

실내공기질 공정시험방법

실내공기질 공정시험법의 개요와 향후 연구진행 방향, 국내외의 실내공기오염물질에 대한 측정 규격의 종류 및 특성, 공정시험법 도출을 위한 기본적인 고려사항 등에 대하여 간단히 살펴보고자 한다.

이 윤 규

한국건설기술연구원 건축연구부(yglee@kict.re.kr)

서론

실내공기오염은 거주자, 건축자재, 실내연소기구 등 건축물내에 다양한 오염원(sources)이 존재하며, 이러한 것으로부터 VOCs, HCHO, 라돈, CO, CO₂, NO₂, O₃, 미세먼지(PM10), 부유세균 등 유해한 오염물질(contaminants)이 방출하며, 각 오염원에서의 유해오염물질 방산정도(emission rate)가 실내외의 물리적 환경조건, 적용 건축자재의 종류 및 공법, 환기설비의 특성 및 유형, 거주자의 생활습관 등에 따라 매우 큰 편차를 보이고 있기 때문에 효과적인 해결방안의 제시가 매우 어려운 실정이다.

특히, 국내의 경우, 실내공간에서 발현할 가능성이 있는 상기 유해오염물질에 대하여 통일된 공정시험방법이 제시되어 있지 못하고, 기존의 측정 및 평가방법이 대부분 고도의 전문기술과 고가의 측정장비를 요구하고 있기 때문에 이에 대한 정량적 측정 및 평가가 현실적으로 어려운 상황이다. 한편, 건축물내에 존재하는 대다수 실내공기 오염물질에 대한 기존 측정 및 평가기법의 경우, 이 분야에서의 기술기반이 관련시장 협소 등의 이유로 인하여 선진국의 30%정도로 매우 취약한 실정이다.

따라서, 우리나라의 경제적, 기술적, 사회적 수준을 고려할 때, 고가의 수입기자재만으로 측정이 가능한 고정밀도의 실내공기 오염물질 측정 및 평가법에 의한 측정기준을 제시하기 보다는 하이-로(high-low)개념의 공정시험방법으로 재정립될 필요성이

있다. 즉, 고도의 정밀도가 요구되는 실험실 분석용 장비는 하이(high)개념의 측정기기 및 방법이 적용된 주시험방법으로 채택하고, 건축물의 실제적인 운영 및 유지관리를 목적으로 하는 실내공기 오염농도의 지속적인 모니터링과 대상 실내공간내 유해오염물질의 정도를 직접 판단하기 위한 현장측정 등을 위해서는 일정수준이상의 측정정확도가 확보되면서도 현장에서의 활용이 용이한 로우(low)개념의 휴대용 현장측정 기기 및 방법이 병용될 수 있는 공정시험방법 체제가 제시되어야 할 것이다.

본 고에서는 이러한 관점에서 현재, 한국건설기술연구원에서 “실내공기질 공정시험방법 도출 연구”의 일환으로 수행중인 실내공기질 공정시험법의 개요와 향후 연구진행 방향, 국내외의 실내공기오염물질에 대한 측정 규격의 종류 및 특성, 공정시험법 도출을 위한 기본적인 고려사항 등에 대하여 간단히 살펴보고자 한다.

실내공기질 공정시험법의 목표 및 연구 범위

목표

2003년 4월 국회를 통과한 지하생활공간 공기질관리법 개정법률안(다중이용시설 등의 실내공기질관리법) 제4조(실내공기질 공정시험법)에 의하여 실내오염물질을 측정할 때, 보다 정확하고 통일된 측정을 하기 위하여 정하도록 되어 있는 세부적인 시험법의 도출

세부 연구범위

- (1) 측정방법 제시대상
 - 신축공동주택
 - 다중이용시설
 - 건축자재
- (2) 측정대상 오염물질
 - 입자상 오염물질
 - 가스상 오염물질
 - 미생물성 오염물질
- (3) 제시된 측정방법의 시범 적용
 - 신축공동주택 : 3개 시설
 - 다중이용시설 : 3개 시설
 - 건축자재 : 3개 항목(내장재, 도장재, 접착제)
 - 휴대용 측정장비에 대한 비교측정(포름알데히드 등)

주요 실내공기질 시험방법

2003년 4월 다중이용시설 등의 실내공기질관리법이 국회를 통과하면서 지하역사와 지하상가를 대상으로 하던 지하생활공간 공기질관리법의 법률명칭이 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”으로 개정되고 실내공기질 관리대상시설에 여객터미널, 도서관, 종합병원 등이 추가되었으며, 신축공동주택의 입주전 공기질의 측정 및 공고가 의무화되었다. 이에 따라, 실내공기의 오염물질로 규정된 미세먼지(PM10), 이산화탄소, 포름알데히드, 일산화탄소, 이산화질소, 총부유세균, 라돈, 총휘발성유기화합물, 석면, 오존 등의 유지 및 권고기준에 대하여 그 적합성을 판단할 수 있는 실내공기질 공정시험법이 필요하게 되었다.

현재, 국내에서 공기질과 관련된 시험방법은 산업

시설의 굴뚝배출가스와 대기환경중의 오염물질을 측정하는 대기질 공정시험방법과 지하역사 및 지하도상가 등에 대하여 적용하는 지하공기질 공정시험방법이 있다. 그러나, 이 방법들은 대기중의 시료를 채취하거나 지하공간에 한정된 건축물내에서 측정하는데 그 중점을 두고 있어, 개정된 다중이용시설 등의 실내공기질관리법의 주요 대상인 다중이용시설과 신축공동주택의 실내공기질을 측정하기에는 근본적인 한계점을 갖고 있다.

따라서, 본 고에서는 국내의 특수한 상황을 반영하는 한편, 관련규격에 대한 국제적인 연구 및 제정 동향에 발맞출 수 있는 실내공기질 공정시험법을 도출하기 위하여, 표 1에서 보는 바와 같은 오염물질에 대해서 국내의 공기질 공정시험방법을 재검토하고, 이와 관련한 주요 선진국의 관련 규격과 시험방법을 비교분석하였다.

국내 대기질 및 지하공기질 공정시험법

국내의 공기질 관련 시험법은 대기질공정시험방법과 지하공기질공정시험방법으로 나눌 수 있다. 또한 대기질공정시험방법은 크게 배출허용기준 시험방법과 환경기준시험방법으로 구분되는데 이중 실내공기질과 관련하여 참고할 수 있는 것은 환경기준시험방법이다. 그러나, 대기질 공정시험방법의 환경기준 시험방법에는 오염물질로 규정된 미세먼지(PM10), 이산화탄소, 포름알데히드, 일산화탄소, 이산화질소, 총부유세균, 라돈, 총휘발성유기화합물, 석면, 오존 등의 10개 물질 중에 총부유세균, 라돈의 시험방법은 명시되어 있지 않다.

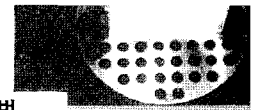
또한, 지하공기질 공정시험방법의 경우를 살펴보면 주로 가스상 물질의 측정법에 대해서만 명시하고 있으며, 이 시험방법의 목적이 지하공간만을 대상으로 하고 있기 때문에 다중이용시설과 신축공동주택 등의 일반적인 실내공간에 적용하기 위해서는, 측정시에 고려해야할 측정 지점 수, 측정 위치 등의 세부 측정 방법과 절차 등이 보완되어야 한다.

실내공기질 시험방법에 대한 주요 국제규격

국내의 공정시험방법에 명시되어 있지 않은 오염물질에 대한 측정법과 개선이 필요한 시험방법을 새롭게 규정하기 위해서는 국내보다 앞서서 실내공기

<표 1> 실내공기 오염물질의 구분 및 종류

오염물질의 형태	종 류
입자상 물질	미세먼지(PM10), 석면
가스상 물질	총휘발성유기화합물(TVOC), 포름알데히드(HCHO), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO2), 이산화질소(NO2), 오존(O3), 라돈
미생물성 물질	총부유세균



질을 연구하고, 이에 대한 측정법을 이미 규격화한 주요 선진국의 측정법이 적절한 참고자료가 될 수 있다. 따라서, 본 고에서는 국내의 공정시험방법과 국외의 실내공기질 시험방법을 체계적으로 비교, 검토하였으며, 이를 바탕으로 국내의 공정시험방법이 국제규격과 서로 상이할 경우에는 수정 및 개선을, 국내 측정법이 없는 오염물질에 대해서는 국내 상황에 적합하게 적용할 수 있는 규격의 채택을 검토하였다.

주요 국제규격으로는 ISO(국제표준화기구; inter-

national standard organization), EPA(미국환경보호국; US. environmental protection agency), ASTM(미국재료시험학회; american society for testing materials), NIOSH(미국국립산업안전보건연구소; national institute for occupational safety and health), CEN(유럽연합표준위원회; european committee for standardization)을 참고하였다.

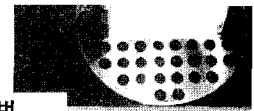
국외의 규격 중 가장 상위개념이라 할 수 있는 ISO를 중심으로 국내의 대기질공정시험방법과 비교해보면, 전반적으로 국내시험방법의 주시험법이 ISO

<표 2> 실내공기 오염물질의 측정 및 분석을 위한 국제 규격

오염물질	규격	규격명	측정법
미세먼지	ISO 8672	Air quality-determination of the number concentration of airborne in organic fibers by phase contrast optical microscopy-Membrane filter method	멤브레인필터법
	EN 12341	Air quality-determination of the PM10 fraction of suspended particulate matter - Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods	
이산화탄소	NIOSH 6603	Carbon Dioxide	가스크로마토그래피
일산화탄소	ISO 4224	Air quality - determination of carbon monoxide-Non dispersive infrared spectro metry method first edition	비분산적외선 분석법
	ASTM D3162	Standard test method for carbon monoxide in the atmosphere (continuous measure ment by non dispersive infrared spectro metry)	비분산적외선 분석법
이산화질소	ISO 7996	Ambient air - determination of the mass concentration of nitrogen oxides- chemiluminescence method first edition	화학발광법
포름알데히드	ISO 16000-3	Indoor air-determination of formaldehyde and other carbonyl compounds - Active sampling method	2,4-DNPH 유도체화 분석법
	EPA TO-11	Determination of formaldehyde in ambient air using adsorbent cartridge followed by high performance liquid chromatography (HPLC) - Active sampling	2,4-DNPH 유도체화 분석법
	NIOSH 2016	Formaldehyde	2,4-DNPH 유도체화 분석법
	ASTM D5014	Standards test method for measurement of formaldehyde in indoor air(Passive sampler methodology)	MBTH test method (3-menthyl -2-benzothiazolinone hydrazone hydrachloride)
	ASTM D5197	Standard test method for determination of formaldehyde and other carbonyl com pounds in air-Active sampler methodology)	2,4-DNPH 유도체화 분석법
라돈	ASTM D6327	Standard test method for Determination of radon decay product concentration and working level in indoor atmospheres by active sampling on a filter	필터측정법

<표 2> 계속

오염물질	규격	규격명	측정법
석면	ISO 10312	Ambient air-determination of asbestos fibers – Direct – transfer transmission electron microscopy method first edition	직접이송투과형 전자현미경법
	ISO 13794	Ambient air-determination of asbestos fibers – Indirect – transfer transmission electron microscopy method first edition	간접이송투과형 전자현미경법
	ISO 8672	Air quality – determination of the number concentration of airborne inorganic fibers by phase contrast optical microscopy – Membrane filter method first edition	위상차현미경법
	NIOSH 7402	Asbestos	투과형전자현미경법
오존	ISO 13964	Air quality-determination of ozone in ambient air-ultraviolet photometric method first method	자외선광도법
	ASTM D5156	Standard test methods for continuous measurement of ozone in ambient, workplace, and indoor atmospheres (ultraviolet absorption)	자외선광도법
총휘발성 유기화합물	ISO 16200-1	Workplace air quality sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography part 1 : Pumped sampling method first edition	용매탈착-기체 가스 크로마토그래피법
	ISO 16200-2	Workplace air quality sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography part 2 : Diffusive sampling method first edition	용매탈착-기체 가스 크로마토그래피법
	ISO 16017-1	Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube – thermal desorption/capillary gas chromatography – Part1 : Pumped sampling	고체흡착열탈착법
	ISO 16017-2	Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube-thermal desorption/capillary gas chromatography – Part2 : Diffusive sampling	고체흡착열탈착법
	EPA TO-17	Determination of volatile organic compounds in ambient air using active sampling onto sorbent tubes	고체흡착열탈착법
	ASTM D6196	Standard practice for selection sorbents and pumped sampling/thermal desorption analysis procedures for volatile organic compounds in air	고체흡착열탈착법
	NIOSH 2549	Volatile organic compounds(Screening)	고체흡착열탈착법



에 규격화되어 있는 경우가 많다. 그러나, 규격화되어 있는 측정법도 실내공기보다 대기에 초점이 맞추어져 있기 때문에 실내공기질에 관련한 공정시험방법으로의 적용을 위해서는 보다 체계적 검토와 국내 실정에 맞는 적절한 보완이 필요할 것으로 판단된다.

간이시험방법의 종류와 특징

간이시험방법은 실내공기오염 물질을 측정하여 현장에서 측정값을 정량적으로 파악할 수 있는 휴대용 장비 및 기기를 의미한다. 이러한 기기는 샘플링, 정량조작의 용이성, 소형, 경량으로 운반의 용이성, 가

주요 측정 및 분석방법

입자상물질(PM10)에 대한 측정 및 분석방법의 종류와 특징

측정방법	원리 및 장·단점
저용량 공기채취기 (Low Volume Air Sampler)	<ul style="list-style-type: none"> - 다단식 분립기 혹은 사이클론식 분립기를 이용하며, 채취입자의 입경은 일반적으로 10μm 이하 - 30일 이상 사용가능하고, 부하가 걸리지 않을 때에는 흡입유량이 30 l/min 이상을 유지 - 평판을 좁은 간격으로 여러장 겹쳐서 평판이 수평되게 놓고 공기를 통과시키면 10μm 이상의 입자는 침강하여 떨어지고 작은 입자만 통과 - 여과지는 유리 섬유재 여과지 또는 Pore Size가 0.4μm 이하의 니트로셀룰로오스(Nitro Celulose)제 멤브레인(Membrane Filter) 또는 아세탈셀룰로오스제의 멤브레인필터 등을 사용 - 20$^{\circ}$C, 50%의 조건에서 24시간 이상 향량이 되게 한 후, 무게를 측정하여 농도를 계산
소용량 공기채취기 (Mini Volume Air Sampler)	<ul style="list-style-type: none"> - PM10 Inlet의 총돌판에 관성총돌하여 붙고, 10μm 보다 작은 입자는 총돌판에서 위로 흐르는 공기의 흐름에 따라 여지에 쌓임 - 측정유량은 5l/min이며, 24시간동안 측정 - 여과지는 Pore Size가 0.4μm이하의 미량원소성분 분석에 가장 적합한 재질로 알려진 PTFE 멤브레인 필터를 사용 - 20$^{\circ}$C, 50%의 조건에서 24시간 이상 향량이 되게 한 후 무게를 측정하여 농도를 계산 - EPA의 Code of Federal Regulations (40CFR50, Appendix J)에서 약속된 표준적 PM10 인용방법(reference method)의 변형장치이나 정확성, 휴대 및 외부전원기동이 모두 가능하고, 경량으로 저소음형이기 때문에 실내공기 측정은 물론 외부대기측정용으로 간편

석면에 대한 측정 및 분석방법의 종류와 특징

측정방법	원리 및 장·단점
위상차 현미경법 (ISO 8672) (NIOSH 7400)	<ul style="list-style-type: none"> - 공기를 통과시켜 시료를 채취하여 현미경으로 측정하는 방법 - 비교적 분석이 간편하다는 장점이 있음 - 석면의 감별분석이 불가능하다는 단점이 있음
편광 현미경법 (NIOSH 9002)	<ul style="list-style-type: none"> - 고형시료 중에 포함된 석면을 측정하는데 주로 사용 - 최근에는 공기 중 석면농도 측정에도 사용 - 석면을 감별 분석할 수 있는 장점이 있음 - X-선 회절법보다 석면분석에 있어 간편 - 미국 EPA에서 고형시료의 분석법으로 추천하는 방법
전자 현미경법 (ISO 10312) (ISO 13794)	<ul style="list-style-type: none"> - SEM(Scanning Electron Microscopy)과 TEM(Transmission Electron Microscopy)의 2종류가 있음 - 석면의 감별분석이 가능하며 다른 현미경법으로 측정할 수 없는 매우 미세한 입자를 측정할 수 있음. - TEM법은 가장 미세한 입자를 측정할 수 있음. - SEM은 분석시간이 1~3시간, TEM은 8~10시간 소요됨

일산화탄소, 이산화탄소에 대한 측정 및 분석방법의 특징

측정방법	원리 및 장·단점
비분산적외선 분석법	- CO, CO ₂ 에 대한 적외선 흡수량 변화를 선택성 검출기 등으로 측정하여 환경대기중에 포함되어 있는 이산화탄소의 농도를 연속측정 하는 방법

이산화질소에 대한 측정 및 분석방법의 특징

측정방법	원리 및 장·단점
화학발광법	- NO가 오존과 반응하여 산화될 때 600~1000nm 부근의 적외선을 방출하는데, 이때의 발광 강도가 NO와 비례하는 원리를 이용해 측정하는 방법

오존에 대한 측정 및 분석방법의 특징

측정방법	원리 및 장·단점
자외선광도법	- 광원으로 저압 수은 램프를 사용하여, 254nm의 파장 영역에서 오존에 의한 자외선 흡수량을 계측함으로써 오존의 농도를 측정

HCHO에 대한 측정 및 분석방법의 종류와 특징

분석방법		원리 및 장단점
2,4-DNPH 유도체화 분석법	지하공기질 공정 시험방법	- 유속은 1000ml/min이하 - 총유량은 80℃를 초과해서는 안됨 - 분석시 자외선흡광검출기의 흡수파장은 370nm
	ISO 16000-3	- 유속은 500~1200ml/min - 포집된 공기중의 카르보닐의 총 몰(mol)은 DNPH 총량을 초과해서는 안됨(2mg 또는 0.01mol/cartridge: 상용화된 카트리지에 대해서는 1mg~2mg) - 포름알데히드 75µg까지 포집가능 - 분석시 자외선흡광검출기의 흡수파장은 360nm
	EPA TO-11	- 유속은 1000~1200ml/min - 총유량은 DNPH 카트리지의 배경농도(background) 를 초과하여 포집된 공기중에 카르보닐 화합물의 총 몰(mol)이 DNPH농도를 초과해서는 안됨- 포름알데히드 75µg까지 포집가능 - 분석시 자외선흡광검출기의 흡수파장은 360nm
	NOISH 2016	- 유속은 100~1500ml/min - 총유량은 최소 1℃이상, 최대 15 ℓ이하 - 분석시 자외선흡광검출기의 흡수파장은 360±2nm

VOCs에 대한 측정 및 분석방법의 종류와 특징

규정	TO-14	TO-17	ISO 16017-1
제목	Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air Using Specially Prepared Canisters with Subsequent Analysis by Gas Chromatography	Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling onto Sorbent Tubes	Indoor, ambient and work place air - Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/ ca pillary gas chromatography



대상	비극, 비극성 VOCs	극미량(ppb범위)의 TVOC 또는 HAPs (Hazardous Air Pollutants)	실내, 대기와 작업장 공기의 휘발성 유기화합물의 샘플링과 분석함
샘플링 방법	수동시료포집(Passive Sampling Control)완벽한 진공이 걸린 캐니스터와 현장의 압력차를 이용하여, 일정 유량으로 샘플링 되도록 설정하면, 5분 ~ 1일에 걸쳐 포집할 수 있다. 능동시료포집법	시료 농도 변화에 대한 실험 보정을 위해 서로 다른 유속을 사용하여 (1:4비율) 두 개의 흡착 튜브에 시료를 동시 포집한다는 것이다	펌프를 작동하고 유량을 조절하면서 선택된 샘플양은 사용시간에 얻어져야 한다. 휘발성 유기용제의 혼합물을 얻기 위해 선택된 기준공기 샘플 양은 1ℓ에서 10ℓ까지 가득 채운다. 총 샘플된 것이 1mg을 넘는다면 그 샘플된 양은 과부하가 발생할 수 있으므로 적절히 줄여야 한다.
재질	Stainless Steel, 내부에는 SUMMA type (TO-14A 에서 규정) 과 Fused Si 등으로 코팅된 SilcoCan 등이 있다.	Sorbent Tubes (1/4 inch or 6mm OD, glass or stain less steel) Carbopack C (a weak sorbent), Carbopack B (a medium sorbent) Carbosieve SIII (a strong sorbent)	흡착튜브는 스테인레스 스틸로 만들어 졌다. 6.3mm(1/4인치)OD, 5mm ID와 길이 90mm이다. 흡착제는 스테인레스 스틸망 혹은 유리섬유마개로부터 보호 된다.
시료 전처리	포집한 시료를 저온농축/열탈착	흡착 튜브에 농축된 시료를 열탈착	흡착 튜브에 농축된 시료를 열탈착
분석 방법	GC/MSD	GC/MSD, FID 등	GC/MSD, FID 등
차이	극성, 비극성 물질에 적합. 시료의 보관 및 이동이 쉽다. 샘플 포집량이 많아서, 수차례의 분석이 가능함. 하지만 시료의 농축 및 탈착과정의 오차를 줄이기 위해서 내부 표준물질 (internal standard) 을 넣어야 한다.	하나의 흡착튜브 샘플로 1회의 분석이 가능하다. 시료포집방법이 간편하고, 분석시스템이 간단하다. 농축비율을 높일 수 있다. 시간가중평균값(Time Weighted Average: 1일 8시간 작업을 기준으로 유해요인의 측정농도에 발생 시간을 곱하여 8시간으로 나눈 농도)을 도출할 수 있다.	개별 샘플링 펌프유량을 낮추는데 적합하고 시간가중 평균값(1일 8시간 작업을 기준으로 유해요인의 측정농도에 발생 시간을 곱하여 8시간으로 나눈 농도)을 도출할 수 있다. 시료의 포집방법이 간단하며, 분석방법이 상대적으로 간단하다. 또한 농축비율을 높일 수 있다.

라돈에 대한 측정 및 분석방법의 종류와 특징

라돈에 대해서는 원칙적으로 기존의 환경부 예규에 따른다.

부유세균에 대한 측정 및 분석방법의 종류와 특징

측정방법	원리 및 장·단점
낙하균 측정법	<ul style="list-style-type: none"> - 열균한 고형배지를 넣은 페트리접시를 측정장소에서 바닥으로부터 90 ~100cm 높이에 두고 페트리접시를 개방한 후, 일정시간(5~60분) 방치한 뒤 낙하균을 포집한 다음 보온배양 해서 생성하는 집락을 계수하는 방법. - 특별한 장치가 필요하지 않고 조작이 간단함 - 공기 중에 부유하는 미생물량을 직접 반영하는 것이 아니라 오히려 다른 장소나 시간에 대기의 오염도를 비교할 때와 같이 상대 값을 비교할 때 유효함 - 주위 공기중의 전 미생물을 취할 수 없다는 것이 단점.
부유균 측정법	<ul style="list-style-type: none"> - RCS법, 슬릿법, 판흡법등의 방법이 있음 - 일정량의 공기를 흡입하여 이것을 고형배지 및 표면에 충돌시키거나 또는 액체배지나 막을 통과시켜 미생물을 포집·배양하는 방법.
부착균 측정법	<ul style="list-style-type: none"> - 시험하려고 하는 기계, 설비, 기구, 용기, 시험대등에 부착되어 있을 가능성이 있는 세균을 측정하는 방법 - 스템프법, 진공흡인법, Swab법

능하면 전원이 필요 없고 저가일 것 등이 요구된다. 현장측정법은 현장에서 시료를 포집 후 실험실에서 정밀 분석을 통해서만 측정값을 얻을 수 있다. 그러나, 이러한 방법은 결과의 정확도면에서는 뛰어나지만 측정 후 결과를 얻기까지의 시간이 많이 필요하고, 분석에도 고가의 장비와 화학분야의 전문적 지식이 필요하기 때문에 측정에서 결과를 얻기까지 많은 경비와 시간이 소요된다. 따라서 보다 효과적으로 실내공기질을 관리하기 위해서는 측정결과의 신뢰성이 일정수준이상 확보된 간이시험방법의 제시가 요구되고 있다.

공정시험방법과 국외의 규격에서 정하고 있는 측정방법은 대부분이 현장에서 시료를 포집 후 실험실에서 정밀 분석을 통해서만 측정값을 얻을 수 있다. 그러나, 이러한 방법은 결과의 정확도면에서는 뛰어나지만 측정 후 결과를 얻기까지의 시간이 많이 필요하고, 분석에도 고가의 장비와 화학분야의 전문적 지식이 필요하기 때문에 측정에서 결과를 얻기까지 많은 경비와 시간이 소요된다. 따라서 보다 효과적으로 실내공기질을 관리하기 위해서는 측정결과의 신뢰성이 일정수준이상 확보된 간이시험방법의 제시가 요구되고 있다.

이를 위해 무엇보다 중요한 것은 이러한 간이측정법들이 어느 정도의 정확도를 확보할 수 있는가 하는 문제인데, 일본 등 주요 선진국에서 일반적으로 적용되는 간이측정법의 기본적인 요구 성능은 다음과 같다.

- (1) 측정 가능 농도 범위
 - HCHO : 0.02~5mg/m³ (0.016-0.4ppm)
 - TVOC : 0.1~100mg/m³ (톨루엔 환산 0.03~30ppm)
- (2) 정밀도
 - : 표준가스 5회 측정값의 평균이 표준가스 농도의 ±25% 오차 이내이며, 각 평균치의 분포도가 ±15% 이내일 것
- (3) 온습도의 영향
 - 온도 : 15 ± 2℃, 30 ± 2℃에서 (2)의 정밀도 조건 충족
 - 습도 : 15℃ 20-30%, 30℃ 70-90%에서 (2)의 정밀도 조건 충족
- (4) 선택성
 - : 공존물질에 의한 방해 최소화된 상태에서 측정가능하며, 선택계수(대상가스의 감도/해당 공존가스의 감도)가 0.1 이하일 것
- (5) 정밀측정기의 측정치와의 차이가 3회 측정한

평균치의 25% 이내에 있을 것

신축공동주택에서의 현장측정방법

2004년 5월부터 아파트 등 신축공동주택에 대한 실내공기질 관리가 의무화되었다. 따라서 신축 공동주택의 입주자들이 호소하던 각종 자각증상의 주요 원인으로 알려져 있는 건축자재 등에서 방출되는 포름알데히드와 휘발성유기화합물에 대한 체계적인 관리를 위한 실내공기질 공정시험법의 정립이 요구되고 있다.

이를 위해서는 국내 신축공동주택의 형태 및 유형을 파악하고 신축 공동주택의 주요 실내공기오염물질의 분포 및 변화특성에 대한 규명이 필요하다. 따라서 본 고에서는 기존의 실태조사 등을 통해 주요한 오염물질로 나타난 포름알데히드와 휘발성유기화합물의 최적 측정 위치 및 측정의 세부적인 방법을 제시하고자 하였다.

(1) 측정대상 주동 및 주의의 선정

- 대상 단지에 적용된 단위세대의 면적에 따라 대, 중, 소평형 등 3개 평형대(2개평형대 이하일 경우에는 세대수가 많은 평형대 1개를 대상으로 선정)로 구분하고 각 평형대별로 바람 등 외부 환경조건 영향을 가능한 적게 받는 단위주동을 무작위로 선정
- 선정된 3개 또는 1개의 단위주동에서 측벽부위 세대를 제외하고, 동일라인에 위치하는 저층부(최하층으로부터 3층 이내에서 선정), 중층부(중간층 3개세대중에서 선정 - 예;15층 주동의 경우 7,8,9층 중에서 선정), 고층부(최상부 3개층 이내에서 선정)의 각 1개 세대를 무작위 선정

(2) 측정점 선정

각 단위세대의 거실 및 주침실의 각 실내 중앙부위에서 바닥으로부터 1.2~1.5m 높이에서 측정

(3) 측정방법

- 환기 : 오염물질의 샘플링은 대상 단위세대의 창, 문, 내장가구의 문 등을 모두 개방하고, 1시간 이상 사전 환기를 행한다.
- 밀폐 상태의 확보 : 사전환기 후, 외부공기에 면한



창 및 문 등의 모든 개구부를 닫고, 5시간 이상 밀폐상태를 유지시킨다. 이 경우, 설치된 내장 가구의 문은 개방한다.

- 샘플링 : 밀폐 후, 정해진 유량으로 약 30분간 시료 공기를 오염물질별 포집 방법에 따라 샘플링한다. 샘플링은 휘발성 유기화합물 및 포름알데히드 농도의 하루중 변동이 최대로 예상되는 오후 2시에서 4시 사이에 하는 것을 원칙으로 한다.
- 상시 소풍량환기시스템이 적용된 경우, 시스템 가동상태에서 측정을 수행한다.

소형챔버법을 이용한 건축자재의 오염물질 방출량 측정법

건축자재에서 발생하는 오염물질의 방출량에 대한 측정법은 데시케이팅법, 챔버법 등이 있으나 “소형 챔버법을 이용한 건축자재의 오염물질 방출량 측정법”이 세계적으로 보편화되어가는 추세에 있으며, 실내공기질 공정시험방법에서도 이와 관련하여 우선적으로 검토되고 있는 측정방법이다. 이와 관련된 주요 선진국의 기준이나 국제규격의 현황은 표 3과 같다.

결론

2003년 4월 국회를 통과한 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법” 제4조 실내공기질 공정시험방법의 세부적인 시행 규정을 제시하기 위하여, 2003년 12월 현재, 환경부 국립환경연구원의 수탁으로 한국건설기술연구원에서 “실내공기질 공정시험법 도출 연구”를 수행중에 있다.

상기 연구의 최종 목적은 기존의 대기질공정시험법과 지하생활공간공기질관리법 및 외국 관련 규격과 기준에 대한 체계적인 검토를 통해 2004년 5월 30일부터 시행되는 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”의 세부시행규칙에 필요한 각종 오염물질에 대한 공정시험법(안)을 제시하는데 있다. 따라서 본 고에서는 이러한 공정시험법에 포함될 각 오염물질에 대한 국내의 규격의 종류와 특성을 소개하고, 각 대상공간에 적합한 공정시험 방법 및 절차의 도출

방향에 대하여 간단히 살펴보았다. 향후, 국내 설정에 적합하면서도 국제규격의 변화 동향에 동조할 수 있는 실내공기질 공정시험법(안)을 제시하기 위하여 다음과 같은 기본적인 목적과 고려사항을 근간으로 하여 연구가 수행되고 있다.

- 부유세균 등 대기질 및 지하공기질 공정시험방법에 세부 측정방법이 명시되어 있지 않은 오염물질의 경우, 해당 오염물질의 특성을 고려하여 효과적으로 적용할 수 있는 측정방법을 제시
- 개방화 및 국제화 시대에 부응하고 궁극적으로 쾌적한 실내공기질을 확보하기 위하여, 이 분야의 주요 선진국에서 현재 활용중이거나 적용예정인 ISO, ASTM 등의 국제공인규격과의 호환성 또는 연계성에 대한 고려
- 대상공간의 정확한 실내공기환경 평가를 위하여, 고도의 정밀도가 요구되는 샘플링 및 분석용 장비로서 측정이 가능한 하이(high)개념의 주시험방법 정립
- 포름알데히드 등 건축물의 실제적인 운영 및 유지관리 목적으로 실내공기 오염농도의 지속적인 모니터링을 할 수 있으며, 대상 실내공간의 유해오염물질 농도를 현장에서 직접 판단할 수 있는, 일정수준이상의 측정 정확도가 확보된 간이측정방법의 제시
- 사용이 간편하면서도 상대적으로 정확하게 오염물질 방출량의 측정이 가능한 건축자재 오염물질 방출량 측정법 제시
- 다중이용시설 및 신축공동주택 등 다양한 용도와 형태를 갖는 건축물을 대상으로 하는 측정이라는 점을 최대한 수용할 수 있도록, 실내공간의 특성과 물리적 환경이 적절히 고려된 공정시험법을 제시

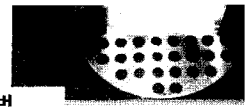
참고문헌

1. 김윤신 외, 실내공기질 관리방안에 관한 연구, 환경부, 1999
2. 김신도 외, 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구, 환경부, 2002
3. 윤동원 외, 오염물질 방출 건축자재 선정관련연구, 환경부, 2003

<표 3> 건축자재의 오염물질(VOCs, HCHO) 방출량 측정에 관한 국제규격

구 분	규격 및 기준
JIS A 1901	建築材料の揮發性有機化合物(VOC).ホルムアルデヒド及びカルボニル化合物放散量測定方法-小形チャンバー法
ASTM D 5116	Standard guide for small-scale environmental chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products
ASTM D 6196	Standard practice for selection sorbents and pumped sampling/thermal desorption analysis procedures for volatile organic compounds in air
ASTM D 5197	Standard test method for determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in air-Active sampler methodology)
ENV 13419-1	Building products, determination of the emission of volatile organic compounds-Part1: Emission test chamber method
EPA TO-11	Determination of formaldehyde in ambient air using adsorbent cartridge followed by high performance liquid chromatography (HPLC)-Active sampling
EPA TO-17	Determination of volatile organic compounds in ambient air using active sampling onto sorbent tubes
NIOSH 2549	Volatile organic compounds(screening)using multibed sorbent tubes, TD, GC and MS.
NIOSH 2016	Formaldehyde
MDHS 72	Volatile organic compounds in air. Laboratory method using pumped solid sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography.
MDHS 80	Volatile organic compounds in air. Laboratory method using diffusive solid sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography.
ISO 16200-1	Workplace air quality sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography part 1:pumped sampling method First Edition
ISO 16200-2	Workplace air quality sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography part 2:diffusive Sampling Method First Edition
ISO 16017-1	Indoor, ambient and workplace air-Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube-thermal desorption/capillary gas chromatography-Part1:Pumped sampling
ISO 16017-2	Indoor, ambient and workplace air-Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube-thermal desorption/capillary gas chromatography-Part2:Diffusive sampling
ISO/DIS 16000-1	Indoor air Part 1: General aspects of sampling strategy
ISO/DIS 16000-2	Indoor air Part 2: Sampling strategy for formaldehyde
ISO 16000-3	Indoor air Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds Active sampling method
ISO/DIS 16000-4	Indoor air Part 4: Determination of formaldehyde Diffusive sampling method
ISO/CD 16000-5	Indoor air Part 5: Measurement strategy for volatile organic compounds(VOCs)
ISO/DIS 16000-6	Indoor air Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and chamber air by active sampling on TENAX TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MSD/FID

주) MDHS : Method for the Determination of Hazardous Substances
 EPA : US Environment Protection Agency
 NIOSH : US National Institute of Occupation Safety and Health
 ASTM : The American Society for Testing and Materials
 ISO : The International Standards Organization



4. 이윤규 외, 21세기 실내공기환경의 질 세미나 발표집, 대한건축학회, 1998
5. 한국건설기술연구원, 친환경 건축자재 평가 및 순환재활용 기술, 2000
6. 한국공기청정협회, 실내 VOCs 토론회 자료집, 2000
7. 国土交通省 外, 建築物のシックハウス対策マニュアル, 日本 国土交通省 外, 2003
8. 建設省 建築研究所, 健康的な居住環境形成技術の開発, 日本 建設省, 建築研究所, 2000