HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	窓面中空層の熱性状に関する研究 : その2 気密垂直中空層の熱伝達性状について
Author(s)	羽山, 広文; 絵内, 正道; 荒谷, 登
Citation	大会学術講演梗概集. 計画系, 56(環境工学), 699-700
Issue Date	1981-10-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/50440
Rights	日本建築学会. 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである.
Type	journal article
File Information	GKKK56-K_699-700.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Architectural Institute of Japan

日本建築学会大会学術講演梗概集
（九　州）昭和56年9月

窓面中空層の熱性状に関する研究（その2）
－気密垂直中空層の熱伝達性状について－

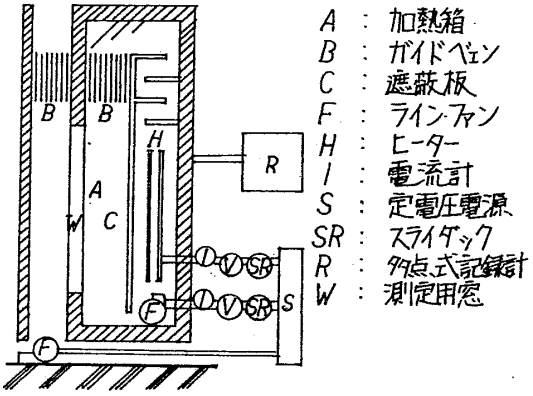
正会員○羽山広文[*1]　同　緑内正道[*2]
同　荒谷登[*3]

1　はじめに

寒地にあっては建物の気密化、断熱厚さの増加に伴い室内の温熱環境及び建物のエネルギ消費に及ぼす窓の影響が大きくなり、その取り扱いが住環境計画の要点となる。このような背景を基に、寒地住宅で一般に用いられている二重窓を中心に、三重窓、及び日射を透過して長波長域の輻射を反射する選択反射膜を貼り付けたタイプの各窓について（表－1参照）、気密垂直中空層の流速分布，温度分布，窓ガラス面の表面温度分布など、対流性状の可視化観察を含む一連の実験を行った。中空層内の対流性状、窓ガラス面の上下温度むらに関してはすでに報告を行っている。本報告では前回の実験に用いた同一タイプについて窓面中空層の熱性状を対流及び輻射熱伝達に分離し検討した結果を報告する。

表－1　窓の種別

タイプ	DP	TP	TPr1	TPr2
中空層数	1	2	2	2
選択透過膜	無	無	片面有	両面有



図－1　加熱装置概略

2　実験装置及び実験方法

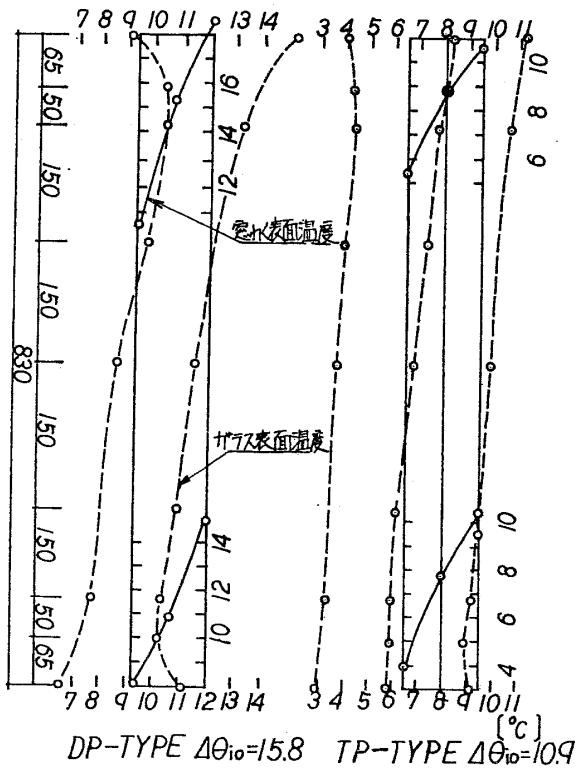
実験装置の概略を図－1に示す。この加熱箱への熱供給は、パネルヒータで行い、暖気をライン・ファンで循環している。ヒータからの輻射熱が直接窓面へ到達しないように断熱隔壁で遮へいしている。また、加熱及び冷却面表面での水平方向の表面温度や近傍流速のむらを最小限にするため、ガイドベンを取り付け窓面中空層内での二次元的な熱対流が保持されるよう配慮している。実験を行った範囲では水平方向の表面温度で約4％，近傍流速は約8％（加熱面側近傍流速の平均は近傍距離10mmで12cm/s，冷却面側は5.6cm/s）のむらにとどまった。表面温度の測定には0.1mmφ3芯のCu-Co熱電対を，近傍流速には熱線微風速計を用いた。

表－1に示したタイプの窓について、加熱箱に電力を供給し、内外温度差$\Delta\theta_{io}$（6～25 deg）を変化させ、各窓面の中空層内表面温度分布を測定した。加熱箱からの熱損失は、加熱箱の各面に6点、合計36点のCu－Co熱電対0.3mmφを直列に縒り込み、あらかじめ$\Delta\theta_{io}$とこの出力の関係を求めておき窓面を通過した正味の熱量を算出した。尚、中空層内表面温度の測定には、0.1mmφ3芯のCu－Co熱電対を各面に7点貼り付けて行った。

3　実験結果と考察

i）中空層内表面温度分布

図－2に二重窓と三重窓の中空層内表面温度分布の一例を示す。これによると表面温度は、層内の熱対流現象により大きな温度むらが生じているのがわかる。今回、熱伝達率の算出には、各々の測定した表面温度を重み平均して用いることとした。



図－2　中空層内表面温度分布

ii）室面中空層における熱伝達率

NII-Electronic Library Service

Architectural Institute of Japan

窓面中空層内での熱伝達の様相を図－3に示すモデルと考えると、輻射伝達熱量 Q_r は有限平行壁面の輻射熱伝達の式[2]を用い次の様に表わすことができる。

$$Q_r = C_b \cdot \varepsilon_{si} \cdot \varepsilon_{so} \left[\left(\frac{T_{si}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{so}}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi_{si\text{-}so} \quad (1)$$

C_b：輻射常数[kcal/m²·h·°K⁴]，T：平均表面温度[°K]，ε：輻射率，φ：形態係数

また対流伝達熱量 Q_c は窓面からの正味の通過熱量 Q_{all} と Q_r の差から次式で表わすことができる。

$$Q_c = Q_{all} - Q_r \quad (2)$$

二重窓と三重窓の中空層における輻射熱伝達率 K_r と対流熱伝達率 K_c の各々と両表面温度差 $\Delta\theta_s$ との関係を図－4に示す。図中、稲葉博士の実験式[3]は、気密垂直中空層内の層流熱伝達を無次元数を用い次式のように表わしたものである。

$$Nu / Pr^{0.051} = 0.36 (h/w)^{-0.11} \cdot Ra_h^{1/4} \quad (3), \quad P_r = \nu/\alpha$$

$Nu = \alpha \cdot h / \lambda$，$Gr_h = g\beta h^3 \Delta\theta_s / \nu^2$，$Ra_h = Gr_h \cdot Pr$，$h$：中空層の高さ[m]

w：中空層の巾，α：対流熱伝達率[kcal/m²·h·°C]，λ：空気の熱伝導率[kcal/m·h·°C]

ν：動粘性係数[m²/h]，g：重力加速度[m/h²]，$\Delta\theta_s$：両表面温度差[°C]

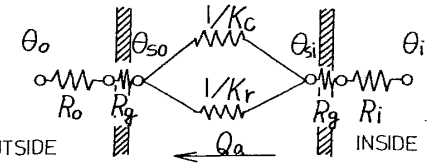
今回の実験の範囲では、著者の実験値と稲葉氏の実験式はよく一致している。K_r と K_c の値を比較すると K_r は K_c の約3倍であり、全損失熱量の約80%を占めている。この傾向は $W = 45^{mm}$，90^{mm} の双方ともほぼ同一である。K_r，K_c の値は共に $\Delta\theta_s$ の増加に伴いやや増大の傾向にある。これは K_r の場合：環境温度 $(\theta_{so} + \theta_{si})/2$ の増加が温度係数の上昇を来たすためであり、K_c の場合、Ra_h 数の増加によるためである。

iii）選択反射膜の効果

表－1に示す全タイプの中空層の K_r を図－5に示す。長波長域のガラスの輻射率は0.92であるのに対し、選択反射膜は0.31であるため、反射膜を貼った中空層の輻射熱伝達率は約1/3に減少する。その結果、中空層の熱コンダクタンス K_a は図－6に示す値となる。DPタイプに比べTPでは約50%，TPr1の場合約30%，TPr2だと約20%と著しく低下する。DPタイプ以外、表面温度差の変化による K_a の変動は小さい。設計用の熱貫流率は K_a の他、内外表面熱伝達率、ガラスの熱コンダクタンスを考慮し求めることができる。

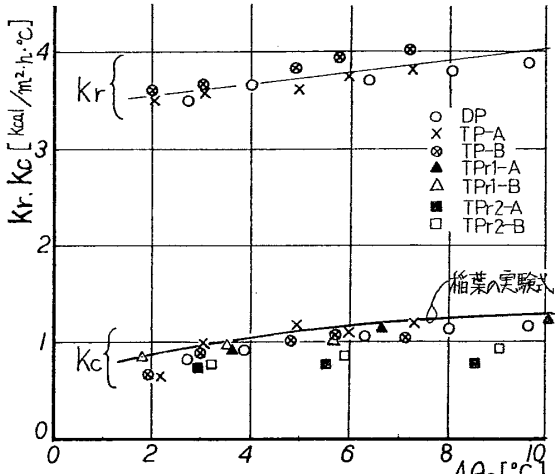
4 おわりに

窓面中空層を通過する熱量を実験で求め、窓面中空層の熱伝達成分を輻射と対流に分離し中空層の熱伝達性状や選択反射膜の効果について検討を行った。今後これらの実験結果を窓面中空層の数値解析へ応用する予定である。

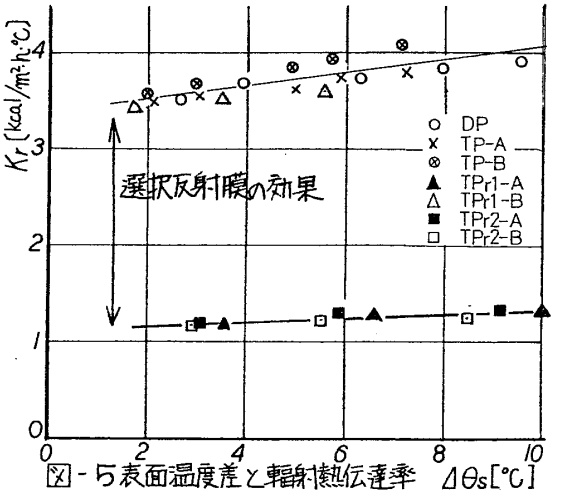


$K_a = Q_a / \Delta\theta_s$ | Q_a：窓面全通過熱量[kcal/m²·h]
$K_c = Q_c / \Delta\theta_s$ | Q_c：対流伝達熱量[kcal/m²·h]
$K_r = Q_r / \Delta\theta_s$ | Q_r：輻射伝達熱量[kcal/m²·h]
$K_a = K_c + K_r$ | K_a：中空層の熱コンダクタンス[kcal/m²·h·°C]
$\Delta\theta_{io} = \theta_i - \theta_o$ | $R_{i,o}$：熱伝達抵抗[m²·h·°C/kcal]
$\Delta\theta_s = \theta_{si} - \theta_{so}$ | R_g：ガラスの熱抵抗[m²·h·°C/kcal]
| θ：温度[°C]

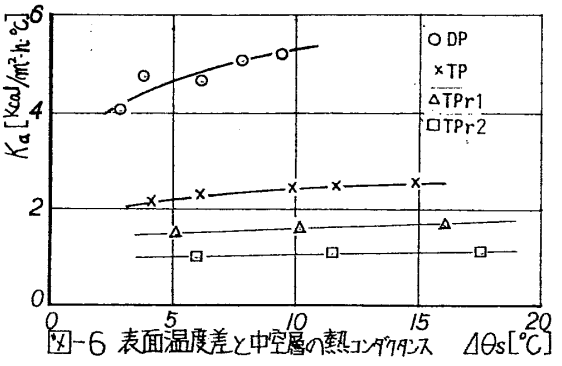
図－3 熱伝達のモデルと記号



図－4 表面温度差と対流及び輻射熱伝達率



図－5 表面温度差と輻射熱伝達率 $\Delta\theta_s$[°C]



図－6 表面温度差と中空層の熱コンダクタンス $\Delta\theta_s$[°C]

参考文献

1）「窓面中空層の熱性状に関する研究（その1）」 羽山、綾内、青合、建築学会論文報告集 575

2）建築計画原論Ⅱ 渡辺 要 丸善

3）垂直対向加熱冷却壁を持つ矩形密閉容器内の自然対流熱伝達に関する研究」 稲葉、北大 博士論文 S54

*1）電電公社 武蔵野通研 *2）北大 助教授（工博） *3）同教授（工博）

NII-Electronic Library Service