

현대건축과 실내空氣質 (2)

Modern Architecture & Indoor air Quality(2)

孫章烈/한양대 교수
by Shon, Jang-Yeul

II. 실내오염물질, 공기환경기준, 평가방법

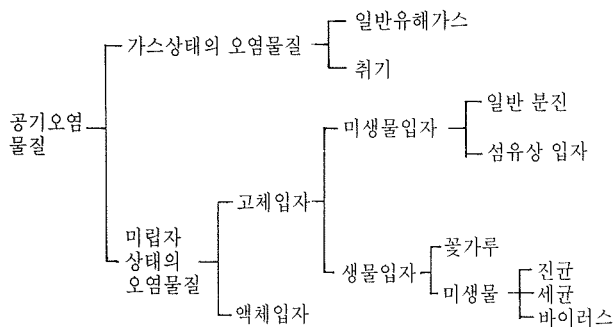
1. 오염물질의 발생원과 인체의 영향

실내공기환경에 영향을 미치는 요소에는 온·습도나 풍속과 같은 물리적 요소와 일산화탄소, 이산화질소, 담배연기 같은 화학적요소, 세균, 바이러스, 벌레같은 생물학적 요소가 있다. 이 중에서 화학적요소와 생물학적요소가 실내의 공기질에 영향을 주는 오염물질이라 할 수 있다.

실내에서 발생하는 각종 오염물질의 발생원은 지난호(1994. 6월호)에서 전술했듯이 순전히 인체에서 발생하는것 이외에, 사람의 보행 등의 활동에 의한 마루 및 의복에서의 발진(發塵)도 있다. 또한, 실내에서 가스콘로나 스토브 등의 연소기구를 사용하면 일산화탄소(CO), 질소산화물(NO_x)과 탄화수소(HCD) 등의 유해가스가 발생한다. 제2차 세계대전이후 세계적으로 사람의 생활형태가 변하고, 또한 주거환경수준의 요구도가 높아져왔다. 한편 인구증가에 비례하여 건축건수도 증가하고, 노동임금도 높아져서, 종래와 같은 건축방법인 목조건축으로는 대응이 어려워지므로 효율적인 건축을 할 수 있는 건축자재를 생산해왔다. 즉, 목재, 대리석, 면이나 양모같은 자연산물에서 프라스틱, 합성수지 등에 가느다란 목편(木片)을 고형화한 합판같은 파티클 보드(Particle Board)나 합성섬유로 대체되었다. 이러한 제품은 석유제품으로 만들어져 있어 다양한 휘발성 유기화합물을 공기중으로 방출한다.

이와같이 인간 생활에 유해한 공기오염물질은 크게 가스상태의 것과 입자상태의 것으로 분류하고 이것을 다시 <표1>과 같이 세분할 수 있다. <표2>에는 가스상태의 오염물질, <표3>은 입자상태의 오염물질의 대표적인 것과 발생원, 그것이 건강에 미치는 영향을 정리하였다.

<표 1> 공기오염 물질의 분류



<표 2> 가스형태의 오염물질의 종류

물 질 명	주요 발생원	건 강 영 향
이산화탄소 CO ₂ (탄산가스)	인체, 연소기구	고밀도가 아니면 직접적인 영향이 없음
일산화탄소 CO	연소기구, 대기오염, 담배	저농도라도 독성이 강함
질소산화물 NO _x	연소기구, 대기오염, 담배	NO ₂ 는 기관지, 폐에 유독 NO는 인체에 대한 해는 불명하지만 산화하여 NO ₂ 가 됨
포름알데히드 HCHO	합판, 침보드 단열재(요소수지계)	눈, 피부, 점막에 자극 두통, 구역질을 일으킴
이산화황 SO ₂ (이유황가스)	연소기구, 대기오염	눈, 피부, 점막에 자극
오존 O ₃	건식복사기, 대기오염	눈, 피부, 점막, 기도에 자극
라돈 Rn	바닥밀도양, 석재, RC, 지하수	폐암 유발
그 외 탄화수소 살충제 세제		
취 기	인체, 조리시 냄새, 담배, 그 외	일반 건축물내의 악취와 육체적 장애를 주지는 않지만 불쾌감을 준다.

<표 3> 입자성 오염물질의 종류

물 질 명	주요 발생원	건 강 영 향
집에서 발생하는 먼지 -모래먼지 -부유상입자	외기, 외복 식품	알레르기 반응
담배연기 세균	흡연 인체, 외기	폐암 등 병원성이 있는것은 적으나 실내공기오염의 지표가 됨
진균(곰팡이) 화분	건축재료, 외기 외기	알레르기 반응 알레르기 반응
아스베스토스	단열재, 내화피복재	폐암, 악성종괴증, 기타

이러한 다양한 실내공기오염물질중에 인체에 크게 영향을 주는 물질의 특성을 요약하면 다음과 같다.

① 이산화탄소

일반적으로 이산화탄소는 실내공기의 환기상태를 평가하는데 지표로 사용되는데 보통 0.01%(1000ppm)를 허용기준으로 보고있다. 실내에서 이산화탄소의 발생은 주로 재실자들의 호흡에 의하여 발생하게 되는데 사람들이 많이 모이는 곳에 가면 두통이나 권태, 현기증 등의 현상이 나타나는 것은 많은 재실자로 인하여 실내 이산화탄소의 농도가 증가하였기 때문이다. 그러나 이산화탄소 그 자체만으로는 인체에 큰 피해를 주지는 않아 중독을 일으키거나 신체장애를 일으키지는 않는다.

② 일산화탄소

일산화탄소는 적은 농도로도 인체에 치명적인 영향을 주는 가스로 5ppm의 농도에 20분정도 노출되었을 경우

고차신경계의 반작용에 변화가 일어나고, 30ppm의 농도에서 8시간이상 노출되었을 경우에는 시각·정신기능의 장애를 일으킨다. 일산화탄소는 탄소를 포함하는 모든 물질의 연소과정에서 발생하는 것으로 특히, 불완전연소에서 발생량이 더욱 많아진다. 실내에서는 연소기구로 사용하는 가스렌지, 커피포트 등의 사용에 의해 발생하며, 특히, 연탄으로 난방을 하는 경우는 겨울철에는 인명을 빼앗아 가는 요인이 되기도 한다.

③ 이산화질소

이산화질소는 일산화탄소보다 그 독성이 4배나 강한 것으로 알려져 있으며, 500ppm 이상의 농도일 경우 한번의 흡입으로 사망한다. 또한, 저농도일지라도 기관지를 통해 폐에 자극을 주어 호흡기질환 환자의 폐기능을 저하시키고 기도장애를 일으킨다. 이산화질소는 실내의 취사, 난방기구의 사용에 의하여 발생하며 건축자재, 흡연에 의하여 발생하기도 한다.

④ 아황산가스

실내에서 아황산가스 석탄이나 석유계의 연료를 사용할 때 발생하며, 10,000ppm의 농도에 노출되었을 경우 호흡불능이나 피부염증을 일으킨다. 또한 식물의 성장변화나 결실감소 등에도 영향을 준다.

⑤ 흡연

담배연기에는 1,000여종의 화학물질을 함유하고 있으며, 그중 실내 공기 오염에 영향을 주는 성분으로 일산화탄소, 이산화질소, 암모니아, 메탄 등의 기체성분과 타르, 니코틴, 톨루엔, 페놀 등의 미립자 성분으로 나눌 수 있다. 또한, 실내에서의 흡연에 의해 발생하는 오염물질은 크기가 매우 작아서 오랫동안 실내에 떠다니므로 흡연자뿐만 아니라 주변의 비흡연자에게도 커다란 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 흡연에 의한 영향으로 폐질환, 심장질환과 폐암을 유발하기도 하며 감염저항성의 감소 등에 악영향을 주는 것으로 보고되고 있다.

이렇듯 흡연에 의한 유해성이 밝혀지면서 우리나라 뿐만 아니라 세계적으로도 공공시설에서의 흡연을 금지시키고, 비흡연자의 권리를 보호하기 위한 각종규제가 시행되고 있다.

⑥ 분진

실내에서 발생하는 분진은 인간의 흡연 및 작업활동 등에 의해 주로 발생하며, 최근 환기가 제대로 되지않는 지하주차장, 지하상가 등이 일반화되면서 더욱 문제가 되고있다.

분진의 대부분은 인체의 기관지를 통해 흡입되어 호흡기 기능저하, 알레르기 등을 일으킨다. 더우기 분진이 많이 발생하는 작업장에서 근무하는 근로자들의 경우 직업병을 일으킬 수 있어 진폐증과 암을 일으키기도 한다.

그러나 분진의 크기에 따라 인체의 호흡기내 부착되는 정도가 달라 크기와 입경에 관한 연구도 진행되고 있는데, 일반적으로 0.5 μ m~5 μ m 정도의 크기의 경우 침착률이 가장 높은 것으로 알려져 있다. 5 μ m 이상의 분진은 인체의 호흡기에 들어가도 기관지 점막에 침착되어 객담으로 다시 배출되거나 식도를 통하여 위로 들어가 제거된다. 0.5 μ m 이하의 경우는 호흡기에 침착하지 못하고 호흡을 통하여 배출된다. 그러므로 실내의 분진농도에 대한 연구와 함께 분진크기에 대한 인체의 영향도 고려되어

5~10 μ m 범위의 분진크기를 호흡성 분진으로 분류하기도 한다.

⑦ 석면(아스베스토스)

일반적으로 아스베스토스라 하면 석면을 말하는데 단열성이 좋아서 단열재나 흡음재와 같은 건축자재로 많이 사용된다. 아스베스토스는 단축과 장축의 비가 1:3이상인 선형의 분진으로 인체내의 호흡기에 들어가면 대부분은 가래와 함께 몸밖으로 배출되지만 폐속에 남은 것 중 25% 정도는 폐포의 대식세포에 섭취된다. 대식세포에 먹힌 석면섬유의 일부는 대식세포와 함께 폐내부를 이동하다가 대식세포가 죽으면 석면섬유는 석면소체를 형성하여 침착된 장소에서 병을 일으켜 세포를 잠식해간다.

석면에 의한 질환은 크게 2가지 계통으로 구분할 수 있다. 하나는 공기를 통한 호흡기계통의 질환이고, 다른 하나는 음식물과 함께 삼킨 석면에 의한 소화기계통의 질환이다. 폐에 침착된 석면은 폐암, 악성중피종을 야기하고 소화기 계통에 남겨진 석면은 위암, 소장암, 췌장암 등을 일으킨다.

미국에서는 석면을 미국의 산업계가 직면하고 있는 가장 위험한 발병물질로 구분하고 있으며, 석면을 취급하고 있는 산업장, 특히, 조선소에서 일하는 근로자의 경우 폐암에 의한 사망률이 매우 높은 것으로 보고되고 있다.

⑧ 라돈(Radon)

최근 문제가 되고있는 라돈은 방사선인 α 붕괴에 의하여 라듐의 낭핵종(娘核種, radon daughter)을 생성하며, 이 낭핵종은 기체가 아닌 미세한 입자로 폐에 흡입되어 폐포나 기관지에 부착해 α 선을 방출하기 때문에 폐질환의 발생률을 높이는 것으로 보고되고 있어 최근 구미 각국에서 이에의한 실내공기오염이 중요시되고 있다.

미국의 방사능 방재 및 측정위원회(NCRP)에서는 미국내에서 연간 약 130,000명의 폐암사망자중 5,000~20,000명이 주택내에서 발생한 라돈가스로 인하여 사망한 것으로 추정되고 있다. 라돈의 영향은 국부적인 지질구조와 토양에 의해 결정되며, 지구상에서 발견된 약 70가지의 방사성물질중에서 라돈(Rn^{222})가스가 가장 인체에 흡수되기 쉬운 방사선으로 알려져 있다. 라돈의 주 발생원은 0.1%의 우라늄(U)이 함유된 석탄이며, 정상적인 토양에는 약 0.1~3(PCI/ ℓ)가 포함되어 있다. 여기에서 PCI(pico Curie)란, 라돈의 농도를 나타내는 단위로 1ci는 1g의 라듐과 평형을 이루고 있는 라돈의 양을 의미한다. 즉, 어떤 방사능 핵종이 1초에 3.7×10^{10} 개 만큼 통과할 때의 방사능 단위이다.

⑨ 포름알데히드(HCHO)

포름알데히드는 주로 실내에서 발생하는 오염물질로서 건축자재, 단열재, 가구, 가정용품 등이 주요 발생원이다. 포름알데히드 성분은 건축자재에 광범위하게 쓰이는 페놀계 단열재, 아스테이트계 단열재, 합판, 섬유, 가구 등의 접착제에 함유되어 있다. 포름알데히드가 함유된 건축자재는 수년동안 지속적으로 포름알데히드 기체를 실내로 방출하며, 방출량은 시간에 비례하여 서서히 감소하고 특히, 습도가 높을 때 방출량이 증가하는 특성을 지닌다. 일반적으로 포름알데히드는 낮은 습도에서 단시간 노출되었을 때 눈, 코, 목 등에 가려움을 느끼고 장시간 노출되었을 경우에는 기침, 구토, 어지러움, 두통, 불면증, 피부질환 등을 유발한다. 또한, 기관지 천식에도 영향이

있으며, 등불실험 결과 발암성도 있는 것으로 나타났다.

⑩ 기타

위와같은 물질외에 실내에는 박테리아, 바이러스, 균류 등의 미생물이 서식하고 있으며, 이러한 미생물들은 고습한 환경에서 증식을 하므로 환기가 불충분하고 질이 나쁜 공기를 재순환하는 경우에 농도가 증가하게 된다. 미생물을 전염성 질환이나 알레르기 반응을 유발하며, 일반가정에서는 애완동물 및 내화재, 카펫 등에서도 쉽게 발견될 수 있다.

또한 실내에서는 인체 뿐만아니라 각종 기기의 사용과 같은 인위적인 활동에 기인한 악취가 발생하기도 하여 불쾌감을 주기도 한다.

최근의 연구에 의하면 일상생활에서 많이 사용하고 있는 복사기, 공기청정기 등에서 고전압을 사용하여 오존이 발생하는 것으로 보고되고 있다.

2. 외국의 공기환경 기준

진술했듯이 실내에서 발생하는 각종오염에 대한 인체의 영향이 점차 규명되면서 선진국을 중심으로 거주환경의 실내공기질에 대한 규정 또는 규제가 진행되고 있다.

이러한 환경기준은 특정작업에서의 허용치, 어린이나 환자 등을 포함한 경우의 규제치 등이 각각 다르게 규정되어야 하며, 건강에 대한 악영향의 정도에 따른 분류등급이 고려되어야 한다.

여기에서는 미국, 일본에서의 공기환경의 기준을 살펴보기로 하겠다.

① 미국에서의 환경기준

미국에서의 환경기준으로는 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)의 환경기준과 EPA(Environmental Protection Agency)의 환경기준이 있다. ASHRAE에서는 실내환경에 대해서 ASHRAE STANDARD 55~1981(Thermal Environmental Condition for Human Occupancy, 재실자를 위한 온열쾌적조건)에, 실내공기질에 관해서 ASHRAE STANDARD 62~1989(Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 실내 공기환경 유지를 위한 환기)에 정리하고 있다.

ASHRAE STANDARD 82~1989에서는 적용범위를 거주자가 있는 실내 및 폐공간(주택내 주방, 욕실, 로카실, 수영장 등을 포함)으로 하고, 허용될 수 있는 공기환경을 재실자 80% 이상이 불만족하지 않은 환경으로 정의하고 있으며, 상대습도는 30~60%하는 것으로 하고 있다.

또한 <표 4> 와 같이 취입외기(대기질)의 규정농도를 정하고 있으며, <표 5> <표 6>과 같이 필요외기 취입량과

<표 4> 취입외기질의 규정농도

오염물질	레 벨		시 간	레 벨		시 간
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	
co				40,000	35	1h
납(pb)	1.5		3개월	10,000	9	8h
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

<표 5> 필요외기 취입량

종 별	실 별	재 실 자 율		소 요 외 기 량			
		인/100ft ²	인/m ²	l/s·인	m ³ /h·인	인/l·g·m ³	m ³ /hm 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 시설	관객석	150	1.61	8	28.8		
	계인실	70	0.75	13	46.8	2.5	9
	아이스링크실 수영 풀 볼링	70	0.75	13	46.8	2.5	9
극 장	로비	150	1.61	10	36		
	관객석	150	1.61	8	28.8		
	무대	70	0.75	5	18		

<표 6> 실내오염물질의 허용농도

오염물질	농 도	ppm	노출시간
CO ₂	1.8 g/m ³	1000	연 속
클로로다인	5 μ g/m ³	0.0003	//
오존	100 μ g/m ³	0.05	//
라돈가스			연간평균

<표 7> 미국 EPA 외기환경기준

구 분	허용농도		허용시간
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	
부유분진 (TSP)	75		일년평균
	260		24시간평균
이황산가스 (SO ₂)	80	0.03	일년평균
	365	0.12	24시간평균
일산화탄소 (CO)	10,000	9	일년에 8시간이하
	40,000	35	일년에 1시간이하
이산화질소 NO ₂	100	0.05	연평균
오존 (O ₃)	235	0.12	일년에 하루 1시간 이하
납 (Pb)	1.5		3개월 평균

실내오염물질에 대한 지침을 규정하고 있다. <표 7>은 미국 EPA의 외기환경기준을 나타낸다.

② 일본에서의 환경기준

일본의 환경기준에서는 <표 8>과 같이 건축법과 빌딩위생관리법의 기준에 따른 실내공기환경에 대한 각종 오염물질의 농도를 규정하고 있고, 대기환경보전법에 따른 외기공기환경에 대한 농도를 규제하고 있다.

실내온열환경의 경우 중앙에서 공기조화를 하는 경우 온도는 17~28℃로 규정하고 있으며, 냉방기에는 외기와 실내온도차를 크게하지 않는 것으로 하며, 상대습도는 40~70%로 규정하고 있다.

3. 우리나라의 공기환경기준

국내의 실내공기환경 관련 기준은 중앙관리방식의 공기조화설비를 갖추고 있는 건물을 대상으로 건축법 시행규칙 23조의 건축물 설비기준 등에 관한 규칙(제 12조 3항) 및 공중위생보전법(보사부)에 규정되어 있다. 외부대기환경에 대하여서는 환경정책 기본법 시행령 2조에 규정되어 있다. <표 9>에 이에 대한 것을 정리하였다. 이것은 일본의 기준을 거의 모방한 것으로 <표 9>의 기준치는 온열환경 및 공기환경 면에서 볼 때 몇가지 문제점을 나타내고 있다. 공기질 측면에서 보면 이

〈표 8〉 일본의 건축기준법, 빌딩위생관리법과 대기오염에 관한 환경기준

구 분	실내 공기 환경 빌딩위생관리법/건축기준법	대 기 환 경 환 경 기 준 치
부유분진 (TSP)	0.15[mg/m ³] 이하	일일평균치 0.1[mg/m ³] 이하 1시간치 0.2[mg/m ³] 이하
일산화탄소 (CO)	10[ppm] 이하	24시간 평균치 10[ppm] 이하 8시간 평균치 20[ppm] 이하
이산화탄소 (CO ₂)	1,000[ppm] 이하	
이산화질소 (NO ₂)		0.06[ppm] 이하
오 존 (O ₃)		1시간 평균치 0.06[ppm] 이하
이황산가스 (SO ₂)		1시간 평균치 0.04[ppm] 이하
온 도	17~28℃, 냉방시에는 외기와의 차를 크게 하지 않는다.	
상대습도	40~70%	

기준에서는 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO₂) 농도로서 모든 오염물질을 대표하고 있다. 노동환경에서와 달리 실내환경에서는 어느 특정 오염물질이 특별히 많이 발생되어 인체에 영향을 주는 일이 드물고 다양한 오염물질이 낮은 농도로 혼합되어 나타나는 경우가 일반적이다. 그렇기 때문에 인체에 영향을 줄 수 있는 오염물질에 대한 기준치가 설정되어야 하는데 그에 대한 조항이 없다. 또한 현재의 기준은 공기조화방식을 갖춘 건물을 대상으로 한 것으로 공기조화방식을 갖추지 않은 건물에 대한 지침이나 기준은 전혀 없는 실정이다.

〈표 9〉 국내환경기준

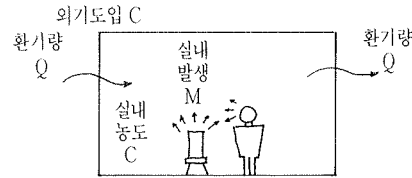
구 분	실내 공기 환경 공중위생보전법/건축법	대 기 오 염 환 경 보 전 법
부유분진 (TSP)	0.15[mg/m ³] 이하	연평균치 0.15 [mg/m ³] 이하 24시간 평균치 0.3 [mg/m ³] 이하
일산화탄소 (CO)	10 [ppm] 이하	1개월 평균치 8 [ppm] 이하 8시간 평균치 20 [ppm] 이하
이산화탄소 (CO ₂)	1,000 [ppm] 이하	
이산화질소 (NO ₂)		연평균치 0.06[ppm] 이하 1시간 평균치 0.15[ppm] 이하
오 존 (O ₃)		연평균치 0.02[ppm] 이하 1시간 평균치 0.1[ppm] 이하
이황산가스 (SO ₂)		연평균치 0.05[ppm] 이하 24시간 평균치 0.15[ppm] 이하
탄화수소류 (THC)		연평균치 3[ppm] 이하 1시간 평균치 10[ppm] 이하
기 류	0.5m/s 이하	

4. 실내공기환경 평가방법

위의 기준에서 알아본바와 같이 실내의 오염정도를 나타내는 지표로는 각종 오염물질의 농도가 제시되어 있다. 실내가 오염되었을 경우 오염물질을 어느정도까지 레벨을 낮추어야 하는가에 대한 방법이 다양하게 연구되고 있다. 기본적으로 오염물질을 실내에서 제거하는 방법으로는 외기의 신선한 공기를 실내로 유입하여 오염물질을 외부로 배출하여 오염농도를 희석시키는 방법이 사용된다. 즉, 재실인원이나 각종기기의 오염원에서 발생하는 오염물질, 또는 열이나 수증기에 의해 오염된 실내공기를 청정한 외기와 교체하는 것을 의미하여 이것을 환기라고 하는데 시간당 실내공기가 어느정도 교체되는 지를 평가할 수

있다. 환기에는 재실하는 인간에게 쾌적하고 안전한 공기환경을 유지하는 것을 목적으로 하는 인간환기(Human Ventilation)와 제품의 제조, 보전을 주목적으로 하는 프로세스환기(Process Ventilation)가 있다. 일반적인 건축물의 거실환기는 인간환기이지만 공장 등에서는 양자가 병용되는 일이 많다.

실내 오염정도를 일정한 수준으로 유지하기 위해서는 신선한 외기의 도입량을 어느정도 해야하는가 즉, 필요환기량이 정해져야 하는데 이때 실내오염정도의 기준으로 사용되는 것은 일반적으로 CO₂로 우리나라와 일본에서는 1000ppm을 기준으로 하고있다.



〔그림 1〕 자연환기의 시스템

〔그림 1〕과 같이 실내의 오염된 농도를 환기에 의하여 희석시키는 경우, 취입하지 않으면 안되는 최소한의 외기도입량 즉, 필요환기량 Q는 다음식과 같이 구할 수 있다.

메시간 일정하게 환기가 이루어지고 있는 방에서 실내에 오염물질이 발생하는 경우를 생각해 보기로 하자. C₀, C_i를 각각 외기의 오염물질농도, 실내의 오염물질농도라 하면, 유입되는 량 : C₀Q + M

유출되는 량 : CQ

가 된다. 여기서 C₀, Q, M이 일정하다면 즉, 정상상태라고 가정하면

$$C = C_0 + \frac{Q}{M} \text{가 되고 } Q = \frac{M}{C - C_0}$$

여기서 Q : 환기량(m³/h),

M : 오염발생량(가스일 경우 m³/h, 분진일 경우 mg/m³)

C : 실내허용 농도(가스일 경우 m³/m³, 분진일 경우 mg/m³)

C₀ : 외기오염농도(가스일 경우 m³/m³, 분진일 경우 mg/m³)

다음에는 이 식을 사용하여 CO₂를 기준으로 한 필요환기량을 계산해보자. 실내에는 흡연이나 연소기구의 사용이 없고 재실자의 호흡에 의한 CO₂발생이 있어 실내가 오염된다고 가정한다. 재실자가 1명이 있는 경우 성인 1인당 정좌(靜座)시의 CO₂발생량 M=20m³/h이라고 하고 외기의 CO₂농도 C₀=300ppm이면 CO₂의 기준치인 C=1000ppm을 유지하기 위해서는 다음과 같이 계산이 된다.

$$Q = \frac{20}{(1000 - 300) \times 10^{-6}} \approx 28.6 [m^3/h]$$

그러므로 1인 1시간당 28.6m³의 환기량이 필요하게 된다. 일반적으로 도시의 오피스빌딩이라면 재실자가 가만히 앉아 있는 것이 아니고 가벼운 작업을 하고 있을 것이므로 경작업시의 M값과 도시의 외기중의 CO₂농도는 앞의 경우보다 높아지므로 1인당 30m³/h의 환기량을 확보하는 것이 바람직할 것이다.

건물의 용도나 재실자의 흡연, 활동상태에 따라서는 각기 다른 필요환기량을 구할 수 있으며, CO₂농도 이외에 부유분진 농도를 기준으로 하거나 인체의 체취로부터 계산할 수도 있다.