

# 작업장에서의 열적 쾌적성 평가 (Thermal Comfort Index in Workplaces)

정 광 섭  
국립서울산업대학교  
건축공학과 / 교수

## 1. 머리말

생활의 질적 향상에 따른 쾌적환경의 추구는 건축환경을 자유롭게 조절할 수 있는 새로운 건축기술과 설비시스템의 개발을 요구하고 있다. 이에 따라 건축설비 기술자는 환경 및 에너지라고 하는 새로운 디자인 요소를 만족하는 건축환경을 창조하는 임무를 갖고 있어야 할 것이다. 건물 오피스 환경의 쾌적성에 대한 연구는 1970년대 이후 덴마크 공과대학 Fanger교수의 이론과 연구 결과에 기초하여 활발히 진행되어 왔으며, 일반적으로 실내환경에 대한 쾌적성 평가는 현장 실측연구 보다는 오히려 대부분의 실험실 환경에서 평가된 결과로서 제시되는 사례가 많고 그에 따라 아직 미진한 면도 있긴 하지만, 어느 정도 체계화가 이루어져 가고 있다고 해도 지나친 말은 아닐 것이다.

이에 비해 대부분의 공장 등과 같은 작업장에서는 그 설비 투자의 대부분이 직접적인 생산기계의 도입과 운영 등으로 이루어져 왔

으며, 작업환경에 대한 근로자의 쾌적성 연구 및 근로자의 작업환경 등에 대한 개선과 이에 대한 투자는 매우 인색한 것으로 추진되어 왔다. 그러나, 최근 노동조합의 결성에 따른 근로자들의 작업환경 개선 요구가 해를 거듭할수록 점점 제고되고 있으며, 근로자의 건강과 보건을 위해서도 쾌적한 작업환경을 조성해야 함은 아무리 강조해도 그 도가 지나치지 않을 것이다. 대체로 양호한 실내환경이 조성됨으로서 근로자의 결근율이 감소된다거나 생산성 제고 및 품질 향상을 초래한다는 연구보고들이 제시되고 있는 것이 바로 그 좋은 일례들이다.

일반적으로, 작업환경을 쾌적하게 유지시키기 위해서는 여러 가지 방안이 제시될 수 있는데, 그 가운데서 가장 잘 알려진 것이 개개 작업장 오염 방출원에서의 근원적인 오염물질 발생저감(Source Control)과 효율적인 환기(Ventilation)를 통한 오염물질의 배출이다. 그 이유는 대부분의 많은 작업장 환경이 상당한 열과 수분을 방출하는 프로세스와 관

련되어 있으며, 더불어 많은 오염물질들을 발생시키기 때문이다. 이것은 작업환경 개선이 어떤 의미에서는 효과적인 환기를 통해서 이루어질 때 매우 효과적임을 시사하고 있다.

그러나, 본 논문에서는 이와 같은 환기방식에 관한 이론 전개는 논의(論外)로 하고, 일반적인 실내 열환경의 쾌적성 이론과 그 평가 기법들에 관해 개관(概觀)하고, 작업장에서 근로자의 열적 쾌적성은 어떤 요인들에 의해 좌우되며 어떤 방식으로 측정·평가될 수 있는가를 현행 산업안전법에 규정되어 있는 법규와 연관시켜 가면서 기술하기로 한다.

## 2. 실내 열환경 평가 이론

인간이 건물내에서 쾌적하게 생활할 때 필요조건으로 적절한 온열환경이 요구된다. 춥거나 더운 실내 환경은 재실자를 불쾌하게 느끼게 할 뿐 아니라, 장시간 거주하는 재실자에게 양호한 환경이 될 수 없다. 쾌적성은 재실자의 심리 상태 혹은 감각에 따라서 달리 표현될 수도 있지만, 일반적으로 열적 쾌적성(Thermal Comfort)이란 미국난방·냉동공조학회의 기준(ASHRAE Standard 55-92)에 의하면, 「그 열환경에 대해 만족을 나타내는 마음의 상태」로서 정의하고 있다. 바꾸어 말하면, 쾌적상태란 인체 전체가 춥지도 덥지도 않은 열적으로 중립상태에 있다는 것을 의미하며, 동시에 신체의 어느 부분에서도 국부적인 따뜻함이나 추위로 인해 불쾌감이 생기는 경우가 있어서는 안된다는 것을 가리키고 있다. 또한, 허용가능한 온열환경이란 재실자의 적어도 80% 이상이 만족할 때 그 환경을 허용

가능한 환경이라고 정의하고 있다. 열적 쾌적성에 관한 정의는 ISO Standard 7730에도 기술되어 있는 데, 이것은 몇가지 예외 조항은 있지만 ASHRAE Standard 55와 유사하다.

인간에 대해 양호한 건물내부의 온열환경이 어떤 것인가를 알기 위해서는, 인체가 주위환경과의 사이에서 열을 어떻게 교환하는가를 알아둘 필요가 있다. 인체는 발열체이므로, 이 열을 주위환경과 교환하게 된다. 즉, 인간은 체내에서의 대사열을 적당히 외부환경에 내부 열평형을 유지하고, 안정시에는 체온을 거의 37℃로 유지하고 있다. 인체의 발열량은 대사량에서 인체가 행한 역학적 일을 뺀 나머지이다. 운동량이 상당히 큰 경우를 제외하고, 발열량은 대사량과 거의 같다. 인체로부터의 열방산에 관련된 주위환경의 물리량은 공기온도, 습도, 기류속도, 벽면 기타로부터의 방사(장파장 방사 뿐 아니라, 일사 등의 단파장 방사도 고려해야 할 경우가 있다)의 4가지이며, 흔히 이들을 온열환경의 4요소라 부르고 있다. 또한, 인체로부터의 열방산 정도는 어떤 의복을 입고 있느냐에 따라라도 변할 수 있으므로 착의(着衣)의 단열성도 중요하다. 실내에서 인체가 열적으로 쾌적한 상태를 유지하기 위해서는 온도·습도·복사온도·기류속도 등과 같은 주요 열환경 요소들을 실내조건에 적합하게 잘 조절하여야 하며, 이외에도 착의 수준·활동량·불균등한 복사·드래프트·실내 수직온도의 변화 등과 같은 부대적인 열환경 요소들도 적절히 조절하여야 한다. 바꾸어 말하면, 종래의 온열환경 평가는 열부하와 공기온도에 주안을 두고 있었다. 그러나, 건물내의 주체는 공기가 아닌 인간이다. 인간은 공기온도만을 느끼고 있는 것이 아니라, 마찬가지로

비율로 주위의 온도(평균 방사온도)도 느끼고, 그 외 온도·기류·활동량·착의량 등의 요소가 복합된 것에 의해 「덥다, 춥다」고 느끼는 것이다. 쾌적한 실내환경을 창조하기 위해서는, 인간이 가지는 특성을 충분히 고려할 필요가 있다. 평가의 기준은 설정온도가 아니라, 재실자에 의해서 환경이 쾌적한가 아닌가의 여부에 달려있다.

쾌적성 평가를 하는 경우, 상술한 온열환경의 물리적 요소의 평가를 하는 것은 매우 중요한 일이다. 인체의 열적 쾌적감에 영향을 주는 여섯가지 요소는 이미 기술한 바와 같이, 공기온도·방사온도·기류·습도·착의량·대사량이다. 착의량과 대사량은 인간측의 요소이고, 나머지 4요소는 환경조건이다. 인간은 온열환경요소를 별개로 구별하여 「덥다, 춥다」를 느끼고 있는 것이 아니라 이들을 복합하여 느끼고 있다. 따라서, 예로부터 온열환경요소의 복합영향을 단일의 지표로 표현하기 위해 수많은 연구와 그에 따른 쾌적지표들을 제안해왔다. 여기에서는 표 1과 표 2에 나타내는 바와 같이, 역사적으로 중요하다고 생각되는 것, 현재 널리 사용되고 있는 것에 대해 간략히 소개한다. 이와 더불어, 표에서는 잘 알려진 실내 온열환경 평가지표들을 물리적 계측지표, 생리반응, 주관적 경험적 지표 및 열평형식에 기초한 지표로 대별하여 각각을 세분하고 이들을 간략하게 소개하고 있다. 표를 통해서도 알 수 있는 바와 같이 제시된 각 온열환경 평가지표들은 온열환경 요소들 가운데서 어떤 요소들을 조합해서 단일의 지표로서 표현될 수 있는가를 알기 쉽게 나타내고 있다. 경우에 따라서는 온열환경 전요소들 모두를 고려해서 하나의 지표로

표현한 지표들 예로서 신유효온도(ET\*), 예상 평균신고(PMV) 등이 있는가 하면, 이 요소들 가운데서 단지 두가지 정도만 고려해서 만들어진 지표들 예로서 불쾌지수(DI), 카타 냉각력(H) 등이 있다. 이들 지표들은 표속의 특징란에서도 알 수 있는 바와 같이, 온열환경 요소들 가운데서 몇가지를 고려했느냐가 중요하더라도 보다는 각각 그 특성에 따라 적용될 수 있는 범주가 틀려질 수 있으며, 오히려 이들 지표들은 어느 것이나 상황에 따라 그 여건에 맞게 사용될 수 있는 것이다. 그러나, 중요한 사항으로서 ISO Standard 7730과 ASHRAE Standard 55에서는 많은 온열환경 지표들 가운데서 쾌적지표로서 작용온도(OT)를 이용하도록 권장하고 있다는 점을 간과해서는 안될 것이다. 아무튼 이들 온열환경 지표들은 실내 환경이 어떤 상황에 놓여질 것인가를 잘 판단해서 그 여건에 맞는 지표들이 선정되어야 한다.

또 한편으로는, 이와 연관되는 계측방법·계측기기·기기의 요구되는 정확도가 인체측과의 관련을 고려해서 결정되지 않으면 안된다. ASHRAE Standard에는 계측기의 요구정도가 표시되어 있는 데, 특히 기류에 대한 난류의 강도(기류의 표준편차)가 평가되도록 되어 있다. 체감상 문제가 되는 실내 기류속도는 0.5m/s 이하의 경우가 많고, 요구정도를 만족하기 위해서는 주의가 필요하다. 또한, 난류의 강도 측정을 위한 센서의 응답시간도 문제가 된다. ASHRAE에서는 응답시간(90% 도달시간)까지의 시간이 0.2초 이하인 센서를 요구하고 있다. 또한, 실내 환경 측정기에 관한 기준에 대해서는 ISO-7726도 참조하면 좋다.

표 1. 온열환경평가지표-1

분류	온열환경 지표	기호	제안자	온열 4요소				인체요소		특 징
				기온	습도	기온	방사	대사	착의	
열평형식에 기초한 지표	작용온도	OT	Gagge (1937)	○		○	○			방사·기온·방사열전달율·대류열전달율을 포함하는 등가가상온도
	열스트레스 지표	HSI	Belding & Hatch (1955)	○	○	○	○	○	○	고온작업환경에서의 체온조절에 필요한 피부표면으로부터의 수분증발열량 $E_{req}$ 와 최대 가능한 증발열량 $E_{max}$ 와의 비이며, 증발로 조절가능한 여지를 평가함.
	습작용온도	HOT	Nishi & Gagge (1971)	○	○	○	○	○	○	작용온도를 발전시켜, 습도, 착의의 전열·투습성, 발한상태 등도 고려해서 환경을 총합적으로 온도를 표시.
	예상평균 신고	PMV	Fanger (1973)	○	○	○	○	○	○	인체의 열평형에 기초해서, 열적 중립에 가까운 상태의 인체의 온냉감을 예측하는 지표. 산출된 수치는 ASHRAE의 7단계 온냉감 척도와 마찬가지로.
	신유효 온도	ET*	Gagge, Stolwijk & Nishi (1971)	○	○	○	○	○	○	발한에 의한 체온조절기능을 포함하는 열평형 모델에 기초하며, 온열환경요소와 인체측 요소를 총합상대습도 50%의 상태의 기온으로 표시. 표준상태에서의 유효온도를 표준신유효온도로 칭한다.
	수정습작용온도	HOTV	堀越, 小林 (1985)	○	○	○	○	○	○	습작용온도에 기류의 영향을 부여하여, 기온을 기준으로 해서, 기류·방사·습도의 효과를 온도로 변환해서 적산하고, 총합적인 영향을 가상적인 온도로 표현한 지표이다.
물리적 계측지표	습구온도	$T_{wb}$	Haldane (1905)	○	○					기온과 수증기분압의 평가 고습도 작업환경
	카타 냉각력	$H$	Hill (1916)	○		○				환경의 냉각력 평가. 기류영향을 과대평가
	흑구온도	$T_r$	Vernon (1930)	○		○	○			방사대류온도(Radiation Convection Temperature)라고도 한다. 방사열과 기류의 효과를 평가. 평균방사온도(MRT: Mean Radiant Temperature)의 산출에 사용한다.
	합성온도	RT	Missenard (1931)	○	○	○	○	경작업	통상	직경 9cm의 소형 흑구온도계 표면의 1/3이 습윤가스에 둘러싸여 있다. 장시간 체류하면서 순응한 인체의 온감을 나타낸다. 유효온도를 기초로 주위 벽면의 방사열 효과를 가미한다.
	등가온도	Eq. T	Dufton (1933)	○		○	○		통상	온열환경 측정기로 측정. 표면온도가 29℃로 적용범위가 좁다.

표 2. 온열환경평가지표-2

분류	온열환경 지표	기호	제안자	온열 4요소				인체요소		특징	
				기온	습도	기온	방사	대사	착의		
생리반응	4시간예측 발한속도	P4SR	McArdle (1947)	○	○	○	○	○	○	고온환경에서의 온감을 4시간의 예측 발한량[ $l/h$ ]으로 표시하며, 기온·습도·기류·열방사·작업량을 변수로 하는 선도를 이용하여 산출. 내서(耐暑)한계의 예측	
주관적 경험적 지표	유효온도	ET	Houghton & Yaglou (1923)	○	○	○		○	통상 안정경작업 반신나체	기온·습도·기류의 조합을 등온으로 느끼는 습도(RT) 100%, 정온기류 환경하에서 기온으로 표시할 것. 습도의 영향을 저온역에서 과대하게, 고온역에서 과소하게 평가. 냉난방환경에 적용.	
	수정유효온도	CET	Vernon (1932)	○	○	○	○	○	안정경작업 반신나체	건구온도 대신에 흑구온도를 쓰며, 습구온도 대신에 수정습구온도를 써서 유효온도선도로 부터 구한다. 방사원이 있는 냉난방환경에 적용.	
	등가온	EW	Bedford (1933)	○	○	○	○	○	안정 통상	4요소를 고려한 체감지표이며, 총합적온감을 무풍·포화공기에서 등온환경 $T_a = MRT$ 의 온감으로 표시.	
	풍냉지수	WCI	Siple (1945)	○	○	○	○			남극의 건조·일음의 환경에서의 인체의 냉감을 실험에 기초해서 얻은 실험식. 쾌적상태의 피부온도를 $33^{\circ}C$ 로 함. $WCI = (10.45 + 10\sqrt{v-v'}) / (33 - T_a) / 0.86$	
	습구흑구온도	WBGT	Yaglou & Minard (1957)	○	○	○	○		○	훈련복	미국해병대가 폭염하에서 훈련할 때에, 열중증 방지를 위해 제안한 지표. 습구온도 $T_{wb}$ ·흑구온도 $T_g$ ·기온 $T_a$ 의 계측에 의거 유효온도의 근사치를 구한다.
	불쾌지수	DI THI	A.C.H.V 미국기상국 (1959)	○	○					통상	기온 $T_a$ 습구온도 $T_{wb}$ 의 조합에 의해 중서환경을 평가하고, 온습도지수 THI라고도 한다. 간편하게 불쾌도를 표시한다.
	옥스포드지수	WD	Lind (1964)	○	○						고온 갱내작업의 평가에 적용. $WD = 0.85 \times T_{wb} + 0.15 \times T_a$
	환경온도	$T_a$	IHVE (1970)	○				○			난방설계용 실온으로서 사용된다. 작용온도와 마찬가지로 지표. $T_a = 2/3 MRT + 1/3 T_a$

주 : 이 표는 “산중소용, 온열생리학, 이공학사, 1981의 표 2.20 각종 온열지표와 특징을 기초한 “일본건축학회 환경공학회 소위원회, 인간 열환경 제16회 열심포지움, 1986, p.p. 3~20”을 참고로 해서 작성한 것임.

다음, 온열 환경의 측정은 재실자가 어느 정도의 시간이 있다고 생각되는 위치(거주역)에서 측정을 해야할 것이다. 즉, 계측위치는 워크 스테이션·좌석·취침장소 등 그 공간 기능에 의존한다. 보통은 거주역의 재실자 대표점에서 측정을 한다. 거주역이란 특수한 경우를 제외하고, 각 벽면으로부터 0.6m 내측과 바닥면에서 높이 1.8m 까지의 공간을

말한다. 거주역을 특별히 정할수 없는 경우에는 표 3에 나타난 장소를 측정하는 것이 권장되고 있다. 그러나, 공장 등과 같은 작업장 환경인 경우에는 생산라인과 저장시설에 근무하는 작업자들을 대상으로 실제의 작업 공간에서 측정이 이루어져야 할 뿐 아니라, 그와 관련된 설문조사 등이 부수적으로 수행되어야 한다.

표 3. 측정위치 및 높이

측 정 위 치	측 정 높 이
① 실 또는 공간의 중앙점	① 공기온도 및 기류속도는 의자에 앉아있을 경우에는 바닥위 0.1m, 0.6m, 1.1m의 위치에서, 서 있는 경우에는 바닥위 0.1m, 1.1m, 1.7m의 위치에서 한다.
② 실의 각 벽면에서 0.6m 내측의 점	② 절대습도는 실내 1개소를 측정한다.
③ 외벽의 경우에 대해서는 가장 큰 개구부의 중심에서 0.6m의 위치	③ 작용온도는 의자에 앉아있을 경우에는 바닥위 0.6m의 위치에서, 서 있는 경우에는 바닥위 1.1m의 위치에서 한다.
	④ 방사의 불균일성은 의자에 앉아있을 경우에는 바닥위 0.6m의 위치에서, 서 있는 경우에는 바닥위 1.1m의 위치에서 한다.

### 3. 작업장에서의 熱스트레스와 열적 쾌적성 평가

#### 3.1 熱스트레스와 물리적 건강장해

熱스트레스란 인간을 둘러싸고 있는 주변 환경의 여건에 따라 인체의 신진대사에 의한 열발산이 증대하고, 이와 더불어 인체 심부(深部)의 온도를 38℃ 이상으로 초과하게 하는 주변 환경의 열적 상태를 가리킨다. 이런 관점에서 본다면, 체온조절기구가 움직일 필요가 없는 온열감각에 의한 熱스트레스가 걸

리지 않는 때가 쾌적한 상태이다. 인체에서의 열방산은 주로 인체 표면에서의 대류·증발·복사에 의해 이루어지며, 그 발산 비율은 주위 환경과 노동조건 등에 따라 다르다. 그림 1에 나타난 바와 같이, 통상의 온도를 벗어난 영역에서 일을 하면, 고온·저온인 어느 경우에 있어서나 죽음에 이르지만, 작업에 따라서 환경온도를 조절하는 것이 중요하며, 일반 공장과 같은 작업장에서는 쾌적영역보다 약간 아래의 온도를 적절하다고 하는 경우가 많다.

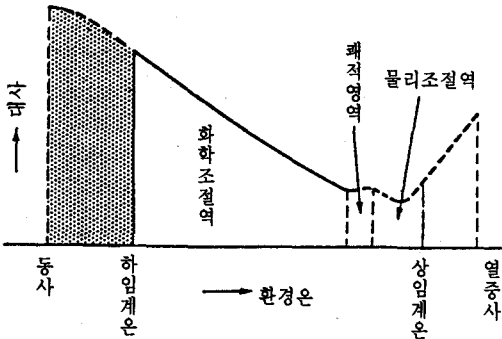


그림 1 환경온도의 변화에 따른 조절영역과 致死에 이르는 온도와의 관계

또한, 대부분의 작업장 환경은 열과 수분을 방출하는 프로세스와 관련되어 있다. 이런 이유 때문에 특히 근로자를 둘러싼 작업장 환경은 높은 열을 발생시키는 경우가 대다수이다. 이와 같이 발생하는 공정(工程) 열을 전부 제거한다든가 일상적인 방법의 환기 장치나 에어컨 장치를 써서 열을 조절한다든가 하는 것은 경제적인 면에서 볼 때 거의 실현 불가능한 일이다. 그러므로, 열조정 방법의 설계 및 작동방법을 달리하여 일반 환기장치가 다룰 수 있는 것보다 많은 양의 열을 조절하는 방법을 강구해야 할 것이다.

기본적인 사항으로서 설비기술자들은 뜨겁고 건조한(Hot-dry) 작업장과 따뜻하고 습기가 있는(Warm-moist) 작업 환경사이의 조절 필요의 차이에 대해 구분할 수 있어야 한다. 전자는 공정이 공기 중에 수분을 증가시키지 않고 오직 느낄 수 있을 정도의 복사열만 내뿜는다고 할 때이다. 이 경우 근로자에게 가해지는 열부하 상승은 별로 크게 문제가 되지 않는다. 그 이유는 물론 그런 환

경에 노출된 근로자가 받는 열부담은 증가되지만, 그 환경에서는 땀의 증발로 인한 자연 냉각 기능이 방해받지 않기 때문이다. 비록 땀은 굉장히 많이 흘리게 되지만, 어쨌든 인체의 열평형은 유지되는 것이다.

그러나, 따뜻하고 습기가 있는 환경에서의 습식공정은 주로 잠열(潛熱)을 발산한다. 이때 근로자의 몸이 받는 열의 부담은 별로 크지 않지만, 공기 중에 습기가 많아짐으로 인해 근로자가 보통 땀의 증발로 얻을 수 있는 열강하 작용이 방해받기 때문에 문제가 생기는 것이다. 그러므로, 따뜻하고 습기가 있는 작업환경이 뜨겁고 건조한 작업환경보다 인체에 더 해로운 것이다. 뜨겁고 건조한 작업환경은 주로 뜨거운 용광로·단조·금속 돌출 및 압연기 공장·유리 조성기계 공장 등이 해당된다. 반대로 따뜻하고 습기많은 작업환경을 가진 작업장의 대표적인 예가 섬유 공장·세탁소·염색공장 그리고 먼지방지를 위해 물을 많이 사용하는 깊은 광산 갱도 등이다.

또 한가지, 공장의 열문제는 그 공장이 위치한 지역의 기후환경에 의해서도 크게 좌우된다. 외부에서 태양열이 많이 들어와서 실내공기의 온도가 높아지면 작업장에서의 열부담이 커지지만, 이 외부열은 작업장내에서 발산되는 공정 열에 비하면 대단한 것이 못된다. 그러나, 외부의 공기에 습기가 많은 경우에는 뜨겁고 건조한 작업장에도 영향을 미치게 된다. 그래서, 습기가 많은 여름날에는 근로자들이 땀의 증발로 얻을 수 있는 냉각 효과가 상당히 감소하게 된다. 또한, 작업장내가 따뜻하고 습기가 있는 경우, 비록 대개 작업중 발생하는 습기가 외부 공기로부터 야

기되는 습기량 보다는 많다고 하더라도, 외부에서 태양열이 많이 들어오고 외부온도가 높으면 이들 요소들은 아주 중요하게 다루어져야 한다.

한편, 대부분의 작업장 환경은 저온인 경우에도 문제가 발생할 여지가 있긴 하지만, 대개 고열(高熱) 발생 및 고온 환경으로 인해 야기되는 작업장 환경이 문제가 되는 경우가 비일비재하다. 따라서, 고열 및 고온 환경이 인체에 미치는 영향과 그 대책을 물리적 장해 요인들과 결부시켜 기술해 보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 1차 생리적 영향

- ① 피부혈관확장 : 교감신경에 의한 피부혈관의 확장으로 순환 혈액량이 많아지고, 피부온도가 상승하여 전도와 복사 에 의한 체열 방출이 증가된다.
- ② 발한 : 작업환경온도가 피부온도에 가까워지거나 더 올라가면 열은 대부분 증발하며, 한선에는 대한선과 수액선이 있다. 발한은 피부온도가 34.5℃부터 시작되며, 땀 1리터 증발시 580 kcal의 기화열이 상실된다.

(2) 2차 생리적 영향

- ① 심혈관 장해 : 고온에 장시간 폭로시 혈류량이 증가되며, 내장의 혈관은 대상성으로 수축하고 맥박도 빨라져 심혈계통에 장해가 온다.
- ② 신장장해 : 피부혈관 확장의 대상성으로 신장의 혈관이 수축되어 혈류량이 감소하여 신세뇨관의 여과가 감소되어 요량(尿量)이 감소되며, 부신피질의 알도스

테론(Aldosterone)과 뇌하수체에서 항이노 호르몬의 분비량이 증가되어 신세뇨관에서 수분 재흡수를 증가시켜 오줌 배설량이 감소된다.

- ③ 위장장해 : 위장계통의 혈류량 감소로 운동력과 긴장성이 감소되어 소화기능의 감소, 식욕감퇴, 변비 등이 올 수 있다.
- ④ 수분 및 염분 부족과 신경계 장해가 올 수 있다.

(3) 고열 및 고온에 대한 대책

먼저, 설비와 작업방법 상의 관리 대책으로서는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

- ① 발생원에서의 열의 제어, 복사열의 차폐와 절연
- ② 환기 : 국소배기장치 및 작업장내의 급기식 환기가 유효
- ③ 냉방장치
- ④ 냉방복
- ⑤ 근육작업의 경감 : 작업의 자동화 및 기계화를 통해 근육작업을 경감
- ⑥ 근무제 합리화 및 휴게실 : 휴게실은 26℃, 습도 50~60%를 기준으로 하여 외부온도 보다 5~6℃ 정도 낮추면 충분하다.
- ① 적성배치상 고려해야 할 질병 : 소화관 장애, 고혈압증, 심장혈관, 내분비 질환, 무한증, 신염 등
- ② 개인 관리 : 0.1% 식염수를 공급하며, 수면부족, 영양부족이 오지 않도록 함
- ③ 순화 : 적응순화가 완성되려면 1~2주간에 걸친 계획적인 순화훈련이 필요하다.



한편, 근로자의 건강관리 대책은 다음 사항에 유의하면서 수립하는 것이 바람직하다.

### 3.2 작업장에서의 열적 쾌적성 평가지표

실내 열환경 평가지표들의 종류는 이미 제 2절에서 기술한 바와 같이 다종다양하다. 따라서, 이들 가운데서 작업장 환경에 적합한 평가지표들을 선별하여 작업장의 열적 쾌적성 평가지표로서 활용할 수 있음은 이미 시사한 바와 같다. 그러나, 공장 등과 같은 작업장 환경은 경우에 따라 극한적인 추위와 관련되기도 하지만, 대부분이 많은 열과 수분 발생이 수반되는 프로세스와 연관되는 일이 더 많다. 바꾸어 말하면, 작업장 환경은 서열(暑熱) 환경에 처해 있어 문제가 초래되는 경우가 더 비일비재하다는 의미이기도 하다. 따라서, 여기에서는 서열 환경인 경우를 중심으로 해서 이에 활용될 수 있는 열환경 평가지표들을 대상으로 몇가지를 선정하고 이들을 중점적으로 좀 더 심도있게 기술하기로 한다.

#### (1) 유효온도

유효온도(Effective Temperature, ET)란 기온·습도·기류의 3요소의 조합에 의한 실내 온열 감각을 기온의 척도로 나타낸 것이다. 미국인 Yaglou와 Houghton(1923)에 의하여 실험적으로 구해진 것이며, 다수의 피험자의 실제 체감에서 구한 것으로 계측기에 의한 것은 아니다.

즉, A, B 2개의 방을 준비하여 A실은 습도 100%, 기류 0m/s로 하고 기온만을 조절

가능하도록 한다. B실은 온·습도, 기류를 임의로 변화도록 하여 피험자가 양(兩)실에서 받는 온열감각이 같을 때 A실의 기온을 가지고 B실의 조건에 대한 유효온도로 하였다. 예를 들면, B실에서 기온 25℃, 습도 50%, 기류 1.5m/s 일 때의 체감이 A실의 기온 20℃일 때의 체감과 같을 때 B실의 실내 기후를 ET 20℃로 나타낸다.

이 실험의 결과는 그림 2와 같이 표현되며, 이를 이용해 유효온도를 구할 수 있다. 이 선도는 습도 100%, 기류 0m/s, 기온  $t$  [℃]의 조건을 건구온도축과 습구온도축과 함께  $t$  [℃]의 점을 연결하는 선분(이 선분상의 점은 기온  $t$  [℃], 습도 100%를 나타낸다)과 기류 0m/s의 선과의 교점으로 나타내고, 이 조건과 같은 체감을 얻는 온도·습도 기류의 조합은 이 교점에서 원편으로 경사된 위쪽에 나타나 있는 곡선상의 점으로 제시되어 있다. 따라서, 하나의 유효온도에 대한 온·습도, 기류의 3자의 조합은 무수하게 고려된다.

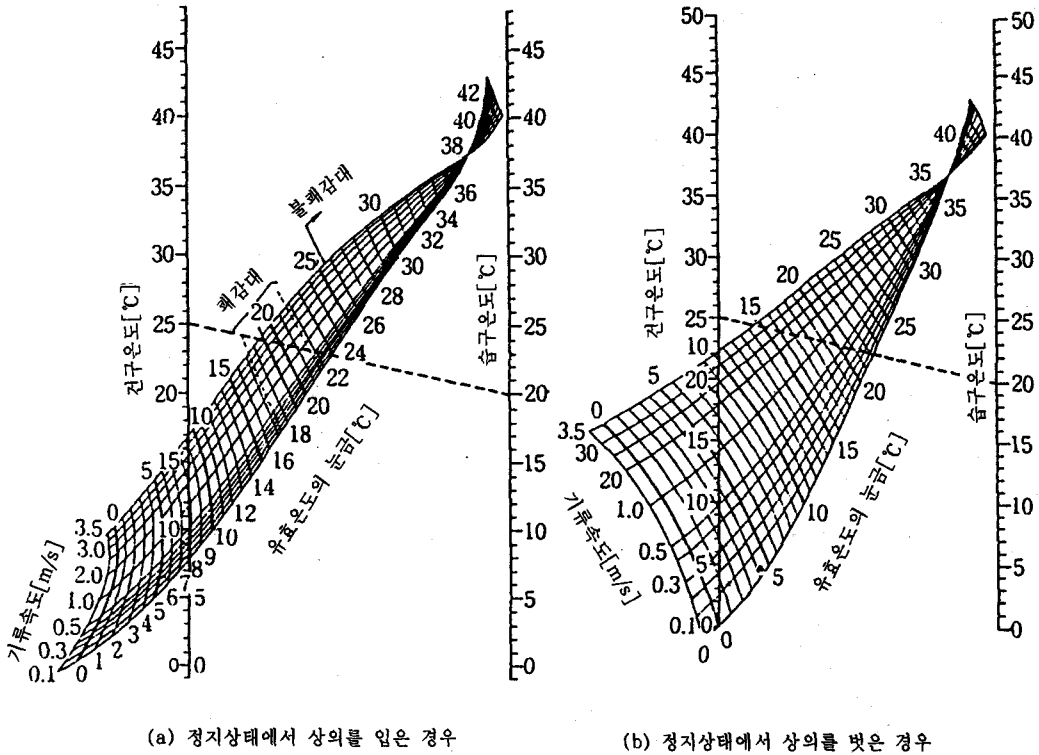
이 선도에 의하면 유효온도에 대한 습도의 영향은 기온이 낮을수록 적고, 또 기류의 영향은 기온이 낮을수록 크고, 37℃ 이상에서는 기류의 가열효과가 나타나는 것을 알 수 있다. 또한, 상반신 나체의 경우 기류의 영향은 착의시 보다 크게 되는 데, 이것은 그림 (b)의 기류속도 곡선의 간격이 그림 (a)의 간격보다 영성한 것에 의해서 나타나 있다.

유효온도에 의한 한국인의 경우 쾌적범위는 보통의 착의 상태, 경작업시에서 다음과 같이 검토된다.

동계 ET 17~21℃(습도 50%~60%)

하계 ET 20~24℃(습도 60%~65%)

춘추 ET 17~22℃(습도 60%~65%)



(예) 기온 25℃, 습구온도 20℃, 기류 1.0m/s(그림 중의 파선과 기류 1.0m/s의 곡선과의 교점으로 나타낸다)의 때는 그림 (a)에서는 ET 21.2℃, 그림 (b)에서는 ET 19℃로 된다.

그림 2 유효온도선도

(2) 불쾌지수

1950년대에 미국의 J. F. Bosen이 종래의 유효온도에 의한 표시가 번잡하기 때문에 일반사회에서 사용할 수 없으므로 이것은 간략화하는 것을 시도하였다. 즉, 유효온도는 기온·습도·기류의 영향을 종합한 온감이지만, 이 가운데서 기류의 영향을 제외하고 기온과 습도만에 의한 온열감을 나타낸 것이다.

불쾌지수(Discomfort Index, DI)는 기온  $t$  °C, 습구온도  $t'$  °C에 따라 (식-1)과 같이 나타낼 수 있는 데, 그림 3으로부터도 용이하게 구할 수 있다. 그림 4에는 불쾌지수에 따른 체감의 상태를 나타낸다.

$$DI = 0.72(t + t') + 40.6 \quad (\text{식-1})$$

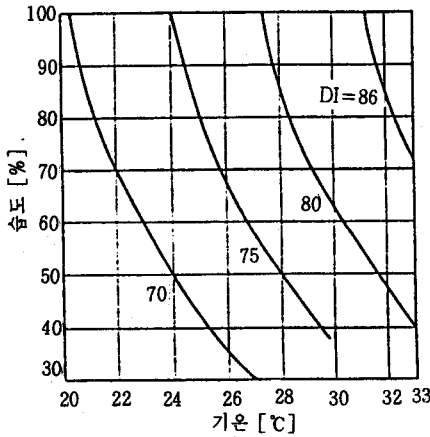


그림 3 불쾌지수 계산도

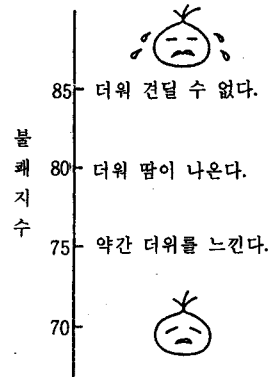


그림 4 불쾌지수와 체감

(3) 작용온도

작용온도(Operative Temperature, OT)는 기온, 기류 및 주벽면온도의 3요소의 조합과 체감과의 관계를 나타내는 것이며, 미국의 Winslow, Herrington, Gagge(1937)에 의하여 연구되었다.

기온  $t$  [°C], 기류  $v$  [m/s], 주벽평균온도  $t_s$  [°C]와 작용온도는 다음 식과 같은 관계가 있다.

$$OT = 0.55t_s + 1.6\sqrt{vt} - 1.6t_s(\sqrt{v} - 0.28) \quad \text{(식-2)}$$

여기에서,  $t_s$ : 평균피부표면온도 [°C]  
기류가 0.2m/s 이하일 때는

$$OT \approx (t_s + t) / 2 \quad \text{(식-3)}$$

에서 근사된다.

쾌적한 작용온도 범위는 18.3~24°C(동계), 23.3~28.9°C(착의·안정)라고 할 수 있다.

(4) 습구흑구 온도지수

습구흑구 온도지수(WBGT)는 1957년 Yaglou에 의해 제안되었다. 이 지표는 서열(暑熱)환경하에서의 열스트레스를 평가하는 지표이며, 자연통풍상태의 습구온도, 글로우브 온도 및 건구온도로부터 계산된다. WBGT의 산출식은 다음에 나타내는 바와 같이, 옥외와 실내에서 각각 다른 식을 사용한다.

① 옥외용 산출식

$$WBGT = 0.7 \times T_{nwb} + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a \text{ [°C]} \quad \text{(식-4)}$$

② 실내용 산출식

$$WBGT = 0.7 \times T_{nwb} + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a \text{ [°C]} \quad \text{(식-5)}$$

여기에서,

$T_{nwb}$ : 자연통풍상태의 습구온도 [°C]

$T_g$ : 흑구온도[°C]

$T_a$ : 건구온도[°C]

WBGT는 심장박동과 체온과의 대응, 서열 노동환경과 옥외의 운동환경의 평가에 사용되고 있고, ISO-7743에 채용되고 있다. 그림 5에 WBGT에 의한 작업정도와 권장폭로 한계시간과의 관계를 나타낸다. WBGT가 35°C를 초과하면, 작업에서도 단시간 폭로한계로 된다.

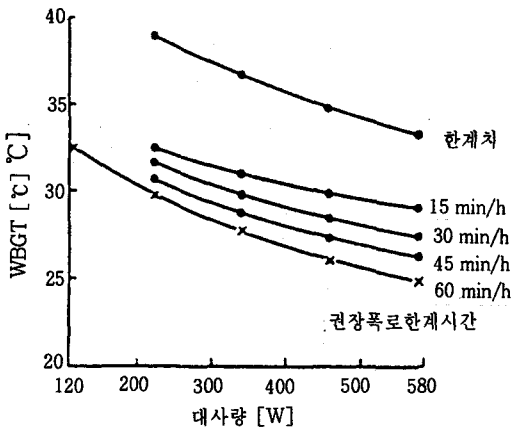


그림 5 습구온도(WBGT)와 대사량·권장폭로 시간과의 관계

(체중 70kg, 체표면적 1.8m<sup>2</sup>에서 기 후순화한 표준노동자를 대상)

(5) 熱스트레스 지수

Belding과 Hatch(1955)에 의해 제안된 熱스트레스 지수(Heat Stress Index, HSI)는 기온·복사·수증기압·기류·작업량을 바탕으로 증발에 의하여 잃어버릴 수 있는 열량( $E_{reg}$ )을 산출하고 증발에 의하여 조절 가능한 여지를

평가하는 데 있다.

고열 공장 등 고온 환경하에서 인체가 땀을 배출하는 데 따른 방열량  $E_{reg}$ 을 생리적 熱스트레스라 하고, 이에 따른 작업 능력 또는 신체조직의 기능 변화를 스테리인(Strain)으로 보아 양자의 관계를 표현하는 방법이다.

땀을 내지 않는 열 중성역 가까이에서는  $M-(R+C)=0$ 이고, 대사량  $M$ 이 복사·대류에 의한 방열량 ( $R+C$ )를 초과할 때에 생리적 熱스트레스  $E_{reg}$ 가 존재한다.

$$M-(R+C)=E_{REG} \quad (식-6)$$

熱스트레스 지수(HSI)는 다음 식에 의하여 정의된다.

$$HSI = \frac{E_{reg}}{E_{max}} \times 100 \quad (식-7)$$

표준 남자에 대하여 나체, 체표면온도를 35°C로 하면,

$$R = (10t_{mrt} - 35)[\text{kal/h}] \quad (식-8)$$

$$C = 12.7\sqrt{v}(t_a - 35)[\text{kal/h}] \quad (식-9)$$

$$R + C = (10 + 12.7\sqrt{v})(t'_g - 35)[\text{kal/h}] \quad (식-10)$$

여기에서,

$$t'_g = t_{mrt} + (1.27\sqrt{v}t_a) / (1 + 2.7\sqrt{v})$$

또한,  $E_{reg} > 0$ 에 대하여 체표면이 모두 땀에 젖어 있는 상태의 증발에 의한 방열량을  $E_{max}$ 로 하고, 고열 환경 8시간 작업에 대한 발한량의 한계치를 1 l/h(잠열 600 kcal/h), 주위 공기의 수증기압을  $P$ [mmHg]로 하면,

$$E_{max} = 21.4v^{0.4}(42 - P) < 600 \text{ [kcal/h]}$$

(식-11)

熱스트레스 지수와 熱스트레인과 관계는 표 4와 같이 주어지고, 고열 공장 등에 있어 작업환경 개선의 목표로서 사용된다.

#### (6) 4시간 예측발한속도

이 지표는 제2차 세계대전중에 영국해군의 근무체제(4시간 교대근무)에 맞춘 온열환경의 평가를 하기 위해 4시간 근무시의 수발한량으로 제안된 지표이다. 그 때문에 온열환경요소외에 작업량과 착의량도 평가에 가미되고 있다. 그러나, 인체모델을 상정한 평가

이므로, 개개인의 발한량을 예측하는 것에 적합하다고 하는 의미는 아니다.

그림 6에 4시간 예측 발한속도(P4SR)를 구하기 위한 선도를 나타낸다. 그림에 나타내는 바와 같이, 온열환경요소 및 작업량이 들어 있다. 그러나, P4SR을 구하기 위해서는 먼저 습구온도에 복사열·작업량·착의량에 의한 보정값을 더해서 보정습구온도를 계산하고, 다음에 흑구온도와 풍속 정도에 따른 보정습구온도로부터 풍속에 따른 기초4시간 발한속도(B4SR)를 구한다. 더욱, B4SR에 대수량과 착의량에 의한 보정을 더해서 P4SR을 구한다. 이렇게 각각 보정이 필요하며, 상세한 것은 참고문헌<sup>5)</sup>을 참조하길 바란다.

표 4. 熱스트레스 지수(HSI)와 熱스트레인

熱스트레스 지수		8시간 熱스트레스에 대한 생리위생학적 스트레인
-10~20	미한(微寒)	고열작업에서의 회복을 위한 환경조건은 이것이 많다.
0	중성(中性)	무 스트레인
10~30	미열(微熱), 약열(弱熱)	고도 두뇌작업의 능률저하, 중노동의 능률저하는 적다.
40~60	중열(中熱)	적용성이 없는 자에게는 육체적 장애를 발생한다. 훈련되어 있지 않는 자에게는 휴식이 필요. 육체작업의 능률이 저하한다. 계속적 두뇌작업에 부적합. 순환기·호흡기의 장애가 있는 자 및 만성피부 질환에 대하여 부적합.
70~90	강열(強熱)	이 조건에 견딜 수 있는 자는 매우 적다. 의학적 검사 및 훈련을 요한다. 특별한 물 및 식염의 보급을 강구한다. 적당한 환경개선이 강하게 요구된다. 작업능률 저하 및 증상은 현저하지 않지만, 마침내는 이 환경에 적응할 수 없게 된다.
100	극열(極熱)	훈련을 거쳐 적응성 있는 청년이 매일의 작업에 견딜 수 있는 최대 한도

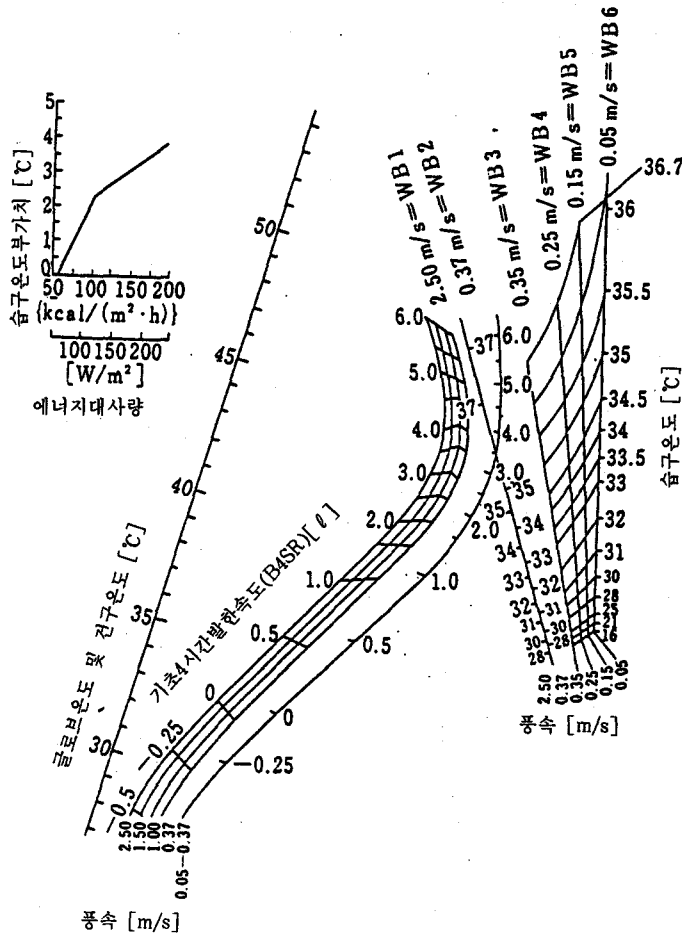


그림 6 4시간예측발한속도(P4SR)를 구하는 선도

(7) 합성온도(RT)

프랑스의 A. Missenard(1935)에 의하여 제안되었으며, 영국에서 주로 사용되고 있는 ET(Environmental Temperature)와 유사하게 기온(DBT), 평균복사온도(MRT), 기류( $v$ )를 조합한 지표로서 합성온도(Resultant Temperature, RT)라고 한다. 이것은 직경 10mm 혹은 구 내의 온도[°C]로 표시한다. 합성온도는 다음 식으로 정의된다.

$$RT = \frac{MRT + DBT\sqrt{10v}}{1 + \sqrt{10v}} \quad (\text{식-12})$$

합성온도로서 측정할 수 있는 환경변수 범위는 다음과 같다.

- DBT : 20°C ~ 45°C
- WBT : 18°C ~ 40°C
- $v$  : 0.1 ~ 3.0m/s

즉, 정지상태의 공기에서 합성온도는 주위 벽의 표면온도와 기온의 영향을 합성한 것이다. 표 5.는 영국에서 권장하고 있는 실내 합성온도의 권장값이다.

표 5. 실내 합성온도(RT)의 권장값

실 내 환 경	합성온도[°C]
주택·거실	21
침실	18
사무실	20
경작업시	16
공장 중작업시	13

주 : CIBSE Guide Section A1

(8) 예상온열감반응(PMV)

덴마크 공과대학의 P. O. Fanger(1970) 교수에 의하여 제안된 온열환경지표치인 PMV (Predicted Mean Vote)는 기온·복사·수증기압·기류·호흡 방열량·작업량·착의량을 변수로 해서 열평형을 가져오는 환경인자의 조합을 구한다. 다만, 땀을 방출하는 데 따른 조절은 포함하지 않는다. PMV=0을 중심으로 한 중립치에 약간 따뜻하다(+1), 따뜻하다(+2), 덥다(+3)와, 약간 시원하다(-1), 시원하다(-2), 춥다(-3)의 더위와 추위 각 3 단계 평가로 되어 있고, 실험에 의하면 PMV =0에서 5%, ±1에서 26%로, ±2에서 80%의 사람이 불쾌를 느끼는 것으로 보고되고 있다. 또한, PMV의 계산식(ISO-7730)은 다음과 같다.

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028)[(M - W) - 3.05 \cdot 10^{-3}\{5733 - 6.99(M - W) - p_a\}$$

$$- 0.42\{(M - W) - 58.15\} - 1.7 \cdot 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0.0014M(34 - t_a) - 3.96 \cdot 10^{-8} f_{cl}\{(t_a + 273)^4 - (t_{r,} + 273)^4\} - f_{cl}h_c(t_a - t_a)] \quad (\text{식-13})$$

여기에서,

M=대사량 [W/m<sup>2</sup>] (1Met=58.15W/m<sup>2</sup> (체표))

W=외부일 [W/m<sup>2</sup>] (대부분의 대사에 대하여 0으로 하여도 된다)

l<sub>a</sub>=의복의 열저항 [clo] (1 clo=0.155 m<sup>2</sup>K/W)

f<sub>cl</sub>=나체시의 표면적에 대한 착의시의 표면적의 비

t<sub>a</sub>=공기온도 [°C]

p<sub>a</sub>=수증기 분압 [Pa]

t<sub>r,</sub> =평균 복사온도 MRT [°C]

h<sub>c</sub>=대류열전달률 [W/m<sup>2</sup>K]

v<sub>ar</sub>=상대풍속 [m/s]

t<sub>a</sub>=의복표면온도 [°C]

$$t_a = 35.7 - 0.028(M - W) - 0.155l_a[3.96 \cdot 10^{-8} f_{cl}\{(t_a + 273)^4 - (t_{r,} + 273)^4\} + f_{cl}h_c(t_a - t_a)]$$

$$h_c = (2.38(t_a - t_a))^{0.25}$$

$$(2.38(t_a - t_a))^{0.25} > 12.1\sqrt{v_{ar}} \text{의 때}$$

$$12.1\sqrt{v_{ar}}$$

$$(2.38(t_a - t_a))^{0.25} < 12.1\sqrt{v_{ar}} \text{의 때}$$

$$f_{cl} = \{1.00 + 0.2l_a \text{ (} l_a < 0.5\text{clo의 때)}\}$$

$$1.05 + 0.1l_a \text{ (} l_a > 0.5\text{clo의 때)}$$

또한, 열적으로 불만족한 사람의 수를 예측하는 것으로 온열감 반응에서 +3, +2, -2, -3으로 응답한 사람의 수를 전체 응답자 수에 대한 백분율로 나타내는 것을 예측불만족율(Predicated Percentage of Dissatisfied,

PPD)이라고 한다. PPD는 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0.93353 \times PMV^4 + 0.2179 \times PMV^2)}$$

(식-14)

#### 4. 작업장에서의 열환경 관련법규

작업장의 열환경과 관련된 측정인자, 방법 및 평가기준은 산업안전보건법 제42조 및 동법 시행규칙 제93조 내지 97조 3의 규정에 근거를 두고 있다. 이에 관한 구체적인 내용은 산업안전 관계법규 가운데서 보건위생분야의 「작업환경측정실시규정」(제정 1992.4.16 노동부고시 제92-17호)과 「유해물질의 허용농도」(제정 1986.12.22 노동부고시 제86-45호, 개정 1988.12.23 노동부고시 제88-69호 및 1991. 3.30 노동부고시 제91-21호)에 규정되어 있다. 이 기준을 정리하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

##### 4.1 「작업환경측정실시규정」 중 제14조, 15

#### 조 및 28조 내용의 발췌 요약

제 14 조 【작업환경측정방법】 법 제42조 제2항의 규정에 의한 측정방법은 제5장에서 정하는 바에 따라야 한다.

제 15 조 【단위】 ⑤ 고온 및 저온의 측정단위는 섭씨온도(℃)로, 온열(복사열 포함)의 측정단위는 습구흑구 온도지수(WBGT)를 구하여 섭씨온도로 표시한다.

제 28 조 【고온 및 저온】 고온 및 저온의 측정은 다음 각호의 방법에 의하여야 한다.

1. 측정은 측정점의 바닥면으로부터 50 센티미터 이상 150 센티미터 이하의 위치에서 행하여야 한다.
2. 측정구분 및 측정기기에 따른 측정시간은 다음의 표 1과 같이 하여야 한다.
3. 습구흑구온도지수(WBGT)는 다음의 (식-3)에 의하여 산출한다.

(식-3)

옥외 :  $WBGT[℃] = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.2 \times \text{흑구온도} + 0.1 \times \text{건구온도}$

옥내 :  $WBGT[℃] = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.3 \times \text{흑구온도}$

표 6. 측정구분 및 측정기기에 따른 측정시간

구 분	측 정 기 기	측 정 시 간
자 연 습 구 온 도	0.5도 간격의 눈금이 있는 아스만통풍 건습계	25분이상
저 온	또는 이와 동등 이상의 성능이 있는 측정기기	
흑 구 온 도	섭씨 영하 200도까지 측정할 수 있는 온도계	5분이상
	직경이 5센티미터 이상되는 흑구온도계 또는 습구흑구온도(WBGT)를 동시에 측정할 수 있는 기기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직경이 15센티미터일 경우 25분 이상</li> <li>• 직경이 7.5센티미터 또는 5센티미터일 경우 5분 이상</li> </ul>



## 4.2 「유해물질의 허용농도」 규정 중 제10조, 11조 내용의 발췌 요약

제 10 조 【고온】 작업의 강도에 따른 고온의 허용기준은 별표 4와 같다.

[별표 4]

### 고온의 허용기준

(단위 : °C, WBGT)

작업강도 작업휴식시간비	경 작 업	중등작업	중 작 업
계 속 작 업	30.0	26.7	25.0
매시간 75% 작업, 25% 휴식	30.6	28.0	25.9
매시간 50% 작업, 50% 휴식	31.4	29.4	27.9
매시간 25% 작업, 75% 휴식	32.2	31.1	30.0

- 주 : 1. 경작업 : 200kcal까지의 열량이 소요되는 작업을 말하며, 앉아서 또는 서서 기계의 조정을 하기 위하여 손 또는 팔을 가볍게 쓰는 일 등을 뜻함.  
 2. 중등작업 : 시간당 200~350kcal의 열량이 소요되는 작업을 말하며, 물체를 들거나 밀면서 걸어 다니는 일 등을 뜻함.  
 3. 중작업 : 시간당 350~500kcal의 열량이 소요되는 작업을 말하며, 곡괭이질 또는 삼질하는 일 등을 뜻함.

제 11 조 【표시단위】 ③ 고온의 허용기준 표시 단위는 습구흑구온도지수(이하 “WBGT”라 한다)를 사용하며 다음식에 의하여 산출한다.

$$\text{옥외 : WBGT} = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.2 \times \text{흑구온도} + 0.1 \times \text{건구온도} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\text{옥내 : WBGT} = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.3 \times \text{흑구온도} [^{\circ}\text{C}]$$

## 5. 맺음말

이상에서와 같이, 건물 실내 열환경의 쾌적성 평가 이론들과 기법들에 관해 개관하고, 작업장에서의 근로자의 열적 쾌적성을

평가하는 방법들에 관해 현행 산업안전법에 규정되어 있는 범규와 연관시켜 가면서 기술하였다. 요약하면, 작업장은 일반 건물환경과는 다르게 아주 심한 추위에 노출될 수 있는가 하면, 각종 오염물질이 배출되며 많은 열과 수분이 발생됨으로서 근로자의 건강과 보건을 위협할 수 있는 여지가 많다. 따라서, 작업장 환경은 서열 환경으로 조성되는 경우가 많으므로, 본 고에서는 이에 대해 중점을 두고 활용가능한 열적 쾌적성 평가지표들을 제시하고 분석하였다. 그러나, 작업장 환경을 평가함에 있어 열적인 쾌적성만을 별도로 분리시켜 기술함은 상당히 어려운 일이었다. 사실상 작업장의 쾌적한 환경 조성은 열적 쾌적성 뿐만 아니라, 공기질 환경이라든가

주광과 조명설비 및 소음 대책 등과 같은 여러 환경 요인들이 총합적으로 평가되어야 올바른 것이다. 바꾸어 말하면, 이들 요인들 가운데서 어느 한가지를 거의 완전하게 충족시켰다고 해서 다른 요인들을 쉽게 해결할 수 있는 것은 아니고, 오히려 상호 연관하에서 동시 만족시킬 수 있는 총합적 방법이 모색되어야 한다.

또한, 작업장의 열적 쾌적성을 평가하는 제도적 장치로서는 이미 기술한 바와 같이, 우리나라에서는 산업안전 관련법규에 규정되어 있는 흡구습구 온도지수(WBGT)를 이용하여 분석하면 되는 것으로 되어 있다. 그러나, 제3장에서 기술한 바와 같이 이것 이외에도 적어도 7가지 평가지표들을 활용할 수 있으며, 선진 외국에서도 이미 다양한 평가지표를 활용할 수 있도록 제도적인 장치가 규정되어 있다. 또 한편으로는, 이들 물리적 열적 쾌적성 평가지표들로서만 단순하게 작업장 환경의 열적 쾌적성 평가가 이루어져서는 작업장의 환경 평가가 불완전할 수 있고, 반드시 작업장 환경에서 일을 하는 근로자들의 온열감 반응 및 환경에 대한 만족·불만족도를 판단할 수 있는 설문조사 연구가 병행되면서 수행되어야 바람직하다. 이렇게 함으로써만이 보다 양호하고 쾌적한 작업장 환경이 마련될 수 있으며, 보다 확실한 쾌적성 평가기준을 제시할 수 있는 것이다.

따라서, 현행 산업안전 관련법규에 명시되어 있는 「작업환경 측정실시규정」은 열적 쾌적성 평가지표로서 WBGT로만 국한시킬 것이 아니라, 좀 더 다양한 평가지표들을 활용할 수 있도록 다변화시킬 필요가 있을 뿐 아니라, 작업자들에 대한 온열감 반응 등에 관

한 설문조사가 병행될 수 있도록 할 수 있는 제도적인 보완 대책이 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

#### -참 고 문 헌-

1. 産業安全科教授協議會, 1993, 産業安全關係法規, 동화기술
2. 金五植, 1993, 産業換氣工學, 신평문화사
3. 山中昭雄, 1981, 溫熱生理學, 日本理工學社
4. 磯田憲生, 1995. 12, 溫熱環境の評價指標, 日本空氣調和·衛生工學會誌 第69卷, 第12号
5. 吉田敬一ほか, 1992, 新しい衣服衛生, 日本南江堂
6. 木村建一 編, 1982, 建築環境學, 日本丸善株式會社
7. 日本建築學會 環境工學會 小委員會, 1986, 人間-熱環境: 第16回 熱シンポジウム
8. 林 太郎編, 1982, 工場換氣, 日本空氣調和·衛生工學會
9. 加藤浩二 外, 1994. 9, 工場空調における溫熱環境解析, 日本建築學會大會學術講演梗概集
10. CIBSE, 1993, CIBSE Guidance Note: Healthy Workplaces, UK
11. ACGIH, 1998, Industrial Ventilation: 20th Edition, Edwards Brothers Inc.
12. ASHRAE, 1995, HVAC Applications Handbook, Ventilation of the Industrial Environment
13. ASHRAE, 1995, HVAC Applications Handbook, Industrial Air Conditioning

14. ASHRAE, 1995, HVAC Applications Handbook, Industrial Exhaust Systems.
15. ASHRAE, 1992, Thermal environmental conditions for human occupancy, Standard 55-92.
16. F. Sodec, November 1993, Contamination control of indoor air at individual workplaces, CLIMA 2000 Conference, London.

## 뉴스

### 청정공정투자 세 감면

철강, 염색, 도금등 12개 업종을 환경친화적 산업으로 바꾸기 위한 산업환경실천과제가 확정됐다.

통산산업부는 원료조달, 제조, 폐기, 재활용등 산업 전과정을 청정생산방식으로 전환, 생산성을 높이기 위해 전기로 분진에 대한 산업화 연구등 실천과제를 정해 적극 해결해 나가기로 했다고 밝혔다.

통산부는 실천과제 가운데 산업계에서 자체적으로 추진하기 어려운 과제를 따로 선정, 각종 자금을 지원키로 했다.

이에따라 올해중 업종별애로기술에 대해선 청정생산 기술개발자금 1백20억원을 공정개선 및 설비투자의 경우 환경친화적 산업기반 조성자금 3백억원을 각각 저리로 융자할 계획이다.

또 청정생산공정을 갖추기 위해 쓰여진 시설투자액에 대해 법인세 감면혜택을 부여할 수 있도록 관개부처와 협의키로 했다.

통산부는 전기로 분진의 산업화 연구외에도 비철금속을 제련할 때 발생하는 대기오염 가스를 청정 처리하는 방안, 도금때 쓰이는 용수를 절감하고 재활용하는 방안등도 모색키로 했다.

자동차 업종의 경우엔 제조공장의 유해물질을 최소화하고 현재 금속류 중심으로 75%에 머무는 재활용률을 2000년에 85%로 높이는 방안도 추진키로 했다.

주물업종에서는 폐주물사를 재생 사용하고 탈산·탈황처리때 발생하는 가스를 청정 처리하는 방법이 추진되며 시멘트 업종은 해외에 의존하고 있는 질소산화물 저감기술을 개발토록 유도된다.

이와함께 염색, 제지, 피혁은 환경부하가 적은 폐수를 배출할 수 있는 공정이나 기계, 개발 방안이, 전력은 전기를 만들때 생기는 이산화탄소를 에너지로 재활용하는 방안이 각각 추진된다.