실내 공기질의 평가

배 귀 남
한국과학기술연구원
기전연구부 / 선임연구원

1. 머리말

경제발전에 의해 사람들의 생활수준이 향상됨에 따라 생활환경이 인간의 감성을 중요시 하는 방향으로 변하고 있다. 현대인들은 하루 시간의 80% 이상을 주택, 사무실, 지하공간 등의 실내공간에서 생활하며 지내고 있으므로, 쾌적한 실내환경에 대한 의식, 욕구도 높아지고 있다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 쾌적하고 건강한 실내환경의 구성요소로는 열, 공기, 음, 광, 공간환경 등이 있다. 이중에서 열환경은 인간이 가장 민감하게 느끼는 실내환경요소이므로, 인간의 쾌적감과 열환경간의 관계를 파악하기 위한 연구는 일찌기 19세기 말부터 미국, 유럽 등지에서 시작되었다.

최근 국내외적으로 실내 공기질(Indoor Air Quality, IAQ)의 중요성이 부각되어 실내공기가 사람의 건강에 미치는 영향에 대한 평가문제가 제기되고 있다. 1970년대초 석유파동으로 인하여 구미 각국에서 에너지 절약을 위해 기존 건물에서 환기량을 감소시키고, 에너지 절약형 건축자재를 많이 사용하게 되었다. 이로 인해 실내공기 중의 오염물질 농도가 상승되어 결과적으로 사무실내 직장인들에게서 건물 증후군(Sick Building Syndrome, SBS)이 발생되었다. 이 때부터 실내 공기오염에 관한 연구가 활발히 수행되기 시작하였다. 그림 2에 나타낸 바와 같이 실내 공기오염 문제를 해결하기 위하여 오염원 규명 및 제어, 오염물질 제어, 오염물질 계측평가, 공기청정화 장치 개발, 오염영향 평가 등과 같은 다양한 측면에서 연구가 수행되고 있다.

최근들어 국내에서도 주택, 사무실, 지하공간 등을 대상으로 실내 공기질에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 이들은 주로 국내기준에 명시된 분진, 일산화탄소, 이산화탄소의 농도 분포를 측정하여 실내 공기질을 파악하고 있다. 측정과 더불어 설문조사를 통하여 재실자의 공기질에 대한 감각을 파악하려는 연구도 시도되고 있다. 한편, 유럽에서는 인간의 감각을 이용하여 실내 공기질을 종합적으로 파악하려는 시도가 행해지고 있다. 또한, 일본, 유럽 등지에서는 실내 공기질의 측정 및 평가방법을 표준화하여 데이터 베이스

구축을 용이하게 함으로써 실내 공기질을 체계적으로 파악하려고 노력하고 있다.

따라서, 본 고에서는 실내 공기오염 현상을 파악하기 위한 실내 공기질 평가와 관련하여 실내 공기환경 기준, 실내 공기질 평가방법의 종류 및 선진국의 평가방법에 대하여 소개하고자 한다.

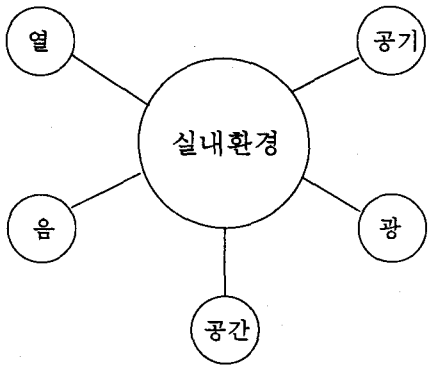


그림 1 실내환경 요소

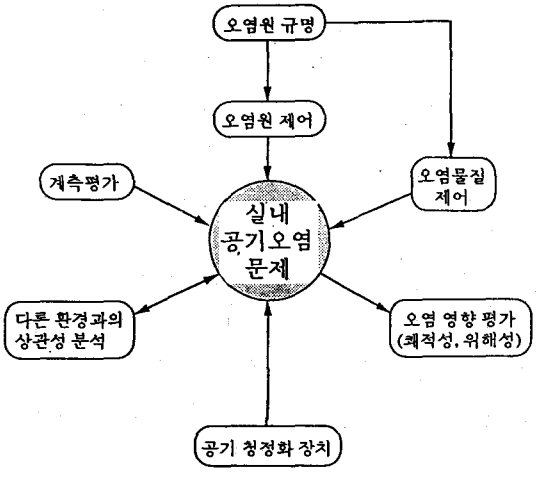


그림 2 실내 공기오염 문제의 접근방법

2. 실내 공기환경 기준

일반 대기환경의 경우 대기환경 기준치가 설정되어 있어 지역에 따른 대기오염의 규제를 시행하고 있으나, 실내공간의 경우 실내 공기오염 배경의 복잡성으로 인해 실내 공기오염 기준치를 설정하는 것은 매우 어려운 일이다. 구미 선진국의 경우 장기간에 걸쳐 실내 오염물질에 대한 위해성 평가분석 등의 다양한 연구를 통하여 각종 생활환경 및 건축물에 대하여 적절한 환경기준을 설정하고 있는데, 일반 생활환경과 작업환경에서의 실내환경 기준치를 구분지어 설정하고 있다. 일반 생활환경 기준치는 일반인의 건강과 복지를 고려하여 제정된 기준치로서 대기환경 기준을 비롯한 일반 생활 속에서의 환경기준을 나타내며, 작업환경 기준치는 근로자의 안전과 건강을 유지하기 위한 기준치라고 할 수 있다.

실내 공기오염은 주로 대기오염의 실내 유입, 실내오염 발생원, 환기량의 부족으로 인해 생긴다. 세계 각국에서는 실내에 거주하는 사람에게 적절하고 건강을 해치지 않는 실내 공기질과 환기량을 설정한 기준을 만들어 행정적으로 규제를 가하고 있다. 실내 공기질에 관한 대표적인 기준으로는 미국의 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서 만든 ANSI/ASHRAE Standard 62-1989가 있고, 우리나라의 경우 공중위생보건법에 총부유분진(Total Suspended Particulates, TSP), 이산화탄소(CO_2), 일산화탄소(CO)에 대한 규제치가 명시되어 있다. 표 1에 미국, 일본, 한국에서 규제되고 있는 대표적인 실내

오염물질의 규제치를 비교하여 나타냈다. 실내 공기질을 유지하기 위한 규제 경향을 보면, 대체로 실내 환기량은 증가시키고, 유해물질의 허용량은 줄이며, 새로운 유해물질을 추가로 규제하고 있다. 지금까지 많이 연구되고 있는 유해물질로는 라돈, 포름알데히드, 석면, 일산화질소, 이산화질소, 아황산가스, 오존, 납 등이 있다.

표 1. 실내 공기환경 기준의 비교

오 염 물 질	한 국 (공중위생보건법 /건 축 법)	미 국 (ASHRAE 62-1981)	일 본 (건설성 건축연구소)
총부유분진(TSP)	0.15mg/m³	0.26mg/m³(외기 : 24시간)	0.05~0.15mg/m³
이산화탄소(CP_2)	1000ppm	4.5g/m³	300~1000ppm
일산화탄소(CO)	10ppm	9ppm(외기 : 8시간)	5~20ppm
환 기 량		9.0m³/(h·person)*	25~35m³/(h·person)

* ASHRAE 62-1989에서는 27.0m³/(h·person)으로 크게 증가함.

3. 실내 공기질의 평가

3.1 개별 오염물질에 의한 평가

표 2에 나타낸 바와 같이 실내공기 오염물질은 크게 가스상 물질, 입자상 물질, 그리고 복합적인 물질로 구분된다. 현재 주로 사용되고 있는 실내 공기질 평가방법은 가스상 및 입자상의 개별 오염물질의 농도를 측정하여 각 오염물질 농도의 실내분포, 실내 공기환경 기준의 만족 여부, 실내 환기량과의 상관성, 실내 공기질에 대한 재실자의 반응과의 상관성 등을 조사하는 것이다. 이와 같이 개별 오염물질에 의해 공기질을 평가하는 방법은 100년 이상 사용되어 왔으나, 다음과 같은 단점이 있다.

산업환경의 경우 위생학자들은 개개의 화합물에 대한 허용값을 설정하여 오고 있는데, 문제가 되고 있는 화합물은 보통 생산공정에서 발생된다. 허용값은 화합물의 양과 작업자의 반응간의 상관도에 따라 결정되고, 이러한 허용값은 건강에 해를 미칠만한 값 이하로 설정된다. 보통 이러한 허용값은 상대적으로 매우 높은 수준이므로, 표준적인 계측기로 화합물을 측정하기가 용이하다.

그러나, 산업용 건물이 아닌 경우(예 : 사무실, 학교, 주택) 산업환경에 적용되는 건강과 화합물간의 원리는 부적절한 것으로 여겨져 왔다. 이러한 건물에서 실내 공기질에 대한 불평이 자주 있는데, 이것은 때때로 "건물 증후군"으로 표현된다. 건물 증후군은 많은 건물에서 발생하는데 그 정도는 매우 다양하다. 어떤 건물에서는 매우 민감한 몇 사람만이 불평을 하지만, 다른 건물에서는 20%, 40% 또는 60%의 사람이 괴로움을 당하는 수도 있다. 사람들의 불평을 유발하는 화합물은 실내 공기 중에 하나가 아니라 수천 종류가 있을 것이고, 이들의 농도는 산업환경의

경우보다 몇 차수(several orders of magnitude)가 낮다. 농도가 매우 낮으므로 보통의 화학분석법으로 측정하기가 어렵다. 비록 완전한 화학분석을 할 수 있을지라도 이러한 매우 낮은 농도에서 하나의 화합물이 인간에게 미치는 영향에 관한 최소의 자료만을 얻을 수 있을 뿐이다. 더우기 개개 화합물에 관한 정보를 활용할 수 있다고 가정하여도 수천 종류의 화합물이 함께 작용하는 경우 이것을 다루는 방법을 아직 모르고 있다. 이것들이 복합적으로 인간이 공기질을 감지하는데 어떤 영향을 미치는 지가 규명되어야 한다.

표 2. 실내공기 오염물질

가스상 물질	이산화탄소(CO_2)
	일산화탄소(CO)
	질소산화물(NO_x)
	황산화물 (SO_x)
	포름알데히드(HCHO)
	오존 (O_3)
	수증기 (습도)
입자상 물질	라돈 낭핵종
	부유분진
	석면
	알레르겐
	미생물
복합 예	담배 연기
	개방형 연소기구로부터의 배기가스 오염
	냄새
	휘발성 유기화합물(VOC)
	건물 증후군(SBS)

3.2 인간 감각에 의한 평가

위에 언급한 바와 같이 지금 단계에서 위생학과 화학을 결합시킨 전통적인 방법으로 인간이 감지하는 공기질을 정의하거나 평가하는 것은 불충분하다고 여겨진다 . 생활수준의 향상으로 인간의 감성이 생활 전반에서 중요시 되는 추세와 더불어 실내 공기질의 파악에 있어서도 인간의 감각을 활용하려는 시도가 행해지고 있다. 최근에 덴마크의 Fanger는 "olf"와 "decipol"이라는 단위를 사용하여 실내 공기질을 종합적으로 평가하는 방법을 개발하여 실험실 및 현장에서 적용가능성을 검토하고 있으므로, 이러한 새로운 공기질 평가방법에 대하여 소개하고자 한다.

(1) olf 단위

보통 인간의 감각이 공기의 화학분석보다 우수하다고 전제한다. 여기서 말하는 인간의 감각은 공기 중에 있는 독성 화합물에 민감한 후각과 자극성 화합물에 민감한 화학감각이다. 이들 감각은 코의 점막에 위치하며, 공기의 신선도, 자극성, 양호도, 용인성 등을 판단한다. 그러므로, 화학분석에 대한 자연적 대안은 공기오염을 정량화시키는 척도로 인간을 사용하는 것이다.

아이디어는 비교할 만한 알려진 기준 오염원에 의해 모든 오염원을 표현하는 것이다. 비록 후각과 화학감각이 새로운 단위의 정의에 포함되지만, 라틴어의 "olfactus(취각)"로부터 따온 olf가 새로운 단위로 제안되었다. 1 olf는 표준적인 한 사람의 공기 오염물질(생체 발산물질) 발생률이다. 모든 오염원은 실내 오염원과 동일한 불만족을 야기시키는

데 요구되는 표준적인 사람수(olfs)로 정의되는 등가 오염원 강도로 표현된다. 그러므로, olf는 대사량을 나타내는 met나 의복의 단열성을 나타내는 clo와 유사한 상대적인 단위이다.

열적으로 쾌적한 정상 상태에서 olf당 환기량에 따른 불만족률의 변화를 그림 3에 나타냈다. 그림에서 곡선은 청정한 공기로 환기되는 실내에 존재하는 표준적인 한 사람(1 olf)이 공기질을 불만족하다고 판단하는 비율을 환기량에 따라 나타낸 것으로, 관계식은 다음과 같다.

$$PD = 395\exp(-1.83q^{0.25}) \quad \text{for } q \geq 0.32\ \ell/(s\cdot olf)$$
$$PD = 100\% \quad \text{for } q < 0.32\ \ell/(s\cdot olf) \qquad (1)$$

여기서, PD는 불만족률[%]이고 q는 olf당 정상 상태의 환기량[ℓ/(s·olf)]이다.

환기량이 증가함에 따라 불만족률은 처음에 급격히 감소한 후 완만히 감소한다. 어떤 사람들은 매우 민감하여 환기량이 많아야 공기질을 만족스럽게 여기는 반면에, 참을성이 많은 사람들은 매우 적은 환기량에서도 공기질을 만족스럽다고 판단한다.

(2) decipol 단위

공기오염 농도는 오염원과 환기나 바람에 의한 희석에 좌우된다. 지각성 공기오염(perceived air pollution)은 실제 공기오염 농도와 동일한 불만을 야기시키는 생체 발산물질의 농도로 정의된다. 라틴어의 "pollutio(오염)"로부터 따온 plo이라는 단위를 사용하여 지각성 공기오염을 측정한다. 1 pol은 청정한 공기로 1 ℓ/s씩 환기되는 공간에서 표준적인 한 사람(1 olf)에 의한 공기오염을 나타낸다. 즉, 1 pol=1 olf/(ℓ/s)이다. 보통 사용되는 범위를 감안하여 지각성 공기오염 1/10 pol 단위로 표현한다. 즉, 1 decipol=0.1 olf/(ℓ/s)이다. 그러므로, 1 decipol은 청정한 공기로 10 ℓ/s씩 환기되는 공간에서 표준적인 한 사람(1 olf)에 의한 공기오염이다.

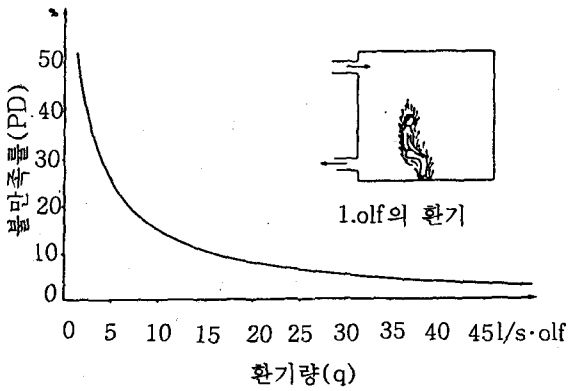


그림 3 환기량에 따른 불만족률의 변화

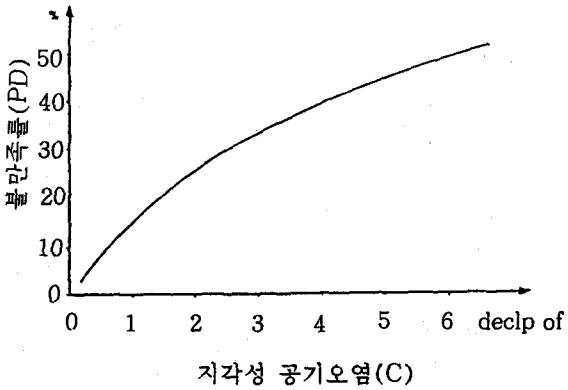


그림 4 지각성 공기오염과 불만족률의 관계

그림 3에 나타낸 불만족률을 지각성 공기오염의 함수로 그림 4에 다시 나타냈다. 그림 4에서 곡선의 관계식은 다음과 같다.

$$PD = 395 \exp(-3.25C^{-0.25}) \quad \text{for } C \leq 31.3 \text{ decipol}$$
$$PD = 100\% \quad \text{for } C > 31.3 \text{ decipol} \qquad (2)$$

여기서, PD는 불만족률[%]이고, C는 지각성 공기오염[decipol]이다.

오염원이 적고 환기가 잘 되는 건물의 경우 지각성 공기오염은 1 decipol 이하 또는 불만족률이 15%이하이다. 오염원이 많고 환기가 잘 안되는 공간의 경우 지각성 공기오염이 10 decipol 이상 또는 불만족률이 60% 이상일 수 있다. 실내환경에서 공기질을 0.1 decipol 또는 1% 불만족률 수준으로 만드는 것은 매우 어려운 일이다.

(3) 지각성 공기오염의 측정

지각성 공기오염을 측정하는 방법은 훈련된 감각 집단(sensory panel)에 의한 측정과 훈련되지 않은 사람에 의한 측정으로 크게 나뉘며, 현재는 주로 훈련된 감각 집단에 의한 측정법이 많이 사용되고 있다. 12~15명의 사람을 선정하여 하나의 감각 집단을 구성한 후, 실험실에서 Decipolmeter 등을 사용하여 표준적인 공기오염을 만들어 이들을 몇 단계의 훈련과정을 거치게 하며, 이러한 과정을 통과한 사람들로 구성된 감각 집단을 사용하여 실내의 지각성 공기오염을 측정한다.

4. 실내 공기질 평가방법의 예

일본에서는 정부와 민간의 50개 회사가 공동으로 "실내환경의 최적화 시스템 개발"에 관한 연구를 1987년부터 3년 동안 수행하였다. 이 연구를 통하여 주택 및 사무실에 대한 실내환경의 실태를 파악하고, 쾌적성 및 건강을 고려한 실내환경 수준을 설정하고, 실내환경의 실용적인 측정법 및 쾌적성 평가법을 개발하였다 본 고에서는 공기환경의 평가방법에 대하여 개략적으로 소개하고자 한다.

(1) 개요

사무실 공기환경의 실태에 관한 설문조사와 측정의 결과를 분석하여 공기환경을 평가하는 방법에 대하여 설명한 것으로, 공기환경의 평가법 개요, 공기환경의 물리 평가방법, 공기환경의 평가 Profile로 구성되어 있다. 평가항목으로는 이산화탄소, 일산화탄소, 실내 부유분진, 환기량이 있다.

(2) 공기환경의 물리평가방법 용지

공기환경의 물리평가방법 용지(sheet)는 평가항목, 평가척도, 평가기준으로 구성되어 있다. 평가척도에서는 평가결과를 수치화하기 위한 구체적인 평가방법(측정조건, 측정방법 등)을 나타냈고, 평가기준에서는 평가결과의 판정기준 및 배점을 나타냈다. 4가지 평가항목에 대한 물리평가방법 용지(sheet)를 표 3~6에 나타냈다.

표 3. 이산화탄소에 대한 물리평가방법 용지

<table>
<tr><td colspan="2">평가항목명</td><td colspan="3">이산화탄소</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가 개요</td><td colspan="3">공기중에 포함된 이산화탄소의 양을 체적 농도로 나타내고, 그 단위는 ppm을 사용한다.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">평가방법</td><td rowspan="6">평가척도</td><td></td><td>간 이 판</td><td>표 준 판</td></tr>
<tr><td>측정시간</td><td>순 간</td><td>순 간</td></tr>
<tr><td>측정시간대</td><td>• 집무시간 : (10:00, 13:30, 16:00)</td><td>• 측정기간중 : 대표실 30분마다 연속 실수가 많은 경우 대표실 이외는 집무시간 : (10:00, 13:30, 16:00)</td></tr>
<tr><td>측정대상</td><td>• 대표층의 대표실
• 동일층에 복수의 공조계통이 있는 경우는 계통마다 대표실을 정한다.</td><td>• 대표층의 대표실
• 동일층에 복수의 공조계통이 있는 경우는 계통마다 대표실을 정한다.
• 또는 대상층을 한정하고(지하층, 1층, 중간층, 최상층 등), 동일층에서는 동서남북의 각 1실 등 상세히 측정한다.</td></tr>
<tr><td>측정위치</td><td>• 대표실 1점 : 높이 0.75~1.2m</td><td>• 대표실 : (1~ 수실)
• 대표점 : (실중앙 높이 0.75~1.2m)</td></tr>
<tr><td>분포측정</td><td>• 넓은 실(100m² 이상)의 경우에는 분포를 잡는 것이 좋다.(3~6m 간격)
• 안쪽으로 큰 실에 대해서는 주변부(perimeter)와 내부(interior)의 분포도 고려한다.(perimeter의 측정은 창으로부터 1.5~2m 정도의 위치로 한다.)</td><td>• 넓은실(100m² 이상)의 경우에는 분포를 잡는다.(3~6m 간격)
• 안쪽으로 큰 실에 대해서는 perimeter와 interior 분포도 고려한다.(perimeter의 계측은 창으로부터 1.5~2m 정도의 위치로 한다.)
• 수직 분포의 측정 : (높이 0.1, 0.6, 1.1, 1.7m)</td></tr>
<tr><td>측정일수</td><td>1일 이상 연속</td><td>수일간 연속</td></tr>
<tr><td>측정시기</td><td>계절마다(난방기, 중간기, 냉방기)</td><td>계절마다 : (난방기, 중간기, 냉방기)</td></tr>
<tr><td>평가기준</td><td colspan="3">기준치로는 빌딩 위생관리법의 기준치를 1로 하고, 청정한 옥외 대기중의 평균치를 5로 하였다.
<table>
<tr><td>평가</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>기준</td><td colspan="5">1000ppm 900 600 300</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

표 4. 일산화탄소에 대한 물리평가방법 용지

<table>
<tr><td colspan="2">평가항목명</td><td colspan="3">일산화탄소</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가 개요</td><td colspan="3">공기중에 포함된 일산화탄소의 양을 체적 농도로 나타내고, 그 단위는 ppm을 사용한다.</td></tr>
<tr><td rowspan="9">평가방법</td><td rowspan="7">평가척도</td><td></td><td>간 이 판</td><td>표 준 판</td></tr>
<tr><td>측정시간</td><td>순 간</td><td>순 간</td></tr>
<tr><td>측정시간대</td><td>• 집무시간 : (10:00, 13:30, 16:00)</td><td>• 측정기간중 : 대표실 30분마다 연속 실수가 많은 경우 대표실 이외는 집무시간 : (10:00, 13:30, 16:00)</td></tr>
<tr><td>측정대상</td><td>• 대표층의 대표실
• 동일층에 복수의 공조계통이 있는 경우는 계통마다 대표실을 정한다.</td><td>• 대표층의 대표실
• 동일층에 복수의 공조계통이 있는 경우는 계통마다 대표실을 정한다.
• 또는 대상층을 한정하고(지하층, 1층, 중간층, 최상층 등), 동일층에서는 동서남북의 각 1실 등 상세히 측정한다.</td></tr>
<tr><td>측정위치</td><td>• 대표실 1점 : 높이 0.75~1.2m</td><td>• 대표실 : (1~ 수실)
• 대표점 : (실중앙 높이 0.75~1.2m)</td></tr>
<tr><td>분포측정</td><td>• 넓은 실(100m² 이상)의 경우에는 분포를 잡는 것이 좋다.(3~6m 간격)
• 안쪽으로 큰 실에 대해서는 주변부(perimeter)와 내부(interior)의 분포도 고려한다.(perimeter의 측정은 창으로부터 1.5~2m 정도의 위치로 한다.)</td><td>• 넓은 실(100m² 이상)의 경우에는 분포를 잡는다.(3~6m 간격)
• 안쪽으로 큰 실에 대해서는 perimeter와 interior 분포도 고려한다.(perimeter의 계측은 창으로부터 1.5~2m 정도의 위치로 한다.)
• 수직 분포의 측정 : (높이 0.1, 0.6, 1.1, 1.7m)</td></tr>
<tr><td>측정일수</td><td>1일 이상 연속</td><td>수일간 연속</td></tr>
<tr><td>측정시기</td><td>계절마다(난방기, 중간기, 냉방기)</td><td>계절마다 : (난방기, 중간기, 냉방기)</td></tr>
<tr><td colspan="3">기준치로는 사무실 거주후 평가(Post Occupancy Evaluation, POE) 조사치의 최악치를 1로 하고, 청정한 옥외 대기중의 평균치를 5로 하였다.
<table>
<tr><td>평가</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>기준</td><td colspan="2">5ppm</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td colspan="2">평가기준</td></tr>
</table>

표 5. 분진에 대한 물리평가방법 용지

<table>
<tr><td colspan="2">평가항목명</td><td colspan="3">분 진</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가 개요</td><td colspan="3">공기중에 부유하는 입경 10㎛ 이하의 입자상 물질의 중량을 나타내고, 그 단위는 mg/m³을 사용한다. (JIS「국가에서 정하고 있는 각종 유해물질의 허용한도」참조)</td></tr>
<tr><td rowspan="8">평가방법</td><td rowspan="7">평가척도</td><td></td><td>간 이 판</td><td>표 준 판</td></tr>
<tr><td>측정시간</td><td>순 간</td><td>순 간</td></tr>
<tr><td>측정시간대</td><td>• 집무시간 : (10:00, 13:30, 16:00)</td><td>• 측정기간중 : 대표실 30분마다 연속 실수가 많은 경우 대표실 이외는 집무시간 : (10:00, 13:30, 16:00)</td></tr>
<tr><td>측정대상</td><td>• 대표층의 대표실
• 동일층에 복수의 공조계통이 있는 경우는 계통마다 대표실을 정한다.</td><td>• 대표층의 대표실
• 동일층에 복수의 공조계통이 있는 경우는 계통마다 대표실을 정한다.
• 또는 대상층을 한정하고(지하층, 1층, 중간층, 최상층 등), 동일층에서는 동서남북의 각 1실 등 상세히 측정한다.</td></tr>
<tr><td>측정위치</td><td>• 대표실 1점 : 높이 0.75~1.2m</td><td>• 대표실 : (1~ 수실)
• 대표점 : (실중앙 높이 0.75~1.2m)</td></tr>
<tr><td>분포측정</td><td>• 넓은 실(100m² 이상)의 경우에는 분포를 잡는 것이 좋다.(3~6m 간격)</td><td>• 넓은실(100m² 이상)의 경우에는 분포를 잡는다.(3~6m 간격)</td></tr>
<tr><td>측정일수</td><td>1일 이상 연속</td><td>수일간 연속</td></tr>
<tr><td>측정시기</td><td>계절마다(난방기, 중간기, 냉방기)</td><td>계절마다 : (난방기, 중간기, 냉방기)</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가기준</td><td colspan="3">기준치로는 JIS에서 정한 환경기준치를 참조한 수치를 1로 하고, 청정한 옥외 대기중의 평균치를 5로 하였다.
<table>
<tr><td>평가</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>기준</td><td colspan="5">0.15mg/m³ 0.12 0.08 0.05</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

표 6. 환기량에 대한 물리평가방법 용지

<table>
<tr><td colspan="2">평가항목명</td><td colspan="3">환 기 량</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가 개요</td><td colspan="3">실내의 공기가 1시간에 외기와 교환하는 1인당의 환기량을 나타내고, 그 단위는 m³/(h·인)을 사용한다.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">평가방법</td><td rowspan="7">평가척도</td><td></td><td>간 이 판</td><td>표 준 판</td></tr>
<tr><td>측정시간</td><td>1분 정도의 측정을 2회이상 취하며, 그의 평균치</td><td>1분 정도의 측정을 2회이상 취하며 그의 평균치</td></tr>
<tr><td>측정시간대</td><td>· 집무시간 : (10:00, 13:30, 16:00)</td><td>· 집무시간 : (10:00, 13:30, 16:00)</td></tr>
<tr><td>측정대상</td><td>· 대표층의 대표실
· 동일층에 복수의 공조계통이 있는 경우는 계통마다 대표실을 정한다.</td><td>· 대표층의 대표실
· 동일층에 복수의 공조계통이 있는 경우는 계통마다 대표실을 정한다.
· 또는 대상층을 한정하고(지하층, 1층, 중간층, 최상층 등), 동일층에서는 동서남북의 각 1실 등 상세히 측정한다.</td></tr>
<tr><td>측정위치</td><td>· 대표실 1점 : 높이 0.75~1.2m</td><td>· 대표실 : (1~ 수실)
· 대표점 : (실중앙 높이 0.75~1.2m)</td></tr>
<tr><td>분포측정</td><td>· 넓은 실(100m² 이상)의 경우에는 분포를 잡는 것이 좋다.(3~6m 간격)</td><td>· 넓은실(100m² 이상)의 경우에는 분포를 잡는다.(3~6m 간격)</td></tr>
<tr><td>측정일수</td><td>1일 이상 연속</td><td>수일간 연속</td></tr>
<tr><td>측정시기</td><td>계절마다(난방기, 중간기, 냉방기)</td><td>계절마다 : (난방기, 중간기, 냉방기)</td></tr>
<tr><td>평가기준</td><td colspan="3">기준치로는 ASHRAE 62(미국) 기준을 참고한 값을 2로 하고, 그 전후를 5m³/(h·인)마다 나누었다.
<table>
<tr><td>평가</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>기준</td><td colspan="5">20m³/(h·인) 25 30 35</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

(3) 심리평가 Profile

공기환경의 심리평가 Profile은 간이판과 표준판의 2종류가 있으며, 항목은 설문조사 항목과 같은 것을 사용하여 평가기준에 따라 배점을 기입한다. 심리평가 Profile의 간이판과 표준판을 각각 표 7과 8에 나타냈다. 심리평가는 물리평가와 상호보완적인 관계에 있고, 심리평가와 물리평가의 항목간에 직접적인 대응관계는 없다.

표 7. 공기환경 심리평가 Profile(간이판)

평 가 항 목	평 가
① 실내의 공기오염을 느끼십니까? 느끼지 못한다 약간 느낀다 느낀다 (평가기준) 1 0.5 0	
② 실내에서 먼지가 일어남을 느끼십니까? 느끼지 못한다 약간 느낀다 느낀다 1 0.5 0	
③ 실내의 환기는 충분합니까? 충분하다 약간 불충분하다 불충분하다 1 0.5 0	
④ 종합적으로 보아 실내의 공기환경은 어떻습니까? 쾌적하다 약간 쾌적하다 어느쪽도 아니다 약간 불쾌하다 불쾌하다 1 0.75 0.5 0.25 0	

(4) 물리평가 Profile

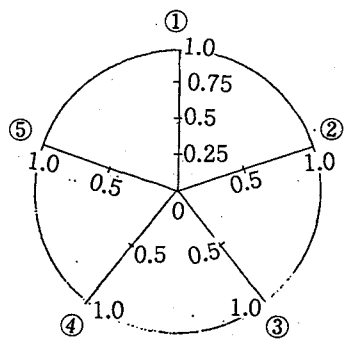
평가기준은 공해 관련의 대기환경 기준치(JIS), 빌딩위생관리법 기준치 또는 현재 실내환경 레벨의 최악치보다 나쁜 경우를 1로 하고, 현재 청정한 외기에 존재하는 값보다 좋은 경우를 5로 하였다. 종합 평가치는 4항목 측정치의 평가결과 레벨의 단순 평균치를 사용한다. 악취 등에 대해서는 측정법이 아직 일반화되어 있지 않으므로, 물리평가에는 포함시키지 않았다. 표 9에 공기환경의 물리평가 Profile을 나타냈다.

(5) 심리평가 Chart와 물리평가 Chart

심리평가 Chart는 심리평가 Profile의 작성결과를 방사상 도표로 표현하고, 물리평가 Chart는 물리평가 Profile의 작성결과를 방사상 도표로 표현한다. 공기환경의 심리평가 Chart와 물리평가 Chart를 각각 그림 5와 6에 나타냈다.

표 8. 공기환경의 심리평가 Profile(표준판)

평 가 항 목	평 가
① 실내의 공기오염을 느끼십니까? 느끼지 못한다 약간 느낀다 느낀다 (평가기준) 1 0.5 0	
② 실내에서 먼지가 일어남을 느끼십니까? 느끼지 못한다 약간 느낀다 느낀다 1 0.5 0	
③ 실내에서 뭔가 악취를 느끼십니까? 느끼지 못한다 약간 느낀다 느낀다 1 0.5 0	
③′ 악취의 근원은 무엇이라고 생각하십니까? (담배, 체취, 구취, 곰팡이 냄새, 사무기기, 건축자재, 기타( ))	
④ 실내의 환기는 충분합니까? 충분하다 약간 불충분하다 불충분하다. 1 0.5 0	
⑤ 종합적으로 보아 실내의 공기환경은 어떻습니까? 쾌적하다 약간 쾌적하다 어느쪽도 아니다 약간 불쾌하다 불쾌하다 1 0.75 0.5 0.25 0	



① 공기환경의 종합감
② 먼지의 일어남
③ 취기
④ 환기상태
⑤ 공기의 오염
(②, ③ 이외의 사람의 열 등)

그림 5 공기환경의 심리평가 Chart

표 9. 공기환경의 물리평가 Profile

평 가 항 목	평 가
1. 이산화탄소 공기중에 포함된 이산화탄소의 양을 체적농도로 나타낸다.(단위 : ppm) (평가) 1000ppm~300ppm의 범위	
2. 일산화탄소 공기중에 포함된 일산화탄소의 양을 체적농도로 나타낸다.(단위 : ppm) (평가) 5ppm~2ppm의 범위	
3. 분진 공기중에 부유하는 입경 10μm 이하의 입자상 물질의 중량을 나타낸다. (단위 : mg/m^3) (평가) 0.15mg/m^3~0.05mg/m^{3}의 범위	
4. 환기량 실내의 공기가 1시간에 외기와 교환하는 1인당의 환기량. (단위 : m^3/(h·인)) (평가) 20m^3/(h·인)~35m^3/(h·인)의 범위	
5. 종합치 상기한 4항목의 평가레벨의 단순 평균치를 사용하여 종합치로 한다.	

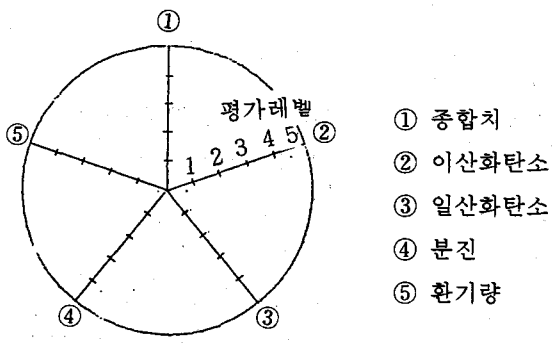


그림 6 공기환경의 물리평가 Chart

5. 맺음말

경제발전에 의해 사람들의 생활수준이 향상되고 환경오염이 심각한 사회문제로 대두되면서 실내환경에 대한 관심이 점차 고조되고 있다. 본 고에서는 실내 공기질의 평가에 대하여 살펴보았다. 실내 공기질의 경우 1970년대 초부터 본격적인 관심을 끌기 시작하여 현재 활발한 연구가 수행되고 있는데, 지금까지 수행된 연구는 주로 인간의 건강 측면에서 개별 오염물질의 농도 평가에 치중되었다. 최근에 이르러 공기환경의 쾌적성 평가지표로 decipol 등이 제안되어 사용되고 있으므로, 쾌적성 측면에서는 초보적인 연구 단계에 있다고 할 수 있다.

현재 국내에서도 실내 공기오염에 대한 연구가 많이 수행되고 있는 추세인데, 실내공기질의 측정 및 평가방법이 표준화되어 있지 않아 연구결과를 효과적으로 활용하지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 선진국과 같이 실내 공기질의 측정 및 평가방법을 표준화하여 데이터 베이스 구축을 용이하게 함으로써 국내 실내 공기오염 문제를 체계적으로 파악할 필요가 있다.

- 참 고 문 헌 -

1. 명현국, 1992, "실내환경 기준의 국내 현황 및 국제적 동향", 공기청정기술, 제5권, 제1호, pp. 14~40.
2. 이춘식, 배귀남 등, 1993, 실내환경 쾌적성 평가방법에 관한 연구(Ⅰ)-온열 및 공기질에 대해서-, 과학기술처, KIST UCN 998-4939-2.
3. 이춘식, 배귀남 등, 1994, 실내환경 쾌적성 평가방법에 관한 연구(Ⅱ)-온열 및 공기질에 대해서-, 과학기술처, KIST UCN 1183-5282-2.
4. 김윤신, 고응린 등, 1994, 사무용 건물의 실내공기질에 대한 연구, 한국위생관리협회.
5. 김윤신, 1994, 실내환경과학(대우학술총서, 자연과학 95), (주)민음사, 서울.
6. 배귀남, 1995, "실내공기와 온열환경", 공기조화 냉동공학, 제24권, 제1호, pp. 14~28.
7. Fanger, P.O., 1988, "Introduction of the olf and the decipol Units to Quantify Air Pollution Perceived by Humans indoors and Outdoors", Energy and Buildings, Vol. 12, pp. 1~6.
8. ASHRAE, 1989, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ANSI/ASHRAE Standard 62-1989.
9. 건설성 건축연구소, 1990, 실내환경의 최적화 시스템 개발, 관민공동 연구보고서, 일본.