

暖房時における教室の温度変化*

渡 辺 誠 一**

Temperature Change of Homeroom When Performing the Heating

WATANABE Seiichi

This paper described the temperature change of the homeroom in Nagano National College of Technology when used as heating air conditioner of the gas heat pump system using city gas. Air conditioner was introduced in the homeroom in order to match the renovation of the college fiscal year 2007. The key points of this paper were as follows: (1) when the homeroom was heated with the preset temperature of 20°C, the temperature of the homeroom was found to reach the preset temperature in about 1 hour after the start of the heating; (2) by using an electric fan together during heating, the temperature near the studying desk became higher about 2°C than the preset temperature of an air conditioner.

キーワード：教室，ガスヒートポンプエアコン，温度変化，湿度変化，遮熱

1. ま え が き

長野工業高等専門学校（以下、長野高専と略記）には、従来ホームルーム教室（以下、教室と略記）には冷房装置はなく、冬季に暖房を行うために蒸気暖房用のラジエーターが設置されていた。蒸気暖房を行うためには燃料として A 重油を用いるが、世界的に CO₂ 排出量の削減が求められていることから、エアコンの設置が望まれていた。

平成 19 年度に環境都市工学科棟が、平成 20 年度に電気電子・機械工学科棟が、平成 21 年度に管理・一般校舎が耐震改修され、教室にガスヒートポンプ（以下、GHP と略記）エアコンが設置された。その後、電子情報工学科棟と電子制御工学科棟の教室にも GHP エアコンが設置され、本科 25 教室全てでエアコンを利用した冷暖房ができるようになった。

蒸気暖房の場合は教室の温度管理が難しい半面、ラジエーターが床面に近い位置に設置されているため、足元がある程度暖かかった。エアコンによる暖房の場合は、教室の温度管理が容易である半面、室内機が天井に設置されていることから、足元まで暖気が届かない可能性がある。エアコンを冷房機器として教室の冷房を行った際の温度変化についての報告例

が多くあるが^{1)~4)}、エアコンを暖房機器として使用した場合の温度変化に関する報告例は少ない⁵⁾。本論文では、電気電子工学科棟にある教室において、GHP エアコンを用いて暖房を行った場合における温度および相対湿度の時間変化について述べる。

2. 教室の温湿度の測定方法

図 1 に測定対象とした電気電子工学科棟 2 階 42 番の形状と温湿度計の測定点について示した。教室の床面積は 81.8m²（柱の突起部分を含む）で、西側に可動式黒板が、東側に学生用個人ロッカー、可動式ホワイトボード、可動式掲示板が設置されている。教室の北側にある出入口 2 箇所は引戸となっている。校舎改修によって壁には断熱材が貼られ、窓ガラスは複層ガラスに更新された。これにより、教室の断熱効果は校舎改修前と比較して大幅に向上した。

温度および相対湿度の測定点は、床面からの高さ

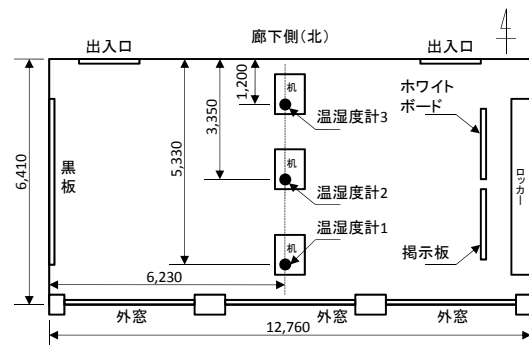


図 1 42 番教室における温湿度計の測定点（単位：mm）

* 本研究の一部は平成 25 年度長野高専特別経費の助成を受けて行われた

** 電気電子工学科准教授

原稿受付 2014 年 5 月 20 日

が 760mm の机上の 3 個所として、測定点にはパソコンから無線で測定値を取得可能できる機能を内蔵した温湿度計（ティアンドデイ，RTR-322）を置いた。温度および相対湿度は 10 分間隔で測定した。

図 2 に 42 番教室における温度測定実験の様子を示した。床面から 2,980mm の位置にエアコンの室内機（ヤンマーエネルギーシステム，YZCP45MC）が 3 台と全熱交換器（三菱電機，LGH-35CS4）が 3 台、北側（廊下側）壁面に床面から 2,330mm の位置に扇風機（三菱電機，K30-YS）が 2 台設置されている。実験は全熱交換器の運転を停止した状態で行った。また、外窓のベネシャンブラインドは下げてスラットの凸面を外窓側に向けた状態にした。なお、GHP エアコンの室外機（ヤンマーエネルギーシステム，YNZP710H1N，定格能力：冷房 71kW/暖房 80kW）は電気電子工学科棟の屋上に設置されている。

エアコンの設定温度は、国立高等専門学校機構の指針⁶⁾に基づき、集中管理装置によって冷房時は 28℃、暖房時は 20℃に設定している。また、教室については集中管理装置の設定によって冷暖房の使用時間を 8:30～17:00 に制限している。室内機の起動および停止は各部屋にあるリモコンで行うことができる。

3. 教室の温湿度の測定結果

3-1 温度の時間変化

図 3 に平成 26 年 3 月 14 日（金）における温度の変化を示した。実験日当日は曇りで時々晴れ間が見える天候で、この日の長野市の平均気温は 1.9℃、最高気温は 5.5℃、最低気温は-1.5℃であった⁷⁾。8:30 にエアコンを起動した結果、8:35 に室内機から暖気が送風され、9:42 に風量が弱くなった。

同図より、送風開始後から徐々に温度が上昇を始め、9:40 の時点で温湿度計 1, 2, 3 の温度は 19.7℃、19.0℃、19.1℃であった。9:40～10:30 の間における温湿度計 1, 2, 3 の平均温度は 19.4℃、19.0℃、18.6℃となり、温湿度計 1, 2, 3 の順で低くなっていた。これは、8:40 の時点の外気温は南側が 5.0℃、北側が 2.7℃であり、南側と北側に温度差があったことから、南窓がある温湿度計 1 の温度が高くなる傾向になったと考えられる。

図 4 に平成 26 年 3 月 14 日（金）9:00 における温度分布を示した。温度分布は赤外線サーモグラフィ装置（日本アビオニクス，R300SR）で測定した。その結果、机面の温度は約 16℃、床面は 14℃以下になっていることがわかった。

図 5 に平成 26 年 3 月 14 日（金）9:40 における温度分布を示した。その結果、机面の温度は約 19℃、床面は 14℃以下で 5℃以上差があることがわかった。



図 2 42 番教室における温湿度測定実験の様子

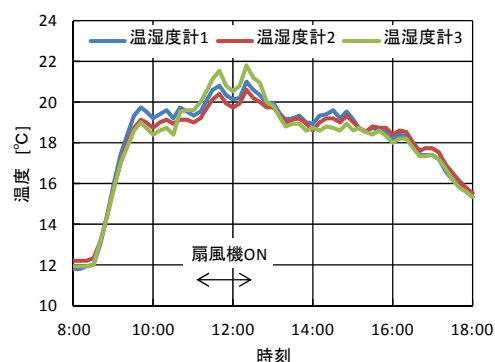


図 3 平成 26 年 3 月 14 日（金）における温度の変化
（設定温度：20℃，風量：急，風向：下向き）

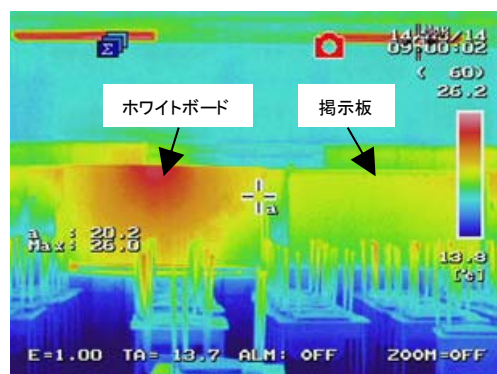


図 4 平成 26 年 3 月 14 日（金）9:00 における温度分布

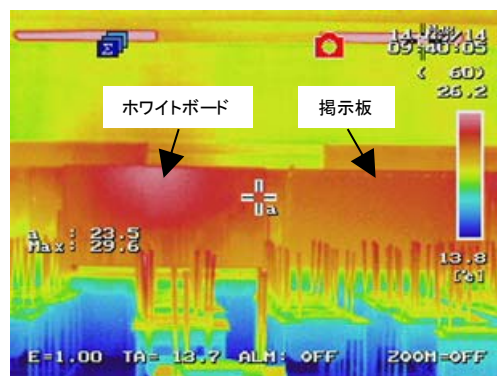


図 5 平成 26 年 3 月 14 日（金）9:40 における温度分布

本実験は机の上に椅子を乗せた状態で行ったが、椅子の脚の温度分布から、北側に比べて南側の温度が高いことがわかり、温湿度計の測定結果と傾向が一致することがわかった。

3-2 扇風機を併用した場合の温度の時間変化

教室には冷房使用時に教室内の空気の攪拌や人に対して直接冷気を当てて体感温度を下げる目的で扇風機2台が設置されている。この扇風機2台を暖房時に使用した場合の効果について実験的に検討した。扇風機の風量を弱、羽根の方向を水平面に対して50°下向き、羽根をスイング（首振り角：95°）させた状態で10:30～12:40の2時間10分使用した。扇風機の方向については、天井上部の暖気を攪拌するためには上向きにすることが望ましいが、水平より上の角度に設定できないこと、扇風機自体が高い位置に設定されていることを考慮して、暖気を床面に向けて直接送風する目的で下向きに設定した。

その結果、図3に示した平成26年3月14日（金）における温度の変化において、扇風機を使用した10:30～12:40は室内の温度が上昇して、12:20において温湿度計3の位置で21.8℃を記録した。これは、温度が上昇した原因として、扇風機が天井付近に溜まっている暖気を吸い込み、暖気を床面に移動させることができたと考えられる。また、温度の高さについては、扇風機を使用した場合には温湿度計3, 1, 2の順で低くなっていた。これは、室内機の風向を下向きに設定していたが、扇風機を使用したことで直接床面に向かう暖気の風量が減少したため、温湿度計2の位置の温度が他に比べて低い傾向を示したと考えられる。

図6に平成26年3月14日（金）12:18における温度分布を示した。図5と比較して、扇風機を使用した場合には全体的に教室上部の温度は下がり、下部の温度は上昇することがわかった。暖房中に扇風機を使用して空気を攪拌することによって、室内の温度のむらを小さくする効果があることがわかった。

3-3 相対湿度の時間変化

図7に平成26年3月14日（金）における相対湿度の変化を示した。エアコン起動前の温湿度計1, 2, 3の位置における相対湿度は40～41%RHの範囲内であったが、送風開始後から徐々に相対湿度が下がり始め、9:40の時点で温湿度計1, 2, 3の相対湿度はともに33%RHであった。測定点による測定値の差はあまり見られなかった。

扇風機を併用した10:30～12:40については、相対湿度がさらに下がり始め、12:20における温湿度計1, 2, 3の相対湿度は30%RH, 30%RH, 28%RHと

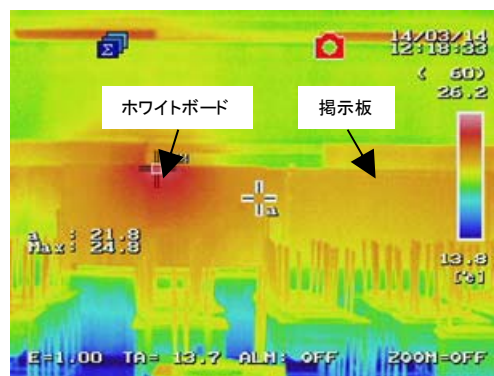


図6 平成26年3月14日（金）12:18における温度分布（扇風機の風量：弱、羽根の方向：下向き、羽根のスイング：使用）

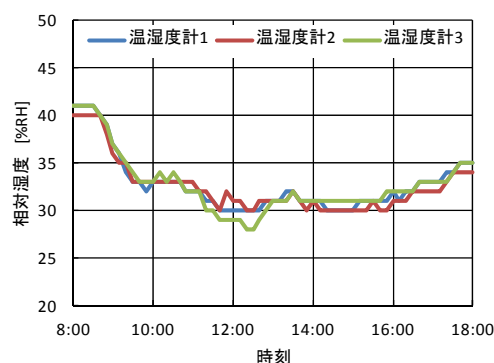


図7 平成26年3月14日（金）における相対湿度の変化（設定温度：20℃、風量：急、風向：下向き）

なり、温湿度計3の値が小さくなることがわかった。この理由は、扇風機を使用することによって扇風機に近い温湿度計3の位置に暖気が強く当たるようになり、図3に示したように温湿度計3の位置における温度が上昇したためだと考えられる。

文部科学省令「学校環境衛生基準」によると、教室等の環境に係る基準は温度は0℃以上、30℃以下であること、相対湿度は30%RH以上、80%RH以下であることが望ましいとされている⁸⁾。図7に示した結果より、温湿度計3の位置において11:40～12:40における相対湿度は30%RH未満となり、同基準を満たさないことがわかった。インフルエンザを予防するためには相対湿度を50～60%RHにすることが望まれている⁹⁾ことを考慮すると、相対湿度を高くする目的と、二酸化炭素濃度を下げる目的で適宜換気をする必要があると考えられる¹⁰⁾。

3-4 ベネシャンブラインドの遮熱効果

図8に平成26年3月14日（金）におけるベネシャンブラインド周囲の温度分布を示した。ベネシャンブラインドを下ろした状態におけるブラインド表面の温度は24℃程度であったのに対して、14:20～

14:30 の間だけブラインドを上げた場合における窓ガラスの表面温度は19℃程度であった。ブラインドを下げることで窓ガラスからの冷輻射を遮熱する効果があることがわかった。

3-5 教室出入口付近の温度分布

図9に平成26年3月14日(金)における教室黒板側出入口付近の温度分布を示した。壁面の温度は16℃程度であるが、出入口の引戸の温度は15℃程度であり、引戸の隙間から冷気が侵入していることがわかった。図3に示した結果と合わせて、南側に比べて北側の温度が低いことから、教室にサーキュレータを新設して、暖気を攪拌して温度分布を均一にする工夫が必要であると考えられる。

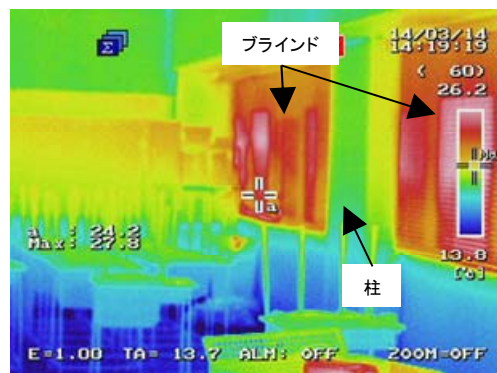
4. あとがき

長野高専電気電子工学科棟にある教室において、ガスヒートポンプエアコンを用いて暖房を行った場合における温度および相対湿度の時間変化について、明らかになった主な事柄は以下の通りである。

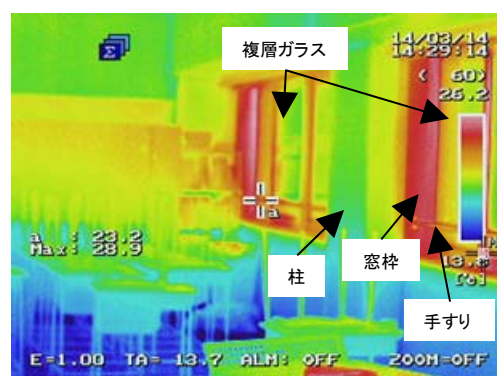
- (1) エアコンの設定温度を20℃とした場合、平成26年3月14日(金)における教室内の温度変化を測定した結果、1時間5分で19℃程度に安定した。また、相対湿度は30%RH程度に安定化することがわかった。
- (2) エアコンで暖房中に扇風機を併用することによって、教室机付近の温度はエアコンの設定温度より2℃程度高くなることがわかった。
- (3) ベネシャンブラインドによって複層ガラスからの冷輻射を断熱する効果があることがわかった。
- (4) 黒板側出入口の引戸の温度は15℃程度であり、南側と比較して温度が低いことがわかった。

参 考 文 献

- 1) 今村主税, 古谷長藏: 講義室における窓断熱の効果測定と空調機器診断, 山口県立大学学術情報, No.5, pp.81-84 (2012)
- 2) 延原理恵, 角谷環: 冷房時における小学校教室の温熱環境と温冷感評価, 京都教育大学環境教育研究年報, No.20, pp.65-70 (2012)
- 3) 大野志保, 吉田正, 下村淳子: 教室への空調設備導入による高校生の健康状態と保健室利用の変化, 愛知教育大学保健環境センター紀要, Vol.7, p.14 (2008)
- 4) 西川嘉雄, 中村純平, 丸山 秀司: パッシブ手法による教室の温熱環境の快適性に関する研究, 長野工業高等専門学校紀要, No.47, pp.1-5 (2013)
- 5) 桃井良尚, 山中俊夫, 相良和伸, 甲谷寿史, 若松夏加: 学校教室におけるシーリングファンを用いた熱環境調整手法に関する研究, 日本建築



(a) 下げた場合



(b) 上げた場合

図8 ベネシャンブラインド周囲の温度分布
(平成26年3月14日(金)14時頃)

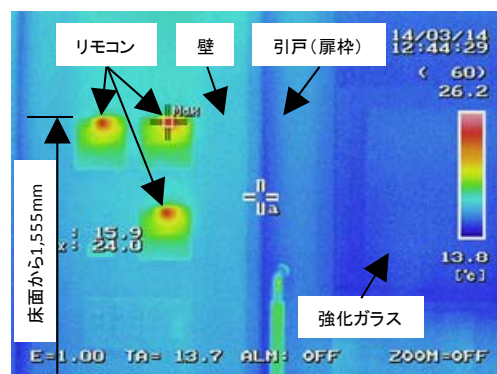


図9 教室黒板側(西側)出入口付近の温度分布
(平成26年3月14日(金)12:44)

- 学会学術講演概要集, pp.739-740 (2010)
- 6) 国立高等専門学校機構: 独立行政法人国立高等専門学校機構における温室効果ガス排出抑制等のための取り組みについて(指針), p.4 (2008)
- 7) 気象庁ホームページ
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (過去の気象データ, 長野県長野市の値)
- 8) 文部科学省: 学校環境衛生マニュアル(改定版), pp.15-16 (2010)
- 9) 厚生労働省: インフルエンザの基礎知識, p.4 (2007)
- 10) 文献8)のpp.35-36