

ORIGINAL ARTICLE

진주시 대기중 휘발성 유기화합물의 농도특성 기초조사

박정호^{1),2)} · 박현건¹⁾ · 서정민^{3)*}

¹⁾경남과학기술대학교 환경공학과, ²⁾경남과학기술대학교 공기질검사센터, ³⁾부산대학교 바이오환경에너지학과

Characterization of Volatile Organic Compounds(VOCs) Concentrations in Jinju

Jeong-Ho Park^{1),2)}, Hyung-Gun Park¹⁾, Jeong-Min Suh^{3)*}

¹⁾Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

²⁾Air Quality Research Center, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

³⁾Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

Abstract

In order to study the seasonal patterns and possible origins of air concentrations of volatile organic compounds(VOC), measurements were taken with GC-MS at 3 sampling sites in Jinju for 12 months from Mar. 2010 to Feb. 2011. Atmospheric VOC are sampled on tubes containing solid adsorbents(Tenax TA) with a time resolution of 2hrs. Composition and concentration of VOC are analysed with a GC system equipped with thermal desorption apparatus(ATD).

The most abundant compound appeared to be Toluene, Ethylbenzene and m,p-Xylene. The mean concentrations of Benzene were 0.20 ppb at GN site, 0.18 ppb at DA site, and 0.25 ppb at SP site, respectively. VOC concentration showed a strong seasonal variation, with higher concentrations during the spring and lower concentrations during the summer. The results showed that monthly fluctuations in measured VOC concentrations depended on variations in the strength of sources, as well as on photochemical activity and meteorological conditions. In Jinju, the total VOC emissions for 2009 were estimated to be 4,407 ton/year by Clean Air Policy Support System(CAPSS). It is shown that solvent use 57.5%(2,534 ton/yr), waste treatment and disposal 23.3%(1,025 ton/yr), and mobil source-road traffic 12.2%(537 ton/yr) are the most significant anthropogenic source.

Key Words : Ambient VOC, Emission, GC/MS, Monthly concentration, Jinju

1. 서론

증기압이 높아 쉽게 공기중으로 증발되는 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds; 이하 VOC)는 물질에 따라 발암성이나 돌연변이성 같은 영향이 나타나며 낮은 농도에서도 장기간 노출시 감각기관의 자극이나 천식 등과 같은 인체 건강피해를 일으키는

것으로 잘 알려져 있다. 또한 대기중 VOC는 악취 유발이나 오존 및 광화학 옥시단트 농도를 증가시키고 지구온난화의 주요 원인물질로 국내외적으로 규제대상물질로 관리되고 있다(Guenther 등,1995; Kim, 2006; NIER, 2011a; Seinfeld와 Pandis, 1998).

효율적인 대기질 관리를 위해서는 우선 배출량의

Received 12 October, 2012; Revised 25 October, 2012;

Accepted 18 January, 2013

*Corresponding author : Jeong-Min Suh, Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea
Phone: +82-55-350-5436
E-mail: suhjm@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

현황과약이 매우 중요한데, 우리나라의 전국 VOC 배출량은 2001년 이후 꾸준히 증가하는 추세이나 2009년 기준 유기용제 사용량이 전년도 대비 4.9% 감소함에 따라 총 배출량은 0.7% 감소한 약 851천톤/년의 VOC가 배출되고 있다. 이중 유기용제 사용 62.5%, 생산공정 14.3%, 도로이동오염원 10.4% 등의 발생원별 순으로 배출되고 있다(NIER, 2011a).

대기중 VOC 농도과약은 옥내외 대형 도장시설이 있는 조선소 주변지역 등 주요 VOC 특정배출원에 대한 연구를 비롯하여(Park 등, 2008), 주로 대기오염이 상대적으로 심한 공단지역이나 대도시 그리고 인접지역에서의 농도 측정사례가 국내에 많이 보고되고 있다(An과 Choi, 2005; Baek 등, 2003; Jo와 Lee, 2004; Kim 등 2002; Kim 등, 2007). 그러나 최근 전국 오존오염이 광역적으로 나타나는 추세에서 중소도시 등에 관한 연구보고는 미미한 수준이다.

한편 서부경남지역의 중심지인 진주시는 인구 약 33만의 도농복합도시로서 친환경도시를 표방하고 있다. 또한 지역 대기환경에 큰 악영향을 줄만한 대형배출원이 없는 실정이나 최근 오존주의보가 급증하는 등 청정도시 이미지 훼손과 전반적인 지역 대기질 악화 우려의 목소리가 높아지고 있다(Park 등, 2010). 진주시의 지형학적 특성은 남쪽으로 약 10~20 km 거리에는 남해안이 위치하고 있고 남서쪽 약 50 km 내외 지점에는 국내 VOC 최대 배출지역중의 하나인 광양권 대기특별대책지역이 위치하고 있다. 최근 연구보고에 의하면 광양만에서 배출되는 VOC는 해당지역 뿐만 아니라 바람에 이송되면서 주변 풍하지역에도 영향을 미치는 것으로 모사되고 있으며, 광양권만의 남해안지역에서 고농도 오존발생시 VOC 중 Toluene과 m,p-Xylene의 농도가 상대적으로 높다고 한다(Kim과 Lee, 2011; Seo 등, 2012).

진주시는 이러한 주변지역의 VOC 배출 및 농도특성과 최근 고농도 오존의 사례가 증가하고 있는 배경하에 지금까지 진주시 대기중 VOC 농도특성에 관한 보고가 전무한 실정이었다. 따라서 본 연구에서는 진주시 주거지역, 도심지역, 공업지역 등 3개 지점에서 2010년 3월부터 2011년 2월까지 매월 대기중 VOC 시료를 채취 분석하여 그 거동 특성 및 대기환경개선 정책을 모색하기 위한 기초조사 자료로 삼고자 한다.

특히 최근 5년간 진주시 VOC 배출원별 배출 특성을 동시에 검토함으로써 지역 대기오염의 현황 문제점을 파악하고 자료의 축적을 통해 향후 지역 특성에 맞는 대기오염 저감대책을 제언하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료채취 지점

본 연구대상지역인 경상남도 진주시는 총면적 713 km², 인구 약 33만명, 1읍, 15면, 21동의 행정구역으로 구성된 도농복합도시이다. 지형은 표고 100~500 m 높이의 낮은 산이 분포하여 구릉 형태를 지니고 있어 약풍 지속시 대기오염물질의 축적이 용이한 지형적 특성이 나타난다. 자동차 차량보유 대수는 2000년도 90,053대에서 2010년도 125,919대로 매년 약 4% 지속적으로 증가하고 있으며, 도심에는 상평지방산업단지가 입지해 있고 도심 외각으로 남해 및 통영-대전간 고속도로가 관통하고 있다. 봄철과 여름철에는 지리적 특성상 남서계절풍의 영향을 크게 받으며, 진주시 남서쪽 약 50 km 내외에는 광양권 대기특별대책지역이 위치하고 있고 남해안의 저지대를 따라 대기오염물질의 유입 가능성을 고려할 수도 있다.

Fig. 1에는 진주시 VOC 시료채취지점인 주거지역에 위치한 경남과학기술대학교(GN지점), 도심지역인 대안동(DA지점), 공업지역인 상평동(SP지점) 등 3개 지점을 나타냈다. 또한 진주 도심지역 반경 약 5 km 내에는 주거지역인 상봉동동(SB지점), DA지점, SP지점 등 3개 대기오염자동측정소가 운영중에 있다.



Fig. 1. Region of downtown Jinju and sampling sites.

(○: 3 air quality monitoring stations, ■: 3 sampling sites)

2.2. 시료채취 방법

본 연구에서는 진주시 대기중 VOC의 주요 구성성분 등 농도특성을 파악하기 위해 3개 시료채취 지점에서 2010년 3월부터 2011년 2월까지 1년간 매월 1일간 대기중 VOC 시료를 2회씩 채취하였다. 대기 중 VOC 시료채취 방법은 Tenax TA로 충전한 스테인레스 스틸 흡착관(4.6cm×9cm, Supelco)과 휴대용 펌프(MP-Σ30, SIBATA사)를 사용하여 100 ml/min 유속으로 2시간씩 채취하였다. 흡착관은 시료채취 전 고순도 질소를 이용하여 열탈착시켜 불순물을 깨끗하게 탈착시킨 후 사용하였으며, 시료로 채취된 흡착관은 오염을 막기 위하여 마개로 막고 파라필름, 알루미늄 호일 등으로 완전히 밀봉한 후 현장에서 냉장보관 상태로 실험실로 가져왔다. 본 연구에서는 이상치 및 시료채취과정에서 오류가 발생한 시료들을 제외하고 총 72개의 채취된 VOC 시료에 대한 분석결과를 제시하고 있다.

2.3. 시료분석 방법

Tenax TA 흡착관에 채취된 VOC 시료는 자동열탈착장치(ATD 400, Perkin Elmer)와 연결된 GC/MS (Clarus 500, Perkin Elmer)를 사용하여 분석하였으며, Table 1에는 열탈착 및 GC/MS의 분석조건을 나타냈다.

대기중 VOC는 그 종류와 발생원이 복잡 다양하여 시료의 채취방법뿐만 아니라 특히 분석방법이 일반 대

기오염물질과 달리 기술적으로 어렵다(Baek 등, 1999). 본 연구에서는 VOC 항목별 정성 및 정량분석을 위하여 환경부 유해대기측정망의 측정항목인 Benzene 등 13종의 VOC 측정항목을 주요 분석항목으로 고려하고 미국 EPA의 TO-14 분석용으로 제조된 VOC 기체상 혼합표준물질(TO-14A Calibration Mix, Spectra Gases)을 사용하였다. 한편 본 연구진은 VOC 분석의 신뢰성 확보를 위하여 국립환경과학원이 실시하고 Benzen 등 6종의 VOC와 TVOC 숙련도검사 평가를 받고 있으며, 최근평가에서는 Z값(Z-SCORE)이 항목별로 -0.2~0.92 범위로 나타나 VOC 분석 적합 판정기준인 Z-SCORE < |2|이내의 적합판정을 받았다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 진주시 VOC 배출 및 대기중 오존농도 특성

지역의 효율적인 대기질 관리를 위해서는 대기오염물질 배출량의 현황파악이 매우 중요하며, 특히 다양한 배출원에서 배출되는 VOC의 경우 배출원별 배출 특성을 정확히 파악하는 것이 필요하다. 여기서는 진주시 지역 VOC 배출 특성을 알아보기 위하여 대기정착수립지원시스템(CAPSS)에서 산정된 배출량 최근 5년간 자료를 이용하였다(NIER, 2011a). Fig. 2에는 진주시 VOC 배출량의 최근 5년간(2005~2009년) 추이변동과 2009년 기준 부문별 배출량 기여율을 배출원대분류로 구분하여 나타내었다.

Table 1. Analysis conditions of TD and GC/MS

Instrument	Conditions
Thermal desorption apparatus	• Model : ATD 400(Perkin Elmer)
	• Cold trap adsorbent : Tenax TA
	• Oven temp : 320℃
	• Desorb flow : 30 ml/min, 10min
	• trap high temp : 320℃
	• trap low temp : -30℃
Gas chromatographic system (GC/MS)	• Model : Clarus 500(Perkin Elmer)
	• Column : Elite-1(60m, 0.32mm, 1μm)
	• Carrier gas : Helium
	• Column flow : 1.0 ml/min
	• Final temp : 40℃(5min) → 8℃/min → 200℃
	• MS ion source temp : 230℃

진주시 연도별 배출량 추이는 CAPSS 배출량 산정 시 VOC 배출계수 개선 등으로 인해 2008년도의 경우 전년도 대비 천톤 정도 감소한 것으로 나타났으나, 전반적으로 매년 조금씩 증가된 경향을 보이고 있다. 2009년 기준 진주시 VOC 배출량은 4,407톤/년으로 이는 전국배출량 851,594톤/년의 약 0.52%, 경상남도 배출량 80,950톤/년의 약 5.44%에 해당하는 수준이다. 또한, 인구당 배출량은 진주 13.3 kg/인으로 전국 평균 17.2 kg/인과 경남평균 25.0 kg/인 그리고 면적당 배출량은 진주 6.2톤/km²으로 전국평균 8.5톤/km²과 경남평균 7.7톤/km²에 비해 낮은 배출 특성이 나타나고 있어 지역 VOC 배출량은 그다지 크지 않은 것으로 판단된다. 배출원대분류에서 부문별 배출특성을 살펴보면, 유기용제사용 57.5%(2,534톤/년), 폐기물처리 23.3%(1,025톤/년), 도로이동오염원 12.2% (537톤/년) 등의 순으로 높게 나타나고 있다. 이중 유기용제 사용부문은 배출원소분류에서 가정및상업용유기용제사용 876톤/년, 건축및건물의도장 549톤/년의 순

으로 그리고 폐기물처리 부문은 매립 900톤/년이 대부분을 차지하는 것으로 나타나고 있다. 이러한 진주시 부문별 배출특성은 폐기물처리 부문의 기여율이 다소 높은 것을 제외하고는 전국 평균 수치와 비슷한 경향을 보이는 것으로 판단된다.

한편, 대기환경기준 항목 중 VOC 배출 특성과 관련성이 있는 오존에 대해 진주시 3개 지점의 대기오염 자동측정소의 측정자료를 사용하여 2005~2009년 사이의 연간 평균 오존농도 그리고 대기중 VOC 측정기간중의 해당 월별 평균 농도 특성을 분석하여 Fig. 3에 나타냈다.

연도별 오존 평균농도는 2005년에서 2008년까지 지속적으로 조금씩 매년 증가하다가 2009년은 전년도대비 약간 줄어든 0.026 ppm으로 나타났으며, 연간 VOC 배출량과의 상관분석 결과 0.50 정도로 높은 상관관계는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Fig. 2에 나타낸바와 같이 CAPSS에서 해마다 VOC 배출계수의 개선으로 인한 배출량 변동폭이 높아졌기 때문인 것

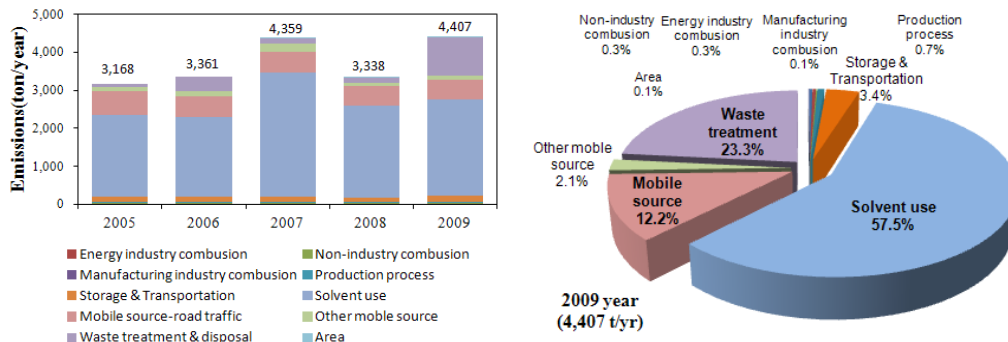


Fig. 2. Annual pollutants emission trend(2005-2009) and air pollutant emission contribution ratio(2009) in Jinju.

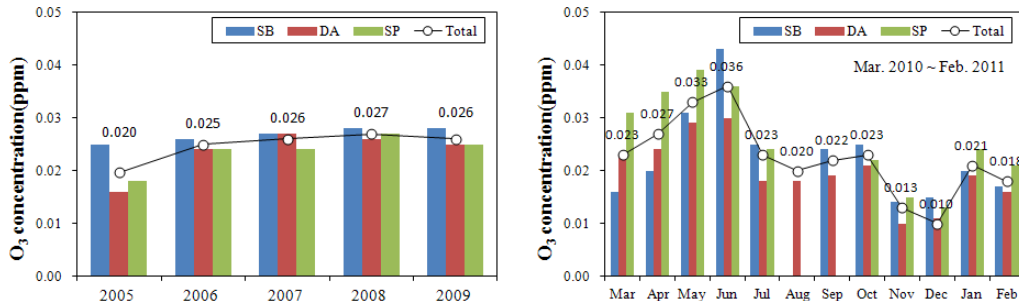


Fig. 3. Characterizations of annual and monthly O₃ concentration in Jinju.

으로 보여지며, 향후 정확한 상관성을 파악하기 위해 지속적으로 더 많은 데이터의 축적이 필요할 것으로 보여진다.

또한, 본 VOC 시료채취기간 중 2010년 3월부터 2011년 2월까지의 월평균 농도 변화특성은 전반적으로 봄철부터 점차 증가하다가 5~6월에 최고치를 보이고 강수현상이 많이 나타나는 7~8월과 자외선 강도가 줄어드는 12월의 겨울철에 낮은 농도의 특성으로 나타내는 등 전국 주요 도시의 경향과 비슷하였다 (NIER, 2011b). 결국 오존의 생성과정과 밀접한 관련성이 있는 대기중 VOC 농도 특성은 강수, 자외선 등 기상요인의 변화특성에 직접 또는 간접적인 영향을 받을 것으로 판단된다(Filella와 Penuelas, 2006).

3.2. 지점별 농도 특성

본 연구에서는 VOC 농도분포 특성을 상대적으로 비교하기 위하여 주거지역에 위치한 GN지점, 도심에 위치한 DA지점, 공단지역에 위치한 SP지점 등 3개 지점의 연평균 측정 결과값과 총 평균치 Total의 결과를 Table 2에 요약하여 나타냈다.

전반적으로 VOC 농도는 물질별로 큰 농도 변동 특성

을 나타내고 있으나 평균농도는 환경부 유해대기물질 측정망의 연평균 농도 범위의 수준으로 나타났다(NIER, 2011b). 물질별 평균농도는 Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene 등의 농도 순으로 나타났으며, 이들 3가지 물질은 측정된 VOC중 약 50~70%를 차지하고 있었다. 또한, 지점별로는 공단에 위치한 SP지점이 상대적으로 다소 높은 경향으로 보이거나 지점별 큰 농도차이는 없었다.

항목별로는 대기환경기준 항목인 Benzene의 연평균 농도는 GN지점 0.20 ppb(0.70 µg/m³), DA지점 0.18 ppb(0.62 µg/m³), SP지점 0.25 ppb(0.87 µg/m³)으로 환경기준(1.5 ppb 이하) 만족과 유해대기오염물질측정망의 2010년 전국 연평균 농도 0.35 ppb 이하인 것으로 나타났다. 상대적으로 가장 높게 나타난 Toluene는 GN지점 1.80 ppb DA지점 1.94 ppb, SP지점 1.83 ppb으로 전국 지역별 연평균 농도범위 0.14~5.30 ppb 이내로 나타났다. 또한 도심에 위치하여 교통량이 상대적으로 많은 DA지점이 다소 높게 나타나고 있었는데, 대구지역에서는 교통밀집지역이 교외지역보다 5배 이상 높다는 보고가 있다(Park 등, 2006).

한편, Table 3에는 분석된 VOC 물질간의 상관관계

Table 2. Concentrations of VOCs in Jinju (unit : ppb)

	GN (n=24)		DA (n=24)		SP (n=24)		Total (n=72)	
	Mean±S.D.	Range	Mean±S.D.	Range	Mean±S.D.	Range	Mean±S.D.	Range
Benzene	0.20±0.17	N.D.~0.65	0.18±0.19	N.D.~0.53	0.25±0.21	N.D.~0.66	0.21±0.19	N.D.~0.66
TCE	0.33±0.32	N.D.~0.84	0.39±0.36	N.D.~0.86	0.41±0.43	N.D.~1.32	0.38±0.36	N.D.~1.32
Toluene	1.80±1.08	0.45~3.82	1.94±1.86	0.37~7.23	1.83±1.68	0.47~6.55	1.86±1.53	0.37~7.23
EBZ	1.76±0.58	1.14~3.04	1.76±0.44	1.13~2.35	1.89±0.71	1.16~3.58	1.80±0.57	1.13~3.58
m,p-Xylene	1.77±0.54	1.21~2.76	1.74±0.43	1.19~2.47	1.85±0.55	1.23~2.86	1.78±0.50	1.19~2.86
Styrene	0.85±0.70	N.D.~1.97	0.76±0.69	N.D.~1.71	0.83±0.67	N.D.~1.66	0.82±0.67	N.D.~1.97
o-Xylene	1.63±0.48	1.21~2.41	1.62±0.48	1.20~2.44	1.67±0.49	1.21~2.43	1.64±0.47	1.20~2.44
1,2,4-TMB	1.66±0.86	N.D.~2.77	1.54±0.90	N.D.~2.78	1.53±0.94	N.D.~2.79	1.58±0.88	N.D.~2.79

TCE : Trichloroethylene ; EBZ : Ethylbenzene ; TMB : Trimethylbenzene

Table 3. Correlation coefficients between variables for annual data in Jinju (n=72)

	Benzene	TCE	Toluene	EBZ	m,p-Xylene	Styrene	o-Xylene	1,2,4-TMB
Benzene	1.00							
TCE	0.24	1.00						
Toluene	0.26	0.63	1.00					
EBZ	0.15	0.45*	0.46*	1.00				
m,p-Xylene	0.13	0.26	0.20*	0.93*	1.00			
Styrene	0.34	0.39	0.58*	-0.08	-0.29*	1.00		
o-Xylene	0.01	0.04	-0.08	0.75*	0.92*	-0.55*	1.00	
1,2,4-TMB	-0.30*	-0.09	-0.14	0.49*	0.61*	-0.47*	0.75*	1.00

* : p-value < 0.05.

를 나타내었으며, 일반적으로 상관성이 높은 물질들은 배출원이 동일하다고 추정할 수 있을 것이다.

Ethylbenzene과 m,p-Xylene은 0.93의 높은 상관성을 나타내었고, Ethylbenzene과 o-Xylene 그리고 o-Xylene과 1,2,4-TMB은 0.75의 양호한 상관성이 나타났고 이들 물질간의 유의수준이 5% 미만으로 나타났다.

3.3. 월별 농도 특성

Fig. 4에는 각 지점별 VOC 농도분포를 월별 특성으로 나타냈다. 전반적으로 대부분 4월~5월의 봄철이나 12월~2월의 겨울철이 그 다음으로 높았으며, 7월~8월의 여름철이 가장 낮은 월별 농도 변화 특성이 나타났다. 한편, VOC 월별 또는 계절별 농도특성에서 Bong 등(2008)은 김해지역의 경우 겨울이 가장 높고 가을, 봄, 여름의 순으로 나타나고 있으며, 이는 계절별 혼합고, 강우 등 기상학적 요인과 자동차, 난방 등 배출원의 배출량 변화 특성에 의한 영향으로 보고하고 있다.

특히, 산업공단에 위치한 SP지점의 경우 5월의 최대농도와 8월의 최저농도 차이는 약 3.6배 차이가 나타나고 있어, 이러한 기상학적 요인의 영향을 고려할

수 있으나, 본 연구에서는 시료채취시 강수가 없는 대체적으로 맑은날에 측정하였기에 최소한 washout에 의한 영향은 없을 것으로 판단된다. 따라서 8월 여름철의 낮은 농도가 나타나는 특성 중의 하나로 공단지역의 VOC 배출사업장의 경우 여름 휴가철 등으로 인해 VOC 배출량이 줄어든 원인도 고려할 수 있을 것이다.

4. 결론

도농복합도시인 진주시는 지역 대기환경에 큰 악영향을 줄만한 대형배출원이 없는 실정임에도 불구하고 최근 고농도 오존 횡수가 급증하는 등 청정도시 이미지 훼손과 전반적인 지역 대기질 악화 우려의 목소리가 높아지고 있다. 이에 본 연구에서는 진주시 VOC 배출특성과 대기중 VOC 농도 특성의 기초조사를 통해 나타나는 지역 대기환경 문제를 파악하고 저감대책을 모색하고자 한다.

그 결과 진주시 VOC 배출량은 2009년 기준 4,407톤/년이 배출되고 있으며, 이는 전국이나 경남지역의 총배출량, 인구당, 면적당으로 보아도 상대적으로 낮

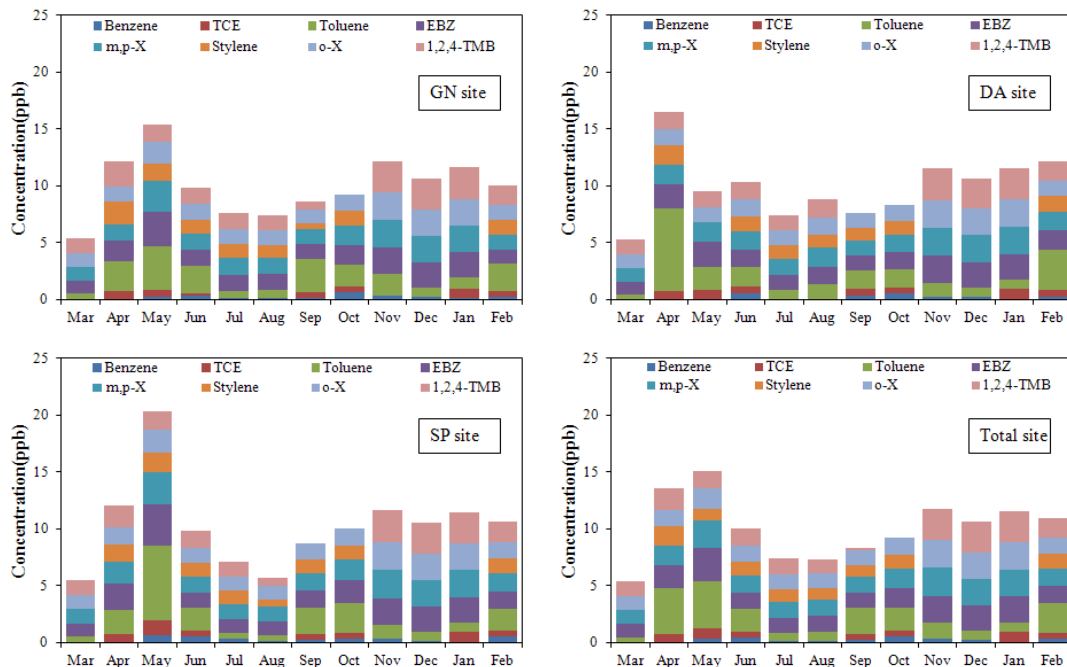


Fig. 4. Monthly variation of VOC concentration in Jinju(Mar. 2010~Feb. 2011).

계 배출되고 있다. 또한, CAPSS 대분류별로는 유기용제사용 57.5%, 폐기물처리 23.3%, 도로이동오염원 12.2% 등이며, 소분류별로는 매립 900톤/년, 가정및상업용 및 건축및건물의 도장에서 각각 876톤/년, 549톤/년의 순으로 배출되고 있었다. 따라서 지역 VOC 배출량 저감을 위해서는 현재 지역에서 운영중인 쓰레기 매립지의 매립가스를 포집 및 재활용을 적극적으로 검토하고 친환경유기용제의 보급확대가 필요할 것으로 판단된다.

대기중 VOC 농도 특성은 지점별 큰 차이는 없었으며, 항목별로는 유해대기물질 측정망의 연평균 농도 범위의 수준으로 나타났고 이중 Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene 등의 3가지 물질이 측정대상 VOC중 약 50~70%를 차지하고 있었다. 또한, 월별 농도 특성은 봄철, 겨울철, 가을철, 여름철의 순서로 나타나고 있었으며, 이러한 경향은 기존 보고에서와 마찬가지로 계절별 기상학적 그리고 각종 배출원의 배출특성으로 설명될 수 있다. 뿐만 아니라 산업공단에 위치한 SP지점에서 여름철 가장 낮은 대기중 VOC 농도 특성의 원인 중의 하나로 여름철 많은 배출사업장들의 여름휴가로 조업이 정지되고 배출량이 줄어든 결과로 판단되는 바, 오존경보 발령시와 마찬가지로 대기질 악화시 주요 VOC 배출사업장이나 배출원에 대한 조업정지나 배출억제의 행동 요령을 적극적으로 실시할 경우 대기환경 개선 효과를 효과적으로 얻을 수 있을 것으로 기대되어진다.

한편, 진주시는 지형학적으로 국내 VOC 최대 배출 지역인 광양권만의 풍하지역에 위치하고 있으며, 최근 주변 풍하지역에 대한 영향 특성이 보고되고 있다. 향후 지역 대기환경 개선을 위해서는 지역내 배출오염저감 노력과 동시에 지역내로 유입될 가능성이 있는 대기오염물질에 대한 지속적 모니터링을 통해 지역 대기환경에 영향을 줄 수 있는 원인을 보다 정확히 분석할 필요가 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 경남과학기술대학교 수질검사센터 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- An, S. Y., Choi, S. W., 2005, Concentration level of Volatile Organic Compounds about the Air of Source Boundary Site in Seongseo Industrial Complex, *Journal of The Environmental Science*, 14(1), 53-60.
- Baek, S. O., Hwang, S. M., Park, S. K., Jeon, S. J., Kim, B. J., Heo, G. S., 1999, Evaluation of Methodology for the Measurement of VOCs in the Air by Adsorbent Sampling and Thermal Desorption with GC Analysis, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 15(2), 121-138.
- Baek, S. O., Kim, M. H., Seo, Y. K., 2003, Evaluation of Fugitive Emission Characteristics of Airborne Volatile Organic Compounds from Different Source Categories, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 19(4), 363-376.
- Bong, S. H., Jeong, S. W., Park, H. J., Kim, W. S., Kim, S. H., 2008, A Study on the Characteristics of Ambient Volatile Organic Compounds in Gimhae, *Journal of The Environmental Science*, 17(8), 871-878.
- Filella, I., Penuelas, J., 2006, Daily, weekly, and seasonal time courses of VOC concentrations in a semi-urban area near Barcelona, *Atmospheric Environment*, 20(40), 7752-7769.
- Guenther, A., Hewitt, C. N., Erickson, D., Fall, R., Geron, C., Graedel, T., Harley, P., Klinger, L., Lerdau, M., McKay, W. A., Pierce, T., Scholes, B., Steinbrecher, R., Tallamraju, R., Taylor, J., Zimmermann, P., 1995, A global model of natural volatile organic compound emissions, *Journal of Geophysical Research*, 100, 8873 - 8892.
- Jo, W. K., Lee, G. W., 2004, Evaluation of Volatile Organic Compounds Levels in Industrial Complex and Nearby Residential Areas of Daegu, *Journal of The Environmental Science*, 13(6), 519-525.
- Kim, M. H., Park, S. K., Baek, S. O., 2002, Characteristics of Atmospheric Concentrations of Volatile Organic Compounds at a Heavy-Traffic Site in a Large Urban Area, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 18(2), 113-126.
- Kim, J. C., 2006, Trends and Control Technologies of

- Volatile Organic Compound, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 22(6), 743-757.
- Kim, D. S., Yang, G., Park, B., 2007, Measurement of VOCs Concentrations at Jeonju Industrial Area and Emission Characteristics, *Journal of The Environmental Science*, 16(3), 299-310.
- Kim, S., Lee, C. B., 2011, Estimating Influence of Local and Neighborhood Emissions on Ozone Concentrations over the Kwang-Yang Bay based on Air Quality Simulations for a 2010 June Episode, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 27(5), 504-522.
- National Institute of Environmental Research(NIER), 2011a, National Air Pollutants Emission 2009.
- National Institute of Environmental Research(NIER), 2011b, Annual Report of Air Quality in Korea 2010.
- Park, J. H., Seo, Y. K., Baek, S. O., 2006, A Study on the Comparison of Atmospheric Concentrations of Volatile Organic Compounds in a Large Urban Area and a Sub-Urban Area, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 22(6), 767-778.
- Park, J. H., Suh, J. M., Han, S. J., 2008, Characteristics of Atmospheric Concentrations of Volatile Organic Compounds and Aldehydes for Near a Shipyard, *Journal of The Environmental Science*, 17(7), 767-774.
- Park, J. H., 2010, Temporal Trends and Spatial Comparisons of Ozone Concentrations in Jinju, *Journal of The Environmental Science*, 19(6), 761-769.
- Seinfeld, J. H., Pandis, S. N., 1998, *Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change*, John Wiley & Sons, New York.
- Seo, S. J., Kim, S. Y., Lee, M. D., Choi, J. S., Kim, S. Y., Lee, S. J., Kim, J. S., Lee, G. W., 2012, The Analysis of Spatial Distribution of Ozone in the Southern Coast of Korea using the Aircraft (2009, Summer), *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 28(1), 12-21.