

## 第2章 太陽熱利用システムの基本的事項

太陽熱は直接利用する場合もあれば、一旦蓄えて利用する場合もあります。用途は、給湯や暖房の他、冷房や除湿、乾燥などの用途にも利用できます。ただし、太陽エネルギーは、昼夜、気象変動、地域差などにより大きく変動するため、有効に利用するための技術が必要です。設置条件に応じた適切な集熱面積の確保、また安定的に利用するためには、蓄熱槽などの蓄える技術とのマッチングが重要となります。

### 2.1 太陽熱利用の対象範囲

住宅用では、屋根面に設置される自然循環型の太陽熱温水器や強制循環型のソーラーシステムによって、給湯や暖房の用途として使用されてきました。太陽熱は大規模にも使用されており、給湯、暖房や冷房だけでなく、乾燥、蒸留などの熱源ともなります。また、発電では太陽光発電が一般的ですが、熱による発電（太陽熱発電）も各国で研究されており、一部は既に実用化されています。

熱需要が大きい主な分野としては、図 1.5.1 に示した業務施設などの建築分野やモノの生産に係る産業分野が挙げられます。太陽エネルギーは気象変動、地域差などにより大きく変動するため、導入に当たっては設置条件（日照条件、設置条件等）、熱需要等を考慮した設計が必要となります。次頁に、代表的な建築分野及び産業分野における熱の利用温度を示します。

#### ■建築分野■

太陽熱利用システムは、低温レベル（40～60℃）の給湯や暖房の熱需要の大きい分野に効果的です。80～90℃の集熱が得られれば、冷房にも利用できます。例えば、導入先としては、オフィスビルなどの暖房や冷房の需要の大きい施設や、医療・福祉施設又はホテルなどの給湯や暖房（冷房）需要の大きい施設などが考えられます。

#### ■産業分野■

真空ガラス管形の集熱器であれば 100～120℃程度の熱を集熱でき、それ以上であれば集光型の集熱器により集熱が可能です。これにより、様々な産業分野において熱を供給することができます。給湯や暖房・冷房として利用できる他、加温、乾燥や蒸留、また食品等の加工などにも利用可能です。ただし、産業分野において製品の加工などに太陽熱利用システムを導入する場合は、エネルギーを安定的に供給することができ、製品の品質に影響を与えないかどうかなどの検討を行う必要があります。

表 2.1.1 代表的な建築分野及び産業分野における熱の利用温度

項目	システム	分類		用途	温度範囲	
建築用	給湯システム	太陽熱温水器	—	給湯	40～60℃	
		強制循環システム	—	給湯	40～60℃	
	暖房システム	パッシブ <sup>*1</sup> システム	直射日射利用	—	暖房	35～50℃
			窓面・壁面蓄熱	—	暖房	35～50℃
			温室	—	暖房	35～50℃
		アクティブ <sup>*2</sup> システム	直接暖房システム	暖房、給湯	40～60℃	
	ヒートポンプ暖房システム	暖房、給湯	40～60℃			
	冷房システム	パッシブシステム	クールチューブ	—	冷房	15～20℃
		アクティブシステム	吸収冷凍機	—	冷房	70～95℃
			吸着冷凍機	—	冷房	60～90℃
除湿冷房			—	冷房	40～60℃	
産業用	乾燥システム	農業用	穀物乾燥	乾燥	40～60℃	
		その他	木材乾燥	乾燥	40～60℃	
	淡水化システム	直接法	—	飲料水	40～80℃	
		間接法	—	飲料水	30～70℃	
	太陽熱発電システム	集中型	—	電力	300～1500℃	
		分散型	—	電力	200～400℃	
	工業用プロセス加熱	—	—	加熱	40～200℃	
燃料製造	—	—	水素燃料	900～1300℃		
太陽炉	—	高温研究	太陽熱発電	1500～3500℃		
その他	ソーラークッカー	—	—	調理	60～200℃	

\*1：気候や風土に合わせて建築や配置計画を行うことにより熱や光、空気の流れを制御し太陽熱を得る方法

\*2：集熱器、ポンプ、放熱器など機械力を用いて積極的に太陽熱を利用する方法

出所)「新太陽エネルギー利用ハンドブック(日本太陽エネルギー学会)」を参考に作成

## 2.2 太陽熱利用のための主な構成機器と特徴

### (1) 集熱器

太陽エネルギーを熱エネルギーに変換するもので、コレクターとも呼ばれています。システムを構成する上では最も重要な機器で、一般的には平板形や真空ガラス管形が多く用いられています。

#### ■集熱器の種類■



①平板形集熱器 資料提供) 矢崎総業(株)



②真空ガラス管形集熱器 資料提供) 富士エネルギー(株)

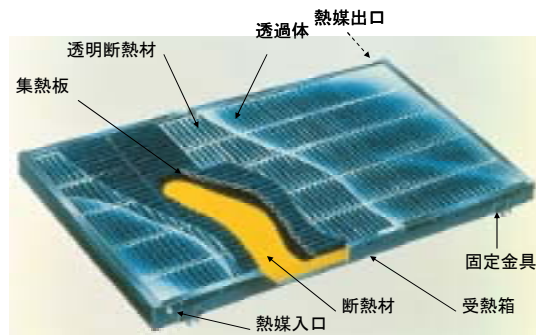


図 2.2.1 平板形集熱器の外観とその構造

出所) 設計用資料「太陽熱利用システム」[2009年11月] 矢崎総業(株)

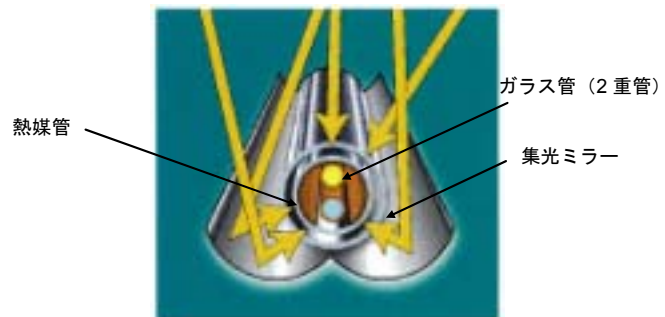
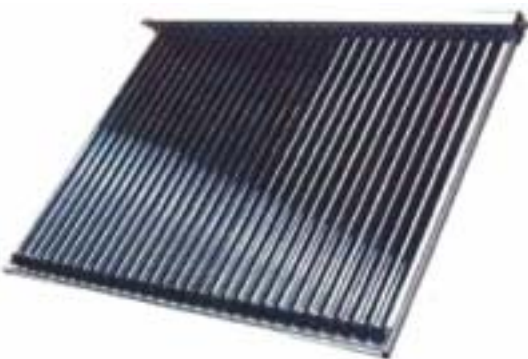


図 2.2.2 真空ガラス管形集熱器の外観とその構造

資料提供) サピオ株式会社

■集熱器の設置方式■



①屋根置き型 資料提供) 矢崎総業(株)



②陸屋根置き型 (真空ガラス管形の例)



③陸屋根置き型 (平板形の例) 資料提供) 矢崎総業(株)



④底設置型 (Wagner&Co.事務所)



⑤外壁設置型 (ドイツ・アーヘンの長屋住宅)



⑥ベランダ設置型 資料提供) 東京ガス株式会社

**■蓄熱槽（貯湯槽）■**

集熱器で集熱した熱を蓄えるのが蓄熱槽で、蓄熱の方式には、顕熱蓄熱、潜熱蓄熱、化学反応蓄熱などがあります。顕熱蓄熱は、比較的安価な水や岩石、コンクリートなどの熱容量の大きい物質に熱を蓄えるもので、水を蓄熱材とした水槽方式の蓄熱槽が多く用いられています。太陽熱利用専用の蓄熱槽として市販されているものは少なく、一般的な給湯用の蓄熱槽や熱交換器を内蔵した給湯用貯湯槽を使う場合が多いです。潜熱蓄熱は、単位面積当りの蓄熱量が大きく、高密度の蓄熱が可能であり、コンパクトな蓄熱槽を設計することができます。一定の温度付近での熱の取り出しも可能です。実用化されていますが、実例も少なく、安価ではありません。まだ開発途上の段階といえます。さらに、長期蓄熱、すなわち、夏季に集熱した熱を冬季に利用する技術が、国内外で研究されています。

貯湯槽とは、温水を一定の温度に保ち、給湯利用など定量の温水の供給を確保するための装置です。よって、槽の内部に加熱用のコイルを持ち、そのコイルと槽内の水とが熱交換を行い、一定の温水を供給するものとなっています。

**■補助熱源機（補助ボイラ）■**

太陽熱を得るための集熱器や蓄熱槽に加え、安定的に熱を供給するためのバックアップとして、通常はボイラなどの補助熱源機が使用されます。つまり、太陽熱で十分に熱が得られない場合に、所定の温度まで補助熱源機で加熱して供給します。補助熱源機には、石油やガス、電力を熱源とするボイラの他、欧州などでは、バイオマスや地中熱源又は空気熱源のヒートポンプなど、再生可能エネルギーによる熱源を活用する場合もあります。

**■冷熱源機■**

太陽熱冷房（クーリング）システムで使用される冷凍機には、①吸収式冷凍機、②吸着式冷凍機、③デシカント空調機などがあります。このうち、吸収式冷凍機は、太陽熱以外での実用事例も多く一般的です。一方、吸着式冷凍機及びデシカント空調機の実用事例は少なく、研究開発が進められているところです。

**■その他■**

その他、システムを構成する機器として、熱交換器、ポンプや貯湯槽、機器をつなぐ配管などがあります。

## 2.3 基本的な太陽熱利用システムの構成

### ■システムの分類■

太陽熱の利用用途は主に、給湯、暖房、冷房、除湿で、集熱媒体は、水、空気、不凍液が一般的です。循環方式は、集熱媒体の温度差で生じる比重差により自然に循環する自然循環式と、ポンプで強制的に循環する強制循環式があります。自然循環方式は主に住宅用として使用される場合が多いです。

表 2.3.1 システム分類表

方法	用途	集熱媒体	循環方式	例
パッシブ	暖房	—	自然循環式	ダイレクトゲイン
アクティブ	給湯	水	自然循環式	温水器、太陽電池式温水器
		水・不凍液	強制循環式	住宅用給湯システム、温水プール
		空気	強制循環式	空気集熱・水蓄熱
	給湯・暖房	水・不凍液	強制循環式	水集熱・水床暖房、水集熱空気式暖房
		空気	強制循環式	空気集熱・空気床暖房
	給湯・暖冷房	水・不凍液	強制循環式	吸収式冷凍機冷房、吸着式冷凍機冷房、デシカント冷房
除湿	空気	強制循環式	木材乾燥	

### ■建築用太陽熱利用システムの構成例■

基本的なシステムの機能として、集熱、蓄熱、熱搬送、冷熱発生、放熱があり、需要や設備に応じて機能的に組み合わせることは、システムを構成する上で、経済的かつ効果的です。例えば、高性能な集熱器を用いても、蓄熱槽の容量が不十分であれば、システムの稼働率は低下してしまいます。使用目的や熱需要の状況に応じた機器の選定を行うことが、太陽熱を有効利用する上で最も重要です。

#### ① 給湯システム

太陽熱利用システムを導入することにより、給湯需要の30～40%を太陽熱で賄うことができます。使用温度が40～60℃と低温でよいことから、集熱効率も高くなり、太陽熱利用には最も適した用途です。貯湯槽を設けることにより、補助ボイラの容量が小さくても瞬時に給湯需要に対応することができます。

図 2.3.1 は、給湯システムの一例です。蓄熱槽内の熱媒水を集熱ポンプにより集熱器に循環させ、蓄熱槽内の温度を上昇させます。給水は蓄熱槽内に設けた熱交換器を介して加熱されるシステムです。

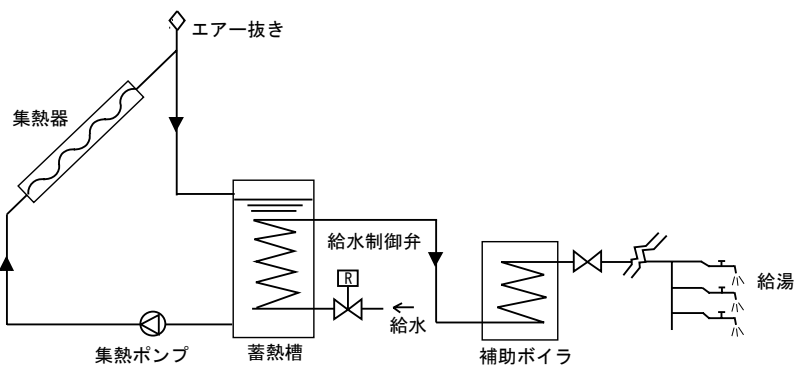


図 2.3.1 太陽熱給湯システムの例（直接集熱間接加熱方式）

出所)「ソーラーシステム施工指導書 [平成 21 年改訂]」(社)ソーラーシステム振興協会編

② 給湯・暖房システム

太陽熱の暖房利用は、冬季のみとなるため、通年で需要のある給湯利用と併用される場合が多いです。一般的なシステムは集熱器、蓄熱槽、放熱器、補助ボイラなどで構成されます。冬季など夜間に熱需要がある場合は、集熱時間帯と放熱時間が一致しないため、蓄熱槽に蓄熱する必要があります。放熱器は、集熱した熱を放熱するもので、温水式の放熱パネルの他、熱容量の大きなコンクリートなどを用い、蓄熱と放熱の両方を合わせた蓄熱式床暖房などがあります。集熱方式には、水式と空気式があり、水式は水や熱媒などにより集熱搬送するもので、蓄熱槽に蓄えられた熱は、熱交換器を介し、給湯や暖房などの室内循環経路へと送られます（図 2.3.2）。空気式は集熱した空気を直接室内へ搬送する場合、また途中に蓄熱槽（コンクリートなどの蓄熱体）に蓄え、放熱装置へ搬送されるものがあります（図 2.3.3）。水式と空気式の違いは、空気式の場合、腐食の恐れがなく、保守や取り扱いが容易で耐久性に優れている反面、空気の搬送動力が大きく、ダクト径や集熱装置のスペースが大きくなります。

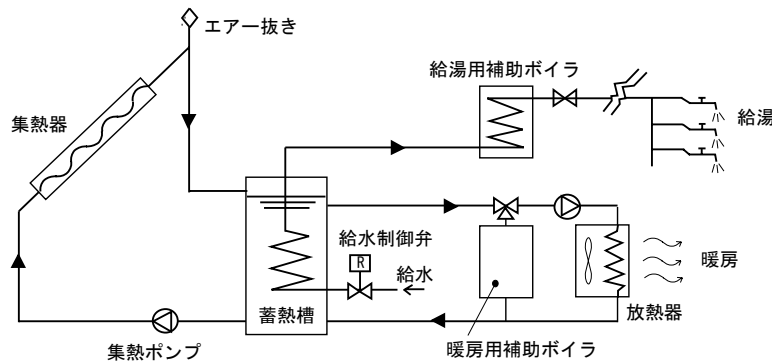


図 2.3.2 太陽熱暖房給湯システムの例

出所)「ソーラーシステム施工指導書〔平成 21 年改訂〕」(社)ソーラーシステム振興協会編

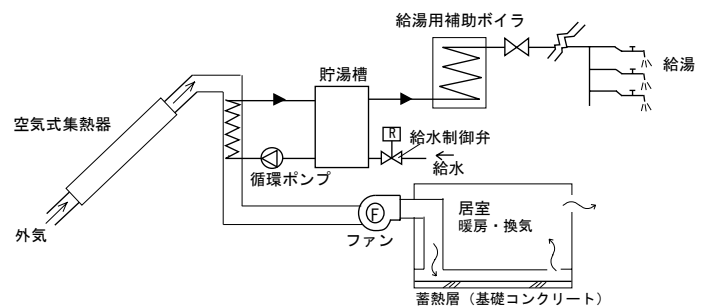


図 2.3.3 空気集熱式太陽熱床暖房システムの例

資料提供) OM ソーラー株式会社

③ 給湯・暖房・冷房システム

給湯に加え、暖房や冷房の需要が多い場合に通年で太陽熱を有効に利用できるシステムです。給湯・暖房システムに加え、熱駆動型冷凍機を設置し、冷凍機に太陽熱を使用することで冷熱を発生させます。冷凍機として実用例が多いのは吸収式冷凍機です。その他、吸着式冷凍機、デシカント空調などがあります。病院、

老人ホーム、集会場などの公共施設や事務所ビル、商業施設などの大規模施設は、直焚き吸収式や電気駆動の圧縮式冷凍機と組合せ、冷房需要の一部を太陽熱冷房（クーリング）で賄う場合があります。基本的なシステム構成は、集熱器、蓄熱槽、補助ボイラ、冷凍機、冷却塔（クーリングタワー）、空調機（放熱器）、その他配管や制御系です（図 2.3.4）。冷凍機内で切替弁を操作することによって暖房運転も可能となります。

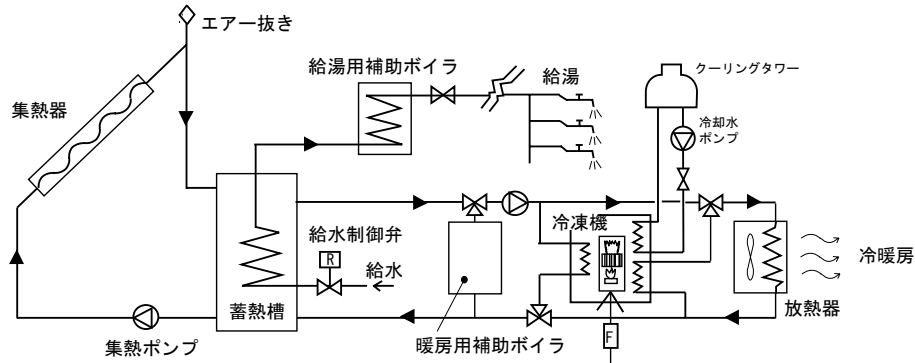


図 2.3.4 吸収式冷凍機を用いた冷暖房・給湯システム

出所)「ソーラーシステム施工指導書〔平成 21 年改訂〕」(社)ソーラーシステム振興協会編

④ その他システム

給湯や暖房のシステムの外、乾燥や除湿、殺菌などにも太陽熱を利用することができます。乾燥システムは牧草、水産物、米、タバコなどの農産物等の乾燥や家畜糞尿の発酵乾燥、また木材乾燥などで実用事例があります。殺菌システムは、農作物の土壌中の病原菌を太陽熱殺菌するものです。その他、海外では太陽熱による脱塩・水質浄化システムなども実用化されています。

図 2.3.5 に示すデシカント空調システムは、吸着材を用いた除湿機（ローター）により換気用導入外気を除湿して冷房を行うシステムです。仕組みは、まず外気を取り込んで回転式の除湿機で除湿します（①→②）。乾燥空気は顕熱交換器で対向する室内還気で冷却され、室内に供給されます（②→④）。室内還気は顕熱交換器で温度が上昇した後（⑤→⑦）、加熱器でさらに加熱されます（⑦→⑧）。太陽熱は室内還気を加熱し、除湿機（ローター）の除湿能力が低下した吸着材を再生するために利用されます（⑧→⑨）。

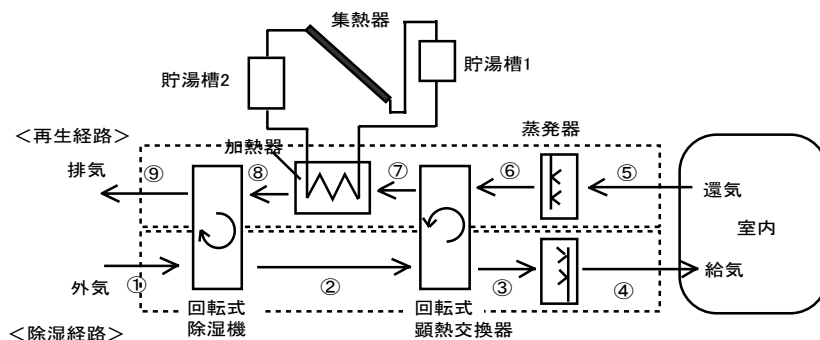


図 2.3.5 太陽熱を使ったデシカント空調システム

出所) 児玉ほか、「太陽熱温水器を駆動熱源とする吸着式デシカント空調システムの実証試験」日本冷凍空調学会論文集 2005 年



図 2.3.6 は、木材乾燥システムの例です。製材時の木材は樹種比重にもよりますが、一般に乾量基準の含水率で 70%以上を示すのが通常です。この材を気中に長期間放置すればやがて気中と平衡した含水率（平衡含水率）まで低下しますが、その際に大きな収縮や反り・曲がりを伴うことは避けられません。従って、家具材や住宅資材に使用される木材は製材後速やかに人工的に乾燥する必要があります。

人工乾燥の最も難しい点は、短時日で、かつ乾燥割れやそのほかの損傷がなく仕上げる技術となります。太陽熱利用システムとしては比較的高度の設計・製作技術が要求されます。

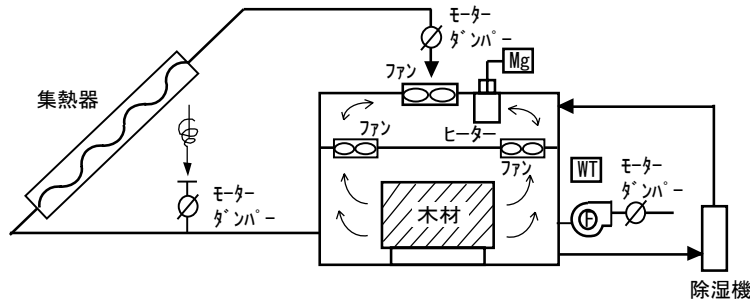


図 2.3.6 木材乾燥システム例

出所)「新太陽エネルギー利用ハンドブック」日本太陽エネルギー学会

### ■集熱器及び蓄熱槽の配置例■

太陽熱利用システムは、集熱器や蓄熱槽などの構成機器を建物と調和して配置することが重要です。一例として、図 2.3.7、図 2.3.8 に集熱器と蓄熱槽の配置例を示します。

集熱器の設置場所は、南面の日射をよく受けられる場所が適当で、屋根に置くのが一般的です。新築の建物の場合には、設計段階で屋根一体としてデザイン良く計画することができます。既築の建物では、設置場所の制約が大きくなりますので、設計に当たっては集熱器の枚数や重さ、設置場所、荷重、機器を結ぶ配管経路の設定に十分留意しなければなりません。

省エネルギーの観点から構成機器の配置を考えると、各構成機器は出来るだけ近くに配置し、熱損失を少なくするために、配管経路は極力短くするのが理想的です。

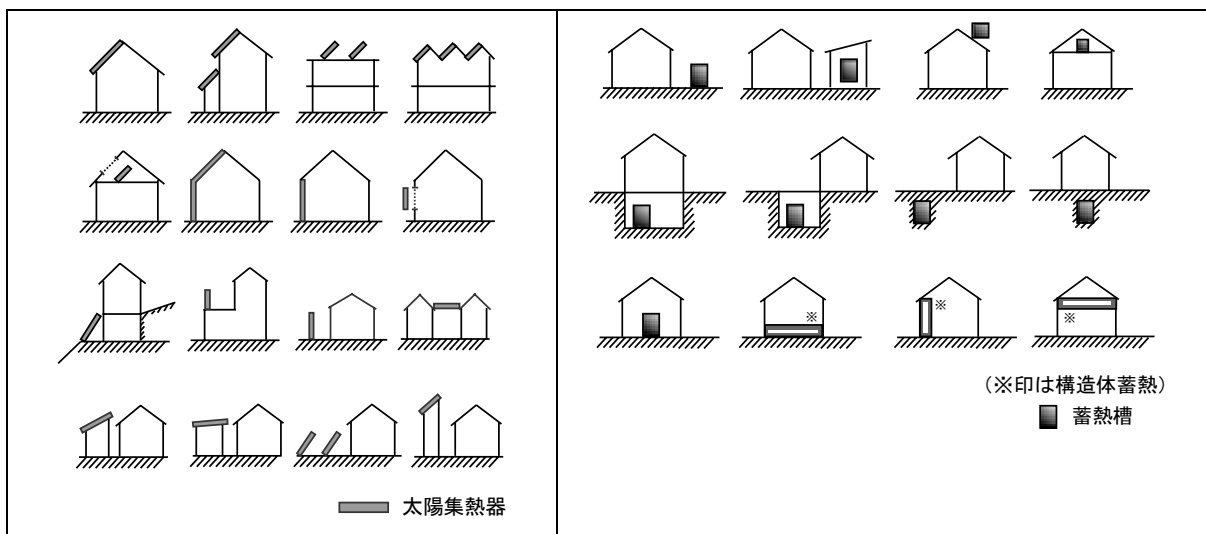


図 2.3.7 集熱器配置例

図 2.3.8 蓄熱槽（体）配置例

出所)「ソーラーシステムデザインガイド」(社)ソーラーシステム振興協会編

## コラム 太陽熱利用システムの新たな取組

太陽熱利用システムは 40～60℃程度の比較的低温の熱需要に効果的であることから、住宅のほか、医療・福祉施設・宿泊施設などの熱需要のある「建築分野」に導入が進んでいます。これに対して、製造業・農林水産業等の「産業分野」においては、集熱量と熱需要のミスマッチや利用方法・システムの未整備、太陽熱利用システム自体への認識の低さなどの理由により導入はあまり進んでいません。「産業分野」においては大量の化石燃料、特に温室効果ガスの排出係数の高い石油の消費量が多いため、太陽熱利用へのアプローチが求められています。最近では、脱石油化を図る目的で、熱源に化石燃料を使用せず、クリーンな太陽熱とその他の再生可能エネルギー（バイオマス、地熱など）を組み合わせたシステムも導入され始めました。ここでは、農業・水産業における太陽熱利用システムの導入事例、また、脱石油化を目的とした太陽熱とバイオマスボイラの組合せ事例を紹介します。

■新分野への太陽熱利用へのアプローチ■ 資料提供) 富士エネルギー株式会社 (<http://www.fujiene.com>)

“黒豚”生産農場への太陽熱利用システム導入(床暖房の熱源)

～有限会社大成畜産中村農場の取組<平成 19 年度太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業>

大成畜産中村農場は、高級豚肉として有名な“かごしま黒豚”の生産農場です。中村農場で生産された子豚は一定期間この農場で成長し、その後、同社の肥育農場に移管されます。生後間もない子豚は、夏季でも暖房が必要であり、特に、生後数日は床暖房に加えて上部からは電気ヒーターを使用して加温しています。

<施設概要と太陽熱利用による効果>

従来は、床暖房の熱源として灯油ボイラで温水を供給していました。この熱源の一部として真空ガラス管形集熱器によるシステムを導入し、更に、電気ヒーター単独で暖房していた豚舎についても、太陽熱利用による床暖房方式に改修を行なっています。太陽熱利用システム導入前後でエネルギー消費量を比較した場合、灯油使用量を約 30%、電気使用量を約 50%削減できる見込みが得られました（床暖房面積・豚頭数等の条件が異なるため同一期間における推計値による）。



<主要導入設備>

集熱器：真空ガラス管形集熱器  
有効集熱面積 247.2 m<sup>2</sup>  
蓄熱槽：ステンレス製 開放型  
(容量) 6 m<sup>3</sup>×3 基、8 m<sup>3</sup>×1 基  
熱交換器：挿入型  
補助熱源：灯油ボイラー  
データ計測：日射量、外気温  
集熱量、集熱器温度  
蓄熱槽温度



<豚舎間に設置された集熱器と蓄熱槽>

“海ぶどう養殖”への太陽熱利用システム導入(海水の加熱・昇温)

～瀬戸内海水産開発株式会社の取組<平成20年度太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業>

瀬戸内海水産開発株式会社は、山口市秋穂の塩田跡地を利用して、日本で初めて車えびの養殖に成功した水産養殖会社で、商品ジャンル拡大の一環として、沖縄・奄美以南の他では養殖は難しいとされている“海ぶどう”の養殖に取り組んでいます。養殖用の水槽に貯められた海水を昇温させる熱源として太陽熱利用システムを導入した事例です。養殖に適した海水温度は25℃程度であると言われていています。なお、“海ぶどう”は海藻の一種でありグリーンキャビアとも呼ばれていますが、正式名称は「クビレズタ」と言います。



<養殖水槽で生育する“海ぶどう”>



<養殖水槽設置状況>



<養殖水槽内の熱交換器設置状況>

<主要導入設備>

- 集熱器：真空ガラス管形集熱器  
有効集熱面積 271.6 m<sup>2</sup>
- 蓄熱槽：ステンレス製 開放型  
(容量) 36 m<sup>3</sup>
- 熱交換器：円周フィン型
- データ計測：日射量、外気温  
集熱量、集熱器温度  
蓄熱槽温度



<集熱器設置状況(陸上架台方式)>

■脱石油化を図る太陽熱利用システムの事例■ (資料提供) サピオ株式会社 (http://www.sapio.co.jp/)

“太陽熱+木質チップ燃料”で脱石油の実現

～医療法人社団蔵王会“仙南サナトリウム”の取組<平成18年度太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業>

「地球に優しい設備を導入することは医療施設として大変重要なテーマである」と、医療法人社団蔵王会 仙南サナトリウムでは、脱石油化を目指し、熱源システムを新たなシステムへと改修しました。クリーンな太陽熱とカーボンニュートラルにより CO<sub>2</sub> を発生しない木質燃料を活用した熱源システムです。このシステムを導入することにより、年間 341 トンの CO<sub>2</sub> 削減を見込んでいます。

<システム概要>

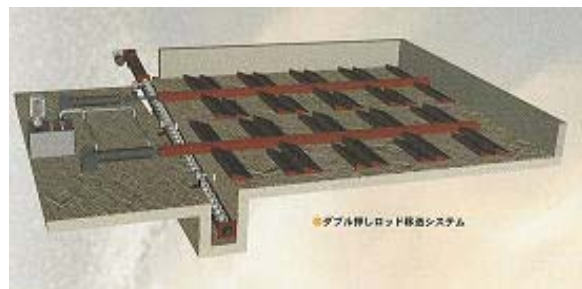
半地下式の燃料庫に搬入された木質チップは、プッシュロッド移動システムにより木質バイオボイラに燃料供給されます。木質バイオボイラは最大出力 350kW で蓄熱槽に熱供給を行い、また、ボイラへの還管温度に応じて出力を自動コントロールして、燃料供給量を自動調整します。これにより、蓄熱槽内の温水は 80～85℃となります。蓄熱槽の温水(熱)は熱供給管により各棟機械室に供給され、それぞれ熱交換器を経て給湯、浴槽加温、冬季は暖房に利用されます。集熱器は給湯の給水予熱に利用されると共に、浴槽加温や暖冷房にも利用されます。夏季は、木質バイオボイラ及び集熱器により昇温された 85～90℃の温水を温水焚吸収式冷凍機に熱源として熱供給し、7℃の冷水に熱変換して冷房に利用します。



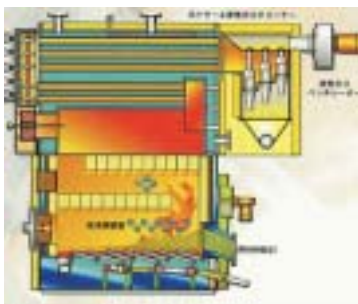
<仙南サナトリウム外観>

<主要導入設備>

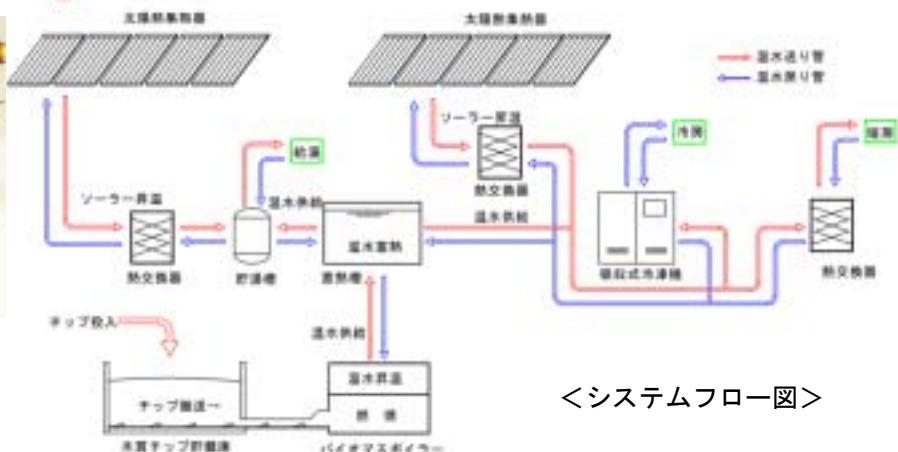
- 集熱器：真空二重ガラス管形  
有効集熱面積 246.4 m<sup>2</sup>
- 木質バイオボイラー：出力 350kW  
全自動型  
生チップ対応型
- 蓄熱槽：15 m<sup>3</sup> SUS444 製
- 貯湯槽：3.5 m<sup>3</sup> SUS444 製
- 吸収式冷凍機 40USRT 温水焚
- 給湯用熱交換器 350kW プレート式
- 浴槽加温用熱交換器 70kW プレート式



<プッシュロッド収集システム>



<木質バイオボイラ>



<システムフロー図>