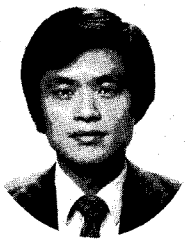
이산화질소를 중심으로



金 潤 信
(한양대 의과대학 부교수)

Ⅰ. 서론

현대의 도시인들은 호흡에 필요한 공기를 대부분 실내에서 흡입하고 배출한다. 그 이유는 이들이 일반적으로 실내에서 거주하고 활동하는 시간이 하루중 거의 80%를 차지하고 있기 때문이다. 특이한 경우로서 신생아와 그들을 돌보는 주부의 경우는 하루 24시간중 거의 100%를 실내에서 생활하고 있다고 볼 수 있다고 한다. 이렇게 장시간을 실내에서 지내면서 호흡을 한다는 사실을 생각해볼 때, 실내 공기가 오염되었다는 사실은 일반적인 대기오염보다 더 중요한 의미를 갖게 되는 것이다. 여기에서 실내란 가정, 사무실은 물론이고 작업장, 식당, 다방, 지하철, 지하철역, 지하상가, 자동차내등을 모두 포함하는 것이다.

도시생활에 있어 모든 사람은 그 대부분의 시간을 실내에서 생활하게 되며 따라서 실내의 대기 환경은 인체의 건강유지에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 실내의 대기환경에 영향을 미치는 요인은 다음과 같이 지적되고 있다. 첫째로 입자상오염물질 또는 병원균이 출입자에 부착되어 실내로 운반되는 경우이고, 둘째는 실내의 온도유지를 위하여 고체, 액체 또는 기체 등의 연료를 사용하는 경우, 세번째는 취사기구를 사용하는 등이다. 이와같이 여러가지 요인들에 의하여 실내의 대기가 오염되고 있는 실정이다.

인류가 당면한 환경오염문제의 하나로서 대기오염은 언제나 우리와 함께 존재해 왔다고 볼 수 있으며, 실내공기오염 또한 예외가 아니므로 밀폐된 실내로 어떤 오염물질이 방출된다고 할 때 실내공기중 오염물농도가 곧 높은 수준에까지 이르게 될 것은 실내에 자정능력이 거의 없는 상태이니 만큼 당연한 것이라 볼 수 있다.

실내 공기오염물질 중 특히 이산화질소는 일반 가정에서 취사용 가스기구의 사용시에 발생하고 흡연, 실내 건축자재 난방기구 및 외부에서 실내로 유입되는 오염물질 등으로 발생하며, 이 결과 인체에 유해한 각종 중독현상을 일으키며 식물에도 피해를 주는 것으로 나타났다. 이산화질소는 공기중의 질소 혹은 연료 자체의 질소성분이 연료와 공기혼합비에서 많이 발생하며, 교통기관과 발전소, 공장, 주택의 각종 동력용 연료의 연소과정에서 발생한다. 미국의 경우 이산화질소의 총 배출 추정량 가운데 56%가 발전소를 비롯한 동력용 연료의 연소로 배출되고 있으며 약 40%가 교통기관의 배기가스에 기인한다고 한다.

따라서 앞으로 본고에서는 실내공기오염물질 중의 하나인 이산화질소를 중심으로 그에 따르는 발생원, 발생과정, 각종 특성, 인체나 재산상에 미치는 영향, 조사 보고된 각종 자료, 대책방안등을 논하고자 한다.

Ⅱ. 본론

1. 이산화질소의 물리화학적 특성

안정된 기체상 질소산화물에는

N_2O(nitrous oxide), NO(nitric oxide), N_2O_3(nitrogen trioxide), NO_2(nitrogen dioxide) 그리고 N_2O_5(nitrogen pentoxide)등이 포함되며, 불완전한 형태로 NO_2가 또한 존재한다. 이러한 것들 중에 대기중에서 현저한 양으로 존재하는 것은 단지 N_2O, NO 그리고 NO_2가 된다. 일반적으로 우리가 질소산화물이라고 할 때에는 NO와 NO_2를 뜻하며, NO_x라고 표기한다. 질소산화물의 측정시 NO는 NO_2로 산화한 다음에 측정하게 되므로 NO와 NO_2를 합하여 NO_x라고 표기하는 것도 편리한 점이 있다.

일산화질소(NO)는 무색, 무취의 기체로 다음 식들에 주어진 zeldovich 반응에 의하여 생성된다.

$N_2+O \rightarrow NO+N$

$N+O_2 \rightarrow NO+O$

$N_2+O_2 \rightarrow 2NO$

NO_2의 형성은 다음 반응식으로 나타낼 수 있다.

$2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2$

火焰의 존재속에는, 실례로 爐나 자동차 실린더 안의 1093°C (2000°F)가 넘는 온도에서 질소와 산소 두 기체는 결합하여 직접적인 대기오염물로서는 그다지 중요치는 않지만 일산화질소(NO)를 형성한다. 그런데 이것이 공기중으로 배출되어 급격히 식게되면, 일부가 이산화질소(NO_2)로 변화된다. 탄화수소(HC)와 태양빛의 존재하에서 차후의 복잡한 반응은 오존(O_3)을 생성한다.

연소반응에서 질소산화물의 형성에 원인이 되는 질소원에는 두 가지가 있는데, 첫째는 공기이며, 둘째는 연료질소이다. 연료중에 존재하는 화학적으로 결합된 질소는 연소과정에서 NO의 중요한 생성원으로 연료질소(fuel-nitrogen)라고 불린다.

주로 자동차 배기가스에서 기원되는 오염물이지만 실제적으로는

일산화질소보다 4배가량 독성이 강한 이산화질소의 실내오염원은 대체로 일반가정에서 사용하는 가스·난방기구에서 비롯된다.

모든 연소공정에서 존재하는 일산화질소는 무색의 기체이고 그것의 환경에서의 농도는 0.5ppm에 훨씬 못 미치는 정도이다. 이 정도의 농도에서는 인간의 건강에 대한 생물학적 독성은 대단치 않다. 그러나 일산화질소(NO)는 이산화질소가 형성되는데에 있어서 선험물질(precusor)이 되고 광화학스모그 형성에 있어서 능동적인 화합물이 된다. 그러므로 이것은 대기오염물을 만드는 반응들을 개시시키는 역할을 한다고 볼 수 있기 때문에 NO에 대한 조절은 대기오염을 저감시키는 중요한 인자가 된다.

NO_2가 광화학스모그의 발생에 있어서 중요한 역할을 하는 원인은 그 현저한 광분해성에 있다. 때문에 NO_2 분자의 광흡수 및 螢光현상, 화학반응성등이 중요하다고 볼 수 있는데, 태양광흡수는 파장에 따라 다르지만 400nm부터 450nm에서 가장 흡수가 높다고 알려져 있다. 또한 螢光현상은 366nm보다 장파장에서 볼 수 있으며, 광분해는 405nm 부근에서 서서히 나타나서 366nm 부근에서 흡수율이 1에 가깝다고 알려져 있다.

2. 이산화질소의 영향

이산화질소는 광화학스모그 발생의 도화선이 되는 오염화학의 입장에서 가장 중요한 기체의 하나로 주목되고 있으며 이러한 스모그의 발생은 가시거리를 감소시킴은 물

론 차후의 반응 생성물인 오존, PAN(peroxiacetyl nitrate)등의 2차 오염물질은 인체 및 식물, 재산등에 피해를 준다고 알려져 있다. 또한 산성우의 생성에 주요한 원인으로서 차량통행이 많은 지역에서는 다른 지역에 비해 질소산화물의 기여도가 높다고 사료된다. 하지만 지하실내공간에 있어서는 이러한 영향보다는 무엇보다 인체에 대한 피해에 관심의 촛점이 집중되므로, NO_2의 인체에의 영향에 대하여 알아보면 다음과 같다.

정상온도에서, 공기는 비교적 비반응성인 79.02%의 질소(N_2)와 20.94%의 산소(O_2)를 포함하고 있다. 사실 우리는 매일 대략 11000quarts(약 10500ℓ)의 요소질소(elemental nitrogen)를 성가신 영향없이 흡입하고 있다.

NO_2의 농도가 높을 때에는 단기간 접촉해도 호흡이 빨라지는데 이는 폐에 이상이 생겨서 다량의 공기를 흡수할 수 없기 때문이다. 낮은 농도에서도 장기간 접촉하면 만성의 폐질환을 일으키며, 쥐의 경우 만성폐질환이 940$\mu g/m^3$의 농도에서 시작되었다고 보고된 바 있다. 미국의 chattanooga시에서 실시된 연구에 의하면, 대규모의 TNT 공장에서 배출되는 NO_2의 24시간 평균농도가 113$\mu g/m^3$(0.06ppm) 이상이면 호흡장애를 일으켰다는 보고도 있다.

이산화질소는 일산화질소보다 대략 4배가 더 독성이 강하다고 간주된다. 이산화질소는 물에 매우 잘 녹지 않기 때문에, 그것은 비교적 건조한 기관지를 통과하여 폐의 점액성 내면에 자극성과 부식성이 있는 아질산(HNO_2)과 질산(HNO_3)을 형성하는 곳인 폐의 축축한 폐포에까지 이르게 된다.

대기중의 이산화질소의 농도와 폭로기간을 만들어서 동물중에서의 유병률(morbidity)을 알아본 조사자들은 이산화질소 기체에 폭로된 후 그 기체의 피해효과에 대한 복잡성이 증지되었다고 역설하고 있으나, 쥐에 대한 실험에서는 30ppm에서 1000ppm의 높은 이산화질소 농도에서 10분에서 수 시간동안 폭로시킨 결과 폐조직(tissue)의 수포증상(waterlogging)을 일으켰으며, 몇몇 동물들에서는 폐질환(pneumonitis) 증상을 보였다고 보고 되었다. 그 작용원리에 관한 것은 아직도 논쟁거리로 남아 있지만, 최근의 결과들에 의하면 매우 저농도 수준의 NO_2도 몇몇 천식환자들에게 해로운 영향을 끼칠수 있다고 보여지고 있다.

인간은 이산화질소 농도 1~3ppm 정도에서 냄새를 감지할 수 있는데 그 농도는 오염된 대기에서 일어날 수 있는 것으로 알려져 있다. 이산화질소 5ppm(9.4$\mu g/m^3$)을 인간에게 10분동안 실험적으로 폭로시켰을때 기도저항이 일시적으로 증가된다고 한다. 13ppm에서는 호흡기 점막에 대한 자극이 일어난다고 하며, 100ppm에서 150ppm의 농도에 30분 내지 60분 동안 폭로되면 기도를 차단시켜 窒息(asphyxiation)을 일으키는 수종(edema)으로 사망에 이르게 될 정도로 치명적인 것으로 알려지고 있다.

3. 실내환경에서의 연구동향

우리나라에 있어서 실내공기오염에 대한 중요성이 대두된 것은 최근의 일이라고 볼 수 있으며 최근에는 각종 실내공간에 대한 공기오염도를 파악하기 위한 수편의 논문도 발표되었다. 더우기 산업화에 따른 도시에로의 인구유입 증가는 대도시의 인구 과밀화현상을 가져와 부수적으로 교통·운송 문제와 주거공간 확보 문제등을 야기시켰으며, 이에 대한 대책방안으로 건물의 고층화와 지하공간의 활용과 같은 토지의 입체적 이용을 강구하게 되었다. 이러한 입체적 토지이용의 일환으로서의 지하공간이용은 그 용도에 있어서 지상공간이나 거의 다름없이 다각적으로 이용되고 있어 지하공간의 활용의 증대에 따른 환경학적 문제에 대하여 관심이 필요한 것이다.

지하생활의 환경학적 문제성은 많은 사람이 주거, 이용 또는 왕래를 하고 있는 데도 외부와의 공기순환이 잘 이루어지지 않는 거의 차단된 상태의 한정된 공간으로써 각종 유해물질등이 조금만 발생되더라도 축적이 된다는데 있다. 특히 지하상가는 외기와 차단되어 있고 지하통로를 겸하고 있어서 다수인이 왕래를 하고 상당수의 상가 근로자들이 장시간 체류하므로 공기오염의 심화와 이에 따른 건강장해가 문제되며 점차로 이용인구의 증가와 체류시간의 연장으로 인하여 건강에 대한 영향 범위는 확대될 것으로 사료된다.

또한 입체적 토지 이용의 한 방법인 건물의 고층화와 더불어 생기

표 1. Effects on human health of NO_2

농도(ppm)	폭로시간	인체의 영향
0.2		우주여행 허용기준
1-3		취각 탐지
5	8시간	산업안전 허용기준
13		눈·코의 자극, 폐기관 불쾌감, 중추 신경 영향
10-40	계속 노출	만성폐섬유와 폐기종
50-100	6-8주	섬유 폐쇄성 기관지 폐염
100	3-5분	인후의 뚜렷한 자극과 심한 기침
500	3-5분	기관지 폐염이 겹친 급성 폐부종

는 문제중의 하나로서 그 건물에 관련된 사람들이 이용하는 차량의 주차문제가 있다. 이때에 대두되는 것이 많은 차량의 출입에 의하여 발생되는 자동차 배기가스등에 의한 지하주차장내의 실내공기오염문제이다. 불특정 다수인의 사용이 빈번한 지하상가나 앞으로 계속 증가될 지하주차장 시설과 같은 지하공간에 있어서의 실내공기오염문제에 관한 연구는 일반인 뿐만 아니라 해당 동일 장소에서 상시 근무하는 근로자들의 환경보건학적 견지에서 더욱 큰 의의를 갖게 될 것이다. 우리나라의 경우 최근 지하생활공간이 급속한 증가 추세에 있음에도 불구하고 이러한 지하생활환경중의 실내공기오염에 관한 조사연구가 미비하여 그 실태파악은 물론 필요한 실내환경조건의 개선을 위한 대책수립이 어려운 실정이다.

위의 상기된 여러 원인의 대책방안으로 필자가 조사연구했던 이산화질소 평농도 성적을 그 대상별 지역으로 살펴보면 표2와 같다.

측정 대상지역의 이산화질소의 평균농도를 보면 지하상가 강남터미널에서 89.1ppb를 나타내 대기중 이산화질소농도의 기준치(50ppb)를 약 1.8배 상회하는 것으로 나타났고 종로5가 지하상가도 기준치의 1.6배정도 높은 수준을 보이고 있다. 전체적으로 상가지역의 지하상가에서 기준치 50ppb를 초과하고 그 외에 지역에서 그 이하를 나타냈다. 그러나 일부 지하철역, 지하주차장, 터널에서의 농도가 기준치 수준에 육박하고 차후 이에 대한 주의가 요청된다.

이산화질소의 실내오염원은 대체적으로 주방 및 난방연료가 원인이 되고 있다. 따라서 이산화질소의 평균농도가 가장 높은 지하상가의 경우 각 점포내에서 사용하는 가스 및 석유곤로 등이 이산화질소의 발생원이 된다고 가정할 수 있다. 특히 지하상가내 음식점에서 사용하는 주방연료가 해당점포내의 실내 이산화질소 농도를 증가시키는 한편 지하도의 평균농도에도 그 영향을 줄 것으로 시사되고 있다. 또한 지하철역이나 지하도의 경우는 상주인구보다는 보행자가 많아 보행자의 흡연이나 지하철역내의 점포에서 방출시킬 수 있는 주방연료가 이산화질소의 발생원으로 생각할 수 있다. 지하주차장과 터널의 경우는 자동차 배기가스가 이산화질소의 발생원이 된다고 가정할 수 있다.

표 2. 지하환경의 이산화질소의 평균농도(최소, 최대치)

측정 지점		NO_2(ppb)
지하상가	을지로 2~3가	23.1(20.5, 24.7)
	강남터미널	82.4(78.1, 86.7)
		89.1(80.4, 97.8)
지하철역	1호선(시청역)	45.9(40.3, 51.5)
	2호선(시청역)	44.2(38.7, 49.6)
	2호선(을지 3)	22.2(21.2, 24.1)
	3호선(양 재)	20.1(17.4, 22.8)
	4호선(혜 화)	43.6(38.4, 49.3)
지하도	서 울 역	35.8(35.5, 36.4)
	강 남 역	33.1(28.4, 37.8)
지하주차장	롯데 호텔	41.8(36.4, 47.2)
	현대 백화점	39.9(35.6, 40.9)
터 널	남산 3호터널	38.5(32.6, 45.4)
	북악 터널	45.6(36.4, 52.4)

NO_2는 광화학스모그를 발생, 가시거리를 감소시킴은 물론 차후 반응생성물인 오존, PAN 등의 2차오염물질은 인체 및 식물과 재산에 피해를 준다.

이산화질소의 대기질 기준은 미국, EPA 및 일본 환경청에서 50ppb를 기준치로 정하고 있어 우리나라에서도 이에 준하고 있는 실정이다. 미국의 경우 대기질의 경우 이 기준치에 훨씬 미달되는 수준을 보이고 있다.

지하상가의 경우 많은 점포에서 주방 및 난방기구로 가스곤로(가스난로), 석유난로(석유곤로), 연탄난로가 사용되어 각종 가스를 방출시키고 있어 이에 대한 대책이 시급한 경우에 처해 있다. 그외 지역중 지하철역과 지하도에서 상점내의 실내오염발생원외에는 보행인의 흡연이 이산화질소의 오염원이 될 수 있어 지하환경시설에서도 금연운동이 요청되어 현재에는 활발히 진행 중이다. 지하주차장과 터널의 경우 자동차의 정체현상이 각종 공기오염을 가중시킬 수 있어 교통의 원활함과 지하주차장의 환기설비 운영의 점검이 필요하다.

앞에서 언급한 바와같이 관리대책으로는 환기설비의 운영을 점검하고, 지하상가내 위생관리 및 환기설비 기준을 통일된 관계법규를 현 실정에 맞게 설정하여 근본적으로 환기설비의 정상적인 운영이 유지되도록 하여야 한다. 또한 정기적으로 상가주민을 대상으로 지하환경오염의 중요성을 인식시키고 주민 스스로 깨끗한 지하환경을 유

지할 수 있도록 각종 홍보활동을 통하여 유도한다.

현재 우리나라에서 정하고 있는 대기질의 기준치인 50ppb에 준하여 조사대상지역중 50ppb를 상회하는 지역에 대하여는 좀 더 구체적이며 계속적인 조사가 요청된다.

Ⅲ. 결론

생활환경의 개선이 요구됨에 따라 사람의 생활양식에도 큰 변화를 가져왔으며, 최근에 들어서는 주택양식의 다양화로 밀폐된 고층 건물이 등장하므로 실내 활동시간이 많아졌다. 특히 우리나라는 구미에 비하여 좁은 실내 생활 공간을 갖고 있으며 또한 온돌이라는 특이한 주택양식을 갖고 생활하고 있어 실내에서의 공기오염의 중요성을 재인식할 필요가 있다. 또한 최근 집중된 난방연료로 LPG를 주방기구 및 난로용으로 많이 사용하므로서 인체에 유해한 이산화질소를 방출하고 있어 기관지염, 폐기능 저하 등의 호흡기질환의 발생에 영향을 주는 것으로 나타났다.

따라서 실내공기 오염을 방지하기 위한 일반대책으로는 환기시설의 강화를 들 수 있으며 다음으로는 실내공기 오염 발생원을 파악한 후에 그 오염원을 제거하거나 환경수준에 알맞는 실내공기를 유지하도록 해야한다. 또한 각종 환경문제 뿐 아니라 아직도 생소한 실내공기오염의 중요성을 일반인을 대상으로 환경교육을 통하여 계몽인식시켜야 한다. 동시에 환경처를 비롯한 정부기관 및 연구기관에서 실내공기오염에 관한 연구가 수행되어야 한다.

따라서 쾌적한 실내환경을 유지하기 위해서는 개인의 거주환경에 대한 관심과 노력 뿐 아니라 건물주, 건물관리인, 건축가, 건축자재 제품업자, 연구자, 정부기관이 각자 맡은 책임하에 상호협력하여 실내환경오염의 중요성을 재인식할 때에 비로소 깨끗한 실내환경속에 건강한 우리 몸을 유지시킬 수 있다.

연합회동정

서울협의회

본연합회 서울협의회(회장·이웅재)는 경기·충청지역의 환경관리모범업체에 대한 견학을 실시하였다.

지난 10월19일과 20일에 진행된 이번 견학은 회원 40여명이 참가, (주)태평양화학, 선양소주(주), 한국조폐공사(부여 조폐창)을 방문하여 관리인들의 기술 및 정보 교환은 물론 이로인한 자질향상과 회원상호간의 친목을 다지는 계기를 마련하였다.

인천협의회

본연합회 인천협의회(회장·유문하)에서는 지난 10월 26일과 27일에 1박2일의 일정으로 환경관리 우수업체 산업시찰을 다녀왔다.

협의회 회원 45명이 참가한 이번 시찰은 이리공단 종합처리장, (주)미원, 전주제지, 전주시 하수종말처리장, 조선맥주등을 방문하여 그곳의 환경관리실태를 파악하며 기술정보를 습득하는 계기를 마련했다.

부산·경남협의회

본연합회 부산·경남협의회(회장·김효실)는 지난 10월26일과 27일 이틀에 걸쳐 환경관리모범업체견학을 실시하였다.

회원상호간의 기술정보 및 자질향상의 일환으로 마련된 이번 견학에서는 이리공단 종합폐수처리장과 (주)미원, 전주제지(주)를 비롯하여 전주시 하수종말처리장과 조선맥주(주) 등 호남지방 일대의 환경관리가 우수한 업체를 방문, 폭넓은 정보교환을 나누었다.

경기협의회

본연합회 경기협의회(회장·이상호)는 회원들의 기술향상을 위해 환경관리 우수(모범)업체에 대한 산업시찰을 실시하였다.

지난 10월 19일과 20일에 (주)럭키 청주공장과 태평양화학 대전공장, 제일모직 대구공장, 반월공단 염색조합등의 일정으로 진행된 이번 시찰에는 80여명의 회원들이 참여하여 이들 회사들의 환경관리실태와 현황을 살펴보고 상호 정보를 교환했다.