

## オフィスにおける窓システムの熱性能評価に関する研究 (その1) 各種窓システムの実測結果

オフィス 熱環境 窓  
Low-Eペアガラス エアフローウィンドウ 実測

1. はじめに オフィスビルにおいて窓は熱的に弱い部位であるため、省エネルギーを図るうえで窓の計画を適切に行うことは重要である。その一方で、開放感や眺望の確保などの要求や意匠上の理由から窓の面積は拡大する傾向にある。このことは、窓面における熱負荷の増加とともに、室内の放射環境の不均一や冬期のコールドドラフトの発生など温熱環境の悪化を引き起こす可能性があり、計画時に窓システムの熱性能評価を正しく行うことが必要である。近年用いられることの多い高性能な窓の熱性能については、松尾、井上、射場本らの空気循環型窓の性能評価に関する研究<sup>1)</sup>、井上、石野、郡らの各種窓システムに関する研究<sup>2)</sup>をはじめとして実測やシミュレーション手法の提案が行われている。本研究では、実測および次報以降で述べる窓の熱性能予測モデルを用いたシミュレーションにより、各種窓システムの評価を行うことを目的とする。本報では、最近のオフィスビルに採用された、Low-Eペアガラスや窓排気を用いた窓システムの熱性能を把握し、モデルの妥当性を示すデータを得るために行った実測について報告する。

2. 実測概要 実測は2003年7月～9月に東京に立地する4つのオフィスビルで行った。対象建物における窓システムの概要を表1に示す。測定項目を表2<sup>2)</sup>に示す。BEMSデータは10分間隔(Kビルは1時間)で、連続測定は瞬時値を10分間隔(Kビルは5分、Nビルは1分)で記録した。

### 3. 実測結果

(1) Sビル[Low-Eペアガラス+ロールブラインド(全開)]

実測結果を図1<sup>3)</sup>に示す。日射の影響を受け、ガラス表面温度は10時頃に32.5℃となっている。測定期間中はほとんどロールブラインドが全開になっていたためグローブ温度は28.6℃まで上昇している。

(2) Tビル[Low-Eペアガラス+ベネシャンブラインド(全閉)+窓上レタン] 実測結果を図2に示す。空調時間帯(7～20時)に空気温度は24～27℃の間を変動している。日射の影響の大きい15時前後に、ブラインド表面温度は35.3℃、グローブ温度は28℃程度となっている。

(3) Nビル[Low-Eペアガラス+ベネシャンブラインド(全閉)+窓上・窓下レタン] 実測結果を図3<sup>4)</sup>に示す。空調開始(7時)以前に鉛直面日射量が大きくなり、7時にはブラインド表面温度が38℃程度になっている。空気温度は9時以降には25～27℃程度であるのに対し、グローブ温度は9時頃に最高27.3℃で室温より2℃程度上昇している。

(4) Kビル[エアフローウィンドウ(ブラインド全閉)] 実測結果を図4に示す。空調時間帯(8～20時)に空気温度

正会員 ○加藤 正宏<sup>\*1</sup> 同 武政 祐一<sup>\*2</sup>  
同 三浦 克弘<sup>\*2</sup> 同 松尾 陽<sup>\*3</sup>  
同 西村 欣英<sup>\*4</sup>

表1 対象建物における窓システムの概要

建物名称	Sビル	Nビル	Tビル	Kビル
窓システム	Low-Eペアガラス +ロール ブラインド	Low-Eペアガラス +ベネシャン ブラインド +窓上・窓下レタン	Low-Eペアガラス +ベネシャン ブラインド +窓上レタン	エアフロー ウィンドウ
ガラス	Low-Eペアガラス 8mm+AG+FL12	Low-Eペアガラス 8mm+AG+FL12	Low-Eペアガラス 8mm+AG+FL12	外側 (内側) 熱反10mm (FL10mm)
吸収率 $\alpha$	41 %	50 %	44 %	26 % (19 %)
透過率 $\tau$	43 %	38 %	42 %	55 % (74 %)
反射率 $\rho$	16 %	12 %	14 %	19 % (7 %)
熱貫流率 $K$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	1.8	1.9	2.2	5.7 (5.8)
ブラインド 注1) 透過率 $\tau$ 反射率 $\rho$	47 % —	8.1 % 51.7 %	8.5 % —	2.4 % 31.8 %
排気風量 注1) [m <sup>3</sup> /(h·m)]	—	窓上 17 窓下 25	窓上 74	114
窓高さ	2,605 mm	2,700 mm	2,020 mm	2,610 mm
天井高さ	2,800 mm	2,800 mm	2,800 mm	2,800 mm
ベリカウター高さ	195mm	100mm	720mm	190mm
窓幅/壁幅	1,571/3,200 mm	2,200/3,200 mm	連窓	連窓
実測期間	2003/7/11～18 (在室者あり)	2003/8/4～22 (在室者なし)	2003/8/24～31 (在室者あり)	2003/9/9～19 (在室者なし)

表2 主要な実測項目

BEMSデータ	外界気象条件	外気温湿度、水平面全天日射量、風向・風速
連続測定	鉛直面日射量・照度	ブラインド壁外側、ブラインド室内側
	室内温熱環境 (インテリア・ベリメータ)	FL+0.1m, 0.6m, 1.1m, 1.7m, 2.2m, 2.7m
	グローブ温度 (FL+1.1m)	床・天井表面温度
	窓周り温度	ガラス・ブラインド表面温度、窓中空層温度
移動測定	吹出・排気温度	空調吹出口、窓上・窓下排気口
	放射の非対称	窓から0.5m, 1.0m, 2.0m (以降室内側1m間隔)
	室内温度・風速分布	FL+0.1m, 1.1m
	排気風量	排気口の風速を風速計により数点測定
	窓表面温度分布	サーモカメラにより測定

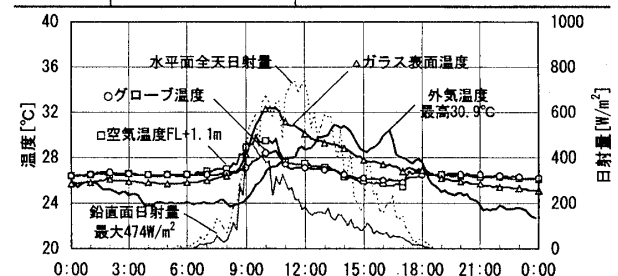


図1 Sビルにおける実測結果 (7月12日・南東面)

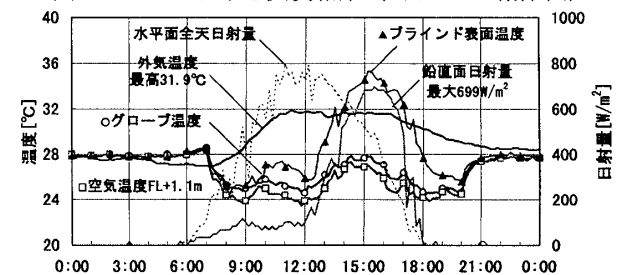


図2 Tビルにおける実測結果 (8月25日・西面)

Thermal Performance Evaluation on Window Systems in Office Buildings  
Part 1. Measurements on Thermal Performance of Window systems

KATO Masahiro<sup>\*1</sup>, TAKEMASA Yuichi<sup>\*2</sup>, MIURA Katsuhiko<sup>\*2</sup>,  
MATSUO Yoh<sup>\*3</sup>, and NISHIMURA Yoshifusa<sup>\*4</sup>

は24～26℃程度で安定している。グローブ温度は空調開始時(8時)に最高26.9℃で、室温との差は小さい。図5に窓側および室内側MRTの測定値を示す。窓から1mの点においても窓側MRTが2.5℃高くなる程度に抑えられている。

**4. 窓近傍における放射環境の評価** 各建物の窓近傍における放射環境を比較するため、グローブ温度を同位置において測定した空気温度により基準化(以下、室温基準グローブ温度とする)した。図6に各建物の窓近傍における、室温基準グローブ温度と外気温との相関を示す。いずれの窓においても両者の相関は低い。図7に各建物の窓近傍における、室温基準グローブ温度と鉛直面日射量の相関を示す。両者には相関が見られ、特にKビルにおいて相関が比較的高い。これは、Kビルにおける実測期間中には日射量が安定した日が多かったが、他の建物における実測期間中には日射量の変動が大きかったため、グローブ温度の変化が日射量の変化に追従できなかったためであると推測される。Nビル、TビルおよびKビルでは、鉛直面日射量が大きい場合でも室温基準グローブ温度は2℃を下回っており、窓面からの放射の影響はあるものの、さほど大きくないと考えられる。3つの建物を比較すると、Kビルの回帰直線の傾きは若干小さく放射環境は他の建物よりやや良好であると推察される。Sビルでは右肩下がりの回帰直線となっているが、ペリメータに設置されたファンコイルユニットからの気流がグローブ温度の測定値に影響したと考えられる。

**5. おわりに** 各種窓システムの実測を行い、室温基準グローブ温度を用いて窓近傍における放射環境を比較した。室温基準グローブ温度と鉛直面日射量の相関は比較的高く、今回測定した窓システムに関してはエアフローウィンドウの放射環境がLow-Eペアガラスを使用した窓よりもやや良好であると推察された。今回の実測データを用いて、次報以降で述べる窓の熱性能予測モデルの精度の確認を行う。

謝辞 実測の際にご協力いただきました、石井克匡氏、中居林太郎氏(当時明治大学卒業生)、ほか関係諸氏に謝意を表します。

注1) ブラインド透過率および反射率は、ブラインド屋外側と室内側において測定した日射量より推定を行った。また、排気風量は排気口において数点測定した風速の平均値に排気口面積を乗じて算出した。

注2) 日射量の測定は精密全天日計(英弘精機:MS-801)を使用した。温度測定はT型熱電対(窓近傍の表面温度は0.1mmφ1芯、その他は0.2mmφ10芯)を使用した。放射の非対称性の測定は温熱環境計測装置(B&K:1213型 Indoor Climate Analyzer/MM0036型非対称輻射温度計)を使用した。

注3) 鉛直面日射量は室内側で測定した日射量をガラスの透過率で割り戻して算出した。

注4) Nビルにおける鉛直面日射量は一部期間で正確に測定が行えなかったことから、同位置で測定した照度の測定値と相関が高いことを確認し、照度より推定した。

参考文献 1) 松尾, 井上, 射場 ほか: 窓の熱的性能評価に関する研究(その1)～(その7), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1983～1986年 2) 井上, 石野, 郡ほか: ペリメータレス空調の評価法に関する研究 第一報～第五報, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 1991～1992年

\*1 鹿島技術研究所 研究員 工修

\*2 鹿島技術研究所 主任研究員 工修

\*3 明治大学理工学部建築学科 教授 工博

\*4 長谷工コーポレーション 工修(当時明治大学大学院 博士前期課程)

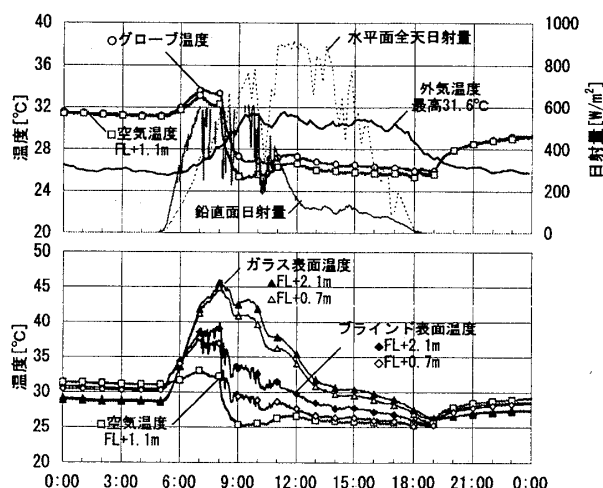


図3 Nビルにおける実測結果(8月11日・南東面)

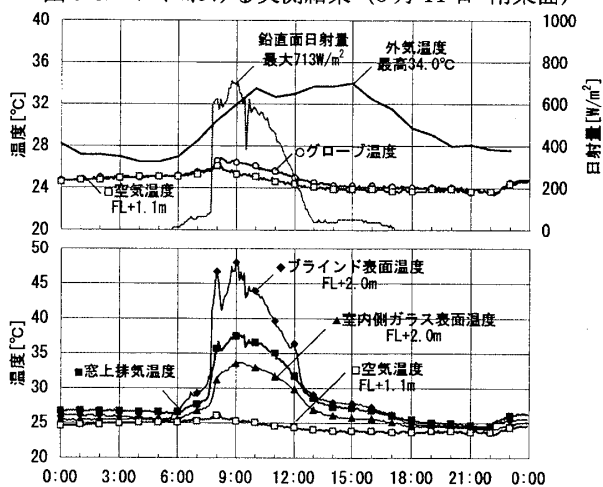


図4 Kビルにおける実測結果(9月12日・東面)

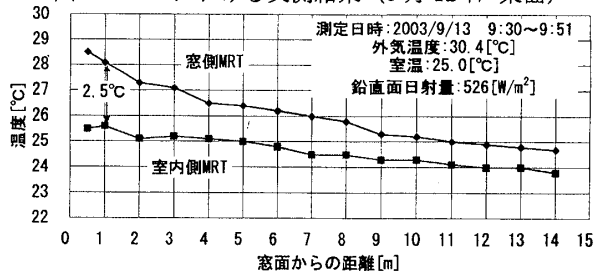


図5 窓側および室内側MRTの測定値(Kビル)

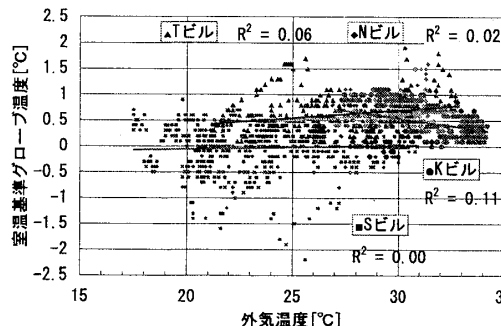


図6 窓近傍における室温基準グローブ温度と外気温との相関

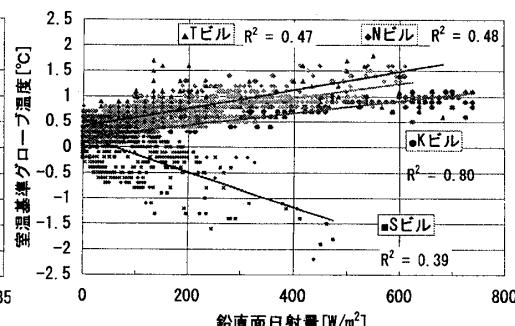


図7 窓近傍における室温基準グローブ温度と鉛直面日射量の相関

\*1 Research Engineer, Kajima Technical Research Institute, M.Eng.

\*2 Senior Research Engineer, Kajima Technical Research Institute, M.Eng.

\*3 Professor, Department of Architecture, School of Science & Technology, Meiji University, D.Eng.

\*4 Haseko Corporation, M.Eng.