

SCHOOL



학교 환경위생관리

04 교사(校舍)안에서의 공기질 개념 및 관리방안 1



1. 학교 교사내 실내공기 오염원 및 오염물질의 개념

1) 실내공기 오염원 및 오염물질의 특성

실내공기 오염물질의 발생원인은 크게 실내에서 발생하는 오염물질과 실외공기 오염물질에 의한 영향으로 구분된다. 또한 실내공기 오염은 건축물의 특성, 계절, 주변 환경, 실내거주자의 생활습관, 생활형태 등에 따라 다양한 양태를 보이고 있다.

실내공기 오염물질에는 기체 상태로 실내공기 중에 존재하는 가스상 물질(Gaseous matters)과 알갱이 형태로 공기 중에 부유하거나 벽면, 가구의 표면, 또는 바닥에 존재하는 입자상 물질(Particulate matters)로 분류된다. 가스상 오염물질은 유기화합물과 무기화합물로 구분되며, 유기화합물에는 휘발성유기화합물이 있으며, 무기화합물에는 일산화탄소, 이산화탄소, 질소산화물, 황산화물, 오존, 라돈, 암모니아가 있다. 입자상오염물질은 크게 고체 입자와 액체 입자로 구분되며, 고체입자는 비생물입자와 생물입자로 분류된다.

실내환경을 쾌적하게 유지하기 위해서는 실내환경의 질을 악화시키는 오염물질을 파악하여 이를 적절하게 통제하는 것이 무엇보다 중요하다. 그리고 실외에서 발생하는 대기오염의 유형, 실내에서 발생하는 오염물질의 종류 및 양, 외부 오염원과의 거리, 건물의 침투성과 같은 물리적 특성, 환기 및 공기조화 시스템, 해당 지역의 지리적 및 기상학적 특성, 에너지 효율성 제고 방식 등 여러 가지 인자를 동시에 고려하여야 한다.

① 미세먼지

입자상 오염물질은 대략 0.005~500 μ m의 크기를 가지고 있으며, 입자의 직경이 2.5 μ m 미만의 미세입자(fine particle)와 2.5 μ m 이상의 거대입자(coarse particle)로 분류한다. 일반적으로 입경이 10 μ m 이하인 입자를 PM₁₀이라 한다. 미세먼지는 인간 및 동물이 호흡할 때 흡입되어 폐 깊숙이 침투하기 때문에 대기오염에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 미세먼지는 불완전 연소, 대기 중 1차 오염물의 화학적 반응, 고온 응축과정을 통해 생성되며, 가벼운 중량 때문에 공기 중에서 수 일, 때로는 수 주일 부유한다. 미세입자의 또 다른 중요성은 중금속의 농축에 관한 것으로, 같은 질량의 거대 및 미세입자가 있을 경우, 입자의 크기가 작아짐에 따라 표면적이 급속히 증가하기 때문에 입자가 유해중금속 성분을 함유하고 있을 때 그 중금속의 축적농도는 급격히 증가한다. 미세먼지는 사망률, 질병률, 호흡징후 및 폐 기능에 영향을 미치며 인체에 대한 역학적 증거가 충분하다.

미세먼지의 발생은 자연적 발생과 인위적 발생으로 구분할 수 있다. 자연적 발생원의 경우 모래먼지(황사), 화산재, 산불 등이며 바다 가까이에 위치한 지역에는 해염입자가 생성된다. 매년 봄철이면 중국과 몽골의 사막에서 황사가 발생한다. 강수량이 적고 건조한 사막에서 모래먼지가 바람에 날리는데 특히 겨울동안 얼어있던 모래가 기온이 올라가면서 날아가기 쉬운 상태로 전환되어 황사가 발생한다. 황사의 모래먼지 중 크기가 큰 것은 날아가지 못하고 그 주변에 가라앉지만 크기가 작아서 부유하기 쉬운 것은 우리나라까지 날아와서 피해를 준다. 인위적 발생원은 주로 연소와 관련이 있다. 보일러, 자동차, 발전시설 등의 배출가스에 포함된 미세먼지가 있다. 또한 공사장에서 발생하는 비산먼지, 식물이나 물이 제거된 토지에서 발생하는 부유먼지 등이 있다. 미세먼지는 직접 대기 중에 방출되기도 하고 가스상으로 방출된 기체의 상태변화에 따라 대기 중에 입자로 전환되기도 한다.

최근 학교구성원들의 실내·외 미세먼지 대응역량과 대응수단을 강화하여 학생들의 건강 피해 최소화하기 위하여 시·도교육청, 관련부서 등 학교 현장의 대응 방안을 마련할 계획이다(교육부, 2017)



□ 미세먼지와 건강

호흡기를 통하여 인체로 들어온 먼지는 비강과 상기도 점막에서 분비되는 점액에 포착되어 기관지의 섬모운동으로 외부로 배출되거나 소화기로 운반된다. 먼지의 흡입량이나 점액의 분비량이 많을 경우 소기관지의 연동과 기침 또는 재채기 반사로 외부로 배출된다. 폐포까지 이른 먼지는 대식세포에 먹혀 림프선으로 운반된다.

인체의 기관지와 폐에 쌓인 미세먼지는 각종 호흡기질환의 직접 원인이 된다. 천식과 호흡곤란을 일으키며 신체의 면역기능을 떨어뜨린다. 미세먼지가 폐에 침착하면 진폐증을 일으킨다. 먼지의 흡입으로 발생하는 주요 진폐증은 유리규산 흡입으로 인한 규폐증, 광산업계에 근무하는 경우 발병 가능성이 있는 석면폐 외에도 활석폐, 시멘트폐, 탄폐 등이 있다.

② 이산화탄소

이산화탄소는 무색, 무미, 무취의 기체로 일반적으로 대기 중에 0.03%(300ppm) 정도 포함되어 있으며, 최근 지구 온난화 가스로 주목받고 있으나 대기오염물질로 분류되지는 않고 있다. 이산화탄소는 주로 실내공기질 또는 환기상태의 척도로 사용되고 있으며, 실내공간에서 농도가 증가하면 호흡에 필요한 산소의 양이 부족하게 되어 일산화탄소와 함께 중요한 실내오염물질 중의 하나로 취급되고 있다. 실내에 여러 사람이 군집해 있을 때 탄산가스의 농도가 증가하여 군집독을 일으킨다. 군집독은 다수의 사람이 장시간 동안 밀폐된 공간에 있을 때 나타나는 불쾌감, 권태감, 두통, 구토, 현기증을 유발하는 건강장애로 원인은 단일물질이 아니라 공기의 조성변화와 이화적 변화에 냄새 등이 혼합하여 나타나는 것이다.

□ 이산화탄소와 건강

성인의 안정 시 호기 중에는 4% 정도의 탄산가스를 함유하고 있으며 매시간당 20ℓ 정도가 배출된다. 이 양은 노동에 의하여 신진대사가 항진됨으로써 증가하며 안정시의 2배 수준에 달하기도 한다. 폐포 내의 이산화탄소가 증가하기 시작하고 호흡곤란, 두통 등의 증상을 일으킨다. 단시간이면 5%까지 인내가 가능하나 그 이상이면 호흡곤란이 초래된다.

③ 총부유세균

공기 중에 부유하고 있는 세균은 먼지나 수증기 등에 미생물들이 부착되어 생존하고 있으며, 주로 호흡기관에 군주화되어 영향을 주고 세균수가 먼지의 농도에 정비례된다는 사실로 보아 공기청정도와 밀접한 관계가 있는 것으로 조사되고 있다. 부유세균은 공기 중의 생물학적 오염을 파악하기 위한 중요한 지표가 된다. 실내 환경에 존재하고 있는 미생물들은 다습하고 환기가 불충분하며 공기질이 나쁠 경우 잘 증식하게 되는데 전염성 질환, 알레르기 질환, 호흡기 질환 등을 유발시키기도 한다. 이러한 미생물성 물질의 발생은 인간의 활동 및 일반가정에서 사용되는 각종 살포제, 공기정화기, 냉장고, 가습기, 애완동물 등으로부터 기인하며, 건물의 덕트 내에 쌓인 먼지는 실내먼지 및 미생물성 물질의 또 다른 발생원이 될 수 있다.

□ 부유세균과 건강

부유미생물은 전염성질환, 알레르기질환, 피부질환, 호흡기질환, 폐질환, 기관지질환, 폐암 등의 질병을 유발시킨다. 특정 부유곰팡이는 가려움증, 습진, 피부반점, 무좀 등의 증상을 일으킬 수 있다. 낙진균은 지표로 낙하하여 물품에 영향을 미치며 상처가 있는 경우 상처부위에 감염을 유발하기도 한다. 냉방장치와 관련된 세균인 레지오넬라균은 냉방병인 레지오넬라병을 유발한다. 치명적인 감염증으로 여름과 초가을에



다발하지만 연중 언제든지 발생할 수도 있다. 주로 중년층과 노인층에 발생하며 치사율은 5~30%로 다양한데 항생제투여가 늦을 경우 치사율이 50% 가까이 된다.

④ 일산화탄소

일산화탄소는 적은 농도로도 인체에 치명적인 영향을 주는 가스로 무색, 무취, 무자극의 가스상 물질로 공기보다 약간 가벼운 기체로 실내에서는 취사, 난방으로 인한 연소과정에서 발생하며, 흡연은 가장 일반적인 일산화탄소의 실내오염원이다.

일산화탄소는 헤모글로빈과의 결합력이 산소보다 210배 정도 높아 헤모글로빈과 결합하여 일산화탄소-헤모글로빈(COHb)이 되어 혈액의 산소운반 기능을 저해하며 신체조직의 질식 상태를 유발한다. 일산화탄소의 급성중독은 뇌조직과 신경계통에 가장 많은 피해를 가져오며 증상은 시야감소, 정신적 영향(불쾌, 피로촉진), 생리적 영향, 중독 피해, 심폐환자의 병세 악화 등이며, 만성적인 영향으로는 성장장애, 만성 호흡기질환 발생(폐렴, 기관지염, 천식, 폐기종), 직업병 악화 등의 영향을 미치게 된다. 저농도에서 장시간 노출되면 중추신경장애, 시각과 청각장애, 언어장애, 발작, 운동장애 등의 후유증이 나타난다.

□ 일산화탄소와 건강

일산화탄소 중독으로 나타날 수 있는 건강영향은 가벼운 두통에서부터 심한 두통, 구토, 현기증, 허약, 판단력 저하, 시각장애를 비롯하여 경련, 혼수 및 사망까지 이른다. 특히 뇌는 저산소증에 예민하여 치명적인 손상을 받게 된다. 저농도의 일산화탄소 환경에서 만성적으로 중독된 경우 성장장애, 만성호흡기질환(폐렴, 기관지염, 천식)등이 나타나며, 기타 다양한 신경정신학적 후유증이 나타나게 된다.

표 1 실내공기 중 일산화탄소가 인체에 미치는 영향

농도(ppm)	노출시간	건강 영향
5	20분	고차 신경계 반사작용 변화
30	1시간 이상	시각·정신기능 장애
200	2~4시간	두부 두통
500	2~4시간	심한 두통, 공포심, 탈력감, 시력장애, 허탈감
1,000	2~3시간	맥박이 빨라짐, 경련을 동반하는 실신
2,000	1~2시간	사망

⑤ 이산화질소

질소산화물(NOx)에는 여러 가지 종류가 알려져 있는데, 안정적이고 대표적인 일산화질소(NO)와 이산화질소(NO₂)로 통상 이들 물질을 대기오염 측면에서 질소산화물 즉, NOx라고 한다. 실내에서 발생하는 이산화질소의 발생원은 취사용 프로판가스 기구의 사용, 흡연, 난방 연료(나무, 석탄, 기름 등)의 연소에서 나오거나 외부에서 실내로 유입되는 오염물질 등이 있다.

□ 이산화질소와 건강

NO는 공기 중에서 서서히 산화되어 NO₂가 되는데, 실제로 건강에 장해를 주는 것은 NO₂로서 호흡할 때 체내로 침입해서 폐포까지 깊이 도달하여 헤모글로빈의 산소 운반능력을 저하시키고, 수 시간 내에 호흡곤란을 수반한 폐수종 염증을 일으키는 독성이 강한 물질이다. 또한, 점막자극이 강하고 메트헤모글로빈을 형성하여 호흡기와 폐에 장해를 초래한다. NO₂는 NO의 5~10배의 독성을 가지고 있다. 이산화질소



가 높은 농도로 존재하면 기관지염과 같은 호흡기질환을 유발한다. 이산화질소는 일산화질소보다 독성이 대략 4배 강하고, 물에 잘 녹지 않기 때문에 건조한 기관지를 통하여 폐의 점액성 내면에 자극성과 부식성이 있는 아질산(HNO_2)과 질산(HNO_3)을 형성하는 곳인 폐포까지 이른다. 고농도의 이산화질소는 단기간만 접촉하여도 호흡이 가빠지는데 이는 폐에 이상이 생겨서 다량의 공기를 흡수할 수 없기 때문이다. 저농도의 이산화질소에 장기간 접촉하면 만성폐질환을 일으키며, 기관지염, 폐 기능의 저하 및 호흡기질환을 발생시킬 수 있다. 또한, 천식환자들에게 해로운 영향을 끼칠 수 있다.

2. 학교 교사내 실내공기 오염물질에 대한 유지·관리 기준과 측정방법

1) 실내공기 오염물질에 대한 유지·관리 기준

우리나라의 실내공기질 관리제도는 현행 환경부, 교육부, 고용노동부, 보건복지부 등 4개 부처에서 분산관리되고 있다. 환경부는 다중이용시설(어린이집, 지하역사 등 21개 시설군)과 신축공동주택 및 대중교통수단의 실내공기질을 관리하고 있다. 교육부는 학교보건법을 근거법으로 학교에 대한 실내공기질 관리를 하고 있다. 고용노동부는 산업안전보건법을 근거법으로 사무실을 관리대상으로 하고, 보건복지부는 공중위생관리법을 근거법으로 공중이용시설(공연장, 실내 체육시설 등)을 관리대상으로 실내공기질을 관리하고 있다.

표 2 교사 안에서의 공기의 질에 대한 유지·관리 기준

항목	유지·관리 기준	적용시설
미세먼지	$100\mu\text{g}/\text{m}^3$	모든 교실
이산화탄소	1,000ppm(기계환기 : 1,500ppm)	
총부유세균	800CFU/ m^3	
일산화탄소	10ppm	개별난방 및 도로변 교실 등
이산화질소	0.05ppm	

2) 실내공기 오염물질에 대한 측정방법

교사 안에서의 공기질 측정 교실 수는 대상 시설의 구조와 용도, 예상되는 오염물질 등의 발생원 분포 및 발생강도, 특성 등을 사전에 충분히 고려하여 다음과 같이 결정한다.

- ☐ 측정항목의 적용시설이 모든 교실인 경우 측정 교실 수는 시설을 대표할 수 있는 일반교실 2개소 이상, 특별교실 1개소 이상으로 하는 것을 원칙으로 하되, 건물의 규모와 용도에 따라 실내 공기질이 명확히 다를 것으로 예상되는 경우에는 측정지점을 별도로 선정하여 추가하여야 하며, 오염물질의 발생 원인에 따라 적용시설을 따로 정한 경우 또는 소규모(대상 시설이 총 10실 이하인 경우 등) 학교의 경우에는 측정 교실 수를 1개소 이상으로 한다.(측정지점은 가급적 매년 다른 지점을 선정하여 중복되지 않도록 고려)
- ☐ 공기질 측정 장소는 원칙적으로 측정자가 해당 시설 방문 후 직접 선정(학교 관계자는 측정의 편의성을 위한 장소 등 안내 협조)
- ☐ 공기질 점검 대상 교실 등이 '부적합' 판정으로 원인 파악 등을 위한 재측정이 필요한 경우 해당 교실뿐만 아니라 전체 교사를 대상으로 무작위 표본 선정 후 재측정 실시-1차 측정 교실 포함)



□ 한 장소에서 시료를 채취하거나 측정을 할 때에는 측정시간이 1시간 미만인 경우에는 2회 이상 실시하여야 한다.

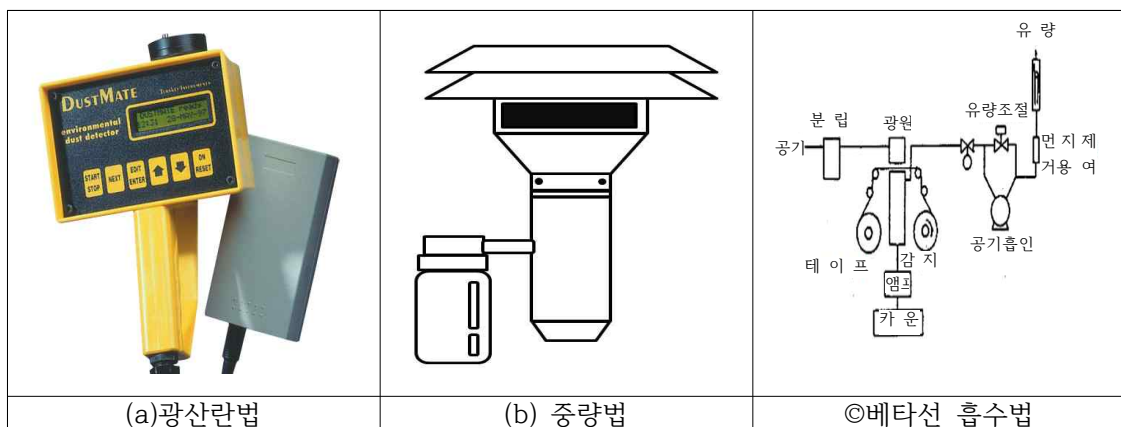
① 미세먼지

미세먼지 농도는 광산란법 또는 광투과법 등의 현장측정 방법으로 측정하고 기준치를 초과하거나 정확한 측정값이 필요한 경우에는 소용량 공기포집법 또는 베타선법으로 측정한다.

□ 광산란법 : 대기 중에 부유하고 있는 입자상물질에 빛을 조사했을 때, 입자상 물질에 의하여 산란된 빛의 양을 측정하고, 산란광의 양은 물리적 성질이 동일한 입자상 물질의 질량농도에 비례하는 원리를 이용해 그 값으로부터 입자상 물질의 농도를 구하는 원리이다.

□ 소용량 공기포집법 : 실내 공기 중 미세먼지(PM₁₀)를 여과지에 1 ~ 30 L/min 정도의 공기유량으로 채취하여 채취전후의 여과지 중량의 차이를 이용하여 실내 공기 중 미세먼지(PM₁₀) 농도를 측정하는 방법이다.

□ 베타선 흡수법 : 실내 공기 중 미세먼지(PM₁₀)를 여과지에 채취하고 여과지에 베타선을 투과시켜 흡수되는 베타선의 정도를 이용하여 미세먼지(PM₁₀)의 중량농도를 연속적으로 측정하는 방법이다.



② 이산화탄소

공기 중에 존재하는 이산화탄소의 농도를 비분산적외선분석법이 적용된 현장직독식 측정기로 측정한다. 이산화탄소의 특정 파장의 적외선을 흡수하는 특성을 이용하여 실내 공기 중 이산화탄소 농도를 연속자동 측정하는 방법이다.

③ 총부유세균

실내 공기 중 부유하고 있는 배양 가능한 세균의 총부유농도 측정 방법을 규정한다. 세균 배양용 배지가 장착된 채취기를 이용하여 실내 공기 채취 시 공기 중 미생물이 배지에 충돌하는 원리를 이용하여 실내 공기 중 총부유세균을 채취하고 농도를 측정하는 방법이다.



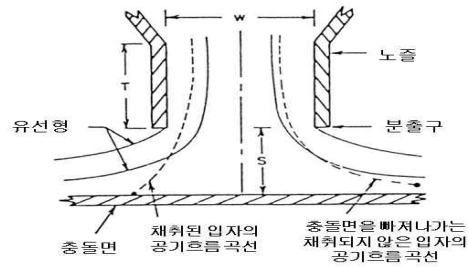


그림 4 총부유세균 측정법(충돌법)

④ 일산화탄소

현장측정이 가능한 측정기기로 실내 공기 중 일산화탄소의 농도를 측정하며, 기준치를 초과하거나 정확한 측정값이 필요한 경우 주시험방법인 비분산적외선 분석법으로 재측정한다. 비분산적외선분석법은 일산화탄소의 특정 파장의 적외선을 흡수하는 특성을 이용하여 실내 공기 중 일산화탄소 농도를 연속 자동 측정하는 방법이다.

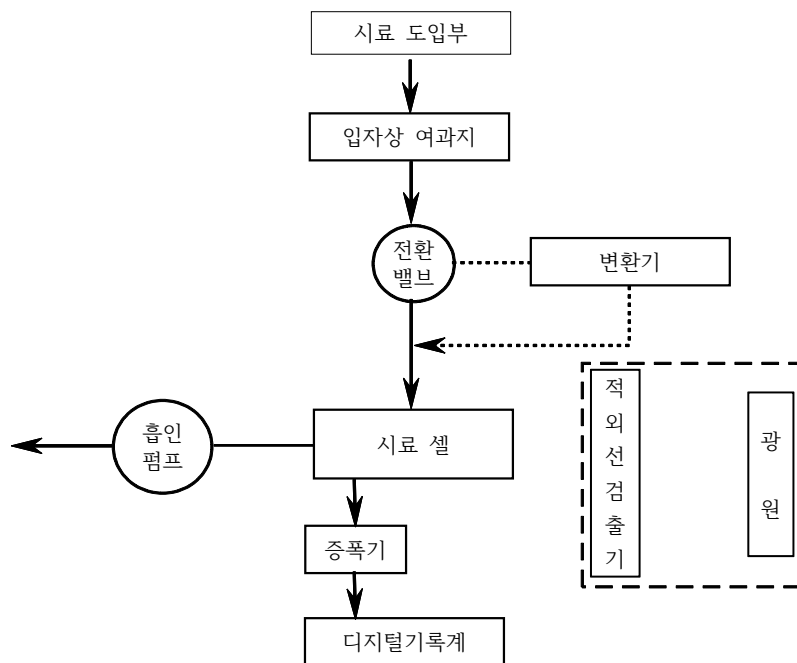


그림 6 일산화탄소 측정장치 구성

⑤ 이산화질소

실내 공기 중에 포함되어 있는 질소산화물을 현장측정이 가능한 측정기기로 측정하며, 기준치를 초과하거나 정확한 측정값이 필요한 경우 주시험방법인 화학발광법으로 재측정한다. 화학발광법은 일산화질소(NO)와 오존(O₃)과의 반응으로 생긴 이산화질소(NO₂)로부터 발생하는 발광현상을 이용하여 실내 공기 중 이산화질소 농도를 연속 자동 측정하는 방법이다.



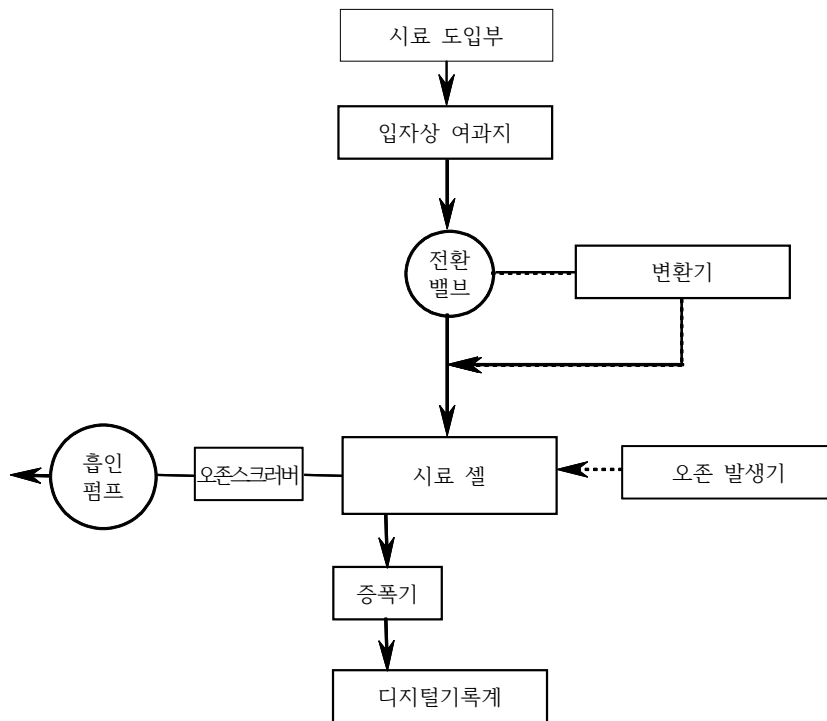


그림 7. 전형적인 이산화질소 측정장치 구성도

3) 실내공기 오염물질에 대한 측정절차

① 미세먼지

- ☐ 학교 시설에서의 미세먼지는 수업중인 교실에서 측정하는 것을 원칙으로 한다.
- ☐ 측정지점은 주변시설 등에 의한 영향과 부착물 등으로 인한 측정 장애가 없고, 교사 내에서 오염도를 대표할 수 있다고 판단되는 교실을 선정한다.
- ☐ 시료채취 위치에는 직접적인 발생원이 없고 대상시설의 내벽 및 천장으로 부터 1m 이상 떨어진 곳을 선정한다.
- ☐ 학생들은 주로 앉아서 학습을 하므로 호흡하는 높이인 바닥 면으로부터 1.2~1.5m 범위내에서 수행한다.
- ☐ 미세먼지(PM10)농도는 광산란법 또는 광투과법 등의 현장측정 방법으로 측정 하고 기준치를 초과하거나 정확한 측정값이 필요한 경우에는 소용량공기포집법(Mini volume air Sampling method) 또는 베타선법으로 측정한다.
- ☐ 현장측정에 따른 기기의 작동은 사용하는 기기의 사용설명서에 따르며, 일정시간 간격으로 3회 이상 측정한 후 평균값을 산출한다.
- ☐ 교실 밖의 미세먼지 농도를 측정하여 발생원인 추정 및 저감방안 마련 등의 참고 자료로 활용한다.

② 이산화탄소

- ☐ 이산화탄소는 수업중인 교실에서 측정하는 것을 원칙으로 한다.
- ☐ 습도가 높은 장소는 피해야 하며 또한 배기시설이나 환기시설 주위에서 측정은 피하도록 한다.
- ☐ 측정 위치는 이산화탄소의 직접적인 발생원이 없고 대상시설의 내벽 및 천장으로부터 1m이상 떨어진 곳을 선정한다.



- ☐ 학생들은 주로 앉아서 학습을 하므로 호흡하는 높이인 바닥 면으로부터 1.2~1.5m 범위내에서 수행한다.
- ☐ 현장측정에 따른 기기의 작동은 사용하는 기기의 사용설명서에 따르며, 일정시간 간격으로 3회 이상 측정한 후 평균값을 산출한다.
- ☐ 교실 밖의 이산화탄소 농도를 측정하여 발생원인 추정 및 저감방안 마련 등의 참고 자료로 활용한다.

③ 총부유세균

- ☐ 총부유세균은 수업중인 교실에서 측정하는 것을 원칙으로 한다.
- ☐ 특별교실은 보건실과 식당(있는 경우에 한한다)을 포함한다.
- ☐ 시료채취 지점
 - ☐ 측정하고자 하는 교실에서 시료는 1개 이상 채취할 수 있고, 시료의 수가 여러 개 일 경 우 모두 다른 지점에서 채취되어야 한다.
 - ☐ 측정하고자 하는 실내공간의 규모에 따라 2개 이상의 지점에서 실내공기를 포집한다.
 - ☐ 시료채취지점은 주변 환경에 의해 영향을 받지 않는 곳이어야 하며 바닥으로 부터 1.2~1.5m 높이에서 시료를 채취한다.
- ☐ 시료채취 방법
 - ☐ 측정방법에 적당한 배지 또는 여과지를 설치하고 흡인펌프를 이용하여 실내공기가 배지 또는 여과지에 접촉하게 한다.

※ 일반적인 실내에서 총 공기채취량은 250L이하가 적정하며, 시료는 20분 이상 간격으로 3회 채취한다. 단, 측정장소의 총부유세균의 농도 수준에 따라 총 공기채취량은 적절하게 조정하여야 한다.

- ☐ 시료는 일반적인 방법으로 포집 되어야 하며 이동 및 저장 상태와 기간을 명시하여 오염되지 않은 운반용기에 넣는다.
 - ☐ 구체적인 채취절차는 다음과 같다.
 - 시료채취 위치로 이동하여, 1.2~1.5m 높이로 삼각대에 장비를 설치한다.
 - 포집기의 리드 부분을 70% 알코올로 소독한 후 수분을 완전히 제거한다.
 - 리드를 제거하고 미리 준비한 페트리디쉬(Agar plate)를 올려놓는다.
 - 페트리디쉬 뚜껑을 제거하고 리드를 재결합한다.
 - 장비를 가동하여 일정량의 공기를 채취한다(예 : 250L이하).
- ☐ 배양 : 포집한 배지는 35°C±1°C에서 48시간 동안 배양기에서 배양한다.
- ☐ 판정 : 배지의 세균집락수(colony)를 측정하고 단위 체적당 집락수(CFU/m³)를 산출한다. 사용한배지가 여러 개일 경우에는 평균집락수를 구하여 측정대상 실내공간의 총 부유세균수로 한다.

④ 일산화탄소

- ☐ 일산화탄소가 발생할 수 있는 장소, 즉 개방형 난방기구로 직접연소에 의한 방식) 등이 있는 교실 및 자동차의 통행으로 배기가스의 유입이 있는 도로 변 교실을 파악한다.
- ☐ 파악된 교실 중 주변시설 등에 의한 영향과 부착물 등으로 인한 측정 장애 가 없고, 교사 안에서 오염도를 대표할 수 있다고 판단되는 교실 중 1실 이상을 선정한다.
- ☐ 측정 장소는 진동이 없고, 고농도의 부식가스, 분진 및 높은 습도를 함유한 바람이



직접 들어오지 않도록 한다.

- ☐ 시료채취 위치에는 직접적인 발생원이 없고 대상 시설의 내벽 및 천장으로부터 1m 이상 떨어진 곳을 선정한다.
- ☐ 학생들은 주로 앉아서 학습을 하므로 호흡하는 높이인 바닥 면으로부터 1.2~1.5m 범위내에서 수행한다.
- ☐ 현장측정에 따른 기기의 작동은 사용하는 기기의 사용설명서 따르며, 일정시간 간격으로 3회 이상 측정한 후 평균값을 산출한다.
- ☐ 현장직독식 측정기로 값을 확인하며, 기준치를 초과하거나 정확한 측정값이 필요한 경우에는 주 시험방법인 비분산적외선분석법으로 재 측정한다.
- ☐ 도로변 교실인 경우에는 교실 밖의 일산화탄소 농도를 측정하여 발생원인 추정 및 저감방안 마련 등의 참고 자료로 활용할 수 있다.

⑤ 이산화질소

- ☐ 이산화질소는 개방형 난방기구 사용 시 발생하고 도로변 등과 같이 오염원이 외부에 있어서 유입되는 우려가 있는 경우를 고려하여 측정교실을 선정한다.
- ☐ 측정지점은 대상 교실 중 주변시설 등에 의한 영향과 부착물 등으로 인한 측정 장애가 없고, 교사내에서 오염도를 대표할 수 있다고 판단되는 교실1실 이상을 선정한다.
- ☐ 측정장소는 진동이 없고, 고농도의 부식가스, 분진 및 높은 습도를 함유한 바람이 직접 들어오지 않도록 한다.
- ☐ 시료채취 위치는 직접적인 발생원이 없고 대상시설의 내벽 및 천장으로 부터 1m 이상 떨어진 곳을 선정한다.
- ☐ 학생들은 주로 앉아서 학습을 하므로 호흡하는 높이인 바닥 면으로부터 1.2~1.5m 범위내에서 수행한다.
- ☐ 현장측정에 따른 기기의 작동은 사용하는 기기의 사용설명서를 따르며, 일정 시간 간격으로 3회 이상 측정한 후 평균값을 산출한다.
- ☐ 현장직독식 측정기로 값을 확인하며, 기준치를 초과하거나 정확한 측정값이 필요한 경우에는 주시험방법인 화학발광법으로 재측정한다.
- ☐ 도로변 교실인 경우에는 교실 밖의 이산화질소 농도를 측정하여 발생원 추정 및 저감방안 마련 등의 참고자료로 활용할 수 있다.

3. 쾌적한 실내환경을 유지하기 위한 관리방안

쾌적한 실내 환경을 유지하기 위해서는 실내의 복잡하고 다양한 환경들을 제어해야만 건강하고 쾌적한 실내공기질을 유지할 수 있습니다. 가장 이상적인 교사내 실내환경은 실내에 생활하는 학생들이 최대한 쾌적한 기분을 느낄 수 있는 상태입니다. 오염된 실내공기를 쾌적한 실내공기로 만들기 위해서는 오염물질이 발생하는 오염원을 제거하거나, 오염물질의 방출이 높은 제품을 낮은 물질로 대체, 또는 환기를 통하여 외부 공기 양을 증가시켜 오염물질의 농도를 낮추는 등의 방법들이 있습니다. 그러나 오염원에 따른 실내공기오염 제어방법은 모두 다르기 때문에 각 환경에 맞는 오염물질 저감 방법을 사용해야할 것입니다(환경부, 2012). 쾌적한 교실환경 관리방안은 철저한 환기, 정기적인 청소 및 소독, 친환경 제품 사용하기, 곰팡이 및 결로 방지 관리, 식물을 이용한 자연정화, 실내공기정화기기의 관리 등이 있다.

- ☐ 실내공기 오염원을 저감하기 위하여 사후관리보다는 사전예방적 관리가 필요하다.



- ☐ 건강영향과 관련 불확실성이 있더라도 무해성이 입증될 때까지는 모니터링과 위해성 평가 등을 통하여 예방정책을 수립해야 한다.
- ☐ 건축물 설계·시공부터 청정기술을 적용, 오염물질을 적게 방출하는 건축자재 및 교구 용품의 사용 등을 통해 오염원을 저감시켜 사후비용을 절약한다.

① 미세먼지

- ☐ 학교 교실에서 미세먼지의 발생은 학생들의 신체활동이나 분필가루, 미술 및 체육 등과 같은 예체능 수업 중에 농도가 높다. 따라서 미세먼지의 농도가 높을 것으로 예상 되는 수업시간에는 창문을 자주 열어주어야 한다.
- ☐ 환기 외에도 가능하다면 물청소 및 진공청소기(미세먼지 제거 기능 포함)를 이용한 청소 등을 실시하여 먼지의 비산을 최소화 한다.

② 이산화탄소

- ☐ 기계환기 방식의 교실인 경우 급배기 시스템을 조정하여 환기량을 적정하게 재교정 한다.
- ☐ 자연환기일 경우 창문을 자주 열어 공기 유입량을 증가시킨다.
- ☐ 커튼 등에 의해 실외공기의 유입이 방해되지 않도록 한다.

③ 총부유세균

- ☐ 교사 내 온·습도를 기준에 적합하도록 유지하고, 세균이 번식되지 않도록 쾌적한 실내환경이 되도록 유지·관리한다.(젖은 걸레, 젖은 쓰레기, 음식물 쓰레기 등은 교실내 보관하지 않도록 주의)
- ☐ 특히, 식당이나 화장실 등은 세균이 쉽게 번식할 수 있는 곳이므로 항상 청결을 유지하여야 한다.

④ 일산화탄소

- ☐ 일산화탄소는 일반 교실환경에서는 기준치를 초과하는 경우가 적으나 만일 일산화탄소의 농도가 기준치를 초과하였다면 학생들의 건강에 영향을 줄 수 있는 상황이므로 일산화탄소의 발생원을 찾아 원인을 제거하거나 발생량을 감소시켜야 한다.
- ☐ 응급조치로 가장 일반적이면서 실용적인 것은 환기이므로 환기설비가 있다면 환기설비를 가동하고, 환기설비가 없는 경우에는 자주 창문을 열어 환기를 한다.

⑤ 이산화질소

- ☐ 이산화질소는 개방형 난방기구 사용 시 발생하고 도로변 등과 같이 오염원이 외부에 있을 경우 유입될 수 있으므로 발생원을 확실하게 파악하여 조치한다.
- ☐ 이산화질소의 오염방지 대책으로는 가장 일반적이면서 실용적인 것은 환기이고 환기 이외의 방법으로는 알칼리 침착활성탄에 의해 흡착을 이용하는 방법도 있다.



●참고 문헌

- 양원호(2014), 학생들의 시간활동 양상 및 학교 실내공기질, 한국교육시설학회, 21(6), pp. 17-22
- 정지원, 이희관(2016), 초등학교 교실에서 적용한 환경주의력 평가기법 개발에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 32(6), pp. 624-632
- 장한성, 이태호, 정순형, 김지훈(2013), 학교 교실의 실내공기질에 대한 환경성 평가 및 관리방안, 한국생활환경학회지, 20(4), pp. 527-532
- 임완철(2015), 교실내 공기 중 이산화탄소 농도가 학습에 미치는 효과에 대한 문헌 연구, 환경교육, 28(2), pp. 134-145
- 최윤정, 나선희, 조수연(2009), 겨울철 학교교실의 실내열·공기환경 실태와 학생들의 주관적 반응, 한국생활환경학회지, 18(2), pp. 509-522
- 여특현(2015), 전남지역 일부 고등학교 실내공기질이 학생 집중도에 미치는 영향, 국립목포대학교
- 정윤희(2010), 학교 실내공기질의 실태 및 관리 방안, 한양대학교
- 환경부(2012), 주택 실내공기질 관리를 위한 매뉴얼
- 환경부(2011), 도서관 등 실내공기질 진단·개선 서비스
- 한국환경보건학회(2016), 환경보건학, 에피스테메
- 강공언, 김신도, 이정신, 최경순(2012), 실내공기질 관리학, 문운당

