

## 6. 학교 미세먼지 관리 시 고려사항

### • 학교 미세먼지 문제의 시·공간적 특성

학교 구성원이 미세먼지 등 공기질 관련 문제(불편, 증상 등)를 겪을 때, 해당 문제의 공간적, 시간적 패턴에 따라 다음과 같이 고려할 수 있습니다.

[ 공간적 패턴 ]	
광범위하거나 특별한 패턴이 없는 경우	→ 건물 전체의 환기 상태 점검 및 외부 공기질 확인 → 환기장치 통한 오염물질 확산 여부 점검
한정된 공간(개별 교실, 구역, 공조기 등)일 경우	→ 해당 구역의 환기 상태 점검 및 외부 공기질 확인 → 해당 구역의 실내 오염원 여부 확인 → 해당 구역의 HVAC <sup>35)</sup> 시스템 구성요소를 통한 오염물질 확산 여부 점검
개인 공간일 경우	→ 개인의 자리(책상 위치 등)와 환기장치의 흡·배기구 위치 관계 확인 → 보편적인 배경 발생원이 민감도가 높은 개인에게 영향을 주고 있는지 고려 → 학교 건물의 영향이 아닌 다른 요인으로 인해 타인과는 다른 영향이 나타나고 있는지 고려
[ 시간적 패턴 ]	
재실 초반에 증상 발현되는 경우	→ HVAC 가동 주기를 점검 → 건축 자재나 HVAC 시스템 자체 발생 오염물질은 재실하지 않는 기간에 축적될 가능성이 있음
재실 시간동안 악화되는 경우	→ 활동에 따른 환기가 적절하게 고려되고 있는지 확인
간헐적으로 증상이 나타나는 경우	→ 정기적이지 않은 오염원 발생의 존재 여부를 확인
일회성 증상이 나타나는 경우	→ 일간, 주간, 계절별 주기, 날씨에 따른 패턴을 관찰하고 교내 타 활동과 연관성 고려
하교 후에는 증상이 없어지는 경우	→ 학교 건물과 관련된 증상이 나타날 가능성을 고려
하교 후, 방학 기간 등 학교에 없을 때에도 증상이 있는 경우	→ 학교 공기질에 의한 문제가 아닌 다른 요인이 있을 가능성 고려

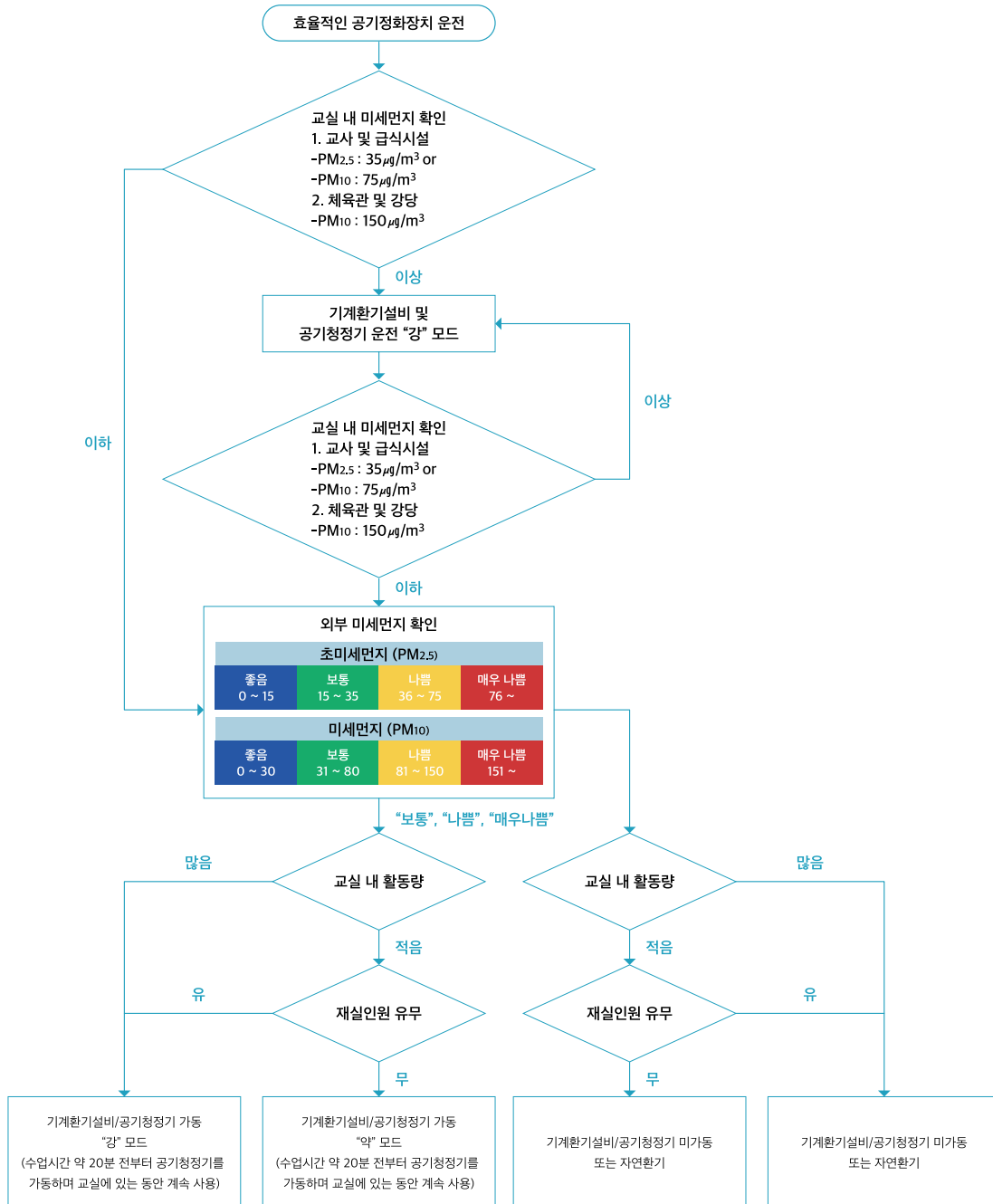
35) HVAC는 Heating, ventilation & air conditioning의 약자로 공기조화기술을 의미함. 온도, 습도, 청정도, 실내기류 등을 조절하는 기술설비로 안전하고 쾌적한 실내공기질을 유지 및 제어하기 위해 필요

• 교실 목적에 따른 실내공기질 관리

[ 일반 교실 ]	
교실 내 공기청정기, 환기청정기 미존재	→ 교실 면적 파악 후 해당하는 적정 풍량의 공기청정기 배치
공기청정기, 환기청정기가 존재하지만 필터 교체 시기 6개월 초과	→ 필터 성능 향상을 위해 필터 교체
면적대비 풍량 부족 문제	→ 교실 면적 파악 후 해당하는 적정 풍량의 공기청정기로 교체
제한된 설치 위치로 인한 공기청정기 효과 저감 우려	→ 공기청정기 1대가 있는 경우 교실 중앙에 설치하는 것이 가장 좋으나, 출입구 측에 설치하는 방법도 권장
노후로 인한 실리콘 부식으로 창문 틈새 침기 발생	→ 실리콘을 보수하거나 문풍지 등을 설치하여 침기 방지
[ 특수 교실 ]	
가사실습실 조리 실습시 다량의 미세먼지 발생우려	→ 실습 시간 동안 후드와 공기청정기 항시 가동 (외기 미세 먼지 농도가 좋은 경우 환기청정기 및 자연환기 병행)
후드 환기 팬 미세먼지 적층 우려	→ 실습실 주기적 필터 교체 시행 (최소 6개월에 한번 이상)
과학실 내 실험 수업시, 미세먼지 및 유독가스 발생 우려	→ 실험 등의 활동으로 가스 및 미세먼지 유발 가능성이 높은 경우 자연환기 및 환기청정기 필수 가동
컴퓨터실 내 구축된 서버기기로부터 미세먼지 발생 우려	→ 주기적 청소 시행 (최소 1주일에 한번 이상)
도서실 등 비치된 물품의 미세먼지 적층으로 인한 재부유 우려	→ 주기적 청소 시행 (최소 1주일에 한번 이상)
[ 체육관/강당 ]	
체육관 철재 문의 낮은 기밀성에 따른 미세먼지 유입	→ 체육관 철재 문 교체 혹은 보수공사 시행
체육관 환기덕트 내 필터 노후화에 따른 미세먼지 저감효과 감소	→ 환기청정기 필터 교체 및 청소 시행
체육활동으로 인한 외부 미세먼지 유입	→ 외기 미세먼지 농도 "나쁨"인 경우 : 자연환기 및 환기청정기 가동 자제하고 공기청정기 '강' 모드 20분 이상 가동 실시 → 외기 미세먼지 농도 "보통 및 좋음"인 경우 : 자연환기 및 환기청정기 적극 가동 후 공기청정기 '중 또는 약' 모드 가동
실 면적 대비 낮은 풍량의 공기청정기, 환기청정기 구비 또는 미존재	→ 공간 면적 파악 후 해당하는 적정 풍량의 공기청정기 배치
제한된 설치 위치로 인한 공기청정기 효과 저감 우려	→ 공기청정기 1대가 있는 경우 교실 중앙에 설치하는 것이 가장 좋으나, 출입구 측에 설치하는 방법도 권장

## • 공기정화장치 가동 프로세스

외기 미세먼지 상황을 고려하지 않고 공기정화장치를 지속적으로 가동하는 것은 불필요한 에너지를 소비하는 행위가 될 수도 있으므로 효율적이지 않습니다. 따라서 교실 내 미세먼지 농도와 외부 미세먼지 농도를 고려하여 기계환기 설비나 공기청정기를 가동합니다. 추가로 실내에서 활동량<sup>36)</sup>과 재실인원<sup>37)</sup> 유무에 따라 가동 세기를 결정할 수 있습니다.



<그림 57> 실내·외 미세먼지 상황을 고려한 공기정화장치 가동 프로세스

36) 활동량 : 활동량은 교실활동을 기준으로 하며 활동량 적음과 많음으로 구분

- 활동량 많음: 쉬는 시간, 특별활동, 미술시간, 급식 등 미세먼지 발생 가능성이 높은 상태

- 활동량 적음: 일반교과수업 등 신체활동이 낮고 미세먼지 발생 가능성이 낮은 상태

37) 재실인원 : 재실인원 유무로 판단하며, 현재 재실인원은 없으나 추후 수업이 있는 경우에는 수업 시작 약 20분 전부터 환기를 실시하도록 함

## • 교육 보조장비(프린터 등) 및 보조재료 점검

### \* 프린터

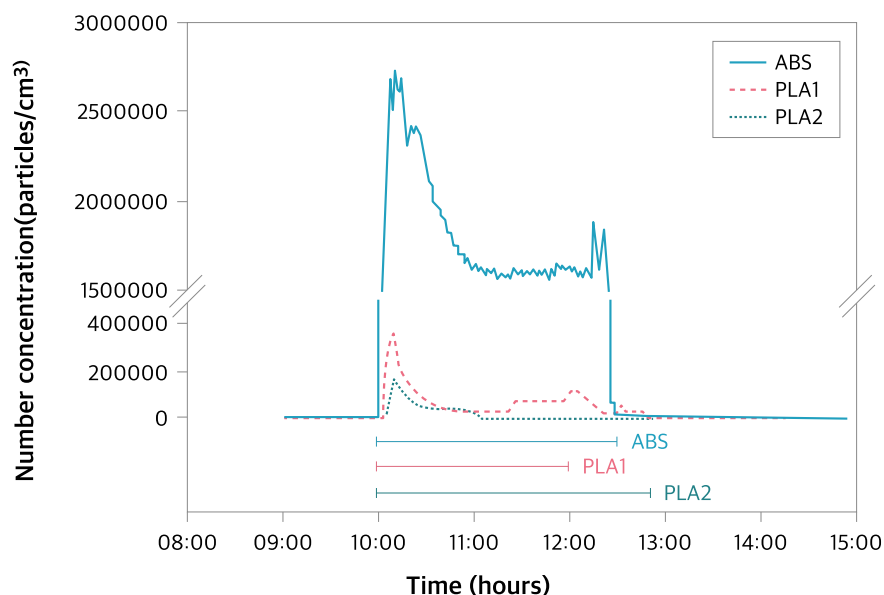
수업에 필요한 보조장비를 이용하는 것 또한 공기질에 영향을 줄 수 있습니다. 이상민(2020)의 연구 결과, 잉크젯 프린터를 사용하여 인쇄 시작 후 PM<sub>10</sub> 농도가 점차 증가했고 용지 걸림 등의 특정한 행위가 생기는 경우 더욱 크게 증가했습니다. 인쇄 완료 후 프린터물을 수거할 때 가장 급격한 농도 상승이 있었습니다.

### \* 3D 프린터

교육부에서 소프트웨어 활성화를 위해 무한 상상실 및 학교에 3D 프린터를 보급했습니다. 2020년 기준으로 5,222개교에 18,324대의 3D 프린터를 보유하여 학생들에게 다양한 체험활동의 기회를 제공하고 있습니다. 학교 급별 보급 결과로 세분하면 초등학교, 중학교, 고등학교의 전국 보급률은 각각 29.63%, 54.37%, 67.28%입니다.

3D 프린터의 출력 소재 중 ABS(Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)는 PLA(Poly Lactic Acid)에 비하여 압력을 받아도 모양이나 부피가 변하지 않는 단단한 성질이 있으며, 다양한 색으로 출력이 가능해서 널리 사용되고 있습니다.

하지만 많은 연구에서 ABS 소재가 공정의 부산물로서 건강에 악영향을 미치는 나노 입자(1/10,000mm 미만의 초미립자)를 방출하는 것을 밝혀냈습니다. 3D 프린터 가동 중에 방출되는 초미세입자 연구(Kim et al, 2015)에서 1m<sup>3</sup> 챔버를 사용하여 PLA 및 ABS 소재를 사용하는 3D 프린터를 작동시킨 결과, 가동 시작 후 미세입자 농도가 증가하고 가동을 중지하면 농도가 감소하는 것을 확인할 수 있었습니다.



<그림 58> 3D 프린터 가동시 실시간 초미세입자 농도

Kim et al, 2015, Emissions of Nanoparticles and Gaseous Material from 3D Printer Operation

이에 교육부와 과기부에서는 이용자들이 위험요인을 인지하고 안전한 교육환경을 조성할 수 있도록 3D프린팅 가이드북을 만들어 배포했습니다. 각 학교에 해당하는 작업환경에 대해 대처방안을 확인할 수 있습니다.

[표 30] 3D 프린팅 작업환경 관리방법 요약

<b>3D 프린터 실내 작업현장 적정 온·습도 유지</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 국내 계절별 실내 적정온도 범위 중 가장 낮은 온도 유지, 실내습도 40~60% <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 겨울 실내 적정온도 18~20℃, 습도는 40%</li> <li>▶ 봄·가을 실내 적정온도 19~23℃, 습도는 50%</li> <li>▶ 여름 실내 적정온도 24~28℃, 습도는 60%</li> </ul> </li> </ol>
<b>3D 프린터 장비 및 소재 선택</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 장비는 밀폐형 또는 장비 내 필터가 장착된 3D 프린터 사용</li> <li>2. 소재는 친환경 원료를 사용한 소재 사용</li> <li>3. 소재 제품 원료에 대한 물질안전보건자료(MSDS) 확인 필요</li> </ol>
<b>실내환기 (환기장치)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 실내 공간면적을 고려하여 적정 용량의 실내 환풍기 사용</li> <li>2. 환풍기는 3D프린터 작동 전 가동하고 3D 프린터 완료 후에도 최소 1시간 이상 가동</li> <li>3. 환풍기 작동 중 출입문을 완전 밀폐하지 말고 약간 열어두기</li> <li>4. 환풍기 사용은 자연환기와 함께 실시</li> </ol>
<b>실내환기 (자연환기)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 봄·가을에는 외부 공기를 고려하여 창문을 5~20cm 정도 개방</li> <li>2. 여름 및 겨울에는 3D 프린터 작동 직후 창문 및 출입문을 5분 정도 개방하고 1시간 단위로 5분 이상 환기 필요</li> <li>3. 3D 프린터 종료 후 프린터 도어를 개방하여 30분 이상 환기 <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 주변환경 및 대기상태에 따라 오염된 외부공기가 유입되고 있는지를 고려하여 자연환기 실시</li> </ul> </li> </ol>
<b>설치공간 점검</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3D 프린터는 환기가 잘 되는 위치를 고려하여 설치 <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 에어컨 설치 시 환풍기 반대편에 설치</li> <li>▶ 선풍기 가동 시 환풍기 반대편 및 환기가 잘되는 곳에 설치</li> </ul> </li> </ol>
<b>청소</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3D 프린터 출력물 완료 후 프린터 챔부 내부 잔류 찌꺼기 청소</li> <li>2. 3D 프린터 작업공간의 주기적인 청소 필요</li> </ol>

자료: 과학기술정보통신부(2021), 3D프린팅 안전 이용 가이드라인