる。

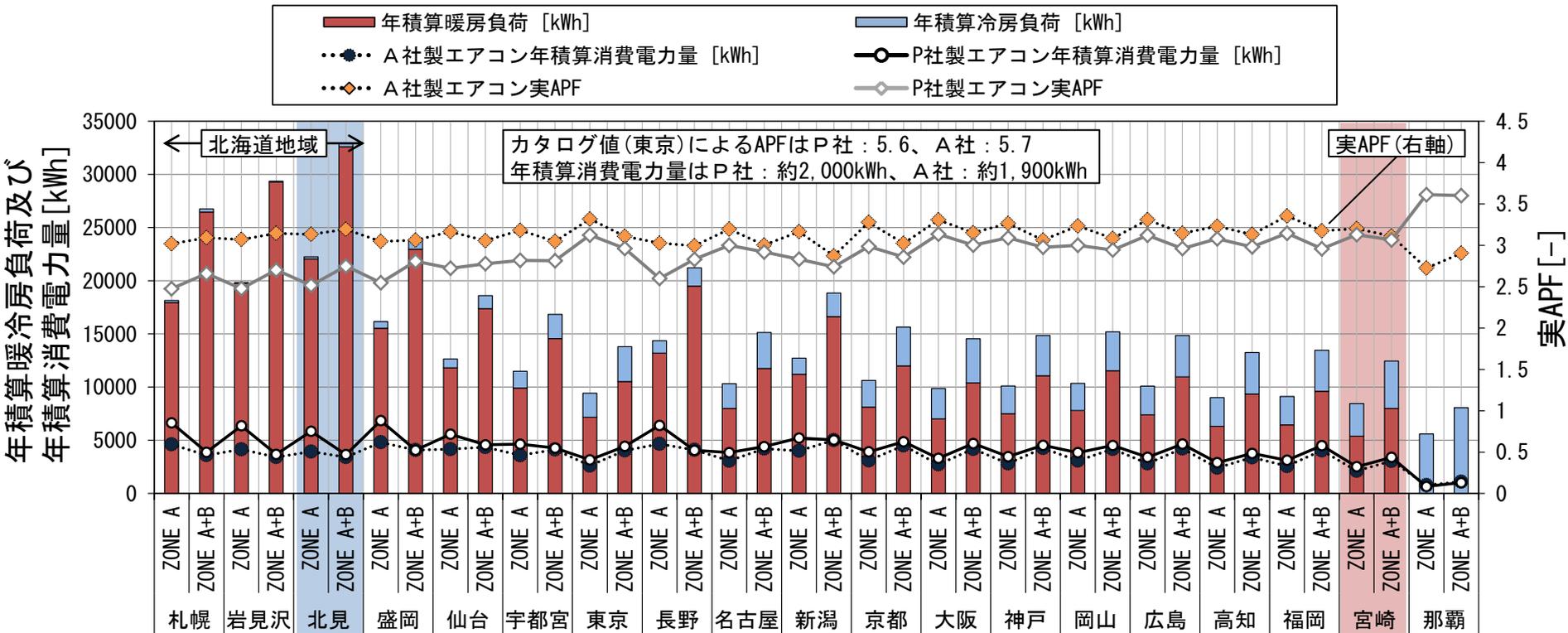


図12 19都市における年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び実APF (熱損失係数:10[W/m²・K]、風量自動)

暖房負荷が多い地域では、A社製エアコンの実APFの方が相対的に高い。これは暖房負荷とCOPマトリックスの関係から、A社製エアコンの方がCOPの高い範囲で運転する頻度が多いためと考えられる。

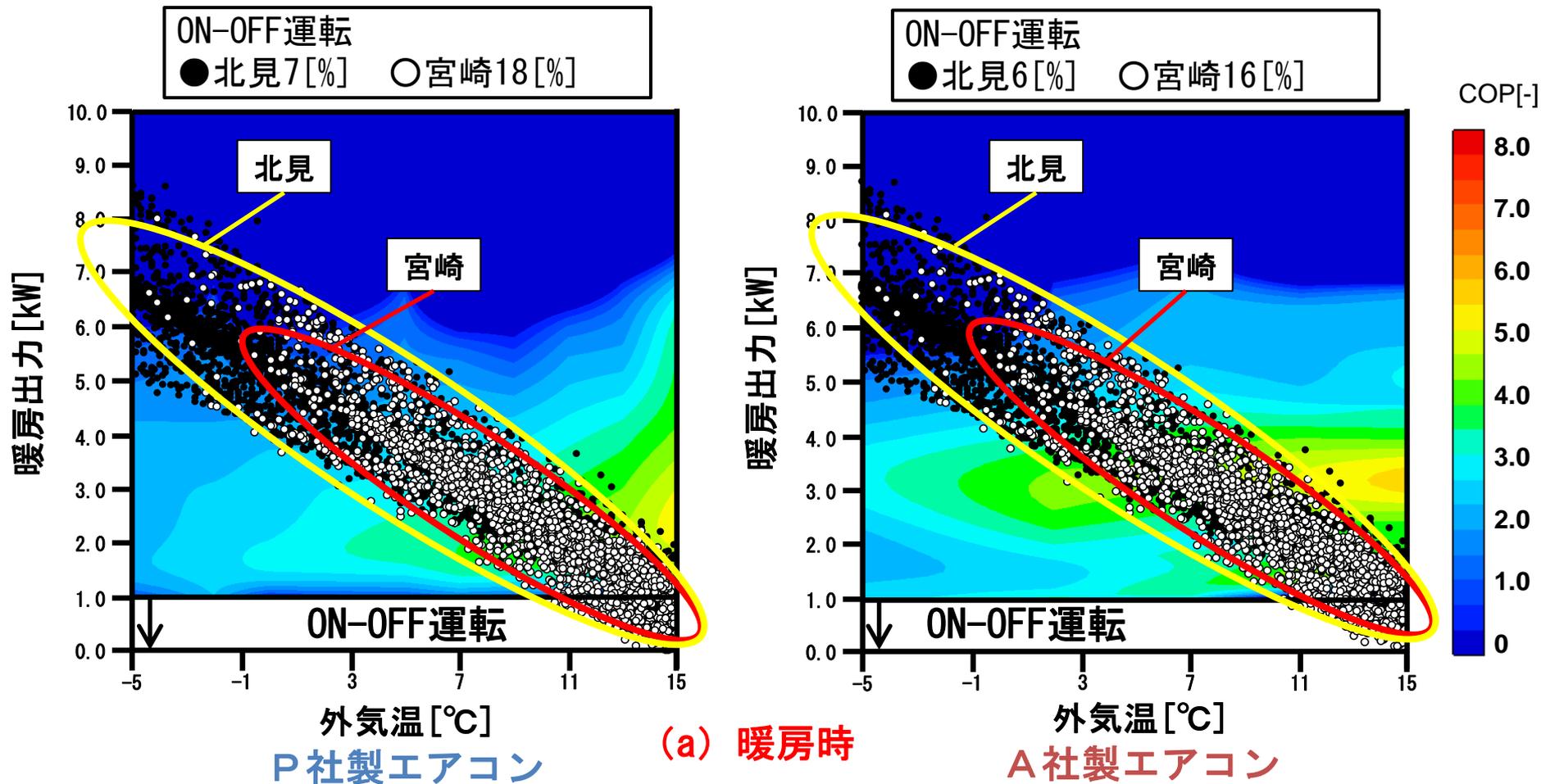


図11 風量自動COPマトリックスと暖房負荷の関係(北見、宮崎)

7. まとめ

測定結果まとめ

1. 暖房時のエアコン④では出力が2.5~4.0[kW]、外気温11~15[°C]の範囲でCOPが高く、エアコン①ではエアコン④と比較するとCOPの低い値となる。
2. 冷房時はエアコン①、④共に外気温26[°C] 以下の場合に低出力時(1.0~2.0[kW])及び高出力時(4.0~6.0[kW])の範囲でCOPが高い。
3. 暖房時では、P社製エアコンのCOPは出力が約2.0[kW]で最大となるのに対し、A社製エアコンは出力が約4.0[kW]で最大となる。
4. 冷房時では、P社製エアコンは出力が約2.0[kW]でCOPが約1.5の最小となり、A社製エアコンは出力が約3.0[kW]でCOPが約2.2の最小となる。
5. 同外気温、同出力の場合、A社製エアコンのCOPはP社製エアコンのCOPより約1高い。

解析結果まとめ

1. 暖冷房時共に全体的に風量の多いCOPマトリクスの値が風量合成COPマトリクスを占めている。
2. 風量自動の場合、A社製エアコンは暖冷房負荷の減少に対して実APFの変化はほぼ無く、どのcaseにおいてもP社製エアコンよりも実APFが高い。
3. 暖房負荷が多い地域では、A社製エアコンの年平均COPの方が比較的高い。これは暖房負荷とCOPマトリクスの関係から、A社製エアコンの方がCOPの高い範囲で運転する頻度が多いためと考えられる。
4. 暖房負荷が無く、冷房負荷の多い那覇ではP社製エアコンの実APFの方が高い。これは、冷房時においてはどちらのエアコンもON-OFF運転の頻度が多く、その際、ON-OFF運転時のCOPがP社製エアコンの方が高いためと考えられる。