

## On-line 열탈착기와 GC/FID를 이용한 환경대기 중 유기산 성분 (프로피온산, n-뷰티르산, n-발레르산, i-발레르산)들의 분석방법 연구

김 종 보<sup>†</sup> · 김 태 현 · 김 태 화 · 주 도 원\* · 임 문 순\*  
경기도보건환경연구원 악취분석팀, \*ITC21  
(2008년 12월 10일 접수, 2008년 12월 17일 채택)

## A Study of Analytical Method for Organic Acid Compounds (Propionic acid, n-Butyric acid, n-Valeric acid, i-Valeric acid) in Ambient Air Using On-line Thermal Desorber with GC/FID

Jong-Bo Kim<sup>†</sup>, Tae-Hyun Kim, Tae-Hwa Kim, Do-Weon Ju\*, and Moon-Soon Im\*  
Odor Analysis Team, Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, \*ITC 21

### ABSTRACT

We studied an analytical method for 4 organic acids will be regulated in 2010 using on-line thermal desorber with gas chromatograph/flame ionization detector. Results for each compounds showed good linearity( $r^2 > 0.99$ ) and good precision(RSD < 3%). Minimum detection limit values are about 2~3ppb when we sampled 1.5 L. These values will be reduced to 0.4~0.5 ppb when sampling 10L. We analyzed the 56 ozone precursor standard gas using the same method to see if there are any peaks to be overlapped in ambient air and the results showed that there is no peak overlapped. The linearity, precision and MDL in this study satisfied the guideline of Korean standard method for 4 organic acids. This analytical method in this study could be utilized effectively as on-line monitoring instrument to detect 4 organic acids.

Key Words : 4 Organic acids, On-line thermal desorber, GC/FID

### 요 약 문

본 연구에서는 2010년 지정악취물질로 포함될 4가지 유기산 성분들을 대상으로 on-line 열탈착기와 GC/FID를 이용하여 분석결과를 확보하였다. 10~50 ppb 수준의 작업용표준시료를 테들라백에 제조하여 분석한 결과, 4가지 유기산 성분에 대해  $r^2$  값이 0.99 이상의 양호한 직선성을 확인할 수 있었으며, 반복재현성은 3% 이내로 나타났다. 최소검출한계는 1.5 L의 시료부피를 기준으로 2~3 ppb 수준으로 나타났고, 이는 시료채취량을 10 L 정도로 늘렸을 경우 0.4~0.5 ppb 수준으로 예상된다. 실제 대기환경에서의 적용가능성을 확인하기 위하여 56종의 오존전구물질 표준가스와 함께 분석해본 결과, 4가지 유기산 모두 56종의 탄화수소들과 확연하게 분리되는 것을 확인하였다. 본 연구에서 이용한 분석시스템은 악취공정시험법에서 제시한 검량기울기, 재현성, 최소검출한계 등을 모두 만족함으로써, 4가지 유기산 성분들에 대하여 현장 연속측정용 분석방법으로써 효과적인 분석방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

주제어 : 유기산, 온라인열탈착기, CTC/FID

<sup>†</sup> Corresponding author  
E-mail: k1820814@gg.go.kr

Tel: 031-250-2592

Fax: 031-250-2564

## 1. 서 론

국내에서는 악취의 발생원인과 영향에 대한 많은 연구를 진행하고 있다. 이러한 연구결과들을 토대로 새로운 악취성분들이 지정악취물질로 추가되고 있다. 새롭게 추가될 지정악취물질들을 분석하기 위해서 현재 악취공정시험법에서는 2010년에 새롭게 추가될 신규지정악취물질들인 유기산 성분(Propionic acid, n-Butyric acid, n-Valeric acid, i-Valeric acid)들의 분석방법으로 알칼리 함침필터법과 알칼리수용액 흡수법을 제시하고 있다.<sup>1)</sup> 또한, 이들 성분의 현장연속측정을 위해서 고효율막채취장치를 이용한 분석방법을 제시하고 있다. 그러나, 악취공정시험법에서 제시한 분석방법뿐 아니라 이와 동등한 분석능력을 갖춘 다양한 분석장비 및 분석방법의 개발노력은 악취문제 해결을 위한 근본적이고 필수적인 요소이다. 이러한 노력의 일환으로, 악취공정시험법에서 제시한 유기산 성분들의 분석방법 이외에 주사바늘 내부에 유기산 성분들을 흡착할 수 있는 흡착제를 충전하여 분석하는 방법이 연구되고 있는 실정이다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 유기산 성분들의 분석을 위해 앞서 제시한 분석방법과 차별화된 방식으로 유기산 성분들의 분석방법을 연구함으로써 새로운 분석방법을 개발하고자 하였다. 이를 위해 저온농축 열탈착기와 GC-FID를 이용하는 시스템을 구성하였다. 저온농축 열탈착기를 통해 유기산 성분들을 흡착하고 탈착시킴으로써, GC-FID로 전달하여 이들 시스템이 유기산 성분들의 분석에 적합함을 확인하였다. 또한, 본 연구에 사용한 시스템을 이용하여 현장연속측정장비로써도 적용이 가능한지를 검토하고자 하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 분석대상물질

국내 악취방지법에서는 2008년 부터 총 17개의 악취성분들을 규제하고 있으며, 2010년에는 추가적으로 5개의 악취성분을 추가함으로써 악취성분들에 대한 규제를 보다 강화할 예정이다(Table 1). 2010년에 추가되는 5개의 악취성분은 Propionic acid, n-Butyric acid, i-Valeric acid, n-Valeric acid, i-Butanol 이 해당된다. 이들 성분 중 i-Butanol의 경우, 2008년 추가로 지정된 악취성분들인 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 메틸이소부티르케톤, 뷰티르 아세테이트 스타이렌등의 분석방법을 통해 동시에 분석이 가능하다. 또한, 선행 연구자료들을 통해서도 i-Butanol을 동시에 분석하는 방법이 알려져 있는 실정이다.<sup>3)</sup> 본 연구에서는 2010년부터 적용될 5가지 악취성분들 중 4가지 유기산 성분만을 대상으

로 연구를 진행하였다. 이들 4가지 유기산 성분들은 주로 동·식물의 부패시 발생하는 악취물질로써 축산업, 도축업 동물 및 생선 가공업 등에서 주로 발생할 수 있다. 이들 성분들의 배출허용기준은 엄격한 배출허용기준을 적용하였을 때 각각의 성분별로 Propionic acid: 30~70 ppb, n-Butyric acid: 1~2 ppb, i-Valeric acid: 1~4 ppb, n-Valeric acid: 0.9~2 ppb 수준이다. 또한, 유기산 성분들의 최소감지농도는 Propionic acid: 2 ppb, n-Butyric acid: 0.07 ppb, i-Valeric acid: 0.05 ppb, n-Valeric acid: 0.1 ppb 수준으로써 매우 낮은 것으로 알려져 있다.<sup>4)</sup> 따라서, 저농도 (수십 ppt~수 ppb) 수준의 개별적인 악취 성분들의 농도를 검출할 수 있는 분석시스템의 개발은 중요하다고 할 수 있다.

### 2.2. 분석시스템의 구성

현재 악취공정시험법에는 유기산 성분들의 분석을 위해 주시험방법으로 알칼리함침필터 또는 알칼리수용액을 이용하여 시료를 채취하고, 헤드스페이스방법을 이용하여 GC/FID로 시료를 도입시키는 방법을 제시하고 있다.<sup>5,6)</sup> 현장연속측정방법으로는 확산스크리버를 이용해 유기산성분들을 흡수하는 방식으로 채취하여 이온크로마토그래피를 이용하여 분석하는 방법을 제시하고 있다.<sup>7)</sup> 그러나, 악취공정시험법상에서 제시한 분석방법과 함께 다양한 방법으로 유기산 성분들을 분석할 수 있는 분석방법의 개발은 지속적으로 이루어져야 한다. 따라서, 본 연구에서는 4가지 유기산 성분들의 분석을 위해 현장연속측정이 가능한 저온농축 열탈착기(On-line TD: Model: Unity+Airserver, Markes Ltd., UK)와 불꽃이온화 검출기를 장착한 가스크로마토그래프 장비(GC/FID, Model: CP-3800, Varian, USA)를 조합하는 방식으로 분석시스템을 구성하였다. 저온농축 열탈착기 내부의 저온농축관(cold trap)은 Tenax<sup>TA</sup>와 Carboxen B로 충전된 소수성 농축관(Hydrophobic trap)을 사용하였으며, GC 분석 컬럼으로는 FFAP-CP (25 m × 0.32 mm, 0.3 μm)를 이용하였다. 본 연구에 사용한 시스템의 분석조건은 표 2에 자세하게 제시하였다.

### 2.3. 작업용표준시료의 제조와 현장연속측정용 분석장비의 평가방법

4가지 종류의 유기산 성분들의 분석을 위해서 약 5 ppm 수준의 가스상 표준시료(Rigas, Korea)를 구매하여 사용하였다. 4가지 성분의 유기산을 포함한 가스상 표준시료를 가스타이트 시린지를 이용하여 10 L 테들라백에 100, 250, 500배 희석하는 방식으로 3가지 농도(10, 20, 50 ppb 수준)대의 작업용표준시료를 제조하였다(Table 3). 이와 같은 방

**Table 1.** The regulated concentration of odor compounds list by KOMÉ\*

	Odor compounds		Regulated concentration (ppm)		
	Compounds Name	Formula	Industrial Site	Other site	Threshold**
I. Regulation compounds	Hydrogen sulfide	H <sub>2</sub> S	0.06	0.02	0.0005
	Methyl mercaptan	CH <sub>3</sub> SH	0.004	0.002	0.0001
	Dimethyl sulfide	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	0.05	0.01	0.0001
	Dimethyl disulfide	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	0.03	0.009	0.0003
	Acetaldehyde	CH <sub>3</sub> CHO	0.1	0.05	0.002
	propionaldehyde	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHO	0.1	0.05	0.002
	n-Butyraldehyde	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CHO	0.1	0.029	0.0003
	n-Valeraldehyde	(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CHO	0.02	0.009	0.0007
	i-Valeraldehyde	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CHO	0.006	0.003	0.0002
	Styrene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH=CH <sub>2</sub>	0.8	0.4	0.03
	Ammonia	NH <sub>3</sub>	2	1	0.1
	Trimethylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	0.02	0.005	0.0001
	Toluene	(CH <sub>3</sub> )C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	30	10	0.9
	Xylene (o, m, p)	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	2	1	0.38, 0.041, 0.058
	Methyl ethyl ketone	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	35	13	0.44
	Methyl isobutyl ketone	CH <sub>3</sub> COC <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	3	1	0.2
	Butyl acetate	CH <sub>3</sub> COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	4	1	0.008
II. Regulation compounds after 2010 by KOMÉ	Propionic acid	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOH	0.07	0.03	0.002
	n-Butyric acid	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	0.002	0.001	0.00007
	i-Valeric acid	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> COOH	0.004	0.001	0.00005
	n-Valeric acid	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> COOH	0.002	0.0009	0.0001
	i-Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	4.0	0.9	0.01

\* KOMÉ: Korea ministry of environment

\*\* Nagata, Y. and Takeuchi, N., Measurement of odor threshold by triangle odor bag methods. Bulletin of Japan Environmental Sanitation Center, 17, 77-89, 1990.

**Table 2.** An analytical set-up for the operation of CF/TD and GC/FID system used in this study

CF/TD (Unity+Airserver: Markes Ltd., UK)	GC/FID (CP-3800: Varian inc., USA)
Sampling flow: 50 mL/min	Column info.: FFAP-CP (25 m × 0.32 mm, 0.3 μm)
Sampling time: 30 min	Carrier pressure: 12 psi
Coldtrap: Hydrophobic trap (Tenax/Carbopack B)	Initial temp.: 40°C (5 min)
Coldtrap Low temp: 5°C	Temp. Rate: 5°C/min to 200°C, 15°C/min to Final temp
Coldtrap High temp: 300°C	Final temp.: 250°C (13.5 min)
Coldtrap Hold time: 5 min	H <sub>2</sub> : 30 mL/min
Split: 5 mL/min	Detector: Air: 300 mL/min
	Make up: 28 mL/min
	Temp.: 250°C

식으로 작업용표준시료를 제조한 경우에는 가스타이트시린지 뿐만 아니라, 테들라백 내부에서 흡착으로 인한 유기산 성분들의 손실이 발생할 것으로 예상할 수 있다. 위와 같은 방법을 사용함으로써 발생할 수 있는 유기산 성분들의 손실양이나 오차에 대한 부분은 추가적인 연구를 통해 검증

이 필요할 것으로 사료된다. 3가지 농도대로 만들어진 각각의 작업용표준시료들은 50 mL/min의 시료채취유량으로 30분간 총 1500 mL를 저온농축관에 농축시키고 탈착함으로써 분석을 진행하였다(Table 4). 각각의 농도대의 작업용표준시료를 이용하여 저온농축 열탈착기의 시료유입구에 장

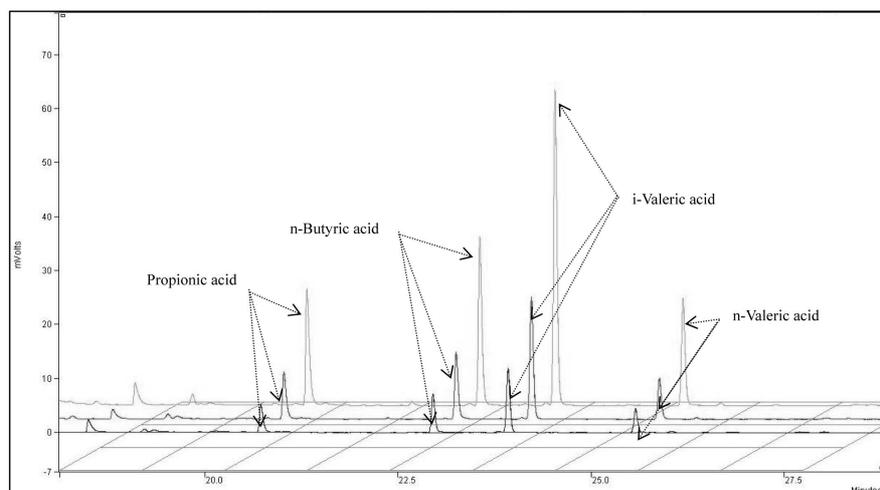
**Table 3.** Preparation of working standards for each compounds

Compounds	Primary standard Conc.(ppm)	Calibration(point)	Dilution (ratio)	Working standard Conc. (ppb)
A. Propionic acid	5.2	1	500	10.4
		2	250	20.8
		3	100	52.0
B. n-Butyric acid	5.2	1	500	10.4
		2	250	20.8
		3	100	52.0
C. i-Valeric acid	5.3	1	500	10.6
		2	250	21.2
		3	100	53.0
D. n-Valeric acid	4.9	1	500	9.80
		2	250	19.6
		3	100	49.0

**Table 4.** Sampling volume and Inject amount of each calibration points for individual compounds

Calibration point	Compounds	Working standard Conc. (ppb)	Sampling flow (ml/min)	Sampling time (min)	Sampling Volume (ml)	Inj. Amount* (ng)
1	Propionic acid	10.4	50	30	1500	47.2
	n-Butyric acid	10.4				56.1
	i-Valeric acid	10.6				66.3
	n-Valeric acid	9.80				61.3
2	Propionic acid	20.8	50	30	1500	94.4
	n-Butyric acid	20.8				112
	i-Valeric acid	21.2				133
	n-Valeric acid	19.6				123
3	Propionic acid	52.0	50	30	1500	236
	n-Butyric acid	52.0				281
	i-Valeric acid	53.0				332
	n-Valeric acid	49.0				307

\* at 25°C, 1atm

**Fig. 1.** Calibration chromatograph of target compounds.

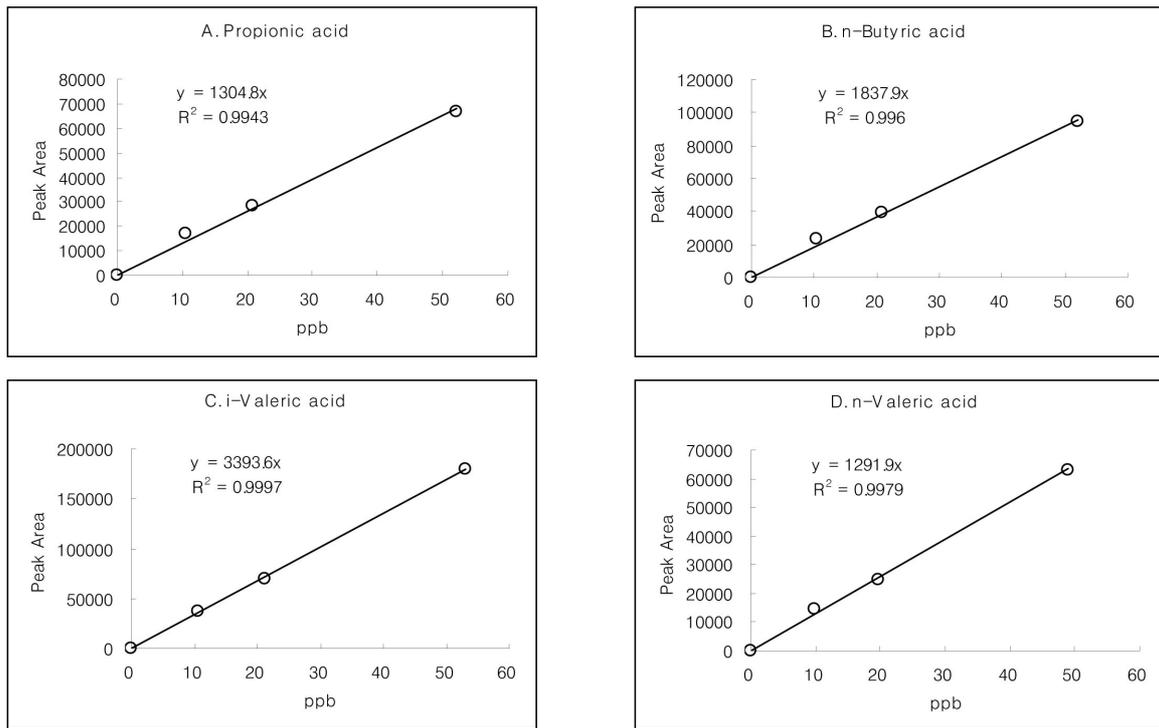


Fig. 2. Calibration graph for 4 individual compounds.

Table 5. The results of relative standard deviation using about 20 ppb working standard gas

Order (No.)	Flow (ml/min)	Time (min)	Total volume (mL)	Peak area (unitless)				Concentration. (ppb)			
				Propionic acid	n-Butyric acid	i-Valeric acid	n-Valeric acid	Propionic acid	n-Butyric acid	i-Valeric acid	n-Valeric acid
1	50	30	1500	32307	41763	72982	25266	21.4	21.3	21.5	19.8
2	50	30	1500	30317	40294	71274	24841	20.5	20.6	21.0	19.5
3	50	30	1500	30331	39592	71377	24821	20.5	20.5	21.1	19.5
				AVR				20.8	20.8	21.2	19.6
				SD				0.52	0.45	0.26	0.21
				RSD				2.51	2.14	1.23	1.06

착한 후 순차적으로 분석함과 동시에 반복분석을 진행함으로써 이들 성분들의 검량기율기, 반복재현성, 최소검출한계 등을 확인하고자 하였다. 또한, 4가지 유기산 성분들과 함께 56가지 오존전구물질들을 함께 분석하여, 대기 중에 존재하는 다양한 탄화수소들과 충분한 분리가 이루어지는 것을 확인함으로써 현장용 연속측정장비로서의 적용 가능성을 확인하고자 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

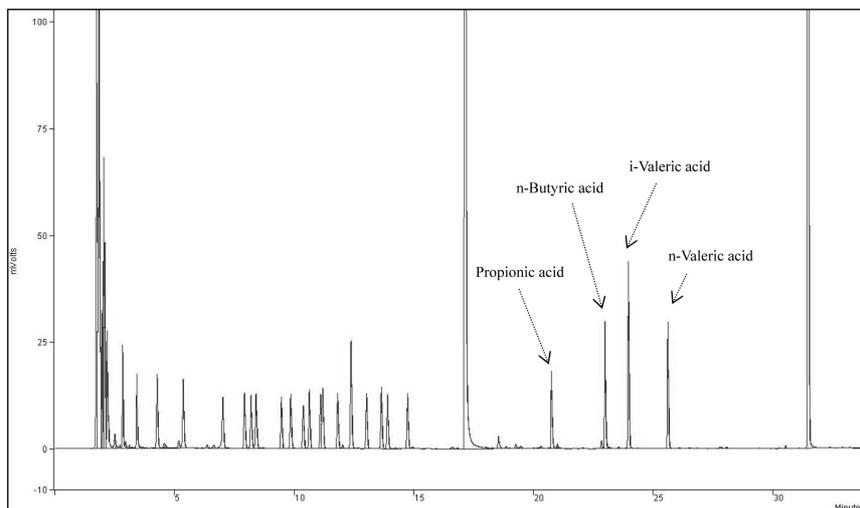
#### 3.1. 분석대상물질의 분석결과(직선성, 재현성, 검출한계)

본 연구에 분석결과 크로마토그래프를 살펴 보면 먼저,

Propionic acid, n-Butyric acid, i-valeric acid, n-Valeric acid의 순서로 검출되는 것을 확인할 수 있었다(Fig 1). 또한, 이들 성분들의 검량결과를 살펴보면 i-Valeric acid의 검량기율기가 가장 크고 다음으로 n-Butyric acid, Propionic acid, n-Valeric acid의 순으로 나타났다. 이들 4가지 유기산 성분들 모두  $r^2$ 가 0.99 이상으로 모두 양호한 직선성을 보였다(Fig 2). 또한, 20 ppb 수준의 작업용 표준시료를 3회 반복분석하고 이로부터 상대표준편차를 구함으로써 반복재현성을 확인하고자 하였다. Propionic acid: 2.51%, n-Butyric acid: 2.14%, i-Valeric acid: 1.23%, n-Valeric acid: 1.06%의 결과로써 모든 성분들에 대해서 2% 내외의 재현성을 확인할 수 있었다(Table 5). 이와 함께, 10 ppb 수준의 작업용 표준시료를 7회 반복분석하고 이들 결과를 통해 최소검출한

**Table 6.** The results of method detection limits using about 10 ppb working standard gas

Order (No.)	Flow (ml/min)	Time (min)	Total volume (ml)	Peak area (unitless)				Concentration (ppb)			
				Propionic acid	n-Butyric acid	i-Valeric acid	n-Valeric acid	Propionic acid	n-Butyric acid	i-Valeric acid	n-Valeric acid
1	50	30	1500	17261	23288	38148	14804	8.64	8.60	8.47	8.17
2	50	30	1500	20475	27248	45140	17262	10.0	10.1	10.0	9.6
3	50	30	1500	21202	28240	47688	17799	10.4	10.4	10.6	9.9
4	50	30	1500	22971	30506	51501	18989	11.3	11.3	11.4	10.6
5	50	30	1500	21123	28124	48022	18363	10.4	10.4	11.0	9.8
6	50	30	1500	23972	30948	52993	19285	11.7	11.4	11.7	10.8
7	50	30	1500	21242	28609	49661	17861	10.6	10.6	11.0	9.9
				AVR				10.4	10.4	10.6	9.8
				SD				0.98	0.94	1.10	0.84
				MDL				3.09	2.94	3.44	2.63

**Fig. 3.** Direct comparison of chromatograph between PAMS (56 compounds) and target compounds (4 compounds) in this study.

계를 산출하고자 하였다. 개별 성분별로 결과를 살펴보면 Propionic acid: 3.09 ppb, n-Butyric acid: 2.94 ppb, i-Valeric acid: 3.44 ppb, n-Valeric acid: 2.63 ppb로 나타난 것을 확인할 수 있었다(Table 6). 앞서 제시한 검출한계값은 시료채취부피가 1.5 L로써 시료채취부피를 10 L로 확장한다면, 앞서 제시한 최소검출한계의 농도는 보다 낮은 수준인 Propionic acid: 0.47 ppb, n-Butyric acid: 0.45 ppb, i-Valeric acid: 0.52 ppb, n-Valeric acid: 0.40 ppb 까지 낮출 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 다만, 위와 같이 시료의 부피양을 확장하여 제시한 최소검출한계값은 추가적인 실험을 통해 검증이 필요할 것으로 사료된다. 또한, Signal 대 Noise를 감안하여 S/N가 3배에 해당하는 개별성분의 절대량을 산출하여보면, Propionic acid: 0.54 ng, n-Butyric acid: 0.46 ng, i-Valeric acid: 0.31 ng, n-Valeric acid: 0.81 ng 수준인 것으로 나타났다.

앞서 제시한 본 연구의 최소검출한계값을 정탁교<sup>6)</sup> 등이 발표한 ‘HS-GC/FID를 이용한 대기 중 휘발성 지방산 분석법 개발’에서 제시한 HS-GC/FID의 최소검출한계와 각각 비교하여 보았다. 양자간의 최소검출한계를 비교해 보면 본 연구에서 제시한 propionic acid의 검출한계는 상대적으로 낮은 값을 보였으며, 나머지 acid 성분들의 검출한계 값은 모두 높은 것으로 나타났다. 그러나, 분석방법이 다른 두가지 실험결과를 직접적으로 비교하여 제시한 값이므로, 최소검출한계를 산출하기 위한 연구결과들의 표준편차와 시료채취부피를 고려하여 최소검출한계를 비교해야 할 것으로 사료된다.

### 3.2. 환경대기시료의 측정방법 검토

본 연구에서 사용한 분석시스템을 이용하여 확보한 4가

지 분석대상성분들에 대한 분석결과들을 통계적인 방법을 적용하여 검량기율기, 재현성, 최소검출한계를 확인하였다. 이와 함께 환경대기시료의 분석이 가능한지를 평가하기 위해서 대기환경에 존재하는 일반적인 탄화수소 성분들과 유기산 성분들의 분리가 가능한지를 판단하고자 하였다. 이러한 평가를 위한 방법으로 4가지 유기산 성분들과 함께 56가지의 오존 전구물질을 동시에 분석함으로써 오존전구물질들과 유기산 성분들의 머무름시간(Retention time)을 직접적으로 비교하는 방식을 이용하였다. 그림 3에서는 4가지 유기산 성분들과 56가지 오존전구물질을 동시에 분석한 크로마토그래프를 제시하였다. Fig. 3을 살펴보면 오존전구물질 성분들은 유기산 성분들이 검출되기 전에 모두 검출되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 일반적으로 환경대기 중에 존재하는 성분들과 유기산 성분들을 충분히 분리할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 2010년 새롭게 추가될 5가지 지정악취물질 중 4가지 유기산 성분들을 대상으로, 악취공정시험법에서 제시하고 있는 유기산 분석방법과 차별화된 분석방법을 적용하여 분석결과를 확보하였다. 유기산 성분들의 분석을 위해서 일차적으로 저온농축 열탈착기를 이용하여 분석대상성분들을 농축하고 다음으로 이들 성분들을 GC/FID로 전달함으로써 분석을 진행하였다.

본 연구결과에 따르면 유기산 성분들은 가장먼저 Propionic acid 성분이 검출되었고 다음으로 n-Butyric acid, i-valeric acid, n-Valeric acid의 순으로 검출되었다. 개별 성분들의 검량기율기의 크기는 i-Valeric acid가 가장 크게 나타났고 다음으로 n-Butyric acid, Propionic acid, n-Valeric acid의 순으로 나타났다. 이들 4가지 acid 성분들의 직선성은  $r^2$  값이 0.99 이상으로 모두 양호한 결과를 보였으며, 20 ppb 수준의 작업용 표준시료를 3회 반복분석하여 제시한 반복재현성은 Propionic acid: 2.51%, n-Butyric acid: 2.14%, i-Valeric acid: 1.23%, n-Valeric acid: 1.06%로 나타나 모든

성분들에 대해서 2% 내외의 결과값을 확인할 수 있었다 (Table 5). 이와 함께, 10 ppb 수준의 작업용표준시료를 7회 반복분석하고 이들 결과를 통해 최소검출한계를 산출한 결과, Propionic acid: 3.09 ppb, n-Butyric acid: 2.94 ppb, i-Valeric acid: 3.44 ppb, n-Valeric acid: 2.63 ppb로 나타났다(Table 6). 앞서 제시한 최소검출한계의 결과는 총부피가 1.5 L로 환산한 값으로, 총부피를 10 L로 확장한다면, 앞서 제시한 최소검출한계의 농도는 보다 낮은 수준인 Propionic acid: 0.47 ppb, n-Butyric acid: 0.45 ppb, i-Valeric acid: 0.52 ppb, n-Valeric acid: 0.40 ppb 까지 낮출 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서 이용한 유기산 성분들의 분석시스템을 이용하여 확보한 분석결과인 검량기율기, 재현성, 최소검출한계는 악취공정시험법에서 제시한 조건들을 모두 만족하였다. 또한, 본 연구에서 사용한 분석시스템을 연속적으로 가동함으로써 현장연속측정용 분석장비로도 충분히 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 국립환경과학원, “악취공정시험법”, (2007).
2. 유미선, 양성봉, 한진석, 이민도, “NeedIEx를 이용한 공기중 저급지방산의 분석법”, 한국대기환경학회, 추계학술대회 논문집 pp 322~323 (2007).
3. 김만구, 허귀석, 양성봉, 이보경, 권영진, “신규 지정악취물질 공정시험방법 개발 및 국제동향”, 한국냄새환경학회 추계학술대회 논문집 pp 24~37 (2006).
4. 국립환경과학원, “악취공정시험방법 개정(안) 설명회 및 전문가 의견 수렴회 자료집”, (2007).
5. 정탁교, 김만구, 장미옥, 정영립, 차규석, “알칼리함침필터를 이용한 대기 중 휘발성 지방산 채취방법”, 한국냄새환경학회지, 5(2), 90~98 (2006).
6. 정탁교, 장미옥, 정영립, 김만구, 이민도, “헤드스페이스-GC/FID를 이용한 대기 중 휘발성 지방산 분석법”, 한국냄새환경학회지, 6(2), 87~95 (2007).
7. 이민도, 이상욱, 임용재, 한진석, 이일희, 이상국, 이동수, “고효율 확산스크러버를 이용한 환경대기 중 유기산류 연속측정방법에 관한 연구”, 한국냄새환경학회지, 6(3), 154~160 (2007).