

# 太陽熱住棟セントラル給湯システム性能の シミュレーションによる検討

Simulation Study on the Central Type of Solar DHW Heating System  
for Multi-family Houses

佐藤 誠<sup>\*1</sup>

Makoto SATO

宇田川光弘<sup>\*2</sup>

Mitsuhiro UDAGAWA

## Abstract

This paper describes the energy performance of solar central DHW heating systems for a multi-family house using the detailed simulation program EESLISM. Three types of solar central DHW heating systems, dispersed heating system, circulated heating system and storage type heating system were used as the simulated systems. In addition, three capacities of heat storage tank, three types of collector area and three types of collector tilted angles were supposed for each solar system. The multi-family house of 30 housing units was used as a model building for the simulation.

The energy consumption of the circulated heating system with the combination of 90m<sup>2</sup> collector, 6m<sup>2</sup> heat storage tank and 60°C collector angle was decreased by 48.2 MWh/year in comparison with the base case without a solar system. The circulated heating system showed the best solar performance among the three solar systems.

キーワード 太陽熱, 住棟セントラル給湯システム, 集合住宅, シミュレーション

Key Words : Solar Energy, Central Type of DHW Heating System, Multi-family House, Simulation

## 1. はじめに

筆者らはこれまでにボイラを用いた集合住宅の住棟セントラル暖房・給湯システムのシミュレーションを行い、熱源配管系からの熱損失やボイラの加熱量特性、住戸位置による暖房負荷の特性などに関する研究を行ってきた<sup>(1)</sup>。集合住宅では一般に暖房負荷が戸建て住宅に対し1/2～1/4に減少することが知られているが<sup>(2)</sup>、給湯負荷は戸建て住宅と同等であるため、給湯負荷の割合が大きくなる。このことから集合住宅の給湯用のボイラ加熱量を太陽熱により軽減することは今後益々重要となってきた。

これまで集合住宅の給湯用エネルギーに関する研究は、穴戸<sup>(3)</sup>により集合住宅に6種類のパッシブ、アクティブモデルを想定したシミュレーションによる冷暖房・給湯負荷の削減効果についての研究などがある。住棟セントラル給湯システムについては鎌田らによって給湯使用量調査<sup>(4)(5)</sup>や、機器容量の研究<sup>(6)</sup>が行われている。米村、田中<sup>(7)</sup>は集合住宅にコジェネレーションを適用した住棟セントラル暖房・給湯システムシミュレーションを行っている。しかしながら集合住宅の太陽熱住棟セントラル給湯システムに関しては文献<sup>(2)</sup>に見られるが、その後の研究は少ない。

\*1 システック環境研究所 修士(工学)

\*2 工学院大学建築学科 教授・工博

本報では太陽熱を用いた住棟セントラル給湯システムについて年間シミュレーションにより以下の2点を明らかにする。

- (1) 太陽熱住棟セントラル給湯システムを3種類提案し、それぞれの熱源負荷や集熱量などの特性を把握する。
- (2) (1)のそれぞれのシステムにつき3種類の集熱器や蓄熱槽の機器容量、集熱器傾斜角を想定し、それぞれの熱源負荷や集熱量などの特性を把握する。

なお、本研究の一部は発表済みであるが<sup>(8)</sup>、ここでは太陽熱住棟セントラル給湯システムの種類を拡充し、集熱器面積、蓄熱槽容量、集熱器傾斜角を変化させたものも加えてここに報告する。

## 2. 太陽熱住棟セントラル給湯システム

モデルとする集合住宅は東京に建つ5階建てRC造であり、1階当たり6戸を想定し全30戸とした。

図1にシミュレーションに使用した3種類の太陽熱住棟セントラル給湯システムを示す。図1c)には給湯配管系統の寸法、代表住戸位置も示す。全てのシステムは屋上に設置した平板形太陽熱集熱器と蓄熱槽、補助ボイラにより住棟全体の給湯を行うシステムである。集熱器と集熱用熱交換器との間は20mm断熱を施した往還各10mの配管で接続されている。表1にシミュレーション

SYSTECH Environmental Research Laboratory, M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Kogakuin University, Dr. Eng.

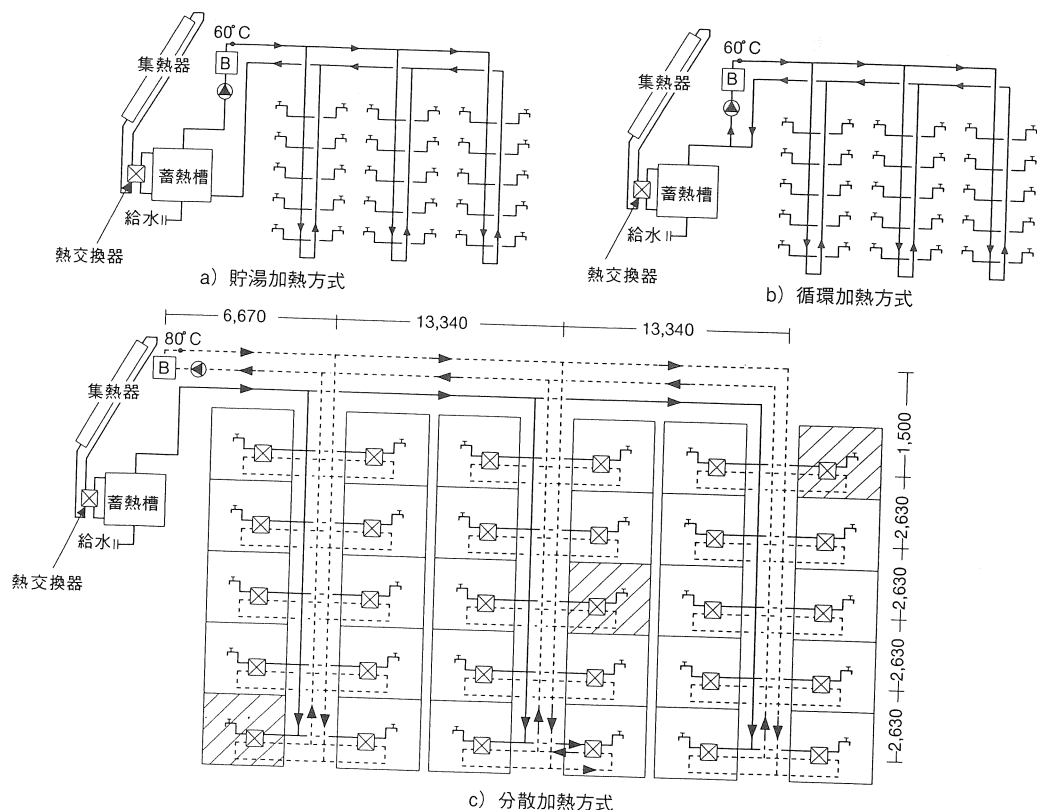


図1 太陽熱住棟セントラル給湯システム

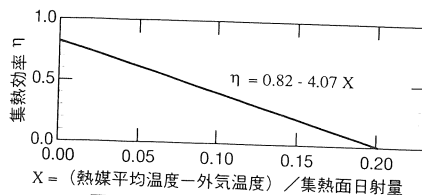
表1 シミュレーションに使用した機器仕様

|     |       |                                                                                    |
|-----|-------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 集熱器 | 集熱面処理 | 1枚ガラス + FEP+ 選択吸収面                                                                 |
|     | 設置方位  | 南面                                                                                 |
|     | 設置傾斜角 | 60°, 45°, 30°                                                                      |
|     | 特性値   | $b_0 = 0.82$ <sup>(9)</sup><br>$b_1 = 4.07 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ <sup>(9)</sup> |
| 蓄熱槽 | 熱媒流量  | $1 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ <sup>(9)</sup>                                  |
| 配管  | 断熱材   | 100mm                                                                              |
|     | 断熱材   | 20mm <sup>(10)</sup>                                                               |

表2 太陽熱住棟セントラル給湯システム機器容量

|       | CAP1      | CAP2      | CAP3       |
|-------|-----------|-----------|------------|
| 集熱器面積 | 45 (1.5)  | 90 (3.0)  | 180 (6.0)  |
| 蓄熱槽容量 | 3.0 (100) | 6.0 (200) | 12.0 (400) |

単位は集熱器面積が[m<sup>2</sup>]、蓄熱槽容量が[m<sup>3</sup>]である。( )内は一戸当たりの容量であり、集熱器面積は[m<sup>2</sup>/戸]、蓄熱槽容量は[l/戸]である。

図2 集熱効率特性図 <sup>(9)</sup>

に使用した機器仕様、図2に集熱効率特性曲線を示す<sup>(9)</sup>。集熱器は1枚ガラスにFEP(フッ化エチレンプロピレン)フィルムを設けており、集熱板には選択吸収面処理を施している。集熱熱媒は不凍液であり、流量は集熱器面積1m<sup>2</sup>当たり1 l/min <sup>(9)</sup>とした。集熱器設置方位は

南面、傾斜角は60°, 45°, 30°の3種類を想定した。集熱方式は温度効率0.7の熱交換器を用いた間接集熱システムとした。図1に示す3種類の太陽熱住棟セントラル給湯システムの集熱器面積および蓄熱槽容量は表2に示すようにCAP1からCAP3の3種類の組み合わせを想定しシミュレーションを行った。表2はCAP2<sup>(2)</sup>を基準とし、CAP1はCAP2の1/2、CAP3はCAP2の2倍として設定した。蓄熱槽は直方体を想定し、各壁面に100mm断熱を施した。蓄熱槽はシミュレーション時に完全混合槽列モデルを適用し、温度分布を考慮して垂直方向に5分割した。集熱用熱交換器被加熱側は蓄熱槽最上層に流入し、蓄熱槽最下層から熱交換器に流入するシステムとした。

集熱用の熱交換器被加熱側流量は加熱側流量と同じとした。集熱ポンプの運転制御は集熱面相当外気温度と蓄熱槽最下層温度との差が10℃以上で運転することとし

表3 シミュレーションに使用した給湯スケジュール概要

|            |         |
|------------|---------|
| 最大毎時給湯量    | 259l/h  |
| 平均毎時給湯量    | 0.38l/h |
| 日積算平均給湯量   | 177l/日  |
| 給湯日積算平均給湯量 | 192l/日  |

た。

補助ボイラはそれぞれのシステムにより給湯供給温度が60℃となるように設定したが、晴天日の日中では太陽熱のみでも給湯設定温度を上回る過熱状態となることがある。このようなときにはボイラを停止することとした。過熱状態の時給湯供給温度は設定値を上回るが、夏期でも過熱時の給湯温度は75℃程度である。また、過熱時の給湯供給温水の流量制御は行っていないので給湯負荷は大きくなるが、ここでは住棟全体の太陽熱システムの効果を検討するものであり、給湯流量制御を行って供給温度を一定に保つ場合よりも補助熱源加熱熱量も増加することから太陽熱利用の性能評価として安全側に作用することになる。

配管システムは住棟全体の熱特性を示すものであるため、縦管と熱源から縦管までの横主管のみを想定しており、各住戸内の配管は省略した。各配管管径は各管内の流速が1.5m/s以下<sup>(10)</sup>となるように設定し、それぞれの配管には文献<sup>(10)</sup>の標準保温被覆厚を適用し20mmのロックウール断熱を施した。

給湯系統配管システムの周囲温度はシミュレーション時にパイプスペースを入力し、このパイプスペースの温度を使用した。また、蓄熱槽、集熱系統配管は屋上設置を想定し、周囲温度には外気温度を使用した。

### (1) 貯湯加熱方式

図1 a) に示すシステムである。貯湯加熱方式は給湯系統上に補助ボイラを設置し給湯を行う。補助ボイラの出口温度は60℃とした。給湯系統は蓄熱槽最下層より流入し、蓄熱槽最上層より流出するが、各住戸の合計給湯使用量と同量の市水を蓄熱槽最下層より供給する。

縦管は各階2住戸につき2本としたので住棟全体で6本の縦管を有することとしたため、配管総延長(集熱配管は除く)は91mである。また、給湯利用のない時間帯でも開栓後直ちに湯温を確保するため給湯系統の縦管1本当たり常時0.1kg/sの熱媒が循環するものとした。

貯湯加熱方式は最も簡単なシステムであるが、ボイラおよび蓄熱槽が給湯循環系統に含まれるため給湯低負荷時にはボイラにより蓄熱槽を加熱するおそれがある。

### (2) 循環加熱方式

図1 b) に示すシステムである。循環加熱方式は貯湯加熱方式と同様に給湯系統上に補助ボイラを設置し給湯を行うが、給湯循環系統が独立している。補助ボイラの

出口温度は60℃とした。給湯系統は貯湯加熱方式と同様に蓄熱槽最下層より流入し、蓄熱槽最上層より流出するが、各住戸の合計給湯使用量と同量の市水を蓄熱槽最下層より供給する。

縦管は各階2住戸につき2本としたので住棟全体で6本の縦管を有することとしたため、配管総延長(集熱配管は除く)は91mである。また、貯湯加熱方式と同様に開栓後直ちに湯温を確保するために縦管1本当たり常時0.1kg/sの温水が循環することとした。給湯使用のない時間帯では補助ボイラにより常時循環時の配管熱損失分を加熱する。

循環加熱方式は貯湯加熱方式の欠点であるボイラが蓄熱槽を加熱する点を補うために、蓄熱槽を給湯循環系統から切り離す方式をとった。

### (3) 分散加熱方式

図1 c) に示すシステムである。分散加熱方式は給湯供給系統と補助加熱系統が独立している。給湯供給系統は蓄熱槽最下層に市水が流入し、蓄熱槽最上層より流出して各住戸に供給される。各住戸には温度効率0.7の給湯用熱交換器が設置されており、蓄熱槽より供給される温水と補助加熱用の高温水とで熱交換し水栓に供給される。よって、給湯供給温度は蓄熱槽温度、給湯同時使用率、給湯量により成り行きとなるが、各住戸に加熱機器が設置されていないため、曇天日に給湯供給温度が60℃となるように補助ボイラの温水出口温度を80℃とした。

縦管は各階2住戸につき3本としたので住棟全体で9本の縦管を有することとしたため、配管総延長(集熱配管は除く)は136mである。また、貯湯加熱方式と同様に開栓後直ちに湯温を確保するため補助加熱系統の縦管1本当たり常時0.1kg/sの熱媒が循環するものとした。

分散加熱方式は住棟の配管が多くなる点が懸念されるが、将来的に住棟セントラル暖房・給湯方式への移行が容易な方式である。

## 3. 給湯スケジュール

給湯スケジュールは既存の住棟セントラル暖房・給湯システムの30戸における冬期7日間の測定値<sup>(11)</sup>および文献<sup>(12)</sup>の1日給湯量を基準に1時間間隔で7日間のスケジュールを作成し、シミュレーション期間内で繰り返し使用した。なお、本研究で使用した給湯測定値は住戸供給給湯量であり、水栓における給湯使用量ではない。作成した給湯スケジュールの概要を表3に示す。表3に示すように毎時冬期給湯スケジュールの最大給湯量は259l/hであり、給湯時間帯の平均では0.38l/hである。日積算給湯量の全部の平均は177l/日であり、給湯使用のない日を除いた平均では192l/日であった。なお、本スケ

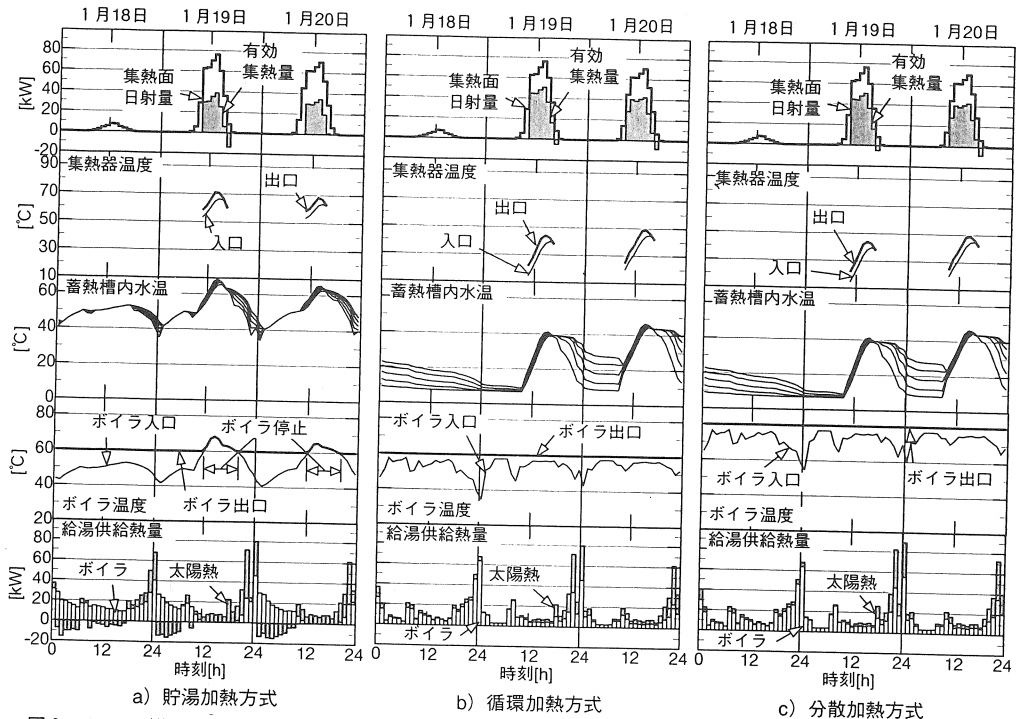


図3 CAP2 (集熱器面積  $90\text{m}^2$ , 蓄熱槽容量  $6\text{m}^3$ ), 傾斜角  $60^\circ$  のときの太陽熱給湯システムによる集熱器温度, 有効集熱量, 蓄熱槽内水温, ボイラ温度, 給湯供給熱量の冬の例

ジュールでは給湯使用のない2住戸が含まれているが, この2住戸については空き家を想定してそのまま使用した。

#### 4. シミュレーション方法

シミュレーションプログラムは建築熱環境・エネルギー汎用シミュレーションプログラムEESLISM<sup>(13)~(17)</sup>を使用した。計算時間間隔は給湯負荷が比較的短時間に発生するので場合によっては計算時間間隔を短くする必要があるが、ここでは図1の3つのシステム全てで熱源システムから各住戸の温水供給システムが常時循環する方式であることと、標準気象データが1時間間隔であること、年間シミュレーションを行っていることにより1時間とした。配管<sup>(13)</sup>、集熱器<sup>(13)</sup>は定常計算モデルを使用し、蓄熱槽<sup>(13)</sup>は完全混合槽列モデルを使用した。シミュレーションの実行に当たっては、住棟全体の設備仕様、熱媒用配管システムを入力、末端での熱媒流量を設定し、集熱器、蓄熱槽、給湯用熱交換器、配管、ボイラなどのシステム構成要素の熱収支式で構成される連立方程式を解いて機器出入口温度を毎時求めてゆく。

シミュレーションは冬期を11月から3月、夏期を7月から9月、中間期を4月から6月と10月として年間シ

ミュレーションを行った。

気象データには東京のHASP用標準気象データを使用し、市水温度は東京の月別平均給水温度<sup>(18)</sup>を使用した。

#### 5. シミュレーション結果

##### 5.1 システムによる集熱、給湯供給熱量特性

図3に3種類の太陽熱給湯システムによる集熱器温度、有効集熱量、蓄熱槽内水温、ボイラ温度、給湯供給熱量の冬の例を示した。機器用量はCAP2の集熱器面積  $90\text{m}^2$  ( $3\text{m}^2/\text{戸}$ )、蓄熱槽容量  $6\text{m}^3$  ( $200\text{L}/\text{戸}$ )、集熱器傾斜角は  $60^\circ$  の時である。1月18日は曇天日、1月19日、20日は晴天日である。ここで、有効集熱量は集熱用熱交換器交換熱量であり、すなわち集熱配管の熱損失を含めた集熱量である。また、給湯供給熱量はボイラ加熱量と蓄熱槽給湯供給熱量の合計である。

図3の給湯供給熱量を見てもわかるように貯湯加熱方式では給湯供給熱量の内の太陽熱分が負となる傾向が見られるが、これは給湯常時循環系統に蓄熱槽とボイラが含まれており、給湯低負荷時に蓄熱槽入口温度が蓄熱槽内水温より高くなりボイラが蓄熱槽を加熱することが原因である。また、貯湯加熱方式では蓄熱槽が常時攪拌するために温度成層が形成されていない。よって貯湯加熱

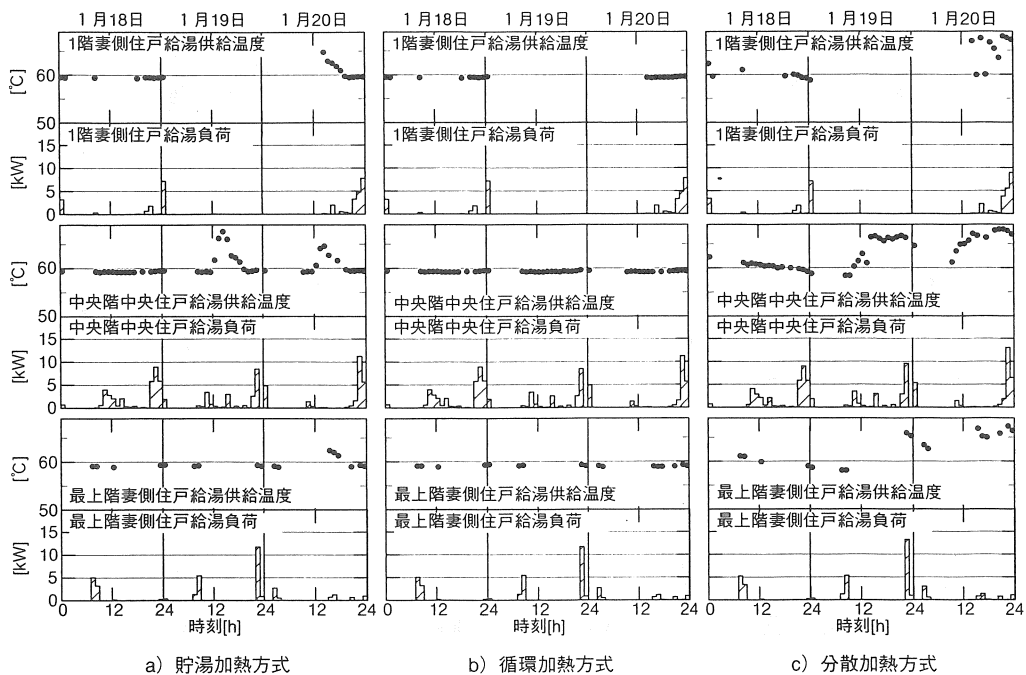


図4 CAP2 (集熱器面積90m<sup>2</sup>, 蓄熱槽容量6m<sup>3</sup>, 傾斜角60°)のときの太陽熱給湯システムによる各住戸給湯供給温度と給湯負荷の冬期の例

方式は他の給湯システムよりも蓄熱槽温度が常時約20℃高くなり、温度成層が形成されていないために集熱器入口温度が高くなり有効集熱量が他のシステムと比べても小さくなっている。また、このことから蓄熱槽や集熱配管からの熱損失の増大が懸念される。ただし循環加熱方式、分散加熱方式では晴天日の日に蓄熱槽内水温が約50℃までしか上がらないためボイラが停止することはなかった。また、循環加熱方式、分散加熱方式では集熱開始時に蓄熱槽内水温が約10℃まで低下している。前述のように貯湯加熱方式ではボイラが蓄熱槽を加熱する傾向が見られたが、このことによりボイラのピーク加熱量が循環加熱方式よりも36%小さくなるためボイラ容量を小さくできる利点はある。

図4に3種類の太陽熱給湯システムによる1階妻側住戸、中央階中央住戸、最上階妻側住戸の給湯供給温度と給湯負荷の冬期の例を示した。住戸位置は図1(c)の網掛け部分住戸である。ここで、給湯供給温度とは各住戸に供給される温水温度であり、水栓からの出湯温度ではない。また、給湯負荷は給湯量、給湯供給温度と市水温度の温度差から求められる熱量とした。図4を見てわかるように貯湯加熱方式、分散加熱方式では晴天日に給湯供給温度が70℃近くまで上昇していることがわかる。これに対し循環加熱方式では常に約60℃の供給が行えており、気象条件による日変動幅は小さかった。また、図4

c)の1月20日15時と17時の1階妻側住戸では、給湯供給温度が60℃付近まで下降することがあるが、これは分散加熱方式は給湯用熱交換器により給湯を行っているため給湯流量や給湯同時使用率、蓄熱槽温度により変化する事が原因である。図4の給湯供給温度がシステム毎に異なっているため、同一住戸における給湯負荷も給湯システムにより異なっていることがわかる。

## 5.2 機器容量による集熱、給湯供給熱量特性

図5に循環加熱方式の集熱器面積、蓄熱槽容量による集熱器温度、有効集熱量、蓄熱槽内水温、ボイラ温度、給湯供給熱量の冬期の例を示した。

図5の給湯供給熱量を見てもわかるように曇天日である1月18日にはCAP1では太陽熱による給湯供給熱量がほとんど無いが、CAP3では夜間でも太陽熱により給湯が行えていることがわかる。図5を見てもわかるように蓄熱槽内水温は機器容量が大きくなるほど温度成層が形成される傾向が見られた。これは全住戸の合計給湯つまり蓄熱槽の給湯系統流量は同一であるが、蓄熱槽容量が大きくなると流量に対する蓄熱槽容量の割合が大きくなるため、蓄熱槽が攪拌し、蓄熱槽内に温度成層が形成されないため槽内水温が均一となることが原因である。また、蓄熱槽内水温はCAP1よりもCAP3の方が高くなることにより集熱器入口温度が高くなるため集熱効率が

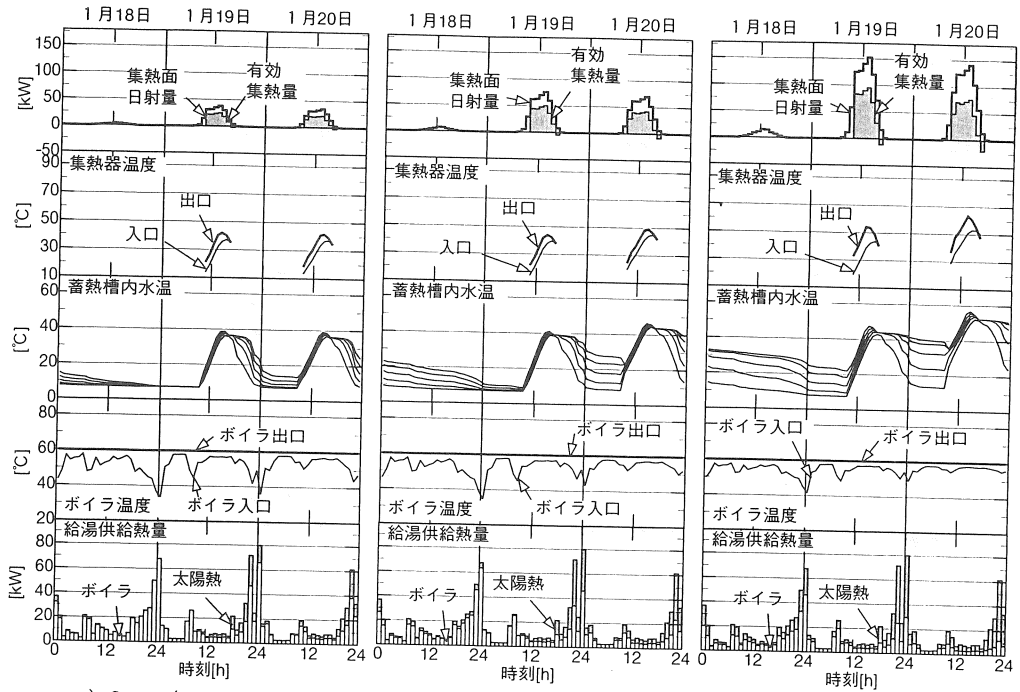


図5 循環加熱方式、傾斜角60°の太陽熱給湯システム容量による集熱器温度、有効集熱量、蓄熱槽内水温、ボイラ温度、給湯供給熱量の冬期の例 (Ac: 集熱器面積, V: 蓄熱槽容量)

低下している。

ボイラ温度を見てもわかるように最低ボイラ入口温度は1月19日の1時にCAP1で32.8℃, CAP3で41.4℃であり, CAP3が8.6℃高くなった。また, この時間帯がボイラ加熱量のピークとなり CAP3ではCAP1よりも32%小さくなった。このことから集熱器面積や蓄熱槽容量を大きくすることによりボイラ容量を小さくできることがわかった。

### 5.3 年間集熱, 給湯供給熱量特性

図7に太陽熱住棟セントラル給湯システムの給湯システム, 集熱器面積, 蓄熱槽容量, 集熱器傾斜角による年間有効集熱量, 集熱効率, 年間給湯負荷, 配管熱損失率, 年間給湯供給熱量, ボイラ削減率, 太陽熱依存率を示した。図7の基準システムとは図6に示すシステムであり, 太陽熱利用をしていないシステムである。ただし, 図7で図3の貯湯加熱方式に見られるようなボイラが蓄熱槽を加熱するものは給湯供給熱量の太陽熱分から差し引いた。ここで, 図7中の集熱効率, 配管熱損失率, 太陽熱依存率, ボイラ削減率は次式で定義した。

集熱効率 = 有効集熱量 / 集熱面日射量

配管熱損失率 = 配管熱損失量 / 給湯供給熱量

太陽熱依存率 = 蓄熱槽給湯供給熱量 / 給湯供給熱量

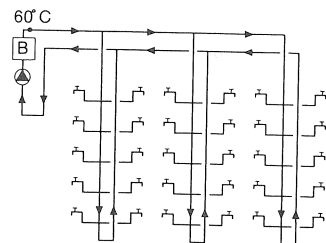


図6 太陽熱システムと比較した基準システム

ボイラ削減率 = 1 - 太陽熱システムボイラ加熱量

／基準システムボイラ加熱量

集熱効率は貯湯加熱方式では機器容量による差がほとんど見られずほぼ30%であったが, 循環加熱方式, 分散加熱方式では集熱器面積, 蓄熱槽容量が大きくなるほど集熱効率は低下している。これは給湯供給熱量が一定であるのに対し, 蓄熱槽容量が大きくなると蓄熱槽内水温が高くなり, 有効集熱量が減少するためである。また, 集熱器傾斜角により集熱効率が変化することはなかった。

給湯負荷は概ね3.0MWh/年・戸～3.7MWh/年・戸であり, 文献<sup>(19)</sup>のMモード(4.8MWh/年・戸)とSモード(2.0MWh/年・戸)の間にあるため, 作成した給湯スケジュールの妥当性を確認できた。配管熱損失率では分散加熱型の配管総延長が他のシステムの91mに対して

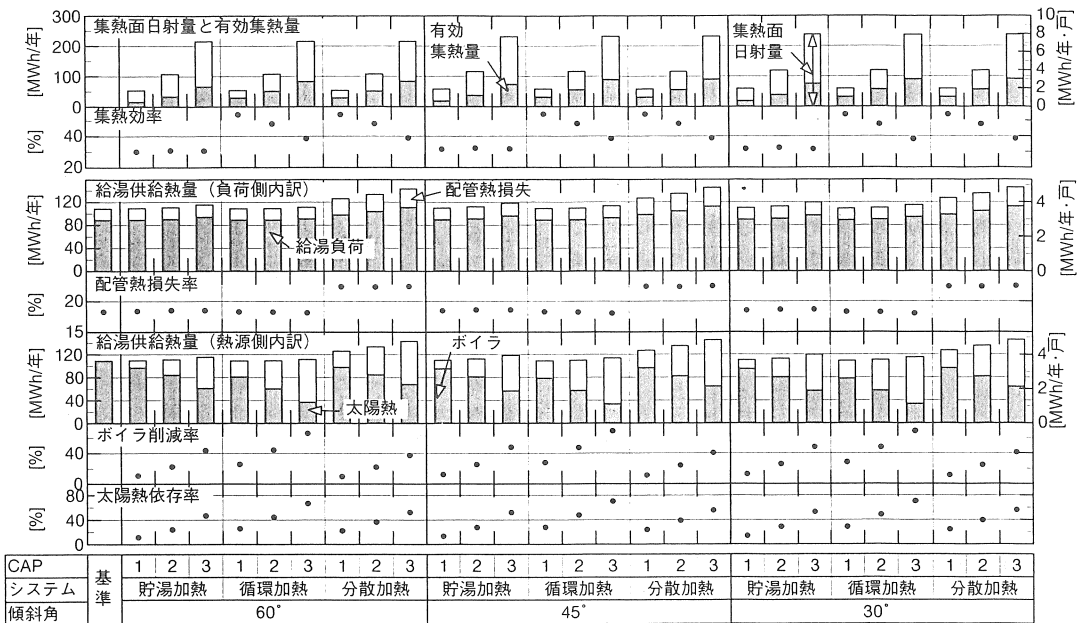


図7 太陽熱住棟セントラル給湯システムの年間有効集熱量と年間給湯供給熱量

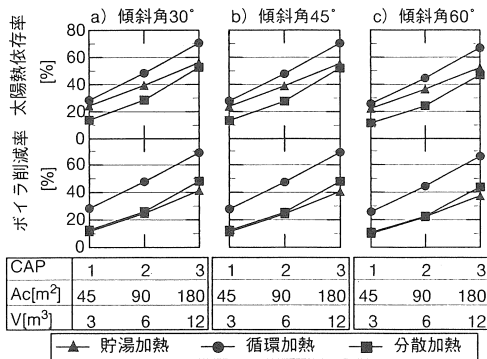


図8 集熱器面積、蓄熱槽容量による太陽熱依存率とボイラ削減率 (Ac: 集熱器面積、V: 蓄熱槽容量)

136mと長いことや、ボイラ温水出口温度が他のシステムの60℃に対して80℃である点などが原因で、他のシステムが概ね18%であるのに対し、分散加熱方式では22%となった。また、分散加熱方式では集熱器面積、蓄熱槽容量が大きくなるほど配管熱損失量が増大しているが、これは給湯供給熱量が増大しているためである。給湯供給熱量では分散加熱方式が貯湯加熱方式、循環加熱方式に比べて大きくなっているが、これは図4に示したように熱交換器により給湯を行っているため、住戸への給湯供給温度が成り行きとなり、曇天日に給湯供給温度が60℃となるようにボイラ温水出口温度を設定しているため晴天日の給湯供給温度が高くなっているためである。また、どのシステムにおいても集熱器面積、蓄熱槽容量が大きくなれば太陽熱依存率が増加する傾向が見られるが、集

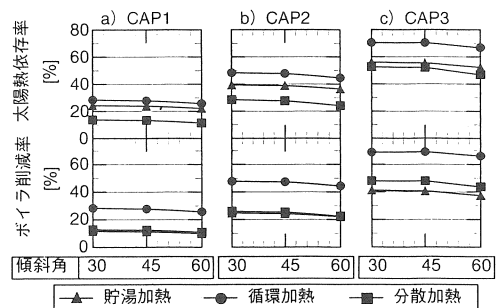


図9 集熱器傾斜角による太陽熱依存率とボイラ削減率

熱効率と同様集熱器傾斜角による影響は小さかった。

集熱器傾斜角を60°、集熱器面積、蓄熱槽容量をCAP2とすると、ボイラ加熱量削減およびボイラ削減率は貯湯加熱方式が24.5MWh/年(0.8MWh/年・戸)で23%、循環加熱方式が48.2MWh/年(1.6MWh/年・戸)で44%、分散加熱方式が24.0MWh/年(0.8MWh/年・戸)で22%となったが、分散加熱方式では給湯供給熱量が大きくなっているため、ボイラ出口温度を調節することにより更なる削減が望める。

図8に集熱器面積、蓄熱槽容量による年間太陽熱依存率、ボイラ削減率を示した。図8を見てもわかるように太陽熱依存率は全ての給湯方式で集熱器面積、蓄熱槽容量の増加に伴い増加する傾向が見られた。しかし、貯湯加熱方式ではCAP1からCAP2への増加率よりもCAP2からCAP3への増加率が大きくなる傾向が見られた。これは貯湯加熱方式の蓄熱槽容量が大きくなるとボイラが蓄

熱槽を加熱する熱量が増え、蓄熱槽内水温が高くなるため集熱効率、太陽熱依存率が低下したものと考えられる。ボイラ削減率では図7に示したように分散加熱方式の給湯供給熱量が大きくなる影響で分散加熱方式と貯湯加熱方式の差が無くなり、CAP3では貯湯加熱方式の方が大きくなっている。

図9に集熱器傾斜角による年間太陽熱依存率、ボイラ削減率を示した。図9を見てわかるように集熱器傾斜角による太陽熱依存率は全ての給湯方式で集熱器傾斜角が小さいほど大きくなる傾向が見られたが、集熱器傾斜角60°の時との差はほとんど無かった。ボイラ削減率では、太陽熱依存率の傾向と同様に集熱器傾斜角が大きくなるほど小さくなる傾向が見られた。図8の機器容量による傾向と同様、分散加熱方式の給湯供給熱量が大きくなることにより分散加熱方式と貯湯加熱方式のボイラ削減量の差が小さくなるが、図9c)に示したようにCAP3では分散加熱方式の方が大きくなった。

## 7. 結論

- 1) 全30戸の集合住宅を想定し、3種類の太陽熱住棟セントラル給湯と3種類の集熱器面積、蓄熱槽容量、3種類の集熱器傾斜角を想定したシミュレーションを行い、集熱特性や給湯供給熱量を検討した。
- 2) 分散加熱方式と循環加熱方式では集熱効率にほとんど差が見られなかったが、太陽熱依存率では循環加熱方式が最も性能の良いシステムとなった。
- 3) 給湯系統配管熱損失率では分散加熱型の配管総延長が長いことや、ボイラ温水出口温度が他のシステムより高いことが原因で、他のシステムが概ね18%であるのに対し、分散加熱方式では22%となった。
- 4) 集熱器傾斜角が年間有効集熱量、集熱効率、太陽熱依存率、ボイラ削減率に与える影響は小さかった。
- 5) 集熱器傾斜角を60°、集熱器面積90m<sup>2</sup> (3m<sup>2</sup>/戸)、蓄熱槽容量6m<sup>3</sup> (200l/戸)のときのボイラ削減量とボイラ削減率は、貯湯加熱方式が24.5MWh/年 (0.8MWh/年・戸)で23%、循環加熱方式が48.2MWh/年 (1.6MWh/年・戸)で44%、分散加熱方式が24.0MWh/年 (0.8MWh/年・戸)で22%となったが、分散加熱方式では給湯供給熱量が大きくなっているため、ボイラ出口温度を調節することにより更なる削減が期待できる。

## 参考文献

- (1) 佐藤誠・宇田川光弘, 集合住宅における住棟セントラル暖房・給湯システムのシミュレーションによる検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2 (1998), 253-254, 福岡。
- (2) 田中俊六, 太陽熱冷暖房システム (1980), 221-238, オーム社, 東京。
- (3) 宍戸俊之・松田俊二・長谷川四郎・江崎克雄・豊口功・伊沢信, 集合住宅の省エネルギーに関する研究 (その1) ケーススタディのモデル概要とエネルギーシミュレーション, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (1995), 1141-1144, 広島。
- (4) 石渡博・鎌田元康・坂上恭助・飯尾昭彦・伊藤龍信・下田邦雄・中田逸郎・南野恵一, 集合住宅における給湯負荷に関する研究 (その1), 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (1989), 1001-1004, 名古屋。
- (5) 石渡博・鎌田元康・坂上恭助・飯尾昭彦・秋林徹・中田逸郎・南野恵一, 集合住宅における給湯負荷に関する研究 (その3) 住戸数・水温が給湯負荷に及ぼす影響, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (1990), 365-368, 札幌。
- (6) 石渡博・鎌田元康, 集合住宅における給湯システム容量に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 508 (1998), 15-20。
- (7) 米村貴信・田中俊六・八十田茂, 単管式地域暖房に関する研究 (その1) 住棟セントラル換気・暖房システムとの組み合わせ, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (1996), 1185-1188, 名古屋。
- (8) 佐藤誠・宇田川光弘, 太陽熱住棟セントラル暖房・給湯システムの性能予測, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (1998), 555-558, 沖縄。
- (9) 日本太陽エネルギー学会, 太陽エネルギーハンドブック (1985), 493, 526, 日本太陽エネルギー学会, 東京。
- (10) 空気調和・衛生工学会編, 給排水・衛生設備の実務の知識 (1991), 119-124, オーム社, 東京。
- (11) 石油産業活性化センター, 集合住宅における熱供給システムの最適化と評価に関する調査報告書, 平成9年度技術開発基金等整備事業 (1998), 1-174, 東京。
- (12) 建材試験センター, 省エネルギー用建材および設備等の標準化に関する調査研究報告書 (1990), 64-66, 東京。
- (13) 宇田川光弘・佐藤誠, EESLISMによる太陽熱利用集合住宅のシミュレーション, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (1998), 551-554, 沖縄。
- (14) Mitsuhiro Udagawa, Simulation of Panel Cooling Systems with linear Subsystem Model, ASHRAE Transactions Vol. 99 Part 2 (1993), 534-547, Denver, Colorado。
- (15) Mitsuhiro Udagawa, Application of a Generalized Energy Simulation Method Using Heat Balance Model to Solar Thermal Systems, ASME Solar Engineering 1995 Vol. 2 (1995), 1039-1046, Maui, Hawaii。
- (16) 宇田川光弘, 建築熱環境・エネルギー消費量の汎用シミュレーションモデル, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (1993), 69-72, 大阪。
- (17) 宇田川光弘・佐藤誠, EESLISM4.5による建築のエネルギーシステムシミュレーション, 空気調和・衛生工学会学術講演会