

# 발열체와 부분 열림 수직벽을 갖는 사각 공간 내 자연대류 특성 해석

심동식\* · 강보선\*\* · 차동진\*\*\* · 주원종\*\*\*\*  
(2000년 4월 14일 접수)

## A Study on the Characteristics of Natural Convection in a Partially Opened Enclosure with a Heat Source

Dong-Sik Shim, Bo-Seon Kang, Dong-Jin Cha and Won-Jong Ju

**Key Words:** Holographic Interferometer(홀로그래피 간섭계), Natural Convection(자연 대류), Heater(발열체), Enclosure(사각 공간)

### Abstract

Natural convection heat transfer in an enclosure with an opening in the right vertical wall and a heat source at the bottom surface is investigated using a holographic interferometric technique. The effects of the opening length, divider length attached to the top wall, and heater temperature on the temperature distribution are examined. The opening length as well as the divider length greatly affects the degree of inflow and outflow of air. In the case of small opening length, the opening doesn't affect much the upward warm air flow resulting in the symmetric temperature distribution. The upward flow is hindered by the divider resulting in the decrease of heat transfer from the heater region to the upper region. The longest divider shows the highest temperature in the lower region of enclosure. In the case of large opening length, the inward cold flow moves the upward flow to the left direction. Among the cases of different divider length, the case of  $H_d=0.25H$  shows the highest temperature in the lower region of enclosure.

### 기호설명

$H$  : 실험체적의 높이 ( $m$ )

$W$  : 실험체적의 폭 ( $m$ )

$H_o$  : 개구부 높이 ( $m$ )

$H_d$  : 격판 길이 ( $m$ )

$T_h$  : 발열체 온도 ( $^{\circ}C$ )

$\Delta T$  : 발열체와 실내 온도의 차이 ( $^{\circ}C$ )

$Ra$  : Rayleigh 수 [ $= g\beta\Delta TH^3/\nu\alpha$ ]

$L$  : 실험 체적의 광축 방향 길이

$N$  : 프린치 수

$n$  : 굴절률

$K$  : Gladstone-Dale 상수 ( $m^3/kg$ )

$\phi$  : 광축 방향 위상차

$P$  : 기체의 압력

$M$  : 기체의 분자량

$R$  : 기체 상수

### 1. 서론

벽의 일부가 개방되어 있고, 열원이 존재하는 공간 내 자연대류 열전달에 관한 연구는, 공간의 일부가 열린 실내 공간의 환기를 통한 쾌적한 환경 구축을 위한 공기조화 시스템에 기초 자료로써 활용될 뿐만 아니라, 난방에 의해 소비되는 에너지 절약 측면에서도 매우 중요한 문제이다. 또한, 전자 장치 발열원의 냉각, 태양열 집열판의

\* 회원, 전남대학교 대학원 기계공학과

\*\* 회원, 전남대학교 자동차공학부

E-mail: bskang@chonnam.ac.kr

TEL : (062)530-1683 FAX : (062)530-1689

\*\*\* 회원, 대전산업대학교 건축설비공학과

\*\*\*\* 회원, 서울산업대학교 자동화공학과

설계 및 건물내의 화재에 의해 확산되는 연기 유동의 제어 등에도 응용될 수 있다.

이와 관련하여 수직벽의 일부가 개방되어 있고, 바닥에 열원이 존재하는 사각 공간에 대한 기존의 연구는 주로 수치 해석적 방법에 의존하는 경향이 있었는데, 손봉세,<sup>(1)</sup> 김태국 등,<sup>(2)</sup> 추병길<sup>(3)</sup> 등은 자연 대류 뿐만 아니라 복사 열전달까지 고려하여 수치 해석하여, 열림률의 증가에 따라 입구 주위의 유체 속도가 증가하고 온도는 떨어지며 외부로부터 유입되는 공기량은 증가한다는 결과를 얻었다.

유사한 상황에서의 기존 연구들을 살펴 보면, Myrum<sup>(4)</sup>은 바닥에 열원이 존재하고, 상부 중심이 부분 개방된 원통형 체적 내에서의 자연대류에 관하여 연구하여, 개구부 주위에서의 온도가, 유입되는 유체에 의해 떨어지는 것을 확인하였다. 김점수 등<sup>(5)</sup>은 수평 바닥면 전체가 고온으로 유지되고, 저온의 상부벽이 부분 개방되며, 수직 단열벽에 격판이 존재하는 경우의 자연 대류 현상에 대한 수치 해석을 통하여, 상부 벽의 개구부가 커질수록 공간 내부의 열전달이 활발해진다고 하였다. 이종섭 등<sup>(6)</sup>은 바닥면 전체가 고온으로 유지되고, 왼쪽 하부로 공기가 유입되어 오른쪽 상부로 공기가 유출되는 사각 공간 내에서의 열전달 현상을 홀로그래피 간섭계를 이용하여 연구하였는데, 공간 내에 존재하는 격판에 의해 열전달이 둔화함을 나타내었다. 3차원적인 해석으로써 Yu 등<sup>(7)</sup>은 정육면체 공간의 수직벽에 각각 발열체와 개구부가 존재하는 경우에 대해서, 개구부의 크기와 형태, 발열체 열량 등이 내부 공기 유동과 온도 분포에 미치는 영향에 대해 해석하였다.

이처럼 열원과 개구부가 존재하는 사각 공간 내의 열전달 현상에 대한 연구는 많지 않은 편이며, 특히 수직벽에 개구부가 있고 바닥에 발열원이 있는 경우에 대한, 실험적 연구는 매우 드물다. 따라서, 본 연구에서는 수직벽의 상부 일부가 개방되어 있고, 수평 바닥면에 열원이 존재하는 경우의 자연대류 현상을 홀로그래피 간섭 시스템을 이용하여, 온도장을 가시화하였다. 특히, 개구부의 크기, 공간 내부에 존재하는 격판, 발열원의 온도가 열유동장에 미치는 영향을 비교, 분석하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 실험 장치

Figure 1은 실험에 사용된 홀로그래피 간섭 시스템이다. 광원인 He-Ne 레이저에서 나온 빔은 가변 빔분할기(Variable beamsplitter)에 의해 기준광(Reference beam)과 물체광(Object beam)으로 1.5:1의 비율로 분리된다. 분리된 두 빔은 편광 필터를 이용하여 편광 방향을 동일하게 하였으며, 40 배의 대물렌즈 (Microscope objective)에 의해 초점에 모아지고 초점에 위치한 10  $\mu\text{m}$  핀홀(Pinhole)에 의하여 빛이 지닌 노이즈를 제거한 후, 확산되는 빔을 직경 10 cm인 볼록 렌즈에 의하여 평면광으로 형성한다. 물체광은 실험 체적을 통과하여 홀로그래피 필름에 도달하고, 기준광은 필름 수직 방향과 약 23° 각도로 필름에 도달하여, 물체광과의 간섭 현상으로 홀로그램이 기록된다. 이때, 두 빔의 경로차가 클 경우, 간섭 무늬 생성에 문제가 발생할 수도 있으므로, 경로차가 최소가 되도록 광학 부품들을 배치하였다.

Figure 2의 실험 체적은 단일 효과가 좋은 두께 10 mm의 베크라이트로 제작하였으며, 바닥면은 히터와의 직접 접촉으로 열전달이 클 것으로 예상되어 열전도도가 매우 낮은 세라믹보드를 사용하였다. 사각 공간의 높이  $H$ 와 폭  $W$ 는 모두 60 mm이다. 우측 수직벽과 내부 공간에 설치되는 격판은, 그 크기를 0.25H와 0.5H로 변화할 수 있

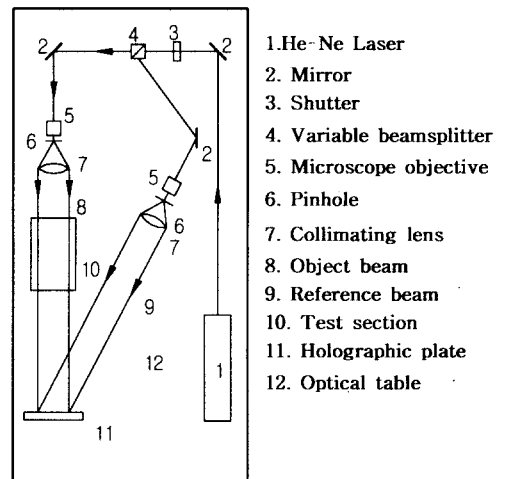


Fig. 1 Schematic diagram of the holographic interferometry system

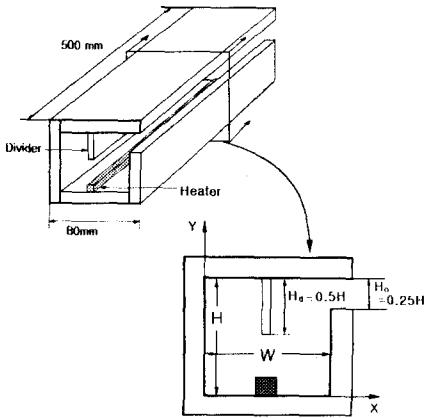


Fig. 2 Schematic diagram of the test section

Table 1 Test condition

Run	$H_o$ (mm)	$H_d$ (mm)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$T_h$ ( $^{\circ}C$ )	Ra
1	15, 0.25H	0	22.5	40	$6.54 \times 10^5$
2	30, 0.5H	0	22		
3	15, 0.25H	15, 0.25H	22.4		
4	30, 0.5H	15, 0.25H	22.2		
5	15, 0.25H	30, 0.5H	21.8		
6	30, 0.5H	30, 0.5H	21.7		
7	30, 0.5H	0	12	30	$5.42 \times 10^5$
8			31.8	50	$7.55 \times 10^5$

게 제작하였다. 실험 체적의 길이는 충분한 2차원 유동장을 형성하기 위하여 500 mm로 비교적 길게 제작하였다.

발열원은 열전도율이 높은 스테인리스 합금(12 × 12 mm)의 중심에 구멍을 뚫고 직경 6.25 mm인 원형 단면의 카트리지 히터를 삽입하여 하나의 히터 블록을 제작, 이용하였다. 발열원의 온도는 온도조절기와 교류용 진력 조절기를 이용하여, 온도를 일정하게 유지하였다. 발열원의 온도 측정은 5 개의 K형 열전대를 표면에 등 간격으로 부착하였으며, 정상 상태에 도달하여 지정한 온도로부터의 온도 변화는 ± 0.2  $^{\circ}C$  이내였다.

실험 체적 내부 공기 온도는 노출된 비드형 열전대를 좌측 수직벽의 0.25H, 0.5H, 0.75H 높이와 우측 상판의 0.75W 위치에서 내부로 삽입하며, 측정하였으며, CCD 카메라로 열전대 위치를 촬영하여 공간 내에서의 정확한 위치를 파악하였

다. 열전대로부터의 모든 전기적 신호는 데이터 수집장치(HP, 34970A)를 통하여 컴퓨터에 저장되었다.

### 2.2 실험 방법 및 조건

홀로그램 간섭 사진은 이중 노출 방법을 이용하였으며, 노출 시간은 0.25 초, 정상 상태에 도달하는 시간은 최대 2 시간 정도였다. 빛에 노출된 홀로그램 필름은 현상액에 5분, 정착액에 5분 동안 화학처리한 후 재생 과정을 거친다. 재생된 프린지를 촬영하기 위하여 홀로그램 필름 뒤에 산란판(Diffuser)을 위치시키고, 산란판에 형성된 간섭 무늬를, 마이크로 렌즈를 부착한 일반 또는 CCD 카메라를 이용하여 근접 촬영하였다.

본 연구에서는 사각 공간 오른쪽 수직벽의 개구부 크기( $H_o$ ), 공간 내부에 존재하는 격판의 크기( $H_d$ ), 발열원 온도 변화가 유동 및 온도장 형성에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 실험 조건은 Table 1에 나타내었으며, 개구부와 격판 크기 변화의 경우에는 발열원 온도를 40 $^{\circ}C$ 로 유지하였고, 경우 7, 8에서는 발열원 온도 변화에 따른 영향을 살펴보고자 하였다. 히터 가열 전 공기의 초기 온도는 17.5~18.3 $^{\circ}C$ 였다. 자연 대류 특성을 나타내는 무차원 변수 Ra 수의 특성 길이는 정사각 공간의 한 변, 즉 높이  $H$ (=폭  $W$ )를 사용하였다.

### 2.3 간섭 사진 해석

사각 공간 내 특정 지점의 온도를 알면, 프린지 간섭 사진으로부터 공간 전체의 온도 분포를 파악할 수 있다. 프린지 간섭 사진에서 획득할 수 있는 굴절률  $n$ 과 밀도와와의 관계식은 Gladstone-Dale 방정식<sup>(8)</sup>에서 다음과 같이 정의된다.

$$n - 1 = K\rho \tag{1}$$

상수 K는 Gladstone-Dale 상수이며, 공기의 경우  $K=0.2266 \times 10^{-3} m^3/kg$ 이다. 따라서,  $i$  번째와  $i-1$  번째 프린지의 굴절률 차이는

$$n_i - n_{i-1} = K(\rho_i - \rho_{i-1}) \tag{2}$$

이 되고, 이 때, 빛이 광축으로 이동하면서 발생

한 위상차  $\phi$ 는

$$\phi = (N_i - N_{i-1})\lambda = L(n_i - n_{i-1}) \quad (3)$$

이 된다. 식 (2)와 (3)으로부터

$$N_i - N_{i-1} = K \frac{L}{\lambda} (\rho_i - \rho_{i-1}) \quad (4)$$

를 유도할 수 있으며, 여기서  $N_i$ 는  $i$  번째 프린지이며,  $\lambda$ 는 레이저의 파장,  $L$ 은 광축 방향으로의 실험 체적의 길이이다.

또한, 기체를 이상 기체로 가정하여, 이상 기체 상태방정식을 사용하면, 기체의 밀도를 온도와 관계지을 수 있으며, 최종적으로 다음과 같은 프린지 수와 온도와의 관계식을 구할 수 있다.

$$N_i - N_{i-1} = K \frac{L}{\lambda} \frac{PM}{R} \left( \frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{i-1}} \right) \quad (5)$$

따라서,  $i-1$  번째 프린지에서 온도를 알게 되면, 바로 인접한 프린지의 온도를 식 (5)를 이용하여 계산할 수 있다.

### 3. 결과 및 고찰

격판 길이와 개구부 크기 변화가 공간 내 온도 분포에 미치는 영향을 Fig. 3의 프린지 간섭 사진이 정성적으로 보여 주고 있다. 전체적으로, 발열체 주변에서 상승하는 유동이 발생하고, 공기 온도 변화가 가장 심하여 가장 조밀한 프린지 간격을 보여 주고 있다. 또한, 개구부에서의 프린지 굴곡의 방향성으로부터, 개구부의 크기에 상관없이 개구부의 상부로 고온의 내부 공기가 유출되고 하부로 저온의 외부 공기가 유입되는 것을 알 수 있다.

개구부의 크기가  $0.25H$ 인 경우에는 유출입 공기 질량 유량이 많지 않아서 발열원 상부의 상승 유동이 방해받지 않고 상승하여 발열원을 중심으로 거의 좌우대칭적인 온도 분포를 보여 주고 있다. 격판의 존재는 공간 상부로의 상승 유동을 방해하여 발열체로부터 공간 상부로의 열전달을 감소시키는 영향을 주고 있다. 즉, 격판이

없는 경우는 상승 유동이 발달하여, 공간 중앙 상부에 온도가 균일한 넓은 영역이 형성되어 있지만, 격판이  $0.25H$ 가 되면서부터, 상승 유동이 격판에 의해 방해를 받아, 중심 영역이 축소되고 유출입 유동도 약해지게 된다. 또한, 격판의 길이가  $0.5H$ 로 더 길어지게 되면, 격판의 존재가 상승 유동을 방해할 뿐만 아니라, 상승 유동을 격판의 좌우측으로 분리시켜버리기 때문에, 유출입 유동이 가장 약해지게 된다.

개구부의 크기가  $0.5H$ 인 경우에는, 넓어진 개구부로 인하여 유출입 공기의 질량 유량이 증가하여, 강해진 유입 유동이 발열원 상부의 상승 유동을 왼쪽으로 치우치게 하고 있다. 격판이 없는 경우에는, 개구부가  $0.25H$ 일 때와 마찬가지로 상승 유동이 잘 발달되지만, 넓어진 개구부로 인해 왼쪽으로 치우친 형태가 나타나고 있다. 격판이  $0.25H$ 인 경우에는, 격판에 의해 상승 유동이 방해를 받아 유출입 유동이 약해진다. 격판이  $0.5H$ 가 되면, 공간이 좌우로 거의 분리되어 좌측 공간에는 상승 유동에 의한 열전달이 활발하여 균일한 온도 영역이 넓어지고, 우측 공간에서는 상승 유동이 유입 유동에 의해 격판과 벽쪽으로 밀리면서, 격판을 타고 상승하여, 유출되게 된다.

격판은 존재하지 않고, 개구부가  $0.5H$ 이며, 발열체의 온도를  $30^\circ\text{C}$ 에서  $50^\circ\text{C}$ 까지 변화시켰을 때, 사각 공간 내 온도 분포를 Fig. 4에서 보여 주고 있다. 전체적으로, 프린지 형태는 비슷하지만, 온도의 증가로 인하여 프린지 간격이 더 조밀해졌음을 확인할 수 있다. 또한 발열체의 온도가 상승함으로 인하여, 상승 유동도 강해지게 되고, 개구부로 유출되는 공기의 증가로 인하여 유입되는 공기도 많아지게 된다. 따라서, 발열체 상부의 상승 유동이 온도가 증가할수록 더욱 왼쪽으로 치우치게 되고, 발열체 상부의 상승 유동을 보충하기 위하여 공간 하부의 수평면 부근에서 발열체 중심으로 향하는 유동도 온도의 증가에 따라 더욱 강해짐을 알 수 있다.

Figure 5는 개구부가  $0.25H$  또는  $0.5H$ 로 고정되었을 때, 격판 길이 변화의 영향을 보여주는 그림이다. 온도는 사각 공간의  $0.4H$  높이에서 수평 방향으로 이동하면서 만나는 프린지의 온도를 계산한 것이다. 개구부의 크기가  $0.25H$ 인 경우, 좌측 공간에서는 격판의 존재로 인하여, 상승 유동이 방해를 받으면서, 발열체로부터의 고온 공기

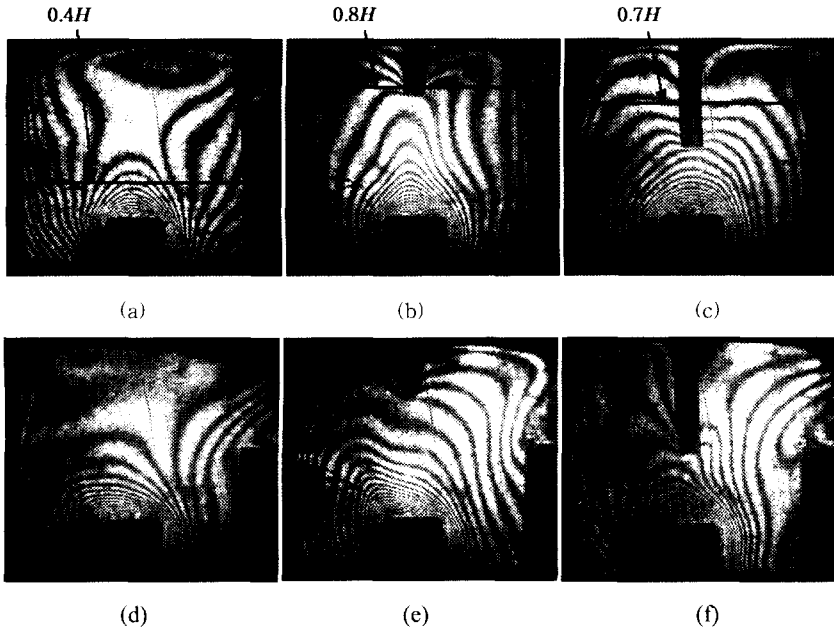


Fig. 3 Photographs of fringes showing the temperature distribution; (a) no divider,  $H_o=0.25H$ , (b)  $H_d=0.25H$ ,  $H_o=0.25H$ , (c)  $H_d=0.5H$ ,  $H_o=0.25H$ , (d) no divider,  $H_o=0.5H$ , (e)  $H_d=0.25H$ ,  $H_o=0.5H$ , (f)  $H_d=0.5H$ ,  $H_o=0.5H$

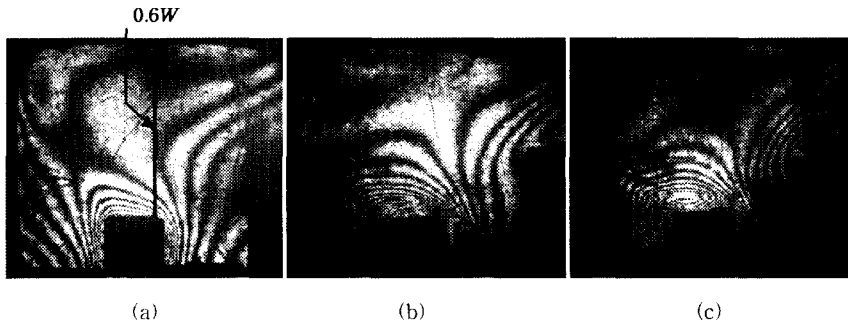
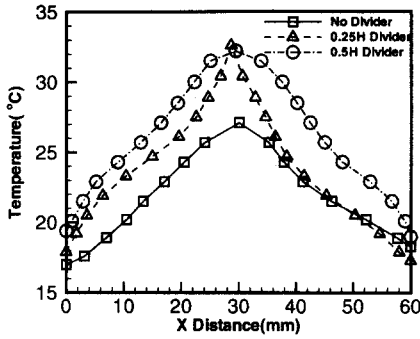


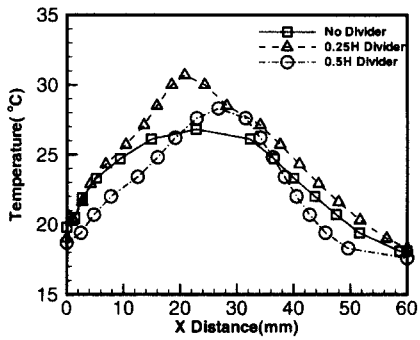
Fig. 4 Photographs of fringes showing the effect of heater temperature with  $H_o=0.5H$  and without a divider; (a)  $T_h=30\text{ }^\circ\text{C}$ , (b)  $T_h=40\text{ }^\circ\text{C}$ , (c)  $T_h=50\text{ }^\circ\text{C}$

가 공간의 상부까지 영향을 주지 못하기 때문에, 격판 길이가 길어질수록  $0.4H$  높이에서의 온도는 높게 나타난다. 반면에, 우측 공간에서는 격판이 없거나,  $0.25H$ 인 경우는 고온 공기가 상승 유동의 발달과 함께 개구부로 잘 유출되면서 낮은 온도를 나타낸다. 하지만, 격판 길이가  $0.5H$ 가 되면 격판의 존재가 상승 유동을 방해할 뿐만 아니라, 상승 유동을 격판의 좌우측으로 분리시켜버리기 때문에, 유출입 유동이 가장 약해지면서, 상승 유동이 더 이상 공간 상부로 진행하지 못하기 때문

에 우측 하부의 온도가 높게 나타나고 있다.  
 개구부 길이가  $0.5H$ 가 되면, 발열체 상부 상승 유동이 개구부의 영향을 받아서, 개구부 길이가  $0.25H$ 인 경우의 좌우대칭적인 온도 분포에서 왼쪽으로 치우친 온도 분포를 보이게 된다. 좌측 공간에서는, 격판이 없거나  $0.25H$ 인 경우에 비해 격판 길이가  $0.5H$ 인 경우, 격판 왼쪽으로 가열된 공기의 상승이 가장 잘 발달하여 온도가 가장 낮게 나타난다. 반면에 우측 공간에서는, 격판 길이가  $0.5H$ 인 경우, 유입 공기가 격판에 의해 발열



(a)



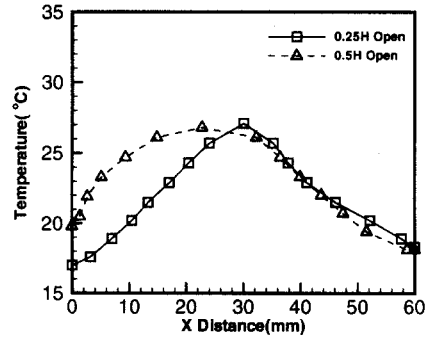
(b)

Fig. 5 Effect of the divider length on the horizontal temperature distribution at  $y=0.4H$ ; (a)  $H_o=0.25H$ , (b)  $H_o=0.5H$

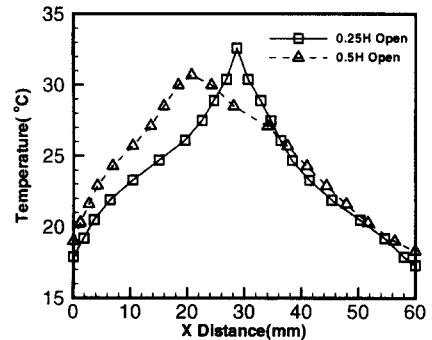
체 방향으로 흐르면서, 우측 공간 하부까지 영향을 미쳐서, 가장 낮은 온도를 나타내고 있다.

격판 길이가 고정되었을 때 개구부 길이의 영향을 Fig. 6에 나타내었다. 좌측 공간의 온도 분포를 보면, 격판이 존재하지 않거나, 격판 길이가 0.25H인 경우는, 개구부의 길이가 클수록, 발열체 상부의 상승 유동을 공간 왼쪽으로 이동시키기 때문에 온도가 높게 나타난다.

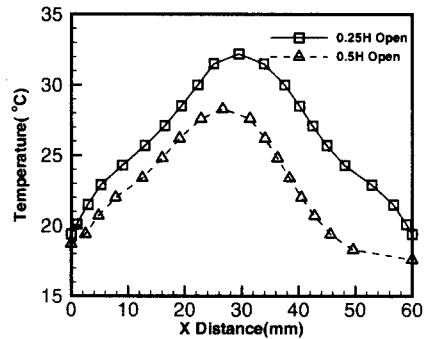
반면에, 격판 길이가 0.5H가 되면, 개구부가 0.25H인 경우에는 길어진 격판으로 인한 상승 유동의 방해가 나타나지만, 개구부가 0.5H인 경우에는 유출입 유동의 강화로 좌측 공간의 상승 유동은 잘 발달되게 된다. 이로 인하여, 좌측 공간의 온도는 개구부가 0.5H인 경우가 낮게 나타난다. 발열체 우측 공간은 격판이 존재하지 않거나, 격판 길이가 0.25H인 경우에는, 유입 공기의 유동 방향이 공간 중심을 향하고 있기 때문에, 개구부의 크기와 무관하게 비슷한 온도를 나타내고 있으나, 격판 길이가 0.5H인 경우에는, 개구부가



(a)



(b)



(c)

Fig. 6 Effect of the opening length on the horizontal temperature distribution at  $y=0.4H$ ; (a)without divider, (b)  $H_d=0.25H$ , (c)  $H_d=0.5H$

클수록 유출입 유동이 강해지기 때문에 유입 공기 유동이 격판을 타고 아래 방향으로 이동해, 매우 낮은 온도를 보이고 있다.

Figure 7은 격판 길이가 0.25H인 경우에는  $y=0.8H$ , 0.5H인 경우에는  $y=0.7H$ 에서, 수평으로 이동하며 격판 좌우 공간의 온도 분포를 나타낸 것이다. 격판이 0.25H인 경우, 왼쪽 공간은 개구

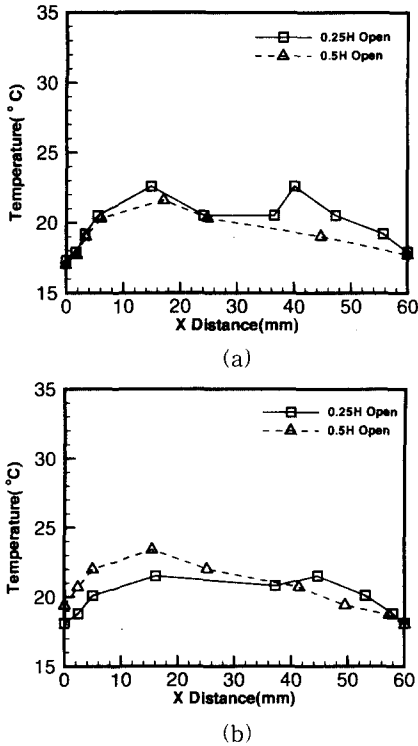


Fig. 7 Effect of the opening length on the horizontal temperature distribution; (a)  $H_o=0.25H$ , at  $y=0.8H$ , (b)  $H_o=0.5H$ , at  $y=0.7H$

부의 크기와 무관하게 비슷한 온도를 갖고 있지만, 오른쪽 공간은 개구부가 큰 경우가 저온의 유입 공기로 인하여 온도가 더 낮게 나타난다. 하지만, 격판의 길이가  $0.5H$ 가 되면, 개구부가 클수록 상승하는 고온 공기가 왼쪽 공간에 갇히게 되어 왼쪽 공간에서는 온도가 더 높게 나타나고, 오른쪽 공간에서는 유입 공기의 영향으로 낮게 나타나고 있다.

Figure 8은 개구부의 크기가  $0.5H$ 인 경우,  $x=1.0W$ , 즉 개구부 출구에서 수직으로 이동하면서 계산된 공기 온도를 나타낸 것이다. 개구부의 하부에는 저온의 공기가 유입되고, 상부에는 고온의 공기가 유출되고 있음을 확인할 수 있다.

격판이 존재하지 않는 경우, 상승 유동이 아무런 방해받지 않고 유출될 수 있기 때문에 가장 고온의 공기가 유출되고 있다. 그러나, 격판이  $0.25H$ 인 경우는 상승 유동이 가장 많이 방해받기 때문에 유출되는 공기의 온도도 가장 낮게 나타난다. 반면에, 격판의 길이가  $0.5H$ 가 되면,

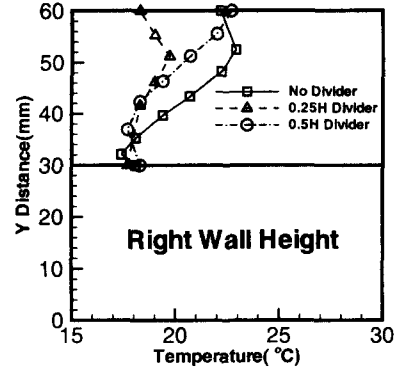


Fig. 8 Temperature distribution at the right vertical wall;  $H_o=0.5H$ ,  $x=W$

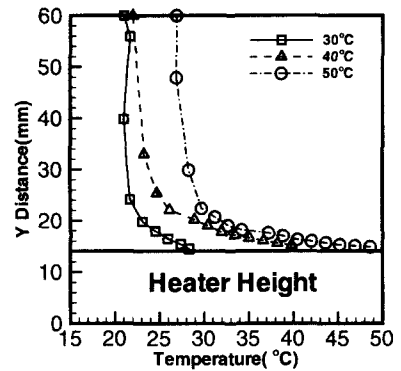


Fig. 9 Effect of heater temperature on the vertical temperature distribution at  $x=0.6W$

상승하는 고온의 공기가 유입 유동에 의해 격판 방향으로 밀리면서 격판과 상부 벽을 타고 유출되기 때문에, 상부 벽 주변의 유출 공기의 온도는 높게 나타난다.

격판이 없고, 개구부가  $0.5H$ 일 때, 발열체의 온도를 변화시키며,  $x=0.6W$  위치에서 발열체 상부에서부터 수직으로 이동하면서 계산된 공기 온도를 Fig. 9에 나타내었다. 격판이 없고, 개구부가 큰 경우에는 상승 유동이 잘 발달하여 공간 상부에 매우 넓은 균일 온도 영역이 발생한다. 발열체 표면 온도로부터 약  $10\text{ mm}$  정도면 공간 중심의 균일한 온도 영역에 도달함을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 홀로그래피 간섭 시스템을 이용하여 사각 공간의 오른쪽 수직벽 상부 일부가 개

방되어 있고, 하부 수평 바닥면에 발열체가 존재하는 경우, 개구부의 크기, 공간 내부에 존재하는 격판, 발열원의 온도가 열유동장에 미치는 영향을 비교, 분석하였다.

간섭 사진으로부터, 개구부의 상부를 통하여 공기가 유출되고 하부를 통하여 공기가 유입되는 것을 확인할 수 있었고, 개구부 크기가 작은 경우는 유출입 공기 유동이 강하지 않아서 좌우대칭적인 온도 분포를 보여 주며, 격판 길이가 작아질수록 상승 유동이 잘 발달하여 공간 상부로의 열전달이 활발해지기 때문에 공간 하부에서 낮은 온도를 나타내었다.

또한, 개구부 크기가 큰 경우에는 유출입 공기 유동이 강해져서, 발열원 상부의 상승 유동을 왼쪽으로 치우치게 하면서, 격판이 0.25H인 경우가 가장 상승 유동을 방해하며 상부로의 열전달이 활발하지 못하여 공간 하부에서 가장 높은 온도를 나타내었다.

### 후 기

본 연구는 한국과학재단 국산연구기기활용연구(98-1006-021-1) 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

### 참고문헌

(1) 손봉세, 1995, "발열체와 개구부가 있는 복합

공간내의 자연대류-복합열전달 연구," 건국대학교 박사학위 논문.

(2) 김태국, 민동호, 손봉세, 한규익, 서석호, 1997, "발열체와 격막이 있고 일부가 열린 복합공간내의 자연대류-복사열전달에 관한 수치적 연구," 대한기계학회논문집, 제21권, 제2호, pp. 235~251.

(3) 추병길, 1997, "개구부를 갖는 사각공간내의 화재에 의하여 생성되는 연소가스 유동 및 성분 분석에 관한 연구," 전남대학교 박사학위 논문.

(4) Myrum, T. A., 1990, "Natural convection From a Heat Source in a Top-Vented Enclosure," *J. of Heat Transfer*, Vol. 112, pp. 632~639.

(5) 김점수, 정인기, 송동주, 1995, "수평 격판을 갖는 상부가 부분 개방된 밀폐공간내의 자연대류," 공기조화·냉동공학 논문집, 제7권, 제3호, pp. 528~537.

(6) 이중섭, 광의섭, 정한식, 권순석, 1999, "좁은 환기 통로를 가진 사각공간 내에서의 대류열전달에 관한 실험적 연구," 대한기계학회 춘계학술대회논문집 B, pp. 594~559.

(7) Enchao Yu and Yogendra K. Joshi, 1998, "Experimental Investigations of Natural Convection in Vented Compact Enclosure," *Heat Transfer 1998, Proceedings of 11th IHTC*, Vol. 3, pp. 411~416.

(8) Vest, C. M., 1979, *Holographic Interferometry*, New York, John Wiley & Sons.