

屋根一体形太陽熱集熱器の開発（その1）

——散水流下式太陽熱集熱器の開発——

宮川 保之

Development of Solar Heat Collector Integrated with Roof (Part 1)

——Development of Open-type Solar Heat Collector——

Yasuyuki Miyakawa

Abstract

In planning a solar heat system it is thought necessary to integrate the solar heat collector with the building structure in order for solar heat utilization to make progress. Especially, combining the solar heat collector with the roof will result in merits such as improved esthetics and elimination of overlapped materials. Furthermore, large reductions in costs may be expected. Two types of water-trickle collectors were developed for integration with folded plate roofs. The efficiencies of the collectors were examined by a series of experiments and are reported here.

概要

太陽熱冷暖房給湯システムの計画においては既製品の太陽熱集熱器を屋根の上に単に設置するだけでなく、建物と太陽熱集熱器とを一体化することが今後の太陽熱システムの発展を推進する上で最も必要であると思われる。中でも屋根と太陽熱集熱器とを一体化することは美観上優れ、また重複する部材を省くことができるので屋根荷重の減少がはかれる。さらには大幅なコストダウンも期待できる。以上の点を十分考慮した上で、屋根として使用頻度の高い折版屋根と一体化した太陽熱集熱器の開発を昭和54年度から開始した。今回は散水流下式集熱器として二つのタイプを開発しその性能について実大実験から検討したところ良好な結果が得られた。

1. はじめに

太陽熱システムの設計において、建物と太陽熱集熱器とを一体化することは今後の太陽熱システムの発展を推進する上で最も必要であると思われる。中でも屋根と集熱器を一体化することは次のような点でメリットがあるものと思われる。

(1) 集熱器と屋根を一体化することによりデザイン上、美しくまとめることができる。

(2) 集熱器のフレームと屋根仕上材等の互に重複する部材を省くことにより荷重を大幅に小さくすることができるので構造部材を節約することができる。

(3) ガラス、コーキング材、押え金物等の集熱器の部材を直接購入でき、施工も大規模に一挙にでき、また(2)で述べたように重複する部材が省けるためイニシャルコストを大幅に下げることができる。

反面、留意点としては次のようなことが考えられる。

(1) 屋根材に直接、水を流す場合には、腐食、水仕舞等に関して注意が必要である。

(2) 建物の納まりが複雑になる。

ここで屋根と集熱器とを一体にする場合の集熱器の構造としては開放式(散水流下式)と密閉式が考えられる。表一1に開放式集熱器と密閉式集熱器の特長を示すがそれぞれ長所、短所が存在する。

今回は屋根構造として多用されている折版屋根をとりあげ、この折版屋根と一体化した開放式(散水流下式)集熱器の開発を行なった。すなわち既製の耐食性に優れた折版屋根を基にして試作した二つのタイプの散水流下式集熱器について集熱効率等の性能実験を行なうとともに実用化における問題点につき検討を行なった。散水流下式集熱器は比較的低温域での利用を前提としており例えば工場等のボイラ水の予熱、温水プール、中温度域の

給湯等に適しているものと思われる。

2. 大林組開発屋根一体形太陽熱集熱器

2.1. 試作開発品の概要

前章で述べたように今回は折版屋根と一体化した散水流下式集熱器の実用化を行なった。開発にあたって考慮した点は前章で述べたメリットの他、次の通りである。

- 集熱器の設置工事は可能な限り室外側（屋根側）で行なえるようにして仮設費用を省く。
- 水の流下する屋根表面の防錆に対しては十分な配慮を行なう。
- 可能であれば、既設の折版屋根にも適用できる構造とする。

以上の点を十分に考慮した上で最終的に決定した二つの集熱器の形状を図-1, 図-2に示す。タイプIは防食性の大きい鋼板（0.6mm 鋼板にアクリル樹脂をコンパウンド）を特殊な形に成形したものであり山の部分が歩行用の通路として使用できるものである。このため有効集熱面積が大幅に増大する。ガラスとしては比較的幅が大きい安全性を考慮して半強化ガラスあるいは強化ガラスとする必要がある。

一方、タイプIIは防食性をさらに高めるため折版としてはステンレス（SUS304, 0.4mm厚）を使用している。山と山とのピッチは340mmと比較的小さいためガラスは普通ガラスでも使用できることになる。山の部分では両側の折版屋根と支持鋼板とを3面溶接したうえで押え金物によりガラスを固定する。なおこのタイプでは山の部分が狭いため、歩行用通路としては横方向5列目毎にガラスを設置せずこの部分を充当させる。

次に形状を決定するにあたっての水の流路のピッチについて検討する。すなわち水の流れる面が今回のように平面である場合には、よほど多量の水を流さない限り、流下する水はわずかな傾きに応じて蛇行しつつ一筋の流れとなる。このため一般の平板型の集熱器と同様に、フィン効率を考慮したうえで流路のピッチを決定しなければならない。

集熱器における集熱量 q_e (kcal/m²・h) はフィン効率を考慮すれば次のように表わせる²⁾。

$$q_e = (K_0 + K_u) \Phi (\theta_o - \theta_c) \quad \dots\dots\dots(1)$$

ただし

$$\Phi = \phi + \frac{d_0}{p} (1 - \phi) \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\phi = \tanh \mu_b / \mu_b \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\mu_b = \frac{p - d_0}{2} \sqrt{\frac{K_0 + K_u}{\lambda_{ct}}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここに

	開放式（散水流下式）	密閉式
設置角度	△限定される（5～15°）	○自由
透過面での結露	△生じる可能性あり	○生じない
集熱効率	△比較的良い	○良い
漏水	○十分に注意して施工すれば問題はない。	○なし ×ただし凍結で配管が破れた場合は大きな事故になる。
凍結	○心配ない	△十分な考慮が必要
腐食	△十分な対策が必要	△考慮する必要がある
集熱部での流量分配の均一性	△十分な調整が必要	○良好
雨水の集熱部への侵入	○多少、侵入しても問題はない。	△十分な考慮が必要
コスト	○比較的安い	△比較的高い
ゼネコンとしての一体化のメリット	○	△

表-1 開放式（散水流下式）集熱器と密閉式集熱器との比較

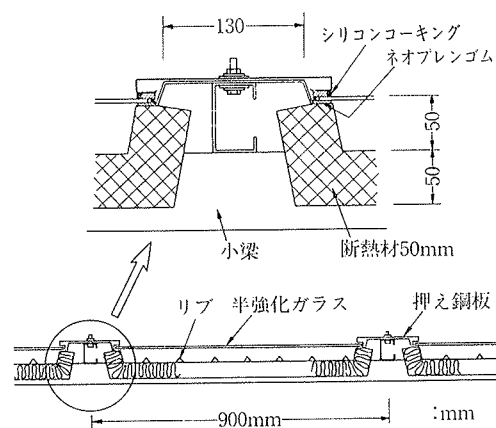


図-1 大林組試作、散水流下式集熱器の断面（タイプI、折版の母材は防食性の大きい鋼板）

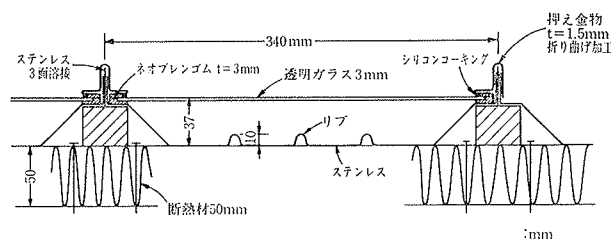


図-2 大林組試作、散水流下式集熱器の断面（タイプII、折版の母材はステンレス）

K_0 : 集熱板からガラスを通して外気までの熱コンダクタンス (Kcal/m²・h・°C)
 K_u : 集熱板から裏面を通して外気までの熱コンダクタンス (Kcal/m²・h・°C)

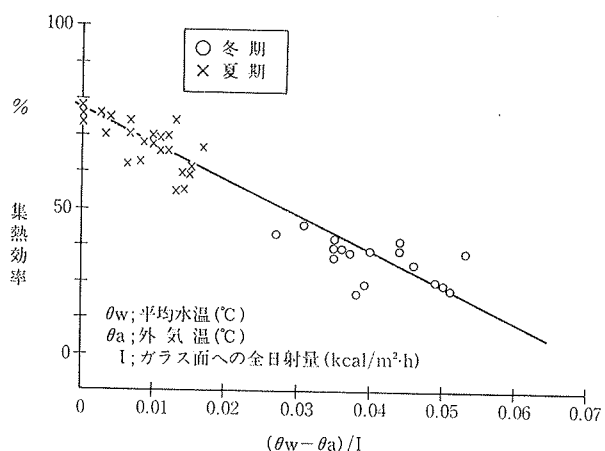


図-3 集熱効率の測定結果(タイプI集熱器)

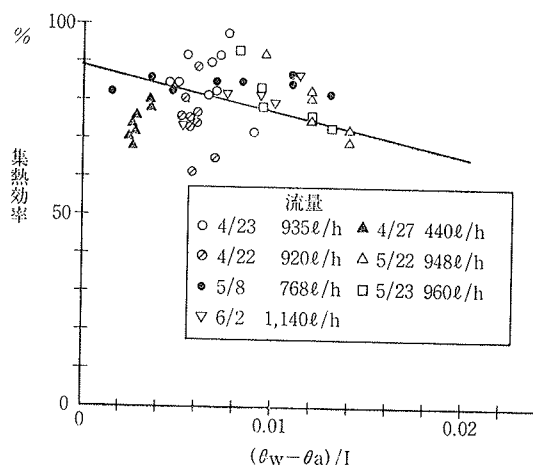


図-4 集熱効率の測定結果(タイプII集熱器)

ϕ, ϕ : 実効フィン効率, フィン効率

P, d_0 : 管ピッチ (m), 管径 (m)

λ_0, t : 集熱板の熱伝導率 (Kcal/m·h·°C), 厚さ (m)

散水流下式集熱器の場合には水の流路以外の部分もぬれ面となっている場合もあり, また熱伝導の他, 物質移動による熱伝達もあり, 現象の解析が困難であるが, 便宜上, 水の流路幅を管径に置きかえた上で検討を行なった。すなわちタイプIの鋼板の場合のリップのピッチ 8.5 cm の場合には全面隙間なく水が流下した場合に比べ5%程度の効率低下でありほとんど問題はない。またタイプIIのステンレスの場合のリップのピッチ 5.5 cm の場合には3%程度の効率低下で済み, 同様に問題はないものと思われる。

2.2. 集熱効率

試作した二つのタイプの集熱器につき昭和54年～昭和56年において集熱効率等の実験を行なった。写真-1, 写真-2に試作した二つのタイプの集熱器を, 写真-3に集熱効率の実験状況を示す。実験は集熱水温, 流量等を変化させながら行なった。実験結果を図-3, 図-4

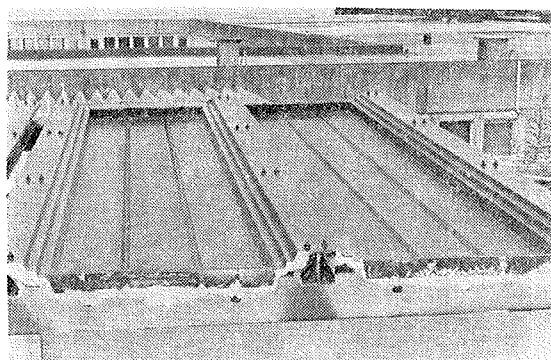


写真-1 散水流下式集熱器の外観(タイプI)



写真-2 散水流下式集熱器の外観(タイプII)

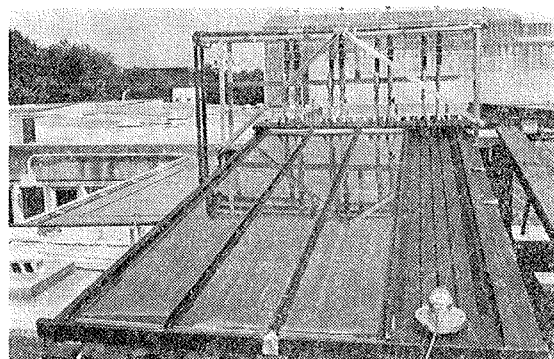


写真-3 集熱効率実験状況(タイプII集熱器)

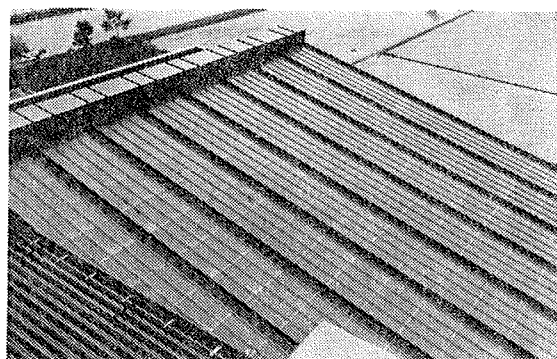


写真-4 本開発集熱器の実際の建物への適用例

(大阪, 某工場, ボイラの予熱として利用, タイプII集熱器, 集熱有効面積約 172 m², 集熱器設置傾斜角度 15°)

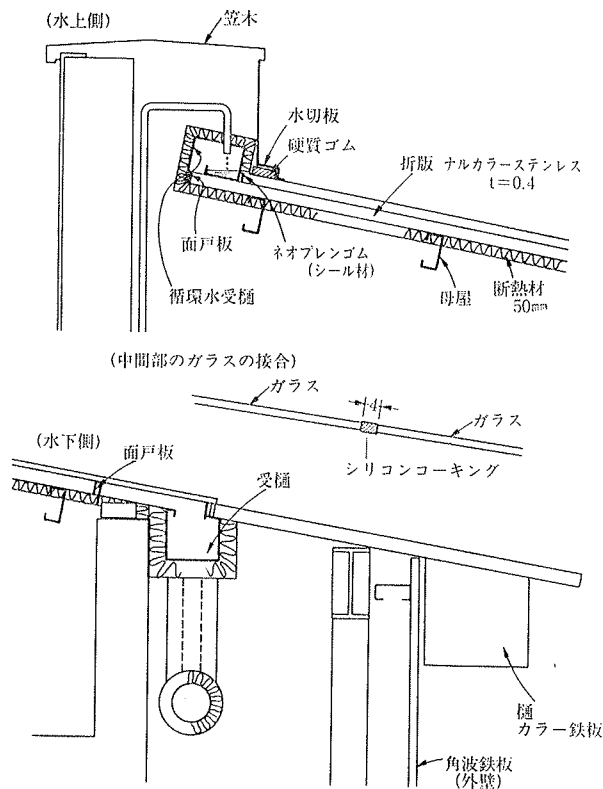


図-5 本開発屋根一体形集熱器の水上側，水下側，中間部のガラスの接合部のディテールの一例

に示すが良好な結果が得られた。この結果をこれまで報告された他の研究機関における流下式集熱器の効率（集熱器形状は今回の試作集熱器とは全く異なり，その多く

は波形板を散水流下面として利用したものである）と比較してみても同等か，あるいはそれ以上の効率を得られている。また実験において流量を少なくすると集熱効率が多少，低下する傾向が認められた。また一日における集熱効率の変化に関しては太陽が南中する正午前後の時間帯が最も良い傾向にあり，一般の平板型集熱器とほぼ同じような特性を示した。

次に今回，開発した屋根一体形集熱器の実際の建物への適用例として大阪の某工場の例を写真-4に示す。集熱有効面積は約 172 m² であり 15° の傾斜角で設置されている。この場合の用途はボイラの予熱であり，低温度域での集熱が可能であるため理想的な適用例であると思われる。

3. おわりに

今回は折版屋根と一体化した散水流下式の集熱器の開発に関して報告したが，次報以降，屋根と一体化した密閉式集熱器，壁面と一体化した集熱器の開発等について報告する予定である。なお本研究にあたって，集熱器形状等の検討は当社の省エネルギー建築専門委員会（伊丹孝チーフ）を中心に行なわれたことを付記する。

参考文献

- 1) 木村建一：ソーラーハウス入門，オーム社
- 2) 田中俊六：太陽熱冷暖房システム，オーム社