

建物断熱条件を変化させた場合の室内温熱環境に関する研究

— 窓の開閉状況と放熱器の配置による —

A study on the indoor thermal condition with different insulation of building

— by the window's opening and radiator's displacement

9940455 王 健

1. はじめに

建築の省エネルギー問題が注目されるようになり、気密性・断熱性の性能向上を求めて開口部の減少、空調設備による人工気候化などにより、閉鎖的な建築物が多く造られるようになってきた。今後ますます高断熱化、高气密化が進むことが予想される。温暖地においての現代生活で気密性・断熱性は必要だが、開放性に加えて、自然通風と換気により、よりよい室内環境が得られると考えられる¹⁾。従って、よりよい快適な室内環境と省エネルギーの目的を実現するために、異なる建築断熱条件について、窓からの自然換気により、室内気候にどんな影響を与えるかを把握する必要がある。本研究では、異なる断熱条件を持つ建築において、窓の開閉による室内温熱環境、及び放熱器の配置位置の相違による室内温熱環境の評価を目的とした。

2. 断熱されていない建築において、放射冷房を行う、窓から自然換気による夏期室内温熱環境の測定と評価

2.1 実測概要：実験対象は東京都に建つ、断熱していないオフィスビル(5階建て)の一階会議室である。冷房は除湿・パネル放射冷房により行う。窓より換気され、新鮮な空気と自然な室内気候を取り入れる。【測定項目】銅-コンスタンタン熱電対、グローブ温度計、湿度センサーとデータロガーを用いて外気の温度と相対湿度、居住域と放熱器の付近の相対湿度と空気上下温度分布、居住域の平均放射温度を10分間隔に測定した。【実験パターン】Table. 1に示す4つの換気パターンを設定し実験を行った。

Table. 1 実験パターン(1999年7月)

	冷房の運転状況	窓の開き幅
25日	停止	0
26日	7:30 am~8:30pm 運転	0cm
27日	7:30 am~8:30pm 運転	28cm(0.24m ²)
28日	7:30 am~8:30pm 運転	14cm(0.12m ²)
29日	7:30 am~8:30pm 運転	1cm(0.09m ²)

2.2 結果と考察：以上の測定より、断熱されていないオフィスに対し、窓の開き幅は室内環境に影響を与えた。主に空気上下温度差と相対湿度に大きな変化が見られた。開き幅が大きくなるにつれ、室内空気は流動され、均一になり、空気上下温度差は小さくなる(Fig. 1)。しかし、開き幅が大きくなるほど、窓の近く相対湿度も大きくなり、熱風を感じるため、室内快適性は低下する(Fig. 2)。

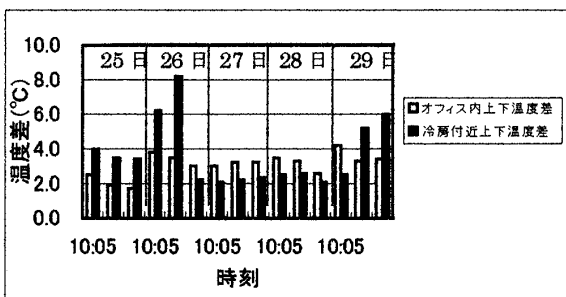


Fig. 1 夏期測定・垂直温度差の比較(1999年7月)

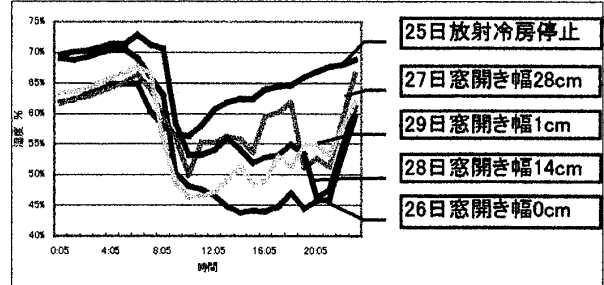


Fig. 2 夏期測定・相対湿度の変化

2.3 PMV と PPD の計算：MATHCAD を用いて、Excel にある実験データと連結するプログラムを作り、PMV と PPD を計算した。計算結果により、オフィス内の PMV の平均値が 0.7~1.0 であった。窓の開き幅の変化が PMV と PPD に大きな影響を与えなかった。PMV が中立範囲にあったとしても、局所の不快感(熱風と 3℃以上の上下温度差)の存在により、快適な状態を得ることができないことが判明した。

3. 高断熱・高气密建築において、放射暖房を行った場合の窓の開閉による冬期の室内気候の測定と評価

3.1 実測概要：実験は断熱性、気密性が高いゲストハウスで行われた。自然な室内気候を得るために二階の窓から自然換気も行っていった。【測定項目】：室内と室外の空気温度、相対湿度、CO と CO₂ 含有率(床から 110cm)。天井、外壁側、窓ガラス、床、人体(額、手、膝、足元、足爪)の表面温度。【実験パターン】 実測期間中、2階の居間にある 2つの窓の開閉を試験条件として加えた以外、ゲストハウスは普段通り使われていた。測定は以下の条件で行った(Table. 2)：

Table. 2 実験パターン(2000年1月8日)

	A	B	C	D
測定時間	8:00	10:00	15:00	17:00
東側の窓	閉	閉	閉	開
西側の窓	開	開	閉	開
在室人数	7人	3人	3人	2人

3.2 結果と考察：測定結果より、窓からの適当な自然換気は高断熱高气密性ゲストハウスの温熱環境には影響ない。人に対する不快感の心配も不要である。しかも上部の窓から自然換気、より良い新鮮な空気を得られると言える。朝には空気中の CO₂ 含有率が高いため、夜の換気は特に重要であることが分かった(Fig. 3)。また薪焚きボイラーの使用は室内空気あまり影響は見られない。

4. 断熱されていない建築において、暖房器具の位置による室内温熱環境の測定と評価

4.1 実測概要：本学のゼミ室を使用して暖房器具の配置位置を変化させた場合の窓周りの空気温度分布を測定した。実験は二つ条件で行われた：①蒸気暖房の使用が停止し、反対側(部屋の奥側)にガスストーブを使う場合(2000年2月22日)と、②普段通りは蒸気暖房が窓の下に設置され、使用される場合である(2000年2月23日)。

4.2 結果と考察：暖房器具の配置場所により、窓周りの温度分布が異なることを改めて明らかにした。部屋の奥に

置いた場合は、コールドドラフトを生じ、床の表面温度が19℃以下に下がり、上下温度差は3℃以上であった。これに対して、外壁の窓下に配置した場合は、床の表面温度が20℃以上に上り、上下温度差3℃以下であった。従って、コールドドラフトを防ぐために、暖房設備を窓のすぐ下に置くことにより、上下温度差は少なくなり、人間は快適な生活ができる。

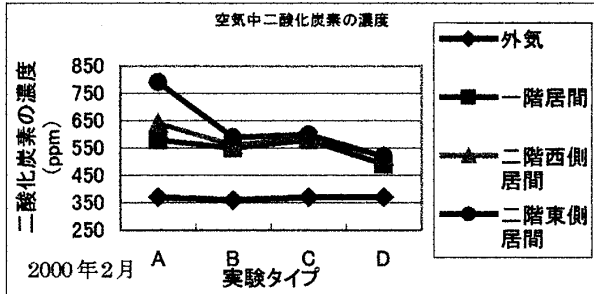


Fig. 3 冬期測定・二酸化炭素の濃度

5. 三次元シミュレーションによる室内温熱環境解析

5. 1 室内空気温度の解析:

5. 1. 1 解析モデル: 4.1の測定対象となった部屋をモデルとして設定し、測定条件に基づいた解析条件を与えて解析を行った(Fig. 4).

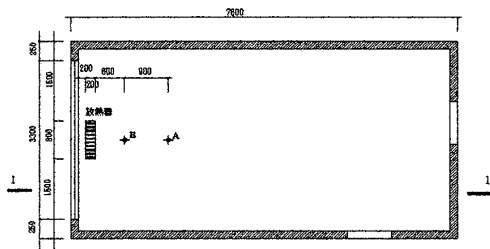


Fig. 4 モデルの平面図

5. 1. 2 結果と考察: 解析結果の有効性を確認するために、窓からの距離=1.9m、つまり4.2にある実験点での床上0.1m、床上0.6m、床上1.1mの点において、解析結果と実験結果を比較した。解析結果と測定結果をTable. 3に示すように、解析結果と測定結果はほぼ同じ値となっていることが判明した。

Table. 3 解析結果と実験結果の比較

床からの高さ(m)	測定結果(°C)	解析結果(°C)
0.1	20.7	21.4
0.6	22.6	23.1
1.1	23.2	24.2

5. 2 断熱条件と暖房配置による室内温熱環境の解析

5. 2. 1 解析モデル: 5.1.1に用いたモデルと同じで、7.6m×3.6mの部屋を設定した。シミュレーションの条件として、Table. 4に示すように、異なる断熱条件下、放熱器を外壁の窓下に設置する、または放熱器を部屋の内部側に設置するの4つタイプを設定した。この4つタイプにおいて、室内空気温度分布と流速分布の解析を行った。

Table. 4 解析条件

	外壁(熱貫流率 w/m ² ・°C)	窓(熱貫流率 w/m ² ・°C)	放熱器の位置
CASE1	無断熱(2.31)	一層ガラス(5.7)	外壁の窓下
CASE2	無断熱(2.31)	二層ガラス(5.7)	部屋の内側
CASE3	断熱(0.9)	ペアガラス(2.9)	外壁の窓下
CASE4	断熱(0.9)	ペアガラス(2.9)	部屋の内側

5. 2. 2 結果と考察: 十分断熱されていない部屋においては、放熱器を外壁の窓下に設置する時、窓近くの温度差は3.7℃であったが、部屋の内部側に設置する場

合は、温度勾配が大きく、温度差は5.3℃であった。それに対し、十分断熱されている場合は、放熱器の位置は空気温度の垂直分布にあまり影響がなく、空気温度の温度勾配も小さい(Fig. 5)。

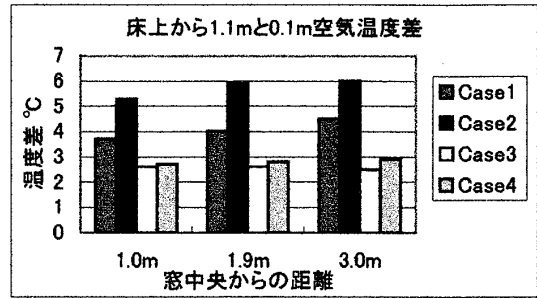


Fig. 5 解析・垂直温度差の比較

また、十分断熱されていない場合には、放熱器の位置が風速分布に影響することも示していた。放熱器は外壁の窓下にある時、床付近の空気の動きがほとんどないが、部屋の内部側に置く時、床付近の風速は速く、0.22m/sまで致した。これに対して、十分断熱されている部屋において、放熱器の位置は室内空気の動きに僅かな影響しか与えないことが判明した。外壁の窓下に設置しても、部屋の内部側に設置しても、床付近の風速は小さかった(Fig. 6)。

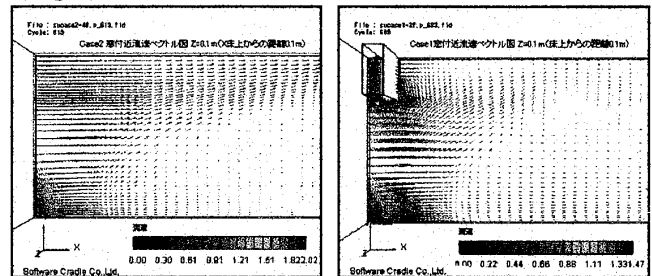


Fig. 6 床付近の空気流速(左: Case2・右: Case1)

6. 総括: 実験を通して、建築の断熱特性により、窓の開閉状況は室内の温熱環境に異なる影響を与えることを把握できた。また、3次元数値シミュレーションから、断熱条件と放熱器の設置場所の相違により、空気温度分布と風速分布の変化傾向が確かめられた。

【参考文献】

- 1) 田中辰明 著: 防寒構造と暖房 理工図書(1993年)
- 2) 木村建一 著: 建築環境工学 1 (株)丸善(1992年)
- 3) 石原修: 九州・沖縄の住宅—閉鎖可能な開放型住居の勧め 建築雑誌(1999年5月号)
- 4) 二村真弓子 卒業論文: 自然換気が行われる居住環境気流解析に関する研究(1998年)
- 5) 山本直子 修士論文: 暖房用自然対流・放射形放熱器の性能評価に関する研究(1998年)

【発表状況】

- 1) 王健・田中辰明: 審査論文「中国民家の中庭と気候の関係に関する考察」, 空気調和・衛生工学会論文集 No.78 (2000年7月)
- 2) 王健・田中辰明: 「気候に対応する中国民家の中庭の特徴に関する考察」(C-44), (社)空気調和・衛生工学会 学術講演会(富山), 1999年9月
- 3) 王健・田中辰明: 「中国民家の屋外・半屋外空間と気候の関係に関する考察」(2Ja-5), (社)日本家政学会第52回大会研究発表(東京), 2000年4月
(指導教官 田中辰明)