

# 集合住宅ソーラーハウス

## Solar Heating & HWS Systems for Apartment Houses

田中俊六<sup>\*</sup>  
Shunroku Tanaka

### 1 はじめに

最近、ソーラーシステムを持つ集合住宅が各地に建設されるようになり、注目を集めている。集合住宅のソーラーシステムも一般の戸建住宅のそれと基本的に変る所はないが、システム規模の大きさ、同時使用率などの点から経済性において有利になる可能性があること、所有、管理形態のあり様によってシステム選択にバラエティーの出ること、安全性確保の面で全電化システムと絡んでソーラーシステムが取り入れやすいこと、もともと省エネルギー形の住居形態で簡易的な太陽熱利用（パッシブシステムなど）で十分な効果が得られそうなことなどが建築家、設備設計者、関連業界の興味を集める所以であろうと思われる。

集合住宅の太陽熱利用の研究は日本住宅公団（現、住宅・都市整備公団）が昭和48年から研究を開始し、昭和54年には筆者らが参加している登戸職員宿舎でタウンハウスの給湯、および暖房給湯システムの実証テストを行ない、成果を上げている。また、大阪では石油危機後、(財)大阪科学技術センターに設置されたエネルギー技術対策委員会の太陽エネルギー部会（主査筆者）では省エネルギー型共同住宅を対象として主としてソーラーシステムのフィージビリティスタディーを実施した。また、(財)住宅部品開発センターに置かれている公営住宅技術開発会議では公営住宅でのソーラーシステム導入のガイドラインを作成し、これにもとづいて建設省の指導のもとに後述のように56年秋山梨県の県営住宅2棟48戸に太陽熱給湯システムが設置された。

一方、民間ではいわゆるマンションに導入される例が次第に増えてきている。これらの導入の背景には宣伝効果を狙ったもの、全電化システムでの欠点である給湯システムでの一次エネルギーの浪費を節減しよう

とするもの、安全性を重視したものなどがある。他に社宅、独身寮なども多いが、当該企業の研究開発の一環、あるいは省エネルギー対策の一手法としての評価のために試験的に実施されているのが普通である。

さて、集合住宅は階数からみて低層住宅、中層住宅、高層住宅に大別できる。低層住宅は1～2階建ての連棟タウンハウスなどであるが本稿で問題となる冷暖房の熱負荷、集熱器の設置可能面積、位置などの条件が戸建て住宅と基本的に異なる所がなく、特別の場合を除いて棟集中システムをすることもないのでここではふれない。中層住宅は4～5階建てのものであるが、集熱器は給湯用としては屋上に十分な面積で設置出来、場合によっては暖房用も可能である。主として郊外に建設され、東西軸配置で南面の日照も十分に受けられるのが通例であってソーラーシステムへの物理的制約条件は少ない。高層住宅はいわゆるマンションのように都心あるいは再開発型の10階建以上の建物で屋上集熱器のみでは給湯にも必ずしも十分でなくなる。この場合は所有区分とも関連して各戸ベランダに集熱器を置くことになるが立地条件では十分な日照を得られないことが多くなる。パッシブ的な暖房にも不利なことが多いが、外部開口面積が少ないので、断熱によって暖房熱負荷は非常に少なくなって無理に太陽熱を利用する必要はなくなる。

本稿では以上のような観点から集合住宅において現状で技術的に可能であり経済性の高いシステムのあり方について解説したい。

### 2 集合住宅における太陽熱給湯

集合住宅では一般に暖房負荷が少ない上に、断熱材や二重ガラスの使用などの省エネルギー対策をとった場合にはさらに小さくなり、全消費エネルギー量に占める給湯用の比率が圧倒的に大きくなり、太陽熱給湯の意味は非常に大きくなる。特に全電化システムでは

<sup>\*</sup> 東海大学工学部教授

〒151 東京都渋谷区富ヶ谷2-28

給湯用の深夜電力の一次エネルギーが全エネルギー使用量の45%程度と非常に大きく、問題となってくる。

集合住宅の太陽熱給湯システムの選定にあたっては設備費とその回収を中心とした経済性が第一に考慮されなければならないことは勿論であるが、賃貸、分譲などの所有形態と関連して維持管理、料金徴収をどうするかを十分に検討すべきである。これらの観点から集合住宅の給湯システムを分類すると図-1に示す4つの基本システムになる。

図の(a)は集中集熱定温給湯方式で集熱器、貯湯槽、補助給湯ボイラを住棟単位、あるいはパイプシャフト単位に集中化したもので、最も単純でボイラ、貯湯槽などの容量の削減、入浴率、入居率からくる利用率のメリットも享受でき設備費の面で有利な方式である。また、熱源の集中化による防火上、衛生上の安全性が高く、住戸内スペースも最も少ない。ただし、住棟集中給湯方式の共通の問題である水および熱料金徴収の必要性があり、給湯再循環のための熱損失の増大が問題である。さらにこの方式では供給湯温を風呂の追加給湯(追焚)に不足のないようにまた、住戸によって不公平のないように60℃以上に固定して供給する必要があるため配管熱損失が大きいだけでなく変温供給方式に較べて太陽熱供給水量、依存率がかなり低下する欠点があり、設計、施工が悪いと太陽熱は単に配管損

失をカバーするだけということになりかねない。この方式は料金徴収の必要がない社員寮などを対象とするときや全電化集合住宅などで各戸の電気温水器を省エネルギー的な観点から使用せず他熱源の集中給湯方式にしたときなどに向いている。また、この方式は大手ガス会社の住棟暖房給湯システム(HEATS方式)の太陽熱給湯のみの場合の標準方式となっている。この場合、集熱器は原則として屋上に設置されるが場合によっては各戸のベランダ等に配置してもよい。後者の場合はガラス面の清掃が行なわれにくい。

図の(b)は集中集熱変温供給方式で太陽熱で予熱された給湯水は成行きで各戸に供給され、補助ボイラは各戸に用意されている。この方式では計量は水量のみでよく、必ずしも熱湯を必要としない用途には低温のまま利用できるので太陽熱利用率が高く経済的に有利となる。欠点はボイラが分散されるのでガス焚の場合安全性に問題があることと早く使った住戸ほど高温が得られるという不公平さがある。このため、毎日、一定量しか利用出来ないような自動制御装置を開発しているメーカーもあるが逆に集中のメリットが阻害される恐れがある。また、(a)、(b)両方式では給水引込口径が大きいと水道事業体によっては水道料金が割高となることがあるが太陽熱給湯では貯湯槽の容量が1日分近くあるので槽を開放式するなどの対策をとれば口径は

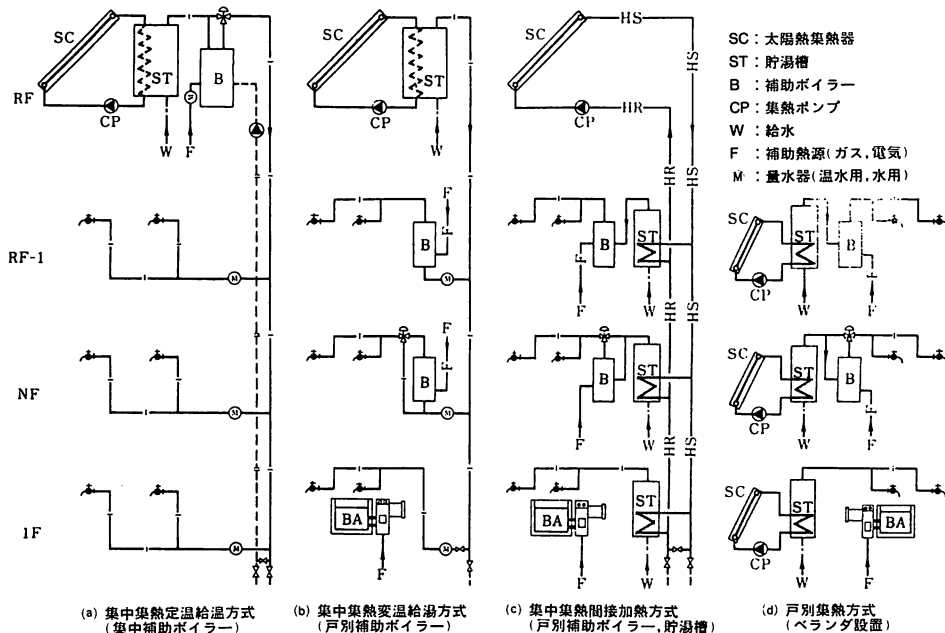


図-1 集合住宅用太陽熱給湯システムの基本4システム(田中)

かなり小さく出来る。(b)方式は全電化マンションの電気温水器と組み合わせて使用された例がある。

図の(c)は集中集熱(各戸貯湯槽)間接加熱方式で太陽熱は間接加熱用の温水(熱媒)によって各戸の貯湯槽に与えられ、水、補助熱源ともにそれぞれの住戸で補給されるから料金徴収上の問題は殆んどない。集熱器などの共通部分の償却費、集熱ポンプなどの動力費、維持管理費を均等割で徴収すればよい。この方式では一度、各戸に蓄熱された熱が他住戸で大量の給湯が行なわれると再分配されてしまうという心配があるが貯湯槽の熱交換器をできるだけ下部につけてやることで解決できる。

図-2はこの方式の具体例を示す。この例では集熱システムの熱媒は水で落水式であるが不凍液で密閉式としても同じである。配管は防食剤の投入等の管理を十分にすれば鋼管でもよく、配管径も給湯供給より可成り小さくなり、各戸にバランス弁をつければレバースタンは必要なく配管費を非常に安くできる。差温サーモ

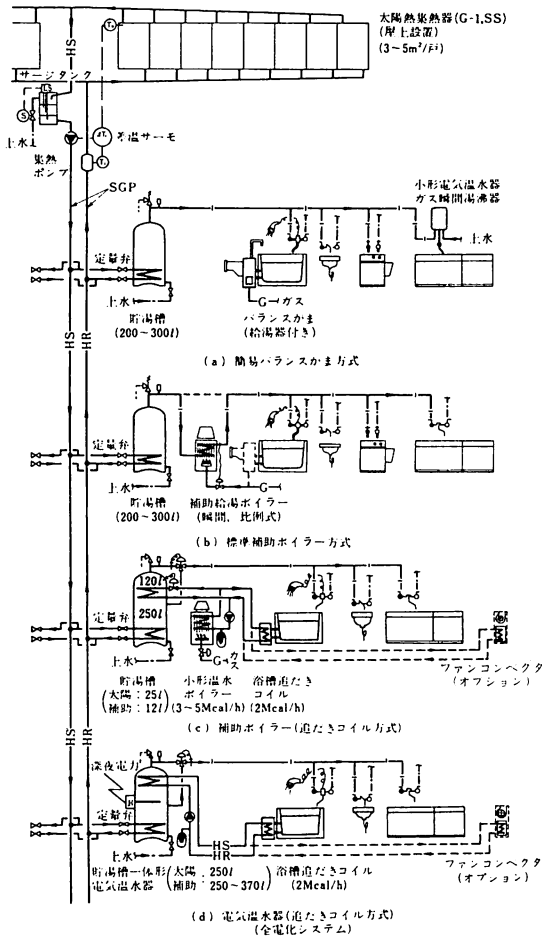


図-2 集中集熱各戸貯湯槽間接加熱システムの例 (水集熱落水方式) (田中)

の低温側検出は図のように返り配管の一部に取りつけられれば安定した起動停止動作が得られる。図-2の(a)は最も簡易な方式でセントラル給湯が普通、許されない公営住宅に向いており山梨県の県営住宅(図-3参照)の1棟で実施された形式であるが設備費が安く太陽熱依存率は高い。(b)は標準的な方式であるがボイラは瞬間式で比例制御のものとすべきである。(c)(d)方式は温水追焚コイルを使用するもので種々の形式が考えられるが、浴槽の追焚機能と共に太陽熱で浴槽を予熱し、貯湯槽容量が軽減できるものが望ましく今後の機器開発が期待される分野である。

この集中集熱間接加熱方式は集熱器が共通なため基本的には賃貸住宅に好適とみられるが、システム性能上の利点、コストからみてマンションなど分譲住宅にも適したものであり、今後、集合住宅の太陽熱給湯システムの主流となるものと考えている。

図-1の(d)は完全戸別方式で集熱器は原則として各戸ベランダに設置されるが各戸に十分な日照がある必要がある。所有区分がはっきりしているので分譲住宅に向いており実施例も多い。図-4は全電化集合住宅に実施された例であるが集熱器には夏の集熱性能を改善すると共に万一のガラス破損時の落下を防ぎ、清掃時に水が階下に落ちないための反射板があるのが特徴である。

この戸別システムを計画する場合には以下の諸点に

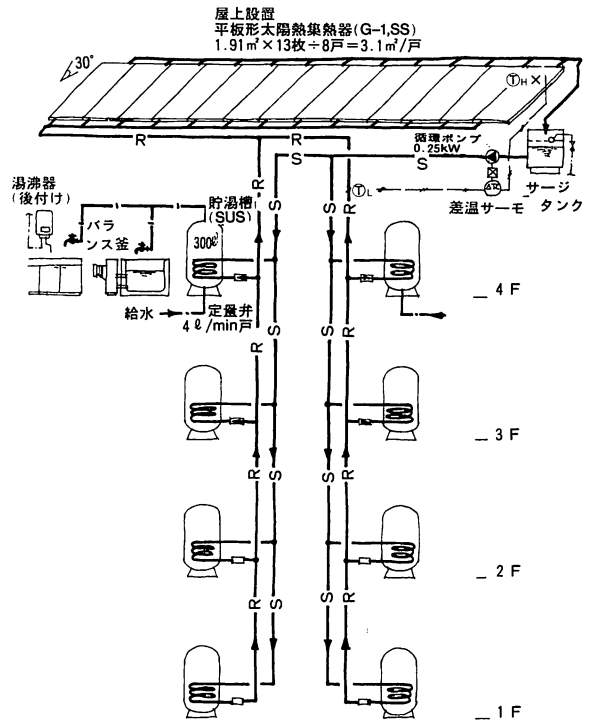


図-3 山梨県営住宅太陽熱給湯システム系統図 (集中集熱各戸貯湯槽間接加熱方式)

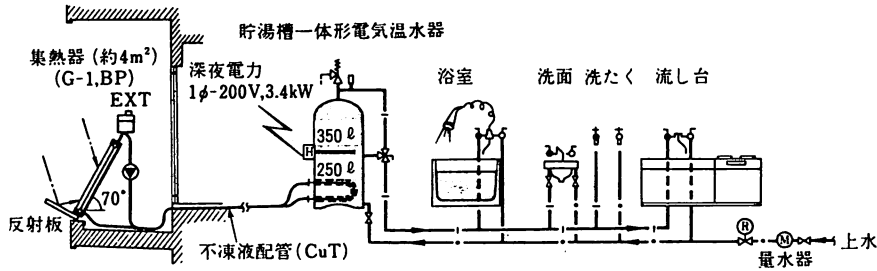


図-4 全電化集合住宅の戸別太陽熱給湯システム例（八幡山ビューグリーンマンション）

十分の配慮をしておく必要がある。

- ① 集熱器の傾斜角は夏の集熱効率を防ぐため70°以下、できれば60°以下とする。
- ② 集熱器が居室からの視界、通風に、あるいは下階の採光に極端な障害とならないように配慮すること。
- ③ 郊外型ではふとん干しとの調整をとること。
- ④ 2方向避難を確保すること。
- ⑤ ベランダの張り出し、集熱器の突出が建築面積算定上どう解釈されるか関係機関と事前に十分打ち合わせておくこと。
- ⑥ 子供の墜落事故、火傷事故のないようにディテールを十分検討すること。
- ⑦ 将来、前面に建つ建物の日影の影響を考慮しておくこと。
- ⑧ 美観保持（清掃、更新時の諸問題、空家問題）について検討しておくこと。
- ⑨ ベランダの構造強度を確保しておくこと。

完全戸別方式ではこのほかにベランダに特殊な自然循環式温水器を設置する場合、4～5階建の中層住宅では各戸の温水器や集熱器の配管を個別回路にして屋上に設置する形式も考えられる。この場合、立配管長さは戸建て住宅の場とそれほど変わらず、配管さえ用意しておけば入居者が必要に応じて機器を設置することも出来る。

### 3 集合住宅の太陽熱暖房

集合住宅は独立住宅に較べて一般に外周面積が少く、発生エネルギー密度が高く、熱容量が大きいため暖房負荷が少く、太平洋沿岸地域の南面中間階中間住戸では或る程度の断熱対策をとると年間負荷を少くとも計算上は容易に500 Mcal/年戸以下とすることが出来る。このことは一方では戸当りの集熱面積が制約される集合住宅でも太陽熱依存率の高いソーラーシステムが導入可能であることも意味しているが、逆にこの熱

量は現在の都市ガスの実効単価に換算すると約1万円/年位にしかならず、100%を代替するとしてもソーラーに対する投資可能額はたかだか10～15万円/戸程度でしかなく、余程、安価で効果的なシステムでないと引き合わないことを示している。したがって集合住宅の太陽熱利用では当然のことながら給湯が第一であり、暖房ではいわゆるパンプ利用に多少の可能性があるがそれも断熱と南面直接入射熱利用の簡易で確実な手段が中心となる。

いわゆるパンプソーラーシステムには図-5のようなものがあるが、温暖地の集合住宅の南面住戸では断熱材50mm程度と2重ガラスの採用によってダイレクトゲインによって殆んど補助熱源を使うことなく暖房が可能となるがその場合の注意事項としては以下の各項が挙げられる。

- (1) 計算通りの断熱効果が得られるように断熱計画では熱橋などが生じないようにすること。集合住宅の熱容量は十分大きいのでこのためには必ずしも外断熱の必要はないが熱橋防止の点では外断熱がすぐれている。
- (2) 南面室のオーバーヒートをさける対策を考えると。一般に非定常負荷計算では22～25℃以上で外気に放熱するなどの条件を入れているが、温暖地では晴天日に室温が16～18℃を越えると主婦、子供は慣習的に窓を開放する傾向にあり北側室との積極的な熱交換が望ましい。
- (3) 換気負荷を減少させること。アルミサッシュの利用によってすき間風は問題にならないが、厨房の強制換気の負荷が多い。電気レンジを用いるいわゆる全電化住宅では臭気の出る調理以外は殆んどレンジ換気扇を作動させていないので換気負荷が大変、軽減されている。ダイレクトゲインシステムでは日中、日射が十分得られるときに窓を開けて掃除を行なわれると熱的に大きなロスとなるので外部排気式のセ

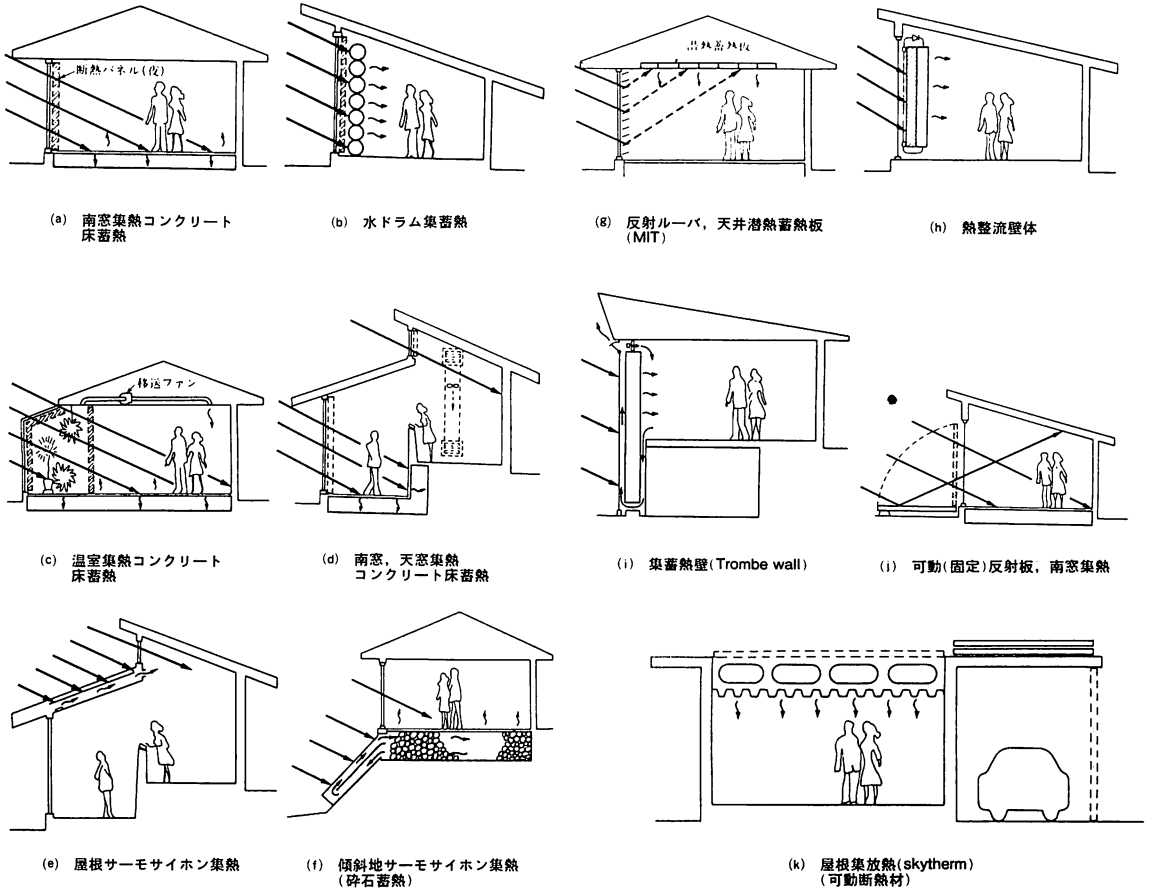


図-5 パッシブソーラーハウスの例

- ントラルクリーナーなどの採用も考慮する必要がある。
- (4) 断熱雨戸あるいは内側の断熱戸は効果的なので出来るだけ取りつけるべきである。
  - (5) 端部住戸は熱負荷が増大するので、それを補償する開口部の追加、あるいは断熱の強化が必要である。特に妻壁は十分な断熱が必要である。

昨年、財住宅・建築省エネルギー機構が実施した省エネルギー集合住宅に関する提案競技でも中層集合住宅を対象とするものは殆んどがアクティブな太陽熱給湯とパッシブな太陽熱暖房の組み合わせであった。その中の1つに南面二重ガラスの中に可動黒色フィンを設置し、これにファンによって室内空気を通して床下の穴あきPCコンクリートスラブに蓄熱すると共に北側室に吹きだすものがあり、他の1つには南側のベランダの温室の空気を天井に通し、北側の部屋から同じく床内部を通して南側室に戻すものがあった。これらはファンを利用するからハイブリッドシステムであり、床に積極的に蓄熱をしようとしている。熱的に悪い方

法ではないがいずれも設備コストが高く経済性に問題が残されている。先述のように二重ガラスからのダイレクトゲインシステムの方がソーラー用としての設備費も殆んど不要で集熱器としての効率も高く、北側に空気を送風するだけで強制的に床等に蓄熱しなくても集合住宅は十分な熱容量と伝熱面積があって十分な蓄熱効果がある。ただダイレクトゲインが室内に日射を完全に入射させるものとすればグレア、体感温度の過昇、家具等のいたみなどから問題があるので黒色のカーテン等を用いて効率よく集熱する方法を確立する必要があるが技術的には特に困難はない。

結局、関東以南の各戸に十分な日照が得られる集合住宅は断熱とダイレクトゲインのパッシブシステムで暖房必要熱量の殆んどがまかなわれ、補助暖房装置は例えば夏は蛍光灯、冬は白熱灯に切替わるような照明暖房のようなものによって装置されるであろう。

都心部に建てられる南北軸、塔状型で日射を十分に受られない住戸が多い場合には屋上に集熱器を集中し

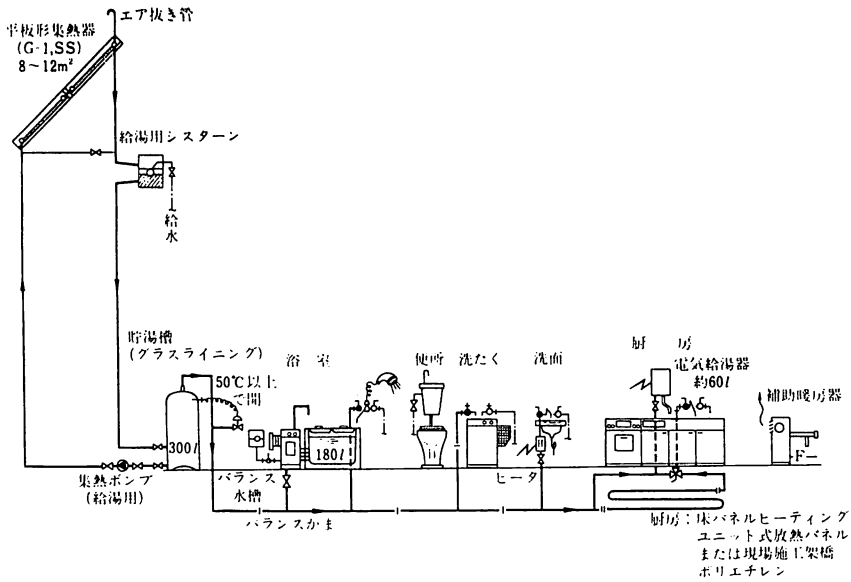


図-6 太陽熱給湯+簡易床暖房併用システム (田中)

たアクティブ方式という可能性もあるが、集熱面積の制約から給湯用を中心とし、暖房に補助的に太陽熱を利用するのが限度となろう。図-6は給湯系統を部分的に暖房に使う方式の一例を示す。

#### 4 集合住宅の太陽熱ヒートポンプ (冷) 暖房

省エネルギーの観点から日本の気候ではたして冷房が不可欠なのかといった議論はここではおくとしても集合住宅において太陽熱冷房を行なうことは経済的にも技術的にも現状では殆んど不可能であることは間違いない。したがって集合住宅の冷房では電動冷凍機または吸収冷凍機が使われることになるがこれを何らかの方法でヒートポンプ利用することにより暖房給湯エネルギーの大巾な省エネルギー化が計れる可能性がある。

冷房時の排熱を給湯に回収、太陽熱を昇温に利用し、暖房時には太陽熱を低温熱源に利用するなどの戸別小形多機能ヒートポンプの開発が電力会社の支援のもとに各家電、冷凍機メーカーが進められている (図-7) が、今後の省エネルギー化された集合住宅では必要な冷暖房出力が比較的小さくなるので設備費が省エネルギー効果に比べて割高になりがちである。このようなヒートポンプ利用では太陽熱利用とは直接、関係はないが、夏季に給湯加熱のみを冷凍機の排熱源として冷房負荷を完全にカバー出来るかどうかが機器、システムを簡素化する上で重要である。日射熱取得の防止、電化等による室内発生熱量の軽減、冷蔵庫排熱の除去等てこ

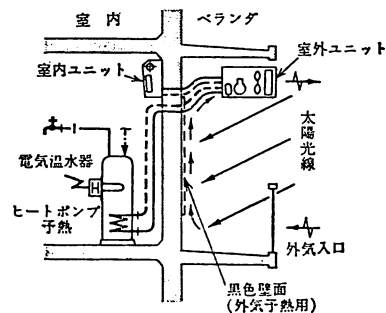


図-7 太陽熱利用多機能ヒートポンプの一例

れを達成することは十分可能とみられる。

ただし、集合住宅の太陽熱ヒートポンプ冷暖房システムはやはり住棟セントラルシステムの方がシステム的には容易で効果的であろう。図-8はその一例を示す。図には含まれていないが風呂排水等からの熱回収も考えられる。また、冷房負荷が給湯負荷に比べて比較的小さいときは吸収ヒートポンプの利用も考えられる。図のシステムでは太陽熱は冬季はヒートポンプの熱源用に低温集熱用に原則として用いられるが、冬の温暖日、夏季には給湯加熱の高温側に用いられる。

図-9は屋上集熱室を持つ空気集熱方式のヒートポンプ方式の例である。この例に限らず、ヒートポンプ方式では低温集熱に見合ったローコストの集熱器、あるいは集熱方式の開発が不可欠であり、今後の研究が望まれる。

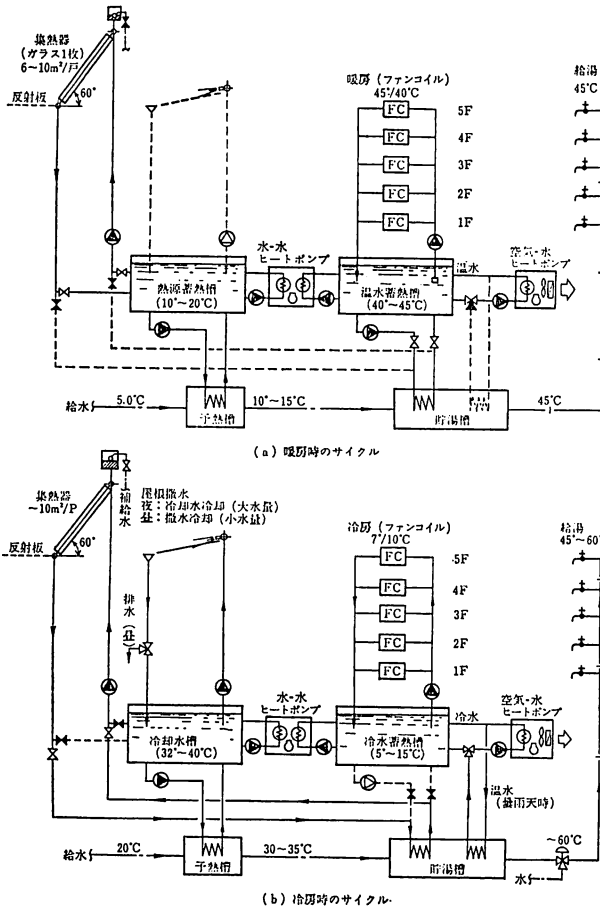


図-8 集合住宅太陽熱ヒートポンプ (冷) 暖房システムの一例

5 おわりに

我国における集合住宅の太陽熱利用は給湯を中心にマンションや公営住宅で着実に増えており、今後の発展が期待される。このためにシステムのより一層のロー

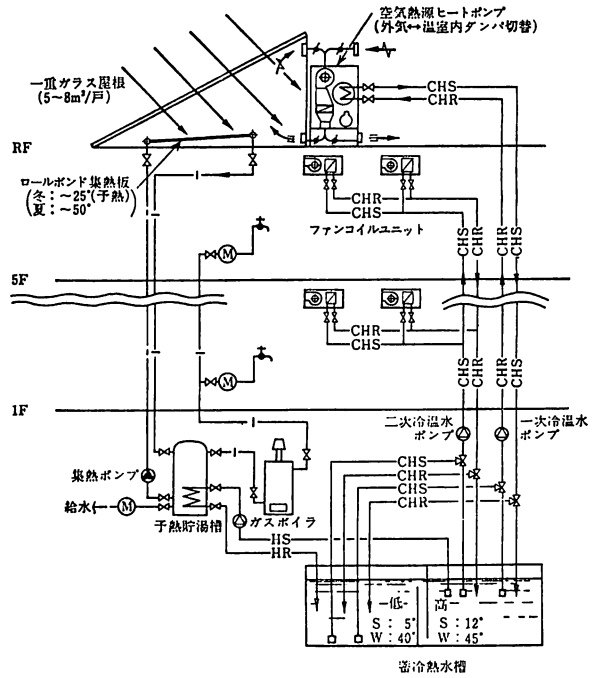


図-9 特殊な空気熱ヒートポンプ (冷) 暖房給湯システムの例

コスト化、耐久性の向上、管理システムの確立が望まれる。

暖房については温暖地域では断熱強化を含めたパッシブ的な対応で十分であろうという見方が多いが、実証的な研究、プロジェクトが不足している。

ヒートポンプ利用を含めたアクティブな冷暖房給湯システムはセントラルシステムに起因する設備費の負担、管理方法、料金徴集の面で問題が残るが、省エネルギー的には大きな効果があるものとみられるので、今後に大きな可能性が残されている。

