

지하생활공간에서 IAQ(Indoor Air Quality)에 영향을 주는 요소들과 대책

지하생활 공간에서의 오염원의 종류와 그 대책에 대하여 기술한다.

유한익

대부분의 사람들은 실외 공기가 그들의 건강에 피해를 주고 있다고 알고 있으나, 실제로는 지하생활공간에서 실내 공기가 실외 공기보다 약 5~10배 이상 오염되어 있다는 많은 조사 결과가 보고 되고 있다.

최근 지하생활공간은 HVAC 환경조성은 필수적인 설비이지만, 24시간 활동 및 거주 공간으로써 “쾌적한 환경” 조성이 “삶의 질측”면에서 필수적으로 필요한 환경으로 요구되어 지고 있다. 정부부처 환경부는 1996년 12월 30일 지하생활공간공기질관리법을 제정하고, 1997년 12월 31일 시행하기 시작하여 관련법에 따라 “지하생활 공간에 관한 규제”를 실시하기 시작하였다.

현재의 공조, 환기 시스템은 대부분의 실내거주자 및 지하 거주자를 위해 거이 쾌적한 온도 및 습도조절을 할뿐이지, 기존의 오염원을 원초적으로 조절할 수는 없다. IAQ문제를 해결하기 위해 이런 문제를 명확히 이해하는 등의 역할이 상당히 중요하다.

오염 물질

실내공기 환경

• 실내오염물질의 종류와 영향

실내 공기질 (IAQ- indoor air quality)은 실내환경 (indoor environment)의 여러 가지 조건 (건축자재, 생활용품, 거주자활동 등)에 따라 실내에서 오염물질이 배출 될 뿐만 아니라 외부공기 (outdoor air)에서 유입되는 대기오염물질에 의해 크게 영향을 받으며, 그 심각성이 가중될 수 있다. 일반적으로 주요 실내공

기 오염물질은 미세먼지, 가스상 물질, 석면, 라돈, 포름알데히드, 중금속, 미생물성 물질 등으로 이와 같은 물질들은 외부공기 유입으로 인한 오염, 건축자재, 생활용품, 인간의 활동에 의해 발생하는 것으로 추정되고 있다.

표 1에서 보는 바와 같이 실내공기오염 발생원은 매우 다양하고 복잡한 상태에서 공기 오염물질을 방

<표 1> 실내에서 발생하는 주요 오염물질

구 분	발생원	요구되는 RC 또는 NC범위
인간 활동	대화,재채기,기침	세균 및 바이러스
	피부	비듬, 암모니아, 악취
	의류	섬유, 모래먼지, 세균, 곰팡이, 취기, 포름알데히드.
	화장품	각종미량물질, 휘발성 유기화합물
	흡연	먼지, 타르, 니코틴, 각종발암물질, 휘발성 유기 화합물
	가스	CO ₂ , CO, 암모니아, NO, NO ₂ , 탄화수소류, 취기
	보행 등의 동작	모래먼지, 섬유류, 세균, 곰팡이
	연소기구	CO ₂ , CO, 암모니아, NO, NO ₂ , 탄화수소류, 취기, 휘발성 유기화합물
	사무기기	암모니아, 오존, 용제류, 휘발성 유기화합물
건축 자재	합판류,내화재,단열재,시공,발생물	HCHO, 유리섬유, 석면, 접착제 라돈 및 자핵종, 곰팡이, 진드기
외기	자동차 배기가스	CO ₂ , CO, NO ₂ , SO ₂ PAHs 휘발성 유기 화합물, 중금속
	연료의 연소	먼지, NO ₂ , SO ₂
생활 용품	작업 재료	모래먼지, 먼지, 세제, 곰팡이, 세균
	직접	적사제 (불화탄화수소), 살충제, 소독제, 방충제
	재비산	살충제, 살균제, 살소제, 방비제, 방충제

유한익 AF Technology(aafk@chollian.net)

출하므로 오염물질 역시 매우 복잡적일 수 있어 인체 영향은 더욱 커지는 상승 작용을 예상할 수 있다.

• 실내오염물질의 특징

다음은 실내에서 발생하는 대표적인 오염물질의 특징이다.

- 이산화탄소 (CO₂)

이산화탄소(CO₂)는 실내공간에서 농도가 증가하면 호흡 시에 필요한 산소의 양이 부족하게 되므로 CO₂는 일산화탄소(CO)와 함께 중요한 실내오염물질 중 하나로 다루어지고 있다. 표 2에 CO₂의 허용농도와 유해농도를 표시하였다.

- 일산화탄소 (CO)

주요 대기 오염 물질중의 하나인 CO는 탄소성분을 포함하고 있는 모든 물질이 연소하는 과정에서 산소의 공급이 부족할 경우 불완전 연소가 되어 주로 발생한다. 특히 실내에서는 취사, 난방으로 인한 연소과정에서 발생하며, 흡연은 가장 일반적인 CO의 실내 오염원이다. 실내에서도 CO는 가장 넓게 산재하는 실내 오염물질 중의 하나로 특히 도로변에 입지 하는 건물이나 외기의 흡입구 부근에 주차장이 있는 경우에는 외기의 오염에 영향을 받아 외기 수준까지 높아진다. 또한, 실내에서의 흡연이나 연소기구의 사용은 일산화탄소의 농도를 증가시키는 주된 발생원이다. 표 3은 일산화탄소(CO)가 인체에 미치는 영향에 대한 설명이다.

- 부유 분진(TSP)

공기 중에 존재하는 정상 성분 이외의 물질로는 유해 가스뿐만 아니라 미세한 크기의 입자물질이 여러 가지의 생성과정에 의해 고체입자 또는 액체입자로 존재하게 되는데 이러한 입자물질을 분진이라고 한다. 표 4는 부유분진이 인체에 미치는 반응을 설명하고 있다.

- 포름알데히드(HCHO)

실내 공기 중에서 발생하는 오염물질 중 특히 포름알데히드(HCHO)는 건축물과 관련된 질환을 나타내는 화학물질로서, 알데히드 농도가 1ppm정도에서 눈, 코, 목의 자극 증상을 보이고 동물실험에서는 발암성

<표 2> 이산화탄소(CO₂)의 허용농도와 유해농도

농도(vol %)	의의(意義)	비 고
0.07	다수가 계속 재실하는 경우의 허용 농도임.	CO ₂ 자체의 유해 한도가 아니고, 공기의 물리적, 화학적 상상의 CO ₂ 농도 증가에 비례하여 악화되는 것으로 가정할 때의 오염 지표임.
0.10	일반적임 경우의 허용 농도임.	
0.2~0.5	환기 계산에 사용되는 허용 농도임.	
0.5이상	상당히 불량한 것으로 인정됨.	
4~5	호흡증후를 자극하여 호흡의 깊이, 회수를	
8 전후	10분간 호흡하면 강한 호흡곤란 · 안면홍조 · 두통을 일으킨다. O ₂ 의 결핍을 수반하면 장애가 빨리 일어남.	
18이상	치명적임	

<표 3> 일산화탄소(CO)가 인체에 미치는 영향

농도(ppm)	노출시간	인체의 피해
5	20분	신경계 반사작용 변화
100	3시간	체내 혈액 10% 기능상실
200	5시간	격렬한 두통
300	8시간	시각, 정신기능의 장애
500	4시간	시력장애, 허탈감, 탈력감
2000	2시간	사망
3000~4000	30분	사망가능

<표 4> 부유분진의 인체 대한 반응

농도(ppm)	노출시간	비 고
0.0025~0.05	기본적인 농도	0.1mg/m ³ 이상이 되면 사망률 증가
0.075~0.1	다수인인 만족하는 농도	
0.1~0.14	대체로 양호	
0.15~0.2	다수인이 "더럽다"고 느끼게 되는 농도	
0.2이상	다수인이 "아주 더럽다"고 느끼게 되는 농도	

이 있는 것으로 나타났다. 포름알데히드는 주로 건축 자재인 단열재, 실내가구의 칠, 가스난로상의 연소과정, 접착제, 흡연 등에서 발생하는 것으로 보고된다.

포름알데히드의 허용기준치를 보면, ASHRAE에서는 단기 최대 허용치로서 약 100ppb로 규정하고 있으며 대체적으로 구미 각국에서는 0.1 ~ 0.7ppm을

기준치로 설정해 놓고 있다. 우리나라에서는 주로 ASHRAE의 기준치를 적용하여 0.1ppm을 실내 포름알데히드 허용치로 사용하고 있다.

- 이산화질소 (NO₂)

이산화질소는 일산화탄소보다 그 독성이 4배나 강한 것으로 알려져 있으며 500 ppm 이상의 농도일 경우 한번의 흡입으로 사망한다. 또한, 저농도 일지라도 기관지를 통해 폐에 자극을 주어 호흡기 질환 환자의 폐기능을 저하시키고 기도 장애를 일으킨다. 이산화탄소는 실내의 취사, 난방기구의 사용에 의하여 발생하며 건축자재, 흡연에 의하여 발생하기도 한다.

- 아황가스(SO₂)

실내에서 석탄이나 석유계의 연료를 사용할 때 발생하며 10000ppm의 농도에 노출되었을 경우 호흡 불능이나 피부염증을 일으킨다. 또한 식물의 성장변화나 결실감소 등에도 영향을 준다.

- 석면

석면(asbestos)이란 여러 석면 형태의 섬유에 대한 집합적 용어이며, 자연계에서 산출되는 길고(long), 가늘고(thin), 강한(strong)섬유로서 직포를 쉽게 할 수 있는 성질, 내열성, 불활성, 절연성이 있어 불연소성, 내전도성, 화학적 불활성이 요구되는 곳에 쓰일 수 있는 섬유상 규산염 광물을 총칭한다. 기본 구조는 SiO₄ 이다.

석면은 내열성, 단열성, 절연성 및 견인력 등의 뛰어난 특성을 가지고 있기 때문에 그 용도가 다양하며, 석면 제품은 현재 수 천종에 달하고 주로 석면시멘트 판, 석면슬레이트, 바닥용 타일(floor tile), 마찰재(friction material), 파이프 등의 보온재, 건물에 살포되는 방화용 물질, 방화용 피폭재, 전기제품의 절연, 자동차의 브레이크 등에 사용되는데 대기중이나 실내에 다양한 형태의 섬유들의 발생된다. 이와같이 석면이 일반생활에서 다양하고 광범위하게 사용되고 있어 일반 대중이 석면에 노출될 위험성이 상당히 높은 실정이다.

석면은 흡입 및 섭취에 노출되며 직경 3 μm 이하의 섬유는 기도를 폐에 침착되고 석면폐(asbestosis), 폐암(lung cancer) 및 중피종(mesothelioma)을 발

생시키는 유해성이 큰 물질로 알려져 있다.

선진국에서는 이미 규제 대상이거나 사용금지 물질로 정하고 있으며, 우리나라에서도 석면은 제조 또는 사용 허가를 받아야 하는 유해물질로 규정하고 있다.

- 중금속(heavy metal)

부유분진 중 크기가 작은 미세분진(PM10 : 호흡성 분진)에는 실내 대기 중의 중금속 입자가 흡착·농축되어 고농도의 중금속을 함유하고 있다. 부유분진 중 입자 크기가 작아짐에 따라 표면적이 급속히 증가하기 때문에 중금속의 흡착이 쉽게 일어나게 되며 따라서 분진의 공기역학적 직경이 10μm 이하의 입자에 대한 중요성이 더욱 크게 부각되고 있다. 실내 대기 중의 부유입자가 유해 중금속 성분을 함유하고 있을 때, 그 중금속의 농축정도는 급격히 증가한다.

일반적으로 실내의 미세한 입자 중 중금속의 종류와 양은 실외 대기와 뚜렷이 구분되며, 중금속은 실내에 일반적 발생원이 뚜렷치 않아 주로 실외의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다.

- 카드뮴(Cd)

카드뮴은 흡입(7~50%), 호흡을 통한 매일 평균 섭취량은 1μg이하 (이중 50% 이하는 폐에 흡착)로 추정되며 섭취(주로 비직업성 : 3 ~ 7%, 영양 결핍상태 : 20 % 까지 흡수)에 의해 노출된다. 카드뮴은 세포 및 적혈구 내에서 metallothionein과 결합, 체내에 있는 카드뮴 양의 40 ~ 80%는 간과 신장에 축적된다. 장기간 저농도는 노출시 신장기능 장애, 간질 및 기침과 호흡곤란, 두통, 오한 근육통, 구역, 구토 설사, 폐사증이 진행되면서 폐활량이 감소한다.

- 크롬(Cr)

크롬은 회색의 광택이 있는 금속으로 혈암, 점토, 다른 종류의 진흙 등이 바람에 의해 침식되면서 생성된다.

인체의 영향은 DNA복제 감소, 비강 격막에 크롬 궤양, 부식반응, 급성 자극성 피부염, 알레르기성 습진 피부염, 기도 심장 혈관계, 신장 간에서 전신독성이 있으나 발암성과 강력한 돌연변이성은 없다.

- 비소(arsenic : As)

비소는 은회색의 고체로서 화산 활동시 배출되고

농작물 살충제에 의해 배출된다. 납, 주석, 비소, 바륨, 베릴륨, 크롬 등이 포함된 점토와 관련된 요업산업활동 및 석탄 연소시 대기에 고농도 배출되기도 한다.

인위적 배출농도는 자연배출농도의 약 3배인 23,600톤/년에 달한다.

비소는 호흡기를 통해 기도에 침착되어 혈액에 흡수되며 위장관계 기관 및 호흡기를 통하여 화학물질의 형태, 분진크기, 용해도에 따라 폐의 흡수에 영향을 미친다. 비소의 인체에 미치는 영향은 피부와 점막의 변화, 신경계혈관과 혈관계장애, 위장계를 포함하여 타액분비증가, 불규칙한 소화불량, 복부경련, 알레르기성 접촉 피부염으로 습진, 소양, 홍반, 궤양피부병 등이 있으며, 고농도 노출시 심장 혈관 질환, 빈혈, 혈소판감소 등을 일으키며 발암성으로서 폐암을 일으킨다.

- 구리 (copper : Cu)

자연적으로 발생하는 구리중 65%는 풍화작용에 의한 것이 대부분이고 인위적으로는 구리광산이나 제련과정에서 혹은 담배와 석탄을 원료로 하는 공장에서 분진 및 산화물의 형태로 배출된다. 인위적으로 발생하는 구리는 자연적으로 배출되는 양의 세배 이상의 농도를 지닌다.

구리는 호흡과 경피접촉을 통해 인체에 침투하며, 구강을 통해 위장기관에 30% 흡수되고 단백질과 결합하여 알부민, 셀룰로플라즈민, 적혈구에 분포한다. 또한 간에 저장되어 셀룰로플라즈민을 합성하고 4%가 소변으로 배설되고 담즙과 대변을 통해 약 80% 배설된다. 구리를 고농도 섭취시 우연중, 구토, 위염, 뇌출혈, 설사 등 위에 자극을 일으킨다.

- 수은 (Hg)

수은은 강력한 원형질 독(protooplasmic poison)으로 전기기구, 수은등, 온도계, 살충제, 의약품 제조시 대기중으로 배출된다. 실내의 수은은 각종 살충제의 사용, 수은전지의 사용과 실외로부터의 유입 등으로 인하여 발생된다. 대개는 호흡기를 통해 흡입되나 피부, 위장관을 통한 흡수도 가능하다.

수은은 실온에서도 증발하므로 쉽게 인체에 흡입되거나 분진과 함께 섭취되며 급성폭포시 신장장애, 구강의 염증, 폐렴, 기관지 자극증상이 생기고, 만성중

독시에는 구강 구내염(stomatitis), 위장장애, 정신장애를 일으키고, 보행실조, 시력마비, 경련이 오고 혼수상태에 빠졌다가 사망하는 경우도 있다. 수은은 태아중독이 가능하며 기형아의 원인도 되기 때문에 임신부에 특히 주의를 요한다. 수은에 노출되지 않은 사람도 음식을 통하여 하루 5~20 μg의 수은을 섭취하며, 소변과 대변을 통해 배설된다. 흡수된 수은은 간, 비장, 신경, 근육, 폐, 모발, 손톱 등도 각 장기 조직에 축적되며, 특히 신장조직에는 많은 양의 수은이 함유된다.

- 납 (Pb)

납은 보통 자동차 연료의 연소로 인한 알킬납이 대기중에 존재하는 납 오염도의 80 ~ 90% 를 차지한다. 자동차의 연료로 사용되는 납은 대부분 무색의 유기화합물로서 휘발성이 가솔린보다 낮기 때문에 가솔린의 증발은 유기 화합물을 농축 시키는 경향이 있다.

대기중의 납은 대부분 미세한 입자상에 존재하여, 흡입된 분진중 30 ~ 50%는 호흡기도에 흡수된다. 좀더 큰 분진은 불완전 흡수율로 상기도에 흡수되고 폐로 유입된 분진 중의 납은 위장기관에서 더 깊이 흡수된다.

납의 인체영향은 세포의 DNA에 영향을 주어 돌연변이를 일으키며 생식기능에 영향을 주어 전립선기능을 감소시킨다(US EGA, 1986).

한국의 환경 기준

표 5는 환경부가 1996년 12월 30일 제정한 지하생활공간공기질관리법에 관한 시행 개요를 요약하였다.

표 6에는 국내 실내 공기질 관리규제 및 권고기준을 나타내었다.

한국 지하생활공간의 실태

서울과 부산 2개 도시의 인구의 거주 및 이동 공간이 큰 지하생활공간을 중심으로 조사한 보고서(경원대 석사논문 1999년 지하상가의 실내공기환경 및 환기량 평가에 관한 연구 및 환경부 조사 용역 자료

1999년 실내공기질 관리방안에 관한 연구)에 따르면

- 1) 20년 이상의 지하생활공간은 노후화, 성능감소, 재질-이동인구의 증가로 실내 온도가 설계치 보다 4~5℃ 이상 높게 나타나고 있다.
- 2) CO는 기준치를 넘고 있지 아니하지만, CO₂의 경우는 법규에서 정하는 1000ppm보다 500~1000ppm까지 초과하고 있었다.
- 3) 대부분의 부유분진은 기준치 이하에서 나타나고 있으나, 인체에 매우 해로운 석면이 나타나고 있어 이에 대한 대책이 요구되고 있다.
- 4) 이산화질소, 아황산가스는 기준치를 초과하지 않았고, 중금속류 또한 권고 기준치를 초과하지 않았다.
- 5) 환기량은 상당히 부족한 것으로 나타났다. 이는 부적절한 환기설비나 불충분한 환기량으로 실내의 오염 물질을 제거하지 못하고, 실내공기를 악화시키는 결과를 가져 온 것으로 보고 되고 있다.

6) 인간이 느끼는 쾌적 조건에 대한 설문조사도 동시에 이뤄졌는데, 지하공간에서 생활하는 대부분의 사람들은

- 건강상태에 대하여 45% 이상이 나쁘다.
- 90% 이상이 공기흐름이 약하여 문제가 있다.
- 실내공기 청정도에 대하여 95% 이상이 나쁘다.
- 실내공기에 대하여 답답함을 90% 이상이 느끼고 있다.
- 거의 전원이 먼지가 많아 호흡이 어렵다.
- 냄새에 대하여 95%이상이 불쾌히 느끼고 있다.
- 거주공간에 대하여 95%이상이 불쾌감을 느끼고 있다.
- 신체 이상 증상은 거의 모든 사람이 느끼고 있었다.

위 결과를 분석하면, 온도 문제가 가장 심각한 것으로 보여지지만, 실제 인간이 느끼는 거주 공간으로써의 환경조건은 지극히 악화 된 것으로 조사 되고 있는

〈표 5〉 지하생활공간 공기질 관리법 환경부 (1997년 12월 31일 시행 개요)

구분	환경부
관계법령	지하생활공간 공기질 관리법
제정년도	96. 12. 30
법 성격	규제 기준
제정목적	지하생활공기질의 적정관리
적용대상	<시행령 제 2조> - 지하역사 (출입통로 대합실 승강장 및 환승통로와 이에 부대되는 시설을 포함) - 연면적 2천 제곱미터 이상인 지하도상가(지상건물에 부속된 지하층의 시설제외) ※ 환경부 장관은 지하역사 및 지하도 상가 이외의 지하시설(지하보 차도 및 터널등 국가 또는 지방자치 단체가 설치 관리하는 시설을 말한다)에서 의 쾌적한 공기질의 유지를 위하여 지하공기질 권고기준을 정하여 고시할 수 있음.
기준물질	- 7개 규제 항목 (PM10, CO, CO ₂ , NO ₂ , SO ₂ , HCHO, Pb) - 7개 권고 항목 <시행규칙 제 2조> (PM10, CO, CO ₂ , NO ₂ , SO ₂ , HCHO, Pb, 석면, 라돈, As, Cd, Cu, Hg, Cr)
보고자 및 보고횟수	- 지하시설 관리자 - 연 1회 (매년 7/31까지)
법칙	- 지하공기질 기준을 준수하지 아니한 자는 500만원 이하의 과태료에 처함.

〈표 6〉 국내 실내 공기질 관리 규제 및 권고기준

항 목	환경부
	지하생활공간 관리법
미세먼지 (PM10)	24시간 평균치 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
일산화탄소 (CO)	1 시간 평균치 25 ppm 이하
이산화탄소 (CO ₂)	1 시간 평균치 1,000 ppm 이하
아황산가스 (SO ₂)	1 시간 평균치 0.25 ppm 이하
이산화질소 (NO ₂)	1 시간 평균치 0.15 ppm 이하
포름알데히드 (HCHO)	24 시간 평균치 0.1 ppm 이하
납 (Pb)	24시간 평균치 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
기류	-
온도	-
습도	-
조명	-
석면 ¹⁾	0.01개/cc
비소 ¹⁾	24시간 평균치 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
카드뮴 ¹⁾	24시간 평균치 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
크롬 ¹⁾	24시간 평균치 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
구리 ¹⁾	24시간 평균치 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
수은 ¹⁾	24시간 평균치 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rn ¹⁾	4pCi/ℓ

것은 환경기준이 잘못되었거나, 환경기준 검증방법에도 문제가 있다고 보여진다. 이를 종합하여 볼 때 한국의 지하 생활공간은 충분한 조사와 개선이 요구된다고 하겠다.

IAQ 대책 및 개선 제안

우선 적절한 설계 및 운영이다.

적절한 설계 / 기능적인 HVAC 시스템은 아래와 같아야 한다.

- 안락한 온도 제공
- 환기에 필요로 하는 적절한 외기 공급 및 공기여과
- 재순환 공기의 적절한 공기여과
- 압력제어, 공기여과, 냄새, 오염원 고립 및 제거

쾌적한 환경

지하생활공간내 거주자들이 온도에 쾌적하든 안하든 간에 실내는 다양한 변수에 의해 결정된다. 개개인의 나이 및 활동범위에 따라 다르지만 미국의 ASHRAE 55-1981의 표 7에서와 같이 일반적으로 건물 내에 사람의 쾌적한 온도 및 습도를 나타내었다. 일정한 온도는 쾌적에 대해 중요한 요소이다.

습도는 또한 쾌적한 온도의 요인이다. 상승하는 상대 습도는 발한 작용, 증발은 열을 하강 시킬 수 있으며 그 효과는 온도 상승의 것과 유사하다. 과도하게 높거나 혹은 낮은 상대 습도는 불 쾌적 함을 유발시킬 수 있다. 지하생활공간의 경우는 완전방수를 기대되지 않기 때문에 높은 상대 습도로 곰팡이 증식이 쉽

<표 7> 건물 내에 사람의 쾌적한 온도 및 습도 (ASHRAE 55-1981)

상대 습도(RH %)	동절기 온도(℃)	하절기 온도(℃)
30%	20.3 ~ 24.4	23.3 ~ 26.7
40%	20.3 ~ 24.2	23.1 ~ 26.4
50%	20.3 ~ 23.6	22.8 ~ 26.1
60%	20.0 ~ 23.3	22.5 ~ 25.6

※주로 일반적인 하절기 의류 및 가벼운 동절기 의류 착용

고, 게다가 곰팡이 성장과 관련된 냄새는 나쁜 상황인 반면에 코일의 곰팡이 성장은 또한 시스템에 결정적인 영향을 준다. 이러한 성능의 하강은 결정적으로 고에너지 소비 및 낮은 냉방 성능을 유발한다. 이러한 코일 세척 방법으로 최근에 소개되고 있는 기술로써 C-밴드 자외선(UVC) 적용 기술이 공기 조화 시스템에 적용되고 있다. 항상 냉각, 가열코일을 깨끗이 유지하여 우수한 성능을 갖도록 하는 방법이다. 이 방법은 계속 연구 보급 될 것이다.

환기에 필요로 하는 적절한 외기 공급 및 공기여과

대부분의 HVAC 시스템은 실내 공기를 재순환하거나 외기를 혼합하여 배분한다. 지하생활공간의 경우는 외기 도입량이 지상 건물보다 많이 도입되는 경우를 볼 수 있다. 위에서 보고된 자료에서 대부분의 사람들은 실외공기가 그들의 건강에 피해를 주고 있다고 알고 있으나, 실제로는 지하생활공간에서 실내공기가 실외공기보다 약 5~10배 이상 오염되어 있다는 많은 조사 결과가 보고 되고 있다. 확인되었듯이 외기 처리가 지하 생활공간에서 가장 중요한 장치이므로 이에 대하여 다음 시스템을 제안하고자 한다. 인천신공항(그림 1) 및 산업시설에 적용된 사례와 산업기반 기술과제로 2000년 10월 최종 보고자료를 발표한 자동세정형 충돌점착식 공기여과 장치 (상품명:multiduty autmatic air filter)를 추천하고자 한다.

공기여과 장치에서 가장 큰 어려움은 유지관리이며, 지금까지 보급되고 있는 여과식은 공기 오염으로 인한 효율의 저하, 여과 부분의 막힘으로 인한 압력손실의 증가로 인하여 최초 운전시 안정된 시스템이 시간이 지날수록 시스템의 불안정을 가져오는 단점이 있었다. 특히 교체시에는 모든 여재를 100% 교환하므로써 경비가 많이 소요되는 단점을 가지고 있었다.

1990년부터 상용화된 자동세정형 충돌 점착식 공기 여과 장치는 점착액을 이용하여 자동세정하기 때문에 항상 일정한 집진효율(ASHRAE TEST 77-85%)을 갖는다. 또한 항상 일정한 압력손실을 유지

하므로 운전중 풍량의 변화가 없으며, 점착액 자동 공급 장치만 관리하면 되므로 유지관리비가 적게 든다.

냄새 및 오염원들

냄새 및 오염원을 제어 할 수 있는 한 가지 방법은 외기에 그들을 희석하는 것이다. 희석은 지속적이고 적절한 실내 공기와 효과적으로 혼합한다. “통풍 효율”이란 내부적으로 생성된 오염원을 제거하며 공급 공기를 배분하도록 하는 공조 시스템의 능력을 의미한다.

1) 음압과 양압을 적절히 유지하는 방안

지하공간내의 실내 방의 압력관계 조절은 냄새 및 오염원을 고립하기위한 또 다른 방법이다. 이는 양압 및 음압을 의미한다. 여과되지 않거나, 조절되지 아니한 공기는 먼지, 더러움 등을 유발할 수 있으며, 그 열은 지하내의 불쾌함을 유발한다. 그러므로 비여과 및 조절되지 않은 공기 일반적으로 양압하에서 설계되고 있다. 적절한 유지보수 및 운용이 없이는 지하 내 압력관계는 원래 설계한 부분과 같지는 않을 것이다. 다른 방안으로 오염원 주위에 음압을 유지 하므로 오염원을 제거하며 고립된 지역의 배기 시스템을

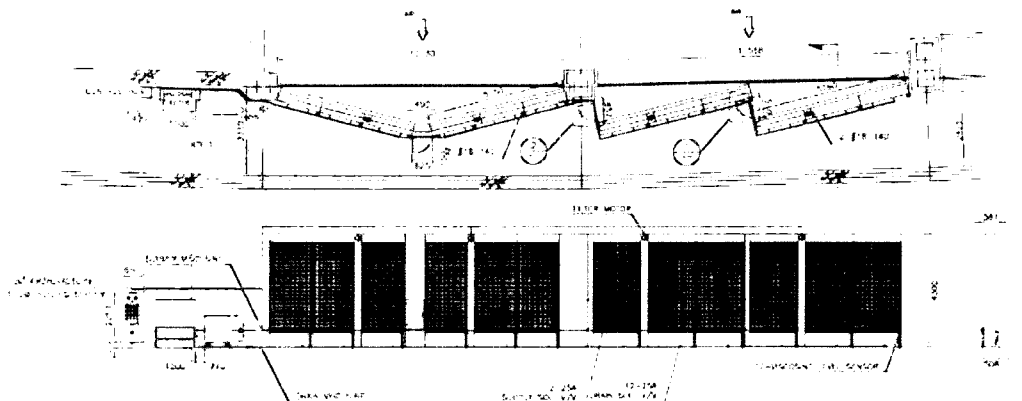
사용하는 것이다. 배기 및 통풍 시스템은 특수한 장비와 연결 될 수 있거나, 흡연실 및 청소용 방 등과 같이 전적으로 연결되어 사용할 수 있다. 공기는 중요한 냄새 및 높은 오염원을 발생하는 지역으로부터 재순환할 수는 없다. 그런 공기는 건물 외부로 강제배기 해야 한다. 공기 청정 및 여과 장치들이 공조 시스템의 일부로써 주로 오염원을 제거하기 위해 사용되고 있다.

2) 전기집진기에서 오염물질은 제거되지만 세균과 미생물의 제거는 어렵기에 오존공기를 이용한 시스템으로 오존발생기로부터 공조공기 공급부분에 분사하는 방법이 최근에 많이 소개되고 있다. 이에 대한 검증은 인체의 유해성 문제가 동시에 거론되고 있으나, 최근 인체에 무해한 오존발생기가 개발되어 보급되고 있으며, 이에 대한 보급이 활발히 진행되고 있다.

오염 통로

빌딩 내 공기 흐름의 양상은 기계적인 통풍 시스템 및 인적 활동, 자연적인 효과가 조합 된 하나의 원인이다. 이런 힘에 의해 유발되는 공기 압력에 있어서 차이는 개폐된 벽, 천정, 바닥, 문, 창문 및 공조 시스템을 통해 고압 지역으로부터 저압지역으로 공기 오

멀티듀티(MULTIDUTY)가 흡입피트에 설치된 사례



[그림 1] 영종도 신공항 적용 사례

염 입자를 이동하도록 한다. 빌딩내 공기가동을 위한 이동력 및 예정된 통로가 공조 시스템이다.

그럼에도 불구하고, 입주자, 공조 장비, 바닥, 천정 및 벽들이 오염원 분배에 상호 영향을 주고 있다. 빌딩내 입주자들의 이동도 오염원 이동에 영향을 주고 있다. 자연적인 힘은 빌딩의 실내 및 실외사이의 빌딩내의 지역간에 공기의 이동에 영향을 끼친다.

대책 및 제안

지하 생활 공간에서 설비를 포함한 보다 좋은 환경을 조성하기 위하여 다음과 같이 제안하고자 한다.

- 1) 환기설비에서 외기를 도입하는데 외부 공기가 실내공기보다 나쁘다는 사실이 확인되었으므로, 외기 공기 도입에 있어서 보다 고정도의 공기 청정 설비로써 자동세정형 충돌점착식 공기여과장치의 장착을 권장하고 싶다. 뿐만 아니라 재순환된 공기도 고정도의 PERFORM AIR와 같은 전기집진기를 이용한 청정을 실시하여 외기와 혼합하여 실내에 보내져야 한다.
- 2) 지하공간 중 잘못 예측된 유동인구에 대하여 충분한 검증이 요구되며, 이에 대하여 불확실 할 경우에는 최대 환기 풍량을 결정하고 VAV 시스템을 도입하여 환기량을 적절히 제어함이 바람직하다고 본다.
- 3) HVAC장치에서 생기는 많은 생물학적 오염을 별도로 제거하거나 살균하는 설비가 도입되어야 한다. 이에 대한 연구나 제품은 최근 많은 종류가 소개 보급되고 있다.
- 4) 냄새 등의 오염원은 지하공간에서 상당히 제거하기 어려운 부분이다. 환기를 많이 시키면 에너지가 함께 증가하므로 적절한 환기량 산정은 어려운 문제이므로, 이에 대한 대안으로 냄새지역을 분류하고, 각 지역별로 양압과 음압을 적절히 조절하므로써 냄새를 제거하는 방법도 권고 할 만한 방안이다.
- 5) 지하공간의 경우 HVAC에서 오염통로를 고려하여 설계 되어야 하고 특히 입주자는 오염통로의

결로를 인지하여 오염통로에 영향을 미치는 각종 오염원이나 장해물을 두는 경우 이를 적절히 관리 통제하는 시스템이 필요하다.

- 6) 관리체제를 확고히 하고 사용자의 인식변화가 필요하며 사용자는 이에 대한 정당한 대가를 지불하는 인식이 필요하다.

IAQ에 대한 인간의 인식

사람들간에 다양한 민감성에 의해 한 개개인은 IAQ문제에 특별히 반응할지는 모른다. 한 개의 실내 공기 오염원이 다른 사람에게 다른 반응을 야기 시킬지는 모른다. 몇 가지 징후는 IAQ문제와 관련되어 있다. 즉, 두통, 피로, 호흡 곤란, 두통, 기침, 졸림 등 코, 눈, 목 및 피부 관련하여 있다. 그런데 이런 징후의 모두가 다른 요소에 의한 원인 될 수 있고 반드시 IAQ 문제와 관련이 있는 것은 아니다. 낡은 건물 징후군 등이 입주자가 빌딩에 상주하는 동안에 심한 건강 문제로부터 고통 및 쾌적하지 못한 감정을 가질 수 있다. 많은 증후들이 낡은 건물 신드롬과 관련이 있는데 호흡 곤란, 충혈 및 피로 등 이다. 이 문제의 원인은 다음과 같을 수 있다.

- 다양한 오염원에 의한 복합된 영향
- 과온도, 낮은 조명 및 소음에 의한 따른 환경적인 스트레스
- 열량 스트레스
- 혼잡함과 기타 업무 관련 스트레스

최근 IAQ에 대한 인식이 새롭게 관심을 갖게 되었고, 실외 공기가 더 나빠지고 있는 현실에서 현재의 HVAC방식에서는 현재 제기되는 문제점을 해결할 수 있는 대안이 쉽게 구축되지 않을 것이고, 특히 인간이 요구하는 환경조건은 관련 기술의 발전 속도보다 빨리 더 까다로운 조건을 요구 할 것이다. 즉 심리적인 조건까지 동시에 만족 시켜야 한다는 사실이다.

이에 대하여 관련 연구 및 제조자는 꾸준한 연구와 제품 개발에 주력하여야 할 것이고 사용자는 함께 관심을 가지고 완벽한 기술의 요구보다 실제 응용하면서 개선해 가는 지혜가 필요하다고 하겠다. ☼