김해 지역 대기 중 휘발성유기화합물 특성연구

봉상훈 · 정성욱* · 박흥재 · 김우성** · 김성훈***

인제대학교 환경공학부/기초과학연구소, *인제대학교 환경·산업의학연구소,

부산지방식품의약품안전청, *영산대학교 호텔관광학부/동양조리학과

(2008년 4월 23일 접수; 2008년 7월 7일 채택)

A Study on the Characteristics of Ambient Volatile Organic Compounds in Gimhae

Sang-Hun Bong, Seong-Wook Jeong*, Heung-Jai Park,
Woo-Seong Kim** and Sung-Hun Kim***

School of Environmental Sciences Engineering/Institute of Basic Science, Inje University, Gimhae 621-749, Korea

**Institute of Environmental & Occupational Medicine, Inje University, Busan 614-735, Korea*

***Busan Regional Food & Drug Administration, Busan 608-829, Korea*

****Yongsan University, School of Hotel & Oriental Food & Culinary Arts, Busan 612-743, Korea*

(Manuscript received 23 April, 2008; accepted 7 July, 2008)

Abstract

In this study, we measured volatile organic compounds in Gimhae city, South Korea. We selected twenty site and measured volatile organic compounds in ambient air by passive sampler when at sampling intervals of two month from April to December 2005. Passive sampler was exposed for fifteen day in ambient air. And samples were analyzed by GC/FID for volatile organic compounds. The results of each measured functional zone, mean concentration of each compound measured were generally higher the industrial complex area and traffic pollution area than residential area. Each area showed similar pattern for the observation period. concentration of measured each compound were the following order: winter > fall > spring > summer.

Key Words : Gimhae, Volatile organic compounds, Passive sampler, BTEX, GC/FID

1. 서 론

산업구조가 고도화함에 따라 대기오염물질의 배출원이 다양해지고 배출물질의 종류 또한 예전과 비교할 수 없을 정도로 증가하였다. 그 결과 각종 오염물질에 노출됨으로서 많은 부작용이 초래되고

있으며 특히 급격히 증가하는 자동차와 석유화학제품 관련시설 등에서 주로 배출되는 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds : 이하 VOCs라 한다)이 건강과 환경에 미치는 부정적 영향들이 밝혀지면서 발생량 저감과 방지대책에 대해 많은 연구가 진행되고 있다¹⁻³⁾. VOCs는 상온·상압에서 액체상이나 고체상으로 존재할 수 있지만 대기중에서 가스상으로 존재하는 모든 유기화합물을 말한다⁴⁾.

VOCs의 주요 배출원은 크게 나누어 자연적인 배출원과 인위적인 배출원으로 나눌 수 있다. 자연적

Corresponding Author : Heung-Jai Park, School of Environmental Science and Engineering/Institute of Basic Science, Inje University, Gimhae 621-749, Korea
Phone: +82-55-320-3418
E-mail: envphj@inje.ac.kr

인 배출원은 산업에서 methane과 isoprene이 주로 배출되고, 인위적인 배출원은 자동차, 도장시설, 저유소, 주유소, 인쇄 · 잉크산업, 폐수처리장, 도로포장, 농업산업 등으로 구분할 수 있다³⁾. 인위적인 배출원에서 배출된 VOCs는 인체영향과 환경문제를 야기시키는 여러 가지 화합물을 배출하며⁶⁾, 대기 중으로 배출되는 VOCs의 양은 인구증가와 석유화학공업의 발달로 증가하고 있는 추세이다⁷⁾. 액체연료를 취급하는 자동차와 유기용매를 다루는 도장시설 등에서 배출하는 VOCs는 배출량이 많을 뿐만 아니라 배출성분의 조성도 다양하며 우리 생활환경 주변에서 쉽게 노출될 수 있는 특성이 있어 공단 지역이 아니더라도 도시대기나 시골지역의 어디에서든지 존재하며 직 · 간접적인 피해를 준다^{8,9)}. 방향족탄화수소와 할로겐화탄화수소와 같이 화합물 자체가 생명체에 축적되어 유전인자를 교란시키거나, 발암성을 가지고 있어 피해를 줄 수 있다⁴⁾. 또한 올레핀계탄화수소는 자외선을 흡수하여 CO₂등과 더불어 지구온난화를 가중시키며, 광화학반응에 참여하여 2차오염물질인 O₃, Peroxy Acetyl Nitrate(PAN), aldehydes, ketone 등의 광화학산화물을 생성한다¹⁰⁾.

최근 들어 전 세계적으로 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.

이와 같이 VOCs에 대한 관심이 고조됨에 따라 1990년대부터 국내에서는 여러 연구가 진행되어 오고 있으며, 최근에는 양 등¹¹⁾이 서울시 실내 · 외 공기중의 VOCs 측정, 김 등¹²⁾이 서울시 환경대기중의 VOCs 농도측정, 백 등¹³⁾이 대구시에서 환경대기중의 VOCs 농도측정, 김 등⁹⁾이 여천공단 대기중의 VOCs 농도 측정하는 연구가 이루어지면서 환경대기중의 VOCs에 대한 관심이 높아지게 되었다.

외국에서는 1980년대부터 VOCs의 자연적인 발생원과 인위적인 발생원에서의 발생량¹⁴⁾과 배출원별 구성성분을 조사하고^{15,16)}, 환경대기 중에서의 VOCs 농도를 측정하여 왔다^{17,18)}.

환경부에서는 1997년 전남 여수시 소재인 여천공단 지역의 VOCs 측정¹⁹⁾을 계기로 대기보전지역과 대기특별대책 관리지역으로 분리하여 VOCs를 관

리하면서 2000년 6월 benzene을 포함한 38종의 VOCs를 개정 · 고시하였다²⁰⁾.

본 연구는 대기오염규제지역인 김해시의 동지역을 중심으로 환경대기중의 VOCs의 농도를 측정하여 지역별, 계절별, 농도특성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사 지점 및 측정 기간

Table 1의 김해시 동지역 20개 지점을 대상으로 2005년 4월부터 2005년 12월까지 2개월에 1회 측정을 하였다.

2.2. 측정 항목

환경부 고시 제2001-36호의 37종 VOCs에 대한 항목 중 benzene, toluene, ethyl benzene, m, p-xylene, o-xylene을 대상으로 하였다.

2.3. 시료채취 및 분석 방법

시료는 확산의 원리를 이용하는 passive sampler를 이용하여 1회 측정 시 15일간 공기 중에 노출시켜 채취하였으며, 회수된 sampler는 분석 전 까지 냉동 보관 하였다.

Passive sampler는 passive diffusion monitor (3500, 3M, Canada)를 사용하였다.

VOCs의 농도는 가스크로마토그래피(GC 5890 series II, Hewlett Packard, USA)로 정량된 물질의 양(μg), 측정시간 그리고 계산 상수를 이용하여 계산하였다. 탈착효율은 3M사에서 제공하는 분석가이드에서 제시한 값을 이용하였다²¹⁾.

시료의 전처리에는 고체흡착 용매추출법을 사용하였다. Sampler의 마개를 제거하고 이황화탄소(CS₂, Merck, Germany)를 1 ml를 넣고, 30분간 냉장 보관하여 채취대상물질을 추출한다. 대상물질이 추출된 이황화탄소 용액을 바이알에 옮겨 이중 일정량을 분취하여 가스크로마토그래피에 주입하여 분석하였고, 분석 조건은 Table 2와 같다.

3. 결 과

20개 지점의 월별 BTEX농도결과는 Table 3에 나타내었다. benzene의 경우 농도범위가 0~103.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 평균이 19.24(± 18.15) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었으며, ethylbenzene의 경우 0~166.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 평균이 22.60(± 28.96)

Table 1. The Sampling sites of VOCs

Sampling site	GPS
Gimhae Jeil church	위도35°14'02.27" 경도128°53'05.09"
Garakro crossroad	위도35°14'01.29" 경도128°52'53.07"
Gimhae tax office	위도35°13'46.67" 경도128°53'05.07"
Samsung Home plus	위도35°14'27.39" 경도128°52'17.19"
Naewoedong fire station	위도35°14'05.27" 경도128°51'56.81"
Hanshin APT crossroad	위도35°13'56.05" 경도128°51'06.72"
Gusandong crossroad	위도35°14'55.23" 경도128°52'24.05"
Samgye crossroad	위도35°16'12.03" 경도128°51'37.04"
Donga green APT	위도35°13'34.54" 경도128°52'21.07"
west Gimhae IC gas station	위도35°13'17.54" 경도128°50'53.03"
Inje University	위도35°14'47.23" 경도128°54'13.62"
World car gas station	위도35°14'08.14" 경도128°54'19.43"
Shin dong Hospital	위도35°14'07.54" 경도128°54'02.81"
LG electronics	위도35°13'52.17" 경도128°54'53.79"
industrial complex police office	위도35°14'11.61" 경도128°54'55.68"
Hyundai car service	위도35°13'33.84" 경도128°55'24.02"
Gimhae soonbokum church	위도35°13'43.99" 경도128°55'19.85"
Chosundae	위도35°13'39.99" 경도128°54'38.44"
Dongsangdong office	위도35°14'12.29" 경도128°53'01.09"
Shino elementary school	위도35°14'37.06" 경도128°54'44.02"

Table 2. The operating parameters for GC-FID

Parameter	Condition
Column	HP-1(50 m×0.32 mm×1.05 μ m)
Carrier gas	He, 1.5 ml/min
Inlet temp.	250°C
Oven temp.	35°C(10 min) → 7°C/min → 150°C → 20°C/min → 220°C(6 min)
Detector temp.	280°C

μ g/m³, toluene의 경우는 65.10~863.42 μ g/m³, 평균이 212.15(±141.57) μ g/m³ 로 조사되었다. 또한 m,p-xy-lene의 경우 0~254.49 μ g/m³, 평균이 46.27(±48.90) μ g/m³, o-xylene의 경우는 0~98.67 μ g/m³, 평균이 5.92(±16.47) μ g/m³ 로 조사되었다. 각 지점별 농도를 살펴보면 지역별로 유사한 경향을 나타내었으며, 공단지역, 공단주변지역, 상업 및 교통지역, 고층아파트 지역과 그 외 지역으로 분류 할 수 있었다.

공단지역에서 LG전자, 순복음교회, 초선대, 월드 카 서비스 지점은 4월의 높은 농도가 점차 감소하여 10월에 최저값을 나타내고, 12월에 다시 증가하였다. 그리고 공단파출소, 현대자동차서비스 지점의

경우 8월에 최저값을 나타내고, 점차 증가하여 12월에 최대값을 나타내었다.

공단의 영향을 받을 수 있는 공단주변지역인 신어초등학교, 인제대학교, 신동병원 지점은 6월의 높은 농도를 나타내고 점차 감소하여 공단지역과 유사하게 10월에 최저값을 나타내고 12월에 다시 증가하는 경향이 나타났다.

상업 및 교통지역으로는 가락로 사거리, 동상동 사무소, 김해 세무서, 김해 제일교회지점을 볼 수 있는데 가락로 사거리, 동상동 사무소, 김해 세무서 지점은 공단주변지역과 비슷하게 6월의 높은 농도를 나타내고 점차 감소하여 공단지역과 유사하게 10월에 최저값을 나타내고 12월에 다시 증가하는 경향이 나타났다. 김해 제일교회 지점은 조금 다른 경향을 나타내었다.

고층아파트 지역인 동아그린아파트, 내외동 아파트, 삼성홈플러스 지점의 월별 농도변화를 보면 4월에서 6월에는 농도가 증가하였다가 8월과 10월에 농도가 점차 낮아졌으며, 12월에 다시 증가하는 경향을 보였다.

Table 3. The monthly variation of VOCs concentrations in Gimhae

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Sampling site	Compound	April	June	August	October	December
Gimhae Jeil church	Benzene	14.77	27.70	20.78	N.D	3.98
	Ethylbenzene	22.71	1.13	0.85	32.31	N.D
	Toluene	132.68	166.30	124.73	147.56	129.52
	m,p-Xylene	47.95	10.50	7.87	N.D	N.D
	o-Xylene	17.96	N.D	N.D	N.D	N.D
Garakro crossroad	Benzene	14.86	68.90	51.67	4.65	4.92
	Ethylbenzene	4.80	98.38	73.79	N.D	N.D
	Toluene	189.45	413.85	310.39	111.33	136.96
	m,p-Xylene	53.14	196.52	147.39	65.99	N.D
	o-Xylene	5.24	98.67	74.01	N.D	N.D
Gimhae tax office	Benzene	14.34	39.80	29.85	3.08	N.D
	Ethylbenzene	N.D	5.53	4.15	N.D	N.D
	Toluene	65.01	227.06	170.29	93.65	87.38
	m,p-Xylene	0.59	47.75	35.81	54.79	N.D
	o-Xylene	N.D	5.45	4.09	N.D	N.D
Samsung Home plus	Benzene	16.06	30.31	22.73	4.80	N.D
	Ethylbenzene	13.60	12.11	9.09	36.98	44.39
	Toluene	113.56	204.17	153.13	129.98	189.66
	m,p-Xylene	27.76	35.14	26.35	78.74	92.91
	o-Xylene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Naewoedong fire station	Benzene	15.93	31.46	23.59	N.D	N.D
	Ethylbenzene	10.76	N.D	N.D	N.D	N.D
	Toluene	121.26	143.58	107.68	71.12	80.58
	m,p-Xylene	31.51	5.82	4.37	N.D	N.D
	o-Xylene	1.74	N.D	N.D	N.D	N.D
Hanshin APT crossroad	Benzene	20.19	29.51	22.13	8.08	10.57
	Ethylbenzene	2.27	7.77	5.83	42.52	40.30
	Toluene	211.99	197.60	148.20	136.96	163.22
	m,p-Xylene	60.19	15.84	11.88	86.36	79.01
	o-Xylene	9.56	N.D	N.D	N.D	N.D
Gusandong crossroad	Benzene	11.81	30.12	22.59	10.12	11.38
	Ethylbenzene	N.D	21.23	15.92	54.58	N.D
	Toluene	70.59	243.67	182.75	246.53	217.13
	m,p-Xylene	N.D	55.05	41.29	102.45	N.D
	o-Xylene	N.D	5.37	4.03	N.D	N.D
Samgye crossroad	Benzene	26.10	23.30	17.47	19.93	27.10
	Ethylbenzene	20.52	23.79	17.84	98.10	166.64
	Toluene	237.86	246.54	184.91	317.41	767.40
	m,p-Xylene	26.59	31.48	23.61	143.25	254.49
	o-Xylene	N.D	N.D	N.D	44.86	65.03
Donga green APT	Benzene	16.50	29.76	22.32	8.46	5.70
	Ethylbenzene	12.05	4.19	3.14	40.78	N.D
	Toluene	128.98	175.40	131.55	117.57	138.79
	m,p-Xylene	33.55	19.72	14.79	80.23	N.D
	o-Xylene	1.74	N.D	N.D	N.D	N.D
West Gimhae IC gas station	Benzene	13.54	22.56	16.92	7.14	5.83
	Ethylbenzene	10.91	0.98	0.74	41.10	46.27
	Toluene	101.42	142.10	106.57	163.94	232.94
	m,p-Xylene	19.76	16.33	12.25	78.33	82.31
	o-Xylene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

* N.D : Non Detected.

Table 3. The monthly variation of VOCs concentrations in Gimhae(continue) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Sampling site	Compound	April	June	August	October	December
Inje University	Benzene	10.15	29.22	21.92	N.D	N.D
	Ethylbenzene	4.33	N.D	N.D	N.D	N.D
	Toluene	104.48	143.91	107.93	70.57	82.61
	m,p-Xylene	6.09	N.D	N.D	N.D	N.D
	o-Xylene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
World car gas station	Benzene	21.88	33.84	25.38	5.21	3.21
	Ethylbenzene	85.80	53.65	40.24	42.15	N.D
	Toluene	333.30	268.70	201.53	160.69	186.47
	m,p-Xylene	151.98	96.84	72.63	84.26	N.D
	o-Xylene	32.86	15.58	11.69	N.D	N.D
Shin dong Hospital	Benzene	18.85	30.47	22.85	4.12	6.17
	Ethylbenzene	24.72	2.91	2.19	N.D	N.D
	Toluene	142.62	187.19	140.39	93.94	127.37
	m,p-Xylene	44.04	13.82	10.36	N.D	N.D
	o-Xylene	3.78	N.D	N.D	N.D	N.D
LG electronics	Benzene	11.86	28.82	21.61	3.66	7.35
	Ethylbenzene	55.39	39.40	29.55	42.94	47.52
	Toluene	612.11	371.29	278.86	174.44	286.76
	m,p-Xylene	198.23	77.83	58.37	80.53	84.75
	o-Xylene	36.11	12.47	9.35	N.D	N.D
industrial complex police office	Benzene	28.55	23.71	17.78	9.64	11.18
	Ethylbenzene	N.D	N.D	N.D	75.00	82.58
	Toluene	227.41	207.65	155.73	269.49	434.87
	m,p-Xylene	1.19	N.D	N.D	135.68	116.82
	o-Xylene	N.D	N.D	N.D	65.41	N.D
Hyundai car service	Benzene	18.07	88.43	66.33	5.58	8.36
	Ethylbenzene	44.05	17.41	13.06	38.02	46.93
	Toluene	353.87	363.19	272.39	350.79	629.81
	m,p-Xylene	85.98	53.65	40.24	73.01	74.45
	o-Xylene	14.02	0.62	0.47	N.D	N.D
Gimhae soonbokum church	Benzene	10.93	22.69	17.02	4.56	5.47
	Ethylbenzene	18.03	N.D	N.D	38.41	88.61
	Toluene	690.09	336.49	252.37	160.76	273.67
	m,p-Xylene	40.01	11.54	8.65	70.51	88.61
	o-Xylene	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Chosundae	Benzene	42.16	36.49	27.37	5.66	3.97
	Ethylbenzene	35.35	25.04	18.78	38.21	N.D
	Toluene	863.42	297.02	222.76	162.19	205.37
	m,p-Xylene	81.64	61.36	46.02	77.05	N.D
	o-Xylene	N.D	2.21	1.66	N.D	N.D
Dongsangdong office	Benzene	17.26	30.52	22.89	3.83	5.90
	Ethylbenzene	N.D	15.27	11.45	N.D	N.D
	Toluene	123.63	212.66	159.49	99.96	142.50
	m,p-Xylene	29.50	49.71	37.28	53.96	N.D
	o-Xylene	0.54	3.98	2.99	N.D	N.D
Shino elementary school	Benzene	9.54	103.07	77.30	5.31	4.98
	Ethylbenzene	5.91	51.27	38.46	38.90	N.D
	Toluene	140.38	220.99	165.74	151.06	161.13
	m,p-Xylene	1.55	45.21	33.91	70.30	N.D
	o-Xylene	N.D	23.22	17.42	N.D	N.D

* N.D : Non Detected

그 외 지역으로는 한신 APT지점과, 서김해 IC 주유소 지점, 북부동의 탐마트 지점과 삼계사거리지점으로 각각 다른 경향을 나타내었으나, 북부동의 두 지점은 12월의 농도가 가장 높게 나타나 비슷한 경향을 보였다.

전체적인 경향을 보면 4월에서 6월에 농도가 증가하였다가 8월과 10월에 감소하여 12월에 다시 증가하는 경향을 보이는데, 전체 평균으로 구한 결과는 공단지역과 삼계사거리지점의 높은 농도로 인하여 4월에서 10월까지 농도가 감소하는 경향을 보이다가 12월에 증가하는 경향을 나타내었다.

4. 고 찰

김과 김²²⁾은 Passive Sampler를 이용하여 다양한 농도로 존재하는 환경대기 중 VOCs의 농도수준을 객관적으로 평가하고자 할 경우 약 7일(170시간) 정도 시료를 채취하는 것이 적당할 것으로 추정하였으며, 본 연구에서는 14일(340시간)동안 시료를 채취하여 검출가능 VOCs의 농도수준을 더 낮추어 시료를 포집하였다.

조와 이²³⁾는 대구광역시에 소재한 공단 2개 지역에서 조사한 자료에 의하면 toluene의 농도가 각 $220(\pm 87.0) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $201(\pm 77.5) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, m,p-xylene의 농도는 각 $16.4(\pm 8.8) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $18.6(\pm 12.7) \mu\text{g}/\text{m}^3$, o-xylene의 농도는 각 $10.1(\pm 6.1) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $12.4(\pm 9.4) \mu\text{g}/\text{m}^3$, benzene의 농도는 $8.8(\pm 6.9) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $10.5(\pm 8.0) \mu\text{g}/\text{m}^3$, ethylbenzene의 농도는 각 $7.5(\pm 4.8) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $9.1(\pm 5.5) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었다. 이는 본 연구의 공단지역과 비슷하게 toluene의 농도가 가장 높고, m,p-xylene, o-xylene, benzene, ethylbenzene 순으로 나타나는 경향을 보이며, 농도 또한 비슷한 수준으로 조사되었다. 공단 주변 지역을 조사한 자료에서는 toluene의 농도가 각 $132(\pm 43.2) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $48.9(\pm 24.9) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, m,p-xylene의 농도는 각 $11.9(\pm 5.4) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $6.0(\pm 5.6) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, o-xylene은 각 $7.0(\pm 3.5) \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2.5(\pm 1.5) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, benzene의 농도는 각 $7.8(\pm 4.9) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $8.0(\pm 4.4) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, ethyl benzene의 농도는 $5.5(\pm 3.6) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $3.0(\pm 2.0) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었다. 공단 주변 지역의 경우는 본 연구에서 공단 주변지역인 인제대학교, 신동병원, 신어초등학교

지점과 비슷한 결과를 나타내었다.

안과 최²⁴⁾가 대구 성서공단 지역에서 조사한 자료에 의하면 ethylbenzene의 경우 $609.50(\pm 1395.51) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었고, toluene의 경우에는 $1,388.38(\pm 2285.26) \mu\text{g}/\text{m}^3$, m,p-xylene은 $620.43(\pm 1244.89) \mu\text{g}/\text{m}^3$, o-xylene은 $439.57(\pm 936.59) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었으며, benzene은 $107.08(\pm 299.39) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었다. 국립환경 연구원이 시화·반월 지역에서 조사한 결과²⁵⁾ toluene의 경우에는 $188.93 \sim 4,949.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, m,p-xylene의 경우 $48.74 \sim 91.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다 이 두 선행 연구와 본연구의 공단지역을 비교하면 본 연구에서 조사한 안동공단지역과 지내공단지역의 BTEX의 농도가 성서공단 지역과 시화·반월 지역 보다는 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다.

구와 최²⁶⁾가 발표한 대구지역에서 조사한 자료에 의하면 toluene의 경우 주·야 평균 $187.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$, benzene의 경우 $17.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되어 이번 조사결과와 유사한 경향을 나타내었다.

계절별 TVOCs의 경향은 12월과 2월이 포함된 겨울이 가장 높은 경향을 띄었고, 가을이 다음으로 높은 경향을 나타내었으며, 봄, 여름의 순으로 나타났다. 특히 여름의 경우 높은 혼합고와, 잦은 강우 등으로 인해 TVOCs가 낮은 경향을 나타내었다. 이의 연구²⁷⁾에 따르면, 겨울 > 가을 > 여름 > 봄의 순으로 농도가 높았고, 겨울이 농도가 높고 주간 보다 야간에 농도가 높은 것은 겨울철이 낮은 혼합고와 확산이 적고, 자동차 배출과 난방 등의 이유로 배출량이 많기 때문이라 보고하여, 이번 조사와 유사한 경향을 나타내었다.

5. 결 론

본 연구는 대기오염규제지역인 김해시의 동지역을 중심으로 환경대기중의 VOCs의 농도를 측정하여 지역별, 계절별 농도특성을 평가하고자 하였다.

20개 지점을 passive sampler를 이용하여 관측한 결과 휘발성 유기화합물 중 BTEX가 주로 검출되었으며 그 중 toluene이 가장 높은 값을 나타내었다. 봄에는 공단지역이 높은 분포를 나타내었고, 여름에는 상업 및 교통지역의 농도가 높은 분포를 보였으며, 가을에는 공단지역과 북부동 지역의 농도가

상대적으로 높게 나타났고, 겨울에는 북부동 지역의 농도가 가장 높게 나타났으며, 공단지역도 농도가 높아짐을 알 수 있었다.

BTEX의 지역별 경향은 공단의 영향과 이동오염 원인 차량의 영향을 미치는 것으로 사료된다. BTEX가 가장 높은 지역은 안동공단과 지내공단지점이었고, 이는 공단내 오염물질과 공단인근의 차량에 의한 복합적 요인이 작용한 것으로 사료되며, 다음이 삼계 사거리와 가락로 사거리 등으로 순수 교통의 영향이 BTEX의 주요 인자임을 알 수 있었다.

VOCs의 계절별 농도 경향은 지역적인 차이는 있으나 전체평균으로 살펴보면 겨울>가을>봄>여름 순으로 나타났으며, 이는 겨울에는 혼합도가 낮으며, 확산이 적어 농도가 높게 나타나며, 여름의 경우 혼합도가 높고, 쉽게 휘발되어 확산되어지기 때문으로 판단된다.

휘발성유기화합물에 대한 조사는 기상 조건과 확산을 고려한 조사 지점에서 지속적인 오염도 조사가 이루어져야 할 것으로 사료되며, 도로 인근 지역의 경우 교통량에 대한 보다 상세한 조사 분석이 이루어져야 하며, 지역별로 유사한 패턴을 가지는 지점을 분류하여 그 중 대표성을 지닌 지점을 선정하여 측정할 경우 효율적인 측정을 할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Alfred T. H., Wooley J. D., Daisey J. M., 1993, Emission of volatile organic compounds from new measured in large scale environmental chamber, JAWMA, 43, 316-324.
- 2) Christopher J. Q., Corsi R. L., 1995, Emission of VOCs from a municipal sewage, JAWMA, 45, 395-403.
- 3) Kourtudis K. A., Ziomas I. C., Rappenglueck B., Proyou A., Balis D., 1999, Evaporative traffic hydrocarbon emission, traffic CO and speciated HC traffic emission from the city of Athens, Atmos. Environ., 33, 3831-3842.
- 4) 백성옥, 김기현, 손동현, 1998, 대기환경과 휘발성 유기화합물질, 한국대기보전학회 측정분석분과위원회, 1-7.
- 5) Bloemen H. J. T., Burn J., 1993, Chemistry and analysis of volatile organic compounds in the environment, Blackie Academic and Professional Cardelino, 127-130.
- 6) Back S. O., Kim Y. S., Roger P., 1996, Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas-indoor/outdoor relationships, Atmos. Environ., 31(4), 529-544.
- 7) 환경부, 1997, 휘발성 유기화합물질 구제대상 설정 및 관리방안에 관한 연구, 최종보고서, 136-140.
- 8) 나광삼, 김용표, 문길주, 1999, 울산공단 대기에서 측정된 휘발성유기화합물의 1997년과 1998년 결과 비교, 한국대기환경학회지, 15(5), 567-574.
- 9) 김용표, 이종훈, 진현철, 문길주, 1997, 여천공단 대기중의 입자상 및 기체상 이온성분과 유기화합물의 농도, 한국대기보전학회지, 13(4), 267-277.
- 10) Michael E. J., Garry D. H., 1999, Photochemical ozone creation potential for oxygenated volatile organic compounds : sensitivity to variations in kinetic and mechanistic parameters, Atmos. Environ., 33, 1275- 1293.
- 11) 양원호, 손부순, 박종안, 장봉기, 박완모, 김윤신, 2003, 하계 실내 및 실외환경의 공기 중 휘발성 유기화합물 농도 및 개인 노출, 한국환경과학회지, 12(9), 967-976.
- 12) 김병곤, 정인영, 한진석, 황동진, 나진균, 최덕일, 1996, 환경대기중의 휘발성유기화합물 측정 및 분석, 한국대기보전학회, 춘계학술대회요지집, 27-28.
- 13) 백성옥, 김미현, 황승만, 정진옥, 박상곤, 2000, 대도시 도로변 대기중 휘발성 유기화합물의 농도측정 (II), 한국대기환경학회, 2000 춘계학술대회논문집, 108-109.
- 14) Christopher D. G., Thomas E. P., Alex B. G., 1995, Reassessment of biogenic volatile organic compound emission in the Atlanta area, Atmos. Environ., 29(13), 1569-1578.
- 15) Wadden R. A., Scheff P. A., Uno I., 1994, Receptor modeling of VOCs-II development of VOC control functions for ambient ozone, Atmos. Environ., 28(15), 2507-2521.
- 16) Aronian P. F., Scheff P. A., Wadden R. A., 1989, Wintertime source reconciliation of ambient organics, Atmos. Environ., 23(5), 911-920.
- 17) Wakamatsu S., Uno I., Ohara T., Schere K. L., 1999, A study of the relationship between photochemical ozone and its precursor emissions of nitrogen oxides and hydrocarbons in Tokyo and surrounding areas, Atmos. Environ., 33, 3097-3108.
- 18) Michiel R., Peter B., Paul E., Rob G., 1999, C2-C5 hydrocarbon measurement in the Netherlands 1981-1991, Atmos. Environ., 33, 3579-3595.
- 19) 국립환경연구원, 1997, 여천공단 환경오염대책을 마련을 위한 오염실태 정밀조사 사업, 1-229.
- 20) 환경부, 2000, 환경부고시집 제 2000-71호, 환경부 고시집.
- 21) <http://www.3m.com>

- 22) 김학민, 김선태, 2001, Passive Sampling-GC/FID에 의한 VOC 분석시 기기검출한계평가와 시료채취시간 산정에 관한 연구, 대한환경공학회, 24(5), 839-848.
- 23) 조완근, 이진우, 2004, 대구지역 공단과 인근 주거지역의 휘발성유기화합물 오염도 평가, 한국환경과학회지, 13(6), 519-525.
- 24) 안상영, 최성우, 2005, 대구성서산업단지 발생원부지경계 대기 중 휘발성유기화합물질의 농도수준, 한국환경과학회, 14(1), 53-60.
- 25) 국립환경연구원, 2001, 시화·반월지역 악취원인 물질 규명을 위한 정밀조사, 123-124.
- 26) 구민정, 최성우, 2005, 대구지역 대기 중 VOCs 농도 및 발생원 특성, 한국환경과학회, 14(6), 543-553.
- 27) 이영재, 2001, 광주지역 대기중 휘발성유기화합물의 농도 및 배출원 특성에 관한 연구, 박사학위논문, 환경공학과, 조선대학교, 광주.