

## 太陽熱의 産業利用

# 太陽熱 冷暖房시스템의 R&D와 아프리케이션

産業用 솔라시스템은 化石燃料의 節減에 有効할 뿐만 아니라 淸淨에너지로서 公害防止에도 寄與하는 것으로서 각 方面에서 크게 기대되고 있다.

여기서는 産業用 솔라시스템에 대하여 그 개요와 對象을 설명하고 그 R&D에 대하여 海外의 狀況에 대하여 설명하는 동시에 보일러 給水予熱, 工場의 暖, 冷房, 蒸氣供給에의 아프리케이션例를 소개하기로 한다.

### 1. 産業用 솔라시스템의 概要와 對象

産業用솔라시스템의 대상은 각종 프로세스用的 熱供給과 工場建物 등의 冷暖房 給湯으로 大別되는데 後者は 生活用으로 지금까지 개발되어 온 太陽熱冷暖房시스템과 대체로 같은 것이며 연구, 개발의 主体는 前者인 프로세스用이다. 현재의 기술로도 300℃ 이상의 高溫에서 太陽熱을 集熱할 수는 있는데 實用性, 經濟性을 고려하면 當면한 對象은 150℃ 이하의 中低溫域의 프로세스가 대상이 되겠다.

표 1은 200℃ 이하의 中低溫域에서 비교적 多量으로 熱에너지를 사용하고 있는 프로세스의 例를 든 것이다. 農林水産分野에서는 洗淨用水 등을 중심으로 100℃ 이하의 용도가 비교적 많은데 工業用에서는 100~150℃의 熱利用이 가장 많다. 産業用뿐만 아니라 熱利用에는 洗淨水, 보일러用水나 給湯豫熱 또는 暖房, 加熱空氣의 豫熱過程과 같이 低溫에서 高溫으로 昇溫하는 프로세스와 反應促進이나 動力發生, 冷凍 등 일정한 온도 이상의 熱이 不可欠한 프로세스가 있는데 太陽熱 利用에는 前者가 集熱器의 集熱效率을 높이고 經濟性을 높이는데 有利하며 農林, 水産은 물론 工業分野에서도 중요한 적용대

상이다. 사실상 지금까지의 實施例도 이 昇溫프로세스形이 가장 많다. 그러나 이와 같은 工業프로세스의 熱利用과 그 溫度탱크로 보아 太陽熱 利用에 적합한 低溫熱利用이 어느 정도된다고 해서 그것을 그대로 代替할 수 있다고 생각해서는 안된다. 그 이유는 많은 工業프로세스가 熱回收시스템 등에서 熱의 多段階利用이 채용되고 있으므로 低溫 段階만을 太陽熱로 代替하는 것은 거의 無意味하기 때문이다.

産業用 솔라시스템의 導入에 대하여 장해가 되는 것은 첫째가 經濟性이다. 前述한 바와 같은 給水予熱프로세스에 상당하는 生活用 시스템이 太陽熱給湯시스템의 設備投資에 대한 回收年數는 짧아도 7~15年 정도이다. 産業用 솔라시스템의 경우에는 규모가 크기 때문에 設備費가 다소 저렴해지며 良好한 維持管理에서 利用效率이 높아져 耐用年數가 다소 신장되는 것도 고려할 수 있는데 比較對象인 在來燃料시스템의 燃料コスト도 生活用보다 저렴하기 때문에 太陽熱設備의 回收年數를 단축시키는 것은 용이하지가 않다. 각 기업의 에너지節約 投資의 回收年數의 목표가 2~3年이고 石油需給의 緩和傾向도 있어 産業用 솔라시스템이 가까운 장래에 급속히 도입될 것으로는 생각되지 않는데 今 眼目

(표 - 1) 中低温熱利用産業프로세스의 일람표

適用分野	適用프로세스	利用條件	熱條件 (°C)											
			20	40	60	80	100	120	140	160	180			
機械金屬	보일러給水子熱	溫水20~80°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	洗淨水子熱·加熱	溫水40~80°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	處理液加熱	溫水50~120°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	塗裝等乾燥	蒸氣140~180°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
織物	洗淨水加熱	溫水20~80°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	染色·乾燥·다듬질	蒸氣40~150°C (溫水)	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
종이	펄프加工·乾燥	蒸氣	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	濃縮·漂白	蒸氣	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
木材	木材乾燥	空氣·蒸氣	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	合板接着·曲加工	蒸氣	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
食品	給湯加熱	溫水40~80°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	殺菌·乾燥	溫水·蒸氣	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	濃縮加工	溫水40~90°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	調理	蒸氣	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
建材	콘크리트養生	蒸氣(溫水)	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
農業	溫室暖房	室溫10~25°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	土壤加工	土溫15~20°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	灌水加工	水溫15°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	定溫倉庫(米·豆·고추)	室溫15°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	子冷倉庫(野菜)	室溫0~3°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
畜産	畜舍暖房	室溫10~30°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	給湯加熱	溫水50~80°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	排泄物處理	水溫20~40°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	牧草乾燥	空氣70°C~	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
水産	養魚池加溫	水溫20~30°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
레저	溫泉昇溫	水溫45~55°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	溫水탕	水溫30°C	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
融雪	路面(間接)加熱	表面0°C以上	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											
	放水加熱	水溫10°C以上	--- --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---											

로 본 化石燃料의 가격상승과 枯渴은 兪연적이며 長期間의 연구개발을 추진해야 될 것이다.

## 2. 産業用 솔라시스템의 R&D

### (1) 日本의 狀況

日本의 産業用 솔라시스템의 연구개발은 通産省의 「선샤인計劃」 農林水産省의 「그린에너지計劃」, 民間 各社의 自体開發 등이 실시되고 있다.

「선샤인計劃」에서는 1974年度부터 시작된 主要 생활용을 대상으로 한 太陽熱冷暖房시스템의 연구, 개발의 성과를 살려 1980年度부터 産業用 솔라시스템의 實用化 研究가 시작되어 NEDO(新에너지 綜合開發機構)에 「産業用 등 솔라시스템 實用化委員會」가 設置되었다. 1984年度の 開發項目은

- ① 가스케이딩 히트프로세스形 시스템의 開發
- ② 픽스드 히트프로세스形 시스템의 開發
- ③ 長期蓄熱시스템의 開發
  - (i) 土中蓄熱시스템의 연구, 개발

(ii) 化學反應熱利用 長期蓄熱시스템의 연구개발이다.

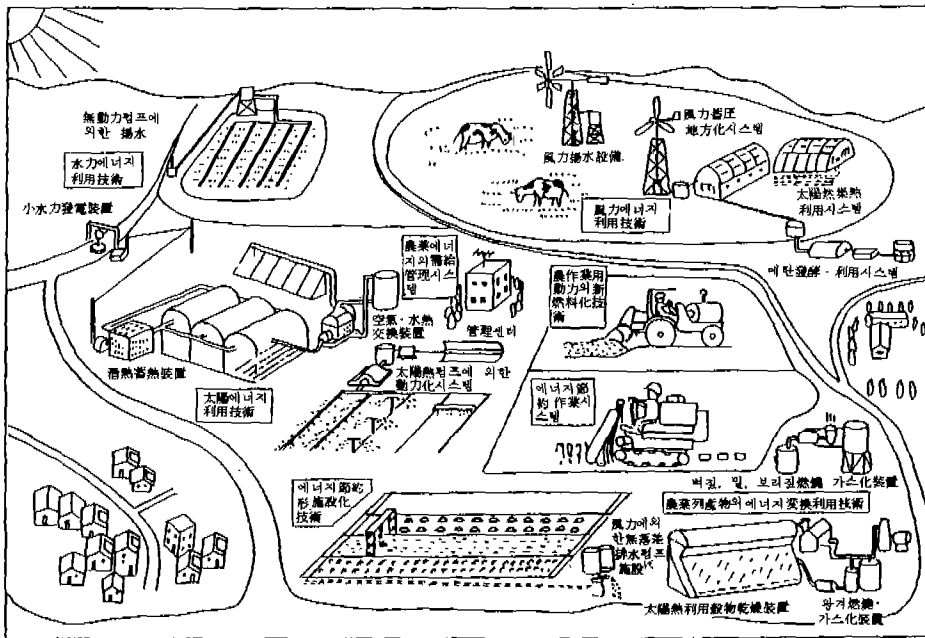
가스케이밍 히트프로세스는 工業用 프로세스의 하나의 대표로서 染色工場을 대상으로 130℃, 70℃, 40℃로 利用溫度가 다른 프로세스에 대하여 高溫, 高効率의 集熱器를 개발하여 프로세스間的 熱의 有效利用을 도모하는 등의 시스템設計, 制御技術을 確立하는 것을 목적으로 하고 있다. 한편 픽스드 히트프로세스는 15℃ 정도의 農業用 低溫倉庫를 대상으로 低溫用 吸收冷凍機 등을 개발하여 不安定한 太陽에너지에 의한 定溫制御技術의 確立을 목적으로 하고 있다. 이들은 이미 建設이 종료되어 運轉研究로 돌입하고 있다.

長期蓄熱은 不安定한 太陽에너지를 數日, 數個月 半年에 걸쳐 蓄熱함으로써 프로세스에 安定된 熱을 공급하는 것을 목적으로 한 것으로 土中蓄熱은 콘크리트水槽의 로우코스트化, 化學反應蓄熱에서는 金屬水素化合物을 이용한 蓄熱, 히트펌프 兩用시스템의 開發, 研究가 실시되고 있다.

NEDO의 개발, 연구에서는 계속적으로 需要分野가 큰 10℃ 클래스의 새로운 吸收冷凍機와 거기에 필요한 140℃ 클래스의 高性能 眞空글라스管形 集熱器의 개발, 200℃ 이상의 高溫用 로우코스트集

熱器, 乾燥프로세스用 로우코스트 空氣式 集熱器의 개발 등이 예정되고 있다.

한편 農林水産省에서는 1978年度부터 「그린에너지計劃」을 發足시키고 있다. 이 연구계획은 自然에너지分布의 연구에서 植物의 物質生産能力의 改良 등을 포함한 종합적인 연구인데 太陽熱利用은 溫室 등에 필요한 化石燃料을 代替하는 補助에너지 變換利用系의 연구, 生産技術系의 연구를 추진하고 있다. 溫室관계는 오래 전부터 연구되어 온 地中熱交換 하우스가 이미 實用化하여 溫室內 集熱에 의한 寒冷地의 솔라그린하우스의 연구가 進行되고 있는데 農業用으로 고안되고 있는 플라스틱製의 각종 로우코스트集熱器 또는 蓄熱裝置는 앞으로의 工業用 集熱器의 개발에도 참고가 되는 것이다. 또한 鹽濃度 차이에 따른 比重差에 의하여 自然對流 抑制作用을 이용한 솔라폰드는 가격이 저렴한 集熱器로서 産業用에의 應用이 기대되고 있는데 農業, 土木研究試驗場 등을 중심으로 연구, 개발이 進行되고 있다. 또한 中小企業 事業團에서는 水産加工園地의 熱供給을 위한 1500m<sup>2</sup>의 實用規模의 솔라폰드를 完成시켜 1985年度부터 試運轉을 실시하게 되어 있다 (그림1 참조).



〈그림-1〉 「그린에너지計劃」에 의한 農山村에너지시스템의 개념도

## (2) 美國의 狀況

美國에서는 DOE (에너지省)의 前身인 ERDA (에너지研究, 開發局)가 産業用 솔라시스템의 2000年에 이르는 연구, 개발계획을 1975년에 立案했다(표 2). 이 계획은 그 후 레이건行政府의 등장으로 약간 頓다운되었으나 큰 줄거리는 계속이 되고 있다.

美國에서는 1983年末까지 55件的 産業用 솔라시스템의 프로젝트가 있으며 그 중 34件이 운전중 또는 시험중이다. 이 중에서 16件이 보일러給水豫熱, 洗淨水加熱 등의 溫水供給시스템, 4件이 農産物이나 木材乾燥 등의 空氣加熱시스템, 24件이 각종 프로세스加熱用的 蒸氣供給시스템이다. 사용하고 있는 集熱器는 溫水供給시스템用, 空氣加熱 시스템用은 주로 平板形 集熱器인데 蒸氣供給用은 주로 放物円筒式 集熱器로 集熱溫度는 150~200℃ 정도이다.

〈표-2〉 美國의 솔라시스템의 研究, 開發 스케줄

研究비마	會計年度											
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986-2000 以降
低溫水(100℃) 데먼스트레이션	S											
低溫蒸氣(100℃) 데먼스트레이션	S	*	D									
低壓水蒸氣(100℃~177℃) 데먼스트레이션	S	*	D									
中溫蒸氣(100℃~177℃) 데먼스트레이션	S	*	D									
高壓水蒸氣(177℃) 데먼스트레이션				S	*	D						
高溫蒸氣(177℃) 데먼스트레이션				S	*	D						
一般用途·農業用 (溫室·穀物乾燥)							S	*	D			
特殊用途(灌溉, 蒸留)												

\* : 政府決定    D : 데먼스트레이션開始  
 △ : 完了        R : 研究開始  
 S : 檢討開始

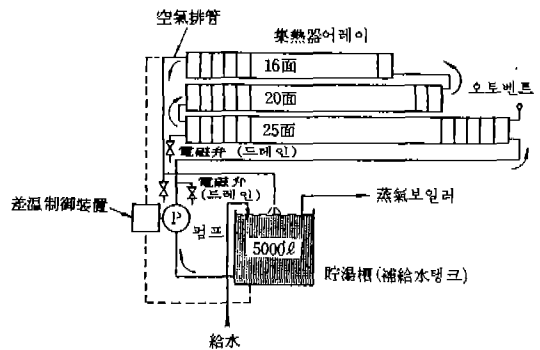
## (3) 기 타

이밖에 오스트레일리아의 CSIRO가 食品 工業에의 應用, 각종 給湯, 乾燥프로세스의 연구, 개발을 추진하고 있으며 實施例로서 12件 정도가 보고되고 있다. 유럽 각국도 각각 연구개발을 추진하고 있는데 최근에는 별로 진전이 없는 상태이다. 다만 스웨덴에는 岩盤에 거대한 蓄熱槽를 구축하여 여름의 太陽熱을 겨울까지 蓄熱하여 地域暖房의 熱源으로 하는 프로젝트를 열심히 추진하고 있다.

## 3. 産業用 솔라시스템의 아프리카, 이선例

### (1) 보일러給水予熱의 實施例

그림 2는 0酒造會社의 蒸米工程用 蒸氣보일러의 給水予熱에 솔라시스템이 導入된 例이다. 이 경우 플리카보네이트를 透明板으로 하고 高分子 폴리에틸렌블로우成型的 平板形 集熱器 79.3m<sup>2</sup>가 既設의 5m<sup>3</sup>의 貯水槽를 斷熱改造한 貯湯槽에 접속된 것으로 솔라設備의 全投資額은 集熱器 1m<sup>2</sup>當 약 2.6萬圓(1977年 價格)으로 값이 매우 저렴하다는 것이 特徵이다. 年間 集熱量은 약 196GJ로 節約額은 약 70萬圓/年, 3年이던 回收가 可能하다. 이밖에 이와 같은 종류의 實施例로서는 純水設備에의 給水の 予熱, 세탁공장의 給湯供給 등이 있으며 가장 경제성이 높다. 集熱器로서는 가격이 저렴하고 低溫域에서는 비교적 集熱效率이 높은 지붕一體形 流下式 集熱器를 이용하고 있는 것이 있다.

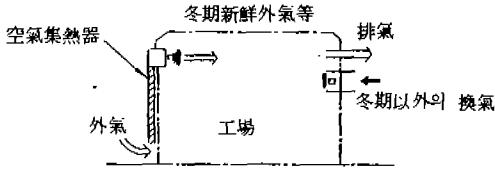


〈그림-2〉 보일러給水予熱시스템의 例

### (2) 工場의 暖房, 冷暖房에의 適用例

그림 3은 P暖房機器會社의 工場으로 導入하는 新鮮한 空氣의 予熱過程에 솔라시스템을 導入한 例이다. 이 경우에도 前項과 같이 予熱파이프이므로 구조는 단순하나 集熱效率은 높다.

이밖에 T電機工場의 冷房例가 있다. 이것은 大規模의 太陽熱 冷房施設로서 여름의 冷房用 電力피크커드를 위해 1350m<sup>2</sup>의 眞空글라스管形 集熱器와 170冷凍톤(600rWt)의 吸收冷凍機를 사용하여 延 5840m<sup>2</sup>의 工場冷房을 하는 동시에 보일러補給水予熱, 沸加熱 등을 하고 있다. 이밖에 藥品工場에 眞

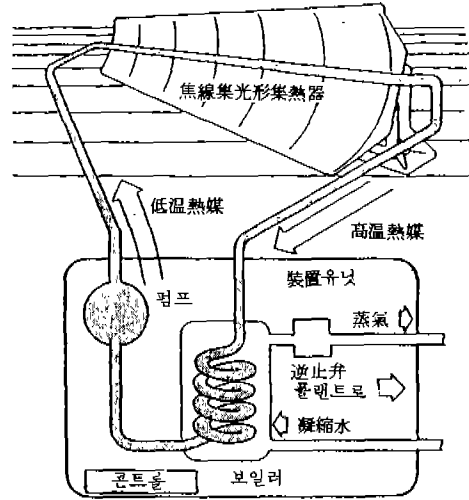


〈그림-3〉工業用 導入外氣予熱시스템의 例

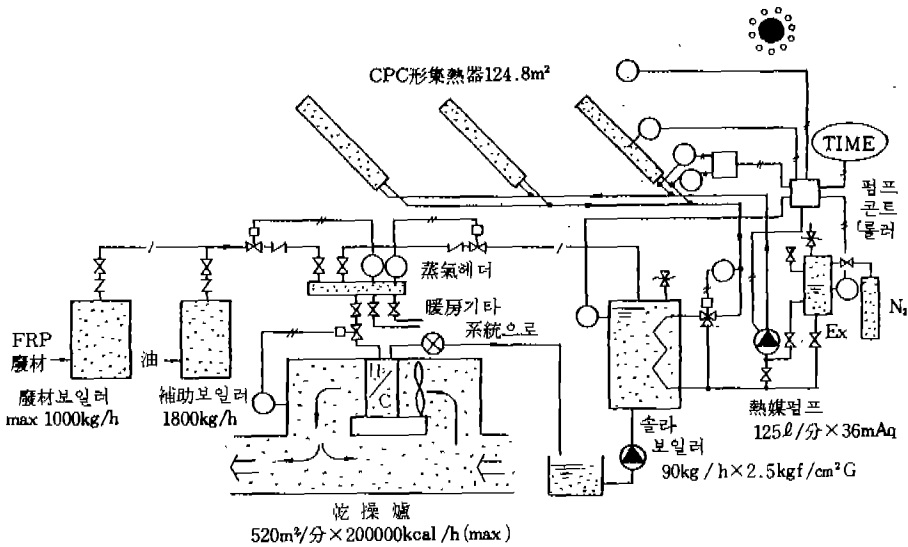
空글라스管形 集熱器 402.5m<sup>2</sup> 平板形 534.8m<sup>2</sup>를 사용한 太陽熱 冷暖房을 실시하는 例가 있다.

(3) 蒸氣供給의 實施例

그림 4는 擴散光도 集熱할 수 있는 이른바 CPC (複合파라보라)形 集熱器를 사용한 乾燥爐에 증기를 공급하는 시스템의 實施例이다. 이 경우 CPC콜렉터는 실리콘오일을 熱媒로 하여 集熱溫度 平均 160℃, 集熱效率 약 30%로 운전한다. 이 CPC콜렉



〈그림-5〉MISR프로젝트에 의한 蒸氣供給 시스템



〈그림-4〉CPC 集熱器를 사용한 蒸氣供給시스템의 例

터는 中高温域의 集熱效率이 우수한 集熱器이며 集光形 集熱器와 같이 追尾를 필요로 하지 않는 利點이 있는데 구조가 복잡하기 때문에 高價로 되는 欠點이 있다.

美國에서는 前述한 바와 같이 몇개의 蒸氣發生플랜트가 운전되고 있는데 DOE에서는 裝置의 로우코스트화 和 信賴性을 높이기 위해 Modular Industrial Solar Retrofit (MISR)라고 하여 標準사이즈의 太陽熱 蒸氣發生플랜트의 개발을 추진하고 있다. 그림

5는 그 대표적인 系統圖로서 集熱面積은 약 2,300 m<sup>2</sup>, 피크蒸發量 2.3톤/h, 蒸氣壓力 25MPa, 年間石油節約量 203kL가 표준이고 無人運轉이 가능하다. 현재 5개의 會社가 각각 다른 集光形 集熱量을 사용하여 개발에 참가하고 있으며 현재 뉴멕시코의 샌더 연구소, 코로라도의 SERI (太陽에너지 연구소)에서 테스트中에 있다. 이 프로젝트가 성공하면 産業用 솔라시스템의 보급에 크게 도움이 될 것으로 기대된다.

\*