

ウィンドウコレクターの研究開発に関する実験的研究(その1)

—夏期におけるしゃへい性能について—

ウィンドウコレクター研究開発グループ

Experimental Study in Relation to Development of Window Collectors (Part 1) —Shade Efficiency in Summer—

Window Collectors Research Group

Abstract

This study is concerned with development of window collectors which utilize windows as solar energy collectors and with measurements of winter collecting and summer shading efficiencies. In development of the collectors, based on the thinking that it would be of importance to avoid optical influences in maintaining functions of windows, roll-up type blinds and louvers, and further, semitransparent reflecting boards were used at parts for collecting and shading of solar energy, while to increase thermal insulation performance double panes were adopted. Four kinds of collectors were trial-manufactured. This report mainly introduces outlines of the window collectors and also describes a part of the results obtained on shading effects in summer.

概 要

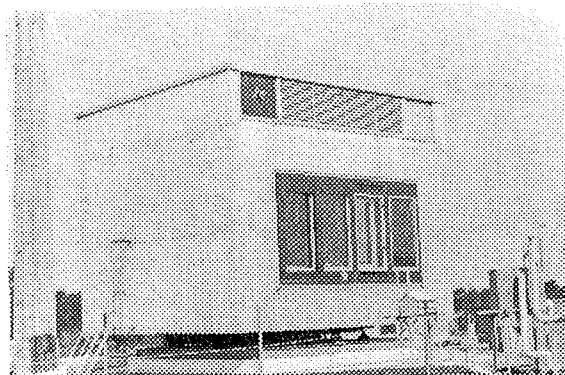
この研究は、窓を太陽熱集熱器とするウィンドウコレクターの開発と、その冬期における集熱器効率および夏期におけるしゃへい効率の測定に関するものである。コレクターの開発に際し、窓としての機能を維持するためには視覚的な影響を回避することが重要であるとの考えから、集熱およびしゃへい部分には巻き上げ式のブラインドやルーバーさらに半透明の反射板などを使用し、また、断熱性能を向上させるために二重ガラスを採用している。コレクターは4種類が試作され、このうち3種類のコレクターについて夏期の太陽熱しゃへい効率を測定した。この報告は、以上のようなウィンドウコレクターについて主にその概要を紹介しながら、夏期のしゃへい効果に関する測定結果の一部を述べたものである。

1. はじめに

一般に、開口面積の大きい窓は、窓外の眺めを良くし開放感を与えるなどのメリットがある反面、冬期における熱損失や夏期における熱取得が大きく、暖冷房を行なう際や建物の断熱性能を高める上では常にマイナス効果になる。

この研究で対象としているウィンドウコレクターは以上のような事柄を考慮して開発されたもので、断熱性能の向上をはかりながら、窓としての機能を損わずに太陽熱集熱器としての特性を有するような4種類のもが試作されている。実験は、温度制御が容易に出来、かつ方位の設定が自由な回転式空調実験室(写真—1参照)に4種類のウィンドウコレクターを設置して行ない、各コレクターの冬期および夏期における太陽熱の集熱およびしゃへい性能を測定している。

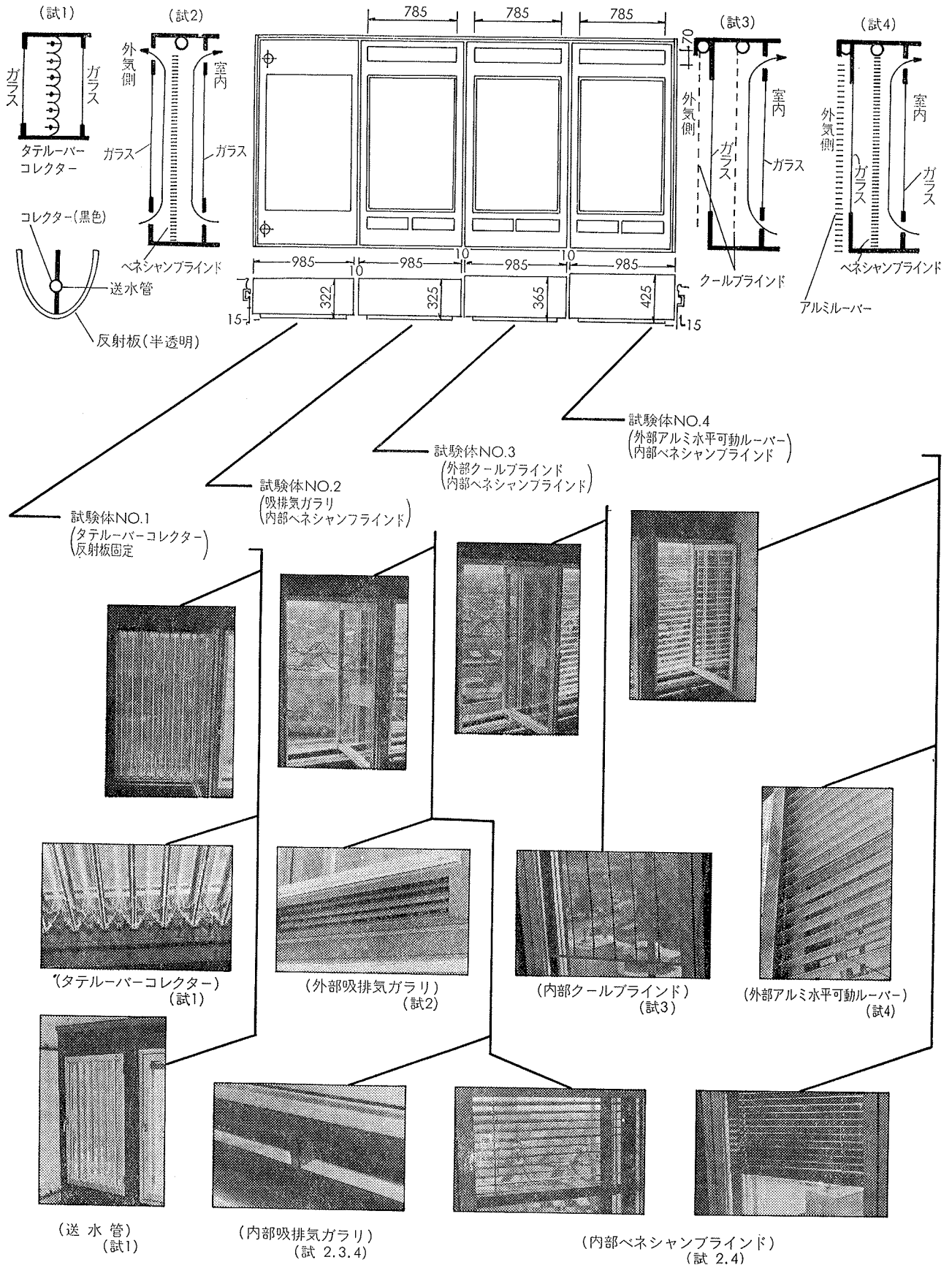
なお、この報告は、夏期におけるコレクターの日射熱しゃへい効果に関するものである。



写真—1 回転式空調実験室全景

2. ウィンドウコレクターの概要

回転式空調実験室に設置されている4種類のウィンドウコレクター(ここではこれを便宜上試験体 No. 1~No. 4 と呼ぶ)の概要を図—1に示す。これらのコレクターのうち、試験体 No. 1 は水を、試験体 No. 2



図一 ウィンドウコレクターの概要

～4 は空気をそれぞれ集熱媒体としている。

(1) 試験体 No. 1

パラボラ型に開いたサーモフィルム貼りのアクリル反射板をもつ集光型集熱器であり、反射板の中央に取り付けられた9本の黒色縦パイプの下部に送られた水を上部パイプまで循環させる過程で集熱する。このコレクターは集熱効果のみを測定対象としている。

(2) 試験体 No. 2

コレクターの外気側および室内側にそれぞれ外部および内部吸排気ガラーを有し、夏期はしゃへい効果を高めるため内部ガラーを全閉とし、外部ガラーを全開としてコレクターの内部空気層を自然換気する。冬期および中間期においては外部ガラーを全閉とし、内部ガラーを全開として、室内空気とコレクター内部空気との循環をはかりながら集熱する。コレクターの内部空気層には集熱およびしゃへい用として黒色のベネシャンブラインドを設置している (写真-2 参照)

なお、このコレクターは、外部および内部の吸排気ガラーをそれぞれ半開にすることによって室内を自然換気することが可能である。

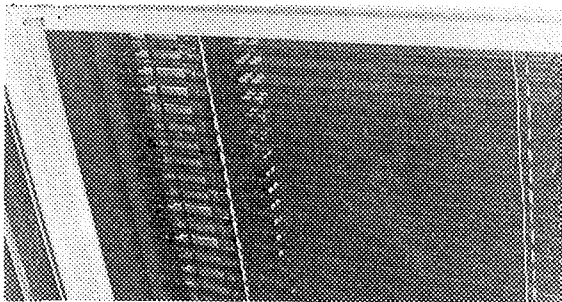


写真-2 ベネシャンブラインド

(3) 試験体 No. 3

コレクターの室内側に内部吸排気ガラーを有しており集熱の過程は試験体 No. 2 と同様である。この試験体は、しゃへいおよび集熱用としてコレクターの外気側ガラス前面および内部空気層にそれぞれクールブラインドを設置している (写真-3 参照)。このクールブラインドは、外気側に使用したものが薄茶色、内部

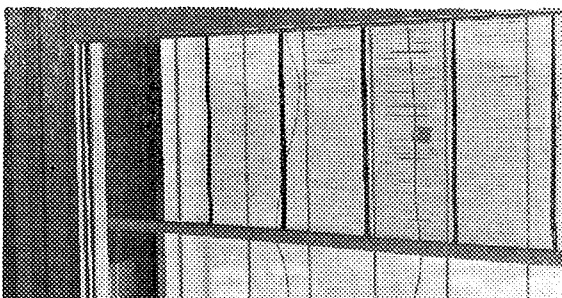


写真-3 クールブラインド

空気層に使用したものが黒色であるが、合成樹脂製であるため色の選択は自由である。

(4) 試験体 No. 4

試験体 No. 3 と同様の吸排気ガラーを有し、集熱の過程は No. 2 および No. 3 と同様である。集熱およびしゃへい用としてコレクター内部空気層には黒色のベネシャンブラインドを、また、しゃへい用として外気側ガラス前面にはアルミ可動ルーバーをそれぞれ設置している (写真-2、写真-4 参照)

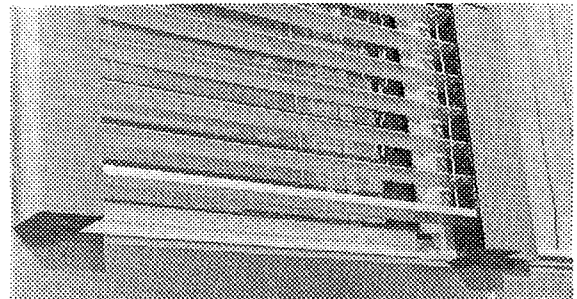


写真-4 アルミ可動ルーバー

3. 実験概要

3.1. 実験条件

図-1 に示す4種類の試験体のうち No. 2～No. 4 についてしゃへい性能を測定した。各試験体に設置されているルーバーおよびブラインドは表-1 に示すような状況を設定し、それぞれについて個別に測定を行った。測定時の回転式空調実験室方位は南面を対象とし、室温は 26°C とした。なお、測定していない他の試験体は断熱材などによっておおいかくしている。

試験体	実験番号	ルーバーやブラインドなどの設定状況
No. 2	No.2-1	(外部吸排気ガラー全開, 内部吸排気ガラー全開) ベネシャンブラインド使用(角度;水平)
	No.3-1	外部クールブラインド使用
No. 3	No.3-2	内部クールブラインド使用
	No.4-1	アルミ可動ルーバー使用(角度;水平)
No. 4	No.4-2	ベネシャンブラインド使用(角度;水平)

表-1 ルーバーやブラインドなどの設定状況

3.2. 実験結果の整理法

測定は7月下旬から9月下旬まで毎日7時から17時までで行なった。各実験条件について雨の日を除き平均7日分のデータを得たが、ブラインド角度を水平に取っていることから太陽高度の下ってきた9月中旬以降のデータは除外した。また、実験の性格上、日射量の高い時間帯のデータのみを採用することとし、定常計

算の場合は9時30分から16時の間、動的負荷計算の場合には10時から14時の間に得られたデータについてのみ解析した。従って後者についてのデータ数は計画当初よりかなり少なく一つの実験条件に対し約30である。

4. 実験結果及び考察

4.1. 総合しゃへい係数

対流およびふく射熱取得をすべて瞬時負荷とするいわゆる定常計算用のための日射熱しゃへい率(負荷率) (f) を求めた。f の算出は下式によった。

$$f = \frac{Q_a + Q_b}{I} \quad (1)$$

ただし Q_a : ガラス面からの輻射量 (kcal/h・m²)

Q_b : ガラス面からの対流熱量 (")

I : 垂直面日射量 (kcal/h・m²)

なお、一般の計算式 $Q = f_s I + k_e \cdot \Delta t$ に(1)式を代入すると(2)式のようになり

$$f \cdot I = f_s I + k_e \cdot \Delta t$$

$$\therefore f = f_s + k_e \cdot \Delta t / I \quad (2)$$

これは f_s を定数項とし、 k_e を勾配とする一次式となるので(2)式をウィンドウコレクターの評価式とした。

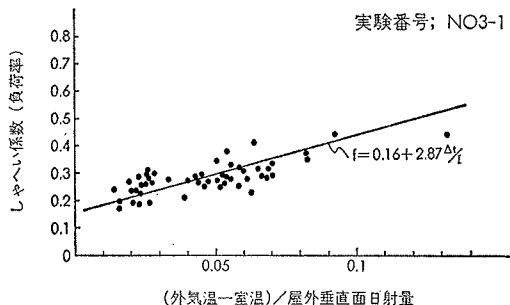
ただし f_s : しゃへい係数 ($\Delta t = 0$ の際の f 値)

K_e : 等価熱貫流率 (kcal/m²・h・°C)

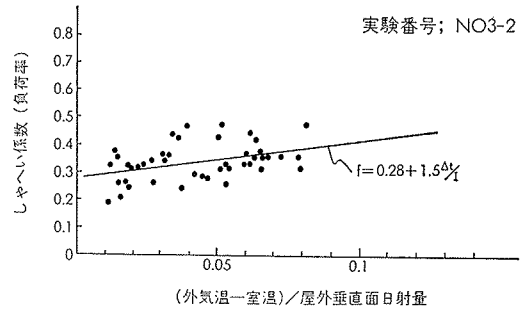
Δt : 外気温と室温との温度差 (deg)

図一2および図一3は、以上のように定義した評価式を試験体 No. 3 について、縦軸に負荷率 f を、横軸に $\Delta t/I$ [(外気温-室温)/垂直面日射量] をそれぞれとって、実験から得られたデータのプロットとともに図示したものである。また表一2は、各試験体の各実験条件について求めた評価式中の f_s 値および k_e 値を示したものである。

図および表から、コレクターの外気側にアルミルーバー (No. 4-1) やクールブラインド (No. 3-1) を使



図一2 総合しゃへい係数 (外部クールブラインド使用)



図一3 総合しゃへい係数 (内部クールブラインド使用)

実験番号	No.2-1	No.3-1	No.3-2	No.4-1	No.4-2
f_s 値	0.36	0.16	0.28	0.20	0.29
k_e 値	1.04	2.87	1.50	2.70	1.10

表一2 総合熱取得に対する f_s 値, k_e 値

用する場合にはしゃへい係数 (f_s) が低い値となり、コレクター内部にベネシャンブラインド (No. 2-1)、(No. 4-2) やクールブラインド (No. 3-2) を使用する場合よりも日射のしゃへい効果は高いといえよう。

外部アルミルーバーと外部クールブラインドとの比較、および内部ベネシャンブラインドと内部クールブラインドとの比較では、それぞれ後の方がしゃへい効果は高いといえよう。

4.2. 対流およびふく射しゃへい係数

前項では、定常負荷計算の観点からふく射熱取得分(ブラインド透過日射+ガラスよりのふく射)を瞬時熱取得として総合しゃへい係数を算出しているが、動的室内負荷を求めるには対流熱取得(対流しゃへい係数、すなわち対流熱負荷率)とふく射熱取得(ふく射しゃへい係数、すなわちふく射熱負荷率)とに分け、ふく射分は冷房負荷重み係数によって時間遅れを考慮する必要がある。(対流分は瞬時負荷とする)対流しゃへい係数 f_c 、ふく射しゃへい係数 f_r を媒介にすれば n 時の室内冷房負荷 q_n (kcal/h・m²) は、

$$q_n = q_{c,n} + \sum_{j=0}^{\infty} W_j \times q_{r,n-j}$$

ただし W_j : 冷房負荷重み係数

q_c : 対流熱取得 (kcal/h・m²)

q_r : ふく射熱取得 (kcal/h・m²)

また

$$q_{c,n} = I_n \times f_c$$

$$q_{r,n} = I_n \times f_r$$

となる。なお、 f_c 、 f_r は各時刻によって変わるものである。試験体 No. 3 について、外部クールブラインド (No. 3-1) および内部クールブラインド (No. 3-2)

を使用した場合における対流しゃへい係数，ふく射しゃへい係数の結果を図-4～7に示す。

また，各ケースにおける f_c ， f_r に対する f_s 値および k_e 値を表-3，表-4に示す。

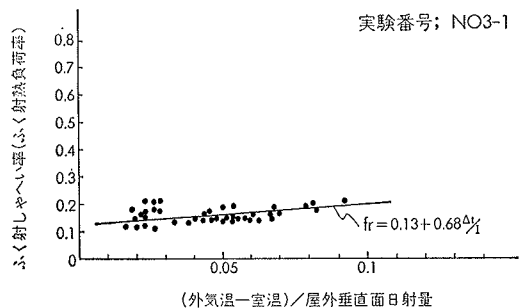


図-4 ふく射しゃへい係数（外部クールブラインド使用）

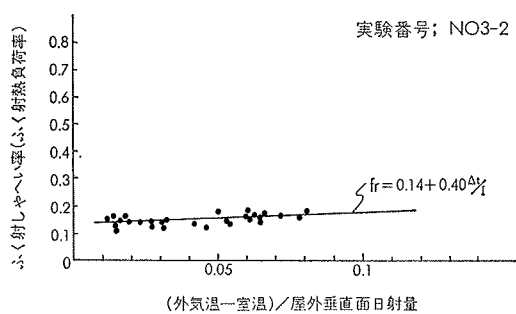


図-5 ふく射しゃへい係数（内部クールブラインド使用）

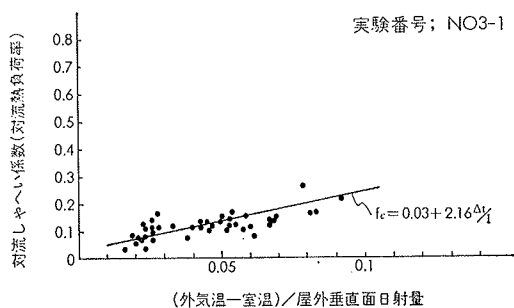


図-6 対流しゃへい係数（外部クールブラインド使用）

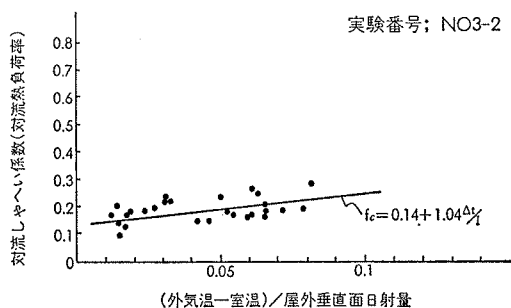


図-7 対流しゃへい係数（内部クールブラインド使用）

実験番号	No.2-1	No.3-1	No.3-2	No.4-1	No.4-2
f_s 値	0.17	0.13	0.14	0.07	0.15
k_e 値	1.31	0.68	0.40	2.28	0.43

表-3 ふく射熱取得に対する f_s 値， k_e 値

実験番号	No.2-1	No.3-1	No.3-2	No.4-1	No.4-2
f_s 値	0.145	0.03	0.14	0.03	0.10
k_e 値	0.84	2.16	1.04	2.15	1.24

表-4 対流熱取得に対する f_s 値， k_e 値

5. あとがき

今回の研究開発によって考案試作されたウィンドウコレクターのうち，クールブラインドおよびアルミルーバーを取り付けた試験体 No. 3 および No. 4 が日射熱をしゃへいする上において有利であることが判明した。しかし，コレクターの外気側に吸排気ガラーを設け，自然換気によってコレクター内部の日射熱を除去する方式の試験体 No. 2 は，データ収集が少なかったことも原因してそのしゃへい効果を十分に把握し得なかった。なお，ウィンドウコレクターはいずれも冬期の集熱性能の向上に主眼が置かれていることから，今後，集熱に関する測定実験を行ない，その結果と照らし合わせながら，実用に供し得るようなコレクターを提案したい。

謝 辞

ウィンドウコレクターの設計ならびに製作，取り付けに当たり，日本建鐵㈱の青山啓伸氏には多大なる御助言，御協力を受けました。ここに深甚な謝意を表明致します。

ウィンドウコレクター研究開発グループ

構成メンバーは以下の通りである。

中原 信生（東京本社建築本部設備部）
 田中 辰明（ " " " ）
 出沢 潔（ " " 設計第一部）
 伊藤 信三（ " " 設備設計部）
 宮川 保之（技術研究所環境研究室）
 小島 信男（ " " " ）
 大久保嘉子（ " " " ）

（文責 大久保嘉子）