

# はしがき

本書は、既発行の「住宅用ソーラー施工技術の基礎知識」～住宅用太陽熱利用システム取付構造設計・施工指針、～配管・ポンプ系設計・施工指針、及び～屋根直付及び補助熱源機接続設計・施工指針を全般的に見直し、統合化したものである。

今回の編纂に当たっては、各方面より多大なご支援を頂き、関係各位に謝意を表す。

## 総則

### 適用範囲

この指針は住宅用太陽熱利用システムに適用する。主に戸建住宅用を記載しているが、住棟セントラルを除く集合住宅用においても参考とすることができる。

### 集熱器取付

従来の指針では、集熱器の施工方法を体系立てて記述していなかったが、本編では以下のとおりに区分した。

#### <屋根直付け工法>

屋根直付け工法とは、屋根材の上に集熱器を設置する方法で、集熱器を固定するための金具が屋根材から吐出している工法（屋根置き形）である、集熱器が屋根材を兼ねる工法（屋根一体工法）とは異なる。

屋根直付け工法では、建築基準法施行令、建設省告示第1389号、第1454号等、関連法規に従って設計・施工されたものを対象とし、次の固定線工法のような制限は設けない。

なお屋根一体形については、本指針に示す風力係数によらず、建設省告示1458号によるピーク風力係数を基に計算されるべきである。

#### <固定線工法>

固定線の緊結による施工については、既発行の「住宅用ソーラー施工技術の基礎知識～住宅用太陽熱利用システム取付構造設計・施工指針」を基本的にそのまま踏襲し、「地階を除く階数が2以下、かつ延床面積が500m<sup>2</sup>を超えない」と規定する。

また、太陽熱温水器は、この工法のみ対応可とする。

なお、具体的な高さ等、条件の詳細は、後述する。

#### <屋根一体工法>

住宅屋根と一体となった工法で、当然その基準は住宅に関する基準と同等である。

### 補助熱源機接続

住宅用ソーラーシステムとし、住棟セントラル給湯用・商業用・業務用は対象外とする。

但し、考え方は参考とする事ができる。

## 解 説

既発行の「住宅用ソーラー施工技術の基礎知識～住宅用太陽熱利用システム取付構造設計・施工指針」は、昭和56年建設省告示第1101号で定められたものを根拠として、建築用太陽熱利用システム取付構造設計・施工指針（以下「建築用指針」と記す）と共に財団法人建築環境・省エネルギー機構より発行された。

当時、建築用指針は、階数が3以上の建物に適用され、2以下については、住宅用指針が適用された。

住宅用の太陽熱機器の施工については、従来から固定線による方法（固定線工法）が一般的であり、その施工方式を配慮して、階数2以下についての指針が制定された。

即ち、建設省告示第1101号では階数3以上では、定められた荷重に対して規定された十分な耐力がある事を確認する必要があったが、階数2以下では、特に明記されていない。

そのため、階数2以下の住宅用については、階数3以上の基準に準じる形で設計施工指針が定められた。

その後、平成12年に建築基準法改正が行われ、上記告示が廃止され、建設省告示第1389号が発行され、(社)ソーラーシステム振興協会と同指針の見直しを行い、「住宅用ソーラー施工技術の基礎知識～住宅用太陽熱利用システム取付構造設計・施工指針」が平成16年に発行された。

しかしこの指針でも、従来のまま「地階を除く階数が2以下、かつ延床面積が500m<sup>2</sup>を超えない」と規定している。

建設省告示第1389号に従えば、階数に関わらず、定められた荷重に対して十分な耐力を確認する必要があったが、建設省告示1101号において従来の基準を満たしてきたこと、および建設省告示1389号において詳細な算定が可能となったことなどから、法改正後も固定線による施工については基本的に従来通りの適用範囲で運用することとした。

固定線工法については、今回の見直しにおいても基本的に従来の考え方を踏襲しつつ、直付け工法との整合を図る形でまとめた。

なお、屋根直付施工方式では、固定線のような経緯はなく、太陽光発電パネルと同様の施工方式であるため、これと同等の施工条件とした。

太陽熱温水器については、原理上、直付け工法でも施工が可能だが、支持金具に加わる地震時のピーク荷重が固定線の場合より大きくなることが予想されるため、直付け工法による施工は適用外とした。

### 第2版の改訂にあたって

第2版の改訂にあたっては、誤記訂正の他、主に下記の改訂を行った。

1. 集熱器の直付け屋根施工の場合の直付金具の強度試験及び評価方法を従来は屋根面からの垂直引張方向のみであったが、流れ方向等の試験方法を追加すると共に、評価方法も荷重たわみ線図から評価する方法を示した。
2. 雨水樋を利用した配管施工について、従来は新築の場合の施工例を示しただけだったが、既築も含めた標準的な施工手順を示した。

# 目次

第1章	太陽熱利用システムの基礎知識	1
1.1	太陽エネルギーの特性	1
1.2	太陽放射エネルギー量	2
1.3	太陽熱利用の用途	4
第2章	太陽熱利用システムの種類と概要	7
2.1	太陽熱温水器	7
2.1.1	太陽熱温水器の種類	7
2.1.2	太陽熱温水器による接続方法	13
2.2	太陽熱利用給湯システム	14
2.2.1	太陽集熱器	14
2.2.2	太陽蓄熱槽	19
2.2.3	補助熱源機	24
2.3	太陽熱利用給湯システムの種類	26
2.3.1	直接集熱システム	26
2.3.2	間接集熱システム	27
2.4	その他のシステム例	29
第3章	住宅屋根の基礎知識	33
3.1	住宅屋根の形状	33
3.2	住宅屋根の構造	34
3.3	屋根の強度	35
3.4	屋根材	37
3.4.1	屋根とは	37
3.4.2	勾配屋根と陸屋根について	37
3.4.3	瓦とは	37
3.4.4	粘土瓦の種類と形状(例)	39
3.4.5	セメント系屋根の種類と形状(例)	41
3.4.6	金属系屋根の種類と形状(例)	42
3.5	屋根下地とルーフィング材	44
3.5.1	屋根下地	44
3.5.2	ルーフィング材	44
3.6	シーリング材	46
3.6.1	シーリング材とは	46
3.6.2	シーリング材の選び方	46
3.6.3	シーリング材とプライマー	48
3.6.4	シーリング材の施工・管理	48

第4章	機器の設置	51
4.1	安全管理と作業準備	51
4.1.1	安全作業の心がまえ	51
4.1.2	安全作業準備のポイント	51
4.1.3	施工に必要な工具・用具類	54
4.1.4	作業前注意事項のポイント	56
4.1.5	荷揚げ作業のポイント	57
4.2	取扱いに関する注意事項	57
4.2.1	養生管理のポイント	57
4.2.2	運搬方法のポイント	57
4.2.3	廃材処理のポイント	57
4.3	集熱器の設置	58
4.3.1	設置部位と施工方式	58
4.3.2	導入手順の流れと施工方式の決定	68
4.3.3	集熱器・架台の設置	69
4.3.4	屋根直付設置	70
4.3.5	固定線方式	83
4.3.6	陸屋根設置	92
4.4	蓄熱槽の設置	94
4.4.1	設置場所	94
4.4.2	基礎工事	95
4.4.3	搬入	96
4.4.4	蓄熱槽の据付	96
第5章	荷重、許容応力	97
5.1	荷重	97
5.1.1	荷重及び荷重の組合せ	97
5.1.2	固定荷重	97
5.1.3	積載荷重	98
5.1.4	積雪荷重	98
5.1.5	風荷重	103
5.1.6	地震荷重	114
5.1.7	荷重低減係数	116
5.2	アンカーボルトと基礎	119
5.3	許容応力度および強度	120
5.3.1	固定金物許容応力	120
5.3.2	材料別許容応力度	129
5.3.3	溶接部許容応力度	136
[資料1]	固定線の応力算定法	138
[資料2]	アンカーボルトの計算例	161
[資料3]	基礎の計算例	162
[資料4]	屋根直付け集熱器の風荷重計算	163

[資料 5] 直付金具の強度試験及び評価方法 .....	165
[資料 6] アンカーボルトの種類と本数 .....	170
第 6 章 配管施工 .....	171
6.1 配管設備の留意事項 .....	171
6.1.1 凍結予防 .....	171
6.1.2 耐久性 .....	173
6.1.3 クロスコネクションに対する配慮 .....	173
6.1.4 配管の水抜き・エアードマリー防止 .....	175
6.1.5 雨仕舞 .....	177
6.2 配管要領 .....	179
6.2.1 集熱配管 .....	179
6.2.2 配管の支持固定 .....	201
6.3 補助熱源機接続工事 .....	204
6.3.1 補助熱源機接続の問題点 .....	204
6.3.2 補助熱源機の種類 .....	205
6.3.3 補助熱源機接続方法の種類とイメージ .....	206
6.3.4 補助熱源機接続の検討作業手順 .....	210
6.4 配管材料 .....	215
6.4.1 使用材料の選定 .....	215
6.4.2 管及び継手 .....	215
6.4.3 弁類 .....	216
6.4.4 給水栓・給湯栓 .....	217
6.5 配管工事 .....	218
6.5.1 共通事項 .....	218
6.5.2 管の切断 .....	218
6.5.3 管の接合 .....	219
6.5.4 異種管の接合 .....	224
6.5.5 弁との接合 .....	227
6.5.6 給水栓との接合 .....	228
6.6 保温工事 .....	229
6.6.1 共通事項 .....	229
6.6.2 被覆材 .....	229
6.6.3 保温施工 .....	233
6.7 塗装工事 .....	236
第 7 章 関連法規と手続き .....	237
7.1 建築基準法関連 .....	237
7.2 労働安全衛生法関連 .....	240
参考文献リスト .....	241

# 1. 太陽熱利用システムの基礎知識

太陽熱は、比較的安価で経済的にも利用しやすいエネルギー源として、我が国では古くから住宅用として利用されている。第一次オイルショック直後には、数多くの研究開発が行われ、様々な製品が発売された。1980年代以降は、石油価格の低下に伴い、徐々に利用件数が少なくなり、それと共に研究開発や商品開発も減少したが、近年、地球の温暖化、酸性雨による森林の減少、砂漠化の拡大などの自然破壊に対する地球環境を守る大きな関心とともに、エネルギーセキュリティの観点で、あらためて太陽熱利用が評価され始めている。我が国だけでなく、世界的には、太陽熱利用を含む再生可能エネルギーの導入を環境やエネルギー政策に組み入れる国が増えている。

太陽エネルギーはクリーンで無尽蔵なエネルギーであり、その中でも太陽熱利用はシンプルで効率が高く、住宅や業務用施設で給湯や暖房または冷房に利用できる他、農林水産分野では、乾燥や除湿、加温などにも利用できる。建築分野や産業分野では、太陽熱を利用することにより、持続可能な社会へ向けて、エネルギー削減、CO<sub>2</sub>排出抑制の面で大きな効果を上げている。

## 1.1 太陽エネルギーの特性

再生可能エネルギーの中でも太陽エネルギーは太陽が存在する限り枯渇することのないエネルギー資源で、その熱や光をエネルギーとして有効に活用することができる。「光」の利用は、昼光を利用することに加え、近年は、そのエネルギーを電気として取り出す「太陽光発電システム」が、世界中で爆発的に普及段階を迎えている。一方、「熱」としての利用は、太陽光発電よりはるかに歴史が古く、農業用水のプレヒーティング（ため池に水を張って水温を上げてから田畑に供給する）や温室、また温水器を利用した形で、住宅でも早くから普及している。太陽光発電の爆発的な普及の影で、太陽熱利用の有効性はあまり知られていない。太陽エネルギーの有効活用という点から考えると、太陽から地表に到達する光のエネルギーを100とした場合に、太陽光発電による太陽光から電気へのエネルギー変換効率が10～15%になる。太陽熱利用による太陽光から熱へのエネルギー変換効率は40～60%になる。狭小の屋根面への設置を考える場合、同じエネルギー量を取り出すことを考えると、太陽熱利用のほうが、太陽光発電のパネル面積に比べて、集熱面積を小さく抑えることができる。



図 1.1.1 太陽エネルギー機器設置イメージ

## 1.2 太陽放射エネルギー量

太陽から放出されるエネルギー量は、一年を通してほぼ同じであるが、地球の公転軌道が楕円形であることや地軸の傾きといった天文学的要因によって、地球が受け取る太陽放射エネルギー量は変化する。

図 1.2.1 のように、太陽と地球との距離は季節によって変化している。太陽と地球の平均距離は約  $1.5 \times 10^8$  km で、この距離が 1 天文単位 (= 1AU、AU は Astronomical Unit の略) である。地球が最も太陽に近づく場所は近日点で、逆に遠ざかる場所は遠日点と呼ぶ。放射強度は距離の 2 乗に反比例して、距離が遠くなるほど小さくなる。このため、放射強度で見ると、地球の北半球は太陽から遠い距離にある夏よりも、近日点付近を通過する冬のほうが太陽から受ける放射エネルギーは大きいことになる。

地球は太陽の周囲を 1 年かけて 1 周している公転運動のほかに、約 24 時間の周期で自転運動を行なっている。この時、地球の地軸が公転面に対して約  $66.5^\circ$  に傾いているため、北半球の冬は太陽から遠ざかる方向に傾き、逆に夏は太陽に近づく方向に傾く。地表面における放射強度は、太陽が水平面との間になす角 (高度角) の正弦に比例するため、太陽の南中高度が高くなる夏のほうが北半球は放射強度が大きくなる。

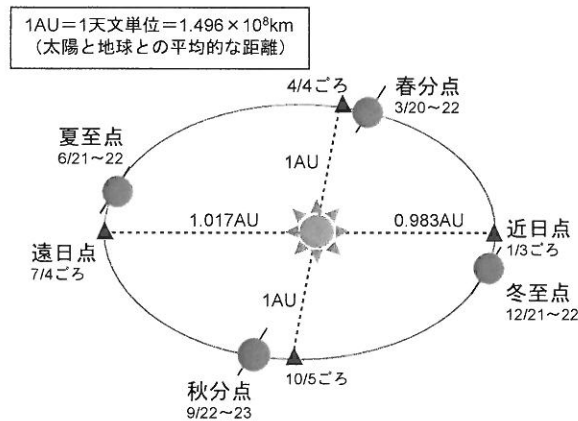


図 1.2.1 太陽と地球の距離の関係

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

### 太陽エネルギーの性質

太陽が射出する電磁波のことを太陽放射、または単に日射と呼んでいる。地球に入射する日射光の放射領域は、波長が非常に短い X 線から数百 m まで広範囲にわたっているが、そのほとんどが紫外線、可視光線、赤外線の波長帯に含まれている。

太陽放射の放射強度をスペクトル表示したものを図 1.2.2 に示す。太陽放射スペクトルを 6,000K の黒体放射スペクトルと近似すると、図のようなスペクトル分布になり、全エネルギーの約半分が可視光線域 (波長  $0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$ ) に含まれ、残りのほとんどが赤外線域 (波長  $> 0.8 \mu\text{m}$ ) に含まれることがわかる。大気圏外の太陽光スペクトルは 6,000K の黒体放射スペクトルとよく似た形状を示している。太陽放射エネルギーは地球に到達後、空気、雲などにより、吸収・散乱されたりして、地表に達するまでに減衰・拡散するため図のような分布になる。生命に有害な紫外線など  $0.3 \mu\text{m}$  以下の波長帯は、大気圏外の太陽光スペクトルには分布が見られるが、オゾン層による吸収により地表には到達しない。

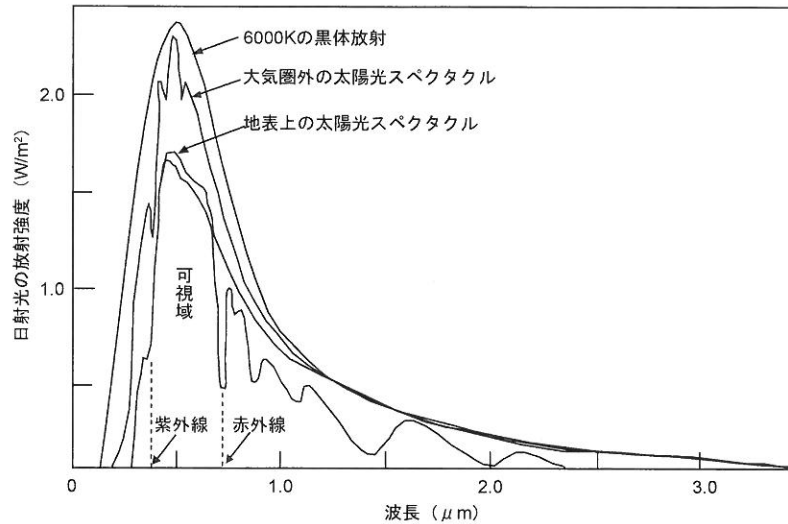


図 1.2.2 波長別日射強度と大気の吸収

出所)「ソーラー建築デザインガイド」独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

太陽から宇宙空間を経て地球に到達する太陽の放射エネルギーを定義する量として太陽定数 (solar constant) がある。太陽定数とは、太陽と地球との距離が 1AU の時、地球大気の上端で入射方向に垂直に入射する、単位面積あたり単位時間の太陽エネルギー量であり、人工衛星による測定結果によれば、その量は約  $1.4\text{kW}/\text{m}^2$  である。

この太陽エネルギーは、その約 30%が大気中での散乱、雲による反射により宇宙空間に戻る。残りの約 70%は地表に達する太陽エネルギーとなり、その量は約  $1.0\text{kW}/\text{m}^2$  である。

地表に達する日射のうち、大気外日射として直接入射する成分を直達日射と呼び、大気による散乱や、雲によって反射された成分が最終的に地表に届いたものを天空 (散乱) 日射と区別している。地表が受ける全ての日射成分は直達日射と天空 (散乱) 日射をあわせたものになり、全天日射と呼んでいる。

全天日射量は全国の約 60 の気象官署にて直接観測されているが、太陽熱利用においては、壁面や屋根に集熱器を設置するため、水平面で観測した全天日射量よりも、斜面における入射量を定義した斜面日射量の方が実用的である場合が多い。

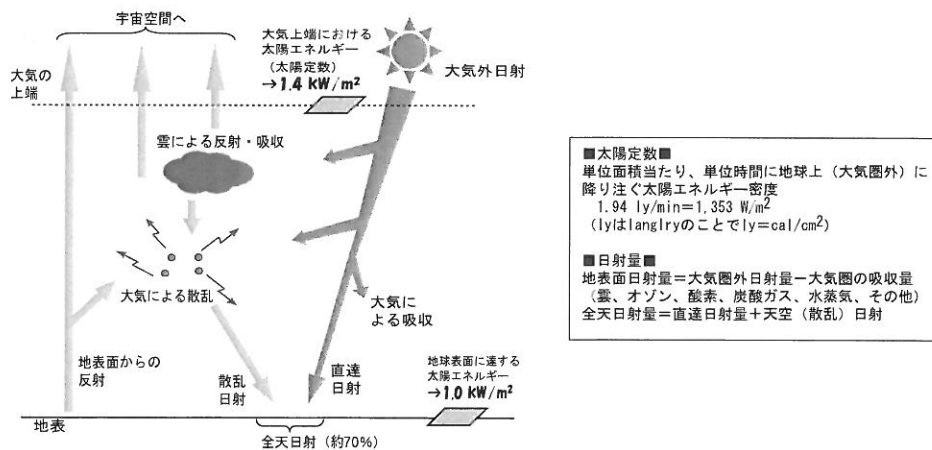


図 1.2.3 大気に入射した日射の日射収支

出所)「ソーラー建築デザインガイド」独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)



### 1.3 太陽熱利用の用途

太陽エネルギーから得られる熱は、給湯や暖房の用途に利用されるのが一般的である。建物のエネルギー消費は、建物の規模、業種や利用形態によって様々である。また、熱需要として、給湯や暖冷房の需要が発生する場合もあれば、給湯需要のみ発生する場合もある。用途別の内訳を見ると、住宅内で太陽熱により熱を賄うことが可能と考えられる熱需要（暖房、給湯）の占める割合は、全体の60%と比較的大きいことがわかる。太陽エネルギーは天候や地域差により変動が大きいため、それら全ての熱需要を賄うことはできないが、太陽熱利用はエネルギー効率も高く、集熱や蓄熱などのシステムを最適に組み合わせることにより、それら熱需要の30～70%を賄うことが可能である。なお、この割合を太陽依存率という。

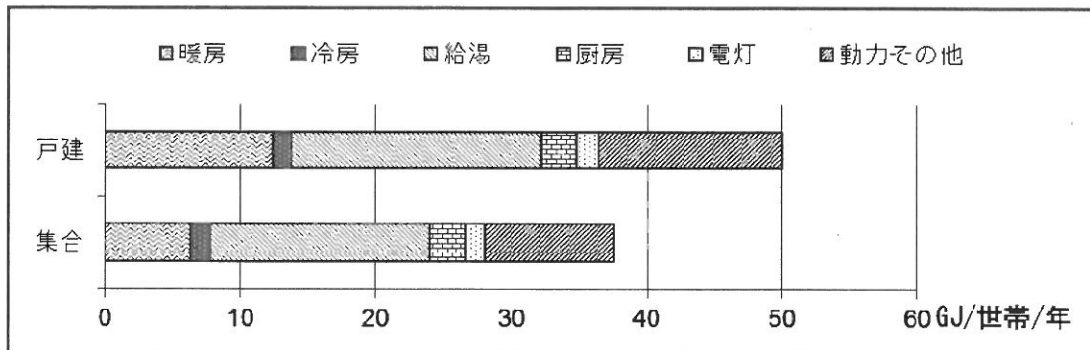


図 1.3.1 住宅の用途別エネルギー消費割合

出所) 平成 22 年度 エネルギー消費状況調査  
資源エネルギー庁委託調査 株式会社三菱総合研究所  
4 人家族の場合

住宅用では、屋根面に設置される自然循環形の太陽熱温水器や強制循環形の太陽熱利用システムには、給湯や暖房の用途として使用されてきた。住宅以外では、太陽熱は大規模建築物や産業用でも利用されており、給湯、暖房のほか、冷房、乾燥、蒸留などの熱源ともなる。また、発電では太陽光発電が一般的だが、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る。太陽熱利用システムの実用例の主な分類を以下に示す。利用分野により建築用、産業用、その他に分類される。

表 1.3.1 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
				吸着冷凍機		冷房
			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

建築用では集合住宅および事務所、病院、スポーツ施設、福祉施設などに分けられるが、いずれの場合も利用するシステムの種類などの利用形態に大きな差はない。太陽熱利用システムは、主に給湯用、暖房用、冷房用として利用され、負荷に応じて用途を組み合わせた給湯暖房システムや給湯暖冷房システムなどがある。

暖房、冷房システムは事務所ビルなど特に給湯負荷の小さい場合を除き給湯暖房システム、暖冷房給湯システムとして利用されることが多い。また建物の工夫により暖房、冷房負荷を低減し、アクティブシステムを併用するパッシブ、アクティブ複合システムとするケースも多い。

産業用では穀物や木材の乾燥システム、温室用の冷却及び加温システムや養魚用の加温システムなど産業用として利用する場合もある。

### (1) 給湯システム

集熱器、蓄熱槽、集熱ポンプ、補助熱源装置などで構成され、一般給湯や温水プールなどの負荷を賄う大規模システムなど様々である。基本的には規模によらずほぼ同様のシステムである。システムがシンプルでコストが安く、しかも省エネルギー効果などのメリットが大きいため実用例も多く太陽熱利用において最も広く普及している。

### (2) 暖房システム

パッシブ（受動的）システムとアクティブ（能動的）システムに大別される。パッシブシステムとは建物の開口部の工夫により直接日射を取り入れ躯体に蓄熱して利用するなど集熱、熱搬送、放熱に動力を用いないシステムを指す。他にトロンプウォール、付設温室システムなどがある。アクティブシステムは集熱した太陽熱を直接暖房に使用し、足りない分を他の熱源を使用して負荷をまかなう方法である。いずれのシステムも給湯システムと同様に住宅用、建築用にかかわらず多くの実用例があり、広く普及している。

### (3) 冷房システム

暖房システムと同様パッシブシステムとアクティブシステムに大別される。パッシブシステムとしてはクールチューブなどで地中冷熱を利用する方法、夜間大気冷熱や放射冷却を利用する方法などがあるが給湯システム、暖房システムと比較すると実用例は少ない。アクティブシステムは集熱器、蓄熱槽、集熱ポンプ、冷凍機、空調機などで構成されている。集熱器で集熱した熱を利用して吸収式冷凍機や吸着冷凍機などの冷凍機を駆動して冷房する方法やデシカント冷房機を駆動し、除湿材を太陽熱で再生する方法がある。給湯システムや暖房システムと比較すると冷凍機などの機器のイニシャルコストが高いなどの理由により特に住宅用などの小規模システムの実用例は少ない。