

## 현장중심의 동시측정을 통한 환경대기 중 휘발성유기화합물의 측정방식 비교연구

### Interlaboratory Study of Sampling and Analysis Techniques for Ambient VOCs under Field Conditions

김기현 · 김조천<sup>1)</sup> · 이강웅<sup>2)</sup> · 허귀석<sup>3)</sup> · 이병규<sup>4)</sup>

세종대학교 지구과학과, 동신대학교 환경공학과<sup>1)</sup>, 한국의국어대학교 환경학과<sup>2)</sup>,  
표준과학연구원 유기분석실<sup>3)</sup>, 울산대학교 토목환경공학부<sup>4)</sup>

(2000년 5월 17일 접수, 2000년 11월 7일 채택)

Ki-Hyun Kim, Jo-Chun Kim<sup>1)</sup>, Gangwoong Lee<sup>2)</sup>,  
Gwi Suk Heo<sup>3)</sup> and Byeong-Kyu Lee<sup>4)</sup>  
*Dept. of Earth Sciences, Sejong University*

<sup>1)</sup>*Dept. of Environmental Engineering, Dong Shin University*

<sup>2)</sup>*Dept. of Environmental Sciences, Hankook University of Foreign Studies*

<sup>3)</sup>*Organic Analysis Group, Korean Research Institute of Standards and Science,*

<sup>4)</sup>*Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Ulsan*

(Received 17 May 2000; accepted 7 November 2000)

#### Abstract

In order to provide basis for an accurate concentration determination of volatile organic compounds (VOCs) in air, four different institutions participated in simultaneous measurements of several VOC species under the experimental scheme of the Measurement and Analysis Division (MAD) of the Korea Society for Atmospheric Environment (KOSAE). Two types of experiments were undertaken by collecting and analyzing ambient air samples from the 7th floor of Natural Science Building, Han Yang University during two day periods of the late May 1998. The first type of experiment was conducted as five consecutive experiments at 2-hour intervals by two institutions. On the other hand, the second type of experiment was performed as two ~ 10 hr sampling by three different institutions. The data obtained from different type of experiments were examined using various statistical approaches. In general, the results of these experiments indicated that the VOC data produced by a number of Korean institutions be fairly agreeable.

**Key words :** simultaneous, experiments, volatile organic compounds, photochemical, ozone destruction

#### 1. 서 론

환경에 관련된 주요 현안들이 초미의 관심사로

대두되면서부터, 학계는 물론 사회 일각에서도 휘발성 유기화합물들(volatile organic compounds: VOCs)의 대기화학적 역할에 대하여 많은 관심을 가지게 되었다(e.g., Schroeder and Lane, 1998). 이들은 자연

적 또는 인위적인 발생경로를 거쳐 대기 중으로 배출되는데, 여러 가지 복잡한 경로를 거치며 다양한 방식으로 지구의 환경생태계에 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다. 예를 들어, 지표면에서 발견되는 VOC는 광화학적 반응에 참여하여 오존의 생성에 간여하지만, 반대로 성층권에서 발견되는 일부 VOC들은 오존층의 파괴에도 깊이 간여하는 것으로 알려지고 있다(Rowland, 1997).

대기환경을 변화시킬 수 있는 VOC의 중요한 역할들이 널리 알려지면서, VOC와 관련된 여러 가지 문제를 해결하기 위해 다양한 대응책들이 지속적으로 강구되고 있는 실정이다. VOC와 관련된 오염문제에 대응하기 위한 가장 기본적인 접근방식은 얼마만큼 이들 성분을 객관적으로 정량화 할 수 있는가에 달려 있다. 만약 객관적인 측정방법이 확립되면, 이를 토대로 기초자료의 확보를 피하므로써, VOC의 환경거동을 보다 정확하게 파악할 수 있을 것이다. 따라서 VOC를 정확하게 채취하고 분석하는 과정은 VOC 문제의 해결을 위해 가장 우선적으로 대두되는 선결과제중의 하나라고 할 수 있다(Brocco *et al.*, 1997; Clarkson *et al.*, 1996).

공기 중의 VOC 시료를 채취분석 하는 연구에는 크게 두 가지 방식이 있다: (1) 대기측정과 (2) 배기가스측정. 대기측정은 대기 중의 VOC를 채취하는 것을 의미하며, 배기가스 측정은 굴뚝의 덕트 등을 통하여 대기 중에 배출되기 이전 단계의 VOC 물질을 샘플링하는 것을 의미한다. 일반적으로 배기가스 중의 VOC 농도는 대기중의 농도보다 훨씬 높아서 일반적인 기기(즉, 백 샘플링(bag sampling)같은 용기포집법이나 가스타이트(gas-tight)주사기를 이용한 GC 분석)를 이용해서 분석하는 것도 가능하다. 그러나 일반 대기 중의 VOC는 주로 아주 낮은 농도 영역(주로 ppbv 또는 그 이하 수준)에서 발견되기 때문에, 이들의 채취와 분석은 상당 수준의 기술을 요구한다.

VOC의 채취나 분석에 활용되는 방식의 다양성으로 인해, 국내에 산재한 대학이나 연구소 등에서 사용하는 측정기법의 종류는 대단히 다양하게 나타난다. 그러나 아직까지 개개의 기관에서 양산되고 있는 자료들에 대해 체계적이고 객관적으로 신뢰성을 검토할 수 있는 토대는 전무한 실정이다. 이와 같은 문제점이 잔존하는 이유로는, 각 기관들이 보

유한 측정기술을 객관적으로 검토할 기회가 거의 전무하였다는 사실을 들 수 있다. 이러한 문제점에 대한 해결책을 모색하기 위한 하나의 시도로 한국 대기환경학회 산하 측정분석분과회에서는 1998년 5월말 시점에 여러 기관들이 동시에 참여하는 비교실험의 장을 마련하였다. 본 행사에는 VOC 외에도 기준성 오염물질과 여타 오염물질 등이 비교분석 대상으로 다루어졌고, 그 연구결과는 이미 학회지를 통해 자세히 소개된 바 있다(김기현 등, 1999; 김세웅 등, 1999). 본 논문에서는 4개 기관을 축으로 시도된 VOC의 비교연구 결과를 소개하고자 한다.

## 2. 연구 방법

본 연구는 각각의 채취 및 분석기술을 가진 다수의 연구기관들이 동시에 동일한 장소에서 VOC 시료를 채취하고 분석하여 그 결과를 비교하는 것을 목표로 계획되었다. 실제 본 연구에는 4개의 기관이 동시에 참여하였다: (1) 동산대학교 환경공학과; (2) 한국의국어대 환경학과; (3) 울산대학교 토목환경공학과; (4) 한국표준과학연구원 유기분석실. 이들 기관의 관측자료는 연구결과의 익명성을 유지하기 위해 임의로 A~D까지의 영문이니셜로 배정하였다. 본 연구에서는 비교의 객관성을 유지하기 위해, 비교의 대상을 가장 일반적으로 측정이 이루어지는 BTEX형 VOC (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m, p-Xylene, o-Xylene)로 국한하였다. 본 연구는 서울시 성동구 행당동에 소재한 한양대학교, 자연과학관 7층의 대형실험실에서, 외부의 대기를 동시에 샘플링 함으로써 이루어 졌다. 비교대상기간은 1998년 5월 29일 오후 4시부터 1998년 5월 31일 오전 9시까지로 설정하였다. 이 기간 동안에는 맑은 날씨가 유지되었으나 바람이 강하게 부는 경우가 종종 발견되었다.

본 연구에 참가한 각 기관들의 샘플링 및 분석방법은 크게 다음과 같이 분류할 수 있다. (1) A기관의 경우, 시료의 채취는 Tenax-TA와 Carbosieve-SIII를 혼합한 고체흡착법을 사용하였다. 시료의 분석은 Aerotrap 6000과 HP-GC 5890 (DB-5 column과 FID 검출)이 결합된 형태의 저온응축법을 사용하였다. (2) B기관의 경우, 시료의 채취는 Carbosieve 흡착트랩(Supecllo Inc.)을 이용한 고체흡착법을 사

용하였다. VOC의 분석은 열탈착기 (Thermal Desorption Unit: TDU, Supelco Inc.)와 SRI-GC (DB-VRX column을 장착한 FID 검출)가 결합된 순수한 열탈착법을 사용하였다. (3) C기관의 경우, Silco캐니스터 (6L)를 사용하여 시료의 채취를 시도하였다. 그리고 시료의 분석은 GC-MS (DB-1 column이 장착된 Varian ITD 검출) 및 자체 제작한 저온 응축법을 사용하여 행하였다. (4) 마지막으로 D기관의 경우, Tedlar Bag (25L)을 이용하여 Integrated Sample을 채취하였다. 그리고 채취된 시료는 DS-5000 Aero-trap과 GC-FID (HP-5971 series, HP-PONA column)를 이용하여 저온 응축법으로 시험분석하였다. 대부분의 현장실험이 단일 시료의 분석을 통해 이루어져서 항목별 반복재현성을 의미하는 정밀도를 (본 실험결과로부터) 직접적으로 제시하는 데는 여러 가지 어려움이 있다. 그러나 대부분의 기관들이 제시한 바에 따르면, 환경대기 시료를 반복분석할 경우 항목별로 대략 5~10%의 정밀도를 취하는 것으로 확인되었다 (단 정밀도는 상대표준오차 (relative standard error)를 이용하여 산출하였다).

### 3. 결과 및 고찰

본 비교연구의 수행은 다음과 같이 크게 두 가지 방향으로 전개되었다: 1) 단주기 측정: 약 2시간 간격의 연속측정; 2) 중주기 측정: 약 10~13시간의 측정. 아래에는 두 가지의 실험 방식을 중심으로 동시 측정의 결과를 여러 형태로 비교하였다. 국내에서는 아직까지 VOC를 대상으로 여러 기관이 동시에 참여하여 비교실험을 수행하는 연구가 시도된 전례가 없다. 그러므로 이와 같은 실험의 계획 또는 추진단계의 완속도가 어느 정도 떨어지는 형편이다 (비교 실험의 수행은 참여기관의 수나 관측기간의 제한 등과 같이 여러 기준에서 제약되지 않을 수 없었다). 그럼에도 불구하고 본 연구는 주요 VOC 성분들에 대한 최초의 다시간 비교실험이라는 점에서 여러 가지 의의를 지닌다고 할 수 있다.

#### 3.1 단주기 측정의 결과

단주기 측정은 A, B 두 개 기관이 2시간 간격으로 5개 항목을 5회에 걸쳐 수행하였다. 그 결과는 표 1에 제시한 바와 같다. 두 개 기관의 관측결과

비교대상물질들이 유사한 농도수준을 유지하고 있다는 점을 확인시켜 주었다. 대체로 전체 관측기간 동안 시간의 변화에 따른 이들의 농도 변화는 미미한 수준이었다. 양측결과 모두 toluene이 수 ppb에서 10 ppb를 상회하는 수준을 유지하였고, 그 외 성분들은 1 ppb대 또는 그 이하를 유지하였다. 본 연구에서 관측한 5대 주성분의 농도분포는 이미 과거에 국내 여타지역의 실내외 대기환경에서 관측한 이들 성분의 농도분포와 유사한 범위를 유지하였다 (나광삼 등 1998; 백성욱과 김영민 1996). 그런데 이들 농도분포를 세부적으로 비교해 보면, 대체적으로 toluene을 제외하고는 B기관의 관측치가 A기관의 관측치보다 크거나 같은 수준을 유지하였다. 변이계수 (coefficient of variation: 이하 CV) 값을 기준으로 자료의 변이도를 비교하였을 때, 양 기관 모두에서 m, p-xylene의 농도변이성이 가장 낮는데 반해, toluene이 가장 큰 것으로 나타났다.

현장에서 짧은 기간동안 시도된 본 연구를 통해, 이질적인 기관들간의 측정방식을 객관적으로 평가하고 비교하는 데는 여러 가지 어려움이 따른다. 그러나 비록 많은 제한적 요인이 외연하고 있지만, 주어진 여건 하에서도 객관성의 여부에 대한 검정을 제한적으로나마 시도할 수 있다. 이런 관점에서 두 기관에서 측정된 결과에 차이가 존재하는가의 유무를 순수하게 통계학적 관점에서 평가할 수 있는 가설검정의 시도도 의미가 있을 것으로 보인다. 표 2에서는 “양측 기관의 자료에 차이가 없다”는 귀무가설 (null hypothesis,  $H_0: \mu_A = \mu_B$ )을 t 테스트를 통하여 검정한 결과와 함께, 양측 자료를 이용한 상관성 분석의 결과도 동시에 제시하였다. 우선 가설의 검정은, 90%의 신뢰수준에서 (귀무가설의 기각역 범위를 넓게 잡으므로 엄격한 기준으로) 시도하였다. 그 결과, toluene을 제외한 나머지 4개 항목의 경우, 통계적으로 양측 기관의 측정치에 차이가 (존재할 수) 없다는 결론을 유추할 수 있었다. 그렇지만 양측 기관의 자료를 이용한 상관분석의 결과에 따르면, 에틸벤젠이나 o-xylene 등이 상대적으로 낮은 상관성을 띠는데 반해, toluene은 가장 높은 상관성을 띠는 것으로 나타났다. 제한된 횟수의 분석결과로부터 상관성의 유무를 정확하게 확인하는 것은 쉬운 일이 아닌 것으로 보인다. 그렇지만, 이러한 결과는 대략 다음과 같은 관점에서 해석해 볼 수 있다. 두 기

**Table 1. The concentrations of VOCs determined from simultaneous measurements between institutions A and B. Measurements were made at two hour intervals. All concentrations are expressed in ppb.**

Duration			VOCs				
Date	Start	End	Benzene	Toluene	Ethylbenz	m,p-xylen	o-xylene
(1) Institution A							
98-05-30	10:15	12:15	0.70	12.90	0.63	1.29	0.39
98-05-30	12:17	14:17	0.66	11.30	0.63	1.26	0.44
98-05-30	14:18	16:18	0.30	7.41	0.48	0.98	0.32
98-05-30	16:19	18:32	0.58	6.99	0.69	1.37	0.40
98-05-30	18:34	20:12	0.81	5.96	0.54	1.31	0.35
Mean			0.61	8.91	0.59	1.24	0.38
SD*			0.19	3.01	0.08	0.15	0.05
CV**			31	34	14	12	12
(2) Institution B							
98-05-30	10:15	12:15	0.73	9.88	0.63	1.33	0.40
98-05-30	12:17	14:17	0.69	5.58	0.48	1.28	0.36
98-05-30	14:18	16:18	0.61	4.61	0.43	1.19	0.33
98-05-30	16:19	18:32	0.55	4.59	0.45	1.37	0.32
98-05-30	18:34	20:12	1.06	4.49	0.89	1.68	0.64
Mean			0.73	5.83	0.58	1.37	0.41
SD			0.20	2.31	0.19	0.19	0.13
CV			27	40	33	14	32

\* and \*\* denote standard deviation and coefficient of variation, respectively.

**Table 2. Results of paired t-test at 90% confidence interval using two-hour measurement data of institutions A and B.**

	Benzene	Toluene	Ethylbenz	m,p-xylen	o-xylene
Corr. Coef.	0.6996	0.8539	-0.2174	0.5729	-0.2853
DF*	4	4	4	4	4
t <sub>0</sub>	1.7428	-4.3357	-0.1785	1.8005	0.4409
P(T≤t)	0.1563	0.0123	0.8670	0.1462	0.6821
Rejection area: t-value	2.1318	2.1318	2.1318	2.1318	2.1318
Conclusion	ND**	D***	ND	ND	ND

\* refers to degree of freedom.

\*\* and \*\*\* denote "statistically not different" and "statistically different", respectively.

관측 측정치의 상관성이 toluene, benzene을 제외하고 낮은 이유는 측정농도가 1 ppb 이하로 낮은 범위에서 ethylbenzene, m,p-xylene, o-xylene에 대한 기관간의 측정 정확도가 상대적으로 떨어지기 때문이라고 사료된다. Benzene의 경우, 농도는 낮지만 측정기관간 분석과 관련된 정확도가 상대적으로 좋기 때문에, 높은 상관성을 띠는 것으로 유추된다. Tol-

uene의 경우는 농도가 높고 측정기간동안 농도 변화도 커서 상관성에 대한 확인이 다른 성분에 비하여 용이한데 따른 결과로 보인다.

### 3.2 중주기 측정의 결과

두 개 기관이 참가한 단주기 실험에 이어, 3개 기관에 의해 중주기 측정이 두 차례 시도되었다(여기서 중주기 측정은 앞에서 이미 정의한 바와 같이 10시간 내외의 실험을 의미한다). 1차 실험은 98/5/30 10:20시부터 20:00시까지 9시간 40분간 진행하였다. 그리고 2차 실험은 98/5/30 20:00시부터 5/31 일 9:00시까지 시도하였다. 실제 양 측정은 B, C, D 3개 기관에 의해 시도되었다. 그 결과는 표 3에 제시한 바와 같다. 비교의 객관성을 넓히기 위해 비교의 대상을 확대하는 것도 한 가지 방편이다. 그런데 위의 1차 실험 기간과 앞의 단주기 측정기간이 일치하므로, A 기관의 단주기 측정결과를 평균하여 위의 1차 실험 비교결과에 추가하는 것도 의미가 있을 것으로 보인다. 따라서 표 3에 제시한 1차 중주기 실험의 결과 비교에는 A 기관의 단주기 측정자

료도 (그 평균치를 이용하여) 첨가하였다. 1, 2차 실험의 결과를 단순히 측정된 항목들의 농도크기를 이용하여 비교하면 다음과 같다. 특히 3개 항목(벤젠과 자일렌류)의 경우, 야간대에 치우친 2차 실험의 결과들이 1차 실험의 결과보다 크게 나타났다. 각 측정항목의 평균치를 이용하여, normalization한 결과를 그림 1에 제시하였다. 모든 기관에서 측정된 모든 항목의 결과에 아무런 차이가 없다면, 그래프 상에서 모든 점들은 1.0의 비값을 나타내야 한다. 그러나 실제로 이런 일은 일어날 수 없으므로, 각 기관들의 결과는 1.0을 중심으로 여러 유형의 비값을 취한다는 것을 알 수 있다. 그림 1은 두 차례에 걸친 실험결과의 상대적 경향성에도 어느 정도 차이가 있다는 점을 확인시켜 주고 있다. 우선 1차 실험에서는 4개 항목의 결과가 상당히 유사한데 반해, ethyl benzene의 경우 일반적인 궤도를 이탈하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 여타 3개 기관에 비해, D기관의 농도자료가 유난히 큰 값을 취한 데 따른 결과로 해석할 수 있다. 단순히 평균치에 normalization을 한 결과이므로, 이러한 요인에 의해 나머지 3개 기관의 비값도 1.0보다 떨어지게 되었다는 점에 유의할 필요가 있다. 단순히 3개 기관의

결과만으로 비교가 이루어진 2차실험의 경우, toluene에서 상당히 높은 수준의 일치도를 확인할 수 있다. 그러나 ethyl benzene을 제외한 여타 항목의 경우에도 1.0에 가까운 값을 취하는 것이 확인된다.

여러 기관들이 참여한 중주기실험의 결과들을 비교해 보면, 어느 정도 일치하는 부분과 함께 어느 정도 불일치하는 부분들을 동시에 발견할 수 있다. 이들 결과를 객관적인 기준으로 평가하기 위한 한 가지 방편으로, 다음과 같이 두 가지 기준요인을 중심으로 전체자료의 통계적인 평가를 시도하였다. 우선 각 측정기관간에 동일한 VOC 항목의 측정에 차이가 있는가의 유무를 비교하고, 그 다음으로는 각

**Table 3. Results of simultaneous VOC measurements at extended durations.\***

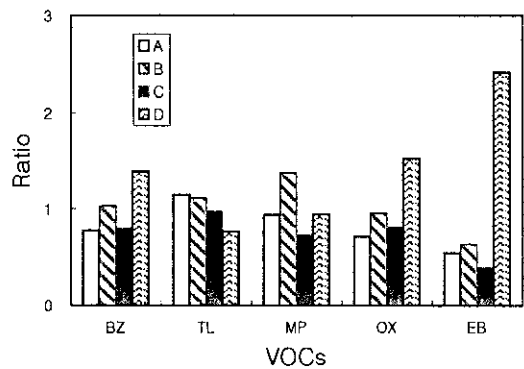
Institut	Benzene	Toluene	Ethylben	m,p-xyle	o-xylene
(1) Experiment 1					
A	0.61	8.91	0.59	1.24	0.38
B	0.81	8.65	0.69	1.83	0.51
C	0.63	7.55	0.43	0.97	0.43
D	1.1	5.92	2.62	1.25	0.81
Mean	0.79	7.76	1.08	1.32	0.53
SD	0.23	1.36	1.03	0.36	0.19
CV	0.29	0.18	0.95	0.27	0.36
(2) Experiment 2					
A	-	-	-	-	-
B	0.54	4.72	0.47	1.67	0.72
C	1.02	4.60	0.49	1.16	0.50
D	0.87	5.31	1.35	1.37	0.71
Mean	0.81	4.88	0.77	1.40	0.64
SD	0.25	0.38	0.50	0.26	0.12
CV	0.30	0.08	0.65	0.18	0.19

Experiment durations:

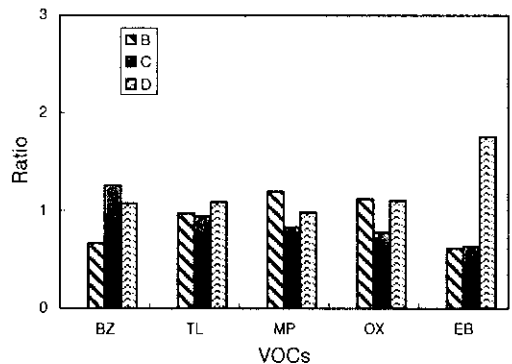
(1) Exp 1 (98/5/30 10:20 ~ 5/30 20:00): 9 hrs & 40 min

(2) Exp 2 (98/5/30 20:00 ~ 5/31 09:00): 13 hrs

(1) Experiment 1



(2) Experiment 2



**Fig. 1. Comparison of VOC concentration data determined between different institutions A through D. Ratios are computed by normalizing each concentration with the mean concentration of each specie. Each VOC symbol denote as follows: BZ (benzene), TL (toluene), MP (m, P-xylene), OX (o-xylene), and EB (ethylbenzene).**

VOC 항목간에 차이가 유의한가를 비교하고자 하였다. 이와 같은 기준들을 동시에 적용한 상태에서 비교를 수행하는 것은 불가능하므로, 다음과 같이 자료의 변형을 시도한 후에 비교를 시도하였다. 자료의 변형은 표 4에 제시된 바와 같이 항목별 중앙값을 이용하여 모든 수치를 normalize하였다. 이와 같은 전환은 항목간 및 기관간의 측정결과를 1차적으로 동일한 기준치인 1.0(또는 100%)에 근접시키므로써, 위에서 언급한 두 가지 기준인 '기관간' 및 '항목간'의 차이를 검정할 수 있는 토대를 제공할 수 있다(참고로 중앙값 대신 평균값으로 normalize

**Table 4. Conversion of VOC concentrations for the analysis of variance.\***

Institutio	A	B	C	D
(1) Experiment 1				
Benzene	84.7	113	87.5	153
Toluene	110	107	93.2	73.1
m, p-xylene	99.6	147	77.9	100
o-xylene	80.9	109	91.5	172
Ethylbenze	92.2	108	67.2	409
(2) Experiment 2				
Benzene		62	117	100
Toluene		100	97.5	113
m, p-xylene		122	84.7	100
o-xylene		101	70.4	100
Ethylbenzene		95.9	100	276

\* Modification was made by computing the percentage values of each component using the median value for each specie.

**Table 5. Results of ANOVA\* test on the modified VOC concentrations shown in Table 4.**

변동의 요인	제곱합	DOF	제곱 평균	F 비	P-값	F 기각치
(1) Experiment 1						
인자 A (행)	677	3	226	0.27	0.84	3.86
인자 B (열)	3997	3	1332	1.62	0.25	3.86
잔 차	7406	9	823			
계	12080	15				
(2) Experiment 2						
인자 A (행)	8961	4	2240	0.99	0.46	3.84
인자 B (열)	6032	2	3016	1.34	0.32	4.46
잔 차	18028	8	2253			
계	33021	14				

\*Analysis of variance.

할 경우, 편차가 0이 되므로 비교의 객관성을 유지할 수 없다). 이를 토대로 "기관의 차"와 "항목의 차"라는 2가지 요인에 대한 분산분석을 수행하였다(단 1차 실험에서 ethyl benzene의 경우, 기관간에 5배 이상의 차이가 날 정도로 결과의 평가가 곤란하다는 점을 감안하여, 본 비교분석에 적용하지 않았다). 2요인 분산분석을 95% 신뢰수준에서 수행한 결과를 표 5에 제시하였다. 1차 실험의 경우, 기관별 또는 항목별 간에 유의한 수준의 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 참여기관의 수가 3개로 제한된 2차 실험의 경우에도 동일하게 발견된다. 이와 같이 1, 2차 실험의 결과가 비교적 높은 수준의 일치도를 보이는 현상은, 여러 가지 의미를 내포한다. 자료나 실험방법의 제한성으로 인해 아직까지 모든 결과를 객관적이고 체계적인 방식으로 평가하는데는 여러 가지 어려운 점들이 산재한다는 점을 감안하여도, 본 연구를 통해 시도된 단주기 및 중주기실험의 결과들은 대체로 국내 여러 기관들에 의해 발표되는 VOC 측정의 결과가 유사한 수준의 객관성을 유지하고 있다는 사실을 시사한다.

#### 4. 결 론

대기오염물질의 측정 및 분석에 간여하는 많은 기관들에서 VOC 항목의 측정이 일상적으로 이루어지고 있다. 그러나 아직까지 이러한 측정자료의 품질을 유지하며 객관성을 확보하기 위한 노력은 여러모로 부족한 실정이다. 한국 대기환경학회의 측정 및 분석분과회는 이와 같은 문제점들을 타개하기 위한 노력의 일환으로, VOC 항목들에 대해 여러 기관들의 동시참여를 통한 현장중심의 비교실험을 수행하였다. 비교방식이나 자료의 제한성으로 인해, 아직까지 이러한 실험결과를 총체적으로 평가하기에는 많은 점이 미흡하다. 그러나 대체적으로 본 연구를 통한 다자간 실험의 결과는 각 기관들의 측정수행이 상당 수준 객관성을 유지하고 있다는 점을 시사하고 있다.

#### 사 사

한국대기환경학회 전임 학회장으로서 본 연구의 수행을 적극적으로 지원해 주신 한양대학교 김필수

교수님과 측정분과회의 손동헌 분과회 회장님께  
깊이 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

김기현, 이강용, 김조천, 서영화, 이종해, 허귀석 (1999) 대기 오염측정에 대한 정도관리의 필요성-1998년도 한국대기환경학회 측정분석분과회의 실험실간 비교분석사업시행과 전개방향. 한국대기환경학회지, 15(1), 63-69.

김세웅, 김기현, 김진석, 이강용, 김경렬, 문동민, 김필수, 손동헌 (1999) 현장측정에 기초한 대기 중 기준성 오염물질 (CO, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)의 측정방식에 대한 비교연구. 한국대기환경학회지, 15, 403-415.

나광삼, 김용표, 김영성 (1998) 서울 대기 중 C2-C9 휘발성 유기화합물의 농도. 한국대기환경학회지, 14(2),

95-105.

백성욱, 김영민 (1996) 도시지역에서의 실내외 주변공기 중 휘발성 유기화합물의 농도측정에 관한 연구. 대한환경공학회지, 18(2), 181-197.

Brocco, D., R. Fratarcangeli, L. Lepore, M. Petricca, and I. Ventrone (1997) Determination of aromatic hydrocarbons in urban air of Rome, Atmospheric Environment, 31, 557-566.

Clarkson, T.S., R.J. Martin, J. Rudolph, and B.W.L. Graham (1996) Benzene and toluene in New Zealand Air, Atmospheric Environment, 30, 569-577.

Rowland, F.S. (1997) CFCs to foreign affairs, pp. 44-49. Chemical & Engineering News, American Chemical Society, Washington, D.C., USA.

Schroeder, W.H. and A.D. Lane (1998) The fate of toxic airborne pollutants, Environ. Sci. Tech., 22, 240-246.