

실내오염의 현황 및 잠재적 영향



김민영 / 서울시 보건환경연구원 환경조사과장

서론

실내오염에 관한 인식은 인간이 밀폐된 동굴속에서 최초로 불을 피우면서 시작된 것으로 보는 것이 타당하리라고 본다.

최근에는 연소에 관한 통제와 차폐(遮蔽)가 더욱 전문화 된 만큼, 대부분의 실내오염물질들은 외부 대기로 방출시키게 되었다.

오늘날, 적당한 환기는 당연한 일로 생각하게 되었지만, Energy의 한정된 공급과 비용의 증가때문에 에너지의 효율적 사용에 더욱 비중을 두게 되었다.

밀폐된 가족과 APT 및 빌딩, 공기의 재순환 그리고 단열재 사용의 증가등은 이러한 목표를 달성키 위한 방법의 일부분이며 이러한 추구방향은 당연히 예측 가능한 일로, 밀폐된 내부공간에서 종종 생활의 질을 떨어뜨리게 되고, 사람의 건강을 해칠 수 있는 오염물질의 농축현상을 야기하여 왔다.

본고는 실내 유해 오염물질에 의한 우리나라의 실내오염현황과 그의 잠재적 영향등을 검토하므로써 문제점과 해결책을 위한 방안을 강구함과 동시에, 이미 많은 관계 전문가에 의하여 행하여 온 것과 같이 이에 관한 고려사항에 대하여 사고의 혁신과 발상의 전환을 위한 인식을 확산시키는데 도움을 주기 위함이다.

실내오염은 통상 가정과 공공빌딩내의 실내 대

기환경을 대상으로 하고 있으나, 사무실 및 근무실, 실내체육관, 각종공연장, 학교, 병원, 지하상가, 지하주차장, 지하철승강장 등 직업적 혹은 비직업적 실내공간과 각종자동차, 철도 및 지하철 그리고 운항중인 항공기 및 선박등의 운송기관도 포함되며 나아가 작업환경도 광의의 실내오염의 대상이 된다고 할 수 있다.

그러나 작업환경은 제한된 공간의, 제한된 인원에 의하여 문제가 되는 것으로서 노동환경에서 다루고 있으므로 본고에서는 제외토록 하였다.

우리가 숨쉬고 있는 대기의 질과 인간의 건강은 室內外에서 방출되는 유해화학물질을 포함하여 기상학적 및 환기조건 그리고 오염물질의 소멸과 제거과정등 매우 다양한 인자들에 의하여 지배되고 있으며, 더구나 저자의 조사에 의하면 가정주부와 노약자들은 1일24시간중 90%이상인 22시간을 실내에서 지내는 것으로 나타났고, 또다른 조사에 의하면 직장인을 포함한 일반인은 80%이상을 실내에서 생활하고 있는 것으로 조사 보고 되고 있어, 미국이나 일본의 80~90%와 비슷한 것으로 나타나고 있으므로, 가스상 오염물질 혹은 입자상물질의 건강 영향에 관한 연구에 있어서 실내환경(Indoor Air Quality)의 역할이 중요하다는 주장의 근거가 되고 있다.

따라서 빌딩의 구조, 재료의 표면과 환기의 영향은 오염물질의 폭로를 평가할 때 매우 중요한 고려

사항이며, 각개인의 행동양식(Human Activity Pattern) 또한 중요한 인자로 생각된다.

실내 대기환경이 외부의 대기환경 조건을 그대로 반영하고 있지 않다는 인식은 비교적 최근의 일이며, 담배의 흡연, 非排氣型 스토브나 오븐의 가동 영향, 그리고 어떤 형태의 파티클보드나 시멘트, 그리고 다른 빌딩건축재료 등은 실내공기질의 가장 명백한 결정인자들과 단언할 수 있다.

아울러 적절한 대기환경기준 및 작업환경기준 그리고 기준을 적용할 수 없는 미규제의 잠재적 유해독성오염물의 농도수준으로 부터, 인간에 대한 오염물질의 피폭량에 관한 특징을 지속적으로 파악할 필요가 있다고 본다.

대부분의 현대 건물은 건물내부 환경에 관한 에너지 보존의 영향에 우선을 두고 있고, 특히 환기율의 감소라는 측면과 함께 밀폐건물들은 외부대기의 침입을 최소화 하도록 설계되어 있다.

따라서 공조설비가 완비되어 소위 인공환경이 출현하게 되었고, 창문 사시등이 보급됨에 따라 외기와의 밀폐도가 높아지고 있다. 또한 가정내에서의 주요내구 소비재의 보유상황을 보더라도 소득의 향상과 함께 공기 오염물질을 발생시키는 품목이 꽤나 될것으로 사료된다. 전술한 바와 같이 에너지 소비절약의 관점에서 환기량을 극단적으로 줄임으로서 그의 효율을 높이는 安易한 방법이 주로 채용되고 있는 실정이다.

현재 우리나라의 실내의 공기 환경기준으로서 공중위생법상 실내 환경기준과 건축법상빌딩관리 환경기준이 정하여져 있고, 미국에서는 ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and the Air-Conditioning Engineers)등에서의 실내의 기준치나 Health Impact. Maximum Allowable concentration의 수치가 정하여져 있다.

환경조건과 호흡기성질환등의 역학조사는, 사람이 실제로 생활하는 장소의 공기오염농도가 어느정도인가? 즉 실내의 농도비(Indoor/Outdoor比)와 그의 공기오염의 개인폭로 농도(Personal exposure)에 중점을 두어 생각하고 있다.

최근에 실내 대기 측정법에 관한 연구가 다양하게 수행되어 왔으며, 이러한 연구수행과 더불어 도시지역에서 발생하는 실내오염물질의 형태와 농도수준에 관한 특징을 잘알게 되었다. 표1은 실내 환

경과 관련있는 주요 오염물질을 나타낸 것이다.

표1. 주요 실내 공기 오염 물질

오염 물질	주요 배출 원
에어로졸	스프레이
알레르겐 (알레르기성물질)	가정내 먼지, 동물의 비듬, 곤충, 곰팡이
암모니아	인간, 동물의 호흡과 신진대사, 암모니아-용기 세척제
석면	파이프, 암기(도관), 천장 절연재, 지붕, 방화벽, 절연판지
이산화탄소(CO ₂) 일산화탄소(CO)	밀폐연소, 사람, 동물의 호흡 가스· 목재· 석탄· 기름 난로, 연소로(아궁이), 담배, (벽)난로 연소엔진, 밀폐장소의 난방기구
유기염소 화합물	얼룩· 페인트 제거제, 석유분무기, 액상 하수구세정제
클로르덴 염소	직업적인 관리용 흰개미 살충제
디니트로 벤젠 공중합체 수지 포름알데히드	세탁물 표백제, 폴장염소소독 가구· 구두 광택제 헤어· 페인트 스프레이 요소-호름 알데히드 거품 절연재, 베니어 합판가구, 합판, 하드보드 판넬벽, 천정타일, 커튼, 카페트, 인간활동
살충제	개미, 바퀴, 벼룩, 나방, 파리 분무기
납(연) 수은 질소산화물 유기물질	자동차 배기가스, 낡은 페인트 살균제, 페인트, 파손된 온도계 일산화탄소 참조 페인트, 용제, 목재의 방충제, 얼룩 제거제
오존	전자 공기 청정제, 사진복사기, 전기모터
꽃가루 라돈	식물, 나무, 잡초, 잔디 토양, 석재, 콘그리트, 벽돌, 타일, 석고보드
호기성 입자	흡연, 요리, 가스난로, 먼지, 청소, 에어로졸 스프레이
수산화나트륨 포자 이산화 유황	오븐세정스프레이 효모류, 곰팡이류 석탄· 기름· 디젤연료의 연소, 등유히터
담배연기	실내흡연과 이에 폭의된 의복과 가정용품
수증기	인간· 식물· 동물의 활동, 샤워, 세척

실내 오염의 영향

실내오염의 인체에 대한 영향은 단순히 눈을 자극하는 증상으로 부터 혈중의 산소운반분자에 대한 오염기체의 복잡한 결합까지 광범위하며 더구나 개인차도 크다.

오염물질에 대한 생체반응은 각개인의 생리학적, 해부학적특징에 바탕을 둔 영향역치(effective dose)에 관련한 여러인자에 따라 좌우된다.

실내에서의 오염물질 폭로량은 물론이고 실내의 체제시간에도 반응의 강도는 달라진다. 실내 공기 오염과 관련한 잠재적 영향은 어느 정도 밝혀져 특성화되어 있으며, 이들 중에는 일산화탄소(CO), 질소산화물(NOx), 담배연기성분, 부유입자상물질(총부유분진과 호기성분진 모두), 석면, 호름알데히드(HCHO), 오존(O₃) 그리고 Radon(Ra-222) 등이 있으며, 이산화탄소(CO₂), 휘발성유기물질, 다양한 입자물질(TSP) 그리고 악취유발 화학물질등도 또한 관련하고 있다.

우리나라의 실내 공기오염 현황

전술한 바와 같이 현대인은 80%이상을 실내에서 생활하고 있고, 가옥의 구조, 환기의 제한, 실내의 각종 오염원과 실내 흡연등 외부의 환경 대기오염보다도 고농도의 각종 실내 오염에 폭로될 가능성이 높은데도 불구하고 이에 대한 인식이 낮으며, 또한 이에 관한 조사도 아직은 미약한 실정이다.

표2는 우리나라의 실내오염과 관련한 실내 환경기준에 관한 사항이며 공중위생법상 실내 위생관리기준과 건축법상 빌딩내 환경기준과는 기준 항목만이 차이가 있을 뿐 환경기준은 동일하게 되어 있으나, 주간시 청소년이 대부분의 시간을 보내게 되는 교실에 대한 학교 환경기준이 우리나라는 아직 제정되어 있지 않으며 일본의 예를 보면, 학교 환경기준이 상대적으로 이보다 훨씬 완화되어 있는 실정이다.

1. 각종 실내오염 농도

1984년 이후 우리나라에서 각종 측정기구를 이용하여 가정, 사무실, 교실, 병원, 지하식당 및 지하상가등을 대상으로 조사 측정된 결과를 요약한 것

표2. 각종 실내 환경기준

구분	실내 위생관리 기준 (공중위생법 제45조)	중앙 집중관리 방식 공기조화 설비기준(건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제12조)	학교환경기준 (일본)
부유분진	0.15mg/m ³ 이하	0.15mg/m ³ 이하	-
일산화탄소(CO)	10ppm이하	10ppm이하	20ppm이하
이산화탄소(CO ₂)	1,000ppm이하	1,000ppm이하	1,500ppm이하
온도	17~28℃유지	-	10~30℃
상대습도	40~70%	40~70%	30~80%
기류	0.5m/sec이하	0.5m/sec이하	-
조명	100 lux이상유지	-	200 lux이상 (책상위)
낙하세균	-	-	평균30개이하

이 표3이다.

일반 가정내에서의 이산화질소(NO₂) 농도는 계절과 주거 형태에 따라 다르나 17~40ppb정도이며, 지하 식당주방에서는 25~412ppb의 농도범위, 평균 91ppb로 높게 나타나고 있다.

또한 택시기사에 대한 NO₂ 피폭농도는 평균 554ppb(290~808ppb)로서 매우 높아 대기 환경기준의 단기 기준치 150ppb의 3배이상을 나타내고 있다.

학교실내에서의 부유입자상 물질(10μm이하)은 690~1,520μg/m³으로 도시와 농촌에서 모두 높은 것으로 조사되었다.

식당주방에서의 일산화탄소는 평균 13ppm(1.1~81.7)으로 91년도의 서울시 일반 환경대기 환경치인 2.9ppm에 비하여 4배이상임을 알 수 있다.

서울에 위치한 26개의 지하상가를 대상으로 한 호름알데히드의 농도조사와 관련하여 평균치는 0.007ppm이며, 0.005~0.018ppm의 범위로 나타나 WHO의 Guide line인 0.08ppm에 훨씬 미달하는 수준으로 나타나고 있다.

이상과 같은 조사연구 결과를 종합한 결과 가정과 사무실등 실내에서 비배기형 난로를 연소하던가 흡연을 하는 경우, 환기의 정도등이 실내오염도는 증가하게 되어 실내오염의 주요인으로 나타나고 있다.

실내와 외부대기에 대한 NO₂의 농도는 계절에

표3. 실내 오염 농도

관련 오염물질	농도	장소	연구지역	측정 방법	참고
이산화질소 (No _x)	실내 32.6~40.6ppb	사무실(20개소)	서울	Palmtube, 휠터백지	김윤신등(1984)
	여름 겨울 실내(거실) 17.3ppb 28.0ppb 외기 25.1 18.4 개인피폭량 20.6 28.2	한옥, 양옥 APT, 연립등 주택 (67가정)	서울	휠터백지	김민영등(1986)
	식당주방 91(25~412)	지하식당 60개소	서울	화학발광법	김광진등(1986)
	기사 피폭량 554(290~808)	택시기사 46명	서울	휠터백지	김윤신등(1991)
부유입자상물질 (SPM : 10 _{μm} 이하)	교실 0.69~1.53mg/m ³ 여름 겨울 0.87 1.52	학교	도시와 농촌 (각 2개교)	SPM cyclone - Handy sampler	이영길등(1986)
일산화탄소 (CO)	식당주방 12.9ppm(1.1~81.7)	지하식당 60개소	서울	비분산적외흡수법	김광진등(1986)
	침실 11.8 부엌 23.4 개인피폭량 18.9	일반가옥	서울25세대 도교10세대	Personal Sampler	김윤신등(1986)
	상가 0.007(0.005~0.018)	지하상가 26개소	서울	아세틸아세톤법	신재영등(1992)
아황산가스(SO ₂)	식당주방 0.032(0.03~0.117)	지하식당 60개소	서울	용액전도율법	김광진등(1986)
이산화탄소(CO ₂)	식당주방 1,115(500~2,200) 상가 671(450~850)	지하식당 지하상가	서울	비분산적외흡수법	김광진등(1986) 신재영등(1992)
Radon Ra-222	지하실(주택) 2.64pCi/l 1층 1.71	일반가정, 지하환경 시설물(34개소)	서울	Alter & Fleisher 가정 분석법	김윤신(1989)
부유미생물군	1층로비 1384CFU/m ³ 산모실 912 중환자실 688 일반병상 646 회복실 194	병원	서울	Suction Pump(공기 오염 측정기)와 agar strip GK-A S C HS	최종태등(1992)

표4. 지하상가 오염도 현황

따라 다르며, 여름에는 외부대기층이, 겨울에는 실내가 더 높은 것으로 나타나고 있고, 이는 실내 오염원의 존재 및 환기와 깊은 관계가 있는 것으로 분석되고 있다.

2. 지하상가 오염도

서울시내에 위치한 26개 지하상가의 공기 오염도 현황은 표4와 같다.

서울시 보건환경연구원에서는 1981년에 최초로 지하상가에 대한 오염도 조사를 실시한 이래 매년 1회이상 조사 측정을 계속해 오고 있는 바, 아황산 가스는 대체로 환경기준의 단기 기준치인 0.15ppm은 물론 장기 기준치인 0.05ppm도 밑돌고 있는 것으로 나타나고 있는 반면, 총부유분진은 평균치로

년도	대상오염물질					
	이산화질소 ppm	일산화탄소 ppm	총탄화수소 ppm	아황산가스 ppm	총부유분진 μg/m ³	호름알데히드 ppm
1981 (n=11)	0.062	3.8	7.4	0.021	558	-
1984 (n=19)	0.058	5.3	7.3	0.049	432	-
1986 (n=26)	0.041	3.5	3.5	0.034	341	-
1988 (n=26)	0.049	4.4	5.6	0.068	325	-
1991 (n=26)	0.062	4.4	-	0.030	353	0.006
1992 (n=26)	0.071	2.9	-	0.029	307	0.007

서도 단기 기준인 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과함으로써 실내 환경기준을 2배 넘짓 초과하는 것으로 나타나고 있으나 전체적인 패턴은 다소 감소되는 경향을 보이고 있다.

이산화질소의 농도는 환경기준의 장기기준치인 0.05ppm 전후로 나타나고 있는 있으나 대체로 이기준을 초과 하고 있으며, 나아가 다소 증가하는 양상을 보이고 있다. 일산화탄소도 대체로 4ppm 전후로 나타나 환경기준 및 실내 환경기준을 모두 하회하는 것으로 나타났으나, 일부의 지하상가에서는 환경기준의 단기 기준치를 초과하는 때도 있음을 확인 하였다.

3. 지하주차장 오염도 현황

최근의 소득수준의 향상과 여가선용 증대등은 차량 보유대수를 현저히 증가시켜 자동차 주도형의 교통체제를 확립케 되었으나 한편으로는 자동차 공해로 인한 커다란 사회문제가 발생되고 있다.

우리나라의 차량보유 대수가 이미 500만대를 넘어 섰고 서울시만 하더라도 150만대를 초과함으로써 한정된 토지와 매년 폭증하는 차량의 주차공간 확보를 위하여 법규로서 지하 주차장을 의무화 하고 있다.

표5은 지하주차장내의 층별 오염도를 나타낸 것이다.

표5. 지하주차장 공기오염도 현황(1986)

오염물질	분석방법	지 하 층 별				Outdoor
		1층(n=7)	2층(n=19)	3층(n=19)	4층(n=9)	
일산화질소	화학발광법	0.234	0.335	0.305	0.275	0.117
이산화질소	화학발광법	0.045	0.039	0.033	0.021	0.028
일산화탄소	비분산적의 흡수법	14.0	19.6	18.8	19.7	4.37
탄산가스	비분산적의 흡수법	614	695	622	583	392
비메탄계 탄화수소	수소이온화 분석법(GC)	3.67	6.08	6.56	4.86	1.88
총탄화수소	수소이온화 분석법(GC)	5.98	8.66	8.97	7.57	3.91
아황산가스	용액전도율법	0.030	0.023	0.023	0.019	0.021

주차율은 지하의 상층부일수록 이용율이 높았으며, SO₂와 NO₂는 외기에 비하여 다소 높았으나, NO농도는 상대적으로 매우 높게 나타나고 있어 NO에서 NO₂로의 산화가 외기보다 매우 늦게 이루어지고 있는 것으로 사료된다.

CO와 비메탄계 탄화수소는 외기에 비하여 매우 높게 나타나고 있고 층별로 오염도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있었다.

주차장내의 공기오염은 입지조건, 排氣 및 換氣 시설, 이용차량수등에 관계하고 기상조건에 따라서도 변동을 하고 있는 것으로 판단된다.

결 언

대기질과 에너지경제 사이의 잠재적 상충성은 건축법상 명백히 규정되어 있기는 하나, 건강치 못한 환경에서 주민의 폭로를 최소화 하기 위하여 더욱 적절한 빌딩설계, 건축 그리고 환기지침을 필요로 하고 있다.

우리나라의 가옥에서 석유난로(Kerosene Space Heater)의 사용은 난방 System으로 널리 보급되어 있으며, 따라서 실내오염을 예측하기 위하여는 이들 부가적 오염원과 환기장치의 不在를 참작할 필요가 있다고 본다.

낮은 실내온도에서도 기꺼히 견디어 내는 동양인들의 생활습관은, 대체로 제한된 범위의 단열을 가옥 건축에 이용하고 있고 또한 남향을 통한 간접 난방효과와 태양열을 이용하는 것등은 다시금 평가를 해야할 인자들이라 사료된다.

그러나 에너지 가격의 상승이 계속되므로써 개인은 물론 공공건물 조차도 현재와 미래의 주거는 열을 보전하고 냉방을 겸할 수 있도록 설계되어질 것이 분명하다.

따라서 실내환경을 객관적으로 평가하고, 적용할 수 있는 통계기술과 방법등이 아울러 개발되어야 할 것이다.