

실내공기오염에 관한 소고

A Perspective on Indoor Air Pollution

김 윤 신

한양대학교 의과대학

Yoon-Shin Kim

College of Medicine, Hanyang University

1. 서 론

대기오염은 지구의 생성과 함께 화산폭발의 가스 배출에서 부터 작게는 가정내 연료사용의 연소과정에 이르기까지 각종 형태로 배출되어 우리 건강 뿐 아니라 생활복지면에 이르기까지 영향을 끼쳐오고 있다.

특히 우리나라는 아직도 도시지역의 대기오염상태가 선진국보다 열악한 상태로 대기오염방지를 위한 근본적 대책이 강구되고 있는 실정이다. 이와같은 오염된 공기를 단 5분도 숨을 쉬지 않고는 살 수 없는 인간이 실질적으로는 오염된 도시의 공기보다는 오염된 실내공기를 흡입하는 시간이 많음을 대부분의 사람이 쉽게 인식하지 못하고 있다. 일반적으로 도시인의 경우 하루 24시간중 80% 이상은 어떤 형태의 실내공간(가정, 사무실, 공공건물, 학교, 병원, 지하시설물, 상가, 음식점, 자동차, 지하철 등)에서 생활하고 있어 근본적으로는 다양한 직업을 가진 도시인은 개인에 따라 대기오염의 영향을 받기보다는 하루 중 많은 시간을 보내는 실내공간의 공기오염의 영향을 받을 수 있다 하겠다.

이같은 관점에서 구미 선진국에서는 1970년 이후 실내공기오염에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정에 우리나라는 아직도 실내공기오염의 중요성에 대한 인식도 부족하고 연구도 미비한 실정이나 장래 선진국형태의 환경오염중요성의 변환과정을 보면 국내에서도 21세기에는 실내공기오염에 관한 연구가 활발해질 것으로 예상된다.

따라서 본고에서는 실내오염연구중 국내에서의

진행된 실내공기오염에 관한 연구논문의 고찰과 아울러 장래 실내공기오염의 전망에 관하여 기술하고자 한다.

2. 실내공기오염의 중요성과 '빌딩증후군'의 발생

실내공기오염이 대기오염의 건강영향보다 더욱 중요시되는 이유는 첫째는 대기오염은 자연적인 희석율이 크고 대기오염에 대한 사회적 인식, 각종 규제로 인하여 억제되고 있으나, 실내공기는 한정된 공간에서 인공적인 실비를 통하여 오염된 공기가 계속적으로 순환되면서 그 농도가 증가될 수 있기 때문이다.

둘째는 1970년대 이후 에너지 보존을 위한 다양한 산업기술이 만들어 낸 새로운 건축자재가 공공 건물뿐만 아니라 일반주택에도 사용되고 있는데 이같은 새로운 건축자재에서 의외의 오염물질이 방출하게 되며, 또한 경제수준의 향상으로 다양한 생활용품의 사용이 증가하는데 이같은 생활용품에서도 뜻밖의 오염물질이 방출되기 때문이다.

셋째는 에너지 절감률을 높이기 위해서 건물의 밀폐화가 진행되면서 건물내 거주자들이 일시적 또는 만성적인 건강과 관련된 증상을 호소하는 사례가 증가되고 있기 때문이다.

1970년대초에 구미선진국에서는 사무실에 거주하는 사무원들이 실내거주시간이 많아짐에 따라 건조하고 혼탁한 공기로 인하여 두통이나 현기증, 눈과 피부가 가렵고 따끔거린다고 호소하는 비율이 증가하기에 이르렀다. 이러한 현상은 각종 건축물 및 산

업장에서 에너지 절약 및 효율을 높이기 위한 일환으로 건물의 단열화 및 밀폐화로 인하여 건물내의 기상조건, 공기의 질이 변화하여 건물내에 오염물질을 발생시킨 것으로 나타났다. 이런 현상을 일명 '빌딩증후군(Sick Building Syndrome - SBS현상)'이라고 하는데 빌딩증후군으로 나타나는 각종 증상들은 건물내에서 단시간 또는 낮동안 거주하는 사람에게 나타나며, 장기간 거주자는 이같은 증상이 계속되는 현상을 나타내고 있다. 그러나 일반적으로 빌딩증후군은 근무시간 외에 밤이나 주말에는 나타나지 않으며 에너지 절약을 위한 새건물일수록 이같은 증상이 심화되었다. 또한 일반가정에서 보다는 직장에서 근무하는 자가 빌딩증후군의 호소수가 많음을 나타내 결과적으로 빌딩내에서 장기간 근무할 경우 가끔 외부 공기의 흡입이 필요함을 시사하고 있다.

빌딩증후군으로 인한 증상으로는 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력 감소등을 들 수 있고 이 같은 증상은 실내환경이 매우 복잡하고 다양화됨에 따라 나쁜 실내공기질로 인하여 건물내 거주자에게서 발생되어 인체에 매우 심각한 영향을 미치게 된다. 빌딩 증후군의 발생은 일반적으로 건물내의 공기질, 외부공기의 유입상태 및 질, 실내 거주자들이 이용할 수 있는 공기의 체적, 실내에서의 기상(기온, 습도, 풍속등)조건등에 의해 좌우되는 것으로 나타났다.

3. 외국의 실내공기질 연구현황

최근에는 실내공기오염 감소를 위한 각종 신기술이 개발되고 있는데 선진국의 경우 1970년부터 시작한 실내공기오염에 관한 연구 중 실내오염이 인체에 미치는 영향을 파악하기 위하여 환경학자뿐만 아니라 각 분야의 연구를 통하여 공기오염물질의 개인용측정기구를 개발함으로써 개인이 오염물질에 폭로되는 양을 정확히 측정하고자 하였다. 따라서 현재까지는 이산화질소, 일산화탄소, 포름알데히드, 오존, VOC등에 대한 personal sampler가 개발되어 각 오염물질의 개인노출농도 뿐 아니라 간편하게 실내외농도를 측정하기에 이르렀다.

표 1은 주요 실내공기오염물질중(분진, NO₂, CO, 포름알데히드, 유기물질, 라돈, 미생물성물질) 외국에서 개발되어 많이 사용되는 Sampler를 열거한 것

이다. 한편 실내오염물질을 제거하기 위한 공기청정장치와 클린룸 기술의 개발도 박차를 가하고 있다.

최근 실내공기오염에 관하여 국제적으로 많은 연구가 진행되는 분야는 a) 위해평가방법의 구성(Risk Assessment Methods Framework), b) 오염노출평가 및 모델링(Exposure Assessment and Modeling), c) 오염원 규명의 수량분석(Quantifying Source Identification), d) 오염방지 대책기술 개발(Control Technique Development), e) 종합적 건물시스템의 관리(Total Building System Management), f) 복합적 연구(Crosscutting Research)의 체계확립 등으로 근본적으로는 우리 생활속의 환경문제를 새롭게 인식하면서 인간의 건강과 생활환경을 유지하는데 중요한 자료를 제공한다고 하겠다.

4. 국내 실내공기질 연구현황

국내에서 실내공기오염에 관한 연구는 주로 지하공간에서의 실내오염실태조사가 많이 보고된 연유로 본고에서는 1984년부터 1992년까지 서울시 보건환경연구원보, 한국대기보전학회지, 한국환경위생학회지, 국립환경연구원보, 대한위생학회지, 한양대학위논문을 대상으로 서울시내 지하공간 오염실태조사에 관한 논문을 선정하여 요약 고찰하였다.

표 2-7은 지하상가, 지하철역, 지하도, 지하터널, 지하주차장별로 주요 오염물질의 농도를 측정조사한 결과로서 지난 10여년동안 약 20여편의 논문이 보고되었으며 표 8은 지하환경내의 실내공기질을 요약한 것으로 총부유분진은 최저치 341 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 최대치 1700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 보이고 있어 지하환경오염의 심각성을 나타내고 있으나 아직도 개선이 안되고 있는 실정이다.

이상에서 본 지하환경 관련 논문의 고찰 결과 지하환경오염의 예방책은 환기시설의 강화로 자연적 환기와 같은 자연적 조절과 공기조화 설비 등을 이용하는 강제적 조절이 필요하며, 모든 지하공간내에서 지하환경의 특성에 맞게 환기시설을 설비하고 정기적인 검사가 이루어져야 한다. 또한 실내공기를 오염시키는 발생원을 규명하여 그 발생원을 제거하거나 대체하여 깨끗한 지하환경을 유지하여야만 계속적으로 증가추세에 있는 지하공간에서의 건강을 유지할 수 있다 하겠다.

Table 1. Selected examples of available equipment of indoor air pollutants.

Pollutant	Sampler	Source	Comments
Particulate :	Impactors and filters	Personal exposure monitor MSP Corporation 7949 Country Road 11 Maple Plains, MN 55359	4 liters/min flow rates. Cut size variable but available at 2.5 and 10 μ m
	Integrated gravimetric ; particles < 10 μ m or < 2.5- μ m diameter	MS & T Impactor Air Diagnostics Inc. RR 1, Box 445 Naple, ME 04055	4 and 10 liters/m ; mass flow controller for 14-day timer, double impactor for sharp cut ; fixed location
	Instantaneous(2/10 s) ; TSP or RSP ; 0.1-10- μ m forward light scattering	Miniram (personal aerosol monitor) Ram-1 larger device MIE, Inc 213 Burlington Road Bedford, MA 01730	Miniram, range 0.01-10 mg/m ³ or 0.1-100mg/m ³ . Averaging times, 10s to 8h TWA ⁺ , Ram-1 range, 0,001-200mg/m ³ calibrated with Freon-12 or by reference of gravimetric method
	Semi-instantaneous ; RSP fraction using piezoelectric balance	Piezobalznce(model 3500) TSI, Inc. P.O. Box 64394 St. Paul, MN 55164	Less reliable for concentration < 10 μ g/m ³ at 2-min averaging. Averaging time is variable. Difficult to calibrate (needs chamber tests or comparison to other methods)
	Continuous ; RSP submicron lightscattering multisensor monitor	Handheld aerosol monitor (HAM) PPM, Inc. 11428 Kingston Pike Knoxville, TN 37922	Lower detection limit about 10 μ g/m ³ . Can set zero and check span point in field but is calibrated by comparison with other methods
	NO ₂	Continuous electrochemical	Interscan Corporation P.O. Box 2496 21700 Nordhoff Street Chastsworth, CA 91311
Passive diffusion tubes		Environmental Sciences and Physiology Harvard School of Public Health	LOD ^a 500ppb for a 1-h exposure (5ppb for 100h)
CO :	Continuous electrochemical	EColyzer 2000, 6000 Energetic Sciences, Inc. Division of Becton Dickinson and Co. 6 Skyline Drive Hawthorne, NY 10532	Various ranges 0-50 ppm, 0-100ppm, etc. ; portable and personal versions available ; alarm option, cells expendable, LOD ^a ~2ppm
	Passive diffusion	Lab Safety Supply Co. P.O. Box 1368 Janesville, WI 53547	LOD ^a 50ppm for 8h ; will produce color change
	Detector tube, grab sample	National Draeger, Inc. P.O.Box 120 Pittsburgh, PA 15230	-Range 5-700 ppm by color change ; semiquantitative

(Continued)

Pollutant	Sampler	Source	Comments
Formaldehyde :	Diffusion tube	Air Quality Research, Inc. 901 Grayson Street Berkeley, CA 94710	LOD* 0.01ppm for 7-day exposure ; 1.68ppm for 1h
	Passive samplers	GMD Systems, Inc. Old Route 519 Hendersonville, PA 15339	LOD* 0.2ppm for 15min ; 0.005 ppm for 8h
Organic vapors :	Organic vapors	Portable gas chromatographs Thermo Environmental Instruments, Inc. 8 West Forge Parkway Franklin, MA 02038	Four detectors possible : electron capture flame ionization thermal conductivity photoionization
	Organic vapors : charcoal badges	3M Corporation Technical Service Department 3M Center St. Paul, MN 55144	Depends on vapors and sampling times ; minimum level, 10/mg, requires lab analysis
Radon :	Charcoal canister detector	F&J Specialty Products Inc.* P.O Box 660065 Miami Springs, FL 33266 (charcoal canister maker)	0.2pCi/liter*(2-7days) Radon adsorption/ γ -scintillation (Nal crystal)
	ATE(e.g., Track Etch* Radtrak*)	TERRADEX Corporation* (a Tech/OPS Company) 3 Science Road Glenwood, IL 60425	0.4pCi/liter(\geq 3months to 1year) CR-39/plastic/microscopy
	<i>femto</i> -TECH* radon monitor (model R210F)	<i>femto</i> -TECH, Inc. P.O. Box 8257 1325 Industry Drive Carlisle, OH 45005	$0.3 \frac{\text{cpm}}{\text{pCi/liter}}$ (~3min) Pulsed ion chamber
Microbiologic pollutant :	Slit impactor rotating agar	Casella Bacteria Sampler Casella London, Ltd. Regent House Britannia Walk Lodon N1 7ND England	Rotating disc containing agar ; heated 37 °C for 24h ; different agar for different organisms ; need laboratory for culturing and identification
	Impaction into agar dish	Andersen 1-cubic ft/min viable(microbial) sampler Andersen Samplers, Inc. 4215-C Wendell Drive Atlanta, GA 30336	Typically operating with last stage only of a multiple-stage impactor ; air accelerated through jets to impact on agar(nutrient) dish ; organisms must grow into colonies for identification. Note : adjustment of colony-forming units/m ³ required

* Adapted from Samet and Spengler(1991)

Table 2. Summary of indoor air quality in underground shopping stores.

Unit ; TSP, heavy metal($\mu\text{g}/\text{m}^3$), gases(ppm)				
Author (year)	Sampling location (period)	Sampling pollutant	Sampling method	Summary(Concentration)
Kim.K.J. et al (1985)	18 locations in Seoul (85. 3. 5-3. 19)	TSP, SO ₂ , NO ₂ , CO	HVAS(24h) KIMOTO MCSAM-1	TSP-519 ; SO ₂ -0.06 NO ₂ -0.06 ; CO-5
Kim.M.Y. et al (1985)	19 locations in Seoul (85. 5-3. 19)	TSP, Pb, Cu, Fe	HVAS	TSP-519.3 ; Pb -0.84 Cu -0.49 ; Fe -19.48
Kim.K.J. et al (1986)	26 locations in Seoul (86. 4. 17-5. 2)	TSP, SO ₂ , NO ₂ , CO	HVAS KIMOTO HCSAM-1	TSP-341 ; SO ₂ -0.03 NO ₂ -0.04 ; CO-3.5
Kim.M.Y. et al (1986)	26 locations in Seoul (86. 4. 8-5. 2)	TSP, Pb, Cu, Fe	HVAS	TSP-341.6 ; Pb -0.48 Cu -0.52 ; Fe -5.73
Kim.K.J. et al (1987)	26 locations in Seoul (87. 2. 24-3. 13)	TSP, SO ₂ , NO ₂ , CO CO ₂	HVAS KIMOTO MCSAM-1	TSP-415 ; SO ₂ -0.034 NO ₂ -0.037 ; CO-6.6 CO ₂ -965
Kim.Y.S. et al (1987)	20 locations in Seoul (Winter 1984, 1986)	NO ₂	Filter Badge Palmer Tube	1984 1986 Badge 0.034 0.036 Tube 0.026 0.039
Kim.Y.S. (1989)	Euljilo 2-3 ga Jongro 5 ga, Kangnam Terminal	Rn	Track Etch Radon Monitor	Rn-1.5 pCi/l
Park.S.H. et al (1989)	26 locations in Seoul (89. 4. 6-5. 19)	TSP, SO ₂ , NO ₂ , CO	TOYOHANDY Pump (Vp-20F), HVAS KIMOTOMCXAN-1	TSP-415 ; SO ₂ -0.048 NO ₂ -0.088 ; CO-3.9
Park.S.H. (1989)	9 locations in Seoul (88. 8. 3-89. 1. 19)	NO ₂	Palmer Tube, Personal Sampler (Badge-type)	NO ₂ -0.065
Choi.Y.B. (1991)	Bus-terminal in Seoul	CO, CO ₂	COPS	CO-8.63 ; CO ₂ -962
Jeon.J.M. (1992)	5 locations in Seoul (92. 2. 15-92. 10. 3)	SPM	Cascade impactor	SPM-216.3

Table 3. Summary of indoor air quality in subways.

Author (year)	Sampling location (period)	Sampling pollutant	Sampling method	Unit ; TSP, heavy metal($\mu\text{g}/\text{m}^3$), gases(ppm)	
				Summary(Concentration)	
Lee.K.K. et al (1984)	16 locations at 1st, 2nd line (84. 7. 24-8. 16)	TSP, Pb Cu, Fe	HVAS (24h)	TSP - 682.8 ; Pb - 0.084 Cu - 4.20 ; Fe - 4.42	
Lee.M.H. et al (1985)	Seoul, Busan	TSP, SO ₂ CO, CO ₂	Piezobalance Gas Detector Tube	TSP - 210 ; SO ₂ - 0.03 CO - 4.8 ; CO ₂ - 780	
Lee.M.Y. et al (1985)	34 locations at 1st, 2nd line (85. 3. 20-4. 24)	TSP, Pb Cu, Fe	HVAS (24h)	TSP - 534.65 ; Pb - 0.83 Cu - 1.93 ; Fe - 36.53	
Kim.K.J. et al (1985)	43 locations at 1st, 2nd line (85. 3. 20 19)	TSP, SO ₂ NO ₂ , CO	KIMOTO MCSAM-1 HVAS	TSP - 535 ; SO ₂ - 0.04 NO ₂ - 0.03 ; CO - 2.45	
Kim.K.J. et al (1986)	50 locations at 1st-4th line (86. 2. 24-4. 1)	TSP, SO ₂ NO ₂ , CO	KIMOTO MCSAM-1 HVAS	TSP - 410 ; SO ₂ - 0.019 NO ₂ - 0.014 ; CO - 2.63	
Kim.M.Y. et al (1986)	51 locations at 1st-4th line (86. 3. 17-4. 1)	TSP, Pb Cu, Fe	HVAS (24h)	TSP - 406.43 ; Pb - 0.65 Cu - 1.64 ; Fe - 15.63	
Kim.K.J. et al (1987)	77 locations at 1st-4th line (87. 3-9)	TSP, SO ₂ NO ₂ , CO CO ₂	HVAS KIMOTO MCSAM-1	TSP - 499 ; SO ₂ - 0.02 NO ₂ - 0.049 ; CO - 2.8 CO ₂ - 879	
Paik.N.W. et al (1988)	Eulchiro 4-ka, Hyehwa (88. 1. 27-6. 12)	TSP	Millipore Type AA (membrane filter) ; open face	TSP - 400	
Kim.Y.S. (1989)	4 locations in Seoul (88. 2-89.1)	Rn	Track Ethch Radon Monitor	Rn - 1.6pCi/l	
Park.S.H. et al (1989)	51 locations in Seoul (89. 5. 22-8. 10)	TSP, SO ₂ NO ₂ , CO	KIMOTO MCXNA-1, HVAS	Ticket agency TSP - 430 SO ₂ - 0.034 NO ₂ - 0.038 CO - 2.65 NO ₂ - 0.035	Platform 400 0.033 0.045 2.55
Park.S.H. (1989)	15 locations in Seoul (85. 8. 3-89. 1. 19)	NO ₂	Palme Tube, Personal Sampler (Badge-type)		
Choi.Y.B. (1991)	Hoi Hyen(4th line)	CO, CO ₂	COPS	CO - 7 ; CO ₂ - 756	

Table 4. Summary of indoor air quality in underground passway.

Unit ; gases(ppm), Rn(pCi/1), heavy metal($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Author (year)	Sampling location (period)	Sampling pollutant	Sampling method	Summary(Concentration)
Chung.N.Z. et al (1978)	Kwang Hwa Mun	TSP, CO ₂	부유분진계 (2min) Gas Detector tube	TSP - 230 ; CO ₂ - 260
Cho.K.R. et al (1982)	Se Jong	SO ₂ , NO ₂ , CO	NA	SO ₂ - 0.05 ; NO ₂ - 0.034 CO - 32.9
Cho.K.R. et al (1985)	Se Jong	TSP, Pb Cu, Fe	HVAS	TSP - 221 ; Pb - 1.9 Cu - 0.36 ; Fe - 1.8
Park. S. H. (1989)	6 locations in Seoul (88. 8. 3-89. 1. 19)	NO ₂	Palms Tube, Personal Sampler (Badge-type)	NO ₂ - 0.035
Kim.Y.S. (1989)	Seoul Station, Kangnam Station (88. 2.-89. 1)	Rn	Track Etch Radon Monitor	Rn - 2.1pCi.1

Table 5. Summary of indoor air quality in tunnel.

Unit : TSP, heavy metal($\mu\text{g}/\text{m}^3$), gases(ppm),Rn(pCi/1)				
Author (year)	Sampling location (period)	Sampling pollutant	Sampling method	Summary(Concentration)
Cho.K.R. et al (1982)	Bug ak, Nam San 1st 3rd	SO ₂ , NO ₂ , CO	NA	SO ₂ - 0.156 ; NO ₂ - 0.087 CO - 18.3
	Bug ak, Nam San 3rd	TPS, Pb Cu, Fe	NA	TSP - 1688 ; Pb - 8.5 Cu - 1.1 ; Fe - 9.05
Kim.K.J. et al (1985)	Nam San 1st-3rd, Kum Haw, Bug ak, Sang Do(A,B) (85. 6. 22-7. 4)	SO ₂ , NO ₂ , CO	mylor bag (401), moter (40HP 1725 RPM) (10min)	SO ₂ - 0.25 ; NO ₂ - 0.61 CO - 42.19
Kim.K.J. et al (1986)	Nam San 1st-3rd, Kum Haw, Buk ak, Sang Do, Ku ki (85. 7. 28-8. 23)	SO ₂ , NO ₂ , CO	"	SO ₂ - 0.047 ; NO ₂ - 0.22 CO - 28.04
Kim.M.Y. et al (1989)	Bug ak, Ku, Ki, Kum Haw, Sang Do, Ja Ha Mun. (85. 9. 8-10. 6)	TPS, SO ₂ , NO ₂ , CO Pb, Cu Fe	tetra bag(401), McSAM-1, HVAS(6h)	TSP - 1020 ; SO ₂ - 0.11 NO ₂ - 0.184 ; CO - 14.61 Pb - 8.22 ; Cu - 0.72 Fe - 14.13
Kim.Y.S. (1989)	Namsan 3rd, Bug ak (88. 2-89. 1)	Rn	Track Etch Radon Monitor	Rn - 1.6
Han.C.G. et al (1991)	Nam San 1st-3rd, Bug ak, Sng Do (91. 10. 7-10. 26)	TSP ,SO ₂ , NO ₂ , CO CO ₂ , Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{8h}$)	tetra bag(401), McSAN-1, HVAS	TSP - 1328.2 ; SO ₂ - 0.087 NO ₂ - 0.13 ; CO - 21.7 CO ₂ - 1321 ; PB - 2.06

Table 6. Summary of indoor air quality in underground parking lot.

				Unit ; Gases(ppm) Rn(pCi/1)
Author (year)	Sampling location (period)	Sampling pollutant	Sampling method	Summary(Concentration)
Kim.M.Y. et al (1986)	21 buildings in seoul (1st-4th basement) (80. 11. 4-11. 12)	SO ₂ , NO ₂	Portalbe	SO ₂ - 0.024 ; NO ₂ - 0.035
		CO, CO ₂	Combination Pressure Pump, Mylo bag, Portable Monitor	CO - 18.01 ; CO ₂ - 628.6
Park.S.H. (1989)	6 locations in Seoul (88. 8. 3-89. 1. 19)	NO ₂	Palms Tube, Personal Sampler (Badge-type)	NO ₂ - 0.041
Kim.Y.S. et al (1989)	Lotte Hotel, Hyundai Dept, Store (88. 2-89. 1)	Rn	Track Etch Radon Monitor	Rn - 1.3

Table 7. Summary of indoor air quality in other microenvironments.

				Unit ; NO ₂ (ppb), Ra(pCi/1)	
Author (year)	Sampling location (period)	Sampling pollutant	Sampling method	Summary(Concentration)	
Kim.Y.S. et al (1984)	25 offices in buildings (84. 1-2)	NO ₂	Filter Badge,	Badge ; 32.6	
			Palms Tube	Tube ; 40.6	
Kim.Y.S. et al (1984)	48 homes, housewives (84. 2-3)	NO ₂	Filter Badge,	Kitchen ; 52.6	
			Palms Tube	living room ; 43.7 personal ; 29.2	
Kim.Y.S. et al (1985)	20 building office (84. 2-4)	NO ₂	Filter Badge,	Badge ; 32.6	
			Palms Tube	Tube ; 40.6	
Kim.M.Y. et al (1986)	67 homes, housewives (84.8-9, 85.12-86.2)	NO ₂	Filter Badge	living room	Winter 28.0 Summer 17.3
				personal	28.2 20.6
				outdoor	18.4 25.1
Kim.Y.S. et al (1987)	48 homes, graduate students (Winter 1986)	NO ₂	Filter Badge,	living room 31.9 personal 30.7 outdoor 36.8	
Kim.Y.S. et al (1989)	34 houses (88. 2-89. 1)	Rn	Track Etch Radon Montor	basement 1st floor 2.64 1.71	
Kim.Y.S. (1990)	20 houses (88. 12-89. 4)	Rn	Track Etch Radon Monitor	Rn-2.272	
Kim.Y.S. (1991)	40 taxi driver (91. 3. 25-91. 3. 26)	NO ₂	Filter Badge	Taxi driver 554	

Table 8. Summary of indoor air quality in underground environments.

Pollutants	Underground stores		Subway		Passway		Tunnel		Parking lot	
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
Gases										
TSP($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	425.2	341-519.3	454.7	400-682.8	225.5	221-230.0	1345.3	1020-1688	-	-
SO ₂ (ppm)	0.043	0.025-0.06	0.029	0.019-0.04	0.05	0.05	0.150	0.047-0.25	0.024	0.024
NO _x (ppm)	0.054	0.026-0.088	0.033	0.014-0.05	0.035	0.034-0.04	0.250	0.087-0.61	0.038	0.035-0.024
CO(ppm)	5.53	3.5-8.6	3.72	2.5-7.0	32.9	32.9	24.9	14.6-42.2	18.0	18.0
CO ₂ (ppm)	963.5	962-965	865	756-879	-	-	1321	1321	628.6	628.6
Rn(pCi/L)	1.5	1.5	1.6	1.6	2.1	2.1	1.6	1.6	1.3	1.3
Heavy metals										
Pb($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.66	0.48-0.84	0.77	0.65-0.84	1.9	1.9	6.26	2.06-8.50	-	-
Cu($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.75	0.48-0.52	2.59	1.64-4.20	0.36	0.36	0.91	0.72-1.10	-	-
Fe($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12.6	5.73-19.5	18.9	4.42-36.5	1.8	1.8	11.6	9.05-14.1	-	-

5. 실내공기오염 관리대책과 전망

건물의 쾌적한 실내환경은 건축물의 구조, 건물내의 생활환경, 건물의 지리적 위치, 건물자체내의 환경조건을 위한 환기시설 등에 의하여 좌우된다.

실내공기오염에 대한 방지책으로는 환기를 철저히 하고, 실내공기오염물질을 발생시키는 발생원을 제거, 대체 또는 개선하며 공기정화장치의 사용, 또는 행동양식의 변화 등이 방지대책으로 제안되고 있다. 그러나 실내공기오염물질의 방지만으로 쾌적한 실내환경을 유지시킬 수는 없다. 가장 이상적인 실내환경은 실내에 거주하는 사람이 최대한 안락한 기분을 가질 수 있는 조건이다.

깨끗한 실내환경을 유지하기 위해서는 그림 1과 같이 개인의 노력뿐 아니라 건물주 또는 건물관리인, 건축가, 건축자재 제품업자, 건설업자, 정부기관 등이 실내환경을 깨끗하게 하고자 각자 관련된 맡은 책임을 다하고 협동체제를 구축하여야만 쾌적한 실내환경이 유지된다고 할 수 있다.

장래 실내공기오염의 전망을 고려하여 우리나라에서의 실내공기오염의 관리대책을 제안하면 다음과 같다.

5. 1 실내공기오염 연구의 국제화 필요성

최근의 실내환경문제는 생활환경의 중요성이 부각되면서 지난 수년간에 새로운 국제학회의 조직이 활발하게 전개되고 IAQ(Indoor Air Quality)에 관한 국제 세미나가 세계도처에서 개최되고 있는 실정이다. 특히 구라과와 미국에서는 국제 공동연구를 통한 실내오염방지 신기술 개발등이 모색되고 있어 우리나라도 많은 대기환경전공학자들이 실내공기질

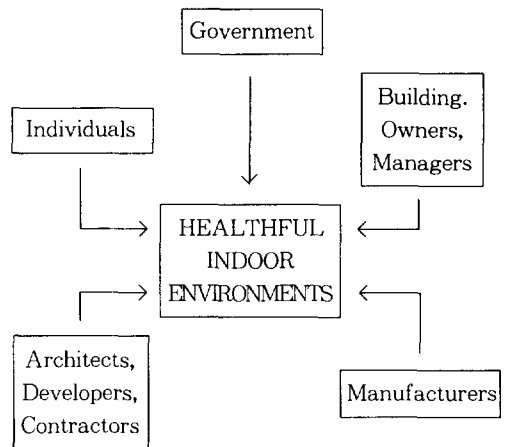


Fig. 1. Responsibilities for healthful indoor environments.

에 국제공동연구, 국제세미나 또는 진출한 외국에서의 신기술 개발 및 연구분야에 적극적으로 참여하여야 한다.

5. 2 실내환경교육의 필요성

최근 각종 환경오염의 중요성이 부각되고 있으나 실내환경오염에 대한 인식은 지극히 미비한 실정이다. 따라서 생활속의 환경문제와 직결되어 있는 새로운 환경분야의 중요성을 건강영향이라는 문제와 관련시켜 학생 및 일반인을 대상으로 교육 또는 계몽활동을 펴서 실내오염방지 대책을 구축하여야 한다.

5.3 실내공기오염 문제를 다룰 행정부서의 필요성

우리나라에서는 실내공기오염방지에 관한 연구 및 공공정책을 관장할 행정적 기관이 없어 실내공기오염에 관한 조사, 오염 발생원에 대한 행정적 처리등을 시행할 수 있는 업무기관이 필요하다. 현재 실내공기에 대한 환경기준은 건축법(건설부) 및 공중위생보건법(보사부)에 규정되어 있고 부분적으로 보건사회부 공중위생과에서 다루고 있으나 일본의 건축물 공중위생법을 답습한 것에 지나지 않아 건물내 7가지 실내환경오염물질의 기준치 설정에 재고가 필요하다. 또한 환경처에서는 1989년에 지하환경에서의 권고기준치를 설정하였으나 지하환경을 비롯한 다양한 실내공간에서의 오염도에 관한 측정자료가 미비한 상태이므로 미국환경청과 같이 환경처 대기국안에 실내오염물질의 측정 및 종합적 관리를 다룰 행정요원의 배치가 시급히 요구된다.

5.4 실내환경영향평가의 필요성과 관리대책

최근 대도시에서는 지하환경시설의 증가가 예상되고 있고 전술한 국내 지하환경의 실내공기질은 매우 열악한 상태이다. 따라서 차후에 건설되는 건물내의 지하시설물, 지하상가 등의 지하시설 공간에 대하여는 일반 환경영향평가 제도의 실시와 같이 지하공간의 실내공기질에 대한 영향평가사업을 실시하여야만 한다.

특히 실내공기질의 위해평가(Risk Assessment)를 위해서는 실내공기오염물질의 정확한 분석, 오염물질의 양-반응관계, 실내 유해물질의 특성등을 정확히 파악하여야 한다. 이같은 분석평가와 아울러 Cost-benefit를 고려한 실내환경평가를 바탕으로 우리나라 실정에 맞는 실내공기오염물질의 기준권고치를 설정하여 장기적인 실내환경오염방지대책을 강구하여야 된다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 김광진의(1985) 서울시내 지하상가 오염도 조사, 서울특별시 보건환경연구원보, 21, 229-236.
- 김광진의(1985) 서울시 터널내 대기 오염도 조사연구, 서울특별시 보건환경연구원보, 21, 237-246.
- 김광진의(1985) 서울시내 지하철 오염도 조사, 서울특별시 보건환경연구원보, 21, 247-255.
- 김광진의(1986) 지하시설물에 대한 환경오염도 조사연구, 서울특별시 보건환경연구원보, 22, 316-327.
- 김광진의(1986) 서울시내 지하식당 주방의 공기오염도 실태 조사, 서울특별시 보건환경연구원보 2, 346-360.
- 김광진의(1987) 지하시설물에 대한 환경오염도 조사연구, 서울특별시 보건환경연구원보, 23, 314-447.
- 김민영의(1985) 생활공간으로서의 지하환경공기중 중금속농도조사, 서울특별시 보건환경연구원보, 21, 214-228.
- 김민영의(1986) 생활공간으로서의 지하환경대기의 중금속오염도에 관한 연구, 서울특별시 보건환경연구원보, 22, 293-315.
- 김민영의(1986) 서울시내 주요 지하주차장내의 공기 오염현황 조사연구, 서울특별시 보건환경연구원보, 22, 339-345.
- 김민영의(1986) 이산화질소의 개인피폭량에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 2, 55-72.
- 김민영의(1989) 서울시 터널내 공기오염도 조사연구, 서울시 보건환경연구원보, 25, 238-252.
- 김윤신(1983) 실내공기오염에 관한 보건학적 고찰, 대한보건협회지, 9(3), 27-39.
- 김윤신(1984) 우리나라에 있어서 실내 공기오염에 관한연구: 개인용 Sampler를 이용한 이산화질소 농도측정, 대한보건협회지, 10(2), 89-96.
- 김윤신(1989) 서울시 일부 지역에서의 실내 라돈 농도에 관한 조사, 한국환경위생학회지, 15(1) 11-18.
- 김윤신(1990) 우리나라 일부 주택내 라돈농도에 관한 조사연구, 한국환경위생학회지, 16(1), 1-7.
- 김윤신(1991) 서울시 일부 택시기사의 이산화질소 개인피폭량에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 17(2), 9-16.
- 박상현의(1989) 지하시설물에 대한 환경오염도 조사연구, 25, 253-263.
- 박상희(1989) 이산화질소의 실내농도 및 개인 피폭량에 관한연구, 한양대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 백남원(1988) 서울시 지하철 구내의 공기중 분진 농도에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 14(2), 1-12.
- 이광국의(1984) 서울시내 주요 지하철역의 중금속 오염도 조사, 서울특별시 보건환경연구원보, 20, 336-341.
- 이민희의(1985) 지하환경의 대기오염물질 규제에 관한 조사연구, 국립환경연구원보, 7, 63-74.
- 이민희의(1986) 지하환경의 대기오염물질 규제에

- 관한 조사연구, 대한위생학회지, 1(1), 47-58.
- 전후민(1993) 서울시 지하상가 공기중 다환방향족 탄화수소의 농도조사에 관한 연구, 한양대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 정남조외(1978) 지하도환경의 위생학적 고찰, 국립보건연구원보, 15, 427-432.
- 조강래외(1982) 자동차배출가스로인한 터널 및 지하차도의 대기오염 실태조사연구, 국립환경연구소보, 4, 91-103.
- 최병현외(1986) 서울지역 지하식당 공기중의 진균 분포 조사, 서울특별시 보건환경연구원보, 22, 140-144.
- 최홍복(1991) 일산화탄소의 실내농도 측정 및 영향에 관한 조사연구, 한양대학교 환경 대학원 석사학위논문.
- 한천길(1991) 서울시 터널내 공기오염도 조사연구, 서울특별시 보건환경연구원보, 27, 238-247.
- American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers. (1989) ASHRAE Standard 62-1989: Ventilation for acceptable indoor air quality.
- Berglund, B., and Lindvall, T. (1986) Sensory reactions to "sick buildings." Environ. Int. 12, 147-59.
- Gordon, G. (1988) Receptor models. Environ. Sci. Technol. 22, 1132-52.
- Grosjean, D.; Williams, E.; and Van Natta, A. (1982) Measurements of organic acids in the south coast air basin. Final report A5-177--32 for California Air Resources Board.
- Samet, J. M. and Spengler, J. D. (1991) Indoor Air Pollution The Johns Hopkins Univ. Press.
- Sexton, K. (1986) Indoor air quality: An overview of policy and regulatory issues. Sci. Technol. Human Values 11, 53-67.
- Spengler, J. D. et al. (1989) Exposures to acidic aerosols. Environ. Health Perspect. 79, 43-51.