

## 응축수를 이용한 냉각기의 냄새원인물질 평가방법 검토

김선화 · 김경환 · 정영림 · 김만구\* · 김재호<sup>1</sup> · 박하영<sup>1</sup> · 지용준<sup>1</sup>

강원대학교 환경과학과, <sup>1</sup>대전시 대덕구 한라공조주식회사

(2007. 6. 20. 접수. 2007. 7. 31. 승인)

### Examination about evaluation method of odor active compounds in evaporator by using condensed water

Sun-Hwa Kim, Kyung-Hwan Kim, Young-Rim Jung, Man-Goo Kim\*,  
Jae-Ho Kim<sup>1</sup>, Ha-Young Park<sup>1</sup> and Yong-Jun Ji<sup>1</sup>

Department of Environmental Science, Kangwon National University, 192-1,

Hyoja 2-dong, Chuncheon, Kangwondo 200-170, Korea

<sup>1</sup>Halla Climate Control Corp., Daedeok-gu, Daejeon-City, Korea

(Received June 20, 2007; Accepted July 31, 2007)

**요 약:** 냉각기에서 방출되는 불쾌한 냄새는 실내 공기질을 저하시키는 주요 원인이다. 냄새문제를 해결하기 위해서는 냄새원인을 규명하여야 한다. 냉각기에서 냄새가 발생될 때 공기시료는 냄새강도는 약하고 순간적이어서 채취하여 분석하는데 많은 어려움이 따른다. 이 연구에서 응축수를 이용하여 냉각기의 냄새원인물질의 평가 가능성을 확인하였다. 응축수는 headspace-solidphase microextraction(HS-SPME) 방법을 이용하여 채취하였다. GC/FID/Olfactometry(GC/FID/O)로 냄새물질을 확인한 후, GC/AED, GC/MS로 정성하였다. 직접관능평가 결과 및 GC/FID/O의 개별냄새물질 분석 결과, 공기시료와 매우 유사하게 나타났다. 냄새원인물질은 주로 산소를 포함하는 alcohols와 acids로 확인되었다. 응축수를 이용한 냄새원인물질 평가 방법은 채취 용이성, 비용, 분석적인 측면에서 효과적인 방법으로 평가 되었다.

**Abstract:** Uncomfortable odor emitted from air conditioning system is the main cause of indoor air quality deterioration. To solve evaporator odor problems, odor active compounds, have to be identified then the quality of the product can be improved its quality. Because evaporator odor in exhaust gas has low odor intensity and discontinuity, it is very difficult to collect and analyze sample. In this study through the identification of odor compounds in condensed water, the evaluation of the evaporator was tested. Odor compounds were extracted from water by headspace-solid-phase microextraction (HS-SPME) method. The single odor was separated by GC/FID/Olfactometry (GC/FID/O) and odor active compounds were identified by GC/AED and GC/MS. Compared to air sample, result of sensory evaluation and the single odor compound appeared similarly. It was identified that odor active compounds have functional group containing oxygen such as alcohols and acids. Evaluation method of odor active compounds using condensed water in evaporator appeared effective on the side of simplicity of collection, low expense and rapid analysis.

**Key words :** evaporator, condensed water, odor, GC/FID/Olfactometry

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)33-250-8576 Fax : +82-(0)33-251-3991

E-mail : mgkim@kangwon.ac.kr

## 1. 서 론

사람들의 실내체류 시간이 증가함에 따라 쾌적한 실내공기질의 중요성이 대두되고 있다. 실내 공기질을 저해하는 요소로는 VOCs, 냄새, 미생물, 미세먼지 등으로 그 범위가 매우 다양하다. 이러한 저해요소 중 냄새가 건강에 유해한 물질로 인식되면서 사람들은 냄새에 매우 민감한 반응을 보이고 있다. 실내의 냄새 발생원은 건축자재, 가구, 미생물, 냉각기 등으로 다양하지만, 최근 냉각기시스템 작동 시에 발생하는 냄새가 이슈화되고 있다.<sup>1,2</sup> 냉각기시스템은 공조시스템(HVAC; Heating, Ventilating, and Air-Conditioning system)이라고도 하며, 난방, 환기, 공기조절에 목적을 둔 것으로 실내온도를 낮추어 실내 환경을 쾌적하게 만드는 시스템을 의미한다. 냉각기시스템의 보급률은 계속 증가하는 추세이지만, 냉각기 작동 중 “꼬릿한, 발냄새” 등으로 표현되는 불쾌한 냄새는 소비자들의 가장 큰 불만사항으로 지목되고 있으며 해결해야 할 과제로 남아있다. 냉각기의 냄새문제를 해결하기 위해서는 냄새를 유발하는 원인물질을 규명하여야 하며, 이러한 냄새물질이 어떠한 메커니즘으로 발생되는지 밝혀 제품을 개선해야 한다.

냄새원인물질을 규명하기 위한 채취방법으로는 냄새가 발생될 때의 공기시료를 채취하는 것으로 캐니스터, 시료채취주머니 등의 용기를 이용하는 방법과 고체흡착관, SPME 등과 같이 흡착제를 이용하는 방법이 있으며, 2,4-DNPH 카트리지를 이용하여 알데하이드류 만을 대상으로 채취하는 방법 등이 있다. 이전 연구에서는 냉각기에서 냄새가 발생될 때의 공기시료를 aluminum polyester bag을 사용하여 시료를 채취한 뒤 열탈착-저온농축-기체크로마토그래피/불꽃이온화검출기/후각검출법(Thermal Desorption-Cryofocusing-GC/FID; TD-Cryofocusing-GC/FID/O)를 이용하여 분석한 바가 있다.<sup>3</sup> 연구결과 냉각기에서 배출되는 공기의 냄새강도는 약하고 순간적이며, 배출공기의 수분함량은 상대습도 80% 이상으로 시료를 채취 및 분석하는데 많은 어려움이 따랐다. 따라서 이러한 공기시료의 채취 및 분석에 대한 어려움으로 인해 냉각기 냄새원인물질 연구의 대안으로 응축수를 이용한 방법을 검토해 보았다. 응축수는 따뜻한 공기가 함유하고 있는 수분이 차가운 증발기표면에 응축되어 배출 되는 것으로, 기체로 증발되지 않은 냄새원인물질이 포함되어 배출 될 수 있다.

이 연구에서는 응축수를 이용한 냄새원인물질의 분석을 위해 Headspace-Solidphase Microextraction(HS-SPME)방법을 이용하였다. 기존에는 흡착관 등을 이용한 채취가 주를 이루었던 반면, 최근 사용이 편리하고 간단한 흡착제에 대한 신기술의 발전으로 다양한 종류의 흡착제가 코팅된 SPME 가 폭 넓게 사용되고 있다.<sup>4</sup> SPME는 비용면에서 저렴하고 무용매의 농축기술로 널리 사용되고 있다.<sup>5</sup> 이 방법은 액체상, 고체상, 기체상 등 다양한 시료의 분석에 적합하고, 주입구에서 탈착이 가능하여 다른 탈착장치가 필요하지 않다는 장점이 있다. 냄새와 향 등을 주로 분석하는 식품분야에서는 여러 가지 SPME 화이버 중 PDMS, CAR/PDMS, DVB/CAR/PDMS 화이버를 주로 사용한다. 그 중에서 CAR/PDMS 화이버는 향과 냄새시료채취에 매우 효과적인 것으로 알려져 있다.<sup>6</sup> 물을 포함한 시료의 경우 화이버를 시료에 함침시켜 농축시키는 방법이나 시료의 헤드스페이스에 노출시켜 농축시키는 방법이 있다. 헤드스페이스 채취를 위한 방법으로 NaCl, NaOH 등의 염을 포함한 화합물을 첨가하는 방법이나 마그네틱 교반봉을 이용하는 방법 등이 있다.<sup>7</sup> 이 연구의 주요 목적은 응축수를 이용한 냉각기 공기시료의 냄새재현에 있으므로 응축수의 헤드스페이스만을 고려한 헤드스페이스 SPME법을 사용하였다. 또한 응축수 자체의 냄새분석에 초점을 맞춘 것으로 온도나 염석효과는 배제하고 분석하였다.

이 연구에서는 응축수를 채취하여 직접관능평가를 통해 냉각기의 냄새가 재현되는 것을 확인하였다. 그리고 응축수의 헤드스페이스를 SPME로 채취한 다음, GC/FID/O로 분석하여 냄새원인물질을 확인한 후, GC/AED, GC/MS로 분석하여 정성하였다. 응축수를 이용한 냉각기 냄새원인물질 분석결과를 이전의 공기시료를 채취하여 분석한 결과와 비교하여 검토해 보았다. 그 결과 냄새원인물질은 alcohols, acids 등의 산소화합물로 확인되었다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 냉동벤치시스템

냉각기에서 발생하는 냄새평가를 위해 실제 냉각기시스템을 수정 보완해서 실험실형 냉동벤치시스템을 제작하였다.<sup>8</sup> 냉동벤치시스템은 유입공기를 여과하고 온도, 습도와 송풍량을 조절하는 유입공기 제어부, 증발기를 장착하며 응축수를 채취할 수 있는 증발기 장

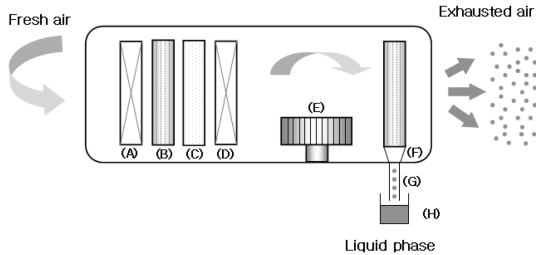


Fig. 1. Diagram of lab-scale test bench and sampling of condensed water. (A): Prepare filter. (B): Prepare evaporator. (C): Heater. (D): filter. (E): Blower. (F): Slope side. (G): Teflon tube. (H): Media bottle.

착부, 유입 및 유출되는 공기의 온도와 습도를 측정할 수 있는 온/습도 측정부로 구성되어 있다. 냉동벤치시스템의 모식도는 Fig. 1에 나타났다.

2.2. 응축수 채취 및 농축

냉동벤치시스템이 작동되면 외부에서 유입된 공기가 증발기를 통과하면서 기체상 냄새 물질을 방출하여 실내공기 중으로 유입된다. 이때 증발되지 않은 물질은 증발기 표면에 응축되어 응축수로 배출된다. 분석시 실내공기의 온습도가 23.7°C, 48%일때, 냉동벤치시스템은 온습도를 25°C, 50%로 조절된 공기를 유입시켰다. 증발기 작동 시간은 총 74분으로 하였고, 작동 17분 후부터 응축수가 생성되기 시작하여 나머지 57분 동안 응축수를 채취하였다. 이때 생성되는 응축수는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 테프론관을 통해 100 mL 메디아병(Samshin glass, Korea)에 40 mL 채취하였다. 22 mL 바이알(Perkin Elmer, USA)에 채취한 응축수 10 mL을 넣은 후 알루미늄 크립프와 PTFE/Rubber 썬팁(Perkin Elmer, USA)으로 밀봉한 뒤 Carboxen/PDMS 화이버(75 μm, Supelco, U.S.A)를 응축수의 헤드스페이스에 노출시켰다. 25°C로 유지되는 향온오븐(TVA-101, Top trading, Korea)에서 Carboxen/PDMS 화이버를 노출시켰다. 응축수의 효과적인 냄새 재현을 위하여 SPME 화이버의 노출시간을 1, 2, 20 시간으로 하여 냉각기의 냄새를 재현하는 최적노출시간을 검토해 보았다.

2.3. 직접관능평가

냉각기 냄새평가를 위해 직접관능평가 판정원은 악취공정시험법<sup>9)</sup>에 의하여 선정하였다. Table 1에 나타난 것과 같이 acetic acid(99%, Deajung, Korea), trimethylamine(40 wt.%, Sigma, USA), methyl cyclo-

Table 1. Test solution for selecting panel

Test solution	Concentration	Solvent
Acetic acid	1.0 wt%	Distilled water
Trimethylamine	0.1 wt%	Distilled water
Methyl cyclopentanone	0.32 wt%	Paraffin
B-Penylethylalcohol	1.0 wt%	Paraffin

pentanedione (99%, Aldrich Chemical, USA), b-penylethylalcohol (60-12-8, Sigma, USA)의 4가지 시약을 증류수와 유동파라핀(Fluka, Germany)에 용해시켜 시험액을 제조하였다. 5매의 거름종이(7 mm × 140 mm, Whatman, England) 중 3매는 시험액, 2매는 증류수와 유동파라핀에 넣어 준비하였다.

5매 1조의 거름종이 중 냄새가 나는 거름종이 3매를 선택하여 3종류의 시험액 거름종이와 냄새의 종류를 판별하고 악취도가 3, 4도로 나타났던 사람을 판정원으로 선정하였다. 냄새판정원은 인지하는 냄새에 대해 냄새 특징과 강도를 기록하도록 하였다. 냄새의 강도는 0~5까지 총 6단계로 냄새강도 0은 무취, 1은 냄새를 겨우 인지하는 감지 냄새, 2는 무슨 냄새인지 알 수 있는 정도의 보통 냄새, 3은 쉽게 감지할 수 있는 정도의 강한 냄새, 4는 아주 강한 냄새, 5는 참기 어려운 냄새를 의미한다. 공기시료의 관능평가에 앞서 실험실은 충분한 환기를 하였으며 관능평가 중에는 창문을 모두 닫은 상태에서 실시하였다. 관능평가는 냉동벤치시스템이 설치된 실험실 내 최종 배출구에서 직접 실시하였다. 응축수의 직접관능평가는 채취한 즉시 실시하였다.

2.4. 기기분석을 이용한 냄새원인물질 평가방법

GC/FID/O를 이용하여 냄새의 지속시간, 냄새의 특징과 강도를 통해 개별냄새 물질을 확인 한 뒤, GC/AED, GC/MS를 이용하여 냄새원인물질을 정성하였다. 냄새원인물질 분석 시 사용되는 GC/FID/O, GC/AED, GC/MS는 컬럼의 길이, 컬럼 입구, 출구의 압력이 다른 분석기기로 크로마토그램의 머무름 시간 RI (Retention Index)로 환산하여 냄새원인물질 봉우리들을 확인하였다. 공기시료와 응축수의 직접관능평가 결과 및 GC/FID/O를 통한 개별냄새 물질 확인 결과, 정성결과를 비교하여 검토하였다. 분석조건은 Table 2에 나타내었다.

냄새물질의 정성을 위한 표준 Library는 NIST (National Institute of Standard and technology)와 Willey (7th Edition)를 사용하였다.

Table

	×	×	μ
	×	×	μ
	×	×	μ

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 냉각기의 냄새발생 메커니즘

냉각기의 On/Off에 의해 증발기 표면에 수분량이 변화하여 냄새물질 방출의 변화가 나타난다는 연구가 있다.<sup>10</sup> 이것은 습한 조건(wet)에서 건조한 조건(dry)으로 바뀌는 동안에 응축수가 증발하여 저급지방산과 같은 친수성 냄새물질들이 함께 배출되기 때문이라고 한다.

Fig. 2는 증발기 작동시간에 따른 온도 및 습도의 변화결과로써 증발기 작동에 따른 냄새의 변화를 알 수 있다. 증발기 가동 중에는 냄새가 거의 인지되지 않았으나 증발기를 정지 시킨 후 100% 상대습도가 급격히 감소하기 시작하는 부분에서 냄새강도가 강하게 인지되었다. 이러한 냄새의 발생은 일본연구그룹이 규명한 자동차 에어컨 냄새발생 기작의 결과와 동일하다는 것을 보여준다.<sup>11</sup> 문제가 되는 주요 냄새의 발생은 증발기 표면에 수분과 함께 포함되어 있던 냄새 원인물질이 증발기 작동이 정지하게 되면 수분이 상대적으로 적은 유입공기로부터 더 이상 증발기 표면

Fig.

으로 응축되지 못하여 결국에는 서서히 또는 급격히 증발하면서 수분과 함께 차량의 내부로 방출된다는 것이다.

#### 3.2. 직접관능평가

냉각기의 On/Off 전후에 발생하는 냄새 질 변화를

Table 3. Comparison of sensory evaluation between air sample and condensed water

Panel	Air sample		Condensed water	
	Odor intensity	Odor character	Odor intensity	Odor character
A	3	sour, urine-like, cement-like, offensive	3	metal-like, dust-like
B	3	sour, offensive	3	metal-like, sour, dust-like
C	3	sour, offensive	3	sour, metal-like, offensive
D	3	sour, rancid	2	dust-like, sour
E	3	sour, rancid	3	dust-like, offensive

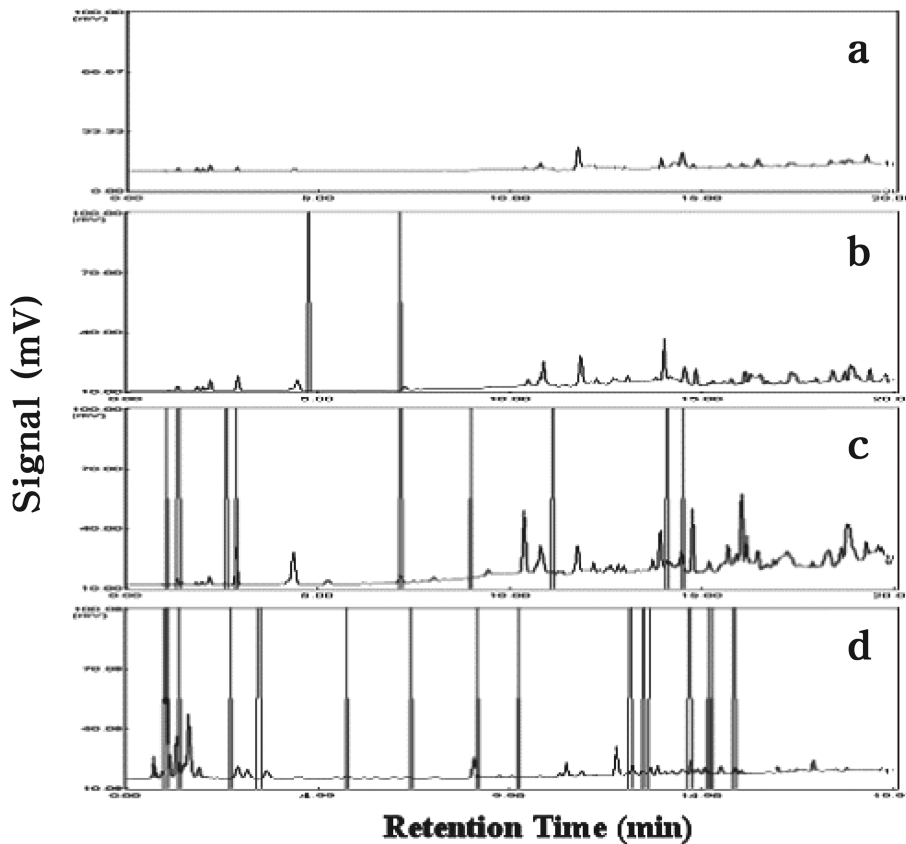


Fig. 3. Overlapped chromatograms of FID and ODP by GC/FID/O. a: 1 hr extraction. b: 2 hr extraction. c: 20 hr extraction. d: air sample.

알아보기 위해 관능평가를 실시하였다. Fig. 2와 같이 10분 동안 가동시킨 증발기를 정지 시킨 후 상대습도가 100%에서 40%로 급격히 감소하기 시작하는 부분에서 불쾌한 냄새가 인지되었고 이 부분에서 공기시료의 채취 및 직접관능평가를 실시하였다. 응축수는 증발기를 약 1시간 이상 장시간 가동 시에 생성된다. 응축수의 냄새원인물질의 확인을 위해서는 냉각기 작동시 발생하는 냄새재현이 필요하다. 응축수의 냄새재현 실험을 위해 Table 3에 나타난 것과 같이 공기시료

와 응축수의 복합냄새를 직접관능법으로 평가하여 비교하였다.

5명의 판정원들에게 응축수와 공기시료에 대한 직접관능평가를 실시하였다. 직접관능평가 결과 공기시료의 냄새특징은 시큼한냄새, 음식물썩는냄새, 쇠피한냄새로 냄새강도가 3도로 나타났고, 응축수의 냄새특징은 시큼한냄새, 쉰냄새, 쇠피한냄새로 냄새강도가 2~3도로 나타났다. 직접관능평가를 통해 응축수에서 냉각기에서 배출되는 공기의 냄새특징과 강도가 유사

Table 4. ODP Retention Time (RT) and odor character of air sample and condensed water analyzed by GC/FID/Olfactometry

No.	Condensed water				Air sample	
	2 hr extraction		20 hr extraction		RT	odor character
	RT	Odor character	RT	Odor character		
1	-	-	1.00	metal-like	0.97	plastic-like
2	-	-	1.29	dust-like	1.30	? <sup>a)</sup>
3	-	-	2.53	rotten sour	2.65	sour
4	-	-	2.79	? <sup>a)</sup>	5.66	? <sup>a)</sup>
5	4.67	? <sup>a)</sup>	-	-	-	-
6	7.05	? <sup>a)</sup>	7.07	fishy	7.33	? <sup>a)</sup>
7	-	-	8.91	rotten sour	10.16	burnt, sour
8	-	-	11.02	offensive	13.01	cutting plastic
9	-	-	-	-	13.36	fragrant
10	-	-	-	-	13.57	sour
11	-	-	14.00	cool	-	-
12	-	-	-	-	14.56	oil-like
13	-	-	14.43	burnt-like	15.09	offensive
14	-	-	-	-	15.19	? <sup>a)</sup>
15	-	-	-	-	15.71	? <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup>The panels indicated question mark when they smell something slightly but couldn't express what the smell was.

하여, 응축수에도 냄새를 유발시키는 물질이 포함되어 있음을 알 수 있었다.

### 3.3. GC/FID/Olfactometry 분석

GC/FID/O를 이용한 개별냄새물질 분석에 앞서, 냄새재현을 향상시키기 위해 응축수의 효과적인 SPME 노출시간을 비교하여 검토해보았다. Fig. 3은 동일한 온도 조건에서 응축수의 헤드스페이스 노출시간만을 달리하여 분석한 결과이다.

크로마토그램은 FID와 ODP(Olfactory Detector port)의 크로마토그램을 중첩한 것으로 (A)는 1시간 농축, (B)는 2시간 농축, (C)는 20시간 농축 한 것이다. 응축수를 1시간, 2시간 동안 농축시켜 분석한 결과 냄새인지횟수가 각각 0회, 2회로 매우 낮았다. 냄새인지 횟수가 매우 낮게 나타난 것은 냄새원인물질이 응축수의 헤드스페이스로 충분히 나오지 않았거나 SPME에 제대로 흡착이 되지 않았기 때문에 응축수 농축방법을 달리하거나 농축시간을 증가시킬 필요가 있다고 판단되었다. 이전 냉각기의 공기시료를 대상으로 한 연구결과에서, 냄새원인물질은 극성을 띠는 산소화합물로 나타났다.<sup>8</sup> 냉각기의 냄새원인물질은 극성을 띠는 산소화합물로 극성의 물에 용해되어 헤드스페이스의 채취가 어렵다고 판단하여, SPME 농축시간을 증가시켜 응축수 내 냄새원인물질이 헤드스페이스

로 충분히 나오도록 하였다. 응축수 농축시간을 20시간으로 늘려 분석한 결과, 냄새인지 횟수가 9로 크게 증가한 것을 알 수 있다. Fig. 3(D)의 공기시료의 경우, 시료도입과 농축량의 차이에 의해 응축수의 크로마토그램에 비해 봉우리 폭이 넓게 나타난 것을 알 수 있다. 이에 대한 보정을 위해 냄새의 특징과 냄새 봉우리의 형태에 따라 분류하였고, 그 결과는 Table 4에 나타내었다.

공기시료와 응축수의 직접관능평가 결과가 7개의 개별냄새물질이 유사하게 나타남을 알 수 있었다. 공기시료의 경우, RT 0.97에서 플라스틱냄새, 1.30에서 알 수 없는 냄새, 2.65에서 시큼한냄새, 5.66, 7.33에서 알 수 없는 냄새, 10.16에서 시큼, 타는냄새, 13.01에서 플라스틱 자른 냄새, 13.30에서 향기로운 냄새, 13.57에서 시큼한냄새, 14.56에서 기름냄새, 15.09에서 쾌쾌한 냄새가 인지되었다. 응축수의 경우, RT 1.00에서 금속냄새, 1.29에서 먼지냄새, 2.53에서 시큼, 쾌쾌한냄새, 2.79에서 알 수 없는 냄새, 7.07에서 비린내, 8.91에서 시큼한냄새, 11.02에서는 시큼, 쾌쾌한냄새, 14.00에서 시원한냄새, 14.43에서는 타는냄새가 인지되었다. 이 결과에서 공기시료와 응축수 모두 시큼한냄새, 쾌쾌한냄새 특징을 갖고 있었으며, 응축수에서 공기시료의 불쾌한 냄새가 재현됨을 알 수 있었다.

Table 5. Each system's retention index (RI), odor characteristics and odor active compounds of condensed water

No.	RI			Odor characteristics	Compounds <sup>d)</sup>
	ODP	MS	AED(O)		
1	<500 <sup>a)</sup>	<500 <sup>a)</sup>	<500 <sup>a)</sup>	metal-like	alcohols
2	<500 <sup>a)</sup>	<500 <sup>a)</sup>	<500 <sup>a)</sup>	dust-like	ethers
3	513	519	- <sup>c)</sup>	rotten sour	acids
4	524	528	526	? <sup>b)</sup>	alcohols
5	668	671	- <sup>c)</sup>	fishy	acids
6	740	749	739	rotten sour	acids
7	808	820	797	offensive	acids
8	990	1006	- <sup>c)</sup>	cool	aldehydes
9	1022	1028	- <sup>c)</sup>	burnt-like	alcohols

<sup>a)</sup>Retention index below 500: Peaks which can't be indicated as RI, were indicated their retention time.

<sup>b)</sup>The panels indicated question mark when they smell something slightly but couldn't express what the smell was.

<sup>c)</sup>Peak that wasn't able to be found in other systems.

<sup>d)</sup>Identified compounds were indicated their kinds since the information about the odorants are confidential.

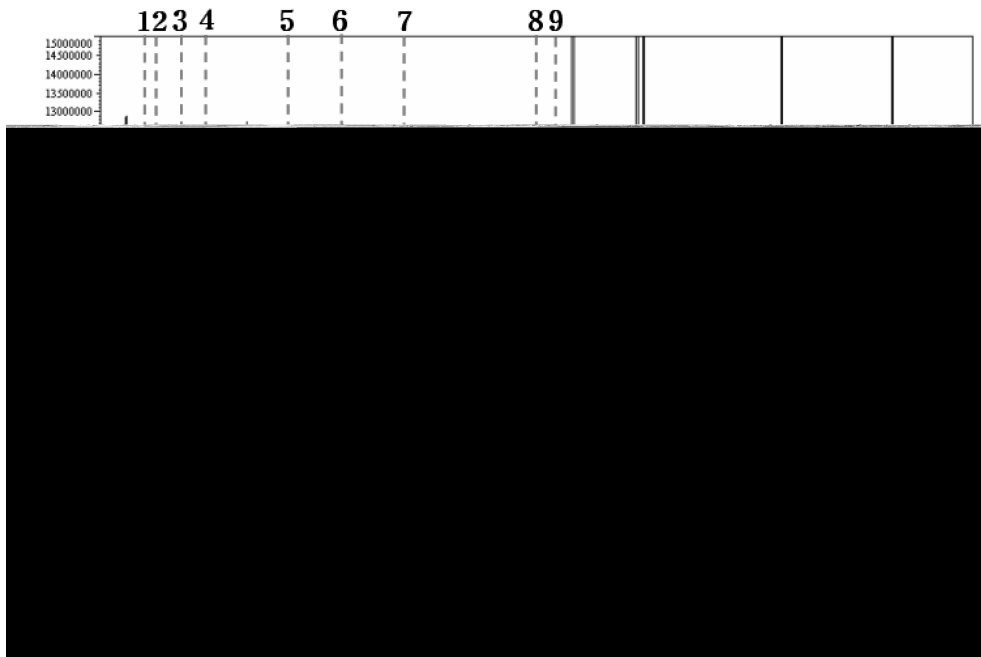


Fig. 4. Total ion chromatogram of odor emitted from condensed water by SPME-GC/MS.

### 3.4. 공기시료와 응축수 시료 간 냄새원인물질 비교

냄새원인물질의 분석을 위해 GC/FID/O, GC/AED, GC/MS의 각 시스템별로 크로마토그램의 머무름 시간 RI로 환산하였고, 그 결과는 Table 5에 나타내었다. 응축수의 개별냄새물질을 정성하기에 앞서 GC/AED를 통해 O, N, S의 개별물질을 분석 하였다. GC/AED 결과에서 산소 봉우리가 특징적이었으나 감도가 매우

낮게 나타났다. 응축수에서 확인되었던 개별냄새 중 GC/AED에서 검출된 산소 화합물과 일치하는 봉우리는 ODP RI 500 이하의 2개, 524, 740, 808에서 총 5개로 나타났다. 이들 결과와 GC/MS결과를 바탕으로 냄새원인물질을 확인할 수 있었다.

GC/AED의 시료채취방법과 동일한 응축수 시료를 SPME 화이버를 노출시켜 GC/MS로 분석한 Total ion chromatogram(TIC)은 Fig. 4에 나타내었다. 정성결과,

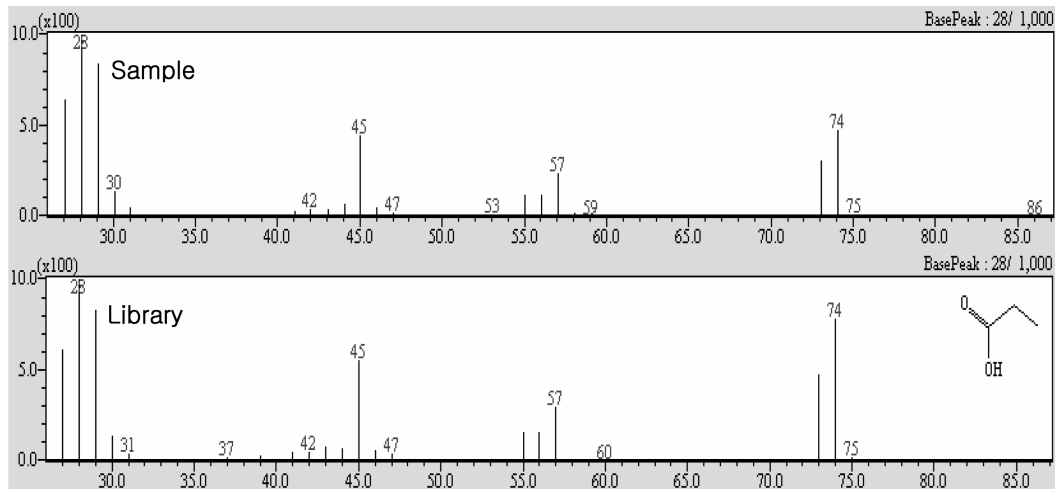


Fig. 5. Comparison of mass spectra between sample and standard library.

냄새원인물질은 주로 산소를 포함하는 alcohols, acids, ester, aldehydes 등으로 나타났다. 응축수의 불쾌한 냄새인 시큼, 꼬릿한냄새를 방출하는 화합물은 저급지방산류로 확인되었으며, 이는 공기시료의 경우와 일치한 결과이다. 확인된 냄새물질 중 가장 특징적인 냄새물질의 질량스펙트럼은 Fig. 5에 보이는 것과 같다.

위의 스펙트럼은 시료분석 결과이며, 아래의 스펙트럼은 표준 Library를 통해 일치하는 화합물의 스펙트럼을 나타낸 것이다. 이와 같은 결과로 응축수의 주요 냄새물질은 저급지방산류이며, 냉각기의 주요 냄새원인물질임을 확인할 수 있었다.

### 3.5. 응축수를 이용한 분석의 편리성

냉각기의 냄새원인물질 분석에 있어 공기시료를 이용하는 것에 비해 응축수를 이용하여 분석하는 것이 여러 면에서 편리하였다. 첫째, 응축수 채취는 공기시료에 비해 채취 시점이 예측 가능하여 편리하였다. 공기시료의 경우 냄새가 발생하기까지 관능평가를 병행하여 냄새나는 시점에서 신속하게 시료를 채취해야 해야 하지만 응축수의 경우 바로 시료채취가 가능하였다. 둘째, 응축수 채취 시 공기시료에 비해 별도의 채취도구가 없어 비용 절감의 효과가 있었다. 공기 시료의 채취 시 사용되는 aluminium polyester bag은 질소로 여러 차례 세척해야 하고, 한 번 사용한 bag은 재사용이 불가능하지만 응축수의 경우 증발기에 연결된 테프론관을 통해 미디어병에 바로 채취 가능하며 재사용이 가능하다. 셋째, 응축수의 분석 시 공기시료에 비해 시료도입이 편리하였다. 공기시료의 경우

80% 이상의 수분을 함유하므로 TD-Cryofocusing-GC/FID/O 분석 시 수분을 제거해야 하는 번거로움이 있지만 응축수의 분석 시 SPME의 흡착을 통해 바로 GC로 도입이 가능하고 친수성 냄새물질의 분석이 가능하였다. 응축수를 이용하여 분석하는 것이 채취 용이성, 비용, 분석적인 측면에서 공기시료에 비해 편리하였다. 따라서 냉각기의 냄새원인물질 분석시 응축수를 이용한 연구가 필요하다고 생각된다.

## 4. 결 론

응축수를 이용한 증발기의 냄새 원인물질 분석 결과를 요약하였다. 첫째, 냄새원인물질 규명에 있어 직접관능평가 및 GC/FID/O 분석을 통해 개별냄새물질을 확인한 후, GC/AED와 GC/MS로 냄새원인물질을 정성하는 방법은 효과적이었다. 둘째, 응축수의 관능평가 결과와 증발기 공기시료의 관능평가 결과가 매우 유사하게 나타났고, ODP에서 확인한 개별냄새 또한 복합 냄새와 유사한 것으로 나타났다. 셋째, 냄새원인물질 정성결과 acids와 alcohols 등의 산소 화합물로 공기시료의 냄새원인물질과 동일한 냄새물질임을 확인할 수 있었다. 시큼, 꼬릿한 냄새를 방출하는 물질은 저급지방산류이며, 이 역시 공기시료와 일치하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 응축수를 이용한 냉각기의 냄새원인물질의 평가 가능성을 확인하였다. 또한 응축수를 이용한 냉각기의 냄새원인물질 평가방법은 공기시료에 비해 채취 용이성, 비용절감의 효과, 분석의 편리성 등 여러 가지 면에서 효과적인

방법으로 판단되었다. 냉각기 냄새원인물질의 효율적인 분석을 위해 응축수의 농축방법과 농축시간에 대한 추가적인 검토가 필요하다고 사료된다.

### 감사의 글

이 연구는 BK21과 강원대학교 부속 환경연구소의 일부 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. F. Bitter and K. Fitzner, *Energy and Buildings*, **34**, 809-816 (2002).
2. H. Schleibinger and H. Ruden, *Atmospheric Environmental*, **33**, 4571-4577 (1999).
3. 김경환, 자동차 에어컨 증발기의 냄새원인물질 규명에 관한연구, 강원대학교 석사학위논문 (2007).
4. G. Vas and K. Vekey., *Journal of Mass Spectrometry*, **39**, 233-254 (2004).
5. Y. Huang, L. Ortiz, J. Garsia, P. Aguirre, R. Mujeriego and J. M. Bayona, *Water science and Technology*, **49**, 89-98 (2004).
6. M. Garcia-Esteban, D. Ansorena, I. Astiasarn and J. Ruiz., *Talanta*, **64**, 458-466 (2004).
7. S. W. Lloyd, J. M. Lea and P. V. Zimba, *Water Research*, **32**(7), 2140-2146 (1997).
8. 김경환, 김선화, 정영림, 김재호, 박하영, 이준강, 지용준, 김기홍, 김만구, 한국자동차공학회 2006 추계 학술대회논문집, 685-691 (2006).
9. 국립환경연구원, 국립환경연구원고시 제2005-4호, 악취공정시험방법, 54-68 (2005).
10. H. Sugawara, K. Uchiyama, R. Sako, S. Sato and K. Sakakibara, *Denso Kunika review*, **4**(1), 101-106 (1998).
11. K. Uchiyama, O. Kasebe, K. Kobayashi, S. Sato and H. Ito, *Proceedings. JSAE Annual Congress*, **37**(3), 1-4 (2003).