

## 신차의 차량내 실내 공기질 특성 연구

김시영<sup>†</sup> · 곽진 · 차영욱 · 빈재훈 · 박호국

산업환경과

### A Study on Characteristics of Indoor Air Quality in the New Car

Si-Young Kim<sup>†</sup>, Jin Kwak, Young-Wook Cha, Jae-Hun Bin and Ho-Kuk Park

Industrial Environment Division

#### Abstract

A study on the indoor air quality of new car was carried out and analyzed the VOCs and aldehydes generated from the car inside. From 8 new cars that have not passed more than 60 days from the delivery, the concentrations of VOCs showed high in order of Toluene, Xylene, and Formaldehyde. Toluene showed the highest concentrations with the mean value of 720.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (310.7~1,619.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and Xylene showed the mean concentration of 280.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (104.0~552.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Formaldehyde was detected with the mean value of 130.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (13.5~371.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Compared to the concentrations in new cars after 5 days and 50 days delivery, the detection rate of xylene was greatly decreased by 72.3%, styrene by 64.3%, TVOC by 62.8%, toluene by 62.7%, and formaldehyde by 49.1%, respectively. It showed that the concentrations of VOCs and aldehydes decreased about 84% after 90 days. Especially, TVOC and toluene decreased by more than 94%. With regard to ventilation, the concentration after 10 minutes ventilations was decreased to more than 44% compared to 2 hours locking. The average decreasing rates were showed 59% ; Toluene decreased by 78.8%, TVOC by 67.1%, formaldehyde by 65.4%, and xylene by 56.5% respectively.

Key words : New car, Volatile organic compounds, Aldehydes, GC/MSD, HPLC, Indoor air quality

#### 서론

현대 많은 사람들은 생활환경에서 다양한 형태로 존재하는 대기오염물질에 직·간접적으로 노출되어있으며, 단순히 환경관리 측면에서 뿐만 아니라 이들 물질에 노출되는 일반대중의 보건학적 영향을 평가하는 과정에서도 매우 중요하다. 여러 가지 대기오염물질 중에서 VOCs 발생원은 다양하며 실내·외 모두에서 오염을 유발하는 주요 성분으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 대부분 도시인의 경우 약 80~90% 이상의 시간을 실내에서 생활하고 있는 것으로 보고되고 있다<sup>2),3)</sup>. 그리고 실내 환경에서 최근 관심을 끌고 있는 오염물질은 포름알데히드를 포함한 알데히드류, 방향족탄화수소 및 다환방향족 탄화수소 등을 들 수 있다<sup>4)</sup>. 실내공기오염은 건축자재의 화학물질 사용 및 실내오염 물질 발생원 증가 등으로 주택, 학교, 사무실, 공공건물, 병원, 지하시설물, 교통수단 등에서 환기부족 등으로 인하여 실내공간의 공기가 오염된 상태이며 또한 매우 복합적인 원인에 의해서 야기 될 수 있는데 그 영향은 실내 거주자들의 생명을 위협할 정도는 아닐지라도 장기적으로 볼 때 건강에 나쁜 영향을 미치고 있음에는 틀림없다<sup>5)</sup>.

최근 신차의 실내공기오염 즉 “새차증후군”이 새로운 실내 공기오염으로 주목받고 있다. “새차증후군”이란 새로 구입한 자동차 실내 내장재 시트, 계기판, 오디오 케이스, 전선피복 등 PVC와 ABS등의 석유화학물질로 이루어진 자재와 인조피혁, 천연 가죽커버, 합성고무 그리고 내장재 부착을 위하여 사용되는 접착제 등으로 인해서 자동차의 좁은 실내에 다종의 화학물질이 배출되어 인체에 피해를 나타내는 것으로써 이들 자동차 내장재에서 발생하는 각종 휘발성유기화합물질과 포름알데히드 등과 같은 독성물질은 두통이나 인후염, 구토, 어지럼증을 유발하며 이들 물질에 지속적으로 노출 되었을 경우 암 등 심각한 질환으로 연결될 수 있는 잠재적 위험성을 지니고 있다. 그 중 포름알데히드는 국제암연구센터(IARC)에서 분류한 발암물질 B1 등급으로 인체에 대한 발암성은 입증되지 않았지만 동물실험에서는 발암물질로서 입증되어 인체에 상당한 위해성을 줄 수 있는 물질로 간주되고 있다<sup>6),7),8)</sup>.

따라서 본 연구에서는 신차 중 승용차 8대에 대하여 출고된 지 60일 이하의 차량에 대하여 알데히드류(Formaldehyde, Acetaldehyde) 및 휘발성유기화합물(Benzene, Ethyl benzene, Toluene, Xylene, Styrene, TVOC)에 대한 농도

<sup>†</sup> Corresponding author. E-Mail: lsfmk@busan.go.kr  
Phone: 051-757-6937, Fax: 051-757-2879

를 분석하여 신차 내의 실내공기질의 특성을 연구하였으며 신차의 기간 경과에 따른 알데히드류 및 휘발성유기화합물의 농도 변화추이를 비교분석하여 차량 내의 쾌적한 실내공기질 유지를 위한 자료로 활용하기 위하여 연구를 수행하였다.

## 재료 및 측정방법

### 시험차종 선정

국내에서 생산된 차종 중 승용차를 대상으로 출고된 후 60일까지의 차량 8대에 대하여 신차에서 발생하는 휘발성유기화합물(VOCs) 및 알데히드류(Aldehydes)를 조사하였으며 이중 2대에 대하여 5일, 50일, 90일, 125일 경과 후의 휘발성유기화합물(VOCs) 및 알데히드류(Aldehydes)의 농도변화를 비교 분석하였다. 또한 신차의 차량 내 환기 전·후의 농도 변화를 비교 분석하였다.

### 시료 채취 및 보관

본 연구에서 시료채취 및 보관은 실내공기질공정시험방법에 따랐으며<sup>9)</sup> 자동차 실내의 휘발성유기화합물(VOCs) 시료 포집 장치로 전용 샘플러인 MP-Σ30 (Sibata Co., Japan)를 포집 전 열탈착기(TC, GERSTEL, Germany)를 이용하여 280℃에서 8시간 이상 전처리를 실시하고, 가장 많이 사용되는 흡착관인 Tenax-TA (60mm, 180mg, GERSTEL, Germany)에 연결하여 유량 50~100mL/min으로 하여, 총 채취 유량은 차량내의 휘발성유기화합물 농도를 고려하여 총 시료채취 유량이 1~3L가 되도록 조절하여 2회 시료 채취 하였다.<sup>10), 11)</sup>

시료 채취 후 1시간 이내에 분석되지 못할 경우, 흡착관의 마개를 닫고 알루미늄호일로 밀봉한 후 분석 시까지 4℃ 냉암소 보관하였다.

알데히드류(Aldehydes) 시료채취는 MP-Σ100 (Sibata Co., Japan) 기기를 이용하여 펌프 유량을 300mL/min으로

하여 총 채취 유량은 9L가 되도록 조절하여 2회 시료 채취하였다.

알데히드류(Aldehydes) 분석을 위한 시료 포집은 카르보닐 화합물과 2,4-DNPH와의 반응에 의해 생성되는 DNPH 유도체를 분석하는 방법으로 시료 포집 시 알데히드 뿐만 아니라 케톤과도 반응하여 안정한 유도체를 형성하는 2,4-DNPH 유도체화 방법을 사용하였다.

Polypropylene Tube에 포집 매체는 고순도로 정제된 2,4-DNPH (Dinitro phenyl hydrazine)가 코팅되어 있는 2,4-DNPH Catridge (LpDNPH S10L Catridge, SUPELCO, USA)를 이용하였다. 알데히드 측정시 오존은 2,4-DNPH 유도체를 감소시키거나 2,4-DNPH가 오존과 반응하여 인위적인 불순물을 형성하는 등의 방해 물질로 존재하기 때문에 분석할 때 이러한 오존의 방해 요인을 제거하기 위하여 2,4-DNPH Catridge 전단부에 KI가 채워져 있는 Ozone Scrubbers (LpDNPH Ozone Scrubbers, SUPELCO, USA)를 직렬로 연결하여 시료 채취하였으며, 시료 포집이 완료된 시료는 알루미늄호일로 카트리지를 싸서 4℃ 이하에서 냉암소 보관하였으며, 채취된 시료는 가능한 한 신속히 분석하였다. 시료채취 시 차량내의 온도는 계절에 따라 실내온도가 달랐으며, 온도는 10℃~33℃정도이며 습도는 30%~55% 정도였으며, 특히 여름의 경우 50℃인 경우도 있었다. 그리고 차량내의 시료채취는 차량을 2시간 밀폐 후 VOCs 와 Aldehydes를 포집하였다.

자동차 실내의 VOCs 및 알데히드류 시료 포집 장면을 Figure 1에 나타내었다.

### 시료분석 방법

알데히드류의 시료 분석은 Figure 2의 고성능액체크로마토그래프 (High Performance Liquid Chromatograph, Agilent1100, Agilent, USA)를 이용하였다.



Figure 1. Scene of sampling VOCs and Aldehydes in the new car



Figure 2. HPLC (High Performance Liquid Chromatograph)



Figure 3. TDS and GC/MSD

Table 1. Analytical conditions of Aldehydes with HPLC

Variables	Conditions
Instrument	HPLC (Agilent 1100)
Analytical Column	ZORBAX SB-C18 (5 $\mu$ m, 4.6 $\times$ 250mm)
Mobile phase	Acetonitrile : Water = 60 : 40
UV detector	360 nm
Flow rate	1.0 mL/min
Injection Volume	20 $\mu$ l

Table 2. Operating conditions for thermal desorption and GC/MS analysis

Item	Conditions	
TDS	Desorption Temp	20 $^{\circ}$ C (0.1min) $\rightarrow$ 60 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 260 $^{\circ}$ C (5min)
	Desorp. Temp & Time	260 $^{\circ}$ C, 10min
	Concentration temperature	-70 $^{\circ}$ C
GC/MSD	Column	HP-VOC (60m $\times$ 0.32mm $\times$ 1.8 $\mu$ m)
	Column flow	1.5mL/min
	GC oven Temp.	60 $^{\circ}$ C (5min) $\rightarrow$ 4 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 200 $^{\circ}$ C (10min) $\rightarrow$ 20 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 260 $^{\circ}$ C (2min)
	Split ratio	20 : 1
	Mode	Scan
	MS source	230 $^{\circ}$ C
	MS Quad	150 $^{\circ}$ C
	Ionization mode	EI mode

Table 3. Detection limit and Repeatability

Compounds	MDL (n=7)	RSD* (%) (n=4)	r <sup>2</sup>
Formaldehyde	0.00043 $\mu$ g/mL	0.25	1
Acetaldehyde	0.00227 $\mu$ g/mL	0.08	1
Benzene	0.22 ppb	3.69	1
Toluene	0.09 ppb	3.02	0.991
Ethyl benzene	0.13 ppb	4.55	1
m,p-Xylene	0.28 ppb	4.16	0.999
Styrene	0.16 ppb	4.94	0.999
o-Xylene	0.14 ppb	4.17	0.999

\* : Method detection limit (MSD = SD  $\times$  t(n-1, 0.99))

시료 채취된 2,4-DNPH 카트리지에 5mL 아세토니트릴 (Acetonitrile)을 이용하여 용출시킨 후 HPLC 장치에 이동상 (아세토니트릴 : 물 = 60 : 40)을 준비한 후 분석시스템의 안정을 위해 최초 분석 전까지 약 20~30분 이상 동안 펌프를 유량 1.0mL/min으로 가동하였다. 시스템이 평형화된 안정상태에서 일정량의 시료(20  $\mu$ l)를 자동시료 주입 장치를 이용하여 시료 주입용 밸브에 주입하여 자외선 흡광검출기의 흡수파장 360 nm에서 분석을 시작하였다. 검량선 작성은 Aldehyde/Ketone DNPH MIX (SUPELCO, USA) 표준용액을 아세토니트릴 용액으로 희석하여 미지시료의 농도가 표준용액에 포함될 수 있는 범위로 설정하고 각각의 표준시료는 가장 높은 농도와 가장 낮은 농도의 차이가 10배를 넘지 않도록 하였으며 준비된 표준시료(3~5개)를 분석하여 알데히드의 면적을 구하고 이를 이용하여 검량선을 작성하였다. 분석대상

물질은 Formaldehyde, Acetaldehyde 2종으로 하였으며 알데히드류 분석조건을 Table 1에 나타내었다.

휘발성유기화합물 시료분석은 시료 채취된 흡착관을 열탈착하고, 다시 저온 농축관에서 재농축한 후 2단 열탈착할 수 있는 Thermal Desorption System (TDS, GERSTEL, Germany)을 이용하여 열탈착하였으며 고성능캐필러리 컬럼을 이용한 기체크로마토그래프에 의해 분석대상물질을 분리하고 질량분석기로 분석하는 장치인 GC-MSD (HP-6890, Agilent 5973, Agilent, USA)를 이용하여 분석하였다. 휘발성유기화합물 분석장비를 Figure 3에 나타내었다.

검량선 작성은 표준용액 (Indoor Air Standard, SUPELCO, USA)을 메탄올로 희석하여 표준시료를 제조한 후 농도별 표준시료 일정량을 흡착관에 micro syringe를 이용하여 함침하여 제조하여 농도별 검량선을 작성하였다. 표준

Table 4. Concentrations of volatile organic compounds and aldehydes in the new car

(unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Compounds	Average concentration	SD*	Minimum	Maximum
Formaldehyde	130.0	115.0	13.5	371.5
Acetaldehyde	76.4	33.3	39.3	149.8
Benzene	2.2	3.3	N.D. **	9.5
Toluene	720.7	429.2	310.7	1,619.2
Ethyl benzene	69.0	34.6	19.4	137.6
Xylene	280.4	157.6	104.0	552.7
Styrene	45.2	40.8	6.2	129.1
TVOC***	13,590.0	8,346.6	4,800.0	27,053.6

\* : Standard Deviation \*\* : Not Detected \*\*\* : Total volatile organic compounds

Table 5. Recommended guideline for the indoor air quality of the newly built apartment houses

(unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Compounds	Guideline
Formaldehyde	210
Benzene	30
Toluene	1,000
Ethyl benzene	360
Xylene	700
Styrene	300

시료의 농도는 미지시료의 농도가 포함될수 있도록 3~5개 작성하였다. 분석대상 물질은 Benzene, Toluene, Ethyl benzene, Xylene, Styrene, 총휘발성유기화합물(TVOC)이며, 휘발성유기화합물의 분석조건을 Table 2에 나타내었다.

휘발성유기화합물 및 알데히드류의 분석 방법의 재현성을 체류시간(Retention Time) 및 표준물질에 대한 상대표준편차(Relative Standard Deviation)로 평가하였다.

체류시간에 대한 상대표준편차는 0.31%이하로 나타나 체류시간에 대한 재현성은 우수하게 나타났으며, Table 3에서 보는 바와 같이 알데히드류에 대한 표준물질 0.3755  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 를 4회 분석한 결과 재현성은 Formaldehyde 0.25%, Acetaldehyde 0.08%로 나타났다. 휘발성유기화합물에 대한 표준물질 0.045  $\mu\text{g}$ 를 4회 분석한 결과 재현성은 3.02~4.94%로 나타났다. 또한 개별물질의 검량선 작성 결과,  $r^2$  값은 모두 0.99 이상으로 나타났다. 검출한계는 방법검출한계(MDL)로 평가하였다. 알데히드류의 경우 표준물질 0.0235  $\mu\text{g}/\text{ml}$  농도를 대상으로 7회 반복분석을 수행하여, Formaldehyde는 0.00043  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , Acetaldehyde는 0.00227  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 나타났으며, 휘발성유기화합물의 경우 표준물질 0.025  $\mu\text{g}$  농도를 대상으로 7회 반복분석을 수행하였으며, 유량을 3L로 가정하면 0.09~0.28 ppb (0.3~1.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )로 나타났다. US EPA에서는 MDL 수준을 0.5 ppb 이내로 규정하고 있으며, 본 연구의 휘발성유기화합물에 대한 방법검출한계는 0.28 ppb 이하로 EPA 규정에 적합한 것으로 나타났다.

## 결과 및 고찰

### 신차의 휘발성유기화합물 및 알데히드류 발생 특성

출고된지 60일 이하의 신차 8대에 대한 휘발성유기화합물 및 알데히드류에 대한 평균, 최대, 최소치 농도를 Table 4에 나타내었다. 여기서 TVOC란, 총휘발성유기화합물(Total volatile organic compounds)을 말하며 차량내 실내공기 중에서 가스크로마토그래프에 의하여 n-헥산에서 n-헥사데칸까지의 범위에서 검출되는 휘발성유기화합물을 대상으로 하며 Toluene으로 환산하여 정량한 것을 말한다.

Table 4에서 보는 바와 같이 신차의 차량 내 농도는 Toluene, Xylene, Formaldehyde 순으로 나타났으며 항목별 최대 농도는 거의 출고된지 5일 정도 된 차량에서 분석된 농도였다. Toluene은 평균 720.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최대 1,619.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최소 310.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 분석한 항목 중에서 가장 높은 농도를 나타내었다. Xylene은 평균 280.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 104.0 ~ 552.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도이다. 그리고 Formaldehyde는 평균 130.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 최소 13.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최대 371.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  검출되었다. 총휘발성유기화합물인 TVOC의 경우 최대 27,053.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최소 4,800.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 평균 13,590.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  검출되었다. Benzene의 경우 ND ~ 9.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 평균 2.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  검출되었다.

Table 5의 신축공동주택의 실내공기질 권고기준을 나타내었으며 본 연구의 대상으로 선정된 8대 차량의 측정항목과 비교할 때 평균값은 모두 기준 이하이나 Toluene과 Formaldehyde의 경우 최대치가 신축공동주택의 실내공기질 권고기준인 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 210  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 것으로 나타났

Table 6. Change of concentrations by periods

Compounds	After 5days	After 50days	After 90days	After 125days
Formaldehyde	229.2	116.7(49.1%)*	35.8(84.4%)	14.6(93.6%)
Acetaldehyde	97.4	64.9(33.4%)	35.9(63.1%)	11.8(87.9%)
Toluene	968.9	361.7(62.7%)	54.8(94.3%)	38.9(96.0%)
Ethyl benzene	81.9	52.9(55.5%)	12.9(84.2%)	10.2(87.5%)
Xylene	494.1	137.0(72.3%)	47.7(90.4%)	24.9(95.0%)
Styrene	70.3	25.1(64.3%)	10.0(85.7%)	3.7(94.8%)
TVOC	23,281.8	8,662.5(62.8%)	1,177.5(94.9%)	1,096.3(95.3%)

(unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

\* : Decreasing rates Compared to the concentrations in 5 days after delivery

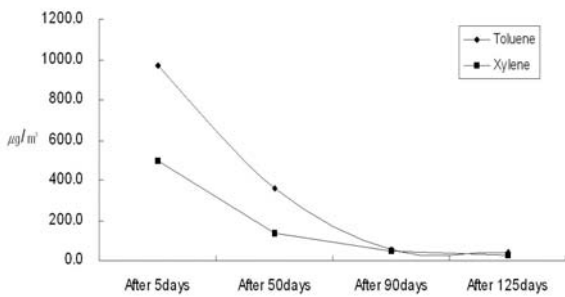


Figure 4. Trend of the concentration changes by periods (Toluene, Xylene)

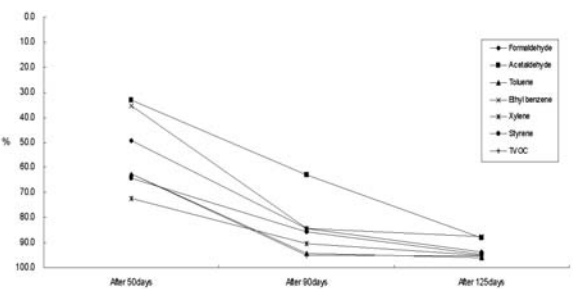


Figure 6. Decreasing rates(%) Compared to the concentrations in 5 days after delivery

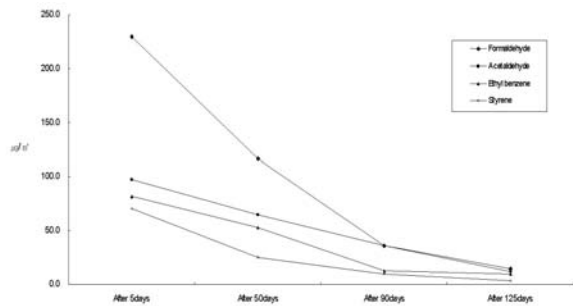


Figure 5. Trend of the concentration changes by periods (Formaldehyde, Acetaldehyde, Ethyl benzene, Styrene)

다. 하지만 초과된 Toluene과 Formaldehyde의 경우 출고된 지 5일 이내의 차량이었다. 그리고 신차 8대를 분석한 결과 차량 내의 VOCs 및 Aldehydes의 농도는 차량 내 실내온도 보다는 차량이 출고된 후의 기간경과에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

기간 경과에 따른 휘발성유기화합물 및 알데히드류의 농도 변화

자동차가 출고된 후 5일, 50일, 90일, 125일 경과된 후의 승용차 2대의 평균 농도를 Table 6에 나타내었다. Benzene

의 경우 농도가 불검출이거나 매우 낮아 제외하였다.

Table 6에서 보는 바와 같이 5일 후와 비교하여 50일 후에는 Xylene, Styrene, TVOC, Toluene 순으로 농도 감소율이 높으며 Xylene의 경우  $494.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서  $137.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 72.3% 감소하였으며 Styrene은  $70.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서  $25.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 64.3%, TVOC는  $23,281.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서  $8,662.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 62.8%, Toluene은  $968.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서  $361.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 62.7% 감소되는 것으로 나타났다. 차량이 출고된 후 기간경과에 따른 농도 변화 추이를 Figure 4, Figure 5에 나타내었다.

기간경과에 따라 VOCs 및 Aldehydes의 농도가 감소하는 것으로 나타났으며, 90일 후에는 Toluene  $54.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Xylene  $47.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Formaldehyde  $35.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  등으로 개별항목 모두가  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로 감소하였다. 또한 125일 후에는 Toluene  $38.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Xylene  $24.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Formaldehyde  $14.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  등으로 개별항목 모두가  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로 감소하였다.

Figure 6에는 Aldehydes 2종 (Formaldehyde, Acetaldehyde), VOCs 4종 (Toluene, Ethyl benzene, Xylene, Styrene) 및 TVOC에 대한 출고된 후 5일 후와 비교하여 50, 90, 125일 후의 농도 감소율을 나타내었다. 90일 후에는 Acetaldehyde 63.1% 감소를 제외하고는 나머지는 거의 84% 이상 감소되는 것으로 나타났다. 특히 TVOC와 Toluene의 경우는 94% 이상 감소 되는 것으로 나타났다. 그리고 125

Table 7. Comparisons of the concentration inside the car after the ventilation for 10minutes with the concentration after locking for 2 hours (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Compounds	Before the ventilation	After the ventilation	Concentration decreasing rates (%)
Formaldehyde	371.5	128.5	65.4 %
Acetaldehyde	149.8	75.1	49.9 %
Toluene	779.4	165.5	78.8 %
Ethyl benzene	78.0	37.8	51.6 %
Xylene	435.6	189.7	56.5 %
Styrene	87.2	48.9	44.0 %
TVOC	19510.1	6423.0	67.1 %
Average			59.0 %

일 후에는 Acetaldehyde 87.9% 감소 Ethyl benzene 87.5% 감소 나머지는 거의 93%이상 감소하였다.

#### 환기 전 · 후의 차량 내 실내공기질 농도 비교

Table 7에서는 출고된지 5일 경과된 신차에 대하여 2시간 밀폐 후와 10분 환기 후 시료 채취한 경우 즉 환기 전 · 후의 시료에 대하여 분석한 VOCs 및 Aldehydes에 대한 농도를 비교 분석하였다. 농도변화의 감소율을 살펴보면 44%이상의 감소율을 보이며 평균 59.0%의 농도 감소율을 나타내었다.

Toluene, TVOC, Formaldehyde 순으로 감소율이 크며 특히 Toluene의 경우 환기 후가  $779.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서  $165.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 78.8% 감소하였으며, TVOC는  $19,510.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서  $6,423.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 67.1%, 포름알데히드는  $371.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서  $128.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 65.4%, Xylene은  $435.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서  $189.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 56.5% 감소하여 신차의 경우 차량의 밀폐를 한 경우와 환기를 한 경우 VOCs 및 Aldehydes의 농도 차가 상당히 큼을 알 수 있었다.

## 결 과

본 연구에서는 국내에서 생산된 신차에 대하여 실내공기질 특성을 연구하여 차량 실내에서 발생하는 VOCs 및 Aldehydes 물질들을 시료 채취하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 출고된지 60일 이하의 신차에 대하여 분석한 결과 신차의 차량내 농도는 Toluene, Xylene, Formaldehyde 순으로 높았다. Toluene은 평균  $720.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최대  $1,619.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최소  $310.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 농도였으며 Xylene은 평균  $280.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며  $104.0 \sim 552.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도이다. 그리고 Formaldehyde는 평균  $130.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 최소  $13.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최대  $371.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  검출되었다. TVOC의 경우 최대  $27,053.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 최소  $4,800.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 평균  $13,590.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  검출되었다. Benzene의 경우 ND~ $9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 평균  $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  검출되었다.

2. 본 연구의 대상으로 선정된 8대의 경우 신축공동주택의 실내공기질 권고기준과 비교할 때 평균값은 모두 기준이하이나, Toluene과 Formaldehyde의 경우 최대 농도가 신축공동주택의 실내공기질 권고기준인  $1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 것으로 나타났다. 하지만 초과된 Toluene과 Formaldehyde은 출고된지 5일 이내의 차량이었다.

3. 출고된지 5일 후와 비교하여 50일 후에는 Xylene, Styrene, TVOC, Toluene 순으로 감소율이 높으며 Xylene 72.3%, Styrene 64.3%, TVOC 62.8%, 톨루엔 62.7%, 포름알데히드 49.1%로 감소하였다.

4. 90일 후에는 Acetaldehyde 63.1% 감소하며 나머지 물질들은 84% 이상 감소되는 것으로 나타났다. 특히 TVOC와 Toluene의 경우 94% 이상 감소하는 것으로 나타났다.

5. 환기 전 · 후의 농도 감소율은 평균 59% 감소하였으며, Toluene, TVOC, Formaldehyde 순으로 감소율이 크며 Toluene은 78.8% 감소하였으며 TVOC는 67.1%, Formaldehyde 65.4%, Xylene 56.5% 감소하였다.

## 참 고 문 헌

1. Koziel, J. K., Martos, P. A., and Pawliszyn, J., "System for the generation of stand gas mixtures of volatile and semi-volatile organic compounds for calibrations of solid-phase microextraction and other sampling devices" Journal of Chromatography A, 1025(2004)
2. 환경부, 실내공기질관리법 제정에 대한 공청회 자료집 (1995)
3. D.W. Dockery and J.P. Spengler, Air Pollut. control Asscc., 31, pp153-159(1981)
4. J.M. Samet and J.D. Spengler, Indoor Air Pollution, Johns Hopkins University Press, London(1991)
5. Lee, S.C. and Chang, M. : Indoor and outdoor air

- quality investigation at school in the Hong kong, Chemosphere, 40(2000)
6. D.R. Patrick, "Toxic Air Pollution Handbook", Van Nostrand Reinhol, New York(1994)
  7. V.J. Feron, H.P. Til, Flora de Vrijer, and P.J. Bladeren, Indoor Enwiron., 1(1992)
  8. WHO, Air quality guidelines for Europe, WHO Pub. European Series No. 23(1987)
  9. 환경부, "실내공기질공정시험 방법". 환경부 고시 제 2004-80호(2004)
  10. 박신영, 김기현, 휘발성유기화합물의 작업용 표준시료의 분석과 오차의 발생에 대한 특성 : 회석과정이 분석결과에 미치는 영향, 한국냄새환경학회지, 제 5권제 2호 (2006)
  11. 백성옥, 문영훈, 실내외 공기 중 휘발성 유기화합물에 대한 흡착 시료채취 방법의 평가, ANALYTICAL SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol.17, No.6(2004)