

연구자료
위생연97-4-18

사무실 작업환경 기준 설정 연구

1997. 12.



한국산업안전공단
산업보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 연구결과를 1997년도 산업보건연구원의 연구사업중 “사무실 작업
환경 기준 설정 연구”에 대한 최종 결과보고서로 제출합니다.

1997년 12월 31일

제 출 자 : 산업보건연구원장 문 영 한
연구책임자 : 수 석 연 구 원 정 동 인

목 차

I. 서 론	1
1. 연구배경	1
2. 연구목적	2
II. 연구내용 및 방법	3
1. 연구내용	3
2. 연구방법	4
III. 실내공기질의 연구동향	5
1. 사무실 작업환경에 미치는 요인들	5
1) 실내공기 오염에 영향을 미치는 요인	5
2) 냉·난방 및 환기시설의 설계와 운전	7
3) 오염경로	7
4) 건물 거주자	7
5) 증후군의 종류와 불만요인	8
6) 오염 발생원	9
2. 실내(Indoor)/실외(Outdoor)공기 질의 상관관계(Relationship)	11
1) 개요(Introduction)	11
2) 실내/실외 유기화합물의 측정	12
3) 실내/실외 공기질 오염원	13
4) 실내/실외 유기오염물질의 상호관계	14
3. 실내에서 유발되는 유해물질	19
1) 담배연기(Tobacco Smoking)	19
2) 오존(O ₃)가스	22
3) 이산화질소(NO ₂)	23
4) 포름알데히드(Formaldehyde)	24
5) 라돈(Radon)	29

6) 석면(Asbestos)	32
4. 실내 공기질을 개선하기 위한 가스 및 지시물질의 활용	33
1) 오존(O ₃)가스 발생장치의 활용	33
2) 실내 공기질의 지시물질(Indicators)로서 총휘발성 유기화합물(TVOC)과 이산화탄소(CO ₂)가스	36
3) 물리적 인자 및 기타	38
IV. 고 찰	41
1. 사무실내 공기오염원	41
2. 국내·외 실내공기질의 연구 현황	44
3. 지하생활공간의 관련 법규 분산의 문제점	44
4. 실내 공기질 관리 전망	44
5. 사무실 작업환경 기준 작성시의 제한점	45
V. 국내·외 실내 환경 관련 법규 비교	47
1. 한국과 일본법규의 적용범위 비교	47
2. 한국과 일본법규의 위생관리 대상물질 비교	48
3. 한국과 일본법규의 대상물질 측정회수 및 보관년도 비교	49
4. 미국 각주의 실내·외 공기오염물질 규제기준 비교	50
5. 한국 노출기준과 미국실내오염물질 권고 및 규제 기준	52
6. 캐나다 주거시설의 실내공기 노출기준	53
7. 세계보건기구(WHO)의 실내공기오염 인정 기준	54
VI. 연구결과	55
VII. 참고문헌	58

I. 서론

1. 연구배경

사무실 및 공공건물 등과 같은 건축물 내의 실내공기질에 영향을 미치는 요인으로서 건물위치, 기후조건, 건물구조, 건축기술 및 오염원을 발생시킬 수 있는 건축자재(석면, 암면 등) 사용가구, 습도는 물론 건물 내에 주거하는 사람들의 상호작용이 나타날 여러요인 등이 있다.

실내 공기를 오염시키는 원인으로는 배기시설 및 냉·난방 장치, 실내·외 오염원의 유무, 오염원의 경로 및 거주자 등의 큰 네가지 요인을 들고 있다. 과거 10여년 전부터 미국에서 새로운 건물이나 개조된 건축물 중에서 특히 사무실, 학교 및 공공건물 내에 거주하고 있는 거주자들 사이에 수백 건의 질병이 출현되고 있다. 이들 거주자의 30~40%가 질병을 호소하고 있다. 이들 질병의 종류는 보통 평범한 두통, 졸리움증, 피로감, 눈, 코 및 목의 자극성, 가슴 답답함 및 호흡곤란과 같은 증상을 호소하고 있다.⁽¹⁾

이와 같은 공공건물 내에서의 질병의 출현을 건물질병증후군(SBS, Sick Building Syndrome)이라 부른다.⁽²⁾ 각국에서는 건물증후군을 예방하기 위하여 실내공기 기준안을 설정하여 권고안 또는 규제안으로 정하여 근로자의 건강을 보호하고 있다. 미국의 경우 실내공기 오염물질을 10종류로 정하여 권고기준으로 설정하고 있으며 캐나다에서도 총 10종으로 규제하고 있으나 물질의 종류는 미국과 다소 차이가 있다.

한편 이웃 일본 노동성에서는 화학물질 3종류와 기타 물리적 유해인자를 규제 기준으로 정하고 있으며 후생성에서도 역시 물질 3종류와 물리적 유해인자를 권고기준으로 정하여 사용하고 있다. 우리나라에서는 보건복지부가 정하고 있는 부유분진 및 두 종류의 화학물질과 온도, 습도 등과 같은 4종류의 물리적 유해인자등을 규제기준으로 정하고 있으며 환경부의 지하 생활 공간 공기질 관리법은 '96년 12월31일 법률 제5224호로 제정하였는데 이 법의 내용은 지하 생활 공간의 공기질을 적정하게 관리 보존함으로써 쾌적한 작업환경을 유지하고 또한 유해물질의 노출을 예방하기 위한 것을 목적으로 하고 있는데

여기서 말하는 지하 생활공간이라 함은 많은 사람들이 사용하고 있는 지하역사, 지하상가등 지하시설의 생활공간을 정하여 관리하는 것이므로 그 적용대상이 일정규모 이상이거나 지하공간만으로 제한하고 있어 근로자의 건강을 보호하기에는 매우 어려운 실정이다.

이들 실내 공기오염에 대한 국외 관련법령은 1955년 미국 환경청이 공기청정법(Clean Air Legislation)을 제정한 후 22년후인 1977년에 다시 이 법을 개정하였으며 1970년 일본 후생성 빌딩위생관리법령, 규칙을 권고기준으로 정하였으며 2년후인 1972년 일본 노동성에서 노동안전 위생법 중 사무소 위생기준 규칙을 규제기준으로 정하였다. 한편 국내 관련 법령은 보건복지부에서 1986년 5월에 제정한 공중위생법⁽³⁾과 환경부에서 1996년 12월31일 공포한 지하생활공간 공기질 관리법⁽⁴⁾이 있으나 이들 법령은 모두 일반 실내환경에 관한 법규로서 적용대상이 한정되어 있어 사무실 작업환경 관리가 매우 난이한 실정이다.

또한 우리나라는 1996년에 OECD와 같은 국제기구에도 가입하게 되어 더욱더 현시대 조류에 잘 맞는 법령준비의 기초자료를 준비하기 위해서도 사무실 작업환경 기준 설정 연구의 필요성을 절감하게 되었다.

2. 연구목적

한국의 산업사회가 선진국으로 날로 발전되 가고 있는 것은 매우 바람직한 현상이지만 이것과 병행하여 최근 근로자가 집단적으로 생활하는 사무실 같은 대형 건축물 등에서 사용되는 건축원부소재에서는 인체에 유해한 물질이 발생될 뿐만 아니라 산업사회의 발달과 더불어 사무용품으로 사용되는 개인용 컴퓨터 등으로부터 물리적인 유해인자가 방출되어 실내공간에서 생활하는 근로자들이 VDT증후군(Visual Display Terminal Syndrome)을 호소하는 것은 물론이고 중앙집중식 냉. 난방 장치를 이용하므로 생성되는 생물학적 오염원도가세하여 실내공기를 오염시키는 등 사무실에서 하루중 삼분의 이 이상을 생활하는 근로자들의 건강을 지켜주기 위한 기준 마련이 필요하다고 판단된다.

국내에서의 관련법으로는 보건복지부의 공중위생법과 환경부의 지하생활공간 공기질관리법이 있으나 그 적용대상이 일정규모 이상의 대형건물이거나 지하역사 및 지하상가 등으로 한정되어 있어 일반 사무실에서 근무하는 근로자들의 건강을 보호하는데는 제한점이 있다.

따라서 사무실의 작업환경 기준(안)을 제시하여 본 연구를 우선 법적기준보다는 권고기준안을 마련함으로서 사무실내 근로자들의 건강을 확보하고자 하는데 본 연구의 목적이 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

일반산업현장에서는 유해물질을 취급하거나 제조하는 근로자들의 건강보호를 위해서 노동부 고시로 제정된 “화학물질 및 물리적 인자의 노출기준”에 의한 작업환경을 평가하지만 유해인자의 발생원이 불확실한 사무실내에서 근무하고 있는 근로자들에게도 빌딩질병증후군의 건강 장애가 발생되므로 사무실에서 근무하는 근로자들의 쾌적한 작업환경을 마련하기 위한 기준이 설치되었지 않다.

따라서 본 연구에서는 작업환경 기준 설정에 필요한 관련법규의 검토 및 기준 설정시 산업안전 보건법과의 연계성 및 전망을 마련하기 위해 본 주제에서는 다음과 같은 내용을 연구 하였다.

1) 제정된 국내 관련법규 내용 검토

현행 산업안전보건법에는 생산공정의 작업환경측정은 의무화되어 있어 년 2회 실시하고 있으나 일반 사무실내 작업환경 기준은 설정되어 있지 않다. 따라서 이에 관련한 국내법으로는 보건복지부에서 1986년 5월에 제정한 공중위생법, 령, 규칙이 있는데 1996년 8월 20일 법령 제 32호로 개정된 시행규칙 제 45조 1항 관련 공중이용시설 위생관리 기준이 설정되어 있다. 또한 환경부에서 1996년 12월31일 제정한 지하생활 공간 공기질 관리법이 법률 제 5224호로 제정되었다. 이를 두 부처의 법률 내용은 본연구가 목표로 하는 내용과는 다르다. 즉 보건복지부의 적용대상은 건축물의 크기에 따라 구분하였고 환경부에서는 적용대상이 일정규모 이상이거나 지하 역사나 지하상가 등으로 제한되어 있어 모든 근로자들의 쾌적한 근로조건을 만족시키기 어려운 실정이다.

2) 외국의 관련법

미국과 일본 등의 관련법을 보면 미국의 경우 1955년 환경청(EPA)이 제정한 공기청정법(Clean Air Legislation)이 있으며 22년 후인 1977년도에 개정되었다. 일본관련법은 1970년 후생성의 빌딩 위생관리법령을 제정하여 권고기준으로 정하고 있으며 또한 1972년 일본 노동성에서는 노동안전위생법에 사무소 위생기준을 규칙으로 정하였다.

3) 사무실 작업환경기준(안)과 산업안전보건법과의 연계성 및 전망

사무실 작업환경 기준(안)은 규제기준 보다는 권고기준으로 공기정화설비가 있는 사무실로 한정 관리하면서 제도가 정착화되면 그 적용범위를 확대할 필요성이 있다고 본다.

2. 연구방법

연구방법으로는 폭넓은 최신의 정보수집을 위하여 다음과 같이 몇가지 방법을 동원하였다.

1) 국내·외 문헌고찰

국내 산업정보센타를 통한 관련 문헌을 수집하였고, 산업보건 전문연구기관이 있는 각 대학에 소장된 문헌을 고찰하였으며, 외국의 실내공기오염(I.A.Q, Indoor Air Quality)의 전문기관과도 연계하여 많은 논문을 고찰하였다.

2) 현재 본 공단에서 활용하고 있는 인터넷과 같은 전산망을 활용하여 최신의 정보를 입수하였다.

3) 국내의 전문가는 물론 한·일 협력사업차 내한했던 전문가들과 특히 미국 Loma Linda 대학의 David 박사와 연계하여 상당한 실내공기오염의 관련문헌 정보를 입수 고찰하였다.

Ⅲ. 실내공기질의 연구동향

1. 사무실 작업환경에 미치는 요인들

1) 실내공기 오염에 영향을 미치는 요인⁽⁵⁾

어떤 건물내부에 실내환경은 건물의 위치, 기후, 설계, 구조변경(후에), 건축 기술, 건축물자재, 습기 및 가구 등과 같은 오염원과 부가하여 건물내에서 여러 경로 및 외부오염원 및 건물의 거주자들 사이에 상호작용의 결과로서 평가된다.

즉 다음과 같은 네가지 요인을 실내공기오염을 유발시키는 원인들이다.

- 오염원 : 불쾌한 내부·외부 또는 건물의 기계적 계통 내에 오염원이 있다.
- HVAC(Heat, Ventilation, Air Conditioning)냉·난방 및 국소배기장치는 현존하는 공기오염을 조절할 수 없고 온도나 습도와 같은 열적 관계를 확인할 수 없다.
- 오염경로(Pollutants Pathway)
하나 혹은 그 이상의 오염경로는 거주자들에게 오염원을 연결 시켜 준다. 그리고 유도되는 힘(Driving Forces)은 경로를 따라 오염원을 움직이도록 할 것이다.
- 거주자(Occupants) : 건물 내에는 항상 거주하는 사람이 있다.
상기 네가지 요인들은 실내공기 오염을 방어하고, 조사하고, 해결하기 위해 각자의 역할을 다 한다는 것은 매우 중요한 일이다.
- 실내공기 오염원

실내공기 오염은 건물 내부나 외부에서 원천적으로 발생된다. 만일 오염물질을 잘 관리하지 못하는 경우에는 비록 냉난방 및 환기시설이 매우 잘 설계되고 유지된다 할지라도 실내공기 오염문제는 일어날 수 있다.

다음 열거되는 여러 가지 오염의 원인이 되는 물질들을 이해하므로 실내공기 오염원을 방지하는데 큰 도움이 되리라 간주한다.

- 건물외부로 부터의 오염(Sources Outside Building)즉 오염된 외부공기(Contaminated Outdoor Air)
 - 화분, 꽃가루(Pollen) · 분진, 먼지, 생식세포균(Fungal Spores)
 - 산업오염물(폐기물) · 차량배기 가스
- 오염원 부근에서 방출

- 도로, 주차장, 쓰레기장의 배기가스 · 하역부두
- 외부공기를 흡입하는 비위생적인 잔존물
- 지층가스(Soil gas)
 - 라돈(Radon) · 지하 연료 탱크로부터의 유출물
 - 쓰레기 매립지로부터의 오염물 배출 · 살충제
- 장비(Equipments)
 - HVAC-System · 덕트내에 먼지 또는 기타 성분
 - 덕트, 코일, 남비속에 미생물의 성장
 - 생물독, 봉합제나 세척제의 오염 · 연소물질의 부적절한 제거
 - 냉동실의 누출
- 비 냉난방 및 환기시설(Non-HAVC 장비)
 - 휘발성 물질, 오존 등과 같은 사무실 장비로부터의 방출물
 - 용제 및 암모니아 같은 물질의 공급
 - 점포, 실험실 및 세척실로부터 방출물
 - 엘리베이터 모-터 및 기계장치치의 잔유물
- 인간활동(Human Activity)
 - 흡연 · 요리(조리) · 화장품
- 가정용 부엌(House Keeping)
 - 세척제 · 진열장에서의 방출물
 - 냄새 제거기와 향수 · 대기중 분진 또는 먼지
- 보수작업(Maintenances Activities)
 - 냉각수 탑에서 성장하는 미생물 · 대기중 먼지 또는 분진
 - 페인트, 접착제 및 기타 물질로부터 사용되는 휘발성물질(V.O.C)
 - 살충제 · 점포에서 배출되는 방출물
- 건축자재와 가구(Building Component and Furnitures)

먼지나 섬유입자가 모이는 위치

 - 카펫트, 커튼, 기타 섬유입자가 사용되는 장소
 - 열린 서랍 · 낡은 가구 · 석면 함유물질
- 비위생적인 조건과 수해(Water Damage)
 - 토양이나 수행가구속에서 성장하는 미생물
 - 미생물이 성장하는 영역
- 건축자재나 가구로부터 방출되는 화학물질
 - 휘발성 유기화합물 · 휘발성 무기화합물

- 기타 오염원(Other Sources)
 - 물이나 액체의 누출
 - 홍수시 파이프나 지붕에서 누출에 의한 미생물의 성장
 - 화재 위험
- 혼합건물내 특수지역

· 흡연실	· 실험실	· 인쇄실
· 체육실	· 미용실	· 식당

2) 냉·난방 및 환기시설의 설계와 운전 (HVAC system design and Operation)

냉·난방 및 환기시설장치는 건물 내에 공급되는 모든 난방 및 냉방 환기 장치를 말한다. 즉 아궁이나 보일러, 냉각기, 냉각탑, 공기조절 장치, 배기가스, 덕트, 필터, 스템 및 파이프 등 모든 장치를 지칭하는 것이다.

HVAC의 고유한 기능은 다음과 같다.

- 온화한 편안함을 제공
- 건물에 주거 자들에게 환기시설에 필요한 외부공기의 공급
- 압력조절, 필터 및 배기가스를 통한 냄새 및 오염원을 제거한다.

3) 오염경로(Pollutant Pathways)

건물 내에 공기흐름의 모양은 기계적인 환기시설, 인간의 행동 및 자연적인 기류의 흐름등 종합작용의 결과로 나타난다.

이러한 작용에 의해 생성된 실내공기(미세압력)는 비교적 더 큰 압력지역에서 좀더 낮은 압력 지역으로 실내공기 오염원들을 이동시킨다. 냉·난방 및 환기 장치는 일반적으로 건물 내에서 우수한 공기 흐름의 경로가 되고 있다. 그러나 건물의 모든 구조물 즉 벽, 천장, 마루, 통로, HVAC 장치 및 거주자 등은 오염원을 분산시키기 위해 서로 상호작용을 하게 된다.

4) 건물거주자(Building Occupants)

건물거주자는 건물 내에서 하루종일 시간을 보내며 생활하는 사람들을 말한다. 그러나 고객이나 방문객들도 또한 거주자로 간주된다. 이들은 건물 내에서 하루종일 소일하는 상주자들과는 또 다른 내성과 감각을 가지고 있을 것이다. 즉 건물 내에서 발생하는 모든 냄새를 보다 더 예민하게 맞고 받아들일 것이다. 실내 공기오염에 대한 영향을 받고 있는 집단이 있으나, 다음조건을 가진 사람들에게는 제한을 두지 않고 있다.

- 알러지나 천식을 앓고 있는 사람들
- 호흡성 질병이 있는 사람들

- 면역성을 가진 사람들은 화학요법, 방사선요법, 질병이나 기타 원인에 의해 진정되고 있다.
- 콘택렌즈 착용자

몇몇 집단들은 어떤 오염물질이나 혼합오염물질의 노출로 인해 특별히 손상되기 쉽다. 예를 들면 심장질환자는 건강한 사람들보다 더 낮은 일산화탄소의 노출로 인한 더 큰 악영향을 받는다. 또한 성인 흡연자들로 인해 연기에 노출된 어린이들은 호흡성 질환에 더 큰 위험성을 받게되며, 이산화질소에 노출된 어린이들은 호흡감염에 더 큰 영향을 받게된다.

5) 증후군의 종류와 불만요인(Types of Symptoms And Complaints)

- 실내공기 오염으로 영향을 받는 질환보다는 오히려 비특정 증후군의 경우가 많다.
- 실내공기오염 문제로 야기되는 증후군은 다음과 같다.
 - 두통 • 피곤함 • 호흡곤란 • 감기 • 졸리움증
 - 눈, 코, 목의 자극감 • 피부자극 • 현기증 • 구역질 등이다.

상기의 모든 증후군들은 다른 요인들에 의해 발생될지도 모르지만 불량한 실내공기질에 기인한다고 간주할 수 만은 없다.

- 건강과 안락(Health And Comfort)이라는 말은 육체적 감정을 표현하는데 사용된다. 예를 들면 어떤 실내공기가 사람이 행동하는 기준에서 약간 덥게 느껴질 때는 그 사람은 약간 불쾌한 감정을 경험하게 된다. 만일 온도가 계속 상승한다면, 불쾌감도 병행하여 증가될 것이고 피로감 및 두통과 같은 증상도 동시에 나타날 수도 있을 것이다. 사무실이나 큰 건물에 거주하는 경우 빌딩질병증후군(SBS, Sick Building Syndrome)이라는 말을 하게 되는데 이것은 건물 거주자들이 건물 내에서 보내는 시간과 관련된 건강 및 안락감의 영향을 경험하는 사례를 설명하기 위해 사용된다. 그러나 어떤 특정한 질병이나 실례를 확인 할 수는 없다. 어떤 불만의 요인을 특정한 공간이나 지역에 국한하거나 아니면 건물 전역에 널리 퍼져 있을 수도 있다. 많은 다른 증후군이 호흡곤란, 자극성 및 피로감을 포함하여 SBS와 연관되어 있다.
- 흔히 공기시료의 분석만으로는 특정한 오염물질의 높은 농도를 측정할 수 없다. 왜냐하면 다음 사항들이 문제를 야기시키기 때문이다.
 - 낮은 농도에서 여러 가지 오염원이 혼합되어 있는 경우
 - 물리적 환경장해(과열, 낮은 조명, 소음 등)

- 인체 공학적 장애
- 직업과 관련된 정신사회학적 장애(혼잡, 노동경영문제 등)
- 미지의 요인 등이다.

SBS(빌딩질병증후군)는 과거 10여년 전부터 신축건물이나 최근 개조된 건물 즉, 사무실, 학교 및 기타 공공건물에 거주자들 중 수백 여명이 폭발적으로 질병에 호소하고 있다는 보도가 있다. 이와 같이 호소하는 빌딩 거주자들의 수는 대략 30~40%가 특징적으로 영향을 받고 있다. 질병의 증후는 보통 특별한 성질의 것이 아니고 흔히 볼 수 있는 두통, 졸리움증, 비정상적인 피로감, 눈, 코 및 목등의 자극성, 가슴답답 및 호흡곤란 등과 같은 질환이 나타나고 있다. 공공건물에서의 질병이 일어나고 있는 것을 소위 SBS의 탓으로 돌리고 있다. 그런데 그 원인들은 빌딩내부의 인구밀도 및 모양을 고려할 때 빌딩내 섬유질이나 견고한 열적환기시설을 고려하면서 SBS의 탓으로 간주하고 있다.

특별히 질환의 원인이 확인되지 않을 때에는 빌딩의 충분한 환기시설의 결핍 등이 원인으로 간주되고 있다. 상당한 관심사는 에너지 절감을 지나치게 강조하는데 있고 또한 빌딩의 견고성을 잘 조절하지 못하므로 야기되는 원인과 인간의 안락과 건강에 대한 실내공기를 감소시키는데 영향이 있다.

1983년 1월 1일부터 NIOSH⁽⁶⁾에서 건강위험 평가단은 정부 및 상용건물, 초등학교, 대학교 및 대형시설물 등에서 거주자의 건강불만을 200가지 이상을 조사하였다. 건강 불만용인의 보고된 내용은 다음과 같다.

부적절한 환기시설	: 48%	담배연기	: 2.5%
실내공기 오염	: 18%	폐의 과민증	: 3.0%
외부유입 오염	: 10%	기타	: 1.5%
섬유분진 오염	: 3.5%	미지	: 10%
습도	: 4.0%		

부적절한 환기시설이 건물이나 또는 건물과 관련된 건강문제의 원인으로 보고된 경우에만 실질적으로 측정한 실내공기였다. 그러나 부적절한 환기시설과 원인미상의 정의는 명확치 않다. 결과적으로 조사된 원인의 약 60%는 미결 사항이었다.

6) 오염발생원(Sources)

(1) 유기화합물질(Organic Compound)

건물 위험성과 관련된 섬유상 물질은 주로 내벽펜날, 단열재 및 그와 관련된 Formaldehyde, Toluene, Xylene(페인트/바니쉬용제), 수은(페인트), 라돈

(석조건물) 등이며, 석면 또는 암면(유리섬유)등은 단열제에서 발생된다. 이들 중 Formaldehyde 만이 건강오염원으로 지적되고 있다.

이들은 습도기 및 열 교환기와 관련한 여러 가지 아민(Amines)류를 포함하고 있는데, 즉 유리섬유 내부로부터 방출되는 휘발성물질, 몇 개의 유리섬유 닥트로 파생되는 유리섬유입자 및 세척기로부터 발생하는 오존(O₃)등이다.

카펫트, 비닐마루 커버, 프라스틱펜날, 방 칸막이, 가구 및 서랍과 같은 시설물들은 독성 및 위험성이 있는 오염원들이다. 특히 카펫트나 비닐장판지의 접착제 등은 보통 사람들이 처음 그것을 사용할 때 적어도 인간의 점막을 자극하는 오염원이 되고 있다. 카펫트 접착제로 사용되는 「Cyclopentadiene」은 미국 Texas에서는 건물내의 건강오염물질로 추정하고 있다.

미국 콘네티컷주에서는 사무실내 오염물질을 조사할 때 칸막이로 사용되는 프라스틱펜날을 사용할 때 쓰이는 「Dimethyl Acetamide : D.A」는 눈을 자극하는 물질로 알려져 있다. 즉 이 「D. A」는 체루성 물질이므로 견고한 나무를 압축해서 만든 가루는 formaldehyde의 발생원이 될 수 있다.

포름알데히드 외에 여러 종류의 유기화합물질이 실내공기 오염원으로 간주되고 있다. 즉 유기화합물질의 오염은 액체나 또는 고체 입자를 형성하여 마치 에어로졸과 같은 형태로 오염원이 된다. 오염원의 확인과 측정의 난점 때문에 유기화합물질의 실내공기 오염원은 특징이 없다. 따라서 한정된 연구는 사무실과 거주지와 실내의 오염물질은 다양한 탄화수소 및 탄화수소의 유도체들 또는 일반적으로 즉 지방족, 방향족, 알킬벤젠, 케톤류, 다핵성방향족 탄화수소 및 염화탄화수소 등이다.

덴마크에서 사무실과 주거용건물에서 시도한 연구결과에 따르면, 40여종 이상의 물질이 존재함을 알았다. 즉 주로 탄소수가 8개 ~13개의 포화탄화수소계열, 탄소수가 5~10개 사이에 Allyl Benzene 과 Terepene 등이다. 가장 많이 확인된 화합물은 Toluene, Pinene 및 3-Xylene 등이다. 이들 연구에서 가장 농도가 큰 10종류는 다음과 같다.

Toluene, 3-Xylene, Terepene, n-Butylacetate, n-Butanal, n-Hexane, 4-Xylene, Ethoxyethyl Acetate, n-Heptane 및 2-Xylene 등이다.

발암성으로 의심되는 물질은 : n-Decane, n-Undecane, n-Dodecane, α -pinene, Δ^3 -Carene, Limonene, Ethylbenzene, Styrene, 2-Propanone, 2-Butanone, n-Propanol 및 1,2-Dichloroethane 등이며 이들 유기화합물질을 분석한 결과치는 Xylene 과 Benzaldehyde의 평균농도는 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이고 가정에서 Toluene의 평균농도치는 45에서 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 임을 알 수 있었다.

(2) 생물학적 유출물(Bioeffluents)

인간은 신체표면과 신체로부터 여러 가지 휘발성 물질을 방출한다. 이들은 주로 pyruvic acid(피발산), 젖산(Lactic Acid), 메탄, 암모니아, 아세트알데히드, 부틸산(Butyric Acid), 디에틸케톤, 에틸알코올, 메탄올, 이산화탄소, 일산화탄소 및 유화수소(H_2S)가스등이다. 사무실 건물내의 이산화탄소를 말할 때 보통 대기중의 양보다 2~6배 만큼 많다고 한다. 이와 같이 높은 이산화탄소의 농도로 인한 건강 영향에 관해서 잘 알려져 있지 않다. 보통 핵 잠수함과 우주선에서는 이산화탄소의량을 10,000ppm(0.01%)로 제한하고 있다. 미국 냉. 난방공조 협의회(ASHRAE)에서는 사무실내의 CO_2 의 기준값은 2,500ppm으로 권장하고 있으며 유럽의 스칸디나비아에서는 1,000ppm으로 규제하고 있다.

(3) 담배연기(Tobacco Smoking)

미국 성인들중 약 29%가 규칙적으로 흡연한다. 이 숫자는 약 4,700만 비흡연자들에게 가스와 입자상 물질을 오염시키고 있다. 담배연기중에서 확인된 화학성분 물질은 무려 2,000여종 이상이다. 이들중 중요한 오염원으로 확인된 물질은 호흡성 입자, 니코틴, 니트로소아민, 다핵성 방향족 탄화수소(PAH, Polynuclear Aromatic HydroCarbon), 일산화탄소, 산화질소(NO), 이산화탄소, 포름알데히드, 아크로레인 및 청산(HCN) 등이다.

담배연기중에 발암성 물질은 입자상 물질과 연관되어 있다. 많은 가스성분은 사람들에게 눈을 자극하는 점막 손상의 원인이 되고 흡연자나 비흡연자 모두의 상부 호흡기관을 통과한다. 담배연기가 콧속에서 눈을 자극하는 물질은 아크로레인의 노출이 주원인이 되나 포름알데히드도 다소의 영향을 준다. 이 포름알데히드 가스는 거주지와 비거주지 모두에 실내환경 오염원으로 간주되는 물질이다. 또한 이 가스는 눈, 호흡기관 및 피부를 자극하는 성질이 있다. 여러 가지 실험적 증거로서는 중추신경조직을 마비시킨다고 지적되고 있다. 부가하여 동물실험을 통한 결과로서는 이 가스는 인간의 발암성을 유발할 수 있는 가능성이 있는 물질로 평가되고 있다.

2. 실내(Indoor)/실외(Outdoor)공기질의 상관관계(Relationship)

1) 개요

우리 인간들은 대기 중에 오염된 공기로부터 우리를 보호하는 것은 실내에서 생활하기 때문이다. 즉 제한되어 있기는 하지만, 내부환경영향은 오염된 대기로부터 우리인간을 보호하고 있다. 예를 들면 아황산가스와 오존가스는 매우 반응성이 강한 가스로서 실·내외 농도를 측정할 예가 있다. 아황산가스

(SO₂)의 실내와 실외농도의 상관관계는 일반적으로 실외의 값이 실내 값보다 높다. 즉 실내/실외(I/O)의 비는 0.3~0.5 영역이다. 한편 오존(O₃)가스의 실내/실외의 비는 0.1~0.3이다. 한편 이산화질소 가스는 비교적 활성가스이다. 만일 실내의 이 가스의 근원이 없으면 I/O 의 비는 1.0보다 적다. 즉 전기난로가 없는 공간에서의 I/O 비율을 0.38로 보고되었다.

그러나 조리기구를 사용하는 실내에서 배기장치가 없는 경우에는 이산화질소(NO₂)가스는 외부농도 값보다 약 2배 또는 그 이상의 값을 보인다. 일산화탄소(CO)가스는 비교적 불활성 가스이므로 내부 가스발생원이 없는 장소에서의 I/O의 비율은 거의 1(Unit)에 근접하고 있다.

내부/외부의 폭넓은 노출비율(즉 0.3~0.35)은 입자상 물질에 따라 달리 보고되고 있다. 즉 내부입자 수준은 담배연기나 혹은 조리시 입자발생 정도에 따라 크게 달라진다는 것을 암시하고 있다.

이들 가스는 가스용 조리기구가 있고 없는 것에 따라 다르고 또한 배기시설이 없는 연소모형의 열기구 공기여과장치 및 공기배기시설의 존재 여부에 따라 영향을 받게 된다.

호흡성 분진을 증가시키는 가장 단순하고 중요한 요인은 담배연기이다. 호흡성 분진에 대한 I/O 비율에 관한 담배연기에 영향을 [표 1]에 기재 하였다.

[표 1. 호흡성 분진에 대한 I/O의 공기비율]⁽²⁾

연 구 1	I/O 비	연 구 2	I/O 비
애연가 거주지	4.4	애연가 1명 거주	1.7
비애연가 거주지	1.4	애연가 2명 거주	3.3
사무실 건물	1.4	비애연가 거주지	1.2

이 [표 1]에 따르면 담배연기가 존재하지 않을지라도 호흡성분진은 실내에서 농도가 더 높은 것으로 지적되고 있다.

2) 실내/실외 유기화합물의 측정⁽⁷⁾

(1) 1977년 Johansson 씨는 15개의 휘발성유기화합물(VOC)의 농도를 조사하기 위해 2개의 학교교실을 대상으로 하였다. 포집한 시료의 종류는 외부공기와 교실내에서 남. 여 학생들이 모두 없을 때와 학생들이 있을 때를 각각 측정하였다. 실내와 실외 공기의 정성적인 조성은 거의 유사하게 측정하였다. 검사결과는 실내에서는 실외보다 화합물의 종류도 많았고 또한 농도도 더 높게 나왔으며 화합물의 종류는 지방족 및 방향족 탄화수소가 대부분이었다.

검사된 물질종류와 농도는 교실내 학생들이 있을 때 증가하였다. 내용을 보면 아세톤과 알킬벤젠의 평균농도는 빈 교실에서 취한 시료 중에 각각 $7.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $8.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 그러나 학생들이 있을 때 측정치는 각각 $19.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $12.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

결론적으로 빈 교실과 학생 있는 교실의 외부공기를 분석한 결과는 실내와 실외의 정성적인 조건은 거의 유사함을 알았다. 주로 지방족 및 방향족 탄화수소가 많이 존재하였고 검사된 화합물의 숫자와 농도는 특별히 지방족 화합물의 실내에서 농도가 높았으며 학생들이 있는 교실에서 증가함을 알 수 있었다. 여러물질중 아세톤과 에탄올이 대부분이었고 이것은 사람과 관련이 있다는 것을 알았다. 한편 이산화탄소는 적은 수의 사람이 있을 때라도 농도가 높았고 방에는 무관하였다.

일반적으로 실내공기와 실내의 여러 종의 물질사이에 상호작용은 물론 실내 공기조성에 대해서도 아직까지 정확히 알 수 있는 것이 거의 없다.

아마도 빈 교실(공간)은 화학반응부와 같은 작용을 할 것이다. 왜냐하면 실내공기의 조성은 유입된 공기와 빈방 속에 물질의 조성에 의해서만 정의할 수 없기 때문이다.

실내공기 조성의 정확한 설명이 있기 전에 더 많은 조사를 해야 할 것이고 더욱이 냄새나는 오염물질이 생성되는 방법과 오염물이 실내에서 어떻게 작용하는 가를 알아야 할 것이다.

3) 실내/실외 공기질 오염원

(1) 호흡성 황산염과 분진

Douglas⁽⁸⁾(1981년)씨등은 호흡성 분진과 황산염의 실내, 외 농도를 적어도 1년동안 6개 도시에 68개 가정을 측정하였다. 측정된 자료는 건물의 특성을 확인하고 영향을 파악하기 위해 면밀히 분석 평가되었다.

외부 미세먼자의 평균 침투 속도는 약70%로 확산되었고 담배연기는 실내 호흡성 분진의 주된 원인으로 파악되었다. 황산염 농도가 실내에서 증가되는 요인으로서는 흡연과 사용되는 가스난로와 무관하지 않다는 것을 알았다. 건물의 전체적인 공기조절의 영향을 외부의 미립자가 침투하는 것을 약 절반정도 감소시킨다는 사실을 알았다. 호흡성 분진과 황산염의 노출은 주로 실내공기 오염수준을 평가하기 위한 것이다. (Spengler D. 1980)

(2) 종합평가와 미래 연구계획

실내와 실외의 호흡성 분진입자 및 황산염을 광범위하게 오랜 기간동안 측정한 결과는 역학조사 연구의 한 부분으로서 평가되고 있다.

1981년 spengler등의 논문 내용을 보면 외부의 호흡성 분진 및 황산염의 농도는 6개 도시들 사이에 상당한 차이가 있다는 것을 알았다. 또한 매도시에서 포집한 시료를 측정된 결과를 보면 실내 평균농도가 크게 차이가 있다는 것을 알았다. 입자들의 오랜기간 동안 평균 침투율은 약 70% 정도이다. 이것은 하루종일 냉방기를 가동한 건물이나 가정에서 약 30%를 감소시킨 것과 같은 결과이다.

한편 실내에서 미립자를 발생시키는 주원인은 담배연기이다. 담배 한 개를 피우면 평균 약 $1.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 호흡성 입자를 발생시키게 된다. 이때 냉방기를 가동시키면 실내공기 순환으로 인해 약 $42\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도로 증가된다. 가정에서의 다른 요인은 실내호흡성 분진농도에 약 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 부가시킬 수 있다.

황산염을 유발시키는 본래의 중요한 요인으로서 담배연기와 사용되는 가스난로와 관련이 있다는 것을 알 수 있었으며 가스난로로 증가되는 평균 황산염의 농도는 약 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 만큼 증가된다는 사실로 알 수 있었다. 가정에서 배출되는 배기가스의 속도는 계절적으로 기상과 가정특성에 따라 변하고 있다.

앞으로의 연구는 계절적인 요인과 기상변화를 조사해야 할 것이다. 실내 공기 오염원은 개인차에 따라 달리 예측된다.

4) 실내/외 유기오염물질의 상호관계

Frank H. J⁽⁹⁾(1981년)등은 지금까지 산업체 작업환경에서 몇가지 독성 물질을 제외하고 비교적 유기오염물질에 관한 정보가 거의 없다고 발표하였다. 산업체에서 보다 타 밀폐 공간에서의 실내공기에 대한 각개인의 노출정도를 조사함에 있어, 유기오염물질에 의한 실내공기 질의 중요한 정의를 내리기 전에 오염물질의 정보 즉 종류 및 농도를 알 필요성이 있다는 것을 알았다.

o 대기 중에 오염물질 측정에 사용되는 방법은 두 가지가 있다.

가. 외부공기 측정법 : Methane의 측정법과 Methane이 아닌 기타 모든 유기물질

나. 8시간 노출기준이 OSHA에 의해 확정된 유해한 물질에 대하여는 NIOSH에 의해 특정화된 방법으로 측정.

(1) 연구결과 요약

가. 사용한 분석기기 종류

o 워싱턴시 가정에서 포집한 시료는 Column SP-1000을 사용하여 Gas Chromatography로 분석하였다

o 시카고시 가정에서 포집한 시료 대부분은 Gas Chromatography Column SP-2000, SE-30 또는 OV--101을 사용하여 분석하였다.

나. 분석한 물질의 종류와 분석치

- 시카고와 워싱턴에서 포집한 물질의 종류는 [표 2]에 수록하였다.
- 내부/외부 시료의 전형적인 분석치는[그림 1, 2]에서 볼 수 있다.
 - 내부 시료중에 화합물의 종류는 118종이었고
 - 외부시료중에 화합물의 종류는 단지 29종뿐이었다.

다. 기타사항

- 조사된 가옥의 연한은 최소 1년에서 60년 사이이며 평균(18 ± 16)년이었다.
- 가옥당 거주자의 수는 2~7명이었는데 평균 3.6 ± 1.3 명이었다.
- 거주자의 연령은 최소 7개월에서 76세 이었다.
- 물질의 종류 수는 총 250종이상의 화학물질이 확인되었다.

예로서, 지방족탄화수소(Alkane Series) 화합물중 탄소수가 3개인 프로판에서 탄소수가 16개인 Hexadecane 이 검출되었다.

- 발견된 비정상적인 몇 종의 화합물들은 다음과 같다. 즉, 심한 폐(Lung)에 자극을 줄 수 있는 케텐(Ketene) 화합물은 아세톤(Acetone)이 열분해 됐을 때 생상될 수 있는 화합물이므로 정상 상태에서는 발견될 수 없는 유해한 물질이다.

또한 질소를 함유한 독성을 가진 화합물로서는 아세토니트릴(Acetonitrile), 아크닐로니트릴(Acrylonitrile) 및 부틸니트릴(Butylnitrile)등이 발견되었고, 발암성 의심물질로서는 이황화탄소(CS_2), 뉴로톡신(Neurotoxin), 벤젠, 트리크로로에틸렌, 테트라크로로에틸렌, 스티렌(Styrene), 염화벤젠과 디염화 벤젠 등이 발견되었다.

예를 들면 [표 3]에 수록된 실내/실외 아세톤의 비는 51%대 35%로 비율은 1.5배이다.

- 에탄올, α -Pinene, Limonene, Indole과 같은 화합물은 인간 체내에서 생성된다. 고로 인간이 존재하는 실내 가정에서는 외부에서 보다 내부에서 더 많은 종류의 화합물이 발견되었다.

미국 시카고시는 북, 서부 보다 남부지방에 더 공업화 되있어 외부 측정 한 비율은 남부 62%, 북부 25% 서부13%의 순으로 화합물이 발견되었다.

이상의 실험 전체를 볼 때 실내와 실외공기중 여러 가지 유기화합물의 실험은 시카고 도시 부근에 36개 가정집을 대상으로 조사하였고 15개 가정은 여름과 겨울철에 각각 시료를 나누어 포집하였다. 결론을 요약한 내용은 다음과 같다.

- (가) 사람들은 실내와 실외 모두에서 광범위한 유기화합물에 계속 노출되고 있었다.
- (나) 이들 화합물의 농도는 평균하여 100ppb와 같거나 그 이하이었다.
- (다) 더 높은 농도가 일시적으로 유발되는 경우가 있는데 이때에는 실내를 가꾸기 위해 페인트를 칠하거나 여러 가지 용매를 써서 실내 청소를 하거나 가스를 사용하여 요리를 하는 경우에 실내에서 야기된다.
- (라) 실내의 농도가 1ppb와 같거나 그 이상일 때 여러 가지 화합물이 실외보다 많다.
- (마) 실내의 여러 가지 오염물은 장식용 카펫, 의류, 가구 및 가정에 인류발달 과정에서 야기된다.
- (바) 측정된 물질의 종류는 가정에 위치가 산업활동에 영향을 받아 인근지역에 오염원이 있을 경우 그 종류가 많다.
- (사) 측정된 자료에 따르면 오염원은 계절적으로 관련이 없다.
- (아) 시료포집 방법은 1ppb수준이거나 그 이상에서 실내 및 실외공기질의 일반적인 조사시 효과적으로 수행할 수 있다.

**[표 2] 워싱턴시와 시카고시 가정에서 측정된 유기화합물 분류(16종)
총169종**

포화탄화수소류 : 14종	염화불화탄소 : 9종
불포화탄화수소류 : 26종	알코올 : 16종
2중 불포화탄화수소 : 21종	알데히드류 : 8종
3중 불포화탄화수소 : 1종	에스테르류 : 4종
질소화합물 : 10종	에테르류 : 2종
케톤류 : 5종	헤테로고리류 : 5종
방향족류 : 25종	테레핀류 : 8종
유황화합물 : 2종	환포화탄화수소류 : 13종

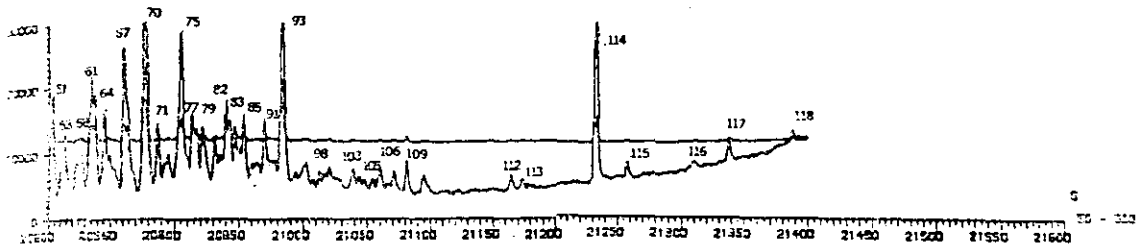
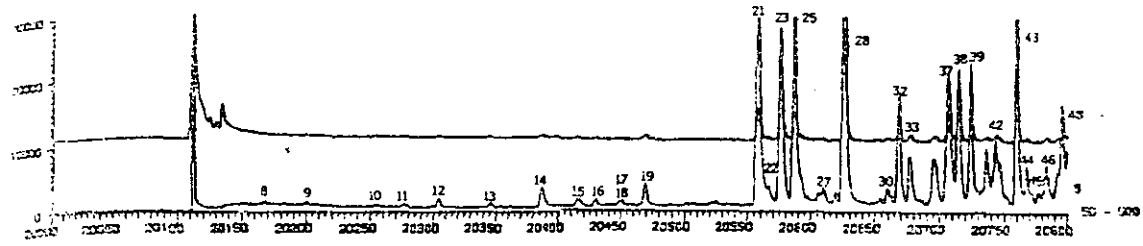
Frank H. Jarke(1980)등은 [표 2]와 [표3]에 수록된 총 169종의 화합물은 물질별로 실내, 외에서 측정된 값이다.

[표 3] 시카고시 부근가정에서 측정한 실내, 외 화합물(%)

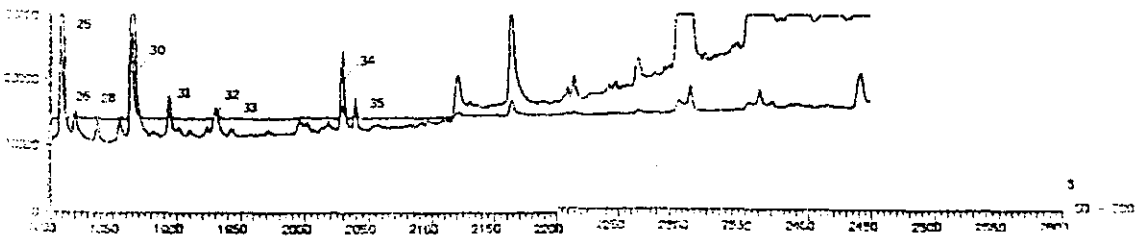
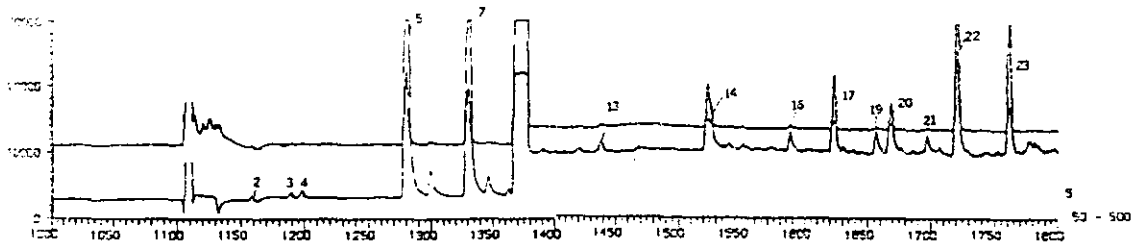
화 합 물 명	실내	실외	실내/외(비)
Acetone	51	35	1.5
Ethanol	46	9	5.1
Hexane	51	41	1.2
Benzene	91	88	1.0
2-Methyl hexane	29	9	3.2
Heptane	46	32	1.4
Toluene	80	86	0.9
Tetrachloroethylene	40	36	1.1
Octane	43	32	1.3
Ethylbenzene	57	32	1.8
m-Xylene	46	56	0.8
P-Xylene	37	32	1.2
Nonane	46	38	1.2
Benzaldehyde	34	15	2.3
α -pinene	37	6	6.2
β -pinene	11	6	1.8
Acetophenone	17	9	1.9
Decane	29	18	1.6
Limonene	37	12	3.1
Undecane	29	12	2.4
Naphthalene	43	21	2.0
Dodecane	29	12	2.4
Indole	11	3	3.6
Biphenyl	26	6	4.3
Methanol	6	3	2.0
Trichloro ethylene	14	9	1.6
Methylethylketone	3	3	1.0

[표3]에서 알 수 있는 사실은 실내와 실외에서 측정한 유기화합물질의 상대적 인 비를 알 수 있었다.

[그림 1] 실내 오염물질 분석치



[그림2] 실외오염물질 분석치



3. 실내에서 유발되는 유해물질

1) 담배연기(Tobacco Smoking)

(1) -6종의 유해물질을 중심으로-

Thad Godish(1991년)⁽¹⁰⁾씨는 실내에서 담배연기중에 유해물질에 관한 내용을 아래와 같이 발표하였다. 실내에서 담배연기는 연소에 의해 생성되는 오염물질이 주류를 이룬다. 담배연기는 미국에서 담배를 피우는 약 4천2백만의 인구('91년 현재)와 담배를 피우지는 않지만 무의식적으로 연기로 오염된 실내에서 호흡을 해야만 하는 해아릴 수 없이 많은 수백만 명의 사람들에게 건강의 위험을 주고 있다. 매연 속에는 수천 종의 가스와 입자상 물질이 확인되었다. 담배를 연소시킬 때 부산물로 생성되는 물질들 중에는 호흡성 입자상물질, 니코틴, 니트로소아민, 다핵성 방향족탄화수소(PAHs), 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화질소, 아크로레인(Acrolein), 알데히드 및 시안산(HCN)등이 검출되었다.

담배연기에서 발생하는 실내공기 오염물질은 담배가 타고 있을 때 나오는 독한 연기와 피울 때 주류선에서 배출되는 두 종류의 가스농도로 평가된다. 즉 비주류선 연기와 주류선 연기가 합해진 총 연기는 보통 담배 피울 때 대기로 배출되는 것으로 이해된다.

개인에게 노출되는 담배연기 성분의 농도는 소모된 담배모양과 숫자에 따라 그리고 방의 크기 및 환기속도에 따라 다르다. 여러 종류의 분위기에 따라 측정된 담배연기와 관련된 농도는 다음 표에 종합하였다.

[표 4] 실내공간에서 담배연기중 오염물질의 종류와 값⁽¹⁰⁾

오염물 종류	환경형태	농도 값	금연시 값
일산화탄소(CO)	방(18명 흡연)	50ppm	0.0 ppm
	식당(15명 “)	4ppm	2.5 ppm
	경기장(11,806명)	9ppm	3.0 ppm
	선 술 집	589 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
호흡성분진(RSP)	빙 고 홀	1,140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	간이 식당	109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
이산화질소(NO ₂)	식 당	63ppb	50ppb
	술 집	21ppb	48ppb
니코틴(Nicotine)	방(18명 흡연)	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	식 당	5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Benzo- α -pyrene	경 기 장	9.9 mg/m^3	0.69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
벤 젠	방(18명 흡연)	0.11 mg/m^3	-

[표 4]에서 알 수 있는 사실은 먼저 일산화탄소 가스의 경우 보통크기의 방에서 18명이 흡연시 50ppm이 검출되었고 경기장에서는 실내보다는 실외의 성격이 있어 11,000명 이상이 운집한 중에 흡연자가 정확히 몇 명인지 알 수 없으나 9ppm이 검출되었다. 한편 선술집에 경우 589 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 일산화탄소가 검출되었으며 Nicotine도 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 벤젠의 경우도 0.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 측정되었다.

(2) 밀폐된 공공건물 내에서 흡연중 일산화탄소의 농도

Stephen B. Capell⁽¹¹⁾(1977)씨 등은 비흡연자들이 밀폐된 공공건물 내에서 어느 정도 담배연기에 영향을 받고 있는가를 알아보기 위해 밀폐된 건물 내에서 일산화탄소의 농도를 측정하였다.

측정장소는 일반대중음식점, 정부기관사무실, 나이트클럽, 선술집, 백화점, 은행 및 버스 및 공항터미널과 같은 다양한 공공건물 내에서 수행하였다. 즉 첫 번째는 「일시점검법」이었고 다른 하나는 보통저녁시간 동안 선술집과 나이트클럽에서 일산화탄소 농도변화를 계속하여 측정하는 것이었다. 결과적으로 선술집과 나이트클럽을 제외하고 대부분 공공장소의 실내와 실외에서의 일산화탄소 농도의 차이는 거의 없었다. 몇 개의 선술집과 나이트클럽에서는 일산화탄소 농도가 사람들에게 노출된 경우 건강에 해를 끼치는 수준에 이르고 있었다.

공기오염은 최근에 상당한 논쟁이 되고 있다. 그러나 이러한 논쟁은 주로 외부 공기오염의 관심사였던 반면 실내공기오염(Indoor Air Pollution)에 대하여는 비교적 관심이 없었다. 담배연기는 실내오염을 유발시키는 주 원인물질이다.

담배 피우는 장소에서 비흡연자 및 흡연자들의 건강에 영향을 주고 있는 담배연기에 노출되고 있다.

금번 연구의 목적은 비흡연자가 밀폐된 공공장소에서 담배연기 성분에 어느 정도 문제가 야기되는가를 측정하기 위한 것이다. 일산화탄소는 매연 중에 주요성분이며 또한 비교적 측정이 용이한 가스이므로 선택하게 되었다.

담배연기중에 일산화탄소를 측정한 여러 연구중에 일산화탄소의 수준은 캐나다 공기질의 목표를 능가하는 것도 있으며(1시간 평균농도는 30ppm), 때로는 노출기준도 능가하는 것도 있다. (8시간 평균농도는 50ppm)

Harke 씨는 국소배기 시설이 없는 57m² 크기 방에 매연이 가득찬 경우 일산화탄소의 농도는 50ppm 이라는 것을 지적하였다. 또한 Harnsen과 Effengerger 씨등은 62명이 2시간 동안 담배를 피운 밀폐된 방에서 일산화탄소의 농도는 80ppm 이라고 보고하였다. Russell과 공동연구자들은 43m²의 환기시설이 없는 방에서 일산화탄소의 농도는 38ppm이라고 하였고 Shephard와 공동연구자들은 캐나다 토론토 나이트클럽에서 측정한 일산화탄소 농도는 41ppm이라 발표하였다.

[표 5] 밀폐된 공공장소의 일산화탄소의 농도('77년 캐나다)⁽¹¹⁾

건 물 명	건물 수	측정회수 내부외부	내부평균(ppm) ± 표준편차	외부평균(ppm) ± 표준편차	내부 (ppm)	외부 (ppm)
일반공공건물	18	20 10	3.5±1.5	2.0±1.5	1.0~7.0	1.0~6.5
정부사무실	10	17 9	2.5±1.0	2.5±1.0	1.5~4.5	1.5~4.5
음 식 점	15	17 9	4.0±2.5	2.5±1.5	1.0~9.5	1.0~5.0
나이트클럽 및 선술집	14	19 7	13±7.0	3.0±2.0	3.0~29.0	1.0~5.0

[표 5]에서 알 수 있는 사실은 나이트 클럽 및 선술집의 일산화탄소의 농도를 제외하고 대부분 공공장소에서 내부와 외부의 가스 수준은 거의 차이가 없다는 것을 알 수 있었다. 이 가스를 측정한 조건하에서는 자동차 배기가스와 같은 연소에 의해 생성된 가스는 추가되지 않은 것 같고 다만 상관관계가 있는 요인으로서 방의 크기, 흡연자의 수 및 국소배기 시설의 효율여하에 따

라 일산화탄소 농도가 달라질 수 있다.

(3) 담배연기중 3,4-Benzpyrene의 농도

Galuskinova V.⁽¹²⁾(1964년)씨는 음식점과 공공회의장소의 흡연 장소에서 공기중에 3,4-benzpyrene의 농도를 측정하기 위한 실험을 통해 알 수 있는 사실은 소위 간접흡연자들의 유해성 문제가 야기되고 있음을 알았다.

체코에 수도 프라하에서 3,4-benzpyrene의 농도가 공기 100m³ 당 0.28~4.6r (gamma) 사이로 측정되었다. 같은 방법으로 흡연회의 장소에서는 이 benzpyrene의 농도가 역시 100m³당 2.82~14.4r로 측정되었다.

이와 같은 폭넓은 3,4-benzpyrene 농도의 변화는 프라하시 환경에 따라 매연 습관과 방의 공기순환 변화에 따라 측정한 것으로 판단한다.

[표 6] 공기와 흡연회의실 중에 3,4-Benzpyrene의 농도⁽¹²⁾

계절	농도	공기 100m ³ 당 3,4-Benzpyrene 농도(r)			
	시료 조건	프라하시 대기중			흡연회의실
	연도	1960	1961	1962	1962
	연도	1960	1961	1962	1962
9월		0.3, 0.45	0.5, 0.6	0.3, 0.6	5.4, 10.7, 14.4
10월		4.2, 4.6, 3.3	3.1, 3.02, 2.25	2.7, 3.0, 3.2	2.82, 6.8, 8.7

[표 6]에 따르면 대기중 시료에서는 흡연회의실에서 보다 3,4-Benzpyrene의 농도는 대체적으로 낮음을 알 수 있었다.

즉 대기중의 농도 : 0.3~4.6r 이나

흡연회의실 농도 : 2.82~14.4r의 값을 보이고 있다. 일반적으로 여름철에는 대기의 분산이 가을철보다 커서 대기 중에 유해가스의 성분 농도는 적다.

2) 오존(O₃)가스 (사진복사기 사용중 오존의 방출농도)

o Selway R. Allen⁽¹³⁾(1980)등은 모형이 다른 10대의 사진복사기에서 발생하는 오존(O₃) 방출량을 시험하였다. 이때 사용자의 호흡위치에서 측정된 오존가스의 농도는 적게는 4μg/m³에서 많게는 300μg/m³량으로 광범위한 값을 보였고 이것은 복사당 1~ 54μg의 오존 방출량에 해당된다는 것을 알았다.

o 연구방법

모든 사진 복사기 사용자들은 시카고에 있는 이리노이스 대학의대 연구소에 위치해 있으며 측정시 조건은 다음과 같았다.

(1) 복사기 사용자가 있는 방은 완전하게 모든 문과 창문은 테이프를 써서 밀봉하여 막았다.

(2) 실내에 유입될 수 있는 오존의 가능한 발생원은 막았다.

(3) 기계작동시 복사물은 최대 속도로 제조하였다.

○ 결론

오존가스 방출량은 복사당 $1\mu\text{g}$ 에서 $54\mu\text{g}$ 까지 다양하다. 대부분의 복사자들은 $0.153\text{ppm}(300\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 정도로 높은 농도에 작업실에서 분명하게 영향을 받는 충분한 량에 오존(O_3)가스에 노출되고 있었다.

(4) 오존(O_3) 가스 노출에 대한 건강영향(천식환자 중심)

○ William S. Linn⁽¹⁴⁾(1978)씨 등은 오존에 대한 논문을 발표하였다. 즉 대기오염원 중에 하나인 오존(O_3) 가스는 광화학 산화반응으로 생성되는 주요한 대중건강에 유해성을 나타내고 있는데 이에 관한 연구는 사람과 동물에 실험적 노출과 역학적 연구를 통하여 수행되었다. 오존에 대한 미국의 공기질 표준치는 0.08 ppm 으로 정하고 있다(The National Ambient Air Quality Std.). 이 0.08ppm 값은 1년에 1일 이상을 넘으면 앞되는 1시간 평균농도이다. 이러한 기준농도가 여러 지역에서 가끔씩 초과하기 때문에 부가적인 기준치가 공기오염의 보호조치를 수립할 목적으로 제정되었다. 즉 미국의 환경보호청(U.S.EPA)에서는 경고농도(Alert Conc.)로서 0.20ppm (1시간 평균농도)을 제정하고 있으며, 오존에 의해 가장 심각하게 오염되고 있는 캘리포니아 주에서는 제일단계 충고(First-stage health Advisory)농도로서 0.20ppm 을 제정하고 있다.

측정기술 사이에 모순 때문에 캘리포니아 기준치는 미국환경보호청의 참고 기준치인 0.25ppm 으로 규정하고 있다.

3) 이산화질소(NO_2)

(1) 초등학생들에 호흡성 질환과 조리시 사용하는 가스와의 관계

B. D. Goldstein⁽¹⁵⁾(1978)씨 등은 초등학생들의 호흡성 질환과 폐기능에 대한 이산화질소가스의 실내에서 발생되는 농도사이에 상관관계를 조사하기 위해 연구를 착수하였다. 이산화질소 가스를 겨울철에 가정집 내부와 외부에서 일주일 간 측정하였는데 연령은 약 6~7세 이었으며 거리는 4Km 이내에서 수행하였다. 측정된 이산화질소의 장소는 75개소이고 일주일간 평균측정치는 $14\sim 24\text{ppb}$ 이었다. 또 다른 측정은 가스를 사용하는 428개의 가정집 부엌을 측정하였고 이때 측정값은 $5\sim 317\text{ppb}$ 였으며 평균값은 112.2ppb 이었다. 이때 전기기구를 쓰는 가정은 87개이었고 측정범위는 $6\sim 188\text{ppb}$ 이었으며 평균값은 18.0ppb 이었다. 107명의 어린 학생들의 침실을 무작위로 시료포집하여 측정한 값은 $4\sim 169\text{ppb}$ 이었고 그 평균값은 30.5ppb 이었다.

전열 조리기구가 있는 18개 침실 있는 가정을 측정한 값은 3~37ppb 이었고 평균치는 13.9 ppb 이었다. 이산화질소 가스는 원천적으로 호흡성 질병을 일으킨다.

높은 농도의 급성노출(Accute Exposure)로 인해 사람이나 동물이 폐질환에 의해 사망할 수도 있다.

외부에서 이산화질소의 생성은 자동차 배기가스와 산업체에서 높은 온도로 배출되는 배출물로부터 생성된다. 특히 석유화학공업중의 화력발전소에 발생된다.

(2) 인체에 폐기능에 미치는 이산화질소에 영향

- o 미국의 외곽지역의 공기오염도의 평균값은 이산화질소(NO_2)의 경우는 0.10~0.80ppm 수준이었고 단기간 최고농도는 1.27ppm으로 측정되었다.('71년 미국 공기공해 관리청 조사)

H. D. Kulle⁽¹⁶⁾(1979)씨 등은 이산화질소에 대한 산업위생학적 직업성 노출은 5ppm으로 ACGIH 는 규정하였다.(단 이때 '77년 ACGIH가 설정한 최고농도값을 넘으면 안됨) 일반적으로 인간에 있어서 이산화질소의 독성효과에 대한 제한된 연구는 10분에서 최고 3시간 동안 높은 노출기준값은 1.0~5.0ppm이 적절하다고 고려되고 있다. 그러나 이산화질소의 냄새는 0.5ppm 농도에서 쉽게 인지할 수 있으나 문제는 노출후 15분이 경과하면 냄새를 인식하지 못한다는 것을 알았다.

4) 포름알데히드(Formaldehyde)

(1) 포름알데히드와 고분자 화합물

Emil J. Bardona⁽¹⁷⁾(1980)씨는 포름알데히드는 무색의 자극성 가스이며 분자량은 30.03이다. 이 가스의 제조는 메틸알콜(CH_3OH)을 금속촉매(구리, 은, 철, 모리브덴 등)를 사용하여 산화반응을 시키면 생성된다. 이 가스 30~50%를 무게 비로 수용액에 용해시키고 중합을 방지하기 위해 메탄올 10~15%를 가하면 포르말린 용액이 된다. 모든 과정에서 흡수된 이 가스는 신속히 체내에서 개미산(HCOOH)으로 산화된 후 포메이트(H-COOR)로 변하여 소변으로 배설된다. 이 가스가 피부나 점막에 접촉되면 단백질의 비가역 응고반응이 일어난다. 이 가스의 기본적인 구조식은 HCHO 또는 CH_2O 이다. 제조된 포름알데히드 가스는 주로 수지(Resin)나 플라스틱 합성에 대부분 사용된다는 것을 보고 하였다.

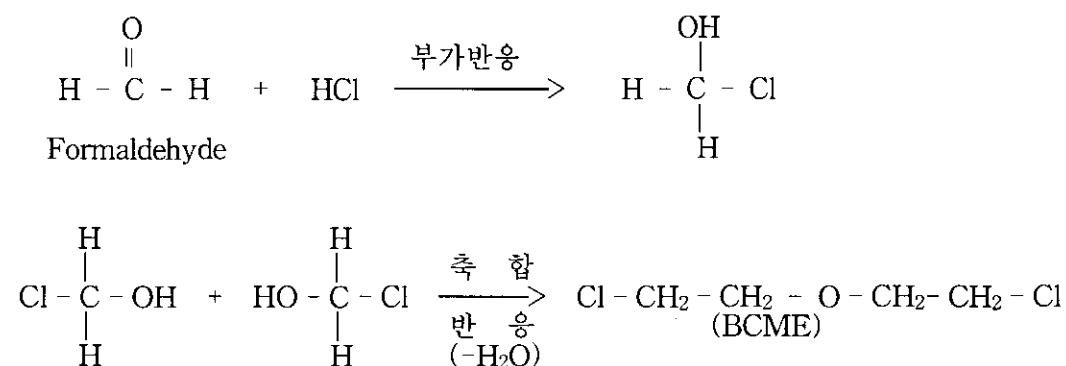
(2) 포름알데히드의 독성

사람들이 포름알데히드 가스에 노출됐을 때는 눈, 코 및 목등의 자극을 일

으키고 눈물, 재채기, 숨참, 불면증, 답답함, 메스꺼움, 무기력 등의 증상이 나타난다. 미국 암연구소(IARC)에서는 쥐를 대상으로 동물 실험한 결과 이 가스가 발암성 물질이라는 것을 확인하였으나 역학적 조사결과 포름알데히드가 발암성인지는 확실치 않다는 보고도 제시하고 있다.

이 가스가 염화수소(HCl)가스와 반응하면 비스-크로로메틸에테르(BMCE)라는 유기물질을 생성하게 되어 이것이 폐암을 일으키는 것으로 보고되고 있다. 고로 NIOSH에서는 각 사업장에서 이 포름알데히드를 잠재적인 직업성 발암성 물질로 관리할 것을 권장하고 있다.

다음 화학반응식은 포름알데히드가 염화수소를 만나면 첫단계의 부가반응을 거쳐 다시 축합반응이 일어나 최종 유해한 물질인 비스-크로로메틸에테르(BCME, Bis-Chloromethyl Ether)가 생성되는 과정을 표시하였다.



질병을 유발하는 포름알데히드와 같은 화학물질의 잠재적인 독성을 평가할 때 숙련된 내과 의사들은 노출기준치(PEL)이나 기준농도(TLV)를 요구하는 경우가 있다. 어느 누구도 화학물질에 대해서 돌연변이와 같은 변화에 대한 적응성을 발견한 사람은 아무도 없다. 따라서 포름알데히드와 같은 물질에 대한 노출할 수 있는 노출한계에 대해 상당히 합당한 이유를 발견치 못한 것은 바로 그러한 이유 때문이다.

포름알데히드의 노출기준치;

1971년, 미 연방표준국은 기준치를 3ppm으로 규정.

1975년, ACGIH는 대기 중에서 0.1ppm이하 범위를 정하였고 산업체에서는 TLV를 2ppm으로 권장하였다.

1995년, OSHA PEL, 0.75ppm STEL : 2.0ppm

NIOSH REL, 0.16ppm, C : 0.1ppm

ACGIH TLV. 0.3ppm(A₂), C, 0.37ppm(A₂)으로 정하고 있다.

(3) 포름알데히드와 파라포름알데히드의 관한 연구

가. 요약

Edward J. Kerfoot⁽¹⁸⁾(1975)씨 등은 포름알데히드는 상부호흡기관을 자극하는 독성가스로 분류되며 이 가스는 많은 포름알데히드를 취급하는 근로자들에게 유사한 증상을 나타내게 하는 독특한 생리적 성질을 가지고 있어 눈이 타는 것 같고, 낙루현상이 나고, 또한 상부호흡기관의 자극성이 있다. 이 포름알데히드의 독성작용을 알아보기 위해 본연구가 수행되었는데 사용되는 가스를 측정하기 위해 장례식장에서 방부제로 사용되는 포름알데히드로 처리된 시체 안치실 에서 이 가스에 미치는 영향에 대한 연구가 수행되었다. 파라포름알데히드는 포름알데히드 가스를 농축하여 만든 분말로된 고체이다. 분자식 표기는 $(CH_2O)_x$ 로 표기되고 물에 잘 녹으며 알코올이나 아세톤과 같은 유기용제에는 불용성이며 이 물질 역시 포름알데히드의 냄새가 난다.

고로 본 연구에서는 분말로된 파라포름알데히드를 측정하여 호흡성 기관에 포함되어 있는 가도 알아보았다고 발표하였다.

나. 연구개요

대다수의 포름알데히드 취급 근로자들은 물리적 성질과 가스사용에 대하여는 잘 인식하고 있으나 이 물질이 자극성이 있다는 사실은 잘 모르고 있다. 고로 본 연구에서는 중요한 포름알데히드의 성질을 설명하는 것은 매우 가치 있는 일이다. 포름알데히드가스는 독성이 있어 상부호흡기관을 자극하는 가스로 분류되는데, 왜냐하면 이 가스는 물에 대한 용해도가 크기 때문에 호흡시 수분에 용해되어 체내에 흡입되기 때문이다. 포름알데히드를 최소로 감지할 수 있는 양은 0.05ppm 인데 목을 자극시키는 최소의 농도는 0.5ppm 이다.

포름알데히드 증기의 적은 농도로 노출될 때에 관찰되는 초기증상은 눈을 자극하며 눈물이 나고 또한 상부호흡기관을 자극하는 것으로 나타난다. 1975년 포름알데히드의 기준농도를 5.0ppm으로 정했을 당시 호흡성 상해를 막기 위해 충분히 낮은 값으로 추측하였으나 취급근로자 모두에게 노출될 자극성의 증거를 예방하기 위해 반드시 낮은 수치는 아니었다.

그러므로 포름알데히드의 현재('75년) TLV값은 5.0ppm에서 2.0ppm 으로 감소하게 되었다.

다. 장례식장에서 측정

방부처리된 장례식장에서 포름알데히드 증기농도 측정결과는 최소 0.09에서 5.26ppm 범위에 있었고 이때 시료수는 187개이었다.

이들 측정값은 [표 7]에서 관찰할 수 있다.

[표 7] 장례식장에서 포름알데히드의 농도⁽¹⁸⁾

방번호	농도범위(ppm)	평균농도(ppm)
1	0.17~5.26	0.21
2	0.09~0.89	0.35
3	0.35~1.22	0.64
4	0.13~0.45	0.25
5	0.26~1.23	0.61
6	0.48~2.10	1.39

[표 7]에 따르면 농도범위와 평균농도는 정상적인 작업조건보다 더 낮은 값이었다. 일반적으로 포름알데히드의 수준은 작업방법에서 포름알데히드를 사용하는 다른 상황과 유사한 형태이다. 측정값의 몇 개는 현재 노출농도의 권고치 보다 상위 값을 보이고 있으나 대부분의 값들은 이 수준값이하 이었다. 농도가 2ppm을 넘을 때 근로자들의 건강을 해칠 위험이 있을 수도 있으나 이 수준이하에서는 방부처리된 방은 아마 안전할 것이다.

라. 배기장치(Ventilation system)

국소배기장치는 두 가지 방법으로 평가되었다. 첫째는 포름알데히드 농도의 시료가 배기장치가 설치되지 않은 곳에서 포집되었고(평균농도는 [표 8]에서와 같이 1.34ppm) 다음에 배기장치가 가동되는 곳에서 시료 채취한 평균농도는 0.74ppm 이었다. 이 값은 가동되지 않은 장소에 비하여 약 절반수준의 농도이었다. [표 8]에 따르면 시료번호 4에서 국소배기장치가 있는 곳에서는 0.25ppm 이던 값이 국소배기장치가 없는 곳에서는 0.92ppm 으로 약 4배나 높은 값을 보이고 있다.

두 번째로 국소배기 장치는 시간당 공기순환에 의해 평가된다. 즉 방부 처리한 방에서 측정한 포름알데히드의 평균농도와 비교된다. 이러한 여러 가지 시료를 비교한 농도 값은 [표 8]에 수록하였다.

[표 8] 포름알데히드 농도의 배기장치 유·무와의 비교⁽¹⁹⁾

농도단위(ppm)

방번호	국소배기장치(유)	국소배기장치(무)	공기순환/시간(ℓ)	방부제방 팬위치
1	1.21	2.50	9.1	뒤
2	0.35	0.75	88.0	뒤
3	0.64	0.99	2.7	반대편
4	0.25	0.92	54.0	“
5	0.61	1.10	17.0	”
6	1.19	1.77	0.8	“
평균		1.34		

[표 8]에서 보듯이 시간당 공기순환이 큰 시료번호 2,4번 방속에서의 농도 값은 0.25에서 0.92 사이로 다른 방과 비교하여 매우 적은 농도 값을 보이고 있으나 시료번호 6과 같이 1.19 및 1.77의 높은 농도 값을 보이고 있다.

마. 파라포름 알데히드(Paraformaldehyde)

파라포름 알데히드는 포름알데히드를 농축하여 만든 고체이다.

고로 공기 중에 입자시료를 포집하여 기하학적 평균입자 크기를 측정하니 1.6micron 이었는데 이 값은 침전물을 유지시키는 최적의 값이다. 파라포름알데히드 분말입자들은 대기 중에 있는 포름알데히드 증기를 흡착하는 능력이 있기 때문에 폐(Lung)속으로 깊이 침투되어 아마도 세포벽에 손상을 입힐 수도 있을 것으로 간주된다.

(4) 포름알데히드의 특성

Richard A. Wadden⁽¹⁹⁾(1983)씨 등은 이 가스의 특성을 다음과 같이 보고하였다. 포름알데히드는 합성 뇨소수지 및 페놀-포름알데히드수지를 만들기 위해 사용되는 중요한 산업화학물질이다. 이러한 수지(Regins)는 하드보드 합판을 만드는 접착제로서 사용된다.

뇨소-포름알데히드는 코팅과정에서 사용되며 또한 제지공장에서도 사용되고 단열재 제조공정에서도 쓰인다. 섬유산업에서는 주름이 필요한 물품, 수축이 필요한 물품 등을 제조하기 위해 포름알데히드를 사용한다. 이 물질은 상온에서는 가스이며 대기중의 광화학 스모그(Smog)의 반응생성물중 하나이다.

또한 이 가스는 흡연시 연기속에 연소과정에서 발산되며 가구 제조시 접착제로 사용되므로 가구를 방치했을 때에도 가스가 발생된다. 건축재료와 포름알데히드 수지를 함유한 섬유에서도 생성된다. 이 가스는 일반적으로 1ppm

정도의 미량도 감지되나 개인차에 따라 0.05ppm(1981)도 감지할 수 있다고 한다. 농도가 10~20ppm 정도 고농도에 노출되면 감기, 가슴 답답함, 두통 및 가슴 떨림 현상을 유발할 수도 있다. 이러한 증후군은 5ppm 이하에서도 느끼는 특이한 사람도 있다. 그러면 이 포름알데히드의 기준치는 어느 정도가 안전한가를 알아보면 대부분의 화학물질 노출기준과 같이 쉽지 않다. 시간가중 평균농도(TWA), 즉 1일 8시간 작업시 평균노출 노출량은 미연방표준국에서는 3ppm(71년)으로 정하고 있다. NIOSH에서는 이 기준 값이 근로자의 적절한 건강보호를 위해서는 너무 높기 때문에 1ppm을 권장하고 있다.

5) 라돈(Radon)

Thad Godish⁽²⁰⁻²¹⁾(1985)씨의 연구결과를 요약한 내용은 다음과 같다. 라돈(Rn)은 분자량이 222인 희귀 가스인데 라듐(Ra=226)의 방사성 붕괴로부터 생성되는 희귀한 가스이다. 그런데 라듐은 일반적인 광물(즉 화강암, 변성암, 석회암)등과 같은 우라늄 광물에서 발견된다. 라돈은 반감기가 3.8일로 매우 짧고, 잔존물질을 남기면서 방사능분해를 한다. 이러한 붕괴물질은 고체상의 방사능 원소이며 α -입자를 방출한다. 라돈붕괴의 잔존물질은 전기적으로 전하를 가지고 있어 쉽게 방사능 에어로졸을 형성하기 위해 고체 나 액체입자에 밀착하게 된다. 이러한 에어로졸(Aerosol) 입자를 사람이 호흡시 흡입하게 되면 기도 통로에 밀착하게 된다. 이러한 결과는 생리학적으로 매우 큰 의미를 가지게 된다. 왜냐하면 이렇게 밀착되는 장소에서 조직에 방사선이 폐암을 유발시킬 수 있는 위험이 있기 때문이다. 지하 우라늄 광산에서 높은 농도의 라돈으로 노출된 근로자들이 폐암발생의 상당한 위험성이 있다는 사실은 문헌에 이미 보고되었다. 우라늄 광부들에 대한 자료를 보면 많은 지역주민들이 낮은 농도의 라돈에 노출되더라도 잠재적인 위험성은 있을 것으로 예측된다. 실내에서 라돈노출은 약 10%의 폐암 확률이 있다고 미국에서 평가하고 있으며 같은 폐암 위험율은 노르웨이에서도 발표했으며 스웨덴에서는 폐암의 30%가 실내 라돈 노출평가에 기인한다고 평가되고 있다. 음료수 속에 라돈 수준과 기관지 폐암은 광산에서 이미 보고 되었다고 발표하였다.

또한 지하 인광석에서도 비교적 높은량의 라듐을 발견하였다. 실내공기중에 라돈의 주 발생원은 지각가스(Soil Gas), 우물물과 석조건물 등에서 유래된다. 라듐을 함유하고 있는 석조건물이 건물 내부로 직접 라돈을 발생할 수도 있지만 관찰된 기록에 따르면 실내공기 오염의 기여도는 10%이하 수준으로 비교적 적은 량이다. 그러한 물질은 에너지 효율이 좋은 건축물에서 고려된다. 대부분의 경우 주 발생원은 지하 틈새를 통해 전달하는 지각가스와

압력현상으로 흡수되는 지각가스로 간주된다. 몇몇 가정에서 라돈의 노출량은 막대할 수도 있다. 또한 일반 거주자들에 대한 방사선 노출의 가장 큰 양이 될 수도 있다. 환기가 잘 되는 집일지라도 지층가스와 우물물로부터 방출되는 방사선은 미국 환경청(EPA)의 건강보호 지침 수준인 4 피코큐리/리터(PCi/ℓ, Picocuries/Liter) 이상의 라돈 수준이 될 수도 있다.

라듐은 우라늄(U-238)의 연속붕괴로 생성된 물질이 반감기(Half Life time, $t_{1/2}$)가 3.8일인 라돈과 반감기가 3분밖에 안되는 포로리움(Po 218)등과 같은 α -선 방출물이며 화학반응에 대해서는 활성이 없는 물질이다. 우라늄과 라듐(Ra=226)을 함유한 물질은 라돈(Rn=222)의 발생근원 물질이다. 또한 라돈의 발생원이 되는 물질을 여러 종의 건축원자재에서 방출되는데 즉 바위(Rock), 모래(Sand) 및 진흙(Clay)등의 토양 물질로부터 라듐을 발생시키고 여기에서 다시 가스상의 라돈(Rn)을 발생하게 된다.

[표 9] 건축자재 종류에 따른 라듐(Ra-226) 농도값⁽²²⁾

건축자재명	국 가	평균농도(pci/ℓ)	건축자재명	국 가	평균농도(pci/ℓ)
벽 돌	독 일	2.6	시 멘 트	스웨 덴	1.5
벽 돌	스웨 덴	2.6	시 멘 트	러시아	1.2
붉은 벽돌	러시아	1.5	화 강 암	독 일	2.6
진흙벽돌	독 일	7.6	화 강 암	러시아	3.0
콘크리트	독 일	1.8	화강암벽돌	영 국	2.4
중콘크리트	스웨 덴	1.3	석 회 석	독 일	0.5
Alum-Shale 함유	스웨 덴	40.4	암 면	스웨 덴	0.4
중콘크리트	러시아	0.9	부유재(ash)	독 일	5.7
경콘크리트	러시아	2.0	"	영 국	0.2~3.7
경콘크리트	영 국	2.0			
시 멘 트	프랑스	1.2			

[표 9]에 따르면 벽돌의 경우 독일이나 스웨 덴에서의 농도 값은 2.6으로 동일하며 또한 경콘크리트의 경우도 러시아 나 영국에서의 농도 값도 2.0으로 동일하며, 건축자재에 가장 많이 쓰이는 시멘트는 프랑스, 스웨 덴 및 러시아의 농도 값은 거의 동일함을 볼 수 있다.

김윤신박사('89)⁽²³⁾ 연구조사에 따른 라돈의 영향을 관찰하면 라돈(Rn)은 α 붕괴에 의하여 라돈의 낭핵종(Radon Daughter)을 생성하며 이 낭핵종은 미

제한 입자로 되어 있어 호흡시 폐(Lung)에 흡입되면 폐포나 기관지에 부착되어 α -선을 방출하기 때문에 폐암(Lung Cancer) 발생 위험성을 높이는 것으로 보고되어 있다.

구미 각국에서는 역학조사 및 동물 실험을 통하여 라돈의 위험은 5PCi(피코규리)에서 1년간 생활할 경우 1백만명 중 4백명 정도의 폐암 발생을 유발한다고 하였다.

따라서 라돈의 기준치는 농도를 4PCi/ℓ 또는 2이하로 정하고 있다. 이 농도는 일생동안 피폭될 경우 폐암사망률이 1~2%정도 추산되고, 200PCi/ℓ 인 경우는 약 44% 폐암발생 위험율에 도달 될 수 있는 농도로 추정된다. 미국내 가정의 평균라돈 농도는 1PCi/ℓ 로 추정되며 미국내 주택의 약 8%(800만 가구)가 환경청 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.

[표10] 라돈(Rn-222)에 대한 현행 규정⁽²³⁾

원자력 시설에서의 공기중 최대 노출농도

한국 : 30pci/ℓ (작업종사자), 3pci/ℓ (일반인)

미국 : 40.5pci/ℓ (작업종사자), 3pci/ℓ (일반인)

자연방사선에 대한 노출농도

한국 : 없음.

미국 : 4pci/ℓ

독일의 조사자료 : 1.1pci/ℓ (최대치 : 33.8pci/ℓ)

영국의 조사자료 : (700가구 평균) : 8pci/ℓ

중국의 조사자료 : 고층건물 : 0.84pci/ℓ (최대치 : 3.8pci/ℓ)

연립주택 : 0.42pci/ℓ

독립가옥 : 0.48pci/ℓ

지하실 : 2.65pci/ℓ (최대치 : 3.8pci/ℓ)

연구조사에 관한 결론요약

본 연구는 1988년 2월에서 1989년 1월까지 약 1년간 실내 라돈농도를 국내에서 측정 한 결과를 요약한 것이다.

- ① 일반 주택내 라돈농도는 지하실에서는 2.64PCi/ℓ 로 1층 거실농도인 1.71PCi/ℓ 보다 높았으며
- ② 조사대상 주택중 단열재를 사용한 주택의 라돈농도는 평균값이 지하실에서 3.34PCi/ℓ 이고 1층 거실은 1.96PCi/ℓ 에 반해 단열재를 사용치 않은 주택의 지하실 농도는 2.84PCi/ℓ 이고 1층 거실의 그것은 1.36PCi/ℓ 나타내 단열재를 쓰지 않은 주택에서 단열재를 쓴

주택보다 라돈의 농도는 낮게 나타났으며 거실보다는 지하실의 라돈 농도가 높게 나타났다.

- ③ 지하환경에서 라돈의 평균농도는 지하상가에서 1.5, 지하철역에서는 1.6, 지하도에서는 2.1, 지하주차장 1.3 및 터미널에서 1.6PCi/l를 나타내 지하도에서 제일 높은 라돈의 농도 값을 보였다.

따라서 라돈농도는 건축자재의 특성, 구조의 특성, 환기시설등에 따라 각기 나타나는 것으로 사료되며 우리나라에서도 주택내 라돈농도의 지속적인 측정조사가 행해져야 할 것은 물론 사무실내에서의 라돈농도가 측정 평가되어야 할 것으로 생각된다.

6) 석면(Asbestos)

미국환경청⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾조사에 따르면 석면은 어떤 바위형태속에서 발견되는 자연적인 광물섬유(Mineral Fiber)이다. 채광하여 생산할 때 석면은 전형적으로 매우 미세한 입자로 분산되는데 이것은 눈에 보이지도 않는다. 만일 석면 함유물질이 방출된다면 그들은 여러 시간 동안 대기중에 남아 있게되고 이러한 동안 사람들은 그것을 호흡할 수도 있다. 이들 자연산 석면은 세종류가 있다. 즉 갈석면(Amosite), 백석면(Chrysotile) 및 청석면(Crocidolite)등이 존재한다. 실내에서는 특히 호흡기를 통해 분산 흡입되면 석면폐증(Asbestosis)질병에 감염될 수도 있으며 더 심한 경우에는 폐암(Lung Cancer)이나 또는 악성중피종(mesothelioma)의 질병에 걸릴 수도 있다는 보고는 이미 1968년 과 1976년에 각각 Hammond 씨와 Becklake 씨 등에 의해 발표되었다.

따라서 우리나라 산업안전보건법에서는 이들 석면을 특정화학물질인 발암성물질(A1)로 규제하고 있다.(1991년, 노동부), 이들 석면의 기준치는 가장 유해한 청석면은 0.2f/cc 이고 갈석면의 기준치는 0.5f/cc로 정했으며 비교적 안전하다는 백석면의 기준치는 2.0f/cc로 규정하고 있다. 미국환경청(EPA)에 따르면 실내공기질 개선을 위해 이 석면을 사무실내의 농도를 규제대상으로 정하고 있으나 국내에서는 실내의 규제는 아직 없다. 그러나 국내에서는 석면의 사용규제가 점차적으로 강화되면서 사용량이 해마다 감소하고 있어 이 석면의 대체물질이 상품화되어 개발되면서 사용량이 늘고 있는 실정이다. 정동인(1995)⁽²⁵⁾ 등의 연구보고서에 따르면 현재 산업용이나 일반건축자재 원료로 많이 쓰이고 있는 물질은 유리섬유(Fibrous glass wool)와 암면(Rock wool)등의 사용량은 '95년 통계에 따르면 유리섬유는 4만 8천톤이 생산되고 암면은 6만 8천톤이 각각 생산되고 있으며 이들 대체물질은 1987년 외국의 국제암연구소(IARC)에서 밝힌 내용으로는 인간에 대한 암유발 가능한 물질(Possible

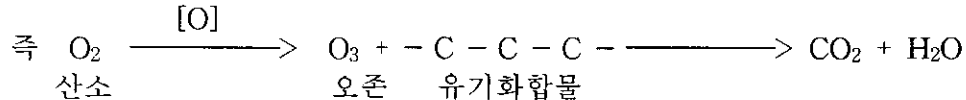
Human Carcinogen)이라 정의하였다. 고로 우리나라에서도 이 석면대체물질에 관한 규제가 불가피한 실정이라 보고 하였다.

4. 실내공기질을 개선하기 위한 가스 및 지시물질의 활용

1) 오존 (O₃)가스 발생장치의 활용

(1) 요약

Mark F. Boeniger⁽²⁵⁾(1995)씨는 오존 발생에 대한 보고를 다음과 같이 보고하였다. 100년이상 실내공기를 신선하게 유지시키기 위해 실내에서 오존가스를 발생시키는 일을 광범위하게 사용해왔다. 오존가스의 사용은 대기 중에 산소를 산화시키기도 하고 입자상 물질들을 이산화탄소와 물분자로 변화시키기도 한다. 오존으로 인한 실내공기질을 개선시키는 일 이외에 오존가스의 과다노출로 인해 해로운 결과를 초래하는 것에 관심이 더 고조되고 있다. 즉 오존가스가 실내공기질을 실질적이며 효과적으로 개선하는 수단이 될 수 없다는 것이다. 이러한 목적을 위해 오존을 사용하게 되는 가정은 단지 이산화탄소와 물분자만을 생성시키는 정도로 오염원인 유기화합물질을 산화할 수 있다는 것이다. 이와 같은 이론적인 설명은 미국에서 연구한 다음 화학반응식에서 볼 수 있다.



상품으로 판매되는 여러 종의 오존을 생성하는 공기정화장치(APDS, Air Purifying Devices)가 있다.

이 APDS(공기정화장치)는 오존가스가 실내공기중에 있는 유기오염물질을 제거할 수 있다는 것을 주장하면서 시판되고 있다. 이러한 기종은 무려 14만 여개 이상이 판매되고 있는 곳은 주로 가정, 학교, 사업장 및 사무실 등이다. 효과적으로 잘 사용되는 것을 제외하고 오존발생장치기는 조심해서 감시하여 관리하지 않으면 오존가스로 인해 오히려 건강을 해칠 수도 있다는 것이다.

(2) 오존가스에 대한 건강영향

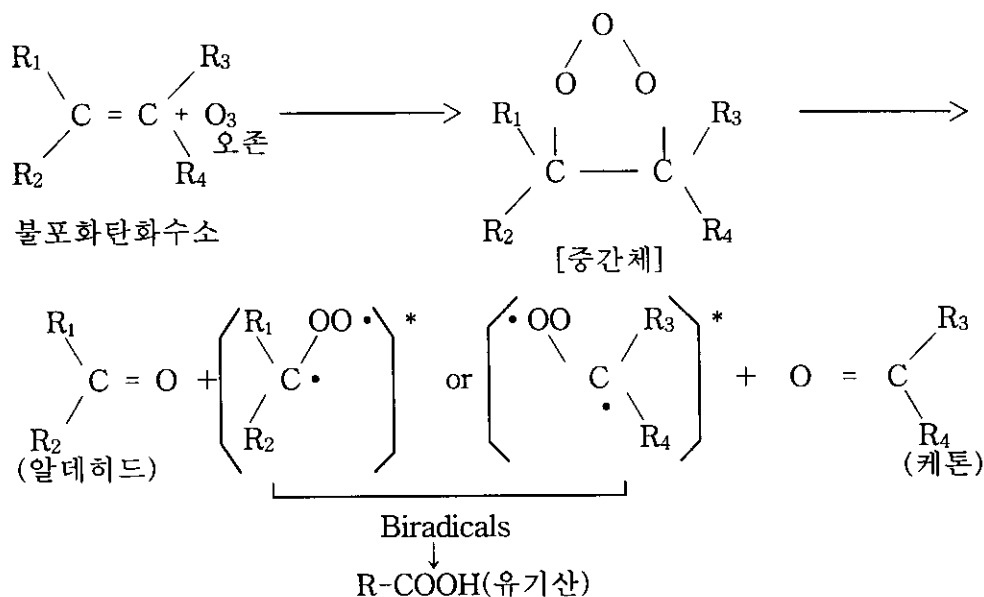
오존가스는 분자식이 O₃로서 세 개의 산소원자로 된 가스상의 물질이다. 폐기능에 미치는 오존가스의 독성연구가 시행되었다. 그러나 대부분의 연구는 단 기간 즉 1일 이하에서 실시되었다. 120ppb 이상농도의 오존가스가 사람에게 노출되면 눈의 자극감과 시야의 흐트러짐 두통, 졸리움증, 입과 목의 건조

합, 가슴통증 및 답답함 등의 불만요소가 작용하게 될 것이다. 60~120ppb 정도의 조금 낮은 오존농도에 노출되면 깊은 호흡시 가슴통증은 물론 폐기능의 괄목할 만큼의 개인적 건강의 손상이 온다. 오존가스는 대기오염원과 알려지 감염물질에 대해 노출되면 위험성을 증가시키며 감염에 대해 민감하고 호흡시 입자상물질을 주게된다는 증거도 있다. 오존에 노출과 기타 호흡성 자극물질이 동시에 노출되면 부가작용이나 또는 상승작용이 유발될 수도 있다. 통풍통로 저항증가로 인한 측정된 오존농도 100ppb에 노출된 성인들에 대해 관찰하였다. 어린이들은 오존가스영향에 대해 더 민감한 감수성을 보이고 있다.

특히 폐기능 감소는 60ppb 이하 농도에서도 추측된다. 오존가스에 대한 반복된 노출로 인한 내성이 있다는 것도 관찰하였다.

(3) 오존가스와 유기오염물과의 반응

대기 중에 광화학 스모그(연기)반응을 이해하기 위한 주된 노력 덕분에 공기 중에 있는 100여종의 화합물질과 오존과의 반응을 위해 실험적으로 반응속도상수(KE)를 결정하였다. 물리적 인자와 반응속도론 적으로 측정한 이들 반응속도 상수(KE)들은 화합물질에 주된 부류에 포함된 화합물질들에 대해 측정되었고 오존가스의 일정한 농도 존재 하에서 유기화합물의 효과를 계산하기 위해 사용될 수 있다. 다음 화학반응식은 오염물질인 유기불포화 탄화수소가 오존가스와 반응하여 생성된 알데히드나 케톤 및 유기산을 생성한 반응식이다.



오존과 유기화합물사이의 반응속도는 오존농도에 비례한다는 것은 중요한 문제이다. 즉 반감기(화합물의 초기농도의 절반이 제거되는데 요구되는 시간)는 다음 공식으로 계산된다.

$$\text{즉 } H_{1/2} = \frac{2}{KE} [O_3] \text{ 여기서 KE : 반응속도상수 } [O_3] : \text{오존의 농도}$$

예로서, 50ppb의 오존농도는 100ppb의 오존농도를 사용하여 제거할 때보다 2배의 시간이 소요된다.

[표11] 실내오염유기화합물에 대한 오존 반감기의 속도상수⁽²⁶⁾

유 기 화 합 물 명	속도상수 cm ³ /mole,sec	반감기(오존100ppb)
n-Hexane	~ 10 ⁻²³	> 880년
n-Heptane	~ 10 ⁻²³	> 880년
cyclohexene	~ 10 ⁻²³	> 880년
Methyl cyclohexane	~ 10 ⁻²³	> 880년
Toluene	< 10 ⁻²⁰	> 0.9년
m.p-Xylene	< 10 ⁻²¹	> 9년
Trichloroethylene	~ 10 ⁻²⁰	0.9년
1,1,1-Trichloroethane	< 10 ⁻²³	> 880년
Tetrachloroethylene	~ 10 ⁻²³	880년
Isobutanol	< 10 ⁻²⁰	> 0.9년
Formaldehyde	< 2×10 ⁻²⁴	> 4400년
Acetaldehyde	< 10 ⁻²⁰	> 0.9년
n-Hexanal	< 10 ⁻²¹	> 9년
Styrene	2×10 ⁻¹⁷	3.9시간

(4) 결론 요약

실내공기 중에 오염물질을 제거하기 위해 공기정화장치기로 오존가스를 배출할 때 만약 실내에 제 3의 다른 가스가 존재한다면 사람이 거주하는 실내에서 인간의 건강을 해칠 위험성이 있게 된다. 주로 호흡기관에 대한 해로운 영향에 관한 연구는 잘 진행되었으나 만성노출에 대한 건강영향 평가는 잘 연구되지 못하였다. 오존가스 발생장치의 오래고 폭넓은 사용에도 불구하고 실내공기로부터 유기오염물질을 제거하기 위해 낮은 농도에서 효과적으로 오존가스를 제거한다는 과학적이고 체계적인 연구결과와 증거가 없다. 과학적 증거는 오히려 오존가스의 낮은 농도 값이 대부분의 실내공기 오염물을 효과적

으로 제거할 수 없다는 것을 의미한다.

2) 실내공기질의 지시물질(Indicators)로서 총휘발성 유기화합물 (TVOC)과 이산화탄소(CO₂) 가스

본 연구의 목적은 건물 내에서 이산화탄소와 휘발성 유기화합물(VOC)의 근원, 농도 및 해석을 위한 것이다. 가스방출의 원인과 잠재적인 실내공기질 문제를 확인하기 위한 충분한 요인이 제시되었다. 지시물질로서는 두 건물내의 농도 값을 비교하므로 평가되고 또한 문헌상에 있는 최근의 공기질 연구자료를 분석하므로 평가할 수 있다.

생물학적 오염물과 흔히 거주자와 관련 있는 방출물들은 많은 량의 휘발성 유기물질을 방출한다는 것을 알 수 있다. 실내공기질에 관한 지시물질을 해석할 때 영향을 주는 여러 종의 문제들이 논의되고 있다. 즉 여러 문제란 대기오염물의 사용, 큰 건물에서 시간과 공간의 가연성 및 VOC 측정기술과 외부오염물질의 농도 등이다. 실내공기질 문제를 평가하고 해석하기 위해서는 방출의 원인을 알아야하고 건물 및 국소배기시설과 피할 수 없는 오염원이 발생되어 전파되는데 따른 영향을 주는 방법 등을 알아야 한다. 실내공기질 문제를 진단하는데 도움이 되기 위해 흔히 오염물질의 농도 측정은 다음과 같은 방법으로 진행된다. 오염물의 측정은 지시물질의 한가지 형태이다. 즉 광범위한 지시물질은 다음과 같이 정의된다. 환경조건을 평가하는 특징으로서 장애의 크기정도 및 노출범위나 특성변화와 같은 것들로 정의된다. 이러한 정의는 장애의 요인이나 여러 가지 상태를 포함하고 있다. 실내공기질에 관하여 장애요인 지시물질들은 잠재적인 요인이나 또는 빌딩증후군(SBS), 불안감, 건강에 역효과를 주는 요인, 지역주민들 사이에 건물과 관련된 질병 등을 야기시키는 요인들과 관련한 것들이다.

지시물질이란 오염물을 대리하여 측정하므로 다른 오염물질을 추적하는 물질로 사용할 수 있는 물질이다. 예를 들면, 이산화탄소(CO₂)가스는 인간의 생물학적 오염물과 냄새를 쉽게 인식하는데 매우 필요한 가스이다. 이 가스는 대기 중에 함유돼 있는 정상적인 가스이다. 건물 내에서 거주자들의 배출가스는 중요한 이산화탄소의 발생원이다.

고로 이산화탄소 가스의 농도는 몇몇 시험조건하에서 배출되는 다른 가스의 정확한 지시물질로서 사용될 수도 있다. 실내와 높은 마루 넓은 공간에서 이산화탄소가스의 량을 측정하여 비교하므로 여러 건물내의 국소배기량이 부족한 것에 대해 확인하고 판단하는데 큰 도움이 되고 있다. 호흡영역에서 1,000 ppm 이상의 이산화탄소농도는 배출가스문제를 지적하게 된다. 일반적

으로 1,000 ppm 이하의 이산화탄소농도는 인간이 살아가는데 적절함을 알리는 것이다. 때로는 측정된 가스의 농도가 1,000 ppm 이하인 건물에서도 문제가 발생 할 수도 있다. 예로서, 이산화탄소농도가 좋은 국소배기 효율을 보인다 할지라도 만일 주변에 강한 오염원이 존재한다면 몇몇 종류의 오염원 관리가 실내공기질 문제를 순화시키기 위해 필요할 것이다.

만일 이산화탄소 농도가 실내에서 측정한 값이 동시에 측정한 실외에 값보다 크다면 냉난방 시스템 조작의 문제가 있다고 판단되며 그 잠재적인 이유는 다음과 같다.

- 저녁시간 전에 너무 일찍 국소배기 장치 가동을 중단했을 때
- 도로나 주차장 부근에서 쓰레기 부산물의 연소가스가 건물 내로 유입됐을 때
- 건물 내에서 가스사용 열기구가 균열되어 열 교환이 이루어졌을 때 등이다.

외부의 이산화탄소 농도가 약 400 ppm 이상 측정된다면 그것은 차량이나 가타 연소오염원에 기인한 외부오염문제가 있음을 지적하는 것이다. 그러나 측정 기기가 너무 덥거나 추운 기상 상태 하에서는 정확한 이산화탄소의 측정은 불가능하다. 지시물질(Indicators) 들은 다음과 같은 오염원을 확인하기 위해 사용된다.

즉 건물과 전열기, 국소배기시설 및 에어 컨디션의 결합, 정확한 행위의 입증 및 실내공기질에 대한 관련 지역주민의 빌딩 증후군과 같은 것들이다. 다시 말하면 「지시물질」이란 실내공기질 문제를 평가하고 해결하기 위한 도구이다. 일반적인 실내공기질에 대한 지시물질은 오염원의 방출속도, 배기속도, 냄새의 확인 및 지역주민의 인구밀도 등과 같은 오염물질의 농도를 포함하고 있다.

이산화탄소와 총 휘발성 유기물질(TVOC)들은 오염원의 지시물질로 활용된다는 것을 알았다. 이들 중 이산화탄소가스는 보통 실내에서 측정되는 약 5000 ppm을 초과하는 농도까지 건강에는 별 영향이 없다.

이 가스의 가장 중요한 용도는 외부 공기의 공급이 실내 오염물질을 묶히는데 충분하지 어떤지를 보여 주면서 국소배기 장치의 효율의 나타내는 지시물질로서 사용된다. 예로서 냄새 없는 주위환경과 수용할 수 있는 오염 수준을 유지하기 위해서 미국 국소배기 표준국에서는 이산화탄소의 최고 천정치를 1000 ppm으로 규정하고 있으며 스칸디나비아 3국의 냉난방 공조 및 국소배기 협의회에서는 AQ₁, 및 AQ₂ 로 분류하고 있는데 이때 AQ₁ 은 1000 ppm이

고 AQ₂ 는 1800 ppm으로 제한하고 있다.

전술한 바와 같이 이산화탄소 가스는 정상적으로 국소배기장치에 사용되는 관리 기준치(Parameter)이다. 생물학적 오염물질 이외에 이산화탄소는 일산화탄소와 기타 연소생성물이나 라돈(Radon)을 대신하여 사용되거나 추정되는 물질이다.

많은 휘발성 유기물질들은 불안정하게 낮은 농도로 실내에서 발견되고 있다. 즉 발암성 위험물질로 평가되는 휘발성 유기물질들은 10⁻⁶~10⁻⁴의 저 농도로 발견된다. 즉 물질의 종류는 벤젠, 비닐리덴크로라이드, 파라-클로로벤젠, 크로로포름, 에틸렌디브로마이드, 메틸렌크로라이드 및 4-염화탄소등이다. 또한 유사한 발암성을 가진 부가적인 화합물로서는 포름알데히드, 에틸벤젠, 크실렌, 스틸렌, 1,2-디크로로에탄, 1,1,1-트리카로로에탄, 디크로로메탄, 트리카로로에틸렌 및 테트라크로로에틸렌 등이다.

톨루엔디이소시아네이트는 높은 위험성을 가진 휘발성 유기물질이다. 위에 언급한 이들 물질들은 보통 낮은 농도수준 즉 1~50 μ g/m³의 농도로 발견된다 할지라도 발암성을 유발하는 능력은 매우 크다. 휘발성유기물질은 급성중독(acute health effect)과 관련되어 있다.

(빌딩 증후군, 자극성등), 이들 물질은 임상적 진찰 결과로서 3mg/m³만큼 낮은 수준에서도 발암성을 야기 시킬 수 있다. 포름알데히드의 경우는 더 많이 낮은 수준으로 측정될지라도 의심이 가는 물질로서 평가된다. 초기에 언급한 바와 같이 비산업체 건물에서 대부분의 역학적 연구에서 오염물질 수준과 건강영향 평가는 서로 연계 될 수 없다고 하였다.

실내 휘발성 유기화합물의 농도는 큰 폭으로 변화 될 수 있다. Gammage 와 Kay씨등은 신축건물의 TVOC농도는 0.5에서 19mg/m³의 범위에 있고 구 건물에서의 TVOC농도 범위는 0.01에서 1.7mg/m³라고 보고하였다. 유럽 건물관리 규정에 따르면 정상적 실내공기중 TVOC수준은 거주지의 경우 0.05~0.40mg/m³이고 사무실에 경우는 0.05-1.30mg/m³이며, 학교의 경우는 0.05-0.30mg/m³라고 제시하고 있다.

TVOC에 대한 스칸디나비아 3국의 냉난방공조협의회에 따르면 실내공기질(IAQ)에 분류는 AQ₁ 과 AQ₂ 로 분리되는데 그 값은 각각 0.2 및 0.5mg/m³로 제시하고 있다.

3) 물리적 인자 및 기타

유해물질이 발생하지 않는 사무실내 작업실에 대하여는 온열조건(기온, 습도, 기류 등)과 기적, 조명 및 소음등을 고려하여 실내작업환경을 관리해야 한

다.

(1) 물리적 인자⁽²⁷⁾

가. 온도

사람이 덥거나 춥다고 느끼는 것을 온도 감각이라 하며, 이는 체내에서 열의 발생과 방출수준에 따라 결정되며 주로 기온, 습도, 기류 및 복사열등의 네가지 온열요소에 의해 영향을 받는다. 이들 중 특히 사무실내 작업자들이 쾌적한 감각으로 작업에 적합한 온도는 공조설비가 설치된 건물내에서는 최저 섭씨 17도이상 28도 이하이어야 한다. 그러나 만일 사무실내 온도가 원하는 온도보다 낮은 섭씨 10도이하인 경우 난방등 적당한 온도조절에 필요한 조치를 해야 하나 정밀전자 기기 및 특수장비가 설치된 실내에서는 그 작업자에게 보온을 위한 의류를 착용시켜야 한다.

나. 기적

작업실의 총 용적에서 어떤 설비가 점유한 용적을 뺀 공기의 체적을 기적이라 하고 보통의 상태에서는 한 사람당 10세제곱미터 이상이면 좋다고 한다. 이것은 이 정도의 기적이면 체열방산에 의한 온도나 습도의 상승도 또한 호흡에 의한 산소의 결핍이나 이산화탄소의 증가도 인체에 악 영향을 미치는 일은 없을 것이라 보여지기 때문이다.

다. 습도

사무실내에서 작업자가 작업할 때 쾌적한 상태로 유지시키기 위하여는 온도와 항상 비례하는 습도를 상대습도라 하는데 이는 온도상승에 따른 물의 증기압이 높아지기 때문이다. 공조시설이 마련된 사무실내의 상대습도는 40% 이상 70%이하이면 근로자에게 상태감을 줄수 있다.

라. 조도

사무실내에서 근로자가 작업할 때 사물이 잘 보인다고 하는 것은 매우 중요한 일이다. 근로자가 잘 보이지 않는 상태에서 작업을 하면 피로감이 쉽게 오고 또한 시력장해를 일으킬 뿐만 아니라 능률이 저하하여 재해에도 연결될 위험성이 있다. 고로 사물이 잘 보이도록 사무실내 조명은 특수작업인 경우 충분히 밝게 하기 위해 300룩스 이상이어야 하며, 보통작업은 150룩스 이상이어야 하고 기타 작업은 70룩스 이상으로 밝게하면 될 것이다. 그러나 눈부심이 있는 경우에는 광원이 시야에 들어올 때 정확히 사물을 인지하기 어려워 조도를 만족시키되 눈부심이 없어야 한다.

마. 기류

사무실내에서 작업시 쾌적한 느낌을 받기 위한 공기의 속도는 매초당 0.5

미터 이하면 될 것이다.

바. 소음 및 진동방지

사무실내에서 사무용기기(개인용 컴퓨터, 프린터, 복사기 등)로서 소음을 발생 할 때에는 소음전파를 차단하기 위해서 격리벽이나 차음 및 흡음기능을 갖는 작업실을 설치하여야 할 것으로 판단한다.

(2) 부유분진(TSP, Total Suspended Partialates)

노동부 산업안전 보건법에 따르면 일반 기업체 작업장에서 작업환경 노출 기준을 보면 제 1종분진(SiO_2 30%이하)은 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 로, 제2종분진(SiO_2 1~30%)은 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 로 그리고 제 3종분진(SiO_2 1% 이상 함유)은 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 로 각각 노출기준을 정하여 관리하고 있다. 진폐와 같은 폐질환을 예방하기 위한 조치이다. 그러나 사무실내의 부유분진을 규제해야 하는 이유로는 사무 자동기기, 개인용 컴퓨터등과 같은 정밀기기에 부착되면 쉽게 고장이 날수도 있을 뿐만아니라 근로자들의 쾌적한 작업환경 조성에도 필요하다고 판단된다. 그러나, 사무실내에 유입된 부유분진은 모두 다 폐포에 침작되는 것이 아니다. 사무실내에서 근로자가 작업중 흡연할 경우 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화질소 등과 같은 연소성 가스와 니코틴 타르와 같은 입자상 물질이 발생하게 되어 부유분진에 합쳐지게 된다.

따라서 사무실내에서는 가능하면 「금연」을 하도록 유도하고 흡연자를 위한 장소를 분리운영하므로 최소의 영향을 받도록 함이 좋을 것으로 생각된다. 고로 사무실내 부유분진의 노출규제는 정밀전자 기기나 전자계산기등 불순물에 예민한 정밀기기를 보호하고 또한 근로자의 쾌적한 사무환경 조성을 위해 1m^3 당 0.15mg 으로 규제할 것이 타당하다고 생각된다.

석면은 산업안전 보건법에서는 일반 작업장의 노출기준을 보면 청석면은 1씨씨당 0.2개, 황석면은 1씨씨당 0.5개 백석면은 1씨씨당 2개로 규제하고 있다. 그러나, 사무실내의 기준은 국내법이나 일본법에서는 석면에 대한 특별한 규제가 없으므로 아직 석면에 대한 규제는 시기 상조라 판단한다.

IV. 고찰

제 3장에서 공기질 오염동향에 관한 내용을 국내 및 선진국의 문헌조사를 통해 본 사무실내 작업환경에 미치는 여러종류의 유해성 요인들을 관찰하였다.

1. 사무실내 공기오염원

사무실 생활공간의 복합적인 공기 오염원은 원천적으로 건물내부와 외부에서 각각 발생된 것이 모두 합쳐서 총오염원이 된다.

먼저 건물외부로부터 유입되는 오염원을 살펴보면 대기중 먼지 또는 분진, 화분(꽃가루), 자동차 매연, 주차장 및 오물보관소 등에서 발생하는 배기가스, 지층에서 발생하는 라돈가스, 지하연료 탱크로부터의 용제등의 유출물, 페인트 접착제 및 기타 물질로부터 사용되는 휘발성 물질, 살충제 및 각종농약으로 오염된 지각층, 닥트내의 먼지 및 성장된 미생물 뿐만 아니라 생물학적인 생식세포균등 그 수는 매우 다양하다. 한편 사무실내로부터 직접 발생하는 오염원들은 상당히 많은 종류가 있다. 즉, 사무실내 건축자재와 가구등의 먼지나 섬유입자가 모이는 장소에서 발생하는 부유분진, 카페트, 커튼, 기타 분진이 모이는 장소, 열린서랍, 낡은가구 등에서 실내를 오염시키는 물질이 발생하며 또한 인간 활동에서 나타나는 흡연, 요리, 여자의 화장 및 향수등을 사용 할 때 발생하는 각종 용제냄새 등이다. 또한 중앙집중식 냉·난방 설비를 갖춘 큰 건물 내에는 다양한 업종이 산재하고 있어 생물학적 오염원도 무시할 수 없다. 즉 낙균(세균, 박테리아, 진균, 병원균등)은 일정한 오염 장소에서 공기 순환으로 인해 같은 건물내에 균등하게 분산 전염시키고 있는 실정이라고 판단된다.

그러나 선진국(미국, 일본등)에서도 아직은 낙균문제는 사무실내 환경오염에 대한 법규는 설정되 있지 않아 우리나라에서도 아직은 선진국수준과 동일하게 낙균문제는 제외하는 것이 타당할 것이라 생각한다.

1) 가스상 오염물질

위에서 언급한 사무실내 작업환경을 오염시키는 여러종류의 물질 중에서 특히 유해성 오염가스로서 고려해야 할 물질은 일산화탄소, 이산화탄소, 포름알데히드, 이산화질소, 니코틴, 니트로소아민, 다핵성 방향족탄화수소 등이다.

2) 라돈(Rn)가스

라돈은 분자량이 222인 희귀 가스인데 라듐(Ra.226)의 방사성 붕괴로부터 생성된다. 그런데 라듐은 화강암, 석회암등과 같은 광물에서 발견된다. 따라서 라돈의 발생원이 되는 물질은 여러종류의 모래, 자갈, 진흙, 시멘트, 토

양 등 건축자재 물질로부터 라디움을 방출시키고 여기에서 다시 가스상의 라돈을 발생하게 된다. 이 가스의 규제는 일본법에는 없으나 환경부의 공기질 관리법에는 1리터당 4피코규리 이하로 규제하고 있으며 미국 환경청 법규에도 대부분 주택에서 지킬수 있는 1리터당 4피코규리 이하로 규제하고 있다.

따라서 우리나라의 사무실내 환경기준에서 라돈가스는 미국 가정의 수준인 1리터당 4피코규리(4pic/ℓ)로 규제함으로써 근로자를 보호할 수 있다고 판단된다. 그러나 아직 국내에서는 이 라돈 가스로 인하 직업성 질환등이 발생된 예는 없으나 미국에서는 1리터당 5피코규리 인 경우 폐암에 걸릴 확률은 4.4%라는 보고도 있어 국내에서도 사전에 폐암을 막을 수 있게 하기 위해 우선 권고기준으로 정함이 타당할 것이다.

이들 유해성 유해가스중 사무실내에서 특별히 오염원으로서 지적되고 있는 것은 사무실내의 칸막이로 사용되는 프라스틱 패널을 사용할 때에 발생하는 디메틸아세트아미드는 체류성 가스이므로 심하면 눈물이 나거나 재채기가 날수도 있어 새로운 시설의 사무실내에서는 특별히 환기설비를 잘 갖추거나 적어도 이.삼일 정도는 통풍순환 시킨후에 작업자가 작업하도록 사전에 준비를 철저 해야 할 것이다. 그러나 아직 우리나라 실정에서는 이와 같은 법적 규제는 시기적으로 이르다고 생각하여 제외해도 될 것이다.

3) 담배 연기

사무실내를 오염시키는 주요 물질, 화학적물질로서는 흡연시 발생하는 담배연기에 대해 폭 넓게 고찰해보면 다음과 같다. 사무실내 공간에서 담배연기 중 발생하는 오염물질의 종류로서 확인된 가스와 입자상 물질들로서는 니코틴, 니트로소아민, 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화질소, 아크로레인, 시안산 및 포름알데히드와 연소될 때 부산물로 발생하는 호흡성 입자상물질 등이 있다.

이들중에 특히 사무실내를 오염시키는 유해성 가스로서 규제 대상물질은 일산화탄소 및 이산화탄소 가스는 국내 보건복지부 법규로서 규제하고 있고 일본 노동성 및 후생성 법으로서도 일정량 이상으로 규제하고 있어 금번 사무실내 유해성 오염가스로서 이들 법규와 동일한 일산화탄소 및 이산화탄소는 각각 100만분의 10 및 1000 이하로 함이 타당할 것으로 판단하여 동일한 값으로 제안한다.

4) 포름알데히드

그러나, 유해성 가스인 포름알데히드 가스에 대해서는 일본법규에는 이들의 규제는 하지 않고 있으나 국내 환경부와 미국(EPA)법으로는 규제하고 있다. 다만 이들 부처는 실외 대기환경을 대상으로 하고 있는 공통점이 있으나

미국법으로는 각주마다 한정하여 규제하고 있는데 차이는 있으나 콘네티컷 주의 경우 8시간에 0.012mg/m³으로 하고 있고 한국환경부의 경우는 0.1ppm으로 규제하고 있다.

따라서 사무실내 환경기준으로서는 특히 매연으로 인한 것을 고려할 때 100만분의 0.1이 타당하다고 제안한다. 한편 이산화질소가스는 국내 환경부의 경우는 100만분의 0.15로 규제하고 있고 미국(EPA)의 경우는 대기환경의 기준으로 8시간당 100만분의 0.15로 규제하고 있다. 따라서 이 가스를 100만분의 0.15로 규제함을 제안한다. 특히 이들 두종류의 가스는 매연으로 발생하는 가스이기 때문에 외부오염보다는 내부의 오염원이 크다고 보여지기 때문이다. 따라서 사무실내 작업시에는 가능한 금연토록 권장하고 필히 흡연자를 위해서는 환기가 잘되는 객연장소를 별도로 마련해주도록 하여야 할 것이다.

5) 입자상 오염물질

사무실내를 오염시키는 여러 오염물질중에 부유분진으로 인한 것중 특히 담배연기중에는 발암성 물질인 입자상물질인 타르와 같은 성분이 있다. 고로 국내법과 일본 및 미국법에서도 부유분진은 1세제곱미터당 0.15밀리그램으로 규제하고 있어 사무실내 규정도 동일한 값을 따라는 것이 타당하다고 생각된다. 한편 입자상 물질로서는 최근 많이 활용되는 유리섬유와 암면등은 석면대체 물질로 사용량이 점차적으로 증가되고 있어 일반부유분진과 동일한 1세제곱미터당 0.15밀리그램으로 권장하는 것을 제안한다.

국내법과 일본법상에는 규제기준이 없으나 앞으로 석면을 사용금지 시킨다는 의지를 고려할 때 사무실 작업환경 기준치는 제일 유해성이 크다는 청석면을 기준으로 1씨씨당 0.2개로 규제할 것을 제안한다.

6) 물리적 인자⁽²⁷⁾

사무실내 작업자들의 쾌적한 환경을 조성하기 위해 규제해야 할 여러 인자가 있는데 그중에 온도, 상대습도, 기적, 조도, 기류 및 소음등이 있다.

(1) 온도는 공기조화 설비가 갖추어진 실내 건축물내에 적합한 값은 섭씨 17도이상 28도 이하이면 타당하다고 본다.

(2) 상대습도는 40%이상 70%이하를 제안한다.

(3) 기적은 사무실내 총용적에서 비취된 설비의 용적을 뺀 공간을 기본으로 할 때 1인당 10세제곱미터를 제안한다.

(4) 조도는 일본의 노동성의 법규와 동일한 특별작업 300룩스이상, 보통작업 150룩스이상, 기타작업 70룩스 이상을 제안한다.

(5) 기류는 매초당 0.5미터 이하가 되도록 권장한다.

(6) 소음은 개인용 컴퓨터의 부속물인 프린터 등 사무기기 5대 이상을 동시에 사용할 때에는 소음방지를 위해 소음박이나 흡음기를 설치하여 작업하도록 권장한다,

2. 국내·외 실내공기질의 연구현황

사무실내에서 새로운 질병의 발견 (빌딩질병증후군, SBS : Sick Building Syndrome)

선진국에서 1970년대 이후 에너지 절감이유로 사용되기 시작한 단열재로 실내공간이 밀폐화가 증가되었고 급속한 경제성장으로 인한 사무용품 사용량이 증가되면서 실내에서 생활하는 거주자가 빌딩질병증후군(SBS)을 호소함으로써 사회적 관심사가 시작되었다. 따라서 다양한 실내공기 오염이 급진전하면서 시작하였다. 그러나 국내에서는 아직까지 SBS를 최소화하는 사무작업 근로자는 없어 앞으로 이에 대한 대책강구는 지금부터 준비를 철저히 해야 할 것으로 판단된다.

3. 지하생활공간의 관련법규 분산의 문제점

사무실내 환경과 관련된 국내의 행정조직은 보건복지부의 생활보건과에서 공중위생법을 다루고 있으며, 환경부 대기보전국(소음진동과)에서는 실내환경문제를 취급하고 있다.

그러나 두 부처에서 다루는 실내환경문제는 전문성이 미흡한 것 같고 구체적인 행정조직이라고 간주 할 수 없다. 따라서 실내 환경기준은 보건복지부 건교부 환경부 등으로 분리돼 있어 제각각 취급이 다르므로 권고치 등의 설정은 부처간의 진지한 협의를 거쳐 제정립해야 할 것으로 사료된다.

4. 실내 공기질 관리 전망

1) 유해성 평가를 기초로한 적절한 대책

실내 공기오염물질로 인한 국민의 보건학적 피해를 정확히 파악하기 위해서는 그에 대한 법적, 행정적, 기술적 대책을 수립하기 위해서는 유해·위험성 등을 정확히 평가하므로 그 대책이 수립될 수 있다.

예) 건축물에서 발생하는 방사능가스의 일종인 라돈가스를 예로 보자

- 오염물질에 대한 유해성 확인(농도 측정)
- 노출정도를 알 수 있는 피폭도 평가
- 오염물질 흡입량에 따른 보건학적인 독성평가

○ 위의 3단계를 종합 평가한 후 대책 수립

2) 쾌적하고 실천 가능한 실내환경 기준 설정 문제점

사무실내 근무하는 근로자들의 건강이나 질병을 예방하는 것보다 우선해야 할 사항은 쾌적한 실내 환경을 유지하므로 작업능률을 높이고 또한 각종 질병을 예방하기 위해서는 온도, 습도, 및 청정도 등을 필수적으로 고려해야 할 것이다. 사무실내의 청결도는 외부공기흐름의 상태 유해물질 발생량등에 의존한다고 볼 수 있다.

선진국의 경우는 실내환경기준을 설정하기 전에 오염물질에 대한 종류과악과 유해성 평가 등의 다양한 실험연구를 통해 자료를 마련하고 이것을 기초로 하여 사무실내 환경 기준 및 건축물에 대한 적합한 기준을 설정해 나가고 있다. 특히 실내 공기는 나라마다 주거환경이 다르고 특징적인 기후 및 풍습 등이 다양한 양상을 보이므로 특수 상황을 고려하여 실내 환경기준 및 그 관리 대책을 수립해야 타당할 것이다.

5. 사무실 작업환경 기준 작성시의 제한점

1) 관련부처와 비교

노동부 산업안전보건법상의 적용대상과 보건복지부의 공중위생법, 환경부의 지하생활 공기질 관리법과 그 적용대상이 다르다. 왜냐하면 환경부의 경우 일반시민이 통행하는 지하상가 및 지하역사등의 지하공간이지만 노동부의 경우는 근로자가 근무하는 사무실내 작업장이기 때문이다. 고로 적용대상이 달라서 기준설정시 난이한 문제점이 부상하게 된다.

2) 노출기준의 설정

노동부의 경우는 하루중 근로자가 근무하는 8시간을 기준으로 하여 설정해야 하나 환경부의 경우 24시간을 기준으로 설정한 값이므로 사무실내 작업환경에 대한 노출기준 설정을 근로시간을 기준한 8시간으로 해야 할 것이다.

3) 대상물질의 선정

환경부의 지하공간 공기질에 대한 규제기준은 총 8종류로 구분되어 있는데 앞장에서 언급한 바와 같이 실내공간에서는 인체내와 기타 전기오븐 및 사무용 기기 등에서 발생하는 여러 가지 물리 화학적 유해물질이 방출되고 있어 더 많은 종류가 규제되어야 하나 우선 관리의 필요성이 있다고 판단되는 8종류로 제한하였다. 예로서 p18, 표3에서 보는 바와 같이 많게는 실내의 α -Pinnene의 경우 6.2배만큼 농도값이 크다. 한편 담배 연기 중에는 수십종의 입자상물질이 확인되었으나 이중에서 일산화탄소 및 이산화질소만을 대상물질

로 선정하였다. 왜냐하면 실에서는 흡연자가 있어 배출되되 여러 가스중에 일산화탄소가 표시물질로 쉽게 측정이 가능하며 또한 실내에서는 전기난로, 가스레인지 등의 전열기구를 많이 사용하므로 이산화질소(NO_2)가스를 규제물질로 선정하였다.

4) 적용대상

보건복지부법에서는 적용대상을 건축물 크기에 따라 단순히 대상으로 정하였고, 환경부법은 지하상가 및 지하역사와 같은 지하시설에 대한 것을 대상으로 하였으나, 본연구에서는 건축물내의 공기정화시설을 갖춘 사무실을 대상으로 정하였으므로 대상범위가 제한적이다.

5) 고려사항

낙균, 박테리아등 생물학적 요인은 미국, 일본등 선진국에서도 아직 관리 대상으로 미설정되 있다. 석면, 라돈, 포름알데히드 등의 물질관리기준이 국가별로 달리 설정되 있어 측정에 한계가 있을 것이다.

또한, 환경부에서의 모든대상은 유아로부터 고령층에 이르기 까지 그 연령폭이 넓으나 노동부의 근로자들은 만 18세이상 65세 이하로 건강하고 일할 수 있는 연령층을 그대상으로 한다는 것을 고려해야 될 것이다.

V. 국내·외 실내 환경 관련 법규 비교

○ 사무실 작업환경기준을 설정하기 위해 국내의 관련법은 물론 외국(미국, 일본, 캐나다 및 세계보건기구 등)의 법규를 비교한 표를 아래에 수록하였다.

1. 한국과 일본법규의 적용범위 비교

국 가	한 국		일 본	
부 치	보 건 복 지 부	환 경 부	노 동 성	후 생 성
관계법령	공중위생법, 령, 규칙 ⁽³⁾	지하생활공간공기질관리법 ⁽⁴⁾	노동안전위생법중 사무소 위생기준 규칙 ⁽²⁷⁾	빌딩, 위생관리법, 령, 규칙 ⁽²⁸⁾
제정년도	'86. 5	'96.12	'72	'70
법 성 격	규제기준	규제기준	규제기준	권고기준
적용대상	(시행령 제 19조) ○ 위생관리 대상 공중이용 시설 - 연면적 3000㎡이상의 사무실 건축물 및 연면적 2000㎡이상의 복합건축물 - 공연법에 의한 1,000석 이상의 공연장 및 실내체육관 - 연면적 2,000㎡이상의 지하상가, 대형점, 도매센터 및 대규모 소매점	○ 지하역사 - 출입통로, 대합실 승강장 환승통로와 이에 부대되는 시설포함 ※ 3,000㎡이상 183개소 ○ 지하도 상가 - 지상건물에 부착된 지하층의 시설은 제외 ※ 2,000㎡이상 56개소	○ 건축기준법 제2조 제1호 ○ 건축기준법에서 정한 건축물로 토지에 정착된 공작물로서 지붕, 기둥 또는 벽이 있는 사무소 건축물 또는 그 일부에서의 사무작업 ○ 사무작업 - 카드천공기, 타이프라이터, (P.C) 기타 사무용기기를 사용하는 작업	○ 법 제2조(정의) ○ 특정 건축물 - 홍행장, 백화점, 집포사무소, 학교, 공동주택용으로 제공되는 상점 규모를 갖는 건축물로서 다수인이 사용 또는 이용하는 장소 ○ 특정 건축물의 요건 - 건축 기준법에서 정한 건축물 : 토지에 정착된 공작물로서 지붕, 기둥 또는 벽을 갖고 있는 것 - 플60랫트홈 상가등의 시설, 지하도, 지하광장은 제외 - 상당정도의 규모 연면적 3000㎡이상 건축물 연면적 8000㎡학교 건물 - 홍행장, 백화점, 사무소용으로 제공 ○ 다수인이 이용하는 장소로 일반적으로 환경규제가 적당한 곳. ○ 공장, 병원등은 제외

2. 한국과 일본법규의 위생관리 대상물질 비교

국 가	한 국		일 본	
부 처	보 건 복 지 부	환 경 부	노 동 성	후 생 성
관계법령	공중위생법, 시행규칙 45조 공중시설의 위생관리기준(실내환경기준)	지하생활공간공기질관리법(시행규칙)	노동안전, 위생법중 사무소, 위생기준 규칙	빌딩, 위생관리법,령, 규칙
제정년도	'86. 5	'96.12	'72	'70
법 성 격	규제기준	규제기준	규제기준	권고기준
대상물질 (물리, 화학적 인자)	- 부유분진 : 0.15mg/m³ - 일산화탄소 : 10ppm - 이산화탄소 : 1,000ppm - 온 도 : 17℃~28℃ - 상대습도 : 40~70%이하 - 기 류 : 0.5m/초 이하 - 조 명 : 100룩스 이상 ※ 이 기준은 건교부의 건축법중 중앙집중관리 방식 공기조화 설비의 기준과 동일한데 단지 조명에 대한 항목만 없음.	- 부유분진 : 0.3mg/m³ - 일산화탄소 : 10ppm - 이산화탄소 : 1,000ppm - 아황산가스 : 0.3ppm - 이산화질소 : 0.15ppm - 포름알데히드 : 0.1ppm - 라 돈 : 4pci/ℓ - 석 먼 : 0.01개/cc	- 부유분진 : 0.15mg/m³ - 일산화탄소 : 10ppm - 이산화탄소 : 1,000ppm - 온 도 : 17℃~28℃ - 상대습도 : 40~70%이하 - 기 류 : 0.5m/초 이하 ※ 온도 및 습도는 중앙 관리방식 공기조화 설비를 비치한 경우에만 해당 - 조 명 : 정밀작업 : 300룩스이상 보통작업 : 150룩스이상 가타작업 : 70룩스이상	권고기준 - 좌 동 - “ - “ - “ - “ - “ - 조 명 (기준없음)

3. 한국과 일본법규의 대상물질 측정회수 및 보관년도 비교

국 가	한 국		일 본	
부 차	보 건 복 지 부	환 경 부	노 동 성	후 생 성
관계법령	공중위생법 공중시설의 위생 관리기준	지하생활 공간 공기질관리법 (시행규칙)	노동안전, 위생법중 사무소 위 생기준 규칙	빌딩 위생관리법령, 규칙
제정년도	'86. 5	'96.12	'72	'70
법 성 격	규제 기준	규제기준(안)	규제기준	권고기준
측정회수 및 결과 보관	○ 년 2회 이상 측정 - 측정결과 2년간 보관	○ 시행규칙(미정) - ○ 시행령 ('97,12,31제정) - 대통령령 제 15584호	○ 일산화탄소 및 탄산가스 함유율, 실내외 온도, 상 대습도 - 2월에 1회이상 측정 · 측정결과 3년간보관 ○ 부유분진 및 기류 - 위생관리기준 유지를 위한 설비강구	○ 위생관리기준 대상항목 전 부 측정 - 2월에 1회이상 측정 · 보관기간 미정

4. 미국 각주의 실내·외 공기오염물질 규제기준 비교⁽²⁹⁾

오염물질	실 내 기 준	실 외 기 준	작 업 장 기 준
석 면 (Asbestos)	○ 소비자 생상품 안전협의회는 벽난로용 인공목재, 혼합물, 일 부직물에 석면 사용금지 (16CFR 1304, 1305, 1500 17(a)(7)) - 헤어드라이에 대해서는 자율적 금지조치(c-10) - EPA는 학교에서 사용을 규제하고 (40CFR 763.80) 철거 프 로젝트를 추진(40CFR 763.120) - 시설 격리시에 연성석면을 사용한 설비사용금지(40CFR61, 15) (c-11) (c-7)	○ 국가방출기준 : 석면입자 물질이 공기중에 방출전에 공기가 정화되어야 함(EPA, 40CFR 61.140) ○ 각주의 공기관리기준 CT : 0.001μg/m³ - 8시간 기준 MA : 0.001fb/m³ - 24시간 기준 NC : 0.01μg/m³-24시간 기준 NY : 5.0 μg/m³-1시간 기준 VA : 2.0μg/m³-24시간 기준 (5μm보다 진입자 기준)	0.2pb/m³-8시간 기준 (5μm보다 진입자 : OSHA, 29CFR) 2.0fb/m³-8시간 기준 (광산 안전보건청 : MSHA)
포름알데히드 (Form- aldehyde)	연 방 : 주택기준으로 : 0.4ppm 목표치, 생상품 누출기준으로 2ppm ~3ppm 설정 (HVD, 24CFR, 3280, 308, 1984) (c-14)	○ 정부 기준 없음 ○ 각주의 공기관리기준 CT : 0.012mg/m³ - 8시간 IL : 0.015μg/m³-1시간 IN : 0.018mg/m³ - 8시간 MA : 0.2μg/m³-24시간 NC : 0.3mg/m³ - 15분 NY : 0.002mg/m³-1년 VA : 0.012mg/m³ - 24시간 NV : 0.71mg/m³-8시간	○ ACGIH : 1.5mg/m³(1ppm) 8시간 - TWA, 3mg/m³(2ppm) 15분(STEL) ○ AIHA : 1.2mg/m³(1ppm) 8시간 - TWA, 2.5mg/m³(2ppm), 15분(STEL) ○ 사람이 탄 우주선의 NAS 권고기준 1.0mg/m³(1.0ppm) 60분 0.1mg/m³(0.1ppm) 90일
납 (Lead)	CPSC는 소비자용 또는 소비재용 페인트에 사용금지(16CFR 1303) (C-10)	○ 각주의 공기 관리기준 CT : 1.500μg/m³ - 8시간 IL : 0.5μg/m³ - 24시간 MA : 0.68μg/m³ - 24시간 NV : 4000μg/m³ - 8시간 VA : 2.5μg/m³ - 24시간	50μg/m³-8시간(OSHA)
오존 (O ₃)	미국FDA 는 주택, 사무실, 병원과 같은 막힌 공간에서 0.05ppm 을 초과하거나 허약자가 있는 공간에 누출 및 사용 금지 - 살균제, 탈취제 등	○ 각 주의 공기관리기준 - CT : 235.0μg/m³-1시간 - NV : 5.0μg/m³-8시간	○ 200μg/m³(0.1ppm)8시간 - TWA - OSHA, MSHA, ACGIH 동일함
라돈(Rn)	주택에 대한 1996년 EPA 권고 기준: 4PCI/ℓ 이하 - 대부분 주택에서 지킬 수 있음 4~20 PCI/ℓ - 3~4년 이내에 감소를 위한 조치를 취해야 함 20~200 PCI/ℓ - 수개월 이내에 감소시켜야 함 200 PCI/ℓ 이상 - 수주 이내에 감소시키거나 적정수준으로 감 소될때까지 재배치 EPA : 라돈 감소 방법 A Homeown 2's Guide, Aug, 1986 (C-22)	우라늄 광산지하로부터 방사되는 라돈의 국가 방사기준 : 건축물에격벽설치 ○ 라디오 핵 방사로부터 국가 방사기준 - 25m rem/Year : Whole body - 75m rem/Year : Critical or gas	1~4 WLM 라돈 부산물-1년(MSHA)

일산화탄소 (CO)		o 각 주의 공기관리 기준 - CT : 1.0mg/m ³ -8시간 - NV : 1.31mg/m ³ -8시간	50ppm(55mg/m ³): 8시간 -TWA 400ppm(440mg/m ³) : 15분간- STEL - OSHA,MSMA,ACGIH 통일
이산화질소 (NO ₂)		o 각주의 공기관리기준 - CT : 0.12mg/m ³ -8시간 - NV : 0.143mg/m ³ -8시간	6mg/m ³ (3ppm)-8시간 (TWA) 10mg/m ³ (5ppm)-15분 STEL(ACGIH) o 유인 우주선 NAS 권고기준 4mg/m ³ (2ppm)-1시간 1.0mg/m ³ (0.5ppm)-90일
이산화황 (SO ₂)		o 각주의 공기관리기준 - CT : 0.86mg/m ³ : 8시간 - NV : 0.119mg/m ³ : 8시간 - TN : 1.2mg/m ³ : 1년	5mg/m ³ (2ppm)-8시간 (TWA) 10mg/m ³ (5ppm)-15분-STE(ACGIH) o 유인 우주선 NAS 권고 기준 13mg/m ³ (5.0ppm)60분 3mg/m ³ (1ppm)90일
입자상물질		o 국가 공기 관리 기준 - 기하평균 : 0.06mg/m ³ - 24시간 최대 : 0.15mg/m ³ (EPA)	

* CT : Connecticut NV : Nevada
 IL : Illinois NY : NewYork
 IN : Indiana TN : Toronto
 MA : Massachusetts VA : Virginina
 NC : North Carolina

5. 한국 노출기준과 미국실내오염물질 권고 및 규제기준⁽²⁹⁾

오염물질종류(단위)	한국노출기준(TWA)	미 국 (실내권고 및 규제기준)				
		ASHRAE	NIOSH	OSHA(TWA)	ACGIH(TWA)	EPA
벤젠(ppm)	10(A2)	-	0.1	1	10	0.63 (발암예 방기준)
클로로포름(ppm)	10(A2)	-	STEL:2	2(A2)	10(A2)	0.63 (발암예 방기준)
포름알데히드(ppm)	1(A2)	0.1	0.16 C, 0.1	1(A2)	C, 0.3(A2)	-
연 소 가 스 일산화탄소(ppm) 이산화탄소(ppm) 이산화질소(ppm)	50 5,000 3	9 2,500 -	35 5,000 STEL:1	35 10,000 STEL : 1	25 5,000 3	- - 0.05 (연평균 기준치)
오존(O ₃ ; ppm)	0.1	-	C, 0.1	0.1	C 0.1	-
총부유분진 (TSP : mg/m ³)	제1종분진:2 제2종분진:5 제3종분진:10	0.26	-	-	2~10	0.075 (연평균 기준치)
석면 (개/cm ³)	청석면 : 0.2 황석면 : 0.5 백석면 : 2.0	0.1	0.1	0.2	0.2~2	-
라돈(Bq/m ³)	-	미국광산 위생국 : 3700	-	-	-	150 (4pci/ℓ)

E P A : 미국 환경보호청(규제기준)

ASHRAE : 미국냉난방 공조학회(권고기준)

NIOSH : 미국국립산업안전보건연구원(권고기준)

O S H A : 미국산업안전보건청(규제기준)

A C G I H : 미국산업위생전문가 협의회(권고기준)

6. 캐나다 주거시설의 실내공기 노출기준⁽²⁹⁾

오염물질	허용노출범위		
	단시간 노출범위	적용시간	장시간 노출범위
총 알데히드	$\sum Ci/Ci^U < 1'$	5분이상	-
포름 알데히드	-	-	0.1ppm(감시 기준) ^②
이산화탄소(CO ₂)	-	-	0.05ppm(목표기준)
일산화탄소(CO)	11ppm	-	3500ppm
	25ppm	8시간	-
이산화질소(NO ₂)	0.25ppm	1시간	-
오존 (O ₃)	0.12ppm	1시간	0.05ppm
입자상 물질 (Aerodynamic diameter 2.5 μ m이하)	0.1mg/m ³	1시간	-
		1시간	0.04mg/m ³
이산화황(SO ₂)	0.36ppm	-	-
수증기(Water vapor)	여름 30~80% RH	5분	0.019ppm
	겨울 30~55% RH	-	-
기타관련 오염물질	최소한 폭로유지	-	최소한 폭로유지
· 생물화적 인자 · 염화탄화 수소 · 다핵성 방향족탄화수소 (PAHS) · 섬유성 물질 · 연(납) · 담배 연기			
※ ① Ci = 0.12mg/m ³ (포름알데히드), 0.05mg/m ³ (아크롤레인), 9.0mg/m ³ (아세트 알데히드) ② 감시기준 : 이 수치로 포름알데히드가 인체에 발암성을 나타내는 명확한 역학조사 결과가 없아도 실내기준은 가능한 한 이농도 이하를 유지해야 함.			

7. 세계보건기구(WHO)의 실내공기오염 인정기준⁽²⁹⁾

오염물질	공표농도 (mg/m ³)	영향이 없는 한계 농도(mg/m ³)	영향이 있는 농도 (mg/m ³)	주 의
담배연기의 호흡성 입자	0.05-0.7	0.1이하	0.15이상	일본기준 : 0.15mg/m ³
일산화탄소(CO)	1-1.5 1-100	2.0이하 11.0이하	5.0이상 30.0이상	눈에 자극을 지적 계속 노출
니트로디메틸아민	10 ⁻⁶ -5×10 ⁻⁵	-	-	발암성 여부를 위한 돌연변이 조사
이산화질소(NO ₂)	0.05-1	0.19이하	0.32이상	-
라돈과 그 부산물	10-3000Bq/m ³	0	70Bq/m ³	신 건축물에 대한 스위스 기준
포름알데히드	0.05-2	0.06이하	0.12이상	장, 단시간
이산화황(SO ₂)	0.02-1	0.5이하	1.35이상	단순간 동안의 SO ₂
이산화탄소(CO ₂)	600-9000	1800이하	12000이상	일본기준 : 1800mg/m ³
오존 (O ₃)	0.04-0.4	0.05	0.08	-
석면	10개/m ³ 이하	0	10 ⁵ 개/m ³	장기간 노출
광물성 섬유	10개/m ³ 이하	-	-	피부 자극
유기용제				
메틸렌클로리드	0.005-1	-	350	ACGIH-TLV기준
트리클로로메탄	0.0001-0.02	-	260	NIOSH-REL기준
테트라클로로에탄	0.002-0.05	-	270	ACGIH-TLV기준
1,4-디클로로벤젠	0.005-0.1	-	135	NIOSH-REL기준
벤젠	0.01-0.04	발암성	335	ACGIH-TLV기준
톨루엔	0.015-0.07	-	450	ACGIH-TLV기준
크실렌	0.01-0.05	-	375	ACGIH-TLV기준
n-Nonane	0.001-0.03	-	435	ACGIH-TLV기준
n-Decane	0.002-0.04	-	1050	ILO기준
Limonene	0.01-0.1	-	-	-
			560	ACGIH-TLV테레핀유

VI. 연구결과

사업주는 작업장에서 작업하는 근로자의 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 강구하도록 산업안전보건법 제24조에서 규정하고 있으므로 여러가 안전보건에 관한 조치를 취하여 근로자의 건강을 보호하고 있다. 기업체의 생산부서에 근무하는 근로자에 대해서는 취급하는 유해위험물질의 유해성 및 위험성을 조사하고 작업환경을 측정평가하여 유해·위험성이 인지될 때는 작업환경을 개선하던가 보호구나 보호의를 착용토록 하는 등 적절한 조치를 취하고 있으나 사무실내에서 사무자동화 기기를 취급하는 근로자들의 건강장해에 대해서는 아직까지 신경을 쓰지 못한 것이 사실이다. 그러나 이들 실내 작업환경은 생산공장의 작업환경에 비하여 크게는 열악하다고 할 수 없으므로 사무실내의 작업환경 관리는 그 적용범위를 어떻게 정할 것인가는 매우 난해한 문제이다. 따라서 본 연구에서는 국내외의 문헌과 관련 부처의 법규를 검토하여 우리나라의 기준(안)을 제시하였으며, 본 연구에서는 그 적용범위와 대상물질의 관리기준(안)은 다음과 같이 제시하고자 한다.

1. 연구의 대상은 사무실(사업주가 근로자를 상시 취업케 하는곳) 및 그 일부에서 사무작업(개인용 컴퓨터, 기타 사무용기기를 사용하는 작업을 말함)을 하는 근로자가 상시 작업하는 사무실의 작업환경을 대상으로 한다.

2. 공조설비가 설치된 건물에 있어서 1인당 필요한 공기의 부피(기적)는 설비가 차지하는 부피와 바닥에서 4미터 이상의 높이에 있는 공간을 제외하고 근로자 1인에 대하여 10세제곱미터 이상으로 한다.

3. 실내온도는 근로자가 생활하는 중앙집중식 공조설비가 설치된 실내의 적당한 온도는 섭씨 17도이상 28도 이하가 타당하다고 생각하며 만일 실내온도가 섭씨 10도 이하인 경우에는 난방등 적절한 온도조절을 위한 조치를 강구해야 함이 타당하며 사업주는 실내를 냉방하는 경우 당해실의 기온을 외기온도보다 현저히 낮게하여서는 안된다. 다만, 정밀기기나 전자기구와 같은 예민한 것을 설치할 경우 실내에서 근로자에게 보온에 필요한 의류를 착용한 경우에는 그렇지 않아도 된다.

4. 실내의 상대습도는 공조설비가 설치된 실내에서 40%이상 70이하로 조절토록 한다.

5. 사무실로 유입되는 공기가 특정 근로자에게 직접 지속적으로 유입되지 않도록 하고 사무실의 기류는 초당 0.5미터 이하로 조절토록 한다.

6. 사무실내 작업면의 조도는 사진재료 취급등 특수한 작업을 행하는 사무실

을 제외하고 근로자의 작업능률과 경제적 여건을 감안하여 다음과 같은 기준에 적합하도록 하고 실내의 채광과 조명에 대하여는 명암대조가 심하지 않고 빛을 발생하지 않는 방법을 강구 한다.

- 정밀작업 : 300룩스 이상 ○ 보통작업 : 100룩스 이상
- 기타작업 : 70룩스이상

7. 가스상 오염물질로서 일산화탄소, 이산화탄소 및 이산화질소등의 연소성 가스는 실내에서 전기난로 석유난로 및 천연가스레인지등의 연소기구를 사용할 때 실내에서 발생할 가능성이 있다. 이때 이들 가스는 당해 공기기준 농도는 일산화탄소의 경우 100만분의 10이하로 한다. 다만 외기가 오염되어 있어 일산화탄소의 함유율이 100만분의 10이하인 공기공급이 불가능한 경우는 100만분의 20이하로 조절토록한다. 이산화탄소는 100만분의 1,000이하로 조절한다. 이산화 질소는 100만분의 0.15가 되도록 조절한다.

사무실내에서 발생하는 포름알데히드 가스는 흡연이나 사무실내 칸막이(접착제 등), 책상 책꽂이 등의 가구에서 발생되므로 이 가스의 실내 농도는 선진국과 동일한 100만분의 0.1로 제안한다.

한편 방사선 붕해가스로 알려진 라돈가스는 실내 건축자재등에서 발생하는 것으로 판단되어 미국환경청(EPA) 기준과 동일한 실내공기 1리터당 4피코큐리(4pci/l)이하로 할 것을 제안한다.

8. 실내공기기준 입자상 오염물질로서 부유분진(1기압, 25℃인 당해공기 1세제곱 미터중 부유분진의 총량을 말함)량은 1세제곱 미터당 0.15밀리그램 이하로 제안하며, 석면대체용으로 사용되는 유리섬유나 암면도 부유분진량과 동일한 1세제곱미터당 0.15로 제안한다. 석면은 많은 선진국에서 사용을 제한하거나 공공건물에는 사용을 금지시키고 있으므로 그 량은 점차적으로 감소 추세에 있다.

※ 가스상 오염물질이나 입자상 오염물질들은 공기조화설비(공기를 정화하고 그 온도 습도 기류등을 조절하여 공급할 수 있는 설비)를 갖춘 실내 건축물에 한한다.

9. 사무실내의 가스상 및 입자상 오염물질의 측정은 1년에 1회 이상 측정하되 필요시는 그 회수를 증가시키는 것을 제안한다.

측정사항의 기록보존은 다음 사항을 기록하여 2년간 보관하되 필요시는 3년간으로 그 기간을 연장할 것을 제안한다.

- 측정일시 ○ 측정장소 ○ 측정개소 ○ 측정조건

o 측정결과 o 측정자의 성명 및 주소

o 측정결과를 기초로 개선조치를 강구한 때에는 당해 조치의 개요 등 가스상물질이나 입자상물질 및 물리적인자등의 측정방법은 다음과 같은 측정기나 방법으로 제안한다.

단, 명시된 기기나 방법과 동일하거나 그 이상의 분석능력을 갖춘 경우에는 기타의 것을 사용할 수 있음을 제안한다.

o 부유분진, 유리섬유(암면)

글라스 화이버 여과지를 장착하여 시료직경이 10미크론이하인 부유분진을 중량법에 의해 측정하는 기기

o 일산화탄소

검지관 방식에 의한 일산화탄소 검지기

o 이산화 질소

UV-분광광도계(Saltzman 법)로 550mm에서 측정시료는 아조다이에 흡수된 것을 사용

o 포름알데히드

UV- 분광광도계에 의한 NIOSH(3500) 액체 포집법

o 라돈

휴대용 라돈 측정기 사용, 최소 리터당 0.1 피코규리이상 측정가능 한 것

o 기온 : 0.5도 눈금온도계

o 상대습도 : 0.5도 눈금 건습구 습도계

o 기류 : 0.2m/sec. 이상의 기류측정가능한 풍속계

※ 기온, 상대습도 및 기류등의 측정은 실내의 통상 작업시간중에 실 중앙 부 바닥에서 75cm이상 120cm이하인 위치에서 실시하는 것을 제안한다.

10. 사무실내 근로자에게 유해한 영향을 미칠 우려가 있는 소음 또는 진동에 대하여 격리벽을 설치하는 등 그 전파를 방지하기 위한 필요한 조치를 강구할 것을 제안한다.

11. 사무실내 소음전파 방지에 대하여 사업자는 개인용 컴퓨터 및 부속기기(프린터 등), 기타 사무용기기로서 소음을 발생하는 기기를 5대이상 동시에 사용할 때에는 소음 전파 방지를 위해 차음 및 흡음기능을 갖는 천정과 벽으로 구획된 전용작업실을 설치하여 작업하도록 제안한다.

VII . 참고 문헌

1. Thad Godish, Indoor Air Pollution, 2nd Ed., Sick Building Syndrome, Chelsea, Michigan, Lewis Publishers, INC., 1991.
2. Thad Godish, Air Quality, Chelsea, Michigan, Lewis Publishers, INC., 1985.
3. 보건복지부, 공중위생법 시행규칙 제 45조 1항(96, 8, 20개정)
4. 환경부, 지하생활공간 공기질 관리법 및 동법 시행령 및 동법 시행규칙 지하생활공간 공기질 유지기준 적용대상 (a)지하공기질유지기준(b)지하공기질 권고기준
5. U. S. A. Environmental Protection Agency, Building Air Quality, Factors Affecting Indoor air Quality, Sec. 1991, 2, 5-17
6. Thad Godish, Air Quality, Chelsea, Michigan, Lewis Publishers, INC. 1988.
7. Ingegerd Johansson, Determination of organic compounds in indoor air with potential reference to air quality, Atmosphere Environment, 1977, 12, 1371-1377
8. Douglass W. Dockery and John D. Spengler, Indoor-Outdoor relationships of respirable sulfates and particles, Atmosphere Environment, 1981, 15, 335-343.
9. Frank H. Jarke and Andraw Dravnieks, Organic Contaminants in indoor air and their relation to outdoor, ASHRAE Trans, 1981, 87, 153-166
10. Thad Godish, Air Quality, Chelsea, Michigan, Lewis Publishers, INC., 1991.
11. Stephen B. Chappell and Richard J. Parker, Smoking and carbon monoxide levels in enclosed public places in new brunswick, Canadian J. of Public Health, 1977, 68, 159.

12. V. Galuskinova, 3,4-Benzpyrene determination in the smoky atmosphere of social meeting room and restaurants, *Neoplasma*, 1964, 11(5), 465.
13. Selway R. J. Allen. and Wadden R. A. Ozone production from photocopying machine, *Am. Ind. Hyg. Assoc., J.* 1980, 41, 455.
14. William S. Linn, Ramon D. Buckley, Charles E. Spier, Raymond L. Blessey, Michael P. Jones and Jack D. Hackney, Health effect of ozone exposure in Athmatics, *Am. Rev. of Respiratory Diseases.* 1978, 117, 835
15. B. D. Goldstein, R. J. W Melia., S Chinn, C du V Florey, D. Clark and H. H. John, The relation between respiratory illness in primary Schoolchildren and the use of gas for cookint, II - Factors affecting nitrogen dioxide levels in the home, *Int. J. of Epideminology*, 1979, 8(4) 339-345.
16. H. D. Kerr, T. J. Kulle, M. L. Michlhany, and P. Swidersky. Effects of Nitrogen Dioxide on Pulmonary function in human subjects; An Environmental chamber study, *Environmental Research*, 1979, 19, 392-404.
17. Emil J. Bardona, Formaldehyde hypersensitivity and irritant. reactions at work and in the home, *Immunology & Allergy Practice*, May/June, 1980, 11-13.
18. Edward J. Kerfoot, and Thomas F. Mooney JR., Formaldehyde and paraformaldehyde study in Funeral Hones, *Am. Ind. Hyg. Assoc., J.*, July 1975. 533-537.
19. Richard A. Wadden et al., Formaldehyde, Indoor Air Pollution, John Willey & Sons, 1983, 27-30.
20. Thad Godish, Air Quality, Chelsea, Michigan, Lewis publishers, INC., 1985.

21. U. S. A. Environmental Protection Agency, Building Air Quality, Factors Affecting Indoor Air Quality, Appendix E. Radon, 1991, 151-152.
22. Richard A. Wadden, and Peter A. Scheff, Indoor Air Pollution, New York, John Wiley and Sons, 1983, 61.
23. 김윤신, 김동술, 이주형, 서울시 일부 지역에서의 실내 라돈 농도에 관한 조사, 한국환경위생학회지, 1989, 15(1), 11-18
24. U. S. A. Environmental Protection Agency, Building Air Quality, factors affecting Indoor Air quality, Appendix D. Asbestors, 1991, 147-150
25. 정동인, 문영한, 오세민, 암면등 단열재 제조업의 분진폭로 농도 및 분포특성에 관한 연구, 한국산업안전공단, 산업보건연구원, 위생 1995, 2-5
26. Mark F. Boeniger, Use of Ozone generating devices to improve Indoor Air Quality, Am. Ind. Hyg. Assoc., J. 1995, 56, 590-598.
27. 일본, 노동성, 노동안전위생법, 사무소 위생기준규칙(1972) 제 5조 1항~3항
28. 일본, 후생성, 빌딩위생관리법(1970), 제 2조 및 동법 시행령 제 2조 및 동법 시행규칙 제3조.
29. 김윤신 등, 지하공간등 실내공기질 관리방안, Workshop(환경부) 1996. 77-80.