

太陽熱のパッシブ利用に関する研究（その4）

——超省エネルギービル（大林組技術研究所本館）の
ダブルスキン性能評価——

岡 建 雄

Passive Systems for Solar Heating and Cooling (Part 4)

——Evaluation of Performance of the Double Skin on Super Energy Conservation
Building (Main Building of Ohbayashi-gumi Technical Research Institute)——

Tatsuo Oka

Abstract

The Double Skin, which is a glass-covered space similar to a greenhouse is provided on the south side of the Super Energy Conservation Building. The Double Skin reflects the sun and releases heated air by natural ventilation in summer, and works as a solar collector in winter. This paper describes the evaluation of the performance of the Double Skin in the summer mode. The air temperature in the Double Skin is only 3~4°C higher than the outside ambient air temperature. The air in the Double Skin is changed about 100 times an hour by natural ventilation on a fine and calm day. The thermal structure in the Double Skin is that of 45% of incident solar energy reflected, 45% released by ventilation, and the remainder penetrating into the room as cooling load. The Double Skin is verified to be an effective energy saving system against the cooling load during summer.

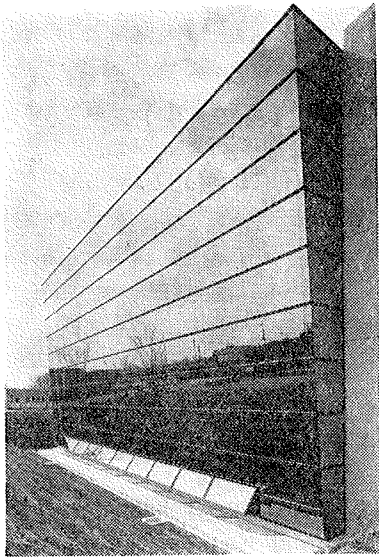
概 要

超省エネルギービルに適用されたダブルスキンの夏季運転モードにおける性能を測定及び理論的測面から評価したものである。ダブルスキンの日射遮へい効果は大きく、熱線反射ガラスやグレーチングで遮られ、室内に侵入する日射は8%に過ぎない。静穏な晴天日においてもダブルスキン内の空気温度は外気温より3~4°C高くなるに過ぎず、自然換気による換気回数は100~120回/h程度が確保されている。ダブルスキンの熱構成を分析すると、日射量の内約45%は外側ガラスによって遮へいされ、約45%はダブルスキンの換気によって排熱される。残り10%程度が室内の熱負荷になり、ダブルスキンの熱負荷低減効果は大きいことが確認された。

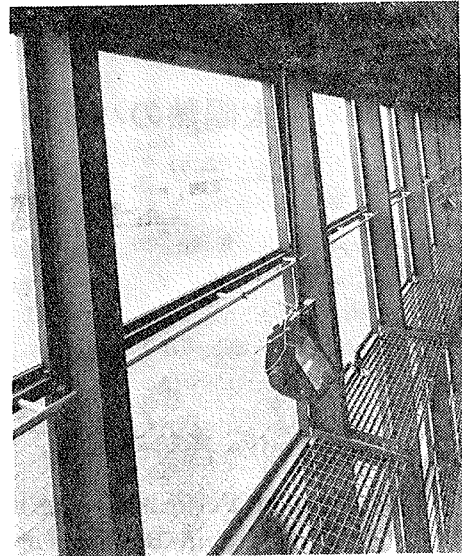
1. はじめに

超省エネルギービル（大林組技術研究所本館）では省エネルギー手法の一つとしてダブルスキンが採用されている。これは温室に類似したもので、冬季には集熱コレクターとして働き、外気の予熱あるいは室供給空気の加熱装置となる。夏季には太陽熱をダブルスキンで吸収して、開放された上下の開口部から自然換気によって排熱

し、冷房負荷を減少させるシステムとなる（図-1）。ダブルスキンには、この他外側ブラインドと断熱戸が設置されているものの、夏季にはグレーチングが庇として働くためにブラインドを下すことはなかった。断熱戸は冬季の夜間に下して、室内の熱を逃がさないためのものである。ダブルスキンの省エネルギー効果は、窓面積率50%の事務所ビルのファサードと比べて冷房負荷ではピーク時13.9%、年間22.6%、暖房負荷ではピーク時17.2



写真一 1 ダブルスキンの外観



写真一 2 ダブルスキンの内観

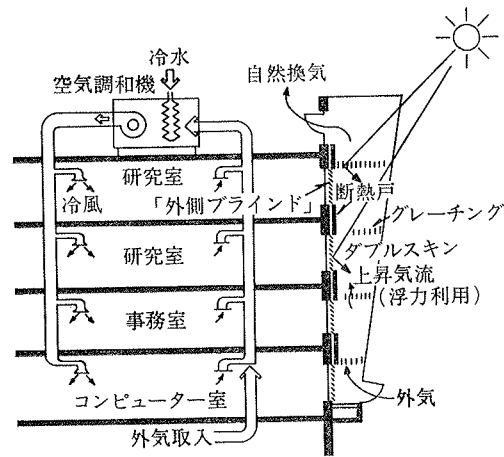
%, 年間11.8%になると予想されている。

本報告は測定結果及び理論的側面からダブルスキンの夏季における熱的評価を行なったものである。ダブルスキン各部の温度, 換気回数, ダブルスキンによって反射, 吸収される熱量, 換気によって排熱される熱量, 室内負荷になる割合について測定結果を示すと共に, 理論的考察を加えたものである。

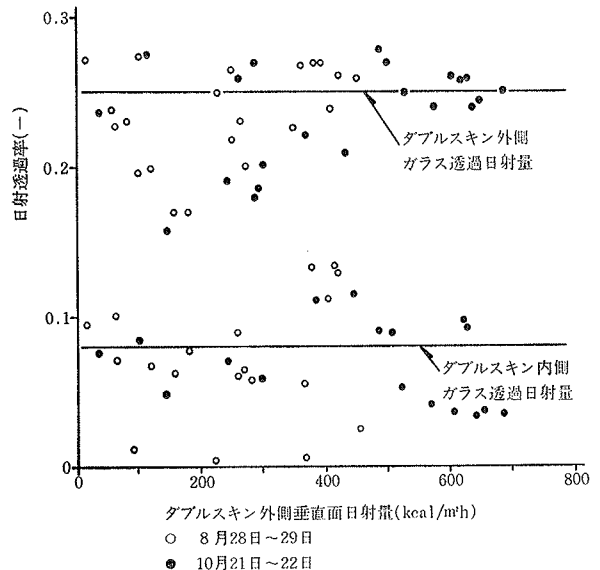
今後は冬季における集熱効果や集熱量を計測し, 年間を通したダブルスキンの熱的構造を明らかにしていく予定である。

— 記 号 —

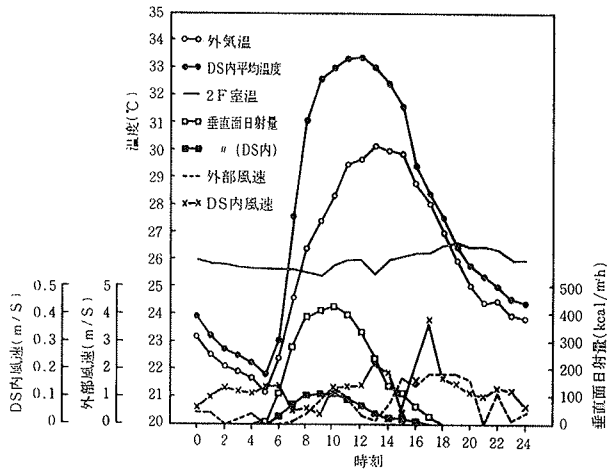
- h: 太陽高度 (°)
- qc: ダブルスキン外側ガラスから対流によってダブルスキン内部に伝熱される熱量 (kcal/m²h)
- qr: ダブルスキン外側ガラスから輻射によってダブルスキン内部に伝熱される熱量 (kcal/m²h)
- qs: ダブルスキンに侵入する日射の内, ダブルスキン内の空気を加熱する熱量 (kcal/m²h)
- qt: qc+qr+qs (kcal/m²h)
- Si: ダブルスキン内の垂直面日射量 (kcal/m²h)
- Sr: 室内の垂直面日射量 (kcal/m²h)
- Sv: 屋外の垂直面日射量 (kcal/m²h)
- θa: ダブルスキン内の空気温 (°C)
- θb: 断熱戸の表面温度 (°C)
- θbsat: 断熱戸の相当外気温度 (°C)
- θg: グレーチングの表面温度 (°C)
- θi: 内側ガラス窓の表面温度 (°C)
- θo: 外気温度 (°C)
- θr: 室温 (°C)



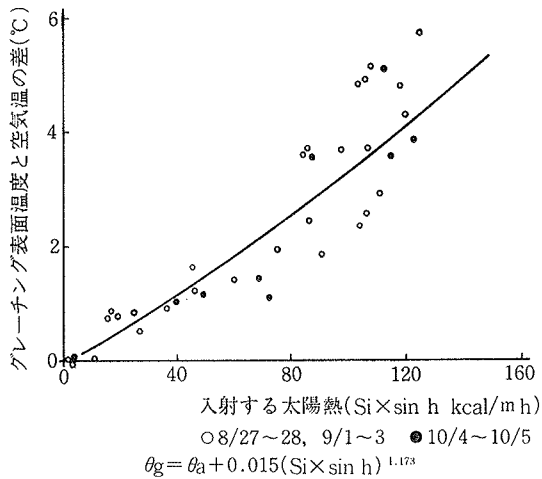
図一 1 夏モードにおけるダブルスキン



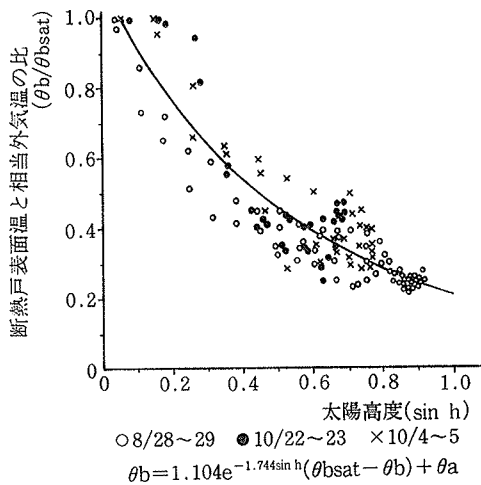
図一 2 ダブルスキン外側ガラスの透過日射量と内側ガラス透過日射量の割合



図—3 ダブルスキン (DS) 内の空気温度と日射量 (昭和57年 9月 2日)



図—4 グレーチングの表面温度と入射する太陽熱の相関



図—5 断熱戸の表面温度と太陽高度の相関

2. 測定概要

超省エネルギービルの計測データは、最適化制御を行っている中央管制用コンピュータ、研究計測のために設置されたコンピュータ及び臨時に設置されたコンピュータの3台によって集録されている。この他、ダブルスキン各部の表面温度が熱平衡式を分析するために必要であり、サーモフロートと呼ばれる表面温度計によって測定された。計測点数は中央管制で気象データなど10点、研究計測で空気温や日射量など30点、臨時計測で各部表面温度など30点、計70点であり、主要な部分については積算値を用いた。

3. 測定結果

3.1. ダブルスキンの日射遮へい効果

ダブルスキンの外側ガラスは熱線反射ガラス 8 mm が用いられている。内側ガラスは透明ガラス 5 mm である。図—2はダブルスキンの外側、内側及び室内で日射計を垂直に設置して透過日射量を測定した結果である。ダブルスキンの外側ガラスを透過する日射量は約4分の1に減少する。更に室内に侵入する日射量は外部垂直面日射量の8%程度である。厳密には太陽の入射角によって反射率や透過率は異なるが、図—2に見る限り入射角による相違は小さいようである。グレーチングやダブルスキン内部の鉄骨によって日射が遮られることが多いために室内に入射する日射量の割合は多少ばらついている。

3.2. ダブルスキン内の空気温度

図—3に夏季におけるダブルスキン内の空気温度を示す。ダブルスキン内の空気温度は日射量の増加と共に上昇し日中では外気温に比べて3~4°C高温となる。午後には日射量が減少するためにダブルスキン内の空気温度は外気温に近づいてくるが、夜間でも0.5~1°C外気よりダブルスキン内の空気温の方が高い。これは日中の熱がダブルスキンの構造各部に残っているためと、夜間輻射によって冷却される効果が少ないためと考えられる。図—3に示されたデータは静穏な晴天日のものである。ダブルスキンの換気は温度差による重力換気他に、風圧による換気効果が作用するために、通常は外気温とダブルスキン内の空気温度の差は更に小さくなる。

3.3. ダブルスキン各部の表面温度

サーモフロートによって測定されたグレーチングの表面温度を図—4に示す。グレーチングに入射する日射量と昇温の関係は概ね図—4の式によって表現できよう。断熱戸はダブルスキン内の腰壁の位置にあるが、その表面温度を図—5に示す。断熱戸の表面温度は図—5に示

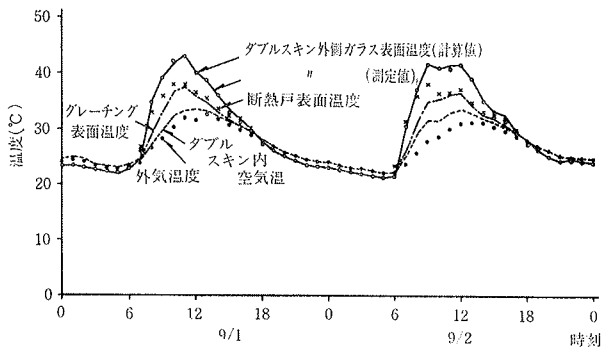


図-6 ダブルスキン各部の温度変動, および外側ガラス表面温度の測定値と計算値の比較 (昭和57年9月1日~2日)

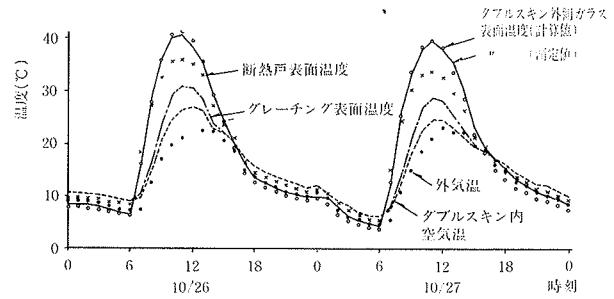


図-7 ダブルスキン各部の温度変動, および外側ガラス表面温度の測定値と計算値の比較 (昭和57年10月26日~27日)

される式で概ね表現できよう。この場合も太陽高度が高くなるに従い、断熱戸の表面温度は空気温に近づいて来る。これはグレーチングの庇効果が大きく、日射が遮られるためである。これらの表面温度はダブルスキン内部の輻射熱平衡を分析する上で重要な要素となる。

3.4. ダブルスキン外側ガラスの表面温度

ダブルスキンの外側に当たる日射は反射される成分、ガラス自体に吸収される成分及び透過してダブルスキン内に入る成分に分類される。すなわちダブルスキン内に侵入する日射熱は透過日射の他に、外側ガラスを加熱して対流及び輻射で侵入する成分がある。外側ガラスの表面温度はダブルスキンの熱構成を分析する上で重要な要素であり、ここでは計算によって算出した温度とサーモフロ-計によって得られた測定温度を比較した。ダブルスキン各部の温度及び外側ガラス表面温度の測定値と計算値の比較を図-6, 7に示す。いずれも良好な一致を示しており、本報告で採用された計算手法が妥当であると推定され、ダブルスキンの熱構成を定量化するためにこれらの理論計算式を用いた。これによるとダブルスキン外側ガラスの表面温度は晴天日には空気温より15°C程度高くなると言えよう。

3.5. ダブルスキンの換気回数

ダブルスキン各部の温度や外側ガラスの表面温度からダブルスキン内の空気と与えられる熱量が計算できる。この熱量は空気を加熱し、上下の開放された開口部から排熱される。従って上下の空気温度の差及び熱量からダブルスキン内の空気の換気回数が算出できることになる。このようにして計算された換気回数及び外側ガラスから対流や輻射で伝えられる熱量を図-8, 9に示す。換気回数は晴天日で100~120回/h程度であると推定される。またダブルスキン内の空気を加熱する熱量は外側ガラスから対流によって伝熱される成分の割合が大きく全体の約2分の1を占めている。

3.6. ダブルスキンの熱構成

ダブルスキンに当たる日射熱がどのような構成になるかに示したのが図-10, 11である。入射する太陽熱を、100%とすると、その内約20%は直接外側ガラスによって反射される。25%は外側ガラスに吸収された後に、外気側に対流によって逸散する。このように入射する日射熱の45%は直接、外側ガラスによって遮られる。残りの55%の内、45%はダブルスキン内に侵入するものの換気によって排熱される。従ってダブルスキンに当たる日射熱の内、約10%が室内に侵入することになる。侵入する熱の形態としては伝熱及び日射で各々同程度の割合である。このように夏季におけるダブルスキンの熱負荷低減効果は非常に大きいことが確認された。

4. 結 論

本報告はダブルスキンの夏季運転モードにおける性能評価である。得られた結果を要約すると、

- (1) ダブルスキンに当たる垂直面日射量の25%がダブルスキン内に透過し、実際に室内まで透過する日射量は8%程度に過ぎない。
- (2) ダブルスキン内の空気温は外気温より3~4°C高くなるに過ぎず、晴天日における日中の換気回数は、100~120回/h程度である。
- (3) ダブルスキンに当たる日射量の内、約45%は外側ガラスによって遮へいされ、45%は換気によって排熱される。残り10%程度が室内に冷房負荷となって侵入する。このようにダブルスキンの夏季における熱負荷低減効果は非常に大きいことが確認された。

参考文献

- 1) 木村建一: 建築基礎設備演習, 学献社, (1970)
- 2) 伊藤直明, 他: 環境工学における市街地風の変動とその影響に関する研究7, 8, 日本建築学会論文報告集,

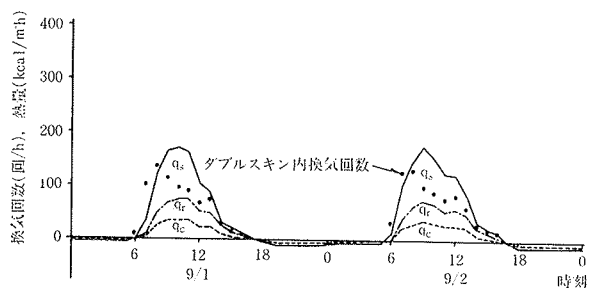


図-8 ダブルスキンの換気回数と加熱量
(昭和57年9月1日～2日)

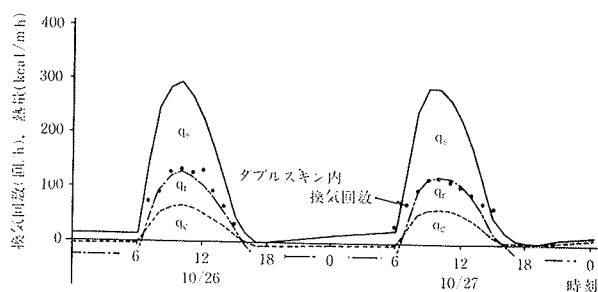


図-9 ダブルスキンの換気回数と加熱量
(昭和57年10月26日～27日)

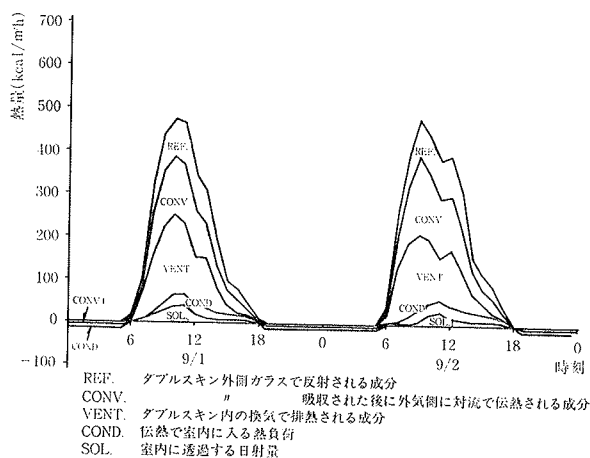


図-10 ダブルスキンの熱構成
(昭和57年9月1日～2日)

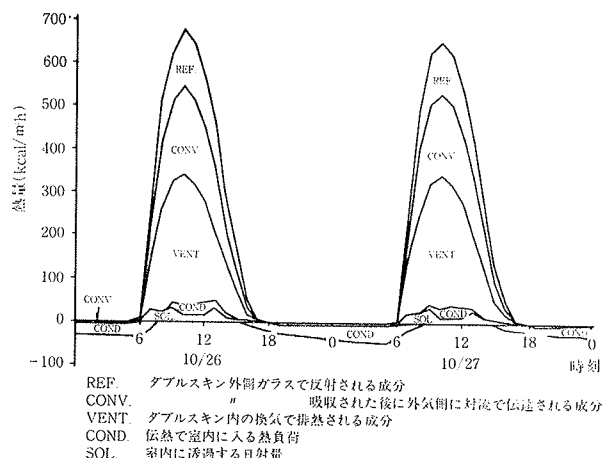


図-11 ダブルスキンの熱構成
(昭和57年10月26日～27日)

第191号, (昭和47.1), pp. 27～43

3) 小林定教: 建築物の室内側熱伝達特性に関する実験的研究 第2報, 日本建築学会論文報告集, 第292号, (昭和55.6), pp. 79～86

4) 大林組: 大林組技術研究所パンフレット, (1982)

5) 旭硝子: 板ガラス建材総合カタログ, (1981)