

蓄熱負荷を利用した家庭用エアコンの COP測定方法に関する研究

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)

指導教員 赤林 伸一 蜂谷 亮祐
教授

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 測定結果
- 4 まとめ

室内の快適性の向上や新たな家電製品の普及等により、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。

住宅における暖冷房のエネルギー消費量は、住宅全体の約1/4^{文1)}を占めており、住宅の省エネルギーの推進のためには、住宅の断熱・気密性能の向上と共に、暖冷房機器の性能の向上が求められている。

ヒートポンプにより暖冷房を行う家庭用エアコンでは、外気温と暖冷房出力に応じて機器の成績係数 (Coefficient of Performance: COP)が大きく変化するため、地域の気象条件及び建物の熱損失係数を含めた建物の熱負荷特性に応じた機種を選定が極めて重要である。

文1) 経済産業省資源エネルギー庁「エネルギー白書2017」2017年

現在の機種選定では断熱性能の極めて低い※1 部屋の大きさに応じた6畳用・8畳用・16畳用等の機種のラインナップの中から設置する部屋の大きさのみで機種が選定されている。

そのため、断熱化された住宅では過大な暖冷房能力を持った機種が選定され、実使用時では暖冷房期間の多くの時間はCOPの悪い部分負荷運転あるいはON/OFF運転している状況にあり、省エネルギーの面では極めて問題が多い。

最適な機種の選定を行うためには、エアコンの機器特性(外気温・暖冷房出力・COPの関係(COPマトリックス))の把握が必要である。

※1 単位床面積当たりの暖冷房負荷値は1964年から改正されておらず、現在エアコン選定の際に用いられる畳数目安は断熱性能が極めて低い住宅が基準となっている。

これまでの家庭用エアコンのCOP測定では、室内機用チャンバーに設置された空調機によって室温を制御し、エアコンの吸込口温度を変化させることで、空調負荷を調整している。

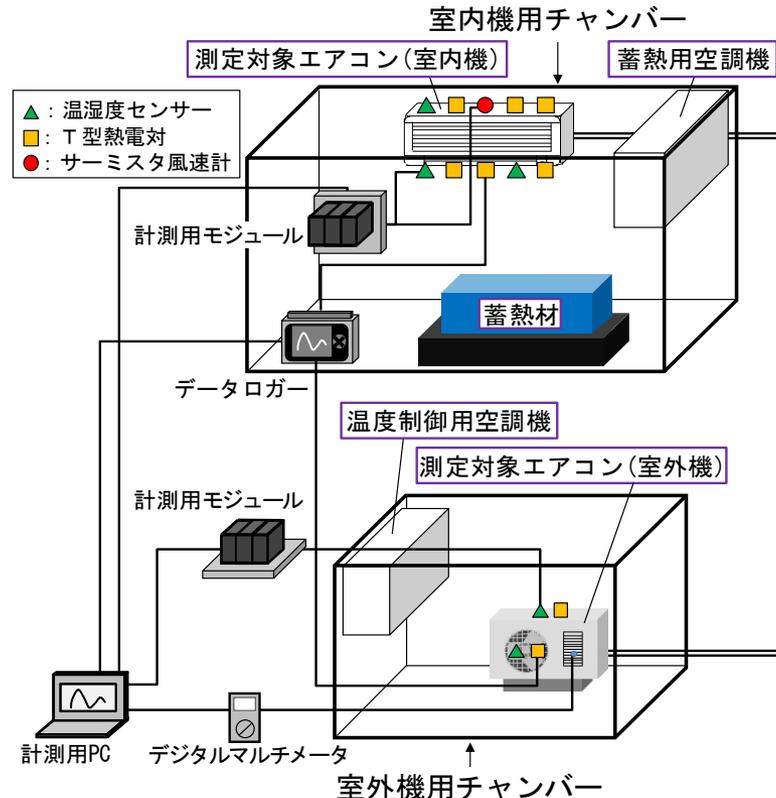
しかし、最近のエアコンでは制御方法が複雑になり、既存の測定方法ではCOPマトリックスを精度よく測定することが困難となっている。

一方、既報^{文3)}ではエアコンの暖冷房出力が最大から最小まで時系列的に低下する過渡的状态におけるヒートポンプのCOP測定を行っている。

しかし、過渡的状态で測定を行う際に室内機用チャンバー内の熱容量が少ないと、室内機の吸込温度が短時間でエアコンの設定温度に達するため、COPマトリックスの作成に必要なデータを十分に確保することが困難である。

文3) 赤林・坂口・有波・蜂谷ら「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 その7 ME社製家庭用エアコンの性能測定及びAPFの算出」日本建築学会北陸支部研究報告集 第60号 2017年

本研究では、簡易カロリメータの室内機用チャンバー内に新たに蓄熱材を設置し、蓄熱負荷に対して測定対象エアコンで暖冷房を行う。

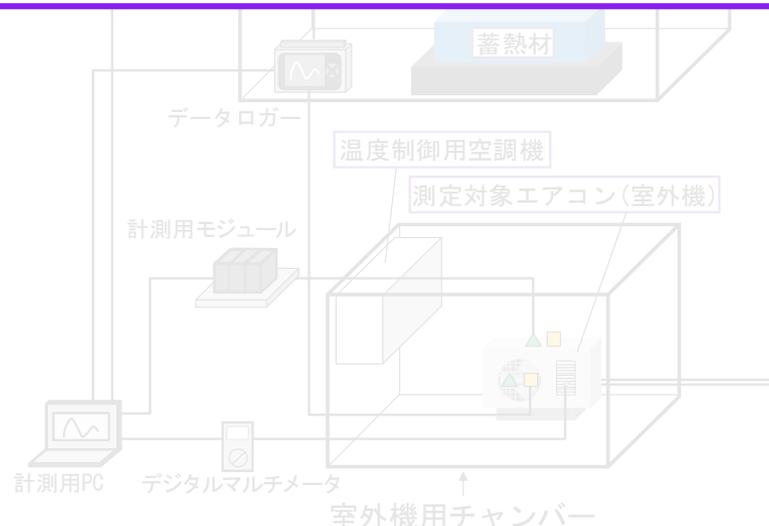


(2) 測定用チャンバーの概要

図1 蓄熱式簡易カロリメータの概要

本研究では、簡易カロリメータの室内機用チャンバー内に新たに蓄熱材を設置し、蓄熱負荷に対して測定対象エアコンで暖冷房を行う。

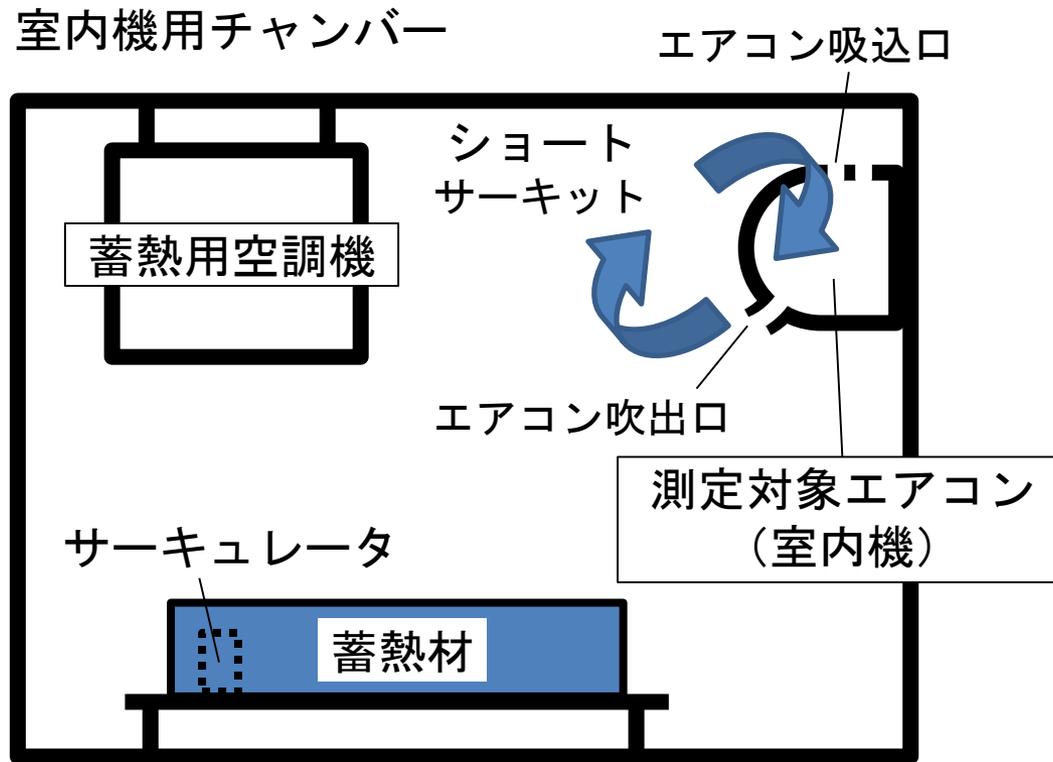
エアコンの暖冷房出力が時系列的に緩やかに低下する過渡的状态において十分なデータを取得することのできるヒートポンプのCOP簡易測定方法を開発する。



(2) 測定用チャンバーの概要

図1 蓄熱式簡易カロリメータの概要

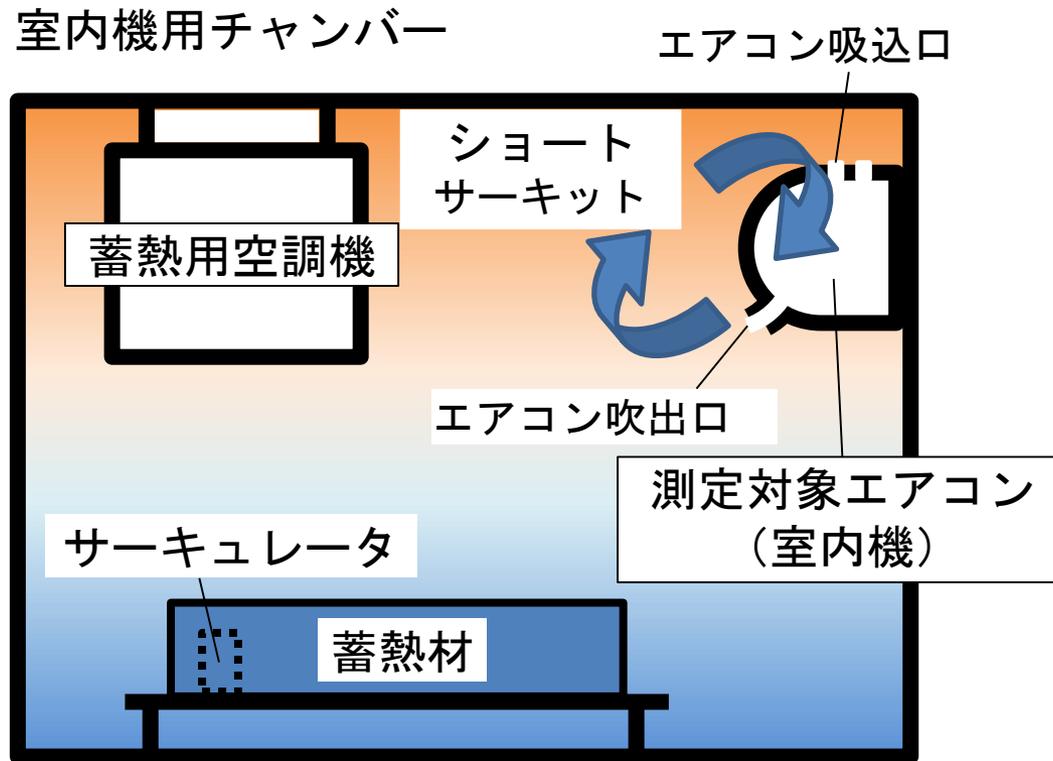
暖房時ではエアコンから吹出された相対的に高温の気流が十分に拡散せずに吸込口に到達するショートサーキットを形成する可能性がある。



(1) 間仕切りなし

図2 室内機用チャンバーにおける間仕切りの設置概要

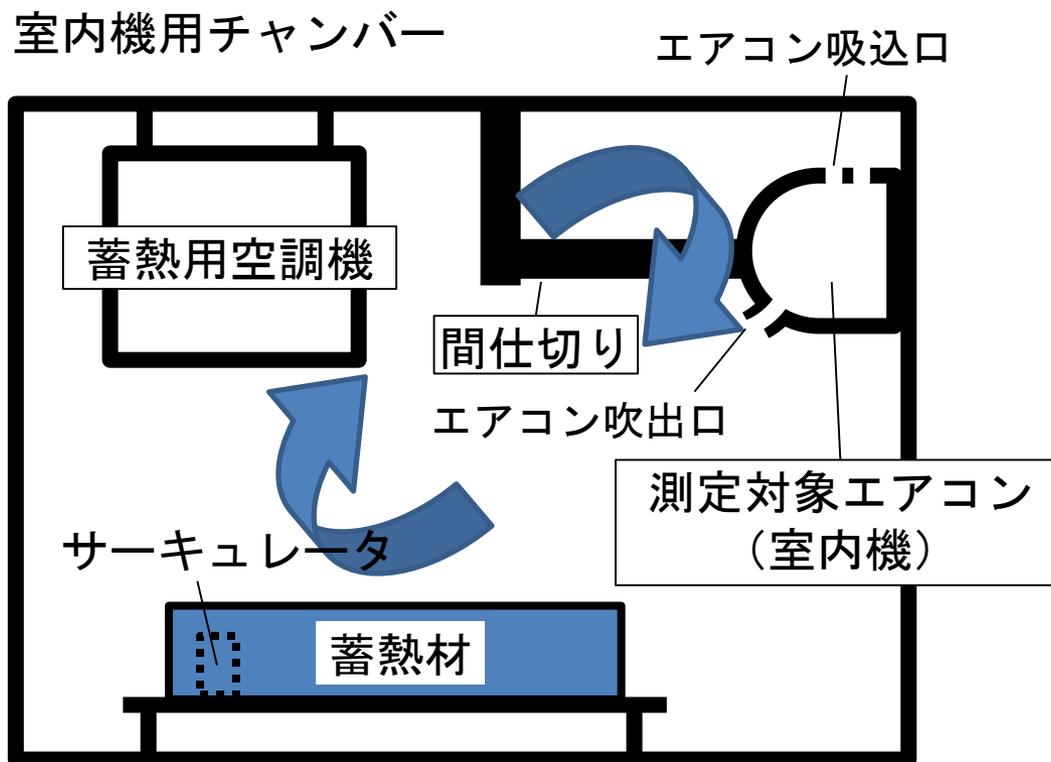
暖房実験においてショートサーキットが生じた場合、室内の上下方向に温度分布が形成され、蓄熱負荷をエアコンが処理できなくなることが考えられる。



(1) 間仕切りなし

図2 室内機用チャンバーにおける間仕切りの設置概要

本研究ではショートサーキットが生じないようにエアコンの吸込口と吹出口の間に仕切りを設置して実験を行い、この効果を検討する。

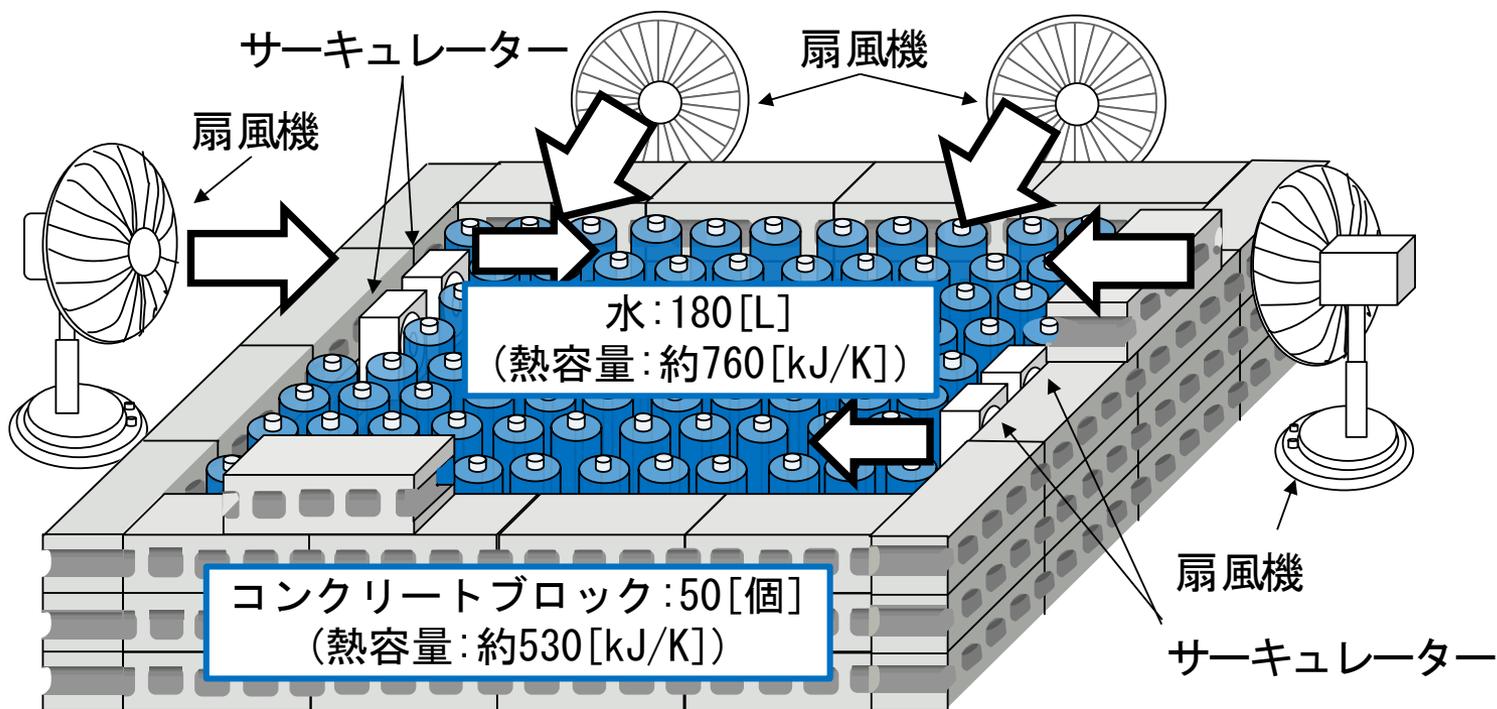


(2) 間仕切りあり

図2 室内機用チャンバーにおける間仕切りの設置概要

- 1 研究目的
- 2 研究概要**
- 3 測定結果
- 4 まとめ

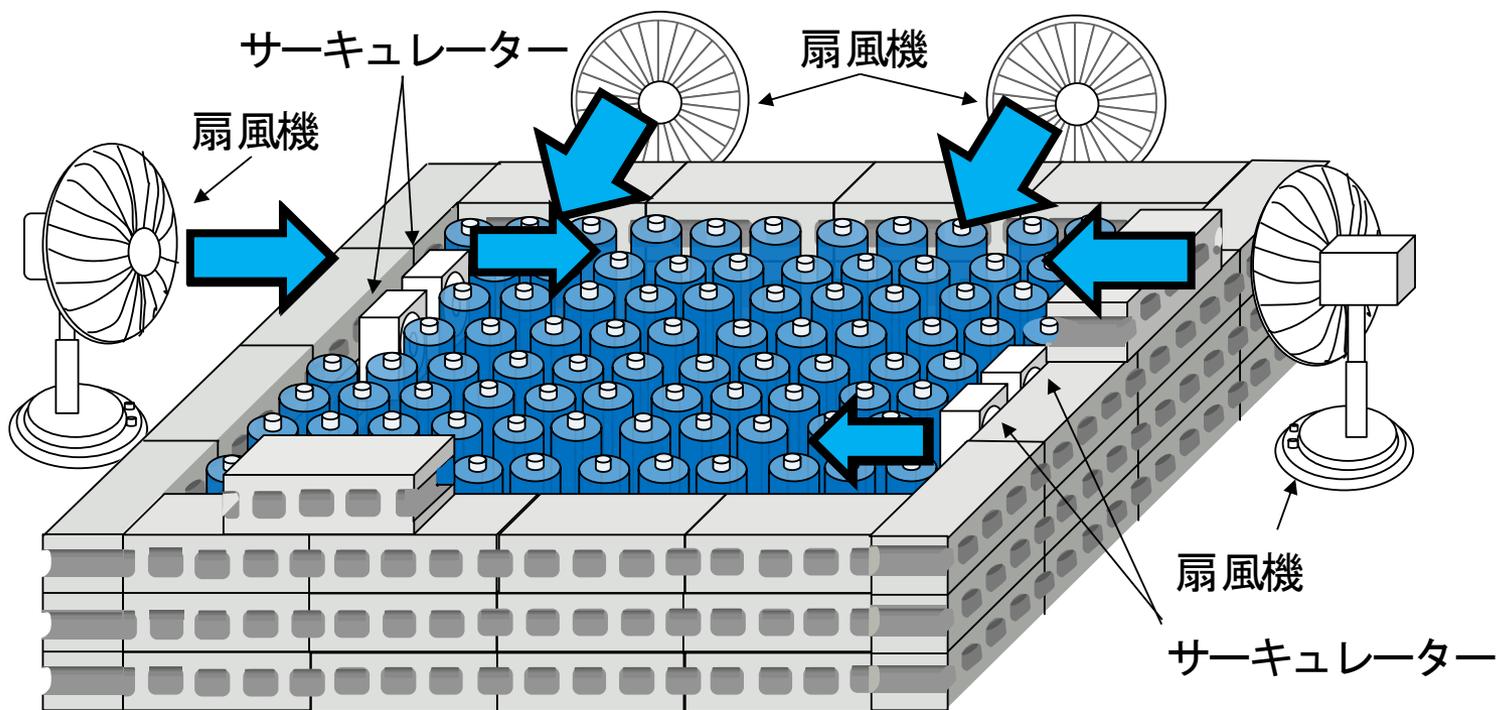
蓄熱材には水を入れたペットボトル(1.5[L]×120[本]、総熱容量約760[kJ/K])及びコンクリートブロック(390[mm]×190[mm]×120[mm]×50[個]、総熱容量約530[kJ/K])を用い、顕熱蓄熱を行う。



(1) 蓄熱材の概要

図1 蓄熱式簡易カロリーメータの概要

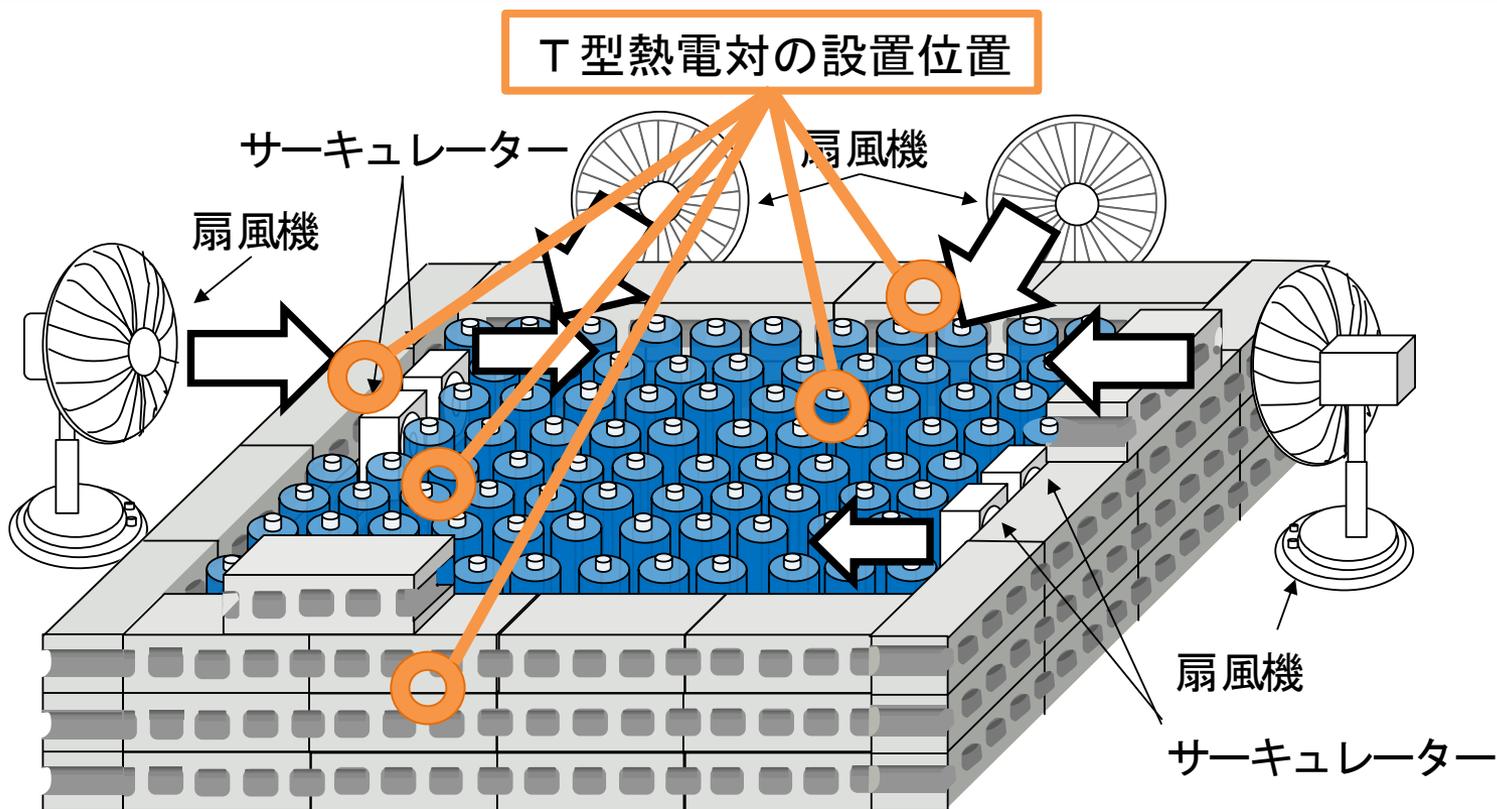
蓄熱材周辺の対流熱伝達率を大きくして放熱を促進させ、室内機用チャンバー内の温度分布を均一にするために**扇風機**と**サーキュレーター**を配置する。



(1) 蓄熱材の概要

図1 蓄熱式簡易カロリーメータの概要

水とコンクリートブロック、蓄熱材に設置したサーキュレータの吸込部にはそれぞれT型熱電対を設置し、蓄熱部の温度を測定する。



(1) 蓄熱材の概要

図1 蓄熱式簡易カロリーメータの概要

本実験では始めに、蓄熱用空調機稼働させて蓄熱を行う。

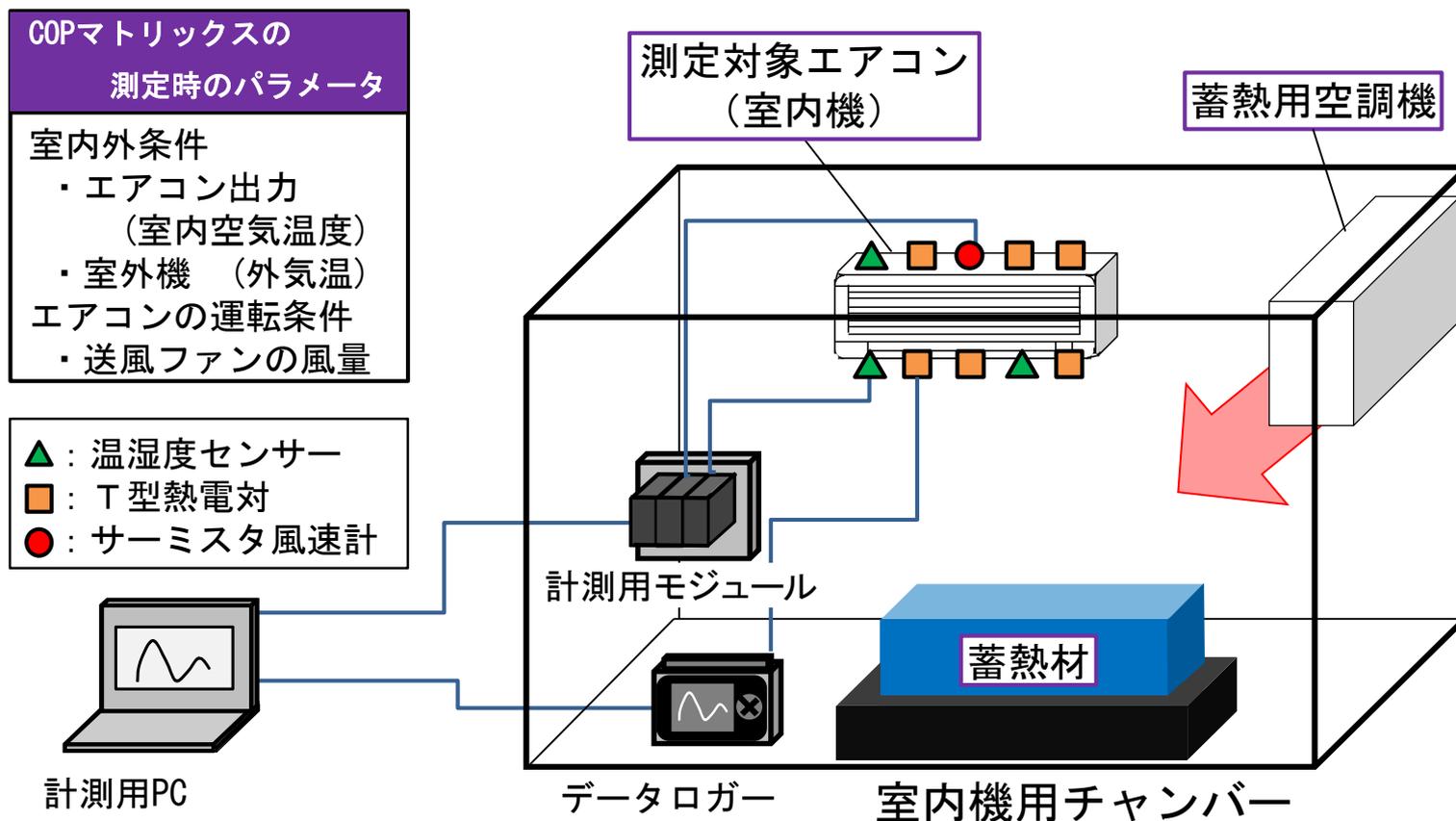


図 室内機用チャンバーの概要

水を入れたペットボトル及びコンクリートブロックは暖房実験では水温及び表面温度が $0\sim 5[^\circ\text{C}]$ 、冷房実験では $40\sim 45[^\circ\text{C}]$ となるように蓄熱する。

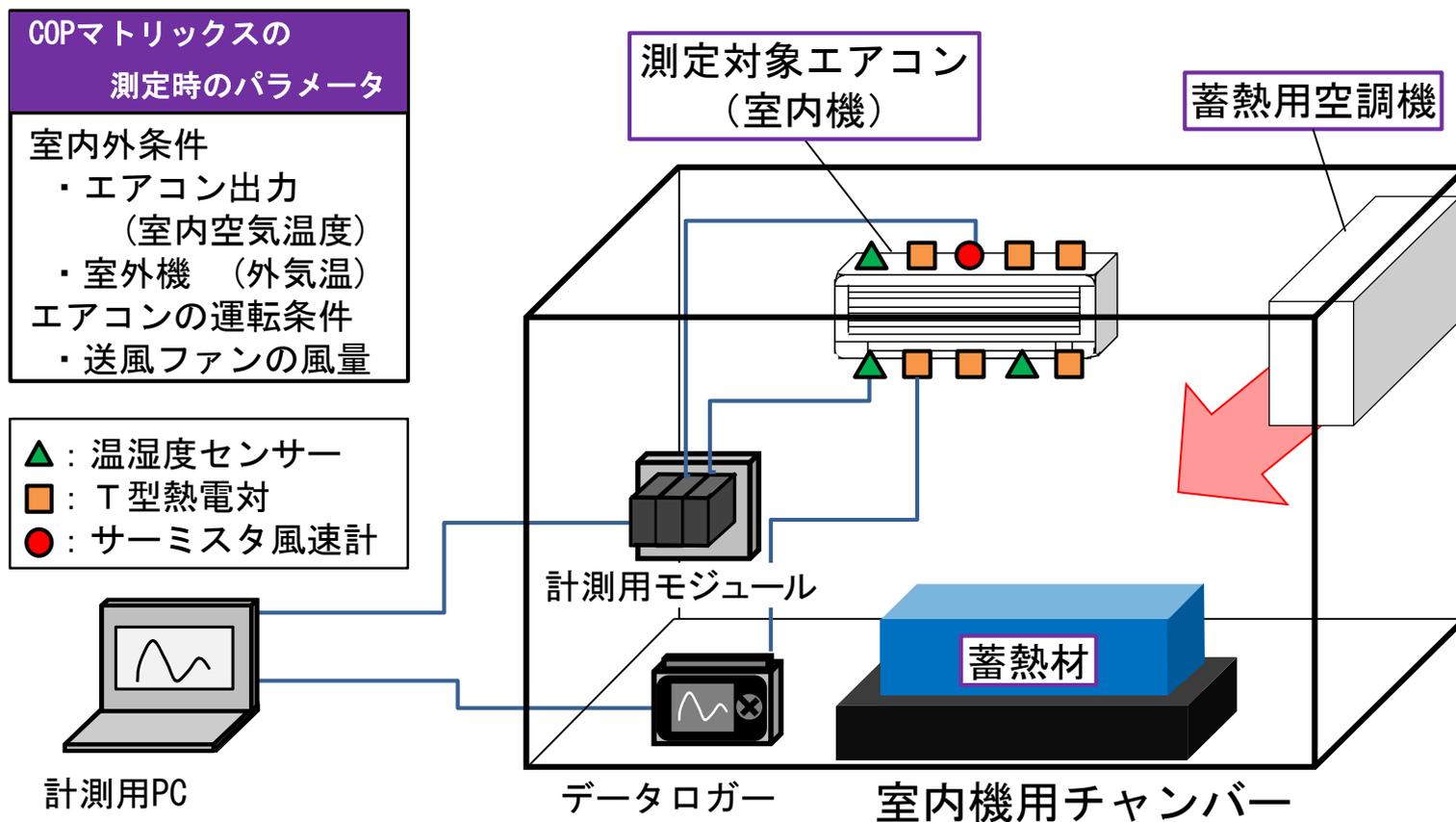


図 室内機用チャンバーの概要

次に実験対象エアコンを稼働させ、出力が一定となり安定したことを確認する。その後、蓄熱用空調機を停止し実験を開始する。

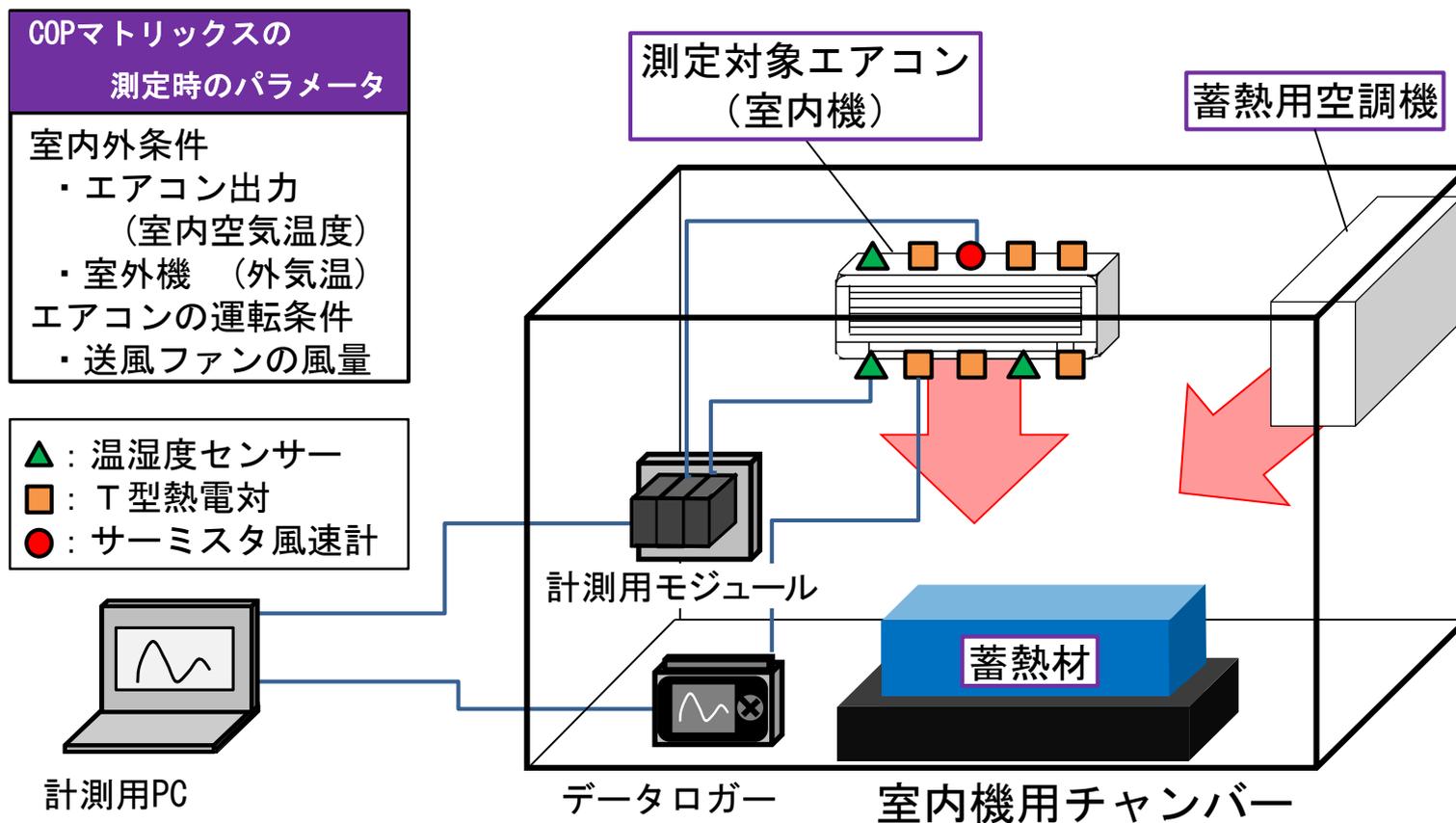


図 室内機用チャンバーの概要

本研究では蓄熱負荷の有無による比較を実験①とし、M社製エアコン(定格冷房能力:2.2[kW])を対象に行う。

表 1 実験対象とした家庭用エアコンのカatalog性能

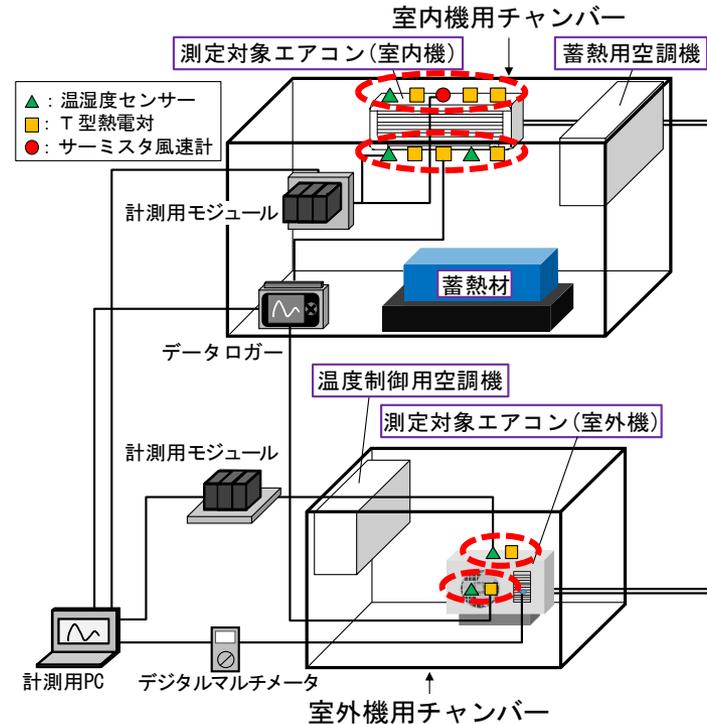
メーカー	性能											電源		
	冷房					暖房					APF [-]	期間消費電力[kWh]	相	電圧 [V]
	出力[kW]		消費電力[W]		COP[-]	出力[kW]		消費電力[W]		COP[-]				
	定格	範囲	定格	範囲	定格	定格	範囲	定格	範囲	定格				
M社	2.2	0.6 ~ 3.4	440	105 ~ 880	5.0	2.5	0.6 ~ 5.2	465	105 ~ 1480	5.4	6.9	603	単	100
D社	4.0	0.5 ~ 5.3	790	85 ~ 1,330	5.1	5.0	0.4 ~ 12.2	890	75 ~ 3,730	5.6	7.2	1,051	単	200

間仕切りの有無による比較を実験②としてD社製エアコン(定格冷房能力:4.0[kW])を対象に行う。

表 1 実験対象とした家庭用エアコンのカatalog性能

メーカー	性能											電源		
	冷房					暖房					APF [-]	期間消費電力[kWh]	相	電圧 [V]
	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				
M社	2.2	0.6 ? 3.4	440	? 880	5.0	2.5	0.6 ? 5.2	465	? 1480	5.4	6.9	603	単	100
D社	4.0	0.5 ? 5.3	790	85 ? 1,330	5.1	5.0	0.4 ? 12.2	890	? 3,730	5.6	7.2	1,051	単	200

温湿度センサー※2、T型熱電対を図1(2)に示す位置にそれぞれ設置し、エアコン室内外機の吸込・吹出空気の温湿度を測定する。外気温は室外機吸込口温度とする。



(2) 測定用チャンバーの概要

図1 蓄熱式簡易カロリーメータの概要

※2 温度分解能:0.1[°C]、湿度分解能:0.1[%]、温度測定確度:±0.5[°C](0.0~35.0[°C])、±1.0[°C](35.1~70.0[°C])、湿度測定確度:測定温湿度によるが概ね±5.0~10.0[%]。

実験①では室内機の循環処理風量^{※3}はアタッチメントで室内機吹出口に直列に接続したシロッコファンと気密測定装置の風量測定装置で制御する。

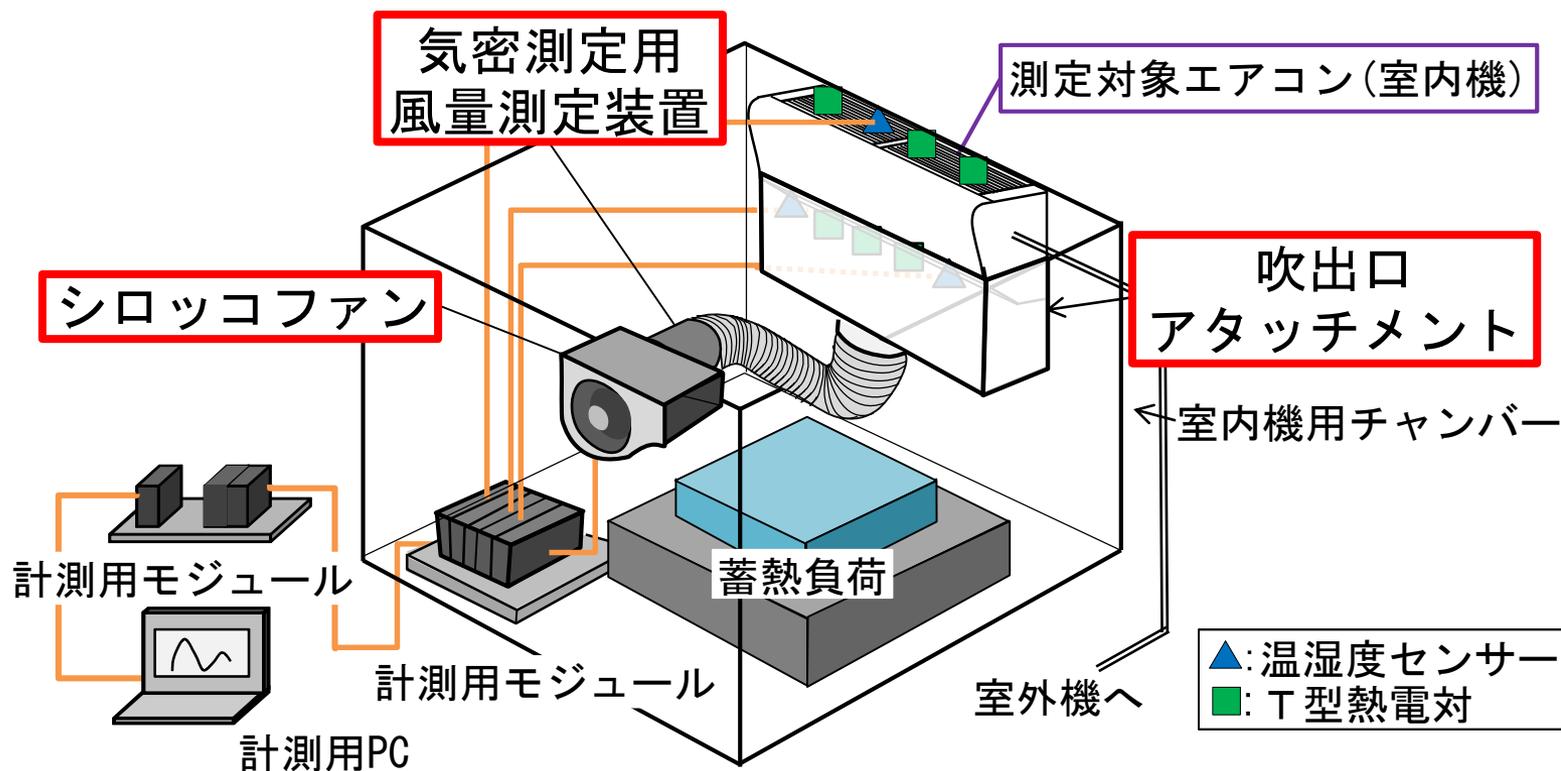


図 風量測定装置の概要

※3 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。本研究では処理風量は重量流量[kg/min]で示す。

実験①では室内機の循環処理風量※³はアタッチメントで室内機吹出口に直列に接続したシロッコファンと気密測定装置の風量測定装置で制御する。

エアコンの風量設定は弱 (暖房時:5.4[kg/min]、冷房時:9.0[kg/min]) 及び強 (暖房時:8.4[kg/min]、冷房時:12.0[kg/min]) とする。

実験②ではエアコンの風量設定は 1 (暖房時:約10.0[kg/min]) とする。

COPは家庭用エアコンCOP簡易測定法文⁴)により算出する。

※³ 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。本研究では処理風量は重量流量[kg/min]で示す。

文⁴) 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

外気温、暖冷房出力及びCOPの関係からCOPマトリックスの作成を行う。外気温 $0.1[^\circ\text{C}]$ 、出力 $0.1[\text{kW}]$ 毎にCOPマトリックス内にプロットし、測定結果がない条件は回帰式により補完する。

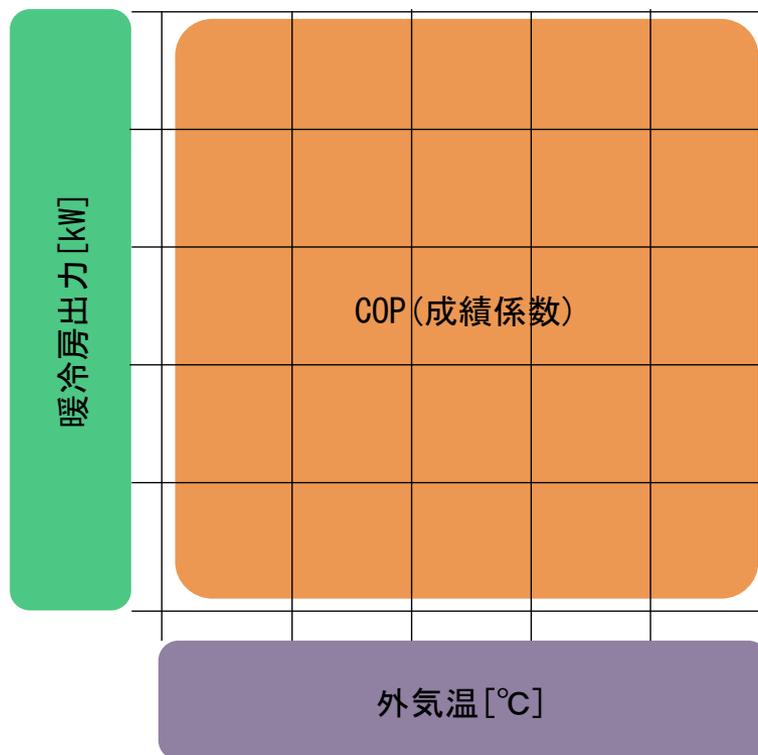
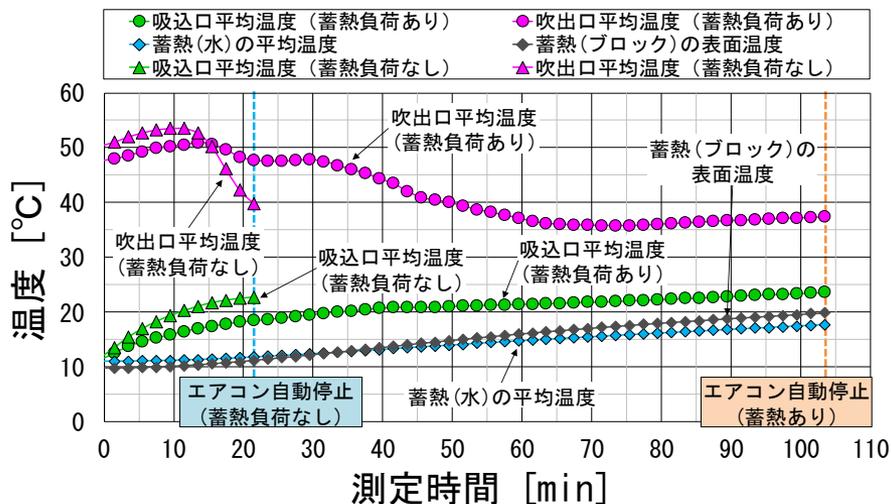


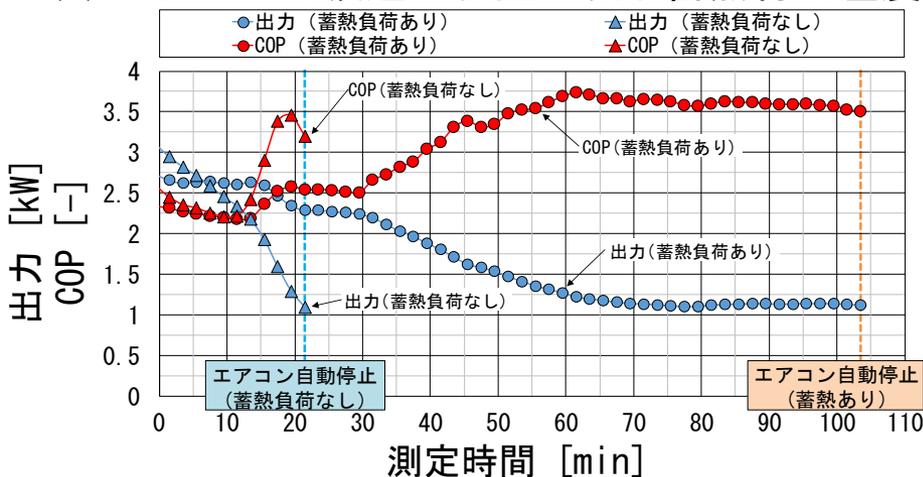
図 COPマトリックスのイメージ

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 測定結果
- 4 まとめ

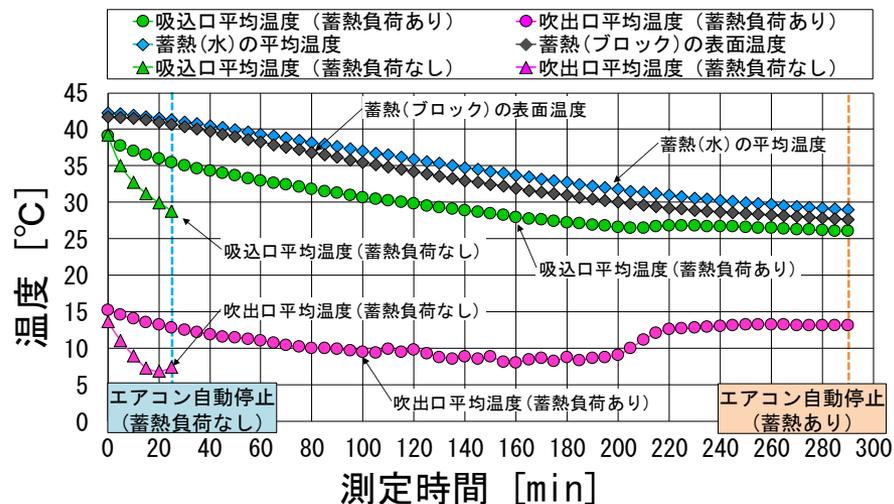
測定結果 蓄熱負荷の有無による比較 (実験①)



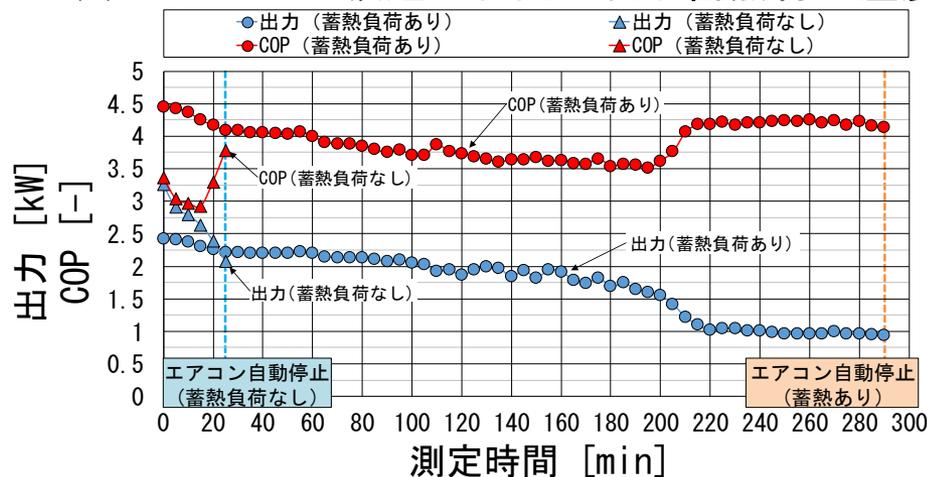
(a) エアコンの吸込・吹出口及び蓄熱材の温度



(b) エアコンの出力及びCOP
(1) 暖房時



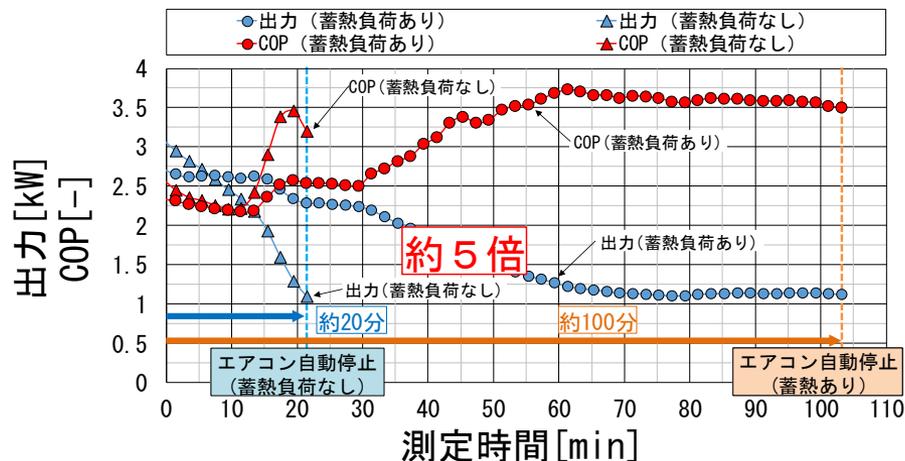
(a) エアコンの吸込・吹出口及び蓄熱材の温度



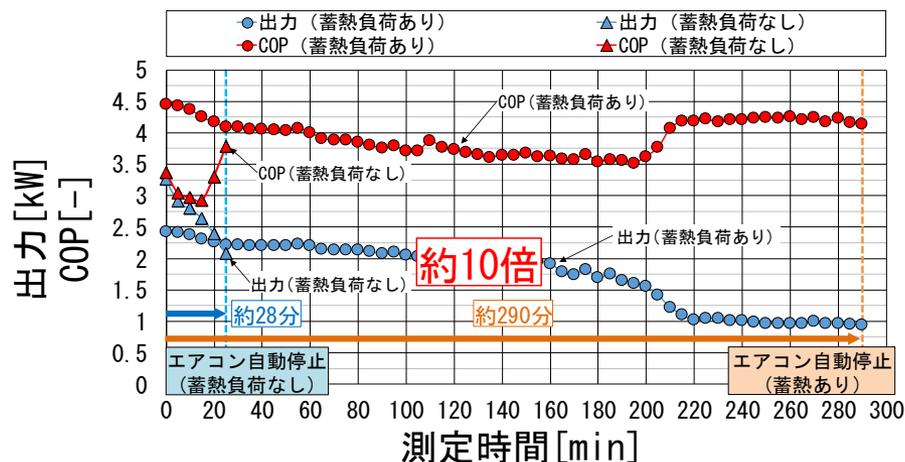
(b) エアコンの出力及びCOP
(2) 冷房時

図3 蓄熱負荷の有無によるエアコンの稼働状況の推移 (M社製エアコン、風量設定:弱)

測定結果 蓄熱負荷の有無による比較 (実験①)



(b) エアコンの出力及びCOP
(1) 暖房時



(b) エアコンの出力及びCOP
(2) 冷房時

蓄熱時の実験開始からエアコンが自動的に停止するまでの時間は暖房時では約100分、冷房時では約290分になり、蓄熱負荷がない場合と比較して暖房時では約5倍、冷房時では約10倍長くなる。

図3 蓄熱負荷の有無によるエアコンの稼働状況の推移
(M社製エアコン、風量設定:弱)

測定結果 蓄熱負荷の有無による比較 (実験①)

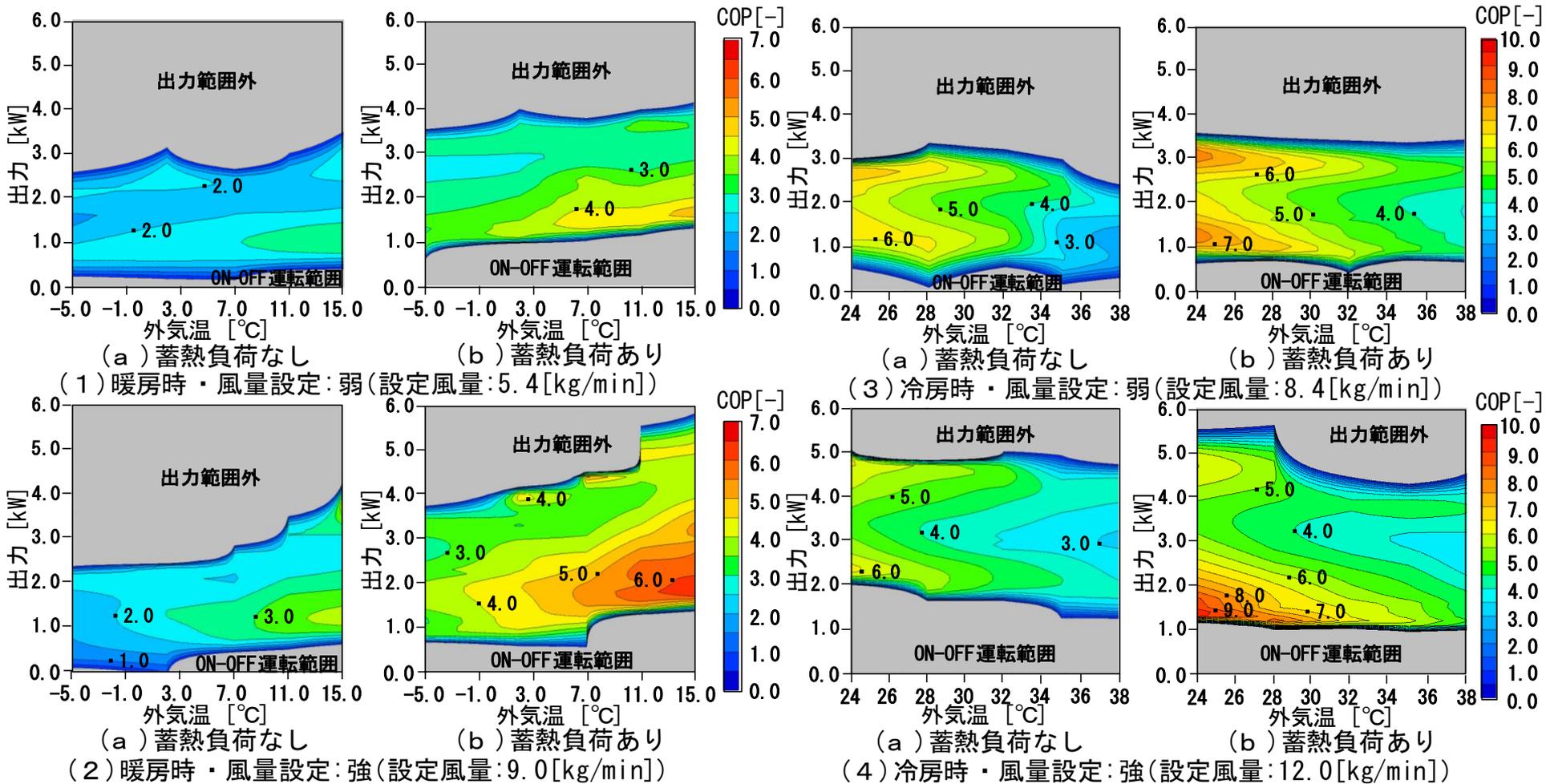


図4 M社製エアコン(定格冷房能力: 2.2 [kW])の風量別のCOPマトリックス

蓄熱負荷の有無では、暖冷房ともに設定風量に関わらずCOPがピークとなる外気温と出力に大きな変化は見られない。

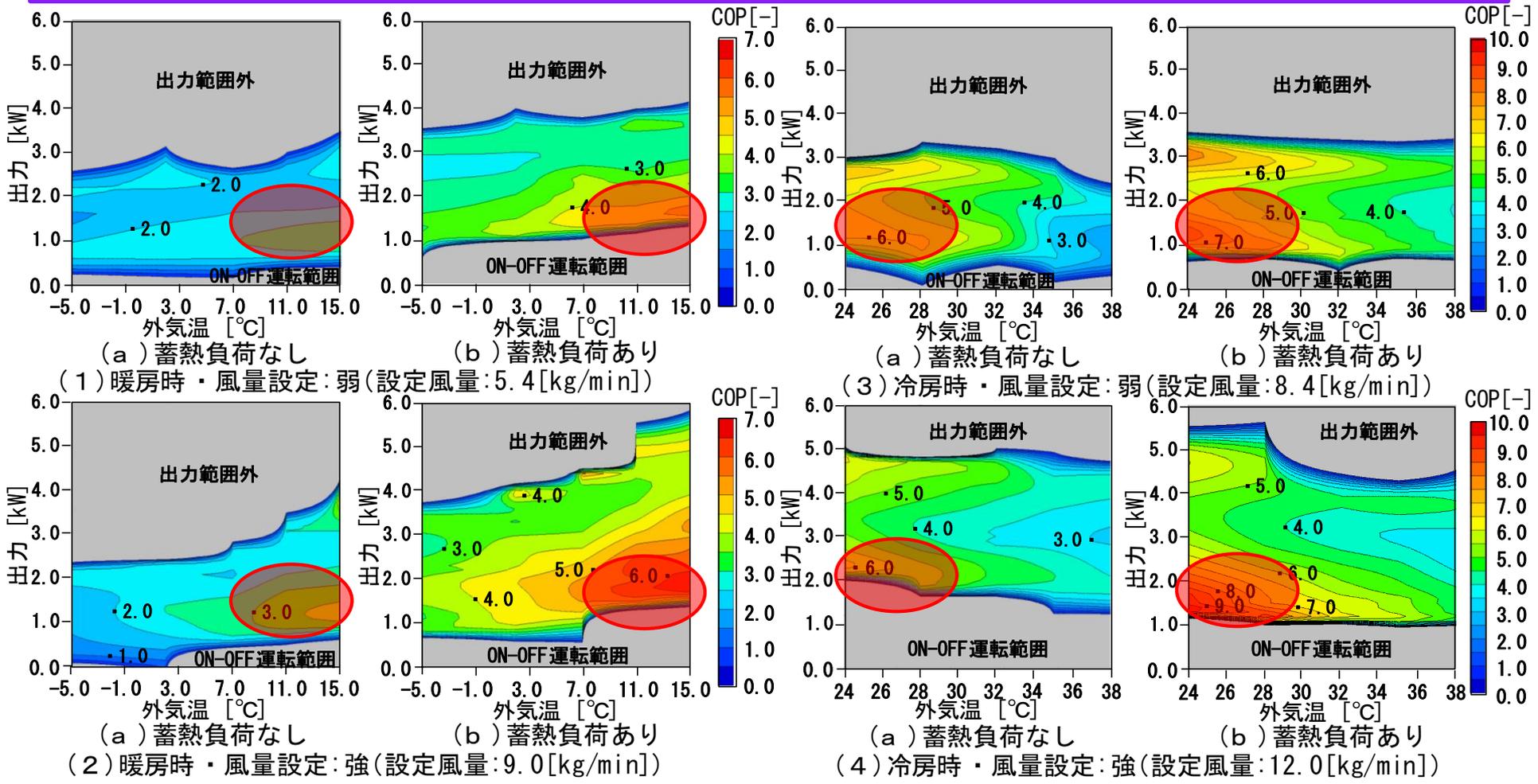
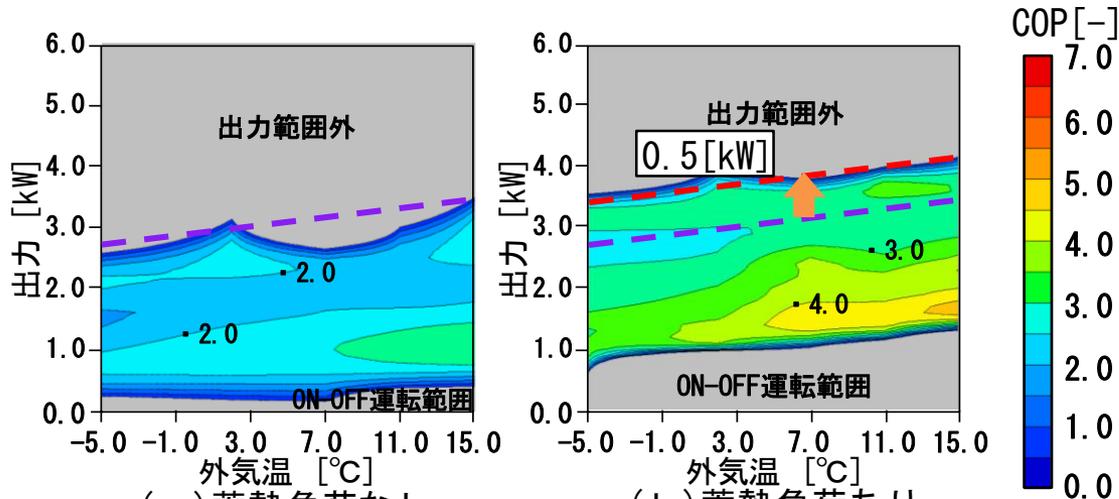


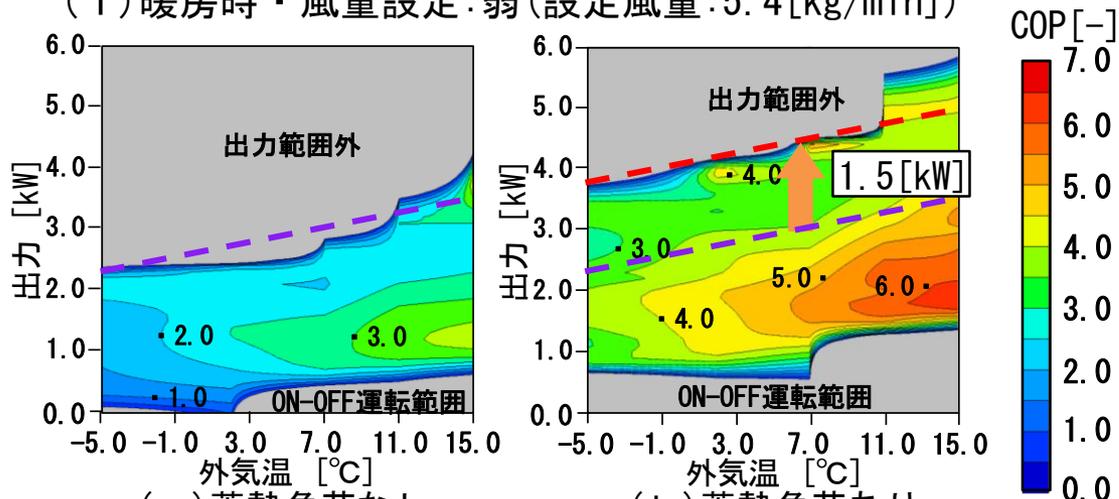
図4 M社製エアコン(定格冷房能力: 2.2 [kW])の風量別のCOPマトリックス

測定結果 蓄熱負荷の有無による比較 (実験①)



出力が測定された範囲は、暖房時の風量設定弱においては約0.5[kW]、風量設定強においては外気温15[°C]時を除いて約1.5[kW]拡大する。

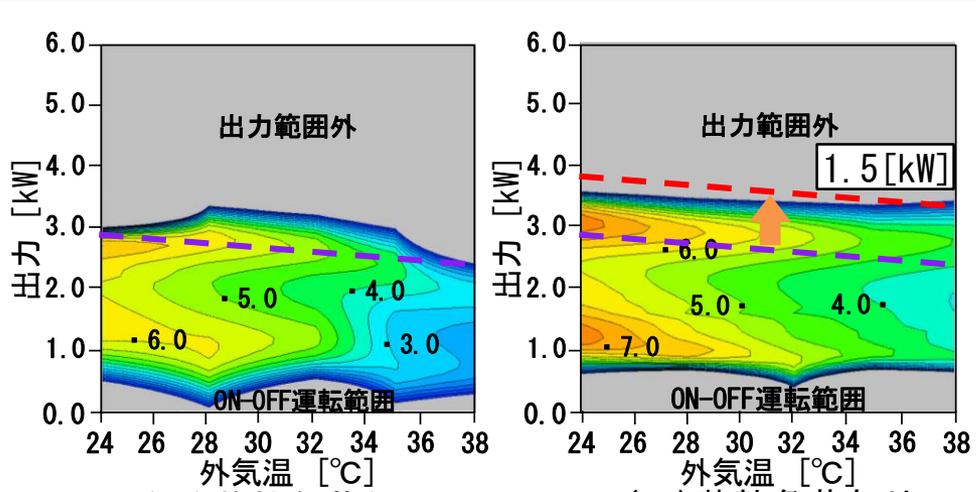
(a) 蓄熱負荷なし (b) 蓄熱負荷あり
 (1) 暖房時・風量設定:弱(設定風量:5.4[kg/min])



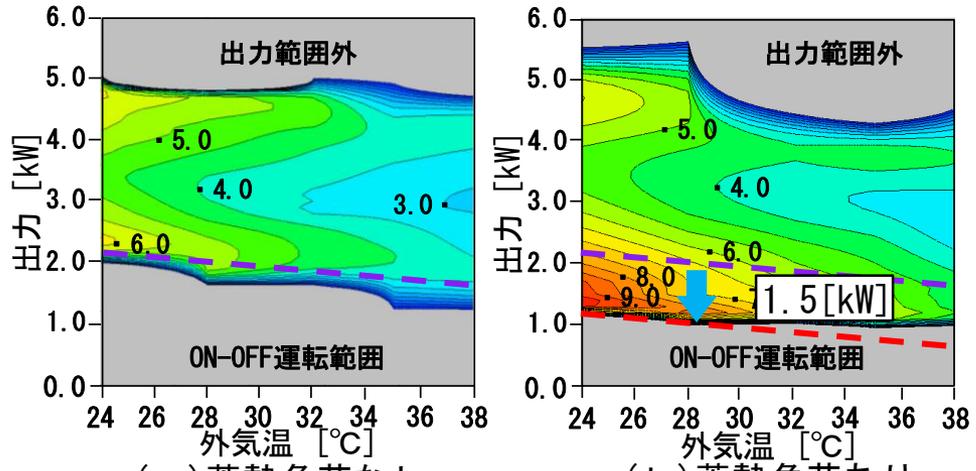
(a) 蓄熱負荷なし (b) 蓄熱負荷あり
 (2) 暖房時・風量設定:強(設定風量:9.0[kg/min])

図4 M社製エアコン(定格冷房能力:2.2[kW])の風量別のCOPマトリックス

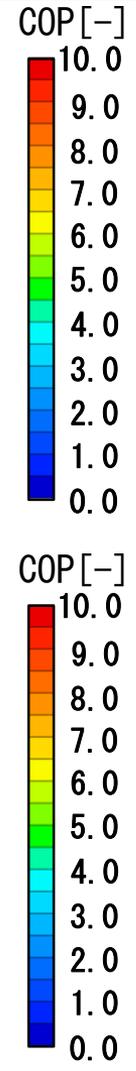
測定結果 蓄熱負荷の有無による比較 (実験①)



(a) 蓄熱負荷なし
(b) 蓄熱負荷あり
(3) 冷房時・風量設定:弱(設定風量:8.4[kg/min])



(a) 蓄熱負荷なし
(b) 蓄熱負荷あり
(4) 冷房時・風量設定:強(設定風量:12.0[kg/min])

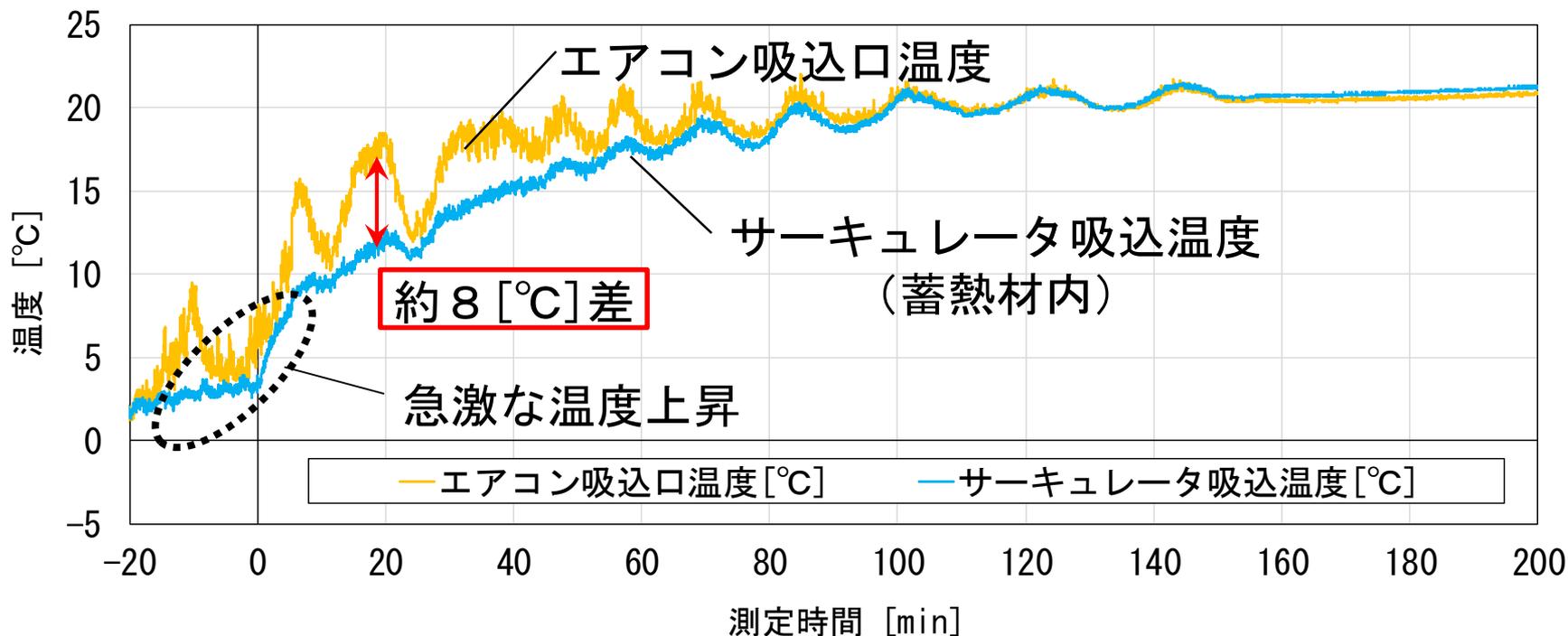


冷房時の風量設定弱において
は外気温24[°C]と38[°C]時に
約1.0[kW]、風量設定強
においては外気温24[°C]から
28[°C]にかけて**約1.0[kW]**
拡大した。

図4 M社製エアコン(定格冷房能力:2.2[kW])の風量別のCOPマトリックス

測定結果 間仕切りの有無による比較 (実験②)

間仕切りなしの場合、床付近の蓄熱材内に設置したサーキュレーターの吸込温度と室上部に設置されたエアコンの吸込口の温度差は実験開始後に変化し、**最大約 8 [°C]**となる。



(1) 間仕切りなし

図5 間仕切りの有無によるチャンバー内温度の比較 (D社製エアコン、暖房時、風量設定: 1、外気温 7°C)

測定結果 間仕切りの有無による比較（実験②）

間仕切りなしの場合、床付近の蓄熱材内に設置したサーキュレーターの吸込温度と室上部に設置されたエアコンの吸込口の温度差は実験開始後に変化し、**最大約 8 [°C]**となる。

これはエアコンから吹出された気流がショートサーキットし、室内に十分拡散せずにエアコンの吸込口に到達しているためと考えられる。

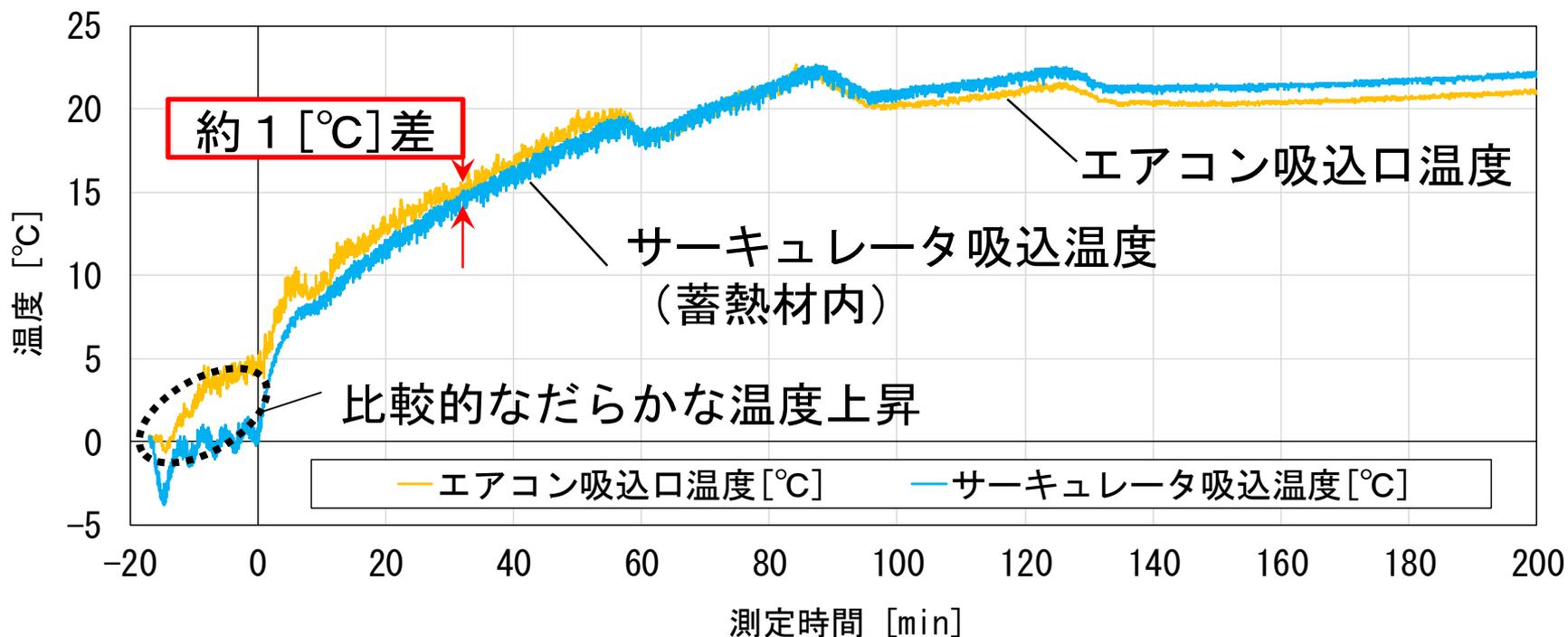


(1) 間仕切りなし

図5 間仕切りの有無によるチャンバー内温度の比較
(D社製エアコン、暖房時、風量設定: 1、外気温 7°C)

測定結果 間仕切りの有無による比較 (実験②)

間仕切りありの場合、エアコンの吸込口温度とサーキュレータ一吸込温度が概ね同様に上昇し、温度差は約 1 [°C] と少ない。



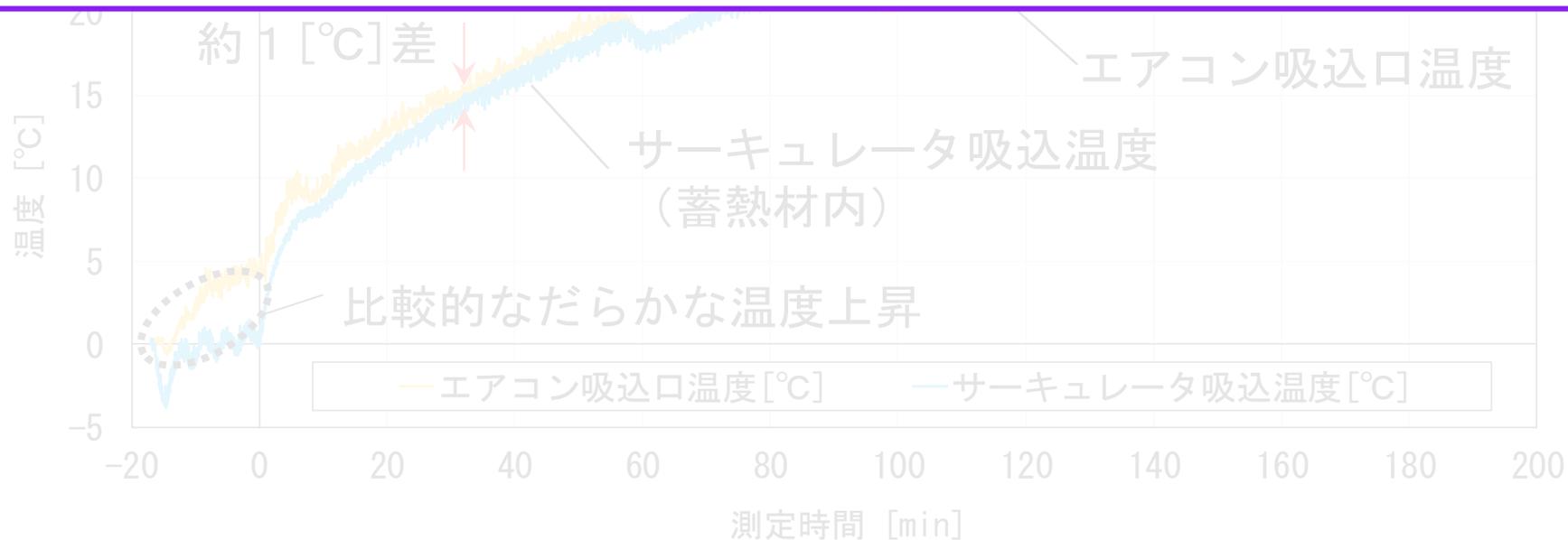
(2) 間仕切りあり

図5 間仕切りの有無によるチャンバー内温度の比較 (D社製エアコン、暖房時、風量設定: 1、外気温 7°C)

測定結果 間仕切りの有無による比較（実験②）

間仕切りありの場合、エアコンの吸込口温度とサーキュレータ一吸込温度が概ね同様に上昇し、温度差は約 $1 [^{\circ}\text{C}]$ と少ない。

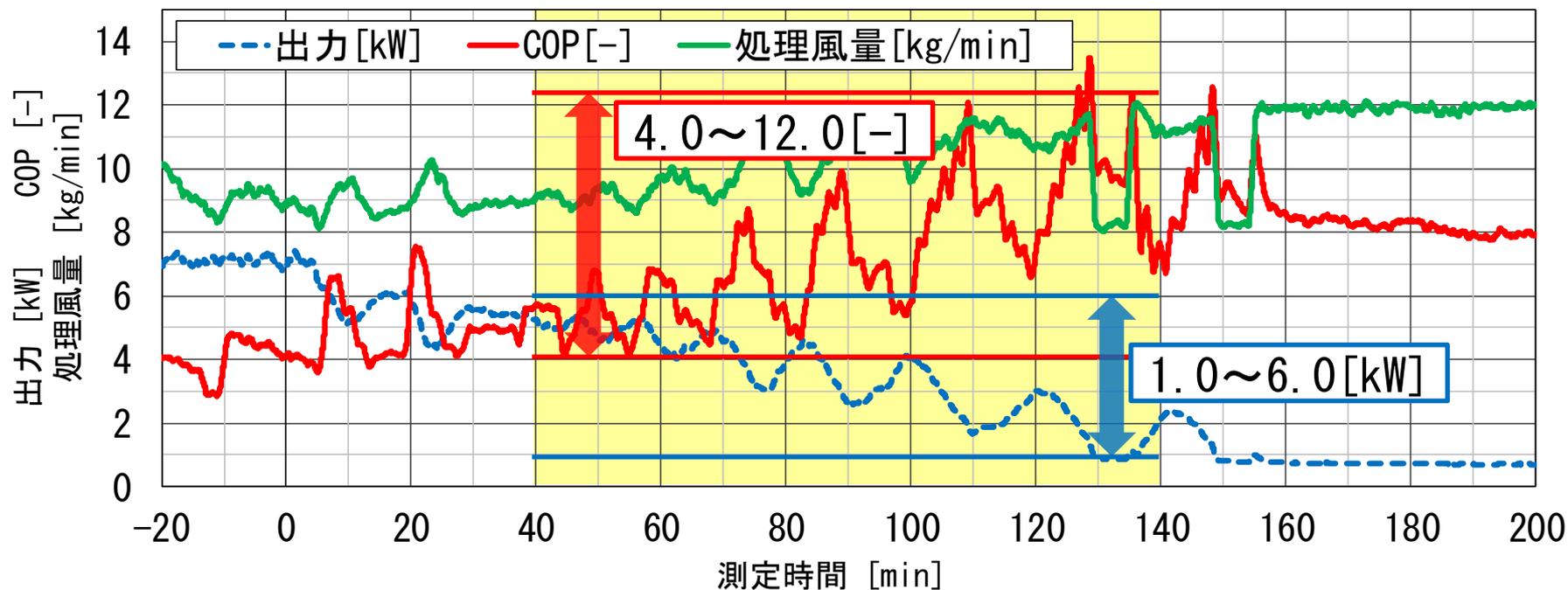
室内機用チャンバー内の上下方向の温度差は間仕切りなしと比較して少なくなっている。



(2) 間仕切りあり

図5 間仕切りの有無によるチャンバー内温度の比較
(D社製エアコン、暖房時、風量設定: 1、外気温 7°C)

間仕切りなしの場合では、実験開始後40分～140分において出力が1.0～6.0[kW]と比較的大きく変動する。COPはそれに伴って4.0～12.0程度まで変化するため、COPマトリックスを作成する際の処理が困難となる。

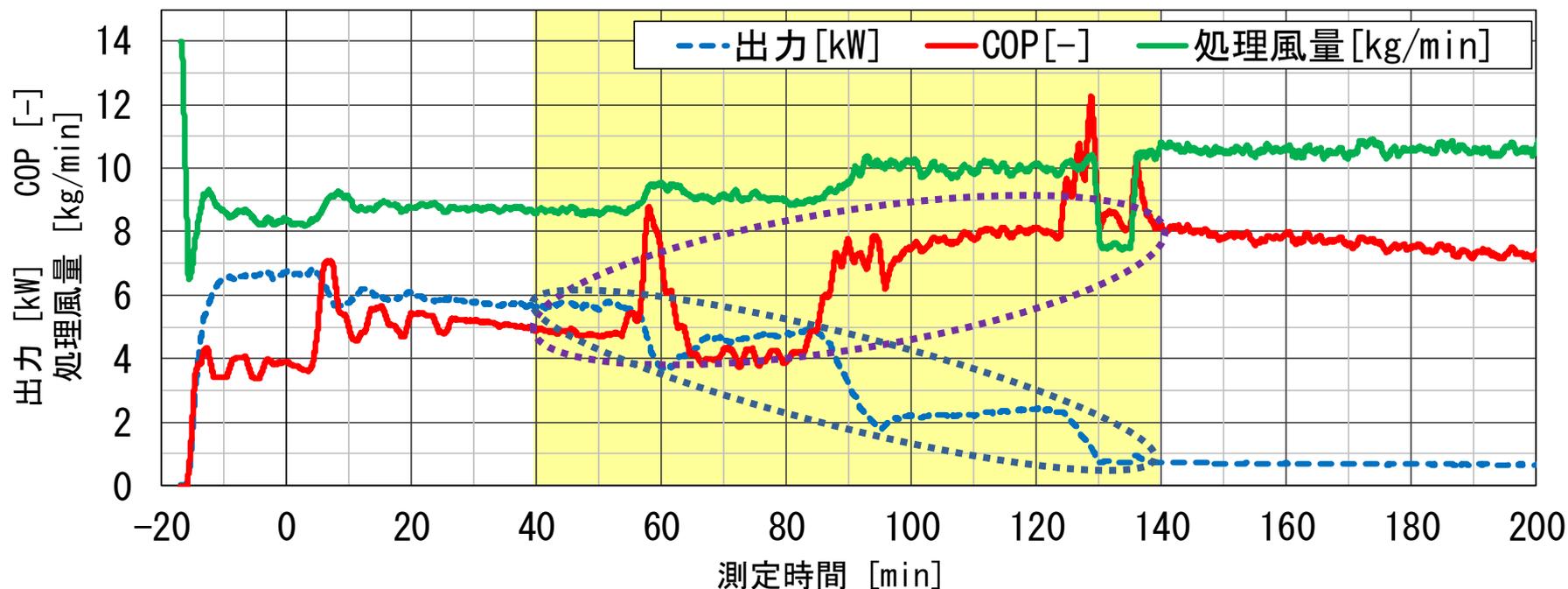


(1) 間仕切りなし

図6 エアコンの出力とCOPの測定結果
(D社製エアコン、暖房時、風量設定: 1、外気温 7℃)

測定結果 間仕切りの有無による比較 (実験②)

間仕切りを設置した場合、エアコンの出力とCOPの変動は比較的小さくなり、高出力～低出力までの範囲で比較的安定してデータの取得が可能である。



(2) 間仕切りあり

図6 エアコンの出力とCOPの測定結果
(D社製エアコン、暖房時、風量設定: 1、外気温 7℃)

COPがピークとなる出力はどちらも定格暖房能力の4割程度の出力の2.0[kW]である。測定できた出力範囲は間仕切りありの方が高出力側に約1.0[kW]大きい。

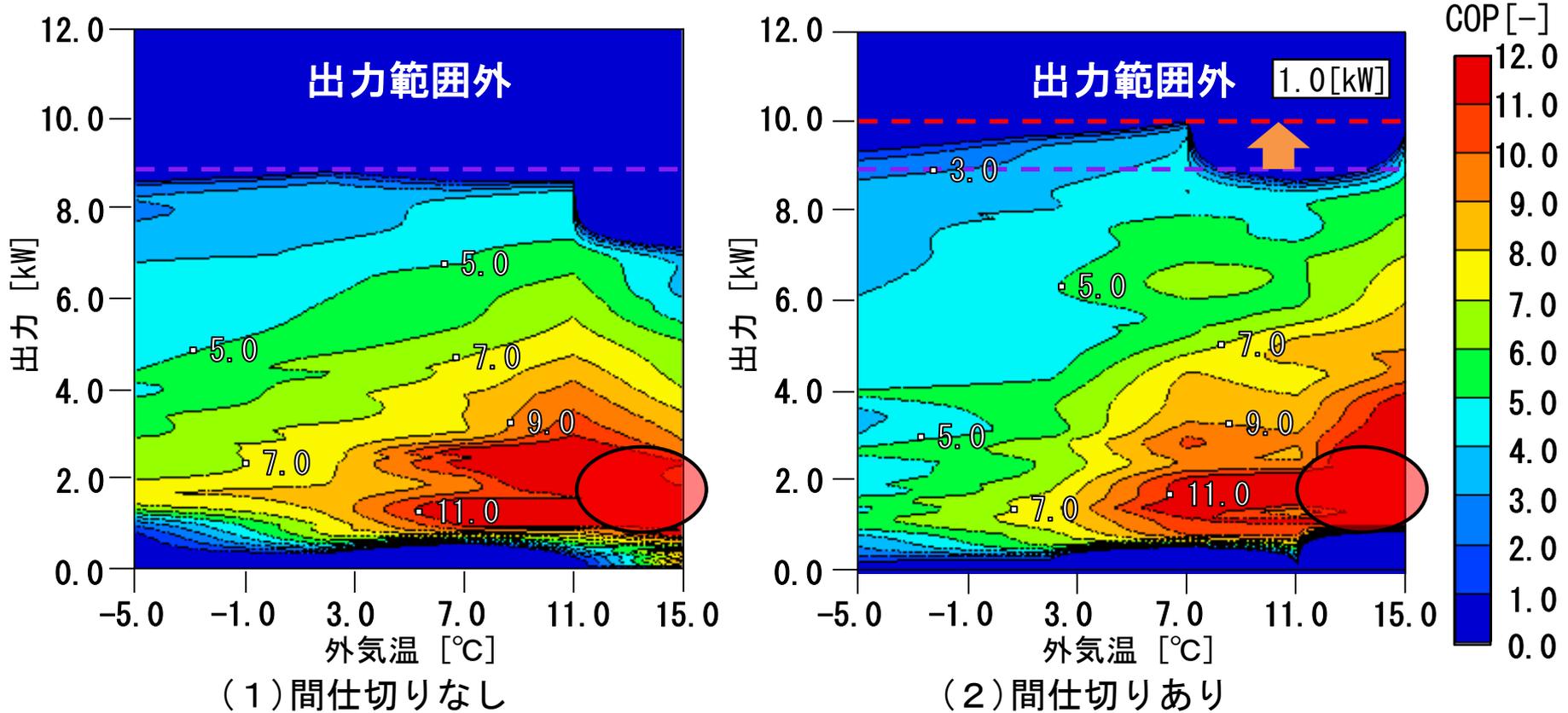


図7 間仕切りの有無によるCOPマトリックスの比較
(D社製エアコン、暖房時、風量設定: 1)

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 測定結果
- 4 まとめ

①蓄熱負荷の有無による実験結果

蓄熱負荷を用いることにより、エアコンの稼働時間を暖房実験では約5倍、冷房実験では約10倍延長させることが可能となった。COPの測定可能範囲は蓄熱負荷を設置した場合で高出力側に0.5~1.0[kW]程度大きくなる。

②間仕切りの設置による実験結果

間仕切りを設置した場合、室内機用チャンバー内の上下方向の温度分布は少なくなることが確認された。COPマトリックスの測定可能範囲は高出力側に約1.0[kW]大きくなった。間仕切りを設置することで出力とCOPの変動は比較的小さくなり、高~低出力までの範囲で比較的安定してデータの取得が可能である。