



家庭用エアコンを対象とした 実使用時の年間暖冷房COPに関する研究

T 1 1 K 6 6 2 A 大熊 耀平
指導教員 赤林 伸一 教授

住宅における暖冷房のエネルギー消費量は、住宅全体の約1/4を占めており、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、使用時の暖冷房出力及び外気温で成績係数(COP)が大きく変化するため、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、エアコンの機種選定は、断熱性能の極めて低い住宅をモデルとした部屋の面積 (最大負荷) に応じて行われているため、実際の部屋の暖冷房負荷に対して 過大な能力をもつ機種 が設置されている。



実使用時ではエネルギーの効率の悪い 部分負荷運転 や ON-OFF運転※¹ の頻度が多くなっていると推定される。

※¹ 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℃でCOP0.6、暖房：外気温7℃でCOP5.3とする。

本研究では、外気温・暖冷房負荷を調整可能な簡易カロリーメータを用いて **実使用時** における **COPマトリックスデータベースの作成** を行う。

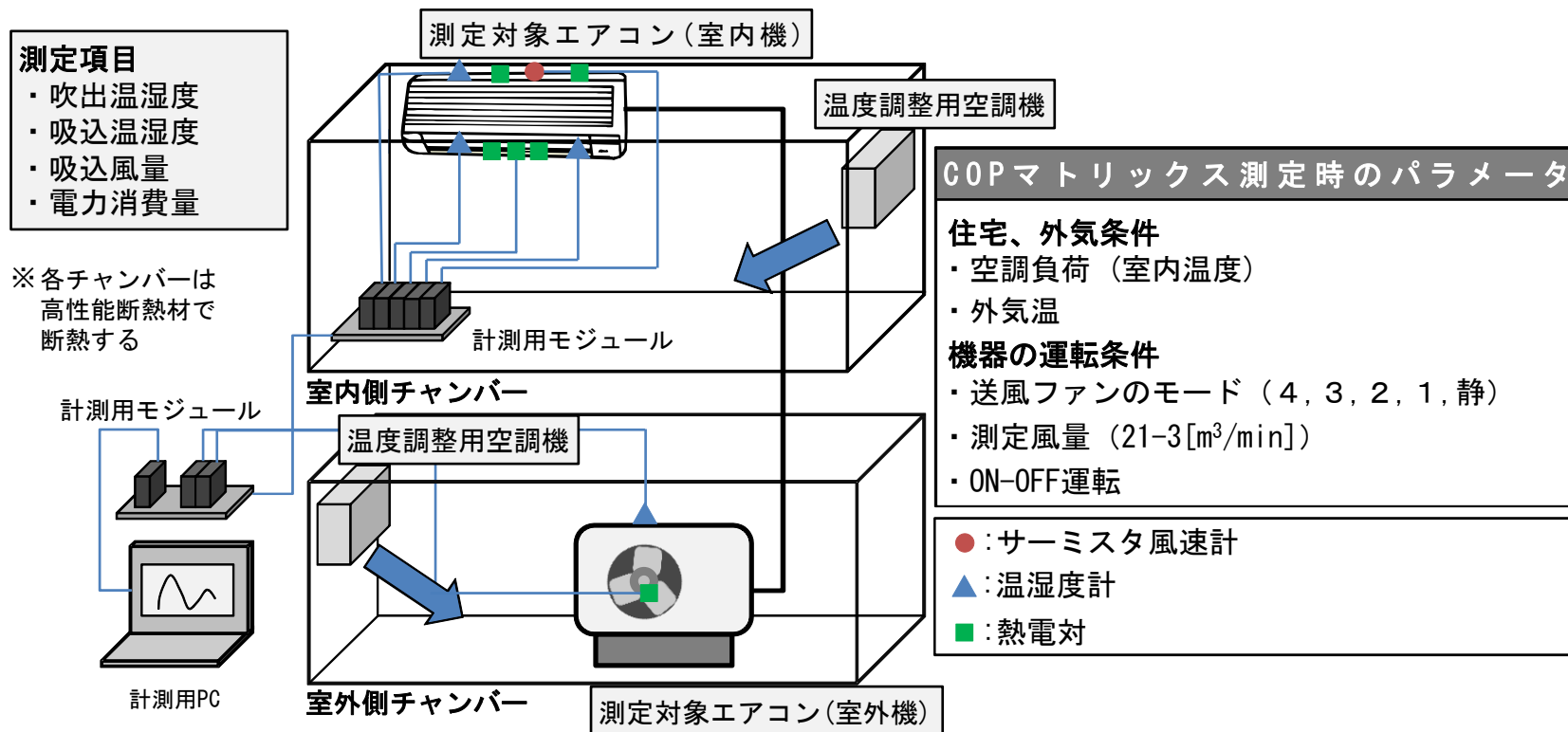


図1 簡易カロリーメータの概要

更に、日本建築学会標準住宅モデルを各都市※²に建設した場合の熱負荷シミュレーションを行い、測定したCOPマトリックスデータベースと照合することにより、年間の実COPを算出する。

算出した実COPから年平均暖冷房COPを求め、カタログAPF※³と比較し、各地域の気候条件、熱負荷条件による家庭用エアコンの機器性能特性を検討することを目的とする。

※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。

※³ Annual Performance Factor: 通年エネルギー消費効率=年積算暖冷房負荷/年積算消費電力量=年平均暖冷房COP

表 1 解析対象の家庭用エアコンの仕様

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 [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 [-]	期間消費電力 [kWh]	幅W [mm]	奥行 D [mm]	高さ H [mm]	幅W [mm]	奥行 D [mm]	高さ H [mm]	内 [kg]	外 [kg]	相	電圧 [V]	
エアコン①	7.1	2,990	2.4	8.5	2,630	3.2	4.9	2,903	798	287	295	799	299	619	14.0	43.0	単	200
エアコン②	2.8	585	4.8	3.6	710	5.1	7.0	802										

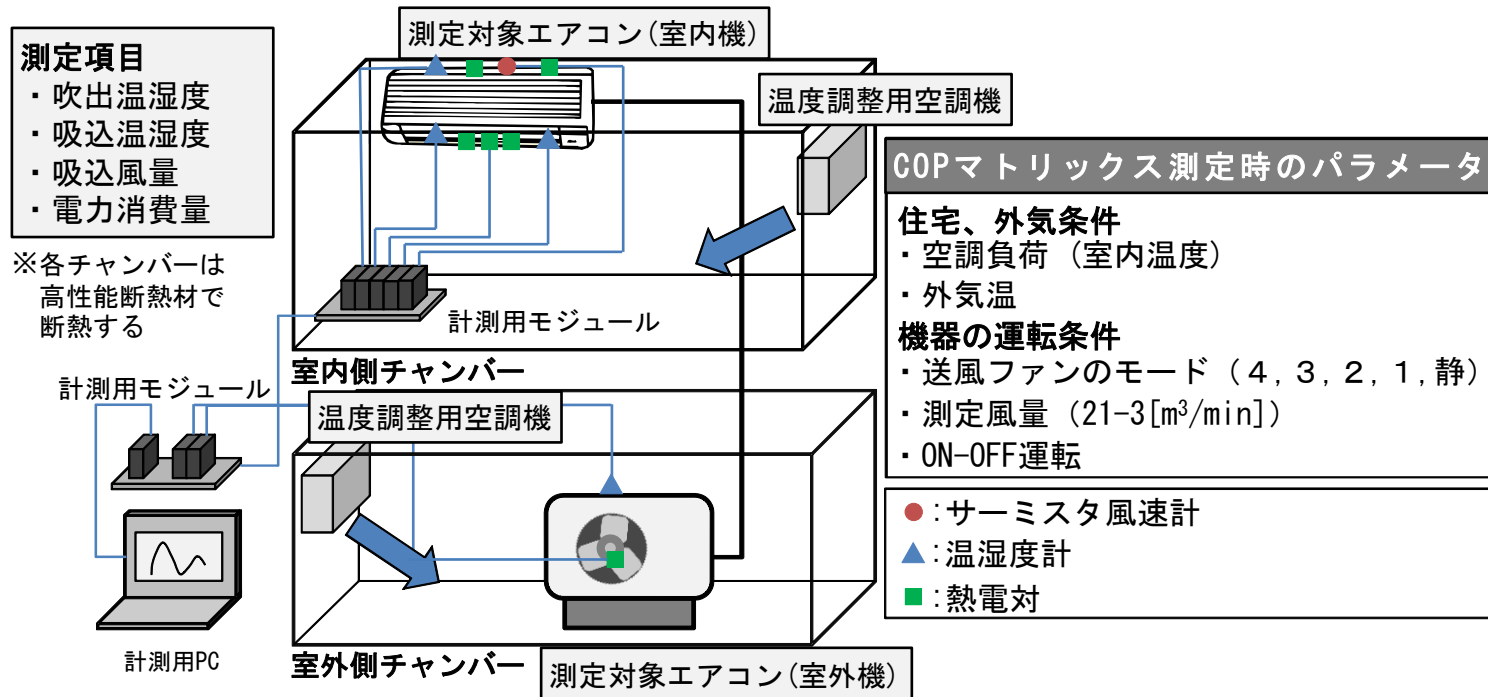


図 1 簡易カロリメータの概要

研究概要 簡易カロリメータの概要

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できる。

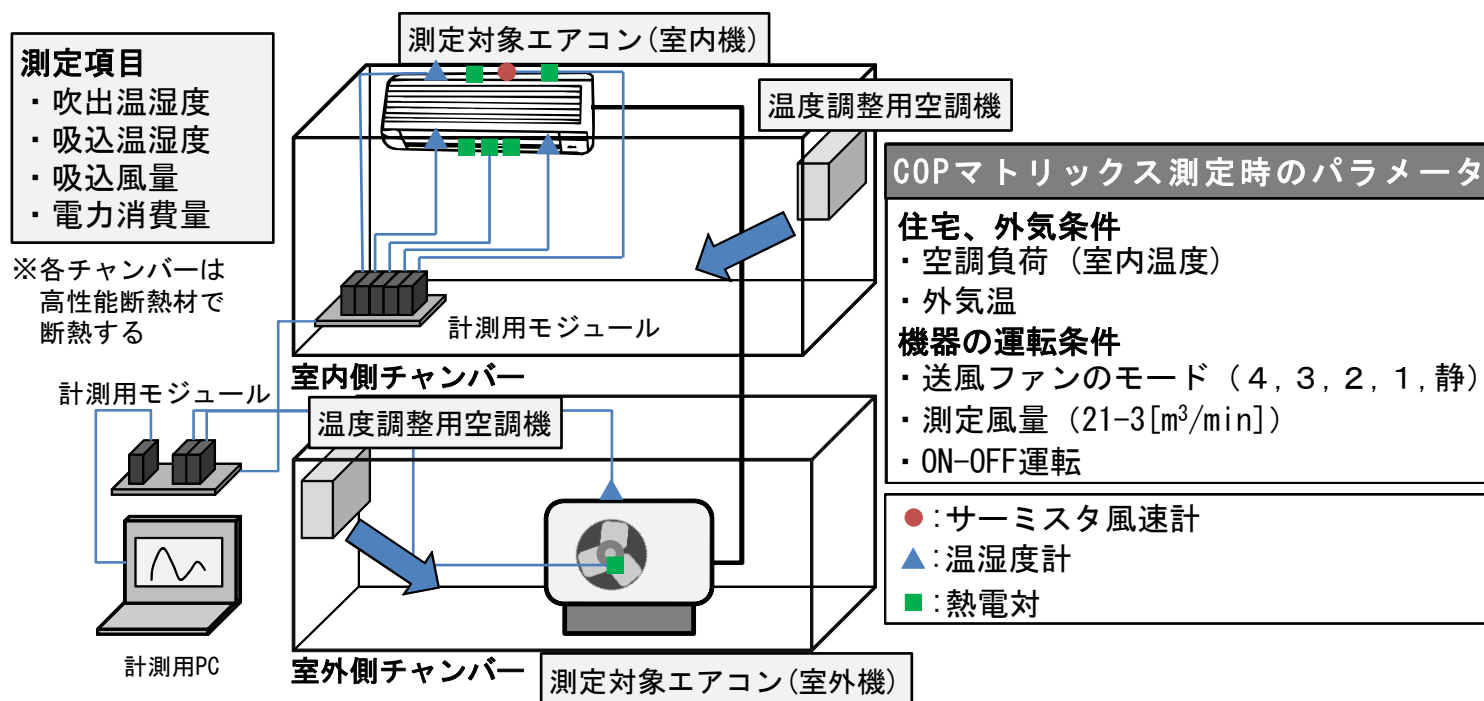


図1 簡易カロリメータの概要

温湿度センサー※4を測定対象エアコンの室内機には吸込口に1点、吹出口に2点設置する。室外機には吸込口に1点設置し、この点の温度を外気温とする。

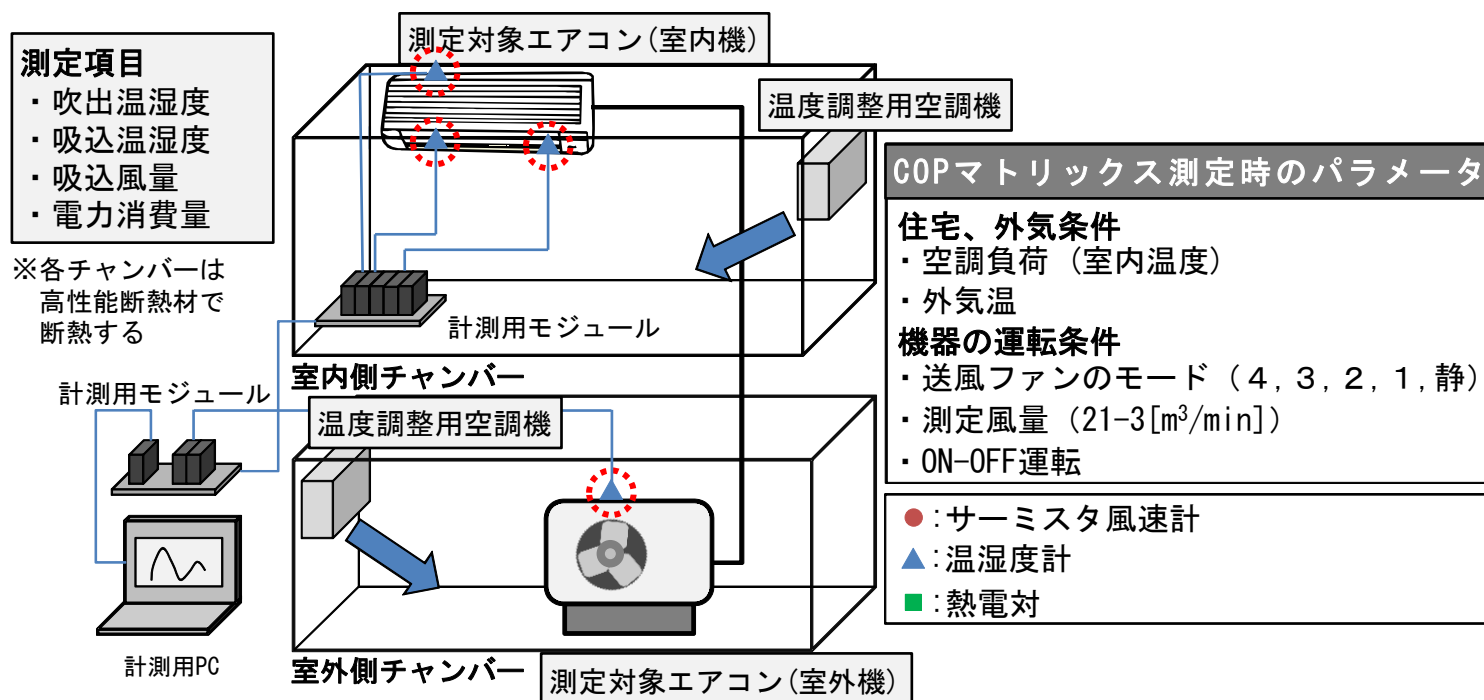


図1 簡易カロリメータの概要

※4 温度分解能：0.1℃、湿度分解能：0.1%、温度測定確度：0～35.0℃±0.5℃、35.1～70.0℃、±1.0℃、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、サーミスタ風速計※⁵を1点設置し、循環風量を測定する。

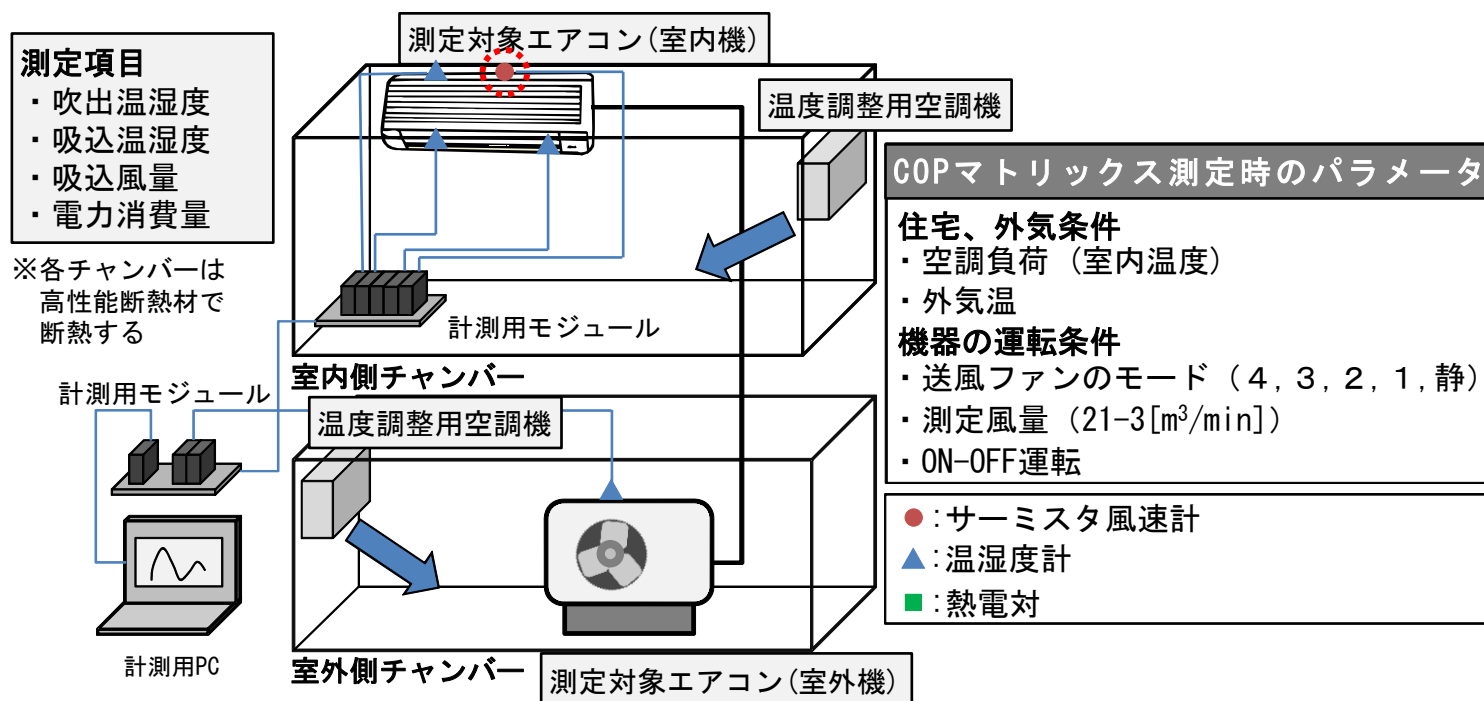


図1 簡易カロリメータの概要

※5 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。

実験精度を検討するため、熱電対を室内機吸込口に2点、吹出口に3点別途設置する。COP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平均値※⁶を用いる。

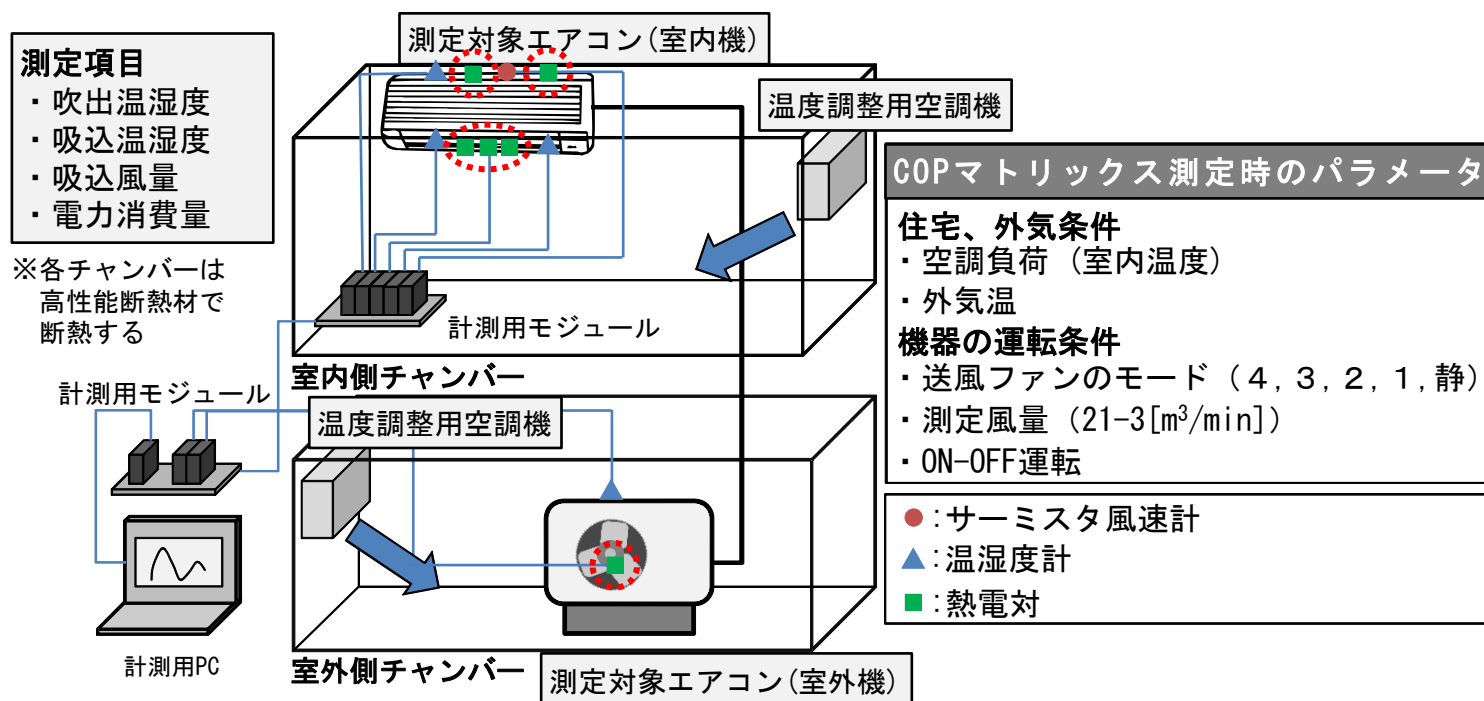


図1 簡易カロリメータの概要

※6 測定間隔は1sとし、COPの算出には1分間の平均値を用いる。

COP測定は、家庭用エアコンCOP簡易測定法^{文1)}により行う。解析対象エアコンは定格能力冷房7.1kW・暖房8.5kW(エアコン①)の機種と定格能力冷房2.8kW・暖房3.6kW(エアコン②)の2機種とする。

表1 解析対象の家庭用エアコンの仕様

冷房定格能力 [kW]	冷房定格 消費電力 [W]	性能						室内機サイズ			室外機サイズ			質量		電源	
		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 [-]	期間消 費電力 [kWh]	幅W [mm]	奥行 D [mm]	高さ H [mm]	幅W [mm]	奥行 D [mm]	高さ H [mm]	内 [kg]	外 [kg]	相	電 圧 [V]
エアコン① 7.1	2,990	2.4	8.5	2,630	3.2	4.9	2,903	798	287	295	799	299	619	14.0	43.0	単	200
エアコン② 2.8	585	4.8	3.6	710	5.1	7.0	802								39.0		100

文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、2005年

暖冷房負荷を変化させて、エアコンの室内機吸込・吹出空気のエンタルピー差を求め、測定した循環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。

暖冷房出力

$$\text{COP} = \frac{\text{吸込・吹出空気のエンタルピー差 [kJ/kg]} \times \text{処理風量 [kg/sec]}}{\text{電力消費量 [kW]}}$$

測定された外気温、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。外気温 0.1°C 、出力 0.1kW 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回帰式により補間する。

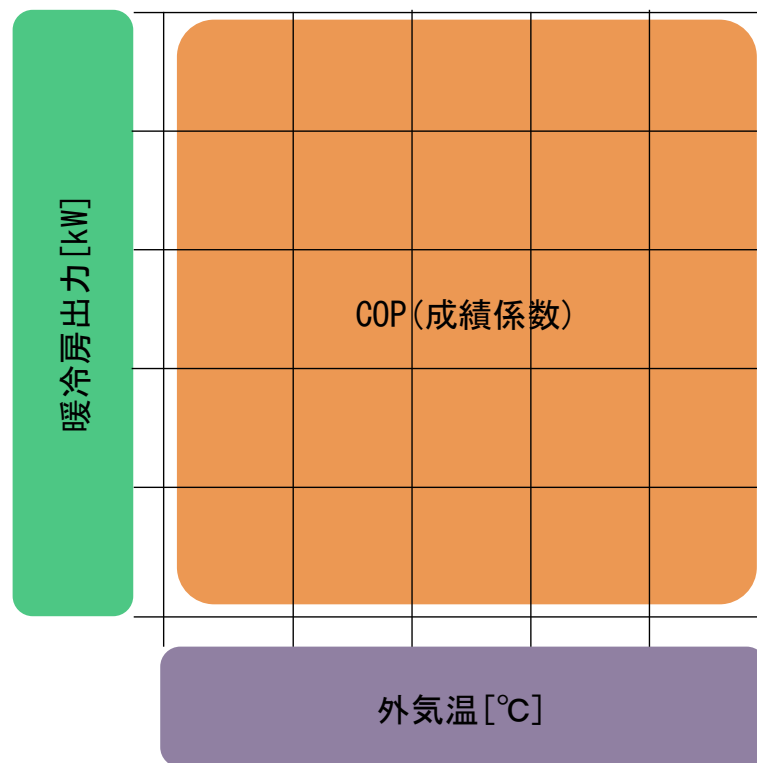


図 COPマトリックスのイメージ

研究概要 年間暖冷房COPの解析方法

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都市とする。

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 7.1	カタログ目安：木造20畳、32m ³
		エアコン② 2.8	カタログ目安：木造8畳、13m ³
	暖房	エアコン① 8.5	カタログ目安：木造19畳、31m ³
		エアコン② 3.6	カタログ目安：木造8畳、13m ³
エアコン風量[m ³ /min]	エアコン① 19.5 エアコン② 21	風量4 (最大風量)	

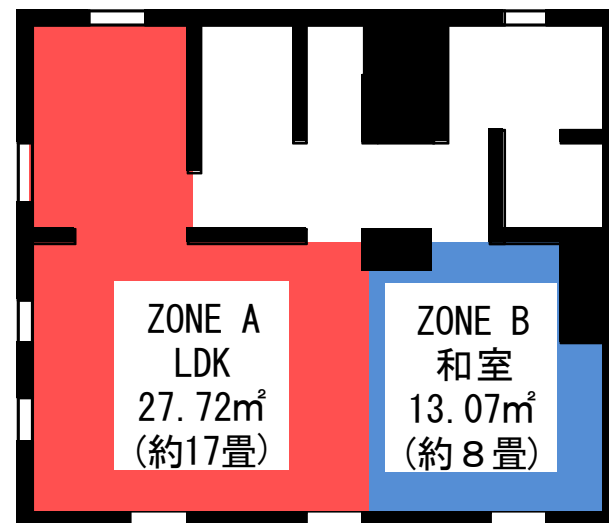


図2 日本建築学会標準住宅モデル 1階平面図

気象データは日本建築学会拡張アメダス気象データとし、解析対象エアコンはエアコン②とする。

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 7.1	カタログ目安：木造20畳、32m ³
		エアコン② 2.8	カタログ目安：木造8畳、13m ³
	暖房	エアコン① 8.5	カタログ目安：木造19畳、31m ³
		エアコン② 3.6	カタログ目安：木造8畳、13m ³
エアコン風量[m ³ /min]	エアコン① 19.5	エアコン② 21	風量4 (最大風量)

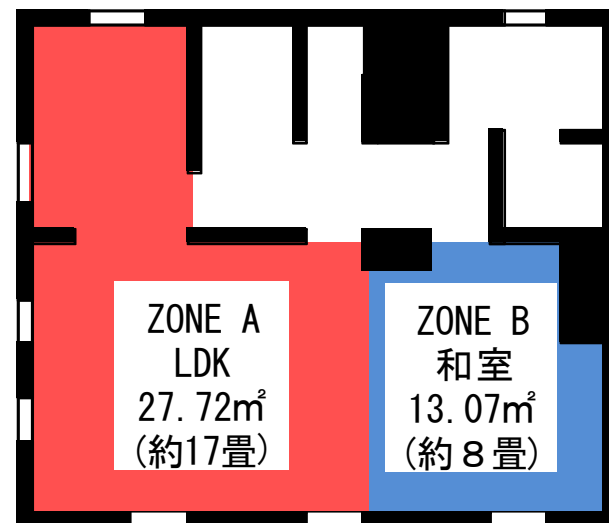


図2 日本建築学会標準住宅モデル 1階平面図

研究概要 年間暖冷房COPの解析方法

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(case1)とZONE A+Bとした場合(case2)の熱負荷計算を行う。

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 7.1	カタログ目安：木造20畳、32m ³
		エアコン② 2.8	カタログ目安：木造8畳、13m ³
	暖房	エアコン① 8.5	カタログ目安：木造19畳、31m ³
		エアコン② 3.6	カタログ目安：木造8畳、13m ³
エアコン風量[m ³ /min]	エアコン① 19.5 エアコン② 21		風量4 (最大風量)

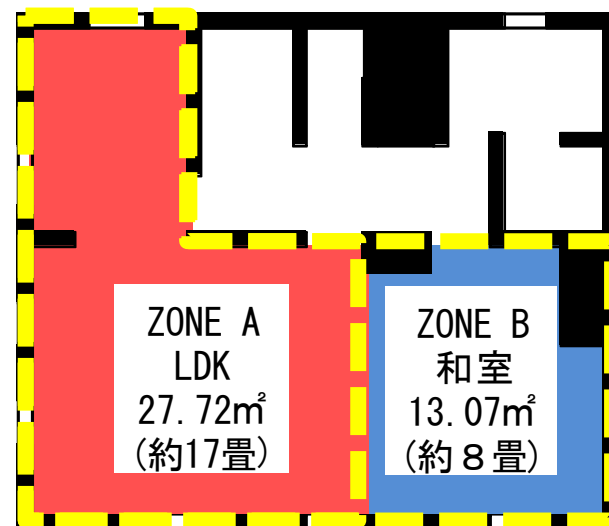


図2 日本建築学会標準住宅モデル 1階平面図

研究概要 年間暖冷房COPの解析方法

住宅モデルのシェルター性能は熱損失係数 $2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ とし、熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS により熱負荷計算を行い、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 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 7.1	カタログ目安：木造 20 畳、 32m^3
		エアコン② 2.8	カタログ目安：木造 8 畳、 13m^3
	暖房	エアコン① 8.5	カタログ目安：木造 19 畳、 31m^3
		エアコン② 3.6	カタログ目安：木造 8 畳、 13m^3
エアコン風量 [m^3/min]	エアコン① 19.5 エアコン② 21	風量 4 (最大風量)	

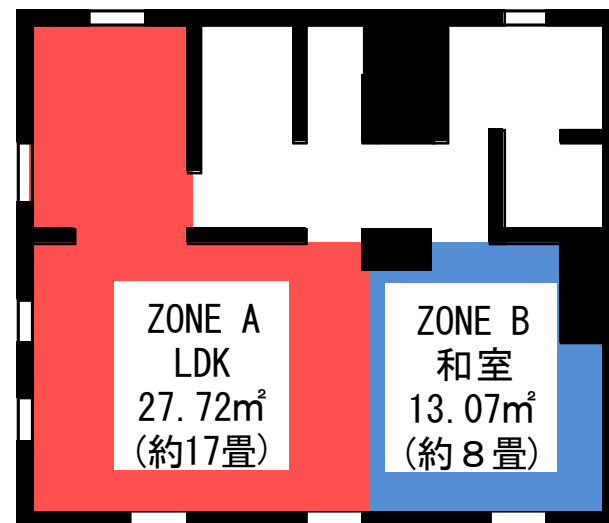
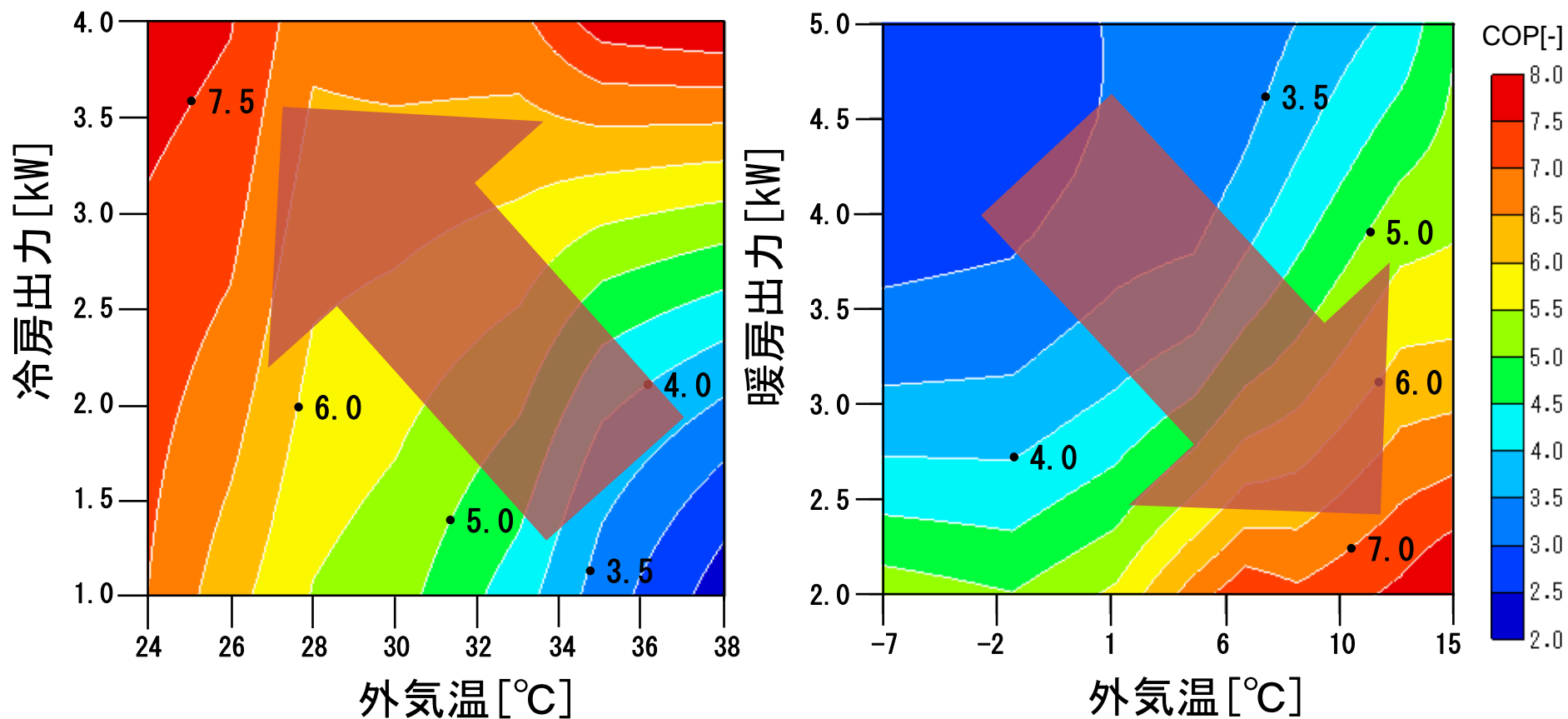


図 2 日本建築学会標準住宅モデル 1 階平面図

解析結果 COPマトリックス測定結果

冷房時は外気温が低く出力が高いほうがCOPは高い。暖房時は外気温が高く出力が低いほうがCOPが高い。



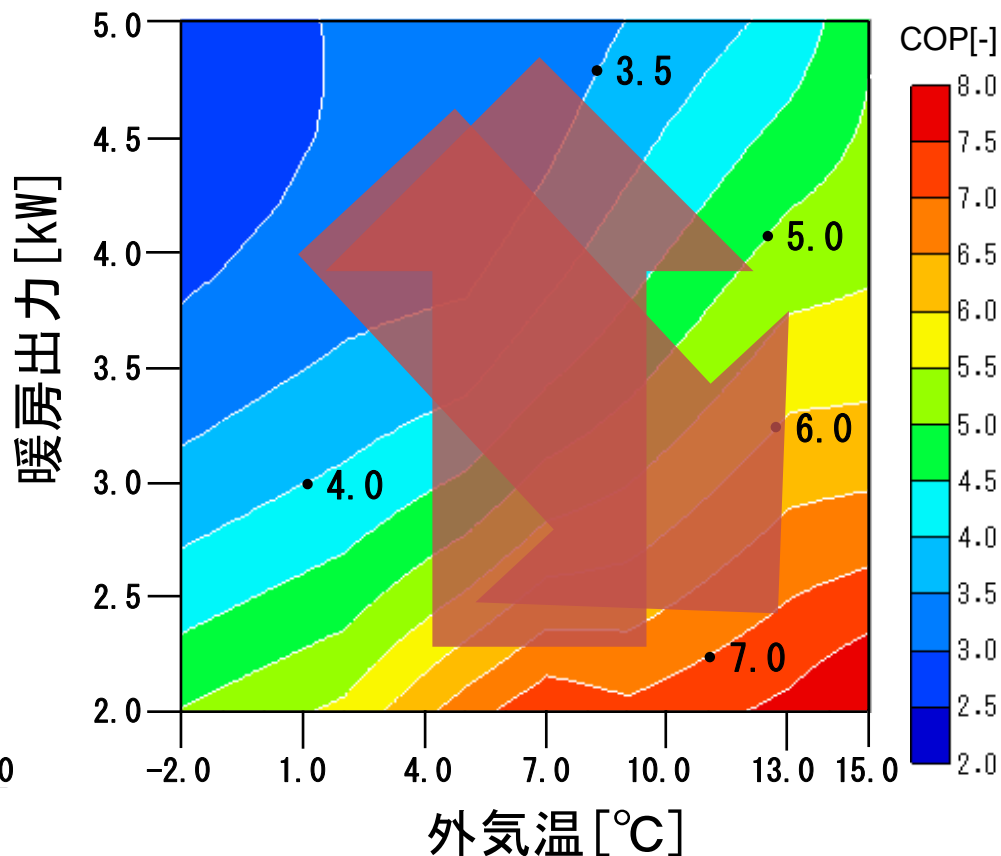
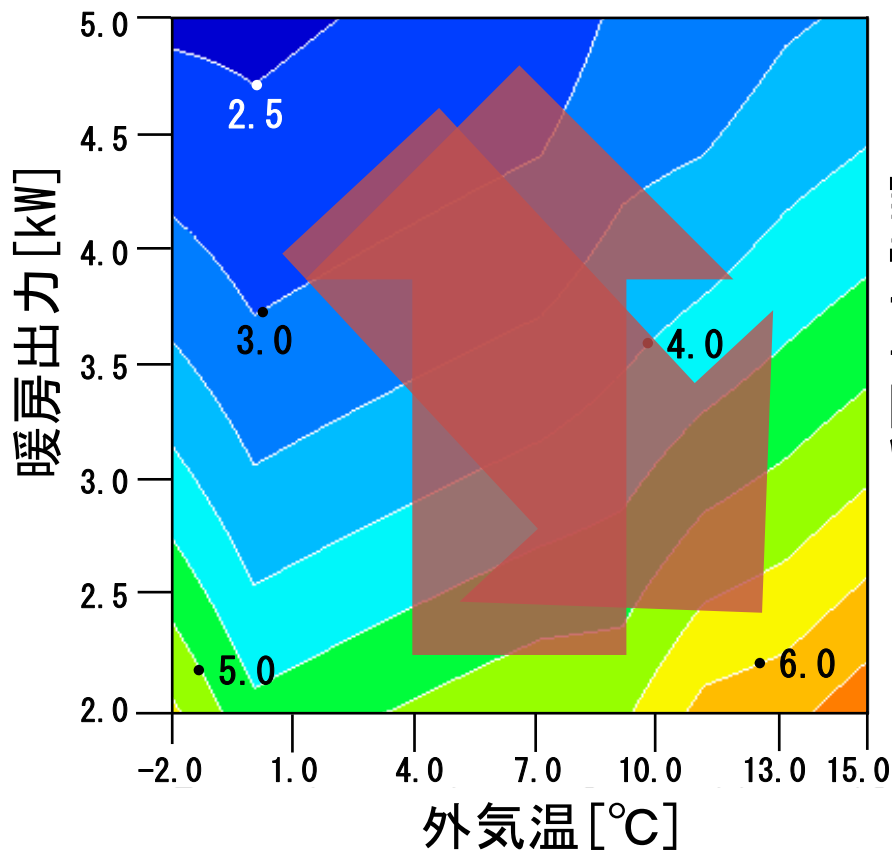
(a) 冷房時 [風量13-9m³/min]

(b) 暖房時 [風量12-9m³/min]

図4 エアコン②のCOPマトリックス

解析結果 COPマトリックス測定結果

どちらのエアコンにおいても外気温が高い方がCOPが高くなり、出力が高い方がCOPが低くなる。



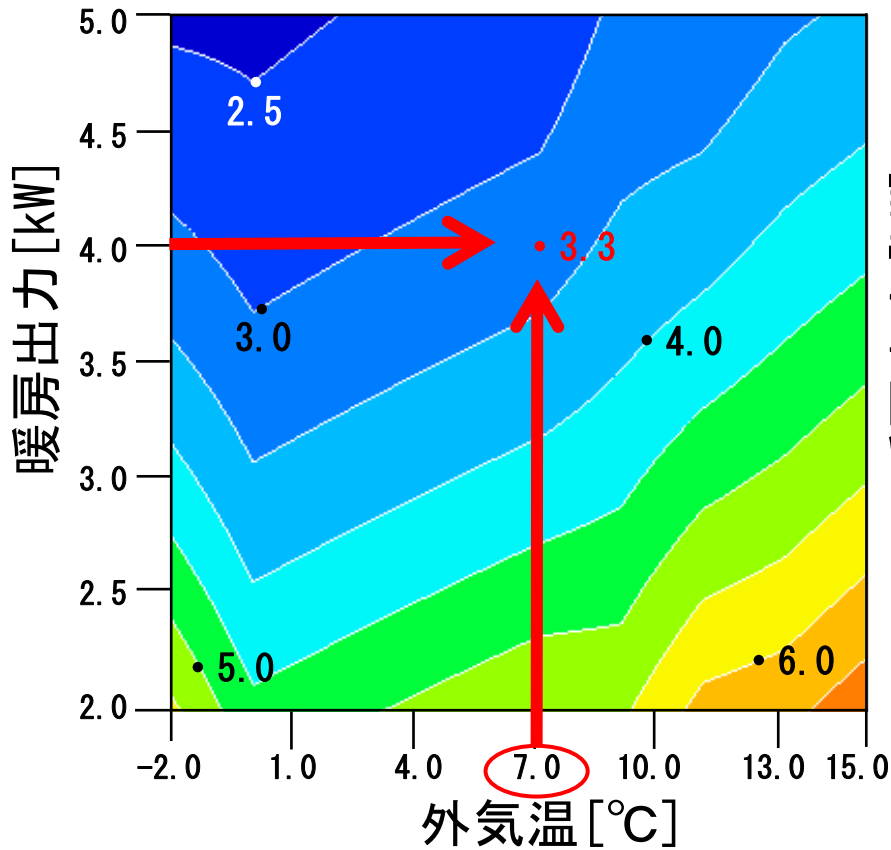
エアコン① 暖房時 [風量12-9m³/min]

エアコン② 暖房時 [風量12-9m³/min]

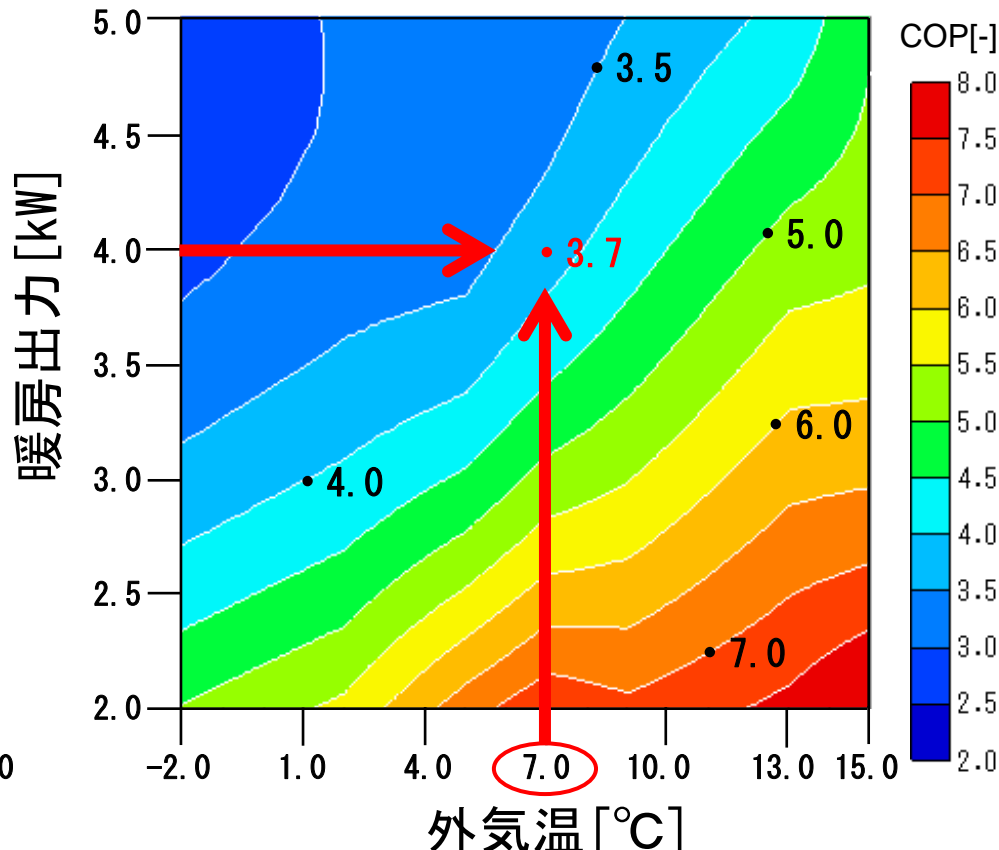
図 エアコン①②のCOPマトリックス (暖房時)

解析結果 COPマトリックス測定結果

同じ外気温、同じ出力の場合にはエアコン②の方が①よりCOPが高い。



エアコン① 暖房時 [風量12-9m³/min]



エアコン② 暖房時 [風量12-9m³/min]

図 エアコン①②のCOPマトリックス (暖房時)

解析結果 年間暖冷房COPの解析結果

解析対象エアコンのカタログAPFは7.0、年積算消費電力量は約800kWhである。

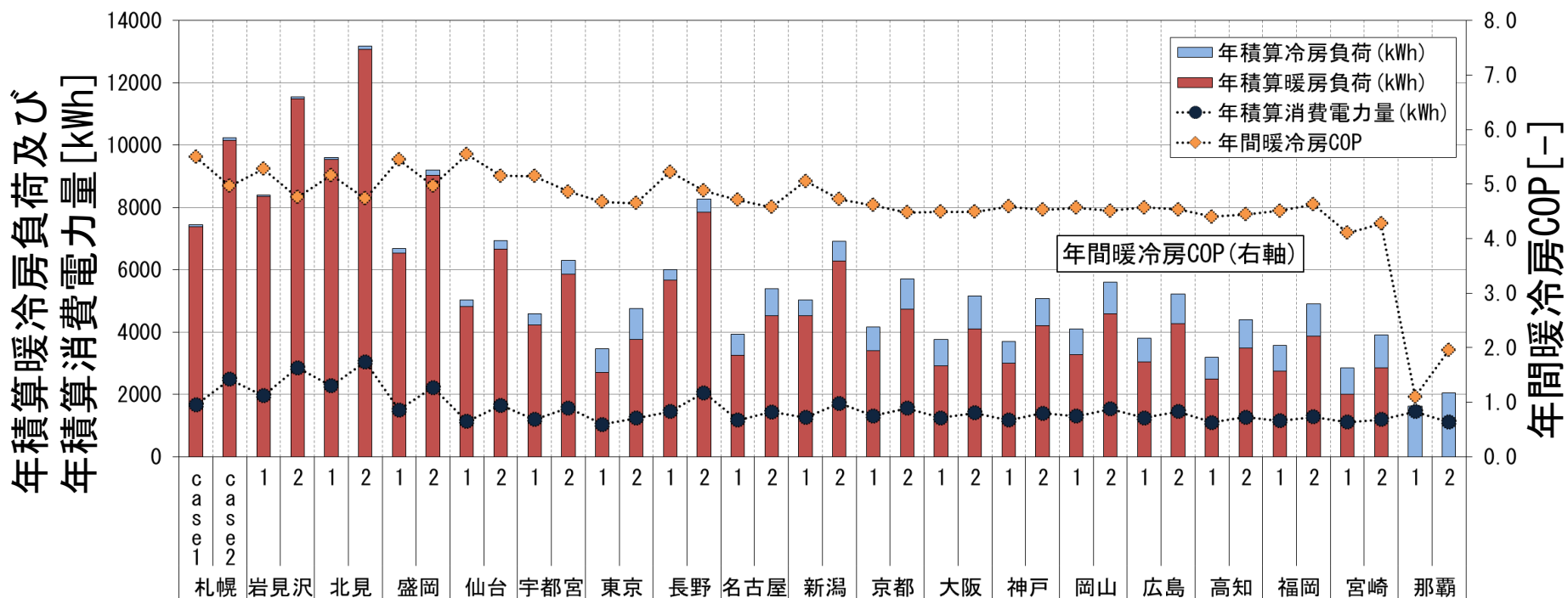


図5 エアコン②の19都市における年積算暖冷房負荷
年積算消費電力量及び年間暖冷房COP (熱損失係数 : 2 W/m²·K)

解析結果 年間暖冷房COPの解析結果

対象地域の東京 (case1) と比較すると、次世代省エネ基準と同程度の断熱性能では、年間暖冷房COPは4.6程度となり、カタログAPFと比較して2.4程度低く、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1040kWhとなり、年間で約240kWh多くなる。

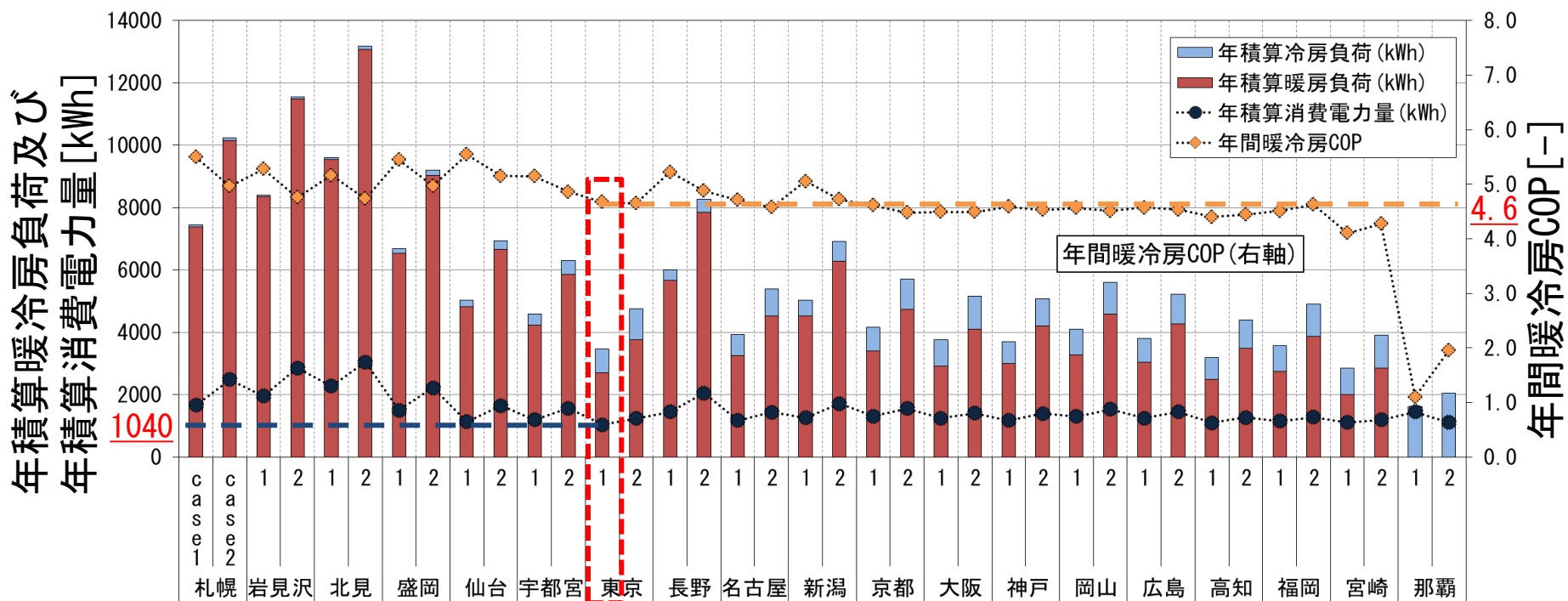


図5 エアコン②の19都市における年積算暖冷房負荷
年積算消費電力量及び年間暖冷房COP (熱損失係数: 2 W/m²·K)

解析結果 年間暖冷房COPの解析結果

case1、case2で暖冷房負荷の差に比べ年間暖冷房COPに差がないのは、暖冷房負荷が少なくなった場合にON-OFF運転の頻度が多くなったためと考えられる。

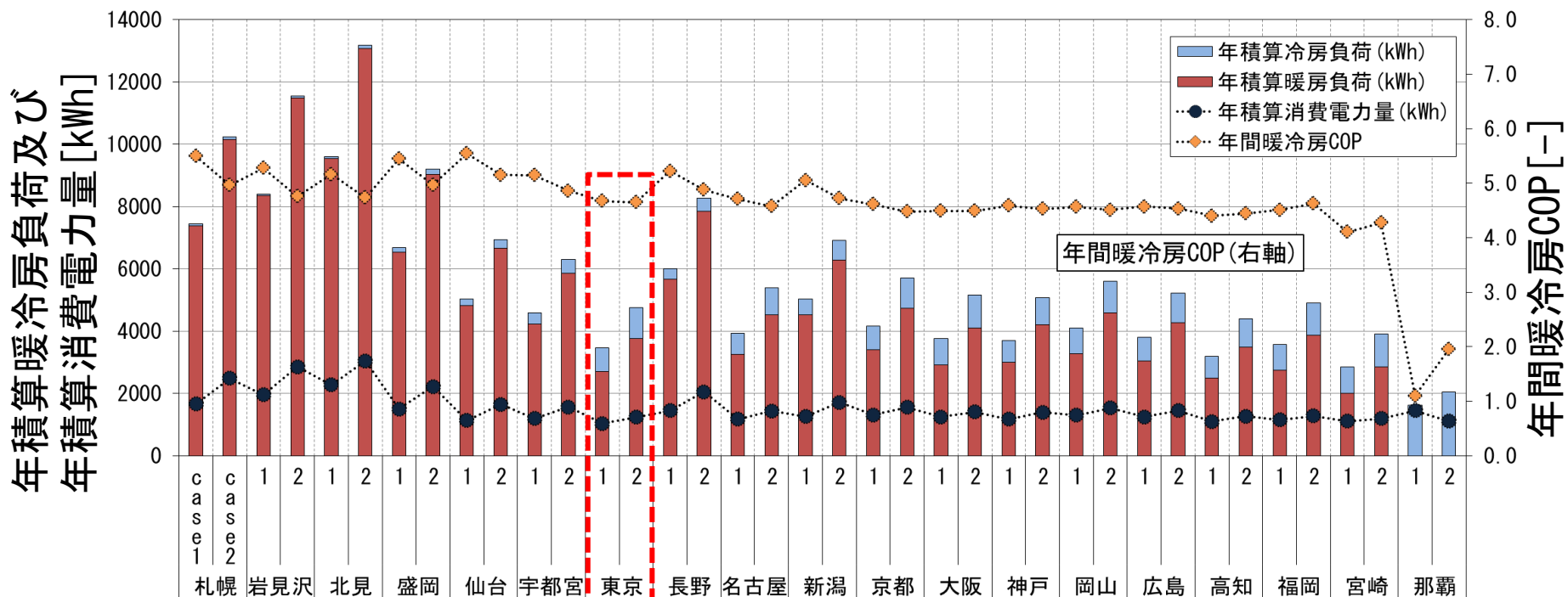


図5 エアコン②の19都市における年積算暖冷房負荷
年積算消費電力量及び年間暖冷房COP (熱損失係数: $2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

1. エアコン②では、冷房時は外気温が低く出力が高い方がCOPは高く、暖房時は外気温が高く出力が低い方がCOPが高い。
2. 暖房時ではエアコン①②共に外気温が高い方がCOPが高く、出力が高い方がCOPが低くなる。又、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①よりCOPが高い。
3. COPマトリックスによる年間暖冷房COPはカタログ値より2.4程度低く、年積算消費電力量はカタログAPFによる算出結果より約240kWh多い。