

학용품 중 프탈레이트류 함유특성 연구

김 교 근*

청주대학교 환경공학과

(2011. 9. 5. 접수, 2011. 12. 14. 접수, 2012. 2. 2. 승인)

Contents character of phthalates in school supplies

Kyeo-keun Kim*

Department of Environmental Engineering, Cheongju University Cheongju 360-764, Korea

(Received September 5, 2011; Revised December 14, 2011; Accepted February 2, 2012)

요 약: 본 연구에서는 학교 주변 문방구에서 쉽게 구입할 수 있는 문구류 4개 제품군(연필, 지우개, 노트, 색종이) 22종의 학용품을 조사대상 시료로 선정하여 환경보건법의 환경유해인자로서 관리되고 있는 프탈레이트 8종의 함유특성을 파악하였다. 본 연구결과 조사대상 8종의 프탈레이트류 중 Benzyl butyl phthalate (BBP), Di-n-octyl phthalate (DNOP) 및 Diisodecyl phthalate (DIDP)는 모든 시료에서 검출한계 미만(불검출)으로 나타나 문구류에서는 사용하고 있지 않는 것으로 나타났다. A군의 경우에는 일부 시료에서 Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) 및 Diisononyl phthalate (DINP)가 22%~28% 검출되었으며, A-1, A-3 및 A-4의 시료에서는 DINP가 각각 28%, 24% 및 28% 검출되었으며, B군은 조사대상 시료 6건 모두 규제농도인 1,000 ppm 이하로 검출되었다. 또한, C-2 시료에서 Dibutyl phthalate (DBP)가 1% 검출되었으며, C-1 및 C-6 시료에서 DEHP가 0.3% 정도 검출되었으며, D-3 시료에서 Di(2-ethylhexyl) adipate (DEHA)가 0.1% 수준으로 검출되었다. 본 연구결과 조사대상 프탈레이트류 중 DINP는 주로 지우개에서만 가장 높은 농도로 검출되었으며, 지우개는 저학년일수록 많이 사용하는 학용품으로 피부 접촉을 통해 노출될 가능성이 큰 물질인 것으로 판단되었다.

Abstract: This study was performed to survey the school supplies such as pencil, eraser, notebook and color paper. Twenty-two kinds of samples were collected near the school zone, and eight kinds of phthalate which is one of the environmental hazard factors analyzed to estimate the contents characteristics of products. As the results of these research, three kinds of phthalates (BBP, DNOP and DIDP) were not detected in the selected samples. In the A group, DEHP and DINP were detected in the range of 22%~28%, and DINP was selected 28%, 24% and 28% in the A-1, A-3 and A-4 samples, respectively. But the selected samples in the B group were detected less than 1,000 ppm as regulated level. Also, The DBP was detected 1% in the C-2 sample, and DEHP was detected 0.3% in the C-1 and C-6 samples. The DEHA was detected 0.3% in the D-3 sample. In this study, the DINP was mainly detected the eraser, therefore this kind of phthalate can be exposed through dermal exposure.

Key words : phthalate, content, dermal exposure, GC/MS

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)43-229-8574 Fax : +82-(0)43-229-8906

E-mail : kyeokim@cju.ac.kr

1. 서 론

프탈산은 플라스틱에 유연성을 증가시키기 위해 사용하는 유기화합물의 한 종류이며, 프탈레이트는 PVC재질의 플라스틱을 부드럽게 만들기 위해 첨가하는 가소제이다. 이것은 손톱깡택제, 도료, 및 고무젤리라고 불리는 부드러운 장난감뿐만 아니라, MP3, 개인용 컴퓨터와 같은 전자제품에도 널리 사용되어 왔다. 이러한 프탈레이트가 어린이의 성장에 해를 끼친다는 연구가 보고되면서 사람들은 점점 프탈레이트에 노출되는 인간의 안전에 관심이 집중되고 있다.^{1,2}

프탈레이트 가소제는 인체발암물질로 분류되어 있지는 않으나 경구, 경피, 흡입 등의 경로로 체내에 흡수되어 종양발생, 변이원성, 생식독성 등을 나타내는 물질로 알려져 있으며, 미국, 유럽연합, 일본 등에서는 어린이용품의 첨가물로 사용을 금지하고 있다. 프탈레이트의 급성독성은 낮은 편이지만 동물실험에서 발암성인 것으로 밝혀졌으며,¹ 내분비계 교란물질로 작용하여 태아 사망, 기형, 고환과 간 상해, 과산화물질의 증대를 일으킬 수 있다고 알려져 있다.²

유럽연합은 0~14세까지의 어린이들이 가지고 놀 수 있는 모든 제품에 대한 안전 요구사항을 규정하고 있고, 완구류 중 프탈레이트 가소제의 사용지침은 별도로 제정하여 어린이용품을 관리하고 있으며,^{3,4} 미국의 경우에도 완구 안전성 시험 규격 및 규제 기준을 운영하고 있다.⁵ 최근 국내에서는 어린이용품에 함유된 벤젠, 포름알데히드, 프탈레이트, 납 등 유해물질 검출사태가 빈번히 보도되고 있어 사회적 이슈가 됨에 따라, 어린이 건강보호를 위해 환경보건법을 제정하여 '09년 3월부터 시행하고 있다.⁶

본 연구에서는 초등학교 저학년에서부터 일반 성인까지 폭넓게 사용하고 있는 문구류 중 환경보건법에서 고시된 프탈레이트류(환경유해인자 7종, 추가물질 1종)¹⁰의 노출 가능성을 파악하고자 시중에 널리 유통되고 있는 문구류 중 지우개, 연필, 노트, 색종이 4종류를 선택하여 프탈레이트 함유 특성을 조사하였다.

2. 연구내용 및 실험방법

2.1. 시료준비

학교 주변 문방구에서 쉽게 구입할 수 있는 초등학교생과 일반인이 주로 사용하는 문구류 4개 제품군(연필, 지우개, 노트, 색종이) 22종의 학용품을 조사대상 시료로 선정하여 프탈레이트 8종의 함유특성을 파악

하였다. 연필은 연필심을 제외한 연필의 겉부위(페인트 부분)와 속부위(나무부분)를 선택하였고, 지우개는 상·중·하 균일하게, 노트는 각장마다 균일하게, 색종이는 색깔별로 균일하게 혼합하여 선택하였다. 선정된 시료를 0.5×0.5 cm 정도로 가늘게 잘라 사용하였다. 준비된 시료는 실험실에서 오염되지 않도록 구분하여 보관하였다.

2.2. 분석기기 및 기구

전자저울은 소수 넷째자리까지 g 단위의 무게를 재며, 속슬렛 추출장치(soxhlet extraction device)는 속슬렛용 필터, 냉각장치, 추출 플라스크 및 가열장치 등으로 구성되어 있다. 속슬렛용 필터(thimble filter)는 셀룰로오스 재질의 0.1% 이하의 유지분을 함유하는 28×100 mm 크기의 것을 사용하였다. Syringe는 유리재질을 선택하였으며, syringe filter는 0.45 μm 이하의 테프론(polytetrafluoroethylene, PTFE) 재질의 유기용매 전용필터를 사용하였다. 기체크로마토그래프용 바이알은 테프론(PTFE) 재질을 사용하며, 시료측정 기기는 기체크로마토그래피질량분석기(GC-MS): Agilent Technologies 6890N-5873 Network를 사용하였다.

2.3. 시약 및 표준용액

잔류농약 분석급 또는 특급이상의 J.T Baker에서 시판되는 HPLC급의 노말헥산(n-hexane: for use in liquid chromatography and spectrophotometry made in USA, Baker analyzed® HPLC solvent CH₃(CH₂)₄CH₃)과 아세톤(Acetone: for use in liquid chromatography made in USA, Baker analyzed HPLC solvent (CH₃)₂CO)을 사용하였다. 프탈레이트 표준원액(1,000 mg/L)은 AccuStandard인 Diethyl phthalate (DEP), Dibutyl phthalate (DBP), Benzyl butyl phthalate (BBP), Di(2-ethylhexyl) adipate (DEHA), Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), Di-n-octyl phthalate (DNOP), Diisononyl phthalate (DINP), Diisodecyl phthalate (DIDP)인 8종을 사용하였으며, 내부표준물질은 fluoranthene-d10 (CHIRON) 원액을 10 ppm으로 희석하여 기기 분석 시 첨가하였다.

2.4. 분석방법

환경부 고시 2009-116에서 관리하고 있는 프탈레이트류 물질인 제시되어 있는 어린이 용품에 함유될 가능성이 있는 유해물질 135종 가운데 우선순위에 있는 물질인 DBP, DNOP, DEHP, DINP, DIDP, BBP,

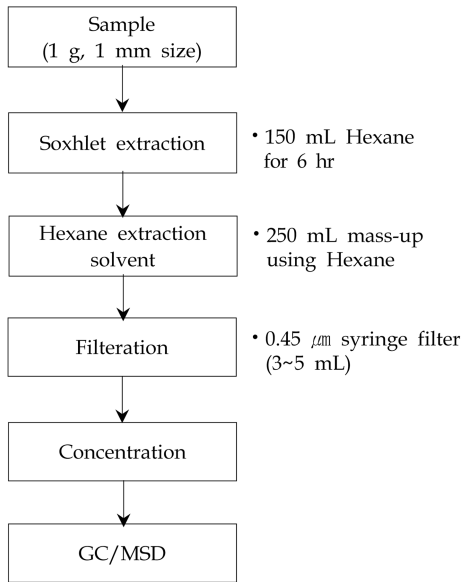


Fig. 1. Flowchart of analytical method for phthalate contents in school supplies.

DEHA, DEP, 8종을 “합성수지 중의 프탈레이트계 가소제 검출방법, KS M 1991(2008)⁷을 토대로 하여 Fig. 1의 절차와 같이 실험하였다.

분쇄된 시험 시료 약 1 g을 0.001 g까지 전자저울에 정확히 무게를 잰다. 무게를 잰 시료를 속속랫용 필터로 옮기고 100 mL의 노말헥산을 둥근 플라스크에 가한다. 맨틀히터의 온도를 올리고 노말헥산의 비점(69 °C)에 도달하여 용액이 환류되기 시작한 후 6 시간 동안 추출한다. 추출 용액을 실온까지 냉각한 후 250 mL 부피 플라스크에 옮기고 눈금까지 노말헥산으로 채우고 잘 흔들어 섞는다. 이 용액을 3~5 mL 취하여 시린지 필터를 사용하여 불순물을 제거한 후 기체크로마토그래프용 바이알에 옮기고 내부표준물질(fluoranthene-d10) 10 μg을 주입하여 기체크로마

Table 2. Molecular ions and retention time of phthalates

Compound	Retention time(min)	M1 (m/z)	M2 (m/z)
Fluoranthene-d10 (IS)	10.804	212	213
DEP (Diethyl phthalate)	6.287	149	177
DBP (Dibutyl phthalate)	9.519	149	223
BBP (Benzyl butyl phthalate)	14.285	149	206
DEHA (Di(2-ethylhexyl) adipate)	14.858	129	147
DEHP (Di(2-ethylhexyl) phthalate)	16.944	149	167
DNOP (Di-n-octyl phthalate)	19.602	149	279
DINP (Diisononyl phthalate) ^{주1}	18~22	293	149
DIDP(Diisodecyl phthalate) ^{주1}	20~23	307	149

DINP and DIDP : Detected the multi-peaks

주1) The result same as Reference No. 10.

토그래프용 바이알시료 1 μL를 기체크로마토그래피 질량분석기(GC-MS)에 주입한다. 프탈레이트 표준 용액은 동일 조건에서 3~5단계의 피크 면적에서 검량 곡선을 작성하여 내부표준법으로 정량하였다. 기기분석의 조건은 Table 1과 같으며, 프탈레이트 표준물질의 크로마토그램과 검출시간에 따른 분석물질의 모니터링 분자량은 Table 2에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 국내·외 프탈레이트류 함유량 시험방법 검토

우리나라, 미국, 일본, 유럽연합의 어린이 용품에 함유된 프탈레이트류의 함유량 분석방법¹⁰을 다음의 Table 3에 정리하였다. 유럽연합의 DTI (Danish Technological Institute)에서 유럽 10개 국가의 어린이 장난감 내 유해물질 함유에 관한 보고서에서는 디클로로메탄(다이클로로메테인)을 이용하여 장난감 내 함유 되어 있는 8종의 프탈레이트계 가소제를 시험하고 있으며, 일본의 경우에는 아세톤과 n-헥산을 이용하여 추출하는

Table 1. Analytical conditions of GC/MS

Type	Condition	
GC	Column	DB-5 ms (30 m × 0.25 mm ×250 μm)
	Carrier gas flow	He, 1.0 mL/min.
	Inlet	300 °C, splitless
	Oven temp. program	100 °C → 15 °C/min. → 200 °C → 5 °C/min. → 270 °C → 10 °C/min. → 300 °C(15 min.)
MS	Source temp.	250 °C
	Transfer line temp.	280 °C
	Ion source	EI mode
	Scanning range	50~500 m/z

Table 3. Contents analytical method of phthalate in the world

	Classification	Analytical items	Extraction method	Instruments
USA	ASTM (D 3421-75)	DOP	· CCl ₄ : MeOH(2:1) · Soxhlet Extraction for 16hr	GC/FID
	CPSC (CPSC-CH-1001-09.1)	Total phthalate	· Hexane · Soxhlet Extraction for 6hr	GC/MS
		DBP, DEHP, BBP, DNOP, DINP, DIDP	· THF/Hexane · Filtration : 0.45 μm PTFE filter	GC/MS
Korea	KS (KS M 1991)	DEP, DBP, DEHA, DEHP, DINP	· Hexane · Soxhlet Extraction for 6hr	GC/MS
	KFDA (2008)	DEHA, DBP, BBP	· Aceton/Hexane(3:7) · Filtration after 24 hr	GC/FID
EU	DTI	DMP, DEP, DBP, BBP, DEHP, DNOP, DINP, DIDP	· DCM · Microwave extraction 2hr	GC/MS
	EN14372	DIDP, DINP, DBP, BBP, DNOP, DEHP	· Diethyl ether · Soxhlet Extraction for 6hr	GC/MS
Canada	Health Canada	DEP, DBP, BBP, DINP, DEHP, DNOP, DIDP	· DCM, Methanol · Filtration : 0.45 μm filter	GC/MS
Japan	ST 2002	DEHP, DINP	· Aceton/Hexane(3:7) · Shaking 24hr	GC/FID

Table 4. Method detection limit(MDL) of phthalates

Sample ID	Phthalate concentration in sample 1 g (μg/g)							
	DEP	DBP	BBP	DEHA	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
MDL_1	25.200	16.350	25.600	24.700	24.800	23.700	111.839	66.325
MDL_2	25.550	16.850	26.650	25.200	25.600	24.600	111.059	65.607
MDL_3	24.900	19.500	25.400	24.350	24.600	23.700	110.994	66.453
MDL_4	24.950	20.100	25.450	24.500	24.800	23.650	109.105	64.475
MDL_5	25.450	19.450	25.300	24.400	24.700	23.550	107.132	64.099
MDL_6	25.400	17.750	25.100	24.350	24.650	23.400	115.482	64.047
MDL_7	25.450	17.700	24.300	23.250	24.400	22.700	102.235	66.292
average	25.271	18.243	25.400	24.393	24.793	23.614	109.692	65.328
recovery	101%	73%	102%	98%	99%	94%	88%	52%
stddev.	0.260	1.446	0.697	0.587	0.381	0.559	4.167	1.091
n=7	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143
MDL	0.82	4.55	2.19	1.84	1.20	1.76	13.10	3.43

방법을 운영하고 있다. 또한, 우리나라 자율안전 확인 안전기준 ‘완구편’에서는 KS M 1991 시험방법을 기준으로 하고 있으며, n-헥산을 이용하여 속슬렛으로 6시간동안 추출하는 함량 시험방법이 제시되어 있다. 국립환경과학원에서 수행한 실태조사¹⁰⁾에서는 헥산을 이용하여 6시간 동안 속슬렛 추출하여 GC/MS로 분석하였다. Table 3에 나타난 바와 같이 어린이 용품에 함유된 프탈레이트류 추출에는 헥산, DCM, THF, 메탄올, 아세톤 등의 단일용매 및 혼합용매를 사용하여 주로 속슬렛으로 추출하여 GC/MS

또는 GC/FID로 분석하고 있다. 따라서 본 연구에서는 기준에 관리하고 있으며 실태조사가 수행된 8종을 분석하였다.

3.2. 방법검출한계 및 정량한계 검토

우리나라는 자율안전확인 안전기준에서 어린이 제품 중 DEHP, DBP, BBP의 농도를 1,000 ppm (0.1%) 이하, 또한 36개월 이하의 어린이가 입 안에 넣을 수 있는 제품 중 DINP, DNOP, DIDP의 농도를 1,000 ppm 이하로 관리하도록 규정하고 있다. 프탈레이트

가소제가 의도적으로 첨가된 제품의 경우 프탈레이트가 퍼센트 농도로 검출되었으며, 고농도의 시료를 희석 없이 분석 장비로 분석하는 경우 장비의 오염으로 저농도 및 불검출시료의 과대평가를 초래할 수 있다. 그러므로, 본 연구의 분석물질의 적절한 농도 범위를 산정하기 위해 EPA에서 제시된 방법검출한계 산출방법을 이용하여 방법검출한계를 산정한 결과 1.0~15 mg/kg으로 산정되었으며, 기존의 연구결과¹⁰⁾에서 제시한 검출한계 30 mg/kg과 정량한계 100 mg/kg (0.01%)를 본 연구에서는 채택하였다. 또한 바탕시료 분석결과 프탈레이트 8종 모두가 검출한계 미만임을 확인하였다.

3.3. 학용품 중 프탈레이트 함유량 분석

연필, 지우개, 노트, 색종이의 4개 제품군 22종의 학용품류의 함유특성을 조사하고자 분석한 결과(n=3)

을 다음 Table 5에 정리하였다. Table 5에 나타난 바와 같이 조사대상 8종의 프탈레이트류 중 BBP, DNOP 및 DIDP는 모든 시료에서 불검출로 나타나 문구류에서는 사용하고 있지 않는 것으로 나타났다. A군(지우개)의 경우에는 A-2 시료에서 DEHP가 22% 검출되었으며, A-1, A-3 및 A-4의 시료에서는 DINP가 각각 28%, 24% 및 28% 검출되었다. 그러나, A-5 및 A-6의 시료에서는 미량 검출되었다. B군(노트)의 경우에는 조사대상 시료 6건 모두 규제농도인 1,000 ppm 이하로 검출되었다. 또한, C군(연필)의 경우에는 C-2시료에서 DBP가 1% 검출되었으며, C-1 및 C-6 시료에서 DEHP가 0.3% 정도 검출되었다. D군(색종이)의 경우에는 D-3 시료에서 DEHA가 0.1% 수준으로 검출되었다.

프탈레이트의 대표적인 노출 경로는 경구, 경피 및 흡입 과정이며, 특히 본 조사에서 선정된 학용품의

Table 5. Analytical results of phthalate

(unit : mg/kg)

Group	DEP	DBP	BBP	DEHA	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
A	A-1	63.14	7.82	n.d	n.d	n.d	279,111.86	n.d
	A-2	tr	9.60	n.d	n.d	220,258.60	n.d	n.d
	A-3	3.53	23.39	n.d	21.00	n.d	242,012.37	n.d
	A-4	48.12	6.53	n.d	n.d	17.81	283,774.67	n.d
	A-5	tr	9.32	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	A-6	1.45	n.d	n.d	n.d	15.93	n.d	n.d
B	B-1	tr	tr	n.d	n.d	87.60	n.d	n.d
	B-2	tr	tr	n.d	n.d	119.98	n.d	n.d
	B-3	tr	tr	n.d	n.d	5.07	n.d	n.d
	B-4	n.d	10.83	n.d	n.d	15.34	n.d	n.d
	B-5	n.d	6.60	n.d	n.d	11.2	n.d	n.d
	B-6	1.41	tr	n.d	n.d	14.47	n.d	n.d
C	C-1	6.09	534.69	n.d	16.75	3,339.30	n.d	n.d
	C-2	tr	10,096.74	n.d	4.40	27.21	n.d	n.d
	C-3	tr	5.39	n.d	1.64	8.58	n.d	n.d
	C-4	0.90	9.75	n.d	n.d	61.11	n.d	n.d
	C-5	2.46	tr	n.d	n.d	35.99	n.d	n.d
	C-6	n.d	n.d	n.d	941.47	2,955.63	n.d	n.d
D	D-1	tr	5.99	n.d	n.d	10.84	n.d	n.d
	D-2	2.24	8.06	n.d	15.47	9.01	n.d	n.d
	D-3	n.d	n.d	n.d	1,189.43	17.44	n.d	n.d
	D-4	tr	7.91	n.d	n.d	15.40	n.d	724.08
Regulation criteria ⁸⁾	-	<1,000	<1,000	-	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
TDI ¹¹⁻¹⁵ (µg/kg/day)	200 ¹¹	10 ¹²	200 ¹³	600 ¹³	20 ¹³	150 ¹⁴	370 ¹⁴	150 ¹⁵

※tr is greater than detect limit but less than quantification limit
 n.d is less than detection limit
 TDI : Tolerable daily intake

경우에는 일부 저학년을 제외하고는 접촉에 의한 경피 노출이 주요 경로 일 것으로 판단되었다. 그러므로 이러한 유해물질에 의한 전이량을 산정하기 위하여 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하여 위와 같은 경로에 따라 노출된 어린이 군 중 상위 95% 노출군을 대상으로 제품에 대한 노출량을 산정하는 것으로 기존 연구에서 제안하고 있으며,¹⁰ 미국, 유럽연합, 네덜란드 등 외국에서 제시한 독성 참고치(TDI, Tolerable daily intake, 일일섭취허용량) 자료를 활용하는 것을 제안하고 있어 Table 5에 첨부하였다.

3.4. 학용품 중 프탈레이트 함유특성 고찰

다음의 Fig. 2에 나타난 바와 같이 조사대상 학용품별로 특정 프탈레이트가 사용되는 것으로 나타났다. A군인 지우개류에는 미량의 DEP와 퍼센트 농도의 DEHP 및 DINP가 주로 검출되었으며, C군인 연필류에서는 DBP와 DEHA가 그리고 D군인 색종이류에서는 DEHA가 규제농도인 1,000 ppm 부근의 농도로 검출되었다. 따라서 학용품 종류별로 사용되고 있는 프탈레이트의 종류가 서로 다른 것을 알 수 있었으며, 지우개에서 검출된 프탈레이트류 이외의 제품에서 검출된 농도 범위는 대부분이 규제농도 범위 내외로 나타나 크게 우려할 수준은 아닌 것으로 판단되었다.

그러나, 본 연구결과 조사대상 프탈레이트류 중

DINP의 경우에는 색종이 시료 중 D-4에서 724 ppm의 규제농도 이하로 검출된 것 이외에 지우개에서만 퍼센트 농도로 검출되었으며, 다른 조사대상 물질과 검출농도를 비교해 볼 때 가장 높은 농도로 함유된 것으로 나타났다. 일반적으로 제품의 성능을 향상시키기 위해서 제품에 사용되는 경우에는 % 농도 이상이 사용되므로 현재 관리하고 있는 규제농도 1,000 ppm 이하로 검출된 경우에는 불순물로 간주하여도 무방할 것으로 생각된다. 그러나 % 농도로 검출된 지우개 중의 프탈레이트 DINP는 특히, 지우개는 초등학교 저학년일수록 많이 사용하는 학용품으로 피부 접촉을 통해 프탈레이트에 노출될 가능성이 커 지우개에 사용되는 DINP의 관리가 필요한 것으로 판단되며, 아울러 지우개의 사용 후에 손을 씻는 등의 지도가 필요한 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 프탈레이트류 8종에 대한 함유 특성을 파악하였으나, 국내 환경보건법에서 환경유해인자 135종(중금속류, 유기물질류 등)을 정하여 관리하고 있다. 또한, 유럽연합(Directive 88/368/EEC)에서는 어린이용품 중 유해물질 관리를 위해 EN 71-3의 8대 중금속류(Sb, As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se) 및 EN 71-9의 유기물질류(난연제, 착색제, 아조염료, 모노머, 방부제, VOCs 등 80여종)의 규제기준 및 시험방법을 운영하고 있으며, 완구류 중 프탈레이트 가소제의 사용지침(Directive 2005/84/EEC)은 별도로 제

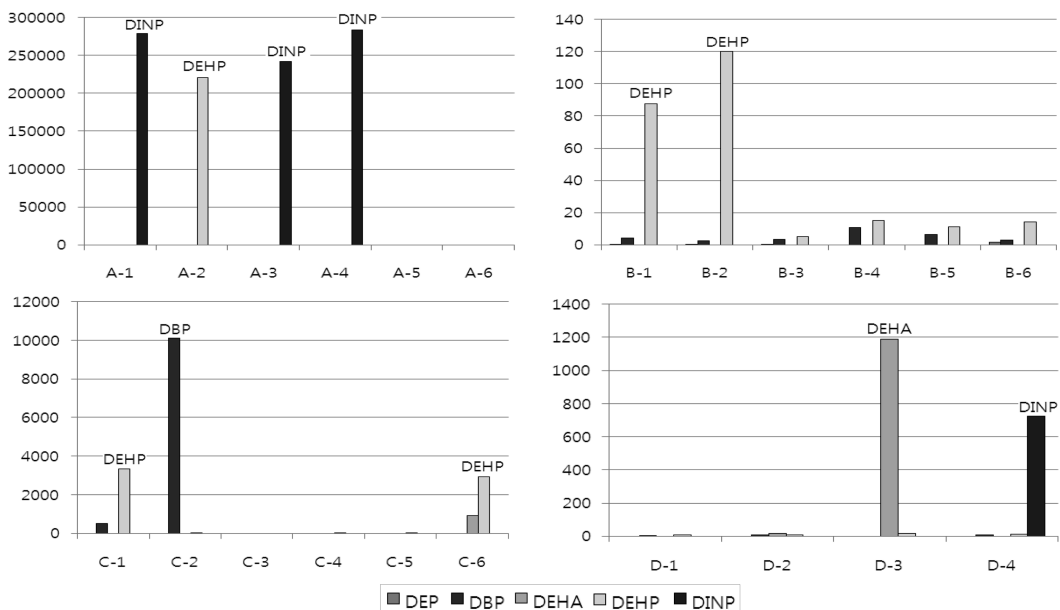


Fig. 2. Contents character of surveyed phthalates in school supplies.

정하여 어린이용품을 관리하고 있다. 따라서, 향후 우리 주변에서 사용되고 있는 제품 중 유해물질을 효율적으로 관리하기 위해 추가적인 함유특성을 파악하여 자료가 축적될 수 있도록 하여야 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 학교 주변 문방구에서 쉽게 구입할 수 있는 초등학교와 일반인이 주로 사용하는 문구류 4개 제품군(연필, 지우개, 노트, 색종이) 22종의 학용품을 조사대상 시료로 선정하여 프탈레이트 8종의 함유특성을 파악하였다.

1. 프탈레이트 가소제가 의도적으로 첨가된 제품의 경우 프탈레이트가 퍼센트 농도로 검출되었으며, 고농도의 시료를 희석 없이 분석 장비로 분석하는 경우 장비의 오염으로 저농도 및 불검출시료의 과대평가를 초래할 수 있다. 그러므로 본 연구의 분석물질의 적절한 농도 범위를 산정하기 위해 방법 검출한계를 산정한 결과 1.0~15 mg/kg으로 산정되었으며, 기존의 연구결과¹⁰에서 제시한 검출한계 30 mg/kg과 정량한계 100 mg/kg (0.01%)를 만족하였다.

2. 조사대상 8종의 프탈레이트류 중 DEP, DBP, DEHA, DEHP 및 DINP가 검출되었으며, BBP, DNOP 및 DIDP는 모든 시료에서 불검출로 나타나 불검출된 세종의 프탈레이트류는 문구류에서는 사용하고 있지 않는 것으로 나타났다. A군(지우개)의 경우에는 A-2 시료에서 DEHP가 22% 검출되었으며, A-1, A-3 및 A-4의 시료에서는 DINP가 각각 28%, 24% 및 28% 검출되었다. B군(노트)의 경우에는 조사대상 시료 6건 모두 규제농도인 1,000 ppm 이하로 검출되었다. 또한, C군(연필)의 경우에는 C-2시료에서 DBP가 1% 검출되었으며, C-1 및 C-6 시료에서 DEHP가 0.3% 정도 검출되었다. D군(색종이)의 경우에는 D-3 시료에서 DEHA가 0.1% 수준으로 검출되었다.

3. 조사대상 프탈레이트류 중 DINP는 주로 지우개에서만 검출되었으며, 조사대상 물질 중 가장 높은 농도로 함유된 것으로 나타났다. 특히 지우개는 초등학교 저학년일수록 많이 사용하는 학용품으로 피부 접촉을 통해 노출될 가능성이 큰 물질인 것으로 판단된다. 그러므로 지우개에 사용된 DINP의 관리가 필요한 것으로 판단되며, 아울러 지우개의 사용 후에 항상 손을 씻을 수 있도록 지도하는 것도 필요한 것

으로 판단되었다.

참고문헌

1. K. Becker, M. Seiwert, J. Angerer, W. Heger, H. M. Koch, R. Nagorka, E. Roßkamp, C. Schluter, B. Seifert and D. Ullrich, *International J. of Hygiene and Environ. Health*, **207**(5), 409-417 (2004).
2. G. Latini, *Clinica Chimica Acta*, **361**(1-2), 20-29 (2005).
3. [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/toys/documents/directives/EU, Toys Safety Directive 88/368/EEC](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/toys/documents/directives/EU_Toy_Safety_Directive_88/368/EEC), 1988.
4. http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/consumer_safety/132033_en.htm, EU, Directive 2005/ 84/ EEC, 2005.
5. 'Standard Consumer Safety Specification for Toy Safety, ASTM F 963', ASTM International, United States, 2003.
6. MoE, Environmental Health Law article 24.
7. Kats(Korea agency for technology and standard), Determination of phthalates content in plastic materials, KSM 1991, 2008.
8. Kats, Safety guideline of hazardous substance of children's products, Ktas established regulation 2010-0259, 2010.
9. MoE, Exposure assessment test method of children's products, NIER established regulation 512, 2010.
10. NIER, Establishment of the exposure assessment test method of children's products(1), 2009.
11. RIVM report 711701 025, 'Re-evaluation of human toxicological maximum permissible risk levels', National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), 2005.
12. EFSA, 'Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, Processing aids and materials in contact with food (AFC) related to di-Butylphthalate (DBP) for use in food contact materials', European Federation of Sea Anglers, 2005a.
13. US EPA, Integrated Risk Information System(IRIS) (<http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm>)
14. 'Phthalate migration from soft PVC toys and child-care articles', US Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE), 1998.
15. EFSA, 'Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavorings, Processing aids and materials in contact with food (AFC) related to di-isodecylphthalate (DIDP) for use in food contact materials', European Federation of Sea Anglers, 2005b.