

## PS14 (MA25) 대도시 도로변 대기 중 휘발성 유기화합물의 농도측정 Measurement of Atmospheric VOC Concentrations at a Roadside in a Large Urban Area

김미현 · 백성욱 · 김성렬 · 황승만 · 문영훈 · 정진욱 · 신주희  
영남대학교 환경공학과 대기오염연구실

### 1. 서 론

도시대기 중의 광화학 대기오염의 원인인 동시에 사람의 건강상에 유해한 성분( 발암성 혹은 돌연변이성)들이 많이 존재하는 것으로 알려진 대기오염물질 중에서도 탄화수소성분에 대한 관심이 최근들어 고조되고 있다. 메탄을 제외한 탄화수소성분을 총칭하여 비메탄계 탄화수소(NMHC)라고 일컫고 있으며, 비메탄계 탄화수소는 알데히드등의 산소화합물을 함유하고 있지 않지만, 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds; 이하 VOCs)은 산소함유화합물을 포함한 물질을 말한다. 본 연구에서는 도시 도로변에 위치한 자동차배출가스자동측정소에서 시료를 24시간 연속적으로 채취하여 도시 도로변의 VOCs의 시간별 농도수준 및 거동을 파악하고 나아가 각 VOCs 농도에 영향을 주는 인자에 대해 평가하고자 한다.

### 2. 연구 방법

VOCs의 발생원은 복잡·다양하지만 인위적인 주요발생원은 용제와 자동차이다. 이 중에서도 그 기여분이 가장 높은 것은 도로관련으로 70 % 이상이 용제로부터 발생하는 것으로 추정되고 있고, 자동차가 관련된 기여분은 VOCs 전체 발생량의 10 % 정도이지만 발생지역이 도로변이기 때문에 주요오염 발생원은 자동차 배출가스이며, 또한 입지조건이나 기상조건에 따라서 국지적으로 고농도가 발생 할 수 있다. (若松伸司,1998) 따라서, 본 연구에서는 자동차와 관련한 도시교통밀집지역(동아쇼핑부근)에 위치한 자동차 배출가스 자동측정소에 시료 채취 장치를 설치하여 2주 연속적(5월 11일 ~ 5월 26일, 2시간 간격으로 24시간, 측정 VOCs 항목 : BTEX 계통, 시료측정갯수: 168개)으로 채취하였다. 또한 이 지점은 기준성 오염물질(SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, THC, NCH<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>)의 농도를 지속적으로 측정하는 대구지방환경청의 자동차 배출가스 자동측정소이므로 기준성 오염물질의 농도자료를 이용하기가 용이하다. 그리고, 기상자료는 대구기상대 관측자료를 이용하였고, 교통량 자료는 중부 경찰서 교통 통제계의 자료를 이용하였다. 시료의 채취방법은 연속적인 채취를 위해서 24시간 연속 채취가 가능한 자동시료채취장치인 STS-25(Sequential Tube Sampler, Perkin Elmer, UK)를 사용하였으며, 방향족 유기화합물의 채취용 매체로는 400 mg의 Carbotrap(20/40 mesh, Supelco, USA)을 충전한 스테인레스 스틸 흡착관(1/4" × 9 cm, Perkin Elmer, UK) 12개를 설치하여 각 튜브당 샘플링 유량과 샘플링 시간을 50 ml/min와 2시간으로하여 휴대용 펌프(SP15, Casella London, UK)를 사용하여 채취하였다. 펌프의 유량은 Bubble Flowmeter를 이용해 시료 채취 전후 측정하였다. 채취된 VOCs은 자동열탈착장치(ATD 400, Perkin Elmer, UK)가 연계된 Capillary Column GC/MSD를 사용하여 분석하였다. 저농도의 VOCs를 분석하기 위해 2단계 열탈착을 이용한 저온측정방법을 사용하여 분석의 감도 및 Capillary Column의 분리능을 높였다.(백성욱,1996)

### 3. 결과 및 고찰

표 1에는 봄철(5월 11 ~ 5월 26일) 도시 도로변의 대기를 연속적으로 측정한 각종 VOC 농도에 대한 평균값, 중앙값, 표준편차, 최대치와 최소치를 나타내었다. VOCs의 농도는 대상물질에 따라 다양하게 나타나 있으며 채취된 VOCs 중 가장 많은 비율을 차지하고 있는 톨루엔의 농도수준은 5.69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 386.88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 아주 폭넓게 분포하고 있음을 알 수 있다. 이 결과는 표 2에 나타나 있는 교통량과 비교했을 때 늦은 밤 23시의 교통량은 다른시간에 비해 적으나 농도가 높은 것은 아마도 채취기간중 시료채취 지점 부근의 건축공사장에서 톨루엔과 관련된 유기용제가 간헐적으로 사용되었다고 사료된다.

Table 1. Concentrations (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) of Selected VOCs in a Central Area of Taegu City (n =168)

	Mean	Median	S.D.	Minimum	Maximum
Benzene	5.88	5.51	1.69	2.84	11.19
Toluene	71.66	41.04	71.55	5.69	386.88
Ethylbenzene	3.73	3.22	2.47	0.69	19.18
m+p-Xylene	8.24	7.58	5.43	0.77	45.26
Styrene	2.07	1.02	2.27	0.31	15.71
o-Xylene	2.76	2.57	1.52	0.68	11.65
1,3,5-Trimethylbenzene(TMB)	1.12	0.99	0.69	0.42	6.50
1,2,4-Trimethylbenzene(TMB)	3.41	3.22	1.30	1.01	7.17
Naphthalene	1.43	1.27	0.60	0.61	4.14

표 2의 각각 자료는 14일간의 연속적인 자료를 2시간별로 평균하여 계산한 값이며 교통량은 1시간을 기준으로 한 5분간 평균데이터를 2시간으로 환산한 값이다. 시료를 채취한 지점은 교통량이 많은 대구 중심부로 자동차 배출가스의 배출강도가 증가할수록 VOCs의 농도가 상승함을 알 수 있다. 표 2를 보면 아침 7시-9시와 저녁 7시-9시 사이의 각 VOCs의 농도가 대체적으로 높고, 오전 9시에서 11시사이와 오후 1시에서 3시사이의 교통량은 비슷하나 오후 시간대의 VOCs농도가 낮게 나타나는 이유는 VOCs가 일사량이 많은 낮시간대에 광화학반응에 참여하여  $\text{O}_3$ 의 농도를 상승시키면서 감소하는 결과를 도출하는 것을 알 수 있다. VOCs의 거동에 영향을 미치는 인자로는 배출원의 강도와 기상인자(일사량, 기온등)등을 들 수 있으며 높은 건물들이 많은 측정지점의 입지조건 또한 영향인자가 될 것으로 생각되어진다. 앞으로 본 연구에서는 연속적으로 시료를 채취, 분석하여 연간 VOCs 성분의 농도변동과 VOCs농도에 영향을 미치는 각 인자에 대한 다변량 해석을 통해 영향인자를 평가하고자 한다.

Table 2. Summary of Data for Spring Period (May 11~ May 26, 1999) (VOC unit in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Parameter	Sampling Time (hr)											
	01-03	03-05	05-07	07-09	09-11	11-13	13-15	15-17	17-19	19-21	21-23	23-01
Benzene	5.2	5.0	6.3	7.2	6.9	5.5	5.6	5.6	5.8	6.0	5.9	5.5
Toluene	87.6	80.3	73.2	88.6	75.2	52.9	55.3	63.1	57.1	63.7	60.4	102.7
Ethylbenzene	3.5	2.7	3.7	4.2	3.5	3.1	3.6	4.9	4.8	3.8	3.4	3.6
m+p-Xylenes	7.7	6.3	9.3	10.1	7.0	7.1	6.8	10.4	9.6	8.9	7.9	8.0
Styrene	1.5	1.2	1.2	7.7	1.6	1.0	2.3	2.6	1.1	1.0	1.0	1.4
o-Xylene	2.5	2.1	3.1	3.4	2.7	2.3	2.4	3.3	3.1	2.9	2.6	2.7
1,3,5-TMB	0.9	0.8	1.1	1.4	1.4	0.9	1.1	1.4	1.1	1.2	1.1	1.0
1,2,4-TMB	2.5	2.2	3.6	4.7	3.8	3.2	3.1	3.6	3.6	4.0	3.7	3.1
Naphthalene	1.6	1.4	1.8	1.9	1.4	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3	1.7
Temperature( $^{\circ}\text{C}$ )	16	15	15	18	20	23	24	24	23	21	19	171
Radiation(MJ)	0.00	0.00	0.14	0.96	1.95	2.38	2.25	1.45	0.49	0.03	0.00	0.00
$\text{O}_3$ (ppb)	12	15	7	7	15	25	29	30	27	18	11	11
$\text{NO}_2$ (ppb)	35	28	37	46	48	45	45	47	46	46	50	41
Traffics (천대)	12.3	12.2	13.6	20.7	23.1	21.5	23.0	25.2	26.1	25.0	21.4	15.4

#### 참고문헌

백성옥 (1996) 「환경 대기중 휘발성 유기화합물의 포집과 분석방법」 한국대기보전학회지, 12(1),1-13  
 若松伸司(1998) 「都市域におけるVOCの動態解明と大気環境質に及ぼす影響評価」 国立環境研究所ニュース, Vol.