

## 温暖地の戸建住宅における冷房利用と室内温熱環境性状の実態調査

## および冷房運転の生起要因分析

正会員 ○ 岸本 嘉彦\*<sup>1</sup>  
同 太田 紗由美\*<sup>2</sup>  
同 鎌田 紀彦\*<sup>3</sup>

## 1. 環境工学—17. 空調システム

高気密高断熱住宅, 生起要因, 室内温熱環境, PMV, 実測調査

## 1. はじめに

近年, 北海道などの寒冷地だけでなく, 関東以西の温暖地域においても高気密高断熱住宅が普及している。また, 家庭用ルームエアコン(以下「エアコン」と称す)のCOP(成績係数)は6程度まで向上しており, 高気密高断熱住宅においては冷房負荷が小さいため, 1台のエアコンのみにより全室を快適な温熱環境に保持できる可能性がある。このような空調システムを開発・設計するためには, まず, 空調負荷を適切に把握する必要がある。一般的な空調負荷の計算においては室内温度が設定温度を上回るすべての時間を運転時間と捉えるが, 室温が設定温度を上回っていてもエアコンを利用しない実態が考えられる。そのため, 空調負荷を適切に予測するためにはエアコンの使用状況の把握が必要となる。しかし, 高気密高断熱住宅における冷房利用調査は十分に行われていない。また, エアコンの発停に関する生起要因については, 温度との関係に着目した研究報告は見られるが<sup>1)</sup>, その精度は十分とはいえないため, 温度だけでなく, より総合的な要因について検討する必要がある。

そこで本研究は, 温暖地域における高気密高断熱住宅を主とした戸建住宅の室内温熱環境の実態, およびエアコン発停の状況を把握することを目的とし, さらにエアコン発停の生起要因として温度以外の要因について検討する。

## 2. 実測計画および方法

本研究では, 研究対象地域として, エアコンを冷房だけでなく, 暖房としても利用する地域を条件とし, 次世代省エネルギー基準におけるIV地域

表1 測定住宅の概要

住宅	住宅T	住宅M1	住宅M2
住宅の種類	高気密高断熱	高気密高断熱	在来断熱
Q値	2.06	2.4	不明
ACの台数	1台	1台	2台
ACの台数の利用状況	終日除湿運転	終日冷房運転	間欠運転
設定温度	26°C	27°C	27°C
我慢の有無	なし	あり	あり
測定期間(2010年)	8/24~3/21	8/4~9/21	8/10~9/22

である関東地区を検討対象地域とした。また, 居住者やエアコンの設定温度などの情報について測定対象住宅の居住者にヒアリング調査を行った。

住宅の断熱性能や居住者の意識が室内温熱環境および冷房利用状況に及ぼす影響について比較するために, 測定対象住宅は, 関東地区に建つ高気密高断熱住宅を2軒, 一般住宅を1軒選出した。

測定期間は, 2010年8月上旬から9月下旬までとした。実測項目は室内外温湿度およびエアコンの室内外の吹出温度とし, 小型データロガーにより10分毎の変化を測定した。併せて対象住宅の住人に対して冷房の利用状況に関するヒアリング調査を行った。ヒアリング項目は, 設定温度, 利用状況, 冷房利用に対する我慢の有無である。対象住宅の概要をヒアリング調査の結果と共に表1に示す。また各測定住宅の平面図を小型データロガーの設置位置と共に図1~3にそれぞれ示す。図には示していないが, 各測定住宅においては外気温度およびエアコンの室外機の吹出温度も測定している。

次に, 得られた測定結果を利用して温熱環境の評価やエアコンの運転状況を判断した。また, 快

A Survey on Indoor Thermal Environment and Usage of Air-Conditioning in Residences and Analysis of Determinants of Air-Conditioning On/Off Control

KISHIMOTO Yoshihiko et al.

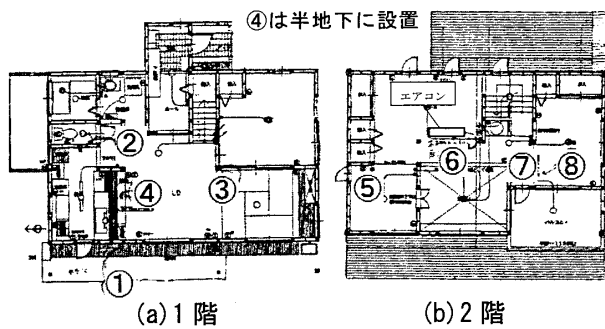
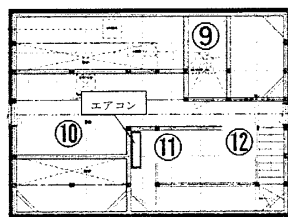
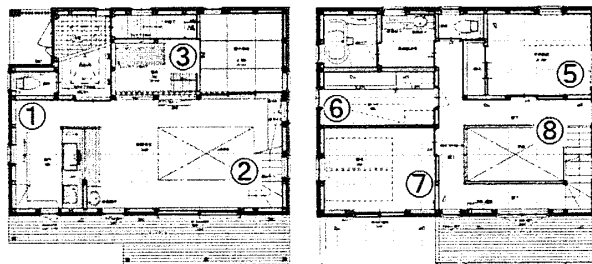


図1 住宅Tの平面図



(a) 小屋裏



(a) 1階 (b) 2階

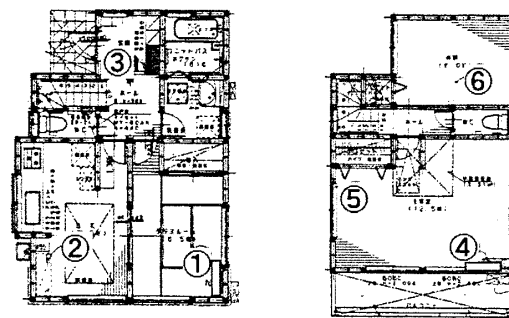
図2 住宅M1の平面図

適性は、温湿度の実測結果に基づくPMV（快適性指標）の計算結果から判断した。PMVはエアコン発停の生起要因としての利用についても検討した。

### 3. エアコン発停の抽出方法

エアコン発停の生起要因に関する検討においては、間欠運転を行っていた住宅M2のみを対象住宅とした。

ここでは、本研究において提案したエアコンの発停の抽出方法について述べる。エアコン吹出口温度はエアコンのオン操作がされると急激に低下し、オフ操作がされると単調に増加して室温に近づくことと推測できる。また、エアコン室外機吹出口温度はオン操作直後に急激に増加し、オフ操作後には単調に低下して外気温に近づくことと推測できる。このことから、エアコン吹出温度と室外機吹出温度の差の変化からエアコン発停の抽出が可能と考えられる。オン操作抽出の概念図を図4に示す。オン操作抽出には判定対象データの前の、オフ操



(a) 1階 (b) 2階

図3 住宅M2の平面図

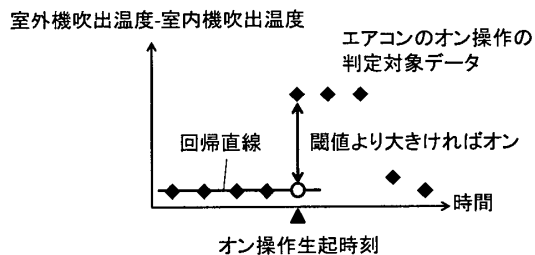


図4 住宅M2の平面図

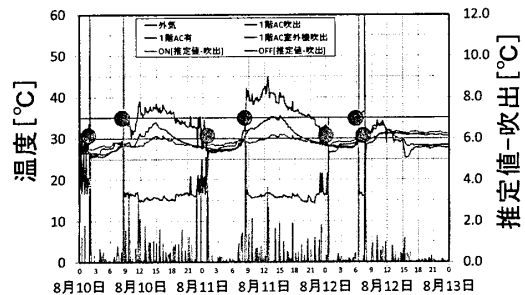


図5 住宅M2の平面図

作抽出には後の4つのデータをそれぞれ使用して回帰直線を求めた。この回帰直線から予想される推定値にt分布による信頼区間を与えた。さらに、オン・オフのそれぞれに閾値を設け、推定値が閾値を越えた場合に、それぞれの操作が実行されたと判断した。閾値はオン操作に対し7°C、オフ操作に対し6°Cと設定した。

図5にエアコン発停の抽出の一例を示す。図5より、既報<sup>1)</sup>において提案された方法では、ON/OFFを交互に検出するためにはある程度の人為的な判断を必要としたが、本研究において提案する方法を適用すると、機械的に精度よく抽出ができていたことがわかる。

### 4. 結果および考察

#### 4.1 エアコン発停の生起要因分析

住宅M2の1階居室の測定結果から抽出した発停操作について、測定期間における1時間毎の操作回数と操作が行われた時間の室内温度および

PMV の操作回数（累積度数）を、それぞれ図 6、図 7 に示す。

図 6、図 7 を見ると、1 階の ON 操作については、温度および PMV と操作回数のグラフは同じような形状を示している。図には示していないが、操作回数を確率に変換し、ピーク時の値を比較すると、PMV では 0.31、温度では 0.23 となった。つまり、居住者が ON 操作を生起する決定要因としては、温度以外の環境要素を含む PMV の確率が当然のことながら高くなるが、温度との差はわずかであることがわかった。

測定期間における 1 時間毎の ON 操作回数の合計と、算出した 1 時間毎の室内平均 PMV を図 8 に示す。

図 8 より、8 時と 18 時において ON 操作が集中していることがわかる。しかし、温湿度の測定結果から、居住者は 6 時に起床していると判断でき、かつ 6、7、8 時の平均 PMV はほぼ同じであるため、居住者が 6 時に起床しても、8 時までエアコンの運転開始を我慢している可能性が高いといえる。これは居住者の判断が PMV のみによるものではなく、食卓に家族が揃うなどの生活行為に依存している可能性が高い。

また、2 階のエアコンについては寝室に設置されており、就寝時にのみ利用されていたため、ON 操作は生活行為によるものと判断した。

OFF 操作について ON 操作の場合と同様に検討した結果、図には示していないが、1 階、2 階共に総操作回数の約 7 割が室内温度 27℃～29℃の範囲において実行されており、操作回数のピークを示す PMV は 0.5 であった。エアコンの設定温度が 27℃であることから、オフ操作は部屋が十分冷房されている状態で行われたことになる。

以上より、生活行為に関連する時間帯に温度あるいは PMV が条件を満たせばオン操作が行われると考えられる。

#### 4.2 温熱環境の実態把握

8 月 29 日から 9 月 3 日における住宅ごとの PMV の時間変化をそれぞれ図 9 から図 11 に示す。

##### (1) 住宅 M2

図 9 より、住宅の中で最も快適な結果を示したリビングの PMV 平均値は 1.1 であった。図には示していないが同時刻における住宅全体での温度差は 10.4℃、1 階のみでも 6.5℃の差が生じており、温湿度の時間変動も激しかった。また、エアコンを使用している PMV の値は 3 と高い値を示す

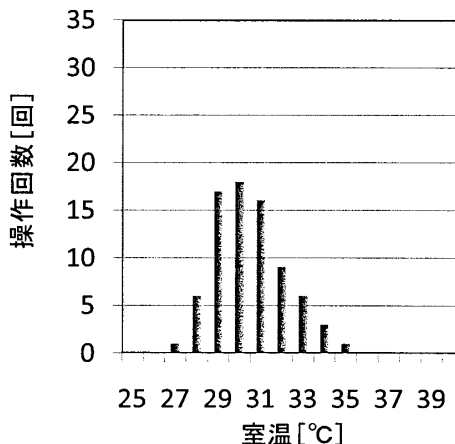


図 6 1 階の室内温度と ON 操作回数

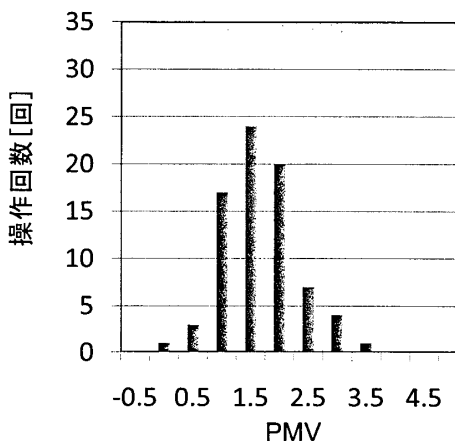


図 7 1 階の PMV と ON 操作回数

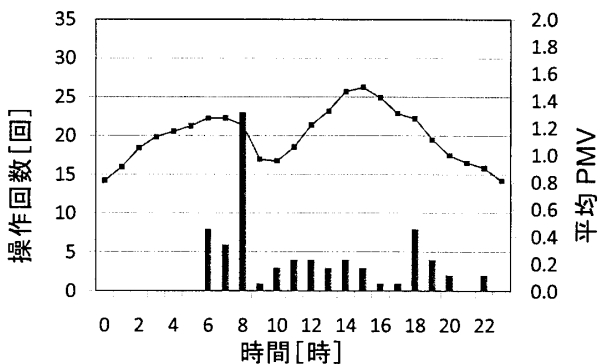


図 8 1 時間毎の ON 操作の回数と平均 PMV

時間が多々あり、快適ではない状態であったことがわかる。

##### (2) 住宅 M1

図 10 に示すように、ほとんどの時刻において PMV はおよそ 1.5 以下であった。図には示していないが同時刻における住宅全体の室内温度差は約 2℃、相対湿度差は 5～7%であった。つまり、住

宅 M2 に比して住宅内の温湿度差は小さく、さらに住宅全体の平均 PMV は 0.67 であった。エアコン 1 台のみの運転により快適な環境が形成されていると言える。

### (3) 住宅 T

同時刻における住宅全体の室内温度差は約 3℃であり、相対湿度差も 5%以下であった。測定期間中の温湿度の変動は測定住宅 3 軒の中で最も小さく、図 11 からわかるように PMV が 1 を超える時間はほとんどなかった。つまり、エアコン 1 台により住宅全体を通して均一かつ快適な温熱環境が測定期間中にわたって終日実現されていたことがわかる。

以上の結果より、温暖地域（関東地域）に建つ高気密高断熱住宅において、1 台のエアコンのみにより住宅全体の快適な温熱環境を十分に実現可能であることがわかった。

### 5. まとめ

- 1) エアコン吹出口温度と室外機吹出口温度の差を利用する、新たなエアコン発停の抽出方法の提案を行った。この方法を用いれば、エアコンの ON/OFF 操作が交互に精度良く抽出される。
- 2) エアコン発停の生起要因として、温度よりも PMV の確率が高いが、その差はわずかだった。また、エアコンの ON/OFF 操作は、温熱環境と生活行為の両方を加味した結果として行われていると考えられる。ON/OFF 操作に及ぼす生活行為の影響が温熱環境の影響よりも大きいと言える。今後、温熱環境と生活パターンを考慮した検討が必要である。
- 3) 実測結果から PMV を算出し、室内温熱環境を評価した結果、温暖地の高気密高断熱住宅においては、家庭用ルームエアコン 1 台のみにより全室を快適な温熱環境に保持できることが明らかとなった。

### <謝辞>

本測定を実施するにあたり、(株)アライ、(株)夢・建築工房、KSA 一級建築士事務所および測定住宅の方々には多大なるご協力を賜った。記してここに深く感謝の意を表す。

### <参考文献>

- \*1 室蘭工業大学大学院 助教 博士 (工学)
- \*2 株式会社ハシモトホーム
- \*3 室蘭工業大学大学院 教授 工学博士

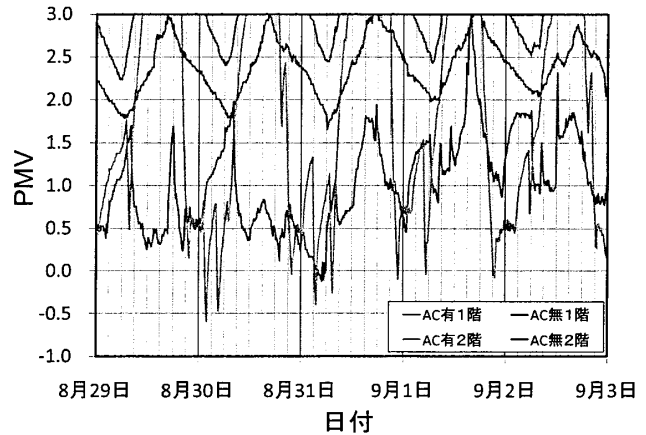


図 9 住宅 M2 の PMV の時間変化

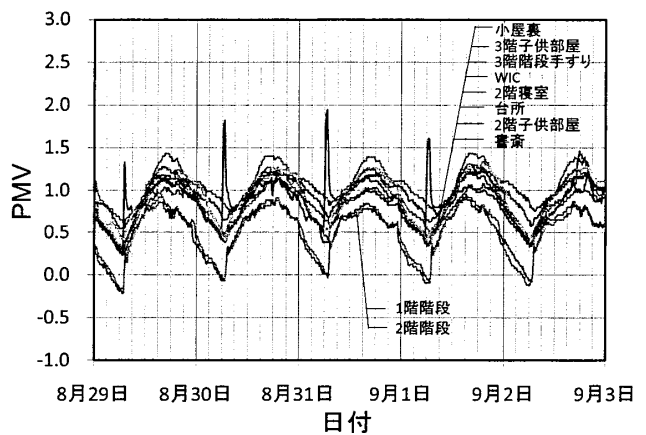


図 10 住宅 M1 の PMV の時間変化

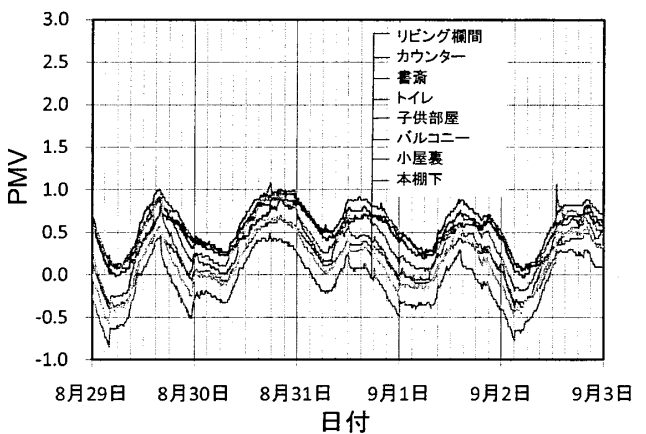


図 11 住宅 T の PMV の時間変化

- 1) 羽原宏美、鳴海大典、下田吉之、水野稔：一般住戸を対象とした実態調査に基づく冷房発停の生起要因に関する検討，日本建築学会環境系論文集，第 589 号，pp.83-90，2005 年 3 月。

Assistant Prof., Muroran Inst. of Tech., Dr. Eng.  
Hashimoto Home CO., LTD.  
Prof., Muroran Inst. of Tech., Dr. Eng.