

[논문] 태양에너지

Solar Energy

Vol. 20, No. 4, 2000

태양열을 이용한 개방형 제습·건조시스템의 저장탱크 유동특성에 관한 연구 (제2보 배플 설치의 영향에 관한 실험)

김종률*, 최광환**, 금종수**, 김종렬***

* 부경대학교 대학원 냉동공조공학과

** 부경대학교 냉동공조공학과

*** 동명대학 가스냉동과

Study on Characteristics of Dryness Storage Tank, Component of open-type Dehumidifying and Drying System using Solar Energy (2nd Paper : Experiment on Influence of Baffle Plates Installed in the Tank)

J.R.Kim^{*}, K.H.Choi^{**}, J.S.Kum^{**}, J.R.Kim^{***}

* Graduate School, Pukyong National University

** Pukyong National University

*** TongMyong College

Abstract

The present study has been conducted to offer an geometrically optimal structure of a storage tank for a regenerator. In this paper, three kinds of baffle plates supposed to increase the regeneration rate and classified as "Type A($L^*=0.25$, $80(L) \times 300(W) \times 50(H)$ [mm])", "Type B($L^*=0.5$, $150(L) \times 300(W) \times 50(H)$ [mm])", and "Type C($L^*=0.75$, $230(L) \times 300(W) \times 50(H)$ [mm])" were suggested and tested. They were placed between the vertical C-C layers in the tank. Solution temperature and concentration were used to evaluate the regeneration rate. As a result, the regeneration rate was better in "Type C".

Nomenclature

- L^* : 무차원 길이 [-]
- l : 길이 [m]
- θ^* : 무차원 온도 [-]
- θ_0 : 탱크내 초기 온도 [°C]
- θ_{in} : 입력 온도 [°C]
- θ : 실제 온도 [°C]
- t^* : 무차원 시간 [-]
- t_0 : 탱크 환수시간 [secs]
- t : 실제 시간 [secs]
- x^* : 무차원 거리 [-]
- x : 거리 [m]
- L : 대표길이 [m]
- y^* : 무차원 높이 [-]
- y : 높이 [m]
- H : 대표높이 [m]

1. 서 론

기존의 공조기는 인간에게 쾌적 측면에서는 유리하지만, peak time 현상과 환경파괴와 같은 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 본 연구자들은 대체에너지 및 청정에너지에 대한 요구에 착안하여 태양열을 에너지원으로 사용하는 시스템으로서 계절에 따라 선택적으로 냉·난방을 할 수 있는 그림 1과 같은 전천후 공조 시스템을 제안하였다¹⁾. 그리고, 시스템 구성요소 중 재생기와 제습기에 대한 논문은 이미 발표하였다^{2),3),4),5)}.

본 연구는 제안시스템 중 재생기에서 재생량을 최대로 얻을 수 있는 재생기용 저장탱크의 최적 설계에 관한 것으로, 제1보에서 최적 입·출구 조건에 대한 결과를 본 학회에 투고하였다⁶⁾. 본 논

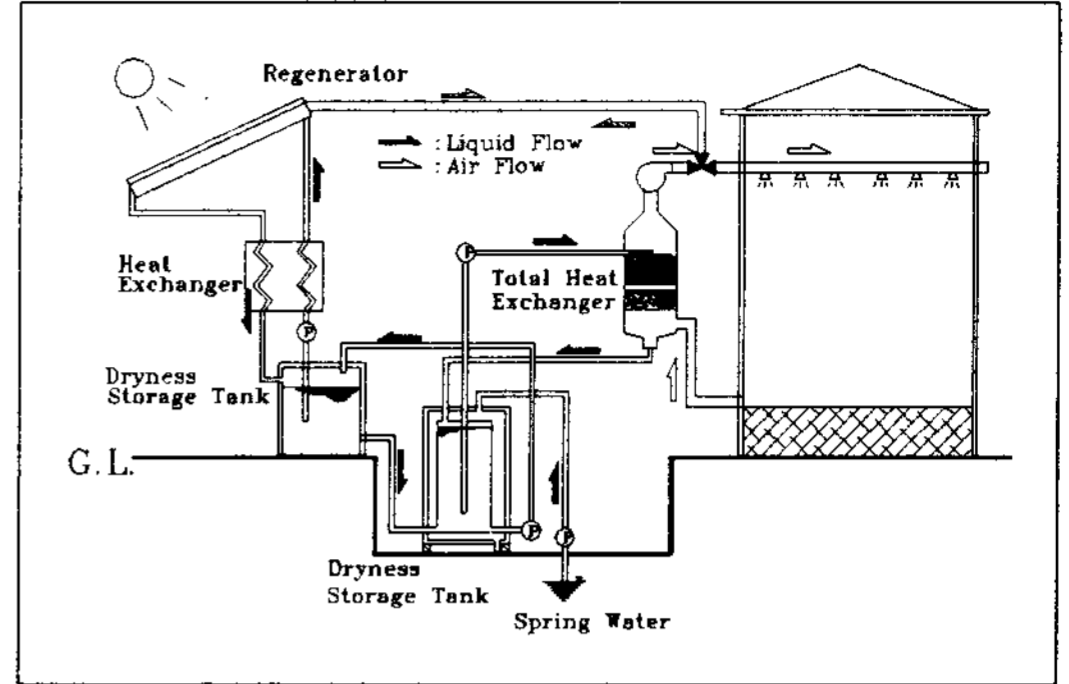


Fig. 1. Schematic of a solar air-conditioning system proposed.

문에서는 이를 근거로 재생량을 증가시키기 위해 저장탱크 내에 구조물(baffle plate, 이하 배플)을 설치하는 것을 제안하여 그 결과를 분석·발표하고자 한다.

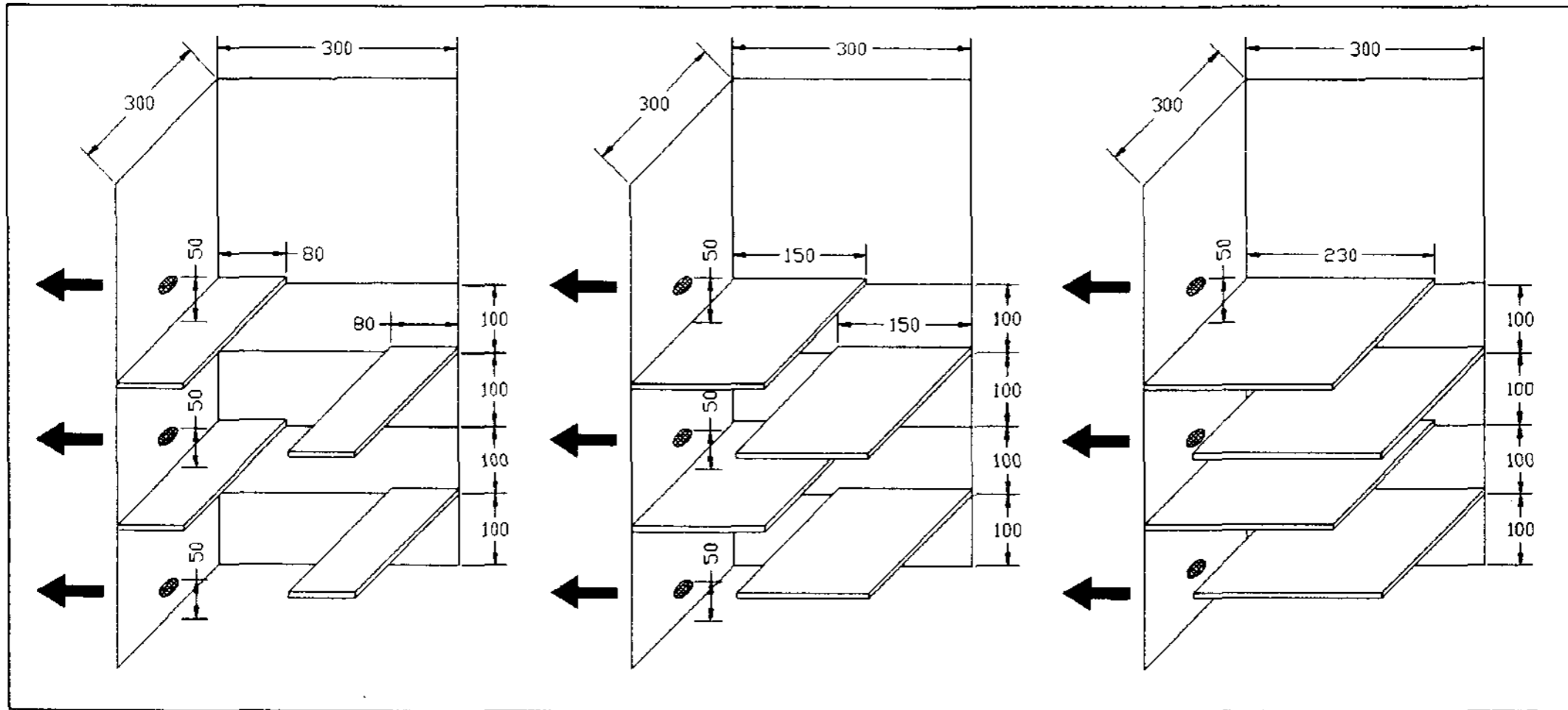
2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

실험장치는 재생기용 저장탱크, 재생기의 역할을 담당하는 개방형 가열조, 용액공급용 마그네틱 펌프, 유량제어를 위해 펌프의 회전수를 조절하는 인버터와 유량계, LiCl의 농도 변화를 측정하는 초음파 농도측정기(FUD-1 Model-1001, Fuji Ultrasonic Eng. Co. Ltd.), 그리고 데이터를 처리하기 위한 집록 장치와 컴퓨터로 구성되어 있다.

탱크내에는 그림 2와 같이, 탱크 바닥면 길이를 1/4등분한 값을 기본으로 이의 배수에 해당하는 크기의 배플을 4개씩 엇갈리게 각각 설치하였다. 배플의 재질은 온도 변화로 인한 물리적 변형을 고려하여 5 mm 두께의 유리를 사용하였다.

그림 3은 배플(150 mm)이 설치된 저장탱크의 개략도와 데이터 수집을 위한 온도 측정점을 나타낸다.



(a) Type A (b) Type B (c) Type C

Fig. 2. Schematic of installed baffle plates

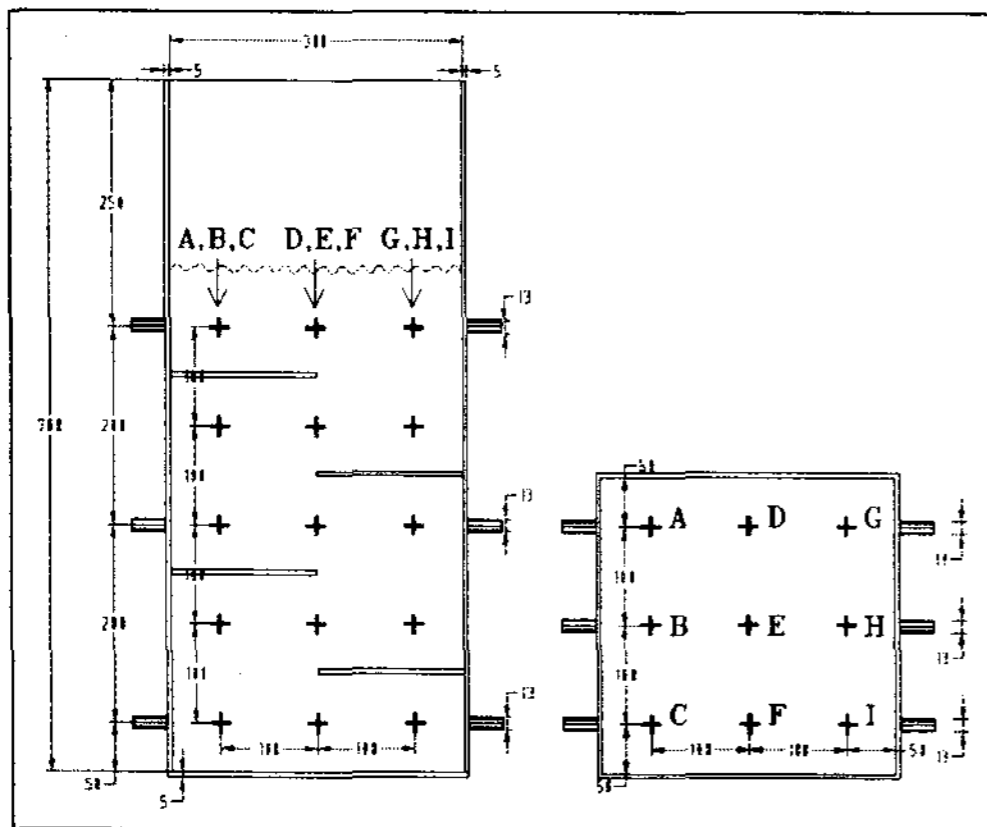


Fig. 3. Schematic of measuring points

2.2 실험방법

입·출구의 위치에 따라 탱크내 용액의 유동양상은 크게 성층형과 혼합형으로 분류된다. 이 중 혼합형이 재생에 더 유리하다는 것을 제1보를 통하여 알 수 있었다. 따라서, 본 연구에서는 유동양상이 혼합형을 나타낸 하부 입구, 상부 출구인 탱크 구조에 각각의 배플을 설치하여 사용한다. 배플의 크기는 표 1에 나타난 것과 같으며 이들을 각각 A, B, C 타입으로 칭하여 실험하였다.

Table 1. Baffle plate types and sizes

Type	Size(L×W×T) [mm]	Dimensionless length
A	80×300×50	$L^*=0.25$
B	150×300×50	$L^*=0.50$
C	230×300×50	$L^*=0.75$

Note) L : Length, W : Width, T : Thickness

또한, 실험 조건은 표 2에 나타내었다.

Table 2. Experimental conditions

실험구분	case 1	case 2	case 3
실험조건			
용액초기온도	28.0±0.5℃		
용액초기농도	25.0±0.05%		
용액 순환량	3.0±0.3 ℓ/min		
가열기 가열량	1,400 W		
입·출구 위치	입구(아래쪽), 출구(위쪽)		
배플 크기	L* = 0.25 (A 타입)	L* = 0.50 (B 타입)	L* = 0.75 (C 타입)

3. 실험결과 및 고찰

실험에서 얻어진 결과값은 무차원으로 변환하여 분석하였으며, 무차원수는 표 3과 같다^{7), 8)}.

Table 3. Dimensionless expressions

	기 본 식	기 호 설 명
길 이	$L^* = \frac{l}{L}$	L^* : 무차원 길이 l : 길이 L : 대표길이
온 도	$\theta^* = \frac{(\theta - \theta_0)}{(\theta_{in} - \theta_0)}$	θ^* : 무차원 온도 θ_0 : 탱크내 초기수온 θ_{in} : 입력수온 θ : 실수온
시 간	$t^* = \frac{t}{t_0}$	t^* : 무차원 시간 t_0 : 탱크 환수시간 t : 실제 시간
거 리	$x^* = \frac{x}{L}$	x^* : 무차원 거리 x : 거리
높 이	$y^* = \frac{y}{H}$	y^* : 무차원 높이 y : 높이 H : 대표높이

3.1 출구 응답속도 및 온도

출구의 응답속도 및 온도는 운전과 동시에 재생기로부터 저장탱크로 들어온 용액이 내부에서 얼마나 지체되는가를 나타내므로 탱크내 용액의 혼합정도를 추정할 수 있다.

그림 4는 각 case에 대한 탱크 출구의 응답속도를 나타낸 것이다. 최초 응답시간은 case 1이 $t^*=0.30$, case 2가 $t^*=0.40$, case 3이 $t^*=0.50$ 으로 배플의 길이 L^* 이 커질수록 더 많이 지체되는 것으로 나타났다.

또한, 무차원 온도는 case 1이 $\theta^* \approx 0.58$, case 2가 $\theta^* \approx 0.51$, case 3이 $\theta^* \approx 0.50$ 이었다.

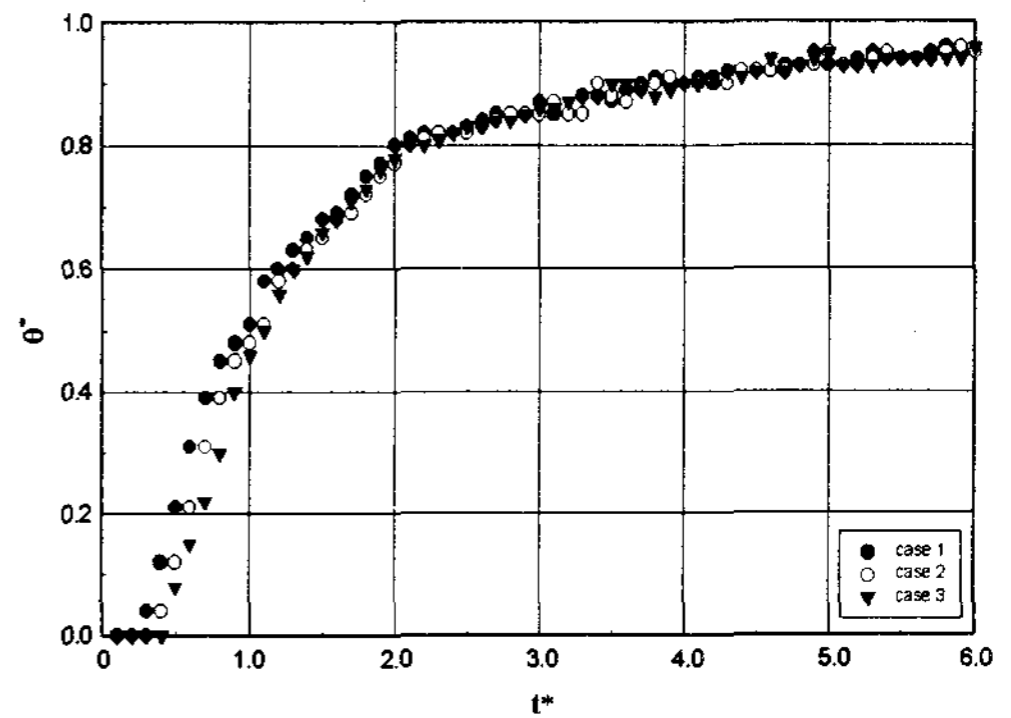


Fig. 4. Outlet temperature distribution

이러한 결과는 배플의 길이가 길수록 입·출구 간 유로 길이가 증가하여 시간지체가 늘어나고 출구 온도는 낮아진다고 생각된다.

3.2 탱크내 온도분포

배플 설치로 인한 탱크내의 온도분포 변화를 파악하기 위해 등온선에 의한 2차원 온도분포를 나타냈다.

그림 5~그림 7은 탱크내의 온도분포를 초기 상태인 $t^*=0.2$, 중간상태인 $t^*=0.5$, 1회 환수 시간인 $t^*=1.0$ 일 때의 상태를 2차원 등온선으로 나타낸 것이다.

그림 5는 $L^*=0.25$ 의 배플이 설치된 case 1의 실험결과로 출구방향으로 유로가 형성되어 있다. 이것은 배플의 길이가 짧아서 배플보다는 밀도차와 유속의 영향이 더 크기 때문에 부력에 의한 상승류가 발생하여 나타난 결과라고 사료된다.

$L^*=0.50$ 의 배플이 사용된 case 2의 결과인 그림 6은 탱크내 용액 온도 분포가 수평에 가까운 양상을 나타내었다.

그림 7은 $L^*=0.75$ 의 배플을 사용한 case 3의 결과를 나타낸 것으로 성층형의 온도분포를 나타내고 있다.

이러한 결과는 배플이 길어질수록 탱크내에서 용액의 지체시간이 길어지고 이로 인해 탱크내의 용액과 재생기를 거쳐 들어오는 용액과의 혼합이

원활하게 이루어져 출구의 용액온도는 낮아진다는 것을 알 수 있었다.

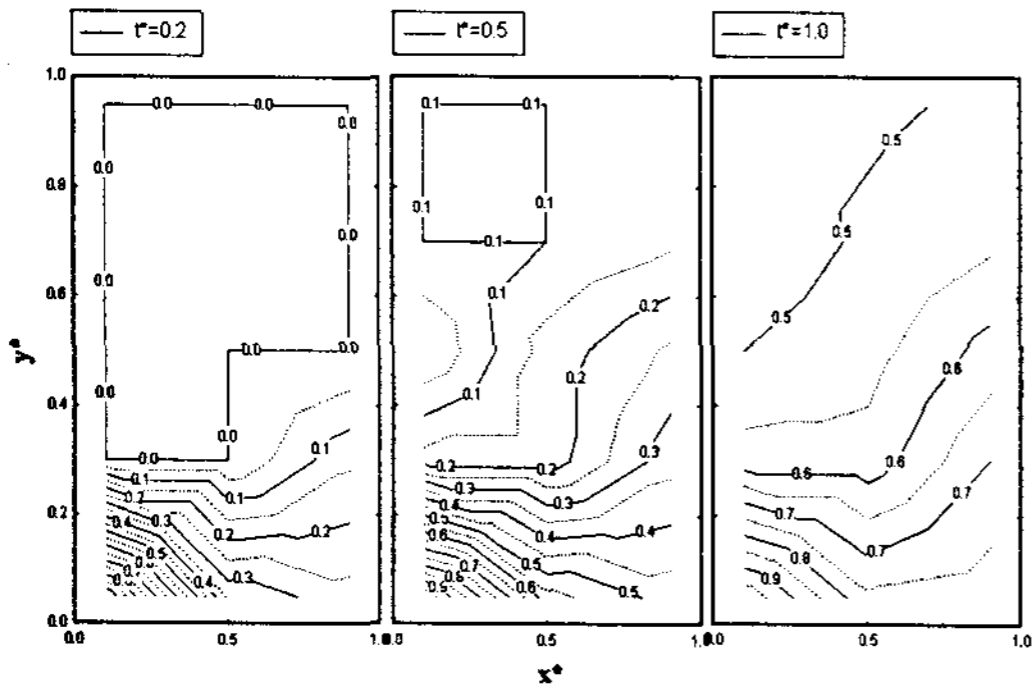


Fig. 5. Contour temperature distribution (case 1)

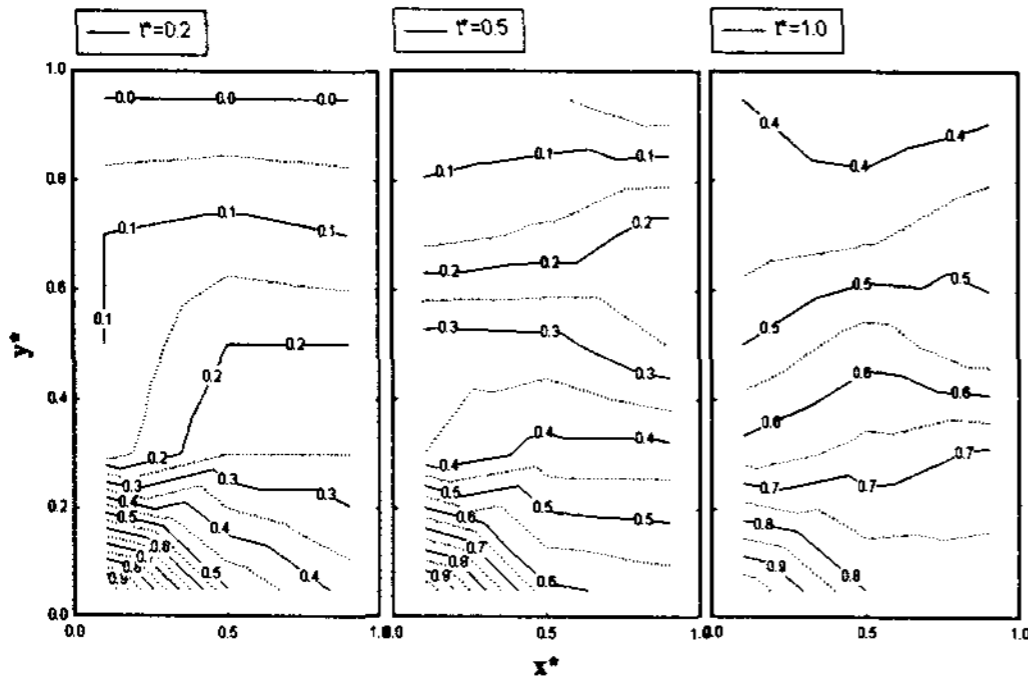


Fig. 6. Contour temperature distribution (case 2)

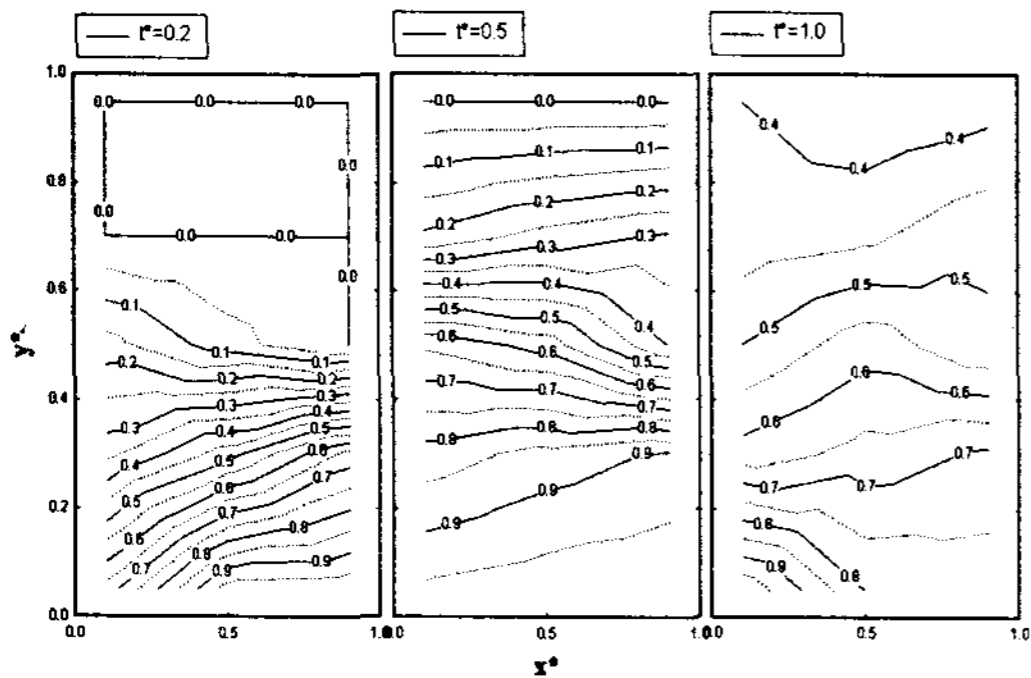


Fig. 7. Contour temperature distribution (case 3)

3.3 농도 변화

3.3.1 입·출구 농도 변화

재생과정에서 필요한 열량은 용액의 온도뿐만 아니라 농도에 의해서도 달라지므로 입·출구간의 농도변화를 파악하였다.

그림 8~그림 10은 case별 탱크 입·출구 용액의 농도 변화를 나타낸 것이다.

그림 8은 case 1의 결과로 $t^*=1.0$ 에서의 출구의 농도는 약 25.40%이고, 입·출구 최대 농도차는 0.1800%, 평균 농도차는 0.1086%를 나타냈다.

case 2의 결과를 나타내는 그림 9에서는 출구의 농도는 약 25.30%이고, 입·출구의 최대 농도차는 0.2500%, 평균 농도차는 0.1743%를 나타냈다.

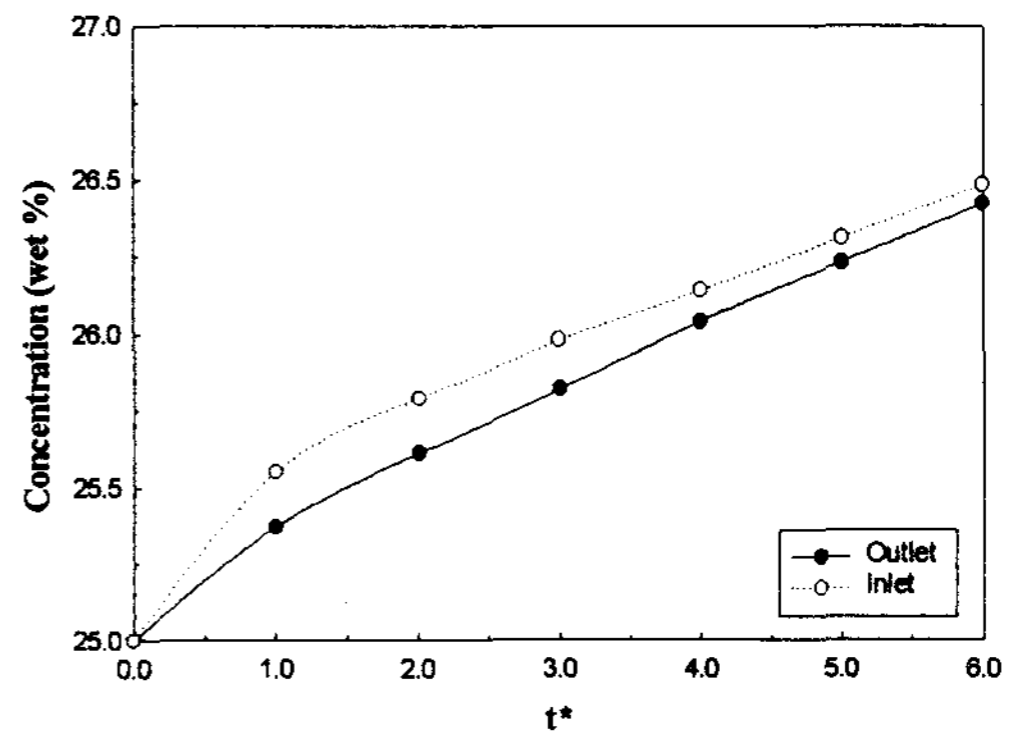


Fig. 8. Concentration distribution (case 1)

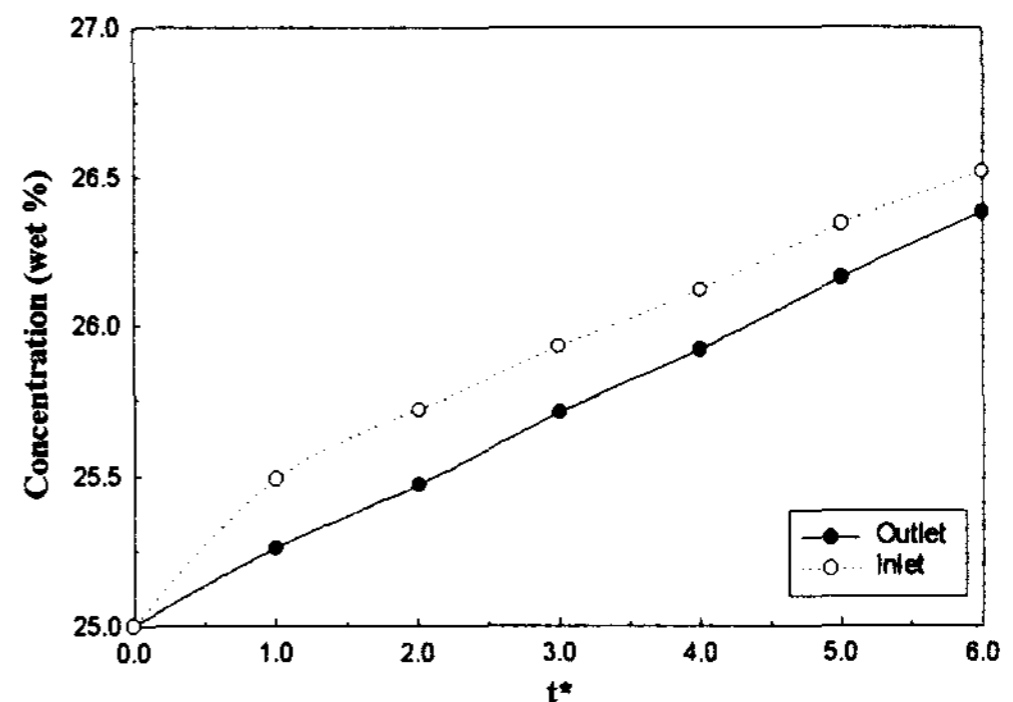


Fig. 9. Concentration distribution (case 2)

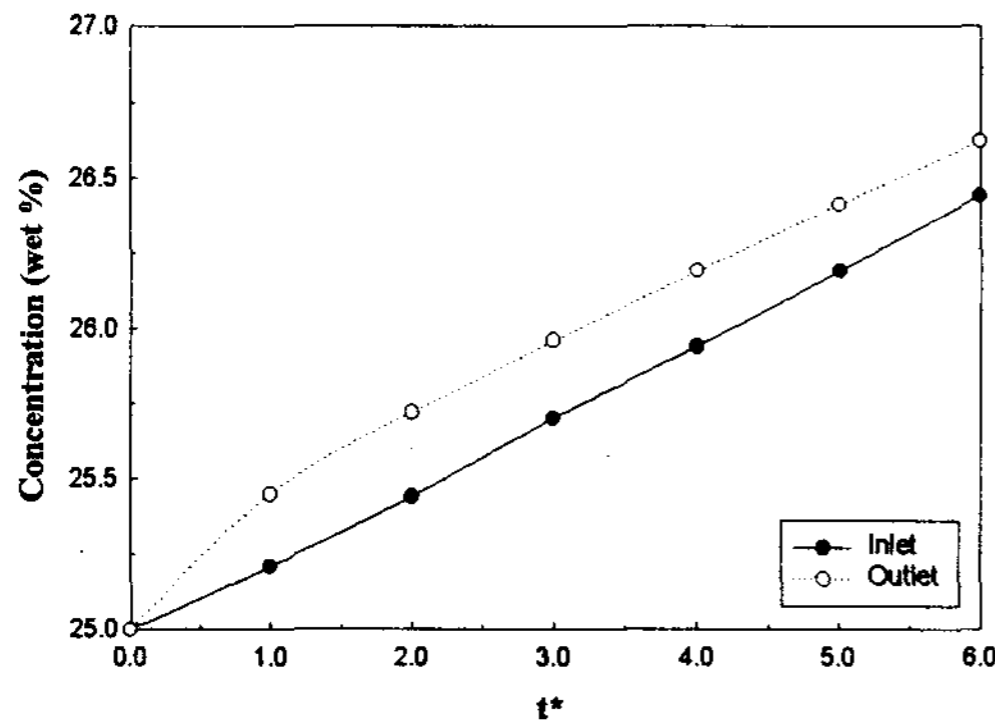


Fig. 10. Concentration distribution (case 3)

그림 10은 case 3의 결과를 나타낸 것으로 출구의 농도는 약 25.20%, 입·출구의 최대 농도차는 0.2800%, 평균 농도차는 0.2043%를 나타냈다. 배플이 설치됨에 따라 출구의 농도는 용액의 혼합으로 낮아지며, 이로 인하여 입·출구간의 농도차는 증가하였다.

3.3.2 전체용액 농도 변화량 및 증발량

전체용액의 최종 농도 변화량과 증발량은 재생기 능력을 나타내는 수치이다. 이 값은 운전 중 탱크의 입·출구와 내부에서의 온도 및 농도의 시간적 변화에 의한 영향이 총괄적으로 누적된 값이다.

표 4는 재생기용 저장탱크의 운전이 종료된 후 저장탱크내 용액의 최종농도 및 수분증발량을 각 case별로 나타낸 것으로, case 3이 가장 높은 농도로 재생되었다. 이것은 입·출구의 농도차가 크면 클수록 재생량이 증가한다고 생각된다.

Table 4. Bulk density variation and regeneration rate

항목	실험구분		
	case 1	case 2	case 3
전체 농도변화 [%]	1.26	1.29	1.33
재생량 [kg]	4.13	4.19	4.36

4. 결 론

재생기를 모델로 하는 저장탱크에 배플을 설치하여 유동특성을 파악하는 실험을 통하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 탱크내 배플의 길이가 길어질수록 응답속도가 느려지고 출구 온도가 낮아졌다.
2. 배플의 길이가 길수록 출구농도는 점차 감소하였고 입·출구의 농도차는 증가하였다.
3. 재생량은 일정한 열량하에서는 용액의 온도보다 용액의 농도에 더 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 최광환, "태양열 이용 냉난방 공조 시스템 개발에 관한 최종보고서", 산업자원부, 1999.
2. 최광환 외 2인, "태양열 이용 냉난방 공조시스템중 재생기의 최적 재생면 구조에 관한 연구", 태양에너지, Vol. 18, No. 3, 1998, pp.185~195.
3. 최광환 외 3인, "태양열 이용 냉난방 공조시스템중 평판형 집열기의 동계 상부 열손실 해석", 태양에너지, Vol. 18, No. 3, 1998, pp.15~24.
4. 김종률, "태양열 이용 개방형 재생기의 재생성능 특성 파악", 석사학위논문, 부경대학교, 1997.
5. 최광환 외 4인, "태양열 이용 냉난방 공조시스템 중 전열교환기 성능에 관한 연구", 태양에너지, Vol. 19, No. 4, 1999, pp.45~53.
6. 김종률 외 3인, "태양열을 이용한 개방형 재생·건조시스템의 저장탱크 유동특성에 관한 연구", 태양에너지, Vol. 20, No. 2, 2000, pp.1~8.
7. 辻本誠, 相良和伸, 中原信生, "蓄熱槽にご関する研究(第1報成層型蓄熱槽の槽内混合構造に關する實驗的研究)", 空氣調和・衛生工學會論文集, No. 16, 1981, pp.23~35.
8. A.F.Mills, 1995, Heat and Mass Transfer, IRWIN.