

이중 취출구에 의한 온풍난방시의 열환경 개선

장 인 성 · 김 종 수*

(부경대학교 냉동공조공학과)

(1997년 6월 30일 접수)

Improvement of Thermal Enviromental by Two Air Outlet in Hot Air Heating

I. S. Jang and J. S. Kim

Dept. of Refrigeration & Air Conditioning Engin., of Pukyong Univ., Pusan

(Received June 30, 1997)

Abstract

The objective of this paper is to improve a discomfort caused by the unequal airflow and vertical temperature difference by buoyancy of the supplied hot air in the conventional hot air heating system. In order to the model experiment we manufactured the hot air heater with two air outlet and a model room. We observed the temperature, velocity and airflow distibution and calculated values of PMV and PPD using mean value of central verticality section's air temperature and velocity. We could improve distribution of vertical temperature and velocity at the central section of the model room owing to correlation of hot air of two air outlet.

1. 서 론

공기조화의 목적은 쾌적한 거주환경을 형성하는 것이며, 최종적으로 인간과 접촉되는 실내공기의 상태를 그 목적에 맞도록 조절하는 것이다.

실내환경의 온열감에 영향을 미치는 요소로는 공기의 온도, 습도, 기류 및 주위표면온도가 있으며, 이들의 공간적 분포는 실내에서 균일하지 않다¹⁾. 또한 난방시에는 큰 상하온도차, 냉기류에 의한 콜드드래프트(cold draft), 오염물질의 체재등이 실내의 온열환경을 악화시키는 요인이 된다. 특히, 이러한 요소들중 기류는 온도분포에 큰 영향을 미쳐 거주자의 쾌적성을 좌우하게 되므로 실내공기의 유동과 온도분포는 실내온열환경평가의 중요한 요소가 된다.

종래의 온풍난방기의 취출기류 제어방식으로는 난방시에 발부위의 온열감을 향상시키기 위하여 취출풍량, 풍속 등을 증가시켜, 온풍을 바닥방향으로 취출시킴으로써 불균일 기류에 의한 불쾌감이나, 수직온도차, 소음증가 등의 문제가 발생하고 있다²⁾.

따라서, 본 연구에서는 난방시 천정부근에 정체되어 있는 온풍을 유동시켜 종래의 제어방식에서 발생하는 기류에 의한 불쾌감이나 수직온도차를 해결하기 위한 방법으로서 2개의 취출구(main, sub 취출구)를 가진 팬히터를 제작하여, sub 취출구의 취출풍량에 의한 실내기류분포 및 온도분포를 개선함으로써 쾌적성을 향상시킴과 동시에, 온풍난방기에 대한 설계기초자료를 얻고자 한다.

2. 실험 장치

Figure 1은 본 실험에서 사용한 실험장치의 개략도이다. 모형실은 12.47㎡(3.78평)의 거실을 축척 1/3로 축소시켜 사용하였으며, 취출 Ar 數(1.25 × 10⁻²)의 일치를 상사조건으로 하였다. 모형실내는 크기 2100L × 1100H × 1000Wmm로서 50mm두께의 폴리우레탄폼(λ=0.029(W/m · k))을 사용하여 제작하였으며, 특히 가시화 시험을 하기 위하여 모형실내의 옆면 중 한면에는 6mm 두께의 아크릴 플레이트를 부착하였다.

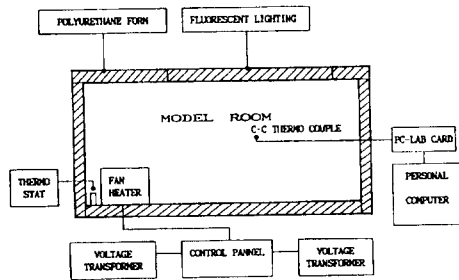
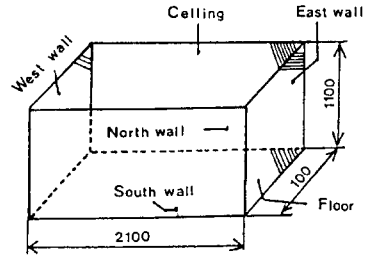


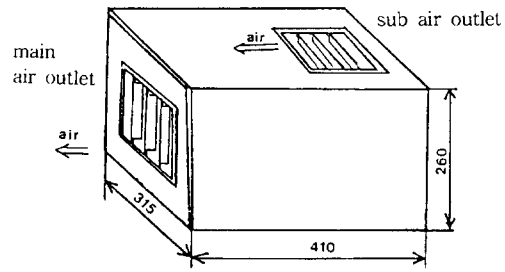
Figure 1 Schematic of experimental set up

본 연구에서 제작한 팬히터의 최대 발열량은 1.4kW이며, 모형실내의 온도가 설정온도에 도달하면 히터 전체가 정지하도록 제어용 패넬을 부착하였다. 이를 위한 실내온도감지 센서는 모형실내에서 순환되는 공기의 온도를 감지하도록 히터 뒷면에 설치하였으며, 히터 중앙에는 과부하방지용 센서를 설치하였다. 또한 원하는 설정온도로 균일하게 유지하기 위하여 0~120W까지 조절할 수 있는 전압조절기를 설치하였다. Figure 2에 본 실험에서 사용한 모형실내 및 팬히터의 개략도를 나타내었다.

Figure 3은 본 실험에서 제작한 팬히터 단면도를 나타내었다. 모형실내에서 순환되는 공기는 팬을 통해 유니트의 전면부와 상부에 설치된 취출구에 의해 모형실내로 취출된다. 전면부의 온풍은 히터를 통하여 취출되는 메인기류이고 상부의 온풍은 히터를 통과하지 않고 모형실내 공기만을 순환시켜 메인기류의 상승을 억제시키는 서브기류이



(a) test room



(b) hot air heater

Figure 2 Test room and front view of hot air heater

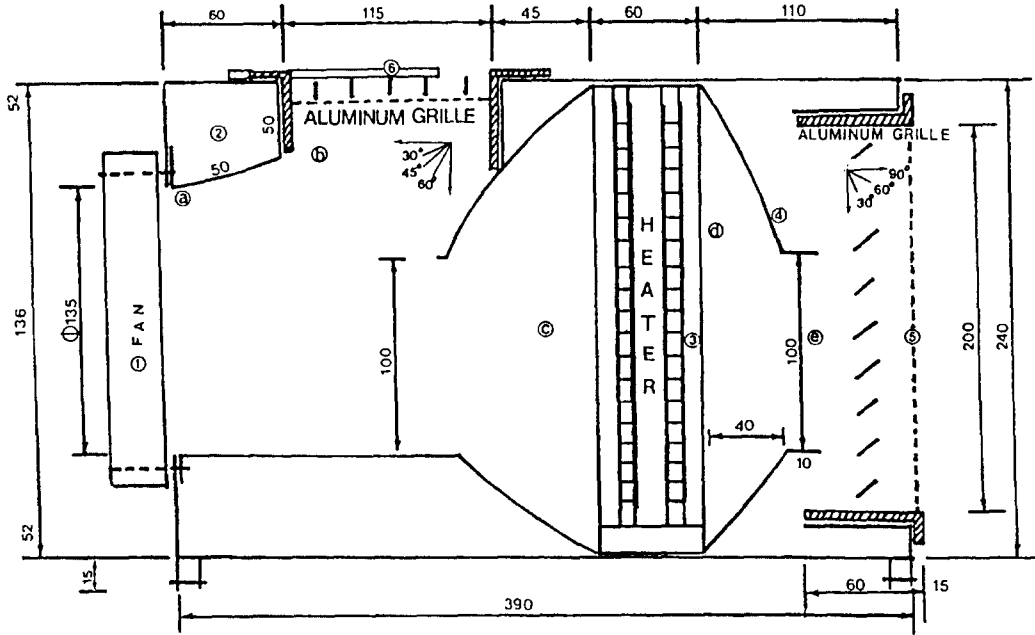
다. 또한 비사용시에는 닫을 수 있는 가동식 취출구로서 천정방향으로 취출된다. Figure 4에 본 실험에서 사용한 취출구의 평면도를 나타내었다. 또한 팬히터의 취출구 및 흡입구의 온도균일성을 검토하기 위하여 0.3mm C · C 열전대를 취출구 8개소(각 취출구 4개소), 흡입구 3개소에 부착하였다.

3. 실험방법

3-1. 온열환경(온도 및 풍속분포)에 대한 측정

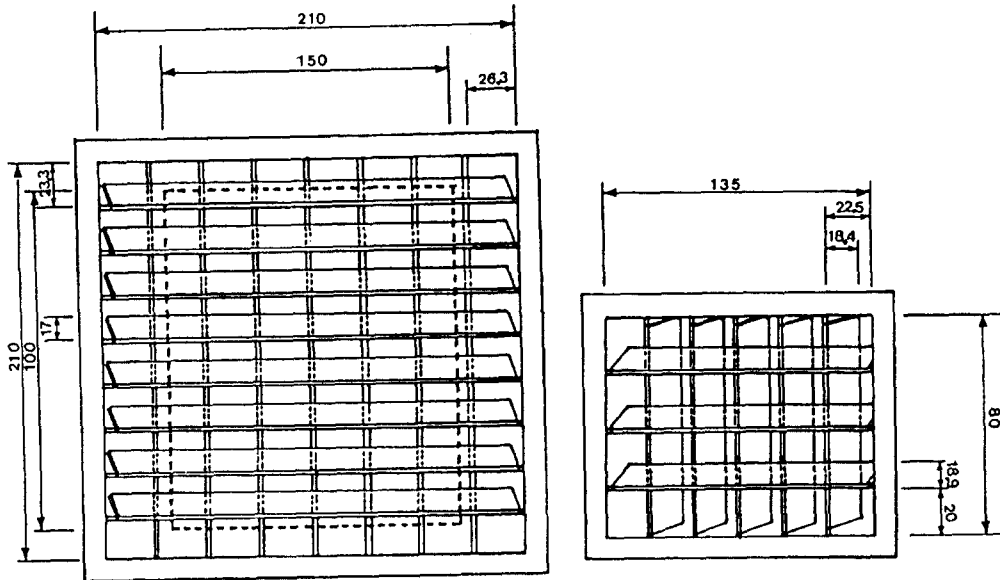
모형실내 온도가 설정온도 보다 낮은 임의의 초기상태에서 운전하여 2분 간격으로 20분간 측정하여 모형실내의 온도 및 풍속분포의 기본적인 관계를 조사하였다. 온풍난방기에서 실내온열환경 변화에 영향을 미치는 것으로서는 취출풍량, 취출풍속, 취출각도를 생각할 수 있다²⁾. 따라서 본 실험에서는 양 취출구의 형태가 그릴형 취출구(double

이중 취출구에 의한 온풍난방시의 열환경 개선



- ① fan
- ② duct \Rightarrow ① 135 ϕ , ② 111 \times 150, ③ 100 \times 150
- ③ heater \Rightarrow B : 350, H : 240
- ④ duct \Rightarrow ④ 250 \times 180, ⑤ 100 \times 150
- ⑤ grille register \Rightarrow open 's : 210 \times 150
- ⑥ grille register \Rightarrow open 's : 115 \times 150

Figure 3 Cross section view of hot air heater



(a) main air outlet

(b) sub air outlet

Figure 4 The plan of double deflection register

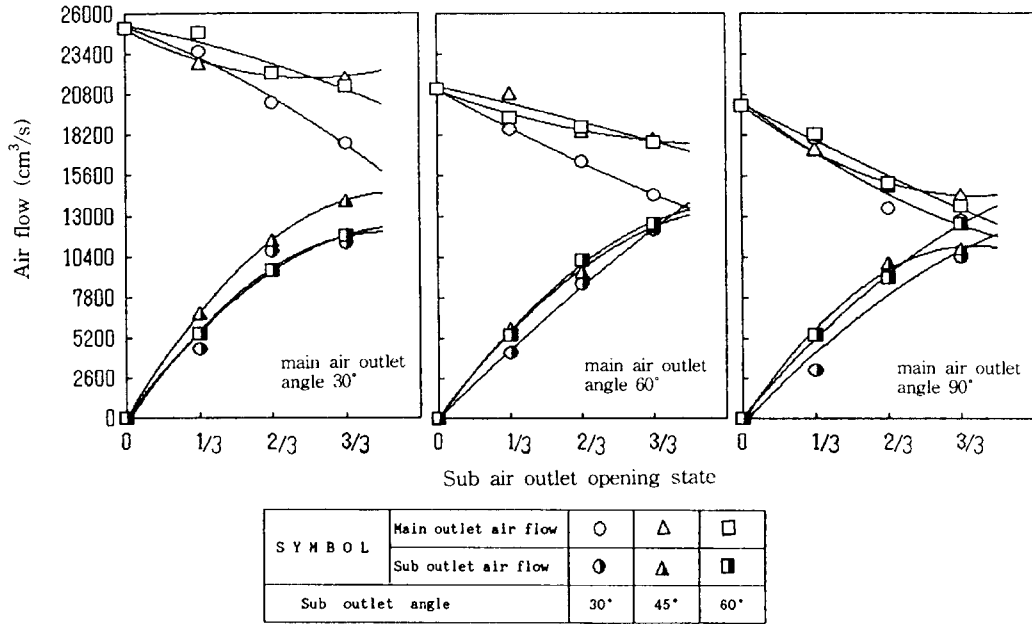
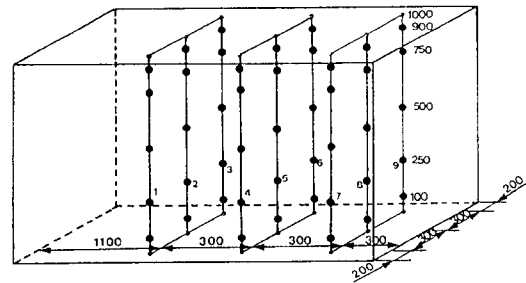


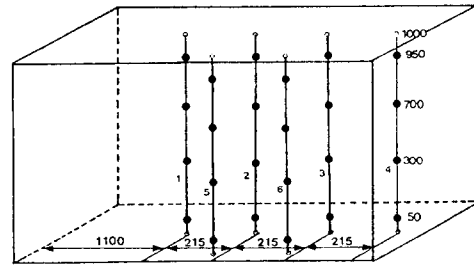
Figure 5 The variation of air flow rate on each experimental modes

deflection register)로서 취출각도 조절이 가능하며, 메인기류의 취출각도를 일정하게 유지시킨 후, 서브기류의 취출각도, 취출구 크기를 변화시키면서 온열환경의 변화를 측정하였다. Figure 5에 본 실험에서 사용한 실험조건에 따른 메인 및 서브기류의 취출풍량의 관계를 나타내었다.

모형실내의 온도 및 풍속 측정점을 Fig. 6에 나타내었다. 모형실내의 열전대의 설치는 길이방향으로 3개소, 폭방향으로 3개소, 수직방향으로 5점, 총 45점을 선정하여 모형실내에서의 공기유동에 영향을 받지않게 하기 위하여 $\phi 0.2\text{mm}$ 강선을 격자상으로 만들어 각 교점에 열전대를 설치하였으며, 온도측정은 PC-Lab카드와 컴퓨터를 이용하여 데이터 분석에 사용하였다. 풍속측정점은 모형실내 길이방향의 중앙부(측정점(Fig. 6 : ①, ②, ③, ④))를 기준으로 좌우(측정점(Fig. 6 : ⑤, ⑥))의 풍속변화가 대칭적이므로 수직방향으로 4점을 선정하였고, 수평방향으로는 6개소를 선정하여 총 24점을 열선풍속계(S101형)를 사용하여 측정하였다.



(a) air temperature measuring point



(b) air velocity measuring point

Figure 6 Air temperature and velocity measuring of test room

3-2. 가시화실험

기류분포의 가시화에는 스모크-와이어(smoke wire)법을 이용하였다. 호름에 수직하게 늘어뜨린 니크롬선상에 유동파라핀을 적셔두고, 순간적으로 통전시키면 파라핀 증기가 상온의 기류에 녹아 응축되어 연기가 된다. 이 연기는 사진촬영시 매우 좋은 백색으로 나타나며, 이것을 추적자로서(tracer)로서 공기의 흐름을 가시화한다. 전열선에 통전하는 전압에 따라 연기의 농도와 발생시간을 전압 조절기로 제어할 수 있는 본 실험에서는 모형실내 기류상태를 가시화할 수 있도록 인가전압을 시행 오차에 의하여 결정하였다. 본 실험에 가장 적합한 전압은 30volt였다. 니크롬선($\phi 0.3\text{mm}$)은 팬히터 전면에서 17cm, 72cm, 122cm의 3개소에 설치하였으며, 또한 모형실의 아크릴면을 제외한 모든 벽면은 사진촬영을 위하여 검은색지를 부착하였다. 조명은 슬릿광을 모형실내에 투사하여 비디오촬영 및 사진촬영을 가능하게 하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4-1. 풍속분포에 따른 실험결과

4-1-1. 수직풍속분포

수직풍속의 측정결과를 분석한 결과, 전 실험을 통하여 서브기류가 거주지역의 온열환경에 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 또한 모형실내 길이방향의 중앙부를 대칭으로 좌우측의 풍속변화가 보다 작게 나타나는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 서브기류 및 메인기류의 상호작용으로 모형실내의 수직풍속차가 감소하는 경향이 나타난다. 특히, 메인기류의 취출각도가 60°인 경우, 서브기류에 의한 수직풍속차가 가장 작게 나타났다³⁾.

4-1-2. 서브기류에 따른 거주지역의 평균풍속

어떤 지점의 불쾌감이나 기류의 형상을 평가하기 위해서는 그 지점의 평균풍속에 의하는 경우가 많다. 따라서 본 실험에서 이용한 평균풍속은 바닥 위 50cm 지점(거주지역)의 평균풍속을 산출하여 사용하였다. Figure 7의 서브기류와 메인기류의 풍량비에 따른 평균풍속의 변화를 살펴보면, 메인

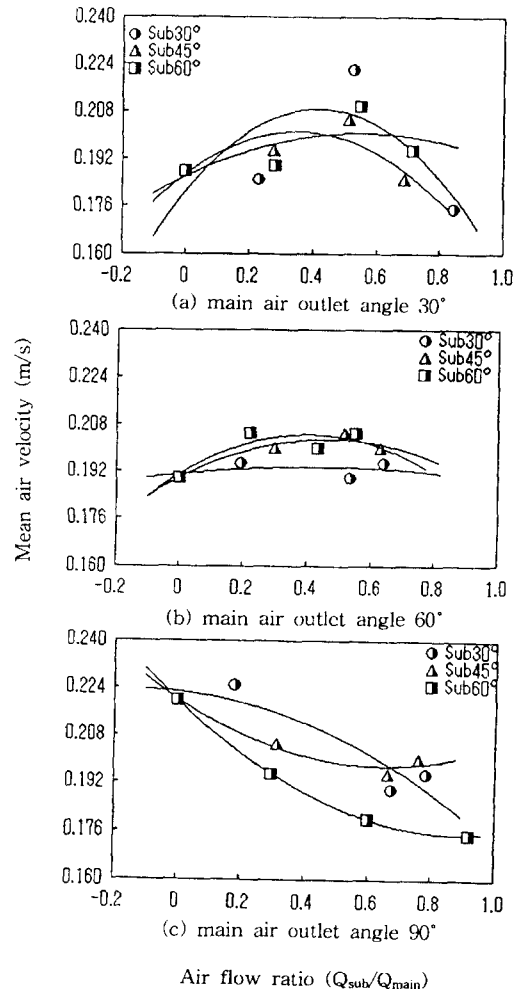


Figure 7 Effect of sub air flow on the mean air velocity of occupancy zone

기류의 취출각도가 30°인 경우에는 풍량비 0.5 부근에서 평균풍속이 크게 나타나는 경향을 보이고 있다. 이는 메인기류가 바닥방향으로 취출되므로 서브기류에 의한 영향이라 생각할 수 있다. 60°인 경우에는 서브기류의 풍량에 따라 평균풍속의 변화가 완만하게 나타나지만, 서브기류의 취출각도가 30°인 경우에는 거의 일정하게 나타났다. 또한 90°(수평취출)인 경우는 서브기류의 취출각도에 관계없이 평균풍속의 감소현상이 뚜렷하게 나타난다. 이는 가시화 실험에서 나타났듯이 팬히터 상부에서 취출되는 서브기류가 메인기류의 확산을 촉진시키기 때문이라 생각된다.

4-2. 온도분포에 따른 실험결과

4-2-1. 수직온도분포

측정은 11월~12월 사이에 실시하였으며, 히터의 공급열량은 216W이며, 측정시 모형실의 외기온이 평균 19℃로서 거의 일정하였다. 따라서 동계 난방시의 실내외온도차를 유지하기 위하여 모형실내 설정온도를 30℃로 하였다. 특히 취출공기의 직접적인 영향을 받는 측정점 (Fig.6 ②,⑤,⑧)에서의 최대수직온도차는 약 7℃였다. 본 실험을 통하여 메인기류의 취출각도가 30°, 60°인 경우는 바닥위 25cm 지점까지, 90°인 경우에는 바닥위 50cm 지점까지 취출온풍의 영향이 나타나 수직풍속분포와 동일하게 온풍이 보다 빨리 확산되는 것을 알 수 있다. 또한 서브기류에 의한 온풍의 상승역효과로 수직온도차가 감소하는 것이라 생각된다³⁾.

4-2-2. 서브기류에 따른 거주지역의 평균온도

Figure 8은 서브기류와 메인기류의 풍량비에 따른 거주지역의 평균온도 변화를 나타내었다. 서브기류가 증가함에 따라 평균온도가 점진적으로 증가(메인기류의 취출각도 : 30°, 60°)하는 것을 알 수 있으나, 메인기류의 취출각도가 90°인 경우는 서브기류가 증가함에 따라 평균온도가 작아지는 것을 알 수 있다. 이는 취출공기가 대향벽면에 부딪혀 벽면을 따라 올라가는 순환류와 서브기류와의 빠른 혼합에 의해 평균온도가 낮아지는 것이라 생각된다.

4-3. 스모크 - 와이어 법에 의한 기류분포의 가시화

Figure 9는 스모크 - 와이어 법을 이용하여 백색의 연기를 발생시켜 비디오 촬영 및 사진촬영한 결과를 파악하여 프로파일(profile)한 것이다. 대상으로 한 실험방식은 메인기류의 취출각도에 따른 풍량비를 0.176, 0.193과 0.551, 0.920으로 하였을 경우를 나타내었다. 한 방향 취출일 경우에는 Fig. 9에서도 알 수 있듯이 바닥 부근의 풍속크기가 상당히 크게 나타나, 기류에 의한 불쾌감을 느낄 우려가 있다. 또한 하나의 커다란 순환류를 형성하여

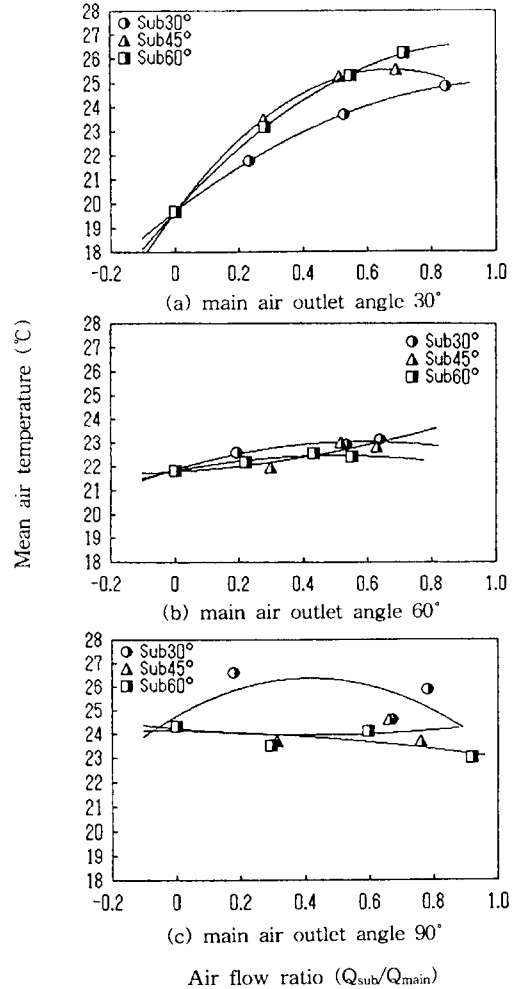


Figure 8 Effect of sub air flow on the mean air temperature of occupancy zone

모형실내 상부측의 온풍이 시간이 경과함에 따라 서서히 정체하는 경향을 알 수 있다. 그러나 풍량비를 0.176, 0.229로 하였을 경우, 서브기류가 상부측 온풍을 유동시켜 미약한 순환류를 형성하게 된다. 또한 풍량비를 0.715, 0.920으로 한 경우는 모형실내 좌측상부에 보다 큰 순환류가 형성되어, 대향벽면을 따라 올라오는 또 다른 하나의 순환류와 부딪혀, 모형실내 좌측상부에서 커다란 와류가 형성되게 된다. 이러한 와류는 모형실내의 기류확산을 촉진시키므로 메인기류를 필요이상 강하게 할 필요가 없게 된다. 따라서 취출풍속을 저하시켜 기류에 의한 불쾌감을 감소시킬 수 있다고 생각된다.

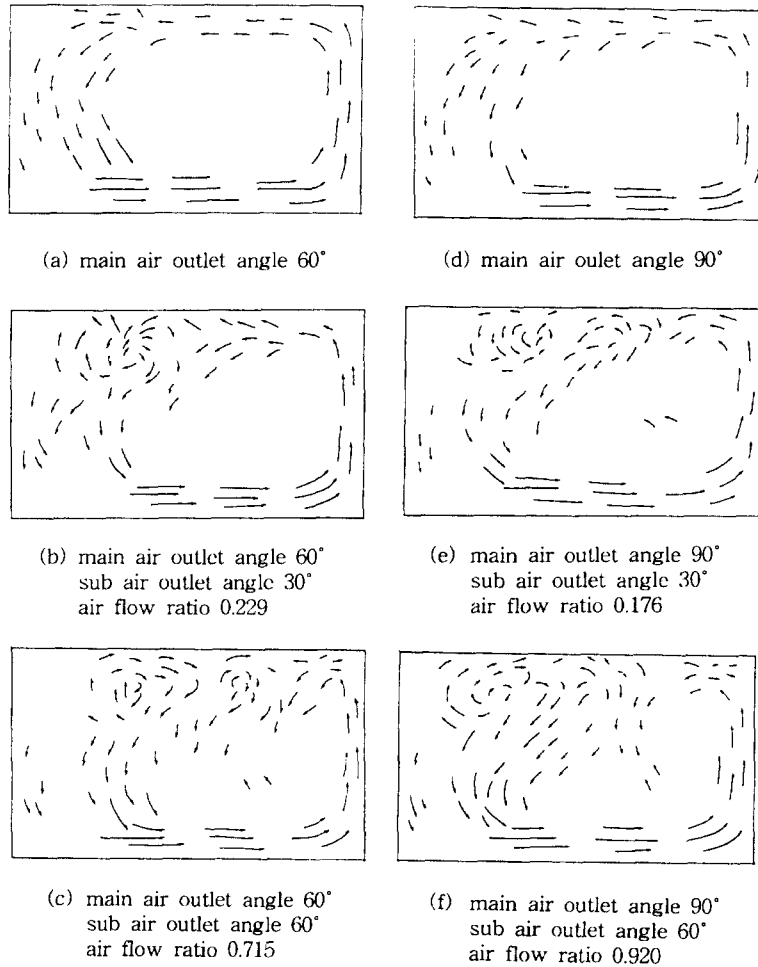


Figure 9 Profile of air flow distribution based on the air flow rate

4-4. PMV & PPD

최근 열환경지표로서 Fanger에 의한 PMV(Predicted mean vote)⁴⁾가 널리 이용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 서브기류에 의한 거주지역의 PMV 변화를 이하의 식을 이용하여 산출하였다.

$$PMV = (0.352e^{-0.042(M/A_{Du})} + 0.032)L$$

여기서 M은 대사량, L은 인체의 열부하, A_{Du} 는 인체의 표면적을 나타내고 있다. PMV지표는 ± 2 사이의 수치로서 표현되며, 온냉감으로서는 7단계 평가도로서 아래와 같다.

- +3 : hot
- +2 : warm

- +1 : slightly warm
- 0 : neutral
- 1 : slightly cool
- 2 : cool
- 3 : cold

또한 인체의 열교환작용시 증발, 대류, 복사에 의한 손실열량은 환경의 온도, 습도, 평균복사온도, 착의상태, 활동상태 등의 6요소에 의해 좌우된다. 따라서 본실험에서는 작업량 1.2met, 착의량 0.805clo, 복사온도 22℃, 상대습도 50%를 일정하게 두고, 거주지역의 기온 및 기류의 평균값을 이용하여 평균 PMV값을 계산하였다.

Figure 10 및 Table 1에 각 실험방식에 따른

PMV 및 PPD의 관계를 나타내었다.

Figure 10에서 알 수 있듯이 메인기류의 취출각도가 30°인 경우에는 서브기류의 취출각도에 관

<표 1> 각 실험 방식에 따른 PMV & PPD

메인기류 취출각도 (degree)	서브기류 취출각도 (degree)	PMV	PPD (%)	최적상태	
				유량비	온냉감
30°	-	-0.75	16.85	0.844	neutral (0.08)
	30°	-0.42~0.08	5.13~8.65		
	45°	-0.16~0.17	5.26~5.63		
60°	-	-0.42	8.66	0.641	neutral (-0.22)
	30°	-0.31~-0.22	6.03~6.94		
	45°	-0.42~-0.26	6.35~8.55		
90°	-	-0.06	5.08	0.660	neutral (0.02)
	30°	0.02~0.32	5.01~7.13		
	45°	-0.15~0.02	5.01~5.44		

* - 표시는 한 방향(메인기류) 취출임을 나타낸다.

계없이 서브기류의 증가에 따라 PMV가 +1 방향으로 증가하며, ±1 사이에 존재한다. 또한 60°인 경우에는 PMV는 -1~0 사이에 존재하지만, 서브기류에 따른 변화는 크게 나타나지 않는다. 90°인 경우에는 ±1 사이에 존재하며, 대체적으로 0 부근에 존재하지만, 서브기류의 취출각도가 30°인 경우에는 서브기류의 증가에 따라 +1 방향으로 증가하는 현상을 보이고 있다.

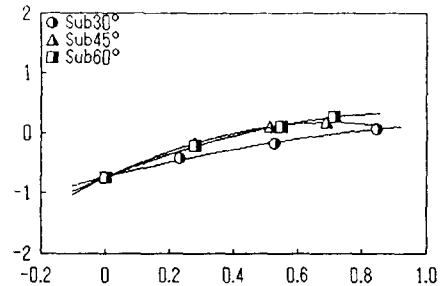
5. 결 론

이중 취출구를 가진 팬히터를 제작하여 온풍난방시 형성되는 거주지역의 온열환경의 특성을 모형실험에 의해 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

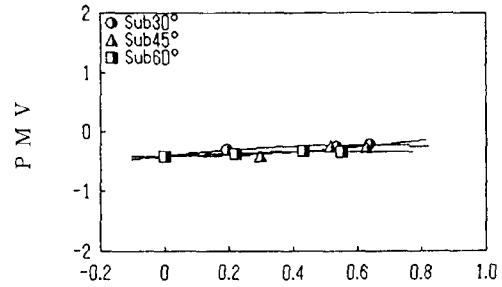
(1) 메인기류 및 서브기류의 상호작용에 따라 모형실내 중앙부의 수직온도 및 수직풍속 분포를 개선할 수 있었다.

(2) 메인기류의 취출각도가 90°일 때, 모형실내 거주지역의 풍속이 저하하여 체감온도가 높게 되므로 실내의 설정온도를 내릴 수 있다.

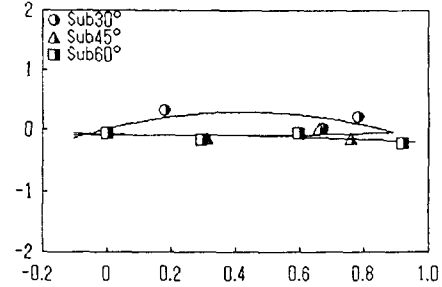
(3) 가시화 실험을 통하여 메인기류의 취출각도가 90°일 때, 메인기류를 필요이상 강하게 할 필요가 없으므로 취출기류에 의한 불쾌감을 감소시킬



(a) main air outlet angle 30°



(b) main air outlet angle 60°



(c) main air outlet angle 90°

Air flow ratio (Q_{sub}/Q_{main})

Figure 10 PMV based on each experimental modes

수 있다.

(4) PMV 값은 메인기류의 취출각도 90°, 서브기류의 취출각도 45°, 유량비 0.660일 때 최적의 값을 나타내고 있다(PMV : 0.016, PPD : 5.00%).

참고문헌

- 1) 勝田高司, 土屋喬雄(1981): 室内空氣分布の模型實驗法に關する研究(第1報~第3報), 空氣調和衛生工學論文集, 17, 1-28
- 2) 菅原作雄(1988): 溫風暖房における快適制御(2), 空氣調和衛生工學學術講演論文集, 9月, 345-348

이중 취출구에 의한 온풍난방시의 열환경 개선

- 3) 장 인성 외 4명(1991) : 난방용 이중 취출구의 온도 및 기류분포 특성, 공기조화냉동공학회 부산지부, 1-5.
- 4) 空氣調和衛生工學會(1987) : 空氣調和衛生工學便覽 第1卷(基礎編), 68 - 70
- 5) 土屋喬雄(1977) : 室内の垂直溫度分布について, 日本建築學會關東支部研究報告集, 77 - 80
- 6) Faye C. McQuiston and Jerald D. Parker(1977) : Heating, Ventilating, and Air Conditioning, 50 - 77, 334 - 363