

## MA1) 여름철 휘발성 유기물질 배경농도 측정 Measurement of Summertime Background-Level Volatile Organic Compounds

홍민선·김순태·허귀석<sup>1)</sup>

아주대학교 환경도시공학부, <sup>1)</sup>한국표준과학연구원

### 1. 서론

최근 들어 서울을 중심으로 한 수도권 지역에서는 여름철 오존주의보 발령이 빈번해지면서 광화학 반응에 의한 대기중 오존농도 상승에 많은 관심을 보이고 있다. 휘발성 유기물질 (Volatile Organic Compounds)은 광화학 반응을 통해 오존을 생성시키는 대표적인 대기오염 물질로 알려져 있으며 주로 자동차, 석유정제, 석유화학, 도장산업 등에서 배출되는 것으로 알려져 있다. 이러한 VOC는 NO<sub>x</sub>와 함께 대기중 오존농도 저감을 위한 대상물질로써 NO<sub>x</sub> 배출량 규제와 동시에 VOC 농도 및 특성 또한 면밀히 검토되어야 한다. 이러한 노력의 일환으로 UAM 등 광화학 모델 모사를 통해 원인 규명과 대책 마련에 고심하고 있으나 모사에 필수적인 휘발성 유기물질 배경농도의 경우, 참고할 만한 국내 실측자료가 많지 않아 모사에 많은 어려움이 따르고 있다. 본 연구에서는 오존 생성의 전구물질이 되는 VOC 농도를 배경지역에서 측정 분석하였다.

### 2. 측정 및 분석

측정 장소는 강화의 마니산 (469m), 양평의 용문산 (1157m), 산정호수 부근의 명성산 (923m)과 남양주 부근의 축령산 (855m)이 선정되었다. 네 지점은 서울을 중심으로 축령산은 북동 방향으로 40km 정도, 서쪽의 마니산과 동쪽의 용문산은 대략 50km 거리에 있으며 북동쪽의 명성산은 70km 정도 떨어져 수도권 외곽에 위치하여 측정된 자료들은 배경농도로써 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 분석을 위한 시료 채취는 모두 산 정상에서 6L canister를 이용하여 포집하였다. 측정일은 8월 26일로 강우는 없었으며 하늘은 비교적 맑았으며 측정시, 네 지점의 평균 기온은 22°C 내외였고 바람은 약한 편이었으며 습도는 50% 정도였다. 시료 포집은 1시와 2시 그리고 3시에 3번으로 나누어 한 장소에 두 개 또는 세 개씩의 시료를 canister에 채취하였다. 채취된 시료의 분석은 한국표준과학연구원서 수행하였으며 분석 날짜는 1998년 9월 9일~9월 18일 사이로 모든 시료의 분석이 포집된 날로부터 3주 이내에 이루어졌다. 분석기기로는 HP 6890 GC와 Entech 7100 preconcentrator를 이용하였다. Cryogenic trap을 사용하여 600ml 혹은 400ml의 시료를 농축하였으며 검출기로는 FID와 ECD를 이용하였고 분석 항목으로는 대기중 ozone precursor를 대상으로 하였다 (Patrick, 1994; 백성욱, 1996). 검출시 분석 불확도는 10 ppb 이상에서는 5%, 1~10 ppb 사이에서는 10%, 1 ppb 이하에서는 20% 정도이다. 본 연구에서 사용한 6L canister의 경우 내부 흡착에 의한 농도 감소가 예상되나 본 연구에서는 보정치를 사용하지 않았다.

### 3. 결과 및 고찰

네 지점에서 측정한 평균값을 볼 때, 대부분 10ppb 미만의 농도에서 모든 항목들이 검출되었으며 상호 비교가 가능한 8개 항목을 농도가 높은 것부터 정리하면 isoprene 3.31 ppb, propylene+propane 2.68 ppb,  $\alpha$ -pinene 2.05 ppb, toluene+2-methylheptane 1.9 ppb, m-xylene+p-xylene 1.76 ppb, benzene 0.88 ppb, 1-pentene 0.79 ppb, 1,2,4-trimethylbenzene 0.76 ppb 순이다. Benzene의 경우 명성산이 1.00 ppb로서 가장 높았으며 축령산은 0.90 ppb였고 마니산과 용문산은 0.80 ppb로서 같았다. Toluene은 축령산이 2.65 ppb로 가장 높았고, 명성산 2.50 ppb, 마니산 1.30 ppb, 용문산 1.17ppb 순이었다.

대표적인 자연 발생적 휘발성 유기물질인 isoprene과  $\alpha$ -pinene의 농도를 네 지점에서 비교해 보면 isoprene의 경우 마니산이 5.83 ppb로 가장 높았으며, 그 다음으로는 용문산 2.87 ppb, 축령산 2.60 ppb, 명성산 1.95 ppb 순이었다.

Table 1. VOC concentrations on background areas.

(unit : ppb)

Volatile organic compounds	Myoung sung	Yong moon	Chuk ryoung	Mani	Average
propylene+propane	4.20	1.97	2.55	2.00	2.68
isobutane	13.95	- <sup>a</sup>	-	-	13.95
1-butene	1.15	-	-	1.00	1.08
butane	1.70	1.00	1.30	-	1.00
3-methyl-1-butene	-	1.90	-	-	1.90
isopentane	11.50	4.65	-	10.43	8.86
1-pentene	0.60	0.70	0.85	1.00	0.79
pentane	0.50	-	-	-	0.50
isoprene	1.95	2.87	2.60	5.83	3.31
2-methyl-2-butene	0.70	-	-	-	0.70
cyclopentane+2,3-dimethylbutane	2.20	1.10	-	1.17	1.49
2-methylpentane	9.15	0.87	0.70	-	3.57
2-methyl-1-pentene	0.80	-	-	-	0.80
hexane	0.60	-	-	-	0.15
methylcyclopentane+2,4-dimethylpentane	0.40	-	-	-	0.40
benzene	1.00	0.80	0.90	0.80	0.88
cyclohexane+2-methylhexane	3.60	-	-	1.70	2.65
2,3-dimethylpentane	0.50	-	-	-	0.13
3-methylhexane	7.10	0.70	-	3.17	3.66
methylcyclohexane	0.90	-	-	-	0.90
2,3,4-trimethylpentane	0.40	-	-	-	0.40
toluene+2-methyl heptane	2.50	1.17	2.65	1.30	1.90
octane	-	-	-	0.90	0.90
ethylbenzene	1.30	-	-	1.13	1.22
m-xylene+p-xylene	2.50	0.70	1.00	2.83	1.76
styrene	-	-	-	1.00	1.00
o-xylene	0.80	-	-	0.80	0.80
nonane	-	-	-	1.50	1.50
isopropylbenzene	0.70	-	-	1.00	0.85
alpha-pinene	2.65	1.70	0.60	3.23	2.05
n-propylbenzene	0.80	-	-	1.65	1.23
1,3,5-trimethylbenzene	1.00	0.80	-	1.13	0.98
1,2,4-trimethylbenzene	0.70	0.50	0.70	1.13	0.76

<sup>a</sup> "-" represents "not detected".

$\alpha$ -pinene의 경우도 마니산이 3.23 ppb로 가장 높았으며, 명성산 2.65 ppb, 용문산 1.70 ppb, 축령산 0.60 ppb 순이었다. 이들 물질의 경우 OH radical과의 높은 반응성을 감안할 때 광화학 모델 운용시 이에 대한 고려가 필요할 것으로 사료된다(Chameides et al., 1988). 분석 대상항목중 trans-2-butene, cis-2-butene, trans-2-pentene, cis-2-pentene, 2,2-dimethylbutane, cyclopentene, 4-methyl-1-pentene, 3-methylpentane, trans-2-hexene, cis-2-hexene, 2,2,4-trimethylpentane, heptane, 3-methylheptane 등 13종은 네 곳 모두에서 검출되지 않았다.

### 참고문헌

백성옥 (1996) 환경 대기중 휘발성 유기화합물의 포집과 분석방법, 한국대기환경학회, 12(1), 1-13.  
Chameides, W., R. Lindsay, and C. Kiang (1988), The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study, Science, 241, 1473-1475.