

# 太陽熱發電蓄熱시스템 開發의 現狀

李 根 喆  
(高麗大 大學院 博士過程)

## 1. 序 言

에너지需要의 時間的, 空間的 패턴이 供給의 패턴과 一致하지 않을 경우 어떠한 形式으로나 에너지를 蓄積할 必要가 있다.

太陽熱發電時 集光해서 얻은 熱을 어느 에너지 形態로서 蓄積한 後 再次 熱로서 取出하는 蓄熱시스템이 이에 該當하는데 이것은 日射의 間歇性이나 不安定性을 생각한다면 그 重要性을 알 수 있다.

蓄熱法으로는 普通 顯熱蓄熱, 潛熱蓄熱 및 化學蓄熱이라고 하는 3가지 方式을 考慮할 수 있는데 顯熱蓄熱은 物質의 溫度上昇을, 그리고 潛熱蓄熱은 融解나 轉移에 따르는 潛熱을 利用하는 方式으로서 顯熱蓄積熱에 대한 潛熱蓄熱의 特徵은 蓄熱密度가 높으며 또한 一定한 溫度로서 熱의 出入이 可能한 것이다.

한편 化學蓄熱은 化學反應의 結果로서 생긴 化學物質을 貯藏하는 것으로서 이것은 에너지貯藏期間中 斷熱이 必要 없으며 또한 에너지輸送에 適合한 反應이 있다는 利點을 갖고 있다.

옛부터 人間은 顯熱이나 融解熱을 여러 가지 形態로서 利用해왔다. 例로서 호트컬러나 얼음冷藏庫 및 暖房用 蓄熱器 등을 들 수 있다. 이에 대하여 化學的 蓄熱은 比較的 새로운 蓄熱法이라고 말할 수 있다.

그러나 太陽熱發電用的 蓄熱裝置가 暖房用 蓄熱器 등과 다른 點은 첫째, 溫度레벨을 上昇시켜야 한다. 計算에 의하면 分散形과 타워形이 약간 다르나 터어빈入口溫度가 350~450°C일 때 太陽熱發電시스템의 建設費用이 低廉하게 된다. 美國에서는 800°C 以上の 高溫度에서의 蓄熱도 檢討되고 있으나 溫度레벨의 上昇에 따르는 困難한 問題가 많다.

둘째는 裝置의 規模이며 潛熱蓄熱裝置를 例로 들면 現在까지 試作된 蓄熱裝置의 容量은 最大의

〈表1〉 潛熱利用 蓄熱裝置의 開發動向

| 蓄 熱 材   | 試作品의 蓄熱容量  |
|---|------------|
| LiH   | 0.281kWh·h |
| LiF   | 77.2       |
| LiF/LiOH  | 3.51       |
| NaOH/NaNO <sub>3</sub>  | 193        |
| LiCl/KCl  | 7.7        |
| Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | 小規模 傳熱實驗뿐인 |

것이 193KWh·h에 不過하나 1980年度에 完成豫定인 것은 蓄熱容量이 約 15,000KWh·h程度로 매우 큰 것이다.(表 1參照)

에너지의 需要와 供給이 一致하지 않는다는 點에서 晝間 夜間剩餘電力의 蓄積도 重要한 課題가 되며 이를 위하여 電池에 의한 貯藏이 期待된다고 美國에서 報告하고 있다. 本稿에서는 太陽熱發電用 蓄熱裝置를 中心으로 研究開發의 現狀을 記述하고자 한다.

## 2. 蓄熱裝置에 要求되는 諸條件

現在까지 開發되어있거나 開發 途中에 있는 太陽熱發電用 蓄熱裝置에는 여러가지가 있으나 이들의 例를 들기 前에 蓄熱裝置에 必要로 하는 諸條件을 보면 다음과 같다.

첫째, 熱의 損失이 적을 것.

이것은 斷熱의 問題로서 太陽熱發電 蓄熱裝置와 같이 高溫에서 使用되는 것은 重要하나 蓄熱材料나 容器材料 및 熱交換器 등과 密接하게 關係되는 것은 斷熱은 別個의 問題로 생각된다.

둘째, 單位體積當 및 單位質量當의 蓄熱容量(蓄熱密度)이 높을 것.

蓄熱密度를 決定하는 것은 顯熱利用인 경우 蓄熱材의 熱容量이고 潛熱利用인 경우에는 蓄熱材의 潛熱(融解熱과 轉移熱)의 크기이다.

셋째, 蓄熱材의 安定性이 優秀할 것.

네째, 蓄熱材와 容器와의 共存性이 良好할 것.

다섯째, 熱이 有效하게 蓄熱材에 傳達, 蓄積되어 放出이 容易하며 低兼할 것 등이다. 이것은 熱交換器와 傳熱 및 蓄熱材의 動的 性質에 關係되는 問題로서 蓄熱材料로서는 熱傳導率이 높고 相變化에 따르는 體積變化가 적어야 한다.

또한 過冷却이나 유리化 등을 일으키는 材料는 엑서르기効率이 低下되므로 以上과 같은 材料는 廻避해야 되며 經濟性에 대해서는 熱交換器의 코스트가 釜코스트에 占有하는 比率이 크므로 一般적으로 論하는 것은 困難하다.

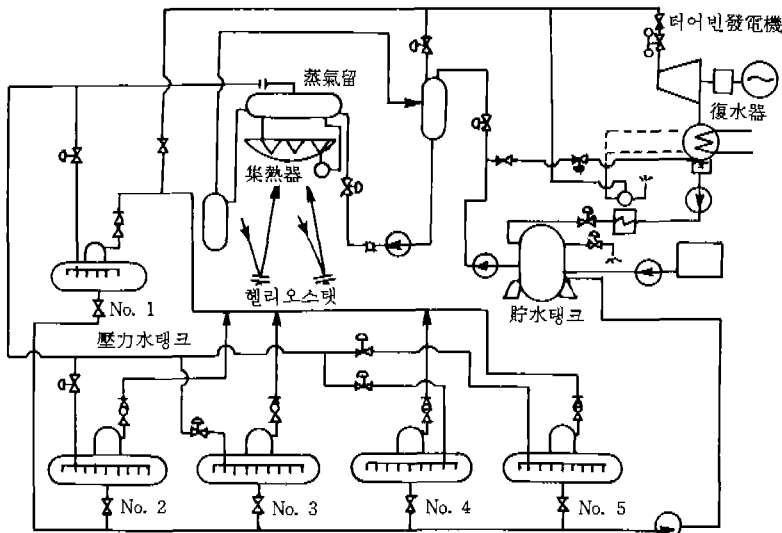
## 3. 太陽熱發電파이롯플랜트의 蓄熱시스템

### (1) 日本의 1,000KWe 파이롯플랜트

Sunshine計劃은 1980年度에 1,000KWe파이롯플랜트 2基를 完成할 豫定인데 하나는 塔型集光方式을, 다른 하나는 曲面集光方式을 採擇하였으며 各 特徵있는 蓄熱시스템을 갖고 있다.

[그림 1]은 三菱重工業(株)이 開發中인 塔型集光方式인 플랜트의 系統圖로서 作動流体로는 물을, 그리고 蓄熱裝置에는 5基의 蒸氣蓄熱器가 使用되고 있다. 이것은 飽和蒸氣를 發生하는 蓄熱裝置

(그림 1) 塔型集光方式 1,000KWe 파이롯플랜트의 系統圖



로서 過去부터 使用되고 있으며 動作原理를 보면 蓄熱時에는 高溫蒸氣가 물탱크內에 導入되고 여기서 凝縮된다.

이러한 過程에서 물의 溫度는 上昇탱크內의 水蒸氣壓을 上昇시키며 放熱은 減壓沸騰을 利用하기 위하여 突然 구름이 나타날 때에는 出力變動에 대한 優秀한 應答性을 나타내도록 考慮되어 있다.

本 플랜트의 蓄熱容量은 피크出力의 3時間分으로 決定되며 5基의 蓄熱器中 並列로 配置된 NO. 2~NO. 5의 4基는 夜間發電이나 이튿날 아침의 起動時 豫備로서 使用된다.

한편 NO. 1基는 急激한 出力變動과 前述한 目的에 適合하도록 直列로 配置되어 있으며 플랜트의 蒸氣條件은 터어빈前에 12ata이고 熱吸收器의 出口에서는 40ata로 되어 있다.

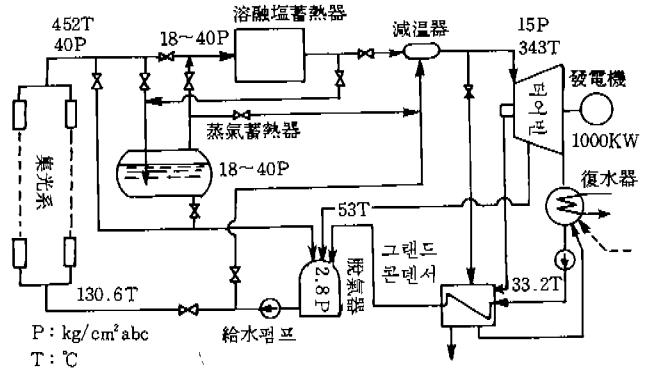
[그림 2]는 日本製作所가 開發中인 曲面集光方式 플랜트의 系統圖로서 蓄熱裝置는 蒸氣蓄熱器와 潛熱蓄熱器로서 構成되어있으며 蓄熱容量이 타워 방식과 同一하여 1,000KWe의 3時間分이다. 또한 潛熱蓄熱材로서는 融點이 352°C의 LiCl과 KCl의 共融塩이 使用될 豫定이다.

作動流體로서는 물이 利用되며 터어빈 入口의 蒸氣壓力은 15ata이며 溫度는 343°C로서 規定되어 있다.

2種類의 蓄熱器中 潛熱蓄熱器는 過熱蒸氣를 發生시키는 것이 目的이며 集光器로부터 蒸氣溫度가 低下될 경우 蒸氣를 蒸氣蓄熱器에 보내고 높을 때에는 潛熱蓄熱器에 直接蒸氣를 傳送하는데 이 경우 蒸氣의 顯熱을 潛熱蓄熱器에 蓄熱하여 터어빈을 驅動시킨다.

集熱되지 않을 때에는 蒸氣蓄熱器에서 飽和蒸氣를 發生시키고 이것을 潛熱蓄熱器에 보내어 過熱

[그림 2] 曲面集光式 1,000KWe 파이롯플랜트의 系統圖



蒸氣로 한 다음 터어빈을 驅動한다. 파이롯플랜트用 蓄熱裝置의 計劃値는 [表 2]와 같으며 現在에는 이보다 小規模인 蓄熱器로서 實驗을 推進하고 있다.

## [ 2 ] 美國의 10MWe 파이롯플랜트

美國은 1980년까지 10MWe의 파이롯플랜트를 完成할 豫定이며 McDonnell-Douglas 社가 提議한 蓄熱시스템을 使用할 것이다. 蓄熱材로서 有機熱媒體(CaloriaHT43)와 低廉한 碎石이 使用된다.

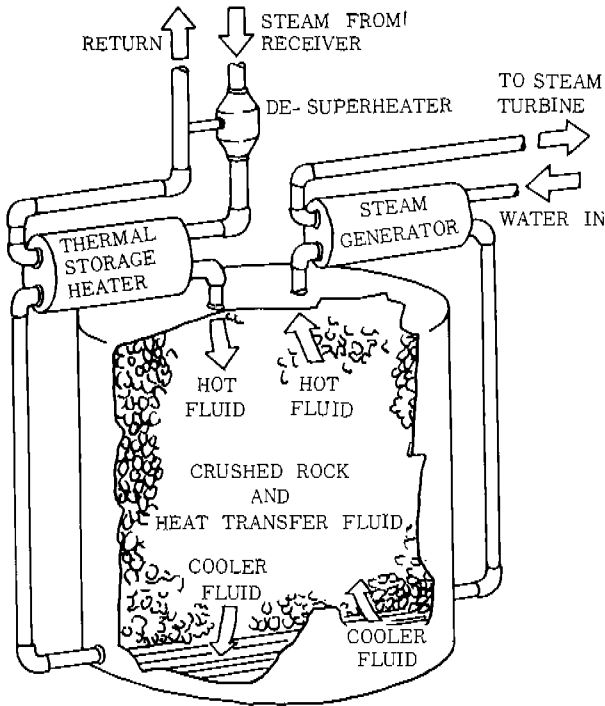
[그림 3]은 蓄熱裝置의 概略圖로서 中央容器에는 碎石이 채워져 있으며 CaloriaHT43이 隙間을 메우고 있다. 蓄熱時에는 低温의 流體가 容器의 下部에서 取出된 後 熱交換器를 통해서 集熱器로부터 熱을 받고 昇溫되어 容器의 上部에 들어간다.

한편 高温의 流體는 密度가 낮으므로 上部에 停止되며 容器內에서는 高温部와 低温部가 明瞭한 境界를 이룬다. 境界는 蓄熱時에는 上方에서 下方으로 移動하나 放熱時에는 容器內의 流體가 上方에서 取出되므로 下方에서 上方으로 移動하며 蓄熱法은 소위 서어모크라인(溫度成層)의 原理를 應

<表 2> 曲面集光方式 1,000KWe 파이롯플랜트의 蓄熱裝置仕樣

| 蒸氣 蓄熱器      |                           | 溶 融 塩 蓄 熱 器 |                           |
|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
| 項 目         | 仕 樣                       | 項 目         | 仕 樣                       |
| 總 內 容 積     | 232m <sup>3</sup>         | 型 式         | 캡셀型                       |
| 作 動 壓 力     | 最高 40ata, 最低 18 ata       | 蓄 熱 材       | KCl-LiCl(41.5-58.5mol%)   |
| 總 水 量       | 最大 176.7t                 | 캡 셀 치 수     | 48.6mmφ×10m               |
| 蒸 發 量       | 最大 6,190kg/h              | 캡 셀 本 數     | 559本                      |
| 蒸 發 總 量     | 18.6t                     | 傳 熱 面 積     | 853.5m <sup>2</sup>       |
| 有 效 蓄 熱 容 量 | 1.25×10 <sup>7</sup> kcal | 外 部 容 器 寸 法 | 1.3mφ×13m                 |
|             |                           | 有 效 蓄 熱 容 量 | 1.75×10 <sup>6</sup> kcal |

[그림 3] McDonnell Douglas 社の 蓄熱裝置 概略圖



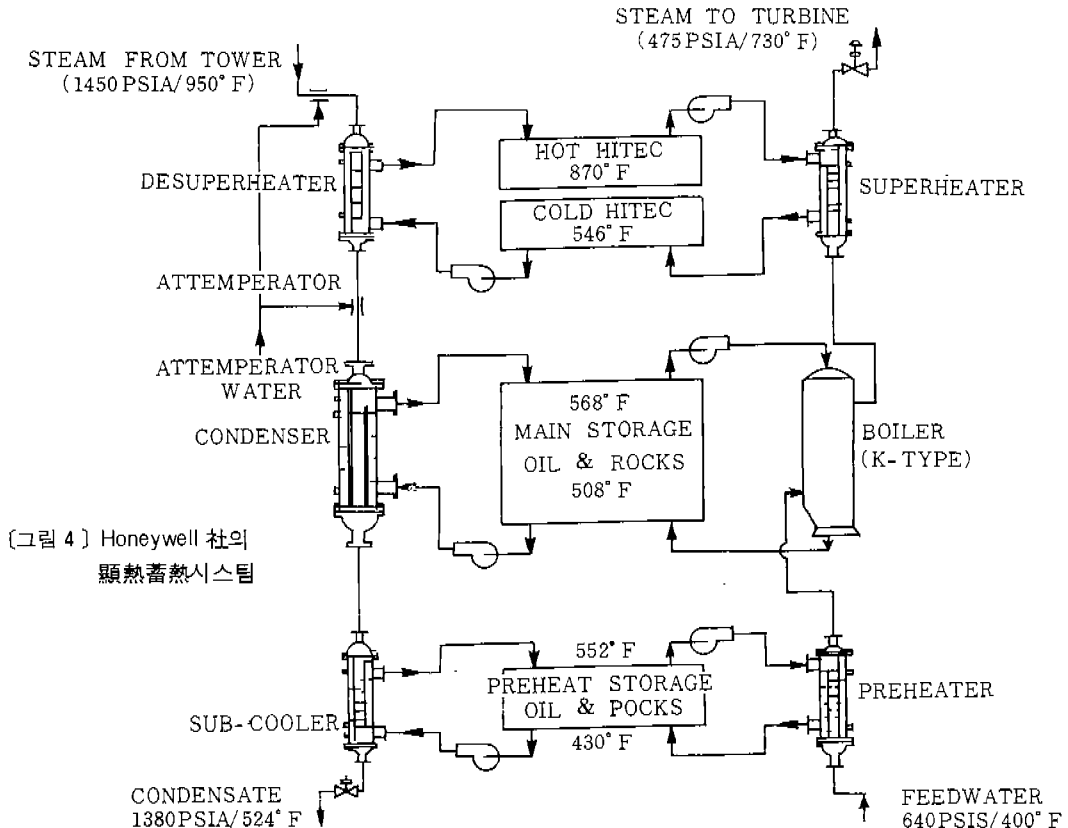
用한 것이다. [表 3]은 蓄熱裝置의 仕様을 表示한 다.

여기서 10MWe파이롯플랜트에 McDonnell-Douglas 社の 方式이 使用되고 있으나 以外에도 Honeywell 社와 Martin - Marietta 社에서도 其他 方式의 蓄熱裝置를 開發하고 있다.

Honeywell 社에서 當初檢討되고 있는 裝置는  $\text{NaNO}_3$  와  $\text{NaOH}$  混合鹽의 潛熱을 利用한 것으로서 基本的인 問題는 冷却時 熱交換面에 附着된 固體物質이 傳熱을 妨害하므로 附着物質을 除去하는 機構가 考案되어 混合鹽(99wt%  $\text{NaNO}_3$  - 1%  $\text{NaOH}$ )을 使用하고 있다.

[그림 4]는 Honeywell 社가 顯熱 利用方式으로 設計를 變更한 것으로서 물의 豫熱과 蒸氣發生用으로는 油와 碎石의 顯熱을 利用하고 있다. 또한 過熱蒸氣發生用으로는 HTS 또는 HITEC(7 wt%  $\text{NaNO}_3$  - 53%  $\text{KNO}_3$  - 40%  $\text{NaNO}_2$ )의 顯熱을 利用하고 있다.

한편 Martin - Marietta 社의 方式은 有機熱媒體



[그림 4] Honeywell 社の 顯熱蓄熱시스템

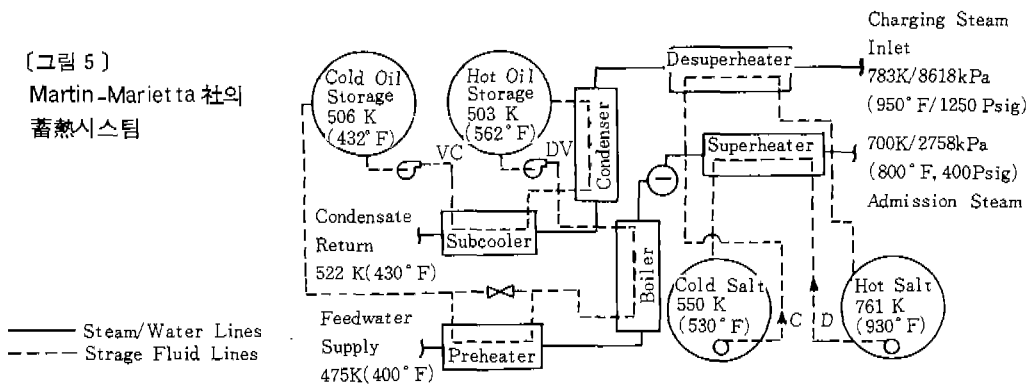
〈表 3〉 美國 10MW 파이롯플랜트의 蓄熱시스템仕様 (McDonnell-Douglas社)

- Design Storage Temperature: Max 302°C (575°F), Min 219°C (425°F)
- Extractable capacity after 20-Hr hold time:
 

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| Net               | 96.3MWh(328.7×10 <sup>6</sup> Btu)  |
| Turbine Hot Start | 7.5MWh( 25.6×10 <sup>6</sup> Btu)   |
| Total             | 103.8MWh(345.3×10 <sup>6</sup> Btu) |
- Allowable degradation of thermal storage fluid temperature during extraction=15°F(8.3°C), i.e., to 560°F(294°C)
- Losses during 24-hr hold: less than 3% of extractable capacity
- Thermal rates:
 

|     | Charging                            | Extraction                            |
|-----|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Max | 30MWt (102×10 <sup>6</sup> Btu/hr)  | 32.1MWt(109.6×10 <sup>6</sup> Btu/hr) |
| Min | 1.5MWt (5.1×10 <sup>6</sup> Btu/hr) | 3.1MWt ( 10.6×10 <sup>6</sup> Btu/hr) |
|     |                                     | 3 Hr 0.02MWt(68,260Btu/hr)            |
|     |                                     | 0.33MWt(1.11×10 <sup>6</sup> Btu/hr)  |
- Time at max rate
- Hot standby demand, fluid at 302°-294°C (575-560°F)
- Nighttime seal steam fluid at 219°-149°C (425-300°F)

(그림 5)  
Martin-Marietta 社の  
蓄熱시스템



Thermia-33을 蒸氣發生用으로 그리고 HTS를 過熱蒸氣發生用으로 한다는 점에서 Honeywell 社의 방식과 비슷하나 시스템構成이 약간 다르다.

#### 4. 顯熱 및 潛熱蓄熱의 검토

日本과 美國에서 開發된 파이롯플랜트用 蓄熱시스템은 Honeywell社가 當初檢討한 潛熱蓄熱을 顯熱蓄熱로 變更하였기 때문에 美國에서는 3社가 全部 顯熱蓄熱을 提案했다.

이것은 潛熱蓄熱이 經驗이 不足하고 技術的 困難이 많기 때문이며, 이 中에서도 有機熱媒體와 碎石을 利用한 것은 費用과 信賴性이 重要視되기 때문이다. 日本에서도 曲面集光方式플랜트는 蒸氣

蓄熱器와 더불어 潛熱蓄熱器가 併用되고 있으나 蓄熱裝置의 主體는 아직도 信賴性이 높은 顯熱利用의 蒸氣熱器를 들수 있다.

以上과 같은 파이롯플랜트用 蓄熱裝置는 現在의 技術레벨과 1MWe 또는 10MWe이라는 플랜트規模에 의해서 決定되며 技術的으로 困難한 點이 있어도 蓄熱材의 開發을 적극 推進할 必要가 있다.

##### [1] 顯熱蓄熱

顯熱蓄熱材의 代表的인 것은 比熱容量이 높고 低廉한 물을 생각할 수 있다. 그러나 低温에서는 問題가 없으나 高温이 되면 蒸氣壓이 最大의 難點이 된다. 즉 高温이 됨에 따라서 보다 強度가 있는 高壓容器가 必要하게 되며 蓄熱溫度가 200°C와

〈表 4〉 各種 液體顯熱蓄熱材의 比較

| Medium       | Practical temperature range (°C) | Cost (\$/kg) | Melting Point (°C) | Heat capacity (J/kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ) | Film coefficient* h at 7.5kW | Limitation  |
|--------------|----------------------------------|--------------|--------------------|---|------------------------------|---|
| Dowtherm A** | 180-370                          | 0.22         | 13                 | 2,760   | 600                          | Leaks readily at seals and glands; poor rate of heat transfer; decomposition causes fouling                 |
| HTS          | 205-540                          | 0.44         | 142                | 1,560   | 1,400                        | Lines must be heated or steam traced because of freezing point  |
| Draw salt    | 260-550                          | 0.25         | 220                | ***   | 1,320                        | Lines must be heated or steam traced because of freezing point  |
| Na           | 125-760                          | 0.57         | 98                 | 1,300   | 4,000                        | Requires sealed system; reacts violently with H <sub>2</sub> O and other materials; needs special equipment |
| NaK          | 40 -760                          | 3.50         | 18                 | 1,050   | 3,000                        | Requires sealed system; reacts violently with H <sub>2</sub> O and other materials; needs special equipment |
| Lead         | 370-930                          | 0.44         | 327                | 159   | 2,080                        | Forms solid oxides that foul heat transfer surfaces and cause corrosion; need high power; is toxic          |
| Mercury**    | 370-540                          | 8.8          | -39                | 138   | 1,100                        | Very toxic; installation requires a high inventory cost   |

\* At 315°C and at a velocity to require the indicated power 300m of 7.6cm pipe.

\*\* All are used as liquid except Dowtherm A and mercury, with latent heats of evaporation at 1 atm of 3.25×10<sup>5</sup> and 2.9×10<sup>5</sup>J/kg respectively.

\*\*\* value should be approximately that of HTS.

300°C일 때는 費用이 2배 以上으로 다르게 된다.

低廉한 高壓容器로서는 Prestressed Cast iron Vessels(PCIV)이 注目을 받고 있으며 이것을 使用함으로써 費用이 ½로 減少된다는 見積이 나와 있다. 以外에도 地下의 洞穴과 帶水層에 熱水를 넣는다는 生똥도 있다.

파이롯플랜트用으로 美國에서 開發된 蓄熱시스템은 3社가 多같이 有機油를 使用하고 있으며 有機熱媒體는 熱安定性으로부터 最高使用溫度로 決定되며 350°C 以下의 것이 거의 大部分이다.

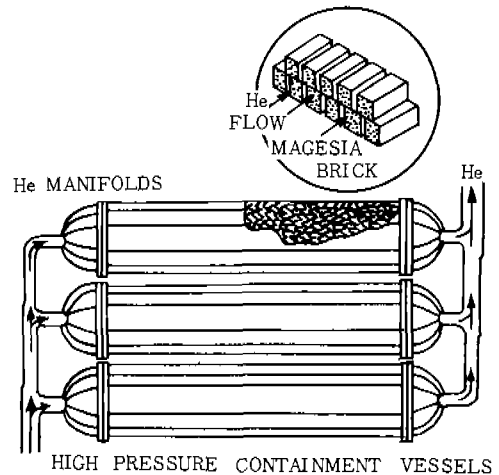
이 以上의 溫度에서는 普通 HTS와 같은 溶融鹽이 생각되며 Martin - Marietta社와 Honeywell社는 過熱蒸氣發生用으로 HTS가 使用되고 있다.

그리고 46wt% NaNO<sub>3</sub>—54%KNO<sub>3</sub>은 融點이 220°C인 點을 除外하면 熱安定性과 費用面에서 HTS보다 有利하다.

지금까지 顯熱蓄熱材料는 전부 液體이나 固體를 使用하면 蒸氣壓이나 共存性의 面, 특히 高溫에서

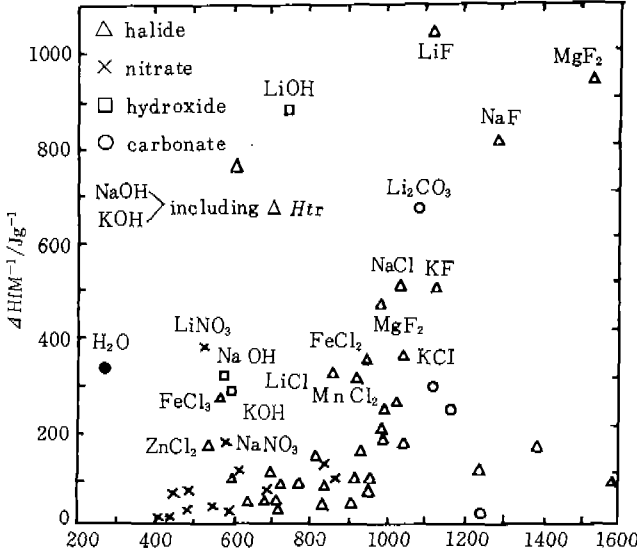
〔그림 6〕

마그네시아를 蓄熱材로 한 蓄熱裝置의 概念圖



有利하다. 美國에서는 816°C의 高溫에서의 가스터 어빈發電 즉 Brayton사이클을 檢討하고 있으며, 顯熱蓄熱裝置로서 (그림 6)과 같이 構想하고 있다.

[그림 7] 代表的인 單純塩의 融點과 融解熱



[ 2 ] 潛熱蓄熱材의 融解潛熱

太陽熱發電分野에서 潛熱蓄熱材로서 생각되는 것은 無機塩이다. [그림 7]은 g 당의 融解熱  $\Delta H_f / M$ 을 融點  $T_f$ 에 대하여 프롯한 것으로서 가벼운 元素인 Li이나 F를 包含한 化合物의  $\Delta H_f / M$ 가 매우 크며 融點이 높은 편이 融解熱이 크다는 傾向을 알 수 있다.

또한 水酸化合物과 硝酸塩의 融點이 가장 낮으며 계속해서 塩化合物과 炭酸塩의 順序가 되는데 가장 融點이 높은 塩은 弗化合物임을 알 수 있다.

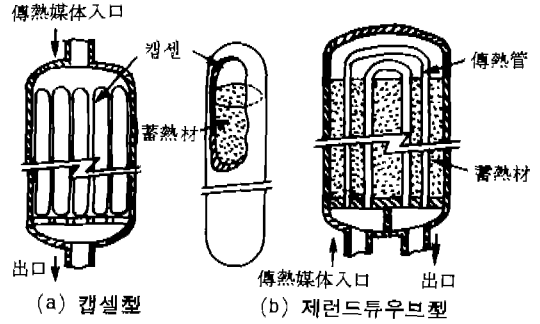
[ 3 ] 傳熱의 改善

潛熱蓄熱裝置는 塩을 蓄熱材로 利用하는 것으로서 塩을 容器에 넣는 방식에 따라서 캡셀形과 제런드류우브形으로 나눈다(그림 8參照) 2方式을 比較하면 蓄熱材를 充填할 때의 手苦나 壓力에 對해서는 各各 長短點이 있어 이를 選擇할 경우 充分한 檢討가 必要하며 많은 改善策이 提案되고 있다.

<表 5> 共晶合金의 共融潛熱

|       | $x_{eu}$ | $T_{eu}/K$ | $\Delta H_{eu}/kJ(g\text{-atom})^{-1}$ | $\Delta H_{eu} M^{-1}/Ja^{-1}$ |
|-------|----------|------------|--|--------------------------------|
| Mg-Zn | 0.29     | 613        | 17.0                                   | 469                            |
| Al-Mg | 0.375    | 724        | 16.0                                   | 609                            |
| Al-Cu | 0.175    | 821        | 14.0                                   | 420                            |
| Mg-Cu | 0.42     | 825        | 12.5                                   | 309                            |

[그림 8] 潛熱蓄熱器의 構造例



5. 化學蓄熱

化學反應을 利用하는 蓄熱法은 顯熱蓄熱과 潛熱蓄熱에 比較하면 새로운 方式으로서 將來의 蓄熱法으로 注目을 받고 있으며 蓄熱시스템에 適合한 化學反應의 選擇基準은 다음과 같다.

첫째, 吸熱反應이 熱源의 溫度 以下로 일어날 것 둘째, 發熱反應은 利用側에서 必要한 溫度 以上으로 일어나고 反應熱이 클 것.

셋째, 反應生成物의 體積은 적으며 反應은 完全히 可逆의 일 것.

네째, 反應速度는 빨라야 하며 逆反應이 觸媒없이 일어날 경우에는 反應生成物은 容易하게 分離될 必要가 있으며 또한 生成物은 安定하게 貯藏되어야 한다, 등을 列舉할 수 있으며 反應의 種類로 分類하면 觸媒를 必要로 하는 氣→氣反應, 固→氣反應 및 液→氣反應을 들 수 있다.

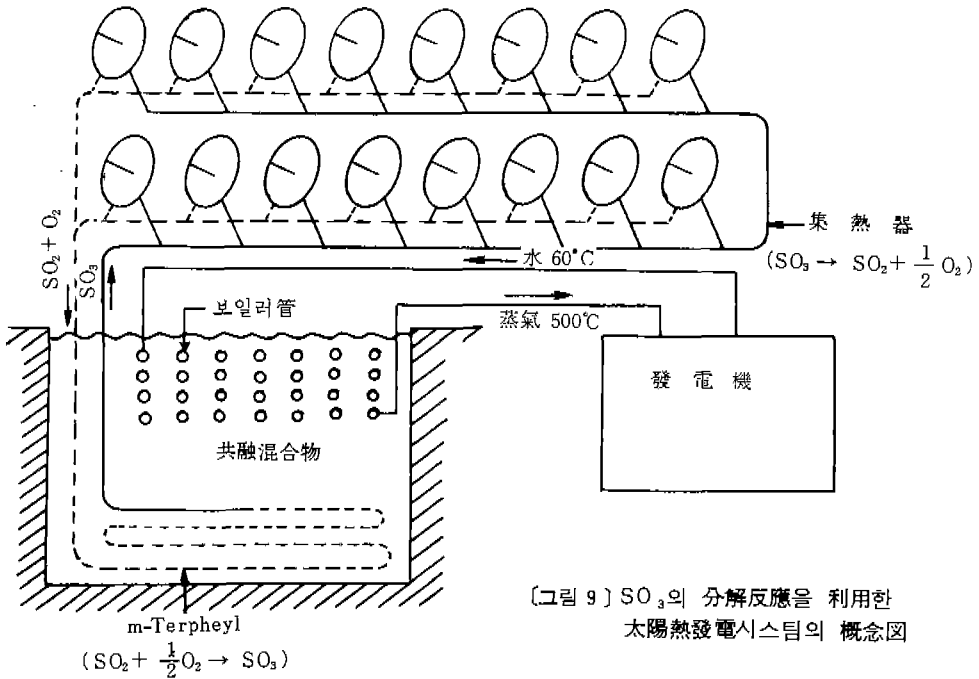
[ 1 ] 熱에너지 輸送에 適合한 反應

可逆反應의 平衡條件은  $\Delta G=0$ 이나 平均溫度  $T^*$ 는  $T^* = \Delta H / \Delta S$ 로서 表示되며  $T^*$ 는 熱源과 利用側의 溫度條件으로 決定된다.

◇ Solchem

本 시스템은 集熱된 熱에너지를 共融混合物의 潛熱을 利用하는 蓄熱容器에 보내기 위하여  $SO_3 \rightleftharpoons SO_2 + \frac{1}{2}O_2$ 라고 하는 化學反應을 利用한 것으로서 全體의 概念圖는 [그림 9]와 같다.

즉  $SO_3$ 가  $100^\circ C$ 로서 反應器에 들어가면  $800 \sim 1,000^\circ C$ 의 溫度로 되어 있는 集熱部에서  $SO_2$ 와  $O_2$ 로 分解된다. 反應生成物은 最初의 溫度에서  $100$



(그림 9) SO<sub>3</sub>의 分解反應을 利用한 太陽熱發電시스템의 概念圖

°C의 SO<sub>3</sub>와 熱交換하면 反應容器的 出口에서 110°C가 되는데 이것이 그대로 蓄熱容器에 運搬되어 500°C에서 逆反應을 일으킨다. 또한 發生된 熱은 共融混合物에 보내져 潛熱의 形態로 蓄積된다.

한편 암모니아의 分解反應을 보면 2NH<sub>3</sub> ⇌ N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub>로 NH<sub>3</sub>을 300atm, 700°C의 條件으로 分解시키고 分解生成物을 合成反應容器에 輸送하여 450°C에서 發熱反應을 시키는 것이다.

## [ 2 ] 生成氣體를 簡單히 壓縮과 凝縮을 할 수 있는 反應

分解生成物로서 氣體를 包含한 큰 ΔH/ΔS을 갖는 可逆反應을 熱에너지의 貯藏에 利用하기 위하여는 첫째, 生成된 氣體가 簡單히 壓縮 또는 凝縮되거나 없어질 것. 둘째, 室溫近方에서 適當한 固體 또는 液體와 結合하는 경우 蓄熱密度를 매우 크게 할 수 있을 것 등을 들 수 있다.

### ◇ 水酸化物の 分解反應

[表 6]과 같이 2種의 水酸化物에 대한 分解反應을 檢討한 結果 生成된 물은 容易하게 凝縮되거나 버릴 수가 있었다. 또한 固體粒子的 性質과 蒸氣壓 및 反應率을 調査하였으나 MgO의 水化反應에 대한 反應率이 溫度의 上昇과 더불어 減少하였

으며 CaO의 경우에는 以上과 같은 現象은 發見하지 못하였고 CaO의 蓄熱密度가 한층 有利하였다.

Mg(OH)<sub>2</sub>와 Ca(OH)<sub>2</sub>의 脫水化反應에서 80~90%의 反應이 終了하는데 要하는 時間은 ½인치 두께의 試料에서는 2~4時間이었으며 1cm 두께에서는 10~20分이었다.

### ◇ 암모늄鹽의 分解反應

암모늄鹽의 分解에 따르는 에너지의 變化는 [表 7]과 같이 매우 크며 이 中에서도 硫酸水素암모

<表 6> 水酸化物の 分解反應에 있어서 蓄에너지의 密度

| 反 應  | ΔH, <sup>-1</sup> /cal cm <sup>-3</sup> | T*/K |
|--|---|------|
| Mg(OH) <sub>2</sub> (s) ⇌ MgO(s) + H <sub>2</sub> O(g) | 330                                     | 531  |
| Ca(OH) <sub>2</sub> (s) ⇌ CaO(s) + H <sub>2</sub> O(g) | 470                                     | 752  |

<表 7> 암모늄鹽의 分解反應에 대한 蓄에너지의 密度

| 反 應  | ΔH, <sup>-1</sup> /cal cm <sup>-3</sup> | T*/K |
|--|---|------|
| NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub> (l) ⇌ NH <sub>3</sub> (g) + H <sub>2</sub> O(g) + SO <sub>3</sub> (g) | 740                                     | 740  |
| NH <sub>4</sub> Cl(s) ⇌ NH <sub>3</sub> (g) + HCl(g)   | 570                                     | 618  |
| NH <sub>4</sub> Br(s) ⇌ NH <sub>3</sub> (g) + HBr(g)   | 640                                     | 677  |



니움의 蓄에너지密度가 가장 크다.

[그림 10]을 보면 太陽에서 얻은 熱에너지를 化學反應에 의하여 一時貯藏하고 必要할때에는 逆反應을 일으켜 靑사이클로 스팀을 보낸다.

吸熱反應은 2段階로 나누어 行하여지는데 먼저 147°C의  $NH_4HSO_4(1)$ 가 熱交換器를 통하여 545K로 加熱되며 또한  $Na_2SO_4(1)$ 와 混合되어진다. 여기서 太陽熱을 받아서 773K에서 다음과 같은 反應을 일으킨다.

즉  $NH_4HSO_4(1) + Na_2SO_4(1) \rightarrow Na_2S_2O_7(1) + H_2O(g) + NH_3(g)$ 이 段階에서  $H_2O(g)$ 와  $NH_3(g)$ 은  $Na_2S_2O_7(1)$ 에서 分離貯藏되며  $Na_2S_2O_7(1)$ 은 減壓과 同時에 熱交換器로부터 熱을 받아 1173K에서  $Na_2S_2O_7(1) \rightarrow Na_2SO_4(1) + SO_3(g)$ 와 같이 分解되는데  $SO_3(g)$ 은 貯藏된다. 또한  $Na_2SO_4(1)$ 은 反復해서 最初의 反應에 使用되며 逆反應은 一段으로 行하여진다.

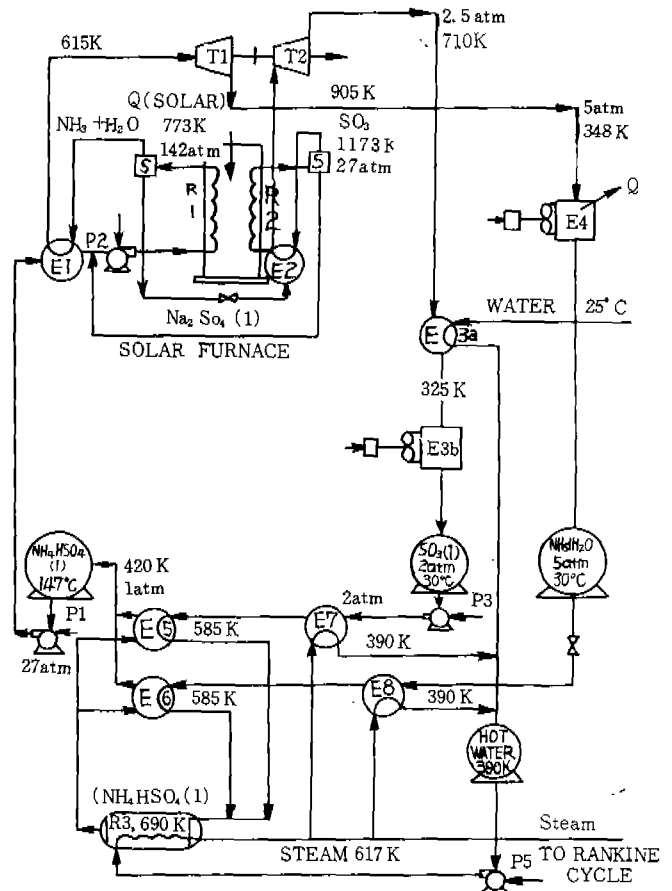
끝으로 無水塩의 암모니아化合物이나 稀釋熱에 의한 蓄熱시스템은 省略한다.

## 6. 結 言

以上과 같이 太陽熱發電蓄熱시스템으로 提案된 여러가지 方法을 檢討하였으나 시스템의 溫度條件이 決定되지 않으면 最適한 蓄熱사이클 시스템의 選擇은 困難하다. 즉 集熱溫度가 낮은 터어빈入口溫度와의 差異가 적은 시스템에 대해서는 潛熱에 의한 蓄熱이 有利하며 만일에 매우 優秀한 蓄熱方

[그림 10]

硫酸水素암모늄의 分解反應을 利用한 太陽熱發電蓄熱시스템



法이 있으면 集熱部와 發電部の 條件을 여기에 合致시키는 努力이 必要할 것이다.

