

## 서울시내 일부 다중이용시설의 실내공기질 특성

소음진동팀

이호찬 · 한규문 · 류인철 · 김창모 · 이지영 · 조현석  
김남진 · 이진 · 이상수 · 전재식 · 김주형 · 김민영

# The Characteristics of Indoor Air Quality in Public Facilities in Seoul

*Noise and Vibration Team*

**Ho-chan Lee, Gyu-mun Han, In-cheol Ryu, Chang-mo Kim,  
Ji-young Lee, Hyeon-seok Cho, Nam-jin Kim, Jin Lee, Sang-su Lee,  
Jae-sik Jeon, Ju-hyeong Kim and Min-young Kim**

### Abstract

This study evaluated the indoor air quality in public facilities in Seoul during a 10 month period from March to December, 2007. Eight pollutants, PM10, CO<sub>2</sub>, CO, HCHO, TBC, NO<sub>2</sub>, TVOC, Rn, which are related to the indoor air quality, were sampled for each of the 15 public facilities. From the results, it was found that the average for all the pollutants measured were below the standards established in the Indoor Air Quality Management Act of MOE(Ministry of Environment, Republic of Korea). An exceeding rate was used to identify the main pollutants more easily in each of the public facilities. The rate was simply calculated by dividing the measurements by the standards, which were established respective to their pollutants and categories of the facilities, which means the exceeding rate of measurements relative to the standards. The main pollutants were as follows: PM10, CO<sub>2</sub>, TVOC in Parking lots and PM10, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Rn, TVOC in Subway stations PM10, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, TVOC in Saunas : PM10, CO<sub>2</sub>, HCHO, NO<sub>2</sub>, TVOC in Large-scale Markets PM10, CO<sub>2</sub>, TBC, NO<sub>2</sub>, TVOC in Medical Centers-Medical Center for the Elderly : CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, TVOC in Libraries : HCHO, TVOC in Art Galleries-Museums: and PM10, CO<sub>2</sub> in the Waiting rooms of Bus Terminals-Railway Stations. A statistical investigation was also carried out to examine the differences in the average concentrations between the over and under ground stairs in public facilities. The average concentration of PM10, CO, TVOC, NO<sub>2</sub>, Rn was higher in the under-ground stairs than in the over-ground stairs and lower in the case of HCHO and CO<sub>2</sub>.

**Key words** : IAQ(indoor air quality), exceeding rate, TVOC(Total Volatile Compounds) TBC(Total Bacteria Counts), CO, CO<sub>2</sub>,NO<sub>2</sub>, Rn, public facilities, PM10(particulate matter less than 10 micro meter), formaldehyde(HCHO)

## 서 론

공공성의 증대와 시민들의 인지도 증가에 따라 건물에서의 실내공기질 문제가 중요한 이슈가 되고 있다. 특히 일상생활 중 대부분의 시간을 여러 형태의 실내공간에서 생활하기 때문에 실내 환경은 더욱 중요한 의미를 지니고 있다. 미국환경청(EPA)은 실내공기오염의 심각성과 인체 위해성에 대한 사람들의 무관심을 경고하였으며 가장 시급히 처리해야 할 환경문제로 발표하였다. 국내에서는 「다중이용시설등의 실내공기질 관리법」이 2004년에 제정된 이후 대상시설에 대한 실내공기질의 연구조사 자료가 매우 미약한 수준이다. 이에 따라 서울시에서는 다중이용시설에 대한 광범위한 조사를 실시하였다. 본 연구에서는 서울시에 위치한 「다중이용시설등의 실내공기질 관리법」상의 17개 시설군중 대상시설수가 적은 공항시설중 여객터미널과 항만시설중 대합실을 제외한 15개의 시설군에서 2007년 3월부터 12월까지 8개 항목의 오염물질을 측정하여 이를 바탕으로 다양한 실내공간에서의 오염도분포 특성을 파악하고 시설군별 주

요 오염물질과 지상과 지하공간사이의 오염도차이를 파악하고자 한다.

## 실험방법

### 1. 시료채취장소 및 기간

본 연구는 2007년 3월부터 12월까지 서울시에 위치한 「다중이용시설등의 실내공기질 관리법」상의 대규모점포, 실내주차장, 의료기관, 찜질방, 지하역사, 지하도상가, 도서관, 국·공립보육시설, 박물관, 장례식장등 15개의 다중이용시설을 대상으로 하여 실내공기질 유지 및 권고기준 물질 중 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO), 포름알데하이드(HCHO), 총부유세균(TBC), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 총휘발성유기화합물(TVOC), 라돈(Rn) 8개 항목을 각 대상 시설의 대표성을 갖는 지점에서 조사하였다. 표 1에 연구 조사대상 시설의 물리적 특성 및 시료채취위치를 나타내었다. 총 대상시설수는 874개소이며 각시설별 2개의 장소에서 샘플을 채취하였다.

**Table 1.** Sample site and number of public facilities

| Public facilities              | Sampling site                   | No. of facilities | No. of Sample |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------|
| Indoor parking Lot             | Center of indoor parking        | 143               | 286           |
| Subway stations                | Center of Concourse, platform   | 74                | 148           |
| Saunas                         | Center of lobby, steamer room   | 66                | 132           |
| Large-scale Market             | Center of shopping center       | 65                | 130           |
| Medical Centers                | Center of lobby, sick room      | 49                | 98            |
| Libraries                      | Center of reading room, library | 10                | 20            |
| Museums                        | Center of exhibition hall       | 6                 | 12            |
| Funeral Houses                 | Center of main space            | 6                 | 12            |
| Underground Markets            | Center of store, walking space  | 4                 | 8             |
| Childcare Centers              | Center of rest room             | 3                 | 6             |
| Medical Center for Elder       | Center of rest room             | 3                 | 6             |
| Waiting room in Bus Terminals  | Center of Concourse             | 3                 | 6             |
| Maternity Recuperation Centers | Center of main space            | 2                 | 4             |
| Railway Stations               | Center of Concourse             | 2                 | 4             |
| Art Galleries                  | Center of exhibition hall       | 1                 | 2             |

## 2. 시료채취방법

### 1) 시료채취조건 및 위치

시료채취는 해당시설의 실제 운영조건과 동일하게 유지하고 있는 일반환경 상태에서 측정하였다. 시료채취 위치는 환기시설의 위치, 시설 이용자의 다수여부, 오염물질 발생원의 분포, 실내기류 분포, 공기질의 대표성 등을 고려하여 다음과 같이 실내공기질 공정시험방법의 선정방법에 의하여 선정하였다.

- (1) 시료채취 위치는 원칙적으로 주변시설 등에 의한 영향과 부착물 등으로 인한 측정 장애가 없고, 대상 시설의 오염도를 대표할 수 있다고 판단되는 곳을 선정하였다.
- (2) 시료채취는 인접지역에 직접적인 발생원이 없고, 대상 시설의 내벽, 천정 및 바닥표면으로부터 1 m 이상 떨어진 곳을 선정하였으며, 바닥면으로부터 1.2~1.5 m 범위

에서 수행하였다.

### 2) 채취지점수(측정지점수)

대상시설의 측정지점은 2개소 이상으로 하는 것을 원칙으로 하였으며, 건물의 규모와 용도에 따라 불가피한 경우에는 측정지점을 3곳에서 시료채취를 하여 분석 하였다.

### 3) 채취시간

시료채취는 주간시간대 오전 8시~오후 7시에 실시하는 것을 원칙으로 하였다.

## 3. 시료분석방법

측정방법 및 시료분석은 현재 제정 공포된 실내 공기질 공정시험방법을 근거로 하여 측정 분석 하였다. 대상시설에서의 오염물질별 시료채취방법 및 채취시간은 표 2와 같다.

**Table 2. Sampling method and equipments**

| Pollutants            | Method                               | Sampling method & Equipment  |
|-----------------------|--------------------------------------|--|
| HCHO                  | Catridge(DNPH-Coated C18 Catridge)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampling rate 1,000 mL/min, sampling time 30 min</li> <li>• Sampling time between AM 11 and PM 15</li> <li>• HPLC-UV(360 nm)</li> <li>• Model : FP-30, SIBATA-MPΣ100</li> </ul>                             |
| PM10 <sup>1)</sup>    | Mini volume Air Sampling Method      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampling rate 5 mL/min, sampling time 8 hr</li> <li>• Sampling time between AM 10 and PM 19</li> <li>• Model : AIR metrics Mini volume Air Sampler</li> </ul>   |
| CO<br>CO <sub>2</sub> | NDIR(Non Dispersive Infrared method) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampling rate 1,000 mL/min, sampling time 1 hr</li> <li>• Sampling time between AM 11 and PM 15</li> <li>• Model : ECOTECH</li> </ul>   |
| TVOC                  | GC/MS<br>Thermal desorption          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampling rate 100 mL/min, sampling time 30 min</li> <li>• Sampling time between AM 11 and PM 15</li> <li>• Model : SIBATA-MPΣ30, Tenax tube(Perkin Elmer) GC-2010(SIMADZU),GC/MS-QP2010(SIMADZU)</li> </ul> |
| NO <sub>2</sub>       | Chemiluminescence Method             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampling rate 1,000 mL/min, sampling time 1 hr</li> <li>• Sampling time between AM 11 and PM 15</li> <li>• Model : ECOTECH</li> </ul>   |
| TBC <sup>2)</sup>     | Impaction Method                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampling rate 28.3 L/min, sampling time 10 min</li> <li>• Sampling time between AM 11 and PM 15</li> <li>• Model : Gast Pump/Single stage/N6</li> </ul>   |
| Rn                    | Silicon DetectorMethod               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampling time between AM 11 and PM 15</li> <li>• Model : RAD7(Duridge)</li> </ul>   |

<sup>1)</sup> PM10 was sampled during 24 hours in subway stations and underground markets linked to subway stations.

<sup>2)</sup> Total bacteria counts.

## 결과 및 고찰

### 1. 오염물질별 분포특성

전체 대상시설의 실내에서 측정된 오염물질별 평균농도, 최대, 최소 및 표준편차는 표 3과 같다.

### 2. 대상 시설군별 오염물질 분포특성

8가지 오염물질을 15개 대상시설별로 분류하여 오염분포 특성을 표 4에 나타내었다. 그림 1은 각 대상시설에 대하여 오염물질별 기준 초과율(Exceeding rate)을 구하고 이를 상자도표로 나타내었다. 기준 초과율은 대상시설에 따른 오염물질 분포특성을 알기쉽게 표현하기 위해 각각의 측정결과치를 대상시설별로 설정된 다중이용관리법상의 기준치(표 5, 6)로 나누어 나타낸 것이다.

$$\text{Exceeding rate} = \text{측정오염도} / \text{시설별 기준치}$$

즉 기준 초과율(Exceeding rate)은 기준치에 대한 상대적 초과정도를 나타내며 1보다 큰 경우 기준치를 초과한 것이다.

이를 바탕으로 대상시설별 주요 오염물질을 표 7에 나타내었다. 주요 오염물질은 최대값 또는 75percentile이 기준 초과율 1을 초과한 경우를 기준으로 하여 선정하였다. 여기서 의료기관과 노인의료시설 그리고 버스여객터미널과 철도역사 대합실은 같은 오염패턴을 보이므로 같은 시설군에

포함하여 나타내었다. 실내주차장의 경우 TVOC, PM10, CO<sub>2</sub>가 주요오염물질임을 알수가 있다. 이것은 실내주차장의 주요오염원이 자동차 배가스인 것과 상관성이 있다. 특히 실내주차장의 NO<sub>2</sub> 기준은 0.3 ppm으로서 다른 시설군의 0.05 ppm기준보다 높기 때문에 평균은 높으나 기준초과율에서 적은 수치를 보이고 있다. 지하역사의 경우 PM10, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Rn, TVOC이 주요오염물질인데 특히 PM10, Rn 그리고 NO<sub>2</sub>가 지하역사의 주요오염특성을 보여주고 있다. 찜질방의 경우 PM10, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, TVOC가 주요오염물질인데 찜질방내부의 내부리모델링과 관련된 TVOC, 취사나 난방에 의한 CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>등의 연소가스와 관련이 있는 것으로 판단된다. 대규모점포의 경우 PM10, CO<sub>2</sub>, HCHO, NO<sub>2</sub>, TVOC, 의료기관의 경우 PM10, CO<sub>2</sub>, TBC, NO<sub>2</sub>, TVOC, 도서관의 경우 CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, TVOC, 미술관-박물관의 경우 HCHO, TVOC, 버스터미널 여객실과 철도역사 대합실 경우 PM10, CO<sub>2</sub>가 주요오염물질인 것으로 나타나고 있다.

오염물질별 주요 오염시설군을 살펴보면 PM10은 지하역사, 보육시설, 버스여객터미널, HCHO는 박물관, 미술관, 산후조리원, 지하상가, CO<sub>2</sub>는 지하상가, 보육시설, CO는 실내주차장, 지하상가, 버스여객터미널, TVOC는 산후조리원, TBC는 의료기관, 보육시설 Rn은 박물관, 실내주차장, 지하역사, 도서관 NO<sub>2</sub>는 지하상가에서 주로 발생하고 있음을 알 수 있다. 특히 산후조리원의 경우 권고

**Table 3.** Total concentrations of 8 indoor air pollutants

|                                  | Maximum value | Minium value | Mean value | Standard deviation | No. of Samples(n) |
|----------------------------------|---------------|--------------|------------|--------------------|-------------------|
| PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 266.1         | 17.0         | 66.9       | 32.7               | 874               |
| HCHO( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 290.0         | 12.0         | 17.3       | 20.3               | 874               |
| CO <sub>2</sub> (ppm)            | 1447.5        | 412.5        | 603.9      | 123.8              | 874               |
| CO(ppm)                          | 12.50         | 0.05         | 1.55       | 1.59               | 874               |
| TVOC( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 6095.1        | 106.9        | 431.5      | 902.3              | 228               |
| NO <sub>2</sub> (ppm)            | 0.150         | 0.005        | 0.043      | 0.027              | 228               |
| TBC(CFU/ $\text{m}^3$ )          | 1565.2        | 156.6        | 554.8      | 310.9              | 112               |
| Rn(pCi/L)                        | 3.60          | 0.10         | 0.49       | 0.40               | 228               |

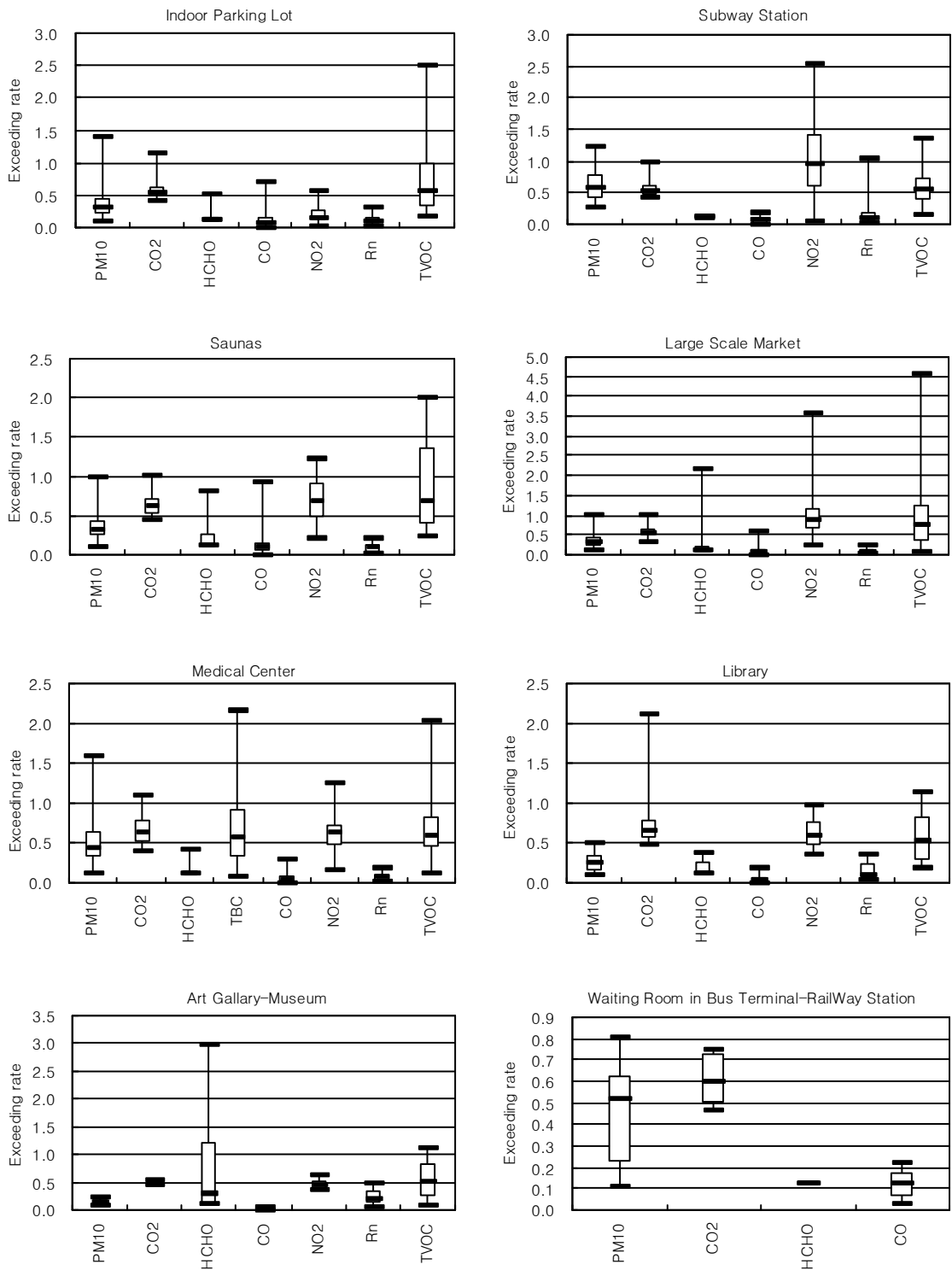
기준인 대상시설이 1군데로서 대표성은 없으나 축한점과 산후조리원의 밀폐적 특성에 의해 높은 TVOC 6095.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , HCHO  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로서 최근 신 오염도를 나타내고 있다.

**Table 4.** Distribution of concentration for each public facilities in Seoul

|                                | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |      | HCHO<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |       | CO <sub>2</sub><br>(ppm) |       | CO<br>(ppm) |      | TVOC<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |       | TBC<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) |       | Rn<br>(pCi/L) |      | NO <sub>2</sub><br>(ppm) |       |
|--------------------------------|--------------------------------------|------|--------------------------------------|-------|--------------------------|-------|-------------|------|--------------------------------------|-------|-----------------------------|-------|---------------|------|--------------------------|-------|
|                                | Mean                                 | S·D  | Mean                                 | S·D   | Mean                     | S·D   | Mean        | S·D  | Mean                                 | S·D   | Mean                        | S·D   | Mean          | S·D  | Mean                     | S·D   |
| Indoor parking Lot             | 64.2                                 | 35.3 | 12.7                                 | 3.2   | 556.2                    | 100.6 | 2.10        | 2.04 | 548.2                                | 994.0 | -                           | -     | 0.50          | 0.23 | 0.049                    | 0.035 |
| Subway stations                | 91.5                                 | 27.6 | 12.7                                 | 0.2   | 534.5                    | 70.8  | 0.70        | 0.46 | 287.5                                | 140.4 | -                           | -     | 0.45          | 0.68 | 0.047                    | 0.026 |
| Saunas                         | 50.3                                 | 23.7 | 12.8                                 | 15.1  | 614.1                    | 111.4 | 1.05        | 1.24 | 337.7                                | 528.0 | -                           | -     | 0.40          | 0.23 | 0.033                    | 0.013 |
| Large-scale Market             | 49.9                                 | 22.7 | 12.8                                 | 30.6  | 576.8                    | 115.9 | 0.80        | 0.95 | 385.1                                | 395.6 | -                           | -     | 0.40          | 0.24 | 0.045                    | 0.029 |
| Medical Centers                | 46.1                                 | 24.5 | 12.7                                 | 4.3   | 671.2                    | 144.9 | 0.60        | 0.43 | 263.4                                | 116.1 | 414.7                       | 315.8 | 0.30          | 0.13 | 0.032                    | 0.012 |
| Libraries                      | 39.6                                 | 15.2 | 12.9                                 | 7.1   | 648.1                    | 270.3 | 0.50        | 0.51 | 332.5                                | 178.0 | -                           | -     | 0.50          | 0.42 | 0.030                    | 0.009 |
| Museums                        | 27.2                                 | 6.1  | 38.4                                 | 120.0 | 477.1                    | 25.1  | 0.20        | 0.25 | 441.9                                | 187.1 | -                           | -     | 0.80          | 0.50 | 0.022                    | 0.005 |
| Funeral Houses                 | 29.1                                 | 10.2 | 12.8                                 | 0.2   | 611.3                    | 148.7 | 0.75        | 0.33 | 276.1                                | -     | -                           | -     | 0.10          | -    | 0.020                    | -     |
| Underground Markets            | 65.4                                 | 21.3 | 23.6                                 | 14.2  | 829.0                    | 225.9 | 1.45        | 0.69 | 285.6                                | 29.6  | -                           | -     | 0.30          | 0.14 | 0.069                    | 0.042 |
| Childcare Centers              | 89.1                                 | 21.7 | 12.6                                 | 0.1   | 736.9                    | 43.4  | 0.90        | 0.21 | -                                    | -     | 1034.3                      | 16.7  | -             | -    | -                        | -     |
| Medical Center for Elders      | 45.8                                 | 65.5 | 12.7                                 | 0.2   | 600.1                    | 82.4  | 0.40        | 1.04 | 280.3                                | 245.2 | 493.6                       | 134.6 | 0.45          | 0.49 | 0.023                    | 0.018 |
| Waiting room in Bus Terminals  | 89.6                                 | 39.3 | 12.6                                 | 0.1   | 581.8                    | 91.3  | 1.80        | 0.61 | 265.8                                | -     | -                           | -     | 0.30          | -    | 0.056                    | -     |
| Maternity Recuperation Centers | 37.8                                 | 29.3 | 26.3                                 | 12.4  | 635.2                    | 188.3 | 0.55        | 0.21 | 6095.1                               | -     | 450.7                       | 74.0  | 0.20          | -    | 0.012                    | -     |
| Railway Stations               | 48.3                                 | 42.1 | 12.6                                 | 0.3   | 609.5                    | 183.9 | 0.80        | 0.71 | -                                    | -     | -                           | -     | -             | -    | -                        | -     |
| Art Galleries                  | 21.0                                 | -    | 29.9                                 | -     | 463.8                    | -     | 0.60        | -    | 138.7                                | -     | -                           | -     | 1.4           | -    | 0.021                    | -     |

**Table 5.** Control standards

| Public facilities  | Pollutants | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | CO <sub>2</sub><br>(ppm) | HCHO<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | TBC<br>(CFU/ $\text{m}^3$ ) | CO<br>(ppm) |
|--|------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Subway stations, Underground Markets, Waiting room in Bus Terminals and Railway Stations(area above 2000 m <sup>2</sup> ), Libraries, Museums and Art Galleries(area above 3000 m <sup>2</sup> ), Funeral Houses and Saunas(area above 1000 m <sup>2</sup> ), Large-scale Market |            | 150 or less                          |                          |                                      |                             | 10 or less  |
| Medical Centers(area above 2000 m <sup>2</sup> or no of sick room above 100), Childcare Centers(area above 1000 m <sup>2</sup> ), Medical Center for Elders(area above 100 or less above 1000 m <sup>2</sup> ), Maternity Recuperation Centers (area above 500 m <sup>2</sup> )  |            |                                      | 1,000 or less            | 120 or less                          |                             | 800 or less |
| Indoor parking Lot(area above 2000 m <sup>2</sup> )  |            | 200 or less                          |                          |                                      |                             | 25 or less  |



**Fig. 1.** Exceeding rate of eight-Pollutants in each Public Facilities. Boxes indicate 25th, 50th, 75th percentiles, bars, maximum, minimum.

**Table 6. Recommended standards**

| Public facilities   | Pollutants | NO <sub>2</sub> (ppm) | Rn(pCi/L)   | TVOC( $\mu$ g/m <sup>3</sup> ) | Asbestos (unit/cc) | O <sub>3</sub> (ppm) |
|---|------------|-----------------------|-------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|
| Subway stations, Underground Markets · Waiting room in Bus Terminals and Railway Stations(area above 2000 m <sup>2</sup> ), Libraries · Museums and Art Galleries (area above 3000 m <sup>2</sup> ), Funeral Houses and Saunas(area above 1000 m <sup>2</sup> ), Large-scale Market |            | 0.05 or less          |             | 500 or less                    |                    | 0.06 or less         |
|   |            |                       | 4.0 or less |                                | 0.01 or less       |                      |
| Medical Centers(area above 2000 m <sup>2</sup> or no of sick room above 100), Childcare Centers (area above 1000 m <sup>2</sup> ), Medical Center for Elders(area above 1000 m <sup>2</sup> ), Maternity Recuperation Centers(area above 500 m <sup>2</sup> )                       |            |                       |             | 400 or less                    |                    |                      |
| Indoor parking Lot(area above 2000 m <sup>2</sup> )   |            | 0.30 or less          |             | 1,000 or less                  |                    | 0.08 or less         |

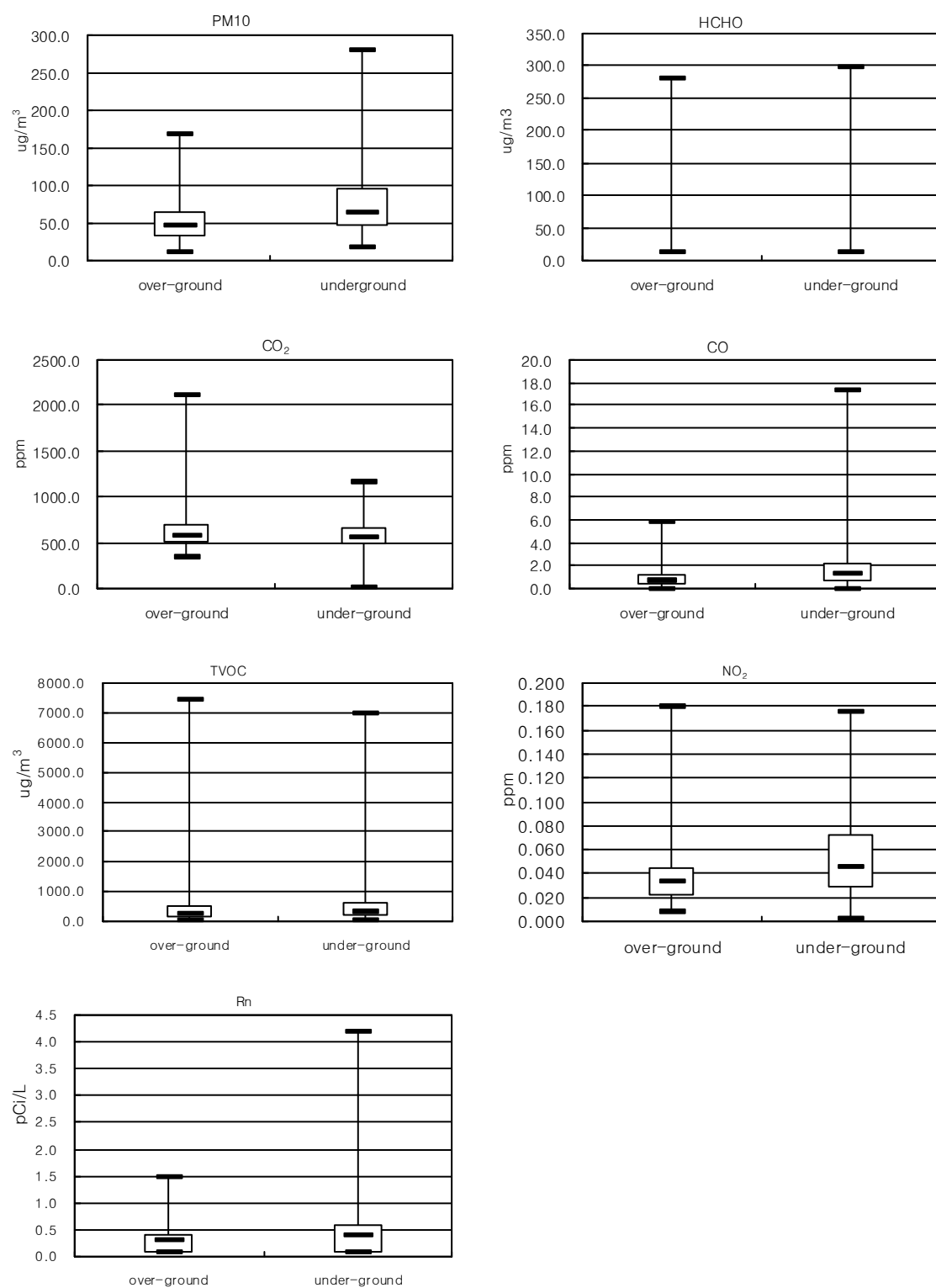
**Table 7. Main Pollutants in each Public Facility**

| Public facilities                               | Main Pollutants                                      |
|---|--|
| Indoor parking Lot                              | PM10, CO <sub>2</sub> , TVOC                         |
| Subway stations                                 | PM10, CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , Rn, TVOC   |
| Saunas  | PM10, CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , TVOC       |
| Large-scale Market                              | PM10, CO <sub>2</sub> , HCHO, NO <sub>2</sub> , TVOC |
| Medical Centers-Medical Center for Elders       | PM10, CO <sub>2</sub> , TBC, NO <sub>2</sub> , TVOC  |
| Libraries                                       | CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , TVOC             |
| Art Galleries-Museums                           | HCHO, TVOC   |
| Waiting room in Bus Terminals -Railway Stations | PM10, CO <sub>2</sub>                                |

**3. 지상 및 지하공간에서의 분포특성**

전대상시설의 측정결과를 지상-지하로 나누고 오염물질별 농도분포와 평균비교 결과를 표 8과 그림 2에 나타내었다. 평균비교 결과 PM10, CO, TVOC, NO<sub>2</sub>, Rn은 지상보다 지하공간에서 높고 TVOC를 제외한 경우 모두 유의성 있는 결과를 보이고 있다. 그러나 HCHO, CO<sub>2</sub>의 경우는 지하공간보다 지상공간에서 더 높은 결과를 보이고 있다. TBC의 경우 의료기관, 노인의료시설, 보육시설, 산후조리원을 대상으로 측정하였고 지하

공간에서는 이용시설이 없기 때문에 지하공간에서의 측정자료가 없어 비교대상에서 제외하였다. HCHO box-plot의 경우 지상공간의 최소 25, 50, 75percentile값이 각각 12.2, 12.6, 12.7, 12.9 이고 지하공간의 최소 25, 50, 75percentile값이 각각 12.0, 12.5, 12.7, 12.8으로 매우 근소한 차이를 보이고 있는데 이는 신축이나 리모델링이 없는 대부분의 다중이용시설에서 HCHO의 배출이 없기 때문인 것으로 판단된다.



**Fig. 2.** Box-plots of measurements for over and under ground stairs in buildings.



**Table 8.** Comparisons of Concentrations between over and under ground stairs in buildings

|                                  | Maximum |        | Minium |       | Mean  |       | Standard deviation |       | p-Value   |
|----------------------------------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-----------|
|                                  | Over    | Under  | Over   | Under | Over  | Under | Over               | Under |           |
| PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 168.9   | 279.7  | 11.8   | 16.8  | 53.9  | 74.3  | 29.1               | 37.6  | 5.783E-18 |
| HCHO( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 280.7   | 299.4  | 12.2   | 12.0  | 19.6  | 16.1  | 26.3               | 17.5  | 0.036     |
| CO <sub>2</sub> (ppm)            | 2121.0  | 1161.0 | 348.0  | 17.0  | 627.0 | 591.0 | 168.0              | 125.0 | 0.001     |
| CO(ppm)                          | 5.90    | 17.40  | 0.05   | 0.05  | 0.86  | 1.90  | 0.77               | 1.98  | 9.670E-27 |
| TVOC( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 7445.0  | 6967.1 | 41.5   | 73.1  | 464.1 | 567.9 | 880.8              | 754.0 | 0.353     |
| NO <sub>2</sub> (ppm)            | 0.180   | 0.176  | 0.008  | 0.003 | 0.035 | 0.052 | 0.021              | 0.030 | 2.285E-06 |
| Rn(pCi/L)                        | 1.5     | 4.2    | 0.1    | 0.1   | 0.4   | 0.5   | 0.3                | 0.5   | 0.003     |

\* p < 0.05.

## 결론

2007년 3월부터 12월까지 서울시에 위치한 874개의 대상시설에서 4292개의 측정자료물 8개의 오염물질과 15개 다중이용시설군으로 분류하여 분석하였다.

- 1) 전체대상시설중 PM10은  $66.9 \pm 32.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , HCHO는  $17.3 \pm 20.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , CO<sub>2</sub>는  $603.9 \pm 123.8 \text{ ppm}$ , CO는  $1.55 \pm 1.59 \text{ ppm}$ , 총부유세균은  $554.8 \pm 310.9 \text{ CFU}/\text{m}^3$ , TVOC는  $431.5 \pm 902.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , NO<sub>2</sub>는  $0.043 \pm 0.027 \text{ ppm}$ , Rn은  $0.49 \pm 0.40 \text{ pCi}/\text{L}$ 의 농도 분포를 보이고 있다.
- 2) 시설군별 오염물질의 분포특성을 파악하기 위해 오염도를 해당 오염물질의 기준치로 나눈 기준초과율을 구하였다. 그결과 실내주차장은 TVOC, PM10, CO<sub>2</sub>, 지하역사는 PM10, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Rn, TVOC, 찜질방은 CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, TVOC. 대규모점포는 CO<sub>2</sub>, HCHO, NO<sub>2</sub>, TVOC, 의료기관은 PM10, CO<sub>2</sub>, TBC, NO<sub>2</sub>, TVOC, 도서관은 CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, TVOC, 미술관-박물관은 HCHO, TVOC, 버스터미널 여객실과 철도역사 대합실은 PM10, CO<sub>2</sub>가 주요오염물질인 것으로 나타나고 있다.

- 3) 오염물질별 주요 오염시설군을 살펴보면 PM10은 지하역사, 보육시설, 버스여객터미널, HCHO는 박물관, 미술관, 산후조리원, 지하상가, CO<sub>2</sub>는 지하상가, 보육시설, CO는 실내주차장, 지하상가, 버스여객터미널, TVOC는 산후조리원, TBC는 의료기관, 보육시설 Rn은 박물관, 실내주차장, 지하역사, 도서관 NO<sub>2</sub>는 지하상가에서 문제가 되고 있음을 알 수 있다.
- 4) 전체 대상시설을 측정위치에 따라 지상과 지하로 나누어 오염도의 차이를 분석한 결과 PM10, CO, TVOC, NO<sub>2</sub>, Rn은 지상보다 지하공간에서 높고 HCHO, CO<sub>2</sub>의 경우는 지하공간보다 지상공간에서 더 높은 결과를 보이고 있다. 이는 대체적으로 지하공간에서의 오염도가 지상공간보다 높은 것을 반영하고 있다.
- 5) 위의 결과들은 많은 측정자료를 바탕으로 하고있기 때문에 전반적인 실내공간의 공기질을 알려주고 있다고 할 수 있다. 그러나 실내공간의 오염도는 실내발생원, 실외오염물질의 유입, 환기조건, 건물의 구조에 따라 결정되므로 보다 신뢰있는 시설군별 주요 오염물질의 확인, 지상-지하공간의 오염도 차이등은 대상시설별 추가적인 정밀한 분석이 필요하다.

## 참고문헌

1. 김윤신 : 대기오염개론. 동화기술, p330~347, 2000.
2. 환경부 : 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구. p91~115, 2002.
3. 환경부 : 실내공기질 공정시험방법. p63~170, 2004.
4. 김운수 : 서울시 다중이용시설 실내공기질 실태조사 및 관리방안 연구. 서울시정개발연구원, p 94~130, 2004.
5. 김윤신, 노영만, 홍승철, 이철민, 전형진, 김종철, 조정현 : 다중이용시설에서의 실내공기질 조사. 한국실내환경학회, 1(2):144~155, 2005.
6. 손종렬, 이용식, 김종혁, 윤승욱, 김운수 : 서울시 일부 다중이용시설 및 공동주택 실내공기질 실태조사. 한국실내환경학회, 2:272~276, 2005.
7. 손부손, 전용택, 양호원, 이종대, 정용택 : 서울지역 일부 보육시설 실내공기중 휘발성유기화합물(VOCs)의 농도분포 특성. 한국실내환경학회, 2:268~271, 2005.
8. 이정재, 김상희, 박종순, 조매인 : 신축공동주택에서의 알데히드류 발생특성 조사. 한국실내환경학회, 2:277~280, 2005.
9. Nicolas L, Mireille G, David J, Stan J and Chan C : Levels and determinants of formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein in residential indoor air in Prince Edward Island, Canada. Environmental Research, 99:11~17, 2005.
10. Yun Z, Bin C, Yanli G, Feifei P and Jinling Z : Indoor air environment of residential building in Dalian, China. Energy and Building, 36:235~239, 2004.
11. Wadden RA and Scheff PA : Indoor air pollution. John Wiley & Sons, N.Y.