

# 太陽熱住宅의 액티브시스템

劉 承 圭

(明知大學 建築工學科助敎授)

## 1. 序 言

1970年代의 全世界的인 에너지과동이후 世界各國은 에너지確保(Energy Security)問題의 하나로서 代替에너지源인 原子核에너지, 太陽에너지, 風力에너지, 潮力에너지 및 地熱에너지등 모든 活用可能한 에너지의 開發에 많은 관심을 쏟고 있다. 美國 MIT의 WAES(代替에너지 戰略에 관한 研究)에 의하면, 앞으로 1백년 후에는 지구에너지공급의 大部分을 太陽熱로 전환해야 한다고까지 주장하고 있으나 가까운 미래의 代替에너지源은 原子核에너지와 太陽에너지로 귀착되고 있는 바, 原子核에너지의 경우 고도의 技術과 고도의 投資가 뒤따라야 하며 環境보호라는 副作用이 야기될 수 있기 때문에 太陽에너지만이 開發의 여하에 따라서는 영원히 고갈되지 않을 無公害의 에너지源이라 할 수 있다.

現在까지 太陽에너지는 그 직접이용분야로서 住宅이나 建物の 暖房이나 冷房, 溫水의 제조, 發電, 蒸溜水製造, 農業 및 工業에의 이용등의 方法으로 研究되어 왔고 이방면의 開發이 시도되고 있는 바, 現 美國에서는 보잉社를 비롯한 유수의 企業들이 SPS(太陽에너지 우주선)라는 長期的인 太陽熱利用의 계획까지 수립해 보고있는 실정이다.

太陽熱을 住宅이나 建物の 暖房에 利用하는 方法은 그 住宅이나 建物の 暖房에 필요한 에너지의 全部 또는 一部를 太陽에너지의 熱轉換이나 電氣轉換에 의하여 공급하도록 되어있는 바 太陽熱의 導入方法에는 두가지가 있다. 첫째는 能動型裝置(Active System)로 이는 太陽에너지의 集熱器와 蓄熱器가 구비되어 있어 日射量이 많을 때 전환된 熱을 비축하였다가 필요할 때 適當히 分配하여 사용할 수 있도록 施設하는 방식이며, 둘째는 受動型裝置(Passive System)로 이는 集熱器를 使用하지 않고, 太陽熱을 직접 받아들여 自然暖房을 하거나 또는 도입된 熱을 建物の 구조체에 部分的으로 흡수시켰다가 日沒후에 서서히 室内로 방산하는 방식을 말한다. 패시브시스템은 溫室·南面窓·熱사이폰식(Thermosyphoning)벽이나 지붕·太陽池(Solar Pond)등을 利用하는 方法으로 日射量이 적은 지방이나 學校 및 事務室등과 같이 낮에만 暖房이 요구되는 建物에서 주로 채용되는 방식인 바, 現在の 研究對象과 活用展望은 주로 액티브시스템에 주어져 있다.

그러므로 본 研究에서는 住宅의 冷暖房 및 給湯등에 이

용되는 액티브시스템의 構造를 개략적으로 分析해 보고, 또 實際 作動方式을 살펴봄으로써, 太陽熱住宅을 計劃할 때 필요한 액티브시스템에 대한 앞으로의 開發方向을 검토해 보고자 한다.

## 2. 액티브 시스템의 構造

액티브시스템은 기능상 集熱(Collecting)·蓄熱(storage)·配熱(distribution)의 3가지 主構成要素로 되어 있는데, 現在の 연구 개발분야는 주로 集熱과 蓄熱에 역점을 두고 있으며 配熱分野에 있어서는 지금까지 우리가 利用해오던 기존 暖房시스템을 최대한 活用하고 있는 실정이다. 이들 構成要素의 디자인과 기능은 각각 여러가지가 있으며, 그 構成要素의 적합성은 地方別氣候條件, 요구되는 性能, 건축적인 요구조건 등에 따라 여러가지로 組合할 수가 있다.

### (1) 集熱器(Collector)

集熱器를 大別하면 受光面積과 吸收體面積이 같은 平板集熱器(Flat-plate Collector)와 凹面鏡 등으로 太陽光線을 吸收體에 集中시키는 集光集熱器(Concentrating Collector)로 나뉘어진다. 集光集熱器는 80℃~130℃의 集열온도가 필요한 冷房用이나 日射量이 많은 地方에도 使用할 수 있다는 長점이 있으나 價格이 비싸다. 보통 太陽熱 暖房·給湯에 필요한 온도는 60℃이하이므로 價格이 싸고 構造가 간단한 平板集熱器가 一般的으로 使用되고 있으므로 여기에서는 주로 平板集熱器에 대해 說明하고자 한다.

#### ① 平板 集熱器의 構造

平板 集熱器는 위의 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 보통 다음과 같은 2가지의 部品이 가장 重要한 역할을 하고 있다.

투과체(glazing) : 투과체는 太陽光線을 加급적 많이 투과시켜 흡수체(absorber)에서 대류·복사에 의한 손실을 방지함과 동시에 흡수체가 오손되는 것을 保護하는 역할을 가지고 있다. 集熱器의 作動溫度(operating temperature)에 따라 투과체는 2겹 3겹이 될 수 있는데, 투과체의 수가 늘면 흡열판의 열손실을 막을 수 있지만 동시에 투과율이 저하되는 것을 감안해야 한다. 또한 투과체의 기능을 좀 더 높여려면 산화인듐(Indium Oxide)나 산

화주석 (In Oxide)와 같은 물질을 내부에 코팅 (coating) 하여, 투과율에는 변함이 없고 흡열판에서 반사되는 低溫 輻射는 코팅된 면에서 다시 흡열판으로 재반사되게 하는 選擇 反射膜이 사용된다.

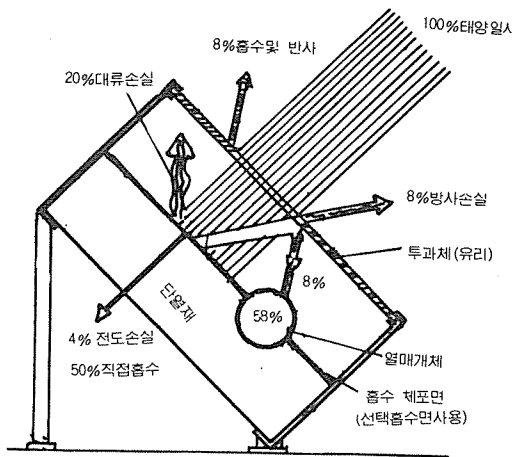


그림 : 평판형 집열기의 개념도

흡수체 (Absorber) : 흡수체는 太陽光線을 熱에너지로 變化시켜 물·공기등의 媒体에 전달하는 기능을 가진 것으로서, 이에 는 흡수체의 材料選擇과 表面處理가 가장 重要하다. 흡수체위 材料選擇에서는 효율, 수명경도문제, 내열변화성 (Thermal Fatigue), 부식으로 인한 자재의 물리적 수명단축과 효율적 수명단축을 고려해야 하는데 현재 재료로서는 구리, 알루미늄, 스테인레스스틸 (Stainless Steel), 합성수지등이 쓰이고 있다. 현재는 구리와 알루미늄 등의 금속재료가 효율이 높은 것으로 나타나 있으나 이에 는 經濟性을 고려하여 재료선택을 해야 된다는 것을 알 수 있다.

흡수체의 재료선택 못지 않게 열효율을 높이기 위해서는 표면처리가 중요한 바 가장 효율적인 표면처리는 흡수체 표면에서 반사되는 低溫輻射를 최소한으로 막는 반면에 太陽光線의 흡수량에는 조금의 변화도 주지 않게 하는 것이다. 현재까지는 完全黑체에 가까운 吸收率이 100%에 가까운 黑色塗料등이 좋은 것으로 되어 왔으나 최근에는 日射吸收率이 높고 低溫輻射率이 낮은 선택흡수막 (Selective Surfacecoating)이 개발의 중심이 되고 있다. 이 선택흡수막은 반사율이 큰 金屬基板위에 太陽光線 흡수율이 큰 黑色半導體膜을 입힌 것으로서, 太陽光線은 半導體膜에 있어서 흡수되지만 赤外線領域의 低溫輻射率을 적게하도록 처리한 것이다. 이 黑色塗料와 선택흡수막의 선택에 있어서는 흡수체로부터의 放射가 그렇게 크지 않은 低溫集熱의 경우에는 黑色塗料의 쪽이 集熱效率이 약간 높아지나, 어느정도의 高溫集熱이 요구되는 冷暖房이나 給湯에는 선택흡수막이 集熱效率이 높아진다는 것을 고려해야 할 것이다.

아래의 도표는 위에서 설명한 투과체의 갯수와 흡수체의 표면처리의 차이에서 발생하는 집열효율의 증감과 실제로 필요한 集熱量에 어떤 배열이 가장 효율적으로 作動할 수 있는 가를 보여주는 한가지 예이다.

集熱器에는 위에서 설명한 투과체, 흡수체 이외에도 集熱器뒤쪽으로의 열손실을 방지하기 위한 적당한 두께의 단열재 (Insulation)가 있다. 이밖에도 흡수체·투과체를 保護하고 集熱器전체를 外力에서 保護하여 支材에 힘을 전하는 구실을 하는 외부틀 (Housing) 등의 여러가지 補助的인 部品을 필요로 하고 있다.

## (2) 集熱器의 熱傳達方法

集熱器는 열수송매체에 의하여 空氣集熱器, 流水集熱器, 液体集熱器로 나누어 진다.

空氣集熱器 (Air-type Collector) : Maria Telkes

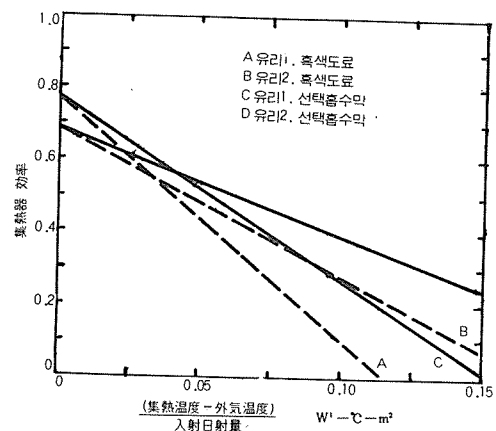


그림 : 집열기 효율

(1948) R. Bliss (1954) George Lof (1957) 등에 의하여 開發되었으며, 流水集熱器 및 液体集熱器와 비교해 볼 때 열전도상의 비효율성을 막을 수 있다는 점과 동파의 문제가 있다는 長點을 가지고 있는 반면에 家庭溫水用으로는 流水集熱器보다 效率이 낮다.

流水集熱器 (Water-trickling Collector) : H·Tomason 등에 의하여 開發되었으며 標準建築資材로 많이 쓰인다. 액체통로가 봉쇄된 液体集熱器와 비교한다면 이 開放型集熱器는 흡수체로부터의 물의 증발과 투과체에서의 액화때문에 열효율을 損失하며 흡수체에 의해 받은 반사열을 감소시킨다는 단점이 있다.

液体集熱器 (Liquid-type Collector) : 熱媒로서 물이나 물과 부동액을 섞은 액체를 사용하며 현재 가장 많이 사용되는 集熱器다.

장점은 온수등을 사용할 때 적은 電氣로 순화 시킬 수 있다는 점과 空氣集熱器보다 적은 電氣量으로 蓄熱模로 펌프할 수 있다는 점을 들 수 있으나 동파와 부식을 환

전히 막을 수 없다는 단점이 있다.

**(2) 蓄熱槽 (Storage)**

蓄熱槽는 集熱器에서 얻은 熱量을 冷暖房 및 給湯에 필요할 때까지 저장하는데 그 기능이 있다. 化學的인 반응의 이용여하에 따라서 顯熱 蓄熱과 潛熱蓄熱이 있다.

**① 顯熱 蓄熱 (Sensible Heat Storage)**

蓄熱槽 조각시의 온도 범위에서 相變化 (Phase Change)가 없는 물질을 이용하는 蓄熱方法으로서, 물·不凍液·熱媒体 등의 액체를 이용하는 방법과 돌·모래·흙·콘크리트 등의 固体를 利用하는 方法이 있다. 보통 太陽 熱暖房의 경우 熱必要量의 하루나 이틀분을 蓄熱하는 수가 많으며 연면적 100m<sup>2</sup> 정도의 주택에서는 5~10×10<sup>4</sup> Kcal 정도가 되며 물을 이용하는 경우 이용온도차 10deg로 5~10m<sup>3</sup>의 물蓄熱槽를 자갈을 이용하는 경우 10~30 m<sup>3</sup>의 容積이 필요하므로 顯熱蓄熱에서는 熱利用效率을 어떻게 높이는가, 설치장소를 어디로 하는가, 개방형인가 밀폐형인가 하는 점이 중요한 문제가 된다.

물蓄熱槽 (Water Storage) : 물은 열용량이 가장 높으며 값이 싸다는 長점이 있으나, 매우 큰 축열탱크를 필요로 하며 전도열의 손실을 막기 위한 단열처리를 해야 한다는 점과 누출·부식·凍破 등의 단점을 아울러 가지고 있다.

자갈 蓄熱槽 (Rock Storage) : 보통 직경 5cm의 자갈을 사용하는 空氣集熱器에 적용되는 公同적인 蓄熱方法이다. 자갈의 크기는 蓄熱槽를 통과하는 공기의 저항, 송풍기나 덕트 (Duct)의 크기, 配熱效率 등에 영향을 미친다.

**② 潛熱 蓄熱 (Latent Heat Storage)**

결정격자의 변화, 결정수의 變化, 증발, 용해 등과 같이 물질의 相變化 (phase change)에 따라 생기는 潛熱을 蓄熱로 利用하는 것으로서 보통 融解熱을 사용하고 있다. 난방용으로는 몇가지의 水和鹽이 사용되는데 CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O의 예를 들면 30°~39°의 용해온도와 42kcal/kg의 용해열 밖에 필요하지 않고 또 가격이 저렴하므로 가장 많이 사용되고 있다. 이와 같은 潛熱蓄熱은 蓄熱槽의 크기가 물 蓄熱槽에 비해 약 1/8 정도이고 相變化중 온도가 일정하다는 長점이 있는 반면에 수명이 짧고 물이나 자갈에 비해 高價인 短점이 있다.

**(3) 配熱 (Distribution)**

蓄熱槽에 지정된 열에너지가 居住空間까지 配熱되는 方法에는 氣體流動式, 液体流動式 2가지가 있는데 配熱方式은 集熱器와 蓄熱槽의 構造에 따라 주로 決定된다.

**① 氣體流動式 配熱 (Gas Flow Distribution)**

自然對流式 (Natural Convention) : 이 방식은 기계적장

치의 도움 없이 열구배 (Thermal Gradients)에 의한 공기의 순환운동에 의해서 集熱器나 蓄熱槽로부터의 열은 居住空間에 공급된다. 이 과정은 집열기나 축열조의 형태, 용량, 벽이나 마루의 벤트 (Vent)에 의해 조절된다.

送風式 (Forced Warm-air) : 이 방식이 액티브시스템에서 많이 사용되는 바, 열에너지 配熱을 위한 기계설비와 전기적인 에너지가 필요하다. 집열기나 축열조로부터 나온 공기는 덕트 (duct)를 지나 居住空間으로 送風하게 된다. 이 방식은 집열기나 축열조의 형태가 決定要因이 되는 것도 아니고, 자갈축열조 물축열조는 물론 잠열축열조 모두가 可能하다.

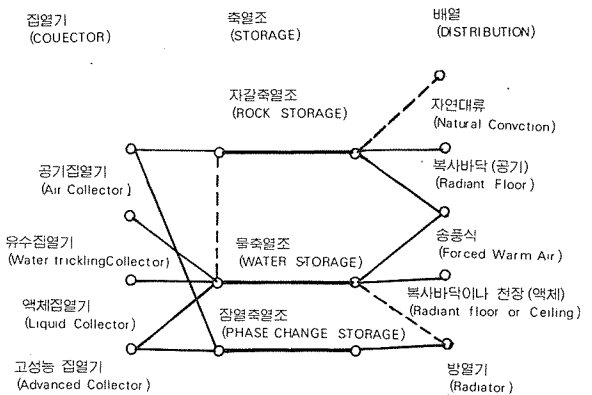
**② 液体流動式 配熱 (Liquid Flow Distribution)**

輻射板을 使用하는 方法 (Forced radiant floor or ceiling-liquid) : 작은 물배관을 콘크리트 바닥에 설치하여 作動시키는 方法으로 低溫集熱에서도 잘 作用할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

방열기 (Baseboard Radiators) : 튜브를 순환하고 있는 高溫의 물로부터의 대류와 복사열로 暖房을 하는 것으로 보통 55℃ 이상의 高溫의 熱이 있어야 作動한다.

**3. 액티브시스템의 作動方式**

액티브시스템이 作動하기 위해서는 構成要素들을 여러 가지로 組合하는 것이며 可能한 方法은 아래의 도표와 같다.



集열기와 축열조와 배열의 조합

實際로 액티브시스템을 住宅의 暖房에 利用하는 경우 흐리고 비오는 날의 계속을 고려하여 原則적으로 補助熱源設備가 필요하다. 特別한 機械設備없이 비교적 低溫에서 作動하는 代表的인 액티브시스템은 다음과 같다.

**① 溫風型 平板集熱器 시스템 (Warm-air Flat-Plate System)**

空氣式 平板集熱器를 使用하고, 蓄熱構는 자갈, 콘크리트구조물 등 固体蓄熱物質을 利用하고 있다. 보통 집

열기는 축열조의 온도를 30°~50℃ 까지 올릴 수 있는데 이것을 송풍기에 의해서 따뜻한 공기를 순환시키는 방식이다. 부식·녹·凍破 등의 문제는 없으나 温水式에 비해 含熱量이 작기 때문에 配管費用이 높아진다.

② 温水式 平板集熱器 시스템 (Warm - water Flat-plate System)

液体平板集熱器를 사용한 温水直接加熱式 액티브 시스템으로 太陽에너지는 집열기로 부터 물이나 혹은 부동액에 의해 축열기까지 운반된다. 作動이 좋고 순환 매체로 물을 사용하므로 공기를 사용하는 경우보다 에너지가 적게 들고 축열조가 차지하는 面積이 공기의 경우보다 작게 차지하는 長点이 있는 반면에 부식이나 凍破·누수 등이 생기는 短点이 있다.

③ 温水式 集中集熱器 시스템 (Warm-water Concentrating System)

集中集熱器를 이용한 温水間接加熱式 액티브시스템으로 平板集熱器보다 면적은 작으나 2 배이상의 열량을 얻을 수 있는 장점은 있으나 비용이 많이 들고 투과체의 내구성이나 겨울철의 보수유지의 문제점이 있다.

위와 같은 代表的인 액티브시스템외에 集熱器에 의해 얻어지는 비교적 낮은 熱量을 갖고 效率인 전체 난방을 계획하기 보다는 特殊한 機械設備를 갖춘 暖房이나 冷房裝置에 太陽熱을 利用하는 方法이 있다.

④ 太陽熱 히이트펌프 시스템 (Solar heat-pump System)

히이트펌프는 壓縮이나 吸取作用에 의하여 小量의 電氣 에너지를 공급함으로써 低温의 空氣나 물을 高温으로 바꾸어 效率성을 높혀 사용한다. 이 시스템에서는 겨울철에는 集熱器로 집열한 10°~20℃의 비교적 적은 低温의 太陽熱을 전동히이트펌프로 30°~40℃로 승온하여 暖房 및 給湯의 熱源으로 사용하고, 여름철에는 같은 히이트펌프를 冷凍機로 사용하여 태양열과는 관계없이 냉동을 하는 것이다.

⑤ 太陽熱利用 冷暖房시스템 (Solar-powered Air Conditioning)

太陽熱을 이용하여 겨울에는 暖房을 하고 여름에는 太陽熱을 利用하여 냉동기를 가동시킨다. 集熱器가 연간내내 사용될 수 있으며 冷房이외의 發電등도 할 수 있는 利点이 있지만 現在로서는 技術的 經濟的으로 많은 난점이 있다. 이 시스템에는 吸水冷凍機를 사용하는 것과 Rank-

ine cycle機関作動의 壓縮式冷凍機를 사용하는 것이 있으나 冷凍機를 제외하고는 양자의 큰 차이는 없다.

4. 結 語

지금까지 액티브시스템의 構造와 作動方式에 대하여 간단한 說明을 하였으나, 가장 重要한 시스템全體의 效率을 높이기 위해서는 각 部品에 대한 技術的인 研究와 開發이 이루어져야 할 것이다. 그러나 太陽熱을 利用한 에너지節約은 經濟性에 대한 고려와 더불어 쾌적한 建築環境造成이 前提條件이 되어야 한다.

지금까지 太陽熱에 대한 많은 실험연구가 있었지만 우리나라도 日照問題 日射量등의 太陽熱利用條件이 비교적 좋은 편이므로 우리의 氣候·習慣에 맞는 시스템의 技術的인 開發이 이루어져야 한다. 이에 는 시스템 自体에 대한 研究뿐만이 아니라 住宅의 設計나 專門建築技術面에 대한 開發도 함께 이루어져야 할 것이다. <\*>

<參 考 文 獻>

- ① Watson, D. *Designing and Building a Solar House* The Village press, 1977.
- ② Davis, N. D. and Lindsey L. *At Home in the Sun.* Charlotte, Vermont: Garden way publishing, 1979.
- ③ Franta, G. E. and Olson K. R. *Solar Architecture.* Aspen, Colorado: Roaring Fork Resource Center, 1978.
- ④ Shurcliff, W. A. *Solar Heated Buildings.* New Hampshire: Brick house publishing, 1978.
- ⑤ Bainbridge, D. A. et al. *Village Homes' Solar House Designs.* Pennsylvania: Rodale press, 1979.
- ⑥ Foster, W. L. *Solar Heating Projects.* Blue Ridge Summit, Pa.: Tab books, 1977.
- ⑦ Beckman, W. A. et al. *Solar Heating Design* New York: John Wiley & Sons, 1977.
- ⑧ *Solar Energy Handbook-Theory and Applications.* Published by Chilton Book Company, Radnor, Pennsylvania, 1979.
- ⑨ Ackerman, A. D. et al. *Energy Saving Home Improvements.* New York: Grosset & Dunlap, Inc. 1977
- ⑩ 魏龍浩 訳編. 太陽熱冷暖房시스템. 兄弟社, 1978.
- ⑪ 文聖皓 編著. 太陽熱의 理論과 實例. 建設理工學社, 1979.
- ⑫ 魏龍浩 訳編. 太陽에너지의 基礎와 應用. 兄弟社, 1979.