

다중이용시설 실내공기질 평가

- 다중이용시설 실내공기오염물질 농도 등에 대한 실태조사를 통해 다중이용시설 실내공기의 관리방안을 제시하고자 함.

1. 조사개요

- 법적근거
 - ▷ 「다중이용시설 등의 실내공기질 관리법」 제13조
 - ▷ '10 실내공기질 관리 기본계획(환경부)
 - 구·군청은 보건환경연구원에 시료채취, 분석 의뢰
- 검사항목 및 기간
 - ▷ 검사항목 : 미세먼지(PM10), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 총부유세균
 - ▷ 검사기간 : 2010년 1월 ~ 12월
- 조사방법
 - ▷ 시료채취
 - 실내공기질 공정시험기준에 준하여 대상시설별로 대표성을 고려, 바닥면으로부터 1.2 ~ 1.5 m 위치에서 오전 8시 ~ 오후 8시 사이에 채취
 - 미세먼지(PM10)는 3 mL/min 유속으로 6시간, 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO₂)는 1시간, 폼알데하이드(HCHO)는 오존전구물질 간섭을 배제하면서 300 ~ 1000 mL/min 유속으로 30분간 2회 연속, 총 부유세균은 총 포집량 250 L이하로 20분 간격으로 3회 채취하였음
 - 분석방법 : 실내공기질 공정시험기준 항목별 시험방법에 준함
 - 평가방법 : 다중이용시설 내 각 측정점에서의 측정값을 평균하여 대상시설 오염도 평가

2. 조사방법

- 의뢰건수
 - ▷ 부산시 검사대상 다중이용시설은 2010년 683개소로써 약 20 %를 상회하는 정도인 134개소 의뢰

구 분	2009	2010
다중이용시설 수	632	683
의뢰건수	133	134

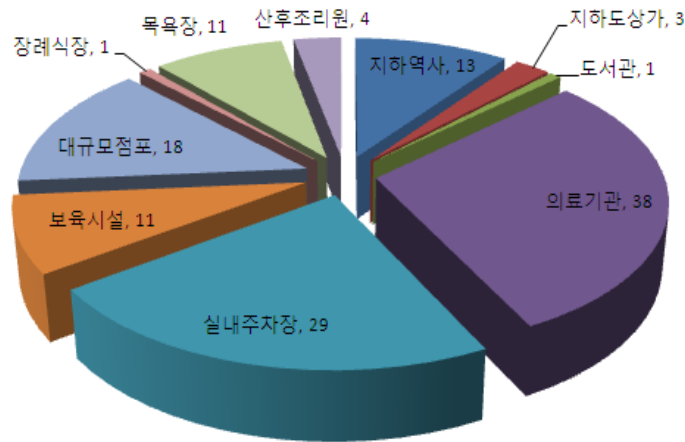
▷ 신규 설치 다중이용시설 우선적으로 검사의뢰하고 있음

○ 시설별 의뢰건수

구분	지하역사	지하도상가	의료기관	보육시설	대규모점포	목욕장	실내주차장	산후조리원	도서관	장례식장
건수	13	3	38	12	18	14	30	4	1	1

○ 시설별 검사건수 : 129개소

▷ 휴·폐업(목욕장 3개소) 중인 시설과 비대상시설(실내주차장 1개소, 보육시설 1개소) 검사 제외



3. 검사결과

○ 오염물질별 농도특성 비교

▷ 미세먼지(PM10)

- 다중이용시설에서 조사된 미세먼지(PM10)는 13.3 ~ 230.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도범위이며, 전 시설 평균농도는 56.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 임.
- 보육시설에서 최대값인 230.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내었고, 의료기관에서 최소값인 13.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타냈음.
- 지하도상가에서 92.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 평균농도를 보여 다중이용시설 등의 실내공기질관리법에서 정하고 있는 PM10기준 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 근접한 수치를 보였으며, 보육시설도 65.5

µg/m³의 비교적 높은 평균농도로 PM10기준 100 µg/m³에 근접한 결과를 나타냈음.

- 대부분 측정지점에서 유지기준보다 낮은 결과를 나타내었으나 보육시설 1개소에서 유지기준을 초과하는 측정결과가 나타났음.

표 1. 시설별 미세먼지(PM10) 농도특성

구 분	PM10(ug/m ³)						기준초과
	기준	시설수	평균	표준편차	최대값	최소값	
지하역사	150	13	65.6	24.5	102.4	26.1	0
지하도상가	150	3	92.0	48.8	134.9	39.0	0
의료기관	100	38	45.8	16.9	83.1	13.3	0
보육시설	100	11	65.5	56.9	230.5	23.7	1개소
대규모점포	150	18	52.6	23.9	103.1	23.7	0
목욕장	150	11	44.5	19.2	82.2	22.4	0
실내주차장	200	29	65.4	48.7	188.5	14.6	0
산후조리원	100	4	49.7	30.4	93.8	24.5	0
도서관,장례식장	150	2	49.8	26.5	68.5	31.0	0
전체평균		129	56.0	34.5	230.5	13.3	1개소

- 지하역사와 지하도상가시설의 경우 지하시설로 밀폐된 공간에서 불특정다수인들이 많이 활동하고 또한 대부분이 도로변 지하에 설치되어 외부공기 유입과 실내 환기 효율 등 시설 특성에 의해 기인된 것으로 판단됨.
- 보육시설의 평균농도와 초과율이 상대적으로 높은 이유는 면적당 활동 인구가 많고 유아들의 활동으로 인한 의류먼지와 보육시설 바닥에 깔려 있는 카펫에서 미세먼지가 재 비산되어 높은 농도를 나타낸 것으로 여겨짐.

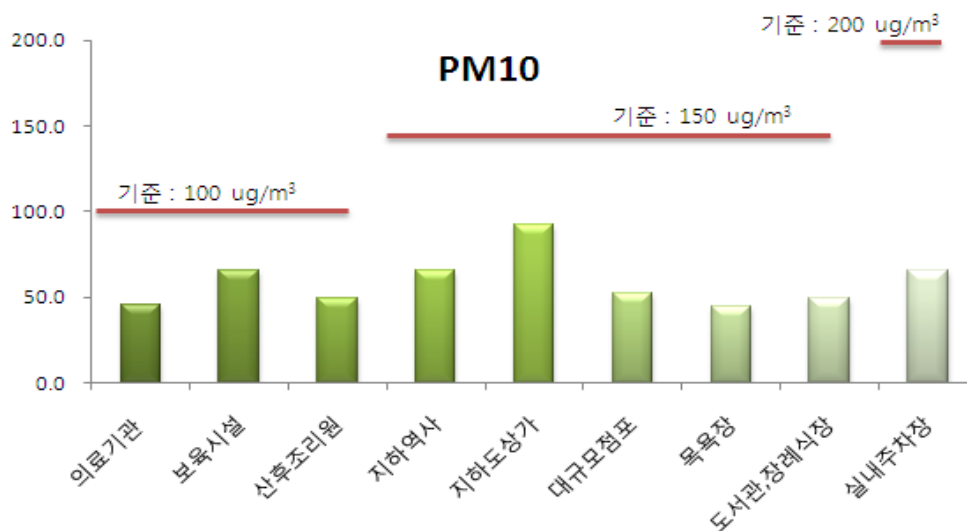


그림 1. 미세먼지(PM10) 평균농도 비교

▷ 이산화탄소(CO₂)

- 다중이용시설에서 조사된 이산화탄소(CO₂)는 367.5 ~ 976.7 ppm의 농도범위이며, 전 시설 평균농도는 508.8 ppm임.
- 대규모점포에서 976.7 ppm으로 최대값을, 목욕장(찜질방)에서 367.5 ppm으로 최소값을 나타냈음.

표 2. 시설별 이산화탄소(CO₂) 농도특성

구 분	CO ₂ (ppm)						
	기준	시설수	평균	표준편차	최대값	최소값	기준초과
지하역사	1000	13	437.6	34.5	526.0	385.0	0
지하도상가	1000	3	649.4	154.3	823.4	529.4	0
의료기관	1000	38	560.1	132.3	908.2	373.3	0
보육시설	1000	11	520.4	69.0	669.1	403.8	0
대규모점포	1000	18	512.4	144.0	976.7	369.0	0
목욕장	1000	11	445.6	41.4	512.8	367.5	0
실내주차장	1000	29	462.3	61.6	646.0	375.4	0
산후조리원	1000	4	635.7	109.2	736.7	529.2	0
도서관,장례식장	1000	2	458.2	48.6	492.6	423.8	0
전체평균		129	508.8	114.4	976.7	367.5	0

- 지하도상가 649.4 ppm, 산후조리원 635.7 ppm, 의료기관 560.1 ppm으로 각각 조사되어 다중이용시설 등의 실내공기질관리법에서 정하고 있는 이산화탄소(CO₂)기준 1000 ppm이내이나 다른 다중이용시설군보다 높은 결과를 나타내었음.
- 이산화탄소는 인간의 활동 정도에 비례하며, 실내공기의 환기 상태를 평가하는 지표로써, 적절한 환기를 통하여 유지관리를 철저히 해야 할 것으로 판단됨.

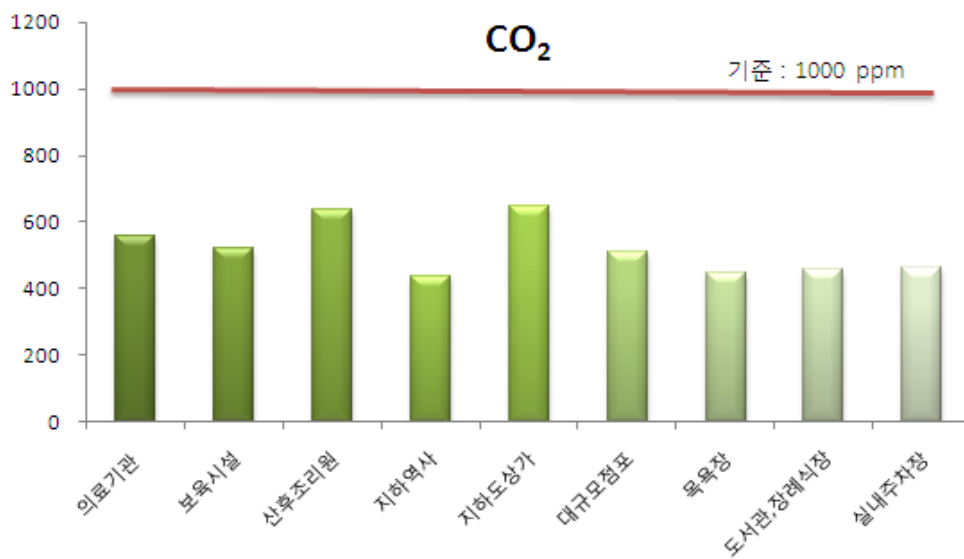


그림 2. 이산화탄소(CO₂) 평균농도 비교

▷ 폼알데하이드(HCHO)

- 다중이용시설에서 조사된 폼알데하이드(HCHO)는 0.0 ~ 233.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도범위이며, 전 시설 평균농도는 31.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 임.
- 최대값은 대규모점포에서 233.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 기준의 약 2.3배를 초과함
- 다중이용시설 등의 실내공기질관리법에서 정한 폼알데하이드의 기준은 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 지하도상가의 평균농도는 98.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 다른 시설 보다 높은 결과를 나타내었으며, 산후조리원도 69.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 비교적 높은 평균농도로 조사되었음.
- 다중이용시설별로 살펴보면, 지하도상가(1개소), 의료기관(1개소), 산후조리원(1개소), 대규모점포(2개소)에서 기준 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였으며, 전체 초과율은 3.9 %로 조사되었음.
- 지하도상가와 대규모점포는 지점에 따라 진열 가구류 및 의류 등에서 발생된 폼알데하이드에 기인된 결과로 사료됨.
- 부적합 시설인 산후조리원과 의료시설은 개축한 건물로 실내장식을 위한 가구와 바닥 및 천정 등의 마감재에 의한 원인으로 판단됨.
- 충분한 환기 및 친환경건축자재 사용을 통하여, HCHO 장시간 노출 시 발생하는 알레르기성 피부염, 기침, 가래, 만성기관지염 등을 유발하는 물질을 제거하여 이용시민 건강관리에 유의해야 할 것으로 판단됨.

표 3. 시설별 폼알데하이드(HCHO) 농도특성

구 분	HCHO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
	기준	시설수	평균	표준편차	최대값	최소값	기준초과
지하역사	100	13	12.5	5.3	18.0	0.0	0
지하도상가	100	3	98.8	52.5	153.1	48.4	1개소
의료기관	100	38	35.0	27.0	150.8	6.3	1개소
보육시설	100	11	22.0	15.3	55.9	6.9	0
대규모점포	100	18	55.4	67.2	233.0	8.4	2개소
목욕장	100	11	22.3	17.0	70.9	8.9	0
실내주차장	100	29	15.6	9.2	36.8	2.9	0
산후조리원	100	4	69.3	61.6	160.7	27.9	1개소
도서관,장례식장	100	2	19.0	0.4	19.2	18.7	0
전체평균		129	31.3	36.8	233.0	0.0	5개소

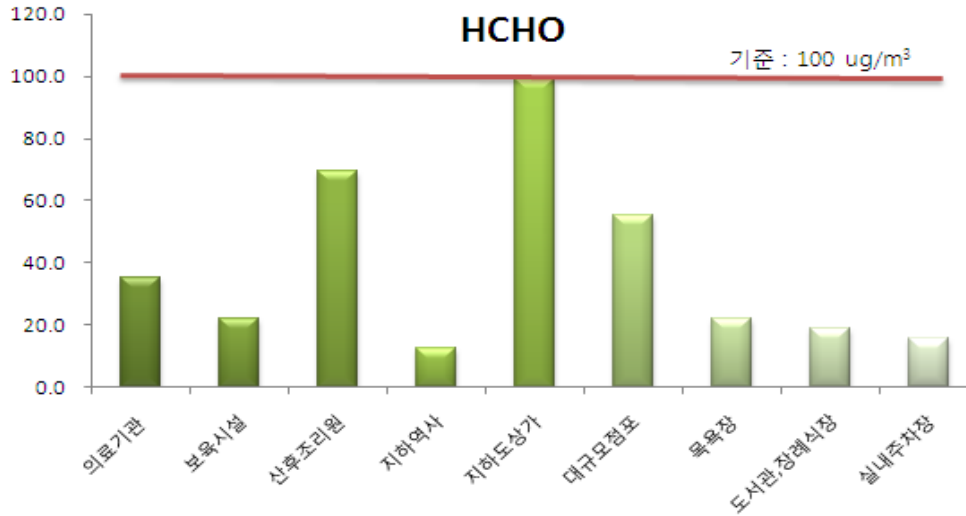


그림 3. 폼알데하이드(HCHO) 평균농도 비교

▷ 총부유세균(TBC)

- 전 시설의 평균농도는 475.0 CFU/m³, 농도범위는 125.0 ~ 1412.6 CFU/m³으로 조사되었음.
- 다중이용시설 실내공기질관리법에서 정한 총부유세균의 기준은 800 CFU/m³이며, 노약자나 영·유아 이용시설인 의료기관·보육시설·노인요양시설 및 산후조리원에 대해서만 기준이 설정되어 있으며, 다른 다중이용시설에 대해서는 아직 기준 없음.
- 보육시설의 평균농도는 714.1 CFU/m³으로 기준에 거의 근접하는 높은 결과를 나타내었음.
- 다중이용시설별 기준 초과를 살펴보면 보육시설 2개소, 의료기관 1개소에서 초과하였으며, 전체 초과율은 5.7 %로 조사되었음.

표 4. 시설별 총부유세균(TBC) 농도특성

구 분	TBC(CFU/m ³)						
	기준	시설수	평균	표준편차	최대값	최소값	기준초과
의료기관	800	38	415.9	243.1	1412.6	125.0	1개소
보육시설	800	11	714.1	227.0	1205.0	264.7	2개소
산후조리원	800	4	379.0	167.3	611.7	214.7	0
전체평균		53	475.0	262.6	1412.6	125.0	3개소

- 저항력이 약한 영·유아 시설인 보육시설의 초과빈도가 상대적으로 높음. 각종 병원균을 포함할 수 있어 전염성 질환, 알레르기 질환, 호흡기 질환 등을 유발. 특히 실내 환경에 존재하고 있는 미생물들은 다습하고 환기가 불충분하며 공기질이 나쁠 경우 잘 증식. 사용하는 공기청정기, 가습기 등의 철저한 위생관리, 온습도 및 적절한 환기 유지 관리로 부유세균의 번식을 줄여야 할 것으로 사료됨.

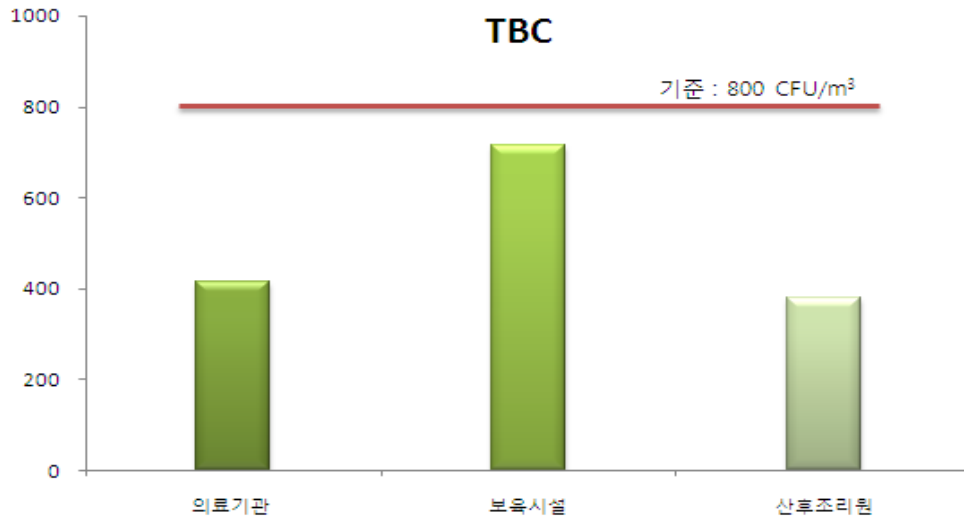


그림 4. 총부유세균(TBC) 평균농도 비교

▷ 일산화탄소(CO)

- 전 시설 평균 일산화탄소(CO)농도는 0.7 ppm, 농도범위는 0.1 ~ 6.0 ppm으로 조사됨.
- 다중이용시설 실내공기질관리법에서 정한 일산화탄소의 기준은 실내주차장 25 ppm, 다른 시설 10 ppm이며, 모든 시설에서 기준의 1/10보다 낮은 농도로 측정되었으며, 실내주차장에서 가장 높은 평균 농도(1.7 ppm)로 조사되었음.
- 이는 주차장에 출입하는 자동차의 배출가스에 의한 것으로 추정됨.

표 5. 시설별 일산화탄소(CO) 농도특성

구 분	CO(ppm)						
	기준	시설수	평균	표준편차	최대값	최소값	기준초과
지하역사	10	13	0.4	0.1	0.5	0.3	0
지하도상가	10	3	0.5	0.3	0.8	0.2	0
의료기관	10	38	0.4	0.2	1.1	0.1	0
보육시설	10	11	0.3	0.1	0.5	0.1	0
대규모점포	10	18	0.5	0.2	1.1	0.3	0
목욕장	10	11	0.5	0.2	0.8	0.2	0
실내주차장	25	29	1.7	1.3	6.0	0.3	0
산후조리원	10	4	0.4	0.1	0.5	0.3	0
도서관,장폐식장	10	2	0.4	0.1	0.5	0.3	0
전체평균		129	0.7	0.8	6.0	0.1	0

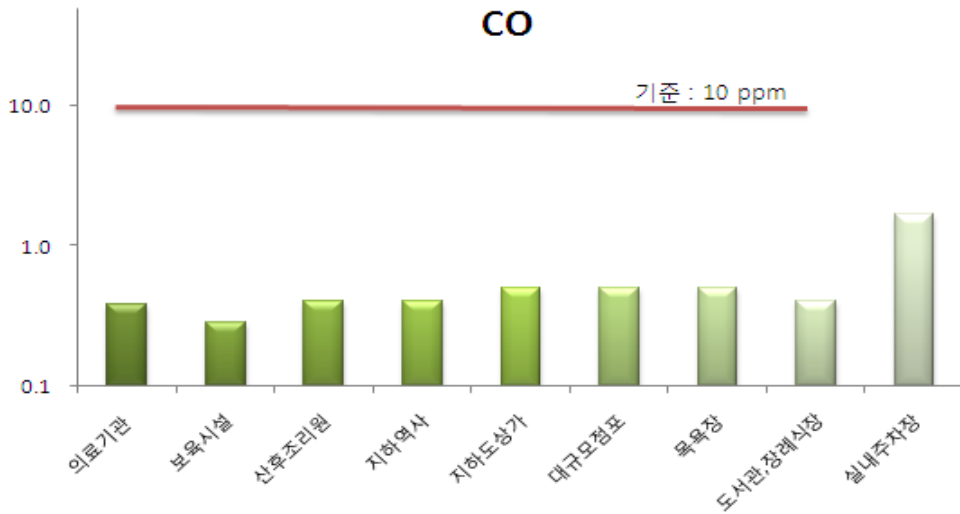


그림 5. 일산화탄소(CO) 평균농도 비교

○ 대상시설별 실내공기질 평가

▷ 지하역사

- 지하역사에서 측정된 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 일산화탄소(CO)의 평균농도는 각각 65.6±24.5 ug/m³, 437.6±34.5 ppm, 12.5±5.3 ug/m³, 0.4±0.1 ppm으로 실내공기질 유지기준과 비교 할 때 평균값이 기준을 초과하는 항목은 없는 것으로 조사되었음.
- PM10 기준 근접 지점이 일부 있으며, CO₂, HCHO, CO는 기준과 비교할 때 양호함.
- 지하역사에서는 미세먼지 관리에 특별히 관심을 기울여 환기시설 및 주기적 청소를 강화하여야 할 것으로 평가됨.

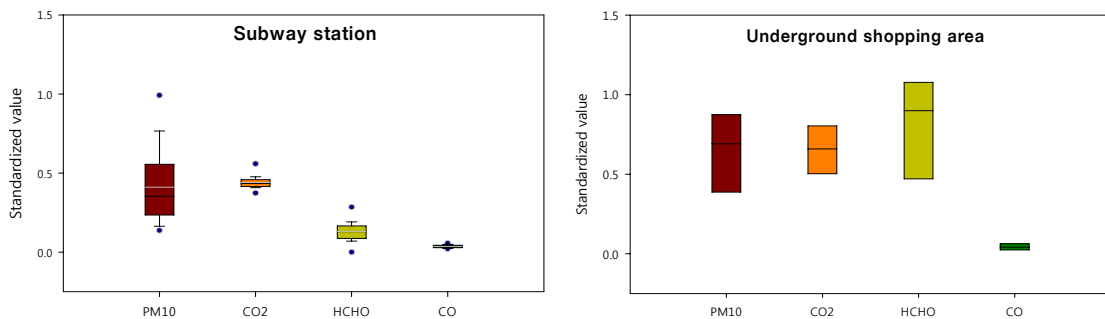


그림 6. 지하역사 및 지하도상가 농도분포

▷ 지하도상가

- 지하도상가에서 측정된 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 일산화탄소(CO)의 평균농도는 각각 92.0±48.8 ug/m³, 649.4±154.3 ppm, 98.8±52.5 ug/m³, 0.5±0.3 ppm으로 실내공기질 유지기준과 비교 할 때 평균값이 기준을 초과하는 항목은 없는 것으로 조사되었음.

- HCHO는 기준 초과지점이 있으며, 평균농도 또한 거의 기준과 비슷한 농도 수준이며, PM10 또한 거의 기준에 근접하는 수준으로 조사되었음.
- 지하도상가는 도로, 지하역사와 직접 연결된 경우가 많아 외부오염 물질이 쉽게 유입되고, 내부에 있는 의류, 잡화, 화장품등에서 유출되는 내부오염원이 복합되므로 실내 공기 관리를 위한 환기강화에 특별히 노력하여야 하는 시설로 평가됨.

▷ 의료기관

- 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 총부유세균(TBC), 일산화탄소(CO)의 평균농도는 각각 45.8±16.9 ug/m³, 560.1±132.3 ppm, 35.0±27.0 ug/m³, 415.9±243.1 CFU/m³, 0.4±0.2 ppm으로 실내공기질 유지기준과 비교 할 때 평균값이 기준을 초과하는 항목은 없음.
- TBC와 HCHO 기준 초과지점이 일부 있으나, 전반적으로 양호함.
- 환자들이 주로 이용하는 시설이므로 부유세균관리에 특별히 관심을 기울여야 하며, 개·보수 공사 시 친환경건축자재 사용 및 충분한 환기가 필요한 시설로 평가됨.

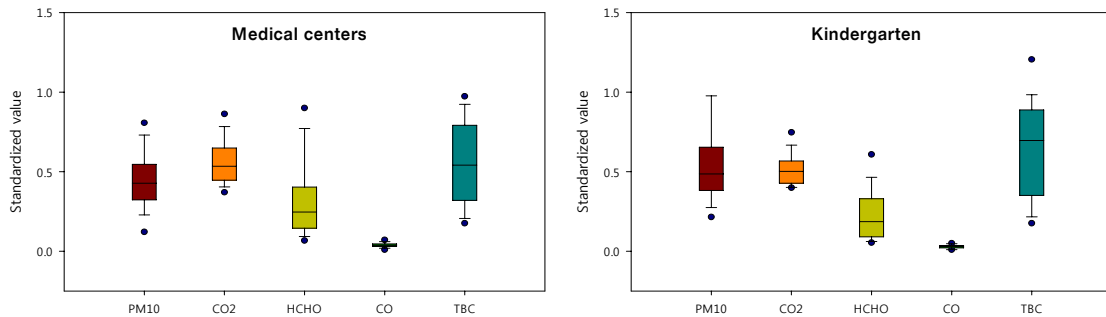


그림 7. 의료기관 및 보육시설 농도분포

▷ 보육시설

- 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 총부유세균(TBC), 일산화탄소(CO)의 평균농도는 각각 65.5±56.9 ug/m³, 520.4±69.0 ppm, 22.0±15.3 ug/m³, 714.1±227.0 CFU/m³, 0.3±0.1 ppm으로 실내공기질 유지기준과 비교 할 때 평균값이 기준을 초과하는 항목은 없음.
- 총부유세균 2개소와 미세먼지 1개소가 유지기준을 초과하므로 특별관리대상 시설로 평가됨.
- 특히 TBC 평균값이 거의 기준에 근접하고 또한 초과율이 높은 항목으로 보육실 및 화장실 등 시설관리나 사용하는 카펫 및 이불의 정기적세탁 등으로 철저한 위생관리가 필요하며, PM10 관리에도 관심을 갖고 환기강화도 필요한 시설로 평가됨.

▷ 대규모점포

- 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 일산화탄소(CO)의 평균농

도는 각각 $52.6 \pm 23.9 \text{ ug/m}^3$, $512.4 \pm 144.0 \text{ ppm}$, $55.4 \pm 67.2 \text{ ug/m}^3$, $0.5 \pm 0.2 \text{ ppm}$ 으로 실내공기질 유지기준과 비교 할 때 시설별 평균값이 기준을 초과하는 항목은 없는 것으로 조사되었음.

- HCHO가 기준 100 ug/m^3 을 초과한 지점 있는 것으로 조사되었음.
- 친환경건축자재 사용 및 점포에 진열된 각종 상품에서 유출되는 유해화학물질을 국소배기나 전체 환기를 통한 시설관리가 필요한 것으로 평가됨.

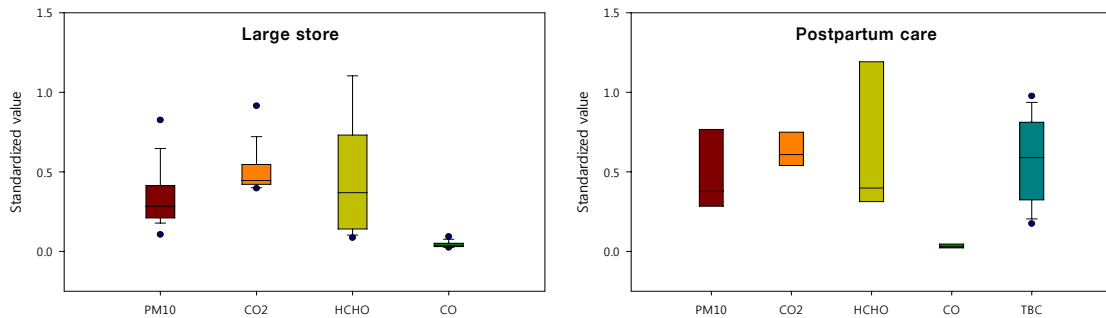


그림 8. 대규모점포 및 산후조리원 농도분포

▷ 산후조리원

- 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 총부유세균(TBC), 일산화탄소(CO)의 평균농도는 각각 $49.7 \pm 30.4 \text{ ug/m}^3$, $635.7 \pm 109.2 \text{ ppm}$, $69.3 \pm 61.6 \text{ ug/m}^3$, $379.0 \pm 167.3 \text{ CFU/m}^3$, $0.4 \pm 0.1 \text{ ppm}$ 으로 실내공기질 유지기준과 비교 할 때 시설평균값이 기준을 초과하는 항목은 없음.
- HCHO 기준 100 ug/m^3 을 초과한 지점 있는 것으로 조사되었음.
- 최신시설로 리모델링하면서 각종 건축자재에서 방출되는 화학물질로 인하여 HCHO 초과율이 높은 것으로 사료되며, 산후조리원 특성상 산모와 신생아로 인하여 자유로운 환기에 일부 제약을 받아 오염물질 배출이 원활하지 못한 것으로 사료되어 환기 강화 대상 시설로 평가됨.

▷ 실내주차장

- 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 일산화탄소(CO)의 평균농도는 각각 $65.4 \pm 48.7 \text{ ug/m}^3$, $462.3 \pm 61.6 \text{ ppm}$, $15.6 \pm 9.2 \text{ ug/m}^3$, $1.7 \pm 1.3 \text{ ppm}$ 으로 실내공기질 유지기준과 비교 할 때 평균값이 기준을 초과하는 항목은 없음.
- 전반적으로 기준농도와 비교할 때 양호하나 미세먼지가 조금 높은 지점이 있으므로 미세먼지 관리에 관심을 가져야할 시설로 평가됨

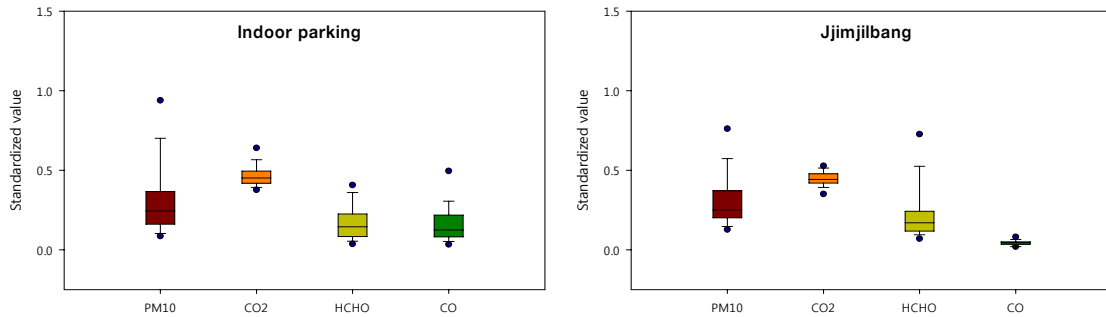


그림 9. 실내주차장 및 목욕장 농도분포

▷ 목욕장

- 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 폼알데하이드(HCHO), 일산화탄소(CO)의 평균농도는 각각 44.5±19.2 ug/m³, 445.6±41.4 ppm, 22.3±17.0 ug/m³, 0.5±0.2 ppm으로 실내 공기질 유지기준과 비교 할 때 평균값이 기준을 초과하는 항목은 없음.
- 측정시간대(8~20시)에 이용자가 거의 없는 목욕장이 여러 곳 있어 정확한 평가 어려움.

4. 결 론

- 2010년도 12월까지 검사한 129개소 중 8개소에서 기준 초과하였으며, 1개소는 재검사를 하여 시설개선 완료를 확인하였으며, 7개소는 개선이행 중이며 개선 완료 후 재검사 실시 예정임.
- 미세먼지의 시설별 평균농도는 기준의 약 50 % 내외로 측정되었으며, 비교적 유동인구가 많고 실내 활동이 활발한 지하도상가·보육시설에서 높게 측정됨.
- 이산화탄소의 시설별 평균농도는 기준의 약 50 % 수준으로 측정되었으며, 지하도상가에서 649.6 ppm으로 가장 높게 측정되었음.
- 폼알데하이드의 시설별 평균농도는 기준보다 낮게 측정되었으나, 진열상품과 내부마감재 영향으로 지하도상가에서 98.8 ug/m³으로 가장 높게 측정되었음.
- 총부유세균의 시설별 평균농도는 기준보다 낮게 측정되었으며, 음식물섭취가 많은 보육 시설에서 714.1 CFU/m³으로 가장 높게 측정 되었음.
- 일산화탄소의 시설별 평균농도는 기준의 약 1/10 미만으로 측정되었으며, 자동차배출가스가 많은 실내주차장에서 1.7 ppm으로 가장 높게 측정되었음.
- 시설별로는 지하도상가, 의료기관, 보육시설, 대규모점포, 산후조리원에서 기준 초과 지점 나타났음. 특히 보육시설이 다른 시설군에 비해 상대적으로 질환에 취약한 영·유아 이용시설이므로 특별 관리 필요.
- 기준초과 지점이 있고 전반적으로 평균오염도가 높은 보육시설, 의료기관 및 지하도상가 우선 검사 의뢰. 또한 기준대비 다른 시설보다 양호한 측정결과가 나타난 목욕장 및 실내주차장 검사의뢰 지양.