

## 通風と日射遮蔽の両面からみた日射遮蔽部材の評価

## INTEGRATED EVALUATION OF SOLAR-SHADING DEVICES FOR THE INDOOR CLIMATE CONTROLLABILITY BY CROSS VENTILATION AND SOLAR SHADING

小林美和\*1, 澤地孝男\*2, 倉山千春\*3, 西澤繁毅\*4

瀬戸裕直\*5, 井上 隆\*6, 成田健一\*7

*Miwa KOBAYASHI, Takao SAWACHI, Chiharu KURAYAMA, Shigeki NISHIZAWA, Hironao SETO, Takashi INOUE and Kennichi NARITA*

While solar-shading devices for buildings' openings contribute to reducing solar heat gain, they can increase airflow resistance of openings. Natural ventilation through windows contributes to the improvement of indoor thermal environment by dissipating indoor heat and increasing indoor air speed. In this study, by measuring independently the solar heat gain coefficient and the discharge coefficient, different types of solar shading devices including the eave are evaluated in an integrated way. When the solar-shading devices are moved and attached on the insect screen due to the outflow, such as in the case of curtains, the discharge coefficient of the openings with the devices decreases considerably.

**Keywords :** Cross Ventilation, Solar Shading, Openings, Wind Tunnel Experiment, Full Scale Model, Solar Simulator

通風, 日射遮蔽, 開口部, 風洞実験, 実大建物, 太陽光シミュレータ

## 1. はじめに

地球温暖化対策の一環として、住宅部門における省エネルギー対策は欠かせないものとして位置づけられている<sup>1)</sup>。その一方で、居住者の住宅室内環境に対する不満は依然として少なくなく、居住形態の多様化に伴い要求も様々である。季節の悩み(不満・不安・不便など)について実施されたアンケート(自由記入)調査結果<sup>2)</sup>においても、1位に「暑い」、2位に「寒い」、5位に「風通し」が挙げられており、上位に「暑い」「風通し」が位置していることから防暑に対する要求が共通して高いことが窺える。

省エネルギーや快適性の観点から夏期及び中間期の防暑を考える場合、今後エネルギー消費の増大が懸念される中低緯度地域において、通風による排熱及び室内気流の増加や日射遮蔽による日射の侵入防止は、どちらも大変重要である。また、天井や屋根、壁、開口部のそれぞれに適した防暑対策があるが、開口部以外の場合には断熱や通気経路の確保(小屋裏換気等)が基本となる。一方、開口部については他の部位と比較し熱性能が低く、より高度な対策が必要であるにも関わらず、眺望性や採光・通風等、要求される性能が居住者や季節・時間により様々であり、その上で防暑を考えていくためには、通風や日射遮蔽といった居住者が関与する対策が不可欠と言える。これらの手法は昔から親しまれている手法であるが、今

後更に有効に活用していくためには、これらの効果を定量的に把握していく必要がある。

## 2. 既往研究

## ①通風性能の評価に関する研究

倉瀬ら<sup>3)</sup>は室内外及び開口部の通風性能について縮小模型を用いた風洞実験により検討し、樋山ら<sup>4)</sup>は開口面積比や開口位置等を変化させた際の通風量の変化を換気回路網解析により検討を行っている。

## ②開口部の日射遮蔽性能に関する研究

藤本ら<sup>5)</sup>による天候に左右されずに日射遮蔽性能を測定することを目的とし、太陽光に近い波長のランプを採用した人工太陽の開発とそれをを用いた日射遮蔽性能の測定が行われている。また、山田ら<sup>6)</sup>による実建物の日射遮蔽性能を簡易的に計測するための実測装置の実用化に向けた研究や、松村ら<sup>7)</sup>による実測から日射取得係数を求める方法の作成、稲沼ら<sup>8)</sup>による室内空気への熱移動分析を考慮した日射熱の成分別測定装置の開発とそれによる測定も行われている。

## ③通風と遮熱対策を併用させた場合の効果に関する研究

飯野ら<sup>9)</sup>は、網戸やレースカーテン、カーテンの組み合わせを変

\*本報は文献15)20)21)に掲載した口頭発表論文に加筆、修正したものである。

\*1 東京理科大学大学院理工学研究科 大学院生

\*2 国土交通省国土技術政策総合研究所  
建築新技術研究官・工博

\*3 国土交通省国土技術政策総合研究所 主任研究官

\*4 国土交通省国土技術政策総合研究所 研究官・博士(工学)

\*5 独立行政法人建築研究所 主任研究員

\*6 東京理科大学 教授・工博

\*7 日本工業大学 教授・工博

Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Tokyo Univ. of Science  
Research Coordinator for Advanced Building Technology, National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr. Eng.  
Senior Researcher, National Institute for Land and Infrastructure Management  
Researcher, National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr. Eng.  
Senior Researcher, Building Research Institute  
Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.  
Prof., Nippon Institute of Technology, Dr. Eng.

化させ開口部に設置した場合の室内の気流性状を明らかにすることを目的とし、通風輪道内の平均風速や乱れの強さ等の計測を行った結果、開口部直後の気流性状は、開口部に設置した部材の気流抵抗の度合いにより異なることを示している。また、赤林ら<sup>10)</sup>の研究では、開口部の日射遮蔽及び夜間通風、蓄熱体利用による冷房負荷低減効果について検討し、日射遮蔽の効果が大きいものの、3つの手法を組み合わせた場合の効果が一番大きいことを報告している。また岩松ら<sup>11)</sup>の研究では、遮熱(日射遮蔽部材(簾)・天井断熱の強化・床蓄冷材)と通風、夜間換気を組み合わせた場合の室温や室内周壁温度について計測し、遮熱対策なしの住宅と比較して室温は約1℃、室内周壁温度は約1.5℃低く抑えられるとの結果を得ている。また酒井ら<sup>12)</sup>は、白色塗料や断熱材の遮熱性能と開口面積をパラメータとして日射遮蔽手法が通風環境の快適性に及ぼす影響について検討し、日射遮蔽対策を施さない場合には、開口面積が小さいと通風量低下に伴い天井表面温度の低下が抑制され、室温が高くなることを報告している。

今後、省エネルギーかつ室内を涼しく保つという要求を実現していくためには、単独の対策だけでなく複数の対策を適切に併用することが有効であると考えられる。赤林ら<sup>10)</sup>、岩松ら<sup>11)</sup>、酒井ら<sup>12)</sup>は複数の手法を併用した際の検討を行っているが、いずれも対策を施したことによる室内への影響を把握している。しかし、熱の流入や排出は主に開口部を通して行われるため、対策を施した開口部の状況を詳細に把握することも大変重要となる。現状において開口部の防暑性能に特化した研究例は極めて少ない。

### 3. 本研究の目的

本論文は、開口部の防暑性能について通風と日射遮蔽の両面から検討を行うことを目的とする。前述したように通風と日射遮蔽は省エネルギー及び防暑を考える上でどちらも大変重要であり、両性能はこれまで個々に評価されてきた。しかし、日射遮蔽部材の種類や設置方法によっては日射遮蔽性能は高いものの、通風のための有効開口面積が小さくなる可能性があり、両方を組み合わせた評価を行っていく必要がある。

そこで本研究では、まず実験により日射遮蔽部材を設置した開口部の通気抵抗(有効開口面積の抑制)と日射遮蔽性能について測定し、それぞれ流量係数・日射熱取得率を指標として検討を行った。次に、これら両方の実験結果を組み合わせ、開口部の防暑性能について評価を試みた。

### 4. 日射遮蔽部材設置時の開口部における通風性能の把握

#### 4-1. 実験概要

写真1に本実験で使用した建築研究所内の実大風洞及び建物模型を、図1に建物模型の平面図及び立面図を示す。本風洞は建物模型非設置時において、吹出し面内の風速がほぼ一様で平均値の5%以内に収まっており、乱れについても極力小さく抑えている<sup>13)14)</sup>。

図1に示すように、建物模型に対角線上に2つの開口部を設け、開口aには市販の引き違い窓サッシ<sup>注1)</sup>を設置し、開口bは単純開口(W880mm, H1740mm)とした。開口aに網戸<sup>注2)</sup>と各日射遮蔽部材を設置した状態で風洞内に風を吹かせ、その際の開口部風速及び壁面風圧力、床面風圧力の測定を行った。壁面風圧力については、

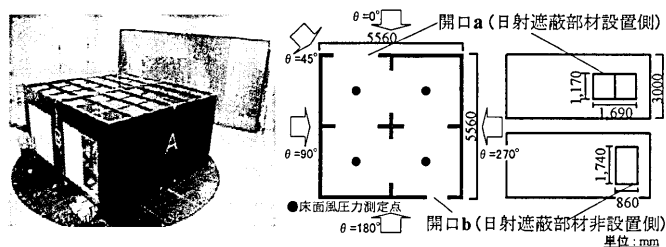


写真1 実大風洞及び模型 図1 建物模型の平面図・立面図 (床面風圧力測定点および開口部位置、風向の定義)

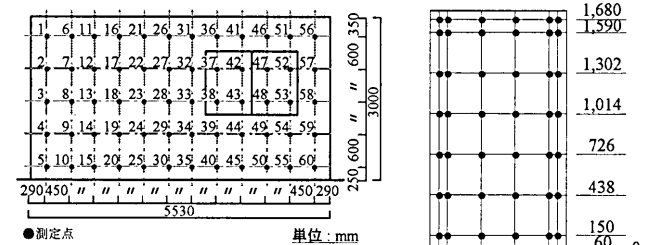


図2 壁面風圧力測定点(建物側面)

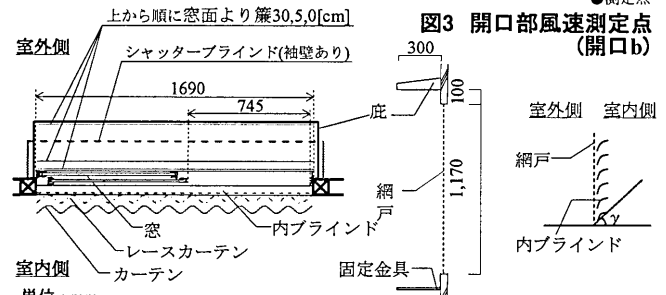


図3 開口部風速測定点(開口b)

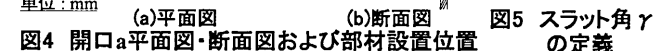


図4 開口a平面図・断面図および部材設置位置

図5 スラット角γの定義

窓形状	付属部材	設置部材	風速 [m/s]	スラット角度 [°]	部材の位置 (窓面から)	測定風向数	条件記号	
引き違い窓	網戸・庇	なし	3	—	—	24	A1	
		レースカーテン	3	—	内側11[cm]	24	B1	
		レースカーテン+カーテン	3	—	内側17[cm]	24	B2	
		内ブラインド	3	45	内側8[cm]	12	C2	
			3	0.90		24	C1,C3	
			2	0.45,90		12	C4-6	
			1	0.45,90		12	C7-9	
		外部遮蔽	簾	3	—	外側0[cm]	24	D1
				3	—	外側5[cm]	24	D2
				3	—	外側30[cm]	24	D3
網戸	シャッターブラインド	3	0.45	外側17[cm]	24	E1,E2		

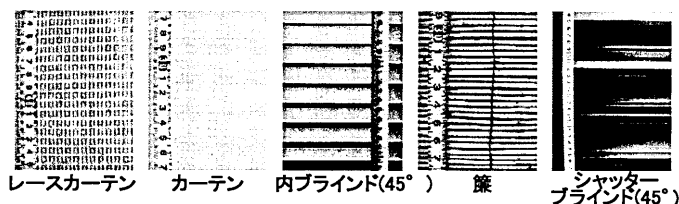


写真2 実験に用いた日射遮蔽部材

本研究で通風性能の指標として用いている流量係数を、開口部の形状の影響も含めて評価するため、写真1、図1に示した建物模型に開口部を設けていない直方体の状態で、内径1mmの圧力測定孔と圧力変換機をテフロンチューブによりスキヤニバルブ(スキヤニバルブ社製)を介して気密に接続し測定した。図2に壁面風圧力測定点、図3に開口部風速測定点を示す。なお、床面風圧力測定点については図1に併記している。開口部風速については開口bにおいて、3次元超音波風速計(カイジョー製 WA-390型, DA-600型)を用

いて3分間(10Hz)、床面及び壁面風圧力については微差圧計(MKS社製 Baratoron)を用いて1分間(10Hz)測定を行った。風洞内の温度は20-25℃、風向(図1に併記)は0-345°を15°ピッチで24風向を基本とし、基準風速(建物模型非設置時における建物模型の上流壁面位置の風速)は実験条件により1,2,3m/sと変化させた。開口aの平面図及び断面図を図4、実験条件を表1、測定に用いた日射遮蔽部材<sup>註3)</sup>を写真2に示す。なお、本実験ではシャッターブラインド以外の条件で図4に示すように開口aの上部に庇を設けて実験を行った。また、図5にブラインドのスラット角の定義を示すが、本検討においてはスラットの凸面が室外側に向いている場合のみを対象としている。

4-2. 風圧及び流量係数の算出式

4-1.の方法で測定した開口部風速より通風量を、床面・壁面風圧力より風圧差を算出し<sup>註4)</sup>、これらを用いて流量係数を算出している。なお、通風量については、開口部風速の面積平均により求めている。また、壁面風圧力には図2に示した測定点のうち開口部位置に相当する点のデータの面積平均値、開口面積には実開口面積<sup>註5)</sup>約0.82m<sup>2</sup>(W745mm×H1105mm)を用いている。式(1)に風圧係数、式(2)に流量係数の算出式を示す。

$$C_p = \frac{P}{P_v} \quad \dots \text{式(1)} \quad \left( P_v = \frac{\rho}{2} V^2 \right)$$

$C_p$ : 風圧係数  $P$ : 風圧力[Pa]  $P_v$ : 速度圧[Pa]  $\rho$ : 密度[kg/m<sup>3</sup>]

$$\alpha = \frac{Q}{AV\sqrt{C_{p1} - C_{p2}}} \quad \dots \text{式(2)}$$

$\alpha$ : 流量係数  $Q$ : 流量[m<sup>3</sup>/h]  $A$ : 開口面積[m<sup>2</sup>]  
 $V$ : 基準風速[m/s]  $C_{p1}$ : 壁面風圧係数  $C_{p2}$ : 床面風圧係数

4-3. 実験結果及び考察

4-3-1. 庇の通風に及ぼす影響について

本実験は、検討対象となる日射遮蔽部材とは別に庇を設けているため、庇が通風性能に与える影響について検討を行った。図6は開口部に網戸のみを設置した場合(庇なし)と網戸に加え庇を設置した場合(庇あり, 条件 A1)の流量係数を比較した結果である。なお、庇なしの結果については、既往研究の実験結果(同一窓における庇なし・網戸ありの結果)<sup>15)</sup>を用いている。ただし、壁面風圧力に関しては、他の検討結果と合わせるため、建物模型に開口等を設けていない直方体の状態で測定した値を用いている。また、風向90°及び270°付近では同一開口面内での風の流入流出および経時的に繰り返される流入流出が見られるが、4.では便宜上、285° ≤ θ ≤ 75°を流入時、105° ≤ θ ≤ 255°を流出時と表現する。

図6より、流入時・流出時ともに庇を設置したことによる流量係数の変化は小さい。流量係数の変化は主として流入出気流の角度の影響を受けるとされており、本実験では庇の存在がその角度にあまり影響を与えなかったことによると考えられる。また、庇を設置することで風圧力が高まり、流量係数が同等であっても流入時の通風量が増加することが予想されたが、別途測定した庇設置・非設置時の開口部圧力を用いた風圧係数差を比較してもほとんど差が見られなかった。

4-3-2. 庇以外の各日射遮蔽部材の通風抵抗について

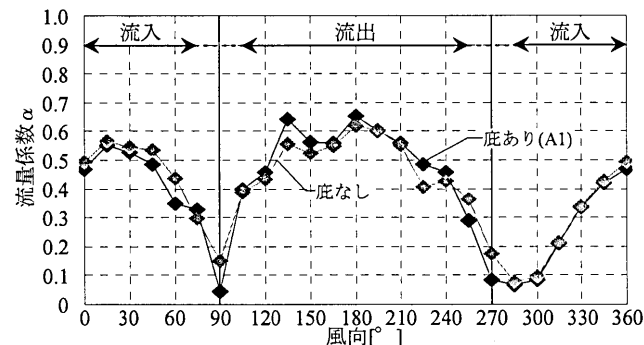


図6 庇設置時・非設置時の風向別流量係数の比較

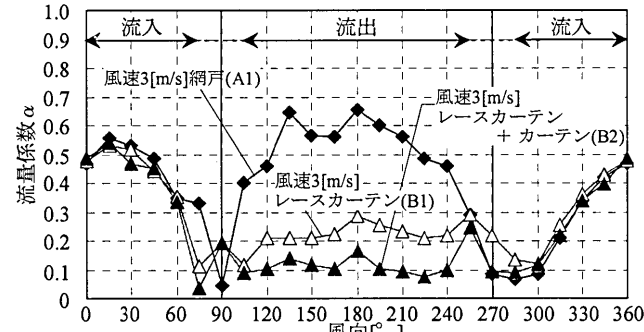


図7 カーテン設置時の風向別流量係数

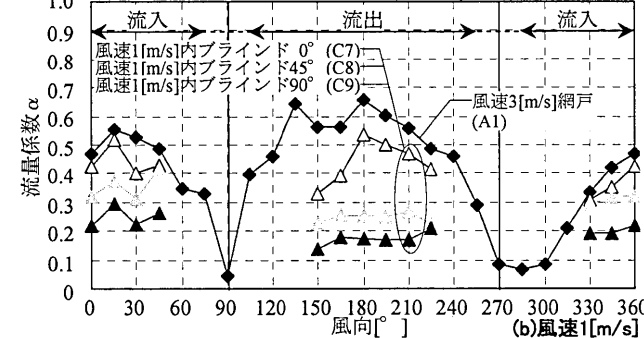
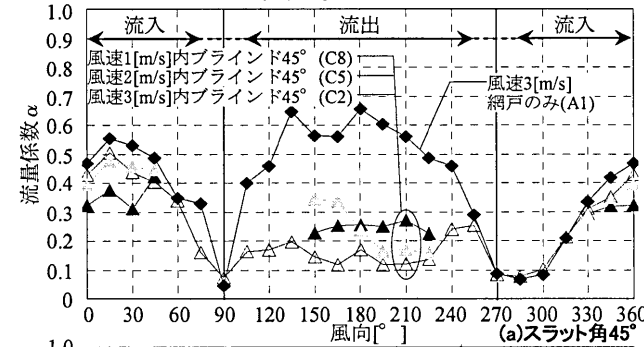


図8 内ブラインド設置時の風向別流量係数

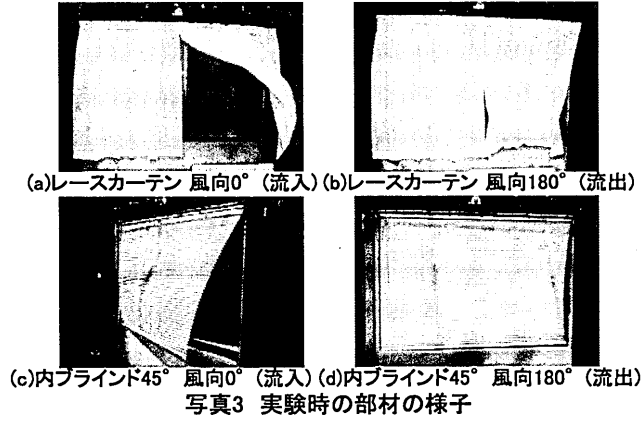


写真3 実験時の部材の様子

以下に、各日射遮蔽部材設置時の結果及び考察を示す。なお、図7～図10には、参考のため網戸のみ（風速3[m/s]網戸、条件A1）の結果を併記している。なお、図7～図10に示す結果は各日射遮蔽部材単体の値ではなく、網戸・庇・日射遮蔽部材を含む値である。

**カーテン** 図7にカーテン設置時の風向別の流量係数、写真3(a)(b)に実験時のカーテンの様子を示す。図7より、流入時はレースカーテン(B1)、レースカーテン+カーテン(B2)とも網戸のみを設置した条件A1における流量係数と同程度の値を示すが、流出時においてはレースカーテン(B1)で0.2程度まで、レースカーテン+カーテン(B2)で0.1程度まで低下している。この理由は、写真3(a)(b)に示すように、流入時はカーテンが室内側になびき、風が主にカーテンと網戸の間から流入することでカーテンによる通気抵抗の増加が生じていないのに対し、流出時はカーテンが網戸に張りつき、カーテンの生地によって通気抵抗が増すためと考えられる。特にレースカーテンにカーテンを加えた条件B2では、通気抵抗増加による流量係数の減少が著しい。今回は網戸を設置しているが、非設置の場合は風速が大きくなるとカーテンが室外側になびき抵抗は小さくなることが推察される。また、測定中のレースカーテンやカーテンの状態に測定結果が左右されることが考えられるが、風の状況が最も不安定となりやすい風向75°及び90°においても、通風量が測定時間を通じて測定結果に問題を生じるほどの変動をしていないことを時系列データにより確認している。

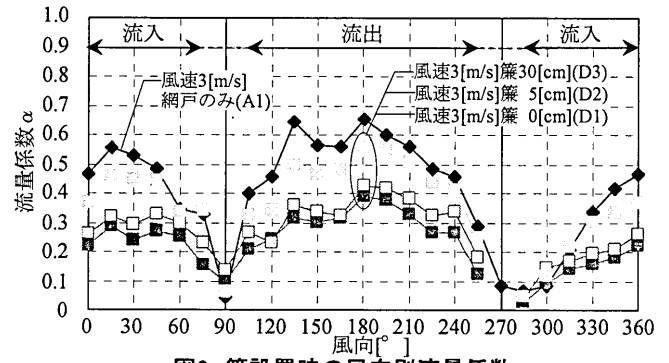


図9 簾設置時の風向別流量係数

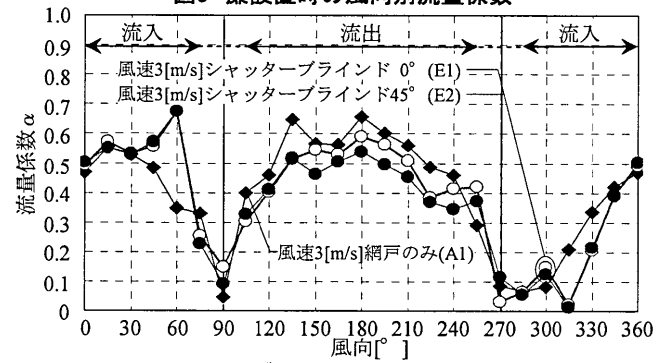


図10 シャッターブラインド設置時の風向別流量係数

**内ブラインド** 図8(a)に内ブラインド(スラット角45°)設置時の各風速における風向別の流量係数、写真3(c)(d)に実験時の内ブラインドの様子を示す。流入時においては、風速2m/s(C5)および3m/s(C2)の場合の流量係数はほぼ一致しており、網戸のみを設置した条件A1と比較しても最大で約0.1弱程度の低下である。それに対して、風速1m/s(C8)の場合については、0.2程度低下しており、ブラインドが室内側に煽られない程度の風速条件では通風量低下を引き起こすことがわかる。一方、流出時は風速3m/s(C2)時の流量係数が最も小さい値を示し、風向180-225°においては風速1m/s(C8)時の流量係数が最も大きい値を示した。この理由は、写真3(d)に示すように、内部遮蔽部材である内ブラインドは、風速が増すとスラットが風に煽られて網戸に張りついてしまい有効開口面積が減少するためと考えられる。次に、風速1m/s時の各スラット角における風向別の流量係数を図8(b)に示す。図8(a)について述べたように、風速が強くとスラットが煽られてしまうことがあるが、風速1m/s下の実験においてそのような現象は見られなかった。図8(b)より、スラットが煽られない状況下においては、スラットが水平状態(0°)に近づくほど流量係数が大きくなることがわかる。

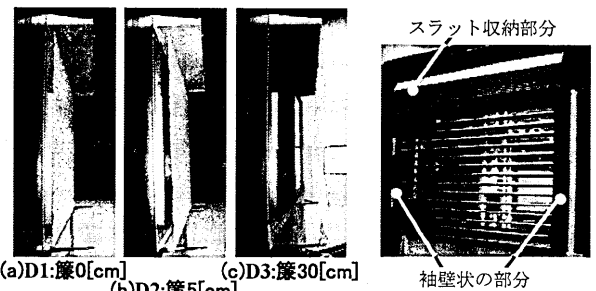


写真4 簾の設置状況

写真5 シャッターブラインド

**簾(すだれ)** 図9に簾設置時の風向別の流量係数を示す。簾を写真4に示すようにサッシ面から0,5,30[cm]離して吊し、下部を固定して実験を行っている。図9より、流入時・流出時ともに簾がサッシ面から離れるにつれ流量係数が大きくなる傾向が見られ、30[cm]離れた条件D3では網戸のみを設置した条件A1と比較しても0.1程度の低下にとどまっている。これは、簾の下部を固定しているため簾が窓面に張りつくことがなく、簾自体の隙間に比べ、簾と網戸の間の空隙が風の通りやすさに大きく影響を与えるためと考えられる。なお、条件D1～D3の風向270°のデータについては、式(2)中の風圧係数が測定限界(±0.005[mmAq]程度)に近づき、精度を

保つことができなかつたため、図9では検討から除外した。

**シャッターブラインド**

図10にシャッターブラインド設置時の風向別の流量係数を示す。図より、流出時はスラット角

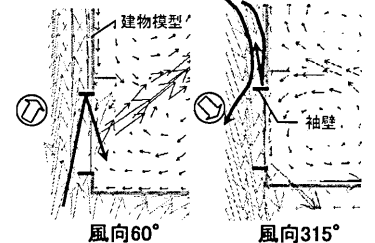


図11 袖壁による通風経路の変化

0°,45°ともに網戸のみを設置した場合と比較して流量係数が若干小さい値を示している。またスラット角0°(E1)と45°(E2)の比較では、全体的にスラット角0°(E1)の流量係数の方が大きくなる傾向が見られる。一方、流入時においては風向0°付近では3条件(A1,E1,E2)の流量係数はほぼ一致しているが、風向60°付近及び315°付近において大きなずれが生じている。これは、シャッターブラインドに付いているシャッターBOXの袖壁状の部分(写真5)(以下、袖壁)が影響していると考えられる。図11は風向60°及び315°における袖壁非設置時の気流ベクトルに袖壁の位置と袖壁があることによって変化すると考えられる通風経路を示したものである。風向60°付近においては袖壁が無い時には壁に沿って流れてしまっていた風が袖壁に当たり室内に導かれ、風向315°付近においては

開口部に向かって流れてきた風が袖壁により進路が変化し、室内に流入する風が減少すると推察される。

5. 日射遮蔽部材の日射遮蔽性能の把握

5-1. 実験概要

本実験に用いた太陽光シミュレータ、恒温室及び計測箱からなる測定装置の断面図<sup>16)</sup>を図12に示す。太陽光シミュレータは、現状で最も太陽光スペクトルに近似し、安定した光源であるキセノンのショートアークタイプを採用しており、ランプの特性及び実験室の制約から照射方向は水平（試験体に垂直入射）に限定される。図13にエアマス（AM）1.5 基準太陽光と試験体面での波長特性を示すが、試験体面において概ね太陽光と一致している。また波長毎の分光照射強度のスペクトル合致度は、最大で1.19（900-1100nm）、最小で0.90（700-800nm）となっている。

本実験は夏期を想定し、恒温室の温度を30℃、計測箱を25℃に制御している。4の実験で使用した日射遮蔽部材を計測箱の試験体面に設置した状態で、非照射時の熱貫流量及び照射時の計測箱内熱量について測定を行った。表2に実験条件を示し、スラット角の定義は図5と同じとする。なお、測定開口部はFix窓であり、庇・網戸を設置せずに測定を行った。

5-2. 計測箱内の熱収支及び日射熱取得率の算出式

図14に夏期を想定した計測箱の測定原理を示す。計測箱内表面は全て熱流計パネルで覆われており、パネルを通過する熱量の計測が可能である。また、計測箱内部に熱伝達率調整・温度制御のためのファン・ヒーター、背面に照射による熱量除去のための冷却パネルが設けられている。日射熱取得率の算出式を式(3)<sup>16)</sup>に示す。日射熱取得率はISO 15099<sup>17)</sup>においては式(4)のように定義されており、式(3)は式(4)に従っている。

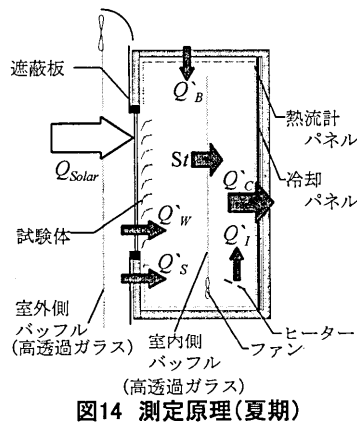


図14 測定原理(夏期)

$$\eta = \frac{S_i}{Q_{Solar}} = \frac{(Q_c - Q_s - Q_b - Q_i) - Q_w}{Q_{Solar}} \dots \text{式(3)}$$

$\eta$ : 日射熱取得率

$S_i$ : 照射日射による室内での取得熱量 [W]

$Q_{Solar}$ : 試験体受熱量 [W]

$Q_c$ : 日射照射時の冷却パネルで除去される熱量 [W]

$Q_s$ : 日射照射時の試験体取り付け枠からの流入熱量 [W]

$Q_b$ : 日射照射時の計測箱周壁4面からの流入熱量 [W]

$Q_i$ : 日射照射時のファン・ヒーターで投入される熱量 [W]

$Q_w$ : 日射照射時の試験体の貫流熱量 [W]

$$\eta = \frac{q_{int} - q_{int}(I_s = 0)}{I_s} \dots \text{式(4)}$$

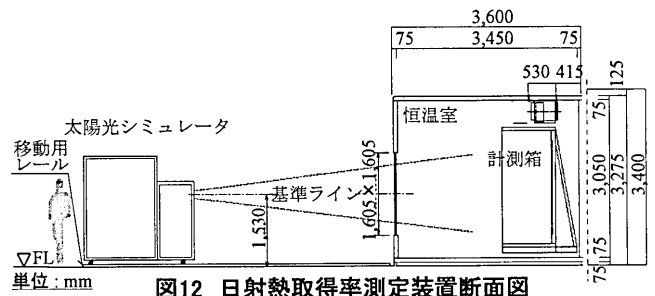


図12 日射熱取得率測定装置断面図

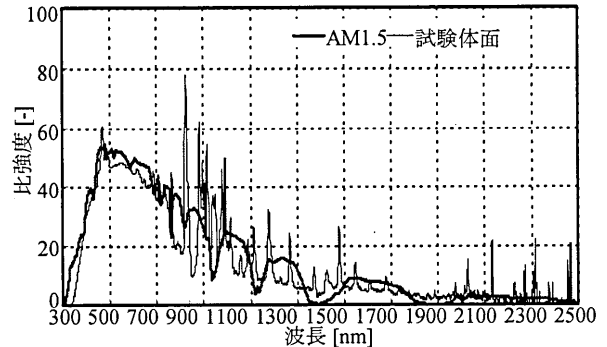


図13 試験体面での分光分布(AM1.5との比較)

表2 実験条件

窓形状	サッシ	設置部材	スラット角度[°]	条件記号	
(普通複層ガラス)	F i x 窓	なし	-	A	
		内部	レースカーテン	-	Bi
			レースカーテン+カーテン	-	Bii
		外部	内ブラインド	0,45,90	Ci-Ciii
			簾	-	D
			シャッターブラインド	0,45,90	Ei-Eiii

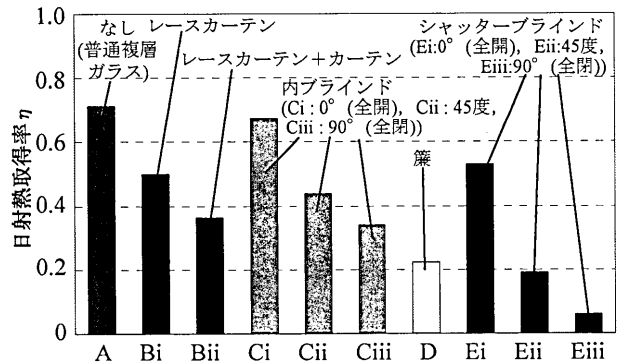


図15 各条件の日射熱取得率

$I_s$ : 照射日射量 [W/m<sup>2</sup>]

$q_{int}$ : 照射時の取得熱流密度 [W/m<sup>2</sup>]

$q_{int}(I_s = 0)$ : 非照射時の取得熱流密度 [W/m<sup>2</sup>]

5-3. 実験結果及び考察

図15に各条件における日射熱取得率を示す。ここで、本検討における日射熱取得率 $\eta$ はガラス（普通複層ガラス）及びサッシ（アルミ熱遮断）、日射遮蔽部材を含む値であり、4-3-2.で記述したような部材のなびきや張りつき等については考慮されていない。

図より、カーテンはレースカーテン(Bi)に比べレースカーテン+カーテン(Bii)、ブラインドは内部遮蔽部材(Ci~Ciii)に比べ外部遮

蔽部材(D,Ei~Eiii)、スラット角が全開状態(90°)に近づくほど日射熱取得率が小さくなり、日射遮蔽性能が向上する。また、簾(D)はシャッターブラインド(スラット角 45°, Eii)と同程度の日射遮蔽性能を有する。ここで、本実験は建物に対して水平に照射を行っているため、スラット角が水平(0°)の条件は、開口の方位によっては実際よりも大きい値を示していると考えらるべきである。

6. 開口部の防暑性能の把握

6-1. 検討方法

4.で算出した流量係数、5.で算出した日射熱取得率を用い、通風と日射遮蔽の2面からみた開口部の防暑性能について検討を行った。図16~18は縦軸に流量係数、横軸に日射熱取得率をとっており、横軸を反転しているため図の右上に位置するほど通風と日射遮蔽の両面からみて優れた性能を有する条件となる。また、左上に位置するほど日射遮蔽性能には劣るものの通風性能に優れ、同様に右下に位置するほど通風性能には劣るものの日射遮蔽性能に優れている条件となる。なお、流量係数については各風向別のデータがあるが、本検討では全条件において12風向(0-45°, 150-225°, 330-345°)を対象として圧力計の精度に満たないデータ(風圧係数差 0.02未満)を除外し、残りのデータを開口部風速のデータを参考に流入・流出に分け、それぞれを平均した値を縦軸に用いている。また、日射熱取得率については方位角・太陽高度が考慮されていないため、各部材に対するデータは開口部に垂直に入射する条件に限られる。

6-2. 検討結果及び考察

図16に各部材・各条件における開口部の防暑性能を示す。なお、4.及び5.の実験では同様の部材を用いているが、図16~18の凡例には、4.の実験で用いた条件記号を適用している。

図16より、風向によらず通風と日射遮蔽の両面で優れた性能を有する部材として、シャッターブラインド(スラット角 45°, E2)及び窓面から30[cm]離して設置した簾(D3)が挙げられ、これらの部材は通風と日射遮蔽の両立が期待できる。内ブラインド(スラット角 0°, C1,C4,C7)、シャッターブラインド(スラット角 0°, E1)については、日出・日没時のように日射が開口部に垂直に入射する厳しい条件下においては図16に示すように、通風の視点からは大変有効であるが日射遮蔽との両立は難しいと言える。しかし、それ以外の日射遮蔽性能は、この全開(0°, ×-\* )と全閉(90°, ×-\* )状態の間に位置するものと考えられる。流入時・流出時で比較すると、カーテン(流入時, B1,B2)や内ブラインド(スラット角 45°, C2,C5,C8及び90°, C3,C6,C9)については、流出時において部材が窓面に張りつく傾向があるため、性能が風向に大きく左右されることがわかる。また、簾の結果(D1~D3)を比較すると簾を窓面から離して設置するほど防暑性能が向上することから、同部材でも設置位置が異なると性能に差が出るが見えてとれる。

次に、今回5.に示した実験においては庇を設置せずに測定を行っているが、次世代省エネルギー基準値を用いて庇の効果を検討した結果(補正係数<sup>18)</sup>を日射熱取得率 $\eta$ に乗じたものを、図17, 18に示す。本検討のように日射が開口部に垂直に入射する場合、庇の効果はほとんど期待できないが、現状において太陽高度が高い状態での有効な日射熱取得率の値が得られないため、5.で得た結果に補正係数を乗じている。なお、縦軸の通風性能については図16の段階

で庇を設置した場合の値であるため、図17, 18においても値は変化しない。また、シャッターブラインドについてはシャッターBOXの影響で庇を設置することが困難であると判断し、縦軸・横軸ともに庇を考慮せずに検討を行っている。

図17, 18より、図16において通風性能が高く日射遮蔽性能が低い傾向を示した日射遮蔽部材なし(A1)や内ブラインド(スラット角 0°, C1,C4,C7)等の部材は、優れた通風性能を低下させることなく日射遮蔽性能が向上するため、庇は有効であると言える。特に、南面におけるレースカーテン+カーテン(流入時, B2)は庇を併用することでシャッターブラインド(スラット角 45°, E2)と同程度の性能が得られ、通風と日射遮蔽の両立が期待できる。一方、流出時における内ブラインド(スラット角 45°, C2,C5,C8及び90°, C3,C6,C9)やカーテン(B1,B2)については、庇によって日射遮蔽性能が強化されるものの通風の効果が期待できず、両立は難しいと言える。

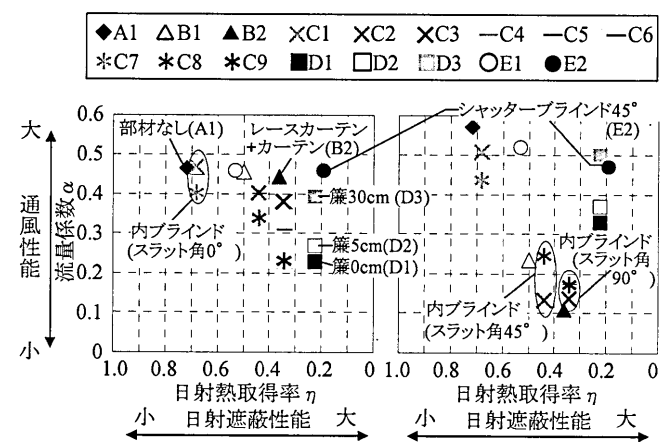


図16 各条件の防暑性能(左:流入時,右:流出時)

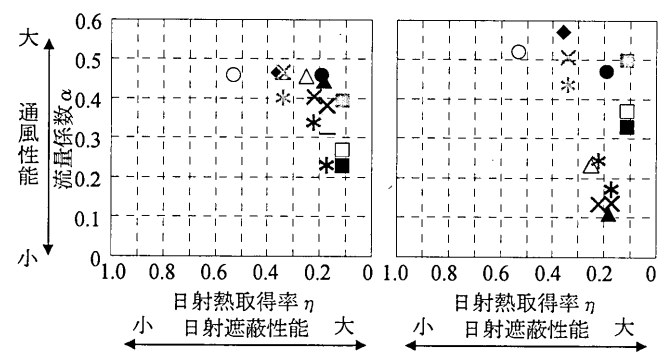


図17 庇設置時の南面における各条件の防暑性能(左:流入時,右:流出時)

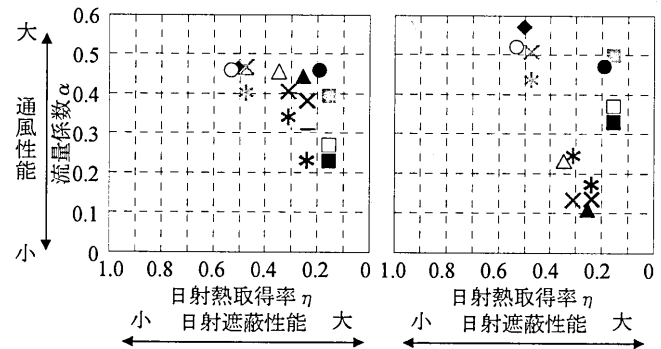


図18 庇設置時の南面以外における各条件の防暑性能(左:流入時,右:流出時)

## 7. まとめ

本論文では、実験により、カーテンや簾といった一般的な住宅で使用されている日射遮蔽部材の通風性能と水平照射時の日射遮蔽性能を定量的に把握し、それらの結果を組み合わせ開口部の防暑性能について検討を行い、以下の知見を得た。なお、実際の開口部は、風や日射、その他の多くの要素が同時に作用し複雑な状況が生じており、全要素を考慮した開口部の性能評価は大変困難であるため、本研究では定常下での実験を行っている。

- ① 庇以外の日射遮蔽部材の通気抵抗については、シャッターブラインド（スラット角 45°）及び窓面から 30cm 離して設置した簾の抵抗が小さく、網戸のみの場合と比較し、流量係数の低下は最大で約 0.1 にとどまった。
- ② カーテンのように、風速が増すと網戸に張りつく可能性のある部材は風が流入する場合には抵抗が小さく、網戸のみと比較し流量係数が最大約 0.06 の低下であるのに対し、流出時は約 0.3～0.6 の低下がみられ通気抵抗が著しく増加した。
- ③ 日射遮蔽性能については、内部遮蔽部材よりも外部遮蔽部材である簾やシャッターブラインドの性能が著しく高く、日射熱取得率で比較すると日射遮蔽部材を設置していない場合（普通複層ガラス）よりも約 0.5～0.65 の低下がみられた。
- ④ 通風と日射遮蔽の両面から開口部の防暑性能について検討した結果では、シャッターブラインド（スラット角 45°）及び窓面から 30cm 離して設置した簾が、通風と日射遮蔽の双方で高い性能を有し、優れた防暑効果が期待できる部材であることを示した。これらは、風により部材が窓面に張り付くことがなく、窓の屋外側で日射を遮蔽するという共通点を持っており、同部材でも設置方法や位置により効果に差が出ることが窺える。
- ⑤ 通風性能に優れ、日射遮蔽性能に劣る部材については、庇を設けることで通風性能を低下させずに日射遮蔽性能を向上させることができる。特にレースカーテン+カーテン（流入時）の場合、庇を併用することでシャッターブラインド（スラット角 45°）と同等の性能が得られることを把握した。また、カーテンや内ブラインドは風が流入か流出かによって通風性能が左右されやすいため、風が主に流出するような開口部においては、可能であれば外部に設置する日射遮蔽部材を用いた方が防暑の面からみて効果的となると考えられる。

日射が入射し、かつ、風が室内に流入する状況においては、通風による、部材に吸収された日射熱の室内への流入と排熱の関係についてなお検討を要する。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、元建築研究所重点研究支援協力員石川優美氏、YKK AP 株式会社 佐藤昌幸氏には多大なる御協力を賜りました。記してここに深く感謝の意を表します。なお、本研究は、平成 13～16 年度に実施した、国土交通省総合技術開発プロジェクト「循環型社会及び安全な環境の形成のための建築・都市基盤整備技術の開発」及び独立行政法人建築研究所研究課題「エネルギーと資源の自立循環型住宅に係わる普及支援システムの開発」の一環として行ったものである。また、本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究 (A) 「自然風を活用した建築環境技術再興のための基礎

的研究」(14205086) 及び同「建築外皮と設備の統合化技術構築のための基礎的研究」(18206063) によった。

## 注

- 注 1) 本実験で用いた引違い窓サッシの仕様は、以下の通りである。  
型番：NHT-16511-N (YKK AP) / ガラス：普通単板ガラス
- 注 2) 本実験で用いた網戸の防虫網の仕様は、以下の通りである。  
材質：ポリプロピレン(線径 0.25mm) メッシュ間隔：18 メッシュ/インチ
- 注 3) 写真 2 に示した日射遮蔽部材は一般的と思われる部材を選択したが、それらの材質は以下の通りである。  
レースカーテン：ポリエステル 100% / カーテン：ポリエステル 100% / 内ブラインド：アルミニウム合金 (スラット) / 簾：天然葦、竹 / シャッターブラインド：アルミ押し形材 (枠・スラット等)
- 注 4) 本実験では室内圧に床面風圧力を用いているが、床面風圧力の多点測定を行った結果、主流域が内壁や袖壁に衝突する付近を除き一様な値を示しており、特に各室中央の床面風圧力はその一様な風圧を代表していることを確認している。
- 注 5) 本実験では、建物中央よりの窓を開放しているが、開放の際、サッシ枠へのクレセント衝突防止用にスパーサーがあるため、全開時でも内外の窓が完全に重なるまでは開かない。そのため、実開口面積は図 1 に示した開口部面積の半分よりも小さくなる。
- 注 6) 式(3)は参考文献 16) 中の式(12)に相当し、式の導出仮定、各項、測定方法についての詳細も本文中に記載されている。

## 参考文献

- 1) 京都議定書目標達成計画, 2005.4
- 2) 日経アーキテクチャ, 日経 BP 社, pp.78～83, 2005.6-13
- 3) 倉淵隆, 大場正昭, 岩淵拓志, 島田朋: LES と風洞実験による建物通風気流構造の解明に関する研究 第 1～2 報, 日本建築学会計画系論文集, No.561, pp.47-52, 2002.11, No.591, pp.7-13, 2005.5
- 4) 樋山恭助, 加藤信介, 高橋岳生, 河野良坪: 開口面積比及び開口位置関係が通風時気流性状に与える影響の分析, 日本建築学会環境系論文集, No.596, pp.21-27, 2005.10
- 5) 藤本哲夫, 黒木勝一: 人工太陽を用いた日射遮蔽性能の測定に関する実験的研究 (その 1) 測定装置及び測定例, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) D-2, pp.149-150, 2000.9
- 6) 山田一樹, 井上隆, 百田真史, 平田創: 窓の日射遮蔽性能の簡易測定法に関する研究 その 1-2, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, 2003-2005
- 7) 松村耕太, 坂本雄三: 住宅の日射取得係数の実測評価に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海) D-2, pp.17-18, 2003.9
- 8) 稲沼實, 石野久彌: 熱量基準による日射遮蔽係数の熱移動成分別測定装置に関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文集, No.529, pp.53-60, 2000.3
- 9) 飯野由香利, 大場正昭: 通風時における窓周り状況別に見た 4 地点での気流性状, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) D-2, pp.781-782, 2005.9
- 10) 羽生燕子, 赤林伸一, 坂口淳, 佐々木淑貴: 戸建住宅を対象とした夏季の室内温熱環境・冷房負荷に関する数値解析—その 1 夜間通風・日射遮蔽・蓄熱体の効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東) D-2, pp.57-58, 2001.9
- 11) 岩松俊哉, 徳永佳代, 平賀智之, 西内正人, 山田浩嗣, 宿谷昌則: 夏季における遮熱・通風の組み合わせと快適性に関する実験 その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) D-2, pp.605-606, 2005.9

- 12) 酒井孝司, 東恵介, 石原修: 日射遮蔽手法が通風時の室内温熱環境に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道) D-2, pp.341-342, 2004.8
- 13) 澤地孝男, 瀬戸裕直, 清田誠良, 成田健一, 石川優美: 実大建物模型を用いた通風研究専用風洞実験施設の特性, 日本建築学会環境系論文集, No.598, pp.37-44, 2005.12
- 14) 澤地孝男, 清田誠良, 成田健一, 瀬戸裕直, 阿部優美: 住宅の通風設計および性能評価に関する実大模型実験 その1~その16, 空気調和・衛生工学会梗概集, 1999-2004
- 15) 佐藤昌幸, 西澤繁毅, 澤地孝男, 瀬戸裕直, 石川優美: 通風用実開口部の流量係数測定実験 その1-2, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, 2004-2005
- 16) 倉山千春: 開口部の日射熱取得率測定法に関する研究 開口部の断熱・遮熱性能 その1, 日本建築学会環境系論文集, No. 604, pp.15-22, 2006.6
- 17) ISO 15099-2003, Windows and doors—Thermal transmission properties — Detailed calculations
- 18) 住宅の次世代省エネルギー基準と指針 第3版, 財団法人 住宅・建築 省エネルギー機構, pp.92-96, 1999.11
- 19) エネルギー・資源の自立循環型住宅・都市基盤整備支援システムの開発, 平成13-16年度 報告書, 財団法人 建築環境・省エネルギー機構
- 20) 小林美和, 井上隆, 澤地孝男, 瀬戸裕直, 西澤繁毅, 石川優美, 成田健一: 住宅開口部の通風性能に及ぼす日射遮蔽部材の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿) D-2, pp.783-784, 2005.9
- 21) 小林美和, 井上隆, 澤地孝男, 倉山千春, 成田健一, 瀬戸裕直, 西澤繁毅, 石川優美: 通風と日射遮蔽を考慮した開口部の防曇性能に関する研究, 空気調和・衛生工学会梗概集, pp.1065-1068, 2005.8

(2006年7月10日原稿受理, 2006年11月27日採用決定)