

冷房設定温度が吸放湿材貼付による省エネルギー効果に及ぼす影響 Influence of Air-Conditioning Temperature Setting for Cooling on the Power Consumption Amount due to Applying Hygroscopic Material

○廣岡 志穂 (大阪市立大学) 岸本 嘉彦 (大阪市立大学)

Shiho HIROKA*1 Yoshihiko KISHIMOTO*1

*1 Osaka City University

In order to evaluate influence of air-conditioning temperature setting for cooling on the power consumption due to applying hygroscopic material, numerical calculations were carried out. The conclusions were as follows.

In both cold and warm districts, the power consumption decreases due to hygroscopic material even in case total heat load increases due to ones. For improvement the energy-saving effect of applying hygroscopic materials, it is effective to use the cooling at night when moisture absorption occurs in district with small heat load, to use the cooling during the day when moisture desorption occurs in district with large heat load.

1. 研究背景と目的

吸放湿材として多孔質材料を室内側表面に配置した場合に、吸放湿材がルームエアコン(以下「AC」と記す)の冷房負荷に及ぼす影響について、概念図を Fig. 1 に示す。吸放湿材の調湿効果は AC に対して必ずしも有利に働くわけではなく、潜熱負荷の増加と顕熱負荷の減少が同時に発生し、一般に全熱負荷としては増加する可能性が高い¹⁾。しかし近年、空調機容量に対し冷房顕熱負荷が低い場合においては、吸放湿材の併用によって AC の消費電力量が減少する例が報告されている²⁾。つまり、寒冷地のような冷房顕熱負荷の低い地域では省エネルギー効果を示す可能性がある。

また、一般に住宅の熱負荷計算を行う際、地域によらず同一の運転スケジュールや設定温度によるシミュレーションが使用される。しかし、実際の冷房利用実態として、設定温度や運転スケジュールは地域や世帯によって異なる³⁾。そのため、実際の吸放湿材と AC の併用による省エネルギー効果を把握するためには、利用実態を考慮した計算条件による検討が必要である。

以上より、本研究では、冷房設定温度が吸放湿材による省エネルギー効果に及ぼす影響に着目し、寒冷地と温暖地の両地域において、吸放湿材の併用が省エネルギー効果を生む要因について明らかにすることを目的とする。

2. 計算条件と検出方法

計算対象住宅は、Fig. 2 に示す 1 室モデルと想定した木造平屋住宅とする。Table 1 に壁体に用いた材料物性値を示す。また、本研究では軟質繊維板を吸放湿材とし、吸放湿材の最大効果を把握するため、室内側表面全面に軟質繊維板を貼付した。

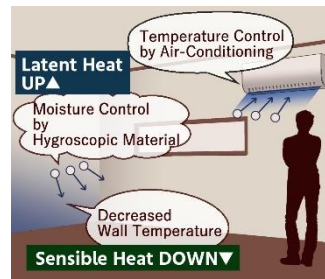


Fig. 1 Relationship between AC and hygroscopic material

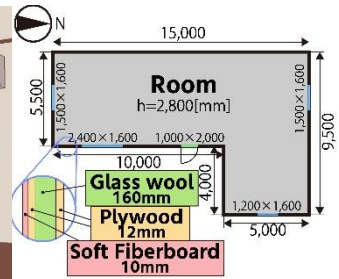


Fig. 2 Object of calculation (Floor plan)

Table 1 Material properties

Material	Volumetric specific heat [kJ/m ³ K]	Thermal conductivity [W/mK]	Moisture conductivity [kg/mh(kg/kg)]	Hygroscopic properties κ [kg/m ³ (kg/kg)]	Hygroscopic properties ψ [kg/m ³ K]
Soft fiberboard	311.5	0.064	0.0177	8148	3.33
Multi-layered glass	1.95	0.072	0	-	-
Glass wool	20.1	0.049	0.0979	-	-
Plywood	1165.6	0.1	0	-	-

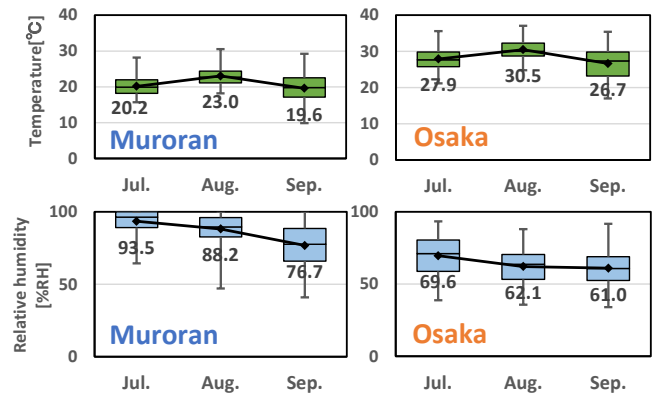


Fig. 3 Outdoor temperature and humidity (in Muroran and Osaka)

居住者は、成人男性 2 名、成人女性 2 名からなる 4 人家族を想定した。生活パターンについては、平日、休日を設定し、前報⁴⁾の計算条件を参考とした。

AC 運転については、室温が設定温度を超える場合に AC が自動的に運転される終日運転を想定し、設定温度 20[°C]から 30[°C]まで 1[°C]ごとの 11 条件と、終日 AC の運転をしない条件を加えた計 12 条件とした。また、窓は終日閉じているものとし、0.5[回/h]の強制換気を与えた。

外界条件については、温暖地として大阪府大阪市、寒冷地として北海道室蘭市を対象地域とし、拡張アメダス気象データから 2010 年 6 月 1 日～9 月 30 日の温度、相対湿度、絶対湿度、日射量を用いた。各地点の外気温湿度の四分位と平均値を Fig. 3 に示す。

数値計算には、熱水分同時移動方程式(κ-vモデル)を用いた。吸放湿材については、壁体表面の湿気伝達率を 0 とした場合を「吸放湿なし」、15.2[kg/m²h(kg/kg['])]とした場合を「吸放湿あり」と定義する。

AC の解析モデルについては、時々刻々の空調処理熱量に応じて、凝縮器、蒸発器における冷媒温度および COP を算出可能とする空調モデル⁵⁾を用いた。解析に用いた AC の諸元を Table 2 に、それに基づく冷房負荷と COP の関係を Fig. 4 に示す。消費電力量については、時々刻々の空調処理全熱量をそれに対応する COP で除すことにより得られる。計算期間は 2010 年 6 月 1 日～9 月 30 日、6 月を助走期間として、7 月 1 日～9 月 30 日の 3 カ月間を検討対象とした。

3. 冷房設定温度と吸放湿材が処理熱量や消費電力量に及ぼす影響

吸放湿材貼付による各 AC 処理熱量(顕熱、潜熱、全熱)の増加量を Fig. 5 に示す。処理顕熱量について、室蘭市では大阪市より減少率が高く、各月において平均外気温より約 4[°C]高い設定温度にて減少量が最大となる。また、大阪市の 8 月以外では、設定温度を上昇させるほど減少量が増加することがわかる。

処理潜熱量の増加量が最大となる設定温度は、室蘭市の 7、8、9 月、大阪市の 7 月では、平均外気温とほぼ等しい。大阪市の 8、9 月については、設定温度による増加量の変動はまばらであるが、増加率としては比較的低い。

処理全熱量について、吸放湿材貼付による増加量は約 -50～+150[MJ]となり、算出される増加率は-15～+5[%]程度であった。

吸放湿材貼付による各月の消費電力増加量・増加率を Fig. 6 に示す。以降、値が負の場合は、減少量、減少率と称す。減少量は、室蘭市より大阪市において多いが、減少率は、大阪市より室蘭市において高い。これは、室蘭市における消費電力量が大阪市より少ないため、減少量がわずかでも消費電力減少率としては相対的に上昇したと考

Table 2 Specifications of AC

Capacity	Min.	Rated	Max.
Cooling load[kW]	0.8	4	4.3
Electric energy consumption[W]	165	1835	2000

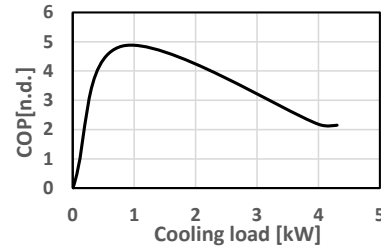


Fig. 4 Relationship between cooling load and COP

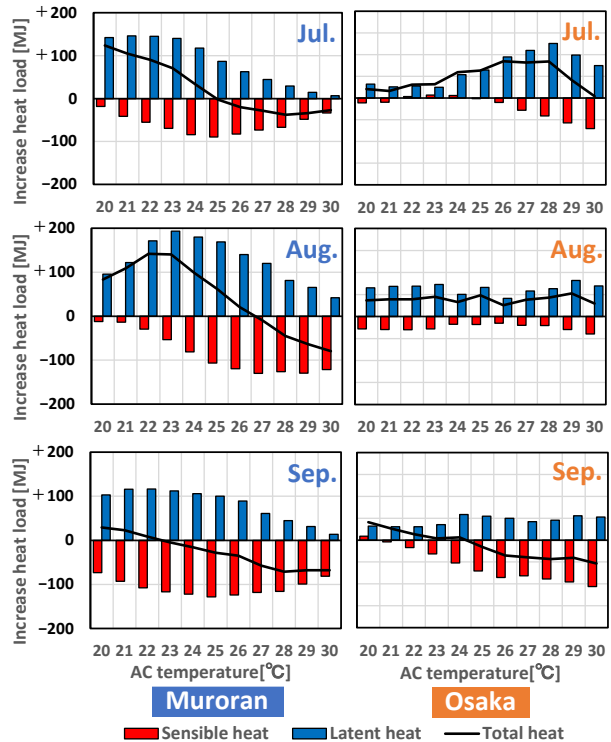


Fig. 5 Variation of increase of heat load due to AC temperature

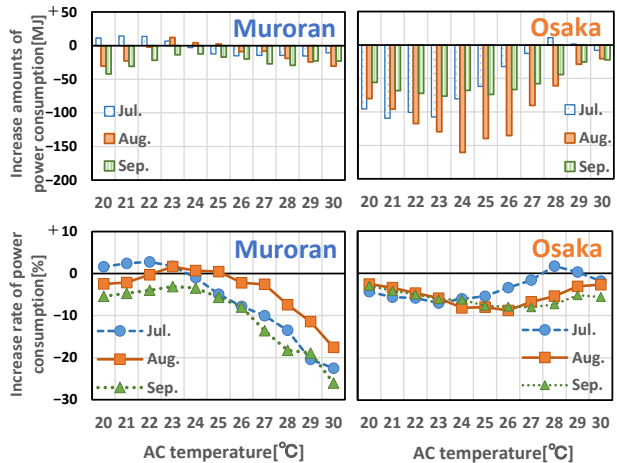


Fig. 6 Variation of increase of heat load due to AC temperature (upper : increase amounts, lower : increase rate)

えられる。

以上より、Fig. 5 の全熱増加量と Fig. 6 の消費電力増加量を比較すると、寒冷地と温暖地の両地域において、吸放湿材の貼付によって処理全熱量が増加する場合でも、消費電力量としては減少していることがわかる。

4. 冷房と吸放湿材の併用による省エネルギー効果の要因

本章では、吸放湿材による省エネルギー効果の発生要因を明らかにするために、寒冷地と温暖地における COP の出現頻度分布や経時変化を検討する。

4.1 冷房設定温度の影響

室蘭市と大阪市のそれぞれについて、設定温度が 20, 25, 30[°C] の条件における 8 月の COP 出現頻度分布を Fig. 7 に示す。ここでは吸放湿なしの条件(図中"not HM")に着目して検討する。

設定温度 20[°C] の場合の室蘭市において 3[n.d.] 付近(以下、「a 点」と) 5[n.d.] 付近(以下、「b 点」)に COP の出現頻度のピークがある。図には示していないが、この条件下では冷房が昼間のみ運転しており、COP が低い a 点は昼間の冷房運転時、COP が高い b 点は運転時より高効率となる冷房発停時の COP がそれぞれ現れたものである。

設定温度 20[°C] の場合の大阪市において、1.5[n.d.] 付近(以下、「c 点」と) 3.5[n.d.] 付近(以下、「d 点」)に COP の出現頻度のピークがある。図には示していないが、この条件下では冷房はほぼ終日運転しており、COP が低い c 点は日中の冷房運転時、COP が高い d 点は夜間もしくは涼しい日における冷房運転時の COP が現れたものである。

設定温度を上昇させると、室蘭市の場合、昼間の冷房運転時間が減少するため、c 点から徐々に出現頻度が減少していることがわかる。大阪市の場合、暑い昼間ではなく涼しい夜間の冷房運転時間が減少するため、b 点から徐々に出現頻度が減少している。その結果、設定温度の上昇に伴い室蘭市の平均 COP は上昇するが、大阪市の平均 COP は低下する。

また、室蘭市と大阪市において、外気温度と設定温度の差が減少するほど同時刻の COP は上昇するため、a 点、b 点、c 点および d 点の COP は平均外気温度付近の設定温度において最大値を示す。

4.2 吸放湿材の影響

Fig. 7 より、4.1 項で述べた各出現頻度ピークについて、吸放湿材を貼付すると(図中"HM"), COP が低い a 点や c 点は高効率側に、COP が高い b 点や d 点は低効率側に移動していることがわかる。

ここで、室蘭市における、冷房運転の処理全熱量、消費電力量および COP の日変動の一例(8 月 26 日~27 日の 48 時間)を Fig. 8 に示す。また、吸放湿ありの条件における各時刻の吸放湿量の正負により判定し、吸放湿材が放湿・

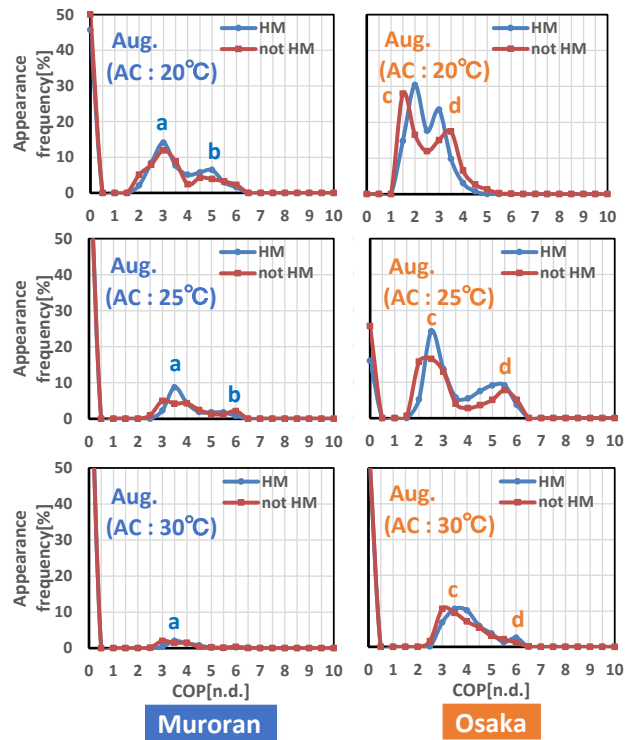


Fig. 7 Appearance frequency distribution of COP at each AC temperature (Aug.)

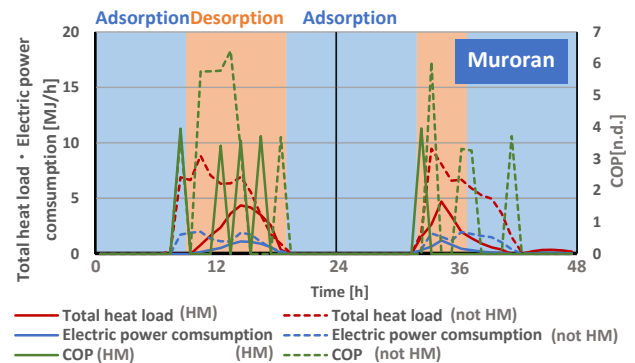


Fig. 8 History of total heat load, electric power consumption, and COP in Muroan (Aug.)

吸湿している時間帯についても併記する。

Fig. 8 より、既往研究²⁾と同様に、吸放湿材が放湿する昼間では、処理全熱量が減少した。しかし、吸湿に転じた夜間では、冷房は運転していないため、吸放湿材の有無に関わらず処理全熱量はほぼ 0 である。つまり、積算処理熱量は減少する。また、吸放湿なしの場合、昼間の運転時には COP は 6[n.d.] 付近(前述の b 点)となるが、吸放湿ありの場合は 3.5[n.d.] 付近(前述の a 点)に低下する。結果として、処理全熱量が小さい地域では、吸放湿ありの条件において消費電力量が吸放湿なしの条件より常に小さくなることにより、COP が低下としても、終日、吸放湿材貼付による省エネルギー効果を得られる可能性がある。

同様に、大阪市における、冷房運転の処理全熱量、消費電力量およびCOPの日変動の一例(8月10日~11日の48時間)を Fig. 9 に示す。Fig. 8 と同様に、吸放湿ありの条件における各時刻の吸放湿量の正負により判定し、吸放湿材が放湿・吸湿している時間帯についても併記する。

室蘭市と同様に、吸放湿材が放湿する昼間では、処理全熱量は減少し、一方で、吸湿に転じる夜間では増加する。つまり、積算処理熱量は増加する。また、吸放湿材の貼付により COP は昼間に上昇し、夜間に低下するため、大阪市とは定性的傾向が逆になる。結果として、消費電力量は、処理全熱量の増減と同様に、吸放湿材の貼付によって昼間は増加し、夜間は減少する。つまり、処理全熱量が大きい地域では、夜間よりも昼間の冷房運転時間の比率が高いほど、省エネルギー効果を得られる可能性がある。

そこで、室蘭市と大阪市において、COP 変動の定性的傾向が吸放湿材貼付効果により逆になる要因について検討するために、室蘭市と大阪市における AC 処理熱量と COP の関係を示した模式図を Fig. 10 に示す。

室蘭市は処理熱量が小さい地域であるため、Fig. 10 のように COP が最大となる処理熱量よりも小さい範囲において AC が運転する頻度が多い。そのため、昼間の放湿による処理熱量の減少は、室蘭市では冷房運転時の平均 COP を低下させる。一方、大阪市は処理熱量が大きい地域であるため、COP が最大となる処理熱量よりも大きい範囲において AC が運転する頻度が高い。よって、大阪市の冷房運転においては、昼間の放湿による処理全熱量の減少は平均 COP を低下させ、夜間の吸湿による処理熱量の増加は平均 COP を上昇させる。

したがって、吸放湿材貼付による省エネルギー効果は、寒冷地のように処理熱量が小さい地域の場合、吸湿が生じる夜間での冷房利用において効果が高く、温暖地のように処理熱量が大きい地域の場合、放湿が生じる昼間での冷房利用において効果が高くなると説明できる。

5. まとめ

本研究では、寒冷地および温暖地の両地域において、吸放湿材と AC を併用した空調システムを採用した戸建住宅を対象とし、冷房設定温度が吸放湿材貼付効果、すなわち調湿効果および省エネルギー効果に及ぼす影響について数値解析により検討した。そして、吸放湿材の有無や冷房設定温度が室内の水分移動や熱負荷に与える影響を把握し、吸放湿材貼付によって得られる調湿効果および省エネルギー効果が増減する各要因について考察した。以下に結果を示す。

- 1) 寒冷地、温暖地ともに、吸放湿材の併用によって処理全熱量が増加する場合でも、消費電力量は減少した。
- 2) 吸放湿材による省エネルギー効果と冷房設定温度の関係には、処理熱量の増減に伴う COP の定性的傾向

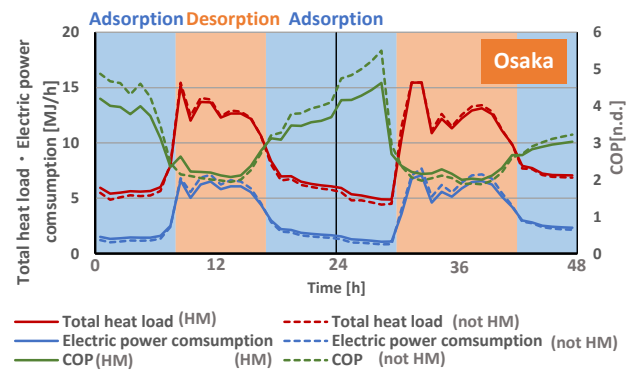


Fig. 9 History of total heat load, electric power consumption, and COP in Osaka (Aug.)

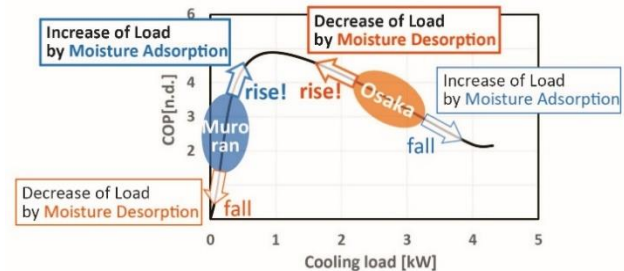


Fig. 10 Schematic diagram of variation of heat load and COP in cold and warm districts

が大きく影響している。処理熱量が小さい場合は吸湿、処理熱量が大きい場合は放湿によって COP が増加する。そのため、吸放湿材貼付による省エネルギー効果を上昇させるためには、寒冷地のように処理熱量が小さい地域では吸湿が生じる夜間の冷房利用が効果的であり、温暖地のように処理熱量が大きい地域では放湿が生じる昼間の冷房利用が効果的である。

参考文献

- 1) 坂本 雄三, 松尾陽, 永井明寛, 金垣龍:「潜熱負荷と湿度変動に及ぼす室内備品類の吸放湿性に関する研究 その 2 シミュレーションによる吸放湿材の影響に関する検討」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.317-318, 1996.
- 2) 巽佑介, 小椋大輔:「吸放湿材が室内温湿度性状および空調負荷に及ぼす影響の検討」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.239-240, 2014.
- 3) 岸本嘉彦, 梅宮典子:「寒冷地の住宅における冷房発停生起条件に関する研究」, 第 49 回空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, A42, 2020.
- 4) 佐藤亮太, 高橋光一, 岸本嘉彦:「寒冷地の戸建住宅における冷房・自然換気の利用実態に基づく吸放湿材の省エネルギー効果の検討」, 日本建築学会大会学術講演概論集, D-2, pp.193-194, 2017.
- 5) 上野剛, 宮永俊之, 占部亘, 北原博幸:家庭用エアコンの熱源特性モデルの開発・その 1 冷房時モデル, 電力中央研究所報告, pp1-18, 2010.