

우리나라 노출기준 초과 발암성물질의 특성

Characteristics of Occupational Carcinogens Exceeding Occupational Exposure Limit in Korea, 1999 to 2009

피영규*

Young Gyu Phee

대구한의대학교 보건학부

Faculty of Health Science, Daegu Hanny University

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze 157 processes of 145 industries that exceeded Korean Occupational Exposure Limits (KOEL) for carcinogen during the 11 year period from 1999 to 2009. The data included number of industry and workers exposed, type of carcinogen and their exceeded ratio, type and size of industry in each year. These data were collected by 46 regional employment & labor offices in Korea using work environment monitoring reports. The result showed that, in each year, about 10 industries exceed their carcinogen exposure limit. The most common carcinogen exceeding KOEL were found to be formaldehyde, benzene, ethylene oxide and chromiumVI. The carcinogen with the highest level of over-exposure were in the order of formaldehyde, benzene, ethylene oxide and asbestos. Fabricated metal product manufacturing industry were found to be most vulnerable against carcinogen with 11.1% of them exceeding carcinogen KOEL followed by electronic components manufacturing industry (8.3%), chemical products manufacturing industry (6.3%), and electrical equipments manufacturing industry (4.9%). The industry employing less than 50 workers had the highest percentage of exceeding carcinogen KOEL with 52.8%. The result also showed that strengthening KOEL for benzene and asbestos helped reduce the level of carcinogen over-exposure.

Based on these results, strengthening the KOEL or new regulation turned out to help reduce the carcinogen over-exposure level. Benzene, ethylene oxide and chromiumVI were the most frequently over-exposed carcinogen with the highest level. Therefore, these chemicals need to be regulated with a highest priority to improve the workplace environment. The results also show that the small-sized industries employing less than 50 workers was the most vulnerable against carcinogen exposures. Therefore, more government support are needed for these small-sized industries to help them to improve their workplace environment.

Key words : Carcinogen, Occupational exposure limit

I. 서 론

발암성물질의 사전적 정의는 “사람이나 동물에게 악성 종양을 발생시키는 물질”로 되어있다. 근로자의 건강보호를 목표로 삼고 있는 산업안전보건법에서 발암성물질은 2006년에 GHS (Globally Harmonized System for Classification and Labelling of Chemicals) 시스템의 정의를 반영하여 “암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질”로 규정하였다(노동부, 2009).

발암성물질로 인하여 최초로 보고된 직업성 암은 1775년 굴뚝청소부의 음낭암이었고 이후 1895년 염료공

장의 근로자에게서 방광암이 보고되었으며 1895년에 벤젠에 의한 백혈병이 보고되었지만 현대에서 직업성 암의 대부분은 폐암이나 악성중피종 등 호흡기 암이 차지하고 있다(강성규 등, 2001). 우리나라에서 직업성 암 발생 현황의 정확한 파악은 거의 불가능한 것으로 알려져 있으며 1992년부터 2000년까지 9년간 직업성 암으로 35건이 산업재해 요양으로 승인되었고 그 원인물질로는 석면, 크롬, 벤젠, 다환성방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs), 코크스오븐배출물(Coke Oven Emissions, COEs), 결정형규산(Crystalline silica) 및 벤지딘 등이 알려져 있다(한국산업안전보건공단, 2004; Kim, 2009).

이러한 발암성물질을 등급화하고 있는 기구나 단체는 적지 않으며 그 목적에 따라 다르게 분류하여 공표하고 있다. 대표적인 기구 등으로는 국제암연구기구(International Agency Research on Cancer, IARC), 국립독성프로그램(National Toxicology Program, NTP), 유럽연합의 분류·

*Corresponding author: Young Gyu Phee
경북 경산시 유곡동 290번지 대구한의대학교 보건학부
Tel: 053-819-1590, Fax: 053-819-1209
E-mail: yphee@dhu.ac.kr
Received: 2011. 9. 20., Revised: 2011. 12. 6.
Accepted: 2011. 12. 23.

표시에 관한 규칙(European Regulation on the Classification, Labelling and Packaging of chemical substances and mixtures, CLP) 등 다양하나 직업적 노출과 관련해서는 미국정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 발암성 구분이 가장 널리 활용되고 있다(ACGIH, 2010; IARC, 2010; NTP 2011; EU, 2011).

전 세계적으로 직업성 암 예방을 위한 각국의 관심과 노력은 지속되고 있으며 직업성 암 감시체제 구축, 발암성물질 정보 자료 구축, 관련 위원회 구성 및 운영 등 다양한 정책을 추진(Vainio, 2009; Kranig, 2009) 하고 있으나 무엇보다 가장 강력한 관리는 근로자 건강보호 관련 법령의 규제를 통해서 일 것이다. 우리나라도 산업안전보건법에서 직업성 암 예방을 위한 제도를 운영하고 있으며 발암성물질 자체를 제조 등의 금지 및 허가대상물질에 포함시켜 제한하거나, 사전 예방차원의 작업환경측정과 근로자 건강진단 등을 통한 모니터링 제도가 있고 발암성물질의 구체적인 관리방법은 산업안전보건기준에 관한 규칙에 제시되어 있다(고용노동부, 2011a). 각 규제 특성별로 발암성물질의 종류는 다소 차이가 있으나 작업환경측정 대상 발암성물질은 2003년부터 허가대상물질 13종과 관리대상 유해물질 편에 발암성으로 표시된 9종을 더하여 총 22종이다(고용노동부, 2011a; 2011b).

지금까지 우리나라에서 직업성 암에 대한 연구는 부분적으로 이루어져 왔으나 그 방향이 직업병 중심의 산업의학적 견지이거나(조수현 등, 1994; 강성규 등, 2001), 근로자의 발암성물질에 대한 노출수준에 관한 연구는 일부 수행되어 왔으나 그 대상물질이 다핵방향족탄화수소, 석면 등 극히 제한적이었다(문영한 등, 1998; 김은아와 심광진, 2001; 김은아 등, 2002). 무엇보다 직업성 암 예방을 위해서 가장 중요한 것은 작업환경 중 발암성물질의 노출수준 등의 파악이 선행되어야 하나 그 정보나 세부적인 특성 등에 대한 연구가 상당히 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 10여년간 우리나라에서 발암성물질의 노출기준이 초과된 모든 사업장에 대하여 발암성물질의 종류, 초과 농도와 수준, 산업 형태, 사업장 규모 등의 특성을 파악함으로써 향후 발암성물질 취급 근로자의 직업성 암을 예방하기 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 대상

1999년부터 2009년까지 산업안전보건법에 의해 작업환경측정이 수행된 모든 사업장 중 발암성물질의 노출기준이 초과되었다고 매년 지방고용노동지청에서 고용노동부로 보고된 사업장을 대상으로 하였다. 이 연구는 2000년에 기획되었으며, 10여년 동안 매년 자료를 축적하였다. 다만, 2008년의 자료의 경우 그 정보를 가급적 확보하려고 노력하였으나 발암성물질별 사업장 수 등에

대한 일부 정보만 확인 할 수 있었고, 노출기준 초과수준은 파악할 수 없었다. 총 11년간 발암성물질의 노출기준 초과사업장은 145개소에 157개 공정으로 파악되었다.

발암성물질의 대상은 1999년부터 2002년까지는 이전의 화학물질 및 물리적인자의 노출기준에 발암성으로 표기된 물질인 A1(발암성 확인물질) 및 A2(발암성 추정물질)이었고, 2003년 이후의 작업환경측정 대상 발암성물질은 허가대상물질 13종과 산업안전보건에 관한 규칙 별표12의 규정에 의한 벤젠 등 발암성 표시물질 9종이었으며, 이중 노출기준 초과로 보고된 발암성물질만을 대상으로 하였다(노동부, 2002, 고용노동부 2011a, 2011b).

2. 방법

발암성물질의 노출기준이 초과된 사업장 및 공정에 대하여 시료채취 연도, 사업장명, 주소, 업종, 총 근로자수, 공정명, 노출공정 근로자 수, 노출농도 및 노출기준에 대한 변수를 설정하였다. 또한, 사업장의 발암성물질의 분포 특성을 파악하기 위한 산업분류는 확보된 사업장의 업종 등의 정보를 활용하여 제9차 한국표준산업분류의 대분류를 활용하여 구분하였다(통계청, 2011). 선정된 변수는 SAS system for windows(SAS/Stat 9.1, SAS Institute, Cary, USA)를 활용하여 기술분석을 실시 후 그 결과를 산출하였다.

III. 결 과

1. 연도별 발암성물질의 노출기준 초과사업장 및 공정과 취급 근로자수

Table 1은 1999년부터 2009년까지 연도별로 우리나라 발암성물질 노출기준 초과 사업장 및 공정 수와 취급 근로자 수를 나타낸 것이다. 1999년에 20개 사업장을 시작으로 지속적인 소폭의 감소와 증가를 보이며 매년 10여개의 사업장과 공정에서 발암성물질이 노출기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 노출기준이 초과된 공정에 근무하는 근로자 수는 2000년 204명으로 최고 수준을 유지하다가 2003년까지 지속적으로 감소되는 경향을 보였으며, 2005년부터 병원 등에서 사용하는 산화에틸렌에 대한 작업환경측정이 본격화되면서 발암성물질 노출기준 초과공정의 근로자 수가 122명으로 증가되었다가 2006년부터 다시 감소하는 추세로 나타났다.

2. 연도별 발암성물질의 평균 초과농도의 변화

Table 2는 연도에 따른 발암성물질별 노출기준 초과농도의 변화를 나타내고 있다. 석면은 2002년 노출기준으로 백석면이 2개/cm³에서 0.1개/cm³로 강화됨에 따라 2003년부터 노출기준 초과가 시작되었고 그 이후 노출기준 초과수준이 0.2~0.3개/cm³로 증가 및 감소가 반복되었으나 2007년부터 제조 등의 금지 유해물질로 편입됨에 따라 이후 초과공정은 발생하지 않았다. 카드뮴의 경우 2004년에 처음 0.1 mg/m³의 노출기준 초과수준을 보이다가 2006년과 2007년에 0.12 mg/m³로 다소 증가 경향을 보였

Table 1. Number of workplaces, processes and workers exceeding of occupational exposure limit for carcinogens by year

Carcinogen	Year										
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Acrylonitrile	2(2)/2*		1(1)/2								
Antimony trioxide							1(1)/6				1(1)/2
Asbestos					3(3)/9	1(1)/3	1(3)/7	1(1)/5		1(1)	
Benzene	2(2)/6			1(1)/7	4(4)/7	3(4)/5	3(3)/11	2(2)/36	4(5)/12	1(1)	
Cadmium						1(1)/2		2(3)/28	2(3)/20		1(1)/1
Chloroform	1(1)/4	2(2)/3	2(2)/3								
Chromium VI	1(1)/5		1(1)/2	1(1)/2	1(1)/1	1(1)/7	1(1)/4		1(1)/4	5(5)	
CTPV†		2(2)/47									
Dichloro methane	6(6)/25	8(8)/33	1(2)/13	7(7)/34	5(5)/26					1(1)/7	
Ethylene oxide						1(1)/2	2(3)/12	5(5)/11	6(7)/16	3(3)	4(4)/8
Formaldehyde	5(5)/21	4(4)/107	3(4)/105	3(3)/35	2(2)/13	1(1)/2		1(1)/8	2(2)/4	3(3)	6(7)/18
Lead chromate	3(3)/5	3(3)/14		1(1)/1	1(1)/1						
Vinyl chloride							1(2)/82				
Total	20(20)/90	19(19)/204	8(10)/126	13(13)/79	16(16)/57	8(9)/21	9(13)/122	11(12)/88	16(19)/63	13(13)	12(13)/29

* : Number of workplaces/Number of operations(Number of workers), † CTPV : Coal tar pitch volatiles

Table 2. Time trend of mean concentrations for carcinogens by year

Carcinogen	Year Content	Year										KOEL † (YR) §		
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		2009	
Acrylonitrile (ppm)	AM±SD*	3.44±0.26		6.16										
	ER †	1.72		3.08										2('88)
Antimony trioxide(mg/m ³)	AM±SD							1.38				0.95		0.5('88)
	ER							2.76				1.90		
Asbestos (f/cm ³)	AM±SD				0.34±0.21	0.23	0.37±0.01	0.29						2('88)
	ER				3.40	2.30	3.70	2.90						0.1('02)
Benzene (ppm)	AM±SD	17.79±10.72			60.52	11.46±17.62	1.74±0.58	7.80±10.13	4.44±1.56	2.67±2.93				10('88)
	ER	1.78			60.52	11.46	1.71	7.80	4.44	2.67				1('02)
Cadmium (mg/m ³)	AM±SD						0.09		0.12±0.10	0.12±0.02			0.055	0.05('88)
	ER						1.80		2.40	4.00			1.83	0.03('07)
Chloroform (ppm)	AM±SD	13.70	42.63±21.26	46.23±11.22										10('88)
	ER	3.70	4.26	4.62										
Chromium VI (mg/m ³)	AM±SD	0.052		0.06	0.06	0.06	0.11	0.07		0.14				0.05('88)
	ER	1.04		1.20	1.20	1.20	2.20	1.40		2.80				
CTPV † (mg/m ³)	AM±SD		0.24±0.01											0.2('88)
	ER		1.20											
Dichloro methane(ppm)	AM±SD	109.37±64.99	139.51±74.33	66.25±4.31	61.13±36.25	110.29±53.03				81.54				50('88)
	ER	2.19	2.79	1.33	1.22	2.21				1.63				
Ethylene oxide(ppm)	AM±SD						1.61	2.22±1.13	6.20±5.79	3.00±2.37		2.35±1.93		1('88)
	ER						1.61	2.22	6.20	3.00		2.35		
Formaldehyde (ppm)	AM±SD	1.43±0.22	1.45±0.54	1.47±0.53	2.26±0.64	9.79±11.78	48.04		1.17	1.78±0.13		0.78±0.30		1('88)
	ER	1.43	1.45	1.47	2.26	9.79	48.04		1.17	3.56		1.56		0.5('07)
Lead chromate (mg/m ³)	AM±SD	0.07±0.01	0.08±0.03		0.07	0.13								0.05('88)
	ER	1.40	1.60		1.40	0.026								
Vinyl chloride(ppm)	AM±SD							1.11±0.02						1('88)
	ER							1.11						

* AM±SD : Arithmetic Mean±Standard Deviation, † ER : Exceeding ratio, ‡ KOEL : Korean occupational exposure limits, § YR : Year of Revision, || CTPV : Coal tar pitch volatiles, . : missing data

으나 2007년 그 기준이 0.05 mg/m³에서 0.03 mg/m³으로 강화되면서 2009년에는 그 수준이 0.06 mg/m³으로 다시

감소되었다. 산화에틸렌은 2003년 작업환경측정대상물질에 포함되면서 2004년 1.6 ppm수준으로 시작되어

Table 3. Concentrations and levels exceeding of occupational exposure limits by carcinogen

Carcinogen	Unit	N*	AM±SD†	Range	Exceeding ratio‡	KOEL§(Carc)	ACGIH TLV¶(Carc)
Acrylonitrile	ppm	3	4.34±1.58	3.25~6.16	3.17	2(1B)	2(A3)
Antimony trioxide	mg/m ³	2	1.16±0.30	0.95~1.38	2.33	0.5(1A)	0.5(A2 ^P)
Asbestos	f/cm ³	8	0.33±0.12	0.12~0.55	3.31	0.1(1A)	0.1(A1)
Benzene	ppm	21	9.26±15.13	1.03~60.52	3.53	1(1A)	0.5(A1)
Cadmium	mg/m ³	8	0.11±0.06	0.05~0.24	2.19	0.03(1A)	0.01/0.002 ^R (A2)
Chloroform	ppm	5	36.84±19.83	13.70~57.66	3.68	10(2)	10(A3)
Chromium VI	mg/m ³	7	0.08±0.03	0.05~0.14	1.60	0.05(1A)	0.01(A1)
CTPV**	mg/m ³	2	0.24±0.01	0.23~0.25	1.20	0.2(1A)	0.2(A1)
Dichloro methane	ppm	29	102.26±61.39	13.36~286.30	2.28	50(2)	50(A3)
Ethylene oxide	ppm	20	3.48±3.50	1.01~16.26	3.48	1(1A)	1(A2)
Formaldehyde	ppm	29	3.56±9.12	0.55~48.04	3.71	0.5(1A)	C 0.3(A2)
Lead chromate	mg/m ³	8	0.08±0.03	0.07~0.13	1.67	0.05(1A)	0.05(A2)
Vinyl chloride	ppm	2	1.11±0.02	1.10~1.13	1.11	1(1A)	1(A1)

* : Number of operations, † AM±SD : Arithmetic Mean±Standard Deviation,

‡ Exceeding ratio : Exceeding concentrations/Korean Occupational exposure Limit, § KOEL : Korean occupational exposure limits in 2011,

|| Carc : Carcinogenicity, ¶ ACGIH TLV : American Conference of Industrial Hygienists Threshold Limit Values in 2011,

** CTPV : Coal tar pitch volatiles

2006년에 최고조(6.2 ppm)를 유지하다가 그 이후 감소되는 경향을 보였으며 2009년에는 2.4 ppm으로 낮아졌다. 크롬산염의 경우 1999년 0.07 mg/m³ 수준으로 시작되어 2000년 0.09 mg/m³, 2002년 0.07 mg/m³로 감소 및 증가를 지속하다가 2003년 0.13 mg/m³으로 최고조를 유지한 이후 2004년부터 크롬산염이 크롬과 그 무기화합물로 통폐합되면서 초과공정이 모두 6가크롬으로 변경되었다. 그 수준은 2004년, 2005년, 2007년에 0.1 mg/m³ 정도로 유지되다가 그 이후 노출기준 초과는 없었다. 클로로포름은 1999년 13.7 ppm으로 시작하여 2000년과 2001년 40 ppm 수준으로 상승되었으나 2003년 이후 작업환경측정대상 발암성물질에서 제외되었 차지하였다. 또한, 디클로로메탄도 1999년 110 ppm으로 시작되어 2000년 최고조(140 ppm)를 보였으며 이후 2001년과 2002년 60 ppm대를 유지하다가 2003년 다소 상승(110 ppm)되었으나 그 이후 발암성물질에서 삭제되면서 초과되는 경우가 발생하지 않았다. 포름알데히드는 2005년을 제외하고 지속적으로 노출기준 초과가 발생되었는데 1999년 1.4 ppm을 시작으로 2001년까지 그 수준을 유지하다가 2002년 2.3 ppm으로 상승하였고 2004년 대폭 상승하여 최고조를 보였다. 그 이후 2006년과 2007년에 각각 1.2, 1.8 ppm으로 다소 감소하는 경향을 보이면서 2007년 그 노출기준이 1 ppm에서 0.5 ppm으로 2배 강화되자 2009년에는 0.8 ppm으로 최저수준을 보였다. 벤젠의 경우 1999년 18 ppm으로 시작되어 2000년과 2001년에는 노출기준 초과사업장이 나타나지 않다가 2002년 노출기준이 10 ppm에서 1 ppm으로 대폭 강화되면서 2003년 11.5 ppm으로 급상승하였으나 다시 2004년 1.74 ppm으로 감소폭을 보였고 2005년 급상승(7.8 ppm)하였으나 이후 감소경향을 보이다가 2009년에는 노출기준 초과대상이 발생하지 않은 것으로 나타났다.

3. 발암성물질의 노출기준 초과수준 및 초과비율

노출기준 초과가 가장 많은 발암성물질은 2008년의 자료를 제외한 총 144개의 공정 중 포름알데히드로 20.1%(29건)이었으며, 그 다음으로 벤젠 14.6%(21건), 산화에틸렌 13.9%(20건), 크롬산염을 포함한 6가크롬 10.4%(15건) 순으로 나타났다. 노출기준 초과수준이 가장 높은 발암성물질은 포름알데히드와 클로로포름으로 노출기준의 3.7배이었고 노출기준 초과수준은 평균 3.6 ppm, 36.8 ppm이었다. 또한, 3배 이상 초과하는 발암성물질로는 아크릴로니트릴(평균 4.3 ppm), 석면(평균 0.3 f/cm³), 벤젠(평균 9.3 ppm) 및 산화에틸렌(평균 3.5 ppm)이 해당되었고, 2배 초과 발암성물질의 경우 삼산화안티몬(평균 1.1 mg/m³), 카드뮴(평균 0.1 mg/m³) 및 디클로로메탄(평균 102.3 ppm)으로 나타났다. 한편, 노출기준을 1배 이상 초과하는 물질로는 6가크롬, 휘발성코올타르피치, 크롬산염 및 염화비닐이 있었다(Table 3). 2011년 현재 우리나라 발암성물질의 노출기준이 미국정부산업위생전문가협회의 서한도(Threshold Limit Values)에 비해 높게 유지되고 있는 물질로는 벤젠, 카드뮴, 6가크롬, 포름알데히드가 있었고 발암성구분은 다소 차이가 있었으나 거의 유사한 것으로 확인되었다.

4. 산업분류별 노출기준 초과 발암성물질의 특성

Table 4는 10년간 노출기준이 초과된 발암성물질의 산업분류별 특성을 파악한 결과이다. 발암성물질 노출기준 초과물질이 가장 많은 산업은 금속가공제품제조업으로 11.1%(16건)이었고, 그 다음 순으로 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비제조업 8.3%(12건), 화학물질 및 화학제품제조업 6.3%(9건), 펄프·종이 및 종이제품제조업 및 전기장비 제조업이 각각 4.9%(7건)로 확인되었다.

Table 4. Distribution of carcinogens exceeding of occupational exposure limit by industrial classification

KSIC* category/Description	N†	() : %												
		Acrylo nitrile	Antimony trioxide	Asbestos	Benzene	Cadmium	Chloro form	Chromi um(VI)	CTPV‡	Dichloro methane	Ethylene oxide	Form aldehyde	Lead chromate	Vinyl chloride
13/Manufacture of Textiles, Except Apparel	3	1(33.33)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2(66.7)	-	-
14/Manufacture of wearing apparel, Clothing Accessories and Fur Articles	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2(100.0)	-	-
15/Tanning and Dressing of Leather, Manufacture of Luggage and Footwear	4	-	-	-	1(25.0)	-	-	-	-	3(75.0)	-	-	-	-
16/Manufacture of Wood Products of Wood and Cork ; Except Furniture	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7(100.0)	-	-
17/Manufacture of Pulp, Paper and Paper Products	5	-	-	-	1(20.0)	-	-	-	-	-	-	4(80.0)	-	-
18/Printing and Reproduction of Recorded Media	5	-	-	-	5(100.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/Manufacture of Coke, hard-coal and lignite fuel briquettes and Refined Petroleum Products	6	-	-	-	4(66.7)	-	-	-	-	-	-	-	-	2(33.3)
20/Manufacture of chemicals and chemical products	9	2(22.2)	1(11.1)	-	-	1(11.1)	2(22.2)	1(11.1)	-	2(22.2)	-	-	-	-
21/Manufacture of Pharmaceuticals, Medicinal Chemicals and Botanical Products	5	-	-	-	1(20.0)	-	-	-	-	2(40.0)	1(20.0)	1(20.0)	-	-
22/Manufacture of Rubber and Plastic Products	3	-	1(33.3)	-	1(33.3)	-	-	-	-	1(33.3)	-	-	-	-
23/Manufacture of Other Non-metallic Mineral Products	6	-	-	2(33.3)	-	2(33.3)	-	-	-	1(16.7)	-	1(16.7)	-	-
24/Manufacture of Basic Metal Products	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3(100.0)	-	-
25/Manufacture of Fabricated Metal Products, Except Machinery and Furniture	16	-	-	-	-	-	3(18.8)	5(31.3)	-	1(6.3)	-	-	7(43.8)	-
26/Manufacture of Electronic Components, Computer, Radio, Television and Communication Equipment and Apparatuses	12	-	-	-	2(16.7)	-	-	-	-	8(66.7)	1(8.3)	1(8.3)	-	-
27/Manufacture of Medical, Precision and Optical Instruments, Watches and Clocks	13	-	-	-	-	-	-	1(7.7)	-	3(23.1)	9(69.2)	-	-	-
28/Manufacture of electrical equipment	7	-	-	1(14.3)	-	5(71.4)	-	-	-	1(14.3)	-	-	-	-
29/Manufacture of Other Machinery and Equipment	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2(100.0)	-	-	-	-
30/Manufacture of Motor Vehicles, Trailers and Semitrailers	7	-	-	5(71.4)	1(14.3)	-	-	-	-	1(14.3)	-	-	-	-
31/Manufacture of Other Transport Equipment	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1(100.0)	-
32/Manufacture of Furniture	6	-	-	-	-	-	-	-	-	2(33.3)	-	4(66.7)	-	-
33/Other manufacturing	4	-	-	-	1(25.0)	-	-	-	-	2(50.0)	-	1(25.0)	-	-
41/General Construction	2	-	-	-	-	-	-	-	2(100.0)	-	-	-	-	-
72/Architectural, Engineering and Other Scientific Technical Services	1	-	-	-	1(100.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
86/Human Health	12	-	-	-	-	-	-	-	-	9(75.0)	3(25.0)	-	-	-
95/Maintenance and Repair Services	2	-	-	-	2(100.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* : Korean Standard Industrial Classification, † : Number of operations, ‡ : Coal tar pitch volatiles

산업분류별로 발암성물질과 연계하여 살펴보면 섬유제품제조업은 포름알데히드(66.7%), 가죽·가방 및 신발제조업의 경우 디클로로메탄(75.0%), 펄프·종이 및 종이제품제조업은 포름알데히드(80%)가 대부분 노출기준을 초과하고 있었다. 한편, 의복·의복액세서리 및 모피제품제조업과 목재 및 나무제품제조업은 포름알데히드가, 인쇄 및 기록매체 복제업의 경우 벤젠만이 초과되는 발암성물질로 나타났다. 코크스·연탄 및 석유정제품제조업은 벤젠(66.7%)이 대부분을 차지하였고 염화비닐(33.3%)도 초과 대상물질이었으며, 화학물질 및 화학제품제조업은 삼산화안티몬, 카드뮴, 6가크롬의 중금속과 아크릴로니트릴, 클로로포름, 디클로로메탄 등 다양한 발암성물질이 초과되었다. 벤젠, 산화에틸렌, 포름알데히드, 디클로로메탄이 의료용 물질 및 의약품 제조업에서

초과되고 있는 것으로 나타났으며, 고무제품 및 플라스틱 제조업의 경우 삼산화안티몬, 벤젠 및 디클로로메탄이 각각 1건씩 초과되었다. 비금속광물제품 제조업에서는 카드뮴, 디클로로메탄, 포름알데히드가 주된 초과물질이었으며, 기계 및 가구를 제외한 금속가공제품 제조업은 모두 포름알데히드가 초과대상 물질이었고, 금속가공제품제조업의 경우 6가크롬 및 크롬산염이 75.1%(7건)로 대부분을 차지하였다. 전자부품·컴퓨터·영상·음향 및 통신장비 제조업은 디클로로메탄(66.7%)이, 의료·정밀·광학기기 및 시계제조업은 산화에틸렌(69.2%), 전기장비 제조업은 카드뮴(71.4%), 자동차 및 트레일러 제조업은 석면(71.4%), 가구제조업은 포름알데히드(66.7%)가 가장 많이 초과되는 발암성물질이었다. 한편, 건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업에서는 검사과정

에 사용되는 벤젠 노출기준 초과가 1건 있었으며, 보건업의 경우 산화에틸렌이 75.0%로 가장 많이 노출기준을 초과하는 발암성물질이었으며 포름알데히드(25.0%)가 그 다음 순이었다. 또한, 수리업에서는 자동차를 정비하는 과정에서 벤젠이 노출기준을 초과하고 있었다.

5. 사업장 규모별 노출기준 초과 발암성물질의 분포

Table 5에서 보는 바와 같이 발암성물질의 노출기준이 초과된 사업장을 규모로 구분해보면 50인 미만의 소규모 사업장이 52.8%(76개 공정)로 가장 많았고, 그 다음 순으로 50~300인 미만 사업장이 37.5%(54개 공정)를 차지하여 300인 미만 사업장이 대부분(90.3%)을 점유하고 있는 것으로 나타났다. 카드뮴, 클로로포름, 휘발성코올타르피치, 크롬산연의 경우 모두 50인 미만 사업장에서 초과되고 있는 것으로 확인되었으며, 300인 미만의 사업장에서 노출기준이 초과되는 물질은 삼산화안티몬, 석면, 6가크롬, 디클로로메탄이 있었다. 300인 이상의 대규모 사업장의 경우 포름알데히드, 산화에틸렌, 벤젠과 염화비닐이 주로 초과되는 발암성물질로 나타났다.

Table 5. Distribution of industry size exceeding of occupational exposure limits for carcinogens () : %

Carcinogen	N*	Size of industry		
		< 50	50~299	≥ 300
Acrylonitrile	3	1(33.3)	1(33.3)	1(33.3)
Antimony trioxide	2	1(50.0)	1(50.0)	
Asbestos	8	7(87.5)	1(12.5)	
Benzene	21	11(52.4)	7(33.3)	3(14.3)
Cadmium	8	8(100.0)		
Chloroform	5	5(100.0)		
Chromium(VI)	7	5(71.4)	2(28.6)	
CTPV*	2	2(100.0)		
Dichloro methane	29	13(44.8)	16(55.2)	
Ethylene oxide	20	2(10.0)	15(75.0)	3(15.0)
Formaldehyde	29	13(44.8)	11(37.9)	5(17.2)
Lead chromate	8	8(100.0)		
Vinyl chloride	2			2(100.0)
Total	144	76(52.8)	54(37.5)	14(9.7)

IV. 고 찰

산업보건 분야에서 발암성물질은 근로자에게 직업성 암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질로 해석할 수 있다. 우리나라 산업안전보건법에서 발암성물질이 포함된 화학물질에 대한 규제는 제조 등의 금지, 제조 등의 허가, 건강관리수첩, 허용기준, 산업안전보건규칙에 의한 관리, 작업환경측정, 특수건강진단 및 노출기준 설정 등으로 구분할 수 있으며 각 규제별 발암성물질의 종류 등은 다소 차이가 있다(피영규 등, 2009). 작업환경측정 대상물질 중 발암성물질은 허가대상물질 13종(디클로로벤지딘과 그염, 알파-나프틸아민과 그염, 크롬산 아연, 오르토-톨리딘과 그염, 디아니시딘과 그염, 베릴륨, 비소 및 그 무기화합물,

크롬광, 휘발성 콜타르피치, 황화니켈, 염화비닐, 석면, 벤조트리클로리드)과 산업안전보건에 관한 규칙 별표12의 규정에 의한 발암성 표시물질 9종(벤젠, 1,3-부타디엔, 사염화탄소, 포름알데히드, 불용성 니켈 화합물, 삼산화안티몬, 카드뮴 및 그 화합물, 6가크롬, 산화에틸렌)으로 이는 2003년부터 적용되어 왔다(고용노동부 2011a, 2011b). 그러나 2003년 이전 작업환경측정 대상은 화학물질이 아닌 해당 작업장으로 규제되어 본 연구의 조사 대상 기간인 1999년부터 2002년까지의 발암성물질은 고용노동부의 사업계획에 따라 과거 화학물질 및 물리적인 자의 노출기준에 발암성으로 표기된 물질에 한하여 적용되었기 때문에 현재 발암성 구분 2로 분류된 클로로포름과 디클로로메탄은 과거에 A2(발암성 추정물질)로 구분되어 결과에 포함시켜 파악하였다. 또한, 카드뮴과 6가크롬의 경우 그 해당연도의 노출기준을 활용하였다(노동부, 2002). 현재 화학물질 및 물리적인 자의 노출기준에서 발암성구분은 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질은 1A, 시험동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질은 1B로, 사람이나 동물에서 제한된 근거가 있지만, 구분 1로 분류하기에는 증거가 충분하지 않은 물질은 구분 2로 제시하고 있다. 한편, 2011년 근로자 알권리 차원에서 발암성물질의 구분을 전면 개정하면서 해당 물질을 대폭 확대한 바 있다(고용노동부, 2011c).

2006년 일본은 우리나라의 유해성·위험성평가에 해당하는 리스크평가를 1,3-부타디엔, 벤젠 등의 발암성물질에 대하여 수행하였다. 그 결과 해당물질의 특정 작업에서 노출기준 초과가 발생되었다는 이유로 노동안전위생법 특정화학물질 등의 장해예방 규칙편에 특수한 작업으로 구분하고 그 물질에 관계된 조치를 규정하였다(후생노동성, 2011). 이렇듯 노출기준이 초과된 발암성물질의 파악은 중요한 것으로 보인다. 본 연구는 2008년의 노출기준 초과농도를 제외한 1999년부터 2009년까지 발암성물질 노출기준 초과사업장의 업종, 노출기준 초과수준 등 발암성물질의 다양한 특성을 파악하고자 하였다. 다만, 2010년의 정보는 자료의 취합 및 입력에 소요되는 시간 등의 이유로 확보하지 못한 점과, 본 연구에 활용된 자료는 산업안전보건법에 의한 작업환경측정결과의 산물로서 측정이 실시되지 않은 많은 사업장과, 측정을 실시하였으나 보고되지 않은 사업장, 발암성물질의 종류와 노출기준이 외국과 상이하여 그 수준이 잠재되었을 가능성 등 국내 발암성물질 노출기준 초과사업장 수, 공정 수 및 노출근로자 수 및 노출기준 초과수준은 충분히 과소평가 되었다는 제한점은 분명히 있다.

자료의 확인결과 발암성물질의 노출기준 초과 사업장 수는 1999년 20개소를 시작으로 소폭의 감소와 증가를 보이며 매년 10여개의 사업장이 노출기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 이는, 법적으로 규제하는 발암성물질의 수가 증가 또는 감소하면 당연히 초과사업장 수가 변할 수 있기 때문에 초과사업장 수는 그리 중요하지 않은

것으로 보인다. 미국의 경우 연방규정의 직업안전보건 기준(29 Code of Federal Regulation 1910, Occupational Safety & Health Standard)의 1910.1003(13 Carcinogen)에서 4-니트로비페닐 등 13종의 발암성물질을 규정하고 있고, 영국은 건강을 위한 유해물질 관리규정(The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002)에 작업장 노출기준(Workplace Exposure Limits, WELs)을 준수하도록 하고 있으며 그 중 발암성물질의 수는 38종이 해당된다(HSE, 2007; CFR, 2011). 우리나라의 경우 현재 작업환경 측정대상 발암성물질이 22종으로 운영되고 있으나 2003년 제정 이후 거의 물질의 추가적인 변화가 없었다. 최근 발암성물질 등 화학물질의 정보가 급변하고 있고 국내 백혈병 등 직업성 암에 대한 문제가 사회적으로 이슈화됨을 감안할 때 작업환경측정대상 발암성물질의 재검토는 필요한 것으로 보인다. 또한, 2011년 현재 우리나라 발암성물질의 노출기준이 미국정부산업위생전문가협의회의 제한도에 비해 높게 유지되고 있는 물질로는 벤젠, 카드뮴, 6가크롬, 포름알데히드로 나타나 노출기준의 수준의 검토도 병행되는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

노출기준 초과가 가장 많았던 발암성물질은 포름알데히드 20.1% 이었고 그 다음으로 벤젠 14.6%, 산화에틸렌 13.9% 및 6가크롬 10.4% 순으로 나타났다. 산업구분별 초과 발암성물질은 금속가공제품제조업은 6가크롬, 의료·정밀·광학기기 및 시계제조업과 보건업에서 산화에틸렌, 목재 및 나무제품 제조업과 가구제조업의 포름알데히드가, 인쇄 및 기록매체 복사업에서는 벤젠이 주로 노출기준을 초과하고 있는 물질로 확인되었다. 이는 포름알데히드의 경우 목재 및 나무제품 제조업의 혼합공정과 가구제조업의 접착공정에서 초과가 많으며 벤젠은 인쇄 및 기록매체 복제업의 인쇄 및 세척공정에서 노출기준 초과가 주로 발생하는 것으로 요약될 수 있다. 또한, 산화에틸렌은 보건업에 해당되는 병원의 수술실, 공급실의 멸균공정과 의료·정밀·광학기기 및 시계제조업의 멸균공정에서 주로 노출기준 초과가 있었고, 6가크롬은 금속가공제품 제조의 도금공정이 대부분을 차지한다. 한편, 건설업의 경우 발암성물질 노출기준 초과공정 수가 2개로 다른 업종에 비해 상당히 적게 나타나고 있는데 이는 작업환경 측정이 실시되지 못하는 현 상황으로 인한 문제로 해석될 수 있다. 일본의 경우 노동안전위생법에서 산화에틸렌은 멸균공정에 대하여 1,3-부타디엔은 시료를 채취 또는 점검하는 공정 등에 대한 작업기준을 세분화하여 규정하고 있으며, 염소화비페닐, 코크스로, 검댕, 벤젠, 니트로글리콜, 황산디에틸 및 브롬화메틸에 대해서도 특수한 작업으로 규정하여 각 물질에 관계된 조치를 부여하고 있다. 따라서 우리나라도 주요 발암성물질이 초과되는 공정 등에 대하여 세부적으로 관리할 수 있는 규정 등의 제정도 고려할 필요가 있다.

발암성물질의 연도별 평균농도 변화 추이의 주된 내용으로 석면은 2002년 노출기준이 2개/cm³에서 0.1개/cm³으로 강화되면서 2003년부터 0.2~0.3개/cm³ 수준으로 증가·

감소가 반복되었으나 전면 금지된 2007년 이후 초과사업장은 발생하지 않았다. 또한, 벤젠의 경우도 노출기준이 강화된 2002년과 허용기준 대상물질로 포함된 2007년 이후 그 노출수준이 감소되는 경향을 보였으며 포름알데히드, 카드뮴도 허용기준 대상물질에 포함된 2007년 이후 급속히 그 초과수준이 감소 추세를 보였다. 이는 감소 추세를 보인 발암성물질의 경우 그 변화가 사업주의 개선 노력으로 감소된 것인지 또는 그 발암성물질을 취급하는 해당 사업장이 휴업 또는 폐업으로 감소되었는지의 원인은 명확히 증명할 수 없다는 제한점은 있다. 다만, 전체적으로 노출기준 강화, 허용기준 대상물질로의 편입 등 법에 의한 규제가 그 노출기준 초과수준을 감소시키는데 일정 부분 역할을 하고 있는 것으로 보인다. 한편, 발암성물질 노출기준 초과 사업장의 규모는 근로자 수 50인 미만의 소규모 사업장이 52.8%로 절반이상을 차지하고 있었으나 이는 우리나라의 규모별 사업장 수의 대부분이 50인 미만에 집중되어 있으므로 결과는 당연한 것으로도 해석될 수 있다. 그러나 벤젠, 6가크롬, 포름알데히드를 취급하는 소규모 사업장은 노출수준 감소를 위한 공정 개선에 비용을 투자하기가 쉽지 않고, 특히 보호구 착용에 대부분을 의존하는 등의 실정을 감안하면 국가적인 차원에서 지속적인 기술지원과 시설 및 설비를 개선할 수 있는 자금을 지원하는 형태로 추진되어야 할 것이다.

각 나라에서 규제하고 있는 발암성물질은 분명히 차이가 존재하며 영국의 경우 고무 흄, 아우라민 제조, 머스터드(Mustard) 가스를, 일본은 검댕, 코크스로 등을 특별히 관리하는 것은 그 나라의 근로자에게서 직업성 암 발생과 노출수준 등이 큰 원인이 되는 것으로 보인다. 우리나라에서 산업재해로 인정된 직업성 암 발생물질은 벤젠, 니켈 불용성 화합물, 6가크롬, 다환성방향족탄화수소, 디젤배출물질, 벤지딘, 석면, 아스팔트 흄, 검댕, 광물유, 염화비닐, 코우크스오븐배출물, 결정형규산, 코올타르 등으로 압축될 수 있다(강성규 등, 2001; 이권섭 등, 2008; Kim, 2009). 우리나라에서 인정되지 않은 외국의 직업성 암 유발물질의 종류로는 나무분진(경목), 이브롬화에틸렌, 피치(Pitches), 파라핀, 비소, β-나프틸아민, 면분진, 산화에틸렌, 황화니켈, 산화알킬-아릴류, 석면이 포함된 활석, 크롬산아연 및 방향족 아민류 등이 있다(Kranig, 2009; Takahashi, 2009; Vainio, 2009). 따라서 우리나라 직업성 암 예방을 위해서는 노출기준 초과 발암성물질의 특성과 국내외 직업성 암 발생물질 등을 충분히 고려하여야 할 필요가 있다.

최근 반도체 사업장에서 발생한 백혈병 문제로 발암성물질에 대한 관심이 고조된 바 있다. 국제노동기구(International Labour Organization, ILO) 협약 제139호(발암성물질) 제2조의 주요 내용은 근로자가 작업도중 노출될 수 있는 발암성물질 등을 비발암성물질 또는 보다 덜 유해한 물질 등으로 대체하기 위하여 모든 노력을 기울여야 하며, 발암성물질 등에 노출되는 그 수준은 안전성과 부합하는 최소의 기준까지 줄이도록 하고 있다(ILO, 2011).

이는 규제되는 발암성물질의 수도 중요하지만 근로자 건강 확보 차원에서 어떻게 관리를 해야 하는지에 더 초점이 맞춰져 있는 것으로 해석할 수 있다.

우리나라의 발암성물질 노출기준 초과사업장은 매년 10여 개소에 달하고 주요 초과물질로는 포름알데히드, 6가크롬 및 벤젠으로 나타났다. 발암성물질을 포함한 화학물질에 매년 수십여 명이 업무상 질병으로 인정되고 직업병 유소견자도 적지 않게 발생되고 있는 점을 감안한다면 발암성물질 노출기준 초과사업장을 감소시킬 수 있는 여러 방안이 모색되어야 한다. 특히 직업성 암의 예방사업에 있어서는 초과수준이 높은 업종 및 공정과 발암성물질의 종류, 사업장규모 등에 대한 우선적 고려가 필요하다.

V. 결 론

본 연구는 1999년부터 2009년까지 우리나라 발암성물질의 노출기준이 초과된 사업장 총 145개소의 157개 공정에 대하여 연도별 사업장 및 노출근로자 수, 발암성물질의 종류와 초과농도 및 그 비율, 산업분류를 이용한 업종 구분, 사업장 규모 등을 파악하였으며 그 결과는 다음과 같았다.

1. 발암성물질의 노출기준 초과사업장 수는 1999년 20개소를 시작으로 그 이후 소폭의 증가·감소 추세를 보이며 매년 10여개의 사업장이 노출기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다.

2. 석면은 노출기준 강화 이후인 2003년부터 증가 및 감소(0.2~0.3개/cm³)가 반복되었으나 2007년부터 전면 금지된 이후 초과는 나타나지 않았고, 벤젠의 경우도 노출기준이 강화된 2002년과 2007년 허용기준 대상물질로 포함된 이후 감소경향을 보이다가 2009년은 초과가 발생하지 않았다. 한편, 허용기준 대상물질에 포함된 포름알데히드, 카드뮴도 2007년 이후 급속히 그 초과수준이 감소되고 있었다.

3. 노출기준 초과가 가장 많은 발암성물질은 포름알데히드, 벤젠, 산화에틸렌 및 6가크롬이었으며, 노출기준 초과비율이 가장 높은 물질은 포름알데히드, 벤젠 및 산화에틸렌, 석면 순이었다.

4. 산업분류별 발암성물질 노출기준 초과물질로는 금속가공제품제조업의 6가크롬, 의료·정밀·광학기 및 기계제조업과 보건업의 산화에틸렌, 목재 및 나무제품제조업의 포름알데히드, 인쇄 및 기록매체 복사업의 벤젠이었다.

5. 발암성물질 노출기준 초과 사업장은 50인 미만의 소규모 사업장이 52.8%(76건)로 가장 많았으며, 300인 이상의 대규모 사업장의 경우 종합병원에서 사용하는 포름알데히드와 산화에틸렌이, 석유화학공단은 벤젠과 염화비닐이 주로 초과되는 물질이었다.

이상의 결과로 노출기준 강화 또는 신규 규제가 발암

성물질의 노출기준 초과수준을 감소시키는 것으로 나타났다. 따라서 국내 직업성 암 발생정도 등을 고려하여 노출기준 강화 등의 규제를 신중히 고려할 필요가 있다. 또한, 노출기준 초과 건수가 많고 초과율이 높은 벤젠, 산화에틸렌, 6가크롬 등은 우선 관리할 필요가 있는 발암성물질이었고, 정부의 작업환경개선을 위한 지원은 업종 등을 감안하여 50인 미만 사업장에 집중되어야 효과가 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- 강성규, 안연순, 정호근. 1990년대 한국의 직업성암. 대한산업의학회지 2001;13(4):351-359
- 고용노동부. 산업안전보건법령집. 고용노동부 산재예방정책과. 열람기획; 2011a. (107-108쪽.)
- 고용노동부. 작업환경측정 및 정도관리 규정(고용노동부고시 제2011-25호). 2011b. (22쪽.)
- 고용노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(고용노동부고시 제2011-13호). 2011c. (8-82쪽.)
- 김은아, 심광진. 발암성물질 취급사업장의 노출평가에 관한 연구(1). 한국산업안전공단; 2001. (1-2쪽.)
- 김은아, 주귀돈, 정종득. 발암성물질 취급사업장의 노출평가에 관한 연구(2). -금속가공유 취급 근로자의 다핵방향족탄화수소 노출을 중심으로- 한국산업안전공단; 2002. (1-2쪽.)
- 노동부. 2008년도 작업환경측정현황. 산업안전보건국. 승림문화사; 2009. (16쪽.)
- 노동부. 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준(노동부고시 제2009-68호). 2009. (44쪽.)
- 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(노동부고시 제2002-8호). 2002. (113쪽.)
- 문영환, 최정근, 강성규. 직업성암 발생 실태조사 및 발암성물질 관리제도 개선 방향 연구. 한국산업안전공단; 1998. (36-50쪽.)
- 이권섭, 신현화, 이진수, 조지훈, 최진희, 최성봉. 독성 및 물리적 특성 DB를 이용한 관리대상 유해물질 선정의 타당성 연구. 한국산업안전보건공단; 2008. (27-28쪽.)
- 조수현, 고정심, 권호장. 우리나라 직업성암 발생에 관한 예측과 관리방안. 노동부; 1994. (50-57쪽.)
- 통계청. 제9차 한국표준산업분류 분류항목표. 2011. Available from: URL: http://kostat.go.kr/kssc/board_notice/BoardAction.do?method=list&board_id=23&catgrp=kssc&catid1=kssc01&catid2=kssc01d
- 피영규, 원정일, 정춘화, 국원근, 변상훈 등. 발암성물질 관리기준 및 적용방안 연구. 한국산업안전보건공단; 2009. (3쪽.)
- 한국산업안전보건공단. 한국의 직업병의 현황과 실태. 2004. (79-96쪽.)
- 후생노동성. 노동안전위생법. 2011. Available from: URL:<http://www.ourei.mhlw.go.jp/ourei/html/tsuchi/contents.html>
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure Indices. Cincinnati: ACGIH; 2010. p. 73-74
- Code of Federal Regulations. Title 29 part 1910.1003, 13

- Carcinogen, U.S. CFR. 2011. Available from: URL:http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10007
- European Union. European Regulation on the Classification, Labelling and Packaging of chemical substances and mixtures. EC; 2011. Available from: URL:http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/classification/index_en.htm
- Health & Safety Executive. List of approved workplace exposure limits. HSE; 2007. p. 10-26
- International Labour Organization. C139 Occupational Cancer Convention, 1974. ILO; 2011. Available from: URL:<http://www.ilo.org/ilolex/cgi-lex/convde.pl?C139>
- International Agency Research on Cancer. IARC; 2010. Available from: URL:<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/crthallist.php>
- Kranig A. Occupational cancer in Germany: Claims, diagnosis, compensation, and management. In : International symposium for occupational cancer and management system. OSHRI; 2009. p. 35-44
- Kim EA. Occupational cancer in Korea. In : International symposium for occupational cancer and management system. OSHRI; 2009. p. 47-58
- National Toxicology Program. NTP; 2011. Available from: URL:<http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/toc11.html>
- Takahashi K. Occupational cancer in Japan. In : International symposium for occupational cancer and management system. OSHRI; 2009. p. 21-44
- Vainio H. Finnish management system for the workers exposed to carcinogens in workplace. In : International symposium for occupational cancer and management system. OSHRI; 2009. p. 5-18