

溫熱環境條件의 快適範圍와 評價에 關한 研究

孫 章 烈*

머 리 말

과학기술의 발전과 더불어 인간의 생활범위가 넓어지고 새로운 환경에서의 인간의 능률적인 활동을 위하여 人工的인 환경을 창조하게 되며, 인구의 도시집중현상과 건물의 大型, 高層化등으로 人工的인 환경에 대한 要求度는 점점 높아져 가고 있다. 이러한 요구에 대하여 快適한 溫熱環境을 갖추는 것은 최소한의 구비조건임은 명백한일이다.

室内的 溫熱環境을 건축환경 및 건축설비면에서 계획, 維持管理, 평가하기 위하여는 氣溫, 濕度, 氣流, 輻射熱등을 종합적으로 판단하여야 하며 그 목적을 위하여 많은 연구와 제안이있다.

本論文에서는 溫熱環境의 快適性 및 평가에 관한 연구의 필요성과 기존의 연구를 검토하고, 某인쇄공장의 溫熱環境의 측정 결과를 분석, 在室者의 溫熱感과 溫熱環境 조건과의 관계를 해명하며, 새로운 評價방법으로 검은球의 冷却刀, 加熱力에 依한 溫熱環境의 평가를 제안한다.

1. 온열환경조건에 관한 연구의 필요성

온열환경의 설계기술은 두가지로 크게 나눌 수가 있는데, 하나는 온열에 관한 각조건을 어떤 상태로 유지시킬 것인가하는 목표치에 대한것, 다른 하나는 주어진조건 즉 목표치를 어떻게 유지시킬 것인가라는 것이라고 할수 있다. 室溫의 입장에서는 前者를 溫熱感論의 室溫이라 한다면 後者를 傳熱學의 室溫이라고 할수있을 것인데 이두가지 다른개념을 통합시켜야 하는데 문제점이 있으며, 여기에 室溫의 空間的, 시간적 변동등을 고려한다면 그문제점은 한층 더 복잡하게 되어 실태의 파악이 곤란하여 진다.

우리나라의 현재의 건축계획 및 건축설비분야에서는 목표치를 유지하기 위한 기술에 대하여서는 빈번한 논의가 되고있으나, 목표치 自體에 대하여서는 거의 연구例가 없는 실정이다. 그러나 最近의 태양열냉난방, 파넬히 - 텅등과 함께 설비시스템의 다양화, 그리고 에너지절약이란 시대적 과제로 인하여 快適환경의 再檢討등은 불가피하게 되었고, 또한 우리나라의 전통적인 난

방방식인 온돌의 居住性에 대한 과학적인 究明등을 생각한다면, 온열환경조건에 대한 연구의 필요성은 절실하다.

2. 온열환경조건에 대한 기존의연구

온열환경조건에 관한 연구로서는 패적범위에 관한 연구와 各要素의 평가방법에 관한 연구로 나눌수 있다.

2-1. 패적온열환경조건에 관한 연구

室内溫熱環境의 패적조건은 주관적인 것이며 人種, 性別, 年令, 體格등의 天性的요소, 건강 및 영양상태, 생활이력등의 신체적요소, 着衣量 作業強度등의 現場의요소등의 여러가지 요소에 依한 個人差가 크다. 이들 주관적인 요소를 각종의 실험작업을 통하여 평균화, 표준화하여 實자의 패적조건을 통계적으로 정리하는 것은 가능한 일이다.

1923年, ET (Effective Temperature, 유효온도) Scale 이 Houghton, Yaglou¹⁾에 依하여 만들어졌고, 1961年 Nevins에 依하면

* 正會員 漢陽大學校 工科大學 建築學科

ET의 쾌적조건은 1923~1941年 사이에 18℃~20℃로 상승, DBT(Dry Bulb Temperature, 건구온도)는 1900~1960年 사이에 18℃~20℃에서 24℃~26℃로 상승하였다. 이것은 의복, 생활양식, 쾌적기대감의 변화에 의한 결과라고 생각된다. 1950年代에 이르러, ASHRAE는 ET Scale에 대해 再評價키로 하였으며, 60年 Koch 등은 DBT 18℃ 이하에서는 상대습도 60%까지는 습도의 영향을 무시할수 있다고 발표하였다. 1966年 Nevins 등은 가벼운 복장을 한 720人的 피실험자를 통하여 溫度에 의한 쾌적선은 Houghton과 Koch의 中間이 알맞다는 것을 주장했다.

Winslow 등은 Yaglou, Houghton의 Warm-comfortable-cool에 對하여 Pleasantness-Unpleasantness의 Scale을 소개하였고, 最近生理學者들은 쾌적감(Sensation of comfort)과 溫熱感(Sensation of Temperature)은 각각 생리학적, 물리학적이란 다른 근거에 依한 것이며, 두 요소는 따로따로 취급하여야 한다고 주장하고 있다. ASHRAE Comfort Standard 55-74는 溫熱의 快適(Thermal Comfort)을 "온열환경에 대하여 만족을 표시하는 心的 상태"로 정의함으로서, 이 二重的인 개념을 인정하고 있다. 현재의 예측쾌감선도에서는 쾌적감을 "춥지도 덥지도 않은 상태(neither slightly warm nor slightly cool)"로 정의하고 있다. ASHRAE의 Handbook은 New ET(ET*)를 제안하고 있는데, 이것은 상대습도 50%線上에서 쾌적감을 평가하고 있다.²⁾ 이 線圖는 Nevins, Rohles 등의 Kansas 주립대학의 연구를 기초로 하였다.³⁾

덴마크의 Fanger는 人體와 환경간의 熱平衡式을 기초로 하여 人體의 쾌적과 作業強度, 着衣

量, 온열환경조건, 평균피부온도, 發汗量의 관계를 방정식으로 표시하고, 방정식중의 각 상수는 실험적해석에 依하여 결정하였다. 쾌적방정식은 계산이 매우 복잡하므로 Fanger는 實用을 위하여 식을 계산하여 쾌적선도로부터 쾌적조건을 결합방법을 제안하고 있다.⁴⁾

日本の 平山(Hirayama)⁵⁾, 三浦(Miura)⁶⁾ 射場本(Ibamoto)⁷⁾, 小林(Kobagashi)⁸⁾ 등은 실험적으로 쾌적범위를 나타내었으며 많은 연구 성과를 얻고 있다.

2-2. 온열환경의 평가에 관한 연구

19세기말, 20세기초부터 인체를 대상으로 하는 온열환경평가는 단순히 氣象的 온열환경 평가와는 다르다는 것을 인식한 연구자들에 의하여 온열환경을 평가하는 수많은 방법이 제안되어왔다. 그것들은 직접측정기에 의한 평가방법과 環境의 各要素를 理論的, 實驗的으로 결합한 결과에 의한 방법으로 나눌수 있는데 대표적인 연구를 표 1, 2에 각각 소개하고 있으나, 그중에서도 前者의 평가방법으로는 표 1, 2 그로브溫度計(Globe Thermometer)⁹⁾ 카타計(kata Thermometer)¹⁰⁾가 대표적이고, 後者の 평가방법으로는 유효온도(Effective Temperature)¹¹⁾, 等價溫度(Equivalent Temperature)¹¹⁾, 作用溫度(Operative Temperature)¹²⁾ 등이 대표적이라 할수있을 것이다.

또한, 온열환경상태를 생리적 심리적 반응으로부터 단일척도에 依하여 표현하려는 노력으로서 被實驗者에 의한 연구가 행하여져 많은 성과를 거두고 있으나, 전술한바와같이 인간의 온열감각은 많은 사람들 사이에 반드시 일치하는 것이 아니며, 여러요소에 의하여 많은 개인차를 나타낸다.

표 1. 直接測定器에 의한 表現

1) Kata Thermometer	L . Hill	et al.	1922
2) Globe Thermometer	H . M . Vernon	et al.	1930
3) Euqatheostat Eupatheoscope	A . F . Dufton		1929
4) Coolometer	W . S . Weeks		1931
5) Thermo-Intergrator	C . -E . A . Winslow	et al.	
6) Two Sphere Radiometer	D . J . Sutton	et al.	1954
7) Radiometer Measuring DMRT	V . Korsgaard		1949
8) Panradiometer	C . H . Richard	et al.	1951
9) Convection Free Instrument	R . L . Aagard		1958
10) 勞研式生體寒暖計	勞動科學研究所 (일본)		1933
11) 溫 感 計	射場本勘市郎		1953
12) R-meter	A . P . Gagge	et al.	1968
13) Cube Radiometer	L . F . Schtrum	et al.	1968
14) Radiometer	D . L . Braun	et al.	1969
15) Raum Klimaanlystor	G . Schluter	et al.	1972
16) Comfort meter Behaglichkeits - messer	T . L . Madson		1978
17) Scanning Radiometer	T . H . Benzinger	et al.	1976
18) 放射束 Vector 測定器	中 村 泰 入		1977
19) S A T計	齊 藤 平 藏		1978
20) Thermal mannequin	三 平 和 雄		1977

표 2. 理論的·實驗的으로 결합된 結果에 의한 表現

1) Effective Temperature, ET	C . P . Yaglou	et al.	1925
2) Corrected Effective Temperature, CET	C . P . Yaglou		1925
3) New Effective Temperature, ET	A . P . Gagge	et al.	1971
4) Resultant Temperature	H . Missenard		1948
5) Equivalent Temperature, Eq	T . Bedford	et al.	1937
6) Equivalent Warmth, Ew	T . Bedford	et al.	1937
7) Operative Temperature, OT	A . P . Gagge	et al.	1940
8) Humid Operative Temperature, HOT	Y . Nishi	et al.	1970
9) Discomfort Index, DI or Temperature Humidity Index, Ith	U . S . Weather Bureau		1957
10) Environmental Temperature, tei			
11) Wet Bulb Globe Temperature, WBGT	C . P . Yaglou	et al.	1957
12) Heat Stress Index, HSI	H . S . Belding	et al.	1955
13) Index of Thermal Stress, ITS	B . Givoni		1962
14) Wind Chill Index, WCI	P . A . Siple		1945
15) Comfort Equation	P . O . Fanger		1967
16) Model Skin Temperature	K . Ibamoto	et al.	1965

3. 某 인쇄공장內 온열환경의 측정 및 평가

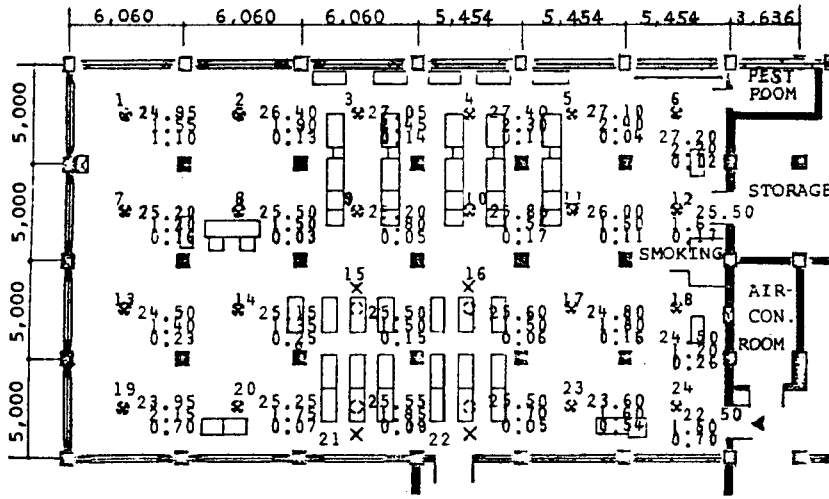
筆者들은 日本 東京都에 있는 某 인쇄공장의 검사작업실내의 온열환경조건(기온, 습도, 기류, 그로브온도, Yaglou의 유효온도, ET 및 수정유효온도, CET¹³⁾의 수치, 수평분포) 및 시간적 변동의 실태를 1976年 냉방기(6月 4日(水)~6日(金)), 중간기(秋期)(10月 25日(月)~27日(水)), 난방기(12月 13日(日)~14日(火)) 각각 AM 8:00~PM 4:00)의 3 계절에 각각 측정함과 동시에多數의 在室者(주로 여성)로부터 앙케이트조사에 의하여 의복의 상태, 건강상태 및 재실자의 주관적 온열감신고를 받았다. 그 측정 결과의 각요소를 파

악하고 실제의 작업상태에 있어서의 온열환경조건과 재실자의 온열감과의 관계를 해명하며 유효온도 ET 및 수정유효온도, CET¹³⁾에 의한 온열환경의 종합적 評價天度를 제안한다. 測定方法은 文獻¹⁴⁾의 참조를 바란다. 표 3은 측정 한 4개의 검사작업실 및 공기조화설비의 개요이다.

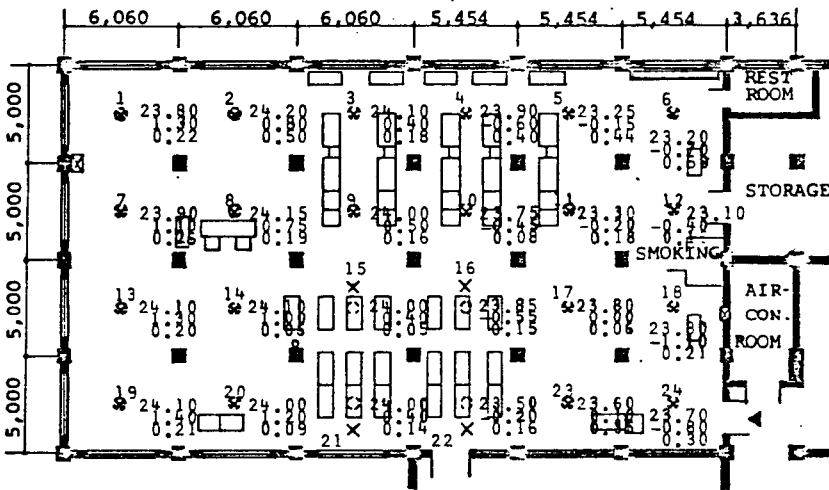
그림 1은 水平面內分布의 一例로서 계절별, K4室에 있어서 높이 70cm의 氣流 및 그로브 溫度의 分布를 나타낸다. 각 측정점의 右側上段이 그로브온도, 중단이 그로브온도와 기온과의 差, 하단이 기류이다.

표 3. 검사작업실의 공기조화 설비 개요

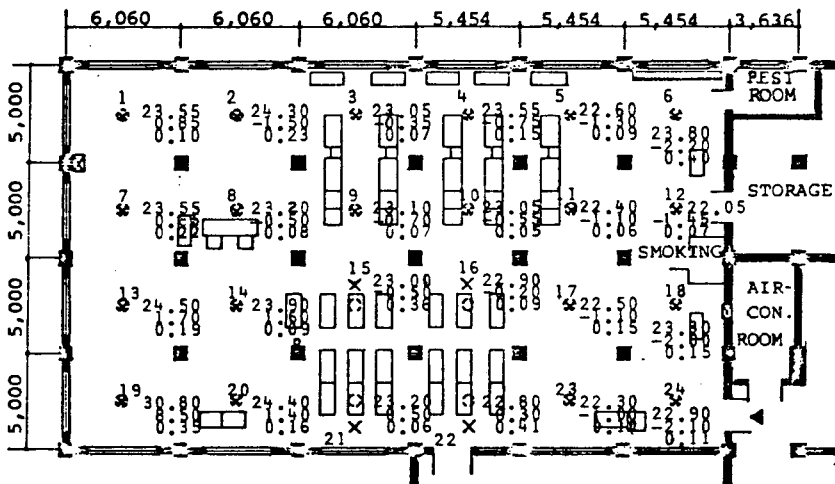
room diff	K 4	OK	US	U 4
Floor area	34.5 × 20.0 m 690.0 m ²	45.6 × 17.0 m 775.2 m ²	36.0 × 12.0 m 432.0 m ²	42.0 × 12.0 m 1,008.0 m ²
Height	2.90 m	2.95 m	3.20 m	3.1 m or 2.65 m
Air conditioner	Packaged air conditioner	Air handling unit	Packaged air conditioner	Assembly
Refrigerating capacity (kcal/h)	108,000	88,130	82,500	61,750
Heating capacity (kcal/h)	108,000	76,700	82,500	55,250
Blast quantity (m ³ /h)	26,400	31,800	19,200	13,925
Outside air quantity (m ³ /h)	6,000	7,500	5,500	4,000
Air outlet	Anemostat type, # 30, 24 points	Anemostat type, # 30, 12 points	Anemostat type, # 30, 12 points	Univrsal type, 900 × 250 6 900 × 300 8
Measuring point	24	27	18	27
Occupant (person)	M 5 F 40	M 16 F 72	M 13 F 41	M 17 F 47
Number of air change	3.0	3.3	4.0	1.3



(A) Summer (out door: 25.6°C)



(B) Autumn (out door: 11.8°C)



(C) Winter (out door: 6.9°C)

Explanation of Numerals
 upper: Globe Temp. (°C)
 middle: Difference between Globe Temp. and Air Temp. (°C)
 low: Air Velocity (m/s)

x Measuring Point
 o Outlet

그림 1 K 4점사 작업실의 온열환경 조건의 측정결과 (바닥위 70cm의 높이)

그림 2는 냉방기에 K4室의 높이별 (바닥에서 높이 120cm, 70cm, 20cm) 각 요소의 累積을 나타낸다.

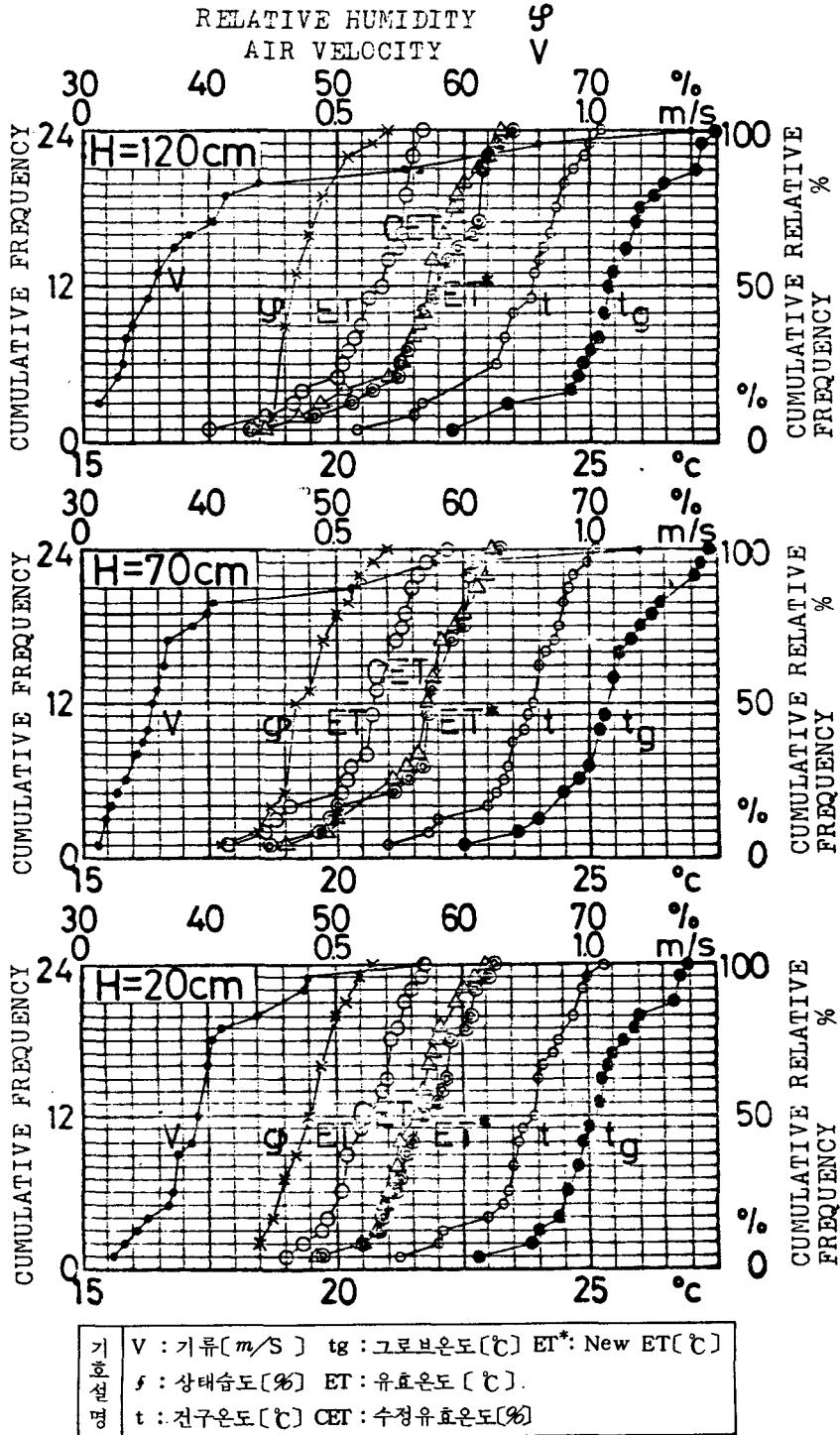


그림 2 냉방기의 각 높이별 온열요소의 累積

그림 3 에는 계절別, 室別, 높이 70 cm 의 기온 및 습도의 분포를 표시한다. 사선부분은 ASHARE 의 쾌적범위를 나타낸다.

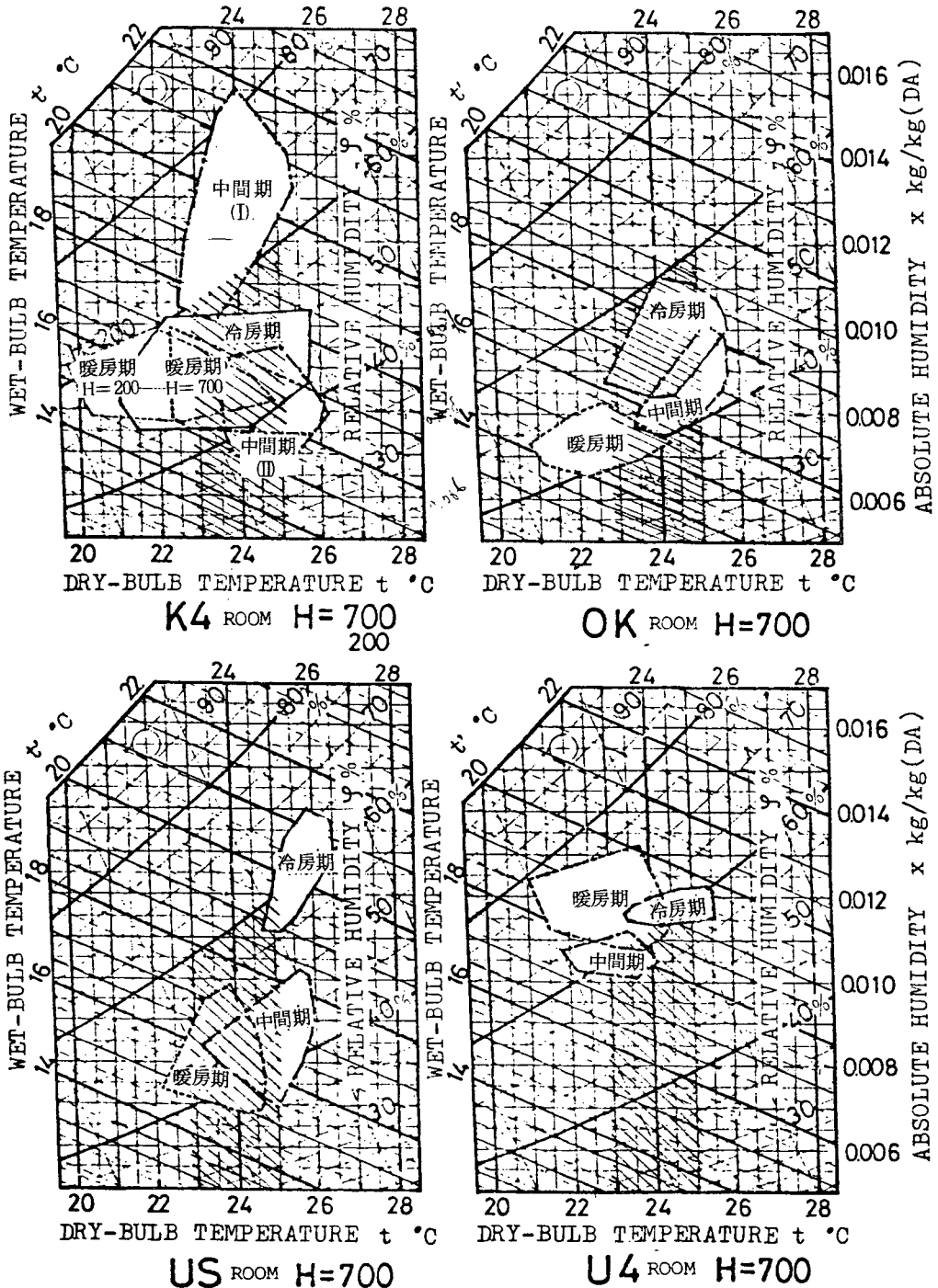


그림 3 계절別, 室別기온 및 습도의 분포 (바닥위 70 cm의 높이)

온열감 신고는 「매우덥다」 「덥다」 「따뜻하다」 「약간따뜻하다」 「아무쪽도 아니다」 「약간 시원하다」 「시원하다」 「춥다」 「매우춥다」 를 숫자로 표시하여 +4 ~ 0 ~ -4 의 9

단계 申告 Scale 을 사용 하였다. 全身溫熱感의 신고와 바닥에서 70cm의 유효온도(ET) 와의 관계를 그림 4 에, 또 수정유효온도(CET) 와의 관계를 그림 5 에 표시한다.

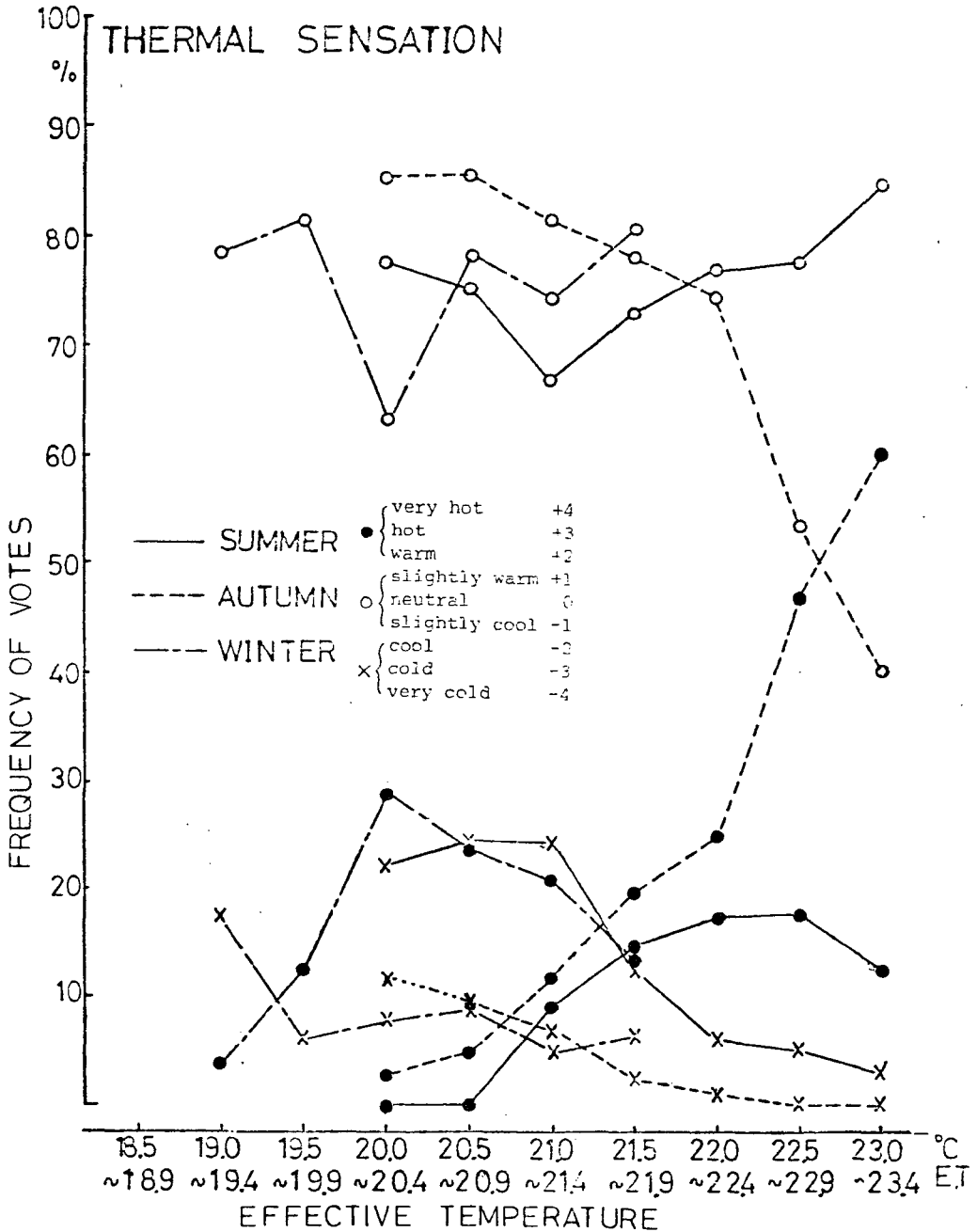


그림 4 全身온열감신고비율과 유효온도(ET)와의 관계

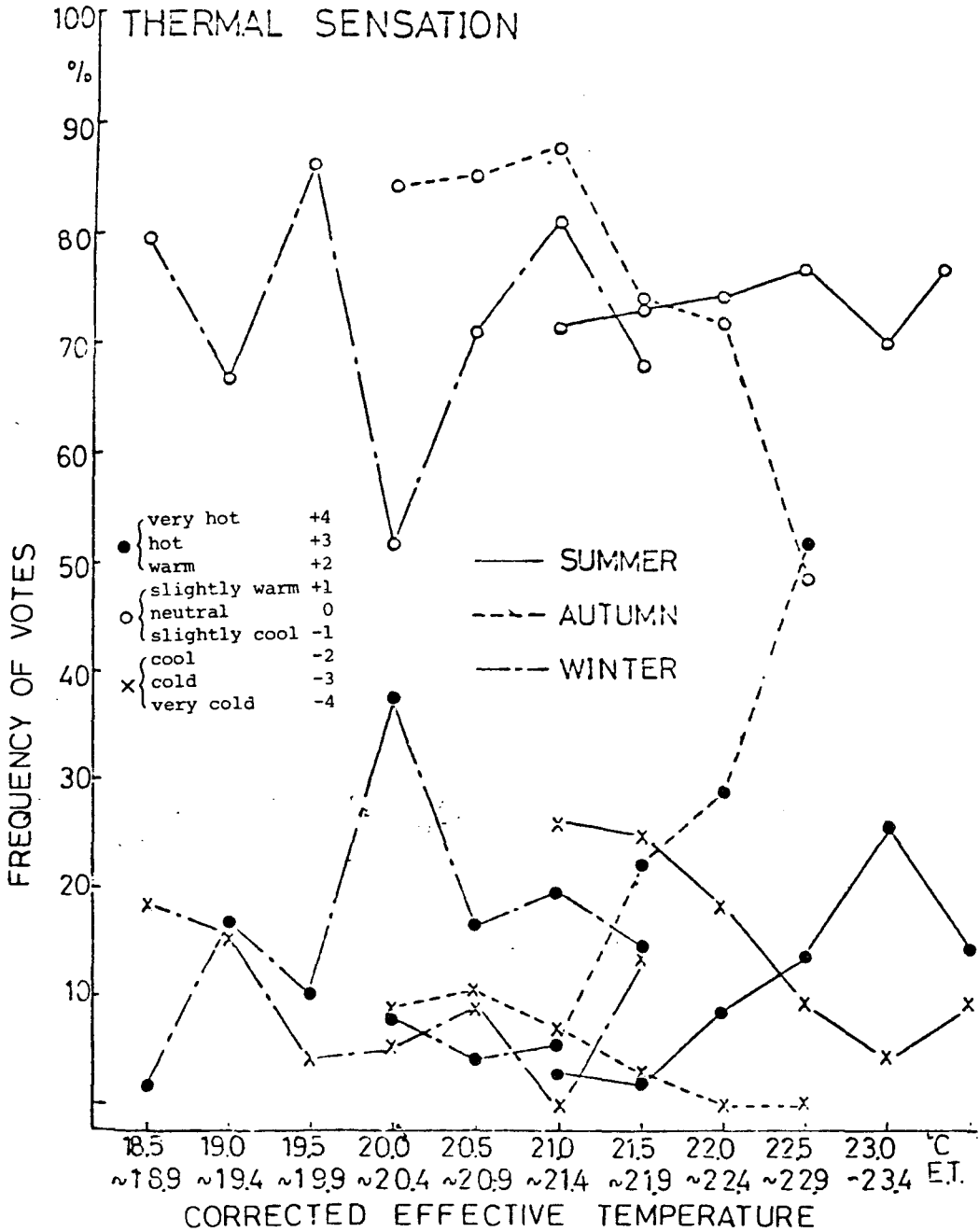


그림 5 全身은열감 신고비율과 수정 유효온도 (CET)와의 관계

溫熱感申告 +1, 0, -1의 溫熱的 中性의 신고를 한 재실자의 비율이 뚜렷하게 Peak라고 인정 되는것은 中間期에서 ET 20.5~20.9 °C, CET 21.0~21.4 °C이다.

냉방기 및 난방기에서 ET, CET는 2~3의 Peak가 보인다. 그러므로 은열감의 더운쪽 신고 +4, +3, +2와 추운쪽 신고 -2, -3, -4의 交點을 부적당 신고의 가장 적은點

(패적)으로 간주한다면 최적점으로는 냉방기에서는 ET 21.4℃, CET 22.5℃, 중간기에서는 ET 20.7℃, CET 21.2℃, 난방기에서는 ET 19.3℃, CET 19.2℃가 얻어진다. 피복상태는 주로 작업복(하복, 등복)을 착용하고 있으며 추위, 더위를 조절하기 위한 무릎덮개, 속샤쓰 등의 착의물은 50대이상의 고연령자에게는 계절에 관계없이 높았으나 청, 중연령자층은 外氣溫이 낮아지면, 착의물이 증가하는 경향을 보였다.

ET, CET에 의한 最適點을 중심으로 각기 별 1급, 2급상, 3급상, 2급하, 3급하로 패적 범위를 결정 하였다.

그림 6, 7에 ET, CET의 계절별 패적급별 설정범위를 표시한다. 또한 그림 6에는 小林等の 사무실건물의 조사결과⁸⁾ 및 ASHRAE에 의한 ET의 패적범위¹⁵⁾ 및 기타참고지¹²⁾들¹⁶⁾ 동시에 표시 한다.

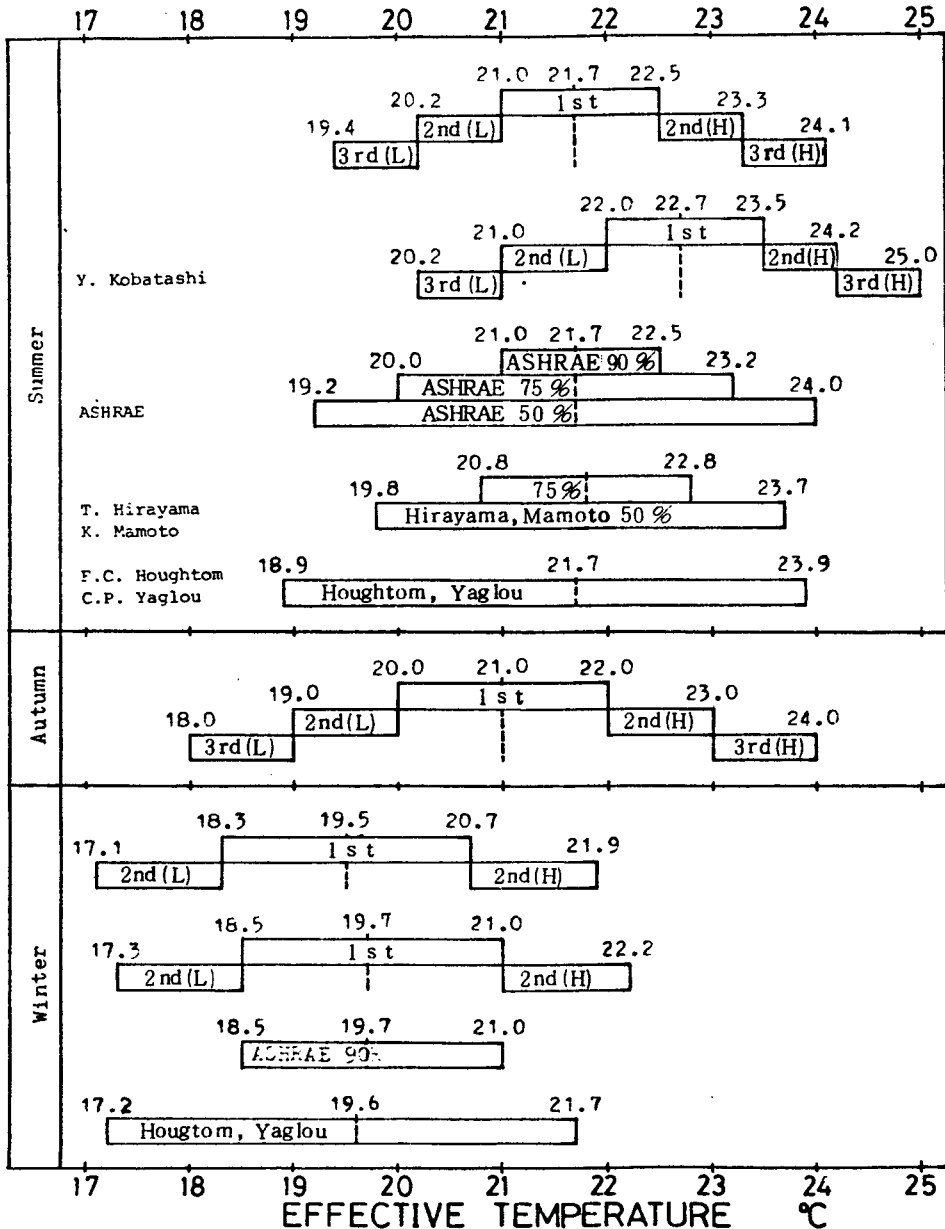


그림 6 유효온도(ET)에 의한 계절별 패적급별 설정

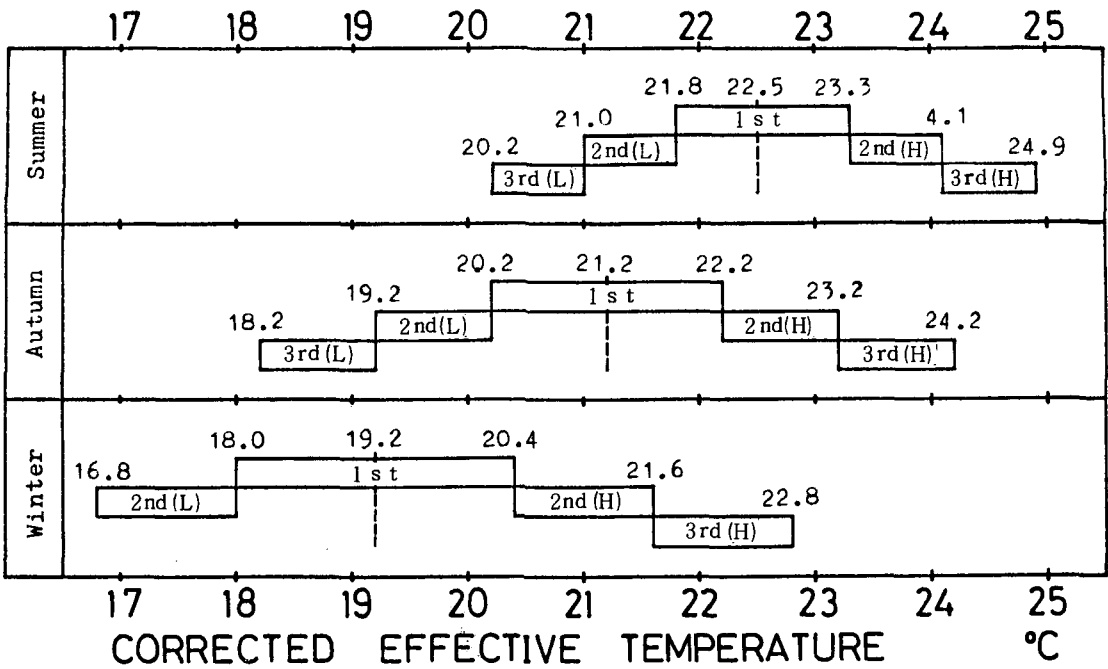


FIG. 7, Range of Co. Each Comfort 그림 7 수정유효온도 (CET)에 의한 계절별 쾌적급별 설정

ET에 依한 계절별 급별 쾌적범위를 사용한 온열환경조건의 평가결과가 그림 8이다.

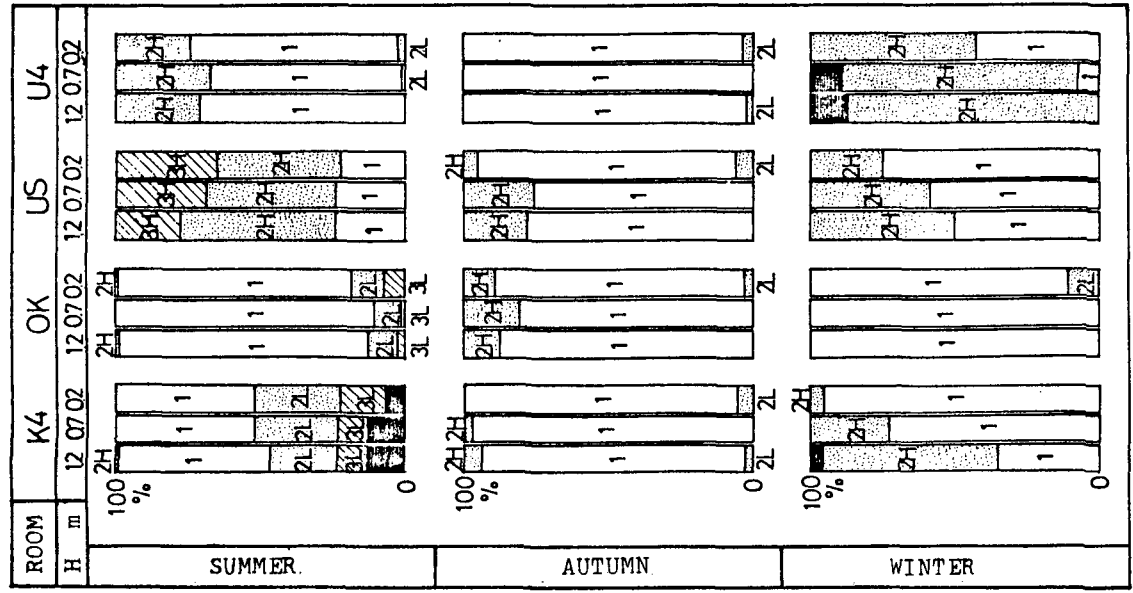


그림 8 유효온도 (ET)에 의한 온열 환경조건의 평가결과

K 4 실에 있어서 냉방기에는 추운쪽 비율이 많고, 난방기에는 윗쪽일수록 더운쪽 비율이 많다. U S室은 더운쪽의 비율이 많다. O K室에는 모 든계절을 통하여 대부분이 1 급으로 어느정도 양호한 온열환경임을 보여주고 있다. 이 방법에 의한 쾌적급별 평가법은 실용적으로도 가치가 있다고 생각된다.

4. 검은球的 冷却力, 加熱力에 의한 온열 환경의 평가

온열환경의 평가방법은 여러종류가 있으며, 이것들은 人體에 대한 온열환경조건을 판단하는 目的을 담당하고 있으나, 熱力學的 熱量交換에 관한 理論의 평가방법으로서는 아직 충분하다고는 할수없다. 여기에서 筆者는 온열환경의 종합적 물리조건을 표시하는 것으로서 人體와 환경과의 사이의 열교환량이 온열환경평가의 대상이 된다고 생각하여 단순한 人體의 Model로서 여러가지 검은球를 사용하여 환경과 검은 球와의 사이의 열교환량인 검은 球의 냉각력, 가열력에 대한 연구를 하여왔으며, 그것을 토대로 하여 검은 球의 냉각력, 가열력에 의한 온열환경의 평가 방법을 생각하였다.

검은球의 냉각력 (Cooling Power), 가열력 (Heating Power)은 단위시간, 단위면적 당의 열교환량으로 정의하였다. 그 理論解析, 實驗, 現場測定등의 연구결과와 발표는 다음기회로 미룬다. 검은 丹筒에 의한 평가의 연구결과는 文獻¹⁷⁾에 발표하였다.

단, 검은球는 人間을 대상으로한 물리적 온열환경을 평가하기 위한 人體 Model이며, 人體의 生理的, 心理的 反應의 해명을 의도하지는 않는다.

5. 맺는말

本論文에서는 온열환경에 대한 연구의 경향과 某인쇄공장의 실내 온열환경 측정결과 및 분석결과 등에 대하여 개략적으로 기술하였다.

온열환경조건외 쾌적범위 및 평가기술은 環境

의 조건과 人體의 조건 사이에서 고려되어야 한다. 人間의 감각이란 섬세한것이어서 현재의 온열환경설계방법으로 理想的인 공간을 만들기에 는 무리가 있으나, 환경의 質, 경제적 측면등을 종합적으로 검토하면서 설계기술의 발전을 위하여 부단의 연구가 있어야 하겠다.

새로운 온열환경기준의 연구결과를 표현할 때에는 지금까지의 기준을 여러항목별로 충분히 검토하여야 한다. 지금까지의 연구결과를 사용할 경우에는 그 연구자체가 원래 복잡한 현상의 統一, 單純化에 의한 것이므로 모든 실험조건에 대하여 신중한 검토와 이해를 거쳐야 할것이다.

우리나라 사람들은 여름에는 덥고, 겨울에는 추운기후에 익숙하며, 온돌방을 즐기는등, 外國人들과는 다른 온열에 대한 감각을 지니고 있으리라 생각된다. 우리實情에 맞는 온열감각의 실태를 파악하고, 각종건물의 온열환경條件의 追跡조사등을 행하여 기초자료를 축적하는것이 今後の 과제라고 생각된다.

參 考 文 獻

- 1) F. C. Houghton, C. P. Yaglou : Determining lines of equal comfort,ASHVE Trans., Vol. 29, p. 163, 1923.
- 2) ASHRAE : Chapter 8, Physiological Principles, comfort and health, ASHRAE Handbook of fundamentals, 1977.
- 3) R. G. Nevins, et al : Temperature-Humidity chart for thermal comfort of seated persons, ASHRAE Trans.,Vol. 72, Part 1, P. 283, 1966.
- 4) P. O. Fanger : Thermal comfort, Danish Technical Press, copenhagen, 1970
- 5) T. Hirayama et al : 冷房時の人體快適條件, 空氣調和衛生工學, Vol. 37, No. 7, P. 612 1963年7月

- 6) T. Miura : 冷房の生理機能, 温冷感および快適度におよぼす影響, 空氣調和衛生工學, Vol. 37, No. 7, P. 589, 1963年7月
- 7) K. Ibamoto : 體感温に及ぼす气温の影響とその暖冷房への應用, 空氣調和衛生工學, Vol. 42, No. 3, P. 289, 1968年3月
- 8) Y. Kobayashi, et al : 事務所建物内の季節別温熱條件の空間的分布, 人體皮膚温の實測および温冷感, 快適感の申告に基づく暫定的室内環境基準に關する提案, 空氣調和衛生工學, Vol. 46, No. 12, P. 1097, 1972年12月
- 9) H. M. Vernon : The measurement of radiant heat in relation to human comfort, Journal of Physiology, Vol. 34, P. 458, 1934.
- 10) L. Hill et al : The Kata Thermometer as measure of ventilation, Proceedings of the Royal Society of London, Series B, XCIII, P. 198, 1922.
- 11) T. Bedford et al : The globe thermometer in studies of heating and ventilation, Journal of Hygiene, Vol. 34, P. 458, 1934.
- 12) C. E. A. Winslow et al : Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures, The American Journal of Physiology, Vol. 120, No. 1, 1937.
- 13) C. F. Yaglou : Estimation of radiant heat, Equivalent Temperature and Effective Temperature corrected for radiation, American Journal of Public Health, Part II, Vol. 40, No. 5, 1950.
- 14) Y. Kobayashi, 孫章烈 et al : 作業場内温熱環境條件の空間分布の人體に及ぼす影響に關する研究 1~5, 空氣調和衛生工學會學術講演會論文集, p. 157, 1977
- 15) ASHRAE : ASHRAE Handbook of fundamental, P. 120, 122, 1967.
- 16) ASHRAE : ASHRAE Guide and data book of fundamentals and Equipment, P. 106, 1966.
- 17) 孫章烈 et al : 固體黒塗リ圓筒に對する温熱環境の冷却力による室内温熱環境の綜合的評價に關する研究, 空氣調和衛生工學會論文集 No. 13, 1980年6月