

## PA18) 수도권지역에서의 오존 전구물질 VOC 측정 Measurement of Ozone precursor VOC in Seoul Metropolitan Areas

백성옥 · 박상근<sup>1)</sup> · 김배갑 · 서영교 · 허귀석<sup>2)</sup>

영남대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>해천대학 환경관리과, <sup>2)</sup>한국표준과학연구원 유기분석그룹

### 1. 서 론

최근 들어, 전세계적으로 대도시 지역에서 지표면 오존농도가 환경기준을 초과하는 빈도가 증가함에 따라 오존의 생성과 관련 있는 전구물질에 대한 제어과정이 지표면 오존농도의 저감을 실현시키기 위한 가장 중요한 과제로 대두되고 있다. 지표면 부근의 오존은 비단 인체에 대한 보건학적 영향 뿐만 아니라, 곡식, 식물, 나무들에까지 위해성을 보이기 때문에 많은 관심이 집중되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 오존의 문제가 빈번히 발생하는 하절기 동안, 수도권 지역 5개 지점에서의 오존생성에 깊이 관여하는 각종 전구물질들 중에서 VOC에 대한 농도를 측정하여 그 분포 특성을 파악하고자 한다.

### 2. 연구 방법

본 조사연구에서는 수도권 지역에서의 오존 전구물질 중, VOC에 대한 농도 측정을 위해 서울·경기 인근의 5개소(부천, 상암동, 방이동, 화도, 양수리)를 조사대상지점으로 선정하였다. 시료채취 시기는 6월의 경우 6월 15일 ~ 6월 21일까지, 8월의 경우는 8월 7일 ~ 8월 13일까지이며, 오전 8시부터 오후 6시까지 2시간 간격으로 시료를 채취하였다. 또한 미국 EPA에서 지정한 오존 전구물질 57종을 측정 대상물질로 정하였으며, 오존 전구물질 분석을 위해 Restek사의 오존 전구물질 표준가스(Catalog #34420, Lot #ND1183)를 사용하였다.

시료를 채취 하기위해 부천, 상암동, 방이동 측정지점에서는 캐니스터(Model 910A canister sampler, XonTech, Inc.)를 이용하였다. 캐니스터를 이용하여 2 시간동안 일정한 유량(50 ml/min)으로 시료가 채취되도록 하여 총 6 L의 시료를 채취한 후 Entech사의 7100 preconcentrator 저온농축장치가 장착되어 있는 GC/MS System (HP6890/5973)를 이용하여 시료를 분석하였다.

한편, 방이동, 화도, 양수리 측정지점에서는 흡착관을 이용하여 시료를 채취하였으며, 흡착관을 이용한 측정·분석한 방법에 대해 살펴보면 다음과 같다. 흡착관 전처리(Tube conditioning)장치(TC20, Markes, UK)를 이용하여 전처리한 서로 다른 2가지 형태의 이중흡착관 및 삼중흡착관을 구성하여 각각 하나의 시료채취용 펌프(Double take sampler, SKC, USA)에 연결한 후, 중복시료채취(duplicate sampling)를 하였다. 이때 시료 채취량은 약 10 L ~ 15 L 정도이다. 표준시료 및 현장시료에 함유된 측정 대상물질의 분석에는 자동 열탈착장치(ATD-400, Perkin Elmer, UK)가 GC칼럼으로 직접 연결된 HP GC/MS System (HP6890/5973)을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

각 분석대상물질의 농도는 측정지점에 따라 매우 다양한 농도분포를 나타내고 있다. 측정된 결과 중, 광화학적 오존생성잠재력(Photochemical Ozone Creation Potentials, 이하 POCP)이 Ethylene 을 기준으로 100 이상이거나 환경학적 중요성이 높은 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes, 이하 BTEX) 및 검출빈도가 높은 물질들을 중심으로 6월과 8월 평균값 및 최소, 최대 값을 표 1 나타내었다.

월 별 경향을 살펴보면, 전반적으로 6월의 농도가 8월보다는 조금 높거나 유사하게 나타났다. 각 지점 별 최대 값을 보인 시기 역시 대부분 6월이었다. 측정지점별 경향을 살펴보면, 각 측정지점 중 가장 풍상층에 위치한 부천 측정지점이 타 지점에 비해 대부분의 오존 전구물질의 농도가 높게 측정되었으며, 풍하층으로 진행될수록 농도 수준은 낮게 측정되었다. 예를들어 타 측정지점에서 낮은 농도값으로 측정된 Propane, n-Butane, Isobutane 등이 부천의 경우 10 ppb, 이상 검출되기도 하였는데, 그 원인은 서풍

계열의 바람을 따라 이동한 오존 전구물질들이 시간이 지남에 따라 광화학 반응과 같은 원인에 의해 오존 등으로 전환되거나 소멸되었기 때문으로 추정되며, 이는 오전에 높게 나타났던 오전전구물질의 농도가 시간이 지남에 따라 낮게 측정되고(나광삼, 1998), 반대로 오존의 농도가 높아지는 것을 통해 확인할 수 있다.

개별적인 물질의 특성을 살펴보면, BTEX 물질이 전 지역에서 높은 농도로 측정되었으며, 다른 물질보다 검출빈도 또한 높게 나타났다. 그 중 모든 측정지점에서 Toluene 이 가장 높은 농도를 보이고 있으며, 부천 및 상암동 측정지점에서는 20 ppbv 이상의 농도를 보이기도 했다. 또한 휘발성이 강한 저분자 물질인 C<sub>4</sub> 계열의 유기물질들이 1 ~ 5 ppbv 수준의 농도를 보인 반면 C<sub>8</sub> ~ C<sub>12</sub> 의 대부분이 1 ppbv 이하로 낮은 농도를 보였으며, 검출빈도 또한 높지 않았다. 특히 POCP가 115인 1,3,5-Trimethylbenzene 및 1,2,3-Trimethylbenzene와 POCP가 120인 1,2,4-Trimethylbenzene은 2 ppbv 이하이거나 검출저한계(0.1 ppbv) 이하로 나타났다.

Table 1. Summary of VOC Data in Seoul Metropolitan Areas during the summer of 2001 (unit ; ppbv)

VOCs	Bucheon		Sangam dong		Bangi dong		Hwado		Yangsuri	
	mean	min~max	mean	min~max	mean	min~max	mean	min~max	mean	min~max
Propylene	1.0	<0.1~6.0	0.8	<0.1~2.1						
Propane	6.6	<0.1~16.4	2.8	<0.1~9.5	2.1	<0.1~10.6	0.7	<0.1~3.1	0.4	<0.1~2.4
n-Butane	4.5	<0.1~22.5	2.9	0.8~9.0	1.9	<0.1~18.8	0.4	<0.1~2.1	0.3	<0.1~1.5
Isopentane	1.7	<0.1~8.3	1.2	<0.1~4.5	0.9	0.2~3.4	1.1	<0.1~6.9	0.4	<0.1~1.6
n-Pentane	0.9	<0.1~4.2	0.6	<0.1~2.2	0.5	<0.1~1.7	0.6	<0.1~4.5	0.2	<0.1~0.9
Isoprene	0.4	<0.1~2.2	0.7	<0.1~1.6	0.4	<0.1~1.0	0.5	<0.1~1.7	0.7	<0.1~3.9
n-Hexane	0.6	<0.1~4.1	0.4	<0.1~2.4	0.7	0.2~10.4	1.1	<0.1~4.4	0.9	<0.1~3.0
Benzene	0.5	<0.1~2.0	0.4	<0.1~1.5	0.5	<0.1~2.5	0.5	<0.1~1.6	0.4	<0.1~2.8
2,3-DMP*	0.1	<0.1~0.9	0.1	<0.1~0.5	0.1	<0.1~0.6	0.1	<0.1~0.8	0.1	<0.1~1.3
n-Heptane	0.2	<0.1~1.2	0.2	<0.1~0.7	0.2	<0.1~1.7	0.3	<0.1~2.3	0.2	<0.1~3.1
MCH*	0.2	<0.1~1.0	0.1	<0.1~0.6	0.2	<0.1~1.8	0.2	<0.1~2.4	0.2	<0.1~3.1
Toluene	12.2	<0.1~76.7	8.6	0.7~25.1	4.9	0.9~19.3	2.9	<0.1~14.7	1.6	<0.1~8.9
n-Octane	0.2	<0.1~1.0	1.5	<0.1~10.9	0.4	<0.1~2.5	0.1	<0.1~0.6	0.1	<0.1~0.8
Ethylbenzene	0.8	<0.1~5.7	0.7	<0.1~5.0	0.5	<0.1~2.2	0.4	<0.1~1.8	0.2	<0.1~0.9
m+p-Xylenes	1.1	<0.1~5.5	0.8	<0.1~4.3	0.7	0.2~2.8	0.6	<0.1~2.6	0.3	<0.1~1.6
o-Xylene	0.7	<0.1~3.9	0.5	<0.1~2.4	0.4	<0.1~1.5	0.3	<0.1~1.1	0.1	<0.1~0.6
n-Nonane	0.2	<0.1~1.0	0.2	<0.1~0.8	0.2	<0.1~2.8	0.1	<0.1~0.3	0.1	<0.1~0.3
1,3,5-TMB*	0.1	<0.1~0.4	0.1	<0.1~0.2	0.1	<0.1~0.6	0.1	<0.1~0.5	0.1	~ <0.1
1,2,4-TMB*	0.3	<0.1~1.7	0.3	<0.1~1.2	0.3	<0.1~1.4	0.3	<0.1~1.8	0.1	<0.1~0.2
1,2,3-TMB*	0.1	<0.1~0.5	0.1	<0.1~0.3	0.1	<0.1~0.6	0.1	<0.1~0.4	0.1	~ <0.1

\* 2,3-DMP : 2,3-Dimethylpentane MCH : Methylcyclohexane 1,3,5-TMB : 1,3,5-Trimethylbenzene  
1,2,4-TMB : 1,2,4-Trimethylbenzene 1,2,3-TMB : 1,2,3-Trimethylbenzene

## 사 사

본 과제는 2001년도 환경부 연구용역사업의 일환으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- 나광삼, 김용표, 김영성 (1998a) 서울 대기 중에서 C<sub>2</sub>~C<sub>9</sub> 휘발성유기화합물의 농도, 한국대기보전학회지, 14(2), 95~105.
- 나광삼, 김용표, 문길주, 백성욱, 황승만, 김성렬, K. Fung, 이강봉, 박현미 (1998c) 대기 중 휘발성 유기화합물의 채취 및 분석 방법 비교, 한국대기보전학회지, 14(5), 507~511.
- 백성욱 (1996) 환경 대기중 휘발성 유기화합물의 포집과 분석방법, 한국대기보전학회지, 12(1), 1-13
- 백성욱 (1999) 흡착포집 및 열탈착/GC 분석에 의한 공기 중 휘발성 유기화합물의 측정방법론 평가, 15(2), 121~138
- Derwent, R.G. and Jenkin, M.E. (1991) *Atmos. Environ.*, 25A, 1661-1678.