

Study on the methods of risk assessment of human exposure by using of PVC flooring

Woo Il Kim, Yoon A Cho[★], Min Sun Kim, Ji Young Lee, Young Yeul Kang
Sun Kyoung Shin, Seong Kyoung Jeong and Jin Mo Yeon

Resource Recirculation Research Division, National Institute of Environmental Research
Environmental Research Complex Kyungseo-dong, Seo-gu, Incheon 404-708, Korea

(Received November 8, 2013; Revised September 1, 2014; Accepted September 1, 2014)

PVC 바닥재 인체 노출에 따른 위해성 평가 연구

김우일 · 조윤아[★] · 김민선 · 이지영 · 강영렬 · 신선경 · 정성경 · 연진모

국립환경과학원 자원순환연구과

(2013. 11. 8. 접수, 2014. 9. 1. 수정, 2014. 9. 1. 승인)

Abstract: In advanced countries, a variety of consumer exposure assessment models including CONSEXPO, are developed to manage risks of consumer products containing hazardous materials. The models are used to assess the risks of exposure to hazardous chemicals in consumer products, which serves as a foundation for regulation standards. In this study, exposure assessment models applicable for various scenarios were reviewed and a proper model was applied for the selected products and risk assessment was conducted at each stage to establish a risk assessment procedure for different types of products. Based on the exposure scenario, exposure factor was selected and according to the algorithm produced based on CONSEXPO exposure model, some level of phthalates were detected from some types of PVC flooring. However, a correlation between phthalate content and migration rate showed r-square 0.0065, little correlation, which is inadequate for estimating standard value. For this reason, it seems valid that the current standard be in place. Additionally, any new standard was not suggested as VOCs were not found harmful to human health, allowing the existing standard to be continuously applied. No migration rate was found for heavy metals and risk assessment was not performed accordingly. In this aspect, it is presumed that hazards to health through dermal exposure would be very little.

요약: 선진국에서 유해물질을 함유하는 소비자 제품의 위해성 관리를 위해 CONSEXPO 등의 다양한 소비자 노출평가 모델을 개발하여 소비자 제품에 함유된 유해화학물질의 노출로 인한 위해도를 평가하고 이를 규제 기준의 설정근거로 활용하고 있다. 이에 본 연구에서는 다양한 시나리오에 적용할 수 있는 노출평가 모델을 검토하고 대상 제품을 선정하여 적정 모델을 적용하여 위해성 평가 단계에 따라 위해성 평가를 하여 제품 별 위해성 평가 기법을 마련하고자 하였다. 작성된 노출 시나리오를 바탕으로 노출 계수를 선정한 뒤 CONSEXPO 노출평가 모델을 기반으로 하여 알고리즘을 작성 한 결과 프탈레이트류의 경우 일부 장관에서 전이량이 검출되었으나 함량과 전이량의 상관관계를 살펴본 결과 r-square 0.0065

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)32-560-7513 Fax : +82-(0)32-568-1656

E-mail : yasic29@korea.kr

으로 상관관계가 거의 없는 것으로 나타나, 이 결과를 기준으로 함량 기준값을 산출하는 것은 무리가 있다고 사료되며 현행제품기준을 유지하는 것이 무방할 것으로 판단된다. 휘발성유기화합물 또한 인체에 유해하지 않은 것으로 나타났으므로 현행 기준을 준수 할 경우 큰 무리가 없을 것으로 것을 판단, 새로운 기준을 제시 하지 않았다. 중금속의 경우 전이량이 검출되지 않았으므로 위해성 평가는 수행하지 않았다. 따라서 경피노출로 인한 인체의 유해가능성은 매우 적을 것으로 판단할 수 있다.

Key words: scenario, exposure model, PVC flooring, human health.

1. 서 론

최근 우리나라에서 재활용 제품 사용과정에서의 유해물질 노출로 인한 피해가 국민 건강의 위해요소로 등장함에 따라 안전한 제품 사용에 대한 소비자들의 욕구가 증대하고 있는 실정이다. 이에 제품에 대한 위해성 관리가 시급한 과제로 대두되고 있다. 선진국에서는 유해물질을 함유하는 소비자 제품의 위해성 관리를 위해 CONSEXPO (Consumer exposure assessment model) 등의 다양한 소비자 노출평가 모델을 개발하여 소비자 제품에 함유된 유해화학물질의 노출로 인한 위해도를 평가하고 이를 규제 기준의 설정근거로 활용하고 있으며, 국내에서는 ‘소비자 노출평가 기법 개발연구’, ‘어린이 용품의 유해물질 노출실태와 위해성 평가 연구’ 등이 진행되고 있는 추세이다.¹ 그러나 제품마다 노출특성과 시나리오가 상이하여 기본틀을 기반으로 한 각 제품별 위해성 평가 기법을 정립할 필요가 있다.

기존연구에서 향후 노출평가가 시급한 대상제품(군)을 설정하고 노출시나리오 설정 및 향후 과제 도출 등의 모델 개발의 타당성을 검토하였으며, 노출모델개발을 위한 기본 계획을 수립한 바 있다.² 이러한 연구를 기본으로 본 연구에서는 기존 노출 평가 모델을 검토하고 인체노출 가능성이 있는 폐플라스틱 재활용 제품인 PVC 바닥재를 대상으로 경피와 호흡노출에 따른 위해성 평가기법을 정립하고자 한다. 이로 인해 제품에 함유된 유해물질로부터 소비자의 안전을 확보하고 객관적이고 정량적으로 평가할 수 있는 제품 별 위해성 평가기법을 제시하고자 한다.

2. 외국의 제품 위해성 평가 사례

2.1. 노출평가 모델의 개발

현재 CONSEXPO, CEM 등의 다양한 소비자 노출평가 모델을 개발하여 위해도를 평가하고 이를 규제

기준의 설정근거로 활용하고 있다.

외국의 소비자 노출평가 모델의 개발 현황을 보면 유럽연합에서 제시한 화학물질의 평가를 위한 시스템인 EUSES (European union system for evaluation of substances), 네덜란드 RIVM (The Dutch national institute of public health and the environment)에서 개발한 소비자 노출평가 모델인 CONSEXPO가 있다.³ CONSEXPO 모형은 유럽의 화학물질 스크리닝 모델로 사용되고 있는 EUSES에서 소비단계 위해성을 평가하기 위한 모듈로서도 사용되고 있다. 주요 소비자 제품의 카테고리별로 구분되는 페인트, 화장품, 살충제 같은 제품의 Fact sheet가 마련되어 있고, 이것은 사용할 노출 변수들과 모델의 지침을 제공한다. 또한 Weegels와 Vanveen은 소비자 활동패턴연구(2001)를 통해 모델의 Default 변수를 제공하였다(RIVM, 2001, CONSEXPO 3.0; Consumer exposure and uptake models (RIVM report 612810011)).⁴ 이외에도 미국 EPA의 OPPT (Office of pollution prevention and toxics)에서 WPEM (Wall Paint Exposure Model)을 개발하였으며, 이 모형은 사무실이나 거주지의 벽면에 붓이나 롤러로 칠된 라텍스 혹은 알키드 페인트로부터 방출되는 화학물질이 공기 중 농도에 대하여 개인의 흡입 노출을 평가한다.

2.2. 대상 제품별 위해성 평가 사례

외국의 경우 개발된 모델에 의하여 여러가지 제품의 위해성 평가가 이루어지고 있는 실정이다. 위에서 언급한 모델 중 다양한 분야로 쓰일 수 있는 CONSEXPO를 이용하여 노출 평가를 진행한 EU 위해성 평가 보고서(risk assessment report, RAR)를 검토하였다. Table 1은 EU 위해성평가 보고서의 CONSEXPO 노출평가사례를 나타낸 것이다.

3. 위해성 평가 단계검토 및 자료수집

환경부 예규 제415호 환경유해인자의 위해성 평가

Table 1. COSEXPO application of EU risk assessment report

Material	Product	Exposure Conc.	Reference
1,4-dioxane	Hair Shampoo	5.53 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$	EU, 2002 ⁵
	Baby Lotion (Adult)	2.29	
	Baby Lotion (Children)	3.05	
Benzene	Passive smoking	0.007 mg/m^3	EU, 2003 ⁶
	Paint	0.017	
	Fuel charge	1.3	
Dibutyl Phthalate	Nail glaze (nail varnish)	$2 \times 10^{-9} \text{ mg}/\text{kg}/\text{day}$	EU, 2004 ⁷
	Glue	$3.43 \times 10^{-4} \text{ mg}/\text{kg}/\text{day}$	
	Cellophane for food packaging	1.9 $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$	
	Toys for children	0.81 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$	

Table 2. Example for application factor about exposure scenario

Exposure scenario	Kind of factor	Exposure factor				Unit	Reference	
		Presc-hool Child	Scho-olchil-dren	youth	adult			
Inhalation	Breathing rate	Indoor	3.6	6.7	8.5	14.8	m^3/day	USEPA(2005) ⁹
		Outdoor	21.3	21.3	24.6	17.4		USEPA(2009) ¹⁰
		School	-	6.8	7.7	-		
		Office	-	-	-	16.3		
	Occupancy rate	Indoor	0.9	0.49	0.44	0.57	unitless	Korea exposure factor handbook ¹¹
		Outdoor	0.1	0.25	0.22	0.11		
		School	-	0.26	0.34	-		
		Office	-	-	-	0.32		
Oral intake	Food intake rate	767.5	923.0	1105.5	1131.3	g/day	KFDA(2009) ¹²	
	Product uptake amount	0.008	-	-	-	g/day	EN71 ¹³	
	Detection rate	16	-	-	-	%	NIER(2008) ¹⁴	
	Usage rate	26	-	-	-	%	NIER(2008) ¹⁴	
	Body weight	11.2	-	-	-	kg	NIER(2008) ¹⁴	
Skin intake	Soil attachment coefficient	0.04	0.01	0.01	0.01	$\text{mg}/\text{cm}^2\text{-event}$	USEPA ¹⁵	
	Skin absorption		Pb : 0.006			unitless	Health Canada ¹⁶	
	Soil contact area	2,532	4,232	2,636	2,760	cm^2	US EPA	
	Soil contact frequency		1			event/day	Korea exposure factor handbook	
	Product usage frequency	1.1	-	-	-	1/day		
	Total body-surface area	5,239	-	-	-	cm^2		
	Contact rate	18	-	-	-	%		
	Product detection rate	18.2	-	-	-	%	NIER(2008)	
	Usage rate	69	-	-	-	%		
	Body weight	11.2	-	-	-	kg		
Absorption rate	0.6	-	-	-	%			
Usage amount/unit area	0.0417	-	-	-	g/cm^2	RIVM(2002) ¹⁷		

를 위한 절차와 방법 등에 관한 지침(위해성평가 가이드북, 2011) 제5조 1항에 의거한 단계별 인체위해성평가를 보면 제품에 함유된 유해물질의 유해성 평가를

위하여 제품과 유해물질을 조사하는 기반연구단계, 노출량 분석 및 영향평가 단계, 위해성 평가 및 관리 대책 수립 단계로 진행된다.⁸ 또한 유럽연합에서 발표한

Table 3. Kind of exposure assessment models

National	Organization	Model	Description
Europe	European Union	EUSES (European Union system)	- Exposure assessment system for the consumer products
Netherlands	RIVM (The Dutch National Institute of Public Health and the Environment)	CONSEXPO (Consumer Exposure Model)	- Emission calculations for the consumer products including pesticides.
United States	EPA OPPT (Office of Pollution Prevention and Toxics)	WPEM (Wall Paint Exposure Model)	- Exposure assessment in human beings due to the inhalation of the latex or alkyd paint used on the walls in office and houses.
United States	EPA OPPT (Office of Pollution Prevention and Toxics)	CEM (Consumer Exposure Module)	- Indoor atmospheric analysis in house with respect to the evaporation of chemicals used in the home appliances
United States	EPA OPPT (Office of Pollution Prevention and Toxics)	MCCEM (Multi-Chamber Concentration & Exposure Model)	- General consumer exposure assessment models for evaluation of new and existing chemicals

RISK ASSESSMENT GUIDELINES FOR NON-FOOD CONSUMER PRODUCTS에서 위험도를 결정하기 위한 3 가지 단계로 먼저 해당 제품의 위험 심각성을 식별하고, 소비자가 그 위험에 의해 부상을 입을 확률을 결정한다. 마지막으로 부상의 심각성 측면에서 부상확률과 제품 내 유해물질 유해성을 결합하여 위험도를 산출한다.

3.1. 기반연구단계

기반연구단계는 제품의 분류, 관련 제품 생산, 유통 및 제품 원재료 조사, 그리고 제조 수입 현황 파악 등 제품 조사와 함유유해물질 조사, 사회 이슈화된 유해물질 조사, 그리고 국내외 적으로 규제하고 있는 물질 조사 등 유해물질 조사로 나뉘지며 종합적으로 조사대상 재활용 제품목록과 조사대상 유해물질 목록을 작성하는 단계이다.

3.2. 노출량 분석 및 영향평가 단계

노출량 분석 및 영향평가 단계는 인체 및 환경에 노출되는 경로에 따른 노출시나리오를 설정하고 관련 제품에서 조사대상 유해물질이 있는지 여부를 파악하기 위한 선행조사와 노출 시나리오별 유해물질 전이량 분석을 실시하고 노출 알고리즘에 따라 노출량을 산출하는 단계이다. Table 2는 노출량을 산출하는 단계에서 적용되는 시나리오별 Factor를 나타낸 것이다.

3.3. 위해성 평가 및 관리대책 수립단계

제품별 노출량 분석결과와 독성참고치등을 비교하여 위험도를 산정하고, 위해 우려 제품들의 경우에는

관련 물질, 재료 그리고 제품 등의 대체가능성을 감안한 경제성 분석을 실시하여 정책적인 결정단계에 이르게 하는 것이다. Table 3은 위해성 평가를 위한 각 기관 별 위해성 평가를 위한 각 기관 별 위해성 평가 tool을 정리한 것이다.

4. 위해성 평가 기법 적용

4.1. 기반연구단계

주로 온돌생활을 하는 우리나라의 가정에서 사용되는 염화비닐계 바닥재는 ‘PVC 가소제, 더 이상 물러설 곳이 없다’(화학저널 2010.3월 20호), ‘PVC 안정제, 아직도 납계 안정제가 판친다’(화학저널 2011.2월 21호)등의 기사가 게재되는 등 그 안전성에 대한 논란이 제기되어 왔다.¹⁸⁻¹⁹ 관련된 선행연구로 바닥재로부터 방출되는 휘발성유기화합물과 포름알데하이드 특성, Hazardous chemicals in PVC flooring등이 있으나 함량 분석으로 위해성평가를 진행하지 않았다.²⁰⁻²¹ 또한 기술표준원에서는 PVC 장판에 사용되는 프탈레이트계 가소제의 양을 제한하기 위해 PVC장판을 안전관리 대상품목으로 지정관리 할 계획을 밝힌 바 있다. 본 연구에서는 PVC 바닥재에 대하여 시중에 유통되고 있는 제품을 제조업체별로 나누어 구매하였다. 총 15 개 제품(4 개 업체)으로 8 개 제품이 재활용 원료를 사용하여 제조한 제품이며, 7 개 제품이 신재료로 생산된 제품이다(이하 재활용 원료를 일부 함유한 제품을 재활용 제품으로, 신재료만을 사용한 제품은 신제품으로 표기한다). 조사대상 물질은 중금속, 프탈레이트류, 휘발성유기화합물의 3 항목으로 품질경영 및

Table 4. Established exposure algorithm

Pathway	Exposure algorithm
	$ADD = \frac{C \times BR \times ET}{BW}$
Inhalation	ADD (average daily intake) : mg/kg/day C (Concentration) : mg/m ³ -air, Actual measure BR (Breathing rate) : 17.202 m ³ /day, Korea exposure factor handbook ET (Activity time) : 15.41 hr/day, Korea exposure factor handbook BW (Body weight) : 63.36 kg, Size korea
	$ADD = \frac{M \times SA \times ET \times ABs}{BW}$
Skin absorption	ADD (average daily intake) : mg/kg/day M (metastasis amount) : mg/cm ² /min, Actual measure SA (contact area) : 8,542 cm ² , Korea exposure factor handbook ET (contact time) : 924 min/day, Korea exposure factor handbook ABs (Skin absorption rate) : No unit, Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada BW (Body weight) : 63.36 kg, Size korea(Average age of the entire)

공산품 안전 관리법과 자율안전확인 안전기준에 의거하여 중금속 8종(As, Ba, Cd, Cr, Sb, Se, Pb, Hg), 자율안전확인 안전기준과 Hazardous Chemicals in PVC Flooring에 의거하여 프탈레이트류 8 종(DEP, DBP, BBP, DEHA, DEHP, DNOP, DINP, DIDP)을 다중이용 시설 등의 실내공기질 관리법 시행규칙에 의거하여 VOCs (44 종)를 선정하였다.

4.2. 노출량 및 영향평가 단계

염화비닐계 바닥재의 경우, 가정에 시공되어 있는 일반적인 바닥재로 실내에서 생활할 때 호흡, 피부흡수에 의해 상시 노출된다고 가정하였다. VOCs는 호흡에 의한 노출을 고려하여 소형챔버에 의한 방출실험을 진행하였으며, 중금속과 프탈레이트는 피부접촉에 의한 노출을 가정하였다. 작성된 노출 시나리오를 바탕으로 노출계수를 선정한 뒤 CONSEXPO 노출평가 모델을 기반으로 하여 알고리즘을 작성 한 결과 Table 4와 같다.

호흡에 의한 흡입 알고리즘 인자 중 호흡률은 한국 노출계수 핸드북에 제시된 장기간 노출 호흡률을 사용하였다. 활동 양상별 평균 호흡률 중 가정관리, 개인 유지, 커뮤니케이션, 어린이 돌보기 등과 같이 집 안에서 생활하는 동안의 호흡률 평균치를 사용하였다. 활동시간 역시 한국 노출계수 핸드북에서 집안에 머무는 시간을 합산하여 사용하였다.¹¹ 경피노출에서 피부접촉면적 계수는 전신의 절반이 접촉된다고 가정하고 성인남녀 평균 면적을 사용하였다. 피부흡수율은

Health canada의 federal contaminated site risk assessment in canada에서 제시한 값을 사용하여 대상물질에 대한 경피 노출량을 산정하였다.¹⁶

4.3. 위해성평가 및 관리대책 수립단계

환경부 예규 제415호 환경유해인자의 위해성 평가를 위한 절차와 방법 등에 관한 지침(위해성평가 가이드북, 2011) 제5조 1항에 의거하여 관리 대책 수립 단계를 진행한 결과, 프탈레이트류의 경우 일부 장관에서 전이량이 검출되었으나 함량과 전이량의 상관관계를 살펴본 결과 r-square 0.0065으로 상관관계가 거의 없는 것으로 나타나, 이 결과를 기준으로 함량 기준값을 산출하는 것은 무리가 있다고 사료되며 현행제품 기준을 유지하는 것이 무방할 것으로 판단된다(Fig.

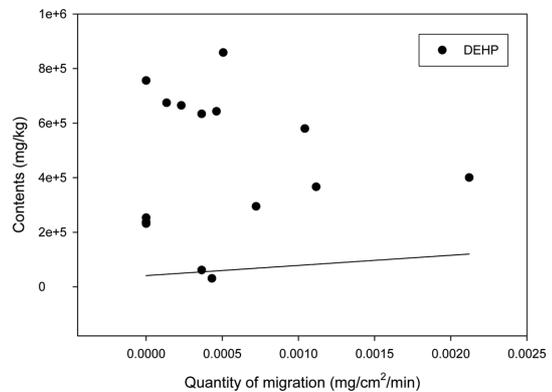


Fig. 1. DEHP content VS migration amount.

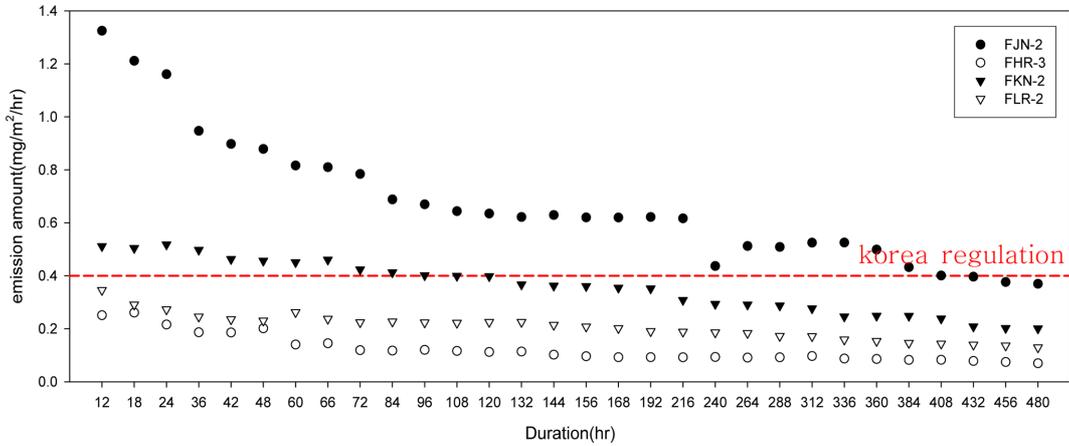


Fig. 2. VOCs emission amount on duration.

Table 5. Regulation of waste PVC flooring

Material		Regulation criteria		Reference			
Heavy metals	Pb	90 mg/kg		GR M 3040:2008 ²²			
	Cd	50 mg/kg					
	Hg	25 mg/kg					
	Cr ⁶⁺	25 mg/kg					
VOCs	VOCs (7days after the emission)	0.4 mg/m ³ /hr		Ministry of Environment notification 2012 - 36 GR M 3040:2008 ²³			
Phthalate	DEHP DBP BBP (each contents)	Sort	PVC flooring	Vinyl sheet	Vinyl tile		Korean Agency for Technology and Standards 2012 - 0175 annex 67 ²⁴
			Layered	single layer			
		ondol upper	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		ondol bottom	5.0%	5.0%	5.0%	1.5%	
		not ondol upper	3.0%	3.0%	3.0%	1.5%	
not ondol bottom	10.0%	10.0%	10.0%	1.5%			

1) 산출된 값은 p-value가 0.3518이하로 본 회귀분석의 65% 신뢰구간에서 통계적으로 의의를 가진다.

휘발성유기화합물 방출량시험결과 전체 시료 중 1개 제품이 7일후 방출량 기준을 0.4 mg/m³/hr (Table 5) 초과하였으나 위해성 평가 결과 인체에 유해하지 않은 것으로 나타났으므로 현행 기준을 준수할 경우 큰 무리가 없으므로 것을 판단, 새로운 기준을 제시하지 않았다(Fig. 2).

중금속의 경우 전이량이 검출되지 않았으므로 위해성 평가는 수행하지 않았다. 따라서 경피노출로 인한 인체의 유해가능성은 매우 적을 것으로 판단할 수 있다. 그러나 함량의 문제 가능성은 배제할 수 없으므로 추가연구가 필요할 것으로 사료된다.

결과를 바탕으로 페플라스틱 염화비닐바닥재의 기준자료를 Table 5에 정리하였으며 제시한 자료는 현행 기준을 정리한 것이다.

바닥재의 경우 생산단계에서 노후하거나 생산 시 불량제품이었던 것을 원료화하여 하부층(중간층)의 일부원료로 사용한다. 그러므로 제품의 일정한 품질을 유지하기 위하여 중간원료물질에 대한 기준안 마련을 고려해 보아야 한다.

5. 결 론

선진국에서 유해물질을 함유하는 소비자 제품의 위해성 관리를 위해 COSEXPO등의 다양한 소비자 노

출평가 모델을 개발하여 소비자 제품에 함유된 유해 화학물질의 노출로 인한 위해도를 평가하고 이를 규제 기준의 설정근거로 활용한다. 이에 본 연구에서는 다양한 시나리오에 적용할 수 있는 노출평가 모델을 검토하고 대상 제품을 선정하여 적정 모델을 적용하여 위해성 평가 단계에 따라 위해성 평가를 하여 제품 별 위해성 평가 기법을 마련하고자 하였다.

1. 현재 CONSEXPO, CEM 등의 다양한 소비자 노출평가 모델을 개발하여 위해도를 평가하고 이를 규제 기준의 설정근거로 활용하고 있다.

2. 환경부 예규 제415호 환경유해인자의 위해성 평가를 위한 절차와 방법 등에 관한 지침(위해성평가 가이드북, 2011) 제5조 1항에 의거한 단계별 인체위해성 평가를 보면 제품에 함유된 유해물질의 위해성 평가를 위하여 제품과 유해물질을 조사하는 기반연구단계, 노출량 분석 및 영향평가 단계, 위해성 평가 및 관리 대책 수립 단계로 진행된다.

3. 기반연구단계는 조사대상 재활용 제품목록과 조사대상 유해물질 목록을 작성하는 단계이며, 조사대상 물질은 중금속, 프탈레이트류, 휘발성유기화합물의 3 항목으로 품질경영 및 공산품 안전 관리법과 자율안전확인 안전기준에 의거하여 중금속 8 종, 자율안전확인 안전기준과 Hazardous Chemicals in PVC Flooring에 의거하여 프탈레이트류 8 종을 다중이용시설등의 실내공기질 관리법 시행규칙에 의거하여 VOCs(44 종)를 선정하였다.

4. 노출량 및 영향평가 단계는 노출 시나리오별 유해물질 전이량 분석을 실시하고 노출 알고리즘에 따라 노출량을 산출하는 단계이다. 염화비닐계 바닥재의 경우, 가정에 시공되어 있는 일반적인 바닥재로 실내에서 생활할 때 호흡, 피부흡수에 의해 상시 노출된다고 가정하고 작성된 노출 시나리오를 바탕으로 노출계수를 선정한 뒤 CONSEXPO 노출평가 모델을 기반으로 하여 알고리즘을 작성하였다.

5. 위해성 평가 및 관리대책 수립단계에서는 프탈레이트류의 경우 일부 장관에서 전이량이 검출되었으나 함량과 전이량의 상관관계를 살펴본 결과 r-square 0.0065 으로 상관관계가 거의 없는 것으로 나타나, 이 결과를 기준으로 함량 기준값을 산출하는 것은 무리가 있다고 사료되며 현행제품기준을 유지하는 것이 무방할 것으로 판단된다. 휘발성유기화합물 또한 인체에 유해하지 않은 것으로 나타났으므로 현행 기준을 준수할 경우 큰 무리가 없을 것으로 판단, 새로운 기준을 제시를 하지 않았다. 중금속의 경우 전이량이 검

출되지 않았으므로 위해성 평가는 수행하지 않았다. 따라서 경피노출로 인한 인체의 유해가능성은 매우 적을 것으로 판단할 수 있다.

참고문헌

1. Y. S. Shin, J. I. Park, K. H. Shin, S. Y. Park, H. S. Im, Y. G. Kim, K. M. Kim, M. H. Seo, J. H. Seo and K. A. Lee, 'Establishment on the Consumer Exposure Assessment Model(II)', NIER, 2007.
2. K. H. Park, 'Base on consumer exposure assessment(III)-Obtain the applicable national exposure factor', NIER, Neoebiz, 2010.
3. M. P. van Veen, 'CONSEXPO 3.0 : consumer exposure and uptake model', RIVM report 612810011, 2001.
4. M. F. Weegels and M. P. Van veen, *Risk Anal.*, **21**(3), 499-512 (2001).
5. EU, 'European union risk assessment report', EC : 204-661-8 second priority list 21, 2002.
6. EU, 'European union risk assessment report', EC : 200-753-7, 2003.
7. EU, 'European union risk assessment report', EC : 201-557-4 first priority list 1, 1999.
8. Environmental Health Resource Department Risk Assessment Division, 'Risk assessment guide book', NIER, Incheon, 2011.
9. U.S. EPA. 'Toxicological review of toluene in support of summary information on the Integrated Risk Information System', IRIS, 2005.
10. US EPA, 'Exposure factor handbook', Washington, 2009.
11. Ministry of Environment, Korea exposure factor handbook, <http://www.kefh.or.kr>.
12. KFDA, 'Study on human monitoring of hazardous material', 2009.
13. European Committee for Standardization, EN 71 : Safety of Toys, Europe Union.
14. D. J. Lee, J. Y. Hwang,, I. S. Shim, H. G. Choi, J. I. Park, S. R. Oh, H. J. Heo, H. J. Oh, Y. H. Kim and H. J. Kim, 'A study on the methodology of risk assessment and he management of children products including hazardous substances(II)', NIER, 2008.
15. US EPA, Integrated Risk Information System(IRIS), <http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm>.

16. Health Canada, Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada, Environmental Health Assessment Service Safe Environments Programme, 2004.
17. H. J. Bremmer and M. P. van Veen, RIVM, 'Children's Toys Fact Sheet', RIVM report 612810012, 2002.
18. Chemical Journal, 'PVC plasticizer, There is no way to step back anymore', weekly, **20**(11), 32-34, Chemical journal, Seoul, 2010.
19. Chemical Journal, 'PVC Stabilizer, lead compound stabilizer is still widespread', weekly **21**(5), 34-36, Chemical journal, Seoul, 2011.
20. H. J. Park, S. K. Jang, S. Y. Seo and J. H. Lim, *J. Korean Soc. Atmos. Environ.*, **25**(1), 38-45 (2009).
21. M. Allsopp, D. Santillo and P. Johnston, 'Hazardous chemicals in PVC flooring', Greenpeace research laboratories technical note, **29**, 2000.
22. Korean Agency for Technology and Standards, 'GR M 3040 : Recycle Plastic Poly Vinyl Chloride Flooring', Republic of Korea.
23. Ministry of Environment Notification No. 2012-36 (2011. 03. 14.), Republic of Korea.
24. Korean Agency for Technology and Standards Notifications No.2012-0175 (2012. 04. 20), Republic of Korea.