

第3章 主な構成機器の構造と特徴

3.1 集熱器

太陽エネルギーを熱に変えて収集する機器を集熱器といい、集熱方式には集光形や非集光形、平板形や真空ガラス管形など種々の方法がある。非集光式、及び集光式の主な集熱器を図 3.1.1 に示す。放物面鏡形集熱器は一般に太陽熱発電に使われるが、その他の集熱器は建築用の給湯や暖房、冷房によく使われる形式である。このほかにも集光形ではフレネルレンズを使ったものや、多数の反射鏡を使って太陽熱発電を行うものなどがある。太陽熱利用の用途やシステムに適した集熱器を選択しなければならない。

集熱器は「JIS A 4112 太陽集熱器」及び「JIS A 1425 太陽集熱器の集熱性能試験方法」により性能評価の規定が示されている。

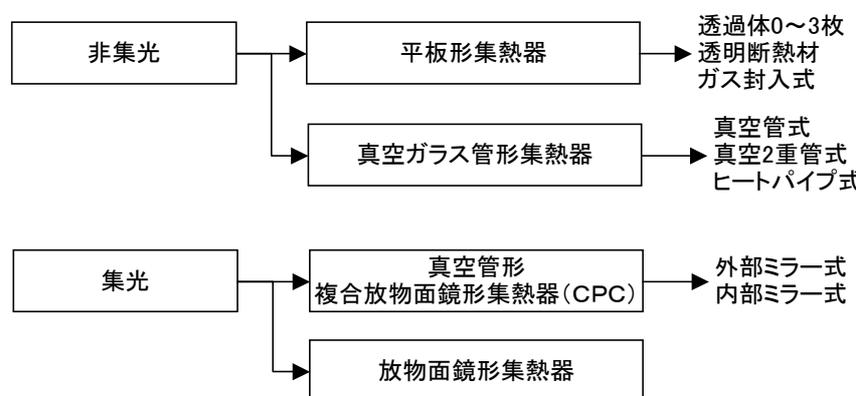


図 3.1.1 集熱器の分類

集熱器を選択する場合に考慮することは、目的とする集熱温度レベルでの集熱効率や価格、及び耐久性や施工性を考えて決定する。一般に、集熱器の集熱面は黒色塗装や選択吸収面、透過体は樹脂やガラス（1重、2重）などがある。平板形集熱器は一般に中低温集熱（60～80℃）で効率が高く、真空ガラス管形集熱器は高温集熱（80～100℃）で効率が高い。集熱器は空焚したときに 200～300℃になることがあるため、集熱器ばかりでなくシステム全体がその温度で不具合を生じない材料、設計でなければならない。

図 3.1.2 に各種集熱器の集熱効率線図を示す。縦軸は集熱効率 η 、横軸は集熱効率変数 $(\Delta\theta / I)$ * である。EU の集熱効率を表す式や効率線図は一般に集熱器開口面積を基準にしており、日本の JIS の集熱器総面積基準と異なるのでそのまま比較することができない（図 3.1.3 参照）。EU の集熱効率を表す式では日射量により効率が変化するので注意が必要である。

* $\Delta\theta$: 集熱媒体平均温度から気温を差し引いたもの、 I : 集熱面日射強度

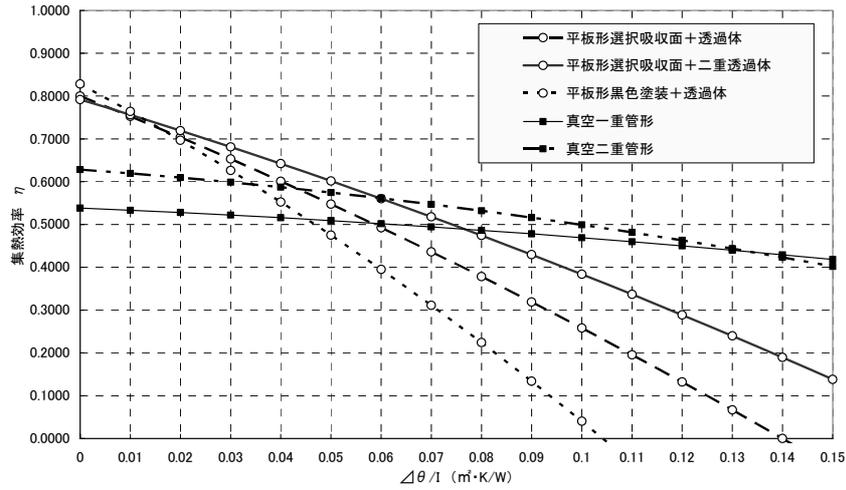
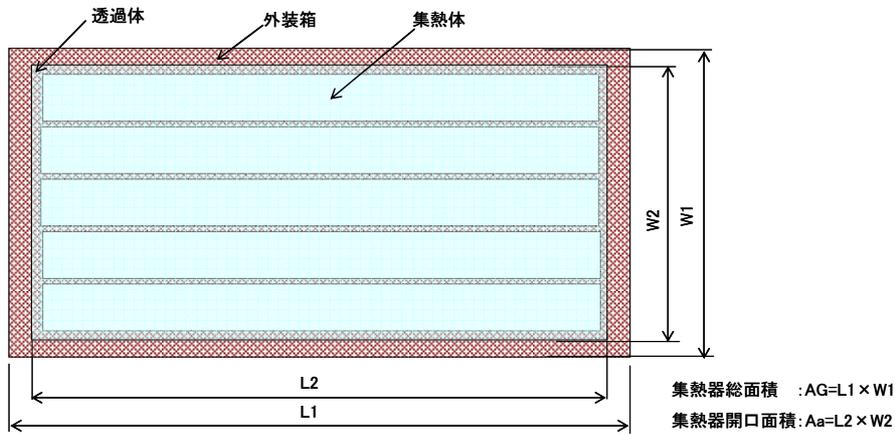
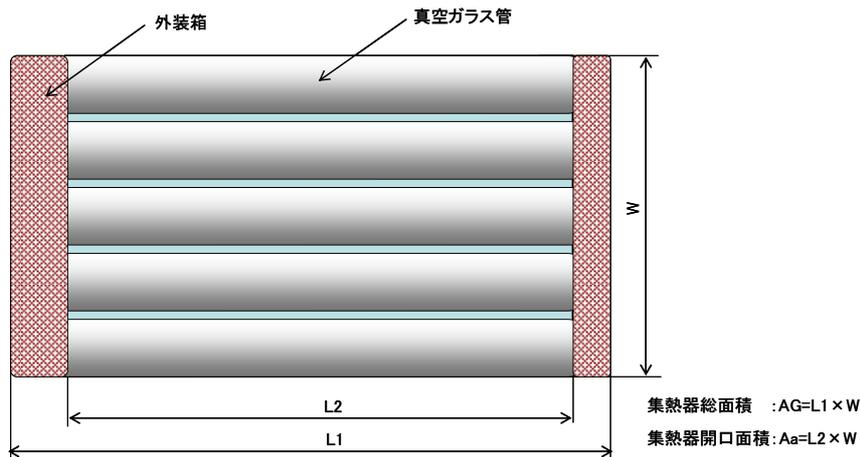


図 3.1.2 各種集熱器の瞬時集熱効率線図 (JIS 基準) の代表例



(a) 平板形集熱器



(b) 真空ガラス管形集熱器

○開口面積 : 太陽放射が集熱体に入射する前に透過する透過体の最大透過面積

○グロス面積 (集熱器総面積) : 集熱器の取付金具、集熱器の外部配管接続口など集熱器からの突出部を除いた集熱面に平行な面への投影面積

図 3.1.3 集熱器種別開口面積と集熱器総面積の考え方

建築用では液体（水）や空気を熱媒とする平板形集熱器や真空ガラス管形集熱器（ヒートパイプ式、真空ガラス2重管式、CPC集熱器）が使われることが多い。平板形と真空ガラス管形の特徴を表 3.1.1 に示す。平板形集熱器は低温集熱で効率がよく、真空ガラス管形集熱器は高温集熱で効率がよい。

表 3.1.1 平板形集熱器と真空ガラス管形集熱器の特徴

機種 項目	平板形集熱器		真空ガラス管形集熱器	
	1枚ガラス	2枚ガラス	真空ガラス1重管形	真空ガラス2重管形
透過体	高 ←————→ 低		高 ←————→ 低	
熱通過率	大 ←————→ 小			
集熱性能	低温集熱で効率高い	比較的高温でも効率高い	高温集熱で効率高い	
	集熱器総面積に比較して開口面積が大きい		集熱器総面積に比較して開口面積が小さい	CPCタイプは集熱器総面積に比較して開口面積が比較的大きい
耐久性	耐久性が長い		真空度維持が難しい	真空度維持は比較的容易
耐熱性	空焚温度は200℃以下		空焚温度が300℃以上になる	
デザイン性	壁材や屋根材として使え、比較的自由度が高い		建材としての用途は限られる	
価格	安価 ←————→ 高価			

3.1.1 平板形集熱器

平板形集熱器は透過体、集熱板、断熱材、受熱箱で構成され、金属の受熱箱の中に集熱板や断熱材を配置した集熱器で、表面は強化ガラス製の透過体でカバーした構造が多い。集熱板表面は黒色に塗って光線吸収率を高めるか、選択吸収面処理を施し、太陽光線吸収率を維持しながら赤外線放射を抑える工夫がされている。表面の透過体は、太陽光線透過率を高めるために白板ガラス（低鉄分ガラス）や表面に反射防止膜を施したものがある。さらに、ガラス面からの対流損失を抑えるために2重ガラスにしたり、ガラスと吸収面間の空気層に特殊樹脂成形品でできた透明断熱材を挿入して性能を高めている集熱器もある。集熱板は銅パイプの水路と銅板のフィンで構成したチューブオンシート形と2枚のステンレス板を使って水路を構成したチューブインシート形がある。一般的にチューブインシート形のほうが集熱板に接触する熱媒面積が大きいため太陽エネルギーの伝熱性が良い。チューブオンシート形は水路ピッチを大きく取ると熱抵抗が増えて効率が悪くなる。

表 3.1.2 集熱器の材料と構造

熱媒	形状	集熱器 材質	透過体構成	施工方法
水式	平板形	銅	ガラス	ユニット型 現場施工型
		ステンレス	高透過ガラス	
		アルミニウム	2重ガラス	
		カー鋼板	透明断熱材+ガラス	
	真空ガラス管形	ガラス	ガラス	ユニット型
		銅	高透過ガラス	
ステンレス		2重ガラス		
空気式	平板形	銅	1部ガラス型	ユニット型 現場施工型
		ステンレス	ガラス	
		アルミニウム	高透過ガラス	
		カー鋼板	2重ガラス	
		銅		
	壁設置形	ステンレス	ガラス	ユニット型 現場施工型
		アルミニウム	高透過ガラス	
		カー鋼板	2重ガラス	
		コンクリート		

出所)「太陽エネルギーガイドブック」日本太陽エネルギー学会

表 3.1.3 集熱板の構造

材料 (フィンチューブ)	構造	加工法
銅		板を半円形にプレスした後、管を半田付
		板と管をロールフォーミングにより機械的に嵌合
アルミ-銅		押出型材に管をプレス嵌入
		板に管を溶接後ロールフォーミング加工
		Lフィン材に管を機械的に嵌合
ステンレス鋼		2枚の板をプレス加工後シームまたはスポット溶接
高密度ポリエチレン EPDゴム		プロー成形押出加工

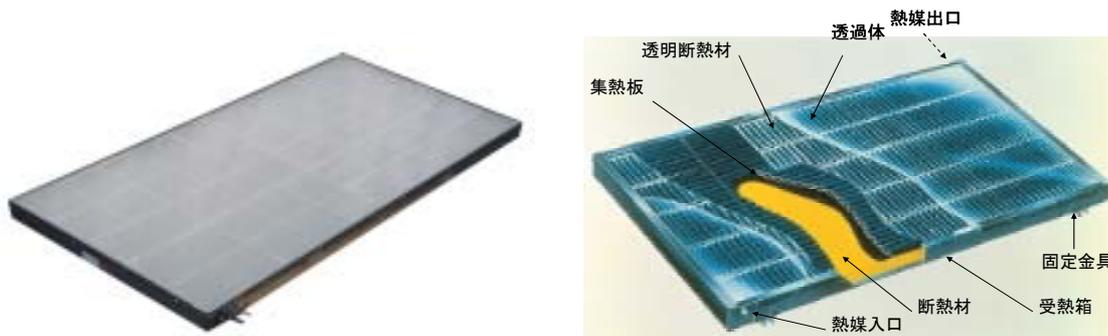


図 3.1.4 平板形集熱器の外観とその構造

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)

空気集熱器も同様な構造であるが、水路は無く1枚の集熱板の下、または上下を空気が流れて集熱する。集熱板は伝熱面積を増加するために波板にしたり、集熱板表面に空気を吸い込む多くの小穴やスリットを設けるなどの工夫がされている。また、繊維状の集熱板にして繊維の間を空気が通り抜けながら熱移動させる方法もある。一般に空気集熱器は屋根や壁に直接取り付けることが多く、空焚き時に高温になりすぎると屋根の下地材を傷めるため注意が必要である。

暖房時に集熱器内部を通過した空気が室内に入るため集熱板や断熱材、ダクト内部は空気を汚染しない材料にする。ユニットタイプのほかに現場施工の集熱器もあるが構成はほとんど同じである。換気予熱など低温集熱する場合は透過体のない空気集熱器とすることもある。

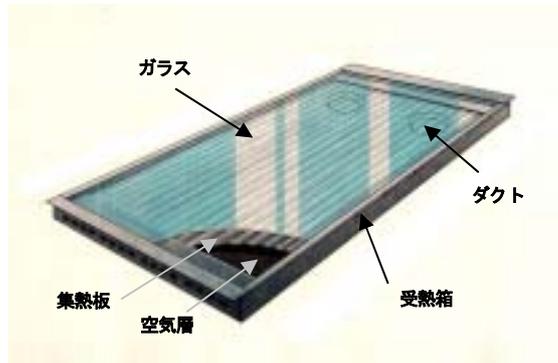


図 3.1.5 空気集熱器の外観とその構造

資料提供) OM ソーラー株式会社

3.1.2 真空ガラス管形集熱器

ガラス管内を真空にして、この中に集熱板を配置している真空ガラス管形集熱器とガラス管を2重にしてその間を真空にした真空ガラス2重管形集熱器がある。いずれも真空にすることで対流熱損失をなくし、断熱材を省略でき、断熱効果を優れたものになっている。放射損失に関しては選択吸収面が使われ、設置面積に対する開口面積はやや小さいが高温集熱に適している。

集熱板はガラス管内部に入るように細長い短冊状の形状をしている。ガラス管を貫通する継ぎ手部分の真空封止の耐久性確保が非常に難しい技術である。真空ガラス2重管形は、ガラス管を2重にしてその間を真空にしたもので、非真空部分に集熱板を配置したタイプである。真空部分がすべてガラスで構成されるため信頼性が改善されている。集熱板が高温になるためヒートショックに弱いという難点がある。CPC集熱器は真空ガラス管集熱器の下側に略放物面形状をした反射板を配置し、真空ガラス管をすり抜けた太陽光線を集熱板方向に反射させ効率を改善したものである。



写真 3.1.1 真空ガラス管形集熱器

資料提供) サピオ株式会社

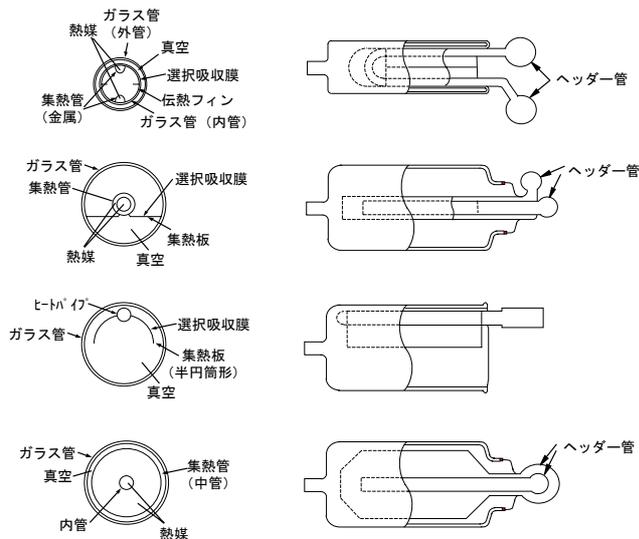


図 3.1.6 真空ガラス管形集熱器の構造

出所)「ソーラーエネルギー利用技術」金山公夫ほか

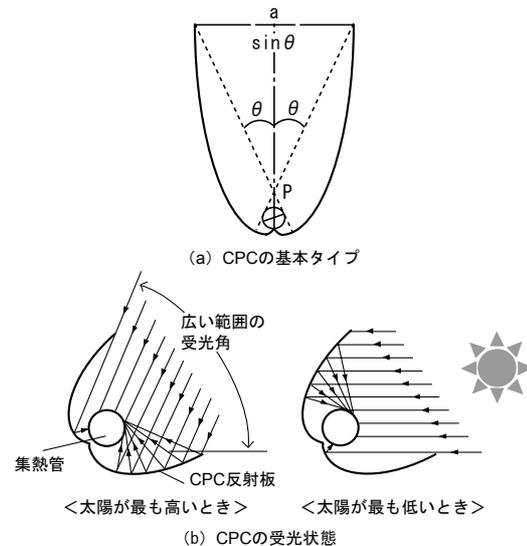


図 3.1.7 CPC 集熱器の構造

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

3.2 蓄熱槽（貯湯槽）

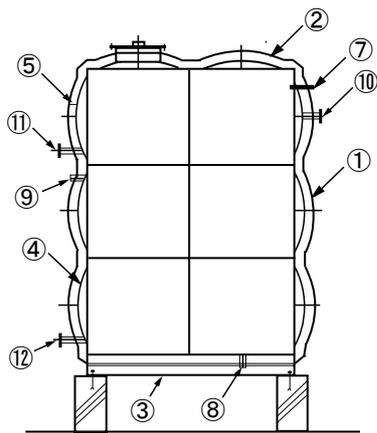
蓄熱槽は、集熱器で集熱した熱を一時蓄え、必要ときに必要とする量を取り出す装置である。そのため、蓄熱槽は保温を確実にし、熱損失を抑えることがシステム全体の効率を向上させる上で重要となる。太陽熱利用専用の蓄熱槽として市販されているものは少なく、一般的な給湯用の蓄熱槽や熱交換器を内蔵した給湯用貯湯槽を使うことが多い。貯湯槽とは、温水を一定の温度に保ち、給湯利用など定量の温水の供給を確保するための装置である。よって、槽の内部に加熱用のコイルを持ち、そのコイルと槽内の水とが熱交換を行い、一定の温水を供給する。

蓄熱槽には開放形と密閉形がある。一般的に蓄熱材には、水が安全で安価であり、比較的顕熱が大きく蓄熱材として使いやすい。空気式集熱などでは蓄熱材に碎石やコンクリート、潜熱蓄熱材が使われることもある。

<留意点>

- 多量の熱を蓄熱する場合は重量が大きくなるため、強度を確保し、転倒防止を考慮する。
- 温度を上げすぎると沸騰し、密閉回路では圧力が上昇するので注意する。
- 蓄熱槽の温度成層は、蓄熱温度と供給温度の温度差及び蓄熱槽に入る熱媒の流速に大きな影響を受ける。槽内は温度成層ができるように配管接続部の位置や出入り口管の太さや形状、流量（流速）を検討する。
- 集熱回路が開放式の場合は、落水容量を蓄熱槽内に確保する。

図 3.2.1 に開放型蓄熱槽、図 3.2.2 に密閉型蓄熱槽の概略構造図を、表 3.3.1 に蓄熱槽（貯湯槽）の特徴、材質などをまとめて示す。



- | | | | | |
|--------|--------|-------|-----------|-----------|
| ① 胴部外装 | ④ 槽本体 | ⑦ 給水口 | ⑩ 越流口 | ⑬ 補助熱源装置 |
| ② 天板外装 | ⑤ 断熱材 | ⑧ 排水口 | ⑪ 伝熱媒体戻り口 | (電気ヒータの例) |
| ③ 底部外装 | ⑥ 熱交換器 | ⑨ 給湯口 | ⑫ 伝熱媒体送り口 | |

図 3.2.1 開放形蓄熱槽の概略構造図

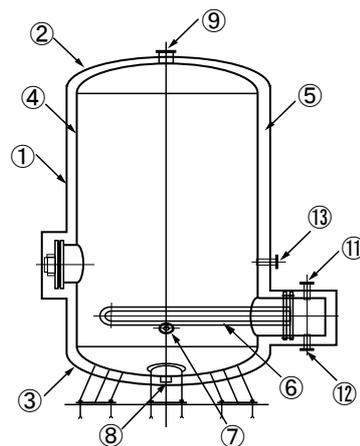


図 3.2.2 密閉形蓄熱槽の概略構造図

資料提供) 森松工業 (株)

3.3 補助熱源

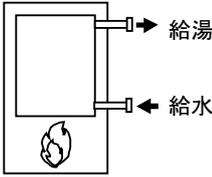
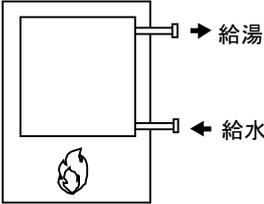
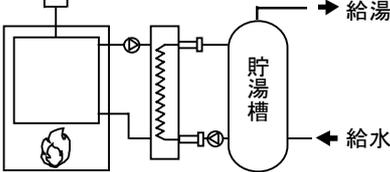
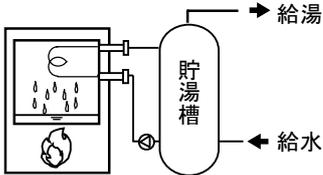
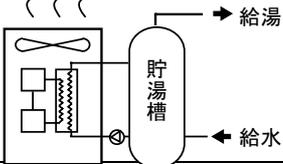
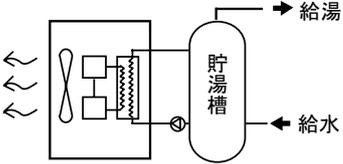
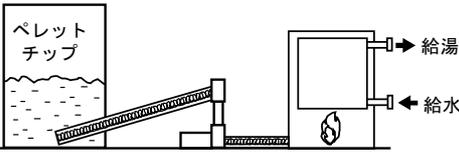
太陽エネルギーは安定供給されない。従って、補助熱源は基本的に太陽熱が無い場合でも十分負荷を賄うことができる能力のものを選定する。太陽熱利用を補完する熱源として、都市ガス、LPガスなどを使用するガスボイラ、灯油や重油などを使う石油や重油ボイラ、電力を使用するヒートポンプ給湯器、木質ペレットを使用するペレットボイラなど種々の機器があり、いずれも太陽熱利用に組み合わせることが可能である。計画するシステムに合った燃料や機器を選定する。これらの補助熱源を使ったシステムの特徴を表 3.3.2 に示す。

表 3.3.1 蓄熱槽（貯湯槽）の材質比較表

材質	防せい名	用途	特徴	特殊工法
軟鋼板	エポキシ樹脂コーティング 0.6~0.8mm	一般給湯用温水 60℃以下	<ol style="list-style-type: none"> 1) 熱硬化性樹脂：熱を加えることで表面硬質となり、耐食性増 2) 鉄との密着度大：使用中若干の膨潤現象がでることある 3) 3~5年で補修・塗替えを考慮、補修可能 	<ol style="list-style-type: none"> 1) ガラスクロスを中間に入れる 2) ガラスチップを入れる。積層ごとに熱硬化、ピンホール・膜厚保検査
	特殊添加物入り酸化カルシウムセメントライニング 13~14mm	一般給湯用温水 高温水 沸騰水 426℃以下	<ol style="list-style-type: none"> 1) 水硬性の酸化カルシウムセメントで最 426℃までの使用温度に耐える 2) 膨張係数は中程度の軟鋼とほぼ同じ、通常モルタルセメントに比べて機械的性質は大、吸水率極低、水を張ったまま搬入する必要ある。経年により、薄い表面剥落が生じることがある。補修は簡単、24時間前後に使用可能。 	<ol style="list-style-type: none"> 1) ブラスト後、こてで塗布 2) 水硬性のため、硬化後 10 日間程度の養生期間を設け、被膜の強度を向上させる。
	FRP ライニング	一般給湯用温水・温泉 連続使用 80℃以下	<ol style="list-style-type: none"> 1) FRP3 層張りの上に仕上げコート塗布、成形は比較的容易 2) ライニングの総厚さは 2.0~3.0mm、耐薬品が良好 3) 現場での補修が可能 	エポキシ樹脂+ガラスマット 2 層 エポキシ樹脂+サーフェスマット 1 層の積層
	フレークライニング	一般給湯用温水・温泉 連続使用 80℃以下	<ol style="list-style-type: none"> 1) エポキシ樹脂ベースで、各種の酸・塩類などの長期接触に耐える 2) 常温硬化タイプで伸張率が大、耐疲労性、耐水性が良好 3) 現場での補修が可能。ライニング厚さは 0.4~0.7mm 	エポキシ樹脂にガラスフレーク（雲母状）を科学処理、はけ・ローラで 2 回塗り、トップコートで仕上げ
ステンレス鋼板	SUS304	一般給湯用温水 70℃以下 塩素イオン 20mg/l 以下	<ol style="list-style-type: none"> 1) 耐食性大、清潔美麗、塩素イオンに弱く、応力腐食割れが起こりやすい 2) 修理困難、90℃以上で腐食率最高 	余盛りを削り #300 以上の研磨を施工。完成後電気防食装置を取り付ける
	SUS316		<ol style="list-style-type: none"> 1) 304 と同じであるが、炭素含有量低く、耐粒界腐食性向上 	
	SUS316L		<ol style="list-style-type: none"> 1) 304 の性質にニッケル・クロム量を増加、モリブデンなど耐食鋼を含有し、耐孔食性を向上 	
	SUS444		<ol style="list-style-type: none"> 1) 炭素及び窒素を極低濃度に低減した Cr-Mo フェライト系で、応力腐食割れに対する抵抗が大 2) 水素ぜい（脆）化に注意が必要。修理困難。 	
クラッド鋼板 ステンレス	SS400+SUS304	一般給湯用温水 70℃以下 塩素イオン 20mg/l 以下	<ol style="list-style-type: none"> 1) 軟鋼とステンレス鋼との異種金属どうしを冶金学的に接合し、互いの良さを活かした複合板である。 2) 材料の性質上、応力腐食割れが比較的起こりにくい、修理が可能。 3) その他はステンレス鋼と同じ 	<ol style="list-style-type: none"> 1) #300 以上の研磨を施工 2) SUS444 を除き、完成後電気防食装置を取り付ける
	SS400+SUS			
	SS400+SUS316L			
	SS400+SUS444			

出所)「空調調和衛生便覧」(空調調和衛生工学会)

表 3.3.2 補助熱源（給湯用）

補助熱源	特徴
<p>低压ボイラ（丸型ボイラ）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 10mAg ・定格時効率 0.84 (S社 300Mcal/H 小型ボイラ) ・安価 ・貯湯容量が小さいために、ボイラ容量が大きくなる。 ・ソーラーシステムとの接続時、低負荷運転時の効率の低下が大きい。 (ON・OFFの回数が多くなるために) ・高効率高負荷運転のために、複数台設置による台数制御がよい。
<p>貯湯型中圧ボイラ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 30mAg ・定格時効率 0.80 (S社 300Mcal/H 小型ボイラ) ・丸型ボイラ+貯湯槽一体型=給湯用 ・貯湯容量が大きいため、ボイラ容量が小さくできる。 ・低負荷運転時でも熱容量が大きいため、ON・OFFが少なくなり効率の低下が小さい。 ・運転停止時の煙道からのドラフトによる放熱量が大きい。
<p>無圧式温水ヒーター</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 50mAg ・定格時効率 0.85 (M社 300Mcal/H) ・丸型ボイラ+開放膨張タンク+熱源ポンプ+外部熱交換器 ・取扱者資格不要 ・検査規格 適用除外 ・貯湯容量が小さく、熱交換方式のため、出湯温度の制御が難しい。 ・熱源ポンプの動力が必要となり、ランニングコスト高。 ・低負荷時の効率の低下が大きいため、別途貯湯槽が必要。
<p>真空式温水ヒーター</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 50mAg ・定格時効率 0.93 (N社 300Mcal/H) ・真空式（熱媒水→蒸気+内部熱交換器） ・取扱者資格不要 ・検査規格 適用除外 ・高効率で低負荷運転でも効率の低下が小さい ・蒸気潜熱利用による熱交換方式のため、出湯温度の制御が難しい。 ・別途貯湯槽を設置し、ピークカット及び出湯温度をコントロールする。
<p>ヒートポンプチラー</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・大気熱や水を熱源とする。(冷媒 R407C) ・定格時効率 50Hz/60Hz 2.64/2.5 (M社 52.6kw/59.5kw) (DB=7℃、WB=6℃ 入口温度 60℃ 出口温度 65℃) ・高効率であるが低出力で価格が高い。(ランニングコストは安い) ・契約電力（ピーク電力）更新するとランニングコスト高となる。 ・安価な夜間電力の利用可。
<p>エコ給湯機（CO2 ヒートポンプ）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 50mAg ・大気熱を熱源とする。(冷媒 CO2) ・定格時効率 3.7 (H社 15kw) (DB=7℃、WB=6℃ 入口温度 9℃ 出口温度 65℃) ・高効率であるが低出力で価格が高い。(ランニングコストは安い) ・契約電力（ピーク電力）を更新するとランニングコスト高となる。 ・安価な夜間電力の利用可。 ・90℃の高温出湯可能 (COP=3.0)
<p>木質バイオマスボイラ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・木質燃料（ペレット、チップ）（間伐材、端材、パークなど） ・定格時効率 0.92 (B社 350kw) ・カーボンニュートラルにより、CO2発生ゼロとなる。 ・燃料庫が大きくなる。 ・灰の処理が必要。 ・無圧利用により、出湯温度 85℃ ・バイオ先進国のヨーロッパ製品が多く利用されている。

3.4 冷凍機

太陽熱を駆動源とする冷房システムには、「吸収式冷凍機（冷温水機）」以外に固体吸着剤（シリカゲル、合成ゼオライト等）を使用した「吸着式冷凍機」、開放型吸着式の一種である「デシカント空調機」、金属水素の吸・脱着時に発生する発・吸熱反応を利用する「水素吸蔵合金式」、及び「ランキンサイクル圧縮式」等がある。その中で商品化されているのは、「吸収式」、「吸着式」及び「デシカント式」であり、最も実用例が多いのは「吸収式」である。吸収式では、中低温度領域の温水を熱源とした「温水焚吸収式冷凍機（冷温水機）」、及び「一重二重効用吸収式冷凍機（冷温水機）」、「ジェネリンク」が商品化され各用途に使用されている。

3.4.1 温水焚吸収式冷凍機（冷温水機）

図 3.4.1 に温水焚吸収式冷凍機の構造図を示す。太陽熱は再生器に投入し臭化リチウム水溶液を加熱する。冷媒（水）を蒸発分離し、凝縮器で液化し冷媒として蒸発器に送り込み、蒸発器コイルで蒸発させ冷水を作る。太陽冷房サイクルを行うための熱媒温度は、給湯温度に比べ高温領域（80～90℃）となる。温水焚吸収式冷凍機（冷温水機）は設置性、経済性、及び効率的なシステム設計のため、20～100kW 程度の中小型が一般的である。最近の吸収式冷凍機は、冷房運転できる熱媒温度範囲が 70～95℃の範囲に広がり、補助ボイラや熱媒ポンプ、冷温水ポンプ及び補機動力盤等を一体化した機種も発売されている。

<留意点>

- 温水を熱源とする一重効用吸収式冷凍機であり、構造が比較的簡単で安価である。
- 太陽熱や排熱を利用して、燃料を使わない冷房ができる。
- 温水温度 70～95℃程度で冷房運転ができる。

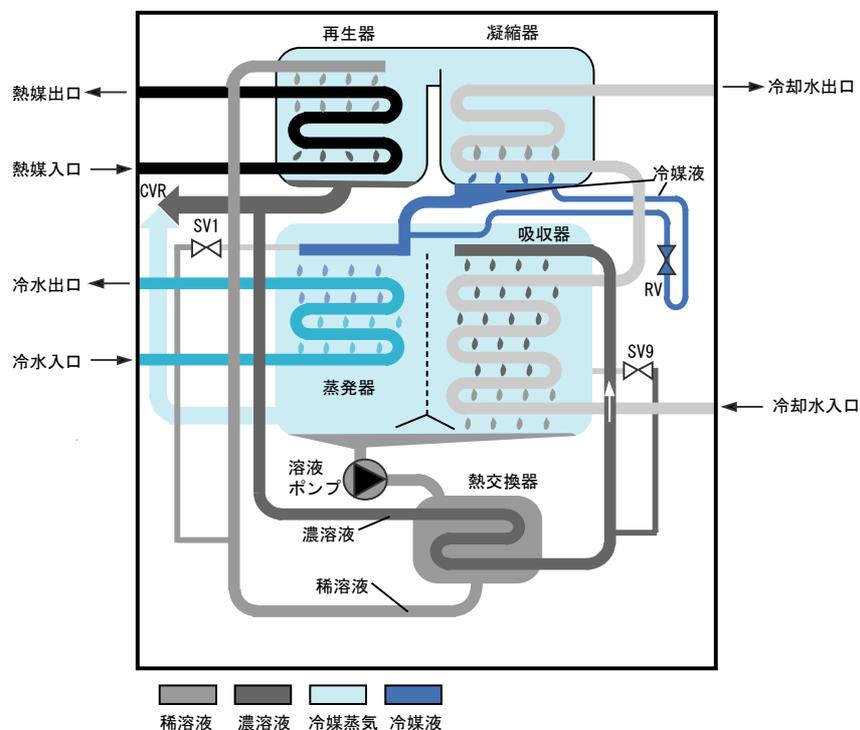


図 3.4.1 温水焚吸収式冷凍機の構造

資料提供) 矢崎総業 (株)

3.4.2 一重二重効用吸収式冷温水機

図 3.4.2 に一重二重効用吸収式冷温水機の構造を示す。従来の吸収式冷凍機に温水を加熱源とする低温熱源再生器と凝縮器を付加したもので、低温熱源再生器に太陽熱を投入して一重効用で運転する。太陽熱による温水駆動が可能な場合は、太陽熱駆動の温水焚単効用運転を行い、補助熱源運転時にはガス、灯油等による直焚二重効用運転を行う吸収式冷温水機である。さらに、温水による単効用運転時に負荷が増加したとき、単効用運転と直焚二重効用運転の複合運転を行うことができる。

<留意点>

- 1 台の冷凍機で太陽熱による温水焚一重効用運転と直焚二重効用運転、及び複合運転ができるため、効率が低い。
- 冷房負荷が小さいときは太陽熱の単独運転ができ、定格時でも太陽熱の投入量が大きく取れる。
- 温水の投入温度は 80～95℃である。
- 温水焚と直焚の並列システムに比べ設置スペースが小さくなる。

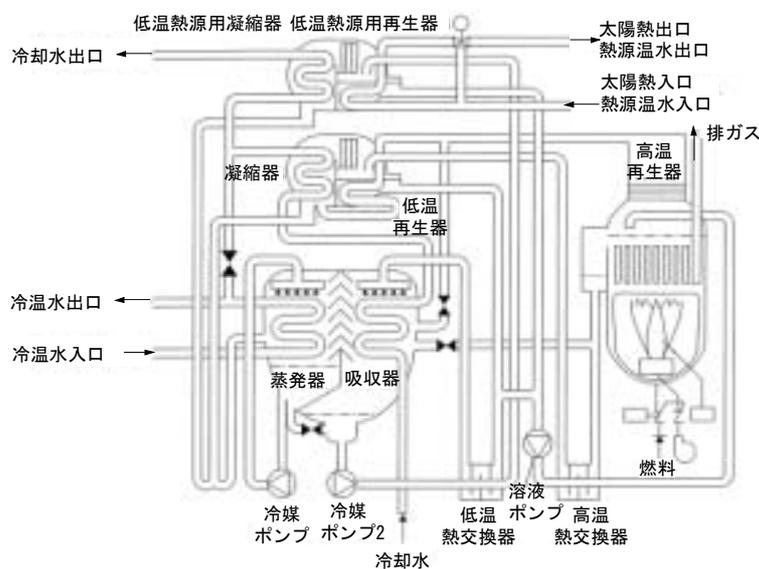


図 3.4.2 一重二重吸収式冷温水機

出所)「都市ガス空調のすべて」(社) 空気調和衛生工学会

3.4.3 ジェネリンク

ジェネリンクは低温熱交換器と高温熱交換器の間に排熱回収熱交換器を設けたもので、太陽熱や排熱からの温水で稀溶液を加熱して高温再生器に投入し燃料消費を削減する。また、超省エネジェネリンクは排熱回収熱交換器で稀溶液を昇温するだけでなく、冷媒を生成する再生器の役割を持つもので、太陽熱を多く取り込むことができる。部分負荷時には太陽熱を優先的に利用するため効率的で、太陽熱が不足する場合は燃焼して運転するので安定した冷房運転ができる。通常のジェネリンクではインプット量の 10%前後、超省エネジェネリンクでは総インプット量の 20%前後の太陽熱が投入できる。

<留意点>

- 太陽熱は 80～95℃で投入できるが、温水温度が高いほど太陽熱の投入量が大きくなり、燃料削減効果が大きくなる。
- 部分負荷運転時には定格時に比べて太陽熱利用の割合が高くなる。

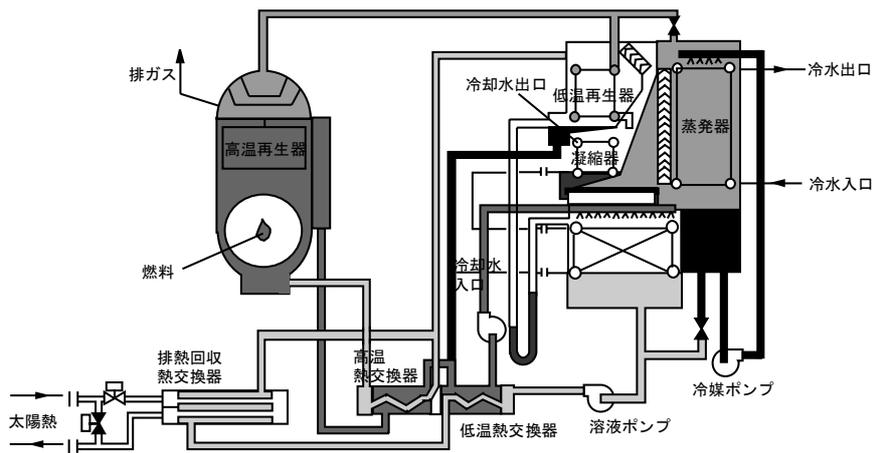


図 3.4.3 ジェネリンクの構造

出所) 学会誌「冷凍 第76巻 第887号 (2001年9月号)」(社) 日本冷凍空調学会 掲載図より作成

3.4.4 吸着式冷凍機

吸着式冷凍機は、圧縮機の代わりにシリカゲルやゼオライトなどの固体吸着剤を用いたもので、蒸発器や凝縮器は吸収式とほぼ同じである。70~350kW 程度の吸着式冷凍機が実用化されている。吸着は物理的に行われ、吸着時（吸着工程）に吸着熱を放出し、脱着時（再生工程）には熱を吸収する。

図 3.4.4 に吸着式冷凍機の構造を示す。真空容器内に 2 組の吸着（再生）器と凝縮器、蒸発器が収められている。凝縮器には冷却水、蒸発器には冷水配管が施されており、再生器と吸着器には温水配管と冷却水配管が接続されている。吸着器と再生器が交互に切り替えられ、連続して冷水を作り出して冷房を行う。比較的低温で再生が行えるため、太陽熱利用以外にも工場排熱やコージェネレーションの排熱利用で冷房を行う場合に使われる。

<留意点>

- 60~80°Cで熱駆動ができるため、太陽熱利用や排熱利用で冷房運転ができる。
- 駆動部がほとんど無いため騒音、振動が無く耐久性に優れる。
- フロンを使わない空調で環境に影響を与える物質を保有しない。

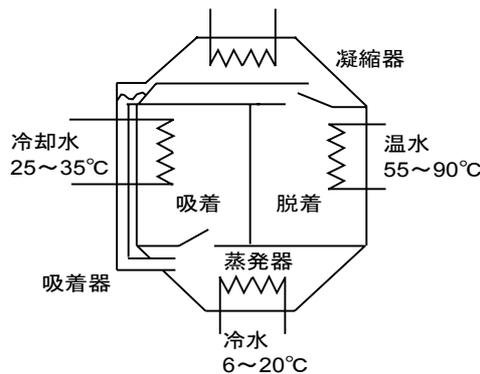


図 3.4.4 吸着式冷凍機の仕組み

3.4.5 デシカント空調機

デシカント空調は従来空調と異なり、乾燥空気を供給する空調であり、除湿剤の再生が60℃程度で可能なため太陽熱利用やコージェネレーションの温排熱が利用できる。

この方式は、外気から取り入れる空気を回転式除湿機で脱湿し、温度上昇した空気を回転式顕熱交換器で冷却し、気化冷却器で水分を蒸発させることによって空気を直接冷却して室内に送り込むものである。再生は室内からの空気を顕熱交換器で加熱し、加熱器でさらに温度上昇し除湿機を通して、再生、室外に排気する。シリカゲルなどの除湿剤の再生温度が低温で可能であるため太陽熱利用（空気集熱）や排熱利用ができる。

<留意点>

- 外気を取り込んで冷却し、室内空気は加熱再生に使った後、外気に排出されるため室内は換気しながら冷却される。
- 乾式デシカント空調は空気処理過程で高い湿度にならない非結露型空調で衛生面にメリットを有し、湿度制御を要する部分の冷却に適している。
- 熱駆動で冷房できるノンフロン冷凍機である。

3.5 熱交換器

熱交換器は、温度の高い物体から低い物体へ効率的に熱を移動させる装置である。液体及び気体の熱移動を行うものであり、太陽熱による給湯利用や暖熱房利用だけでなく、化学工場、食品工場のほか、鉄鋼、製紙、発電設備など多種多様な用途に使用されている。身近なところでは、自動車のラジエーターや空調で使用されるファンコイルユニットも熱交換器の一種であり、ボイラは熱交換器の集合体とも言える。太陽熱利用システムにおいては、集熱器で集熱した熱を一旦蓄熱槽に貯留することが多く、この蓄熱された熱を「高温側」とすると、熱交換器を設置することにより、水などの「低温側」を加熱することができる。閉鎖系のシステムやプール・温泉・井戸水の加熱・昇温システムにおいて活用され、熱交換器の種類としては、プレート式熱交換器が一般的である。

1) 熱交換器の分類

熱交換器は、構造による分類、対象となる流体の種類・組合せによる分類などがある。太陽熱利用システムにおいては実質的にプレート式熱交換器が使われているが、今後、太陽熱利用システムの適用範囲が拡大することも想定されることから、熱交換器全般について分類する。

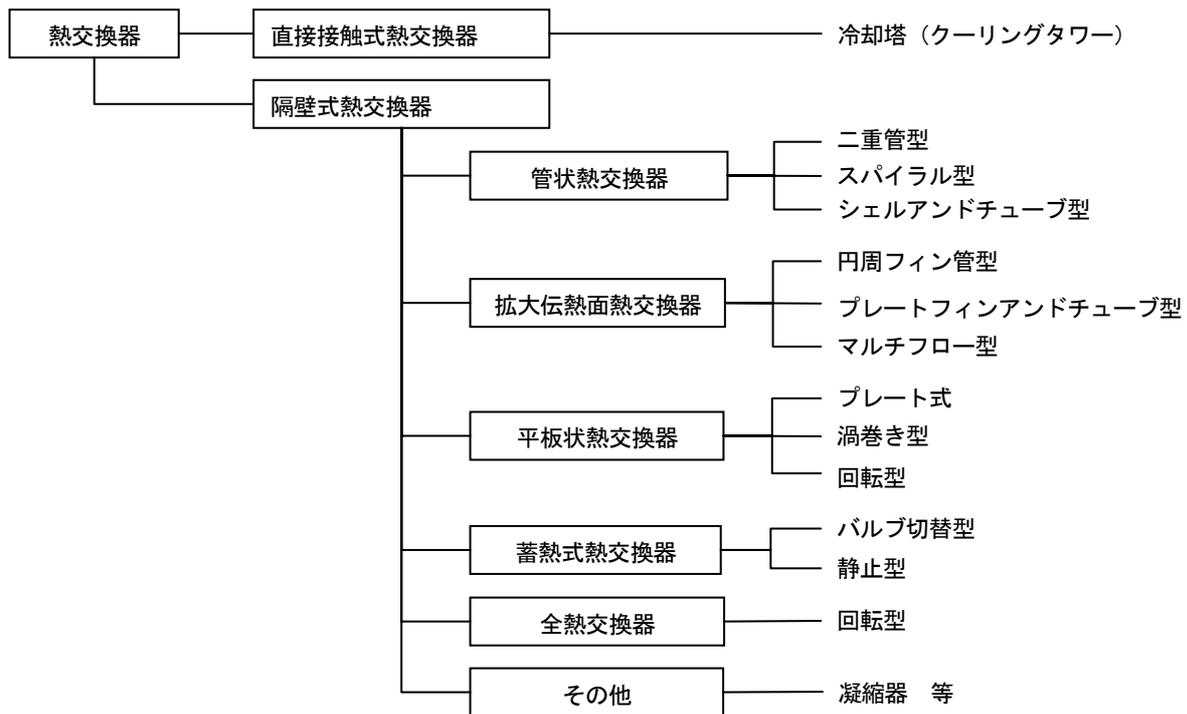


図 3.5.1 熱交換器の分類

出所)「機械工学便覧」(日本機械学会編 2005年11月)より分類

プレート式熱交換器は、太陽熱利用システムにおいて最も利用されている熱交換器である。伝熱面であるプレートにステンレス鋼やチタニウムなどの耐食性の高い金属を採用して板厚0.5~1.0 mmの薄板にプレス成形している。この伝熱プレートの周囲にシール用ガスケットを装着し、ガイドバーに懸垂しながら伝熱プレートを重ね合わせていき、両端のフレームで挟み込んで締付ける構造になっている。

伝熱プレートの間は流体が流れるように一定の間隙が空けてあり、高温流体と低温流体が交互に流れて伝熱プレートで熱交換される。

伝熱プレートはシール用ガスケットがセットされることが一般的であるが、ガスケットを一切使用しない溶接型のプレート式熱交換器もある。



写真 3.5.1 プレート式熱交換器の例

資料提供) 矢崎総業 (株)

2) 保守管理

熱交換器の伝熱性能低下要因として、スケールの付着や汚れによる伝熱面の熱透過率の低下がある。そのため、定期的な分解洗浄または定置洗浄(分解しないで洗浄)を行うことが望まれる。一般の水道水の場合はそれほどでもないが、スケールの発生しやすい水質の場合は注意が必要である。

3) 各種規格・規制

熱交換器内部において、100℃以上の蒸気あるいは熱水を熱源とする場合は、圧力容器構造規格の適用を受ける。同規格には、第一種圧力容器、第二種圧力容器、小型圧力容器、簡易圧力容器の区分があり、構造検査、設置届、落成検査、定期性能検査の対象となる。また、主として空調として冷媒を使用する場合、熱交換器の設計圧力 (MPaG) と内容積 (m³) の積が 0.004 を超えるものについては高圧ガス保安法の特定設備検査規則の適用を受け、冷媒側の内容積が 15ℓ を超えるものについては、冷凍保安規則の適用を受ける。

3.6 放熱器

冷房や暖房用の放熱器には、暖房用のコンベクターや床暖房、暖冷房用に使えられるファンコイルユニットなどがある。太陽熱利用で多く使われるのは床暖房である。

1) コンベクター

熱交換用のフィン付きコイルを内蔵した暖房用の自然対流放熱器で、空気を誘引して対流を発生させ、室内空気を加熱、循環させる機器である。コンベクターに小型送風機を内蔵して強制的に空気を循環させるものは、ファンコンベクターと言う。一般に比較的高温の温水を流して対流で暖房を行うが、放射を利用したものもある。稼動部分が無く耐久性が高い。

2) 床暖房

太陽熱で暖房を行うとき、システムの効率を高くするために低温暖房が望まれるが、そのために最もよく使われるのは床暖房である。

快適な床暖房を行うためには断熱気密を十分行い、暖房負荷を削減した上で床暖房しなければならない。太陽熱利用で行う床暖房は温水式が多く、床暖房パネルになっているものや、配管を床のコンクリートに埋設して蓄熱しながら床暖房を行う方法がある (図 3.6.1)。床暖房の配管は 5~20φ程度の銅管や架橋ポリエチレン管などが使われる。

空気式集熱では温風を直接室内や床下に送り込み暖房するものや床下を通して床のコンクリートに蓄熱しながら床を暖める方式などがある。

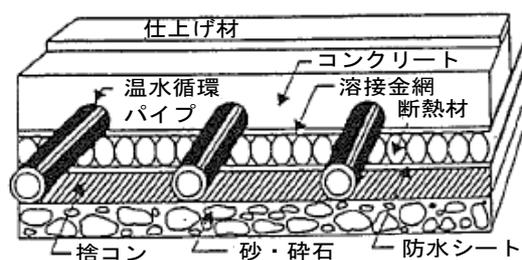


図 3.6.1 コンクリート埋め込み形の床構造の例

出所)「温水床暖房システム 設計施工ハンドブック」日本床暖房工業会編

<留意点>

- 床のコンクリートなどに管を埋め込む蓄熱式は、熱容量が大きいため暖房の立ち上がり遅い。長時間暖房を行う場合に利用され、温水温度は比較的低くするが多い。
- 床の仕上げ材は、フローリングだけではなくカーペットやコルク、石材などがあり熱抵抗も様々である。石材などは熱抵抗が小さいが、熱容量が大きいため暖房の立ち上がり時間は遅くなる。

3) ファンコイルユニット

ファンコイルユニットは内蔵する熱交換器に温水や冷水を流して、空気を加熱、冷却し、室内に送り込んで暖房、冷房する機器である。熱交換器とファン、弁、フィルターなどで構成されている。この機器は水式の空調に使われるため、ターボ冷凍機や吸収式冷凍機、吸着式冷凍機などの室内機として使われる。太陽熱暖房はシステム効率を高くするため暖房用温水温度を低めにして供給することが行なわれる。

冷房の場合は一般に 7 程度の冷水を循環させる。太陽熱冷房では熱交換器の伝熱面積を大きめに取り、冷水温度を高めにする、とシステム全体の効率は高くなる。ただし、冷水温度が高すぎると除湿性能が下がるため注意が必要である。

3.7 差温サーモ

差温サーモは、集熱制御に多く用いられている。集熱器上部の集熱温度（高温センサー）と蓄熱槽の下部の水温（低温センサー）を感知して比較し、集熱温度のほうが蓄熱槽下部温度より高ければ集熱ポンプを運転して集熱、集熱温度のほうが低ければ集熱ポンプを停止させる制御を行う。集熱ポンプを発停させる温度差は各社により異なるが、3～10℃で ON、0.5～5℃で OFF に設定されているものが多い。集熱制御以外に、低温センサーの信号を使って蓄熱槽の温度が 100℃近くになったとき、蓄熱槽の沸騰や安全性を考慮して集熱ポンプを停止させる機能も有する。

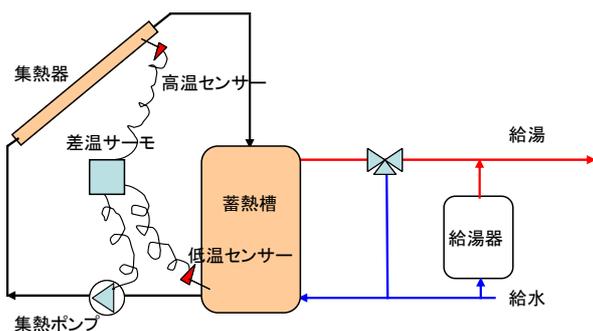


図 3.7.1 差温サーモのセンサー取付け部

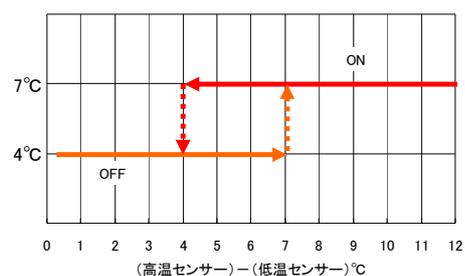


図 3.7.2 差温サーモの制御

3.8 集熱ポンプ

ポンプを作動原理別に分類すると遠心形、容積形、特殊形に分類できる。太陽熱利用で主に使用されるのは遠心ポンプが多い。羽根車の数により単段と多段があり、吸い込み形式によって片吸い込みと両吸い込みがある。太陽熱利用では温水を循環するため、集熱システムやポンプ周りの配管においてキャビテーションや水撃などに注意が必要になる。

<留意点>

- キャビテーションは流体の局所的な沸騰現象で、発生するとポンプ能力が低下し異常振動や騒音、腐食を引き起こす。ポンプ有効吸い込み揚程を吸い込み側抵抗以上とする。
- 水撃現象はポンプ発停時の急激な水速の変化で起こり配管系の異常振動、衝撃音を発生する。配管を固定し、大型のポンプではスロースタート起動を行い急激な速度変化をなくす。また、逆止弁は衝撃吸収型を使用するなどの対応を取る。
- 開放式では集熱器の設置高さまで熱媒を押し上げる揚程が必要になり一般にポンプ動力が大きくなる。このため、最初の循環時に大きな動力で運転し、循環を始めた後に動力を半減させるなどの制御も考えられている。

- 密閉回路では熱媒が充填されているため揚程に関係なく、循環による配管圧力損失分の動力で循環ができるためポンプ動力は小さくなる。

3.9 空気搬送機（ハンドリングボックス）

空気式集熱で空気を搬送する機器である。ハンドリングボックスはファンとダンパー、空気-水熱交換器で構成されている。写真は太陽電池と系統電力併用ができるハンドリングボックスである。

冬期は（図 3.9.1 (a)）、日射があり集熱可能なとき（棟温度が設定温度以上）、ファンを運転して室内に温風を取り込み暖房する。

夏期は（図 3.9.1 (b)）、日射があればファンを運転して空気-水熱交換器で熱媒を加熱し、蓄熱槽を暖め給湯に使用する。熱交換器を通して給湯用に熱を回収した空気は屋外に排気される。



写真 3.9.1 ハンドリングボックスと太陽電池

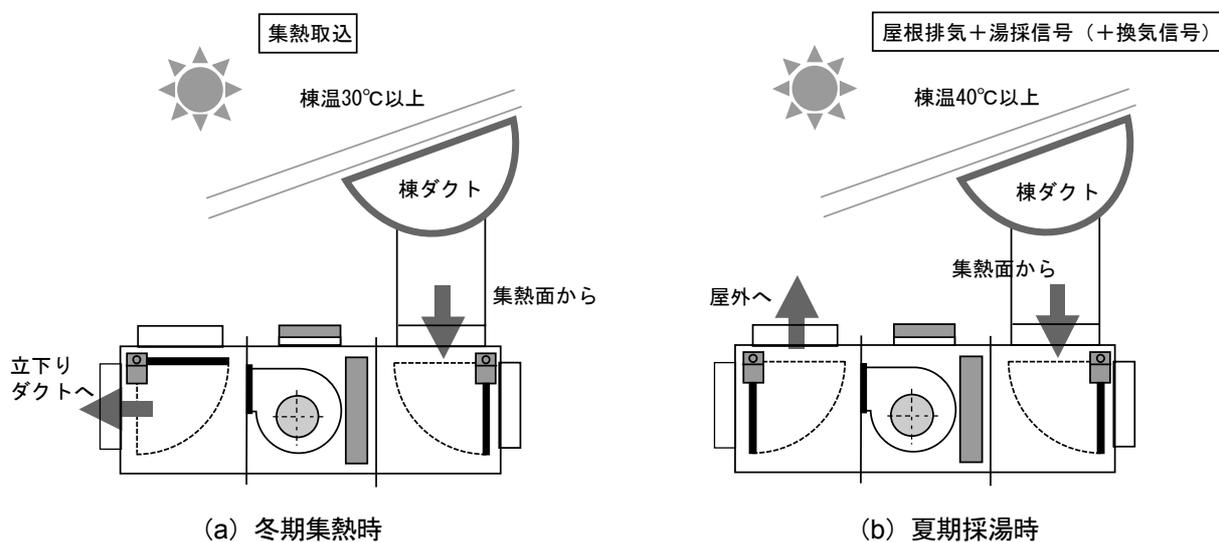


図 3.9.1 ハンドリングボックスの運転

資料提供) OM ソーラー (株)