

太陽熱주택에서의 蓄熱槽에 대하여

編輯委員會

1. 축열조

우리나라의 기후는 여러날동안 계속하여 흐리는 경우가 많으므로 태양열주택에서는 쾌청한 날의 잉여에너지를 다시 사용할 수 있도록 보존하기 위하여 어떠한 형태로든 열을 저장하여야만 한다.

이때의 열저장온도는 일반적으로 32L°CJ 이상으로 하여야 되는 것이 원칙이다.

이는 열배분장치를 통하여 축열조로부터 27° C 정도의 열이 실내에 공급될 경우에는 쾌적한 상태를 유지할 수 있으나 이 온도보다 낮을 경우에는 보조가열 또는 예비가열장치가 필요하기 때문이다.

오늘날 대부분의 태양열주택에서는 축열재(蓄熱材)로서 물이나 자갈을 이용한다. 이것은 열적으로 양호하게 절연된 커다란 용기에 넣어서 사용된다.

태양열 집열판은 열순환 Loop를 축열조에 연결되어 있으며 이 Loop는 축열조 온도보다 집열기의 온도가 높을때 작동된다. 또한 이 열순환Loop는 저장된 열원의 온도가 집열판에서 얻어지는 온

도보다 높을때 자동적으로 작동이 정지된다.

이와같은 이유로 축열조의 크기는 설치되어 있는 집열판의 크기 및 기후조건을 고려하여 결정하여야 한다.

물이나 자갈은 현열에 의해 열을 축열하여 일반적으로 물은 액체형 집열판을 사용할 경우 그리고 자갈은 공기형 집열판에 대해 많이 사용되나 이들 두가지를 복합적으로 한 장치도 있다.

최근 축열재로서 용점에서 상의 변화를 수반하는 화학물질의 잠열을 이용하는 것이 개발되고 있다. 용점이 24°C로부터 50°C 사이에 있는 수화염(Salt hydrates)들이 가장 일반적으로 사용되는 상변화를 동반하는 태양열 축열재이다. (그림 1 참조)

이는 쉽게 구할 수 있는 물질이며 태양열 집열판으로부터 얻어지는 온도범위내에 용점이 있기때문에 가장 널리 사용될 수 있는 것이다.

이러한 화학물질들은 프라스틱용기에 담겨져서 그사이를 공기가 잘 유동되도록 축열조가 제작된다.

일례로 화학물질의 용융점이 29°C 라할때 이 화학물질 축열조는 내부 축열재가 액체상태로 될때까지는 집열판에서 공급되는 열을 흡수한다.

Chemical Compound	Melting point (°F)	Heat of Fusion (Btu/lb)	Density (lb/ft ³)	
Calcium chloride Hexahydrate	CaCl ₂ · 6H ₂ O	84-102	75	102
Sodium carbonate decahydrate	Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O	90-97	106	90
Disodium phosphate dodecahydrate	Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O	97	114	95
Sodium sulfate decahydrate	Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	88-90	108	91
Sodium thiosulfate pentahydrate	Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O	118-120	90	104

그림 1. 잠열저장에 사용되는 수화염의 성질

화학물질 축열조의 온도를 융점온도 이상으로 올리기 위하여 주위로 부터 흡수하는 열량은 상의 변화를 가져오지 않으면서 1°C 올리는데 필요한 열량보다 상당히 크며 이 열량을 잠열(latent heat)이라고 한다.

축열조에서 실내로 열이 방출될때는 축열재의 온도는 다시 응고온도까지 내려가며 이때 축열재의 잠열이 주택 난방에 이용되어 일반적으로 상의 변화를 동반하지 않는 축열재에 비하여 많은 열량을 축열시킬 수 있는 장점을 가지고 있으며 또한 일반 축열재와 마찬가지로 현열을 이용하여 축열시킬 수도 있다.

상의 변화를 동반하는 화학물질에 의한 축열재는 아직 개발중에 있으며 극히 소수의 실험주택에서만 사용되고 있다.

만일 이러한 화학물질을 이용하게 되면 축열에 필요한 면적은 일반적으로 널리 사용되고 있는 물이나 자갈에 비해 훨씬 적은 면적만이 필요로 될 것이다.

일반적으로 축열재로 사용될 수 있는 각종 물질의 3일간 축열시키는데 필요한 축열조의 체적을 그림 2에 비교하였다.

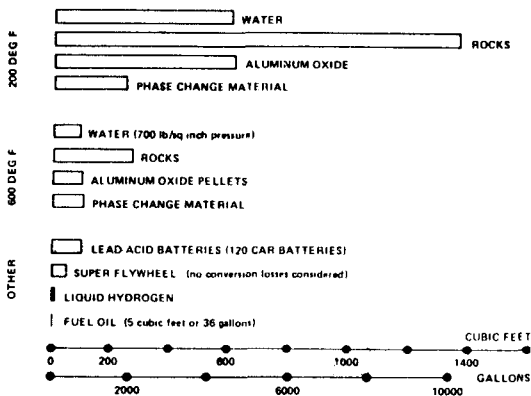


그림 2. 3일간 필요한 열량을 축열하는데 필요한 부피비교 (Solar Dwelling Concepts U. S. Dept. H.U. O)

만일 태양열을 2일 또는 3일간 저장하여 사용하려고 할 경우 축열재로 물을 사용하면 지름 1.8m 길이 3.6m의 용기가 필요하나 그와 동일한 열량을 자갈에 저장하려면 이 크기의 2배 또는 3배나 되는 큰 체적이 필요하다.

따라서 특수한 기후조건 및 주택설계 그리고 가격을 고려할 경우에 한하여 커다란 축열체적이 바람직하고, 대부분의 경우는 축열조의 크기는 건물의 설계 및 가격에 의해 제한을 받게 된다.

물론 이는 태양이 비치지 않는 기간동안 충분한 주택 난방을 할 수 있는 크기라야 한다.

오늘날 대부분의 태양열주택에 있어서 축열조는 서로다른 크기로 고객의 주문에 의해 만들어지고 있다.

그러나 태양열난방이 더 보편화 된다면 어떤 특수한 집열판과 연결해 사용하는 규격화된 축열조가 장치산업 제조자들에 의해 만들어 질것이다.

현재 태양열주택에 가장 널리 쓰이고 있는 물 및 자갈을 사용한 축열조에 대해 간단히 소개하기로 한다.

(1) 물을 축열재로한 축열조

물은 액체형 태양열 집열판에 대한 축열에 아주 우수하다.

그이유는 값이 싸며 또한 손쉽게 구할 수 있고 태양열장치의 온도범위내에서 안정한 성질을 갖기 때문이다.

또한 비열이 매우 높으므로 체적에 비하여 상대적으로 많은 열량을 저장할 수 있다.

저장된 물은 태양열 집열판 내를 직접 관을 통하여 흐르거나 또는 축열조 내에 있는 열교환기에 의해 효율적으로 가열될 수 있다. 이와같이 하여 충분히 높은 온도까지 가열된후 건물내를 난방할 수 있다.

그러나 집열판에서 물을 사용할 때의 결점은 동결과 부식이 일어나는 것으로 축열조용기의 설계와 시공에 있어 이점을 필수적으로 고려하여야 한다.

태양열 축열용 내구성용기는 공장에서 만들어

져 공급되기도 하나 주택시공시 주택의 한 부분으로서 건축되기도 한다.

만일 처음부터 태양열난방을 계획한다면 지하실의 한부분이나 기초벽을 축열조로 사용할 수 있게 건축할수 있으며 이때는 방수시공 또는 물을 채울수 있도록 하는 장치를 포함하는 시공을 하여야 한다.

축열조의 절연을 위하여는 축열조를 건물내부에 설치하는 것이 바람직하다. 그이유는 축열조에서 방출되는 열량이 어떠한 방법으로든 건물내에 흡수될 것이기 때문이다.

그림 3은 물축열조에 대한 계통도를 표시한다.

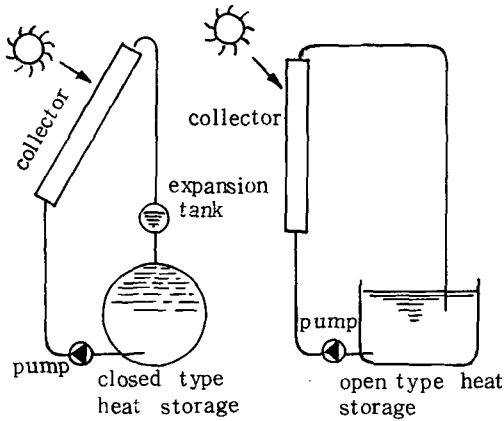


그림 3. 물 축열 시스템^a

(2) 자갈을 이용한 축열조

공기형 집열판과 축열조시스템에서는 축열재료 자갈이 이용되는 것이 많으며 집열판에서 가열된 공기는 자갈로 채워져 있는 전열된 축열조용기에 공급되어 저장된다.

공기는 자갈사이를 유동하면서 열을 자갈에 전달하고 다시 냉각된 공기가 집열판으로 흐른다. 이와같은 과정은 축열재의 온도가 집열판에서 공기가 가열되는 온도와 같아질때까지 계속된다.

공기가 자갈사이를 통과할 때의 온도강하는 축열조내의 온도차이를 유발시키며 이의 대표적인 온도분포곡선의 일례를 그림 4에 표시하였다.

축열조에 축열재료 사용되는 자갈의 크기는 축

열조의 체적이나 축열조 입구부터 출구까지의 공기의 유동거리에 따라 3 cm부터 8 cm 미만의 것이 많이 쓰인다.

적은 자갈을 사용하면 열전달면적이 증대하여 전열효율은 좋아지나 자갈에 의한 압력강화와 저항이 증가하기 때문에 fan의 동력이 더 많이 소요된다.

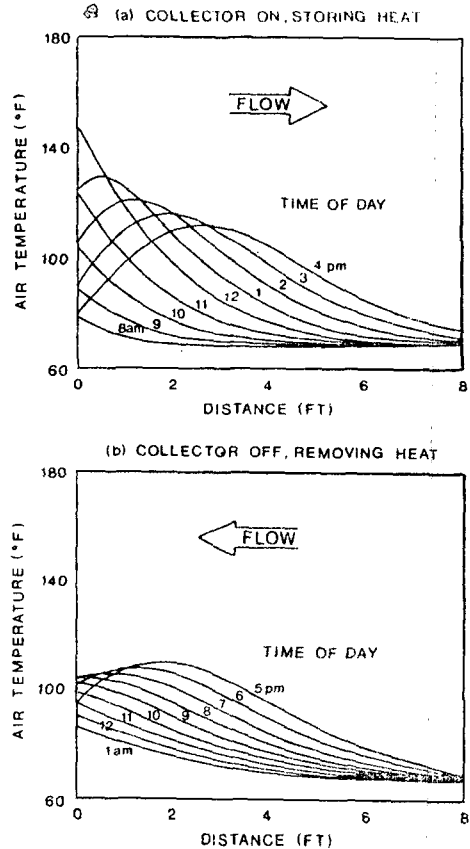


그림 4. 자갈조의 온도분포 (Los Alamos Scientific Lab Report LA-5967)

따라서 자갈을 사용하는 축열조의 크기는 그 지방의 기후조건, 주택의 크기, 난방시스템에 요구되는 공기유량 등에 따라 결정해야 한다.

이와같은 축열조의 크기를 결정하는 방법에 대하여 예를 들어 검토하기로 한다.

2. 축열조의 용량 및 크기

(1) 축열조의 용량

물이나 자갈을 축열제로 사용할때 축열조의 체적은 건축물의 면적, 건설단가, 및 용기의 크기 등 태양열주택의 설계인자들에 의해 제한 받는다.

그러나 지역적인 동계기후조건에 따라 1 일간 저장이나 또는 장시간 저장이나 결정되며 이에 따라 축열조의 크기를 결정하는 것이 일반적이다.

어떤 주어진 체적의 물이나 자갈에 대하여 저장할 수 있는 열량은 아래와 같은 방정식으로 부터 대략적으로 계산된다. 즉

$$\text{Kcal stored / unit volume} = \text{Density} \times \text{Specific heat} \times dTS$$

여기서 dTS (Stored temperature difference)란 축열조설계에서 축열된후와 방열된후의 온도 차이를 말한다.

동계에 최대축열온도가 65 [°C], 그리고 방열된 후의 온도가 30 [°C] 라면 dTS는 65 [°C] - 30 [°C] = 35 [°C] 가 된다.

물의 평균 밀도가 1000 [kg / m³] 이며 비열이 1 [Kcal / kg °C] 이므로

$$\begin{aligned} \text{Kcal stored / m}^3 &= 1000 \text{ [kg / m}^3\text{]} \times 1 \times dTS \\ &= 1000 dTS \text{ [Kcal / m}^3\text{]} \\ &= 35000 \text{ [Kcal / m}^3\text{]} \end{aligned}$$

이 된다.

고체자갈의 평균 밀도가 2240 [kg / m³] 이며 자갈축열조의 30% 정도를 공기가 차지 한다고 가정하면 자갈축열조의 평균 밀도는 1570 [kg / m³] 이 된다.

또한 자갈의 비열은 평균 0.2 Kcal / kg °C 이므로

$$\text{Kcal stored / m}^3 = 1570 \text{ [kg / m}^3\text{]} \times 0.2 \text{ [Kcal / kg °C]} \times dTS = 314 dTS$$

가 되어 물을 사용할 경우에 비해 약 3 배의 체적이 요구된다.

이러한 계산은 단위체적의 물이나 자갈의 축열용량을 나타내며 주어진 설계조건에 따른 축열용량이 결정되면 축열 온도차를 가정함으로써 축열조의 축열제 체적을 계산할 수 있게 된다.

예를들어 9.5 [m³] 의 물축열조에서 dTS 를

35 [°C] 라 하면

$$\begin{aligned} \text{Kcal stored} &= 9.5 \text{ [m}^3\text{]} \times 1000 \times dTS \\ &= 9.5 \text{ [m}^3\text{]} \times 1000 \text{ [kg / m}^3\text{]} \times 35 \text{ [°C]} \\ &= 332500 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

(2) 저장시간에 대한 용량 C Carry-Over (Capa-City),

주어진 축열조의 체적에 있어 사용가능한 열을 저장할 수 있는 시간수를 이축열조의 저장시간이라 말한다.

이는 설계시에 방열을 고려한 주택설계 조건에 따라 결정된다.

대략적으로 한겨울에 설계시 방열량의 1/2 이 요구된다고 하면

$$\text{Carry-Over [hours]} = \frac{\text{Kcal stored / volume}}{1/2 \times \text{DHL [Kcal / hr]}}$$

여기서 DHL은 설계시 열손실값을 말한다.

적절한 크기의 주택으로 충분히 단열이되어 있는 경우 DHL 을 10,000 [Kcal / hr] 로 하면 앞의 예로부터 9.5 [m³] 의 물축열조의 경우 저장시간은

$$\begin{aligned} \text{Carry-Over [hours]} &= \frac{9.5 \times 1000 \times 35}{1/2 \times 10,000} \\ &= \frac{332,500}{5000} \approx 66 \text{ hrs} \end{aligned}$$

이 된다.

이와 같은 공식은 또한 축열온도차 (dTS) 가 다르든가 또는 저장시간이 다른 값을 요구하는 축열조 계산에 대하여도 똑같이 사용된다.

또한 수동형 태양열주택에 대하여도 이로부터 얻을 수 있는 비교적 낮은 축열온도차와 밀도, 비열 등의 값을 대입하여 위의 계산방법으로부터 구할 수 있다.

참고문헌

1. "Designing and building a solar House" D. Watson Garden way publishing, vermont U. S. A (1977)
2. 日本太陽Energy學會, "太陽エネルギーオム社(1977)