

피재험자 생활이력을 이용한 쾌적기류 도출에 관한 기초연구

김 반 수⁺, 김 종 수^{*}, 김 형 철^{*},
정 백 영^{***}, 최 호 선^{***}

⁺부경대학교 냉동공조공학과, ^{*}LG전자

Basic study of comfortable air movement for subjects to use the occupation experience

Man Soo Kim⁺, Jong Su Kum^{*}, Hyung Chul Kim^{*}

Baik Yung Chung^{***}, Ho Seon Choi^{***}

⁺Department of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Pusan 608 737, Korea

^{*}LG Electronics Inc., Seoul 153 923, Korea

요 약 문 : Resident's agreeableness anger elevation request by improvement of life environment with economy development is increasing recently. However, research about air current estimation in dwelling environment that make use of air conditioner summer and cooling room is lacking going yet much. We are going to prefer most air current pattern(speed 3 steps of swing) that offer in PAC after figure processing because user's life hysteresis and present air current pattern that is supposed and offer more agreeable environment to room resident .

Key words: 기류(Air current) 풍량(Air amount) 기류평가(Air velocity value) 선선온방간(TSV) 쾌적쾌감(CSV) 기류감(Air-velocity sensation)

기 호 설 명

TSV : Thermal Sensation Vote
 CSV : Comfort Sensation Vote
 AVS : Air Velocity Sensation
 AVV : Air-Velocity Value
 SDM : Semantic Differential Method
 SET* : Standard Effective Temperature [℃]
 PMV : Predicted Mean Voting
 PAC : Packaged Air Conditioning

1. 서 문

최근 경제 발전과 함께 생활환경의 개선에 따른 거주자의 쾌적성 향상 요구가 점점 증가하고 있다. 따라서 거주공간에 대한 온도·습도·요소 개선의 필요성이 점차 커지고 있고 거주자의 쾌적감을 향상시키기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 여름철 에어컨을 사용하여 냉방을 하는 거주환경에서의 기류평가에 대한 연구는 아직 많이 부족한 상태이다. 따라서 여름철 실내에서 각 개인이 선택한 에어컨 선택기류에 대하여 피재험자 실험을 통해 인체에 미치는 심리적, 생리적 변화를 분석하고 선택기류가 인체에 미치는 영향성 평가를 행하는 것이 본 연구의 목표이다.

2. 연구의 목적

거주자의 에어컨 가변풍향에 대한 개인적 패턴을 분석하며 개인적 패턴에 따른 기류 특성값에 대하여 분석하였다. 인체에 미치는 영향을 판단하기 위하여 주관적 설문은 TSV와 CSV 및 국부온냉감을 사용하였으며, PAC에서 제공하는 기류패턴(스윙의 속도별 3단계)을 사용자의 생활이력과 연계하여 통계처리 후 가장 선호할 것이라 예상되는 기류 패턴을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 측정요소 및 측정장비

측정요소는 환경물리량으로서 실내기류는 1.1m, 0.6m에서 글로브 온도, 상대습도는 1.1m에서 측정하였으며 실내온도는 지표면상의 0.1m, 0.6m, 1.1m에서 측정하여 호흡선에 가까운 1.1m 값을 사용하였다.

인체측 요소로서 평균피부온도는 Hardy & DuBois 7점법^{*)}을 사용하였으며, 각 요소의 측정장비는 Table 1에 표시하였다. 모든 데이터(실내기류, 실내온도, 상대습도, 피부온도, 글로브온도)는 데이터 기록계 (YOKOGAWA사, MODEL3880)를 통해 PC에 매 10초 간격으로 저장하였다. Table 1은 측정항목과 측정위치를 나타내고 있다.

3.2 실험방법

3.2.1 실험조건

인체측열을 여름의 실외조건을 만족하도록 기온 33±1℃, 상대습도 50±5%를 유지하여 30분 동안의 진실을 제공하고 진실 직후 본실에서 기온 26±0.5℃, 상대습도 50±5%의 온열환경을 제공하였다.

선호풍향이 설정된 피험자 60명을 약풍군, 중풍군, 강풍군의 부리를 구상한 후 각 부리군

* : $MST = t_{sk}(\text{for head}) \times 0.07 + t_{sk}(\text{for ear}) \times 0.14 + t_{sk}(\text{back of the hand}) \times 0.05 + t_{sk}(\text{abdomen}) \times 0.35 + t_{sk}(\text{upper thighs}) \times 0.19 + t_{sk}(\text{lower thighs}) \times 0.13 + t_{sk}(\text{foot}) \times 0.07$

들이 에어컨에서 취출되는 세가지 스윙속도에 의해 분류되는 변동기류를 1시간동안 피험자의 의도대로 변화시킨 후 실험 종료 20분 전에 이 기류에 대한 주관적 신고와 기류이미지에 대한 설문을 받았다.

스윙속도는 저속, 중속, 고속의 에어컨 취출측 루버의 상하 스윙속도로 분류하였다. 이에 대한 내용을 Table2에 나타내었다.

Table 1 Positions of sensors

| Item | Position | Type |
|-----------------------|--|---------------------------|
| Temperature [°C] | ▶vertical air temperature (from floor)0.1m,0.6m,1.1m | Thermocouple 0.2mm ϕ |
| | ▶local skin temperature head, arm, back of the hand, abdomen, upper thighs, lower thighs, foot | |
| | ▶globe temperature 1.1m | Globe thermometer |
| Relative humidity [%] | ▶vertical Relative humidity (from floor) 1.1m | KANOMAX Model 6511 |
| Air-Velocity [m/s] | ▶vertical Air-Velocity (from floor) 1.1m 0.6m | TSI Model 301 |

Table 2 Experimental setting condition

| | Preparation | Inspection |
|-------------|-------------|------------|
| Temperature | 33℃ | 26℃ |
| Humidity | 50% | 50% |
| Airflow | Windless | strong |
| | | middle |
| | | weak |
| Swing Speed | None | fast |
| | | normal |
| | | slow |

3.2.2 실험장소 및 기간

실험은 부경대학교 냉동공조공학과 향온향습실에서 행하였다.



Photograph 1 Subject the experimentation

정확한 온도와 습도의 영향을 고려하고 나 요소를 배제하기 위해 항온항습실의 기밀성을 유지하였으며 실내기류를 발생시키기 위해 PAC를 사용하였다. 실험은 2001년 7월 1일부터 8월 20일 까지 행하였다.

Fig. 1과 Photograph 1은 실험실 전경과 실험모습을 나타내고 있다.

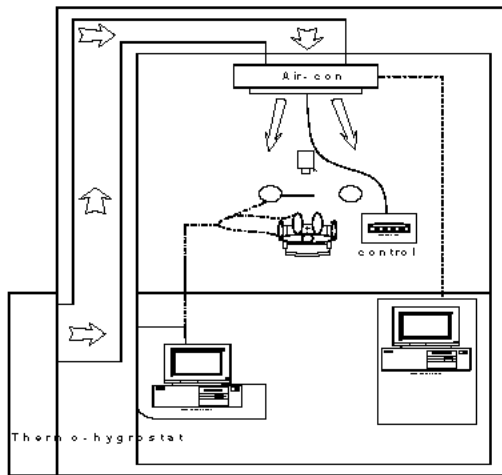


Fig. 1 Operating Mode

3.2.2 주관신고 항목(설문내용)

Table 3 Voting Scales

| TSV | | CSV | |
|-----|---------------|-----|------------------------|
| +3 | Very hot | +3 | Very comfortable |
| +2 | Warm | +2 | Comfortable |
| +1 | Slightly warm | +1 | Slightly comfortable |
| 0 | Neutral | 0 | Neutral |
| -1 | Slightly cool | -1 | Slightly uncomfortable |
| -2 | Cool | -2 | Uncomfortable |
| -3 | Cold | -3 | Very uncomfortable |

피험자의 주관적인 심리반응을 분석하기 위해 실험에 사용한 설문지의 내용으로써 Table 3은 전신온냉감(7척도), 쾌불쾌감(7척도)를 표시하였으며, Table 4는 의미미분법에 의한 23항목 7척도를 나타내었다. 이 외에도 기류감과 기류 만족감에 대하여 같은 형태의 7척도를 이용하여 설문을 시행하였다.

3.2.3 피험자

피험자는 표준 한국인 20대로 남녀 대학생 60명으로 하였다. 모든 피험자는 구강온도 37

℃이하이며 정상혈압의 건강한 사람으로 구성하였다. 연령 및 신체적 조건은 Table 4와 같다.

Table 4 Voting Scales II

| | |
|-------|------|
| 익한 | 강한 |
| 격렬한 | 온화한 |
| 빈익한 | 충분한 |
| 높은 | 빠른 |
| 안정된 | 변동하는 |
| 무거운 | 가벼운 |
| 직접한 | 산뜻한 |
| 둔한 | 문한 |
| 정제된 | 습적이는 |
| 습한 | 건조한 |
| 반갑한 | 명쾌한 |
| 나쁜 | 좋은 |
| 인공적인 | 자연스럽 |
| 탁한 | 투명한 |
| 근직한 | 보송한 |
| 선명치않은 | 선명한 |
| 둔탁한 | 쾌적한 |
| 안락한 | 안락한 |
| 심은 | 선호하는 |
| 산만한 | 집중된 |
| 더운 | 차가운 |
| 요즘같은 | 요즘같은 |
| 이름듯한 | 분명한 |

Table 4 Anthropometric data of the subjects

| Subjects | Number of subjects | Age | Weight [kg] | Body area [m ²] | Height [cm] |
|----------|--------------------|-----------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| Male | 30 | 24 ±2.3 ^{SD} | 63.2 ±16.6 | 1.74 ±0.23 | 173.6 ±5.2 |
| Female | 30 | 22 ±1.2 ^{SD} | 50.2 ±7.7 | 1.44 ±0.16 | 151.2 ±10.7 |

¹⁾ Calculated by Takahira' Equation

$$\text{Body Area} = 71.46 \times \text{Weight}^{0.73} \times \text{Height}^{0.73} \quad 31$$

²⁾ SD is the between-subject standard deviation

3.2.4 착의량과 대사량

피험자의 착의량을 동일한 값으로 하기 위하여 모두 유니폼을 착용시켰다. 착의량을 구하는 방법은 여러 연구자에 의하여 제안되어 있으나 본 실험에서는 외국인의 경우와 동일한 계산조건으로 비교하기 위해 의복중량으로 착의량을 계산하는 방법⁴⁾을 사용하였고, 식은 다음과 같다.

$$\text{Clo (male)} = 0.000558 \times \text{의복의 중량}[\text{g}] + 0.068 \quad (1)$$

$$\text{Clo (female)} = 0.001030 \times \text{의복의 중량}[\text{g}] - 0.0253 \quad (2)$$

식을 사용해 계산한 결과 착의량은 0.35clo였다. 대사량은 피험자가 의자에 착석 상태에서 독서, 가벼운 대화, 설문을 하고 있는 것으로 보아서 1.1met로 가정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 선택 풍향별 분류

Table 5에서 저속·중속·고속스윙에 대하여 분류해 본 결과 저속스윙을 선택한 피험자는 27명, 중속스윙을 선택한 피험자는 26명을 나타냈으며, 고속스윙을 선택한 피험자는 7명이었다.

피험자 위치에서의 평균 풍속은 Table 6에서와 같이 나타났으며, 풍량의 조건에 따라 피험자 위치에 따른 풍속의 결과를 볼 때 피험자위 신체적 위치에 따라 기류속도가 다른 형태로써 도달함을 알 수 있다.

스윙에 따른 기류를 고려하면 저속스윙의 경우 난류강도가 작은 편으로 피험자에게 집중된 기류를 제공하며, 고속스윙은 피험자의 위치에서 호프러짐이 많으며, 분산되어진 기류의 특징을 가지고 있다.

Table 5 The value of choosing subjects airflow and swing speed

| | Slow swing (27 subjects) | | | Normal swing (26 subjects) | | | Fast swing (7 subjects) | | |
|---------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|
| | Weak airflow | Middle airflow | Strong airflow | Weak airflow | Middle airflow | Strong airflow | Weak airflow | Middle airflow | Strong airflow |
| Numbers of subjects | 9 | 11 | 7 | 9 | 11 | 6 | 5 | 0 | 2 |

Table 6 Air-velocity of airflow and swing speed

| | | Weak airflow | Middle airflow | Strong airflow |
|--------------|-------|--------------|----------------|----------------|
| Slow swing | 110cm | 0.3 m/s | 0.8 m/s | 1.2 m/s |
| | 60cm | 0.5 m/s | 0.8 m/s | 1.05 m/s |
| Normal swing | 110cm | 0.4 m/s | 0.8 m/s | 1.1 m/s |
| | 60cm | 0.3 m/s | 0.8 m/s | 1.0 m/s |
| Fast Swing | 110cm | 0.4 m/s | 0.8 m/s | 1.0 m/s |
| | 60cm | 0.3m/s | 0.7m/s | 1.1m/s |

4.2 인체온열감 평가

취출측 배인의 스윙속도를 인버터를 이용 저속, 중속, 고속의 스윙풍을 제공하였으며, 각각의 스윙풍은 피험자의 주관적 선택에 의하

여 최종적으로 자신에게 가장 적합한 기류를 선택하여 나누어진 것이다. 1시간 30분 동안의 실험을 진행한 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다.

Fig. 2는 TSV와 CSV를 본실 입실 후부터의 경시변화를 나타내고 있으며, 각 스윙군 모두 약간 서늘하지만 모두 쾌적하다고 응답하였다.

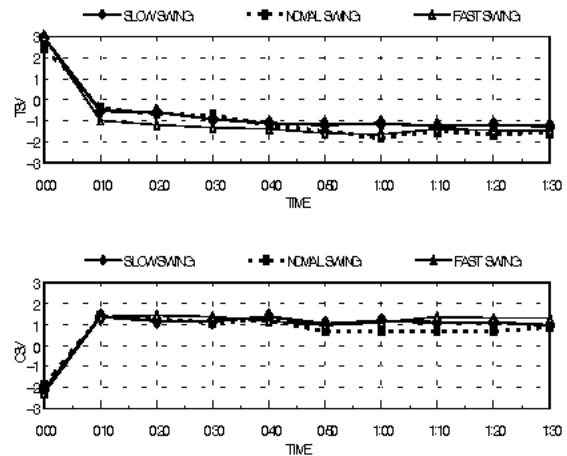


Fig. 2 TSV and CSV during the test period

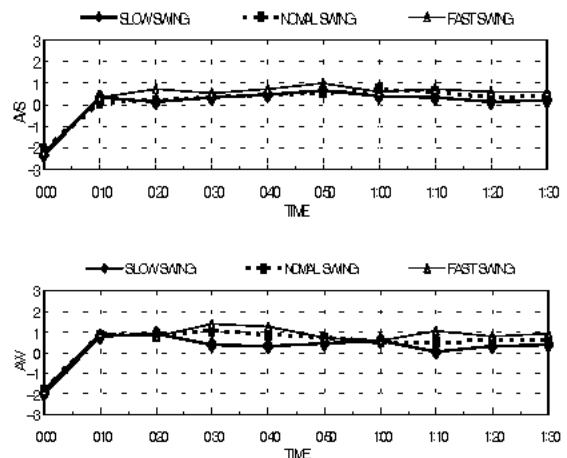


Fig. 3 AVS and AVV during the test period

고속스윙군은 입실 후부터 10분까지 온냉감이 타 부리군에 비해 많이 낮아지는 것을 알 수 있으며 이것은 기류의 호프러짐이 많아 피험자의 신체로부터 열의 발산이 많아졌기 때문이라 생각되어진다.

저속스윙군은 입실 1시간 경과 후 온냉감이 일정하게 유지되며, 이것은 인체가 제공되어진

환경에 대하여 순응하기 시작함을 의미한다.

Fig. 4에 피험자의 기류로부터 느끼는 주관적 평가를 나타냈으며, 무리군으로 분류되어진 각 피험자들은 특정한 항목에서의 기류로부터 받는 자극이 다르다. 이는 23개로 이루어진 행동동사 중 각 무리군 간의 유의차가 있음으로 알 수 있다.

각각의 무리군은 인제온열감과 기류감으로써 분류 되며, 이러한 분류는 MST와 국부온냉감을 이용하여 분석한 결과 무리군으로써의 분류가 적당함을 2002년 하계 설비학회 학술발표에서 언급하였다. 이러한 무리군의 특성을 피험자의 생활이력을 통해 다시 분류하고 역으로 생활이력을 통해 가장 만족할 수 있는 쾌적기류를 제공하기 위해 통계적 분석을 시행하였다.

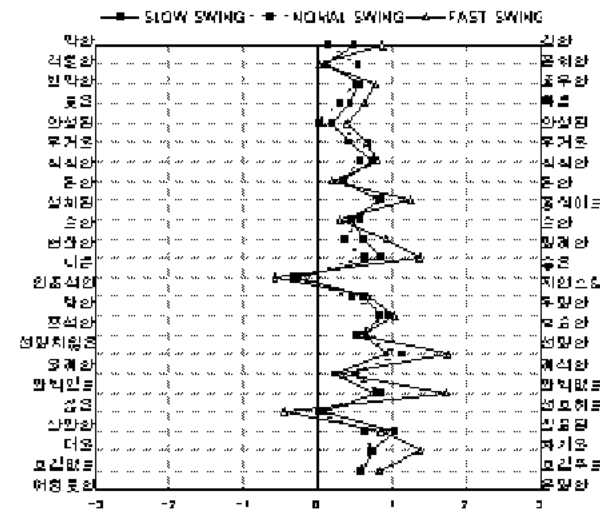


Fig. 4 Variation of Air velocity image

4.3 생활이력을 이용한 쾌적기류 도출

피험자 60명에 대하여 약 100여 항목에 해당하는 생활이력에 대하여 설문하였고 이러한 설문 가운데 미기표 혹은 이중 기표자를 제외한 45명의 피험자를 통해 쾌적기류 도출을 위한 분석을 시행하였다.

분석은 SPSS를 이용하여 진행되었으며 100여 항목 중 상관성과 다른 절분과의 유의차가 큰 5개 항목을 선정하였다. 다음의 Table 7에 5개 항목에 대한 내용을 표시하였다.

단순상관관계에 관한 가장 보편적인 측정치는 'Pearson r'이라고 불리는 피어슨 직률

상관계수이며, 이 상관계수는 -1에서 +1사이의 값을 취할 수 있다.

피어슨 상관계수는 간격적도 이상의 수준에서 측정된 자료로부터 계산될 수 있으며, +1의 상관계수는 완전한 정의 상관관계를 나타내고, -1의 상관계수는 완전한 부의 상관관계를 나타낸다.

단순상관관계에 관한 가장 보편적인 측정치는 'Pearson r'이라고 불리는 피어슨 직률 상관계수이며, 이 상관계수는 -1에서 +1사이의 값을 취할 수 있다.

피어슨 상관계수는 간격적도 이상의 수준에서 측정된 자료로부터 계산될 수 있으며, +1의 상관계수는 완전한 정의 상관관계를 나타내고, -1의 상관계수는 완전한 부의 상관관계를 나타낸다.

상관분석과 회귀분석은 모두 두 개 이상의 변수와의 관계를 검토하기 위한 통계적 기법이지만, 상관분석이란 두 개 이상의 변수들 사이에 존재하는 밀접함(closeness)을 측정하는 것이므로 두 측정치 사이의 공통적인 변이(joint variation)를 다루며, 어느 변수도 독립변수나 종속변수로 규정되지 않는다.

피어슨 상관계수는 $|r| < 0.4$ 일 때 상관성이 매우 작거나 없으며, $0.4 < |r| < 0.6$ 일 때 상관성이 있는 것으로 분석된다. 그리고, $0.6 < |r|$ 일 때 상관성이 매우 강한 것으로 나타난다.

Table 7 Pearson "r" of Occupation Experience

| Occupation Experience | Pearson "r" | Item Number |
|-----------------------|-------------|-------------|
| 식사속도(X1) | -0.540 | 2 |
| 분심취량(X2) | 0.396 | 4 |
| 계단의 사용빈도(X3) | 0.402 | 3 |
| 건능정도(X4) | 0.502 | 2 |
| 살어하는 계절(X5) | -0.406 | 4 |

Table 8에 100여 항목 중 추출된 5개 항목의 내용을 나타내었다. 5개의 생활이력에 관한 설문은 각 무리군 간의 유의차가 뚜렷한 항목들로 구성되며, 이 때 유의수준 0.05 이내에 위치한 항목만으로 되어있다.

Table 8 Contents of 5 question item

| | |
|---------------------------|-------------|
| 1. 당신의 식사 속도는 어떻습니까? | |
| ① 빨리 먹는다 | ② 느리게 먹는다 |
| 2. 더울 때 물의 섭취는 어떻습니까? | |
| ① 자주 마신다 | ② 가끔 마신다 |
| ③ 가끔 마시지 않는다 | ④ 마시지 않는다 |
| 3. 위로 올라가는 계단의 사용은 어떻습니까? | |
| ① 자주 이용 | ② 때때로 이용 |
| ③ 그다지 이용안함 | |
| 4. 보통 때 걷는 정도는 어떻습니까? | |
| ① 자주 걷는다 | ② 많이 걸지 않는다 |
| 5. 싫어하는 계절은 어떻습니까? | |
| ① 봄 | ② 여름 |
| ③ 가을 | ④ 겨울 |

상관계수를 이용하여 다음의 도출식을 유도하였으며, Y값의 각 영역에 대하여 쾌적기류가 선택되어진다. 45명의 생활 이력을 도출식에 다시 대입하여 결과값을 검증 한 결과 상관도는 0.64로 나타났으며, 이는 도출식이 어느 정도 정확하다는 것을 말해준다.

$$Y = -0.270 \times X1 + 0.099 \times X2 + 0.131 \times X3 + 0.251 \times X4 - 0.1015 \times X5 + 0.55$$

Fig. 5에 위의 도출식을 이용하여 45명의 피험자 분포도를 나타냈다. 위의 식을 이용했을 때 Y의 값이 0.6 이하일 경우 실분에 응답한 광조기 가동 중의 실내 거주자는 저속스윙이 적합하며, Y값이 0.6~1.1 사이에서는 중속스윙을 그리고 1.1 이상일 경우 고속스윙이 실험을 통한 결과 적합하다고 사려된다.

5. 결론

본 실험의 결과 값을 통하여 피험자마다 자신이 선호하는 기류의 형태가 존재하며 이 기류의 형태는 피험자의 생활이력이나 체질에 따라 쾌적감을 느끼는 정도가 다를 수 있다. 비록 기존의 SET*나 PMV에서는 쾌적역에 속하지는 않지만 온도조건이 일정하다면 피험자의 특성상 쾌적감을 줄 수 있는 기류의 형태가 존재함을 알 수 있다.

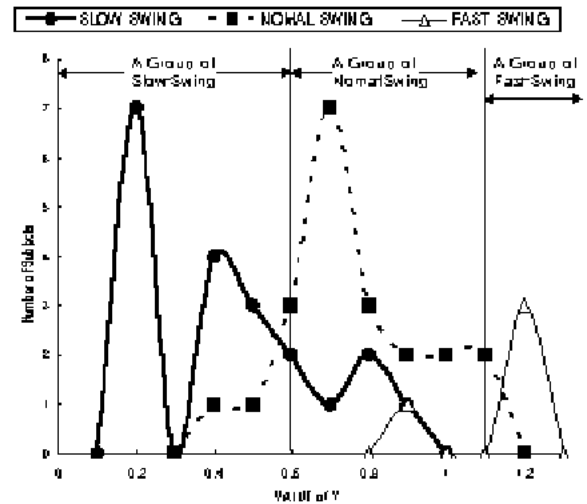


Fig. 5 Subject's distribution chart who use deduction

본 실험은 부산지역 20대 중반의 대학생만을 이용하여 직접적 제감실험을 통하여 나타난 결과이므로 지역과 피험자의 나이에 대하여 국한 직인 실험이었다. 이를 연령별과 지역적인 차이를 고려하여 데이터 베이스화 한다면 한국인의 제절과 생활이력을 고려한 최적의 감성기류를 제공할 것이라 생각된다.

참고문헌

1. Tanabe, "Thermal Comfort Requirements in Japan", Ph.D. Waseda University, 1988
2. ASHRAE Handbook Fundamental, Chapter 8, pp.7-8 ASHRAE, 1993
3. Gagge, A. P., Nishi, Y., and Nevins R.G. "The Role of Clothing in Meeting FEA Energy Conservation Guidelines" ASHRAE Transactions, pp.234-247, No.2417, 1976.
4. A.P.R. Forbelets and A. P. Gagge : Rationalisation of the Effective Temperature ET* as a Measure of the Enthalpy of the Human Indoor Environment, ASHRAE Trans, Vol94,