

# 自然エネルギーに依存した新しい住宅

北見工業大学機械工学科教授

金山 公夫

## 1 まえがき

太陽、風力、水力あるいは地熱などいわゆる自然エネルギー利用に関する研究は、かつては石油の枯渇に備えた資源保存の意味が大きかったのですが、現在は環境保全の立場からもその推進が叫ばれています。

私どもの熱工学研究室における太陽エネルギーを主体とする自然エネルギー利用に関する研究は昭和43年の日射量の通年測定によって開始され、以来20年余りになりますが、その間二度の石油危機を経験し、昨今の環境問題に直面するなど、その時々エネルギー情勢に左右されつつ現在に至っています。以下に本研究室のこれまでの研究の足跡を振り返りながら、自然エネルギー実験室における7年間の成果と、それを土台にしてソーラーヒートポンプシステムを導入した住宅における3年間の居住実験の結果について、その概要を述べることにいたします。

## 2 研究の経過

太陽エネルギーなど自然エネルギー利用に関する研究は、純粋な学術研究に比べて社会的な影響を受けやすく、したがって本研究室においても研究室独自の成果を背景に、学外の企業、関係官庁および自治体などと関連を持ちながら進められてきました。その中で自然エネルギーに依存した実験室および住宅は、独自の研究という意味において、まったく本研究室のオリジナルなものです。以下にその経過を箇条書きにして示します。

### A. 基礎研究

- (1) 昭和53年から連続して日射量（水平面全天、法線面直達）の測定を継続し、結果の整理、解析を行って太陽エネルギー利用の基礎資料を蓄積。
- (2) 道内各気象台の日射量観測データの整理とデータベースの作成。
- (3) 太陽集熱器の構成素材となる透明な固体、液体および炭素繊維シートのふく射性質の測定と解析。

### B. 応用研究

- (1) 水式太陽集熱器の性能測定と解析。
- (2) 炭素繊維を用いた高性能の空気式太陽集熱器の試作と性能測定。
- (3) ソーラーヒートポンプシステムを導入した太陽熱と地下水熱の組み合わせ利用による自然エネルギー実験室の性能測定と評価。
- (4) ソーラーヒートポンプシステムによる自然エネルギー依存型住宅。

## 3 自然エネルギー実験室

太陽エネルギーは密度が薄く、変動性が大きい。ため、暖房給湯の熱源としてこれを用いるためには大きな集熱面積で大量に集熱し、補助電源を用意しなければなりません。北見工業大学の自然エネルギー実験室1～3は建物南面に集熱器24枚を有して太陽熱を集熱し、内部にヒートポンプ（1.8kW）を配置して地下水からの熱を蓄熱タンクに汲み上げ、両熱源の組み合わせにより暖房を行う、いわゆるソーラーヒートポンプシステムを備えた実験施設です。1号棟（床面積96m<sup>2</sup>）は2

階建てで昭和56年12月に、2号棟（150m<sup>2</sup>）は1階建てで昭和58年3月に完成しました。1号棟の概要を図1および1、2号棟の平面図を図2に示します。システムは1号棟に組み込まれ、最初は1号棟の暖房給湯のみを対象とし、ソーラーシステムとヒートポンプは負荷に対して直列で作動するようにしましたが、システムの性能があまり上がらず、その後2号棟への供給が加わり負荷が1.6倍に増加したため並列作動とし、システムの性能も上昇しました。2号棟の負荷増に備えて補助ボ

ムとヒートポンプは負荷に対して直列で作動するようにしましたが、システムの性能があまり上がらず、その後2号棟への供給が加わり負荷が1.6倍に増加したため並列作動とし、システムの性能も上昇しました。2号棟の負荷増に備えて補助ボ

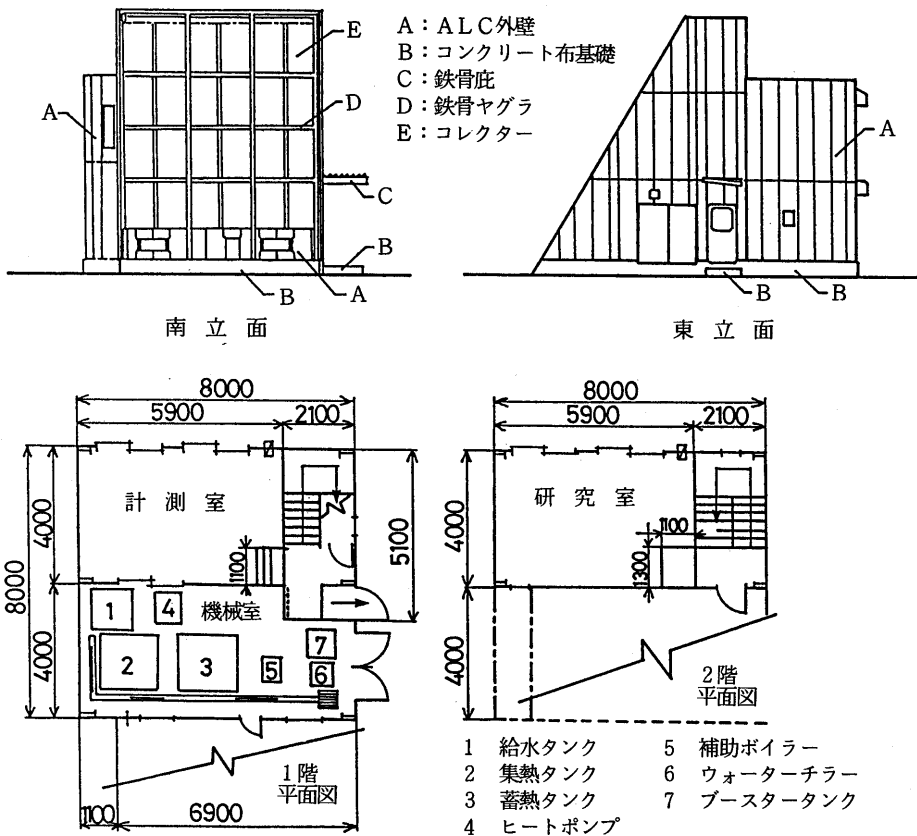


図1 自然エネルギー実験室1号棟の概要

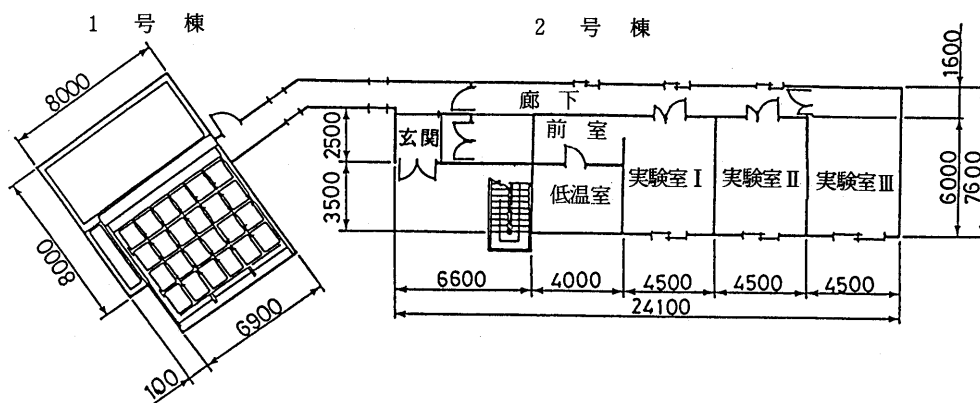


図2 自然エネルギー実験室1、2号棟平面図

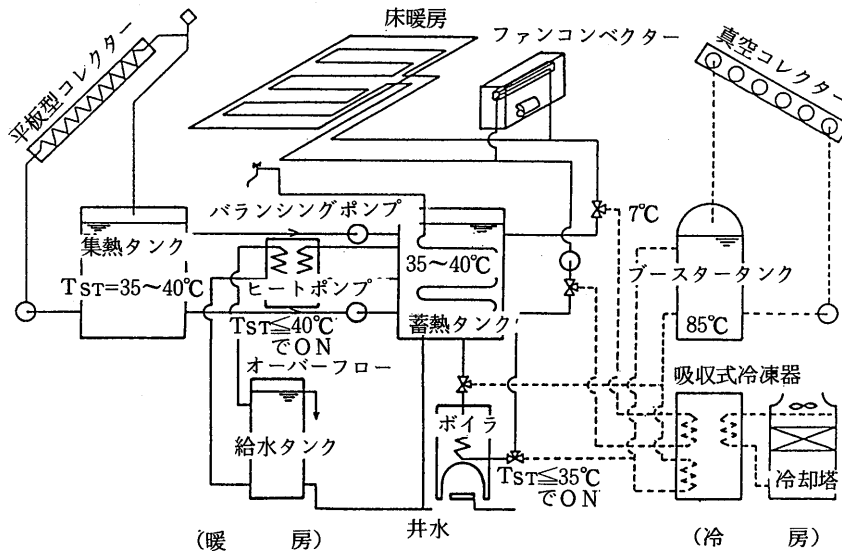


図3 並列ソーラーヒートポンプシステムのシステム図

イラによる若干の援助を要しました。

並列接続のシステムフローは図3に示すように、平板型集器 (45.8m<sup>2</sup>) は集熱タンク (3トン) に、ヒートポンプは蓄熱タンクにつながり、2本のパイプと2台のバルancingポンプで一体化された両タンクは太陽熱と地下水熱で温度35~45に保たれます。この温水を1号棟の床暖パネルとファンコン、および2号棟のファンコンに送って暖房を行います。昭和57年度 (直列) および58年度 (並列) の冬期間3か月の測定結果を図4に示します。

直列と並列の性能値を比較すると、日射に対する集熱効率は41.6%と31.5%で前者が高く、これは集熱タンクが直列接続されたヒートポンプの熱源に使われるため温度が低く保たれているためです。システムとしての太陽依存率は62.5%から29.8%と半以下に減少し、地下水依存率は逆に10.5%から46.0%と4倍以上に増加します。これは暖房負荷が31685MJから51981MJに増大したことによります。また太陽熱と地下水熱を合計した自然エネルギー依存率は68.5%と75.9%で、明らかに自然エネルギー依存型の建物です。システム成績係数(COP)<sub>s</sub> (システムに投入した

1990年4月号

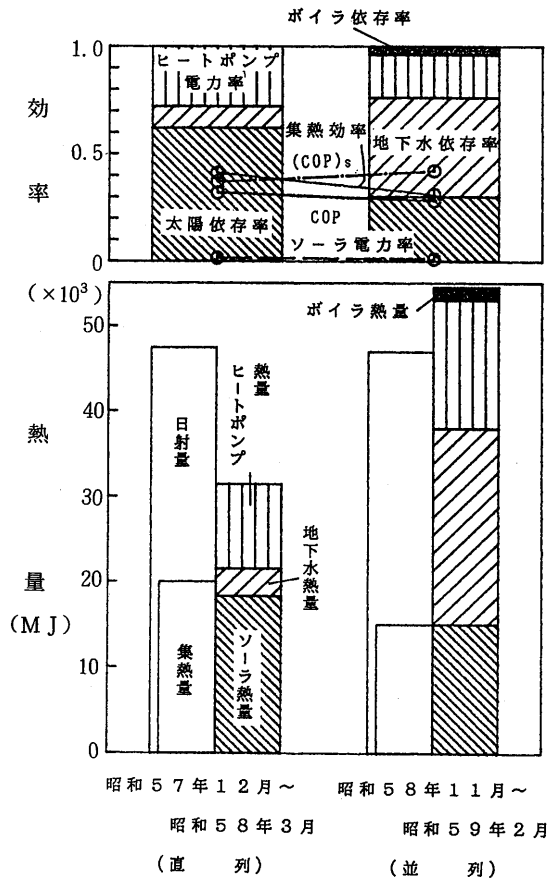


図4 2年間の冬期3か月間の実験結果の比較

エネルギーに対する取得したエネルギーの割合)は直列の3.70から並列の4.20へと増大し、性能が向上したことが伺えます。また、一次側、二次側のポンプ動力を含めたヒートポンプ成績係数COPは直列が3.18、並列が2.78で後者が低いですが、これは熱源が常に温度の低い地下水(9~10℃)のためです。

この結果、太陽熱と地下水熱を組み合わせた自然エネルギー実験室は、負荷への供給熱量の7割

以上が自然エネルギーに依存し、残りは電気とわずかな灯油で賄われていること、およびソーラーシステムとヒートポンプシステムは並列接続の方が成績が良いことが明らかになりました。室内は24時間の連続暖房で、1号棟3室(研究室、計測室、機械室)の平均温度は16~17℃で、特に常時居住する研究室は床暖房とファンコンにより、室温18~21℃、湿度50~55%の快適な居住環境が得られています。

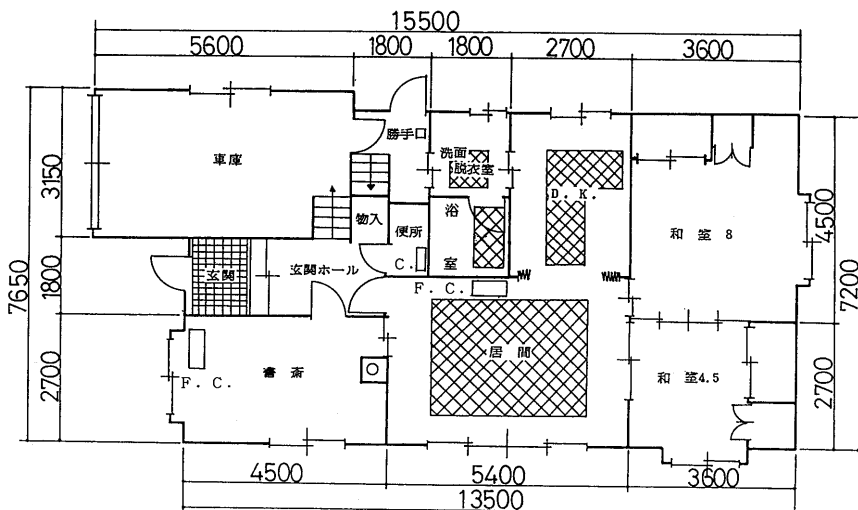


図5 ソーラーヒートポンプシステムを導入した住宅の平面図

(斜めチェック床暖パネル  
F.e-ファンコン、C-自然コンベクタ)

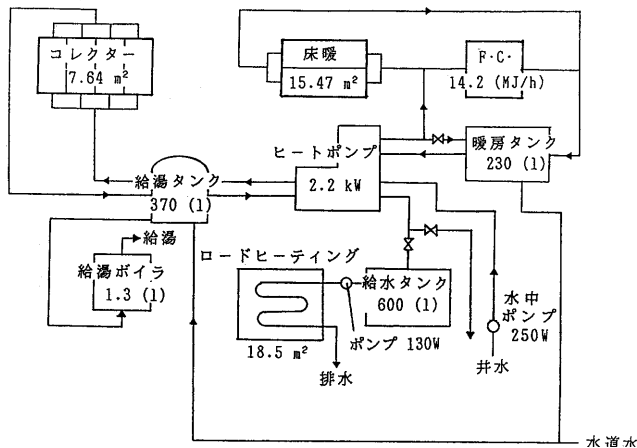


図6 ソーラーヒートポンプシステムフロー

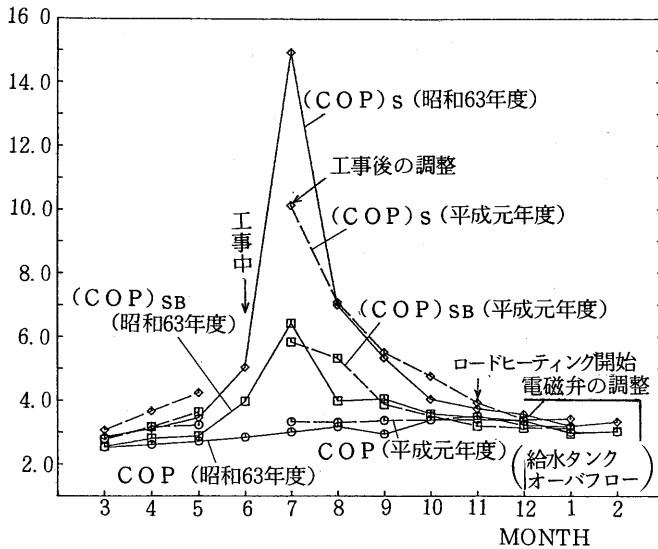


図7 2年間の測定結果の比較

注) (COP)<sub>s</sub>はシステム成績係数  
(COP)<sub>SB</sub>はシステムにボイラー設備を付加させた成績係数

めに、システムの簡略化と軽量化を図り、住宅への導入を試み毎年測定を行っています<sup>4)5)</sup>。測定によって得られたシステム成績係数をもとに性能を向上させるべくシステムの系統や制御法の手直しおよび部品の交換などを毎年行っています。建物は一部が中2階で地下室を有する平屋建てで、一階の床面積は105m<sup>2</sup>、断熱ランク<sup>6)</sup>は程度の寒地住宅です。1階平面図を図5およびシステムフローを図6に示します。

居間、台所、洗面所、浴室は床暖房で、ほかにファンコンを2台、トイレに小形の自然コンベクター、奥の和室にFF式灯油ストーブを備えています。暖房は居間(12畳)半

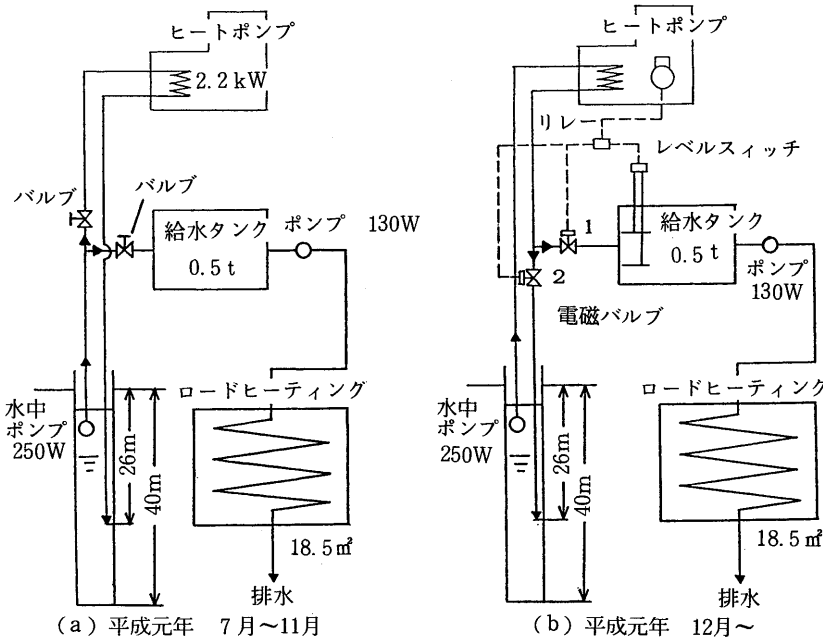


図8 直接井水サイホン採熱と配管、制御系の改良

#### 4 ソーラーヒートポンプ住宅

自然エネルギー実験室の計測結果から、ソーラーシステムとヒートポンプを一般住宅に適用するた

1990年4月号

分の6畳に床暖パネルを敷き、早朝の立上りを速めるためにファンコン1台を備えています。ほぼ全室の24時間連続暖房で、居間は温度18~20℃、湿度45~55%の快適な暖房が行われています。各室には換気扇をつけ、換気には十分配慮しています。

昭和63年度および平成元年度の測定結果を図7に示します。昭和63年3月から平成元年2月までの1年間の結果は平均で集熱効率31.7%、太陽依存率15.7%、地下水依存率

53.1%、ヒートポンプ依存率26.5%、したがって自然エネルギー依存率68.7%、ボイラー依存率4.9%となり、年間のシステム成績係数は3.594とま

あまあの性能でした。システム成績係数は前年の昭和62年2月から63年1月の結果が3.36であったので約7%上昇しました。

平成元年度はさらにシステムを手直して性能向上を図り、現在計測中です。主な改良点は図8に示すように、井水汲み上げのタービンポンプ（450W）を水中ポンプ（250W）に取り替え、ヒートポンプ蒸発器に直接給水することによって、従来の給水タンクから一次側循環ポンプを介して給水していたのをこの水中ポンプ一台で済ませることができました。給水タンク水量はレベルスイッチで制御していますが、これが満水の時ヒートポンプ駆動時には電磁弁1が閉じ2が開き、蒸発器からの排水は井戸に還水されます。給水タンクが満水でないときは、電磁弁1が開いてタンクに給水されます。給水タンクの水は加圧ポンプにより玄関アプローチのロードヒーティングに通水され融雪が行われています。ヒートポンプ停止時に給水タンクが満水になった場合も水中ポンプが作動し、電磁弁1が開き2が閉じてタンクに給水され水位を維持するのでロードヒーティングに支障はありません。

図6を見ると平成元年6月は上記の工事を行い、7月はシステムの調節のため(COP)<sub>s</sub>は前年より低いですが、8月~11月は明らかに前年より高く、12月はロードヒーティングおよび電磁弁開閉の制御不良などで水中ポンプがほぼ常時運転し(COP)<sub>s</sub>の低下を招き、それを直して1月にはまた上昇しました。しかし、これらの不備を改修して通年の(COP)<sub>s</sub>は4.0程度に上げることができると考えられます。

## 5 むすび

太陽熱と地下水熱からなる自然エネルギーに依存した住宅を実際に設計、建設し、これまで3年間の居住実験を行い、種々の測定値をもとに性能値が得られています。その結果、システム成績係数を用いて性能評価がなされ、毎年不良箇所の改良によって現状で通年の(COP)<sub>s</sub>が4.0程度(ロードヒーティングを除く)の利得の高い住宅になっていることが判明しました。このようなソーラーヒートポンプシステムが一般住宅に導入できるシステムとして規格化され、パッケージタイプとなって量産されることになれば設備費の大幅な低廉化が可能となり、普及の見通しが得られると見られます。特に、この方式による室内環境の向上はめざましく、そのことは室内の鉢植えの草花が色つや良くすくすくと育ち、あざやかな大輪の花を咲かせている事実からも伺えます。

## 文 献

- 1) 金山, 馬場, 福田, 太陽エネルギー, Vol. 12, No.5 (1986), P. 13~20
- 2) 金山, 馬場, 福田, 同 上, Vol. 13, No2 (1987), P. 12~17
- 3) 金山, 馬場, 福田, 同 上, Vol. 14, No.6 (1988), P. 35~40
- 4) 金山, 馬場, 空調・衛生工学会北海道支部, 第23回学術講演会(平元.3), P. 97~100
- 5) 金山, 馬場, 木村, 同 上, 第24回学術講演会(平2.3), P. 33
- 6) 北海道立寒地建築研究所, 省エネルギー住宅の計画と設計, (1980), P. 50