

# 幾徳工業大学における太陽熱暖冷房の実験的研究

谷下 市松, 中村 元和, 西田 元夫  
竜谷 光三, 矢沢 重彦, 鳥居 亮  
小口 幸成, 大矢 征, 三浦 直勝

## Experimental Study on Solar Space Heating and Cooling in Ikutoku Technical University

Ichimatsu TANISHITA, Motokazu NAKAMURA, Motoo NISHIDA,  
Kozo RYUTANI, Shigehiko YAZAWA, Akira TORII,  
Kosei OGUCHI, Susumu OHYA and Naokatsu MIURA

### Abstract

It is conducted in Ikutoku Technical University a series of experimental studies on the solar space heating and cooling for the 3 rooms of total floor area of 75 m<sup>2</sup> which are located in the second story of a concrete block building.

Two kinds of solar space heating and cooling systems were applied, the one is the system using absorption refrigeration machine and the other is the heat pump system. It was found from experimental results that both systems operated sufficiently good and exhibited satisfactory results. But both systems have their distinctive features respectively.

### 1. ま え が き

われわれの主要エネルギー源である石油の枯渇が近い将来に迫っていることが明らかとなった今日では、特にそのほぼ全量を輸入に頼っている我が国としては、省エネルギーと新エネルギー源の自主開発が重要な課題となって来た。この見地から、我が幾徳工業大学内に太陽エネルギー利用について研究するグループを1975年(昭和50年)頃から作り、先ず太陽エネルギーを家屋の暖冷房に利用する研究に着手した。そのわけは、太陽エネルギーの利用を経済的に、しかも殆んど全国的な広い範囲に普及できる可能性のあるのは、太陽エネルギーを給湯か暖冷房のような100°C位より以下の比較的低い温度範囲に利用する場合であると思われるからである。

このうち、給湯(温水器)の分野は我が国では既に実用段階に入っていると言えるが、暖冷房の分野は技術的にも経済的にも残された問題が多く、その解決は今後の課題である。

太陽エネルギーによる家屋の暖冷房にも種々の方式が

あって現在ではまだ経済的でないものや、また相当の補助燃料や電力を消費するものが多い。それで本研究は太陽暖冷房について種々の実験を行ない、その結果から補助燃料や電力の消費が少なく且つ経済的に実施し得る太陽暖冷房の方式を見出し、その普及と省エネルギーに寄与する基礎資料を得るのが目的である。幸にも、本研究は文部省科学研究費の一般研究Bとして採用され、昭和51年度と同52年度の両年度にわたり補助金の交付を受けた。この補助金と大学の研究費とにより、この両年度にわたり吸収冷凍機による方式とヒートポンプによる方式の両方の実験的研究を行なうことができた。この研究はまだ継続中であり、初期の目的達成までにはまだ遠いと思われるが、文部省科学研究費による補助が一応終了した時点における中間報告的な意味で、今日までに行なった研究の概要と成果について報告する次第である。

### 2. 実験に用いた建物と装置

幾徳工業大学における太陽熱冷暖房実験装置の概略図をFig. 1に示す。本研究の実験装置は、2階建てブロック建物(現在仮図書館となっている)の2階の南向3室を

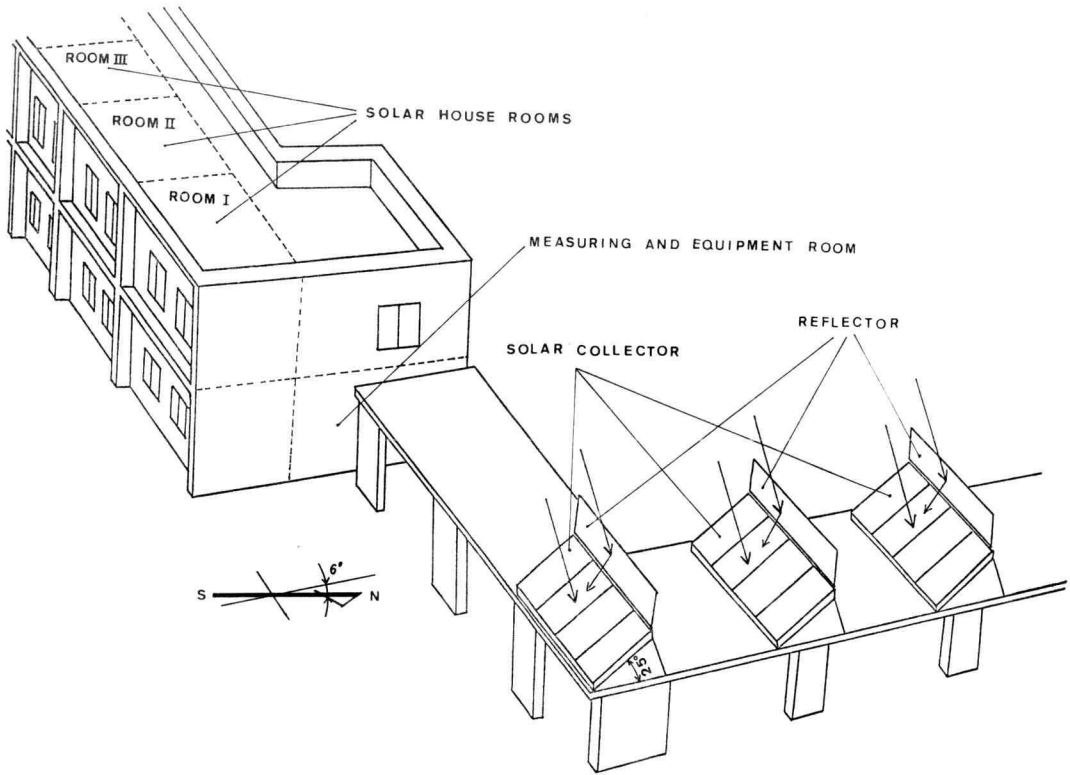


Fig. 1 Location of the solar house and apparatus used for the experiment.

暖冷房の供試験室としている。なおこの建物は冬期にはセントラルヒーティングで暖房されているが、供試験室のみは本実験による装置で暖房することにした。集熱器は本館東側屋外にある渡廊下の屋根上に設置された合計20基の集熱器が4基ずつ5列に列べられており、水平傾斜角 $25^\circ$ で南から東へ $6^\circ$ かたよった向に設置されている。又各列の背後には、高さ1m、巾4mで、取付角を変えることが出来るステンレス製反射板を取り付けて受熱面に落ちる日射量を増強している。

本実験装置は、太陽熱を集める集熱器、集めた熱を水の顕熱として蓄える蓄熱水槽、温水を冷房用の冷水に変換する吸収冷凍機、および供試験室に熱または冷を供給するファンコイルとから成っている。又太陽暖冷房装置と比較するためにヒートポンプを使用して暖冷房を行なう装置も組み込まれている。

次に各機器の主要諸元を示す。

集熱器：特殊ステンレス鋼板製のもの20基、有効集熱面積 $1.8\text{ m}^2/\text{基}$ 、選択吸収面の吸収率0.93、放射率0.11、取付傾斜角 $25^\circ$ 、矢崎部品製

蓄熱水槽 I：直径1.2m、高さ1.8m、有効貯水量1.7t、保温用グラスウール層厚さ100mm

吸収冷凍機：水-臭化リチウム系、冷凍能力4,500 kcal/h、矢崎部品製

補助熱源：灯油焚きボイラ、発生熱量24,000 kcal/h、矢崎部品製

ヒートポンプ：水-水式、冷凍能力11,300 kcal/h、暖房能力14,200 kcal/h、三菱電機製

蓄熱水槽 II：直径0.8m、高さ0.9m、有効貯水量0.4t、保温用グラスウール層厚さ100mm

ファンコイル：冷房能力4,300 kcal/h、暖房能力8,970 kcal/h

クーリングタワー：放熱量10,700 kcal/h

次に実験に使用した供試験室の概要は、次の通りである。

幾徳工業大学内、2階建てブロック建築物（現在仮図書館となっている）建物方位角南から東へ $6^\circ$

機械室: 1階東側ホール

集熱器設置場所: 仮図書館東側屋外の渡廊下の屋根の上, 設置方位角南から東へ6°

供試験室: 仮図書館東側2階の南向3室

床面積: 1室当り25m<sup>2</sup>, 延べ75m<sup>2</sup>,

窓: 南側に1.7m×1.2mのものが2つあり, 面積4.08m<sup>2</sup>, 窓の構造は外側, 鉄製サッシ5mmガラス入, 内側3mmガラスはめころし

壁: ブロック積みモルタル塗, 厚さ200mm

床: コンクリート打ち, 厚さ160mm

天井: プラスボード張り, コンクリート厚さ120mm, 防水モルタル厚さ40mm

3室の相異点: 東側よりI室, II室, III室とすると, I, II室は1977年3月まで内壁面の断熱材の発泡スチロールの厚さ50mm, 1977年7月以降発泡スチロールの厚さ100mm, III室は全期間中断熱材無し。I室の東側と南側の壁は外部に面しており, II, III室は南側の壁のみ外部に面している。

### 3. 実験方法とその種類

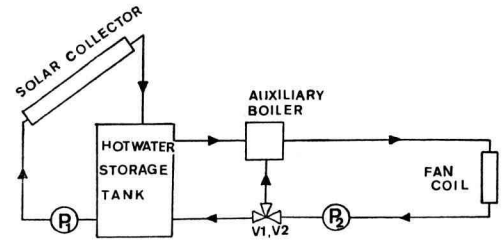
実験は次にあげる4通りのシリーズで行なった。Fig. 2にその概略図を示す。

- シリーズI 太陽暖房
- シリーズII 太陽熱とヒートポンプの併用暖房
- シリーズIII 太陽冷房
- シリーズIV ヒートポンプによる冷房

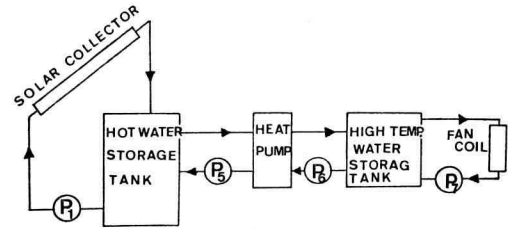
次に各シリーズについて説明する。

#### シリーズI (太陽暖房)

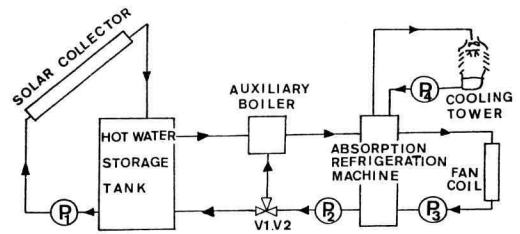
このシリーズで使用した装置は集熱基20基, 蓄熱水槽I, 補助熱源, ファンコイル, 供試験室I, II, IIIからなっていて, その他の装置は使われていない。集熱器内の集熱板上部の表面温度が蓄熱水槽Iの下部の水温より5°C以上高くなると集熱用循環ポンプP<sub>1</sub>が作動して, 蓄熱水槽Iの下部の比較的低温の水は集熱器へ送られ, 加熱された後, 蓄熱槽上部へもどる。温度差が0.5°C以下になると集熱用循環ポンプP<sub>1</sub>は停止して送熱を停止する。蓄熱水槽Iは出来るだけ上下の温水が混合しないように配慮されている。暖房を行なう場合, 蓄熱水槽Iの上部水温が暖房に使用可能な温度であれば, 循環ポンプP<sub>2</sub>が作動して蓄熱水槽Iの上部よりファンコイルへ温水を循環する。もし暖房に適さない低い水温ならばバルブV<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>が切り換わり, 補助熱源とファンコイル間が閉回路となり, 補



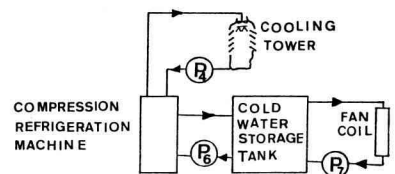
2-1 SERIES I SOLAR HEATING



2-2 SERIES II SOLAR AND HEAT PUMP HEATING



2-3 SERIES III SOLAR COOLING



2-4 SERIES IV HEAT PUMP COOLING

Fig. 2 Schematic arrangement of each series

助熱源からの温水がファンコイルへ循環される。供試験室への暖房熱量の加減は各室毎に設けられている室温コントローラによるファンコイル内のファンの電源のON-OFFによって行なわれる。

#### シリーズII (太陽熱とヒートポンプの併用暖房)

蓄熱水槽Iの水温が30°C以下となって太陽暖房が不可能な時に直ぐ補助熱源を使用するのは, 蓄えてあ

る熱量を無駄にしてしまう。そこで、一般家庭で使用されているルームクーラ（これは冷房時に電気エネルギーを使用して室内の低熱源から、室外の高熱源へ熱量を汲み出す装置である。室外に放出する熱量は、室内で吸収する熱量の2-3倍である。つまり室内で吸収する熱量の1.5~2倍の電気エネルギーをヒートポンプの運転に使うわけである。）の原理を利用して、蓄熱水槽Ⅰを低熱源とし、蓄熱水槽Ⅱを高熱源として、蓄熱水槽Ⅰから蓄熱水槽Ⅱへ熱量を汲みあげると、汲みあげに要した電気エネルギーの2倍以上の熱量を室内から吸収することができる。この作用をするときの冷凍機をヒートポンプと呼んでいるが、シリーズⅡの実験は水温が低い場合には、このヒートポンプの作用を利用して暖房を行ない、水温が高い場合には、太陽熱による暖房を行なう場合である。このシリーズに使用した装置は集熱器8基、蓄熱水槽ⅠおよびⅡ、ヒートポンプ、ファンコイル、供試験室Ⅰ、Ⅱ、Ⅲである。

#### シリーズⅢ（太陽冷房）

このシリーズの実験に用いた装置は集熱器20基、蓄熱水槽Ⅰ、補助熱源、吸収冷凍機、ファンコイルから成っている。吸収冷凍機の始動可能な加熱用温水の温度は80°Cであるが、一度作動し始めると温水の温度が75°Cまで下っても作動を続ける。集熱方法はシリーズⅠと同じである。蓄熱水槽Ⅰの上部水温が80°C以上ならば、太陽運転が可能なので温水が吸収冷凍機に循環される。吸収冷凍機では送られた加熱用温水により、低圧のもとで、臭化リチウム水溶液中の水分を加熱、蒸発させて、その濃度を高くし、この加熱濃縮された臭化リチウム水溶液はクーリングタワーからの冷水で冷却され、内部の蒸発器で蒸発した水蒸気を吸収して溶液の濃度を低く保つと共に容器内の低圧を保持する。一方蒸発器内の水はその一部が低圧のもとで蒸発するので、その潜熱で冷水を作り、この冷水がファンコイルへ送水される。

もし吸収冷凍機の運転中に加熱用温水の水温が75°C以下に下がった場合、又は始めから80°C以下であるために太陽冷房運転に入れない場合には、バルブV<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>が切り換わり補助熱源と吸収冷凍機との間が閉回路となり、補助熱源で発生した温水が吸収冷凍機に送水されて吸収冷凍機が作動し、冷水がファンコイルに送水される。

#### シリーズⅣ（ヒートポンプ冷房）

このシリーズは従来の水-水型の圧縮式冷凍機として作動し、それによって発生した冷水をファンコイルに

送水して冷房を行う実験であって、シリーズⅢと比較するために行なったものである。

このシリーズの実験に用いた装置は圧縮式冷凍機、蓄熱槽Ⅱ、ファンコイル、供試験室Ⅰ、Ⅱ、Ⅲである。

#### 各シリーズにおける実験期間及び状況

1976年9月、シリーズⅢによる冷房実験を行う。このとき反射板無し、集熱器間隔4m、室内断熱層は50mm厚さの発泡スチロール板

1977年1月-3月、シリーズⅠによる暖房実験を行う。このとき集熱器熱に反射板を取り付けた。

1977年8月-9月、シリーズⅢおよびⅣによる冷房実験を行う。このとき室内断熱層は100mm厚さの発泡スチロール板に強化した。

1978年1月-3月、シリーズⅠおよびⅡによる暖房実験を行う。このとき集熱器間隔を5mに変更し、室内配管の断熱を強化した。

1978年8月、シリーズⅢによる冷房実験を行う。このとき屋外配管系の断熱を強化した。

#### 4. 測定法および整理の方法

測定用機器として下記のものを使用した。

温度測定：サーミスタ温度計D-111-30型宝工業製、使用センサは気温測定用（直径2.3mm）露出型、水温測定用（直径2.3mm）パイプ型（直径3mm）、カテーテル型、集熱器表面温度測定用6mm×10mm×2.4mmプレート型（1978年7月よりCC熱電対も併用）

流量測定：容積型温水流量計

熱量測定：熱量計（目安に使用）

日射量測定：エコ型全天日射計及び日射量積算器ペン書きレコーダ。なお、1977年10月より遮光リングを使用した拡散日射量の測定も行なった。

風速測定：ロビンソン式三杯風速計

測定項目を列記すると

水平面全天日射量

集熱量（集熱器出入口における量および蓄熱槽Ⅰ出入口部における量を測定）

実験室暖・冷房熱量（ファンコイル出入口部における温度差より求める）

蓄熱槽における蓄熱量（蓄熱槽上下方向の温度を3ないし5点測定して求める）

補助熱源の消費熱量

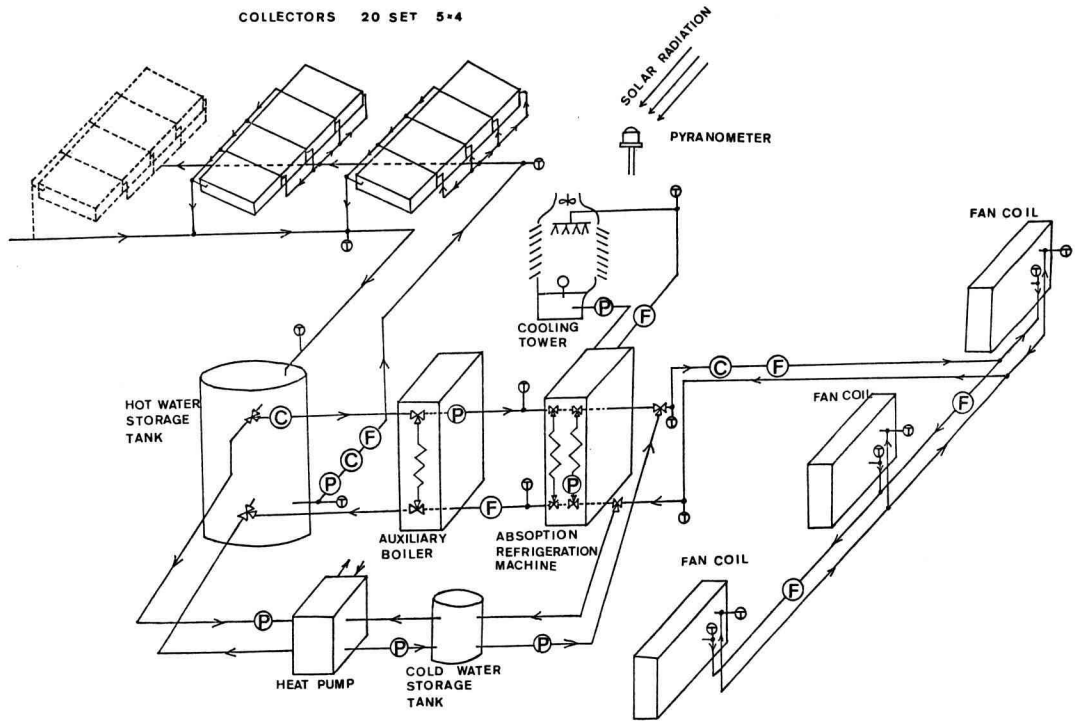


Fig. 3 Schematic arrangement of the solar space heating and cooling systems

吸収冷凍機成績係数

各機器消費電力

使用記号

- $c_p$ : 水の比熱 (kcal/kg $^{\circ}$ C)
- $G_a$ : 全集熱器循環水量 (kg/h)
- $G_c$ : クーリングタワー循環水量
- $G_f$ : 燃料消費量 (kg/h)
- $G_l$ : 全ファンコイル循環水量 (kg/h)
- $G_r$ : 吸収冷凍機加熱温水量 (kg/h)
- $G_t$ : 蓄熱槽貯水量 (kg/h)
- $H_c$ : 全集熱器面積入射日射総量 (kcal/h)
- $h_d$ : 水平面全天日射量 (kcal/m $^2$  h)
- $Q_a$ : 蓄熱槽 I 集熱量 (kcal/h)
- $Q_b$ : ボイラ消費燃料の保有熱量 (kcal/h)
- $Q_E$ : システム全消費電力量 (kcal/d 又は kw h/d)
- $Q_I$ : 全試験室暖冷房熱量 (kcal/h)
- $Q_r$ : 吸収冷凍機加熱熱量 (kcal/h)
- $Q_u$ : 燃料低発熱量 = 10,200 (kcal/kg)
- $\delta$ : 太陽依存率 暖房時  $[(Q_I - \eta_b Q_b) / Q_I]$   
冷房時  $[(Q_r - \eta_b Q_b) / Q_r]$
- $\varepsilon$ : 吸収冷凍機成績係数  $[Q_I / Q_r]$

$\eta_a$ : 有効集熱効率  $[Q_a / H_c]$

$\eta_b$ : ボイラ効率

整理式

データの整理には次式を用いた。

有効集熱効率  $\eta_a$ :  $\eta_a = Q_a / H_c$

蓄熱槽 I 集熱量  $Q_a$ :  $Q_a = G_a c_p \Delta t_a$

ボイラ消費燃料の全発熱量  $Q_b$ :  $Q_b = G_f Q_u$

吸収冷凍機成績係数  $\varepsilon$ :  $\varepsilon = Q_I / Q_r$

全試験室暖冷房熱量  $Q_I$ :  $Q_I = Q_{I_1} + Q_{I_2} + Q_{I_3}$

ここで  $Q_{I_1} = G_{l_1} c_p \Delta t_1$

$Q_{I_2} = G_{l_2} c_p \Delta t_2$

$Q_{I_3} = G_{l_3} c_p \Delta t_3$

$\Delta t$  は各部出入口温度差

### 5. 実験結果およびその検討

次に、各期間中の実験結果の代表例を Fig. 4-1 から Fig. 7-2 に示す。各グラフは横軸に時刻をとり、縦軸に左上から、水平面における全天日射の1時間当りの積算値、有効集熱量、有効集熱効率、補助熱源燃料消費量をと、右上から吸収冷凍機の成績係数、室内温度、暖冷

房熱量、蓄熱槽水温をとってある。

1977年2月から3月に行なったシリーズIによる暖房実験の結果を Fig. 4-1 から Fig. 4-3 に示す。Fig. 4-1 は2月25日の結果で、水平面における全天日射量の  $1\text{m}^2$ 、1時間当りの積算値は2月の平均値  $3,000\text{kcal}/\text{m}^2\text{d}$  より約  $1,000\text{kcal}/\text{m}^2\text{d}$  も大きな値をしめしており、水平面における1日の全天日射量の積算値は  $4,000\text{kcal}/\text{m}^2\text{d}$  になっている。この為、室内設定温度は  $21^\circ\text{C}$  としたにもかかわらず、断熱材で保温した I, II 室は正午前後には、室温が  $26, 27^\circ\text{C}$  まで上昇している。I, II 室が設定温度を  $5, 6^\circ\text{C}$  上回っているにもかかわらず、暖房熱量を消費しているのは、暖房の不要な際、ファンが作動していても、ファンコイル内を温水がたえず循環して自然対流により放熱しているためであると思う。しかし III 室は断熱層を施行していないため、壁面などからの熱損失が多く、暖房熱量を加える必要がある。I, II の暖房熱量は  $110$  から  $140\text{kcal}/\text{m}^2\text{d}$  であるのに、III 室のそれは  $340\text{kcal}/\text{m}^2\text{d}$  と約2倍以上になっている。なおこの日の一日平均の有効集熱効率  $\eta_a$  は  $0.25$ 、太陽依存率  $\delta$  は  $0.81$  である。

Fig. 4-2 は3月2日、曇りのち小雨の日の結果である。この日はすべて補助熱源で暖房されている。すなわち太陽依存率は  $0$  であり、集熱量も2月25日の約  $1/33$  である。III 室の暖房熱量は、I, II 室の約2.5倍から4倍消費されている。

Fig. 4-3 は3月17日、晴の時の結果である。この時点では太陽暖房に切り換えるには、蓄熱槽 I の上部の水温が  $40^\circ\text{C}$  以上必要であり、 $35^\circ\text{C}$  以下になると太陽暖房が停止されるように設定していたため、後で述べるように水温  $30^\circ\text{C}$  でも暖房できることがわかったので、水温がこの両温度の間であった10時から13時までの暖房熱量をむだにしていたこととなる(暖房熱量で  $7,200\text{kcal}$ 、灯油換算で  $12,000\text{kcal}$ )。なおこの日の1日の平均有効集熱効率  $\eta_a$  は  $0.21$ 、太陽依存率  $\delta$  は  $0.36$  である。

Fig. 5-1, 2 にシリーズ III (太陽冷房)、Fig. 5-3 にシリーズ IV によるヒートポンプによる冷房試験の結果を示す。Fig. 5-1, 2 は7月[24, 25日のデータであり、24日は晴一時曇りで1日平均の有効集熱効率  $\eta_a$  は  $0.21$  で、太陽依存率  $\delta$  は  $0.61$  である。25日は曇一時晴の天候で1日平均の有効集熱効率  $\eta_a$  は  $0.09$  で太陽依存率  $\delta$  は  $0.22$  である。III 室の冷房熱量は I 室、II 室の2.5倍から3倍である。

Fig. 6-1, 2 にシリーズ I (太陽暖房)、Fig. 6-3, 4 にシリーズ II による太陽熱ヒートポンプ併用暖房の結果

を示す。この試験から太陽暖房用循環水温度を  $40^\circ\text{C}$  から  $30^\circ\text{C}$  に下げたため、太陽依存率は大巾によくなり、有効集熱効率も向上した。Fig. 6-1 は1月25日の結果で1日中太陽暖房になっているが、従来通り  $40^\circ\text{C}$  切り換えでは9時から12時半までは補助熱源を運転せねばならなかった、この場合には太陽依存率は約  $0.4$  となると思われる。

Fig. 6-3, 4 にシリーズ II (太陽・ヒートポンプ暖房)の結果を示す。Fig. 6-3 の1月20日は集熱器12台を使用し、蓄熱槽水温に関係なくヒートポンプによる暖房を行なったものであり、1時間当りの有効集熱効率  $\eta_a$  は  $70\%$  にも達しており、1日平均の有効集熱効率でも  $60\%$  になった。2月23日は集熱器を8台使用した。一時曇りはしたが、日射量もあり有効集熱効率は1日平均で  $0.45$  とよい値になっている。又同図を Fig. 4-3 の1977年3月7日の図と比較すると日射量、集熱量はほぼ同じである。このため集熱面積の少ないシリーズ II の有効集熱効率  $\eta_a$  は約2倍になる。これはシリーズ II では朝ヒートポンプを運転したため、蓄熱槽 I の底部に  $15^\circ\text{C}$  程度の冷水がたまり、この冷水が集熱器に供給されたためである。又ヒートポンプは9時から10時半の間運転しただけで、以後翌日の11時まで太陽暖房を行なうことができた。この期の有効集熱効率は  $0.32$  であった。

Fig. 7-1, 2 にシリーズ III (太陽冷房)による8月23日及び27日の試験結果を示す。この場合は8月21日から31日まで連続運転を行なった。この期間中の有効集熱効率  $\eta_a$  は  $0.21$  であり、太陽依存率  $\delta$  は  $0.4$  であった。

Fig. 8 に反射板の効果を示す。反射板を取り付けることにより、10時半から13時頃までは、集熱量を  $30\%$  程度増加させることができた。なお反射板の効果については、本研究報告ページ 39~45 に掲載されている「集熱面直達日射量の反射板による効果」に報告されているので参照されたい。

## 6. む す び

上記の諸結果から結論されることは

1. 本実験では冷房室の床面積に対する集熱面積の割合は  $0.48$  であり、太陽依存率  $0.5$  程度を目標にするならば、太陽熱による冷房が可能であった。
2. ファンコイルによる暖房用循環水の温度は従来  $35^\circ\text{C}$  以上必要であると言われていたが、この実験により  $30^\circ\text{C}$  でも十分暖房できることが確認された。
3. シリーズ II における暖房では、集熱面積を半分にしてもシリーズ I と同じ効果を得ることが出来た。

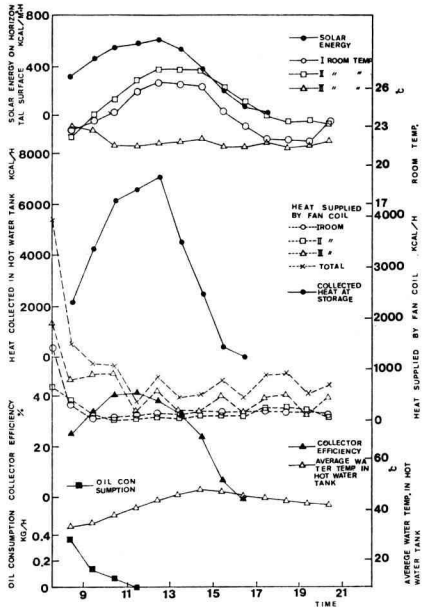


Fig. 4-1 Experimental results of series I (Feb. 25 '77)

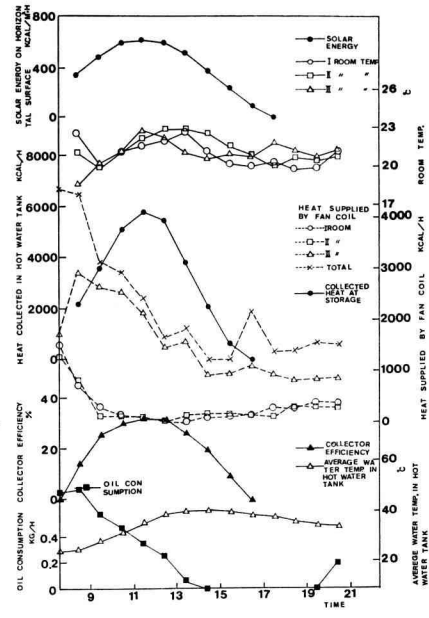


Fig. 4-3 Experimental results of Series I (Mar. 7 '77)

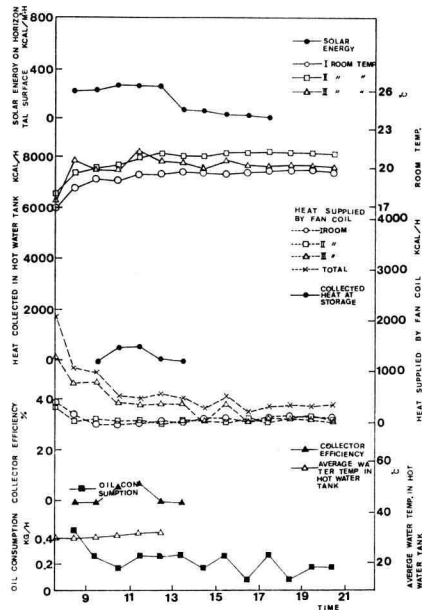


Fig. 4-2 Experimental results of series I (Mar. 2 '77)

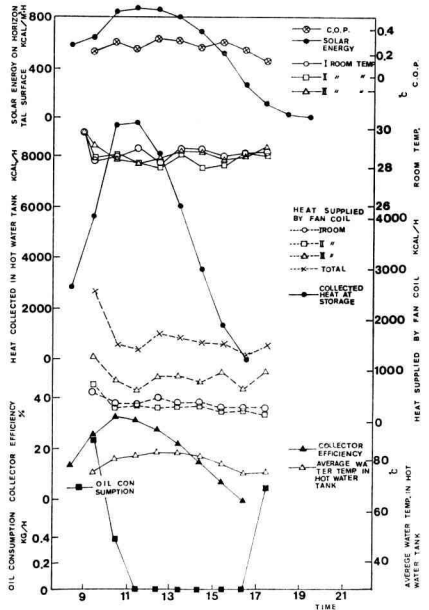


Fig. 5-1 Experimental results of Series III (July. 24 '77)

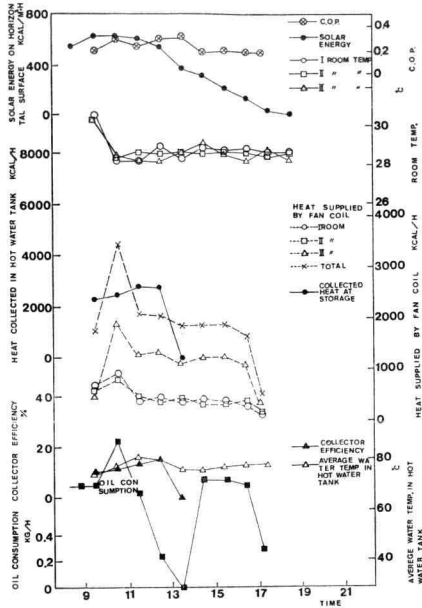


Fig. 5-2 Experimental results of series III (July, 25 '77)

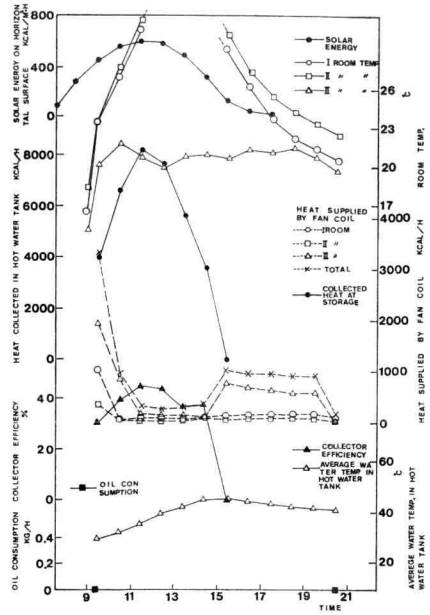


Fig. 6-1 Experimental results of series I (Jan, 25 '78)

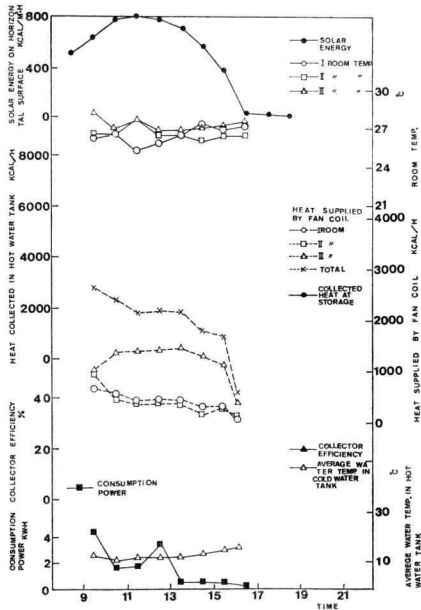


Fig. 5-3 Experimental results of series IV (Sep, 13 '77)

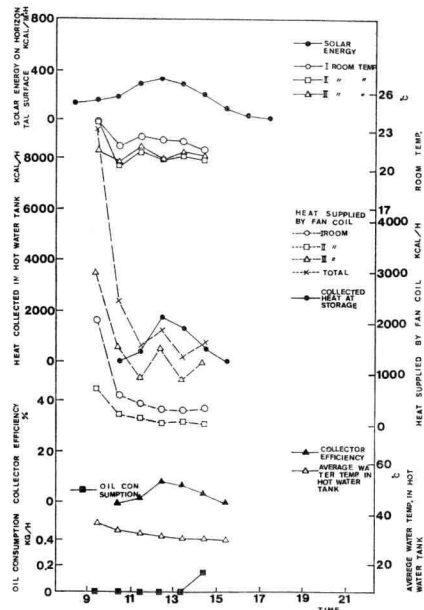


Fig. 6-2 Experimental results of series I (Jan, 26 '78)



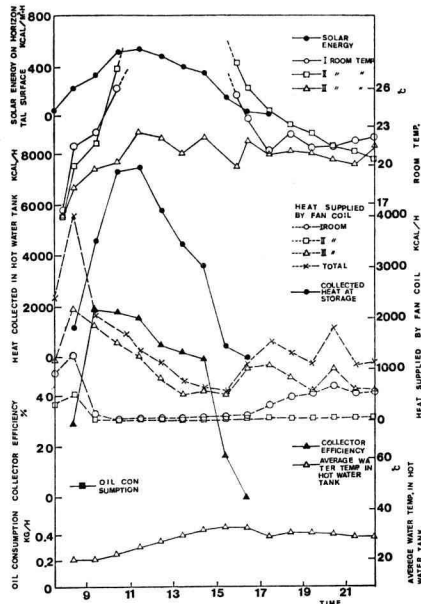


Fig. 6-3 Experimental results of series II (Jan. 20 '78)

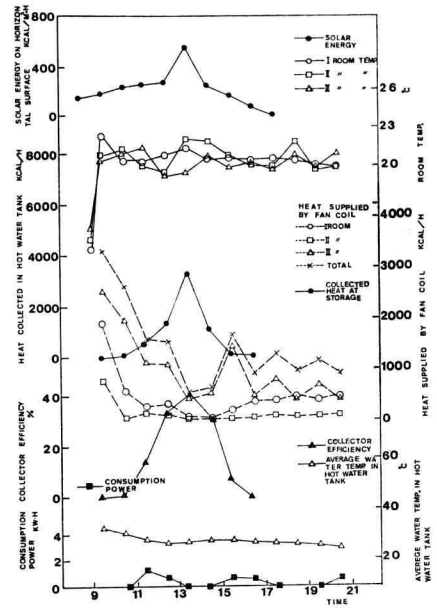


Fig. 6-5 Experimental results of series II (Feb. 24 '78)

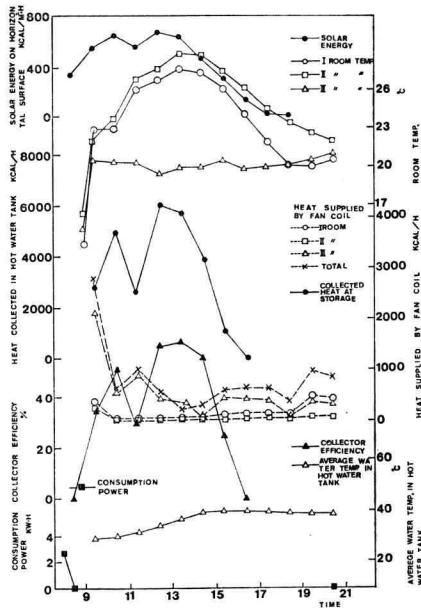


Fig. 6-4 Experimental results of series II (Feb. 23 '78)

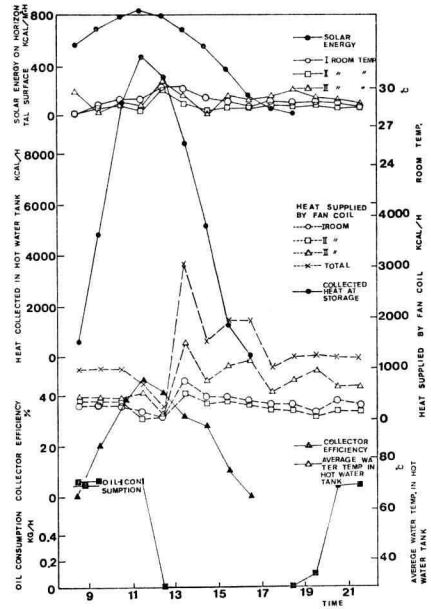


Fig. 7-1 Experimental results of series I (Aug. 23 '78)

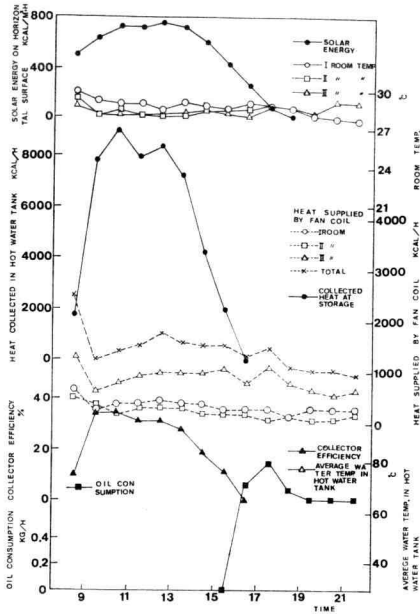


Fig. 7-2 Experimental results of series III (Aug. 27 '78)

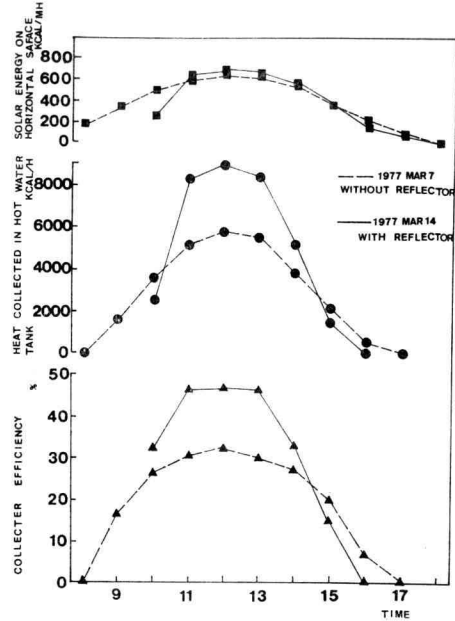


Fig. 8 Effects of reflector

4. 本実験では既存のブロック建築物を供試験室として利用したために集熱部、機械部、空調部がバラバラに設置されており、配管部分が非常に長いため、ここからの熱損失がかなり多くなり集熱量の5~10%にも達している。
5. 集熱面積の1/2の面積の反射板を取付けることにより有効集熱量を一日平均約20%増加させることができた。

### 7. あとがき

本報告は、1976年及び同77年(昭和51年及び同52年)の2ケ年にわたり文部省の科学研究費補助金を受けて幾徳工業大学で行なわれた太陽暖冷房の実験的研究の概要

を報告したものである。その初年度には吸収冷凍機による本格的な太陽暖冷房の実験を行ない、また2年度にはヒートポンプによる暖冷房の実験を行ない、一通りの試験を行なうことができた。しかし、当初より大きな目標として掲げた太陽暖冷房の省エネルギー化のことは今後の研究にまたねばならないので、われわれのグループは今後もこの研究を継続してゆく積りである。

終りに、本研究の実験装置の組立てを手伝って頂いた本学熱工学実験室技術職員市川小八君、機械工学科助手補原田俊明君、同秋間泰利君、同山下実君、並びに本報告の作成に当り、貴重なご助言を頂いた伊藤定祐講師に対して深く感謝の意を表します。