

個別分散型空調機および換気システムを対象とした 機能性能試験手法の開発に関する研究

上野 紀幸

1. はじめに

機能性能試験は建築生涯において実施されるコミッションングの一環として主に建築物や建築設備の運用初期段階に行われ、発注者の要求する機能と性能が実現していることを第三者の立場から確認および検証する行為を指す¹⁾。また、近年では非住宅建物において個別分散型空調機を採用することが多くなっているが、個別分散型空調機は、現地にて機器の処理熱量等を正確に把握することが困難な機器であり、性能の検証を行うには非常に煩雑な計測が必要となる。そこで、本研究では個別分散型空調機を対象として効率的な機能性能試験手法の開発を行う。また、個別分散型空調機を採用する際には換気システムを併せて採用する機会が多いため、換気システムを含めた機能性能試験手法の開発を目指す。機能性能試験の一環として計測試験を行い、空調機器本体から収集した計測データ（以下、機器本体データ）と外部より計測機器を設置し取得するデータ（以下、外部計測データ）の比較を行い各データの測定精度を確認し、個別分散型空調機の機能性能試験手法の検討を行った。

2. 個別分散型空調機を対象とした機能性能試験

個別分散型空調機の機能性能試験の試験工程を図1、試験項目を表1に示す。試験は大きく2種類に分かれる。個別分散型空調機の機能性能試験では対象とする建物内の全ての機器に対して計測器等を別途設置し、計測を行うことは現実的ではない。日常的な運用段階の機器性能の確認には機器本体データを用いる。しかし、コミッションングの根幹である第三者性の観点からも、常用期間の性能検証を行う前に、機器本体データの測定精度の確認などを行う必要がある。そのため、対象機器から代表機を選定し短期的な検証（以下、代表機による検証）を行うものとする。代表機による試験では外部計測データを用いて機器本体データと比較することで取得データの測定精度の確認を行う。また、試験的にスケジュールを設定し、機器の設定を変更することで、機器を様々な負荷帯で稼働させ、その際の機器の性能を確認することを目的とする。代表機による検証で機器本体データの測定精度が確保されなかった場合に

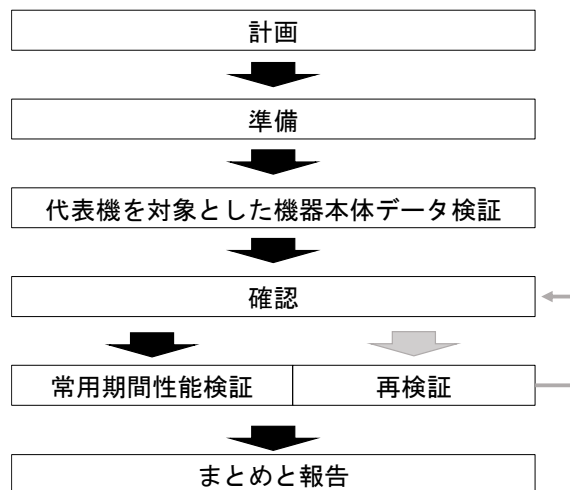


図1 試験工程

表1 個別分散型空調機機能性能試験項目

検証番号	項目	データソース	期間
1	COP	機器本体	長期
2	処理熱量	機器本体	
3	消費電力	機器本体	
4	室内機吸込温度	機器本体 外部計測	短期
5	室外機消費電力	機器本体 外部計測	
6	処理熱量	機器本体 外部計測	
7	COP	機器本体 外部計測	
8	機器風量	外部計測	

表2 対象建物概要

項目	内容
所在地	福岡県福岡市
用途	事務室
建築面積	841 m ²
延床面積	2,819 m ²
階数	地上4階

表3 対象機器概要

機種	仕様	台数
室外機	定格冷房能力:28.0kW 定格暖房能力:31.5kW	1台
室内機	定格冷房能力:7.1kW 定格暖房能力:8.0kW	3台
	定格冷房能力:8.0kW 定格暖房能力:9.0kW	3台
換気システム (デシカント空調システム)	除湿冷房性能:2.6kW (全熱) 加湿暖房性能:3.3kW (全熱)	2台

は必要に応じて再度検証を行うものとする。代表機による検証によって測定精度を確認した後に、機器本体データを用いて常用期間の機器の性能を1年間程度の長期的な期間を対象として検証を行う。検証は主に機器の消費エネルギー効率が重要であると考え、機器 COP の検証を行うものとする。

3. 換気システムを対象とした機能性能試験

個別分散型空調機を採用する際には併せて全熱交換機やデシカント空調機などの換気システムを採用する機会が多い。そこで機能性能試験として、個別分散型空調機と共に換気システムについても検証を行う。換気システムの機能性能試験では主にシステムを使用することによって実現されている室内環境について検証を行い、換気システムによりどのような室内環境を実現しているか確認する。検証には試験期間等を設け、短期的に行うものとする。用いる計測データは機器本体データおよび外部計測データの2種類のデータを用いる。計測は試験期間を設け、温湿度計等を用いて室内温湿度の計測を行う。

4. 個別分散型空調機を対象とした実測検証

4.1 試験概要

対象建物の概要を表2、対象機器の概要を表3に示す。対象建物は福岡県福岡市の地上4階建ての事務所ビルである。対象機器はビル用マルチ1系統（室外機1台、室内機6台）を対象とする。対象であるビル用マルチの室内機は2種類の容量の機器を採用している。代表機を対象とした検証での室内機の計測機器設置点を図2、計測機器概要を表4に示す。計測には熱電対および温湿度計を用いて行う。室内機の吸込口は熱電対と温湿度計共に1点計測を行い、対象の室内機の吹出口の数に対応するため、熱電対は吹出口の数に応じて4点、温湿度計は1点設置した。対象室は建物4階の会議室で、室外機1台とそれに接続された室内機6台を対象として検証を行う。外部計測は1分間隔で行い、機器本体データは1時間間隔で日常的に計測を行っているものと共に、短期的に1分間隔で計測を行った。試験の空調スケジュール例を表5、図3に示す。試験は2018年8月11日～17日の7日間行った。18時～翌日4時など夜間を対象としてスケジュールを設定した。また、期間中は対象室の利用はなく、人体発熱や機器発熱などはない。設定は室内機の設定温度を18℃～26℃の範囲で変更することで機器への負荷が変化する設定とした。

4.2 検証概要

代表機による検証では機器本体データと外部計測データを比較することで常用期間の検証に用いる機器本体

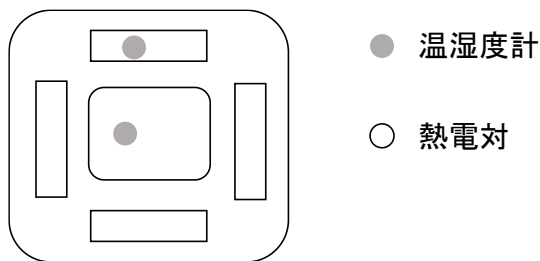


図2 室内機計測機器設置点

表4 外部計測機器概要

計測箇所	計測器	計測間隔	センサー設置数
室内機吸込口	熱電対	1 min	1 点/台
	温湿度計	1 min	1 点/台
室内機吹出口	熱電対	1 min	4 点/台
	温湿度計	1 min	1 点/台

表5 試験日空調スケジュール

項目	8月11日(土)			8月12日(日)		終了(空調停止)
	18:00	20:00	22:00	0:00	2:00	
室内機稼働台数	6	6	6	6	6	
設定温度	18	20	22	24	26	
風量	急	急	急	急	急	
換気	普通換気 普通換気 普通換気 普通換気 普通換気					

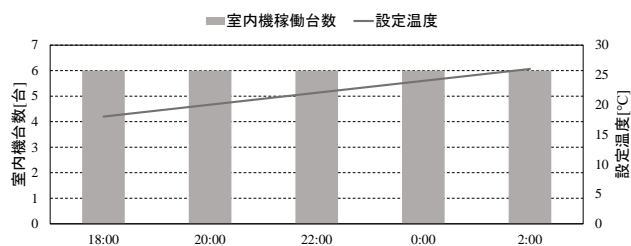


図3 室内機空調スケジュール

データの計測精度の確認などを行う。ビル用マルチの機能性能試験では主に COP を検証するため、ここで体データの計測精度の確認などを行う。個別分散型空調機の機能性能試験で主に COP を検証するため、ここでは機器本体データの処理熱量および消費電力について比較する。機器本体データの処理熱量はコンプレッサーカーブ法²⁾（以下、CC法）により、室外機において算出されている。外部計測データの処理熱量は室内機の吸込口および吹出口に設置された熱電対の温度と温湿度計の計測温湿度より、空気エンタルピー法³⁾（以下、AE法）に基づいて算出する。機器の顕熱処理熱量(ϕ_{sci}) [W]は空気の比熱(c_{pa}) [J/・kg(DA)・K]、対象室内機の定格風量(q_{mi}) [m³/min]、空気密度($\delta=1.2$) [kg/m³]室内機吸込温度(t_{a1}) [K]及び吹出温度(t_{a2}) [K]を用いて式(1)により算出する。

$$Q_{sci} = q_{mi} c_{pa} \delta (t_{a1} - t_{a2}) / 60 \dots (式 1)$$

機器の潜熱処理熱量も同様にして算出し、対象機器の室内機 6 台の合計を外部計測データの処理熱量とする。なお、定格風量を計算に用いるのは実機の風量を事前に計測し、定格風量相当の風量が出ていることを確認できたことと、現地で風量計測を継続して行うことが困難であるためである。

4.3 機器本体データの比較検証

機器本体データと外部計測データの 1 時間積算値処理熱量の推移を図 4、1 分間隔の計測値を図 5、試験期間の 1 日の積算値の比較を表 6、図 6 に示す。1 時間積算値では機器の立ち上がりの時間などに大きな差がある。また、1 分間隔の処理熱量の推移から、機器本体データの処理熱量が大きく変化している時に機器本体データと外部計測データの処理熱量の差が大きいことが分かる。外部計測データの処理熱量は室内機の吹出、吸込温度から求めており、圧縮機が停止しても熱容量があるためにしばらくは空気を冷やし続けることができる。そのため、圧縮機停止時に処理熱量もゼロとなる機器本体データと差が生じると考えられる。また、実験期間全体で比較すると、処理熱量は外部計測データの方が大きい。機器本体データと外部計測データの差は 10%以内となっている。実験期間 1 日の室内機吹出温度の相対湿度の推移を図 7 に示す。機器稼働している時間には相対湿度の計測値が 95%以上となっている時間が長い。使用した計測器の相対湿度の測定範囲は 10 ~ 95%RH であり、外部計測データの潜熱処理熱量が正確ではない可能性がある。このことが、外部計測データと機器本体データの誤差要因の一つと考えられる。吹出温度計測に用いる湿度センサーについては注意が必要である。

4.4 評価方法の検討

機能性能試験では、最終的に要求性能を機器が満たしているか判定する必要がある。機器 COP の検証についてはメーカーが提供する性能特性が目安となるが、性能特性は安定した条件下で測定された性能であり、実際の環境で同様の性能が得られるわけではない。将来的には明確な合否判定の基準を設けたいと考えているが、現時点では試験室で測定された性能特性と実際の環境下での COP がどの程度異なるものなのか知見がなく、その妥当性の判断が難しい。そこで、図 8 に示すような特性 COP と実測値の COP の比較図を作成し、実測値の COP が特性 COP の何%程度の所にあるかを示すことで、著しく COP が低下していないかなどの検証を行う評価方法を採用する。

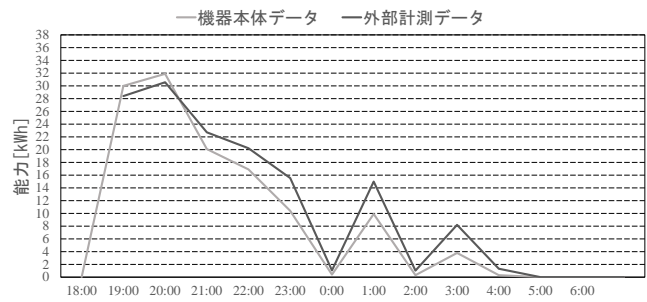


図 4 処理熱量の推移(1時間積算値)

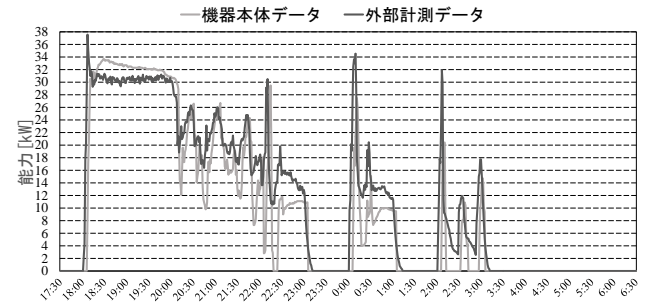


図 5 処理熱量の推移(1分値)

表 6 期間中データ別機器能力日積算値

	機器本体データ 処理熱量 [kW]	外部計測データ 処理熱量 [kW]	外部計測データの 機器本体データに 対する比率[%]
8/11	124	144	116
8/12	140	155	111
8/13	139	139	100
8/14	150	151	100
8/15	121	124	102
8/16	115	123	107

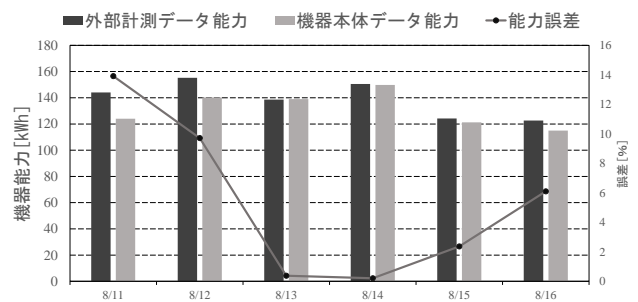


図 6 期間中機器能力日積算値比較

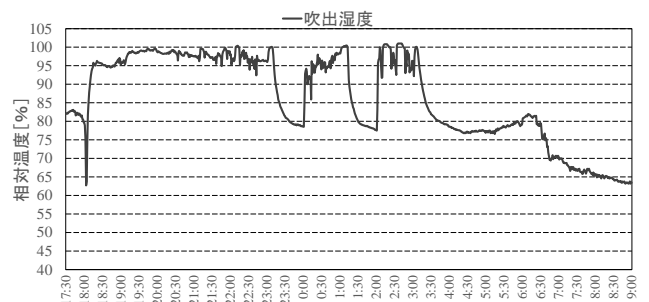


図 7 室内機吹出口相対湿度の推移

5. 換気システムを対象とした実測検証

5.1 試験概要

検証では、建物3階執務室を対象室とし、換気システムとしてデシカント空調機を対象に検証を行った。対象機器は執務室に2台設置されている。試験では、温湿度計をデスクの上や棚の上などに設置し、対象室の温湿度の計測を行う。試験では、デシカント空調機を対象として主に換気時における調湿機能についての検証を行うものとする。試験期間中は機器の換気設定として調湿機能の有無を、約1週間程度ごとに設定を変更しながら約1ヵ月試験を行い、実現された室内温湿度の違いを検証する。試験は2017年8月2日～9月6日、2018年8月20日～9月14日に行い、1週間ごとに調湿機能を用いた換気を行う設定と単純換気設定とを切り替える。

5.2 実測検証

調湿期間および単純換気期間の代表日1日の室内温湿度の計測結果を図9に示す。代表日は調湿期間と単純換気期間の内、日平均外気温の温度差が比較的小さい日を選択している。室内環境は調湿時の方が単純換気時に比べ全体的に湿度が低くなっており、調湿時には概ね相対湿度50%以下を示している。また、調湿時には室内における相対湿度差は比較的安定した範囲にまとまっている。

6. 機能性能試験マニュアル

実施した機能性能試験を基に機能性能試験のマニュアルを作成した。個別分散型空調機を対象とした機能性能試験マニュアルの目次を図10に示す。マニュアルではビル用マルチを対象とした機能性能試験について計測項目や検証項目と具体的な検証方法および評価方法などを示している。検証は主にエネルギー効率を確認するものとしている。

7. まとめ

本報ではビル用マルチを対象として機能性能試験手法を検討し、福岡市に位置する事務所ビルを対象に代表機による検証を行い、機器本体データの測定精度の確認を行い、誤差の要因として外部計測データの湿度の計測および潜熱の算出方法に対して課題があることが分かった。また、機能性能試験としての評価方法についての方針を提案した。さらに、換気システムであるデシカント空調機を対象として調湿設定の有無による室内環境の温湿度差の確認を行った。そして、実施した試験を基に機能性能試験についてのマニュアルを作成した。今後は、定めた試験法に基づく実施例を増やしていくことにより、評価基準の明確化を目指す。

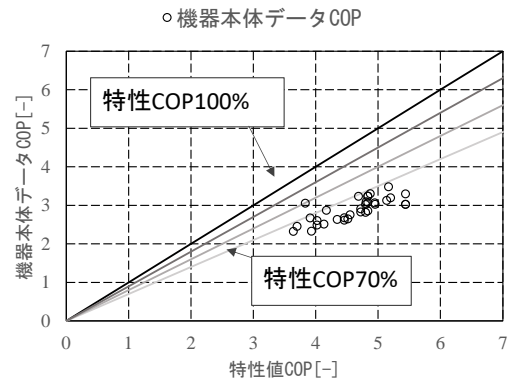


図8 機器 COP 評価例

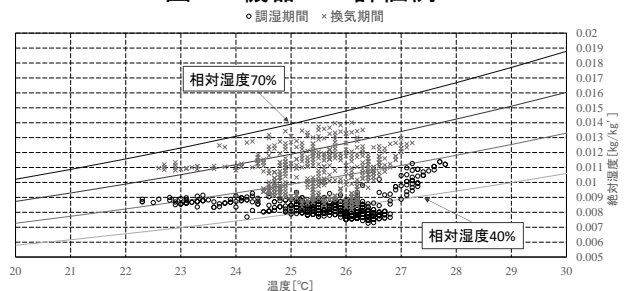


図9 対象室温湿度計測結果

- 1はじめに
- 2対象設備システム適用範囲
- 3計測項目、検証項目
- 4ビル用マルチの検証
 - 4.1機能性能試験全体行程
 - 4.2検証項目
 - 4.2.1代表機による機器本体データ検証
 - 4.2.1 (1) 機器COP
 - 4.2.1 (2) 処理熱量
 - 4.2.1 (3) 消費電力
 - 4.2.1 (4) 機器風量
 - 4.2.2機器性能検証
 - 4.2.2 (1) 機器COP
 - 4.2.2 (2) 処理熱量
 - 4.2.2 (3) 消費電力
- 5試験手順
 - 5.1代表機による試験
 - 5.2常用期間における試験
 - 5.2.1機器COP、処理熱量、消費電力
 - 5.2.2機器風量
- 6分析方法、試験基準、評価方法
 - 6.1機器COP
 - 6.1.1機器本体データ
 - 6.1.2外部計測データ
 - 6.2処理熱量
 - 6.3消費電力
 - 6.4機器風量
- 7提出物、成果物
- 8試験実施例

図10 機能性能試験マニュアル目次例

【謝辞】

本研究を実施するにあたり、ダイキン工業(株)に多大なご支援をいただきました。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 特定非営利活動法人建築設備コミッション協会 建築設備コミッションングマニュアル(2016)
- 2) 平岡雅哉ほか:マルチ型パッケージエアコンの性能評価に関する研究 第1報 実建物における年間性能評価 空気調和・衛生工学会論文集 No. 169 p13-20 (2011)
- 3) JIS B 8615-3:2015 エアコンディショナー 第3部:マルチ形エアコンディショナー及び空気対空気ヒートポンプ一定格性能及び運転性能試験方法(2015)