

環境実験室の空調機送風量を変化させたときの室内温度分布と騒音の変化

Performance of the air temperature distribution and noise of the environmental laboratory when various airflow of the air conditioner

キーワード

環境実験室, 温度分布, 騒音

塚本 健二*

研究概要

本報では、環境実験室で空調機の送風量を変化させたときの温度分布の変化と室内騒音の簡易測定を行った結果を報告する。送風量変更後の温度分布測定では、送風量を小さくすると温度変化速度がある温度から遅くなること、室内の温度が安定する状態で送風量を変化しても室内温度はほとんど変化しないことを確認した。また、室内の騒音を簡易測定した結果、騒音レベルは18.4~21.1dB 低下し、音圧レベルは各周波数とも送風量が小さくなるにつれて音圧レベルも小さくなることを明らかにした。

1 はじめに

弊社技術センターSOUの実験棟に設置されている環境実験室¹⁾では、温湿度の性能は十分満たしているが、実験室内が空調機の稼働音により常時75~80dBと大きいため、被験者実験のアンケート結果では騒音は「不満」という結果になり²⁾、実験中の室内騒音が課題となっている。

室内の空調機稼働音による騒音を低減させるための方策の1つとして、空調機の吹出風速を可変させる改作作業を実施し、風量を4段階に調整可能となった。風量を調整することで吹出風速を低減できるようになり、空調機の稼働音を低下させることができ、結果的に室内の騒音値の低下が見込める。また、実験室内の温度、相対湿度が安定している状態であれば、風量を可変させたとしても、温度、相対湿度の急激な変化はないと考える。

本報では、空調機の送風量を変化させたときの温度分布の変化や室内の騒音レベルと音圧レベルの簡易測定をした結果を報告する。

2 環境実験室の概要

環境実験室は、温湿度の制御が可能な空間で熱の挙動に係わる実験を行うために、2022年2月に佐藤工業技術センターSOUに設置された。環境実験室の平面図を図-1に、環境実験室の外観を写真-1に、環境実験室の概要を表-1に示す。

環境実験室は、室容積が異なる隣接した2つのチャンバーを有し、容積の大きいA室の寸法は9.0m×7.6m×4.0m、B室は3.0m×7.6m×4.0mである。温度は-15~50℃、相対

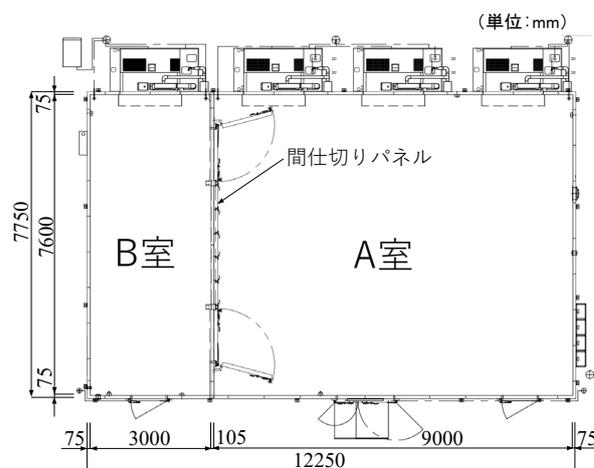


図-1 環境実験室の平面図



写真-1 環境実験室の外観

* 技術センター 建築研究部

湿度は20～50℃のとき20～80%の範囲で設定することができ、温度変動は±0.5℃、湿度変動は±4.0%と高精度で制御することができる。2つのチャンバーは、温度差が30℃以内であれば別々の温湿度を設定でき、屋外と室内を模擬した温湿度差のある環境を再現したり、温湿度を変化させた実験をしたりすることができる。2つのチャンバーの間には取り外し可能な間仕切りパネルを設置しており、間仕切りパネルを外すことで1つのチャンバーとして温湿度を制御することも可能な仕様になっている。

空調機は、A室側に3台、B室側に1台設置されている。空調機1台あたりの風量は7,200m³/h、風量を25%、50%、75%、100%の4段階に調整することができる。空調機の吹出気流は、ダクトを通じて天井面へ行き、天井全面のパンチングメタルから吹出すことで、室内の風速を下げ、空調機の気流による影響を最小限にしている。

3 送風量変更後の温度分布測定

3.1 実験概要

空調機の送風量を変化させたときに実験室内が設定温湿度に達するまでの時間、安定状態から送風量を変化させたときの室内温湿度変動の変化など、温湿度の時間的・空間的特性を把握すること、実験室の熱的性能を確認することを目的として、様々な温湿度条件を設定して、空調稼働時や送風量変化時から安定状態までの温度の空間分布を測定した。また、日本試験機工業会（以下、JTM）の評価方法^{3),4)}に基づき、実験室の熱的性能を再確認した。実験は、2023年8月29日～10月13日に行った。

測定点を図-2、測定項目を表-2に示す。温度は各室の平面9箇所に、高さ0.4m、1.1m、2.0m、2.8m、3.6mの5箇所設けて測定した。また、JTMの規格に沿って、室中央と温湿度が許容範囲内に維持できる空間部分とみなされる有効空間の隅8箇所の計9箇所ですべての測定した。吹出口の温度、相対湿度は、空調機の吹出口に設置されている熱電対と湿度センサーを用いて測定し、吹出口と有効空間の温湿度の関係を調べた。室内の冷房負荷、暖房負荷はないものとした。

測定は、室温20℃の安定した状態から-15℃または50℃に設定し、室温が安定状態になるまでの時間を測定し、温度変化速度を求めた。また、温度範囲の上下限の-15℃と50℃、表-1の温湿度制御範囲の隅部5点において安定状態で30分間測定し、その後送風量を変化させて最大120分測定し、温度の経時変化を測定した。

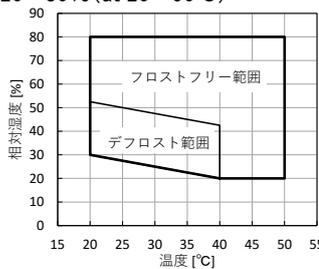
なお、JTMの規格に沿って測定した性能確認実験では、温度変化速度や温度勾配などの性能値を満たしていることを再確認した。

3.2 実験結果

3.2.1 温度の経時変化と温度変化速度

図-3にA室で空調機の送風量を100%と50%で稼働させたときの温度下降時と上昇時における吹出温度と室中央

表-1 環境実験室の概要

実験室	外寸法	W 12,250 × D 7,750 × H 4,625 mm	
	A室内法	W 9,000 × D 7,600 × H 4,000 mm	
	B室内法	W 3,000 × D 7,600 × H 4,000 mm	
	A,B室の間仕切り	取外し可能な開口を持つ断熱壁	
断熱パネル	断熱厚み: 75mm 内装: ステンレス鋼板 外装: カラー鋼板 床面補強: 縞鋼板t4.5mm		
	天井面	全面吹出しダクト ステンレス鋼板 パンチング板	
性能	温度制御範囲	-15℃～50℃	
	湿度制御範囲	20～80% (at 20～50℃) 	
	温湿度変動	±0.5℃/±4.0%	
	温湿度勾配	2.5℃/8.0%	
	空間温湿度偏差	2.5℃/8.0%	
	温度変化速度	20～-15℃まで0.2℃/分 20～50℃まで0.5℃/分	
	空調機送風量	A室: 21,600m ³ /h, B室: 7,200m ³ /h	
	送風量調節	4段階(25%, 50%, 75%, 100%)	
	許容負荷	発熱(暖房負荷)	A室: 10kW, B室: 2.4kW
		吸熱(冷房負荷)	A室: 10kW, B室: 2.4kW
2室間の温度差		30℃以内	

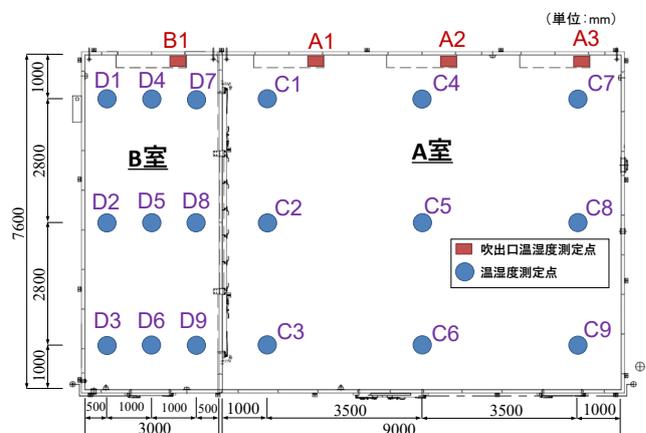
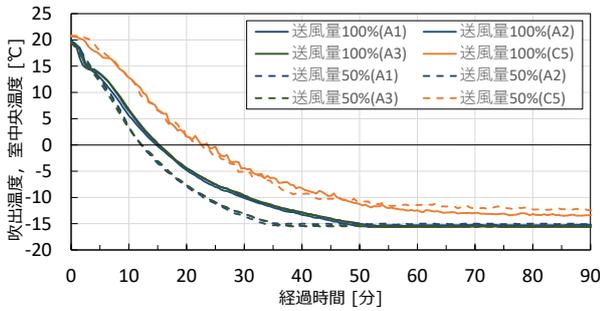


図-2 温湿度分布の測定点

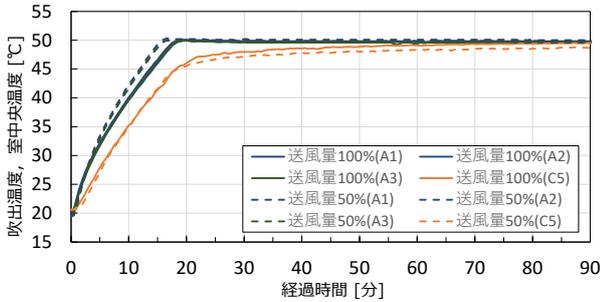
表-2 温湿度分布の測定項目

測定項目	測定機器	測定位置	測定間隔
温度	熱電対	FL+0.4, FL+1.1, FL+2.0, FL+2.8, FL+3.6m	10秒
相対湿度	湿度センサー	FL+0.4, FL+3.6m 室中央はFL+2.0m	10秒
吹出口温湿度	熱電対 湿度センサー	空調機吹出口	5秒

温度の経時変化を示す。温度下降時、吹出温度が設定値の-15℃に達する時間は、送風量100%の時は約50分で達するのに対し、送風量50%の時は吹出温度が約35分となった。室中央の温度は50分程度までは送風量100%と50%で同じ



(1) 温度下降時



(2) 温度上昇時

図-3 A室の吹出温度と室中央温度の経時変化

表-3 温度変化速度の算出結果

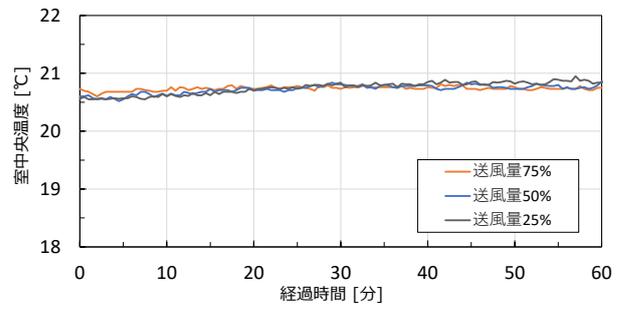
	送風量100%	送風量50%	送風量100%	送風量50%
	下降 [°C/分]	下降 [°C/分]	上昇 [°C/分]	上昇 [°C/分]
A室	0.65	0.74	1.20	1.07
B室	0.90	0.60	1.15	0.79

ような温度下降になっているが、 -10°C を過ぎると、送風量50%では下降度合いは小さくなっている。温度上昇時は、吹出温度が17~20分で設定値の 50°C に達する。送風量の違いによる吹出し温度が設定値までに達する時間は、温度下降時よりも小さくなっている。室中央の温度は20分まで同様な温度上昇になっているが、室温が 45°C を超えると、温度下降時と同様に送風量50%では上昇度合いは送風量100%の時よりも小さくなった。

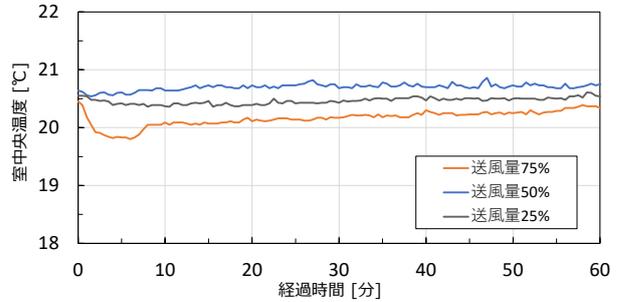
表-3に温度変化速度の算出結果を示す。温度変化速度³⁾は、室中央において下降時・上昇時の温度範囲の10~90%の変化時間を求め、温度幅で除して求めた。温度下降時はA室で $0.99^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、B室で $0.95^{\circ}\text{C}/\text{分}$ で、送風量を小さくしても性能値より速く降下した。また、温度上昇時はA室で $0.95^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、B室で $0.70^{\circ}\text{C}/\text{分}$ で、送風量を小さくしても性能値よりも速く上昇した。

3.2.2 送風量変更後の温度の経時変化

図-4に 20°C で室内が安定した状態から送風量変更後60分間の室中央温度の経時変化を示す。A室では、送風量を変更しても室中央温度が $20.6\sim 21.0^{\circ}\text{C}$ で 0.4°C の範囲で維持されていた。B室では、送風量75%で送風量変更後約6分に 0.7°C 下がっているが、その後上昇して10分以降は 20°C を保っている。送風量50%では $20.6\sim 20.8^{\circ}\text{C}$ 、送風量25%では $20.4\sim 20.6^{\circ}\text{C}$ で 0.2°C の範囲で維持されていた。

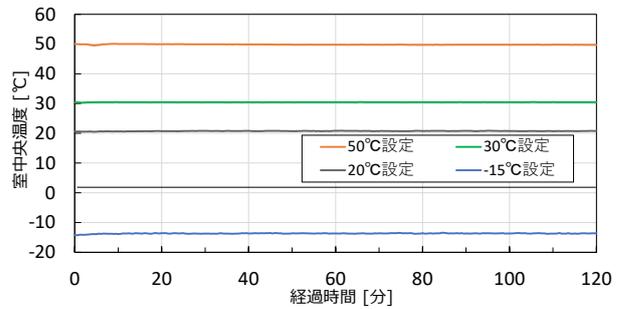


(1) A室

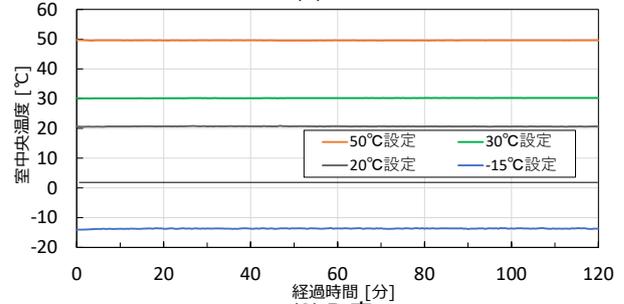


(2) B室

図-4 送風量変化後の室中央温度の経時変化



(1) A室



(2) B室

図-5 送風量50%変化後の室中央温度の経時変化

図-5に室内が設定した温度で安定した状態から送風量50%に変更後120分間の室中央温度の経時変化を示す。A室、B室ともに 50°C 、 30°C 、 20°C 、 -15°C の4パターン設定して測定したが、どの温度でも温度の変化はほとんど安定していた。このことから、室内の温度が安定する状態で送風量を変化しても室内温度はほとんど変化しないことを確認した。

3.2.3 鉛直温度分布

図-6に室内が 20°C で安定した状態から送風量50%に変更してから60分経過したときのA室とB室の温度の鉛直分

布の結果を示す。A 室では20.0～21.1℃、B 室では20.0～20.8℃で0.8～1.1℃の温度差となっていた。送風量変更直前の温度はA 室、B 室ともに同じような温度分布であったため、室内温度が安定状態で送風量を変化しても室内温度はほとんど変化しないことを確認した。

4 送風量変更時の実験室内の簡易騒音測定

4.1 測定概要

送風量の違いによる実験室内の騒音レベルと音圧レベルの差を把握することを目的として、2023年8月23日に各室の室中央を測定点として、騒音の簡易測定を行った。

4.2 測定結果

図-7に A 室と B 室の中央における騒音レベルと音圧レベルの周波数分析の結果を示す。

騒音レベルは、送風量100%で A 室は84.4dB、B 室は79.9dB に対し、送風量25%で A 室は63.3dB、B 室は61.5dB となり、送風量を小さくすると、18.4～21.1dB 低下することを確認した。

音圧レベルは、各周波数とも送風量が小さくなるにつれて音圧レベルも小さくなった。A 室で63Hz の音圧レベルが他の周波数よりも下がり方が小さいのは、空調機の稼働音の影響によるものと推察される。

5 おわりに

本報では、環境実験室で空調機の送風量を変化させたときの温湿度分布の変化や室内の騒音レベルと音圧レベルの簡易測定を行った結果を報告した。送風量変更時の温度の性能確認実験では、送風量を小さくすると温度変化速度がある温度から遅くなること、室内の温度が安定する状態で送風量を変化しても室内温度はほとんど変化しないことを確認した。また、室内の騒音を簡易測定した結果、騒音レベルは18.4～21.1dB 低下し、音圧レベルは各周波数とも送風量が小さくなるにつれて音圧レベルも小さくなることを確認した。

謝辞

騒音測定には、建築研究部の平岡千春氏にご協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 塚本健二：環境実験室の概要と温湿度の性能評価，佐藤工業技報，No.47，pp.72-76，2022.12
- 2) 塚本健二，森上伸也：模擬教室空間における観葉植物が在室者の心理的反応や覚醒状態に与える影響に関する被験者実験，日本建築学会学術講演梗概集，環境工学，pp.683-684，2023.9

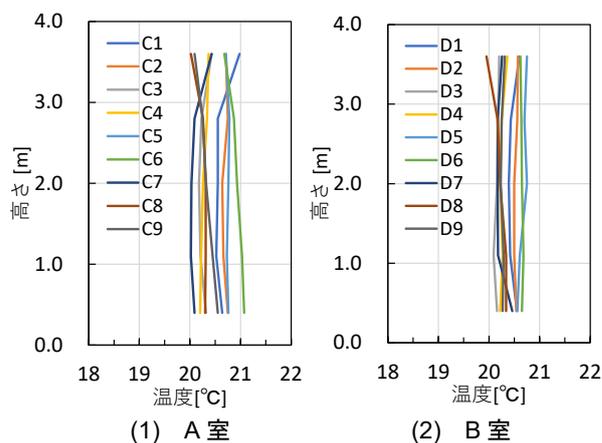


図-6 各測定点における鉛直温度分布

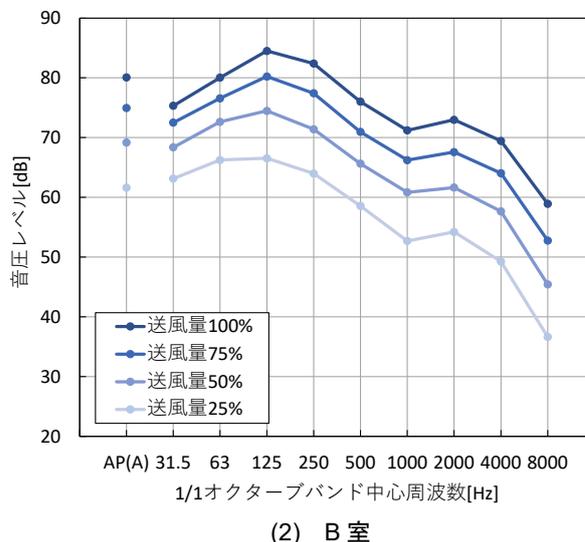
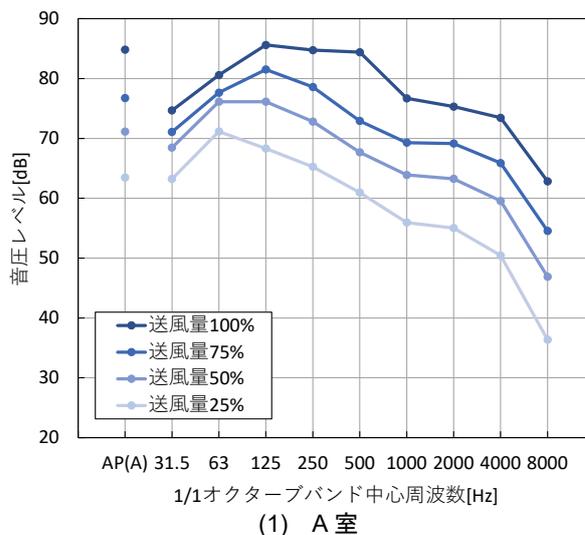


図-7 騒音レベルと音圧レベルの周波数分析結果

- 3) 日本試験機工業会：JTM K 09 温湿度試験槽—性能試験方法及び性能表示方法，2009.
- 4) 日本試験機工業会：JTM K 07 温度試験槽—性能試験方法及び性能表示方法，2007.