

太陽熱利用 冷暖房 給湯

淺野 祐一郎

1. 緒言

석유자원의 고갈, 고가 때문에 近年 太陽에너지의 直接技術利用이 各国에서 研究되고 多數의 進보가 予見된다.

比較的 高溫度의 熱源을 必要로 하는 發電用은 日本 등 中緯度 地方에서는 아직 試驗的 段階이지만, 中低溫으로 實用할 수 있는 暖房, 給湯用에는 設備費用이 比較的 短期間에 回收될 수 있어 개략 實用段階에 달했다고 생각된다.

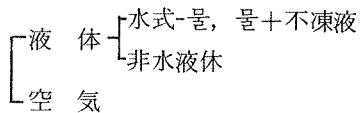
冷房用에는 많은 研究가 이루어 지고 있지만, 1년의 使用期間이 2~4 개월 程度로 小規模의 것은 現在의 冷凍機 技術로는 經濟的이라고 말하기 곤란하다.

吸收式 冷凍器를 使用하여 中規模以上으로 使用期間이 긴 경우에는 冷房에 대해서는 상당히 좋은 효율로 實用化 되고 있다.

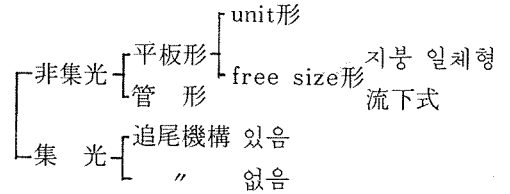
2. 太陽冷房 給湯用 集熱器의 種類와 用途

2-1 集熱器의 構造 形式에 의한 分類

1) 熱媒의 種類



2) 構造



2-2 用途 및 溫度 level에 의한 分類 (表 1)

3. 選擇吸收膜의 理論과 实例

選擇吸收膜이란 短波長 즉 太陽의 spectrum을 잘 흡수하고, 長波 長域의 放射가 적도록 하는 性質을 갖는 膜이고, 그 性質은 短波長吸收率(α), 長波長放射率(ϵ), 및 cut off 波長의 三要素에 의해 決定된다. 종래 平板型集熱器는 溫水器와 같이 比較的 低溫으로 使用이 많았기 때문에 集熱器表面은 通常의 黑色塗裝으로 性能的 問題가 적었다.

그러나 冷房用熱源과 같은 高溫集熱을 행하는 경우는 高溫으로 輻射損失이 크게 되기 때문에 集熱效率을 높이기 위해 集熱板表面에 選擇吸收膜을 부치는 것이 불가피하게 된다.

表 1. 各種集熱器의 溫度 level과 用途例

溫度 level	用途	集熱器
低溫 外氣溫+20~20°C	給水予熱 heat pump pool heater 農業用	glass 1枚 또는 glass 없이 平板型 plastic 集熱器 黑色表面
中溫 外氣溫+20~40°C	暖房用 給湯用 給水予熱 pool heater 農業用(養鷄) 工業用	glass 1枚~2枚 平板型 選擇吸收膜
中高溫外氣溫+30~70°C	冷暖房給湯 工業用 吸收式冷凍機	glass 1枚~2枚 選擇吸收膜 真空 glass管型
高溫 外氣溫+80°C ~	ranking cycle 機關 二重効用吸收式 冷凍機 工業用	真空 glass管型 集光型

선택흡수막의 構造로서는 光干涉膜, 바르크흡수막, mie 散乱吸多膜, 表面形状效果에 의한 吸收膜등의 理論에 기초하여 各種의 構造가 研究되고 있다. 製造法으로서는 電解메끼, 化成被膜處理, 이온蒸着, 塗裝에 의한것 등이 있고 미국에서는 nasa가 開發한 black크롬, black니켈이 유력하지만, 이들은 일본에서는 cost(電力), 公害들의 점에서 問題가 있다. 選擇吸收膜의 例로서 sun shine計劃에 의한 開發된 알루미늄을 基板으로 특수한 電解法에 의해 만든 選擇吸收膜의 分光特性을 圖1에 표시한다.

圖1 特殊電解選擇吸收膜의 分光特性

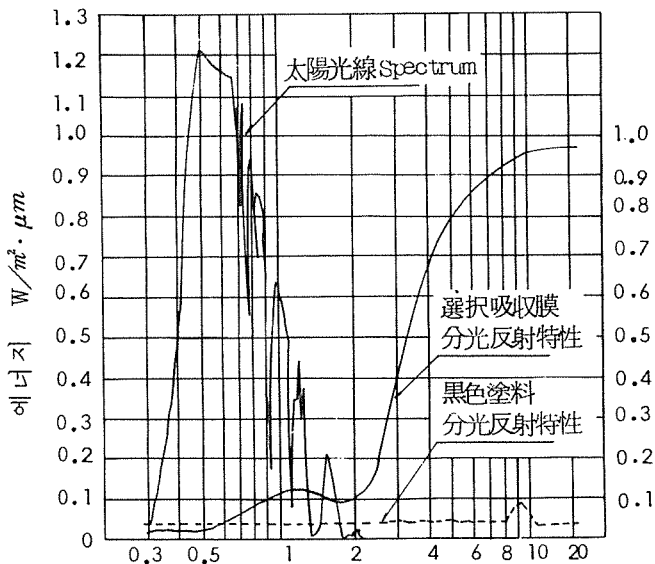
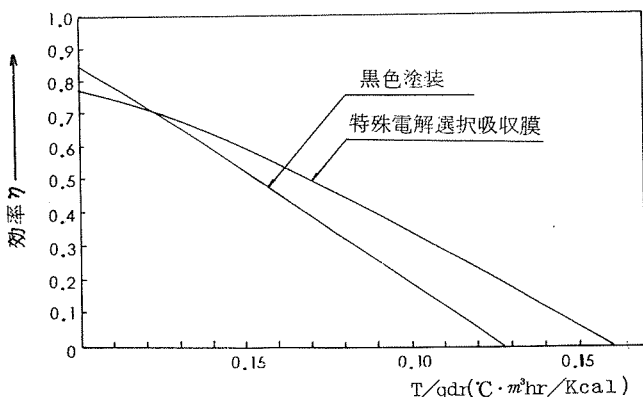


圖2는 選擇吸收膜의 作用效果는 具體的으로는 集熱器의 集熱 效率로 표시된다. 同一形状의 平板型集熱器에 의해 特殊電解의 選擇吸收膜과 黑色塗裝의 集熱性能을 比較한 것이다.

圖2에서 밝혀지는 바와 같이 選擇吸收의 効果는 高温集熱域에 있어 현저하다. 종래 開發되어 있는 選擇吸收膜은 耐熱性 및 耐濕性의 점에서 問題가 있는 것이 많

圖2 平板型 集熱器의 集熱性能



지만 이 방법에 의한 選擇膜은 말할 필요도 없이 良好한 性能이 얻어진다.

cost에 있어서도 通常의 黑色塗裝과 그다지 차이가 없는 정도로 된다고 보여진다.

4. 集熱收支計算

集熱器의 性能評價는 實驗的으로는 集熱效率로서 아래 식과 같이 표시된다.

$$\eta = F' \left[\alpha_e - U_l \frac{t_i + t_o}{2} - t_a \right] / J = F' \left[\alpha Z_e - U_l \frac{t_w - t_a}{J} \right]$$

- η : 集熱效率
- F' : 集熱器效率factor
- αZ_e : 有効透過率吸收率積
- U_l : 總括熱損失係數 (Kcal/m²h·°C)
- t_i : 集熱器入口溫度 (°C)
- t_o : 集熱器出口溫度 (°C)
- t_a : 外氣溫度 (°C)
- J : 全日射量 (Kcal/m²h) (Kcal)
- t_w : 平均集熱溫度 (°C)

$$\frac{t_i + t_o}{2}$$

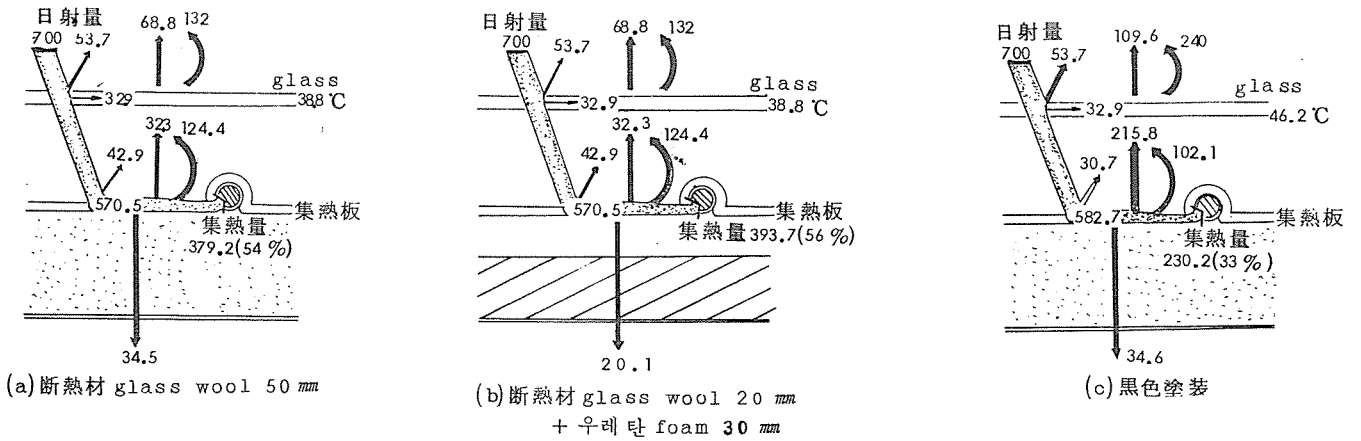
이 식중 F' , α_e , U_l 은 集熱器의 種類에 의해 결정되는 정수이고, 集熱效率 η 는 $(t_w - t_a)/J$ 의 関數가 되고 縱軸에 η , 橫軸에 $(t_w - t_a)/J$ 를 취하면 集熱器의 性能線圖가 작성된다. 一般적으로 性能線圖를 만드는 것은 集熱器를 屋外에 노출하여 集熱量을 측정하여 나누고 있지만 外界의 氣象條件이 시시각각으로 변하고 측정에는 큰 勞力을 必要로 한다.

그를 위해 屋內에 있어서 人工太陽(Salar Simulator)에 의해 性能測定을 행하는 方法도 고려되고 있고 이 경우는 性能測定은 數時間에 완전히 나온다.

또 集熱器의 各部에 있어서 熱收支의 平衡式을 갖고 數值를 代入함에 의해 임의 설정조건에 있어 集熱效率를 計算에 의해 구해져 나온다.

圖3은 平板型集熱器의 集熱板 表面處理 및 斷熱材의 種類를 변화시킨 경우의 集熱量을 比較한 것이다.

图3 平板型集热器的热收支计算例



5. 年間集热量的计算

集热器的单位面积당 年間集热量을 안다는 것은 system의 設計를 할 때에 불가피하다. 이 경우 同一集热器라도 傾斜角과 運轉条件에 따라 변화 한다는 것은 말할 필요도 없다. 图4의 性能曲線을 갖는 3種類의 集热에 대하여

年間 集热量을 簡易 simulation에 의해 구한 결과를 以下에 표시한다. 気象data는 東京 1960~1969年の 平均 data (HASP / ACLD 空調負荷計算用 気象data)에 기초하여 月間日射量의 日射強度分布를 사용했다. 表2에 各 system의 運轉条件을 표시한다.

图4 集热器性能线图

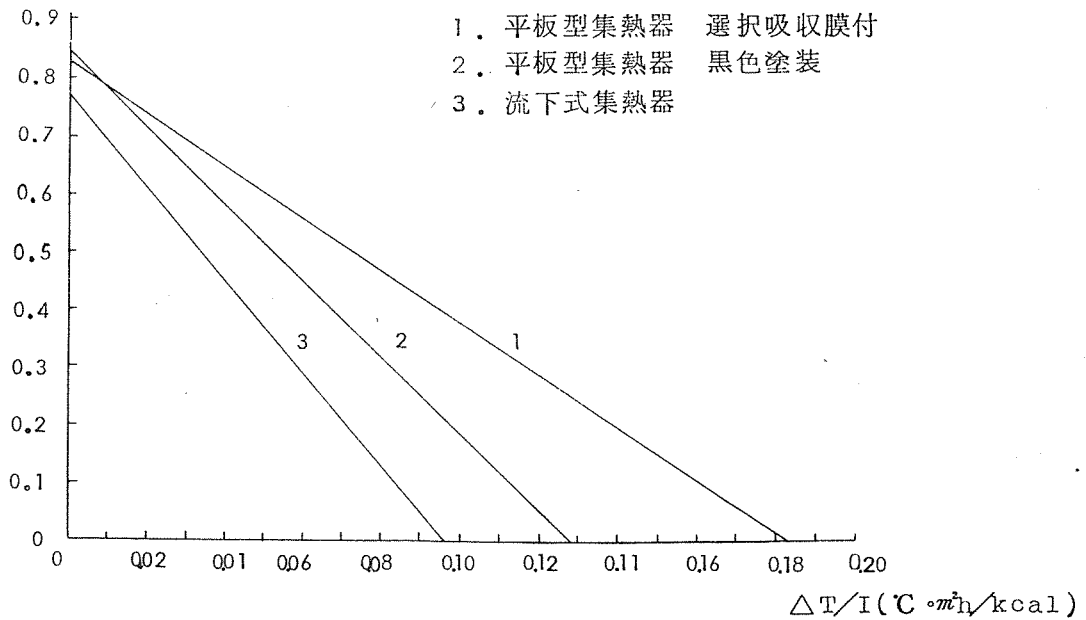


表2. 各 System의 運轉条件

No.	System	集热板傾斜角度	月別平均集热温度 tm°C											
			1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	給湯	45°		30		40		50		40		30		
b	暖房, 給湯	60°		40		70		80		70		40		
c	heat pump 冷暖房	60°		20		70		80		70		20		
d	冷暖房	20°		50		90		90		90		50		

年間集熱量 Q_T 는 다음식에 의해 구해진다.

$$Q_T = \sum_i \sum_j \eta_{ij} I_{ij} \quad (\text{Kcal}/\text{m}^2 \text{年})$$

\sum_i : 1月에서 12月까지의 集計

\sum_j : 日射強度別의 集熱量 月集計

η_{ij} : $f(\Delta t/I)$

T : $t_m - t_o$ (°C)

t_m : 平均集熱溫度(°C)

t_o : 日照時月平均外氣溫度(°C)

I : 日射強度 (Kcal/m²hr)

以上 같이 하여 구한 各集熱器의 年間集熱量은 表3에 표시한다. 以上の 結果에서 種種의 集熱器에 對해서의 우열이 明백해졌다.

지금까지 平板型에 있어서는 黑色塗裝의 方法이 低溫의 集熱에는 우수하다고 믿고 있었지만 選擇吸收膜의 性能이 向上된 現在에는 低溫集熱에 있어서도 選擇吸收膜은 매우 미묘한 것이어서 表面이 오염되면 膜自體의 變化는 없어도 吸收性能이 떨어지기 때문에 集熱器의 外部는 완전하게 되어 있지 않으면 안된다. 한편 流下式은 低溫集熱 밖에 가능하지 않지만 平板型의 반 정도로 설치할 수 있기 때문에 한마디로 저버릴 수는 없고 pool heater 등의 저온 集열에 有效하다.

6. 集熱器의 耐久性 向上

集熱器의 耐久性을 손상시키는 要因이 種種 고려되고

있지만 그 전부를 集熱器自體로 解決하는 것은 곤란하고 system全體로 이것을 보충해 가는 것이 必要하다.

6-1 凍結防止

寒冷地에 있어서는 熱媒의 凍結에 의한 集熱器의 破損이 冬期에 있어서 큰 問題이고 各種의 대책이 고려되고 있지만 각각 一長一短이 있고 상황에 따라서 選擇할 必要가 있다. 현재 行해지고 있는 方法을 列記한다.

- 1) 集熱器의 構造에 의한 方法, 水管部에 彈性을 갖게하여 凍結時의 팽창에 견디도록 한다.
- 2) 集熱回路를 閉回路로하여 不凍液을 使用한다.
- 3) 集熱器의 溫度를 感知하고 pump에 의해 蓄熱槽內에 溫水를 순환시키는 方法
- 4) 集熱器內의 溫度를 感知하여 集熱器內의 물이 빠지는 구조를 한 方法

6-2부 식

集熱器의 部材에 金屬材料를 使用하는 경우 그부식 대책을 고려하여 놓을 必要가 있지만 특히 水管部의 防食이 重要하다. 集熱板의 耐水腐食性을 向上시키는 方法으로서 는 다음에 표시하는 것이 있다.

- 1) 耐食性이 뛰어난 材料의 使用
- 2) 防食被膜處理
- 3) 陰極防食
- 4) 물처리

6-3 結露

結露는 發生한 水分에 의한 腐食이나 凍結이 반복에 의한 破損등이 原因이 되어 充分한 対策이 必要하다. 그 対策으로서 는 集熱器 内部를 완전히 密閉狀態로 한다. (이 때 中間에 乾燥劑를 넣는 경우도 있다.) 또는 역으로 空氣의 流通을 좋게 하여 結露水가 전부 건조되도록 하는 方法이 考慮되고 있지만 氣象條件등의 使用환경도 考慮하여 選擇할 必要가 있다.

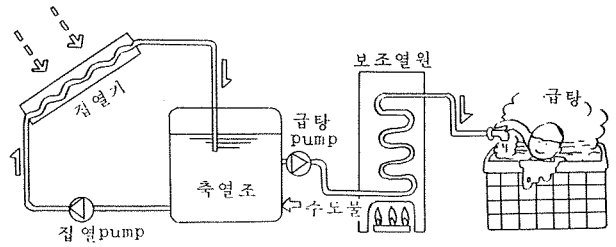
表3. 各集熱器의 年間集熱量과 集熱效率

No.	System	集 熱 量 (10 ³ kcal / m ² 年)	集 熱 器		
			平 板 型		流 下 式
			1 選擇吸收膜	2 黑色塗裝	3
a	給 湯	集 熱 量 集 効 率 %	552 52.4	459 43.6	327 31.0
b	暖 房 給 湯	集 熱 量 集 効 率 %	294 30.7	204 21.3	—
c	heat pump 冷 暖 房	集 熱 器 集 効 率 %	388 40.5	329 34.3	—
d	冷 暖 房	集 熱 量 集 効 率 %	240 22.2	122 11.3	—

7. 시스템例

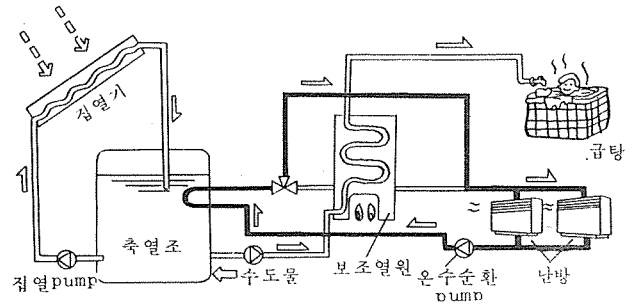
7-1 給湯시스템

太陽熱을 集熱器에 모아 따뜻해진 수도물은 蓄熱槽에 저장되어 浴槽. 부엌洗面所등에 給配되어 使用된다. 蓄熱槽內의 溫度가 낮은 경우(雨天等이 계속 될때)는 補助熱源으로 하여 이용한다.



7-2 暖房·給湯시스템

太陽熱을 集熱器로 모아 이것에 의해 温水가 蓄熱槽에 저장된다. 蓄熱槽內에 설치된 熱交換器를 통하여 暖房回路 및 給湯回路에 温水를 보내 넣는다. 暖房 및 給湯을 行하지 않는다.



8. 実績

現在 日本에 建設되어 있는 solar house는 約 1,600戶 정도라고 말해지고 있지만 그 大部分이 給湯그렇지 않으면 暖房 給湯까지를 太陽熱로 행하는 system은 極히 尠少하다고 일컬어 지고 있다. 또한 日本 独自の 形態로서 吸置式의 温水器가 10數年來 實用的으로 제공되고 있고, 現在 또한 年間 10萬臺 以上 生産되고 있다. 그 実績을 圖5에 표시한다. 이중 현재 使用되고 있는 것은 150萬臺 정도로 推定되고 있다.

圖5 太陽熱温水器의 年別販賣量 推移

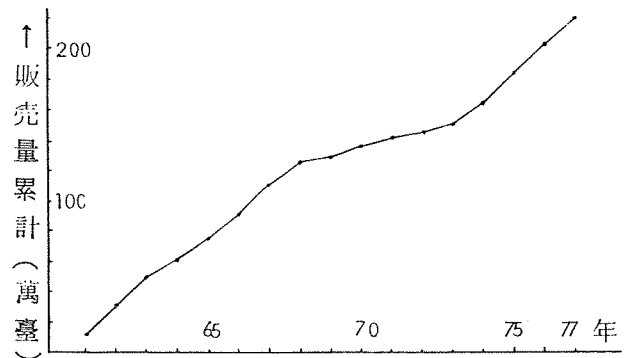


表4. 新 에너지 技術研究開發費 年度別 推移

(單位: 百萬元)

테마	1974	1975	1976	1977	1978
太陽 에너지 技術	874	1,091	1,419	1,468	2,013
地熱 에너지 技術	560	1,139	1,552	1,558	976
石炭가스化·液化 技術	263	604	623	727	1,023
水素 에너지 技術	332	464	454	521	590
總 合 研 究 等	241	317	369	560	835
小 計	2,270	3,615	4,417	4,834	5,437
施 設 費	—	89	192	54	65
合 計	2,270	3,704	4,609	4,888	5,502

9. 行政에 의한 普及方策

9-1 sun shine計劃

「sun shine計劃」은 에너지 문제의 근본적 해결과 同時에 에너지 多消費社會 中 심각화한 環境문제의 解決을 도모하기 위해 1974年 7月에 兪足한 長期的, 總合的인 技術開發計劃이다. 이 計劃은 石油에너지 時代 속에서 소홀하게 다루어져 온 여러가지 에너지 技術을 거론하여 그 實用화를 위한 研究개발을 行하고 있는 것으로 當면 太陽

에너지, 地熱에너지, 石炭에너지, 水素에너지의 4 테마를 중심으로 하고 있다. 그 연구개발비액의 推移를 表4

太陽에너지의 研究테마는 表5에 보여지는 바와 같이 太陽熱發電, 太陽光發電 및 太陽冷暖房 給湯 system의 3가지를 주로 테마로 하고 있지만 그중 冷 暖房 給湯 system은 1980年代 前半에는 實用化의 단계에 들어갈 것이라고 推定하고 있다.

表 5. 太陽에너지 - 技術開發研究 長期計劃圖

西歷	1974~1980	1981~1985	1986~1990	1991~1995	1996~2000
研究項目 期間	7 年 間	5 年 間	5 年 間	5 年 間	5 年 間
1. 太陽熱發電System의 研究 開發					
(1) System의 研究. 機器 材料의 開發	1000kw級system	1萬kw級system	第一次実証 System	第二次実証 System	最終実証 System
(2) pilot. plant의 研究開發	設計・試作・運轉研究・低價格 太陽電池의 基礎 研究	設計・試作・運轉研究・低價格 太陽光 發電 시스템 實用化 技術의 開發	設計・試作運轉・研究・低價格 太陽光 發展 시스템 實用化 技術의 確立	設計・試作運轉・研究	設計・試作運轉・研究
2. 太陽光熱電System의 研究 開發	發電시스템의 基礎研究	System model의 試作・實驗 plant設計製作			
3. 太陽冷暖房 및 給熱 System의 開發	各種 住宅用 시스템의 基礎 技術의 確立	各種 住宅用 시스템의 實用化 技術의 確立 地域冷暖房 及 給熱 시스템의 開發			
4. 太陽에너지 - 新利用方式의 研究	시스템解析・機器・材料의 開發・實驗住宅의 建設評價				

9 - 2 助成策

sun shine計劃등에 있어서 研究開發 結果 太陽冷暖房 system은 技術的으로는 實用化의 段階에 들어가고 있지만 普及에 있어서 最大의 問題點은 재래 system과 比較한 경우 initial cost가 상당히 높다는 점이다. 따라서 稅制 優 偶措置등에 의해 그 負擔을 輕減하는 것은 매우 有效한 普及策이라고 생각되고, 미국에서도 多額의 助成이 행해 지고 있고 日本에 있어서는 省에너지 技術開發이라고 하는 moon light계획은 중심으로 solar system의 實証研究 에 대하여 補助金이 交付되고 있다. 기타 下記의 助成策 이 實施되고 있다.

- ① solar system 實用化를 위한 技術條件調査 (79~93, 465千円) : 公共施設에 solar sysem을 設置하여 實 驗調査를 實施
- ② 事業用 設備의 特別償却制度(78. 4~80. 3) : 初年 取得價額의 1/4을 한도로 하는 特別상차

③ 事業用 設備의 固定資産稅 輕減(79~) : 取得後 3年間 課稅標準을 2/3로 輕減

④ 中小企業金融公庫의 solar system장치 設置費融資 (78~) : 10年상환(중거치 2년이내) 通利7.1% 또 장래적으로 상당한 부분을 賡하게 되리라고 생각되는 住宅用 system에 대한 助成策에 대해서도 종종 검토 되고 있다.

10. 정 리

이상 日本에 있어서 太陽熱利用의 狀況에 대해 개설 했 다. 化石연료의 고갈은 이미 현실 문제로서 우리의 앞길 을 가로 막고 있고 여기에 代替하는 에너지源으로서 가장 有望하다고 보여지고 있는 原子力도 安全公해등의 問題로 부터 開發이 꽤 늦어진다고 예상된다. 그 결과 무진장하 고 깨끗한 太陽에너지의 利用은 장래적으로 가장 바람직 스러운 것이고 우리들은 앞으로 그 개발을 총력을 경주해 야 할 것이라고 생각하고 있다.

日本 太陽 에너지 学会理事 工学博士