

# 태양열이용 직접접촉 열교환기내의 열전달 특성연구

## Heat Transfer Characteristics of Direct Contact Heat Exchanger Using Solar Energy

강용혁, 전명석, 윤환기 (한국에너지기술연구소),  
천원기 (제주대학교)

### Abstract

In the present study, the spray column type of direct contact heat exchangers are studied experimentally to analyze heat transfer characteristics for solar energy utilization.

These experiments are carried out in the line of solar heating system, major results are as follows ;

- 1) the flow and aspect of working fluid drop for maxium heat transfer
- 2) efficiency and volumetric heat transfer coefficient of D. C. H. X. with a heavier working fluid are higher than those of D. C. H. X. with a lighter working fluid

### 1. 서론

새로운 대체에너지원으로서의 태양열 이용은 공해방지 등의 환경문제와 연계되어 최근에 더욱 부각되고 있으며, 기존의 이용기술 보다 다양하고 유효하게 이용하는 방안이 요구되고 있다.

많은 산업공정의 열이용기기는 물론 태양열 이용시스템에서 열교환기는 필수적이며, 이 열교환기의 높은 경제성과 고효율화는 절실히 요구되는 분야로, 태양열이나 지열, 폐열등과 같은 저온의 열을 유효하게 이용하는 열교환기는 최근 연구가 활발히 진행중인 직접접촉식 열교환기이다.

저열원용 직접접촉식 열교환기는 밀도가 다른 불용성(immiscible) 두 유체를 대향류로 유동시켜, 불용성 두 유체가 액체-액체 상태로 직접 접촉하여 열교환하는 원리로 작동한다. 이 경우 열전달저항 감소와 잠열교환의 큰효과를 얻을 수 있어 전체 시스템의 열전달율이 매우 커지고 기존 간접 열교환기에 비해 상대적으로 크기를 작게 할 수 있으며 1C정도의 적은 온도차에서도 작동이 가능하다. 또한 기존 간접 열교환기에서의 열전달면 부식, 스케일 퇴적, 내부 설치물과 펌

킹을 제거할 수 있어 가격 및 설계에 있어 현저한 절감을 가져올수 있다. 직접접촉 열교환기는 이러한 장점에도 불구하고 탈염시스템 지열회수, 태양열못, 해양에너지 전환과 열에너지 저장시스템 등의 응용에 국한 되고 있다.

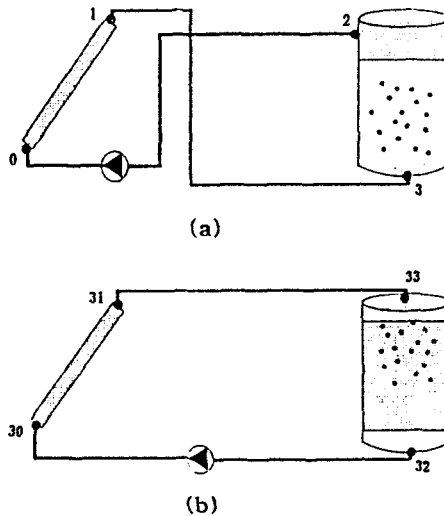
저온이용을 위한 직접접촉 열교환기기술중 가장 보편적이고 중요한 분야는 분사칼럼(Spray column)이며 설계 및 제작의 간편성으로 경제적 잇점이 뛰어나다.

본 연구의 목적은 태양열을 이용한 냉난방에 분사칼럼 직접접촉 열교환기의 적용을 위하여 작동매체에 따른 분사칼럼내의 열전달특성을 분석하여 실용화를 위한 최적설계와 작동조건을 제시하는 것이다.

## 2. 실험 및 방법

실제 태양열시스템 적용을 위해 태양열 집열기를 사용하여 (Fig. 1)과 같이 작동매체에 따라 회로를 구성하였다.

오전 9시부터 오후 4시까지 펌프로 집열회로를 순환시켜 유량, 열교환기내에 온도, 외기온, 일사량등을 측정하였다. 또한, 분사칼럼을 통한 열손실량을 측정하여 실제값을 보정하였고, 분사칼럼내의 분배관과 드립형성의 관계는 유량을 조절하여 실패보았다.



(Fig. 1) 실험장치의 개략도

## 3. 결과분석

칼럼벽면을 통한 열손실계산은 (Fig. 2)에서와같이 시간에 따른 축열조 내 온

도변화는 그 위치에 관계없이 거의 선형적으로 감소함을 알 수 있다.

벽체를 통한 열손실계수는 컬럼에 관한 에너지 수지식으로 부터 얻을 수 있으며, 체적율이 같은 경우 작동매체가 무거운 경우 열손실계수가  $0.126 \text{ Kcal/min}^\circ\text{C}$  로 가벼운 경우의  $0.1321 \text{ Kcal/min}^\circ\text{C}$ 보다 적은것을 알 수 있다.

(Fig. 3)과 (Fig. 4)는 하루동안 태양열 집열회로에서 작동매체가 물보다 가벼운 경우와 무거운 경우에 측정된 일사량과 축열매체의 입출구 온도, 축열탱크내 온도를 나타낸것이다. 물보다 가벼운 작동매체는 물보다 비열이 낮아 축열탱크 입구 온도가 높으나 축열탱크의 온도상승은 느리며, 물보다 무거운 작동매체를 반대현상을 보여준다. 직접접촉이 이루어진 이후의 온도차는 두 경우 모두  $1^\circ\text{C}$ 이 내로 접근하고 있다.

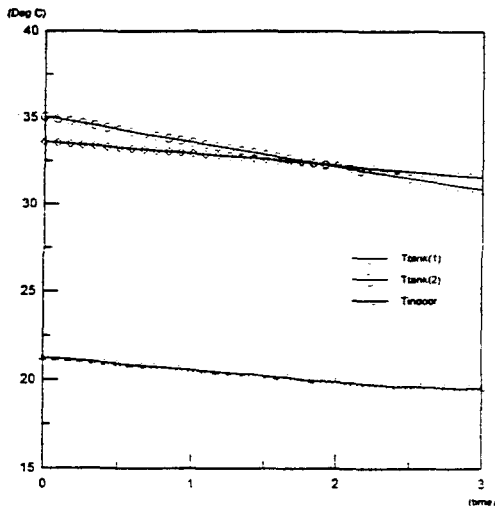
실험 결과분석에 의한 체적열전달계수는 작동매체가 무거운 경우가 약간 크며, 열교환기 효율도 무거운 경우가 82%로, 가벼운 경우 73%보다 높음을 보여준다.

#### 4. 결론

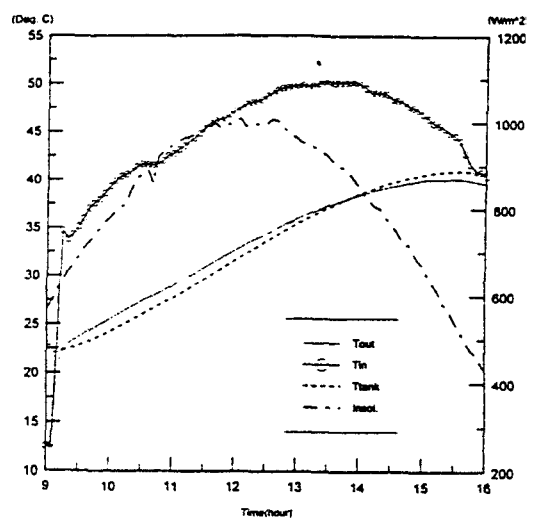
작동매체가 축열매체보다 가벼운 경우와 무거운 경우에 대해 실제 태양열 집열회로에서 실험한 결과, 작동매체가 가벼운 경우 체적 열전달계수는  $1.848 \times 10^{-3} \text{ w/cm}^3^\circ\text{C}$ , 효율은 73% 이고 무거운 경우는  $0.128 \times 10^{-2} \text{ w/cm}^3^\circ\text{C}$ , 효율은 82%로 작동매체가 무거운 경우가 보다 좋은 것으로 나타났다. 그러나, 실제 적용 시 실험결과와 같은 1차측보다는 축열된 열을 사용되는 2차측의 사용형태, 즉 시간별 사용과 사용온도에 따라 선택되어질 수 있으며 위 실험결과는 이같은 선택의 기준을 제시하고 있다.

#### 5. 참고문헌

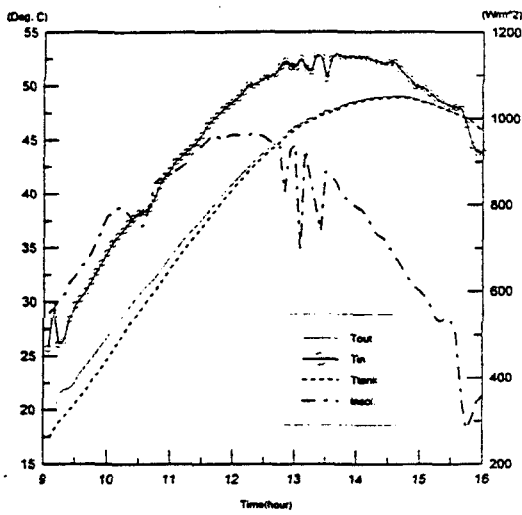
- 1) 강용혁 외, 1994, "태양열 이용을 위한 직접접촉식 액-액 열교환기 특성", 대한기계학회 논문집, 제16권 제12호, pp. 3276~3286.
- 2) 강용혁 외, 1993, "Development of Direct Contact Heat Exchangers for Solar Energy Utilization", ISES, Vol. 1. Budapest Hungary.
- 3) Raina, G.K. 등, 1986, "Direct Contact Heat Transfer with Phase Change Bubble Growth and Collapse", The Canadian J. of chemical Eng., Vol. 64, pp. 39~98
- 4) Letan, R. 등, 1968, "The Mechanism of Heat Transfer in Spray-Column Heat Exchanger", AIChE, Vol. 14, No. 3, pp. 398~405



(Fig. 2) 열손실 계산을 위한  
축열조내의 온도변화



(Fig. 3) 축열매체의 입출구온도,  
탱크내의 온도, 일사량  
(작동유체가 가벼운 경우)



(Fig. 4) 축열매체의 입출구온도,  
탱크내의 온도, 일사량  
(작동유체가 무거운 경우)