
工學碩士 學位論文

여름철 실내 수면 시 벽걸이 에어컨
의 취출각도에 따른 온열환경 분석

2007 年 月

釜慶大學校 大學院

冷凍空調工學科

李 相 虎

工學碩士 學位論文

여름철 실내 수면 시 벽걸이 에어컨의 취출각도에 따른 온열환경 분석

指導教授 琴 鍾 洙

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2007 年 月

釜慶大學校 大學院

冷凍空調工學科

李 相 虎

李 相 虎의 工學碩士 學位論文을 認准함

2007 年 月 日



主 審 工學博士 吳 厚 圭 ㉔

委 員 工學博士 琴 鍾 洙 ㉔

委 員 工學博士 金 永 守 ㉔

Contents

List of Figures iii

List of Tables iv

List of Graphs iv

List of Photo iv

Nomenclature v

Abstract vii

제 1 장 서 론 1

1.1 연구배경 및 목적 1

1.2 연구내용 및 방법 3

제 2 장 기초 이론 5

2.1 온열환경의 이론적 고찰 5

2.1.1 환경과 인간 5

2.1.2 온도 6

2.1.3 기류 6

2.1.4 PMV (Predicted Mean Vote) 7

2.2 열해석을 위한 이론적 고찰 12

2.2.1 전산유체역학(CFD) 개념 12

2.2.2 CFD 해석의 이론 13

2.2.3 CFD 해석 흐름도 15

제 3 장 CFD 해석 타당성을 위한 실험 16

3.1 실내 환경의 개요 16

3.2 실험방법 및 측정장치 17

3.2.1 실험방법 17

3.2.2 측정장치 18

3.3 CFD 해석 20

3.3.1 해석 모델 20

3.3.2 경계조건 및 해석 방법 21

3.4 실험과 CFD 결과 비교 분석 22

제 4 장 여름철 실내 수면 시 벽걸이 에어컨의 취출각도에 따른 온열환경 분석 25

4.1 시뮬레이션 개요 25

4.2 모델 결정 26

4.2.1 해석 모델 및 경계조건 26

4.2.2 벽걸이 에어컨의 취출각도 결정 28

4.3 결과 및 고찰 29

4.3.1 기류분포 29

4.3.2 온도분포 34

4.3.2 PMV 분포 39

제 5 장 결 론 43

참 고 문 헌 45

List of Figures

- Fig 1 Interaction between environment and human 5**
- Fig 2 Flowchart for CFD analysis 15**
- Fig 3 Measuring points for temperature 18**
- Fig 4 Schematic diagram of measurement system 19**
- Fig 5 Mesh of the numerical simulation 21**
- Fig 6 Sketch of the ceiling type air conditioner 22**
- Fig 7 Horizontal temperature distribution (F.L+1.1m) 23**
- Fig 8 Model of the numerical simulation 27**
- Fig 9 Vertical airflow distribution of F.L+0.8m 31**
- Fig 10 Horizon airflow distribution of F.L+0.8m 32**
- Fig 11 Vertical temperature distribution of F.L+0.8m 36**
- Fig 12 Horizontal temperature distribution of F.L+0.8m 37**

List of Tables

Table 1 The summary of a room 17

Table 2 The summary of a room 27

Table 3 Boundary condition 28

Table 4 The condition of supply angle 28

Table 5 The condition of PMV factor 40

List of Graphs

Graph 1 Airflow at human's body by supply angle 33

Graph 2 Horizon airflow distribution of F.L+0.8m 34

Graph 3 Temperature at human's body by supply angle 38

Graph 4 Horizon temperature distribution of F.L+0.8m 39

Graph 5 PMV at human's body by supply angle 40

Graph 6 Horizon PMV distribution of F.L+0.8m 41

List of Photo

Photo 1 complete view of experiment 19

Nomenclatures

C	Convection heat loss	$[\text{W}/\text{m}^2]$
clo	Clothing level	$[-]$
C_p	Specific heat under constant pressure	$[\text{J}/\text{kg}, \text{K}]$
C_{res}	Rate of convective heat loss from respiration	$[\text{W}/\text{m}^2]$
d	Production of diffusion substance	$[\text{I}/\text{s}]$
D_m	Diffusivity	$[\text{m}^2/\text{s}]$
DBT	Dry bulb temperature	$[^\circ\text{C}]$
E_{sk}	Rate of total evaporative heat loss from the skin	$[\text{W}/\text{m}^2]$
E_{res}	Rate of evaporative heat loss from respiration	$[\text{W}/\text{m}^2]$
H	Specific enthalpy	$[\text{J}/\text{kg}]$
k	Turbulent energy	$[\text{m}^2/\text{s}^2]$
K	Thermal conductivity	$[\text{J}/\text{m.s}, \text{K}]$
M	Rate of metabolic energy production	$[\text{W}/\text{m}^2]$
met	Metabolism	$[\text{W}/\text{m}^2]$
MRT	Mean radiant temperature	$[^\circ\text{C}]$
p	Pressure of fluid	$[\text{N}/\text{m}^2]$
q	Caloric value	$[\text{J}/\text{m}^3.\text{s}]$
Q	Air volume	$[\text{m}^3/\text{h}]$

R	Gas constant	[J/kg.K]
RH	Relative humidity	[%]
t	Temperature	[℃]
T	Temperature of fluid of solid	[K]
T₀	Standard temperature of fluid	[K]
Tr	Mean radiant temperature	[℃]
ui	Fluid velocity in the direction of xi	[m/s]
v	Air velocity	[m/s]
V	Volume of room	[m³]
W	Mechanical work load	[W/m²]
α_c	Convective heat transfer coefficient	[kcal/m².h.℃]
α_r	Radiant heat transfer coefficient	[kcal/m².h.℃]
β	Body surface coefficient of expansion	[I/K]
η	Coefficient of air change performance	[-]
μ	Coefficient of viscosity	[kg/m.s=Pa.s]
μ_l	Intrinsic viscosity	[kg/m.s=Pa.s]
μ_t	Eddy viscosity	[kg/m.s=Pa.s]
ε_p	Local air change index	[%]
ε_a	Air change efficiency	[%]

The analysis of thermal environment by supply angle of wall-hanging air conditioner at sleeping in summer

Lee Sang ho

Department of Refrigeration and Air-conditioning Engineering

Graduate school, Pukyung National university

Abstract

In summer, main cause which feel displeasure is Temperature and humidity. Human is influenced by solar radiation at daytime and is influenced by the tropical night phenomenon which keep up 26℃ through the night. For the minimum displeasure, we use the air conditioner which control temperature and humidity. Generally, air conditioner divides stand air conditioner and wall hanging air conditioner. Among them, wall hanging air conditioner operates in room such as bedroom. It operates both daytime and night time including sleep. But supply angle of air-conditioner didn't consider at sleep time. Thereby supply air of air-conditioner has considerable a impact on human who is sleeping. If human exposes cooling airflow, human may have headache, suffocation and body heat lowering because of rapid heat exchange between skin and environment. Therefore this research analyzes thermal

environment by supply angle of wall hanging air conditioner at sleeping in summer. Above all we compare experiment data with simulation data at supply angle 60° for the accurate simulation data. Then simulation data Supply angle of wall hanging air conditioner divide five CASE(15°, 30°, 45°, 60°, 75°). The analysis factors are airflow, temperature, PMV (Predicted Mean Vote). Through the analysis, this research finds optimal supply angle at sleeping.



제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

지구 온난화 현상이 가속화되면서 여름철에 실외 기온이 25℃를 넘는 열대야 현상의 발생일수는 점점 증가하고 있다. 이처럼 여름철에 열대야 발생일수가 증가하면서 대부분의 사람들은 무더위로 인해 수면을 취하는데 불편을 호소하고 있다. 인간이 살아가는 동안 깨어서 활동하는 시간은 전체의 2/3 이고, 잠을 자는 시간은 전체의 1/3 이다.

여름철 인간에게 불쾌감을 주는 가장 큰 요인은 온도와 습도이다. 주간에는 일사에 의한 온도가 주된 원인이며, 지구 온난화 현상이 가속화되면서 야간에는 평균 25℃ 이상이 되는 열대야 현상으로 인해 숙면에 지장을 주게 된다. 일반인 대부분이 느끼는 열대야 불면증상은 일시적인 불면증상이나 장기간 계속될 경우 피로증상의 누적으로 인체 건강에 악영향을 끼치게 된다. 이러한 현상을 최소화 하기 위한 방법으로 현대인들은 공기조화기를 사용하게 된다. 그러나, 일반적으로 건물의 공기조화는 인간의 주 활동시간인 낮시간 동안에만 이루어지며 야간에는 실시하지 않는 것이 보통이다. 하지만 열대야 현상이 발생하는 여름철 야간 수면시간 동안에는 재실자가 쾌적하고 편안한 수면을 취할 수 있는 별개의 공기조화 조건이 필요하다.

일반적으로 거주공간에서 이용되는 공기조화기는 크게 스탠드형과 벽걸이형으로 분류 할 수 있다. 스탠드형 에어컨은 주로 거실의 냉방을 담당하고, 벽걸이형 에어컨은 거실을 포함한 거주공간을 담당한다. 그 중 벽걸이형 에어컨은 실내 주간에 공조도 담당하지만 야간 수면 시에도 그 기능을 담당하게 된다. 에어컨의 토출 기류는 실내원이 활동하는

주간 활동 시는 에어컨의 기류에 크게 영향을 받지 않는다. 그러나 야간 취침 시 실내원은 움직임이 없기 때문에 고정적인 취출각도에 의해서 지속적인 취출기류가 실내원에게 영향을 줄 수 있다. 취출기류에 의해 장시간 노출되면 피부온과의 온도차가 커져서 환경과 피부사이의 열교환을 두드러지게 하기 때문에 체온저하에 따른 질병이 생길 수가 있다.

공기조화의 취출각도에 따른 연구는 최근에 들어 활발히 진행되고 있는 실정이다.

田辺新一 등은⁽¹⁾ 관동 지구의 대학생 회사원 남녀를 대상으로 하절기 침실환경에 관한 앙케이트를 하였는데 앙케이트 조사인원 1200 명에서 에어컨을 이용하는 952 명 중 74%가 에어컨의 냉방에 대한 불쾌감을 보였고 그 중 24%가 에어컨의 취출 기류에 따라 불쾌감을 느끼는 것으로 조사 되었다.

에어컨의 취출각도에 대한 기존 연구로서 이진형은 ‘천장형 시스템 에어컨의 토출방향 변화에 따른 실내 열쾌적성 평가’를 통해서 교실내의 천장형 에어컨의 취출각도의 변화에 따라 온도 기류 PMV 분석을 함으로서 최적의 취출각도를 찾기 위한 검토를 하였고,⁽²⁾ 박승익은 ‘교실에서 패키지 에어컨의 취출각도에 따른 열환경 시뮬레이션’을 통하여 패키지 에어컨의 취출각도에 따른 열쾌적성을 평가하는 지표로서 ADPI(Air Distribution Performance Index)를 시뮬레이션으로 검토하였다⁽³⁾.

그러므로 여름철 실내 수면 시 벽걸이 에어컨의 취출각도에 대한 연구가 필요한데, 이것에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 논문은 여름철 실내 수면 시 벽걸이 에어컨의 취출 각도에 따른 기류, 온도, PMV 평가를 하여 최적의 취출 각도를 조성하는 것을 목표로 한다.

1.2 연구내용 및 방법

실내의 온열환경의 특성을 파악하고, 실내환경을 개선하기 위한 본 연구에서는 문헌조사를 통하여 실내 에어컨의 특성을 파악하고, 세부 연구방향을 설정하였다. 그리고 온열환경 측정을 위하여 부산에 있는 아파트의 실내 공간에 대한 물리적인 환경측정을 실시하고, 그에 따른 벽걸이형 에어컨의 대한 수치해석을 수행하였다. 이와 같이 수집한 데이터를 분석하여 온열환경에 대한 개선방안을 비교, 검토 하고자 CFD 상용프로그램인 STAR-CD 를 이용하였다. 본 연구에서 사용된 STAR-CD 는 Computational Dynamic 사의 제품인 상용프로그램이다. CFD 시스템과의 내장 인터페이스를 포함한 STAR-CD 의 구조에 따라서 CAE 환경에 적합하고 이미 확립되어 있는 구조해석 프로그램과 같이 쉬운 사용법과 유효성을 제공한다. STAR-CD 는 난방 및 공조, 크린룸의 설계, 바람의 부하, 화재위험해석, 배연 및 폐기물의 확산, 해양기술, 생리학의 흐름 등 많은 건축환경분야에서 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이 상용프로그램을 적용하여 아파트의 실제 환경을 대상으로 벽걸이형 에어컨의 취출각도에 따른 온열환경을 분석하였다.

본 논문의 각 장별 내용은 다음과 같다.

제 1 장에서는 본 연구의 배경과 목적, 연구 내용, 연구방법을 밝히고 시뮬레이션용 상용프로그램에 대한 간단한 소개를 하였다.

제 2 장에서는 기초 이론으로서 실내 온열환경에 영향을 줄 수 있는 요소와 CFD 해석의 기초이론을 소개하였다.

제 3 장에서는 실내 냉방 시 시간에 따른 온도분포의 실측값과 CFD 값을 비교하여 벽걸이 에어컨에 대한 열환경 해석이 예측 가능하였으므로 CFD 를 신뢰할 수 있음을 증명하였다.

제 4 장에서는 실내 공간을 대상으로 취출 각도에 따른 CFD 분석을 하여 기류, 온도, PMV 에 대한 평가를 하였다.

제 5 장에서는 이상의 결과를 정리하여 최종결론을 도출하였다.



제 2 장 기초 이론

2.1 온열환경의 이론적 고찰

2.1.1 환경과 인간

건축물의 실내공간에 있어서 인체의 온열환경을 취급하는 주된 목적은 인간이 열적으로 쾌적하게 생활할 수 있도록 실내 환경을 조성하기 위한 것이다. Fig 2.1 은 건축과 설비가 만들어 내는 인공적인 환경에서 인간과 실내환경의 관계를 도식적으로 나타낸 것이다.

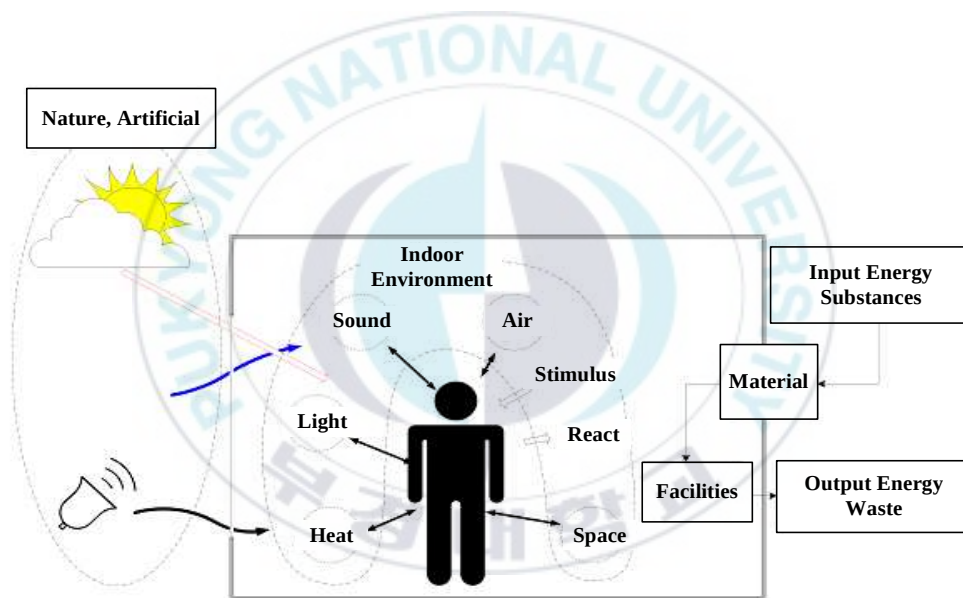


Fig 1 Interaction between environment and human⁴⁾

인간은 직접적으로 열·공기·소리·빛·공간 환경과 영향을 주고받으며 그에 따른 결과로 생리적, 심리적 반응을 나타낸다. 또한 인간의 행동이 환경을 변화시키기도 하며 인간과 환경은 상호영향을 주고받으며 같이 존재한다고 할 수 있다. 따라서 쾌적한 상태라는 것은 주어진 환경에서의 물리적 인자에만 의해 좌우되는 것이 아니라 인간이 주관적으로 느끼는 심리적·생리적 인자와도 깊은 관계가 있기 때문에 이들 사이의 상관관계를 파악하는 것이 무엇보다도 중요하다. ASHRAE Standard에서는 개인의 온열 쾌적함을 ‘열 환경에 대한 만족을 표현하는 마음의 상태’라고 정의하고 있는데⁵⁾, 이것은 몸 전체가 열적으로 중립 상태에 있다는 것을 의미하고, 또한 이것은 몸의 어느 부분에서 국부적인 열이나 추위에 불쾌감이 생기는 경우가 있어서는 안 된다는 것을 의미하기도 한다.

온열 쾌적감의 개념을 물리적인 변수로 변환하여 나타내기는 어려운 점이 있는데, 이는 심리적 쾌적상태를 나타내야 하기 때문이다. 따라서 환경의 평가는 온도, 습도, 소음, 조명 등의 물리적인 수치 외에도 인간의 반응이나 감각 등도 포함하는 다면적인 검토가 이루어져야 한다.

2.1.2 온도

실내 공기의 온도는 건구온도를 말하며, 단위에 따라 섭씨온도[℃], 화씨온도[°F], 절대온도[K] 등으로 표현된다. 보통의 실내조건에서 가장 간단하고 실제적인 온열지표로 쓰인다. 실내에서 상하·수평의 온도분포

가 있는 경우 실내기온을 정확히 표현하기가 어려우며, 의자에 앉아있는 경우 보통 바닥면으로부터 60cm되는 곳을 인체 중심으로 간주하며, 실내 환경의 평가를 위해서 바닥면으로부터 10cm, 60cm, 110cm 높이의 위치에서 공기온도를 측정하는 경우가 많다.

2.1.3 기류

기류란 실내의 공기의 흐름을 말한다. 일반적으로 거주공간에서 기류 속도는 0.5m/s이하를 유지하도록 하고 있다. 기류가 너무 강하면 드래프트(draft) 형상을 일으켜 불쾌감을 느끼게 되고, 더울 때는 같은 기온이라도 기류가 있으면 시원하게 느껴진다. 연구결과에 의하면, 평균기류 속도 뿐만 아니라 기류속도의 변동량도 인체의 열적 쾌적감에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 기온이 26℃이상 28℃까지는 기류속도를 0.8m/s까지 증가시켜도 좋다고 ANSI/ASHRAE Standard 55-1992에서 추천하고 있다⁵⁾.

2.1.4 PMV (Predicted Mean Vote)

PMV 는 인간의 온열 쾌적성에 영향을 줄 수 있는 항목들을 선정하여 그 값을 변화시키면서 다음과 같이 7 척도 설문을 통하여 해당 조건에 대한 사람들의 의사 표시의 평균치를 예측하는 것으로 인체의 열평형에 기초하고 있으며, 인체의 열조절 시스템은 열평형 유지를 위해 자동적으로 피부 온도를 조절하고 땀을 분비하게 된다.

i) PMV 계산식

: PMV 는 또한 아래 식을 통하여 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 PMV &= (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \\
 &\quad (M - W - E_{sk} - E_{res} - C_{res} - R - C) \\
 &= (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \\
 &\quad \times [(M - W) \\
 &\quad - 3.05 \times 10^{-3} (5733 - 6.99(M - W) - P_a) \\
 &\quad - 0.42((M - W) - 58.15) \dots \dots \dots E_{sk} \\
 &\quad - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) \dots \dots \dots E_{res} \\
 &\quad - 0.0014 M (34 - t_a) \dots \dots \dots C_{res} \\
 &\quad - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} (t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4) \dots \dots \dots R \\
 &\quad - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)] \dots \dots \dots C \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기에서,

$$\begin{aligned}
 t_{cl} &= 35.7 - 0.028 (M - W) - I_{cl} \{ 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \\
 &\quad * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \}
 \end{aligned}$$

$$h_c = 2.38 (t_{cl} - t_a) 0.25 \text{ for } 2.38 (t_{cl} - t_a) 0.25 > 12.1 \text{ root } (v_{ar})$$

$$h_c = 12.1 \text{ root } (v_{ar}) \text{ for } 2.38 (t_{cl} - t_a) 0.25 < 12.1 \text{ root } (v_{ar})$$

$$f_{cl} = 1.00 + 1.290 I_{cl} \text{ for } I_{cl} < 0.078 \text{ m}^2\text{C} / \text{W}$$

$$f_{cl} = 1.05 + 0.645 I_{cl} \text{ for } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2\text{C} / \text{W}$$

여기에서, M : 활동량 (metabolic rate), 단위 : 인체 표면에서의 W/m²,

$$1 \text{ metabolic unit} = 1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$$

W : 외부 일 (external work), 단위 : W/m², 대부분의 활동에서 0

I_{cl} : 의복의 단열값 (thermal resistance of clothing), 단위 : m²°C/W, 1 unit of thermal resistance of clothing = 1 clo = 0.155 m²°C/W

f_{cl} : 나체일 경우 인체 표면적에 대한 착의시 인체 표면적 비율

t_a : 공기 온도 (air temperature), 단위 : °C

t_r : 평균 복사온도 (mean radiant temperature), 단위 : °C

v_{ar} : 상대 기류속도 (relative air velocity), 단위 : m/s

P_a : 수증기 분압 (partial water vapour pressure), 단위 : pascals

h_c : 대류 열전달 계수 (convective heat transfer coefficient), 단위 : $W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$

t_{cl} : 의복의 표면온도 (surface temperature of clothing), 단위 : $^\circ\text{C}$

ii) PMV 계산 관련 지표: PMV 를 계산에 사용되는 지표의 적용치는 다음과 같다.

1) 활동량 (metabolic rate): 아래 표를 참조로 하여 계산하다. 보통 좌정 안정 즉, 의자에 앉은 채 쉬고 있을 때의 활동량을 1 로 하여 이 상태를 기준으로 실험 한다⁽⁶⁾.

Activity	Metabolic rate	
	$W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$	met
Reclining		
Seated, relaxed		
Standing, relaxed	46	0.8
Sedentary activity	58	1.0
(Office, dwelling, school, laboratory)	70	1.2
Standing activity	70	1.2
(Shopping, laboratory, light industry)	93	1.6
Standing activity	116	2.0
(Shop assistant, domestic work, machine work)	165	2.8
Medium activity		
(heavy machine work, garage work)		

2) 의복의 단열 값(clo): 의복 저항 값은 작업 종류와 년 중 어느 시기인가를 고려한 아래의 표를 통하여 근사할 수 있다.⁷⁾

Clothing ensemble	I _{cl}	
	(m ² °C/W)	(clo)
Nude	0	0
Shorts	0.015	0.1
Typical tropical clothing ensemble :	0.045	0.3
briefs, shorts, open-neck shirt with short	0.08	0.5
sleeves, light socks and sandals	0.11	0.7
Light summer clothing :	0.16	1.0
briefs, long light-weight-trousers, open-neck	0.23	1.5
shirt with short sleeves, light socks and shoes		
Light working ensemble :		
light underwear, cotton work shirt with long		
sleeves, work trousers, woollen socks and shoes		
Typical indoor winter clothing ensemble :		
underwear, shirt with long sleeves, trousers,		
jacket or sweater with long sleeves,		
heavy socks and shoes		
Heavy traditional European business suit :		
cotton underwear with long legs and sleeves,		
shirt, suit including trousers,		
jacket and waistcoat, woollen socks and heavy		
shoes		

Garment	Icl	
	(m ² · °C/W)	(clo)
Pantyhose	0.002	0.01
Socks : light	0.005	0.03
heavy	0.006	0.04
Underwear : bras and panties	0.008	0.05
half slip	0.020	0.13
full slip	0.029	0.19
briefs	0.008	0.05
undershirt	0.009	0.06
Shirt : T-shirt	0.014	0.09
light, short sleeved	0.031	0.20
light, long sleeved	0.043	0.28
heavy, short sleeved	0.039	0.25
Skirt : warm	0.034	0.22
Dress : light	0.026	0.17
heavy	0.098	0.63
Sweater : light, short sleeved	0.026	0.17
heavy, long sleeved	0.057	0.37
Jacket : heavy	0.076	0.49
Trousers : light	0.040	0.26
medium	0.050	0.32
heavy	0.068	0.44
Shoes : light	0.006	0.04

착의량(clo)를 계산하는 방법은 이 외에도 의복중량으로 계산하는 방법(花田, 三平의 식)이 있으며 그 식은 아래와 같다.⁸⁾

$$\text{clo(male)} = 0.000558 \times \text{의복의 총중량[g]} + 0.068$$

$$\text{clo}(\text{female}) = 0.001030 \times \text{의복의총중량[g]} - 0.0253 \quad (2)$$

2.2 열해석을 위한 이론적 고찰

2.2.1 전산유체역학(CFD) 개념

지구상 혹은 우주의 모든 물리현상을 지배하는 지배방정식은 편미분방정식 형태로 나타나는데, 이들 편미분방정식은 선형 편미분방정식이고 초기 경계조건들이 매우 간단할 경우에만 수작업으로 계산하는 것이 가능하다. 그런데, 이러한 해석적인 방법으로 실제적이고 복잡한 물리현상을 다루는 공학문제를 해결하는 것은 거의 불가능에 가깝다. 그러나 1950년대 공학용 컴퓨터가 출현함에 따라 이러한 해석적 방법의 한계를 극복하기 위하여 편미분방정식을 풀기 위해 컴퓨터를 이용하기 시작하였다. 이렇게 컴퓨터를 이용하여 미분방정식을 푸는 방법을 전산수치해석 또는 시뮬레이션 등으로 부른다⁹⁾.

공학의 지배방정식인 편미분방정식은 연속적인 물리현상을 그대로 표현하고 있어 일종의 아날로그 형태의 방정식이므로 아날로그(Analogue) 컴퓨터의 출현없이도 바로 적분하여 해를 구하기가 현재로는 불가능하다. 즉 컴퓨터는 미분방정식을 해석적으로 푸는 것이 불가능하기 때문에, 계산 영역 내에 배치된 유한한 개수의 격자점에서 종속변수 Φ 의 값을 기본적인 미지수로 취급한다. 격자점에서의 값에 관심을 가진다는 것은 미분방정식의 엄밀해에 포함된 연속적인 정보에 관한 관심을 이산된 위치

에서의 값에 관한 것으로 대치시킨다는 것이다. 이 방법은 이들 미지수에 관한 대수방정식이나 관계식을 만드는 것이 요구되며, 이것을 이산화(Discretization)라고 한다. 또한 선택된 격자점에 관한 Φ 의 미지수를 포함하는 대수방정식을 이산화방정식이라고 부른다.

열전도방정식 및 Navier-Stokes 방정식과 같은 미분방정식을 이산화하는 방법으로 크게 유한차분법(Finite Difference Method), 유한체적법(Finite Volume Method), 유한요소법(Finite Element Method)의 3종류를 들 수 있다.

2.2.2 CFD 해석의 이론

1) 난류 유동장 해석을 위한 지배방정식

유동장의 흐름을 지배하는 3차원 표준 k - ϵ 난류방정식은 다음과 같다.

k 방정식(운동에너지 방정식)

$$\frac{\partial}{\partial t}(pk) + \frac{\partial}{\partial x_i}(pu_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{u_i}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + G_k + G_b - p\epsilon \quad (3)$$

ϵ 방정식(난류운동에너지 소산율 방정식)

$$\frac{\partial}{\partial t}(p\epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(pu_i \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{u_i}{\sigma_k} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right) + C_1 \epsilon \frac{\epsilon}{k} (G_k + (1 - C_3 \epsilon) G_b) - C_2 \epsilon p \frac{\epsilon^2}{k} \quad (4)$$

여기서,

$$G_k = \mu_t \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \frac{\partial u_j}{\partial x_i},$$

$$G_b = -g_i \frac{\mu_t}{\rho \partial_h} + \frac{\partial p}{\partial x_i},$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

에너지 방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(ph) + \frac{\partial}{\partial x_i}(pu_i h) = \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\lambda_{(t-1)}) \frac{\partial T}{\partial x_i} + Q \quad (5)$$

$$\lambda_t = \mu_t / \text{Pr}_t, \quad C_{1\varepsilon} = 1.44, \quad C_{2\varepsilon} = 1.92, \quad C_\mu = 0.09, \quad \sigma_k = 1.0, \quad \sigma_\varepsilon = 1.3$$

2) 압력장 해석을 위한 기본 알고리즘

연속방정식, 운동량보존방정식, 난류운동에너지 보존방정식, 난류운동에너지 손실율 방정식, 에너지 보존방정식 등과 같은 2차 편미분방정식들로 나타낼 수가 있다. 본 논문에서는 PISO(Pressure Implicit with Splitting of Operators)가 이용되었다.

PISO 알고리즘은 반복계산을 하지 않고 시간별 계산을 진행하는 방법으로서 각각의 시간에서 한번의 예측단계(predictor step) 및 수정단계(corrector steps)로 구성되어 있다.

2.2.3 CFD 해석 흐름도

본 논문에서 CFD 문제의 해석을 Fig. 2.2와 같은 순서로 진행했다.

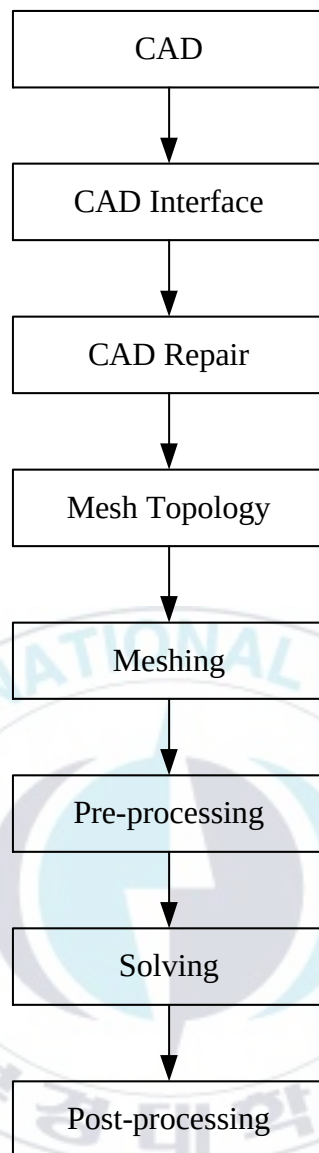


Fig 2 Flowchart for CFD analysis

제 3 장 CFD 해석 타당성을 위한 실험

3.1 실내 환경의 개요

실내 공간의 특성을 파악하기 위해 부산에 있는 L아파트를 지정하여 하절기 실험을 2006년 8월부터 9월까지 실시하였다. 일반 가정에 설치된 벽걸이 에어컨 공조시스템에 대하여 실내 공간에 대한 온도 및 기류 분포를 측정 조사 하였다. 실험대상 교실은 측정오차를 고려하여 최근 신축한 건물로서 단열상태가 양호한 철근 콘크리트 구조를 가진 아파트를 선정하였다. 측정에서는 시뮬레이션을 위한 경계조건 및 예측용 데이터의 취득을 위하여 외기온도, 벽면온도, 수평면 온도 등을 측정하였다.

온열환경을 측정하기 위한 대상 공간의 크기는 $4.2\text{m} \times 3.6\text{m} \times 2.3\text{m}$ 이고, 벽걸이형 에어컨은 천정을 기준으로 1.8m에 설치하였다. 에어컨이 설치되어있는 벽면을 중심으로 오른쪽에는 창이 있고 왼쪽에는 문이 있다. 침대의 크기는 및 높이는 $1.0\text{m} \times 2.0\text{m} \times 0.6\text{m}$ 이고 풍속은 정면으로 했을 때, 취출구에서 1.2m 떨어진 곳에 침대가 놓여져 있다.

Table 3.1 은 CFD 타당성을 실험하기 위한 방의 개요를 나타낸 것이다.

Table 1 The summary of a room

Classification	Contents
Dimensions	$4.2\text{m} \times 3.6\text{m} = 15.12\text{m}^2$
Ceiling height	2.6m
Window (Double window)	$1.5\text{m} \times 2.0\text{m} \times 2\text{EA}$
Coefficient of heat transmission	wall: $0.5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
	Window: $2.9 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

3.2 실험방법 및 측정장치

3.2.1 실험방법

일반적으로 실내 온도측정은 ISO-7730에 따라 바닥 위 0.1m와 앉은 자세일 때 머리 부분에 해당하는 1.1m와의 온도차를 측정하여 비교하고 있으나¹⁰⁾, 본 실험에서는 방안의 온도 분포를 정밀하게 측정하기 위하여 Fig. 3.4와 같은 방법으로 측정을 하였다.

수평면의 온도를 측정하기 위해 바닥에서 110cm 높이에서 침대를 중심으로 등간격으로 9개점을 측정하고 벽체의 온도는 에어컨이 있는 벽을 제외한 벽체온도를 측정하였다.

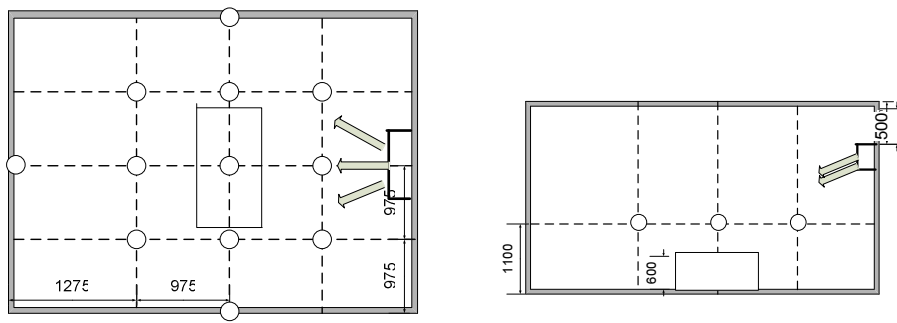


Fig 3 Measuring points for temperature

○: The point of measured temperature

실내 온도는 여름철 24℃가 되도록 기기를 설정하였으며, 실외 온도는 여름철 28℃ 이상일 때 장비를 설치하여 측정하였다. 하절기 야간 냉방측정은 오후 9시부터 실시 하였다. 모든 측정은 기류가 안정된 후 에어컨을 실내 온도 분포가 안정이 되는 시간인 20분까지의 온도를 측정하였다.

3.2.2 측정장치

실내 공기 온도 및 벽체의 온도를 측정하기 위하여 각 측정점에 C-C 열전대를 설치하였다. 온도측정은 Yokogawa사의 MV200을 이용하였으며, 기류측정은 Testo 435를 사용하여 취출구 위치에서



Photo 3.1 Complete view of experiments

3.3 CFD 해석

3.3.1 해석 모델

해석 대상 모델은 CFD 해석의 타당성을 검증하기 위해 실내를 기본모델로 하였다. 모델 크기는 $4.2\text{m} \times 3.6\text{m} \times 2.6\text{m}$ 로써 직사각형 모양이며, 벽걸이 에어컨이 있는 벽을 기준으로 오른쪽에는 창문이 있고 나머지는 전부 벽으로 되어있다.

Fig.3.4는 계산의 대상이 되는 실내를 형상한 것이다. 계산은 벽걸이 에어컨이 실내에 대상으로 수행하였으며, 오후 9시에 가동하여 온도가

안정화 되는 시간인 10분 동안의 1.1m 높이의 온도를 예측하여 결과를 비교하였다.

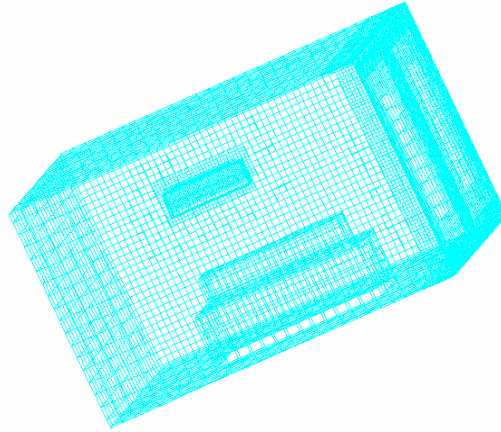


Fig 5 Mesh of the numerical simulation

Fig.3.5는 계산격자의 형성을 나타내었으며 총 격자수는 57779개로 격자 크기는 최대 0.1m로 설정하였다.

3.3.2 경계조건 및 해석 방법

본 연구의 시뮬레이션을 위한 벽걸이 에어컨의 형상은 Fig. 3.6과 같다. 에어컨의 취출 풍속은 약풍일 때의 풍속을 설정하였으며, 실험공간에 설치된 에어컨의 풍속을 측정하여 평균값에 해당하는 2m/s를 입력하였다. Fig 3.4는 계산에 이용된 벽걸이 에어컨의 형상을 나타낸 것이다.

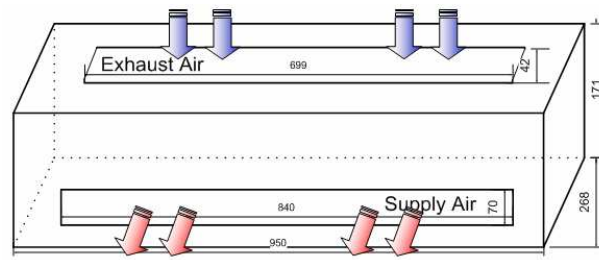


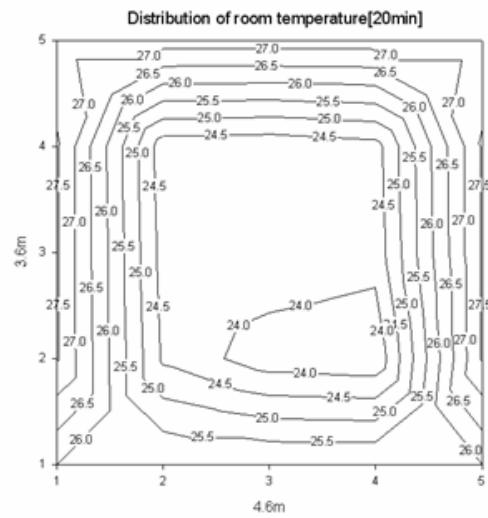
Fig 6 Sketch of the ceiling type air conditioner

실내 초기온도는 28.8°C 로 하였고 벽면 온도는 실측값의 평균으로 설정하고, 벽걸이 에어컨의 취출온도는 22°C 로 설정하였다. 계산모델은 표준 $k-\epsilon$ 난류 모델로 설정하고 Time step size는 10s, 수렴판정은 기류 0.1%, 온도 0.01°C 로 하였다.

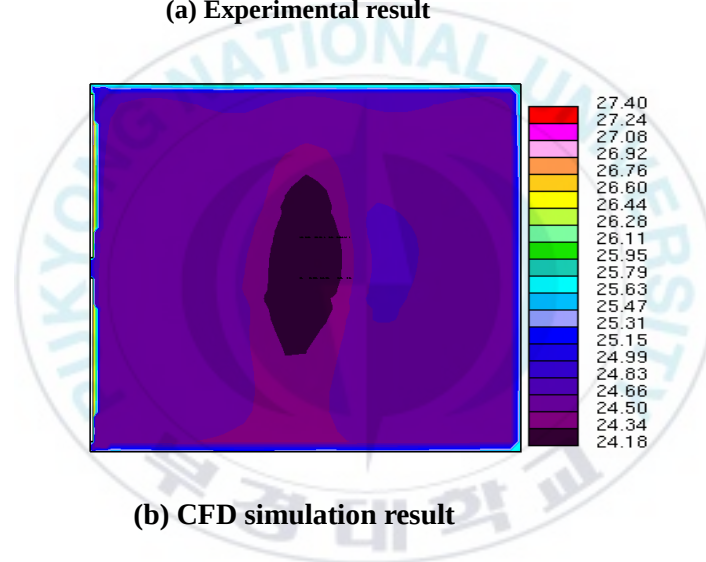
3.4 실험과 CFD 결과 비교 분석

호흡선 1.1m 높이에서의 수평면온도 경우 측정대상 건축물과 동일한 공조모델의 CFD 결과값과 실측값을 비교하여 오차범위를 통해 CFD 예측의 가능성을 판단했다.

Fig.3.7은 하절기 야간 수면 시 1.1m 높이에서 수평면의 실험 온도분포와 CFD 해석 온도분포를 비교한 것 이다.



(a) Experimental result



(b) CFD simulation result

Fig 7 Horizontal temperature distribution (F.L+1.1m)

실험과 해석결과를 전 구역에 걸친 온도 편차로 살펴본다면 모두 3.0℃로 비슷하게 나타났다. 이러한 원인을 살펴보면 벽걸이 에어컨에서 취출된 냉풍이 천정으로부터 뿜어져 나와 1.1m 높이에서는 온풍의

영향을 직접 받게 되어 24℃ 가까이 도달하였지만 벽면 근처에 온도는
외기온도의 영향을 받아 27℃로 유지하였음을 보아낼 수 있다.
기류분포도 바닥 1.1m 높이에서 최대 0.4m/s의 풍속은 온도가 낮은
곳에서 나타났으며 벽면 근처에서는 0.1m/s이하로 나타났다. 이로부터
교실 냉방 시 온도분포의 실험값과 CFD 값을 비교한 결과 실내 벽결이
에어컨에 대한 열환경 해석이 예측 가능하였으므로 CFD를 신뢰할 수
있다. 따라서 본 연구에서는 실내에 침상높이에 따른 온열환경의 요소인
온도 기류 PMV를 분석하여, 수면 시 쾌적한 환경을 조성하는 데 있다.



제 4 장 여름철 실내 수면 시 벽걸이 에어컨의 취출각도

에 따른 온열환경 분석

4.1 시뮬레이션 개요

일반적으로 에어컨을 사용하는 가정에서는 주간뿐만 아니라, 야간에도 사용하게 된다. 그러나 에어컨의 경우에는 일반적으로 취출기류가 고정적으로 되어 있기 때문에 야간 수면 시에 활동량이 적은 실내원은 지속적인 취류 기류로 인하여 불쾌감을 느낄 수가 있다. 따라서 본 연구에서는 실내 수면 시 쾌적한 환경을 위해 재실자의 인체 발열과 외기조건에 따른 벽체와 창문 전열을 고려한 시뮬레이션을 수행하여 이 데이터를 바탕으로 각 CASE별 기류, 온도, PMV분석을 함으로서 여름철 실내 수면 시 벽걸이 에어컨의 최적 취출각도를 찾는 것을 목표로 한다.

분석 방법으로서 침상높이(0.8m)를 중심으로 인체 주변(머리, 배, 발)과 에어컨의 취출구를 중심으로 침상 높이의 수평면에서 룸의 거리에 따른 온도, 기류, PMV 분석을 하였다.

4.2 모델 결정

4.2.1 해석 모델 및 경계조건

해석 대상 공간은 시뮬레이션 검증 실험과 동일한 실내 크기인 $4.2\text{m} \times 3.6\text{m} \times 2.3\text{m}$ 로 선정하였다. 실험대상인 실내의 3차원 열환경 해석을 위해 실측치를 기초로 형상을 모델링하고 모델형상을 Fig. 4.1와 같이 나타내었으며, 격자는 비균일로 구성하였으며, 격자의 개수는 총 150901개이고 그 중에서 Fluid(유체) 격자는 107155개, Solid(고체) 격자는 43746개로 하였다.

경계 조건으로서 초기 온도는 측정값을 이용하였으며, 인체모델은 한국인 평균 남자신체 크기로 설정하였고, 실내 제어온도는 24°C 로 하였다.

인체 주변의 온도, 기류 분포를 정확하게 분석하기 위해 격자생성에서 인체를 2node를 설정하였고, 온도 와 기류를 결정하는 유체인 공기는 온도에 따른 이상기체로 설정하고 온도에 따른 부력항을 삽입하였다. 난류 모델은 K-Epsilon High-Reynolds number로 계산하였다.

수치시뮬레이션에 사용된 벽걸이 에어컨의 냉방능력은 2300W이다. 경계조건은 Table 4.1, Table 4.2에 각각 나타내었다.

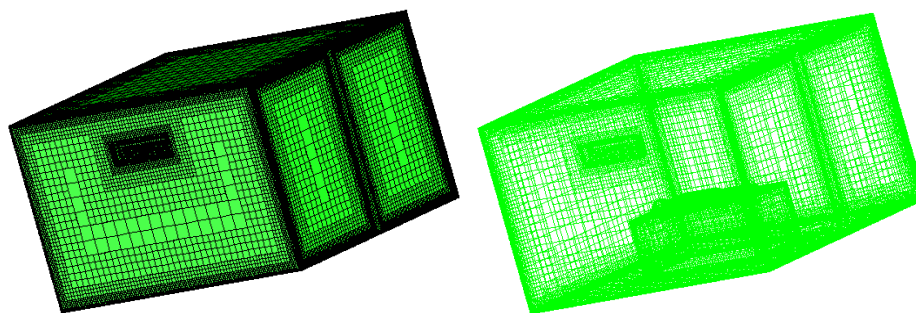


Fig 8 Model of the numerical simulation

Table 2 The summary of a room

Classification	Contents
Dimensions	$4.2\text{m} \times 3.6\text{m} = 15.12\text{m}^2$
Ceiling height	2.6m
Window (Double window)	$1.5\text{m} \times 2.0\text{m} \times 2\text{EA}$
Coefficient of heat	Wall: $0.5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
Transmission	Window: $2.9 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

Table 3 Boundary condition

Persons Model	1.70m (2node) Core Temperature: 36.8℃ ⁽¹¹⁾
Wall-hanging Air-conditioner	Control range : 24℃
Temperature	Initial temperature: 28.8℃

4.2.2 벽걸이 에어컨의 취출각도 결정

벽걸이 취출각도의 결정은 기존 에어컨의 취출각도인 벽면을 중심으로 60° 를 기준으로 하여 기존 논문에서 제시된 방식에 의해서 결정하였다. 최소 각도는 15° 에서 75° 까지 15° 씩 균등 분할 하였다. Table 4.3은 CASE에 따른 취출각도를 나타낸 것이다.

Table 4 The condition of supply angle

	Supply angle(°)	Airflow(m/s)
CASE1	15°	2m/s
CASE2	30°	
CASE3	45°	
CASE4	60°	
CASE5	75°	

4.3 결과 및 고찰

벽걸이 에어컨의 취출각도 별 기류분포 및 온도 분포 및 PMV를 침상으로 기준으로 바닥으로부터 0.8m를 기준으로 머리 배 발에서의 분포를 할 것이며, 에어컨을 중심으로 공조대상인 방의 수평 거리에 따른 기류속도를 침상 위치를 중심으로 분석할 것이다.

4.3.1 기류분포

벽걸이 에어컨의 취출각도에 따른 침상 높이의 기류 분포를 나타낸 것이다. CASE 별 기류 분포는 다음과 같다.

1) 취출각도 15° (CASE 1)

취출구에서 나오는 주 냉기류는 취출각도에 의해 바닥으로 떨어져 대류가 되지 않는 것으로 예측된다. 따라서 피험자의 호흡 높이인 0.8m 일 때는 거의 기류의 영향을 주지 못하는 것으로 판단된다.

2) 취출각도 30° (CASE 2)

에어컨의 취출구가 CASE1과 마찬가지로 침상까지 미치지 않는 것을 알 수 있다. 그러므로 침상을 기준으로 한 기류 분포는 CASE1 과 거의 동일한 양상을 띄고 있는데, 에어컨이 있는 벽면을 중심으로 0.45~0.55m/s 의 기류가 국부적으로 나타나고 침상을 중심으로 대류가 일어나는 것을 알 수 있다.

3) 취출각도 45° (CASE3)

밀의 그림은 취출각도가 벽면을 기준으로 45° 일 때의 기류 분포를 나타낸 것이다. 에어컨의 취출공기는 침상을 중심으로 흐르는 것을 알 수 있다. 그러나 냉기류의 밀도차에 의해 침상까지 취출구의 직접적인 기류가 도달하여 불균일한 분포를 보인다. 침상을 기준으로 기류 분포를 보면 피험자 주변에서 0.15~0.25m/s의 기류가 흐르는 것을 알 수 있다.

4) 취출각도 60° (CASE4)

전체적으로 취출 기류가 확산되는 형태로 나타나고 있으나, CASE3과 마찬가지로 침상 높이에서는 취출구의 직접적인 기류가 영향을 미쳐 기류분포가 침상 기준으로 기류가 흐르는 것을 알 수 있다. 이로 인해 침상높이를 기준으로 한 수평면에서는 0.25m/s~0.35m/s의 기류가 흐르는 것을 알 수 있다.

5) 취출각도 75° (CASE5)

취출구의 직접적인 기류가 침상위로 흐름으로 인해 침상 주변의 기류 분포는 균일하게 나타나는 것으로 예측된다.

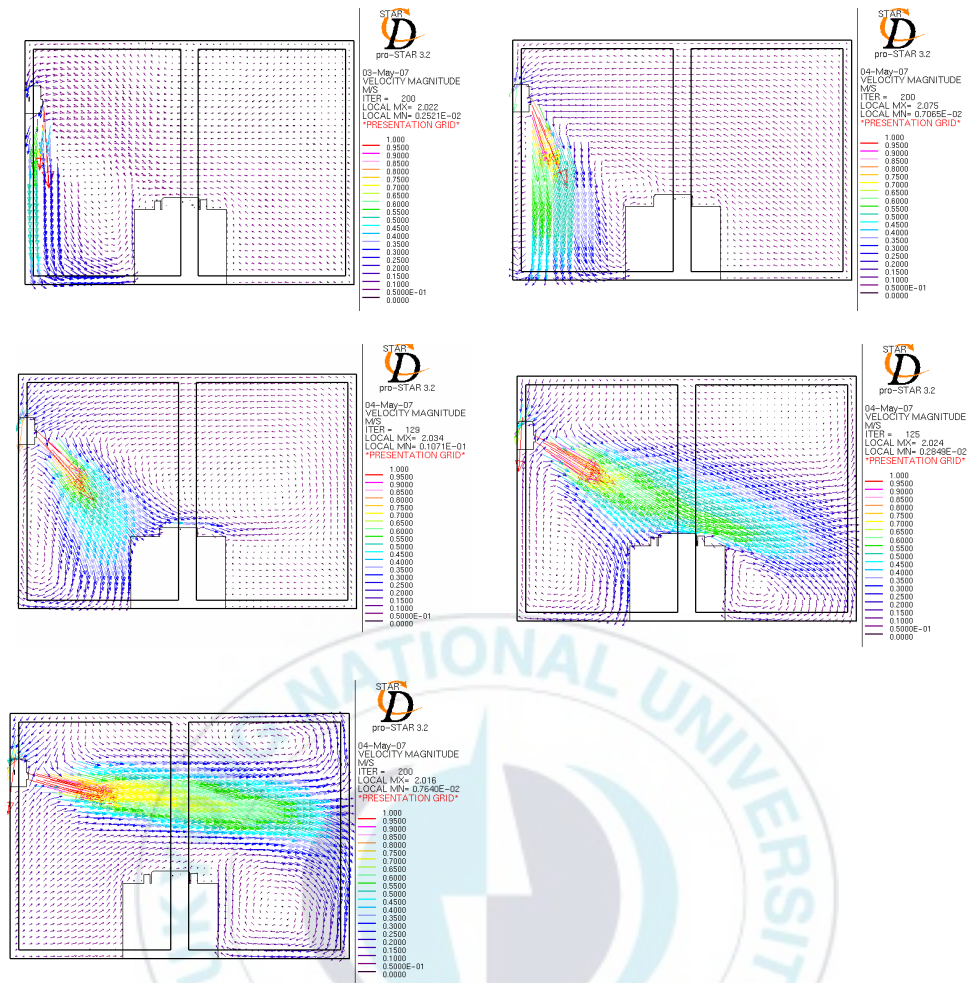


Fig 9 Vertical airflow distribution of F.L+0.8m

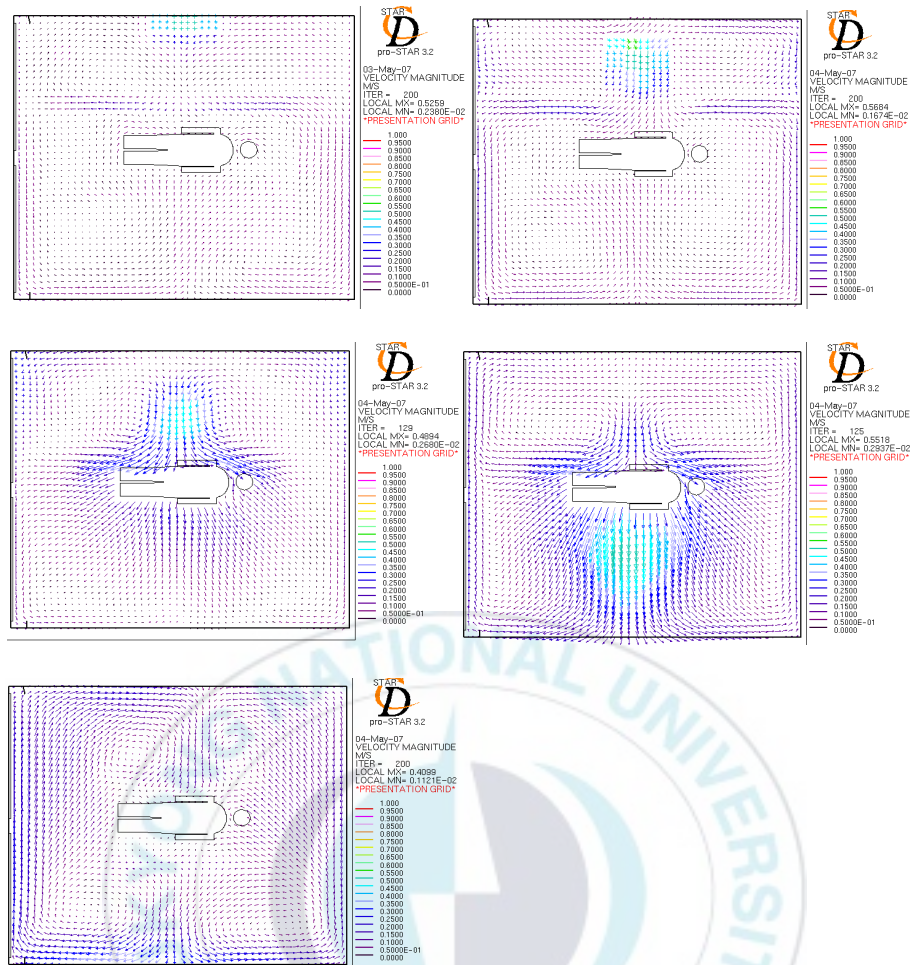
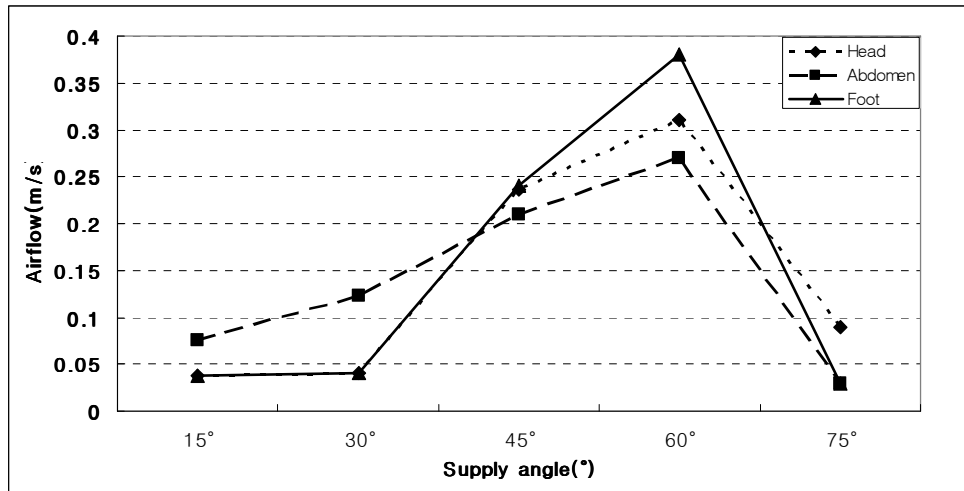


Fig 10 Horizon airflow distribution of F.L.+0.8m

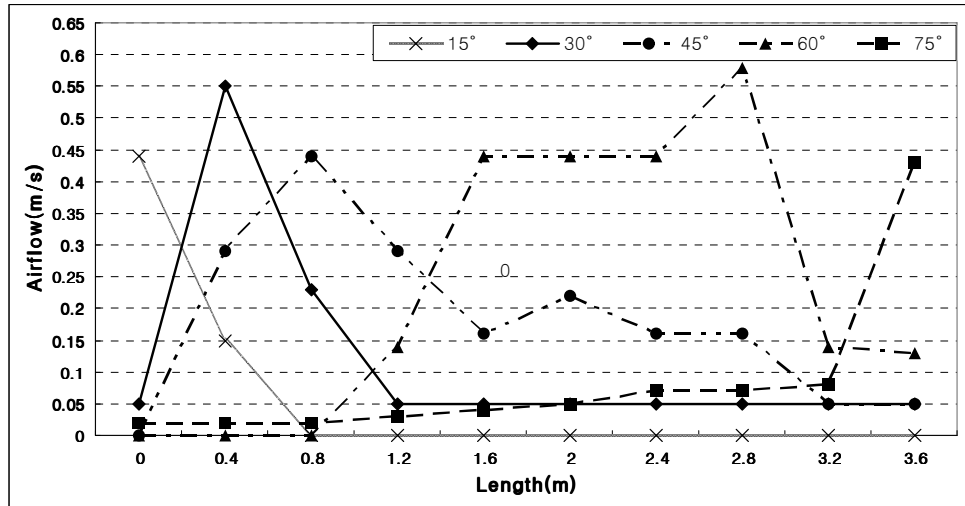
Graph 4.1은 취출구에서 1.2m 지점에 있는 인체의 신체 부분에 따른 기류 분포 및 침상 높이의 수평거리에 따른 기류 분포를 그래프로 나타낸 것이다. 전체적으로 취출구의 직접적인 기류의 영향을 받는 CASE2와 CASE1일 때는 0.2~0.4m/s의 기류가 형성되고 나머지 CASE는 기류의 형성이 0.15m/s이하로 흐르는 것을 알 수 있다. 따라서 CASE2와 CASE3

일 때는 온도의 영향에 따라 국부적으로 불쾌감을 줄 여지를 보인다.



Graph 1 Airflow at human's body by supply angle

Graph 4.2는 벽걸이 에어컨의 취출구를 중심으로 바닥으로부터 0.8m에서 수평 방향에서의 기류 분포를 거리별로 나타낸 그래프이다. 일반적인 에어컨의 취출각도인 60°인 경우는 0.8m의 높이에서 0.2m/s~0.6m/s로 분석되었고, 45°를 제외한 나머지 CASE는 취출구에서 나오는 중심기류를 제외하고는 대류에 의한 기류속도만을 나타내고 있다.



Graph 2 Horizon airflow distribution of F.L+0.8m

4.3.2 온도 분포

벽걸이 에어컨의 취출각도에 따른 침상 높이의 온도 분포를 나타낸 것이다. CASE 별 온도 분포는 다음과 같다.

1) 취출각도 15° (CASE1)

취출기류는 벽면을 따라 형성되고 있기 때문에 실내로 찬공기가 대류가 되지 않는 것을 알 수 있다. 그러므로 침상 주변의 온도는 26℃ 이상으로 형성되는 것으로 예측 되었다.

2) 취출각도 30° (CASE2)

다음은 취출각도가 30° 일 때의 온도 분포를 나타내었다. 침상높이인 0.8m를 기준으로 했을 때 CASE1 보다는 찬공기의 대류가 더 잘되는

것을 알 수 있다. 따라서 인체 주변의 쾌적한 온도인 25~26℃의 범위로 나타나는 것으로 예측 되었다.

3) 취출각도 45° (CASE3)

다음은 취출각도 45° 일 때 수직 수평 온도 분포를 나타낸 그래프이다. 에어컨의 취출기류는 침상을 주변으로 흐르는 것을 알 수 있다. 이것을 침상 위의 온도 변화에도 관계되어 침상 주변의 공기는 쾌적 온도 범위인 24~25℃로 나타나는 것을 알 수 있다.

4) 취출각도 60° (CASE4)

다음은 취출각도 60° 일 때 수직 수평의 온도분포를 나타낸 것이다. 에어컨의 취출기류는 피험자 주변에 직접적으로 가는 것을 알 수 있다. 따라서 피험자 주변에는 24℃ 보다 더 낮은 온도가 형성되는 것으로 예측 되었다.

5) 취출각도 75° (CASE5)

취출각도가 75° 일 때의 수직 수평 지점의 온도 그래프이다. 에어컨의 취출기류는 침상을 지나서 벽면으로 바로 가기 때문에, 실제로 침상 주변에서는 기류의 영향을 받지 않으나 대류 현상으로 인해 온도의 분포는 24~25℃ 사이에서 형성되는 것으로 예측 되었다.

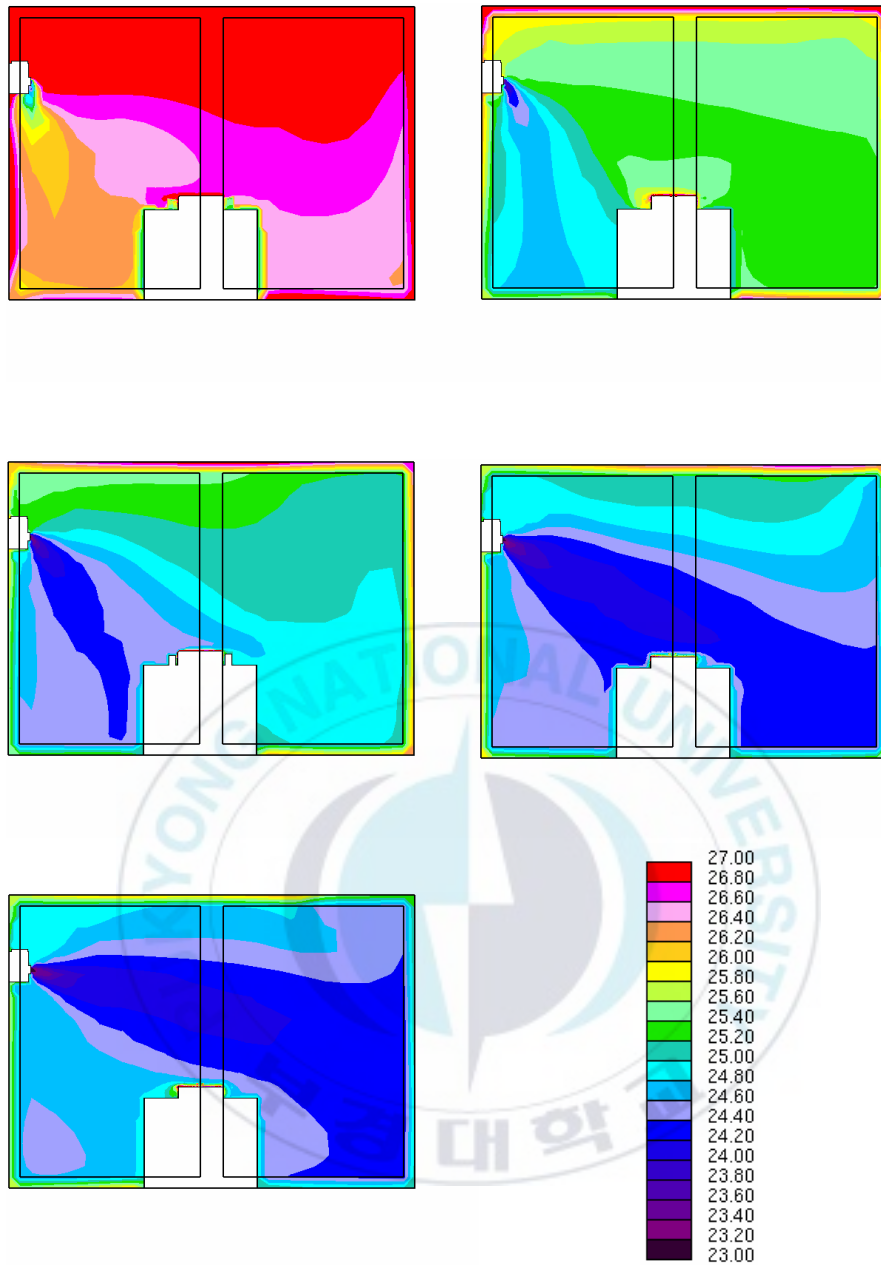


Fig 11 Vertical temperature distribution of F.L.+0.8m

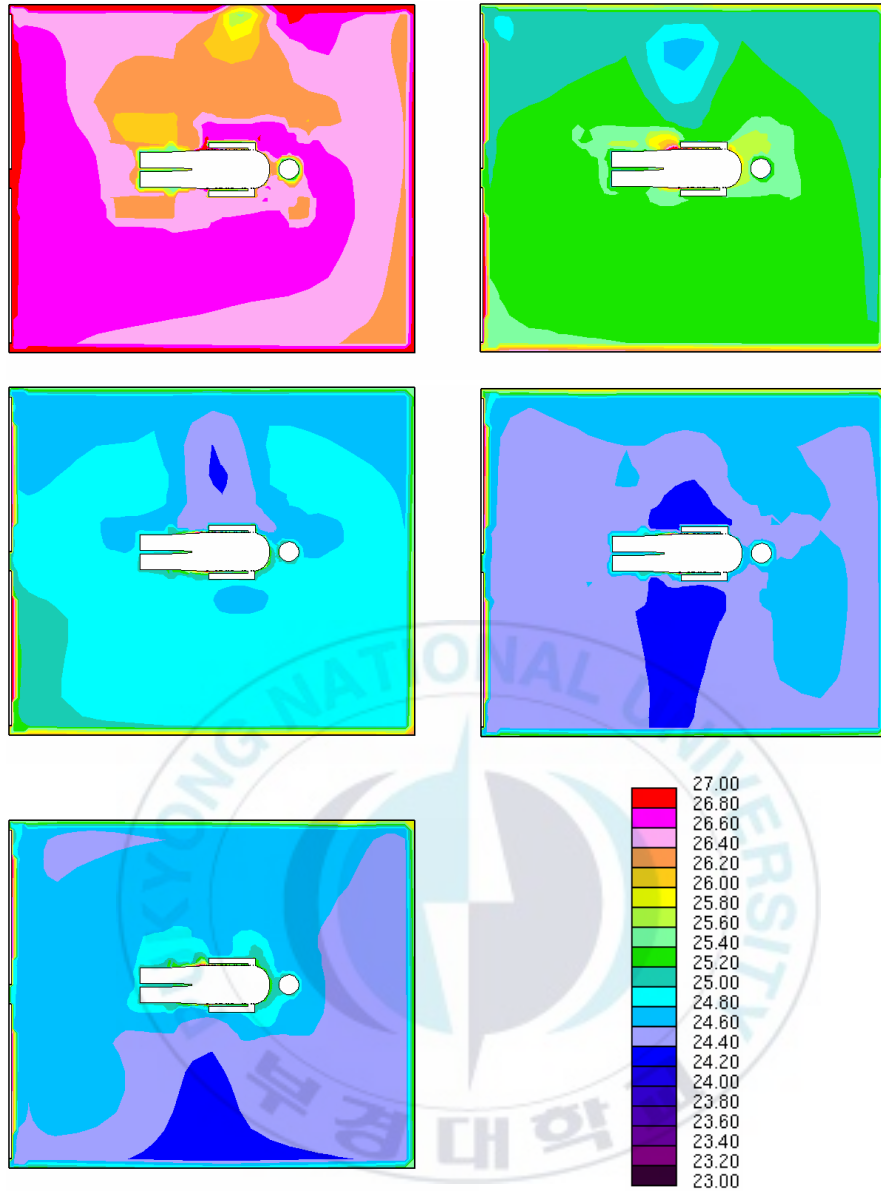
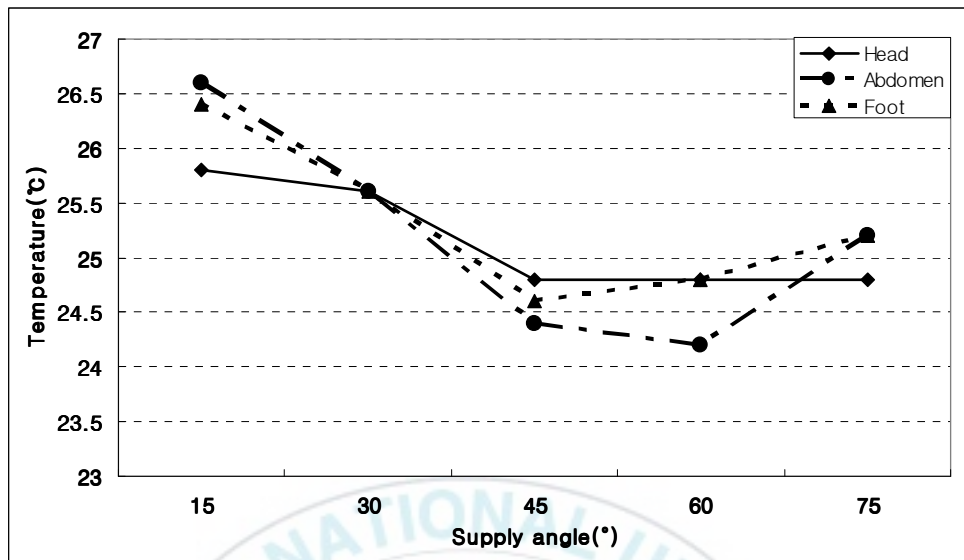


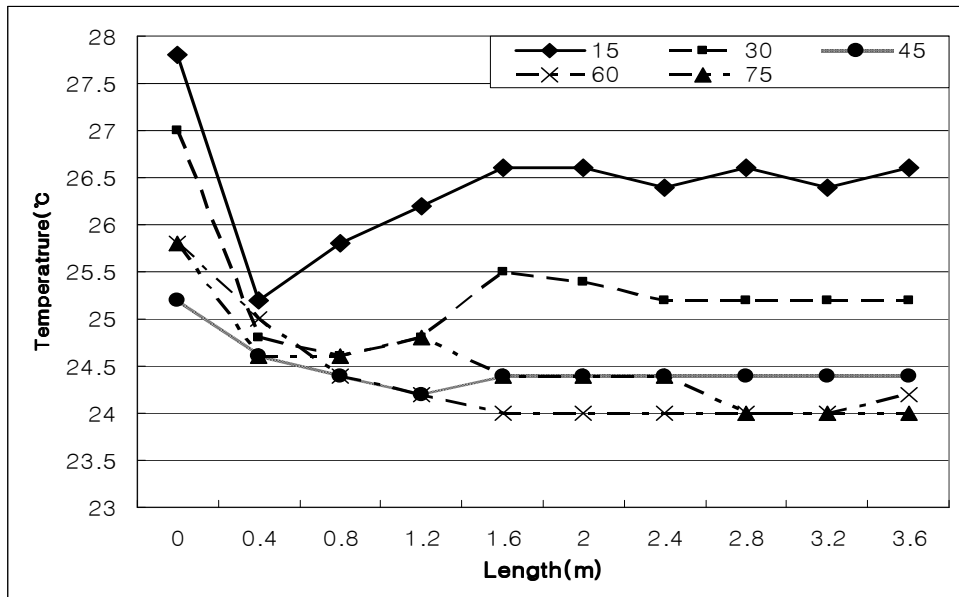
Fig 12 Horizontal temperature distribution of F.L.+0.8m

다음은 피험자 주변의 온도 분포를 나타낸 그래프이다. CASE1을 제외한 나머지 CASE에서는 여름철 쾌적범위인 23~26℃ 사이에서 형성

되는 것으로 나타났고, 온도의 편차는 1℃를 넘지 않는 것으로 나타났다.



Graph 3 Temperature at human's body by supply angle



Graph 4 Horizon temperature distribution of F.L.+0.8m

4.3 PMV분포 해석

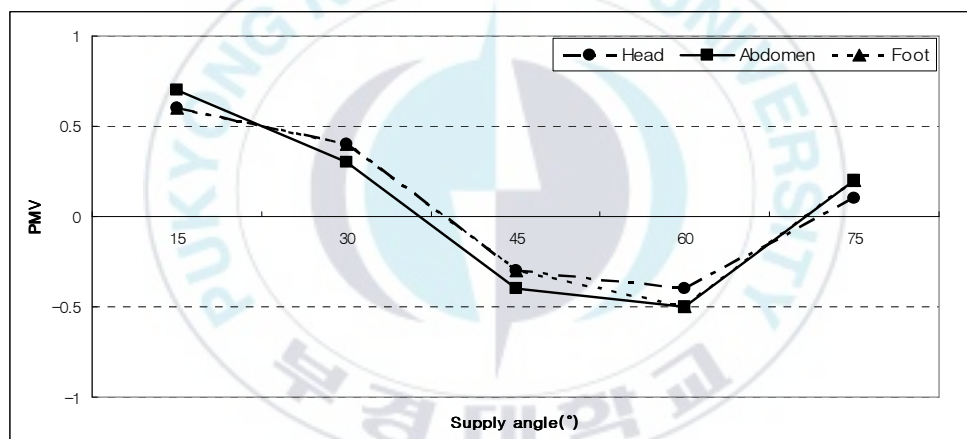
벽걸이 에어컨의 취출기류에 따른 PMV분포를 예측하기 위해서 침상높이의 수평면 PMV를 분석하였다. PMV 분포는 에어컨의 중심 기류를 세로로 나눈 것을 0.8m를 기준으로 거리에 따라 측정하였다. clo 치는 花田, 三平의 의복중량법⁽⁸⁾에 의해서 이불을 포함하여 0.7로 할 것이며, Met은 안정 상태 중 수면 시 대사량 값인 0.7을 사용하였다¹²⁾. 복사온도는 실험값에 의해 야간 시에는 복사온도와 실내 평균 온도와의 관계를 분석한 결과 차이가 없다고 판단하여 실내온도 값을 이용할 것

이며, 상대습도는 에어컨의 제어값인 60%를 사용할 것이다.

PMV를 계산하기 위한 조건은 Table 4.4로 표시하였다.

Table 5 The condition of PMV factor

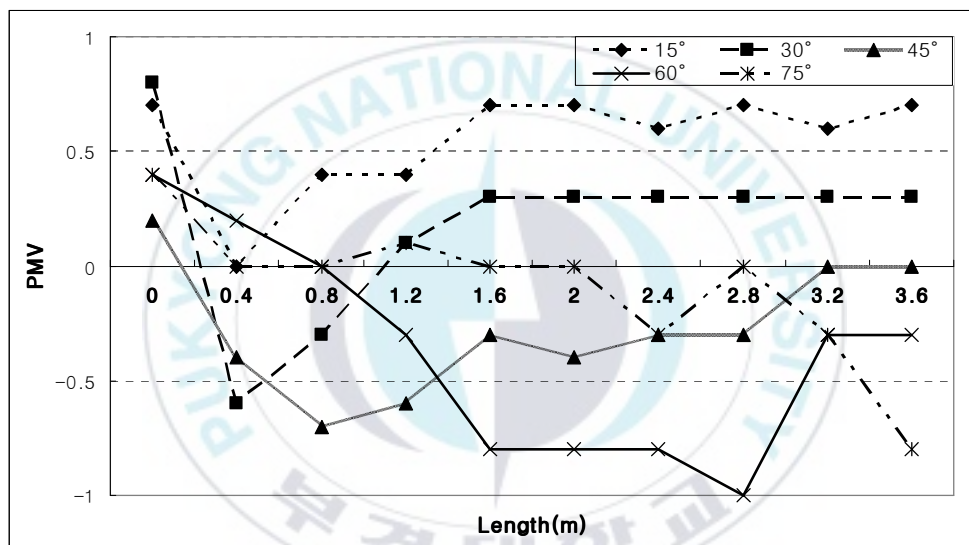
met	0.7
clo	0.7
Radiation Temperature	24° (indoor mean Temperature)
Mean Radiant Temperature	$MRT = GT + 2.35 \sqrt{v} (GT - Ta) = 24^{\circ}\text{C}$
Relative Temperature	60%



Graph 5 PMV at human's body by supply angle

Graph 4.5는 취출구에서 1.2m 위치에 있는 피험자의 머리, 배, 발의 PMV 분석을 한 것이다. 전체적으로 보면 CASE1을 제외한 부분에서 PMV로

제시하는 쾌적범위에 만족하는 것으로 나타났다. 그 중에서 CASE2와 CASE5는 약간 더운 상태를 나타내었고 CASE3과 CASE4는 야간 추운 상태를 나타내었는데, CASE2와 CASE5는 기류의 영향을 거의 받지 않아서 약간 더운 상태로 나타났고, CASE3과 CASE4는 기류의 영향을 받아 야간 추운 상태로 나타났다. 그리고, 약간 더운 상태에서는 찬공기의 대류에 의해서 CASE5가 더욱 PMV=0(안정상태)에 가까운 것으로 판단되었다.



Graph 6 Horizon PMV distribution of F.L+0.8m

Graph 4.6은 에어컨의 취출구를 중심으로 수평방향의 거리 별 PMV 분포를 나타낸 것이다. 전체적으로 ASHRAE 에서 지정하는 $0.5 > PMV > -0.5$ 범위를 크게 벗어나지는 않는 것으로 나타났으며, CASE1인 경우에는 실

내에서 거의 대류가 일어나지 않아서 PMV의 범위를 벗어났고 CASE4에서는 기류의 직접적인 영향으로 인해 PMV의 범위를 벗어나는 것으로 나타났다. CASE2, CASE3, CASE5는 침상을 기준으로 한 수평 PMV분포에서는 쾌적한 것으로 나타났으나, CASE2의 경우에는 기류의 대류가 순환되지 않아서 발생하는 온도의 영향으로 +방향(약간 덥다)으로 치우치는 경향을 보였고, CASE3의 경우에는 기류의 영향으로 -방향(약간 춥다)으로 치우치는 경향을 보인다. 반면 CASE5인 경우는 중립상태를 나타내는 PMV=0 에 가까운 수치를 보였다.



제 5 장 결 론

여름철 수면 시 쾌적환경의 조성을 목적으로 벽걸이 에어컨의 취출각도에 따른 침상높이의 기류, 온도, PMV분석을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) CASE4는 에어컨의 취출기류가 실험 인원에 직접적으로 영향을 주기 때문에 0.8m에서의 거리를 기준으로 한 평가에서 인체에 불쾌감을 줄 수 있는 것으로 나타났다.

(2) 온도는 CASE 1을 제외한 모든 CASE에서 전체적으로 여름철 쾌적온도인 23~26℃로 나타났으며, 침상 높이를 기준으로 한 결과로 에어컨의 토출 기류가 직접적으로 영향을 미치는 범위를 제외한 나머지 구역은 전체적으로

(3) 취출각도 별 거리에 따른 PMV를 분석한 결과 CASE5 일 때 PMV값이 0에 가깝게 분포가 되어 가장 쾌적한 것으로 나타났으나, CASE2, CASE3일 때도 일반적으로 만족하는 PMV 값을 나타내었다.

따라서, 본 연구의 결과는 CASE5 일 때 온도, 기류에 따른 PMV의 값이 가장 좋은 것으로 나타났으나, 기본적으로 한정된 조건에서 수행하였기 때문에 다른 요소 (기류속도, 침상높이 등)에 따른 연구가 더 행하여져야 된다고 판단된다.



참 고 문 헌

- [1] 田辺新一, “寢室 ・ 寢床内環境の快適性に関するアンケート調査”, 空氣調和衛生工學學術研究論文集, pp1253~1256, 1995-10]
- [2] Lee Jin hyung, “Evaluation of Indoor Thermal Comfort for Ceiling Type System Air-Conditioner with Various Discharge Angles”, 大韓設備工學會, 2006, pp 1180~1185.
- [3] Park seung ik , “Computer Simulation on the Thermal Environment by the Diffusion Angle of Packaged Type Air Conditioner in Classroom” ,大韓建築學會 2002, pp243~250.
- [4] Ahn Chul lin, “Study on the Characteristics of thermal environment and air quality in school buildings” , Bukyung Univ, 2004
- [5] ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, “Thermal Environment Conditions for Human Occupancy” , ASHRAE, 1992.
- [6] ISO, Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort, ISO 7730, 1984, p.7.
- [7] ISO, Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort, ISO 7730, 1984, p.8~9.

-
- [8] 花田嘉代子 : 着衣量, 溫冷感シンポジウ[溫熱環境測定法] 空氣調和衛生工學會 ,1992
- [9] Shim, Shang-Kooun “Evaluating thermal performance of an Air-Flow Curtain wall system in Buildings” , Hanyang Univ
- [10] Li Mei hua, Thermal environment analysis of a classroom by CFD simulation for resolving optimal temperature sensor position in ceiling type air-conditioning system, Bukyung Univ, 2006
- [11] Shuzo Murakami, “Combined simulation of airflow, radiation and moisture transport for heat release from a human body” , Institute for research in construction, Tokyo Univ.
- [12] 快適に溫熱環境のメカニズム, 空氣調和衛生工學會, pp119

감사의 글

- 2005 4 월 - 저의 실험실 생활의 첫 단추였습니다. 만 2 년 3 개월 동안의 생활을 정리하는 과정에서 대학원 생활을 돌이켜 보면, 전공에 대한 막연한 기대를 가졌던 나에게 구체적인 방향을 제시해준 계기가 된 것 같습니다. 가을에 열매를 수확할 수 있는 것도 여름 동안 인고의 과정을 거쳐야 되듯이, 제가 논문을 무사히 마칠 수 있는 것도 그런 과정을 거쳤기 때문인 것 같습니다. 그 동안에 어려움도 많았고 나름대로 성취감도 느꼈습니다. 이것은 저에게는 느끼지 못했던 감정이었습니다. 그것을 깨닫게 해준 건축환경설비 연구실에게 감사합니다. 먼저 본 논문이 완성되기까지 학문에 대한 자세와 공학도로서의 자질을 갖추도록 시종일관 지도 편달하여 주신 **금종수** 교수님께 진심으로 감사 드립니다. 금종수 교수님은 저에게는 멘토 그 차체입니다. 아울러 냉동공조공학과 교수님들께도 감사 드립니다. 학부 과정에서는 배울 수 없던 것들을 그분들로 하여금 배웠습니다. 이것은 무엇보다도 바꿀 수 없는 값진 것입니다. 그리고 부족한 저에게 세심한 관심과 배려로 본 논문이 작성되기까지 많은 도움을 주신 김동규 교수님과 신병환 선배님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고, 지금은 삼성전자에 있는 김형철 선배님, 효준이에게도 감사의 마음을 드립니다. 그들로 인해서 학문의 성과를 이룰 수 있는 기반을 다지고 내 자신의 발전도 이룰 수 있었습니다.

마지막으로 건축환경설비연구실에 있는 동기 같은 후배들 민수, 석중이, 형우에게도 감사의 마음을 전합니다. 그들이 있었기에 실패를 하고 내 자신에게 자책을 해도 다시 일어설 수 있었습니다. 그리고, 이름을 다 밝힐 수는 없지만, 제가 대학원생활을 하면서 만났던 선배님들께도 감사드립니다. 우물 안 개구리 같던 저의 관점이 우물 밖으로 나갈 수 있었던 것 같습니다.

마지막으로, 빠듯한 형편에도 저를 믿고 헌신하시는 부모님.. 부모님께 다시 한번 감사 드리고, 다시는 실망시키지 않는 아들이 되겠습니다. 부모님께서는 다른 수식어를 붙이기가 어렵습니다. 앞으로 저의 행동을 지켜봐 주시길 바랍니다.