

포름알데히드 함유 화학제품의 MSDS 신뢰성 평가 연구

홍문기* · 송세욱 · 이권섭 · 최성봉 · 이종한

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

A Study of MSDS Reliability Evaluation in Chemicals including Formaldehyde

Mun Ki Hong* · Se Wook Song · Kwon Seob Lee · Sung Bong Choi · Jong Han Lee

Occupational Safety & Health Research Institute, Korea Occupational Safety & Health Agency

ABSTRACT

Objectives: Workers who use chemicals are exposed to safety accidents and occupational diseases. Employers are required to provide workers with Material Safety Data Sheets (MSDSs) in order to prevent accidents and diseases related to chemicals. Thus, it is very important to offer reliable MSDSs. In this paper, we assessed the reliability of MSDSs for chemicals including formaldehyde.

Methods: To evaluate MSDS reliability, we collected 14 MSDSs and bulk samples from the chemical industry. MSDS reliability was evaluated by the completeness of details. In order to evaluate the adequacy of the formaldehyde contents in a mixture, bulk samples were collected and analyzed by HPLC. The result of Globally Harmonized System (GHS) classification was confirmed by identifying physical chemical properties, toxicology information and ecological information.

Results: The result of the evaluation of 14 MSDSs showed 76.29% average reliability on each item, especially 53.9% average appropriate rate on hazard-risk classification. No chemicals failed to match between the content (%) in MSDSs and the result of analysis.

Conclusions: To elevate MSDSs reliability, the certified education of MSDS drafters and reorganization of the MSDS circulation system is required.

Key words : Material Safety Data Sheet(MSDS), reliability evaluation, GHS classification, formaldehyde

I. 서 론

현재 전 세계적으로 유통되고 있는 화학물질의 수는 10만여종에 이르며 매년 2천여종의 새로운 화학물질이 개발되어 상품화되고 있으며, 국내에서는 4만종 이상의 화학물질이 유통되고 있고, 매년 400여종 이상이 새로이 국내 시장에 진입되는 등 화학물질의 사용이 꾸준히 증가하고 있다(MoE, 2012).

화학물질이 가지는 유용한 특성으로 생활 주변뿐 아니라 제조업, 건설업, 기타 서비스업 등 산업 현장에서 다양한 용도로 사용되고 있다. 그러나 화학물질은 유용한 용도에도 불구하고 고유의 유해성·위험성으로 인하여 산업현장의 취급 근로자는 항상 폭발·화재 사고로 인한 화상, 호흡기 등으로의 노출로 인한 급·만성

중독 등의 산업재해 위험에 놓여 있다. 실제로 2011년 도에 발생한 산업재해 중 화학물질로 인한 산업재해는 업무상사고 359명, 업무상질병 32명이 발생하였다(한국산업안전보건공단 산업재해통계, 2011).

물질안전보건자료(Material safety data sheet, MSDS)는 근로자에게 화학물질의 고유한 유해성·위험성에 대한 정보를 제공함으로써 산업현장에서의 직업병과 사고의 발생을 줄이는 데 목적이 있다(Rosann Côté, 1998). 고용노동부에서는 화학물질에 대한 유해성·위험성, 취급상의 주의사항, 응급조치요령 및 사고시 대처방법 등의 내용으로 구성된 MSDS를 작성·비치하도록 정하고 있다(MoEL, 2012a). 국내에서의 MSDS 제도는 1997년 7월 1일부터 도입되어 시행되고 있으며, 화학물질의 분류 및 표지에 관한 세계조화시스템(Glo-

*Corresponding author: Mun Ki Hong, Tel: 042-869-0316, E-mail: hongmnk@kosha.net

Chemical Safety and Health Research Center, Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA, 339-30, Expo-ro Yuseong-Gu, Daejeon 305-380

Received: August 12, 2013, Revised: September 24, 2013, Accepted: September 25, 2013

bally Harmonized System, GHS)이 적용된 화학물질의 유해성·위험성 분류가 단일물질은 2010년 7월 1일부터 혼합물질은 2013년 7월 1일부터 시행되고 있다(MoEL, 2012b). MSDS는 물리화학적 특성, 건강유해성 및 환경 유해성 정보 source의 결정, 자료 수집, 수집된 자료의 평가, GHS에 따른 유해성·위험성 분류, MSDS 및 경고표지 작성 등의 순서로 이루어진다(Takeshi MORITA, 2011). 그러나 MSDS의 작성 의무가 있는 사업장에서 해당 화학물질의 자료수집, GHS 분류, MSDS 작성 등에 대한 전문 지식이 부족하여 어려움이 예상되며, 그 결과 작성된 MSDS의 신뢰성이 낮을 것으로 예상된다. 과거에 연구된 물질안전보건자료에 대한 신뢰성 평가 결과 물질안전보건자료 상의 유해성 분류가 잘못되어 있거나 기재가 불분명하였으며(Chung et al., 2001), 구성성분의 일치율(Agreement rate)과 MSDS 16개 항목별 작성내용의 신뢰성이 매우 낮은 것으로 조사되었다(Yoon et al., 2000; Lee et al., 2003, Lee et al., 2004; Lee et al., 2005).

산업안전보건법에서는 화학물질을 취급하는 근로자의 안전보건을 위하여 사업주로부터 근로자에게 MSDS에 대한 내용(물리적 위험성 및 건강 유해성, 취급상의 주의사항, 적절한 보호구, 응급조치 요령 및 사고시 대처 방법, MSDS 및 경고표지를 이해하는 방법)을 교육하도록 정하고 있다(MoEL, 2012a). 그러나 신뢰도가 낮은 MSDS는 근로자의 안전보건을 담보할 수 없고, 잘못된 정보의 전달로 더 큰 사고로 이어질 우려가 있으므로 정확한 정보를 담은 MSDS의 신뢰성은 매우 중요하다.

산업현장에서 사용하는 화학물질 중에서 대표적인 인체발암성 물질로 분류되는 포름알데히드는 하드보드, 합판, 절연체 고무, 염료, 방부제 등의 원료로 사용된다(Lee, 1996). 최근 환경부에서 실시한 화학물질 유통량 조사 결과 포름알데히드의 제조량은 206,752톤, 수입량은 265톤, 수출량은 1,014톤, 사용량은 198,815톤으로 조사되었다(국가통계포탈, 2010). 국제발암성연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 인체에 대한 발암성 화학물질(Group 1)로 분류하였으며(IARC, 2012), 미국국립독성프로그램(National Toxicology Program, NTP)에서는 인체에 대한 발암성 연구 결과 다양한 자료를 통하여 인체에 발암성으로 알려진 화학물질(K)로 분류하고 있으며(NTP, 2011), 국내 고용노동부에서는 발암성 구분 1A로 분류하고 있다. 또한, 포름알데히드를 포함하고 있는 화학제품은 암

을 유발할 뿐만 아니라 피부염, 만성기관지염, 천식, 후두부종 등을 발생시킬 수도 있다(Lee, 1996).

직업적으로 포름알데히드에 노출되는 근로자에게 정확하고 신뢰성 있는 MSDS의 정보가 전달되어 작업 환경관리 및 건강관리에 만전을 기함으로써 질병과 사고를 미연에 방지하는 조치가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 GHS분류를 적용한 MSDS가 전면적으로 시행되는 시기에 맞추어 국내에서 유통되는 포름알데히드를 함유하는 화학제품에 대한 MSDS에 대한 내용을 검토하여 신뢰도를 평가함으로써 향후 정확한 MSDS의 생산을 통하여 화학물질 취급 근로자에 대한 산업재해 예방에 기여하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 대상

본 연구에서 GHS에 따른 MSDS의 작성항목 및 기재 사항의 정확성 등 신뢰도를 평가하기 위한 대상으로 포름알데히드를 함유한 화학제품을 선정하였다. 포름알데히드는 산업안전보건법에서 허용기준 설정 대상 유해인자, 작업환경측정 및 특수건강진단 대상 유해인자, 관리대상유해물질 및 특별관리물질로 지정되어 있으며(MoEL, 2012a), 유해화학물질관리법에서는 유독물 및 취급제한물질로 지정되어 있다(MoE, 2012a). 이와 같이 법적 관리 수준이 상당히 엄격하게 되어 있는 것으로 보아 포름알데히드는 건강 유해성 및 환경 유해성이 매우 높다고 할 수 있다. 이에 포름알데히드를 취급하는 사업장 및 근로자에게 중요한 정보 전달 역할을 하는 MSDS의 정확성 및 신뢰도를 평가하고자 하였다.

2. 시료채취 및 MSDS 수집

작업환경측정 실태조사 및 작업환경측정 결과 포름알데히드를 함유한 화학제품의 사용 및 근로자에게 노출된 것으로 확인된 전국의 14개 화학공장을 방문하여 14종의 원액시료 10~50 mL를 채취하였으며, 해당 화학제품의 MSDS를 수집하였다. 채취된 시료는 정밀 분석 실험을 통해 MSDS에 기재된 포름알데히드의 함량과 정량 분석된 결과와의 일치율 평가에 사용하였다.

3. 포름알데히드 함유량 분석

표준용액 37% Formalin solution 2.7 mL를 증류수 500 mL로 희석한 후 Micropipet을 사용하여 6개의 vial

Table 1. Systems and operating conditions of High Performance Liquid Chromatography(HPLC)

Parameter	HPLC
Analytical method	OSHRI No.067
Instrument	HPLC(Agilent 1100 Series)
Injection volume	10 μ L
Column	Kinetex 2.6 μ m C18 100A
Mobile phase	40% Acetonitrile
Reagent flow rate	1.0 mL/min
Detection wavelength	360 nm
Extraction	2.0 mL 40%-Acetonitrile

에 1 mL씩 담은 시료를 HPLC(Agilent 1100 Series, USA)로 분석하여 검량선을 작성하였다. HPLC 조건하에서 검량곡선은 $r^2=0.9984$ 였고, 검출한계는 0.8~1.1 μ m시료로 나타났다. 수집된 Bulk 시료에 포함된 포름알데히드 함유량을 분석하기 위하여 표준물질의 검량선 범위 내에 위치할 수 있는 양을 PTFE 0.2 μ m Syringe filter를 사용하여 오염물질을 제거한 후 증류수로 희석하고 1 mL를 채취하여 Vial에 담은 시료를 HPLC를 사용하여 정량분석하였다. 분석조건은 Table 1과 같으며, 평균정확도는 15%이내(LOQ 농도에서는 20% 이내), 정밀도는 CV값이 15%이내(LOQ 농도에서는 20%이내)를 유지하는 지 확인하였다.

4. MSDS 분석방법

MSDS는 16개의 항목과 91개의 세부항목으로 구성되어 있다. MSDS의 각 작성항목은 빠짐없이 작성하여 야만 하며, 부득이 어느 항목에 대해 관련 정보를 얻을 수 없는 경우에는 작성란에 “기재없음”이라고 기재하고, 적용이 불가능하거나 대상이 되지 않는 경우에는 작성란에 “해당없음”으로 기재하도록 정하고 있다 (MoEL, 2012b). 이에 따라, 본 연구에서는 91개의 세부항목별 기재사항의 적정성을 검토하였다. 검토 방법은 항목별 MSDS의 작성 내용이 모두 적합한 경우에는 평가계수를 “1”로 표시하고, 일부만 적합할 경우에는 “1/2”, 모두 부적합할 경우에는 “0”으로 표시하였다. 평가계수의 합을 전체 평가 대상 MSDS 항목 개수로 나누어 일치율이 100에 가까울수록 신뢰도가 높은 항목으로 평가하였고 항목별 일치율을 평균하여 MSDS 전체 일치율로 평가하였다.

$$MSDS \text{ 항목별 일치율}(\%) = \frac{MSDS \text{ 항목별 평가계수 합}}{MSDS \text{ 평가항목 개수}} \times 100$$

MSDS 작성 항목 중 제2항. 유해성·위험성은 화학물질의 GHS 분류기준이 도입되면서 그림문자, 신호어, 유해·위험 문구, 예방조치 문구 등 새로이 적용되는 항목이므로 작성 내용에 대한 적정 여부에 대하여 중점적으로 검토하였다. 검토 방법은 MSDS의 제9항. 물리화학적 특성, 제11항. 독성에 관한 정보 및 제12항. 환경에 미치는 영향에 기재된 세부항목별 작성 결과가 유해성·위험성 구분 기준에 적합하게 적용되었는지 확인하여 적합할 경우 “1”로 근거자료 부족 또는 적용 오류 등의 사유로 부적합 경우에는 “0”으로 표시하였고 제품별 유해성·위험성 분류 총항목수 대비 분류적정항목수로 분류결과와 적합율을 평가하였다. 또한 포름알데히드가 IARC, NTP, 고용노동부고시, 유독물 등의 분류기준 및 표시방법에 관한 규정 등에서 발암성 물질로 분류되고 있으므로 발암성 분류의 적정성에 대해서도 함께 평가하였다.

$$GHS \text{ 분류결과와 적합율}(\%) = \frac{\text{유해성·위험성 분류 적정 항목수}}{\text{유해성·위험성 분류 총 항목수}} \times 100$$

III. 결 과

1. MSDS에 기재된 포름알데히드 함유량과 시료 분석 결과와의 비교

현장에서 수집된 MSDS의 제3항.구성성분의 명칭과 함유량에 기재된 포름알데히드의 함유량과 채취한 시

Table 2. Comparison of formaldehyde content between in MSDSs and in results of HPLC analysis

Samples	Content in MSDSs(%)	Result of HPLC analysis(%)
A	3.5~3.8	3.4
B	0.8	0.7
C	0.8	0.3
D	0.8	0.6
E	0	1.14
F	37	36.5
G	35-40	1.1
H	35-40	1.5
I	41.5	10.4
J	35-40	35
K	37	36.5
L	0.1~0.2	0.12
M	37	4.6
N	35	8.3

료에 함유된 포름알데히드의 정량분석 결과는 Table 2와 같다. 구성성분의 함유량을 범위로 기재하는 경우 함유량의 $\pm 5\%$ 범위에서 함유량을 대신하여 표시할 수 있다(MoEL, 2012b). 분석 대상 14종 중 9종은 포름알데히드의 함유량을 단일 값으로 표시하였고, 5종은 함유

량의 범위(하한 값~상한 값)로 표시하였다. MSDS에 기재된 포름알데히드의 함유량과 시료 분석 결과와의 차이가 0.1% 이하인 제품이 6종, 0.1% 초과 1.0% 이하인 제품이 2종, 20% 이상 차이가 있는 제품이 5종으로 분석되었다. 특히 MSDS에는 포름알데히드의 함

Table 3. Result of review for hazard · risk classification

Sample	Physical hazards Health hazards Environmental hazards	Result of review	Number of suitable classification/Number of classification (appropriate rate)
A	Flammable liquids	0	1/8 (12.5%)
	Serious eye damage/eye irritation	0	
	Skin sensitization	0	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	0	
	Reproductive toxicity	0	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	0	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	0	
-		-	
B	Flammable liquids	0	9/11 (81.8%)
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	1	
	Skin sensitization	1	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	1	
	Reproductive toxicity	1	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	1	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	1	
-		-	
C	Flammable liquids	0	9/11 (72.7%)
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/Irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	1	
	Skin sensitization	1	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	1	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	1	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	1	
Acute(short-term) aquatic hazard		0	
D	Flammable liquids	0	9/12 (75.0%)
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	1	
	Skin sensitization	1	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	1	
	Reproductive toxicity	1	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	1	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	1	
Acute(short-term) aquatic hazard		0	

Table 3. Result of review for hazard · risk classification(Continued)

Sample	Physical hazards Health hazards Environmental hazards	Result of review	Number of suitable classification/Number of classification (appropriate rate)
E	-	-	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	1/3
	Carcinogenicity	1	(33.3%)
	Acute(short-term) aquatic hazard	0	
F	-	-	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	1/3
	Carcinogenicity	1	(33.3%)
	Acute(short-term) aquatic hazard	0	
G	Flammable liquids	0	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Skin sensitization	0	
	Carcinogenicity	1	2/8
	Germ cell mutagenicity	0	(25.0%)
	Reproductive toxicity	0	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	0	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	0	
	-	-	
H	Flammable liquids	1	
	Skin corrosion/irritation	1	4/4
	Serious eye damage/eye irritation	1	(100%)
	Respiratory sensitization	1	
I	-	-	
	Flammable liquids	1	
	Skin corrosion/irritation	1	3/4
	Serious eye damage/eye irritation	1	(75.0%)
	Respiratory sensitization	0	
J	-	-	
	Flammable liquids	1	
	Skin corrosion/irritation	1	4/4
	Serious eye damage/eye irritation	1	(100%)
	Respiratory sensitization	1	
K	-	-	
	-	-	
	Skin corrosion/irritation	0	
	Serious eye damage/eye irritation	0	
	Skin sensitization	1	1/6
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	0	(16.7%)
	Aspiration hazard	0	
	Acute(short-term) aquatic hazard	0	
L	-	-	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	0	
	Serious eye damage/eye irritation	0	
	Carcinogenicity	1	1/8
	Reproductive toxicity	0	(12.5%)
	Specific target organ toxicity(single exposure)	0	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	0	
	Acute(short-term) aquatic hazard	0	

Table 3. Result of review for hazard · risk classification(Continued)

Sample	Physical hazards Health hazards Environmental hazards	Result of review	Number of suitable classification/Number of classification (appropriate rate)
M	-	-	5/7 (71.4%)
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Carcinogenicity	1	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	1	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	1	
N	Acute(short-term) aquatic hazard	0	-/- (-)
	-	-	
	-	-	
Average appropriate rate			53.9%

Table 4. Concordance rate in 14 MSDSs contents

Checked items		Result of checked subjects(14)		Contents concordance (%)***
		Score*	Concordance(%)**	
Product and company identification	Product name	14	100.0	97.6
	Recommended use of the chemical and restrictions on use	13	92.9	
	Manufacturer/supplier/distributor information	14	100.0	
Hazards identification	Hazard · risk classification	7.5	53.5	58.3
	Label elements including precautionary statements	6	42.9	
	Other hazard · risk which are not included in the classification criteria	11	78.6	
Composition/Information on ingredients	Chemical name	12.5	89.3	73.2
	Other name	6.5	46.4	
	CAS number or other identification number	11	78.6	
	Content(%)	11	78.6	
First aid measures	Eye contact	14	100.0	96.4
	Skin contact	14	100.0	
	Inhalation	13.5	96.4	
	Ingestion	14	100.0	
	Indication of immediate medical attention and notes for physician	12	85.7	
Fire-fighting measures	Suitable (and unsuitable) extinguishing media	13.5	96.4	97.6
	Specific hazards arising from the chemical (e.g. nature of any hazardous combustion products)	13.5	96.4	
	Special protective equipment and precautions for fire-fighters	14	100.0	
Accidental release measures	Personal precautions, protective equipment and emergency procedures	14	100.0	100.0
	Environmental precautions and protective procedures	14	100.0	
	Methods and materials for containment and cleaning up	14	100.0	

Table 4. Concordance rate in 14 MSDSs contents(Continued)

Checked items		Result of checked subjects(14)		Contents concordance (%)***
		Score *	Details Concordance(%)**	
Handling and storage	Precautions for safe handling unsuitable	13	92.9	92.9
	Conditions for safe storage (including any incompatibilities)	13	92.9	
Exposure controls & personal protection	Control parameters (e.g. occupational exposure limit values, biological limit values)	6	42.9	70.2
	Appropriate engineering controls Omission of engineering method	9.5	67.9	
	Personal protective equipment	14	100.0	
Physical and chemical properties	Appearance (physical state, color etc)	12.5	89.3	75.4
	Odour	13	92.9	
	Odour threshold:	9.5	67.9	
	pH	10	71.4	
	Meting point/freezing point	10	71.4	
	Initial boiling point and boiling range	12	85.7	
	Flash point	13	92.9	
	Evaporation rate	9.5	67.9	
	Flammability (solid, gas)	7.5	53.6	
	Upper/lower flammability or explosive limits	11	78.6	
	Vapor pressure	12	85.7	
	Solubility	11.5	82.1	
	Vapor density	9.5	67.9	
	Relative density	13	92.9	
	Partition coefficient: n-octanol/water	7.5	53.6	
	Auto-ignition temperature	12	85.7	
	Decomposition temperature	6.5	46.4	
Stability and reactivity	Viscosity	10.5	75.0	98.2
	Molecular mass	10	71.4	
	Chemical stability and possibility of hazardous reactions	13	92.9	
	Conditions to avoid (e.g. static discharge, shock or vibration, etc)	14	100.0	
Toxicological information	Incompatible materials	14	100.0	44.6
	Hazardous decomposition products	14	100.0	
Ecological information	Information on the likely routes of exposure	8.5	60.7	80.7
	Health hazards information	4	28.6	
	Aquatic and terrestrial ecotoxicity	9	64.3	
	Persistence and degradability	12	85.7	
	Bioaccumulative potential	11.5	82.1	
Disposal considerations	Mobility in soil	12	85.7	87.5
	Other adverse effects	12	85.7	
	Disposal method:	10.5	75.0	
	Disposal precaution	14	100.0	
	UN number	9.5	67.9	
	UN proper shipping name	10.5	75.0	
Transport information	Transport hazard class	10	71.4	61.3
	Packing group (if applicable)	10.5	75.0	
	Marine pollution (yes/no)	5.5	39.3	
	Special precaution which a user to be aware of or needs to comply with in connection with transport or conveyance either within or outside their premises	5.5	39.3	

Table 4. Concordance rate in 14 MSDSs contents(Continued)

Checked items		Result of checked subjects(14)		Contents concordance (%)***
		Score*	Details Concordance(%)**	
Regulatory information	Industrial Safety and Health Act	7	50.0	46.4
	Toxic Chemical Control Act	7	50.0	
	Dangerous Material Safety Control Act	8.5	60.7	
	Wastes Management Act	5.5	39.3	
	Other requirements in domestic and other countries	4.5	32.1	
Other information	Information source and references	10.5	75.0	64.3
	Issuing date	9	64.3	
	Revision number and date	7.5	53.6	
Total			76.29	

* Sum of points (Suitable "1", part suitable "0.5", not suitable "0")

** Score / 14 (total MSDSs) × 100

*** Sum of Details Concordance(%) / Number of Details

유량이 기재되어 있지는 않았지만, 분석결과 포름알데히드가 1.14% 함유된 제품이 1종으로 조사되었다.

2. MSDS 항목별 작성내용에 관한 신뢰성 평가결과

수집된 14종의 MSDS에 대한 항목별 일치율의 전체 평균값은 76.29%이었으며, 주요 작성항목에 대한 항목별 일치율은 Table 4와 같다. MSDS 일치율은 최저치가 47.92%이었으며, 최고치는 89.58%였다.

항목별 평가결과 일치율이 90%이상 비교적 높게 평가된 항목은 제6항. 누출사고시 대처방법(100%), 제10항. 안정성 및 반응성, 제1항. 화학제품과 회사에 관한 정보(97.6%), 제5항. 폭발 화재시 대처방법(97.6%), 제4항. 응급처치 요령(96.4%), 제7항. 취급 및 저장방법(92.9%)이었다. 반면 일치율이 낮게 평가된 항목은 제11항. 독성에 관한 정보(44.6%), 제15항. 법적 규제현황(46.4%), 제2항. 유해성·위험성(53.9%), 제14항. 운송에 필요한 정보(61.3%), 제16. 기타 참고사항(64.3%)로 조사되었다.

3. 유해성·위험성 분류에 대한 적합성 평가

수집된 MSDS의 유해성·위험성 분류의 적합을 평가 결과는 Table 3과 같다. 유해성·위험성 분류는 해당 화학제품 MSDS의 물리화학적 특성, 독성에 관한 정보 및 환경에 미치는 영향에 대한 평가 시험자료, 사람에서의 역학 또는 경험자료를 이용하여나 또는 구성성분의 유해성 평가자료를 이용하여 해당 화학제품에 대한 유해성별 혼합물의 분류방법을 따르도록 정하고 있다(MoEL, 2012b). 평가 대상 14종의 유해성·위험성

분류에 관한 근거자료를 MSDS에서 확인한 결과 물리적 위험성에 대해서는 제품에 대한 시험자료가 이용되었고, 건강유해성 및 환경유해성에 대해서는 구성성분의 유해성 평가자료를 이용하여 혼합물 유해성 분류기준을 적용하였다. 물리적 위험성 항목 중 인화성 액체로 분류된 제품 8종의 인화점 및 끓는점 확인 결과 분류근거가 적합하게 적용된 제품은 3종이었고, 인화성액체로 분류되지 않는 제품이 4종, 끓는점 및 인화점 자료가 없는 제품이 1종이었다. 건강유해성에 대한 분류는 제품별로 큰 차이를 보였는데 주로 급성독성(경구/경피/흡입), 피부부식성/자극성, 피부과민성, 발암성 등으로 분류된 것을 확인하였다. 분류결과에 대한 근거를 제11항.독성에 관한 정보에서 확인하였다. 건강유해성이 적정하게 분류된 제품은 3종으로 확인되었고, 나머지 11종은 건강유해성 분류결과에 대한 근거자료가 정확하게 제시되지 않은 것을 확인하였다. 특히 급성독성(경구/경피/흡입)으로 분류된 제품은 모두 분류 근거가 부적합하게 확인되었는데, 그 이유는 혼합물의 경우 각 구성성분의 LD₅₀ 또는 LC₅₀을 이용한 계산식이 적용되어야 하지만 한가지 구성성분의 LD₅₀ 또는 LC₅₀을 이용하여 급성독성(경구/경피/흡입)의 구분기준을 적용한 것으로 파악되었다. 수생환경유해성(급성)으로 분류된 제품은 6종이었고, 분류근거에 대한 내용을 제12항.환경에 미치는 영향에서 확인하였다. 확인 결과 수생환경유해성으로 분류된 6종 모두 부적합하였다. 그 이유는 6종 모두 2가지 이상의 구성성분으로 이루어진 혼합물로서 제품 전체에 대한 시험된 자료

가 없는 경우 각 구성성분의 LC₅₀ 또는 EC₅₀를 이용하여 수생환경유해성 분류를 적용하여야 하나, 6종 모두 한가지 구성성분의 LC₅₀ 또는 EC₅₀을 적용하여 분류된 것으로 확인되었다.

포름알데히드는 발암성 구분 1A로 분류되는 물질로 혼합물에 0.1%이상 함유되었을 경우 그 혼합물은 발암성물질로 분류되어야 한다. 그러나 포름알데히드를 0.1% 이상 함유하고 있는 것으로 확인된 연구 대상 14종 중 5종은 발암성 물질로 분류하고 있지 않았다.

IV. 고 찰

MSDS는 화학물질 및 화학물질을 함유한 제제를 양도하거나 제공하는 자가 작성하여 이를 양도받거나 제공받는 자에게 제공하도록 정하고 있으며, 화학물질을 취급하는 근로자에게는 화학물질로 인한 사고와 질병을 예방하기 위하여 물리적 위험성 및 건강유해성, 취급상의 주의사항, 적절한 보호구, 응급조치 요령 및 사고시 대처방법 등 MSDS에 관한 내용을 교육하도록 정하고 있다(MoEL, 2012a). 따라서 화학물질로 인한 사고와 질병의 사전 예방이라는 MSDS의 본연의 목적과 근로자의 '알권리' 충족을 위한 최우선 과제는 신뢰성 있는 MSDS의 작성이다(Kolp et al., 1993; Clayton et al., 1994; OSHA, 1998; UNEP, 2006; Lee et al., 2007).

근로자의 건강과 안전에 기여하는 MSDS의 정확성과 완전성을 평가하기 위하여 많은 연구가 국내외에서 진행되었다(Ignatowski et al., 1993; Kolp et al., 1993; Paul et al., 1994; Ignatowski et al., 1995; Kolp et al., 1995; Henriks-Eckerman et al., 1997; Anonymous, 1998; Welsh et al., 2000; Yoon et al., 2000; Chung et al., 2001; Lee et al., 2003; Lee et al., 2004; Lee et al., 2005). 국외에서 수행한 MSDS 신뢰성 검토에 대한 연구는 크게 두 가지로 분류되는 데 MSDS 작성 내용에 대한 분석과 구성성분에 대한 분석이다(Nicol, 2008). MSDS 작성 내용에 대한 신뢰성 검토 결과, 건강유해성에 대한 자료가 조사 대상 MSDS에서 50~60%정도 누락되어 있는 것이 확인되었으며(Kolp et al., 1995; Dalvie et al., 1999; Frazier et al., 2001; Nicol et al., 2008), 많은 MSDS에서 개인보호구와 노출기준의 작성이 부족한 것이 확인되었다(Nicol et al., 2008). 또한 구성성분에 대한 신뢰성 검토 결과, 분석대상 화학제품의 30~100%에서 MSDS에 표기되지 않은 화학물

질이 분석되었으며(Kanerva et al., 1994, 1997; Henriks-Eckerman and Kanerva, 1997; Wright, 1998; Welsh et al., 2000; Nicol et al., 2008), MSDS에 표기된 함량보다 높은 함량으로 분석된 화학제품도 다수 있는 것으로 확인되었다(Kanerva et al., 1994; Chung et al., 1999; Welsh et al., 2000; Zhu et al., 2005). 국내에서 수행된 연구결과에서도 화학물질의 종류, 사용량 등과 상관없이 MSDS정보에 대한 신뢰성 검토 결과는 전반적으로 낮은 것으로 보고하고 있다(Yoon et al., 2000; Chung et al., 2001; Lee et al., 2003; Lee et al., 2004; Lee et al., 2005).

국내에서는 2013년 7월 1일부터 혼합물질을 포함한 모든 화학물질의 유해성·위험성을 GHS분류기준을 적용하여 시행되고 있다. GHS는 화학물질에 노출되는 근로자에게 화학물질의 유해성·위험성 정보를 명확하고 일관성있게 제공함으로써 건강보호를 강화시키는 데 그 목적이 있다(Seguin, 2008). 그러나 화학물질의 유해성·위험성 분류를 적용하기 위한 자료 수집과 GHS를 적용한 MSDS 작성은 전문적인 지식이 부족한 사업장에서 직접 수행하기에는 어려움이 예상된다.

본 연구에서는 포름알데히드를 포함하는 제품 14종에 대하여 제품 내 포름알데히드의 정량적 분석 결과 MSDS에 기재된 함유량을 비교 분석하였으며, MSDS의 항목별 작성 내용과 유해성·위험성 분류 결과의 적정성에 대하여 살펴보았다. 제품 내 포름알데히드의 함량에 대한 분석 결과, MSDS에 기재된 함량과의 차이가 0.1%이하인 제품이 6종, 0.1% 초과 10% 이하인 제품이 2종, 20% 초과인 제품이 5종으로 확인되었다. MSDS에 기재된 항목별 평균 일치율은 76.29%로 평가되었다. 이는 최근 방향족 탄화수소 화학물질에 대한 MSDS의 평균 일치율이 약 89%로 평가된 결과와 비교하였을 때 10%이상 낮은 일치율을 보이고 있다. 그 이유로는 본 연구 대상 MSDS의 제11항. 독성에 관한 정보(44.6%), 제15항. 법적 규제현황(46.4%), 제2항. 유해성·위험성(50.0%) 등의 일치율이 매우 낮게 평가된 결과로 보인다. 특히 제2항과 제11항은 GHS가 도입되면서 크게 영향을 받은 항목으로서 MSDS 작성자가 GHS의 내용을 제대로 이해하지 못하고 MSDS를 작성한 결과로 판단된다. 실제로 14종의 제품의 유해성·위험성 분류 결과와 분류 근거가 정확하게 일치하는 제품은 3종에 불과하였고, 10종은 12.5~81.8%의 일치율을 나타내고 있었으며, 1종은 유해성·

위험성 분류 정보를 전혀 표시하지 않은 것으로 확인하였다. 또한, 제품마다 유해성 분류 결과가 상이하게 분류된 것을 확인하였는데, 이는 제품을 구성하는 구성성분이 다양하여 유해성 분류 결과가 다르게 분류된 부분도 있지만, 동일한 화학물질에 대해서도 서로 다른 유해성 평가자료를 사용하였기 때문이다. 특히 포름알데히드는 인체에 대한 발암성 물질로 알려져 있지만, 검토 대상 14종 중 5종의 MSDS에서는 발암성으로 구분되어 있지 않았다.

MSDS는 화학물질을 취급하는 근로자의 '알권리'를 보장하는 동시에 화학물질로 인한 사고와 질병을 예방하는 중요한 도구이다. 그러나 MSDS의 작성항목과 화학물질의 유해성·위험성을 표현하는 문구가 너무 어렵고 복잡하기 때문에 산업현장의 근로자들이 이해하는 데에 어려움이 많고, 이 때문에 MSDS의 효용성이 떨어지는 것이 사실이다(Nicol et al, 2008). 더욱이 신뢰성이 낮은 MSDS는 화학물질로 인한 사고와 질병의 예방이라는 본연의 목적을 달성하는 것이 어려울 것이다. 따라서 신뢰성있는 MSDS를 생산하기 위해서는 MSDS 작성자에 대한 체계적인 교육과 인증 제도의 도입, 유통되는 MSDS에 대한 신뢰성 평가 제도의 도입, MSDS 유통 시스템의 개편, 감독 관청에서 유통되는 MSDS의 작성 내용에 대한 철저한 지도·점검 등이 필요하며, 그 결과 기재사항을 누락시키거나 거짓으로 작성된 것이 확인된 경우에는 상응하는 행정적 처리가 필요하다고 생각된다. 또한, 정부에서는 통일된 GHS 분류 결과를 사업장에 제공하여 MSDS 작성 시 화학물질의 분류 결과가 동일하게 적용됨으로써 일관성 있는 유해성정보를 제공하는 것이 필요하다.

V. 결 론

포름알데히드를 함유하고 있는 14종의 화학제품 및 MSDS를 수거하여 고용노동부고시 제2012-14호에서 정하고 있는 MSDS의 작성항목 및 기재사항의 적정성을 확인하여 작성 내용에 대한 신뢰성을 평가하고자 하였고, 제품 내 포름알데히드를 정량 분석한 결과와 MSDS에 기재된 포름알데히드 함량을 비교하여 함량 기재의 정확성을 평가하고자 하였다. 또한 화학제품의 유해성·위험성 분류 결과에 대한 적정성을 평가하여 해당 화학제품의 물리적 특성, 건강유해성 등의 정보가 유해성·위험성 분류 결과에 제대로 반영되

었는지를 확인하였다.

1. 분석기기를 사용한 포름알데히드의 정량 분석 결과와 MSDS에 기재된 포름알데히드 함량을 비교한 결과 함유량이 일치하는 제품은 없었다. MSDS에 기재된 포름알데히드의 함유량과 시료 분석 결과와의 차이가 0.1% 이하인 제품이 6종, 0.1% 초과 1.0% 이하인 제품이 2종, 20% 이상 차이가 있는 제품이 5종으로 분석되었다. 특히 MSDS에는 포름알데히드의 함유량이 기재되어 있지는 않았지만, 분석결과 포름알데히드가 1.14% 함유된 제품이 1종으로 조사되었다.

2. MSDS의 작성항목 및 기재사항에 대한 신뢰성 평가 결과 16가지 항목 및 91가지 세부항목에 대한 일치율은 76.29%로 평가되었다. 세부항목 중 독성에 관한 정보, 법적 규제현황 및 유해성·위험성 항목이 60% 이하의 일치율을 보이는 것으로 확인되었다.

3. 유해성·위험성 분류에 대한 적합을 검토는 MSDS의 제9항.물리화학적 특성, 제11항.독성에 관한 정보 및 제12항.환경에 미치는 영향 항목에 기재된 세부 내용을 확인하여 제2항.유해성·위험성 분류에 기재된 분류결과의 적정성을 평가하였다. 평가 대상 화학제품 14종에 대한 전체 MSDS의 평균 적합율은 53.9%로 확인되었고, 가장 적합율이 낮은 MSDS 12.5%로 평가되었다.

4. 포름알데히드는 IARC 및 NTP에서 인체 발암성 화학물질로 분류하고 있으며, 고용노동부에서는 발암성 구분 1A로 분류하고 있다. 따라서 포름알데히드를 0.1%함유하는 화학제품은 발암성 물질로 분류하여 MSDS에 그 정보를 기재하여야 하나, 14종 중 5종이 발암성 분류를 기재하지 않은 것으로 확인하였다.

참고문헌

- Anne-Marie Nicol, A. Christie Hurrell, Desy Wahyuni, William McDowall, Winnie Chu. Accuracy, Comprehensibility, and Use of Material Safety Data Sheets: A Review. *American Journal of Industrial Medicine* 2008;51:861-876
- Anonymous. Hazardous materials information review commission. Annual Report for the Fiscal Year Ended, March 31, 1998.
- Chong-Guk Yoon, Tae-Won Jeon, Chin-Kap Chung, Myung-Hee Lee, Sang-Il Lee et al. Survey of Actual Condition of Material Safety Data Sheet and Quantitative Risk Assessment of Toxic Substances : Subs-

- titutes for Degreasing Agents. J Koean Soc Occup Environ Hyg 2000;10(2):18-26
- Chemical Agents and Related Occupations, Volume 100F. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; 2012:401-435
- Clayton G.D., Clayton F.E., Beliles R.P., David R.M., Morgott D.A., O'Donghue J.L. Patty's industrial hygiene and toxicology(volume II, part c). 4 ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. pp. 1735-1786, 1994.
- Davie MA, Ehrich RI. Isocyanates in South Africa: Hazards, usage, and quality of health and safety information. S Afr J Sci 1999;95(8):316-320
- Frazier LM, Beasley Bw, Sharma GK, Mohyunddin AA. Health information in material safety data sheets for a chemical that causes asthma. J Gen Intern Med 2001;16(2):89-93
- Henricks-Eckerman M, Kanerva L. Product analysis of acrylic resins compared to information given in material safety data sheets. Contact Dermatitis 1997;36: 164-165
- Ignatowski AJ, Rosenthal I. The operational material safety data sheet-key to the effectiveness of a generic approach to the control of health and safety risks II: The operational material safety data sheet. Applied Occupational and Environmental Hygiene 1993; 8: 714-720
- Ignatowski AJ, Weider ED. Managing material safety data sheets world-wide. American Industrial Hygiene Association Journal 1995;56:698-705
- Kanerva L, HenriksEcherman ML, Jolanki R, Estlander T. Plastics/acrylics: Material safety data sheets need to be improved. Clin Dermatol 1997;15(4):533-546
- Kolp PW. Assessment of the accuracy of material safety data sheets. American Industrial Hygiene Association Journal 1995;56:178-183
- Kolp P, Sattler B, Blayney M, Sherwood T. Comprehensibility of material safety data sheets. American Journal of Industrial Medicine 1993;23:135-141
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Statistics. 2011. Available from: URL:<http://www.kosha.or.kr/www/boardView.do?contentId=343906&menuId=554&boardType=A2>
- Korean Statistical Information Service. 2010. Available from: URL:http://kosis.kr/gen_etl/start.jsp?orgId=106&tblId=DT_106N_10_0200011&conn_path=I3&path
- Chung KH, Kim KR, Kim DH, Oh KS, Yu IJ. Actual Condition and Reliability Monitoring of Material Safety Data Sheets for the Organic Solvents. J Koean Soc Occup Environ Hyg 2001;27(4):85-91
- Lee KS, Kwon HW, Han IS, Yu IJ, Lee YM. A Study on the reliability of material safety data sheet(MSDS) for paint thinner. J Koean Soc Occup Environ Hyg 2003;13(3):261-272
- Lee KS, Sun ON, Yoon KS, Park DU. Assessment of the Accuracy on MSDS of Water-soluble Metalworking Fluids with Respect to Concentration of MEA, DEA and TEA. J Koean Soc Occup Environ Hyg 2005; 15(1):52-60
- Lee KS, Yoon SJ, Choi JW, Kim HO, Lee JH et al. A study on the supply status of chemical substance information including MSDS and a way of improving Database management in Korea. J Koean Soc Occup Environ Hyg 2007;17(1):63-70
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Occupational safety and health Act. 2012a
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Standard for Classification and Labelling of Chemical Substance and Material Safety Data Sheet. MoEL Public Notice; No 2012-14. 2012b
- Ministry of Environment(MoE). White Paper of Environment.2012;261-262
- Ministry of Environment(MoE). Toxic Chemical Control Act. 2012a
- Luc Seguin. Optimizing your company's GHS deployment. Journal of Chemical Health and Safety 2009; 16(4):5-9
- Occupational Safety and Health Administration(OSHA). Hazard Communication Standard. 29 CFR 1910. 1200, Washington, DC; 1998.
- Paul M, Kurz S. Analysis of reproductive health hazard information on material safety data sheets for lead and ethylene glycol ethers. American Journal of Industrial Medicine 1994;25:403-415
- Report to Carcinogens(RoC). 12th. U.S. Department of Health and Human Services Secretary Kathleen Sebelius; 2011:195-206
- Rosanne Cote, Hugh Davis, Colleen Dimock, Mary Korpman, Ken Loewen et al. The Evaluation and Hazard Classification of Toxicological Information for Workplace Hazardous Material Information System Material Safety Data Sheets. Regulatory Toxicology and Pharmacology 1998;27:61-74
- Lee SH. Q & A for the Industrial Hygienist : Formaldehyde. Industyrial Hygiene. 1996;No.93:45-46
- Takeshi MORITA and Kaoru MORIKAWA. Expert Review for GHS Classification of Chemicals on Health Effects. Industial Health 2011;49:559-565
- United Nations Environmental Programme(UNEP). Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)-Report of the international conference on

chemical management on the work of its first session.
SAICM/ICCM.1/7. 2006.

Welsh MS, Lamesse M, Karpinski E. The verification of hazardous ingredients disclosure in selected material safety data sheets. *Appl Occup Environ Hyg* 2000; 15(5):409-420

Wright J. Management of occupational health and safety in the printing industry. *J Occup Health Safety Aust NA*. 1998;14(2):187-196