

4.2 太陽熱温水器

太陽熱温水器は太陽熱で水を温める設備ですが、効率よく熱を集める集熱器を使い、温められた温水の熱を逃がさない貯湯タンクを備えています。得られる温水は真夏なら60℃ぐらいになりますから、給湯用に使うガスや石油がほとんど不要になるでしょう。しかし、冬は30℃ぐらいですから加温が必要です。それでも水から温めるのと比べると、ガスや石油は半分ぐらいで済むでしょう。

エネルギー・経済統計要覧 2020（エネルギー経済研究所）によると、家庭では約3割のエネルギーが給湯に使われており、暖房とほぼ同じ割合です。給湯の大部分は風呂と炊事用ですから42℃前後、暖房用ならもっと低い温度の熱源があれば問題ありません。したがって太陽熱温水器を使えば、給湯と暖房のエネルギーを大幅に減らすことができるでしょう。

1. 太陽熱温水器の仕組み

炎天下に窓を閉めたまま車を置いておくと。車内の温度は外気よりはるかに高くなり、ボトルホルダーに置いた缶コーヒーはホットコーヒーになります。その理由は太陽の日差しによる放射熱が車のパネルやシートを温め、窓を閉めた密閉空間がその熱を外部に逃がさないからです。熱を伝える方法には、放射、伝熱、対流の3方式がありますが、放射は赤外線により高温物体から低温物体に、物質を介さずに熱が伝わる現象です。一方、風呂が均一に暖くなるのは、湯が循環して熱を運ぶ対流が起きるからです。空気や水のあるところには常に対流があるので、通常は同じ場所なら温度は大きく変わりません。炎天下の車内が異常に暑くなるのは、窓を閉めて外部との空気の対流を遮断しているからです。太陽熱温水器の仕組みも

炎天下の車と同じで、太陽の放射熱を人水や熱媒体を使って効率よく受け取り、対流を防いで温めた熱を逃がさないようにしているのです。

2. 自然循環型太陽熱温水器

自然循環型太陽熱温水器の構成は、図1に示すように太陽の放射熱を受ける集熱器と、得られた温水を蓄える貯湯槽が一体になっています。通常はポンプがなく、他の熱源設備と接続させて使いこともしません。集熱器は図1に示すような平板型が多く、表面は強化ガラスで保護されており、裏側は断熱材で遮熱されています。放射熱の吸収効率を高めるために、集熱器の表面は太陽熱を効果的に吸収する黒っぽい塗料が塗布されています。集熱器で温められた温水は密度が小さくなるので軽くなり、上方に移動して貯湯槽の上部に溜ります。一方、貯湯槽の下部には温度の低い水があるので、集熱器に流下して太陽熱で温められます。この自然循環が繰り返されて徐々に温度が上がるのですが、この原理はかき混ぜなくても風呂の温度が一様に温まる対流伝熱です。

貯湯槽の温水は、そのまま放置すると日没とともに放熱が始まり温度が下がってしまいます。そこで貯湯槽の周囲を保温材で囲い、放熱を防いでいます。街中で最も多く見かける太陽熱温水器で、価格は集熱器の面積が約3㎡、貯湯槽200リットルの家庭用で30万円程度です。一般的な使い方は、屋根の上に太陽熱温水器を設置し、チューブ配管で温水を宅内に導き風呂や洗濯に使います。日差しの弱い冬に風呂で使うには、追い炊きが必要になります。水圧が低いので、シャワーに使うには不満が残るでしょう。注意しなければならないのは貯湯槽の重量で、約200kgとピアノに近い重さ

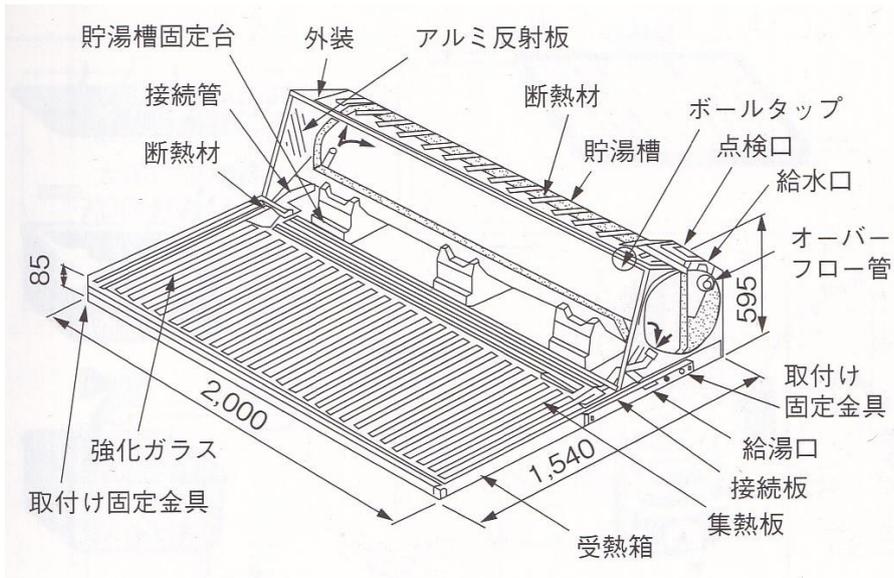


図1. 自然循環型太陽熱温水器 (例) (出典: 最新建設設備工学: 井上書院)

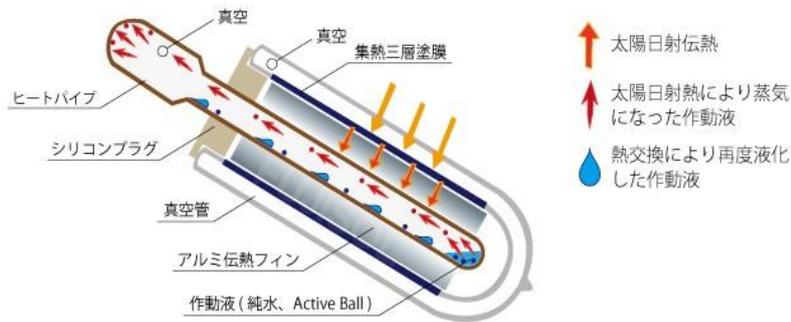


図2. ヒートパイプ集熱管の原理 (出典: 株式会社・太陽光 HP)

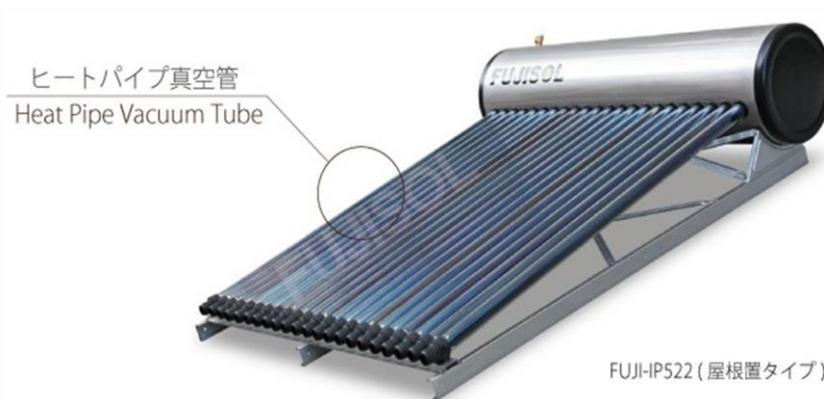


図3. ヒートパイプ太陽熱温水器 (出典: 株式会社・太陽光 HP)

が屋根に乗ります。したがって、木造住宅の場合は屋根の補強を考慮する必要がありますでしょう。

なお、近年になって集熱器に平板型ではなく、円柱形のヒートパイプを使う方式が販売されています。ヒートパイプは図2に示すような密閉された金属チューブで、内部に熱媒体になる作動液が封入されており、加熱されれば蒸発して上方に移動し、冷却されれば凝縮して下方に移動します。ヒートパイプは内部が真空になっている二重ガラス管内に装着され、魔法瓶と同じ原理で外部への熱の放散を防いでいます。屋根の上に置く場合は、

図3に示すように約20本のヒートパイプ封入ガラス管を傾斜させて並べ、上部を貯湯槽の中に入れます。太陽熱で蒸発した熱媒体は貯湯槽の水を温め、凝縮してヒートパイプの下部に流下します。ヒートパイプ集熱器は、外部が真空のガラス管なので熱の放散が少なく、平板式より高い温度の温水を得られるのが長所です。

3. 強制循環型ソーラーシステム

強制循環型ソーラーシステムの一般的な構成を図4に示します。太陽熱温水器との基本的な違いは、

集熱器と貯湯槽が一体ではなく独立している点です。集熱器と貯湯槽の間では、主に自動車の不凍液と同じエチレングリコールを主成分とする熱媒体をポンプで強制循環させます。水ではないので、冬季に凍結して集熱器に損傷を与えることがなく安心です。図4には書いてありませんが、貯湯槽から宅内への給湯にもポンプを設置すれば、他の熱源設備と接続して加温することができますし、風呂場やキッチンに送るのも容易です。重い貯湯槽を地上に置くので集熱器は100kg程度で済み、屋根に置いても通常は補強の必要がありません。

集熱器には平板型と、図5に示すような内部を真空にしたガラス管型があります。ガラス管の内部には、集熱体と一体になった集熱管が組み込まれています。集熱体は太陽熱を集熱管に集めるアルミ製の波板で、表面には太陽光波長領域では吸収率が高く、赤外波長領域では透過率の大きい塗

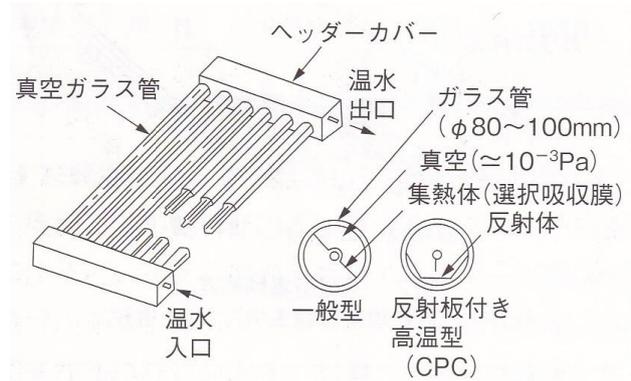


図5. 真空ガラス管集熱器

(出典：最新建設設備工学：井上書院)

料(太陽光選択吸収塗料)が塗布されています。集熱管の入り口に温度の低い水または熱媒体を送入すると、出口では加温された状態になっています。図5では水を通すようになっていますが、強制循環型ソーラーシステムでは、冬季の凍結防ぐために熱媒体を使用するのが一般的です。

集熱管で温められた熱媒体は図4の蓄熱槽に送られ、熱交換器を通して槽内の給水を加熱するとともに自らは温度が下がり、集熱ポンプで再び集熱器に戻ります。蓄熱槽では下部から給水しますが、熱交換器で加熱されると密度が小さくなるので上部に移動します。蓄熱槽の温度分布は、太陽熱の集熱量と温水の使用量で変化します。一般的

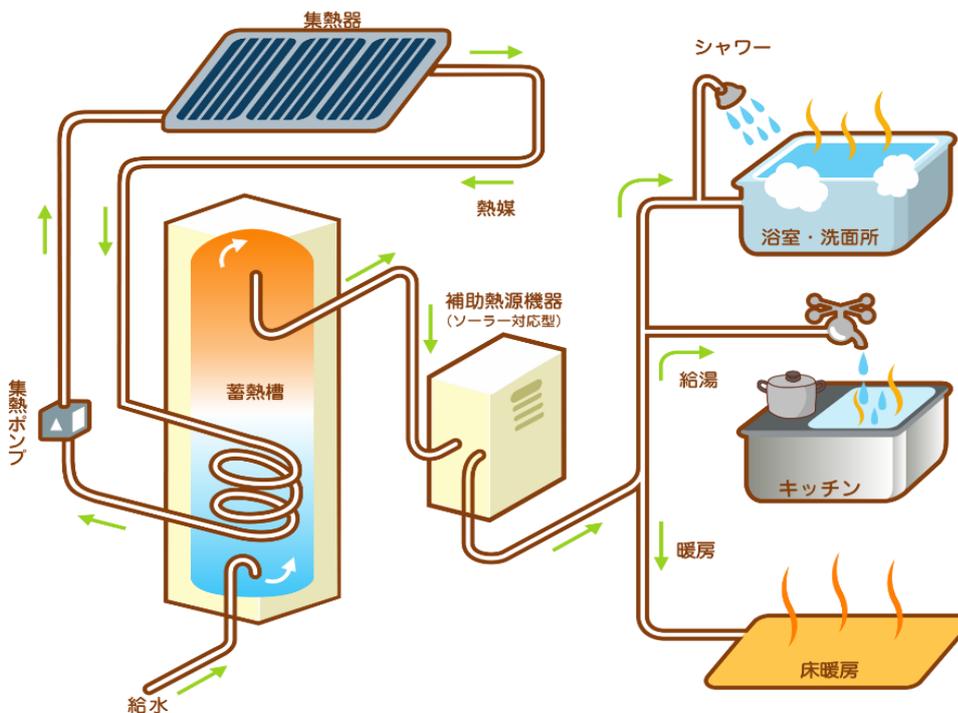


図4. 強制循環型ソーラーシステム (出典：ソーラーシステム振興協会 HP)

に昼間は集熱量が多いのに温水の使用量が少ないので、蓄熱槽の温度境界は下に下がります。一方、日没後は集熱がないのに温水の使用量が多くなりますから、蓄熱槽の温度境界は上に上がります。季節による影響もあります。冬季や曇天の日には日射量が少ないので集熱量が減りますから、必要なら給湯器など他の熱源設備と接続して一定の温度に調整し、風呂場やキッチンに送ります。

4. 強制循環型ソーラーシステムの利用形態

自然循環型太陽熱温水器は、集熱器と貯湯槽が一体になっているので、戸建て住宅の屋根に設置するのに適しています。ポンプがないので電源が不要で、価格は30万程度ですから個人が購入するのに大きな抵抗はないでしょう。一方、強制循環型ソーラーシステムは集熱器と蓄熱槽が離れているので、太陽熱温水器より配管が長くなります。また、熱交換器を内蔵する蓄熱槽は太陽熱温水器の貯湯槽より大きく、熱媒体を循環させる集熱ポンプも必要ですから、最小規模でも100万円を超すでしょう。したがって、1日の給湯需要が数トン以上の需要家に適しているでしょう。これまでの



図6. 老人福祉施設の設置例
(出典：ソーラーシステム振興協会 HP)



図7. 図書館の設置例
(出典：ソーラーシステム振興協会 HP)

設置事例も個人住宅は少なく、図6と図7に示す老人福祉施設や図書館などで採用されています。病院、プールへの設置例もあります。

5. 太陽熱温水器の海外での普及状況

2010年のデータですが、日本における太陽熱温水器の販売台数は約38,000台、ソーラーシステムが約5,700台となっています。集熱器の面積は累積で約100万㎡と推察されます。一方、海外では中国の販売台数が多く、既に約2,700万台が設置されているとのこと。国土が広く雨が少ないので、分散型の太陽熱温水器は家庭の給湯需要に適合しているでしょう。集熱器の面積は2005年の段階で1500万㎡に達しています。ヨーロッパではドイツの普及速度が速く、2005年には集熱器の面積で150万㎡の増加がみられます。オーストリア、デンマーク、ギリシャも普及率が高い国です。なお、日本では1990年以降の増加が低い水準に留まっています。理由は潜熱回収型の給湯器や、ヒートポンプを利用した給湯器など、熱効率が高くコンパクトな給湯器が開発され、市場に提供されるようになったからだと推察されます。(おわり)

参考：ソーラーシステム振興協会 HP

電力中央研究所報告・研究報告 y08002