

SM17

터널내 휘발성 유기화합물질 성분농도 분포

김 소 영 · 안 준 영 · 강 창 국 · 노 혜 란 · 한 진 석 · 최 양 일

국립환경연구원 대기연구부

1. 서 론

VOCs(Volatile Organic Compounds)는 그 자체로서 인체에 유해할 뿐만아니라 대기중에서 질소산화물과 함께 광화학반응에 참여하여 오존 등 2차오염물질을 형성하는 전구물질로 작용한다. VOCs를 배출하는 여러 배출원중에서 특히 자동차는 가장 중요한 배출원으로 다루어지고 있는데 '95년도 환경부 조사에 따르면 우리나라 전체 VOCs배출량 중 자동차의 배출량이 45%로서 VOCs에 대한 자동차의 기여도는 매우 큰 것으로 나타났다. 일반적으로 터널은 자동차 이외의 배출원에 대한 영향을 최소화할 수 있어 터널을 대상으로한 자동차배출가스중의 오염물질에 대한 많은 연구가 이루어지고 있지만 주로 미세입자나 NO₂, CO, Pb와 같은 물질에만 국한되었을 뿐 VOCs에 대한 조사보고는 매우 미흡한 형편이다. 따라서 본 조사에서는 오존을 생성하는 데 주요한 전구물질로 작용하는 VOCs를 터널에서 자동차 통행량과 함께 측정하였으며, VOCs의 각 계열별 농도 및 조성비의 변화를 알아보았다.

2. 시료채취 및 분석방법

2.1 시료채취

본 연구에서 선정한 터널은 서울시 은평구 불광동에 위치한 구기터널로 시료채취지점은 터널 내부의 중간지점과 출구, 그리고 대조지점으로 터널에서 약 20m 떨어진 외부지점을 각각 선정하여 2시간 간격으로 시료를 채취하였으며, 각 시간대별 차량조사를 병행하였다. 시료는 2개의 충전물질로 충전된 흡착관을 이용하여 STS-25 Sampler를 이용하여 채취하였다.

2.2 분석

시료흡착관에 흡착된 VOCs는 ATD 400 장치에서 2단계로 열탈착되는 데, 먼저 1단계로 325℃에서 5분간 열탈착되어 -30℃의 저온으로 유지되는 cold trap으로 보내진다. 그리고 저온의 cold trap에 흡착된 시료들은 역방향으로 2단계로 350℃에서 5분간 열탈착되어 가스크로마토그래피로 주입된다.

온라인채취방법일 경우 시료는 바로 저온의 cold trap에 흡착되어 역시 350℃에서 5분간 열탈착되어 가스크로마토그래피로 주입된다.

GC의 분석조건은 다음과 같다.

- 분리칼럼 : PLOT column, BP-1 column
- 검출기 와 온도 : FID1(250℃), FID2(250℃)
- 승온분석 : 45 → 170 → 200℃

3. 결과 및 고찰

각 지점에 대한 시간에 따른 VOCs의 각 성분별 농도 및 조성비의 변화와 자동차 통행량의 변화를 그림1에 나타내었다. 일반적으로 터널내 VOCs의 각 성분별 농도는 통행차량의 종류와 사용연료, 차종별 통행량 등에 따라 많은 영향을 받는다. 두지점(터널중간, 출구)에서 측정된 VOCs의 전체 평균농도는 1.078 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 그중 Paraffins이 0.459 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Olefins이 0.036 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Aromatics이 0.583 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 Aromatics이 가장 높게 나타났다. 그림 1의 a는 두지점(터널중간, 출구)에서의 VOCs의 각 성분별 평균 농도를 나타낸 그림으로 오전 8시와 9시 경에 농도가 가장 높게 나타났고 이후에 점차 감소하다가 오후 2시이후부터 약간씩 증가하는 경향을 보이고 있다. 오전(8시 - 9시)에 농도가 높게 나타난 것은 Praffins 계열 중 특히 프로판의 농도(0.932 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)가 비교적 높게 나타났기 때문이다. 이 시간대를 제외하면 터널 내 농도변화는 그림 d의 통행량변화와 유사하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 통행량이 가장 많았던(359대) 오후 6시-7시 사이에 전체 VOCs의 농도도 1.428 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 비교적 높게 나타났다.

그림b는 터널내 VOCs의 평균농도에 대한 각 계열별 조성비를 나타낸 것이다. 오전에는 프로판의 농

도가 높아 Paraffins 계열이 가장 많은 조성비를 나타내었고 자동차통행량과 비교해 보면 통행량이 많아 질수록 Aromatic의 조성비가 약간씩 증가하는 경향을 나타내고 있다. 자동차 통행량이 가장 많았던 오후 6시-7시 사이에 각 계열별 VOCs의 조성비를 보면 Paraffins계열이 38.90%, Olefins계열이 5.49%, Aromatics계열이 55.62%로 Aromatics계열이 가장 많은 조성비를 나타냈으며, 통행량은 승용차가 247대, 승합차가 65대, 버스가 7대, 트럭이 40대로 승용차가 가장 많았다.

표 1은 각 자동차 배출가스중 VOCs의 성분별 조성비를 나타낸 것이다. 승용차의 Source Profile은 CVS-75 mode를 적용하여 배출되는 가스를 분석하여 나타낸 것인데 3단계중에서 특히, 오염물질이 가장 많이 배출되는 1단계의 VOCs 성분별 조성비를 나타낸 것이고 디젤차량은 공회전시와 가속시 배출되는 가스를 분석한 것이다. 각 물질별 조성비를 보면 승용차는 다른 디젤 차량에 비하여 Aromatic 계열중 특히 톨루엔과 벤젠의 조성비가 높게 나타나는 것을 볼 수 있으며, Paraffins계열에서는 펜탄의 조성비가 디젤차량보다 높게 나타났다. 이러한 차량에 따른 각 VOCs의 조성비 차이를 통해서 터널내 VOCs의 농도변화가 차량변화에 따라서 어떻게 변하는 지를 알아볼 수 있다.

그림 1의 c는 터널내 톨루엔의 농도변화를 시간에 따라 나타낸 것이다. 자동차통행량과 비교해 보면 특히 승용차량의 변화와 유사한 경향을 나타내는 것을 볼 수 있다.

참 고 문 헌

- 김소영의 3인, 휘발성유기화합물의 주요 배출원별 배출특성(1998), 한국대기보전학회 순계학술대회요지
집
한화진의 4인, VOCs 배출원별 배출량 산정 및 저감기술 연구(1996), 대한석유협회

Table 1. Source Profile of Vehicle.

VOCs	승용차	버스(%)		봉고(%)		짐차(%)	
		idling	가속	idling	가속	idling	가속
Paraffins	47.401	10.334	7.183	34.162	62.093	79.339	81.938
Ethane	0.114	0.696	0.441	0.966	28.641	43.951	41.758
Propane	0.476	0.573	0.348	2.468	13.837	18.911	18.739
iso-Butane	5.657	1.157	0.824	5.685	5.740	5.559	6.647
Butane	14.07	5.174	3.577	25.043	13.561	10.507	14.465
Pentane	7.259	0.066	0.066	0.000	0.314	0.411	0.329
Iso-Pentane	16.02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hexane	2.915	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Heptane	0.462	0.356	0.330	0.000	0.000	0.000	0.000
Octane	0.428	2.312	1.897	0.000	0.000	0.000	0.000
Olefins	27.888	49.097	58.368	52.471	30.81	15.31	15.061
Ethylene	17.49	34.895	38.872	36.620	22.126	10.799	10.552
Propylene	4.969	9.994	13.639	10.545	6.021	3.275	3.080
Acetylene	0.113	-	-	-	-	-	-
iso-Butene	2.185	3.209	4.337	3.343	1.734	0.840	0.839
1-Butene	3.131	0.999	1.520	1.963	0.929	0.396	0.590
Aromatics	33.363	39.021	31.644	11.746	7.097	5.35	3.002
Benzene	9.670	7.361	4.522	9.353	6.552	4.397	2.360
Toluene	14.35	3.973	3.405	2.393	0.545	0.953	0.642
Ethylbenzene	2.024	1.921	1.470	0.000	0.000	0.000	0.000
p-Xylene	6.731	22.139	17.058	0.000	0.000	0.000	0.000
o-Xylene	0.588	3.627	5.189	0.000	0.000	0.000	0.000

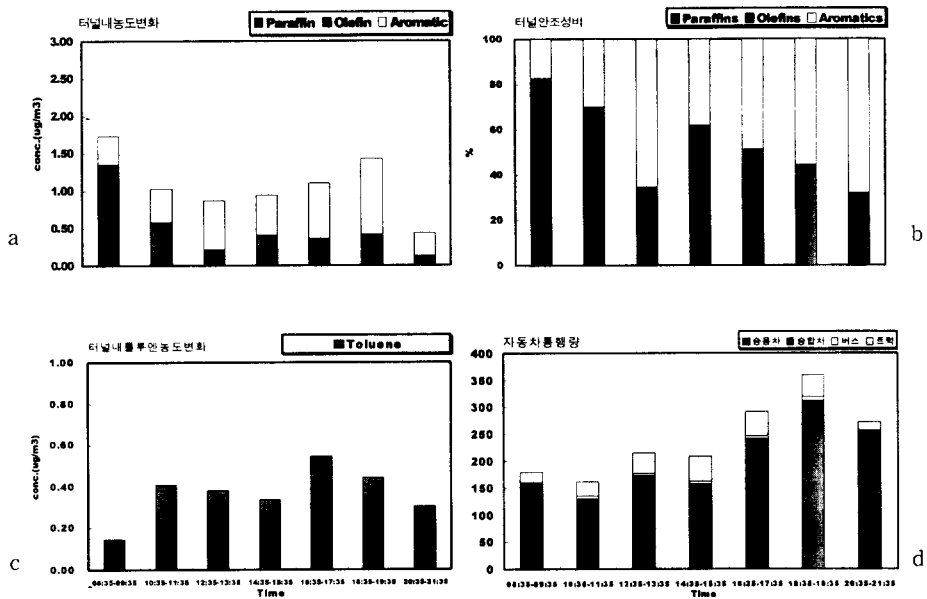


Fig. 1. 각 측정지점의 시간대별 VOCs 각 계열별 농도 및 조성비의 변화.