

유아용 일회용 기저귀의 다이옥신 분석

신정화[†] · 안윤경 · 서정주

한국기초과학지원연구원-유해물질분석연구팀

Determination of PCDD/Fs in Disposable Diaper for Infant

Jeoung Hwa Shin[†] · Yun Gyong Ahn · Jung Ju Seo

Korea Basic Science Institute-Hazardous Substance Research Team

(2004. 12. 15. 접수)

Abstract

This study analyzed and standardized the harmful substances of organic compounds(dioxins) in disposable diapers for infant's clothing. Commercial samples obtained from Korea, Japan, America and German were determined by HRGC/HRMS. Experimental Methods were consisted of comparison of extracting solvent, analysis of PCDD/Fs, and analysis of PCDD/Fs of extraction in disposable diaper. The results were as follows. No high TEQ values in TCDD(1), PCDD(0.5) and HxCDD(0.1) were found for commercial disposable diapers from country Korea, Japan, U.S.A and German. In extraction for 6hrs experiments, HpCDD and OCDD were detected in disposable diapers of U1, U2 and G2, respectively. In extraction for 24hrs experiments, HxCDD, OCDD and OCDF were detected in disposable diapers of J3, U1, U2 and U3. So we need to set standards of measurement for harmful materials contained in textile goods. This will make a safe and comfortable clothing environment for all users, regardless of age.

Key words: Organic compounds, Dioxins, HRGC/HRMS, Disposable diaper, Soxhlet extraction; 유기 화합물, 다이옥신, 고분해능 질량분석기, 일회용 기저귀, 속슬랫 추출

I. 서 론

최근 섬유제품의 신소재, 신가공제의 개발과 고 기능성의 부여, 촉감이 좋고, 건강에 해가 없는 쾌적 한 의류 등이 개발되고 있다. 하지만 이러한 신소재, 신가공제, 신가공법의 개발에도 불구하고 이들에 대 한 안정성에 대한 문제점들이 대두되고 있다(홍태기 외, 2000). 섬유제품의 유해성 물질들은 피부자극에 의한 피부염, 알러지성 질환을 일으키며, 더 나아가 내분비계 교란, 발암성에 까지 미치는 경우도 많이 발 생하고 있다(송명건, 1979; 송화순, 1983) 이에 섬유제

품의 유해물질의 유해성에 관한 연구로서는 가공 처 리제의 공해실태, 시판되고 있는 천 및 의류제품의 formaldehyde 함량조사와 인체장해실태가 조사된 정 도이며, 무기 화합물, 유기 화합물질의 발암성 주요인 이 되는 다이옥신에 관한 유해성 평가는 전무한 실정 이다. 환경 친화적인 활동이 활발한 유럽각국에서는 섬유제품의 환경마크인 Eco-Label를 기준으로 하며 미국과 일본에서는 발암성의 원인이 되며 내분비계 장애물질인 다이옥신에 관한 피부의 유해성 평가에 관한 연구가 활발하게 행해지고 있다. 미국의 경우 일 회용 기저귀에 사용 되어지는 여러 가지 염료 및 강력 흡수젤, 표백종이의 부산물인 다이옥신은 피부와 건 강에 치명적인 문제를 유발시킬 수도 있다고 주장하 고 있다(A Lavin, 1986; E. Newman et al., 1992; J.C. Archer et al., 2002; Jorg Klasmeier et al., 1998; MC Hermansen et al., 1988; Michael Horstmann et al., 1995;

[†]Corresponding author
E-mail: jhshin01@kbsi.re.kr

본 연구는 한국과학재단 우수여성도약지원연구사업 지원 으로 수행된 것의 일부임.

Michael J. Devito et al., 2002). Consumer Protection Agency에 보고 된 내용에 따르면 유해한 화합품과 살충제 냄새, 플라스틱이 피부에 녹아들어 피해를 준 사고, 발진을 경험했고 그 중에서도 16%는 심한 발진을 보이고 있었다고 보고했다(J. Gonzalez et al., 1981; L.S. Ross, 1963; WL Weston et al., 1980). 환경적인 측면에서 일회용 기저귀는 미생물로 분해되지 않아 200-500년의 분해시간이 소요되며 스며든 빗물이나 수분에 의해 그로부터 유출되는 오염물질에 의해 토양 및 하수, 강 등을 오염시킨다고 보고하고 있으며, 소각 시 발생하는 유독가스가 환경을 오염시킨다는 보고도 있다(Gaunders et al., 1987; Smolonsky, Marc. 1993).

일본의 경우 섬유제품에 의한 의류장해, 폼폼알데히드에 의한 피부장해, 특히 성인보다 유아의 경우 그 의류장해가 치명적이라고 보고하고 있다(東京都生活文化局, 1975; 日本纖維センタ-, 1979; 紫恒健, 1975; 石原勝, 1974; 青山光子, 1970; 大川章, 1974). 독일에서는 시판 중인 일회용 기저귀, 축구용 셔츠에서(소비자 시대, 2000, 12) 독성화학오염물인 TBT가 검출됐다고 국제 환경 단체 그린피스와 정부에서 성명을 발표했다. 그린피스는 성명을 통해 “TBT는 맹독성 물질로 환경을 오염시킬 뿐만 아니라 피부를 통해 체내로 흡수돼 조금만 축적돼도 인체의 면역과 호르몬 체계를 손상시킬 수 있다”고 지적했다. 그린피스는 ‘프록터 앤 갬블(P&G)의 베이비 드라이’, 파울 하르트만의 ‘픽시스울트라 드라이’, 레디잔스파의 ‘유나이티드 컬러스 오브 베네통 주니어 유니섹스’ 등 3개 사 제품에서 ‘TBT가 검출됐다’고 밝히면서 ‘독일 정부는 TBT의 사용을 즉각 금지해야 한다.’고 주장했다. 그린피스는 ‘조선 업체들이 선체에서 자라는 해조류와 조개류 등을 죽이기 위해 선체 도장 시 TBT를 사용하고 있다’면서 이들 업체에 대해 TBT 사용을 중단할 것을 요구했다. 이와 같이 외국에서는 이 분야에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으나, 우리나라의 경우 많이 이루어져 있지 않다. 이와 같은 상황 하에서 성인보다 유아의 경우 미량으로도 치명적인 장해를 일으킬 수 있으며 유아용품 중 가장 빈번히 사용되고 세탁이 불가능하며 신체부위 중 자극에 민감하고 중요한 부위에 직접 노출된다는 점에서 유해성 평가가 시급한 실정이다.

II. 이론적 배경

1. 다이옥신의 종류 및 물리화학적 성질

1) 다이옥신의 종류

다이옥신이란 원래 자연계에 존재하던 물질은 아니다. 그렇다고 사람이 특정한 목적을 갖고 인위적으로 만들어낸 물질도 아니다. 전혀 의도하지 않은 가운데 우연히 발견된 합성화학물질이다. 다이옥신은 고리가 세 개인 방향족 화합물에 여러 개의 염소가 붙어 있는 화합물을 말하는 것으로, 가운데 고리에 산소원자가 두 개인 다이옥신계 화합물(Polychlorinateddibenzo-p-dioxin : PCDD)과 산소원자가 하나인 퓨란계 화합물(Polychlorinateddibenzofuran : PCDF)를 모두 통칭하기 때문에 다이옥신류(Dioxins)라 부르는게 정확한 표현이다. 치환된 염소의 갯수 및 위치에 따라 PCDDs는 75개의 동족체, PCDFs는 135개의 동족체가 존재하여 총 다이옥신류는 210개의 이성체가 있다. 다이옥신류의 이성체 중에서도 생물학적 영향에 대한 독성이 강한 것이 17종이며, 이들은 2, 3, 7, 8 위치에 염소가 치환된 것으로 2, 3, 7, 8-치환이성체(2, 3, 7, 8-substituted isomers)라고 불리워지고, 이들 중 가장 독성이 강한 것이 2, 3, 7, 8-TCDD이다.

2) 물리화학적 성질

다이옥신을 구성하고 있는 210개의 이성질체는 치환된 염소의 수와 치환 위치에 따라 물리·화학적 성질이 다르다. 다이옥신은 물에 거의 용해되지 않으며, 유기용매에는 용해되지만 용해정도 그다지 크지 않다. 증기압이 대단히 낮아 먼지, 재, 토양 등에 한번 흡착되면 쉽게 분리되지 않는다. 또한 이 물질은 700°C에서도 열화학적으로도 잘 파괴되지 않으며, 미생물에 의한 분해도 거의 받지 않는 화합물로 자연 상태에서 매우 안정된 구조를 유지한다. 그러나 310 nm부근의 자외선을 흡수해 광화학적 분해가 일어나 태양의 자외선이 미치는 위치에서는 2, 3, 7, 8-TCDD가 급속하게 분해 된다.

2. 독성

다이옥신은 청산가리(KCN)에 비해 10,000배나 급성독성이 강하기 때문에 지금까지 인간이 만들어 낸 물질 중에서 가장 독성이 강한 물질로 알려져 있다. 다이옥신류의 동족체중에서도 독성이 강한 것은 17종이며, 이 화합물들은 2, 3, 7, 8의 위치에 염소가 치환된 것으로 2, 3, 7, 8-치환이성체(2, 3, 7, 8-substituted isomers)라고 불리워 진다. 이들 중 가장 독성이 강한

것이 2,3,7,8-T4CDD이다.

동족체의 혼합물에 대해 하나의 농도로 표시하기 위하여 독성 등가 환산농도를 사용한다. 각 동족체의 농도에 환산계수를 곱하여 2, 3, 7, 8-T4CDD의 농도로 환산되는데, 이때 사용되는 환산계수를 TCDD 독성등가 환산계수(TCDD toxic -equivalent factor, TEF)라 한다. 이 계수들은 독성평가 연구결과에 따라 계속 개정되고 있으며, 각 나라별로 약간의 차이가 있는데 현재 가장 많이 이용되고 있는 것은 나토(NATO)국가들의 공동연구에 의한 International-TEF (I-TEQ)이다. 이와 같이 환산한 농도를 TCDD 독성등가 환산농도(TCDD equivalent, TEQ)라 한다. 현재 가장 폭넓게 사용되고 있는 International TEF의 특징은 2, 3, 7, 8의 위치에 염소가 치환되지 않은 모든 다이옥신에 대한 독성을 인정하지 않는 것과 팔염화 다이옥신의 독성은 2, 3, 7, 8-TCDD의 1,000분의 1을 인정하고 있는 점이다.

3. 오염원

다이옥신류의 발생원으로는 PCBs, 클로로페놀, 페녹시(phenoxy)계 제초제의 불순물질, 도시쓰레기 소각, 자동차 배출가스, 금속(Fe, Mg, Ni, Al)제조, 펄프 표백, 부식물질(humic), 하·폐수 슬러지, 염소사용 등을 들 수 있는데, 이것을 정리하면 1) 화학물질에서 유래되는 것, 2) 연소과정에서 생성되는 것, 3) 제조공정에서 생성되는 것으로 대별할 수 있다. 그 중 제지공정에서 다이옥신류의 생성은 목재조각을 원료로 펄프를 제조하는 경우 증해(蒸解)와 표백의 두 공정이 필요한데, 증해에 의해서 목재조각 중의 대부분의 리그닌과 헤미셀룰로오스(hemi-cellulose)가 제거되는데, 리그닌을 어느 정도 이상으로 제거하면 셀룰로오스의 붕괴가 현저하게 된다. 따라서 이 이하의 탈리그닌은 표백공정에서 이루어진다. 이 표백공정에서 염소가 사용되기 때문에 리그닌의 염소화, 산화분해 등이 일어나 유기염소화합물이 생성되는데 이 유기염소화합물에 다이옥신류가 함유되어 있다. 표백공정에서 다이옥신류의 생성은 리그닌에 대해서 일정량 이상의 염소를 반응시키는 과염소투여(over chlorination)에 의해서 이루어진다는 것이 연구자들의 일치된 견해이다. 리그닌량 염소투여량(chlorine ratio)이 0.15~0.20 이상이 되면 과염소 투여가 되어 다이옥신류의 생성량이 급증하는 것으로 나타났다.

III. 실험방법

1. 시약

본 연구에서 사용된 모든 용매는 J. T. Baker사(Phillipsburg, NJ, USA)의 잔류농약 분석용을 사용하였으며, 정제 과정 중 사용되는 실리카겔은 컬럼크로마토그래피용 실리카겔 분말(Merck, Darmstadt, Germany)로 0.063-0.200mm(70-230메쉬)의 것을 사용하였다. 사용에 앞서 디클로로메탄으로 속싯렛 추출하여 정제한 후 180°C에서 약 18시간 건조하여 방냉 한 후 곧바로 사용하였다. 알루미늄은 컬럼크로마토그래피용 알루미늄(활성도 1, 염기성, Aldrich, Millwaukee, WI, USA)로 0.063-0.200mm(70-230메쉬)의 것을 사용하였다. 사용에 앞서 디클로로메탄으로 속싯렛 추출하여 정제한 후 180°C에서 약 18시간 건조 후 방냉하여 곧바로 사용하였다.

2. 시료

1) 추출용매의 비교실험

시료는 한국에서 일반적으로 사용되고 있는 1개사를 선정 구입했다. 시료 전처리과정 중 Soxhlet추출 시의 유기용매 비교로서 유기용매의 종류를 변경하였다.

각 시료는 10g을 사용하였다.

가. Toluene

나. Hexane : Dichloromethane = 1 : 1

2) 기저귀 자체의 다이옥신 함량 분석

시료는 한국, 일본, 미국, 독일에서 일반적으로 사용되고 있는 각 3개 사(독일의 경우 2개 사)를 선정 구입했다. 각 시료는 10g을 대상으로 하였다. 일회용기저귀의 일반적인 구성은 안감(폴리올레핀계 부직포), 흡수층(분쇄펄프, 고분자흡수체), 방수막(폴리에틸렌필름), 테이프(매직테이프)로 구성되어 있다.

3) 인공소변의 용출실험에 의한 다이옥신 함량 분석

잘게 자른 일회용 기저귀 시료 1g에 인공 뇨(H₂O : 97.21%, Urea : 2%, Ammonia : 0.04%, PO₄ : 0.15%, Cl : 0.6% as NaCl) 50ml를 부하하여 40°C의 욕조에서 6시간, 24시간 동안 추출하였다.

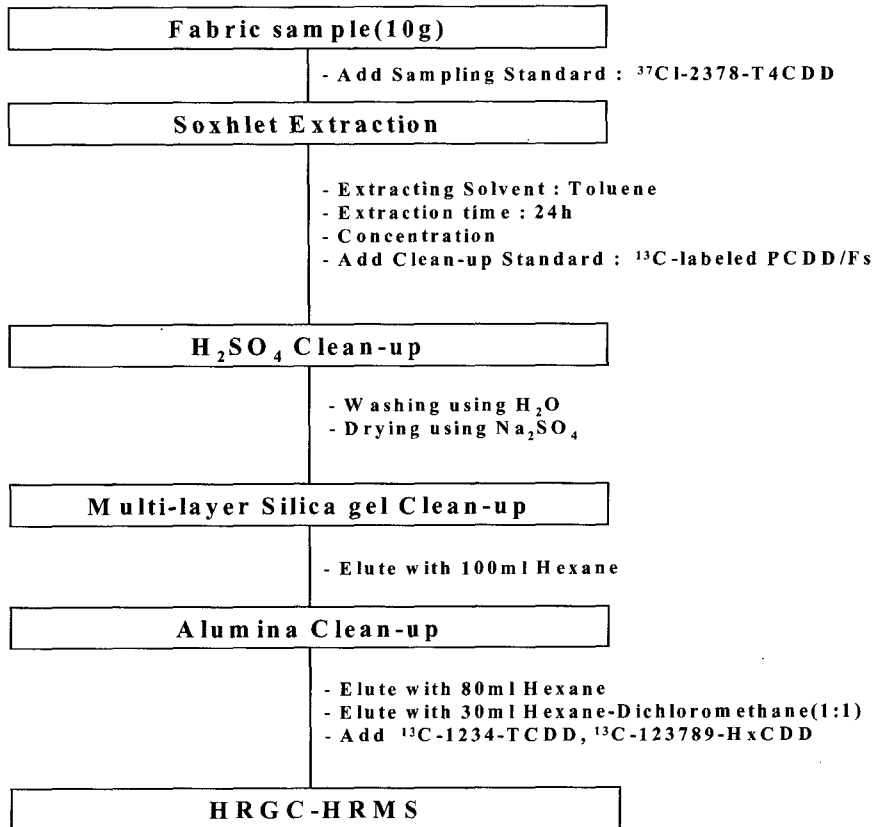


Fig. 1. Schematic diagram for analytical procedure

3. 시료 전처리

1) 추출용매의 비교실험

시료 전처리 방법으로는 미국의 EPA(Environmental Protection Agency) Method 1613의 시료 전처리 방법 <Fig. 1>에 근거하여 각각 시료 10g을 대상으로 24시간의 Soxhlet 추출 시 용매를 Toluene 300ml로 추출한 것과 Hexane : Dichloromethane = 1 : 1의 비율의 300ml로 추출하고 황산처리(50ml, 3-4회), 다층 실리카겔의 정제 (Na₂SO₄ 1g, 중성실리카겔 1g, 염기성실리카겔 3g, 중성 실리카겔 1g, 산성실리카겔 5g, 중성실리카겔 3g, Na₂SO₄ 1g), 알루미늄 정제의 순서로 진행하였다.

2) 기저귀 자체의 다이옥신 함량 분석

<Fig. 1>에서 제시한 바와 같이 24시간의 Soxhlet 추출시 용매를 Toluene 300ml로 추출한 후 황산처리, 다층 실리카겔 정제, 알루미늄 정제의 순서로 진행하였다.

3) 인공소변의 용출실험에 의한 다이옥신 함량 분석

인공 뇨 중에서 6시간, 24시간 동안 용출 된 용액을 받아서 액액 추출법(EPA Method 1613)으로 Dichloromethane 50ml 3회에 의하여 추출한 후 황산처리, 다층 실리카겔 정제, 알루미늄 정제의 순서로 진행하였다.

4. 분석 장치

분석장치는 고 분해능 기체크로마토그래프-고 분해능 질량분석기(분해능 10,000이상, JEOL MS700D)를 사용했다. 분석조건은 <Table 1>과 같이 하였다.

5. 데이터의 분석

DIOK법(일본 JEOL사의 다이옥신 분석 전용기기의 데이터처리 시스템)을 이용했다.

Table 1. HRGC-HRMS conditions for determination of PCDD/Fs

Article	Content	Article	Content
Instrument	HP6890 PLUS	Instrument	JEOL-MS700
Column	DB-5MS(60m×0.32mm×0.25μm)	Ionizing mode	EI/SIM
Oven Temp.	start temp. : 160°C, 1.0min hold 5°C/min to 200°C, 2min hold, 5°C/min to 220°C, 15min hold 5°C/min to 235°C, 5min hold, 5°C/min to 310°C, 3min hold	Source Temp.	260°C
Injection mode	splitless	Ion current	500μA
Injector Temp.	280°C	Ion Voltage	38eV
		Resolution	>10,000
		Type of ionization	EI positive

IV. 결과 및 고찰

1. 추출용매의 비교

<Table 2>는 Soxhlet 추출 시 toluene으로 추출한 것(A)과 hexane과 dichloromethane을 1:1 비율로 배합한 용매로 추출(B)한 결과를 나타내고 있다. A의 경우 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD가 0.0163pg · TEQ/g, OCDD가 0.0058pg · TEQ/g검출되었고, B의 경우 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD가 0.0071pg · TEQ/g, OCDD가

0.0020 pg · TEQ/g검출되었다. 총 독성등가 환산 다이옥신량(pg · TEQ/g)은 A의 경우가 B의 경우보다 2배 정도 높았다. <Table 3>은 정제용 표준물질의 회수율로서 시료의 추출부터 실험과정에서의 손실을 알 수 있는 척도가 되기도 한다. 시료 추출의 표준물질(³⁷Cl₄-2, 3, 7, 8-TCDD)은 A의 경우 66.7%, B의 경우 54.0%였으며, 정제용 표준물질(¹³C-labeled PCDD/Fs)의 회수율은 각각 58.3-79.7%, 79.9-113.7%를 나타내었다. 이 결과들은 모두 회수율의 기준범위인 50-120% 범위 안에 들어간다.

Table 2. PCDD/Fs-TEQ in disposable diaper

PCDD/Fs	pgT EQ/g	
	A	B
2,3,7,8-TeCDD	N.D	N.D
1,2,3,7,8-PeCDD	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D	N.D
1,2,3,6,7,8-HxCDD	N.D	N.D
1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D	N.D
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0163	0.0071
OCDD	0.0058	0.0020
2,3,7,8-TeCDF	N.D	N.D
1,2,3,7,8-PeCDF	N.D	N.D
2,3,4,7,8-PeCDF	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8-HxCDF	N.D	N.D
1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D	N.D
1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D	N.D
2,3,4,6,7,8-HxCDF	N.D	N.D
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	N.D	N.D
OCDF	N.D	N.D
Total	0.0222	0.0091

A: Toluene, B: Hexane:MC = 1:1, N.D: not detected

Table 3. Recoveries of Cleanup Standard and Labeled Compound Stock Solution

Cleanup STD.	PCDD/Fs	Recovery (%)	
		A	B
Labeled Compound Stock Solution	³⁷ Cl ₄ -2,3,7,8-TCDD	66.7	54.0
	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TCDD	67.9	88.8
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDD	57.4	79.9
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDD	65.8	92.7
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDD	75.8	113.7
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	70.2	97.8
	¹³ C ₁₂ -OCDD	58.4	89.2
	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TCDF	58.7	82.9
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	58.3	87.2
	¹³ C ₁₂ -2,3,4,7,8-PeCDF	61.2	83.5
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDF	71.7	99.3
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDF	79.7	102.6
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	64.7	94.8
¹³ C ₁₂ -2,3,4,6,7,8-HxCDF	72.0	106.0	
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	70.7	100.5	
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	59.7	92.2	
Mean	66.15	94.07	

A: toluene, B: Hexane:MC = 1:1

2. 기저귀 자체의 다이옥신 함량분석

<Table 4>와 <Fig. 2>는 각 국의 일회용 기저귀의 다이옥신 분석결과를 나타내고 있다. 종축은 다이옥

신 분석항목이고 횡축은 각국 시료의 종류로 K는 한국, J는 일본, U는 미국, G는 독일을 나타내고 있다.

각국의 분석결과를 비교해 보면 한국(K)의 경우, K1은 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD(0.0163pg · TEQ/g),

Table 4. PCDD/Fs-TEQ in disposable diaper

(pgTEQ/g)

PCDD/F	K			J			U			G	
	K1	K2	K3	J1	J2	J3	U1	U2	U2	G1	G2
2,3,7,8-TeCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8-PeCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,6,7,8-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0163	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
OCDD	0.0058	0.0013	N.D	0.0035	0.0014	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,3,7,8-TeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8-PeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,3,4,7,8-PeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,3,4,6,7,8-HpCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,6,7,8,9-HpCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
OCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Total	0.0221	0.0013	0	0.0035	0.0014	0	0	0	0	0	0

K: Korea J: Japan U: America G: German N.D: not detected

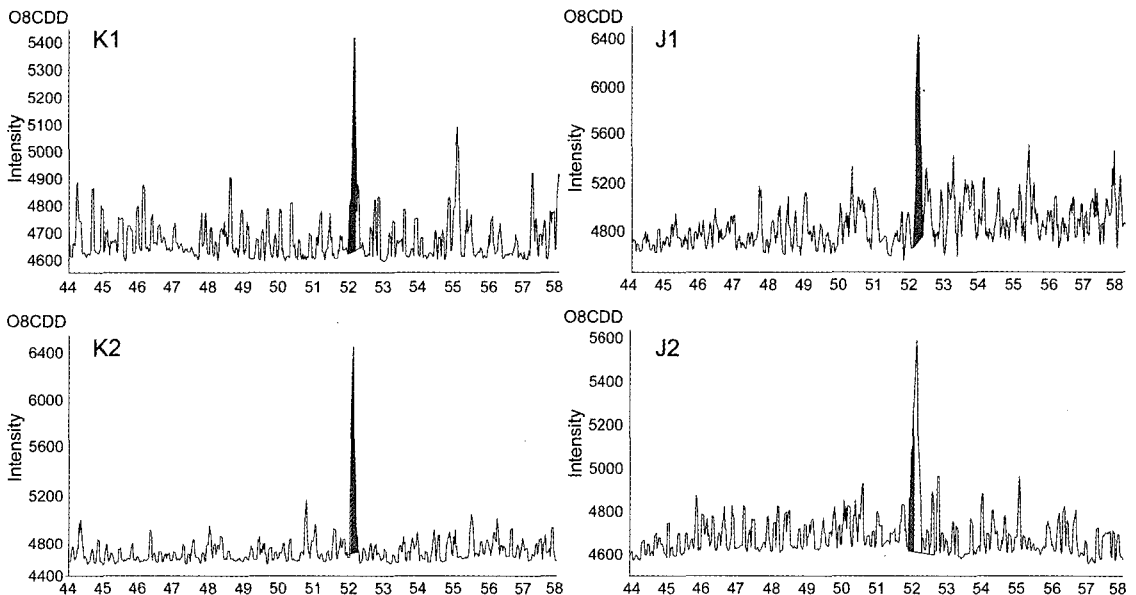


Fig. 2. HRGC-HRMS-SIM chromatograms of dioxins of disposable diaper for infant.

OCDD(0.0058pg · TEQ/g)가 검출되었고, 이 외에서는 검출한계 이하였다. K2는 OCDD(0.0013pg · TEQ/g)가 검출되었고, 이 외에서는 검출한계 이하였다. K3은 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 일본(J)의 경우, J1은 OCDD (0.0035pg · TEQ/g)가 검출되었고, 이 외에서는 검출한계 이하였다. J2는 OCDD(0.0014pg · TEQ/g)가 검출되었고, 이 외에서는 검출한계 이하였다. J3은 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 미국(U)의 경우, U1, U2, U3 모두 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 독일(G)의 경우도 G1, G2 모두 모든 항목에서 검출한계 이하였다.

총 다이옥신량(pg · TEQ/g)은 K1이 0.0221pg · TEQ/g으로 가장 높았으며, J1이 0.0035pg · TEQ/g, J2가 0.0014 pg · TEQ/g, K2가 0.0013pg · TEQ/g으로 나타났다.

각 국의 시료 모두 다이옥신류에서 독성등가 환산 계수가 높은 TCDD(1), PCDD(0.5), HxCDD(0.1)는 기저귀 내에 잔재하지 않았으며, HpCDD(0.01), OCDD(0.001)만이 존재하였다. 또한 선행연구(Jorg Klasmeier et al., 1998; Michael Horstmann et al., 1995; Michael J. Devito et al., 2002)에서 보고 된 바 있는 피복 내에 잔재하는 다이옥신류 중 HpCDD, OCDD가 50-90%를 차지하는 결과와 비슷한 경향을 나타내었지

만 TCDF와 OCDF는 검출되지 않았다.

<Table 5>는 각국 시료의 정제용 표준물질의 회수율을 나타내고 있다. 시료 추출의 표준물질은 한국 시료의 경우 57.7-68.4%였으며, 일본 시료의 경우 64.1-70.2%, 미국 시료의 경우 65.7-81.7%, 독일 시료의 경우 66.6-79.7%로 시료추출의 기준범위인 50-120% 범위 안에 들어가기 때문에 시료 추출이 정상적으로 이루어졌음을 알 수 있다. 각국 시료의 정제용 표준물질의 회수율을 비교해보면 K1, K2, K3의 경우, 각각 57.4-79.7%, 60.4-79.7%, 51.3-87.6%였고, J1, J2, J3의 경우, 각각 60.4-98.2%, 60.3-101.2%, 55.5-85.9%를 나타냈으며, U1, U2, U3의 경우 각각 53.3-94.8%, 61.1-108.8%, 68.5-111.2%를 나타내었다. G1, G2의 경우 각각 54.3-100.3%, 62.9-93.0%를 나타내었다. 이 결과들은 모두 회수율의 기준범위인 50-120% 범위 안에 들어가는 것으로 시료 정제과정이 정상적으로 이루어졌음을 알 수 있다. 그러나 시료 추출의 표준물질과 정제용 표준물질의 회수율이 기준범위에 들어가지만 전체적으로 낮은 범위에 해당되는 이유로서 시료 정제 과정 중 황산처리의 양이 많았음을 미루어 이 과정에서의 손실이 있었음을 알 수 있다.

Table 5. Recoveries of Cleanup Standard and Labeled Compound Stock Solution (%)

Cleanup STD.	PCDD/Fs	K			J			U			G	
		K1	K2	K3	J1	J2	J3	U1	U2	U3	G1	G2
Labeled Compound Stock Solution	³⁷ Cl ₄ -2,3,7,8-TCDD	66.7	68.4	57.7	70.2	64.1	67.5	65.7	72.2	81.7	66.6	79.7
	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TCDD	67.9	73.2	67.5	82.5	74.9	71.4	83.9	91.4	90.6	81.6	89.0
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDD	57.4	72.6	57.7	67.4	67.6	62.3	56.9	65.4	70.3	61.4	69.0
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDD	65.8	71.4	78.2	88.1	82.3	80.8	80.3	88.8	100.2	84.5	87.8
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDD	75.8	88.2	87.6	109.1	95.8	80.2	94.8	108.0	111.2	77.9	92.1
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	70.2	69.5	52.8	64.5	67.1	68.8	66.6	75.6	81.8	64.0	72.4
	¹³ C ₁₂ -OCDD	58.4	60.4	52.5	60.4	60.8	59.6	55.9	66.3	70.0	63.3	67.3
	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TCDF	58.7	79.7	77.2	85.4	69.2	69.3	75.0	89.6	92.8	79.3	88.1
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	58.3	65.6	58.9	67.2	68.7	62.5	57.0	66.4	74.8	58.3	62.9
	¹³ C ₁₂ -2,3,4,7,8-PeCDF	61.2	69.4	51.3	67.8	67.0	55.5	56.1	65.7	68.5	55.4	66.2
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDF	71.7	68.2	84.6	93.8	87.7	78.5	83.6	89.2	91.7	86.5	92.5
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDF	79.7	80.2	85.0	98.2	101.2	85.9	92.4	108.8	102.3	100.3	93.0
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	64.7	70.1	68.8	75.1	75.7	69.0	69.6	78.4	81.7	71.3	81.7
	¹³ C ₁₂ -2,3,4,6,7,8-HxCDF	72.0	76.0	76.7	86.1	88.8	77.9	85.3	91.8	101.4	82.9	87.7
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	70.7	73.1	72.2	71.3	69.3	69.9	61.1	74.7	83.0	65.1	75.7
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	59.7	63.8	58.3	61.2	60.3	60.7	53.3	61.1	70.1	54.3	66.2
	Mean		66.15	72.09	68.62	78.54	75.76	70.15	71.45	81.41	86.03	72.41

K: Korea J: Japan U: America G: German

Table 6. PCDD/Fs-TEQ in extractable disposable diaper (6hours) (pgTEQ/g)

PCDD/F	K			J			U			G	
	K1	K2	K3	J1	J2	J3	U1	U2	U3	G1	G2
2,3,7,8-TeCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8-PeCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,6,7,8-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0056	N.D	N.D	N.D	N.D
OCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0006	N.D	N.D	0.0009
2,3,7,8-TeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8-PeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,3,4,7,8-PeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,3,4,6,7,8-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
OCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Total	0	0	0	0	0	0	0.0056	0.0006	0	0	0.0009

K: Korea J: Japan U: America G: German N.D: not detected

3. 인공 소변 용출실험에 의한 다이옥신 함량 분석

1) 6시간 용출실험

<Table 6>은 각국 일회용 기저귀의 인공 소변에서 6시간 용출한 다이옥신 함량으로, 한국, 일본 시료 모두 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 미국의 경우, U1은 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD, U2는 OCDD가 검출 되었으며, U3는 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 독일의 경우, G1은 모든 항목에서 검출 이하였고, G2는 OCDD가 검출되었다. 총 다이옥신량은 U1이 0.0056pg · TEQ/g으로 가장 높았으며, U2가 0.0006 pg · TEQ/g, G2가 0.0009pg · TEQ/g으로 나타났다. <Table 7>는 각국 시료의 정제용 표준물질의 회수율을 나타내고 있다. 시료 추출의 표준물질의 회수율은 모두 기준범위인 50-120% 범위 안에 들어가는 것으로 시료 정제과정이 정상적으로 이루어졌음을 알 수 있다. 하지만 ¹³C₁₂-OCDD의 회수율이 다른 항목보다 낮음을 알 수 있었다.

기저귀 자체의 다이옥신 분석결과와 비교해보면 검출되었던 K1, K2, J1, J2에서는 검출한계 이하였으며, 검출한계 이하였던 U1, U2, G2에서 검출되었음

을 알 수 있었다.

2) 24시간 용출실험

<Table 8>은 각국의 일회용 기저귀의 인공 소변에서 24시간 용출에 의한 다이옥신 함량을 제시하고 있다. 각국의 분석결과를 비교해 보면 한국, 일본의 경우 모두 모든 항목에서 검출한계 이하였다. J3의 경우 OCDD가 검출되었고 이 외의 항목에서는 검출한계 이하였다. 미국의 경우, U1은 OCDD, OCDF, U2는 OCDD, OCDF, U3는 1,2,3,4,7,8-HxCDD가 검출되었고 이 외의 항목에서는 검출한계 이하였다. 독일의 경우 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 총 다이옥신량은 J3은 0.0007pg · TEQ/g, U1은 0.0013pg · TEQ/g, U2는 0.0015pg · TEQ/g, U3는 0.0003pg · TEQ/g를 나타내었다. <Table 9>은 각국 시료의 정제용 표준물질의 회수율을 나타내고 있다. 시료 추출의 표준물질과 정제용 표준물질의 회수율은 모두 기준 범위인 50-120% 범위 안에 들어가는 것으로 시료 정제과정이 정상적으로 이루어졌음을 알 수 있다.

기저귀 자체의 다이옥신 분석결과와 6시간 용출실험결과와 비교해보면 6시간 용출실험과 경향은 비슷

Table 7. Recoveries of Cleanup Standard and Labeled Compound Stock Solution (%)

Clean up STD.	PCDD/F	K			J			U			G	
		K1	K2	K3	J1	J2	J3	U1	U2	U3	G1	G2
Labeled Compound Stock Solution	³⁷ Cl ₄ -2,3,7,8-TCDD	86.1	94.7	92.0	91.0	82.0	84.8	77.6	100.6	111.4	98.1	62.2
	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TCDD	78.0	91.0	86.1	88.1	75.7	73.4	71.1	88.1	75.6	84.4	57.9
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDD	120.0	98.6	120.0	112.3	106.2	110.2	116.0	113.3	109.7	93.2	83.9
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDD	97.2	99.8	97.0	104.7	92.6	92.0	88.2	103.3	84.5	86.0	56.1
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDD	82.8	103.5	82.8	89.3	78.8	78.3	74.0	87.0	71.6	91.3	57.6
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	107.5	65.9	106.2	102.1	84.7	97.0	87.2	101.0	85.0	55.0	55.0
	¹³ C ₁₂ -OCDD	67.9	50.8	53.9	56.0	58.8	61.8	57.5	56.8	57.4	57.4	60.8
	¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TCDF	95.3	82.8	108.4	110.1	96.6	92.5	89.2	111.3	97.5	77.0	72.0
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	111.6	99.0	119.5	84.1	120.0	110.3	112.3	114.4	120.0	92.4	109.7
	¹³ C ₁₂ -2,3,4,7,8-PeCDF	112.8	76.7	112.3	83.2	112.0	112.0	100.2	100.2	115.5	67.1	109.0
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDF	117.1	89.4	119.1	78.5	115.4	102.0	101.1	110.2	108.5	74.1	67.7
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDF	104.4	86.7	104.8	110.5	104.5	98.3	89.0	111.3	97.6	79.5	60.4
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDF	106.0	79.2	109.3	110.5	109.1	116.3	87.4	117.5	94.8	61.2	65.5
	¹³ C ₁₂ -2,3,4,6,7,8-HxCDF	117.1	91.5	120.0	120.0	116.0	112.9	102.5	114.2	107.6	71.2	68.7
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	113.6	66.1	118.0	112.3	109.9	118.2	95.2	115.5	98.9	62.7	60.0
	¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	119.5	54.1	118.3	110.0	107.4	114.3	82.8	114.0	100.8	56.1	68.8
	Mean	103.3	82.34	105.1	98.11	99.18	99.30	90.25	103.9	95.00	73.91	70.21

K: Korea J: Japan U: America G: German

Table 8. PCDD/Fs-TEQ in extractable disposable diaper (24hours) (pgTEQ/g)

PCDD/F	K			J			U			G	
	K1	K2	K3	J1	J2	J3	U1	U2	U3	G1	G2
2,3,7,8-TeCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8-PeCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0003	N.D	N.D
1,2,3,6,7,8-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
OCDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0007	0.0004	0.0006	N.D	N.D	N.D
2,3,7,8-TeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8-PeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,3,4,7,8-PeCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,3,4,6,7,8-HxCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
OCDF	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0009	0.0009	N.D	N.D	N.D
Total	0	0	0	0	0	0.0007	0.0013	0.0015	0.0003	0	0

K: Korea J: Japan U: America G: German N.D: not detected

하지만 검출되지 않았던 J3와 U3에서 검출이 첨가되었고, 6시간 용출결과에서 검출되었던 G2에서는

검출한계 이하였다. 총 다이옥신량도 6시간의 용출결과보다 증가하는 경향을 볼 수 있었다.

Table 9. Recoveries of Cleanup Standard and Labeled Compound Stock Solution (%)

PCDD/F		K			J			U			G	
		K1	K2	K3	J1	J2	J3	U1	U2	U3	G1	G2
Clean up STD. Labeled Compound Stock Solution	³⁷ C14-2,3,7,8-TCDD	88.7	90.4	90.6	84.3	92.3	105.1	96.3	98.1	78.0	85.6	78.8
	¹³ C12-2,3,7,8-TCDD	89.0	101.8	110.3	80.9	88.5	101.2	88.0	93.3	83.2	83.7	112.2
	¹³ C12-1,2,3,7,8-PeCDD	116.8	84.2	101.8	79.4	111.1	115.9	110.6	116.6	95.8	118.8	117.5
	¹³ C12-1,2,3,4,7,8-HxCDD	107.0	94.3	87.5	84.0	110.2	111.7	92.2	101.5	91.1	102.4	112.3
	¹³ C12-1,2,3,6,7,8-HxCDD	92.0	51.2	101.5	95.6	90.8	94.9	79.6	86.5	98.8	85.9	119.8
	¹³ C12-1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	99.0	108.4	56.7	54.8	114.5	99.3	86.4	98.9	61.1	98.4	112.1
	¹³ C12-OCDD	56.9	111.4	116.4	60.4	67.2	55.3	51.4	55.1	58.1	68.2	79.1
	¹³ C12-2,3,7,8-TCDF	113.1	119.5	91.0	75.9	112.1	112.2	109.3	116.6	77.3	106.7	117.6
	¹³ C12-1,2,3,7,8-PeCDF	117.2	118.3	94.1	78.9	112.0	110.1	117.8	113.3	95.8	118.0	115.6
	¹³ C12-2,3,4,7,8-PeCDF	116.0	109.7	87.0	59.6	84.5	87.5	110.2	112.2	76.6	108.7	112.9
	¹³ C12-1,2,3,4,7,8-HxCDF	119.6	110.3	112.3	81.7	78.6	75.6	118.2	113.3	81.9	117.5	87.9
	¹³ C12-1,2,3,6,7,8-HxCDF	116.2	109.7	111.5	84.1	119.6	85.6	105.0	113.2	86.7	97.5	87.9
	¹³ C12-1,2,3,7,8,9-HxCDF	116.5	110.3	110.6	59.4	112.4	85.2	112.7	112.2	70.9	118.0	88.6
	¹³ C12-2,3,4,6,7,8-HxCDF	106.3	112.2	112.0	80.1	113.2	87.2	114.6	112.2	82.4	112.2	86.6
	¹³ C12-1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	119.0	114.4	85.0	58.6	112.5	86.6	110.1	112.2	60.1	112.1	85.6
	¹³ C12-1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	118.4	109.6	112.4	64.5	116.5	117.6	108.8	112.3	53.9	112.3	87.8
	Mean		106.8	104.3	99.34	73.19	102.91	95.06	100.9	104.6	78.25	104.0

K: Korea J: Japan U: America G: German

V. 결론 및 제언

1. 추출용매의 비교

다이옥신 추출용매 비교 결과, Toluene으로 추출한 경우 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD가 0.0163pg · TEQ/g, OCDD가 0.0058pg · TEQ/g검출되었다. hexane과 dichloromethane의 경우 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD가 0.0071pg · TEQ/g, OCDD가 0.0020pg · TEQ/g검출되었다. 총 독성 등가 환산 다이옥신량은 A의 경우가 B의 경우보다 2배 정도 높았고, 시료 추출의 표준물질과 정제용 표준물질의 회수율은 각각 기준범위 50-120%안에 들어가는 것을 알 수 있었다.

2. 기저귀 자체의 다이옥신 함량 분석

각 국의 일회용 기저귀의 다이옥신 분석한 결과, 한국의 경우, K1은 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD, OCDD, K2는 OCDD가 검출되었고, K3은 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 일본의 경우, J1은 OCDD, J2는 OCDD가 검출되었고, J3은 모든 항목에서 검출한계

이하였다. 미국의 경우, U1, U2, U3 모두 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 독일의 경우도 G1, G2 모두 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 총 다이옥신량은 K1이 0.0221 pg · TEQ/g, J1이 0.0035pg · TEQ/g, J2가 0.0014pg · TEQ/g, K2가 0.0013pg · TEQ/g으로 나타났다. 각 국 시료의 정제용 표준물질의 회수율은 기준범위인 50-120% 범위 안에 들어가는 것으로 나타났다.

3. 인공 소변의 용출실험에 의한 다이옥신 함량 분석

각 국의 일회용 기저귀의 인공 소변의 용출에 의한 다이옥신 함량분석을 행한 결과, 6시간 용출결과로서는 한국, 일본의 경우 모두 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 미국의 경우, U1은 모든 항목에서 검출 이하였고, U2는 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD, U3는 OCDD가 검출 되었으며 이 외의 모든 항목에서 검출 이하였다. 독일의 경우, G1은 모든 항목에서 검출 이하였으며, G2는 OCDD가 검출되었고, 이외의 항목에서 검출 이하였다. 총 다이옥신량은 U1 0.0056 pg · TEQ/g, U2 0.0006pg · TEQ/g, G2 0.0009pg · TEQ/g로 나타났다. 각

국 시료의 정제용 표준물질의 회수율은 기준범위인 50-120% 범위 안에 들어가는 것으로 시료 정제과정이 정상적으로 이루어졌음을 알 수 있었다.

24시간 용출실험결과로서, 한국의 경우 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 일본의 경우, J1, J2는 모두 모든 항목에서 검출한계 이하였고, J3의 경우 OCDD가 검출되었고 이외의 항목에서는 검출한계 이하였다. 미국의 경우, U1은 OCDD, OCDF가 검출되었고, U2는 OCDD, OCDF, U3는 1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD가 검출되었고 이외의 항목에서는 검출한계 이하였다. 독일의 경우, G1, G2는 모든 항목에서 검출한계 이하였다. 총 다이옥신량은 J3가 0.0007pg · TEQ/g, U1이 0.0013pg · TEQ/g, U2가 0.0015pg · TEQ/g, U3는 0.0003pg · TEQ/g의 순으로 높게 나타내었다. 각 국 시료의 정제용 표준물질의 회수율은 모두 회수율의 기준범위인 50-120% 범위 안에 들어가는 것으로 시료 정제과정이 정상적으로 이루어졌음을 알 수 있다.

일회용 기저귀의 자체 다이옥신 함량 분석과 인공 소변에 의한 다이옥신 함량 분석결과에 있어서 각 국의 일회용 기저귀에서 검출된 다이옥신의 양은 아직 일회용 기저귀에 대한 허용 기준치는 정립된 것은 없지만 환경 기준치 중 수돗물의 허용 기준치보다 100배 정도의 낮은 값을 나타내고 있고, 피부로부터의 흡수는 직접 섭취하는 것보다 13,000-24,000배의 차이를 나타내고 있지만 일회용 기저귀의 경우 저항력이 약한 신생아 때부터 사용하게 되고, 항상 착용하게 되는 상황에 있어서는 유해성 평가가 필요하리라 사료된다.

이상과 같이 유아용품 중 일회용 기저귀의 유기화합물(다이옥신)의 유해성 분석기술개발을 통하여 일회용 기저귀의 다이옥신 분석의 평가방법 개발 및 표준화 기술구축에 의하여 피복제품의 유해성 평가에 기본바탕이 되었다고 본다.

특히 우리나라의 경우 피복에 관련된 다이옥신에 관한 연구는 전무후무한 실정이었다. 피복 중 다이옥신의 배출이 인체에 미치는 직접, 간접적인 영향으로 볼 때 우리나라에서도 이러한 분야에 관심을 가져야 할 것이며 특히 다이옥신에 의한 노출이 우려되는 환경에서의 모니터링은 필수적이라 판단되어진다.

참고문헌

국내 유아용 일회용 기저귀, 스포츠 의류. (2000, 12). 소비자시대.

- 송명건. (1979). 부직포 중에 잔존하는 유리 formaldehyde에 관한 연구. *한국의류학회지*, 3(2), 9.
- 송화순. (1983). 피복으로 인한 피부장해에 관한 연구. *청주대학교 논문집*, 제16집.
- 홍태기, 이영훈, 신연수, 박상준, 남상규. (2000). 시판중인 속옷 중 유해성 물질의 평가. *한국환경분석학회지*, 3(2), 141-146.
- Archer, J. C., Mabry, R., Smith, S., Shojace, V., & Litman, J. Threet. (2002). Dioxin and furan levels found in tampons. *Organohalogen compounds*, 55, 331-333.
- EPA Method 1613. (1994). Tetra Through Octa-CDDs/Fs by Isotope Dilution HRGC/HRMS, Washington, DC.
- Gaunders, & Plummer, E. (1987). Diaper Rash: Managing and controlling a common problem in infants and toddlers. *J. Pediatr Health Care*, 1, 26-34.
- Gonzalez, J., & Hogg, R. J. (1981). Metabolic alkalosis secondary to baking soda treatment of a diaper rash. *Pediatrics*, 67(6), 820-822.
- Hermansen, M. C., & Buches, M. (1988). Urine output determination from superabsorbent and regular diapers under radiant heat. *Pediatrics*, 81(3), 428-431.
- Jorg Klasmeier, & Michael Mclachlan, S. (1998). PCDD/Fs in textiles - Part I: A screening method for detection of octachlorodibenzo-p-dioxin and octachlorodibenzofuran. *Chemo-sphere*, 36(7), 1627-1635.
- Lavin, A. (1986). Super effective diaper can cause confusion. *Pediatrics*, 78, 1173-1174.
- Michael Devito, J., & Arnold Schecter. (2002). Exposure assessment to dioxins from the use of tampons and diapers. *Environment health perspectives*, 110(1) 23-28.
- Michael Horstmann, & Michael Mclachlan, S. (1995). Results of an initial survey of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in textiles. *Chemosphere*, 31(2), 2579-258.
- Newman, E., & Daskiet, K. (1992). The diaper controversy. *Pediatrics*, 89, 978-979.
- Ross, L. S. (1963). An inexpensive prophylaxis for ammoniacal dermatitis. *Pediatrics*, 31, 144-145.
- Smolonsky, Marc. (1993). *Dioxin in Single Use Diapers and Tampons*. Mothering, Summer 93, 44-49.
- Weston, W. L., Lane, A. T., & Weston, J. A. (1980). Diaper dermatitis: current concepts. *Pediatrics*, 66(4), 532-536
- 東京都生活文化局. (1975). *日用品成分による皮膚障害の研究*. 日本繊維センター. (1979). *繊維試験法のすべて(応用編)*. 紫恒健. (1975). 衣料におけるホルマリン規制の現状と試験法. *繊維學會誌*, 31(6).
- 石原勝. (1974). 衣服の安全性. *消費科學*, 15, 293.
- 青山光子. (1970). 衣料加工處理の問題點. *消費科學*, 11, 512.
- 大川章. (1974). 衣料による皮膚障害. *消費科學*, 15, 29.