

集合住宅における自然エネルギー利用法に関する研究 (その2)

——システム性能評価結果——

竹本 靖 小宮 英孝
渡辺 真知子

Research and Development of Natural Energy Utilization for Multi-family Housing (Part 2)

——Experimental Results with Window Collectors and Sunroom Systems——

Yasushi Takemoto Hidetaka Komiya
Machiko Watanabe

Abstract

An experimental model house which has a sunroom and heat transportation systems from the south-side room to the north-side room, as well as so-called window collectors, which absorb solar energy in winter but reflect solar radiation in summer were evaluated under actual weather conditions. The shading coefficients of window collectors were 0.1 to 0.54 in the summer season and their total collection efficiencies in the winter season were 0.49 to 0.72. In the experimental model house, 16% of the total vertical solar radiation to the south facade was transported to the north room, while 57% was consumed in the south room. This means that total heat collection efficiency was 0.73. In the summer season the indoor air temperatures under several natural ventilation systems were also obtained. Furthermore, several problems in case of actual use were also investigated.

概 要

集合住宅における自然エネルギーの有効利用を目的として開発したウィンドウコレクター、サンルーム並びに南北熱移動システムの実測による性能評価を行なった。ウィンドウコレクターは、各タイプ別に、夏季の遮蔽性能、冬季の集熱性能を求めたが、概略遮蔽係数0.1~0.54、総合集熱効率0.48~0.72程度であった。サンルームでは、夏季は各種の自然通風手法に対する室内外環境が、冬季は南室自体で集熱し余剰熱を北室へ送るシステムにおいて、全集熱効率73%、南室集熱効率57%、北室での熱利用率16%が得られた。さらに、熱性能以外の使い勝手上的問題点についても、実用化を考慮に入れて、検討を加えた。

1. はじめに

前報¹⁾では集合住宅における自然エネルギーの有効利用を目的として開発したウィンドウコレクターとサンルームならびに南室の余剰熱を北室へ搬送するシステムの概要について述べた。ここでは、上記の要素技術項目ならびにシステムの実測による性能評価について報告する。

2. ウィンドウコレクターの性能評価

2.1. ウィンドウコレクター概要

窓本来の機能(眺望, 採光, 換気)をあまり損なうこ

となく、太陽熱を集排熱できるものとして、3種類のタイプ(A汎用引戸タイプ, B太陽電池ガラス集排熱タイプ)

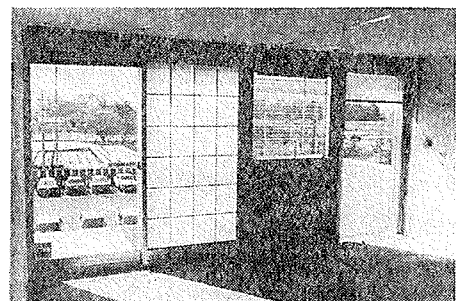


写真-1 ウィンドウコレクター内観

プ、Cローコストシングルガラスタイプ)を開発した。
各タイプの内観を写真-1に示す。

2.2. 夏季測定概要

夏季のウィンドウコレクターは、日射遮蔽効果と各部の温度レベルを求めることを目的として測定を行なった。実験パターンと期間を表-1に示す。Aタイプにおいてはブラインド水平、垂直及びブラインド無しで内側和障子について評価した。性能評価の対象としているウィンドウコレクターは回転実験室に設置されており、方位は真南に向けた。実験室内は、10cmの発泡スチロール板で仕切をし、2種類のウィンドウコレクターが同時に測定できるようにした。また、回転実験室の室温は、概略25°C一定となるようにした。

2.3. 夏季測定結果

ウィンドウコレクターの遮蔽係数と温風排熱割合を表-2に示す。ただし、各係数は $\Delta t/I$ (室内外温度差/垂直面日射量) が0.01のときの値を用いた。遮蔽係数の小さい順に整理するとブラインド垂直、和障子、ブラインド水平(以上Aタイプ)、ロールブラインド(Cタイプ)となった。また、ウィンドウコレクターの特色である温風排熱量の屋外日射量に対する割合は18%程度であった。

Aタイプでブラインド垂直の場合の各部温度、移動熱量の時刻変動を図-1に示す。各部温度状態を見ると、室温が空調により概略25°C一定の条件下で排気・出口温度は日中40°C以上となる。ただし、入口温度も上昇していることから風量 88.7 m³/h に対して出入口温度は7°Cであった。熱構造図より正午における各熱量を見ると垂直面日射量 450 kcal/m²h に対し外部排熱量 80 kcal/m²h、室内熱取得量 65 kcal/m²h となった。また、南中時前後(午前10時より午後14時まで)の同タイプの遮蔽係数は0.1前後で一定である。

2.4. 冬季測定概要

冬季は集熱効率と各部温度を求めることを目的として測定を行なった。集熱量は南室で利用できる分(透過日射量とガラス面からの熱取得量)と北室で利用できる分(温風集熱量)があり、集熱量は分けて考える必要がある。夏季に測定評価したタイプ以外に、冬季は太陽電池駆動のBタイプ、黒色不透明の布材を用いたロールブラインドについても実験した。実験パターンと期間を表-3に示す。

2.5. 冬季測定結果

各種ウィンドウコレクターの集熱効率を表-4に示す。ただし、各係数は $\Delta t/I$ が0.02のときの値を示した。総合集熱効率について性能の良い順に整理すると、ロールブラインドの黒色面使用(Cタイプ)、ブラインド水平、ブラインド垂直、和障子(以上Aタイプ)となった。そ

		測定期間	風量m ³ /h
A タイプ	ブラインド水平	S 61. 9/10~22	82.3
	ブラインド垂直	S 61. 9/23~30	88.7
	和障子	S 61. 9/30~10/9	87.7
Cタイプ(銀色)		S 61. 9/10~30	—

Aタイプとは汎用引戸タイプ
Cタイプとはローコスト・シングルガラスタイプ

表-1 実験パターンとスケジュール

タイプ	性能項目	遮蔽係数	温風排熱割合
A タイプ	ブラインド垂直	0.11	0.19
	和障子	0.35	0.17
	ブラインド水平	0.38	0.18
Cタイプ(銀色)		0.54	—

(注) $\Delta t/I=0.01$ のときの値

表-2 遮蔽係数

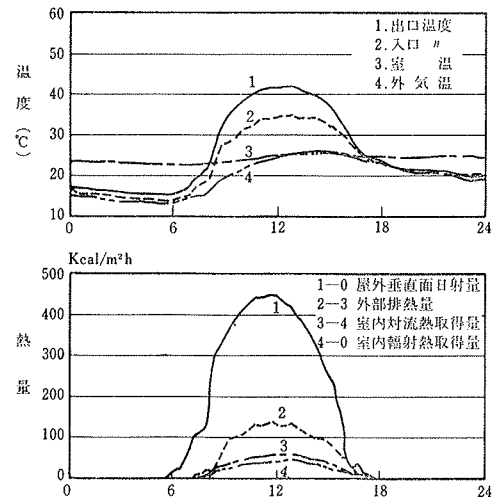


図-1 各部温度と移動熱量の時刻変動(S 61. 9/28)

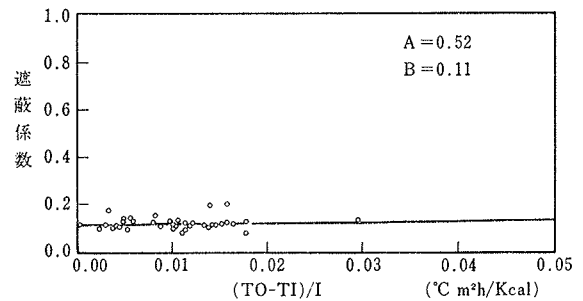


図-2 遮蔽係数と室内外温度差/垂直面日射量

れ以外のケースの総合集熱効率、和障子より若干小さい0.5前後の値であった。

ロールブラインドについては、銀色に比べて黒色の方が総合集熱効率は、4割程度良くなっている。

Aタイプでブラインド垂直の場合、各部温度、移動熱量の時刻変動を図-3に、集熱効率と室内外温度差/屋外垂直面日射量との関係を図-4に示す。同タイプの集

		測定期間	風量m ³ /h
A タイプ	ブラインド水平	S 61. 12/15~28	88.2
	ブラインド垂直	S 62. 1/9~25	
	和 障 子	S 62. 1/26~2/13	
B タイプ	ブラインド水平	S 62. 2/13~19	0~79.3 (可変)
	ブラインド垂直	S 62. 1/9~25	
	ブラインドナシ	S 62. 1/26~2/13	
C タイプ	銀 色	S 61. 12/15~28	270.0
	黒 色	S 62. 2/23~3/10	237.6

Aタイプとは汎用引戸タイプ
Bタイプとは太陽電池、ガラス集熱タイプ
Cタイプとはローコスト・シングルガラスタイプ

表-3 実験パターンとスケジュール

熱出入口温度差は、風量 88.2 m³/h に対して最大27°Cで、この時の室温は20°C前後であった。熱構造図より正午における各熱量を見ると、垂直面日射量 660 kcal/m²・h に対し、温風集熱量 225 kcal/m²・h、室内熱取得 145 kcal/m²・h である。また、室集熱効率率は0.22で温風集熱を含めた総合集熱効率率は0.56であった。太陽電池・ガラス集熱タイプ (Bタイプ) の太陽電池発電効率率は図-5より、4~5%程度であった。

3. サンプルの性能評価

3.1. サンプル概要

サンプルを有する南室と北室ならびに南北熱移動装置を有する実験ハウスは、実際の集合住宅の一部を想定して建設されたもので、その外観を写真-2に示す。

3.2. 夏季測定概要

夏季は両面通風 (昼: 南北吹き抜け通風+天井裏換気, 夜: 天井裏換気のみ)、片面通風 (昼・夜: 各室窓のみ開放)、蓄放冷方式 (昼: 放冷運転, 夜: 片面通風による蓄冷) の3方式を行なった場合の、室内外環境と熱移動特性を求める実測を行なった。実測パターン、期間、強制換気量を図-6に示す。

3.3. 夏季測定結果

実測パターン別の室内外気温の相互関係 (昼) を図-7に、外気温基準室温、日較差比を表-5に示す。両面通風時には南北室ともに概ね外気と同様の温度となる。夜間、窓・ドアを閉めていることから、室温は外気温より高くなり、両室共に日較差比は小さくなっている。片面通風時は、開口が大きい場合 (南室) は、両面開口時の様に外気温と同様の温度となるが、開口が小さい場合 (北室) は、外気の影響を受けづらく室温一定の傾向が見られる。この結果、南室の日較差比は1に近く、北室の値は小さくなる。また、蓄放冷方式においては、日射の入らない北室では日中でも室温があまり上昇しないが、南室では常に外気温より高い状態となる。本ケースの場

タイプ	性能項目	総合集熱効率	温風集熱効率	室集熱効率
A タイプ	ブラインド水平	0.71	0.22	0.49
	ブラインド垂直	0.57	0.38	0.19
	和 障 子	0.55	0.10	0.45
B タイプ	ブラインド水平	0.49	0.24	0.25
	ブラインド垂直	0.51	0.44	0.07
	ブラインドナシ	0.48	0.14	0.34
C タイプ	銀 色	0.52	0.12	0.40
	黒 色	0.72	0.14	0.58

(注) Δt/T=0.02のときの値

表-4 各種ウィンドウコレクターの集熱効率

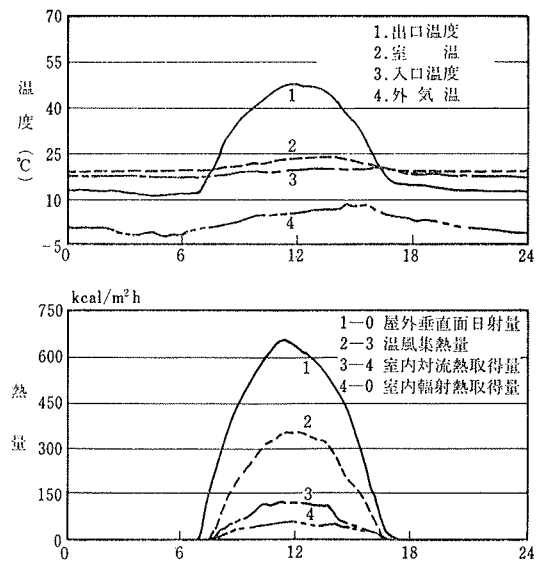


図-3 各部温度と移動熱量の時刻変動 (S 62.1/14)

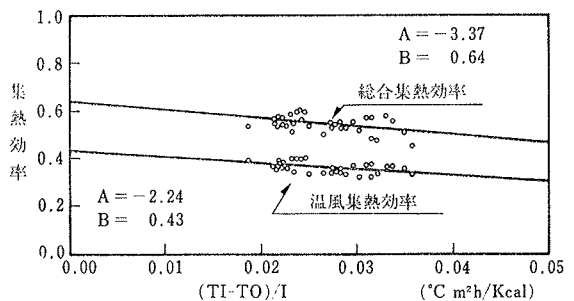


図-4 集熱効率と室内外温度差/垂直面日射量

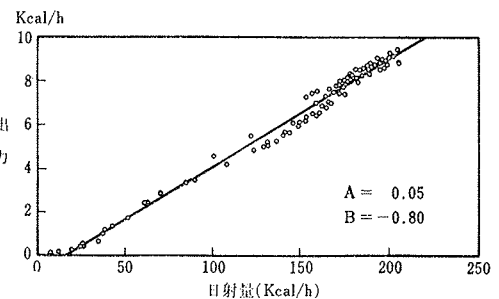


図-5 太陽電池効率

合の熱移動を見てみると、夜間は天井裏換気によって、天井裏躯体に200~300 kcal/hの蓄冷が、片面通風によ

って、床に 300 kcal/h(南室)~100 kcal/h(北室) 程度の蓄冷が行なわれる一方、日中は南室 800 kcal/h、北室 150~200 kcal/h 程度の放冷が行なわれている。

3.4. 冬季測定概要

冬季は南室での集熱効率、北室への熱移動量等の熱エネルギー効率を求めるとともに、温熱環境をサーモカメラ、室内環境分析器を用いて測定した。実測を行なった方式は、サンルーム集熱下り天井熱移動(太陽電池駆動)方式、サンルーム集熱天井裏熱移動方式、ウィンドウコレクター集熱天井裏熱移動方式、床埋設配管方式ならびに比較対象として自然状態の5種類である。以上の実測パターンを図-8に示す。

3.5. 冬季測定結果

代表的な例として太陽電池駆動方式とウィンドウコレクター方式の温度・熱量の時刻変動を図-9に、熱写真を写真-3に、各実測パターン別の外気温基準室温、日較差比、PMV*注を表-6に示す。基準となる太陽電池駆動方式の場合、屋外垂直面日射量 6,000 kcal/h (ガラス面全体に対し)の時、南室の全熱取得量 4,350 kcal/h、北室への熱搬送量 900 kcal/h、実質熱取得量 3,450 kcal/h であることから、全集熱効率 73%、南室集熱効率 57%、熱搬送効率 16%となった。一方天井裏を通すタイプは、南室熱取得量はあまり変わらないが、蓄熱時の熱損失が生じ、北室への熱移動量は減少する。また、ウィンドウコレクタータイプは、集熱温度が上昇する為、集熱効率は減少するものの、北室到達温度が上昇し、ピークの熱移動

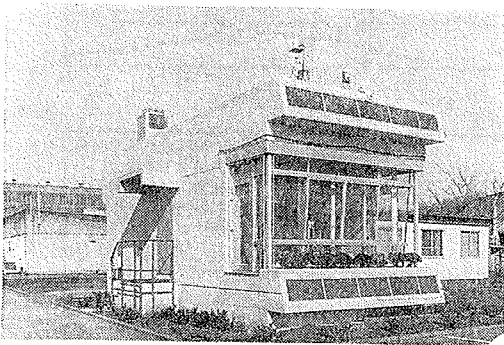


写真-2 サンルーム外観

性能項目 タイプ	南 室			北 室		
	室内外温度差 × 1		日 較*2 差 比	室内外温度差 × 1		日 較*2 差 比
	(昼)	(夜)		(昼)	(夜)	
両面通風	-1.5~2.5	+0~+7.0	0.46	-2.5~+2.5	+0~+7.0	0.39
片面通風	-0.5~3.5	±1.0	0.81	-3.5~+3.5	-0.5~+5.0	0.33
蓄放冷方式	+5.0	+1.5	1.45	-3.5~+5.0	-1.0~+6.0	0.35

*1 外気温を基準とした値で測定期間中の平均的値
*2 室温の日較差と外気温の日較差の比で8/5~8/6, 8/14~8/15, 9/26~9/27のデータから求めた。

表-5 実測パターン別外気温基準室温と日較差比

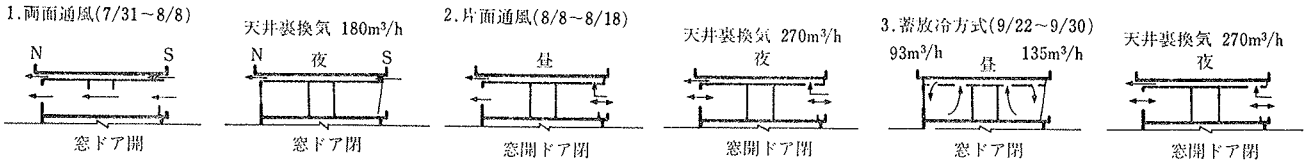


図-6 夏季実測パターンとスケジュール

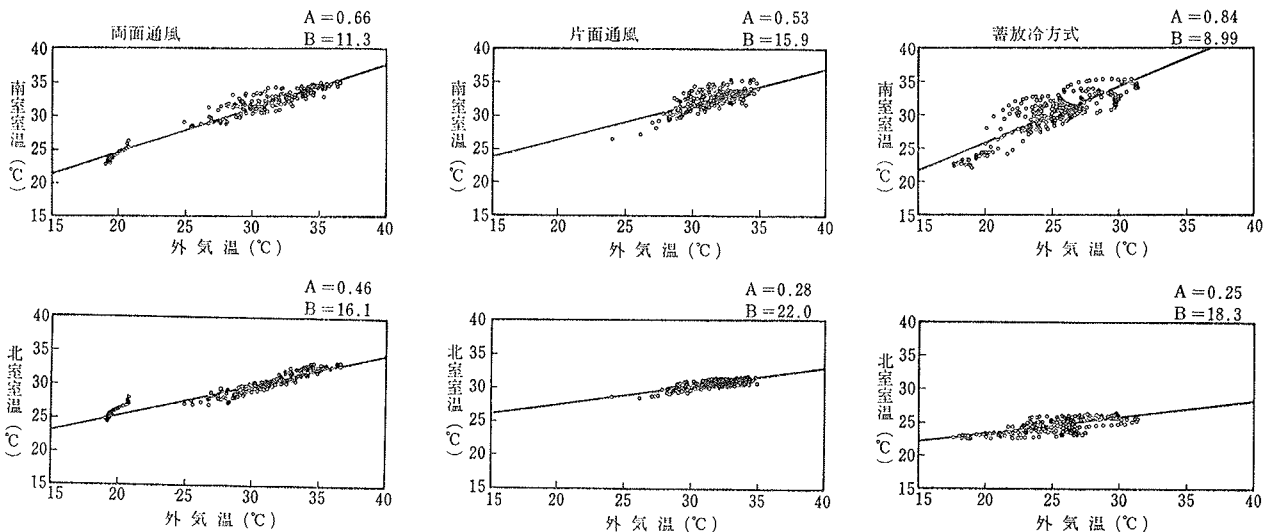
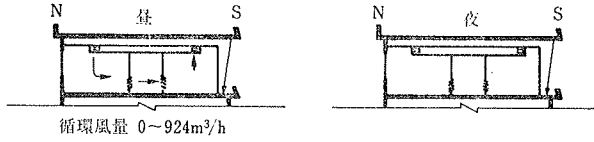


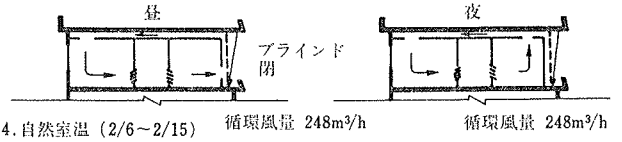
図-7 実測パターン別の室内外温度 (昼/8:30~17:30) の相互関係

*注 快適指標の1つで、Predicted Mean Vote の略。

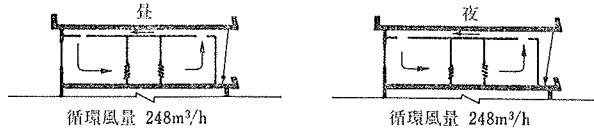
1. 下り天井による熱移動(太陽電池駆動)(12/8~1/8)



3. 天井裏換気扇によりウィンドウコレクターを介した熱移動(1/23~2/5)



2. 天井裏換気扇による熱移動(1/9~1/22)



4. 自然室温(2/6~2/15) 循環風量 248m³/h

5. 床埋設パイプによる熱移動(2/17~3/10)

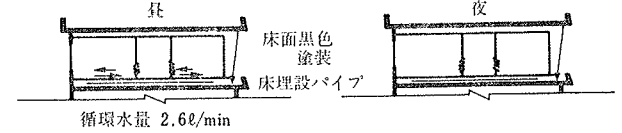


図-8 冬季実測パターンとスケジュール

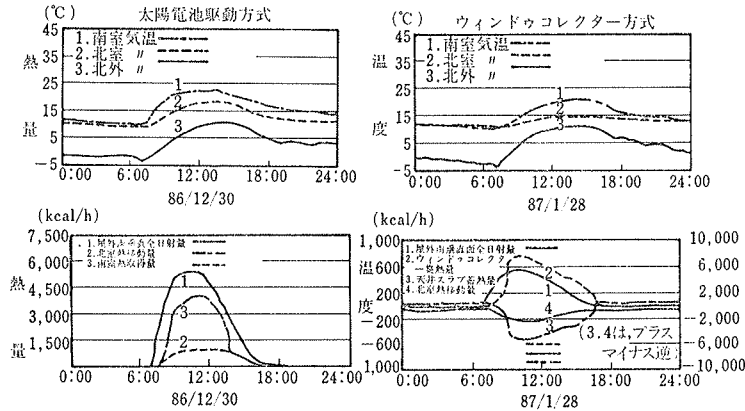


図-9 温度・熱量の時刻変動(太陽電池駆動, ウィンドウコレクター)

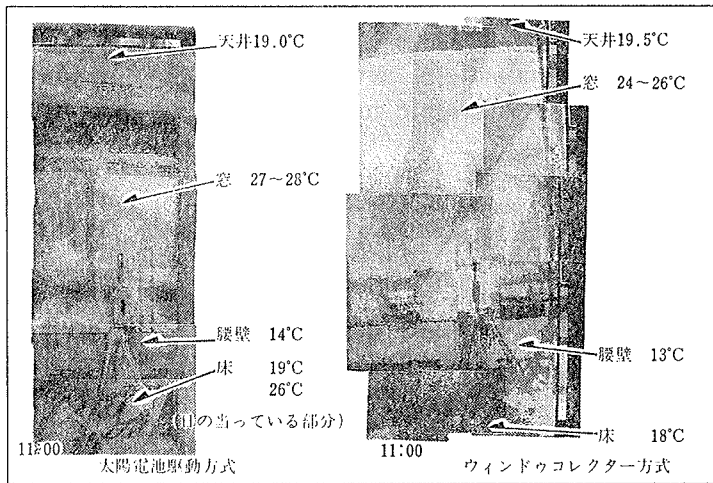


写真-3 熱写真(太陽電池駆動, ウィンドウコレクター)

性能項目	南 室					北 室			熱移動量	
	P	M	V	室内外温度差・1	日較*2	室内外温度差・1	日較*2	日積算	ピーク	
タイプ	(昼)	(夜)	(昼)	(夜)	差比	(昼)	(夜)	差比	(kcal/日)	(kcal/h)
太陽電池駆動方式 (12/29~30)	0.	-3以下	+15.2	+13.3	1.18	10.8	11.3	0.90	5,400	900
天井裏熱移動方式 (1/20~21)	0.5	-3以下	+16.2	+13.3	1.31	9.5	13.8	0.45	2,160	150
ウィンドウコレク ター集熱方式 (1/28~29)	-0.5	-3以下	+9.5	+12.4	0.77	3.6	12.4	0.29	2,330	230
床配管方式 (2/27~28)	0.5	-3以下	+14.2	+15.2	1.08	1.0	13.3	0.08	2,000	300
自然状態 (2/13~14)	2.0	-3以下	+14.3	+12.4	1.13	-2.8	10.5	0.07	—	—

*1 外気温を基準とした値 *2 室温の日較差と外気温の日較差の比

表-6 実測パターン別の外気温基準室温, 日較差比

量が前者より若干多くなる。床埋設配管方式(南・北室の床暖房用配管を接続し, 水を循環させる方式)の熱移動量は, 前2者と同程度であるが, 床面から北室空気への熱供給が減少するため, 日較差比が示す様に南北間の温度差を解消できない。さらに, サンプル室南室におけるPMV(測定高さ0.6m)で評価したところ, 熱移動を行わない場合, 床埋設配管方式の場合はやや暖かい状態となることが示された。一方, ウィンドウコレクタータイプはやや涼しい状態となる。これに対し太陽電池駆動方式では, 温感上中立となり, 最も有利である。

4. まとめ

ウィンドウコレクター単体の評価結果からは, 夏季の遮蔽係数0.1~0.54, 冬季の総合集熱効率0.48~0.72という結果が得られた。一方, サンプル室に関しては, 南室自体で集・蓄熱し空気中で熱を搬送する方式が, 熱効率上は有利であることが示された。

また, 熱性能以外の問題点としては, 気流速による不快感, ファンの騒音, ウィンドウコレクター操作の煩雑さ, ブラインドの汚れ等が挙げられる。今後は, 以上の点を考慮した上で実建物への適用を計る。

謝 辞

本研究は通産省生活産業局からの委託研究であり, 関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中, 他: 集合住宅における自然エネルギー利用法に関する研究(その1), 大林組技術研究所報, No. 34, (1987), pp. 162~166