

화학물질 관리 연구-2. 환경부와 고용노동부의 관리 화학물질의 구분, 노출기준 및 독성 지표 등의 특성 비교

김선주¹ · 윤총식^{1,2,*} · 함승헌^{1,2} · 박지훈¹ · 김송하¹ · 김유나¹ ·
이지은¹ · 이상아¹ · 박동욱³ · 이권섭⁴ · 하권철⁵

¹서울대학교, ²서울대학교 보건환경연구소, ³한국방송통신대학교,
⁴한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, ⁵창원대학교

Study on the Chemical Management – 2. Comparison of Classification and Health Index of Chemicals Regulated by the Ministry of Environment and the Ministry of the Employment and Labor

Sunju Kim¹ · Chungsik Yoon^{1,2,*} · Seunghon Ham^{1,2} · Jihoon Park¹ · Songha Kim¹ · Yuna Kim¹ ·
Jieun Lee¹ · Sangah Lee¹ · Donguk Park³ · Kwonseob Lee⁴ · Kwonchul Ha⁵

¹Seoul National University

²Institute of Health and Environment, Seoul National University

³Korea National Open University

⁴Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety & Health Agency

⁵Changwon National University

ABSTRACT

Objectives: The aims of this study were to investigate the classification system of chemical substances in the Occupational Safety and Health Act(OSHA) and Chemical Substances Control Act(CSCA) and to compare several health indices (i.e., Time Weighted Average (TWA), Lethal Dose (LD₅₀), and Lethal Concentration (LC₅₀) of chemical substances by categories in each law.

Methods: The chemicals regulated by each law were classified by the specific categories provided in the respective law; seven categories for OSHA (chemicals with OELs, chemicals prohibited from manufacturing, etc., chemicals requiring approval, chemicals kept below permissible limits, chemicals requiring workplace monitoring, chemicals requiring special management, and chemicals requiring special health diagnosis) and five categories from the CSCA(poisonous substances, permitted substances, restricted substances, prohibited substances, and substances requiring preparation for accidents). Information on physicochemical properties, health indices including CMR characteristics, LD₅₀ and LC₅₀ were searched from the homepages of the Korean Occupational and Safety Agency and the National Institute of Environmental Research, etc. Statistical analysis was conducted for comparison between TWA and health index for each category.

Results: The number of chemicals based on CAS numbers was different from the numbers of series of chemicals listed in each law because of repeat listings due to different names (e.g., glycol monoethylether vs. 2-ethoxy ethanol) and grouping of different

*Corresponding author: Chungsik Yoon, Tel: 02-880-2734, E-mail: csyoon@snu.ac.kr

Department of Environmental Health, School of Public Health, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, 151-742
Received: February 4, 2015, Revised: March 17, 2015, Accepted: March 18, 2015

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.

chemicals under the same serial number(i.e., five different benzidine-related chemicals were categorized under one serial number(06-4-13) as prohibited substances under the CSCA). A total of 722 chemicals and 995 chemicals were listed at the OSHA and its sub-regulations and CSCA and its sub-regulations, respectively. Among these, 36.8% based on OSHA chemicals and 26.7% based on CSCA chemicals were regulated simultaneously through both laws.

The correlation coefficients between TWA and LC₅₀ and between TWA and LD₅₀, were 0.641 and 0.506, respectively. The geometric mean values of TWA calculated by each category in both laws have no tendency according to category.

The patterns of cumulative graph for TWA, LD₅₀, LC₅₀ were similar to the chemicals regulated by OSHA and CCSA, but their median values were lower for CCSA regulated chemicals than OSHA regulated chemicals.

The GM of carcinogenic chemicals under the OSHA was significantly lower than non-CMR chemicals(2.21 mg/m³ vs 5.69 mg/m³, *p*=0.006), while there was no significant difference in CSCA chemicals(0.85 mg/m³ vs 1.04 mg/m³, *p*=0.448). LC₅₀ showed no significant difference between carcinogens, mutagens, reproductive toxic chemicals and non-CMR chemicals in both laws' regulated chemicals, while there was a difference between carcinogens and non-CMR chemicals in LD₅₀ of the CSCA.

Conclusions: This study found that there was no specific tendency or significant difference in health indices such as TWA, LD₅₀ and LC₅₀ in subcategories of chemicals as classified by the Ministry of Labor and Employment and the Ministry of Environment. Considering the background and the purpose of each law, collaboration for harmonization in chemical categorizing and regulation is necessary.

Key words: Chemical substances management, Occupational Safety and Health Act, Chemical Substances Control Act, TWA, acute toxicity, CMR, toxicity

I. 서 론

18세기 중반 산업혁명 이후 제품의 대량생산이 가능해지면서 화학 산업은 급격한 발전을 하기 시작하였다(Fred, 2001). 이에 따라 작업장에서 장시간동안 화학물질을 취급하면서 다양한 직업병이 사회문제로 대두되었다. 우리나라도 중화학공업이 발전하던 1970년대 이후 유해물질을 대량으로 취급하는 산업이 다양해지고, 직업병 문제나 산업재해가 빈번하게 발생하였다(Cho et al., 2011). 화학물질의 안전보건에 대한 관심이 높아지면서 1981년 산업안전보건법(이하 산안법)이 제정되었고, 유해화학물질의 적절한 관리를 위하여 1991년 환경부에서는 유해화학물질관리법이 제정되었다.

법이라는 제도적인 장치 내에서 화학물질이 관리가 되고 있지만, 국내외로 화학물질 사용량은 점차적으로 증가 하는 추세이다(Yoon et al., 2014). 2014년 기준 국내에는 약 45,000여 종의 화학물질이 유통되고 신규화학물질은 매년 300 ~ 400여 종이 보고되고 있으며, 국내에 유통되는 화학물질 중 유해정보가 확인된 물질은 15% 밖에 되지 않는다(Byun, 2013). 최근에는 반도체 및 자동차산업 등 공정이 복잡하며, 다양한 화학물질을 대량으로 사용하는 첨단산업의 발전으로 유해성이 확실하지 않은 물질에 대한 노출 가능성은 증가하고 있다. 그러나 법적인 장치만으로 매년 증가하는 화학물질에 대한 안전보건문제를 해결

하기에는 역부족이다. 국내의 화학물질을 관리하는 법안에 대해서는 산안법, 유해화학물질관리법을 더 강화한 화학물질관리법(이하 화관법; 2015년 1월 1일 시행), 화학물질 등록 및 평가에 관한 법률(화평법; 2015년 1월 1일 최초 시행), 고압가스 안전관리법 등 7개의 부처에서 13개의 법으로 다루고 있으나(Lee et al., 2009), 화학물질의 안전보건관리를 중점으로 하는 법은 산안법과 화관법이 있다(Yoon et al., 2014). Yoon et al(2014)의 연구에서는 기존의 화학물질 관련 법 연구는 단일법, 법 간의 비교, 또는 관리적 측면에 대한 연구는 있었으나 실제 관리되고 있는 화학물질의 특성을 세부적으로 검토한 연구는 없었다.

산안법과 화관법의 관심이 되는 화학물질의 특성은 화학물질 분류와 표지에 대한 세계적인 조화시스템(Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, GHS)의 분류기준에 따라 크게 건강 유해성(Health hazards), 물리적 위험성(Physical hazards), 환경유해성(Environment hazards) 세 가지로 구분하고 있다. 건강 유해성 내에서는 발암성, 생식세포 변이원성 및 생식독성 물질(Carcinogens, Mutagens or Reproductive toxicants, CMR), 급성독성(Acute toxicity), 흡인 유해성(Aspiration hazard) 등으로 분류하고 있다. 예를 들어 끓는점, 증기압, 인화점 등은 물리적 위험성에, 경구독성(Lethal Dose, LD₅₀), 흡입독성(Lethal Concentration, LC₅₀)은 급성독성에, 발암성 물질(Carcinogenicity), 생식세포변이원성(Germ cell

mutagenicity), 생식독성(Reproductive toxicity)은 건강 유해성 중 CMR 물질에 포함된다.

산안법과 화관법의 관심이 되는 화학물질의 특성은 GHS에서는 크게 건강지표(Health), 물리적지표(Physical Safety), 환경지표(Environment) 세 가지로 구분하고 있다. 건강지표 내에서는 CMR, 급성독성, 흡입유해성 등으로 분류하고 있다. 예를 들어 끓는점, 증기압, 인화점 등은 물리적 지표에, 경구독성(LD₅₀), 흡입독성(LC₅₀)은 급성독성지표에, 발암성물질, 생식세포변이 원성, 생식독성은 건강지표 중 CMR 물질에 포함된다.

산안법과 화관법은 화학물질의 안전보건관리법이라는 점에서 맥락을 같이 하지만 산안법은 근로자 및 사업주를 대상으로, 화관법은 환경과 국민을 대상으로 한다. 각 기관의 관리물질 대부분은 규제대상물질이 다르나 중복되는 물질도 있어 같은 물질에 대해서도 2가지 이상의 법에 적용될 수 있다. 예를 들어 중독물질의 경우 화학물질번호(CAS No.)가 67-56-1로 같지만 산안법에서는 메탄올, 화관법에서는 메틸알코올로 화학물질의 명칭이 다른 경우가 있으며, 같은 물질에 대해서도 적용되는 법의 범위가 달라 일반국민들에게 혼동을 야기 할 수 있다. 산안법, 화관법처럼 맥락이 같은 법에 대해서 대부분 물질선정이 법적으로 타당한지에 대한 연구는 있었지만, 산안법과 화관법의 관리물질 종류 및 이들의 물리화학적 특성, 독성 특성에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구의 목적은 산안법과 화관법상에서 화학물질 분류체계를 고찰하고, 각각 법에서 구분하고 있는 분류체계별 화학물질의 종류와 수를 비교하였다. 또한 각 법에서 관리하고 있는 화학물질의 특성을 GHS 분류 중 건강 유해성을 중심으로 평가하였다. 본 연구에서 평가한 건강 유해성 항목은 직업 노출기준인 시간가중평균치(Time Weighted Average, TWA), LD₅₀, LC₅₀ 및 CMR 물질을 선정하여 비교분석하였다.

II. 연구대상 및 방법

고용노동부 산안법의 관리대상물질 중 노출기준설정물질은 고용노동부 홈페이지에서(<http://www.moel.go.kr>) 2013년 8월 개정된 “화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제2013-38호)”을 기준으로

하였다. 그 외 제조 등 금지물질, 허가대상물질, 허용기준 이하 유지 대상 유해인자는 법제처 국가법령정보센터에서(<http://www.law.go.kr>) 2014년 7월 1일 개정 시행되고 있는 산업안전보건법, 작업환경측정대상 유해인자, 특수건강진단대상 유해인자는 2014년 7월 1일 개정 시행되고 있는 산업안전보건법 시행규칙을, 특별관리물질은 2013년 7월 1일 개정 시행되고 있는 산업안전보건기준에 관한 규칙을 참조하였다.

환경부 화관법의 관리대상물질은 2015년 1월 유해화학물질법이 개정되어 시행됨으로 기존 유해화학물질관리법의 대상물질을 기준으로 하였다. 관리대상물질 목록은 국립환경과학원 화학물질정보시스템에서(<http://www.nier.go.kr>) 참고 하였으며, 유독물질과 관리물질의 경우 2015년 1월 18일 기준으로 개정된 물질을 분석에 사용하였다.

CAS No. 가 존재하는 물질에 대한 물리화학적 특성, 발암성 및 독성 정보 등은 2015년 1월 기준으로 산안법의 경우 안전보건공단에서(<http://www.kosha.or.kr>) 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheets, MSDS)를 기준으로, 화관법의 경우 국립환경과학원에서 제공하는 사이트인 화학물질안전관리정보시스템을(<http://kischem.nier.go.kr>, 이하 KISChem) 기준으로 하였으며, 자료가 없는 경우는 구글(<http://www.google.co.kr>)에서 검색하였다. 산안법 관리대상물질의 경우 MSDS에서 640종, KISChem에서 55종을 참조하였으며, 화관법 대상물질은 산업안전보건공단의 MSDS에서 175종, KISChem에서 743종, 구글검색으로 60종의 정보를 찾아서 데이터베이스화 하였다. 산안법과 화관법 관리물질이 중복되는 경우는 산안법에서 작성한 물질 특성 정보를 기준으로 하여 화관법에도 같게 작성하였다.

산안법과 화관법이 화학물질을 분류하는 데 차이가 있다. 산안법은 이성질체가 다른 CAS No.를 갖는 물질의 경우를 제외하고 고유번호 하나에 한 가지 물질을 제시한다. 화관법의 경우 유해화학물질을 크게 유독물질, 허가물질, 제한물질, 금지물질, 사고대비물질로 구분하는데 각 물질의 목록은 일련번호로 구성되어 있다. 그러나 동일한 일련번호 내에서도 여러 종의 염류 및 화합물이 포함되어 있기도 하고, 그렇지 않은 경우가 있어서 직접적 비교가 어렵다. 예를 들어 유독물질에서 고유번호 97-1-130번의 경우 “산화니켈(Nickel oxide; CAS No. 12035-36-8/monoxide; CAS

No. 1313-99-1) 및 황화니켈류(Nickel sulfide; CAS No. 12035-72-2/ subsulfide; CAS No. 16812-54-7)와 그 중 하나를 0.1% 이상 함유한 혼합물질”이라고 명시되어 있어 고유번호 하나에 4개의 CAS No.가 제시되어 있다. 제한물질과 금지물질의 경우는 구체적 목록이 따로 고시되어 있어 염류 및 화합물의 CAS No.를 제시하고 있다(예, 제한물질 고유번호 2006-05-1 말라카이트 그린(Malachite green)은 그 구체적 목록에 염류 및 화합물로 6개의 CAS No.가 추가로 제시되어 있어 실제로는 6개의 다른 화학물질을 포함한다). 따라서 본 연구에서는 CAS No.를 가진 물질을 기준으로 비교하였으며, 이성질체라서 물질특성이 다른 경우(예, Xylene, CAS No. 1330-20-7; o-Xylene, CAS No. 95-47-6; m-Xylene, CAS No. 108-38-3; p-Xylene, CAS No. 106-42-3인 경우 각각의 녹는점, 끓는점, 인화점 등이 다르므로 모두 다르게 취급)이거나, 물질상태에 따른 TWA나 물리화학적 특성이 다른 경우도 다르게 취급하였다(예, 카드뮴, CAS 7440-43-9인 경우 산안법은 카드뮴 및 그 화합물과 카드뮴 및 그 화합물(호흡성)

의 TWA가 다르므로 다르게 취급).

노출기준은 산안법에서 지정하고 있는 직업적 노출기준인 TWA를 비교하였고, 독성지표는 GHS의 화학물질의 특성 분류 중 건강 유해성의 급성독성에 나와 있는 지표인 LD₅₀, LC₅₀ 및 발암성물질, 비발암성물질을 구분하여 비교하였는데 발암성의 분류기준은 고용노동부와 국제암연구기구(International Agency for Research on Cancer, IARC)의 분류기준을 적용하였다. 또한 생식독성과 생식세포변이성은 고용노동부 고시의 기준을 참고하였다(MoEL, 2013).

통계분석은 TWA와 LD₅₀, LC₅₀의 비교를 위하여 상관분석과 회귀분석을 실시하였다. 산안법과 화관법의 관리대상물질 중 TWA가 없는 물질은 제외하고 각각 LD₅₀과 LC₅₀의 데이터가 존재하는 물질로 분석하였으며, 동물실험 자료는 rat로 실험한 데이터를 사용하였다. 화학물질의 범주화에 따른 분포는 대수정규분포를 하거나 그렇지 않더라도 한쪽으로 치우쳐 있는 경우가 많아(Right-skewed) 로그변환 후 분석하였다. 경우에 따라 기하평균(Geometric Mean, GM)과

Table 1. Number of Chemicals Categorized by the Occupational Safety and Health Act of the Ministry of Employment and Labor and the Chemical Substances Control Act of the Ministry of Environment

	No. of chemical series listed in each category under the law(A)	No. of removed chemicals due to the repeated listed or non-chemical form(B)	(A-B)	No. of chemicals added according to individual CAS No.(C)	No. target chemicals in this study(A-B+C)	
Occupational Safety and Health Act	Chemicals with OELs	717	72	645	11	656
	Chemicals prohibited manufacturing etc.	11	2	9	80	89
	Chemicals requiring approval	16	3	13	0	13
	Chemicals kept below permissible limits	13	0	13	1	14
	Chemicals requiring workplace monitoring	188	0	188	34	222
	Chemicals requiring special management	16	0	16	4	20
	Chemicals requiring special health diagnosis	179	0	179	6	185
Chemical Substances Control Act	Poisonous substances	722	1	721	71	792
	Permitted substances	102	5	97	14	111
	Restricted substances	12	0	12	43	55
	Prohibited substances	60	0	60	24	84
	Substances requiring preparation for accidents	69	0	69	0	69

기하표준편차(Geometric Standard Deviation, GSD)를 사용하거나 중위수를 사용하였다. CMR 물질의 분석은 산안법과 화관법의 TWA, LD₅₀ 및 LC₅₀의 값이 존재하는 관리물질들을 선택하여 고용노동부와 IARC의 기준을 각각 적용하여 비교하였다. 고용노동부는 노출기준과 함께 발암물질, 생식독성물질, 생식세포변이성물질을 표기하고 있으므로 이와 더불어 그 외 물질 등 4그룹으로 나누어 ANOVA(Analysis of variance) 분석을 하였으며, ANOVA 분석에서 유의한 경우 사후 검정으로 Bonferroni 검정을 하였다. IARC은 발암물질만을 지정하고 있기 때문에 1등급부터 2등급까지는 발암물질, 3등급 이상은 비발암물질로 나누어 이들의 노출기준을 t-test 분석하였다. 통계프로그램은 SPSS version 20.0(IBM Inc., USA)을 이용하였다.

III. 연구 결과 및 고찰

1. 산안법 및 화관법의 화학물질 분류 체계 및 수

고용노동부는 산안법 및 하위 법령에서 노출기준 설정물질(산안법 39조, 규칙 81조의 2항, 노동부 고시 2013-38호), 제조 등 금지물질(산안법 37조, 시행령 29조), 허가대상 물질(산안법 38조, 시행령 30조), 허용기준 이하 유지 대상 유해인자(산안법 39조 2항, 시행령 31조), 작업환경측정대상 유해인자(산안법 42조, 규칙 93조 1, 별표 11의 4), 특별관리물질(규칙 420조 및 별표 11의 2), 특수건강진단대상 유해인자(산안법 43조, 규칙 98조 2, 별표 12의 2) 등으로 구분하고 있다(Table 1).

노출기준설정물질은 고시에 717번까지 일련번호가 있으나 실제로 중복된 물질(72종, 예로 글리콜 모노에틸에테르와 2-에톡시에탄올은 동일물질로 중복됨)을 제외하면 645종의 화학물질이 되는데 어떤 이성질체는 물리화학적 성질이 다르고 CAS 번호가 별도로 있어 이를 따로 분류하면(예, Xylene은 o-Xylene, m-Xylene, p-Xylene으로 구분됨) 11종이 더 추가되어 656종으로 최종 집계할 수 있다.

산안법과 화관법의 관리물질 중 가장 유해성이 크다고 판단되는 물질은 금지물질이다. 산안법의 제조 등 금지물질은 영 29조에 11종이 직접 표기된 11종 외에 유해화학물질 관리법(2015년도부터 화학물질관리법

으로 개정)에서 지정한 금지물질도 포함한다고 되어 있는데 이 법상 규제하는 화학물질 84종 중 산안법의 금지물질과 중복물질(베타나프틸아민, 악티노라이트 석면, 안소필라이트석면, 트레모라이트석면, 청석면, 갈석면) 6종을 제외한 78종을 합하면 89종이 된다. 이들 89종 중 TWA가 설정되어 있는 종류는 30종(33.7%)이며 그 중 2,4,5-T (2,4,5-Trichlorophenoxy acetic acid; 93-76-5)는 TWA가 10 mg/m³로 매우 높다. 산안법에서 정확하게 고시한 물질인 1번부터 8번까지 비교를 해보면 화관법의 경우 정확한 물질명을 표기하고 있는 반면, 산안법은 황린성냥, 백연을 함유한 페인트, 벤젠을 함유하는 고무풀 등 제조물질도 포함되어 있어 화학물질뿐 아니라 제조된 물질도 금지물질로 설정하고 있는 것이 특징이다.

허가대상물질 16종은 허용기준이하 유지대상물질 13종, 작업환경측정대상 190종, 특별관리물질 16종이 있다. 작업환경측정대상의 경우 물리적 인자(소음, 진동)를 제외한 화학적 인자와 분진을 합하면 222종이고, 특수건강진단대상 유해인자의 경우도 물리적 인자 및 야간작업 항목을 제외하면 185종이다.

환경부의 화관법에서는 화학물질 중 유해성이 있는 물질을 유해화학물질로 정의하고 있으며 이 범주 안에서 유독물질, 허가물질, 제한물질, 금지물질, 사고대비물질로 분류하고 있다. 화학물질의 지정은 환경부의 화관법에서 하게 된다. 법적 고시기준으로 유독물질이 722종으로 가장 많으며, 허가물질 102종, 제한물질 12종, 금지물질 60종, 사고대비물질 69종이 있다. 이는 실제 삭제된 수를 포함한 일련번호대로의 종수를 나타낸 것으로 실제 화학물질수와 차이가 있다(Table 1).

유독물질의 경우 산안법과는 달리 일정 함유량 이상을 포함하는 혼합물질을 한 가지 일련번호로 고시한 경우가 많아서 CAS No. 기준으로 작성하면 실제 화학물질수가 많이 증가된다. 즉, 동일한 일련번호지만 CAS No.가 다른 염류, 화합물이 제시되어있는 물질 71종을 다른 화학물질로 취급하는 것이 타당하므로 이를 추가하면 총 792종이다. 허가물질의 경우 법에서 삭제된 5종을 제외하고 한 일련번호에 여러 개의 CAS No.를 제시한 14종을 추가하면 실제 허가물질은 111종이 된다. 그러나 최근 추가된 물질 중 CAS No.는 있지만, 모든 사이트에서 정보를 찾을 수 없는 물질이 유해

물질 4종(236408-49-4, 959974-09-5, 917924-18-6, 1039756-60-9), 허가물질 4종(219828-90-7, 71626-94-3, 1431298-10-0, 143150-06-5), 총 8종이 있다. 정보는 찾을 수 없지만, CAS No.를 부여하여 법적 고시가 되어 있는 물질이므로 종수에 포함하였다. 제한물질과 금지물질은 법상으로는 각각 12종과 60종으로 표기되어 있지만 실제 CAS No.를 고려하면 각각 55종, 89종이 되며, 사고대비물질은 69종이다. 사고대비물질을 지정(화관법 39조)할 때는 해당 화학물질의 물리·화학적 위험성이 높은 물질(31종, 예, 메틸히드라진, 메탄올, 벤젠 등)이거나 급성독성이 큰 물질(23종, 포름알데히드, 포름산, 포스젠 등), 또는 도난·전용위험이 있는 물질(15종, 예, 니트로벤젠, 질산, 산화질소 등)인 경우 지정하게 된다.

환경부의 조사에 의하면 기존 화관법의 관리기준은 화학물질의 유해성을 고려한 것이 아닌 제조, 사용, 보관, 운반 등 취급시설별로의 일반적인 규정으로만 되어 있기 때문에 효율적인 관리가 이루어지지 않고 있다고 하였다(MoE, 2007). 반면 해외의 경우 화학물질 분류의 통일을 위하여 화학물질관리기구간프로그램(The Inter-Organization programme for the sound Management of Chemicals, IOMC)을 축으로 OECD는 환경 및 건강 유해물질 분류, UN CETDG(Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods)와 ILO(International Labour Organization)는 물리적 위험물질 분류를 맡아 전세계적으로 통일화된 화학물질분류 체계인 GHS가 채택되었다(NIER, 2003). 또한 제도를 채택하는 것에만 그치지 않고, 지속적으로 연 2회 국제적인 회의를 통하여 화학물질의 안전보건관리를 하고 있다(Lee et al., 2013).

2. 산안법과 화관법의 관리물질 비교

Figure 1에 나타난 화학물질 수를 직접 비교하면 산안법은 718개 화학물질을, 화관법은 951개 물질을 관리대상으로 삼고 있다.

산안법에서는 작업환경측정대상 유해인자, 허가대상 유해물질, 특별관리물질, 허용기준설정물질 모두 노출기준설정물질에 포함되어 있다. 화관법에서의 취급금지물질 벤지딘과 PCB등의 62종은 노출기준 설정대상물질이 아니고, 27종은 노출기준이 설정되어 있으며 이 중 펜타클로로페놀(화관법의 금지물질

에 해당되어 산안법의 금지물질에 포함되게 된 물질)은 작업환경측정대상물질이기도 하다. 특별관리물질 이면서, 허용기준 이하 유지 대상 유해인자, 작업환경측정대상 유해인자 및 노출기준 설정물질에 동시에 포함되는 물질은 벤젠, 포름알데히드 등 9종이 있으며, 노출기준은 설정되어 있으나 작업환경 측정대상 유해인자에도 포함되지 않는 물질은 이산화탄소, 포스핀 등 407종이 있었다.

화관법의 유해화학물질 중 유독물질, 금지물질, 제한물질, 사고대비물질과 중복된 물질이 각각 금지물질 52종, 제한물질 19종, 사고대비물질 36종이 있다. 그 중 포름알데히드(CAS No. 50-00-0)는 유독물질, 제한물질, 사고대비물질과 동시에 중복된다. 허가물질은 다른 관리물질과 겹치는 물질이 없다. 화관법 고시에서 유독물질, 금지물질, 제한물질에 속하는 물질을 설명할 때 ‘유해성이 있다’, 혹은 ‘위해성이 크다’라고 명시하고 있는 것과는 달리 허가물질은 ‘위해성이 있다고 우려되는 화학물질’로 정의하고 있다.

두 법에서 표기 및 분류가 다소 혼동스러운 경우도 있다. 예를 들어 화관법에서 허가물질 96종 중 3,3-디메틸벤지딘(CAS No. 119-93-7)은 산안법에서는 오쏘-톨리딘으로 표기하고 있고 2-(부톡시메틸)옥시란(CAS No. 2426-08-6)은 산안법에서는 노말-부틸 글리시딜 에테르로 표기하고 있어 화학물질에 대한 지식 또는 CAS No.를 참조하지 않고는 이들이 동일 물질이라고 파악하기 어려우며, 또한 이들이 화관법에서는 허가물질에 포함되나 산안법에서 노출기준설정대상물질로 분류되어있으며, 그 중 3,3-디메틸벤지딘의 경우 산안법에서 허가대상 유해물질로 고용노동부장관의 허가를 받지 않고는 제조, 사용이 금지되는 물질로 설정되어 있다.

산안법의 허가대상물질과 화관법의 허가물질을 비교를 하였을 때 겹치는 물질은 3,3-디메틸벤지딘(CAS No. 119-93-7)한 종 밖에 없다. 그 이유는 이들의 용어가 비슷함에도 정의가 상이하기 때문이다. 산안법의 허가대상물질(법 38조)은 발암성 물질이나, 유해성·위험성이 조사된 화학물질 가운데 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질 중 지정한 물질(예, 베릴륨, 백석면, 휘발성 콜타르 피치)인 반면 화관법의 허가물질은 그전의 유해화학물질관리법에서 정의한 관찰물질에 사용되던 유해성을

화관법(법 2조)에서는 위해성이란 용어로 바꾸어 허가물질이란 위해성(危害性)이 있다고 우려되는 화학물질(예, 옥틸페놀류, 비스페놀 에이 등)로서 환경부장관의 허가를 받아 제조, 수입, 사용하도록 고시한 물질임을 의미한다. 따라서 산안법의 허가대상물질

이 화관법의 허가물질보다 더 유해성이 클 가능성이 있다. 그러나 3,3-디메틸벤지딘의 경우 고용노동부 고시에서 발암등급 1B, IARC Group 2B로 지정되어 있기 때문에 화관법의 허가물질로 적합한 대상인지 고려해 볼 필요가 있다. 산안법의 허가대상물질과 화

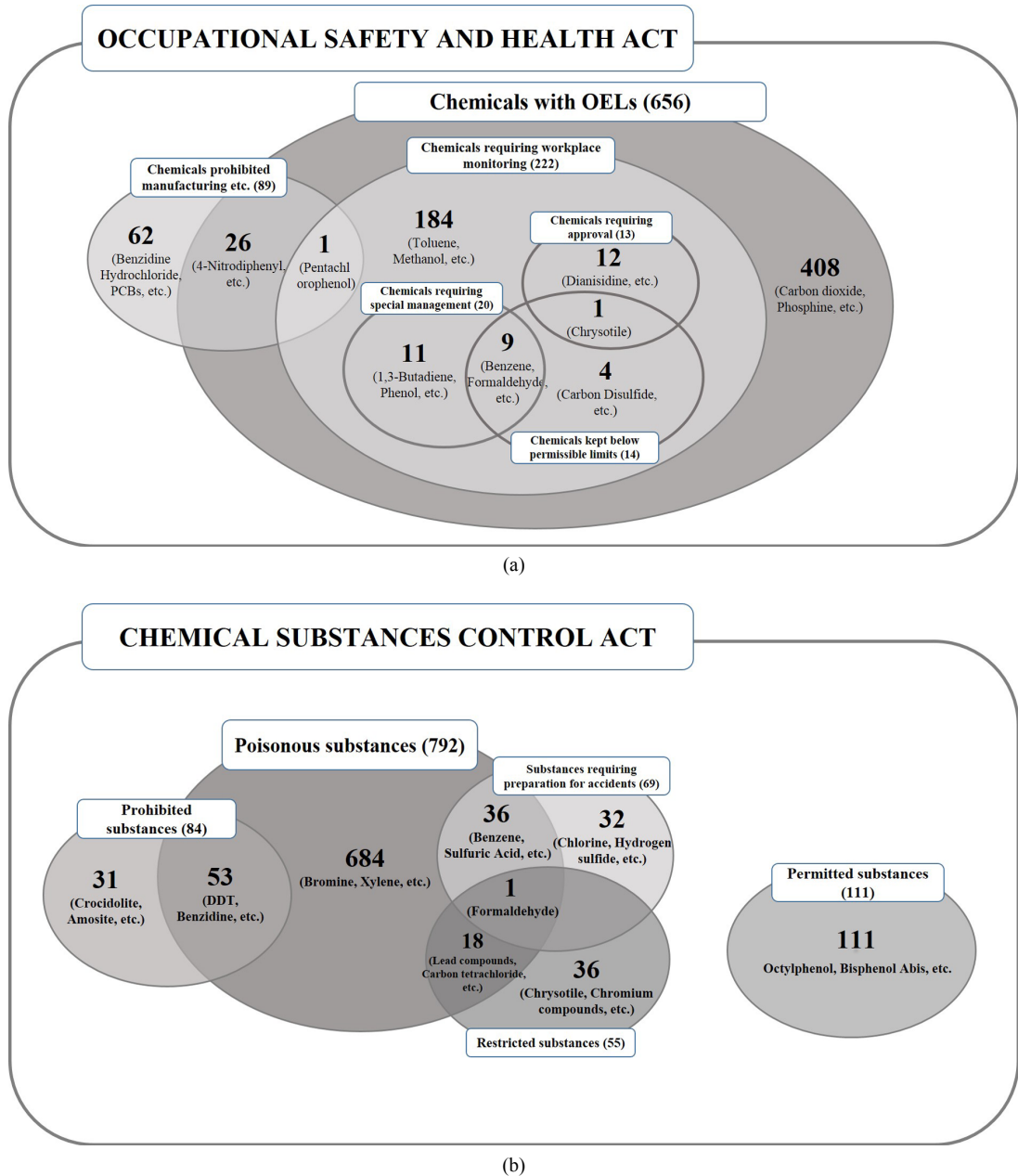


Figure 1. Number and examples of Chemicals Categorized and Managed by (a) the Occupational Safety and Health Act and (b) the Chemical Substances Control Act

관법의 제한물질(특정용도로 사용되는 경우 위해성이 크다고 인정되는 화학물질로서 그 용도로의 제조, 수입, 판매, 보관·저장 운반 또는 사용을 금지한 물질, 12종 55개 화합물)이 오히려 비슷한 개념이라고 볼 수 있는데 이중 중복되는 것은 3종(크롬산 아연, 크롬광, 백석면)에 불과하다.

산안법과 화관법의 중복물질이나 삭제물질을 제외한 모든 관리물질을 비교해보면 산안법은 722종을, 화관법에서는 유해화학물질로 995종을 관리하고 있고, 이중 중복물질은 266종(산안법 기준 36.8%, 화관법 기준 26.7%)이다. 화관법의 사고대비물질 69종 중 55종만이 산안법상에서 관리하는 화학물질과 중복되어 있고(79.7%) 나머지는 산안법에서 관리하지 않는 물질이다. 위에서 설명한 것처럼 사고대비물질은 물리·화학적 위험성이 큰 물질, 급성독성이 큰 물질, 도난·전용위험이 있는 물질로 구분할 수 있는데 클로로술포산은 사고대비물질 중 독성위험물질로 분류되었지만 산안법에서는 관리하지 않는 물질이다.

산안법의 경우 물질명을 정확하게 제시하는 경우가 많은 반면 화관법의 경우 “유해물질 일정함유량 이상을 함유한 혼합물질” 이라고 고시되어 있는 경우가 많다. 이는 산안법은 근로자가 보호대상으로 사업장 사용물질로 국한하는 반면, 화관법은 국민 및 환경이 보호대상으로 사람 및 환경에 영향을 미치는 물질도 규제대상이기 때문이라고 판단된다.

3. 산안법과 화관법 관리물질의 건강영향 지표 비교

1) 산안법과 화관법의 관리대상물질 TWA 비교

대부분 물질은 mg/m³의 농도로 나타낼 수 있지만, 백석면과 금지물질 중 청석면, 갈석면, 악티노라이트 석면, 안소필라이트석면, 트레모라이트석면은 TWA의 단위가 개/cc 이기 때문에 제외하였다.

중위수를 비교해보면 각 분류 범주별로 일정한 경향을 발견할 수 없었다. 금지물질은 다른 범주 물질에 비해 독성이 커서 TWA가 낮을 것으로 예상되었지만 산안법에서는 허가대상 유해물질이, 화관법에서는 제한물질이 각각 0.01 mg/m³, 0.08 mg/m³으로 가장 낮은 중위수를 가지고 있다. 산안법의 특별관리물질의 경우 CMR 물질의 관리를 강화하기 위하여 2012년 신설된 항목이나(Choi et al., 2013), 다른 분류체계의 TWA의 중위수와 비교했을 때 상대적으로

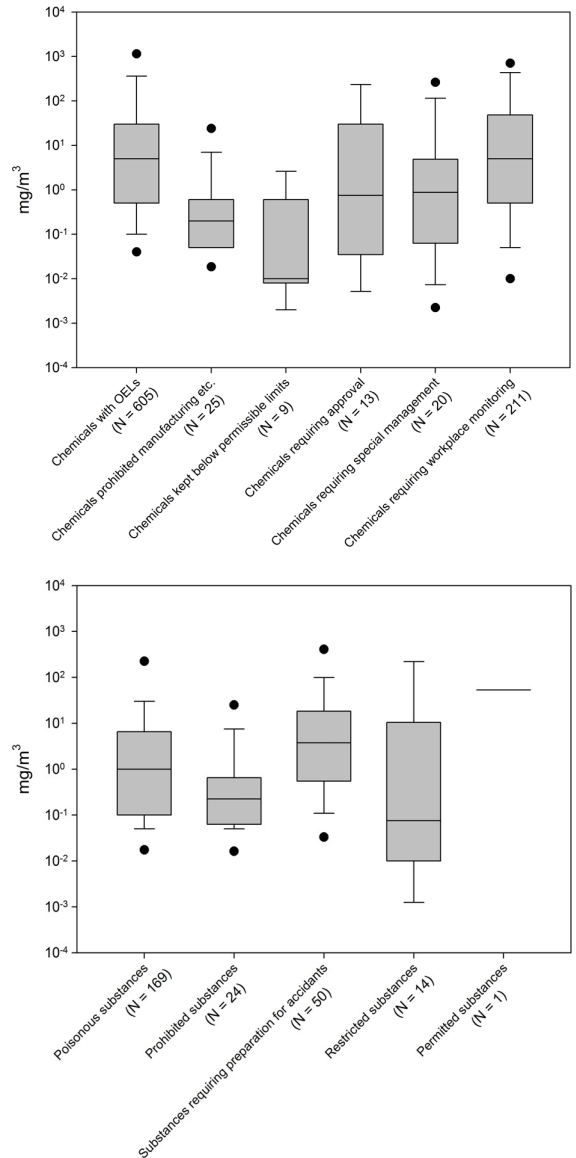


Figure 2. Comparison of TWA by classification of toxic substances management(N= number of chemicals analyzed in this paper) (a) Occupational Safety and Health Act($p=0.317$) (b) Chemical Substances Control Act($p=0.771$). The ends of the boxes is the 25th and 75th percentiles, with a line at the median and error bars being the 10th and 90th percentiles. And the dots are defined as outlier that is more than 2/3 times of upper or lower quartile.

낮은 기준을 가지고 있지 않다(특별관리물질 TWA의 중위수: 0.88 mg/m³). 특별관리물질 중 고용노동부의

TWA값이 높은 트리클로로에틸렌(CAS No. 79-01-6; TWA: 50 ppm, 270 mg/m³)의 경우 ACGIH의 TWA 값 10 ppm에 비해 5배 높은 기준이며, 1-브로모프로판(CAS No. 106-94-5; TWA: 25 ppm, 125 mg/m³) 또한 ACGIH의 TWA 값 10 ppm에 비해 2.5배 높은 수준이다. 또한 산안법과 화관법 각각의 관리물질의 그룹별 ANOVA 통계분석을 실시하였으며, 허가물질의 경우 개수가 1개이므로 제외하고 분석하였다. 그 결과 산안법(p=0.317)과 화관법(p=0.771) 관리물질 그룹 모두 유의하지 않은 결과가 나왔다. 따라서 그룹간의 TWA 평균은 차이가 없다.

화관법(199종)의 경우 TWA를 가진 전체 물질 수가 산안법(616종)에 비해 적기 때문에(중복물질은 제외하였으며, 석면도 포함한 개수), 허가물질의 경우

TWA를 가진 물질이 2-(부톡시메틸)옥시란(CAS No. 2426-08-6) 1종 밖에 없어 비교하기 어려운 한계점이 있다. 산안법과 마찬가지로 화관법에서도 금지물질의 중위수(0.23 mg/m³)보다 제한물질의 중위수 값(0.08 mg/m³)이 더 낮았다. 이러한 결과는 산안법상 금지물질 중 화관법의 금지물질도 포함하므로 분석된 데이터는 대부분이 화관법의 금지물질이기 때문에 Figure 2에서 비슷한 결과를 보인다. 금지물질에서 가장 높은 TWA를 가지는 물질은 디클로로에틸에테르(비스(2-클로로에틸)에테르; CAS No. 542-88-1)로 30 mg/m³이다.

Table 2에서 산안법과 화관법의 TWA 최댓값과 최솟값을 보면, 산안법이 화관법에 비해 TWA 기준이 낮은 물질들이 많은 것을 알 수 있다. 10개의 최솟값

Table 2. Comparison of Chemicals Which have Lowest TWAs and Highest TWAs in Occupational Safety and Health Act (OSHA) and Chemical Substances Control Act(CSCA)

	Occupational Safety and Health Act(OSHA)			Chemical Substances Control Act(CSCA)		
	Chemicals	CAS No.	TWA (mg/m ³)	Chemicals	CAS No.	TWA (mg/m ³)
Chemicals with lowest TWAs (No. 10)	Strontium chromate	7789-06-2	0.0005	Strontium chromate	7789-06-2	0.0005
	Trimellitic anhydride	552-30-7	0.0005	Osmium tetroxide, as Os	20816-12-0	0.002
	Platinum(Soluble salts, as Pt)	7440-06-4	0.002	Cadmium	7440-43-9	0.002
	Beryllium & Compounds	7440-41-7	0.002	bis-(Chloromethyl)ether	542-88-1	0.005
	Osmium tetroxide, as Os	20816-12-0	0.002	Nickel carbonyl	13463-39-3	0.007
	Cadmium and compounds,as Cd (Respirable fraction)	7440-43-9	0.002	Diazinon	333-41-5	0.01
	bis-(Chloromethyl)ether	542-88-1	0.005	Arsenic& inorganic compounds, as As	7440-38-2	0.01
	Dimethyl carbamoyl chloride*	79-44-7	0.006	Cadmium	7440-43-9	0.01**
	α-Naphthyl amine	134-32-7	0.006	Chromium(6+) compounds	18540-29-9	0.01
	Nickel carbonyl, as Ni	13463-39-3	0.007	Zinc chromate	13530-65-9	0.01
Chemicals with highest TWAs (No. 10)	Chlorodifluoromethane	75-45-6	3,500	2-(Butoxymethyl)oxirane	2426-08-6	53
	1,1,1,2-Tetrachloro-2,2-difluoroethane	76-11-9	4,170	Methyl chloride	74-87-3	105
	1,1,2,2-Tetrachloro-1,2-difluoroethane	76-12-0	4,170	Perchloroethylene	127-18-4	170
	Dichlorodifluoromethane	75-71-8	4,950	Toluene	108-88-3	188
	Sulfur hexafluoride	2551-62-4	6,000	Methyl alcohol	67-56-1	260
	Trifluorobromomethane	75-63-8	6,100	Trichloroethylene	79-01-6	270
	Chloropentafluoro ethane	76-15-3	6,320	Xylene	1330-20-7	435
	Dichlorotetrafluoroethane	76-14-2	7,000	Methyl ethyl ketone	78-93-3	590
	1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	76-13-1	7,600	Ethyl acetate	141-78-6	1,400
	Carbon dioxide	124-38-9	9,000	Ethyl chloride	75-00-3	2,600

*Dimethyl carbamoyl chloride convert ppm into mg/m³.

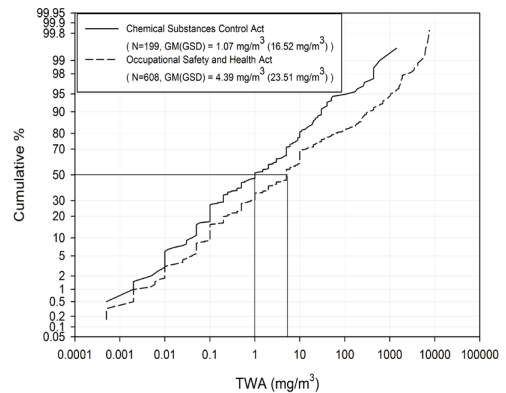
**Fenothiocarb(CAS No. 62850-32-2), 3,3'-Dimethoxy -[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamine(CAS No. 119-90-4) are also 0.01 mg/m³.

들에서 각각의 법을 비교하면 스트론튬 크로메이트 (CAS No. 7789-06-2), 백금(CAS No. 7440-06-4), 사산화 오스뮴(CAS No. 20816-12-0), 카드뮴(CAS No. 7440-43-9) 4개가 중복되고, 10개의 최댓값들은 중복되는 물질이 없다. 그 이유는 산안법의 TWA 값의 범위는 3,500 ~ 9,000 mg/m³이지만, 화관법은 53 ~ 2,600 mg/m³ 이기 때문이다. 산안법과 화관법 관리물질 중 가장 높은 TWA 값을 가진 물질은 산안법에서는 이산화탄소(CAS No. 124-38-9)로 9,000 mg/m³ 이고, 가장 낮은 물질은 스트론튬 크로메이트와 트리멜리틱 안하이드리드(CAS No. 552-30-7)가 모두 0.0005 mg/m³이다. 화관법에서 TWA가 가장 높은 물질은 유독물질인 염화에틸(CAS No. 75-00-3)로 2,600 mg/m³ 이고 가장 낮은 물질은 산안법과 같이 유독물질이자 제한물질인 크롬산 스트론튬(스트론튬 크로메이트)이 0.0005 mg/m³ 이다. 가장 낮은 농도는 산안법과 화관법이 동일하지만, 가장 높은 농도는 산안법이 더 높은 농도를 보인다. 이산화탄소는 화관법에서 관리하지 않고, 산안법에서만 관리하는 물질로 일반 대기 중에도 존재하는 물질이다. 그러나 이산화탄소를 사용하는 작업장의 밀폐공간에서 누출될 경우 질식사의 위험이 있고, 실제 누출사고에 의한 피해사례도 존재하기 때문에 관리가 필요한 물질이다.

2) TWA와 LD₅₀, LC₅₀의 비교

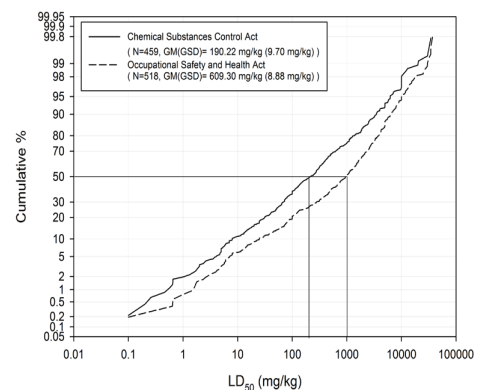
Figure. 3은 산안법과 화관법의 전체물질에서 TWA, LD₅₀, LC₅₀ 농도가 있는 물질들에 대해 누적그래프를 나타낸 것이다. 세 가지 항목 모두 산안법과 화관법에서 비슷한 추이를 보이며, 50%의 값인 중위수를 보면 TWA(산안법: 5 mg/m³, 화관법: 1 mg/m³), LD₅₀(산안법: 984 mg/kg, 화관법: 214 mg/kg), LC₅₀(산안법: 33 mg/L, 화관법: 3 mg/L) 모두 산안법에 비해 화관법의 관리물질들의 농도가 더 낮은 것을 알 수 있다. TWA의 경우 샘플수가 산안법에 비해 화관법이 적은데, TWA 농도가 산안법에서 주로 작업장 환경관리를 위해 사용되는 농도이기 때문에 화관법은 TWA 농도를 가진 대상물질이 상대적으로 적다. 다른 의미에서 보면, 산안법에서 관리하는 많은 물질들이 화관법에서는 관리되지 않고 있다는 것이다. LD₅₀ 비교 그래프는 중위수에서 분명한 차이를 보이며, 화관법 관리물질은 경구독성이 큰 물질들의 비율이 산안법에 비

Occupational Safety and Health Act VS Toxic Chemicals Control Act – TWA



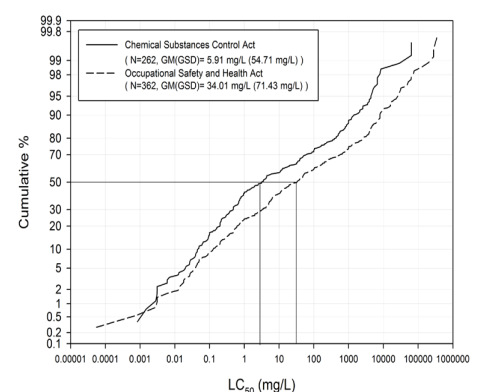
(a)

Occupational Safety and Health Act VS Chemical Substances Control Act – LD₅₀



(b)

Occupational Safety and Health Act VS Chemical Substances Control Act – LC₅₀



(c)

Figure 3. Comparison between Occupational Safety and Health Act and Chemical Substances Control Act by (a) TWA (b) LD₅₀ (c) LC₅₀.

Table 3. Association between TWA and acute toxicity data(LD₅₀, LC₅₀)

	TWA vs. LD ₅₀	TWA vs. LC ₅₀
Number of paired samples	427	278
Correlation coefficient(R)	0.506*	0.641*
Regression coefficient(95%CI)	0.358* (0.300, 0.416)	0.841* (0.724, 0.963)
Intercept	5.888*	1.917*

*p<0.01

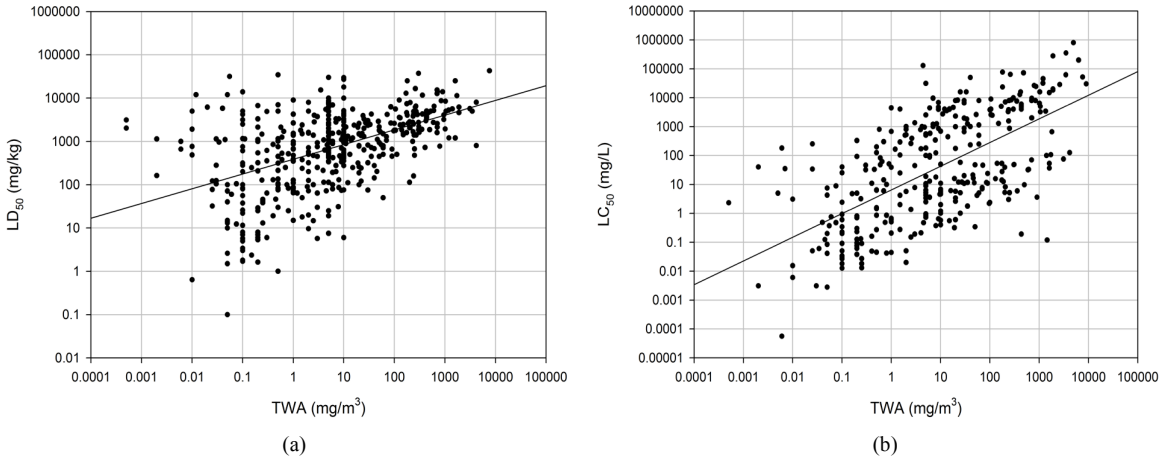


Figure 4. Relationship between TWA and acute toxicity data(LD₅₀, LC₅₀) (a) TWA vs. LD₅₀, (b) TWA vs. LC₅₀.

해 높은 것을 알 수 있다. LC₅₀의 경우 산안법은 독성이 큰 물질들을(기준이 더 저농도인 물질) 관리대상에 포함하고 있음을 보인다. 그러나 전체적인 추이를 봤을 때 독성이 큰 물질의 비율은 화관법이 더 많다.

산안법상의 TWA는 근로자가 8시간동안 건강장해를 받지 않고 노출될 수 있는 농도이다. 시험동물의 50%의 치사량을 나타내는 급성독성의 지표로서 LD₅₀는 경구독성을, LC₅₀은 흡입독성을 나타내는 지표이다. TWA가 독성의 상대지표는 아니지만, 그 값을 설정하는데 동물실험을 통한 급성독성자료들이 고려되므로 이들의 상관성을 고찰할 수 있다 (Megumi et al., 1999). TWA와 LD₅₀의 상관계수는 0.506, TWA와 LC₅₀은 0.641로 모두 유의수준 0.01에서 유의한 결과를 나타내었다(Figure 4). TWA는 작업장의 공기 중 농도를 기준으로 설정한 값이기 때문에 경구독성을 나타내는 LD₅₀보다 흡입독성을 나타내는 LC₅₀이 더 통계적으로 의미 있는 결과를 보인 것으로 생각된다. 본 통계결과는 Megumi et al. (1998)의 연구에서 미국산업위생전문가협회(American

Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) TWA와 LD₅₀, LC₅₀과의 비교 결과와 유사하다.

3) CMR 물질 비교

발암물질의 분류는 IARC을 비롯한 ACGIH, 미국국립 산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH), 고용노동부 등 많은 기관에서 설정하고 있으나 이 중 IARC 자료가 자주 인용된다. IARC에서는 carcinogenic to humans(Group 1), probably carcinogenic to humans(Group 2A), possibly carcinogenic to humans(Group 2B), not classifiable as to its carcinogenicity to humans(Group 3), probably not carcinogenic to humans(Group 4)로 나누어 관리한다. 국내 고용노동부는 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질을 1A, 사람에게 제한된 발암성 증거가 있는 물질 1B, 제한된 증거가 있지만 구분 1로 분류하기에는 증거가 불충분한 물질을 2로 구분한다. 본 연구에서 발암 비발암성 구분을 IARC분류에서는 Group 1,

Table 4. Several Health Index(TWA, LD₅₀, LC₅₀) of Chemicals Regulated by the MoEL(the Ministry of Employment and Labor) and MoE(Ministry of Environment)

	Occupational Safety and Health Act(MoEL)						Chemical Substances Control Act(MoE)					
	Categorized by MoEL Criteria, GM(GSD)			Categorized by IARC Criteria, GM(GSD)			Categorized by MoEL Criteria, GM(GSD)			Categorized by IARC Criteria, GM(GSD)		
	TWA (mg/m ³)	LD ₅₀ (mg/kg)	LC ₅₀ (mg/L)	TWA (mg/m ³)	LD ₅₀ (mg/kg)	LC ₅₀ (mg/L)	TWA (mg/m ³)	LD ₅₀ (mg/kg)	LC ₅₀ (mg/L)	TWA (mg/m ³)	LD ₅₀ (mg/kg)	LC ₅₀ (mg/L)
Carcinogen ^A	165/194 ^{1)*} 2.21 (27.19)	154/194 694.86 (6.74)	109/194 25.60 (56.60)	114/145 2.67 (30.97)	112/145 702.14 (6.59)	75/145 69.13 (54.27)	82/121 0.85 (21.63)	93/121 379.87 (7.11)	59/121 11.65 (70.30)	57/111 0.62 (20.19)	80/111 327.95 (6.66)	50/111 13.77 (49.85)
Mutagen ^B	41/48 3.84 (27.95)	38/48 577.09 (6.63)	30/48 23.12 (131.46)				27/33 1.67 (10.68)	28/33 270.22 (5.48)	21/33 11.70 (86.03)			
Reproduction ^C	44/45 2.11 (22.00)	38/45 1357.76 (6.36)	26/45 65.92 (65.78)				21/24 2.19 (17.90)	17/24 1890.04 (4.63)	12/24 23.00 (33.47)			
The Others ^D	415/499 5.69 (22.18)	342/499 546.28 (10.02)	232/499 36.72 (81.12)	494/577 4.92 (21.82)	409/577 582.48 (9.57)	287/577 28.26 (75.57)	101/847 1.04 (13.47)	352/847 151.27 (9.93)	190/847 4.81 (51.83)	142/861 1.33 (14.88)	379/861 169.56 (10.28)	212/861 4.85 (54.96)
Total	609/722 4.39 (23.45)	521/722 606.35 (8.87)	362/722 34.01 (71.43)	609/722 4.39 (23.45)	521/722 606.35 (8.87)	362/722 34.01 (71.43)	199/987 1.07 (16.52)	459/987 190.22 (9.70)	262/987 5.91 (54.71)	199/987 1.07 (16.52)	459/987 190.22 (9.70)	262/987 5.91 (54.71)
p-value	0.006	0.083	0.710	0.063	0.423	0.106	0.448	0.001	0.273	0.082	0.018	0.097
Bonfferoni test*	A-D							A-C A-D B-C C-D			A-D	

¹⁾ Numerator stands for the number of chemicals which have TWA and denominator stands for number of chemicals which belong to each category. i.e., among the chemicals regulated by MoEL OSHA, a total of 194 chemicals were designated as carcinogen by MoEL and 165 chemicals have TWA but 29(195-165) chemicals have not TWA values.

* Bonfferoni test is the post-hoc test after ANOVA test and shows the groups if there were significant difference between groups with $p < 0.05$.

Group 2A 및 Group 2B로, 고용노동부는 1A, 1B, 2 등급까지 발암성 물질로 하였고 그 외는 비발암성물질로 구분하였다.

Table 4는 산안법과 화관법 각각 관리물질들의 발암 물질 등급을 고용노동부기준과 IARC 기준으로 나누어 각각 개수와 이들의 TWA에 대해서 GM, GSD를 나타 낸 것이다. 고용노동부는 발암성물질(Carcinogen), 생식제 포변이원성물질(Mutagen), 생식독성물질(Reproduction), 그 외 물질(The others)로 나누어서 비교하였고, IARC 기준으로는 발암물질(Carcinogen), 비발암물질(Non Carcinogen)로 구분하였다.

TWA는 산안법에서 관리하는 물질은 고용노동부의 분류법에 따른 CMR물질이 비 CMR 물질의 GM 보다 낮았으며, 유의성은 발암성 물질그룹과 비 CMR물질 그룹 간에만 있었다. 즉 산안법에서 관리

하는 물질 중 고용노동부에서 지정하고 있는 CMR 물질의 GM은 각각 2.21 mg/m³, 3.84 mg/m³, 2.11 mg/m³이고 비 CMR 물질의 GM은 5.69 mg/m³이다. 화관법에서 유해화학물질 중 고용노동부의 분류기준에 따른 CMR 물질의 GM은 각각 0.85 mg/m³, 1.67 mg/m³, 2.19 mg/m³이고, 비 CMR 물질의 GM은 1.04 mg/m³이다. 전반적으로 고용노동부에서 관리하고 있는 물질의 GM 수준보다 낮는데 그 이유는 이들의 CMR 대상 화학물질 수가 적고 TWA값을 가진 수가 적어 각 값이 작기 때문이다.

IARC의 분류기준에 의하면 산안법상 관리하는 722개 물질에서 145개가 Group 1, Group 2A 또는 Group 2B에 속하여 발암성 물질로 구분되었고 이중 114개 물질이 TWA를 갖고 있으며, GM 값은 2.67 mg/m³이고 비발암성물질의 GM은 4.92 mg/m³이다.

화관법상 관리대상 물질 중에서는 111개 물질이 IARC기준 발암성 물질이며, 그중 57개 물질이 TWA를 갖고 있고 그 GM 값은 0.62 mg/m^3 으로 비발암성 물질의 GM 1.33 mg/m^3 보다 낮다.

LD₅₀은 생식독성물질인 경우 산안법 관리물질과 화관법 관리물질의 GM이 각각 1357.76 mg/kg , 1890.04 mg/kg 으로 다른 그룹에 비해 높았다. LD₅₀ GM 값이 가장 낮은 그룹은 CMR물질이 아닌 기타 물질로 산안법관리 물질은 546.28 mg/kg , 화관법 관리물질은 151.27 mg/kg 이다. 화관법 관리대상 물질 중 LD₅₀의 통계결과를 보면 고용노동부의 분류에 따른 CMR물질 각각이 그 외의 물질과 평균이 차이가 있고, IARC 기준도 발암성물질과 비발암성물질의 기하평균이 유의한 차이가 있다는 결과가 나왔지만, 산안법 관리대상물질에서는 기하평균이 유의한 차이가 없었다. LC₅₀ 농도 값도 산안법 고용노동부 기준을 제외한 산안법(the others: 28.26 mg/L), 화관법(the others: 4.85 mg/L) IARC 기준 발암성과 비발암성 물질의 평균농도는 비발암성 물질의 농도가 더 낮게 나왔으며, 화관법 고용노동부기준에서도 그 외 물질(the others: 4.81 mg/L)이 더 낮은 값을 보였다.

국내에서 유통되는 화학물질은 유해정도가 확인된 물질이 15% 밖에 없을 정도로 CMR 물질에 대한 정보는 여전히 부족하다(Byun, 2013). 2012년 산안법의 특별관리물질 제정에서 보더라도 위해성이 높은 16종에 대해서 화관법의 관리물질과 비교해보면 니켈, 1-브로모프로판 등은 관리물질에 포함되어 있지 않다. 1-브로모프로판의 경우 다발성 신경병증에 대한 케이스가 보고된 사례가 있으며, 생식독성이 있다고 밝혀진 물질이다. 이와 유사한 구조를 가진 2-브로모프로판(2-Bromopropane; CAS No. 75-26-3)은 세계 최초로 국내의 집단 발병사례를 통하여 생식독성이 있다고 밝혀진 물질이지만, 화관법에서는 관리대상 물질에 속하지 않는다(Park et al., 1997). 노말헥산(n-Hexane; CAS No. 100-54-3)의 경우도 태국 여성 근로자들의 다발성 신경장애로 사회적 이슈가 되었던 물질로, 특히 말초신경독성이 있다고 잘 알려져 있으며 국내에서도 몇 차례 다발성 말초신경증세가 보고된 적이 있다(Shin et al., 2005). 그러나 이 물질은 산안법에서는 관리대상물질이나 화관법에서는 아니다.

산안법과 화관법이 안전보건 전반적인 사항들을 포괄하는 법이라고 할 때 유해성이 큰 CMR 물질 관리의 필요성에 대한 논의는 필요할 것으로 보인다. 발암성 물질이라고 의심되지 않았던 1,2-Dichloropropane (CAS No. 78-87-5)과 Dichloromethane(CAS No. 75-09-2)이 두 물질에 의한 암에 대한 집단적인 사망이 일본에서 발생한 사례가 있다(Im, 2013). 국내에서도 산안법에서만 두 가지 물질을 관리하고 있으며, 고용노동부에서는 Dichloromethane에 대해서만 발암 2등급으로 관리하고 있다. 1,2-Dichloropropane은 IARC과 고용노동부 모두 발암등급이 존재하지 않는 물질이다. 이렇듯 발암성이 의심되지 않는 물질이 암발생 사례로 나타나는 경우도 있기 때문에 추후 다양한 독성자료를 통한 CMR물질 선정이 필요하다.

IV. 결 론

산안법과 화관법의 분류체계 및 관리물질들을 비교하고, GHS 분류에 따라 보건지표로 TWA, LD₅₀, LC₅₀ 및 CMR 물질로 나누어 비교한 결과 결론은 다음과 같다.

- 관리되는 화학물질을 CAS No.를 기준으로 하고 중복되는 물질을 제외하면 산안법은 노출기준설정물질이 656종, 제조 등의 금지물질 89종, 허가대상물질 13종, 허용기준설정대상물질 14종, 작업환경측정대상 유해인자 222종, 특별관리물질 20종, 특수건강진단대상 유해인자 185종으로 분류되고, 화관법은 관리물질을 5가지로 분류하며 법적 고시기준으로 유독물질이 792종, 허가물질 111종, 제한물질 55종, 금지물질 84종, 사고대비물질 69종이 있다.

- 화관법 관리물질에서 유독물질이 금지물질, 제한물질, 사고대비물질과 일부 겹치며, 허가물질은 다른 관리물질과 겹치는 물질이 없다. 산안법의 금지물질은 화관법의 금지물질을 포함하고 있으며, 금지물질 89개중 TWA가 설정되어 있는 종류는 30종이다. 같은 물질에 대해서도 2종류 이상의 법의 제제를 받을 수 있기 때문에 향후 각 부처 간의 협의가 필요할 것으로 생각된다.

- 산안법의 제조 등 금지물질, 허가대상물질, 허용기준설정대상물질, 특별관리물질, 화관법의 유독물질, 허가물질, 제한물질, 금지물질, 사고대비 물질의

TWA를 비교해보면 특별한 경향성이 없었다.

- TWA와 LC₅₀의 상관계수는 0.641이고 TWA와 LD₅₀의 상관계수는 0.506였다.

- 산안법과 화관법의 TWA, LD₅₀, LC₅₀의 누적그래프를 비교해보면 두 그래프가 추이가 비슷하며, TWA, LD₅₀, LC₅₀ 모두 산안법에 비해 화관법의 중위수가 더 낮았다.

- CMR 물질 중 발암성물질과 비발암성물질을 비교하면 TWA 값만 발암성물질이 다른 물질들에 비해 농도가 낮았으며, LD₅₀과 LC₅₀은 산안법 중 고용노동부 기준으로 분류한 LD₅₀을 제외한 산안법과 화관법 나머지 물질 모두 CMR 물질이 아닌 물질이 더 농도가 낮았다. 따라서 비발암성물질 중에서도 CMR 물질 선정 시에 급성독성이나 TWA의 값을 고려할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 BK 21 plus 사업 (No.5280-20140100)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

Byun HJ, Effective risk management system for chemicals in industries, *Industrial Engineering & Management Systems* 2013;20(2):32-36

Cho HH, Yi KH. A study on role and status of the Occupational Safety and Health Act in Looking at the legal history, *Kyungpook Natl. Univ. Law Journal* 2011;37:23-82

Choi SJ, Phee YG, Kim SB, Kim W, A comparative legal study of Germany, the United Kingdom, Japan and Korea for the regulations on special management materials, *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2013;23(2):137-147

Fred A. A history of the international chemical industry. Chemical Heritage Foundation; 2001. p. 1-16

Im CH, Understanding carcinogenic substances, *Korean Industrial Health Association* 2013;301:15-20

Korea Information System for Chemical Safety Management, Chemicals information, Available from:URL: <http://kischem.nier.go.kr> [accessed 18

January 2015]

Korea Occupational Safety and Health Agency, MSDS, Available from:URL: <http://www.kosha.or.kr> [accessed 18 January 2015]

Lee BW, Lee KJ, Park JP, Shin DI, Advancement plan on hazardous material classification and comparative study of the criteria in UN GHS and Safety Control of Dangerous Substances Act, *Journal of the Korean Institute of Gas* 2013;17(5):42-50

Lee KS, Jo JH, Choi JH, Shin HH, Yang JS, Study on the validity of selection of hazardous substances requiring management on Industrial safety and health Act, *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2009;19(2):139-155

Megumi S, Hiroshi T, Takeshi H, The contribution of acute toxicity in animals to occupational exposure limits of chemical substances, *Industrial Health* 1999;37:22-27

Ministry of Employment Labor(MoEL). Exposure limits for chemical substances and physical Agents. Available from:URL: <http://www.moel.go.kr> [accessed 18 January 2015]

Ministry of Environment(MoE), A study on criteria improvements of toxic chemicals management and handling facility. 2007 Research Report. 2007

Ministry of Government Legislation, Law and Provision, Available from:URL: <http://www.law.go.kr> [accessed 18 January 2015]

National Institute of Environmental Research(NIER), Available from:URL: <http://www.nier.go.kr> [accessed 18 January 2015]

Park JS, Kim YH, Park DW, Choi KS, Park SH, Moon YH, An outbreak of hematopoietic and reproductive disorders due to solvents containing 2-Bromopropane in an electronic factory, South Korea: epidemiological survey, *Journal of Occupational Health* 1997;39:138-143

Shin JY, Leem JH, Kim YK, Park SG, Lee JN, Kim HC et al., A case of peripheral polyneuropathy occurring in a small enterprise processing mobile phone cases, *Korean J Occup Environ Med* 2005;17(2):138-143

Yoon CS, Ham SH, Park JH, Kim SJ, Lee SA, Lee KS, Park DU, Comparison between the Chemical Management Contents of Laws Pertaining to the Ministry of Environment and the Ministry of the Employment and Labor, *Korean Journal of Environmental Health Sciences* 2014;40(5):331-345