

## 도심 및 공단 지역 대기중 휘발성 유기화합물 분포 특성

김종국 · 송병주 · 고장석\* · 김재식\*

전북대학교 환경공학과, 충남 보건환경연구원\*

## Distribution of VOCs in urban and industrial ambient

Jong Guk Kim, Byung Joo Song, Jang Seok Ko\* and Jae Sik Kim\*

Department of Environmental Engineering, Chonbuk National University, 664-14  
Iga Duckjin-Dong Duckjin-Gu Jeonju, Chonbuk 561-756, Korea

\*Chungnam Public Health and Environmental Research Institute, 44-1  
Gayang2-Dong, Dong-Gu, Daejeon, 300-801, Korea

The quality of ambient air samples of Banwol and Sihwa industrial and Ansan and Siheung urban areas were determined to understand the concentration levels and distribution characteristics of ambient VOCs. Toluene among aromatic hydrocarbons and chloroform among halogenated hydrocarbons were found to be the most abundant VOCs in all the areas. The ambient levels of benzene, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene and o-xylene(BTEX) in Banwol and Sihwa industrial and Ansan and Siheung urban areas were lower than those measured in Hong Kong industrial area. However, the distribution characteristics of BTEX measured in this study were comparable to those of Hong Kong industrial area. Banwol and Sihwa industrial and Ansan and Siheung urban areas had approximately 2 times higher toluene to BTEX ratio than those of other cities, and ethylbenzene to BTEX ratio was somewhat higher than or similar to those of other cities, and xylenes to BTEX ratio was much lower than those of other cities. Ansan and Siheung urban areas were categorized into group 1(benzene and styrene) and group 2(chloroform, toluene, ethylbenzene and xylenes) for VOCs correlations, and had similar appearance. However, these urban areas had different appearance for styrene. Appearance for VOCs correlations of two industrial areas was different by areas in contrast to urban areas. Two industrial areas had different correlation for toluene. It is thought that there are different and unique emission sources in Banwol and Sihwa industrial areas.

**Key words:** VOCs, BTEX correlation, Aromatic hydrocarbon, Halogenated hydrocarbon

### 1. 서 론

최근 해마다 대기 중 오존 농도가 증가하고 시정이 악화되면서 광화학 스모그의 원인물질로 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds; 이하 VOCs로 표기)에 대한 관심이 증대되고 있다. VOCs는 탄화수소화합물의 총칭으로 방향족 탄화수소와 지방족 탄화수소(파라핀계, 올레핀계) 등의 일반 탄화수소와 질소, 산소 및 할로겐 원소를 포함하는 비균질 탄화수소(알데히드, 케톤류 등)로 분류된다. 특히 VOCs 중 방향족 탄화수소와 할로겐화 탄화수소는 화합물 자체로서도 직접적으로 환경 및 건강에 유해한 영향을 미치고 지방족 탄화수소는 대기 중 광화학 반응에 참여하여 광화

학산화물 등 2차 오염물질을 생성할 수 있으며, 올레핀계 탄화수소화합물은 광화학 반응성이 큰 것으로 이미 잘 알려져 있다<sup>1)</sup>. 또한, 지구의 온난화와 성층권의 오존층 파괴를 가속시키며 대기 중 악취물질로서 환경에 악 영향을 초래하기 때문에 VOCs를 대기질 관리의 주요 정책 수단으로 이용하는 국가가 증가하고 있는 추세이다.

대기 중 VOCs의 측정에 대한 관심이 지난 수십년 동안 꾸준히 증가하였다. 특히 발암성으로 알려지거나 또는 의심이 가는 방향족 및 할로겐화 탄화수소의 도심 대기 중 농도에 초점을 맞추어 많은 연구들이 진행되어져 왔다<sup>2)</sup>. Pfeffer<sup>3)</sup>는 대기 중 벤젠은 90% 이상이 자동차로부터 기인한다고 하였으며 Vega 등<sup>4)</sup>은 멕시코

시를 대상으로 한 연구에서 비메탄계 탄화수소(non-methane hydrocarbon)에 대한 자동차 배가스의 기여율을 55% 이상으로 추정하였다. 또한 도로 및 인쇄 공정에서의 유기 용매의 사용과 같은 공업 활동도 VOCs의 배출원으로 알려져 있다<sup>5)</sup>.

그러나 지금까지 세계 각국에서 보고된 연구 결과들은 각국의 법적 규제, 자동차 연료의 조성, 주거 지역의 난방 패턴 및 기상학적 조건 등과 같은 인자들 때문에 VOCs 농도의 프로파일은 국가마다 다르게 나타난다. 따라서 도심 대기에서 검출되는 VOCs의 농도 특성은 자동차 배가스, 휘발유에서의 기화, 용제를 사용하는 도장시설, 정유사 및 저유소의 저장시설과 출하시설 등 주요한 인위적인 배출원의 강도에 영향을 받는다고 볼 수 있다<sup>6)</sup>.

본 연구에서는 공단 지역(시화 공단, 반월 공단) 및 도심 지역(안산 도심, 시흥 도심) 대기 중 VOCs의 농도를 측정하여 공단 지역과 도심 지역 중 VOCs 농도 분포와 배출 특성에 대하여 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시료채취 지점

연구대상 지역은 공단 지역으로 시화(SI)와 반월(BI) 국가산업단지를 선정하였고, 공단이 도심 지역에 미치는 영향을 조사하기 위하여 경기도 시흥시(SU)와 안산시(AU) 도심 지역을 선정하여, 2002년 1월부터 6월까지 4개의 지점에서 매일 시료를 채취하였다. 시료 채취 지점을 Fig. 1에 나타내었다.

### 2.2. 시료채취 방법

시료채취는 Tenax 흡착관을 미량 펌프(SIBATA의 MP-Σ30형)에 부착하여 각 지점에서 동시에 2개씩 채취하였다. 펌프의 유량은 90mL/min로 설정하여 2시간 이상 채취한 후 흡착관을 밀봉하여 분석실로 이동하여 분석하였다. 또한, 채취시 대기 온도, 상대 습도, 풍속, 풍향을 측정하였다.

### 2.3. 분석 방법

시료의 분석은 FID가 부착된 GC에 자동 가열 탈착 장치인 ATD 400을 부착하여 열탈착/GC/FID법으로 수행하였으며 Table 1에 분석 조건을 나타내었다.

시료의 정성은 분석 대상 물질 피크의 상대 체류 시간(RRT; Relative Retention Time)이 검량선에 기록된 RRT의  $\pm 0.06RRT$  이내일 경우 동일 물질로 판단하고 정성을 하였다. 시료의 정량은 5단계의 CSs-(Calibration Standards) 용액을 측정하여 외부 표준법을 통해 평균 CF(Calibration Factor)를 구하여 정량하였다<sup>7)</sup>. 또한 각 지점마다 동시에 시료를 2개씩 채취, 분석하여 분석의 재현성을 확인한 결과 모두  $\pm 10\%$ 이 내인 것으로 조사되었으며, 흡착관 2개를 직렬로 연결, 시료를 채취, 분석하였으며 breakthrough가 발생하지 않는 것으로 확인되었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 채취 지점별 VOCs 농도 분포

연구기간 동안 총 24개의 시료를 채취하여 대기 중

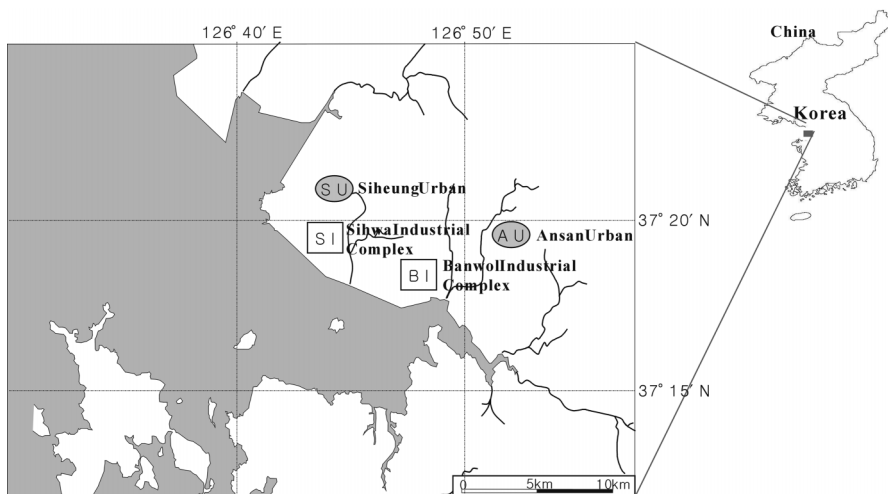


Fig. 1. Maps of VOCs sampling locations.

**Table 1.** Operating conditions for ATD 400 and GC/FID

ATD 400 settings			Temperature Program	
Oven temp.	250°C		Initial temp.	6min at 60°C
Desorption time	2min		First rate	3°C/min to 120°C
Valve temp.	200°C		Isothermal pause	7min
Trap hold	2min		Second rate	2°C/min to 150°C
Trap high	250°C		Isothermal pause	4min
Trap low	5°C		Third rate	3°C/min to 180°C
Line temp.	200°C		Isothermal pause	28.0min
Carrier gas	He		Column	
Carrier gas flow	~1.5mL/min		PE-1(30m×0.25mm×0.25µm)	
Detector purge flow	30mL/min			
Septum purge flow	10mL/min			
Split vent flow	40mL/min			

**Table 2.** Measured Concentration of 12 VOC species at industrial and urban area

Compounds unit(ppb)	AU(n=6)			SU(n=6)			BI(n=6)			SI(n=6)		
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
Chloroform	0.01	0.70	0.17	0.01	0.80	0.24	0.01	0.79	0.32	0.04	0.85	0.29
1,1,1-TCEA <sup>a)</sup>	0.00	0.28	0.05	0.00	0.31	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,2-DCEA <sup>b)</sup>	0.00	0.31	0.05	0.00	0.49	0.09	0.00	0.54	0.13	0.00	0.77	0.28
1,1,2-TCEA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PCE <sup>c)</sup>	0.00	0.21	0.05	0.00	0.93	0.37	0.00	0.28	0.16	0.00	0.32	0.17
ChloroBenzene	0.00	0.14	0.02	0.00	0.40	0.09	0.00	0.52	0.12	0.00	0.24	0.09
Benzene	0.41	1.55	0.69	0.34	5.06	1.47	0.29	1.16	0.72	0.48	2.49	1.02
Toluene	0.48	10.80	3.96	0.39	31.74	8.73	6.38	14.22	10.69	3.84	19.75	14.09
EthylBenzene	0.13	1.45	0.65	0.12	5.00	1.51	1.92	3.19	2.57	0.77	2.28	1.53
m,p-Xylene	0.04	0.53	0.26	0.04	1.74	0.55	0.68	1.12	0.92	0.37	0.85	0.66
Styrene	0.00	0.21	0.07	0.00	1.33	0.33	0.02	0.53	0.27	0.00	0.60	0.32
o-Xyrene	0.04	0.23	0.12	0.00	0.76	0.23	0.31	0.69	0.48	0.15	0.35	0.27
Total Aromatic	1.10	14.76	5.76	1.43	45.63	12.81	9.71	20.45	15.65	5.84	25.04	17.89
Total Halogenated	0.01	0.85	0.34	0.01	2.08	0.87	0.01	1.73	0.74	0.19	1.53	0.84
Total VOCs	1.11	15.62	6.09	1.44	47.71	13.68	10.64	21.12	16.38	6.69	26.57	18.73

<sup>a)</sup>Trichloroethane, <sup>b)</sup>Dichloroethane, <sup>c)</sup>Tetrachloroethylene

VOCs 물질을 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다. 공단 및 도심 지역 모두 톨루엔이 가장 높게 검출되었으며 검출농도는 SI(14.09 ppb), BI(10.69 ppb), SU(8.73 ppb), AU(3.96 ppb) 순이었다. 할로겐화 탄화수소에서는 돌연변이 유도물질이며 발암물질로 의심되는 클로로포름이 가장 높게 검출되었으며 공단 지역과 도심 지역에서 각각 BI(0.32 ppb), SI(0.29 ppb), SU(0.24 ppb), AU(0.17ppb) 순으로 검출되었다.

총 VOC의 평균 농도와 총 방향족 탄화수소의 평균 농도는 시화 공단(SI)에서 각각 18.73 ppb, 17.89 ppb가 검출되어 안산 도심(AU)에서 검출된 6.09 ppb,

5.76 ppb 보다 약 3배정도 높게 검출되었다. 그러나 총 할로겐화 탄화수소는 안산 도심에서(AU)에서 가장 낮았으며 나머지 세 지점은 비슷한 농도 수준을 나타내었다.

본 연구대상 지역에서 검출된 농도를 다른 도시 대기 중 농도와 비교하여 Fig. 2에 나타내었다.

벤젠의 경우 시화 도심(SU)이 1.47 ppb로서 미국에서 보고된 1.6 ppb와 울산 도심지역의 1.2 ppb와 비슷한 농도 수준을 보였으나 나머지 지점은 다른 도시들 보다 낮은 농도 수준을 나타내었다. 이는 영국에서 벤젠의 대기질 기준으로 제안한 년 평균 16µg/m<sup>3</sup>(5.0

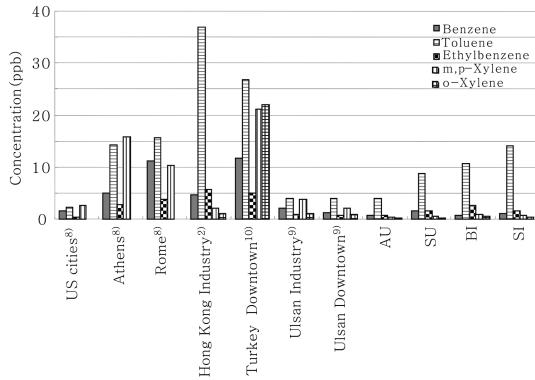


Fig. 2. Comparison of BTEX concentration for other cities with areas in this study.

ppb)보다 낮은 농도이다<sup>5)</sup>. 톨루엔의 경우 4지점 모두 3.96~14.09 ppb의 범위로 미국의 2.3 ppb보다 높았고 안산 도심에서 검출된 3.96 ppb는 울산 도심지역과 공업지역에서 검출된 3.9 ppb와 비슷한 농도 수준을 보였다.

울산과 시화 반월 공업지역의 BTEX 농도 수준을 비교하면 벤젠과 크실렌은 울산이 높았고, 톨루엔과 에틸벤젠은 시화 반월 공업지역이 2~3배정도 더 높은 것으로 나타났다. 도시별로 BTEX 비가 다른 이유는 각 도시의 기후, 공업화 특성, 시료 채취 당시의 조건, 자동차 종류 및 사용하는 연료 등의 차이 때문인 것으로 사료된다<sup>2,5)</sup>.

3.3. BTEX 비율

도시별 BTEX의 백분율과 톨루엔과 벤젠의 비율을 각각 Table 3과 Fig. 3에 나타내었다.

반월 공단(BI)과 시화 공단(SI)의 벤젠을 제외한 연구 대상지역의 BTEX 백분율은 홍콩 공업지역과 비슷하게 나타났으며 다른 도시에 비해 톨루엔이 차지하는 비율이 약 2배 이상 높았다. 에틸벤젠의 경우 다른 지역보다 약간 높거나 비슷한 수준이었으며 크실렌은 다

른 도시에 비해 상당히 낮은 비율을 보였다. 도심 지역인 안산 도심(AU)과 시흥 도심(SU)은 홍콩 공업지역<sup>5)</sup>과 BTEX의 분포 경향이 비슷한 것으로 미루어보아 공업 활동에 의한 오염물질 배출이 많으며 비슷한 지역 환경을 갖고 있는 것으로 판단된다.

벤젠은 주로 자동차로부터 배출되는 반면에 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌은 자동차, 도료 및 공업용 용매로부터 배출된다<sup>5,11)</sup>. 벤젠농도는 Table 2에 나타난 바와 같이 시흥 도심(SU) 1.47 ppb>시화 공단(SI) 1.02 ppb>반월 공단(BI) 0.72 ppb>안산 도심(AU) 0.69 ppb 순으로 나타났으나 전체 BTEX 중 벤젠이 차지하는 비율은 공단 지역 보다 도심 지역에서 높았다. 이와 같은 현상은 도심 지역의 차량 밀도가 공단 지역에 비해 상대적으로 높기 때문인 것으로 사료된다.

도심 지역과 공단 지역에서 톨루엔이 차지하는 비율은 71~81%의 범위로 비슷하게 나타났다. 이러한 결과는 도심 지역에 차량을 제외한 톨루엔의 또 다른 배출원이 존재하거나 인근 공단 지역으로부터 유입되었기 때문에 도심과 공단의 지역간 차이가 발생하지 않은 것으로 사료된다.

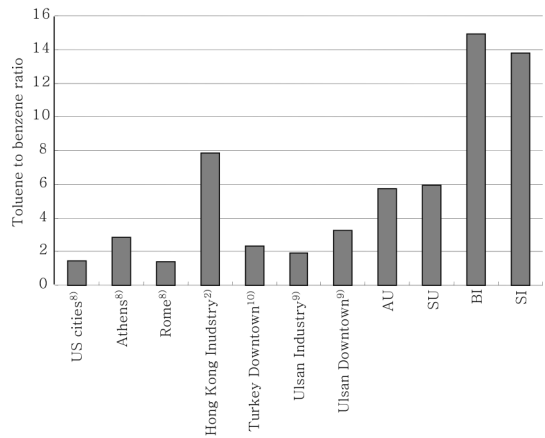


Fig. 3. Comparison of average toluene-to-benzeneratios for other cities with areas in this study.

Table 3. Comparison of percentage of BTEX for other cities with areas in this study

	US cities <sup>8)</sup>	Athens <sup>8)</sup>	Rome <sup>8)</sup>	Hong Kong Industry <sup>2)</sup>	Turkey Downtown <sup>10)</sup>	Ulsan Industry <sup>9)</sup>	Ulsan Downtown <sup>9)</sup>	AU	SU	BI	SI
Benzene	24%	13%	27%	10%	18%	20%	15%	12%	12%	5%	6%
Toluene	34%	38%	38%	75%	42%	36%	49%	71%	71%	72%	81%
Ethylbenzene	4%	7%	9%	11%	8%	8%	9%	12%	12%	17%	9%
Xylenes <sup>a)</sup>	37%	42%	25%	4%	33%	36%	27%	5%	4%	6%	4%

<sup>a)</sup>Xylenes : m,p-xylene

또한 벤젠이 안산 도심(AU)과 시흥 도심(SU)에서 상대적으로 높은 농도로 검출되었기 때문에 Fig. 3에 나타난 바와 같이 톨루엔과 벤젠의 비율은 공업지역인 반월 공단(BI)과 시화 공단(SI)이 도심지역에 비해 높고 동일한 지역 내에서의 비율은 서로 유사한 것으로 나타났다.

본 연구 대상지역의 톨루엔이 다른 도시에 비해 상당히 높은 비를 차지하고 BTEX의 백분율도 다른 양상을 나타내는 것으로부터 시화 반월 공단 지역 및 시흥 안산 도심 지역은 독특한 BTEX 배출 특성을 갖고 있는 것으로 판단된다.

**3.4. 할로겐화 탄화수소와 방향족 탄화수소의 상관관계**

Table. 4에 할로겐화 탄화수소와 방향족 탄화수소의 상관관계수에 대해서 양측 검정을 시행한 결과를 요약하여 나타내었다. 안산 도심(AU)과 시흥 도심(SU)에서는 TEX(toluene, ethylbenzene, xylenes), 클로로포름간의 상관성이( $R^2 > 0.8$ ) 양호한 것으로 나타났으며, 벤젠과 TEX간의 상관관계는 안산 도심(AU)의 경우 0.60~0.66, 시흥 도심(SU)의 경우 0.43~0.60으로 낮게 나타났다. 앞에서도 언급하였듯이 벤젠은 주로 자동차로부터 발생하는 반면 TEX는 자동차뿐만 아니라 페인트 도

**Table 4.** Spearman's rank correlation coefficients( $R^2$ ) of some VOCs at sampling sites

	Chloroform	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m,p-Xylene	Styrene	o-Xylene
<i>AU</i>							
Chloroform	1.00						
Benzene	0.09	1.00					
Toluene	0.83*	0.60	1.00				
Ethylbenzene	0.83*	0.60	1.00**	1.00			
m,p-Xylene	0.83*	0.60	1.00**	1.00**	1.00		
Styrene	0.21	0.76	0.52	0.52	0.52	1.00	
o-Xylene	0.66	0.66	0.94**	0.94**	0.94**	0.39	1.00
<i>BI</i>							
Chloroform	1.00						
Benzene	0.14	1.00					
Toluene	-0.09	0.77	1.00				
Ethylbenzene	0.09	0.60	0.71	1.00			
m,p-Xylene	-0.03	0.83*	0.77	0.66	1.00		
Styrene	0.09	0.60	0.89*	0.54	0.77	1.00	
o-Xylene	0.14	0.66	0.43	0.60	0.89*	0.49	1.00
<i>SU</i>							
Chloroform	1.00						
Benzene	0.20	1.00					
Toluene	0.94**	0.43	1.00				
Ethylbenzene	0.83*	0.60	0.94**	1.00			
m,p-Xylene	0.94**	0.43	1.00	0.94**	1.00		
Styrene	0.66	0.66	0.83*	0.94**	0.83*	1.00	
o-Xylene	0.94**	0.43	1.00**	0.94**	1.00**	0.83*	1.00
<i>SI</i>							
Chloroform	1.00						
Benzene	0.03	1.00					
Toluene	-0.26	0.26	1.00				
Ethylbenzene	0.03	0.66	0.26	1.00			
m,p-Xylene	0.03	0.66	0.26	1.00**	1.00		
Styrene	-0.26	0.54	0.60	0.71	0.71	1.00	
o-Xylene	0.03	0.66	0.26	1.00**	1.00**	0.71	1.00

\*Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

\*\*Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

료, 공업용 용매로부터도 발생한다는 점과 도심 지역 모두 TEX와 클로로포름간의 양호한 상관관계로부터 도심 지역은 자동차에 의한 영향 이외의 또 다른 배출원, 즉 공단 지역의 영향을 받는 것으로 판단되었다.

반월 공단(BI)과 시화 공단(SI)에서는 TEX와 클로로포름간의 상관관계가 도심 지역에 비해 양호하지 못한 상관성을 보였고, 벤젠의 경우 반월 공단(BI)에서만 m,p-크실렌과 0.83의 양호한 상관성을 보였을 뿐 다른 지역에서는 중 정도의 상관성을 보였다.

톨루엔과 BEX간의 상관관계는 반월 공단(BI)과 시화 공단(SI)에서 서로 대조를 이루었는데 반월 공단(BI)에서는 톨루엔과 o-크실렌의 0.43을 제외하고는 양호한 상관성을 보였으나 시화 공단(SI)에서는 전체적으로 낮은 상관성을 보였다. 이는 반월과 시화 공단의 배출원 분포가 서로 상이하며 BTEX의 배출원이 서로 다른 시간대에 혼합되어 나타나거나 정제 공정 중의 용매의 기화와 같은 어느 특정 시간에만 배출되는 BTEX의 배출원이 있기 때문인 것으로 판단된다<sup>2)</sup>.

도심 및 공단 지역 대기 중의 VOCs의 상관관계 그래프를 Fig. 4~Fig. 11에 나타내었다.

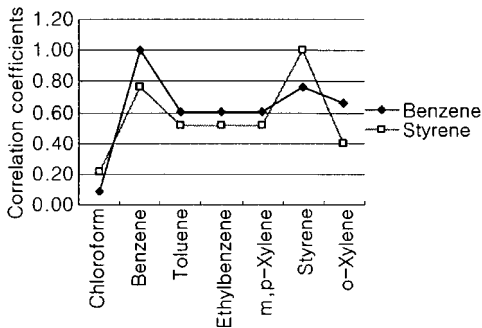


Fig. 4. Correlation of VOCs at AU sites.

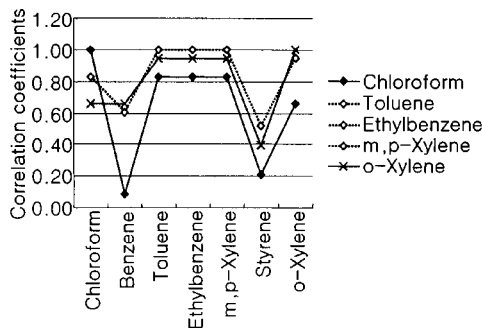


Fig. 5. Correlation of VOCs at AU sites.

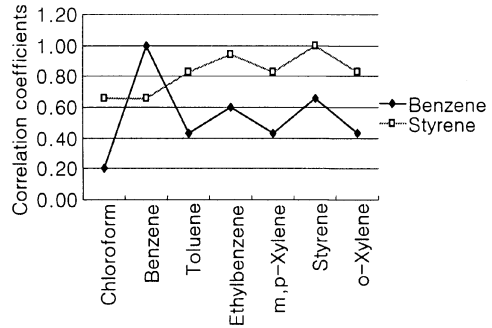


Fig. 6. Correlation of VOCs at SU sites.

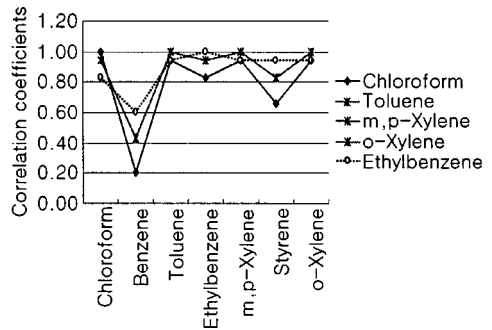


Fig. 7. Correlation of VOCs at SU sites.

도심 지역에서의 VOCs의 상관관계는 Fig. 4~Fig. 7에 나타낸 것처럼 벤젠과 스티렌의 그룹 1과 클로로포름, 톨루엔, 에틸벤젠 및 크실렌의 그룹 2로 나뉘어지며 상관성의 정도는 다르나 비슷한 양상을 나타내었다. 그러나, 두 지점에서의 스티렌의 상관관계 양상이 뚜렷한 차이를 보이고 있다.

Fig. 5와 Fig. 7에서 안산 도심(AU)의 경우 톨루엔, 에틸벤젠 및 m,p-크실렌이 서로 똑같은 상관성을 보이고 있으며 o-크실렌과도 매우 밀접한 상관성을 보이고 있다. 또한 시흥 도심(SU)의 경우 톨루엔, o-크실렌 및 m,p-크실렌이 서로 똑같은 상관성을 보이고 있으며, 에틸벤젠과도 매우 밀접한 상관성을 보이고 있어 두 도심지역에는 비슷한 배출원이 존재하고 있으며 대기 중 VOCs의 프로파일은 스티렌에 의해서 구분되는 것으로 나타났다.

그러나 Fig. 8~Fig. 11에 나타낸 바와 같이 공단 지역의 경우 도심 지역과는 대조적으로 지역별로 서로 다른 상관관계 양상을 보이므로 나타났다. 시화 공단(SI)의 경우 에틸벤젠과 크실렌은 서로 똑같은 상관성을 보이고 있어 비슷한 배출원이 존재하는 것으로 판단되나 톨루엔은 두 공단 지역에서 상관관계 양상이 서

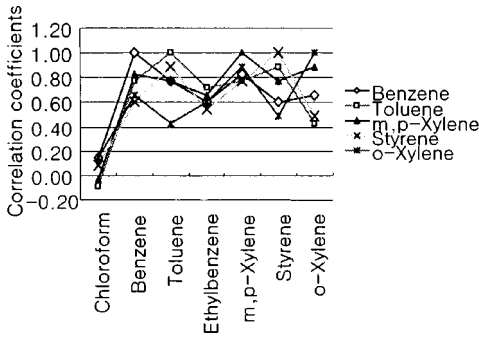


Fig. 8. Correlation of VOCs at BI sites.

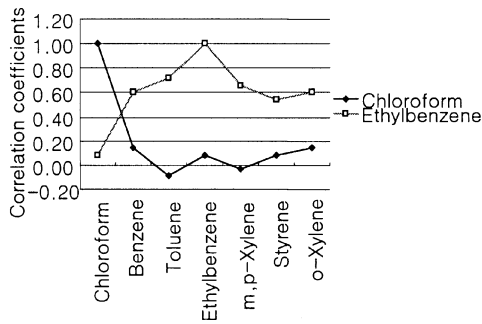


Fig. 9. Correlation of VOCs at BI sites.

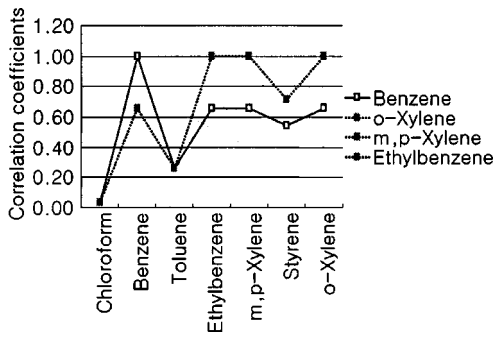


Fig. 10. Correlation of VOCs at SI sites.

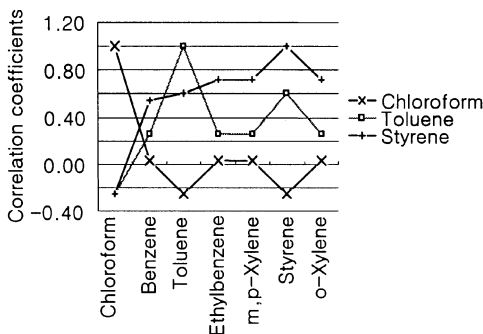


Fig. 11. Correlation of VOCs at SI sites.

로 차이를 나타내었다. 따라서 반월 공단(BI)과 시화 공단(SI)에는 서로 다른 독특한 배출원이 존재하는 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

반월과 시화 공단 지역 및 주변 도심 지역에서 대기 중 VOCs 물질을 대상으로 시료를 채취 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 모든 조사지점에서 톨루엔이 가장 높게 검출되었으며, 총 VOCs와 총 방향족 탄화수소의 평균 농도는 시화공단지역이 18.73 ppb와 17.89 ppb로서 안산 도심의 6.09 ppb와 5.76 ppb보다 약 3배정도 높게 검출되었다. 그러나 총 할로겐화 탄화수소의 경우에는 안산 도심 지역이 가장 낮고 나머지 세 지점은 비슷한 농도를 나타내었다.

2) 전체 BTEX 중에서 벤젠이 차지하는 비율은 공단 지역보다 도심 지역에서 높아 도심지역의 차량이 주요 원인인 것으로 판단되었으며 톨루엔은 도심 지역과 공단 지역이 비슷하게 나타나 도심 지역에 차량을 제외한 또 다른 배출원이 존재하거나 인근 공단 지역으로부터 유입된 것으로 추정되었다.

3) 도심 지역에서는 TEX(toluene, ethylbenzene, xylenes)와 클로로포름간의 상관성이( $R^2 > 0.8$ ) 양호하게 나타났으나 공단 지역에서는 도심 지역에 비해 낮은 상관성을 나타내었다. 또한 공단 지역의 톨루엔과 BEX-(benzene, ethylbenzene, xylenes)간의 상관관계는 지역 별로 차이를 보였는데, 이는 두 공단 지역의 배출원이 서로 다른 시간대에 혼합되어 나타나거나 어느 특정 시간에만 배출되는 BTEX의 배출원이 있기 때문인 것으로 판단된다.

4) VOCs 화합물간의 상관관계로부터 도심 지역은 비슷한 배출원이 존재하는 것으로 나타났고 프로파일이스틸렌에 의해서 구분되었다. 공단 지역은 도심 지역과는 대조적으로 시화와 반월이 서로 다른 상관관계 양상을 나타냈으며, 특히 톨루엔의 상관관계 양상이 두 공단 지역에서 차이를 보이고 있어 두 지역에서 서로 다른 독특한 배출원이 존재하는 것으로 추정된다.

#### 감사의 글

본 연구는 전북대학교 도시 및 환경 연구 센터 지원

에 의해 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

### 참고문헌

- 1) Eric Grosjean, Reinhold A. Rasmussen and Daniel Grosjean, *Atmospheric Environment*, **1998**, 32, 3371~3379.
- 2) S.C. Lee, M.Y. Chiu, K.F. Ho, S.C. Zou and Xinming Wang, *Chemosphere*, **2002**, 48, 375~382.
- 3) Pfeffer, H.U., *Science of Total Environment*, **1994**, 146/147, 263~273.
- 4) Vega, E., Mugica, V., Carmona, R. and Valencia, E., *Atmospheric Environment*, **2000**, 34, 4121~4129.
- 5) C.Y. Chan, L.Y. Chan, X.M. Wang, Y.M. Liu, S.C. Lee, S.C. Zou, G.Y. Sheng and J.M. Fu, *Atmospheric Environment*, **2002**, 36, 2039~2047.
- 6) Kwangsam Na and Youn Pyo Kim, *Atmospheric Environment*, **2001**, 35, 2603~2614.
- 7) "Method 8000B Determinative chromatographic separations", December, **1996**, US EPA.
- 8) Kim, Y.P., Kim, J.Y., Ghim, Y.S. and Na, K., *Environmental Research Forum*, **1997**, 7~8, 265~269.
- 9) Kwangsam Na, Yong Pyo Kim, Kil-Choo Moon, Il Moon and Kochy Fung, *Atmospheric Environment*, **2001**, 35, 2747~2756.
- 10) Aysen Muezzinoglu, Mustafa Odabasi and Levent Onat, *Atmospheric Environment*, **2001**, 35, 753~760.
- 11) K.F. Ho and S.C. Lee, *The Science of the Total Environment*, **2001**, 289, 145~158.