

폐열회수형 환기장치의 휘발성유기화합물 배출 특성에 관한 연구

곽경민, 배철호*, 김지용[†], 주의성[†]

영남대학교 기계공학부
712-749 경북 경산시 대동 214-1

[†]삼성전자(주) System가전사업부
443-742 경기도 수원시 영통구 매탄3동 416번지

(2007년 10월 12일 접수; 2007년 12월 11일 채택)

A Study on the Release Characteristics of VOCs from Heat Recovery Ventilation System

Kyung-Min Kwak, Cheol-Ho Bai*, Jee-Yong Kim[†], and Euy-Sung Chu[†]

Department of Mechanical Engineering, Yeungnam University
214-1 Dae-dong, Gyeongsan, Gyeonbuk 712-749, Korea

[†]System Appliances Division, Samsung Electronics Co., LTD.
416 Maetan-3dong, Yeongtong, Suwon 443-742, Korea

(Received for review October 12, 2007; Revision accepted December 11, 2007)

요 약

본 연구에서는 폐열회수형 환기장치(전열교환기)로부터의 휘발성 유기화합물이 측정되었다. KS 냉방 및 난방 표준조건하에서 휘발성유기화합물의 초기 배출특성을 연구하기 위하여 폐열회수 환기장치로부터 2종류의 열교환소자(L형과 M형)가 평가되었다. 휘발성 유기화합물은 다양한 풍량 변화와 운전시간 변화에 대하여 측정되었다. 본 연구의 분석방법 및 기기상의 한계로 인하여 농도가 비교적 큰 물질만을 살펴보니 폐열회수 환기장치에서는 acetic acid, 2-butanone (MEK), 2-(methylthio)ethylamine, toluene, styrene 및 x-acids (Ion 57) 등의 6 종의 휘발성 유기화합물이 배출됨을 확인하였다. 배출된 휘발성 유기화합물의 농도는 운전조건에 대해서는 크게 영향을 받지 않았다. 높은 작동온도 때문에 휘발성 유기화합물의 농도는 난방조건보다는 냉방조건에서 더 크게 나타났다.

주제어 : 휘발성유기화합물, 폐열회수형 환기장치, 열교환소자, 초기 운전조건

Abstract – VOCs from the heat recovery ventilation system (total heat exchanger) are measured in this study. Two different types of element (L and M type) from heat recovery ventilating system are tested to study the initial release characteristics of VOCs under KS cooling and heating standard conditions. VOCs are measured for the various flow rates and different operating times. Considering errors in the test method and the measuring instrument, the tested heat recovery ventilating systems was found to release 6 major VOCs, such as acetic acid, 2-butanone (MEK), 2-(methylthio)ethylamine, toluene, styrene, and x-acids (Ion 57). The concentrations of released VOCs are not quite much affected by operating conditions. The results show much larger VOCs concentrations in the cooling mode than in the heating mode, due to the high operating temperatures..

Key words : VOCs, Heat recovery ventilation system, Element, Initial operating condition

* To whom correspondence should be addressed.
E-mail : chbai@yu.ac.kr

1. 서 론

최근의 국내 신축 공동주택의 경우, 주택의 건축자재에서 발생하는 휘발성 유기화합물(VOCs) 및 포름알데이드(HCHO) 등의 유해물질로 인해 주택 실내공기의 오염문제가 심각하게 대두되고 있다. 이에 환경부에서는 2004년에 “다중이용시설 등의 실내공기질 관리법률”을 제정하여 몇 종류의 VOC 및 유해물질의 농도에 대한 권고기준을 제시하는 등 건물 내에서의 실내공기질(IAQ) 개선에 관한 관심이 증대되고 있는 실정이다. 건축자재에서 방출되는 휘발성 유기화합물에 의한 오염물질의 방출특성에 관한 연구와 실내공기질 개선을 위한 연구가 건축 분야 등에서 활발히 진행되고 있다[1-3]. 현재 실내오염물질을 효과적으로 제어할 수 있는 방법으로 주목되고 있는 것은 공기청정 및 환기장치의 적용이다. 특히 폐열회수형 환기장치는 핵심부품인 열교환소자(Element)를 비롯하여 필터, 팬, 모터 및 환기장치의 케이스 등으로 구성되어 있으며, 이 중에서 열교환소자는 Figure 1과 같이 공기의 현열과 잠열을 동시에 전달시킬 수 있는 열 회수의 주된 기능을 담당하면서 실내 에너지의 손실을 감소시켜 주고 동시에 외기로부터 쾌적한 공기를 실내로 유입시키기 때문에 실내기질의 개선에 큰 효과가 있게 된다. 열교환소자에서 공기가 흐르는 공간을 스페이스(spacer)라 부르고 공기의 현열과 잠열을 전달시키는 공간을 라이너(liner)라 부른다. 실제로 건물 내에 환기장치의 설치로 인해서 실내공기질의 개선 효과가 큰 것으로 보고되고 있다[1-4].

그러나 환기장치 설치에 의한 실내공기질의 개선 효과는 환기장치의 환기 기능에 의한 영향이며, 환기장치가 운전되는 동안 환기장치 자체에서 발생될 수 있는 냄새 및 오염물질에 대한 분석자료는 아직 없다. 폐열회수형 환기장치의 구성요소들은 냄새 및 오염물질이 포함될 가능성이 있다. 특히 열교환소자는 환기장치에서의 폐열회수의 주된 기능을 담당하지만 제작과정상 기능성 접착제를 사용하여 제작되는데 실제로 초기 제품에 대하여 다소 자극성 있는 냄새를 후각으로 느낄 수 있다. 또한 열교환소자의 외기 및 환기부에는 공기에 포함된 이물질을 제거하기 위해 폴리우레탄과 활성탄을 코팅 처리하여 제작된 필터가 부착되는데 필터 역시 다소 자극성 있는 냄새를 후각으로 느낄 수 있다. 이러한 구성요소들이 환기장치로 구성되어 실내로 냄새가 배출될 수 있고, 또한 환기장치는 다양한 운전조건에서 작동되는데 운전조건에 따라 환기장치에서 배출되는 냄새의 농도 및 특성이 달라질 수 있다. 그러나 냄새와 관련하여 환기장치에서 배출되는 VOC 물질의 종류와 농도에 관한 연구는 아직 없으며, 이를 평가할 수 있는 표준시험방법조차 국내에서는 아직 제정되어 있지 않은 실정이다. 현재 환기장치와 관련된 대부분의 연구는 열교환소자의 형상 개발 및 환기장치의 운전조건에 따른 열적 성능 특성에 관한 내용이며[5,6], 실내공기질의 개선을 더욱 향상시키기 위해서는 환기장치에서 배출되는 VOC 특성을 분석하는 연구가 절실히 요구된다.

일반적으로 환기장치에서 배출되는 오염원의 특성은 궁극적으로는 장시간의 운전조건에서 평가해야 하지만 환기장치 가동 직후의 초기 VOC 특성은 실제 환기장치 운전조건 중에서

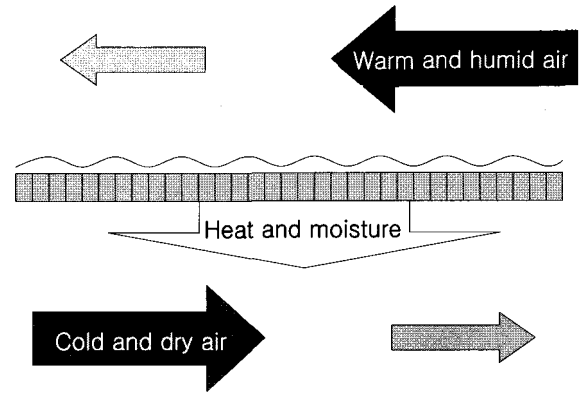


Figure 1. Heat and moisture transfer in an element.

가장 중요한 운전범위로 고려될 수 있다. 이에 본 연구에서는 제한적인 범위이긴 하지만 냄새를 유발시키는 것으로 알려진 VOC 중에서 특히 제품의 초기 VOC 특성을 살펴보기 위해 아직 사용되지 않은 새 환기장치를 대상으로 환기장치의 풍량 및 운전시간과 같은 운전조건을 변화시키면서 환기장치로부터 배출되는 냄새와 관련된 초기의 VOC 물질과 그 농도를 평가하고 고찰하고자 한다.

2. 실험

2.1. 실험장치 및 방법

운전조건에 따른 환기장치의 냄새 및 유해물질의 분석을 위해서는 공기의 온도, 습도 및 풍량의 제어가 가능해야 하며, 이를 위해 일본 JRA4038에서 권장하는 2실 방식에 따라 2개의 항온항습실(이후 챔버(chamber))를 제작하고 유동을 발생시키기 위한 풍동을 설치하였으며, Figure 2에 장치의 개략도를 나타내었다. 제작된 챔버의 크기는 각각 3,500(W)×3,000(D)×3,200(H) mm이다. 실내 챔버의 건구온도 및 상대습도 제어 범위는 10~45°C 및 30~90%이며, 실외 챔버의 제어 범위

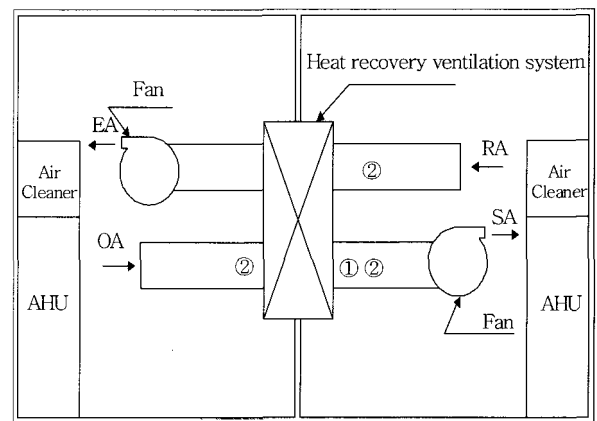


Figure 2. Schematic view of 2-chamber type facility (① VOC measuring point, ② Temperature and humidity measuring point).

Table 1. Components of each element

Classification		L type	M type
Adhesive		Poly vinyl acetate	Poly vinyl acetate
Spacer	Materials	Cellulose	Cellulose
	Components	Al, Si, O, Ca, K, Na, Fe	Si, O, Mg, Ca, Al
Liner	Materials	Cellulose	Cellulose
	Components	P, Al, O, Ca, Na, Si, Fe, K	Al, O, S, Si, Ca, K, Na, Fe

는 각각 $-20\sim 45^{\circ}\text{C}$ 및 $30\sim 90\%$ 이다. 각 체임버의 건구온도 및 상대습도의 제어 편차는 0.5°C 및 5% 이다. 장치와 관련된 자세한 내용은 참고문헌[7]에 나타나 있다. VOC 채취를 위하여 환기장치의 급기부와 실내 체임버의 풍동사이에 연결된 덕트 구간에서 작은 홀을 가공하고 피토판 형상의 1/4" 동관을 별도로 제작하여 유동방향과 수직으로 홀 안에 추가적으로 설치하였다. 측정방법은 환기장치를 작동하여 동관에 약 $350\sim 550\text{ ml/min}$ 의 유량으로 공기가 흐르도록 하고 카본계열의 고체 흡착관을 사용하여 5리터의 공기를 채취하였으며, GC/MS (Gas Chromatography/Mass Spectroscopy)를 이용한 EPA Method TO-17[8] 분석방법을 사용하였다. 사용된 GC column은 Rtx-1(105m(길이) \times 0.32mm(입구직경) \times 1.5 μm (코팅 막의 두께))이다. 분석에 사용된 Oven 온도의 조건은 50°C 에서 10분간 유지한 후 5°C/min 의 속도로 40분 증가시키고 250°C 가 되면 10분간 유지된다. Injector 온도는 250°C 이며, Detector 온도에서 Q-pole 온도는 150°C 이고 MS source 온도는 230°C 이다.

환기장치에서 배출되는 VOC 분석을 정확히 하기 위해서는 외기의 상태가 오염되지 않은 깨끗한 공기라야 하지만, 일반적으로 성능평가 시험을 위해 사용되는 체임버의 내부에는 덕트 연결 등의 목적으로 테이프, 접착제 등을 사용하게 되는데 이것이 하나의 오염원으로 작용하여 환기장치 분석결과의 신뢰성에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 깨끗한 공기를 환기장치로 공급시켜 주기 위해서는 Zero air generator를 포함한 고가의 시스템이 별도로 구축되어야 하는 문제점이 있다. 이에 본 연구에서는 체임버의 실내 측 및 실외 측에 공기청정기를 설치하여 오염원을 최소한 줄일 수 있도록 하였으며, 환기장치의 급기뿐 만 아니라 체임버의 실외 측에서도 VOC를 채취하여 상대적인 농도차이를 확인할 수 있도록 하였다. 체임버의 온도 및 습도조건은 일반적으로 폐열회수용 환기장치 성능평가에서 수행되고 있는 KS 표준조건을 선정하였다. 표준조건에 따르면 냉방조건에서 실내의 건구온도와 습구온도는 각각 27°C 및 19.5°C 이며, 실외의 건구온도와 습구온도는 각각 35°C 및 24°C 이다. 또한 난방조건에서 실내의 건구온도와 습구온도는 각각 20°C 및 15°C 이며, 실외의 건구온도와 습구온도는 각각 7°C 및 6°C 이다.

2.2. 시험부

실험은 국내 S전자가 개발하고 있는 정격풍량이 100 CMH (m^3/hr)인 폐열회수형 환기장치를 대상으로 하였으며, 그 사진

을 Figure 3에 나타내었다. 환기장치에 탑재되는 열교환소자는 실제 제품에 사용되는 L형 및 M형의 2종류이며, 열교환소자 종류에 따른 VOC 특성을 평가하였다. 두 열교환소자는 유로의 형상 및 크기는 거의 유사하지만 열교환소자를 제작할 때 사용되는 스페이스(spacer)와 라이너(liner)의 재질 성분이 서로 다른 것이 특징이다. L형과 M형의 열교환소자는 일본 업체의 고유 기술로 제작되어 재질의 성분이 공개되지 않아 현 단계에서는 사용된 두 모델의 성분을 정략적으로 제시하기는 어렵다. 본 연구에서는 국내 S사에서 평가한 두 모델의 재질과 무기 성분을 정성적으로 평가하여 이를 Table 1에 나타내었다. Figure 4에 열교환소자 및 열교환소자에 부착되는 필터의 사진을 각각 나타내었다. 환기장치에서 열교환소자를 탑재하고 하나의 풍량이나 혹은 운전시간에 대해서 실험이 완료되면 환기장치에서의 VOC의 농도가 희석될 수 있으므로 초기의 농도조건을 일정하게 유지하기 위해 열교환소자 및 필터는 풍량 및 운전시간이 달라질 때 마다 매 회 모두 새 것으로 교체하여 평가하였다. 실험은 KS 냉방 및 난방조건에서 환기장치의 풍량과 운전시간을 변화시키면서 수행하였다. 환기장치의 풍량 변화에 따른 VOC 시험의 경우, 실내 및 실외 측의 체임버에 공기청정기를 충분히 작동시키면서 체임버 내의 온/습도 조건이 안정화가 되면 환기장치에서 팬을 작동시켜 일정 풍량을 유지하게 하고 작동 후 약 7분 후에 VOC를 채취하였다. 환기장치의 운전시간에 따른 실험의 경우, 환기장치에서 풍량을 고정시킨 후 작동시간 15분, 1시간 15분 및 2시간 15분 후의 시간 순으로 측정하였다.

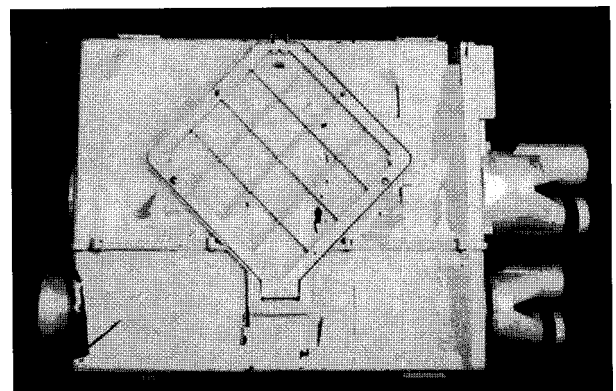


Figure 3. Heat recovery ventilation system (100CMH).

Table 2. VOC concentrations of the M type system in cooling operation with different flow rates

VOCs	VOC concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	(50 CMH)			(100 CMH)			(150 CMH)		
	In	Out	ΔV	In	Out	ΔV	In	Out	ΔV
Acetic acid	12	0	12	10	0	10	10	0	10
2-Butanone(MEK)	15	9	6	43	32	11	73	64	9
2-(Methylthio)ethylamine	170	0	170	124	0	124	146	0	146
Toluene	94	67	27	85	51	34	92	57	35
Styrene	10	8	2	10	8	2	10	0	10
X-acids (Ion 57)	29	0	29	20	0	20	21	0	21

3. 결과 및 고찰

측정된 VOC를 크로마토그램으로 분석하면 환기장치에서 배출되는 VOC는 농도의 종류가 다양하고 그 크기 역시 서로 다르게 배출되었다. 이 중에서 농도가 아주 작은 물질은 냄새와 전혀 무관한 물질로 나타났으므로 데이터의 오차를 감안하여 시험결과에는 포함하지 않았다. 따라서 본 시험결과는 환기장치에서 냄새를 유발시키는 물질이거나 상대적으로 농도가 큰 물질을 대상으로 하며, 그 결과는 Tables 2~5에 나타내었다.

3.1. 풍량 변화의 영향

Table 2는 필터와 M형 열교환소자가 포함된 환기장치를 대상으로 KS 냉방조건을 유지한 후 환기장치의 풍량 변화에 따라 배출되는 VOC 농도를 분석한 결과이다. 여기서 In, Out 및 ΔV 는 각각 실내(indoor)의 VOC 농도, 실외(outdoor)의 VOC 농도, 그리고 실내와 실외의 농도 차이를 각각 의미한다. 이때 VOC의 채취는 모든 시험에서 환기장치 작동 7 분 후에 측정하였다. VOC 농도단위는 톨루엔을 기준으로 한 환산농도

로 나타내었다. 외기의 경우 톨루엔 등의 일부 물질이 포함되어 있기는 하지만 비교적 깨끗한 공기가 환기장치로 유입됨을 확인할 수 있었다. 풍량 50 CMH(m^3/hr) 운전조건인 경우, 환기장치를 통해 실내로 유입되는 VOC 물질은 acetic acid 등의 6 종이 검출되었으며, 그 농도는 외기의 농도보다 크게 나타났다. 이는 M형 열교환소자를 비롯하여 필터, 팬, 모터, 케이스 등으로 이루어진 환기장치에서 배출되는 것으로 설명할 수 있다. 특히 2-(methylthio)ethylamine의 농도는 다른 물질의 농도에 비해 상대적으로 크게 나타났다. 풍량을 100 및 150 CMH로 증가시켰을 때, 외기의 오염물질들을 감안하더라도 실내로 유입되는 VOC의 농도에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 그러나 환기장치에서의 VOC 배출량은 풍량에 의해 결정되기 때문에 풍량이 증가하게 되면 VOC 배출량 자체도 증가하게 된다.

Table 3은 M형 열교환소자가 포함된 환기장치를 대상으로 KS 난방조건에서의 환기장치의 풍량 변화에 따라 배출되는 VOC 농도를 분석한 결과이다. 측정방법은 냉방조건과 같으며, 풍량은 50, 100 및 150 CMH의 세 가지를 사용하였다. 환기장치로부터 배출되는 물질은 acetic acid 을 비롯한 6 종이며, 배출농도는 냉방조건과 마찬가지로 풍량 변화에 따라 거의 변화가 없었다.

이를 종합하면, 환기장치에서 배출되는 VOC 농도는 냉방 및 난방조건에 상관없이 환기장치의 풍량 변화에 대해서는 거의 영향이 없으며, VOC 배출량은 풍량에 비례하여 증가되는 것을 볼 수 있다. 한편 난방조건에서 배출되는 VOC 농도는 냉방조건보다 작게 나타났다. 2.1 절에 언급된 외기의 건구온도는 냉방조건인 경우 35 $^{\circ}\text{C}$, 난방조건은 7 $^{\circ}\text{C}$ 이다. 외기의 공기가 환기장치의 열교환소자로 유입이 될 때 냉방조건은 난방조건보다 외기의 온도가 높기 때문에 열교환소자의 유기화합물의 휘발성을 상대적으로 더욱 활발하게 촉진시킬 수 있는 조건이다. 따라서 상대적으로 온도가 낮은 난방조건에서의 배출농도가 냉방조건보다 작아진 것으로 생각된다. 난방조건에서의 배출농도가 냉방조건에 비해 작아지는 특성은 풍량의 변화에도 같은 경향을 그대로 유지하고 있다.

3.2. 운전시간의 영향

Table 4는 필터 및 L형 열교환소자가 포함된 환기장치를 대상으로 풍량을 100 CMH로 고정하여 KS 냉방조건에서 운전

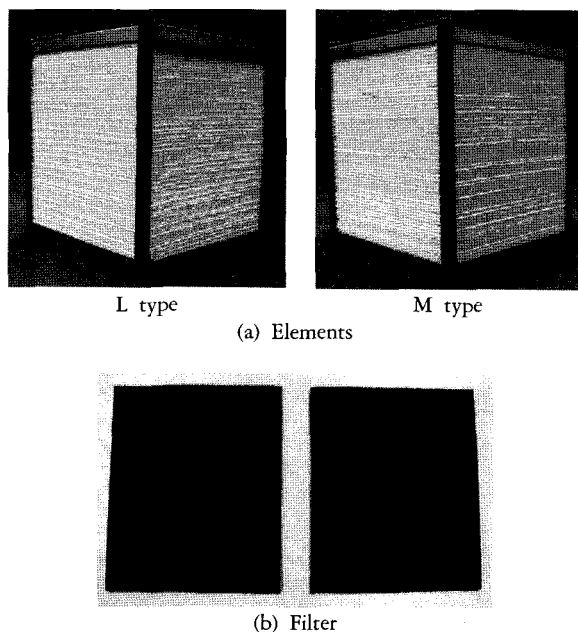


Figure 4. Elements and filter.

Table 3. VOC concentrations of the M type system in heating operation with different flow rates

VOCs	VOC concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	(50 CMH)			(100 CMH)			(150 CMH)		
	In	Out	ΔV	In	Out	ΔV	In	Out	ΔV
Acetic acid	8	0	8	0	0	0	0	0	0
2-Butanone(MEK)	14	11	3	34	24	10	33	27	6
2-(Methylthio)ethanamine	35	0	35	25	0	25	29	0	29
Toluene	43	29	14	43	28	15	49	34	15
Styrene	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X-acids (Ion 57)	11	0	11	0	0	0	0	0	0

Table 4. VOC concentrations of the L type system in cooling operation with different operation time

VOCs	VOC concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	(15 minute)			(75 minute)			(135 minute)		
	In	Out	ΔV	In	Out	ΔV	In	Out	ΔV
Acetic acid	7	0	7	0	0	0	0	6	-6
2-Butanone(MEK)	9	7	2	9	7	2	8	8	0
2-(Methylthio)ethanamine	328	0	328	213	0	213	152	0	152
Toluene	33	11	22	24	21	3	26	29	-3
Styrene	8	0	8	7	7	0	7	7	0
X-acids (Ion 57)	8	0	8	9	0	9	10	0	10

Table 5. VOC concentrations of the L type system in heating operation with different operation time

VOCs	VOC concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	(15 minute)			(75 minute)			(135 minute)		
	In	Out	ΔV	In	Out	ΔV	In	Out	ΔV
Acetic acid	0	12	-12	0	0	0	0	0	0
2-Butanone(MEK)	0	4	-4	0	0	0	0	0	0
2-(Methylthio)ethanamine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toluene	26	25	1	28	25	3	19	23	-4
Styrene	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X-acids (Ion 57)	10	0	10	0	0	0	0	0	0

시간 경과에 따른 VOC 농도 측정 결과를 나타낸 것이다. 환기 장치에서 배출되는 VOC는 M형 열교환소자가 설치된 환기 장치에서와 같은 물질로 나타났다. 일반적으로 VOC의 양은 시간경과에 따라서 감소하는 경향이 있으며, 특히 측정된 물질 중 2-(methylthio)ethylamine은 다른 물질에 비해 그 농도가 상당히 크며, 운전시간 경과에 따른 농도의 감소경향이 잘 나타나고 있다. 다른 물질 역시 농도 값이 상당히 작아서 농도의 변화가 미미하긴 하지만 운전시간 경과에 따른 농도의 감소 경향이 존재하고 있다.

그러나 본 연구에서 고려한 운전시간은 환기 장치의 정상 운전 상태가 아닌 초기 운전조건에 해당되며, 열교환소자에서의 열 및 물질전달이 진행되고 있는 과정으로서 열교환소자의 표면상태 및 환기 장치에서 배출되는 온도/습도 조건은 시간에 따라 변하게 된다. 일반적으로 VOC 농도는 온도/습도 조건에 따라 배출특성이 다르므로 본 실험결과는 실제로는 운전시간뿐

만 아니라 온도/습도의 영향이 함께 고려된 것이다. 향후에 장시간의 운전시간 및 정상 운전 상태에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되며, 본 연구는 이에 대한 선행연구로서의 의미를 가지게 된다.

Table 5는 Table 4의 환기 장치에서 KS 난방조건에서의 운전시간에 따른 VOC 농도이다. 난방조건에서는 운전시간에 따른 VOC의 농도변화가 거의 없을 뿐만 아니라 농도 자체도 아주 작은 것으로 나타났다. L형 열교환소자가 포함된 환기 장치를 M형 열교환소자가 포함된 환기 장치와 비교하면, 전체적으로 볼 때 L형 열교환소자의 배출 농도가 M형 열교환소자의 농도보다 낮게 나타났다. 이것은 열교환소자에 사용된 스테이스와 라이너 재질의 성분 차이와 관계가 있는 것으로 생각된다.

이상의 환기 장치에서 측정된 VOC 물질 중 일반적으로 잘 알려진 냄새 유발물질들은, 본 시험결과에서도 나타나고 있듯이, acid(산 계열), 2-(methylthio)ethylamine(황화합물 계열),

2-butanone (MEK) (산소화합물 계열) 등이다. 이러한 물질들이 단독 혹은 서로 혼합되어 냄새를 유발시키는데, 본 연구에서 평가한 환기장치에서도 이와 같은 물질들이 포함된 것으로 나타났다.

본 연구에서는 환기장치에서 배출되는 VOC 물질과 농도를 풍량 및 운전시간에 따라 나타냈으나, 본 연구에서 제시된 냄새물질 및 농도에 대해 사람의 후각으로 감지할 수 있는 최소농도의 값이 어느 정도인지에 대한 정량적인 기준은 현 단계에서 명확하게 제시하기가 상당히 어렵다. 또한 국내에서는 오염물질 방출 건축자재 시험방법으로 오염물질을 평가하고 있기는 하지만, 이 방법으로 환기장치의 풍량 및 운전시간 경과 등과 같은 실제 작동조건에 따른 특성을 평가하기는 어렵다. 따라서 본 연구를 바탕으로 하여 환기장치를 대상으로 하는 VOC 표준시험방법 등 배출농도의 기준 정립에 관한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

4. 결 론

폐열회수형 환기장치를 가동한 후 초기에 배출되는 VOC의 농도측정을 풍량 및 운전시간 등 조작조건에 대하여 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 실제 환기장치는 농도가 서로 다른 많은 종류의 VOC가 배출될 수 있으나, 본 연구의 분석방법 및 기기상의 한계 등을 고려할 때 환기장치로부터 측정된 VOC 물질 중에서 냄새를 유발시키거나 농도가 큰 VOC는 acetic acid, 2-butanone (MEK), 2-(methylthio)ethylamine, toluene, styrene 및 x-acids (Ion 57)로 나타났다.
- 2) M형 열교환소자가 포함된 환기장치에서 배출되는 VOC의 농도는 냉방 및 난방조건에서 풍량변화에 대해서 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.
- 3) L형 열교환소자가 포함된 환기장치에서 배출되는 VOC 농도는, 냉방조건인 경우, 2-(methylthio)ethylamine의 농도가 가장 크고, 운전시간 경과에 대한 농도의 감소 경향이 뚜렷하게 잘 나타나는 반면에 다른 물질은 농도 값이 상당히 작아서 그 농도의 변화가 미미하였다. 난방조건인 경우, 배출 물질의 농도변화는 거의 없는 것으로 나타났다.
- 4) 환기장치에서 배출되는 VOC 농도는 냉방조건에 비해 난방

조건에서 작게 나타났다.

참고문헌

1. Choi, S. Y., Kim, S. H. and Yee, J. J., "The Effect on Indoor Air Quality Improvement by Ventilation Rate in Newly Built Apartment", *Korean J. Air-Cond. Refrig. Eng.*, **18**(8), 649-655 (2006).
2. Pang, S. K., Cho, W. J. and Sohn, J. Y., "Characteristics of VOCs Emission According Interior Finish Materials and Working Phases of New Apartments", *Korean J. Air-Cond. Refrig. Eng.*, **18**(6), 486-492 (2006).
3. Kim, Y. D., Lee, Y. G., "A Study on the Emission Characteristics of Gaseous Organic Contaminants from Building Materials and Newly Constructed Apartments", *Korean J. Air-Cond. Refrig. Eng.*, **18**(7), 563-570 (2006).
4. Leigh, S. B., Kim, C. N., Kim, D. S., Kim, T. Y. and Lee, Y. G., "An Estimation of VOCs Concentration in the Apartment Housing with Sensible & Latent Heat Recovery Ventilator", *Proceedings of the SAREK*, 70-75 (2005).
5. Yoo, S. Y., Kim, J. H., Choi, J. H. and Han, S. H., "A Study on the Performance of Ventilation System", *Proceedings of the SAREK*, 438-443 (2005).
6. Bai, C. H., Lim, Y. H., Gulnora, D., Park, J. Y., Kwak, K. M., Chu, E. S., Kim, Y. S. and Kim, J. Y., "A Study on the Characteristics of a Total Heat Exchanger under Various Conditions", *Korean J. Air-Cond. Refrig. Eng.*, **17**(10), 891-897 (2005).
7. Bai, C. H., Chung, M., Kim, S. Y., Lim, Y. H., Djuraeva, N. G., Yun, B., Kim, Y. S. and Park, C. J., "The Comparison Study of Energy Performance for Recovery Ventilator", *Proceedings of the SAREK*, 518-523 (2002).
8. Environmental Protection Agency, "Compendium Method TO-17, Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air", Second Edition (EPA/625/R-96/010b). <http://www.epa.gov>.