

유기잠열재, $C_{28}H_{58}$ 과 무기잠열재, $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ 의 잠열특성연구

송현갑 · 유영선*

충북대학교 농업기계공학과
충북대학교 농공학과 대학원 박사과정 농업기계공학전공*

Study on the Latent Heat Characteristics of the Organic Compound, $C_{28}H_{58}$ and the Inorganic Compound, $CH_3COONa \cdot 3H_2O$

Song, Hyun Kap · Ryou, Young Sun*

Dept. of Agricultural Machinery Engineering Chungbuk National University
Agricultural Machinery Engineering Major, Dept. of Agricultural Engineering, Chungbuk National University, Graduate School*

요 약

본 연구에서는 심야전력 및 폐열의 회수이용을 위한 잠열축열재를 개발하기 위하여, 상변화 온도가 $50 \sim 80^\circ C$ 의 범위에 있는 상변화 물질중 잠열량이 크고, 물성안정이 비교적 용이한 Octacosane($C_{28}H_{58}$)과 Sodium Acetate Trihydrate($CH_3COONa \cdot 3H_2O$)를 선택하여 상변화 온도의 변화특성과 물성안정방법 그리고 잠열특성을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 공업용 수준 Octacosane과 Sodium Acetate Trihydrate의 상변화 온도는 각각 $60.7^\circ C$, $57.4^\circ C$ 로서 시약용 수준에 비하여 Octacosane은 $1.1^\circ C$, Sodium Acetate Trihydrate는 $0.6^\circ C$ 낮았으며, 잠열량에 있어서는 Octacosane은 $60.6 kcal/kg$ 으로 시약용 수준과 비슷한 값을 보였으나, Sodium Acetate Trihydrate는 $51.1 kcal/kg$ 으로 시약용 수준에 비하여 5.4% 작은 값을 나타내었다.
2. Octacosane의 상변화 사이클 증가에 따른 잠열량을 분석한 결과, 초기에는 $60.6 kcal/kg$ 이었으나, 사이클의 증가와 더불어 점차로 감소하여 200cycle에서 $47.2 kcal/kg$ 이 되었고, 그 이후에는 거의 일정한 값을 유지하고 있는 것으로 보아 더 이상의 잠열량 감소는 없을 것으로 판단된다.
3. Sodium Acetate Trihydrate의 과냉현상을 제어하기 위한 조핵제로서 SPD(Sodium Pyrophosphate Decahydrate)를 3wt 이상 첨가하여 $25.7^\circ C$ 의 과냉도를 $1^\circ C$ 미만으로 줄였고, 증점제로서 CMC-Na를 3wt% 이상 첨가하여 상분리 현상을 해결하였으며, 안전성을 고려한 조핵제 및 증점제의 적정 첨가량은 4wt%였다.

4. UREA(NH₂CONH₂)를 첨가하여 Sodium Acetate Trihydrate(CH₃COONa·3H₂O)의 상변화 온도를 57.4℃에서 46.2℃까지 다양하게 변화시켜 이용 온도 수준에 적합한 잠열축열재를 선택할 수 있도록 하였으며, UREA 함량에 따른 잠열량을 분석한 결과 UREA의 함량이 증가함에 따라 잠열량이 점차로 감소하여 10wt%의 UREA를 첨가하였을 경우에는 38.3kcal/kg였으며, UREA의 함량이 20wt%까지 증가하는 동안 더 이상의 잠열량 감소는 없었다.
5. 30℃에서 90℃까지의 가열과정에서 현열재인 물, 그리고 돌(화강암)과 잠열축열재의 축열량을 비교분석한 결과, Octacosane은 상변화 온도 60~70℃에서의 축열량이 물의 2.45배, 돌의 12.5배였으며, S.A.T.(Sodium Acetate Trihydrate)는 상변화 온도 57.4℃에서의 축열량이 물보다 2.53배, 돌보다는 12.91배 큰 것으로 나타났다.

ABSTRACT

In this research, Octacosane(C₂₈H₅₈) and Sodium Acetate Trihydrate(CH₃COONa·3H₂O) were selected as latent heat storage materials to store off-peak electricity or waste heat of an industrial plant. Experimental analyses were performed in terms of the variation of phase change temperature and latent heat, phase change stability for the long term utilization. The results were as follows.

1. The phase change temperatures of industrial grade Octacosane and Sodium Acetate Trihydrate were 60.7℃ and 57.4℃, the latent heat were 60.6kcal/kg and 51.1kcal/kg respectively.
2. The latent heat quantity of Octacosane was decreased with the increasing number of phase change cycles. It decreased from 60.6kcal/kg to 47.2kcal/kg upto 200 cycles and then no variation was observed after 200 cycles.
3. To prevent the supercooling of Sodium Acetate Trihydrate, the nucleating agent, Sodium Pyrophosphate Decahydrate of 3 wt% was added, and then the supercooling temperature(T_m-T_{sc}) was decreased from 25.7℃ to 1℃. The phase separation was disappeared by the addition of CMC-Na of 3 wt% as a thickener. It was found that the optimal quantity of nucleating agent and thickener was 4wt% considering the stability of SAT as a latent heat storage material.
4. The phase change temperature of Sodium Acetate Trihydrate(CH₃COONa·3H₂O) was adjusted from 57.4 to 46.2℃ by the addition of UREA. And then the latent heat quantity was decreased from 51.1 to 38.3kcal/kg.
5. When the heat storage capacities between the sensible and latent heat storage materials were analyzed and compared in heating process from 30 to 90℃, the heat storage capacity of Octacosane was 2.45 times larger than water and 12.5 times than granite at 60.7℃, and the heat storage capacity of Sodium Acetate Trihydrate was 2.53 times larger than water and 12.91 times than granite at 57.4℃.

1. 서 론

열에너지의 저장방법으로는 현열축열법, 잠

열축열법, 화학적 반응열을 이용한 축열법 등이 있으나, 일정온도의 열을 고밀도로 저장·이용하기 위해서는 상변화물질을 이용한 잠열

축열법이 경제적이며 또한 효율적이다.

일반적으로 상변화 물질은 고유의 일정한 상변화 온도를 가지고 있으며, 가열 및 냉각과정에서 상변화 온도에 도달하면 온도의 변화없이 일정한 양의 열을 흡수 또는 방출하게 되는데 이를 잠열이라 하며, 이러한 현상을 이용한 열저장 방법을 잠열축열법이라 한다.

국내외적으로 현재까지의 잠열축열에 관한 연구는 대부분이 시약용수준의 수화염 및 파라핀계 화합물의 물성안정 및 전열특성에 관한 것이며, 경제성을 고려할 경우에 실질적으로 실용가능한 공업용수준의 잠열축열재에 대해서는 근래에 들어서 관심이 고조되고 있다. 또한 현재까지 개발된 잠열축열재는 대부분이 상변화 온도가 40℃이하로서 태양열에너지를 이용한 공간난방과 온돌시스템에의 적용만이 가능한 실정이며, 심야전력 및 공장폐열의 회수이용에 적합한 상변화 온도, 50℃~80℃ 수준의 잠열축열재에 관한 연구는 이제 시작에 불과하여 실용화된 바가 없다.

이와같은 현실을 고려하여 본 연구에서는 상변화 온도가 61.8℃¹⁾인 파라핀계 화합물 Octacosane(C₂₈H₅₈)과 수화염중 독성이 없어 노출시에도 인체에 해가 없고 상변화 온도가 58℃¹⁾인 Sodium Acetate Trihydrate(CH₃COONa·3H₂O)를 이용한 잠열축열시스템의 개발을 가능케 할 목적으로 다음과 같은 실험적 연구를 수행하였다.

- 1) 물리적 특성을 분석하여, 잠열축열재로서의 효용성 여부를 결정한다.
- 2) 상변화 사이클의 증가에 따른 과냉 및 상분리 현상을 제어한다.
- 3) 상변화 온도를 변화시켜 이용온도수준에 적합한 잠열축열재를 개발한다.
- 4) 상변화 사이클의 증가에 따른 잠열량에 변화를 분석한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 상변화 온도 측정실험

본 실험에서 선택한 잠열축열재인 Octacosane과 Sodium Acetate Trihydrate의 가열 및 냉

각과정에서 상변화 온도의 변화를 측정하기 위하여 Fig.1과 같이 공기를 열매체로 하는 가열장치와 냉각장치, 그리고 온도측정장치로 이루어진 상변화 온도측정 시스템을 구성하였으며, 상변화 사이클을 지속적으로 반복시켜 가며, 상변화 온도의 변화특성을 측정·분석하였다.

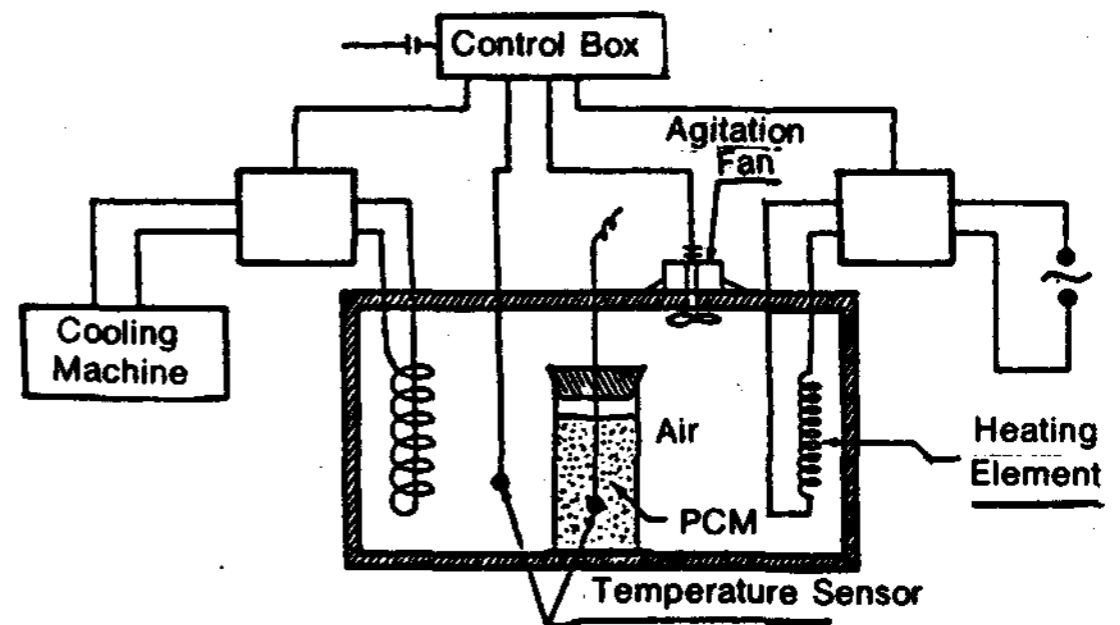
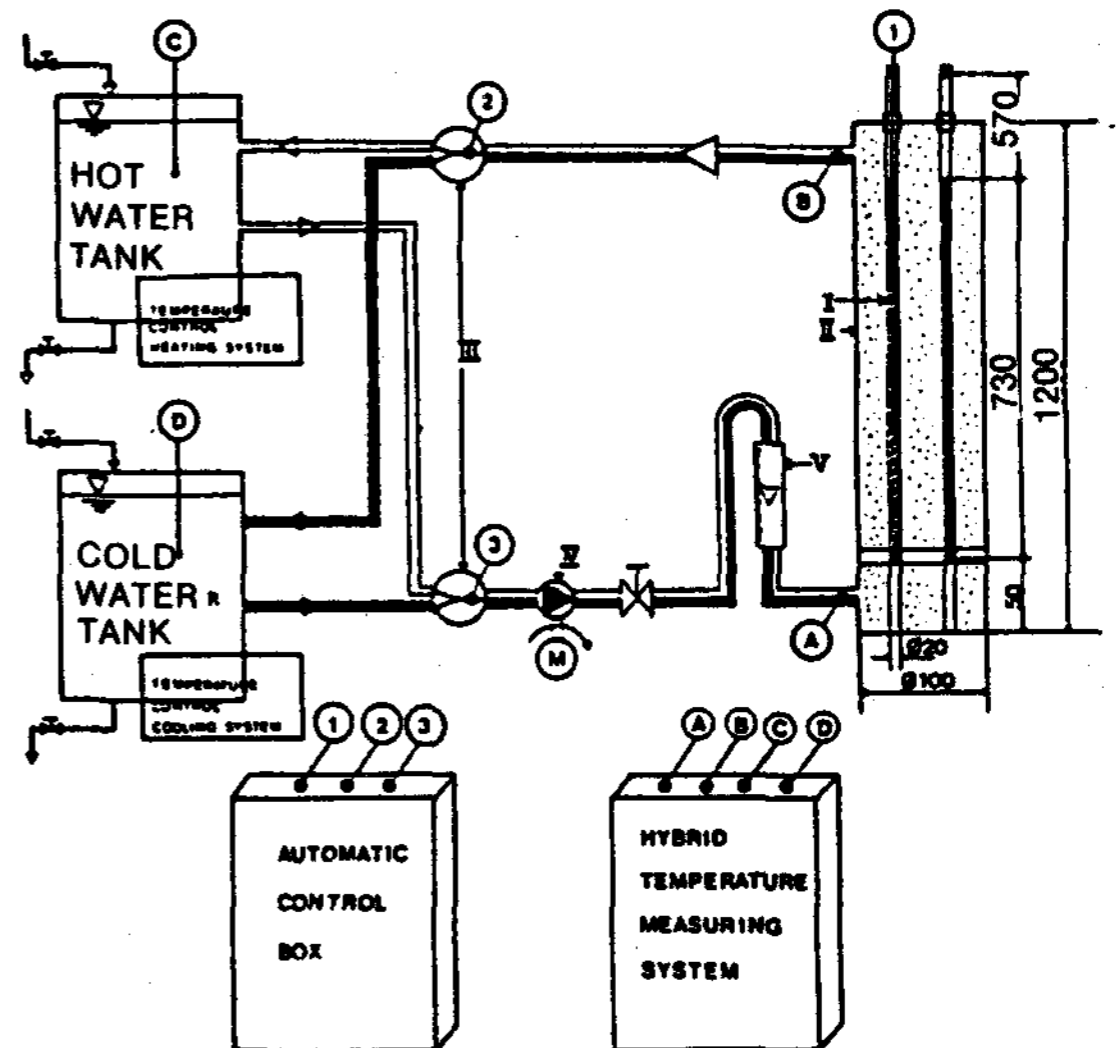


Fig. 1 Phase change temperature measuring system



== : Hot water circuit
 — : Cold water circuit

- I: Transparent interior tube filled with PCM
- II: Transparent exterior tube filled with hot or cold water
- III: 3-way valves
- IV: Electric pump
- ①: Thermocouple for sensing the phase change temperature
- ②③: Connecting cord between 3-way valves and control box
- ⒶⒷⒸⒹ: Temperature measuring points for circulating water

Fig. 2 Automatic phase change cycling device

2.2 상변화 사이클 반복실험

상변화 사이클의 증가에 따른 잠열축열재의 상변화 온도와 잠열량의 변화를 측정하기 위해서는 지속적으로 잠열축열재를 가열하고 냉각시킬 수 있는 실험장치가 필요하며, 이를 위하여 Fig.2와 같이 자동적으로 상변화 사이클이 반복수행되는 실험장치를 구성하였다. 상변화 사이클의 반복 횟수가 증가함에 따라 실험기간이 길어지는 단점을 보완하기 위하여, 그림에서 보는 바와 같이 열매체로서 비열이 크고 전열속도가 빠른 물을 이용하였으며, 온수와 냉수가 주기적으로 반복하여 교대로 순환하면서 잠열축열재의 상변화에 기여하도록 하였다.

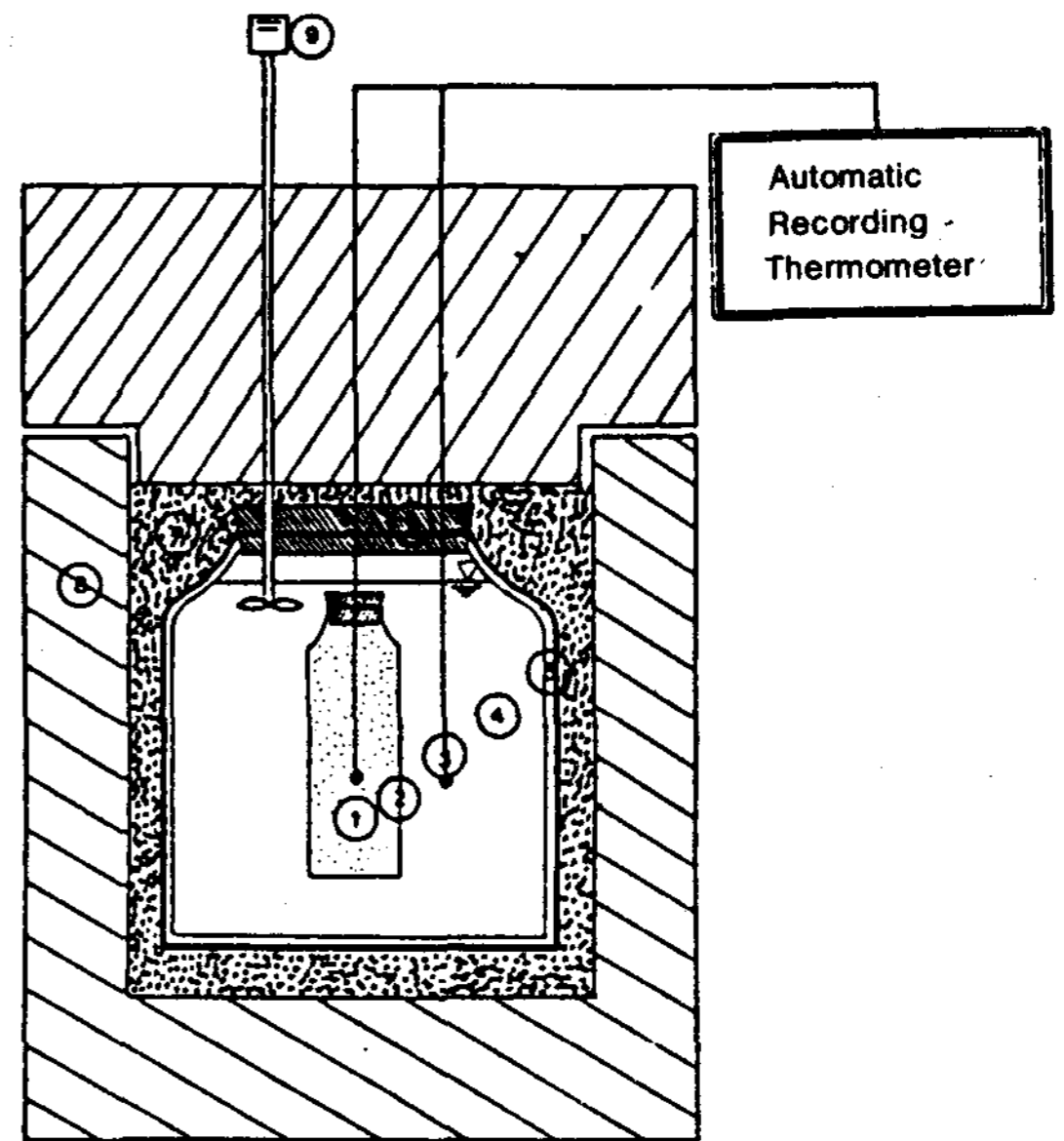
2.3 잠열량 측정실험

Fig.2의 실험장치에 의하여 상변화 사이클을 증가시킨 잠열축열재의 잠열량을 측정하기 위하여 Fig.3-1과 같은 잠열량 측정장치를 구성하였다.

액체상태의 잠열재로 충전된 작은 PVC병을 냉각수가 들어있는 진공으로 단열된 병에 넣고 냉각과정에서 열을 방출하는 잠열재와 잠열재의 방출열을 흡수하는 물의 온도변화를 측정하여 Fig.3-2와 같은 온도변화곡선을 얻는다. 이 온도변화곡선을 근거로 다음과 같은 열에너지 평형방정식을 구성하여 잠열량(Q_{Latent})을 계산하였다.

$$\begin{aligned}
 Q_{Latent} &= Q_w - Q_L - Q_S - Q_{pv} - Q_{vb} \\
 &= M_w C_{pw} (T_2 - T_1) - M_{pcm} C_{pL} (T_o - T_m) \\
 &\quad - M_{pcm} C_{pS} (T_m - T_2) - M_{pb} C_{p_{pb}} (T_1 - T_2) \\
 &\quad - M_{vb} C_{p_{vb}} (T_o - T_2) \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

where, Q_{Latent} = Latent heat capacity of PCM
 Q_w = Heat quantity absorbed by the cold water
 Q_L, Q_S = Heat quantity transfered into cold water from PCM of liquid and solid phase, respectively
 Q_{pb} = Heat quantity transfered into cold water from the PCM bottle
 Q_{vb} = Heat quantity absorbed by vacuum bottle
 M_w, M_{pcm}, M_{pb}, M_{vb} = Mass of water, PCM, PCM bottle, and vacuum bottle



- ① Phase Change Material(PCM)
- ② PVC bottle filled with PCM
- ③ Thermocouple
- ④ Cold water
- ⑤ Vacuum bottle to prevent heat transfer
- ⑥ Silicon rubber
- ⑦ Glass wool
- ⑧ Insulation main body
- ⑨ Agitator

Fig. 3-1 Latent heat measuring device

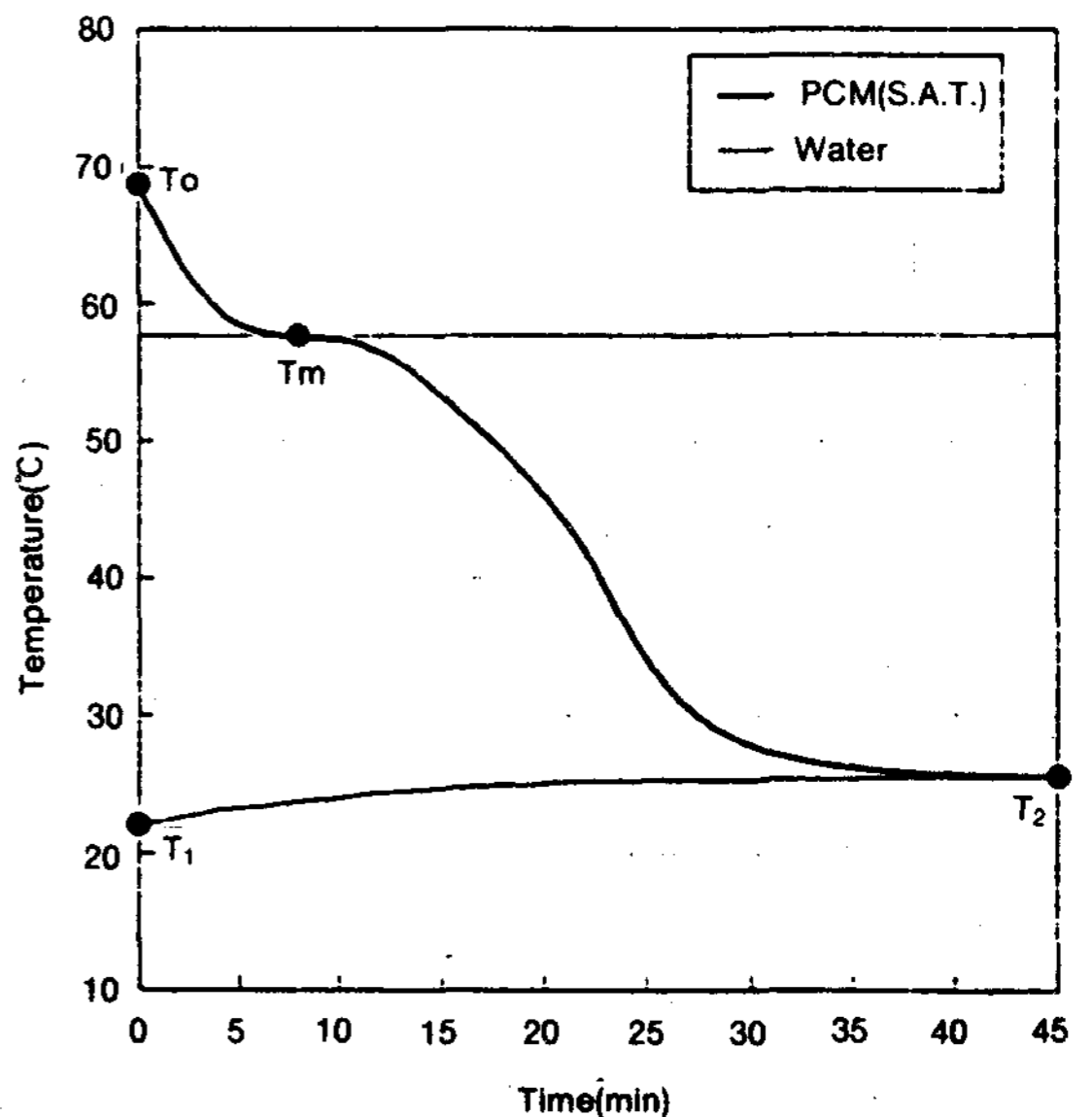


Fig. 3-2 Temperature variation of PCM and cooling water

C_{p,w}, C_{p,L}, C_{p,s}, C_{p,pb}, C_{p,vb} = Specific heat of water, liquid PCM, solid PCM, PCM bottle and vacuum bottle

3. 결과 및 고찰

3.1 잠열축열재의 특성분석

상변화 물질을 잠열축열재로 이용하기 위해서는 먼저 그 물질의 열적 특성을 알아야 하며, 본 실험에 사용된 Octacosane(C₂₈H₅₈)와 Sodium Acetate Trihydrate(CH₃COONa·3H₂O)의 물성 및 열적 특성을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

파라핀계 탄화수소인 Octacosane은 유기화합물로서 상분리 현상이 없으며, 냉각과정에서의 과냉도에 있어서도 무시할 수 있을 정도의 작은 값을 나타내므로 안정된 잠열재라 할 수 있다. Table 1에서 보는 바와 같이 상변화 온도는 60.7°C이며, 잠열량은 60.0kcal/kg으로서 고밀도의 축열이 가능한 잠열재이지만, 열전도율(Thermal conductivity)이 작기 때문에 축열시스템 제작시에 이를 충분히 고려하여야 할 것으로 판단된다.

Sodium Acetate Trihydrate(CH₃COONa·3H₂O)는 수화염으로서 상변화 온도는 57.4°C(공업용 수준)이며, 잠열량은 51.1kcal/kg이다. 잠열축열재로서 유망한 물질이지만 과냉 및 상분리가 심각하여 조핵제 및 증점제 등을 이용하여 이를 해결하여야 하는 어려움이 있지만, 첨가물을 이용하여 상변화 온도를 변화시킬 수 있기 때문에 이용온도 수준을 조절할 수 있는 장점이 있다. 이 물질의 상세한 물리적 특성은 표1과 같다.

3.2 Octacosane(C₂₈H₅₈)의 상변화 온도 및 잠열량 분석

Octacosane(C₂₈H₅₈)의 상변화 온도를 분석한 결과 Fig.4에서 보는 바와 같이 고상에서 액상으로 되는 축열과정에서는 상변화 온도가 63.1°C, 액상에서 고상으로 전이되는 방열과정에서는 60.7°C로 축열과정에서의 상변화 온도가 2.4°C 정도 더 높은 것으로 나타났다.

Fig.3-1의 잠열량 측정장치를 이용하여 냉각

Table 1. Thermophysical properties of C₂₈H₅₈ and CH₃COONa·3H₂O.

Material		C ₂₈ H ₅₈	CH ₃ COONa·3H ₂ O
Molecular Weight		394.744	136.0812
Melting Point(°C)		60.7	57.4
Latent Heat(kcal/kg)		60.6	51.1
Specific Heat (kcal/kg°C)	Solid	0.478	0.492
	Liquid	0.598	0.816
Specific Gravity (kg/m ³)	Solid	800.0	1450.0
	Liquid	775.0	1280.0
Thermal Conductivity(W/m°C)	Solid	0.17	0.55
	Liquid	0.16	0.70
Price(\$/kg)		0.55	0.69

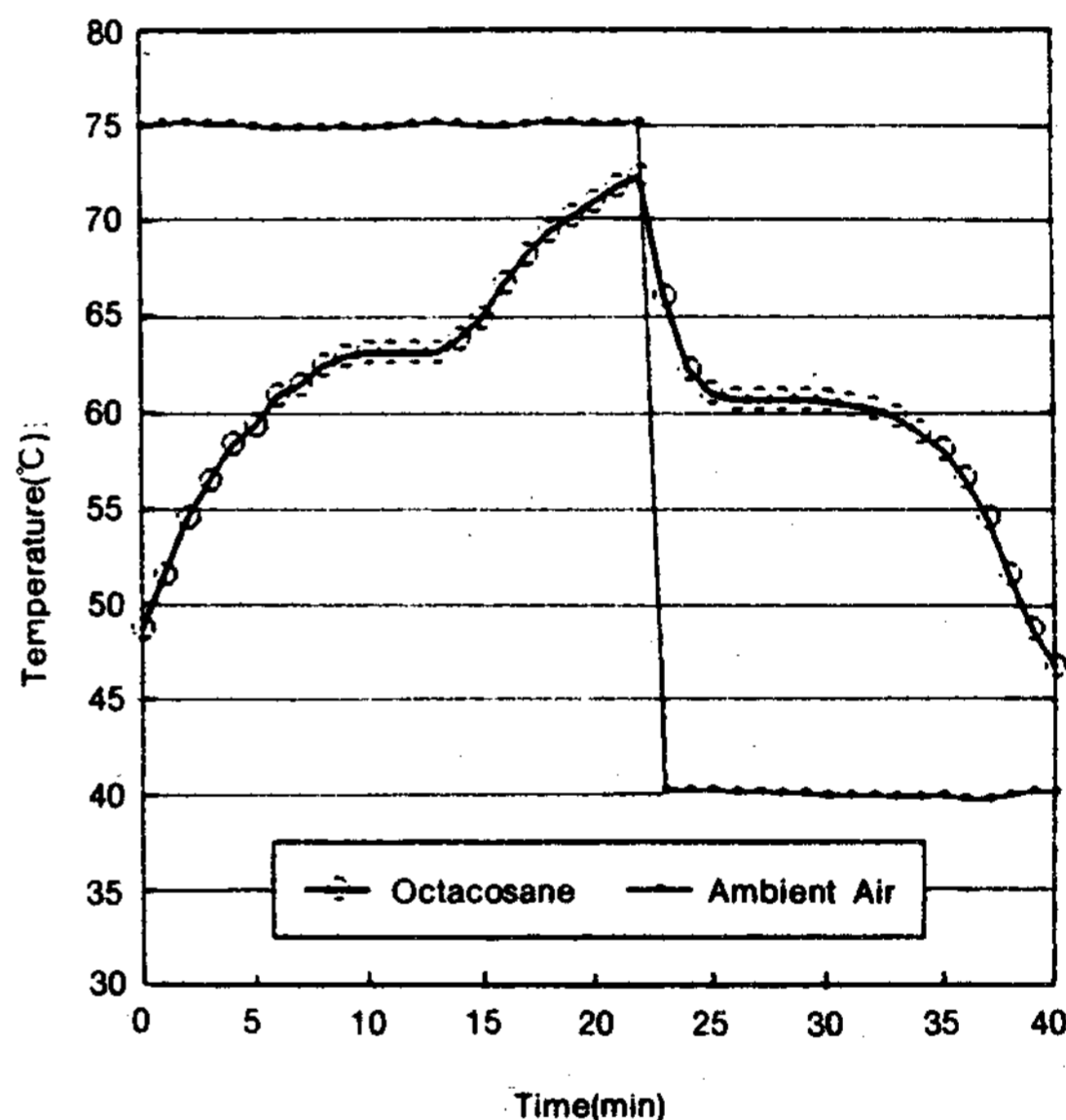


Fig. 4 Phase change temperature of Octacosane(C₂₈H₅₈) in heating cooling process

과정에서 Octacosane(C₂₈H₅₈)의 상변화 사이클 증가에 따른 잠열량을 측정하였으며, Fig.5에서 보는 바와 같이 초기에는 잠열량이 60.6kcal/kg로서 큰 값을 나타냈으나, 200cycle에 도달할 때까지 직선적으로 감소하여 47.2kcal/kg이 되었고, 그 이후에는 400cycle 이상을 수행한 현재까지 거의 일정한 수준으로 안정된 상태를 유지하고 있는 것으로 보아 더 이

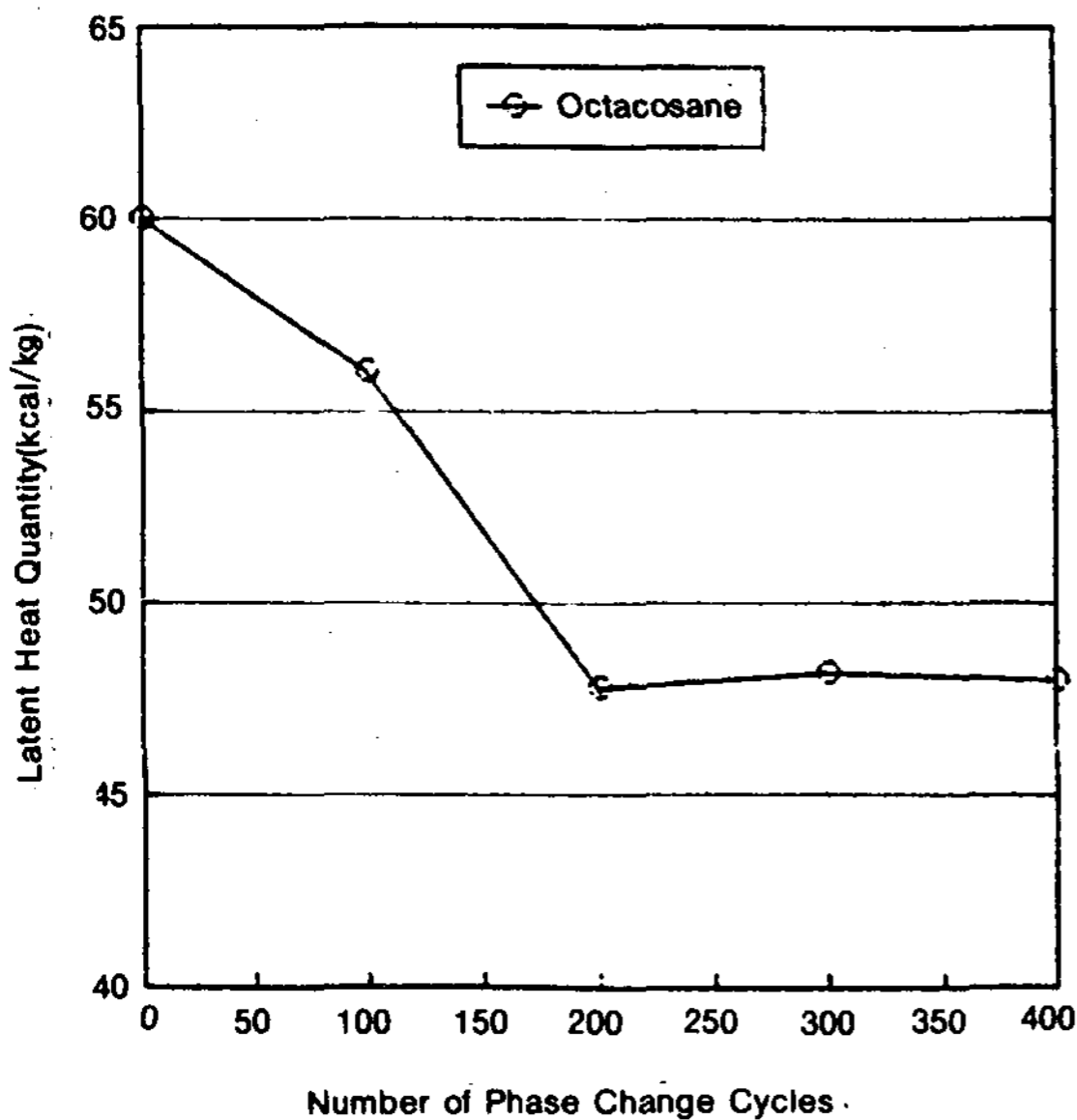


Fig. 5 Latent heat degradation of Octacosane(C₂₈H₅₈) according to the phase change cycles

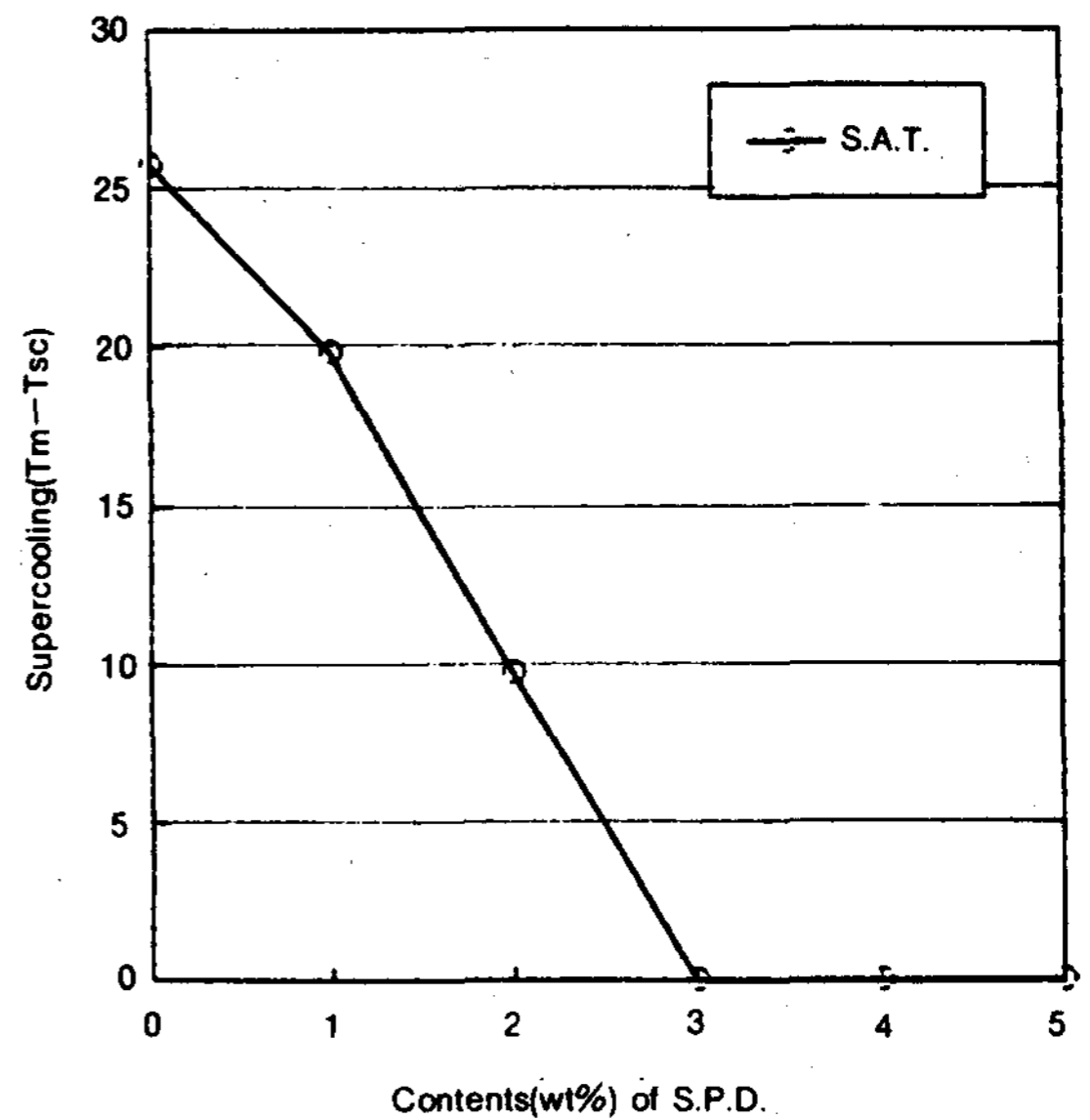


Fig. 6 Adjustment of supercooling temperature by the nucleating agent, Sodium Pyrophosphate Decahydrate (Na₄P₂O₇ · 10H₂O)

상의 잠열량 감소는 없을 것으로 판단된다.

3.3 Sodium Acetate Trihydrate (CH₃COONa · 3H₂O)의 물성안정

Sodium Acetate Trihydrate는 수화염으로서 방열과정중에 극심한 과냉각 현상을 일으키고, 상변화 cycle의 증가와 더불어 상분리의 양이 점점 증가하며 결국에는 잠열축열재로서의 능력을 상실하게 된다.

본 실험에서는 우선 과냉현상을 해결하기 위하여 조핵제로서 Sodium Acetate Trihydrate와 격자간격이 유사한 화합물중 Sodium Pyrophosphate Decahydrate (Na₄P₂O₇ · 10H₂O)의 첨가량을 변화시켜가며 냉각과정에서의 과냉도(ΔT: T_m - T_{sc})를 분석하였으며, 그 결과 Fig.6에서 보는 바와 같이 조핵제를 첨가하지 않은 순수한 Sodium Acetate Trihydrate에서는 과냉도가 25.7°C였으나, 조핵제의 첨가량이 증가함에 따라 점차로 감소하여 3wt% 이상의 조핵제를 첨가하였을 경우에는 과냉도가 1°C 미만으로서 안정한 상태를 유지하였다.

Sodium Acetate Trihydrate의 상분리 현상을

제어하기 위해서는 액상에서의 점도를 증가시켜서 조핵제의 침전을 방지하는 것이 효과적이며, 이를 위한 증점제로서 본 실험에서는 CMC - Na를 이용하였다. Fig.7에서 보는 바와 같이 CMC - Na를 3wt% 이상 첨가하였을 경우에 상분리 현상이 제거되었다.

이상의 결과를 종합하면, 과냉방지를 위한 조핵제인 Na₄P₂O₇ · 10H₂O와 상분리 현상의 방지를 위한 증점제인 CMC - Na의 적절한 첨가량은 안정성을 고려하여 각각 4wt%로 하는 것이 합리적인 것으로 판단된다.

3.4 Sodium Acetate Trihydrate (CH₃COONa · 3H₂O)의 상변화 온도 조절과 잠열량 변화

상변화 물질을 이용한 잠열축열법의 우수성은 일정한 온도의 열을 고밀도로 축열하여 이용할 수 있기 때문에 축열시스템의 효율을 높일 수 있다는 것이다. 그러므로 잠열축열법의 장점을 최대한 이용하기 위해서는 이용온도 수준에 적합하고 잠열량이 큰 상변화 물질을

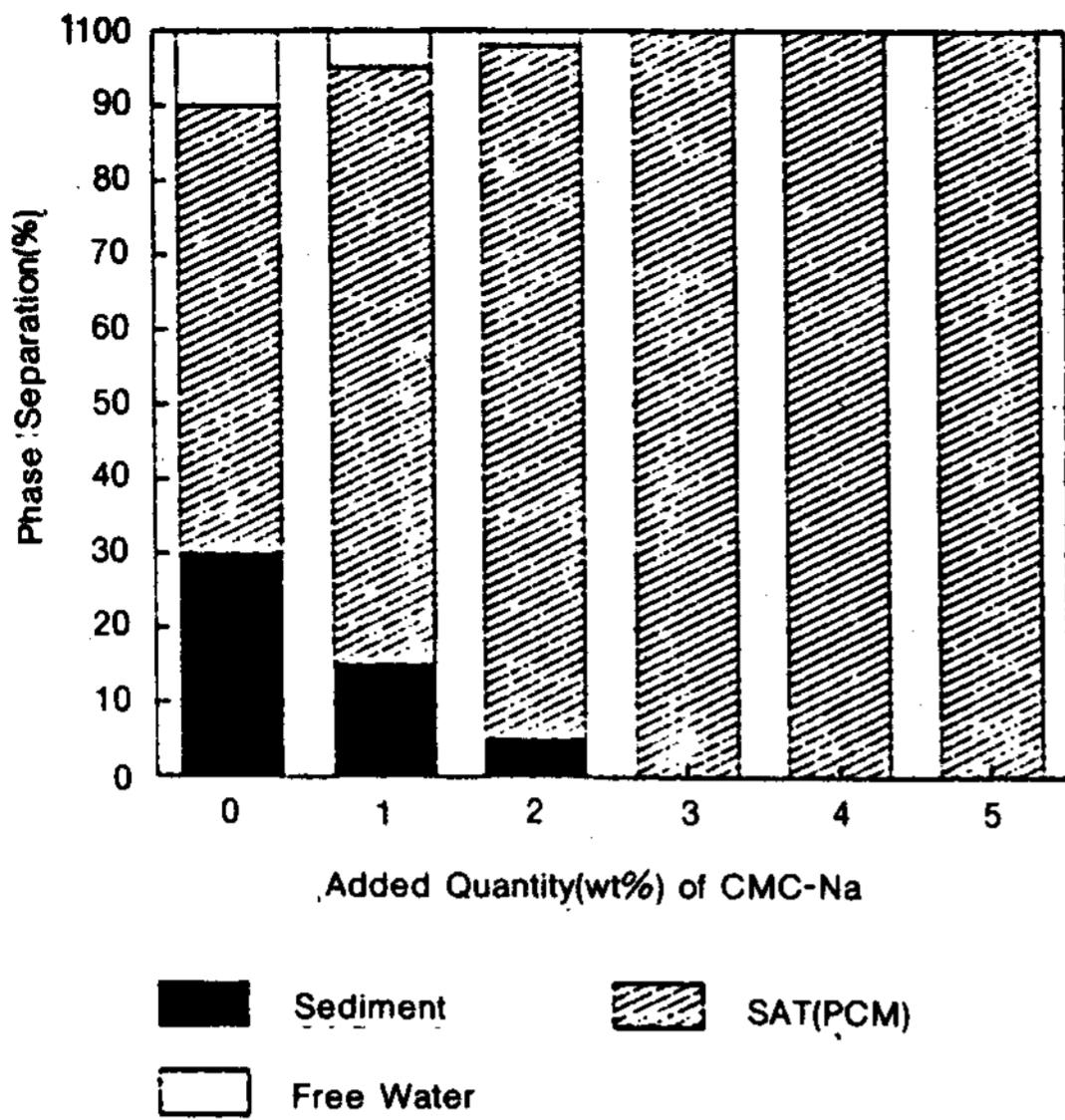


Fig. 7 Adjustment of phase separation by the thickener, CMC-Na

선택하여 이용하거나, 잠열량이 큰 물질의 상변화 온도를 변화시켜 이용해야 한다.

본 실험에서는 Sodium Acetate Trihydrate (CH₃COONa·3H₂O)의 이용 온도, 즉 방열과정에서의 상변화 온도를 UREA(NH₂CONH₂)를 첨가하여 Fig.8에서 보는 바와 같이 57.4°C에서 46.2°C까지 변화시켰으며, 축열과정에서의 상변화 온도는 방열과정에서 보다 약 2°C 정도 높게 나타났다.

이상과 같이 Sodium Acetate Trihydrate에 UREA를 첨가하여 개발된 잠열축열재의 잠열량은 분석한 결과, Fig.9에서 보는 바와 같이 UREA를 포함하지 않는 순수한 Sodium Acetate Trihydrate는 51.1kcal/kg이었으나, UREA의 함량이 증가함에 따라 점차로 감소하여 10% 이상의 UREA를 첨가하였을 경우에는 약 38.3kcal/kg으로 거의 일정한 값을 나타내었다.

3.5 잠열축열재와 현열재의 축열량 비교

30°C에서 90°C까지의 가열과정에서 현열재로서 널리 이용되는 물, 그리고 돌(화강암)과 본 실험에 이용된 잠열축열재의 축열량을 분석한 결과, Fig.10에서 보는 바와 같이 Octacosane은 상변화 온도 60.7°C에서의 축열량이 물의 2.45

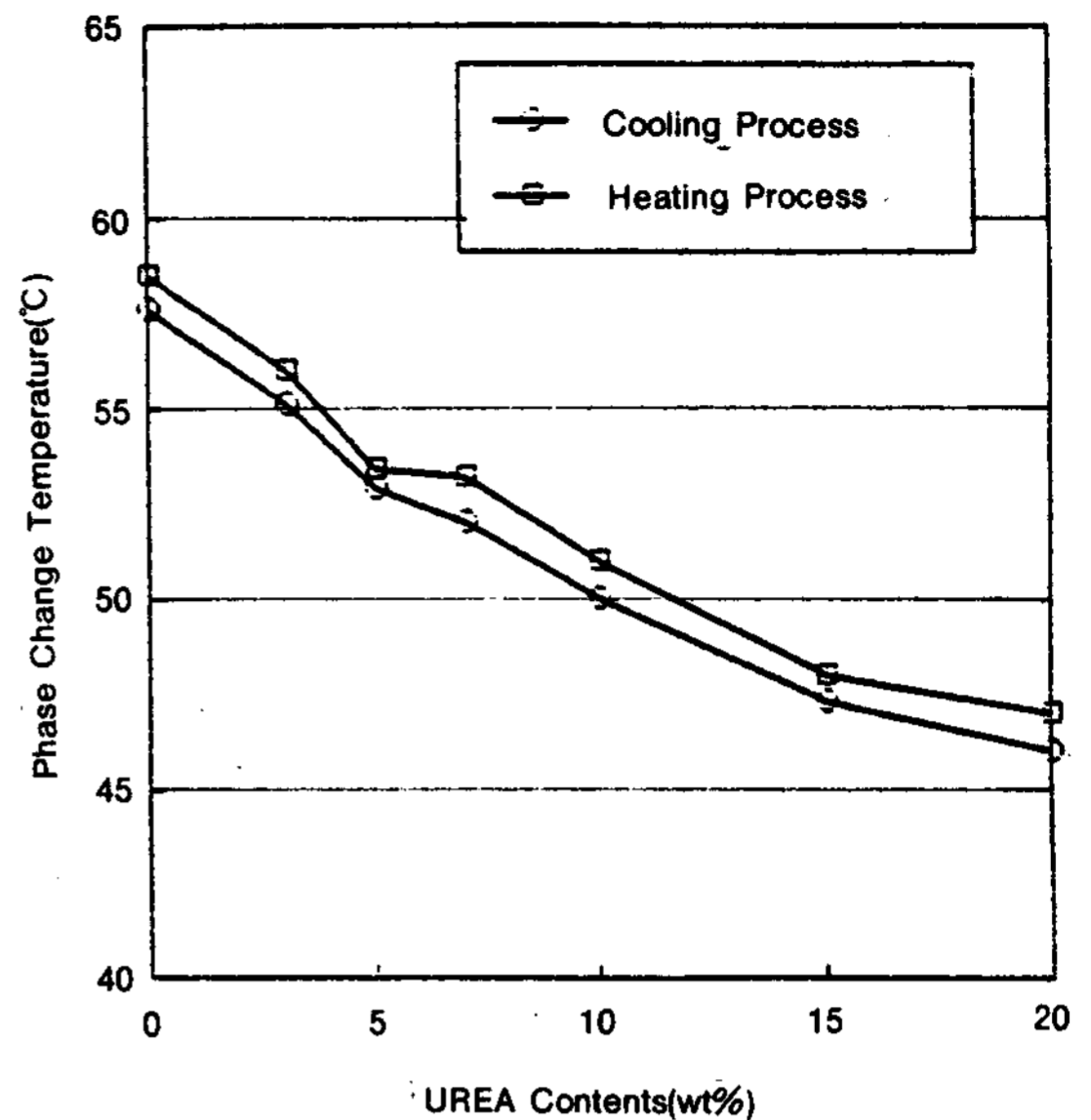


Fig. 8 Variation of phase change temperature according to UREA contents

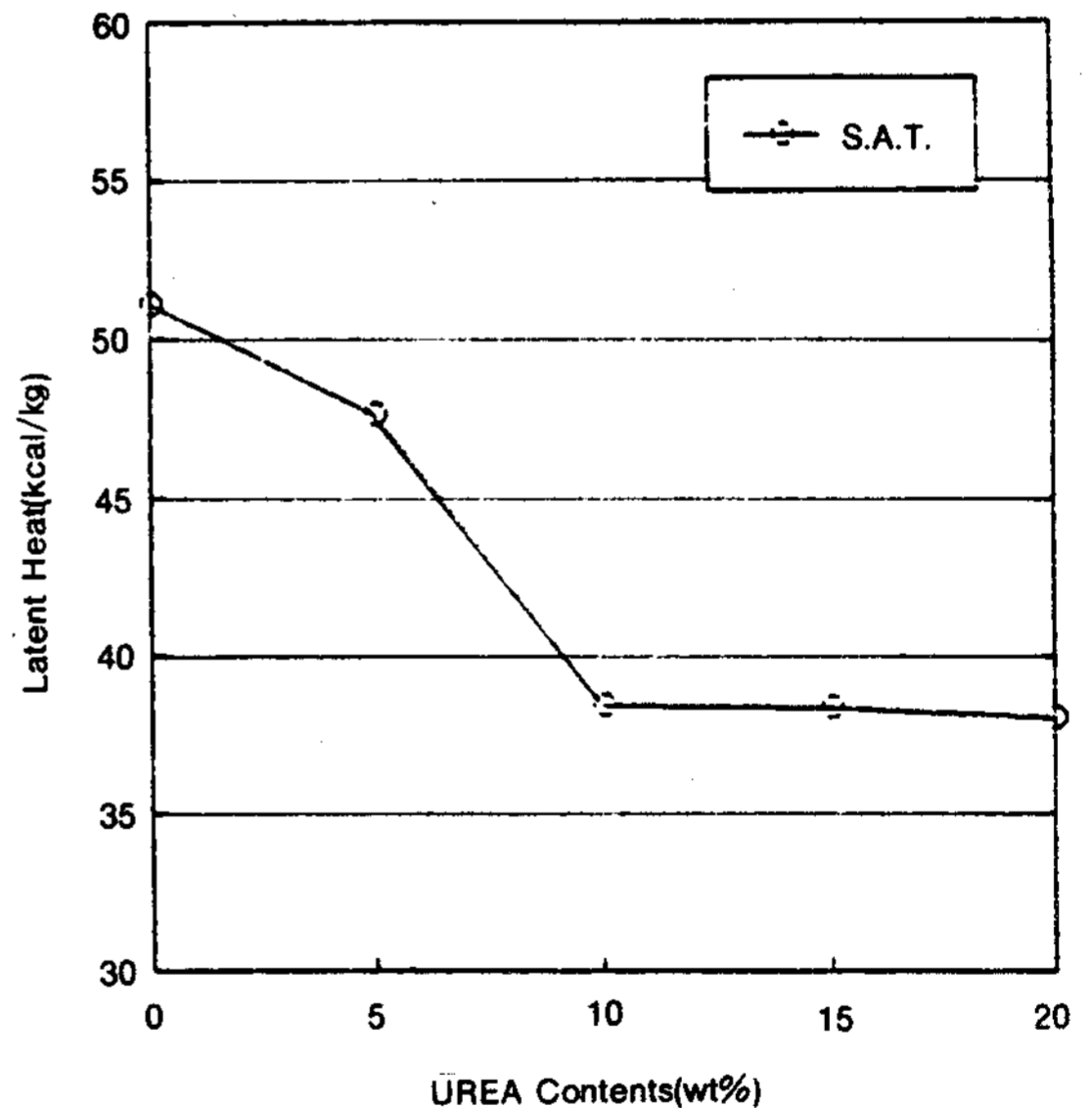


Fig. 9 Variation of latent heat quantity according to UREA contents

배, 돌의 12.5배였으며, S.A.T.(Sodium Acetate Trihydrate)는 상변화 온도 57.4°C에서의 축열량이 물보다는 2.53배, 돌보다는 12.5배 큰 것으로 나타났다.

이와같은 결과로 보아 본 실험에서 연구분석

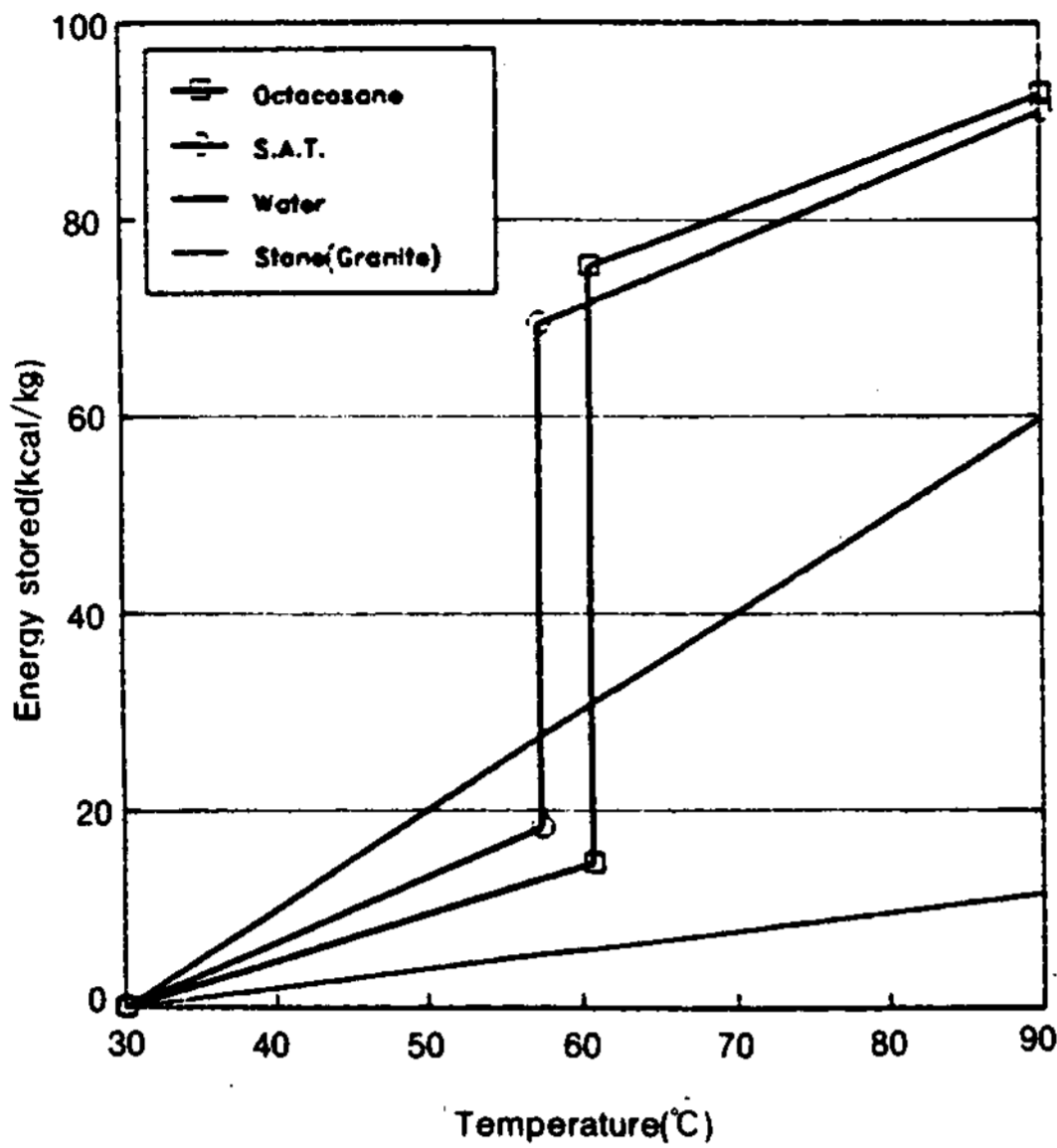


Fig. 10 Comparison of energy stored in water and latent heat storage materials

한 잠열재를 심야전력용 온수시스템 및 폐열을 회수하여 이용하는 난방시스템에 적용한다면 축열조의 규모에 있어서 물을 이용하는 현열축열조의 1/2 이하로 축소할 수 있고, 일정온도의 열을 저장·공급할 수 있기 때문에 고효율의 잠열축열장치를 구성할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구에서는 심야전력 및 폐열의 회수이용을 위한 잠열축열재를 개발하기 위하여, 상변화 온도가 50~80°C의 범위에 있는 상변화 물질중 잠열량이 크고, 물성안정이 비교적 용이한 Octacosane($C_{28}H_{58}$)과 Sodium Acetate Trihydrate($CH_3COONa \cdot 3H_2O$)를 선택하여 상변화 온도의 변화특성과 물성안정방법 그리고 잠열특성을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 공업용 수준 Octacosane과 Sodium Acetate Trihydrate의 상변화 온도는 각각 60.7°C, 57.4°C로서 시약용 수준에 비하여 Octacosane은 1.1°C, Sodium Acetate Trihydrate는

0.6°C 낮았으며, 잠열량에 있어서는 Octacosane은 60.6kcal/kg으로 시약용 수준과 비슷한 값을 보였으나, Sodium Acetate Trihydrate는 51.1kcal/kg으로 시약용 수준에 비하여 5.4% 작은 값을 나타내었다.

2. Octacosane의 상변화 사이클 증가에 따른 잠열량을 분석한 결과, 초기에는 60.6kcal/kg이었으나, 사이클의 증가와 더불어 점차로 감소하여 200cycle에서 47.2kcal/kg이 되었고, 그 이후에는 거의 일정한 값을 유지하고 있는 것으로 보아 더 이상의 잠열량 감소는 없을 것으로 판단된다.
3. Sodium Acetate Trihydrate의 과냉현상을 제어하기 위한 조핵제로서 SPD(Sodium Pyrophosphate Decahydrate)를 3wt% 이상 첨가하여 25.7°C의 과냉도를 1°C미만으로 줄였고, 증점제로서 CMC-Na를 3wt% 이상 첨가하여 상분리 현상을 해결하였으며, 안전성을 고려한 조핵제 및 증점제의 적정 첨가량은 4wt%였다.
4. UREA(NH_2CONH_2)를 첨가하여 Sodium Acetate Trihydrate($CH_3COONa \cdot 3H_2O$)의 상변화 온도를 57.4°C에서 46.2°C까지 다양하게 변화시켜 이용온도 수준에 적합한 잠열축열재를 선택할 수 있도록 하였으며, UREA 함량에 따른 잠열량을 분석한 결과 UREA의 함량이 증가함에 따라 잠열량이 점차로 감소하여 10wt%의 UREA를 첨가하였을 경우에는 38.3kcal/kg였으며, UREA의 함량이 20wt%까지 증가하는 동안 더 이상의 잠열량 감소는 없었다.
5. 30°C에서 90°C까지의 가열과정에서 현열재인 물, 그리고 돌(화강암)과 잠열축열재의 축열량을 비교분석한 결과, Octacosane은 상변화 온도 60.7°C에서의 축열량이 물의 2.45배, 돌의 12.5배였으며, S.A.T.(Sodium Acetate Trihydrate)는 상변화 온도 57.4°C에서의 축열량이 물보다 2.53배, 돌보다는 12.91배 큰 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. George A. Lane, "Solar Heat Storage: La-

- tent Heat Materials”, Vol.2, pp.4–70, 1986.
2. 송현갑 외 5인, “태양열 저장을 위한 저온 잠열재의 상변화 온도조절과 잠열특성연구”, 농촌열에너지 연구보고논문집 제5권 제1호, pp.1–98, 1989.
 3. Kimura H. and Junjiro Kai, “Phase Change Stability of Sodium Acetate Trihydrate and its Mixtures”, Solar Energy, Vol.35, No.6, pp.527–534, 1984.
 4. Fouda, A.E. et al, “Characteristics of Pilot System Operating with Sodium Sulfate Solution”, Solar Energy 32(1), pp.57–65, 1984.
 5. Maria Telkes, “Thermal Energy Storage in Salt Hydrates”, Solar Energy Materials 2, pp.381–393, 1980.
 6. NASA, “A Design Handbook for Phase Change Thermal Control and Energy Storage Device”, NASA Technical Paper No.1074, pp.169–187, 1977.
 7. 신병철 외 3인, “고온 잠열축열재의 열특성”, 한국태양에너지, Vol.7, No.1, pp.61–74, 1987.
 8. Garg H.P. et al, “Solar Thermal Storage”, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, pp.19–48, 1985.

Korea Institute of Energy Research
Seoul National Polytechnic University*

ABSTRACT

Following the oil crisis in 1979, there have been surge of movements by the government in Korea to conserve petroleum-based energy in every sector of society.

One of these movements was the application of passive solar technologies into the construction of school buildings. Various passive designs are developed paying special regard to architectural and climatic factors.

This paper is related to the application of the passive solar technology(direct gain system) to high school buildings.

A Simulation for the Stratified Thermal Storage System in Residential Solar Energy Application

Pak, Ee-Tong · Yoo, Hoseon*

Sung Kyan Kwan Univ
Kyung Sang Univ.*

The benefits of thermal stratification in sensible heat storage systems has been considered and studying by several investigators. In this paper, the basic data which is hard to obtain normally through the experiment were obtainable through the computer simulation. The major objectives of the study were to assess the benefits of stratified storage in residential solar water heating application and to suggest the optimum design parameters. From the computer simulation, following results were obtained.

1. The solar load fraction increases with increasing the number of tank segments. In these simulation, the magnitude of the improvement was about 10%.
2. The solar load fraction increases when the ratio of diameter to height of the tank(H/D) increases to 3, but H/D exceed 3 then, the solar load fraction decreases. In these simulation, the magnitude of the improvement was about 3%.
3. Increasing the collector flow rate slightly improved the performance of the mixed storage system-(Node=1). But, for the stratified storage system(Node=N), the solar load fraction increases with decreasing flow rate until the point is reached at which the collector outlet temperature reaches the boiloff limit of 100°C over some portion of the simulation period.

Study on the Latent Heat Characteristics of the Organic Compound, $C_{28}H_{58}$ and the Inorganic Compound, $CH_3COONa \cdot 3H_2O$

Song, Hyun Kap · Ryou, Young Sun*

Dept. of Agricultural Machinery Engineering Chungbuk National University
 Agricultural Machinery Engineering Major, Dept. of Agricultural Engineering, Chungbuk National University, Graduate School *

In this research, Octacosane($C_{28}H_{58}$) and Sodium Acetate Trihydrate($CH_3COONa \cdot 3H_2O$) were selected as latent heat storage materials to store off-peak electricity or waste heat of an industrial plant. Experimental analyses were performed in terms of the variation of phase change temperature and latent heat, phase change stability for the long term utilization. The results were as follows.

1. The phase change temperatures of industrial grade Octacosane and Sodium Acetate Trihydrate were $60.7^\circ C$ and $57.4^\circ C$, the latent heat were $60.6 kcal/kg$ and $51.1 kcal/kg$ respectively.
2. The latent heat quantity of Octacosane was decreased with the increasing number of phase change cycles. It decreased from $60.6 kcal/kg$ to $47.2 kcal/kg$ upto 200 cycles and then no variation was observed after 200 cycles.
3. To prevent the supercooling of Sodium Acetate Trihydrate, the nucleating agent, Sodium Pyrophosphate Decahydrate of 3 wt% was added, and then the supercooling temperature($T_m - T_{sc}$) was decreased from $25.7^\circ C$ to $1^\circ C$. The phase separation was disappeared by the addition of CMC-Na of 3 wt% as a thickener. It was found that the optimal quantity of nucleating agent and thickener was 4wt% considering the stability of SAT as a latent heat storage material.
4. The phase change temperature of Sodium Acetate Trihydrate($CH_3COONa \cdot 3H_2O$) was adjusted from 57.4 to $46.2^\circ C$ by the addition of UREA. And then the latent heat quantity was decreased from 51.1 to $38.3 kcal/kg$.
5. When the heat storage capacities between the sensible and latent heat storage materials were analyzed and compared in heating process from 30 to $90^\circ C$, the heat storage capacity of Octacosane was 2.45 times larger than water and 12.5 times than granite at $60.7^\circ C$, and the heat storage capacity of Sodium Acetate Trihydrate was 2.53 times larger than water and 12.91 times than granite at $57.4^\circ C$.

An Experimental Study on the Atomization Characteristics of the Oil Nozzles

Cho, Han-Jung · Kim, Hi-Chul · Seo, Jeong-Yun · Cho, Yong-Chul

Studied in U.S.A.

Hon. Professor of Inha Univ.*

Dept. of Mechanical Engineering, Inha Univ.**

The purpose of the present work is to investigate the atomization characteristics and to find the available working conditions of given nozzles. Experimental investigations were carried out with the nozzles, "Delavan" and "Hago"(pressure atomizing simplex 1.25GPH), with 60° and 80° spray angles also at various nozzle pressures.

In the present work, Sauter mean-diameter was utilized to describe the quality of the atomization. All sample droplets were microphotographed with high-contrast film at 50X magnification and analyzed by Nukiyama-Tanazawa distribution function.