

교실내 환경 관리

김 윤 신
한양대학교 의과대학 교수
환경 및 산업의학연구소장

1. 서론

최근 우리 나라의 비약적인 경제 성장과 더불어 사회, 경제, 문화 모든 분야에 많은 변화를 가져오게 되었는데 그 중에서도 교육분야인 학교 생활 환경에도 많은 변화가 있었다. 시대별로 그 변화를 살펴보면 1970년대에는 1960년대 베이붐 현상에 따른 취학 아동의 급증으로 학생수의 점차적 증가를 볼 수 있으며, 1980년대에는 경제 성장에 따른 인구의 도시 집중으로 대도시 지역 학교의 학생 수가 급증하게 되었고 1990년대에는 서울 근교 지역의 신도시 개발로 신설 학교가 증가된 반면 기존의 도심부의 학교 수는 감소하였다.

최근 국지적인 환경문제와 더불어 도시인의 경우 하루 24시간 중 90%이상을 실내공간에서 생활하는 실내환경문제에 관심이 높아지고 있다. 특히 공중이용시설에 따른 실내공기오염에 대한 여러가지 문제점이 제시되고 있다. 그 중에서도 특히 아동, 청소년들이 하루 중 거의 3분의 1이상을 생활하는 학교시설의 경우 여러가지 양상의 문제점을 가지고 있으나 교실내 유해 환경문제에 대한 영향과 대책에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않으며 학교 실내공기오염으로 인한 학생들의 건강위해성에 대한 연구 또한 아직 미흡한 상태이다.

본고에서는 교실내의 공기오염의 종류, 발생원, 인체에의 영향 및 관리대책을 서술함으로써 학생과 교직원의 건강증진은 물론 쾌적한 학교환경위생을 유지하는데 도움이 되고자 한다.

2. 주요 실내오염물질과 인체의 영향

학교를 비롯한 공공사무실건물, 병원, 주택 등 다양한 실내공간의 공기질을 오염시킬 수 있는 주요물질로는 라돈, 포름알데히드, 미세먼지, 석면, 각종 연소가스, 담배연기, 미생물성 물질, 휘발성 유기화합물질 등이 있다. 이들 오염물질이 건축자재(단열재, 내화재 등), 생활용품(각종 살포제, 플라스틱 제품, 페인트, 공기정화제, 가습기 등), 흡연 등에 의해 방출되어 알레르기성 질환 및 호흡기질환 등을 유발시키며 심지어 발암성을 나타내기도 한다. 또한 외부에서 실내로 유입되는 각종 오염물질로 인해 실내의 공기는 더욱 악화되고 인체 위해성도 더욱 가중시키고 있다.

주요 실내오염물질의 발생원과 인체에 미치는 영향은 <표-1>과 같다.

(1) 라돈(Radon)

라돈은 약 70종의 방사선 물질 중에서 호흡하기 가장 쉬운 물질로 실내 라돈의 주요 오염원은 건물지반이나 주변토양, 광석, 상수도 및 건물자재, 그리고 요리나 난방목적으로 사용되는 천연가스 등이 있고 건물의 균열, 연결부위, 혹은 배수관이나 오수관, 전기·가스·상하수도 주변의 틈을 통해서 실내로 유입된다. 학교내 발생원은 노후된 학교인 경우에는 건물의 균열 등에서 주로 발생하며, 신축 학교인 경우는 건물의 벽이나 건물자재 등에서 발생한다. 라돈가스는 공기보다 9배나 무겁기 때문에 지표에 가깝게 존재하며 그 방출량은 대기압이 낮은 기간에 증가된다. 미국의 국립 방사능방어 및 측정위원회(NCRP)에서는 미국내 연간 13만 명의 폐암사망자 중 약 5,000명~20,000명이 주택 내에서 발생한 라돈가스에 폭로된 영향으로 인하여 사망한 것으로 시사되고 있다. 이같이 라돈에 의한 폐암 발병 위험성이 높은 데에도 불구하고 현재 국내에서는 라돈에 대한 규제가 전혀 없고 라돈의 실내공기오염에 대한 연구나 조사도 거의 이루어지고 있지 못한 상태이다. 이에 반하여 미국 환경청에서는 라돈을 실내환경오염규제 대상물질 중 제1의 우선 순위로 정하여 라돈에 대한 규제법안이 발효되고 있는 형편이다. 또한 라돈에 관한 「시민가이드(A Citizen's Guide to Radon)」를 편찬하여 일반인에

특집/ 교실내 환경 관리

게 라돈의 위험성을 알리고 있으며, 「학교 내 라돈(Radon in School)」을 편찬하여 학생, 교사 및 학부모들에게 학교 내 라돈 문제에 대하여 알리고 있다.

(2) 휘발성 유기화합물(VOCs - Volatile Organic Compounds)

일명 유기용제로 통칭되는 휘발성 유기화합물이란 피용해 물질의 성질을 변화시키지 않고, 문자 그대로 어떤 물질을 녹일 수 있는 액체상 유기화합 물질을 말한다.

실내에서의 휘발성 유기화합물의 발생원은 건축 재료, 세탁용제, 페인트, 살충제, 접착제 등을 들 수 있다. 휘발성 유기화합물은 그 사용용도가 광범위하기 때문에 선진국에서는 미생물성 물질과 휘발성 유기화합물을 중요한 실내오염물질로 취급하여 관련연구를 진행하고 있다.

최근 신도시에 신설한 학교에서는 건물의 실내 벽면의 페인트 및 건축 재료가 주발생원으로 학생 및 교직원에게 건강상 위해를 준다.

(3) 석면(Asbestos)

석면은 천연에 존재하는 광물섬유로서 그 종류는 다양하고 주로 내화·내열성 건축자재로 석면타일, 석면시멘트, 보온재 등의 형태로 많이 사용되고 있다. 공기 중 석면은 섬유형태의 미세한 가루로서 방출되어 쉽게 체내로 흡입 폐 속으로 들어가 섬유조직의 증식을 유발시킨다. 석면가루에 폭로될 경우 피부질환, 호흡기질환을 유발시키고 특히 직업적으로 폭로되었을 경우는 석면증(Asbestosis) 또는 폐암을 발생시키는 확률이 높은 것으로 알려져 있다. 석면은 국내에서는 규제가 제대로 되지 않으나 미국에서는 석면이 함유된 건축물에 대해서는 건축허가를 내주지 않는 한편 오래된 건물 속의 석면 자재는 제거하거나 다른 건축자재로 대처하는 작업을 시행하고 있다.

우리 나라의 경우는 1992년부터 석면 제거 작업을 하고 있지만 아직도 노후된 학교에는 많은 석면이 남아있다. 그러나 현행 건축법상에는 신축건물의 경우 규제대상 물질로 규정하고 있다.

(4) 포름알데히드 (Formaldehyde)

포름알데히드(HCHO: formaldehyde)는 자극취가 있는 무색의 기체로 일반주택 및 공공건물에서 많이 사용되는 단열재인 건축자재 (UFFI: urea-formaldehyde foam insulation) 이외에 실내가구의 칠, 가스난로 등의 연소과정, 접착제, 흡연, 의약품 등에서 발생하는 것으로 조사·보고 되고 있다. 포름알데히드의 농도는 신축건물에서 일반적으로 높게 나타나며 조리, 흡연, 벽난로, 기타 난로(heater) 등에서도 방출된다.

한편, 학교의 신축, 증축 및 개선 과정을 통해 만들어진 건물의 실내 벽면의 칠 및 책·결상 등에서 다량 방출되어 학생들에게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한 급식 시설이 있는 경우 음식 쓰레기를 오래 방치해 두면 미생물이 분해할 때 포름알데히드를 방출한다.

실내공간상에서 포름알데히드 농도는 온도, 습도, 건축물의 수명, 실내 환기율에 따라 크게 좌우된다. 방지대책의 적용은 단기적으로 환기시설의 유무 및 설비를 점검하며 환기시설의 운용을 철저히 하여야 한다. 한편, 장기적으로는 환기설비 용량의 적정성 여부 및 운용상태를 수시로 점검하여야 한다.

포름알데히드(HCHO)의 인체에 미치는 영향은 독성 정도에 따라 다르게 나타나는데 눈, 코, 목의 자극 증상을 보이고 동물 실험에서는 발암성(비암)이 있는 것으로 나타났다. 또한 유전적 변이원성을 나타내며 호흡기성 질환, 알레르기성 질환, 중추신경성 질환 폐수종 및 폐간질염, 여성의 월경 불순을 일으키는 것으로 조사되었다.

장기간 포름알데히드에 노출되었을 경우 정서적 불안정, 기억력 상실, 정신 집중의 곤란 등을 나타냈다. 그러나 포름알데히드의 폐암 발생과 돌연변이성 영향과의 관련성에 대해서는 논란의 여지가 많은 것으로 보고되고 있다.

(5) 환경담배연기(ETS-Environmental tobacco smoke)

흡연이 인체에 미치는 영향은 흡연 시 발생하는 각종 가스, 먼지가 흡입되어 흡연자는 호흡기질환, 폐질환, 심장질환, 폐암을 유발시키는 것으로 나타났다. 환경담배연기는 정신집중력이 떨어지고 두통, 피로감 등의 증상이 나타나 작업능률 저하의 원인이 되기도 한다. 미국에서는 연간 30만 여명의 어린이들이 간접흡연에 의하여 호흡기성 질

환을 일으킨다고 보고하고 있다. 환경담배연기는 국내외적으로 논란의 여지가 많으나 미국에서는 거의 모든 작업장에서 금연하는 법안이 생성되었으며 최근에는 마약으로까지 규정하고 있다. 우리 나라의 경우에 학생들의 흡연이 그 심각성을 더해가고 있으며, 더욱 문제시 되는 것은 점차 연령층이 낮아지고 여학생의 흡연률이 급증하는 데 있다.

(6) 분진 및 연소가스

교실 내 공기를 오염시키는 물질에는 주요 대기오염물질과 마찬가지로 분진, 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화질소, 이산화황 등을 들 수 있다. 이 같은 가스는 교실내에서는 겨울철 기간 중 난방연료가 되는 석탄, 조개탄, 나무 등의 연소과정에서 발생할 수 있다. 또한 석유난로 사용 시에는 이산화질소, 포름알데히드 등의 오염물질이 발생한다.

또한 교실 내에서 눈에 보이게 문제가 되는 것은 분진이라고 할 수 있다. 이것은 주로 외부로부터의 유입, 교실 내 난방연료의 연소 시, 교실에서 쓰이는 분필의 사용시에 발생할 수 있다.

특히, 연령이 어리면 호흡기관의 미발달로 분진의 영향은 더욱 크므로 초등학교의 저학년인 경우는 분필의 사용을 자제하고 환기시설에도 각별한 배려가 필요하다.

(7) 미생물성 물질

실내공기중의 미생물성 물질인 세균, 곰팡이, 각종 알레르기성 물질, 화분, 식물의 흙씨 등은 일반가정에서 유용되는 생활용품이나 생활환경에서 방출되고 있다. 예로서 각종 살포제, 플라스틱 제품, 페인트, 약취제거제, 접착제, 공기정화기, 냉장고, 가습기 등은 실내 공기 중에 오염물질을 방출하고 있다. 이와 같은 오염물질은 알레르기성 질환, 호흡기 질환을 유발시키며 상기한 생활용품은 때로는 폐결핵 등과 같은 전염성 질환을 옮기는 매개체 역할을 한다고 할 수 있다. 특히 우리 나라의 학생들은 하루의 대부분을 학교에서 학우들과 생활하기 때문에 전염성 병원미생물에 의한 질환의 발생시 감염자는 급진적으로 증가할 수 있어 이에 따른 예방책이 시급한 문제라 하겠다.

(8) 집먼지 진드기

최근에는 집먼지 진드기의 연구가 활성화되고 있다. 이 진드기는 10~35°C의 온도, 56~80%의 습도 및 실내 먼지중의 유기물이 있으면 빠른 성장을 보인다. 집먼지 진드기류의 발생원이 되는 장소는 다다미, 융단, 방석, 커튼 등과 같이 숨어들 수 있는 장소에 습도가 적당하며 비듬, 때, 곰팡이 등 먼지가 있는 곳이다. 바닥판은 집먼지 진드기류가 숨어들지 못하므로 발생원은 될 수 없으나 만약 청소를 소홀히 해 보푸라기(면면지) 등이 쌓이면 주요 발생원이 될 수 있다. 교실 내의 환경은 집먼지 진드기의 번식이 적합한 환경이므로 청소 및 세탁 같은 적절한 관리 대책이 요구된다.

집먼지 진드기의 충체는 건조, 가열, 청소과정을 통해 사멸시킬 수 있다. 따라서 외부의 건조공기로 실내를 환기시키면 발생원 표면의 진드기 수는 감소하고 살아있는 집먼지 진드기는 열에 약하므로 50°C에서 20분간 노출되면 사멸한다. 또한 충격에도 약해 200W인 청소기로 빨아들이면 70%이상이 사멸되어 350W청소기로는 90%이상이 사멸되므로 먼지봉투에 살충제를 사용할 필요는 없다.

(9) 악취

냄새는 사람의 개인차에 따라 다르므로 객관적인 평가는 어렵다. 그러나 냄새는 사람의 체취, 피부나 점막의 분비물, 화장품, 의류, 인쇄물, 접착제, 페인트칠, 잉크, 건축자재, 식품의 부패 등의 물질에서 발생하는 것과 복합적으로 나타나는 것으로 나눌 수 있다. 특히 교실 내의 많은 학생이 여름철의 수업 시에 많은 학생들이 땀 냄새 등을 느낄 수 있어 적당한 환기가 필요하다.

(10) 중금속

학교 교실내의 부유분진중 크기가 작은 미세분진(PM10:호흡성 분진)에는 실내대기중의 중금속 입자가 흡착·농축되어 고농도의 중금속을 함유하고 있기 때문에 이것에 의한 식물 및 인체에 크게 영향을 미친다. 주요 중금속으로는 수은, 카드뮴, 납, 크롬, 구리, 비소 등이 있고 발생원으로는 건전지, 잉크, 온도계, 페인트 및 플라스틱의 안료 등

특집/ 교실내 환경 관리

이 있다. 특히 낮은 성장기의 아이들에게 폭로되었을 때 뇌기능이 저하된다는 보고가 외국에서 발표되어 학교에서는 이에 대한 관리가 특별히 요구된다.

<표-1> 주요 실내공기 오염물질 발생원 및 건강영향

| 오염물질 | 발생원 | 인체영향 |
|--|--|---|
| 분진 | 대기 중 분진이 실내로 유입, 실내바닥의 먼지, 담뱃재 등 | 규폐증, 진폐증, 탄폐증, 석면폐증 등 |
| 담배연기 (각종 가스, HC, PAH, 분진, HCHO, 니코틴 등) | 담배, 파이프담배 등 | 두통, 피로감, 기관지염, 폐렴, 기관지천식, 폐암 등 |
| 연소 가스 (CO, NO ₂ , SO ₂ 등) | 각종 난로(연탄, 가스, 석유) 벽난로, 연료연소, 가스렌지 등 | 만성 폐질환, 기도저항 증가, 중추신경 영향 등 |
| 라돈 (라돈가스의 부산물) | 흙, 바위, 물, 지하수, 화강암, 콘크리트 등 | 폐암 등 |
| 포름알데히드 | 각종 합판, 보드, 가구, 단열재(UFFI), 소취제, 담배연기, 화장품, 옷감 등 | 눈, 코, 목 자극증상, 기침, 설사, 어지러움, 구토, 피부질환, 비염, 정서불안, 기억력상실 등 |
| 석면 | 단열재, 절연재, 석면타일, 석면, 브레이크, 방열재 등 | 피부질환, 호흡기질환, 석면증, 폐암, 중피종 등 |
| 미생물성물질 (곰팡이, 박테리아, 바이러스, 꽃가루 등) | 가습기, 냉방장치, 냉장고, 애완동물, 해충, 인간 등 | 알레르기성 질환, 호흡기질환 등 |
| 집먼지 진드기 | 섬유제품(커튼, 의류, 이불, 방석 등), 다다미, 용단 등 | 알레르기성 천식, 비염, 결막염, 아토피성 결막염 등 |
| 유기용제 (에스테르, 알데히드, 케톤 등) | 페인트, 접착제, 스프레이, 연소과정, 세탁소, 의복, 방향제, 건축자재, 왁스 등 | 피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증, 중추신경 억제 작용 등 |
| 악취 | 외부의 악취가 실내로 유입, 담배의 흡연 등 | 식욕감퇴, 구토, 불면, 알레르기, 정신신경증 등 |

3. 물리적 환경

물리적 환경에 해당되는 조도·채광·소음은 정도에 따라 학생의 학습능력 및 학생의 시력·청력에 크게 영향을 줄 수 있는 학교환경위생상 중요한 요소이다. 교실의 조도는 적어도 300lux 이상의 밝기가 요구되며 조도분포도 중요하다. 교실 및 흑판의 각도의 최대조도와 최소조도의 비가 10:1을 넘지 않도록 하며 흑판의 외측 15°이내에서 비추는 광원이 학습에 적당한 것으로 알려져 있다.

교실내의 소음은 학생의 떠드는 소리, 심지어 최근에 대중화된 휴대전화나 호출기의 수신음, 교실 밖의 소음 등에 의해 좌우된다. 교실 내의 소음기준은 창문을 닫았을 경우 중앙치가 50dB이하이고 창문을 열었을 경우 중앙치는 55dB이어야 한다고 정하고 있다. 교내에서의 떠드는 소리, 복도나 계단에서 뛰는 것을 막고, 수업 중에 휴대전화나 호출기의 사용을 금지시키고, 교실 외의 소음방지로는 교실의 배치, 방음벽 및 이중창 설치 등을 들 수 있다.

4. 흑판·책상·의자의 관리

흑판의 관리는 백목분이 흑판면에 어느 정도 붙어있냐에 따라 양질을 가릴 수 있다. 따라서 흑판을 사용 시에는 수업 후에 지우개로 언제 어떻게 사용하냐에 따라 백목분진의 오염도가 달라질 수 있다. 책상 및 의자는 학생의 신체조건의 적합 유무에 따라 피로감을 일으킬 수 있다. 따라서 학교 환경위생기준에는 책상 및 의자의 높이와 인체 공학적인 구조 등이 설정되어 학생들의 건강뿐 아니라 학습능률을 저하시키지 않도록 하여야 한다.

5. 실내 공기질 기준

우리 나라의 실내 공기질 기준은 아래의 <표-2>와 같다. 교실 내의 위생기준은 교육부령에 의거 보건의료법규에 따르면 조도는 300lux, 소음은 55dB, 온도는 난방기준으로 18

특집/ 교실내 환경 관리

℃이상으로 규정하고 있으나 기타 오염물질에 관한 기준은 마련되어 있지 않아서 실내 환경과 관련된 정부 행정 조직인 보건복지부의 공중위생법과 환경부 및 건설교통부의 기준치를 적용하고 있다. 따라서 장래 교실내의 실내공기오염물질로 미세먼지, 이산화탄소 등의 권고기준치 설정은 장래 교실내의 쾌적성에 맞추어 고려할만 하다고 하겠다.

<표-2> 각 부처별 실내 공기질 기준

| 오염물질 | 환경부 | 복지부 | 건교부 | 노동부 |
|-----------------|---|------------------------------|-----|---------------------------------------|
| 먼지 | 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}^5$ | 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 좌동 | 먼지종류별 기준설정 |
| CO | 250ppm/hr | 10ppm | 좌동 | 50ppm/8h |
| CO ₂ | 1,000ppm/hr | 1,000ppm | 좌동 | 5,000ppm/8h |
| 기류 | - | 0.5m/sec 이하 | 좌동 | - |
| 온도 | - | 17-28℃ | - | - |
| 습도 | - | 40-70% | 좌동 | - |
| 조명 | - | 100lux 이상 | - | - |
| SO ₂ | 0.25ppm/hr | - | - | 2ppm/8h |
| NO ₂ | 0.15ppm/hr | - | - | 3ppm/8h |
| HCHO | 0.1ppm/24hr | - | - | 1ppm/8h |
| Pb | 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{hr}$ | - | - | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$ |
| Benzene | - | - | - | 10ppm |
| Chloroform | - | - | - | 10ppm |
| Asbestos | - | - | - | 0.2-2개/cm ³ |
| Rn | - | - | - | - |
| O ₃ | - | - | - | 0.1ppm |

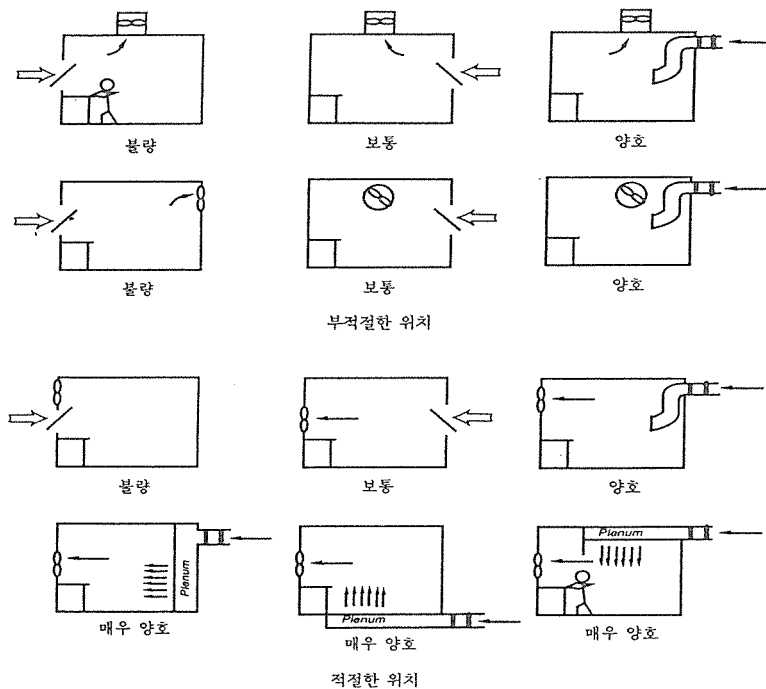
6. 교실 내 공기오염의 관리방안

우리 나라는 아직도 교실 내 환경오염상태가 파악되지 않은 실정에 있어 학교 내 환

경오염방지를 전담하는 정책기관을 지정하여 장래 교실 내 공기오염에 관한 위생관리 기준의 설정 등 교실환경의 법적 규제 및 공공정책의 제도적 뒷받침이 요구된다. 또한 교실 내의 쾌적한 환경은 교실 외부환경, 교실의 건축자재, 건물구조, 위치, 교실환경위생관리, 학생들의 활동 등에 의해 좌우된다.

기본적으로 교실 내 공기오염의 관리방안은 크게 네가지로 구분하면 다음과 같다.

첫째, 환기시설의 확충과 관리가 필요하다. 환기는 오염된 실내공기를 청결한 공기와 교환하기 위한 물리적인 방법이며 교실 내의 학생 수와 공기오염물질의 양에 따라 환기량과 환기횟수가 정해진다. 환기에는 창문을 열어두거나 온도차에 의한 부력에 환기 등의 자연환기가 있고 fan(송풍기) 등을 이용한 기계적 방법이 있다. 이같은 것은 건물의 구조, 특성을 고려하여 적당한 환기시설을 하여야 한다. 다음 <그림-1>은 환기구의 적절한 배치를 나타낸 것이다.



<그림-1> 환기구의 적부위치

특집/ 교실내 환경 관리

둘째, 교실 내의 오염 발생원의 제거 및 대체이다. 실내공기오염물질을 발생원(예로서 석면, 석탄 난로 등)을 찾아냈을 경우는 그 오염 발생원을 제거하거나 다른 것으로 바꿔야 한다. 또는 교실에서 겨울철에 사용하는 난로의 연통형태를 교실 밖으로 연소가스가 방출하도록 바꾼다. 교실 내에서의 먼지가 발생하지 않도록 수업시간 외에도 청결 상태를 유지하도록 하며 금연교육을 철저히 하여 교실 내에서의 흡연이 발생하지 않도록 한다.

셋째, 학교 내 환경오염방지를 전담하도록 정책행정기관이 필요하다. 국내에는 학교 내 환경오염방지에 관한 연구 및 공공정책을 수행할 전담기관이 없어 교실 내 공기오염에 관한 조사, 오염 발생원에 대한 행정적 처리 등이 미흡하므로 정책을 일원화 할 수 있는 기관의 설립이 필요하다. 기존의 교육부내의 학교보건과를 통한 학교내의 기초적 환경실태조사가 선행되어야 한다.

넷째, 학교 내 공기오염의 중요성에 관한 환경교육 및 계몽이 필요하다. 아직도 교육부, 환경부 등의 정부기관, 대학, 연구기관에도 실내공기오염의 중요성에 대한 인식이 생소하므로 정부 담당 부서에서 환경오염 연구에 관심을 가지고 학생 등을 대상으로 환경교육을 실시하여 인식을 새롭게 계몽시킨다.

이상에서 말한 학교에서의 실내 공기오염 방지책만으로는 쾌적한 교실환경을 유지할 수 없다. 따라서 학교내의 교직원, 학생, 학교환경관리인뿐 아니라 정부의 정책행정기관, 학교건물의 설계자, 건축가, 건축자재생산업자, 건설업자 등이 학교 내 실내환경오염의 중요성을 인식하고 책임을 다할 때에 쾌적한 교실내 환경이 유지되고 나아가 국가의 교육발전에도 이바지 할 수 있다.