

SM13)

대기중 VOC의 계절적 농도에 영향을 주는 요인 관찰

Examination of factors affecting seasonal variations of VOC concentrations

나광삼^{1), 2)}, 김용표¹⁾

¹⁾한국과학기술연구원 지구환경연구센터, ²⁾연세대학교 화학공학과

1. 서론

온도의 변화에 따라 계절이 뚜렷하게 구분되는 지역에서 VOC (volatile organic compound, 휘발성 유기화합물)의 계절적 농도는 겨울에 농도가 높고 여름에 낮은 거동을 나타낸다. 이러한 농도 경향에서는 단지 걸음으로 나타나는 농도의 절대치로는 계절적 농도 거동에 영향을 주는 요인들을 파악하기 어렵다. 이 연구에서는 측정된 농도가 지니고 있는 계절적 특성을 유추하기 위한 간접적 방법으로 주요 성분들의 농도비를 이용하였다. 대기의 VOC 농도는 1차 배출원의 영향을 가장 크게 받으므로, 서울 대기에서의 주요 인위적 VOC 배출원을 자동차 배출, 자동차 연료 증발, 용제 사용에 의한 증발 배출, 천연가스, 주택 및 상가용 LPG (liquefied petroleum gas) 등으로 가정된 후(나광삼 등, 1999) 이들 배출원을 중심으로 VOC의 계절적 농도 거동에 영향을 주는 요인들을 살펴보았다.

2. 측정 및 분석

측정은 1998년 8월부터 1999년 7월까지 1년간 실시하였다. 측정 시간은 오전 9시부터 다음날 9시 까지로 하였다. 측정 간격은 원칙적으로 6일로 하였으며, 강우가 있는 날은 측정을 피하였다. 평균적으로 한달에 4-5회의 측정을 통해 1년 동안 총 55개의 시료를 얻었다. 측정 장소는 서울 동대문구 회기동에 있는 청량초등학교 4층 옥상이다. 이곳은 왕복 4차선 도로에서 100 m 떨어져 있으며 주변이 상가와 주택으로 둘러싸여 있어 자동차와 주거지에서의 혼합된 배출 특성을 반영할 것으로 예상되는 곳이다. 시료의 채취는 유속이 10-15 ml/min으로 조절된 스테인레스 재질의 진공압축펌프를 이용하여 용기 내부 표면이 매끄러운 니켈과 크롬 산화물과 같은 불활성 물질로 코팅되어 있는 스테인레스스틸의 6 L SUMMA 용기를 사용하였다. 시료의 분석은 한국과학기술연구원 특성분석센터에서 실시하여 70종의 휘발성 유기화합물을 확인/정량화 하였다. 그러나 모든 시료에 대해 검출한계 이하의 성분들은 이 연구에서 제외하여 50개의 성분만을 다루었다. 분석과 채취에 대한 자세한 내용은 나광삼 등 (1998)에 나타나 있다.

3. 결과

표 1은 계절별로 농도가 가장 높았던 10개의 성분들과 전체 VOC의 농도를 요약한 것이다. 측정 기간중 전체 VOC의 농도범위는 162.1-391.4 ppbC이었으며, 계절적 농도는 여름이 가장 낮고 겨울이 가장 높은 거동을 보였다. 이는 사계절이 뚜렷한 지역에서 나타나는 일반적인 농도 경향이다 (Morikawa et al., 1998). 이러한 계절적 농도의 원인은 주로 혼합고의 변화와 대기에 대한 각 VOC 배출원들의 기여도 변화로 판단된다. 연평균 농도를 기준으로 할 때, 농도가 가장 높은 성분은 프로판 (7.8 ppb)이었으며, 다음은 톨루엔 (6.4 ppb), 에틸렌 (5.9 ppb) 순으로 나타났다. 그러나, 이러한 농도 순위는 계절에 따라 변한다. 표 1에서 보는 바와 같이 겨울에는 난방(에탄과 프로판)과 자동차 배출(에틸렌, 아세틸렌과 프로필렌)을 주요 배출원으로 하는 성분들의 농도가 높게 나타난 반면, 기온이 상대적으로 높은 여름에는 가솔린 증발배출(부탄, 펜탄)과 용제 사용에 의한 배출(톨루엔, m-+p-자일렌)과 관계가 높은 성분들의 농도가 높게 나타났다. 이는 온도가 VOC의 계절적 농도 변화에 중요한 역할을 함을 의미한다.

대기 VOC 농도에 대한 자동차 배출원의 계절적 기여도의 변화를 관찰하기 위해 전체 VOC에 대한 아세틸렌의 농도비를 월별로 그림 1에 나타내었다. 이 농도비의 변화는 자동차 배출의 거동을 간접적으

로 반영한다. 아세틸렌을 기준 물질로 정한 이유는 이 성분이 자동차 원료의 연소를 통해서만 배출될 뿐만 아니라 광화학 반응성이 낮은 안정한 물질이기 때문이다. 이 그림에서 농도비는 겨울이 크고 여름이 작게 나타났다.

Table 1. The ten most abundant mean concentrations of C₂-C₉ hydrocarbons (ppb) and total VOC (ppbC) for each season.

Spring		Summer		Fall		Winter	
Propane	7.2	Toluene	5.9	Propane	7.6	Propane	11.5
Toluene	5.8	Propane	4.7	Toluene	6.6	Ethylene	8.0
Ethylene	5.5	Ethylene	3.9	Ethylene	6.0	Toluene	7.3
Ethane	3.6	n-Butane	2.8	Ethane	3.8	Ethane	5.8
Acetylene	3.2	m-+p-Xylene	2.2	n-Butane	3.4	Acetylene	4.8
n-Butane	3.1	Acetylene	2.2	Acetylene	3.4	n-Butane	4.2
m-+p-Xylene	2.0	i-Pentane	2.2	m-+p-Xylene	2.6	Propylene	2.5
i-Pentane	2.0	Ethane	2.1	i-Pentane	2.4	i-Pentane	2.5
Propylene	1.7	i-Butane	1.3	Propylene	1.9	m-+p-Xylene	2.3
i-Butane	1.3	n-Pentane	1.3	i-Butane	1.6	i-Butane	1.9
Total VOC	226.0		205.2		266.7		303.6

이는 대기 VOC에 대한 자동차 배출의 기여도가 겨울이 높고 여름이 낮음을 의미한다. 여름에 자동차 배출의 기여도가 낮게 나타난 주원인은 온도 의존성을 나타내는 가솔린 증발과 용제 사용에 의한 증발 배출의 기여도가 상대적으로 증가하였기 때문으로 해석된다. 천연가스와 LPG의 계절적 배출 특성은 자동차 배출과 비슷하였으며, 온도에 반비례하고 사용량에 비례하는 것으로 나타났다.

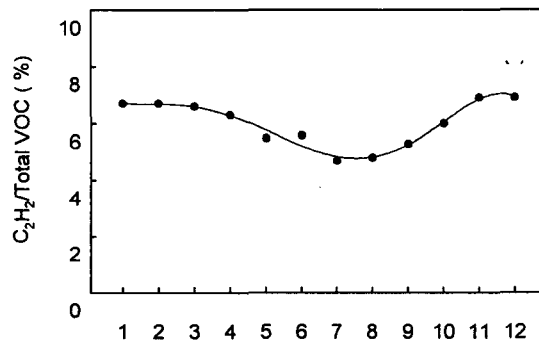


Fig. 1. Seasonal variations of the contribution of vehicle exhausts to total VOC.

4. 참고문헌

- 나광삼 등 (1998) 대기중 휘발성 유기화합물의 채취 및 분석 방법 비교, 한국대기보전학회지, 14(5), 507-518.
- 나광삼 등 (1999) 수용모델에서 화학반응을 고려한 휘발성 유기화합물의 배출원별 기여도 추정, 한국대기환경학회 추계학술대회 요지집, 77-80.
- Morikawa, et al.(1998) C₂-C₅ Hydrocarbon concentrations in central Osaka, Atmospheric Environment, 32(11), 2007-2016.