

VOC Analyzer를 이용한 파티클보드로부터 방산되는 휘발성유기화합물의 간이 측정방법 개발*1

안재윤*2 · 김수민*2 · 김진아*2 · 김현중*2† · 문석중*3

Development of Simple Test Method using VOC Analyzer to Measure Volatile Organic Compounds Emission for Particleboards*1

Jae-Yoon An*2 · Sumin Kim*2 · Jin-A Kim*2 · Hyun-Joong Kim*2† · Suck-Joong Mun*3

요 약

VOC Analyzer는 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 등 4가지 방향족 탄화수소 가스를 측정하기 위한 휴대용 장비이다. VOC Analyzer는 반도체 가스 센서가 존재하는데 이 센서는 가스크로마토그래프에 필요했던 캐리어 가스를 필요 없게 하였다. 게다가 반도체 가스 센서는 가스 성분에 대해 초고감도이기 때문에 전형적인 가스 포집기나 복잡한 장비가 필요 없다. 다른 측정방법과 비교하면 VOC Analyzer는 실험의 반복과 결과의 도출이 용이하기 때문에 건축자재에서 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌을 측정하는데 유용하다. VOC Analyzer는 기본적 공기 중의 4가지 VOC를 측정하는 것인데, 본 연구에서 재료, 파티클보드에서 방산되는 VOC를 분석하는 방법을 고안하였다. 시편을 밀봉하여 96시간 후에 측정할 때 최대 VOC 값, 즉 안정화 된 VOC 방산량을 측정할 수 있다. 건축자재의 TVOC 방산을 측정 시 다른 방법에 비해 쉽고, 빠르며 경제적인 시험 방법이라 VOC Analyzer를 이용한 시험 방법을 개발하였다. VOC Analyzer는 건축 자재로부터 방산되는 VOC에 대해 빠른 측정과 쉬운 시험방법이 요구되는 곳에 널리 사용 될 것이라 기대한다. 더욱이 VOC Analyzer는 현재에 사용되고 있는 표준 방법 보다 더 쉽고, 빠르고, 경제적인 기술로의 적용이 가능하였다.

* 1 접수 2006년 5월 13일, 채택 2006년 7월 18일

* 2 서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공 바이오복합재료 및 집착과학 연구실, Lab. of Adhesion & Bio-composites, Program in Environmental Materials Science, Dept., of Forest Sciences, College of Agriculture & Life Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

* 3 R&D Dept., Medical & Environmental Devices Division, ABILIT Corporation, Osaka 542-0081, Japan

† 주저자(corresponding author) : 김현중(e-mail: hjokim@snu.ac.kr)

ABSTRACT

The volatile organic compound (VOC) Analyzer is a portable device to measure the four main aromatic hydrocarbon gases: toluene, ethylbenzene, xylene and styrene. With the VOC Analyzer, a semiconductor gas sensor eliminates the need for the carrier gas which is required for conventional gas chromatographs. In addition, since the semiconductor gas sensor is supersensitive to gas components, it is not necessary to use a conventional gas concentrator or other complicated equipment. Compared with other measurement methods, the VOC analyzer is useful for measuring toluene, ethylbenzene, xylene and styrene in wood-based panel because of its ease in obtaining field results and repeating the test. The VOC Analyzer primarily measures four VOC in the air. In this study, we designed a test method of VOC measurement for particle board. A specimen was sealed in 3L polyester bag, after 96hours we could measure maximum VOC emission level that is a stabilized VOC Value. For easy, fast and economic testing of TVOC emission from wood-based panel, we developed the test method with the VOC Analyzer. The VOC Analyzer is expected to gain widespread use in the manufacturing field where a quick and easy test for VOC emission from wood-based panel is required. Furthermore, the VOC Analyzer promises to become an easier, faster and more economic technique than the currently used standard methods.

Keywords: VOC, VOC Analyzer, wood-based panel, test method

1. 서 론

현대 사회에서는 실내환경에 대한 관심이 크게 증가하고 있고 주택의 구조나 사용되고 있는 건축재료는 크게 바뀌어 왔다. 신축·개축 후의 주택, 사무실 등에서는 냉·난방, 단열 등 에너지 절약 대책의 이유로 실내공간의 고기밀화가 되어 가고 있다. 또한 실내 공간내의 내장재, 가구 등에서 다양한 화학물질이 사용됨에 따라 화학물질의 방산에 의한 실내공기오염으로 거주자들에게 나타나는 다양한 건강 이상 증상에 대해서 보고되고 있다. 이처럼 실내공기오염의 중요성은 인간이 실내에서 생활하는 시간이 하루 중 90% 이상을 차지하고 있으며, 실내공기질은 채실자들의 건강에 직접적으로 영향을 미치기 때문이다(이 등, 2003).

실내 공기의 주 오염물질로는 질소 산화물(NOx), 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compound: VOC) 등이 있다. 이런 물질은 우리 인체에 매우 유해하며 거주자의 건강에 심각한 악영향을 미칠 수 있다

(Pickrell *et al.*, 1986). 휘발성유기화합물(VOC)은 수많은 유기화합물의 총칭으로 발생원이 매우 다양하며 각 나라마다 VOC에 대해 조금씩 다르게 정의하고 있다. VOC는 상온, 상압에서 액체상이나 고체상으로 존재할 수 있지만 대기 중에서는 가스상으로 존재하는 모든 유기화합물질로 정의할 수 있으며, 20°C에서 760 torr (101.3 Kpa)보다는 작고 1 torr (0.13 Kpa) 보다 큰 증기압을 가지는 모든 유기화합물질이라고 할 수 있다(한국공기청정협회, 2000). VOC는 주로 BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, o-xylene)와 할로젠화 탄화수소로 이루어져 있다(Afshari and Lundtren, 2003). Table 1은 미국 EPA Method TO-14에서 규정한 독성 VOC 들과 각각의 특성이다(이 등, 2002). 수 많은 VOC 물질중에 톨루엔, 에틸벤젠, o-자일렌, 스티렌은 여러 나라의 실내에서 발견 되는 주 VOC로 본 실험의 연구 물질로 선정하였다(Risholm-Sundman and Wallin, 1999). Wolkoff (1999)는 건축자재의 1차 방산 VOC와 2차 방산 VOC 특성의 중요성을 언급하고 있다. 1차 방산은 유리

Table 1. Official toxicity VOCs and their characteristic from american EPA Method TO-14

Compound	Molecular Formula	Molecular Weight (g)	Boiling Point (°C)
Dichlorodifluoromethane	Cl ₂ CF ₂	120.91	-29.8
Methyl chloride	CH ₃ Cl	50.49	-24.2
1,2-Dichlorotetrafluoroethane	ClCF ₂ CF ₂ Cl	170.92	3.8
Vinyl chloride	H ₂ C=CHCl	62.50	-13.9
Bromomethane	H ₃ Br	94.94	4.0
Ethyl chloride	C ₂ H ₅ Cl	64.52	12.3
Trichlorofluoromethane	CFCl ₃	137.37	23.7
1,1-Dichloroethene	H ₂ C=CCl ₂	96.94	30.0~32.0
Methylene chloride	CH ₂ Cl ₂	84.93	39.8~40.0
1,1,2-Trichlorotrifluoroethane	ClCF ₂ CCl ₂ F	187.38	47.0~48.0
1,1-Dichloroethane	Cl ₂ CHCH ₃	98.96	57.0~59.0
1,2-Dichloroethane	ClCH=CHCl	96.94	48.0~60.0
Chloroform	CHCl ₃	119.38	60.5~61.5
1,2-Dichloroethane	ClCH ₂ CH ₂ Cl	98.96	83.0
1,1,1-Trichloroethane	CH ₃ CCl ₃	133.41	74.0~76.0
Benzene	C ₆ H ₆	78.11	80.0
Carbon tetrachloride	CCl ₄	153.82	77.0
1,2-Dichloropropane	H ₃ CH(Cl)CH ₂ Cl	112.99	96.0
Trichloroethylene	ClCH=CCl ₂	131.39	86.9
cis-1,3-Dichloropropene	ClCH ₂ CH=CHCl	110.97	105.0~106.0
trans-1,3-Dichloropropene	ClCH ₂ CH=CHCl	110.97	97.0~112.0
1,1,2-Trichloroethane	ClCH ₂ CHCl ₂	133.41	110.0~115.0
Toluene	C ₆ H ₅ CH ₃	92.14	111.0
1,2-Dibromoethane	BrCH ₂ CH ₂ Br	187.87	131.0~132.0
Tetrachloroethylene	Cl ₂ C=CCl ₂	165.83	121.0
Chlorobenzene	C ₆ H ₅ Cl	112.56	132.0
Ethylbenzene	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	106.17	136.0
m-Xylene	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106.17	138.0~139.0
p-Xylene	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106.17	138.0
Styrene	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	104.15	145.0~146.0
o-xylene	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106.17	143.0~145.0
1,1,2,2-Tetrachloroethane	Cl ₂ CHCHCl ₂	167.85	147.0
1,3,5-Timethylbenzene	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	120.20	162.0~164.0
1,2,4-Timethylbenzene	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	120.20	168.0
m-Dichlorobenzene	C ₆ H ₄ Cl ₂	147.00	172.0~173.0
p-Dichlorobenzene	C ₆ H ₄ Cl ₂	147.00	173.0
o-Dichlorobenzene	C ₆ H ₄ Cl ₂	147.00	179.0~180.0
1,2,4-Trichlorobenzene	C ₆ H ₃ Cl ₃	181.45	214.0
Hexachloro-1,3-butadiene	Cl ₂ C=CClCCl=CCl ₂	260.76	210.0~220.0

VOC와 저분자의 잔존 용매, 첨가제, 미반응 모노머 등이 원인이 된다. 2차 방산은 물리·화학적 결합한 VOC와 특별한 물리·화학적 조건의 과정에서 형성되거나 방산하는 VOC들이 원인이 된다. 합성 건축자재와는 반대로 천연 물질로 구성된 많은 건축 자재는 2차 방산 형태로 나타나면서 계속적으로 VOC를 방산

하고 2-에틸헥사놀과 같은 알코올, C₁에서 C₁₀까지의 지방산과 불포화 알데히드는 산화에 의해 저분자의 VOC는 약간의 악취와 함께 나타난다(Risholm-Sundman, 1999).

현재 사용되는 건축자재로부터 방산되는 휘발성 유기화합물(VOC) 측정하기 위하여 연구기관이나 대학

VOC Analyzer를 이용한 파티클보드로부터 방산되는 휘발성유기화합물의 간이 측정방법 개발

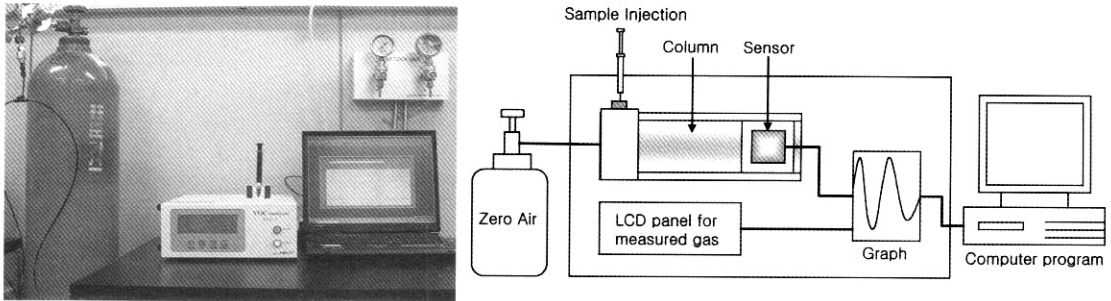


Fig. 1. Schematic diagram of the VOC Analyzer.

에서 여러 가지 측정방법을 개발 중이고 ASTM, 1992 (American Society for Testing and Materials), CEC, 1992 (Commission of the European Communities), CEN, 1998 (European preliminary standard ENV 13419 part 13)에서는 이미 측정 실험 방법에 대해 발행 되고 있다. 이런 실험 방법은 자재 생산자, 구매자, 연구원에게 중요하며 또한 실험을 통해 건축자재가 실내 공기 질에 미치는 영향을 명시하는 것도 중요한 부분이다(Kavouras *et al.*, 1998).

정부는 2004년 실내공기질에 대해 제재를 시작 하였고 또한 환경부는 오염물을 방산하는 건축자재의 사용을 법적으로 규정하였고, 소형챔버법(JIS A 1901)으로 측정한 건축자재가 총휘발성유기화합물 (Total VOC) 방산량이 $4.0 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$ 이 넘는 자재는 사용을 금지하였다. 생산자는 어떻게 건축자재로부터 방산되는 오염물질을 저감할 것인가를 고민하고 구매자도 실내공기질을 어떻게 조절할 것인가에 대해서 고민하고 있다(Kim and Kim, 2005).

신축 또는 개축 공사한 건물의 경우 건축자재에서 방산되는 실내 공기 오염물질인 VOC는 일반 건물보다 훨씬 높게 나왔다(Brown, 1999; Rothweiler *et al.*, 1992; Tuomaninen *et al.*, 2001). 이 원인으로 벽지에 포함된 가스제와 벽지를 붙이기 위해 사용된 접착제, 목재 방부제, 커텐 류에 포함된 난연제, 가구, 목질건축재, 바닥재 및 합판에 사용 되고 있는 포르말린계 접착제와 목질건축재의 시공에 사용되는 접착제 내장 등에 사용되는 수지계 도료, 왁스 등에 포함되어 있는 휘발성의 화학물질이 때문이다(이 등, 2003).

실내공기질의 오염원인 VOC를 측정하는 방법은 여러 가지 있지만 간단하고 빠르게 측정 할 수 있는 VOC Analyzer는 주로 Toluene, Ethylbenzene, Xylene, Styrene 4가지 방향족 탄화수소 가스를 측정 하기 위한 휴대용 장비이다. VOC Analyzer의 반도체 가스 센서는 가스크로마토그래프에 필요했던 캐리어 가스가 필요 없게 하였다. 게다가 반도체 가스 센서는 가스 성분에 대해 초고감도이기 때문에 전형적인 가스 포집기 또는 복잡한 장비 등이 필요 없게 되었다. 특수한 컬럼은 4가지 방향족 탄화수소 가스를 분리하는데 사용되고 고해상도의 반도체 센스는 분리된 가스를 검출한다. 이 특수 컬럼은 일본의 VOC Analyzer를 생산하는 ABILIT사가 개발하였다. 이 시스템의 원리는 GC/MS와 비슷하고 신축 건물의 VOC측정에서 VOC Analyzer는 다른 측정기기 보다 실험의 반복이나 결과 도출이 쉽기 때문에 다른 측정 방법 보다 더욱 실용적일 것이다. VOC Analyzer는 접착제, 페인트, 가구, 건축자재의 제조공정 중 VOC 측정이 가능하므로 우리는 제품의 유해가스 방산을 조절 할 수 있게 되었다. VOC Analyzer와 구조는 Fig. 1에 나타내었다(Kim *et al.*, 2006).

본 연구에서는 이러한 공기 중의 주요 VOC를 측정하는 VOC Analyzer를 이용하여 건축재료, 그 중에서도 파티클보드로부터 방산되는 VOC를 측정하는 방법을 개발하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재 료

본 연구에서 사용된 재료는 건축자재로 많이 사용되는 파티클보드로써 동화기업(주)에서 분양 받았다. 파티클보드는 건설폐잔재와 원목을 50:50 비율의 칩을 이용하여 제조된 파티클보드로 비중은 0.8이고 두께 9 mm이다. 보드제작 시 사용된 접착제는 요소포름알데히드 수지로써 F/U (포름알데히드/요소)의 비 1.25이고 경화제는 10% NH₄Cl 수용액을 사용하였고 왁스 1% 첨가하였다. 점도는 29 cP이고 고형분율은 50.7%이다.

2.2. VOC Analyzer Test

분양 받은 파티클 보드를 항온항습실(온도 25°C ± 1, 습도 50 ± 5%)에 15일 동안 보관하였다. 파티클 보드를 10 cm × 10 cm 1개, 5 cm × 5 cm 4개, 2.5 cm × 2.5 cm 16개 3종류의 시편으로 절삭 한 후 하루 더 보관 하였다. Fig. 1은 VOC Analyzer의 모식도이다. 본 실험은 항온항습조건(온도 25°C ± 1, 습도 50 ± 5%)에서 3 L 폴리에스테르 봉지의 밑 부분을 자르고 각 시편을 폴리에스테르 봉지에 넣어 자른 부분을 테프론 테이프로 붙혀 봉지를 밀봉시켰다. 폴리에스테르 봉지 안을 N₂가스로 3번 정화시키고 N₂가스를 채워 넣었다. 그리고 가스타이트를 이용하여 폴리에스테르 봉지의 공기를 특정 시간에 포집하였다. 포집된 공기를 VOC Analyzer에 주입하여 분석했다. 백그라운드를 측정하기 위하여 빈 폴리에스테르 봉지에 N₂가스만 넣은 것도 준비했다.

측정방법은 다음과 같다. Fig. 2와 같이 3 L 폴리에스테르 봉지에 시편을 넣고 N₂가스를 채웠다. 폴리에스테르 봉지 윗부분 입구에 있는 구멍에 가스타이트를 끼고 봉지 안의 공기를 한번 포집하여 버리고 한번 더 포집했다. 가스타이트의 바늘 주위가 젖어 있거나 더러우면 티슈를 이용하여 깨끗이 닦아 준다. 포집한 가스의 0.5 cc 버리고 남아 있는 가스(5 cc)는 VOC Analyzer 주입구를 통해 주입하면 분석은 시작된다.

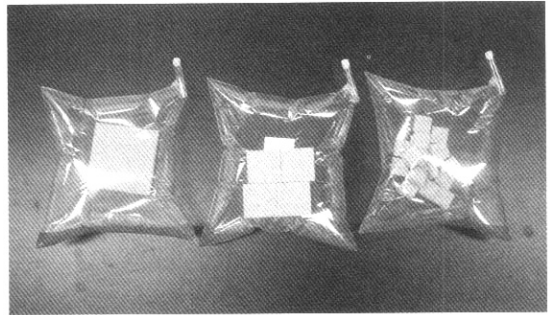


Fig. 2. Three kinds of specimens with N₂ in 3 L polyester bag.

반복 횟수는 3반복하였다.

2.3. GC/MS와 VOC Analyzer의 상관관계

GC/MS와 VOC Analyzer의 상관관계를 찾기 위해서 Fig. 3과 같은 구조로 세팅하였다. 첫 번째, 5 L 테프론 에 표준 가스를 채우고 0.005, 0.1, 1.0 ppm의 농도를 맞추기 위해 공기와 희석한다. 가스 분석을 위해 Tenax - TA 튜브와 Gastight를 이용하여 포집한다.

- Tenax - TA → GC/MS

- Gastight → VOC Analyzer

열흡착 튜브 Tenax - TA의 측정과 방산물의 분석은 KS (Korean Industrial Standard) M ISO 16000-6에 따라 이루어졌다. 5L 테프론 봉지에서 생생한 VOC 샘플링을 위해 펌프를 이용하여 1 L/10 min의 속도로 공기를 흡입하여 포집한다. Tenax - TA (100 mg)는 Perkin Elmer ATD 400 기기에 맞는 스틸 튜브를 사용한다(Kim and Kim, 2006).

3. 결과 및 고찰

본 실험에서 VOC Analyzer를 적용하기 위해서는 VOC Analyzer와 GC/MS의 결과는 적절한 상관관계를 가지고 있어야 하고 실험 후 Fig. 3에서 보는 바와 같이 GC/MS와 VOC Analyzer에 의한 측정 결과는 좋은 상관관계를 가지는 것을 알 수 있었다. GC/MS에 의해 측정된 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, o-자일렌의

VOC Analyzer를 이용한 파티클보드로부터 방산되는 휘발성유기화합물의 간이 측정방법 개발

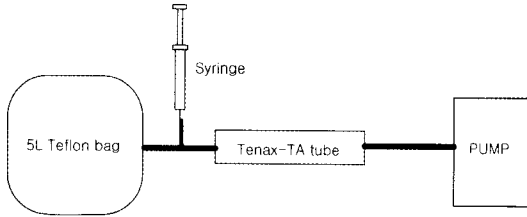


Fig. 3. Collection of gases for comparison between GC/MS and VOC Analysis.

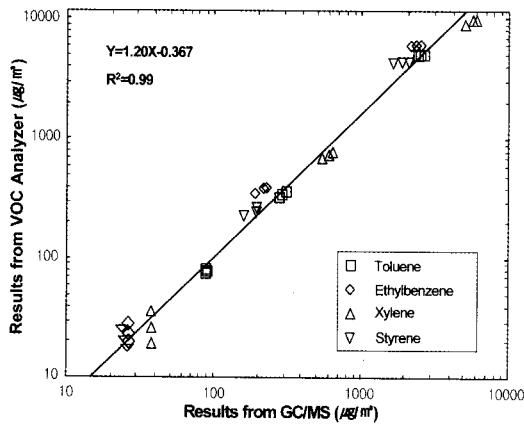


Fig. 4. Correlation between VOC emissions by GC/MS and VOC Analyzer.

함량은 $Y = 1.20X - 0.37$ (Y : GC/MS 결과($\mu\text{g}/\text{m}^3$), X 는 VOC Analyzer의 결과) 처럼 VOC Analyzer 결과와 일직선적으로 비례하였다.

파티클보드 제작 시 사용된 요소폼알데히드 수지는 열경화성 수지이므로 열경화 후에는 VOC방산이 없다고 한다. 그러나 Koontz와 Hoag는 요소수지를 사용한 목재 패널이 마무리 처리가 되지 않으면 MDF와 PB들은 VOC가 폼알데히드보다 더 많이 방산되고 게다가 폼알데히드까지 방산한다 보고하였다(Koontz and Hoag, 1995).

하나의 샘플에 대해 1, 10, 30분, 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 168, 192시간에 측정하였다.

Fig. 5에서 PB 10 cm×10 cm 1개, 5 cm×5 cm 4개, 2.5 cm×2.5 cm 16개 방산결과를 나타내고 있다. 시편 3종류의 VOC 방산량은 시작부터 4일까지 천천히 증가하여 4일 이후에는 결국 일정해졌다. 10 cm×10 cm 1개의 경우 4일째 자일렌이 $768 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장

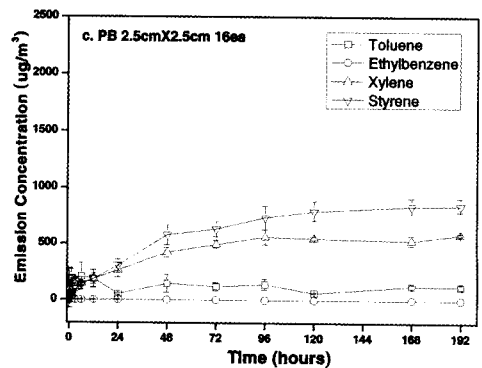
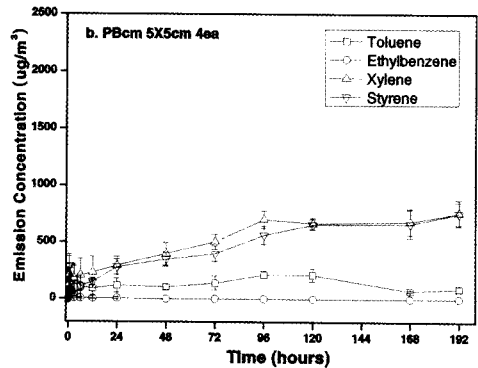
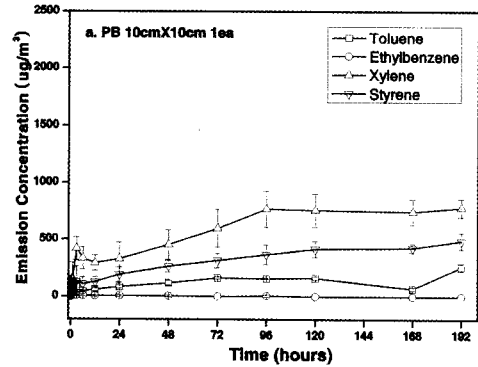


Fig. 5. VOC emission concentrations of PB (a. 10 cm×10 cm 1ea, b. 5 cm×5 cm 4ea, c. 2.5 cm×2.5 cm 16ea) by VOC Analyzer.

높았고 스티렌($368 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 톨루엔($157 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 에틸벤젠($4.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$)은 다음과 같았다.

5 cm×5 cm 4개의 경우는 10 cm×10 cm 1개에 비교하여 보면 4일째 자일렌의 양은 조금 감소하여 701

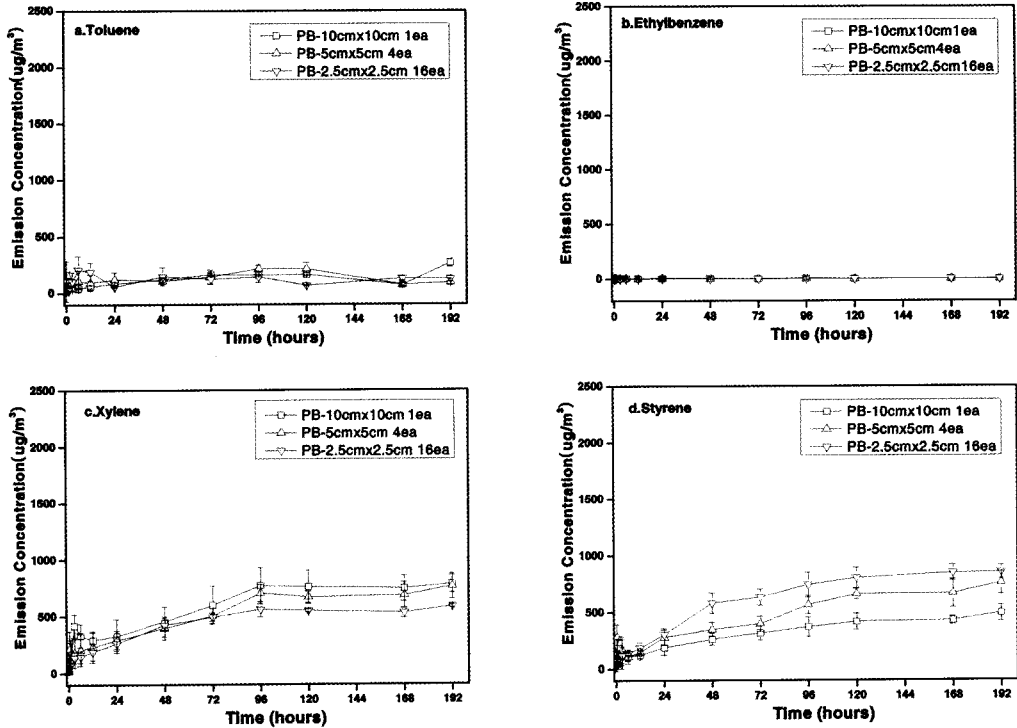


Fig. 6. Four VOC emission concentrations (a. toluene, b. ethylbenzene, c. xylene, and d. styrene) from all kind of PB by VOC Analyzer.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, 스티렌 함량은 증가하여 $563 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 스티렌 방산량이 증가하고 자일렌 방산량이 감소하고 있다는 것을 알 수 있었고 이들의 방산량은 비슷했다. 톨루엔과 에틸벤젠은 아주 적은 양이 방산 되었다. $2.5 \text{ cm} \times 2.5 \text{ cm}$ 16개의 경우 4일째 스티렌의 방산량이 $736 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높게 나타났다. 자일렌은 $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 스티렌 방산량은 자일렌 방산량 보다 높았다.

Fig. 6에서 톨루엔과 에틸벤젠은 VOC 방산에 있어서 극히 미량만이 방사하는 것과 시편의 종류와 관계 없이 일정량을 방산하는 것을 알 수 있고 파티클보드에서 방산 되는 주 VOC는 자일렌과 스티렌 이었다. 환경부에서는 건축자재로부터 VOC의 방산(TVOC)에 대한 지침서를 제공하고 있는데 목재로부터 천연 VOC도 해로운 것으로 간주 하고 TVOC 계산에 포함되어 있다. 그러나 VOC Analyzer의 결과에서 TVOC는 VOC Analyzer에서 측정되는 4가지 VOC의 총합이다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 세 종류 샘플의

TVOC의 경우 비슷한 경향으로 방산 되는 것을 알 수 있었고 방산량도 거의 비슷했다. 가장자리 면적(Edge 면적)이 많아져도 방산 되는 TVOC양은 비슷하게 나타났는데 포름알데히드의 경우는 가장자리 면적이 증가하면 방산량이 증가한다. 그래서 앞으로 반복 횟수를 늘려 가장자리 면적과 TVOC간의 정확한 경향을 찾고 다른 물질재료의 추가 시험으로 비교 분석 할 필요가 있다. TVOC도 시작부터 4일째까지는 천천히 증가하여 4일 이후에 일정해지는 것을 알 수 있다. 4일째가 VOC Analyzer로 VOC량을 측정하는데 최적의 시간이었다. TVOC의 경우 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 1개는 $1299 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ 4개는 $1480 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2.5 \text{ cm} \times 2.5 \text{ cm}$ 16개는 $1441 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

Fig. 8은 파티클보드의 VOC 방산이 안정화 되는 시간을 도식하였다.

Fig. 4에서처럼 VOC Analyzer와 GC/MS는 적절한 상관관계를 가지고 있다. VOC Analyzer는 VOC 측

VOC Analyzer를 이용한 파티클보드로부터 방산되는 휘발성유기화합물의 간이 측정방법 개발

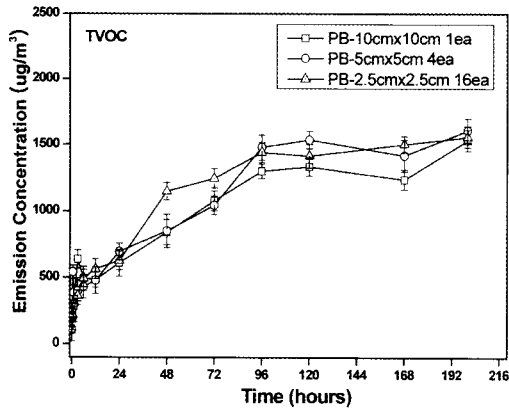


Fig. 7. TVOC emission concentration from all kind PB by VOC Analyzer.

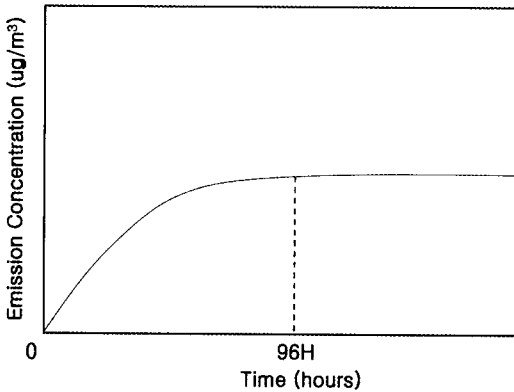


Fig. 8. Stabilized Time of VOCs emission from PB by VOC Analyzer.

정을 빠르고 쉽게 측정을 요구하는 곳에서 성공적으로 적용 될 것이다. VOC Analyzer를 이용한 TVOC 방산 정량 분석은 현재 사용하고 있는 표준 방법보다 경제적이면서 더 쉽고 빠른 방법이 될 것이다.

향후 유럽(EN 717-1), 일본, 한국에서 표준규격으로 시행 되는 20 L 소형챔버와 VOC Analyzer의 상관관계를 확립하는 실험이 필요 할 것이다.

4. 결 론

건축자재에 방산되는 VOC는 우리의 실내 공기 질에 악영향을 미치고 있다. 국내에서는 건축자재로부

터 방산되는 VOC를 측정하는 표준시험방법을 개발 중이고, 정부에서 2004년부터 실내공기질에 대해서 제어하고 있기 때문에 환경부에서는 오염물질을 방산하는 건축자재의 사용을 규제하고 있다. 정부의 규제에서 TVOC는 C₆부터 C₁₆까지로 간주한다. VOC를 측정하는 방법으로는 20L 소형챔버법이 있지만 측정 시 비용이 많이 들고 분석 시간이 VOC Analyzer보다 오래 걸린다. 그러므로 현재 VOC Analyzer는 다른 표준시험방법보다 비용이 싸면서 쉽고 빠르게 측정할 수 있는 장점을 가지고 있고 특히 개발된 측정방법은 제조공정상에서 TVOC를 측정하는데 그 성능을 발휘할 것이다.

VOC Analyzer의 특성과 기본적 성능을 다음과 같이 요약하였다.

- 1) 4가지 방향족 탄화수소 가스 성분(톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌)을 증명할 수 있다.
- 2) 간단한 가스 크로마토그래프 방법을 통한 정확한 예비 시험이 가능하다.
- 3) 캐리어 가스가 필요 없다.
- 4) 주위의 온도, 습도 영향을 적게 받는다.
- 5) 가스 성분의 표시는 ppm, μm^3 으로 표시한다.
- 6) 시험 준비 시간이 30분 이내다.
- 7) 측정시간은 8분으로 짧다.

VOC Analyzer에 3 L 폴리에스테르 투명 봉지를 이용하여 건축자재의 TVOC 방산 측정 시험을 개발하였다. 앞으로 VOC Analyzer와 표준 시험 방법인 20 L 소형chamber법을 겸하여 서로간의 상관관계를 찾을 것이다.

사 사

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어졌으며, 두뇌한국21사업(BK21)에 지원으로 수행 되었습니다. VOC Analyzer는 ABILIT Corp. (Japan)에서 제공 되었으며 이에 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

1. 이영규 외. 2003. 목질복합재료와 실내공기. 목재공학. 31(5): 1~14.
2. 이영웅 외. 2002. 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리 방법 연구. 환경부.
3. 한국공기청정협회. 2000. 실내 VOCs 오염물질의 방출 특성 및 실태조사. 한국환경민간단체진흥회.
4. 한국산업규격. 2004. KS M ISO 16000-6 실내공기-제6 부:흡착제 TENAX TA상에서의 활성 시료채취, 열탈착 및 MSD/FID를 이용한 가스 크로마토그래피에 의한 실내 및 챔버 공기 중의 휘발성유기화합물 측정.
5. Afshari, A., B. Lundgren, and L. E. Ekberg. 2003. Comparison of three small chamber test methods for the measurement of VOC emission rates from paint. *Indoor Air*. 13, 156~165.
6. Brown, S. K. 1999. In: *Organic Indoor Air Pollutants: Occurrence, Measurement, Evaluation*. Wiley-VCH Weinheim. p. 171.
7. Kavvouras, P. K., D. Koniditsiotis, and J. Petinarakis. 1998. Resistance of cured urea-formaldehyde resins to hydrolysis: a Method of evaluation. *Holz Roh Werkst* 52, 105~110.
8. Kim, S. and H-J. Kim. 2005. Comparison of formaldehyde emission from building finishing materials at various temperatures in under heating system; ONDOL. *Indoor Air*. 15, 317~325.
9. Kim, S. and H-J Kim. Evaluation of VOCs Emissions from Building Finishing Materials using Small Chamber and VOC Analyzer. *Indoor and Built Environment*. In press.
10. Kim, S., J. A. Kim, J. Y. An, H. J. Kim, and S. J. Mun. Development of Test Method using VOC Analyzer to Measure VOC Emission from Adhesives for Building Materials. In press.
11. Koontz, M. D. and M. L. Hoag. 1995. In: *Proceedings No. 7301: Measuring and Controlling Volatile Organic Compound and Particulate Emissions from Wood Processing Operations and Wood-Based products*. Wiley-VCH, Weinheim, p. 76.
12. Pickrell, J. A., L. C. Griffis, B. V. Mokler, C. H. Hobbs, G. M. Kanapilly, and A. Bathija. 1986. In: *Symposium Series, Formaldehyde release from wood products*. Wiley-VCH Weinheim. p. 40.
13. Risholm-Sundman, M. and N. Wallin. 1999. Comparison of different laboratory methods for determining the formaldehyde emission from three-layer parquet floors. *Holz Roh Werkst*. 57, 319~324.
14. Risholm-Sundman, M. 1999. Determination of Formaldehyde Emission with Field and Laboratory Emission Cell (FLEC) - Recovery and Correlation to the Chamber Method. *Indoor Air*. 9, 268~272.
15. Rothweiler, H., P. A. Wager, and C. Schlatter. 1992. Volatile organic compounds and some very volatile organic compounds in new and recently renovated buildings in Switzerland. *Atmos Environ* 26, 2219~2225.
16. Tuomaninen, M., A.-L. Pasanen, A. Tuomaninen, J. Liesivuori, and P. Juvonen. 2001. Usefulness of the Finnish classification of indoor climate, construction and finishing materials: comparison of indoor climate between two new blocks of flats in Finland. *Atmos Environ*. 35, 305~313.
17. Wolkoff, P., P. A. Clausen, P. A. Nielsen, and L. Møllhave. 1991. The Danish Twin Apartment Study; Part I: Formaldehyde and Long-Term VOC Measurements. *Indoor Air*. 4, 478~490.