

경기도 환경대기중 휘발성유기화합물의 오염실태 조사연구 (Ⅲ)

김종보 · 김종찬 · 최승석 · 임흥빈 · 최양희 · 이수문*
경기도보건환경연구원*

A Study on the VOCs Contamination of Ambient Air in Kyonggi-do Area (Ⅲ)

Jong-Bo Kim · Jong-Chan Kim · Seung-Seok Choi · Heung-Bin Im
Yang-Hee Choi · Soo-Moon Lee*
*Kyonggido Institute of Health & Environment**

Abstract

We investigated the concentration degree of VOCs for ambient air in the air environment control area of Kyonggi-do in 2001. The VOCs showing higher concentration were in the ascending order of Toluene > n-Butane > 1-Butene > Benzene > n-Hexane.

The concentration distribution ratio mentioned above showed almost same pattern in each city. The relative concentration ratio of Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes which are aromatic VOCs were 1 : 6.3 : 0.6 : 1.6. It was similar to the pattern in 1999 but different from the pattern in 2000.

In the aspect of seasons, the highest B.T.E.X concentration was indicated in fall and in the aspect of areas, the higher concentration showed in the ascending order of Buchon > Ansan > Kwangmyong > Shihung > Sungnam.

The average concentration of target VOCs for ambient air in the air environment control area of Kyonggi-do showed lower concentration than the metropolis of Seoul but higher concentration than Kwang-ju city and Dae-gu city.

The amount of total VOCs was increasing, comparing with it last year and the more increasing tendency is anticipated so that it will need to establish the proper regulative criteria.

Key word : VOCs, Kyonggi-do, ambient air

I. 서론

대기 중에 존재하는 오염물질은 그 발생원의 근 거리에 따라 자연적 기원과 인위적 기원으로 양분되

며 성분별로 발생원의 기여도는 매우 다양하다. 대기오염이 사회문제로 인식되기 이전에는 자연적 발생원의 기여도가 중요한 부분을 차지하였지만 근래에는 인위적 오염원의 기여도가 중요성을 더

해가고 있다¹⁾. 다양한 발생원을 가진 여러 유형의 오염물질들은 그 화학적 특성에 따라 대기질에 미치는 영향 또한 다양하며 대기 중에서 화학적 변환을 통해 새로운 형태의 오염물질로 존재하고 있음이 밝혀지고 있다.

최근 단일성분의 오염물질들에 대한 지속적인 관리로 이들 물질에 대한 통제력을 갖추기 시작하고 있지만 복합물질들의 화학적 변환으로 생성된 새로운 오염물질에 대한 관심이 고조되고 있고 오늘날 대기환경에 존재하는 여러 오염물질 중에서 오존의 생성과 밀접한 관련이 있는 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

VOCs은 수많은 유기화합물의 총칭으로 발생원이 매우 다양하며 나라마다 법적·행정적 규제 대상으로 분류되는 VOCs에 대한 정의나 범위는 규제배경 및 대기 중 오존오염 정도에 따라 다르게 적용되고 있다²⁾. VOCs는 상온·상압에서 액체상이나 고체상으로 존재할 수 있지만 대기중에서는 가스상으로 존재하는 모든 유기화합물질로 20℃에서 760torr(101.3Kpa)보다는 작고 1torr(0.13Kpa)보다 큰 증기압을 가지는 모든 유기화합물질이라고 할수 있다. 또한 탄화수소 중 레이드 증기압(Reid Vapor Pressure, RVP)이 10.3 Kpa(1.5Psia)이상인 석유화학제품, 유기용제 또는 기타 물질로 정의되고 있다³⁾. 전술한 정의에 의하면 상당히 많은 종류의 개별 유기화합물질들이 VOCs의 영역에 포함되지만 이들 개별 물질들을 하나의 대기오염물질 그룹으로 인식하기 시작한 것은 비교적 최근의 일이다. VOCs로 인해 발생되는 환경학적 문제점으로는 지표면에서 광화학 반응에 참여하여 오존 생성, 독성 및 발암성으로 인체에 미치는 위해성, 성층권 오존 파괴, 지구 온난화 가중, 환경대기중 장기간 축적 및 체류 등 이다. 특히 인체에의 위해성에 있어 Benz-ene과 1,3-Butadiene(백혈병 유발잠재력) Polynuclear aromatic hydro- carbons(폐암 유발잠재력), Dioxins과 Furans(인체 유전 독성)등 인체 독성을 유발하는 유기화합물질들이 상당수 알려져 있어 대기오염 관점에서 중요한 연구분야로 인식되고 있다²⁾.

위해성 관점의 유기화합물질 성분조사는 개개

성분의 영향이 직접적이라는 점에서 절대적 의미를 가지기 때문에 최근 VOCs 연구에 대한 국제적인 추세도 종래의 총탄화수소(THC) 혹은 비매탄계 탄화수소(NMHC)의 개념에서 나아가 개별적인 VOCs에 대한 관리와 연구가 선호되고 있다.

국내의 경우 대기 중 유기화합성분 측정이 시작된 것은 최근(1994년)의 일로 절대적 측정자료가 빈약하고 분석대상이나 범위 등에 대한 연구도 부족한 실정이다. 이에 반해 미국에서는 188종의 유해성 대기오염물질(Hazardous air pollutants, HAPs)을 규정하고 있으며 이 중 159종이 VOCs 류의 유기화합물 또는 그 유도체 등으로 불수 있다⁴⁾. 향후 국내 도시지역에 대두 될 가장 심각한 대기오염 현상으로는 광화학스모그와 같은 LA형 대기오염 문제일 것으로 예상되며 서울과 대도시 일원에서는 하절기 중 이러한 징후가 심각한 것으로 나타나고 있고 인체에 대한 위해성 등을 파악하기 위해서도 환경대기중의 VOCs에 대한 지속적인 연구는 대단히 중요한 과제라고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 규제대상 VOCs 배출업체 중 약 90%의 점유율을 보이고 있는 수도권 특히 대기환경규제지역으로 지정된 15개 시에 대한 대기 중 VOCs농도조사를 통해 기초자료를 제시하고 광화학오염 문제의 대책에 도움이 되고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 시료채취

시료채취는 2001년 2월부터 3개월 간격으로 년 4회 실시하였다. 선정된 지점은 대기환경규제지역으로 지정된 수도권의 "시" 지역이며 위치는 Fig. 1과 같다.

조사대상 물질은 광화학대기오염에 심각한 영향을 미치는 Ozone Precursor중 광화학 반응성이 높은 1-Butene 등 15종을 선정하였으며 항목은 Table 1과 같다.

시료포집은 Carbopack C, Carbopack B, Carbo-sive S-III가 각각 약 200mg씩 충전된 흡착튜브에 미량펌프를 이용 약 50~90ml/min의 유속으로 40~60min간 포집하였다. 또 각 지역별로 대표농도를 산출하기 위하여 4~6개 지점의 시료를 채취하여 즉시 분석하는 것을 원칙으로 하였고 어려울

경우 냉장 보관 후 분석시료로 하였다.



Fig. 1. A map showing the sampling site.

Table 1. The target VOCs.

Compound	M.W	Formular	Selected ion
1-Butene	56	C ₄ H ₈	56
n-Butane	58	C ₄ H ₁₀	58
Isopentane	72	C ₅ H ₁₂	57
1-Pentene	70	C ₅ H ₁₀	70
n-Pentane	72	C ₅ H ₁₂	72
Isoprene	68	C ₅ H ₈	67
n-Hexane	86	C ₆ H ₁₄	86
Benzene	78	C ₆ H ₆	78
n-Heptane	100	C ₇ H ₁₆	100
Toluene	92	C ₇ H ₈	91
Ethyl-Benzene	106	C ₈ H ₁₀	91
m-Xylene	106	C ₈ H ₁₀	91
Stylene	104	C ₈ H ₈	104
o-Xylene	106	C ₈ H ₁₀	106
1,2,4-TMB	120	C ₉ H ₁₂	105

2. 열탈착 및 GC/MS 분석조건

흡착관의 열탈착에는 PERKIN- ELMER ATD 400(이하 ATD)을 사용하였으며 시료분석은 FIS-ON Trio1000 GC/MS시스템을 ATD와 직접 연결하여 사용하였다. 시료는 흡착관의 열탈착, Cold

trap에 의한 시료의 재흡착, Cold trap의 순간 열탈착 과정을 통하여 GC/MS에 도입하였다⁵⁾. ATD 및 GC/MS의 분석조건은 Table 2와 같으며 표준물질은 Ozone Precursor 56종이 1ppm으로 혼합되어 있는 표준가스(Matheson)를 사용하였다.

Table 2. The operating parameters for GC/MS and ATD

Parameter	Condition
ATD	PERKIN ELMER ATD 400
Oven Temp	300
Desorption Time	5min
Trap Low Temp	10
Trap High Temp	300
Trap Hold	3min
Desorption Flow	20ml/min
Sample Tube Absorbent	Muli - type sorbent Carbopack C, Carbopack B, Carbosive S-III
GC/MS	FISON 8000 series/Trio 1000
Column	SPB-1(100m×0.32mm×1.0μm)
Carrier gas	He at 1.0ml/min
Injection port temp.	250℃
Oven temp. program	5℃/min 50℃(10min)→170℃(15min)
Ionization mode	EI+
Ionization energy	70ev
Transfer line temp.	220℃
Source temp.	240℃
MS scan range	40~350amu

III. 결과 및 고찰

99년부터 시작된 경기도내 대기중 휘발성유기화합물의 오염실태 조사는 VOCs에 대한 절대적 측정자료가 부족한 현실에서 장기적으로 추진되어야 할 과제로 보며 2001년도 역시 대기환경규제지역으로 지정된 경기도내 15개 시가 대상지역이며 측정결과는 Fig. 2 및 Table 3 과 같다.

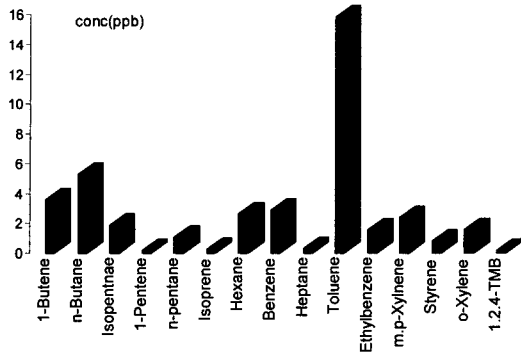


Fig. 2. The concentration of ambient air VOCs in Kyonggi-do.

Table 3. A statistical summary of VOCs data in Kyonggi-do

	Average	Median	SD	Max	Min
1-Butene	3.609	3.691	1.760	6.431	0.892
n-Butane	5.269	4.468	2.295	9.828	2.085
Isopentane	1.838	1.913	1.050	3.615	0.468
1-Pentene	0.181	0.000	0.411	1.533	0.000
n-pentane	1.143	1.370	0.726	2.404	0.204
Isoprene	0.252	0.076	0.311	0.828	0.000
Hexane	2.640	2.407	0.971	4.290	1.200
Benzene	2.899	2.634	1.197	5.758	1.504
Heptane	0.288	0.221	0.280	1.105	0.028
Toluene	15.837	12.508	5.976	36.739	5.976
Ethylbenzene	1.551	1.311	0.199	4.686	0.199
m.p-Xylnene	2.367	2.017	0.308	5.948	0.308
Styrene	0.829	0.763	0.018	1.840	0.018
o-Xylene	1.595	1.210	0.149	4.912	0.149
1,2,4-TMB	0.186	0.000	0.000	0.938	0.000

1. 대기중 VOCs의 오염분포

측정된 각 성분의 농도구성 비율은 전년과 유사하며 최고농도 성분은 Toluene이고 n-Butane, 1-Butene, Benzene, Hexane 순의 농도 순위를 나타내었다. 농도 상위 5개 물질그룹에서 99년도와 2000년도에 포함되었던 m.p-Xylnene이 제외되고 99년도에 없었던 n-Butane, 1-Butene과 2000년도에 없었던 Benzene이 새로이 추가되었으며 순위간 농

도차이가 크지 않아 변동가능성은 많으나 각 물질의 배출특성을 감안한 관리에는 도움이 될 것으로 본다.

최고농도를 나타낸 Toluene은 대기중 가장 많이 분포되어 있는 탄화수소 중의 하나이며 Ethylbenzene, Xylene과 함께 유기용제의 주요성분으로 도심에 위치한 백화점, 지하상가 등에서 광범위하게 사용되고 건축물의 외장 페인트, 주유소 등 매우 다양한 배출원을 가지고 있다⁶⁾.

도시지역의 환경대기중에 Toluene, Benzene, Xylene은 검출빈도가 높은 방향족 VOCs로 알려져 있으며 본 연구에서 측정된 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene)의 상대적 농도비는 1 : 6.3 : 0.6 : 1.6으로 대구지역에서 측정된 환경대기중 BTEX비 1 : 9.1 : 0.5 : 3.4⁷⁾와 큰 차이는 없었다.

2001년도의 BTEX의 농도비는 99년도의 농도비 1 : 6.2 : 0.7 : 1.5와 유사하였으나 2000년도의 농도비 1 : 9.6 : 1 : 2.0과는 조금의 차이를 보였으며 이는 전체적인 농도 증가추세에서 Benzene이 Toluene, Ethylbenzene, Xylene보다 상대적 증가가 커졌음을 의미한다. 이는 가솔린 차량의 연소배출에 의한 Benzene양이 총 Benzene 배출량의 78%를 차지할 정도로 VOCs에 대한 차량기여도가 매우 큰 것으로 조사된 바 있어 차량증가에 따른 농도의 증가로 볼수 있을 것이다.

전체 평균농도를 나타낸 Table 3에서 보면 비교적 고농도의 성분들은 자동차 배출가스(에틸렌, 트랜스-3-헥센, 아세틸렌, 펜탄, 부탄, 프로필렌, 톨루엔, 벤젠, 자일렌), 휘발유 증발성분(부탄, 펜탄), LPG(부탄, 프로판), 그리고 용제성분(톨루엔, 자일렌)⁸⁾과의 관계에 미루어 볼 때 주로 자동차 배출가스, 휘발유 증발유, LPG배출, 용제의 증발배출 등의 영향을 받은 것으로 보인다. 한 예로 iso-Pentane이 n-Pentane보다 농도가 높은 것은 사용연료와 배출가스의 조성에서 휘발유 연료 중 Pentane은 iso-Pentane(5.28%)이 n-Pentane(4.59%)보다 높은 함유성분을 보이며 또한 배출가스의 무게 %에서도 Pentane은 iso-Pentane(4.73%)이 n-Pentane(1.14%)보다 높은 것에서 기인한 것으로 생각된다.

부탄의 경우 3년간 일정비율의 증가를 보이고 있는데 이는 LPG의 주성분이 부탄임을 감안할 때 최근까지 수요가 늘어난 LPG차량의 증가가 원인인 것으로 추정된다.

Table 4. POCP of target VOCs

VOCs	POCP	Range	Life time (day)
1,2,4-TMB	129	86~176	1.0
1-Pentene	115	40~218	1.0
1-Buten	110	57~185	1.0
m-Xylene	106	78~135	1.3
p-Xylene	101	63~180	2.2
Ethene	100	100	3.6
3-Methylbuten	100	60~154	0.5
o-Xylene	71	41~97	2.3
Ethylbezene	67	35~114	4.4
Toluene	61	41~83	5.2
n-Hexane	55	10~151	5.5
n-Butane	51	15~115	12.2
n-Pentane	48	9~105	7.9
iso-Pentane	34	12~68	N.A.*
Benzene	22	11~45	25.3

*N.A. : data not available

Table 4는 본 연구에서 선정한 VOCs 항목에 대한 광화학적 오존생성 잠재력(Ph-otochemical Ozone Creation Potentials, POCP)을 나타낸 것으로 1,2,4-TMB의 POCP가 129로 가장 높은 항목이나 연구결과에서는 비교적 저농도를 나타내었다.

TMBs(Trimethylbenzenes)의 경우 환경보건학적 중요성이 높은 BTEX에 비해 상대적으로 측정 재현성과 정확도가 낮은 것으로 보고⁹⁾된 바 있고 본 연구에서도 자료의 재현성에 다소의 차이를 보여 향후 이 물질에 대한 측정방법의 개선방안이 필요한 것으로 본다.

Fig. 3은 최근 3년간 각 VOCs 항목들의 농도변화를 나타낸 것으로 2001년도 연구결과의 가장 큰 특징은 작년에 다소 감소 추세이던 VOCs들의 농

도가 다시 증가하였다는 점이다. 이는 2004년까지 설치해야하는 VOC 배출·억제시설이 2004년에 집중 설치될 것으로 예상되는 등 아직까지 VOCs에 대한 규제시책들이 완전히 시행되지 않고 있고 주요 배출시설들에 대한 방지시설 설치의무가 단계적으로 추진되고 있는 상황에서 본격적인 VOCs의 제어가 미진한 결과라고 본다.

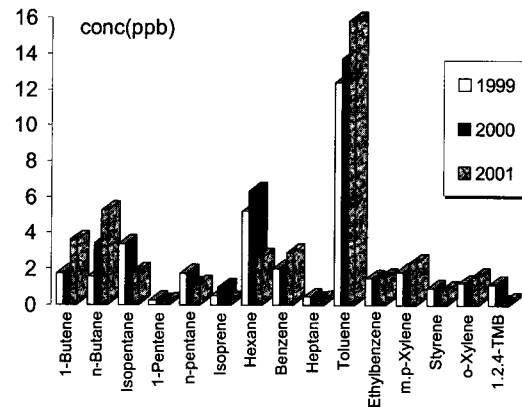


Fig. 3. Comparison of VOCs Concentration by year.

2. 지역별 VOCs의 농도특성

Table 5는 조사지역별 VOCs의 농도를 나타낸 것으로 최고 농도를 보인 지역은 부천이었고 안산, 광명, 시흥, 성남 순이었다. 이들 고농도 지역은 공업도시이거나 도시규모가 크고 산업활동이 많은 도시들이라는 공통점이 있으며 아울러 하남, 남양주, 구리 등 수도권 외곽에 위치한 소규모 도시들을 중심으로 낮은 농도를 보였다. 또한 안산, 시흥, 부천은 3년 연속 고농도 상위 5개시에 포함됨으로써 VOCs의 주요 발생원이 자동차 운행으로 인한 연료 증발 및 배출가스와 산업활동에 기인한 용제 사용 등임을 알 수 있다.

자동차 배출가스와 관련된 가솔린의 주요 방향족 화합물 구성요소와 비율은 Benzene 11%, Toluene 7.8%, Ethylbenzene 2.2%, m,p-Xylene 6.9%, o-Xylene 3.0%로 총 30.9%이며 본 연구에서 조사된 VOCs 전체농도 상위 5개 도시 중 3개 도시가 자동차등록대수에서 상위 5개 도시에 포함 된 것으로 나타났다.

Table 5. The regional concentration of ambient VOCs in Kyonggi-do

	*SW	SN	UB	AY	KM	AS	KC	GR	SH	UW	BC	GP	GY	NY	HN
1-Butene	4.036	4.852	2.826	6.431	5.804	6.369	2.779	2.347	3.728	2.516	3.691	4.709	1.228	1.921	0.892
n-Butane	7.294	5.729	3.627	5.549	7.441	9.828	4.434	4.468	8.848	3.553	4.455	6.107	2.085	3.268	2.351
Isopentnae	3.431	2.636	0.468	1.913	3.473	1.545	3.615	0.820	1.090	1.985	1.988	1.914	1.070	0.593	1.022
1-Pentene	0.549	0.400	0.000	0.209	0.000	0.000	1.533	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000
n-Pentane	2.156	1.390	0.248	0.830	1.395	2.404	1.526	0.429	1.370	2.129	1.382	0.782	0.368	0.204	0.525
Isoprene	0.747	0.486	0.033	0.828	0.482	0.088	0.739	0.039	0.015	0.037	0.000	0.076	0.039	0.000	0.175
Hexane	1.378	4.176	3.379	3.850	2.146	2.904	1.749	2.842	1.827	2.000	2.333	2.075	4.290	2.407	3.043
Benzene	3.359	4.651	1.747	3.419	2.287	3.170	1.599	2.014	3.747	2.634	5.758	3.290	1.939	1.504	2.362
Heptane	1.105	0.232	0.087	0.394	0.257	0.436	0.646	0.069	0.162	0.075	0.221	0.151	0.028	0.325	0.140
Toluene	12.508	15.266	5.976	13.903	25.765	27.661	10.424	8.169	33.584	7.663	36.739	9.795	8.634	7.403	14.065
Ethylbenzene	1.643	2.176	0.201	1.451	3.493	2.480	1.311	0.802	1.959	0.729	4.686	0.749	0.199	0.354	1.030
m,p-Xylene	2.184	2.782	0.308	2.017	5.948	4.103	2.408	1.235	3.186	1.097	5.798	1.392	0.569	0.900	1.583
Styrene	1.246	0.512	0.109	0.763	1.840	1.646	0.834	0.8211	0.659	0.355	1.413	1.141	0.018	0.680	0.398
o-Xylene	1.871	1.571	0.256	1.210	4.912	3.004	1.706	0.558	2.245	0.730	3.452	0.985	0.149	0.409	0.864
1,2,4-TMB	0.437	0.000	0.201	0.700	0.231	0.269	0.938	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
VOCs	43.944	46.859	19.463	43.467	65.475	65.907	19.992	24.612	62.420	24.703	71.916	33.168	20.626	19.992	28.451

* ·SW:suwon ·SN:sungnam ·UB:uijungbu ·AY:anyang ·KM:kwangmyong ·AS:ansan ·KC:kwachon ·GR:guri
 ·SH:shihung ·UW:uiwaong ·BC:buchon ·GP:gunpo ·GY:goyang ·NY:namyangju ·HN:hanam

3. 계절별 농도특성

Table 6과 Fig. 4는 계절별 농도분포를 나타낸 것으로 동절기의 농도가 높고 하절기의 농도는 낮게 나타났다. 특히 Toluene, Benzene, Xylene은 여름보다 겨울이 높은 농도를 보여 방향족 화합물의 농도가 여름보다 겨울이 높다는 보고¹⁰⁾와 일치하였다.

한편 n-Pentane과 Isopentane의 경우 여름철의 농도가 다른 계절보다 가장 높았다. 이는 끓는점이 n-Pentane이 36.1°C, I-sopentane이 27.8°C로 이들 성분이 주로 휘발유 증발에 의해 배출되고 여름에 온도 상승으로 증발 배출이 증가하였기 때문으로 생각된다.

VOCs에 대한 조사에서 계절적으로 봄에 고농도를 나타낸 것으로 조사된 보고¹⁾도 있으나 이는 단일지역을 대상으로 한 조사로 본 연구에서는 다수 지역의 지리적 여건과 교통, 산업적 여건이 복합된 지역적 특성의 결과로 보여진다.

Table 6. Seasonal VOCs concentration. unit (ppb)

	spring	summer	fall	winter
1-Butene	2.14±2.78	3.21±2.17	7.04±4.77	2.04±3.48
n-Butane	6.13±5.79	4.83±2.69	5.55±3.92	4.57±3.21
Isopentnae	1.97±2.07	2.41±1.11	1.46±1.21	1.77±0.94
1-Pentene	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.72±1.64
n-pentane	0.90±1.09	1.29±1.15	0.95±1.02	1.06±0.99
Isoprene	0.17±0.47	0.05±0.08	0.02±0.07	0.77±1.19
Hexane	0.90±0.49	4.00±3.19	2.68±2.61	2.98±3.10
Benzene	2.93±1.92	2.99±1.85	2.40±0.95	3.29±1.61
Heptane	0.12±0.30	0.31±0.42	0.18±0.27	0.54±0.80
Toluene	9.14±12.87	12.65±11.49	23.35±21.60	18.21±12.76
Ethylbenzene	1.02±1.35	0.94±0.82	2.24±2.92	1.20±1.47
m,p-Xylene	1.76±2.56	1.60±1.25	3.18±3.79	2.93±2.16
Styrene	0.64±1.09	1.14±0.94	0.76±1.02	0.78±0.86
o-Xylene	1.53±2.36	1.20±1.05	1.27±1.89	2.38±1.90
1,2,4-TMB	0.12±0.27	0.06±0.15	0.00±0.00	0.56±1.13
VOCs	29.477	35.120	51.321	46.012

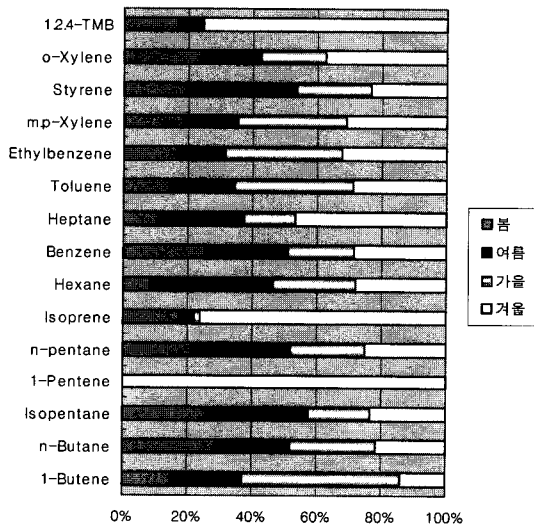


Fig. 4. Seasonal distribution patterns of VOCs concentration.

4. 농도 비교

Table 7에서는 본 연구 결과와 다른 지역에서 측정된 VOCs결과를 비교하였다.

Table 7. Mean concentrations relation of VOCs in each site

	unit (ppb)				
	This study	Kwangju ⁽¹¹⁾	Seoul ⁽¹²⁾	Daegu ⁽¹³⁾	Athens ⁽¹⁴⁾
1-Butene	3.609	-	1.77	-	-
n-Butane	5.269	-	16.02	-	-
Isopentane	1.838	-	7.25	-	-
1-Pentene	0.181	-	0.19	-	-
n-pentane	1.143	-	6.30	-	-
Isoprene	0.252	-	0.09	-	-
Hexane	2.640	1.32	2.61	-	4.1
Benzene	2.899	0.36	1.48	1.82	11.7
Heptane	0.288	-	0.36	-	-
Toluene	15.837	3.37	18.28	18.5	21.2
Ethylbenzene	1.551	0.35	4.68	1.84	4.0
m,p-Xylnene	2.367	1.10	4.57	3.85	11.3
Styrene	0.829	0.16	0.37	0.21	-
o-Xylene	1.595	0.25	1.57	1.29	5.5
1,2,4-TMB	0.186	0.28	0.72	0.44	-

VOCs는 측정위치 주변의 오염원 종류와 오염원과의 거리에 따라 농도를 달리할 수 있으나 각 자료들이 특정 오염원을 대상으로 하지 않아 상대적 비교에는 유용하리라 생각된다.

여름철에 측정된 농도이기는 하지만 광주보다는 비교적 높은 농도를 나타내었고 전체적으로 서울보다는 낮은 농도를 보였다

대구지역의 농도는 계절별로 2주간씩 총 56일간의 연 평균자료로 경기지역과 농도분포가 매우 유사하였다.

국외 지역인 아테네의 농도는 1개월간의 단기간 농도자료로 자동차의 영향이 강한 지점에서 측정된 것으로 자동차가 VOCs의 증가에도 중요한 변수임을 말해주고 있다.

IV. 결 론

경기도내 대기환경규제지역인 15개 시를 대상으로 2001년도 휘발성 유기화합물의 오염실태를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 2001년도의 전체 VOCs농도는 99년도 및 2000년도에 비해 증가하였고 농도상위 5개물질은 Toluene, n-Butane, 1-Butene, Benzene, Hexane의 농도 순위를 나타내었다.
2. 지역별로는 부천이 가장 높은 농도를 보였고 안산, 광명, 시흥, 성남 순이었다.
3. 계절적으로는 가을이 최고 농도를 보였고 하절기 보다는 동절기의 농도가 높게 나타났다.
4. 경기도 지역의 VOCs농도는 일반 도시에 비해 높았고 서울보다는 낮은 농도를 보였다.

대기중 VOCs는 공업지역과 도시규모가 크고 산업활동이 많은 도시들을 중심으로 발생량이 증가하는 추세를 보이고 있으며 이들 물질의 저감을 위해서는 규제대상 업종별 세부관리기준의 설정과 자동차를 중심으로 한 인위적 발생원에 대한 관리가 선행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김조천, 김기현 : 대기중 휘발성 유기화합물의

- 시간적 농도변화에 대한 연구, 한국환경과학회지, Vol. 9, No. 4, 2000.
2. 한국대기보전학회 측정분석분과위원회 : 대기환경과 휘발성유기화합물질, 1998.
 3. 환경부 : 대도시 오존오염의 근원적인 저감대책 수립 추진방안 마련, 2001.
 4. 김영성 : 산업단지 대기질 관리 HAP인 가 VOC인가, 한국대기환경학회지, Vol. 15, No. 4, 1999.
 5. EPA : Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air U.S.
 6. 백성옥, 김영민, 황승만 : 고속도로 터널 내부공기 중 휘발성유기화합물의 농도측정, 한국대기환경학회지, Vol. 14, No. 1, 1998.
 7. 백성옥, 김영민 : 도시지역에서의 실내·외 주변 공기 중 휘발성유기화합물의 농도 측정에 관한 연구, 대한환경공학회지, Vol. 18, No. 2, 1996.
 8. 나광삼, 김용표, 김영성 : 서울 대기중에서 C₂~C₉ 휘발성유기화합물의 농도, 한국대기환경학회지, Vol. 14, No. 2, 1998.
 9. 백성옥 등 6인 : 흡착포집 및 열탈착/GC 분석에 의한 공기 중 휘발성유기화합물의 측정방법론 평가, 한국대기환경학회지, Vol. 15, No. 2, 1999.
 10. Clarkson T.S. : Benzene and toluene in New Zealand air atmos, Environ. 30, 1996.
 11. 이영재, 신대윤, 이학성, 강병욱, 한종수 : 광주 지역 여름철 대기 중 주야간 VOC 농도 특성, 한국대기환경학회지, Vol. 17, No. 2, 2001.
 12. 윤중섭 : 서울지역 휘발성유기화합물의 변동 특성에 관한 연구, 서울특별시 보건환경연구원보, 2000.
 13. 백성옥, 김미현, 황승만, 정진욱, 박상곤 : 대도시 도로변 대기중 휘발성유기화합물의 농도특성(II), 한국대기환경학회 2000춘계학술대회논문집, 2000.
 14. Rappengluck. B : Quasi-continous measurements of NHMC in the greater athens area during medcaphot-trace, Atmos, Environ, Vol. 32, No. 12, 1998.