

〈解 說〉

熱에너지의 貯藏

Storage of Heat Energy

盧 承 卓*

Sung-Tack Ro

1. 概 要

에너지를 効率的으로 利用하는 여러 方案이 人間이 에너지를 使用하면서부터 제시되어 오다가 지난 數年間 特히 에너지危機란 이름 밑에서 더욱 강조되었다. 에너지의 効率的 利用方案은 에너지의 種類에 따라 다양하게 알려져 있다. 에너지利用의 새로운 方案이 대두되면서 時間에 따른 供給, 需要量의 조절을 위하여 에너지의 貯藏問題가 점점 重要하게 되었다. 넓은 의미에서의 에너지貯藏은 1 種類의 에너지를 다른 種類의 에너지로 變換시켜나갈 때 각각을 모두 에너지의 貯藏形態로 볼 수 있다. 石炭, 石油을 使用하여 熱에너지를 發生시킬 때 石炭, 石油은 化學에너지 形態로 에너지를 數萬年이상을 貯藏해 온 것이다. 燃料로부터 얻어지는 최초의 에너지 形態는 熱에너지이다. 이 熱에너지로부터 機械의 에너지, 電氣에너지 등의 各種 形態의 에너지로 變換하여 使用하게 된다. 여기서는 熱에너지의 貯藏形態를 알아보기로 한다. 에너지貯藏에 관한 研究, 開發, 利用은 熱에너지 뿐 아니라 機械의 運動에너지로서의 플라이 휠, 電氣에너지로서의 各種 電池, 位置에너지에 의한 貯藏 등 여러 方法이 이미 使用되고 있거나 研究, 開發단계에 있다. 熱에너지의 貯藏에 관한 部門도 예전부터 使用하여온 代表的인 例로는 蒸氣使用所에서의 蒸氣蓄積器를 들 수 있다. 이는 時間에 따른 負荷變動에 대하여 蒸氣發生裝置의 負荷를 비교적 일정하게 유지하여 裝置의 에너지 變換效率을 높게 유지하거나 피크부하를 감소시키기 위하여 使用된 것이다. 현재에 있어서의 熱에너지貯藏도 이와 비슷한 概念으로 시작 되었으나 特히 최근 많은 관심을 모은 太陽에너지의 利用과도 연관된다고 할 수 있다. 太陽에너지는 時間에 따라 變하는 광대한 에너지源이기 때문이다. 一般的으로 에너지 需要部門도 광범위한 범위에 걸쳐 時間에 따라 變化하므로 에너지의 貯

藏問題가 중요한 역할을 한다. 에너지의 貯藏은 時間的으로는 數時間에서 數日, 1년에 걸친 장기간으로 나눌 수 있고 貯藏溫度로는 수 백도의 高溫으로부터 常溫 또는 영하의 溫度까지로 나눌 수 있다. 熱에너지 貯藏物質의 狀態에 따라 나누어보면 液体 또는 固体에서의 單一相의 形態로 貯藏하는 顯熱形態와 相變化에 의하여 저장하는 潛熱形態로 나눌 수 있다.

熱에너지의 貯藏量은 간단히 다음 式으로 표시할 수 있다.

$$Q = m \left[\int_{T_1}^{T_2} C_s dT + \int_{T_1}^{T_2} C_e dT + \Delta H_f + \Delta H_c \right]$$

여기서 Q 는 貯藏된 總熱량을 표시하고 m 은 蓄熱材의 質量, T_1, T_2 는 低温부와 高溫부의 溫度, T_f 는 材料의 融點溫度이며 C_s, C_l 은 固体와 液体相에서의 比熱, ΔH_f 와 ΔH_c 는 각각 相變化時의 엔탈피變化量과 化學變化時의 엔탈피 變化量을 나타낸다. 위 式에서 4개의 項은 순서대로 각각 固体狀態에서의 顯熱에 의한 蓄熱量, 液体狀態에서의 顯熱量, 相變化에 따른 潛熱量, 化學反應熱에 의한 蓄熱量을 표시한다.

熱에너지의 貯藏시스템은 蓄熱材料, 熱傳達機器와 容器 및 保温材의 3개 主要部로 이루어진다. 蓄熱材料는 顯熱系의 경우 溫度가 上昇하거나 潛熱이용의 경우 相變化가 생기는 材料를 말한다. 熱傳達機器는 熱에너지를 熱源으로부터 蓄熱材料로 傳達시키거나 蓄熱材料로부터 熱負荷측으로 熱에너지를 傳達시키는 역할을 한다. 保温이 된 容器는 蓄熱材料를 外部로부터 熱遮斷이 되도록 하여 外部로의 에너지 損失이 없도록 한다. 熱에너지貯藏시스템의 主性能特性은 容量, 에너지 傳達率, 貯藏溫度에 의하여 주어진다. 여기서 容量은 蓄熱材料가 貯藏할 수 있는 에너지의 量을 뜻하고 熱傳達率은 에너지源으로부터 蓄熱材料로 또는 반대로 蓄熱材料로부터 에너지負荷측으로 傳達시킬 수 있는 率을 의미한다. 蓄熱溫度는 顯熱系에서는 蓄熱材의 溫

* 正會員, 서울大學校 工科大学

도가 된다.

이 解説에서는 최근 발간된 수 개의 자료를 발췌하여 간략히 그 내용을 알리고자 한다. 여기에 사용된 자료는 다음과 같다.

• Thermal Energy Storage, Eugene G. Kovach ed., Report of a NATO Science Committee Conference, Pergamon press (1977).

• Sharing the Sun, Solar Technology in the Seventies, Vol. 8, Storage, Water Heater, Data Communication, Education, K. W. Böer ed., American Section, International Solar Energy Society and Solar Energy Society of Canada, Inc. (1976).

• John A. Duffie & William A. Beckman, Solar Energy Thermal Processes, John Wiley & Sons (1974).

• J. C. Mc Veigh, Sun Power, Pergamon Press (1977).

2. 低温에서의 蓄熱

2.1 저온축열의 이용

低温에서의 蓄熱은 一般적으로 120°C를 기준으로 하여 이 이하의 溫度에서 蓄熱系로 熱에너지가 伝達되거나 熱負荷측으로 放出되는 경우를 의미한다. 低温蓄熱은 熱使用처에서 全部 또는 一部가 폐기되어버리는 熱을 効率的으로 利用하는 것과 직접적으로 연관이 되어 있다. 太陽에너지를 冷暖房과 같은 目的으로 利用하는 경우에는 주간의 日照時間에서 야간 또는 太陽에너지를 利用할 수 없는 日氣條件에서 使用할 수 있고 여름철에 熱에너지를 貯藏하여 겨울철에 利用할 수도 있다. 産業工程에서는 負荷變動에 따른 조절용으로

低負荷시에 여유분의 熱에너지를 貯藏하였다가 高負荷시에 使用함으로써 機器使用效率을 높이고 設備容量의 과대를 방지할 수도 있다. 이와 같은 目的의 低温蓄熱은 현재로서는 대체로 소규모의 상태에 머물러 있으나 대규모 형태의 蓄熱方式이 점차 고려되고 있다.

2.2 축열물질

2.2.1 현열계

低温顯熱形態의 蓄熱系에서 흔히 使用되는 物質은 現在로서는 물과 암석 종류에 국한되어 있다. 表 1에서 이들에 대한 몇가지 性質을 표시하였다. 물을 使用하는 경우의 問題點은 주로 容器에 있다. 즉 保温, 密封, 液相 및 氣相에서의 조절, 사이클에 따른 特性, 熱層의 形成 등이 문제가 된다. 암석을 使用하는 경우는 암석층사이에서의 流動問題, 熱伝達問題가 解決되어야 하며 암석의 형상, 크기, 物性에 따른 特性이 알려져야 利用이 가능하게 된다.

2.2.2 잠열계

融解熱 形態의 潛熱을 利用하는 蓄熱方式에서도 많은 材料가 대두되어 있으나 相變化時의 核形式에 다른 問題가 解決되어야 한다. 즉 液相에서 固相으로 變化시에 過冷現象이 나타나므로 이를 방지할 수 있는 시딩材料에 대한 연구가 촉구된다. 또한 潛熱形 蓄熱材料는 一般적으로 熱伝導率이 낮으므로 熱伝達率이 낮게 되는 경향이 있어 容器의 形象에 따른 熱伝達特性이 알려져야 한다.

2.3 대규모형태의 저온축열

大規模形態의 低温蓄熱方式이 주택난방용이나 工程으로 使用할 수 있다. 이에 使用되는 熱에너지源으로는 太陽熱, 産業工程에서의 排열, 發電所로부터의 배출열, 또는 계절에 따른 溫度差로 인한 熱에너지 등이 될 수 있다. 그러나 아직까지는 經濟性이나 技術的인 해결이 완벽하지 못하여 實用단계에는 이르지

표 1. 1 GJ 蓄熱에 대한 蓄熱物質의 比較

	岩石	물	融解物質
比熱, kj/kg °C	0.837	4.187	2.09
融解熱, kj/kg	—	—	232.6
密度, kg/m³	2242	1000	1602
必要重量*, kg	59737	11941	3644
重量比	16.4	3.27	1
必要体積** m³	26.6	11.941	2.274
体積比	11.69	5.25	1

* 溫度上昇은 20°C로 한 計算이다.

** 融解物質의 代表的인 例는 Na₂SO₄·10H₂O이다.

못한 상태이다.

3. 高温에서의 蓄熱

3.1 고온축열의 이용

高温에서의 蓄熱은 대체로 120°C 이상 1250°C 까지에서 熱에너지 貯藏을 의미한다. 이의 利用도 太陽熱發電所, 産業工程을 포함하여 대단히 광범위하다. 産業体에서의 利用面을 보면 다음과 같다.

(1) 시멘트

킬른에서 排出되는 가스는 클링카로 되는 습시멘트를 予熱하는데 사용된다. 이 가스는 계속 再循環되며 가스중의 알칼리性分이 어느程度以上 높아질 때 外部로 放出된 후 다시 같은 工程이 反復된다. 이 때 放出되는 에너지는 킬른全体에너지所要量의 5%程度이고 溫度가 700°C程度이므로 이를 蓄積한다면 他 目的에 利用이 可能할 것이다.

(2) 製鐵·製鋼

오븐에서 나오는 高温 코오크는 1.2×10^6 kJ/ton을 포함하므로 酸素를 포함하지 않는 氣體를 循環하거나 酸素含量이 적은 大氣에서 伝導를 통하여 蓄熱하므로서 이 熱量을 使用할 수 있고 冷却을 하지 않고 過程을 끝낼 수 있다. 스크랩을 予熱함으로써 轉炉의 電極磨滅을 減少시키고 生産量을 增加시켜 總에너지量이 減少하게 된다. 잉고트도 즉시 mill에서 rolling 또는 shaping 되지 않을 때는 冷却이 되므로 蓄熱裝置를 利用하면 이 熱을 回收할 수 있다.

(3) 유 리

炉의 排氣熱을 貯藏하여 製造된 段階인 annealing 및 tempering 등에 使用할 수 있다.

(4) 化學

反應容器에서 必要하거나 發生하는 熱은 高温水나 水蒸氣를 媒体로 축열조에 貯藏하거나 이를 使用할 수도 있다.

(5) 食品

熱에너지 貯藏과 關聯된 食品工程으로는 急速工程時의 反復高压調理 및 통조림, 野菜漂白, 溫水를 使用한 周期的衛生處理, 곡식乾燥, 담배製造등이 있다. 보통 이들 工程에는 液化石油가스가 使用되거나 蓄熱方法으로 1個工程에서 다음의 低温工程으로 에너지를 移動 使用함으로써 에너지 節減을 이룰 수 있다.

(6) 製紙

製紙工程에는 2個의 断続간헐工程이 있다. 하나는 탱크에서 蓄積된 不純物을 周期的으로 排出하는 digester로 排出時의 熱을 蓄熱裝置로 回收할 수 있다. 또

하나는 製紙加工에서 潤沢을 줄 때 水蒸氣로 모올러에 감기는 종이의 乾燥를 하나 實際工程에서 約 2時間에 한번씩 切断하여 이를 作動시키는데 20분씩 걸린다. 이 동안 水蒸氣는 外部放出 되므로 이를 回收 貯藏使用할 수 있다.

(7) 織 維

染色工程에서 汚染된 물을 버리므로 이에 包含된 에너지를 使用하지 못하고 있으나, 蓄熱系를 利用 以後 工程에서 再使用할 수 있을 것이다.

(8) 요 업

킬른에서 汚染체를 굵거나 乾燥하는데 使用되는 熱量의 40%程度는 回收 使用되고 있으나 나머지는 不純物을 包含하는 高温空氣로서 버려진다. 이 燒熱은 蓄열조로서 상당量을 回收할 수 있을 것이다.

(9) 알루미늄

알루미늄製造工程에서 각 工程을 지날 때 마다 高温狀態로 中間製品이 形成되어 大氣放出로 冷却되어 다시 工程에 들어가게 된다. 이 放出되는 에너지를 蓄熱系로 回收 再 利用할 수 있을 것이다.

(10) 플라스틱·고무

플라스틱의 molding에서 相当量이 200°C 近處의 溫度에서 이루어진다. 타이어의 경우도 中間段階에서 熱에너지가 必要로 하나 이 熱量은 蓄熱系로부터 供給시킬 수 있을 것이다.

3.2 현열형태의 축열

顯熱蓄熱方式은 가장 간단한 蓄熱方式으로서 蓄熱物質은 가급적 높은 比熱을 가지고 高温에서 安定하며 高密度, 낮은 蒸氣壓, 저렴한 비용을 필요로하며 容器와의 적합성이 좋아야 한다. 이러한 조건에 유사한 蓄熱系가 현재 使用되고 있으며 一部는 概念的인 設計段階에 있다. 表2에 이 중의 一部를 蓄熱物質, 應用分野, 現況, 적용溫度범위, 蓄熱容量, 蓄熱率, 熱放出率, 비용면에서 비교하여 나타내고 있다.

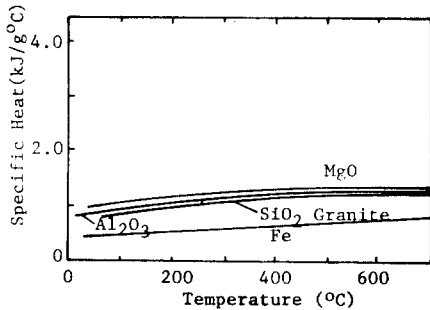
3.2.1 고체를 사용하는 경우

蓄熱物質로서 無機物인 固体를 使用하는 경우 一般的으로 高温에서 蒸氣壓이 낮고, 化學的으로 安定하며 영가인 것이 큰 制點으로 되어 있다. 반면 이의 단점으로는 比熱이 작고 熱伝導率이 낮아 蓄熱系가 복잡하고 커지는 문제가 있다.

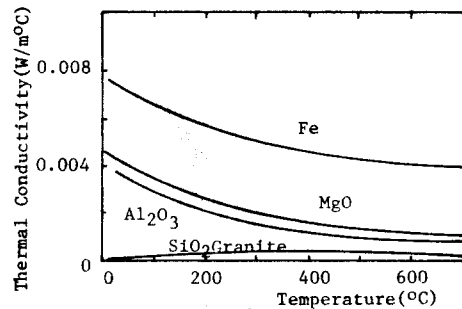
그림 1은 各種 固体材料의 比熱과 熱伝導率의 溫度에 따른 變化 및 材料間의 比較를 나타내고, 表3은 材料의 融點, 密度를 표시하여 使用溫度범위, 蓄熱系의 크기 算定의 기준이 된다. 또한 그림 2는 各種 固体의 단위중량당의 蓄熱容量을 比較하고 그림 3은 단위비용당의 蓄熱容量을 比較한다.

표 2 顯熱方式에 의한 高温蓄熱

축열 방법	축열재	응 용	상 황	온도(°C)		용 량 kwt	축열률 k wt	방열률 k wt	비용 \$/k wt-hr
				최고 온도	온도차				
지상 탱크 (높이 = 10m) (반경 = 0.5m)	물	태양집열기	공업 설계	210 300	87 87	4.1 4.1		42,500 5,640까지	8.0 22.0
지상 탱크 (높이 = 3.15m) (반경 = 0.89m)	물 Therminol	태양열토탕 에너지시스템	예비 시험	232 343	56 56	0.41	100-120	25-50	-
수증기 축적기 (높이 = 146m) (반지름 = 1.83m)	물	태양집열기	공업 설계	200 300		14 37		33,300 41,800	3.0 6.0
지하 탱크 (높이 = 30m) (반경 = 13m) (깊이 = 60m)	물	핵 발전을 위한 축열	예비설계	217	141	4370		624	0.4
Acquifers	물과 모래	폐열저장	개념설계	170	110	42,000	19,400	19,400	0.003
지상 탱크 (다른유체)	Therminol-55 Therminol-66 Caloria-HT-43 Hitec	태양집열기	설계	315 315 302 500	55 55 83 300	226 226		452,000 452,000	62 62
고체 축열물질	주철	공장 난방 페인트제조업	작동중 작동중	750 700	480 430	0.75 0.64	96 80	~50 180	? ?
충진층 (높이 = 17.3m) (반경 = 9.7m)	화강암 Caloria-HT-43	태양집열기	예비설계	302	84	195	42,200	30,400	5.13
유동층	모래 비산재	동력 발전을 위한 축열	개념설계	800	400	4000	500,000	500,000	?
지하	흙	지하동력원 용 폐열 싱크	예비설계	100	85	500	1000		0.4-0.8
	석회석 또는 화강암	태양집열기	개념설계	500	400	500,000		625,000	?



(a) 比熱



(b) 熱伝導率

그림 1 固体蓄熱物質의 性質

표 3 固体顯熱形 蓄熱物質의 性質

材 料	融点(°C)	密度(kg/m ³)
Al ₂ O ₃	2015	3970
MgO	2800	3580
SiO ₂	1728	2650
Granite	~1200	~2700
Fe	1535	7900

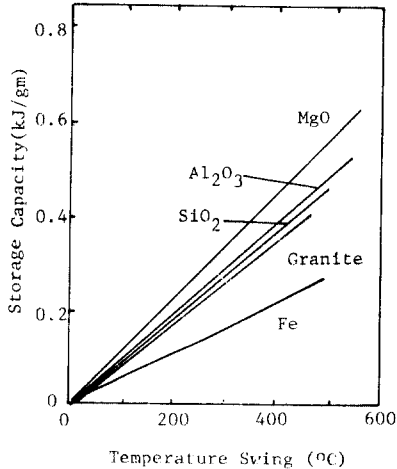


그림 2 固体의 蓄熱容量

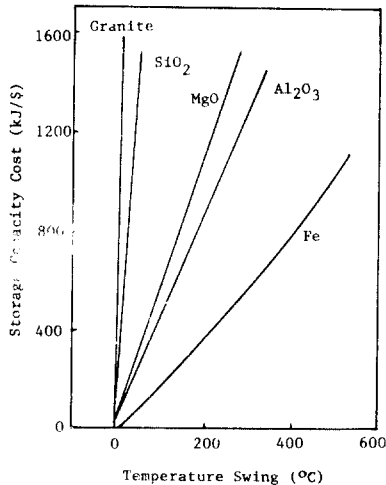


그림 3 固体의 蓄熱容量과 價格比較

3.2.1.1 충전층의 이용

(1) 地上設置

내화물을 蓄熱材로 使用하여 蓄熱하는 方式이 製鐵業에서 코크스로 鉸石을 환원시키는데 必要한 空氣의 溫度를 높이는데 使用되어 왔다. 現在의 技術狀態로는 低熱量燃料을 연소시켜 3氣壓에서 1250°C 까지

空氣를 予熱시켜 使用하고 있다. 現在 使用중인 大單位形態에서는 지름 10m, 높이 50m 크기의 蓄熱燥가 保溫된 鋼製壓力容器내에 設置되어 하부측 온도가 300°C, 상부측이 1500°C 로 유지된다. 이 안에 들어가는 내화축열재의 重量은 20000 톤 이상이 되며 45분을 사이클주기로 하여 蓄熱, 放熱되고 있다. 이와 유사한 형태가 고온폐가스로부터 蓄熱시켜 使用하도록 應用이 될 수 있을 것이다.

(2) 地下設置

大容量의 熱에너지 貯藏시 地下의 空間에 蓄熱材를 채워 壓力下에 있는 氣體를 作業流体로 하여 使用할 수 있다. 이의 經濟性은 가급적 낮은 깊이의 축열조를 만드는 것과 기밀을 유지시키는 데에 있다. 이러한 種類의 蓄熱裝置의 利用例는 다음과 같다.

- 壓縮空氣를 貯藏하여 壓縮熱의 回收利用: 斷熱的으로 壓縮空氣를 저장할 경우 75% 까지의 저장 효율을 얻을 수 있고 양수 발전에 비교할만한 경제성이 있으며 장소 선택의 편리성이 있다.

- 가스터어빈 사이클: 太陽熱, 化石燃料, 폐열 등을 이용한 개방계 및 폐쇄계의 가스터어빈을 사용하는 경우 熱源과 負荷조절용으로 使用된다.

- 過熱水蒸氣저장: 發電所에서 負荷를 經濟的으로 조절하는데 地下 蒸氣蓄積器가 使用될 수 있을 것이다.

3.2.1.2 유동층의 고체

氣體流動이 上向으로 이루어질 때 작은 固体粒子가 流動化될 수 있어 이를 利用하는 方法으로 다음의 利點이 있다. 다른 固体蓄熱材와 마찬가지로 固体 粒子는 1500°C 정도까지의 高溫에서 蒸氣壓이 극히 미소하고 化學的으로 非活性, 무해, 비폭발성이다.

- 液体와 같이 쉽게 수송된다.
- 單位體積 당의 表面積이 크므로 顯熱을 흡수, 방출하는 속도가 빠르다.
- 높은 溫度回收效率를 쉽게 얻을 수 있다.
- 熱傳達率이 높아 熱貯藏, 放出速度가 빠르고 經濟的이다.
- 모래와 같은 열가의 고체를 사용할 수 있다.

3.2.2 액체를 사용하는 경우

3.2.2.1 고압온수저장

(1) 地上設置

高壓溫水蓄熱方式은 産業工程에서 短期蓄熱目的이다. 發電所에서 一部 使用되었다. 이 方式의 主 問題는 壓力容器에 드는 費用이다. 普通 運轉에 의하여 製作된 鋼製容器를 使用하였으나 프라스틱레스된 鑄鐵壓力容器使用으로 30~40%의 費用節減이 이루어질 것으로 보이며 危險負擔도 낮아진다.

(2) 地下設置

發電所負荷調節用이나 太陽熱發電所의 熱源供給用으로 地下給水貯藏이나 蒸氣蓄積器가 技術的으로나 經濟的으로 可能할 것으로 보인다.

3. 2. 2. 2. 유기액체

그림 4에서 볼 수 있듯이 低温區間에서 蓄熱材로는 물이 가장 效果的이다. 즉 다른 材料와 比較할 때 2倍以上의 높은 比熱을 가지고 있으나 高温에서 蒸氣壓이 높아지는 短点이 있다. 따라서 高温에서는 물이 顯熱形態로는 適合하지 못하게 된다. 따라서 熱伝達媒体로 使用되는 기름種類的 有機液體를 350°C 程度까지의

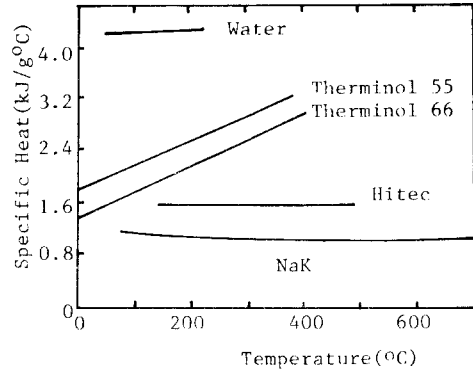


그림 4 液體의 比熱

표 4. 液體顯熱蓄熱物質의 性質

物 質	最高溫度 (°C)	自然点火溫度 (°C)	參 考
H ₂ O	240	—	평의상 37.3 atm 기준
Na-K (54-46)	860	—	
Therminol-55 (Monsanto)	316	358	
Therminol-66 (Monsanto)	344	374	
Caloria-HT-43 HITEC	316 425	404 —	
			融点 145°C

蓄熱材로서 使用할 수 있다. 溫度上限은 主로 材料自體의 熱分解에 의해 制限되므로 이는 기름에 따라 다르게 된다. 뒤에서 說明되는 溶融鹽과 比較하면 有機液體의 比熱은 一般的으로 크나 單位體積當의 蓄熱量은 낮아진다. 有機液體는 比較的 廉價이고 壓力容器를 必要하지 않으므로 中間溫度程度에서의 應用에 適合하다.

표 4는 물 및 液體金屬을 包含한 各種 流體의 使用溫度, 自然点火溫度 등을 表示한다. 大體로 自然点火溫度는 使用溫度보다 높은 溫度로 되어 있으나 이것이 引火點을 表示하는 것은 아니므로 만약의 경우 누설이 있는 경우 点火될 可能性을 考慮하여야 한다.

그림 5와 6은 各種 液體蓄熱物質의 蓄熱容量과 單位費容當의 蓄熱容量을 表示한다.

3. 2. 2. 3. 액체금속과 용융염

高温下에서의 蓄熱物質로서는 各種 液體 金屬과 溶融鹽混合物이 適合한 것으로 알려져 있다. Na와 NaK는 이미 原子炉에서 熱媒体로서 實際 많이 使用 되었다. 이들 液體는 熱伝達特性이 極히 良好하고 安定하며 適切히 取扱만 되면 高温에서도 부식성이 없어 여

러모로 좋은 點을 가지고 있다. 다만 比熱이 낮고 空氣나 물과 接觸할 때 高温에서 反應을 일으키므로 安全에 注意가 必要하다.

無機溶融鹽도 液體金屬과 같이 高温蓄熱媒体로 잘 알려져 產業界에서는 熱伝達媒体로 많이 使用되었다. 다만 一部物質을 除外하고는 熱伝導率, 粘度, 密度,

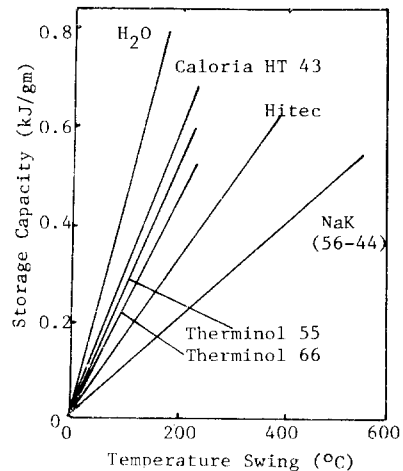


그림 5 液體의 蓄熱容量

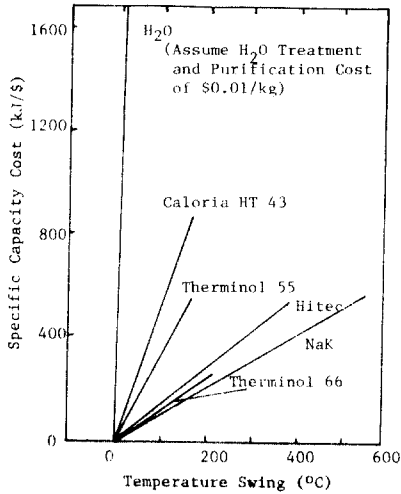


그림 6 液体의 蓄熱容量과 價格比較

安全性등이 잘 알려져 있지 않아 이들에 대하여는 繼續的인 研究를 必要로 한다. 앞의 표 4 및 그림 5, 6 에 Na-K 및 HITEC 으로 알려져 있는 液体金屬 및 溶融鹽에 대한 資料가 表示되어 있다.

3.3. 잠열형태의 축열

潛熱形態가 蓄熱은 顯熱蓄熱系에 比하여 蓄熱密度가 높으므로 體積이나 重量面에서 있으며 比較的 좁은 溫度範圍內에서 一定한 溫度를 維持할 수 있는 利點을 가지고 있다. 反面 이의 거점으로는 融解나 응고시의 體積의 팽창, 收縮이 따르고 使用材料가 大體로, 부식, 毒性和 聯關되어 安全維持問題가 대두된다. 또한 體積變化에 따라 熱伝達面과 蓄熱材料사이의 間隙이 생겨 熱伝達性能이 低下되는 問題點이 있다. 現在 使用되고 있거나 概念的으로 構想하고 있는 潛熱形態의 蓄熱方式의 例는 표 5 와 같다. 표 6.에 潛熱形

표 5. 潛熱方式에 의한 高温蓄熱

축열 방법	축열재	응용	상황	최고 온도	용량 Mwt-hr	축열률 kwt	방열률 kwt	비용 \$/kwt-hr
환형 (내측반경 = 0.114 m) (외측반경 = 0.127 m) 높이 = 0.349 m	LiH	우주에서의 축열	연구실 규모 실험중	680	1.87	8-12	43	
원통 형태 (반경 = 0.088 m) (높이 = 0.042 m)	LiH	우주에서의 축열	연구실 규모 실험중	680	0.281	0.81	0.53	
그리 형태	LiH	우주에서의 축열	연구실에서 실험중	688	0.2	0.66	0.31	
원통 형태 (반경 = 0.037 m) (높이 = 0.905 m)	LiF/LiOH Eutectic	물속에서의 추진	연구실에서 실험중	427	3.51		1.17	
원통 형태 (반경 = 0.343 m) (높이 = 0.914 m)	NaOH	공간 난방기	연구실에서 실험중	510	40	6.9	2	?
원통 형태 (반경 = 0.305 m) (높이 = 1.52 m)	NaOH	온수	작동중	482	193	20	20	4.60
직사각형 모델	NaOH	공간 난방기	작동중	482	117	12	7.3	5.10
원통 형태 (반경 = 16.8 m) (높이 = 33.5 m)	NaF/FeF ₂ Eutectic	원자료를 위한 축열	개념설계중	680	9.6 × 10 ⁶	8 × 10 ⁵	8 × 10 ⁵	21
요구되는 부피량 = 1622 m ³	NaNO ₃ NaOH (0.99-0.01)	태양 집열기	예비설계중	254	1.9 × 10 ⁵	3.16 × 10 ⁴	3.16 × 10 ⁴	30

표 6. 潛熱蓄熱物質의 性質

物 質	融解溫度(°C)	融解熱(kj/kg)	比熱(kj/kg °C)
KF-NaF-MgF ₂ (58-35-7)	685	577	1.59
NaCl-CaCl ₂ (48-52)	500	280	1.05
NaOH	318	318	2.09
B ₂ O ₃	450	318	1.80
Na ₂ CO ₃ -KCl (50-50)	588	268	1.38
NaNO ₃	307	171	1.84
Na ₂ SO ₄ -KCl	517	222	1.09
Pb	327	23	0.17
Al	658	393	1.05
Mg	651	201	1.17

態의 蓄熱物質에 대한 融點, 融解熱, 液相에서의 比熱을 나타내고 그림 7. 과 8에 각각 單位重量當의 蓄熱容量과 單位費用當의 蓄熱容量을 溫度의 函數로 表示하였다. 이러한 資料를 參考로 하여 다음과 같이 蓄熱系를 선정하여야 할 것이다.

蓄熱系는 선정하는데는 다음 4 가지 特性을 考慮하여야 한다.

(1) 蓄熱物質은 融解熱, 熱容量, 熱傳導率이 可及의 커야 한다. 反面 融解時의 體積變化, 溫度上昇에 따른

蒸氣壓, 溫度에 따른 粘度變化는 적어야 한다.

(2) 蓄熱物質과 容器間에 物理, 化學的인 反應이 最少限으로 되고 長期的으로 蓄熱系의 性能低下가 防止되어야 한다.

(3) 蓄熱系가 不注意에 의해 損傷되는 경우 極甚한 被害가 되지 않고 쉽게 큰 費用없이 復旧될 수 있어야 한다.

(4) 蓄熱物質內의 不純物의 許容度와 聯關된 價格面의 經濟性이 있어야 한다.

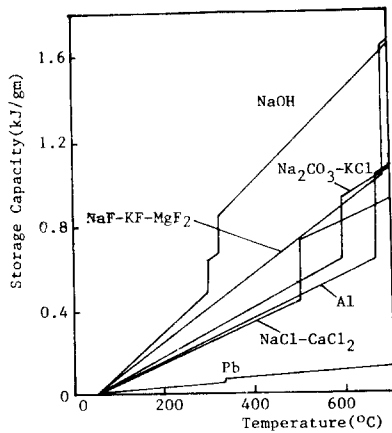


그림 7. 潛熱에 의한 蓄熱容量

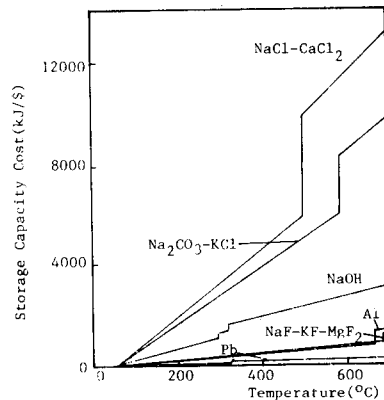


그림 8. 潛熱蓄熱容量과 價格比較