

太陽熱集熱器에 관하여

전 문 헌 *

I. 序 論

最近 在來式 燃料中 특히 油類資源의 限界性을 깊이 認識하게 되어, 太陽熱을 이용한 建物の 冷煖房 및 温水加熱은 勿論, 電氣의 發展에 이르기까지 거의 모든 國家가 太陽熱 利用에 關心을 기울이게 되었다. 在來式 에너지의 소비량을 줄이고, 새로운 대체 에너지를 개발하려는 노력은 人類의 먼 장래를 위해 무엇보다도 중요한 일이라고 하겠다. 現在 인류가 사용할 수 있는 몇가지의 대체 에너지중에서 특히 太陽熱에너지는 가장 有望한 대체에너지의 하나로 대두되고 있다.

이 글의 主目的은 太陽熱을 효율적으로 이용하는 데에는 반드시 갖추어야 할 太陽熱集熱器에 對해서 그 基礎적인 原理를 살펴 보는데 있으나, 먼저 太陽熱의 利用方法과 그 潛在力부터 파악하기 위해서 다음의 순서로 記述코자 한다; 먼저 美國의 太陽熱利用計劃을 그 主題를 통해서 살펴보고, 다음에 太陽熱의 潛在力을 간단히 考察하겠다. 本論에 들어가기 앞서, 가장 간단한 太陽熱煖房施設을 例로 하여 그 重要 要素는 무엇인가를 본 뒤, 本論에는 太陽熱集熱器에 關하여 다음의 사항을 중심으로 차례로 검토하여 보겠다 : (1) 集熱器의 種類, (2) 集熱器의 基本原理, (3) 集熱器의 性能을 결정하는 要素, (4) 集熱器의 性能, (5) 集熱器의 效率, (6) 水式 및 空氣式集熱器의 比較.

II. 太陽熱利用에 關한 一般的考察

(1) 美國의 太陽熱 利用計劃

韓國의 動資부에 해당하는 美 DOE (Department of Energy) 의 全般的인 太陽熱利用 研究計劃을 보면 다음과 같다.

가. 發電計劃 (Solar Electric Systems) :

- ㉠ 發電計劃 (The Solar Thermal Power Systems Program)
- ㉡ 光電池計劃 (The Photovoltaic Systems Program)
- ㉢ 海水熱利用計劃 (The Ocean Thermal Systems Program)
- ㉣ 風力利用計劃 (The Wind Energy Systems Program)

나. 植物性 油類開發計劃 (Fuels from Biomass Program) :

- ㉠ 油類生産用植物의 生産 및 수집 (Production and Collection of Biomass)
- ㉡ 植物性 油類의 生産 (Conversion of Biomass)

다. 環境 및 資源의 評價計劃 (Environment and Resource Assessment Program) :

- ㉠ 人工衛星에 依한 發電計劃 (Satellite Power System Program)

라. 太陽熱應用計劃 (Thermal Applications Program)

- ㉠ 太陽熱을 利用한 建物冷煖房 (Solar Heating and Cooling of Buildings)
- ㉡ 太陽熱 利用을 저해하는 要素의 파악 및 그 利用을 촉진하는 方案 (Barriers and Incentives)
- ㉢ 農業 및 生産工程에 太陽熱을 利用하는 方法 (Agricultural and Industrial Process Heat Applications)
- ㉣ 太陽熱 冷煖房 開發計劃 (Solar Heating and Cooling Research and Development)
- ㉤ 시범 (Demonstration)

* 正회원 한국과학원 핵공학과

이상과 같은 多様な 太陽熱 利用 研究計劃을 통해서 볼 수 있는 바와 같이 太陽熱의 應用分野는 계속 擴大되어 나아갈 것이 틀림없다.

(2) 太陽熱의 潜在力

어떤 추산에 의하면, 만일 하루동안 地球表面에 照射되는 太陽에너지를 전부 有用한 에너지 형태로 바꿀 수 있다고 하면, 全世界가 그 에너지로 約 50年 以上 쓸수 있다고 한다. 쉽게 말해서 우리가 쓰는 모든 에너지, 즉, 석유, 風力, 水力, 나무장작 등 어느 것이든지 太陽으로부터 由來되지 않은 것이 없다.

또한 太陽에너지가 다른 대체에너지나 在來式 燃料 보다 더 매력적인 理由는, 우선 世界 어느 곳에서든지 얻을 수 있다는 점과, 환경에 전혀 오염을 주지 않고, 무진장이고, 特히 돈을 안주고도 얻을 수 있다는데에 있다고 하겠다. 그럼에도 불구하고 지금까지 널리 이용되지 못한 이유는, 太陽熱을 利用하는데에 必要한 設備投資費와 그 維持費가 기름값 節約하는 것보다 더 비싸게 드는 때문이다. 그러나 요즘은 太陽熱 에너지를 이용하는 것이 過去 어느때보다도 훨씬 經濟的으로도 有利한 단계에 이르렀다고 할 수 있다.

여기서 한가지 記憶해 두어야 할것은 太陽光線의 量은 맑은 날에 最高 350 Btu/hr-ft²(또는 約 1 平方미터當 1.1 KW)에서 흐린날 또는 밤에는 햇빛이 거의 없다는 點이다. 即, 太陽熱光線이란 우리가 第一 必要할때 없을수도 있기 때문에, 그 太陽에너지를 밤이나 흐린날에 쓸 수 있도록 貯藏하는 施設이 必要하다는 것이다.

III. 太陽熱 暖房 施設의 主要要素

太陽熱을 이용하려면, 우선 太陽熱을 모으는 集熱器가 있어야 하고, 그 모은 熱을 사용할 곳으로 운반하는 傳熱媒體를 포함한 순환시설이 있어야 한다. 또 흐린날이나 밤에 사용할 수 있도록 太陽熱을 저장하는 熱貯藏庫가 있어야 한다.

太陽熱을 모으는 黑色으로된 吸熱板위에 유리 덮개를 씌워 만든 철제상자를 集熱器라고 부르며, 吸熱板의 熱을 傳達하는 媒體로는 液體(물)

또는 空氣를 사용한다. 傳熱媒體로 液體를 쓰는 경우에는 그 液體가 通過하는 通路인 파이프 (Pipe)를 吸熱板에 부착시킨다. 한편 空氣를 傳熱媒體로 쓰는 경우에는 吸熱板 밑으로 空氣를 통과하게 한다. 液體 또는 空氣가 一定한速度로 흐를 수 있도록 급수펌프 또는 送風器 (Fan)를 사용하여 이 傳熱媒體를 熱이 사용될 곳으로 흐르게 한다.

낮에 해가 나는 동안 集熱器로 熱을 모으고, 熱貯藏庫에는 낮에 모은 熱을 밤 또는 흐린날에 쓸수 있도록 熱을 貯藏한다. 液體式인 경우에는 뜨거운 물을 熱貯藏탱크 (Tank)에 저장하고 空氣式인 경우에는 자갈통貯藏庫에 뜨거운 空氣를 통과시켜 자갈을 뜨겁게 하여 熱을 저장한다. 해가 있는 낮 동안에 쓰고 남는 熱을 이용하여 熱貯藏庫속에 있는 물 또는 자갈을 뜨겁게 하여 두었다가, 이 뜨거운물 또는 공기로 밤에 방을 덥게 할수 있기 때문이다.

이처럼 아주 간단한 태양열 暖房장치라도 그림 1에서 보는 바와 같이 ① 集熱器가 있어야 하고, ② 液體 또는 空氣를 순환시켜 주는 순환장치가 있어야 하고, ③ 熱을 貯藏할 수 있는 貯藏庫가 있어야하며, ④ 熱이 必要없을때 熱을 밖으로 버릴 수 있는 장치가 되어 있어야 한다. ⑤ 여기에 부가해서 태양열이 충분치 못할때, 또는 많은 熱이 필요할때에 사용할 수 있도록 電氣 또는 일반 燃料를 사용하는 在來式 補助暖房장치가 되어 있어야 한다. 다시 말하면, 集熱器나 熱貯藏庫로부터 충분히 熱을 공급할 수 없을 때에는 電氣 또는 在來式 일반연료를 사용할 수 있게 되어 있어야 한다.

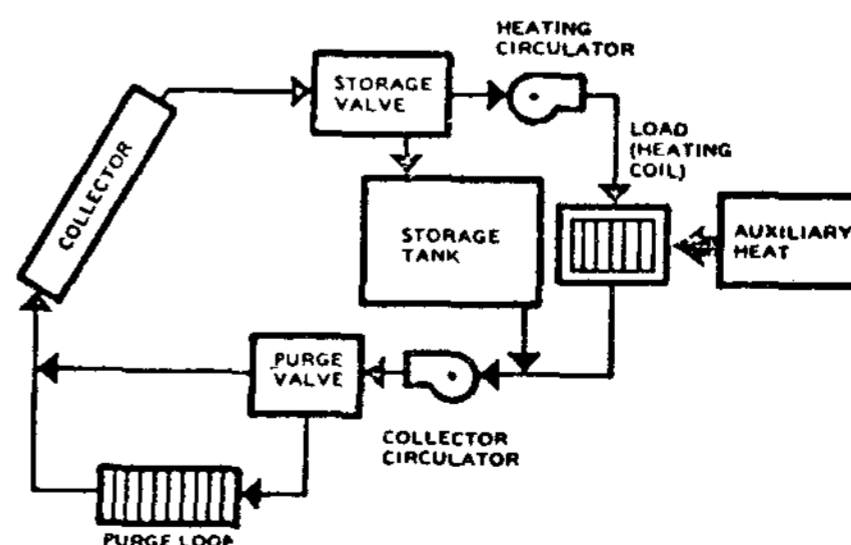


그림 1. SOLAR HEATING SYSTEM

IV. 太陽熱集熱器

太陽熱 暖房裝置에 소요되는 5가지의 基本要素中 集熱器는 太陽熱暖房裝置의 性能을 좌우하는 가장 重要한 要素이다. 따라서 다음에 集熱器의 種類와 基本原理, 集熱器의 性能을 결정하는 要素 등을 考察한 후, 集熱器의 性能과 效率의 計算式을 간단히 검토하겠다. 그리고 끝으로 液體加熱式 및 空氣加熱式 集熱器의 長短點을 記述하겠다.

(1) 集熱器의 種類

集熱器의 種類를 傳熱媒體의 種類에 따라 區分하면 液體加熱式 및 空氣加熱式의 두가지로 區分된다. 集熱器의 集熱方法 및 集熱器의 形態에 依해서 區分하면 ① 平行式 平板集熱器(Flat Plate Collector), ② 眞空管式 集熱器 (Evacuated Tubular Collector), 및 ③ 集中式 集熱器 (Concentrating or Focusing Collector)가 있다.

眞空管式 集熱器는 "스페이어" 集熱器 (The Speyer Collector)라고도 하며, 이것은 吸熱板을 眞空유리管으로 싸워 對流에 依한 熱損失을 아주 적게 한것이다. 한편 集中式 集熱器는 보통 太陽의 直射光線을 수직으로 받아들일 수 있도록 太陽의 位置를 따라 움직이게 되어 있는 太陽追跡式 (Sun Tracking-Type)으로 되어있다. 集中式 集熱器는 물 沸騰點 이상으로 높은 온도가 요구될 경우, 좀더 구체적으로 말하면 주위 공기온도 보다도 80내지 100°C 이상의 높은 온도의 열이 요구될때에 쓰인다.

여기에서는 建物の 冷暖房 및 温水加熱에 실제로 가장 널리 쓰이고 있는 固定 平行式 平板 (Fixed Flat-Plate)으로 된 液體加熱式(水式) 및 空氣加熱式 集熱器만을 對象으로 하여 고찰하겠다. 液體式 및 空氣式 集熱器 모두 表面을 黑色으로 칠한 吸熱板위에 한장 또는 두장의 유리 (또는 플라스틱) 덮개판을 싸운 鐵製상자 모양으로 되어 있다. 덮개판은 入射光線은 잘 통과 시키나, 波長이 긴 反射되는 熱光線은 비교

적 잘 통과시키지 않는다. 덮개판의 주요 목적은 對流에 依한 熱損失을 적게 하는데 있다. 集熱器의 뒷면으로 傳導되는 熱損失을 막기 위해서는 絶緣체를 사용한다.

液體式 太陽熱集熱器의 有名메이커에는 "레낙스 (Lennox Industries Inc.)"가 있다. 그림 2에서 보는 바와 같은 液體式 集熱器의 一般의 인 크기는 6.5ft×3ft×6inch이다. 두개의 유리덮개 사이의 간격은 1/2 inch, 안쪽 유리 덮개와 흡열판 사이의 간격은 약 1 inch이다. 液體流量은 보통 集熱器表面積 每 ft²當 0.02 gal/min이다.

空氣式太陽熱集熱器 (그림 3 참조)의 有名메이커에는 "쏘라론 (Solaron Corp.)"이 있다. 空氣式이 液體式과 特히 다른 점은, 그 크기와 流體가 흐르는 通路이다. 即, 空氣集熱板의 경우는 熱傳達가 잘 되도록 空氣가 吸熱板 全内部 表面과 마주 닿으면서 흐르게 되어 있다. 一般의 流量은 集熱器表面積 每 ft²當 2 ft³/min이다.

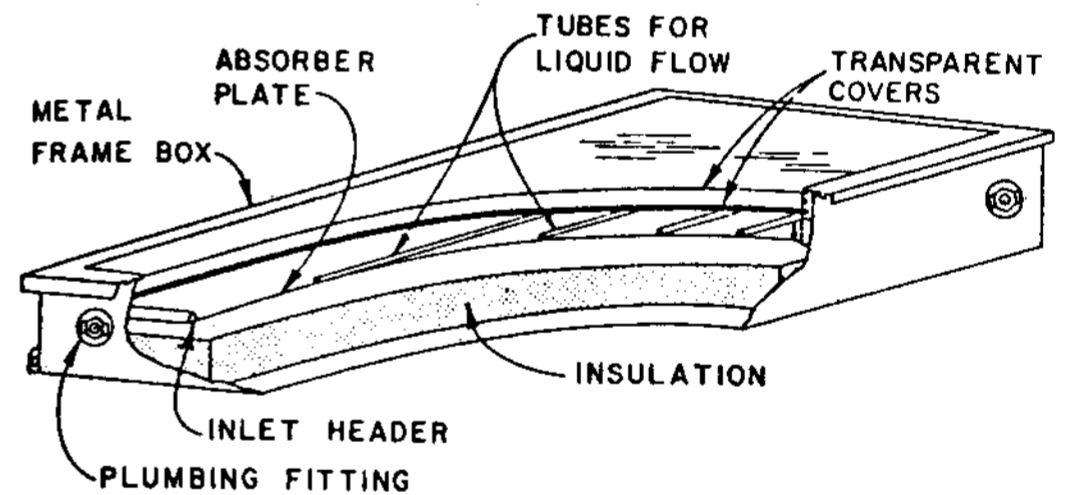


그림 2. Typical Liquid-Heating Collector

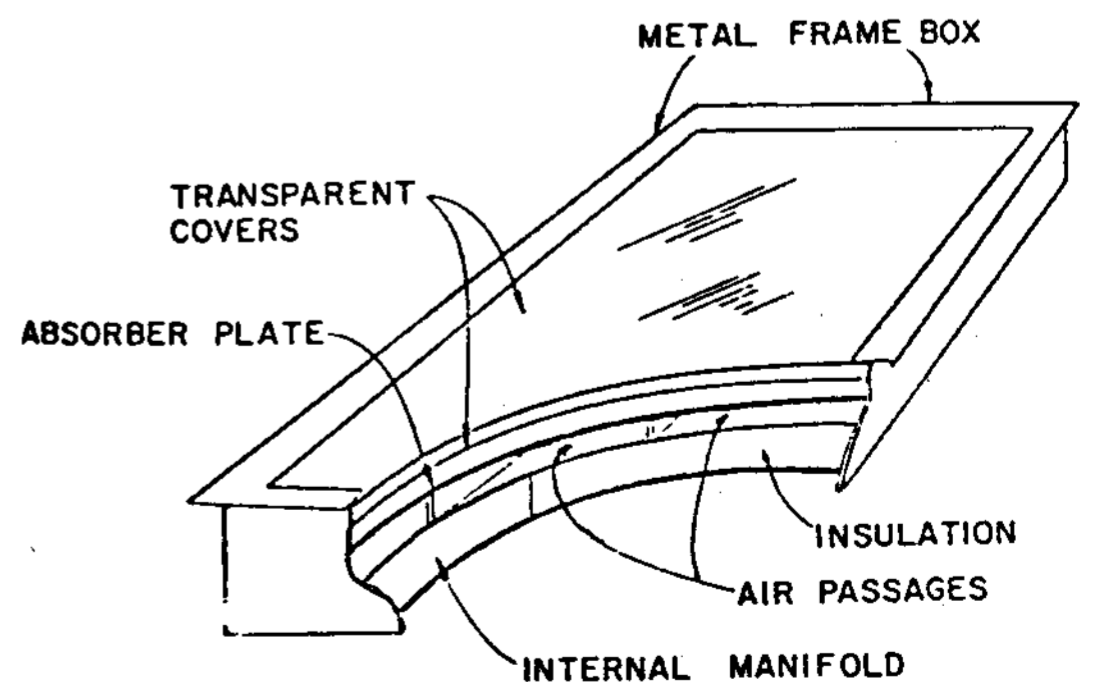


그림 3. Typical Air-Heating Collector

(2) 集熱器의 基本原理

集熱器 (Solar Collector)는 太陽放射熱을 流體의 熱로 바꾸어주는 장치이다. 이러한熱轉換은 넓고 얇은 黑色 金屬板 (即, 吸熱板)이 太陽熱을 吸收하여 吸熱板과 接觸하면서 흐르고 있는 液體나 空氣인 傳熱媒體에 熱을 傳達하므로써 이루어진다. 吸熱板이 太陽熱을 吸收하게 되면 自然히 吸熱板 金屬表面의 온도가 높아지게 되고, 따라서 그 吸熱板 밑을 通過하는 傳熱媒體의 溫度도 높아지게 된다.

그림 4에서 보는 바와 같이, 安定된 狀態下에서 (Under Steady State) 集熱器로 効果적으로 쓸수 있게 얻을 수 있는 熱의 量은 吸熱板에 흡수된 에너지와 吸熱板表面으로부터 직접 간접으로 주위에 잃게 되는 에너지와의 차이가 같다. 이렇게 集熱器의 熱利用性能을 결정짓는 관계를 方程式으로 表現하면

$$\left[\begin{array}{l} \text{每時間當 集} \\ \text{熱板으로 부} \\ \text{터 얻는유용} \\ \text{한 에너지의} \\ \text{量} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{每時間當 吸} \\ \text{熱板으} \\ \text{로부터 얻} \\ \text{는에너지} \\ \text{의量} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{每時間當 吸熱} \\ \text{板으로부터傳} \\ \text{導, 對流, 복} \\ \text{사에의 해} \\ \text{서 잃어 버리는에} \\ \text{너지의量} \end{array} \right]$$

即,

$$q_u = A_c H_T \tau \alpha - A_c U_L (\bar{T}_p - T_a) \dots\dots\dots (1)$$

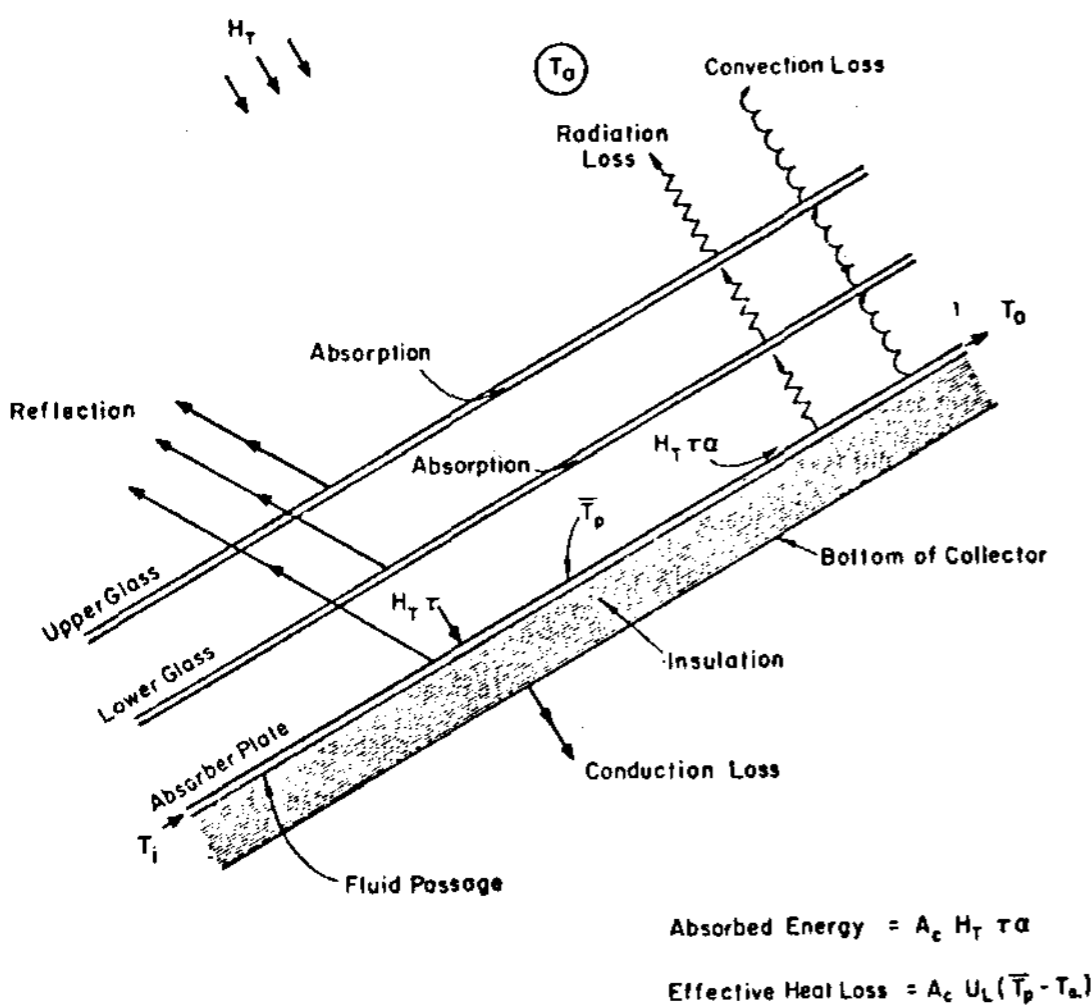


그림 4. Definition Sketch for Equation (1)

위식에서 q_u 는 集熱板으로 부터 단위시간당 전달된 유용한 에너지의 양이고, A_c 는 集熱板의 표면적, H_T 는 경사진 集熱板 表面에 단위시간당 도착하는 태양열에너지의 量, τ 는 入射光線中 吸熱板에 도착하는 率 (投過率), α 는 吸熱板 表面에 도착하는 太陽熱에너지중 吸收되는 率 (吸收率), U_L 은 集熱板으로부터 잃는 全體熱損失係數 (Overall Heat Transfer Coefficient), \bar{T}_p 는 吸熱板 윗 表面의 平均溫度, T_a 는 주위 空氣의 온도를 각각 표시한다. 그림 4를 자세히 보면 위의 방정식을 이해하는데 도움이 된다.

(3) 集熱器의 性能을 決定하는 要素

集熱板의 性能을 보다 더 크게 하려면 방정식 ①의 오른쪽 첫째 項을 최대한으로 크게하고, 둘째 項을 최소로 줄일 수 있도록 設計하고 또 가동조건도 적절히 선택해야 한다. 다시말하면 吸熱板 金屬表面으로부터 보다 많은 열을 흡수하고, 한편 그 표면으로부터 될수록 熱損失을 적게하면 할수록 보다 많은 熱量을 集熱板으로부터 얻어 쓸수 있다. 이와같이 太陽熱 集熱器의 性能은 첫째로 太陽熱의 吸收量과, 둘째로 集熱器로부터의 熱損失등 두個의 要素에 의해서 좌우되므로 이 두가지를 더 자세히 검토하여 보겠다.

가. 太陽熱 吸收 : 太陽熱을 흡수할 수 있는 量은 다음과 같이 요소에 의하여 결정된다.

㉠ 경사진 집열판에 도착하는 입사광선의 量: 한편 이것은 集熱板의 경사각에 따라 변한다.

㉡ 吸熱板표면의 光線吸收率(α): 集熱器 全體의 효율은 이 吸收率에 의해서 많이 좌우된다. 많은 金屬산화물과 대부분의 黑色페인트는 그표면에 도착하는 光線의 약 95%가량 吸收하고, 나머지 5%의 光線은 유리덮개판을 통해서 위로 反射시켜 버린다. 가장 흔한 吸熱表面은 耐熱페인트를 칠한 후 熱處理를 한 것이다. 이 表面은 高熱에 오래동안 견딜 수 있어야 하기 때문이다.

㉢ 유리덮개판의 光線投過率(τ): 유리의 光線

投過率은 유리의 質과 入射光線이 유리表面에 도착할 때에 表面과 이루는 角度에 의해서 달라진다. 보통유리 한장이 反射시키는 量은 直射光線의 約 8% 정도이다. 유리속의 불순물, 特히 鐵分은 光線을 약간 吸收하는데, 비교적 鐵分이 적은 유리는 光線의 2% 정도 吸收한다. 두겹의 유리덮개를 가진 집열판의 光線 투과율은 約 80% 정도이나, 유리표면을 교묘하게 애칭(Etching)을 하면 90%까지 늘릴 수도 있다.

나. 集熱器로부터의 熱損失 : 集熱器의 熱損失은 다음과 같은 요소에 의해서 결정된다.

㉠ 유리덮개의 數 : 대류와 복사에 의한 열손실을 줄이기 위해 하나 또는 두겹의 유리와 같은 투명한 덮개판을 金屬 吸熱板위에 놓게 된다. 즉, 吸熱板과 유리사이에 있는 공기를 가두어 둠으로써 對流에 의한 熱傳達를 막아 全體熱損失係數(U_L)을 적게할 수 있고, 特히 유리는 뜨거운 鐵製吸熱板으로부터 放射되는 긴 波長을 가진 熱輻射를 막을 수 있다.

㉡ 集熱器 뒷면과 옆 가장자리의 熱절연 : 集熱器의 뒷면과 가장자리로부터 많은 熱을 잃게 되므로 철저히 열不導體로 절연토록 해야 한다.

㉢ 吸熱板의 平均溫度 : 方程式①을 보면 吸熱板의 溫度와 주위공기온도의 差異가 적으면 적을수록 熱損失도 적어짐을 알수 있다. 그러나 주위공기의 온도는 조절할 수 없는 요소임으로, 吸熱板의 平均溫度를 調節해야 한다. 이 吸熱板의 온도는 集熱器의 設計 및 그 作動方法에 관계되는 많은 요소에 의해서 결정된다. 그중 가장 중요한 요소는 集熱器를 통해 흐르는 傳熱媒體의 流速, 流體의 種類, 集熱器로 들어 올때의 傳熱媒體의 溫度, 傳熱媒體가 흐르는 튜부(Tube)와 吸熱板과의 接觸點의 熱傳導度 等이다.

다. 選擇的 表面 (Selective Surfaces)

一般的으로 光線의 吸收率이 큰 物質의 表面은 亦是 熱輻射率도 크다. 그러나 適切한 표면處理를 하면 太陽熱吸收率을 크게할 수 있고 同時에 熱輻射도 적게 할 수 있는 表面을 合成할 수 있는데, 이러한 表面을 選擇的 表面 (Sele-

ctive Surface)이라고 한다.

대부분의 選擇的 表面은 光度가 높은 金屬表面에 아주 얇은 黑色 金屬酸化物을 입힌 것이다. 光度가 높은 金屬은 熱輻射 (Thermal Radiation)에 對한 放射率 (Emissivity)이 적은 때문에 熱輻射率이 적고, 얇은 金屬막은 이런 熱輻射는 通過시키므로, 光度가 높은 금속에 얇은 黑色 金屬막을 입히면, 光線을 많이 吸收만하고, 熱輻射를 적게하여 결국 全體的인 熱損失 係數(U_L)를 적게 할 수 있다.

오늘날까지 開發된 가장 성공적이고 安定된 選擇的 表面은 吸熱板위에 니켈막을 電氣鍍金 한 후, 크롬酸化物을 니켈막위에 電着 (Electro-depositing) 시켜서 만든 것이다. 가장 성능이 좋은 選擇的 表面의 太陽熱吸收率은 거의 0.95이고 熱放射率 (Thermal Emissivity)은 거의 0.1 정도이다.

(4) 集熱器의 性能 (Collector performance)

앞에서 이미 말한 方程式①에서 볼 수 있는 바와 같이 各項의 모든 값을 알면, 單位 時間當 集熱器로부터 얻는 有用한 熱가득량을 산출할 수 있다. 即 單位 時間當 얻은 有用한 열가득량을 산출하려면, 集熱器의 設計特性은 물론, ① 太陽熱照射量, ② 吸熱板의 平均溫度 및 ③ 주위 空氣의 溫度 등 세가지의 集熱器 加동조건을 알아야 한다. 이 중에서 吸熱板의 平均溫度를 除外하고서는 모두 쉽게 測定할 수도 있고, 이미 發表되어 있는 表나 차트 (chart)로부터 손쉽게 얻을 수 있다. 그러나 吸熱板의 平均溫度는 알 수 없을뿐만 아니라, 측정하기도 어렵다. 왜냐하면, 吸熱板의 平均溫度는 集熱器의 加동조건중 特히 傳熱媒體의 공급온도와 單位 時間當 흐르는 流量에 의해서 결정되기 때문이다.

集熱器, 貯藏庫, 傳熱媒體 순환시설 등을 갖춘 太陽熱暖房장치에의 경우 熱貯藏庫속의 流體溫度는 쉽게 측정할 수 있다. 흔히 쓰이는 液體式 集熱器의 吸熱板 온도는 集熱器로 들어갈때의 液體온도보다 화씨 10도 내지 20도 가량 높다. 空氣式의 경우는 앞에서 말한 두점의 溫度차는

화씨 30도 내지 50도 정도이다.

편의상 集熱器의 有效熱量計算式①에 있어서, 吸熱板 平均溫度 대신 쉽게 알 수 있는 傳熱媒體가 集熱器로 들어갈 때의 온도로 바꾸고 그 위에 하나의 修正係數를 사용함으로써 다음과 같은 集熱器의 有效熱量가득을 計算式을 얻는다.

$$q_u = F_R A_c [H_T \tau \alpha - U_L (T_i - T_a)] = (\dot{m} C_p)_c (T_o - T_i) \dots \dots \dots ②$$

위 식에서 T_i 는 集熱氣로 들어갈 때의 流體 온도이고, F_R 는 修正係數 或은 集熱器熱除去係數 (Collector Heat Removal Factor)라고 하며 그 數値는 方程式①과 方程式②에서 얻는 有效熱量 可得率의 값이 같아지도록 0에서 1까지 變한다. 한편 \dot{m} 는 集熱器 속을 흐르는 傳熱媒體의 單位 時間當 流量, C_p 는 傳熱媒體의 比熱, T_o 는 集熱器를 빠져나갈때의 傳熱媒體의 溫度를 各各 나타낸다.

集熱器熱除去係數 (F_R)는 “集熱器로부터 實際로 얻는 熱量”과 “吸熱板의 溫度를 集熱器로 들어가는 流體와 같은 溫度에서 作動하였을 때에 集熱器로부터 얻을 수 있는 熱量”과의 比率이라고 해석할 수 있다. 特定한 集熱氣를 어떤 一定한 條件下에서 가동할때 集熱器의 熱除去係數는 變하지 않는 常數이다. 一般적으로 물을 傳熱媒體로 쓰는 集熱器의 熱除去係數는 0.9 정도이고, 空氣式集熱器의 熱除去係數는 대략 0.8이다.

方程式②에서 集熱器로 들어가는 傳熱媒體의 供給溫度는 太陽熱暖房裝置의 特性과 건물에 供給해야 할, 熱所要量에 의해서 결정된다. 그러나 F_R 는 단지 集熱器의 特性과 單位 時間當 集熱器로 흐르는 流量에 의해서 결정된다. 集熱器로 供給되는 流體의 溫度와 吸熱板의 溫度와 같게 되는 경우 F_R 의 數値는 1이 된다.

(5) 集熱器의 效率 (Collector Efficiency)

方程式②를 太陽熱集熱效率을 表示하는 式으로 바꾸어 쓸 수 있다. 即 실제로 사용할 수

있게 전달된 有用한 太陽熱量을 照射되는 全體 太陽熱量으로 나눈 比率로 表示하면 다음과 같다.

$$\eta_c = \frac{q_u}{H_T A_c} = F_R \tau \alpha - F_R U_L \frac{(T_i - T_a)}{H_T} = \frac{(\dot{m} C_p)_c}{H_T A_c} (T_o - T_i) \dots \dots \dots ③$$

위 식에서 η_c 는 太陽熱集熱器의 效率을 表示한다.

傳熱媒體의 流速을 일정하게 유지하면서 作動하는 太陽熱集熱器에 있어서, A_c , F_R , τ , α 및 U_L 등은 入射光線의 量 또는 溫度 등에 관계없이 거의 항상 일정하므로 상수로 취급할 수 있다. 이들 諸要素를 상수로 假定하고, 그림 5에서 보는 바와 같이 集熱器의 效率(η_c)과 $\frac{T_i - T_a}{H_T}$ 를 각각 그래프에 表示하면 하나의 直線을 나타낸다. 이 直線의 特性을 나타내는 첫째 要素는, 그 직선과 縱축과의 交차점인바 이 交차점은 $F_R \tau \alpha$ 의 값과 같다.

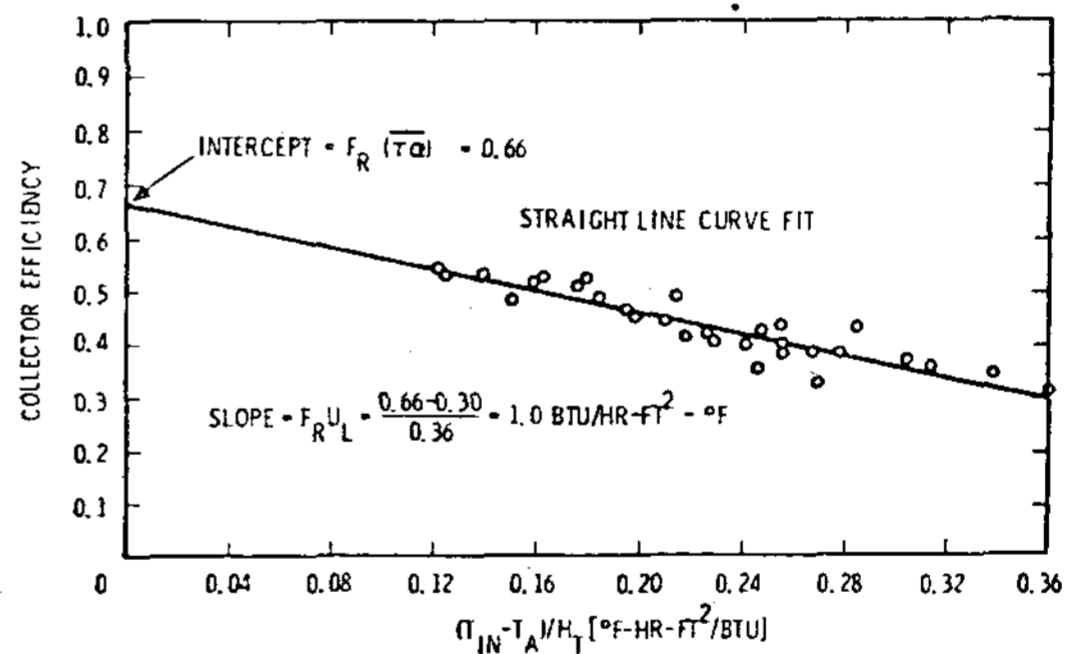


그림 5. Experimental Collector Performance

그리고 둘째의 特性은 이 直線의 傾斜(즉 縱축상의 變화와 橫축상의 變화의 比率)인바 이 傾斜는 $-F_R U_L$ 의 값과 같다. 그러므로, 만일 여러가지로 다른 溫度와 入射光線 下에서 얻어지는 集熱器의 效率에 대한 實驗結果를, 效率(η_c)을 縱축으로 하고, $\frac{T_i - T_a}{H_T}$ 를 橫축으로하여 그 그래프에 모두 表示한 후, 그 實驗점들을 가장 정

확하게 表示할 수 있도록 直線을 그으면 (그림 5 참조), 이 直線은 集熱器를 모든 條件下에서 가동하였을때에 얻을 수 있는 集熱器의 性能을 나타낸다. 한편 이 직선과 종축과 만나는 점은 전열매체의 온도를 주위공기의 온도와 같게 하였을때에 해당하며, 집열기가 얻을 수 있는 최대의 효율이다. 또 이 直線과 횡축과 만나는 점은 集熱器의 效率가 零이 되는 점이다. 이 경우는 太陽熱이 너무 적든지, 또는 集熱器로 供給되는 傳熱媒體의 溫度가 너무 높아 주위로 잃는 熱量과 集熱器로 吸收되는 熱量이 같아져서 集熱器로부터 유용한 熱을 전혀 얻지 못하는 경우에 해당된다. 集熱器의 效率直線이 갖는 기울기 (slope)는 F_{RUL} 의 값과 같으며, 이것은 集熱器로부터 잃는 熱의 量에 比例한다. 即경사가 급하면 급할수록 熱損失率도 크다. $F_{R\alpha}$ 와 F_{RUL} 의 두개의 값만 알면 그래프 위에 效率直線을 그릴 수 있으므로, 集熱器 製作會社는 대개의 경우 $F_{R\alpha}$ 와 F_{RUL} 의 값을 실수요자가 알 수 있도록 技術明細와 함께 提供하여 주든지, 아니면 그림 5와 같은 集熱器의 效率直線을 제시하여 준다.

(6) 液體式과 空氣式集熱器의 比較

建物の 暖房과 溫水加熱에 실제로 사용되는 集熱器는 거의 모두 平行式 平板 (Flat-Plate)으로 된 集熱器이므로, 여기에서는 이 平行式 平板 集熱器만을 對象으로 하여 傳熱媒體가 液體인 경우 (주로 물)와 空氣인 경우 두가지만을 주로 比較 檢討하겠다.

가. 液體式 (水式) 集熱器의 長短點 :

특히 水式集熱裝置는 다음과 같은 長點을 가지고 있다.

㉠ 氷點 以下로 내려가지 않는 氣候條件下的 地域에서는 傳熱媒體와 熱貯藏媒體로써 동일한 물질인 (水)을 사용할 수 있다는 점이다.

㉡ 같 量의 熱을 貯藏하기 위해 空氣式集熱裝置에 쓰이는 熱貯藏庫에 비하여, 물을 쓰는 熱貯藏庫의 부피는 空氣式的 3분의 1이 된다.

㉢ 液體式은 吸收式 冷房裝置 (Absorption Air Conditioners)에 쉽게 연결할 수 있다.

㉣ 液體式은 空氣式보다 소음이 적고, 여러가지 建築樣式에 쉽게 적용할 수 있다.

한편 水式集熱裝置의 短點에는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

㉤ 氷點 以下로 내려가는 기후조건하의 지역에서 液體式 集熱裝置를 사용하는 경우에는, 集熱器를 순환하는 傳熱媒體로 不凍液을 사용하므로, 熱貯藏庫의 물과 集熱器의 傳熱媒體와는 熱交換器를 통해서 熱을 주고 받게 된다. 따라서 熱貯藏庫에 들어 있는 물과 集熱器로 들어가는 傳熱媒體 사이에는 溫度차가 생기게 마련이고, 吸熱板의 溫度도 높아지게 되어 集熱器의 性能이 떨어지게 된다. 熱交換器를 쓰는 경우에는 給水펌프를 하나 더 쓰게 된다.

㉥ 太陽熱 暖房裝置는 대개 在來式 스팀 暖房裝置보다 낮은 溫度에서 작동하게 되므로 충분한 열을 건물에 공급하려면 더 넓은 傳熱面積이 필요하게 된다.

㉦ 봄이나 가을철과 같이, 冷暖房에 소요되는 열량이 적을 경우 液體式 集熱器는 필요이상으로 高溫에서 작동하게 되므로 集熱器 속에서 液體가 끓는 것을 방지하고, 또 高溫으로 인해 集熱器의 内部壓力이 높아져 集熱器가 파손되지 않도록 예방장치가 마련되어 있어야 한다.

나. 空氣式 集熱器의 長短點

空氣式的 長短點으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

㉧ 부식의 염려가 없다.

㉨ 끓을 위험이 없다.

㉩ 空氣가 다소 새어 나가도 큰 지장이 없다.

㉪ 열지 않는다.

㉫ 液體式보다 유지비가 싸게 들 수 있다.

한편 空氣式 集熱器의 短點에는 다음과 같은 것이 있다.

㉬ 液體式에 비하여 傳熱媒體의 순환에 필요한 電力 소모량이 더 크다.

㉭ 液體式보다 約 3배 더 큰 熱貯藏庫 容積

이 필요하다.

- ㉔ 液體式보다 소음이 더 크다.
- ㉕ 吸收式 冷房施設과 연결하기 어렵다.
- ㉖ 空氣通路 (Duct)에 많은 空間을 할애해야 한다.

V. 結 語

지금까지 太陽熱의 利用方法과 그 潛在力을 파악하기 위해 먼저 美國의 太陽熱 利用計劃을 그 主題를 통해서 간단히 살펴보고, 또 가장 간단한 太陽熱 暖房施設을 實例로 하여 그 重要한 要素에는 무엇이 있는가를 알아 보았다. 이 글의 主題인 太陽熱集熱器에 대해서는 現在 많이 사용되고 있는 平行平板形 (Flat-Plate) 으로 된 液體式 및 空氣式 集熱器를 중심으로 그 基本 原理와 性能 및 效率의 測定方法 등을 함께

고찰하고, 水式 및 空氣式 集熱器의 長短點도 간단히 비교하여 보았다.

앞으로 계속될 太陽熱 利用技術의 發展과 그 應用分野의 擴大에 따라 여러가지 형태의 太陽熱 集熱器를 開發할 것을 豫測할 수 있다. 이미 各國에서 販賣되고 있는 各種 集熱器는, 그 製作會社마다 特殊한 性能과 效率을 가진 製品이라고 宣傳되고 있다. 그러나 各種 太陽熱 集熱器의 性能과 效率을 보다 意味있게 評價하려면, 恒常 一定한 條件下에서 客觀的인 基準에 따라, 同一한 方法으로 그 性能과 效率을 檢査하여야 할 것이다. 따라서 太陽熱 集熱器의 檢査와 評價方法을 標準化 하는 것은 다른 機械製品 檢査에서와 마찬가지로 반드시 必要한 것이다. 이러한 “太陽熱 集熱器의 檢査 및 評價方法의 標準化”에 對해서는 다음 機會에 論하기로 하겠다.