

# 실내 공기오염과 건강영향에 관한 고찰

국립환경연구원 신찬기 과장

## I. 서론

1970년대 중반 이후 선진국에서는 실내공기 오염문제가 발생되면서 실내공기물질에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 여기서 실내공기오염이란 주택, 학교, 사무실, 공공건물, 병원, 지하 시설물, 교통수단 등의 다양한 실내공간의 공기가 오염된 상태를 말한다. 이 오염은 매우 복합적인 원인들에 의해서 야기될 수 있는데, 그 영향은 실내 거주자들의 생명을 위협할 정도는 아닐지라도 장기적으로 볼 때 건강에 나쁜 영향을 주는 것으로 시사하고 있다. 또한 최근 연구에서는 실내공기질의 성분 Ippb와 Ippm사이의 농도를 가진 물질이 250여가지 이상으로 추정되며 이 같은 실내공기의 성분은 외부의 공기가 실내로 유입된 결과에 의한 것이거나 건축자재, 건물의 관리 또는 실내에서의 인간활동 등에 의하여 발생할 수 있다.

실내공기물질에 대한 문제의 발생배경은 각종 산업분야에서 에너지 절약 및 효율을 높이기 위한 노력으로 건물의 단열을 통한 밀폐화와 에너지 절감 장치를 설치하는 건물이 증가하는 데 있다. 이는 신선한 공기가 실내에 충분히 공급되지 못하는 것으로 인하여 각종 건강장애와 관련된 증상인 두통, 안질, 알레르기성 질환, 어지럼 등 일명 빌딩증후군을 호소하는 사무실 근무자가 증가하고 있다.

우리나라는 다수인이 이용하는 지하역사, 지하도 상가 등의 지하생활공간의 공기질을 적절하게 관리보전하고 국민의 건강보호 및 환경상 위해 예방을 목적으로 1996년 12월30일 지하생활공간 공기질관리법이 제정 공포되었으며 적용대상 지하시설의 규모 및 지하공기질 기준을 정하여 관리하고 있다.

본 원고에서는 실내공기 오염물질의 발생원과 건강영향 등에 기술하고자 한다.

## II. 실내공기 오염물질 및 발생원

일반적으로 건물의 거주자들은 그들의 오감과 신체에 자극에 의해서 실내공기의 오염을 감지하게 되는데 인간의 신체감각은 독성의 감지보다는 쾌적성을 감지하기가 더 쉽다. 즉, 오존 일산화질소, 포름알데히드 등과 같은 몇가지의 미립자는 감지를 하지만 더욱 위험한 일산화탄소, 부유미립자, 석면 등은 위험한 수준을 넘어도 감지하지 못한다. 이와 같은 오염물질이 발생하는 과정에는 실내공기질을 좌우하는 요소들 즉, 외부공기의 상태, 환기를, 각 거주자들이 이용할 수 있는 공기의 체적, 실내 거주에 필요한 공기 체적, 실내에서의 미세기후 등의 제요인이 작용한다고 할 수 있다.

실내공기 중의 오염물질은 외부공기 중의 오염물질이 실내로 유입된 것이거나 실내에서 발생하는 오염물질 등 다수가 보고되고 있으나 주로 실내에서 발생하는 오염물질은 실외로부터 유입되는 오염물질의 농도가 클수록 심하게 나타날 수 있다. 실내공기 오염물질에는 라돈, 포름알데히드, 석면, 연소가스, 담배연기, 미생물 등 물질 등이 있다.

현행 지하생활공간 공기질관리법 시행규칙에서 규정하고 있는 지하공기질 관리항목으로는 표1에서 보는바와 같이 SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, 미세먼지, CO<sub>2</sub>포름알데히드, 납 등 7항목에 대한 단기기준을 정하고 있다.

표 1. 지하공기질 기준

항 목	기 준
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	1시간 평균치 0.2ppm이하
일산화탄소(CO)	1시간 평균치 25ppm이하
이산화질소(NO <sub>2</sub> )	1시간 평균치 0.15ppm이하
미세먼지(PM-10)	24시간 평균치 150 $\mu$ g/m <sup>3</sup> 이하
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	1시간 평균치 1000ppm이하
포름알데히드(HCHO)	24시간 평균치 0.1ppm이하
납(Pb)	24시간 평균치 3 $\mu$ g/m <sup>3</sup> 이하

비고: 지하공기질기준 중 미세먼지(PM-10)에 대하여는 1999년 12월 31일까지는 “24시간 평균치 250 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이하”를 적용하고, 2000년 1월1일부터 2001년 12월31일까지는 200 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이하”를 적용한다.

실내공기 오염물질의 분포와 발생원의 주원인은 단일 또는 복합적 오염물질에 의한 것이며 (그림 1), 주요 오염물질이 발생하는 실내장소를 보면 표2와 같다.

표 2. 대표적인 실내공기 오염물질의 발생장소

오염물질	장 소
일산화탄소(CO)	사무소, 식당, BAR, 실내경기장, 가스렌지를 사용하는 가정의 취사장
이산화질소(NO <sub>2</sub> )	가스조리기, 가스렌지, 전자렌지를 사용하는 가정,
폐 침착성 미립자 (respirable particulate: RP)	식당, 체육관, 주택
총 부유 미립자 (Total Suspended Particulate: TSP)	주택, 공공건물, 시가지 건물
석면(Asbestos)	통상의 호라동, 보수작업시
포름알데히드(HCHO)	Chipboard주택, Mobil주택
오존(O <sub>3</sub> )	복사기실, 전기집진기를 사용하는 주택
라돈(Rn)	일반주택
벤조피렌(Benzophyrene)	흡연시
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	강당, 교실
미생물 입자	학교, 병원, 주택

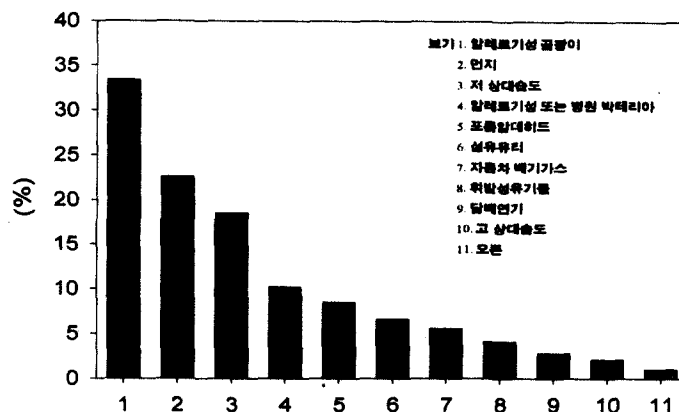


그림 1. 실내공기오염의 주 오염물질

### Ⅲ. 건강에 미치는 영향

#### 1. 빌딩증후군(Sick Building Syndrome: SBS)

‘빌딩증후군’은 근본적으로 에너지 절약방법에서 나온 부산물로 볼 수 있다. 실제로 에너지 절약형의 효율적 건물은 외부로부터의 침기를 막기 위한 것에 초점을 맞추어왔기 때문에 에너지 절약형의 산업용 건물에서는 건물의 관리유지비를 줄이기 위하여 의도적으로 환기량을 줄이기도 하여 공기의 유입과 환기가 자연히 감소되어 실내공기를 오염시키게 된다. 또한 실내에서 발생한 다양한 실내오염물질의 공기의 흐름이 원활치 않아 쉽게 부유되어 실내거주자에게 노출되어 개인의 건강상태에 따라 각종 증상을 호소하게 된다. 1970년초에 선진국에서 사무실 근로자에게서 발생된 빌딩증후군은 최근에는 인텔리전트빌딩 내 근무자에게도 나타나 이 같은 현상이 장기간 지속된 경우 개인의 건강은 물론 근무의욕 상실, 작업능률 저하를 초래할 수 있다.

빌딩증후군의 증상을 분류하면 다음과 같다.

- 눈, 코, 인후의 자극감
- 피부의 가려움증, 피부건조
- 정신적 피로, 기억감퇴, 무기력, 졸리움, 집중력 감퇴, 두통, 어지러움, 구토증, 점막자극 등의 신경 중독성 증후
- 콧물, 눈물, 천식환자의 천식증상의 불특정 반응
- 감수성 변화, 맛과 냄새의 불쾌성의 취각 미각이상

이상의 증상이 장기간 계속되고 개인의 질병유무에 따라 다른 질병으로 발전될 가능성이 높아 빌딩증후군의 예방에 힘써야 한다.

## 2. 라돈-폐암

라돈(Radon : Rn-222)가스는 지구상에서 발견된 약 70여가지의 방사선물질 중에서 가장 호흡하기 쉬운 방사선물질로 그 반감기는 3.8일간으로 라듐(Radium : Ra-226)의 핵분열 생성물질이다. 라돈은 일반적으로 흙, 콘크리트, 대리석, 모래, 진흙, 벽돌 등의 건축자재 및 우물물, 동물, 천연가스에 존재하여 공기 중으로 방출되고 있다. 라돈가스는 공기보다 9배나 무겁기 때문에 지표에 가깝게 존재하며 그 방출량은 대기압이 낮은 기간에 증가된다. 라돈은  $\alpha$  붕괴에 의하여 라듐의 낭핵종(Radon daughter)을 생성하는데 이 낭핵종은 기체가 아닌 미세한 입자로 폐에 흡입되어 폐포나 기관지에 부착해  $\alpha$  선을 방출하기 때문에 폐암의 발생률을 높이고 있는 것으로 보고되고 있다. 미국의 국립방사능방어 및 측정위원회(NCRP)에서는 미국내 연간 13만명의 폐암사망자 중 약 5,000~20,000명이 주택 내에서 발생한 라돈가스에 노출된 영향으로 인하여 사망한 것으로 추계하고 있다. 이같이 라돈에 의한 폐암발병 위험성이 높은 데에도 불구하고 현재 국내에서는 라돈에 대한 규제가 전혀 없고 라돈의 실내공기오염에 대한 연구나 조사도 거의 이루어지고 있지 못한 상태이다.

## 3. 흡연- 폐암

흡연에 의해 방출되는 담배연기는 이미 알고 있듯이 수백가지 이상의 화학물질이 함유되어 흡연시 방출되는 오염물질은 앞의 연소가스와 동류의 가스성 오염물질, 즉 일산화탄소, 이산화질소, 알데히드, 부유부진, PAH등 또한 인체에 유해한 Nicotine을 방출하고 있다.

흡연이 인체에 미치는 영향은 흡연시 발생되는 각종 가스, 먼지가 흡입되어 흡연자는 호흡기질환, 폐질환, 심장질환, 폐암을 유발시키는 것으로 나타났다. 최근에는 흡연자뿐만 아니라 담배를 피우지 않고 주위에 있는 자에도

흡연의 영향이 있는가에 대한 연구, 즉 환경흡연(Environmental Tobacco Smker-일명 ETS로 칭한다)의 유행성에 관한 논란이 거론되고 있는 실정이다. 담배연기는 담배를 피우는 사람이 내뿜는 연기와 담배자체가 타고 있을 때 나오는 연기로 나뉘어지는데 독성은 비주류담배가 더 높으나 옆사람에게 흡연되기전 실내공기에 희석되기 때문에 실내공기 오염원으로 가장 큰 역할을 한다. 또한 비주류 담배연기가 모든 유해물질이 농도에서 더 높은 것으로 조사 보고되었다. 환경흡연에서는 정신집중력이 떨어지고 도통, 피로감 등의 증상이 나타나 작업능률 저하의 원인이 되기도 한다. 미국에서는 흡연가정의 어린이가 기관지염, 폐렴, 기관지천식 등의 발생률이 높다고 보고했으며 일본의 한 조사는 하루에 한갑 이상 흡연하는 남편을 가진 비흡연 부인의 폐암 발생확률이 그렇지 않은 여성보다 2.1배가 높다고 밝힌바 있다. 우리나라는 젊은 남자의 경우70% 이상이 흡연하고 있어 가정 내의 비흡연자에게 미치는 영향은 매우 심각하다고 할 수 있다.

#### 4. 포름알데히드- 호흡기성, 알레르기성 질환

포름알데히드(Formaldehyde)는 일반주택 및 공공건물에 많이 사용되는 단열재인 건축자재와 섬유 옷감이 그 발생원이 되고 있다. 또한 실내가구의 칠, 난방기구에서의 연소과정, 생활용품(접착제, 악취제거제 등), 흡연 등에서도 방출되고 있다. 특히 건축재로 사용되는 UFFI(Ureaformaldehyde foam insulation)는 에너지 절약을 위한 건축물에 단열재로 많이 사용되어 왔으나 이것을 사용한 가정에서 각종 건강상의 민원이 증가함에 따라 생산자 및 소비자, 정책당국자간에 사용상의 문제점이 제기되어 캐나다에서는 사용을 금지시킨 상태이다.

건축자재에서 발생된 포름알데히드는 건축자재의 수명, 실내온도 및 습도에 따라 그 방출량이 좌우되며 일반적으로 방출되는 기간은 4.4년으로 추정되고 있다. 보통 포름알데히드에 단기간 노출되었을 경우는 눈, 코, 목의 가

려움을 나타내고 장기간 노출되었을 경우는 기침, 설사, 어지러움, 구토, 피부질환 등을 유발시키며 동물실험결과에서는 발암성(특히 비암-nasal cancer)인 것으로 판명되었다.

## 5. 분진-호흡기성 질환(기관지질환, 천식, 폐암 등)

분진은 그 대부분이 호흡기관을 통하여 인체에 흡입되며 이들 호흡기관에 영향을 미친다. 호흡기관에 침투하는 결정적인 요건은 입자의 크기인데, 인체에 가장 유해한 입경은 0.5-5 $\mu$ m범위이며 특히 2-4 $\mu$ m의 범위에서 침착률이 가장 크다. 따라서 천천히 흡입할 때 그 침착률은 증가한다. 1-10 $\mu$ m 정도의 입자는 침전, 빛의 분산현상 및 시야를 방해하는 역할이 커지는데 0.1-1 $\mu$ m의 범위는 특히 시정에 영향을 미친다. 매연 등의 입자상 물질은 타 오염물질(가스상)을 운반하는 작용을 하므로 피해의 양상은 더욱 가중된다. 연무질 상태의 자극성 먼지가 폐포에 도달하여 직업적으로 유독성을 나타낼 경우 이것을 진폐증이라 하며, 직업성 분진의 인체영향은 석면폐증, 면폐증, 규폐증 등이 있다. 산업장이 아닌 일반 실내 건물에서의 분진의 인체 영향은 실내 흡연, 환기상태등에 따라 달라질 수 있고 거주자의 건강상태에 따라 나타나는 반응도 다르다.

## 6. 석면-석면증, 폐암

석면은 천연에 존재하는 광물성섬유로서 그 종류는 다양하고 주로 내화성 건축자재로 석면타일, 석면시멘트 등의 형태로 많이 사용되고 있다. 또한 가정용품, 전기제품, 자동차, 비행기 등에 내열성의 공업제품으로서 다양하게 사용되고 있다. 이와 같은 석면이 공기 중에 석면섬유 형태의 미세한 가루로서 방출되어 쉽게 흡입되어 폐속에 들어가 섬유조직의 증식을 유발시킨다.



석면가루에 노출될 경우, 피부질환 호흡기질환을 유발시키고 특히 직업적으로 노출되었을 경우는 석면증 또는 폐암을 발생시키는 확률이 높은 것으로 나타났다. 미국에서 1970년 후반에 전국적으로 실시한 산업재해 조사결과에 의하면 석면은 미국의 산업계가 직면하고 있는 가장 위험한 발암물질 중 최악의 것으로 취급되었고 석면을 취급하는 산업장, 조선소에서 일하는 근로자의 경우 석면증과 폐암에 의한 사망률이 높은 것으로 추정되었다.

## 7. 미생물성 물질- 냉방병

실내공기 중의 미생물성 물질인 세균, 곰팡이, 각종 알레르기성 물질, 화분, 식물의 포자 등은 일반 가정에서 유용되는 생활용품이나 생활환경에서 방출되고 있다. 예로서 각종 살포제, 플라스틱제품, 페인트, 악취제거제 접착제, 공기정화기 냉장고, 가습기 등은 실내공기 중에 오염물질을 방출하고 있다. 이와 같은 오염물질은 알레르기성 질환, 호흡기질환을 유발시키며 상기한 생활용품은 때로는 폐결핵 등과 같은 전염성 질환을 옮기는 매개체 역할을 한다고 할 수 있다. 이에 대한 예로서 냉방장치와 관련된 박테리아로 인한 질환을 레지오넬라병으로 판명되었다.

레지오넬라균 속에는 25개 종과 42개의 혈청형이 87년말까지 공인되었으며 현재까지 그 종 및 혈청형의 수가 계속 증가하는 추세이다. 레지오넬라균은 하천, 호수 등의 환경수계에 편재하는 균으로 알려져 있으면서 인공수의 하나인 냉각탑수 등에서 상당한 농도를 오염 증식하게 되어 병원이나 호텔 등 해당 건물내 및 사람에게 감염을 일으킨다. 특히 면역성이 결여되어 있는 환자에게는 그 중병도가 큰 것으로 역학적으로 증명된 바 있다. 폐렴증상이 주증세인 레지오넬라병은 잠복기가 2-10일이며 초기증세는 불쾌감, 흉통, 복통, 혼수, 설사 등이며 병세가 빠르게 악화된다. 임상병리학적으로 백혈구수 증가, 단백뇨, 저인산염혈증, 저질상염활중 aminotransferase 농도상승, 적혈구 침전을 상승 등이 결합되어 나타나며 흉부 X-ray 사진을 찍어보면 폐에 반

점상의 침윤이 나타나 급속히 발달해 폐에 광범위한 경화가 일어나기도 한다. 레지오넬라균의 일부 집단발병은 오염된 냉각탑수와 관계되어 있는 것으로 보고되고 있으며 이 균은 사실상 음료수용, 온, 냉수도 배관을 포함한 모든 배수관계통에서도 분리될 수 있는 점을 지적하고 있다.

이 균은 일반적으로 자연환경 온도보다는 따뜻한 서식처에서 보다 더 잘 성장한다. 그러므로 오염의 가능성이 많은 냉각탑수 내 균의 존재를 정확히 정량평가하고, 또 적절한 소독 및 청소 등의 방법으로 관리하는 것이 레지오넬라병의 예방에 중요성을 갖는 것으로 인식된다.

이상의 주요 실내오염물질 이외에 최근에는 실내에서 발생하는 휘발성 유기화합물, 다환방향족탄화수소, 전자파 등의 영향이 관심을 나타내고 있다. 주요 실내오염물질에 의한 건강영향을 요약하면 표 3과 같다.

표 3. 실내오염물질과 인체영향

오염물질	인체영향
부유먼지, 석면	분진은 눈이나, 목의 통증, 호흡기질환, 진폐증 등을 가져오며 석면은 단열, 불연, 방음재 등으로 건축물에 많이 사용되고 있어 호흡기질환을 유발시키고 과도한 흡입이나 피부에 접촉되면 폐암이나 폐질환, 석면증을 발생시킨다.
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	이명, 두통을 일으키며, 탄산가스만을 생각하면 3%이상에서 불쾌감, 5%이상에서 호흡중추가 자극되어 호흡촉진이 되며 10%가 넘으면 호흡곤란으로 사망하게 된다.
라돈(Rn-222)	라돈은 방사능을 띤 불활성기체로서, 흡입되는 라돈으로부터 배출되는 α 입자가 기도상피에 침입하여 기저세포의 유전물질을 손상시킬 위험이 높다, 미국 환경보호청의 계산으로는 매년 라돈 방치에 의해 5천-2만명이 암에 걸려 사망하는 것으로 평가되고 있다.
포름알데히드 (HCHO)	동물실험에서 발암성이 나타나고 있고, 사람에 대해서도 발암의 가능성이 있는 물질로서 분류되고 있다. 민감한 사람에 있어서는 냄새만으로 알레르기 반응을 일으키는 원인물질이다. 의학적으로는 두통, 피로감, 기억상실, 안면장애 등을 발병률이 높다.
이산화질소(NO <sub>2</sub> )	호흡기질환 환자의 폐기능 저하, 감염저항성의 감소, 면역성의 저하, 기도장애등을 일으킨다.
일산화탄소(CO)	혈액 중의 헤모글로빈과의 친화력이 산소의 250배에 가깝기 때문에 쉽게 일산화탄소 헤모글로빈을 형성하여 체조직에의 산소운반장애를 일으켜, 체조직에서 가장 많은 산소를 소모하는 대뇌피질이나 심장의 산소결핍을 만든다. 심혈관계의 영향을 볼 수 있고 협심증 환자는 발작을 일으키기 쉽고, 건강한 사람은 운동력이나 인지력이 저하되며, 간 기능 장애자는 기능저하 상태를 볼 수 있다.
휘발성 유기화합물	900종류 이상의 화합물이 실내에서 검출되고 있다. 신경독성(마취, 식용부진, 피로, 기억장애 등) 간장독성, 발암성, 병이원성 등을 볼 수 있다.
다환방향족 탄화수소	대다수가 발암물질로서 변이원성을 가진다. 심혈관계에의 영향도 있다.
살충제 담배연기	신경계, 간장, 생식기에 영향을 만든다 암, 호흡기계통이나 심혈관계에의 영향, 감염저항성의 감소
생물학적 감소	감염성 질환(결핵, 재향군인병 등), 알레르기, 중독
방사선, 전자파	암(신경계), 유산

## IV 실내 공기오염물질의 시료채취, 측정, 측정결과의 평가

### 1. 적용범위

이 시험법은 지하생활공간 공기질관리법 시행규칙(제 3조)에서 규정하는 지하공기질기준 설정 항목에 관한 시험 및 분석에 대하여 규정한다.

### 2. 시료채취를 위한 일반사항

#### 2.1. 채취지점수(측정지점수)의 결정

지하공기질기준 시험을 위한 시료채취장소 및 지점수는 측정하려는 대상 지하시설의 구조와 용도, 예상되는 오염물질의 발생원 분포, 환기시설의 위치와 분포, 통행인의 다수 여부를 고려하여 다음과 같이 결정한다.

(1) 지하대상시설이 여러층으로 구성되어 있는 경우 층별로 측정 지점수를 결정하고 측정지점을 선정한다.

(2) 지하대상시설의 동일층내에서도 시설의 구조특성과 용도가 달라서 공기질이 명확히 다를 것으로 예상되는 경우에는 측정지점을 추가로 선정할 수 있다.

(3) 지하대상시설의 층별 연면적이 5천제곱미터(5,000m<sup>2</sup>) 이상인 경우는 2개 이상의 측정지점을 선정한다.

#### 2.2. 시료채취 위치선정

시료채취위치는 환기시설의 위치, 통행인의 다수여부, 발생원의 분포, 기류 분포, 공기질의 대표성 등을 고려하여 다음과 같이 선정한다.

(1) 시료채취위치는 원칙적으로 주변시설이나 부착물 등의 장애물이 없고 주변지역의 오염도를 대표할 수 있다고 생각되며 시설을 이용하는 사람이 많은 곳을 선정한다.

(2) 인접지역에 직접적인 발생원이 없고 시설벽으로부터 50cm 이상 떨어져 가능한 한 인접한 두 개의 환기구 설치지점의 중앙지점을 채취지점으로 선정한다.

(3) 시료채취구는 바닥면으로 부터 1~2m 범위에 설치하는 것을 원칙으로 한다.

### 2.3. 시료채취 시간

지하공기질기준 적합여부 판정을 위한 시료채취 혹은 측정시간은 각 기준의 평균화시간과 동일하게 함을 원칙으로 하나 시료채취여건에 따라 평균화시간의  $\pm 20\%$  범위에서 시료채취 혹은 측정시간을 조정 가능하도록 하며 시료채취시간을 나누어 실시한 경우에는 채취시간 가중평균하여 평균화시간 농도를 계산한다. 24시간평균인 경우는 24시간 연속측정하거나 시간대별로 각각 측정 후 평균하여 계산할 수 있다. 단 포름알데히드의 경우는 오전, 오후로 나누어 각각 2시간이상 시료채취하거나 측정하여 평균한 것을 24시간 평균값으로 사용할 수 있도록 한다.

### 2.4. 시료채취량 보정

시료채취량은 25℃, 1기압을 기준으로 하여 환산한 것을 사용하도록 한다.

## 3. 측정결과의 평가

### 3.1. 대상시설이 여러층일 경우

지하대상시설이 여러층으로 구성되어 있을 경우 층별로 측정지점을 각각 선정하고 지점별로 측정결과를 평가한다.

### 3.2. 동일층에 여러 측정지점일 경우

지하대상시설의 동일층 내에서도 시설의 구조특성과 용도가 달라서 공기질이 명확히 다를 것으로 예상되어 측정지점을 추가로 선정할 경우에는 각 측

정지점별로 측정결과를 평가한다.

### 3.3. 총별 연면적 5천제곱미터 이상인 경우

지하대상시설의 총별 연면적이 5천제곱미터(5,000m<sup>2</sup>) 이상인 경우는 2개 이상의 측정지점을 선정하여 각 측정지점별로 측정결과를 평가한다.

## 4. 실내공기 오염물질중 석면측정방법

### 4.1. 시료의 처리

시료필터의 체진면이 위로 오도록 시료대 위에 놓고 탄소증착, 때로는 금으로 증착시킴. 일반대기중의 석면분석을 위한 시료채취는 2L/min 8시간-12시간 채취

### 4.2. 석면의 동정 및 계수

- 관찰조건 : 가속전압 10-20kV, 배율 2000배
- 석면의 동정 : 길이 5 $\mu$ m 이상, 두께 0.1 $\mu$ m-2 $\mu$ m의 섬유중 EDX에 의한 spectrum이 Si와 Mg peak만 있는 것은 크리소타일, Si, Mg, Fe의 peak가 있는 것은 아모사이트, 여기에 Na의 peak가 추가된 것은 크로시도라이트 이다. 환경대기중에는 크리소타일이 가장 많이 검출됨.

### 4.3. 계수와 섬유수

- CRT 화면을 한 시야로 하여 미리 2000배 일 때의 한 시야가 시료면에서 몇mm<sup>2</sup>에 해당하는가를 실측해 둔다.
- 적어도 50 시야 이상(또는 50fiber 이상) 계수 한다
- 시료면 위의 면적으로 몇mm<sup>2</sup>에 해당하는가를 실측한다.

#### 4.4. 석면 섬유 농도의 계산

$$C(f/cc) = \frac{AN}{a n V 10^3}$$

A: fiber의 유효면적(mm<sup>2</sup>)

a: CRT 1시야의 시료면에서의 면적(mm<sup>2</sup>)

N: 계수된 섬유수

V: 총 포집 공기량(L)

#### 5. 기타 측정방법

지하생활공간 공기질관리법에서 정하고 있는 CO<sub>2</sub>등 8가지 오염물질의 공정시험방법은 부록에 실었다.

### V. 실내공기오염 저감을 위한 대응전략

1. 지속적인 실내공기오염 예방 대책 수립
2. 실내공기오염관리를 위한 신기술의 개발
3. 실내오염방지기술을 축으로 한 산업정책
4. 정부 산업체, 소비자의 환경가치관 형성
5. 실내공기질 관련 연구의 국제화

## VI. 결 론

실내오염에 의한 인체건강여부는 사람을 대상으로 한 실험이 곤란하여 대기오염사건(Air Pollution Episode)이나 실내(작업)환경악화에 의한 직업병환자의 피해증상 자료를 근거로 그 유해성 정도를 추정하고 있다.

따라서 실내오염에 의한 건강영향에 대한 자료는 실내공기오염농도가 고농도일 때의 자료만 있고 낮은 농도일때의 건강영향은 그 원인을 정확하게 밝힐 수 있는 자료가 극히 미흡한 실정이며 일부연구에 의하면 대기오염자료와 호흡기계 질환환자 통계자료를 이용하여 대기오염에 의한 건강영향추정 방법을 제시한 것이 보고되고 있는 실정이다.

실내공간이라 함은 일반가정이나 사무실뿐만 아니라 실내 작업장, 공공건물, 학교, 병원, 상가, 지하공간, 음식점, 각종 교통수단 등을 통칭하는데 2002년 올림픽을 2년 앞둔 시점에서 실내공기오염에 대한 관심을 기울여야 할 것이다.

따라서 본 원고에서는 실내공기오염물질의 발생원, 건강에 미치는 영향, 실내공기오염관리를 위한 대응전략에 대하여 기술하여 다가오는 2002년 월드컵경기 대회시 우리나라 실내환경정책의 일부로 실내공기오염관리에 관심을 더욱 촉진시키기 위한 원고로 제시한 것이다.



<부록>

지하생활공간 공기질 기준 시험방법

제 1항 지하생활공간중의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 측정법

1. 적용범위

이 시험법은 지하생활공간중의 이산화탄소 농도를 측정하기 위한 시험 방법이다. 비분산적외선 분석법을 주시험방법으로 한다.

2. 측정방법

측정방법은 비분산적외선 분석법으로 한다.

3. 용어의 뜻

대기편 제2장 제5항 2에 따른다.

4. 분석방법

4.1 비분산적외선 분석법

4.1.1 측정원리

이 방법은 이산화탄소에 의한 적외선 흡수량의 변화를 선택성 검출기로 측정해서 환경대기중에 포함되어 있는 이산화탄소의 농도를 연속측정하는 방법이다.

4.1.2 성능

측정기는 다음의 성능을 만족해야 한다.

1) 측정범위

측정기의 측정범위는 0~5,000ppm 또는 0~10,000ppm와 유사한 범위를 갖으며 분해능은 10ppm 미만이어야 한다.

2) 재현성

동일조건에서 제로가스와 스펀가스를 번갈아 3회 주입해서 각각의 측정치의 평균치로부터 편차를 구한다. 이 편차가 최대눈금치의  $\pm 2\%$  이내이어야 한다.

### 3) 대기압 변화의 보정

대기압의 변화에 따라 이를 측정하여 이산화탄소 농도를 자동으로 보정할 수 있는 기능이 있어야 한다.

## 4.1.3 장치구성

### 1) 구성일반

측정기는 시료채취부, 적외선가스분석부, 지시기록계 및 부속장치로 구성된다.

### 2) 시료채취부

시료채취부는 대기중의 먼지와 수분을 제거하면서 연속적으로 일정유량으로 시료를 채취하여 적외선 가스분석부로 보내주는 기능을 하며 대기시료채취구, 수분제거용 필터, 먼지제거용 필터 및 다이어프램펌프 등으로 구성된다.

### 3) 적외선 가스분석부

적외선가스분석부는 일반적으로 적외선광원, 회전섹터, 광학필터, 시료셀, 비교셀, 검출기, 증폭기 및 지시계로 구성된다.

### 4) 지시기록계

지시기록계는 이산화탄소 농도를 디지털로 지시 및 기억한다.

### 5) 교정용 가스

측정기를 교정키 위한 교정용 가스는 영점교정을 위한 저농도의 이산화탄소 가스와 스펀교정을 위한 측정범위의 중간정도 농도의 이산화탄소 가스를 사용한다.

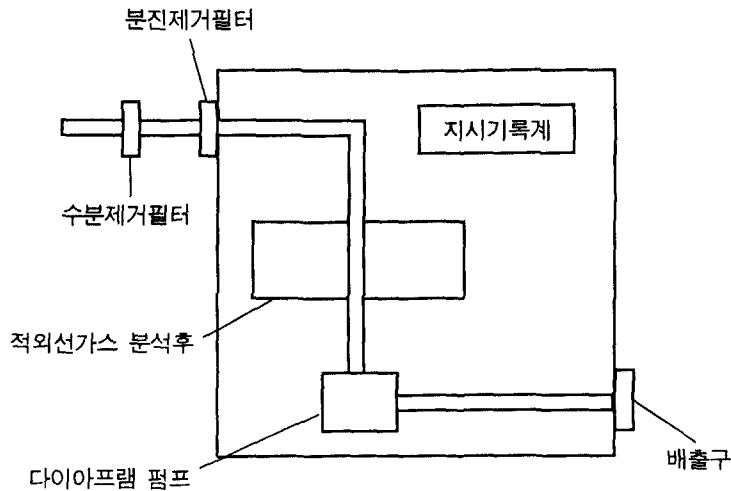


그림 1) 이산화탄소 측정기 구성도의 예

#### 4.1.4 조작법

##### 1) 측정장소선정

- ① 측정장소는 그 지역을 대표할 수 있는 장소를 선정해야 한다.
- ② 습도가 높은 장소는 피해야하며 또한 배기시설이나 환기시설주위에 서의 측정은 피하도록 한다.

##### 2) 측정준비

필터의 상태, 입력시간 및 날짜의 확인을 하고 측정지점이 여러곳일 경우에는 미리 측정장소별로 고유번호를 부여하고 이를 측정기에 입력토록 한다.

##### 3) 교정

측정기가 정상상태에 있으면 교정가스와 미세조정 밸브를 이용하여 다음 순서에 의해 교정한다.

- ① 제로가스를 일정유량으로 도입해서 지시치의 안정후 영점조정을 한다.

- ② 스펠가스를 일정유량으로 도입해서 지시치의 안정후 조정을 한다.
- ③ 필요에 따라 ①②를 반복한후 제로 및 스펠의 각각이 일치할 때까지 한다.
- ④ 교정회수는 원칙적으로 측정전 1일 1회로 한다.
- ⑤ 제로가스는 99.9% 순도이상의 질소가스로 이산화탄소 함유량이 1 ppm 이하인 것을 사용한다. 스펠가스는 질소와 이산화탄소의 혼합가스로서 이산화탄소가스의 농도가 측정기의 측정범위의 60% 이상인 것을 사용한다.

#### 4) 측정

교정이 끝난 측정기에 대기 시료를 일정유량으로 도입하면서 측정을 한다. 필요에 따라 일정주기별로 측정치를 자동저장하여 그 평균값을 산출하도록 한다. 측정이 끝난후 기억된 측정장소별 농도값을 출력하여 기록한다.

#### 5) 보수점검

필요에 따라 정기적으로 다음사항을 보수 점검한다.

- ① 수분 및 먼지제거용 필터의 주기적 교환
- ② 매 측정후에는 청정공기를 측정기에 도입하여 측정기를 청소한다.
- ③ 장시간 보관시에는 배터리를 완전히 충전하여 보관하며 매 2개월에 1회씩 재충전한다.

※ 비고 : 기타 자세한 사항은 대기편 제2장 제5항을 참고할 것

### 제 2항 지하생활공간중의 일산화탄소(CO) 측정법

#### 1. 적용범위

이 시험방법은 지하생활공간중의 일산화탄소 농도를 측정하기 위한 시험방법이다. 비분산적외선분석법(자동)을 주시험법으로 한다.

#### 2. 측정방법의 종류

- 2.1 비분산 적외선 분석법(자동)
- 2.2 비분산 적외선 분석법(수동)
- 3. 용어의 뜻
  - 대기편 제4장 제2절 제2항 3에 따른다.
- 4. 시료채취방법
  - 제 2장 규정에 따른다.
- 5. 분석방법
  - 5.1 비분산적외선 분석법(자동)
    - 대기편 제4장 제2절 제2항 5.1에 따른다.
  - 5.2 비분산적외선분석법(수동)
    - 대기편 제4장 제2절 제2항 5.2에 따른다.

### 제 3항 지하생활공간중의 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 측정법

- 1. 적용범위
  - 이 시험방법은 지하생활공간중의 아황산가스 농도를 측정하기 위한 시험방법이다. 자외선형광법(자동)을 주시험방법으로 한다.
- 2. 측정방법의 종류
  - 2.1 자외선 형광법(자동)
  - 2.2 파라로자닐린법
- 3. 용어의 뜻
  - 대기편 제4장 제2절 제1항 3에 따른다.
- 4. 시료채취방법
  - 제 2장 규정에 따른다.
- 5. 분석방법
  - 5.1 자외선형광법

대기편 제4장 제2절 제1항 5.6에 따른다.

## 5.2 파라로자닐린법

대기편 제4장 제2절 제1항 5.1에 따른다.

### **제 4항 지하생활공간중의 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 측정법**

#### 1. 적용범위

이 시험방법은 지하생활공간중의 이산화질소 농도를 측정하기 위한 시험방법이다. 화학발광법(자동)을 주시험방법으로 한다.

#### 2. 측정방법의 종류

##### 2.1 화학발광법(자동)

##### 2.2 살츠만법

#### 3. 용어의 뜻

대기편 제4장 제2절 제3항 3에 따른다.

#### 4. 시료채취방법

제 2장 규정에 따른다.

#### 5. 측정방법

##### 5.1 화학발광법

대기편 제4장 제 2절 제3항 5.1에 따른다.

##### 5.2 살츠만법

대기편 제4장 제2절 제3항 5.4에 따른다.

### **제 5항 지하생활공간중의 포름알데히드 측정방법**

#### 1. 적용범위

이 시험법은 지하생활공간중의 포름알데히드 농도를 측정하기 위한 시험방법이다. 2,4-DNPH유도체화 분석법을 주시험법으로 한다.

## 2. 측정방법의 종류

### 2.1 2,4-DNPH유도체화 분석법

### 2.2 크로모트로프산 분석법

## 3. 분석방법

### 3.1 2,4-DNPH유도체화 분석법

#### 3.1.1 측정원리

포름알데히드를 포함하고 있는 시료가스의 일정량을 채취하여 2, 4-dinitro-phenylhydrazine(2,4-DNPH 시약)으로 유도체화한 후 이 DNPH유도체를 역상고속액체크로마토그래프(HPLC)에 도입하여 자외선흡광검출기의 흡수파장 370nm에서 검출되는 크로마토그램의 높이나 면적 등으로 포름알데히드 농도를 구한다.

#### 3.1.2 시료대기 채취방법

##### (1) 흡수용액 제조방법

흡수용액으로 사용되는 2,4-DNPH는 정제된 시약을 사용하여 HPLC용 아세토니트릴 1ℓ에 0.2478g를 넣어 1시간 초음파 처리하여 완전히 용해시킨후 냉암소에 시료 포집전까지 보관한다. 시약의 오염을 최소화하기 위하여 분석전 48시간 내에 조제하여 사용하여야 한다.

##### (2) 시료포집

시료포집 장치는 전 포집장치(임핀저), 후 포집장치, 펌프, 유량계, 실리카겔병, 가스세정기로 구성된다. 펌프와 유량계로의 수분이나 먼지의 영향으로 인한 기기의 고장을 막기위해 후 포집장치 뒤에 실리카겔을 채운 포집장치를 직렬로 연결하고 오존에 의한 간섭작용을 최소화하기 위해 요오드화갈륨(KI)을 채운 가스세정기(스크러버)를 그림 1과 같이 설치한다.

전 포집장치와 후 포집장치에 각각 10ml DNPH액과 10ml 이소옥탄을 넣는다. 모든 장치를 연결하고 포집을 시작한다. 포집장치 효율 저하를 방지하기 위하여 유속을 1000ml/min 이상으로 하지 않는다. 만일 시료채취

시간이 2시간 이상인 경우 시료채취중 유속을 확인해 주어야 한다. 이러한 번거로움을 배제하기 위해 유량계를 설치하여 유량을 확인하는 것이 좋다.

총 유량이 80ℓ를 초과하여서는 안되며 시료 포집중 전 포집기의 이소옥탄층이 2 - 3ml 남았을 때 포집을 중단한다. 포집 종료후 전 포집기의 시료액을 시료병에 옮기고 후 포집기의 시료액으로 전포집기를 세척하여 시료병에 옮겨 전, 후 포집기의 시료를 합친다.

(3) 시료보관 및 운반

알루미늄 호일로 포집장치를 싸서 빛을 차단한다. 포집후 전 포집장치, 후 포집장치는 얼음과 함께 아이스박스에 보관하고, 용매의 휘발을 최소화 하기 위해 얼음으로 아이스박스내의 온도를 0℃이하로 유지한다.

포집된 시료는 전, 후 포집장치를 따로 담아 분석전까지 냉암소에 보관한다.

(4) 포집장치(임핀저)를 사용하는 대신 상용화된 DNPH 카트리지를 사용할 수 있다. 오존에 의한 간섭작용을 최소화하기 위해 DNPH 카트리지 전단에Ozone Scrubber(plus type)를 직렬로 연결하여 사용하고 시료보관 및 운반은 (3)에 따른다.

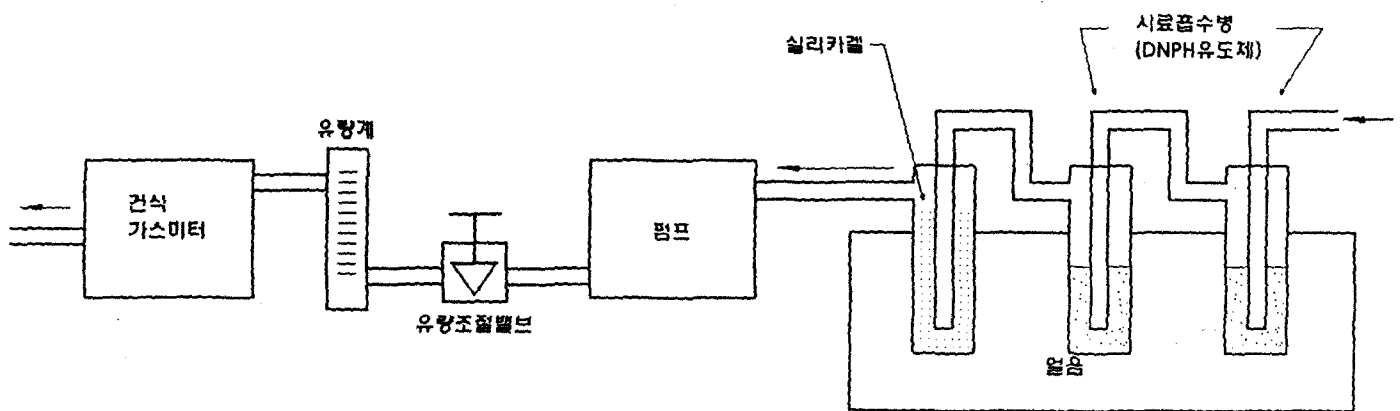


그림 1. 시료포집장치의 구성



### 3.1.3 분석방법

#### (1) 역상고속액체크로마토그래피(HPLC) 구성

역상고속액체크로마토그래피의 구성은 그림 2와 같다.

#### (2) 분석조건

검출기 : 자외선흡광기

분리컬럼 : Zorbax ODS, 내경 4.6mm, 길이25cm 이나 동등이상의 분리컬럼

흡수파장 : 자외선 370nm

분리온도 : 상온

#### (3) 이동상 조성

메탄올 : 증류수가 8 : 2로 조제한다. 이 혼합액을 폴리에스터멤브레인필터(pore size :  $0.22\mu\text{m}$ )로 여과하고 여과액은 헬륨가스로 10 - 15분간 퍼징하여 가스를 제거하여 준다. 이동상을 역상고속액체크로마토그래피 이동상 저장용기에 담고 최초 분석전에 약 20 - 30분간 유속 1mL/분으로 흘려준고 검지기도 동시에 켜서 전범위흡수범위(AUFS)를 0.008정도로 안정화시킨다.

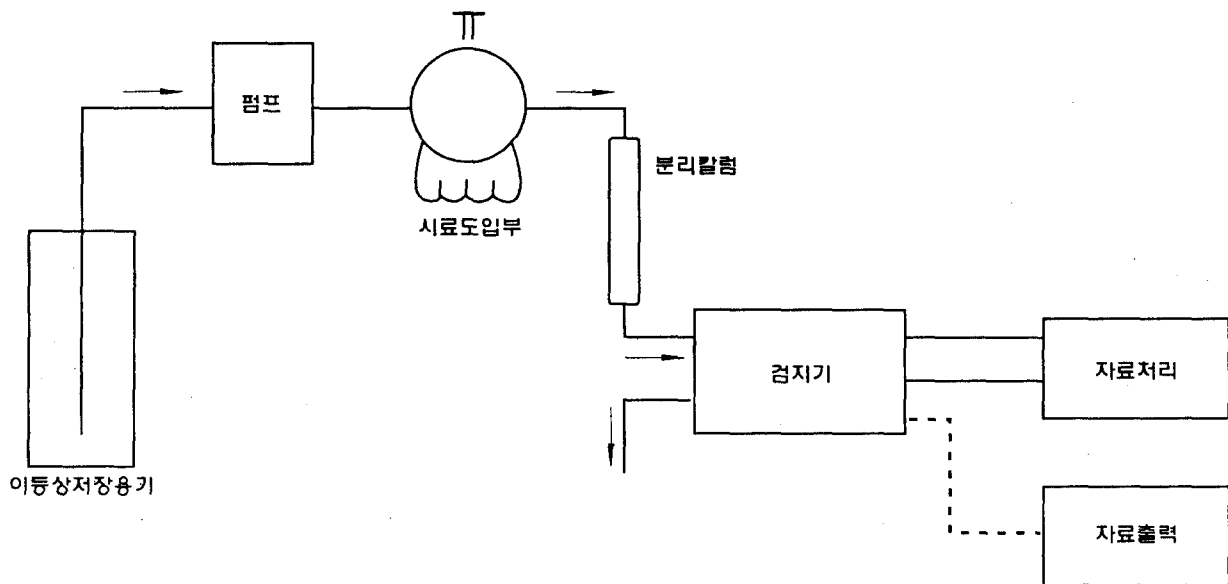


그림 2. 역상고속액체크로마토그래피 구성

#### (4) 역상고속액체크로마토그래피 분석시료 조제

3.1.2 (2)의 시료에서 DNPH 유도체를 회수하기 위해 다음 순서대로 처리한다. 시료를 수평으로 놓고 10분간 왕복진탕 시킨다. 진탕후 이소옥탄 층은 새 시료병에 옮기고 잔여 수용액층은 헥산/메틸렌클로라이드 (70/30, V/V)으로 추출하여 유기용매층을 이소옥탄 추출액과 합한다. 이혼합추출액을 40°C에서 순수질소가스로 건조시킨다. 시료가 완전히 건조되면 메탄올 2~5 ml를 가하여 시료로하고 분석전까지 냉장 보관한다.

#### (5) DNPH 카트리지를 사용하는 경우

DNPH 카트리지 다음에 양이온교환수지 카트리지를 연결한 후 5 ml 아세토니트릴을 1 ml/min 정도의 유속으로 용출시킨 후 이 용출액을 40°C에서 순수질소가스로 건조시키고 완전건조후 메탄올 2~5 ml를 가하여 시료로 한다.

#### 3.1.4 역상고속액체크로마토그래피의 분석

분석전 검지기 기준선이 안정적인지 확인한다. 메탄올에 녹인 5 - 25  $\mu\text{l}$ 의 시료를 역상고속액체크로마토그래피 주사기로 취하여 시료 도입부에 주입한다.

#### 3.1.5 포름알데히드 정량

포름알데히드의 정량은 다음 식에 의하여 전단( $C_f$ )·후단( $C_b$ )과 blank( $C_B$ )에 대하여 계산한다.

$$C = \frac{V_E}{V_i} \times \text{측정시농도}(ng)$$

$V_E$  = 추출시료 최종량 (ml)

$V_i$  = 추출시료 중 역상고속액체크로마토그래피에 주입된 량( $\mu\text{l}$ )

$$\text{시료중의총량}(W_d) = (C_f + C_b - 2C_B)$$

$$C_A = W_d \times \frac{MW_A}{MW_d} \times \frac{1}{\text{공기총흡입량}(m^3)}$$

$$C_A = \text{공기 시료중 포름알데히드의 농도 } (\mu\text{g}/m^3)$$

$$W_d = \text{시료중 유도체 총량}(\mu\text{g})$$

$$MW_A = \text{포름알데히드 분자량}$$

$$MW_d = \text{유도체 분자량}$$

## 3.2 크로모트로프산(Chromotropic Acid) 분석법

### 3.2.1 측정원리

크로모트로프산이 포함된 흡수액에 포름알데히드를 흡수하여 가온하면 Chromogen 이온을 생성하며 자색으로 발색하게 된다. 이 발색액의 흡광도를 측정하여 580nm부근에서 포름알데히드를 정량한다.

### 3.2.2 시료채취방법

(1) 시료채취기구 : 여과홀더(1 $\mu$ m PTFE membrane) 2개, 흡수병 (1% sodium bisulfite용액 20ml) 2개, 펌프, 유량계

(2) 유량 : 0.2 ~ 1 l/min

(3) 시료채취

가. 2개의 흡수병에 각각 1% NaHSO<sub>3</sub>(sodium bisulfite) 용액 20ml를 채우고 여과홀더와 흡수병, 흡수병과 펌프를 각각 탄력이 있는 비활성 튜브들로 연결한다. 시료포집동안에 흡수병으로부터 올라오는 흡수액을 막기위해 두 번째 여과홀더를 후단 흡수병과 펌프사이에 연결한다.

나. 유량은 0.2 ~ 1 l/min로 하고 시료채취량을 2 ~ 100 l로 한다.

다. 각 흡수병에 흡수된 용액을 25ml 실린더로 옮긴 후 전단 흡수병의 부피  $V_f(\text{ml})$ 와 후단 흡수병의 부피  $V_b(\text{ml})$ , 그리고 바탕시험용 흡수병의 부피  $V_B(\text{ml})$ 를 기록한다.

### 3.2.3 분석방법

#### (1) 시약

가. 크로모트로프산(Chromotropic acid, 1%) : 4,5-dihydroxy-2,7-naphthalene disulfonic acid disodium salt 0.1g를 10ml의 증류수로 희석시킨 후 여과하여 갈색병에 보관한다. 일주일마다 새로 만들어야 한다.

나. 황산용액(Sulfuric Acid, 96%)

다. 포름알데히드 보관용 표준용액(Formaldehyde Stock Solution, 1mg/ml) : 37% 포르말린 2.7ml에 증류수를 가하여 1000ml로 만든 것을 보관용 표준용액으로 한다. 이 용액에 함유되어 있는 포름알데히드의 농도는 다음과 방법으로 구한다. 1.13M 아황산나트륨(Sodium Sulfite) 5ml를 취하여 50ml 비이커에 채우고 magnetic stirrer를 넣어 교반한다. 산(acid)이나 염기(base)를 가하여 pH가 7~9가 되도록 조정한 후 pH를 기록하고 소모된 산이나 염기의 양을 기록한다(산의 경우 희석한 황산용액, 염기의 경우 수산화나트륨용액을 사용한다). 포름알데히드 표준용액 10ml를 취하여 비이커에 넣는다. 이 때 pH는 대략 12 정도에 있을 것이다. 다시 0.02N 황산용액을 가하여 원래의 pH가 되도록 적정하고 소모된 용액의 양을 기록한다.(대략적으로 0.02N 황산용액 1ml는 0.600mg포름알데히드에 상당할 것이고 적정시 대략 17ml의 황산용액이 소모될 것이다.) 따라서 포름알데히드 보관용 표준용액의 농도를 다음 식으로부터 구할수 있다.

$$C_s = \frac{30.0 \cdot [(N_a \cdot V_a)] - (N_b \cdot V_b)}{V_s}$$

$N_a$  : 황산용액의 노르말(N) 농도

$V_a$  : 적정에 사용된 황산용액의 부피(ml)

$N_b$  : NaOH의 노르말(N) 농도

$V_b$  : 역적정(back titration)에 사용된 NaOH의 부피(ml)

$V_s$  : 포름알데히드 보관용 표준용액의 부피(10ml)

라. 37% 포르말린 용액

마. 증류수

사. 0.02N 황산용액

아. 0.01N 수산화나트륨(NaOH) 용액

자. 1.13M  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  용액

차. 1%  $\text{NaHSO}_3$  아황산수소나트륨(sodium bisulfite): 1g을 녹여 100 ml로 희석한다. 일주일마다 새로 만들어 사용한다.

## (2) 시험방법

가. 채취된 시료를 각각 4ml 취하여 25ml 플라스크에 옮긴다. 이때 취하는 양(4ml)은 포름알데히드의 농도가 2~20  $\mu\text{g}$ 이 되도록 조정할 수 있다.

나. 시료가 있는 플라스크에 1% 크로마토르프산 0.1ml를 가한다.

다. 농황산을 6ml 가하고 천천히 흔들어 잘 혼합시킨다.

라. 95℃에서 15분간 열을 가하고 다시 실온에서 냉각시킨다

마. 580nm에서 흡광도를 측정한다.

## (3) 검량선 작성

가. 1mg/ml의 포름알데히드 보관용 표준용액 1ml를 1%  $\text{NaHSO}_3$  100 ml로 희석하여 검량선작성 보관용 표준용액을 만든다.

나. 25ml 플라스크에 "가"의 용액을 각각 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2 ml 취한다.

다. 1% NaHSO<sub>3</sub>를 가하여 각각의 표준용액의 액량이 4ml가 되도록 한다.

라. 바탕시료와 시료를 분석하여 검량선을 작성한다.

### 3.2.4 계산

전단 흡수병(M<sub>f</sub>)과 후단 흡수병(M<sub>b</sub>) 그리고 바탕시험용 흡수병(M<sub>B</sub>)의 포름알데히드의 질량(mass, μg)농도를 계산한다. 이때 총시료부피중(3.2.2 (3)에서 기록한 전, 후단의 흡수액량)의 포름알데히드의 질량으로 계산하여야 하며, 이 시험법의 포집효율은 95%보다 작으므로 후단 흡수병의 포름알데히드의 질량농도가 전단 흡수병의 질량농도의 1/3을 초과하면 그 시료는 폐기한다.

포름알데히드의 농도는 다음 식으로 부터 구할 수 있다.

$$C(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{M_f + M_b - 2M_B}{V}$$

M<sub>f</sub> : 전단 흡수병 포름알데히드의 질량(μg)

M<sub>b</sub> : 후단 흡수병 포름알데히드의 질량(μg)

M<sub>B</sub> : 바탕시험용 흡수병 포름알데히드의 질량(μg)

V : 총 공기흡인량(L)

## 제 6항 지하생활공간중의 미세먼지(PM-10) 측정방법

### 1. 적용범위

이 시험법은 지하생활공간중의 미세먼지 농도를 측정하기 위한 시험법이다. 베타선흡수법(자동)과 저유량공기포집법(수동)을 주시험방법으로 한다.

## 2. 측정방법의 종류

### 2.1 베타선흡수법(자동)

### 2.2 공기포집질량측정법(수동)

## 3. 측정방법

### 3.1 베타선흡수법( $\beta$ -Ray Absorption Method)

#### 3.1.1 측정원리

대기편 제4장 제2절 제4항 3.5.1과 같다.

#### 3.1.2 장치구성

대기편 제4장 제2절 제4항 3.5.2에 따른다.

#### 3.1.3 측정시간

1시간 단위로 나누어 측정하거나 시료채취시간을 연장하여 측정할 수 있다.

#### 3.1.4 측정

대기편 제4장 제2절 제4항 3.5.5에 따른다.

### 3.2 공기포집질량측정법

#### 3.2.1 원리 및 적용범위

이 방법은 지하생활공간에 대기중에 부유하고 있는 입자상 물질중 미세먼지 (PM10 : Particulate Matter less than 10 $\mu$ m)를 공기포집기를 이용하여 여과지상에 포집하는 방법으로 직경 10 $\mu$ m이하의 물질을 포집하여 질량 농도를 측정하거나 금속 등의 성분분석에 이용한다.

### 3.2.2 장치의 구성

공기포집기의 기본구성은 흡인펌프, 분립장치 및 여과지홀더, 유량 측정부로 된다.

#### (1) 흡인펌프

24시간 이상 연속측정이 가능해야 하며 무부하시의 흡인유량이 7ℓ/분 이상이어야 하고 진공도가 높고 맥동이 없이 고르게 작동하는 다이어프램식의 펌프가 적합하다.

#### (2) 분립장치

분립장치는 충격분리방식이나 사이클론 방식으로 일정유량으로 흡인시 10 $\mu$ m이상 크기의 입자를 제거하는 장치이다.

#### (3) 여과지 홀더

여과지 홀더는 직경 47mm나 110mm 정도의 원형여과지 또는 직사각형여과지를 파손되지 않고 공기가 새지 않도록 장착할 수 있는 것이어야 한다.

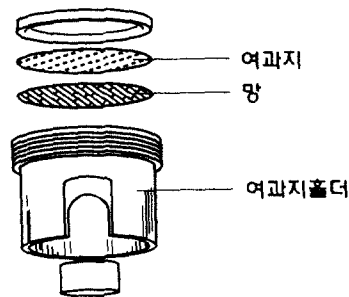


그림 3 : 여과지 홀더의 예



① 프레임

프레임은 내식성 재질로 된 것을 사용한다.

② 망(Net)

여과지에 공기를 통과시킬 때 기류에 의하여 여과지가 파손되지 않도록 받쳐주고 여과지에 불순물이 들어가지 않도록 내식성 재료로 만들어진 것.

③ 팩킹

내부식성 재질로서 기밀을 유지할 것.

(4) 유량측정 및 제어부

유량계는 여과지 홀더와 흡인펌프와의 사이에 설치한다. 이 유량계에 새겨진 눈금은 20℃ 1 기압에서 0~7 l/m 또는 10~30 l/m 범위 등 설정유량부근에서 0.5 l/m 까지 측정할 수 있도록 되어 있는 것을 사용한다. 고유량공기포집기를 사용시는 대기편 제4장 제1절 4.1.2 (1)에 따른다.

(5) 포집용 여과지

입자상물질의 포집에 사용하는 포집용여과지는 통상 유리섬유제 여과지의 구멍크기(Pore Size)가 0.4 $\mu$ m 이하의 유리 섬유제 여과지 또는 테프론제 여과지 등을 사용한다.

### 3.2.3 시료채취 장소 및 시간

(1) 시료채취 장소 및 위치

시료채취는 원칙적으로 그 시료채취를 위한 일반사항(제 2장)에 따르며, 그 부근의 오염도를 대표할 수 있고 특정한 발생원이나 환기시설 등의 영향을 직접적으로 받지 않는곳을 택한다.

(2) 포집시간

포집시간은 원칙적으로 24시간 연속채취한다. 단 질량 농도만을 측정하거나 특정원소의 분석을 목적으로 할 경우에는 전자저울의 감도 및 분석감도에 따라 적당히 조정할 수 있다.

### 3.2.4 시료채취조작

(1) 포집전 여과지의 칭량

선정된 여과지를 미리 온도 20℃, 상대습도 50%에서 항량이 될 때까지 보관하였다가 1μg의 감도를 갖는 분석용 저울로서 10μg까지 정확히 단다. 단 항온항습 장치가 없을 때는 상온에서 50%(W/V) 염화칼슘용액을 제습제로한 데시케이터내에서 항량이 될 때까지 보관한 다음 위와 같은 방법으로 단다. 칭량이 끝난 여과지는 부호 또는 기호를 표시하여 기록한다.

(2) 채취조작

① 분립장치의 세척상태가 양호하며 접착제가 도포되어 있는지를 확인한다.

② 칭량한 여과지를 여과지홀더에 공기가 새지 않도록 고정시킨다.

③ 전원스위치를 켜고 포집시간을 기록한다.

④ 샘플러가 정상적으로 작동하는가를 확인하며 특히 분립장치의 설정 유량을 지시하고 조정한다.

⑤ 포집의 종료직전에 유량을 확인하여 기록한다.

⑥ 전원스위치를 끄고 누계시간을 기록한다.

⑦ 총공기흡인량 산출은 다음과 같이 한다.

$$\text{총공기흡인량}(m^3) = \frac{Q_s + Q_e}{2} \cdot t$$

$Q_s$  : 포집개시 직후의 유량(m<sup>3</sup>/분)

$Q_e$  : 포집종료 직전의 유량(m<sup>3</sup>/분)

$t$  : 포집시간(분)

(3) 포집후의 여과지 칭량

포집후의 여과지는 (1)의 조건에서 24시간 이상 방치하였다가 무게를 단다.

#### (4) 기록

시료채취가 끝나면 매 포집시료마다에 포집장소, 포집년월일, 여과지 번호, 채취시작시간, 종료시간, 기타 참고가 될 만한 기상요소 (온도, 습도, 풍향, 풍속 등) 및 시료채취자의 성명을 기록해 놓는다.

#### 3.2.5 농도의 계산

대기편 제4장 제2절 제4항 3.1.5 (5)에 따른다.

#### 3.2.6 유량의 보정

대기편 제4장 제1절 4.1.5 또는 4.2.5에 따른다.

### 제 7항 지하생활공간중의 납(Pb) 측정법

#### 1. 적용범위

이 시험방법은 지하생활공간중의 미세먼지중 납(Pb) 및 납화합물 분석방법에 대하여 규정한다.

#### 2. 시료채취

##### 2.1 시료채취 장치 및 기구

제 6항 3.2에 규정한 것을 사용한다.

#### 3. 분석방법의 종류

##### 3.1 원자흡광광도법

대기편 제4장 제2절 제7항 3.1에 따른다.

#### 4. 분석용 시험액의 조제

대기편 제4장 제2절 제7항 4에 따른다.

## 5. 분석방법

### 5.1 원자흡광광도법

대기편 제5장 제2절 제7항 5.1에 따른다.

## 6. 농도 계산

납의 농도  $C(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 는 다음식으로 산출한다.

$$C(\mu\text{g}/\text{m}^3) = W \times \frac{1}{V \cdot \frac{(273+25)}{(273+t)}}$$

$W$  : 채취된 미세먼지입자중 총 납( $\mu\text{g}$ )

$V$  : 총 흡인공기량( $\text{m}^3$ )

$t$  : 시료채취시의 온도( $^{\circ}\text{C}$ )