

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2)

——冬期における集熱性能について——

田中辰明 小島信男
宮川保之 大久保嘉子

Experimental Study in Relation to Development of Window Collectors (Part 2)

——Heat Collection Efficiency in Winter——

Tatsuaki Tanaka Nobuo Kojima
Yasuyuki Miyakawa Yoshiko Okubo

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 window functions, roll-up type blinds and louvers, and further, semitransparent reflecting sheets 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 describes the results obtained on collection efficiency in the wintertime.

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冬期の太陽熱集熱効率を測定した。この報告は、以上のようなウィンドウコレクターの冬期における集熱効率に関する測定結果を述べたものである。

1. はじめに

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夏期におけるしゃへい効率および冬期における集熱効率の測定に関するものである。本報は「その1. 夏期におけるしゃへい性能について」(大林組技術研究所報 No. 15)の続報であり、冬期におけるウィンドウコレクターの集熱効率を実験によって測定した結果のまとめである。

2. 実験概要

2.1. 実験条件

今回は図-1に示す4種類のウィンドウコレクターのうち試験体 No. 1, No. 3, No. 4 について集熱効果に関する性能比較を行なった。また、試験体 No. 3 において

合成樹脂被覆鉄線すだれ(以下クールブラインドと呼ぶ)、写真-1、写真-2に示す様な木の皮のすだれ、あるいは不織布を設置しての集熱実験も実施した。ウィンドウコレクターに設置されているブラインドなどは表-

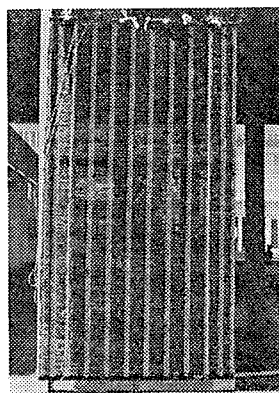


写真-1 木の皮のすだれ

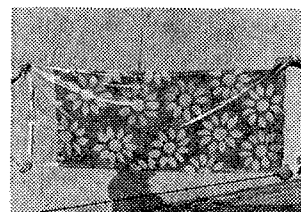
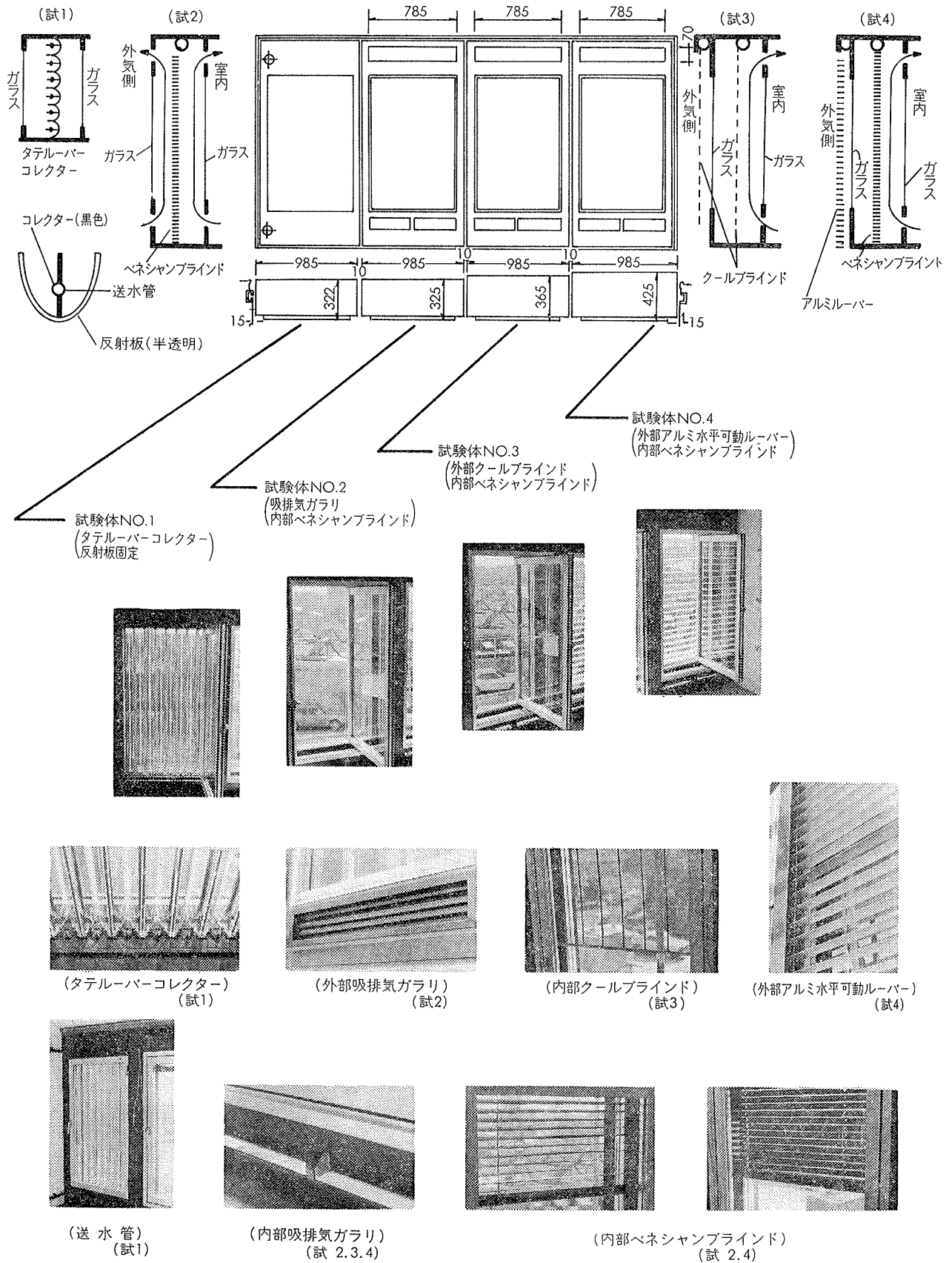


写真-2 不織布



図一 ウィンドウコレクターの概要

1 に示す様な状況に設定しそれぞれについて測定を行なった。測定時の回転実験室方位はしゃへい実験と同様に南面を向け、試験体は全て個別に測定した。なお、測定していない他の試験体はアルミ箔を貼りつけた断熱材等によっておおいかくして外界の影響を除いた。

試験体	実験番号	ブラインドなどの設定状況 (No.3~4は内部吸排気ガラリは全閉)	測定時期	測定対象
No.1	No.1-1	縦パイプ(送水温度10~20°C)	冬期	集熱
No.3	No.3-1	内部クールブラインド使用のみ	冬期	集熱
	No.3-2	木の皮のすだれ使用のみ		
	No.3-3	不織布使用のみ		
No.4	No.4-1	ベネシャンブラインド使用のみ (ブラインドは全閉で使用)	冬期	集熱

表一1 実験条件 (設定室温 ; 22°C)

2.2. 実験方法

試験体 No. 3 および No. 4 はコレクターの上部ガラリ (排気ガラリ) にダクトを設置し、これに掃除機の吸引ポンプを取り付けコレクターの下部ガラリ (吸気ガラリ) から吸引し、室内空気を強制循環させながら集熱する空気熱媒方式である。試験体 No. 1 はコレクター内部に設けられた9本の黒色縦パイプの下部より一定量の水を送り、これを上部まで循環させる過程で集熱する水熱媒低温集熱方式である。

実験は各設定条件ごとにこの吸気側 (送水側) および排気側 (出口側) の温度差および風量 (流量) をそれぞれ熱電対、オリフィスで測定し、集熱量を算定した。

2.3. 実験結果の整理法

測定は昭和51年12月下旬より昭和52年3月上旬まで毎日9時30分~15時30分の間実施した。雨の日を除いて試験体 No. 1, No. 3(クールブラインド, すだれ), No. 4 (ベネシャンブラインド) については約1週間分のデータを得た。試験体 No. 3(不織布) は参考として2日間測定した。

3. 実験結果及び考察

試験体 No. 3, No. 4 の窓面の集熱効率 (fe) および室内全熱取得率 (fet) は下式により算出した。Q₁ を集熱量 (Kcal/h), Q₂ を室内全取得熱量 (kcal/h) とすると、

$$f_e = \frac{Q_1}{I \cdot A} \dots\dots\dots(1)$$

$$f_{et} = \frac{Q_2}{I \cdot A} \dots\dots\dots(2)$$

ただし、

I: 垂直面(南)全日射量 (kcal/m²・h)

A: コレクターの集熱面積 (m²)

$$Q_1 = C_p \times \gamma \times V \times (T_0 - T_1)$$

$$Q_2 = Q_1 + (Q_a + Q_b)$$

ここで、

V: 排気ダクト内風量 (m³/h)

T₀, T₁: 吸気側, 排気側ガラリの温度(°C)

Q_a: ガラス面より室内への輻射熱量 (kcal/h)

Q_b: ガラス面より室内への対流熱量 (kcal/h)

C_p: 空気の比熱 (kcal/kg・K)

γ: 空気の比重量 (kg/m³)

試験体 No. 1 の窓面の集熱効率 (fe) は下式により算出した。

$$f_e = \frac{Q_3}{I \cdot A} \dots\dots\dots(3)$$

ただし、

Q₃: 集熱量 (kcal/h)

$$Q_3 = V_1 \times \bar{C}_p \times \bar{\gamma} \times (T_0 - T_1)$$

V₁: 熱媒体(水)の流量 (m³/h)

T₀, T₁: 送水還管, 送水往管の水温 (°C)

\bar{C}_p : 水の比熱 (kcal/kg・°C)

$\bar{\gamma}$: 水の比重量 (kg/m³)

ここで前報と同様に fs を定数項とし、Ke を勾配とする一次式をウィンドウコレクターの評価式とした。

$$f_e = f_s + K_e \cdot \frac{dt}{I} \dots\dots\dots(4)$$

ただし、

f_s: 日射しゃへい係数 (dt=0 の際の fe 値)

|K_e|: 等価熱貫流率

dt: 外気温と室温との温度差

図一2, 図一3, 図一4, 図一5は試験体 No. 3 (クールブラインド) および No. 4 (ベネシャンブラインド) について、縦軸に集熱効率 (fe) または室内全熱取得率 (fet) をとり、横軸に dt/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をプロットしたものである。また表一2は各試験体の各実験条件について(4)式から求めた fs 値および ke 値を示したものである。

図および表からクールブラインドおよびベネシャンブラインドは木の皮のすだれや不織布よりも0.2~0.3程度集熱効率が高くなっている。また、ベネシャンブラインドとクールブラインドとの比較ではブラインド角度を垂直 (全閉) で使用している前者の方が集熱効率はわずか

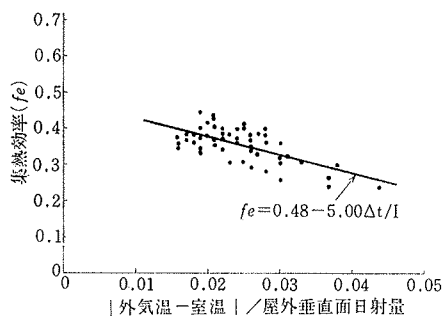


図-2 試験体 No. 3 (クールブラインド) の集熱効率

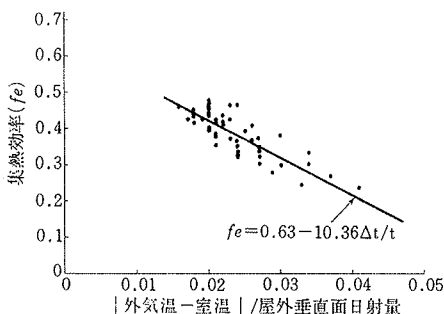


図-3 試験体 No. 4 (ベネシャンブラインド) の集熱効率

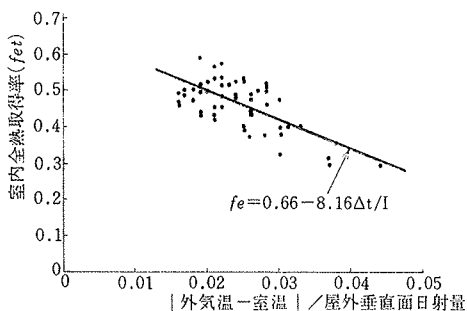


図-4 試験体 No. 3 (クールブラインド) の室内全熱取得率

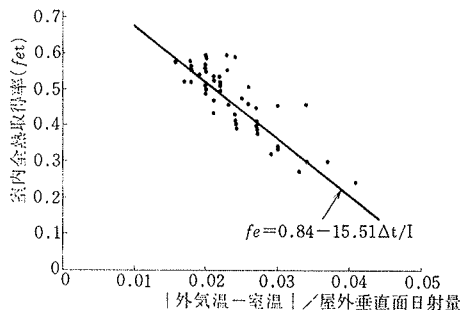


図-5 試験体 No. 4 (ベネシャンブラインド) の室内全熱取得率

実験番号	No. 1-1	No. 3-1	No. 3-2	No. 3-3	No. 4-1
fs 値	0.66	0.48	0.29	0.23	0.63
Ke 値	1.17	5.00	1.60	1.39	10.36

表-2 実験から得られた fs 値, ke 値

に、高いようである。なお、水を集熱媒体としている試験体 No. 1 は低温集熱で0.5~0.8程度の集熱効率が測定されている。

4. まとめ

この研究で対象としているウィンドウコレクターはブラインドを内蔵した二重窓としての機能のほか、冬期には太陽熱集熱器の機能をもたせた建物とコレクターとを一体化したシステムである。今回の集熱実験及び前報で報告した夏期におけるしゃへい実験によって一連の研究を一応終了した。その結果、空気式コレクターの場合は冬期の集熱用としてはベネシャンブラインド、夏期のしゃへい用としてはクールブラインドの成績が各々優れており、水熱媒式コレクターの場合の冬期における低温集熱もかなり高い集熱効率を示している。空気式のコレクターは機構的には試験体 No. 3, No. 4 の様に室内側のみに吸排気ガラーを設けたものと、試験体 No. 2 の様にさらに外気側にも吸排気ガラーを設置したものの2種類があり、当初は後者の成績が期待されたが両者にそれ程大きな差はなかった。これは、後者の外気側の吸排気ガラーの取り方が小さかったためと思われるが、後者の外気側の吸排気ガラーを大きく取ることによって、コレクター内の自然換気量が増加し、しゃへい効率はかなり高まるであろうと期待される。

ウィンドウコレクターは外を見通すことが出来るので室内が閉鎖的な感じにならず、自然採光もかなり期待できるという利点があり、また年間を通じて故障もほとんどなく内部を清掃することも容易である。今後実際の建物に積極的に採用されることを希望するものである。

最後にウィンドウコレクターの研究・開発にあたって名古屋大学教授 中原信生、日本建鉄(株) 青山啓伸、本社設計管理部 出沢潔(課長)、本社設備設計部 伊藤信三の各氏の多大な御協力、御助言を受けた。記して深い謝意を表します。