

実践編

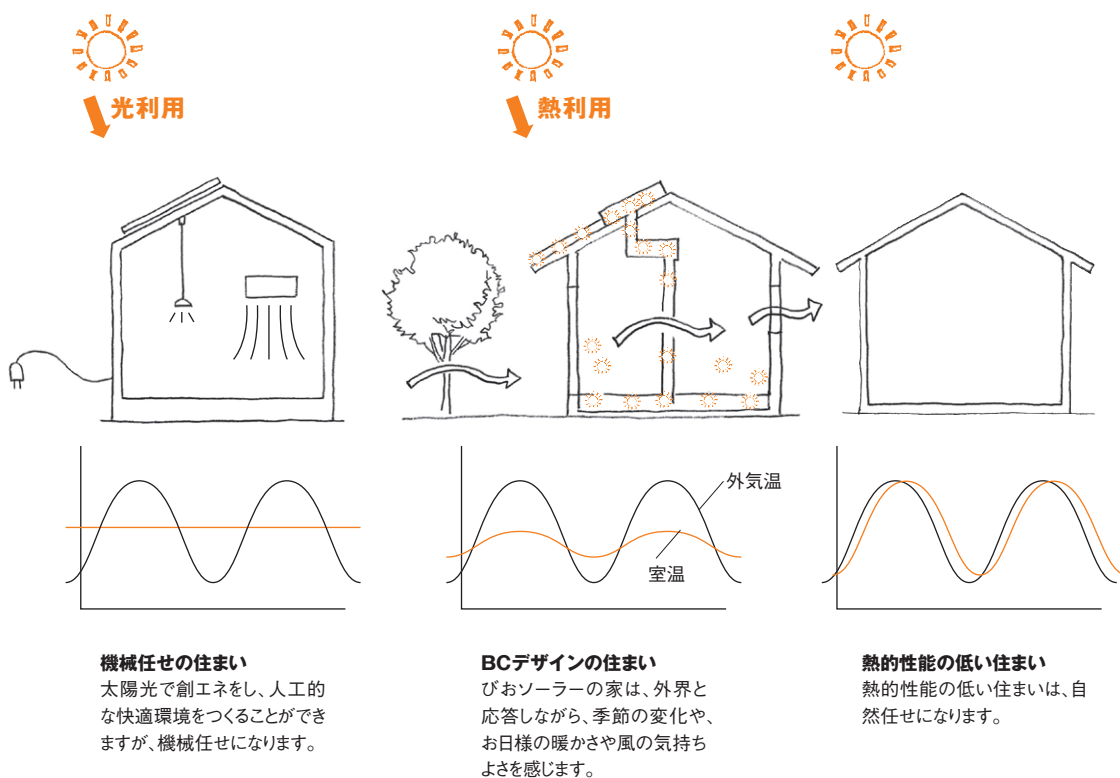
A

びおソーラーの
しくみ

住まいの快適環境をつくる方法は、さまざまあります。現在の技術においては、光や熱を人工的に作り出すことができ、温度、湿度、明るさなどをボタン一つで自在にコントロールすることもできます。でも、それは自然から隔離されたとても味気ない住まいではないかと考えます。

もっと、外界と応答しながら自然を感じて住まうことを、「もっと建築でやろう」と考えました。まず「閉じる技術」により、基礎体力となる熱的性能をもった建築をつくり、その上で「開くデザイン」によって、自然エネルギーを積極的に取入れます。

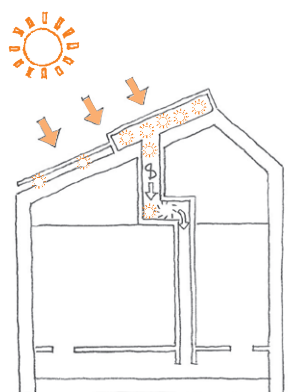
びおソーラーの家は機械任せにせず、住まい手が太陽や風と対話し、肌で感じ手足を動かして、心地よくなるように建物を調整しながら暮らします。そんな、生命・生態 (Bio) と地域気候・風土 (Climatic) が生み出すバイオクライマティック デザインを、私達は「BCデザイン」と名付けました。



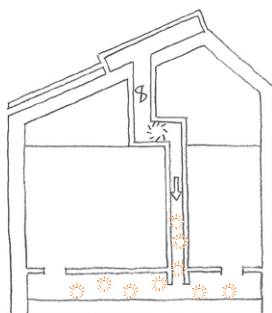
びおソーラーの家は、外界と応答しながら「集熱」「蓄熱」「断熱・気密」のバランスをとり、室内環境をつくっています。

1 熱の3要素

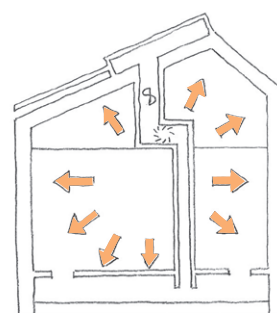
- ①「**集熱**」は、外界の熱を取入れることです。窓から入る日射も集熱ですが、特にびおソーラーでは屋根(壁)で熱を集めることが大きな集熱となります。
- ②「**蓄熱**」は建物に熱が蓄えられることです。建物は中の空気も含めてどこかに熱を貯めるようになっていますが、びおソーラーでは、屋根(壁)で集熱した熱を床下の蓄熱体に蓄えます。
- ③「**断熱・気密**」は、屋根や壁、床から伝導によって熱が逃げることで、空気そのものが熱を運んでいくことを遮ることです。最近は一昔前より高断熱・高气密の住宅が普及してきています。これは、人の体でいうと基礎体力のようなもので、断熱・気密性能が低いと、せっかく集熱、蓄熱した熱も無駄になってしまいます。



集熱
熱をたくさん集める。



蓄熱
熱をゆっくり熟成する。



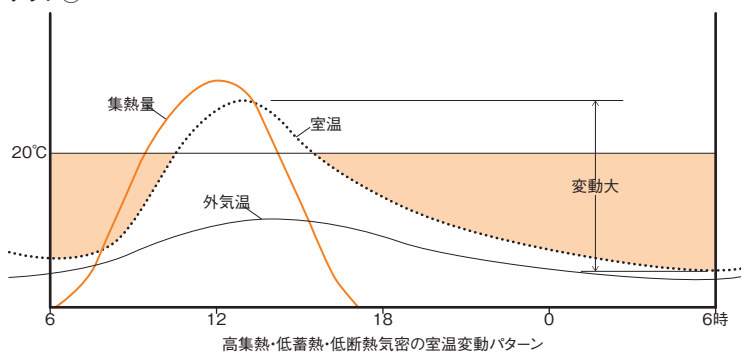
断熱・気密
熱(暖・涼)を持続させる。

2 集熱、蓄熱、断熱・気密の違いによる自然室温の変化

以下の5つのグラフは、集熱、蓄熱、断熱・気密の違いによる自然室温の変移をイメージしたグラフです(20℃の線は特別意味を持っているわけではありません)。グラフ①～④は集熱量が一定量ある場合、グラフ⑤は集熱量が小さい場合です。集熱、蓄熱、断熱・気密の3要素がバランスをとることが重要なことがわかります。

出典:「パッシブデザインとOMソーラー」 奥村昭雄 著

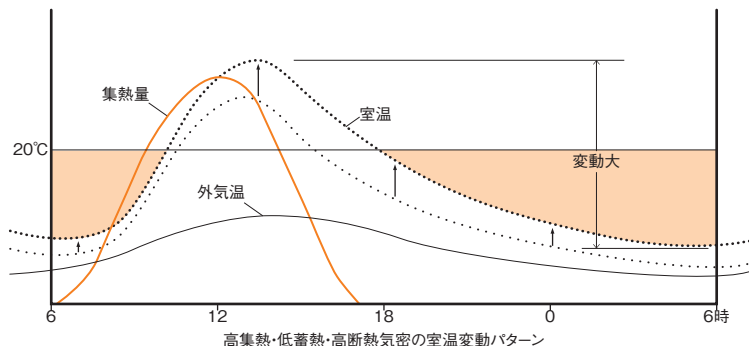
グラフ①



集 熱	○
蓄 熱	×
断熱・気密	×

集熱はあるけれど、蓄熱と断熱・気密が低いグラフです。室温は集熱量に追従して上がりますが、集熱量が低下し始めると室温も下がり、変動幅が大きいです。

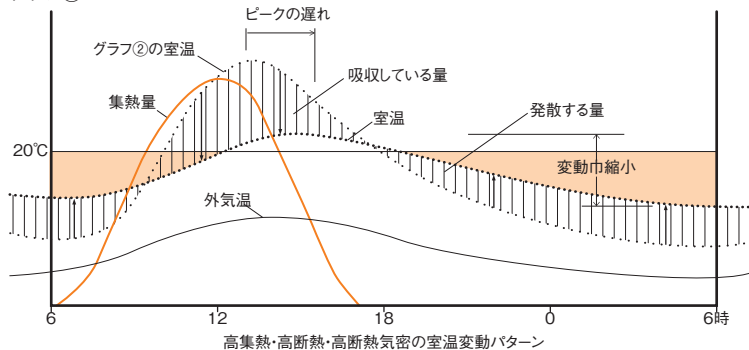
グラフ②



集熱	○
蓄熱	×
断熱・気密	○

①に、断熱・気密を向上させたグラフです。同じ集熱量に対して逃げる熱が減るので、室温のカーブは上へ上がりますが、変動幅は大きくなります。

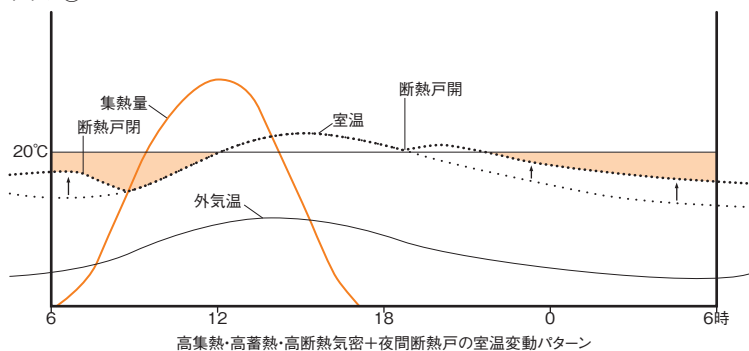
グラフ③



集熱	○
蓄熱	○
断熱・気密	○

②に、蓄熱を向上させたグラフです。蓄熱体が熱を吸収したり発散したりするので、室温の変動が、大幅に縮小します。また、ピーク時が後ろへずれます。

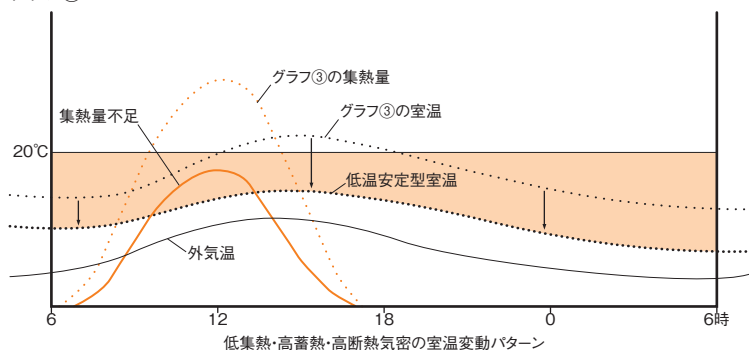
グラフ④



集熱	○
蓄熱	○
断熱・気密	○ + 夜間に断熱戸を使用

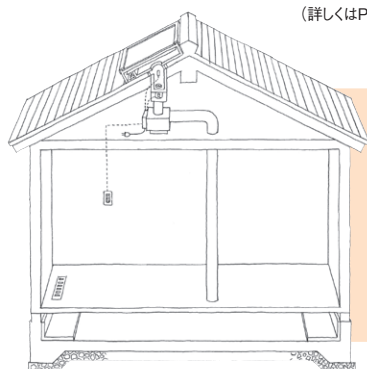
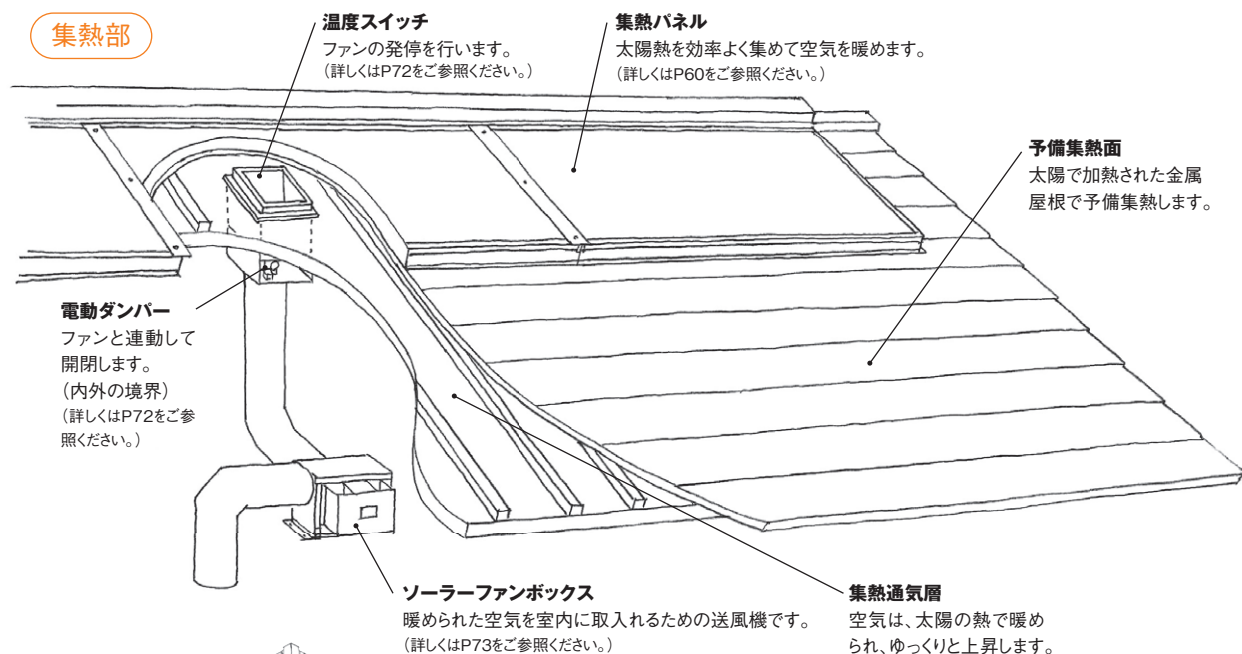
③に、夜間、断熱戸を使用した時のグラフです。戸を閉めたとき室温が上がります、開けると戻ります。

グラフ⑤



集熱	×
蓄熱	○
断熱・気密	○

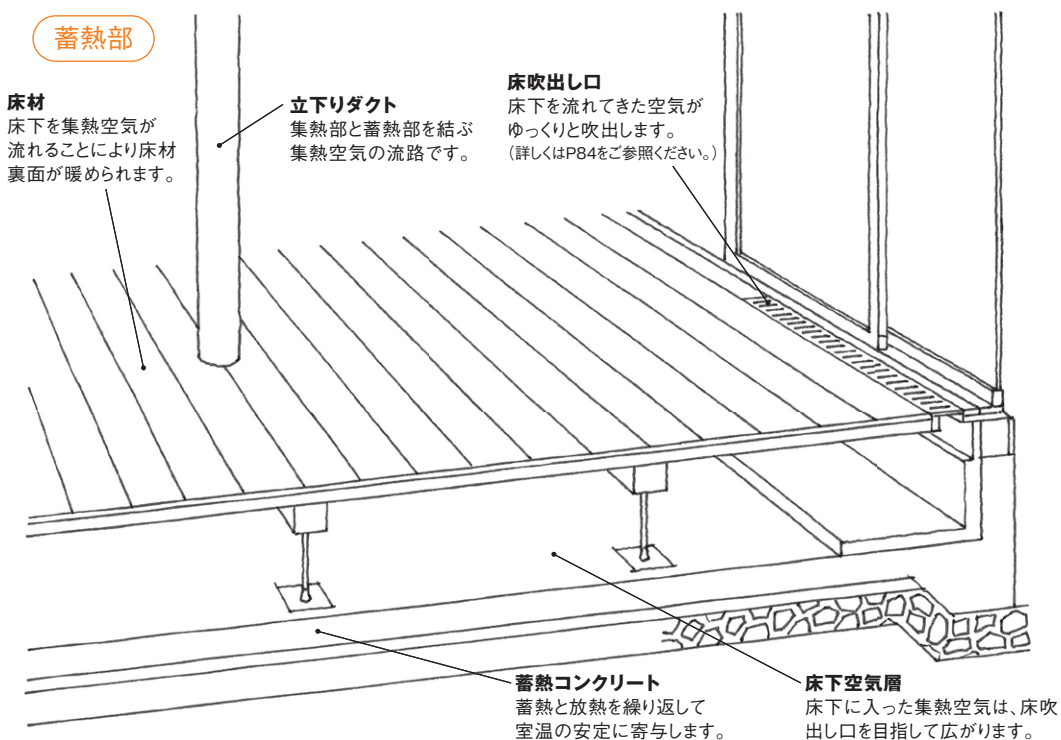
③に、集熱を低下させたグラフです。蓄熱量に対して集熱量が少ない場合、大部分が蓄熱に取られてしまうので、変動幅は小さくなりますが、全体的に室温が下がってしまいます。集熱と蓄熱のバランスが大切です。



びおソーラーは、外部と応答しながら、

- ↓日当たりのいい屋根や壁から太陽熱を集め、
- ↓床下に蓄熱させ、
- ↓時間差でゆっくり室内を暖めて、

内部の温熱環境を底上げします。



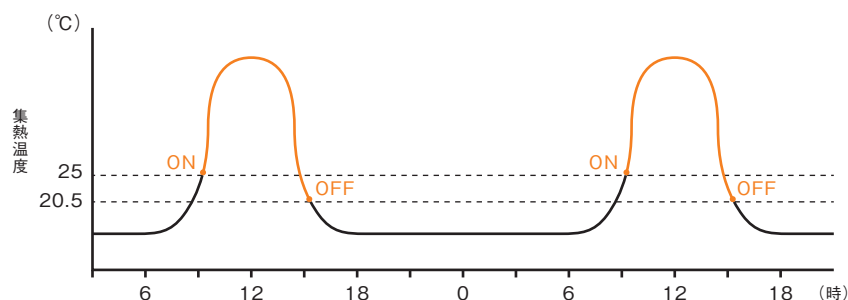
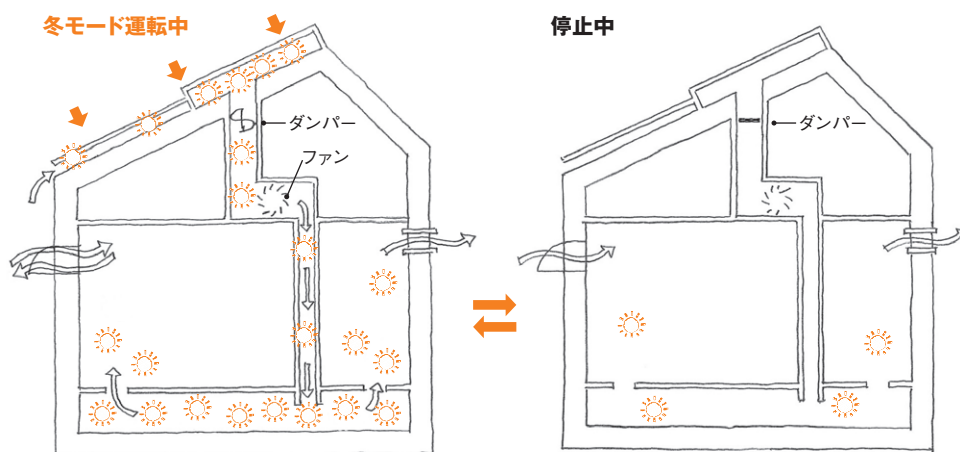
びおソーラーの働きには、「冬モード」と「夏モード」の2つがあります。この2つのモードによって、四季を通じまた周辺環境に応じて室内環境を快適なものにします。「冬モード」と「夏モード」の切替えは住まい手が手動で行います。

1 冬モード

新鮮な外気を暖めながら屋根面で集熱し、ソーラーファンによってその熱を床下に移送します。床下に入った熱は床吹出し口から室内に運ばれるとともに、土間コンクリートにも蓄熱をします。夜になって室温が下がったら、蓄熱された熱が放射されて室温の急激な低下を抑えます。

冬モードは、集熱パネルの温度が25℃になると運転を開始し、20.5℃で停止します。太陽が出ない夜間や天気の悪い日には、外気の取入れは行いません。必要に応じてエアコンやストーブなどで暖房します。

高断熱・高気密の家は、換気が大切です。通常は、換気によって外気が入ると暖めた室温が下がってしまいますが、びおソーラーは太陽で暖めた空気を室内に取込むので、室温を下げることなく換気することができます。また、吸気量が増えるので、新鮮な外気をたくさん取入れることができます。

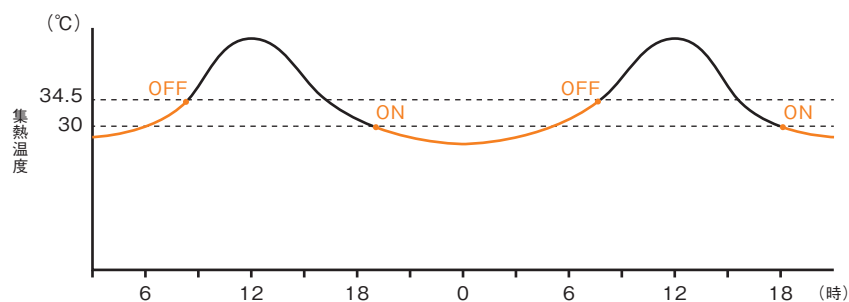
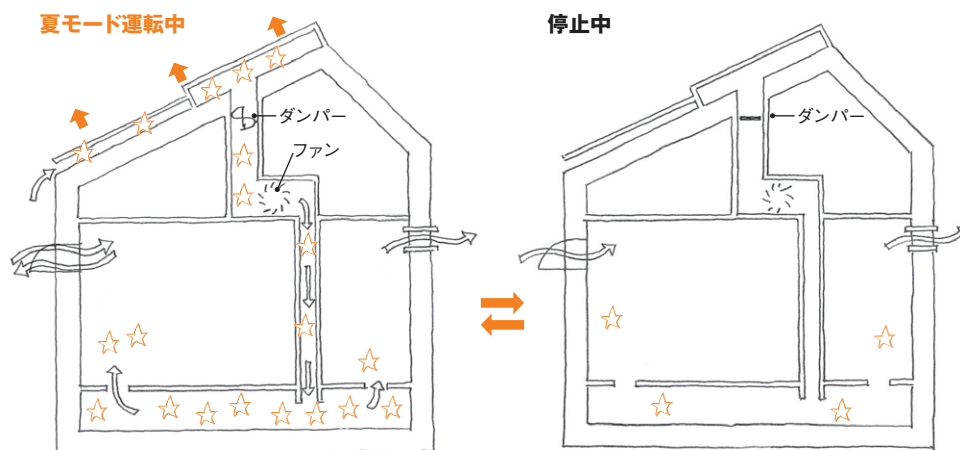


冬モードのON/OFFの時間帯と集熱温度のイメージ

2 夏モード

夏の日中は、ファンが停止していますので、熱い空気は入ってきません。夜、太陽が沈んで気温が下がると、涼風取入れをします。屋根の取入れ口から入った空気は、放射冷却により温度が下がり除湿もされた空気になって床下に移送し、蓄冷されます。防犯上、窓を開けられない場合でも、寝苦しくない夜を過ごすことができます。

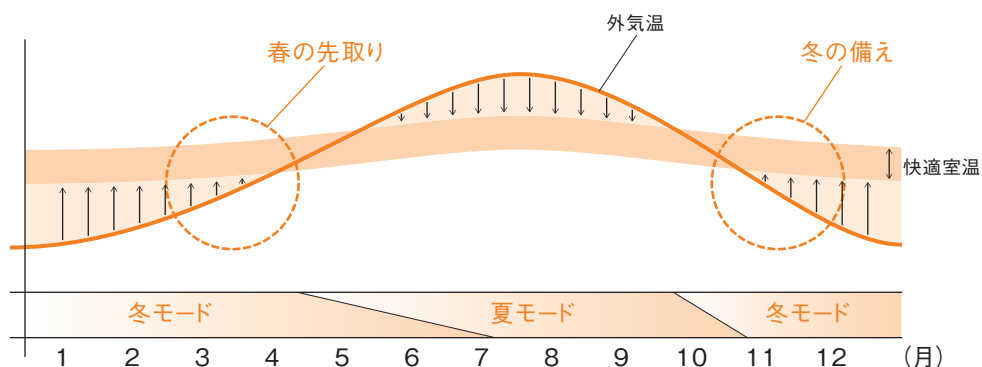
夏モードは、集熱パネルの温度が30℃になると運転を開始し、34.5℃で停止します。建物の周辺環境や気候条件によっては夜間でも温度が下がらず、涼風取入れは行われない場合もあります。



夏モードのON/OFFの時間帯と集熱温度のイメージ

3 一年を通じてのびおソーラー

びおソーラーは、冬と夏だけに運転するものではありません。四季を通じて、冬モードと夏モードを上手に切換えて、室内環境を調整します。春、外気温がまだ低い時でも屋根には太陽が降り注いでいます。屋根で暖まった熱を室内に取込むことで、いち早く春を感じることができます。また、秋になって朝晩だけ暖房が欲しくなる時も、太陽の熱で寒さも和らぎ冬への備えとなります。春秋の中間期も存分に太陽の熱を活用できます。



秋

夏が終わり、朝夕が涼しいと感じてきたら、「冬モード」にします。太陽の熱を床下にとって、夏の蓄冷で冷えている土間コンクリートに熱を貯め始めます。日中、室内が暑いと感じる時は、窓を開けるなどして調整をし、びおソーラーの運転は極力止めないようにします。

冬

暖房を必要とする時期は、「冬モード」で太陽熱を家の中に取り込みます。毎日の集熱・蓄熱・放熱のサイクルと、建物の断熱・気密性によりコツコツ暖かさを貯めて、穏やかで心地よく暮らせませす。

春→夏

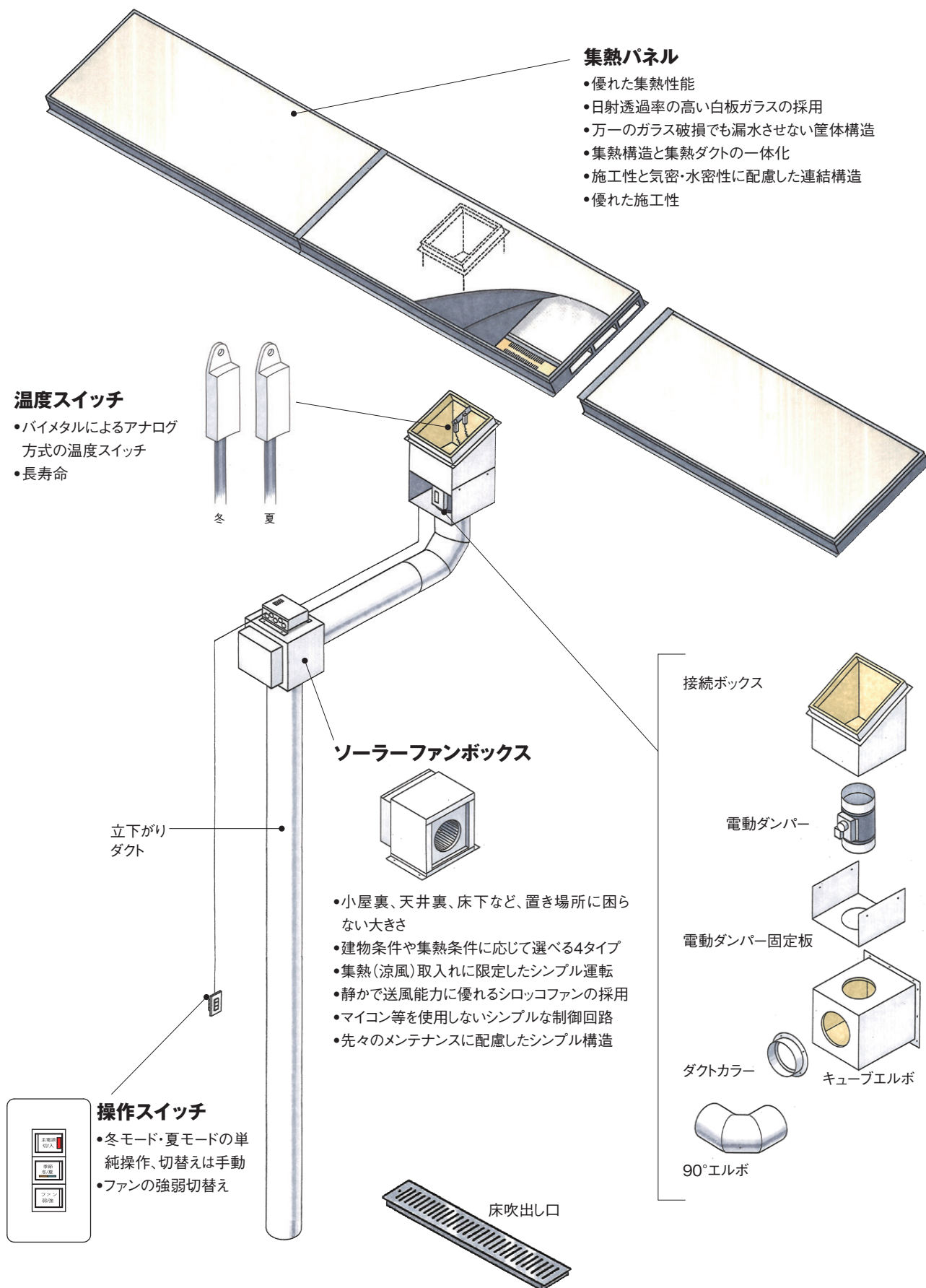
気温が上がリ暖房が不要になってきた時期の季節モードは、朝晩の温度で判断します。朝晩がまだ寒いようならば、「冬モード」。夜間も暖かいと感じてきたならば、「夏モード」を選びます。

梅雨

梅雨の時期は外のじめじめした空気を取り入れたくないので、「冬モード」にします。梅雨の中休みで晴れた日中に、暖まった集熱空気が入ってきて湿った室内を乾かしてくれ、梅雨時期でも爽快に暮らせませす。もし、暑くなり過ぎる時は「夏モード」に切替えます。

夏

梅雨が明けたら、「夏モード」に切替えます。日中はファンが停止しているので、熱い空気を室内に取り入れません。日が沈んで外気温が下がったら外気を取り入れます。

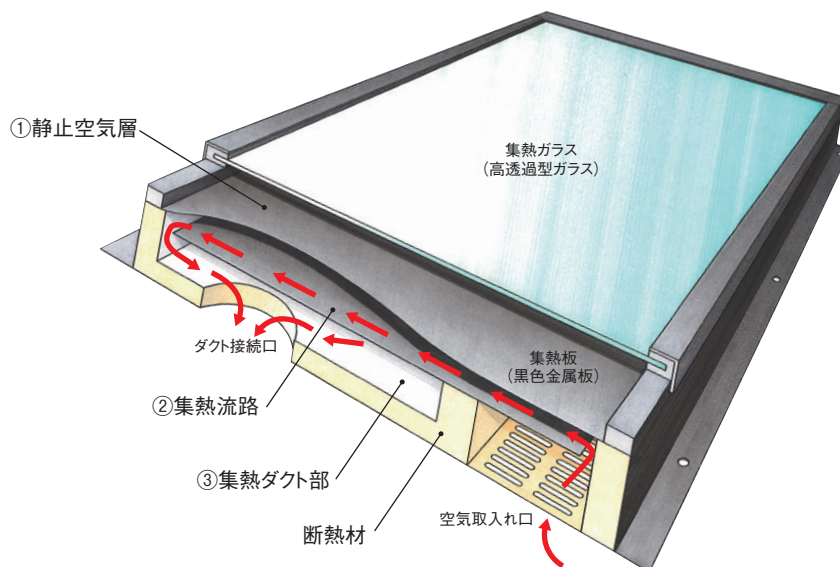


1 集熱パネルの構造

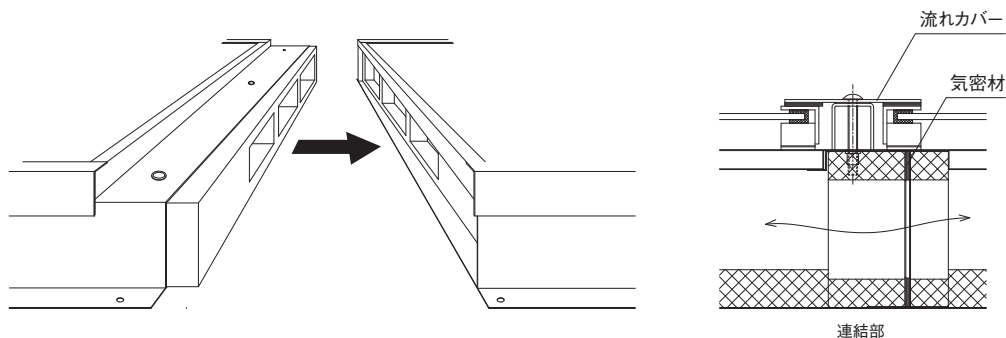
集熱パネルは、効率よく熱を集めることと面倒な集熱面の施工を簡単にするために、開発されたパネルです。集熱パネルは、下図のような三層構造になっています。

- ①最上部の集熱ガラスとその下の集熱板（黒色金属板）との間の静止空気層
- ②集熱板の下集熱流路
- ③集熱流路を通った空気を集める集熱ダクト部

外気取入れ口から入った空気は、②の集熱流路を通ることにより太陽熱を受け温度が上がります。集熱の主要部です。この時、①の静止空気層により集熱板が風などの影響を受けず、温室効果により効率的に温度を上昇させることができます。集熱流路を通して暖められた空気は、③の集熱ダクト部に集められます。ここは集熱パネルを連結した時に隣のパネル同士が繋がり、一つの空間になります。



太陽熱を集めて集約する機能がパネルとして一体化された構造になっているので、施工が容易です。パネル同士の連結部もオス・メス構造になっていて、気密・水密性が確実に得られるようになっています。



2 優れた集熱能力

集熱面をコンパクト化しています。ただ空気を暖めるための単純なものですが、いかに太陽熱を効率よく熱媒体である空気に伝えるかが重要なので、空気の流し方などに独自の工夫をしています。

下図は集熱実験のデータで、冬至頃の晴天日における外気温と集熱温度の変化を記録したものです。集熱パネル内の集熱空気流路の長さは80cm程度ですがその間で外気温+20～30℃程度まで空気温度を上げる集熱性能を有しています。

集熱実験条件

実験地:静岡県浜松市

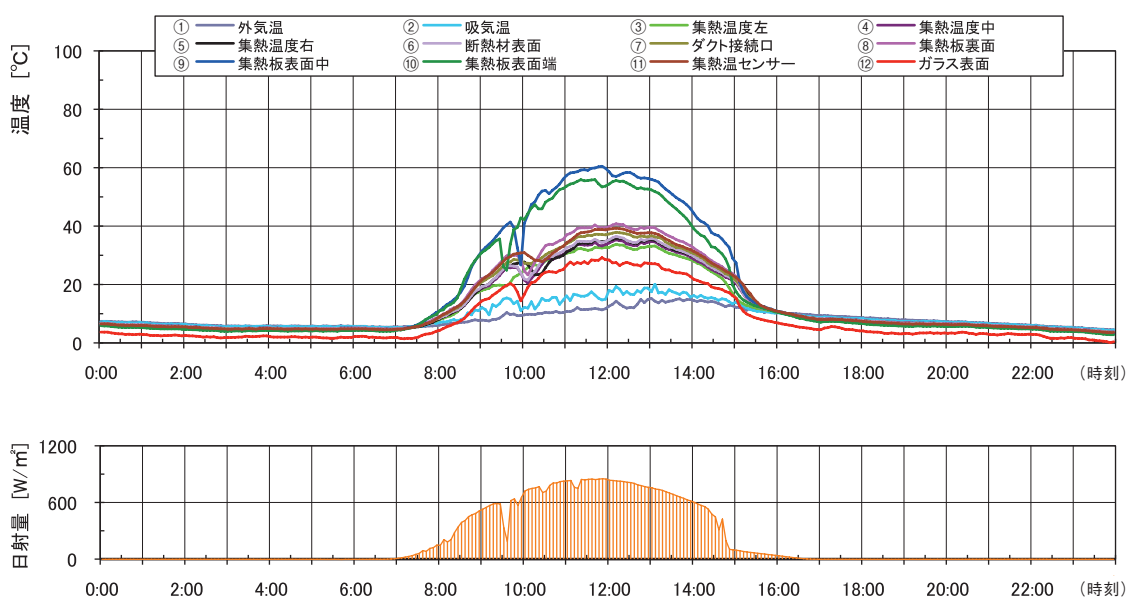
実験年月:2012年12月(冬至)

集熱パネル設置方位:南

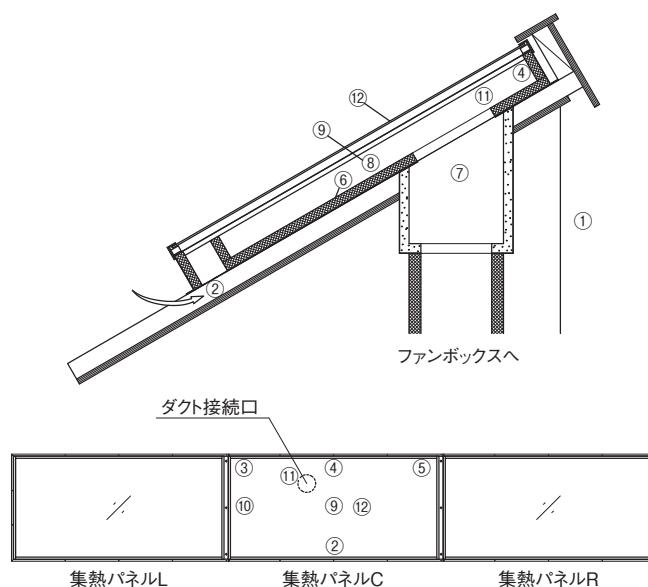
集熱パネル数:3基(約5㎡)

集熱パネル設置角度:30°

ファン送風量:180㎡/h

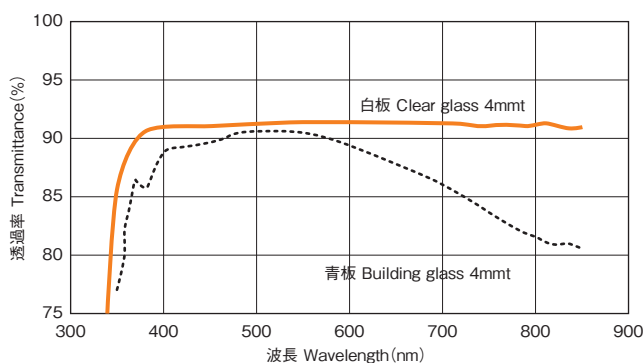


集熱実験の様子(浜松市)



3 白板(高透過型)ガラスによる集熱

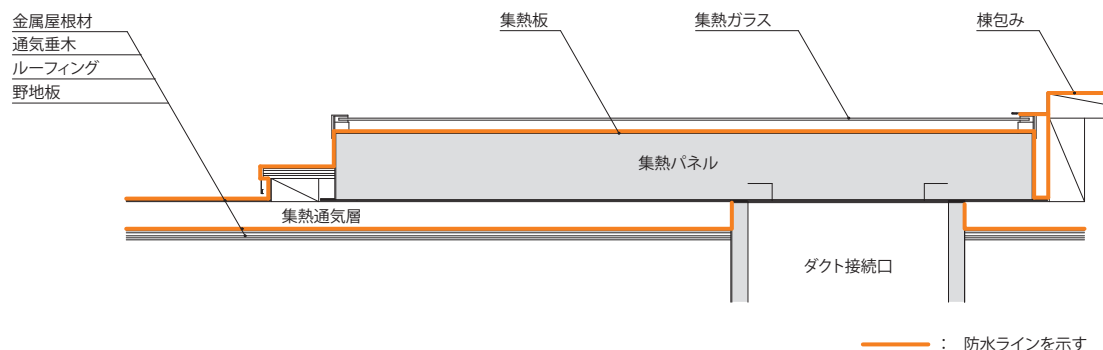
風が吹いた時、温度が下がるのを防ぐためにガラスで覆っています。入射する太陽エネルギーがガラス表面や内部での反射を抑えて集熱板にたくさん届くようにするために、日射透過率の高い白板ガラスを採用しています。耐熱性・硬質性も高く、薬品にも強いガラスです。普通ガラスの小口を見ると青色をしています、この高透過型ガラスは白く見えるので、「白板ガラス」と呼ばれます。



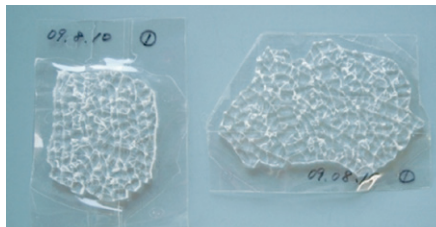
4 万が一でも漏水しない^{きょうたい}筐体構造

屋根に集熱パネルを設置する上で最も心配されるのは、何といても雨漏りです。どんなに集熱性能が良くても雨漏りの危険性があるようでは使えません。パネル本体は、金属屋根材と同じガルバリウム鋼板製なので、パネルとして単独でも使え、かつ容易に屋根材とも一体化させることができます。

集熱ガラスは、あくまで空気温度を高めるためのものであり、屋根防水の機能はガラス下にある集熱板に受け持たせています。したがって、万が一ガラスが破損してもパネル内に浸水することはありません。また、このガラスは熱処理されているので、割れた場合でも写真のような状態となり細かい粒になって飛び散ることはありません。



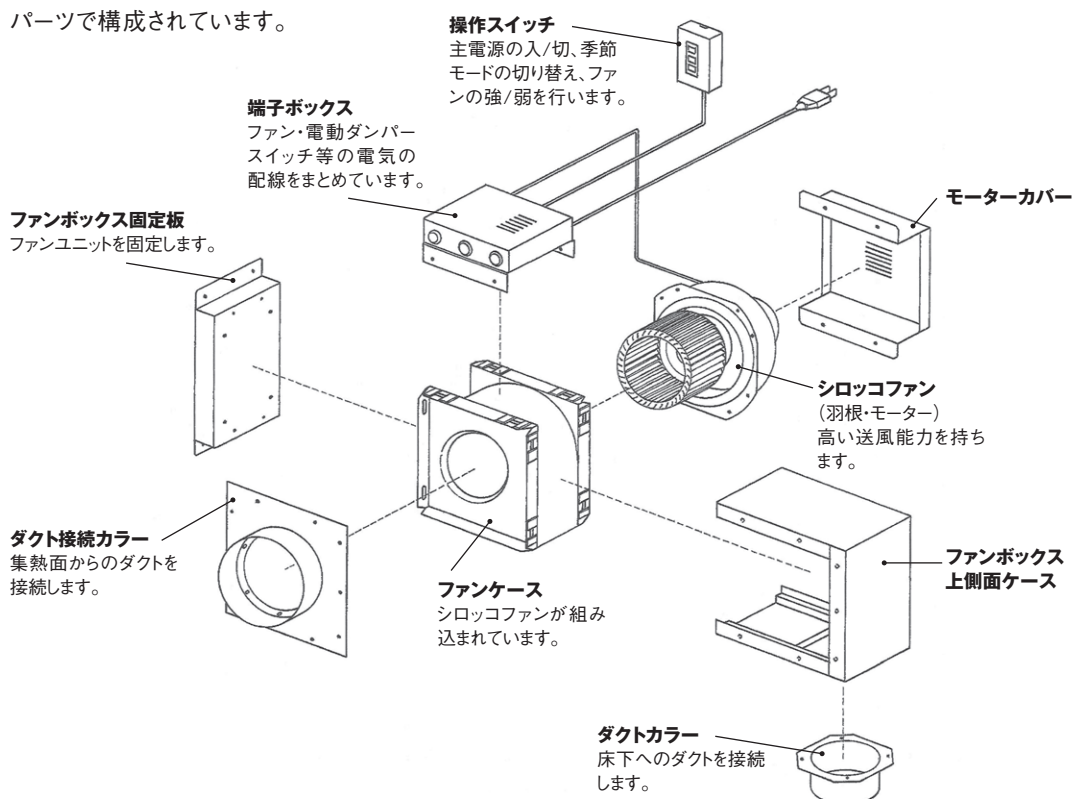
割れた集熱ガラス



空気集熱式の家にとって、ファンは生涯動き続けなければならない生命維持装置です。長く使い続けるために、ローテク、アナログであることが、一番信頼できて安心であると考えます。

1 分解できるパーツ構成

ソーラーファンボックスには、集熱パネルで暖められた空気を床下にするファンが収められ、外側には電動ダンパーや温度スイッチ、操作スイッチ等を繋ぐ電気配線をまとめた端子ボックスが取り付けられています。心臓部ともいえる部品です。そのため、万が一不具合が発生した時にでも、容易にメンテナンスできるよう、シンプルなパーツで構成されています。



長く使い続けるために

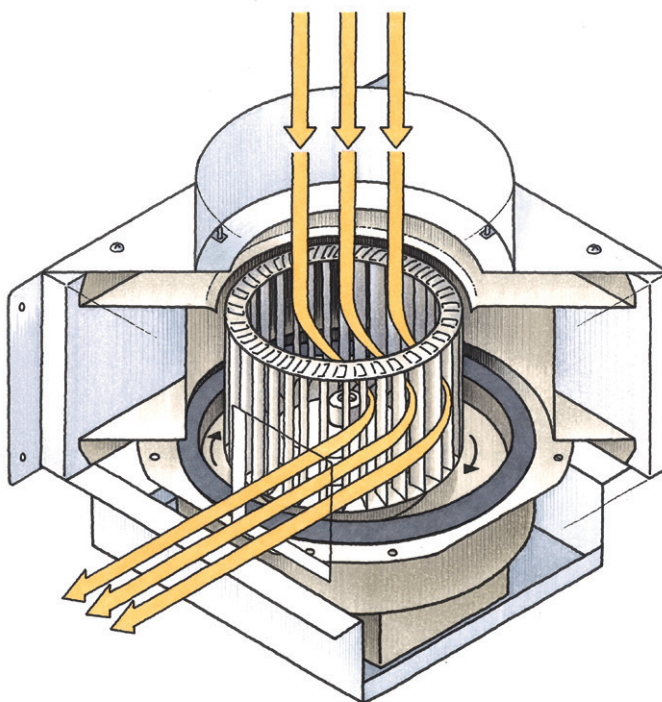
新築時は設備費用も全て合算して契約をしていますが、数年後に機械の不具合が出て修理、交換となった場合、その費用に驚いてしまうケースがあります。やむを得ず故障したまま放置すると、建物自体を劣化させる原因にもなります。機械は永久的なものではありません。不具合が発生した時に、容易に、経済的負担も軽くメンテナンスができるためには、①交換部品等が入手出来ること、②修理、交換作業のできる人がいること、③認められる範囲のメンテナンス費用で維持していけること、が大切です。

びおソーラーは、

- ①汎用部品を使用しているので、将来の部品入手が容易で、メンテナンスのコストも抑えられます。
- ②シンプルな単相二線式の電気回路の構成なので、メーカーの技術者でなくてもその家を担当した電気工事士で容易に施工できます。
- ③ローテク、アナログ技術と、汎用品で構成されているので、お財布に優しく、簡単にメンテナンスできます。

2 汎用性の高いシロッコファン

床下に空気を送るシロッコファンは、特別なものは使わず、大手メーカーが昔から製造、供給し続けている汎用性の高いものを採用しています。最新のモノの方が効率等が良くなっている傾向にはありますが、目まぐるしく変わる市場の要求の中で、それらの製品を使い続けることが可能かどうか確かな確証が得られないため、敢えて実績のあるものを採用しました。

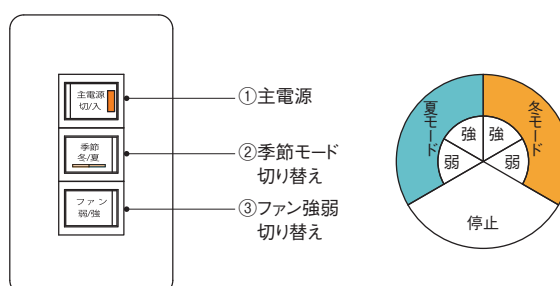


3 端子ボックスと配線

端子ボックスには、予め主要な配線が施されており、単層二線式の電気回線なので、電気工事も容易にできます。また、ソーラーファンボックスから取外して、別置きすることもできます。

4 単純な操作スイッチ

操作スイッチには、多機能な表示機能はありません。「見える化」と称して多機能なコントローラが登場していますが、毎日の暮らしに本当に必要かを考え、高機能で高価格なコントローラは止めました。集熱面の温度が上がってファンが動き出せば、主電源スイッチのパイロットランプが点灯するので、住まい手には運転しているのか、止まっているのか一目でわかります。

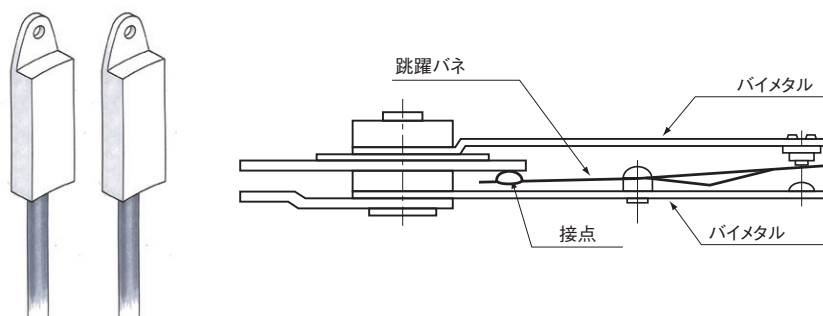


1 バイメタル式温度スイッチ

今どきの設備機器はマイコンで制御するのが一般的ですが、びおソーラーはお日様の都合に合わせて運転しています。日が昇って温度が上がったら動き、温度が下がったら止まるを繰り返すだけの至ってシンプルなもので、マイコン等の電子部品を一切使わず、スイッチとファンだけで動かしています。

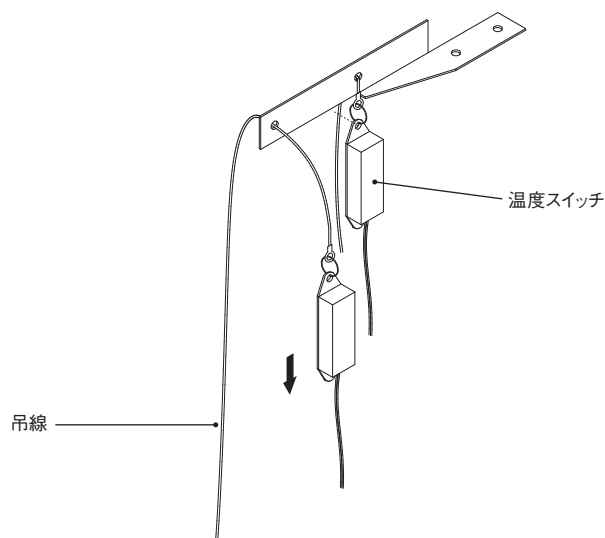
びおソーラーは、冬モードでは集熱パネル内が25℃以上になると運転を開始し20.5℃で停止、夏モードでは30℃以下になると運転を開始し34.5℃で停止するような設定になっています（任意の温度仕様のものも製作可能です）。ON/OFF は、バイメタル式サーモスタットにより自動的に切替わります。

バイメタル(Bi-metal)とは、熱膨張率が異なる2枚の金属板を貼合わせたもので、温度変化によって曲がり方が変化する性質を利用しています。材料の歪みが生じない平らなバイメタルを、精度をあげるために2枚使用しています。跳躍バネの材料はベリリウム銅で、1000万回以上の繰返し動作にも耐えられる半永久的な寿命を持っています。



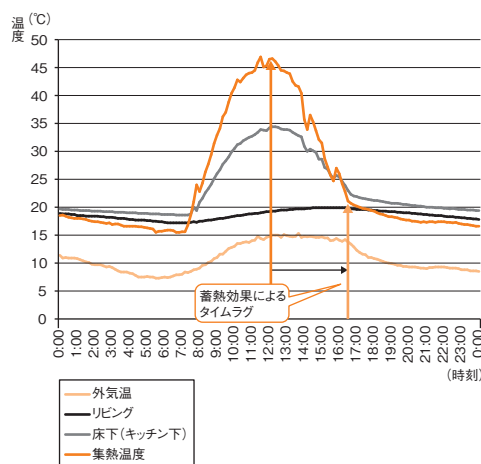
2 温度スイッチ吊線

耐久性に優れたバイメタル式温度スイッチですが、さまざまな理由で故障することが考えられます。将来のメンテナンスを考慮して、温度スイッチは温度スイッチ吊線によりぶら下がっています。万一故障した時は、ケーブルを引っ張ることでスイッチが手元に降りてきて、簡単に温度スイッチの交換ができます。



1 蓄熱の効果

びおソーラーは、日中に集熱した太陽エネルギーを床下の土間コンクリートに蓄熱させます。集熱時の高い温度の空気を室内にダイレクトに送込まないので、急激な室温の上昇を抑えると共に、夜間の放熱による急激な室温低下も防いでくれます。穏やかな温熱環境をつくるための影の主役は「蓄熱」なのです。



右グラフは、冬の1日の温度測定結果です。集熱温度は正午にピークをむかえますが、床下の土間コンクリートに蓄熱されるために、リビングの室温は遅れて上昇し、15～16時頃にピークとなります。その後は徐々に下がり始めますが、その変化は穏やかです。天気の良い日でも室温変動の傾向は変わりません。

2 蓄熱部の材料

蓄熱部位に用いる材料には、次の特性を持つものが適しています。

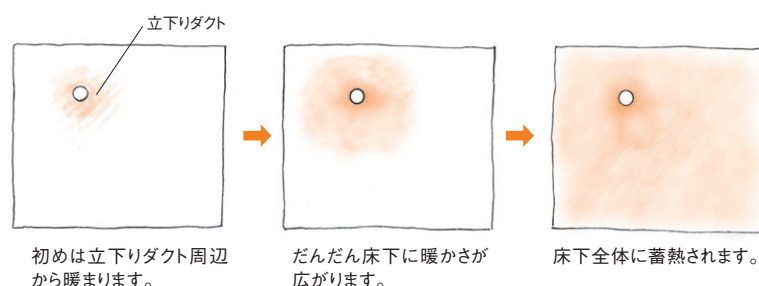
- 熱容量(容積比熱)が大きいこと
- 熱が伝わりやすいこと
- 表面からの熱の吸収、放散が速やかに行われること

土間コンクリートを蓄熱体とするのは、建築の基礎として存在しているのでコストが抑えられるからです。また、既存改修の場合は水蓄熱なども有効ですし、木造住宅の2階床下の場合は、木質繊維断熱材を充填することも蓄熱に効果があります。

3 蓄熱は一日にしてならず

びおソーラーの蓄熱は、毎日コツコツ熱を貯めています。床吹き出し口から出てくる風が、体温より低く暖かいと感じないのは、床下の土間コンクリートに蓄熱されているからです。また、新築直後のびおソーラー運転開始時は、土間コンクリートが十分に乾いていないため、熱を奪われてしまうことが多く、蓄熱と放熱のバランスがとれていません。その後蓄熱を毎日繰り返すことで、コンクリートはだんだん乾いてきます。蓄熱は即効性があるものではなく、時間をかけてゆっくり、安定した温度になります。

土間コンクリートは、立下りダクトの周辺から暖まり、だんだん遠くに暖かさが広がっていきます。スムーズに床下に空気を流すためにも、基礎形状や床吹き出し口の配置などに配慮が必要です。

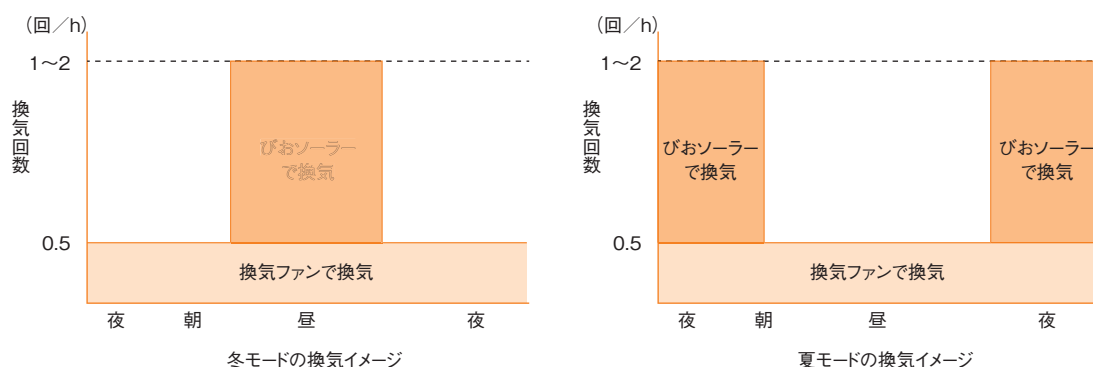


1 びおソーラーの換気効果

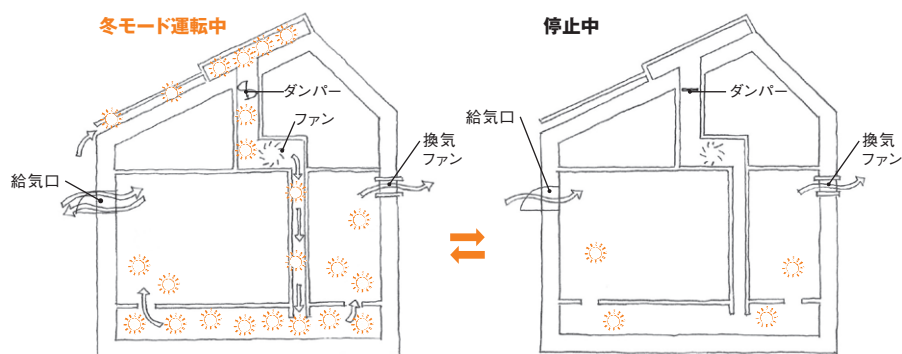
昔の木造住宅は、壁や天井やその取合い部などの隙間から内部と外部の空気が行き来し、自然に換気が行われていました。しかし、建物の断熱・気密性能が高くなるとそのような自然換気が減るため、計画的な換気が必要になります。

建築基準法でも2003(平成15)年に、0.5回/時以上の24時間換気設備の設置が義務化されました。びおソーラーは温度によってファンが発停するので、建築基準法による24時間換気設備には該当しません。建築基準法に則った計画換気を行ってください。(びおソーラーによる吸気は24時間換気にプラスするものです。)

びおソーラーの運転時は外気を吸気し、その換気量は1～2回/時程度になります。換気量が多いことは困りませんが、ただ冬に冷たい外気が入ってきたり、夏に湿気の多い空気がたくさん入ってくることはかえって室内環境を悪化させます。この点、びおソーラーは、冬は太陽熱で暖められた空気を、夏は夜間放射冷却で涼しく除湿された空気を取込みますので、「寒くならない、暑くならない換気システム」です。



びおソーラーの停止中の換気は、24時間換気の計画通り、給気口から吸気した空気が換気ファンによって排気されます。びおソーラーの運転中の換気は、集熱された外気が吸気となりますので、24時間換気の給気口における空気の出入りは、給気口の位置や全体のバランスによって、吸気または排気になります。



もう一つ、換気量が多い場合に問題になるのは、風速です。風を感じるほどの風速は不快です。びおソーラーでは、基礎の形状と床吹出し口の数量と配置により、均等にゆっくり空気を吹出すように計画しているので、風を感じることはありません。また、ホコリが舞い上がる程の風速でもありません。

びおソーラーは大掛かりな設備機器ではなく、簡単な工事で取付けられます。太陽と職人と住まい手でつくる「**建築の仕掛け**」です。

材 料 … 太陽の熱、新鮮な外気、夜間放射冷却

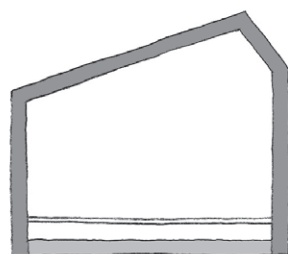
方 式 … 空気集熱式

対 象 … 新築住宅、リノベーション

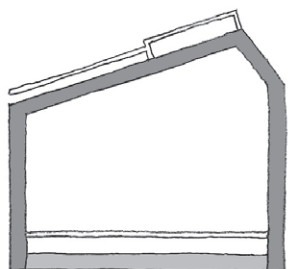
つくり手 … 職人、住まい手

つくり方

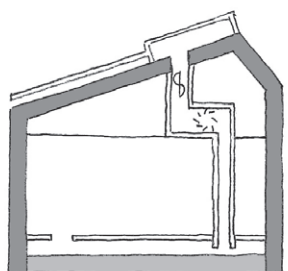
①地域の気候、周囲の環境を読んで、断熱・気密化したBOX(箱)をつくれます。同時に床下に蓄熱土間もつくります。平面計画、断面計画共に、空気の流れをデザインするのがコツです。BOXの性能が、ソーラーの効きに大きく影響します。



②建築工事で予備集熱面をつくり、集熱パネルを置いて、板金屋さんが雨仕舞をします。



③ソーラーファンボックスを設置して、集熱パネルから床下までダクトニングします。電気屋さんが配線をします。



住まい方

住まい手が、季節に応じて、「冬モード」と「夏モード」の切替えをして暮らします。一日のON/OFF は、集熱温度により自動で行われます。

