

실내환경기준의 국내 현황 및 국제적 동향

한국과학기술연구원
(열유체공학연구실)
선임연구원 명현국

1. 서론

최근 환경문제에 대한 관심이 고조되고 있다. 환경은 크게 나누어 자연환경, 도시환경, 건축환경, 실내환경으로 구분할 수 있다. 우리나라의 경우 70년대부터 산업의 고도성장, 도시화 및 자동차 문화 등에 따른 도시환경 특히 대기오염은 날로 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 또한 우리들이 하루중 대부분의 시간을 보내고 있는 주택, 사무실, 지하 공간(지하 상가, 지하철 구내 등)등의 실내 공간에서의 환경 특히 실내공기 오염도 대기오염 못지 않은 문제점으로 대두되어 시급히 개선되어야 할 과제로 되었다.

일반적으로 실내환경은 온도, 습도, 기류, 복사온도 등의 온열환경과 탄산가스, 일산화탄소, 분진, 냄새, 질소산화물, 공기중 미생물 등의 오염물질에 관련한 공기질(청정) 환경으로 크게 구분할 수 있다. 온열환경면에서 보면, 최근 임대빌딩을 위시해 최근 빌딩의 인텔리전트화가 급속히 진행되고, OA보급확대, 사무실 책상의 배치계획이 종래의 큰방 방식으로부터 낮은 구획에 의한 워크 스테이션 방식으로의 이행, 또는 복합기능형 빌딩의 증대 등의 요인으로부터 실내공간마다 근무시간이 달라지고 있으며, 또한 생활 환경이 나아짐으로서 담배연기에 대한 혐오성, 인간의 쾌적, 건강 등으로 인

해, 점차 실내(빌딩) 공간은 단지 작업공간 만이라는 인식으로부터 사람이나 설비를 중시한 쾌적환경 조성으로 변화되어 가고 있다. 또한, 최근 매스컴을 통해 사람들에게 알려지기 시작한 빌딩병 증후군이라는 단어를 끌어오지 않고서도 정말로 쾌적하고 인간성 풍부한 실내 공간환경을 유지하기 위해서는 공기질(청정)환경(기능으로부터 말하면 제진, 환기)에 대해서도 충분한 검토가 뒤따라야만 할 것이다. 따라서, 쾌적한 실내공기 환경의 개념도 최근에는 온도, 습도, 기류, 청정도 및 기타의 조건이 적정한 상태로 되어 개인 개인이 가장 기분 좋게 근무를 할 수 있고, 피로도 적으며, 더욱이 건강 장애를 일으키지 않는 최저의 수준에 그치는 것이 아니라 보다 쾌적한 상태를 유지하는 경우를 지칭하게 되었다.

그러나, 현재까지의 국내 실내 환경문제에 대한 대처 방식을 보면, 실내 공간을 단지 작업공간이라는 관점에서 주로 온·습도 및 청정도 등 규정된 일정치를 유지하는데에만 관심을 기울이고, 개인차 등에 대한 배려가 거의 없이 획일적인 상태의 형성에 주안점을 두어왔으며, 또한 실내환경 문제라고 하면 공기질(오염)에만 국한해서 생각하는 경향이 지배적이었다고 할 수 있어, 최근의 인간의 감성을 중요시하는 쾌적한 실내 공기환경에 대한 요청과는 상당한 거리가 있음을 알 수 있다. 따라서 새로운 실

내환경에 대한 요구에 대응할 수 있는 방안의 하나로 국내 실내환경 기준의 재정립이 시급하다고 생각된다.

본고에서는 이와같은 관점에서 먼저 실내환경 기준의 현상과 문제점을 살펴본 후, 구미 각국의 최근 실내환경 기준과 지표에 대한 움직임에 대해 기술하고자 한다.

2. 실내공기환경의 현상과 문제점

2.1 법규에 따른 실내 환경 기준

서론에서 언급하였듯이 현대를 사는 인간들은 생활시간의 대부분을 밀폐 또는 반밀폐된 인공적인 공간속에서 지내고 있으므로, 빌딩이나 주택등 인간이 거주하는 실내 공간에 냉난방, 공조설비를 채용해서 거주환경을 보다 건강적이고 쾌적한 것으로 하려는 노력을 경주하여 왔다.

WHO(세계보건기구)에서는 건강을 “신체적, 정신적, 사회적으로 완전히 안녕된 상태로, 단순히 병이 아니라든지, 일하러 갈 수 없는 상태가 아니라는 것은 아니다”라고 정의하고 있다.

이와같은 사회적 환경속에서 선진국을 중심으로 해서 세계적으로 거주환경의 질을 법적으로 규정 또는 규제하는 조치가 진행되고 있다.

환경기준은 일반적으로 아래와 같은 단계를 거쳐 설정되어, 법적 규제치의 결정 등

에까지 간다고 할 수 있다.

(1) 판정조건(Criteria) : 물질의 농도와 폭로시간에 대응하는 사람 및 인간의 환경에의 영향과의 관계에 관해서 과학적 지식을 정리해 놓은 것.

(2) 지침(Guides) : 판정조건 중에서 사람, 동물, 식물 및 일반 환경에의 특이적 환경에 관련한 농도와 폭로시간을 나타낸 것으로, 판정조건위원회가 그 보고내용을 검토해, 가장 타당하다고 여겨지는 폭로량을 평가한 것.

(3) 추천치(Recommendations) : 지침에 기초해서 지역사회 공중의 건강을 보호하기 위한 폭로량을 과학적으로 검토한 것.

(4) 지침치(Guidelines) : 추천치에 기초해서, 사회 경제학자, 오염방지 기술자, 행정관리 등이 추가된 위원회에서 정책적 고려하에서 정한 값.

(5) 환경기준(Environmental Standards) : 행정기관에 의해 채용되어진 지침값 이상의 단계에서 (1)부터 (3)까지는 과학적, 기술적 전문가에 의한 작업에 기초하고, (4)부터 (5)의 단계는 행정적인 작업에 속한다. 일반적으로 지침으로부터 추천치를 도출할 때에는 안전계수를 고려에 넣으나, 이 경우에 건강에의 악영향의 정도를 몇 단계로 분류해서 등급을 붙이고 있으며, 기본적으로는 Hatch의 분류에 따르고 있다. 또,

환경기준은 특정작업장에 있어서의 작업자에 대한 것과 어린이나 환자 등을 포함한 일반 시민에 대한 것과는 그 규제치는 다르며, 많은 경우에는 후자의 허용농도가 전자의 1/10 이하로 되어 있다.

또한, 환경수준에는 건강보호의 정도로부터 본 경우의 Acceptable Condition과 Desirable Condition이 있으며, 달성시간으로부터 본 Short-Term Goals(단기목표)와 Long-Term Goals(장기목표)가 있다.

우리나라에서 실내 공기에 대한 환경 기준은 건축법(건설부) 및 공중위생보건법(보사부)에 규정되어 있으며, 환경정책 기본법에 들어있는 외부 대기의 환경 기준과 함께 표1과 같은 값이 정해져 있다.

그러나, 표1에서 보는 바와같이 이 기준치는 온열 환경 및 공기질 환경면에서 볼 때 몇가지 문제점을 나타내고 있다.

먼저, 실내 공기질에 관해서 보면, 이 기준에서는 일산화탄소(CO) 및 탄산가스(CO₂)농도로써 다른 오염물질을 대표시키고 있으나, 노동환경과 달리 일반 실내환경에서는 어느 특정 오염물질이 특출나게 많은 경우는 드물고, 한 물질로서는 비교적 농도가 낮은 여러종류의 것들이 혼합되어 있는 경우가 보통이다. 표2에 주요한 오염물질의 예를 보이나, 이것들 모두가 문제로 되는 경우와 어떤 것이 특히 문제가 되는 경우 등 경우에 따라 다르다. 특히, 사무작업의

<표 1> 환경관리기준

구 분	실 내 공 기 환 경	대 기 환 경
	공중위생보건법/건축법	환 경 보 전 법
부 유 분 진 (TSP)	0.15mg/m ³ 이하	연평균치 0.15mg/m ³ 이하 24시간 평균치 0.3mg/m ³ 이하
일 산 화 탄 소 (CO)	10ppm 이하	1개월 평균치 8ppm 이하 8시간 평균치 20ppm 이하
이 산 화 탄 소 (CO ₂)	1,000ppm 이하	—
질 소 산 화 물 (NO ₂)	—	연 평균치 0.05ppm 이하 1시간 평균치 0.15ppm 이하
옥 시 던 트 (O ₃)	—	연 평균치 0.02ppm 이하 1시간 평균치 0.1ppm 이하
아 황 산 가 스 (SO ₂)	—	연 평균치 0.05ppm 이하 24시간 평균치 0.15ppm 이하
탄 화 수 소 류 (THC)	—	연 평균치 3ppm 이하 1시간 평균치 10ppm 이하
온 도	(1) 17℃ 이상, 28℃ 이하 (2) 거실온도를 외기온도보다 낮게 할 경우 그 차이는 7℃ 이하로 할 것	
습 도	40%이상, 70% 이하	—
기 류	0.5m/s 이하	

기계화로 전자 복사기에서 발생하는 오존(O₃), 습식 복사기에서 발생하는 암모니아(NH₃), 인쇄재료로서 사용되는 특정화학물질이나 유기용제, 섬유제품에서 발산하는

포름 알데히드(HCHO), 건축자재에서 방출되는 라돈(Rn)등 최근 크게 문제가 되고 있는 것에 대해서는 언급조차 되어 있지 않고 있다. 참고로 현재 이들 주요 실내 발생

오염물질에 대해 근로자의 건강보호를 목적으로 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 농도를 정하여 적용하고 있는 산업안전 보건법(노동부)에 다소 언급되어 있으나, 실내환경에 대해서는 관장할 행정적 기관도 없는 상태이다. 또한 공기조화기를 가지고 있지 않는 빌딩에 대해서는 규제대상조차 되어 있지 않다.

다음으로, 온도, 습도 및 기류 등의 온열 환경에 대해서 표1에 보인 것은 국내 기준

에는 명확히 규정된 것이 없어, 국내 기준과 유사한 일본의 “건축 기준법” 및 “빌딩 관리법”의 기준치를 나타낸 것으로, 온열환경에 대한 인식이 상당히 결여되어 있음을 알 수 있다. 예를들어 온도에 관해서 보면, 17°C 이상 28°C 이하와 같이 매우 광범위한 범위로 규정하고 있어, 결코 최적치를 나타낸 것이 아니고, 오히려 최저 기준을 나타낸 것임을 알 수 있다.

이상과 같이, 우리나라에서는 일반거주에

<표 2> 실내에서 발생하는 주요 오염 물질

인 체	호흡	CO ₂ , 수증기, 냄새
	재치기, 기침, 대화	세균입자
	피부	피부조각, 비듬, NH ₃ , 냄새
	의류	섬유, 모래먼지, 세균, 곰팡이, 냄새
	화장품	각종 미량 물질
인간의활동	흡연	분진, 타아르, 니코틴, 각종 발암 물질
	가스	CO ₂ , CO, NH ₃ , NO, NO ₂ , SO ₂ , THC, 냄새
	보행등의 동작	모래먼지, 섬유류, 세균, 곰팡이
	연소기기	CO ₂ , CO, NO, NO ₂ , SO ₂ , THC, 매연, 냄새
	사무기기	NH ₃ , O ₃ 용제류
건물 자체	합판류, 내화재, 단열재, 시공 발생물	포른 알데히드(HCHO), Asbestos섬유, 유리섬유, 라돈(Rn) 및 파괴되어 변형된 물질, 접착제, 용제, 곰팡이, 세균, 진드기
유지 관리	작업·재료	모래먼지, 분진, 세제, 용제, 곰팡이, 세균
살충제류	직접	분사제(불화탄화수소), 살충제, 소독제, 방충제
	재비산	살충제, 세균제, 살균제, 쥐약

대한 실내 환경기준은 표1에 보인것 이외는 없고, 다음절에서 기술하는 것 같은 구미 선진국들의 기준에 비해서, 아직 매우 낮은 단계에 있다고 말할 수 있다. 따라서, 표1에 보인 기준은 어디까지나 최저 기준을 보인 것으로 이들 값을 만족하면 쾌적한 환경이 얻어진다고는 할 수 없다.

2.2 실내공기질(IAQ) 및 빌딩병 증후군(SBS)

실내 거주공간에서는, 재실자 자신 및 그 활동이나, 각종 가구, 사무기기만이 아니고 건재, 내장재 등도 표2에 보이는 바와 같이 실내공기의 오염이 되는 각종 물질 등을 방출하고 있다.

이들 오염물질 중에서는 탄산가스, 먼지 등과 같이 통상의 인간 활동에 의해 발생하는 것과, 흡연 등 반드시 불가피한 것이 아닌 것 및 최근 문제가 되기 시작한 라돈, 포름 알데히드, 아스베스트 섬유 등 지금까지 별로 주목되지 않았으나, 장기적으로 인체에 대해서 큰 영향을 미치는 물질 등이 있다.

이와같이 실내에서 발생하는 오염 물질은 통상 공조설비의 환기 기능에 의해 희석되어, 실외로 배출되고 있으나, 인체에 대한 악영향이 점차 규명됨에 따라, 종래 단순히 "실내청정도"라는 단어로 나타내져 오던 내용을 보다 상세히 규정하기 위해서 실내

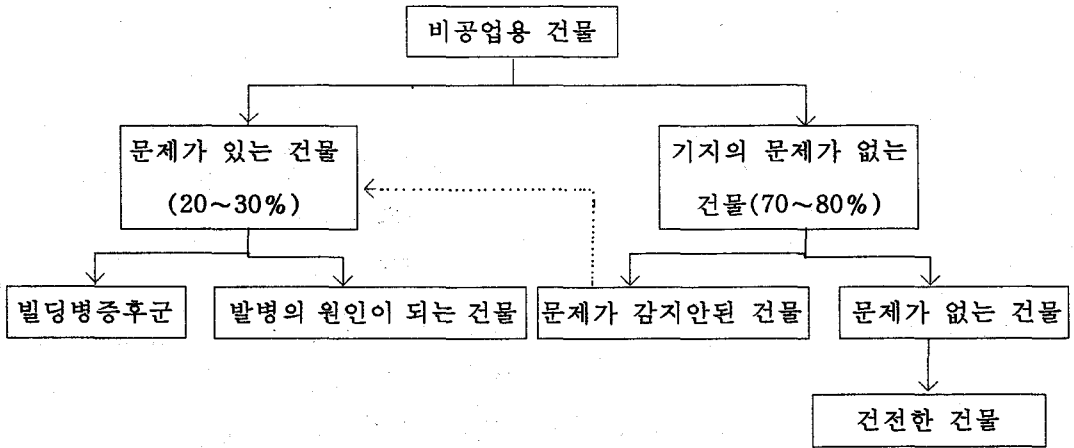
공기질(Indoor Air Quality, IAQ)문제로서 다루어 지게 되었다.

이와같은 IAQ문제가 발생하게 된 배경은, 에너지 절약 시대에 들어와 신선한 외기 취입량을 삭감한 것도 하나의 커다란 원인이 되었다고 말할 수 있다. 예를들어, 미국의 ASHRAE에서는 취입 외기량을 비 흡연자에 대해서 $8.5\text{m}^3/\text{h}$ 로 규정하였다. 이것은 실내 탄산가스 농도를 3500ppm 정도까지 허용하는 것으로 실내의 환기효과의 저하를 허용하는 것을 의미하며, 더 나아가서는 실내 공기질 전체의 악화를 일으키는 원인으로 되었다고 생각할 수 있다.

더우기, 이와같은 실내 공기질의 악화가 재실자의 불쾌감을 증가시키고, 또한 나병환자를 생기게 하기도 해서, 근년에 빌딩병 증후군(Sick Building Syndrome, SBS)이 발생하게 되었다. 일반적으로, 빌딩병 증후군(SBS)은 개개의 오염물질은 전부 허용농도 범위내에 있으면서도 재실자가 두통, 피로, 눈의 아픔 등의 증상으로 불쾌감을 나타내면서도 반드시 그 원인이 명확하지 않은 경우를 말한다.

미국에서의 기존 빌딩의 조사에 의하면 표3에 보인바와 같이 비 공업용 건물의 20~30%정도가 어떤 의미로든 건강상 문제가 있다고 되어 있다. 표3에서 문제가 감지안된 건물(Undetected Building)이란 현재는 문제가 없으나 장래 문제발생 가능성을

<표 3> 환경 상태에 따른 건물의 분류



가진 건물을 말하며 발병의 원인이 되는 건물(Building Related Illness, BRI)이란 실내에서 오염균에 폭로된 결과 병에 걸려, 건물로부터 격리되어도 증상이 남는 건물을 말한다. 이에 반해서 빌딩병 증후군은 비교적 짧은 주기로 강한 불쾌감을 느끼게 하는 건물을 말한다. 이에 반해서 빌딩병 증후군은 비교적 짧은 주기로 강한 불쾌감을 느끼게 하는 건물을 말한다. 또한 전혀 문제가 없어 재실자의 건강을 틀림없이 유지할 수 있는 건물이 건전한 건물(Healthy Building)이다.

일반적으로, SBS는 건물 밖으로 나가면 비교적 단시간에 불쾌감이 해소되며, SBS의 발생의 원인으로서는 공조 시스템의 설계상의 문제 및 운전 관리상의 문제가 있고, 후자에 관해서는 설계상은 각종 기준을

만족하고 있어도 SBS발생의 원인이 되는 것도 많다. SBS문제를 해결하기 위해서는 기본적으로는 설계시 취입 외기, 급기, 환기에 의함과 동시에 공기 필터, 드레인, 공조기, 배관 등이 적절히 기능하도록 선정할 필요가 있다. 또한 운전 관리에 있어서는 불충분한 보수 관리에 따른 외기 취입구, 필터, 코일, 덕트의 더럽혀짐, 자동제어의 이상 등에 주의함과 동시에 오염원의 제거 및 취입 외기량 증가에 따른 환기효과의 향상 등이 필요하다.

한편, 발병의 원인이 되는 건물, BRI는 전염성 질환, 박테리아, 레지오넬라균, 일산화탄소 등 명확한 원인에 의해 질병이 되는 것으로 이 경우에는 환기량 증가 등의 방법에 의해서는 해결될 수 없고, 오염원을 제거해야만 한다.

3. 구미에 있어서 실내 환경기준의 동향

3.1 새로운 환경지표의 제안

3.1.1 온열환경

최근 미국 공조학회(ASHRAE)는 “열적 쾌적성이란 그 온열환경에 만족하는 마음의 상태”로 정의하고 있으며, 여기서 “마음의 상태”란 실내 거주자의 심리 상태 또는 감각을 말하고 있고, “만족하는”이란 거주자의 적어도 80%이상 이 환경을 허용하는 것을 의미한다.

또한, 심리상태 또는 감각이란 ‘쾌-불쾌’의 쾌적감과 ‘덥다-춥다’의 온냉감을 말한다고 할 수 있으며, 이 쾌적감과 온냉감은 인체와 실내환경과의 밀접한 상호

<표 4> 인체의 열적 쾌적감에 영향을 미치는 인자

물리인자	
• 공기온도	(t_a)
• 평균복사온도	(t_r)
• 기류	(v)
• 습도	(RH)
인적인자	
• 의복(착의량)	(clo)
• 활동량(대사량)	(met)

작용에 따라 정해지므로, 실내환경을 표4와 같이 물리인자와 인적인자의 6가지 환경인자로 나누어서 생각할 필요가 있다.

현재까지 실내의 인체주위 온열 환경이 미치는 인체의 열적쾌적감에 대한 척도로서 각종의 지표가 고안되어 있으며, 대표적인 것으로는 아래와 같은 것이 있다.

(1) 등가온도(Equivalent Temperature, Eq. T.)

실내 공기온도 t_a , 평균복사온도 t_r , 및 기류속도 v 의 영향을 함께 고려한 것으로 다프톤이 창안하였으며, 아래식으로 주어진다.

$$\text{Eq. T.} = 9.56 + 0.6t_r - (23.9 - t_a)(0.4 + 0.127\sqrt{v})$$

(2) 유효온도(Effective Temperature, ET)

건구온도, 상대습도, 기류의 3요소를 조합해서 감각의 지표를 정한 것으로, 기준으로 상대습도 100%인 정지공기(기류8-13cm/s)의 실내온도를 유효온도의 지표로 해, 다른 실내 상태에서 이것과 같은 감각을 주는 것은 같은 유효온도를 갖는 것으로 정하였다. 1930년부터 야글루가 연구하기 시작한 것으로 감각온도라고도 부르기도 한다.

(3) 작용온도(Operative Temperature, OT)

작용온도(OT)는 효과온도라고도 하며, 실내 기류와 습도의 영향을 무시하고 기온 t_a 와 주위벽의 평균 복사온도 t_r 만

의 종합 효과로 체감을 나타내는 것으로 아래식으로 주어진다.

$$OT = \frac{t_a + t_r}{2}$$

(4) 신유효온도(Revised effective Temperature, ET*)

신유효온도(ET*)는 유효온도와 달리 상대습도 50%인 경우의 실내온도를 기준 눈금으로 한 것이다.

(5) 불쾌지수(Discomfort Index, DI)

미국의 기상청에서 기후의 쾌적함을 나타내기 위해 만든 것으로, 기온 t 및 공기의 습구온도 t'를 사용해서 아래식으로 주어진다.

$$DI = 0.72(t + t') + 40.6$$

위의 지표의 대부분은 1920년대부터 ASHRAE에서 수행된 인체의 쾌적감에 대한 연구결과로서 발표되었다. 또한, ASHRAE에서는 실내공기의 건구온도와 습구온도를 좌표로한 공기선도상에 앉아서 하는 작업 및 가벼운 작업을 하고 있는 사람에 대한 쾌적 범위를 나타낸 쾌적선도(Comfort chart)를 발표해 왔다. 1972년에는 유효온도대신에 신 유효온도를 사용한 그림1에서 보이는 것과 같은 쾌적선도를 발표하고, 1981년에는 ANSI/ASHRAE규격으로 OT를 사용해서 앉아서 가벼운 작업을 하고 있는 사람에 대해 그림2에 보인 쾌적선도를 발표하였다. 이 쾌적선도는 실내기류가 여름에는 0.25m

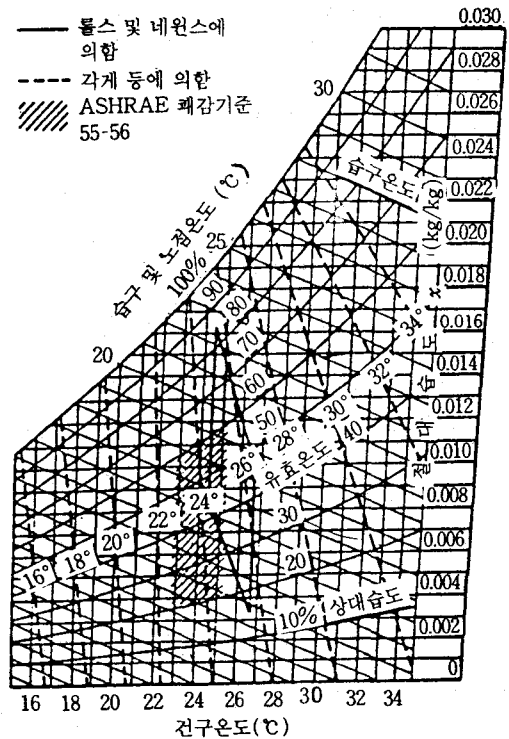


그림 1. ASHRAE 신쾌적선도(1972년)

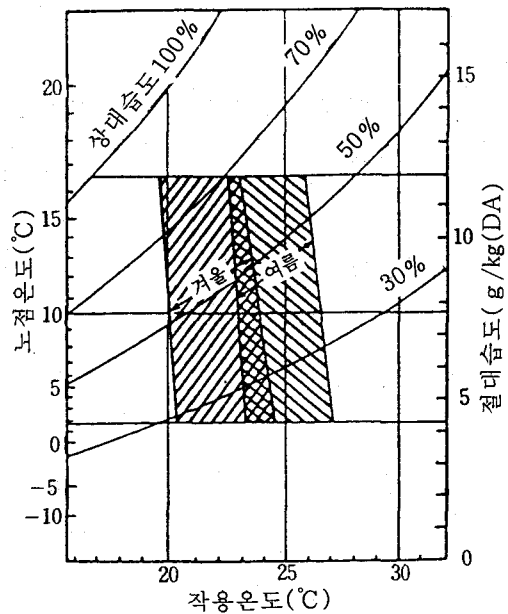
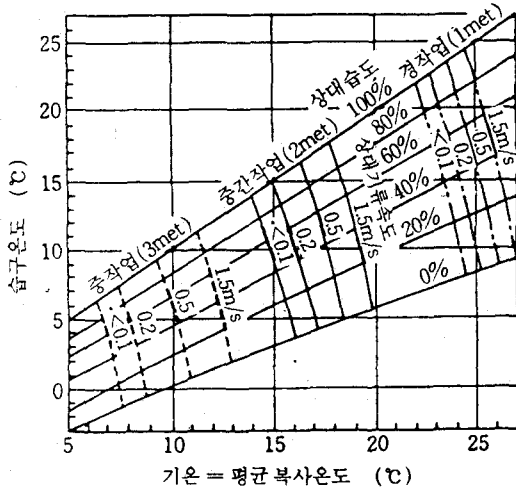
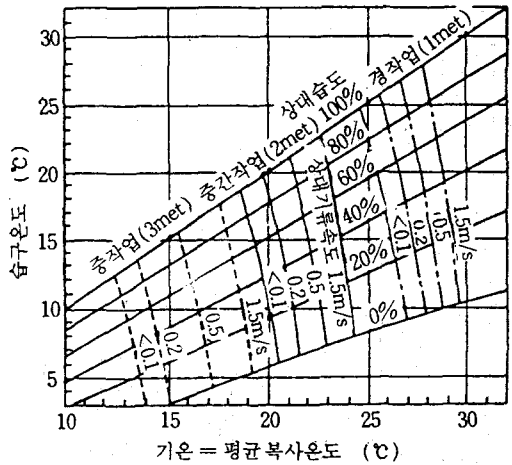


그림 2. ANSI/ASHRAE 쾌적선도(가벼운 앉은 작업, 작업강도 ≤ 1.2met)



(a) 착의상태 1 clo의 경우



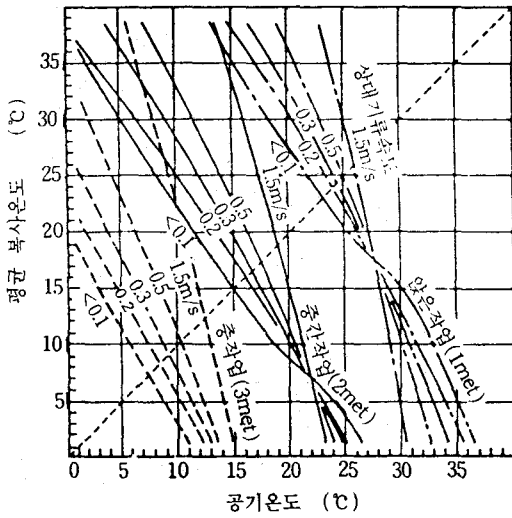
(b) 착의상태 0.5 clo의 경우

그림 3. 평균 복사 온도와 습구 온도의 종합 효과

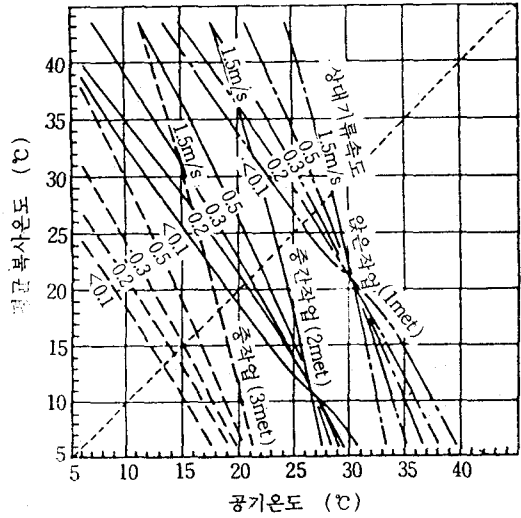
/s, 겨울에는 0.15m/s이하로 되지 않는 경우에 적용될 수 있으며, 또한, 여름에는 기류속도가 0.275m/s증가할 때마다 기온을 1℃ 만큼 올려, 최고기온 28℃, 최대 기류속도 0.8m/s까지 쾌적범위를 확장해도 좋다고 하고 있다. 그러나, 그림2는 앉아서 작업하고 있는 사람에게 적용한 것으로, 작업강도가 다른 경우에는 사용할 수 없다. 이에 반해, Fanger는 인체의 쾌적감에 대한 연구 결과를 일반화하여, 그 결과를 그림 3,4 및 5와 같이 나타냈다. 이 그림들은 각각 앉은 작업, 중간 작업, 중작업에서의 착의 상태가 0.5clo 및 1.0clo인 경우의 기온, 습구온도, 평균복사온도, 상대 기류속도의 조합에 대한 쾌적선을 나타내고 있다. 그림 중에서 작업 강도는 대사량 met로, 의복의 열전연

성을 clo로 나타내고 있다. 여기서, 대사량을 나타내는 단위 met는 열적으로 쾌적한 상태에서 안정시의 대사량을 기준으로 한 것으로 1met=50kcal/m²h이며, 착의 상태의 단위 clo는 기온 21℃, 상대습도 50%, 기류 5cm/s이하의 실내에서 체표면으로부터의 방열량이 1met의 대사와 평형하는 착의 상태에서의 값으로, 보통의 열저항치로 환산하면 1clo=0.18m²h°C/kcal로 된다. 표5와 6에는 참고로 각종작업강도의 대사량 및 각종 의복의 열전연성을 보인다.

위에서 살펴본 온열환경 평가지표는 주로 물리인자에 치중해서 정해진 반면, 최근 인체의 온열감각에 영향을 끼치는 물리/인적 인자의 6요소(온도, 상대습도, 평균 복사온도, 기류속도, 착의량, 작업량)를 전부 포함



(a) 착의상태 1 clo의 경우



(b) 착의상태 0.5 clo의 경우

그림 4. 평균 복사온도와 기온의 종합 효과

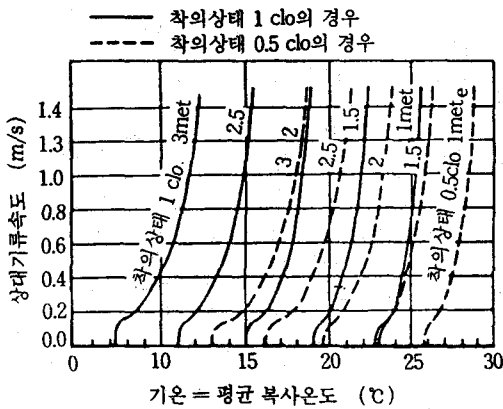


그림 5. 기온과 기류속도와의 종합 효과

하는 함수로 표현된 은열환경 지표로서, 구미에 있어 제안되고 또한 실제로 환경 기준으로서 사용되고 있는 대표적인 것으로 미

국 ASHRAE의 신 표준 유효온도(SET*)와 유럽을 중심으로 한 ISO의 PMV-PPD가 있다.

(가) 신표준 유효온도(Standrad new Effective Temperature, SET*)

SET*는 은열환경에 있어서 사람의 체온 조절시스템을 생리학 등에 의해 얻어진 데이터에 기초해서 모델화해 산출하는 것으로 온도의 차원을 가지고 있다. 이것의 정의는, “표준적인 착의(0.6clo)를 한 사람이 표준기류(0.1m/s), 상대습도 50% 하에서 경험하는 기온(다만 벽온도는 기온과 같은 등온환경: Uniform Environment)과 등가인 열적 자극을 사람에게 주는 은열조건을 나타내는 지표”이다. 이

<표 5> 작업별에 의한 대사량(met)

작업종별	대사율(met)	작업종별	대사율(met)
휴식		교사	1.6
수면	0.7	상점판매원	2.0
조용히 앉아 있다	1.0	사교춤	2.4~4.4
서서히 선다	1.2	테니스, 싱글	3.6~4.5
보행		농구	5.0~7.6
속도 0.89m/s	2.0	연구실작업	1.4~1.8
1.34	2.6	공장	
1.79	3.8	가벼운 작업(전기공업)	2.0~2.4
가사		중작업 (철강업)	3.5~4.5
청소	2.0~3.4	목수작업	
취사	1.6~2.0	기계톱	1.8~2.2
손세탁	2.0~3.6	손톱	4.0~4.8
장보기	1.4~1.8	단조공장	
사무작업		공기 햄머	3.0~3.4
타자	1.2~1.4	노작업	5.0~7.0
일반사무 제도	1.1~1.3		

SET*를 사용하면, 여러가지 조건의 실내 환경을 가상 공기온도이기는 하나, 단일 변수에 의해 비교·평가할 수가 있다. 표 7은 SET*와 인체의 온열감각, 생리현상, 건강상태 등과의 관계를 나타낸 것이다. SET*는 그 기초를 체온 조절에 관한 생리학상의 데이터를 놓고 완전한 수학적 모델에 의해 산출하기 때문에 모든 온열 환경에 적용할 수가 있으며, 또한 표7에서 보는 바와 같이 온열감각의 범주[아주 차다(Very Cold), 차다(Cold), 조금 춥다(Slightly Cool), 중간(Neutral), 조금 따

뜻하다(Slightly Warm), 따뜻하다(Warm), 덥다(Hot), 아주 덥다(Very Hot)] 및 쾌, 불쾌감의 범주[쾌적(Comfortable/Pleasant), 조금 불쾌(Slightly Uncomfortable), 불쾌(Uncomfortable), 아주 불쾌(Very Uncomfortable), 허용한도(Limited Tolerance)]로의 변환을 가능하게 하고 있다.

(나) PMV와 PPD(Predicted Mean Vote and Predicted Percentage of Dissatisfied) PMV(Predicted Mean Vote) 및 PPD(Predicted Percentage of Dissatisfied)는

<표6> 각종 의복의 열 절연성(clo)

의 복	의 종 류	clo	의 복	의 종 류	clo
내의	소매없는 것	0.06	내 의	브래지어, 팬티	0.05
	T셔츠	0.09		하프슬립	0.13
	브리프	0.05		홀슬립	0.19
	긴소매셔츠	0.35		긴소매셔츠	0.35
	긴속바지	0.35		긴속바지	0.35
와이셔츠	긴소매(얇은 것)	0.22	브라우스	얇은 것	0.20
	(두꺼운 것)	0.29		두꺼운 것	0.29
조끼	얇은 것	0.15	드레스	얇은 것	0.22
	두꺼운 것	0.29		두꺼운 것	0.70
바지	얇은 것	0.26	스커트	얇은 것	0.10
	두꺼운 것	0.32		두꺼운 것	0.22
스웨터	얇은 것	0.20	슬랙스	얇은 것	0.26
	두꺼운 것	0.37		두꺼운 것	0.44
겉 옷	얇은 것	0.22	스웨터	얇은 것	0.17
	두꺼운 것	0.49		두꺼운 것	0.37
양 말	짧은 것	0.04	스타킹	일반적인 것	0.01
	긴 것	0.10		팬티스타킹	0.01
구 두	단 화	0.04	구 두	팜푸스	0.04
	부 츠	0.08		부 츠	0.08

<표 7> 온열감과 생리현상, 건강상태와의 관계

감각		심리상태	건강상태
온도	쾌적성		
허용한도		체열조절불능	혈액순환불순
40	아주 덥다	아주	발한 및 혈류증가에 의한 열사병, 심장, 혈관의 곤란
35	덥다	불쾌	스트레스 증가
	따뜻하다	불쾌	발한 및 혈류변화에 의해서
30	조금따뜻하다		정상적으로 조정
25	중간	쾌적	혈류변화에 따라서 조절
20	조금 춥다		현열손실 증가
	춥다	조금불쾌	착의의 증강 또는 체조를
15	차다	불쾌	권장
10	아주 차다		수족의 혈관 수축 떨림

증가

정상

↓

피부 및 점막건조에 대한 고충 증가

↓

근육통

↓

말초순환 장애

덴마크 공과대학의 Fanger교수가 개발한 지표로, 이 지표는 피험자 실험에 의해 구한, 온열적으로 쾌적한 상태에서의 평균 피부온도(사람의 온열 감각이 좋은 지표로 된다)와 산열량의 관계 및 습성 방열량과 산열량의 관계를 사용해서 기술된 쾌적 방정식에 따라 산출된다. 즉, PMV는 쾌적방정식에 실온, 상대습도, 평균 복사온도, 기류속도, 착의량, 작업량을 대입시켰을 때의 산열량과 방열량의 불평형분(인체 열부하)과 사람의 온열 감각을 피험자 실험에 의해 관계지어 나타내는 지표이다. PMV값은 열적인 중립 상태를 ± 0 으로 하고 $-3 \sim +3$ 수치척도로 나타

내며, 그림6과 같이 온도감각의 범주 등급[차다(Cold), 춥다(Cool), 조금 춥다(slightly Cool), 중간(Neutral), 조금 따뜻하다(Slightly Warm), 따뜻하다(Warm), 덥다(Hot)]와 관계지어져 있다.

한편, PPD는 어느 환경에 놓여진 사람들의 불만족 비율을 나타내는 것으로, 몇 %의 사람이 온열적으로 불만을 느끼고 있는가를 나타낸다. PMV와의 관계, 즉 온열감과 쾌적도의 관계는 피험자 실험으로부터 그림 6에 보인바와 같이 된다. 일반적으로, 이 쾌적 방정식의 적용범위는 그 성립값으로부터 소위 쾌적환경의 근방에 한정되어, 땀을 다량으로 흘리는

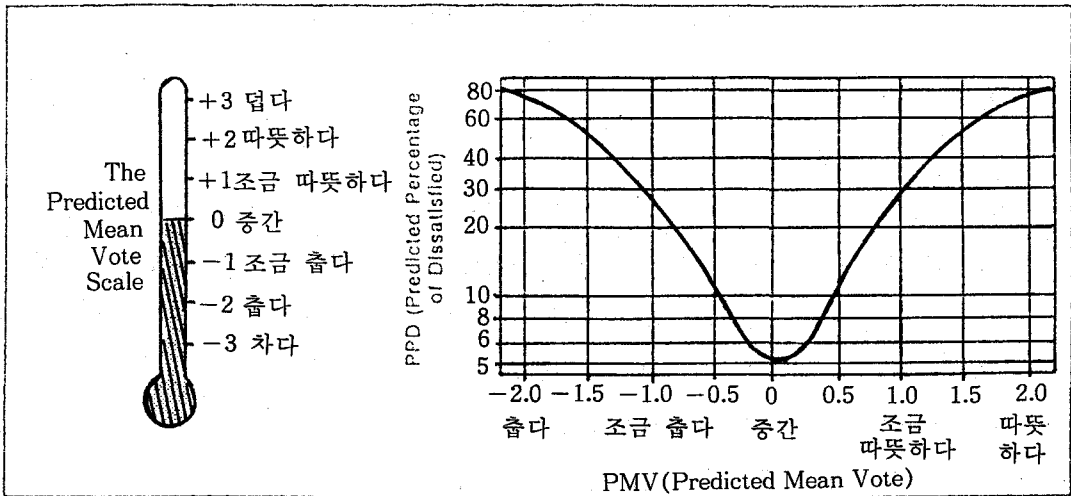


그림 6. PMV와 온열감각과의 관계 및 PPD와 PMV의 관계

고온 다습한 환경이나, 추위로 떠는 저온 환경에는 적용할 수 없다. 그러나, 이 특징을 충분히 이해해서, 통상의 사무실 환경 등에 적용하는 한은 인간의 감각과 잘 맞는 유용한 지표이다.

아래의 3.2.3절에 보인바와 같이 ISO에서는 PMV의 적용범위를 아래와 같이 정하고 있다.(ISO Standard 7730)

$$-2 < PMV < +2$$

다만, $0.8 < M(\text{작업량}) < 4(\text{met})$, $0 < \text{착의량} < 2(\text{clo}) < t_a(\text{실온}) < 30(^\circ\text{C})$

$10 < t_r(\text{평균복사온도}) < 40(^\circ\text{C})$, $0 < v(\text{기류속도}) < 1(\text{m/s})$

$0 < Pa(\text{수증기압력}) < 27(\text{kPa})$

또한, ISO는 추천온열환경을 $-0.5 < PMV < 0.5$, $PPD < 10\%$ 로 하고 있다.

(다) 국소온열 감각과 지표

사람이 열적 중립상태에 있다고 해도, 국소적으로 더위 및 추위를 느끼는 부위가 있으면, 쾌적하다고는 말할 수 없다. ISO7730에서는, PMV-PPD와 함께 국소 불쾌감을 피하기 위한 조건을 아래와 같이 추천하고 있다.

사람이 가벼운 작업(사무실 책상에 앉아서 하는 작업정도 : 1.2met)을 하고 있을 때,

(i) 창, 그외의 찬 복사면으로부터의 복사 온도차는 바닥위 0.6m의 미소면에 대해서 10K이하로 해야한다.

(ii) 고온 천정면으로부터의 복사 온도차는 바닥위 0.6m의 미소면에 대해서 5K이하로 해야한다.

(iii) 상하 온도차는 바닥위 0.1m와 1.1m(의자에 앉은 사람의 복사뼈와 머리의 높이)에서 3K 이하로 해야 한다.

(iv) 3분간의 평균 풍속은 겨울철(작용온도(OT)=20~24°C)에 0.15m/s 이하로, 여름철(작용온도(OT)=23~26°C)에서 0.25m/s로 해야 한다.

(v) 바닥 표면온도는 일반적으로 19~26°C로 하나, 바닥난방의 설계는 29°C로 해도 좋다.

또한, 새로운 연구결과에서는 풍속변동이 드래프트(기류에 의한 불쾌감)를 느끼게 하는 커다란 요인인 것이 알려졌다. 드래프트를 느끼는 사람의 비율은 드래프트 리스크 모델이라고 불리우는 아래식으로 구해진다.

$$\text{불만족감} = (34 - t_a) \cdot (v - 0.05)^{0.6223} \\ (3.143 + 0.3696 \cdot \text{SD})$$

여기서, t_a , v 및 SD 는 각각 실온(°C), 3분간의 평균 풍속(m/s) 및 3분간의 풍속변동의 표준편차(m/s)를 나타낸다.

3.1.2 공기질 환경

실내 공기질에의 관심은 빌딩병 증후군 문제 등이 제기됨에 따라 최근에 급속히 높아졌다. 구미에 있어서도 위생학, 심리학, 공학 등 광범위의 연구자들에 의해 연구가 되어오고 있다.

여기서는 새로운 연구결과인 실내공기질과 환기에 관해서 덴마크 공과대학의 Fanger교수에 의해 개발된 쾌적 방정식에 관해서 소개한다. 이 쾌적 방정식은 공간의 공기가 안정한 상태에서 완전히 확산되는 조건하에서 적용한다.

종래 사무실, 집회장, 회의실 등에서는 사람이 주된 오염물질의 발생원이라고 생각되어져와, 공조 환기설비의 오염물질은 오염원으로서 무시되어 왔다. 그러나, Fanger 등의 조사에 의해 공기질 저하의 주된 오염원이 공조 환기설비에 있음이 알려졌다. 이 쾌적 방정식은 새로운 단위 "olf"와 "decipol"에 기초하고 있으며, 오염부하(olf)가 있는 어떤 공간에 대해서 요구되어지는 지각성 공기질(decipol)을 얻기 위해 필요한 환기량을 제시하고 있다. 즉, olf와 decipol이라는 새로운 단위에 의해 사람이 지각하는 것과 같은 방법으로 공기중의 오염을 종합적으로 평가하려는 시도이다.

"olf"는 공기 오염물질의 발생원 강도를 평가하는 단위이고, "decipol"은 지각되는 공기 오염의 정도를 평가하는 단위이다. 이것은, 음의 음원강도(W)와 수음점의 지각레벨(dB(A))과의 관계와 상당히 흡사하다. 1 olf(olf는 라틴어의 취각 "Olfactus"로부터 옴)는 한사람의 표준적인 성인으로부터의 공기 오염물질(생체발산물질)의 발생율(그림7)이고, 다른 모든 오염물질 발생원의 강

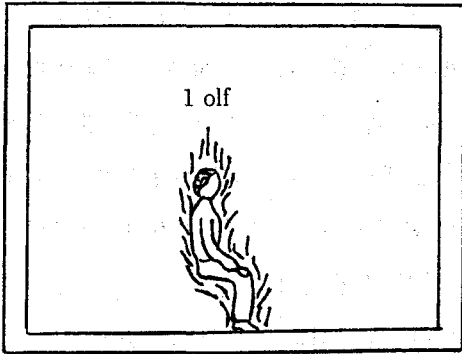


그림 7. 1 olf의 정의

도는 그것을 실제 발생원과 동등한 불쾌자
 율을 일으키는데 필요한 등가의 표준적인
 성인(olf수로 표현된다(그림8)). 따라서, olf
 는 의복의 단열성의 단위 [clo] 및 작업량
 의 단위[met]와 같이 상대적 단위라고 할
 수 있다.

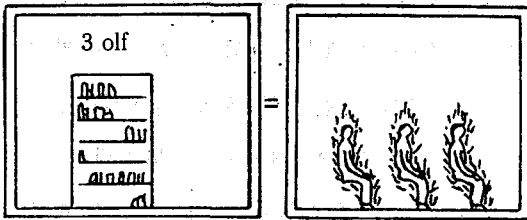


그림 8. olf의 사고방식

1 decipol(pol은 라틴어의 오염 "pollutio"
 로부터 옴)은 10 l/s(36m³/h)의 청정한 공
 기로 환기되어 있고, 한사람의 표준적인 성
 인(olf)에 상당하는 오염발생원을 가지는
 공간에 있어서의 지각성 공기오염의 정도이

다(그림9). 즉, 다음식과 같다.

$$1 \text{ decipol} = 0.1 \text{ olf} (1/s)$$

참고로, 그림 10에 decipol스케일과 지각
 성 공기질의 특징적인 레벨의 예를 보인다.
 일반적으로, decipol은 지각 레벨이나 강도
 에 의해 정의되어 있는 것이 아니고 오히려
 보다 실용적으로 불쾌감에 의해 정의되어
 있다. 즉, 어떤 decipol의 레벨은 오염물질

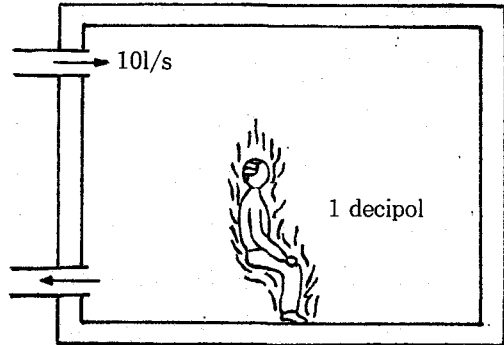


그림 9. decipol의 정의

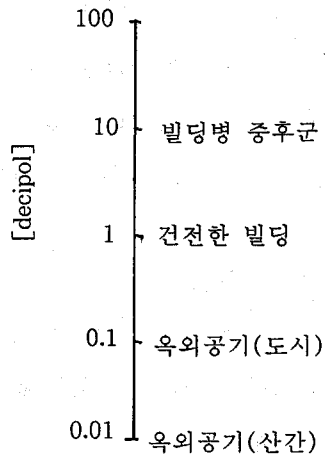


그림 10 지각성 공기 오염에 대한
 decipol 스케일과 특징적인 예

의 종류를 불문하고 일정한 불쾌도 즉 일정한 불쾌자의 비율을 나타낸다.

olf와 decipol단위를 사용해서 필요한 외기 환기량은 아래와 같이 구한다.

$$C_i = C_o + \frac{G}{Q}$$

C_i : 실내의 지각성 공기오염 decipol (=0.1pol)

C_o : 외기의 지각성 공기오염 decipol (=0.1pol)

G : 공간과 환기 설비의 종합 등가 오염강도 olf

Q : 외기공급량 l/s

또, 필요한 환기량은 아래와 같이 구해진다.

$$Q = 10 \frac{G}{C_i - C_o}$$

또한, C_i 는 불쾌자율(PD)을 이용해서 아래와 같이 나타낸다.

$$C_i = 112(\ln(PD) - 5.98)^{-4}$$

참고로, 표8에는 오염 발생원에 대한 olf값의 예를 보인다.

<표 8> 오염발생원에 대한 olf값

앉은 상태의 인간 1met	1 olf
활동 상태의 인간 4met	5 olf
활동 상태의 인간 6met	11 olf
흡연자(흡연시)	25 olf
흡연자(평균)	6 olf
사무실내	0~0.5 olf/m ² 마다

3.2 구미에 있어서의 환경기준

본 절에서는 미국, 영국 및 규제규격 ISO (International Organization for Standardization)에서의 온열 및 공기 환경에 관한 기준의 개요를 기술한다.

3.2.1 미국

미국에 있어서 환경기준으로는 ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.)에서 작성된 ASHRAE STANDARD를 들 수 있다. 현재, 온열환경에 관해서는 ANSI/ASRAE 55-1981(Thermal Environmental Condition for Human Occupancy), 공기질 환경에 관해서는 ANSI/ASHRAE62-1989(Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)에 정리되어 있다.

(가) 온열환경(ANSI/ASHRAE 55-1981)

ASHRAE기준에서는 적용범위를 고도 3000m 이하의 기압하에서 15분이상 있는 환경으로하고, 건강한 인간이 쾌적함을 느낄 열적 환경에 관해서 기술하고 있다. 이하 (a) 표준적 착의, 경작업시, (b) 특수한 착의, 경작업시, (c) 중작업시의 3경우에 대한 기준을 보인다. 단, ASHRAE 55-1981은 일부 개정될 예정이므로, 개정판(ASHRAE 55-1990R)의 내용에 관해서도 병기한다. 그림11에 작용온도 및 80% 허용한계와 착의량의 관계를 보인다

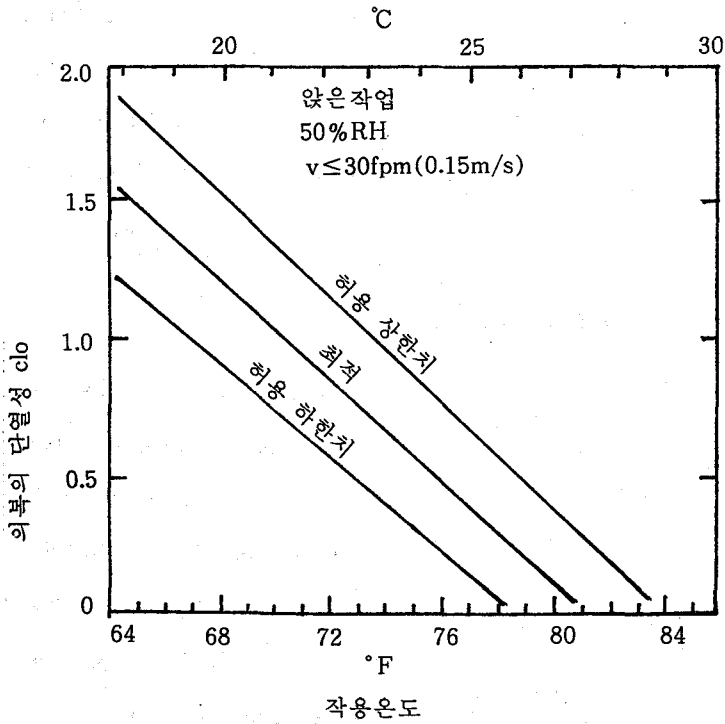


그림 11. 경작업시(≤1.2met)에서의 최적 작용온도 및 80% 허용한계와 착의량의 관계

다.

(a) 표준적 착의, 가벼운 작업시

- * 온도 : 착의량은 계절에 따라 변화하나, 표준적인 착의량으로서는 여름 0.35~0.6clo, 겨울 0.8~1.2clo, 중간기에는 0.6~0.8clo 정도이다. 각 계절에서의 작용온도 허용영역을 표9 및 그림2에 보인다.
- * 습도 : 노점온도 1.7~16.7°C (ASH-RAE 55-1990에서는 상대습도 30-60%)
- * 풍속 : 겨울철 및 여름철 평균풍속은

각각 0.15m/s 및 0.25m/s 이하로 한다. 단, 고온 영역에서는 풍속을 증가시킬 수 있다.

* 평균복사온도 : 평균 복사온도와 기온이 다를 경우에는 작용온도가 쾌적영역에 들어가도록 한다.

* 비정상 상태 : 기온의 주기 변동은 진폭이 1.1°C를 초과할 경우 2.2°C/h 이하로 하고 진폭이 1.1°C이하인 경우는 문제가 없다. 또, 기온의 드래프트 및 럼프 변동은 0.6°C/h 이하로 한다. (단, 쾌적 영역을 0.6°C 이상, 1시

<표 9> 허용 작용온도*(경작업시 ≤1.2met, 상대습도 50% 미풍≤0.15m/s)

계 절	착 의 량	최 적 작 용 온 도	80% 허용작용온도**
겨 울	0.9clo	21.7°C (22.0°C)	20.0~23.6°C (20.0~23.5°C)
여 름	0.5 clo	24.4°C (24.5°C)	22.8~26.1°C (23.0~26.0°C)
	0.05 clo	27.2°C (27.0°C)	26.0~29.0°C

* 괄호안은 ASHRAE 55-1990R에서 제안된 기준값

** ASHRAE 55-1990R에서는 90% 허용작용 온도의 값

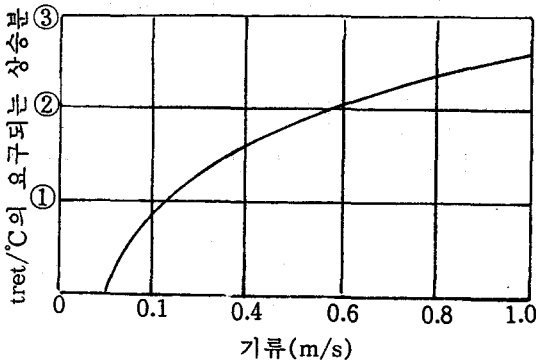


그림 12. 기류에 따른 합성온도의 수정

간이상 초과하지 않는 경우, ASHRAE 55-1990R에서는 21-23.3°C에서 0.5°C/h이하로 되어 있다.)

* 불균일 환경

수직온도차 : 3°C이하(마루바닥위 0.1m와 1.7m에서의 차)

불균일 복사 : 5°C이하(높이 0.6m에서의 수직방향의 평균 복사 온도 차)

10°C이하(높이 0.6m에서의 수평방향의 평균복사온도차)

바닥면 온도 : 18~29°C

드래프트 : ASHRAE 55-1990R에서는 기류의 드래프트에 관해서도 제안하고 있다.

(b) 특수한 착의, 경작업시

착의량이 전술한 범위를 넘을 경우, 착의량 0.1clo 당 표9, 그림2의 온도를 0.6°C씩 저하시킬 수 있다. 단, 최저 작용온도는 18°C이하로는 하지 않는다.

(c) 중작업시

작업량이 많은 경우, 쾌적온도는 경작업시(1.2met)에 비해 낮게된다. 작업량, 착의량과 작용온도의 관계는 아래식으로부터 구해진다.

$$t_{\text{active}} = t_{\text{sedentary}} - 3(1 + \text{clo})(\text{met} - 1.2)^{\circ}\text{C}$$

단, 윗식에서 met는 1.2-3met, 최저허용작용온도는 15°C로 한다.

(나) 공기환경(ANSI/ASHRAE 62-1989)

ASHRAE 62-1989에서는, 적용범위를 거주자가 있는 실내 및 폐공간(주택내 주방, 욕실, 로카실, 수영장 풀 등을 포함함)으로 하고, 허용될 수 있는 공기 환경

을 재실자의 80% 이상이 불만족하지 않은 환경으로 정의하고 있다.

(a) 시스템 및 장치

환기 시스템 및 장치에 요구되는 성능을 발체하면 아래와 같다.

* 환기시스템은 기계환기 또는 자연환기로 한다.

* 환기용 공기는 실내 전체에 골고루 미치게 한다.

* 환기시스템은 ASHRAE STANDARD 55-1981에 적합하도록 한다.

* 상대습도는 30~60%를 유지해야 한다.

* 가습은 증기가습을 추천하며, 수가습을 사용할 경우는 미생물의 번식을 피할 수 있는 처방을 실시해야 한다.

(b) 취입 외기의 질

표10에 취입 외기의 규정농도를 보인다. 단, 표중에 없는 물질에 관해서도 지침이 준비되어 있다.

(c) 필요한 외기 취입량

표11에 필요한 외기 취입량을 보인다. 단, 적절한 공기 정화 장치가 있는 경우에는 환기를 사용해도 좋다고 하고 있다.

(d) 실내공기질의 기준

표12에 실내 공기질에 대한 지침을 보인다.

<표 10> 취입 외기(대기질)의 규정 농도

오염물질	레벨 시간		레벨 시간	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm
CO			40,000 35	1h
			10,000 9	8h
납(Pb)	1.5	— 3개월		
NO ₂	100	0.055 1년		
SO ₂	80	0.03 1년	365	0.14 24h
부유입자	75	— 1년	260	— 24h
오존			235	0.12 1h

3.2.2 영국

영국에 있어서 환경기준으로는 CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers)에서 작성된 CIBSE GUIDE의 Environmental Criteria for Design을 들 수 있다.

(가) 은열환경

CIBSE에서는 환경지표로서 합성온도(t_{res})를 사용하고 있다. t_{res} 는 실내기온 t_a , 평균복사온도 t_r 및 풍속 v 를 사용해서 아래식으로 나타낸다.

$$t_{res} = (t_r + t_a \sqrt{10v}) / (1 + \sqrt{10v})$$

(a) 의자에 앉은 거주자

표13에 추천되는 용도별 설계치를 보인다.

(b) 작업량이 많은 거주자

<표 11> 필요외기 취입량(발취)

종 별	실 명	재 실 자 율		소 요 외 기 량			
		인/100ft ²	인 m ²	l/s · 인	m ³ /h · 인	l/s · m ²	m ³ /h · m ²
호 텔	침실, 거실			15	54		
	욕실			18	64.8		
	집회실	50	0.54	10	36		
사무소	사무실	7	0.075	10	36		
	회의실	50	0.54	10	36		
특 수	이발소	25	0.27	8	28.8		
	미용실	25	0.27	13	46.8		
스포츠 시 설	관객석	150	1.61	8	28.8		
	게임실	70	0.75	13	46.8		
	아이스링크실					2.5	9
	수영 풀					2.5	9
극 장	로비	150	1.61	10	36		
	관객실	150	1.61	8	28.8		
	무대, 스테이지	70	0.75	5	18		

<표 12> 실내 공기 오염물질에 대한 지침

오 염 물 질	농 도	ppm	노출시간
CO ₂	1.8g/m ³	1000	연속
클로로다인	5μg/m ³	0.0003	”
오존	100μg/m ³	0.05	”
라돈가스			연간평균

작업량이 많은 경우는 작업상태에 따라 의자에 앉은 상태의 추천치로부터 3~

5°C 감한다.

(c) 기류의 영향

기류가 0.1m/s를 초과할 경우에는 그림12를 이용해서 합성온도를 높게 설정한다.

(d) 불균일 복사에 따른 불쾌

* 국소냉각 : 냉각창면에 의한 국소냉각에서는 합성온도와 냉각면을 향한 평면 복사 온도차가 8°C를 초과하면

<표 13> 용도별 합성온도의 추천 설계치(발취)

건 물 종 별	tres(°C)	건 물 종 별	tres(°C)	건 물 종 별	tres(°C)
은행 홀	20	호텔		레스토랑, 찻집	18
공장		침실(표준)	22	학교, 대학	
의자에 앉은 작업	19	침실(특실)	24	교실	18
가벼운 작업	16	공공 공간	21	강의실	18
힘든 작업	13	도서관		스태이지	18
체육관	16	독서실	20	점포	
병원		서고	18	매장	18
사무실	20	사무소		시착실	21
수술실	18~21	일반	20	수영풀	
병실	18	개실	20	강의실	22
대합실	18	창고	15	풀	26

불쾌감을 느낀다.

* 복사난방 : 천정난방의 허용조건으로서 방향 복사온도 10°C를 추천치로 하고, 허용한계 영역을 그림13에 보인다.

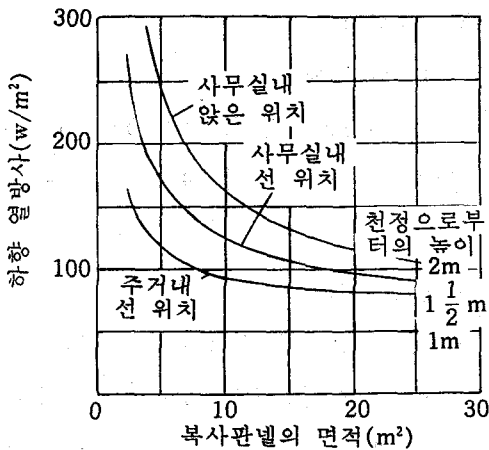


그림 13. 저온 복사판넬의 허용한계

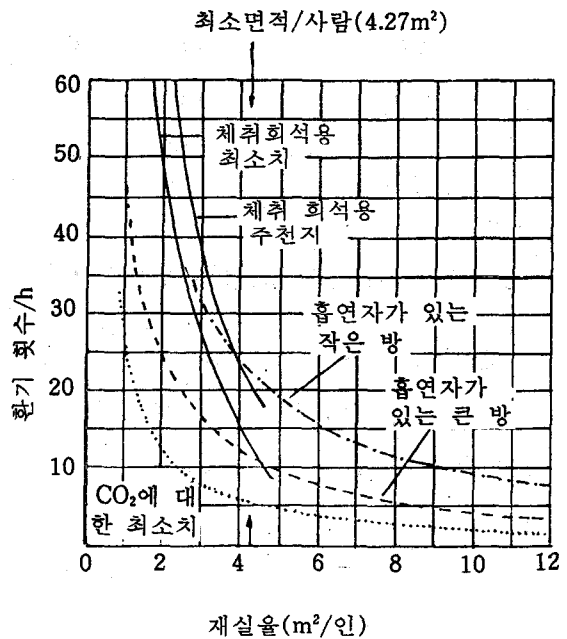


그림 14. 필요 외기 투입량

<표 14> 필요외기 취입량(발취)

종 별	흡 연	외 기 취 입 량					
		추 천 값		최소값(둘 중의 큰 쪽)			
		ℓ/s·인	m ³ /h·인	ℓ/s·인	m ³ /h·인	ℓ/s·m ²	m ³ /hm ²
공 장	없음	8	28.8	5	18	0.8	2.83
사 무 실	약간					1.3	4.68
점 포	약간					3.0	10.8
극 장	약간					-	-
댄 스 홀	약간	12	43.2	8	28.8	-	-
호 텔 (객 실)	많음					1.7	6.12
연 구 시 설	약간					-	-
사 무 실(개실)	많음					1.3	4.68
주 택 (일 반)	많음					-	-
레 스토 랑	약간					-	-
카 테 일 바	많음	18	64.8	12	43.2	-	-
회의실(일반)	약간					-	-
고 급 주 택	많음					-	-
식 당	많음					-	-
중 역 실,	매우					25	90
중역 회의실	많음						
복 도						1.3	4.68
주 방 (주 택)						10.0	36.0
주방(레스토랑)						20.0	72.0
변 소						10.0	36.0

(나) 환기

8시간 재실시 이산화탄소의 최대 허용치 0.5%로 한다. 필요 외기 취입량을 그림

14에 보인다. 단, 이 그림은 경작업시 천정 높이 2.7m의 방을 대상으로 하고 있으며, 횡축을 재실율, 종축을 환기 횟수로

나타내고 있다.

(a) 냄새의 회석

필요 외기 취입량의 추천치를 표7에 보인다.

(다) 상대습도

상대습도 40~70%을 권장치로 한다. 정 전기 문제면에서 일반적인 건물에서 40%이상, 바닥 난방을 하고 있는 카페트 바닥인 건물에서는 55% 이상을 추천한다.

(라) 이온

음이온은 인체에 좋고, 양이온은 두통, 구

역질을 일으키게 한다고 말하여지고 있으나, 설계기준은 아직 확립되어 있지 않다.

3.2.3 ISO

ISO에서는 온열환경에 관해서는 ISO7730 (Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for the Thermal Comfort)의 부칙에 기준이 아닌 추천치라는 형식으로 정리하고 있다. 한편, 공기 질 환경에 관해서는 아직 기준화되어 있지 않으나, 장래적으로는 olf 및 decipol이 표준

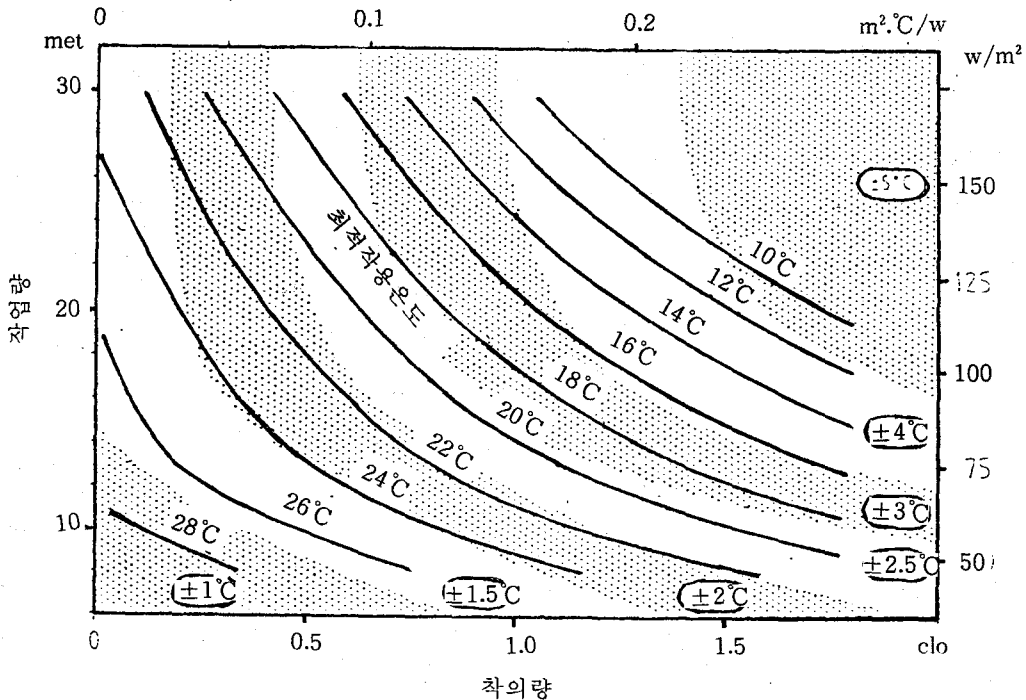


그림 15. 작업량과 착의량의 함수로서 의 최적 작용온도(그림 중의 ±수치는 $-0.5 < PMV < +0.5$ 로부터 구한 최적온도의 쾌적 범위를 나타낸다.)

화될 것으로 여겨진다.

(가) 온열환경(ISO 7730)

ISO에서는 온열환경 지표로서 PMV 및 PPD를 채용하고 있으며, $PPD < 10\%$, $-0.5 < PMV < +0.5$ 를 권장치로 하고 있다. 그림 15는 $PMV = 0$ 으로부터 구한, 착의량, 작업량과 최적 작용온도의 관계를 보인다.

(a) 동기 난방시 : 경작업(1.2met), 착의(1.0clo)

- * 작용온도 : $20 \sim 24^{\circ}\text{C}$
- * 수직온도차 3°C 이하(높이 1.1m와 0.1m에서의 차)
- * 바닥면온도 $19 \sim 26^{\circ}\text{C}$ (통상 29°C (바닥난방시스템))
- * 평균풍속 0.15m/s 이하
- * 냉복사면으로부터의 불균일 복사 10°C 이하(0.6m 높이에서 수직평면의 복사온도차)
- * 과열 천정면으로부터의 불균일 복사 5°C 이하(0.6m 높이에서 수평평면의 복사온도차)

(b) 하기난방시 : 경작업(1.2met), 착의(0.5clo)

- * 작용온도 $23 \sim 26^{\circ}\text{C}$
- * 수직온도차 3°C 이하(높이 1.1m와 0.1m에서의 차)
- * 평균풍속 0.25m/s 이하

4. 맺음말

이상 살펴본 바와 같이 현재 국내 실내환경의 법적 기준은 외국의 각종 규격, 추천치와 비교하면, 실내온열 및 공기 환경의 지배인자로서 채택하고 있는 요소가 적고, 또한 그 규정치도 반드시 쾌적한 실내환경을 조성시킬 수 있는 것이 아니다. 특히, 온열환경 면에서는 거의 규제치가 없다고 할 수 있다. 게다가, 이미 건설된 건축물에 대해서는 이와같은 규정치조차 달성되어 있지 않은 것이 실상이다. 그러나, 다행히도 우리나라는 실내 탄산가스 농도를 1000ppm 이하로 규제하고 있기 때문에 구미에 비해해서 취입 외기량이 많아, 결과적으로 구미에서 발생하는 빌딩병 증후군 현상 등은 거의 발생하지 않는 것 같다.

최근, 국내에서도 인텔리전트 빌딩의 출현과 함께 일부의 신설 빌딩에서는 PMV, PPD의 새로운 환경 지표를 이용해서 설계하려 하고 있으며, 냉온복사공조, 바닥 취출공조 등 새로운 기술을 채용한 것이 출현하고 있다. 또한, 산림욕 공조, 흔들림 공조, 향기 첨가, 개인 공조 등에 대한 관심도 높아져 이에 대한 연구도 조금씩 진행되고 있다. 따라서, 금후 건물의 밀폐화의 촉진, OA기기의 다용화 등 새로운 집무 환경의 발생과 함께, 사무실 근로자는 심신과 함께 여유있는 환경을 추구하게 되는 것은 필연적인 사실이며, 국내에서도 학계 및 협회를

중심으로 조속히 이 분야에 관심을 기울여야 할 것이다.

마지막으로, 외국의 실내환경기준에 관한 자료가 국내에서는 그다지 정리되어 소개되지 않았다고 생각이 되어 본 고에 개괄적이기는 하나 가급적 많이 소개하였다. 관심있는 분들에게 조금이나마 도움이 되었으면 한다.

- 참고문헌 -

1. ASHRAE Handbook of Fundamentals. (1972). Chapter 7 Physiological Principles, Comfort and Health, ASHRAE
2. ASHRAE Handbook of Fundamentals. (1985). Chapter 8 Physiological Principles, Comfort and Health, ASHRAE
3. Fanger, P. O. , Thermal Comfort, Robert E. Kriegen Publishing Company. , Malabar Florida, 1982.
4. ASHRAE STANDARD 55-1981.
5. ISO-Standard 7730.
6. Fanger P. O. , Introduction of the olf and the decipol Units to Quantify Air Pollution Perceived by Humans Indoors and Outdoors, Energy and Buildings, 12, 1988.
7. ASHRAE, ANSI/ASHRAE 55-1981, Thermal Enviromental Condition for Human Occupancy, 1981.
8. ASHRAE, ANSI/ASHRAE 55-1990R, Public Review Draft, Thermal Enviromental Condition for Human Occupancy 1989.
9. ASHRAE, ANSI/ASHRAE 62-1989, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 1989.
10. CIBSE, CIBSE GUIDE, Environmental Criteria for Design, 1978.
11. ISO, ISO 7730, Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and specification of the Conditions for the Thermal Comfort, 1985.
12. 상급편 "냉동 공조 기술", 한국냉동공조 기술협회, 1991