

[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 19, No. 3, 1999

평판형 태양열 집열판의 집열관 온도분포 특성

모종근*, 배철환**, 정효민***, 정한식***

- * 경상대학교 대학원
- ** 한국에너지산업(주)
- *** 경상대학교 해양산업연구소

The Characteristics of Temperature Distributions for Flat Tube Type Solar Collector Type

J. G. Mo^{*}, C. H. Bae^{**}, H. M. Jeong^{***}, H. S. Chung^{***}

- * *Graduate School Gyeongsang Univ.*
- ** *Korea Energy Industry Co.*
- *** *Institute of Marine Industry Gyeongsang National Univ.*

ABSTRACT

This study represented experimental research on the flat-plate solar collector. The heat performances were measured the tube array surface temperature by thermal-couple. The solar collector(W×H)of 580×1100, various tilt angles of 30 ,45 ,60 degree and the internal tube number of 4, 6, 8, 10(ea) were utilized in the present investigation. It is found that the thermal concentration is higher as the tilt angle become larger and the solar tubes are more and more. In this study obtained results of following: The array of tubes in collector has the best nice in that the number of tube is eight and the tilt angle is 60 degree. The collect energy by each tube array shown high value by increase the number of tubes and tilt angles. In addition to, the collect energy depends on by the tilt angle than the number of tube.

기 호 설 명

- A : absorber plate area, m^2
- C_p : specific heat of water, $kcal/kg^\circ C$
- K : conductivity of the air, $kcal /m.sec^\circ C$
- T : temperature, $^\circ C$

1. 서 론

최근 대체 에너지원으로서 각광을 받고 있는 태양에너지는 건물의 냉방용, 온수급탕, 태양전지 등에 이용되고 있으며 이들의 효과적인 이용을 위한 꾸준한 연구가 활발히 진행되고 있다. 태양광은 지구의 대기층을 통과하면서 흡수와 산란을 반복하며 지표에 도달한다. 태양광의 성분 중 흡수 또는 산란에 의해 우회하지 않고 직접 지표에 도달하는 일사 성분을 직달일사라 하며, 산란과 반사에 의한 2차적인 성분을 산란일사 그리고 이 두 성분에 의한 지표 수평면의 일사를 전 일사(global solar radiation)라고 부른다.¹⁾ 태양에너지를 열 에너지로 최대한 이용하기 위해서는 집열 장치의 집열기의 성능을 높이는 것이 최대의 관심사이다. 그리고 태양열을 이용하여 고온의 온수를 얻는 방법은 집광식 집열기²⁾(concentrating solar collector)를 사용하는 방법과 평판형 집열기³⁾(flat collector)를 사용하는 방법이 있다. 태양열 집열기에서 가장 기본이 되는 연구 중 하나는 집열관과 덮개 유리사이의 밀폐 공간 내에서 발생하는 자연대류⁴⁾의 열 손실 현상을 규명하는 것이다. 집열기로 부터 외부로 방출되는 열 손실은 집열관과 유리 덮개 사이의 자연 대류에 의한 손실, 집열기 위벽으로의 열 복사 손실^{5)~7)}, 집열기의 측면과 후면을 통한 열전도 손실 등으로 크게 분류 될 수 있다. 그런데 열복사 손실은 집열관과 유리덮개 사이의 온도차가 크지 않기 때문에 무시 할 수 있고, 집열기 후면과 전면의 열전도에

의한 집열 손실도 충분히 단열 시켰으므로 무시 할수 있다. 그러므로 본연구에서는 집열관의 수를 변화하고, 각 변수에 따라 온도를 측정하였다

2. 실험장치 및 방법

태양열 집열관에 열역학의 열량을 적용하면

$$Q = G C_p \Delta T \quad (1)$$

와 같이 된다.

일사량에 의한 열량을 구하면

$$Q = KA(T_1 - T_2) \quad (2)$$

여기서 T_1 은 시험시작시각, T_2 는 시험종료시각을 C_p 는 사용한 열전달 유체의 비열을말한다.

Fig. 1은 본 실험장치도 이며 Fig. 2는 실험 장치의 사진이다. 본 실험에서 사용된 집열기(580×1100)의 케이스에 집열관 4개, 6개, 8개, 10개를 사용하고 유리판(510×1030), 두께 4mm을 사용하고 단열재는(510×1030), 두께 8mm를 사용하였다. 반사율이 높은 금속 기판 위에 금속 산화물 미립 자로 구성된 페인트인 내열도료, 400 $^\circ C$ 로 제작하였다. 상부 수평 관의 직경은 $\phi 15$ 를 사용하였고, 수직집열관의 직경은 $\phi 8$ 를 사용하였다. $\phi 15$ 와 $\phi 8$ 의 각 관에 드릴 링을 하여 brazing하였다. 실험은 1999년 1월 1일부터 1월21 일까지 청명한 날을 통해 실시하였으며 오전10시부터 오후 4시까지 실시했으며 유량은 16 l/min으로 일정하게 하였고, 각 그래프의 측정점이 최대 온도 분포가 나타 나는곳을 나타 내었다. 열전대는 Fig. 3에 표시된 숫자와 같이 위치 시켰다.

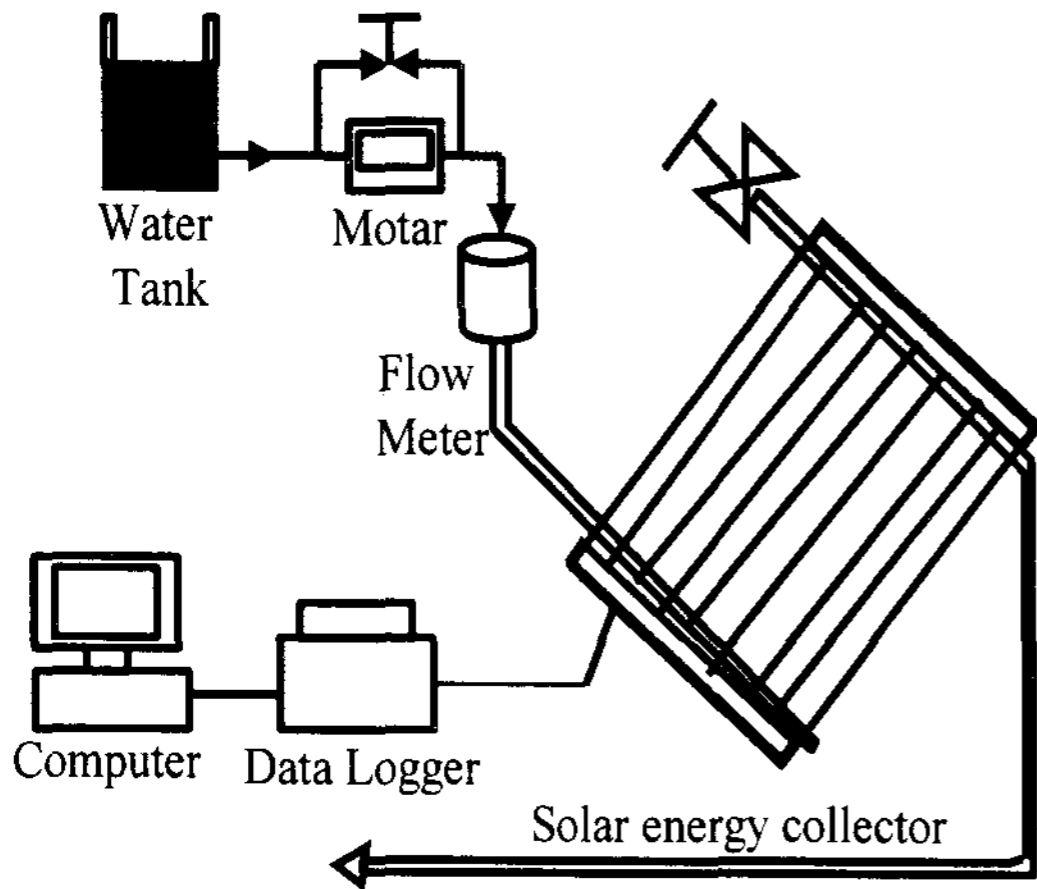


Fig. 1. Schematic diagram of the test apparatus.

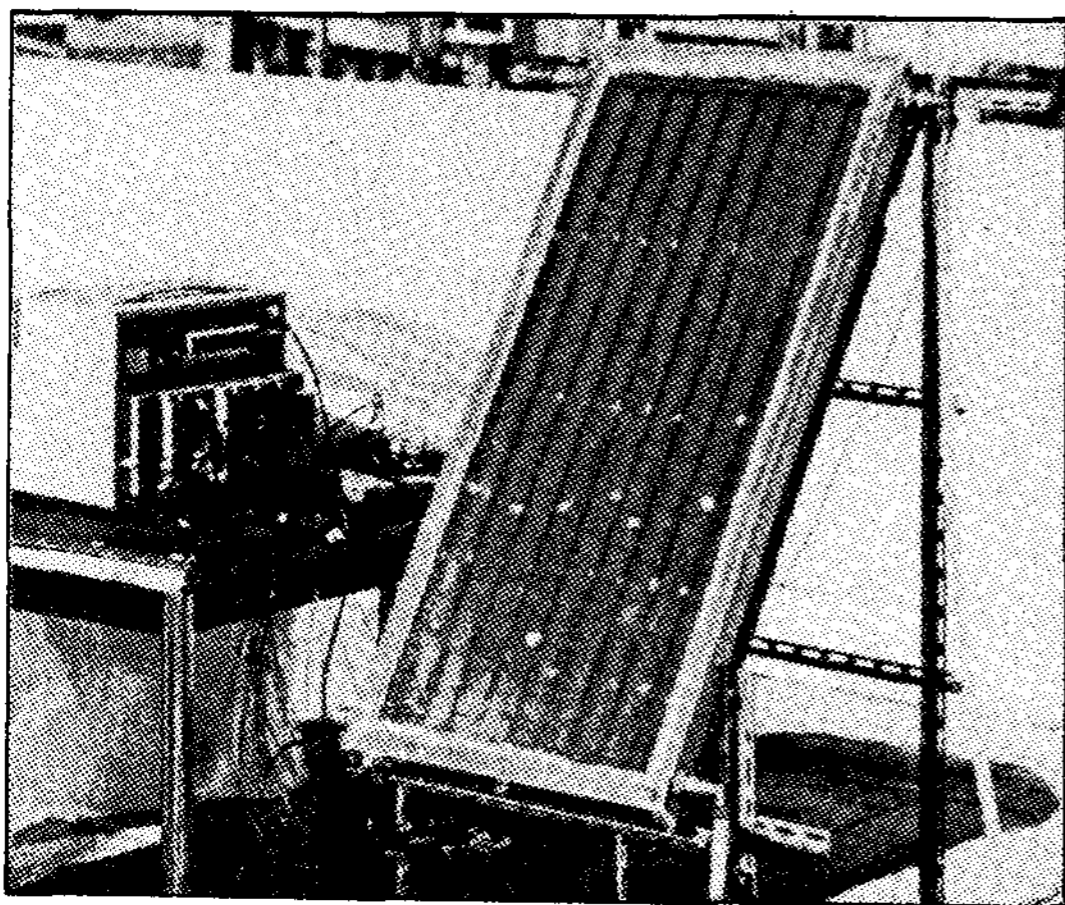


Fig. 2. Photograph of the experimental apparatus.

3. 실험결과 및 검토

Table 1은 집열관의 온도분포 위치를 나타내는 것으로 열전대의 위치이다. 집열관이 4개인 경우 (Fig. 4) $\theta = 30^\circ$ 인 경우에는 집열관 표면 온도가 최고 약 45°C 정도로서 낮은 온도 분포를 보이고 있으며 경사각도가 증가함에 따라 높은 온도 분포를 보여 주고 있다. 이는 집열관내에 가열된 유체가 가열되므로 인하여 수직 상 방향으

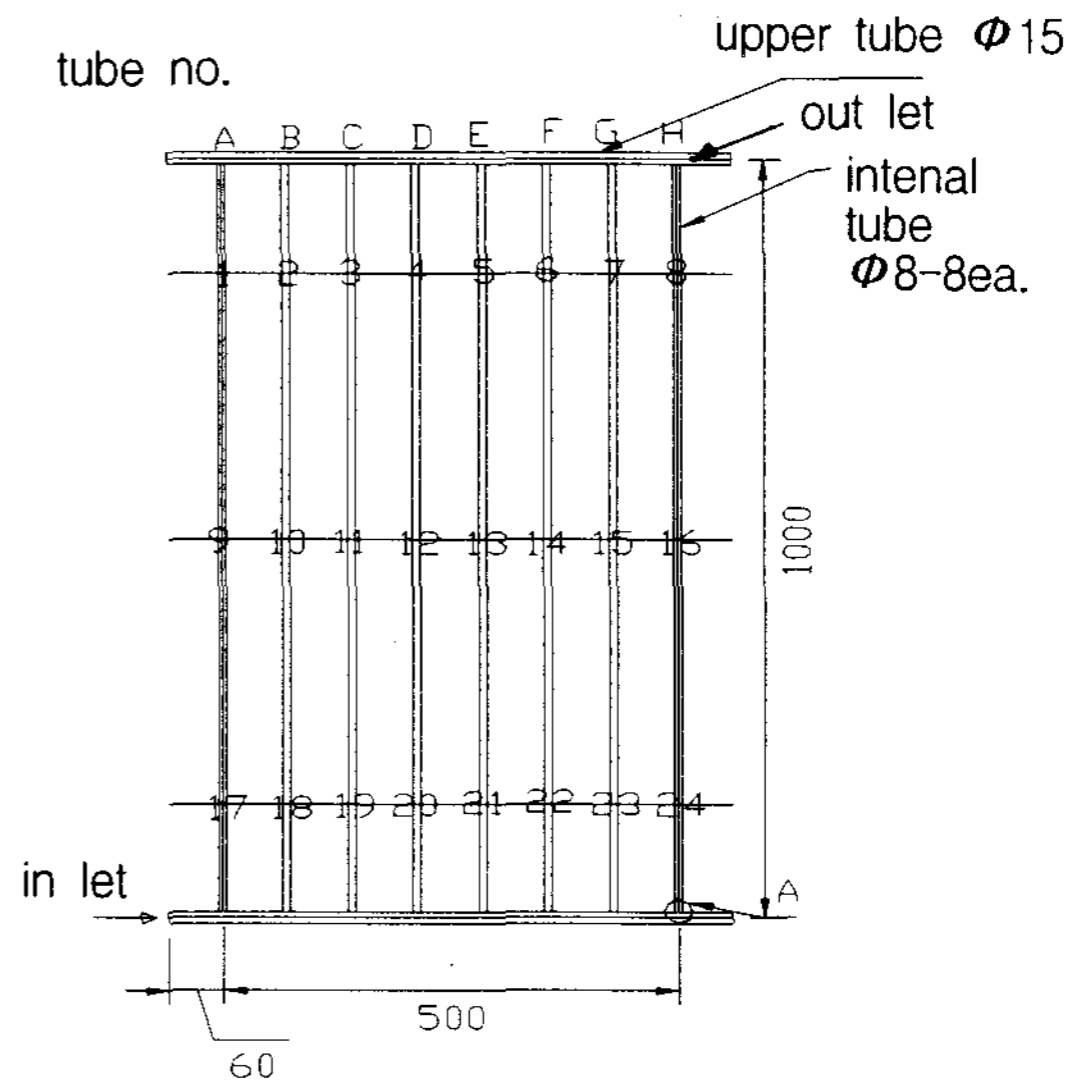


Fig. 3. The test part of Solar tube array at $N=8$.

로 이동하려는 대류 현상 때문이다. 그러나 집열관이 8개를 예로들면 열전대 1-8 (상부) 또는 17-24 (하부) 정도에서는 낮은 온도 분포를 보여 주고 있다. 이들은 집열관의 가장 자리에 가까운 점으로서 외기로 열손실이 일어나서 집열관의 온도가 상대적으로 낮게 나타난다. 집열관이 6개인 경우 (Fig. 5)에는 $\theta = 30^\circ$ 인 집열관이 4개인 경우와 거의 유사한 온도 분포를 보여 주고 있으나, $\theta = 60^\circ$ 인 경우에는 집열관의 표면 온도가 최고 약 100°C 까지 나타나서 집열관 4개인 경우에 비하여 약 10%의 높은 온도 분포를 보여주고 있다. 이들은 일사량을 받는 표면적이 확대 됨과 집열관과 집열관 사이의 간섭 현상으로 높은 온도 분포를 유지시켜 준 결과이다. 집 열관이 8개인 경우 (Fig. 6)와 집열관이 10개 인 경우 (Fig. 7)에도 최고 온도 분포는 거의 유사한 경향을 보여 주고 있다. 특히 집열관이 8개인 경우가 각 표면 온도 분포가 상대적으로 고르게 분포되어 집열관으로서의 전반적인 성능을 고려한다면 집열관 8개, $\theta = 60^\circ$ 인 경우가 가장 적절한 배열임을 알 수 있

Table 1. The temperature measurement points of each collectors

No	N _T 4		N _T 6		N _T 8		N _T 10	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	60	950	60	900	60	900	60	900
2	226	950	160	900	135	900	116	900
3	394	950	260	900	205	900	172	900
4	560	950	360	900	275	900	228	900
5	60	800	460	900	345	900	283	900
6	226	800	560	900	415	900	338	900
7	394	800	60	500	485	900	393	900
8	560	800	160	500	560	900	448	900
9	60	650	260	500	60	500	504	900
10	226	650	360	500	135	500	560	900
11	394	650	460	500	205	500	60	500
12	560	650	560	500	275	500	116	500
13	60	500	60	100	345	500	172	500
14	226	500	160	100	415	500	228	500
15	394	500	260	100	485	500	283	500
16	560	500	360	100	560	500	338	500
17	60	350	460	100	60	100	393	500
18	226	350	560	100	135	100	448	500
19	394	350	0	0	205	100	504	500
20	560	350	620	1000	275	100	560	500
21	60	200			345	100	60	100
22	226	200			415	100	116	100
23	394	200			485	100	172	100
24	560	200			560	100	228	100
25	60	50			0	0	283	100
26	226	50			620	1000	338	100
27	394	50					393	100
28	560	50					448	100
29	0	0					504	100
30	620	1000					560	100
31							0	0
32							620	1000

다. Fig. 8은 집열관의 수에 대한 집열관 중앙부의 온도 분포를 각각의 경사각도에 대하여 나타내었다. 일반적으로 경사각도가 증가할수록 높은 온도 분포를 보여 주고 있다. 즉 집열관내의 유체는 수직 방향으로의 열전달이 촉진됨을 알 수 있다. Table 2은 각 집열관 배열에 따른 집열 열량을 나타내고 있다. 집열관 수와 경사 각도가 증가할수록 높은 열량을 보이고 있으며 집열관의 개수 보다는 경사 각도에 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

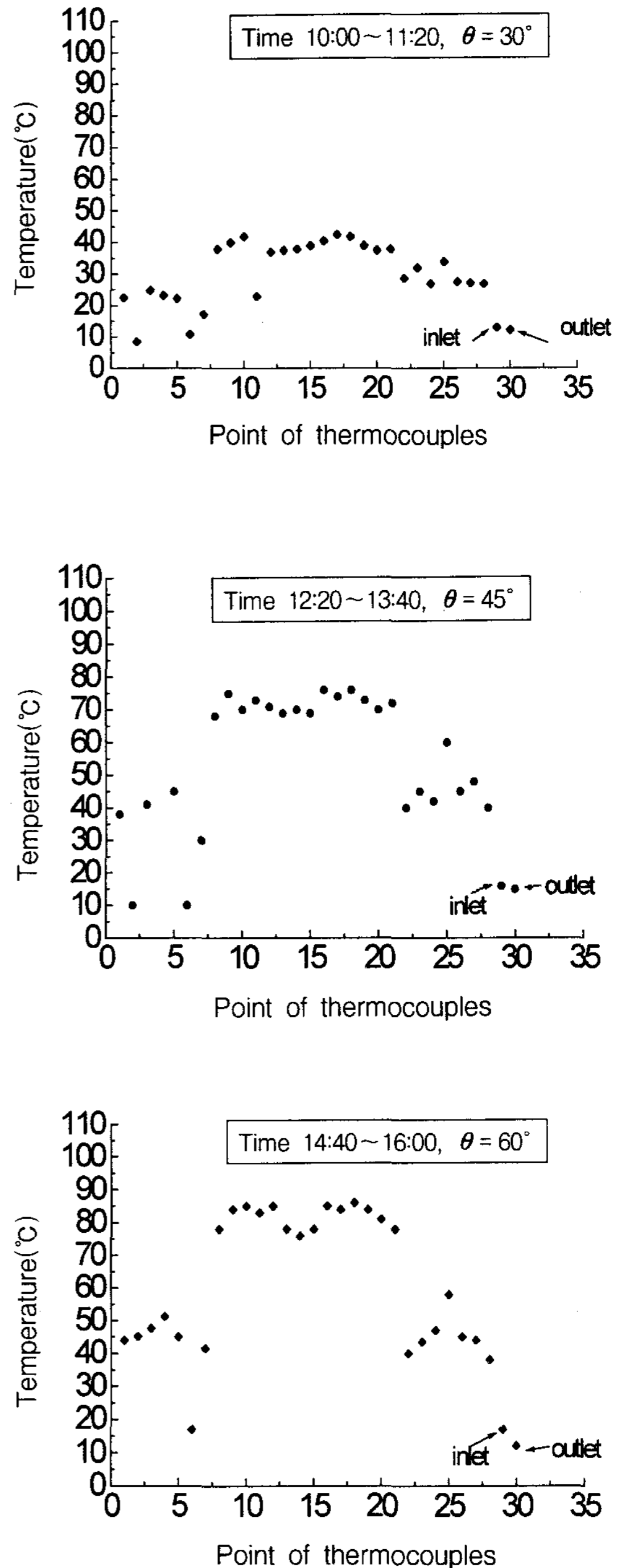


Fig. 4. Temperature distributions of solar collector tube surface at N_T=4.

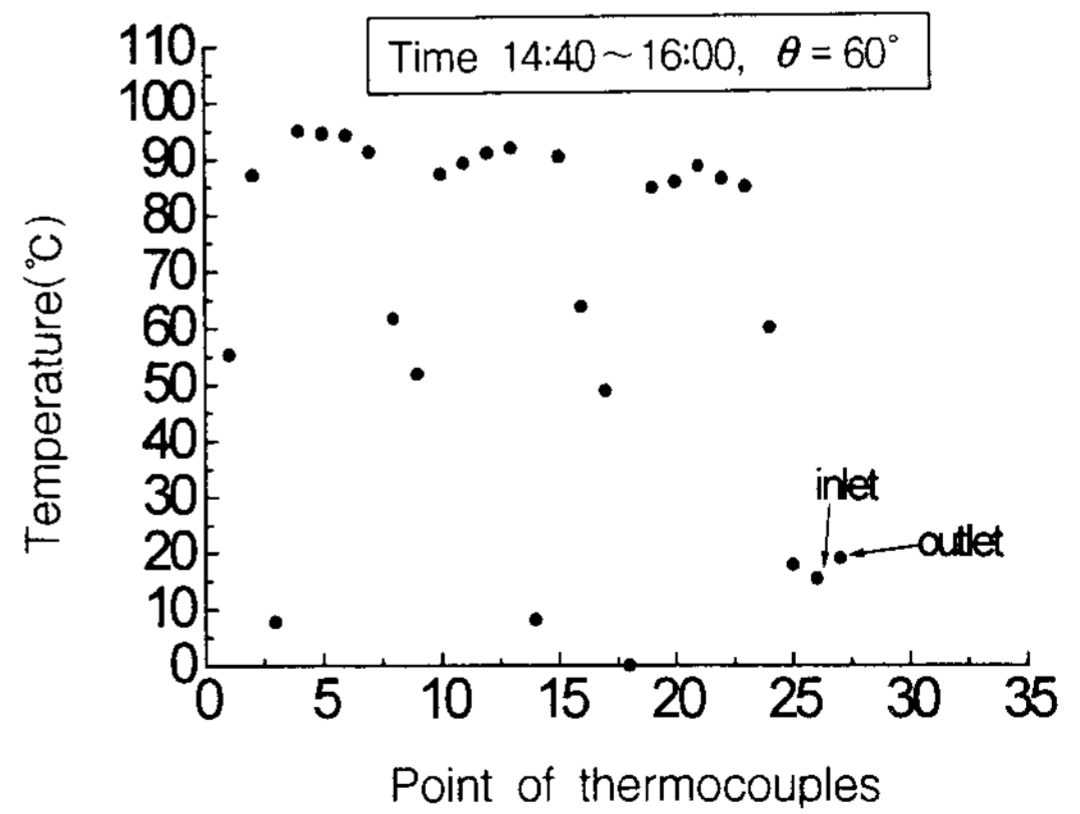
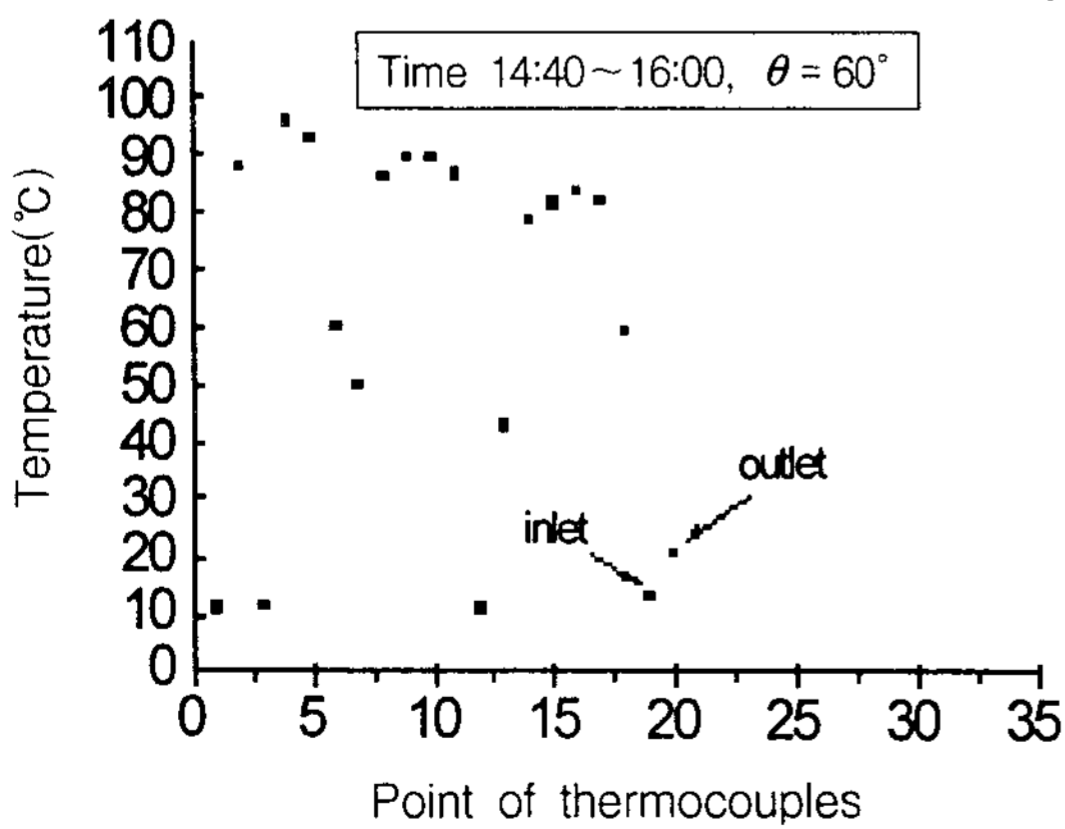
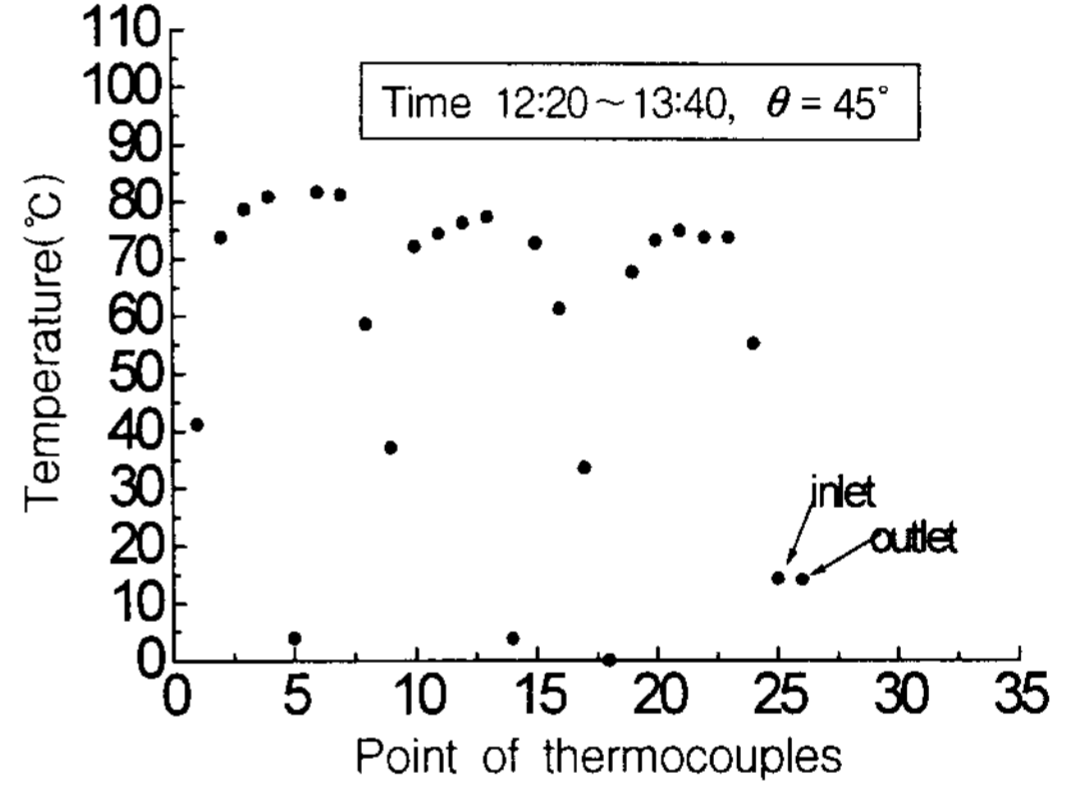
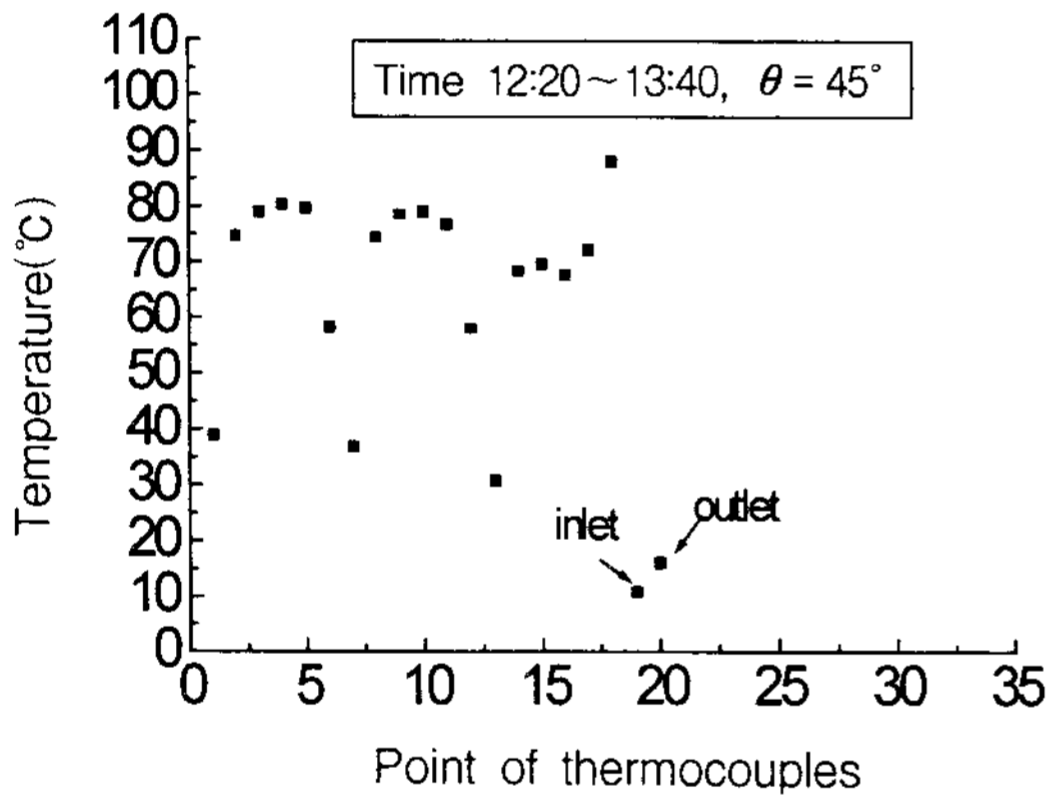
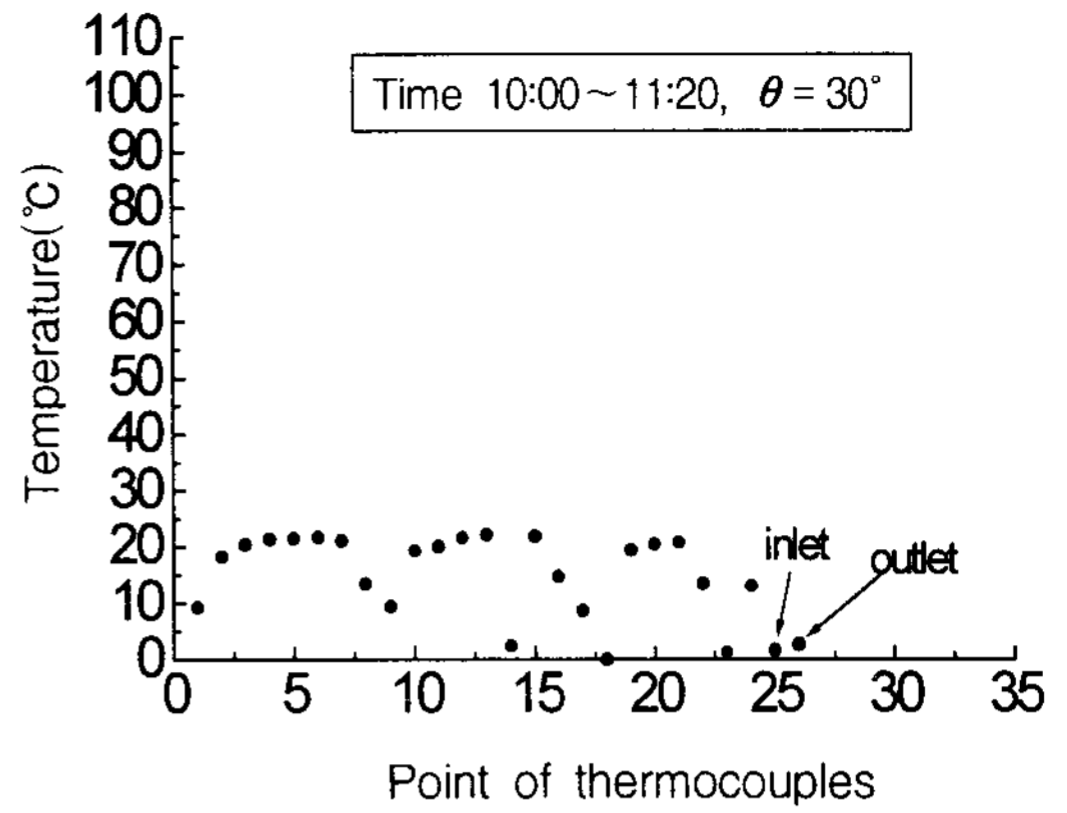
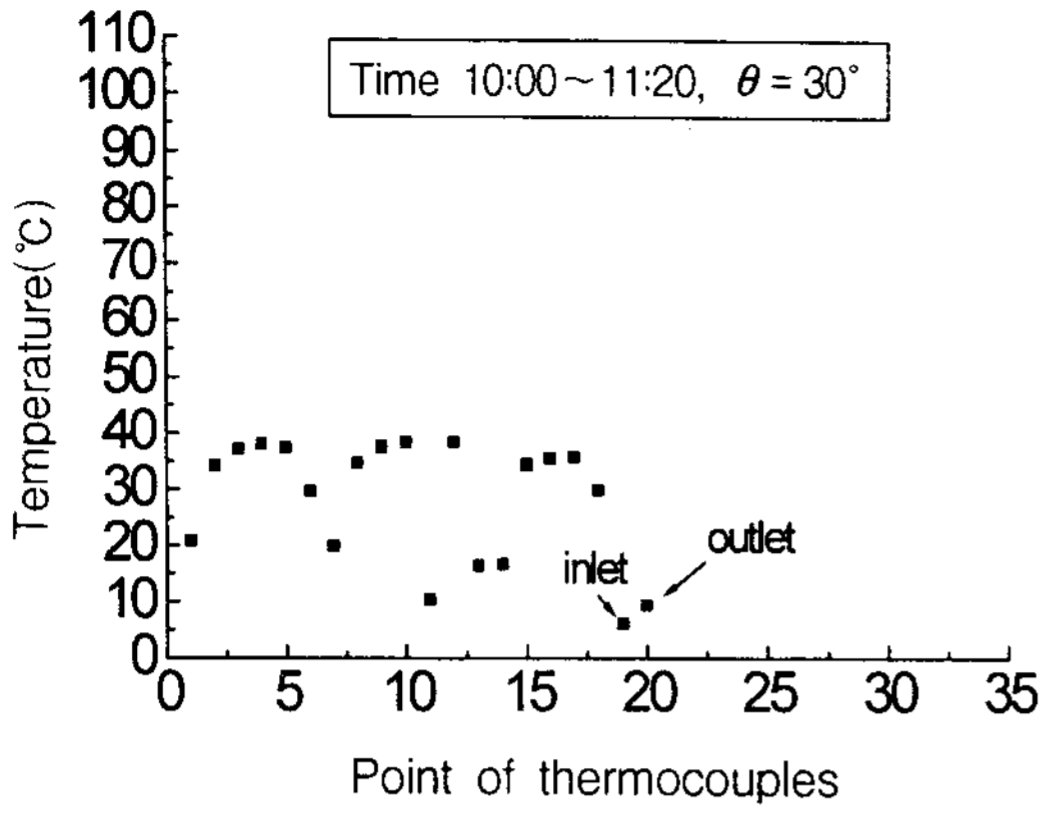


Fig. 5. Temperature distributions of solar collector tube surface at $N_T=6$.

Fig. 6. Temperature distributions of solar collector tube surface at $N_T=8$.

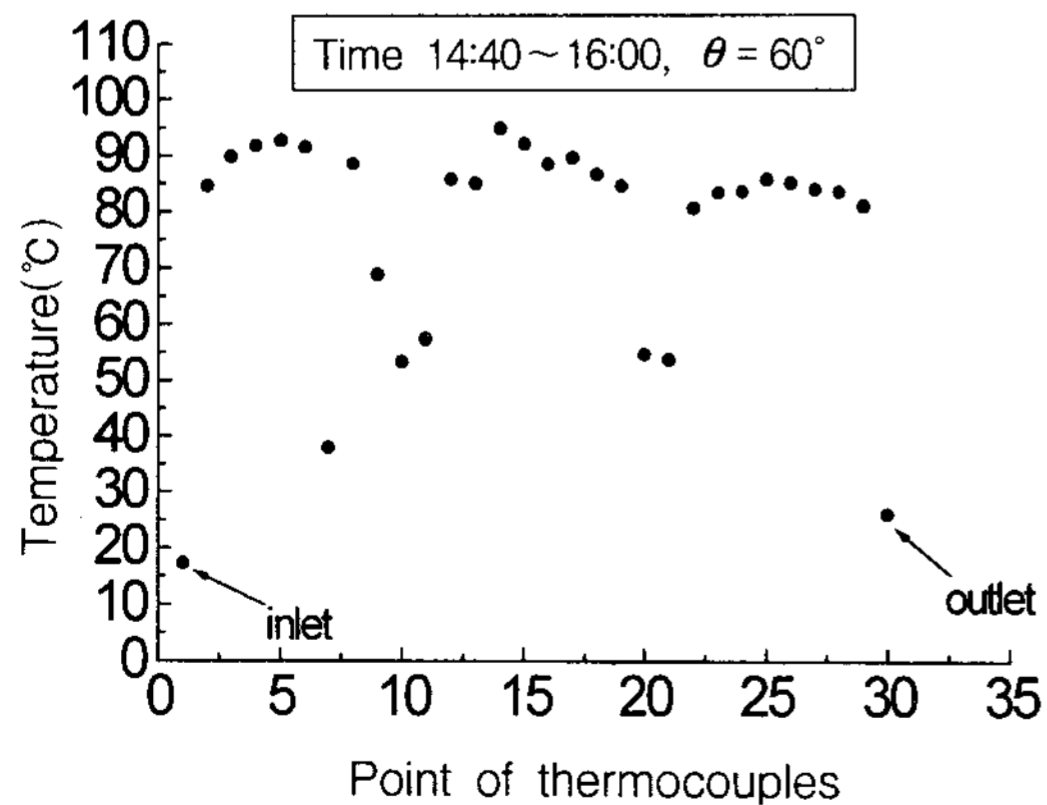
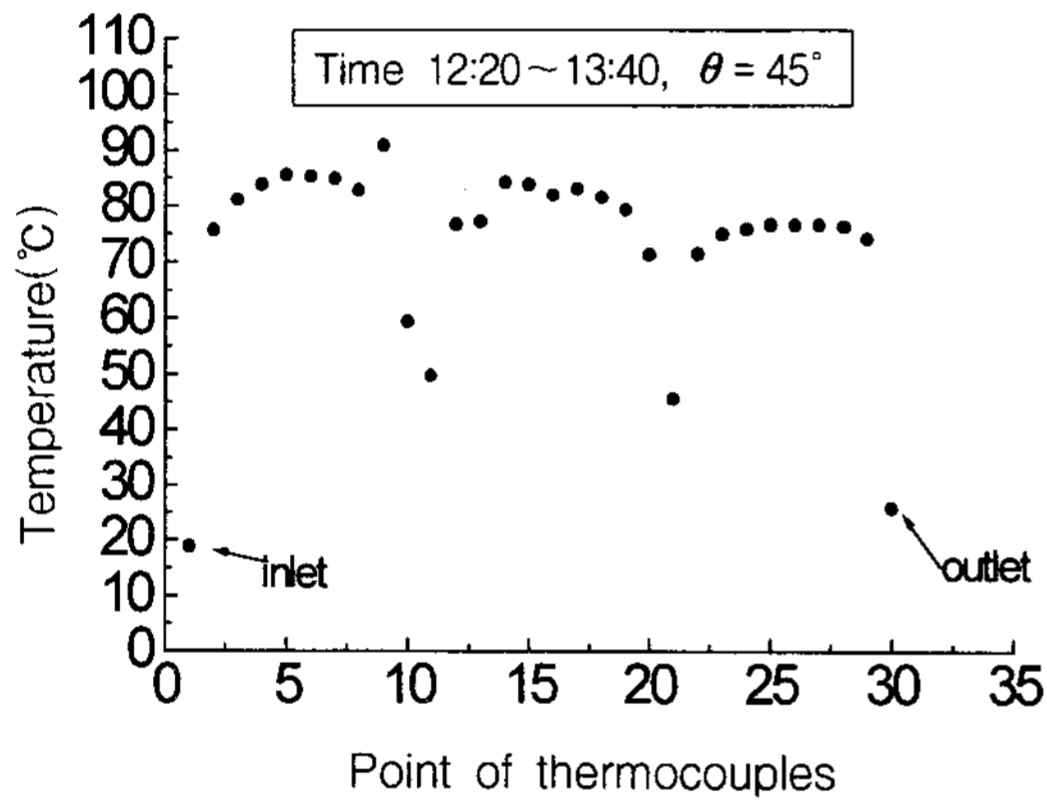
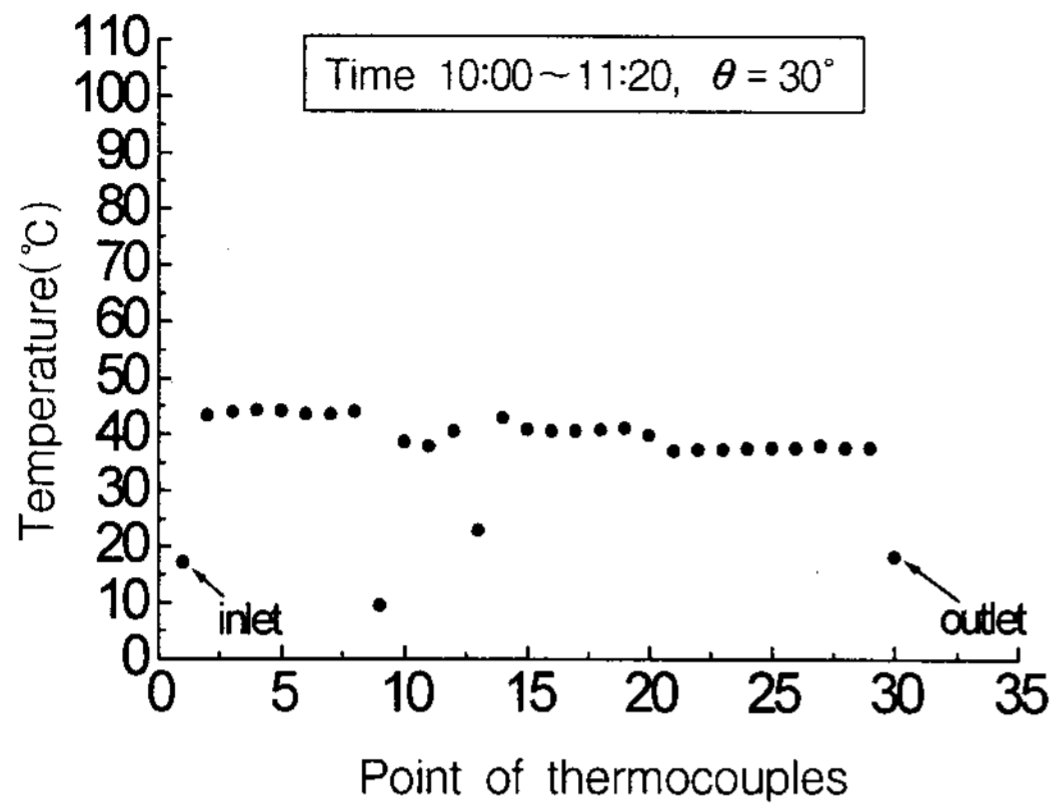


Fig. 7. Temperature distributions of solar collector tube surface at $N_T=10$.

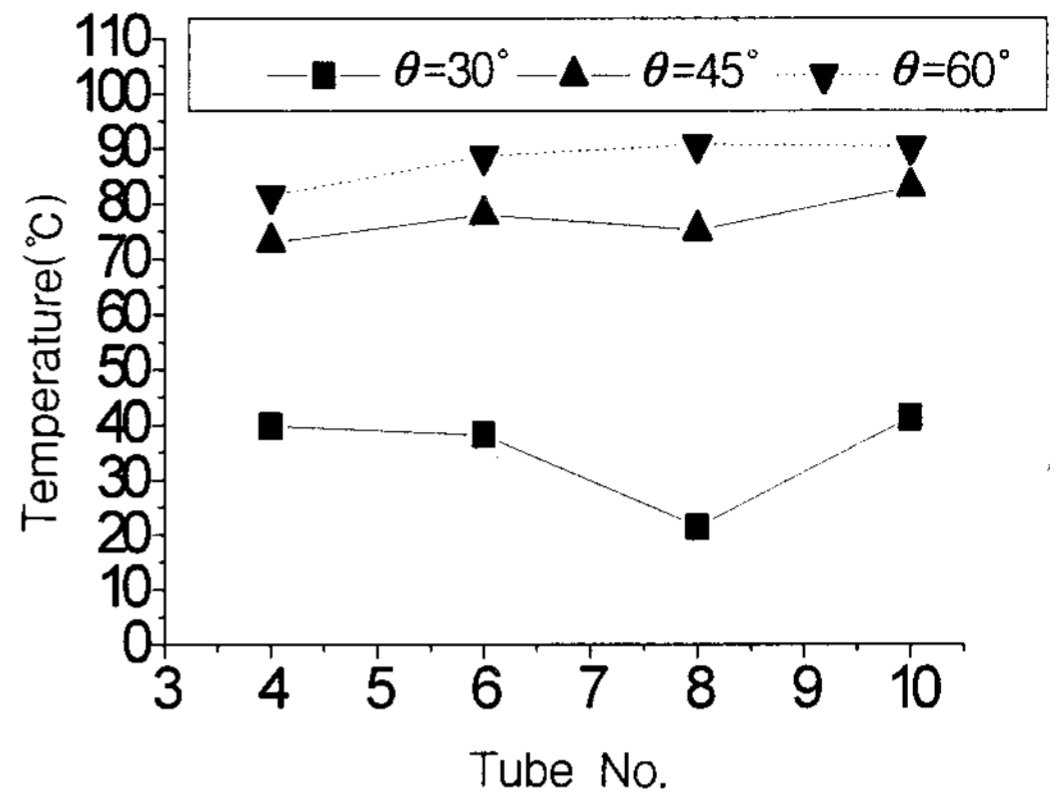


Fig. 8. Temperature distributions of solar collector tube surface center number at center line.

Table 2. Total calorific of solar tube versus solar collector angle.

Tube No	4	6	8	10	mean
$\theta=30^\circ$ $Q_c(W)$	0.56	0.58	0.50	0.56	0.55
$\theta=45^\circ$	1.15	1.27	1.37	1.39	1.30
$\theta=60^\circ$	1.39	1.61	1.63	1.63	1.57
mean	1.03	1.15	1.17	1.19	1.14

4.결 론

평판형 태양열 집열관의 집열관의 수와 집열관을 변수로 하여 집열관 표면의 온도 분포특성을 실험적으로 연구하였다.

1. 집열관이 8개인 경우가 각 표면 온도 분포가 상대적으로 고르게 분포되어 집열관으로서의 성능을 고려한다면 집열관 8개, $\theta=60^\circ$ 인 경우가 가장 적절한 배열이다.
2. 각 집열관 배열에 따른 집열 열량은 집열관 수와 경사 각도가 증가할수록 높은 값을 보이

고 있다.

3. 집열 열량은 집열관의 개수 보다는 경사 각도에 큰 영향을 받고 있다.

후 기

본 연구는 1998년도 해양수산부 한국 해양 수산 개발원 수산특정 연구 개발 사업(총괄책임자 : 정 한식)에 의하여 연구된 결과의 일부이며, 관계자 여러분께 깊이 감사 드립니다.

참 고 문 헌

1. K.Bai, S.H.Cho, S. M. Lee, 1985. "The measurements instaneous efficiency & calculation of all-day efficiency of the concentrating solar collector", Solar Energy vol.5 no.1, pp.22~35.
2. T.J.Kim, 1988, "An Experimental study on optimum honeycomb sizes of a flat-plate solar collector", Solar Energy vol.8 no.2, pp.22~37.
3. 박이준외, 1994, "Stand solar irradiance and light sources for photovoltaic measurements", Solar Energy vol.14 no.3, pp.88~93.
4. 서정윤, 이용화, 1993, "냉동공조공학", pp.231~239.
5. ASHRAE,ASHRAE Standard 93-77, 1997 "Methods of testing to determine the thermal performance of solar collector", New York.
6. NBS, NBSIR 77-1305, 1997, "Provisional flat plate solar collector tortesting procedures", Washington.
7. 이태식, 이재현, 이준식 "interjunction to heat transfer", pp 728~738.