

# 실내의 공기환경과 환기

김 광 영  
(주)신성기연/연구소장

## 1. 머릿말

대기오염에 의한 공해문제는, 신문 등의 매스컴에서 빈번히 취급되고 있지만, 실내의 공기오염에 대해서는 관심이 낮은 것 같다. 이것은 실내공기오염이 실제로 잘 실감되지 않기 때문이다. 생각되지만, 실내공기환경은 우리들의 건강에 있어서 매우 중요하다. 특히, 최근에는 연소기구에 의한 가스중독의 문제뿐만 아니라, 실내에서 담배를 피우면 동석한 옆사람에서 상당한 해를 미친다는 사실 등에 의해, 실내공기를 청정하게 확보할 필요성에

대한 인식이 제고되고 있는 것 같다. 이러한 것에 관련하여 환기문제가 많이 논의되고 있지만, 아직도 정확한 인식이 결여된 상태이다.

본고에서는, 실내공기오염의 종류 및 영향과 오염방지대책으로서의 환기에 대해 기술한다.

## 2. 공기오염물질의 종류와 영향

공기오염은 공기중에 포함되어 있는 오염물질의 종류에 의해 분류할 수 있다. 오염물

표 1. 실내에 있어서 주요한 기체상의 오염물질

오염물질	화학식	영 향(해)
일산화탄소	CO	인체에 대해 심각한 해를 미침
아황산가스	SO <sub>2</sub>	인체에 영향에 미쳐 천식의 원인이 된다. 금속에 적용해서 녹 발생을 촉진한다.
질소산화물		인체에 대한 해는 아직 불명하며, 산소와 결합해서 NO <sub>2</sub> 가 되기 때문에 간접적인 해를 미친다.
일산화질소	NO	
이산화질소	NO <sub>2</sub>	기관지, 폐에 자극을 주며 큰해를 미친다.
오존	O <sub>3</sub>	특수한 냄새가 있으며 기관지 폐에 자극을 준다.
탄산가스	CO <sub>2</sub>	고농도이지 않은 한 직접적인 해는 없다.
악취		실내 악취는 건강상에 해는 없지만 불쾌감을 준다.

질은 크게 기체상태의 가스와 부유분진(액체 및 고체)으로 나눌 수 있다.

기체상태의 오염물질은 매우 종류가 많다. 실내에서 문제가 되는 것은 표1과 같다. 이 표중에 있어서 CO는 실내에서 가장 많이 발생하는 것으로 일반적으로 가스중독이라 하면 CO에 의한 중독을 칭한다. CO 중독이라는 것은 CO를 호흡하면 혈액중의 헤모글로빈이 이것과 작용해서 그 기능을 상실해서 산소를 체내에 공급할 수 없게 되기 때문에 일어나는 증상으로 심하면 생명을 잃게 된다. 취침중에는 모르는 사이에 중독이 되기 때문에 특히 위험하다. 중독 증상은 CO의 농도, 흡입시간, 작업강도, 연령, 체질 등에 의해 다르지만 대개 표2와 같다.

CO<sub>2</sub>는 농도가 높지 않은한 인체에는 별로 해가 없지만, 실제문제로서, 실내의 CO<sub>2</sub>농도가 높게되는 것은 재실자로부터의 호흡에 의해 실내공기가 오염되는 것을 나타내는 것으

로서, 표3과 같이 실내공기오염의 중요한 요소이다.

악취는 주방, 변소, 욕실등에서 발생되며, 사람이 불쾌감을 느끼는 점에서 큰해를 미치는 오염이다.

표 2. 일산화탄소(CO)에 의한 중독증상

농도(%)	호 흡 시 간 과 증 상
0.02	2~3시간에 가벼운 두통 1~2시간에 두통, 구역질 2.5~3.5시간에 후두통
0.08	45분에 두통, 어지러움, 구역질, 경련, 2시간에 실신
0.16	20분에 두통, 어지러움, 구역질, 2시간에 치사
0.32	5~10분에 두통, 어지러움, 30분 치사
0.64	10~15분에 치사
1.28	1~3분에 치사

표 3. CO<sub>2</sub>에 대한 반응

반응의 종류	농 도	적 요
CO <sub>2</sub> 농도를 재실자에 의한 실내공기 오염의 지표로서 간주했을 시	0.07% (700ppm)	다수의 재실자가 계속해서 재실할때의 허용도 (pettenkopfer의 설)
	0.10% (1,000ppm)	일반적인 허용도(Pettenkopfer의 설) (건축기준법의 공조시의 기준치)
	0.15% (1,500ppm)	종래 환기계산에 사용된 기준치(Rietchel의 설)
	0.2%~0.5%	실내공기환경은 상당히 불량으로 인정됨.
	0.5% 이상	실내공기환경은 아주 나쁨.
CO <sub>2</sub> 의 인체에 대한 생리적인 해를 고려했을 시	4~5%	호흡중추를 자극해서 호흡의 깊이, 횟수를 증가시킴, O <sub>2</sub> 가 부족하면 장애를 크게 된다.
	8% 정도	10분간 호흡하면, 심한 호흡곤란, 안면홍조, 두통을 일으킨다. O <sub>2</sub> 가 부족하면 장애는 현저해 진다.
	18% 이상	치명적임

이상의 것 외에, 일반적으로 오염이라고 부르는 않지만, 실내 공기중의 산소농도가 저하하는 것이 있다. 산소농도가 저하하면, 스토브등의 연소기구가 불완전 연소를 해서 CO를 발생하기 때문에, 매우 조심해야 하며, 산소결핍현상으로서 이야기 거리가 되고 있다.

입자상의 오염물질(분진)도 종류가 매우 많으며, 분진의 조성물질이 독성을 갖고 있으면 물론이지만, 분진입자의 크기, 형태에 따라 인체에 대한 영향이 다르다. 공장내부등에서는 수은·납·가드늄등의 매우 유해한 종류의 분진도 있다. 보통의 분진이 인체에 미치는 해는, 폐중에 흡인되어서 폐세포중에 침적하는 것이 원인으로, 큰입자는 비모 및 기관지에서 제거되어 폐까지는 들어가지 않으며, 매우 작은 입자는 그대로 토출되기 때문에 폐중에 침적되지 않는다. 가장 침적하기 쉬운것은 1~10 $\mu$ m정도 크기의 입자이다. 발진이 많은 공장등에서 매우 높은 농도의 분진을 호흡하면 진폐중에 걸리기도 하지만 일반 실내에서는 크게 염려하지 않아도 된다.

특이체질의 사람은 분진에 의한 자극으로 코·후두등의 알레르기 또는 천식을 일으키는 경우도 있다. 특히 화분에 의한 알레르기는 많이 알려져 있다.

### 3. 실내공기 오염의 허용치

실내공기오염은 악취의 경우를 제외하고는 보통의 감각으로는 인지하기 어렵기 때문에 어느정도 이상 오염되어서는 안된다는 것은 종래 별로 고려되지 않았었다. 그러나 공기오염은 실제적으로 건강에 큰 영향을 미치기 때문에, 어느 적당한 허용치를 정해서 그것은

지키게 하는 것이 매우 중요하다.

공기오염의 인체에 미치는 영향은 오염물질의 종류에 따라서 매우 다르다. 영향으로서는 건강상 유해한 것과 쾌적성을 낮추는 것이 있다. 공장등의 열악한 공기환경 속에서 작업을 하는 종업원의 병발생을 기초로해서, 현저한 증상을 나타내지 않는 한도로한 노동환경에 대한 허용치가 정해져 있다. 그 일례를 표 4에 나타낸다.

표 4. 노동환경의 허용농도

오염물질명	화학식	허용농도	
		ppm	mg/m <sup>3</sup>
암모니아	NH <sub>3</sub>	50	35
일산화탄소	CO	50	55
오존	O <sub>3</sub>	0.1	0.2
가솔린		500	20,000
수은	Hg	—	0.05
납	Pd	—	0.15
아황산가스	SO <sub>2</sub>	5	13
이산화질소	NO <sub>2</sub>	5	9
제 1종 분진 (유리규산30%이상)		—	2
제 2종 분진 (유리규산30%이하)		—	5
제 3종 분진 (그외의일반분진)		—	10

이같은 건강한 성인이 건강에 주의하면서 주간만 근로했을 경우에만 적용되는 것으로, 노인, 어린이, 병자를 포함한 일반사람에게 적용되는 것이 아니다. 일반인에 대해서는 더욱 낮은 허용치로 해야만 하지만, 생리적인 영향에 관한 검사가 매우 어렵기 때문에 생리상 확실한 허용치를 정하는 것은 불가능하다. 따라서 보통은 편의상 노동환경에 대한

허용치의 1/10~1/100정도의 값을 주거환경에서의 허용치로 하고 있다.

공기오염의 인체에 대한 영향은 오염농도와 그것을 호흡하는 시간의 장단에 의해 다르기 때문에, 허용치도 농도와 호흡시간으로 정해야 한다. 대기오염의 허용치는 일반인을 대상으로 한 것이지만, 오염농도는 기상조건 등에 의해서 크게 변동하기 때문에 표5와 같이 지속 시간별의 농도로 나타내 있다. 이것에 반해, 실내에 있어서의 허용치는 장기간의 호흡에 대한 농도만을 정하고 있다. 표 6은 현재 건축기준법에 정해져 있는 공조시의 실내의 공기오염 기준치는 나타내고 있다.

표 5. 대기오염의 허용치

오염물질명	화학식	허 용 치
아황산가스	SO <sub>2</sub>	1시간에 대해서 0.1ppm 24시간에 대해서 0.04ppm
일산화탄소	CO	8시간에 대해서 20ppm 장시간에 대해서 10ppm
질소산화물	NO <sub>2</sub>	1시간에 대해서 0.02ppm
옥시던트		1시간에 대해서 0.06ppm
분진		1시간에 대해서 0.20mg/m <sup>3</sup> 24시간에 대해서 0.10mg/m <sup>3</sup>

표 6. 실내 공기오염의 허용치

부유분진	0.15mg/m <sup>3</sup>
CO	10 ppm
CO <sub>2</sub>	1,000 ppm

#### 4. 환기에 의한 실내의 공기오염 방지

실내의 공기오염을 방지하고 청정한 공기를 확보하기 위해서는 오염의 원인을 밝혀서 그것을 제어하는 것과 만일 오염되었으면 적절한 방법으로 오염을 제거하는 것이 필요하

다. 오염의 원인은 재실자로부터 발생하는 오염외에 취사와 가사작업을 할때 발생하는 오염이 주된 것이지만, 건물외의 공기가 매우 오염되어 있을 때는 그것의 영향도 무시할 수 없다. 일반적으로 건물외의 공기는 실내공기에 비해서 청정하기 때문에 실내공기를 청정하게 유지하기 위해서는 실내의 오염된 공기를 배출하고, 외부의 깨끗한 공기를 바꿔넣는 방법이 취해지고 있다. 이것을 환기라고 부르며, 실내의 공기환경을 제어하는 가장 중요한 수단이다. 이러한 방법외에도 최근에는 각종 공기청정기가 개발되어 있어서 이것을 활용할 수도 있다.

##### 1) 필요환기량의 계산방법

환기의 목적으로서, ① 재실자에 필요한 산소를 공급하는 것 ② 재실자에 의한 공기오염을 허용치 이하로 유지할 것 ③ 재실자 이외로부터 발생하는 유해오염물을 제거하는 것 ④ 실내의 연소기구에 필요한 산소를 공급하는 것 ⑤ 취사실·화장실·욕실 등에서 발생하는 수증기, 연기, 냄새 등을 배제하는 것 등을 들 수 있다. 이와같은 환기목적에 달성하는데 필요한 환기량을 필요환기량이라 하여, 목적에 따라서 다르다.

환기량은 실의용적으로 나는 값은 환기횟수라 한다. 즉 1시간에 실내의 공기가 평균해서 몇회 교체되었는가를 나타내는 값이다.

필요환기량  $V$ 는, 실내에서 발생하는 오염물질의 량  $M$ (분진이면 mg/h, 유해가스는 ml/h로 표시)와, 실내에서 허용되는 오염농도  $C_p$ (분진이면 mg/m<sup>3</sup>, 유해가스는 ml/m<sup>3</sup>=ppm) 및 외기의 오염농도  $C_o$ (단위 上同)를 알면,

$$V = \frac{M}{C_p - C_o}$$

에서 구해진다. 즉, 발생량이  $M$ 이 크고  $C_p - C_o$ 가 작을수록, 필요환기량은 크게 된다. 만일 외기가 완전히 청정하면  $C_o = 0$ 이기 때문에  $V = M/C_p$ 가 된다. 이식은 산소농도의 저하를 방지하기 위해 필요한 환기량을 구하는데에도 그대로 사용가능하다. 그 경우에는

$M$ : 실내에 있어서의 산소의 소비량  
( $ml/h$ )

$C_p$ : 실내에서 허용되는 산소농도  
( $ml/m^3 = ppm$ )

$C_o$ : 외기중의 산소농도  
( $21\% = 0.21 \times 10.6 ml/m^3$ )

로 하면 된다.

## 2) 재실자에 대한 필요환기량

재실자에 대해 환기가 필요한 이유는 상기의 환기목적 ①②이다. 또 ③의 담배에 대해서는 재실자가 흡연을 하면 재실자의 대한 필요환기량 중에 포함시켜야 한다.

재실자에 필요한 산소를 공급하기 위한 필요환기량은 1시간당 약  $1m^3$ 정도로 충분하다. 그러나 재실자로부터 발생하는 오염물질에 의한 공기오염방지를 위한 필요환기량은 다량이 된다.

재실자로부터 발생하는 오염물질은  $CO_2$ 와 수증기 보다는 주로 체취가 문제이다.

### a. 체취에 대한 필요환기량

체취에 의한 불쾌감을 대상으로 한 필요환기량을 구하려는 시도는, 1936년 C.P. Yaglou에 의해 행해졌다. 실험방법은 실내에 사람을 체재시키고 환기량을 여러가지로 변화시켜, 외부로부터 들어온 외래자가 싫은 냄새를 느끼지 않는 환기량의 한도를 조사했다.

사람으로부터 발생하는 취기는, 인종, 성별, 연령, 입욕정도, 실내에서의 작업상태등에 의해 다르다. 따라서 취기를 기초로 한 필요환기량은, 재실자의 종류 및 상태에 의해서 다른 값이 된다.

Yaglou의 실험결과 및 최근의 유사한 연구결과에 의하면, 취기에 의한 필요환기량은 외래자가 취기를 느끼지 않는 정도로 하면, 재실자 1인당  $25m^3/h$ 정도, 재실자가 취기를 느끼지 않는 정도이면  $15m^3/h$ 정도라는 결과가 보고되어 있다. 체취에 대한 필요환기량은 재실자 1인에 대해서  $15 \sim 20m^3/h$ 정도로 생각하면 좋다.

### b. 탄산가스의 허용치에 의한 필요환기량

재실자에 의해서 실내에 불쾌한 공기환경이 생기는 원인은, 여러가지 신체로부터 발생하는 체취 및 그외의 오염물질의 종합적인 영향에 의한 것이지만, 이것은 신체로부터 발생하는  $CO_2$ 에 거의 비례한다고 생각된다. 체취와 그외의 오염물질의 양을 측정하는 것은 곤란하지만,  $CO_2$  농도측정은 매우 용이하기 때문에, 재실자에 의한 공기오염의 지표로서  $CO_2$ 를 이용하는 것이 일반적으로 행해지고 있다. 상기한 최근의 실험에서 체취와 병행해서 행한  $CO_2$ 농도의 측정결과에서는, 실내에서 체취를 느낄 수 있는 상황에서는  $CO_2$ 농도는  $1,000 \sim 1,500ppm$ 인 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 "건축기준법"에서의  $CO_2$ 농도의 허용치  $1,000ppm$ 의 근거로서 충분한 의미를 가지고 있다.

만일 실내에 있어서  $CO_2$  허용치를  $1,000ppm$ 으로 하면, 필요환기량은 (1)식을 이용해서 계산가능하며, 1인당  $28.6m^3/h$  정도가 된다.

**c. 흡연자 재실시의 필요환기량**

흡연자가 재실시에는 1시간당 몇개피 정도의 흡연이 있느냐에 따라서 다르지만, 사무실등에서는 평균적으로 재실자 1인당 매시간당 0.5개피로보고 6에서 나타낸 필요환기량의 2배정도, 회의실등의 흡연량이 많은 경우에는 3배정도로 생각하면 무난하리라 생각된다.

**3) 연소기구에 대한 필요환기량**

연소기구에는 연소부분이 실내로부터 완전히 격리되어 있어서 배기가스가 실내에 스며들 염려가 전혀 없는 방식의 것(밀폐형 연소기구), 기구에의 급기는 실내공기를 이용하지

만 배기가스는 연통에 의해서 실외에 배출하는 방식의 것(반밀폐형 연소기구), 연통이 없이 배기가스가 전부 실내에 방출되는 방식의 것(개방형 연소기구)의 3종류가 있다. 실내의 공기오염 관점에서 보면, 밀폐형 연소기구가 가장 안전하며, 반밀폐형은 연통이 정상적이며 필요한 급기가 행해지는 한 안전하며, 개방형의 연소기구는 매우 위험하다. 최근의 팬히터방식의 난방기구는 완전 개방형의 것으로 사용상에 상당한 주의가 요구되며, 그외에는 취사용 연소기구는 모두 개방형이다. 개방형 연소기구를 사용하는데는 표 7과 같이 다량의 환기를 통해 산소부족을 방지하는 것은 절대 필요하다.

**표 7. 필요환기량**

재 실 자	재실자 1인당 환기량	20~30m <sup>3</sup> /h(기계환기의 경우 20m <sup>3</sup> /h-건축기준법)
	흡연자 재실시	흡연상황에 의해 증가시킴
연 소 기 구	개방형	1kw당 36m <sup>3</sup> /h(이론배기가스량의 40배-건축기준법)
	반밀폐형	1kw당 1.8m <sup>3</sup> /h(이론배기가스량의 2배-건축기준법)

**5. 맺 음 말**

실내의 공기환경은 대기오염의 심각화오 건축물의 과도한 기밀화, 에너지절약, 건축자재의 다양화 등에 의해 복합화된 양상을 띄고 있으며, 생활수준의 향상에 따른 위생건강에 대한 인식제고와 함께 관심이 증대되고 있다. 환기는 실내 공기오염을 개선하는 가장 용이하며 평범한 수단으로 건물에 있어서 가장 중요한 것이지만, 환기방법의 선정, 환기설비의 설치, 환기량의 계산 등에 관한 정확

한 지식을 갖추지 않으면 바람직한 결과를 기대하기가 어렵다.

**- 참고문헌 -**

- 1) 池田耕一：“室内空氣汚染のメカニズム”，鹿島出版會，1992.
- 2) 藤井正一：“住居環境學入門”，彰國社，1984.
- 3) 田中俊六，外：“最新建築環境工學”，井上書院，1986.