

## 시판 PVC 벽지 중 가소제 및 중금속 함량

이철원 · 정탁교 · 김만구★

강원대학교 자연과학대학 환경과학과  
(2007. 8. 28. 접수. 2008. 4. 4. 승인)

### Content of plasticizers and heavy metals in the selling PVC wallpapers

Cheol-Won Lee, Tak-kyo Jung and Man-Goo Kim★

*Department of Environmental science, Kangwon National University  
192-1, Hyoja-Dong, Chuncheon, Kangwondo 200-701, Korea*

(Received August 28, 2007; Accepted April 4, 2008)

**요 약:** 2005년 이후 국내에서 생산된 벽지 중의 가소제와 중금속 함량의 실태와 변화를 파악하기 위해 2002년도에 생산된 벽지와 비교하였다. 벽지의 가소제는 KSM1991 방법에 따라 n-hexane을 용매로 속실투 추출하여 GC/FID로 분석하였다. 중금속은 EN 71-part 3 방법에 따라 0.07 mol/L 염산으로 전처리하여 ICP/OES로 분석하였다. 가소제는 DEHP, DINP, DEP, acetyl tributyl citrate가 검출되었다. DEHP는 6개 벽지에서 0.2~11.3%로 사용되고 있었고, DINP는 6개 벽지에서 17.9~27.8%, DEP는 한 개 벽지에서 1.5%, acetyl tributyl citrate도 한 개 벽지에서 8.9%로 나타났다. 2002년 PVC 벽지와 비교하면 가소제는 위해성 논란에 있는 DEHP에서 DINP와 DEP, acetyl tributyl citrate로 바뀌고 있는 것으로 확인되었다. 중금속은 방염벽지에서 안티몬이 환경마크의 기준값 이상이었던 것 외에는 모든 벽지에서 기준치 이하로 검출되었다. 이와 같이 PVC 벽지는 다양한 가소제의 사용으로 개선되고 있지만, 방염벽지와 같은 일부 기능성 벽지는 안티몬의 함량이 높은 것으로 조사되었다.

**Abstract:** Plasticizer and heavy metals in domestic PVC wallpaper manufactured in Korea after 2005 were analyzed to identify the contained quantity in comparison with the 2002 manufactured PVC wallpapers. Plasticizer of wallpapers was analyzed by the method KSM1991 which uses soxhlet extraction with n-hexane and GC/FID. Heavy metals were pre-treated with 0.07 mol/L hydrochloric acid (HCl) and analyzed by ICP/OES according to the EN 71-part 3 method. DEHP, DINP, DEP, acetyl tributyl citrate were identified from wallpaper. Contents of DEHP, DINP were 0.2~11.3%, 17.9~27.8% respectively in 6 wallpapers, DEP and acetyl tributyl citrate were 1.5%, 8.9% respectively in one wallpaper. Plasticizers have changed from DEHP that has possibility of hazards to DINP, DEP and acetyl tributyl citrate as compared with 2002. Heavy metals were detected under guide line from all of the wallpapers except fire-retardant wallpaper contain antimony. While PVC wallpaper was improved by use of various plasticizer, functional wallpapers such as fire-resistant wallpaper contain high antimony in this study.

**Key words :** plasticizer, antimony, wallpaper, DEHP, DINP

★ Corresponding author

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

E-mail : mgkim@kangwon.ac.kr

## 1. 서 론

벽지는 건축물의 벽과 천장을 종이, 합성수지 그리고 직물 등으로 장식하는 실내마감재이며 실내공간의 6면 중 최대 5면을 차지하고 있기 때문에 실내 환경에 미치는 영향이 크다. 최근 실내 보건 환경, 공간창출, 일의 능률, 정서 등에 대한 다양한 요구가 증가되어 다양한 기능을 가진 벽지 소재가 개발되면서 벽지의 종류 역시 매우 다양화 되었다. 국내에서 생산되는 벽지의 대부분을 차지하고 있는 PVC (polyvinylchloride) 벽지는 난연성과 내화학적 성질이 종이벽지 보다 우수하며 실크 벽지라는 이름으로 널리 사용되고 있다. 그러나 PVC 벽지의 기능성을 높이기 위해 첨가되는 다양한 첨가제에서 발생하는 오염물질이 실내 환경중으로 배출되어 실내 공기질을 악화시키고 있다. 가소제와 중금속은 벽지의 기능성을 위해 첨가되는 주요한 물질들이며 방염기능성을 향상시키기 위해 안티몬과 같은 중금속들이 첨가된다.

가소제는 PVC 수지 제품에서 유연성과 가공성을 개량하기 위하여 사용되는 첨가제이며, diethylhexyl phthalate (DEHP)는 연질 PVC에 사용되는 가소제의 40% 이상을 차지하고 있다.<sup>2</sup> 실내공기 중 DEHP와 DBP는 PVC 벽지에 기인한다는 보고가 있다.<sup>3</sup> 또한 PVC 장난감이나 PVC 제품에서 방출되는 DEHP는 경구나 호흡을 통해 노출이 될 수 있다.<sup>4</sup> 유럽연합에서는 완구 및 어린이용 제품에 DEHP와 함께 DBP, BBP와 같은 프탈레이트계 가소제의 사용을 금지하고 있으며 이러한 생산 및 수입 금지 방침을 세계무역기구(WTO)를 통해 각국에 통보하였다. 이에 따라 국내에서도 어린이용 PVC 완구에 이러한 가소제의 사용을 규제하고 있지만 DINP, DNOP, DIDP의 경우에는 아직 발암성 등 위해성 평가가 모두 이루어지지 않은 실정이다.<sup>5</sup> 국내에서 생산되고 있는 PVC 벽지는 소비자의 요구에 대응하여 DEHP 대신에 다양한 가소제로 대체해 나가고 있는 것으로 알려져 있다. 유럽에서 가소제의 소비량을 보면 1999년 까지 DEHP가 42%를 차지하고 있었지만 2004년에 와서는 22%로 감소하는 경향을 나타냈으며 DINP와 DIDP의 소비량은 35%에

서 58%로 증가하는 경향을 나타냈다.<sup>6</sup> PVC 벽지에 사용되는 가소제는 일본의 경우 2003년까지 DEHP가 60%이상을 차지하고 있었는데, DINP의 사용량이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 가소제의 동향은 DEHP의 사용이 규제되면서 다른 가소제로 전환되고 있는 것을 반영하고 있다.<sup>7</sup>

PVC 벽지는 발포과정에서 고온처리과정을 거치므로 그 열에 의한 분해를 막기 위해 금속안정제를 사용하고 있다. 주로 사용되는 금속은 납, 바륨, 아연, 칼슘, 주석으로 바륨-아연 안정제, 칼슘-아연안정제, 주석 안정제가 주로 사용되고 있다.<sup>8</sup> 또 안티몬과 주석, 아연, 셀레늄 등은 벽지에서 방염 기능을 추가할 때 사용하는 중금속으로 벽지의 기능성을 추가하면서 사용되는 물질들이다.<sup>9</sup> 중금속에 적은 양이라도 노출되면 체내 흡수 시 각종 신경 독성을 유발하고, 특히 안티몬의 경우 비소와 유사한 독성을 가지고 있으며 노출될 경우 폐렴 및 골다공증, 암을 유발하는 것이 보고되었다.<sup>10,11</sup> 벽지에 대한 한국공업규격에서는 난연성에 관한 규정을 두고 있으나 중금속의 함량에 대해서는 달리 규정이 없다. 하지만 환경마크의 기준에는 납과 비소, 안티몬 등 8종의 중금속 함량을 포함하고 있다.

이 연구에서는 2005년 이후에 생산된 7개사 8종의 PVC 벽지를 대상으로 가소제와 중금속의 함량을 분석하였고, 2002년에 생산된 벽지와 비교하여 최근 생산되고 있는 PVC 벽지의 환경성 개선 노력을 평가하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 시료의 종류

2005년과 2006년에 국내에서 생산된 7개 회사의 8개 PVC 벽지를 시중에서 구입하여 사용하였다. Table 1은 연구에 사용된 시료의 제조 시기와 제조사별 시료의 수를 나타내고 있다. 각 시료는 PVC 혼합물을 액화하여 원지위에 도포하여 컬러프린팅 및 발포 작업을 거친 실크벽지이며, E 벽지는 방염 벽지이다.

Table 1. Year of production for wallpaper samples

Company	A	B	C	D		E	F	G
				D-1	D-2			
year of production	2005	*	*	*			*	*
	2006				*	*	*	

2.2. 시약 및 장치

가소제의 분석용 표준물질은 Sigma-Aldrich의 99% DEHP (diethylhexyl phthalate), 99% DINP (diisononyl phthalate), 99% DEP (diethyl phthalate), 99% Acetyl tributyl citrate를 99% n-hexane (J.T.baker)에 녹여 검정 곡선의 표준용액으로 사용하였다. 속실렛 추출 시 용매로 사용된 99% n-hexane 역시 같은 제품을 사용하였다. 내부표준물질은 Sigma-Aldrich사의 anthracene-d<sub>10</sub>을 사용하였다.

속실렛(Corning glass)은 pyrex 재질의 제품을 사용하였고, 추출에 사용된 원통여과지는 셀룰로오스재질로 된 ADVANTEC NO.84 (Toyo Roshi Kaisha Ltd., 28 mm×100 mm)를 사용하였다. 시료 정제 시 사용한 주사기 필터는 0.45 µm의 Supor Acrodisc 25 (Pall Gelman Sciences Inc)를 사용하였다.

중금속 전처리는 35~37%의 HCl (Wako)을 사용하였다. HCl을 가한 시료는 진탕기(Jeio Tech, RS1)를 이용하여 혼합한 후, 항온오븐 (Vision, VS-1202D3N)에 넣어 37°C로 1시간을 유지시켰다. 전처리가 끝난 시료는 0.45 µm의 주사기필터(ADVANTEC, AD13JP-050AN)를 사용하여 정제하였다.

2.3. PVC 벽지 가소제 분석방법

PVC 벽지의 가소제 함량은 ‘KSM1991’ 시험법으로 측정하였다. 벽지를 0.5×0.5 cm로 잘라 3.0 g을 thimble에 넣은 후 180 mL의 n-hexane을 가한 후 69°C로 8시간 동안 속실렛으로 추출하였다. 추출액은 주사기필터로 여과하여 시료 1 mL에 내부표준물질(Anthracene-d<sub>10</sub> 400 µg/mL) 500 µL를 첨가하여 GC/FID로 3회 반복 분석하였다. 가소제의 정성은 표준물질의 머무름 시간과 GC/MS로 확인하였다. 정량분석은 농도 별로 제조된 각 표준물질들의 검량선을 가지고 산출하였으며, anthracene-d<sub>10</sub>의 면적으로 보정하였다. GC/FID의 분석 조건은 Table 2와 같다.

2.4. 중금속 분석방법

벽지 중의 중금속 함량은 ‘EN 71-Part 3’ 시험법으로 측정하였다. EN 71-part 3에서 측정 대상으로 하고 있는 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 바륨, 크롬, 수은, 셀레늄 8가지 물질을 ICP-OES (perkinelmer, Optima 530 DV)로 분석하였다. 0.5×0.5 cm 로 잘라낸 벽지 0.2 g을 20 mL 유리병에 넣고 0.07 mol/L HCl 10 mL를 가한 뒤 마개로 막고 진탕기를 이용하여 170 rpm으로 1시간을 혼합한 후 항온오븐에서 37°C로 1시간을 유

Table 2. Operating conditions of GC/FID for wallpaper

GC			
Model	Younglin M600D		
Column	DB-5 (30 m×0.25 mm I.D., 0.25 µm film)		
Carrier gas	He (1.0 mL/min)		
Injector Temp.	250°C		
Oven Temp.	100°C (2 min) - 10°C/min - 280°C (6 min)		
Detector			
FID	Temp.	280°C	
	Gas	H <sub>2</sub>	30 mL/min
		Air	300 mL/min
		Make-up	25 mL/min

Table 3. Operating conditions of ICP/OES for wallpaper

ICP-OES	
ICP-Optical emission spectrometer	Optima 530DV (PerkinElmer)
ICP source	Argon plasma of high temperature
RF power (W)	1350
Nebulizer flow (mL <sup>-1</sup> )	0.8
Plasma flow (mL <sup>-1</sup> )	15
Auxiliary flow (L/min)	0.8

지시켰다. 전처리가 끝난 시료를 0.45 µm 주사기 필터를 이용하여 여과하여 ICP-OES로 분석하였다. ICP-OES의 분석조건은 Table 3과 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 벽지의 가소제 함량 시험 결과

3.1.1. 가소제의 검출한계

가소제의 검출한계는 주어진 신뢰도 수준에서 검출 가능한 최소 농도의 분석신호와 분석기기의 바탕 신호의 비(signal to noise)를 이용하여 구하였다. 가소제의 검출한계는 DINP가 5 mg/L 였으며, DEP와 DEHP, acetyl tributyl citrate는 0.5 mg/L 였다.

3.1.2. 가소제의 바탕농도

Fig. 1은 벽지를 넣지 않고 원통여과지와 n-hexane만을 69°C 이상에서 8시간 환류하여, 속실렛 추출 후 GC/FID로 분석한 크로마토그램이다. 결과와 같이, 각 성분의 바탕농도는 검출한계 이하를 보였고, 따라서 가소제 정량 시 바탕농도는 고려하지 않았다.

3.1.3. 가소제의 검정곡선

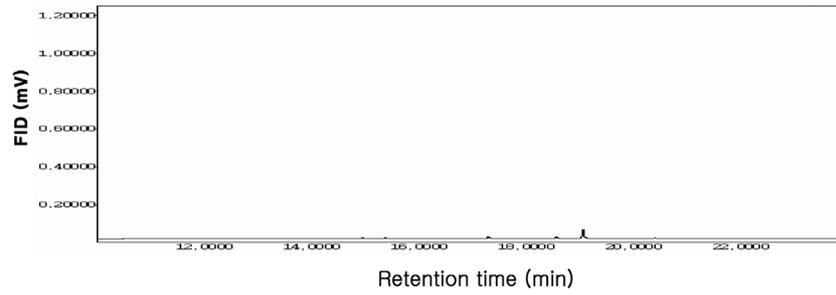


Fig. 1. Chromatogram of blank.

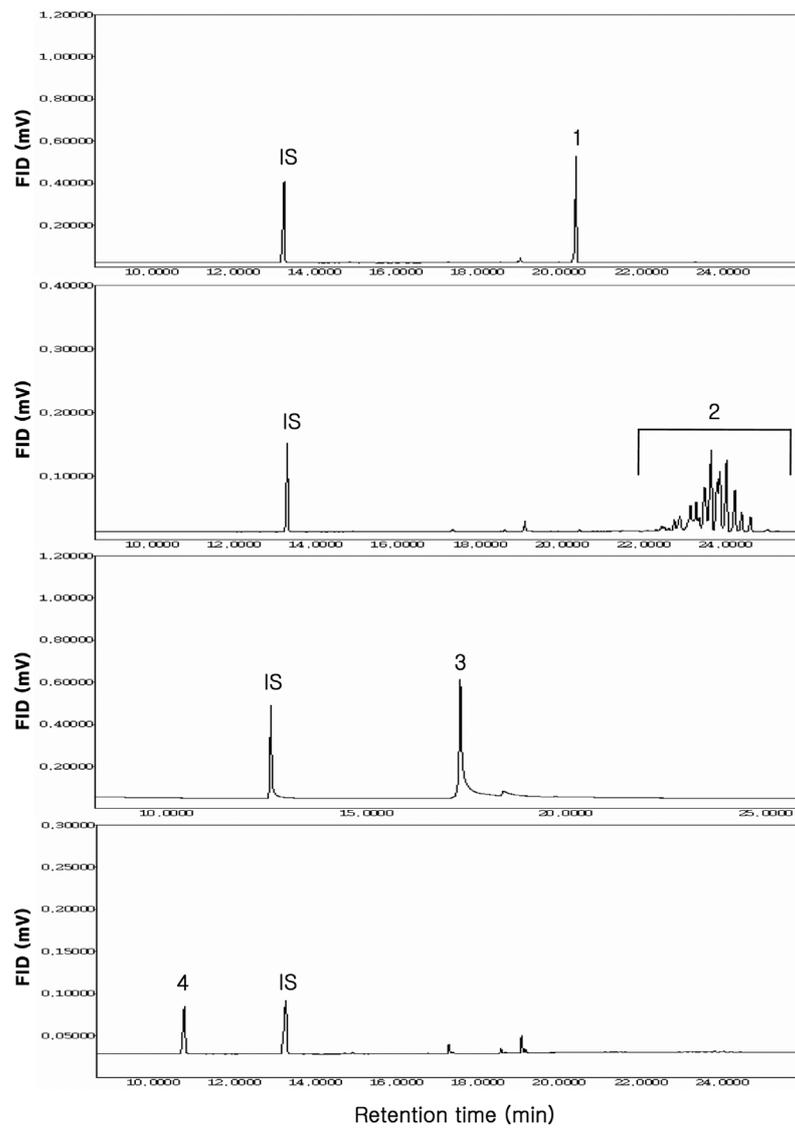


Fig. 2. Chromatograms for standards of plasticizer. Peak identity as follow.: IS: internal standard, 1: DEHP, 2: DINP, 3: Acetyl tributyl citrate 4: DEP

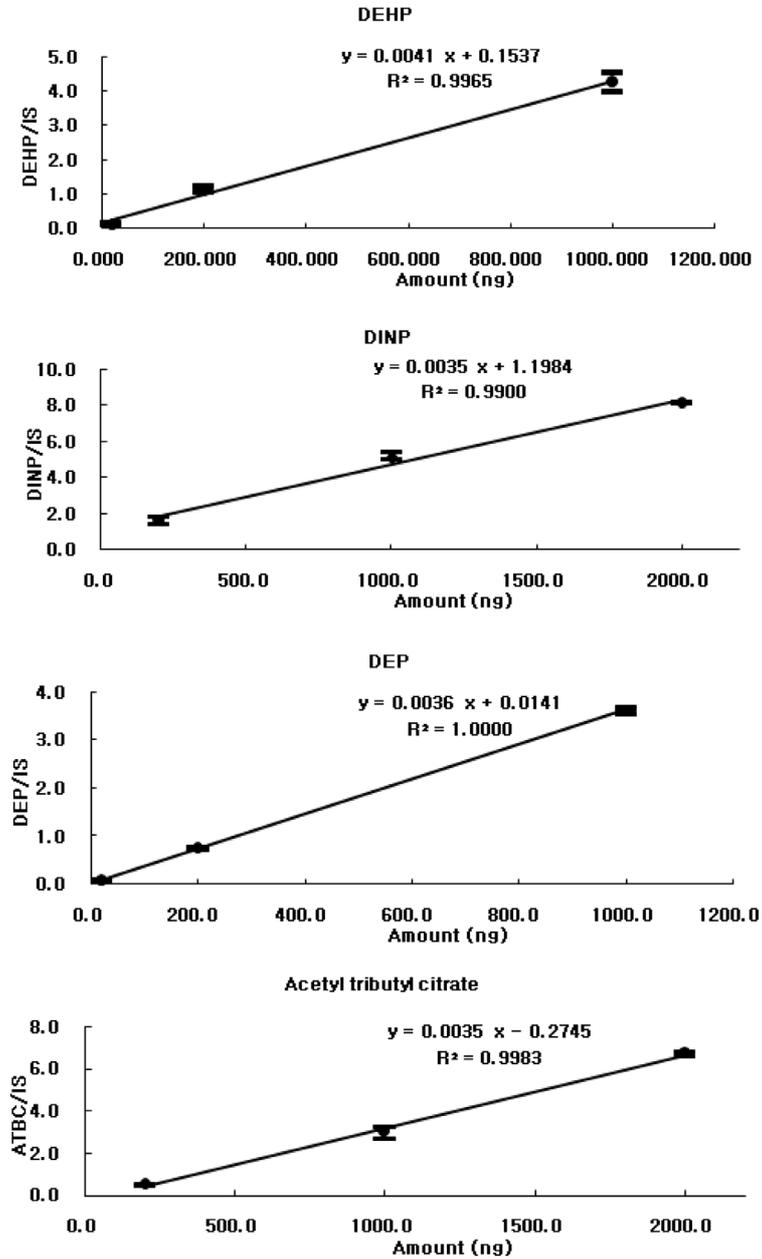


Fig. 3. Calibration curves of DEHP, DINP, DEP and acetyl tributyl citrate.

Fig. 2의 크로마토그램을 보면 DEHP와 DEP, acetyl tributyl citrate는 일정한 머무름시간에서 단일 피크로 확인되었지만, DINP는 여러 개의 피크로 나오는 것을 확인하였다. 이것은 DINP의 경우 여러 이성질체를 포함하고 있기 때문에 단일 피크가 아닌 여러 피크로 분리되어 나타나는 것이다.<sup>12</sup> 따라서 DINP의 경우 피

크가 시작되는 머무름 시간에서 끝나는 머무름 시간 사이의 면적을 전부 합해서 DINP에 해당하는 면적으로 보고 검정곡선을 결정하였으며, 시료의 정량 시에도 같은 방법으로 시료의 면적을 합한 후 검정곡선을 통해 함량을 산출하였다. Fig. 3은 가소제의 정량 분석을 위해 농도 별로 제조된 DEHP, DINP, DEP,

Table 4. Plasticizer contents of wallpaper product in 2005~2006

Sample	Plasticizer contents(%)								Total(%)
	DEHP		DINP		DEP		Acetyl tributyl citrate		
	AVG <sup>1)</sup>	RSD <sup>2)</sup> (%)	AVG	RSD(%)	AVG	RSD(%)	AVG	RSD(%)	
A	N.D. <sup>3)</sup>	-	19.9	8.0	N.D.	-	N.D.	-	19.9
B	0.4	10.8	27.8	8.7	N.D.	-	N.D.	-	28.2
C	1.1	5.4	17.9	3.9	N.D.	-	N.D.	-	19.0
D-1	0.3	7.4	21.4	9.0	1.5	2.7	N.D.	-	23.2
D-2	N.D.	-	N.D.	-	N.D.	-	8.9	1.9	8.9
E	11.3	4.4	N.D.	-	N.D.	-	N.D.	-	11.3
F	7.2	1.0	0.9	20.6	N.D.	-	N.D.	-	8.2
G	0.2	6.2	18.7	1.9	N.D.	-	N.D.	-	18.9

1) AVG : average contents of plasticizer

2) RSD : reproducibility

3) N.D. : Not detected

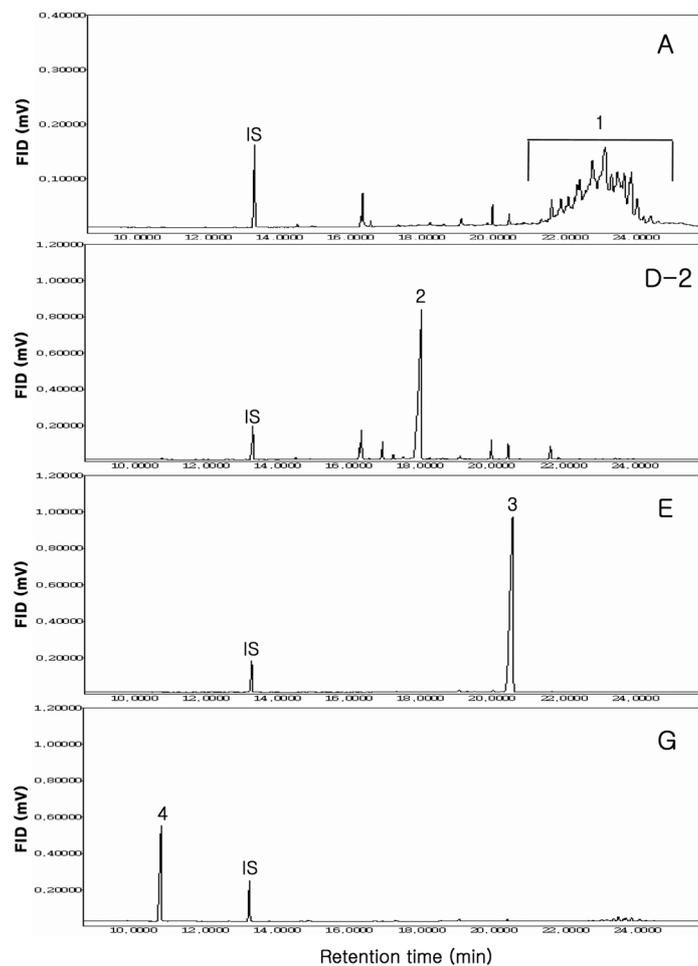


Fig. 4. Chromatograms of soxhlet extraction of wallpaper produced in 2005~2006. IS: internal standard, 1: DINP, 2: Acetyl tributyl citrate, 3: DEHP, 4: DEP

acetyl tributyl citrate 표준용액의 검정곡선이다. DEHP와 DEP는 10, 100, 500 mg/L로 제조한 표준물질을 사용하였고, acetyl tributyl citrate와 DINP는 100, 500, 1000 mg/L로 제조한 표준물질을 사용하여 각 표준물질 당 3회 반복 분석하여 평균 면적을 구하였다. 표준물질 분석결과로 얻어진 면적 값은 내부표준물질인 anthracene-d<sub>10</sub>의 면적으로 보정하여 산출하였다. 각 검정곡선의 R<sup>2</sup> 값이 DEHP가 0.9965, DINP가 0.9900, DEP가 1 acetyl tributyl citrate는 0.9983으로 나와서 좋은 직선성을 나타냈다.

3.1.4. 벽지의 가소제

2005년도에서 2006년도에 생산된 PVC벽지의 가소제는 3회를 반복하여 분석하였다. Fig. 4는 분석한 시료의 크로마토그램이다. 가소제는 DEHP, DINP, DEP, acetyl tributyl citrate가 검출되었다.

Table 4는 검출된 가소제의 종류와 함량을 나타낸 것이며 재연성은 대부분 RSD 10% 이하로 나타났다. DEHP는 B, C, D, E, F, G 6개 벽지에서 검출되었으며, 0.2~11.3%의 함량을 나타냈다. E, F 벽지에서 각각 11.3, 7.2%의 함량을 나타낸 것 이외에는 1% 이하의 함량을 나타냈다. DINP는 A, B, C, D, F, G 6개 벽지에서 검출되었으며, 각각 0.9~27.8%의 함량을 나타냈다. F 벽지에서 0.9%의 함량을 나타낸 이외에 나머지 벽지는 18% 이상의 함량을 나타냈다. DEP는 D-1 벽지에서 1.5%로 나타났으며 acetyl tributyl citrate는 D-2 벽지에서 8.9%의 함량을 나타냈다. DEHP를 주로 사용한 벽지는 E, F벽지 2종이었고, DINP를 주

로 사용한 벽지는 A, B, C, D, G 벽지 5종이었고, acetyl tributyl citrate를 주로 사용한 벽지는 1 종이였다. 이와 같이 2005년도에서 2006년도에 생산된 벽지는 단일 가소제가 아닌 다양한 종류의 가소제를 사용하고 있었다.

Table 5는 2002년도에 국내에서 생산된 4개 회사 5개 벽지의 가소제 함량을 분석한 결과이다.<sup>13</sup> 분석된 모든 벽지에서 DEHP가 검출되었으며, 11.0-25.6% 사이의 함량을 나타냈다. Fig. 5는 생산 연도별 DEHP의 함량 변화를 box plot으로 나타낸 것이다. 2002년도에 제작된 벽지가 평균 17%의 함량을 나타낸 것에 비해 2005-2006년도에 제작된 벽지는 대부분 10% 이하로 DEHP의 벽지 중 함량이 줄어든 것을 확인하였다. 이것은 DEHP의 규제가 강화되어 DEHP의 사용을 줄이고 있는 것으로 생각된다.

3.2. 벽지의 중금속 함량 시험 결과

3.2.1. 중금속의 바탕농도

벽지 시료를 넣지 않은 빈 20 mL 유리병을 가지고 벽지를 전처리할 때와 똑같은 방법으로 전처리를 하였다. 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 바륨, 크롬, 수은, 셀레늄 8가지 물질을 ICP-OES로 분석하였다. 대부분의 중금속이 검출한계이하의 낮은 수준으로 검출되었다.

3.2.2. 벽지의 중금속 함량

Pb, As, Cd, Sb, Ba, Cr, Se은 0.1, 1, 10 mg/L로 제조하였으며 Hg는 0.1, 0.5, 1 mg/L로 제조하였고, 각각 3회를 분석하여 평균으로 검정곡선을 구하였다. 모든 중금속에서 상관계수가 0.999 이상으로 우수한 직선성을 나타냈다.

Table 6은 2005년에서 2006년까지 생산된 벽지에 함유되어 있는 중금속을 분석한 결과이다. E 벽지는

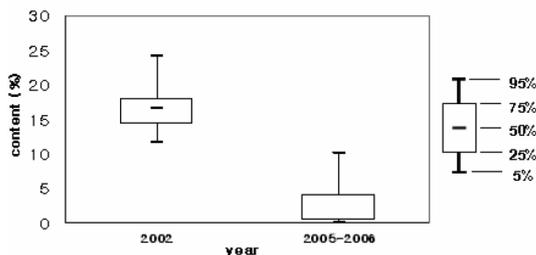


Fig 5. Comparison of DEHP content of wallpaper between production of 2002 and production of 2005~2006.

Table 5. Plasticizer contents of wallpaper product in 2002

Company	E		D	F	G
	a	b			
Content of DEHP (%)	14.2	16.6	11.0	25.6	18.0

Table 6. Heavy metal contents of wallpaper produced in 2005~2006

Sample	Heavy metal (mg/kg)							
	Pb	As	Cd	Sb	Ba	Cr	Se	Hg
A	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
B	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
C	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
D-1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
D-2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
E	N.D.	N.D.	8.2	115.5	3.1	N.D.	N.D.	N.D.
F	N.D.	N.D.	N.D.	2.3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
G	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Table 7. Heavy metal contents of wallpaper produced in 2001

Sample	Heavy metal (mg/kg)							
	Pb	As	Cd	Sb	Ba	Cr	Se	Hg
a	0.0	0.0	0.0	6.0	1.6	2.6	N.D.	N.D.
b	3.1	0.0	0.0	14.0	4.3	2.0	0.0	0.0
c	4.4	0.0	0.0	15.5	27.9	2.1	0.0	0.0
d	1.6	0.0	0.3	9.4	21.3	2.5	0.0	0.0
e	0.0	0.0	0.0	5.9	43.1	1.6	0.0	0.0
f	4.7	0.0	0.8	16.5	37.5	2.5	0.0	0.0

카드뮴, 안티몬, 바륨이 각각 8.2 mg/kg, 115 mg/kg, 3.1 mg/kg으로 검출되었다. F벽지는 안티몬이 2.3 mg/kg이 검출되었다. E와 F 벽지 이외에 다른 벽지에서는 중금속이 검출되지 않았다. 환경마크의 안티몬 기준 20 mg/kg에 비해 E 벽지는 115 mg/kg로 약 6배 이상 높게 검출되었다. 이는 방염기능을 추가하기 위해 안티몬 화합물을 사용하였기 때문으로 추정된다.

Table 7은 2001년에 생산된 벽지의 중금속 함량이다.<sup>14</sup> 2001년도에 생산된 벽지는 환경마크의 기준보다 낮은 중금속 함량을 나타냈고, 대부분의 벽지에서 납과 안티몬, 크롬, 바륨, 크롬이 검출되었다. 하지만 2005년에서 2006년까지 생산된 벽지는 두 개 벽지를 제외하고는 검출한계이하로 검출되었다.

#### 4. 결 론

2005년에서 2006년도 사이에 생산된 PVC벽지의 가소제와 중금속함량 분석 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다. 가소제의 경우 전체 8개 벽지 중 6개 벽지에서 DEHP, DINP가 검출되었고 DEP, acetyl tributyl citrate가 각각 한 개 벽지에서 검출되었다. DEHP의 함량을 보면 2002년도 벽지의 절반이하로 줄어드는 것을 알 수 있었다. 2002년도에 생산된 벽지의 가소제가 전부 DEHP라는 것과 비교하면, 가소제가 다양화되고 있었으며 프탈레이트 계열이 아닌 acetyl tributyl citrate와 같은 가소제로의 전환도 이루어지고 있었다. 중금속은 방염벽지에서 안티몬이 환경마크의 기준 이상으로 나타났으나 다른 중금속들은 기준 값 이하로 나타났다. 이와 같이 2006년도에 생산되는 벽지는 가

소제의 다양화를 통해 규제대상 가소제의 사용을 줄여나가고 있었다. 그러나 아직 방염벽지와 같은 일부 기능성 벽지에서는 안티몬 함량이 높은 것으로 조사되었다.

#### 참고문헌

1. 최경재, "PVC 기술개발현황", 한국바이닐환경협회, **1**, 31-34(2006).
2. M. Wittassek, W. Heger, H. M. Koch, K. Becker, J. Angerer and M. Kolossa-Gehring, *Int. J. Hyg. Environ.-Health*, **210**, 35-42(2007).
3. E. Uhde, M. Bednarek, F. Fuhrmann and T. Salthammer, *Indoor Air*, **11**, 150-155(2001).
4. K. Becker, M. Seiwert, J. Angerer, W. Heger, H. M. Koch, R. Nagorka, E. Robkamp, C. Schluter, B. Seifert and D. Ullrich, *Int. J. Hyg. Environ.-Health*, **207**, 409-417(2004).
5. 기술표준원, 기술표준원 고시 제 2001-367호 (2005).
6. Arbeitsgemeinschaft PVC und umwelt e.v., "Plasticizers Market Data", (2006).
7. National Institute of Technology and Evaluation, "Risk Management Report-Current Status and Management Goals-Bis (2-ethylhexyl) Phthalate", (2006).
8. 한국바이닐환경협회 편집위원회, "가소제의 안정성", 한국바이닐환경협회, **3**, 28-31(2007).
9. R. Meininghaus, T. Salthammer and M. Bahadir, *Frese-nius J Anal Chem*, **354**, 27-31(1996).
10. M. Kang, *Journal of the Korean of Society of Water and Wastewater*, **17**, 355-360(2003).
11. 박문기, *Journal of the Environmental Sciences*, **16(2)**, 241-245(2007).
12. A. O. Earls, I. P. Axford and J. H. Braybrook, *Journal of Chromatography A*, **983**, 237-246(2003).
13. 윤인구, 벽지에서 방출되는 유해화학물질 및 냄새 분석에 관한 연구, 강원대학교 석사학위 논문(2006).
14. 한국석유화학공업협회, "종이벽지와 PVC벽지의 사용 중 품질비교", 62-63(2006).