

학교 미세먼지 관련 국내외 제도

○ **임영욱** | 연세대학교 환경공해연구소
부소장
E-Mail : envlim@yuhs.ac

1. 서론

2012년 미세먼지에 대한 우리나라의 관심 증가는 학교를 중심으로 사회문제로 확대되었고, 이들중 학령기 아동이 관리 대상으로 집중되는 상황이다. 따라서 교육부를 중심으로 학교의 실내공기질 관리가 논의되어왔으나 의외로 과학적 근거로 활용할 연구결과가 미미한 분야이기도 하다. 문재인대통령도 취임후 학교의 미세먼지관리를 공식적으로 언급하고 개선하겠다는 의지를 표명한 바 있다.

일반적인 실내공기질 관리는 건축자재나 가구 그리고 재실인원의 문제를 해결하는 것이지만, 우리나라는 외부공기의 상태를 개선하는 것이 한계가 있어서 학교등의 실내공기질 관리는 더욱 어려운

대상이고 이중 민감군인 학령기 아동의 시설이라는 어려움을 갖고 있다. 따라서 실내공기 오염물질에 취약한 계층을 위한 관리대책 요구가 사회적으로 더욱 강력하게 증가하고 있다.

세계보건기구(WHO)에서는 실내공기질 기준 및 규제수준 설정 시 취약계층 등 노출에 취약한 민감군에 대한 고려가 필요하다고 강조하고 있으며 (WHO IAQ 2000), 여러 연구에서 민감계층은 동일한 환경에서도 호흡기 질환 등의 발병·사망률이 높은 것으로 나타나고 있다. 어린이는 성인에 비해 오염물질에 취약하고 초·중·고등학생은 하루 중 집 이외에 학교에서 보내는 시간이 가장 많기 때문에 학교에서의 적절한 관리가 무엇보다 중요하다.

미세먼지 등이 고농도상태일 때의 대응뿐 아니

표 1. 공기 질 등의 유지·관리기준(제3조제1항제3호의2 관련)

오염물질 항목	기준(이하)	적용 시설	비고
가. 미세먼지	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	교사 및 급식시설	직경 2.5 μm 이하 먼지
	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	교사 및 급식시설	직경 10 μm 이하 먼지
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	체육관 및 강당	직경 10 μm 이하 먼지
나. 이산화탄소	1,000ppm	교사 및 급식시설	해당 교사 및 급식시설이 기계 환기장치를 이용하여 주된 환기를 하는 경우 1,500ppm이하

* 학교보건법 시행규칙 [별표 4의2] <개정 2019. 10. 24.>

라, 외기상태 및 학교 상태를 반영한 교실 내 미세먼지의 적절한 저감방안을 마련하여 학생과 교직원의 건강 보호가 필요하며 국내외 학교 미세먼지 관련 제도의 재정비와 검토가 필요한 시점이다.

2. 국내외 제도

2.1 국내제도

학교보건법 제3조의2의 교사 안에서의 공기질에 대한 유지·관리기준에서 PM2.5는 2017년까지 기준이 없는 실정이었으며, 학교 실내 공기질 관리기준 강화를 위해 학교보건법 시행규칙을 개정하여 초미세먼지(PM2.5)에 대한 기준을 환경정책기본법 제12조에 따라 신설하였으며, 기존 PM10 기준을 강화하였다. 또한, 개정된 학교보건법에 따라 모든 교실에 공기를 정화하는 설비 및 미세먼지를 측정하는 기기를 설치하도록 하였다.

외국제도와 같이 학교 주변 영향에 대한 평가 제도로는 2007. 4 “학교보건법”의 개정(08.4.28시행)으

로 교육환경평가가 법제화되어, 학교 설립자, 도시계획 입안자, 택지개발사업자 등은 학교를 설립하기 위한 부지를 선정할 때 교육환경평가를 실시한 뒤 시·도교육감의 승인을 의무적으로 거쳐야 한다. 이때에는 학생의 보건, 위생, 안전 및 학습환경에 지장이 없도록 위치, 크기·외형, 지형·토양환경, 대기환경, 주변 유해환경, 공공시설 등 6개 평가대상(총 27개 세부 평가영역)에 대한 사전 영향평가를 실시한다.

2.2 국외제도

각 지역의 교육기관 및 커뮤니티 구성원이 최상의 학교 부지를 선정할 때 미국 EPA에서는 School Siting Guidelines를 만들어 환경 요인을 평가할 수 있도록 지원하고 있다. 이 가이드라인은 신축 학교만 해당되는 것은 아니며, 기존 학교를 수리하거나 증축, 변경 혹은 주변 환경이 변화되었을 때도 적용 가능 하다. EPA에서는 예비 환경조사를 수행하고,

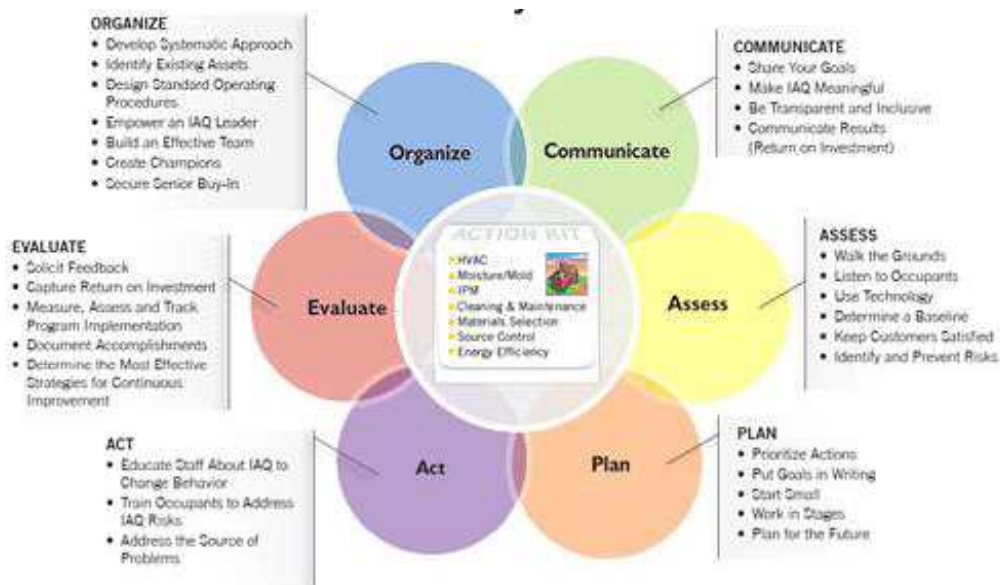


그림 1. The Framework for Effective School IAQ management

1차적 환경적 검토 단계를 거친 후 교육기관과 상호 협력 하에 기술적, 정책적 자문을 한다.

또한 차량 배기가스로 인한 영향을 받을 수 있는 고속도로, 통행량이 많은 도로 등과 근처에 있는 학교를 위해 “Best practices for reducing Near-Road pollution exposure at School”을 발간하였다. 여기에서는 자동차 배기가스로 인한 오염물질 노출을 줄이기 위해서는 차량의 배기가스 제어 기술 개발, 차량 수의 저감 등으로 자체 오염원을 제어하는 부분도 있지만, 지역사회와 학교에서 여러 전략을 사용하여 개별 건물 수준에서 노출을 줄이기 위한 것을 목표로 하고 있다. 노출을 줄이기 위한 전략으로는 환기, 여과, 재실인원을 위한 조치, 교통정책, 부지 위치 및 설계, 도로변 장벽 등을 이용한 방법을 소개하였다.

교통량이 많은 경우 발생하는 대기오염을 줄이기 위해 EPA 및 캘리포니아주를 포함한 여러 주에서는 신설 학교에 대한 부지 선정 가이드를 마련하고 있다.

학교 부지 내에는 교실, 놀이터, 운동장, 사무실, 주차장과 같은 여러 시설물들이 있으며, 도로와 가

장 가까운 곳에는 주차 및 사무시설과 같은 건물을 배치하고, 교실 및 놀이공간은 대기오염물질 농도가 낮은 곳(도로에서 먼 지역)에 배치하도록 한다.

학교의 환기는 수동적 또는 건물의 난방, 환기 및 공기조절(HVAC) 시스템에 의해 기계적으로 이루어진다. 제대로 된 환기를 통해 오염된 공기가 개선된 경우에는 오염된 공기 노출과 관련된 건강 영향을 줄이는 것 외에 출석이나 성적에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나, 환기가 항상 공기의 질을 향상시키는 것은 아니며, 여과를 제대로 하지 않은 공기가 유입될 경우는 실내의 오염물질 농도가 더 높아질 수 있기 때문에 실외 공기가 실내 공기보다 오염이 적은 경우에만 효과적이다. 여과 시스템을 통해 교실내 공기 중 입자상 물질을 97% 감소시킬 수 있다는 연구결과가 보고되었으며, 이를 위해서는 ① 적절한 설치 ② 연속적 운전 ③ 건물 기밀성 유지(최소한의 공기 누출) ④ 효과적인 공기 분배 ⑤ 공기 주입구 및 배출구의 적절한 배치

⑥ 필터 교체를 포함한 정기적 유지보수가 필수적이며, 사용되는 필터는 입자상 물질을 제거하는

표 2. 미국 여러 주에서 실시하고 있는 학교 위치 선정 내용

기관	지침	주요 결과
U.S. EPA	학교 시설 기준(2011)	신설 학교를 위한 부지 선정을 하는데 있어서 많은 요소들을 고려하는 것을 권고 한다. 지역사회(지역편의시설 및 사회 기반시설 포함), 주요 교통 시설과의 거리, 학생 등하교 시 대기 오염물질 노출, 학교 내에서 의 실현 가능한 거리, 걸거나 자전거 타기의 접근성을 포함한다.
캘리포니아 대기 자원 위원회	공기질과 토지 이용 핸드북(2005)	신설 학교는 주요 도로에서 500피트 이내에 위치하지 않을 것을 권고한다(하루에 50,000대 이상의 차량/주).
캘리포니아 교육청	학교부지 선정 및 승인 지침서(2000)	신설 학교는 휘발유, 디젤, 프로판, 염소, 산소, 살충제 또는 기타 가연성 또는 유독가스를 운반하는 도로로부터 1,500피트, 폭발물을 운반하는 도로로부터는 2,500피트 떨어진 곳에 선정하는 것을 권고 한다.
남해안 대기질 관리 기구	학교부지 선정시 대기 환경 문제: 학교부지 지침서(2005, updated 2007)	학교와 주요 도로사이에 500피트~ 10000피트의 완충 지대를 갖는 것을 권장한다.
로스앤젤레스 학교 통합 구	학교부지 이격 거리 기준 (2008)	신설 학교는 고속도로나 주요 교통로(10만대/하루 이하)에서 500 피트 이내에는 짓지 않을 것을 권고한다.



그림 2. 각 주에서 실시하는 공회전 금지표지판

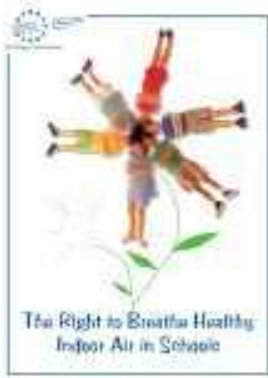
것이어야 한다. 중앙 HVAC 시스템이 있는 학교의 경우 중간 효율 필터 (MERV 6-7)는 입자 농도를 약 20~65% 줄이는 반면, 고성능 필터 (MERV 11-16)는 실외 농도에 비해 입자 농도를 74 ~ 97% 감소시킬 수 있다. 독립형 시스템은 다소 효과는 적지만 중앙 HVAC 시스템을 갖추고 있지 않은 교실에 적합하며, 약 90%에 가까운 제거 효율을 나타내는 것으로 연구되었다. 독립형 시스템은 중앙 시스템보다 소음이 높을 수 있기 때문에 이를 고려하여야 하며, 여과 성능 유지를 위해 정기적인 유지 보수, 에너지 비용을 최소화해야한다.

EPA에서는 디젤 연소물질 중 약 40종의 발암물질이 있음을 확인하고 이를 저감하기 위한 대책을 마련하였다. 2003년부터 스쿨버스에 새로운 엔진 배기장치와 필터를 설치하여, 질소산화물, 미세먼지 등 유해물질 배출을 줄이고 있다. 걷기 및 자전거 타기 등 자동차 이용 줄이기에 대한 장려를 위해 안전한 도보 및 자전거 길을 마련하도록 하였다. 오래 걷는 보행 및 자전거 경로를 만들어 학교 근처 교통량을 24% 감소시키는 효과를 보았다. 학교 주변의 도보 및 자전거 경로를 고려할 때는 안전, 조명, 유지 보수 등에 대한 영향을 모두 고려하도록 한다.

EU는 실외 및 실내공기질 개선을 통해 질병 예방에 대한 지역 우선 순위 목표를 정하고 이때 보육 시설, 유치원, 학교 및 공공시설에 대해 건강한 실



국제 실내 공기 품질 및 기후 협회 (ISIAQ)는 2001년 보고서 '학교의 건강한 실내 환경 조성'을 발표
 - 학교의 우수한 실내 환경에 대한 요구 사항
 - 실내공기질에 문제가 있는 학교 건물을 조사하는 방법
 - 학교에서의 적절한 보수 및 관리, 개선 조치



유럽 천식알레르기협회(EFA)에서는 유럽의 건강한 학교 환경에 대한 권장사항에 대한 내용을 “The right to breathe healthy indoor air in schools”의 소책자로 발간

내 환경을 제공하고 WHO의 실내공기질 지침을 구현하고 흡연을 통제하는 기본 협약을 53개국이 승인하였다. 이를 WHO Europe Parma Declaration이라 하며 이에 따라 유럽의회가 자금을 지원하고 유럽위원회가 지원하는 SINPHONIE 프로젝트(유럽 학교 실내 오염 및 건강 - 관측 네트워크)를 23개국에서 수행하였다.

이 프로젝트를 통해 학교 실내환경을 잘 특성화하고 학생과 교직원의 건강위해를 평가할 수 있는 표준화된 방법론과 도구를 제공하여 유럽의 다양한 상황을 다루는 건강한 학교 환경에 대한 지침과 권장사항을 개발하였다.

학교 근처에 자동차가 주정차 할 수 있는 공간을 없애고 집과 학교를 왕복하는 스쿨버스 노선을 만들어 어린이들의 안전에 많은 노력을 기울이고 있다.

앨버타주 스트래드코나 카운티의 스쿨존 내에서는 30km/h 속도제한 규정을 정하고 있으며, 평일 오전 8시 30분~오전 9시 30분, 오전 11시 30분~오후 1시 30분, 오후 3시~오후 4시30분까지 제한적으

로 운영하고 있다.

스쿨존과는 별개로 플레이존을 설정하여 오전 8시 30분~일몰 한 시간 후 까지 제한 속도 30km/h를 지키도록 시행 중이다.

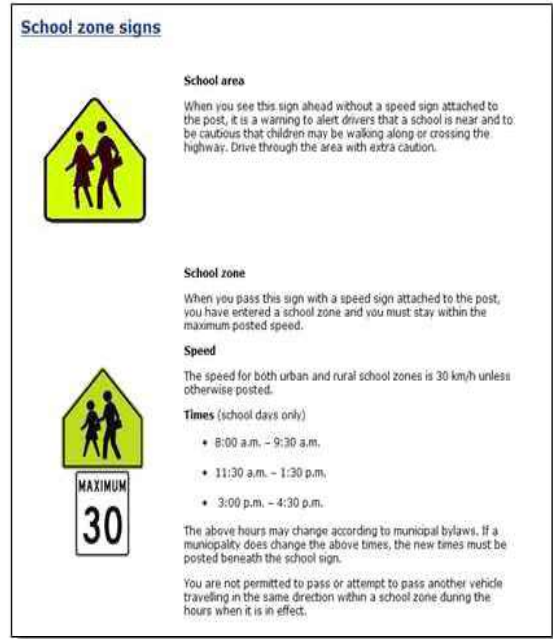


그림 3. 캐나다에서 스쿨존 표지 규정 및 운영사례

런던시는 2013년부터 2016년까지 대기질 펀드를 조성하여 마련된 '대기질 펀드'로 시민과 기업, 자치구를 참여토록 하였다. 학교 교육사업, 미세먼지 녹색방지막 사업, 공회전 시민감시단 운영, 이동식 측정기를 활용한 시민들의 자발적 대기질 측정 등을 추진하였으며, 학교 주변 감시 toolkit을 개발 하여 50개교에 시범 적용하였다.

Tool-kit에는 학교에 적용할 수 있는 여러 항목으로 구성되어 있으며 각각에 대해 적용 방법 등이 자세히 기술되어 있다.

1. HIGHWAY MEASURES	
A Anti-idling	
A1 Fines	
A2 Campaigns, including driver engagement	
A3 Information signage	
B Reducing traffic flow	
B1 'School Streets'	
B2 Collapsible bollards	
B3 'Play Streets' (Temporary measure)	
B4 Road closure	
B5 Filtered permeability	
B6 One-way streets/No entry restrictions	
B7 ULEV-only streets	
B8 Width restriction (e.g. 7ft)	
B9 Enforcement of weight limit signs	
B10 Relocate roadworks	
B11 Weight restrictions	
C Smoothing traffic flow/speed	
C1 Modify traffic calming	
C2 Optimise traffic signals	
C3 Junction improvements	
D Reducing drop-off activity	
D1 Public Space Protection Orders	
D2 School Keep Clear markings	
D3 Double/single yellow lines	
D4 Improve enforcement of restrictions	
E Improved pedestrian and cyclist environment	
E1 Improved pedestrian environment - footway widening, kerb build-outs	
E2 Improved crossing facilities on desire lines	
E3 Traffic calming	
E4 Improve visibility of the School	
E5 Cycle hangers	
F Promote a switch to low emission vehicles	
F1 Ultra-low Emission Zone (ULEZ) & Low Emission Zone (LEZ)	
F2 Comprehensive charging provision for ULEVs	

2. SCHOOL SITE MEASURES	
M School Grounds	
M1 Additional scooter/ cycle parking	
M2 Staff car parking	
M3 Anti-idling for deliveries	
M4 Re-timing for deliveries	
M5 Reduce number of deliveries, staff/visitor vehicle trips and/or use more sustainable modes	
M6 Relocate pedestrian entrances	
M7 Green screens	
M8 Trees/ shrubs/ planters	
M9 Green spaces	
M10 Pupil & staff cycle parking	
M11 Reduced waiting times to enter school grounds	
M12 Relocate playgrounds and free flow spaces	
M13 Co-ordinate start/ finish times with nearby schools	
M14 Reconsider playground layouts to reduce exposure	
M15 Sheltered waiting areas for parents/ guardians	
N School boilers/ heating	
N1 Upgrade aging boilers	
N2 Install Optimising Compensator Control System for School Boilers	
N3 Boiler flues and extraction equipment	
N4 Reducing over-heating and tackling heat gain	
N5 Replace aging radiators	
O Improve product choice (e.g. cleaning products)	
O1 Improve product choice (e.g. cleaning products)	
P Regular service & maintenance of appliances and equipment	
P1 Regular service & maintenance of appliances	
Q Improve school building insulation	
Q1 Upgrade windows	
Q2 Replace temporary classrooms with permanent structures	
Q3 Green Roofs	
R Ventilation / Air Filtration	
R1 Installation of Air Conditioning Units	
R2 Introduce Air Filtration Systems	
R3 Install HEPA Filters in Air Handling Units	
R4 Other air filtration systems - air purifiers	
S Other	
S1 Air quality monitoring and information provision	
S2 eco-monitors and walking route maps.	

3. BEHAVIOURAL MEASURES	
T1	Attain improved STARS accreditation status, ultimately Gold status.
T2	Promote cleaner walking routes to school
T3	Promoting Park & Stride
T4	Promoting car sharing
T5	Walking Route Maps 7 Leaflets
T6	Parent and Public Workshops
T7	Prepare 'Welcome Packs' for new pupils / parents
T8	Deliver Air Quality focused lessons to children
T9	Awareness raising session amongst staff
T10	Daily monitoring of London Air website/app
T11	Aid Air Quality to Junior Citizenship Scheme
T12	Anti-idling campaign
T13	Attain an improved Award in Healthy Schools London, ultimately a Gold Award
T14	Awareness raising events amongst the wider community
T15	Cycle training and promotional initiatives
T16	Gamification to promote active travel
T17	Restrict or reduce personal deliveries
T18	CPD supporting teachers subject knowledge on air quality
T19	Walking Buses

4. WIDER MEASURES	
U1	Targeted scrappage scheme for polluting vehicles entering London
U2	Reform Vehicle Excise Duty
U3	Promote a transition to electric heating and heat pumps
U4	Reform Buildings Regulations to promote heat pumps
U5	Zero emission zones

그림 4. Tool-kit에 적용된 summary of measures

3. 결론

우리 사회의 구성요소 중에서 학교는 가장 중요한 관리가 필요한 시설이다. 더구나 학령기 아동은 성장기이고 좋은 환경에서 자라야 건강한 사회를 구성하는 일원으로서의 역할을 할 수 있다.

이 시기의 어린이들은 신체적인 특성에 있어 기도 및 신체기관이 아직 발달하고 있는 과정에 있으며, 흡수율은 높으나, 낮은 대사활성을 가지고 있기 때문에 오염물질에 더욱 취약하다. 또한, 많은 시간을 학교에서 보내는 만큼 학교 교실 내 미세먼지등의 관리는 매우 중요하다. WHO에서 제시하는 Air Quality Guideline은 건강영향만을 고려한 것이므로 실제 관리 목표를 정할 때는 이 외에 기술적 부분, 예산, 관리방법 등 많은 부분을 고려해야 한다.

실내에서의 미세먼지 저감을 위한 방법으로 가장 중요한 것은 미세먼지의 유해성을 이해하고, 관리의 필요성을 인지할 수 있는 학부모, 선생님, 학생 모두의 인식전환이 필요하다. 이를 위한 교육프로그램을 만들어 여러 교과목에 고려하여 교육을 실시하거나, 학부모, 학생 모두를 대상으로 한 특별교육이나, 선생님 대상 연수를 실시하도록 해야 한다.

이러한 평소의 교육을 통해 외기가 안 좋을 경우, 선생님과 학생들이 스스로 야외 활동을 자제하고, 학부모들도 학교 주변에서 차량 운행 자제 등을 실천할 수 있도록 해야 한다.

학교 교실의 실내공기질 관리를 위해서는 단편적인 문제로 접근할 것이 아니라, 학부모, 선생님, 학생이 모두 참여할 수 있는 정책적인 부분, 기술적인 부분, 커뮤니케이션 부분, 지역사회적인 부분이 모두 어우러져 체계적으로 접근해야 한다. 또한, 실외, 실내 요인 중 단기적으로 조치할 수 있는 방안부터 하나씩 실천해나가도록 해야 한다.

이제는 정부와 민간의 기술력 그리고 교육관련자와 학부모와 연구자가 힘을 합쳐 건강한 학교를 만들기 위한 노력을 기울일 때 이다.

- 참고 문헌 -

1. US EPA, 2011, School Siting, Guidelines
2. EU SINPHONIE, 2013. Guidelines for healthy environments within European Schools
3. 서울특별시교육청, 2018, 미세먼지 관리목표 및 저감방안 마련을 위한 연구
4. 교육부, 2019, 교육환경평가제도