취약계층 이용시설 실내공기질 조사

❍ 법적관리의 사각지대에 있는 건강취약계층 이용시설의 실내공기질을 쾌적하게 유지관리
❍ 시설을 이용하는 영유아 및 아동청소년의 건강 위해를 예방

1. 조사개요

❍ 조사기간 : 2023년 3월 ~ 12월
❍ 조사대상 : 부산지역 전체 1,670개 시설(2023년 1월 기준) 중 152개 시설

시 설	계	소규모어린이집[1]	다함께돌봄센터[2]	지역아동센터[3]	대안교육기관[4]
2023년 조사대상	152	100	9	36	7
전체 시설수	1,670	1,412	42	209	7

1. 소규모어린이집 : 연면적(430 m^3) 미만으로 실내공기질 관리법을 적용받지 않는 어린이집
2. 다함께돌봄센터 : 초등학교 정규교육 이후의 돌봄서비스 제공을 위해 아동복지법에 따라 시·도지사 및 시장·군수·구청장이 설치·운영하는 시설
3. 지역아동센터 : 방과 후 돌봄이 필요한 18세 미만의 아동을 대상으로 하는 국가 인증 아동복지전문시설
4. 대안교육기관 : 초·중등교육법에 따른 인가를 받지 않고 등록하여 대안교육을 실시하는 시설·법인 또는 단체

❍ 조사항목 : 폼알데하이드, 총부유세균, 부유곰팡이
(※ 호흡기 및 알레르기성 질환, 아토피 등 어린이 건강위해 관련 항목)

2. 조사방법

❍ 대상 시설당 1개 지점에 대하여 실내공기질공정시험기준에 따라 시료 채취 및 분석
❍ 실내공기질 관리 요령 안내 및 리플렛 배부, 기준초과 시설은 재검사 실시
❍ 평가기준

검사항목	폼알데하이드[1]	총부유세균[1]	부유곰팡이[2]
기 준	70 μg/m^3	800 CFU/m^3	500 CFU/m^3

1. 실내공기질 관리법 제5조 및 부산광역시 실내공기질 관리에 관한 조례 제4조(실내공기질 유지기준)
2. 실내공기질 관리법 시행규칙 제4조(실내공기질 권고기준)

3. 그간 조사내용

❍ **(2013년 ~ 2015년) 건강취약계층 이용시설 전수조사**
- 어린이집·경로당·복지시설 3,978개소에 대해 실내공기 중 총부유세균 조사
- 조사 결과 383개소(9.6%) 기준 초과, 재검사 결과 322개소 기준 이내

담당부서 : 미세먼지안전팀(☎051-309-2790)
팀장 : 정현철, 담당자 : 지화성

❍ (2016년 ~ 2018년) 소규모어린이집 집중 조사
- 소규모어린이집 1,885개소에 대해 총부유세균과 폼알데하이드 조사
- 조사결과 187개소(9.9%) 기준 초과, 재검사 결과 171개소 기준 이내

❍ (2019년 ~ 2022년) 건강취약계층 이용 소규모어린이집 실내공기질 조사

구분	2019년	2021년	2022년
대상시설	300개소	200개소	150개소
조사항목	총부유세균, 라돈	초미세먼지	총부유세균, 이산화탄소
조사결과	35개소(11.6%) 기준초과 재검사 결과 32개소 기준이내	모두 기준이내	8개소(5.3%) 기준초과 재검사 결과 모두 기준이내

3. 조사결과

❍ 조사대상 시설 현황
- **(구·군별)** 해운대구 18개, 사하구 14개, 남구 14개, 기장군 13개 등 총 152개소
- **(시설 형태별)** 소규모어린이집은 100개소 중 아파트(가정)가 43개소로 가장 많은 형태였고, 지역아동센터 등은 52개소 중 상가 등 건물 내에 부속하는 형태가 36개소로 가장 많았음

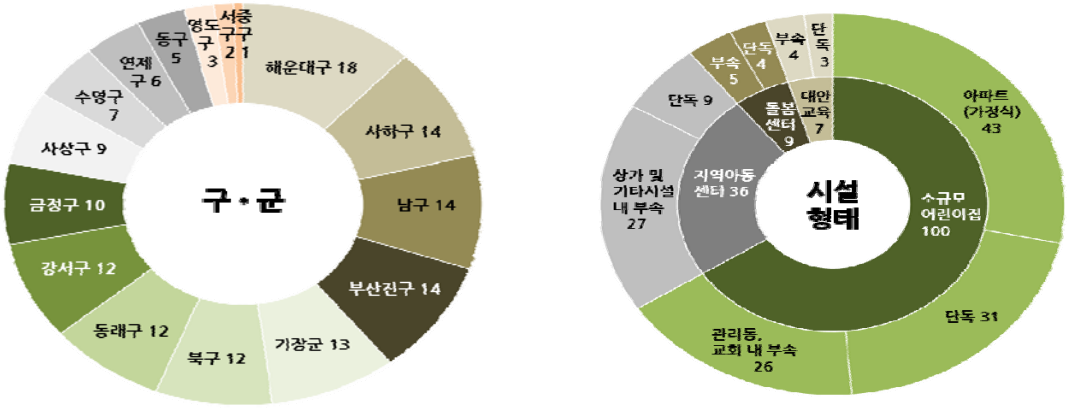


그림 1. 구·군별 및 시설 형태별 시설 현황

❍ 실내공기오염물질 평가
- **(기준 초과율)** 총 152개 시설 중 14개 시설에서 실내공기질 유지기준(폼알데하이드, 총부유세균) 또는 권고기준(부유곰팡이) 초과 ⇨ 초과율 9.2 %
- **(기준초과 시설 현황)** 기준초과 시설(14개소) 중에는 소규모어린이집 비중이 가장 높고(9개소, 64.2 %), 시설별 검사 대비 초과율은 대안교육기관이 가장 높게 나타남(3개소/7개소, 42.9 %)

표 1. 2023년 취약계층 이용시설 실내공기질 조사 결과

시 설	계	소규모어린이집	다함께돌봄센터	지역아동센터	대안교육기관
조사대상	**152**	**100**	**9**	**36**	**7**
기준이내	**138**	91	9	34	4
기준초과 (초과율)	**14** **(9.2 %)**	9 (9.0 %)	0 (0.0 %)	2 (5.6 %)	3 (42.9 %)

- **(오염물질 초과율)** 부유곰팡이(8개소), 총부유세균(5개소), 폼알데하이드(4개소) 순서로 초과되었고, 부유곰팡이(실내공기질 권고기준 항목) 초과율이 5.3 %로 가장 높았음
  ⇨ **(부유미생물)** 소규모 보육 및 돌봄 시설 구조 특성상(아파트 1층, 상가 내 부속형태 등) 인접한 화단의 흙이나 식물, 분리되지 않은 조리 공간의 음식물 등에서 발생하는 유기물로 인해 높은 온도와 습도 조건에서 높게 발생하는 것으로 판단됨
  ⇨ **(폼알데하이드)** 기준을 초과한 4개소는 현장 조사 결과 싱크대 등 새 가구나 비품 교체, 페인트칠, 타일 및 바닥 공사, 접착식 벽지 교체 등 이 원인이었음

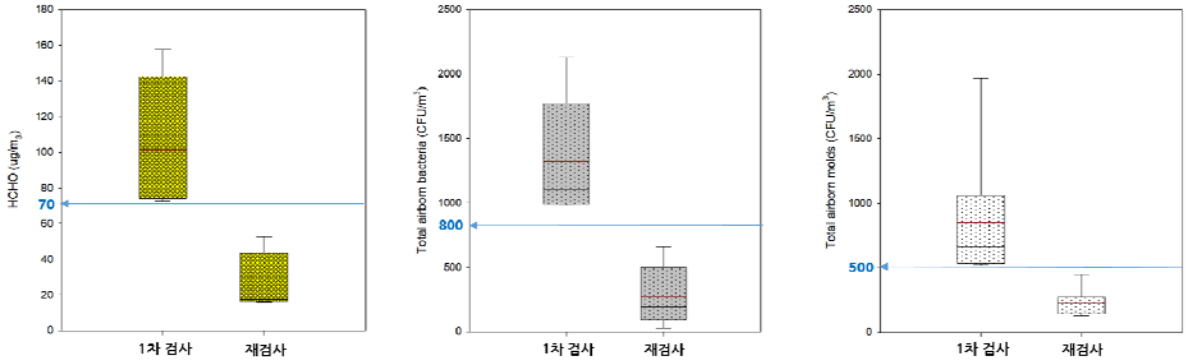
표 2. 2023년 취약계층이용시설 실내공기질 농도 분포

항목 / 시설	조사 대상 (개소)	폼알데하이드(μg/m³)			총부유세균(CFU/m³)			부유곰팡이(CFU/m³)		
		최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균
전체	152	1.7	157.7	**23.5**	13	2,131	**288**	6	1,970	**301**
소규모 어린이집	100	1.7	157.7	**20.2**	13	1,413	**300**	6	1,180	**299**
다함께 돌봄센터	9	10.4	61.1	**38.1**	70	784	**266**	27	471	**189**
지역 아동센터	36	3.7	96.7	**28.0**	23	1,108	**210**	23	495	**267**
대안 교육기관	7	14.2	55.5	**31.2**	85	2,131	**550**	222	1,970	**645**

- **(오염물질 농도분포)** 폼알데하이드는 평균 23.5 μg/m³(1.7 ~ 157.7 μg/m³)로 실내공기질 유지기준(70 μg/m³)대비 33.6 % 수준, 총부유세균은 평균 288 CFU/m³(13 ~ 2,131 CFU/m³)로 실내공기질 유지기준(800 CFU/m³)대비 36.0 % 수준, 부유곰팡이는 평균 301 CFU/m³(6 ~ 1,970 CFU/m³)로 실내공기질 권고기준(500 CFU/m³)대비 60.2 % 수준이었음.

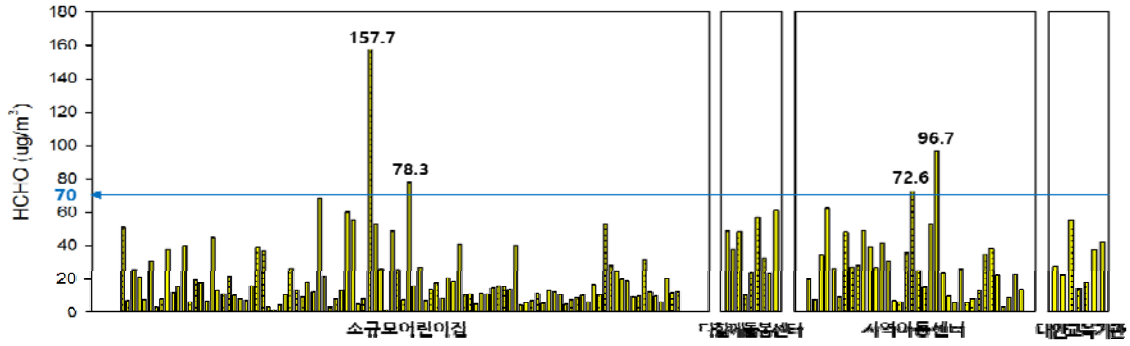
❍ 기준초과 시설에 대한 조치

- 기준초과 내용과 베이크아웃, 환기 등 실내공기질 관리요령 컨설팅 및 재검사 실시하여 기준 만족 여부 확인
- 재검사 결과 14개소 모두 기준 이내로 실내공기질 개선
  ⇨ (폼알데하이드) 4개 시설 평균 101.3 μg/m³에서 15.9 μg/m³로 84.3 % 감소
  ⇨ (총부유세균) 5개 시설 평균 1,326 CFU/m³에서 276 CFU/m³로 79.2 % 감소
  ⇨ (부유곰팡이) 8개 시설 평균 848 CFU/m³에서 222 CFU/m³로 73.8 % 감소

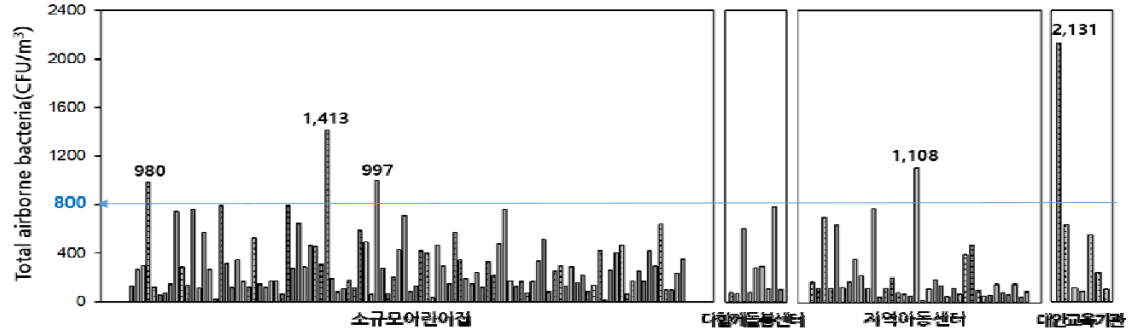


[폼알데하이드] [총부유세균] [부유곰팡이]

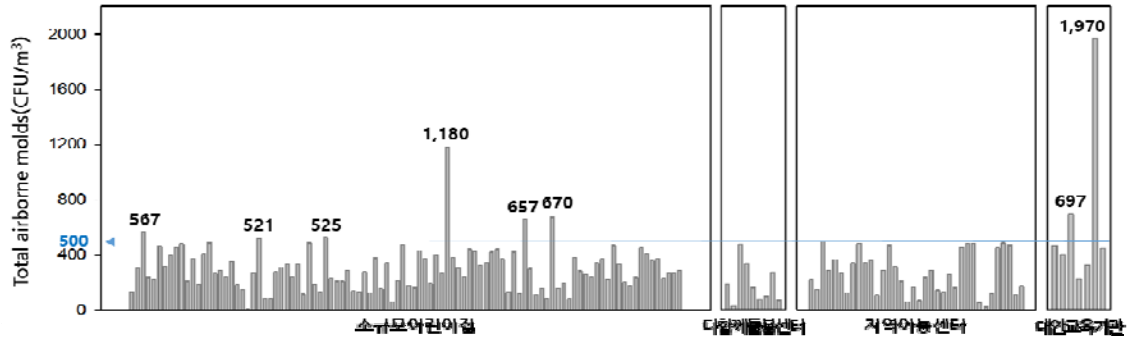
그림 2. 기준초과 시설에 대한 실내공기질 재검사 결과



[폼알데하이드]



[총부유세균]

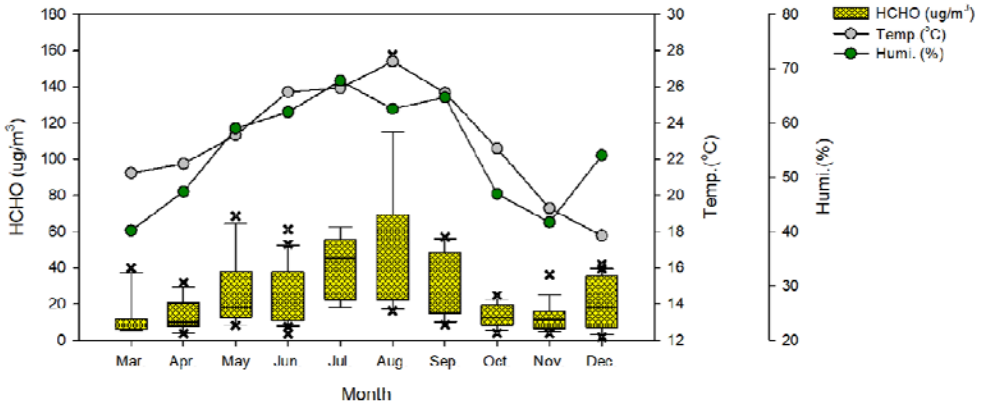


[부유곰팡이]

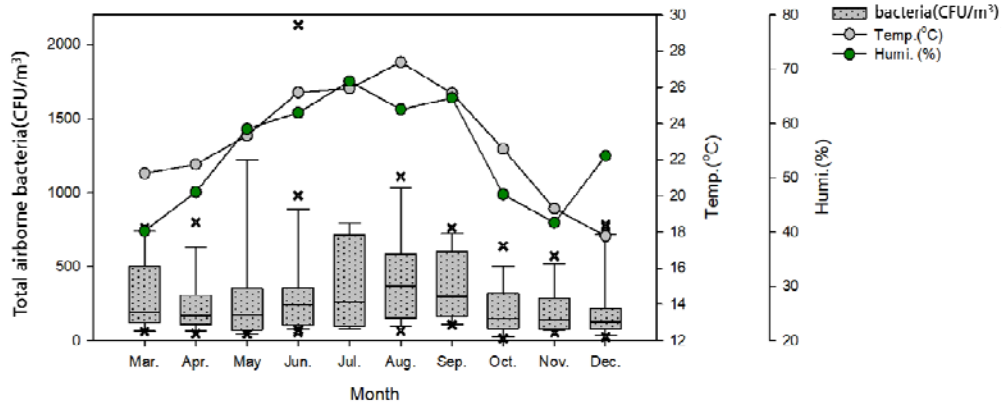
그림 3. 시설별 실내공기질 농도 및 항목별 기준초과 농도

❍ 시기별 농도분포 특성

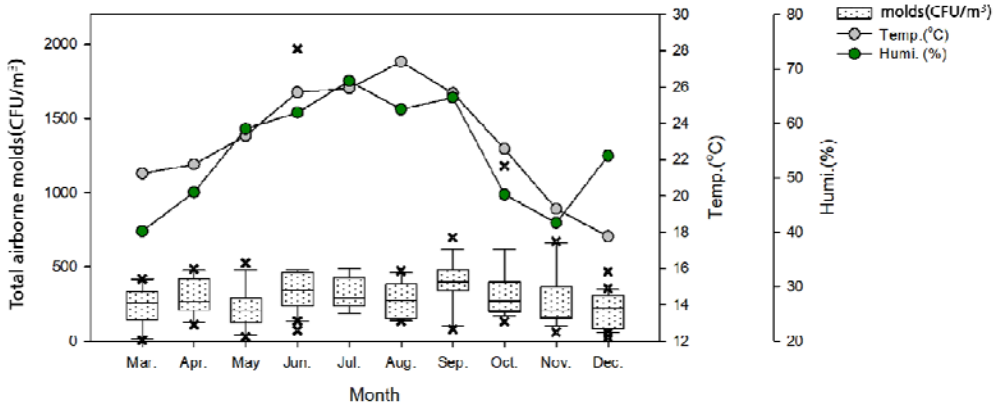
- 폼알데하이드, 총부유세균 및 부유곰팡이는 공통적으로 실내 온도 25 ℃ 이상, 습도 60 % 이상인 6월에서 9월에 농도가 높았음
  - ⇨ (폼알데하이드) 8월에 평균 53.7 μg/m^3, 최대 157.7 μg/m^{3}로 농도가 가장 높았고 다른 항목에 비해 여름철 농도가 두드러지게 높은 경향을 보였음. 기준이 초과된 4개소 모두 여름철(8월)에 조사된 곳이었으며, 높은 실내 온도로 인해 휘발성이 높아진 특성을 반영한 결과로 판단됨
  - ⇨ (부유미생물) 총부유세균은 8월에 평균 413 CFU/m^3, 최대 1,108 CFU/m^{3}으로 농도가 가장 높았고, 부유곰팡이는 6월에 평균 413 CFU/m^3, 최대 1,970 CFU/m^{3}으로 농도가 가장 높았으며, 높아진 실내 온도와 습도로 인해 부유미생물이 잘 번식할 수 있는 환경이 조성된 것으로 판단됨



[폼알데하이드]



[총부유세균]



[부유곰팡이]

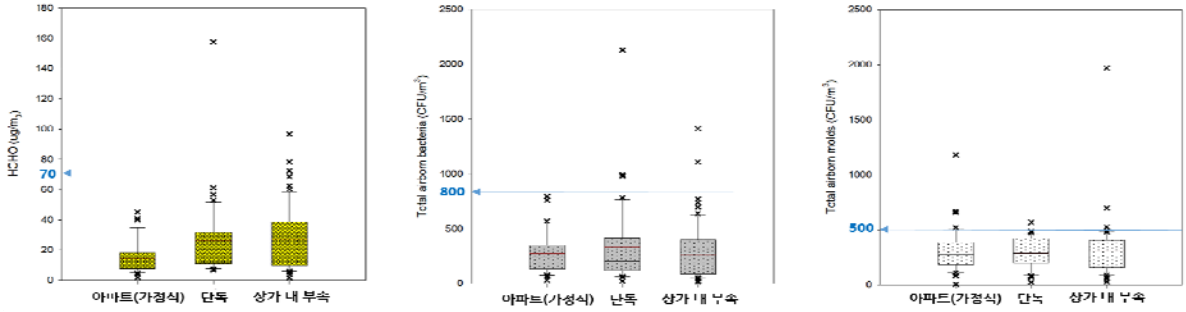
그림 4. 월별 폼알데하이드, 총부유세균 및 부유곰팡이 농도분포

❍ **시설 형태별 농도분포 특성**

- 시설 형태별 초과율의 차이는 적지만 아파트와 단독 시설보다 상가 등 건물 내에 부속된 시설의 기준 초과율이 다소 높았고 기준 초과 항목이 많았음
  ⇨ (기준 초과율) 상가 등 건물 내 부속 9.7 % > 아파트 9.3 % > 단독건물 8.5 %
  ⇨ 상가 등 건물 내 부속된 시설은 단독 시설에 비해 같은 건물 내의 다양한 시설들과 이용자에 의해 발생하는 외부 오염원의 영향을 받을 가능성이 큰 것으로 판단됨
- 폼알데하이드는 상가 등 건물 내에 부속된 시설과 단독건물에서 농도가 높은 경향을 보였으나, 부유미생물은 시설 형태별 유의미한 차이는 없었음

표 3. 시설 형태별 조사 결과

시설형태	계	아파트(가정)	단독	상가 등 건물 내 부속
조사대상	152	43	47	62
기준초과 (초과율)	14 **(9.2 %)**	4 (9.3%)	4 (8.5 %)	6 (9.7 %)
초과항목	17	부유곰팡이 4	폼알데하이드 1 총부유세균 3 부유곰팡이 1	폼알데하이드 3 총부유세균 2 부유곰팡이 3



[폼알데하이드] [총부유세균] [부유곰팡이]

그림 5. 시설 형태별 폼알데하이드, 총부유세균 및 부유곰팡이 농도분포

4. 실내공기 중 폼알데하이드와 부유미생물 관리

❍ **(실내 온도와 습도 관리)** 온도와 습도가 높은 여름에 폼알데하이드와 부유미생물의 발생 농도가 높으므로 온도조절과 습기제거를 위해 제습기나 에어컨 등을 사용하면서 주기적으로 자연환기를 추천함

❍ **(청소 및 소독)** 보육 및 돌봄 시설 특성상 실내에 책, 교구, 소품, 놀이기구, 벽이나 천장 장식 등이 많아 폼알데하이드가 방출되기 쉽고, 오래 방치될 경우 부유미생물 번식의 원인이 되기도 하므로 교체, 청소나 소독 등 주기적인 관리가 필요하며 또한, 오래된 건물인 경우 누수 및 결로현상으로 인해 곰팡이 번식이 우려되므로 주기적인 보수가 필요함

❍ **(어린이 활동공간 분리와 오염원 차단)** 대부분 소규모 시설에서는 음식 관리와 조리 공간이 어린이 활동공간과 분리되지 않고 같은 실내 공간에서 이루어지는데 어린이 활동공간이 냄새, 수분, 유기물 등에 노출되면서 부유미생물이 증식할 가능성이 커지므로 음식 조리시 반드시 후드를 사용하고, 조리실과 활동공간을 분리할 필요가 있으며 또한, 상가 등 건물 내 부속 형태의 시설은 같은 건물 내 다양한 시설들과 이용자에 의해 발생하는 외부 오염원 유입을 감소시키기 위해 강제 환기시설 강화, 입구 에어커튼 설치 등 차단 조치가 필요함

5. 결론

- ❍ 어린이 건강위해 관련 항목인 폼알데하이드와 총부유세균, 부유곰팡이를 조사한 결과 총 152개 시설 중 14개 시설에서 실내공기질 유지기준 및 권고기준을 초과하였고, 항목별로는 부유곰팡이가 가장 많은 시설에서 초과(8개 시설, 초과율 5.3 %)되어 주요 오염물질인 것으로 조사되었음
- ❍ 기준 초과된 14개 시설에 대해 실내공기질 관리요령 등 컨설팅을 실시하고 재검사한 결과 모두 실내공기질 기준 이내로 개선되었으며, 폼알데하이드는 평균 84.3 %, 총부유세균은 평균 79.2 %, 부유곰팡이는 평균 73.8 % 감소하였음
- ❍ 폼알데하이드와 총부유세균, 부유곰팡이는 실내 온도와 습도가 높은 6월에서 9월에 높은 농도로 조사되었고, 시설 형태별로 큰 차이는 없었으나 아파트나 단독 시설에 비해 외부 오염원 유입 가능성이 많은 상가 등 건물 내에 부속된 형태 시설에서 기준 초과율이 다소 높았음
- ❍ 소규모 시설에서 실내공기 중 폼알데하이드와 총부유세균, 부유곰팡이 발생을 줄이기 위해서는 특히 적정한 실내 온도(25 ℃ 미만)와 습도(60 % 미만) 관리가 필요한 것으로 판단됨

6. 활용방안 및 기대효과

- ❍ 법적관리의 사각지대에 있는 건강취약계층 이용시설의 실내공기질을 쾌적하게 유지관리하고, 실내공기질 관리정책의 기초자료로 활용
- ❍ 조사 결과는 시 출산보육과, 아동청소년과 및 구·군 관련 부서와 공유하고, 2024년 건강취약계층 이용시설에 대한 실내공기질 조사를 계속 추진하여 영유아 및 아동청소년의 건강 위해를 예방