

화학물질에 대한 직업적 노출기준의 표기 항목 비교

피영규* · 김승원¹ · 하권철²

대구한의대학교 보건학부, ¹계명대학교 공중보건학전공, ²창원대학교 생명보건학부

Comparison of Notation Items for Chemical Occupational Exposure Limits

Young Gyu Phee* · Seung Won Kim¹ · Kwonchul Ha²

Faculty of Health Science, Daegu Haany University

¹Major in Public Health, Keimyung University

²Department of Biochemistry and Health Science, Changwon National University

ABSTRACT

Objectives: This study was to investigate the signs and notations of skin absorption, carcinogenicity, germ cell mutagenicity, and reproductive toxicity in the occupational exposure limits of Korea and of other advanced countries.

Methods: Information on occupational exposure limits in Korea, the USA, the UK, Germany, and Japan was investigated through the Internet, and items marked as carcinogenicity and skin absorption were compared by country.

Results: Legal occupational exposure limits have been greatly simplified. However, in the case of HSE WEL, skin absorption, carcinogenicity classification, sensitization, and in the case of DFG MAK, skin absorption, carcinogenicity, pregnancy risk group, germ cell mutagenicity, airway and skin sensitization, photo contact sensitization, and vapor pressure were provided.

Conclusions: It is desirable to indicate the carcinogenicity and skin absorption within permissible limits, and to include information on critical effects in chemical substance exposure limits to uphold the right to know of industrial hygienists and workers in Korea. It is also necessary to clarify the precautions, limitations and protections for skin absorption.

Key words: carcinogenicity, mutagenicity, notation, occupational exposure limit, sensitization, sign, skin absorption, reproductive toxicity

I. 서 론

직업적 노출기준(Occupational Exposure Limits, OELs)은 근로자가 유해인자에 노출되는 경우 노출기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준을 말한다(ACGIH, 2019). 우리나라는 직업적 노출기준을 1일 작업시간 동안의 시간가중평균 노출기준(Time Weighted Average, TWA), 단시간 노출기준(Short Term Exposure Limit,

STEL) 및 최고 노출기준(Ceiling, C)으로 구분하여 표시하고 있다(MoEL, 2020a). 화학물질로부터 노동자를 보호하기 위한 직업적 노출기준은 선진 외국에도 모두 설정되어 있으며, 사용하고 있는 용어와 규제 성격 또한 다양하다. 일반적으로 노출기준 또는 허용기준으로 불리우는 직업적 노출기준은 법적 규제 특성에 따라서 권고 기준과 강제 기준으로 구분되는데 우리나라의 경우 허용기준과 노출기준 모두 규정되어 있다. 허용기준은 그 기준을 준수하지 못할 경우 사업주가 처벌을 받

*Corresponding author: Young Gyu Phee, Tel: 053-819-1590, Fax: 053-819-1209, E-mail: yphee@dhu.ac.kr
Faculty of Health Science, Daegu Haany University. 1 Hannydae-ro, Gyeongsan-si, Gyeongbuk 38610
Received: June 10, 2020, Revised: June 18, 2020, Accepted: June 27, 2020

 Young Gyu Phee <https://orcid.org/0000-0003-2011-7591>

 Seung Won Kim <http://orcid.org/0000-0003-2960-5866>

 Kwonchul Ha <http://orcid.org/0000-0001-7014-9466>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

게 되며, 노출기준은 작업장 환경개선의 지표로 활용되고 처벌이 동반되지는 않는다(MoEL, 2020b).

미국의 경우 직업안전보건청(Occupational Safety & Health Administration, OSHA)의 허용 노출기준(Permissible Exposure Limits, PELs)은 강제 규정이고, 권고성격의 기준으로 산업위생 전문가 협의회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 역치 값(Threshold Limit Values, TLVs), 국립 직업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety & Health, NIOSH)의 권장 노출기준(Recommended Exposure Limits, RELs) 및 미국 산업위생학회(American Industrial Hygiene Association, AIHA)의 작업장 환경 노출기준(Workplace Environmental Exposure Limits, WEELs)이 있다(AIHA, 2008; ACGIH, 2019; NIOSH, 2020; OSHA, 2020a).

한편, 영국은 보건안전부(Health and Safety Executive, HSE)의 Control of Substances Hazardous to Health Regulations(COSHH)에 따른 작업장 노출기준(Workplace exposure limits, WELs)이 독일은 연구재단(Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG)의 서한도(Maximale Arbeitsplatz Konzentration, MAKs)가 마련되어 있으며 이들 기준은 모두 강제적 성격을 가진다(DFG, 2015; HSE, 2020). 또한, 일본도 2개의 직업적 노출기준이 있으며 법적 기준인 후생노동성의 관리 농도(Management Concentrations, MC)와 권고 기준 성격으로 일본 직업보건학회(Japan Society for Occupational Health, JSOH)에서 공포하는 직업적 권장 노출기준(Recommendation of Occupational Exposure Limits, ROELs)으로 구분된다(JSOH, 2018; MHLW, 2020).

산업 발전과 신기술의 개발에 따라 신규 화학물질의 개발과 수요가 지속적으로 증가되어 왔으며, 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 화학물질의 유통 및 사용량도 증가 추세에 있다(Park et al., 2015). 또한 국내에서 유통되고 있는 화학물질은 약 4만 5천여 종이며, 매년 300~400여 종의 신규 화학물질이 우리나라로 유입되고 있다(Byun, 2013). 이러한 화학물질을 취급하는 경우 인체에 침투되는 경로는 호흡기, 피부, 소화기이며, 대부분 공기 중 흡입을 통해 체내로 흡수된다(Burton, 2007). 직업적 노출기준의 경우 피부로 흡수되는 부분이 반영되어 있지 않기 때문에 대부분의 국가

에서 피부 흡수여부를 표기하고 별도로 그에 대한 설명을 하고 있다(NIOSH, 2020).

그러나 피부 흡수에 대한 설명이 우리나라처럼 간단하거나 상당히 구체적인 국가도 있어 이에 대한 검토가 필요하다. 또한 화학물질의 노출로 인하여 노동자의 건강에 심각한 영향을 줄 수 있는 발암성(carcinogenicity), 생식세포 변이원성(germ cell mutagenicity), 생식독성(reproductive toxicity), 감작(sensitization), 주요 영향(critical effect) 등 다양한 정보를 직업적 노출기준에 표기하는 경우도 있어 이를 비교할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 우리나라와 선진 외국의 직업적 노출기준의 표기 사항을 비교하고, 피부흡수에 대한 내용을 고찰하여 향후 개선방안을 마련하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 우리나라 고용노동부 허용기준과 노출기준, 일본 후생노동성 관리농도 및 JSOH ROELs, 미국 OSHA PELs, ACGIH TLVs, NIOSH RELs 및 AIHA WEELs, 영국 HSE WELs 및 독일 DFG MAKs의 직업적 노출기준에서 표기하고 있는 항목 및 피부 흡수에 대한 설명을 비교 대상으로 하였다.

2. 방법

인터넷 사이트를 통하여 우리나라와 일본, 미국, 영국 및 독일의 직업적 노출기준을 확인하였고, 그 직업적 노출기준 내에 발암성 등 표기되고 있는 항목과, 피부 흡수에 대한 내용을 국가별로 자세히 고찰하였다. 또한, 학술자료의 경우 PUBMED나 Google Scholar 등에서 'occupational exposure limit', 'skin notation' 등의 키워드로 검색하여 내용을 확인하였다.

III. 결 과

1. 우리나라의 직업적 노출기준

1) 고용노동부의 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준

우리나라 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제2020-48호)에서 <별표 1> 화학물질의 노출기준에 피부흡수가 되는 물질인 경우 "Skin"으로 표시하고, 각주 1에 "Skin 표시 물질은 점막과 눈 그리고 경피로 흡수되어 전신 영향을 일으킬 수 있는 물질

Table 1. Examples of exposure limits for chemical & physical agents in Korea

Hazard substances	Exposure limits				Remark (CAS No. etc)
	TWA*		STEL**		
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
Benzene	0.5	-	2.5	-	[71-43-2] Car [†] 1A, Mut [‡] 1B, Skin
Toluene	50	-	150	-	[108-88-3] Rep [§] 2
Carbon dioxide	5,000	-	30,000	-	[124-38-9]
Grain dust	-	4	-	-	-

*TWA: Time Weighted Average, **STEL: Short Term Exposure Limit, [†]Car: Carcinogenicity, [‡]Mut.: Mutagenicity, [§]Rep: Reproductive toxicity

Table 2. Examples of permissible limits for hazard agents in Korea

Hazard agents	Permissible limits			
	TWA		STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Lead & its inorganic compounds(7439-92-1)		0.05		
Nickel carbonyl(13463-39-3)	0.001			
Benzene(71-43-2)	0.5		2.5	
2-Bromopropane(75-26-3)	1			

을 말함(피부자극성을 뜻하는 것이 아님)”으로 제시되어 있다(MoEL, 2020b). 또한 비고란에 발암성, 생식세포 변이원성 및 생식독성을 구분하여 표기하고 있었다 (Table 1).

2) 고용노동부의 허용기준

산업안전보건법 시행령에 제시되어 있는 허용기준 대상 유해인자는 총 38종으로 대부분 국내에서 직업병 사건으로 사회적 물의가 야기되었거나 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성이 강한 물질로 구성되어 있다 (MoEL, 2020a). 다만, 산업안전보건법 시행규칙 별표 19 유해요인별 노출 농도의 허용기준에 피부 흡수가 가능한 물질이 있었지만 별도로 표기하고 있지 않았고, 화학물질 및 노출기준의 비고란에 있는 발암성, 생식세포 변이원성 및 생식독성에 대한 표기도 없었다(Table 2).

2. 일본의 직업적 노출기준

1) 후생노동성의 관리농도

Table 3처럼 일본의 노동안전위생법 및 작업환경측정법에 따른 작업환경평가기준(노동성 고시 제79호, 1988)에 관리농도가 제시되어 있으며, 피부 흡수를 포함하여 발암성 등에 대한 표기는 확인되지 않았다 (MHLW, 2020).

Table 3. Examples of MCs for chemical substances in Japan

Type of Materials	Management concentrations
Acrylamide	0.1 mg/m ³
Acrylonitrile	2 ppm
Chlorine	0.5 ppm
Vinyl chloride	2 ppm

Table 4. Examples of JSOH ROELs for chemical substances in Japan

Substance [CAS No.]	OEL*		Skin absorption	Class of carcinogenicity	Class of sensitizing potential		Reproductive Toxicants	Year of proposal
	ppm	mg/m ³			Airway	Skin		
Acetaldehyde [75-07-0]	50	90		2B				'90
Acrylonitrile [107-13-1]	2	4.3	S	2A		2	2	'88
Allyl alcohol [107-18-6]	1	2.4	S					'78
Atrazine [1912-24-9]		2					3	'15

*OEL: Occupational Exposure Limits

2) 직업보건학회의 직업적 권장 노출기준

Table 4는 JSOH의 직업적 권장 노출기준을 확인한 결과이다(JSOH, 2018). ROELs에서는 피부 흡수 표기를 “S”로 명기하고 있었으며, 발암성, 기도와 피부 감작성 및 생식독성을 구분하여 표시하고 있었고 해당 물질에 대한 제안 연도가 제시되어 있었다(Table 4).

한편, 피부 흡수에 대한 설명으로 「“S”로 표기된 물질은 피부와 접촉함으로써 피부로 흡수되는 양이 전신 건강 영향 또는 흡수량이 무시할 수 없는 정도에 도달할 수 있는 물질이며, ROEL은 피부 흡수가 없다는 것을 전제로 제안되는 값을 주의한다.」로 설명하고 있었다.

3. 미국의 직업적 노출기준

1) 직업안전보건청의 허용 노출기준

Table 5는 미국의 경우 연방규정 29 CFR(Code of Federal Regulation) Part 1910, Subpart Z - Toxic and Hazardous Substances 표 Z-1 Limits for Air Contaminants에 PELs을 확인한 결과이다(OSHA, 2020a). PELs에서는 발암성물질에 대해서만 별도의 편(1910.1003, 13 carcinogens)에서 규정하고 있었으며 그 밖에 생식독성 등에 대한 표기는 없었다.

피부 흡수 여부는 “Skin designation”에 “X”로 표기하고 있으나 규정 내에서 별도의 해설은 명시되어 있지 않았다. 다만 인터넷 자료 검색 결과 OSHA 사이트 내 Safety & health topics의 Help & resources 편에서 「피부 표시는 PEL에서 흡입에 의해 흡수된 양을 초과하지 않도록 하기 위하여 피부 흡수가 방지되어야 한

다는 경고의 역할을 한다. 29 CFR 1910.1000 표 Z-1에서 일부 화학적 위험과 함께 나타나는 피부 표시는 피부를 통해 흡수 될 수 있는 물질만 적용된다. 피부 표시를 사용한다고 해서 물질이 피부를 자극 할 수 있는 것은 아니며, 피부 표시가 없다고 해서 물질이 피부를 자극하지 않는다는 의미도 아니다」라고 설명하고 있었다(OSHA, 2020b).

2) 산업위생 전문가 협회의 역치 값

Table 6에서 ACGIH의 TLVs를 확인한 결과 피부 흡수, 발암성 구분, 생물학적 노출지수(Biological Exposure Indices, BEIs)를 표기하고 있었고, 이와 더불어 TLV에 근거한 주요 영향에 대해서도 기술하고 있었다(ACGIH, 2019).

피부 흡수의 경우 “Skin”으로 표시하고 있었고, 그 내용으로 「피부 흡수 표기는 고체, 액체, 증기의 접촉으로 점막과 눈을 포함한 경피적 경로에 의해 총체적인 노출로 잠재적으로 유의하게 기여할 수 있는 것을 의미한다. 경피 흡수에 관한 연구에서 흡수가 확인된 물질은 노출에 따라 전신영향이 유발되어 피부 표시를 부여하였다. 피부 표시는 피부자극이 원인이 되는 화학물질에는 적용되지 않는다. 그러나 이런 화학물질이 감작제로 표시된 물질과 동반되는 경우 피부 노출에 따라 호흡기 감작을 유발하기도 한다. 비록 피부 표시가 없는 경우라도 산업위생 전문가들은 피부로 유입되는 화학물질이 피부로 유입될 수 있는 확률이 낮을 경우라 할지라도 잠재적인 피부흡수가 유의하게 증가될 수 있는 여러 요

Table 5. Examples of OSHA PELs for air contaminants in USA

Substance	CAS No.	ppm	mg/m ³	Skin designation
Acetaldehyde	75-07-0	200	360	
Acrylamide	79-06-1		0.3	X
Allyl glycidyl ether (AGE)	106-92-3	(C)10	(C)45	
Allyl propyl disulfide	2179-59-1	2	12	

Table 6. Examples of ACGIH TLVs for chemical substances in USA

Substance (CAS No.) [Documentation date]	Adopted values			MW	TLV basis
	TWA	STEL	Notations		
Acetaldehyde[75-07-0](2013)	-	C 25 ppm	A2	44.05	Eye & URT irr
Acetone[67-64-1](2014)	250	500	A4; BEI	58.05	URT & eye irr, CNS impair
Acetonitrile[75-05-8](1996)	20	-	Skin; A4	41.05	LRT irr
Acrolein[107-02-8](1995)	-	C 0.1	Skin; A4	26.06	Eye & URT irr, pulm edema; pulm emphysema

Table 7. Examples of NIOSH RELs for hazardous agents in USA

Hazardous agent	CAS No. and RTEs No.	NIOSH REL	Health effect
Acetaldehyde	75-07-0 AB1925000	Ca(18 ppm LOQ)	Potential for cancer; eye, skin, & respiratory irritation
Acetic acid	64-19-7 AF1225000	10 ppm(25 mg/m ³) TWA, 15 ppm(37 mg/m ³) STEL	Skin, eye, and mucous membrane irritation
Acrylamide	79-06-1 AS3325000	Ca: 0.03 mg/m ³ TWA(skin)	Potential for cancer, skin irritation, central and peripheral nervous system effects
Acrylonitrile	107-13-1 AT5250000	Ca: 1 ppm, 9-hr TWA, 10 ppm ceiling(15-min)(skin)	Brain tumors, lung and bowel cancer

인들을 고려하여야 한다(ACGIH, 2019).」로 설명되어 있었다.

3) 국립 직업안전보건연구원 권장 노출기준

NIOSH의 RELs의 경우 해당 화학물질의 노출기준에 붙여 “skin”으로 표시하고 있었다(Table 7). 또한 RTEs (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances) 번호, 정량 한계(Limit of quantification, LOQ)와 유해인자에 대한 건강 영향을 기술하고 있었다(NIOSH, 1992).

피부흡수 표시에 대한 해설은 Introduction of exposure limits 편에 설명되어 있다. 그 내용으로 「skin 표시는 피부 흡수 가능성을 표시하며, 적절한 작업 습관, 보호 장갑, 작업복, 보안경 고글 및 기타 적절한 장비를 사용하여 필요한 경우 피부 노출을 방지해야 한다」라고 설명하고 있다. 더욱이 NIOSH Pocket Guide to chemical Hazards에는 측정 방법, 물리화학적 성상, 개인 보호, 호흡보호구 권고, 노출경로, 증상 및 표적 장기 등 다양한 정보를 포함하고 있다(NIOSH, 2007).

4) 산업위생학회의 작업장 환경노출기준

AIHA의 WEELs를 확인한 결과 Table 8처럼 피부 흡수(skin), 피부 감작(dermal sensitization, DSEN) 및 호흡기 감작(respiratory sensitization, RSEN)을

표기하고 있었다(OARS, 2014).

피부 흡수는 ‘skin’으로 명시하고 있었고, 「피부 표기는 물질이 피부를 통해 독성학적으로 유의한 양이 흡수될 수 있음을 나타낸다. 따라서 피부 접촉은 전체 노출에 기여할 수 있으며 전체 노출 평가에서 신중하게 고려해야 한다」라고 설명하고 있었다(AIHA, 2008).

4. 영국 보건안전부의 작업장 노출기준

영국 HSE의 Control of Substances Hazardous to Health Regulations(COSHH)에 따라 WELs에서 피부 흡수, 발암성(Carc), 감작(Sen), 피부 흡수(SK)를 명시하고 있었다(Table 9).

피부흡수 표시에 대한 해설은 WELs의 주석에 「“Sk”는 피부를 통해서 흡수 가능. 이 표시가 된 물질은 피부 흡수가 전신 독성을 유발할 수 있다.」로 간단히 언급되어 있다. 한편 노출기준의 제한점(limitations to the application of exposure limits) 편에 피부를 통한 흡수라는 주제로 보다 상세하게 설명되어 있다. 그 내용은 「대부분의 물질은 신체로 들어오는 주요 경로는 흡입이며, 본 책자에 수록된 노출기준은 전적으로 흡입 경로에 의한 노출과 관련이 있다. 그러나 일부 물질은 온전한 피부에 침투하고 신체에 흡수되어 전신 독성 발생이 가능하다. 예를 들어 피부를 통한 흡수는 피부 또는 작업복에 튀거나 특정 대기 중의 고농도 증기

Table 8. Examples of AIHA WEELs for hazardous agents in USA

Substance	CAS	Source	8-hour TWA	Ceiling or Short-Term TWA	Last revised
Acetone cyanohydrin	75-86-5	AIHA	2 ppm(skin)	5 ppm(15 min, skin)	1992
Aldicarb	116-06-3	AIHA	0.01 mg/m ³ (skin)	-	2009
Allyl isothiocyanate	57-06-7		-	1 ppm(15 min, skin, DSEN*)	
Menthol	1490-04-6	OARS**	1 ppm	3 ppm(15 min)	2014

*DSEN: dermal sensitization, **OARS: Occupational Alliance for Risk Science

Table 9. List examples of HSE WELs for substances in UK

Substance	CAS Number	Workplace exposure limit				Comments The Carc, Sen and SK notations are not exhaustive.
		Long-term exposure limit (8-hr TWA reference period)		Short-term exposure limit (15 minute reference period)		
		ppm	mg.m ⁻³	ppm	mg.m ⁻³	
Acetaldehyde	75-07-0	20	37	50	92	
Acrylamide	79-06-1	-	0.3	-	-	Carc, Sk
Acrylonitrile	107-18-6	2	4.4	-	-	Carc, Sk
Allyl alcohol	107-18-6	2	4.8	4	9.7	Sk

Table 10. List examples of DFG MAKs for substances in Germany

Substance [CAS number]	Formula	MAK		Peak limitation	H:S	Carcinogen category	Pregnancy risk group	Germ cell mutagen categ	Vapour pressure in hPa at 20°C
		ml/m ³ (ppm)	mg/m ³						
Acetaldehyde[75-07-0]	H ₃ C-CHO	50	91	I(1)		5	C	5	
Acetic acid[64-19-7]	H ₃ C-COOH	10	25	I(2)			C		
Acetic anhydride [108-24-7]	H ₃ C-CO-O-CO-CH ₃	5	21	I(1)			D		4
Acetonitrile[75-05-8]	H ₃ C-CN	20	34	II(2)	H		C		96.6

에 노출되는 국소적인 오염으로 인해 발생할 수 있고 심각한 신체적 부담을 초래할 수 있으므로 경도가 거의 또는 전혀 없으면 심각한 영향을 초래할 수 있다. 이러한 물질을 취급 할 때 피부 접촉을 예방하기 위해 특별한 예방 조치를 취해야 한다」고 서술되어 있었다(HSE, 2020).

5. 독일 연구재단의 서한도

DFG의 MAKs에서는 화학물질에 대한 피부흡수, 발암성 구분(carcinogen category), 임신 위험 군 (pregnancy risk group), 생식세포 변이원성(germ cell mutagen category) 구분, 증기압을 표기하고 있었다(Table 10).

피부 흡수는 독일어로 피부인 Haut의 “H”로 명기하고 있었다. H는 경피 흡수의 위험이라고 도입부에 간단히 언급하고 있으며, 구체적인 내용은 VII 경피 흡수 편에서 설명하고 있다. 그 내용으로 「작업장에서 피부를 통한 물질의 흡수는 근로자의 전신 노출에 중요한 기여를 할 수 있으며 주요 노출 경로 일 수도 있다. 작업 중 물질을 흡수하는 유일한 장벽은 피부의 각질층이며, 이 장벽을 통과하는 물질은 물리 화학적 성질에 의해 결정되고, 피부 침투율은 또한 작업장 조건 및 개별 요인에 의해 영향을 받는다. 고체, 액체 및 가스 물질은 경피적

으로 흡수될 수 있으며, 대부분의 물질에서 피부는 노출이 끝난 후에도 흡수가 지속되는 저장소 역할을 한다. 보통의 작업복은 일반적으로 경피 흡수에 대한 어떠한 보호도 제공하지 않는다.」라고 안내하고 있다. 또한 ‘H’ 표기를 지정하게 된 배경에 대해서도 자세히 안내되어 있다(DFG, 2015).

IV. 고 찰

2009년 미국 NIOSH에서는 피부 표시에 대한 새로운 평가 전략을 수립한 바 있다. 피부 유해성 지정과 관련하여 NIOSH는 피부와 눈 자극, 피부 흡수 가능성에 대하여 피부표시를 하고, OSHA의 피부 표시는 점막과 눈을 포함한 피부를 통한 노출 경로가 전체 노출에 기여하는 경우 표시한다. ACGIH는 정상적인 피부에 증기, 액체 및 고체가 투과하여 전신영향을 일으키는 경우에 표기하고, EC(European Community)는 R Phrase가 분류되어 있으며 R21은 지속적인 피부 접촉으로 건강에 심각한 영향이 있는 경우, R24는 피부접촉시 독성을 야기하는 경우, R34는 부식; 화상을 유발하는 경우 등이다(NIOSH, 2017). Kwon et al.(2018)은 화학물질 피부 접촉에 의한 피부독성 유해성 분류에 관한 고찰에 관한 논문을 발표하면서 화학물질의 피부접

촉에 관한 피부독성에 의한 건강장해예방을 위하여 피부독성 화학물질의 유해성을 고찰한 바 있다. 우리나라 화학물질에 대한 노출기준에서 피부 노출관련 독성정보는 “Skin”으로만 표기하여 점막과 눈 그리고 경피로 흡수되어 전신 영향을 일으킬 수 있는 물질로 제한하여 규정하고 있지만 미국 NIOSH처럼 화학물질에 의한 피부노출 위험성 정보를 일하는 사람에게 알기 쉽고 제공할 수 있는 표준화된 방법은 아직 부족한 실정이라는 문제점을 제기한 바 있다.

Table 11과 같이 국내외 직업적 노출기준 내 피부 흡수 표기 여부를 살펴본 결과 우리나라 고용노동부의 허용기준(MoEL, 2020b)과 일본 후생노동성의 관리농도(MHLW, 2020)를 제외하고 모든 국가에서 표시하고 있었다. 발암성을 표기하고 있지 않는 직업적 노출기준 역시 고용노동부의 허용기준, 일본 후생노동성의 관리농도와 그 밖에 AIHA WEELs가 해당되었다(AIHA, 2008; MHLW, 2020; MoEL, 2020b). 생식독성의 경우 JSOH ROELs과 DFG의 MAKs가 표시하고 있었으며, 독일의 경우 임신 위험군을 A, B, C, D로 구분하고 있었고, 생식세포 변이원성은 고용노동부의 노출기준과 DFG의 MAKs만 표시하고 있었다(JSOH, 2018; DFG, 2015). 다만 우리나라의 직업적 노출기준에서 표기하고 있지 않고 있는 감작성의 경우 JSOH ROELs(호흡기와 피부를 구분하여 1, 2로 표시), AIHA WEELs, HSE

WELs 및 DFG MAKs(Sa; 호흡기 감작 위험, Sh; 피부 감작 위험, Sah; 기도 및 피부감작 위험)에서 찾아볼 수 있었다. 또한 인체 주요영향을 설명하고 있는 직업적 노출기준은 ACGIH TLVs, NIOSH RELs가 있었고 이는 노동자와 산업위생 전문가의 알권리와 유해성 정보전달 차원에서 필요할 것으로 판단된다. 그 밖에 독일 DFG MAKs는 광 감작성과 증기압 및 화학물질의 구조식을 표시하고 있었다.

Table 12를 보면 우리나라의 피부 흡수에 대한 설명과 달리 보다 구체적인 내용을 살펴볼 수 있었다. 일본 JSOH ROELs에서는 ROEL은 “경피 흡수가 없다는 것을 전제로 제안되는 값임을 주의”로 경고하고 있으며(JSOH, 2018), 미국 NIOSH RELs에서 “skin 표시는 피부 흡수 가능성을 표시하는 것이고 적절한 작업 습관, 보호 장갑, 작업복, 보안경고글 및 기타 적절한 장비를 사용하여 필요한 경우 피부 노출을 방지하도록 하고 있다(NIOSH, 1992). 영국 HSE WELs도 “노출기준은 전적으로 흡입 경로에 의한 노출과 관련이 있으며, 피부 또는 의복에 튀거나 특정 대기 중의 고농도 증기에 노출되는 국소적인 오염으로 인해 발생할 수 있고, 심각한 신체적 부담을 초래할 수 있으므로 경고가 거의 또는 전혀 없으면 심각한 영향을 초래를 언급하고, 이러한 화학물질을 취급 할 때 피부 접촉을 예방하기 위해 특별한 예방조치를 취하도록 하고 있다(HSE, 2020).

Table 11. Notation items of skin absorption, etc. within the occupational exposure limits of each country

Country	Agency OEL	MW	Skin absorption	Carcinogenicity	Repro. Tox.	Mutagenicity	Sensitization	Critical effect	Year of proposal	Others
Korea	MoEL PLs	×	×	×	×	×	×	×	×	
	MoEL ELs	○	○	1A	1A	1A	×	×	×	
Japan	MHLW MCs	×	×	×	×	×	×	×	×	
	JSOH ROELs	×	○	1A	1,2	×	1,2	×	○	
USA	OSHA PELs	×	○	○	×	×	×	×	×	
	ACGIH TLVs	○	○	A1	×	×	×	○	×	
	NIOSH RELs	×	○	○	×	×	×	○	×	
	AIHA WEELs	×	○	×	×	×	○	×	×	LR**
UK	HSE WELs	×	○	Carc	×	×	Sen	×	×	
Germany	DFG MAKs	×	○	3B	C	3A	Sa*	×	×	VP [†] SP [‡]

*Sa danger of sensitization of the airways, Sh danger of sensitization of the skin, Sah danger of sensitization of the airways and the skin, **LR: last revised, [†]Vapour pressure in hPa at 20°C, [‡]SP danger of photo contact sensitization

Table 12. Description of skin absorption in occupational exposure limits of each country

Country	Agency OEL	Skin Designation	Description
Korea	MoEL ELs	Skin	Skin-marked substances refer to substances that can be absorbed into the mucous membrane, eyes, and percutaneous and can cause systemic effects(Does not mean skin irritation)
Japan	JSOH ROELs	S	“S” marks in Tables I-1 and I-2 show that a significant dose from the view of systemic health effects or absorption of the substance concerned may be absorbed through the skin when the substance is in contact with the skin. OELs are set at conditions under which no skin absorption will take place
USA	OSHA PELs	X	The skin designation which appears with some of the chemical hazards in 29 CFR 1910.1000 Table Z-1 is only given to a substance, which may be absorbed through the skin. The use of skin designation does not indicate that the substance may irritate the skin. Similarly, lack of a skin designation does not mean that the substance will not irritate the skin. Biological monitoring can be utilized for some substances to determine the relative contribution of dermal exposure to the total dose
	ACGIH TLVs	Skin	The designation “Skin” in the notations column refers to the potential significant contribution to the overall exposure by the cutaneous route, including mucous membrane and the eyes, by contact with vapors, liquids, and solids. Where dermal application studies have shown absorption that could cause systematic effects following exposure, a Skin notation would be considered. Skin notation is not applied to chemicals that may cause dermal irritation
	NIOSH RELs	Skin	The “[skin]” designation indicates the potential for dermal absorption; skin exposure should be prevented as necessary through the use of good work practices, gloves, coveralls, goggles, and other appropriate equipment
	AIHA WEELs	Skin	The notation skin indicates that the material might be absorbed in toxicologically significant amounts through the skin. Therefore, skin contact can contribute to the overall exposure and must be carefully considered in any overall exposure evaluation
UK	HSE WELs	Sk	Sk Can be absorbed through the skin. The assigned substances are those for which there are concerns that dermal absorption will lead to systemic toxicity
Germany	DFG MAKs	H	“H” danger of percutaneous absorption At the workplace the absorption of substances through the skin can make a significant contribution to the systemic exposure of the employee or can even be the main exposure route

V. 결 론

본 연구는 우리나라와 선진외국의 직업적 노출기준에 대하여 노출수준 이외에 피부흡수, 발암성, 생식세포 변이 원성, 생식독성 등에 대한 표기와 피부 흡수에 대한 내용을 비교하여 향후 개선방안을 마련하고자 하였다.

우리나라 화학물질에 대한 피부 흡수 여부는 'Skin'으로 표시하며, 비고란에 발암성, 생식세포 변이원성 및 생식독성 구분에 대한 정보를 제공하고 있었다. 직업적 노출기준이 규제 성격인 일본의 관리농도는 피부 흡수 여부를 표시하고 있지 않았고, 미국 OSHA PELs의 경우에도 발암성과 피부 흡수 여부만 표기하고 있었다. 다

만, 영국 HSE WELs의 경우 피부흡수, 발암성 구분, 감작성을, 독일 DFG MAKs는 피부 흡수, 발암성, 임신 위험 군, 생식세포 변이원성, 호흡 및 피부 감작성, 광감작성, 증기압까지 다양한 정보를 제공하고 있었다. 따라서 우리나라 허용기준 대상물질의 경우에도 최소한 발암성과 피부 흡수는 표기할 필요가 있다. 한편 권고 성격의 직업적 노출기준은 규제 성격의 직업적 노출기준에 비해 다양한 정보가 제공되고 있었다. 미국 ACGIH TLVs과 NIOSH RELs의 경우 인체 영향에 대한 정보를 제공하고 있으며, 일본 JSOH ROELs은 노출 기준 제안 년도를 포함하고 있었다. 따라서 우리나라 노출기준에도 해당 화학물질에 대한 인체영향 정보를 포

함시키는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

우리나라 화학물질 노출기준에 피부 흡수에 대한 설명은 「Skin 표시 물질은 점막과 눈 그리고 경피로 흡수 되어 전신 영향을 일으킬 수 있는 물질을 말함(피부 자극성을 뜻하는 것이 아님)」로 간단히 제시되어 있다. 그러나 선진외국의 직업적 노출기준에서는 피부 흡수에 대한 주의사항, 제한점 및 보호 내용을 명확하고 자세히 설명하고 있다. 따라서 현행 화학물질 및 물리적 노출기준의 피부 흡수에 대한 설명에 “Skin 표시 물질은 적절한 작업 습관, 보호 장갑, 보호의, 화학물질용 보안경 및 기타 적절한 장비를 사용하여 피부 노출을 방지하여야 한다. Skin 표시 물질이 피부 또는 의복에 튀거나 공기 중의 고농도 증기에 노출되는 국소적인 오염으로 인해 발생할 수 있으며 심각한 신체적 부담을 초래할 수 있다. 화학물질의 노출기준은 흡입 경로에 의한 노출만 고려되었으며, 피부 흡수가 없다는 것을 전제로 제안된 수준임을 주의해야 한다” 등의 내용을 추가할 필요가 있다고 판단된다.

감사의 글

이 연구는 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원의 2018년도 위탁연구 용역사업의 지원을 받아 수행되었음.

References

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH), 2019 Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati OH, ACGIH, 2019. p. 71-72
- American Industrial Hygiene Association(AIHA). The AIHA 2008 Emergency response planning guidelines (ERPG) & Workplace Environmental Exposure Level(WEEL) Handbook, Fairfax, Virginia, 2008. p. 34
- Burton DJ. Industrial Hygiene Workbook: the occupational health sciences. 5th Edition, 2007. p. section 6-2
- Byun HJ. Effective Risk Management System for Chemicals in Industries. IE magazine 2013;20(2): 32-36
- Deutsche Forschungsgemeinschaft(DFG). List of MAK and BAT Values, Report No. 51, 2015. p. 19
- Health and Safety Executive(HSE). List of workplace exposure limits for use with the Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002. EH40/2005, 2020 p. 30
- Kwon B, Jo J, Lee D. A Review on the Classification of Skin Toxicity Hazards Due to Skin Contact with Chemical Substances. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2018;28(2):175-189
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Industrial Safety & Health Act, Enforcement Rules 2020a. [cited 2020a Jun 5]. Available from: <http://www.law.go.kr/LSW/lsByllInfoPLinkR.do?lsiSeq=212709&lsNm=%EC%82%B0%EC%97%85%EC%95%88%EC%A0%84%EB%B3%B4%EA%B1%B4%EB%B2%95+%EC%8B%9C%ED%96%89%EA%B7%9C%EC%B9%99&bylNo=0019&bylBrNo=00&bylCls=BE&bylEfYd=20200116&bylEfYdYn=Y>
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Exposure limits for chemical substances and physical agents (MoEL Public Notice No. 2020-48).: 2020b. p. 73
- Ministry of Health Labour & Welfare(MHLW). Standards of work environment evaluation(MHLW Public Notice No. 79), 2020 Jan-Mar [cited 2020 Jun 1]. Available from: URL:https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?datald=74088000&dataType=0&pageNo=1
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Pocket Guide to chemical Hazards, NIOSH, Cincinnati, OH. 1997. [cited 2020 Jun 4]. Available from: URL: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/pgintrod.html>
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). A Strategy for Assigning New NIOSH Skin Notations. Current Intelligence Bulletin 61, 2017. p. 51
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Recommendations for occupational safety & health. Compendium of policy documents and statements. 1992. p. 46
- Occupational Alliance for Risk Science(OARS). Occupational Alliance for Risk Science-Workplace Environmental Exposure Levels(WEEL), 2014. [cited 2020 Jun 5]. Available from: URL: <https://www.tera.org/OARS/WEEL.html>
- Occupational Safety & Health Administration(OSHA). Occupational Safety and Health Standards. 1910 Subpart Z Toxic and Hazardous Substances, 1910.1000 TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants. 2020 Jan-Mar [cited 2020a Jun 5]. Available from: URL:<https://www.osha.gov/laws-regs/regulation/s/standardnumber/1910/1910.1000TABLEZ1>
- Occupational Safety & Health Administration(OSHA). Safety and Health Topics / Surface Contamination. [cited 2020b Jun 4]. Available from: URL:<https://www.osha.gov/SLTC/surfacecontamination/index.html>

Park J, Ham S, Kim S, Lee K, Ha K et al. Study on the Chemical Management - 1. Chemical Characteristics and Occupational Exposure Limits under Occupational Safety and Health Act of Korea. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2015;25(1):45-57
The Japan Society for Occupational Health(JSOH).

Recommendation of occupational exposure limits (2018-2019) J Occup Health 2018;60:419-452

<저자정보>

피영규(교수), 김승원(교수), 하권철(교수)