

業務用太陽熱利用システムの設計・施工ガイドライン

平成 25 年 4 月

一般社団法人 ソーラーシステム振興協会

はしがき

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発行した「業務用太陽熱利用システムの導入検討ガイドライン、同設計ガイドライン、同施工・保守ガイドラインを全般的に見直し、統合した内容に取りまとめたものである。

原稿作成・編集作業は、ソーラーシステム振興協会内の「業務用ソーラーシステム技術小委員会」にて行い、とりまとめた。

本書は、一般向けの教育資料というより、太陽熱関連企業や施工者のための設計・施工ガイドとして位置付けている。

また建築設備設計者等に対しても、設計の根拠として利用できる内容を目指した。

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

適用範囲

本書は、集合住宅、事務所ビル、ホテル、病院等に設置される太陽熱利用システム、及び農林水産業や工場のプロセス用等に利用される産業用太陽熱利用システムを含み、太陽熱発電等、集光タイプの中高温太陽熱利用システムは含まない。

目次

第1章 業務用太陽熱利用システムの基本事項

1.1	分野別太陽熱利用システム	1
1.1.1	建築用	1
1.1.2	産業用	2
1.1.3	その他	3
1.2	建築用太陽熱利用システムの分類と特徴	3
1.2.1	太陽熱集熱システムの分類	4
1.2.2	液体集熱式システムと空気集熱式システムの特徴	4
1.2.3	液体式集熱システム	5
1.2.4	空気式集熱システム	6
1.3	用途別太陽熱利用システム	7
1.3.1	給湯システム	7
1.3.2	暖房給湯システム	8
1.3.3	冷暖房システム	10
1.3.4	加湿・乾燥システム	13

第2章 主な構成機器の構造と特徴

2.1	集熱器	14
2.1.1	平板形集熱器	16
2.1.2	真空ガラス管形集熱器	17
2.2	蓄熱槽（貯湯槽）	18
2.3	補助熱源	21
2.4	冷凍機	23
2.4.1	太陽熱投入型吸収冷温水機	23
2.4.2	温水焚吸収式冷凍機（冷温水機）	24
2.4.3	吸着式冷凍機	24
2.4.4	デシカント空調機	25
2.5	熱交換器	25
2.5.1	熱交換器の分類	26
2.5.2	保守管理	27
2.5.3	各種規格・規制	27
2.6	放熱器	27
2.6.1	コンベクター	27
2.6.2	床暖房	27
2.6.3	ファンコイルユニット	28
2.7	差温サーモ	28
2.8	集熱ポンプ	28
2.9	空気搬送機（ハンドリングボックス）	29
2.10	弁類	30
2.10.1	自動空気抜き弁（エア―抜き弁）	30
2.10.2	急速排気弁	30
2.10.3	安全弁	31
2.10.4	減圧弁	31

2.10.5	仕切弁等	32
2.10.6	混合弁	33
2.10.7.	伸縮継手	33

第3章 建物への太陽熱利用の計画

3.1	太陽熱利用システムの計画	34
3.2	太陽熱利用システムの計画上の要点	35
3.2.1	周囲条件・環境	35
3.2.2	建物用途と負荷	35
3.2.3	システムの選定	35
3.2.4	機器の配置	35
3.2.5	特殊地域での注意点	38
3.2.6	太陽熱利用システムの計画上の留意点	40

第4章 太陽熱利用システムの設計概要

4.1	シミュレーションによる評価	42
4.2	環境条件の設定	43
4.2.1	気象条件	43
4.2.2	給水温度	45
4.3	熱負荷計算	45
4.3.1	熱負荷パターン	45
4.3.2	熱負荷の計算	49
4.4	集熱量の計算	50
4.5	蓄熱量の計算	54
4.6	熱収支の計算	56
4.7	熱交換器の計算	56
4.8	制御	57

第5章 太陽熱利用熱量（集熱量）の計算

5.1	計算方法の種類	61
5.2	簡易計算方法	62
5.2.1	簡易計算 1)	62
5.2.2	簡易計算 2)	63
5.3	詳細計算例	66

第6章 実施（設備）設計

6.1	一般事項	70
6.1.1	注意事項	70
6.1.2	配管勾配	70
6.1.3	配管の分流（ヘッダー）	71
6.1.4	伸縮継手	71
6.1.5	給排気弁	72
6.1.6	配管の流速	73
6.1.7	配管中のごみ、油	73
6.1.8	その他、注意事項	73
6.1.9	配管漏れテスト	74

6.2	集熱器周りの配管例	74
6.2.1	平板型集熱器の場合	74
6.2.2	真空ガラス管型集熱器の場合	75
6.3	蓄熱槽周りの配管	75
6.3.1	開放形蓄熱槽の場合	76
6.3.2	密閉型蓄熱槽の場合	77
6.4	配管保温工事	78
6.4.1	一般的注意事項	78
6.4.2	保温材料	79
6.5	圧力損失	84
6.6	配管例	87

第7章 荷重及び外力と安全性

7.1	荷重及び外力の組合せ	95
7.1.1	固定荷重	95
7.1.2	積載荷重	95
7.1.3	積雪荷重	95
7.1.4	風圧荷重	100
7.1.5	風力係数	106
7.1.6	地震荷重	110
7.2	許容応力度	112
7.2.1	材料別許容応力	112
7.2.2	固定金物許容応力	121
7.2.3	アンカーボルト	123
7.3	機器設置工事	127
7.3.1	一般(注意)事項	127
7.3.2	集熱器の設置	128
7.3.3	蓄熱槽の設置	133
資料1	アンカーボルトの計算例	135
資料2	基礎の計算例	136
資料3	集熱器の風荷重計算	137
資料4	アンカーボルトの種類と本数	138

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	139
8.2	設計計画上の留意点	139
8.2.1	集熱器	139
8.2.2	熱媒	139
8.2.3	蓄熱槽・補助熱源	140
8.2.4	メンテナンススペース	140
8.2.5	水質	140
8.3.6	保守点検	140
8.3	関連法規、参考文献	141
8.3.1	関連法規	141
8.3.2	参考文献	142

第1章 業務用太陽熱利用システムの基本事項

1.1 分野別太陽熱利用システム

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、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1.1.1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 1.1.1 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	30～60℃	
	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	アクティブシステム	吸収冷凍機	冷房	70～95℃	
			吸着冷凍機	冷房	60～90℃	
除湿冷房			冷房	40～60℃		
産業用	乾燥システム	農業用	穀物乾燥	乾燥	40～60℃	
		その他	木材乾燥	乾燥	40～60℃	
	淡水化システム	直接法	—	飲料水	40～80℃	
		間接法	—	飲料水	30～70℃	
	太陽熱発電システム	集中型	—	電力	300～1500℃	
		分散型	—	電力	200～400℃	
	工業用プロセス加熱	—	—	加熱	40～200℃	
	燃料製造	—	—	水素燃料	500～2000℃	
太陽炉	—	高温研究	太陽熱	1500～3500℃		
その他	ソーラークッカー	—	—	調理	60～200℃	

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

*2：太陽集熱器、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

1.1.1 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給湯暖房システムや給湯暖冷房システムなどがある。

暖房、冷房システムは事務所ビルなど特に給湯負荷の小さい場合を除き給湯暖房システム、暖冷房給湯システムとして利用されることが多い。また建物の工夫により暖房、冷房負荷を低減し、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、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。他にトロンブウォール、付設温室システムなどがある。アクティブシステムは集熱した太陽熱を直接暖房に使用し、足りない分を他の熱源を使用して負荷をまかなう方法である。いずれのシステムも給湯システムと同様に住宅用、建築用にかかわらず多くの実用例があり、広く普及している。

(3) 冷房システム

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

1.1.2 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が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太陽熱利用システムが利用できる。その代表的な例を分類例としてあげた。

(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と言える。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であり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に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上げられる。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

工業用とく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℃以下程度の低温領域での熱利用は多く、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冷暖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

太陽熱発電で使用され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。

1.1.3 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その代表的な例で調理器具として一般的に普及するまでにはいたっていないが一般家庭で気軽に太陽熱利用を楽しめる機器として使用されている。

1.2 建築用太陽熱利用システムの分類と特徴

太陽熱利用は一般に自家消費分をまかない、他へ供給できないため熱負荷がないと利用する事ができない。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で、想定される用途における集熱効率は概ね下の範囲になる。

- ・ 給湯システム 30～60%
- ・ 暖房システム 30～50%
- ・ 冷暖房システム 20～50%

- (1) 太陽熱利用システムの設計は給湯や冷暖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。
- (2) 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、構成機器の仕様や設置場所、設置方法などを決定する。
- (3) 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に十分検討を行うことが大切である。

(4) 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。

1.2.1 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、加熱、乾燥、蒸留、熱発電などいろいろなシステムがあるが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述べる。これらの太陽熱利用システムでは開放形、密閉形、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 1.2.1 のようになる。開放形は比較的大きなシステムでも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。密閉形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）防止方法などを十分検討して決定しなければならない。

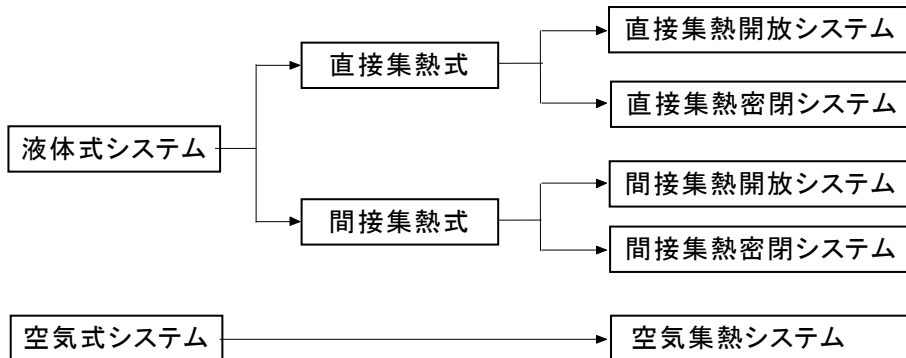


図 1.2.1 集熱系システムの分類

1.2.2 液体集熱式システムと空気集熱式システムの特徴

太陽熱給湯や太陽熱暖冷房給湯システムでは一般に液体集熱式が使われるが、太陽熱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。液体集熱式と空気集熱式の特徴を表 1.2.1 に示す。

表 1.2.1 液体集熱式及び空気集熱式の特徴

項目	液体集熱式	空気集熱式	備考
配管径・ダクト径	小さい	大きい	
凍結予防対策	必要	不要	
漏れたときの危険性	あり	なし	
騒音・振動	少ない	大きい	ブロワーの騒音

液体集熱式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。空気集熱式はシステムが単純で、液体集熱式のような漏れの心配が無く、万一漏れた場合でも熱損失はあるが危険が無く、建物を汚染することもない。しかしダクトや蓄熱槽が大きくなる。

1.2.3 液体集熱式システム

液体式集熱式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、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、「3章、表3.2.2寒冷地での注意点」、「6章、6.1.2配管勾配、6.4配管保温工事」を参照）。

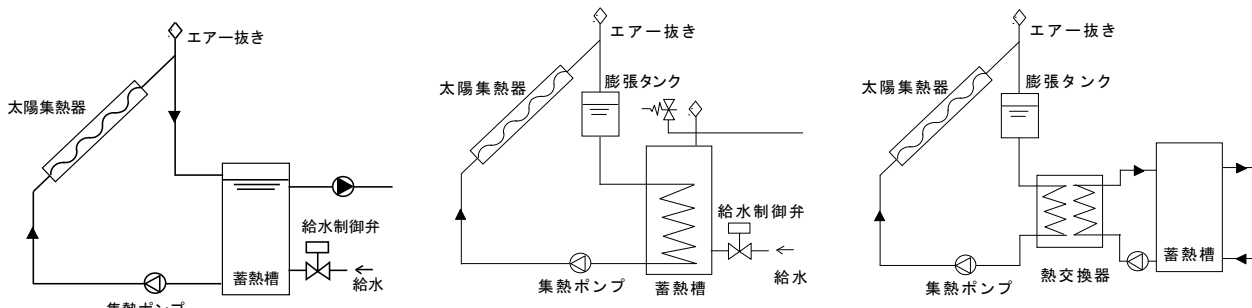
② 間接集熱システム

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、熱交換器を介して熱移動し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ことが必要になる。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密閉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

蓄熱槽や膨張タンクにより大気に開放されているシステムで図 1.2.2 (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。



(a) 直接集熱-開放システム (b) 間接集熱-開放システム (c) 間接集熱-熱交換器外付

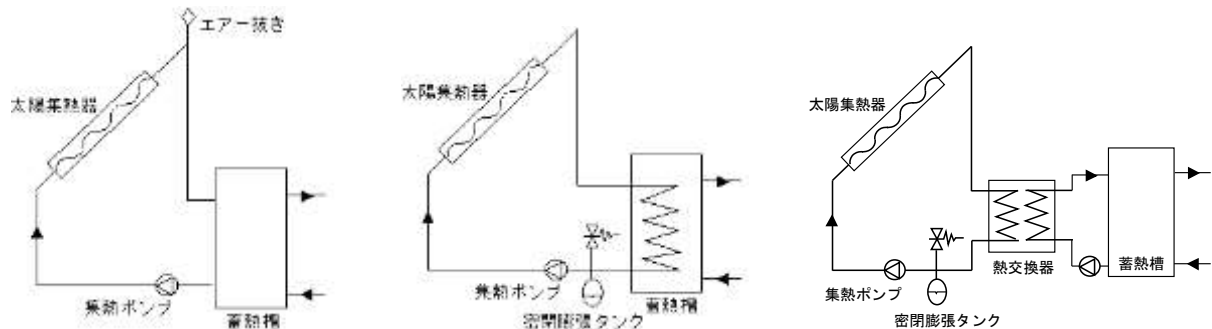
図 1.2.2 開放システムの構成と概略図

<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 1.2.3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。



(a) 直接集熱－密閉システム (b) 間接集熱－密閉システム (c) 間接集熱－熱交換器外付

図 1.2.3 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形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。

1.2.4 空気集熱式システム

空気集熱式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。

空気集熱式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、液体集熱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
- ・ 空気集熱式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籠りを避けるため、ファンを運転して積極的に換気を行う。
- ・ 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。

1.3 用途別太陽熱利用システム

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、液体集熱式や空気集熱式があり、それぞれの用途や使い方にあつたシステムを選定しなければならない。

本ガイドラインでは、用途が複合となっているシステムについては、優先する用途に合わせて表現する。

1.3.1 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。直接集熱開放システムの例を図 1.3.1 に示すが、最近では住宅用と同様の構成のシステム商品や住宅用と同様の基本ユニットを複数台連結する業務用システム（図 1.3.2）も登場している。

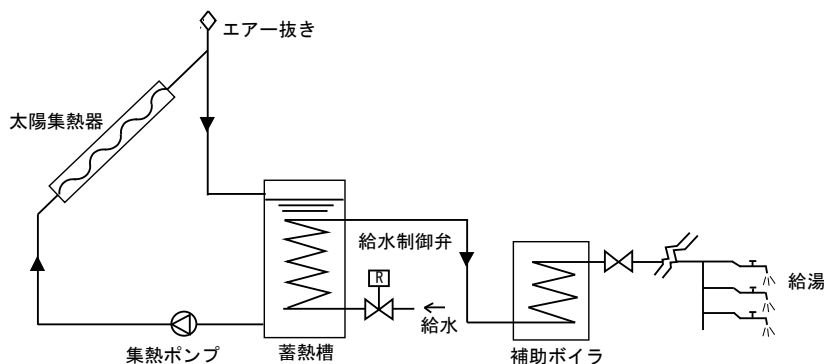


図 1.3.1 太陽熱給湯システムの例（直接集熱開放システム）

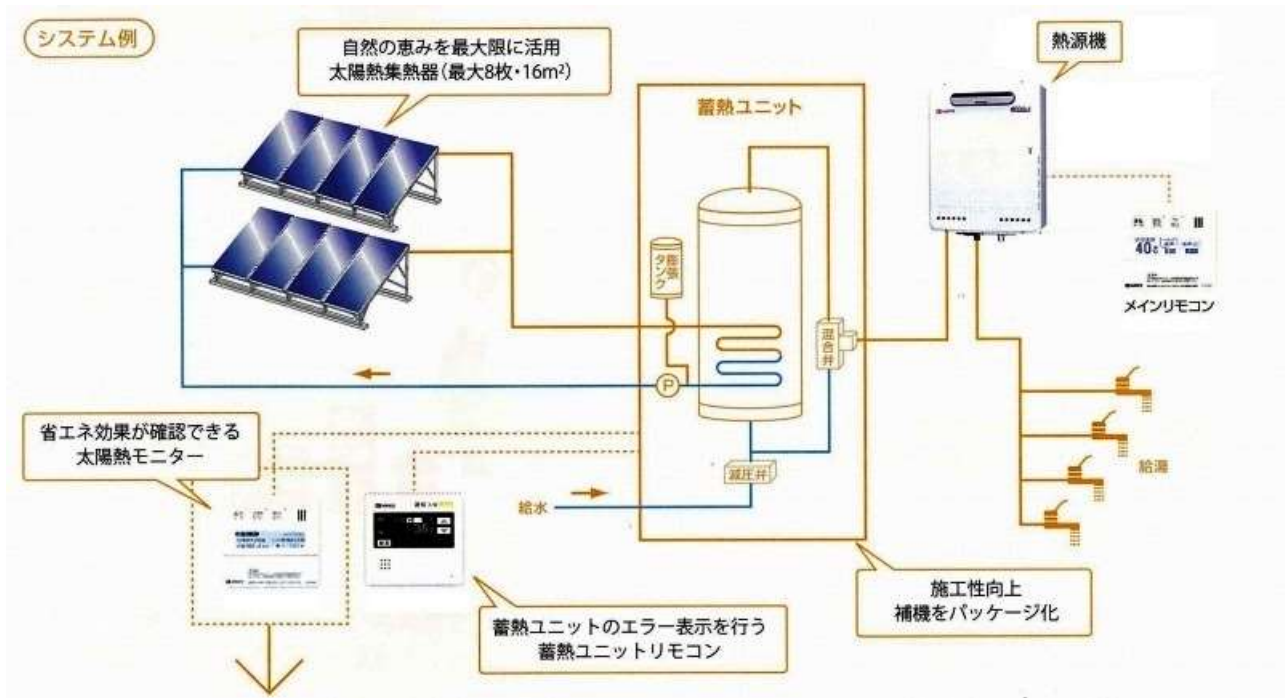


図 1.3.2 太陽熱給湯システムの例 2 (間接集熱密閉システム)

<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。

1.3.2 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。設計する際には、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十分確認した上で決定しなければならない。

(1) 液体集熱式暖房給湯システム

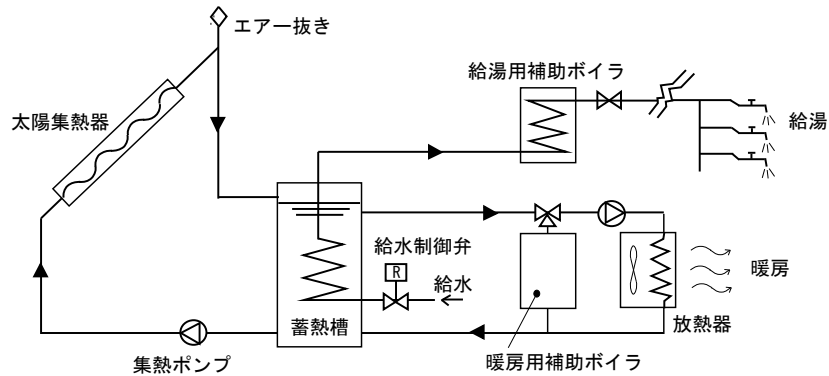


図 1.3.3 太陽熱暖房給湯システムの例

<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) 空気集熱式暖房給湯システム

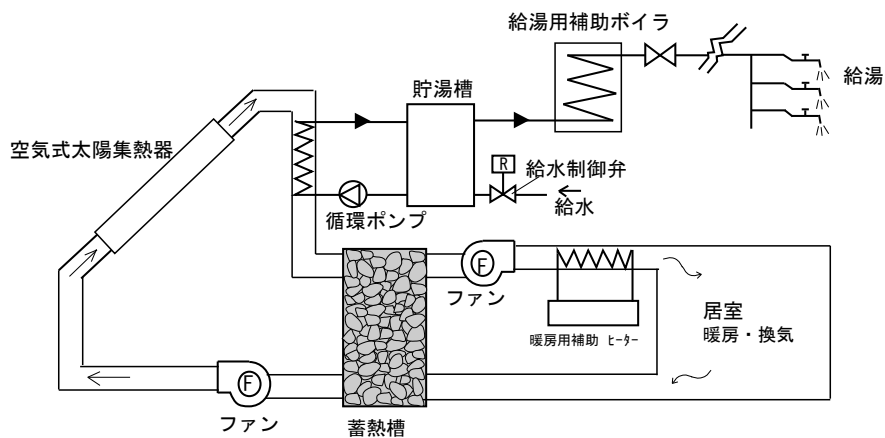


図 1.3.4 空気集熱暖房給湯システム

<留意点>

- ・ 室外から新鮮空気を取り込んで集熱器で加熱し、集熱ダクトを通して蓄熱部位（床下のコンクリート、砕石蓄熱槽）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十分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、液体集熱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、熱交換器を使って、熱媒を介して貯湯槽に蓄えて給湯に使用できる。

1.3.3 冷暖房システム

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冷暖房給湯システムを採用するケースが多い。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太陽熱利用向けに専用設計された「太陽熱投入型吸収冷温水機」のほか「温水焚吸収冷凍機」「排熱投入型吸収冷温水機」や60～90℃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。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) 太陽熱投入型吸収冷温水機を用いた冷暖房システム

太陽熱投入型吸収冷温水機は、二重効用吸収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冷温水機（ジェネリンク）である。

<留意点>

- ・ 冷凍機で使用する温水温度は70～95℃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利用により、都市ガス等のインプットを約10～30%削減することが可能である。

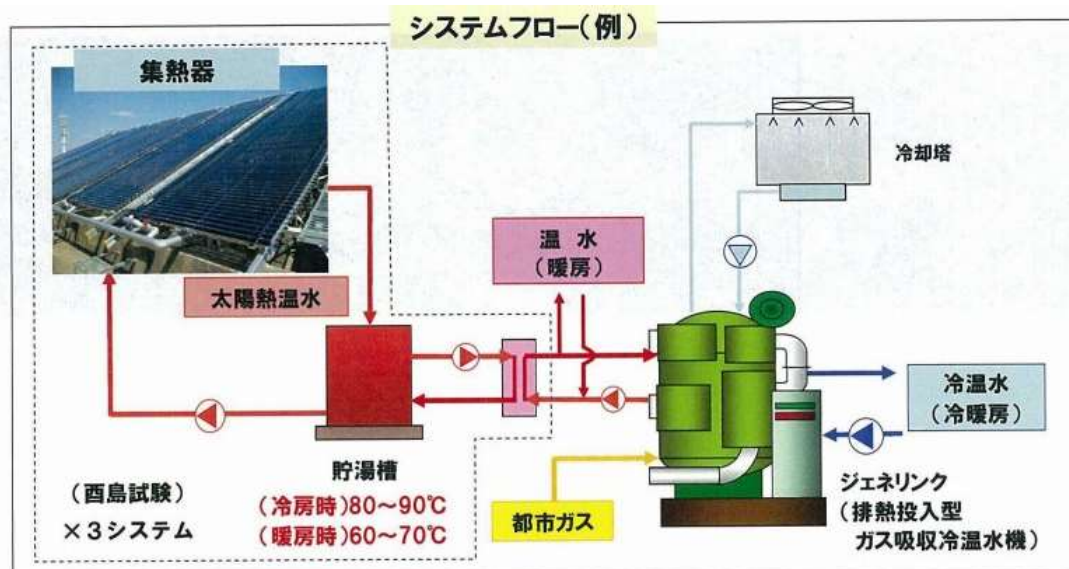


図 1.3.5 太陽熱投入型吸収冷温水機を用いた冷暖房システム

(2) 温水焚吸収冷凍機を用いた冷暖房システム

一般的な温水焚吸収冷温水機を用いた冷暖房システムを図1.3.6に示す。図1.3.6は、集熱回路が開放形の場合で、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 2.4.2 参照)

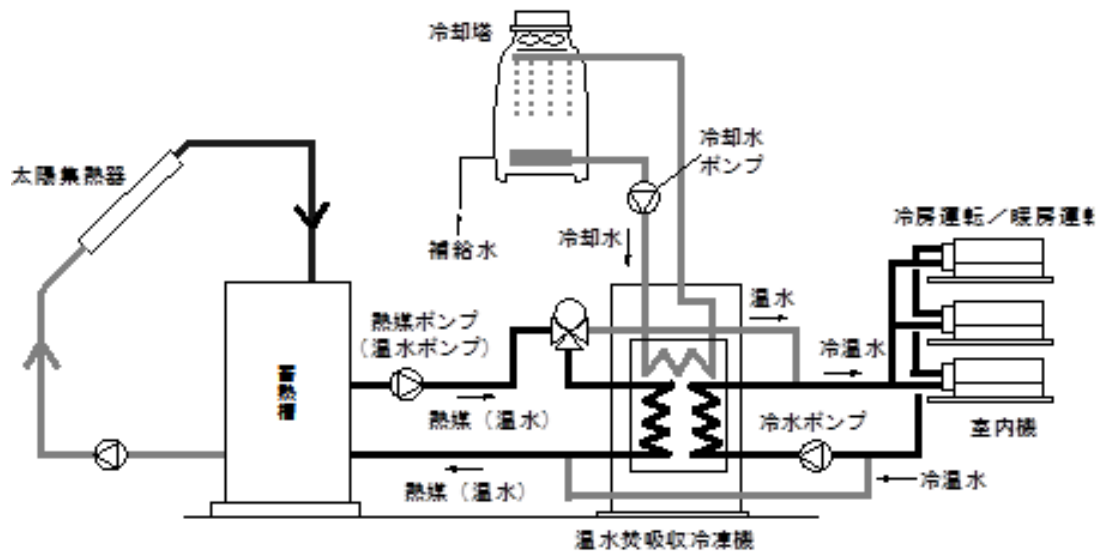


図 1.3.6 温水焚吸収冷凍機を用いた太陽熱冷暖房システム
出所) 矢崎総業(株) 提供資料より作成

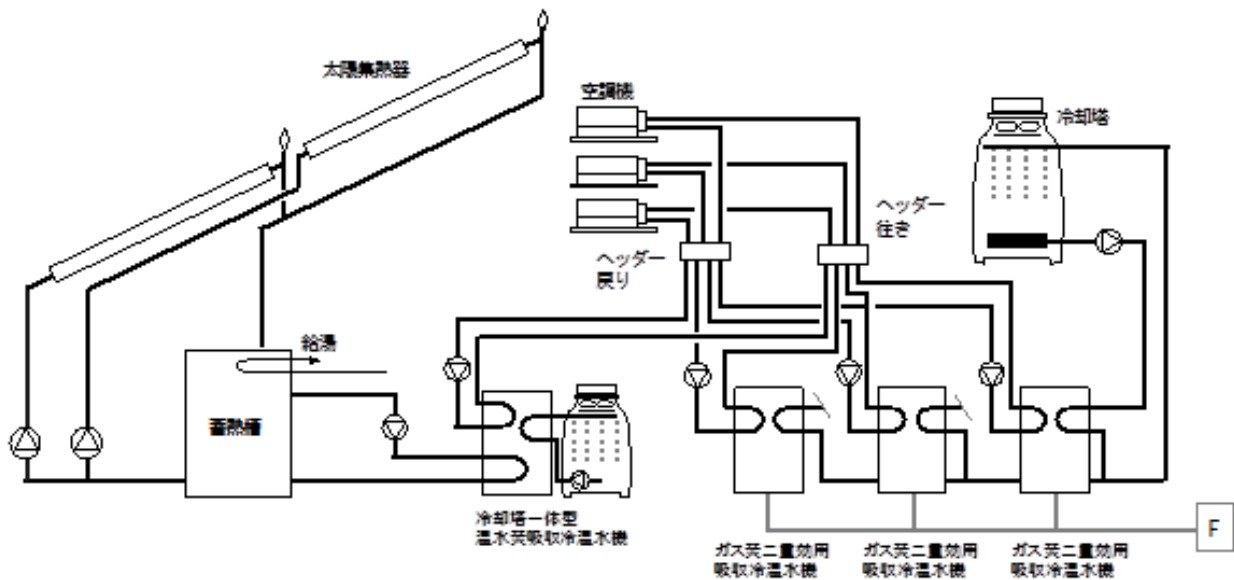


図 1.3.7 温水焚吸収冷温水機とガス焚吸収冷温水機を併用した冷暖房システム
出所) 矢崎総業(株) 提供資料より作成

<留意点>

- ・ 温水焚吸収冷凍機を温水ボイラー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、直焚二重効用吸収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 1.3.7 のように温水焚吸収冷温水機とガス焚吸収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冷温水機を運転し、太陽熱で冷房負荷を賄えないときにガス焚吸収冷温水器を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、基本的に吸収冷凍機と同じ構成になる。吸収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。

(3) 空気集熱式冷房システム

空気集熱式で冷房を行うには、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 1.3.8 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。

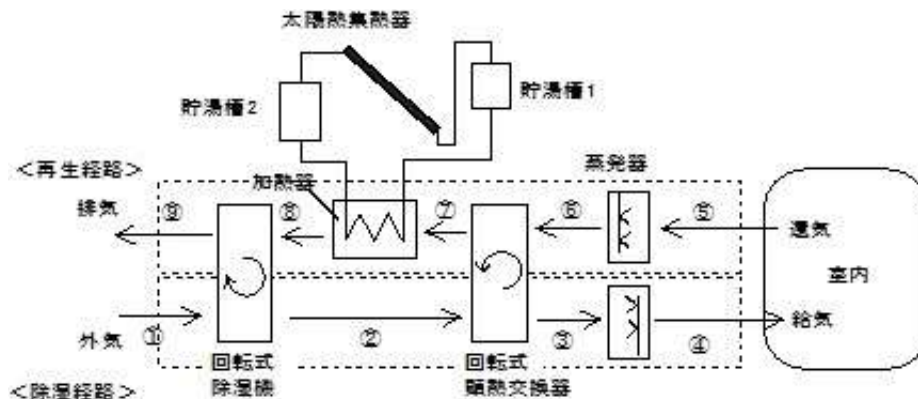


図 1.3.8 太陽熱を使ったデシカント空調システム

出所)「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

(4) 壁面を利用した空気集熱式システム

図 1.3.9 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期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。

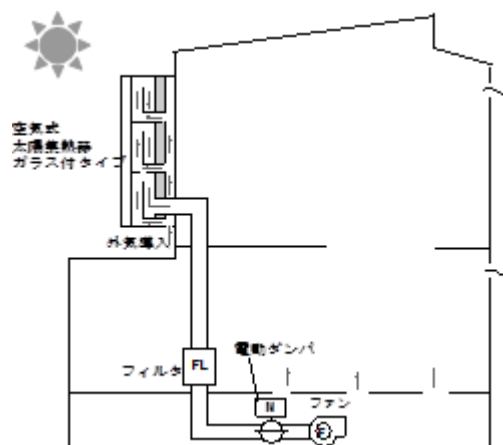


図 1.3.9 壁面空気集熱（換気暖房）

出所)「ソーラーベント資料」EOM 株式会社より作成

1.3.4 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 1.3.10** 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、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 1.3.10** 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。

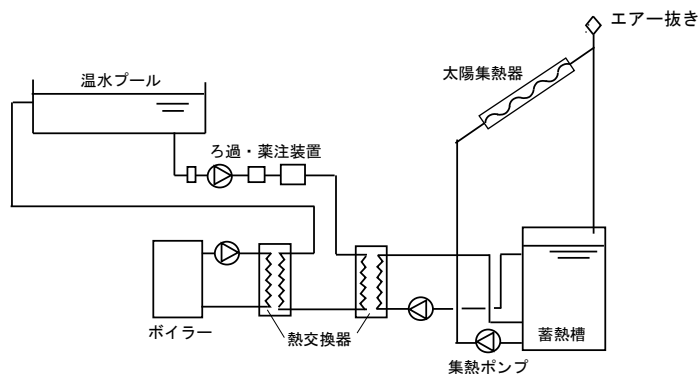


図 1.3.10 プール加温システムの例

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)

(2) 木材乾燥システム

図 1.3.11 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生じることになる。人工乾燥の最も難しい点は、短時日で、かつ乾燥割れやそのほかの損傷がなく仕上げる技術であり、特に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。

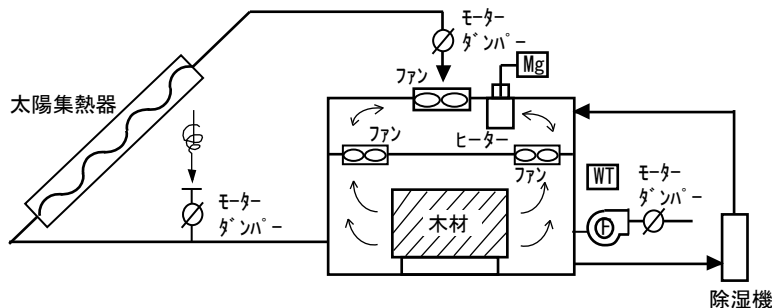


図 1.3.11 木材乾燥システム例

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2章 主な構成機器の構造と特徴

2.1 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 2.1.1 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」により性能評価の規定が示されている。

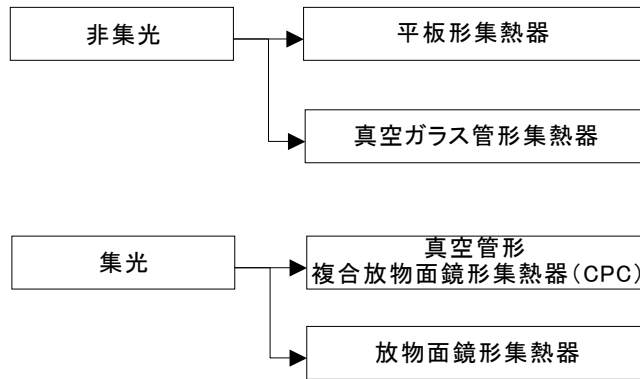


図 2.1.1 集熱器の分類

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で効率が高く、真空ガラス管形集熱器は高温集熱で効率が高い。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 2.1.2 に各種集熱器の集熱効率線図を示す。縦軸は集熱効率 η 、横軸は集熱効率変数 $(\Delta\theta/I)^*$ である。EU の集熱効率を表す式や効率線図は一般に集熱器開口面積を基準にしており、日本の JIS の集熱器総面積基準と異なるのでそのまま比較することができない(図 2.1.3 参照)。EU の集熱効率を表す式では日射量により効率が変わるので注意が必要**である。

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

** 集熱器性能の読み替えについては、第 4 章を参照のこと。

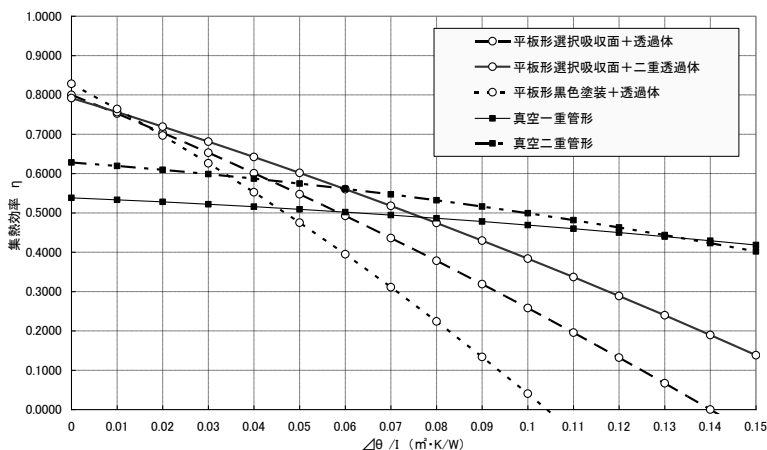
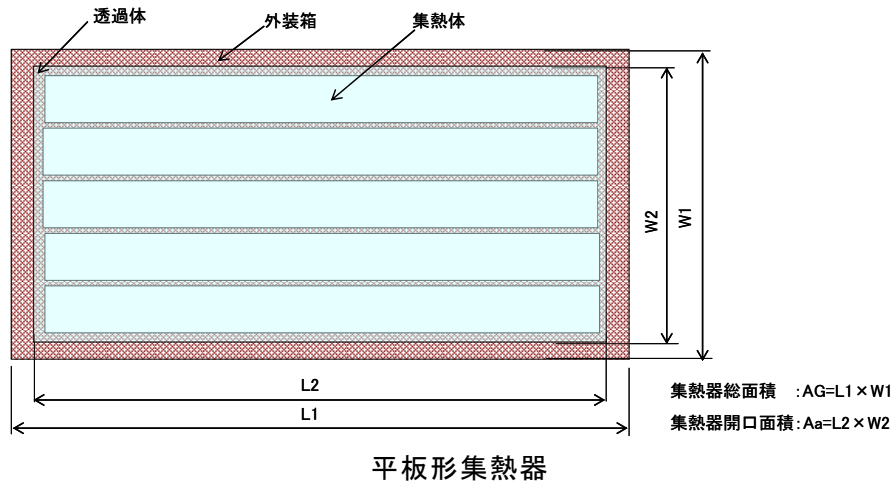


図 2.1.2 各種集熱器の瞬時集熱効率線図 (JIS 基準・集熱器総面積基準) の代表例



- ・ 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
- ・ 集熱器総面積（JIS 基準）：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
- ・ 真空管ガラス管型集熱器の開口面積と集熱器総面積については、図 4.4.2 参照

図 2.1.3 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 2.1.1 ならびに表 2.1.2 に示す。平板形集熱器は中低温集熱に向き、真空ガラス管形集熱器は高温集熱に向いている。

表 2.1.1 平板形集熱器の特徴

機種 項目	平板形集熱器	
	1枚ガラス	2枚ガラス
透過体透過率	高 ←—————→ 低	
熱損失係数	大 ←—————→ 小	
集熱性能	低温集熱で効率が高い	比較的高温でも効率が高い
	集熱器総面積に比較して開口面積が大きい	
耐久性	耐久性が高い	
耐熱性	空焚温度 200℃以下	
デザイン性	壁材や屋根材として使え、比較的自由度が高い	
価格	安価 ←—————→ 高価	

表 2.1.2 真空ガラス管形集熱器の特徴

機種 項目	真空ガラス管形集熱器	
	真空ガラス1重管形	真空ガラス2重管形
透過体透過率	高 ←—————→ 低	
熱損失係数	大 ←—————→ 小	
集熱性能	<ul style="list-style-type: none"> ● 高温集熱で効率が高い ● CPCタイプは集熱器総面積に比較して開口面積が比較的大きい ● 集熱器総面積に比較して開口面積が小さい 	
	真空度維持が難しい	真空度維持は比較的容易
	空焚温度 300℃以上	
デザイン性	建材としての用途は限られる	
価格	安価 ←—————→ 高価	








2.1.1 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。表面の透過体に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たりして性能を高めている集熱器もある。集熱板は銅パイプと銅板又はアルミ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パイプピッチを大きく取ると熱抵抗が増えて効率が悪くなる。また、あらかじめ工場で複数枚の平板形集熱器と架台を組み合わせると一体の集熱ユニットとした製品も存在する。

表 2.1.3 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 高透過ガラス 2重ガラス 透明断熱材+ガラス	ユニット型 現場施工型
		ステンレス		
		アルミニウム カラー鋼板		
	真空ガラス管形	ガラス 銅 ステンレス	ガラス 高透過ガラス 2重ガラス	ユニット型
空気式	平板形	銅	1部ガラス型 ガラス 高透過ガラス 2重ガラス	ユニット型 現場施工型
		ステンレス		
		アルミニウム		
		カラー鋼板		
	壁設置形	銅	ガラス 高透過ガラス 2重ガラス	ユニット型 現場施工型
		ステンレス		
		アルミニウム カラー鋼板 コンクリート		

表 2.1.4 集熱板の構造

材料 (フィン-チューブ)	構造	加工法
銅		板を半円形にプレスした後、管を半田付
		板と管をロールフォーミングにより機械的に嵌合
アルミ-銅		押出型材に管をプレス嵌入
		板に管を溶接後ロールフォーミング加工
ステンレス鋼		Lフィン材に管を機械的に嵌合
		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 EPDM 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

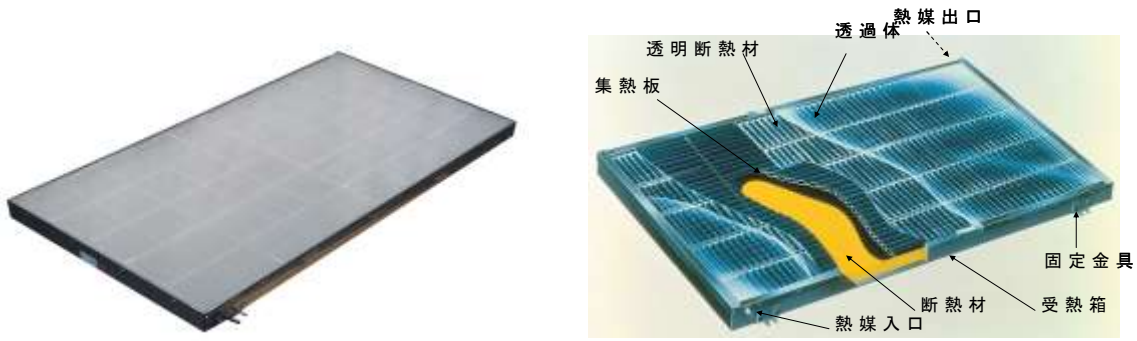


図 2.1.4 平板形集熱器の外観とその構造

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、パイプは無く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たりす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。

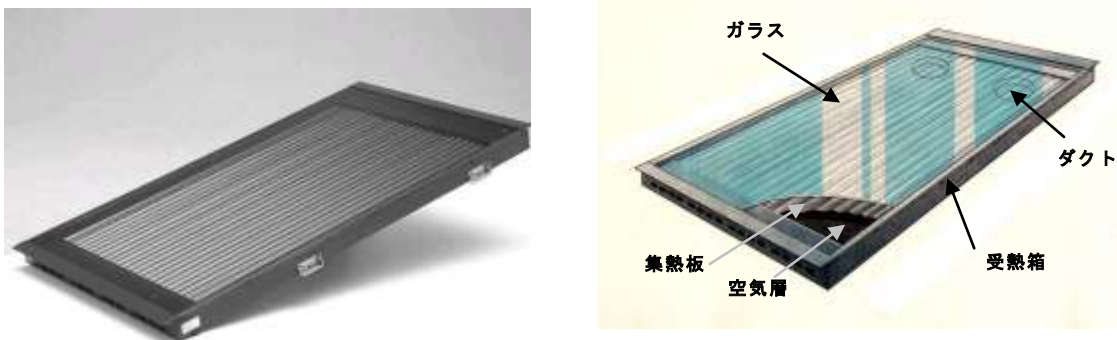


図 2.1.5 空気集熱器の外観とその構造

資料提供) OMソーラー株式会社

2.1.2 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。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真空維持の信頼性が高いが、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。

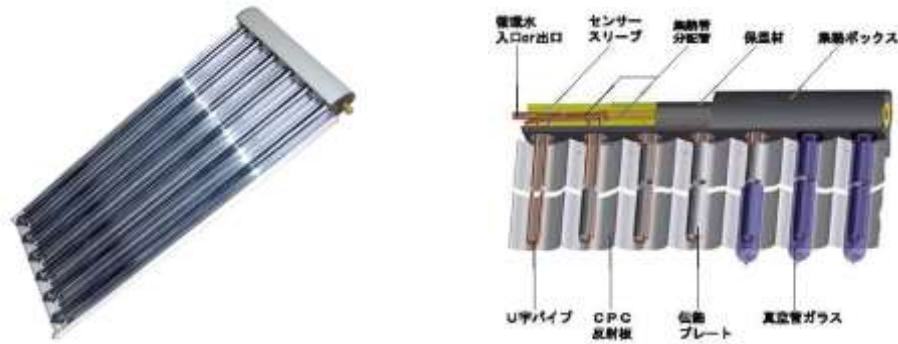


図 2.1.6 真空ガラス管形集熱器の外観と構造
資料提供) 株式会社寺田鉄工所

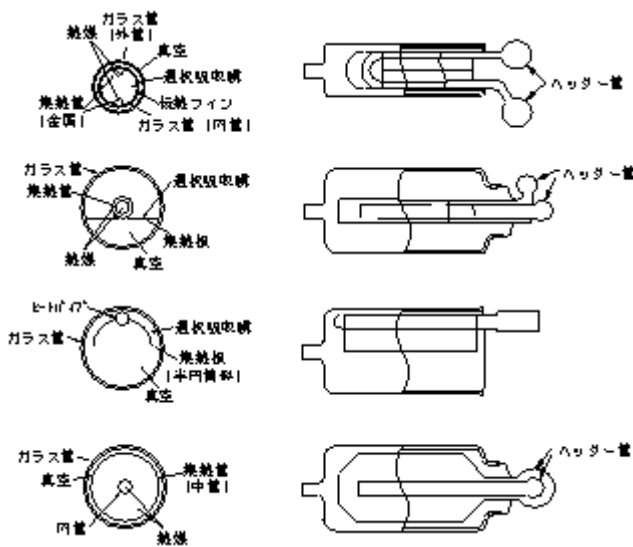


図 2.1.7 真空ガラス管形集熱器の構造
出所)「ソーラーエネルギー利用技術」金山公夫ほか

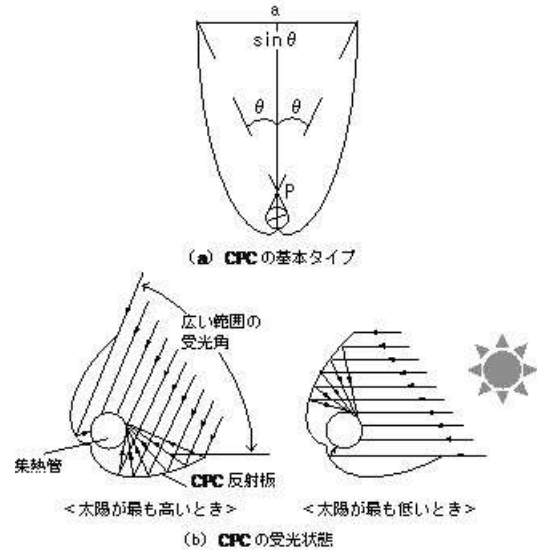


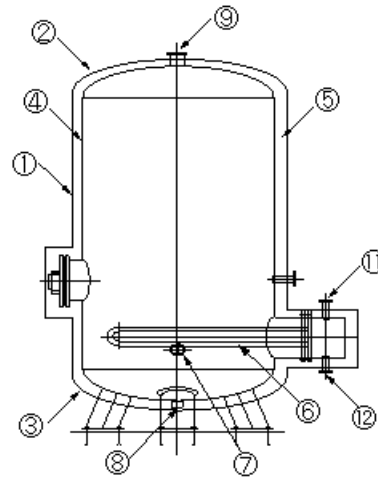
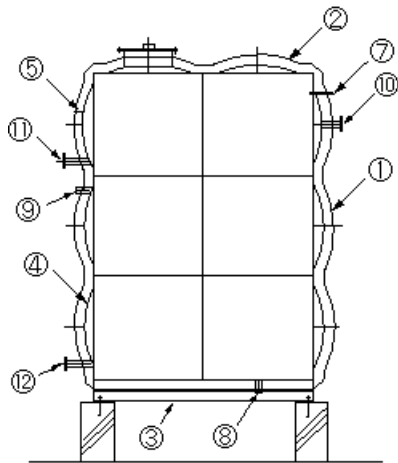
図 2.1.8 CPC 集熱器の構造
出所)「新太陽エネルギー利用ハンドブック」日本太陽エネルギー学会

2.2 蓄熱槽 (貯湯槽)

蓄熱槽は、集熱器で集熱した熱を一時蓄え、必要となし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蓄熱槽を使うことが多い。蓄熱槽とは、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。多量の熱を蓄熱する場合は重量が大きくなり強度の確保や転倒防止などに注意しなければならない。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しなければならない。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ため注意が必要である。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) に注意が必要になる。集熱回路が開放形の場合は、落水容量を蓄熱槽内に確保することが必要になる。空気式集熱などでは蓄熱材に砕石やコンクリート、潜熱蓄熱材が使われることもある。図 2.2.1 に開放型蓄熱槽、図 2.2.2 に密閉型蓄熱槽の概略構造図を、表 2.3.1

表 2.3.1 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 |
| ② 天板外装 | ⑤ 断熱材 | ⑧ 排水口 | ⑪ 伝熱媒体戻り口 |
| ③ 底部外装 | ⑥ 熱交換器 | ⑨ 給湯口 | ⑫ 伝熱媒体送り口 |

図 2.2.1 開放形蓄熱槽の概略構造図

図 2.2.2 密閉形蓄熱槽の概略構造図

資料提供) 森松工業(株)

表 2.3.1 蓄熱槽（貯湯槽）の材質比較表

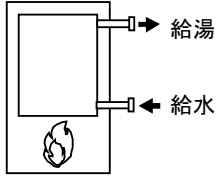
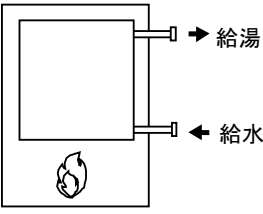
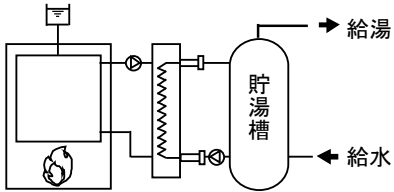
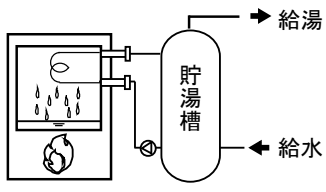
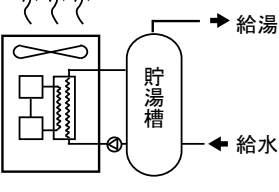
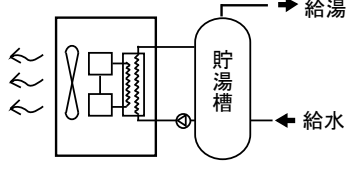
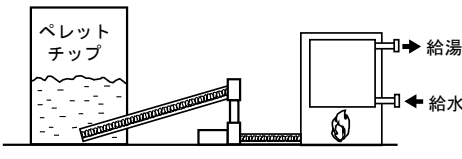
材質	防せい名	用途	特徴	特殊工法
軟鋼板	エポキシ樹脂コーティング 0.6~0.8mm	一般給湯用温水 60℃以下	熱硬化性樹脂：熱を加えることで表面硬質となり、耐食性増。鉄との密着度大：使用中若干の膨潤現象が出ることもある。3~5年で補修・塗替えを考慮、補修可能。	ガラスクロスを中間に入れる。ガラスチップを入れる。積層ごとに熱硬化、ピンホール・膜厚検査。
	特殊添加物入り酸化カルシウムセメントライニング 13~14mm	一般給湯用温水 高温水 沸騰水 426℃以下	水硬性の酸化カルシウムセメントで最高426℃までの使用温度に耐える。膨張係数は中程度の軟鋼とほぼ同じ、通常のもルタルセメント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。	ブラスト後、こてで塗布。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	FRP3層張りの上に仕上げコート塗布、成形は比較的容易。ライニングの総厚さは2.0~3.0mm、耐薬品が良好。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	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。常温硬化タイプで伸張率が大、耐疲労性、耐水性が良好。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	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。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。必要に応じて完成後電気防食装置を取り付ける。 ・溶接条件・作業管理を重視。 酸洗いまたは研磨。
	SUS316		304と同じであるが、炭素含有量低く、耐粒界腐食性向上。	
	SUS316L		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		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。水素ぜい（脆）化に注意が必要。修理困難。	
クラッド鋼板	SS400+SUS304	一般給湯用温水 70℃以下 塩素イオン 20mg/l以下	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。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。その他はステンレス鋼と同じ。	#300以上の研磨を施工。SUS444を除き、完成後電気防食装置を取り付ける。
	SS400+SUS316			
	SS400+SUS316L			
	SS400+SUS444			

出所)「空気調和衛生便覧」(空気調和衛生工学会)

2.3 補助熱源

太陽エネルギーは安定供給されない。従って、補助熱源は基本的に太陽熱が無い場合でも十分負荷を賄うことができる能力のものを選定する。太陽熱利用を補完する熱源として、都市ガス、LPガスなどを使用するガスボイラー、灯油や重油などを使う石油や重油ボイラー、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ー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。また、太陽熱と燃料を一つの機器に投入し、燃料をバックアップとして使用する機器も商品化されている。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 2.3.2 に示す。

表 2.3.2 補助熱源（給湯用）

①	<p>低圧ボイラー（丸型ボイラー）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 10mAq ・定格時効率 0.84（S社 300Mcal/H 小型ボイラー） ・安価 ・貯湯容量が小さいために、ボイラー容量が大きくなる。 ・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。
②	<p>貯湯型中圧ボイラー</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 30mAq ・定格時効率 0.80（S社 300Mcal/H 小型ボイラー） ・丸型ボイラー＋蓄熱槽一体型＝給湯用 ・貯湯容量が大きいために、ボイラー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。
③	<p>無圧式温水ヒーター</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 50mAq ・定格時効率 0.85（M社 300Mcal/H） ・丸型ボイラー＋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、別途蓄熱槽が必要。
④	<p>真空式温水ヒーター</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用水頭圧 50mAq ・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。 ・別途蓄熱槽を設置し、ピークカット及び出湯温度をコントロールする。
⑤	<p>ヒートポンプチラー</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・大気熱や水を熱源とする。（冷媒 R407C） ・定格時効率 50Hz/60Hz 2.64/2.5（M社 52.6kw/59.5kw） （DB=7℃、WB=6℃ 入口温度 60℃ 出口温度 65℃） ・高効率であるが低出力で価格が高い。（ランニングコストは安い） ・契約電力（ピーク電力）更新するとランニングコスト高となる。 ・安価な夜間電力の利用可。
⑥	<p>エコ給湯機（CO2ヒートポンプ）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・大気熱を熱源とする。（冷媒 CO2） ・最高使用水頭圧 50mAq ・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。
⑦	<p>木質バイオマスボイラー</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・木質燃料（ペレット、チップ）（間伐材、端材、パークなど） ・定格時効率 0.92（B社 350kw） ・カーボンニュートラルにより、CO2発生ゼロとなる。 ・燃料庫が大きくなる。 ・灰の処理が必要。 ・無圧利用により、出湯温度 85℃ ・バイオ先進国のヨーロッパ製品が多く利用されている。

2.4 冷凍機

太陽熱を駆動源とする冷房システムには、「吸収冷凍機（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、太陽熱利用向けに専用設計された「太陽熱投入型吸収冷温水機」、中低温度領域の温水を熱源とした「温水焚吸収冷凍機（冷温水機）」、及び「一重二重効用吸収冷凍機（冷温水機）」が商品化され各用途に使用されている。

2.4.1 太陽熱投入型吸収冷温水機

図 2.4.1 に太陽熱投入型吸収冷温水機の構造を示す。高効率吸収冷温水機をベース機として、太陽熱利用の専用要素である、太陽熱温水再生器と太陽熱温水凝縮器を付加しているとともに、低温の太陽熱温水でも利用可能となるよう、通常は吸収器から通水する冷却水を太陽熱温水凝縮器から通水するような構造となっている。太陽熱は太陽熱温水再生器に投入され一重効用で運転し、負荷率が低い場合は太陽熱単独運転が可能である。負荷率が高くなると、バックアップである燃料で追い焚きして二重効用で運転し、要求される負荷に追従する。

なお、主に廃熱を投入し運転する廃熱投入型吸収冷温水機は、入熱温度が太陽熱投入型吸収冷温水機よりも高く設計されているが、10~20%までの負荷量の太陽熱を投入し運転できる。

<特長>

- ・ 太陽熱を優先的に利用し、太陽熱だけでは負荷をまかなえないときに燃料で高効率にバックアップをする。
- ・ 低負荷時には、燃料を全く必要としない太陽熱単独運転が可能である。
- ・ 利用可能な太陽熱温水温度を低温領域まで広範囲に拡大し、負荷率 100%時に 75℃の温水の利用が可能である。
- ・ 温水焚吸収冷凍機と直焚吸収冷温水機を併設するシステムに比べて、設置スペースが小さくなる。

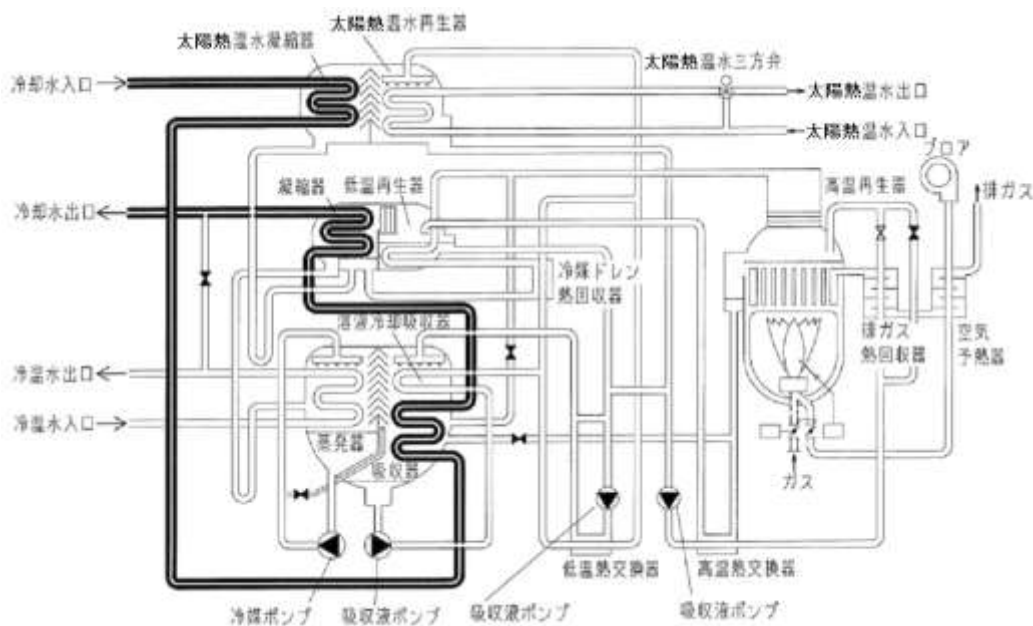


図 2.4.1 太陽熱投入型吸収冷温水機

上図は代表的なフローであることから、詳細はメーカーにより異なる。

2.4.2 温水焚吸収冷凍機（冷温水機）

図 2.4.2 に温水焚吸収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、補助ボイラーや熱媒ポンプ、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冷凍機であり、構造が比較的簡単で安価である。
- ・ 太陽熱や廃熱を利用して、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。

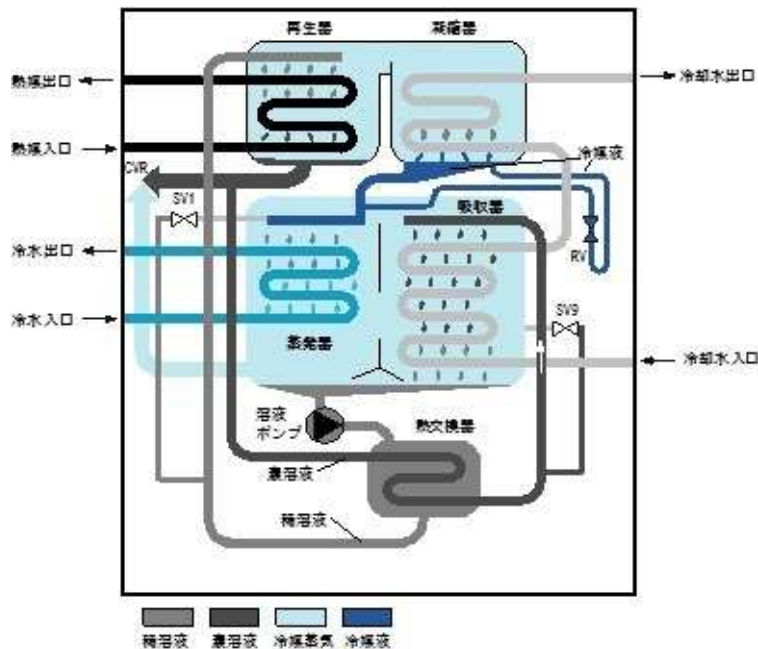


図 2.4.2 温水焚吸収冷凍機の構造

資料提供) 矢崎総業 (株)

2.4.3 吸着式冷凍機

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

図 2.4.3 に吸着式冷凍機の構造を示す。真空容器内に 2 組の吸着（再生）器と凝縮器、蒸発器が収められている。凝縮器には冷却水、蒸発器には冷水配管が施されており、再生器と吸着器には温水配管と冷却水配管が接続されている。吸着器と再生器が交互に切り替えられ、連続して冷水を作り出して冷房を行う。比較的低温で再生が行えるため、太陽熱利用以外にも工場排熱やコージェネレーションの排熱利用で冷房を行う場合に使われる。

<留意点>

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

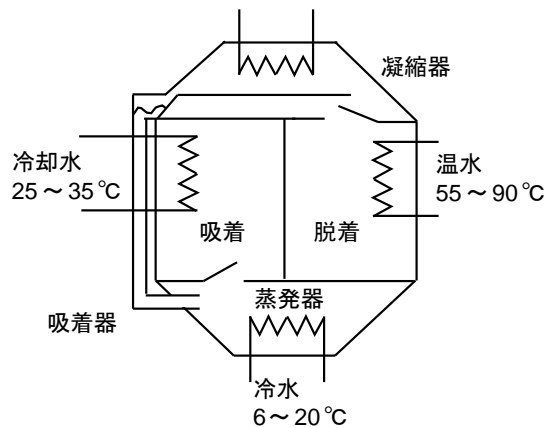


図 2.4.3 吸着式冷凍機の仕組み

2.4.4 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℃程度の低温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。

2.5 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、ボイラー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。

2.5.1 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。

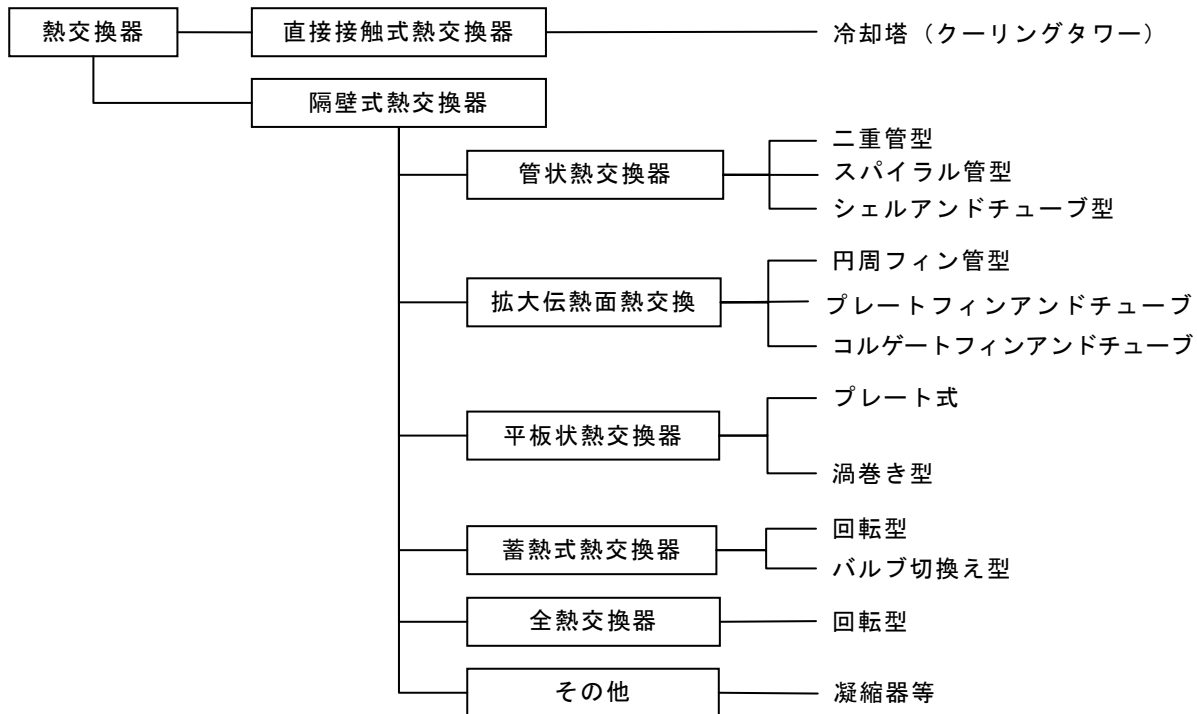


図 2.5.1 熱交換器の分類

出所)「機械工学便覧」(日本機械学会編 2005年11月)より分類

(1) プレート式熱交換器

太陽熱利用システムにおいて最も利用されている熱交換器である。伝熱面であるプレートにステンレス鋼やチタニウムなどの耐食性の高い金属を採用して板厚0.5~1.0mm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。



図 2.5.2 プレート式熱交換器の例

資料提供) 矢崎総業(株)

2.5.2 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伝達の低下がある。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。

2.5.3 各種規格・規制

熱交換器内部において、100℃以上の蒸気あるいは熱水を熱源とする場合は、圧力容器構造規格の適用を受ける。同規格には、第一種圧力容器、第二種圧力容器、小型圧力容器、簡易圧力容器の区分があり、構造検査、設置届、落成検査、定期性能検査の対象となる。また、主として空調として冷媒を使用する場合、熱交換器の設計圧力（MPa）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。

2.6 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。

2.6.1 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。

2.6.2 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2.6.1）。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。

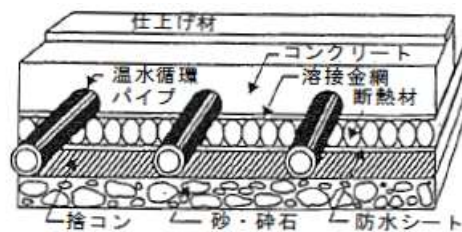


図 2.6.1 コンクリート埋め込み形の床構造の例

出所)「温水床暖房システム 設計施工ハンドブック」日本床暖房工業会編

<留意点>

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

2.6.3 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。

2.7 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。

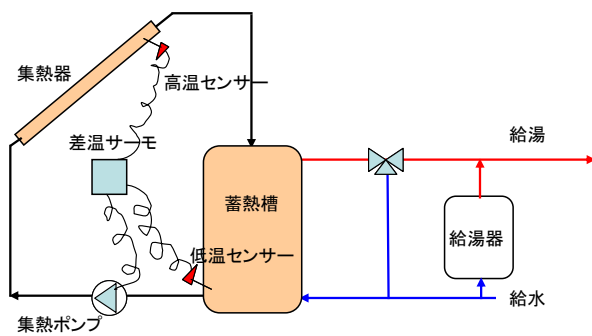


図 2.7.1 差温サーモのセンサー取付け部

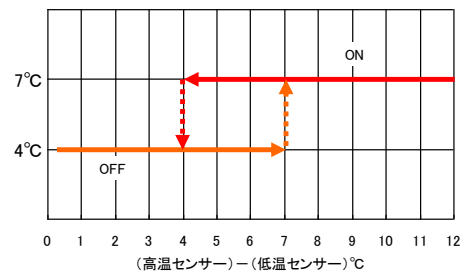


図 2.7.2 差温サーモの制御

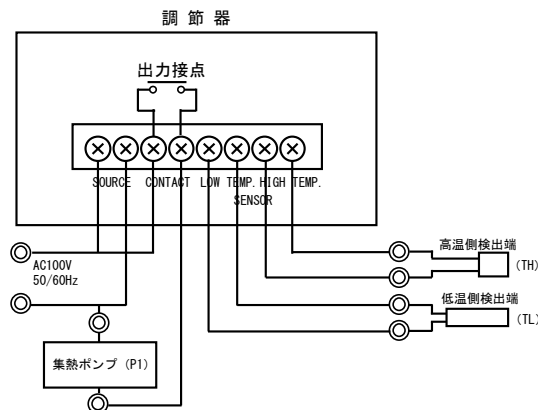


図 2.7.3 差温サーモスタットの構造図（一例）

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)

2.8 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。
- ・開放形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。

2.9 空気搬送機（ハンドリングボックス）

空気集熱式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。図 2.9.1 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 2.9.2 (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 2.9.2 (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。



図 2.9.1 ハンドリングボックスと太陽電池

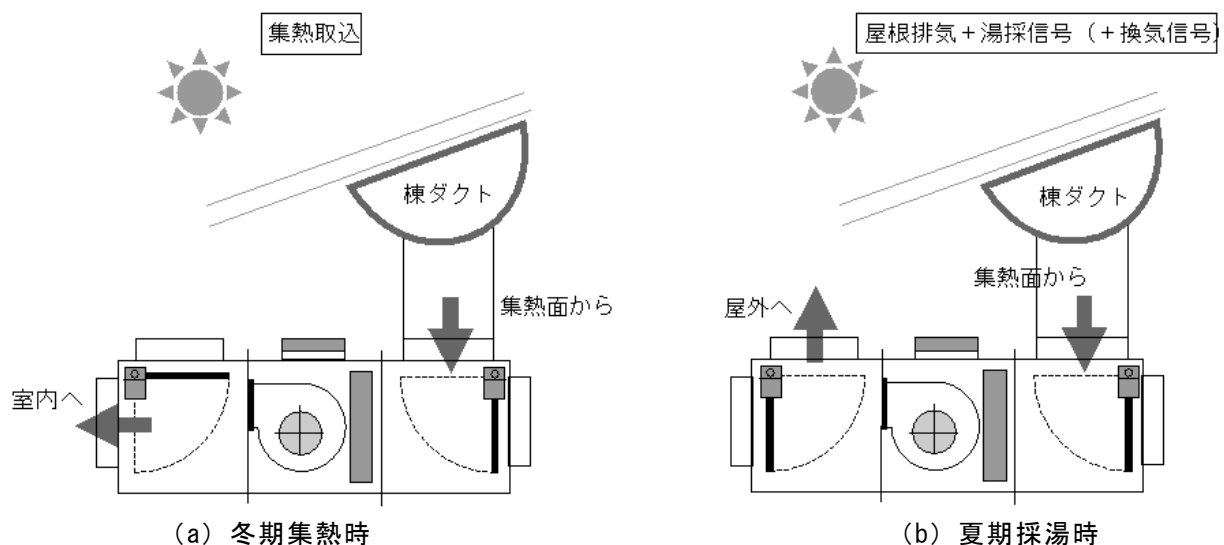


図 2.9.2 ハンドリングボックスの運転

資料提供) OMソーラー(株)

2.10 弁類

2.10.1 自動空気抜き弁（エア－抜き弁）

配管中の熱媒温度が高くなったり、施工が複雑な場合には、気泡の発生は多くなる。この気泡を抜くために集熱器の取出口や空気だまりの発生する場所に取り付ける。なお、集熱ポンプの故障や日中の停電時には集熱器廻りの温度が 100℃以上となる場合があるので、高温仕様を選ぶ必要がある。概略構造図を図 2.10.1 に示す。

<気泡の発生について>

気泡には、①冷水中に含まれるもの、②運転中に温水が加熱されて発生するもの、③運転中に配管の水頭差、機器の圧力抵抗等により温水が減圧されて発生するものがある。太陽熱利用システムの場合は、特に③の運転中に発生する気泡が多く、自動空気抜き弁を設置する。

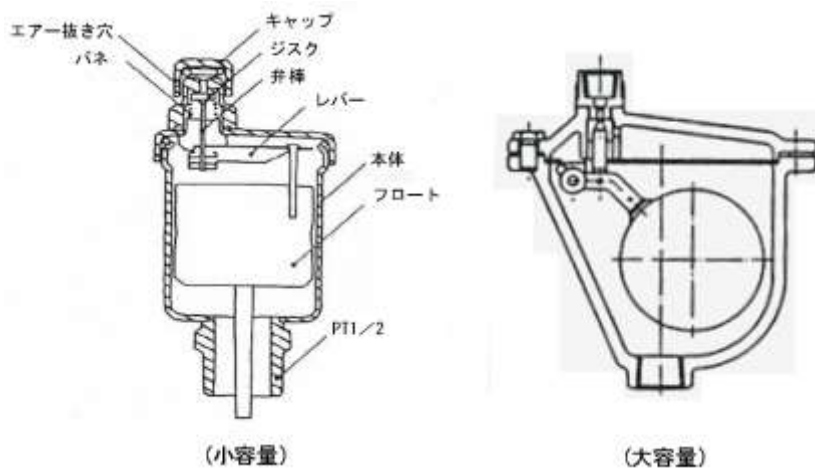


図 2.10.1. 自動空気抜き弁の構造図

資料提供) (株) ティエルブイ

2.10.2 急速排気弁

集熱循環系が開放システムの場合、システムへの送水開始時の初期ガス体を急速に排出し、送水停止後の弁入口真空時には、空気を吸い込み、真空破壊機能を発揮する。集熱ポンプ停止時に集熱系に吸気をして、熱媒水の落水を容易にする。特に集熱系統が開放形で、凍結防止のために集熱終了後、水抜き（落水）をする場合に有効である。なお、自動空気抜き弁同様、集熱ポンプの故障や日中の停電時には集熱器廻りの温度が 100℃以上となる場合があるので、高温仕様を選ぶ必要がある。

注) 運転中に発生する気泡の排出は、急速排気弁ではなく、自動空気抜き弁の併設により行う。

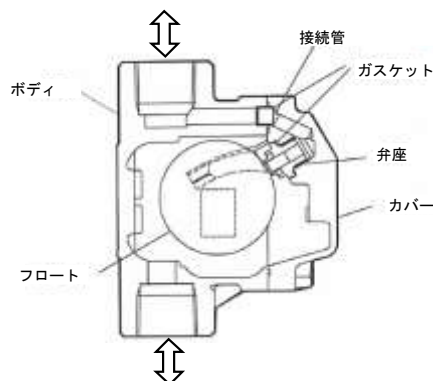


図 2.10.2 急速排気弁の構造図

資料提供) (株) ティエルブイ

2.10.3 安全弁

配管中の機材及び缶体を保護する役目をする。機材及び缶体内の水は加熱によって膨張する。このため圧力が上昇し、一定圧以上になるとこの安全弁が作動する。

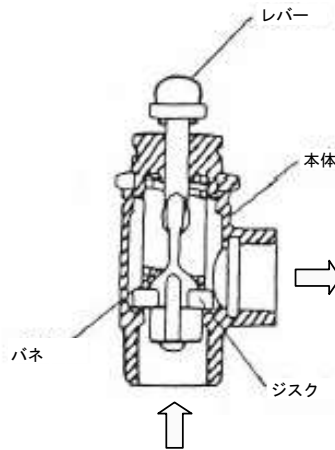


図 2.10.3 安全弁の構造図

2.10.4 減圧弁

水道からの給水圧力を減圧し、一定の水圧にする役目をする。水道の圧力が変動しても、システムの給湯側圧力は一定圧力に調整される。また、減圧弁にはストレーナー、真空破壊弁、逆止弁が内蔵されている。

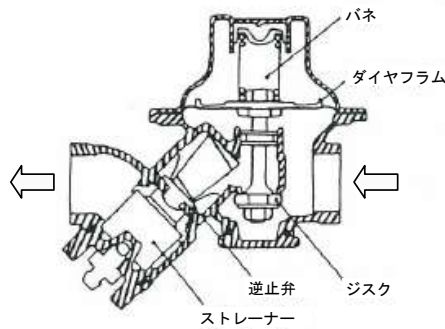


図 2.10.4 減圧弁の構造図

2.10.5 仕切弁等

通常の配管には仕切弁、バタフライ弁、玉形弁等が使用される。仕切弁、バタフライ弁は流路の開閉を主な目的とし、玉形弁は流量の調節目的として用いる。

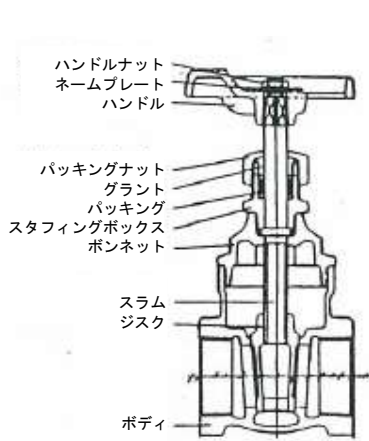


図 2.10.5 仕切弁の構造図

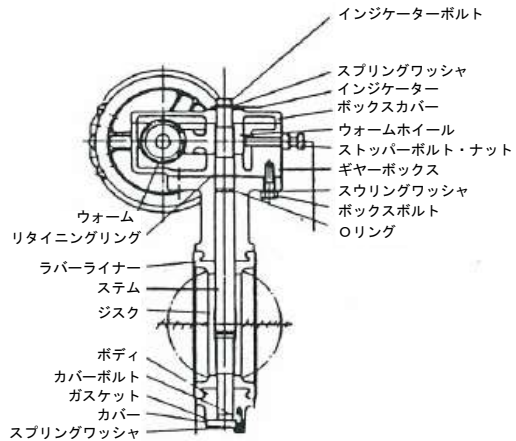


図 2.10.6 バタフライ弁の構造図

出所)「空調基礎教育テキスト」矢崎総業(株)

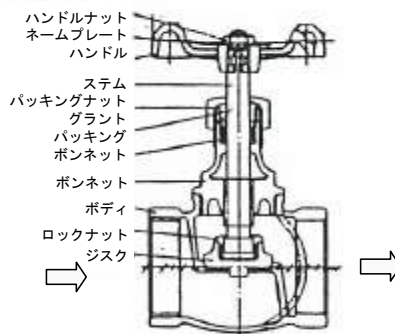


図 2.10.7 玉形弁の構造図

出所)「空調基礎教育テキスト」矢崎総業(株)

2.10.6 混合弁

湯と水の混合割合を調節し、設定温度の温水を供給する。混合弁内のワックスが温度を感知するワックスサーモ混合弁のほか、電動混合弁もある。

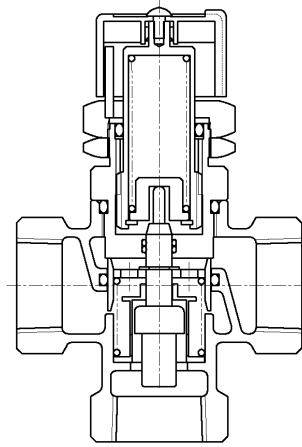


図 2.10.8 混合弁（ワックスサーモ混合弁）の構造
出所）日本サーモスタット（株）

2.10.7 伸縮継手

配管の伸縮を吸収し、配管の熱応力負荷を軽減する。使用する配管の材質と熱媒の温度から、適切な伸縮量のものを選択する。

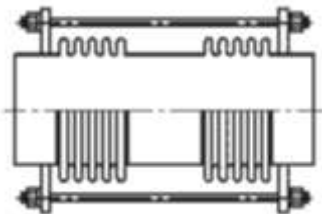


図 2.10.9 伸縮継手の構造

第3章 建物への太陽熱利用の計画

3.1 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冷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月に改訂され、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。

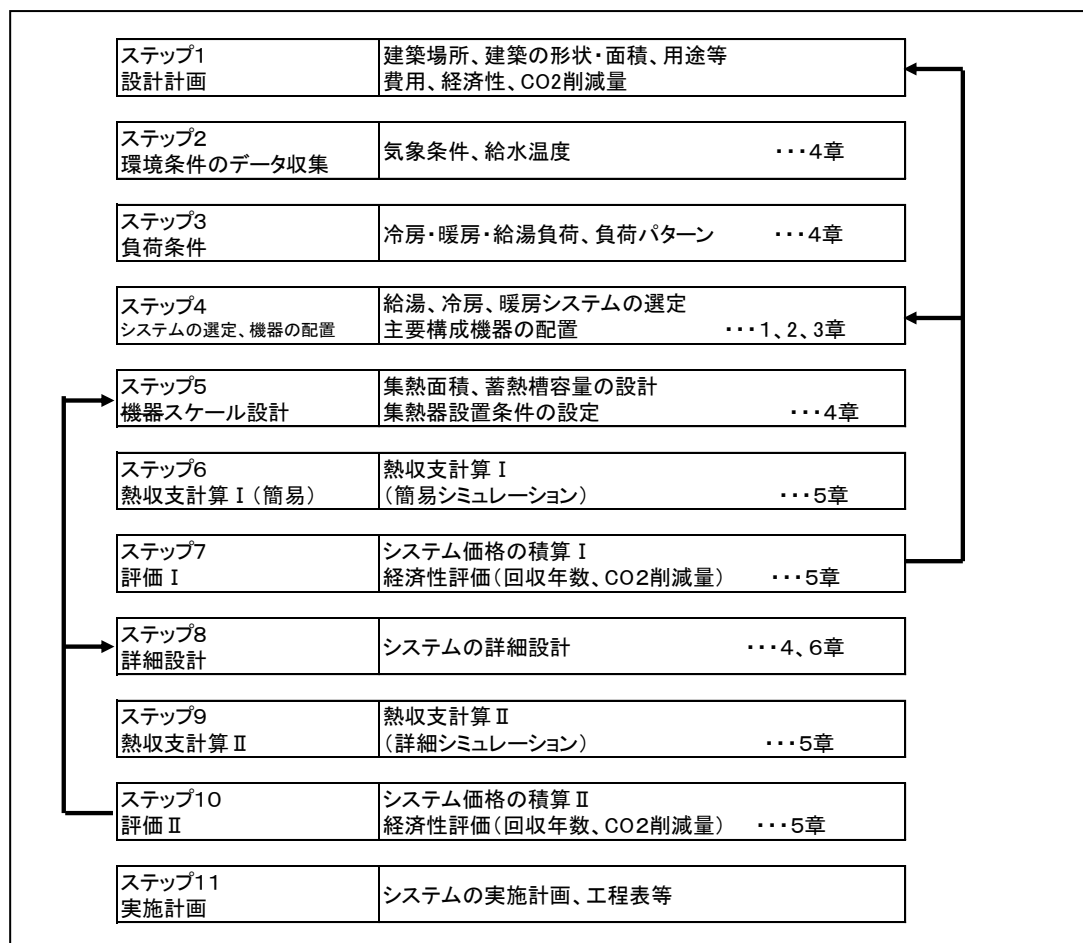


図 3.1.1 全体計画フロー

- (1) 建物用途と敷地との関係を考えて上で建物の形状、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、余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にする建築設計、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うまでもない。給水温度は地域や水源、季節によって異なる。

3.2 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ない、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。

3.2.1 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。

3.2.2 建物用途と負荷

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。

<各種建物の年間熱負荷は4章で紹介する>

3.2.3 システムの選定

建物の形状や建築用途、熱負荷条件等により太陽熱利用システムを選定する。

(例：給湯システム、給湯暖房システム、冷暖房給湯システム等)

3.2.4 機器の配置

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、インシヤルコスト、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

集熱器の設置先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 3.2.1 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、積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や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 3.2.1 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定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、重量に十分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の放熱分が暖房に使えるが、夏期は冷房負荷を増加させるため注意が必要になる。

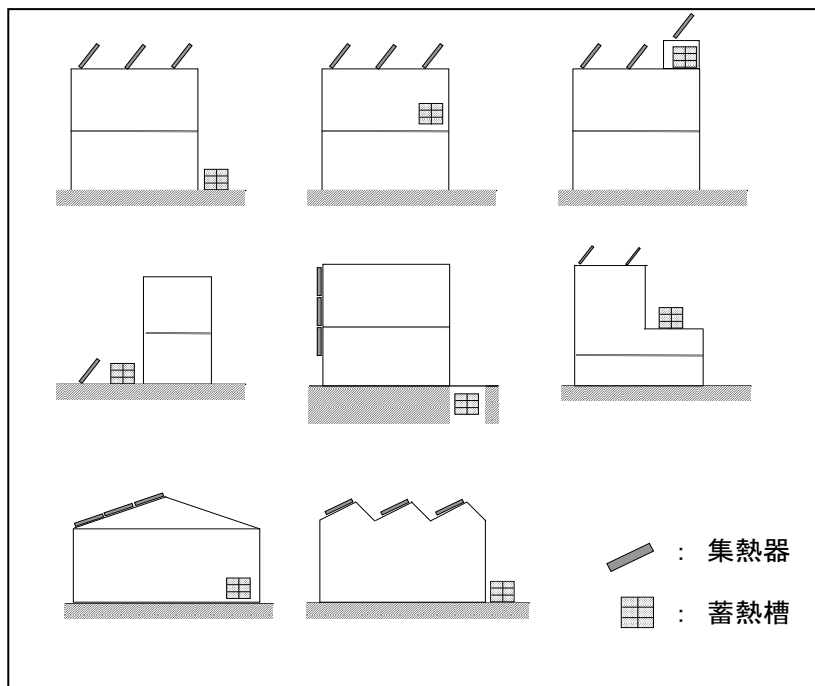


図 3.2.1 集熱器・蓄熱槽配置例

(3) 配管の配置

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。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。

<留意点>

- ・ 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。
- ・ 集熱器の空焚き時には $150\sim 300^{\circ}\text{C}$ 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。
- ・ 開放形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。配管は水切り勾配で施工し、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。
- ・ 密閉形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。
- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 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、並列一直列を組み合わせるとよい。集熱器に均等に熱媒を流すことが大切である。
- ・ ヘッダー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 $1\sim 1.5\text{m/s}$ 程度になるように計画する。図 3.2.2 に集熱器の配管例を示す。

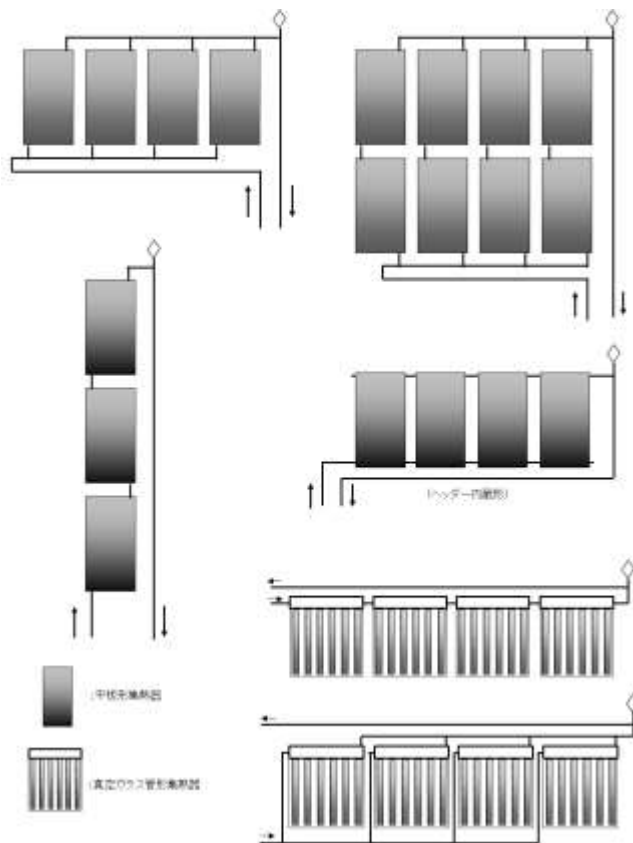


図 3.2.2 集熱器の配管例

3.2.5 特殊地域での注意点

特殊地域での注意点を表3.2.1～表3.2.5に示す。

表3.2.1 積雪地域での注意点

	設計	施工	メンテナンス・他
集熱器	<ul style="list-style-type: none"> 落雪できる傾斜角を設定する。 落雪の堆積により集熱器や配管が埋まるのを防止するため架台の足を高くする。 	<ul style="list-style-type: none"> 落雪、融雪を考慮する。 凍結防止対策を施す。 透過体とケーシングの接合部、ケーシングとヘッダー貫通部などにシーリング材による防水を施す。 	—
蓄熱槽	<ul style="list-style-type: none"> 積雪時、蓄熱槽まわりのメンテナンス空間を確保する。 屋内設置の検討 	—	—
配管	<ul style="list-style-type: none"> 雪の滑落する場所には設けない（軒先等）。 雪の荷重にも耐えるように固定箇所を増やす。 	—	—
設置状態	<ul style="list-style-type: none"> 落雪により破損する恐れがない納まりにする。 	—	—
その他	<ul style="list-style-type: none"> 沈降荷重に耐える設計とする。 	—	—

表3.2.2 寒冷地での注意点

	設計	施工	メンテナンス・他
集熱器	<ul style="list-style-type: none"> 水抜き（落水）のための配管勾配を確保する。 	<ul style="list-style-type: none"> 集熱器内に水が残らない位置にヘッダーを設ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 凍結防止対策をとる。 >頻繁に水を抜く。 >集熱温水を再循環する。 >不凍液を利用する
蓄熱槽	<ul style="list-style-type: none"> 水抜きにより槽内に外気が入るため防食に注意する。 放熱ロスを小さくするため、保温材の厚みを厚くする。 水抜きにかかる時間を考慮し、途中で凍結が起こらないようにする。 屋内設置を検討する。 	—	—
配管	<ul style="list-style-type: none"> 水抜きにより配管内に外気が入るため防食に注意する。 水抜き（落水）のための配管勾配を確保する。 保温材の厚みを厚くする。 屋内設置を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 凍結防止ヒーターを利用する。 配管最上部の吸排気弁の保温を考慮する。 埋設配管は不凍帯まで掘り下げて行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 凍結防止対策をとる >頻繁に水を抜く >集熱温水を再循環する >不凍液の利用
制御等	<ul style="list-style-type: none"> 不凍液は夏場に沸騰しないように計画する。 	—	<ul style="list-style-type: none"> 不凍液の濃度管理 不凍液の漏洩防止 凍結温度に達する前に再循環する
その他	—	<ul style="list-style-type: none"> 寒冷地用器具、施工を行う。 	—

表 3.2.3 離島・沿岸地域での注意点

	設計	施工	メンテナンス・他
集熱器	<ul style="list-style-type: none"> 水質が適さない場合（井水）があるので各材質選定には注意する。軟水器の利用を検討する。（離島） 塩害の恐れがあるため塩害仕様とする。 風害の恐れがあるため設置角度を小さくする。 ガラス表面を堆積する砂を、容易に清掃できるようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> 架台や基礎コンクリートは、内部の鉄筋腐食防食のため、コンクリートのかぶり厚を厚くする。また、鉄筋の材質にも注意する。 	<p>定期検査、常時監視などにより経時変化を把握し、必要に応じて補修を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 腐食に関する洗浄、塗装などの計画を立てる。 メンテナンス、補修部品の供給体制を確立する
蓄熱槽	<ul style="list-style-type: none"> 塩害の恐れがあるため、材質に注意する。 屋内や潮風の受けにくい場所に設置する。 	<ul style="list-style-type: none"> FRP槽を使用した場合も、金具やマンホールの蓋などの防錆に注意する。 	
配管	<ul style="list-style-type: none"> 塩害の恐れがあるため、各部材の材質に注意し錆びにくいものを選択するか、耐久性の高い防錆処理を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 配管保温材の外装（ラッキング）にステンレスを使用した場合も、防錆を考慮する。 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> 施工、メンテナンス体制を検討する。（離島） 	<ul style="list-style-type: none"> 施工ロスを考慮した部材調達を行う。 	

表 3.2.4 工業地帯での注意点

	設計	施工	メンテナンス・他
集熱器	<ul style="list-style-type: none"> 付近に煙突が設置されている場合、亜硫酸ガスによる腐食に注意する。 ガラス表面を容易に洗浄できるようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> 架台の防食に注意する。 	—

表 3.2.5 その他の地域等での注意点

	設計	施工	メンテナンス・他
集熱器	<ul style="list-style-type: none"> 強風による飛散等に注意する。 腐食性ガスが噴出する場所には設置しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 架台の防食に注意する。 総合的な防錆を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 火山性降灰は速やかに撤去する。
蓄熱槽	<ul style="list-style-type: none"> 腐食性ガスが噴出する場所には設置しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 総合的な防錆を検討する。 	—
配管	<ul style="list-style-type: none"> 腐食性ガスが噴出する場所には設置しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 総合的な防錆を検討する。 	—
設置状態	<ul style="list-style-type: none"> 耐風強度を事前確認する。 	—	—
その他	<ul style="list-style-type: none"> メンテナンス時の安全を検討する 	—	—

3.2.6 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通りである。

(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

暖房は太陽熱が効率的に利用できる低温暖房とし、パッシブ的な手法を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、集熱温度が上昇し、夏期、熱量が無駄になり結果的に経済性を損なうことになる。従って、用途やシステムを考慮の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。

（注）開放形直接集熱回路の場合、集熱媒体の温度上昇による体積膨張や、ポンプ停止時に集熱器、集熱配管、熱交換器等に保有している集熱媒体が蓄熱槽に戻ってくる事に留意して容量を決める。

(11) 集熱媒体の容量

密閉形集熱回路の場合、集熱媒体の温度上昇による体積膨張を吸収可能な容量の密閉型膨張タンクを設ける。開放形間接集熱回路の場合開放型膨張タンクを設ける。

（注）開放形、密閉形を問わず、集熱媒体の蒸散に伴う減少を補充するための装置または定期的なメンテナンスや、警報・安全装置が必要となる。

(12) 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3.2.6に太陽熱利用システム計画上の要点をまとめて示す。

表3.2.6 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/m ² 以下 2) 低温暖房方式の採用(放射暖房を検討)	1) 暖冷房負荷を小さくする 100W/m ² 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・設置場所の緯度又は(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/m ² ・日	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、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20m ² /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/m ²	集熱面積あたりの蓄熱容量: 25~50ℓ/m ²	集熱面積当りの蓄熱容量 25ℓ/m ² (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の追従が良いこと

第4章 太陽熱利用システムの設計概要

4.1 シミュレーションによる評価

太陽熱利用システムの設計は、まずシミュレーションによってシステムの評価をおこない、これを基に設計を行う。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。簡易計算は、各太陽熱システムメーカーが表計算ソフトを用いた簡易計算プログラムを用意しており、これを利用して計算する。

簡易計算による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熱依存率などを求める。

シミュレーションの概念は図4.1.1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。

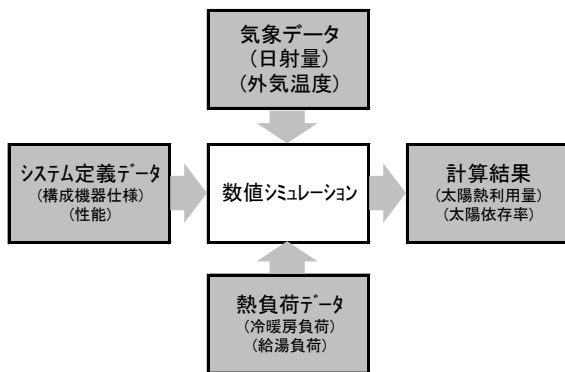


図 4.1.1 ソーラーシミュレーションの概念

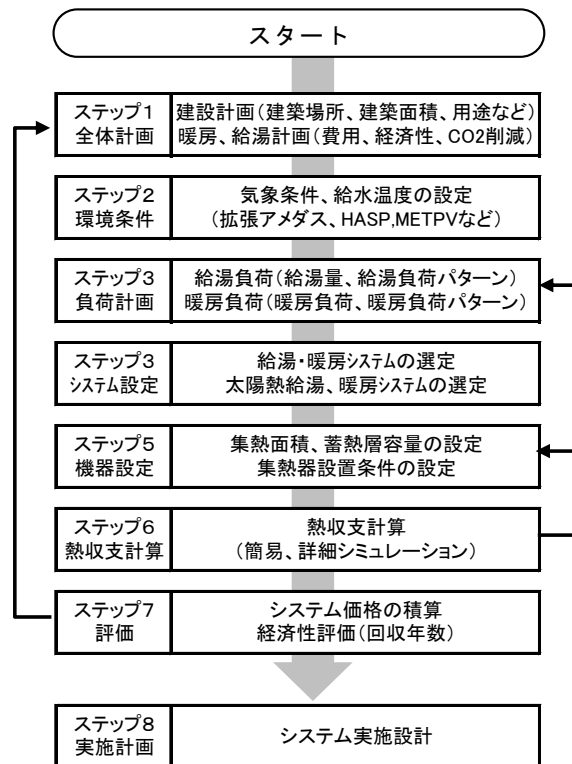


図 4.1.2 シミュレーションのステップ

一般的な計算のステップは図4.1.2に示すように建物の、全体計画⇒環境条件⇒負荷計画⇒システム設定⇒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。

簡易計算および詳細計算シミュレーションによる事例は、第5章を参照いただきたい。

4.2 環境条件の設定

4.2.1 気象条件

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関係するためシステムの設計に影響を与える。日射量や外気温度、風速などの環境は、周辺の建物や立ち木が、当該建物に陰影を作ることによって変わるので、集熱器の配置についても、それらとの距離、位置や高さの状況を考慮して設計する。

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。

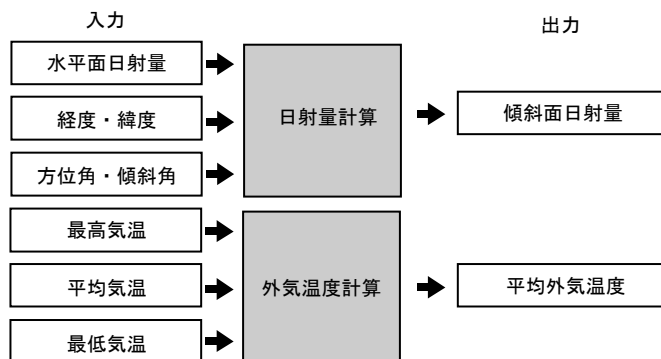


図 4.2.1 日射量計算の入出力

(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 4.2.3 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。

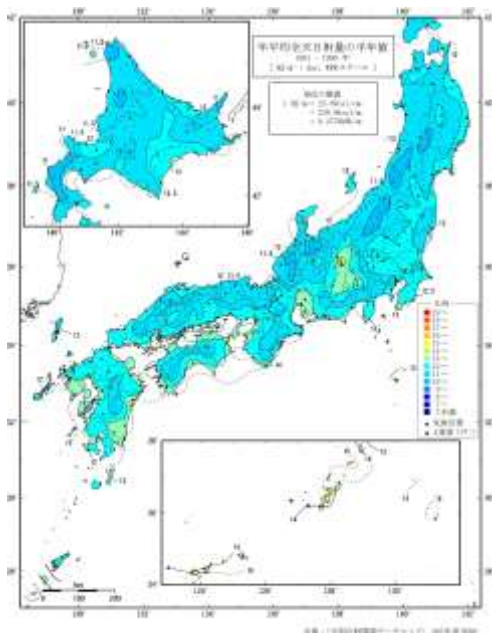


図 4.2.2 年平均全天日射量の平年値

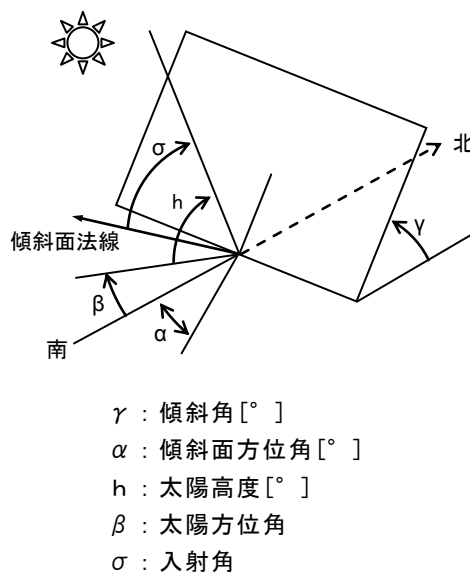


図 4.2.3 傾斜面と太陽の位置

(2) 傾斜角と受熱面日射量

図 4.2.4 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 50~60°、冷房利用では傾斜角 10~20° 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 4.2.5 のようになる。

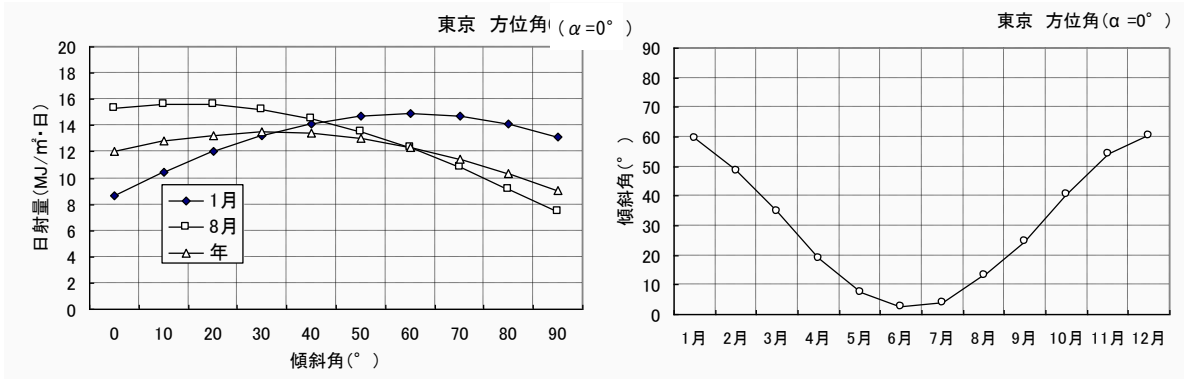


図 4.2.4 傾斜角と日射量倍率

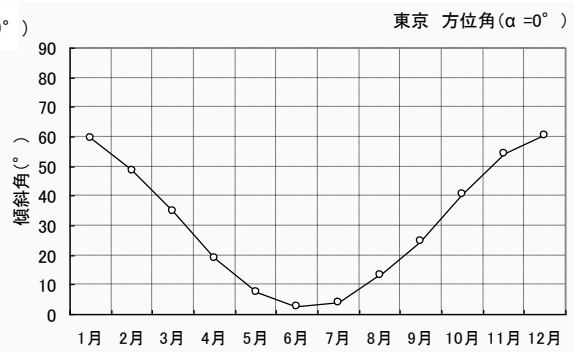
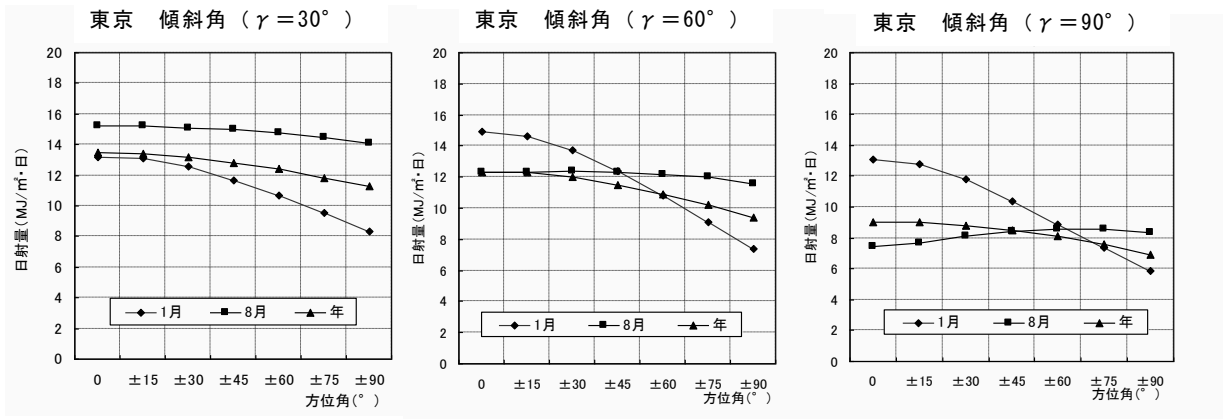


図 4.2.5 月最大日射量を得られる傾斜角

(3) 方位角と受熱面日射量

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が変化する。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 4.2.6 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きに日射量の減少が大きくなる。なお集熱器の傾斜角が 90° の場合、8 月は、方位角が大きいときに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 4.2.6 方位角と日射量 (東京)

(4) 入手可能な気象データの例

以下に入手可能な気象データの例を示す。

- 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、特異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(財)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。

4.2.2 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、現実には給水温度は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。（「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 参照）

4.3 熱負荷計算

4.3.1 熱負荷パターン

太陽熱利用システムの場合は、時刻ごとの給湯、暖冷房の熱負荷量・パターンが設計の重要な要素になる。熱負荷の概算を求めるための負荷データとしては、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。以下に空気調和衛生工学会の負荷の原単位、負荷パターンの事例を示す。

(1) 建物用途別負荷原単位

表 4.3.1 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) 季節別・時刻別負荷パターン

① 事務所ビル

表 4.3.2 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 4.3.3 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 4.3.4 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 4.3.5 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 4.3.6 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 4.3.7 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

4.3.2 熱負荷の計算

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。このため建物や施設の熱負荷は図4.3.1に示す情報を入力して計算する。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機会が多いが、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重要であるため、熱負荷の計算にあたっては、図4.3.1で示したような建物用途別、時刻別、地域別の熱負荷原単位、負荷パターンを利用して計算を行う。

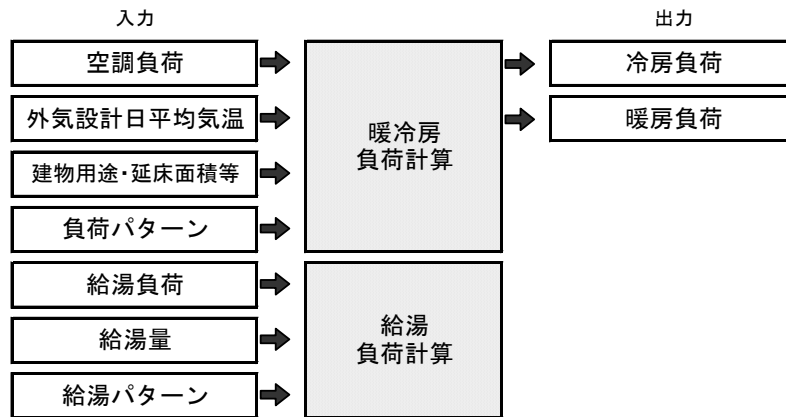


図 4.3.1 熱負荷計算の入出力

(1) 給湯負荷の計算

給湯量、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、また、1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1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、図4.3.1に示した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。

$$Q_w = C_w \cdot \rho_w \cdot W \cdot (T_w - T_{ws})$$

Q_w : 給湯負荷 (kJ/日)、(MJ/年)

W : 給湯量 (L/日)、(L/年)

C_w : 水の比熱 (kJ/kg・deg)

ρ_w : 水の密度 (kg/m³)

T_w : 給湯温度 (°C)

T_{ws} : 給水温度 (°C)

(2) 暖冷房負荷の計算

時刻毎の暖冷房負荷の計算を含めた建物熱負荷の詳細計算及び空調システムのエネルギーシミュレーションができる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)、TRNSYS(Wisconsin大学)、BEST(建築環境・省エネルギー機構)などがあり、暖冷房負荷は、このプログラムを用いて計算することができる。

4.4 集熱量の計算

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。効率線図の例として、瞬時集熱効率線図（図4.4.1）を示す。集熱量の詳細計算は、各メーカーが詳細計算プログラムを用意しており、これを活用するケースが多い。また、TRNSYS等のソフトがあり、これを利用して計算することもできる。

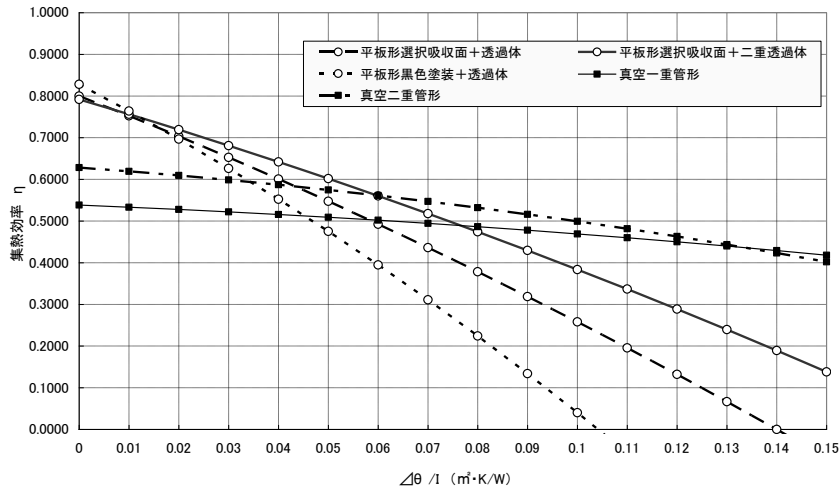


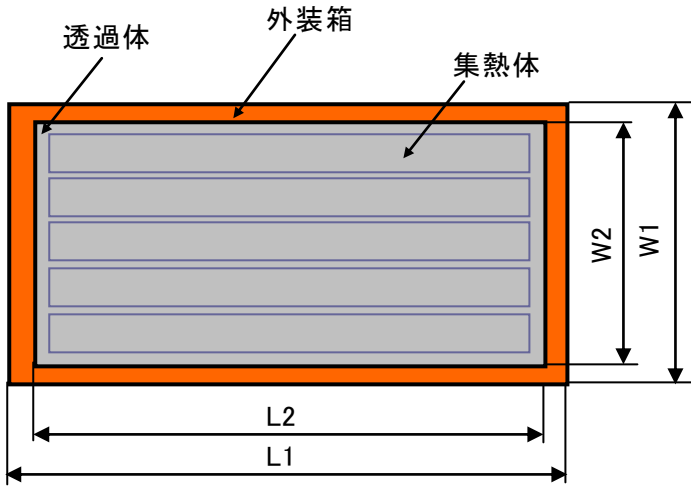
図 4.4.1 瞬時集熱効率線図の例

瞬時集熱効率線図は、国内基準（JIS A4112）と海外基準（ISO 9806-1またはEN12975-2）では効率の定義が異なるため使用に当たっては注意が必要である。集熱効率の測定条件や効率式の表示方法も若干異なるが、一番大きな点は、JISの効率は集熱面積として総面積（Gross surface area）基準であるのに対し、ISOまたはENは開口面積（Aperture area）基準であることである。「総面積」とは、集熱器の取付金具や外部配管接続口等、集熱器からの突出部を除いた集熱面全体の面積であるのに対し、「開口面積」とは、太陽光線が実際に入射する部分だけの面積である。平板式集熱器の場合は両者の差は小さいが、特に反射板のない真空管式集熱器の場合ではその差が大きい。（図4.4.2参照）

集熱器の開口面積基準の集熱効率では、ガラス管の隙間を通過していく日射は集熱効率の算出の際に分母の日射エネルギーにカウントしない。このため、それも日射エネルギーとして含める総面積基準の集熱効率に換算すると集熱効率は開口面積と総面積の比率（開口面積／総面積）で小さい値となる。

※反射板のない真空管式集熱器の開口面積／総面積＝60%程度

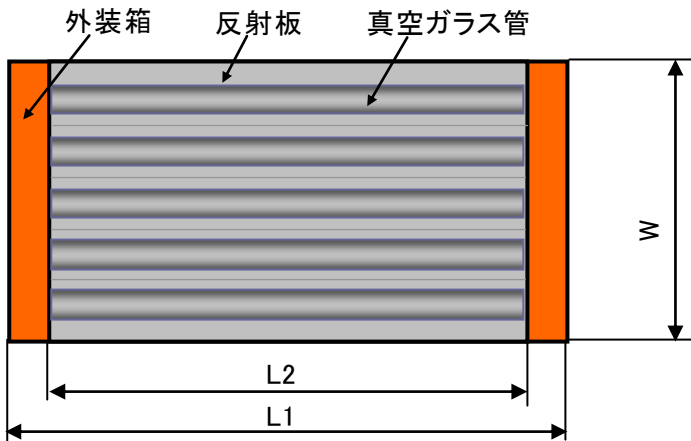
したがって、海外製の集熱器を使用する場合は、集熱計画において集熱量や設置集熱面積を検討する際に集熱効率がどの基準で示されているかについて十分確認することが必要である。



(a) 平板型集熱器

集熱器総面積 : $AG=L1 \times W1$

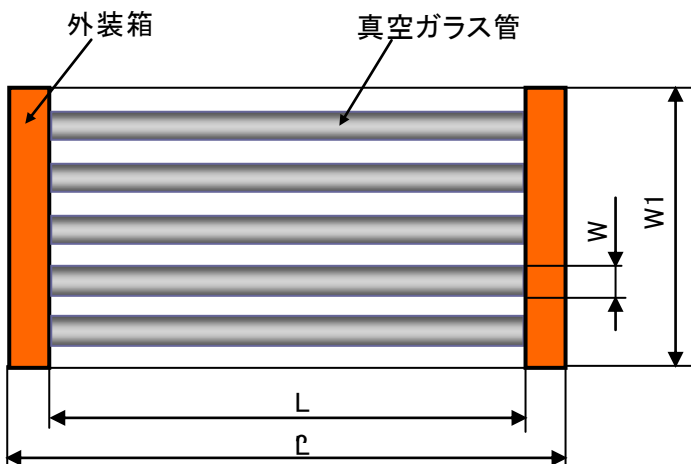
集熱器開口面積 : $Aa=L2 \times W2$



(b) 真空ガラス管型集熱器(反射板あり)

集熱器総面積 : $AG=L1 \times W$

集熱器開口面積 : $Aa=L2 \times W$



(c) 真空ガラス管型集熱器(反射板なし)

集熱器総面積 : $AG=L1 \times W$

集熱器開口面積 : $Aa=L2 \times W \times n$ 本

図 4.4.2 集熱器の総面積と開口面積

国内基準 (JIS A4112) と海外基準 (ISO 9806-1 または EN12975-2) では集熱効率を表す式も異なっているため、以下に、海外基準 (ISO 9806-1 または EN12975-2) の集熱効率の国内基準 (JIS A4112) への読み替え方法について示す。

JIS A4112 では式(1)のように瞬時集熱効率を表している。

$$\eta = a_0 - a_1 \cdot \left(\frac{\Delta\theta}{I}\right) - a_2 \cdot \left(\frac{\Delta\theta}{I}\right)^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta\theta = (\theta_w - \theta_a)$$

$$\theta_w = \theta_i + \frac{\theta_d}{2}$$

- a_0 : 集熱効率特性線図二次近似の定数
- a_1 : 集熱効率特性線図二次近似の一次係数 [W/(m²·K)]
- a_2 : 集熱効率特性線図二次近似の二次係数 { [W/(m²·K)]² }
- $\Delta\theta$: 試験体内熱媒平均温度と周囲温度の差 (°C)
- I : 集熱面日射強度又は集熱面放射強度 (W/m²)
- θ_w : 集熱器内集熱媒体平均温度 (°C)
- θ_a : 周囲温度 (°C)
- θ_i : 集熱器入口集熱媒体温度 (°C)
- θ_d : 集熱器出入口集熱媒体温度差 (K)

ISO 9806-1:1995 では式(2)のように瞬時集熱効率を表している。

$$\eta = a'_0 - a'_1 \cdot \left(\frac{\Delta\theta}{I}\right) - a'_2 \cdot I \cdot \left(\frac{\Delta\theta}{I}\right)^2 \dots\dots\dots(2)$$

- η : 瞬時集熱効率
- a'_0 : 集熱効率特性線図二次近似の定数
- a'_1 : 集熱効率特性線図二次近似の一次係数 [W/(m²·K)]
- a'_2 : 集熱効率特性線図二次近似の二次係数 { [W/(m²·K)]² }

JIS で規定する集熱性能の表示は、液体集熱式集熱器の単位面積当たりの 1 日あたりの集熱量である。表 4.4.1 の各太陽時の日射量及び集熱媒体平均温度と周囲温度の差 $\Delta\theta$ の値から式(1)を用いて瞬時集熱効率を算出し、式(3)によって、集熱器の単位面積 1 日当たりの集熱量 $\Sigma(Q)$ (kJ/(m²·日)) が求められる。

$$\Sigma Q = \Sigma I \eta \quad (\text{ただし、} Q \leq 0 \text{ のときは、} Q = 0 \text{ とする。)} \quad \dots (3)$$

上記の JIS A4112 による式(1)を ISO 9806-1 による式(2)に置き換えることにより、ISO の式からでも JIS の集熱性能の表示値が計算できる。ただし、先に述べたように JIS の効率は集熱面積として総面積基準であるのに対し、ISO または EN は開口面積基準であるため、総面積基準の集熱性能に換算するには、(3)の計算結果に開口面積と総面積の比 (開口面積/総面積) を掛ける必要がある。

表 4.4.1 評価基準日射量

評価基準日射量 kJ/(m ² ・日) {W・h/(m ² ・日)}	太陽時		毎時日射量 W/m ²			入射角度 (°)
	A. M.	P. M.	直達	拡散	計	
20,930 {5,814} (快晴)	8	16	198	106	304	60
	9	15	402	122	524	45
	10	14	579	131	710	30
	11	13	694	136	830	15
	12		735	137	872	0
					(5,814)	

ISO の集熱性能の近似式を用いてシミュレーションを行う場合には、ISO の集熱性能 2 次近似式を JIS の式の形に置き換え、計算をさせる必要がある。ISO の集熱性能 2 次近似式を JIS の近似式に置き換える方法は以下となる。

a) ISO の各日射強度における 2 次近似式から各 $\angle\theta/I$ における η を求める。

b) 前記で求めた η の各値から最小二乗法により JIS の 2 次近似式における a_0, a_1, a_2 を計算する。

この場合も、総面積基準の集熱性能として計算するためには、上記で置き換えた a_0, a_1, a_2 に開口面積と総面積の比（開口面積／総面積）を掛ける必要がある。

【計算例】

ISO9806 で規定されている下記真空管式集熱器を JIS に置き換える。

種類 反射板付き真空管式集熱器

効率式の係数 η_0 0.642
 a_1 (W/m²K) 0.89
 a_2 (W/m²K²) 0.001

集熱面積開口面積 (ISO) 3.00 m²
 総面積 (JIS) 3.41 m²

JIS で規定する単位面積当たり集熱量の算出：

JIS では、 $\angle\theta = 10$ の時の集熱量を算定するので、単位面積当たり集熱量を各時間毎に求める。

7 時と 17 時 $I = 103$ W/m² なので

$$Q = 103 \times \eta = 103 \times \{0.642 - 0.89 \times (10/103) - 0.001 \times 103 \times (10/103)^2\} = 57.1 \text{ Wh/m}^2$$

8 時と 16 時 $I = 304$ W/m² なので

$$Q = 304 \times \eta = 304 \times \{0.642 - 0.89 \times (10/304) - 0.001 \times 304 \times (10/304)^2\} = 186.2 \text{ Wh/m}^2$$

同様に 12 時まで計算する。

以上の計算結果をまとめて表にする。

表 4.4.2 単位面積当たり集熱量の算出結果

時刻		毎時日射量	毎時集熱量
7時	17時	103 W/m ²	57.1 Wh/m ²
8時	16時	304 W/m ²	186.2 Wh/m ²
9時	15時	524 W/m ²	327.4 Wh/m ²
10時	14時	710 W/m ²	446.8 Wh/m ²
11時	13時	830 W/m ²	523.9 Wh/m ²
12時		872 W/m ²	550.8 W/m ²
1日あたり合計		5,814 Wh/(m ² ・日) (=20,930kJ/(m ² ・日))	3,634 Wh/(m ² ・日) (=13,082kJ/(m ² ・日))

上記は、開口面積基準で計算した集熱量であるので、JISの総面積基準では、
 $3,634 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{日}) \times 3.00 / 3.41 = 3,197 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$

JISA4112では集熱量は、日射量が $20,930 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ 、 $\Delta\theta$ が10Kのとき、 $8,372 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ 以上と規定している。

それと比較すると1日の総集熱量は下記となり、JIS基準を満足する。

$$3,197 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{日}) \times 3.6 (\text{kJ/Wh}) = 11,509 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{日}) > 8,372 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{日}) \text{ (JIS基準)}$$

集熱量は当然、蓄熱槽の状態に影響を受ける。集熱による入力分と負荷による出力分の差し引きの熱収支によって蓄熱槽温度が変化すると、次の時刻の集熱効率に影響する。

図 4.4.3 に集熱量計算だけを取り出して入出力の関係を示す。

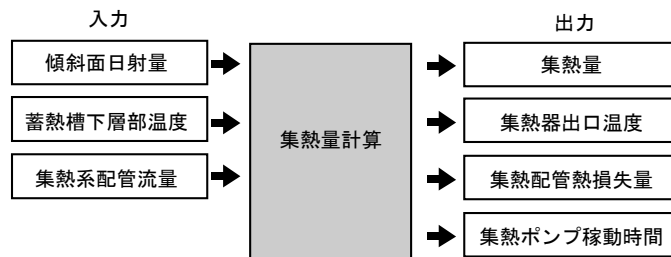


図 4.4.3 集熱量計算の入出力

4.5 蓄熱量の計算

太陽エネルギーは間欠的で不確実であるため、ソーラー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て計画する。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、或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では非常に小さい蓄熱槽、或いは蓄熱槽が無いシステムも考えられる。太陽冷房を行う場合は、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 4.5.1 は主に日中に給湯負荷がある場合で、図 4.5.2 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 4.5.1 は日中の負荷は大きい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 4.5.2 のように日中の負荷と比較して日没後の負荷が大きいときは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。

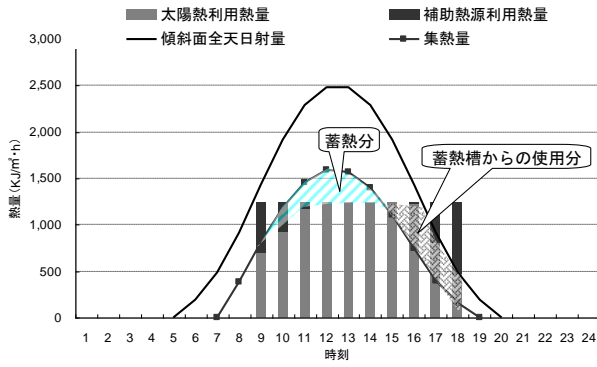


図 4.5.1 日中に負荷がある例

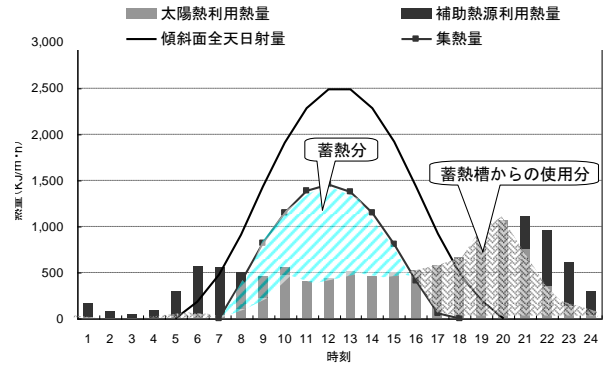


図 4.5.2 24時間負荷がある例

図 4.5.2 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。

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

- V : 蓄熱容量 m³
- I : 受熱面日射量 (kJ/m²・日)
- η_{cd} : 集熱効率
- A_c : 集熱面積 (m²)
- QLT : 集熱時間帯の負荷 (kJ/日)
- ηL : 熱損失率
- C_w : 比熱 (kJ/kg・deg)
- ρ_w : 密度 (kg/m³)

$$\Delta t = t_{end} - t_s$$

- Δt : 蓄熱温度差 °C
- t_{end} : 集熱終了時の蓄熱槽温度 °C
- t_s : 集熱開始時の蓄熱槽水温 °C

4.6 熱収支の計算

太陽熱利用システムの熱収支は図4.6.1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は上昇または下降する。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。

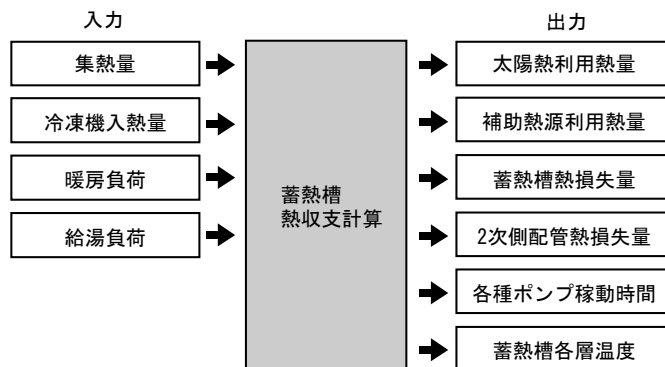


図 4.6.1 熱収支計算の入出力

集熱するときの外気温度や蓄熱槽の温度変化などが集熱効率に影響を与えるため1時間に1回の計算では精度が出しにくい。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。太陽依存率などの結果が不満足な場合は最初に戻って集熱器や蓄熱槽の仕様や設置条件を変更して繰り返し計算を行い最適な集熱面積や蓄熱容量を求める。

4.7 熱交換器の計算

集熱された太陽熱は、熱交換器を介して利用される。蓄熱槽に蓄熱された熱を「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。太陽熱システムで最もよく使用されるプレート型熱交換器の選定のための伝熱面積の計算方法を以下に示す。

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。

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

- 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

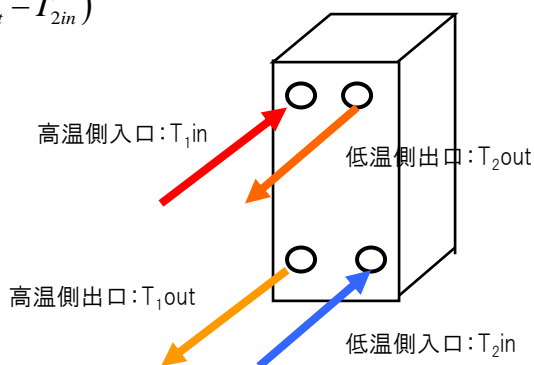


図 4.7.1 プレート熱交換器の入出力

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

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

(水の場合は、比熱 = 4.18605 kJ/kg°C)

(2) 対数平均温度差の計算

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

(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) $U = 2000 \sim 8000$ (W/m²・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>

- ・ 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)、 $\angle T_m$ 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ミュレーションソフトを準備しているところもあり、設計の参考となるものもある。

4.8 制御

太陽熱利用システムが従来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。

- ・ 効率的に集熱を行うための循環ポンプの運転制御
- ・ 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
- ・ 負荷が少ないときの集熱温度上昇に対する安全対策

(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、日射量が少ない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°C が標準的に使われる。温度差が小さくなるとポンプを停止する。停止時の温度差もまちまちであるが 0.5~4°C 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、集熱器出口の空気温度が一定以上 (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:光を感知する半導体センサー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など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。凍結対策には水を抜く方法、不凍液を使う方法、集熱ポンプ循環による方法等がある。

図4.8.1～図4.8.3にこれらの凍結予防方式と対応の概要を示す。

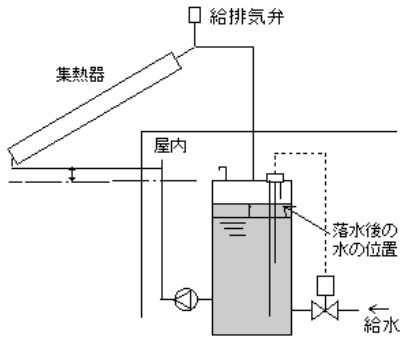


図 4.8.1 落水方式

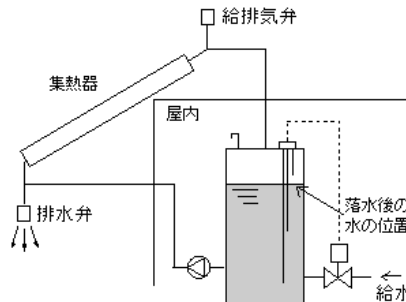


図 4.8.2 抜水方式

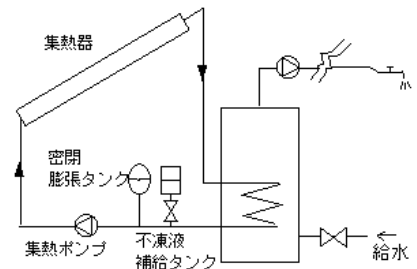


図 4.8.3 不凍液方式

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。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、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の勾配を十分とった施工をする必要がある。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は必要がない。

② 抜水方式

凍結の危険がある外気温度にまで下がったとき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付けて、外気温度を感知してバルブを開放して水を抜く方法である。この方法は、外気温度を代表する位置に凍結予防弁を取り付けにくく、設定温度を凍結温度より若干高めにしておかないと、凍結事故に繋がるので注意が必要である。

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させない方法であり、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。不凍液といえども濃度が薄くなれば凍結すると同時に腐食抑制剤の濃度が薄くなり腐食による水漏れの危険が増加する。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。

太陽熱利用システムにブラインが使われ始めた当初は、塩化カルシウム水溶液などの無機ブラインが広く使用されていたが、金属に対する腐食性の問題からグリコール系ブラインが使用されるようになった。特に給湯用太陽熱利用システムに用いるブラインは、衛生的な面から安全性に重点が置かれている。そこでブラインの成分には低毒性が要求され、食品添加物としても認められているプロピレングリコールと水を主成分とし、金属部品を保護するための防錆添加剤、識別・誤飲防止のための染料などで構成されている。更に近年

では、環境負荷の低減、省資源化、メンテナンスコストの低減などの目的より、長時間使用することのできる長寿命タイプのブラインや、希釈の必要がなく希釈水質の影響を受けない、ストレートタイプのブラインが普及してきている。以下に長寿命タイプのブラインの性状を示す。

表 4.8.1 長寿命タイプブラインの性状例

項目	代表性状	
プロピレングリコール濃度 wt%	33	48
凍結温度 °C	-16.0 以下	-33.0 以下
液の外観	淡赤色透明	淡赤色透明
pH 値	8.0~9.0	8.1~9.1
密度 (20°C) g/cm ³	1.030~1.040	1.043~1.053
沸点 °C	約 103	約 107

資料提供) シーシーエス (株)

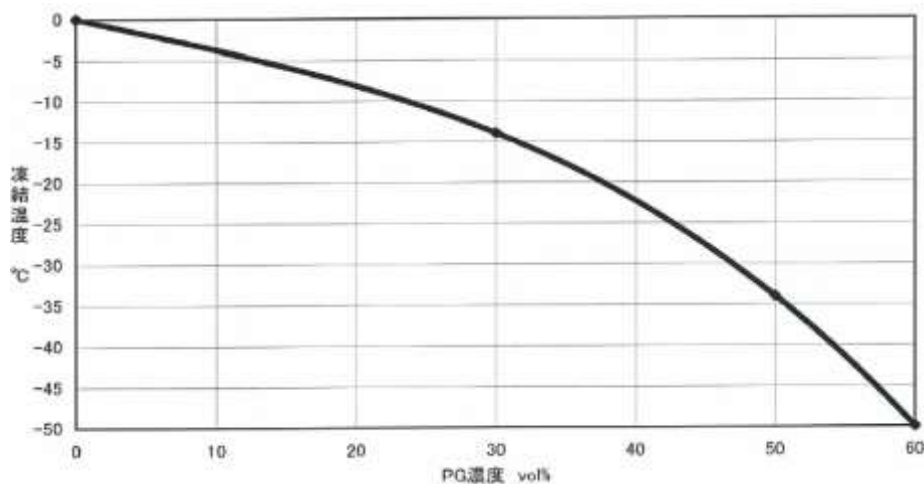


図 4.8.4 プロピレングリコール (PG) 濃度と凍結温度の関係の例

資料提供) シーシーエス (株)

④ 集熱ポンプ循環方式

密閉形や半密閉形の集熱回路で不凍液を使用せずポンプ循環によって凍結防止する方式である。原理的にはポンプの損失エネルギーと流動による管摩擦エネルギーを利用するものであるが、すべてのシステムにおいて適用できるわけではなく、放熱量を上回るエネルギーをポンプ運転によって供給できるかどうかにつき事前計算や確認が必要である。基本的には、寒冷地以外の地域で、放熱の少ない真空管式集熱器を使用し、配管の保温も十分行っているシステムに適用できる。なお、停電時は凍結防止できないので手動による水抜きが必要な場合もある。

(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 を超えることが考えられるため、安全のため集熱ポンプを停止し集熱をストップする。または、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 150~200°C、真空ガラス管形で 200~300°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形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ため、膨張タンクや安全弁を設置して圧力を逃がすことが行なわれる。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て冷たい熱媒を流すとガラス管が破損するものがあるので集熱ポンプの運転制御に注意が必要になる。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形の場合、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 密閉形の場合、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 密閉形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5章 太陽熱利用熱量（集熱量）の計算

太陽熱利用システムを設計するとき、システムの方式を検討すると同時に、その性能を予測することが重要になる。従来の冷暖房給湯負荷計算は一般に熱源機器選定の目的で行うことが多かったためピーク時負荷を検討する機会が多いが、太陽熱利用の場合は、全負荷及び1日の時刻毎負荷パターンがシステム設計の重要な要素になる。

5.1 計算方法の種類

性能予測は簡単な計算から、複雑なシミュレーションまで種々の方法がある。システムの設計因子として集熱器の設置条件や集熱面積、蓄熱容量などがあるが、これらは単独に決定されるわけではない。従って、計算に当たって各要素を仮決めし代表日での日射量、外気温度、システム要素などの条件で検討初期の簡易計算を行い温度、集熱量、太陽依存率が満足のいく値になるか概算し、目標との差があれば修正する。最終的には詳細なシミュレーションを行って性能や経済性を確認する。

簡易的な計算から詳細なシミュレーションになるに従って必要になるデータが多岐にわたるため、無駄な作業を避けるうえでも初期の計算で可能性を確認したうえで計画の進行に伴って詳細計算を行うのが良い。太陽熱利用熱量の計算には表 5.1.1 に示すような方法がある。

表 5.1.1 太陽熱利用の計算方法

	簡易計算 1)	簡易計算 2)	詳細計算
簡易計算の方法	集熱効率を固定して計算する	時刻毎の熱収支により計算	詳細シミュレーション
地域	要	要	要
設置方位角	要	要	要
設置傾斜角	要	要	要
気象データ	ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度 SSS-1001 (改) (ソーラーシステム振興協会)、HASP 標準気象データ (空気調和・衛生工学会)、METPV (NEDO)、拡張 AMeDAS 気象データ (日本建築学会) など		
	月(年)合計集熱面日射量 又は日平均集熱面日射量	月(年)の平均日の時刻毎の 集熱面日射量 外気温度	365 日の時刻毎の日射量 外気温度
システム効率	給湯 40%、暖房給湯 35%	集熱量計算と共に計算される	
集熱効率 (1 次式又は 2 次式)	不要	$\eta = a_0 - a_1 \times (\Delta\theta / \Delta) - a_2 \times (\Delta\theta / \Delta)^2$, $\eta = b_0 - b_1 \times (\Delta\theta / \Delta)$ $\Delta\theta = (T_m - T_a)$	$T_m = (T_i + T_o) / 2$
計算	1 回 / 月 (年) の計算	1 回 / 月 (年) 時刻毎に計算し積算	365 日 24 時間の気象データで 連続計算
集熱温度	計算に関係しない	時刻毎の熱収支により蓄熱槽の温度が決まり、 集熱温度もそれに伴って変化する	
集熱面積	要	要	要
蓄熱槽容量	不要	要	要
1 日の負荷と負荷パターン	負荷に係らず取れただけ 使えるとする	負荷を考慮することも可能	負荷が重要な要素になる
参考	簡単だが、システムや負荷に対応 できず極めて概算の結果となる	平均日の時刻毎日射量があれば 計算できる	余った熱量は次の日に持ち越し て計算される
	結果は参考値に過ぎない	時刻毎の熱収支により 蓄熱槽の温度が決まる	詳細な計算であり 信頼が置ける

注：簡易計算やシミュレーションで使う主な言葉の定義は次の通りである。

① 太陽熱利用熱量（システムで利用できる熱量）＝集熱量－熱損失量

- ②システム効率＝太陽熱利用熱量／日射量
- ③集熱効率＝集熱量／日射量
- ④太陽依存率＝太陽熱利用熱量／熱負荷

5.2 簡易計算方法

5.2.1 簡易計算 1)

設置条件（地域、傾斜角、方位角など）を基にして集熱面日射量を求め、給湯や暖房などで設定されたシステム効率を使って、図 5.2.1 のフローで太陽熱利用熱量を計算する。システムや負荷を考慮せずに計算できるため容易であるが精度はあまり良くない。太陽熱利用熱量はシステムの仕様や負荷の種類、負荷パターンなどによって大きく変化するため、その要素が反映し難いという欠点があるが、きわめて簡単に計算できるため検討初期の段階で、太陽熱利用熱量の概算を得るために使われる。

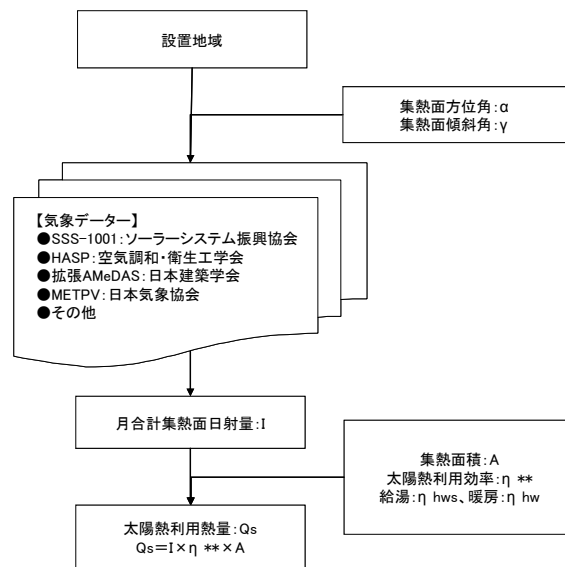


図 5.2.1 簡易計算 1) の計算フロー

【計算条件】

- 地域 …………… 東京
- 負荷 …………… 給湯
- 設置条件 …………… 傾斜角 30°、方位角 0°
- 集熱面積 …………… 100 m²
- システム効率 …………… 給湯負荷で 0.4 とする。

表 5.2.1 日射量と給水温度（（東京）単位：MJ/m²・日）

項目	単位	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	
日射量	水平面	MJ/m ² ・日	8.64	10.30	12.90	14.50	16.60	14.60	14.30	15.30	11.50	9.94	8.03	7.63	12.00
		Wh/m ² ・日	2400	2861	3583	4028	4611	4056	3972	4250	3194	2761	2231	2119	3333
	集熱面日射量(方位角 0°、傾斜角 30°)	MJ/m ² ・日	13.2	13.4	14.9	14.8	15.8	13.6	13.5	15.2	12.2	12	11.2	11.8	13.5
		Wh/m ² ・日	3667	3722	4139	4111	4389	3778	3750	4222	3389	3333	3111	3278	3750
給水温度	℃	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	

出典) ソーラーシステム標準気象データ及び給水温度 SSS-1001 (改) 抜粋 (ソーラーシステム振興協会発行)

【計算手順】

集熱面日射量：東京（傾斜角 30° 、方位角 0° ）は、気象データ（表 5.2.1）より $13.5\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ である。

太陽熱利用熱量を計算する。

太陽熱利用熱量 $Q_s = \text{集熱面日射量} \times \text{システム効率} \times \text{集熱面積}$

$Q_s = 13.5 \times 0.4 \times 100 = 540\text{MJ}/\text{日}$ 、従って、1年間(365日)で 197.1GJ の太陽熱利用熱量となる。

5.2.2 簡易計算 2)

月ごとの平均的な時刻毎の気象データを基に瞬時集熱効率の式を用いて時刻毎に計算を行うもので、瞬時集熱効率と日射量及び集熱面積の積が集熱量となる。この方式には、負荷を用いずに一日合計の集熱量から、蓄熱槽や配管の放熱分を差し引いて太陽熱利用熱量とする簡単な方法と、時刻毎の、集熱量の計算結果から放熱分や負荷量を差し引いて収支を計算して蓄熱槽温度にフィードバックし、次の時刻の計算を続け、1日分の利用熱量を積算する方法(図 5.2.2)がある。

前者の計算は、負荷が夜に偏っている場合に適する。後者の方法は複雑になるが実際に近い計算を行うことが出来る。月合計の太陽熱利用熱量は、月の日数分の積として求めることが出来る。

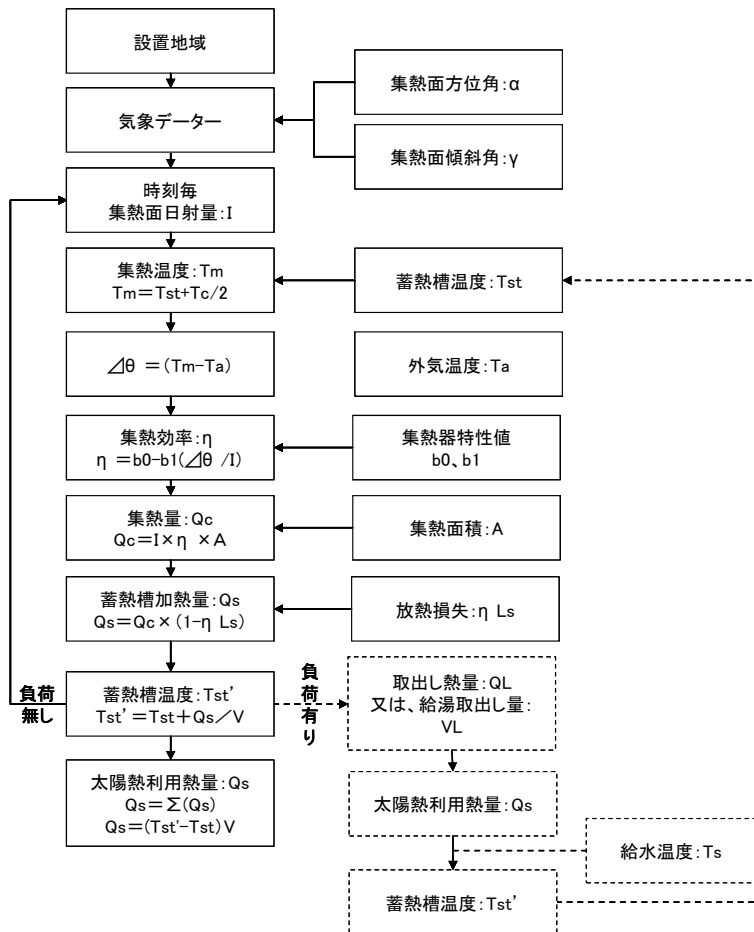


図 5.2.2 簡易計算 2) の計算フロー

集熱開始時蓄熱槽温度 T_{st} を基に集熱温度を決定する。本来は（集熱器入口温度(蓄熱槽温度)+集熱器出口温度）/2 が集熱温度になる。日射量や熱媒流量により上昇温度が異なるが、簡易的に計算を行う場合の集熱温度は、蓄熱槽温度=集熱温度と仮定するか、蓄熱槽温度+2~10℃程度に仮定しても良い。

【計算条件】

ここでは、年間平均の気象データによる日射量を基に給湯の計算例を示すが、1～12月を各々計算し合計しても良い。

気象データはソーラーシステム標準気象データ及び給水温度 SSS-1001（改）を用いた。

データ

地域	東京（時刻毎の日射量及び外気温度）
設置条件	傾斜角：30°、方位角 0°
集熱器	集熱面積 A：100 m ² 集熱器特性：b0=0.8、b1=4.65 W/m ² ・°C 集熱器出入口温度差 Tc= 集熱器出口温度 Tout－集熱器入口温度（=蓄熱槽温度） Tst 集熱温度 Tm=Tst+Tc/2
蓄熱槽	容量：5000ℓ 蓄熱槽初期温度 Tst=給水温度 Ts
給水温度 Ts	17.9°C（年平均）
給湯温度	42°C
給湯負荷量	12,000L／日

【計算手順】（負荷を考慮しない計算例）

年間平均の時刻毎の集熱面日射量 I 及び外気温度 Ta を各種気象データや計算で求める。

東京の集熱面日射量 I、外気温度 Ta は傾斜角 30°、方位角 0° として、時刻毎の値は表 5.2.3 のようになる。

初期蓄熱槽温度 Tst を設定し集熱温度 Tm を次のように仮定する。

$$T_m (\text{集熱温度}) = T_{st} (\text{計算時刻の蓄熱槽温度}) + T_c (\text{集熱器出入口温度差}) / 2$$

$$T_c = 10^\circ\text{C} \text{ と仮定すると } \dots \dots T_m = T_{st} + 5^\circ\text{C}$$

各時刻の日射量 I と外気温度 Ta を用い、集熱温度を“集熱温度 Tm と集熱器特性値 a0、a1、a2 又は b0、b1 を使って集熱効率を求める。η = a0-a1(Δθ/I)-a2(Δθ/I)²、又は η = b0-b1(Δθ/I)。ここでは 1 次式を使用する。

$$\eta_t = 0.8 - 4.65 \times (\Delta\theta / I) \quad \text{注) } (\Delta\theta / I) \text{ は時刻によって異なる。}$$

求めた集熱効率 η に集熱面積 A と日射量 I を掛け合わせて集熱量 Qc を求める。

$$Q_c (\text{集熱量}) = I (\text{日射量}) \times \eta (\text{集熱効率}) \times A (\text{集熱面積})$$

想定した放熱ロス（配管や蓄熱槽の放熱損失）を考慮して、太陽熱利用熱量 Qs を求める。

$$Q_s (\text{太陽熱利用熱量}) = Q_c (\text{集熱量}) \times (1 - \text{放熱損失}) \dots \dots \text{放熱損失は保温仕様により異なるが一般に } 10 \sim 20\% \text{ 程度とする。}$$

太陽熱利用熱量 Qs と蓄熱槽容量 V を使って上昇温度 Δt を求め、その時刻の蓄熱槽温度 Tst を計算する。

$$\Delta t (\text{上昇温度}) = Q_s (\text{太陽熱利用熱量}) / V (\text{蓄熱容量}) / 4.186 \dots \dots \text{蓄熱槽温度 } T_{st} = T_{st} + \Delta t$$

得られた蓄熱槽温度 Tst を次の時刻の蓄熱槽温度として、順次、日射量 I がなくなる時刻まで計算を続ける。

各時刻の太陽熱利用熱量 Qs を合計したものが 1 日合計の太陽熱利用熱量 Qs になる。

日中負荷がない場合は、蓄熱槽の初期温度と到達温度の差と蓄熱容量の積を太陽利用熱量としても良い。

$$Q_s (\text{太陽熱利用熱量}) = (T_{st} (\text{到達温度}) - T_{st} (\text{初期温度})) \times V (\text{蓄熱容量}) \times 4.186$$

給湯負荷や各時刻の負荷パターンが分かっているならば、各時刻の蓄熱槽温度 T_{st} から、温水を取り出して、給水する計算を行うなど各時刻の負荷を蓄熱槽温度に反映すれば給湯負荷を組み込んだ簡易計算になる。

また、冷暖房負荷を組み込む場合は、蓄熱槽が冷房又は暖房可能温度以上にあるとき、必要熱量（負荷）を取り出して、蓄熱槽の温度変化を計算し、次の時刻の蓄熱槽温度 T_{st} とすることを繰り返し計算することで負荷を組み込んだ計算にできる。

表 5.2.3 に計算の結果を示す。日中負荷がなく 17 時まで集熱したとき、蓄熱槽温度は 45.9°C となり、太陽熱利用熱量は $585\text{MJ}/\text{日}$ ・年間 $214\text{GJ}/\text{年}$ となり、給湯負荷に対して、48.3%の太陽依存率、46%のシステム効率となった。

表 5.2.2 太陽熱給湯システムの仕様

場所	東京		給湯温度	42	$^{\circ}\text{C}$
傾斜角	30	$^{\circ}$	給湯量	12,000	$\ell/\text{日}$
方位角	0	$^{\circ}$	給水温度	17.9	$^{\circ}\text{C}$
集熱面積	100	m^2	給湯負荷	289,200	$\text{kcal}/\text{日}$
蓄熱槽	5,000	ℓ		1210.6	$\text{MJ}/\text{日}$

表 5.2.3 簡易計算 2) の結果 *蓄熱媒体(水)の比熱×密度= $4186\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$ とした。

項目名	水平面日射量	集熱面日射量	乾球温度			集熱温度	効率	集熱量	有効利用熱量 (放熱損失 15%含む) Q_s	上昇温度	蓄熱槽温度
時	$I_H(\text{W}/\text{m}^2)$	$I(\text{W}/\text{m}^2)$	$T_a(^{\circ}\text{C})$	b_0	$b_1(\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	η	$Q_c(\text{MJ}/\text{h} \cdot 100 \text{m}^2)$	$Q_c \times 0.85(\text{MJ}/\text{h})$	$\Delta\theta$ (deg)	$T_{st}(^{\circ}\text{C})$
5	0	0	13.4	0.80	4.65	22.9	0.00	0.0	0.0	0.00	17.9
6	12	11	13.5	0.80	4.65	22.9	0.00	0.0	0.0	0.00	17.9
7	55	51	14.2	0.80	4.65	22.9	0.01	0.1	0.1	0.01	17.9
8	131	122	15.3	0.80	4.65	22.9	0.51	22.4	19.1	0.91	18.8
9	233	232	16.9	0.80	4.65	23.8	0.66	55.3	47.0	2.25	21.1
10	339	357	18.2	0.80	4.65	26.1	0.70	89.6	76.2	3.64	24.7
11	424	458	19.2	0.80	4.65	29.7	0.69	114.2	97.1	4.64	29.3
12	471	513	20.0	0.80	4.65	34.3	0.67	123.7	105.2	5.02	34.4
13	471	513	20.5	0.80	4.65	39.4	0.63	116.2	98.8	4.72	39.1
14	425	459	20.5	0.80	4.65	44.1	0.56	92.6	78.7	3.76	42.8
15	341	359	20.2	0.80	4.65	47.8	0.44	57.1	48.5	2.32	45.2
16	235	236	19.8	0.80	4.65	50.2	0.20	17.0	14.5	0.69	45.9
17	132	124	19.2	0.80	4.65	50.9	0.00	0.0	0.0	0.00	45.9
18	56	52	18.4	0.80	4.65	50.9	0.00	0.0	0.0	0.00	45.9
19	13	12	17.5	0.80	4.65	50.9	0.00	0.0	0.0	0.00	45.9
20	0	0	17.0	0.80	4.65	50.9	0.00	0.0	0.0	0.00	45.9
合計	3,339	3,500					0.00	688.4	585.1	$\text{MJ}/\text{日}$	139,785
システム効率									0.46		

簡易計算の結果（集熱面日射量、集熱量、蓄熱槽温度）を図 5.2.3 に示す。蓄熱槽温度＝給水温度から集熱して温度上昇し、16 時に 45.9°C となった。この計算では非集熱時に放熱ロスの計算をしていないので、16 時以降、同じ温度になっている。蓄熱槽の断熱仕様が分かれば蓄熱槽からの放熱を時刻毎の計算に組み込んで計算することが出来る。

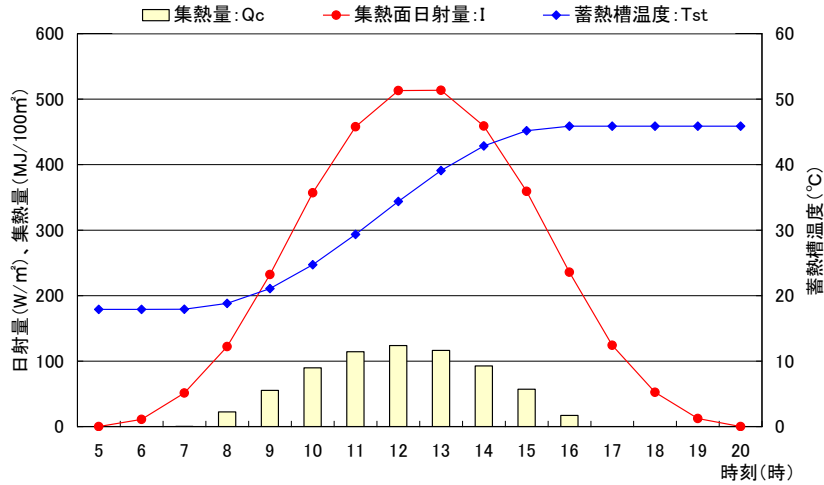


図 5.2.3 簡易計算結果（日射量と集熱量、蓄熱槽温度の関係）

5.3 詳細計算例

太陽熱利用システムのシミュレーションの主なものは、米国ウィスコンシン大学ソーラー研究所で開発され、広く使われている世界標準のシステムシミュレーションプログラム TRNSYS や工学院大学の宇田川研究室で開発された EESLISM などのほか各企業で開発したプログラムがある。ここでは、Y 社のシミュレーションプログラムを使って、24 時間にわたって給湯負荷があるホテルを対象に詳細計算を行った。計算のフローは図 5.3.1 に示す。

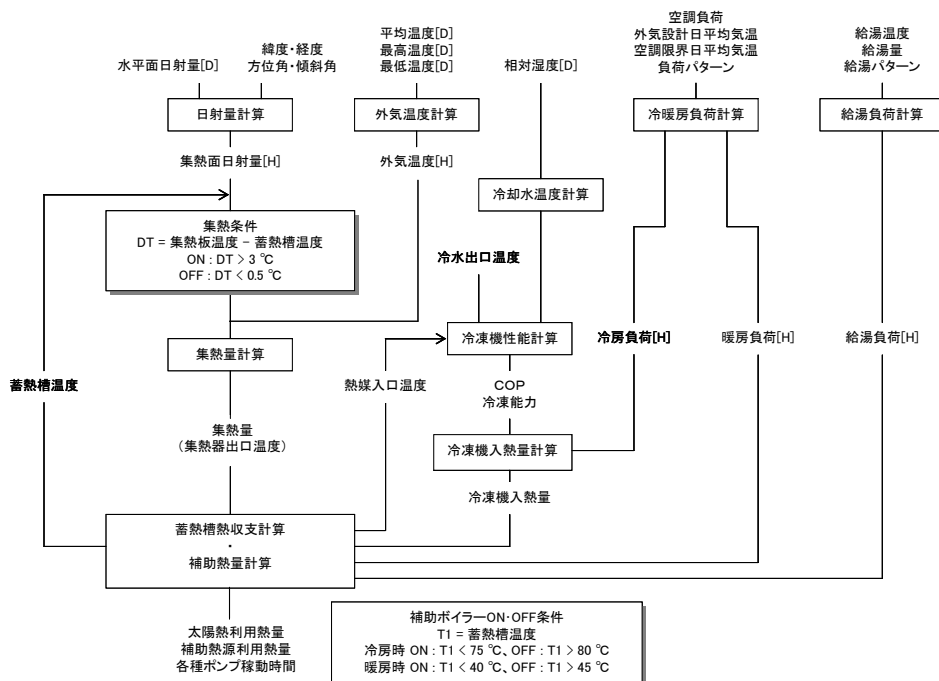


図 5.3.1 シミュレーションフロー

出所) 設計用資料ソーラーシステム編：矢崎総業(株)

(1) インพุット条件

場所：東京（気象データ：METPV2）

用途：ホテル（給湯システム）

給湯量：12000L/日(42℃)

集熱器：50枚：集熱面積 100m²

蓄熱槽容量：5000L

その他、システムのインพุット条件を表 5.3.1 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。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 5.3.2 に計算で使った給水温度と給湯温度、表 5.3.3 に給湯負荷パターンを示す。ホテルの給湯負荷であるため 24 時間連続的に負荷がある。

表 5.3.1 太陽熱システムの設計条件と仕様

項目	単位	値
集熱器 (50 枚)	方位角[°]	0.0
	傾斜角[°]	30.0
	集熱面積[m ²]	100.0
	集熱器熱通過率[W/m ² .°C]	4.65
集熱制御	サーモ ON 温度差[°C]	3.0
	サーモ OFF 温度差[°C]	0.5
	集熱系配管流量[L/m ² .h]	25
集熱配管	長さ[m]	220
	熱伝導率[W/m.°C]	0.0349
	内径[mm]	32
	保温厚[mm]	50
蓄熱槽	蓄熱槽__開始温度[°C]	17.9
	蓄熱槽 No1__容量[m ³]	5.000
	熱伝導率[W/m.°C]	0.0349
	保温厚[mm]	100
給湯配管	長さ[m]	30
	熱伝導率[W/m.°C]	0.0349
	内径[mm]	50
	保温厚[mm]	50

表 5.3.2 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 SSS-1001 (改)」東京による。

表 5.3.3 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 5.3.4 に示す。表で分かるように夏期の熱負荷は冬期の 1/2~1/3 となっている。

給湯負荷に対して比較的設備を小さく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。太陽依存率は 12 月に 34%、8 月に 80% という結果になった。年間の太陽依存率は 47.5% であった。

表 5.3.4 熱収支計算結果（東京）

項目名	水平面 日射量	集熱面 日射量	乾球 温度	集熱量	集熱 効率	給湯 負荷	太陽熱 利用熱量	太陽熱 利用効 率	補助熱源 利用熱量	蓄熱槽 最高到 達温度	太陽 依存率	集熱ポ ンプ稼 動時間
月	[MJ/ ㎡・ 月]	[MJ/ ㎡・ 月]	[°C]	[MJ/月]	[%]	[MJ/月]	[MJ/月]	[%]	[MJ/月]	[°C]	[%]	[h]
1月	286	425	6.6	22,195	52.2	51,961	20,894	49.2	31,068	48	40.2	212
2月	309	405	5.3	20,357	50.3	47,771	19,264	47.6	28,507	51.8	40.3	186
3月	385	424	8.1	20,275	47.8	48,868	18,971	44.7	29,898	60.6	38.8	207
4月	430	437	15	20,520	47.0	39,959	19,260	44.1	20,698	65.4	48.2	199
5月	505	478	19.2	21,339	44.6	33,404	20,233	42.3	13,171	69.7	60.6	226
6月	418	389	23.7	16,907	43.5	28,435	16,021	41.2	12,414	69.3	56.3	212
7月	420	395	25.6	16,777	42.5	24,434	15,467	39.2	8,967	69.2	63.3	228
8月	468	460	27.1	17,758	38.6	20,413	16,242	35.3	4,171	80.7	79.6	205
9月	330	339	24.3	14,323	42.3	23,347	13,897	41.0	9,449	83.1	59.5	168
10月	303	349	17.9	15,951	45.7	31,857	15,001	43.0	16,856	61	47.1	200
11月	252	337	14.2	16,721	49.6	38,612	15,913	47.2	22,699	54.7	41.2	175
12月	229	333	9	16,962	50.9	47,631	16,221	48.7	31,410	46.9	34.1	176
	4,335	4,771	16.3	220,085	46.2	436,692	207,384	43.6	229,308	83.1	47.5	2,394

(3) 太陽熱利用熱量と太陽依存率

シミュレーション結果を基に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 5.3.2 に示した。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して同じように利用できることが分かる。

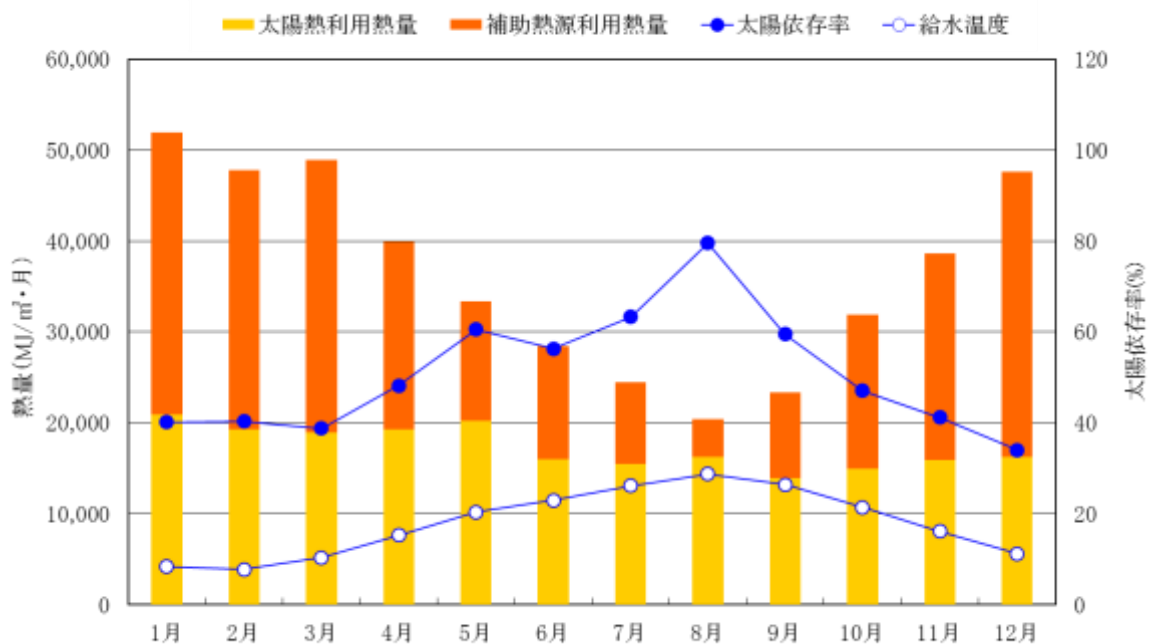


図 5.3.2 太陽熱利用熱量と太陽依存率

(4) 1月の晴天日の熱収支

1月の晴天日（1月12日）の計算結果を図5.3.3に示す。日射量は $20767\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 、平均外気温度が 7.7°C 、太陽熱利用熱量が $10535\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 、給湯負荷は1~4時は少ないが24時間負荷がある。この1日のシステム効率（太陽熱利用効率）は51%となった。24時間すべての時刻にわたって太陽熱が寄与しているが13~18時は時間毎の太陽依存率が100%となり、補助熱源を使っていない。20時ごろからは蓄熱量が少なくなり徐々に補助熱源利用熱量の割合が大きくなっている。この日、1日の太陽依存率は63%になった。

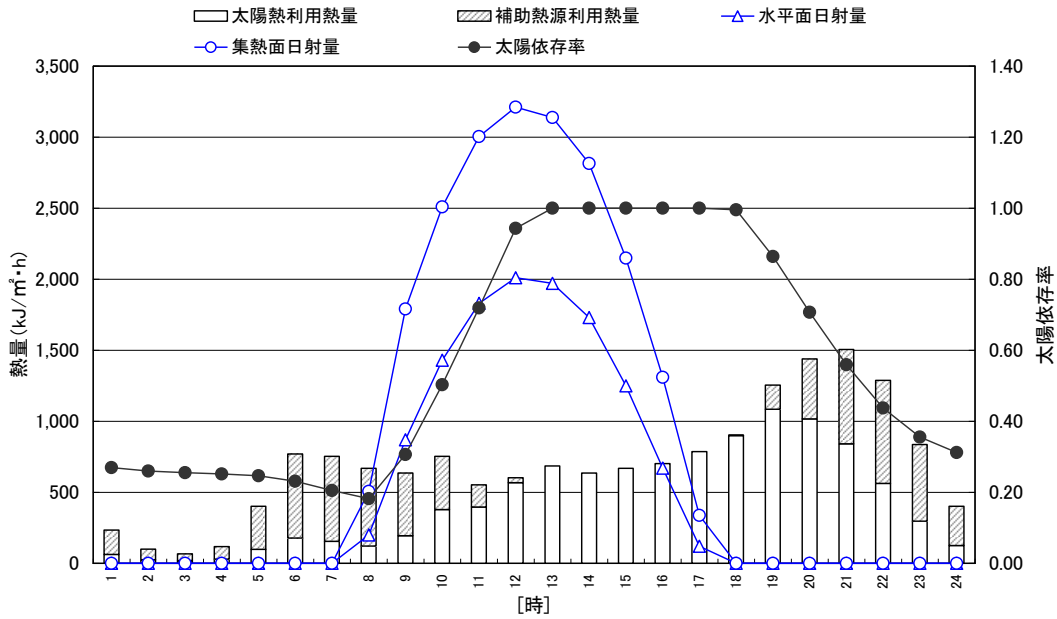


図 5.3.3 1月12日の晴天日の熱収支

第6章 実施（設備）設計

6.1 一般事項

6.1.1 注意事項

太陽熱利用システムにおける集熱系統の配管施工には、通常の配管施工と大きく異なる点があり、以下のような点に注意をすべきである。

- (1) 通常の温水配管温度に比べ、集熱器配管中の水温が沸騰温度近くになることがある。さらに集熱系統の水を抜くシステムで、100℃以上の配管温度になることがある。このため配管材料の選択や熱収縮に対する検討を行う必要がある。
- (2) 集熱系統が開放となるシステムでは、集熱器が集熱ポンプ停止時に空焚きされ、集熱配管が高温となる。このため高温に耐え、耐食性のよい配管材料を選択する必要がある。
- (3) 開放集熱システムでは、落水時に凍結防止等のために、集熱器や配管中に水が残らないようにする。配管勾配に注意する（1/150～1/200程度が望ましい）。
- (4) 配管系からの放熱ロス、特に冷暖房システムのように、集熱温度と外気温度の差が、大きいような場合、集熱に大きく影響するため、保温に注意すると共に、配管経路はできるだけ短く、簡潔にする。不必要な計器・バルブ類は避け、配管支持部からの放熱等も極力防ぐようにする。
- (5) 開放集熱システムでは発生した蒸気や、給排気のために集熱配管の上部には、給排気弁をつけ、集熱ポンプ起動時の集熱器や配管内の排気を行い、ポンプ停止時には空気入れ弁として作動させ、水抜きを確実にを行うようにする。
- (6) 集熱器への分流はできるだけ均一にする。

以上のようなことを考慮して各項目について具体的な注意事項を以下にあげる。

6.1.2 配管勾配

集熱系統は水抜きや給排気のため配管勾配に注意する。集熱器廻りの詳細配管勾配は、集熱器の種類や設置方法等により推奨される配管勾配が異なるため、各集熱器メーカーの施工説明書等により必要勾配をとる。集熱器廻りから蓄熱槽までの横引き配管は、水抜きや給排気がスムーズにできるような勾配（1/50～1/200）をとる。また、配管途中に水や空気が残るようなU字型の配管はしないようにする。更に、ポンプの吐出側に逆止弁を設ける場合、または水の逆流によりインペラーが逆転して、止めボルトがゆるむおそれがある場合は水抜き用のバイパス弁を取り付ける。

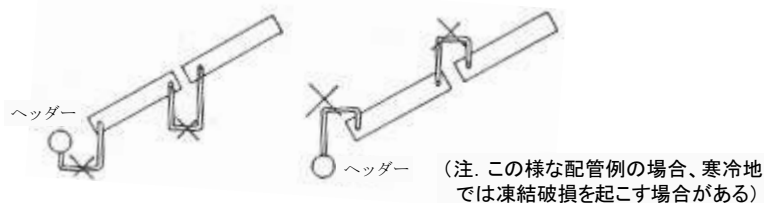


図 6.1.1 悪い配管例

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）

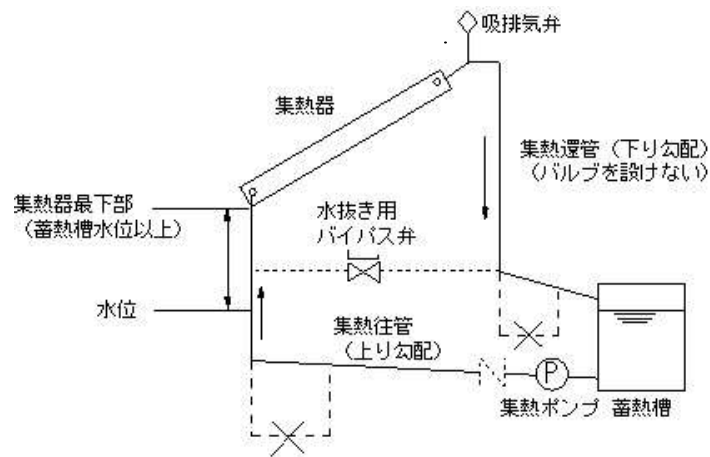
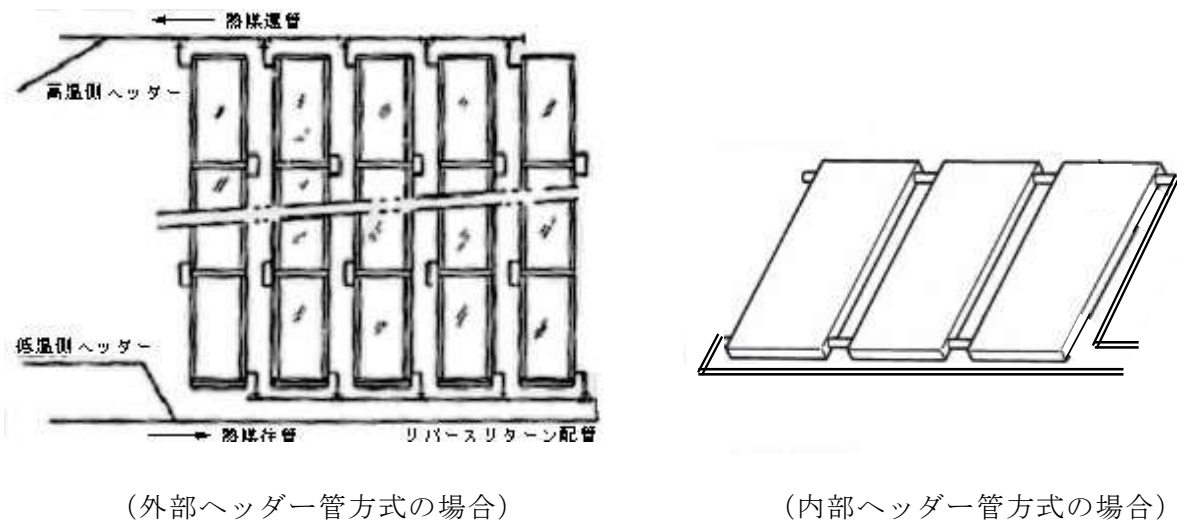


図 6.1.2 配管勾配

6.1.3 配管の分流（ヘッダー）

集熱器への分流がわるいと各集熱器での温度上昇勾配がばらつき、流量の少ないところは、出口水温が高く昇温し、集熱効率が低下する。また、集熱管内の流速が極端に低下すると、管内熱伝達率が低下し、集熱効率に影響する。このようなことから、分流不良ができるだけ起きないように配管する必要がある。特に外部ヘッダー管方式の場合、各集熱器列のヘッダー主配管は、通常リバースリターン配管とし熱損失の少ない往管側（温度が還管より低い）で行う。また、各列の出入口に流量調整用のサービスバルブを設ける場合がある。なお、比較的小規模のシステムにおいては、内部ヘッダー方式が採用される場合が多い



(外部ヘッダー管方式の場合)

(内部ヘッダー管方式の場合)

図 6.1.3 配管の分流

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）

6.1.4 伸縮継手

集熱系の配管温度変化は集熱器の種類によっても異なるが、温度差 100°C 程度で配管伸縮量を考慮する。配管材料による伸び量のデータを図 6.1.4 に示すが、これによると例えば銅管の場合、温度差 100°C で 1.7 mm/m 程度の伸縮量がある。この伸縮量により、集熱器接続部や、配管継手等に許容以上の応力がかからないよう、適宜伸縮継手を入れる必要がある（図 6.1.5 参照）。集熱器廻りの伸縮の吸収の仕方は、集熱器の種類、接続管の材料等によって異なるため、詳細は集熱器メーカーの設計資料や施工説明書により確認する。

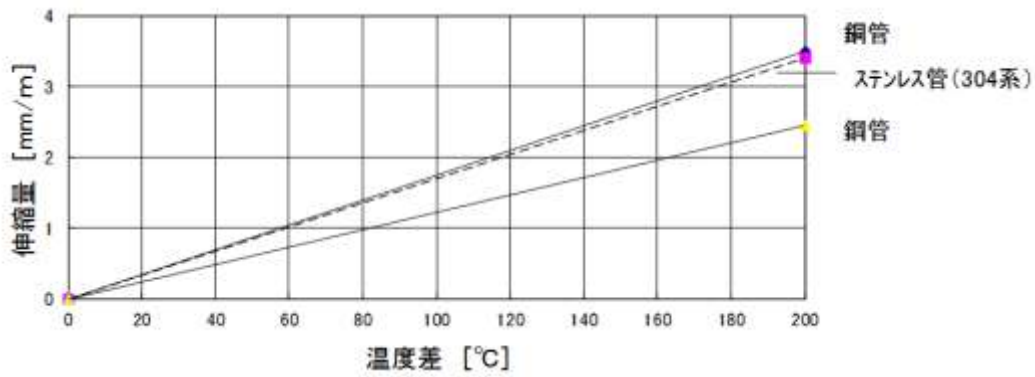


図 6.1.4 鋼管と鋼管の伸縮量

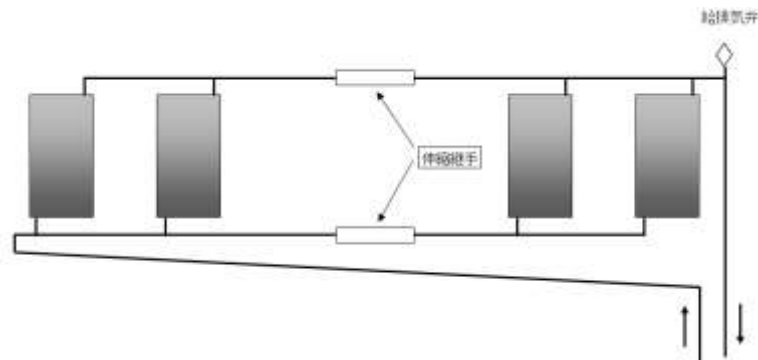


図 6.1.5 伸縮継手

伸縮継手はスリーブ型、伸縮バンド（タコバンド）、ベローズ型があるが、一般にはベローズ型を使用する例が多い。ベローズ型には単式と複式があり、さらに配管材料により鋼管用、銅管用がある。ベローズ型を使用する場合の注意事項は、

- (1) 伸縮継手は取付け時期よりも気温の下がった場合の管の縮みによる、伸縮継手の伸びを考慮し、その継手の最大伸縮量よりその分だけ縮めて取り付ける。
- (2) 面間設定ボルトは配管取付け後、必ずゆるめる。
- (3) 伸縮継手の保持方法は図 6.1.6 のようにする。

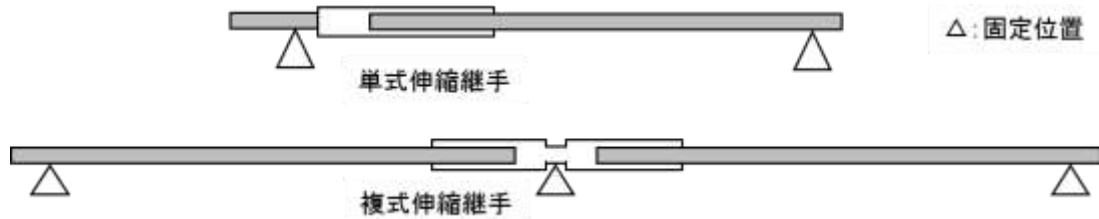


図 6.1.6 伸縮継手の固定

6.1.5 給排気弁

開放集熱システムでは集熱器ヘッダ配管の還主管頂部には蒸気、給排気用の給排気弁を取り付ける。集熱器や配管に熱媒が循環する過程で、常時発生する気泡を分離し、系統から排出するために、給排気弁を必要とする。また、給排気弁は集熱ポンプ起動時に、集熱器や配管の空気を急速に排気し、熱媒と置換する。更にポンプ停止時には、空気を吸って系統内の熱媒を抜く（落水）機能を持っていることから、集熱系統が開放形の場合、特に重要な役目を担っている。

給排気弁は図のように、屋外に取付けられるため、凍結に注意し、必要に応じて凍結防止処置を施す。なお、集熱器を空焚き状態から運転すると、初期にはかなり昇温し、水蒸気が発生する可能性があるため、100°C以上の耐熱性のあるものが必要とされる。

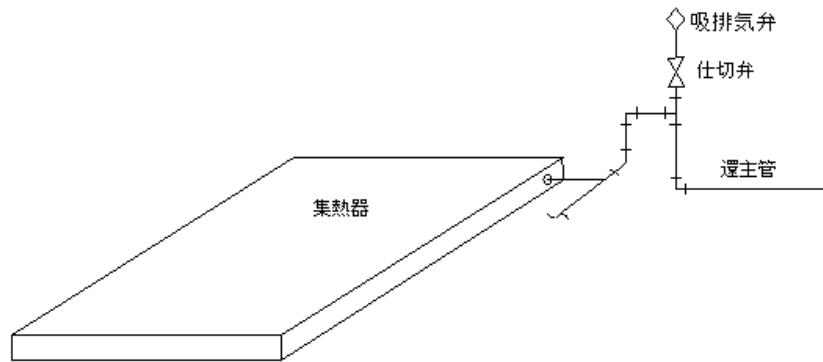


図 6.1.7 給排気弁廻りの配管例

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)

6.1.6 配管の流速

配管内の流速は圧力損失やエロージョン、コロージョン、騒音等の面から最大流速が制限され、逆に配管中の空気を十分に押し出すためには流速をあまり遅く出来ない。また流速を遅くすると配管サイズも大きくなり、経済的ではない。配管中の空気は、50A以下では0.6m/s以上、50A以上では摩擦抵抗75Pa/m以上に相当する流速であれば、流れと共に運ばれるといわれる。配管流速は鋼管では、

- (1) 流速が大であると流速音による騒音障害や腐食を起こすため、管径50A以下では1.2m/s以下にする。
- (2) 単位摩擦抵抗は、通常100~400Pa/m程度の値を用いる。

鋼管ではエロージョン、コロージョンの関係から流速は1.5~1m/s以下で選定する。これは鋼管の潰食の臨界限界速度がpHが依存し、実験によるとpH8、65℃の温水における潰食限界流速は3m/sに対し、pH6.5、65℃の温水では1m/sに低下したといわれ、日本の市水(河川水)は多くはpH7以下の軟水傾向であることによる。

6.1.7 配管中のゴミ、油

集熱器内の集熱管は非常に細いので、工事中に配管内にゴミが入ると、流路が詰まる可能性がある。また集熱水を直接給湯する場合は、油やゴミは不衛生となる。従って、工事中は配管内にゴミが入らないよう注意して施工すると共に集熱器に通水する前に配管内を洗浄する必要がある。

6.1.8 その他、注意事項

- (1) 集熱系統が制御弁等で完全閉塞回路になるような配管回路を組んではならない。もしそのような回路を組む場合は必ず圧力逃し弁(安全弁)等を装備しておくようにする。
- (2) 集熱系統が密閉回路の場合、集熱ポンプ停止時、集熱器が冷えてくると自然対流により、蓄熱槽の熱が逃げていくため、配管途中に逆止弁等の逆流防止装置を取り付ける。
- (3) 集熱系統に配管露出部分がある場合、火傷防止の処置をする必要がある。

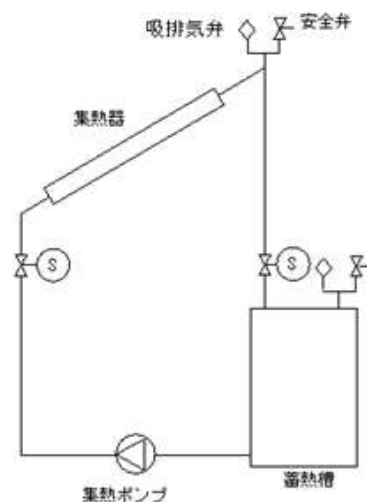


図 6.1.8 配管例

6.1.9 配管漏れテスト

集熱系の配管漏れテストは、一般配管と同様に該当管路の系統を閉回路にし、水張りをした後に一定の内圧を掛けてこれを保持し、その圧力変化により漏れの有無を判定する。また、系統内充填媒体は気体の場合もある。

(1) 平板形集熱器の場合

集熱器の設置、配管工事に加え、漏れテストでも空焚状態からの実施が可能である。ただし、日射のある昼間では、日射変動による圧力変化を考慮する必要がある。

(2) 真空管形集熱器の場合

集熱器の設置、配管工事同様に、漏れテストでも空焚状態での水圧テストの実施は、圧力上昇により危険となる場合がある。このため、日没後に水張りをし、水圧を掛けて水漏れテストを行う。

6.2 集熱器廻りの配管例

6.2.1 平板形集熱器の場合

集熱器と集熱器間、集熱器とヘッダー主管との接続方法は、各メーカーによる集熱器の仕様により異なる。一般的な事例を以下に紹介する。

(1) ゴムホースによる接続（図 6.2.1 参照）

ゴムホース材料は、EPDM（エチレン・プロピレン・ジエンゴム）、またはシリコンホース等の耐熱性・耐候性・作業性及び伸縮性の良いものを選定する。

(2) 金属管による接続

銅管による接続及び、フレキシブル継手（銅製・ステンレス製）による接続がある（図 6.1.10 参照）。いずれも集熱器とヘッダー主管との間に生じる熱伸縮によって、各接続部に許容以上の応力が掛からないように注意して施工しなければならない。特に熱伸縮の繰り返しによる脆性破壊を生じる場合があり、部材の選定や施工方法を十分に検討する必要がある。なお、メーカーによっては金属管の使用に制限がある場合もあるので、事前に確認が必要である。

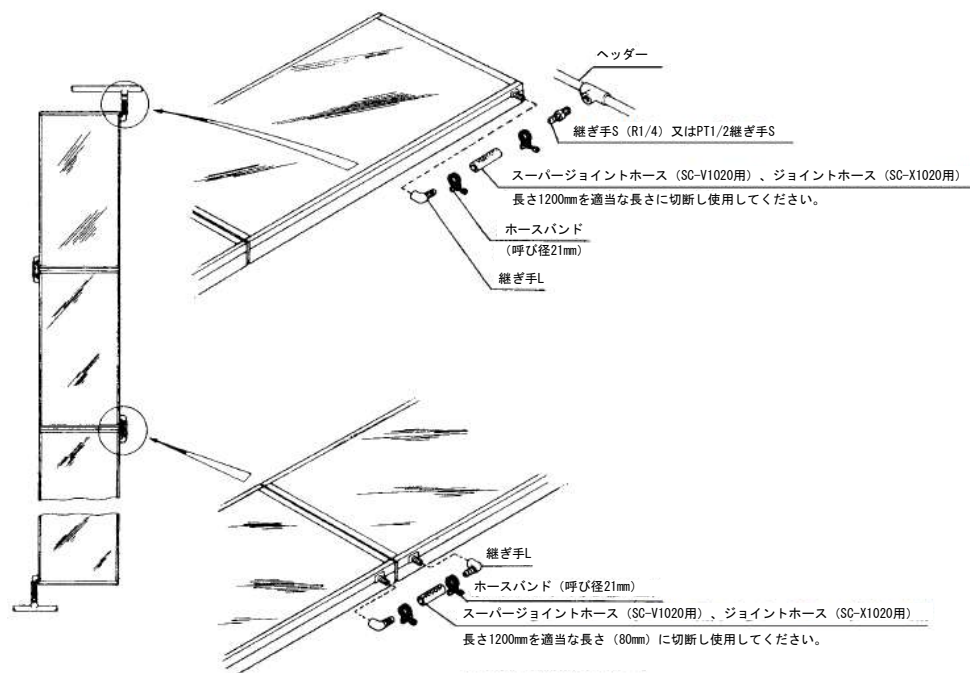


図 6.2.1 ゴムホース配管例

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）

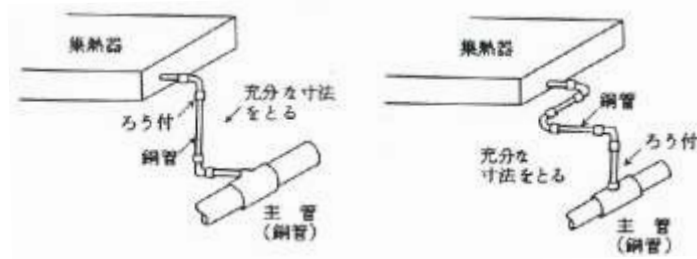


図 6.2.2 銅管接続例

出所)「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)

6.2.2 真空ガラス管形集熱器の場合

- (1) 真空ガラス管式集熱器の場合、集熱媒体が高温・高圧になる可能性があるため、配管は銅管もしくはステンレス管を使用する。
- (2) 配管の熱膨張による接続部への応力集中が起きないように、集熱器から主管までの距離：Xは長めにとる。

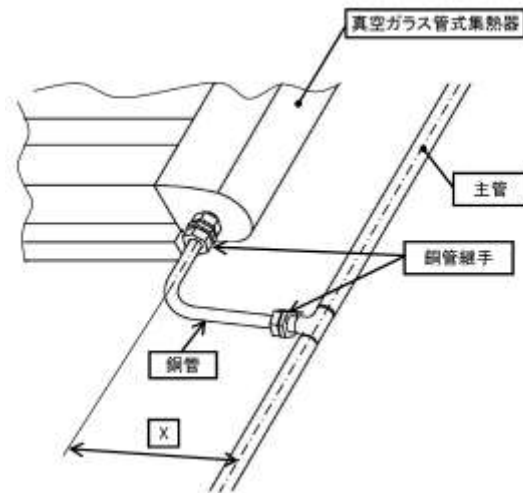


図 6.2.3 銅管接続例

資料提供) (株) 寺田鉄工所

6.3 蓄熱槽廻りの配管

- (1) 蓄熱槽の配管には次の種類がある。
 - ① 集熱器への往管
 - ② 集熱器からの還管
 - ③ 冷凍機や暖房給湯のための往管
 - ④ 冷凍機や暖房回路、別置貯湯槽からの還管
 - ⑤ 給湯のための給水管
 - ⑥ 開放槽の場合の補給水管
 - ⑦ ドレン管
 - ⑧ 吸排気弁や安全弁の接続管
 - ⑨ 通気管
- (2) システム制御のために、次のような各サーモの感温部が挿入される。
 - ① 集熱ポンプ運転用の低温側サーモ
 - ② 沸騰防止用サーモ
 - ③ 冷凍機への熱源供給用サーモ

- ④ 暖房回路への熱源供給サーモ
- ⑤ 別置貯湯槽への給湯供給用サーモ
- ⑥ その他保護サーモ

(3) その他

不凍液使用システムや給湯用に熱交換器を取り付ける場合、その取付口、保守点検用の点検口、防蝕材の挿入口など蓄熱槽には非常に多くの接続部、機器取付部が必要となる。従ってこれらの機器は、各々が機能を十分に発揮できるようにしなければならない。

6.3.1 開放形蓄熱槽の場合

(1) 配管接続位置例

- ① 集熱器往管（Ⅰ）は蓄熱槽の下部に接続する。
- ② 集熱器還管（Ⅱ）は蓄熱槽の上部に接続する。ただし、管が水面と接するような近傍にある場合は、水面が波立ち、液面スイッチの誤作動が起こったり、缶体が異常振動を起こしたりする可能性がある。よって、システムごとに還管の位置には注意を要する。
- ③ 温水還管（Ⅲ）は蓄熱槽の下部に接続する。ただし、給湯の場合など温水往管が補助ボイラー等で再加熱される場合は、温水還管は蓄熱槽に戻さないようにする。図 6.1.2 のように破線方向に還温水が流れるように接続するのがよい。
- ④ 温水往管（Ⅳ）は蓄熱槽の水面より下部に接続する。又、温水還管は蓄熱槽の下部に接続する
- ⑤ 補給水管（Ⅴ）は蓄熱槽の上部より給水し、内部導入管で槽の下部に開放する。
- ⑥ ドレン管（Ⅵ）は蓄熱槽の最下部に接続する。
- ⑦ 屋内設置の場合、通気管（Ⅶ）は、通気管から出る蒸気が他の機器に影響しないように建物より外部に取り出す。

(2) 各サーモ類の位置

- ① 集熱ポンプ運転用の低温サーモ[Ⓐ]は、集熱器往管（Ⅰ）の近くに取り付ける。
- ② 沸騰防止サーモ[Ⓑ]は、蓄熱槽中部より上部に設け、集熱戻り管温水温度を直に検知しない程度に少し離して取り付ける。
- ③ 冷凍機熱源供給サーモ[Ⓒ]は、温水往管（Ⅲ）付近に取り付ける。
- ④ 暖房熱源供給サーモ[Ⓓ]は、[Ⓒ]と同じでよい。
- ⑤ 別置貯湯槽へ給湯用熱源に温水を供給する場合、給湯循環ポンプ運転用のサーモ[Ⓔ]は、[Ⓒ]、[Ⓓ]と同じ、又は少し下の位置でよい。各熱源供給用サーモ[Ⓒ]、[Ⓓ]、[Ⓔ]を設ける注意点として、蓄熱槽の下部に取り付けると温水還温度を検知しやすく、蓄熱槽の熱を十分に使い切れないし、補助熱源側に切り換わりやすい。また、上部に取り付けると、蓄熱されない状態で温水供給信号が出るため、補助熱源に切り換わりやすいことになる。
- ⑥ 防食棒が必要な場合は、その取付口はサービスのできる位置にする。（槽材質が SUS444 では防食棒は不要）

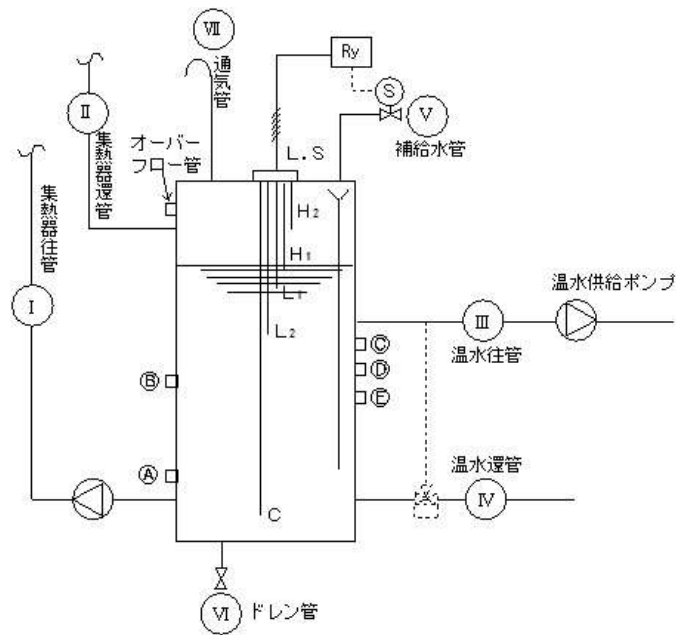


図 6.3.1 開放形蓄熱槽の配管位置例

6.3.2 密閉形蓄熱槽の場合

(1) 配管接続位置例

- ① 集熱器往管（Ⅰ）は蓄熱槽の下部に接続する。
- ② 集熱器還管（Ⅱ）は蓄熱槽の上部に接続する。
- ③ 温水往管（Ⅲ）は蓄熱槽の上部に接続する。
- ④ 温水還管（Ⅳ）は開放形蓄熱槽の場合と同様とする。
- ⑤ 給水管（Ⅴ）は集熱器往管（Ⅰ）の下部側に接続する。
- ⑥ ドレン管（Ⅵ）は蓄熱槽内の水が全部抜け切るよう蓄熱槽の最下部に接続する。
- ⑦ 給排気弁と安全弁は、蓄熱槽の最上部に接続する。

(2) 各サーモ類の位置

- ① 各サーモ類の取付位置（A）～（E）は開放形蓄熱槽と同様でよい。

注）運転システムの容量や圧力、特に沸点を超えて使用する場合には、第一種圧力容器としての法規制を受ける。圧力容器の場合、構造や材料等は勿論、法規制では定期点検も必要となり、設備及び維持コストが高価となる。

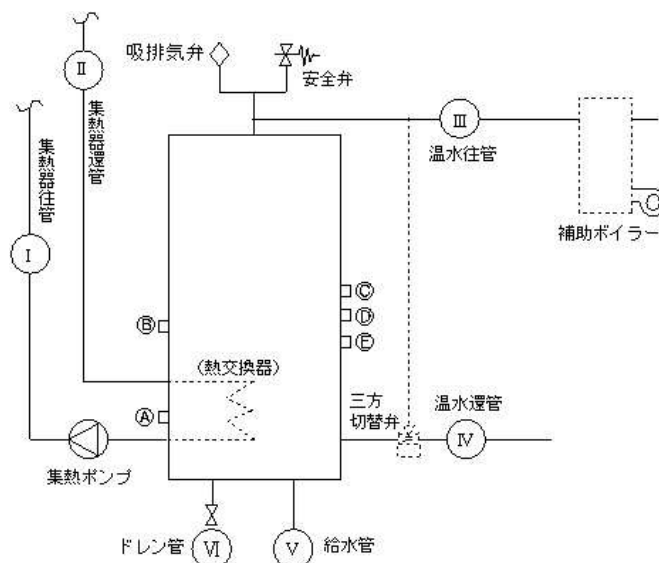


図 6.3.2 密閉形蓄熱槽の配管位置例

6.4 配管保温工事

6.4.1 一般的注意事項

- (1) 吸湿性のある断熱材は、水分を吸収することにより著しく断熱効果が低下する。事例として、グラスウール保温材の含水率と熱伝導率の関係を図 6.4.1 に示す。屋外の配管や屋外に蓄熱槽類を設置する場合、その保温・防湿処置に注意する。
- (2) 断熱する面は付着物等は取り除き、きれいにしてから断熱材を取り付ける。
- (3) 屋外のバルブ類、計器類、機器類等の複雑な形状からは熱も逃げやすいので、露出部が少なくなるよう留意する。
- (4) 前述のように集熱系の配管の伸縮量が多いため、伸縮性の少ない保温材を使用する場合は、配管伸縮量を考慮して保温材継目に 10~20 mm の空隙を設け、ロックウール繊維等をこの間に圧縮してクッションをとる。缶体も同様である。
- (5) 同様に外装金属ラッキングも外装板継目の適当な箇所にスライドできるように工夫する。
(図 6.4.2)
- (6) 支持金物廻りの保温にも留意する。
- (7) 工事中、材料の保管や断熱施工中、或いは完了後の雨水の浸入防止には注意する。

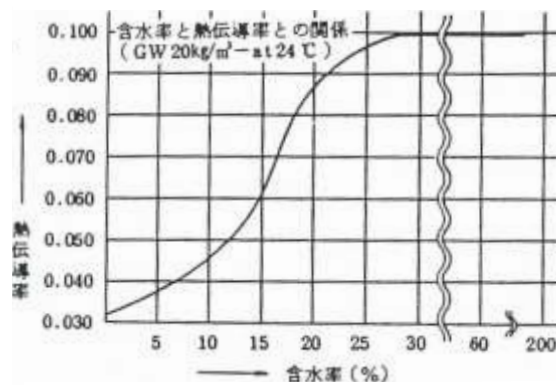


図 6.4.1 含水率による熱伝導率の変化

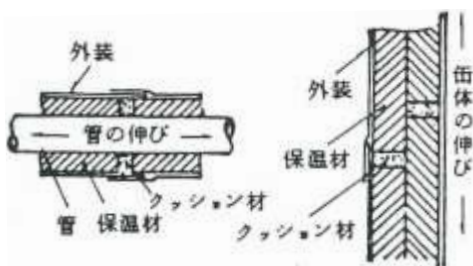


図 6.4.2 目地クッション

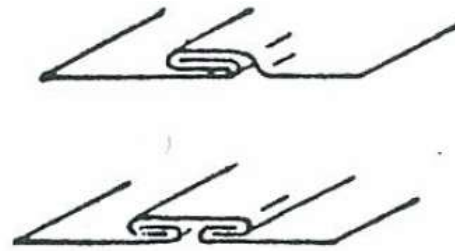


図 6.4.3 金属板外装継目仕口

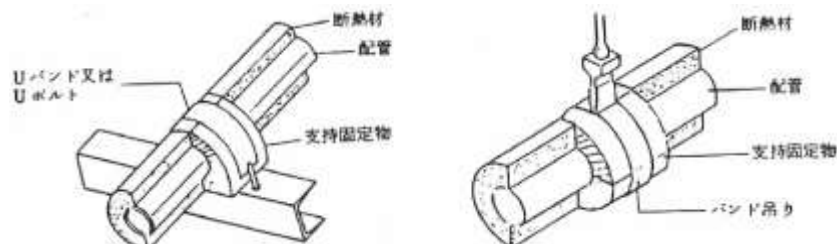


図 6.4.4 支持金属板外装継目仕口

6.4.2 保温材料

蓄熱槽、貯湯槽、熱交換器、温水管、給湯管など高温機器配管の保温被覆には、

- ・ 耐熱性の高い材料を使用する。
- ・ 熱伝導率 0.05W/mK（70℃において）以下のものの使用を推奨する。
- ・ 管曲面用には、水練、筒、帯もしくはフェルト状製品で曲面被覆に便利な材料を使用する。

このような材料に下記のような物がある。

- ・ ケイ酸カルシウム保温材（JIS A 9510 板 1,2号、筒 1,2号）
- ・ パーライト保温材（JIS A 9512 板 1,2号、筒 1,2号）
- ・ 発泡プラスチック保温材（JIS A 9511 板特, 1,2,3,4号）

※（開放形蓄熱槽用使用温度範囲に注意する）

- ・ ロックウール保温材（JIS A 9504 板 1,2,3,4号、筒、帯 1,2号、ブランケット 1,2号）
- ・ グラスウール保温材（JIS A 9505 板 2号、32～64 kg）

これらは建築基準法及び同施行令など関係法令に規定する不燃工法に使用できる不燃材料である（表 6.4.2 参照）。

保温材の厚みは厚くする方が断熱効果は高いが、経済的な厚さがあり。集熱配管系統で推奨される厚さの例を表 6.4.1 に示す。

表 6.4.1 保温材の厚み

（グラスウール（密度 0.045g/c m³）の場合）

径	15A	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	
国土交通省 温水配管仕様 (mm)	20	—————						20	25	25	25	40	40	
集熱器 配管保温 (mm)	25	30	30	40	—————			40	40	50	—	50	—	

出所)「機械設備工事監理指針」国土交通省監修

表 6.4.2 保温材料

材料規格番号	保温材の名称	種類	密度 [kg/m ²]	使用温度 の最高 [°C]	熱伝導率 [W/mK] (参考値)	その他			
						曲げ強さ N/cm ²	線収縮率 %		
A 9510 けい酸カルシウム 保温材	けい酸カルシウム保温 板及びけい酸カルシ ウム保温筒	1号	280 以下	1000	(平均温度 70±5°C) 0.067 以下 0.062 以下	29.4	2.0 以下		
		2号	220 以下	650					
A 9512 パーライト保温材	パーライト保温板及 びパーライト保温筒	1号	200 以下	650	(平均温度 70±5°C) 0.062 以下 0.076 以下	24.5	2.0 以下	はっ水度 %	
		2号	300 以下	650		49.0	2.0 以下		
	はっ水性パーライト 保温板及びはっ 水パーライト保温筒	1号	200 以下	650	0.062 以下 0.076 以下	24.5	2.0 以下	98 以上	
		2号	300 以下	650		49.0	2.0 以下	98 以上	
A 9511 発泡プラスチック 保温材	ビーズ法ポリスチレン フォーム保温板	特号 1号 2号 3号 4号	27 以上 30 以上 25 以上 20 以上 15 以上	90	(平均温度 70±5°C) 0.034 以上 0.036 以上 0.037 以上 0.040 以上 0.043 以上	燃焼性 3秒以内に炎が消えて残じんが なく燃焼限界指示線を越えて燃 焼しない			
A 9504 ロックウール保温材	ロックウール		150 以下	600	(平均温度 70±5°C) 0.045 以下	曲げ強さ N/cm ²	粒子含有 率 %		
	ロックウール保温板	1号 2号 3号 4号	100 以下 160 以下 300 以下 350 以下	400 400 400 600	0.045 以下 0.045 以下 0.049 以下 0.055 以下				24.5 以上 24.5 以上
	ロックウールフェルト	—	70 以下	400	0.049 以下				
	ロックウール保温筒	—	200 以下	400	0.047 以下				
	ロックウール保温帯	1号 2号	100 以下 160 以下	400 600	0.053 以下 0.053 以下				
	ロックウールブランケット	1号 2号	100 以下 160 以下	600 600	0.045 以下 0.045 以下				
	A 9505 グラスウール保温材	グラスウール保温板	3号 80K 96K 120K	80 96 120	300 300 300	(平均温度 70±5°C) 0.047 以下 0.047 以下			
		グラスウール保温筒	—	45 以上	300	0.047 以下			
グラスウールブランケット		2号 3号	24 以上 40 以上	350 350	0.043 以下 0.048 以下 0.043 以下				

6.4.3 施工方法

ここに規定する保温工事施工方法は標準的なものを示す。

保温板を使用する場合には、次の方法による（図 6.4.5 または図 6.4.6）。

保温面を清掃し、所定の寸法の保温板を鉄線、バンド（帯鋼又は樹脂製）等で縛り密着させる。所定の厚さが 75 mm を超える場合には、なるべく 2 層以上に重ね合わせの上、ビス止め等で施工する。各層の縦横の継目は、同一箇所にならないように施工し、シーリング材によりシールを施す。その外面に(1)に定める外装を施す。

施工面が曲面で外装に金属または布類を使用する場合は、保温の外側を 25 mm 目以下のきつ甲金網、带状バンド等で補強して、外装を施す。

大形槽類のように鉄線、バンド等で保温材を縛り密着させることが出来ない場合は、支持ボルトを溶接（スタッドボルト）し、これを利用して保温材、外装を固定する。

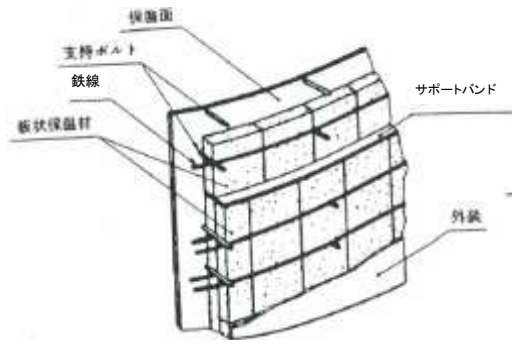


図 6.4.5 大形槽類に保温材を用いる場合

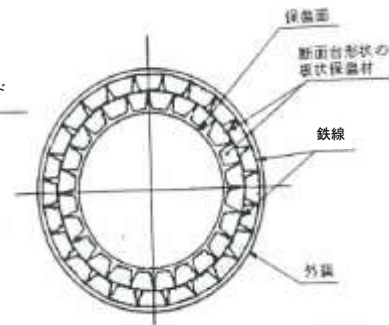


図 6.4.6 小形槽類に板状保温材を用いる場合

(1) 外装

屋外に設置する場合は、カラー亜鉛鉄板、ステンレス鋼板及び、熔融アルミニウム-亜鉛鉄板等の金属板を用いる。ただし、平均温度 4℃以下の寒冷地には油性マシックを用いる。マシックの塗り厚さは、乾燥後 6 mm以上とする。外装用金属板は、はぜ掛けにするか、またはサイズにより 25～50 mmの重ね合わせにし、鉚、またはバンドを用いて取り付ける。屋内設置のものは、麻布、綿布、ガラスクロス等で被覆するか、又はきつ甲金網で補強する。

(2) 保温筒

保温筒を用いる場合は、次の方法による。

保温面を清掃し、所定の厚さの保温筒を鉄線、バンド等で縛り密着させる。所定の厚さが 75 mmを超える場合には、なるべく 2 層以上に分けて施工する。各層の継目は、同一箇所とならないようにし、その上でシーリング材によるシーリングを施し、(1)に定める外装を施す。縦管の場合には、保温筒が滑り落ちないように適当なすべり止め金具を取り付ける。

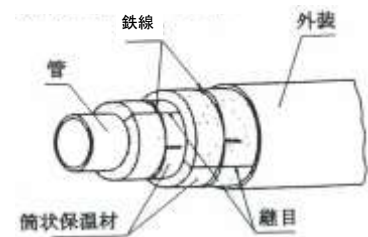


図 6.4.7 保温筒を用いる場合

(3) フランジ、バルブ等の保温

フランジ、バルブ等は、保温材・外装共に管部と連結して施工することなく、図 6.4.8 及び図 6.4.9 に示す要領で施工する。

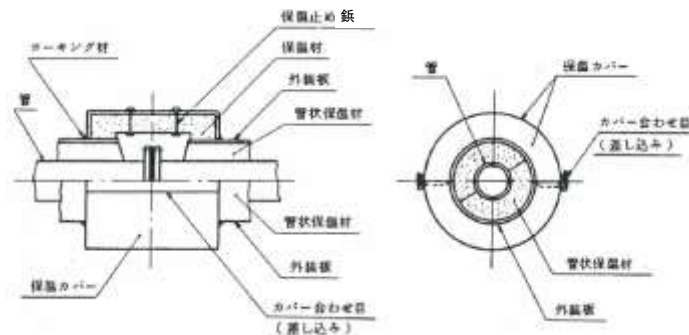


図 6.4.8 フランジ部の保温

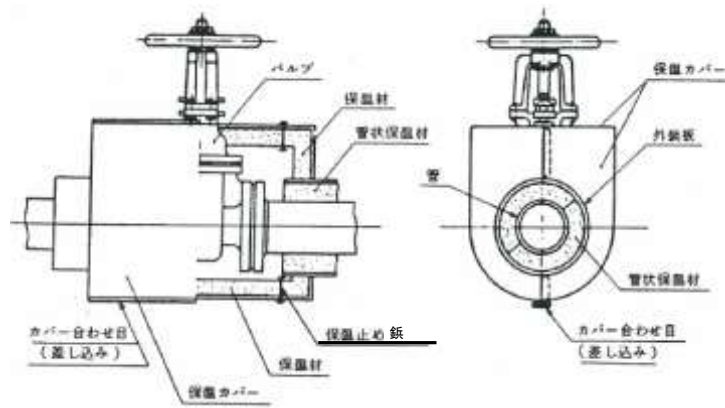


図 6.4.9 バルブの保温

(4) マンホール等の保温

のぞき穴、ハンドホール、マンホール等の高さと槽類の保温の関係により、必要に応じた施工をする（図 6.4.10）。

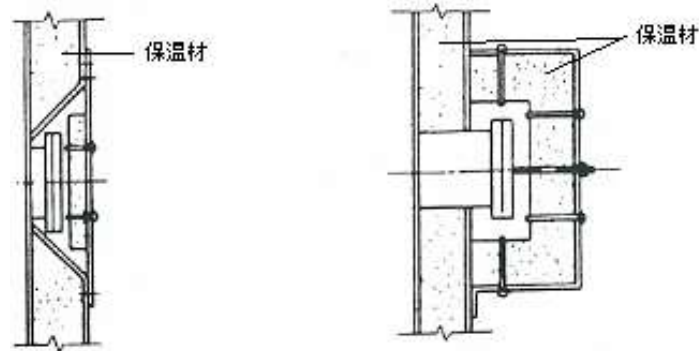


図 6.4.10 マンホール等の保温

(5) 粒状または繊維状保温材を用いる場合

保温面を清掃し、所定の厚さのすき間が保てるように外枠を作り、所定の保温材を詰める。この場合、振動その他により、沈下または空間ができないように十分に詰めなければならない。

(6) フェルト状保温材を用いる場合

保温面を清掃し、所定の厚さのフェルト（ベルト状を含む）を鉄線、バンド等で巻き、すき間のできないように密着し、その上に(1)に定める外装を施す。

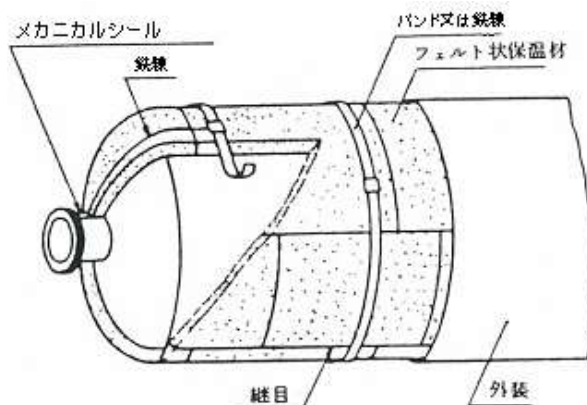


図 6.4.11 フェルト状保温材を用いる場合

(7) 発泡ポリスチレン保温材を用いる場合

パネルの保温面に支持ボルトを溶接取付する。保温面を清掃した後、支持ボルトを通して、発泡ポリスチレン保温パネル、化粧パネルの順に取り付ける。外装の隅部にはコーナーカバーを施し、端面部には防水シール処理を行う。図 6.4.12 にパネルタンクへの発泡ポリスチレン施工例を示す。

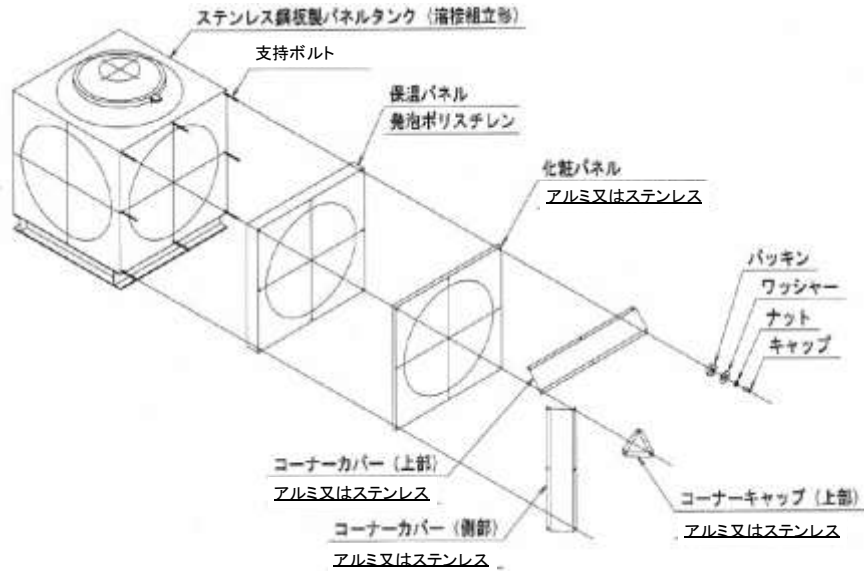


図 6.4.12 パネルタンクに保温を用いる場合

資料提供) 森松工業 (株)

6.5 圧力損失

配管の圧力損失及び継手、弁類の相当管長を以下に示す。

(1) 銅管

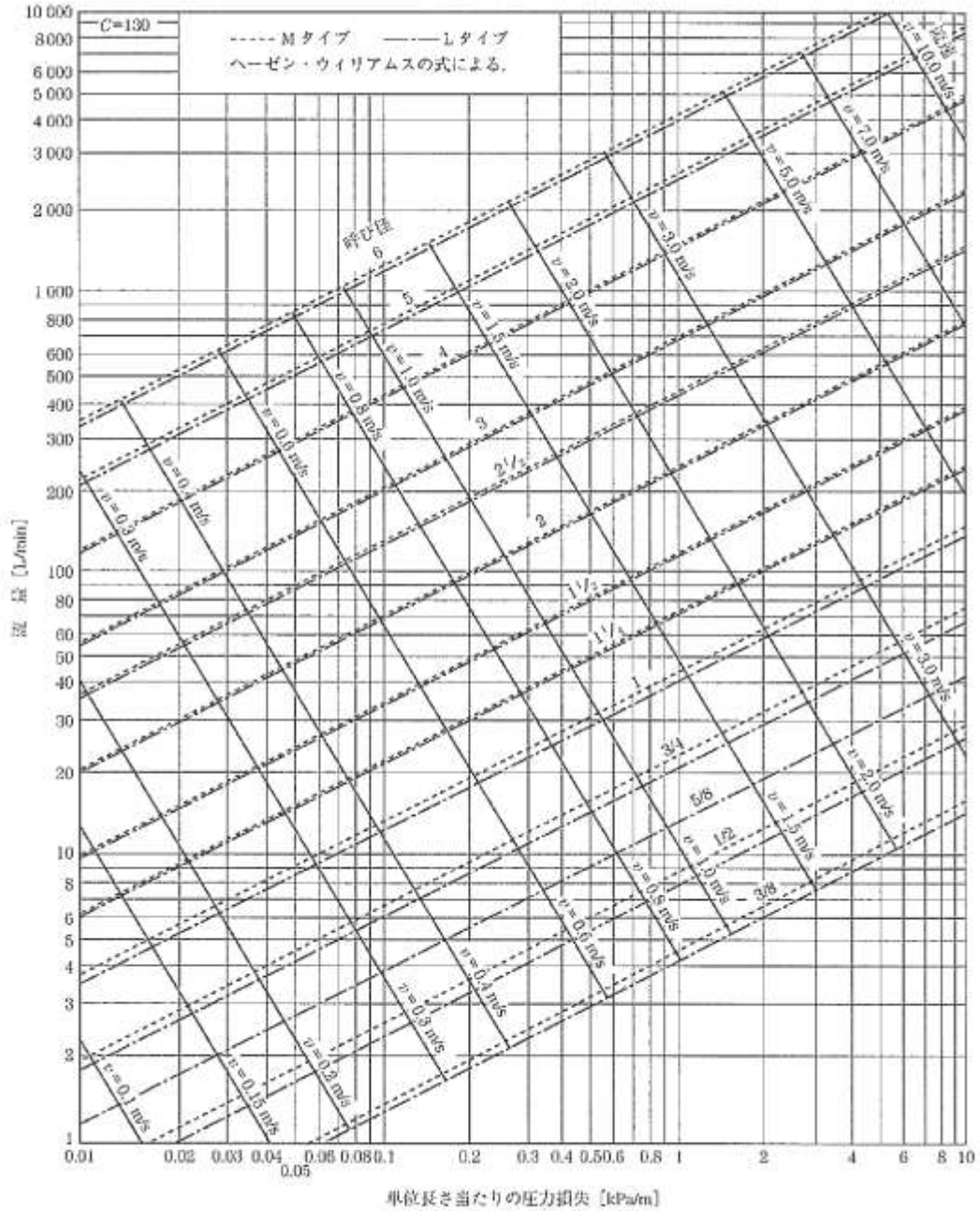


図 6.5.1 銅管の流量線図

出典：給湯設備のABC<TOTO 出版、1993年>

(2) ステンレス鋼管

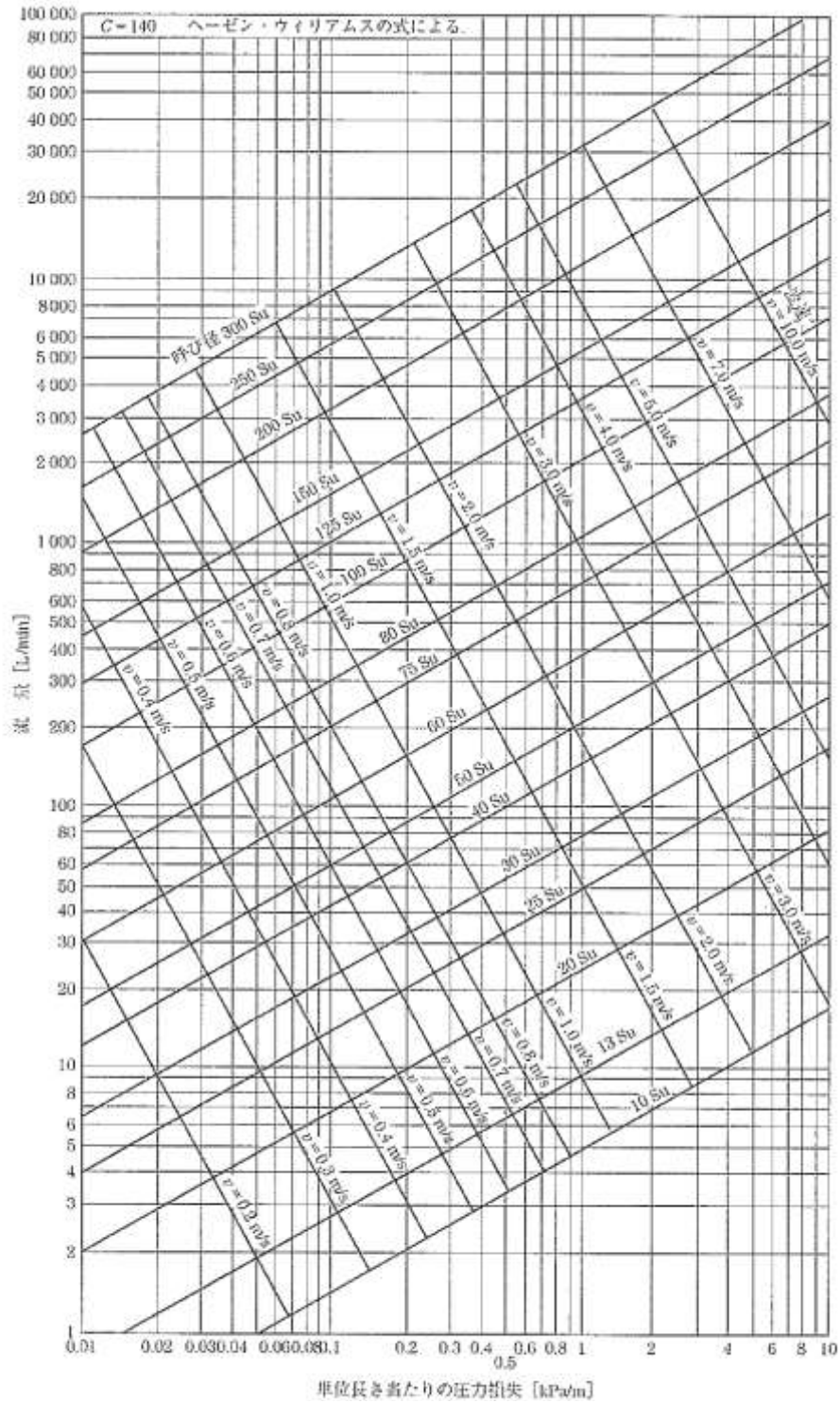


図 6.5.2 ステンレス鋼管の流量線図

出典：給湯設備のABC<TOTO出版、1993年>

(3) 架橋ポリエチレン管

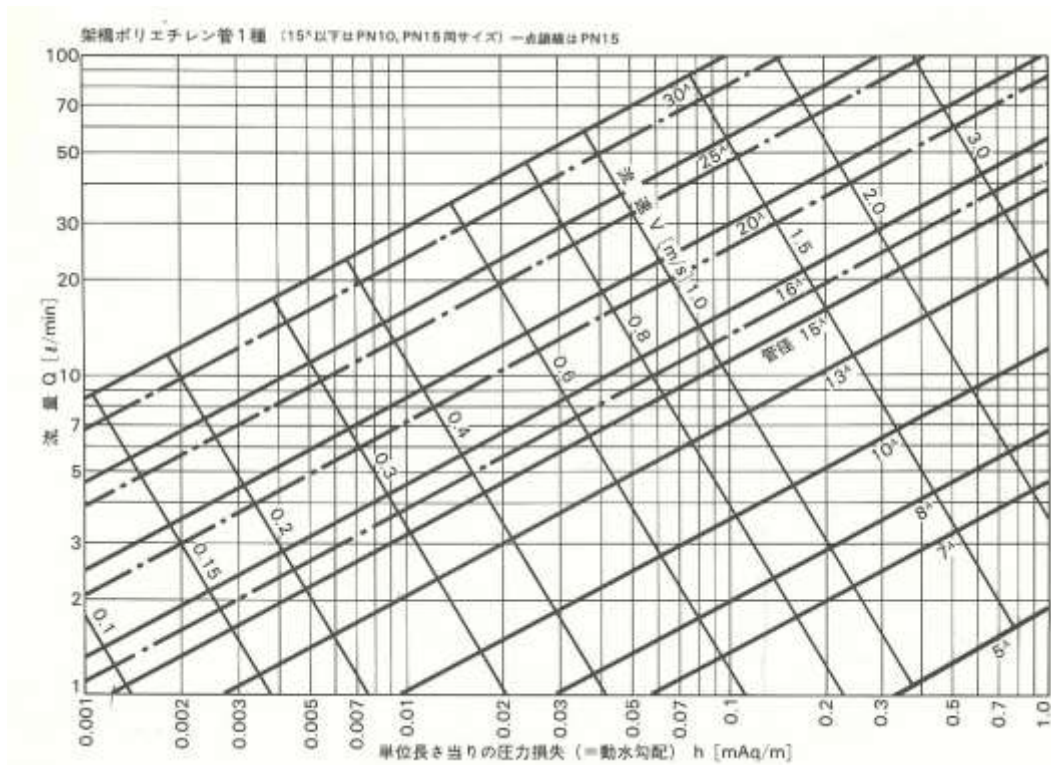


図 6.5.3 架橋ポリエチレン管の流量線図

出典：給湯設備のABC<TOTO出版、1993年>

(4) 継手、弁類の相当管長（例）

表 6.5.1 銅管・ステンレス鋼管用局部損出相当長

出典：給排水衛生設備計画設計の実務の知識<空気調和衛生工学会、平成22年

呼び径		相当管長 [m]							
A	Su	90°エルボ	45°エルボ	90°T(分岐)	90°T(直直)	仕切り弁*1	玉形弁*1	アングル弁・フット弁・スイング型逆止め弁*2	ソケット
13	13	0.30	0.18	0.45	0.09	0.06	2.27	2.4	0.09
20	20	0.38	0.23	0.61	0.12	0.08	3.03	3.6	0.12
25	25	0.45	0.30	0.76	0.14	0.09	3.79	4.5	0.14
32	40	0.61	0.36	0.91	0.18	0.12	5.45	5.4	0.18
40	50	0.76	0.45	1.06	0.24	0.15	6.97	6.8	0.24
50	60	1.06	0.61	1.52	0.30	0.21	8.48	8.4	0.30
65	75	1.21	0.76	1.82	0.39	0.24	10.00	10.2	0.39
80	80	1.52	0.91	2.27	0.45	0.30	12.12	12.0	0.45
100	100	2.12	1.21	3.18	0.61	0.42	19.09	16.5	0.61
125	125	2.79	1.52	3.94	0.76	0.52	21.21	21.0	0.76
150	150	3.03	1.82	4.55	0.91	0.61	25.45	21.0	0.91
200	200							33.0	
250	250							43.0	

*1 青銅特殊製

*2 50A以下：青銅鋳物、65A以上：鋳鉄製

[注] 一般配管用ステンレス鋼管については、固有のデータがないため、本表を使用する。

6.6 配管例

(1) 給湯、給湯暖房システム

① 給湯システム例：大規模集中型

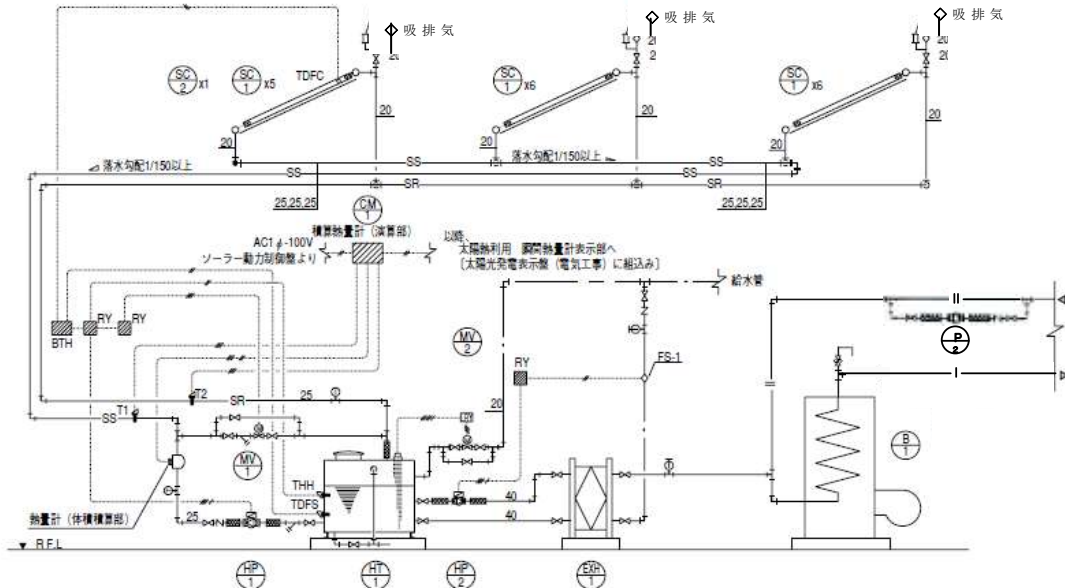


図 6.6.1 給湯システム例（配管・制御系統図）

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）

表 6.6.1 給湯システム動作説明及び配管・制御系統図凡例

太陽熱利用システム動作説明		
集熱ポンプ（HP-1）発停	条件 1	差温調節器（BTH）により集熱器と蓄熱槽内温度差で発停 3deg ON、0.5deg OFF
	条件 2	高温カットサーモ（THH）により 75℃以下で ON、80℃以上で OFF
熱交換ポンプ（HP-2）発停		FS1 の水流感知により発停 10 分まで可変ディレーにて発停
集熱水回収用電動弁（MV-1）開閉		集熱ポンプ（HP-1）停止時弁開とし蓄熱槽内に回収する
給水用電動弁（MV-2）開閉		蓄熱槽内レベルスイッチ（LRY）により水位低下時開
記号	名称	仕様
—SS—	集熱配管（往）	ステンレス管（拡管式）
—SR—	集熱配管（返）	ステンレス管（拡管式）
BTH	差温サーモスタット	集熱器付属品
TDFC	高温側検出端	集熱器付属品
TDFS	低温側検出端	集熱器付属品
CM-1	カロリメーター	積算熱量計（瞬時熱量接点付） 口径：32A、使用流量：2,000L/h 遠隔表示（瞬時熱量表示信号送り用接点より表示板へ）
THH	沸騰防止用サーモスタット	T675A 設定温度 80℃以上で HP-1 OFF
LRY	液面制御リレー	5P
FS-1	フロースイッチ	FS7-4WJ にて流れを検出 HP-2 を ONN-OFF
RY	補助リレー	
Ⓢ	温度計	(0~100℃)
—//—	制御配線（配管）	CVV1.25 -2C (19) 屋外 ((16))
—///—	制御配線（配管）	CVV1.25 -3C (19)
—////—	制御配線（配管）	CVV1.25 -5C (25)
—// / —	電源配線（配管）	CV2.0 -3C E2 (31)
—// —	電源配線（配管）	CVV 1.25 -2C (19)
—// —	電源配線（配管）	CV2.0 -2C (19)

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）

② ユニット連結型（中・小規模型）

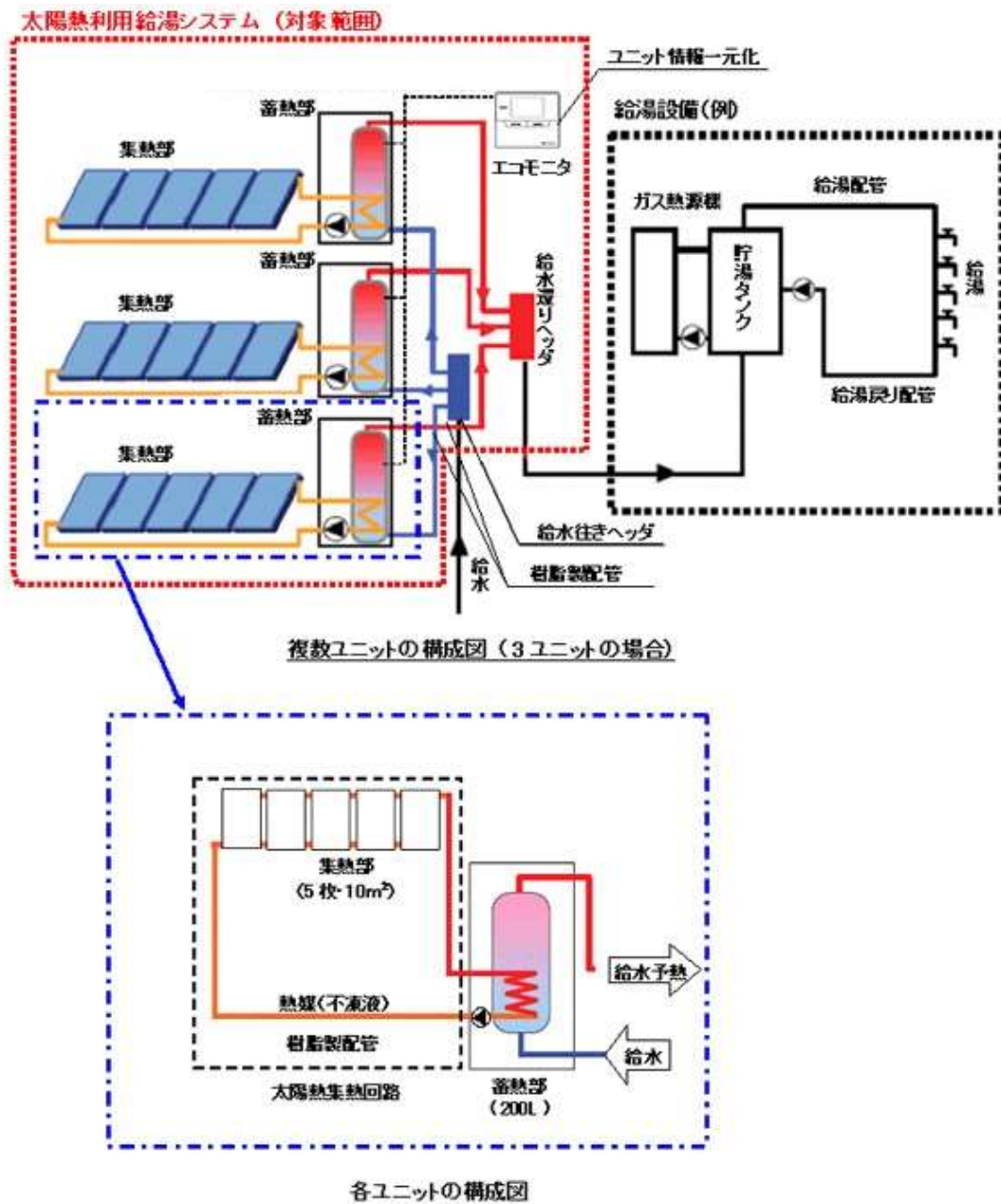


図 6.6.2 ユニット連結型システム
資料提供 東京ガス（株）

③ 密閉熱媒循環方式：給湯システム

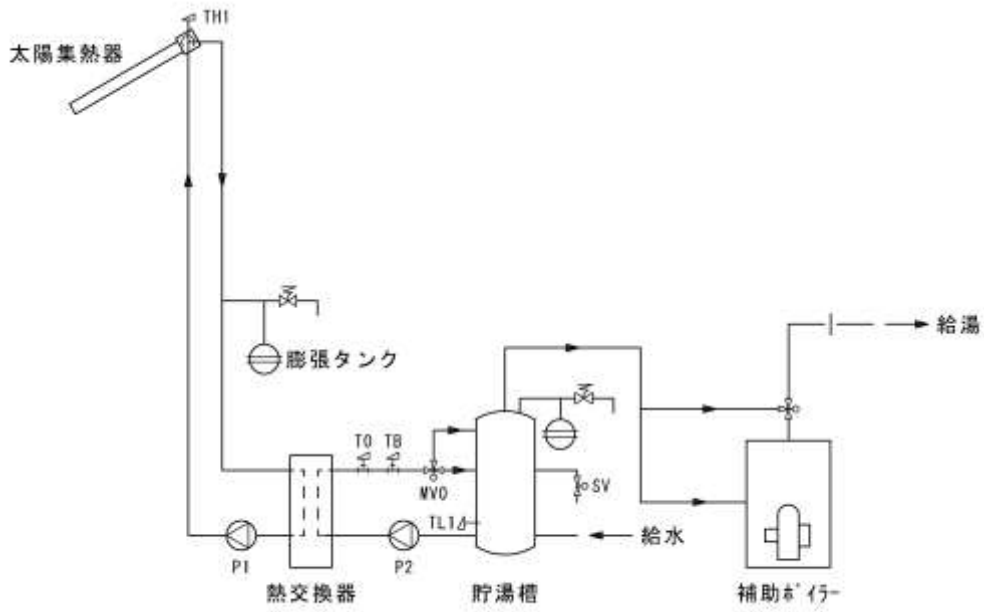


図 6.6.3 密閉循環方式
資料提供 サピオ(株)

④ 密閉循環方式：給湯・暖房システム

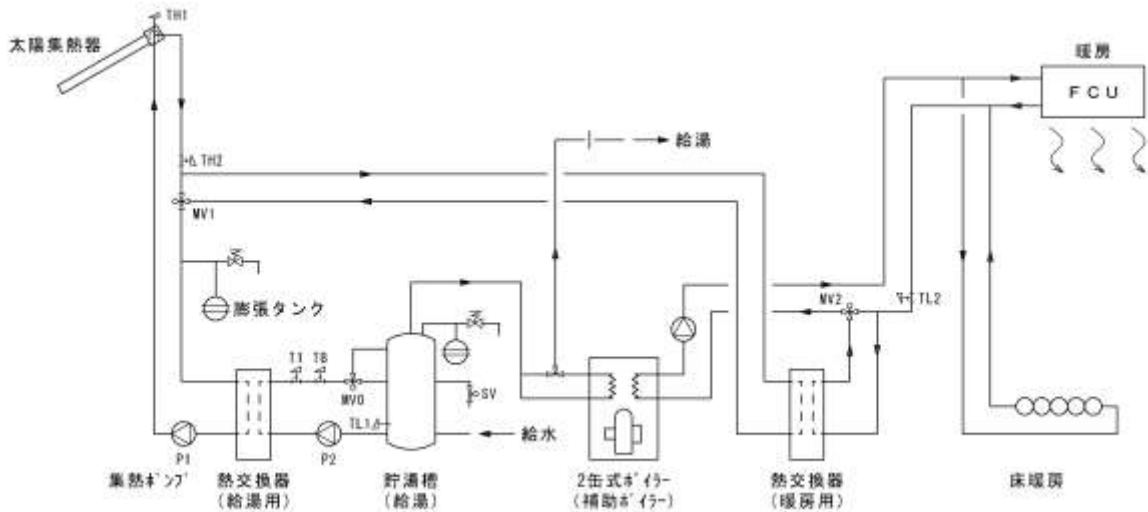


図 6.6.4 密閉循環方式
資料提供 サピオ(株)

(2) 冷暖房・給湯システム

① 一重効用吸収式冷温水機

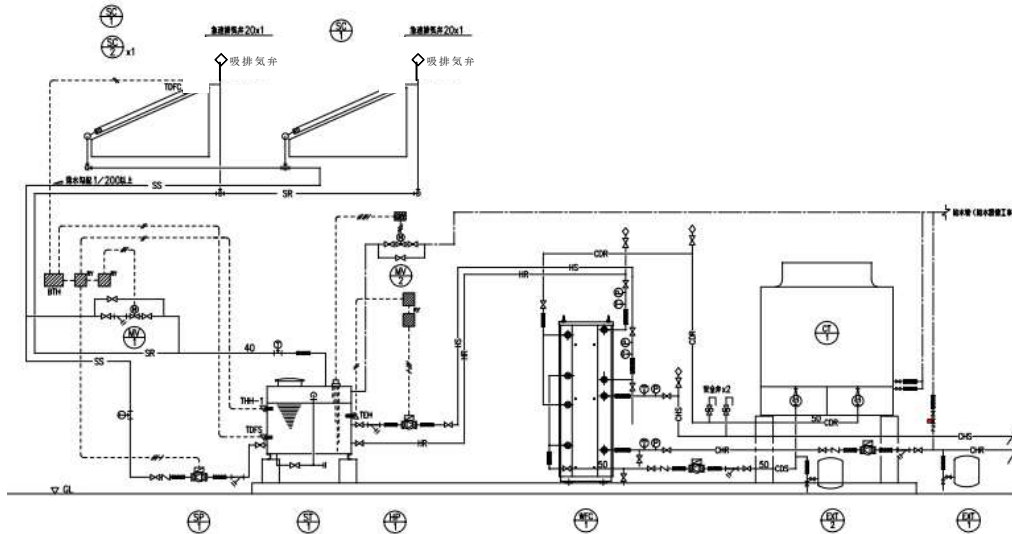


図 6.6.5 冷暖房・給湯システム例（配管・制御系統図）

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）

表 6.6.2 冷暖房・給湯システム動作説明及び配管・制御系統図凡例

太陽熱利用システム動作説明		
集熱ポンプ（HP-1）発停	条件 1	差温調節器（BTH）により集熱器と蓄熱槽内温度差で発停 3deg ON、0.5deg OFF
	条件 2	高温カットサーモ（THH-1）により 75℃以下で ON、85℃以上で OFF
集熱水回収用電動弁（MV-1）開閉		集熱ポンプ（SP-1）停止時弁開とし落水槽内に回収する
給水用電動弁（MV-2）開閉		蓄熱槽内レベルスイッチ（LRY）により水位低下時開
記号	名称	仕様
—SS—	集熱配管（往）	ステンレス管（拡管式）
—SR—	集熱配管（返）	ステンレス管（拡管式）
BTH	差温サーモスタット	集熱器付属品
TDFC	高温側検出端	集熱器付属品
TDFS	低温側検出端	集熱器付属品（保護管共）
THH-1	沸騰防止用サーモスタット	T 675A 設定温度以上で SP-1 OFF
LRY	液面制御リレー	5P
RY	補助リレー	
Δ T	差温調節器	
TEH	高温側サーモ	（保護管共）
TEL	低温側サーモ	（保護管共）
⊕ — +	温度計	（0～100℃）
— // —	制御配線（配管）	CVV1.25 -2C (19) 屋外 ((16))
— / / —	制御配線（配管）	CVV1.25 -3C (19)
— / / / —	制御配線（配管）	CVV1.25 -5C (25)
— / / / +	電源配線（配管）	CV2.0 -3C E2 (31)

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）

② 複合型システム

ソーラー対応型直焚吸収冷温水機と暖房熱交換器を用いた冷暖房・給湯システムに、CGS（コジェネレーションシステム）も組合わせた複合型システムを示す。集熱回路は密閉方式で冷暖房利用時は蓄熱槽を介さず直接太陽熱を利用する。中間期等、冷暖房負荷が小さいときは太陽熱を蓄熱槽にため給湯利用する。また、CGSは太陽熱が不足する際のみ運転を許可する設定として太陽熱の優先利用を実現している。

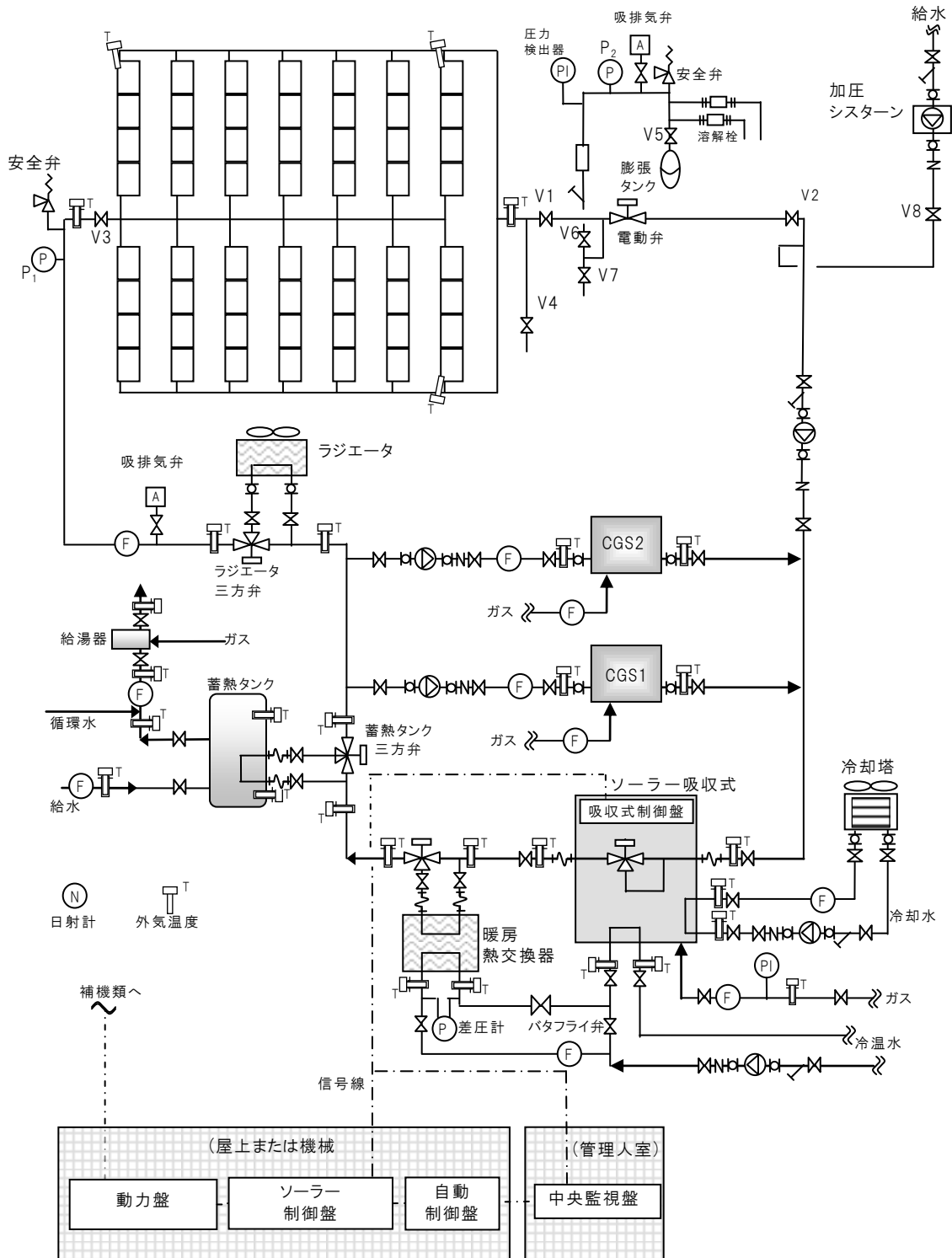


図 6.6.6 冷暖房・給湯システム例②（配管・制御系統図）

資料提供 東京ガス（株）

③ 密閉循環方式（油・ガス）

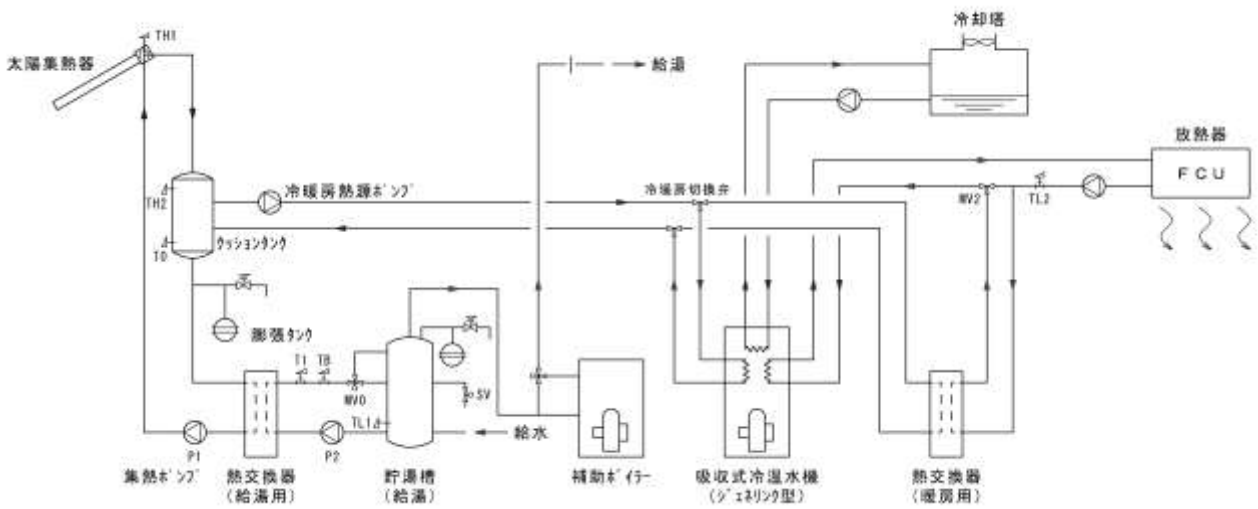


図 6.6.7 密閉循環方式（油・ガス）

資料提供 サピオ(株)

④ 密閉循環方式（電気）

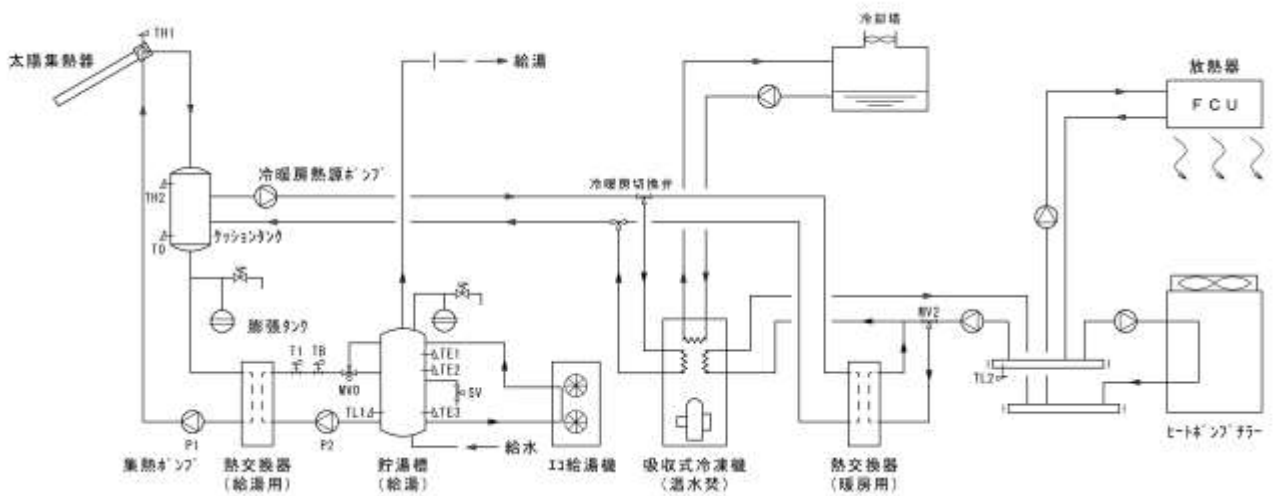


図 6.6.8 密閉循環方式（電気）

資料提供 サピオ(株)

⑤ ハイブリッド型（太陽熱、木質バイオボイラー）

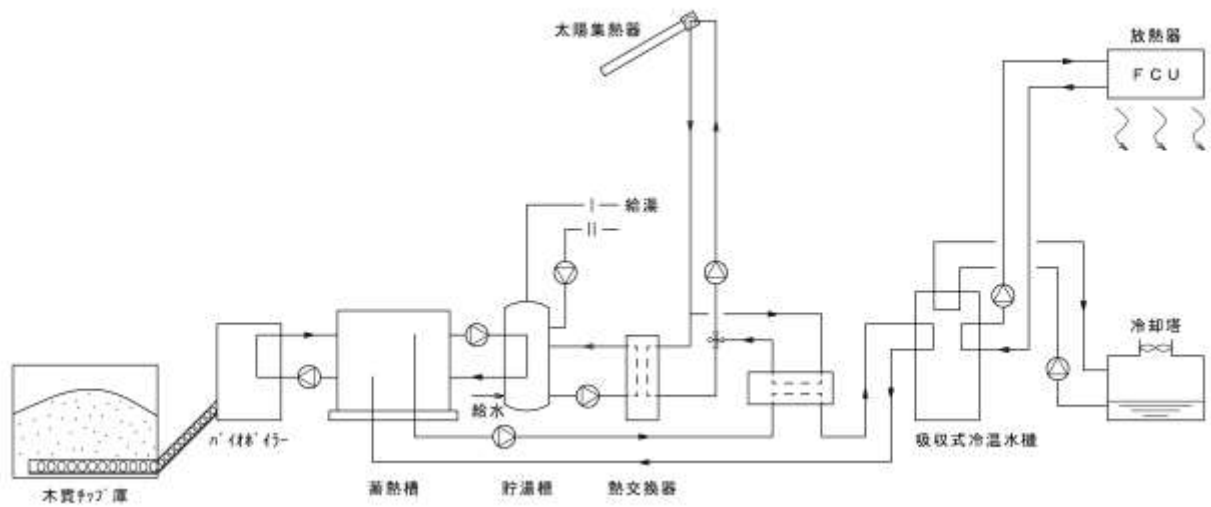


図 6.6.9 ハイブリッド型（太陽熱、木質バイオボイラー）

資料提供 サピオ(株)

⑥ ゼロエミッション型（太陽熱、木質バイオボイラ、太陽光発電）

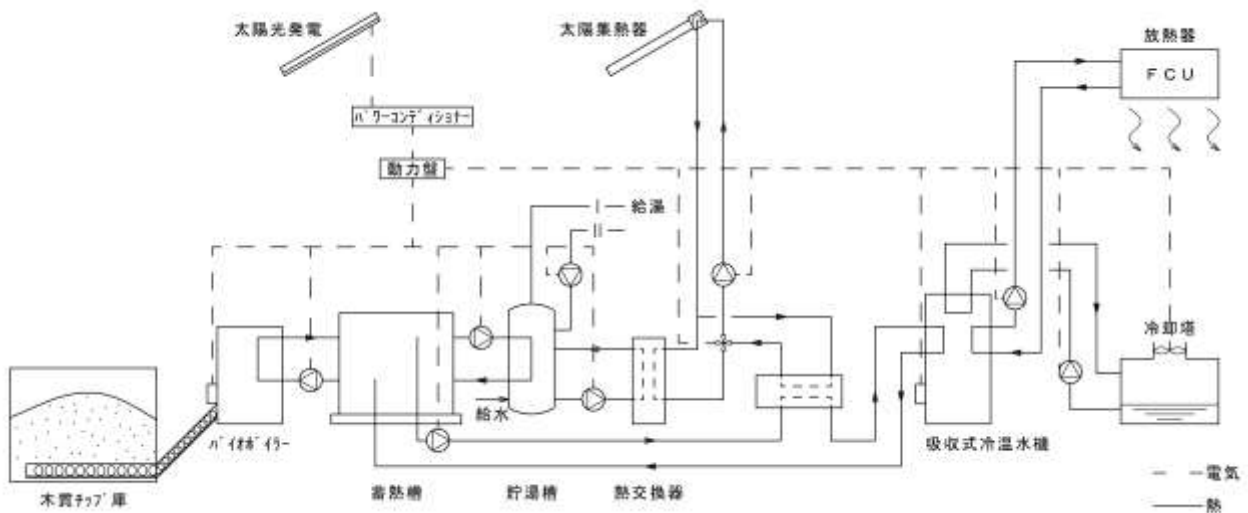


図 6.6.10 ゼロエミッション型（太陽熱、木質バイオボイラ、太陽光発電）

資料提供 サピオ(株)

(3) 空気式集熱暖房・給湯システム例（空気集熱システム）

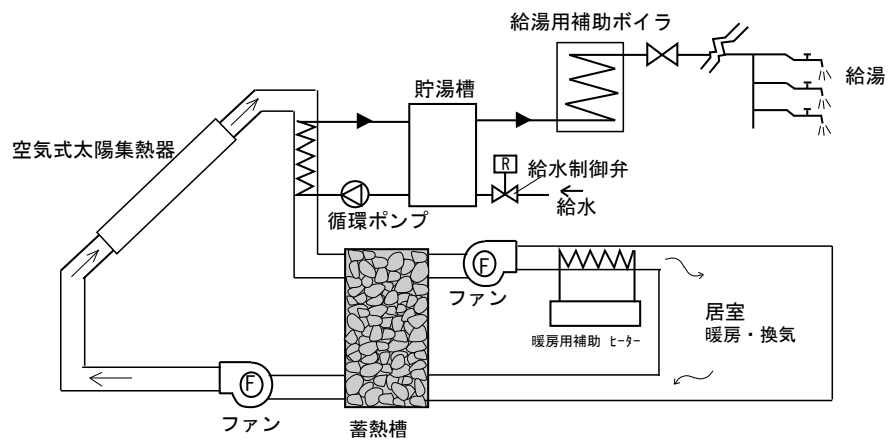


図 6. 6. 11 空気集熱暖房給湯システム

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荷重及び荷重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って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	多雪区域	備考
長期に生ずる力	常時	G + P	G + P	
	積雪時		G + P + 0.7 S	
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S	水またはこれに類するものを貯蔵する屋上水槽等にあつては、これの重量を積載荷重から除くものとする。
	暴風時	G + P + W	G + P + W	
			G + P + 0.35 S + W	
地震時	G + P + K	G + P + 0.35 S + K		

G:固定荷重 P:積載荷重 S:積雪荷重 W:風圧荷重 K:地震荷重

各荷重の値は以下に規定する値とする。

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。

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

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

μb 低減係数

θ_G 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 檜山郡 爾志 郡 久遠郡 奥尻郡 瀬棚郡 島牧郡 寿都郡 磯谷郡 虻田郡のうちニセコ町 岩内郡のうち岩内町	-0.0041	-1.92	2.34	20
(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 西津軽郡のうち鱒ヶ沢町、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 下閉伊郡のうち田老町、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 寒珂江市 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 本巢郡 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 愛知県 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 木曾郡 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 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	0.0019	0.00	-0.16	0
(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) 宮崎県	0.003	-0.05	0.10	20
(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 日以上の区域。

7.1.4 風圧荷重

風圧荷重は次式により算定する。

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

P : 風圧荷重(N)

C : 風力係数

q : 速度圧(N/m²)

A : 受風面積(m²)

風力係数 C は、7.1.5 風力係数に準じて求める。

速度圧 q は、建築基準法施行令に定められた次式による。

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

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

q : 速度圧(N/m²)

E : 環境係数

V_0 : 基準風速(m/秒) (表 7.1.5)

I : 用途係数 (表 7.1.6)

<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 (表 7.1.3)
	G_f ガスト影響係数 (表 7.1.4)

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。

・真空ガラス管形集熱器の管単体への風圧加重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 : 受風面積(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。

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、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 Gf

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

なお、屋根一体型及び帳壁として設置する場合は、風洞実験による他、建設省告示第 1458 号に定められた $q = 0.6 \cdot Er^2 \cdot Vo^2$ を用いるものとする。

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)	<p>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</p> <p>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</p> <p>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、合川町及び上小阿仁村 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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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、鷲宮町及び杉戸町</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>福井県のうち 敦賀市 小浜市 三方郡 遠敷郡 大飯郡</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>	32

	<p>鳥取県のうち 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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>	
(3)	<p>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、厚真町及び鷗川町 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</p> <p>青森県</p> <p>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</p> <p>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湯村</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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、巢南町、真正町及び糸貫町</p> <p>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</p> <p>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</p>	34

	<p>三重県 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</p> <p>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</p> <p>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 美囊郡 加東郡 加古郡 津名郡 三原郡</p> <p>奈良県のうち 五條市 吉野郡 宇陀郡のうち曾爾村及び御杖村</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>	
(4)	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>神奈川県のうち 横須賀市 逗子市 三浦市 三浦郡</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>	36

	<p>村及び吾北村 高岡郡のうち佐川町、越知町、栲原町、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</p> <p>長崎県のうち</p> <p>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</p> <p>宮崎県のうち</p> <p>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</p> <p>鹿児島県のうち</p> <p>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</p>	
(5)	<p>千葉県のうち</p> <p>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</p> <p>東京都のうち</p> <p>大島町 利島村 新島村 神津島村 三宅村 御蔵島村</p> <p>徳島県のうち</p> <p>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</p> <p>高知県のうち</p> <p>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</p> <p>鹿児島県のうち</p> <p>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</p>	38
(6)	<p>高知県のうち</p> <p>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</p> <p>鹿児島県のうち</p> <p>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</p>	40
(7)	<p>東京都のうち</p> <p>八丈町 青ヶ島村 小笠原村</p> <p>鹿児島県のうち</p> <p>熊毛郡のうち中種子町及び南種子町</p>	42
(8)	<p>鹿児島県のうち</p> <p>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</p>	44
(9)	<p>鹿児島県のうち</p> <p>名瀬市 鹿児島郡のうち十島村 大島郡</p> <p>沖縄県</p>	46

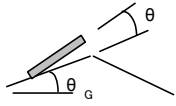
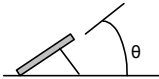
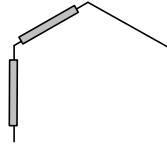
表 7.1.6 用途係数 I

太陽熱利用システムの用途	用途係数
極めて重要な太陽熱利用システム	1.32
通常の太陽熱利用システム	1.0
注記 通常の太陽熱利用システムの風速の設計再現期間を50年とし、これが用途係数の1.0に相当する。	

7.1.5 風力係数

風力係数は、風洞実験によって定めるほか、表 7.1.7 風力係数に示した数値とし、これ以外は H12 建設省告示第 1454 号及び第 1458 号による。

表 7.1.7 風力係数

設置高さ (m)	屋根上	陸屋根・地上	屋根材・壁材	
	60	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> 近似式(1)~(8)による 表7.1.8風力係数1 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> 表7.1.9風力係数2による </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> 近似式(9)~(10)による </div>
50				
40				
30				
20				
13 10				
0	直付け	屋根一体	帳壁※	
適用範囲	$\theta = 0^\circ$ $12^\circ \leq \theta_g \leq 27^\circ$	陸屋根 $0^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ 地上 $15^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$		
取付				

※帳壁：構造耐力上、他の部材など指示しない、または耐力を負担しない壁。

地上設置（単独）順風（正圧）の場合、式(1)による。

$$C = 0.65 + 0.009 \theta \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $15^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

地上設置（単独）逆風（負圧）の場合、式(2)による。

$$C = 0.71 + 0.016 \theta \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $15^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

屋根置き形 順風（正圧）の場合、式(3)による。

$$C = 0.95 - 0.017 \theta \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 $12^\circ \leq \theta \leq 27^\circ$

屋根置き形 逆風（負圧）の場合、式(4)による。

$$C = -0.1 + 0.077 \theta - 0.0026 \theta^2 \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 $12^\circ \leq \theta \leq 27^\circ$

陸屋根形 順風（正圧）の場合、式(5)又は式(6)による。

$$C = 0.785 \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $0^\circ \leq \theta < 15^\circ$

$$C = 0.65 + 0.009 \theta \dots\dots\dots (6)$$

ただし、 $15^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

陸屋根形 逆風（負圧）の場合、式(7)又は式(8)による。

$$C = 0.95 \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 $0^\circ \leq \theta < 15^\circ$

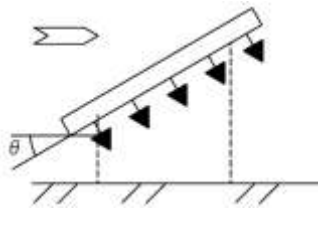
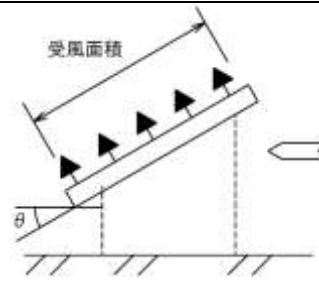
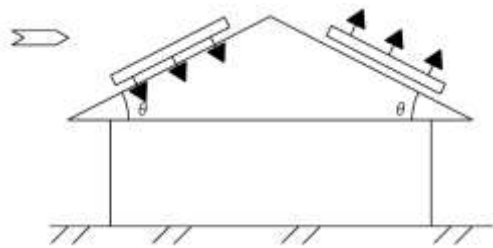
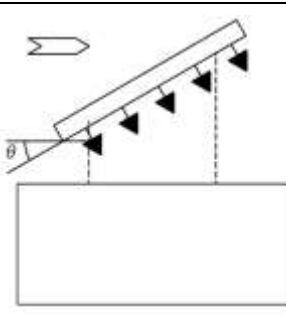
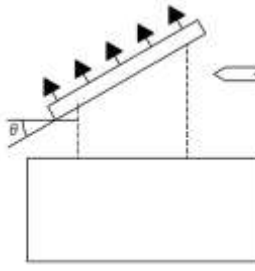
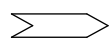

$$C = 0.71 + 0.016 \theta \dots\dots\dots (8)$$

ただし、 $15^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

ここに、 θ ：アレイ面の傾斜角度（°）

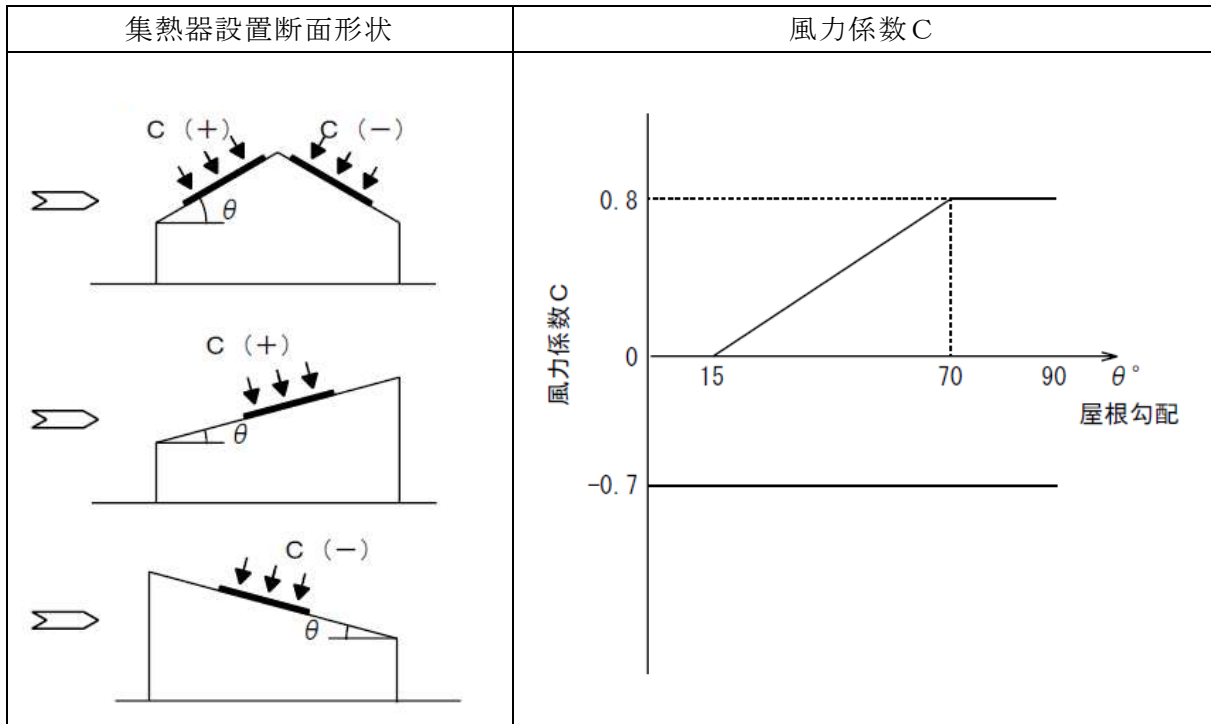
屋根面の端部から辺長の10%の範囲(3mを超える場合は3m)では局部的に大きい風圧力が発生することがあるため、この範囲においては本ガイドライオンの風力係数を用いることが出来ない。従って、この範囲には集熱器を設置しないことが望ましい。やむを得ず設置する場合は十分検討し風力係数を割り増す必要がある。

表 7.1.8 風力係数 1

設置形態	風力係数 (C)		図の説明
	順風 (正圧)	逆風 (負圧)	
地上設置 (単独)			架台が複数の場合には、周囲端部は近似式の値を、中央部は近似式の値の1/2を使用してもよい。
屋根置き形			屋根の棟は瓦など高さ10cm以上の突起がある場合、近似式の負荷の値は1/2としてもよい。また、適用範囲は壁線の内側とし、軒及び妻(つま)は除く
陸屋根型			屋根周辺部に設置する場合は、適用範囲外とする。屋根周辺部とは、屋根端部からそれぞれ辺長の10%の範囲とする。ただし、辺長の10%が3mを超える場合は、3mとする
注記  は風向き,  は風圧力の方向を表す。			

地上設置において、単独設置のときは陸屋根と同じ式を用いるが、架台が複数の場合には、周辺端部は陸屋根と同じだが、中央部はその1/2の値を使用してもよい。

表 7.1.9 風力係数 2



帳壁設置（正圧）の場合，式(9)による。

$$C = C_{pe}(\text{表 7.1.10}) \times G_{pe}(\text{表 7.1.11}) \times \text{ピーク内圧係数}(\text{表 7.1.13}) \dots\dots\dots (9)$$

帳壁設置（負圧）の場合，式(10)による。

$$C = \text{負のピーク外圧係数}(\text{表 7.1.12}) \times \text{ピーク内圧係数}(\text{表 7.1.13}) \dots\dots\dots (10)$$

表 7.1.10 帳壁の正の C_{pe}

H が 5 以下の場合	1.0	
H が 5 を超える場合	Z が 5 以下の場合	$\left(\frac{5}{H}\right)^{2a}$
	Z が 5 を超える場合	$\left(\frac{Z}{H}\right)^{2a}$

この表において、H、Z 及び a はそれぞれ次の数値を表すものとする。

H 建築物の高さと軒の高さとの平均(単位 メートル)

Z 帳壁の部分の地盤面からの高さ(単位 メートル)

a 平成 12 年建設省告示第 1454 号第 1 第 3 項に規定する数値

(地表面粗度区分がⅣの場合にあっては、地表面粗度粗度区分がⅢの場合における数値を用いるものとする)

表 7.1.11 帳壁の正圧部の G_{pe}

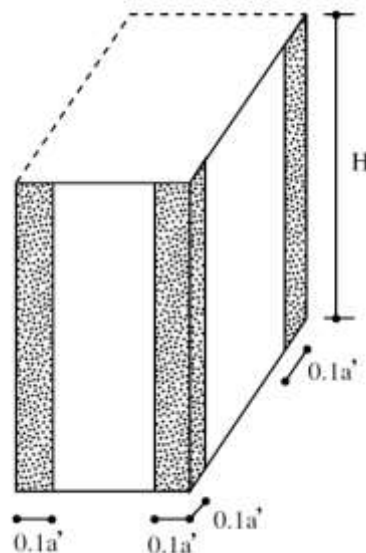
Z 地表面 粗度区分	(1)	(2)	(3)
	5 以下の場合		5 を超え 40 未満の場合
I	2.2	(1) と (3) とに掲げる 数値を直線的に補完した 数値	1.9
II	2.6		2.1
III 及び IV	3.1		2.3

この表において、Z は、帳壁の部分の地盤面からの高さ(単位メートル)を表すものとする。

表 7.1.12 帳壁の負のピーク外圧係数

H 部位	(1)	(2)	(3)
	45 以下の場合		45 を超え 60 未満の場合
□ の部位	-1.8	(1) と (3) とに掲げる数値 を直線的に補完した数値	-2.4
■ の部位	-2.2		-3.0

この表において、部位の位置は、下図に定めるものとする。



この図において、H 及び a' はそれぞれ次の数値を表すものとする。

H 建築物の高さと軒の高さとの平均(単位メートル)

a' 平面の短辺の長さ a と H の 2 倍の数値のうちいずれか小さな数値(単位メートル)

表 7.1.13 帳壁のピーク内圧係数

閉鎖型の建築物	ピーク外圧係数が 0 以上の場合	-0.5
	ピーク外圧係数が 0 未満の場合	0
開放型の建築物	風上開放の場合	1.5
	風下開放の場合	-1.2

7.1.6 地震荷重

地震荷重 P は次式によって算出する。

$$P = k \cdot W$$

k : 水平震度 (その地方における過去の地震の記録に基づく震害の程度及び地震活動の状況そのほかの性状に応じて 1.0~0.7 までの範囲内において国土交通大臣が定めた数値 (Z) に 1.0 以上の数値を乗じた数値とする)

W : 固定荷重と積載荷重の和 (集熱器等及び支持構造部の固定荷重と積載荷重の和 (特定行政庁が指定する多雪区域においては更に積雪荷重を加えるものとする))

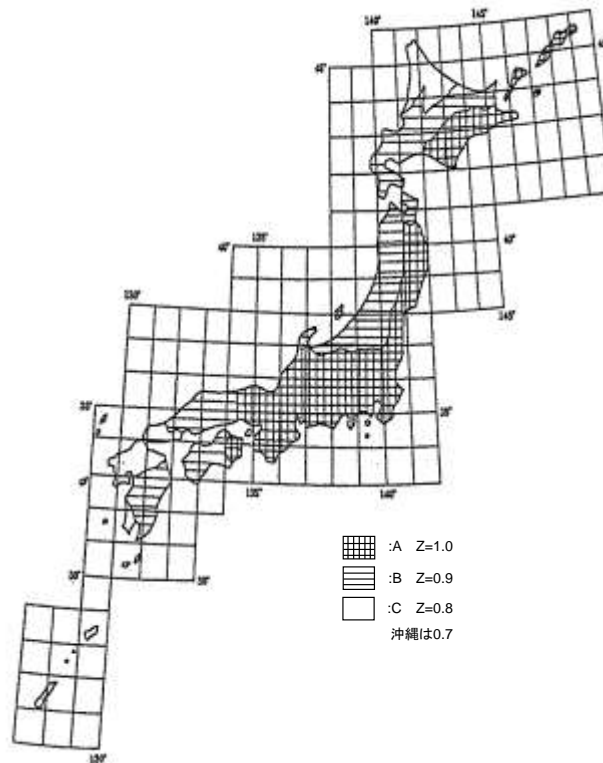


図 7.1.1 Z の図

出所)「建築設備耐震設計・施工指針 1997年版」(日本建築センター)

表 7.1.14 地震地域係数 Z (昭和 55 年建設省告示第 1793 号)

地域別地震係数			地震係数
区分	都道府県	市区町村	
(1)	(2) ~ (4) までに掲げる地域以外の地域		1.0
(2)	北海道のうち	札幌市 函館市 小樽市 室蘭市 北見市 夕張市 岩見沢市 網走市 苫小牧市 美唄市 芦別市 江 別市 赤平市 三笠市 千歳市 滝川市 砂川市 歌志内市 深川市 富良野市 登別市 恵庭市 伊 達市 札幌郡 石狩郡 厚田郡 浜益郡 松前郡 上磯郡 亀田郡 茅部郡 山越郡 檜山郡 爾志郡 久遠郡 奥尻郡 瀬棚郡 島牧郡 寿都郡 磯谷郡 虻田郡 岩内郡 古宇郡 積丹郡 古平郡 余市郡 空知郡 夕張郡 樺戸郡 雨竜郡 上川郡 (上川 支庁)のうち東神楽町、上川町、東川町及び美瑛町 払郡 網走郡 斜里郡 常呂郡 有珠郡 白老郡	0.9
	青森県のうち	青森市 弘前市 黒石市 五所川原市 むつ市 東 津軽郡 西津軽郡 中津軽郡 南津軽郡 北津軽郡 下北郡	
	秋田県		
	山形県		
	福島県のうち	会津若松市 郡山市 白河市 須賀川市 喜多方市 岩瀬郡 南会津郡 北会津郡 耶麻郡 河沼郡 大 沼郡 西白河郡	
	新潟県		
	富山県のうち	魚津市 滑川市 黒部市 下新川郡	
	石川県のうち	輪島市 珠洲市 鳳至郡 珠洲郡	
	鳥取県のうち	米子市 倉吉市 境港市 東伯郡 西伯郡 日野郡	
	島根県		
	岡山県		
	広島県		
	徳島県のうち	美馬郡 三好郡	
	香川県のうち	高松市 丸亀市 坂出市 善通寺市 観音寺市 小 豆郡 香川郡 綾歌郡 仲多度郡 三豊郡	
	愛媛県		
	高知県		
	熊本県	(3) に掲げる市及び郡を除く。	
	大分県	(3) に掲げる市及び郡を除く。	
	宮崎県		
	(3)	北海道のうち	
山口県			
福岡県			
佐賀県			
長崎県			
熊本県のうち	八代市 荒尾市 水俣市 玉名市 本渡市 山鹿市 牛深市 宇土市 飽託郡 宇土郡 玉名郡 鹿本郡 葦北郡 天草郡		
大分県のうち	中津市 日田市 豊後高田市 杵築市 宇佐市 西 国東郡 東国東郡 速見郡 下毛郡 宇佐郡		
鹿児島県	名瀬市及び大島郡を除く		
(4)	沖縄県		0.7

水平震度 k は図 7.1.1 及び表 7.1.14 に示した Z に、下記表の設計用標準震度 K_s を乗じたものとする

表 7.1.15 設計用標準震度 K_s

設置場所	耐震安全性の分類			
	特定の施設		一般の施設	
	重要機器	一般機器	重要機器	一般機器
上層階、 屋上及び塔屋	2.0 (2.0)	1.5 (2.0)	1.5 (2.0)	1.0 (1.5)
中間階	1.5 (1.5)	1.0 (1.5)	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)
1階及び地下階	1.0 (1.0)	0.6 (1.0)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)

注：平屋、2階建ての場合は該当なし

()内の数値は防振支持の機器の場合に適用する。

重要機器は、次のいずれかに該当するものをいう。また、一般機器とは重要機器以外をいう。

- イ 災害応急対策活動に必要な施設等において、施設目的に応じた活動を行うために必要な設備機器
- ロ 危険物を貯蔵又は使用する施設において、危険物による被害を防止するための設備機器
- ハ 避難、消火等の防災機能を果たす設備機器
- ニ 火災、水害、避難の障害等の二次災害を引き起こすおそれのある設備機器
- ホ その他これらに類する機器

7.2 許容応力度

7.2.1 材料別許容応力度

太陽熱利用機器を設置する際に緊結する構造耐力上主要な部分の許容応力度は、以下の表の数値によらなければならない。

(1) 木材の許容応力度

木材の繊維法候補許容応力度は、表 7.2.1 の数値によらなければならない。ただし、積雪時の構造計算をするにあたっては、長期に生ずる力に対する許容応力度は同表の数値に 1.3 を乗じていた数値と、短期に生ずる力に対する許容応力度は同表の数値に 0.8 を乗じて得た数値としなければならない。

表 7.2.1 許容応力度

長期に生ずる力に対する許容応力度 (単位 N/mm^2)				短期に生ずる力に対する許容応力度 (単位 N/mm^2)			
圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断
$\frac{1.1F_c}{3}$	$\frac{1.1F_t}{3}$	$\frac{1.1F_b}{3}$	$\frac{1.1F_s}{3}$	$\frac{2F_c}{3}$	$\frac{2F_t}{3}$	$\frac{2F_b}{3}$	$\frac{2F_s}{3}$

この表において、 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s は、それぞれ木材の種類及び品質に応じて国土交通大臣が定める圧縮、引張り、曲げ及びせん断に対する基準強度 (単位 N/mm^2) を表すものとする。(参考：建設省告示第 1452 号)

(2) 鋼材等の許容応力度

① 鋼材等の許容応力度は、次の表 7.2.2、又は表 7.2.3 の数値によらなければならない。

表 7.2.2 許容応力度

種類		長期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm ²)				短期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm ²)				
		圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断	
炭素鋼	構造用鋼材	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$	長期に生ずる力に対する圧縮、引張り、曲げ及びせん断の許容応力度のそれぞれの数値の 1.5 倍とする。				
	ボルト	黒皮	—	$\frac{F}{1.5}$	—					—
		仕上げ	—	$\frac{F}{1.5}$	—					$\frac{F}{2}$ (F が 240 を超えるボルトについて、国土交通大臣がこれと異なる数値を定めた場合は、その定めた数値)
	構造用ケーブル	—	$\frac{F}{1.5}$	—	—					
	リベット鋼	—	$\frac{F}{1.5}$	—	$\frac{F}{2}$					
	鋳鋼	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$					
ステンレス鋼	構造用鋼材	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$					
	ボルト	—	$\frac{F}{1.5}$	—	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$					
	構造用ケーブル	—	$\frac{F}{1.5}$	—	—					
	鋳鋼	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$					
鋳鉄		$\frac{F}{1.5}$	—	—	—					

この表において、F は、鋼材等の種類及び品質に応じて国土交通大臣が定める基準強度 (単位 N/mm²) を表すものとする。

表 7.2.3 許容応力度

許容応力度 種類		長期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm ²)			短期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm ²)		
		圧縮	引張り		圧縮	引張り	
			せん断補強 以外に用い る場合	せん断補強に 用いる場合		せん断補強以 外に用いる場 合	せん断補強に 用いる場合
丸鋼		$\frac{F}{1.5}$ (当該数値 が 155 を超 える場合に は, 155)	$\frac{F}{1.5}$ (当該数値 が 155 を超 える場合に は, 155)	$\frac{F}{1.5}$ (当該数値が 195 を超える 場合には, 195)	F	F	F (当該数値が 295 を超える 場合には, 295)
異形鉄筋	径 28mm 以 下のもの	$\frac{F}{1.5}$ (当該数値 が 215 を超 える場合に は, 215)	$\frac{F}{1.5}$ (当該数値 が 215 を超 える場合に は, 215)	$\frac{F}{1.5}$ (当該数値が 195 を超える 場合には, 195)	F	F	F (当該数値が 390 を超える 場合には, 390)
	径 28mm を 超えるもの	$\frac{F}{1.5}$ (当該数値 が 195 を超 える場合に は, 195)	$\frac{F}{1.5}$ (当該数値 が 195 を超 える場合に は, 195)	$\frac{F}{1.5}$ (当該数値が 195 を超える 場合には, 195)	F	F	F (当該数値が 390 を超える 場合には, 390)
鉄筋の径が 4mm 以上の溶 接金網		—	$\frac{F}{1.5}$	$\frac{F}{1.5}$	—	F (ただし, 床 版に用いる場 合に限る。)	F

この表において、F は、表 6.2 に規定する基準強度を表すものとする。

② 鋼材等の許容応力度の基準強度

鋼材等の許容応力度の基準強度は、表 7.2.4 の数値とする。

表 7.2.4 許容応力度

鋼材等の種類及び品質			基準強度 (単位 N/mm^2)	
炭素鋼	構造用鋼材	SKK400 SHK400 SHK400M SS400 SM400A SM400B SM400C SMA400AW SMA400AP SMA400BW SMA400BP SMA400CW SMA400CP	鋼材の厚さが40mm以下のもの	235
		SN400A SN400B SN400C SNR400A SNR400B SSC400 SWH400 SWH400L STK400 STKR400 STKN400W STKN400B	鋼材の厚さが40mmを超え100mm以下のもの	215
		SGH400 SGC400 CGC400 SGLH400 SGLC400 CGLC400		280
		SHK490M	鋼材の厚さが40mm以下のもの	315
		SS490	鋼材の厚さが40mm以下のもの	275
			鋼材の厚さが40mmを超え100mm以下のもの	255
		SKK490 SM490A SM490B SM490C SM490YA SM490YB SMA490AW SMA490AP	鋼材の厚さが40mm以下のもの	325

	SMA490BW SMA490BP SMA490CW SMA490CP SN490B SN490C SNR490B STK490 STKR490 STKN490B	鋼材の厚さが40mmを超え 100mm以下のもの	295	
	SGH490 SGC490 CGC490 SGLH490 SGLC490 CGLC490		345	
	SM520B SM520C	鋼材の厚さが40mm以下の もの	355	
		鋼材の厚さが40mmを超え 75mm以下のもの	335	
		鋼材の厚さが75mmを超え 100mm以下のもの	325	
	SS540	鋼材の厚さが40mm以下の もの	375	
	SDP1T	鋼材の厚さが40mm以下の もの	205	
	SDP2 SDP2G SDP3	鋼材の厚さが40mm以下の もの	235	
ボルト	黒皮		185	
	仕上げ	強度区分	4.6	240
			4.8	
		5.6	5.8	300
				6.8
構造用 ケーブル		構造用ケーブルの種類に応じて、次のいずれかの数値と すること。 一 日本工業規格（以下「JIS」という。）G3525（ワイヤ ロープ）-1998の付表1から付表10までの区分に応じ てそれぞれの表に掲げる破断荷重（単位kN）に1,000/2 を乗じた数値を構造用ケーブルの種類及び形状に応じ て求めた有効断面積（単位mm ² ）で除した数値 二 JIS G3546（異形線ロープ）-2000の付表1から付表 6までの区分に応じてそれぞれの表に掲げる破断荷重 （単位kN）に1,000/2を乗じた数値を構造用ケーブル の種類及び形状に応じて求めた有効断面積（単位mm ² ） で除した数値 三 JIS G3549（構造用ワイヤロープ）-2000の付表1 から付表16までの区分に応じてそれぞれの表に掲げる 破断荷重（単位kN）に1,000/2を乗じた数値を構造用 ケーブルの種類及び形状に応じて求めた有効断面積（単 位mm ² ）で除した数値		
	リベット鋼		235	

	鑄鋼	SC480 SCW410 SCW410CF	235
		SCW480 SCW480CF	275
		SCW490CF	315
ステンレス鋼	構造用鋼材	SUS304A	235
		SUS316A	
		SUS304N2A	
	ボルト	A2-50	210
	鑄鋼	SCS13AA-CF	235
鑄鉄			150
丸鋼		SR235	235
		SRR235	
		SR295	
異形鉄筋		SDR235	235
		SD295A SD295B	295
		SD345	345
		SD390	390
		鉄線の径が4mm以上の溶接金網	295
<p>この表において、SKK400及びSKK490は、JIS A5525（鋼管ぐい）-1994に定めるSKK400及びSKK490を、SHK400、SHK400M及びSHK490Mは、JIS A5526（H形鋼ぐい）-1994に定めるSHK400、SHK400M及びSHK490Mを、SS400、SS490及びSS540は、JIS G3101（一般構造用圧延鋼材）-1995に定めるSS400、SS490及びSS540を、SM400A、SM400B、SM400C、SM490A、SM490B、SM490C、SM490YA、SM490YB、SM520B及びSM520Cは、JIS G3106（溶接構造用圧延鋼材）-1999に定めるSM400A、SM400B、SM400C、SM490A、SM490B、SM490C、SM490YA、SM490YB、SM520B及びSM520Cを、SMA400AW、SMA400AP、SMA400BW、SMA400BP、SMA400CW、SMA400CP、SMA490AW、SMA490AP、SMA490BW、SMA490BP、SMA490CW及びSMA490CPは、JIS G3114（溶接構造用耐熱性熱間圧延鋼材）-1998に定めるSMA400AW、SMA400AP、SMA400BW、SMA400BP、SMA400CW、SMA400CP、SMA490AW、SMA490AP、SMA490BW、SMA490BP、SMA490CW及びSMA490CPを、SN400A、SN400B、SN400C、SN490B及びSN490Cは、JIS G3136（建築構造用圧延鋼材）-1994に定めるSN400A、SN400B、SN400C、SN490B及びSN490Cを、SNR400A、SNR400B及びSNR490Bは、JIS G3138（建築構造用圧延棒鋼）-1996に定めるSNR400A、SNR400B及びSNR490Bを、SGH400、SGC400、SGH490及びSGC490は、JIS G3302（溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯）-1998に定めるSGH400、SGC400、SGH490及びSGC490を、CGC400及びCGC490は、JIS G3312（塗装溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯）-1994に定めるCGC400及びCGC490を、SGLH400、SGLC400、SGLH490及びSGLC490は、JIS G3321（溶融55%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板及び鋼帯）-1998に定めるSGLH400、SGLC400、SGLH490及びSGLC490を、CGLC400及びCGLC490は、JIS G3322（塗装溶融55%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板及び鋼帯）-1998に定めるCGLC400及びCGLC490を、SSC400は、JIS G3350（一般構造用軽量形鋼）-1987に定めるSSC400を、SDP1T、SDP2、SDP2G及びSDP3は、JIS G3352（デッキプレート）-1979に定めるSDP1T、SDP2、SDP2G及びSDP3を、SWH400及びSWH400Lは、JIS G3353（一般構造用溶接軽量H形鋼）-1990に定めるSWH400を、STK400及びSTK490は、JIS G3444（一般構造用炭素鋼管）-1994に定めるSTK400及びSTK490を、STKR400及びSTKR490は、JIS G3466（一般構造用角形鋼管）-1988に定めるSTKR400及びSTKR490を、STKN400W、STKN400B及びSTKN490Bは、JIS G3475（建築構造用炭素鋼管）-1996に定めるSTKN400W、STKN400B及びSTKN490Bを、4.6、4.8、5.6、5.8及び6.8は、JIS B1051（炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質-第1部：ボルト、ねじ及び植込みボルト）-2000に定める強度区分である4.6、4.8、5.6、5.8及び6.8を、SC480は、JIS G5101（炭素鋼鑄鋼品）-1991に定めるSC480を、SCW410及びSCW480は、JIS G5102（溶接構造用鑄鋼品）-1991に定めるSCW410及びSCW480を、SCW410CF、SCW480CF及びSCW490CFは、JIS G5201（溶接構造用遠心力鑄鋼管）SUS304A、SUS316A、SUS304N2A及びSCS13AA-CFは、JIS G4321（建築構造用ステンレス鋼材）-2000に定めるSUS304A、SUS316A、SUS304N2A及びSCS13AA-CFを、A2-50は、JIS B1054（ステンレス鋼製耐食ねじ部品の機械的性質）-1995に定めるA2-50を、SR235、SR295、SD295A、SD295B、SD345及びSD390は、JIS G3112（鉄筋コンクリート用棒鋼）-1987に定めるSR235、SR295、SD295A、SD295B、SD345及びSD390を、SRR235及びSDR235は、JIS G3117（鉄筋コンクリート用再生棒鋼）-1987に定めるSRR235及びSDR235を、それぞれ表すものとする。建設省告示第2464号第2の表において同様とする。</p>			

(3) コンクリートの許容応力度

- ① コンクリートの許容応力度は、次の表の数値によらなければならない。ただし、付着については、実験及び計算によって確かめられた数値とすることができる。

表 7.2.5 許容応力度

長期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm^2)				短期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm^2)			
圧縮	引張り	せん断	付着	圧縮	引張り	せん断	付着
$\frac{F}{3}$	$\frac{F}{30}$ (Fが21を超えるコンクリートについて、国土交通大臣がこれと異なる数値を定めた場合は、その定めた数値)		0.7 (軽量骨材を使用するものにあつては、0.6)	長期に生ずる力に対する圧縮、引張り、せん断又は付着の許容応力度のそれぞれの数値の2倍(Fが21を超えるコンクリートの引張り及びせん断について、国土交通大臣がこれと異なる数値を定めた場合は、その定めた数値)とする。			
この表において、F は、設計基準強度 (単位 N/mm^2) を表すものとする。							

- ② 特定行政庁がその地方の気候・骨材の性状等に応じて、規則で設計基準強度の上限の数値を定めた場合において、設計基準強度がその数値を超えるときは、前項の表の適用に関しては、その数値を設計基準強度とする。

<参考>

建築基準法施行令第74条により、 $F=12N/mm^2$ (軽量骨材使用の場合9)以上である。普通18、21、24の3種が使われるので参考に併記する。

表 7.2.6 許容応力度

F (N/mm^2)	長期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm^2)				短期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm^2)			
	圧縮	引張り	せん断	付着	圧縮	引張り	せん断	付着
18	6	0.6		0.7 (軽量骨材を使用するものにあつては、0.6)	12	1.2		長期 応力の 2倍
21	7	0.7			14	1.4		
24	8	0.8			16	1.6		

* Fが21を超えるコンクリートの引張り及びせん断について、国土交通大臣がこれと異なる数値を定めた場合は、その定めた数値

(4) 溶接部の許容応力度

① 溶接のどの断面に対する許容応力度は、次の表の数値によらなければならない。

表 7.2.7 許容応力度

継目の形式	長期に生ずる力に対する許容応力度 (単位 N/mm^2)				短期に生ずる力に対する許容応力度 (単位 N/mm^2)			
	圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断
突合せ	$\frac{F}{1.5}$			$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$	長期に生ずる力に対する圧縮, 引張り, 曲げ又はせん断の許容応力度のそれぞれの数値の 1.5 倍とする。			
突合せ以外のもの	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$			$\frac{F}{1.5\sqrt{3}}$				
この表において、F は、溶接される鋼材の種類及び品質に応じて国土交通大臣が定める溶接部の基準強度 (単位 N/mm^2) を表すものとする。								

② 溶接部の許容応力度の基準強度

溶接部の許容応力度の基準強度は、次の表の数値(異なる種類または品質の鋼材を溶接する場合においては、接合される鋼材の基準強度のうち小さい値となる数値)とする。

表 7.2.8 基準強度

鋼材等の種類及び品質				基準強度 (単位 N/mm^2)
炭素鋼	構造用鋼材	SKK400 SHK400M SS400 SM400A SM400B SM400C SMA400AW SMA400AP SMA400BW SMA400BP SMA400CW SMA400CP	鋼材の厚さが 40 mm 以下のもの	235
		SN400A SN400B SN400C SNR400B SSC400 SWH400 SWH400L STK400 STKR400 STKN400W STKN400B	鋼材の厚さが 40 mm を超え 100 mm 以下のもの	215

		SGH400 SGC400 CGC400 SGLH400 SGLC400 CGLC400	280
		SHK490M	鋼材の厚さが 40 mm 以下のもの 315
		SKK490 SM490A SM490B SM490C SM490YA SM490YB SMA490AW SMA490AP SMA490BW SMA490BP SMA490CW SMA490CP SN490B SN490C SNR490B STK490 STKR490 STKN490B	鋼材の厚さが 40 mm 以下のもの 鋼材の厚さが 40 mm を超え 100 mm 以下のもの 295
		SGH490 SGC490 CGC490 SGLH490 SGLC490 CGLC490	345
		SM520B SM520C	鋼材の厚さが 40 mm 以下のもの 鋼材の厚さが 40 mm を超え 75 mm 以下のもの 鋼材の厚さが 75 mm を超え 100 mm 以下のもの 355 335 325
		SDP1T	鋼材の厚さが 40 mm 以下のもの 205
		SDP2 SDP2G SDP3	鋼材の厚さが 40 mm 以下のもの 235
	鋳鋼	SCW410 SCW410CF	235
		SCW480 SCW480CF	275
		SCW490CF	315
ステンレス鋼	構造用鋼材	SUS304A SUS316A	235
		SUS304N2A	325
	鋳鋼	SCS13AA-CF	235
丸鋼	SR235 SRR235		235
	SDR235		235
異形鉄筋	SD295A SK295B		295
	SD345		345
	SD390		390

7.2.2 固定金物許容応力度

太陽熱利用機器を設置する際に使用する緊結金物などの許容応力は、表 7.2.9 に示す数値により算定する。長期許容応力度及び短期許容応力度は、各表の数値の 1/3 以下及び 1/2 以下とする。ただし、ターンバックルは表 7.2.10 又は表 7.2.11、シャックルは表 7.2.12 に示す数値を用いるものとする。

(1) アイボルト

表 7.2.9 保障荷重及び引張荷重

(単位 kN)

ネジの呼び	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
保証荷重 (°)	2.35	4.41	6.47	13.24	18.54	27.95	44.13
引張荷重	11.08	18.24	27.26	52.07	82.87	118.7	192.2

* 保証荷重は、使用荷重の 3 倍である。

JIS G 4309:1999 ステンレス鋼線

(2) ターンバックル

表 7.2.10 引張強度と保障荷重

ネジの呼び	ターンバックル胴 (単位 kN)			
	炭素鋼製品、 溶融亜鉛めっき付き炭素鋼製品 ^{※1}		ステンレス鋼製品	
	引張強度 (最小値)	保障荷重 ^{※2}	引張強度 (最小値)	保障荷重 ^{※2}
M6 ^{※3}	10.6	4.87	—	—
M8 ^{※3}	19.4	8.96	—	—
M10	30.9	14.2	33.3	14.2
M12	44.9	20.7	48.4	20.7
M14	61.7	28.4	—	—
M16	83.1	38.3	89.7	38.3
M18	103	47.6	—	—
M20	131	60.2	141	60.2
M22	161	74.3	174	74.3
M24	188	86.8	203	86.8

※1：溶融亜鉛めっき付き炭素鋼製品は、M10 以上とする。

※2：保障荷重は、短期に生じる力に対する許容応力度に相当する。

※3：M6 及び M8 はパイプ式だけ、割枠式は M10 以上とする。

JIS A 5541:2008 建築用ターンバックル胴

表 7.2.11 引張強度と保障荷重

ネジの呼び	ターンバックル (単位 kN)			
	炭素鋼製品、 溶融亜鉛めっき付き炭素鋼製品 ^{※1}		ステンレス鋼製品	
	引張強度 (最小値)	保障荷重 ^{※2}	引張強度 (最小値)	保障荷重 ^{※2}
M6	8.3	4.87	—	—
M8	15.3	8.96	—	—
M10	24.2	14.2	31.5	14.2
M12	35.2	20.7	45.8	20.7
M14	48.4	28.4	—	—
M16	65.2	38.3	84.8	38.3
M18	81.1	47.6	—	—
M20	103	60.2	133	60.2
M22	126	74.3	164	74.3
M24	148	86.8	192	86.8

※1：溶融亜鉛めっき付き炭素鋼製品は、M10 以上とする。

※2：保障荷重は、短期に生じる力に対する許容応力度に相当する。

JIS A 5540:2008 建築用ターンバックル

(3) シヤックル

表 7.2.12 使用荷重

ネジの呼び径		M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
使用荷重	SC形	0.2	0.315	0.6	1	1.25	1.6	2	2.5
(t)	SD型	—	—	0.4	0.63	0.8	1	—	1.6

JIS B 2801:1996 シヤックル

7.2.3 アンカーボルト

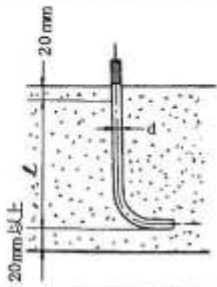
(1) 許容引抜荷重

表 7.2.13 に代表的なアンカーボルトの許容引抜荷重を示す。

表 7.2.13 アンカーボルトの許容引抜荷重

埋込式 L 形、L A 形ボルトの許容引抜荷重

b) 一般的な床スラブ上面



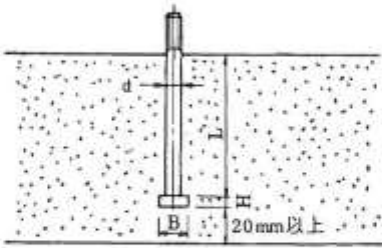
短期許容引抜荷重 (kN)

ボルト径 d (呼 径)	コンクリート厚さ (mm)			
	120	150	180	200
M 8	3.20	4.40	5.70	6.50
M10	4.00	5.50	7.10	8.10
M12	4.80	6.70	8.50	9.70
M16	—	8.90	11.4	12.0
M20	—	—	12.0	12.0
M24	—	—	—	12.0
有効埋込長 (l) (mm)	80	110	140	160

注 1. 上図の通りアンカーボルトが埋込まれた時の短期許容引抜荷重である。
 2. コンクリートの設計基準強度 F_c は 1.8kN/cm² としている。
 3. 各寸法が上図と異なる時、あるいはコンクリートの設計基準強度が異なる時などは左記堅固な基礎の計算によるものとする。ただし、床スラブ上面に設けられるアンカーボルトは 1 本当り 12.0kN を超す引抜荷重は負担できないものとする。
 4. $l \geq 6d$ とすることが望ましく上表の一印の部分は使用しないことが望ましい。
 5. 第一種、第二種軽量コンクリートが使用される場合は、一割程度裕度ある選定を行うこと。

埋込式ヘッド付ボルトの許容引抜荷重

b) 一般的な床スラブ上面



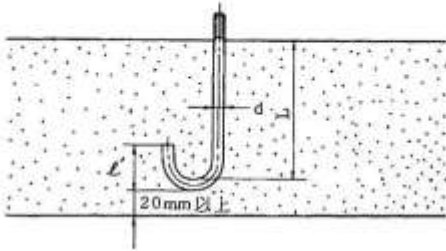
短期許容引抜荷重 (kN)

ボルト径 d (呼 径)	コンクリート厚さ (mm)				ボルト寸法	
	120	150	180	200	H (mm)	B (mm)
M 8	9.00	9.00	9.00	9.00	5.5	13
M10	12.0	12.0	12.0	12.0	7	17
M12	12.0	12.0	12.0	12.0	8	19
M16	—	12.0	12.0	12.0	10	24
M20	—	—	12.0	12.0	13	30
M24	—	—	—	12.0	15	36
ボルトの埋込長さ L (mm)	100-H	130-H	160-H	180-H		

注 1. 上図において、上表の埋込み長さ及びボルト寸法のアンカーボルトが埋込まれた時の短期許容引抜荷重である。
 2. コンクリートの設計基準強度 F_c は 1.8kN/cm² としている。
 3. 各寸法が上図と異なる時、或いはコンクリートの設計基準強度が異なる時などは、左記堅固な基礎の計算によるものとする。ただし、床スラブ上面に設けられるアンカーボルトは、一本当り 12.0kN を超す引抜荷重は負担できないものとする。
 4. $l \geq 6d$ とすることが望ましく、上表の一印の部分は、使用しないことが望ましい。
 5. 上図の B, H の寸法は、それぞれ JIS 六角ボルト頭の二面巾及び高さを基準としている。
 6. 第一種、第二種軽量コンクリートが使用される場合は、一割程度裕度ある選定を行うこと。

埋込式J形、JA形ボルトの許容引抜荷重

b) 一般的な床スラブ上面



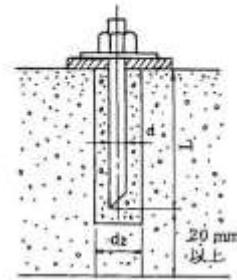
短期許容引抜荷重 (kN)

ボルト径 d (呼 径)	コンクリート厚さ (mm)			
	120	150	180	200
M 8	9.00	9.00	9.00	9.00
M10	12.0	12.0	12.0	12.0
M12	12.0	12.0	12.0	12.0
M16	—	12.0	12.0	12.0
M20	—	—	12.0	12.0
M24	—	—	—	12.0
ボルトの埋込長さ L (mm)	100-d	130-d	160-d	180-d

- 注 1. 上図のとおりアンカーボルトが埋込まれた時の短期許容引抜荷重である。
2. コンクリートの設計基準強度 F_c は 1.8kN/cm^2 としている。
3. 各寸法が上図と異なる時、或いはコンクリートの設計基準強度が異なる時などは、左記堅固な基礎の計算によるものとする。ただし、床スラブ上面に設けられるアンカーボルトは、一本当り 12.0kN を超す引抜荷重は負担できないものとする。
4. $L \geq 6d$ とすることが望ましく、上表の一印の部分は使用しないことが望ましい。
5. 上図の l は JIS ボルトの場合の $l \approx 4.5d$ である。
6. 第一種、第二種軽量コンクリートが使用される場合は、一割程度裕度ある選定を行うこと。

後打ち式樹脂アンカーボルトの許容引抜荷重

b) 一般的な床スラブ上面



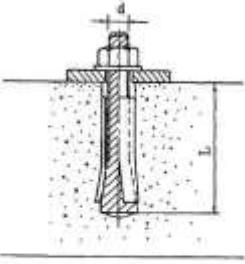
短期許容引抜荷重 (kN)

ボルト径 d (呼 径)	コンクリート厚さ (mm)				埋込長さ L (mm)	穿孔径 d_1 (mm)
	120	150	180	200		
M10	7.60	7.60	7.60	7.60	80	13.5
M12	9.20	9.20	9.20	9.20	90	14.5
M16	—	12.0	12.0	12.0	110	20
M20	—	—	12.0	12.0	120	24
ボルトの埋込長さ (L)の根拠 (mm)	100	130	160	180		

- 注 1. 上図において、上表の埋込み長さ及び穿孔径の樹脂アンカーボルトが埋込まれたときの短期許容引抜荷重である。
2. コンクリートの設計基準強度 F_c は 1.8kN/cm^2 としている。
3. 各寸法が上図と異なる時、或いはコンクリートの設計基準強度が異なる時などは、左記堅固な基礎の計算によるものとする。ただし、床スラブ上面に設けられるアンカーボルトは一本当り 12.0kN を超す引抜荷重は負担できないものとする。
4. $L \geq 6d$ とすることが望ましく、上表の一印の部分は使用しないことが望ましい。
5. 第一種、第二種軽量コンクリートが使用される場合は、一割程度裕度ある選定を行うこと。

後打ち式おねじ形メカニカルアンカーボルトの許容引抜荷重 後打ち式めねじ形メカニカルアンカーボルトの許容引抜荷重

b) 一般的な床スラブ上面

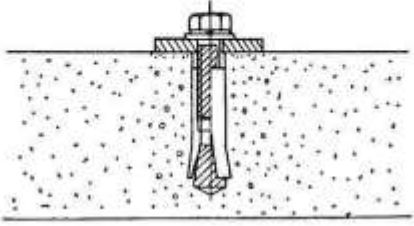


短期許容引抜荷重 (kN)

ボルト径 d (呼径)	コンクリート厚さ (mm)				埋込長さ L (mm)
	120	150	180	200	
M 8	3.00	3.00	3.00	3.00	40
M10	3.80	3.80	3.80	3.80	45
M12	6.70	6.70	6.70	6.70	60
M16	9.20	9.20	9.20	9.20	70
M20	12.0	12.0	12.0	12.0	90
M24	12.0	12.0	12.0	12.0	100
ボルトの埋込長さ (L)の限度 (mm)	100 以下	120 以下	160 以下	180 以下	

注 1. 上図において、上表の埋込み長さのアンカーボルトが埋込まれた時の短期許容引抜荷重である。
 2. コンクリートの設計基準強度 f_c は、1.8kN/cm²としている。
 3. 各寸法が上図と異なる時、或いはコンクリートの設計基準強度が異なる時などは、左記堅固な基礎の計算によるものとする。ただし、床スラブ上面に設けられるアンカーボルトは、一本当り 12.0kN を超す引抜荷重は負担出来ないものとする。
 4. 埋込長さが右欄以下のものは使用しないことが望ましい。
 5. 第一種、第二種軽量コンクリートが使用される場合は、一割程度裕度ある選定を行うこと。

b) 一般的な床スラブ上面



短期許容引抜荷重 (kN)

ボルト径	許容引抜荷重 (kN)
M6~M12	0.75
M16 以上	1.20

(社)日本内燃力発電設備協会「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」より

(2) ボルト及びステンレスボルトの許容応力度

アンカーに用いるボルトの許容応力度は表 7.2.14 による。また、引張とせん断が同時に作用する場合は図 7.2.1 および図 7.2.2 を参照する。

表 7.2.14 ボルトの許容応力度

単位 kN/cm^2

ボルト材質	長期許容応力度		短期許容応力度	
	引張	せん断	引張	せん断
ボルト(SS400)	11.7	6.78	17.6	10.1
ステンレスボルト(A2-50)	10.5	6.08	15.8	9.12

建築設備耐震設計施工指針 2005年版より

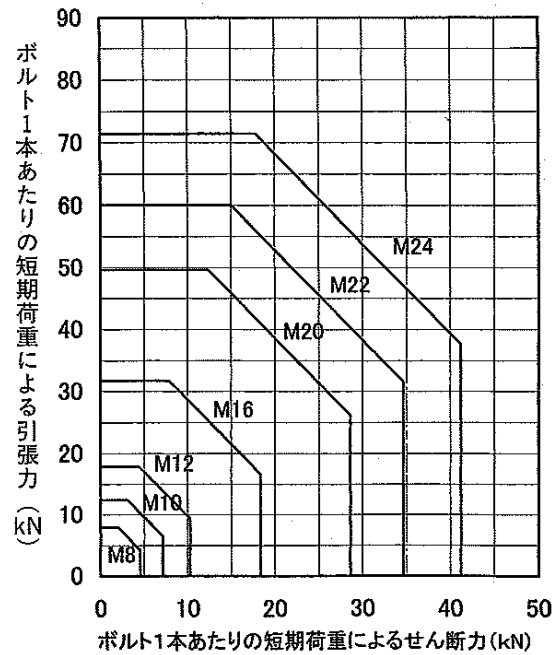
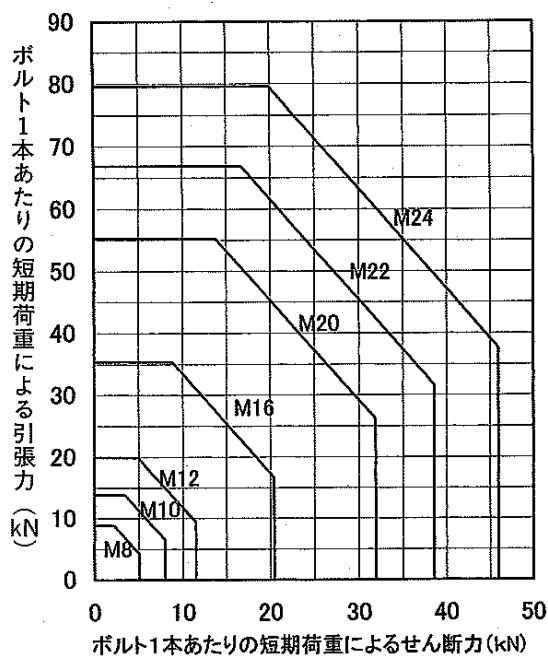


図 7.2.1 ボルト(SS400)許容応力度図

図 7.2.2 ステンレスボルト(A2-5)許容応力度図

建築設備耐震設計施工指針 2005年版より

7.3 機器設置工事

7.3.1 一般（注意）事項

太陽熱利用システムを構成する機器は、従来の給湯・冷暖房設備に、集熱器、蓄熱槽を加えた設備と考えることができる。集熱器は屋根に、蓄熱槽は建物内部に設置される例が多い。このため、従来の据付工事と比較して、工事着手時において、建築及びその他の関連工事との綿密な打合せが必要であり、工事着手後も工程上の調整を行う必要がある。

(1) 据付準備

据付工事を行う施工者は、工事を行う前に、太陽熱利用機器の承認図書の確認を行わなければならない。

① 太陽熱利用機器の承認図書の確認

メーカーから提出される承認図書に対して、設計仕様に準拠しているかを確認しなければならない。

② 据付

太陽熱利用機器の据付について、以下の注意事項があげられる。

a) 法的規定に準拠していること。

集熱器は屋根に設置されていることが多い。このため集熱器を建物に取付ける強度計算においては、地震荷重、風力荷重、積雪荷重、またその許容応力等の数値は、建築基準法で規定されている値を用い、それに耐える強度であることが必要である。また、耐震的配慮も必要である。集熱器以外の機器については、各機器に適応される法規に定めた据付場所（保守点検スペース、壁からのスペースなど）に設置することが必要である。以下に関連法規を列記する。

- ・ 建築基準法
- ・ 消防法
- ・ 水道法
- ・ ガス事業法
- ・ 電気事業法
- ・ 高圧ガス保安法
- ・ ボイラーおよび圧力容器安全規則
- ・ 労働安全衛生法
- ・ 労働安全衛生規則
- ・ JIS 基準
 - JIS A 4112 太陽集熱器
 - JIS A 4113 太陽蓄熱槽
- ・ 公共建築工事標準仕様書「機械設備工事編」
- ・ 機械設備工事監理指針
- ・ 建築設備設計基準
- ・ その他

b) 機器の設置場所では機器の運転質量に対して、強度に余裕があり安全であること。

c) 機器を運転した時、共振を起こさないこと。機器固定は、配管支持、防振装置の利用を検討すること。

d) 振動、騒音の影響がないよう、防振、遮音装置があること。

e) 機器の保守点検のためのスペースをとっておくこと。

f) 運転操作上、支障のないスペースをとっておくこと。

g) 機器の設置場所は撤去再設置が行える位置とすること。

h) 集熱器が1枚単位で交換可能な設計とすること。

(2) 機器の搬入

① 工程の調整

集熱器、蓄熱槽の搬入時期は、建築物の進行状況を見ながら、クレーンなどの重量物吊上げ設備及び足場がしっかりしている場所を選び、作業が順調に流れるようにする。他の機器も同様に作業の手待ちが起らないように搬入する。

② 必要な数量だけ搬入すること。

集熱器など吊上げが可能な数量を搬入することによって、ムダなスペース、管理及び汚れ、損傷などを防止することができる。

③ 搬入経路の検討

搬入先までと現場周囲の交通事情(何トンのトラックが通行可能、スクールゾーンなど)、駐車条件等を検討し、搬入日時と経路を打合せて、必要に応じて、道路管理者等への関係先に届け出を行う。

④ 搬入地盤の検討

地盤が弱い所及び、道路の下が排水溝の所に重量物が乗ると陥没することがある。このため、機器の搬入に当たっては、地盤についての検討も必要である。

⑤ 受け渡し方法の確認

受け渡し方法をどのようにするかを事前に打ち合わせて、その方法で現場責任者から確認を受けるようにする。

7.3.2 集熱器の設置

太陽熱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わなければならない。

(1) 集熱器の取付けポイント

① 集熱器の架台への取付け用穴の寸法出しを行なう時は、寸法誤差が累積されないように基点を設けて、基点より寸法だしを行う。ただし、各社で販売している専用の化粧板を使用しない場合は、必ずしも限定はされない。

② 集熱器の取付け上下は各社の標準図を基に決定する。

③ 集熱器を架台に固定する金具は、ステンレス等の耐腐食性のあるもの、または防錆処理を行ったものを使用し、架台に強固に取り付ける。

④ 集熱器は配管からの熱損失を少なくするため、できる限り蓄熱槽へ近づけて設置する。

⑤ 集熱回路が開放システムの場合には、集熱ポンプ停止時に集熱器及び集熱配管内の水(ただし、蓄熱槽水位よりも上部)を回収できるように集熱器と蓄熱槽の位置を決定する(図7.3.1参照)。

⑥ 集熱器を取付ける際、建屋を傷めないよう注意する。破損を生じた場合は補修する

⑦ 一般には集熱器の表面は強化ガラスが多く見受けられるが、強化ガラスでも乱暴な取扱いをすると破損する場合もある。運搬取付けには衝撃を与えないよう注意する。

集熱器の仕様によっては、空焚きを行うと、集熱器に悪い影響を与える場合もあり得るので、その場合には集熱配管が終了するまで幌などで直接日射を当てないようにする。

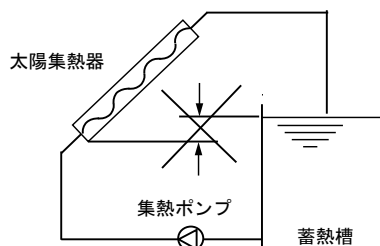


図 7.3.1 集熱部と蓄熱部との位置

(2) 平板形集熱器の設置

集熱器の設置方法は、①傾斜屋根に直接取付ける、②傾斜屋根に架台（受材）を設けて取付ける、③陸屋根又は地上に架台を設けて取付ける、等があり、それぞれ以下に事例を示す。

① 瓦棒屋根に設置した例

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。（図 7.3.2 参照）

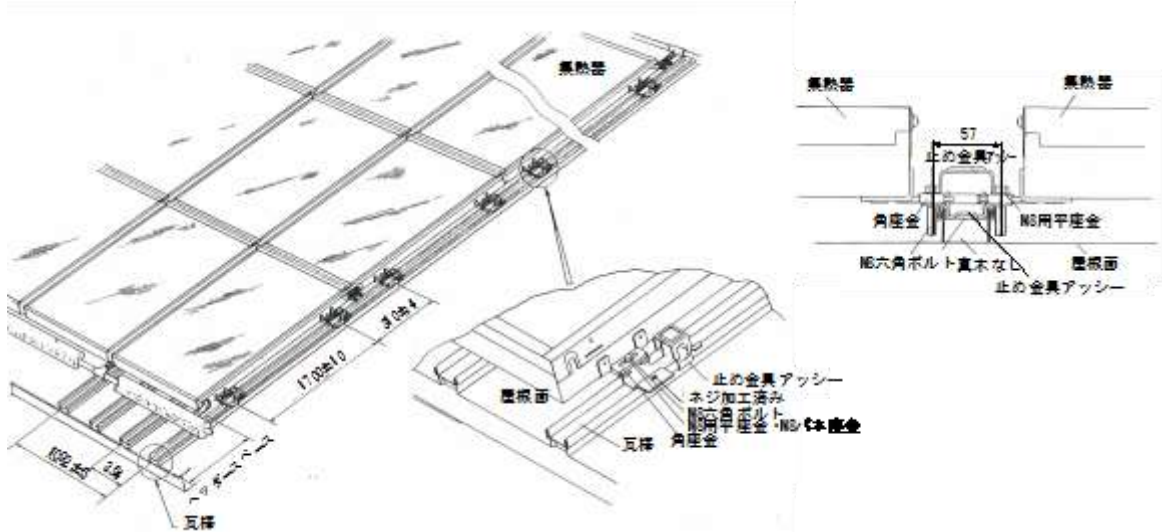
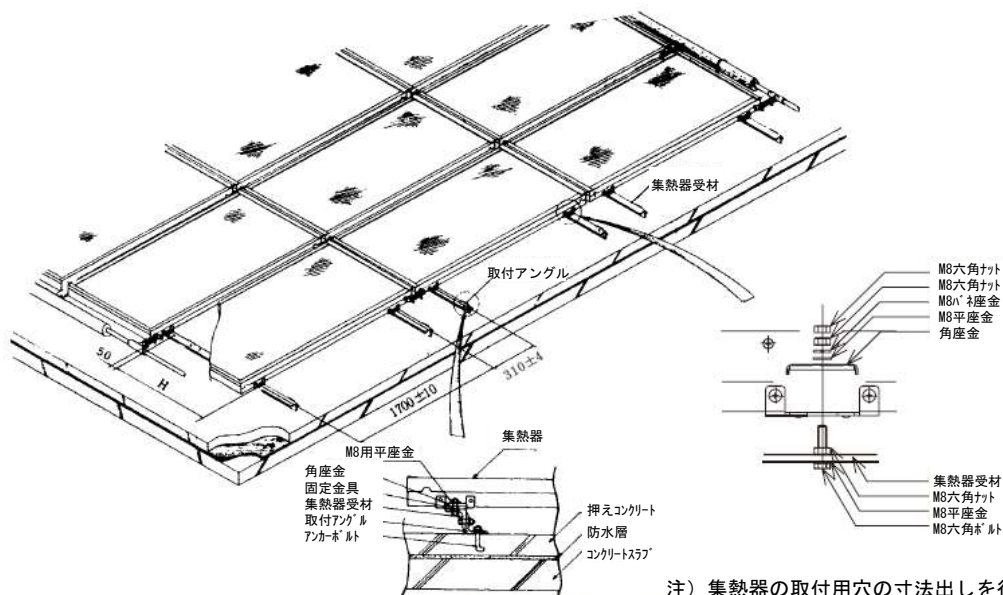


図 7.3.2 瓦棒屋根に設置した例

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）

② コンクリートスラブ屋根に設置した例

コンクリートスラブに集熱器取付用鋼製受材を、アンカーボルトを利用して設置する。コンクリートスラブは防水処置を行うことは勿論、アンカーボルト施工部位にはコーキング等により、雨仕舞を行う。集熱器取付用鋼製受材に、取付穴の寸法出しを行う（図 7.3.3 参照）。



注) 集熱器の取付用穴の寸法出しを行なう時、寸法の誤差が累積されないように基点を設けて基点より寸法出しを行なってください。

図 7.3.3 コンクリートスラブ屋根と集熱器の設置例

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）

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き、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方法である。(図 7.3.4 参照)

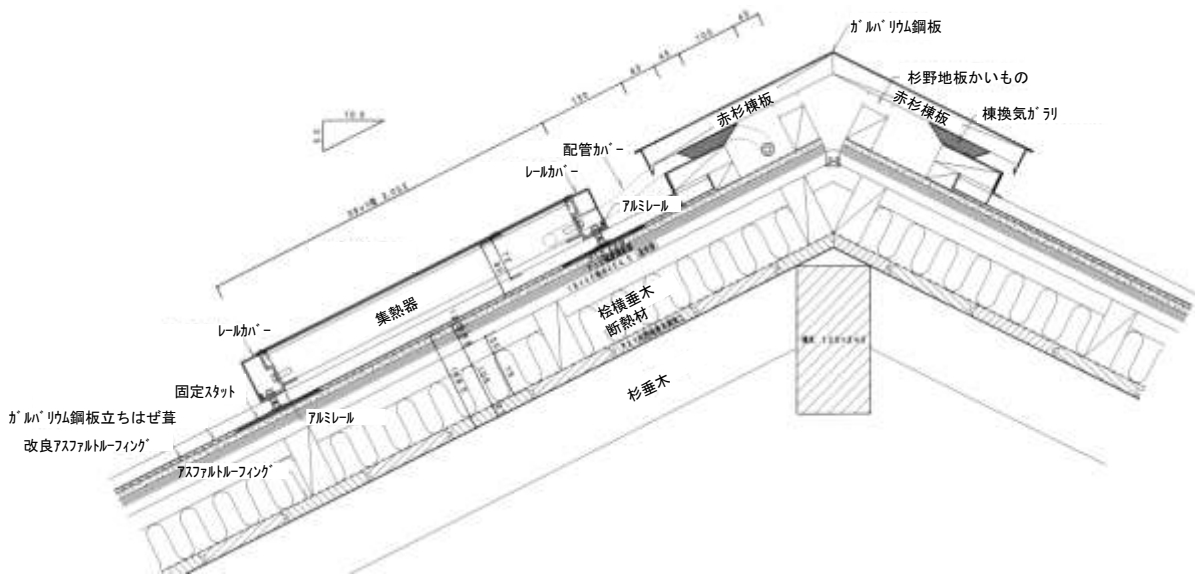


図 7.3.4 金属屋根に設置した例
資料提供) (有) 住環境研究所 (FITZ 屋根収まり図)

④ 折板半屋根に設置した例

重ね式折板屋根はタイトフレーム剣先部に金具を被せナットにて固定し、ハゼ折半屋根は金具でハゼ部を挟みナットを締め付け固定します。固定した金具に架台を固定して集熱器を取り付ける。

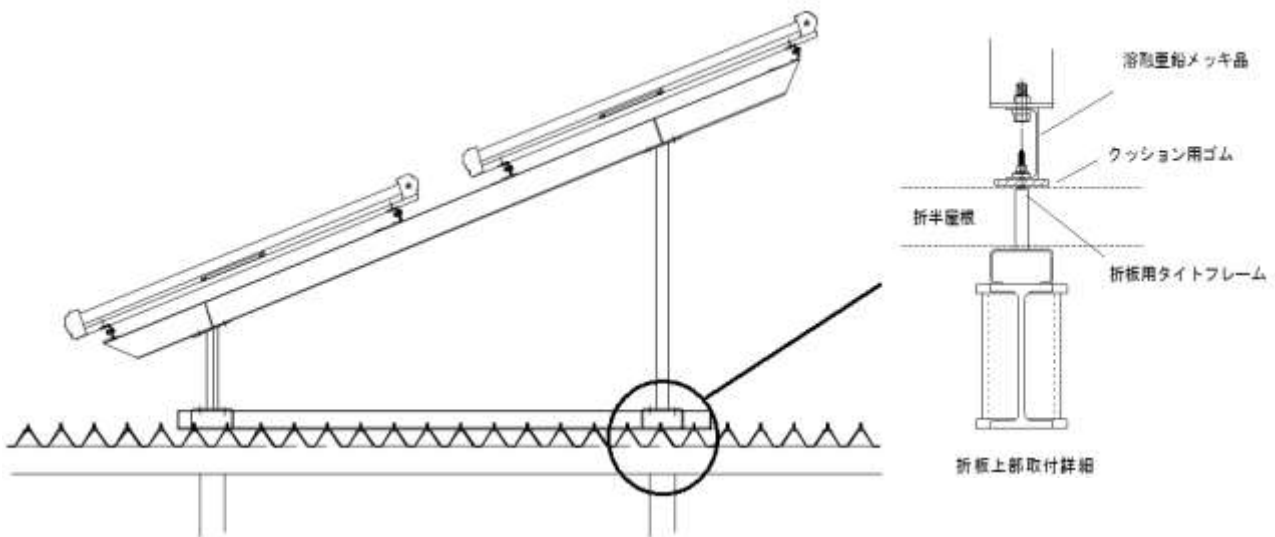


図 7.3.5 折板屋根に設置した例
資料提供) 富士エネルギー(株)

⑤ 架台設置の例

架台は集熱器運転質量と、関連付属部品や配管等の合計質量及び、風圧に十分耐え得る強度とする。コンクリートスラブは防水処置を行うことは勿論、アンカーボルト施工部位にはコーキング等により、架台の基礎は雨水の侵入の無いよう防水パッキン、コーキング等により雨仕舞を行う。集熱器の取付用穴の寸法出しを行う時、寸法誤差が累積されないように、基点を設けて寸法出しを行うこと（図 7.3.6、図 7.3.7 参照）。

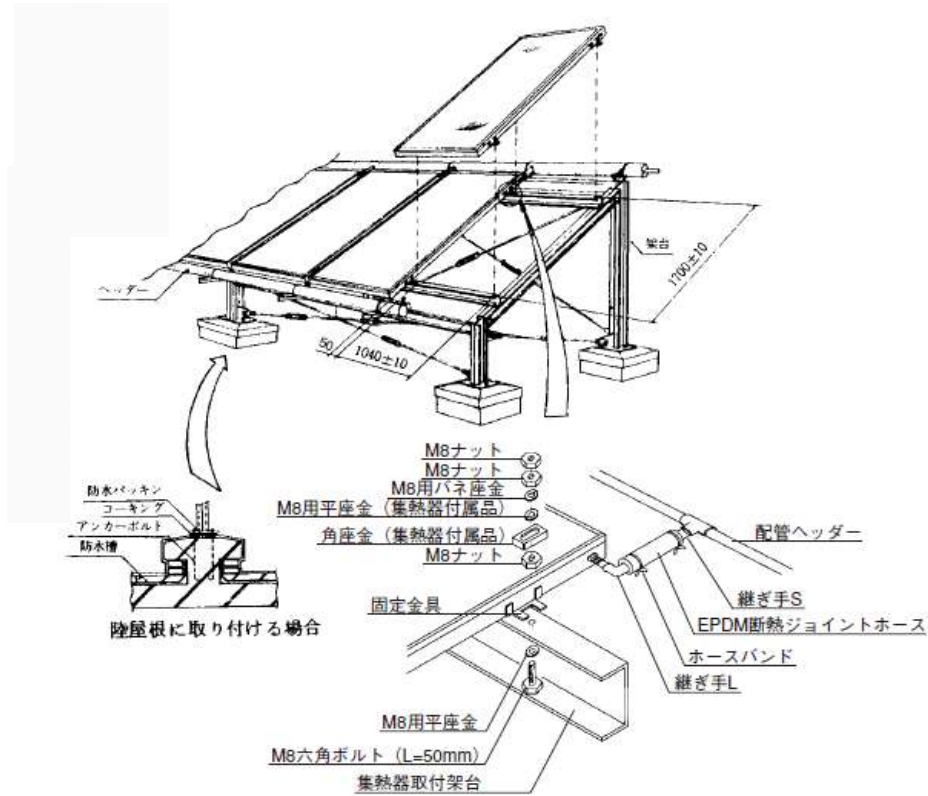


図 7.3.6 陸屋根又は地上に架台を利用する設置例（平板形の場合）
出所）設計用資料「太陽熱利用システム」〔2009年11月〕矢崎総業（株）

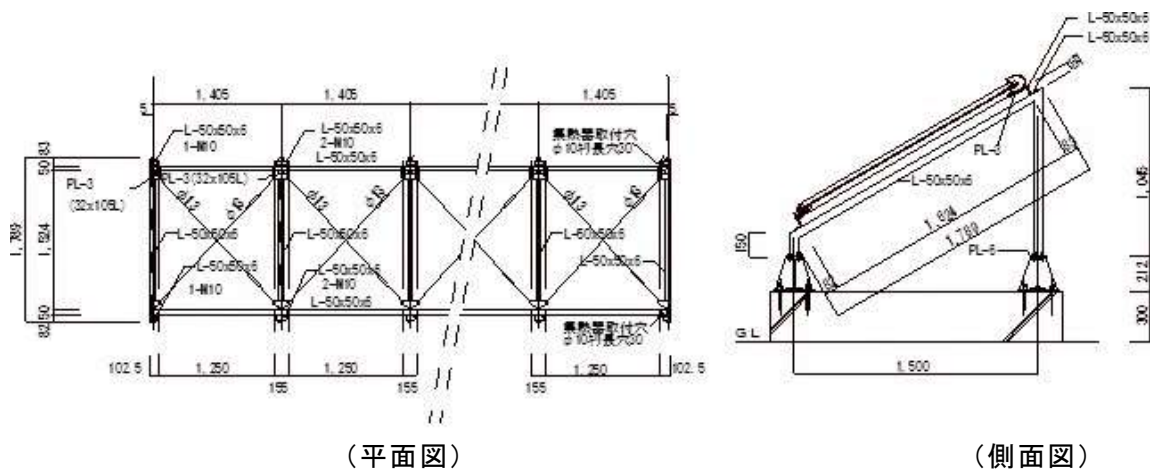
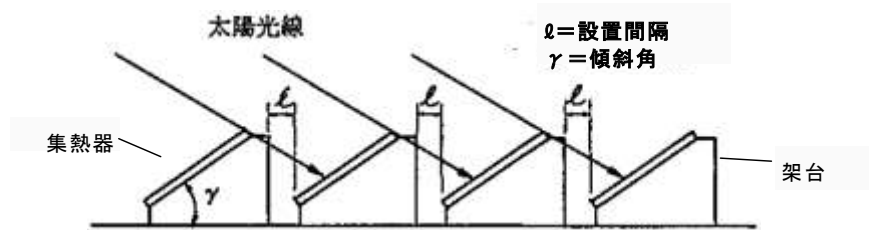


図 7.3.7 陸屋根又は地上に架台を利用する設置例（真空ガラス管形の場合）
資料提供）サピオ株式会社

⑥ 集熱器の多列設置

集熱器を多列設置する場合は、集熱器前後の設置間隔と影の関係に注意し、後方の集熱器への日射が遮られないようにしなければならない。特に、太陽光線は夏期に比べて、冬期に低くなり影になり易くなるので注意を要する（図 7.3.8 参照）。



(参考) 設置場所が北緯 35 度付近の場合

$\gamma = 35^\circ \rightarrow l = \text{約 } 2\text{m}$

$\gamma = 55^\circ \rightarrow l = \text{約 } 3\text{m}$

図 7.3.8 設置間隔と影

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)

7.3.3 蓄熱槽の設置

(1) 蓄熱槽の設置方法

① 据付場所の選択

- 設置場所のチェックを行い、蓄熱槽満水質量に耐える場所を選ぶ。
- 配管等からの熱損失を極力少なくし、経済性を高めるために集熱配管及び給湯配管を極力短くできる場所を選ぶ。
- 蓄熱槽からの排水が容易にできる場所を選ぶ。
- 据付場所の選定には搬入経路を考慮する。
- 蓄熱槽の上面及び周囲には保守スペースが必要であり、人が一人座って作業できるスペース、周囲 1.5m、上面 1.5m 以上取ることが望ましい。

② 搬入

建物及び蓄熱槽に傷つかないように、搬入経路を事前に計画する。
必要ならば台車等の道具も用意し、安全を確認し、搬入する。
蓄熱槽の梱包は、設置場所にて解き、部品点検及び付属品を確認してから設置する。

③ 基礎工事

- 蓄熱槽が倒れないように、基礎に設置する時はアンカーボルトにて強固に取付ける。アンカーボルトの取付け位置及び取付け寸法は、各社の標準図を基に決定する。

(図 7.3.8)

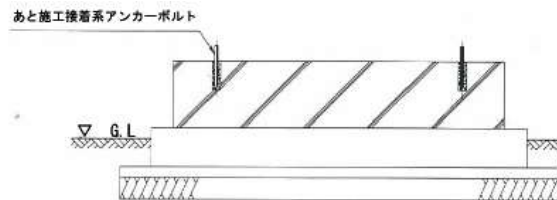


図 7.3.9 基礎施工例 資料提供) 森松工業 (株)

蓄熱槽はアンカーボルトにて、水平に確実に固定する。(図 7.3.10)

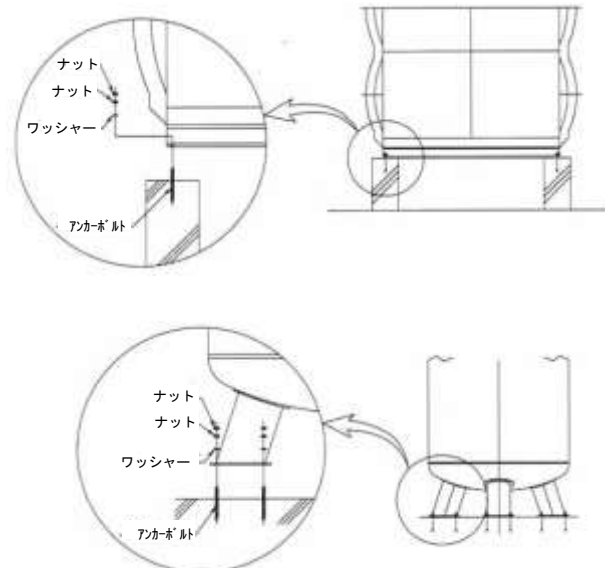


図 7.3.10 蓄熱槽の基礎設置方法例

資料提供) 森松工業 (株)

- 蓄熱槽からの各配管の取り出し、付属する各機器の配置等を十分に考慮し、基礎の形状、大きさを決定する。
- 基礎面は水平に仕上げる。

機器設置階高、機器重要度により与えられた設計用標準水平震度： K_s （表 7.1.15 参照）に、地域係数： Z （図 7.1.1 参照）を掛けた設計水平震度： K_H を求め、機器重量・機器重心高さ・アンカーボルトの本数・アンカーボルトと重心の水平最小距離により、アンカーボルトにかかるせん断力、引抜力を求めアンカーボルト自体がそれらの力に耐えうることをと、アンカーボルトの付着力に耐えうることを確認する。

[資料 1]

アンカーボルトの計算例

<機器仕様>

機器の高さ	1,900 mm
機器の幅	700 mm
機器の奥行	600 mm
機器の重心高	950 mm
機器満水重量	4.0 kN

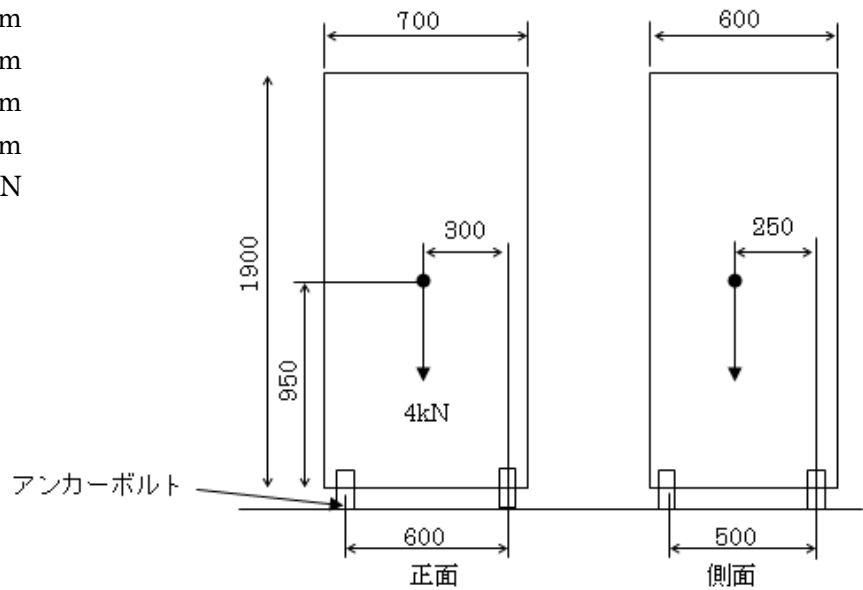


図 7. s1. 1

地震地域係数 $Z=1.0$ とすると、表 7. 1. 15 より $K_s=0.6$ より設計震度は

$$k=1.0 \times 0.6=0.6$$

よって

$$\text{設計用水平地震力 } F_H=0.6 \times 4.0=2.4\text{kN}$$

$$\text{設計用鉛直地震力 } F_V=F_H/2=1.2\text{kN}$$

①アンカーボルトを矩形に4箇所用いた場合、1本当たりの引き抜き力 R_b は

a)左右方向に力がかかった場合

$$R_b = \frac{F_H \times 950 - (4.0 - F_V) \times 300}{600 \times 2} = 1.20\text{kN}$$

b)前後方向に力がかかった場合

$$R_b = \frac{F_H \times 950 - (4.0 - F_V) \times 250}{500 \times 2} = 1.58\text{kN}$$

②同様にせん断力 Q は

$$Q = \frac{F_H}{4} = 0.6\text{kN}$$

以上の荷重を満たせばよい。あと施工金属拡張アンカー（おねじ）とすれば、表 7. 2. 13 より、M8以上で適。また、図 7. 2. 1 より M8ボルト(SS400)は許容応力範囲内で使用可能と判断できる。

[資料 2]

基礎の計算例

基礎が地震力によって浮き上がらない場合、

$$(1-K_V)[\{l_G+(l_F-1)/2\}W+(l_F/2)W_F] > K_H\{(h_F+h_G)W+(1/2)h_F W_F\} \dots\dots\dots (1)$$

であればよい。

＜機器仕様＞

機器の幅	l : 700mm
機器の重心位置	l_G : 350mm
機器の重心高さ	h_G : 950mm
基礎長さ	l_F : 1,200mm
基礎高さ	h_F : 200mm
機器重量	W : 4.0kN
基礎幅	l_c : 1,000mm
基礎重量	W_F : 5.52kN
(普通コンクリート $23 \times 10^{-6} \text{kN/cm}^3$ とした)	

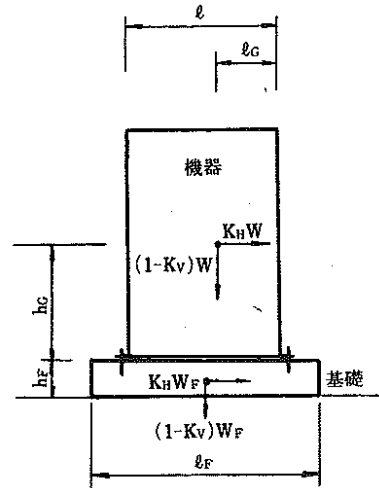


図 7s2.1

地震地域係数 $Z=1.0$ とすると、表 7.1.15 より $K_s=0.6$ より設計震度は、

$$\text{設計用水平震度 } K_H = 1.0 \times 0.6 = 0.6$$

$$\text{設計用鉛直震度 } K_V = K_H / 2 = 0.3$$

(1)に代入して、

基礎の幅方向に転倒しようとする場合は、

$$3,332 > 3,091$$

基礎の長さ方向に転倒しようとする場合は、

$$3,998 > 3,091$$

以上よりこの基礎は設計震度に対して転倒しないと判断できる。

[資料 3]

集熱器の風荷重計算

固定部にかかる力は[資料 1] 計算例 2 と基本的には同じであるが、異なるのは風力係数である。したがって、下記条件の時の集熱器 1 面あたりの風荷重の計算例を示す。

<機器仕様>

集熱器総面積 $A : 20.0\text{m}^2$

集熱器架台傾斜角 $\theta : 40^\circ$

<屋根面>

陸屋根

<設置条件>

愛知県名古屋市

都市計画区域外で建物が並んでいる中の住宅

(地表面粗度区分 II)

高さ $H : 15\text{m}$

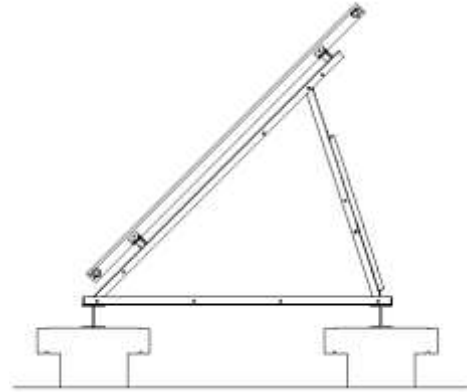


図 7. s3. 1

$$\text{風荷重 } P = C \times q \times A$$

において、風力係数 C は 7.1.5 風力係数 C の(1)および(2)式より

$$\text{正圧} : 0.65 + 0.009 \theta = 1.010$$

$$\text{負圧} : 0.71 + 0.016 \theta = 1.350$$

速度圧 q は建設省告示第 1458 号より、

$$q = 0.6 \times V_0^2 \times E \times I$$

名古屋市の基準風速は表 7.1.5 より

$$V_0 = 34 \text{ m/s}$$

$$\text{環境係数 } E = E_r^2 \times G_f$$

係数 E_r は表 7.1.3 より、地表面粗度 II のとき、 $Z_b (=5) < H (=15)$ から

$$E_r = 1.7 \times (H/Z_G)^\alpha = 1.7 \times (15/350)^{0.15} = 1.06$$

ガスト影響係数 G_f は表 7.1.4 より、地表面粗度 II のとき

$$G_f = 2.17$$

従って、

$$E = (1.06)^2 \times 2.17 = 2.45$$

用途係数 I は表 7.1.6 より、通常の太陽熱利用システムるとき

$$I = 1.0$$

従って

$$q = 0.6 \times 34^2 \times 2.45 \times 1.0 = 1690.7 \text{ N/m}^2$$

以上より、

$$\text{正圧の時} : \text{風荷重} = 1.010 \times 1690.7 \times 20 = 34152.1 \text{ N} = 34.15 \text{ kN}$$

$$\text{負圧の時} : \text{風荷重} = 1.350 \times 1690.7 \times 20 = 45648.9 \text{ N} = 45.65 \text{ kN}$$

これを集熱器にかかる風荷重とし、固定金具、ボルト等の強度を確認する。

[資料 4]

平成 23 年 9 月 7 日付国住指第 1672 号により、「建築物に設ける電気給湯器等の転倒防止措置の考え方」において、該当機器の取付部分について、荷重及び外力によって生じる力に対して安全上支障のないことが確かめられた場合以外にも、下表のように、設置する場所及び重量別に、用いるアンカーボルトの種類と本数が示された。

従って、太陽蓄熱槽の設置の参考に抜粋する。

場所	重量	ボルト種類	ボルト数
上層階 および 屋上	300kg 以下	M8 以上かつ埋め込み長さ 100mm 以上の J 形埋め込みアンカー	3 本以上
		M12 以上かつ埋め込み長さ 60mm 以上のおねじ形あと施工アンカー	
		M10 以上かつ埋め込み長さ 45mm 以上のおねじ形あと施工アンカー	4 本以上
		M10 以上かつ埋め込み長さ 100mm 以上の J 形埋め込みアンカー	
	550kg 以下	M20 以上かつ埋め込み長さ 90mm 以上のおねじ形あと施工アンカー	3 本以上
		M8 以上かつ埋め込み長さ 100mm 以上の J 形埋め込みアンカー	
		M12 以上かつ埋め込み長さ 60mm 以上のおねじ形あと施工アンカー	4 本以上
		M10 以上かつ埋め込み長さ 45mm 以上のおねじ形あと施工アンカー	
上記以外	300kg 以下	M8 以上かつ埋め込み長さ 100mm 以上の J 形埋め込みアンカー	3 本以上
		M12 以上かつ埋め込み長さ 60mm 以上のおねじ形あと施工アンカー	
	550kg 以下	M8 以上かつ埋め込み長さ 40mm 以上のおねじ形あと施工アンカー	4 本以上
		M10 以上かつ埋め込み長さ 45mm 以上のおねじ形あと施工アンカー	

表 7. s4. 1 転倒防止用アンカーボルト

平成 23 年 9 月 7 日付国住指第 1672 号より

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で暖房を重視した集熱面積すると、中間期や夏期に過集熱が問題となり、対策が必要である。また、夏期にシステム停止が予想される場合も同様である。例えば、集熱器が空焚き状態の高温に耐えられる材料を選定して落水式にする、あるいは構成部材がシステム圧力の上昇に耐えられるものにして密閉形とし、沸騰による空焚きを回避する、又は放熱部を設けるなどとする。
- (2) 集熱系、給湯系および蓄熱槽等の保温材は厚いほうが望ましいが、施工性やコスト等を考慮して決定する。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。
- (3) 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。
- (4) 蓄熱槽や貯湯槽は、その容量や設置場所を考慮して適切に選択する。
- (5) システム内の凍結予防は、現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。
- (6) 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ない圧力にすること。

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) 方位角は基本的に真南（0°）とするが、都合によって真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

- (1) 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。
- (2) 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、一般的には水溶液にして使う。また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、不凍液の循環系を構成する材質に応じた腐食抑制剤を添加する。
- (3) 熱媒や腐食抑制剤には寿命があり、定期的な点検などにより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) 蓄熱槽やボイラー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、飛まつ水などが本体や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 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	循環水 (20℃以下)	補給水	低位中温水系		高位中温水系			
	循環水	補給水	一過水			循環水 (20℃を超 60℃以下)	補給水	循環水 (60℃を超 90℃以下)	補給水		
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℃) ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (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	○	○
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	50 以下	30 以下	○	
硫酸イオン ($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{l}$)	200 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 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		○
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	○	
アンモニウムイオン (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	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○

8.2.6 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。

8.3 関連法規、参考文献

8.3.1 関連法規（代表的なもの）

(1) 建築関連の法規・条例，建築構造との関連

法規・条例	関連法令
法律（国会の議決）	建築基準法
	水道法
	消防法
政令（内閣の制定）	建築基準法施行令
	水道法施行令
省令（大臣の発令）	建築基準法施行規則
	水道法施行規則
告示（技術的基準を官報に掲載）	国土交通省告示
地方自治法規－条例；規則	（例）東京都建築安全条例
	（例）東京都建築基準法施行細則
	（例）東京都告示
外装材（屋根・壁）の安全に関する技術的基準 1)構造耐力上の安全性（積雪荷重・風圧力・地震力等に対する安全） 2)防火性、耐火性（火災による破壊、変形、脱落に対する安全） 3)耐久性、耐候性（腐朽・腐食等による破壊、変形、飛散に対する安全） 4)使用上の安全性（関係者の生命、健康の損害を与えないための安全）	

(2) 建築物の立地

分類	関連法規・条項	表題
防火地域 準防火地域	法第61条 法第62条 法第63条 令第113条 令第136条の2 令第136条の2の2 告示1384号	防火地域内の建築物 準防火地域内の建築物 屋根 木造等の建築物の防火壁 建築物の技術的基準 屋根の性能に関する基準 外壁・屋根の構造方法
指定区域	法第22条	屋根

(3) 建築物の構造強度

分類	関連法規	表題
風圧力、積雪荷重、地震力などに対する構造強度	法第20条 令第36条 令第37条 令第39条 令第82条の5 令第83条 令第86条 令第87条 令第88条 告示1348号 告示1388号 告示1389号 告示1447号 告示1454号 告示1455号 告示1458号 告示1918号	構造耐力 構造計算に関する技術的基準 構造部材の耐久 屋根ふき材等の緊結 屋根ふき材等の構造計算 荷重及び外力の種類 積雪荷重 風圧力 地震力 屋根ふき材、外装材及び屋根に面する帳壁の基準 建築設備の構造耐力上安全な構造方法 屋根上から突出する水槽、煙突等の基準 建築設備の構造耐力上安全な構造方法 Eの算出方法、Vo及び風力係数の数値 多雪区域、垂直積雪量の基準 屋根ふき材及び野外に面する帳壁の風圧にZの数値、Rt及びAiの算出方法並びに地盤が著しく軟弱な区域として特定行政庁が指定する基準

(4) 水道法関連

分類	関連法規・条項	表題
水道を受ける装置	法第16条	給水装置の構造及び材質
水道を受ける装置の基準	令第4条	給水装置の構造及び材質の基準
塩素濃度	則第16条の2	衛生上必要な措置

その他、消防法やその地域の条例等を必要に応じて関係窓口（設置場所の役所建築課など）に確認する。

8.3.2 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
- (2) 公共建築工事標準仕様書 1「機械設備工事編・太陽集熱器」((社)公共建築協会)
- (3) 公共建築工事標準仕様書「電気設備工事」((社)公共建築協会)
- (4) 建築設備設計基準「太陽熱利用システム」(国土交通省)
- (5) 「温水系水質基準(JRA-GL-02)」((社)日本冷凍空調工業会)
- (6) 「ソーラー建築デザインガイド：2007年」(NEDO)
- (7) 「大・中規模太陽熱利用システムの事例紹介」(矢崎総業(株))
- (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) 「空調基礎教育テキスト」(矢崎総業(株))
- (11) 「機械設備工事管理指針」(国土交通省監修)
- (12) 「建築設備耐震設計・施工指針2005年版」(国土交通省監修)

業務用ソーラーシステム技術小委員会

主査	高橋 信行	矢崎エナジーシステム(株)
委員	竹内 玄	OMソーラー(株)
委員	河野 誠二	(株)サンジュニア
委員	城出 浩作	(株)ノーリツ
		(2013年3月1日よりソーラーシステム振興協会)
委員	石野 裕嗣	東京ガス(株)
委員	大塚 佳孝	(株)寺田鉄工所
委員	角井 俊成	(株)ヒラカワ
委員	浅井 俊二	矢崎エナジーシステム(株)
		(一般社団法人ソーラーシステム振興協会顧問)

オブザーバー	白木 宏任	富士エネルギー(株)
オブザーバー	田村 顕雄	サピオ(株)
オブザーバー	峯 考式	(株)大阪テクノクラート
オブザーバー	松原 為敏	大阪ガス(株)
オブザーバー	阿波田 覚	日比谷総合設備(株)
オブザーバー	鈴木 伊佐夫	(株)太陽光

事務局	一般社団法人ソーラーシステム振興協会	時岡 義雄
	一般社団法人ソーラーシステム振興協会	水谷 真奈美

業務用太陽熱利用システムの設計・施工ガイドライン

初版 平成 25 年 4 月
編集 業務用ソーラーシステム技術小委員会
発行 一般社団法人ソーラーシステム振興協会
〒103-0028
東京都中央区八重洲 1-6-3 小鉄ビル 4F
TEL:03-5203-9111 FAX:03-5203-6660