

平成 21 年 度

業務用太陽熱利用システムの設計ガイドライン

平成 21 年 12 月

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先 株式会社 住環境計画研究所

はじめに

本書は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構が実施した「太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業」における導入事例を参考に、太陽熱利用システムを設計する設計者等が活用できる資料として、太陽熱の利用対象用途やシステムの構成及び機器などの特徴、計画と設計に関する基本事項、設計の流れや留意点などについて取り纏めている。なお、住宅用以外の建築用や産業用で使用されるシステムは、用途や規模によって設計手法は多種多様となるため、本書では主に建築用太陽熱利用システムに関する内容を記載する。

内容は「業務用太陽熱利用システムガイドライン作成検討委員会」にて取り纏めたものである。別途に示す「業務用太陽熱利用システムの施工・保守ガイドライン」では、太陽熱利用システム設計後の施工や保守に関する内容を示しており、本書と一緒に活用いただきたい。

※本書では、一般に事務所ビルやホテル、病院等の施設等に設置される太陽熱利用システムを建築用太陽熱利用システム、農林水産業や工場のプロセス用等に利用される太陽熱利用システムを産業用太陽熱利用システムと称し、「建築用」と「産業用」を総称して「業務用」と示す。

■構成■

本書は、9章で構成される。以下に、各章の概要を示す。

1. 太陽エネルギーの基礎知識	太陽エネルギーの特徴や性質を解説する。
2. 業務用太陽熱利用システムの基本事項	太陽熱利用システムの特徴を用途別に解説する。
3. 主な構成機器の構造と特徴	太陽熱利用システムを構成する集熱器、蓄熱槽、補助熱源、冷凍機、熱交換器、その他について、機器の概要と特徴を解説する。
4. 建物への太陽熱利用の計画	太陽熱利用システムを設計する際の留意事項などを解説する。
5. 太陽熱利用システムの設計	簡易法や詳細法を用いた太陽熱利用システムの設計手法や設計する際に必要となるデータ等について解説する。
6. 集熱量計算	建築用太陽熱利用システムを例として、簡易法や詳細法を用いた設計事例を示す。
7. 荷重及び外力と安全性	太陽熱利用システムの設計に関わる荷重や外力などについて解説する。
8. 設計管理上の注意事項と保守点検	太陽熱利用システムの設計段階で考慮しておかなければならない設計管理上の留意事項や保守点検について解説する。
9. その他 特記事項、参考資料	太陽熱利用システムの設計に必要な各種データや特記事項を示す。

■業務用太陽熱利用システムガイドライン作成検討委員会■

委員長	宇田川 光弘 工学院大学工学部建築学科 教授
委員	浅井 俊二 矢崎総業株式会社 環境エネルギー機器本部 ソーラー事業推進部 嘱託 臼木 宏任 富士エネルギー株式会社 業務部長 蒲谷 昌生 株式会社ソーラーシステム研究所 代表取締役 下村 邦夫 サビオ株式会社 取締役社長 榛葉 敏昭 社団法人 ソーラーシステム振興協会 業務・広報部
オブザーバー	栗原 隆 清水建設株式会社 技術研究所 地球環境技術センター新エネルギーグループ 副主任研究員 天明 浩之 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO技術開発機構） 新エネルギー技術開発部 自然エネルギーグループ 主査 永井 秀一 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO技術開発機構） 新エネルギー技術開発部 自然エネルギーグループ 主査 伊藤 正治 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO技術開発機構） 新エネルギー技術開発部 自然エネルギーグループ 主査 中上 英俊 株式会社住環境計画研究所 代表取締役
製作協力	伴 純雄 テクノ矢崎株式会社 技術統括部 テクニカルセンター 池口 太朗 矢崎総業株式会社 環境エネルギー機器本部 環境システム事業部 事業企画部 企画チーム 水谷 真奈美 社団法人 ソーラーシステム振興協会
事務局	鶴崎 敬大 株式会社住環境計画研究所 主席研究員 中村 美紀子 株式会社住環境計画研究所 主任研究員

はしがき

目次

第 1 章 太陽エネルギーの基礎知識	4
1.1 太陽エネルギーの特徴	4
1.1.1 太陽エネルギーとその特徴	4
1.1.2 太陽エネルギーの性質	4
第 2 章 業務用太陽熱利用システムの基本事項	6
2.1 分野別太陽熱利用システムの分類と特徴	6
2.1.1 建築用	7
2.1.2 産業用	7
2.1.3 その他	8
2.2 建築用太陽熱利用システムの分類と特徴	9
2.2.1 太陽熱集熱システムの分類	9
2.2.2 水式集熱システムと空気式集熱システムの特徴	10
2.2.3 水式集熱システム	10
2.2.4 空気式集熱システム	12
2.3 用途別太陽熱利用システムの分類と特徴	13
2.3.1 給湯システム	13
2.3.2 暖房給湯システム	13
2.3.3 暖房・冷房システム	15
2.3.4 加温・乾燥システム	19
第 3 章 主な構成機器の構造と特徴	20
3.1 集熱器	20
3.1.1 平板形集熱器	22
3.1.2 真空ガラス管形集熱器	24
3.2 蓄熱槽（貯湯槽）	25
3.3 補助熱源	26
3.4 冷凍機	29
3.4.1 温水焚吸収式冷凍機（冷温水機）	29
3.4.2 一重二重効用吸収式冷温水機	30
3.4.3 ジェネリンク	30
3.4.4 吸着式冷凍機	31
3.4.5 デシカント空調機	32
3.5 熱交換器	32
3.6 放熱器	34
3.7 差温サーモ	35
3.8 集熱ポンプ	35
3.9 空気搬送機（ハンドリングボックス）	36
第 4 章 建物への太陽熱利用の計画	37
4.1 太陽熱利用システムの計画	37

4.2 太陽熱利用システムの計画上の要点	37
4.2.1 周囲条件・環境	38
4.2.2 建物用途	39
4.2.3 配置計画	40
4.2.4 システム設計	41
4.2.5 負荷	41
4.3 太陽熱利用システムの計画上の留意点	42
4.4 関係法律及び規則	43
第5章 太陽熱利用システムの設計	44
5.1 シミュレーションによる評価	44
5.2 気象データ	44
5.3 給水温度	45
5.4 集熱計画	45
5.5 熱負荷	46
5.6 蓄熱計画	48
5.7 熱交換量・伝熱面積	49
5.8 制御	50
第6章 集熱量計算	53
6.1 全日集熱効率線図を用いた簡易計算例	53
6.2 シミュレーションによる計算例	59
第7章 荷重及び外力と安全性	62
7.1 荷重及び外力の組合せ	62
7.1.1 固定荷重	62
7.1.2 積載荷重	62
7.1.3 積雪荷重	63
7.1.4 風荷重	67
7.1.5 地震荷重	75
7.2 各部材の設置	79
7.2.1 集熱器の設置	79
7.2.2 蓄熱槽の設置	81
第8章 設計監理上の注意事項と保守点検	82
8.1 設計監理上の注意事項	82
8.2 施工計画上の留意点	82
8.2.1 集熱器	82
8.2.2 熱媒	82
8.2.3 蓄熱槽・補助熱源	83
8.2.4 メンテナンススペース	83
8.2.5 配管	83
8.2.6 水質	84
8.2.7 保守点検	84

第9章 その他 特記事項、参考資料.....	85
9.1 気象データ.....	85
9.2 給水温度データ	87
9.3 建物の熱負荷データ	87

第1章 太陽エネルギーの基礎知識

1.1 太陽エネルギーの特徴

1.1.1 太陽エネルギーとその特徴

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 1.1.1 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 $1.5 \times 10^8 \text{ km}$ 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っている。この時、地球の地軸が公転面に対して約 66.5° 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。

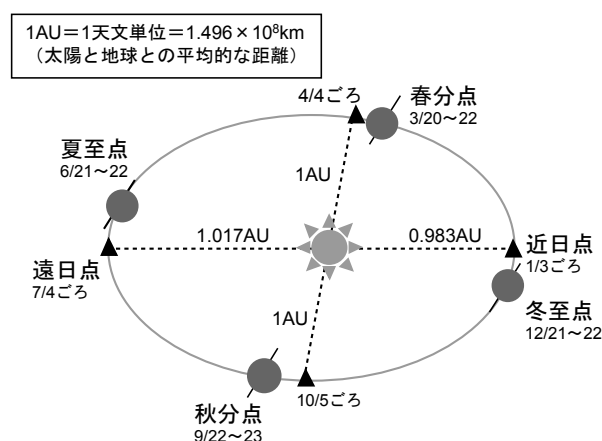


図 1.1.1 太陽と地球の距離の関係

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

1.1.2 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電波領域は、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 1.1.2 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。

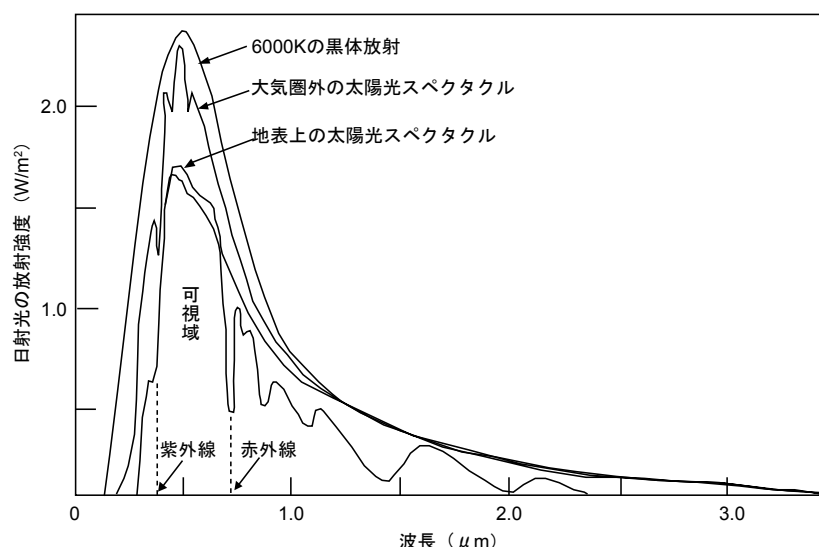


図 1.1.2 波長別日射強度と大気吸収

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 1.4kW/m^2 である。

この太陽エネルギーは、その約 30% が地表面による反射や大気中での散乱、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 1.0kW/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。

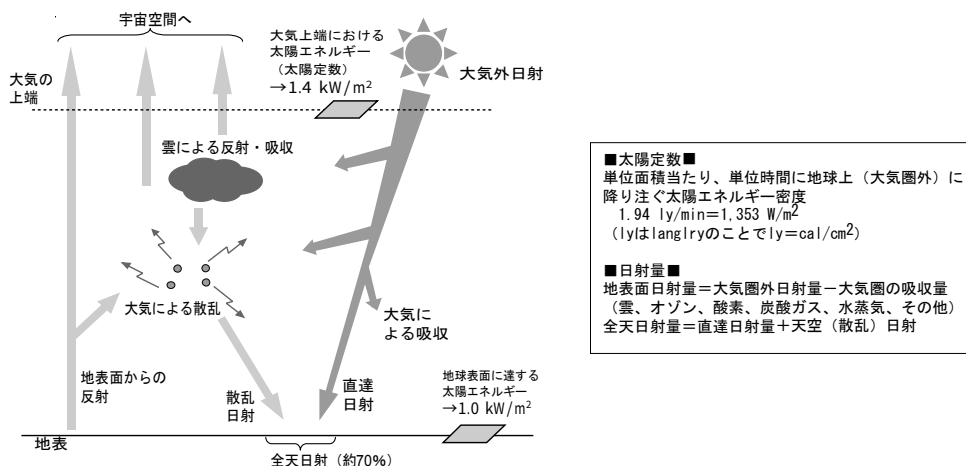


図 1.1.3 大気に入射した日射の日射収支

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)

第2章 業務用太陽熱利用システムの基本事項

2.1 分野別太陽熱利用システムの分類と特徴

太陽熱利用システムはその利用される対象や用途によって各種システムがある。システムの構成は集熱器、蓄熱槽、熱媒循環ポンプ、補助熱源、制御装置などからなっており、構成に大きな違いはない。用途は給湯や暖房、冷房、乾燥、プロセスヒーティング、農業利用、蒸留、海水淡水化、融雪、熱発電など様々である。太陽熱利用システムやそれぞれの用途、また2次側のシステムによって、留意すべきことが若干異なる。

太陽熱利用システムの実用例の主な分類を表 2.1.1 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。一般的な部門別エネルギー消費を考えると運輸部門におけるエネルギー消費を無視できないが、この部門における太陽熱利用の例は少ない。

表 2.1.1 太陽熱利用システムの実用例の主な分類

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 ^{*1} 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 ^{*2} 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	吸収式冷凍機	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	500～2000℃
その他	太陽炉	—	高温研究	太陽熱発電	1500～3500℃
	ソーラークーラー	—	—	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：太陽熱集熱器、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

2.1.1 建築用

建築用と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暖房給湯システムや暖冷房給湯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、暖房給湯システム、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、パッシ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。主に建築用として利用されている給湯システムや暖冷房システムであるが、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、貯湯槽、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、足ら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、住宅用などの小規模システムの実用例は少ない。

2.1.2 産業用

産業用太陽熱利用システムは、建築用と比較すると実用例は少ない。しかしながら、利用分野は多く、農林水産業、工業等において熱エネルギーが利用されている様々な場面で利用できる。その代表的な例を以下に示す。

1) 乾燥システム

産業用としての太陽熱利用システムで最も実用例が多いシステムのひとつである。乾燥の為の特別な装置は使用せず、日光や乾燥した外気を利用して穀物等を乾燥する、いわゆる天日乾燥も太陽熱利用乾燥として古くから行われてきた。この乾燥システムをより効率的に行うため、乾燥する材料に応じて様々な方式が実用化されている。乾燥システムは建築用における暖房システムに共通する部分が多くあ

り、暖房システムと同様にパッシブシステムとアクティブシステムに分類される。前述の天日乾燥はパッシブ乾燥システムであり、天日乾燥の効率を高めるために乾燥材料をビニールハウスなどに納め、自然換気によって乾燥を行う方法も行なわれている。アクティブシステムとして、前述のビニールハウスによる乾燥をさらに効率的にするため、ファン等の人工的手段により送風を行う方法、さらには空気式の集熱器を用いて高温の空気を得る方法などがある。乾燥する対象は、穀物、牧草、木材、魚介類など様々である。

2) 淡水化システム

海水や各種排水を淡水化し、主に飲料水として使用するためのシステムである。代表的な実用例としては、海水を太陽熱で蒸留し、淡水を作る海水淡水化システムが挙げられる。これは、飲料用に使用可能な淡水を容易に得ることができない、特に海外の地域に多くみられる。

3) 太陽熱発電システム

太陽エネルギーにより熱機関を駆動し、電気エネルギーに変換するシステムである。多くの技術開発や実用化実験が行われており、商用運転を行なっている国もある。熱機関を駆動する為に、他の太陽熱利用システムと比較して高温が必要で、一般に太陽光を集光して高温にして利用する。太陽熱発電システムの集熱方法は集光部と集熱部が別で、例えば、ヘリオスタットと呼ばれる太陽追尾装置付き平面反射鏡による集光部と集熱タワー上に設けられた集熱部により構成され、光を集熱部に集めて集熱した熱を利用して発電する。また、パラボラトラフ形の集熱器を使用して高温集熱し、発電する方式も実用化されている。

4) 工業用プロセス加熱

工業用、特に製造業において製造工程で使用する熱エネルギーを太陽エネルギーによって供給するシステムである。種々の業種の工程で熱エネルギーを使用しているが、180℃以下程度の熱利用は多く、様々な工程で太陽エネルギー利用が試みられている。また製造工程における工場空調用として暖冷房システムを利用することも行われている。

5) 太陽熱による燃料製造

水分解による水素生産や天然ガスなどを利用して行うメタノール生産が研究されている。水素生産は金属酸化物を用いる2段階水分解反応や天然ガスの改質反応を用いる方法がある。また、石炭、天然ガスを使って高温太陽熱により改質してメタノール生産を行う研究が行われている。

6) 太陽炉

太陽熱発電で使用する集光装置と同様なシステムによって、3,000K以上の高温が比較的容易に得られるシステムである。主に研究用高温発生装置として実用例がある。

2.1.3 その他

その他の利用分野としてソーラークッカーなど、主に小規模な機器が種々実用化されている。ソーラークッカーは調理器具として一般的に普及するまでには至っていないが、一般家庭で気軽に太陽熱利用を楽しむ機器として使用されている。

2.2 建築用太陽熱利用システムの分類と特徴

太陽熱利用システムの設計は、給湯や暖冷房システムに集熱器や蓄熱槽を取り込み、太陽熱をできるだけ有効に使えるシステムとして構築することにある。建物の大きさや負荷の大きさにより、太陽熱を利用する目標を立て、太陽熱利用システムを選定して、構成機器の仕様や設置場所、設置方法などを決定しなければならない。

太陽熱利用システムにおける集熱系システムは、集熱性能のみならず、安全性、信頼性についても充分考慮の上、システムの選択をしなければならない。特に、凍結と過熱（沸騰）および腐食によるトラブルは大きな問題になるため事前の検討を行うことが大切である。

また、給湯で使用する場合、システムや使用条件によっては飲用に適さないことがあるため、飲用に供する場合は熱交換器等を介して給水予熱とする。

集熱効率は、システムの規模や設計で異なるが、適正に設計されたシステムの場合、想定される用途による集熱効率は、概ね以下の範囲となる。

- 給湯システム 30～60%
- 暖房システム 30～50%
- 暖冷房システム 20～40%

2.2.1 太陽熱集熱システムの分類

太陽熱利用システムには給湯、暖房、冷房、乾燥、蒸留、熱発電などいろいろなシステムがある。ここでは、最も一般的で実施例が多い給湯、暖冷房システムについて示す。これらの太陽熱利用システムでは開放式、密閉式、直接集熱、間接集熱などがあり、集熱系システムの分類は図 2.2.1 のようになる。開放式は比較的大きなシステムであり、安価で信頼性が高い。また、一般に直接集熱が間接集熱に比べて集熱性能では優れる。密閉式は熱媒に不凍液が使われることが多く、凍結に対して有利である。いずれのシステムでも、給湯水の安全性や凍結予防、腐食抑制、過熱（沸騰）防止方法などを検討して決定しなければならない。

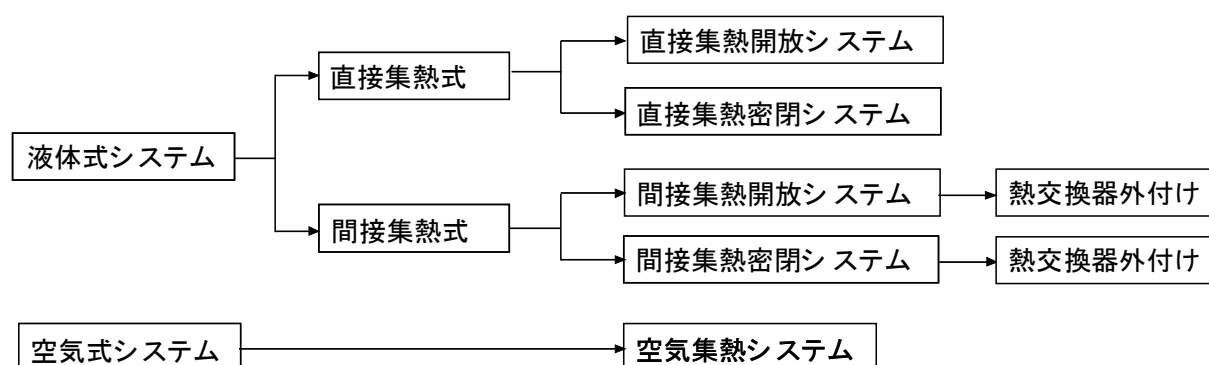


図 2.2.1 集熱系システムの分類

2.2.2 水式集熱システムと空気式集熱システムの特徴

給湯システムや暖冷房給湯システムでは、一般に水式集熱が使われるが、暖房システムでは熱媒として空気が使われることも多い。水式集熱方式と空気式集熱方式の特徴を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 水式集熱方式及び空気式集熱方式の特徴

項目	水式集熱方式	空気式集熱方式	備考
集熱用循環動力	少	多	
配管径・ダクト径	小	大	
蓄熱槽容積	小	大	
凍結予防対策	必要	不要	
機器の腐食対策	必要	不要	
漏れたときの危険性	有	無	熱損失はともにある
騒音・振動	小	大	ブロワーの騒音
給湯システムとの組合せ	○	△	
大規模システム	○	×	

水式集熱システムは水や不凍液を熱媒として使用するため、漏れに対する対策はもちろんであるが、凍結や沸騰及び腐食について考えておかなければならない。空気式集熱方式はシステムが単純であり、空気の流出による熱損失はあるが、水式集熱のような水漏れの心配はない。しかし、ダクトや蓄熱槽が大きくなり、ファンの搬送動力も大きくなるため、騒音も無視できない。

2.2.3 水式集熱システム

水式集熱システムには、前述のように開放システム、密閉システム及び直接集熱と間接集熱式があり、それぞれの特徴によって使い分けられる。間接集熱式の熱交換器は、蓄熱槽内部に配置される場合と外部に設置される場合がある。

1) 直接集熱システムと間接集熱システム

① 直接集熱システム

蓄熱槽内の熱媒が直接集熱器を循環して集熱し、蓄熱槽に戻って蓄熱される方式である。熱媒で直接、集熱⇒蓄熱が行なわれるため集熱効率が高い。給湯システムでは蓄熱槽内の温水（熱媒）が直接給湯に使われる。熱媒に水を使う場合、集熱器や配管などの集熱、循環系の凍結防止対策を施さなければならない（凍結予防対策については「業務用太陽熱利用システムの施工・保守ガイドライン」3. 5 節を参照）。

② 間接集熱システム

集熱系と負荷系に回路を分離し、蓄熱槽に熱交換器を内蔵または外部に熱交換器を設置して、熱交換器を介して蓄熱槽に熱を蓄えるものである。集熱系の熱媒に不凍液が使えるため、凍結に対して信頼性が高い。不凍液に防錆材を入れられるため腐食に対する信頼性も高いが、不凍液の定期的なメンテナンスや交換を行う必要がある。密閉形の間接集熱式では熱媒の膨張、収縮を吸収するため膨張タンクが必要になる。

2) 開放システムと密閉システム

① 開放システム

蓄熱槽や熱媒槽により大気と開放されているシステムで図 2.2.2 (a) ～ (c) のようなシステムである。直接集熱式と間接集熱式があり、直接集熱式は一般に熱媒や蓄熱材として安価な水が使われることが多い。

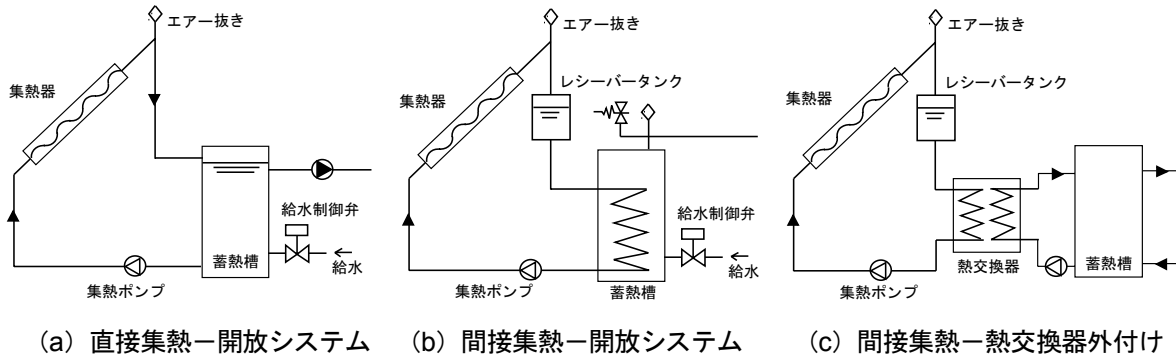


図 2.2.2 開放システムの構成と概略図

<留意点>

- 蓄熱槽が圧力容器でないため価格も安い。熱媒に不凍液を使うこともあるが、熱媒や熱媒槽が大気に曝されるため空気による劣化や腐食に注意しなければならない。蓄熱槽や配管材料を適切に選定し、場合によっては水処理を考えなければならない。
- 開放システムの集熱ポンプは、蓄熱槽から集熱器まで熱媒を持ち上げなければならないため揚程の高いポンプが必要になり、ポンプ動力も密閉システムと比較して大きくなる。
- 間接集熱式の熱媒には不凍液などが使われ、熱交換器で蓄熱材（水）に熱移動する。不凍液を使うため凍結に対して信頼性が高い。
- 間接集熱式の熱交換器は蓄熱槽の内部に配置する場合と蓄熱槽の外部に独立して設置する場合がある。熱交換器を蓄熱槽の外部に設置する場合は蓄熱槽から熱交換器へ流すためのポンプが必要になる。
- 間接集熱式-熱交換器外付けタイプは蓄熱ポンプを持つため熱交換器出口温度が一定温度になるようにポンプの運転制御を行なって集熱時に蓄熱槽内を温度成層にすることができる。

② 密閉システム

図 2.2.3のように集熱回路が密閉になったシステムである。これも、直接集熱式と間接集熱式があり用途やシステムによって使い分ける。

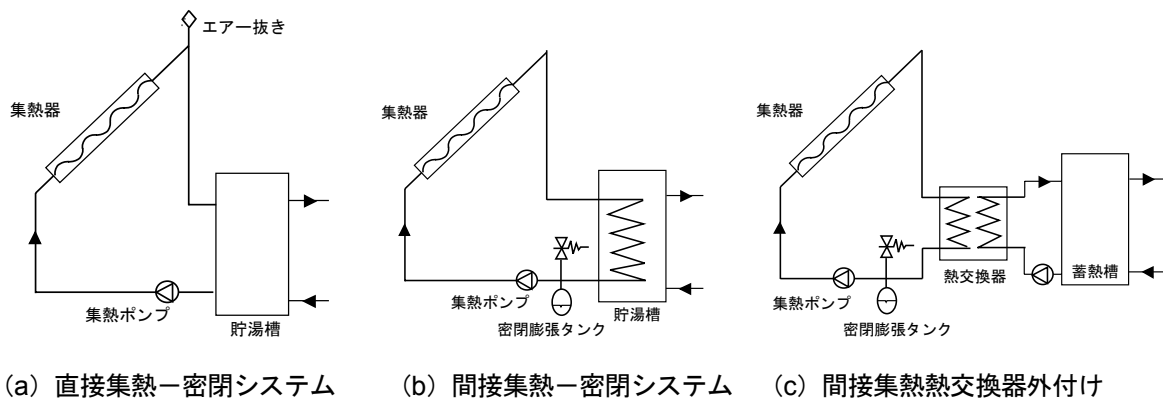


図 2.2.3 密閉システムの構成と概略図

<留意点>

- 密閉であるため集熱回路は設定された圧力で熱媒が充填されており、その圧力に耐える集熱器や配管、膨張タンクなどが必要になる。
- 密閉システムは配管が熱媒で満たされているため、集熱ポンプは集熱回路の圧力損失分の動力で循環できるのでポンプ動力は小さくなる。
- 直接集熱式は蓄熱槽内の給湯水が直接集熱器を流れて集熱し、蓄熱槽に蓄熱しそのまま使用される方式であり、蓄熱槽（貯湯槽）への給水圧力が直接集熱器や配管にかかることになる。この例は少ない。
- 間接集熱式は集熱回路に不凍液などの熱媒が使われ、熱交換器を介して蓄熱水に熱を移動する。集熱回路は設定された充填圧力で熱媒を充填し、熱媒温度の上昇による熱媒の体積膨張は膨張タンクに吸収する。従って、システムに保有する熱媒が多いと膨張タンクが大きくなる。
- 凍結に対しては不凍液が使えるので有利であるが、温度上昇による圧力上昇や不凍液の劣化に注意が必要になる。
- 熱交換器を蓄熱槽の外部に設置する場合は、開放式と同じようにポンプが必要になるが、熱交換器出口温度が一定温度になるようにポンプの運転制御を行なって集熱時に蓄熱槽の中を温度成層にすることができる。

2.2.4 空気式集熱システム

空気式集熱は熱媒体が空気であるため凍結の心配がなく、万一漏れても室内を汚すことがなく、メンテナンスも比較的容易である。

空気式集熱は空気集熱器と空気搬送機、ダクト、蓄熱材で構成される。一般に暖房が主体で計画されることが多いが、空気集熱を生かして給湯や冷房、乾燥などにも使われる。他の太陽熱システムに比較しても建築躯体と関係が深く、水式と同じように新築の場合は建物と一体化することが多い。蓄熱部は床下に置かれることが多く、蓄熱材は一般にコンクリートや砕石が使われるが、最近では潜熱蓄熱材を組み合わせることもある。砕石蓄熱槽は集熱媒体と蓄熱媒体の接触面積が大きく、効率よく熱交換が行われるが、空気を流すときの圧力損失が大きく搬送動力が大きくなるので設計には注意が必要である。

大きな特徴として省エネルギー、環境負荷の低減だけでなく、空気集熱の性格上、暖房において直接空気を暖めることができ、特にそのシステムの特徴である換気による室内空気質の向上が大きなメリットになっている。

<留意点>

- 住宅ばかりでなく多くの施設物件にも導入されている。一般に蓄熱は建築躯体を利用することが多いが、砕石蓄熱槽等を用いることもある。
- 冬期は暖房利用、中間期や夏期は給湯利用が主となる。給湯は、内蔵した熱交換器（空気－水）を使って熱媒を暖め、この熱媒で貯湯槽の水を暖めて利用する
- 空気式集熱を利用した冷房には、直接空気を冷却して供給するデシカント空調がある。
- 集熱器等を設置する屋根面には十分な断熱を施し、特に夏期は小屋裏等の熱竈りを避けるため、ファンを運転して積極的に換気を行う。

2.3 用途別太陽熱利用システムの分類と特徴

ここでは、給湯や暖房などの用途別に、代表的なシステムの事例を紹介する。集熱システムは、前述のとおり、水式や空気式があり、それぞれの用途や使い方にあったシステムを選定しなければならない。

2.3.1 給湯システム

給湯は年間を通して負荷があり、比較的低温利用であるため集熱効率が高く、システムが単純で経済性に優れることから最も多く使われている。

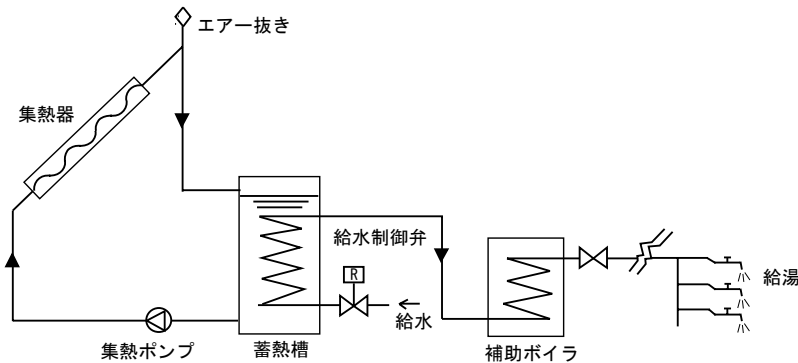


図 2.3.1 太陽熱給湯システムの例（直接集熱開放システム）

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

<留意点>

- 計画に当たって、施設の給湯負荷や負荷パターンを調査し負荷に応じた太陽熱利用システムの設計を行う。
- 建築用の給湯負荷は建物用途や大きさ、収容人員により大きく異なる。公衆浴場、ホテル、病院、福祉施設、運動施設（温水プールやジムのシャワーなど）、レストランなどは給湯負荷が大きく、事務所ビルなどは小さい。
- 給湯使用量の低減や貯湯槽や配管の熱損失の低減、高効率給湯器の選定、給湯方式、制御方法を考慮して負荷の削減を考える。
- 給湯は1年中負荷があるため1年を通して最も太陽エネルギーが多く得られる傾斜角にすると経済性が良くなる。
- 太陽依存率は給湯負荷の小さい夏期の晴天日に100%以上にならないようにすることが、集熱した熱が無駄にならないため望ましい。
- 設置地域や水源により給水温度が異なり、必要な給湯量が同じでも給湯負荷が異なるので注意が必要である。

2.3.2 暖房給湯システム

暖房給湯システムは、建築的な配慮（断熱、気密）とともに、集熱器や蓄熱槽などの設備を追加して太陽熱を利用するもので、冬期は主に暖房利用、中間期や夏期は給湯利用を行って設備を有効利用する。設計するには、利用用途に応じて、太陽エネルギーが無駄にならないよう考慮する必要がある。例えば、暖房負荷と給湯負荷が最大となる冬期に十分な太陽依存率を得られるような設計を行えば、夏期や中間期に熱が余り無駄になると同時に、設備費が高価となり経済性が悪くなる。季節ごとにどれほどの太陽依存率を想定するかについては、施主の意向を確認した上で決定しなければならない。

1) 水式集熱暖房給湯システム

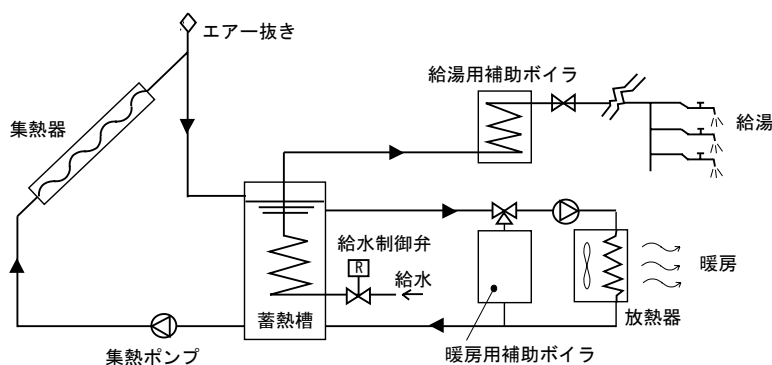


図 2.3.2 太陽熱暖房給湯システムの例

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

<留意点>

- 建築用で太陽熱システムを導入する際には、暖房用途単独でなく、できるだけ給湯利用を含めた暖房給湯で計画したほうが設備の有効利用ができる。
- 計画に当たって年間の暖房負荷と給湯負荷を求め、シミュレーションにより熱収支計算を行い、太陽熱利用熱量から集熱面積や蓄熱槽容量を設定する。
- システムはできるだけ単純にすることが望ましい。床暖房や天井暖房のような輻射暖房方式は、低温暖房が可能で、集熱効率が高くなり、熱損失が抑えられるためシステム全体の効率を高くできる。
- 暖房給湯システムは給湯回路と暖房回路が別になり、蓄熱槽や補助熱源機の構造が異なる。
- 一般的には負荷に対して太陽依存率を大きくしすぎると効率が悪くなり、単位面積当たりの年間太陽熱利用熱量が小さくなり経済的でなくなる。
- 日中負荷が少なく夜間に負荷が大きい場合は、日中に夜間の負荷分を貯めておくため、蓄熱槽を大きめに設定し、逆に日中負荷が大きく夜間に負荷がない場合は蓄熱槽の容量は小さくできる。

2) 空気式集熱暖房給湯システム

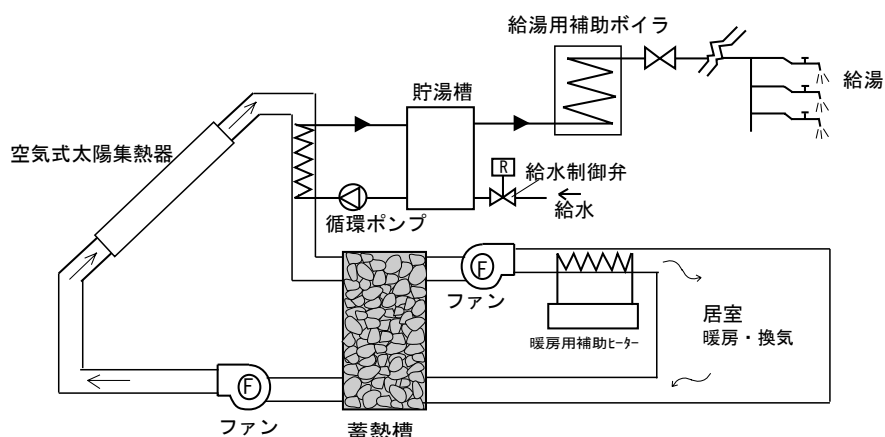


図 2.3.3 空気集熱暖房給湯システム

出所) 「ソーラーシステムデザインガイド」ソーラーシステム振興協会編

<留意点>

- 室外から新鮮空気を取り込んで集熱器で加熱し、集熱しダクトを通して蓄熱部位（床下のコンクリート、碎石蓄熱槽）を通り、室内に入る暖房方式と室内から空気集熱器へ循環暖房する方式がある。前者は換気を行ないながら暖房ができるため、室内空気質の維持向上に有利である。
- 一般に空気ダクトは水配管と比べて太く、室内を通す場合が多いのでダクトの位置やその配管経路は注意しなければならない。
- 屋根面そのものが集熱に利用され、屋根上の空気集熱器は屋根に一体的に屋根構造に組み込まれるため、工事にはかなりの専門性を要する。しかし、水式のように凍結の心配が無く、万一漏れても天井や壁などを汚すことがない。
- 夏期は集熱器で暖められた空気を熱交換器により、熱媒を介して貯湯槽に蓄えて給湯に使用できる。

2.3.3 暖房・冷房システム

冷房システムを設計するときは、建物の断熱や気密を良くして熱負荷を小さくすることが必須であることはもちろん、設備を有効に使用するために暖房や給湯を組み込んだ暖冷房給湯システムを採用する場合が多い。その際、システムや負荷の状況に合った冷凍機を選定してシステムを設計しなければならない。太陽冷房に使えるシステムは、70～95℃程度の温水で駆動する「温水焚吸収式冷凍機」「一重二重効用吸収式冷凍機（冷温水機）」「ジェネリンク」や60～80℃の温水で駆動する「吸着式冷凍機」や「デシカント冷房」などを使ったシステムがある。一般には、吸収式冷凍機の採用が多い。いずれも、冷凍機の特徴を理解して使用しなければならない。給湯温度と比較して冷凍機駆動温度が高温のため、高温集熱可能な集熱器が使われる。

1) 温水焚吸収式冷凍機を用いた暖冷房システム

一般的な温水焚吸収式冷温水機を用いた暖冷房システムを図 2.3.4 に示す。図 2.3.4 は、集熱回路が開放式の場合で、集熱ポンプで熱媒を集熱器に循環し、太陽エネルギーを熱エネルギーに変換し蓄熱槽に蓄熱する。冷房する場合は熱媒ポンプを運転し、蓄熱槽に蓄えられた熱を吸収式冷凍機の熱源として利用する。暖房の場合は太陽熱で得られた熱を直接空調機に循環して暖房する。（後述 3.4.1 参照）

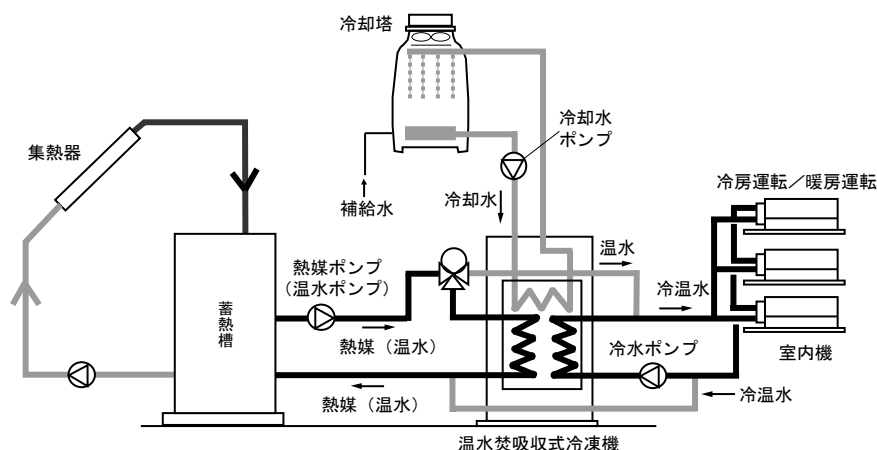


図 2.3.4 温水焚吸収式冷凍機を用いた太陽熱暖冷房システム

出所) 矢崎総業（株）提供資料より作成

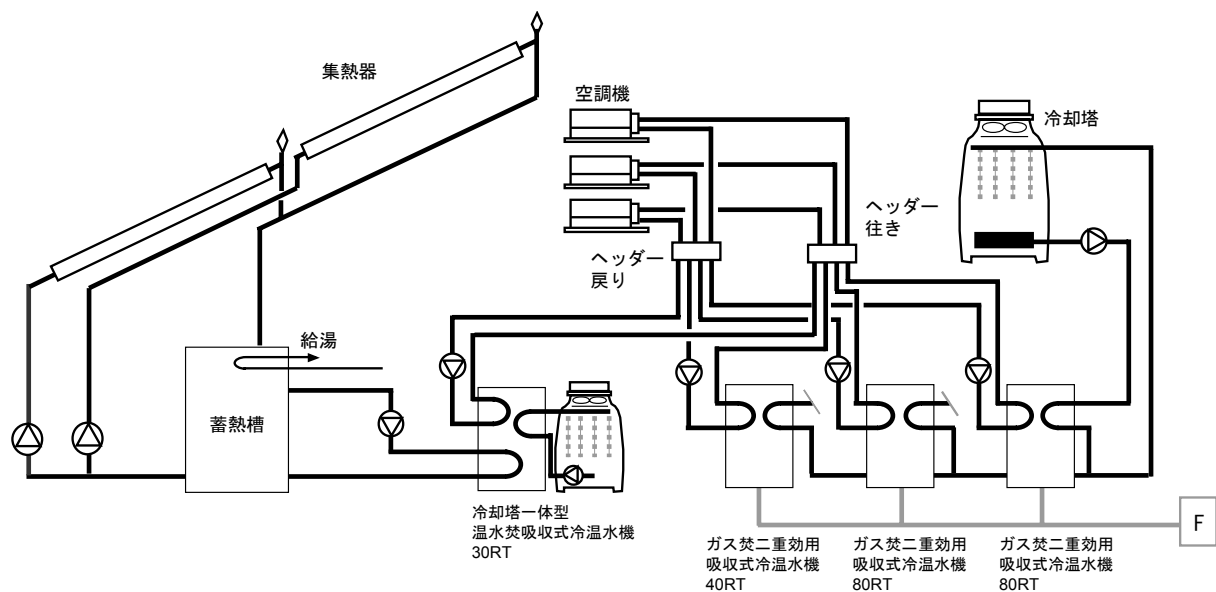


図 2.3.5 温水焚吸収式冷凍機と直焚き吸収式冷凍機を併用した暖冷房システム

出所) 矢崎総業(株) 提供資料より作成

<留意点>

- 温水焚吸収式冷凍機を温水ボイラで運転する場合は総合効率が低くなるため、太陽熱があるときは太陽熱で、太陽熱が無いときは、直焚き吸収式冷凍機を用いて直焚き時に COP の高い運転を行うことが有利である。
- 図 2.3.5 のように温水焚吸収式冷温水機とガス焚吸収式冷温水機を並列で運転する場合は、太陽熱が十分取れる場合には優先的に温水焚吸収式冷凍機を運転し、太陽熱で冷房負荷を賄えないときにガス焚き運転する台数運転制御を取り入れることで、効率的な太陽熱利用ができる。
- 吸着式や他の冷熱源機を用いる場合も基本的に温水焚吸収式冷凍機と同様である。吸着式は吸着器と再生器を切り替えて使う違いはあるが、基本的に吸収式冷凍機と同じ構成になる。吸収式冷凍機に比べて再生温度が低いため太陽熱利用には適しているが、本体が大きく価格が高い。

2) 一重二重効用吸収式冷凍機（冷温水機）を使った太陽熱冷房システム

太陽熱で駆動するときは単効用、燃料を使用するときは二重効用運転が可能な一重二重効用吸収式冷凍機（または冷温水機）を採用する。（後述 3.4.2 参照）

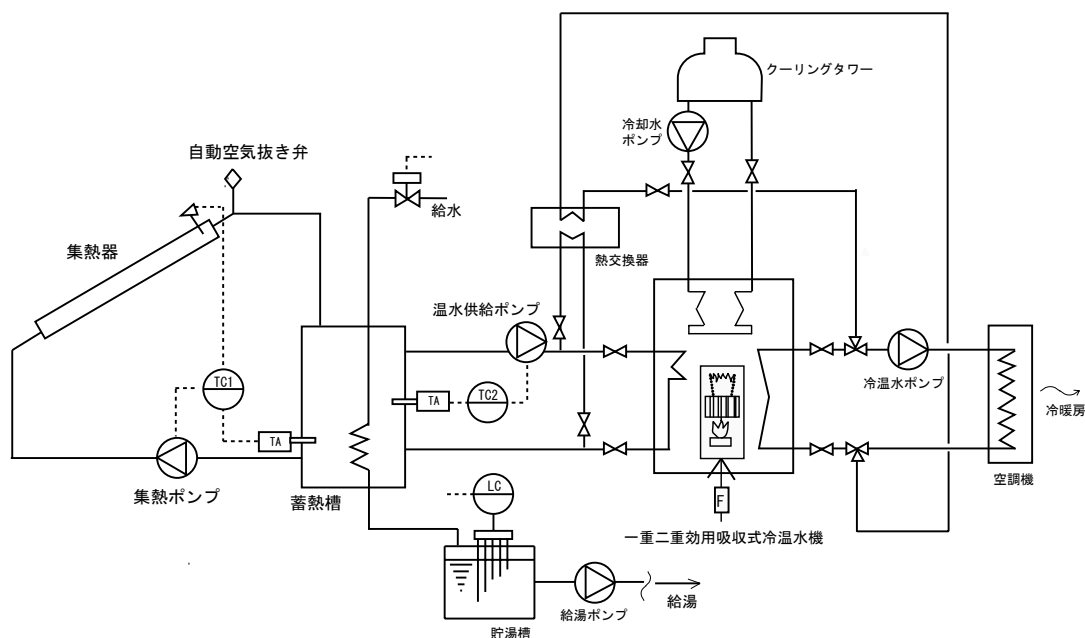


図 2.3.6 一重二重効用吸収式冷凍機（冷温水機）を使った暖冷房給湯システム

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

<留意点>

- 冷房駆動に必要な温水温度は 80～100℃であり、部分負荷運転時に太陽熱を優先的に使用することができる。
- 運転モードは一重二重併用、一重単独、二重単独、暖房運転があり、一重二重併用運転では太陽熱を優先して使い、不足分を二重効用運転で補うため効率が高い運転が可能である。

3) ジェネリンクを使った太陽冷房システム

ジェネリンクは、二重効用吸収式冷温水機の高温再生器に入る稀溶液の予熱に太陽熱や排熱を投入し、直焚きでのガス消費量を削減する吸収式冷温水機（ジェネリンク）である。一重二重効用方式と同様に、熱を吸収式冷温水機の水焚き再生器に投入して入熱量を増加させ、ガス消費量を削減する方式（超省エネジェネリンク）も商品化されている。（後述 3.4.3 参照）

<留意点>

- 冷凍機で使用する温水温度は 80～100℃であり、太陽熱が熱源として利用できる。
- 太陽熱の投入量によって、ガス燃焼を段階的に制御することができ、太陽熱を優先的に使用することで、一次エネルギー消費量を抑えた冷房運転が可能である。
- 太陽熱や排熱などの投入可能量は総インプット量の約 10～20%程である。

4) 壁面を利用した空気式集熱システム

図 2.3.7 は施設の南外壁面に空気式集熱器を垂直に取り付け、外気を暖めながら、送風機で室内に取り込む方式である。新鮮空気を加熱しながら取り込むため、室内の空気質も改善される。一般に、平板形で表面に透過体を施したタイプと透過体の無い空気集熱器が用いられる。垂直壁面への設置であり、主に高緯度地方の冬の暖房用に効果が高い。住宅用と業務用があり、工場の壁面に設置して暖房を行う事例もある。

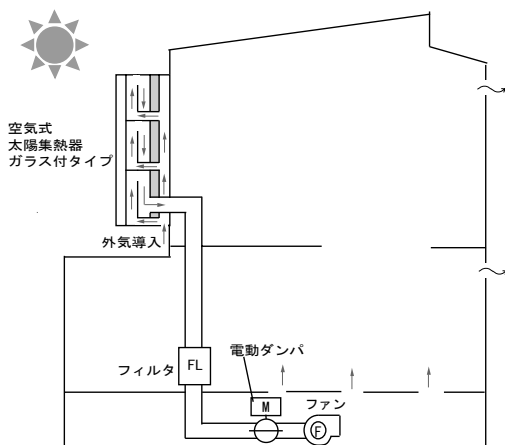


図 2.3.7 壁面空気集熱（換気暖房）

出所)「ソーラーベント資料」EOM 株式会社より作成

5) 空気式集熱冷房システム

空気式集熱で冷房を行うには、大気中の水蒸気を吸着する性質を利用した、デシカント空調という方式が実用化されている。デシカント空調システムには換気型と還流型がある。換気型は外気を取り込んで冷却し室内に給気する方式で、還流式は室内空気をデシカント空調機で処理、冷却して室内に戻すものである。図 2.3.8 は換気型で、外気を取り込んで直接冷却し、室内に導入する方式である。太陽熱は回転式除湿機（除湿ローター）の再生に使われる。（後述 3.4.5 参照）

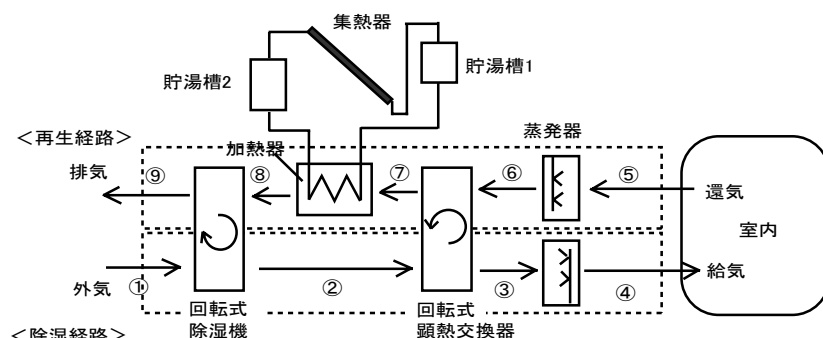


図 2.3.8 太陽熱を使ったデシカント空調システム

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

2.3.4 加温・乾燥システム

1) 加温システム

加温システムの例として、図 2.3.9に示す温水プールの事例がある。負荷側のプール温度が30℃前後と低く、集熱温度も低温で可能なため、集熱効率が高くなり、太陽熱を利用する上では有利である。システムは、比較的簡単であるがプールの負荷が大きいために、集熱量や補助熱源とのバランスを十分考慮しなければならない。プール加温と同時に給湯を行う場合は、プールの殺菌用に使われる薬品に対する対応のため熱交換器を使って熱を供給する。図 2.3.9のシステムでは、蓄熱槽を持ち熱交換器を使ってプールに熱供給している。

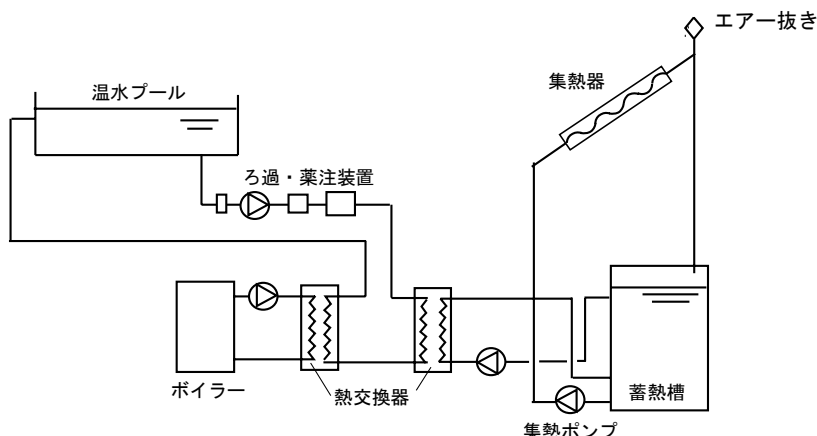


図 2.3.9 プール加温システムの例

出所)「大・中規模太陽熱利用システムの事例紹介」矢崎総業(株)

5) 木材乾燥システム

図 2.3.10 に木材乾燥システムの例を示す。製材時の木材は樹種比重にもよるが、一般に乾量基準の含水率で 70%以上を示すのが通常である。この木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)まで低下し安定するが、その際大きな収縮や反り・曲がりを伴うのを避けられない。安定後の含水率は地域季節によって異なるが、日本の平均はほぼ 15%である。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含水率 15%以下に人工的に乾燥する必要があることになる。人口乾燥の最も難しい点は、短時日で、かつ乾燥割れやその他の損傷がなく仕上げる技術であり、昼夜連続運転で乾燥の進行によって変化する機内の温湿度制御に一定の精度を要求される極めて繊細なプロセス技術である。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る。

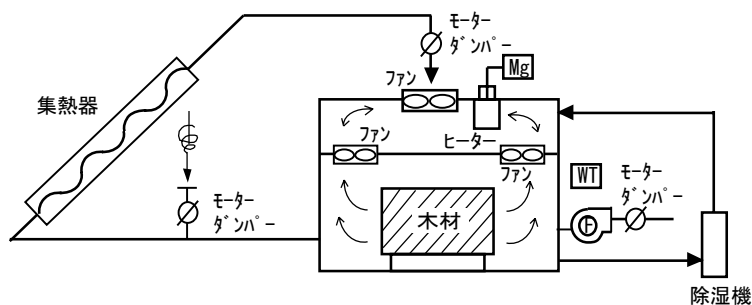


図 2.3.10 木材乾燥システム例

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

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。

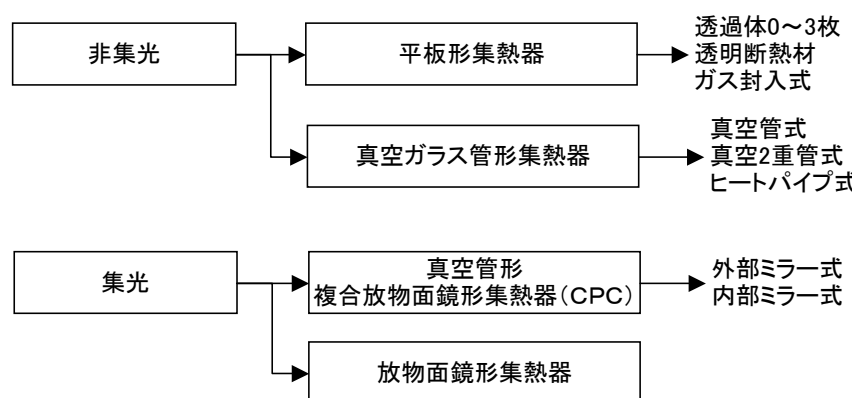


図 3.1.1 集熱器の分類

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 $(\angle\theta / I)^*$ 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。

* $\angle\theta$ ：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

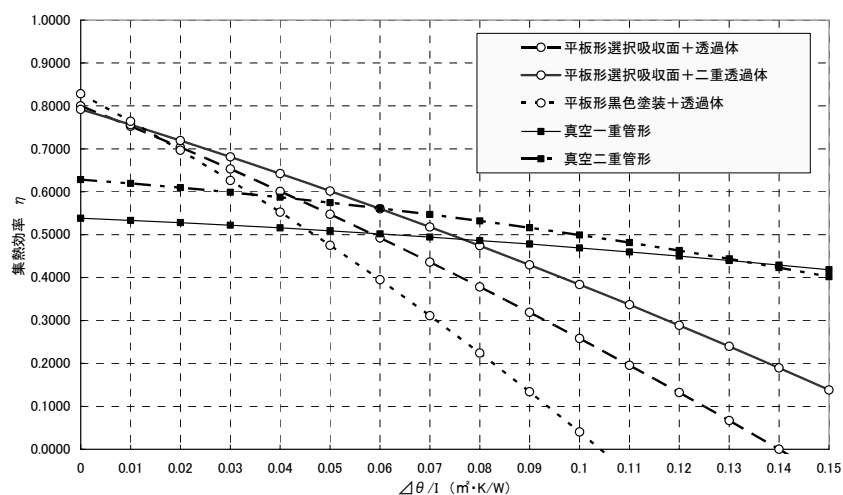
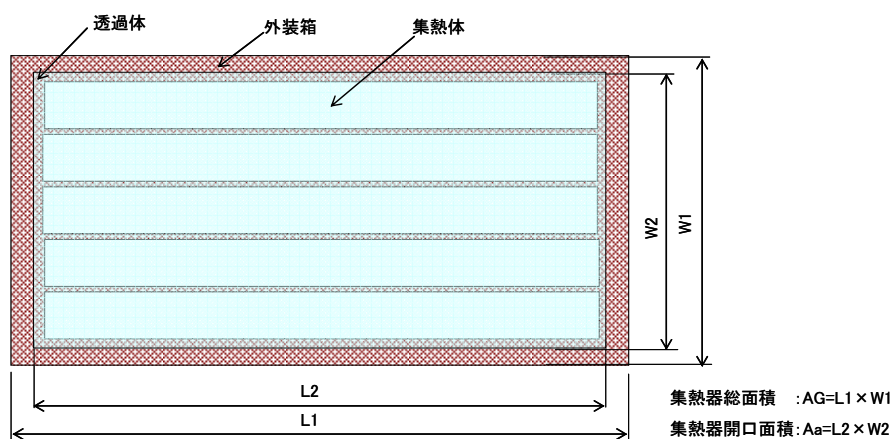
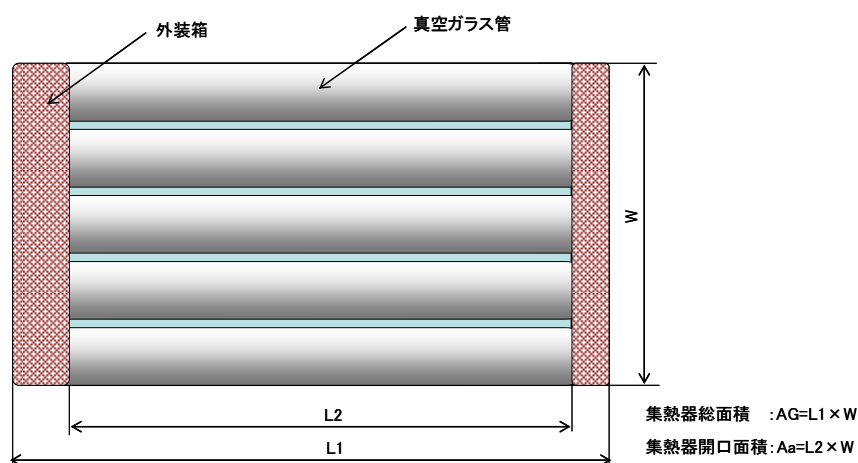


図 3.1.2 各種集熱器の瞬時集熱効率線図（JIS 基準）の代表例



(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 集熱器種類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高い。

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 ←──			

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、ガラスと吸収面の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 コンクリート	2重ガラス	

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合
		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		ブロー成形押出加工

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

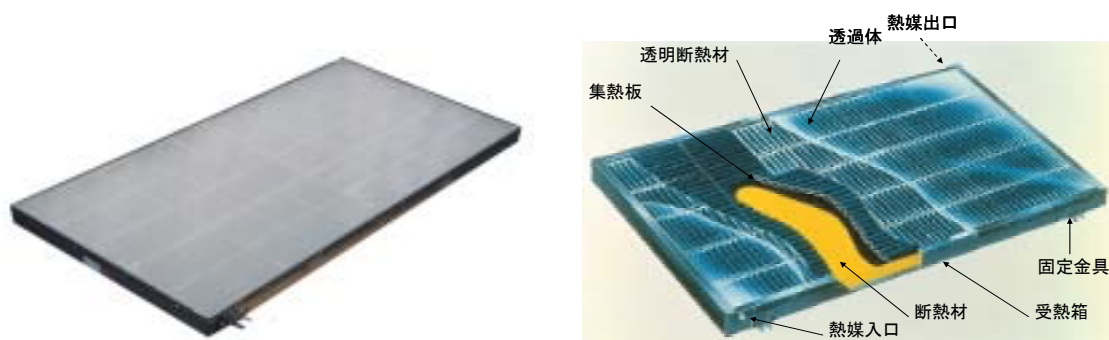


図 3.1.4 平板形集熱器の外観とその構造

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することが多く、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。

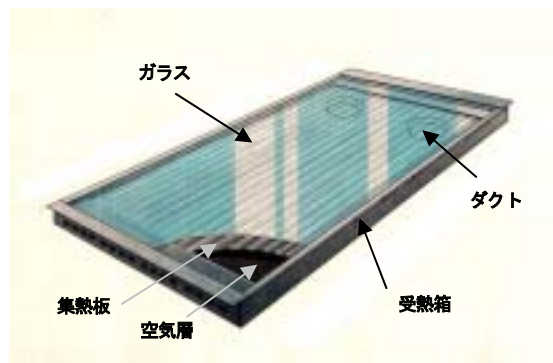


図 3.1.5 空気集熱器の外観とその構造

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。

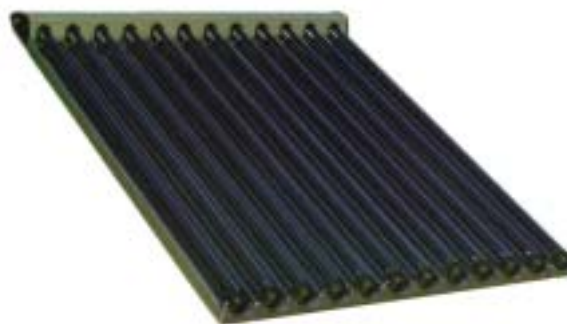


写真 3.1.1 真空ガラス管形集熱器

資料提供) サピオ株式会社

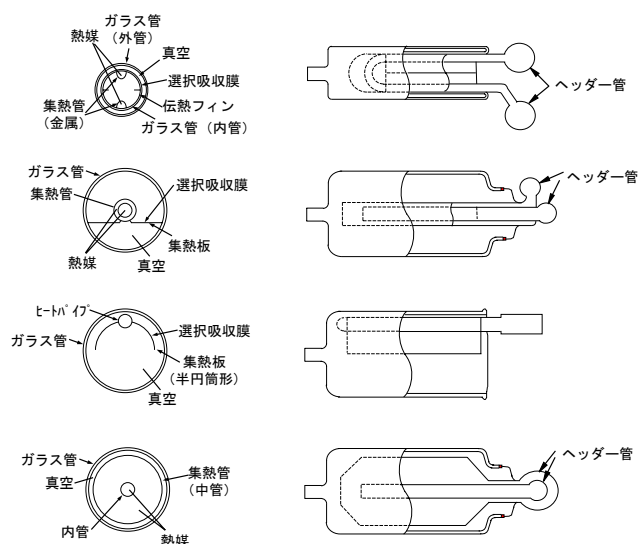


図 3.1.6 真空ガラス管形集熱器の構造

出所)「ソーラーエネルギー利用技術」金山公夫ほか

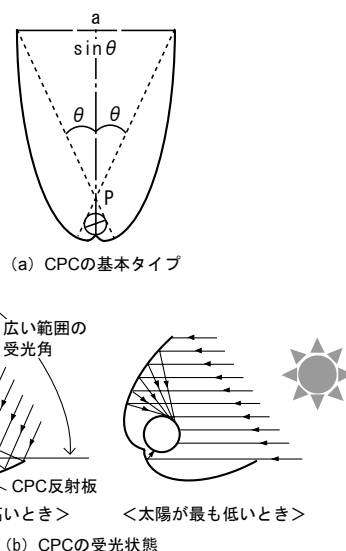


図 3.1.7 CPC 集熱器の構造

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）

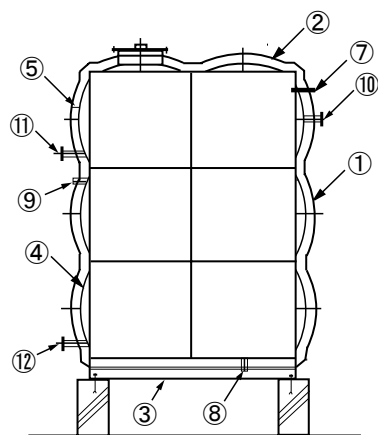
蓄熱槽は、集熱器で集熱した熱を一時蓄え、必要なときに必要とする量を取り出す装置である。そのため、蓄熱槽は保温を確実にし、熱損失を抑えることがシステム全体の効率を向上させる上で重要となる。太陽熱利用専用の蓄熱槽として市販されているものは少なく、一般的な給湯用の蓄熱槽や熱交換器を内蔵した給湯用貯湯槽を使うことが多い。貯湯槽とは、温水を一定の温度に保ち、給湯利用など定量の温水の供給を確保するための装置である。よって、槽の内部に加熱用のコイルを持ち、そのコイルと槽内の水とが熱交換を行い、一定の温水を供給する。

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

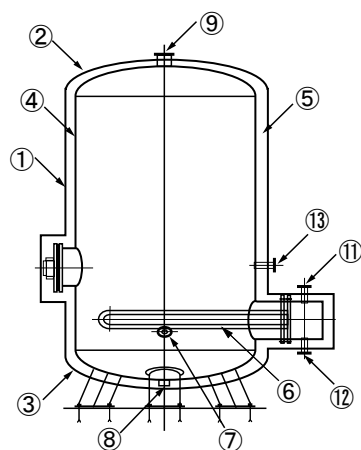


図 3.2.2 密閉形蓄熱槽の概略構造図

資料提供) 森松工業 (株)

3.3 補助熱源

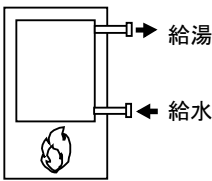
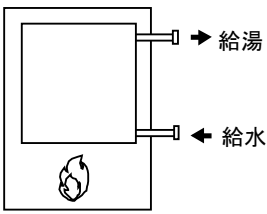
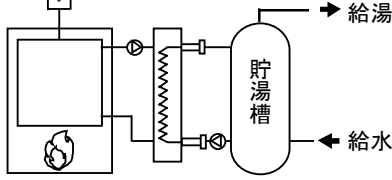
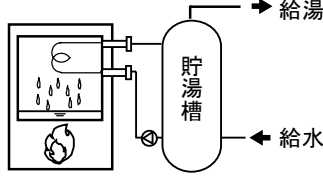
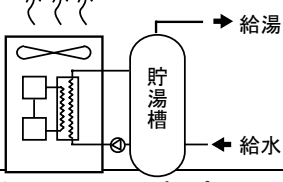
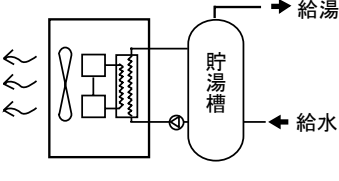
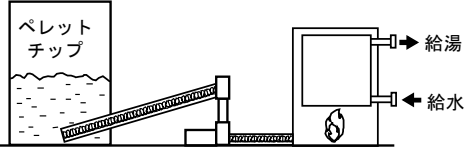
太陽エネルギーは安定供給されない。従って、補助熱源は基本的に太陽熱が無い場合でも十分負荷を賄うことができる能力のものを選定する。太陽熱利用を補完する熱源として、都市ガス、L P ガスなどを使用するガスボイラ、灯油や重油などを使う石油や重油ボイラ、電力を使用するヒートポンプ給湯器、木質ペレットを使用するペレットボイラなど種々の機器があり、いずれも太陽熱利用に組み合わせることが可能である。計画するシステムに合った燃料や機器を選定する。これらの補助熱源を使ったシステムの特徴を表 3.3.2 に示す。

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	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	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	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、通常のも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がある。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。	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	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	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	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		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		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		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。	1) 溶接条件・作業管理を重視 2) 酸洗いまたは研磨
クラッドステンレス鋼板	SS400+SUS304	一般給湯用温水 70℃以下 塩素イオン 20mg/l 以下	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。	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		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。	
	SS400+SUS316L		3) その他はステンレス鋼と同じ	
	SS400+SUS444			

出所)「空気調和衛生便覧」(空気調和衛生工学会)

表 3.3.2 補助熱源（給湯用）

補助熱源	特徴
低圧ボイラ（丸型ボイラ） 	・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。
貯湯型中圧ボイラ 	・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に、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。
無圧式温水ヒーター 	・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。
真空式温水ヒーター 	・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。
ヒートポンプチラー 	・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。
エコ給湯機（CO2 ヒートポンプ） 	・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）
木質バイオマスボイラ 	・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」、開放型吸着式の一つである「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。

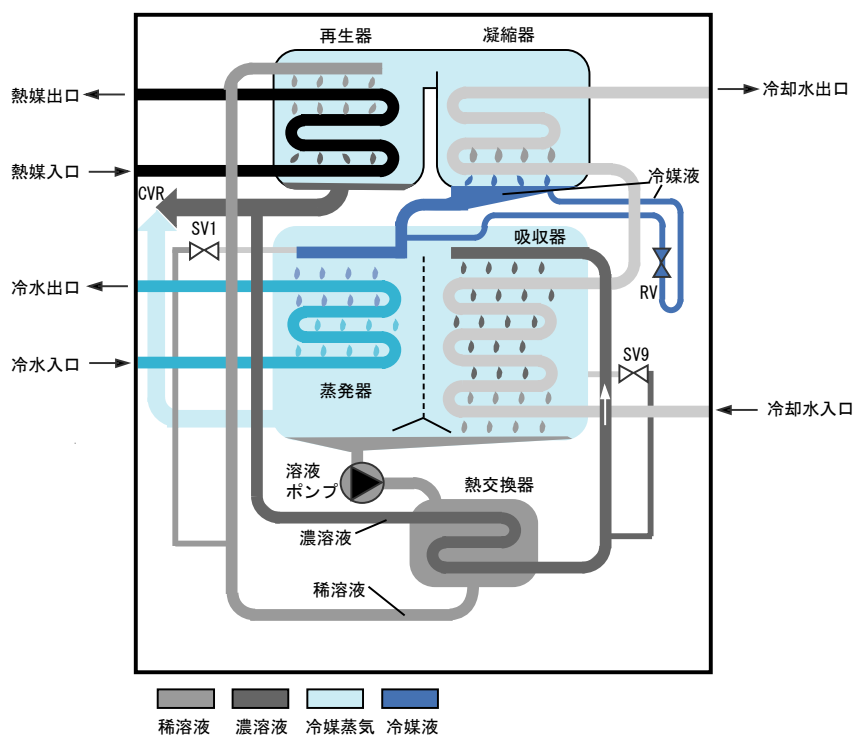


図 3.4.1 温水焚吸収式冷凍機の構造

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、効率が高い。
- 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。

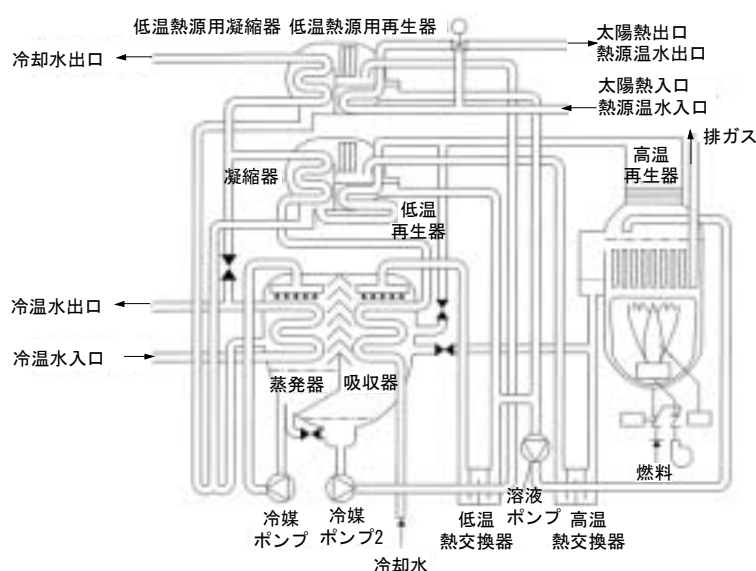


図 3.4.2 一重二重吸収式冷温水機

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。

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冷房利用だけでなく、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。

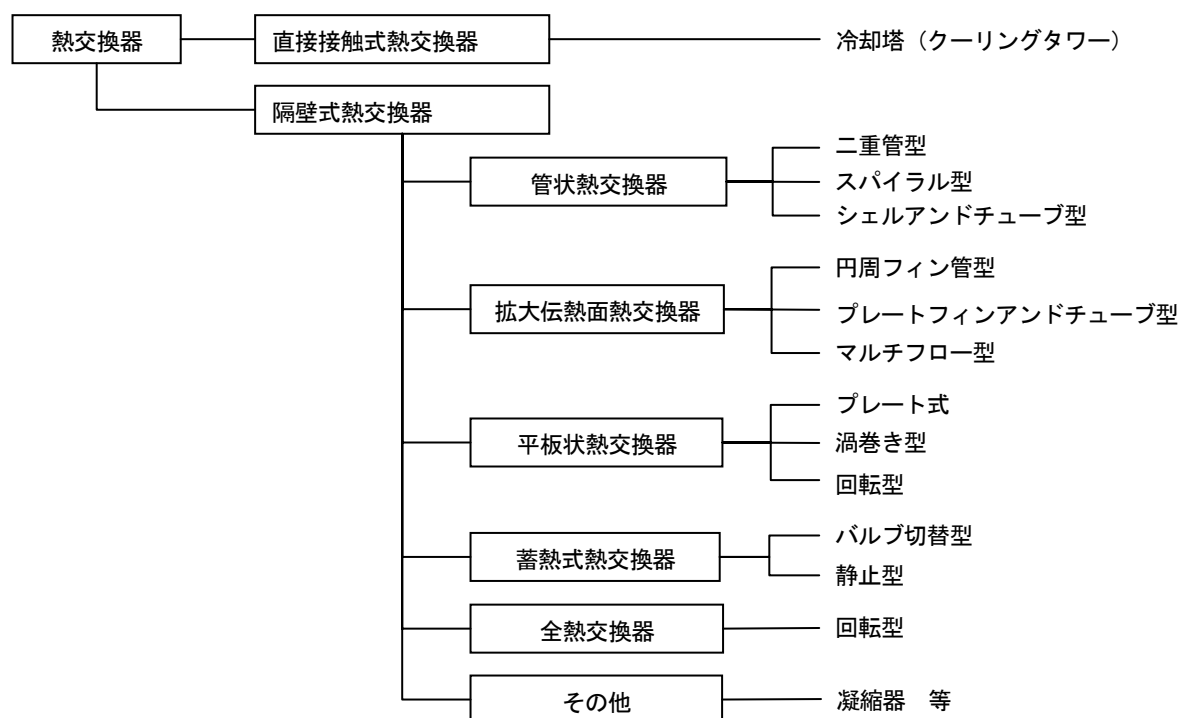


図 3.5.1 熱交換器の分類

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圧 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、压力容器構造規格の適用を受ける。同規格には、第一種压力容器、第二種压力容器、小型压力容器、簡易压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、暖冷房用に使わ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。

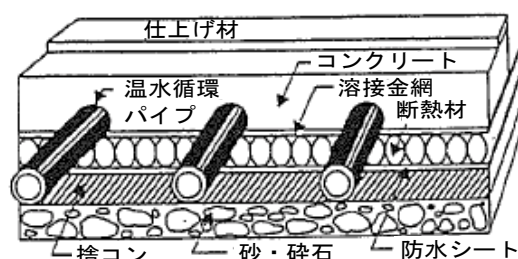


図 3.6.1 コンクリート埋め込み形の床構造の例

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場合が多い。
- 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。

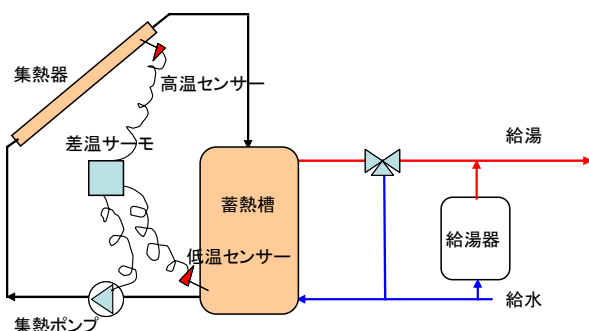


図 3.7.1 差温サーモのセンサー取付け部

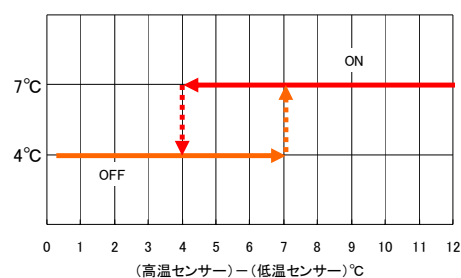


図 3.7.2 差温サーモの制御

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

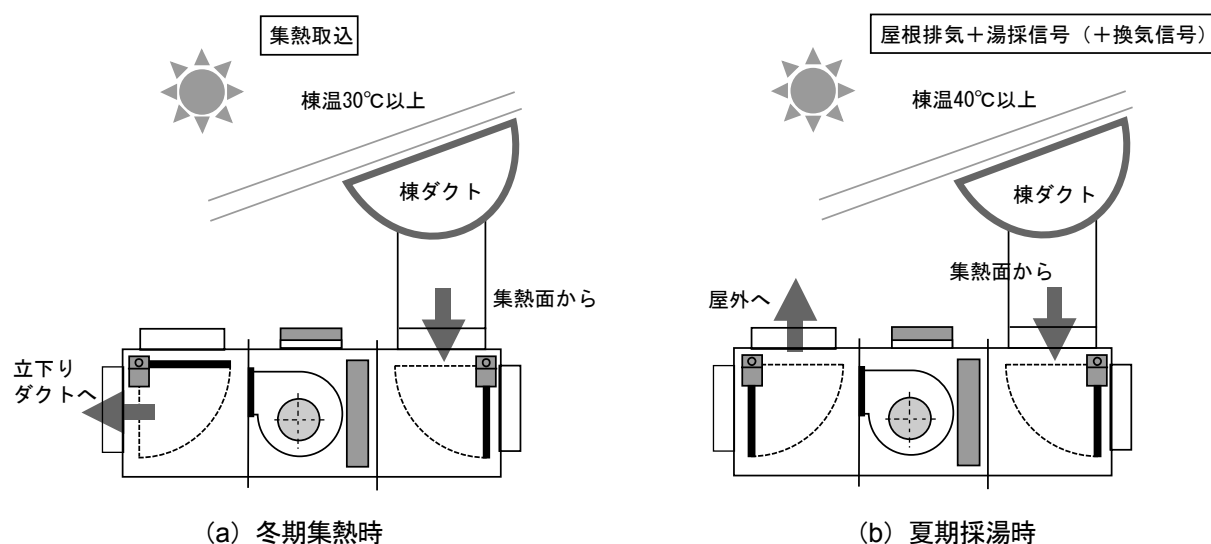


図 3.9.1 ハンドリングボックスの運転

資料提供) OM ソーラー (株)

第4章 建物への太陽熱利用の計画

太陽熱システムの計画には、建築側から見た建築計画と、太陽熱側から見た太陽熱計画の2つの側面がある。建築物の熱負荷に対し太陽熱を有効に利用するためには、建物に要求される条件を分析し、気象条件を考慮した上で熱負荷が小さくなるような設計を行う。その上で太陽熱利用システムや設備の設計を行っていく。両者を同時に考えながら設計することが大切であるが、既築の建物では建物の用途、形状が固定されているため、建築側に合わせた太陽熱利用システムの設計となる。いずれにせよ、建物の熱負荷全部を太陽熱で賄おうとするのではなく、既存エネルギーとのベストミックスを計画することが重要となる。

4.1 太陽熱利用システムの計画

太陽熱利用システムは、住宅や建築物で得られる太陽エネルギーを使って建物の給湯負荷や暖房負荷の一部をまかない、快適さと同時に既存エネルギーやCO₂排出量を削減する。新築の建物であれば建築計画と並行して太陽熱利用の検討を行うことになるが、既築の建物では建物や負荷に合った太陽熱利用を計画、設計する。「エネルギーの使用の合理化に関する法律」が平成20年5月に改正され、平成21年4月1日施行されたが、この中でも省エネルギーアイテムとして太陽熱利用が取り上げられている。

- 1) 建物用途と敷地との関係を考えた上で建物の形状、階数、方位を決定する。直接外気に接する外壁や屋根面積を少なくすることで負荷を減らすことができるが、太陽熱利用の性格上、あまり屋根面積が少ないと十分な集熱量が得られなくなる。各部屋の用途、使用方法、使用頻度などを考慮の上、部屋の配置や機械室の配置、集熱器、蓄熱槽の配置を検討する。
- 2) 建設する地域や建物の用途、種類によって、建物の開口部は大きく異なる。開口部は暖冷房負荷を増大する原因になるとともに、冬期は直接日射を取込み、中間期は換気のための通風口になるなど使い方によっては快適性を向上させ、省エネに役立つことになる。開口部の負荷を減らすには次の方法がある。①開口部の大きさを小さくする、②開口部の断熱性を高める、③窓を2重窓やペアガラスなど断熱性の高いものにする、④ひさしや植栽を設ける。
- 3) 建物の熱負荷を最大限小さくする建築設計、機器の使い方を考えて必要な負荷を把握する。負荷の種類や量、負荷パターンなどは建築の設計や用途（事務所ビル、食堂、介護施設、運動施設など）、使用者の使い方によって大きく異なり建物毎に計算しなければならない。
- 4) 負荷の量が同じでも、病院や介護施設など日中に負荷が大きい施設と、ホテルや住宅など夜間に負荷が大きい施設では太陽熱利用システムの設計が異なる。それらを知った上で太陽依存率やエネルギー削減量、CO₂削減量などの目標を立てて太陽熱利用システムの設計を行う。
- 5) 九州のような温暖地と北海道や北陸のような寒冷地や積雪地では、太陽熱利用システムの設計が異なる。寒冷地では凍結を考慮しなければならない、積雪地では雪の重みに耐えなければならない。台風の多い九州では風荷重に注意しなければならないことはいままでもない。給水温度も地域や水源も季節によって異なる。

4.2 太陽熱利用システムの計画上の要点

太陽熱利用システムを計画・設計するに当たり、日射量が豊富に得られる地域であることはもちろん、周辺地域の地形や環境、設置条件及び利用方法まで事前に調査検討する必要がある。太陽熱利用システム

を建物に取り入れようとする場合、建築計画に合った計画でなければならず、既築の建物の場合は特に慎重に計画することが必要になる。

4.2.1 周囲条件・環境

建物はその建築場所によって気象や環境条件が異なる。気象条件は建物の負荷に関係するだけでなく、太陽熱利用の効率にも影響を与える。周辺の建物や立ち木はその位置や高さなどにより、当該建物に陰影を作る場合もあり、集熱器の配置にはそれらを考慮した設計とする。

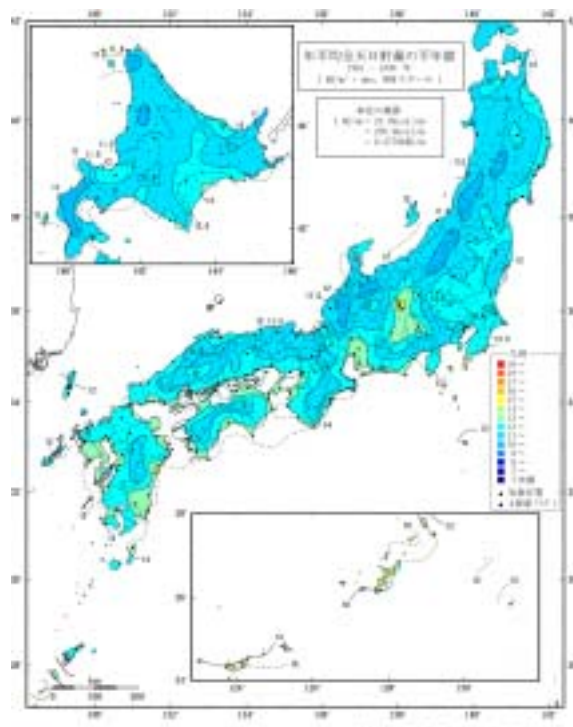


図 4.2.1 年平均全天日射量の平年値

出所：「全国日射関連データマップ」H10 年度 NEDO

1) 日射量

太陽熱利用を考えると集熱器に入射する全天日射量はできるだけ多いことが望まれる。全天日射量は直達日射と天空日射の合計であり、地域、季節、天候、時刻及び受熱面の傾斜角、方位角によって異なる。地域や季節、天候、時刻は変えられないため、太陽熱利用を計画するときは建物の形状や用途を十分考慮の上、最適な集熱器の設置場所や傾斜角、方位角を決定しなければならない。

図 4.2.2 は傾斜面と太陽の位置の関係を示したもので、太陽の位置は季節や時刻により時々刻々変化するため傾斜面の日射量は日、月、年間の積算値になり、季節によって大きく変化する。

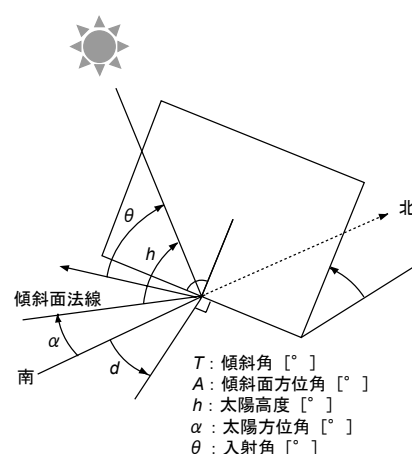


図 4.2.2 傾斜面と太陽の位置

2) 傾斜角、方位角と受熱面日射量

図 4.2.3 は東京の水平面の月平均日射量を基準に、傾斜角の変化による 1 月、8 月、年間の受熱面日射量を示したものである。年間では傾斜角 32° 前後が最も大きくなり 1 月は 60° 、8 月は 13° 前後が最も日射量が多い。この結果より、給湯負荷に対応するには傾斜角 32° 前後が最も効率的で、暖房利用では傾斜角 $50 \sim 60^\circ$ 、冷房利用では傾斜角 $10 \sim 20^\circ$ 前後が最も集熱量が大きくなる。また、各月最大日射量の得られる傾斜角は図 4.2.4 のようになる。

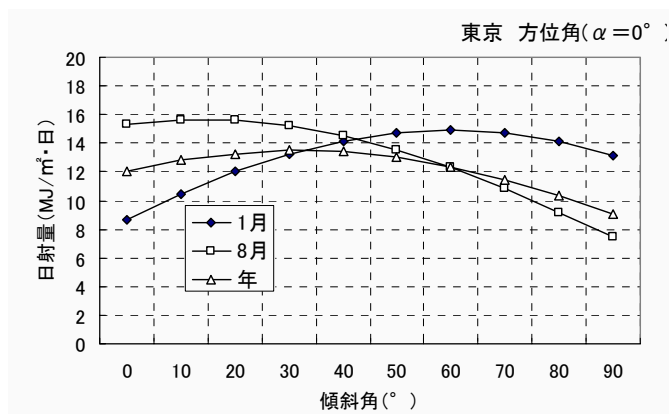


図 4.2.3 傾斜角と日射量

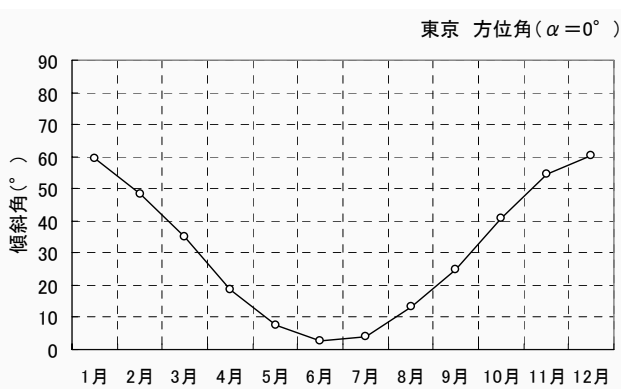
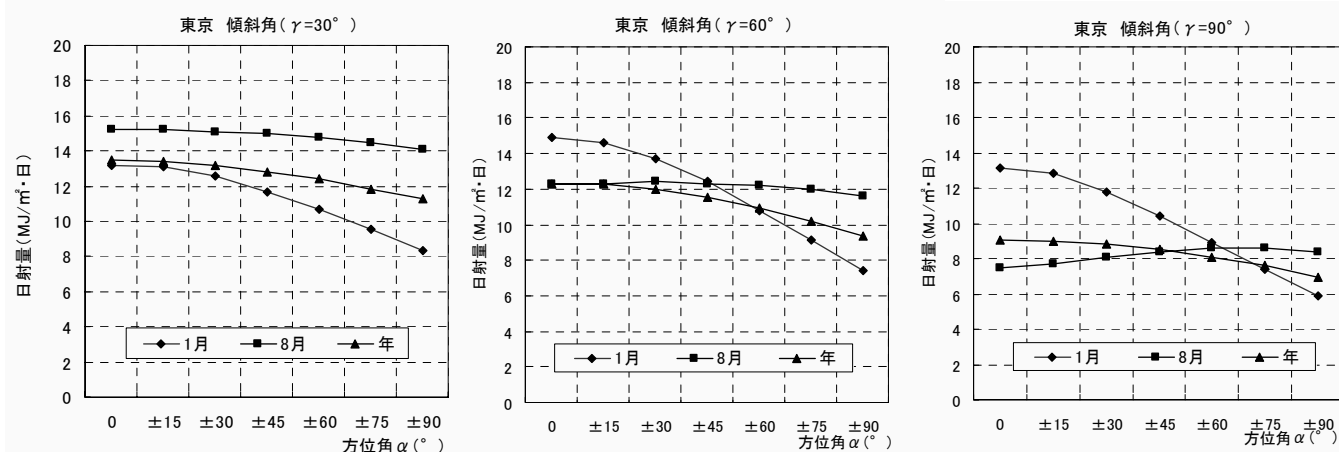


図 4.2.4 月最大日射量が得られる傾斜角

3) 受熱面の方位角と日射量

傾斜角と同様に方位が振れると受熱面に入射する日射量に変化する。1 月と 8 月及び年間で、受熱面の方位が振れたときの日射量の低下する割合は図 4.2.5 に示すようになり、特に傾斜角が大きいときに影響が大きい。1 月は方位角が大きいと日射量の減少が大きくなる。8 月は集熱器の傾斜角が 90° の場合において、方位角が大きいと日射量は若干増加する。



(a) 傾斜角 30°

(b) 傾斜角 60°

(c) 傾斜角 90°

図 4.2.5 方位角と日射量 (東京)

4.2.2 建物用途

建物用途によって給湯や暖房、冷房の熱負荷の大きさや負荷のパターンが異なる。一般に季節によって負荷が変化するため、負荷の種類や傾向を捉えて、負荷にあった受熱面の傾斜角、方位角を決定する。暖

房用途を優先する場合は傾斜角を大きくするが、給湯では年間の日射量が最大となる傾斜角が望まれる。

4.2.3 配置計画

太陽熱利用システムを構成する機器の配置は、配置によって集熱器の設置枚数に差が生じたり、配管が長くなり熱損失が大きくなったりするため、建物と調和して配置する必要がある。集熱器は屋根に置くのが一般的で、新築の場合には屋根一体にしてデザイン良く計画できるが、既築の建物では制約が大きい。設計に当たっては集熱器の枚数や重さ、傾斜角や蓄熱槽の設置場所、荷重、機器を結ぶ配管経路の設定に留意しなければならない。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あるが、敷地や建物方位によっては南面に設置できないことも多い。この場合、建物のデザインとともに日射が得やすく、負荷の少ない建物の計画にするなど積極的な対応方法を検討する。

省エネルギーという観点から構成機器の配置を考えると、各構成機器はできるだけ近く配置し、負荷への配管も含めて極力短くするのが理想的である。熱源と負荷が離れているということは配管からの放熱のみならず、搬送動力が増え、イニシャルコスト、ランニングコストともに増大することになる。

1) 集熱器の配置

集熱器は建物の屋根や外壁、ひさしなど様々な場所が考えられるが、建物の方位や設置場所の傾斜角及び建物用途や日照条件、他の構成機器の配置などに十分配慮して決定しなければならない。図 4.2.6 に集熱器の配置例を示す。

<留意点>

- 計画場所は日射を遮る地形や建物がないことを確認し、周囲の建物配置や影の状況を見極めた上で設置場所を決定する。同時に太陽熱を上手に取り込む建物形状にする。
- 集熱器のサイズや形状に制約があり、建物の形状や寸法は建築計画で左右されるためデザインのうまく融合させるために工夫が必要である。
- 建物デザインや対応する負荷、システム効率を考慮して集熱器の設置位置、傾斜角を決定する。システム構成機器や配管はできるだけ負荷に近い場所に配置し十分な断熱を施す。
- 集熱器や蓄熱槽の設置に当たっては地震荷重や風荷重、雪荷重を考慮した設計にする。
- 太陽熱機器の配置に当たっては建築計画との関連性を考えて常に省エネルギーを考えて進める。
- 集熱器の配置は南に面し日射を受ける位置であれば利用できるため、屋根や壁など躯体に一体的に設置する方法と架台を使って必要な傾斜角を確保する方法がある。

2) 蓄熱槽の配置

蓄熱槽の配置場所は、床下や地下埋設、小屋裏、屋内、屋外など多くの場所が考えられるが、省エネルギーの観点と同時にメンテナンススペースが取れるような配置場所を選定する。図 4.2.7 に蓄熱槽の配置例を示す。

<留意点>

- 熱源装置や蓄熱槽のスペースは通常の設備計画に比較して大きくなるため、その配置は平面計画時に十分検討して集熱器や負荷からできるだけ近い位置に配置し放熱を最小限にすることが望まれる。
- 蓄熱槽は重くなるため、重量に耐えられる基礎や設置方法にしなければならない。
- 建物内部に配置すると、冬期は蓄熱槽からの放熱が期待できるが、夏期は冷房負荷を増大させる要因となるため、計画には注意が必要である。

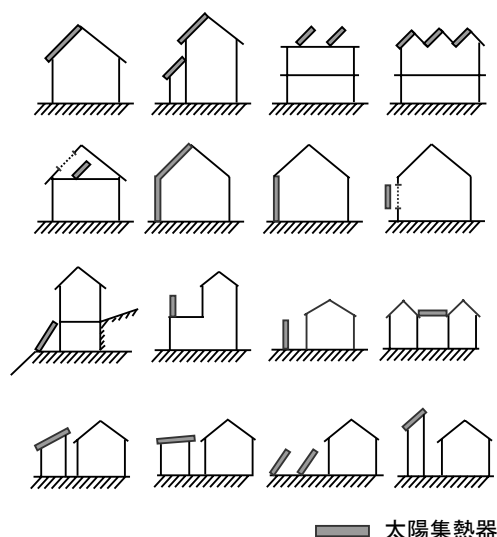


図 4.2.6 集熱器配置例

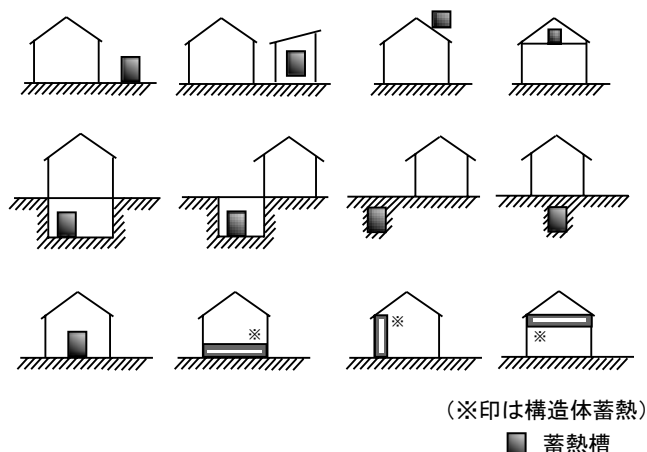


図 4.2.7 蓄熱槽（体）配置例

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

4.2.4 システム設計

太陽熱利用システムは図 4.2.8 に示すように、集熱部、蓄熱部、負荷とそれを結ぶ熱搬送部（配管）で構成される。集熱部は開放システム、密閉システム及び直接集熱、間接集熱があるが、対象とする負荷や用途は給湯、暖房、冷房などがある。

集熱面積や蓄熱槽容量は負荷や太陽依存率を考慮して、効率が良く経済的な規模で設計する。集熱器の傾斜角、集熱面積は屋根面積や意匠などによる制約で決められることが多い。太陽熱利用を効果的に行うには、給湯、暖房、冷房方式とし、年間を通じて無駄なく使用できるように負荷と設備のバランスの取れた設計を行うことが大切である。

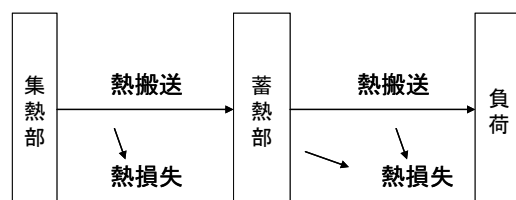


図 4.2.8 太陽熱利用システムの構成

4.2.5 負荷

建物側で検討しなければならないことは、快適性を損なわずに、建物の熱負荷をできるだけ小さく抑えた設計をすることである。空調負荷であれば南側の植栽や風の流れを考えた建物配置にしたり、窓や外壁、屋根などの断熱性を極力強化する。換気負荷に対しては全熱交換器や自然換気を利用するなど、色々な手段を使って負荷を減らすことが大切である。

給湯負荷であれば節湯型器具を使ったり、風呂追焚が出きる器具を用いたりすることで熱負荷を少なくすることが考えられる。

夜間に負荷の多い住宅の暖房などは、建築躯体（蓄熱床）の熱容量を大きくし、昼間に躯体へ蓄熱して、夜間に放熱することで温度低下を小さくする方法が効果的である。その他、開口部から積極的に太陽熱を取り入れる（パッシブ手法）なども有効である。

4.3 太陽熱利用システムの計画上の留意点

太陽熱利用システムを計画・設計するに当たり、日射量が豊富に得られる地域であることはもちろん、周辺地域の地形や環境、設置条件及び利用方法まで事前に調査検討する必要がある。太陽熱利用を計画する際の留意点は以下のとおりである。

1) 計画場所

日射を遮る地形や建物がないことを確認し、太陽熱を上手に取り込む建物形状にする。集熱器や蓄熱槽の設置に当たっては地震荷重や風荷重、雪荷重を考慮した設計にする。

2) 設置位置・傾斜角

建物デザインや対応する負荷、システム効率を考慮して決定する。

3) 熱負荷

給湯負荷や暖冷房負荷は極力小さくなるように計画する。夜間に負荷の多い住宅の暖房などは建築躯体（蓄熱床）の熱容量を大きくし夜間の温度低下を少なくする方法が効果的になる。

4) 暖房

躯体の蓄熱や放熱の効果を活かしたパッシブ的な手法も併用して、足りない部分を補助熱源でまかなう。

5) 太陽依存率

太陽依存率を高く設定しすぎると、集熱面積が増加し、夏期には熱量が大きくなり、結果的に経済性を損なう。経済性を含め、用途やシステムを考慮した上で設備仕様を決定する。

6) システムの配置

システム構成機器や配管はできるだけ負荷に近い場所に配置し十分な断熱を施す。

7) 補助熱源装置

太陽エネルギーの量は天候によって左右されるため、補助熱源装置の能力は原則として必要とする負荷の100%をまかなえる規模にする。

8) システムの選定

集熱システムには開放システム、密閉システム及び直接集熱と間接集熱があるが、それぞれの特徴にあったシステムの選定や設計を行う。

9) 集熱面積

負荷と太陽依存率を考慮して、効率が良く、経済的な規模で設計する。集熱器の傾斜角、集熱面積は屋根面積や意匠などによる制約で決められることが多い。

10) 蓄熱容量

集熱器の単位面積あたり50～100ℓにすることが多いが、日中負荷が多く夜間に負荷が少ない場合は、蓄熱容量を小さくできる。

11) 保守・点検

屋内や屋外に設置する構成機器はメンテナンスを考慮した設置をおこない、メンテナンススペースや搬出経路を考慮しておく。

表 4.3.1に太陽熱利用システム計画上の要点をまとめて示す。

表 4.3.1 太陽熱利用システム計画上の要点

	共通事項	給湯	暖房・給湯	暖冷房・給湯
負荷の把握	必要熱量を十分把握する。計画時より省エネルギーに配慮しシステムを過大にしない、システムの熱損失を軽減する（建物の断熱強化、日射調整も含む）	給湯量（42℃）の目安 1) アパート、ホテル 75～300ℓ/人・日 2) 事務所 7.5～11.5ℓ/人・日 3) 工場 20ℓ/人・日	1) 暖房負荷を小さくする 100W/㎡以下 2) 低温水暖房方式の採用（放射暖房を検討）	1) 暖冷房負荷を小さくする 100W/㎡以下 2) 省エネ暖冷房方式の採用（放射暖房を検討）
集熱器の設置角度	設置方位角は南を中心に東西に±15°以内になるように計画する（ただし±45°程度振っても受熱面日射量の影響は小さい）	傾斜角の推奨値は設置角度の緯度～緯度-5°	傾斜角の推奨値 1) 暖房・給湯システム：緯度+（10～20°） 2) 暖房優先の設置：緯度+（20～30°）	傾斜角の推奨値 1) 暖冷房・給湯システム・設置場所の緯度または（緯度－（～10°） 2) 冷房優先の設置条件：緯度－（10～20°）
集熱面積の求め方	設置場所、気象データ、熱負荷からシステム効率、太陽依存率を考慮して計画する	集熱面積あたりの給湯量 50～150ℓ/㎡	暖房負荷のピーク時に晴天日で太陽依存率を100%とする場合は集熱面積は暖房床面積の40～50%を目安にする	温水焚吸収冷温水機を利用する場合、冷凍容量当りの集熱面積は20㎡/USRTを目安とする。 冷房負荷のピーク時に、集熱量が最大になること
蓄熱槽容量の目安	用途、集熱量及び負荷の時刻を考慮して計画する	集熱面積あたりの蓄熱量：50～80ℓ/㎡	集熱面積あたりの蓄熱容量：25～50ℓ/㎡	集熱面積当りの蓄容量 葉 25ℓ/㎡（昇温や高温集熱を考慮）
補助熱源の検討	天候不順が続いた場合の必要熱量を確保できること、環境にやさしいエネルギーで低価格であること	不足分の補給が効率よくできるシステムとする	不足分の補給が効率よくできるシステムで、温度の調整範囲が広い	天候不順が続いた場合も冷温水機を運転できること冷温水機の始動及び継続運転が追従が良いこと

4.4 関係法律及び規則

集熱器は屋根に設置されることが多い。このため、集熱器を建物に取り付ける強度計算、及び許容応力度等の数値は建築基準法で規定されている値を用いて計算し、安全であることを確認する（第7章参照）。同様に各種の法律、規則に該当する場合はそれに準じた設計を行なわなければならない。太陽熱利用システムを設計する上での関係法、規則には、建築基準法、消防法、水道法、労働安全衛生法、ボイラ及び圧力容器安全規則、高圧ガス保安法、地方条例などがある。

第5章 太陽熱利用システムの設計

5.1 シミュレーションによる評価

太陽熱利用システムのシミュレーションには、簡易計算と詳細計算がある。検討の初期段階では簡易計算による方法で行うが、最終段階には詳細計算によるシミュレーション評価を行ない実施設計につなげる。

簡易計算では指定地域の月平均の気象データや日合計負荷を使って全日集熱効率線図により求める方法と、月平均の時刻毎の気象データ、月平均の時刻毎の熱負荷を用いて瞬時集熱効率線図より時刻毎の計算で求める方法がある。全日集熱効率線図を用いた簡易計算では、月平均の気象データや集熱温度条件を基に全日集熱効率線図の横軸（ $\Delta t_d / J T$ ）を計算し、効率線図により集熱効率を求めて熱収支を計算する。精度は良くないが簡単に平均日の集熱量を得ることができる。この概算結果を基に詳細計算のためのシステムの設計因子（集熱器の設置条件や集熱面積、蓄熱容量など）を設定する。

詳細計算では、1年365日の気象データや熱負荷データを時間毎に入力して365日を連続して熱収支の計算を行い、太陽熱利用熱量や太陽依存率などを求める。

シミュレーションの概念は図 5.1.1 に示すように、建物の建設地の気象データ、熱負荷データ及び太陽熱利用を含めた構成機器の仕様を取り込み、太陽熱利用熱量や太陽依存率を計算し、その有効性を確認し実施設計に進める。

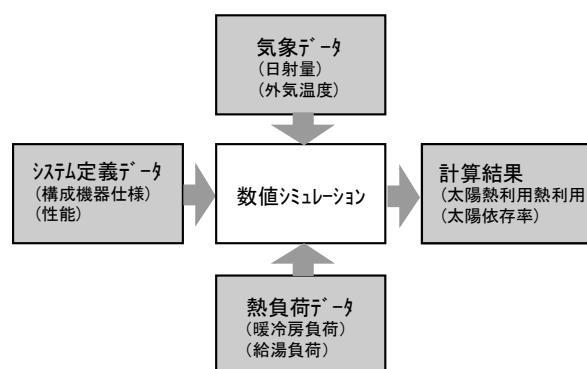


図 5.1.1 ソーラーシミュレーションの概念

一般的な計算のステップは図 5.1.2 に示すように建物の、全体計画⇒環境条件⇒負荷計画⇒システム設計⇒機器設定⇒熱収支計算⇒評価を行う。評価結果が不十分であれば、条件を変えて検討し満足のいく結果になったところで実施計画へ進める。

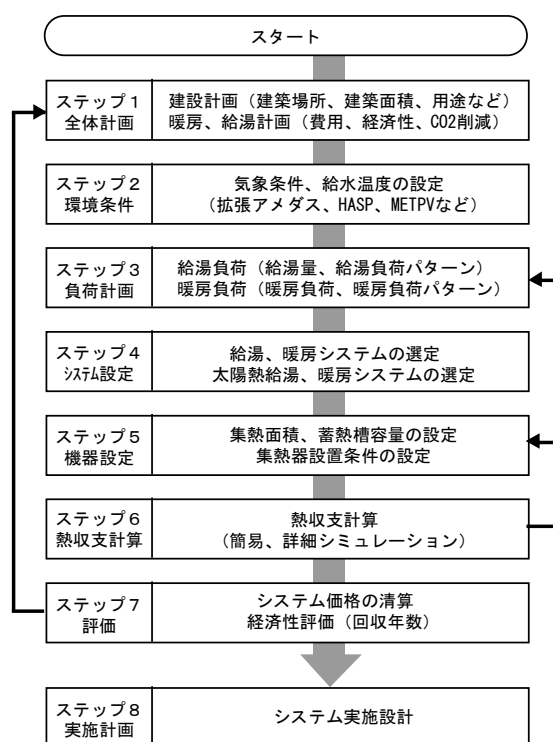


図 5.1.2 シミュレーションのステップ

5.2 気象データ

太陽熱利用システムのシミュレーションに使える気象データは種々のものがあるが、計算に用いる主な気象データを次に示す。シミュレーションでは入手可能な気象データを使って、集熱器に入射する太陽エネルギー量や環境条件を計算する。

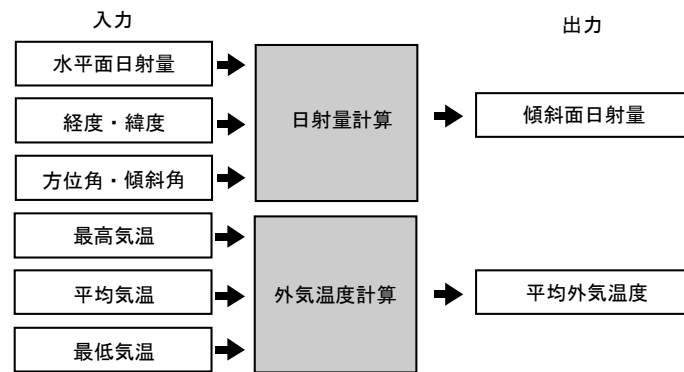


図 5.2.1 日射量計算の入出力

- 1) 拡張アメダス気象データ：気象庁が公開しているアメダス気象データの欠測データを補完し、日本建築学会でまとめたもので15年間の平均的な気象データとして標準年EA気象データが用意されている。
- 2) 標準気象・日射データ（METPV）：（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が気象庁へ委託して作られた標準気象・日射データベースで水平面データをはじめ任意方位・傾斜面日射量も計算、表示が可能である。データは平均年、極端年の時刻別データとして収録されている。
- 3) 全国日射関連データマップMONSOLA05*(801)：日本気象協会が新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託により作成した全国801地点のアメダスの日射量平年値データベースである。
- 4) HASP：空気調和・衛生工学会が開発した空調負荷計算用標準気象データである。

ソーラーシステム振興協会では、全国日射関連データマップの月平均日積算集熱面日射量や標準年EA気象データによる月平均気温、日照時平均気温及び標準晴天日の気象データをまとめてデータベース化しており、簡易計算ではこれらのデータが活用できる（9.1参照）。

5.3 給水温度

給水温度は季節変動（外気温度変動）や水源、水源からの距離などにより異なるため現地で計測された月毎の給水温度を使うことが望ましいが、現実には給水温度調査は面倒で年によって異なるため標準的なデータを使うことが多い。標準的給水温度データはソーラーシステム振興協会が浄水場水温、給水栓水温を調査しまとめた給水栓水温データ（198 地点）がある。（9.2 参照）

5.4 集熱計画

簡易計算による集熱量計算は、月平均気象データを用いて全日集熱効率線図（図 5.4.1）より計算する方法や、月平均時刻毎の気象データを用いて瞬時集熱効率線図（図 5.4.2）で時刻毎に集熱量計算して積算する方法がある。

詳細計算では 1 年間の時間毎の気象データや 24 時間の熱負荷データ、及び瞬時集熱効率線図を用いて時間毎、または数分毎の計算を行なって年間の熱収支を計算する。瞬時集熱効率の式は ISO と JIS では若干異なるため使用に当たっては注意が必要である。集熱量計算は蓄熱槽に無関係ではなく、集熱や負荷による熱収支により蓄熱槽温度が変化し、次の時刻の集熱効率に影響する。

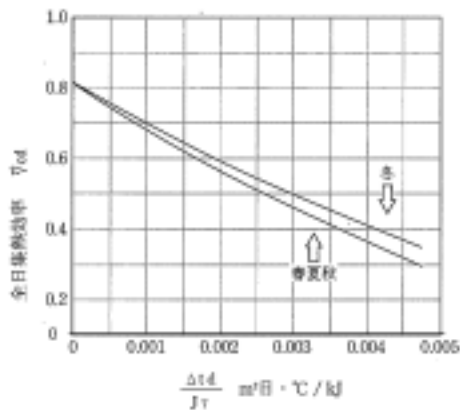


図 5.4.1 全日集熱効率線図の例 (Y 社)

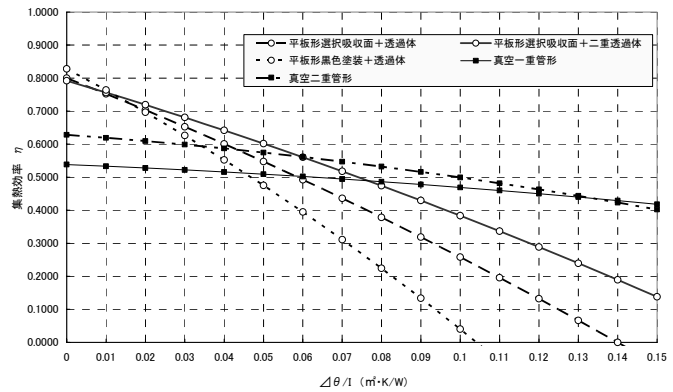


図 5.4.2 瞬時集熱効率線図の例

図 5.4.3 に集熱量計算だけを取り出して入出力の関係を示す。

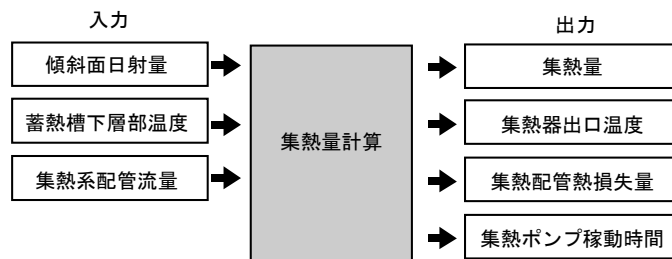


図 5.4.3 集熱量計算の入出力

5.5 熱負荷

建築物の計画段階では、当然のことながら詳細な熱負荷を求めることが出来ない。建物や施設の熱負荷は図 5.5.1 に示す情報を入力して熱負荷を算定する。従来の熱負荷計算は機器選定の目的で行うためピーク時熱負荷を検討するが多いが、太陽熱利用の場合は1日の時刻別負荷パターン及び全負荷がシステム設計の重要な要素になる。

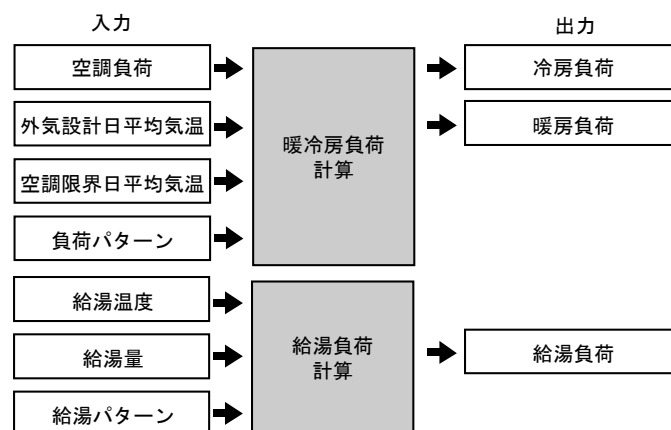


図 5.5.1 熱負荷計算の入出力

1) 給湯負荷

給湯量や負荷パターンの推算には、各々の給湯器具の個数から算出する方法、一人あたりの所要給湯量から求める方法、建物用途毎の床面積あたりの給湯量より求める方法などがある。給湯負荷を簡略に計算

するためには一日の負荷量と給湯温度で熱量を計算するが、詳しく計算するには時間毎の負荷パターンを用いる。住宅用については家族人数や日によって給湯負荷が変わることを想定して（財）建築環境・省エネルギー機構などで給湯負荷モードが提案されている。1日の給湯負荷の算出は給湯量を給水温度から給湯温度まで加熱するため必要な熱量として下式のように算出する。

$$Q_w = C_w \cdot \rho_w \cdot W \cdot (T_w - T_s)$$

Q_w : 給湯負荷 (kJ/日)、(MJ/年)

W : 給湯量 (L/日)、(L/年)

C_w : 水の比熱 (MJ/t・K)

ρ_w : 水の密度 (t/m³)

T_w : 給湯温度 (°C)

T_s : 給水温度 (°C)

2) 暖冷房負荷

熱負荷の概算を求めるためのツールとしては日本建築学会「ソーラー建築設計データブック（日本建築学会編）」や空気調和衛生工学会などで建物用途別、単位床面積あたり熱負荷原単位と日熱負荷パターンが示されている（9.3参照）。

詳細計算のための時刻毎の暖冷房負荷の計算を含めた建物熱負荷計算及び空調システムのエネルギーシミュレーションプログラムには、EESLISM（工学院大：宇田川）、HASP（空気調和・衛生工学会）、TRANSYS（wisconsin 大学）、The BESTなどのプログラムを用いて計算することができる。

3) 熱収支計算

太陽熱利用システムの熱収支は、図 5.5.2に示すように蓄熱槽に対する熱の入力と出力のバランスで得られる。結果的に蓄熱槽温度の上昇、下降によりバランスする。集熱量と熱負荷量の出入りにより蓄熱槽温度の変化や太陽熱利用熱量、補助熱量の必要量が計算でき太陽依存率が求められる。

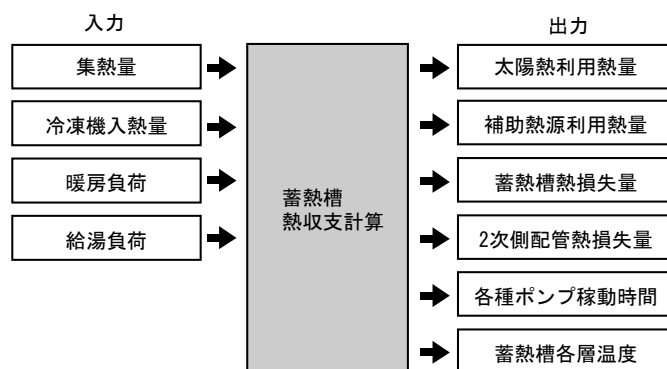


図 5.5.2 熱収支計算の入出力

集熱するときの外気温度や蓄熱槽の温度変化などは、集熱効率に影響を与えるため1時間間隔の計算では精度が出にくい。従って詳細計算では、日射量計算⇒集熱計算⇒負荷計算⇒熱収支計算を数分毎の繰り返しで計算して熱収支を計算する。太陽依存率などが想定した結果と異なる場合は、最初のプロセスに戻って集熱器や蓄熱槽の仕様や設置条件を変更し、繰り返し計算を行って、最適な集熱面積や蓄熱容量を求める。

5.6 蓄熱計画

太陽エネルギーは間欠的で不確実であるため、太陽熱利用システムには蓄熱槽が必要となる。蓄熱槽はシステムの種類や設置スペース、使用条件、コストなどにより、単槽または複数の槽を組み合わせで計画する。集熱時間に負荷が集中している場合や夜間に負荷が無い場合、あるいは熱負荷に対して太陽熱設備が比較的小さい場合などは比較的小さい蓄熱槽を設置する、もしくは蓄熱槽が無いシステムも考えられる。冷房を行う場合は、高温の1次側に蓄熱槽をおく場合と、2次側に冷水蓄熱槽を置く場合がある。

蓄熱槽容量は検討する建物の熱負荷量と集熱量が、どの時刻にあるかで大きく異なってくる。図 5.6.1 は主に日中に給湯負荷がある場合で、図 5.6.2 は夜間を含め 24 時間にわたって給湯負荷がある場合を想定して計算した例である。

- 1) 図 5.6.1 は、日中の負荷は大きいですが夜間に負荷が無い場合で、日中集熱した熱量をほとんど日中消費するため大きな蓄熱槽容量は必要ないことになる。わずかに日中負荷を上回る集熱があった量のみ蓄熱する。
- 2) 図 5.6.2 は、日中の負荷と比較して日没後の負荷が大きい場合で、日中集熱した熱量を蓄えて日没後の負荷に備えるために蓄熱容量を大きくする。日中、集熱するが熱負荷が小さいため、多くが蓄熱槽に蓄えられ、夕方から夜間の給湯負荷に割り当てて使用している。

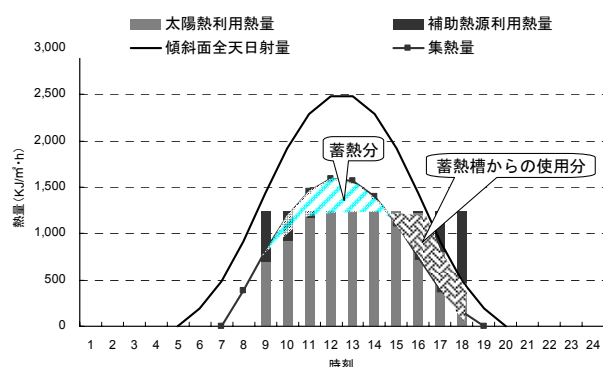


図 5.6.1 日中に負荷がある例

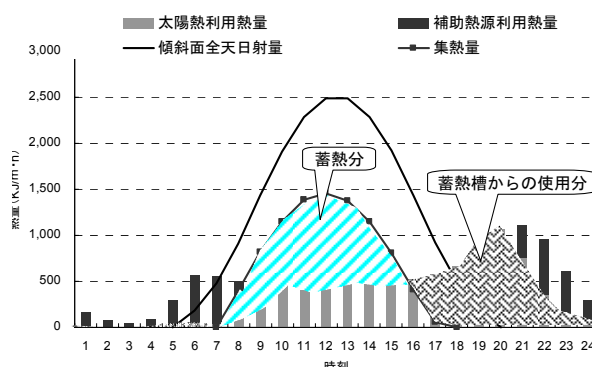


図 5.6.2 24 時間負荷がある例

図 5.6.2 のように集熱時間帯外にも負荷が存在し、しかも集熱面積が十分に取れる場合に、集熱した熱量を夜間にも使うとすれば、蓄熱容量は簡易的に次式で表される。

$$V = (JT \times \eta_{cd} \times A_c \times (1 - \eta_L) - QLT) / (C_w \times \rho_w \times \Delta t)$$

V : 蓄熱容量 m^3

JT : 受熱面日射量 ($MJ/m^2 \cdot \text{日}$)

η_{cd} : 集熱効率

A_c : 集熱面積 (m^2)

QLT : 集熱時間帯の負荷 ($MJ/\text{日}$)

η_L : 熱損失率

C_w : 比熱 ($MJ/t \cdot K$)

ρ_w : 密度 (t/m^3)

$$\Delta t = t_{\text{end}} - t_{\text{st}}$$

Δt : 蓄熱温度差 K

t_{end} : 集熱終了時の蓄熱槽温度 °C

t_{st} : 集熱開始時の蓄熱槽水温 °C

5.7 熱交換量・伝熱面積

熱交換器内の熱収支について、外部からの熱の出入りがないと仮定すると、高温側が失う熱量と低温側が得る熱量は等しく、単位時間当たりの熱収支は次式で表される。

$$Q = M_1 \times C_1 \times (T_{1\text{in}} - T_{1\text{out}})$$

$$= M_2 \times C_2 \times (T_{2\text{out}} - T_{2\text{in}})$$

ここで、M : 質量流量

C : 比熱

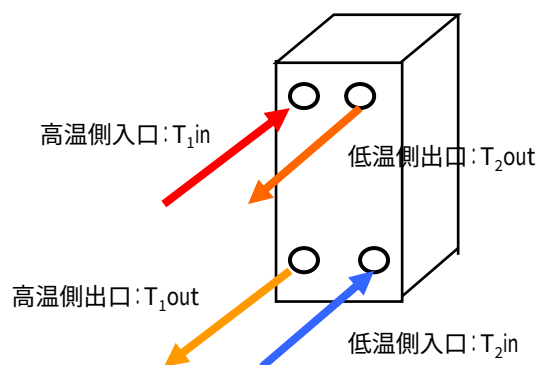
T : 温度

1 : 高温側

2 : 低温側

in : 入口

out : 出口



上記の熱収支は、流体側から見たものであるが、熱交換は伝熱プレートを通じて行われ、伝熱面積を A とすると、交換熱量は次式で表される。

$$Q = U_1 \times A_1 \times \Delta T_m = U_2 \times A_2 \times \Delta T_m$$

ここで、U : 熱通過率、A:伝熱面積、 ΔT_m : 対数平均温度差

対数平均温度差は 次式で表される。 $\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln (\Delta T_1 - \Delta T_2)}$

熱交換器の選定等に関する計算においては、上記の基本式等を用いて複雑な計算が行われるが、簡易的な方法で伝熱面積を計算し、熱交換器選定の目安を確認することもできる。

【伝熱面積の簡易計算】

(1) 交換熱量の計算

$$Q = M_1 \times C_1 \times (T_{1\text{in}} - T_{1\text{out}}) = M_2 \times C_2 \times (T_{2\text{out}} - T_{2\text{in}})$$

(水の場合は、比熱=4.18605kJ/kg°C)

(2) 対数平均温度差の計算

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln (\Delta T_1 - \Delta T_2)} \quad (\text{但し、} \Delta T_1 = \Delta T_2 \text{ の場合は、} \Delta T = \Delta T_1 = \Delta T_2)$$

(3) 伝熱面積 (A) の計算

$$A = \frac{Q \text{ (交換熱量)}}{\Delta T_m \times U}$$

U (熱通過率) の目安 : (水-水の熱交換の場合) $U = 2000 \sim 8000 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$

(プレートの仕様及び流量・圧力等の使用条件により異なる。)

<留意点>

- 伝熱面積設定の計算仮定で判るように、同じ仕様のプレートを用いても、流量・圧力等の使用条件によって、交換熱量、 U （熱通過率）、 ΔT_m の値が変わる。結果として、熱交換器の選定を誤ることになるため、ポンプの仕様選定には十分注意する必要がある。
- 熱交換器メーカーによっては、伝熱面積を計算できるシュミレーションソフトを準備しているところもあり、実際の設計の参考となるものもある。

5.8 制御

太陽熱利用システムが他の熱源システムと異なる点は集熱システムであり、集熱システムは、集熱器、蓄熱槽、循環ポンプ、配管及び計装機器で構成され、使用目的によって各種の制御が行なわれる。

制御に係る項目として以下のようなものがある。

- ① 効率的に集熱を行うための循環ポンプの運転制御
- ② 集熱器、循環ポンプ、配管など屋外に設置される機器の凍結予防対策
- ③ 負荷が少ないときの集熱温度上昇による安全対策

1) 集熱制御

太陽熱を無駄なく、効果的に集熱するために、日射量の多いときにはできるだけ多くの熱を吸収し、日射量が少なくなるときには放熱運転にならないような循環制御が要求される。集熱制御は温度を感知して集熱ポンプを発停する方式と日射量を感知して発停する方法がある。一般的には次のような制御が行なわれる

① 差温サーモスタット方式

集熱器出口の熱媒温度（集熱板温度）と蓄熱槽下部の蓄熱媒体温度を感知し、両者の温度が熱媒（集熱板）>蓄熱媒体のときにポンプを運転する。温度差の設定は3～7℃が良く使われる。温度差が小さくなるとポンプを停止する。停止時の温度差は設定により様々であるが0.5～4℃程度が一般的である。

② 集熱器出口温度で発停する方式

空気式集熱でよく用いられる方式で、集熱器出口の熱媒温度が一定以上（暖房に使える温度）になれば、集熱ファンを運転し集熱が始まる。暖房の場合に低温でも可能で、できるだけ建物内に取り込んだほうが有利なため、このような方式が使われる。

③ 日射量を検知して集熱ポンプを発停する方式

光を感知する半導体などを使ってポンプの発停を行うもので、集熱器や蓄熱槽温度と関係しないため、比較的簡単な制御である。しかし、タイマーによるものほどではないが、蓄熱槽の温度が高いときにはポンプを運転して放熱することもある。

2) 凍結予防

水式集熱システムは屋外で外気に曝されるため、集熱器や配管、弁類は凍結対策が必要になる。凍結対策には主に水を抜く方法と、不凍液を使う方法がある。図5.7.1～図5.7.3に一般的な凍結予防方式と対応の概要を示す。

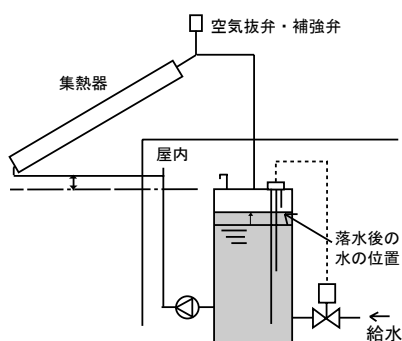


図 5.8.1 落水方式

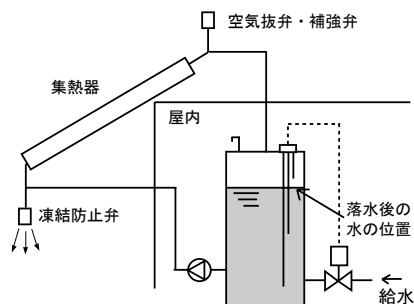


図 5.8.2 取水方式

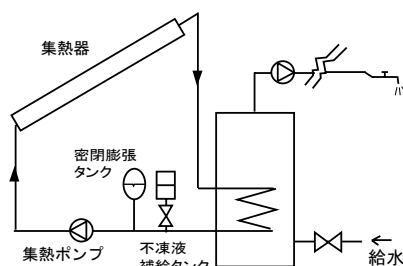


図 5.8.3 不凍液方式

出所)「ソーラー建築デザインガイド 太陽熱利用システム事例編」新エネルギー・産業技術総合開発機構

① 落水方式

集熱系統の水を蓄熱槽に落水させる方式である。水を抜く方法には集熱ポンプが停止したときに水を抜く方法で、集熱器や配管に保有する熱媒水を集熱ポンプが停止した時に蓄熱槽に落水させる。蓄熱槽は開放型である。集熱器から水が戻りやすいように配管上部に給排気弁を設け、集熱運転開始時には集熱器や配管内の空気を排気し、集熱ポンプ停止時には、空気を取り込んで熱媒水と置換する。重力で水が排出されるため、配管部分に勾配を設けた施工をする必要がある。一般に、集熱器や配管内に空気が出入りするため、耐食性の良い材料が使われる。この方式は、集熱ポンプの発停により作動するため、特に制御を行う必要はない。

② 取水方式

外気温度が下がり、凍結の危険がある場合にバルブを開けて水を抜く方法である。集熱システム全体のうち最も低い温度を代表する部分に凍結予防弁を設け、外気温度を感知してバルブを開放して水を抜く。バルブを開く設定温度は、凍結温度より若干高めに設定しておく必要がある。

③ 不凍液方式

集熱系統に不凍液を入れて凍結を防止する方式である。制御による対策ではなく、不凍液を使って凍結予防する方法であり、不凍液には安全のため食品添加剤であるプロピレングリコール水溶液を使うことが多い。給湯の場合は熱交換器を用いた間接加熱方式になる。不凍液の場合でも、濃度が薄くなれば凍結し、同時に腐食抑制剤の濃度が薄くなることで、腐食による水漏れの危険が発生する。従って、定期的な不凍液の濃度管理や漏れ管理が必要になる。

3) 過集熱、空焚対策

蓄熱は一般に水で行われることが多い。中間期の負荷が少ないときや、施設が休日で負荷がないときなどに集熱運転が行われると、蓄熱槽の温度が上昇して 100°C を超える場合がある。よって、安全のために、集熱ポンプを停止する必要がある。もしくは、集熱回路に放熱器を取り付けて熱を逃がすなどして安全を確保しなければならない。集熱器への熱媒循環が停止した空焚状態で、集熱板温度は平板形で $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 、真空ガラス管形で $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ に達することがある。集熱器の種類やシステムによっては問題を起こすことがあるので注意が必要である。

不凍液を用いた密閉式では集熱回路の圧力が上昇し、集熱器や配管にダメージを与える可能性がある。よって、膨張タンクや安全弁を設置して圧力を逃がす必要がある。また、真空ガラス管形の機種によっては、空焚き状態で急に集熱ポンプを運転し、冷たい熱媒を流すことで、ガラス管が破損するものもある。

過集熱や空焚き対策として次の方法がとられる。

- ① 平板形集熱器で開放式の場合、蓄熱槽の温度や集熱板の温度を検知して集熱ポンプの運転を停止し、集熱器内の水を蓄熱槽に落水させ集熱器を空焚状態にする。
- ② 密閉式の場合、同様に循環ポンプを止め、熱媒の膨張を膨張タンクに逃がし、集熱器は空焚状態にする。
- ③ 密閉式で膨張タンクだけで圧力が逃げられない、または集熱ポンプを停止した空焚き状態で不具合が生ずる場合は、配管途中に冷却用の放熱器を設け、循環ポンプを停止せず放熱器を使って放熱させる。
- ④ 真空ガラス管形集熱器の機種によっては、空焚状態から集熱ポンプを運転するときに熱衝撃で集熱ガラス管が破損することがあるので、集熱器の温度が十分低下したことを確認してから運転する制御を追加する。

第6章 集熱量計算

前述のとおり、集熱量計算には簡易計算と詳細計算がある。ここでは、全日集熱効率線図を用いた簡易計算例と数値シミュレーションによる計算例を示す。

6.1 全日集熱効率線図を用いた簡易計算例

太陽熱利用システムの設置場所や設置条件を設定し、図6.1.2の手順で全日集熱効率 η_{cd} を求め、集熱面積、太陽依存率を求める。

1) 簡易計算の手順

【計算条件】

- ・集熱器受熱面傾斜角度： γ （度）
- ・集熱器受熱面方位角度： α （度）
- ・蓄熱槽の集熱開始時水温： tst （℃）
- ・蓄熱槽の集熱終了時水温： $tend$ （℃）
- ・太陽依存率（太陽で賄われた熱量／必要熱量）： σ

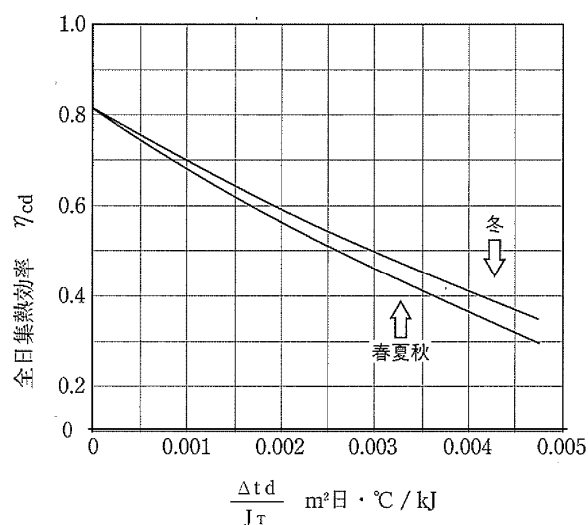


図 6.1.1 全日集熱効率線図（Y 社）

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）

●手順1) 受熱面日射量 J_T の求め方

または、 $J_T = J_T' \cdot (1 - \eta_D)$ 傾斜面日射量 J_T' は他の気象データより求めても良い。

$$J_T = J_{HT} \cdot K_\gamma \cdot K_\alpha \cdot (1 - \eta_D)$$

J_{HT} : 水平面日射量：(MJ/m²日)

K_γ : 傾斜角による日射量倍率

K_α : 方位角による日射量倍率

(K_γ は参考図6.1.1、 K_α は参考図6.1.2より読み取って求める)

η_D : 集熱器ガラスの汚れ係数

※月平均日積算集熱面日射量（方位角、傾斜角別傾斜面日射量）、月平均気温、給水温度はソーラーシステム振興協会の「ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度」SSS1001（改）に拠ることができる。

●手順2) 全日集熱効率 η_{cd} の求め方

集熱開始時蓄熱槽温度 tst と集熱終了時蓄熱槽温度 $tend$ を設定する。

平均集熱温度 t_{md} を次式より近似的に求める。

$$t_{md} = (tst + 2 \cdot tend) / 3 \quad (^\circ\text{C})$$

平均集熱温度 t_{md} と日中平均外気温度 t_{aird} との温度差 Δt_d を求める。

$$\Delta t_d = t_{md} - t_{aird} \quad (K)$$

手順1)の受熱面日射量 J_T と平均集熱温度 Δt_d から図6.1.1を使って全日集熱効率 η_{cd} を求める。

●手順3) 集熱量 Q_{cd} の求め方

受熱面日射量 J_T と全日集熱効率 η_{cd} より単位面積当たりの集熱量 Q_{cd} を求める。

$$Q_{cd} = J_T \cdot \eta_{cd} \quad (MJ/m^2日)$$

●手順4) 必要熱量(熱負荷) Q_L の求め方

$$Q_L = q_{L1} + q_{L2} \quad (MJ/日)$$

一日の給湯負荷 q_{L1} 及び暖房負荷 q_{L2} を求め合計する。

$$\text{給湯負荷 } q_{L1} = q_L \cdot (thw - ts) \cdot 4.186 \quad (MJ/日)$$

thw : 給湯温度 $(^{\circ}C)$

ts : 給水温度 $(^{\circ}C)$

q_L : 給湯量 $(L/日)$

●手順5) 集熱面積の求め方

単位面積当たりの集熱量 Q_{cd} 、必要熱量 Q_L 、太陽依存率 σ 、熱損失率 η_L より次式で集熱面積 A_c を求める。

$$A_c = \sigma \cdot Q_L / Q_{cd} \cdot (1 - \eta_L) \quad (m^2)$$

一日の利用可能熱量 Q_{ct} $(MJ/日)$ は $Q_{ct} = A_c \cdot Q_{cd} \cdot (1 - \eta_L)$ で表される。

A_c : 集熱面積 (m^2)

Q_L : 必要熱量(熱負荷) $(MJ/日)$

η_L : 蓄熱槽、配管などの熱損失率 :

集熱面積 A_c が決まっていれば太陽依存率 σ を求めるときは式を変形して計算できる。

$$\sigma = A_c \cdot Q_{cd} \cdot (1 - \eta_L) / Q_L$$

●手順6) 蓄熱槽容量の求め方

集熱した熱は翌日の集熱開始時まで使用するとすれば蓄熱槽容量 V は利用可能熱量 Q_{ct} から集熱時間内の使用熱量 Q_{Lt} を差し引いた値が集熱時間外(夜間など)負荷にそなえた熱量になる。従って、蓄熱槽容量 V は次式になる。

$$V = (Q_{ct} - Q_{Lt}) / \rho_w \cdot C_w (t_{end} - t_{st}) \quad (m^3)$$

V : 蓄熱槽容量 (m^3)

Q_{Lt} : 集熱時間内の総必要熱量 $(MJ/日) = (必要熱量 $Q_L \times$ 日中負荷割合 Q_{Lt}')$

ρ_w : 水の密度 (t/m^3)

C_w : 水の比熱 (MJ/tK)

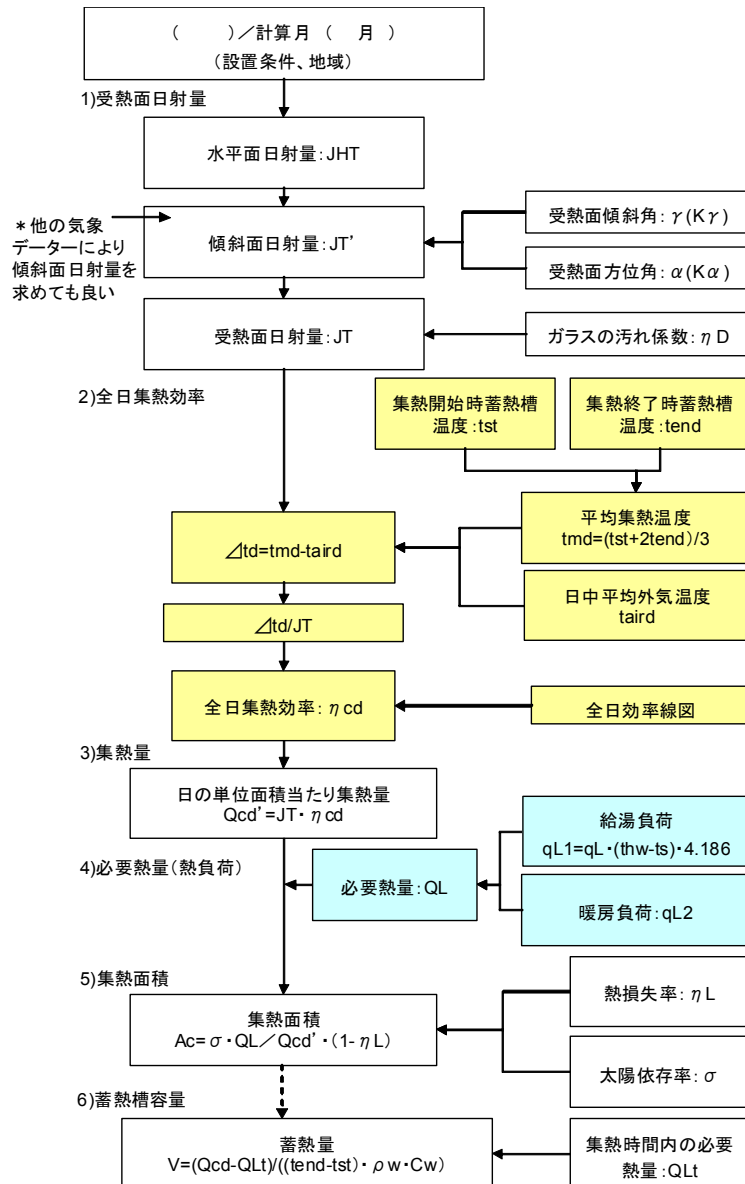
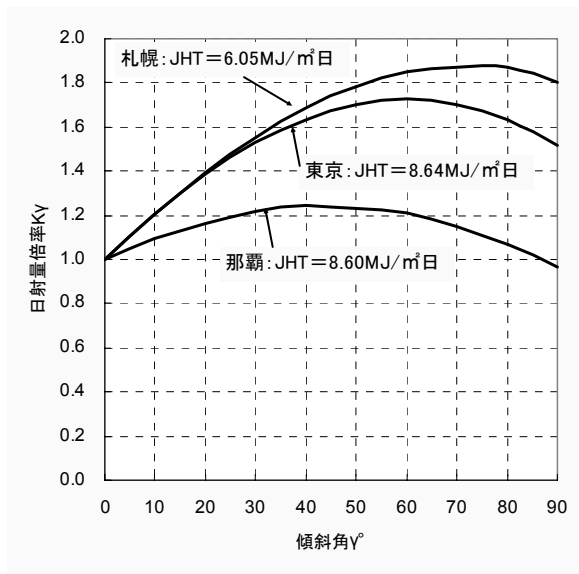


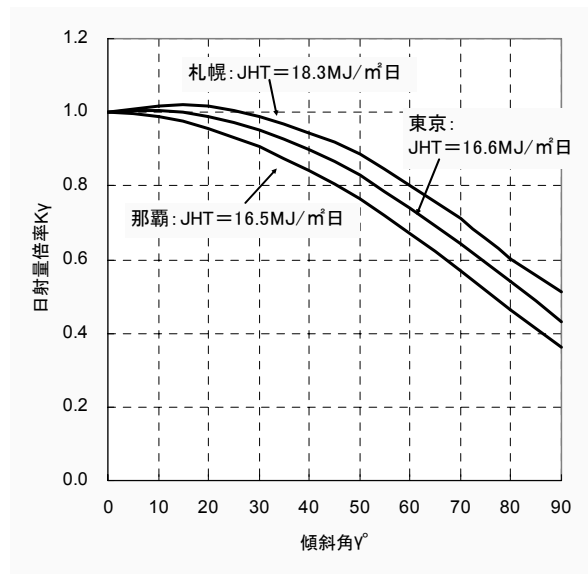
表 6.1.1 記号と単位

記号	項目	単位
JHT	水平面日射量	MJ/m ² ・日
JT'	傾斜面日射量	MJ/m ² ・日
JT	受熱面日射量	MJ/m ² ・日
$K\gamma$	傾斜角による日射量倍率	-
$K\alpha$	方位角による日射量倍率	-
ηD	集熱器ガラスの汚れ係数	-
ts	給水温度	°C
tst	蓄熱槽の集熱開始時水温	°C
tend	蓄熱槽の集熱終了時水温	°C
tmd	平均集熱温度	°C
Δt_d	温度差	K
taird	日中平均外気温度	°C
Q_{cd}'	日の単位面積当たり集熱量	MJ/m ² ・日
η_{cd}	全日集熱効率	-
QL	必要熱量	MJ/日
qL1	給湯負荷	MJ/日
qL2	暖房負荷	MJ/日
qV	給湯量	L/日
thw	給湯温度	°C
σ	太陽依存率	-
A_c	集熱面積	m ²
η_L	熱損失率	-
Q_{cd}	一日の集熱量	MJ/日
QLt	集熱時間内の総必要熱量	MJ/日
V	蓄熱槽容量	m ³
ρ_w	水の密度	t/m ³
Cw	水の比熱	MJ/t・K

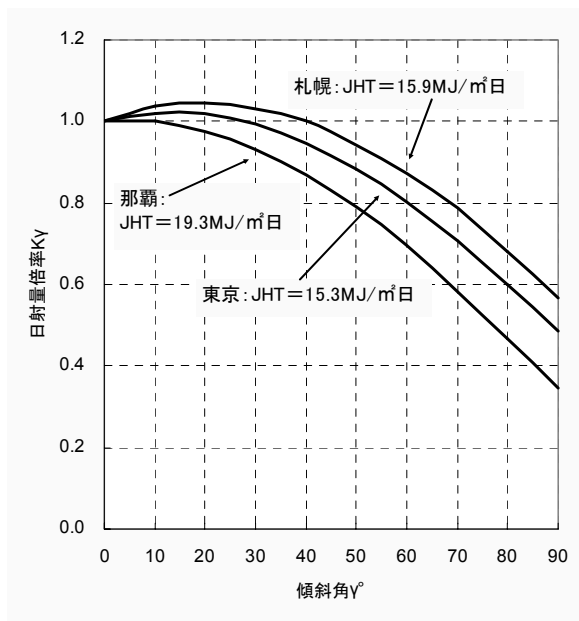
図 6.1.2 簡易計算フロー



(a) 1月



(b) 5月



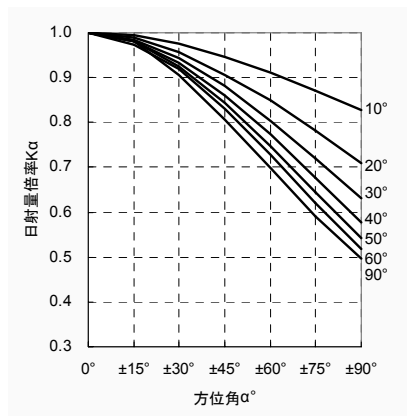
(c) 8月

JHT=水平面日射量 [MJ/m²日]、方位角 0°

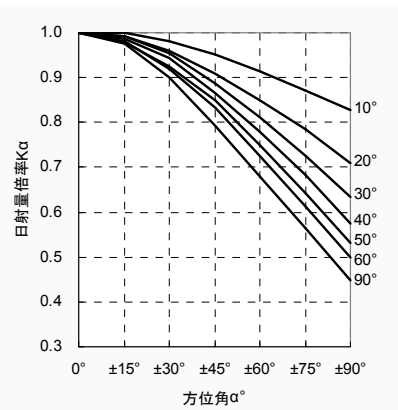
参考図 6.1.1 傾斜面の水平面に対する日射量倍率 $K\gamma$

出所)「ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度 SSS-1001 (改)」(社)ソーラーシステム振興協会より作成

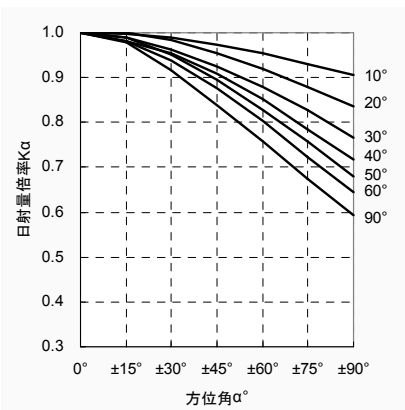
<1月>



(a) 札幌

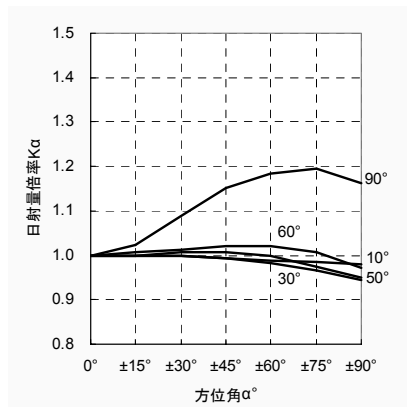


(b) 東京

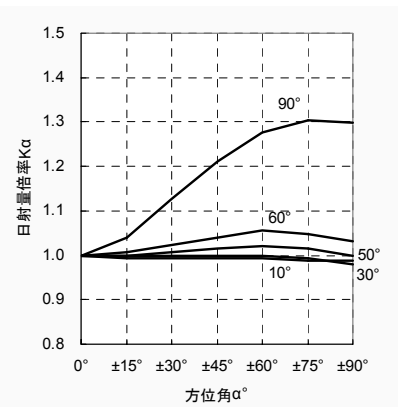


(c) 那覇

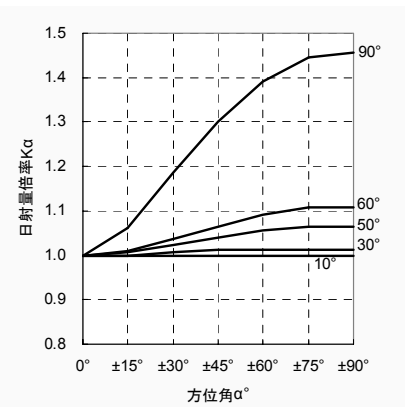
<5月>



(a) 札幌

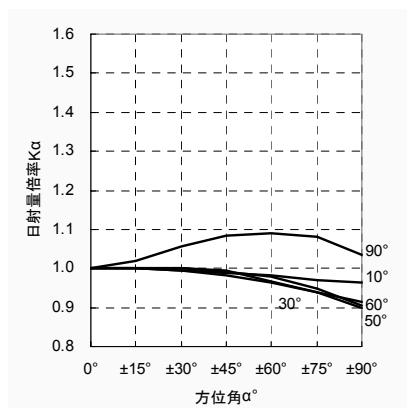


(b) 東京

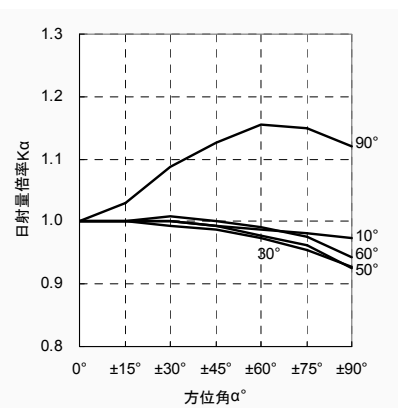


(c) 那覇

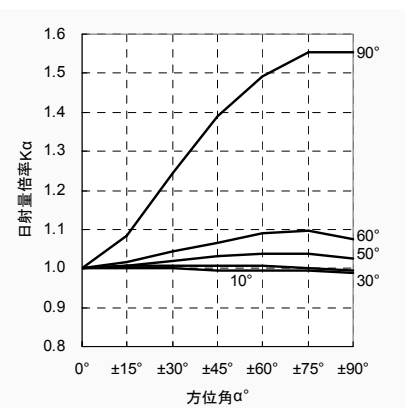
<8月>



(a) 札幌



(b) 東京



(c) 那覇

参考図 6.1.2 傾斜角別の方位角に対する日射量倍率 $K\alpha$

出所「ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度 SSS-1001 (改)」(社) ソーラーシステム振興協会より作成

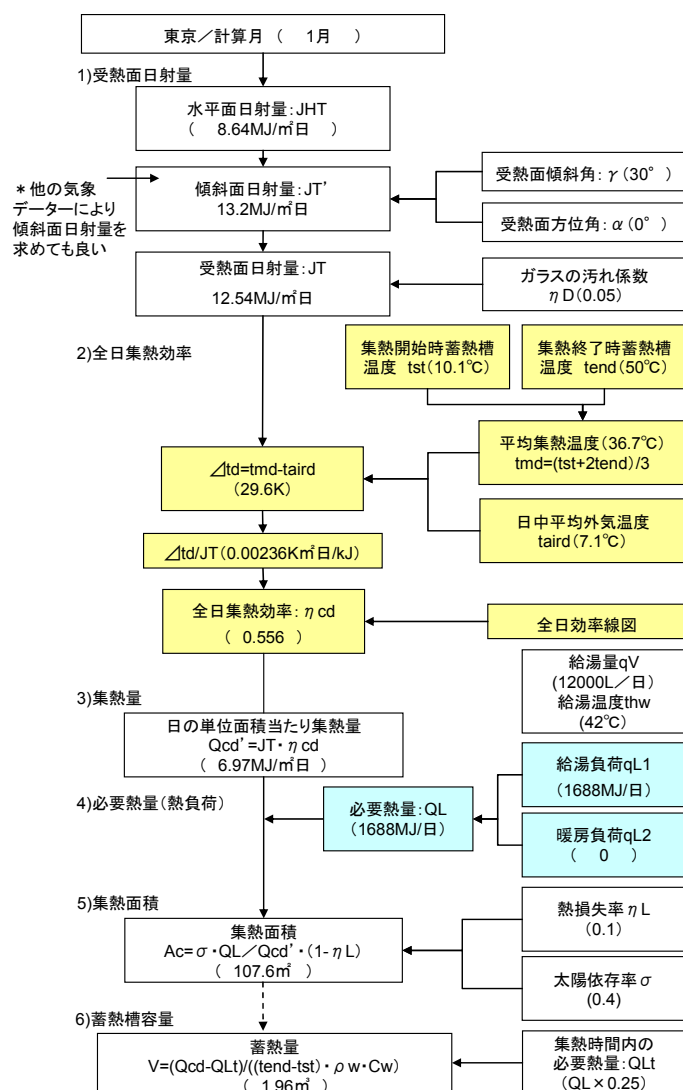
2) 建築用太陽熱利用給湯システムの簡易計算例

以下の条件で、太陽依存率 40%を得ること想定した簡易計算を行う。

表 6.1.2 設置条件の例

設置場所	東京（北緯 35 度）
方位角 α	0°（方位：南）
傾斜角 γ	30 度
集熱器ガラスの汚れ係数 η_D	5%（ガラスの汚れにより集熱量が 5%低下すると想定する）
蓄熱槽、配管などの熱損失率 η_L	10%（熱損失により集熱量が 10%低下すると想定する）
給湯負荷 QL（42℃換算）	12,000 L／日（冬季 1 月）

水平面日射量 JHT、傾斜面日射量 JT'、給水温度 t_s などは「ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度」（ソーラーシステム振興協会編）を用いた（9.2 に抜粋）。簡易計算の手順で計算した結果を図 6.1.3 に示す。1 月の太陽依存率の目標を 40%として、表 6.1.1 の条件を仮定したとき、必要となる集熱面積は 107.6 m^2 となった。なお、このとき集熱開始時蓄熱槽温度 t_{st} は使われない熱量が若干残るとして（給水温度 $\times$ 1.2）とした。必要熱量の内、日中負荷の割合は 25%として蓄熱槽容量を計算した。



注：（ ）内は計算条件または係数、【 】内は算出式による計算結果

図 6.1.3 計算結果

6.2 シミュレーションによる計算例

簡易計算の結果を参考に、Y社のシミュレーションプログラムを使って詳細計算を行う。

1) インプット条件

- ① 場所：東京（気象データ：METPV2）
- ② 用途：ホテル（給湯システム）
- ③ 給湯量：12000L/日(42℃)
- ④ 集熱器 Y 社 SC-V1020・・・55 枚:集熱面積 110m²(有効集熱面積 105 m²)

その他、システムのインプット条件は表 6.2.1 に示す。

給湯負荷は給湯量 12000L/日、給湯温度 42℃、冬期の熱負荷は約 1700MJ/日となる。簡易計算で求めた蓄熱槽容量は 1.96m³（1 月）であったが、中間期、夏期に翌日に熱量を持ち越すことを考慮して 3m³として試算した。集熱制御は差温サーモスタットを使用し 3℃：ON－0.5℃：OFF とした。

表 6.2.2 に計算で使った給水温度及び表 6.2.3 に給湯負荷パターンを示す。ホテル給湯負荷であるため 24 時間連続的に負荷がある。

表 6.2.1 太陽熱システムの設計条件と仕様

項目		値
集熱器（50 枚）	方位角[°]	0.0
	傾斜角[°]	30.0
	集熱面積[m ²]	95.5
	集熱器熱通過率[W/m ² ・℃]	3.84
集熱制御	サーモ ON 温度差[℃]	3.0
	サーモ OFF 温度差[℃]	0.5
	集熱系配管流量[L/m ² ・h]	25
集熱配管	長さ[m]	250
	熱伝導率[W/m・℃]	0.0349
	内径[mm]	32
	保温厚[mm]	50
蓄熱槽	蓄熱槽__開始温度[℃]	6.5
	蓄熱槽 No1__容量[m ³]	3.000
	熱伝導率[W/m・℃]	0.0349
	保温厚[mm]	100
給湯配管	長さ[m]	50
	熱伝導率[W/m・℃]	0.0349
	内径[mm]	50
	保温厚[mm]	50

表 6.2.2 給水温度

月	給水 (°C)	給湯 (°C)
1 月	8.4	42.0
2 月	7.8	42.0
3 月	10.4	42.0
4 月	15.3	42.0
5 月	20.4	42.0
6 月	23.0	42.0
7 月	26.2	42.0
8 月	28.8	42.0
9 月	26.4	42.0
10 月	21.4	42.0
11 月	16.2	42.0
12 月	11.2	42.0

出所) 給水温度はソーラーシステム振興協会「ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度」東京による。

表 6.2.3 給湯負荷パターン

時刻	1 時	2 時	3 時	4 時	5 時	6 時	7 時	8 時	9 時	10 時	11 時	12 時
負荷 (%)	1.4	0.6	0.4	0.7	2.4	4.6	4.5	4.0	3.8	4.5	3.3	3.6
時刻	13 時	14 時	15 時	16 時	17 時	18 時	19 時	20 時	21 時	22 時	23 時	24 時
負荷 (%)	4.1	3.8	4.0	4.2	4.7	5.4	7.5	8.6	9.0	7.7	5.0	2.4

出所) 給湯負荷パターンは日本建築学会編「ソーラー建築設計データブック」ホテルの給湯負荷による。

2) シミュレーション結果

ソーラーシミュレーションの主な計算結果を表 6.2.4 に示す。表で分かるように夏期の熱負荷は冬の 1/2 ～1/3 となっている。太陽依存率は冬期（12 月）35%、夏期（8 月）79%の結果になった。

表 6.2.4 熱収支計算結果 (東京)

項目	水平面全 天日射量	傾斜面全 天日射量	乾球 温度	集熱量	集熱 効率	給湯負荷	太陽熱 利用効 率	太陽熱利 用熱量	補助熱源 利用熱量	太陽 熱依 存率	蓄熱槽最 高到達温 度	集熱ポン プ稼動時 間
月	[MJ/㎡・月]	[MJ/㎡・月]	[℃]	[MJ/月]	[%]	[MJ/月]	[%]	[MJ/月]	[MJ/月]	[%]	[℃]	[h]
1	286	425	6.6	23,215	52.0%	51,986	48.6%	21,715	30,271	41.8%	67.2	211.8
2	309	405	5.3	21,304	50.1%	47,794	46.8%	19,922	27,871	41.7%	73.9	187.1
3	385	424	8.1	21,150	47.5%	48,892	44.1%	19,622	29,269	40.1%	86.1	207.4
4	430	437	15.0	21,269	46.3%	39,978	42.9%	19,702	20,276	49.3%	90.1	206.1
5	505	478	19.2	21,923	43.6%	33,420	40.6%	20,405	13,014	61.1%	92.1	224.2
6	418	389	23.7	17,355	42.5%	28,449	39.5%	16,156	12,292	56.8%	91.3	210.5
7	420	395	25.6	17,217	41.5%	24,446	37.6%	15,628	8,818	63.9%	91.0	226.6
8	468	460	27.1	18,045	37.4%	20,423	33.3%	16,078	4,345	78.7%	94.7	207.6
9	330	339	24.3	14,529	40.8%	23,358	38.5%	13,697	9,661	58.6%	92.6	167.3
10	303	349	17.9	16,602	45.2%	31,872	41.9%	15,368	16,505	48.2%	82.9	200.1
11	252	337	14.2	17,564	49.6%	38,630	46.4%	16,447	22,183	42.6%	75.0	182.9
12	229	333	9.0	17,762	50.8%	47,654	47.8%	16,701	30,953	35.0%	65.4	175.8
合計	4,336	4,772	16.3	227,934	45.5%	436,900	42.2%	211,442	225,458	48.4%	94.7	2,407.0

(1) 太陽熱利用熱量と太陽依存率

シミュレーション結果の月毎の太陽熱利用熱量、補助熱源利用熱量、太陽依存率を図 6.2.1 にまとめた。太陽熱利用熱量は冬期、夏期を通してそれほど大きな変化はなく年間を通じて利用ができることがわかる。給湯負荷に対して冬期の太陽依存率を低めに設定したため比較的高い集熱効率、太陽熱利用効率となっている。それでも、8 月の集熱温度は高く、夏期の最高到達温度が 94℃となり集熱効率が悪い。冬期や夏期の太陽依存率は熱負荷の増減で大きく変化するがこの計算で年間の太陽依存率は約 48%であった。

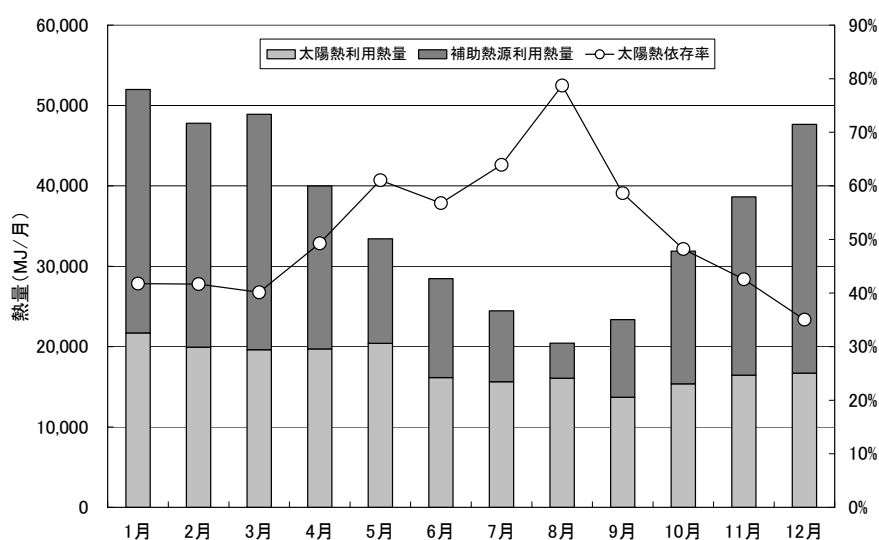


図 6.2.1 太陽熱利用熱量と太陽依存率

(2) 1 月の晴天日の熱収支

1 月の晴天日（1 月 6 日）の計算結果を図 6.2.2 に示す。日射量は 17604KJ/㎡・日、集熱量が 9895kJ/日、平均外気温度が 8.3℃、給湯負荷は 1～4 時は少ないが 24 時間負荷がある。

すべての時刻で24時間にわたって太陽熱は寄与しているが11～19時はまったく補助熱源を使わず時間毎の太陽依存率が100%となっている。この日、1日の太陽依存率は61%になる。

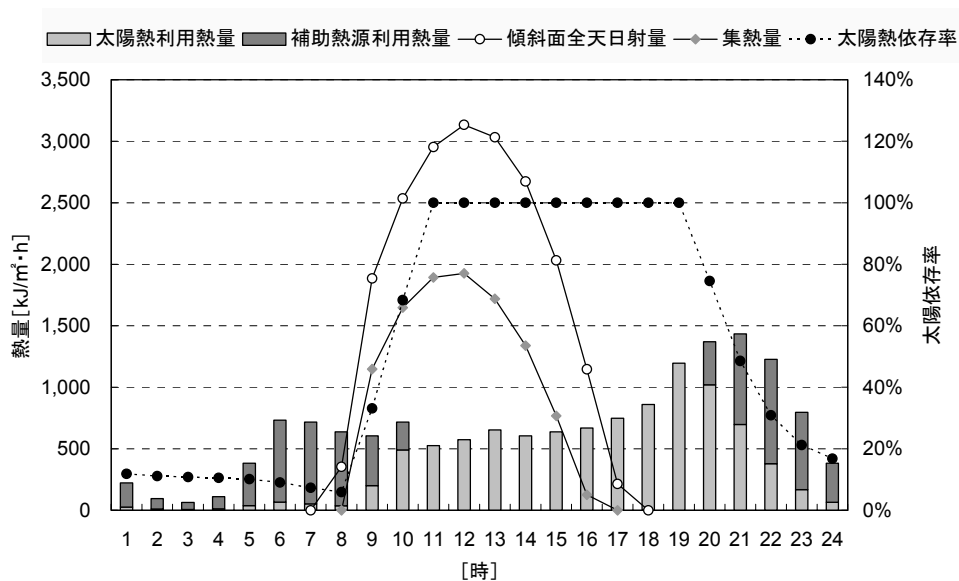


図 6.2.2 1月の晴天日の熱収支

(3) 各月の太陽依存率

1月、5月、8月の太陽依存率は41.8%、61.1%、78.7%になっている。各月の毎日の太陽依存率をプロットしたものを図6.2.3に示す。1月は低く、8月は高い値となる。特に8月は負荷が少ないため太陽依存率100%の日(太陽熱を使い切れない日)が月の半数近くある。負荷100%以上はその日に使うことが出来ないため、余分の熱量は次の日に持ち越されることになる。

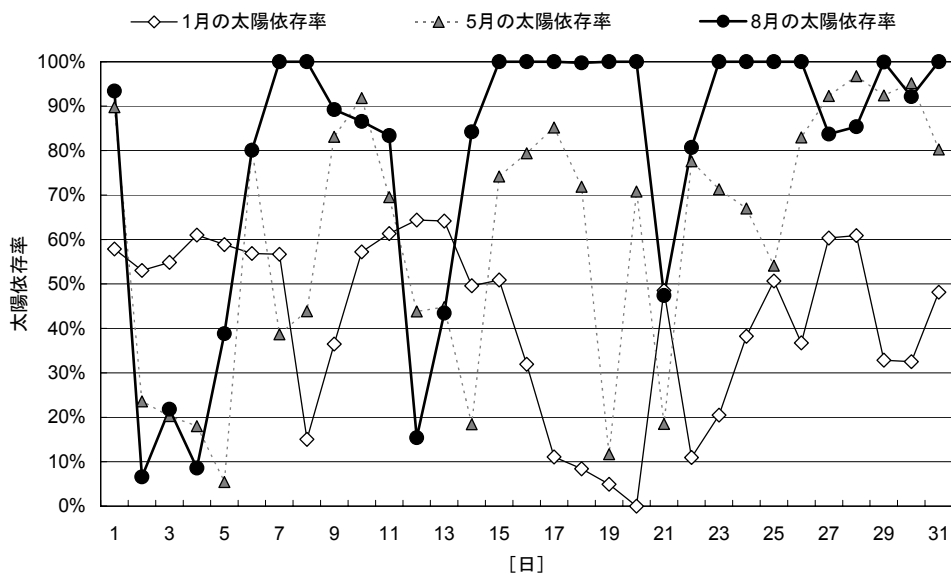


図 6.2.3 各月、日毎の太陽依存率

第7章 荷重及び外力と安全性

太陽熱利用機器は予想される最大の外力により生ずる変形、移動によって機能上の重大な支障が無く、建物に損傷を与えないことが求められる。太陽熱利用システムの安全性の確認に採用する荷重及び外力は原則、建築基準法に定めるところとする。従って、荷重及び外力の種類などは建築基準法、建築基準法施行令その他、及び「建築用太陽熱利用システム 取付構造・施工指針」（旧「住宅建築・省エネルギー機構」）を参照する。

集熱器等の支持構造部の建築物の構造耐力上主要な部分への取り付け部分は、表 7.1.1 に示す荷重及び外力の組み合わせにより、材料断面に生じる長期及び短期の各応力度が、材料の許容応力度を越えないことを確かめることにより、安全上の確認をしなければならない。

許容応力度は国土交通大臣が定める木材、金属材料、コンクリート、金属溶接部、アンカーボルト、その他の材料における圧縮、引張り、曲げ及びせん断に対する基準強度による。新築の場合は、建物の構造計算と同時に取り付け部や架台の強度計算して安全を確認する。既築の場合は、設置する建物の構造強度を十分調べた上で、不足であれば補強を行う。

7.1 荷重及び外力の組合せ

集熱器等、支持構造部、集熱器等の支持構造部への取り付け部分及び集熱器等または支持構造部の建築物の構造耐力上主要な部分への取り付け部分の安全性確認に当たっては、表 7.1.1 の荷重及び外力による応力の組み合わせによる。

表 7.1.1 荷重及び外力の組合せ

力の種類	荷重及び外力について 想定する状態	一般の場合	建築基準法施行令（以下「令」という。）第 86 条第 2 項ただし書の規定によって特定行政庁が指定する多雪区域における場合	備考
長期に 生ずる力	常時	G + P	G + P + S	
	積雪時		G + P + 0.7 S	
短期に 生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S	
	暴風時	G + P + W	G + P + W	水またはこれに類するものを貯蔵する屋上水槽等 にあっては、この重量を積載荷重から除くものとする。
			G + P + 0.35 S + W	
	地震時	G + P + K	G + P + 0.35 S + K	

7.1.1 固定荷重

各部の固定荷重は実況に応じて設定する。太陽熱利用機器や架台等の重量は固定荷重とする。架台等とは集熱配管などや太陽熱利用機器を建物に取り付けるために用いる各種治具を言う。

7.1.2 積載荷重

各部の積載荷重は機器本体のメンテナンスを考慮のうえ、実況に応じて設定する。太陽熱利用機器や配

管の保有水の重量は積載荷重とする。

7.1.3 積雪荷重

積雪荷重は積雪の単位重量にその地方における垂直最深積雪量、太陽熱利用機器の水平投影面積、太陽熱利用機器の上面の勾配による低減係数を乗じた数値とする。太陽熱利用機器上面の勾配による低減係数は次式による。

$$\mu b = \sqrt{\cos(1.5\beta)}$$

この式において、 μb 及び β は、それぞれ次の数値を表すものとする。

μb 低減係数

β 屋根勾配 (単位 度)

積雪の単位重量は積雪量 1cm 毎に 1 m²につき 20N 以上とする。垂直積雪量は国土交通大臣が定める基準に基づいて特定行政庁が規制で定める次に掲げる式により計算した数値に、当該区域における局所的地形要因による影響等を考慮したものとする。

$$d = \alpha \cdot ls + \beta \cdot rs + \gamma$$

この式において、 d 、 ls 、 rs 、 α 、 β 及び γ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

d 垂直積雪量 (単位 m)

α 、 β 、 γ 区域に応じて表 7.1.2 の当該各欄に掲げる数値

ls 区域の標準的な標高 (単位 m)

rs 区域の標準的な海率 (区域に応じて別表の R の欄に掲げる半径 (単位 km) の円の面積に対する当該円内の海その他これに類するものの面積の割合をいう。)

表 7.1.2 区域に応じた α 、 β 、 γ

	区域	α	β	γ	R
(1)	北海道のうち 稚内市 天塩郡のうち天塩町、幌延町及び豊富町 宗谷郡 枝幸郡のうち浜頓別町及び中頓別町 礼文郡 利尻郡	0.0957	2.84	-0.8	40
(2)	北海道のうち 中川郡のうち美深町、音威子府村及び中川町 苫前郡のうち羽幌町及び初山別村 天塩郡のうち遠別町 枝幸郡のうち枝幸町及び歌登町	0.0194	-0.56	2.18	20
(3)	北海道のうち 旭川市 夕張市 芦別市 士別市 名寄市 千歳市 富良野市 虻田郡のうち真狩村及び留寿都村 夕張郡のうち由仁町及び栗山町 上川郡のうち鷹栖町、東神楽町、当麻町、比布町、愛別町、上川町、東川町、美瑛町、和寒町、剣淵町、朝日町、風連町、下川町及び新得町 空知郡のうち上富良野町、中富良野町及び南富良野町 勇払郡のうち占冠村、追分町及び穂別町 沙流郡のうち日高町及び平取町 有珠郡のうち大滝村	0.0027	8.51	1.20	20
(4)	北海道のうち 札幌市 小樽市 岩見沢市 留萌市 美瑛市 江別市 赤平市 三笠市 滝川市 砂川市 歌志内市 深川市 恵庭市 北広島市 石狩市 石狩郡 厚田郡 浜益郡 虻田郡のうち喜茂別町、京極町及び倶知安町 岩内郡のうち共和町 古宇郡 積丹郡 古平郡 余市郡 空知郡のうち北村、栗沢町、南幌町、奈井江町及び上砂川町 夕張郡のうち長沼町 樺戸郡 雨竜郡 増毛郡 留萌郡 苫前郡のうち苫前町	0.0095	0.37	1.40	40
(5)	北海道のうち 松前郡 上磯郡のうち知内町及び木古内町 桧山郡 爾志郡 久遠郡 奥尻郡 瀬棚郡 島牧郡 寿都郡 磯谷郡 虻田郡のうちニセ	-0.0041	-1.92	2.34	20

	コ町 岩内郡のうち岩内町				
(6)	北海道のうち 紋別市 常呂郡のうち佐呂間町 紋別郡のうち遠軽町、上湧別町、湧別町、滝上町、興部町、西興部村及び雄武町	-0.0071	-3.42	2.98	40
(7)	北海道のうち 釧路市 根室市 釧路郡 厚岸郡 川上郡のうち標茶町 阿寒郡 白糠郡のうち白糠町 野付郡 標津郡	0.0100	-1.05	1.37	20
(8)	北海道のうち 帯広市 河東郡のうち音更町、士幌町及び鹿追町 川上郡のうち清水町 河西郡 広尾郡 中川郡のうち幕別町、池田町及び豊頃町 十勝郡 白糠郡のうち音別町	0.0108	0.95	1.08	20
(9)	北海道のうち 函館市 室蘭市 苫小牧市 登別市 伊達市 上磯郡のうち上磯町 亀田郡 茅部郡 山越郡 虻田郡のうち豊浦町、虻田町及び洞爺村 有珠郡のうち壮瞥町 白老郡 勇払郡のうち早来町、厚真町及び鶴川町 沙流郡のうち門別町 新冠郡 静内郡 三石郡 浦河郡 様似郡 幌泉郡	0.0009	-0.94	1.23	20
(10)	北海道（(1) から (9) までに掲げる区域を除く）	0.0019	0.15	0.80	20
(11)	青森県のうち 青森市 むつ市 東津軽郡のうち平内町、蟹田町、今別町、蓬田村及び平館村 上北郡のうち横浜町 下北郡	0.0005	-1.05	1.97	20
(12)	青森県のうち 弘前市 黒石市 五所川原市 東津軽郡のうち三厩村 西津軽郡のうち鰺ヶ沢町、木造町、深浦町、森田村、柏村、稲垣村及び車力村 中津軽郡のうち岩木町 南津軽郡のうち藤崎町、尾上町、浪岡町、常盤村及び田舎館村 北津軽郡	-0.0285	1.17	2.19	20
(13)	青森県のうち 八戸市 十和田市 三沢市 上北郡のうち野辺地町、七戸町、百石町、十和田湖町、六戸町、上北町、東北町、天間林村、下田町及び六ヶ所村 三戸郡	0.0140	0.55	0.33	40
(14)	青森県（(11) から (13) までに掲げる区域を除く） 秋田県のうち 能代市 大館市 鹿角市 鹿角郡 北秋田郡 山本郡のうちニッ井町、八森町、藤里町及び峰浜村	0.0047	0.58	1.01	40
(15)	秋田県のうち 秋田市 本荘市 男鹿市 山本郡のうち琴丘町、山本町及び八竜町 南秋田郡 河辺郡のうち雄和町 由利郡のうち仁賀保町、金浦町、象潟町、岩城町、由利町、西目町及び大内町 山形県のうち 鶴岡市 酒田市 東田川郡 西田川郡 飽海郡	0.0308	-1.88	1.58	20
(16)	岩手県のうち 和賀郡のうち湯田町及び沢内村 秋田県（(14) 及び (15) に掲げる区域を除く） 山形県のうち 新庄市 村山市 尾花沢市 西村山郡のうち西川町、朝日町及び大江町 北村山郡 最上郡	0.0050	1.01	1.67	40
(17)	岩手県のうち 宮古市 久慈市 釜石市 気仙郡のうち三陸町 上閉伊郡のうち大槌町 下閉伊郡のうち老老町、山田町、田野畑村及び普代村 九戸郡のうち種市町及び野田村	-0.0130	5.24	-0.77	20
(18)	岩手県のうち 大船渡市 遠野市 陸前高田市 岩手郡のうち葛巻町 気仙郡のうち住田町 下閉伊郡のうち岩泉町、新里村及び川井村 九戸郡のうち軽米町、山形村、大野村及び九戸村 宮城県のうち 石巻市 気仙沼市 桃生郡のうち河北町、雄勝町及び北上町 牡鹿郡 本吉郡	0.0037	1.04	-0.10	40
(19)	岩手県（(16) から (18) までに掲げる区域を除く） 宮城県のうち 古川市 加美郡 玉造郡 遠田郡 栗原郡 登米郡 桃生郡のうち桃生町	0.0020	0.00	0.59	0

(20)	宮城県（(18)及び(19)に掲げる区域を除く） 福島県のうち 福島市 郡山市 いわき市 白河市 原町市 須賀川市 相馬市 二本松市 伊達市 安達郡 岩瀬郡 西白河郡 東白川郡 石川郡 田村郡 双葉郡 相馬郡 茨城県のうち 日立市 常陸太田市 高萩市 北茨城市 東茨城郡のうち御前山村 那珂郡のうち大宮町、山方町、美和村及び緒川村 久慈郡 多賀郡	0.0019	0.15	0.17	40
(21)	山形県のうち 山形市 米沢市 寒河江市 上山市 長井市 天童市 東根市 南陽市 東村山郡 西村山郡のうち河北町 東置賜郡 西置賜郡のうち白鷹町	0.0099	0.00	-0.37	0
(22)	山形県（(15)、(16)及び(21)に掲げる区域を除く） 福島県のうち 南会津郡のうち只見町 耶麻郡のうち熱塩加納村、山都町、西会津町及び高郷村 大沼郡のうち三島町及び金山町 新潟県のうち 東蒲原郡のうち津川町、鹿瀬町及び上川村	0.0028	-4.77	2.52	20
(23)	福島県（(20)及び(22)に掲げる区域を除く）	0.0026	23.0	0.34	40
(24)	茨城県（(20)に掲げる区域を除く） 栃木県 群馬県（(25)及び(26)に掲げる区域を除く） 埼玉県 千葉県 東京都 神奈川県 静岡県 愛知県 岐阜県のうち 多治見市 関市 中津川市 瑞浪市 羽島市 恵那市 美濃加茂市 土岐市 各務原市 可児市 羽島郡 海津郡 安八郡のうち輪之内町、安八町及び墨俣町、加茂郡のうち坂祝町、富加町、川辺町、七宗町及び八百津町 可児郡 土岐郡 恵那郡のうち岩村町、山岡町、明智町、串原村及び上矢作町	0.0005	-0.06	0.28	40
(25)	群馬県のうち 利根郡のうち水上町 長野県のうち 大田市 飯山市 北安曇郡のうち美麻村、白馬村及び小谷村 下高井郡のうち木島平村及び野沢温泉村 上水内郡のうち豊野町、信濃町、牟礼村、三水村、戸隠村、鬼無里村、小川村及び中条村 下水内郡 岐阜県のうち 岐阜市 大垣市 美濃市 養老郡 不破郡 安八郡のうち神戸町 揖斐郡 本巣郡 山県郡 武儀郡のうち洞戸村、板取村及び武芸川町 郡上郡 大野郡のうち清見村、荘川村及び宮村 吉城郡 滋賀県のうち 大津市 彦根市 長浜市 近江八幡市 八日市市 草津市 守山市 滋賀郡 栗太郡 野洲郡 蒲生郡のうち安土町及び竜王町 神崎郡のうち五箇荘町及び能登川町 愛知郡 犬上郡 坂田郡 東浅井郡 伊香郡 高島郡 京都府のうち 福知山市 綾部市 北桑田郡のうち美山町 船井郡のうち和知町 天田郡のうち夜久野町 加佐郡 兵庫県のうち 朝来郡のうち和田山町及び山東町	0.0052	2.97	0.29	40
(26)	群馬県のうち 沼田市 吾妻郡のうち中之条町、草津町、六合村及び高山村 利根郡のうち白沢村、利根村、片品村、川場村、月夜野町、新治村及び昭和村 長野県のうち 長野市 中野市 更埴市 木曽郡 東筑摩郡 南安曇郡 北安曇郡のうち池田町、松川村及び八坂村 更級郡 埴科郡 上高井郡 下高井郡のうち山ノ内町 上水内郡のうち信州新町	0.0019	0.00	-0.16	0

	岐阜県のうち 高山市 武儀郡のうち武儀町及び上之保村 加茂郡のうち白川町及び東白川村 恵那郡のうち坂下町、川上村、加子母村、付知町、福岡町及び蛭川村 益田郡 大野郡のうち丹生川村、久々野町、朝日村及び高根村				
(27)	山梨県 長野県（(25) 及び (26) に掲げる区域を除く）	0.0005	6.26	0.12	40
(28)	岐阜県（(24) から (26) までに掲げる区域を除く） 新潟県のうち 糸魚川市 西頸城郡のうち能生町及び青海町 富山県 福井県 石川県	0.0065	-2.33	2.72	40
(29)	新潟県のうち 三条市 新発田市 小千谷市 加茂市 十日町市 見附市 栃尾市 五泉市 北蒲原郡のうち安田町、笹神村、豊浦町及び黒川村 中蒲原郡のうち村松町 南蒲原郡のうち田上町、下田村及び栄町 東蒲原郡のうち三川村 古志郡 北魚沼郡 南魚沼郡 中魚沼郡 岩船郡のうち関川村	0.0100	-1.20	2.28	40
(30)	新潟県（(22)、(28) 及び (29) に掲げる区域を除く）	0.0052	-3.22	2.65	20
(31)	京都府のうち 舞鶴市 宮津市 与謝郡 中郡 竹野郡 熊野郡 兵庫県のうち 豊岡市 城崎郡 出石郡 美方郡 養父郡	0.0076	1.51	0.62	40
(32)	三重県 0.0009 0.00 0.21 0 大阪府 奈良県 和歌山県 滋賀県（(25) に掲げる区域を除く） 京都府（(25) 及び (31) に掲げる区域を除く） 兵庫県（(25) 及び (31) に掲げる区域を除く）	0.0009	0.00	0.21	0
(33)	鳥取県 島根県 岡山県のうち 阿哲郡のうち大佐町、神郷町及び哲西町 真庭郡 苫田郡 広島県のうち 三次市 庄原市 佐伯郡のうち吉和村 山県郡 高田郡 双三郡のうち君田村、布野村、作木村及び三良坂町 比婆郡 山口県のうち 萩市 長門市 豊浦郡のうち豊北町 美祢郡 大津郡 阿武郡	0.0036	0.69	0.26	40
(34)	岡山県（(33) に掲げる区域を除く） 広島県（(33) に掲げる区域を除く） 山口県（(33) に掲げる区域を除く）	0.0004	-0.21	0.33	40
(35)	徳島県 香川県 愛媛県のうち 今治市 新居浜市 西条市 川之江市 伊予三島市 東予市 宇摩郡 周桑郡 越智郡 上浮穴郡のうち面河村	0.0011	-0.42	0.41	20
(36)	高知県（(37) に掲げる区域を除く）	0.0004	-0.65	0.28	40
(37)	愛媛県（(35) に掲げる区域を除く） 高知県のうち 中村市 宿毛市 土佐清水市 吾川郡のうち吾川村 高岡郡のうち中土佐町、窪川町、梶原町、大野見村、東津野村、葉山村及び仁淀村 幡多郡	0.0014	-0.69	0.49	20
(38)	福岡県 佐賀県 長崎県 熊本県 大分県のうち 中津市 日田市 豊後高田市 宇佐市 西国東郡のうち真玉町及び香々地町 日田郡 下毛郡	0.0006	-0.09	0.21	20
(39)	大分県（(38) に掲げる区域を除く）	0.003	-0.05	0.10	20

	宮崎県				
(40)	鹿児島県	-0.0001	-0.32	0.46	20

注) 多雪地域の場合は算出方法が異なる(建設省告示第 1389 号)

多雪地域の定義(H12 建設省告示第 1455 号): 垂直積雪量が 1m 以上の区域(算出方法は第 1455 号第 2 の規定による)または、積雪の初終間日数(当該区域中の積雪部分の割合が 1/2 を超える状態が継続する期間の日数)の平年値が 30 日以上区域

7.1.4 風荷重

風荷重は次式により算定する。

$$P = C \cdot q \cdot A$$

P : 風荷重(N)

C : 風力係数

q : 速度圧(N/m²)

A : 見付面積(m²)

速度圧 q は、建築基準法施行令に定められた次式による。

$$q = 0.6E \cdot V_0^2$$

この式において、 q 、 E および V_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

q 速度圧 (単位 N/m²)

E 太陽熱利用機器の地盤面からの高さ及び周辺の地域に存する建築物その他の工作物、樹木その他の風速に影響を与えるものの状況に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値 (参考: 建設省告示第 1454 号)

V_0 その地方における過去の台風の記録に基づく風害の程度その他の風の性状に応じて 30m/秒から 46m/秒までの範囲内において国土交通大臣が定める風速 (単位 m/秒) (表 7.1.5)

<参考>建設省告示第 1454 号

E の数値は、次の式によって算出するものとする。

$$E = E_r^2 \cdot G_f$$

この式において、 E_r 及び G_f は、それぞれ次の数値を表すものとする。

E_r 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

G_f ガスト影響係数

E_r は、表 7.1.3 に掲げる式によって算出するものとする。ただし、局地的な地形や地物の影響により平均風速が割り増されるおそれのある場合においては、その影響を考慮しなければならない。

表 7.1.3 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

H が Zb 以下の場合	$Er = 1.7 \left(\frac{Zb}{ZG} \right)^{\alpha}$
H が Zb を超える場合	$Er = 1.7 \left(\frac{H}{ZG} \right)^{\alpha}$

この表において、Er、Zb、ZG、α 及び H は、それぞれ次の数値を表すものとする。

Er 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

Zb、ZG、及び α 地表面粗度区分に応じて次の表に掲げる数値

地表面粗度区分		Zb (単位 m)	ZG (単位 m)	α
I	都市計画区域外にあって、極めて平坦で障害物がないものとして特定行政庁が規則で定める区域	5	250	0.10
II	都市計画区域外にあって地表面粗度区分 I の区域以外の区域（建築物の高さが 13m 以下の場合を除く。）または都市計画区域内にあって地表面粗度区分Ⅳの区域以外の区域のうち、海岸線または湖岸線（対岸までの距離が 1,500m 以上のものに限る。以下同じ。）までの距離が 500m 以内の地域（ただし、建築物の高さが 13m 以下である場合または当該海岸線若しくは湖岸線からの距離が 200m を超え、かつ、建築物の高さが 31m 以下である場合を除く。）	5	350	0.15
III	地表面粗度区分 I、II またはⅣ以外の区域	5	450	0.20
IV	都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいものとして特定行政庁が規則で定める区域	10	550	0.27

H 建築物の高さと軒の高さとの平均（単位 m）

Gf は、表 7.1.3 の地表面粗度区分及び H に応じて表 7.1.4 に掲げる数値とする。ただし、当該建築物の規模または構造特性及び風圧力の変動特性について、風洞試験または実測の結果に基づき算出する場合にあっては、当該算出によることができる。

表 7.1.4 ガスト影響係数

H 地表面 粗度区分	(1)	(2)	(3)
	10 以下の場合	10 を超え 40 未満の場合	40 以上の場合
I	2.0	(1) と (3) とに掲げる数値を直接的に補間した数値	1.8
II	2.2		2.0
III	2.5		2.1
IV	3.1		2.3

表 7.1.5 基準風速 V_0

(1)	(2) から (9) までに掲げる地方以外の地方	30
(2)	北海道のうち 札幌市 小樽市 網走市 留萌市 稚内市 江別市 紋別市 名寄市 千歳市 恵庭市 北広島市 石狩市 石狩郡 厚田郡 浜益郡 空知郡のうち南幌町 夕張郡のうち由仁町及び長沼町 上川郡 のうち風連町及び下川町 中川郡のうち美深町、音威子府村及び中川町 増毛郡 留萌郡 苫前郡 天塩郡 宗谷郡 枝幸郡 礼文郡 利尻郡 網走郡のうち東藻琴村、女満別町及び美幌町 斜里郡 のうち清里町及び小清水町 常呂郡のうち端野町、佐呂間町及び常呂町 紋別郡のうち上湧別町、 湧別町、興部町、西興部村及び雄部町 勇払郡のうち追分町及び穂別町 沙流郡のうち平取町 新 冠郡 静内郡 三石郡 浦河郡 様似郡 幌泉郡 厚岸郡のうち厚岸町 川上郡 岩手県のうち 久慈市 岩手郡のうち葛巻町 下閉伊郡のうち田野畑村及び普代村 九戸郡のうち野田村及び山形 村 二戸郡 秋田県のうち 秋田市 大館市 本荘市 鹿角市 鹿角郡 北秋田郡のうち鷹巣町、比内町、合川町及び小阿仁 村 南秋田郡のうち五城目町、昭和町、八郎潟町、飯田川町、天王町及び井川町 由利郡のうち仁 賀保町、金浦町、象潟町、岩城町及び西目町 山形県のうち 鶴岡市 酒田市 西田川郡 飽海郡のうち遊佐町 茨城県のうち 水戸市 下妻市 ひたちなか市 東茨城郡のうち内原町 西茨城郡のうち友部町及び岩間町 新治 郡のうち八郷町 真壁郡のうち明野町及び真壁町 結城郡 猿島郡のうち五霞町、猿島町及び境町 埼玉県のうち 川越市 大宮市 所沢市 狭山市 上尾市 与野市 入間市 桶川市 久喜市 富士見市 上福岡 市 蓮田市 幸手市 北足立郡のうち伊奈町 入間郡のうち大井町及び三芳町 南埼玉郡 北葛飾 郡のうち栗橋町、鷺宮町及び杉戸町 東京都のうち 八王子市 立川市 昭島市 日野市 東村山市 福生市 東大和市 武蔵村山市 羽村市 あきる 野市 西多摩郡のうち瑞穂町 神奈川県のうち 足柄上郡のうち山北町 津久井郡のうち津久井町、相模湖町及び藤野町 新潟県のうち 両津市 佐渡郡 岩船郡のうち山北町及び粟島浦村 福井県のうち 敦賀市 小浜市 三方郡 遠敷郡 大飯郡 山梨県のうち 富士吉田市 南巨摩郡のうち南部町及び富沢町 南都留郡のうち秋山村、道志村、忍野村、山中湖 村及び鳴沢村 岐阜県のうち 多治見市 関市 美濃市 美濃加茂市 各務原市 可児市 揖斐郡のうち藤橋村及び坂内村 本巣 郡のうち根尾村 山県郡 武儀郡のうち洞戸村及び武芸川町 加茂郡のうち坂祝町及び富加町 静岡県のうち 静岡市 浜松市 清水市 富士宮市 島田市 磐田市 焼津市 掛川市 藤枝市 袋井市 湖西市 富士郡 庵原郡 志太郡 榛原郡のうち御前崎町、相良町、榛原町、吉田町及び金谷町 小笠郡 磐 田郡のうち浅羽町、福田町、竜洋町及び豊田町 浜名郡 引佐郡のうち細江町及び三ヶ日町 愛知県のうち 豊橋市 瀬戸市 春日井市 豊川市 豊田市 小牧市 犬山市 尾張旭市 日進市 愛知郡 丹羽 郡 額田郡のうち額田町 宝飯郡 西賀茂郡のうち三好町 滋賀県のうち 大津市 草津市 守山市 滋賀郡 栗太郡 伊香郡 高島郡 京都府 大阪府のうち 高槻市 枚方市 八尾市 寝屋川市 大東市 柏原市 東大阪市 四條畷市 交野市 三島郡 南 河内郡のうち太子町、河南町及び千早赤坂村 兵庫県のうち 姫路市 相生市 豊岡市 龍野市 赤穂市 西脇市 加西市 篠山市 多可郡 飾磨郡 神崎郡 揖保郡 赤穂郡 宍粟郡 城崎郡 出石郡 美方郡 養父郡 朝来郡 氷上郡 奈良県のうち 奈良市 大和高田市 大和郡山市 天理市 橿原市 桜井市 御所市 生駒市 香芝市 添上郡 山辺郡 生駒郡 磯城郡 宇陀郡のうち大宇陀町、菟田野町、榛原町及び室生村 高市郡 北葛城 郡 鳥取県のうち	32

	鳥取市 岩美郡 八頭郡のうち郡家町、船岡町、八東町及び若桜町 島根県のうち 益田市 美濃郡のうち匹見町 鹿足郡のうち日原町 隠岐郡 岡山県のうち 岡山市 倉敷市 玉野市 笠岡市 備前市 和気郡のうち日生町 邑久郡 児島郡 都窪郡 浅口郡 広島県のうち 広島市 竹原市 三原市 尾道市 福山市 東広島市 安芸郡のうち府中町 佐伯郡のうち湯来町及び吉和村 山県郡のうち筒賀村 賀茂郡のうち河内町 豊田郡のうち本郷町 御調郡のうち向島町 沼隈郡 福岡県のうち 山田市 甘木市 八女市 豊前市 小郡市 嘉穂郡のうち桂川町、稲築町、碓井町及び嘉穂町 朝倉郡 浮羽郡 三井郡 八女郡 田川郡のうち添田町、川崎町、大任町及び赤村 京都郡のうち犀川町 築上郡 熊本県のうち 山鹿氏 菊池市 玉名郡のうち菊水町、三加和町及び南関町 鹿本郡 菊池郡 阿蘇郡のうち一の宮町、阿蘇町、産山村、波野村、蘇陽町、高森町、白水村、久木野村、長陽村及び西原村 大分県のうち 大分市 別府市 中津市 日田市 佐伯市 臼杵市 津久見市 竹田市 豊後高田市 杵築市 宇佐市 西国東郡 東国東郡 速見郡 大分郡のうち野津原町、挾間町及び庄内町 北海部郡 南海部郡 大野郡 直入郡 下毛郡 宇佐郡 宮崎県のうち 西臼杵郡のうち高千穂町及び日之影町 東臼杵郡のうち北川町	
(3)	北海道のうち 函館市 室蘭市 苫小牧市 根室市 登別市 伊達市 松前郡 上磯郡 亀田郡 芽部郡 斜里郡のうち斜里町 虻田郡 岩内郡のうち共和町 積丹郡 古平郡 余市郡 有珠郡 白老郡 勇払郡のうち早来町、厚真町及び鶴川町 沙流郡のうち門別町 厚岸郡のうち浜中町 野付郡 標津郡 目梨郡 青森県 岩手県のうち 二戸市 九戸市のうち軽米町、種市町、大野村及び九戸村 秋田県のうち 能代市 男鹿市 北秋田郡のついで田代町 山本郡 南秋田郡のうち若美町及び大潟村 茨城県のうち 土浦市 石岡市 龍ヶ崎市 水海道市 取手市 岩井市 牛久市 つくば市 東茨城郡のうち茨城町、小川町、美野里町及び大洗町 鹿島郡のうち旭村、鉾田町及び大洋村 行方郡のうち麻生町、北浦町及び玉造町 稲敷郡 新治郡のうち霞ヶ浦町、玉里村、千代田町及び新治村 筑波郡 北相馬郡 埼玉県のうち 川口市 浦和市 岩槻市 春日部市 草加市 越谷市 蕨市 戸田市 鳩ヶ谷市 朝霞市 志木市 和光市 新座市 八潮市 三郷市 吉川市 北葛飾郡のうち松伏町及び庄和町 千葉県のうち 市川市 船橋市 松戸市 野田市 柏市 流山市 八千代市 我孫子市 鎌ヶ谷市 浦安市 印西市 東葛飾郡 印旛郡のうち臼井町 東京都のうち 23 区 武蔵野市 三鷹市 府中市 調布市 町田市 小金井市 小平市 国分寺市 国立市 田無市 保谷市 狛江市 清瀬市 東久留米市 多摩市 稲城市 神奈川県のうち 横浜市 川崎市 平塚市 鎌倉市 藤沢市 小田原市 茅ヶ崎市 相模原市 秦野市 厚木市 大和市 伊勢原市 海老名市 座間市 南足柄市 綾瀬市 高座郡 中郡 足柄上郡のうち中井町、大井町、松田町及び開成町 足柄下郡 愛甲郡 津久井郡のうち城山町 岐阜県のうち 岐阜市 大垣市 羽島市 羽島郡 海津郡 養老郡 不破郡 安八郡 揖斐郡のうち揖斐川町、谷汲村、大野町、池田町、春日村及び久瀬村 本巣郡のうち北方町、本巣町、穂積町、巣南町、真正町及び糸貫町 静岡県のうち 沼津市 熱海市 三島市 富士市 御殿場市 裾野市 賀茂郡のうち松崎町、西伊豆町及び賀茂村 田方郡 駿東郡 愛知県のうち 名古屋市 岡崎市 一宮市 半田市 津島市 碧南市 刈谷市 安城市 西尾市 蒲郡市 常滑市 江南市 尾西市 稲沢市 東海市 大府市 知多市 知立市 高浜市 岩倉市 豊明市 西春日井郡 葉栗郡 中島郡 海部郡 知多郡 幡豆郡 額田郡のうち幸田町 渥美郡 三重県	34

	滋賀県のうち 彦根市 長浜市 近江八幡市 八日市市 野洲郡 甲賀郡 蒲生郡 神崎郡 愛知郡 犬上郡 坂田郡 東浅井郡 大阪府のうち 大阪市 堺市 岸和田市 豊中市 池田市 吹田市 泉大津市 貝塚市 守口市 茨木市 泉佐野市 富田林市 河内長野市 松原市 和泉市 箕面市 羽曳野市 門真市 摂津市 高石市 藤井寺市 泉南市 大阪狭山市 阪南市 豊能軍 泉北郡 泉南郡 南河内郡のうち美原町 兵庫県のうち 神戸市 尼崎市 明石市 西宮市 州本市 芦屋市 伊丹市 加古川市 宝塚市 三木市 高砂市 川西市 小野市 三田市 川辺郡 美嚢郡 加東郡 加古郡 津名郡 三原郡 奈良県のうち 五條市 吉野郡 宇陀郡のうち曽爾村及び御杖村 和歌山県 島根県のうち 鹿足郡のうち津和野町、柿木村及び六日市町 広島県のうち 呉市 因島市 大竹市 廿日市市 安芸郡のうち海田町、熊野町、坂町、江田島町、音戸町、倉橋町、下蒲刈町及び蒲刈町 佐伯郡のうち大野町、佐伯町、宮島町、能美町、沖美町及び大柿町 賀茂郡のうち黒瀬町 豊田郡のうち安芸津町、安浦町、川尻町、豊浜町、豊町、大崎町、東野町、木江町及び瀬戸田町 山口県 徳島県のうち 三好郡のうち三野町、三好町、池田町及び山城町 香川県 愛媛県 高知県のうち 土佐郡のうち大川村及び本川村 吾川郡のうち池川町 福岡県のうち 北九州市 福岡市 大牟田市 久留米市 直方市 飯塚市 田川市 柳川市 筑後市 大川市 行橋市 中間市 筑紫野市 春日市 大野城市 宗像市 太宰府市 前原市 古賀市 筑紫郡 糟屋郡 宗像郡 遠賀郡 鞍手郡 嘉穂郡のうち筑穂町、穂波町、庄内町及び潁田町 糸島郡 三潞郡 山門郡 三池郡 田川郡のうち香春町、金田町、糸田町、赤池町及び方城町 京都郡のうち苅田町、勝山町及び豊津町 佐賀県 長崎県のうち 長崎市 佐世保市 島原市 諫早市 大村市 平戸市 松浦市 西彼杵郡 東彼杵郡 北高来郡 南高来郡 北松浦郡 南松浦郡のうち若松町、上五島町、新魚目町、有川町及び奈良尾町 壱岐郡 下県郡 上県郡 熊本県のうち 熊本市 八代市 人吉市 荒尾市 水俣市 玉名市 本渡市 牛深市 宇土市 宇土郡 下益城郡 玉名郡のうち岱明町、横島町、天水町、玉東町及び長洲町 上益城郡 八代郡 葦北郡 球磨郡 天草郡 宮崎県のうち 延岡市 日向市 西都市 西諸県郡のうち須木村 児湯郡 東臼杵郡のうち門川町、東郷町、南郷村、西郷村、北郷村、北方町、北浦町、諸塚村及び椎葉村 西臼杵郡のうち五ヶ瀬町	
(4)	北海道のうち 山越郡 桧山郡 爾志郡 久遠郡 奥尻郡 瀬棚郡 島牧郡 寿都郡 岩内郡のうち岩内町、磯谷郡 古宇郡 茨城県のうち 鹿嶋市 鹿島郡のうち神栖町及び波崎町 行方郡のうち牛堀町及び潮来町 千葉県のうち 千葉市 佐原市 成田市 佐倉市 習志野市 四街道市 八街市 印旛郡の酒々井町、富里町、印旛村、本埜村及び栄町 香取郡 山武郡のうち山武町及び芝山町 神奈川県のうち 横須賀市 逗子市 三浦市 三浦郡 静岡県のうち 伊東市 下田市 賀茂郡のうち東伊豆町、河津町及び南伊豆町 徳島県のうち 徳島市 鳴門市 小松島市 阿南市 勝浦郡 名東郡 名西郡 那賀郡のうち那賀川町及び羽ノ浦町 板野郡 阿波郡 麻植郡 美馬郡 三好郡のうち井川町、三加茂町、東祖谷山村及び西祖谷山村 高知県のうち 宿毛市 長岡郡 土佐郡のうち鏡村、土佐山村及び土佐町 吾川郡のうち伊野町、吾川村及び吾北	36

	村 高岡郡のうち佐川町、越知町、梶原町、大野見村、東津野村、葉山村、仁淀村及び日高村 幡多郡のうち大正町、大月町、十和村、西土佐村及び三原村 長崎県のうち 福江市 南松浦郡のうち富江町、玉之浦町、三井楽町、岐宿町及び奈留町 宮崎県のうち 宮崎市 都城市 日南市 小林市 串間市 えびの市 宮崎郡 南那珂郡 北諸県郡 西諸県郡のうち高原町及び野尻町 東諸県郡 鹿児島県のうち 川内市 阿久根市 出水市 大口市 国分市 鹿児島郡のうち吉田町 薩摩郡のうち樋脇町、入来町、東郷町、宮之城町、鶴田町、薩摩町及び祁答院町 出水郡 伊佐郡 始良郡 曾於郡	
(5)	千葉県のうち 銚子市 館山市 木更津市 茂原市 東金市 八日市場市 旭市 勝浦市 市原市 鴨川市 君津市 富津市 袖ヶ浦市 海上郡 匝瑳郡 山武郡のうち大網白里町、九十九里町、成東町、蓮沼村、松尾町及び横芝町 長生郡 夷隅郡 安房郡 東京都のうち 大島町 利島村 新島村 神津島村 三宅村 御蔵島村 徳島県のうち 那賀郡のうち鷲敷町、相生町、上那賀町、木沢村及び木頭村 海部郡 高知県のうち 高知市 安芸市 南国市 土佐市 須崎市 中村市 土佐清水市 安芸郡のうち馬路村及び芸西村 香美郡 吾川郡のうち春野町 高岡郡のうち中土佐町及び窪川町 幡多郡のうち佐賀町及び大方町 鹿児島県のうち 鹿児島市 鹿屋市 串木野市 垂水市 鹿児島郡のうち桜島町 肝属郡のうち串良町、東串良町、高山町、吾平町、内之浦町及び大根占町 日置郡のうち市来町、東市来町、伊集院町、松元町、郡山町、日吉町及び吹上町	38
(6)	高知県のうち 室戸市 安芸郡のうち東洋町、奈半利町、田野町、安田町及び北川村 鹿児島県のうち 枕崎市 指宿市 加世田市 西之表市 揖宿市 川辺郡 日置郡のうち金峰町 薩摩郡のうち里村、上甑村、下甑村及び鹿島村 肝属郡のうち根占町、田代町及び佐多町	40
(7)	東京都のうち 八丈町 青ヶ島村 小笠原村 鹿児島県のうち 熊毛郡のうち中種子町及び南種子町	42
(8)	鹿児島県のうち 鹿児島郡のうち三島村 熊毛郡のうち上屋久町及び屋久町	44
(9)	鹿児島県のうち 名瀬市 鹿児島郡のうち十島村 大島郡 沖縄県	46

風力係数は、風洞実験によって求めるほか、表 7.1.6、表 7.1.7 に示した数値とすることができる。見付面積は算出しようとする風力の作用方向（表 7.1.6 の取付形式の欄の図では→で示している）と直交する面に対する太陽熱利用システムの投影面積とする。

表 7.1.6 風力係数 1

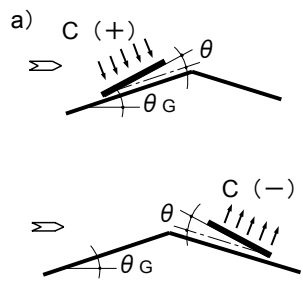
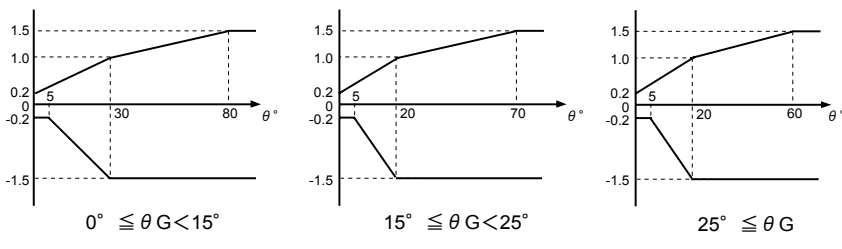
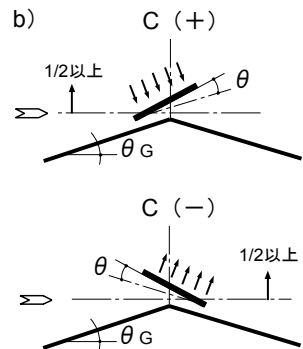
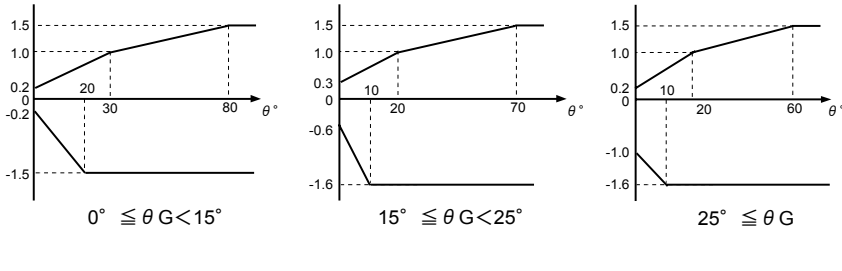
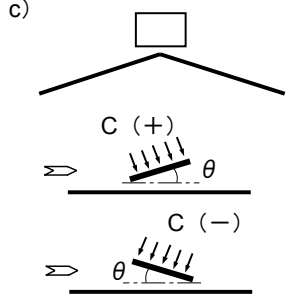
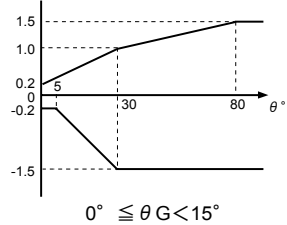
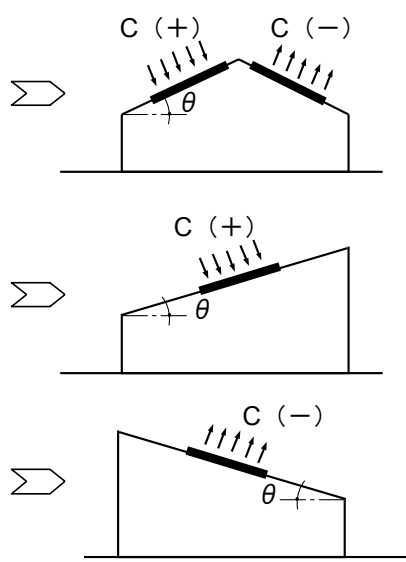
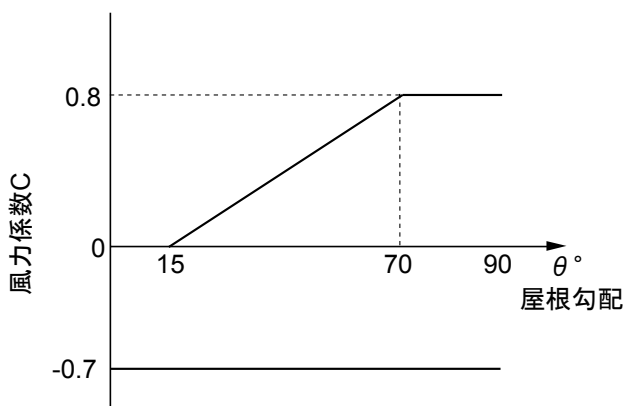
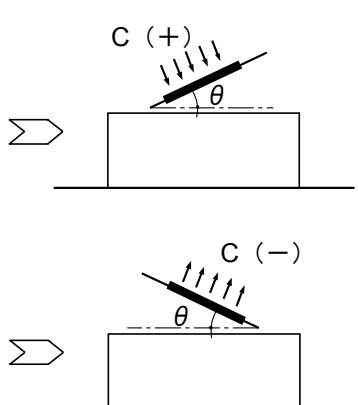
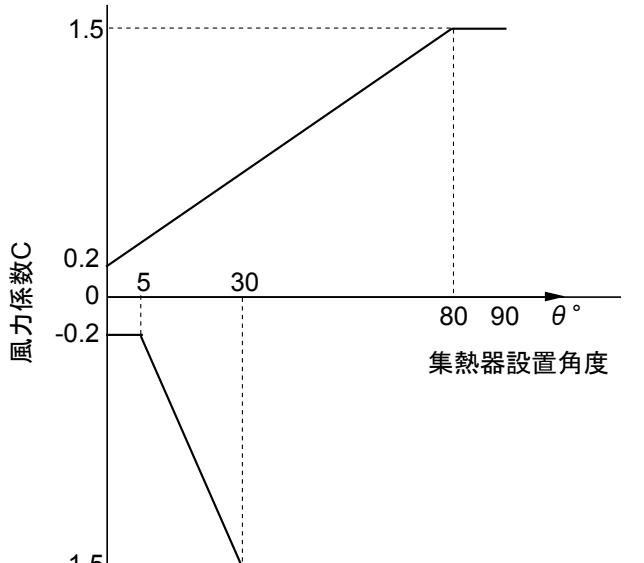
取付形式等	風力係数 C
a) 	 $0^{\circ} \leq \theta_G < 15^{\circ}$ $15^{\circ} \leq \theta_G < 25^{\circ}$ $25^{\circ} \leq \theta_G$
b) 	 $0^{\circ} \leq \theta_G < 15^{\circ}$ $15^{\circ} \leq \theta_G < 25^{\circ}$ $25^{\circ} \leq \theta_G$
c) 	 $0^{\circ} \leq \theta_G < 15^{\circ}$
以上と直行する方向	± 0.2
球形、円筒の場合	± 0.7

表 7.1.7 風力係数 2

集熱器設置断面形状	風 力 係 数 C
(d) 屋根密着設置型 	
(e) 陸屋根設置型 	

- ・ 取付形式等で、(a)は棟を越さない形式のもの、(b)は棟越しの形式、(c)は(b)と直交する形の棟をまたぐ形式をいう。(a)と(b)の区別は家屋の最上部を通る水平面より太陽熱利用機器の 1/2 以上が上になる場合を(b)、そうでない場合を(a)とする。なお、取付形式(a)は太陽熱利用機器の下面と建物屋根面との間に空隙がある、あるいは太陽熱利用機器を建物屋根面に単に置いたという設置形式のものをさし、屋根一体のものではない。屋根密着の場合は(d)に示すが、(a)の場合の風力係数より大きくなるので注意されたい。
- ・ 建物の端部に近い位置は、風荷重が大きく、また建物強度にも問題があり、避けるのが望ましい。

屋根面の端部から辺長の 10% の範囲 (3m を超える場合は 3m) では局部的に大きい風圧力が発生することがあるため、この範囲においてはここに示す風力係数を用いることが出来ない。従って、この範囲には集熱器を設置しないことが望ましい。やむを得ず設置する場合は十分検討し風力係数を割り増す必要がある。

真空ガラス管形集熱器の管単体への風圧力の算定は風力係数を 1.2 として、次式により計算することが望ましい。

$$P = C \cdot q \cdot A$$

P : 風荷重(N)

C : 風力係数 (1.2)

q : 速度圧(N/m²)

A : 見付面積(m²)

架台設計用の集熱器全体への風荷重の算定には、管形集熱器であっても機器全体を平板形集熱器とみなして風力係数を設定する。

7.1.5 地震荷重

以下、地震荷重の詳細については、併せて「建築設備耐震設計・施工指針（2005 年版国土交通省監修）」を参照いただきたい。

設備機器に対する設計用水平地震力 F_H は次式によるものとし、作用点は原則として重心とする。

$$F_H = K_H \cdot W \text{ (kN)}$$

K_H : 設計用水平震度

W : 機器の重量 (kN)

設計用鉛直地震力 F_V を考慮する必要がある場合は、

$$F_V = K_V \cdot W \text{ (kN)}$$

$$K_V = (1/2) K_H$$

K_V : 設計用鉛直震度

1) 局部震度法による設備機器の地震力（その 1）

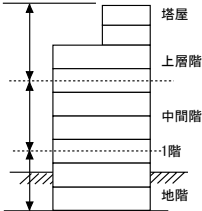
動的解析が行われない通常の構造の建築物については、次式を適用して設計用水平震度 K_H を求める。

$$K_H = Z \cdot K_S$$

K_S : 設計用標準震度（表 7.1.8 の値以上とする）

Z : 地域係数（図 7.1.1 による、通常 1 としてよい）

表 7.1.8 局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

	建築設備機器の耐震クラス			適用階の区分
	耐震クラス S	耐震クラス A	耐震クラス B	
上層階、屋上 及び塔屋	2.0	1.5	1.0	
中間階	1.5	1.0	0.6	
地階及び 1 階	1.0（1.5）	0.6（1.0）	0.4（0.6）	

（ ）内の値は地階及び 1 階（地表）に設置する水槽の場合に適用する。

上層階の定義

- ・2～6 階建ての建築物では、最上階を上層階とする。
- ・7～9 階建ての建築物では、上層の 2 層を上層階とする。
- ・10～12 階建ての建築物では、上層の 3 層を上層階とする。
- ・13 階建て以上の建築物では、上層の 4 層を上層階とする。

中間階の定義

- ・地階、1 階を除く各階で上層階に該当しない階を中間階とする。

注) 各耐震クラスの適用について

- 設備機器の応答倍率を考慮して耐震クラスを適用する。
(例 防振装置を付した機器は耐震クラスA又はSによる。)
- 建築物あるいは設備機器等の地震時あるいは地震後の用途を考慮して耐震クラスを適用する。
(例 防災拠点建築物、あるいは重要度の高い水槽など。)

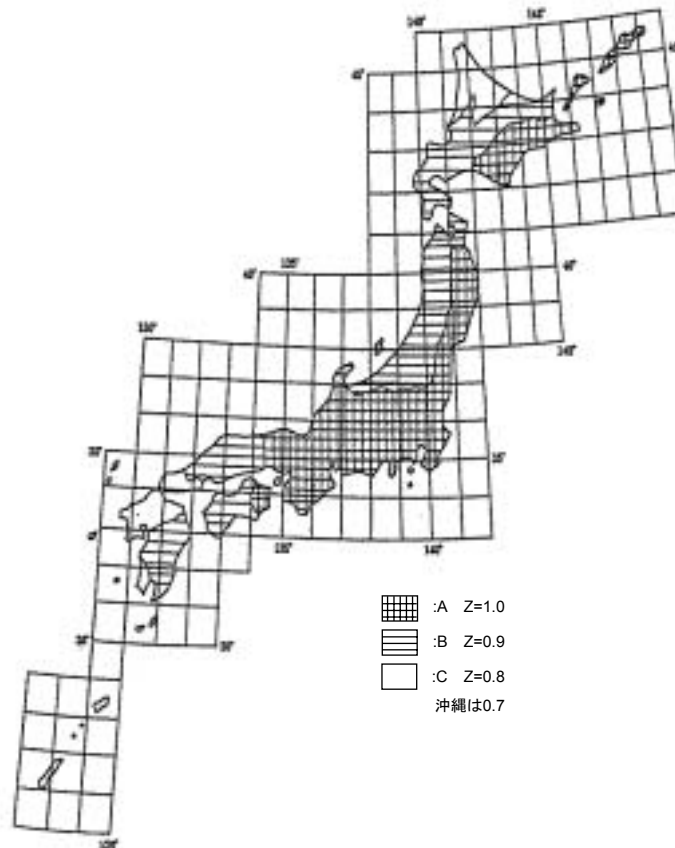


図 7.1.1 地震地域係数 Z の図 (詳細は昭 55 建告第 1793 号による)

出所)「建築設備耐震設計・施工指針 2005 年版」(日本建築センター)

2) 局部震度法による設備機器の地震力（その1）の考え方>

①設備機器及び水槽の場合の水平震度の計算値 K_H

表 7.1.8 の設計用標準震度の値は次式によって算出されている。

$$K_H = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot Z \cdot D_{SS} \cdot I_S \cdot I_K \quad \cdots \text{設備機器の場合}$$

$$= K_0 \cdot K_1 \cdot Z \cdot \beta \cdot I \quad \cdots \text{水槽の場合}$$

K_0 : 応答解析が行われない際の基準震度=0.4 と設定

K_1 : 応答解析が行われない際の基準震度に対する建築物の想定各階床応答倍率

$K_1 = 1.0 \sim 2.5$ と設定

K_2 : 設備機器の応答倍率で、表 7.1.9 による

表 7.1.9 設備機器の応答倍率

機器の取付状態	応答倍率 : K_2
防振支持の機器堅固に据	2.0
付けられた機器	1.5

Z : 地域係数（ここでは 1.0 としている）

D_{SS} : 設備機器据付け用構造特性係数

振動応答解析が行われていない設備機器の据付・取付の場合、 $D_{SS} = 2/3$ と設定

I_S : 設備機器の用途係数 ($I_S = 1.0 \sim 1.5$)

I_K : 建築物の用途係数 ($I_K = 1.0 \sim 1.5$)

ただし、 $I_S \cdot I_K \leq 2.0$ 、従って、 $D_{SS} \cdot I_S \cdot I_K = 0.67 \sim 1.0 \sim 1.33$

β : 水槽の設置場所と応答倍率で、表 7.1.10 による

表 7.1.10 水槽の応答倍率 β

場 所	応答倍率 : β
1 階、地階、地上	2.0
中間階、上層階、屋上、塔屋	1.5

I : 水槽の用途係数で、表 7.1.11 による

表 7.1.11 水槽の用途係数 I

用途	用途係数 : I
耐震性を特に重視する用途	1.5
耐震性を重視する用途	1.0
その他の用途	0.7

3) 建築物の動的解析が行われている場合の地震力（その2）

一部の免震構造の建築物及び制振構造の建築物の場合、構造体の設計において動的解析が行われ、各階の振動応答加速度値 G_f (cm/s^2) が与えられることとなる。この場合の設計用水平震度 K_H の求め方を以下に示す。

①振動応答解析結果がある場合の算出式

前項（2）の考え方と同様にして、振動応答解析結果がある場合の算出式を定める。

振動応答解析が行われている建築物の各階床の振動応答値 G_f は、

$$G_f = K_0 \cdot K_1 \cdot Z \cdot I_k \cdot G$$

の値に相当していると考えてよいとされている。従って、

$$K_H' = (G_f / G) \cdot K_2 \cdot D_{SS} \cdot I_S \quad \cdots \text{設備機器の場合}$$

$$= (G_f / G) \cdot \beta \cdot I \quad \cdots \text{水槽の場合}$$

G_f : 各階床の振動応答加速度の値 (cm/s^2)

G : 重力加速度の値 $= 980$ (cm/s^2)

K_H は、表 7.1.10、表 7.1.11、表 7.1.12 を適用して設定する。 K_H' は表 7.1.12 により K_H とする。

②設計用鉛直震度 K_V

設計用鉛直震度を考慮する必要がある場合は次式による。

$$K_V = (1/2) K_H$$

ただし、免震構造の建築物の設計用鉛直震度は、特に解析されていない場合には、(1) 局部震度法による設備機器の地震力（その1）の値による。最小値は 0.4 とする。

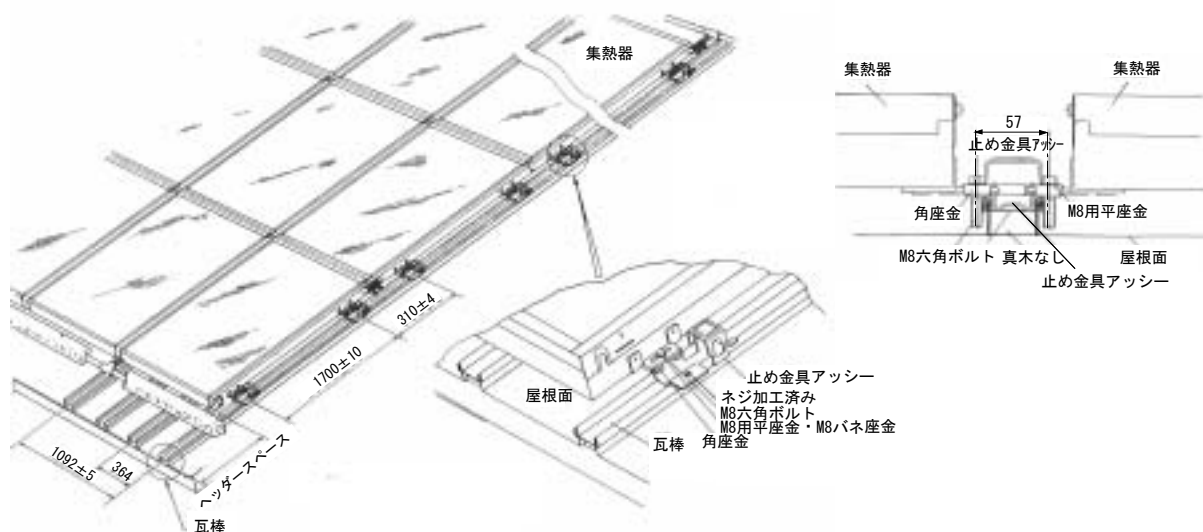
表 7.1.12 建築物の動的解析が行われている際の設計用水平震度 K_H

設計用水平震度 K_H	2) ①項及び、3) ①項で算出された K_H' の値
0.4	0.42 以下（通常の建築物の場合）
0.6	0.63 以下（用途係数の高い建築物・設備の場合）
1.0	0.63 を超え 1.10 以下の場合
1.5	1.10 を超え 1.65 以下の場合
2.0	1.65 を超える場合

集熱器は前述の各種荷重に耐え、長い耐久性が要求される。集熱器の耐力は一般に構造が複雑で計算式で予測することが困難なため、実験により確認することを原則とする。その他設計において考慮、確認しなければならない項目は、建築用太陽熱利用システム 取付構造設計施工指針（旧「住宅建築・省エネルギー機構」）による。

太陽熱利用システムの集熱器の取り付けの強度計算は、躯体の設計と同時に行うことが多い。架台の設計も同様である。設計に当たって前述の外力（積載荷重、積雪荷重、風荷重、地震荷重）を考慮のうえ構造計算を行い、材料の許容応力に収まる設計を行なわなければならない。以下に屋根一体に設置する場合の例、及び集熱器を架台設置する場合の例を示す。

瓦棒屋根に雪止め金具を用いて設置した例で、瓦棒は屋根面から突き出しているため比較的簡単に施工できる。



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)

コロニアル屋根の上に設置した例で、太陽電池などの施工と共通する方法である。屋根上から垂木を狙って固定金具をネジ止めし、それを基準に部材を組み、集熱器を取り付ける。

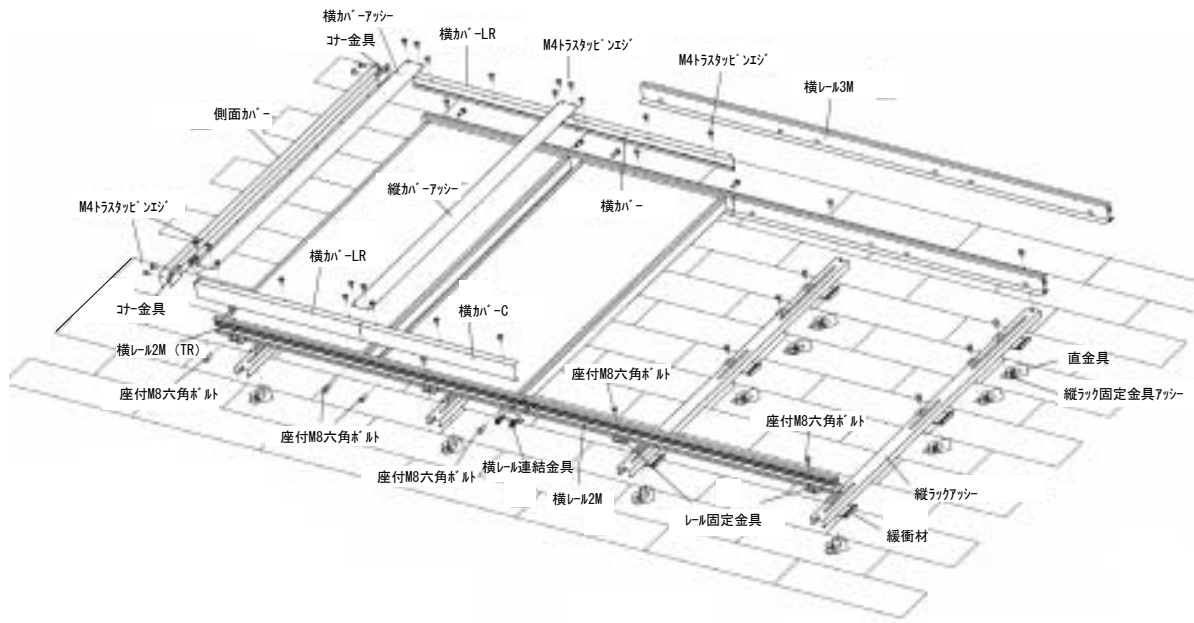


図 7.2.2 コロニアル屋根に設置した例

出所「ラックセット技術資料」矢崎総業（株）

3) 金属屋根に設置した例

集熱器設置部分は野地板の上に防水シートを施工し、その部分だけ金属板で屋根を葺く。金属板の上から取り付け金具にパッキンをはさんで固定し、集熱器を取り付ける。

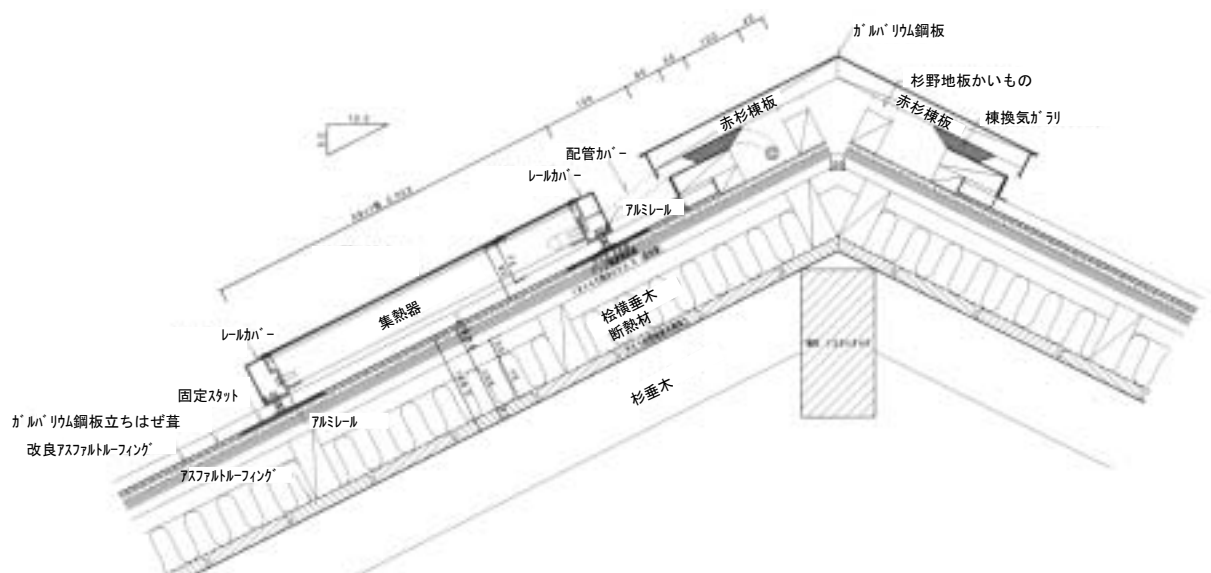


図 7.2.3 金属屋根に設置した例

資料提供（有）住環境研究所（FITZ 屋根収まり図）

4) 架台設置の例

架台設置面を変更すると、35°と 55°の設置ができ、給湯用には 35°設置、暖房用には 55°設置が可能である。ビルの屋上や陸屋根、地上設置するために使われる。

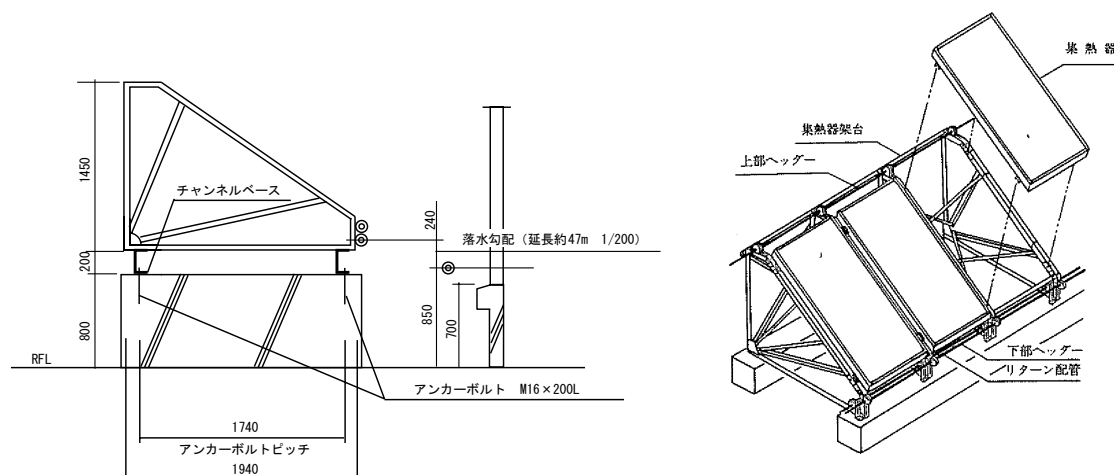


図 7.2.4 架台設置の例

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)

7.2.2 蓄熱槽の設置

建築設備耐震設計・施工指針 (日本建築センター) による。FRPについてはFRP水槽構造設計計算法を参考とする。屋外に設置する場合は建設省告示第 1101 号による荷重及び外力に対し安全上支障ないよう設計する。

第8章 設計監理上の注意事項と保守点検

8.1 設計監理上の注意事項

実際の設計では、信頼性や施工性、コスト、メンテナンス性、施主の要望などの要因により計算結果だけによらない場合が多い。なお、施設建築の熱負荷をまかなうものであるが建築だけでなく、設備的な側面が強く、標準化などが完備していないためメーカーなどの助言を必要とする場合が多い。

- 1) 暖房や暖房給湯を行う場合、暖房を重視して集熱面積を十分に設計すると、中間期や夏期に熱量が余り、集熱器が空焚き状態になる。従って、高温に耐えられる材料を選定し、密閉式の場合は、構成部材がシステム圧力の上昇に耐えられるものでなければならない。
- 2) 配管は耐食性や耐熱性の観点から銅管やステンレス管を使用することが望ましい。
- 3) 集熱系、給湯系の保温材は厚いほうが望ましいが、断熱材と施工コストを考慮して決定する。なお、集熱器入り口管は若干温度が低いため、リバースリターンの場合は入り口側の配管を長くする。配管からのヒートブリッジを防ぎ、屋内配管をしたほうが放熱ロスは小さくなり有利である。
- 4) 集熱系配管は 100℃以上になることを考慮の上、場合によっては 100℃を超えた蒸気が流れることも考えて設計する。
- 5) 補助熱源は負荷計算の結果を基に、太陽熱が無くても十分賄える容量の機種を選択する。
- 6) 蓄熱槽や貯湯槽はその容量や設置場所を考慮して、市販品の中から適切に選択する。
- 7) システム内の凍結予防は、各地の状況を熟知している施工業者の方法に従うのが良いが、集熱系に関しては防錆剤入りの不凍液が多く使用される。
- 8) 配管の気密テスト時は、集熱器にカバーをして行うか日射が無い時刻に行う。日射のある日中に気密テストを行うと、空気の膨張で機器の耐圧性能を超えて機器を破損することがある。その他、各部品の耐圧性能を十分把握して、部材の耐圧性能を超えた圧力にしないことが大切である。

8.2 施工計画上の留意点

8.2.1 集熱器

- 1) 1 年を通じて集熱器に影ができない場所を選定する。
- 2) 積雪地では設置位置や固定強度、雪降ろしの可否などの配慮を行う。
- 3) 風力の影響を考慮し、設置される構造物が十分な耐力があるか検討し、不十分であれば補強する。
- 4) 年間集熱量は、その地域の緯度と同じくらいの傾斜角で最大になる。ただし、使用目的（給湯、暖房、冷房）により冬の集熱量を多くするには傾斜角を高くし、夏期に集熱量を多くしたければ傾斜角を低く設計する。
- 5) 方位角は基本的に南（0°）とするが、建物の都合によって南に設置できない場合でもできるだけ±30°以内にすることが望ましい。

8.2.2 熱媒

熱媒は一般にプロピレングリコール水溶液が用いられる。

これは、プロピレングリコールの凍結温度が低く、同時に食品添加物の一種であり万一漏れた場合でも比較的安全であるためである。希釈しないプロピレングリコールは沸点が約 188℃で、融点が-59℃である

が粘度が高いため一般には使われず、水溶液にして使う場合がほとんどである。プロピレングリコール水溶液だけでは腐食の危険があり、通常は微量の腐食抑制剤を添加する。

停電や負荷がなく日射がある場合などには、集熱器は空焚き時には 150～300℃に達するため、熱媒も定期的な維持管理を行わなければならない。

8.2.3 蓄熱槽・補助熱源

- 1) 集熱器と蓄熱槽、補助熱源や負荷の配置は熱ロスを少なくするため、できるだけ近くに設置する。
- 2) 屋内設置か屋外設置かを確認する。給湯設備（ボイラ）や吸収式冷凍機、ポンプ類は防音、防振対策をして屋内設置にするか、屋外設置の場合は、隣地への遮音対策を施す。
- 3) 蓄熱槽やボイラなど水抜きを行う可能性のある設備に対して、排水溝を設け、排水経路を確保する。
- 4) 機器から生じる排気、湿気、排水、飛まつ水などが他の機器に影響を与えないように対策するか、設置場所を考慮する。
- 5) 積雪や地震、台風などの外力を考慮した設置方法を選択し設計する。

8.2.4 メンテナンススペース

機器の搬入搬出ができるスペースを確保し、曲がり部、高さに注意する。保守点検を考慮し機器や熱交換器などの補修、交換や点検ができる十分なスペースを取る。

8.2.5 配管

建築設備で使われる用途や使用条件の区分は多岐に渡り、配管材料の種類も多い。配管材料の選定は用途や規模、設備やシステムの特性及び建築基準法や消防法、水道法などの法規や水道事業者・使用者の許認可、仕様を満足しているものを選択する。

配管で最も大切なことは、①使用環境・温度に十分耐える、②強度が十分ある、③耐食性に優れている・・・ことである。太陽熱利用システムの配管や弁類、継手類は耐熱性や耐食性を考慮して、銅管やステンレス管、鋼管、樹脂管などを選定する。給水、給湯配管に関しては水道法やそのほかの規則で決定する。

- 1) 配管は雨水が浸入しないように十分な保温を施す。特にバルブや計器、フランジ部はできるだけ表面が露出しないように保温する。
- 2) 集熱器の空焚き時には 150～300℃の温度になるため、集熱回路の配管は特に耐熱性のある材料とし、同時に集熱時の温度上昇による伸縮を十分配慮し、必要に応じて伸縮継手を使用する。
- 3) 開放式システムでは落水時に配管内に空気が入り腐食しやすいため耐食性の良い材料を選択する。配管は流れ勾配で施工し、特に開放集熱システムでは集熱ポンプ運転時に配管内の空気が抜けやすく、集熱ポンプ停止時に落水しやすく施工する。
- 4) 密閉式システムで不凍液を使う場合は腐食抑制剤入りの熱媒として配管の腐食を防ぐ。
- 5) 集熱器の配置、配管は集熱器毎に均等に熱媒が流れるようにリバースリターン配管が望ましい。
- 6) リバースリターンの場合、熱損失を少なくするように集熱器入り口側の配管を長く取り、出口側の配管はできるだけ短くなるように計画する。
- 7) 多数の集熱器を直列に接続すると 1 列を流れる流量が多くなり圧力損失が増加しポンプ動力が大きくなるので、並列－直列を組み合わせる配管するとよい。集熱器に均等に熱媒を流すことが大切である。
- 8) ヘッド配管は最大接続管径の 2 サイズアップを目安にするが、最大流量時の流速が 1～1.5m 程度に

なるように計画する。図 8.2.1 に集熱器の配管例を示す。

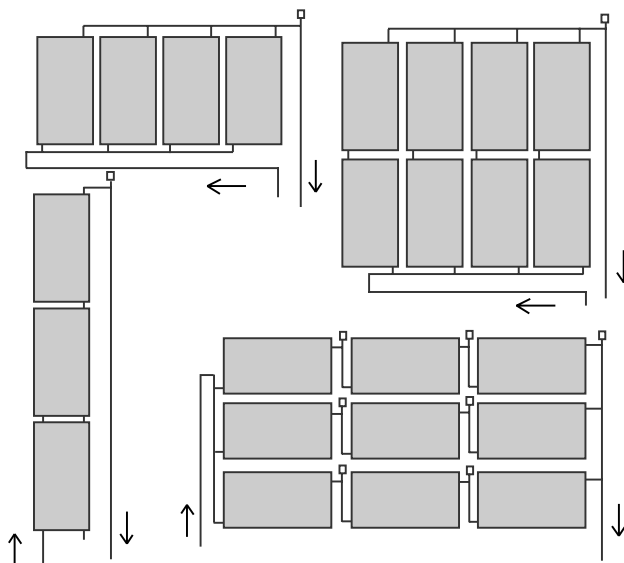


図 8.2.1 集熱器の配管例

8.2.6 水質

水質の悪い水を機器に循環すると腐食が発生しやすくなり、同時にスケールが付着し寿命を損なうため、水質検査を行い、水質を確認し、必要に応じて水処理を行う。水質の基準として日本冷凍空調工業会がまとめた、冷凍空調機器用冷却水水質基準が参考になる。

表 8.2.1 冷凍空調機器用冷却水水質基準（JRA-9001）

	項目	冷却水			冷水系		温水計				腐食		スケール生成
		循環式		一過式			低位中温水系		高位中温水系				
		循環水	補給水		循環水 (20℃以下)	補給水	循環水 (20℃を超え60℃以下)	補給水	循環水 (60℃を超え90℃以下)	補給水			
基準項目	pH (25℃)	6.5～8.2	6.0～8.0	6.5～8.2	6.5～8.2	6.5～8.2	6.5～8.2	6.5～8.2	6.5～8.2	6.5～8.2	○	○	
	電気伝導率 (mS/m) (25℃)	80 以下	30 以下	40 以下	40 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	○	○	
	(μS/cm) (25℃)	800 以下	300 以下	400 以下	400 以下	300 以下	300 以下	300 以下	300 以下	300 以下			
	塩化物イオン (mgCl ⁻ /ℓ)	200 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	30 以下	30 以下	○		
	硫酸イオン (mgSO ₄ ²⁻ /ℓ)	200 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	30 以下	30 以下	○		
	酸消費量 (pH4.8) (mgCaCO ₃ /ℓ)	100 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下		○	
	全硬度 (mgCaCO ₃ /ℓ)	200 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下		○	
	カルシウム硬度 (mgCaCO ₃ /ℓ)	150 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下		○	
参考項目	イオン状シリカ (mgSiO ₂ /ℓ)	50 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下		○	
	鉄 (mgFe/ℓ)	1.0 以下	0.3 以下	1.0 以下	1.0 以下	0.3 以下	1.0 以下	0.3 以下	1.0 以下	0.3 以下	○	○	
	銅 (mgCu/ℓ)	0.3 以下	0.1 以下	1.0 以下	1.0 以下	0.1 以下	1.0 以下	0.1 以下	1.0 以下	0.1 以下	○		
	硫化物イオン (mgS ²⁻ /ℓ)	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	○		
	アモニウムイオン(mgNH ₄ ⁺ /ℓ)	1.0 以下	0.1 以下	1.0 以下	1.0 以下	0.1 以下	1.0 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	○		
	残留塩素 (mgCl/ℓ)	0.3 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.25 以下	0.3 以下	0.1 以下	0.3 以下	○		
	遊離炭酸 (mgCO ₂ /ℓ)	4.0 以下	4.0 以下	4.0 以下	4.0 以下	4.0 以下	0.4 以下	4.0 以下	0.4 以下	4.0 以下	○		
	安定度指数 (R.S.I.)	6.0～7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	

8.2.7 保守点検

太陽熱利用機器は取り付け上の安全性を確保した設計施工をするが、経年での故障や劣化、システムの正常な稼働を確認し、異常があれば対処できるように施工後及び定期的に保守点検が必要になる。

施工後点検、保守点検は本ガイドラインと同時に取り纏めた「業務用太陽熱利用システムの施工・保守ガイドライン」やソーラーシステム振興協会発行の「住宅用ソーラー施工技術の基礎知識」が参考になる。

第9章 その他 特記事項、参考資料

太陽熱利用システムを設計するための気象データや給水温度、熱負荷のデータの一部を参考に記載する。

9.1 気象データ

表 9.1.1 月平均気温 及び 標準晴天日気象データ

東京(トウキョウ)		(35.69N, 139.77E)				EAデータ地点番号= 363									
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	
月平均気温(°C)		5.7	6.5	8.6	15.0	19.2	21.1	26.6	27.3	23.1	17.9	12.4	9.0	16.1	
日照時平均気温(°C)		7.1	7.7	9.6	16.2	20.7	22.1	28.0	28.5	24.5	19.1	13.7	10.4	18.2	
標準晴天日の平均気温(°C)		3.4	7.1	8.9	14.2	20.7	21.7	28.7	29.1	27.4	19.9	13.5	7.4	16.8	
標準晴天日の日照時平均気温(°C)		4.9	8.5	10.6	15.4	22.5	23.3	30.4	30.5	29.3	21.3	14.8	9.0	19.2	
標準晴天日の毎時の気温(°C)															
	1 時	1.0	5.2	7.1	12.3	17.5	18.8	25.7	26.4	25.2	17.7	11.6	6.8		
	2 時	0.9	4.9	6.5	11.9	17.0	18.7	25.2	26.4	24.8	17.0	10.9	6.2		
	3 時	0.6	4.6	6.4	11.2	16.9	18.5	25.1	26.2	24.8	16.8	10.8	5.9		
	4 時	0.4	4.4	6.1	10.8	16.4	18.1	25.0	26.0	24.6	16.2	10.4	5.7		
	5 時	0.2	4.2	6.1	10.5	16.1	17.5	24.9	25.8	24.5	15.9	9.9	5.7		
	6 時	0.2	3.8	6.0	10.4	16.7	18.2	25.6	25.8	24.6	16.0	9.8	5.2		
	7 時	0.0	3.9	6.6	11.3	17.9	19.7	26.4	26.9	25.7	16.5	10.0	5.1		
	8 時	0.6	5.1	8.1	12.3	19.7	21.0	27.9	27.7	26.9	17.8	10.9	5.6		
	9 時	2.3	6.7	9.7	13.9	21.2	22.4	29.4	29.2	28.5	19.4	13.0	7.2		
	10 時	4.2	8.1	10.8	15.1	22.5	23.4	30.5	30.6	29.4	20.9	14.4	8.3		
	11 時	5.3	8.8	11.6	16.2	23.7	24.5	31.2	31.5	30.4	22.0	15.5	9.5		
	12 時	5.9	10.1	12.0	17.1	24.7	25.3	31.7	32.3	31.0	23.0	16.5	10.1		
	13 時	6.4	10.5	12.4	18.2	24.9	25.6	32.4	32.7	31.0	23.6	16.9	10.8		
	14 時	6.8	10.8	12.0	17.9	24.9	25.8	32.5	32.9	30.9	23.4	17.2	10.7		
	15 時	6.7	10.4	12.0	17.5	24.5	24.8	32.6	32.4	30.4	23.5	16.9	10.4		
	16 時	6.2	10.2	11.4	17.0	24.4	24.6	32.1	32.1	29.9	23.3	16.6	9.8		
	17 時	5.9	9.4	10.5	16.5	23.9	24.1	31.8	31.5	28.8	22.6	16.0	9.2		
	18 時	5.3	8.5	9.6	15.7	22.7	23.3	30.9	30.7	28.0	21.8	15.2	8.5		
	19 時	4.6	7.8	8.8	15.0	21.6	22.3	29.7	29.9	27.4	21.1	14.6	7.3		
	20 時	4.1	7.3	8.4	14.4	20.7	21.7	29.3	29.3	27.1	20.5	14.2	6.6		
	21 時	3.8	6.8	8.1	14.2	20.2	21.0	28.3	28.5	26.3	20.1	13.7	6.2		
	22 時	3.4	6.5	7.9	13.8	19.7	20.7	27.4	28.2	25.6	19.8	13.3	6.3		
	23 時	2.9	6.0	7.7	13.5	19.5	20.4	27.3	28.0	25.8	19.5	12.8	5.8		
	24 時	2.8	5.8	7.6	13.4	19.2	20.2	26.7	27.8	25.7	19.0	12.4	5.5		
標準晴天日の大気透過率		0.790	0.780	0.712	0.637	0.623	0.623	0.476	0.615	0.583	0.686	0.746	0.753		
標準晴天日全日射量(MJ/m ² ・日)		12.6	17.0	20.6	23.3	26.0	27.2	20.9	23.9	18.7	16.6	13.1	10.8		
	上位5日 上段:全日射量 (MJ/m ² ・日) 下段:日付	1	13.7	17.5	20.9	26.0	26.8	28.9	23.0	26.1	21.9	17.9	14.0	11.2	
			30	21	18	20	17	12	8	9	1	3	1	19	
		2	12.6	17.3	20.8	23.7	26.4	28.5	21.5	23.7	18.7	17.0	13.7	11.0	
			29	28	19	3	27	11	21	20	8	9	2	16	
		3	12.4	17.2	20.4	22.9	25.8	27.0	20.8	23.4	17.7	16.9	13.1	10.8	
			20	22	31	8	30	9	7	29	2	8	8	6	
		4	12.3	16.6	20.3	21.8	25.4	26.2	20.4	23.2	17.7	15.8	12.6	10.7	
			21	18	14	21	26	15	31	21	5	2	14	4	
		5	12.2	16.2	20.3	21.8	25.3	25.4	18.9	23.0	17.6	15.6	12.3	10.2	
			31	19	22	24	29	13	29	30	26	16	18	18	

注) 日本建築学会「拡張アメダス気象データ(EA気象データ)」の「標準年EAデータ」をもとに算出。

出所)「ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度 SSS-1001 (改)」(社)ソーラーシステム振興協会

表 9.1.2 月平均日積算集熱面日射量

東京		(35.68N, 139.77E) 地点コード= 47662 (EAデータ地点番号= 363)										単位: MJ/m ² ・日		
方位角	傾斜角	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
水平面		8.64	10.3	12.9	14.5	16.6	14.6	14.3	15.3	11.5	9.94	8.03	7.63	12.0
0 °	10 °	10.4	11.6	13.9	14.9	16.7	14.5	14.3	15.6	12.0	10.9	9.29	9.25	12.8
	20 °	12.0	12.7	14.6	15.0	16.4	14.2	14.0	15.6	12.2	11.5	10.4	10.7	13.2
	30 °	13.2	13.4	14.9	14.8	15.8	13.6	13.5	15.2	12.2	12.0	11.2	11.8	13.5
	40 °	14.1	13.9	14.9	14.3	14.9	12.7	12.7	14.5	12.0	12.1	11.7	12.7	13.4
	50 °	14.7	14.0	14.5	13.5	13.8	11.7	11.7	13.5	11.5	12.0	12.0	13.2	13.0
	60 °	14.9	13.8	13.9	12.5	12.3	10.5	10.5	12.3	10.8	11.6	12.0	13.4	12.3
	70 °	14.7	13.2	12.9	11.2	10.7	9.18	9.14	10.8	9.83	11.0	11.7	13.2	11.4
	80 °	14.1	12.4	11.7	9.65	8.96	7.74	7.70	9.18	8.75	10.1	11.1	12.7	10.3
	90 °	13.1	11.2	10.2	8.03	7.13	6.34	6.26	7.45	7.49	9.04	10.2	11.9	9.0
15 °	10 °	10.4	11.6	13.9	14.9	16.6	14.5	14.3	15.6	12.0	10.8	9.25	9.18	12.7
	20 °	11.9	12.6	14.5	15.0	16.4	14.2	14.0	15.6	12.2	11.5	10.3	10.5	13.2
	30 °	13.1	13.3	14.8	14.8	15.8	13.6	13.5	15.2	12.2	11.8	11.1	11.7	13.4
	40 °	13.9	13.7	14.8	14.3	14.9	12.8	12.7	14.5	11.9	12.0	11.6	12.5	13.3
	50 °	14.4	13.8	14.4	13.5	13.8	11.8	11.7	13.5	11.4	11.8	11.8	12.9	12.9
	60 °	14.6	13.6	13.8	12.5	12.4	10.6	10.5	12.3	10.7	11.4	11.8	13.1	12.3
	70 °	14.4	13.0	12.8	11.2	10.8	9.25	9.22	10.9	9.79	10.8	11.4	12.9	11.4
	80 °	13.8	12.1	11.6	9.72	9.14	7.85	7.85	9.36	8.71	9.90	10.8	12.4	10.3
	90 °	12.8	10.9	10.1	8.17	7.42	6.52	6.44	7.67	7.49	8.82	9.97	11.6	9.00
30 °	10 °	10.2	11.4	13.8	14.8	16.6	14.5	14.3	15.6	11.9	10.7	9.11	9.04	12.7
	20 °	11.5	12.3	14.3	14.9	16.4	14.2	14.0	15.5	12.1	11.3	10.0	10.2	13.1
	30 °	12.6	12.9	14.6	14.7	15.8	13.6	13.5	15.1	12.0	11.6	10.7	11.1	13.2
	40 °	13.3	13.2	14.5	14.2	15.0	12.9	12.7	14.4	11.8	11.6	11.1	11.8	13.0
	50 °	13.6	13.2	14.1	13.4	13.9	11.8	11.8	13.5	11.2	11.4	11.2	12.2	12.6
	60 °	13.7	12.9	13.4	12.4	12.6	10.7	10.7	12.4	10.5	11.0	11.1	12.2	12.0
	70 °	13.4	12.2	12.5	11.2	11.1	9.50	9.47	11.0	9.65	10.3	10.7	12.0	11.1
	80 °	12.7	11.4	11.3	9.83	9.61	8.21	8.17	9.58	8.60	9.47	10.1	11.4	10.0
	90 °	11.8	10.2	9.86	8.39	8.03	6.95	6.91	8.10	7.45	8.42	9.22	10.5	8.82
45 °	10 °	9.90	11.2	13.6	14.8	16.6	14.5	14.3	15.5	11.8	10.5	8.89	8.75	12.5
	20 °	10.9	11.8	14.0	14.8	16.3	14.2	14.0	15.3	11.9	11.0	9.61	9.65	12.8
	30 °	11.7	12.2	14.1	14.5	15.8	13.6	13.5	15.0	11.8	11.2	10.1	10.3	12.8
	40 °	12.2	12.4	14.0	14.0	15.0	12.9	12.7	14.3	11.5	11.1	10.4	10.8	12.6
	50 °	12.5	12.3	13.6	13.2	14.0	12.0	11.9	13.4	11.0	10.9	10.4	11.0	12.2
	60 °	12.4	11.9	12.9	12.2	12.8	10.9	10.8	12.3	10.3	10.4	10.2	10.9	11.5
	70 °	12.0	11.3	12.0	11.2	11.5	9.76	9.68	11.1	9.40	9.72	9.76	10.5	10.7
	80 °	11.3	10.4	10.8	9.86	10.1	8.57	8.50	9.79	8.42	8.86	9.11	9.97	9.65
	90 °	10.4	9.32	9.58	8.57	8.64	7.38	7.34	8.39	7.38	7.92	8.28	9.11	8.53
60 °	10 °	9.50	10.9	13.4	14.7	16.6	14.5	14.3	15.4	11.7	10.4	8.64	8.39	12.3
	20 °	10.2	11.3	13.6	14.5	16.3	14.1	14.0	15.2	11.7	10.6	9.11	8.96	12.5
	30 °	10.7	11.5	13.6	14.2	15.8	13.6	13.5	14.8	11.5	10.6	9.36	9.40	12.4
	40 °	11.0	11.4	13.4	13.7	15.0	12.9	12.8	14.1	11.1	10.5	9.47	9.61	12.1
	50 °	11.0	11.2	12.9	12.9	14.1	12.0	11.9	13.2	10.6	10.2	9.36	9.58	11.6
	60 °	10.8	10.8	12.2	12.0	13.0	11.0	10.9	12.2	9.90	9.65	9.07	9.40	10.9
	70 °	10.4	10.1	11.3	10.9	11.7	9.94	9.86	11.1	9.07	9.00	8.64	9.00	10.1
	80 °	9.72	9.32	10.3	9.79	10.4	8.78	8.75	9.86	8.17	8.17	8.03	8.39	9.14
	90 °	8.89	8.35	9.07	8.57	9.11	7.70	7.63	8.60	7.16	7.31	7.24	7.63	8.10
75 °	10 °	9.07	10.5	13.1	14.5	16.5	14.5	14.2	15.3	11.6	10.1	8.32	7.96	12.1
	20 °	9.43	10.7	13.1	14.3	16.2	14.1	13.9	15.0	11.4	10.2	8.50	8.21	12.1
	30 °	9.58	10.6	13.0	13.9	15.7	13.6	13.4	14.5	11.2	10.0	8.57	8.32	11.8
	40 °	9.61	10.4	12.5	13.3	14.9	12.9	12.7	13.8	10.7	9.72	8.46	8.28	11.4
	50 °	9.43	10.0	12.0	12.5	14.0	12.0	11.9	13.0	10.1	9.32	8.24	8.14	10.9
	60 °	9.14	9.50	11.3	11.6	12.9	11.1	10.9	12.0	9.40	8.78	7.88	7.78	10.2
	70 °	8.68	8.86	10.4	10.6	11.8	10.0	9.94	10.9	8.64	8.14	7.42	7.38	9.40
	80 °	8.03	8.14	9.50	9.50	10.5	8.93	8.86	9.72	7.78	7.42	6.88	6.84	8.50
	90 °	7.38	7.31	8.50	8.42	9.29	7.85	7.78	8.57	6.91	6.62	6.19	6.16	7.60
90 °	10 °	8.60	10.2	12.9	14.4	16.5	14.4	14.2	15.2	11.4	9.86	7.99	7.52	11.9
	20 °	8.50	9.94	12.6	14.0	16.1	14.1	13.9	14.8	11.2	9.65	7.88	7.38	11.7
	30 °	8.35	9.65	12.2	13.5	15.5	13.5	13.3	14.1	10.7	9.36	7.63	7.20	11.3
	40 °	8.10	9.22	11.7	12.8	14.7	12.8	12.6	13.4	10.2	8.93	7.42	6.91	10.7
	50 °	7.81	8.75	11.0	12.0	13.8	12.0	11.8	12.5	9.58	8.42	7.06	6.62	10.1
	60 °	7.42	8.17	10.3	11.1	12.7	11.0	10.8	11.6	8.89	7.85	6.66	6.23	9.40
	70 °	6.98	7.60	9.47	10.1	11.6	9.97	9.83	10.5	8.10	7.20	6.19	5.83	8.60
	80 °	6.41	6.88	8.60	9.11	10.4	8.93	8.82	9.43	7.31	6.59	5.72	5.36	7.81
	90 °	5.87	6.23	7.74	8.06	9.25	7.88	7.81	8.35	6.48	5.87	5.15	4.79	6.95
最適傾斜角(°)		59.5	48.5	34.9	18.8	7.5	2.6	4.1	13.1	24.7	40.8	54.4	60.5	32.0
年間最適傾斜角の日射量		13.4	13.5	14.9	14.8	15.6	13.4	13.3	15.0	12.2	12.0	11.3	12.0	13.5

出所) NEDO,全国日射関連データマップ (MONSOLA00(801))

注)原典での単位はkWh/m²・日であるが、ここではMJ/m²・日に変換している。

出所)「ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度 SSS-1001 (改)」(社) ソーラーシステム振興協会

9.2 給水温度データ

東京(トウキョウ)

(35.69N, 139.77E)

EAデータ地点番号= 363

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
給水栓水温(°C)	8.4	7.8	10.4	15.3	20.4	23.0	26.2	28.8	26.4	21.4	16.2	11.2	17.9
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
浄水場等水温(°C)	7.2	7.7	10.8	14.8	19.4	22.7	25.8	27.7	24.4	19.7	14.7	9.4	17.0
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
月平均気温(°C) ※	6.4	5.9	9.8	14.7	20.1	21.5	26.4	27.9	24.5	19.5	13.2	9.0	16.6

※ 水温調査年の月平均気温 (アメダス)

給水栓水温関連情報	測定地点〒番号: 103-0007	測定場所: 公園
	測定頻度: 毎日	測定場所の浄水場等からの距離: - (km)
浄水場水温関連情報	浄水場名称: 金町	
	測定頻度: 毎日	水源の種類: 表流水

出所)「ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度 SSS-1001 (改)」(社) ソーラーシステム振興協会

9.3 建物の熱負荷データ

ここでは、事務所ビル、病院、ホテルのデータを示す。

(1) 建物用途別の年間需要量

表 9.3.1 建物用途別年間需要量

建物用途	電力負荷 kWh/m ²	熱負荷		
		給湯 MJ/m ²	暖房 MJ/m ²	冷房 MJ/m ²
事務所	189.00	7.56	246.96	552.60
病院	170.00	334.80	309.60	334.80
ホテル	200.00	334.80	334.80	418.68

出所)「都市ガスによるコージェネレーション評価プログラム -CASCADEⅢ-」空気調和衛生工学会

(2) 月別及び時刻別負荷比率

1) 事務所ビル

表 9.3.2 月別負荷比率（事務所）

月	稼働日数	電力	給湯	暖房	冷房
1	24	8.04	13.79	25.93	4.08
2	23	7.37	17.24	22.79	3.84
3	26	8.23	13.79	17.66	4.78
4	25	8.22	10.34	4.27	6.38
5	23	8.40	6.90	0.00	8.23
6	26	8.58	3.45	0.00	11.11
7	26	9.18	3.45	0.00	14.00
8	27	9.01	3.45	0.00	15.81
9	24	8.40	3.45	0.00	11.88
10	25	8.55	6.90	0.00	8.87
11	24	8.11	6.90	7.98	6.44
12	26	7.91	10.34	21.37	4.58
合計	299	100.00	100.00	100.00	100.00

出所)「都市ガスによるコージェネレーション評価プログラム -CASCADEⅢ-」空気調和衛生工学会

表 9.3.3 代表月の時刻別負荷比率（事務所）

[時]	1 月時刻別負荷				8 月時刻別負荷				10 月時刻別負荷			
	電力	給湯	暖房	冷房	電力	給湯	暖房	冷房	電力	給湯	暖房	冷房
0	1.83	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	1.83	0.00	0.00	0.00
1	1.65	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00
2	1.65	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00
3	1.65	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00
4	1.65	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00
5	1.65	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.00	1.65	5.21	0.00	0.00
6	1.65	1.97	0.00	0.00	1.55	3.79	0.00	0.00	1.65	0.26	0.00	0.00
7	1.48	0.33	0.30	0.00	1.72	4.55	0.00	1.28	1.48	3.91	0.00	0.20
8	5.61	1.64	16.99	9.09	5.27	6.06	0.00	9.43	5.61	5.21	14.76	10.43
9	6.31	6.57	12.29	9.09	5.79	4.55	0.00	9.15	6.31	4.43	13.65	11.22
10	6.84	5.75	8.09	9.09	6.33	11.36	0.00	9.00	6.84	11.98	7.48	10.14
11	6.84	14.78	10.29	9.09	7.02	13.64	0.00	9.22	6.84	10.68	8.39	10.48
12	6.84	12.48	10.49	9.09	7.02	15.13	0.00	9.00	6.84	19.78	12.44	9.74
13	6.84	27.09	10.29	9.09	7.02	11.36	0.00	9.22	6.84	5.47	13.04	10.38
14	6.84	8.70	8.39	9.10	7.02	7.58	0.00	9.30	6.84	6.51	12.84	10.44
15	6.84	4.43	8.19	9.09	7.02	4.55	0.00	10.23	6.84	5.47	12.54	10.14
16	6.84	4.27	9.09	9.09	7.02	6.06	0.00	9.00	6.84	5.99	3.44	6.48
17	6.84	4.27	5.59	9.09	7.02	3.79	0.00	9.22	6.84	5.47	1.42	5.39
18	6.84	3.78	0.00	9.09	6.85	4.55	0.00	5.37	6.84	5.73	0.00	4.81
19	3.40	3.94	0.00	0.00	3.30	3.03	0.00	0.29	3.40	2.60	0.00	0.00
20	3.05	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	0.29	3.05	1.30	0.00	0.15
21	2.68	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00	0.00	0.00	2.68	0.00	0.00	0.00
22	2.18	0.00	0.00	0.00	2.43	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	0.00	0.00
23	2.00	0.00	0.00	0.00	2.07	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

出所)「都市ガスによるコージェネレーション評価プログラム -CASCADEⅢ-」空気調和衛生工学会

2) 病院

表 9.3.4 月別負荷比率（病院）

月	稼働日数	電力	給湯	暖房	冷房
1	31	7.94	9.51	27.50	0.00
2	28	7.41	9.98	21.20	0.00
3	31	8.11	10.05	19.92	0.00
4	30	7.64	9.85	2.67	0.00
5	31	7.79	8.09	0.00	2.53
6	30	8.45	7.88	0.00	5.85
7	31	9.33	7.13	0.00	19.35
8	31	10.06	5.54	0.00	45.82
9	30	8.85	5.76	0.00	21.95
10	31	8.41	7.87	0.00	4.50
11	30	8.15	8.19	8.64	0.00
12	31	7.86	10.15	20.07	0.00
合計	365	100.00	100.00	100.00	100.00

出所)「都市ガスによるコージェネレーション評価プログラム -CASCADEⅢ-」空気調和衛生工学会

表 9.3.5 代表月の時刻別負荷比率（病院）

[時]	1 月時刻別負荷				8 月時刻別負荷				10 月時刻別負荷			
	電力	給湯	暖房	冷房	電力	給湯	暖房	冷房	電力	給湯	暖房	冷房
0	2.04	0.58	0.20	0.00	2.19	0.46	0.00	1.60	2.04	0.49	0.00	2.70
1	1.97	0.45	0.30	0.00	2.09	0.33	0.00	1.60	1.98	0.36	0.00	2.60
2	1.91	0.35	0.30	0.00	2.04	0.26	0.00	1.50	1.89	0.29	0.00	2.50
3	1.91	0.29	0.30	0.00	2.00	0.26	0.00	1.50	1.89	0.29	0.00	2.50
4	1.86	0.48	0.30	0.00	2.06	0.56	0.00	1.50	1.85	0.55	0.00	2.40
5	2.06	1.45	5.10	0.00	2.15	1.34	0.00	3.40	2.02	1.40	7.20	3.40
6	3.17	0.97	4.70	0.00	3.02	2.20	0.00	2.60	2.92	2.25	8.10	2.50
7	4.31	0.39	4.70	0.00	4.32	3.21	0.00	2.80	4.31	3.32	7.30	2.60
8	5.44	7.58	10.30	0.00	5.43	7.18	0.00	6.40	5.56	7.06	10.50	4.30
9	6.07	9.39	8.30	0.00	5.94	9.17	0.00	6.30	6.18	9.05	7.20	5.00
10	6.20	10.07	7.50	0.00	6.07	9.92	0.00	6.60	6.28	9.71	6.80	5.30
11	6.18	8.10	6.90	0.00	6.05	7.90	0.00	6.80	6.27	7.55	6.00	5.80
12	5.96	8.90	6.40	0.00	5.90	8.62	0.00	6.90	6.09	8.50	5.30	6.30
13	6.01	9.52	5.20	0.00	5.94	9.40	0.00	6.10	6.09	9.34	5.10	6.10
14	6.09	8.71	5.00	0.00	6.06	8.36	0.00	6.10	6.18	8.59	4.80	6.20
15	6.05	6.87	4.80	0.00	5.92	6.32	0.00	6.30	6.07	6.41	4.30	6.40
16	5.88	5.65	4.90	0.00	5.70	5.14	0.00	6.30	5.83	5.11	4.00	6.10
17	5.38	5.77	5.00	0.00	5.23	5.67	0.00	6.20	5.30	5.47	3.90	6.10
18	5.03	4.97	5.00	0.00	4.94	5.18	0.00	5.80	4.97	5.05	3.60	5.40
19	4.75	3.90	3.50	0.00	4.70	4.00	0.00	3.20	4.66	4.04	3.30	3.40
20	4.01	2.23	3.50	0.00	4.15	2.06	0.00	3.10	4.11	2.21	3.60	3.30
21	3.08	1.29	3.60	0.00	3.08	1.05	0.00	3.00	2.92	1.14	3.70	3.20
22	2.47	1.03	4.00	0.00	2.60	0.72	0.00	2.80	2.44	0.88	5.30	3.10
23	2.17	1.06	0.20	0.00	2.42	0.69	0.00	1.60	2.15	0.94	0.00	2.80
合計	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

出所)「都市ガスによるコージェネレーション評価プログラム -CASCADEⅢ-」空気調和衛生工学会

3) ホテル

表 9.3.6 月別負荷比率（ホテル）

月	稼働日数	電力	給湯	暖房	冷房
1	31	7.50	10.16	20.54	1.00
2	28	6.50	10.07	17.87	0.91
3	31	6.80	9.51	14.41	3.11
4	30	7.00	8.65	12.48	3.89
5	31	8.10	7.78	3.07	7.56
6	30	8.20	7.33	0.00	14.06
7	31	9.50	7.33	0.00	21.42
8	31	10.40	6.23	0.00	24.77
9	30	9.90	7.02	0.00	14.96
10	31	9.40	7.57	0.00	5.18
11	30	8.60	8.71	12.77	2.14
12	31	8.10	9.64	18.86	1.00
合計	365	100.00	100.00	100.00	100.00

出所)「都市ガスによるコージェネレーション評価プログラム -CASCADEⅢ-」空気調和衛生工学会

表 9.3.7 代表月の時刻別負荷比率（ホテル）

[時]	1 月時刻別負荷				8 月時刻別負荷				10 月時刻別負荷			
	電力	給湯	暖房	冷房	電力	給湯	暖房	冷房	電力	給湯	暖房	冷房
0	2.68	2.37	3.05	0.00	2.81	2.37	0.00	2.34	2.67	2.37	5.35	0.29
1	2.74	1.43	3.43	0.00	2.55	1.43	0.00	1.80	2.45	1.43	3.21	0.29
2	2.31	0.64	3.81	0.00	2.41	0.64	0.00	1.71	2.32	0.64	2.67	0.29
3	2.36	0.38	3.43	0.00	2.41	0.38	0.00	1.53	2.27	0.38	2.41	0.29
4	2.19	0.73	3.05	0.00	2.38	0.73	0.00	1.44	2.40	0.73	2.41	0.29
5	2.29	2.35	3.05	0.00	2.53	2.35	0.00	1.35	2.51	2.35	2.67	0.29
6	3.07	4.64	3.24	0.00	3.14	4.64	0.00	1.80	3.15	4.64	3.21	0.29
7	3.56	4.53	4.19	0.00	3.58	4.53	0.00	1.98	3.77	4.53	4.28	0.34
8	3.79	3.97	5.71	0.00	4.00	3.97	0.00	2.71	4.12	3.97	4.28	0.86
9	4.31	3.80	4.95	4.95	4.79	3.80	0.00	3.52	4.67	3.80	3.48	4.87
10	4.84	4.51	5.14	4.95	5.17	4.51	0.00	3.61	4.98	4.51	4.55	4.58
11	5.38	3.25	4.95	7.43	5.31	3.25	0.00	3.61	5.20	3.25	4.55	8.59
12	5.34	3.59	4.95	9.89	5.55	3.59	0.00	7.13	5.23	3.59	5.35	8.59
13	5.44	4.08	5.14	8.90	5.45	4.08	0.00	7.22	5.27	4.08	5.88	9.43
14	5.47	3.80	4.95	8.42	5.24	3.80	0.00	8.68	5.27	3.80	6.42	6.87
15	5.46	3.95	6.10	5.94	5.31	3.95	0.00	6.49	5.36	3.95	5.88	5.73
16	5.89	4.23	7.24	6.44	5.24	4.23	0.00	6.58	5.32	4.23	6.42	6.01
17	6.04	4.68	6.86	5.94	5.31	4.68	0.00	6.67	5.50	4.68	6.92	6.01
18	5.64	5.36	6.10	5.94	5.28	5.36	0.00	6.94	5.46	5.36	6.42	5.73
19	5.36	7.48	5.33	6.44	5.07	7.48	0.00	7.03	5.32	7.48	5.35	6.59
20	4.87	8.57	1.52	7.43	4.63	8.57	0.00	6.85	4.94	8.57	0.27	6.59
21	4.22	8.96	1.14	8.42	4.33	8.96	0.00	4.51	4.39	8.96	0.00	8.59
22	3.90	7.74	0.00	8.91	4.37	7.74	0.00	2.34	4.41	7.74	2.67	8.59
23	2.85	4.96	2.67	0.00	3.14	4.96	0.00	2.16	3.02	4.96	5.35	0.00
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

出所)「都市ガスによるコージェネレーション評価プログラム -CASCADEⅢ-」空気調和衛生工学会

■参考文献■

- 1) 太陽熱利用システム関係機器の日本工業規格 (JIS)
 - ・ 太陽集熱器 JIS A 4112
 - ・ 太陽蓄熱槽 JIS A 4113
 - ・ 太陽集熱器の集熱性能試験方法 JIS A 1425
 - ・ 太陽蓄熱槽の蓄熱性能試験方法 JIS A 1426
- 2) 「ソーラー建築デザインガイド：2007年版」(独) 新エネルギー・産業技術開発機構 (NEDO)
- 3) 「新太陽エネルギー利用ハンドブック」(2001年10月) 日本太陽エネルギー学会
- 4) 「ソーラーシステムデザインガイド」(1981年8月) (社) ソーラーシステム振興協会
- 5) 「ソーラーシステム標準気象データー及び給水温度 (SSS-1001 (改))」(2003年3月) (社) ソーラーシステム振興協会
- 6) 「ソーラー建築 設計データーブック」(2004年10月) (社) 日本建築学会
- 7) 「都市ガス空調のすべて」(2005年5月) (社) 空気調和衛生工学会
- 8) 「矢崎ソーラー給湯システム施工・技術マニュアル」矢崎総業 (株)
- 9) 「設計用資料：太陽熱利用システム」(2009年11月) 矢崎総業 (株)
- 10) 「建築設備耐震設計・施工指針」2005年版 国土交通省監修
- 11) 「建築用太陽熱利用システム 取付構造設計施工指針」(旧) 財団法人住宅建築・省エネルギー機構
- 12) 「建築設備耐震設計・施工指針」日本建築センター