解 說

太陽熱에 의한 溫水利用

李 聖 允*

1. 序 言

深化되고 있는 에너지問題와 公害問題는 현재 각 국가가 當面하고 있는 큰 문제이다. 우리나라와 같이 에너지資源이 풍부하지 못한 곳에서는 에너지 波動이 일 때마다 경제적, 사회적으로 어려움을 겪지 않을 수 없다. 그뿐 아니라 公害問題는 에너지需要와 産業이 增大함에 따라 더욱 深刻해지고 있다. 太陽에너지는 이러한 문제점을 전혀 갖지 않고 있는 에너지源으로서 可能한 한 早速히 再來의 에너지源과 대치되어야 할 에너지源이다. 그러기 위해서는 太陽熱을 손쉽게 利用할 수 있는 방법에서 부터 우리 社會에 適應시키는 것이 必要하다.

太陽熱 給湯은 그중 가장 간단하고 효율적인 에너지의 利用方法에 속한다.

本 解說에서는 太陽熱 給湯의 用途와 太陽熱 溫水器의 構造 및 設置方法을 다루었다.

2. 太陽熱 溫水의 利用

太陽熱은 대체로 密度가 낮은 에너지 分布를 갖고 있으므로 高溫보다 低溫에서 더 높은 熱效率을 얻을 수 있다. 太陽熱 溫水는 우리 생활에 直接 혹은 間接的인 方法으로 利用된다.

太陽熱은 에너지가 어디에서나 거의 일정하게 分布되어 있어서 熱을 얻기 위해 燃料를 輸送할 필요성이 없으므로 교통이 불편한 곳에서는 그 利用價値가 한 층 높다.

太陽熱의 利用方法은 아주 간단한 방법에서 부터 복잡성을 지닌 방법에 이르기 까지 여러 方法들이 있으나 그중 太陽熱 給湯은 가장 效率的인 太陽熱利用 方法이다. 家庭用 太陽熱 溫水器는 현재 日本, 濠州, 이스라엘, 美國 및 蘇聯 등 여러 나라에서 수 백만대가 使用되고 있다.

太陽熱 溫水器의 利用方法중 가장 核心을 이루는 것은 住宅이나 大型 建物의 暖·冷房 및 溫水使用이다. 그 외에 産業用水의 豫熱이라든지 水泳場의 물을 따뜻히 維持시키는 등 여러 用途로 利用될 수 있다. 日本에서는 山間地域에 벼 농사를 짓는데 간단한 集熱裝置로서 灌漑水의 溫度를 높여 논에 注入함으로서 벼의 수확량을 높이고 있다.

3. 太陽熱 集熱器

太陽熱 溫水器는 集熱器, 溫水貯藏器, 펌프 및 熱 交換器 등으로 구성된다.

集熱器는 太陽 光線의 直射 및 擴散光線을 吸收하여 熱 에너지로 바꾸어서 表面內部를 흐르고 있는 물을 加熱한다. Fig. 1에는 여러가지 형태의 溫水用 集熱器들이 나타나 있다.

Type A와 B는 管을 集熱板에 鑞땜이나 鎔接에 의해 附着시켜 製作된 集熱器 形態들이다. 이런 형태의 集熱器 性能은 集熱管과 集熱板의 附着程度에 따라 많은 영향을 받게 되므로 製作시 集熱板에 對한 핀(Fin) 效率의 減少를 막기 위해 철저히 附着되어야 한다. 위의 두가지 形態의 集熱器는 銅이나 알루미늄 혹은 鐵로 製作된다. Type C는 가장 代表的인 集熱器로서 롤본드에 의해 두 張의 알루미늄板을 附着시켜 製作된 것이다. 이 集熱器는 性能이 좋을 뿐 아니라 그것

* 韓國原子力研究所

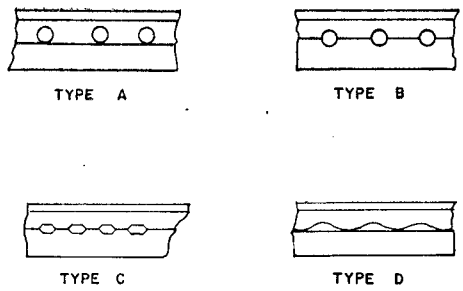

Fig. 1. Various Types of Solar Water Heater

의 機械的 生産性의 見地에서 앞으로 集熱器의 大量 生産에크게 寄與할 것으로 보인다. Type D는 굴곡진 함석板과 平板 함석板을 붙여 製作된 形態이다.

集熱板의 表面은 太陽의 輻射熱을 最大로 吸收하기 위해 無光澤 黑色塗料와 選擇性 塗料가 塗布된다.

Fig. 2는 集熱板을 포함한 集熱器의 構造를 보여주고 있다. 集熱器는 吸收된 熱이 외부로 損失됨을 最少로 줄이기 위해 잘 保溫되어야 한다. 그러므로 集熱板의 背面은 石綿이나 폴리스틸과 같은 保溫材로 斷熱된다. 正面에는 透明한 유리나 플라스틱板을 그 地方의 氣候條件에 따라 덮는다. 실험에 의하면 集熱溫度와 大氣溫度의 差가 35~55°C 程度일 때는 2張의 透明板을 덮는 것이 가장 理想的인 것으로 나타났다. 그러므로 우리나라와 같이 추운 冬季期間을 가지고 있는 地域에서는 2張의 透明板을 덮는 것이 가장 좋다.

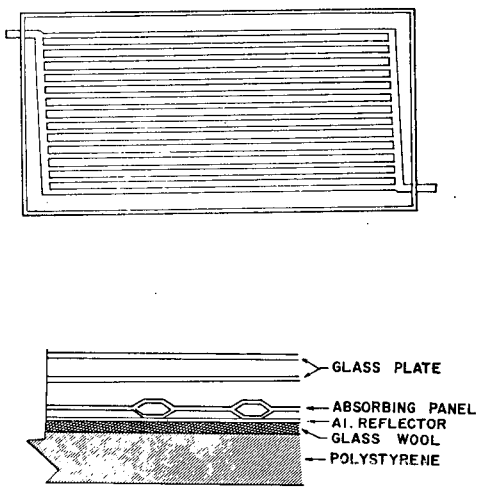

Fig. 2. Structure of Solar Energy Collector

4. 太陽熱 溫水器의 構造

(1) 密閉型 溫水器

이러한 形態의 溫水器는 Fig. 3에서 보여주고 있듯이 큰 圓筒型 集熱管으로 제작 되어서 그 集熱器에 貯藏될 수 있는 물의 容量이 크다. 이러한 형태의 集熱器는 溫水 貯藏器를 별도로 設置할 필요가 없다. 반면 荷重에 의한 壓力이 크기 때문에 破損의 우려성이 높으며 冬季期間에는 結氷의 우려가 있어서 우리나라와 같은 지역에서는 使用되기 곤란하다.

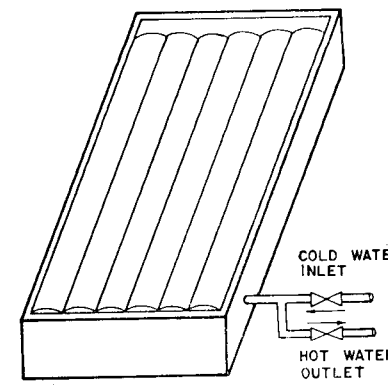

Fig. 3. Closed Type of Solar Water Heater

(2) 自然 循環式 溫水器

Fig. 4에서 보여 주듯이 自然 循環式 溫水器에서는 溫水貯藏器가 集熱器의 上部보다 약간 높이 設置되어야 한다. 太陽熱에 의해 加熱된 물은 가벼워져서 集熱器에서 溫水貯藏器 上部로 上昇하고 이보다 차가운 물은 반대로 溫水貯藏器에서 集熱器의 下部로 下降하게 된다. 이렇게 하여 온종일 加熱된 溫水는 저녁이나 그 이튿날 아침에 필요시 使用할 수 있다.

Fig. 5는 Fig. 4에 나타난 溫水器의 더 진보된 형태를 보여 주고 있다. 이 溫水器는 2개의 溫水貯藏器를 가지고 있다. 上部의 貯藏器에서 물의

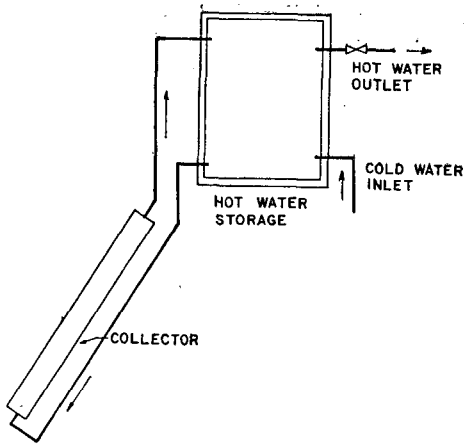

Fig. 4. Thermosiphon Solar Water Heater

온도가 필요온도 이상이 되면 그 밑의 밸브가 자동적으로 열려서 밑의 貯藏器로 물이 떨어지도록 되어 있다.

앞에 言及된 바와 같이 冬季期間에 있어서 위의 形態의 溫水器는 結氷에 의해 破損될 憂慮가 있으며 그렇게 되지 않으려면 많은 注意를 要하게 된다.

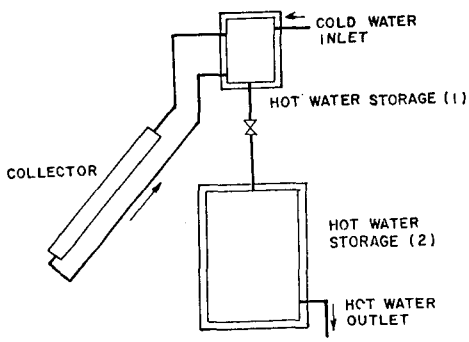

Fig. 5. Thermosiphon Solar Water Heater with Two Hot Water Storage Tank

Fig. 6에서는 熱交換裝置가 溫水貯藏器內에 設置되어 集熱管과 연결되어 있다. 集熱管 내부에는 不凍液이나 不凍溶液이 들어 있다. 이 형태의 集熱器는 앞의 것에 비해 熱效率은 약간 떨어지나 冬季期間에 安全하게 作動시킬 수 있다.

위와 같은 形態의 溫水器들은 그 設置構造上 대량의 給湯을 하기 곤란하다. 그러므로 이러한

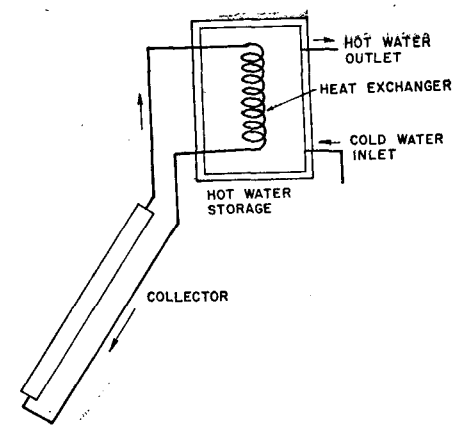

Fig. 6. Thermosiphon solar Water Heater with Heat Exchanger.

형태의 溫水器들은 家庭用 溫水를 목적으로 利用하는데 適當하다.

(3) 强制 循環式 溫水器

自然 循環式 溫水器는 家庭用으로 給湯의 경우에 適當하다. 대규모의 溫水가 필요 되거나 暖房의 경우에는 펌프에 의한 强制 循環式 溫水器가 바람직하다. Fig. 7은 펌프를 使用하여 물을 集熱器와 貯藏器 사이에서 强制 循環시키는 太陽熱 溫水器系統을 보여준다. 이 系統에서 循環에 의하여 貯藏器에 있는 溫水의 溫度는 점차 上昇된다.

Fig. 7에 있는 溫水器 系統은 冬季期間에 이용되는 경우 非 作動時 管에 남아 있는 물이 얼어

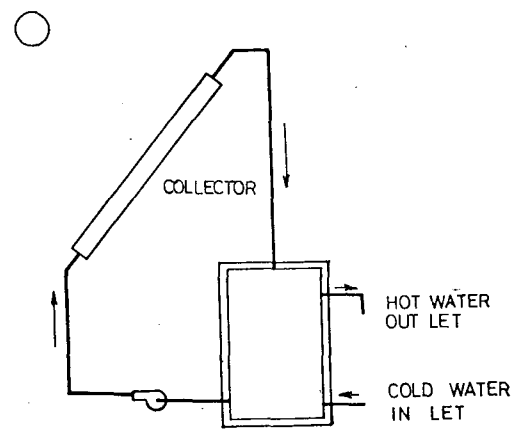

Fig. 7. Forced-Circulation Solar Water Heater.

서 損傷될 可能性이 있으므로 이러한 憂慮性을 피하기 위해 温水貯藏器 내부에 熱 交換器를 設置하여 이 熱 交換器와 集熱器를 連結하고 이 사이를 不凍液이나 不凍溶液이 循環토록 하는 系統을 Fig. 8에 나타내고 있다. 循環되는 液은 温水貯藏器 내부의 熱 交換器를 通過하면서 물에 熱을 傳達한다. 强制 循環式 温水器 系統에 使用되는 集熱器의 형태는 롤본드에 의해 제작되는 Fig. 1의 Type가 가장 많이 쓰이고 있다.

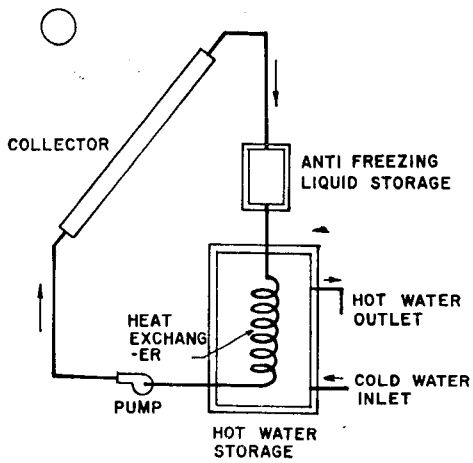

Fig. 8. Forced-Circulation Solar Water Heater with Heat Exchanger.

太陽熱 温水器에서 얻어진 温水는 暖房系統으로 循環되어 空氣調和裝置 또는 바닥의 配管施設을 통해 暖房에 利用되거나 여름철에는 이 熱로써 冷房 및 冷凍에 利用한다. 冷却媒體로는 NH_3—H_2O, NH_3—NaSCN 및 LiBr—H_2O 등이 利用된다.

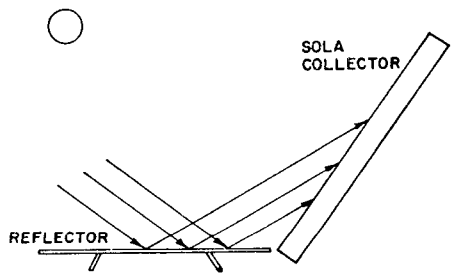

Fig. 9. Solar Energy Collector using Sun Light Reflector.

太陽熱에 의해 高温의 温水를 얻기 위해서는 反射體나 렌즈를 利用하나 이러한 裝置는 대개 施設費用이 비싸기 때문에 一般化 되기 곤란하다. 이중 값 싸고 理想的인 方法은 Fig 9에 나타난 바와 같이 平板의 反射體를 集熱器에 가장 많은 빛이 反射되는 位置에 設置하는 것이다. 이와 같은 方法으로 특히 겨울철에도 높은 温度의 温水를 얻을 수 있다.

5. 太陽熱 温水器의 設置

우리나라에서는 겨울에 太陽의 高度가 낮기 때문에 적은 量의 日射量이 水平面에 到達된다. 集熱板이 太陽光線의 法線面에서 集熱되도록 調節된다면 많은 熱을 얻게 될 것이다. 그러나 太陽의 高度는 시간에 따라 一定하지 않으므로 어려운 問題이다. 冬季時間에 가장 높은 熱을 얻기 위해서는 集熱器를 緯度에 10°를 더한 角度로 기울게 設置하여야 한다. 그러므로 우리나라의 中部 地方을 根據로 하면 集熱器를 水平面에 약 45° 정도 傾斜를 들어 南向으로 集熱器를 設置하는 것이 適當하다.

集熱器는 지붕이나 空地에 設置된다. 대개 暖房이나 温水를 목적으로 하는 경우에는 지붕위에 集熱器를 設置하는 것이 가장 좋으며 屋外에서 温水를 必要로 할 때에는 傾斜진 空地를 利用함이 좋다. 새로이 建築되고 있는 住宅은 可能한 한 建物의 南向 지붕 面積이 크게 設計될 必要가 있다.

温水貯藏器는 대체로 建物의 바닥위나 地下에 設置된다. 温水貯藏器나 모든 管들은 保温되어야 한다. 전체적으로 볼때 各 部品들의 設置構造에 있어서는 作動의 容易性과 維持費 및 美觀上의 問題가 考慮되어야 한다.

물의 注入은 水道 밸브에 의해 手動으로 注入되거나 上部貯藏器에 의해 自動的으로 注入될수 있다. 주의해야 할 점은 겨울에 上部 貯藏器가 大氣中에 露出되어 얼지 않도록 해야할 것이므로 保温을 하거나 温水貯藏器 내부에 設置하는 것이 좋다.

날씨가 흐리거나 雨天 또는 눈으로 인해 太陽熱의 集熱이 불가능한 경우에는 補助熱源을 이용하여야 한다. 補助熱源으로서는 보일러나 電氣加熱器를 이용한다. 우리나라에서는 電力費가 비싸기 때문에 現在 많이 使用되고 있는 연탄 보일러를 이용함이 가장 經濟的이다.

6. 溫水器의 크기

우리나라의 冬季期間中 서울地方의 水平面日射量 分布를 살펴보면 Langely로 11월중에는 150~200, 12월중에는 150~200, 1월중에는 200~250, 2월중에는 300~350 그리고 3월중에는 350~450이 가장 높은 分布를 이루고 있다. 이와 같이 고르지 않은 日射量 分布와 集熱器의 構造에 따른 성능에 대해 정확한 크기를 測定하기는 어려우나 外氣溫度 및 日射量을 고려하여 볼 때 集熱器 面積 평방 m 당 80~100*l*의 溫水貯藏 容量이 적당하다. 集熱面積에 對한 溫水貯藏 容量은 溫水器의 構造에 따른 集熱性能과 必要되는 溫水溫度가 고려되어야 한다.

우리나라에서 製作되는 集熱器의 크기는 6ft×3ft 또는 6ft×1.5ft이다. 많은 量의 溫水를 얻고자 할 때에는 集熱器들이 直列 또는 並列로 連結되며 溫水貯藏器의 크기도 비례적으로 증가되어야 한다.

7. 溫水器의 經濟性과 그 材質

太陽熱溫水器의 長點은 再來의 燃料를 절약하는데 있다. 그러나 太陽熱 溫水器는 그 製作費用과 성능이 고려되어야 한다.

集熱板은 銅이나 알루미늄, 鐵管 및 합석 등으로 製作된다. 銅은 熱 傳導度가 높아 좋은 성능을 얻을 수 있는 반면 그 價格이 비싸다. 알루미늄은 銅에 比해 熱 傳導度는 약간 낮으나 材料費가 훨씬 적게 든다. 현재 알루미늄 금속이 集熱板製作에 가장 많이 使用되고 있다.

集熱板의 表面은 黑色 無光澤塗料나 選擇性塗料로 塗布된다. 選擇性塗料는 吸收된 太陽熱의 放射熱을 적게하여 熱損失을 防止한다. 選擇性塗料는 현재 硏究, 開發中에 있다.

集熱器의 透明덮개는 대개 유리가 쓰이고 있는데 좋은 유리는 太陽光線의 短波長을 透過하고 熱의 長波長에 對해서는 透過性이 적은 성질을 가지고 있다. 鐵含量이 많은 유리(斷面이 파란색을 띄는 유리)는 피함이 좋다.

8. 結 言

太陽熱을 利用한 給湯은 簡單하며 利用價値가 높은 太陽熱 利用方法이다.

溫水는 여러 分野에서 使用되고 있으므로 太陽熱을 利用하여 溫水를 얻어 使用한다면 우리나라는 莫大한 量의 에너지 절약을 기할수 있을 것이다.

參 考 文 獻

1. H. C. Hottel and B. B. Woertz, Transacticns of the ASME, Feb., 1942.
2. G. O. G. Löf and D. J. Close, "Low Temperature Engineering Application of Solar Energy", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, New York, 1967.
3. Steven C. Seitel, Solar Energy, **17** 291~295, 1975.
4. Peter E. Glaser, AICHE Symp., Ser. **68** 55~65, 1972.
5. Frich A. Farber, "Engineering Progress at the Universıty of Florida", Florida Engineering and Industrial Experiment Station, 1960.
6. 차종희 외, "태양의 집 설치 및 실험에 관한 연구", 과기처보고서, R74-52, 1974
7. G. W. Sadler, Solar Energy, **17** 39~46, 1975.