

## 경기도 북부지역 아파트의 지하주차장 실내공기질 변동 특성

박현구<sup>†</sup> · 정연훈 · 김병록 · 김진길 · 신형순 · 이상수 · 오조교  
경기도보건환경연구원 북부지원

### The Characteristics of Indoor Air Quality Variation in Underground Parking Lots of Apartments located in Northern Gyeonggi Province

Hyun-Ku Park<sup>†</sup>, Yeon-Hoon Jung, Byeong-Lok Kim, Jin-gil Kim,  
Hyung-Soon Shin, Sang-Soo Lee and Jo-Kyo Oh  
Gyeonggi-do Institute of Health & Environment

#### ABSTRACT

**Objectives:** The study examined indoor air quality during daytime and commute times in underground parking lots in five apartments located in northern Gyeonggi province.

**Methods:** This study examined the temporal characteristics of PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, HCHO and VOCs in the indoor air quality of the underground parking lots in five apartments.

**Results:** PM<sub>10</sub> concentration in daytime were ranged from 37.4 to 69.9 µg/m<sup>3</sup> which complied with the indoor air quality maintenance standard (200 µg/m<sup>3</sup>) and Gyeonggi province ordinance standard (180 µg/m<sup>3</sup>). However PM<sub>10</sub> concentrations in commuting time were in range of 447.3~944.0 µg/m<sup>3</sup> that exceeded for both criteria. The CO<sub>2</sub>, CO and HCHO concentrations complied with the standard. The VOCs indicated high tendency in the order of toluene, xylene, ethylbenzene and benzene. This tendency was more apparent in commuting time than daytime.

**Conclusion:** All indoor parking lots of five apartments were equipped with ventilators. However the most apartment residents did not operate blowers to save electricity and the lack of interest for indoor air quality. In order to improve the indoor air quality of underground parking lots in apartment, operating ventilation system during commuting time is recommended.

**Keywords:** PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, HCHO, VOCs

## I. 서 론

한국인은 1일 중 20시간 이상을 실외 보다는 실내에서 생활하고 있는 것으로 보고되고 있다.<sup>1)</sup> 이렇게 많은 시간을 보내는 실내공간에서의 실내공기질 오염문제는 우리의 일상생활과 건강에 직접적으로 큰 영향을 미치고 있다. 특히 입자상 물질은 천식, 폐질환 등 호흡기 관련질환과 심혈관 질환의 발생위험을 높이는 것

으로 보고되고 있다.<sup>2)</sup>

1980년대 이전부터 실내오염물질이 건강에 미치는 영향의 중요성을 인식하여 여러 가지 실내 오염물질에 대한 규제와 관리가 미국 환경청(EPA) 등 선진국을 중심으로 진행되어 오고 있다. 또한 1990년대 들어 EPA는 환경문제해결을 위한 우선 추진과제를 조정하면서 실내공기질에 대한 연구를 적극 권장·지원함으로써 실내공기질 관리의 중요성이 부각되었다.<sup>3)</sup> 우리나라는

<sup>†</sup>Corresponding author: Gyeonggi-do Institute of Health & Environment, Gyeonggi-do, Uijeongbu, Republic of Korea, Tel: +82-31-8030-5962, Fax: +82-31-8030-5969, E-mail: ddd99@gg.go.kr  
Received: 02 May 2018, Revised: 25 May 2018, Accepted: 18 June 2018

2004년 5월 국민의 건강증진과 실내공기질을 보다 쾌적하게 확보하기 위해 [다중이용시설 등의 실내공기질 관리법]을 제정·시행하였고, 실내주차장을 포함한 일정 규모이상의 다중이용시설들을 관리대상으로 규정하고 있다.<sup>4)</sup>

이 중 실내주차장은 대기오염의 주요 원인으로 지적되어 온 자동차가 한정된 밀폐공간을 출입을 반복하면서 발생하는 배기가스로 인해 주요 실내공기오염 공간이 되고 있다. 특히 아파트의 지하주차장은 매일 2회 이상 출입하여야 하는 생활공간의 일부이나 대규모 점포나 빌딩의 실내주차장과 달리 관리가 부실한 실정이다.<sup>5)</sup>

아파트의 지하주차장은 1980년대 후반부터 건설되기 시작하였으며 신도시 개발이 보편화되고 1991년에 주택건설기준 등에 관련 규정이 제정되면서 새로운 주차공간으로 활용되었다. 또한 1994년 관련 규정이 개정되면서 지하주차장 의무비율이 확대되어 지상 주차장

의 면적이 축소되고 조경 녹지공간의 확보 비율이 높아짐으로써 공동주택 단지 주차장의 지하화가 가속화되었다. 특히 최근 건설되는 아파트 단지들은 지상의 공간을 보행자나 입주민을 위한 공원으로 활용하고 주차공간은 지하에만 설치하여 대규모화 되고 있어 실내공기질 관리를 위한 대책이 필요하다 하겠다.<sup>6)</sup>

경기도는 실내공기질의 중요성을 인식하여 환경상의 위해를 예방하고자 2006년부터 조례로 실내주차장 중 미세먼지와 일산화탄소의 기준을 국가기준보다 PM<sub>10</sub>은 200 µg/m<sup>3</sup>에서 180 µg/m<sup>3</sup>으로, CO는 25 µg/m<sup>3</sup>에서 20 µg/m<sup>3</sup>으로 강화하여 시행하고 있다.<sup>7)</sup>

따라서 본 연구는 경기도 북부지역에 있는 아파트 단지 지하주차장에 대한 실내공기질을 조사하여 오염 정도를 파악하고 개선을 위한 정책방안 마련에 있어 유용한 자료로 제공하고자 한다.

**Table 1.** The national and Gyeonggi-provincial ordinance maintenance criteria of indoor air quality for underground parking lot

Item Standard	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO (µg/m <sup>3</sup> )	TBC (CFU/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)
National	200	1,000	100	-	25
Gyeonggi-do	180	1,000	100	-	20

**Table 2.** The sample collection method for each of selected points

APT Type	Times	Sampling time	Site	The number of households (Parking area)	Number of car	The number of ventilation
A	No.1	AM11:00~	1st Basement	943 (25,921m <sup>2</sup> )	1127	105
	No.2	PM5:00				
B	No.3	AM11:00~	1st Basement	814 (22,586 m <sup>2</sup> )	982	96
	No.4	PM5:00				
C	No.5	AM11:00~	1st Basement	513 (14,444 m <sup>2</sup> )	628	71
	No.6	PM5:00				
D	No.7	AM11:00~	1st Basement	631 (14,513 m <sup>2</sup> )	857	79
	No.8	PM5:00				
E	No.9	AM06:00~	1st Basement 2nd Basement	712 (21,597 m <sup>2</sup> )	939	1st Basement
	No.10	AM12:00,				
	No.11	PM6:00~				
	No.12	PM12:00				2nd Basement
	1st point	AM6:00~ AM12:00				
	2nd point	AM12:00~ PM6:00				
	3rd- 6point	PM6:00~ PM12:00	88			

## II. 연구대상 및 방법

### 2.1. 시료채취 및 측정 물질

본 연구는 2017년 3월부터 11월까지 경기북부지역에 있는 다중이용시설 중 5개 아파트 30개 지점에 대하여 지하주차장을 대상으로 낮 시간대와 출퇴근시간대로 분리하여 실내공기질의 농도특성을 조사하였다.

연구대상물질은 Table 1과 같이 지하주차장 실내공기질 중 경기도기준항목으로 오염물질 4항목 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO), 폼알데하이드(HCHO)와 휘발성유기화합물(VOCs)의 농도분포를 조사하였다.

#### 2.1.1. 대상시설 선정 및 시료채취방법

Table 2는 측정지점과 시료채취 방법으로써 대부분의 아파트가 1,000세대 미만으로 300~700세대가 가장 많고, 주차장 출입구가 2개 이하일 때 시료의 대표성

이 가장 좋은 것으로 판단되어 5개 아파트를 선정하였으며, 대상시설 중 낮 시간대에 4개 아파트를 2회씩 선정하고, 대표성이 가장 높은 1개 아파트를 선정하여 낮 시간대에 4회 연속 측정하였으며, 또한 지하 1층과 지하 2층을 24시간 연속 측정하였다.

측정지점은 진출입로 10 m 반경 안에서 차량출입에 영향을 가장 많을 것으로 예상되는 지점을 선정하였다.

### 2.2. 분석방법

시료채취 및 분석방법은 환경부의 [실내공기질공정시험기준] 상의 시험방법을 이용하여 실시하였다.<sup>8)</sup> Table 3는 tenax tube에 30분간 포집하여 VOCs를 측정할 때 GC (MSD) 분석 조건이며, Table 4는 DNPH 카트리지에 1.0 mL/min 30분간 포집하여 formaldehyde 측정할 때 분석 조건이다.

PM<sub>10</sub> (Microvol-1100 low flow-rate air sampler, ECOTECH, Austria)은 유량 3 L/min로 6시간 동안 측정하여 무게 차로 농도를 계산하고, CO 및 CO<sub>2</sub>

**Table 3.** The operating condition of GC(MSD) for VOCs compounds

Parameter	Value
TD	Unity Air Server/Ultra (Markes)
Model	CP 3800 (Varian)
Column	VF-1ms (60 m * 0.25 * 1 um)
Column flow	He: 1.0 mL/min
Initial temp.	40°C (5 min)
Oven ramp rate	5°C/min
Oven holding temp.	180°C (5 min)
Oven ramp rate	20°C/min
Final temp.	250°C (3 min)
Injector temp.	150°C
Detector	Type: Quadropole, Trap: 150°C, Manifold: 50°C, Xferlines: 170°C

**Table 4.** The operating condition for HPLC for formaldehyde compound

Parameter	Value
Model	ACQUITY UPLC (USA)
Column	waters CORTECS®18 (4.6 * 100 mm)
Column Temp.	40°C
Detector	UV
Wavelength	360 nm
Sample injector volume	1.2 µL
Pump	2610 psi
Eluent	Acetonitrile 55 (V %)
Eluent Flow	0.25 mL/min

(Graywolf sensing solutions trumbull, IQ-610extra, USA)는 5분 간격으로 1시간 동안 연속측정을 실시하였다.

### III. 결 과

#### 3.1. 낮 시간대 아파트 지하주차장의 실내공기질 오염농도 변화

Table 5는 낮 시간대의 아파트 지하주차장 실내공기

를 아파트별(A, B, C, D)로 2회씩 분석한 결과이다. 측정결과 PM<sub>10</sub> 37.4~69.9 µg/m<sup>3</sup>, CO 2.0~4.7 ppm, CO<sub>2</sub> 369.0~435.0 ppm, HCHO 10.8~25.2 µg/m<sup>3</sup>로 낮 시간대의 계절별 변화는 별로 없었으며 모든 항목이 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법에서 제시하는 기준을 초과하지 않았다.

Table 6은 낮 시간대의 아파트 지하주차장 VOCs (volatile organic compounds)의 결과와 세부항목별 농

**Table 5.** The quarterly concentration of target compounds in indoor air quality of apartment underground parking lots during daytime

Site	Item	Collection time (month)	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO (µg/m <sup>3</sup> )
No. 1		3	42.9	4.7	424.0	22.0
No. 2		3	46.9	2.6	385.0	14.8
No. 3		6	42.7	2.9	395.0	25.2
No. 4		6	37.4	4.6	369.0	20.9
No. 5		9	69.6	2.7	410.0	10.8
No. 6		9	52.6	3.6	423.0	16.8
No. 7		11	54.3	2.0	382.0	15.2
No. 8		11	63.4	2.7	435.0	14.0
	Max		69.9	4.7	435.0	25.2
	Min		37.4	2.0	369.0	10.8
	Mean		51.2	3.2	402.3	17.5
	MDL		-	-	-	0.218
	LOQ		-	-	-	0.695
	STDEV		11.0	1.0	23.6	4.8

**Table 6.** The concentration of VOCs in indoor air quality of apartment underground parking lots during daytime

Site	Item	Toluene (µg/m <sup>3</sup> )	Xylene (µg/m <sup>3</sup> )	Ethylbenzene (µg/m <sup>3</sup> )	Benzene (µg/m <sup>3</sup> )	VOCs (µg/m <sup>3</sup> )
No. 1		64.6	22.5	11.6	7.5	106.2
No. 2		156.8	52.9	22.0	10.1	241.8
No. 3		62.0	20.0	12.0	7.9	101.9
No. 4		132.3	40.2	21.0	7.7	201.2
No. 5		83.2	35.5	37.0	7.9	163.6
No. 6		127.7	52.6	51.4	7.8	239.5
No. 7		91.0	45.3	46.7	10.9	193.9
No. 8		143.7	76.8	90.4	11.5	322.4
	Max.	156.8	76.8	90.4	11.5	322.4
	Min.	62.0	20.0	11.6	7.5	106.2
	Mean	107.7	43.2	36.5	8.9	196.3
	STDEV	36.9	18.3	26.5	1.6	73.6
	LOQ	1.648	2.957	0.568	2.171	1.348

**Table 7.** The quarterly concentration of target compounds in indoor air quality of apartment underground parking lot during commuting time

Site	Item	collection time (month)	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO (μg/m <sup>3</sup> )
No. 9		3	914.0	3.2	500.5	12.5
No. 10		6	555.6	8.0	475.0	13.5
No. 11		9	448.5	7.9	446.0	18.1
No. 12		11	447.3	11.3	467.0	17.0
	Max.		914.0	11.3	500.5	18.1
	Min.		447.3	3.2	446.0	12.5
	Mean		591.4	7.6	472.1	14.1
	STDEV		221.0	3.3	22.5	2.7

**Table 8.** The quarterly concentration of VOCs in indoor air quality of apartment underground parking lot during commuting time

Site	Item	Toluene (μg/m <sup>3</sup> )	Xylene (μg/m <sup>3</sup> )	Ethylbenzene (μg/m <sup>3</sup> )	Benzene (μg/m <sup>3</sup> )	VOCs (μg/m <sup>3</sup> )
No. 9		190.6	94.4	84.9	11.9	381.8
No. 10		181.9	80.3	66.0	13.8	342.0
No. 11		152.4	62.0	54.7	11.4	280.5
No. 12		159.1	59.0	50.8	11.2	280.1
	Max.	190.6	94.4	84.9	13.8	381.8
	Min.	152.4	59.0	50.8	11.2	280.1
	Mean	171.0	73.9	64.1	12.1	321.1
	STDEV	18.2	16.6	15.3	1.2	49.8
	LOQ	1.648	2.957	0.568	2.171	1.348

도결과이다. 세부항목 측정결과 toluene 62.0~156.8 μg/m<sup>3</sup>, xylene 20.0~76.8 μg/m<sup>3</sup>, ethylbenzene 11.6~90.4 μg/m<sup>3</sup>, benzene 7.5~11.5 μg/m<sup>3</sup>로 나타났다.

또한 VOCs는 106.2~322.4 μg/m<sup>3</sup>로 기준 1,000 μg/m<sup>3</sup> 보다는 낮게 나타났으며 계절별로도 큰 변화는 없는 것으로 나타났다.

### 3.2. 1개 아파트(E) 지하주차장의 계절별 출퇴근 시간대 실내공기질 오염농도 변화

Table 7-8은 계절별로 아파트(E)에 대한 지하주차장 실내공기 오염물질의 출근시간대 값과 퇴근시간대 값을 더해 평균값으로 나타내었다.

측정결과 PM<sub>10</sub>은 447.3~914.0 μg/m<sup>3</sup>로 봄에 가장 높게 나타났으며, CO는 3.2~11.3 ppm로 겨울에 가장 높았다. CO<sub>2</sub> 446.0~500.5 ppm로 일반적으로 대기 중의 농도가 300~400 ppm인 것과 비교할 때 계절별 변

화는 거의 없는 것으로 보인다. VOCs 또한 280.0~381.7 μg/m<sup>3</sup>로 나타나 계절별 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. PM<sub>10</sub>의 평균농도는 591.4 μg/m<sup>3</sup>로 출퇴근 시간대에 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법에서 제시하는 기준을 초과하였고, 그 외 항목은 모두 기준을 초과하지 않은 것으로 나타났다.

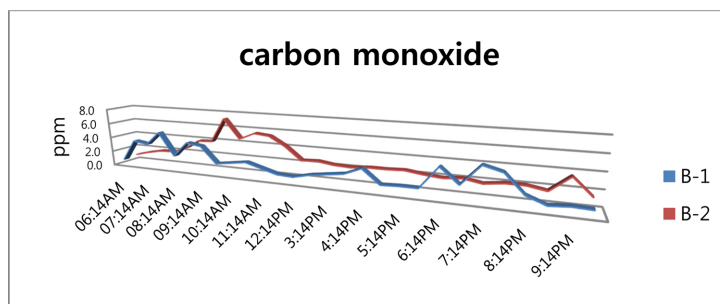
### 3.3. 층별 및 시간대별 아파트 지하주차장 실내 공기질 오염도 특성 비교

#### 3.3.1. 시간대별 PM<sub>10</sub>의 실내공기질 오염도 변화

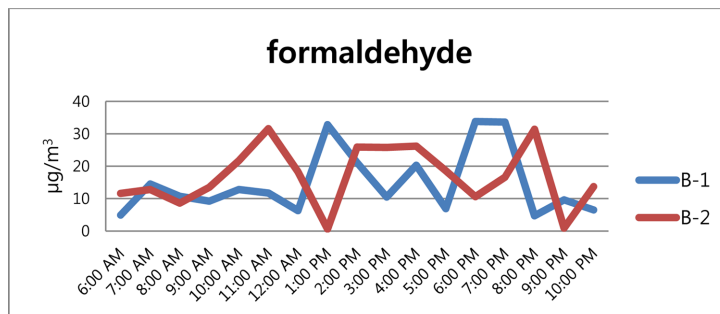
Table 9는 1개 아파트(E)에 대하여 층별 및 시간대별로 PM<sub>10</sub> 변화를 나타낸 것으로 층간 오염도 변화는 지하 1층 출근시간(550.0 μg/m<sup>3</sup>), 지하 1층 퇴근시간(360.4 μg/m<sup>3</sup>), 지하 2층 출근시간(271.8 μg/m<sup>3</sup>), 지하 2층 퇴근시간(290.8 μg/m<sup>3</sup>), 지하 1층 낮시간(56.7 μg/m<sup>3</sup>), 지하 2층 낮시간(37.6 μg/m<sup>3</sup>) 순으로 나타났으며,

**Table 9.** The variation of PM<sub>10</sub> in indoor air quality of apartment underground parking lots from morning to night

Times	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )					
	1st Basement			2nd Basement		
	clock-in time	office-hours	clock-out time	clock-in time	office-hours	clock-out time
	AM6:00~ AM 12:00	AM12:00~ PM 6:00	PM 6:00~ PM 12:00	AM 6:00~ AM 12:00	AM 12:00~ PM 6:00	PM 6:00~ PM 12:00
1st	625.4	83.2	521.7	485.7	52.3	415.0
2nd	573.2	74.9	541.4	323.8	48.5	439.4
3rd	451.9	66.7	463.5	442.7	43.1	463.5
Mean	550.2	56.7	356.37	271.8	37.6	286.80
STDEV	89.0	8.3	40.5	83.9	4.6	24.3



**Fig. 1.** The variation of CO in indoor air quality of apartment underground parking lots from morning to night (B-1 and B-2 mean each basement floor of parking lot)



**Fig. 2.** The variation of formaldehyde in indoor air quality of apartment underground parking lots from morning to night (B-1 and B-2 mean each basement floor of parking lot)

낮시간대 보다 출퇴근시간대에 6~9배 정도 높게 나타나 출퇴근시간대의 PM<sub>10</sub> 관리가 필요해 보였다.

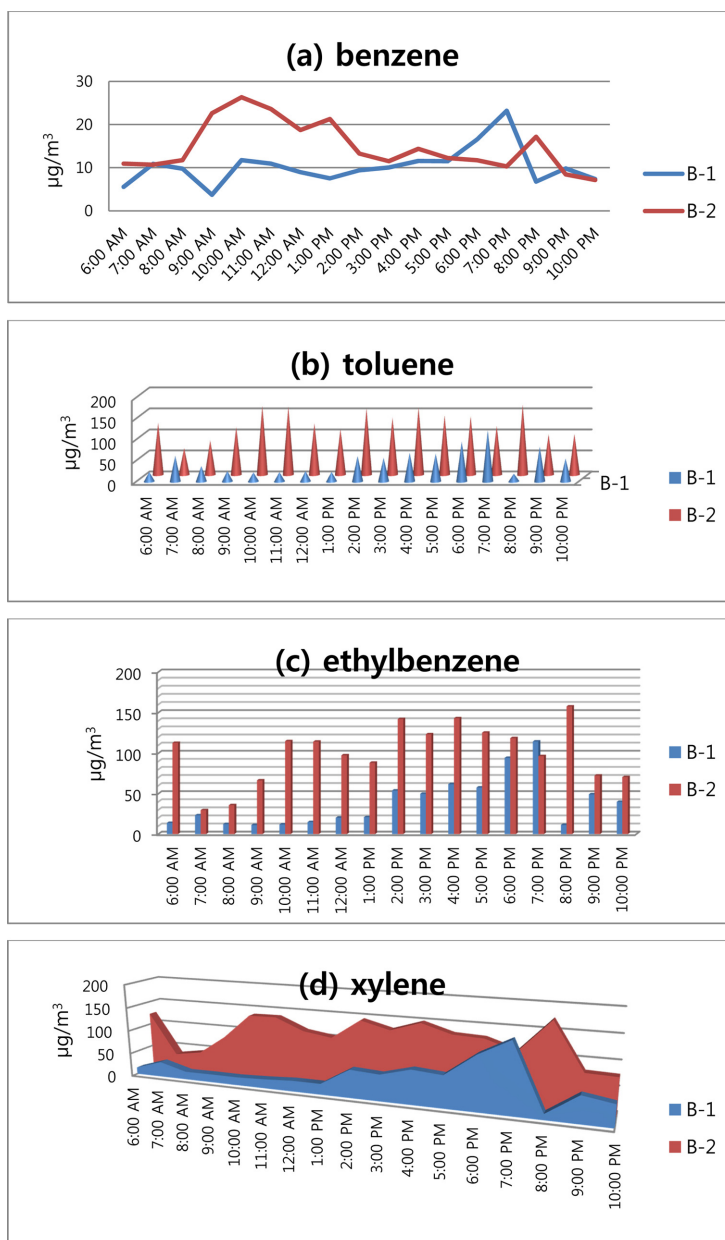
과 PM 8:30에 높게 나타나 출퇴근시간대에 오염도가 증가하였다.

**3.3.2. 시간대별 CO의 실내공기질 오염도 변화**

Fig. 1은 1개 아파트(E)에 대한 시간대별 CO의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 전시간대에 걸쳐 실내공기질 기준을 초과하지는 않았으나 지하 1층은 AM 7:30와 PM 7:30에 높게 나타났고, 지하 2층은 AM 9:30

**3.3.3. 시간대별 CO<sub>2</sub>의 실내공기질 오염도 변화**

1개 아파트(E)에 대한 CO<sub>2</sub>를 지하 1층과 지하 2층에서 측정된 결과이다. 다중이용시설 기준 1,000 ppm에는 미치지 않았으며 지하 1층은 PM 7:30에 가장 높은 667.0 ppm을 나타냈고, 지하 2층은 PM 8:40에 537.0



**Fig. 3.** The variation of VOCs in indoor air quality of apartment underground parking lots from morning to night (B-1 and B-2 mean each basement floor of parking lot)

ppm을 나타냈다. 층간의 오염도 차이는 크지 않은 것으로 보이며, 낮시간대에 비해 차량 통행이 빈번한 출퇴근시간대에 오염도가 증가하는 것을 알 수 있었다.

### 3.3.4. 층별, 시간대별 formaldehyde 및 VOCs의 실내공기질 오염도 변화

Fig. 2은 1개 아파트(E)에 대한 시간대별 폼알데하이드

드의 변화를 나타낸 것으로 지하 1층에서 PM 2:00와 PM 7:00에 지하 2층은 12:00 AM와 7:00 PM에 높게 나타났으나 최고 34.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로 일반적인 실내공기질의 수준을 나타내 시간별 및 층별 변화는 크지 않았다.

Fig. 3는 1개 아파트(E)에 대한 층별, 시간대별 VOCs 변화를 항목별로 나타낸 것이다.

Toluene이 140.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (B-1), 150.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (B-2) 정도를 나타내어 VOCs 항목 중 가장 높았고, VOCs는 지하 1층 보다 지하 2층의 농도가 높은 것으로 나타나 지하 2층의 공기가 더 정체되어 있는 것으로 보인다. 또한 VOCs는 권고기준(1,000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 지하 1, 2층 모두 대체적으로 낮았으며 항목별 농도는 toluene>xylene>ethylbenzene>benzene 순으로 나타났다.

#### IV. 고 찰

경기도내 5개 아파트 지하주차장 30개 지점의 실내 공기질의 농도특성을 조사한 결과에 따라 다음과 같은 특성을 설명할 수 있다.

1. PM<sub>10</sub>의 농도는 낮시간대에 평균 51.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 출퇴근시간대가 포함되지 않은 경우에는 기준 내에 있었으나, 출퇴근시간대에는 평균 591.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 다중이용시설 실내공기질 유지기준(200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 약 3배 초과하였다. 그 이유는 출퇴근시간대에는 차량의 출입으로 PM<sub>10</sub>이 증가한 것으로 보인다.

2. CO는 낮 시간대에 평균 3.2 ppm 출퇴근시간대에 7.6 ppm으로 실내공기질 유지기준 25 ppm을 초과하지 않았으나, 낮 시간대보다 출퇴근시간대 오염도가 약 2.4배 높게 나타났다.

3. 1개의 아파트(E)를 계절별(3월,6월,9월,11월)로 분석한 결과 PM<sub>10</sub>이 914.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 봄에 가장 높게 나타났다. 그 이유는 봄철(3월)에 황사의 유입으로 인하여 PM<sub>10</sub>의 농도가 증가한 것으로 보인다. CO는 11.3 ppm로 겨울에 가장 높게 나타났는데 겨울철에는 자동차 공회전이 많아 높아진 것으로 보인다. CO<sub>2</sub>와 HCHO는 계절별 차이가 거의 없었으며, VOCs는 280.0~381.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 계절별 변화는 작은 것으로 나타났다.

4. VOCs는 toluene>xylene>ethylbenzene>benzene 순으로 오염도를 나타냈으며, 지하 1층보다는 지하 2층이 전체적으로 높게 나타나 지하 2층의 공기가 더 정체되어 있는 것으로 보였다.

손희봉 등이 조사한 대규모 지하주차장의 실내공기

오염도 조사결과 실내의 전체평균농도의 크기가 toluene>xylene>benzene>ethylbenzene의 크기 순으로 나타났으나<sup>9)</sup> 본 연구는 toluene>xylene>ethylbenzene>benzene 순으로 나타나 다른 양상을 보였다.

#### V. 결 론

1. 연구 결과 출퇴근시간대에 PM<sub>10</sub>의 농도가 높은 것으로 나타났고, 특히 봄에 황사의 영향으로 오염도가 2배 가량 증가한 것으로 판단된다. 따라서 PM<sub>10</sub>의 농도를 줄이기 위해서는 차량 진출입로에 물을 뿌려 되도록 먼지 유입이 안되게 하여야 한다.

2. VOCs는 지하 2층이 더 오염된 것으로 나타났지만 전체 지하주차장의 VOCs를 감소시키기 위해서는 아파트에 설치되어 있는 송풍기를 주기적으로 가동함으로써 지하주차장 내 오염물질을 배출하면 출퇴근시간대에도 쾌적한 지하 공기질을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 현재 지하주차장 내에 오염을 저감할 수 있는 송풍기는 조사한 모든 아파트가 설치되어 있었으나 전기세를 절감하기 위해서 모두 사용하지 않고 있었다.

4. 지하주차장의 오염을 저감 할 수 있는 방법으로는 현재 갖추어진 송풍기를 의무적으로 하루에 3회 30분 이상 가동하도록 법제화 하여야 하며, 특히 봄철에는 황사 등의 영향이 심하므로 가동시간을 2배 이상으로 늘린다면 지하주차장의 오염을 상당부분 저감할 수 있으리라 판단된다.

#### References

1. National institute of environmental research, A study on individual exposure assessment according to daily Activities 2010.
2. Bae HJ. Effects of Short-term Exposure to PM10 and PM2.5 on Mortality in Seoul *J Environ Health Sci*, 2014; 40(5): 346-354
3. Baek SO, Kim YS. Characterization of Air Quality in Various Types of Indoor Environments in Urban Areas. *Journal of Korea Air Pollution Research Association*. 1998; 14(4): 343-360
4. Ministry of Environment, Indoor Air Quality Control Act for Multi-use Facilities. 2004.
5. Lee MG, Dong JU, Planning on parking space in co-housing site-Focusing on housing sites in small city, *Korea community development society*, 2015;



- 40(1): 3-12.
6. Kim KT, Yang SS, Son BS, Jeon YT, Jang BK, Lee JD, Research about room air quality of department store underground parking lot, *The Korean journal of Sanitation* 2006; 21(1): 45-51.
  7. Kyonggi Province Ordinance, Regulation No. 3493 on Standards for Indoor Air Quality Maintenance of Multi-use Facilities in Gyeonggi Province 2006.
  8. Ministry of Environment, Indoor air quality process test method. Ministry of Environment Notice 2010: 2010-24.
  9. Song HB , Kwon TK , Hong SH , Baek SO, Air Quality Survey in Large Scale Underground Parking Lots, *Korea society environmental engineers, spring academic thesis*, 1998; 20(9): 1315-1330.