한국환경과학회지 제19권(제6호), 715~735, 2010
Journal of the Environmental Sciences

직업병발생 물질과 GHS분류 자료를 이용한 화학물질 우선순위 평가

백남식 · 정진도[1] · 박희찬[2)*]
호서대학교대학원 환경공학과, [1)]호서대학교 환경공학과, [2)]고려대학교 환경보건학과
(2010년 1월 14일 접수; 2010년 2월 24일 수정; 2010년 4월 12일 채택)

Assessment of Priority Order Using the Chemical to Cause to Generate Occupational Diseases and Classification by GHS

Nam-Sik Baik, Jin-Do Chung[1)], Chan-Hee Park[2)*]
Department of Environmental Engineering Graduate School, Hoseo University,Asan 336-795, Korea
[1)]Department of Environmental Engineering, Hoseo University, Asan 336-795, Korea
[2)]Department of Environmental Health, Korea University, Seoul 136-703, Korea
(Manuscript received 14 January, 2010; revised 24 February, 2010; accepted 12 April, 2010)

Abstract

This study is designed to assess the priority order of the chemicals to cause to generate occupational diseases in order to understand the fundamental data required for the preparation of health protective measure for the workers dealing with chemicals. The 41 types of 51 ones of chemicals to cause to generate the national occupational diseases were selected as the study objects by understanding their domestic use or not, and their occupational diseases' occurrence or not among 110,608 types of domestic and overseas chemicals. To assess their priority order the sum of scores was acquired by understanding the actually classified condition based on a perfect score of physical riskiness(90points) and health toxicity(92points) as a classification standard by GHS, the priority order on GHS riskiness assessment, GHS toxicity assessment, GHS toxic · riskiness assessment(sum of riskiness plus toxicity) was assessed by multiplying each result by each weight of occupational disease's occurrence.

The high ranking 5 items of chemicals for GHS riskiness assessment were turned out to be urethane, copper, chlorine, manganese, and thiomersal by order. Besides as a result of GHS toxicity assessment the top fives were assessed to be aluminum, iron oxide, manganese, copper, and cadium(Metal) by order. On the other hand, GHS toxicity · riskiness assessment showed that the top fives were assessed to be copper, urethane, iron oxide, chlorine and phenanthrene by order. As there is no material or many uncertain details for physical riskiness or health toxicity by GHS classification though such materials caused to generate the national occupational diseases, it is very urgent to prepare its countermeasure based on the forementioned in order to protect the workers handling or being exposed to chemicals from health.

Key Words : Chemicals, Occupational diseases, Riskiness assessment, Toxicity assessment, Toxic · riskiness assessment, GHS

[*]Corresponding author : Hee Chan Park, Department of Health Science, College of Health Science, Korea University, Seoul 136-703, Korea
Phone: +82-2-940-2891
E-mail: zoayo@korea.ac.kr

1. 서 론

유독물질, 벤젠을 포함한 10여종의 주요 발암 물질, 주요 내분비계 장애 추정물질 등 국내 화학물질 유통량 조사 자료에 따르면 2006년 현재 4억 1,700만톤으로 1998년과 비교하여 약 2.4배 증가하였고, 매년 약 2,000종의 신규 화학물질이 개발되어 시장에 나오고 있으며 매년 약 300여종의 화학물질이 국내 시장에 진입되어 화학물질의 종류와 양을 증가시키고 있다고 보고하면서 앞으로도 이러한 증가 추세는 지속될 것으로 전망하였다(환경부, 2006).

이와 같은 화학물질 유통량 증가와 더불어 근로자의 직업병 및 산업재해 예방을 위하여 정부는 다양한 노력을 기울여왔다. 예를 들면 노동부는 신규화학물질 제조 및 사용의 증가와 더불어 화학물질 노출로 인한 근로자의 건강영향에 대한 관심이 높아지면서 근로자의 알권리에 근거하여 화학물질을 취급이나 유통으로 인한 해당 화학물질의 노출에 따른 근로자의 건강보호를 위한 제도의 하나인 “화학물질의 분류 · 표시 및 물질안전보건자료인 MSDS(Material Safety Data Sheet)에 관한 기준”을 1996년에 제정하였다(노동부, 1996). 또한 기존의 108종 화학물질 분류체계에 대하여 여러 전문가들이 문제점을 지적하여(김 등, 1999) 2003년 노동부는 신규화학물질 등을 고려하여 168종의 관리체계로 일원화하는 산업보건기준에 관한 규칙을 개정 하였고(노동부, 2003), 현행 국내의 화학물질노출기준을 선진외국 기준과 비교하고 국내의 노출실태 등을 파악하여 국내 노출기준의 적정성에 대한 검토 연구(노동부, 2005, 2006), 화학물질을 대상으로 작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준 수준에 관한 연구를 수행하였다(노동부, 2006). 그러나 MSDS자료는 신뢰성에 관한 책임소재가 불분명하고 신뢰성과 타당성 확보에 대한 체계적인 노력과 연구의 미비로 많은 논란(최 등, 2002)이 있어 왔는데 최근 유럽을 중심으로 이에 관한 체계적인 논의가 이루어져 화학물질의 분류 및 표기에 관한 국제조화시스템인 GHS(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals) 제도가 발표되어 MSDS제도와 비교하여 국제적으로 신뢰성 높은 자료로 평가받고 있다(정부합동 GHS추진위원회, 2005).

화학물질을 취급하거나 사용하는 경우 근로자의 건강에 직면하게 되는 문제는 크게 위험성과 유해성으로 분류할 수 있다. 여기서 위험성이라는 용어의 정의는 안전하지 못하거나 그럴 가능성을 가진 성질을 지닌 상태를 의미하며 유해성은 해로운 성질이나 특성을 의미한다(정부합동 GHS추진위원회, 2005). MSDS에서는 화학물질 위험성은 물리적 위험성, 화학물질 유해성은 건강유해성으로 구분하고 있다(산업안전보건연구원, 2009).

그러나 이와 같이 화학물질의 사용이나 유통 혹은 취급으로 인한 근로자의 건강보호를 위하여 다양한 노력을 기울여왔음에도 불구하고 1994년도에 우리나라의 모 전자부품 조립생산 공장에서 세정제로서 사용하던 프레온함유 물질의 국제규제로 인하여 대체제품으로서 사용한 2-bromopropane(제품명: 솔벤트 5200)의 중독 사고가 발생하여 세계적으로 주목을 받는 직업병으로 보고되어 대체물질의 안전성에 대한 경각심을 주었다(강, 2005). 또한 1992년부터 1999년까지 직업병으로 심의 의뢰된 사례의 유해인자별 분포를 조사한 선행연구(강 등, 2000)에서는 화학물질, 중금속, 유기용제와 같은 화학적 유해인자가 279건(73.6%)로 가장 많았고, 1992년부터 2001년 까지 직업병 심의 건의 유해요인 분포에서도 화학적 인자가 전체 616건 가운데 348건(56.5%)로 가장 많아 전체 직업병 발생 유해인자 가운데 화학적 인자가 차지하는 비중이 높다고 보고하였다(강, 2002). 또한 2003년에는 Trichloroethylen의 직업적 노출에 의한 독성간염 및 박탈성 피부염(채, 2003)과 주성분이 염화메틸렌(Methylene Chloride)인 재생 세척제를 취급하는 근로자에서 독성간염(하 등, 2004)을 보고하였고, 2005년 1월에는 모 LCD 부품 제조공장의 밀폐된 공간에서 세척제 용도로 사용하던 노말헥산(n-Hexane)에 노출된 외국 여성근로자 8명이 다발성 신경장애가 산업재해로 인정되어(산업안전보건연구원, 2009), 화학물질 사용이 사회적으로 물의를 일으키는 등 화학물질 노출로 인한 지속적인 직업병이나 재해사고가 발생되고 있는 실정이다.

화학물질 노출로 인한 근로자의 건강보호를 위하여 미국, 일본, 유럽 등의 선진외국에서도 다양한 노력

을 기울여 오고 있다. 예를 들면 미국의 경우 보건복지부의 연방공중 위생기관인 ATSDR(Agency for Toxic Substances & Disease Registry)에서는 화학물질의 유해・위험성 순위를 선정하기 위하여 1987년도에 The first priority로써 ATSDR list+EPA(Environmental Protect Agency) NPL(National Priorities List) list를 포함하여 100물질을 선정하였고, 1998년도에 The second priority로써 100물질을 추가로 선정 한 후, 1989년도와 1990년도에 The third & fourth lists로 25물질을 선정하고 EPA의 NPL site 636물질을 선정하여 총 861물질 화학물질 가운데 1995년도부터 275물질에 대하여 CERCLA(Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act)에 근거하여 2년 주기로 우선순위를 선정하여 발표하고 있다(ATSDR, 2009). ATSDR의 우선순위 평가에 반영한 자료로는 해당 화학물질의 독성(600점), EPA의 NPL의 화학물질 검색 건수(600점), 사람 노출(300점), 사람 노출의 잠재성(300점)을 점수화 하여 우선순위를 선정하였다. 이 결과들에 의하여 선정된 화학물질의 우선순위 자료는 화학물질에 노출되는 근로자나 일반인들의 건강보호를 위한 각종 연구나 정책을 수행하는데 있어서 매우 유용한 자료로 활용하고 있다.

이와 같이 화학물질 취급 근로자의 건강을 보호하기 위하여 다양한 노력을 기울여왔음에도 불구하고 화학물질 중독사고, 직업병 발생 등은 좀처럼 줄어들고 있지 않은 현실을 고려하여 볼 때, 화학물질 사용으로 인한 근로자의 사고나 직업병 등을 예방하기 위해서는 기존 국내 화학물질 관리대책의 근본적이고 체계적인 변화가 필요한 시점이라고 할 수 있다. 즉, 화학물질이 가지고 있는 특성이나 건강장해 등의 기본적인 자료를 근거로 하여 장기적인 관점에서 화학물질과 관련된 정책을 마련하여 시행하는 것이 필요하며, 화학물질 우선순위를 평가를 통하여 관리나 연구의 우선순위를 선정하는 등 체계적인 화학물질의 관리가 필요한 시점이라고 할 수 있다. 급성독성물질, 발암성 등과 같은 건강영향인자와 화약류, 휘발성, 산화성, 반응성 등과 같은 물리화학적 성질, 국내 화학물질 사용여부, 국내・외 직업병 발생 여부 등의 자료를 이용한 정성적 혹은 정량적 메트릭스를 개발하여 각각의 화학물질에 관한 유해・위험성을 평가하여 관리의 우선순위를 정하고 각각의 화학물질에 대하여 누락 또는 불확실한 자료를 파악하여 화학물질의 연구에 적극적으로 활용하는 것은 해당 화학물질 취급 종사자의 안전과 건강보호를 위하여 매우 중요하다.

본 연구는 근로자의 건강보호를 위하여 국내에서 대량으로 유통되고 있는 화학물질을 중심으로 국내 사용여부, 직업병 발생여부 등을 파악하여 우선 평가대상 화학물질 목록을 파악하고, 파악된 화학물질에 대하여 물리적 위험성, 건강유해성 등의 활용 가능한 실제 자료를 근거로 정성적 혹은 정량적 메트릭스에 의한 유해성 평가, 위험성 평가, 유해・위험성평가를 실시하여 화학물질의 관리 및 연구의 우선순위를 선정하고 향후 물리화학적 특성시험 자료가 없거나 불확실한 물질 목록, 독성시험 자료가 없거나 불확실한 물질목록을 파악하여 관리적 혹은 기술적 대책 마련에 필요한 근거를 제시함으로서 화학물질 제조, 취급으로 인한 근로자의 건강장해 예방에 필요한 기초자료를 마련하는데 연구의 목적이 있다.

2. 자료 및 방법

2.1. 연구대상

2.1.1. 연구대상 화학물질 모 집단 선정

우선 평가대상 화학물질 선정을 위한 연구대상 화학물질 모집단은 국내・외 화학물질로 하였다. 국내 화학물질 자료는 노동부 산업안전보건법의 산업보건기준에 관한 규칙의 노출기준 기준고시 화학물질 689종, 환경부의 유해화학물질 관리법 화학물질 694종, 소방방재청의 위험물 관리법 화학물질 44종, 국내법규 물질목록 화학물질 2,291종, 기존화학물질목록 35,661종, 1999년부터 2006년 까지 조사된 신규화학물질 목록 약 4,000여종, 농약관련 화학물질 2,038종, MSDS작성 화학물질 50,534종, 법적규제 화학물질 2,123종, 유통량 조사 화학물질 약 22,000종을 국내 화학물질로 선정하였다. 또한 국외 화학물질 자료는 미국의 OSHA의 PELs 450종, NIOSH의 RELs 677종, ACGIH의 TWA-TLV 656종과 일본 후생노동성의 유해물질 종류별 건강장해 예방규칙 수록물질 113종, 유럽의 EC Directive의 약 7,739종, 오스트레일리아의 법적규제물질 699종(Australia, 2007)을 포함하

여 국내 · 외 화학물질 약 110,608종을 본 연구의 연구 대상 화학물질 모집단으로 선정하였다. 모든 자료는 한국산업안전보건공단의 산업안전보건연구원으로부터 자료를 받아 사용하였다(산업안전보건연구원, 2009).

2.1.2. GHS분류 화학물질 자료

GHS에서는 물리적 위험성은 화약류, 인화성(가스, 액체, 고체, 에어로졸), 산화성(고체, 액체, 가스), 고압가스, 반응성(자기, 물), 발화성(고체, 액체), 유기과산화물, 금속부식성, 자기발열성과 같은 총 16가지항목, 건강유해성은 급성독성[경구, 경피, 흡입독성(가스), 증기, 분진(미스트)], 자극성 (피부부식, 심한 눈 손상), 과민성(호흡기, 피부), 흡인성호흡기유해성, 생식세포 변이원성, 발암성, 생식독성, 표적장기 전신독성 (1회, 반복)과 같은 총 15가지로 분류하고 있다(정부합동 GHS추진위원회, 2005).

국내 · 외 화학물질의 GHS 분류현황을 살펴보면 우리나라는 2007년 현재 노동부에서 총 310종 화학물질, 환경부에서 총 2,561종 화학물질, 기타 소방방재청에서 화학물질에 대한 GHS 분류를 수행하고 있으며 일본의 경우 2007년 8월 현재 후생노동성에서는 총 1,011종의 화학물질에 대하여 분류하여 공표하고 있다. 본 연구에서는 2006년에 노동부에서 분류한 GHS자료 310종과 2007년 일본에서 분류한 GHS자료 1,011종의 두 자료 가운데 중복이 된 화학물질을 제외한 1,036종의 GHS분류 화학물질 자료를 연구대상으로 하였다.

2.1.3. 직업병 발생물질

화학물질의 노출이나 취급으로 인한 직업병 발생 여부는 유해 · 위험성평가를 통한 우선 평가대상 화학물질 선정 시 중요한 변수이며 특히 최근 들어 신규화학물질 취급에 따른 신종 직업병 발생이 증가하고 있어 반드시 고려되어야 한다. 직업병이 발생되었음에도 불구하고 유해성이나 위험성의 어떤 항목에서 정보가 누락되어 평가 시 물리적 위험성이나 건강유해성 시험자료가 없는 GHS 불확실성 항목으로 작용을 하였는지에 관한 파악도 향후 화학물질 관리대책 수립에 중요한 요인이 된다. 2005년 현재 국내외 직업병 발생물질은 2-Bromopropane를 비롯하여 35종이 국외에 21종이 보고되고 있으며(산업안전보건연구원, 2005), 직업병이 발생한 화학물질에 대해서는 비교적 엄격하게 관리하고 있다. 본 연구에서는 35종 이외에 직업병 발생자료 501개를 추가로 검색(산업안전보건연구원, 2009)하여 총 51종의 직업병발생 화학물질을 파악하여 연구대상으로 하였다.

2.2. 연구방법

2.2.1. 연구내용

화학물질을 생산, 유통, 사용 및 폐기하는 과정에서 노출이 되어 근로자나 일반인들에게 노출되어 나타날 수 있는 건강영향은 성별이나, 연령, 개인의 감수성, 현재의 건강상태 등에 따라 차이는 있으나, 화학물질의 가지고 있는 다양한 물리적 성질이나 물질 자체가 가지는 다양한 건강영향에 따라서 그 결과는 각각 다르게 나타날 수 있다. 따라서 화학물질의 운선순위를 평가하는데 있어서 논리적이고 객관적인 평가방법을 활용하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 국내에서 직업병이 발생된 적이 있는 화학물질을 중심으로 우선 평가대상 물질 목록을 작성하기 위한 연구방법으로 첫째, 우선 평가대상 화학물질을 선정하기 위하여 연구대상 모집단 화학물질에 대하여 국내 사용여부(정성적 평가)에 따른 1차 Screening(그림 1)을 실시하여 우선 평가대상 화학물질 종류수를 줄였다. 정성적 평가방법은 연구대상 화학물질 모집단의 법위를 좁혀나가거나 구체적인 연구대상 화학물질을 정하기 위한 Screening 작업에 활용할 수 있다. 둘째, 1차 Screening에서 선정된 화학물질에 대하여 직업병발생 여부(정성적평가)에 따른 2차 Screening(표 1)을 실시하여 우선 평가대상 화학물질을 선정하였다. 셋째, 선정된 화학물질을 대상으로 국내 직업병 발생유무, GHS 불확실성 항목 수, GHS의 위험성과 유해성 분류점수를 이용하여 우선 평가대상 화학물질 선정(위험성평가, 유해성평가, 유해 · 위험성 평가)을 위한 정량적 메트릭스를 개발하였다. 넷째, 선정된 화학물질을 대상으로 국내 직업병 발생유무별로 GHS위험성 불확실성 항목, GHS유해성 불확실성 항목, GHS위험 · 위험성 불확실성 항목 수를 파악하고 GHS위험성 점수합계, GHS유해성 점수합계, GHS위험 · 위험성 점수총계를 평가 한 후 위험성평

가, 유해성평가, 유해・위험성 평가에 의한 우선 평가 대상 화학물질 순위를 선정하였다. 만약 유해성 평가만을 실시할 경우, 예를 들면 위험성평가에서 전혀 문제가 없고, 유해・위험성 평가에서 문제가 있었음에도 불구하고 그 결과가 과소 혹은 과대평가되는 경우가 발생할 수 도 있으므로 선정된 모든 화학물질에 세 가지 평가를 각각 실시하였다.

2.2.2. 연구대상 화학물질 선정을 위한 Screening

화학물질이 미칠 수 있는 실제 자료를 이용하여 정성적 혹은 정량적 평가 방법을 활용한 위험성평가, 유해성평가, 유해・위험성평가를 실시하여 우선수위를 선정하여 기술적, 관리적 대책을 마련하는 것은 화학물질에 노출된 근로자의 안전과 건강을 위하여 매우 중요하다. 예를 들면 직업병발생 화학물질 정보를 Probability로 하고 화학물질에 대한 모든 가능한 유해요인(Risk or Hazard)을 Consequence로 하여 정성적 혹은 정량적 평가방법을 이용한 위험성평가나 유해성평가 혹은 유해・위험성평가를 통하여 그 유해요인의 실태 혹은 정도와 그리고 위험도나 유해도의 우선순위 파악이 가능하므로 효율적인 대책강구를 위한 유용한 자료를 얻을 수 있다(중앙노동재해방지협회, 2003; Donohue, 2000; Harris and Joseph, 1991).

본 연구에서는 우선 평가대상 물질목록 선정연구를 위한 표준 Protocol 개발하였다. 표준 프로토콜 개발 시 연구대상 화학물질의 범위를 어디까지 할 것 인지에 대한 문제와 평가에 사용하는 지표나 정보는 어떤 것을 활용할 것인가는 매우 중요한 사항이다. 국내에서 직업병이 발생된 화학물질을 중심으로 우선 평가대상 화학물질을 선정하기 위하여 연구대상 화학물질 모집단인 국・내외 화학물질 약 110,608종에 대하여 3차원의 모델(X축: 물리적 위험성여부 16가지 항목, Y축: 해당 화학물질의 국내 사용여부, Z축: 건강유해성여부 15가지 항목)을 구축하여 1차 Screening 정성적 평가를 실시하였다. 즉, 해당 화학물질이 X축의 물리적 위험성여부 16가지 항목이 X이거나, Y축의 국내사용 또는 노출근로자수 여부 가운데 하나라도 X이거나, Z축의 건강 유해성여부 15가지 항목이 X이면 연구대상 물질에서 제외하였다. 또한 그림 1의 1차 screening 과정에서 선정된 국내 유통 화학물질만을 대상으로 국내 직업병 발생여부에서 X이거나 물리적 위험성이나 건강유해성이 하나라도 X이면 연구대상에서 화학물질에서 제외하는 정성적 평가방법을 실시하였다.

Table 1. Secondary screening qualitative assessment for priority assessment object materials' selection

		Domestic occupational diseases' occurrence or not	
		○	×
Riskiness	○	○	△
	×	△	×
Toxicity	○	○	△
	×	△	×

2.2.3. 우선 평가대상 화학물질 선정을 위한 database의 구축

우선평가 대상물질 목록을 선정하기 위한 화학물질의 database를 구축하기 위하여 먼저 유해성과 위험성의 차이에 관한 정의를 구분하여야 한다. 유해성이란 화학물질에 가지는 건강영향정보에 의하여 결정되어지는 독성학적인 영향으로 나타나는 결과를 의미하며, 반면에 위험성은 화학물질의 물리화학적 특성에 의하여 결정되어지는 안전사고 및 폭발사고와 같은 결과를 의미한다. 위험성과 유해성의 용어의 사용에 있어 유럽과 미국에서 적용하는 용어의 표현이 각각 다르기 때문에 이 문제에 관해서는 국제적으로 널리 통용되는 GHS나 MSDS에 제시되어 있는 물리적

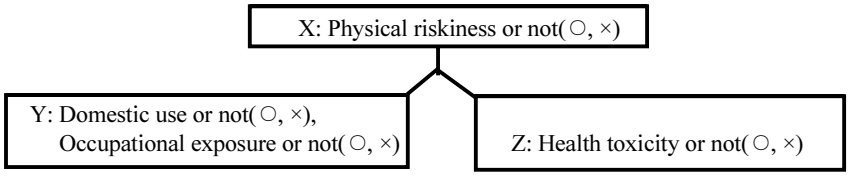

Fig. 1. Primary screening qualitative assessment for priority assessment object materials' selection.

위험성과 건강 유해성으로 하였다.

화학물질 수선순위를 평가하기 위하여 국내사용 여부, 직업병발생 화학물질, 화학물질의 위험성, 화학물질의 유해성 조사에 있어서 신뢰성 있는 정보 확보가 매우 중요하며 평가에 반영되는 위험성이나 유해성의 정보들은 국제적인 흐름에 대응 가능한 적절한 지표나 정보를 활용하는 것이 중요하다. 또한 우선평가 대상 화학물질을 선정하기 위한 개발하여 사용한 프로토콜이 적절하였는가에 대한 검증도 중요하다. 예를 들면, 어떤 화학물질이 물리적 위험성 정보에서는 평가가 낮았던 반면에 건강유해성에서는 높을 수도 있어 위험성이나 유해성의 한쪽만 평가하면 잘못된 결과가 도출될 가능성이 있다. 따라서 그림 2와 같이 위험성평가, 유해성평가, 유해 · 위험성평가를 모두 실시하여 동일한 화학물질에서 평가방법에 따라 어떻게 다른지에 대한 검토와 선정한 결과들을 외국의 선행연구에서 제시한 우선평가 대상 순위와 비교하여 제시할 필요가 있다.

2.2.4. GHS분류 자료를 이용한 자료 Consequence 지표 작성

화학물질에 관한 국제적 표준분류지침에 의하여 작성되어 있어 신뢰성이 높은 1,013종을 이용하여 우선 평가대상 화학물질 선정을 위험성 및 유해성 평가에서 Consequence지표를 작성하였다. 위험성 평가를 위하여 첫째, GHS위험성으로 분류되어 있는 16 항목 가운데 자료가 분류되어 있지 않은 GHS위험성 불확실성 항목 수를 파악하고, 둘째, GHS위험성 표준분류에서 사용한 각각의 위험성을 점수화하여 GHS위험성 점수합계를 구하여 위험성 평가 시 consequence로 활용하였다. 셋째, 16 항목 분류자료에 대하여 정량적 평가를 실시하기 위하여 등급이 낮을수록 각각의 항목에 대하여 높은 점수를 그리고 자료가 없는 경우 자료의 불확실성으로 간주하여 최고 점수를 배정하였으며, 각각의 항목에 해당되지 않는 경우 0점으로 하여 총 90점 만점으로 점수화를 하여 Database에 입력하여 위험성의 총합을 구하여 화학물질의 우선 평가대상 화학물질 선정을 위한 위험성평가에 활용하였다(표 2).

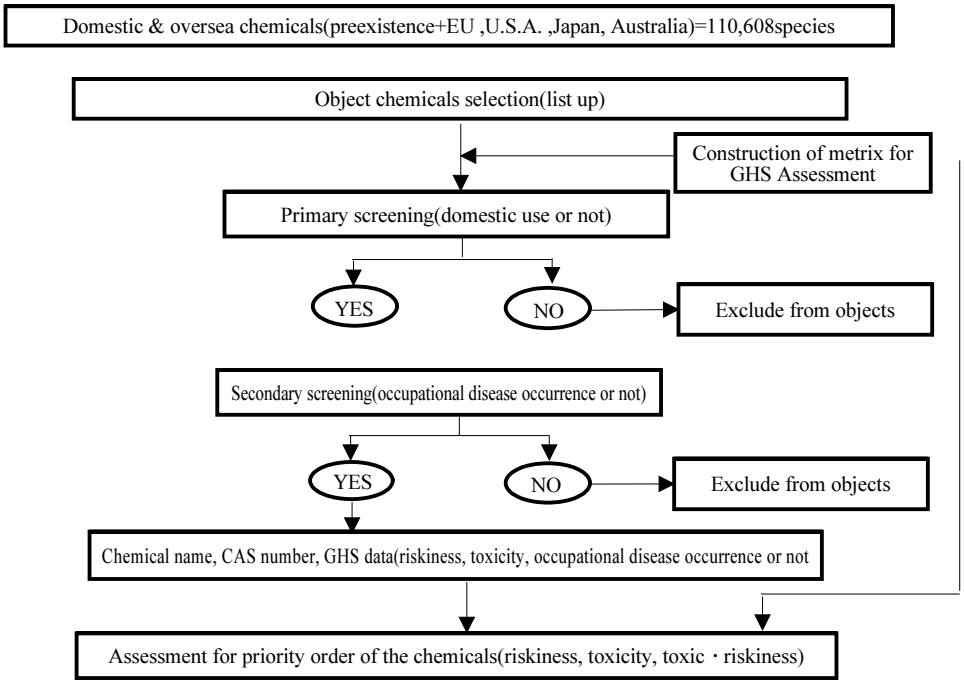

Fig. 2. Matrix for priority assessment object chemical materials' selection.

Table 2. Classification of GHS riskiness on 41 types of chemicals with domestic occupational diseases occurrence

GHS riskiness(total=90 point)									
Items	Classification	GHS riskiness score by detail of classification							
Explosives(10 point)		Grade 1.1 =10 point	Grade 1.2 =8 point	Grade 1.3 =6 point	Grade 1.4 =4 point	Grade 1.5 =2 point	Grade 1.6 =1 point	Uncertainty =10 point	Not relation =0 point
Ignitability (10 point)	Solid (10point)	Classification 1=10point		Classification 2=5 point		Uncertainty=10 point		Not relation=0 point	
	Liquid (10 point)	Classification 1 =10 point	Classification 2 =7 point	Classification 3 =5 point		Classification 4 =3 point		Uncertainty =10 point	Not relation =0 point
	Gas (10 point)	Classification 1=10 point		Uncertainty=10 point				Not relation=0 point	
	Aerosol (10 point)	Classification 1=10 point		Uncertainty=10 point				Not relation=0 point	
Oxydant (10 point)	Solid (10 point)	Classification 1 =10 point	Classification 2 =5 point	Classification 3 =5 point		Uncertainty =10 point		Not relation =0 point	
	Liquid (10 point)	Classification 1 =10 point	Classification 2 =5 point	Classification 3 =5 point		Uncertainty =10 point		Not relation =0 point	
	Gas (10 point)	Classification 1=10 point		Uncertainty=10 point				Not relation=0 point	
High-pressure gas(10)	Compressed gas =10 point	Liquefied gas =8 point	Refrigeration liquefy gas =6 point	Melting gas =10 point		Uncertainty =10 point		Not relation =0 point	
Reactivity (10 point)	Magnetism (5 point)	Formality A =5 point	Formality B =4 point	Formality C or D =2point	Formality E or F =1 point	Uncertainty= 10 point		Not relation =0 point	
	Water (5 point)	Classification 1=5 point		Classification 2=1 point		Uncertainty =5 point		Not relation =0 point	
Flammable (10 point)	Solid (5 point)	Classification 1=5 point		Uncertainty=5 point				Not relation=0 point	
	Liquid (5 point)	Classification 1=5 point		Uncertainty=5 point				Not relation=0 point	
Organic peroxide (10 point)		Formality A =10 point	Formality B =7 point	Formality C or D =5 point	Formality E or F =3 point			Uncertainty =10 point	Not relation =0 point
Metal corrosiveness (10 point)		Classification 1=10 point		Uncertainty=10 point				Not relation=0 point	
Magnetic Pyrogens (10 point)		Classification 1=10 point		Classification 2=5 point		Uncertainty=10 point		Not relation=0 point	

Table 3. Classification of GHS toxicity on 41 types of chemicals with domestic occupational diseases occurrence

GHS toxicity (total=92 point)							
Items	Classification	GHS riskiness score by detail of classification					
Acutic toxicity (12 point)	Oral(4 point)	Classification 1 =4 point	Classification 2 =3 point	Classification 3 =2 point	Classification 4 =1 point	Uncertainty =4 point	Not relation =0 point
	Skin(4point)	Classification 1 =4 point	Classification 2 =3 point	Classification 3 =2 point	Classification 4= 1 point	Uncertainty =4 point	Not relation =0 point
	Inhalation toxisity-gas(4 point)	Classification 1 =4 point	Classification 2 =3 point	Classification 3 =2 point	Classification 4 =1 point	Uncertainty =4 point	Not relation =0 point
	Vapour(4 point)	Classification 1 =4 point	Classification 2 =3 point	Classification 3 =2 point	Classification 4 =1 point	Uncertainty =4 point	Not relation =0 point
	Dust-mist(4 point)	Classification 1 =4 point	Classification 2 =3 point	Classification 3 =2 point	Classification 4 =1 point	Uncertainty =4 point	Not relation =0 point
Irritation/Corrosion (10 point)	Skin/Irritation (5 point)	Classification 1=5 point		Classification 2=2 point		Uncertainty=5 point	Not relation=0 point
	Eye(5 point)	Classification 1=5 point		Classification 2=2 point		Uncertainty=5 point	Not relation=0 point
Hypersensitive (10 point)	Respiratory Hypersensitive=5 point		Skin Hypersensitive=5 point		Uncertainty=5 point		Not relation=0 point
Absorption respiration toxicity (10 point)	Classification 1=10 point		Classification 2=5 point		Uncertainty=10 point		Not relation=0 point
Reproductive cell mutagenitity (10 point)	Classification 1=10 point		Classification 2=5 point		Uncertainty=10 point		Not relation=0 point
Carcinogenic (10 point)	Classification 1=10 point		Classification 2=5 point		Uncertainty=10 point		Not relation=0 point
Reproductive toxicity (10 point)	Classification 1=10 point		Classification 2=5 point		Uncertainty=10 point		Not relation=0 point
Toxicity of the whole body (10 point)	One time	Classification 1=10 point	Classification 2=7 point	Classification 3=5 point		Uncertainty=10 point	Not relation =0 point
	Repetition	Classification 1=10 point		Classification 2=5 point		Uncertainty=10 point	Not relation=0 point

또한 유해성 평가를 위하여 첫째, GHS유해성으로 분류되어 있는 15 항목 가운데 자료가 분류되어 있지 않은 GHS유해성 불확실성 항목 수를 파악하고, 둘째, GHS유해성 표준분류에서 사용한 각각의 유해성을 점수화하여 GHS위험성 점수합계를 구하여 유해성 평가 시 consequence로 활용하였다. 셋째, 16 항목 분류자료에 대하여 정량적 평가를 실시하기 위하여 등급이 낮을수록 각각의 항목에 대하여 높은 점수를 그리고 자료가 없는 경우 자료의 불확실성으로 간주하여 최고 점수를 배정하였으며, 각각의 항목에 해당되지 않는 경우 0점으로 하여 총 92점 만점으로 점수화를 하였다(표 3). 각각의 화학물질에 관하여 GHS상의 위험성 및 유해성 점수를 Database에 입력하여 위험성의 총합과 유해성의 총합을 구하여 화학물질의 우선 평가대상 화학물질 선정을 위한 유해 · 위험성평가에 활용하였다.

2.2.5. 국내 직업병 발생물질 자료를 이용한 Probability 지표 작성

국내 직업병 발생 화학물질 51종을 이용하여 우선 평가대상 화학물질 선정을 위험성 및 유해성 평가에서 Probability 지표를 작성하였다. 국내에서 직업병이 발생한 화학물질에 대해서는 2점을 부여하였고, 그렇지 않은 화학물질에 대해서는 1점을 주었다.

2.2.6. 우선 평가대상 화학물질 목록 선정절차 및 평가 메트릭스

국내 직업병발생 화학물질을 대상으로 우선순위 평가는 GHS 불확실성 항목 수, 직업병발생물질, GHS위험성 점수 합계, GHS유해성 점수 합계, GHS 유해 · 위험성결과 점수총계를 이용하였다(그림 3).

위험성 평가는 GHS위험성 불확실성 항목 수를 X축으로, 국내 직업병발생 화학물질을 Y축으로, GHS 위험성 점수 합계를 Z축으로 하여 이 세 가지의 결과를 곱하여 위험성평가 점수를 도출하였으며 점수가 클수록 우선순위에 배정하였다. 위험성평가에 의한 우선평가 대상 화학물질 순위 선정의 원칙은 첫째, 위험성평가 점수를 우선적으로 고려하고, 둘째, 위험성평가 점수가 같은 경우, GHS위험성 불확실성 항목수, GHS위험성 점수합계, GHS유해 · 위험성 점수 총계의 순으로 고려하여 우선순위를 선정하였다. 위험성평가에 의하여 선정된 우선순위 결과는 GHS위험성 불확실성 점수가 높으며 국내에서 직업병이 발생되었고 GHS위험성 점수가 높으므로 위험성 부분에서 우선적으로 평가가 고려되어야 한다는 것을 의미한다. 또한 유해성 평가는 GHS유해성 불확실성 항목수를 X축으로, 국내 직업병발생 화학물질을 Y축으로, GHS유해성 점수 합계를 Z축으로 하여 위험성평가에서와 같이 이 세 가지의 결과를 곱하여 유해성평가 점수를 도출하였으며 점수가 클수록 우선순위에 배정하였다. 유해성평가에 의한 우선평가 대상 화학물질 순위 선정의 원칙은 첫째, 유해성평가 점수를 우선적으로 고려하고, 둘째, 유해성평가 점수가 같은 경우, GHS유해성 불확실성 항목 수, GHS유해성 점수 합계, GHS유해 · 위험성 점수 총계의 순으로 고려하여 우선순위를 선정하였다. 유해성평가에 의하여 선정된 우선순위 결과는 GHS유해성 불확실성 점수가 높으며 국내에서 직업병이 발생되었고 GHS유해성 점수가 높으므로 유해성 부분에서 우선적으로 평가가 고려되어야 한다는 것을 의미한다. 한편 유해 · 위험성 평가는 GHS유해 · 위험성 불확실성 항목 수를 X축으로, 국내 직업병발생 화학물질을 Y축으로, GHS유해 · 위험성 점수 합계를 Z축으로 하여 이 세 가지의 결과를 곱하여 유해 · 위험성평가 점수를 도출하였으

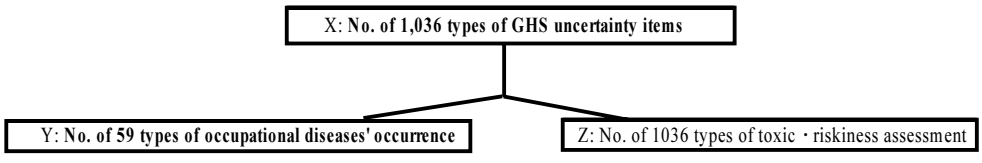

Fig. 3. Assessment on the materials causing to generate occupational diseases.

며 점수가 클수록 우선순위에 배정하였다. 유해・위험성 평가에 의한 우선평가 대상 화학물질 순위 선정의 원칙은 첫째, 유해・위험성평가 점수를 우선적으로 고려하고, 둘째, 유해・위험성평가 점수가 같은 경우, GHS유해・위험성 불확실성 항목 수, GHS유해・위험성 점수 총계의 순으로 고려하여 우선순위를 선정하였다. 유해・위험성평가에 의하여 선정된 우선순위 결과는 GHS유해・위험성 불확실성 점수가 높으며 국내에서 직업병이 발생되었고 GHS유해・위험성 점수가 높으므로 유해・위험성 부분에서 우선적으로 평가가 고려되어야 한다는 것을 의미한다.

3. 결 과

3.1. 우선 평가대상 화학물질 자료 입력현황

본 연구에서는 연구대상 우선물질 목록을 작성하기 위하여 연구대상 화학물질 모집단을 국내・외 화학물질 가운데 약 110,608여종의 물질을 선정하였고, 그 가운데 혼합물질, CAS번호를 알 수 없는 물질, 국내에서 사용하지 않는 물질, 화학물질 간에 중복된 물질을 제외한 결과 연구대상으로서 총 34,187종이 결정되었다. 우선순위 목록선정을 위하여 평가지수로 활용한 GHS분류에 의하여 작성된 화학물질과 직업병발생 화학물질 자료를 Excel형식으로 입력하여 평가에 반영하였다. 우선순위 평가를 위하여 입력된 자료 현황은 GHS자료를 입력한 화학물질 1,036종, 직업병발생 화학물질은 59종이었다. 이 가운데 GHS자료와 직업병발생물질이 함께 입력된 화학물질 자료는 41종이었다.

3.2. 1,036종 GHS자료 불확실성 항목 수*51종 직업병발생물질*1,036종 GHS자료 위험성평가, 유해성평가, 유해·위험성평가 자료 작성현황

1,036종 GHS자료와 51종 직업병발생 자료가 일치하는 41종의 화학물질을 대상으로 위험성평가를 위한 자료를 작성하였다(표 4). 41종의 유해・위험성 자료는 연구방법에서 제시한대로 분류하여 GHS 자료를 입력하였다. 자료 입력은 화약류를 시작으로 자기발열성까지 위험성 10개 항목(세부항목 16개)을 입력하였고, 자료가 없어 GHS에서 분류되지 않은 항목에 대해서는 바탕색을 회색으로 처리하여 쉽게 알 수 있도록 하였으며 GHS 위험성 불확실성 항목 수와 GHS 위험성점수 합계, 직업병 발생, GHS 위험성은 GHS 위험성 불확실성 항목 수와 직업병을 곱하여 GHS 위험성평가 자료로 활용하였다. 또한 1,036종 GHS자료와 51종 직업병발생 자료가 일치하는 41종의 화학물질을 대상으로 유해성평가를 위한 자료를 작성하였다(표 5). 유해성 자료도 위험성 자료와 마찬가지로 41종에 대하여 연구방법에서 제시한대로 분류하여 GHS 자료를 입력하였다. 자료 입력은 급성독성을 시작으로 표적장기 전신독성(반복)까지 10개 항목(세부항목 15개)을 입력하였고, 자료가 없어 GHS에서 분류되지 않은 항목에 대해서는 바탕색을 회색으로 표기하였다. GHS유해성 불확실성 항목 수와 GHS 유해성점수 합계, 직업병발생, GHS 유해성은 GHS 유해성 불확실성 항목 수와 직업병을 곱하여 GHS유해성평가 자료로 활용하였다. 한편, 1,036종 GHS자료와 51종 직업병발생 자료가 일치하는 41종의 화학물질을 대상으로 유해・위험성평가를 위한 자료를 작성하였다 (표 6). 41종의 유해・위험성 자료는 연구방법에서 제시한대로 분류하여 GHS 자료를 입력하였다. GHS 유해・위험성 불확실성 항목 수는 GHS 위험성 항목 수와 GHS 유해성 항목 수에 대한 합을 구하여 자료로서 입력하였고, GHS 유해・위험성은 GHS 유해・위험성 불확실성 항목 수에 직업병발생을 곱하여 GHS 유해・위험성평가 자료로 활용하였다.

3.3. 41종 국내 직업병 발생물질에 관한 GHS 위험성과 유해성 분류 결과

41종의 국내 직업병 발생 화학물질의 GHS 위험성 표준분류에서 분류자료가 없는 항목에 해당하는 GHS 위험성 불확실성 항목 수를 파악한 결과 총 75건으로 나타났다(표 7). GHS 위험성 불확실성 항목 81건 가운데 금속부식성 항목이 25건(61.0%)으로 가장 높게 나타났으며, 자기발열성 항목이 22건(53.7%), 산화성과 발화성의 세부항목인 고체가 각각 8건(19.5%)이나 되는 것으로 나타났다.

한편 41종의 GHS 유해성 표준분류에서는 분류자료가 없는 항목에 해당하는 GHS 유해성 불확실성 항

Table 4. GHS riskiness assessment scores on 41 types chmicals caused occupational diseases occurrence in Korea†

Chemical names	GHS riskiness score(90 points)																	GHS riskiness uncertainty items	GHS riskines stotal scores	Occupational disease occurrence	GHS riskiness
	Explosives	Ignitability				Oxydant			High-pressure gas	Reactivity		Flammable		Organic an oxide	Metal corrosiveness	Magnetic Pyrogens					
		Solid	Lipuid	Gas	Airosol	Solid	Liquid	Gas		Magnetism	Water	Solid	Liquid								
Phenol	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		1	15	2	2
Tetrachloroethene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	2	0
Nitrogen dioxide	0	0	0	0	0	0	0	10	8	0	0	0	0	0	10	0		1	28	2	2
2-Propanol	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	7	2	0
Methyl ethyl ketone	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	7	2	0
Benzene	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		1	17	2	2
Trichloromethane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	2	0
Phosphoric acid 2,2-dichloroethenyl dimethyl ester	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		1	10	2	2
Methyl bromide	0	0	0	10	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	10	0		1	26	2	2
1,1,1-Trichloroethane	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	10	2	2
Trichloroethylene	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		2	20	2	4
2,5-Furandione	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10		2	20	2	4
Chloroethene	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0		2	30	2	4
Dimethylformamide	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		1	15	2	2
Methane	0	0	0	10	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0		0	16	2	0
Styrene	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	10	10		3	30	2	6
Formaldehyde	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0		2	30	2	4
2-Propenenitrile	0	0	7	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	10	10		3	32	2	6
2-Propenoic acid	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	10	10		3	30	2	6
2,4-Diisocyanatotoluene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		1	10	2	2
Zinc oxide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0		1	10	2	2
1,2-Dihydropyridazine-3,6-dione	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10		3	30	2	6
Cadmiun(metal)	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	10	2	2
Lead chromate	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0		2	20	2	4
Methylene chloride	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10		3	30	2	6
Bromine	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0		1	20	2	2
Sodium cyanide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0		1	10	2	2
Methomyl	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10	10		4	35	2	8
Thiomersal	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10		4	40	2	8
Cobalt	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10	10		4	35	2	8
Aluminum Phosphide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	10	0		1	15	2	2
Formamide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10		2	20	2	4
Manganese	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	10	10		5	40	2	10
Chromium	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	10	0		3	25	2	6
Iron oxide	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0		3	30	2	6
Aluminum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0		1	5	2	2
Manganese compound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	10		3	20	2	6
Chlorine	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	10	10		5	40	2	10
Urethane	0	10	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0	10	10		5	40	2	10
Copper	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	10	10		5	40	2	10
Phenanthrene	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10	10		4	35	2	8

† The grey part presents the item not input due to no data in the GHS input form.

Table 5. GHS toxicity assessment scores on 41 types chmicals caused occupational diseases occurrence in Korea†

Chemical names	GHS toxicity score(92 points)																		
	Acutic toxicity					Irritation/Corrosion		Hypersensitive		Absorption tespiratory toxicity	Reproductive cell mutagenicity	Carcinogenic	Reproductive toxicity	Toxicity of the whole body in target organ (one time)	Toxicity of the whole body in target organ(repetition)	GHS toxicity uncertainty tems	GHS toxicity total scores	Occupational disease occurrence	GHS toxicity
	Oral	Skin	Inhalation toxicity-gas	Vapour	Du st-mis t	Skin	Eye	Respiratory	Skin										
Phenol	1	2	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	10	10	0	29	2	0
Tetrachloroethene	0	1	0	0	**4**	5	2	**5**	**5**	5	0	10	5	10	10	3	62	2	6
Nitrogen dioxide	0	0	4	0	0	2	2	**5**	**5**	0	0	0	5	10	10	2	43	2	4
2-Propanol	1	1	0	0	**4**	0	5	**5**	**5**	5	0	0	5	10	5	3	46	2	6
Methyl ethyl ketone	1	0	0	1	**4**	2	2	**5**	**5**	5	0	0	0	10	10	3	45	2	6
Benzene	1	0	0	0	**4**	2	2	0	**5**	10	5	10	5	10	10	2	64	2	4
Trichloromethane	1	**4**	0	0	**4**	0	0	**5**	**5**	**10**	5	10	5	10	10	5	69	2	10
Phosphoric acid 2,2-dichloroethenyl dimethyl ester	2	3	0	4	3	2	2	**5**	5	**10**	0	0	0	10	7	2	53	2	4
Methyl bromide	2	**4**	2	0	0	2	2	**5**	**5**	0	0	0	5	10	10	3	47	2	6
1,1,1-Trichloroethane	0	0	0	0	**4**	2	2	0	0	**10**	0	0	5	10	10	2	43	2	4
Trichloroethylene	0	0	0	1	**4**	2	2	0	**5**	5	5	10	10	5	10	2	59	2	4
2,5-Furandione	1	2	0	**4**	**4**	5	5	5	5	**10**	0	0	0	10	10	3	61	2	6
Chloroethene	**4**	**4**	0	0	0	2	2	**5**	**5**	0	5	10	5	10	10	4	62	2	8
Dimethylformamide	0	0	0	**4**	**4**	0	5	**5**	**5**	**10**	5	0	5	10	10	5	63	2	10
Methane	0	0	0	0	0	0	0	**5**	**5**	0	**10**	**10**	**10**	0	0	5	40	2	10
Styrene	1	**4**	0	1	**4**	2	2	**5**	**5**	10	5	5	10	10	10	4	74	2	8
Formaldehyde	1	2	3	**4**	**4**	2	2	5	5	**10**	5	10	**10**	10	10	4	83	2	8
2-Propenenitrile	2	3	0	3	**4**	2	2	0	0	**10**	5	10	5	10	10	2	66	2	4
2-Propenoic acid	1	2	0	2	1	5	5	5	**5**	**10**	0	0	0	10	10	2	56	2	4
2,4-Diisocyanatotoluene	0	**4**	0	**4**	1	2	2	5	5	**10**	**10**	5	**10**	7	10	5	75	2	10
Zinc oxide	0	**4**	0	0	1	0	0	**5**	0	**10**	**10**	0	0	10	10	4	50	2	8
1,2-Dihydropyridazine-3,6-dione	1	0	0	**4**	**4**	2	2	**5**	5	**10**	10	5	10	10	10	4	78	2	8
Cadmiun(metal)	**4**	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	5	5	**10**	**10**	10	**10**	10	10	9	96	2	16
Lead chromate	**4**	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**10**	5	10	5	10	10	9	86	2	16
Methylene chloride	1	**4**	0	0	**4**	2	2	**5**	**5**	**10**	0	5	**10**	10	10	6	68	2	12
Bromine	2	**4**	0	4	**4**	5	5	**5**	**5**	**10**	**10**	**10**	**10**	10	10	8	94	2	16
Sodium cyanide	3	**4**	0	**4**	**4**	2	2	**5**	**5**	**10**	**10**	**10**	5	**10**	10	9	84	2	18
Methomyl	2	1	0	**4**	3	0	0	**5**	0	**10**	0	0	0	10	5	3	40	2	6
Thiomersal	2	**4**	0	**4**	**4**	**5**	2	5	5	**10**	5	5	10	7	10	5	78	2	10
Cobalt	0	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	0	0	**10**	**10**	0	5	0	10	7	57	2	14
Aluminum Phosphide	3	**4**	0	0	**4**	2	2	**5**	**5**	**10**	**10**	**10**	**10**	7	**10**	9	82	2	18
Formamide	0	0	0	**4**	0	2	2	**5**	**5**	**10**	0	**10**	5	**10**	**10**	7	63	2	14
Manganese	0	**4**	0	**4**	**4**	2	2	**5**	**5**	**10**	**10**	0	10	10	10	7	76	2	14
Chromium	**4**	**4**	0	**4**	**4**	**5**	0	**5**	5	**10**	5	0	**10**	7	**10**	9	73	2	18
Iron oxide	**4**	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**10**	5	10	**10**	**10**	10	11	91	2	22
Aluminum	**4**	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	10	13	96	2	26
Manganese compound	**4**	**4**	0	**4**	**4**	2	2	**5**	**5**	**10**	**10**	**10**	**10**	5	**10**	11	85	2	22
Chlorine	0	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**10**	**10**	0	5	10	10	9	77	2	18
Urethane	1	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**10**	10	10	0	**10**	**10**	10	83	2	20
Copper	**4**	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**10**	**10**	0	**10**	5	10	11	81	2	22
Phenanthrene	1	**4**	0	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**10**	0	0	**10**	**10**	**10**	11	73	2	22

† The grey part presents the item not input due to no data in the GHS input form.

Table 6. GHS scores of 41 types used in the GHS toxic · riskiness assessment and the input data

Chemical names	Occupational disease occurrence	GHS toxic · riskiness uncertainty items	GHS toxic · riskiness score total***	GHS toxic · riskiness score**
Phenol	2	1	44	2
Tetrachloroethene	2	3	62	6
Nitrogen dioxide	2	3	71	6
2-Propanol	2	3	53	6
Methyl ethyl ketone	2	3	52	6
Benzene	2	3	81	6
Trichloromethane	2	5	69	10
Phosphoric acid 2,2-dichloroethenyl dimethyl ester	2	3	63	6
Methyl bromide	2	4	73	8
1,1,1-Trichloroethane	2	3	53	6
Trichloroethylene	2	4	79	8
2,5-Furandione	2	5	81	10
Chloroethene	2	6	92	12
Dimethylformamide	2	6	78	12
Methane	2	5	56	10
Styrene	2	7	104	14
Formaldehyde	2	6	113	12
2-Propenenitrile	2	5	98	10
2-Propenoic acid	2	5	91	10
2,4-Diisocyanatotoluene	2	6	85	12
Zinc oxide	2	5	60	10
1,2-Dihydropyridazine-3,6-dione	2	7	108	14
Cadmiun(metal)	2	10	106	20
Lead chromate	2	11	106	22
Methylene chloride	2	9	98	18
Bromine	2	9	114	18
Sodium cyanide	2	10	94	20
Methomyl	2	7	75	14
Thiomersal	2	9	118	18
Cobalt	2	11	92	22
Aluminum Phosphide	2	10	97	20
Formamide	2	9	83	18
Manganese	2	12	116	24
Chromium	2	12	98	24
Iron oxide	2	14	121	28
Aluminum	2	14	101	28
Manganese compound	2	14	105	28
Chlorine	2	14	117	28
Urethane	2	15	123	30
Copper	2	16	121	32
Phenanthrene	2	15	108	30

* No. of GHS riskiness uncertainty items+No. of GHS toxicity uncertainty items.
** Occupational diseases' occurrences× GHS toxicity · risk uncertainty.
*** Total of GHS toxicity · risk 18 items' scores.

목은 총 229건으로 나타났다. 41종의 GHS 유해성 불확실성 항목 수 229건 가운데 급성독성의 세부항목인 분진(미스트)과 흡인성호흡기유해성 항목이 각각 30건(73.2%)으로 가장 높게 나타났으며, 과민성의 세부항목인 호흡기와 피부도 각각 29건(70.7%)과 27건(65.8%)로 높게 나타났고 급성독성의 세부항목인 경피도 23건(56.1%)이나 되는 것으로 나타났다.

3.4. 41종 GHS불확실성 항목 수(X), 국내 직업병 발생 화학물질 자료(Y), GHS유해·위험성평가 자료 결과(Z)를 이용하여 평가한 우선순위 결과

3.4.1. 위험성평가 결과

41종 GHS 화학물질의 불확실성 결과(X), 국내 직업병 발생물질 자료 (Y), GHS위험성 평가결과 자료(Z)를 이용하여 X*Y*Z의 평가방식에 의한 위험성에 대하여 우선순위 목록을 각각 평가하였다(표 8). 41종 GHS위험성 불확실성 점수 항목 수(물리적 위험성 및 건강유해성 항목에서 자료 없음)를 X축, 국내 직업병 발생물질을 Y축, GHS 위험성평가를 Z축으로 하여 평가한 위험성 결과의 상위 5개 항목은 1위가 urethane, 2위가 copper, 3위가 chlorine, 4위가 manganese, 5위는 thiomersal로 나타났다. 1위부터 3위 까지 위험성 평가 점수는 400점이었고, GHS위험성 불확실성 항목 수, GHS 점수 합계가 같았으나 GHS유해·위험성 점수 총 합계 순서에 의하여 우선순위가 평가 되어졌다.

3.4.2. 유해성평가 결과

41종 GHS위험성 불확실성 결과 항목 수(X), 국내 직업병 발생물질 자료(Y), GHS유해성 평가결과 자료(Z)를 이용하여 X*Y*Z의 평가방식에 의한 유해성에 대하여 우선순위 목록을 각각 평가하였다(표 9). 41종 GHS유해성 불확실성 항목 수(물리적 위험성 및 건강유해성 항목에서 자료 없음)를 X축, 국내 직업병 발생물질을 Y축, GHS유해성평가 점수 합계를 Z축으로 하여 평가한 유해성평가 상위 5개 항목은 1위는 Aluminum, 2위가 Iron oxide, 3위가 망간화합물, 4위가 Copper, 5위는 카드뮴(금속)으로 나타났다. 1위 Aluminum의 경우 GHS유해성 불확실성 항목 수가 세부항목을 포함하여 모두 15개로 GHS유해성 평가 자료는 대부분이 없는 것으로 나타났다.

Table 7. GHS riskiness and toxicity classification on 41 types of national occupational diseases' occurrence chemicals

Unit: n(%)

GHS riskiness				GHS toxicity			
Items	Classification	Results		Items	Classification	Results	
		Yes	No			Yes	No
Explosives		41(100.0)	0(0.0)	Acutic toxicity	Oral	33(80.5)	8(19.5)
Ignitability	Solid	29(70.7)	12(29.3)		Skin	18(43.9)	23(56.1)
	Liquid	38(92.7)	3(7.3)		Inhalation toxicity-gas	41(100.0)	0(0.0%)
	Gas	41(100.0)	0(0.0)		Vapour	20(48.8)	21(51.2)
	Aerosol	41(100.0)	0(0.0)		Dust-mist	11(26.8)	30(73.2)
Oxydant	Solid	38(92.7)	3(7.3)	Irritation/Corrosion	Skin	30(73.2)	11(26.8)
	Liquid	40(97.6)	1(2.4)		Eye	32(78.0)	9(22.0)
	Gas	39(95.1)	2(4.9)	Hypersensitive	Respiratory	12(29.3)	29(70.7)
High-pressure gas		41(100.0)	0(0.0)		Skin	14(34.2)	27(65.8)
Reactivity	Magnetism	37(90.2)	4(9.8)	Absorption tespiratory toxicity		11(26.8)	30(73.2)
	Water	35(85.4)	6(14.6)	Reproductive cell mutagenicity		28(68.3)	13(31.7)
Flammable	Solid	33(80.5)	8(19.5)	Carcinogenic		34(82.9)	7(17.1)
	Liquid	41(100.0)	0(0.0)	Reproductive toxicity		28(68.3)	13(31.7)
Organic an oxide		41(100.0)	0(0.0)	Toxicity of the whole body in target organ	One time	35(85.4)	6(14.6)
Metal corrosiveness		16(39.0)	25(61.0)				
Magnetic Pyrogens		19(46.3)	22(53.7)		Repetition	35(85.4)	6(14.6)

Table 8. Priority assessment result by No. of 41 types of GHS riskiness uncertainty items(X), domestic occupational diseases' occurrence chemicals data(Y), GHS riskiness assessment data(Z)(riskiness assessment)†

Rank	Chemical names	GHS riskiness uncertainty items scores*	Occupational disease occurrence	GHS riskiness total scores**	GHS toxic · riskiness total scores***	Riskiness assessment****
1	Urethane	5	2	40	123	400
2	Copper	5	2	40	121	400
3	Chlorine	5	2	40	117	400
4	Manganese	5	2	40	116	320
5	Thiomersal	4	2	40	118	280
6	Phenanthrene	4	2	35	108	280
7	Cobalt	4	2	35	92	280
8	Methomyl	4	2	35	75	210
9	Iron oxide	3	2	35	121	210
10	2-Propenoic acid	3	2	35	91	192
11	2-Propenenitrile	3	2	32	98	180
12	1,2-Dihydropyridazine-3,6-dione	3	2	30	108	180
13	Styrene	3	2	30	104	150
14	Methylene chloride	3	2	25	98	150
14	Chromium	3	2	25	98	120
16	Manganese compounds	3	2	20	105	120
17	Formaldehyde	2	2	30	113	120
18	Chloroethene	2	2	30	92	80
19	Lead chromate	2	2	20	106	80
20	Formamide	2	2	20	83	80
21	2,5-Furandione	2	2	20	81	80
22	Trichloroethylene	2	2	20	79	56
23	Nitrogen dioxide	1	2	28	71	52
24	Methyl bromide	1	2	26	73	40
25	Bromine	1	2	20	114	34
26	Benzene	1	2	17	81	30
27	Aluminum Phosphide	1	2	15	97	30
28	Dimethylformamide	1	2	15	78	30
29	Phenol	1	2	15	44	20
30	Cadmium(metal)	1	2	10	106	20
31	Sodium cyanide	1	2	10	94	20
32	2,4-Diisocyanatotoluene	1	2	10	85	20
33	Phosphoric acid 2,2-dichloroethenyl dimethyl ester	1	2	10	63	20
34	Zinc oxide	1	2	10	60	20
35	1,1,1-Trichloroethane	1	2	10	53	10
36	Aluminum	1	2	5	101	0
37	Methane	0	2	16	56	0
38	2-Propanol	0	2	7	53	0
39	Methyl ethyl ketone	0	2	7	52	0
40	Trichloromethane	0	2	0	69	0
41	Tetrachloroethene	0	2	0	56	0

† In case of riskiness assessment the score is preferentially considered, and in case of the same score it is assessed using GHS riskiness uncertainty, sum of risk scores, total of toxic · riskiness scores.

* No. of items with uncertainty data in GHS riskiness.

** Total of GHS 9 riskiness items' uncertainty scores.

*** Total of GHS 18 toxic · riskiness items' uncertainty scores.

**** No. of GHS riskiness uncertainty items(X)×occupational diseases' occurrence(Y)×sum of GHS riskiness scores(Z).

Table 9. Priority assessment result by No. of 41 types of GHS toxicity uncertainty items(X), domestic occupational diseases' occurrence chemicals data(Y), GHS toxicity assessment(Z)(toxicity assessment)†.

Rank	Chemical names	GHS toxicity uncertainty items scores*	Occupational disease Occurrence	GHS toxicity total scores**	GHS toxic・riskiness total scores***	Toxicity assessment****
1	Aluminum	13	2	96	101	2,496
2	Iron oxide	11	2	91	121	2,002
3	Manganese compounds	11	2	85	105	1,870
4	Copper	11	2	81	121	1,782
5	Cadmium(metal)	9	2	96	106	1,728
6	Urethane	10	2	83	123	1,660
7	Phenanthrene	11	2	73	108	1,606
8	Lead chromate	9	2	86	106	1,548
9	Sodium cyanide	9	2	84	94	1,512
10	Bromine	8	2	94	114	1,504
11	Aluminum Phosphide	9	2	82	97	1,476
12	Chlorine	9	2	77	117	1,386
13	Chromium	9	2	73	98	1,314
14	Manganese	7	2	76	116	1,064
15	Formamide	7	2	63	83	882
16	Methylene chloride	6	2	68	98	816
17	Cobalt	7	2	57	92	798
18	Thiomersal	5	2	78	118	780
19	2,4-Diisocyanatotoluene	5	2	75	85	750
20	Trichloromethane	5	2	69	69	690
21	Formaldehyde	4	2	83	113	664
22	Dimethylformamide	5	2	63	78	630
23	1,2-Dihydropyridazine-3,6-dione	4	2	78	108	624
24	Styrene	4	2	74	104	592
25	Chloroethene	4	2	62	92	496
26	Methane	5	2	40	56	400
27	Zinc oxide	4	2	50	60	400
28	Tetrachloroethene	3	2	62	62	372
29	2,5-Furandione	3	2	61	81	366
30	Methyl bromide	3	2	47	73	282
31	2-Propanol	3	2	46	53	276
32	Methyl ethyl ketone	3	2	45	52	270
33	2-Propenenitrile	2	2	66	98	264
34	Benzene	2	2	64	81	256
35	Methomyl	3	2	40	75	240
36	Trichloroethylene	2	2	59	79	236
37	2-Propenoic acid	2	2	56	91	224
38	Phosphoric acid 2,2-dichloroethenyl methyl ester	2	2	53	63	212
39	Nitrogen dioxide	2	2	43	71	172
39	1,1,1-Trichloroethane	2	2	43	53	172
41	Phenol	0	2	29	44	0

† In case of toxicity assessment the score is preferentially considered, and in case of the same score it is assessed using GHS toxicity uncertainty, sum of riskiness scores, total of toxic・riskiness scores.

* No. of items with uncertaintyty data in GHS toxicity.

* * Total of GHS 9 toxicity items' uncertainty scores.

* * * Total of GHS 18 toxic・riskiness items' uncertainty scores.

* * * * No. of GHS toxicity uncertainty items(X)×occupational diseases' occurrence(Y)×sum of GHS toxicity scores(Z).

3.4.3. 유해·위험성평가 결과

41종의 화학물질에 대한 GHS유해 · 위험성 불확실성 항목 수(X), 국내 직업병 발생물질 자료(Y), GHS유해 · 위험성 점수 총계(Z)를 이용하여 X*Y*Z의 평가방식에 의한 유해 · 위험성에 대하여 우선순위 목록을 각각 평가하였다(표 10). 41종의 GHS유해 · 위험성 불확실성 항목 수(물리적 위험성 및 건강유해성 항목에서 자료 없음)를 X축, 국내 직업병 발생물질 자료를 Y축, GHS 유해 · 위험성 평가 자료를 Z축으로 하여 평가한 위험성 결과의 상위 5개 항목은 1위가 Copper, 2위가 Urethane, 3위가 Iron oxide, 4위가 Chlorine, 5위는 Phenanthrene로 나타났다. 5위 이내 화학물질의 GHS 유해 · 위험성 불확실성 항목 수가 15항목으로 이상으로 나타났다.

Table 10. Priority assessment result by No. of 41 types of GHS toxicity · riskiness uncertainty items(X), national occupational diseases' occurrence chemicals data(Y), GHS toxicity · riskiness assessment(Z)(toxicity · riskiness assessment)†.

Rank	Chemical names	GHS toxic · riskness uncertainty scores*	Occupational disease Occurrence	GHS toxic · riskiness total scores**	toxi · riskiness assessment***
1	Copper	16	2	121	3,872
2	Urethane	15	2	123	3,690
3	Iron oxide	14	2	121	3,388
4	Chlorine	14	2	117	3,276
5	Phenanthrene	15	2	108	3,240
6	Manganese compounds	14	2	105	2,940
7	Aluminum	14	2	101	2,828
8	Manganese	12	2	116	2,784
9	Chromium	12	2	98	2,352
10	Lead chromate	11	2	106	2,332
11	Thiomersal	9	2	118	2,124
12	Cadmium(metal)	10	2	106	2,120
13	Bromine	9	2	114	2,052
14	Cobalt	11	2	92	2,024
15	Aluminum Phosphide	10	2	97	1,940
16	Sodium cyanide	10	2	94	1,880
17	Methylene chloride	9	2	98	1,764
18	1,2-Dihydropyridazine-3,6-dione	7	2	108	1,512
19	Formamide	9	2	83	1,494
20	Styrene	7	2	104	1,456
21	Formaldehyde	6	2	113	1,356
22	Chloroethene	6	2	92	1,104
23	Methomyl	7	2	75	1,050
24	2,4-Diisocyanatotoluene	6	2	85	1,020
25	2-Propenenitrile	5	2	98	980
26	Dimethylformamide	6	2	78	936
27	2-Propenoic acid	5	2	91	910
28	2,5-Furandione	5	2	81	810
29	Trichloromethane	5	2	69	690
30	Trichloroethylene	4	2	79	632
31	Zinc oxide	5	2	60	600
32	Methyl bromide	4	2	73	584
33	Methane	5	2	56	560
34	Benzene	3	2	81	486
35	Nitrogen dioxide	3	2	71	426
36	Phosphoric acid 2,2-dichloroethenyl dimethyl ester	3	2	63	378
37	Tetrachloroethene	3	2	62	372
38	1,1,1-Trichloroethane	3	2	53	318
39	2-Propanol	3	2	53	318
39	Methyl ethyl ketone	3	2	52	312
41	Phenol	1	2	44	88

† In case of toxic · riskiness assessment the score is preferentially considered, and in case of the same score it is assessed using No. of GHS toxic · riskiness uncertainty items, total of toxicity · risk scores.

* No. of items with uncertainty data in GHS toxic · riskiness. ** Total of GHS 18 toxic · riskiness items' uncertainty scores. *** No. of GHS toxic · riskiness uncertainty items(X)×occupational diseases' occurrence(Y)×sum of GHS toxic · riskiness scores(Z).

4. 고 찰

유독물질, 발암물질, 주요 내분비계 장애 추정 물질 등 화학물질 유통량은 해마다 증가하고 있으며 게다가 새로운 제품의 개발과 다양한 국・내외 소비자들의 욕구에 부응하여 매년 수천 종의 신규 화학물질이 개발되어 시장에 나오고 있어 이러한 화학물질을 취급하는 근로자나 간접적으로 노출될 수 있는 일반인들의 건강보호 대책 마련의 중요성이 부각되고 있다. 노동부, 환경부 등 정부에서는 화학물질의 노출에 따른 건강장해를 예방하기 위하여 매년 다양한 노력을 기울여 왔음에도 불구하고 각종재해 사고나 직업병을 감소하고 있지 않은 추세이다(강, 2005; 산업안전보건연구원, 2005; 안 등, 2004; 하 등, 2004; 채, 2003; 강 등, 2001; 안 등, 2001; 강, 2000; 강 등, 2000; 김 등, 1994; 최와 정, 1992). 따라서 화학물질 노출에 따른 건강장해 예방을 위하여 체계적이고 근본적인 대책이 필요한 시점이다.

선진 외국에서는 화학물질이 가지고 있는 물리적 특성과 건강유해성을 근거로 하여 위험성 혹은 유해성 평가를 통하여 화학물질에 대한 우선순위를 평가하여 화학물질 관리를 위한 유용한 평가 자료로 활용하고 있다(ATSDR, 2009). 그러나 화학물질의 위험성이나 유해성 평가는 평가 자료의 신뢰성이 매우 중요하며 위험성 혹은 유해성 평가 시 영향을 미칠 수 있는 다양한 변수를 고려하여 적절한 평가 기준에 의한 대책이 마련되어져야 한다. 화학물질 평가의 적절한 기준이나 지침이 정해지면 해당 국가에서 보유하고 있는 실제 자료를 이용하여 평가하면 화학물질 관리를 위한 유용한 기초 자료를 마련할 수 있다. 예를 들면 GHS 표준 지침에서 유해성으로 분류되어 있는 화학물질의 생식독성(reproductive toxicity) 여부 변수는 한국에서 2-bromopropane에 의한 생식독성이 최초로 보고된 이후(강, 2005), 2006년 산업의학 교과서에 생식독성물질로 소개되면서 유해성 분야의 중요한 평가요소로 부각되고 있다. 그 이유로는 첫째, 여성 노동력이 광범위하게 사회적으로 진출하여, 여성이 일하지 않는 업무분야가 없을 정도로 되었다. 둘째, 출산율이 감소하여 건강한 노동력의 확보가 국가 경쟁력을 좌우하는 요인이 되고 있다. 셋째, 생식독성으로 인하여 기형이 야기되면, 일생에 걸쳐서 볼 때, 건강장해로 인한 그 사회적 비용이 막대하다는 것이다. 따라서 생식독성은 사회적 상황과 맞물려 최근에 매우 중요한 유해 작용으로 인식되고 있다. 대표적인 생식독성물질의 하나인 2-bromopropane은 증기의 흡입으로 인체 내에 흡수된 후, 여성에서는 난소에 영향을 주어 조기 난소부전(Premature ovarian failure)을 일으켜, 무 월경 및 불임을 유발하고, 남성에서는 정소에 영향을 주어 무정자증 또는 과정자증을 일으켜 불임을 유발하는 화학물질로 알려져 있다. 독일에서는 MAK pregnancy risk group classification을 별도로 두어 생식장애물질을 Group A, B, C, D로 표시하여 그 중요성을 강조하고 있다. 따라서 생식독성여부도 유해성평가에서 중요한 요인이 된다.

또한 GHS 표준분류지침에서 유해성으로 분류되어 있는 화학물질의 자극성 가운데 하나인 피부부식성 물질을 취급하는 근로자의 건강유해성에 큰 영향을 미친다. GHS정의에 따르면 피부 부식성이란 피부에 비가역적인 손상을 일으키는 것을 의미(정부합동 GHS추진위원회, 2005)하는 것으로 즉, 피부에 4시간 동안 시험물질을 적용하면 표피에서 진피까지 육안으로 식별 가능한 괴사를 일으키며 부식성 반응은 전형적으로 궤양, 출혈, 혈가피가 나타나며, 적용 14일 후 표백작용에 의한 탈색으로 피부전체에 탈모와 상처자국이 생기는 것이다. 피부 자극성이란 시험물질을 피부에 4시간 동안 적용시켰을 때 나타나는 회복 가능한 피부손상을 일으키는 것을 의미한다. 과거 우리나라의 경우 피부부식 또는 자극에 의한 건강장해 사례가 적어 이들 물질에 대한 중요성이 적었지만 최근에 와서는 근로자들의 산업보건에 대한 인식이 고조되어 문제의 심각성이 대두되고 있다. 예를 들면 안티몬(Antimony)은 대표적인 피부 부식성물질 또는 자극성 물질이며 활자합금으로서 고체화할 때 팽창하는 성질 이용하여 베어링합금이나 축전지용 극판, 도금재, 반도체의 재료 등으로 최근에 그 수요가 증가하고 있어 화학물질의 유해성 평가에서 고려되어 져야 한다. 국내의 산업안전보건법에서는 작업환경측정대상물질, 관리대상유해물질, 노출기준설정물질, 특수검진대상물질 그리고 안티몬은 위험물 안전관리법에서 2류 물질로 다루고 있다. 안티몬은 피부부식성 또는

자극성의 특성을 고려하여 한국(노동부, 2007), 미국의 ACGIH의 TWA-TLVs(Time Weighted Average-Threshold Limit Values)(ACGIH, 2007)와 NIOSH (National Institute of Occupational Health and Safety)의 REL(Recommended Exposure Limit)(NIOSH, 2007), OSHA의 PEL(Permissible Exposure Limit) (OSHA, 2007), 모든 전 세계 국가에서 직업적 노출기준을 TWA 0.5 ㎎/㎥으로 설정하였으며 적용하고 있으며, 일본(일본산업위생학회, 2009)은 TWA로서 이 기준보다 낮은 0.1 ㎎/㎥로 설정하고 있어 해당 화학물질이 미칠 수 있는 건강영향의 중요성을 잘 말해주고 있다.

본 연구는 GHS에 의한 표준분류의 위험성 및 유해성의 각각의 평가항목에서 자료의 결과가 없는 항목(GHS의 불확실성)을 물질별로 파악하고 이를 근거로 하여 우선 평가대상 화학물질의 화학물질 관리 및 연구의 우선순위를 선정하여 화학물질 취급근로자의 건강보호를 위한 기초자료로 활용하기 위한 목적으로 수행되었다.

국내에서 직업병이 발생된 화학물질을 대상으로 유해 · 위험성 평가를 위한 우선 평가대상 물질목록작성을 위하여 국내 · 외에서 유통되고 있는 화학물질의 연구대상 모집단 약 110,608여종 가운데 국내 사용여부를 이용한 Screening과정을 거쳐 총 32,544종이 연구대상 화학물질로 선정되었다. 선정된 연구대상 화학물질에 대상으로 해당 물질의 GHS자료, 국내 사용여부, 국내 직업병 발생여부 등의 자료를 이용하여 위험성평가, 유해성평가, 유해 · 위험성 평가를 위한 메트릭스를 개발하고 우선 평가대상 물질목록을 선정하여 평가하였다.

41종의 국내 직업병 발생물질을 대상으로 GHS 표준분류에서 GHS 위험성 불확실성 항목을 GHS 표준분류 지침에 따라 9가지 주요항목과 세부항목을 포함하여 총 16가지 항목을 파악한 결과, 총 81항목에서 결과가 도출되었다. GHS 표준분류에서 위험성에 해당되는 화약류, 인화성의 세부항목인 가스와 에어로졸, 고압가스, 발화성의 세부항목인 액체, 유기과산화물은 GHS 위험성 불확실성 항목이 없었던 반면에 금속부식성 항목은 전체 화학물질의 2/3에서 그리고 자기발열성 항목도 전체 화학물질의 절반 이상이 GHS 위험성 불확실성 항목으로 파악되었다. GHS에서는 금속부식성은 금속부식성 물질 또는 혼합물은 화학적인 작용으로 금속에 손상 또는 파괴시키는 물질을 의미한다고 정의하고 있으며 또한 자기발열성은 자기발화성 물질이 아니면서 주위에서 에너지 공급 없이 공기와 반응하여 스스로 발열되는 물질을 의미한다고 정의하고 있다(정부합동GHS추진위원회, 2005). 해당 화학물질이 금속부식성이 강하고 자기발연성이 강하면 공기와 반응하여 위험성이 증가하며 게다가 국내에서 직업병이 발생한 화학물질이라는 것을 고려하여 볼 때, 금속부식성과 자기발열성에 관한 화학물질 관리대책 마련 및 연구가 시급하다는 것을 알 수 있다. 또한 41종의 GHS 유해성 불확실성 항목 수는 총 233건으로 GHS 위험성항목과 비교하여 약 1.9배 이상 많은 것으로 나타났으며 흡입독성(가스)을 제외한 모든 항목에서 GHS유해성 불확실성이 파악되었으며 특히 급성독성의 세부항목인 분진(미스트), 경피 및 증기, 흡인성호흡기유해성 항목, 과민성의 세부항목인 호흡기와 피부에 대해서는 관리대책 마련 및 연구가 시급하다는 것을 알 수 있다.

41종의 국내 직업병 발생 화학물질을 probability (가능성)로 하여 위험성평가, 유해성평가, 유해 · 위험성 평가를 실시하여 우선 평가대상 화학물질 우선순위를 선정한 결과, 위험성평가의 상위 5개 화학물질은 urethane, copper, chlorine, manganese, thiomersal이 선정되었고 유해성평가의 상위 5개 화학물질은 aluminum, iron oxide, manganese comfounds, copper, cadmium(metal)이었으며 유해 · 위험성평가의 상위 5개 화학물질은 copper, urethane, iron oxide, chlorine, phenanthrene으로 나타났다. 이러한 물질 들이 국내에서 직업병이 발생된 화학물질임에도 불구하고 GHS 위험성 항목 가운데 인화성의 세부항목인 고체, 발화성의 세부항목인 고체, 금속부식성, 자기발열성에서 GHS위험성 불확실성으로 분류되어 있었으며, GHS 유해성 항목 가운데 급성독성 세부항목인 경구, 경피, 증기, 분진(미스트), 자극성의 두 종류 세부항목(피부부식, 심한 눈 손상), 흡인성호흡기유해성, 생식세포변이원성, 발암성, 생식독성, 표적장기 전신독성 두 항목(1회 노출, 반복 노출)에서 GHS유해성 불확실성으로 분류되어 있어서 상위랭크에 크게 기여한 것으로

판단된다. 선행연구에서는 국내 직업병 발생 화학물질을 이용하여 우선순위 상위물질에 대한 건강영향(김 등, 1994; 최와 정, 1992)이나 GHS 위험성 및 유해성 평가항목의 중요성에 대하여 보고하였다(안 등, 2004; 안 등, 2001; 강 등, 2001; 강, 2000). 또한 우리나라가 선진국이 되면 직업병은 줄 것인가? 라는 주제로 선진국에서 발생된 직업병 건수는 우리나라에서 발생된 직업병 건수와 비교하여 미국은 약 143배, 독일은 약 14.5배, 영국은 약 7.2배가 높게 발생하였다고 보고하면서 신규화학물질 사용으로 인한 신종 직업병의 발생, 뇌심혈관 질환, 근골격계 질환의 증가 등으로 인하여 직업병은 줄지 않을 거라고 보고하면서 직업병 예방을 위한 대책강구와 노력의 중요성을 보고하였다(강, 2000). 유해성평가에서 상위 5개 화학물질 항목으로 선정된 Cadmium(Metal)은 화학물질 우선순위에 관한 선행연구(노동부, 2006)에서 8위로 우선평가대상 화학물질에서 중요한 물질임을 보고하고 있어 본 연구 결과와 일치하고 있음을 보여주고 있다. 또한 위험성평가에서 1위로 선정된 Urethane은 GHS 표준분류지침에서 유해성으로 분류되어 있는 과민성의 한 분류인 호흡기 과민성 물질에 해당되며, 호흡기 과민성 물질은 호흡을 통해 노출되어 기도에 과민 반응을 유발하는 물질(정부합동GHS추진위원회, 2005)이며 선행연구에서 우레탄도료(TDI)에 의한 직업성 천식 3례를 보고하였다(최와 정, 1992). 호흡기 과민반응 유발 물질인지의 증거는 일반적으로 사람에서의 경험 자료에 기초한다. 이와 관련하여, 과민 반응이란 일반적으로 천식을 의미하지만 비염, 결막염 및 폐포염증과 같은 다른 과민 반응도 포함하고 있다. 천식은 다른 호흡기나 심혈관계 질환이 원인이 아니면서 기도에 가역적인 폐색이 있는 질환으로 알레르기 반응의 임상학적 특성을 나타내어야 하지만, 면역학적 메커니즘이 반드시 밝혀져야 하는 것은 아니라고 보고하고 있다(Hargreave 등, 1984). 톨루엔-2.4-디이소시안산(Toluene-2,4-diisocyanate)은 작업장에서 주로 호흡기를 통해 흡수되며, TDI 증기에 급성 노출되면 호흡기계에 심한 자극과 급성 천식 발작을 유발한다. 선행연구에서는 TDI 직업적인 노출에 따른 천식을 보고하였다(이 등, 1989; 장 등, 1986; 남 등, 1985; 최 등, 1984; Hargreave 등, 1984). 또한 TDI의 노출은 면역적 감작을 유발할 수 있다. 어떤 사람에게서는 처음 노출이 감작이 되는 반면 어떤 사람에게서는 노출 후 수일이나 몇 달, 몇 년이 지나 증상이 나타날 수도 있다. 어떤 근로자들은 낮은 농도의 노출에 몇 달 동안 노출되어도 호흡기계에 최소한의 증상이 없었다가도 갑자기 같은 농도에서 급성 천식발작을 보이기도 한다. 2000년 이후에 직업병으로 심의된 사례 가운데 직업성천식이 23건으로 가장 많으며 이중 TDI에 의한 것이 절반 수준(산업안전보건연구원, 2005)으로 호흡기 과민성 물질에 의한 건강장해는 사회적 비용이 막대한 것이다. 또한 TDI는 Isocyanate 산업의 90%를 차지하고 있으며, 생산되는 TDI의 대부분은 폴리우레탄 제품생산에 사용된다. 전 세계적으로 TDI의 생산량은 새로운 시장의 개발을 통하여 지난 40년간 꾸준히 증가하여 왔으며 국내 유통량은 2006년에 4백만 톤(환경부, 2006)을 넘고 있어 화학물질의 유해・위험성 평가에서 우선순위가 앞서는 물질이다. TDI는 국내 산업안전보건법에서 작업환경측정물질, 관리대상유해물질, 노출기준설정물질, 특수검진대상물질이며 위험물안전관리법에서는 제4류 3석유류로 분류되고 있다. 호흡기 과민성 물질들은 감작반응을 유발하기 때문에 TDI도 호흡기 과민성 예방을 위하여 한국(노동부, 2007), 미국 ACGIH(ACGIH, 2007), 일본(산업위생학회, 2009)에서는 TWA를 0.005 ppm의 매우 낮은 농도로 엄격한 직업적 노출기준을 설정하고 있다.

이상의 결과에서 국내 직업병발생 화학물질을 대상으로 GHS분류 자료를 이용하여 위험성평가, 유해성평가, 유해・위험성평가를 통한 우선 평가대상 화학물질 선정하면 화학물질 대책마련에 필요한 기초자료 파악에 효과적이고, 본 연구 결과는 실제 자료를 활용하여 평가한 결과이므로 이 결과를 근거로 화학물질 관리대책을 마련하면 작업환경관리의 불확실성을 줄이고 실질적인 직업병이나 재해발생의 억제도 가능할 것이라고 사료된다. 따라서 향후 본 연구에서 파악한 GHS위험성 및 GHS유해성 불확실성 항목을 자료에 근거한 우선 평가대상 화학물질을 중심으로 화학물질 관리대책마련은 화학물질 취급 종사자의 안전과 건강보호를 위하여 매우 시급하다.

본 연구의 의의는 평가대상 화학물질 우선순위 선

정결과를 공표하고 있는 미국의 ATSDR에서는 화학물질의 검색건수나 독성, 사람에게의 노출 잠재성 등의 자료를 활용한 것과 비교하여 본 연구에서는 국제적으로 신뢰성이 있는 GHS분류지침에 의거하여 분류된 다양한 위험성과 유해성 정보를 점수화하여 Consequence로 활용하였고, 국내에서 직업병 발생된 실제자료를 Probability(가능성)로 두고 화학물질 우선순위 선정을 위한 메트릭스를 개발하여 위험성평가, 유해성평가, 유해 · 위험성평가를 통하여 우선 평가대상 화학물질을 선정하였다는데 있다. 그러나 본 연구에서 평가에 활용한 직업병발생물질 가중치(직업병발생: 2점, 직업병 발생하지 않음: 1점)가 평가에 있어서 적절하였는지에 관한 검증이 이루어지지 못하였다는 연구의 제한점이 존재한다. 향후 추가연구를 통하여 본 연구에서 개발한 우선 평가대상 화학물질 선정을 노출평가 모형의 적합성 검증에 대한 연구가 필요하며, 모든 국내화학물질 유통량자료를 확보하여 GHS표준분류 지침에 따라 추가로 분류된 화학물질에 대한 우선 평가대상 화학물질 선정에 관한 연구가 이루어져야 한다.

5. 결 론

본 연구는 국내 직업병 발생 화학물질과 국내 화학물질의 실제자료를 Probability로 하여 GHS 표준분류 지침에 의하여 작성되어 있는 화학물질의 GHS위험성, GHS유해성, GHS유해 · 위험성자료를 Consequence로 하여 노출평가에 의한 우선 평가대상 화학물질을 선정하였고 이 결과에서 선정된 화학물질 우선순위에 근거하여 화학물질 관리대책마련이나 연구는 화학물질 취급 종사자의 안전과 건강보호를 위하여 매우 시급하다.

감사의 글

본 연구는 한국산업안전보건공단의 “2007년 보건분야 연구자료” 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

강대희, 2000, 직업성 암은 증가할 것인가?, 33회 산업안전보건강조주간 발표 자료, 코엑스.

강성규, 2005, 직업성 생식기계 질환: 세계 최초로 2-bromopropane 중독발생, 무월경 · 정자수 감소 등 생식기능 저하, 노동, 39(2), 82-85.

강성규, 2002, 업무상질병 인정 표준화를 위한 자문의사 워크샵 발표자료.

강성규, 안연순, 정호근, 2001, 1990년대 한국의 직업성 암, 대한산업의학회지, 13(4), 351-359.

강성규, 2000, 선진국이 되면 직업병은 감소할 것인가?, 33회 산업안전보건강조주간 발표자료, 코엑스.

강성규, 김규상, 김양호, 최정근, 안연순, 진영우, 최병순, 양정선, 김은아, 채창호, 최용휴, 김대성, 박정선, 정호근, 2000, 8년간(1992-1999) 산업안전보건연구원에 의뢰된 직업병 심의 사례분석, 대한산업의학회지, 12(2), 292-301.

김광종, 최재욱, 김현욱, 이은영, 1999, 우리나라의 유해물질 분류체계 및 관리방안, 한국산업위생학회지 9(1), 125-155.

김동순, 심상범, 1984, TDI에 의한 직업성 천식 1례, 알레르기, 4, 156.

김지용, 임현술, 정해관, 백남원, 1994, 일부 망간취급 근로자의 망간폭로 및 건강피해에 관한 연구, 대한산업의학회지, 6(1), 98-112.

남송현, 김상공, 권오선, 박성우, 김선명, 1985, Isocyanate에 의한 직업성 천식 1례, 알레르기, 5(2), 121.

노동부, 2006, 화학물질 및 물리적인자의 노출기준 작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준에 관한 연구.

노동부, 2007, 화학적 인자 및 물리적인자의 노출기준.

노동부, 2005, 화학물질 노출기준 재 개정안 연구(수은 등 84 종류 화학물질).

노동부, 2003, 산업보건기준에 관한 규칙 개정(주요내용: 관리대상 유해 화학물질을 현행 107종에서 168종으로).

노동부, 1996, 노동부고시 제96-12호(제1장 총칙, 제2장 물질안전보건자료의 작성 등, 제3장 경고표지 작성 및 부착 제4장 근로자에 대한 교육 제5장 비밀유지).

산업안전보건연구원, 2009, http://oshri.kosha.or.kr/main.

산업안전보건연구원, 2006, 화학물질 노출기준 재 개정안 연구(에틸렌글리콜 등 39종 화학물질).

산업안전보건연구원, 2005, 2005년 직업병 재해 사례집.

안연순, 강성규, 김광종, 2004, 최근 3년간(2001년-2003년) 직업병으로 요양 승인된 질병의 특성, 대한산업의학회지, 16(2), 142-154.

안연순, 강성규, 권형길, 정호근, 2001, 업무상 질병 발생 근로자의 특성(1999년 업무상 질병으로 요양 승인된 사례분석), 대한산업의학회지, 13(4), 449-460.

이미경, 박해심, 홍천수, 1989, TDI에 의한 기관지척식 7례 및 유발검사 방법, 알레르기, 9, 508.

장석일, 고형범, 김명수, 강석영, 최병휘, 민경업, 김유영, 1986, 냉동기 직공에 발생한 TDI천식 1례. 알레르기, 6, 219.

정부합동 GHS 추진위원회(기술표준원, 국립환경과학원, 노동부, 농림부, 농업과학기술원, 농촌 진흥청, 산업자원부, 소방방재청, 해양수산부, 환경부), 2006, 화학물질의 분류 및 표지에 관한 세계조화시스템(GHS), 2005년도 UN 개정본.

채홍재, 2003, Trichloroethylene의 직업적 노출에 의한 독성간염 및 박탈성 피부염 1례, 대한 산업의학회지, 15(1), 111-117.

최병순, 정해관, 1992, 우레탄도료(TDI)에 의한 직업성 천식 3례, 대한산업의학회지, 4(2), 212-220.

최연극, 조현숙, 조동규, 정태훈, 김능수, 1984, Polyurethane 과민 천식 1례, 알레르기, 4, 161.

최재욱, 2002, MSDS 체계의 활성화 방안구축에 관한 연구, 한국산업안전보건공단, 산업안전보건연구원 연구보고서.

하봉구, 김진석, 유재영, 우극현, 함정오, 윤성용, 장용석, 정상재, 2004, 주성분이 염화메틸렌(Methylene Chloride)인 재생 세척제를 취급하는 근로자에서 발생한 독성간염 1례, 대한산업의학회지, 16(2), 210-219.

환경부, 2006, 화학물질 유통량조사 자료, 76-77.

일본산업위생학회, 2009, http://joh.med.uoeh-u.ac.jp/, Recommendation of Occupational Exposure Limits, 2009, J Occup Health, 51, 454-470.

중앙노동재해방지협회, 2003, 후생노동성 지침에 대응한 노동안전위생 Management System-Risk Assessment 담당자 실무, 31-33.

중앙노동재해방지협회, 2003, 후생노동성 지침에 대응한 노동안전위생 Management System 담당자 실무, 37-41.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(2006-2007), 2007, Threshold Limit Values(TLVs) for chemical substances and physical agents and Biological Exposure Indices (BEIs), Cincinnati, OH.

ATSDR, 2009, http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html, CERCLA Priority List of Hazardous Substances.

Donoghue, A. M., 2001, The design of hazard risk assessment matrices for ranking occupational health risk and their application in mining and minerals processing, Occup. Med. 51(2), 118-123.

Hargreave, F. E., Ramsdale, E. H., Pugsley, S. O., 1984, Occupational asthma without bronchial hyperresponsiveness, Am Rev Resp Dis, 130, 513-515.

Harris, R. G., Joseph, J. C., 1991, Risk assessment & risk management for the chemical process industry, 2-4, Van Nostrand Reinhold, Newyork.

National Institute of Occupational Health and Safety, 2007, http://www.cdc.gov/niosh, Recomended Exposure Level.

Occupational Safety and Health Administration, 2007, http://www.osha.gov, PEL(Permissible Exposure Limit).