

방향족 유기화합물의 가스상 시료를 이용한 피복류의 흡착특성 비교에 대한 예비연구

김기현* · 임문순 · 박신영 · 홍윤정 · 최여진 · 이유선¹ · 김성덕¹ · 남상호¹ · 옥준석¹

세종대 지구환경과학과, ¹서울과학고등학교
(2006. 4. 10. 접수, 2006. 5. 14. 승인)

A preliminary study of sorptive characteristics of aromatic volatile organic compounds (VOC) on clothing materials

K.-H. Kim*, M.-S. Im, S. Y. Park, Y.-J. Hong, Y.-J. Choi, Y.S. Lee¹,
S.D. Kim¹ and S.H. Nam¹ and J.S. Ok¹

Dept. of Earth & Environmental Sciences, Sejong University
¹Seoul Science High School

(Received April 10, 2006; Accepted May 14, 2006)

요약: 본 연구에서는 VOC가 옷감이나 물질소재와 접촉하여 흡착손실하는 경향을 평가하고자 하였다. 이를 위하여 필터홀더에 필터의 형식으로 비교대상 소재를 장착하고 이들에 VOC 가스를 흘려주는 방식으로 화합물의 흡착손실반응을 평가할 수 있는 기법의 적용 가능성을 다각도로 평가하였다. 테플론 소재의 필터는 양호한 안정성이나 재현성을 보여 주었다. 이러한 시스템에 각각의 소재(글래스 파이버, 면, 나일론)를 장착한 상태로 벤젠, 톨루엔, 자일렌이 혼합된 가스를 흘려 주면서 각각의 검량선을 작성하였다. 본 연구의 결과에 의하면, 각각의 소재 및 VOC 성분별로 뚜렷한 흡착특성을 확인할 수 있었다. 소재들 중에서는 글래스 파이버 < 면 < 나일론의 순서로 그리고 성분별로는 벤젠 < 톨루엔 < 자일렌의 순서로 흡착손실이 증가하는 양상이 뚜렷하게 나타났다. 그 결과, 재질이나 화학물질의 특성과 같은 변수가 동시에 흡착손실의 경향성을 결정짓는다는 결론에 도달하였다.

Abstract: In this study, we attempted to evaluate the sorptive loss of VOC upon their contact with different material surfaces including clothing pieces. For the purpose of this study, we developed a method to evaluate such loss by employing a filter holder pack in the thermal desorption line of the GC/FID system. The calibration curves of different aromatic VOCs including benzene, toluene, and xylene were made by loading them at different quantities through the analytical line. A series of experiments were conducted repetitively to draw calibration data sets for all three materials covering glass fiber, cotton, and nylon. The results were then compared in terms of both material types and of VOC types. The extent of sorptive loss increased in a highly systematic manner across different materials such as glass fiber, cotton, and nylon. The patterns of sorptive loss also increased gradually across VOC type such toward in the direction of increasing molecular weights: benzene,

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)2-499-9151 Fax : +82-

E-mail: khkim@sejong.ac.kr

toluene, and xylene. According to this experimental study, it is concluded that sorptive behavior of pollutant compounds like VOC can be controlled by the combined effects of both chemical properties and material characteristics.

Key words: sorption, material, VOC, nylon, cotton, glass fiber, benzene, toluene, xylene

1. 서 론

사람들의 일반적인 생활환경에서 여러 가지 좋거나 나쁜 냄새성분들을 직간접적으로 경험하는 것은 불가피하다. 흡연과 같은 행동은 인체에 대한 유해성의 논란을 떠나 흡연자가 흡연을 하는 동안 주변 지역에 불필요한 냄새문제를 유발하는 경우를 쉽게 볼 수 있다.¹ 이런 문제와 유사하게 연기의 발생이 불가피한 구이음식을 시식하는 사람들도 식사 후 잔존하는 냄새가 성가시게 느껴지는 경험을 피하기 어렵다. 많은 사람들이 이런 문제에 대해 무심하게 넘어 가는 경우도 있지만, 또 다른 사람들은 비록 일시적이거나 이러한 냄새의 발생과 그로 인한 파급효과에 대해 민감하게 반응하는 경우를 쉽게 목도할 수 있다.²

냄새와 관련한 문제가 최소한 수 분 또는 수 시간 이상 지속하는 가장 큰 이유는 냄새를 유발한 성분들이 사람의 피부나 의복류 등에 쉽게 흡착하거나 또는 흡착한 물질들이 쉽게 떨어지지 않는 이유로 설명할 수 있을 것이다. 이와 같이 여러 가지 냄새성분들이 실생활에서 사람의 행동이나 느낌에 영향을 미치는 중요성을 감안하면, 이들의 거동특성에 대한 이해를 높일 수 있는 정보나 지식을 확장하는 영역은 대단히 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있다. 이러한 영역의 이해를 높이기 위해, 실험실 차원의 기본적인 흡착 손실 등에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 시도되었다.^{3,4} 그런데 불행하게도 현재까지 생활환경의 냄새유발인자나 그로부터 파생하는 다양한 냄새성분들의 화학적 조성이나 발생량에 대한 정보가 아직도 많이 부족한 형편에 있다.⁵ 일반적으로 VOC 성분들은 산업 활동을 통해 대기 중으로 배출되는 가장 중요한 미량 대기오염물질의 한 그룹으로 분류할 수 있다. 이들은 일부 주요 악취성분들(예를 들어, 황화수소를 위시한 환원황계열 성분들)에 비해, 농도의 절대적인 크기에 대비한 냄새의 분별 감도는 크게 떨어지는 편이다. 그러나 여전히 스티렌과 같은 일부 성분은 악취발생의 중요한 감시대상 성분으로 활용하고 있을 정도로 감시의 필요성이 큰 성분으로 분류하고 있다.

본 연구진은 냄새성분의 거동을 연구하기 위해, 중요한 냄새성분들에 대한 분석기법을 지속적으로 연구하였다. 특히 황계열 악취성분들에 대한 정확한 분석기법을 개발하기 위해, 저농도와 고농도대의 시료에 대해 각각 독자적인 분석 및 검증기법을 제시한 바 있다. 그리고 흡연 등과 연계한 관점에서 VOC를 중심으로 한 냄새성분들의 거동을 다양한 각도에서 분석하였다.⁶ 그리고 이런 분석기법을 바탕으로 황계열 악취성분들의 흡착거동에 대한 비교분석을 시도하였다.⁵ 본문에서는 이와 같은 선행연구의 연장선상에서 휘발성유기화합물들을 중심으로 주요 성분들이 옷감과 같은 피복류에 대하여 얼마만큼 흡취 또는 탈취하는가를 평가할 수 있는 분석기법을 개발하였다. 그리고 이런 방식을 직접 적용하여, 옷감의 재질이나 흡착대상 성분들간의 차이를 기준으로 흡착특성을 비교할 수 있는 예비적인 자료를 생산하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 Table 1에 제시한 바와 같이, 주요 방향족 VOC 성분인 benzene, toluene, xylene(이들을 총칭하여 BTX라 호칭 함)를 옷감류에 대한 흡탈취를 평가할 수 있는 주 분석 대상으로 설정하였다. 그리고 이들의 거동에 대한 조사 및 모든 단계별 흡탈취 특성에 대한 비교분석을 위해, FID를 장착한 일반적인 GC분석방법을 기초로 이들 성분에 대한 분석을 시도하였다.

이들 성분의 분석은 본 연구진이 선행연구에서 활용한 것과 같이 GC-FID(Model DS 6200, Donam Instrument, Korea)와 공기분배/저온농축/열탈착 전용기(air server/cryofocusing/thermal desorber(AS/CF/TD): Markes International Ltd., UK)를 조합한 극미량 분석채취시스템을 활용하였다. VOC에 대한 흡탈취 비교분석은 다음과 같은 방식으로 접근하였다. 가스상 VOC 시료를 분석하기 위해, 기본적인 분석체계인 GC/FID를 저온농축에 기초하여 저농도 수준의 시료 분석에 필요한 AS/CF/TD 전용기 라인에 필터홀더를

Table 1. An instrumental setting and operation condition for the GC/FID with the Peltier cooling (PC) and thermal desorption (TD) system.

GC/FID (Varian 3400)			PC/TD (Unity system)		
Initial oven temp.	50	°C	Cold trap temp. (low)	-10	°C
Initial hold time	5	min	Cold trap temp. (high)	320	°C
Ramping rate	6	°C min ⁻¹	Cold trap hold time	5	min
Final oven temp.	230	°C	Valve temp.	80	°C
Final hold time	5	min	Transfer line temp.	80	°C
Total time	40	min	Minimum press.	10	psi
Detector temp.	240	°C	Sampling flow	10	mL min ⁻¹

Column information: DB-VRX (Length=60 m, ID=0.32 mm, Film thickness=1.8 mm, J&W)

A. A Teflon filter holder pack



B. Material types used for comparison: glass fiber filter, cotton, and nylon (from left)

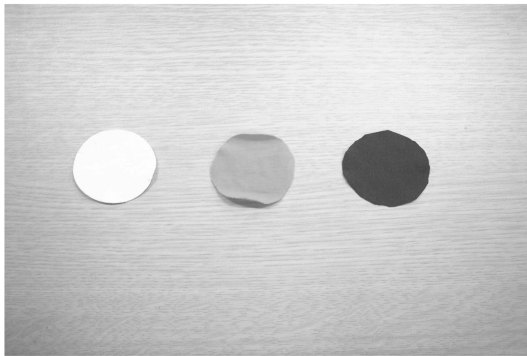


Fig. 1. A picture of Teflon filter holder pack for measuring sorptive loss rates

장착하였다. 그리고 이 시스템에 테플러백으로 준비한 VOC 시료를 로딩하는 방식으로 실험을 진행하였다. 이러한 시스템에는 ppb 수준의 저농도 가스상 시료를 적정 유량(수~수십 mL/min)으로 수초에서 수 분 정도 필터홀더를 거쳐서 시스템 내부로 흘러 주었다. 이러한 단계를 통해 저농농축을 유도하고, 이를 다시 고온

탈착하는 방식으로 대상 시료를 분석하였다. 필터홀더는 시료의 손실을 최소화하기 위해, 테플론 재질으로 45 마이크로미터 직경의 필터를 장착할 수 있는 시스템을 사용하였다 (Fig. 1). 필터나 옷감소재를 이용하여 흡착유무를 평가하기 위한 실험은 다음과 같이 단계별로 진행하였다. [1] 우선적으로 필터홀더를 장착한 조건과 하지 않은 일반적인 분석조건에서 검량을 실시하여, 필터홀더의 사용에 따른 분석의 오차 유무를 평가하였다. [2] 그리고 홀더만 장착한 상태의 검량선에 대비하여 홀더와 분석대상소재를 장착한 상태에서 검량한 결과를 비교하므로써, 각 소재의 접촉유무에 따라 VOC의 검량결과가 어떤 식으로 차별화가 이루어지는지를 구분하고자 하였다. 만약 통과 후의 농도가 더 감소한다면, 이들 소재는 VOC를 흡착하는 소재로 기능하였다고 판단할 수 있다. 본 연구에서는 우선적으로 이러한 분석기법의 적용 가능성에 대하여 집중적인 조사를 실시하였다. 그리고 그 결과로 확보한 일부 초기 분석자료를 제시하고 설명하고자 하였다.

필터홀드에 조사대상 재료를 탑재 또는 비탑재한 상태에서 분석시스템을 구동한 운전조건은 다음과 같이 정리할 수 있다(Table 1). 우선적으로 20 ppm 농도대로 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 자일렌(p-xylene)을 함유한 원표준시료가스를 200 배 수준인 100 ppb 농도로 희석한 작업용 표준시료를 준비하였다. 이를 담은 테플러 백을 전술한 AS/TD 전용기 내부에 장착되어 있는 흡입펌프와 MFC(mass flow controller)를 통해 일정한 유량(10 mL/min)으로 6분 정도 열탈착 전용기 내부로 주입시켰다(총 분석 유량은 600 mL 수준). 주입한 시료는 펠티어 쿨러에 의해 -10 °C로 유지하는 조건에서 cold trap을 통해 저농농축(cryo-focusing) 시켰다. 이렇게 농축시킨 시료는 열탈착 과정(320°C에서 10분간)을 거친 후, GC(gas chromatography) column(DV-VRX, 60 m×0.32 mm×1.8 μm,

Table 2. An experimental condition for drawing 3-point calibration curves of three VOCs (benzene, toluene, and xylene). VOC standards prepared at a 100 ppb concentration were loaded into the PC/TD system at 3, 6, and 9 min at a fixed flow rate of 10 mL min⁻¹.

order	Sample loading condition		Amount of VOC loaded (pmol)
	Loading time (min)	Total volume (ml)	
1	3	30	123
2	6	60	245
3	9	90	368

J & W사 제조) 으로 주입시켜 최종적인 성분 분석을 수행하였다. 이때 GC의 oven 조건은 초기온도 50°C 에서 5분간 유지한 후 6°C/min으로 230°C까지 가열시켜 최종온도에서 5분 동안 유지하도록 하였다. GC 분석을 위한 가스는 다음의 조건으로 사용하였다: H₂= 30; N₂(Makeup gas) = 30; Air = 300 ml/min.

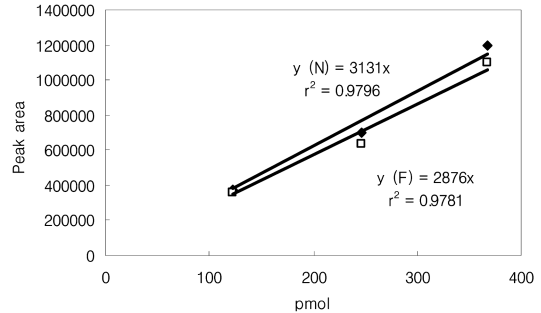
본 연구에서 방향족 성분들의 검량은 앞서 언급한 100 ppb 수준의 작업용 표준시료를 10 mL/min 유속에서 3, 6, 9분씩 주입하는 방식으로 검량선을 확보하였다. 각 검량점에 해당하는 VOC의 양은 123, 245, 368 pmol이므로, 벤젠으로 환산할 경우 9.6, 19.1, 28.7 ng에 해당한다(Table 2). 이와 같은 반복분석의 결과로부터 상대표준오차를 산출하면, 정밀도는 약 9% 이하를 유지하는 것으로 나타났다. 본 분석시스템의 정확도는 TO-14 표준가스 등을 이용하여 비교 분석한 결과, 5% 내외로 확인되었다. 절대량을 기준으로 할 때, 본 연구에 활용된 GC-FID 시스템은 benzene을 기준으로 대략 0.1 ng 수준의 검출한계를 유지하였다.⁷

3. 결과 및 토론

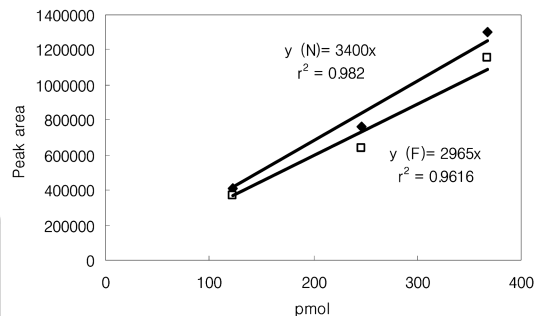
3.1. 필터홀더 방식의 기본적인 특성평가

각 소재별 흡착특성을 평가하기 위한 가장 기본적인 전제로 이들 소재에 어떻게 VOC가스를 접촉시켜 주는 방식과 동일하게 각종 소재들과 VOC 가스의 접촉을 유도하는지를 들 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위한 가장 기본적인 방법으로 모든 소재를 원형의 필터모양으로 준비하고 이들 필터모양의 소재와 VOC 가스가 밀폐된 상황에서 접촉할 수 있는 실험방법을 강구하였다. 이를 위해, 각각의 소재에 동일한 조건으로 VOC의 접촉을 유도할 수 있는 테플론 재질의 필터홀더를 제작하였다. 따라서 본 연구의 1차적인 비교

A. Benzene



B. Toluene



C. p-xylene

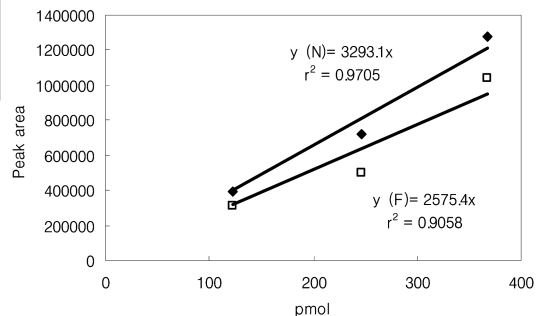


Fig. 2. Evaluation of sorptive loss due to the insertion of a filter holder pack. Comparison of calibration results is made between normal (N) and plus filter holder pack (F) method..

검정단계로 다음과 같이 두 가지 조건에서 검량선을 작성하고, 검량결과와의 상대적인 차이를 비교하였다. 선행연구에서는 어떤 소재에 대한 흡착여부를 평가하기 위해, 흡착을 유도하는 것과 탈착을 유도하는 것을 분리된 시스템을 대상으로 각각 비교하였다.⁵ 따라서 본 연구에서 접근한 방식은 선행연구의 실험 방법에 비하여 훨씬 간결하고 오차의 발생여지를 줄였다고 볼 수 있다.

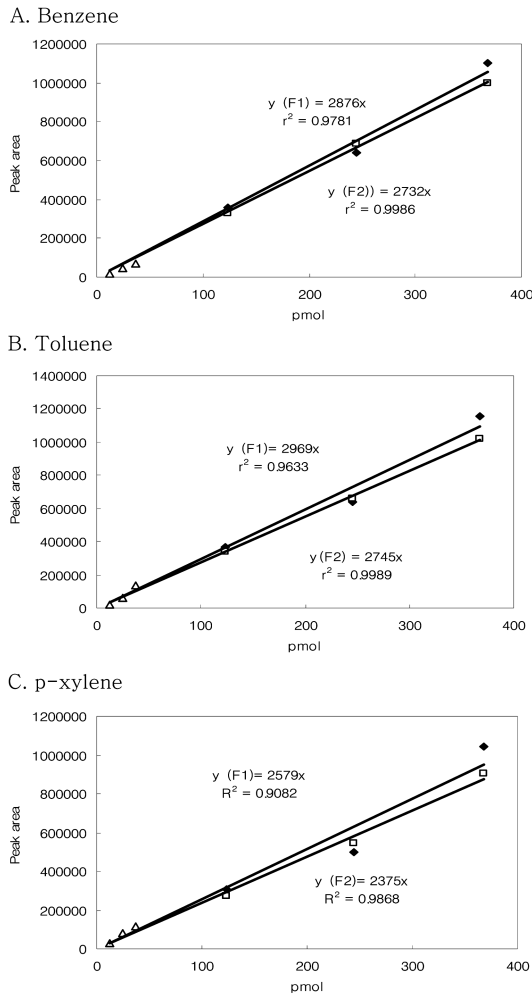


Fig. 3. A test of reproducibility for calibration method with the filter holder pack attached. A same calibration procedure is repeated to see the reproducibility. A symbol with open triangle is the calibration result obtained using a 10 ppb standard.

이러한 실험을 위해, 우선 필터홀더를 장착하지 않은 정상적인 상태에서 검량을 유도하고, 그 다음에는 필터홀더를 장착한 상태에서 검량을 유도하였다. 그림 2에 제시한 이 비교실험의 결과를 보면, 분자량이 커질수록 기울기의 차이가 커지는 것을 알 수 있다. 즉, 양 방식간의 기울기 차를 감안할 경우, 필터홀더에 흡착손실된 분율이 성분의 분자량과 어느 정도 연관성이 있을 것이란 점을 확인할 수 있다. 예를 들어, 벤젠은 9.2%, 톨루엔은 12.8%, 자일렌은 21.8% 수준으로 필터홀더와의 접촉손실이 일어난 것을 알 수 있다.

이와 같은 필터의 사용에 따른 흡착손실의 가능성

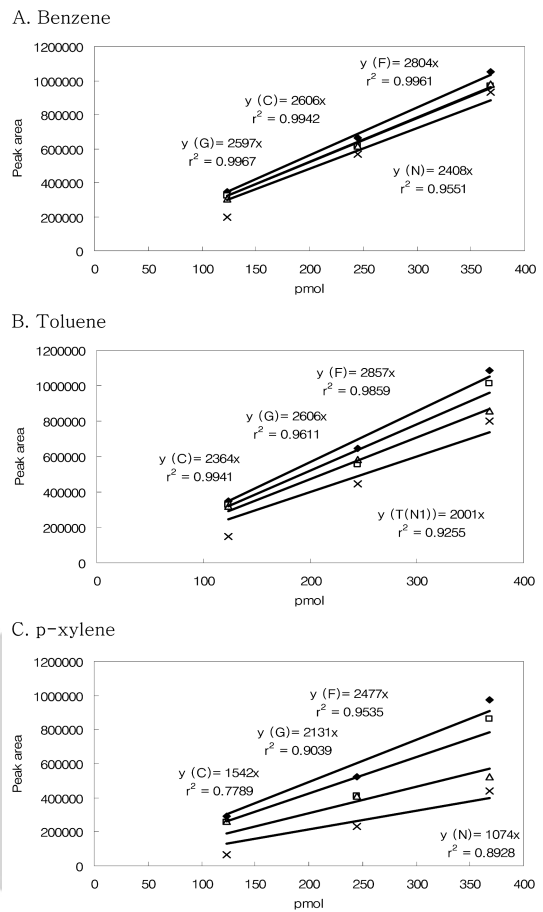


Fig. 4. Comparison of VOC calibration results obtained after passing different material types: (1) filter pack (F= filled diamond): basis of comparison, (2) glass fiber (G=empty rectangle), (3) cotton (C=empty rectangle), and (4) nylon (N=x mark).

에 대한 인식을 바탕으로 필터홀더 방식의 분석에 대한 재현성을 하루 중에 2차례의 검량선을 구하는 방식으로 반복분석을 통해 비교분석하였다(Fig. 3). Fig 3의 결과에 의하면, 상당히 양호한 일치의 정도를 볼 수 있다. 하루 중 2차례 작성한 검량기울기 값으로 표준상대오차(relative standard error: RSE)를 구하면, 벤젠, 톨루엔, 자일렌은 각각 2.5, 3.3, 4.1%를 기록하는 것으로 나타났다. 모든 성분들의 재현성은 2~4% 내외로 대단히 양호한 수준인 것을 확인할 수 있었다.

3.2. 재질 및 성분별 흡착경향의 특성 비교

필터홀더를 사용한 방식의 일반적인 특성을 Fig. 2, 3에 제시한 방식으로 평가하였다. 필터홀더에 VOC의

Table 3. Comparison of calibration results obtained using different approaches and/or materials.

A. Comparison of calibration slopes “between normal” (N) and “plus filter holder” (F) calibration method

Calibration approach		Compounds		
Full name	Acronym	benzene	toluene	xylene
Normal	N	3131	3400	3293
+ Filter Holder	F	2804	2857	2477

B. Comparison of calibration slope values between different material types

Material type		Compounds		
Full name	Acronym	benzene	toluene	xylene
Glass fiber	G	2597	2606	2131
Cotton	C	2606	2364	1542
Nylon	N	2408	2001	1074

C. Relative loss percentage of different surface materials (%)*

Material type	Compounds		
	benzene	toluene	xylene
G	7.37	8.77	14.0
C	7.05	17.3	37.7
N	14.1	30.0	56.7

표준가스를 흘려주는 방식으로 검량한 결과는 이를 장착하지 않고 검량한 것에 비해 어느 정도 흡착손실이 일어나는 것을 알 수 있다. 필터홀더를 사용함으로써 발생하는 손실은 적정 범위 이내란 것을 알 수 있고, 또한 그 재현성이 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 필터홀더에 의한 손실은 기본적인 특성이라는 전제하에 여러 가지 소재들의 흡착특성을 비교하기 위한 실험을 진행하였다. 비교실험에 이용한 3개의 소재는 다음과 같이 [1] 비교적 반응성이 크지 않은 글래스 파이버 필터(glass fiber filter=G), [2] 옷감 소재의 흡착특성을 비교하기 위한 가장 기본 소재로 면(cotton=C), [3] 제 2의 옷감소재로 나일론(nylon=N)을 택하여, 이들 3가지 재료에 대한 BTX 성분의 흡착특성을 확인하였다. Table 3에는 홀더만 장착한 상태에서 구한 검량결과와 함께, 위에 비교대상으로 제시한 G, C, N 소재를 부착한 상태에서 검량한 결과를 성분별로 제시하였다. 그리고 이러한 실험결과를 토대로 보다 세부적인 분석을 시도하였다.

Fig. 4에는 각각의 개별 성분으로 자료를 분리한 후, 각 성분들에 대한 소재별 흡착특성을 각각의 기울기로 비교할 수 있는 근거를 제시하였다. 그림 4의 결과에 의하면, benzene, toluene, xylene으로 갈수록 소재들 간의 결과 차이가 크게 벌어지는 것을 알 수 있다.

Table 4. Computation of sorptive loss rate of VOC across different surface materials

Type	Amount supplied (pmol)	Sorptive loss rate (ng m ⁻² min ⁻¹)*		
		benzene	toluene	xylene
G	123	105	139	202
	245	112	238	352
	368	127	127	229
C	123	182	176	188
	245	115	169	349
	368	109	394	927
N	123	692	1057	1384
	245	226	533	906
	368	184	495	1100

*All values are computed by considering the differences in sorptive loss rates between F and others.

벤젠의 경우 소재의 차이에 상관없이 기울기 값이 상당히 유사한 경향을 보이지만, 자일렌의 경우 가장 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 그런데 이와 같은 기울기 크기의 차이는 소재별로 일정한 순서 또는 규칙을 유지한다는 것을 알 수 있다. 대체로 글래스필터가 가장 작은 흡착손실을 보이고, 면은 중간 수준, 나일론은 가장 큰 손실이 일어나는 것을 알 수 있다. 또한,

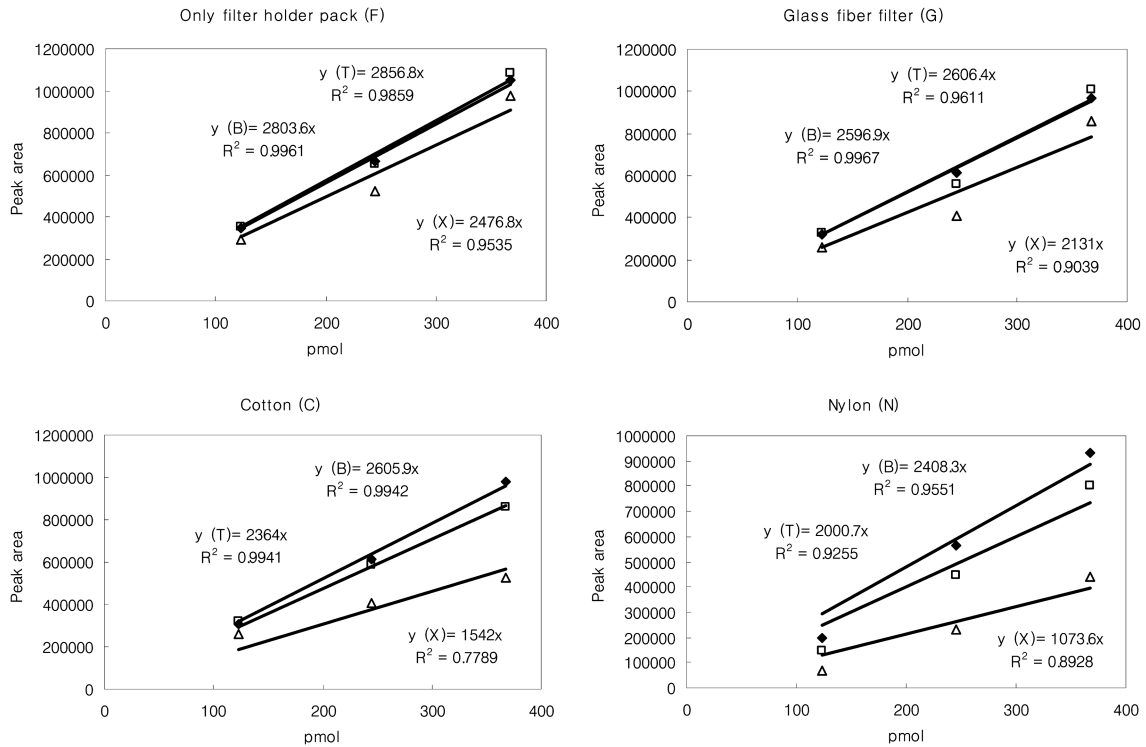


Fig. 5. Comparison of calibration results between different VOCs is made for each individual material. Symbols of benzene, toluene, and xylene are given as dark diamond, empty rectangle, and empty triangle, respectively.

이러한 분석결과를 바탕으로 Table 4에서는 각각의 소재들에 직접적으로 접촉한 상태에서 일상적인 검량 방식과 동일한 기준으로 검량을 시도하였다. 따라서 정상적인 조건에서 확보한 검량기율기에 대비하여, 이들 옷감류를 통과한 분석결과로부터 확보한 기율기를 비교하는 방식으로 개별 소재에 대한 흡착손실의 정도를 평가하고자 하였다. Fig. 5에는 이와 같은 비교 대신 동일한 소재를 기준으로 각각의 성분들로부터 구한 기율기를 동시에 비교할 수 있게 도식하였다. 이 결과에 의하면, 흡착손실은 예외없이 모든 물질에서 벤젠, 톨루엔, 자일렌과 같이 분자량이 큰 성분으로 갈수록 흡착손실이 증가하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 결과적으로 이러한 연구에 의하면, VOC와 같은 성분의 흡착이 내부적으로는 분자량과 같은 기준 그리고 외부적으로는 접촉을 하는 소재에 민감하게 영향을 받는다는 것을 실증적으로 확인할 수 있다. 이와 같이 분자량 또는 그와 파생한 변수가 이러한 성분들의 흡착에 중요한 변수로 작용할 수 있다는 것은 기준에 본 연구진이 황계열 화합물을 대상으로 한 조사에서 본 결과와 상당 부분 일관성이 있다는 것을

확인할 수 있다.⁵ 본 연구진의 선행연구에 의하면, 황 화합물의 경우에도, H₂S, CH₃S, H(CH₃)₂S, (CH₃)₂S₂ 와 같이 분자량이 증가하는 순서로 피복류에 대한 흡착손실이 증가하는 것으로 나타났다.⁵

4. 결 론

본 연구에서는 가스상 VOC 시료를 반응성이 다른 여러 가지 소재들 (글래스 파이버 및 두가지 피복소재)에 직접 접촉시켜 주는 방식으로, 옷감재료의 흡착특성을 판단할 수 있는 기초연구를 수행하였다. 각종 소재의 흡착특성을 평가하기 위해, 각종 소재를 장착할 수 있는 필터홀더를 분석라인에 결합한 방식으로 조사대상 개별 소재들에 대한 각각의 검량선을 확보하였다. 소재를 장착하지 않고 구한 검량선에 대비하여 소재를 장착한 상태에서 구한 검량선을 비교하는 방식으로 각각의 소재에 대한 흡착손실을 평가하였다. 또한 이러한 특성을 개별 화합물질들간의 관계라는 측면에서도 평가해 보았다.

연구결과, 화학물질의 분자량과 흡착제로 역할하는

소재의 특성이 방향족 VOC화합물의 흡착특성에 중요한 변수로 작용하는 것을 확인할 수 있었다. 재질별로 흡착손실의 경향성을 비교해 보면, 반응성이 가장 낮은 글래스파이버 필터에서 가장 낮게 나타났다. 이에 비해 면소재의 흡착손실은 약간 더 크게 나타났고, 나일론은 흡착손실이 가장 큰 것으로 나타났다.

화학물질별 흡착특성을 비교한 결과에 의하면, 벤젠, 톨루엔, 자일렌의 순서로 흡착손실이 증가하는 경향을 보였다. 이는 분자량의 증가할수록, 확산속도가 줄어드는 것과 같은 영향 등을 반영하는 것으로 판단된다. 이처럼 상대적 흡착특성이 분자량과 일정 수준 연계성을 보이는 경향성은 이미 본 연구진이 4가지 황계열 화합물을 이용한 선행연구에서도 확인한 바 있다. 황화합물의 경우에도, H_2S , CH_3SH , $(CH_3)_2S$, $(CH_3)_2S_2$ 와 같이 분자량이 증가하는 순서로 흡착손실이 규칙적으로 증가하는 것을 확인한 바 있다. 그러나 흡착특성에는 흡착물질의 농도, 접촉시간, 접촉부피, 온도, 습도 등의 여러 가지 환경요소의 영향이 다양하게 기여할 것으로 추정된다. 본 연구는 이들 환경요소를 일정한 조건으로 유지하는 조건에서 흡착을 일으키는 화학물질과 흡착재질간의 관계를 비교하였다. 이러한 결과를 통해, 의복류와 같은 재질에 흡착이 잘 일어나는 성분을 파악하기 위한 정보를 확보하였다는 부분에서 본 연구의 가치를 확인할 수 있다고 본다.

감사의 글

본 연구의 일부는 한국과학재단의 R&E 연구사업의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. Baek, S. O., Jenkins R. A., Characterization of trace organic compounds associated with aged and diluted sidestream tobacco smoke in a controlled atmosphere – VOC and PAH. *Atmos. Environ.* **38**, 6583-6599, 2004.
2. Ohmori, S., Ohno, Y., Makino, T., Kashihara, T., Application of an electronic nose system for evaluation of unpleasant odor in coated tablets. *E. J. of Pharmaceutics and Biopharmaceutics.* **59**, 289-297, 2005
3. Sulyok, M., Haberhauer-Troyer, C., Rosenberg, E., Grasserbauer, M., Investigation of the storage stability of selected volatile sulfur compounds in different sampling containers. *Journal of chromatography A*, **917**, 367-374, 2001.
4. Sulyok, M., Haberhauer-Troyer, C., Rosenberg, E. (2002) Observation of sorptive losses of volatile sulfur compounds during natural gas sampling. *Journal of chromatography A* **946**, 301-305, 2002.
5. Kim K.-H., Choi Y.-J. and Yang H.-S., An investigation of odorizing efficiency of reduced sulfur compounds on textile surfaces. *International Journal of Environ. Analyt. Chemistry.*
6. Kim K.-H., Some insights into the gas chromatographic determination of reduced sulfur compounds (RSC) in air. *Environ. Sci. & Technol.*, **39**(17), 6765-6769, 2005.
7. Kim K.-H., Oh S.-I. and Choi Y.-J., Comparative analysis of bias in the collection of airborne pollutants: Tests on major aromatic VOC using three types of sorbent-based methods. *Talanta* **64**(2), 518-627, 2004.