

벤젠의 국내 허용기준에 대한 연도별 초과 경향 연구

이경화¹ · 김기연^{2*}

¹울지대학교 보건환경안전과, ²서울과학기술대학교 안전공학과

A Survey on Annual Exceedance Trends for the Domestic Permissible Exposure Limit for Benzene

Kyunghwa Lee¹ · Ki-Youn Kim^{2*}

¹Department of Health Environmental safety, Eulji University

²Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science & Technology

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study is to analyze the trend for exceedance of the domestic permissible exposure limit of benzene based on a review of the previous literature.

Materials and methods: From among 13 chemical substances regulated through a PEL (Permissible Exposure Limit) in the Occupational Safety and Health Act, the research object of this study is benzene. The information utilized is work environment measurement data from 2004 to 2013. The highest level among the concentration data measured at various workplaces was selected as a representative value through the data process. N.D. (Not Detected) data was considered as 1/2 of the LOD (limit of detection).

Results: Among the work environment measurement data between 2004 and 2013, the highest number of exceeding workplaces and the excess rate (12 sites and 5.4%) was observed in the 2006 data when applying the current PEL for benzene. When compared with the action level, which means a level one-half of the PEL, 2005's data showed the highest number of exceeding workplaces and greatest excess rate (89 sites & 13.3%). The number of exceeding workplaces and excess rate relative to the PEL for benzene showed an increasing trend in 2004, but tended to decrease after 2007.

Conclusions: Based on the results obtained from this study, the exposure level for benzene among domestic workers is not considered to be in a safe phase regardless of the year of work environment measurement. Thus, strict preventive management in workplaces should be provided for reducing exposure to benzene.

Key words: benzene, chemical substances, permissible exposure limit, excess rate

I 서 론

화학물질은 생활수준을 향상시키고 개선하기 위해 널리 이용되고 있다. 국내에는 약 40,000종의 화학물질이 유통되어 왔으며 매년 약 400종의 신규화학물질이 국내시장에 진입하고 있는 것으로 알려져 있다 (GHS, 2006). CAS(Cheical Abstracts Service; A division of the American Chemical Society)에 따르면 2007년 10월 현재 전 세계적으로 상업적으로 유통되

면서 규제되고 있는 화학물질(regulated chemicals)은 약 246,000종 이상이다(CAS, 2008). 그에 따라 EU는 신화학물질 관리정책 제도를 도입하여 신규화학물질은 물론 기존 화학물질에 대해서 위해성 평가하여 등록을 의무화하는 등 화학물질관리에 관한 국제적인 규제가 강화되고 있는 추세이다(UNEP, 2006). 국내 고용노동부의 경우에도 근로자에게 중대한 건강장해를 유발하여 사회적 물의를 일으킨 석면, 벤젠 등을 포함한 일부 유해인자들에 대하여 작업장 내 노출농

*Corresponding author: Ki Youn Kim, Tel: 02-970-6376, E-mail: kky5@seoultech.ac.kr

Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science & Technology, 232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811
Received: January 28, 2018, Revised: February 21, 2018, Accepted: May 9, 2018

© Kyunghwa Lee <https://orcid.org/0000-0001-9503-0656>

© Ki-Youn Kim <https://orcid.org/0000-0001-6889-8548>

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.

도를 허용기준 이하로 유지하도록 하고 있다(MoEL, 2008). 산업안전보건법 제81조의 4에 규정된 허용기준대상물질은 총 13종(벤젠, 석면, 카드뮴 및 그 화합물, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드, 노말헥산, 톨루엔-2,4-다이소시아네이트, 디메틸포름아미드, 2-브로모프로판, 이황화탄소, 납 및 그 무기화합물, 니켈(불용성 무기화합물), 6가크롬화합물(불용성, 수용성)이다(MoEL, 2008). 이 중 국내뿐만 아니라 국제적으로도 가장 잘 알려진 벤젠(Cas No. 71-43-2, C₆H₆, MW=78.11, BP=80.1°C)의 경우 방향족 화합물의 기초가 되는 가장 간단한 방향족 탄화수소로, 벤졸(benzole)이라고도 하며, 무색의 휘발성이 강한 인화성 액체이며 향기로운 냄새가 난다(ACGIH, 2001).

벤젠은 부피면에서 가장 생산량이 많은 유기화합물이며, 전 세계적으로 미국이 생산량이 가장 많다(Gerhartz, 1985). 1995년 미국에서 벤젠 생산량은 400,000,000 kg으로 부피로 볼 때 16번째 생산량이 많은 화학물질로 확인되었으며(ATSDR, 1995; Lewis, 1997), 국내의 경우에도 1970년 4,020톤, 1992년 1,171,995톤, 2010년 6,586,110톤으로 해가 지날수록 그 유통량도 점차 증가하는 추세이다(KSA, 1992; MoE, 2012).

유통량 증가로 인해 석유 화학 공장, 정유 공장, 코크스 및 석탄 작업, 타이어 제조업 등 벤젠 취급 근로자 수도 동시에 증가하고 있으며, 벤젠 노출 관련 질병들이 여러 연구를 통해 보고되어 있다(OSHA, 1987). 직업적 벤젠 노출에 대한 연구에 따른 백혈병, 모든 림프관 관련 조혈기계의 암, 비호지킨 림프종의 발생은 중요한 연관이 있다고 보고하고 있다(Wong, 1987). 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) 10,000~20,000 ppm의 농도 흡입 노출 및 50~500 mg/kg에 경구 노출 되었을 때, 5~10분 정도의 짧은 시간에도 사망에 이를 수 있다고 보고되고 있으며(ACGIH, 2001), 국제암연구기구(International Agency for Research on Cancer, IARC), 미국정부산업위생전문가협회(American Conference of Government Industrial Hygienists, ACGIH) 등 국외 기관에서도 A1으로 지정하여 1급 발암물질로 분류하고 있다. 또한, 고용노동부의 노출기준은 TLV-TWA 1 ppm, STEL 5 ppm이며, ACHIH TLV-TWA 0.5 ppm, STEL 2.5 ppm, OSHA에서는 PEL 1 ppm, STEL 5 ppm, NIOSH는 TLV-TWA 0.1 ppm, STEL 1 ppm으로 각각 관리하고 있다. 그 밖의 나라들의 벤젠 노출기준을 살펴보면 우리나라와 같이 1 ppm(TWA)으

로 관리하고 있는 주요 국가로는 일본, 영국이 있고, ACGIH TLV와 같이 0.5 ppm(TWA)으로 관리하고 있는 주요 국가로는 캐나다와 스웨덴이 있는 것으로 조사되었다.

현재 국내 모든 측정기관에서는 벤젠을 포함한 작업환경측정대상 인자 190종을 대상으로 측정을 실시하고 있으며, 산업안전보건법 제42조에서는 측정 결과를 고용노동부 전산자료에 입력하여 측정결과를 보고 하도록 규정하고 있다. 해당 자료를 통해 안전보건공단에서는 유해·위험성 평가 등 작업환경측정 자료를 이용한 연구들이 꾸준히 진행되고 있다. 하지만, 작업환경측정자료 분석을 통해 노출실태 파악에 관한 연구는 부족한 실태이다.

따라서 본 연구의 목적은 벤젠에 대한 작업환경측정 자료를 활용한 초과사업장 수 및 초과율을 확인하였고, 관련 문헌 고찰을 통해 노출수준을 파악함으로써 벤젠과 관련된 산업보건 연구의 기초자료를 제공함에 있다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2004년부터 2013년까지 10년간 진행된 국내 모든 측정기관의 작업환경측정 자료를 대상으로 하였으며, 산업안전보건법 제81조의4(허용기준)에 의해 정해진 허용기준대상물질 총 13종 중 벤젠을 대상으로 하였다.

2. 연구 방법

데이터 처리의 경우 한 개의 사업장에서 측정된 다수의 측정결과 중 가장 높은 농도로 측정된 결과를 대푯값으로 선정하였으며, 동일한 사업장이라도 공정이 다를 시 두개의 측정치로서 처리하였다. 2004년부터 2013년까지 진행된 모든 자료를 공통적으로 처리하였으며, 대부분의 측정보고서에서는 아주 낮게 측정된 농도에 대해 ‘미검출’, ‘불검출’, ‘흔적’, ‘ND’, ‘Non-Detectable’, ‘Trace’ 등으로 표기하고 있다. 불검출 자료 처리에 대한 많은 방법이 제기되고 있으며, 본 연구에서는 EPA(2000)에서 제시한 불검출 자료 처리에 대해 검출한계의 1/2로 간주하는 방법을 적용하여 처리하였다. 연구 대상 기간이 2004년에서 2013년 이므로 초과율 분석을 위한 벤젠의 허용기준 수치는 2014년도 기준인 1 ppm으로 설정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 벤젠의 국내 허용기준 적용시 사업장 초과율 분석

Table 1은 연도별 벤젠 측정사업장을 대상으로 현 국내 벤젠 허용기준 1 ppm과 비교시 초과 사업장 파악 및 초과율 분석을 실시한 표이다. 2004년도의 경우 전체사업장 372개소 중 기준치를 초과하는 사업장은 0(0%)개소로 나타났으며, 2005년도는 전체 671개소 중 초과 사업장이 32(4.7%)개소로서 확인되었다. 2006년은 전체 221개소 중 12(5.4%)개소가 노출기준치를 초과하였고, 2007년도는 전체 546개소 중 23(4.2%)개소 사업장이 초과하는 것으로 나타났다. 2008년도에는 전체 497개소 사업장 중 8(1.6%)개소가 초과되었고, 2009년도는 371개소 중 3(0.8%)개소가 초과하는 것으로 분석되었다. 2010년과 2011년은 노출기준을 초과하는 사업장이 없었으며, 2012년도에는

전체 574개소 중 1(0.2%)개소만이 초과되었고, 2013년 데이터에서도 노출기준치를 초과사업장이 없는 것으로 확인되었다. 전체 데이터에서 초과율이 10% 미만으로 아주 낮은 수준으로 나타났으며, 2004년 이후 초과 사업장이 조금씩 증가하는 추세를 나타냈지만, 이후 차츰 그 수가 감소하였으며, 추후에 더욱더 초과 사업장이 줄어들 것으로 판단된다(Figure 1).

시간이 경과할수록 초과사업장이 감소하는 이유는 첫째, 벤젠에 대한 노출기준이 10 ppm에서 2003년 이후 현재의 노출기준 1 ppm으로 변경됨과 동시에 사업장별 관리규정이 더욱 강화되어 나타난 결과라 생각된다. 둘째, 현재까지 국내·외적으로 벤젠에 대한 유해·위험성 및 직업성 질병에 대한 사회적 관심의 증대로 인해 낮은 초과율이 분석된 것으로 판단된다. 셋째, 2012년 3월 이후 고용노동부에서는 산업안전보건기준에 관한 규칙을 개정하여 기준에 관리되고 있

Table 1. The number and rate of excess workplace for current permissible exposure limit of benzene

Year	Excess workplace	Total workplace	Excess rate(%)
2004	0	372	0
2005	32	671	4.7
2006	12	221	5.4
2007	23	546	4.2
2008	8	497	1.6
2009	3	371	0.8
2010	0	401	0
2011	0	440	0
2012	1	574	0.2
2013	0	576	0

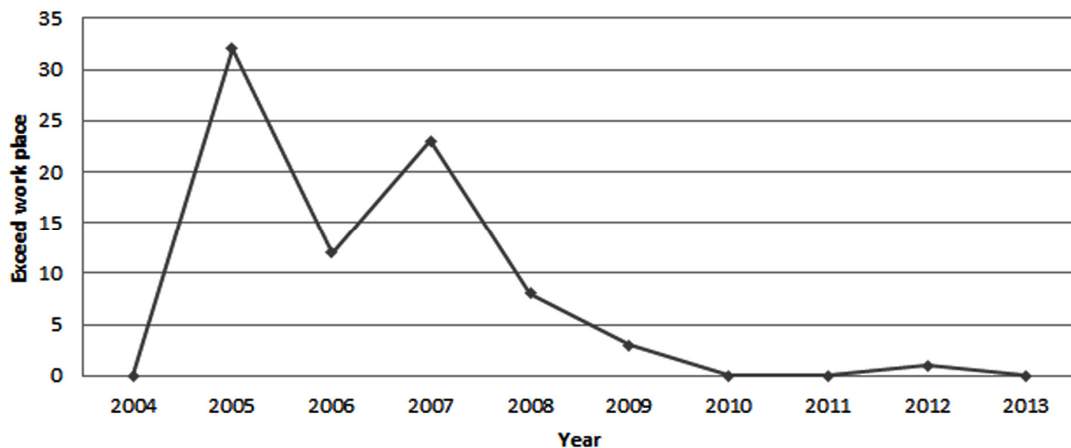


Figure 1. Trend of yearly exceed workplace for current permissible exposure limit of benzene

던 관리대상 유해물질 내 발암성 물질 등을 특별관리 물질(벤젠 외 9종 채택)로 변경하여 규정하였으며 (MoEL, 2008), 해당 물질들에 대한 사회적 규제기준도 엄격해져 낮은 초과율이 분석된 것으로 사료된다.

2. 관리농도 적용 시 벤젠의 초과율 분석

Table 2는 연도별 벤젠 측정사업장을 대상으로 관리농도(Action Level : 법적노출 기준의 50%에 해당하는 수치를 의미, 화학적 인자에만 적용) 적용 시 초과 사업장 및 초과율을 분석한 데이터이다. Table 1과 비교 시 노출기준이 강화됨에 따라 초과 사업장 수와 초과율 또한 증가한 것을 아래 표에서 확인할 수 있으며, 2004, 2010, 2011, 2013년도의 경우 현 국내 벤젠 노출기준 적용시 초과사업장이 관찰되지 않았지만, 관리농도 적용 시 평균 4.3% 정도 초과율이 증가한 것으로 분석되었다. 2005년도는 671개소 중 89개

소(13.3%) 사업장이 초과되어 가장 높은 초과율을 나타냈다. 2006년은 전체 221개소 중 26개소(11.8%)가 초과하였고, 2007년도는 546개소 중 42개소(7.7%)가 초과되었다. 2008년 데이터에서는 497개소 중 34개소(6.8%)가 노출기준치를 초과했다. 2009년은 371개 사업장 중 13개소(3.5%)가 초과되었고, 2012년도는 전체 중 10개소(1.7%)가 초과하였다. Table 1과 분석 결과 비교시 전체적으로 2~4배 정도 사업장 초과율이 증가한 것으로 확인된다.

기존 벤젠 노출기준 1 ppm으로 관리된 데이터에 관리농도)를 적용하여 초과율이 증가하였고, Figure 1 과 Figure 2를 살펴보면, 2007년 이후 초과 사업장이 급격하게 낮아지는 것을 알 수 있었다. 또한 가장 최근 2013년 데이터의 경우 다른 년도에 비해 관리농도 적용 시 초과사업장이 증가수가 적다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 현재 벤젠에 대한 국내 사업장에서

Table 2. The number and rate of excess workplace for action level of benzene

Year	Excess workplace	Total workplace	Excess rate(%)
2004	33	372	8.9
2005	89	671	13.3
2006	26	221	11.8
2007	42	546	7.7
2008	34	497	6.8
2009	13	371	3.5
2010	13	401	3.2
2011	16	440	3.6
2012	10	574	1.7
2013	9	576	1.6

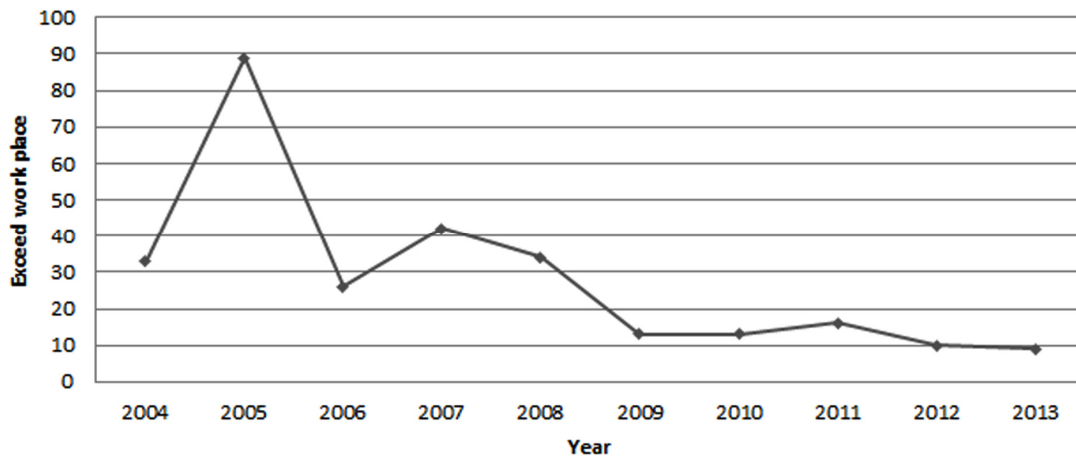


Figure 2. Trend of yearly excess workplace for action level of benzene

관리가 잘 이루어지고 있다고 생각된다.

국내 학자나 산업보건/위생 전문가들 사이에서는 화학물질 취급 근로자에 대해 최소한의 노출을 위해 오래전부터 관리농도 국내도입을 주장하고 있으며, 법적관리기준의 절반에 해당하는 수치라는 수학적 의미가 관리적인 측면에서는 상당한 효과를 나타낼 것으로 기대하고 있다. OSHA의 경우 측정대상 사업장에 최고노출근로자를 대상으로 측정하여 그 결과가 관리농도(Action Level) 미만일 경우 측정 주기에 대한 면제 혜택을 주고 있다(OSHA, 1987). 국내 화학물질 관련 연구 수행 시 관리농도 적용이 자주 이용되고 있지만, 현장 측정의 경우에는 현재 제도도입이 이루어지지 않았다. 취급 근로자의 건강예방 및 물질 관리적 측면에서 관리농도(Action Level)의 적용이 더욱 좋은 효과를 나타낼 것으로 판단된다.

3. 벤젠의 초과율 분석 결과에 대한 고찰

국외의 경우 1825년 벤젠을 석유화학 공정에서 최초 사용되었고, 1920년대 벤젠 직업적 노출에 의한 백혈병 유발이 처음 보고되었다(Alexander & Leonard, 2005). 벤젠 직업적 노출 의한 건강상 악영향이 점차 증가됨에 따라, 미국 ACGIH에서는 1946년을 시작으로 벤젠 노출 기준을 100 ppm으로 설정하였다(ACGIH, 2001). 이후 1977년 10 ppm으로 개정되었으며, 1987년도 3가지 통계적 분석 연구를 통해 1 ppm으로 수정되었다(Rinsky et al., 1987). 근로시간 동안 1 ppm에 지속적으로 노출될 시 백혈병으로 인한 사망률이 증가한다는 연구결과가 나타났다(Crump, 1993;1994; Paxton et al., 1994). 시간 가중평균으로 0.5 ppm 노출 수준에서는 백혈병 의한 사망 근로자 발생 비율이 비노출군과 큰 차이가 없음을 보여주고 있다. 벤젠 직업적 노출에 따른 조혈 독성에 의한 백혈병 발병 위험성을 예방하기 위해 현재 벤젠 노출 기준치인 TLV-TWA 0.5 ppm TLV-STEL 2.5 ppm으로 최종 개정되어 관리되어지고 있다. 본 관리 기준치는 3가지 논문에서 발표된 노출 매트릭스 및 통계 모델에 근거하여 산출되었다(Crump & Allen, 1984; Rinsky et al., 1987; Paustenbach et al., 1992).

벤젠 관련 연구가 전 세계적으로 수행되어지고 있으며, 동물실험 연구 및 도시, 산업지역 내 벤젠 취급 근로자를 기반으로 한 역학연구가 주로 수행되었다. 주요 동물연구 고찰결과, Snyder(1980)는 C57BL 생쥐 40마리를 대상으로 300 ppm 농도수준에서 2년 동안

주 5일, 하루 6시간 흡입 노출을 시켰을 때, 림프절세 망내피세포 종양을 포함한 8가지 림프구 관련 질환이 나타났다. 동일한 농도수준에서 16주 동안 주 5일, 하루 6시간 흡입 노출 후 발암성 생물 검정을 실시 결과, 백혈병이 관찰되었고, 적은 노출 농도에서도 림프구 감소증이 나타났다(Eugene et al., 1985). 취급 근로자 대상 역학연구 실시 결과, 석유정제업 0.01 ppm, 선박업 0.025 ppm, 서비스업 0.1 ppm, 읍셋인쇄공정 0.017 ppm, 신발제조업 0.16 ppm, BTX 공정 0.14 ppm, 화물유 탱크 공정 0.15 ppm, 코크스산업 0.01 ppm으로 보고되었다(Clifford, 2010). Glass et al.(2000)도 업종별 벤젠 노출량 평가를 실시하였으며, 항공기 주유 공정 시 0.00025 ppm, 드럼통 연료 주입시 0.00128 ppm, 차량 제조업 0.00072 ppm, 유조선 관리업 0.00023 ppm, 기타 정유 관리업 0.00009 ppm으로 측정되었다. 두 연구결과를 근거로 보았을 때, 석유화학 관련 업종에서 가장 높은 농도로 측정되었으며, 모든 측정치가 ACGIH TLV 이하로 나타났다. 또한 본 연구 결과와 비교 시 현저히 낮은 수준으로 측정된 것을 확인할 수 있으며, 이는 1940년대부터 오랜 기간 동안 벤젠 노출기준을 설정하여 지속적으로 관리하여 나타난 결과라 사료된다.

직업적 벤젠 노출에 따른 백혈병 및 조혈기계 암 등 인체 유해성이 다른 물질들에 비해 상대적으로 높은 점을 감안하였을 때, 노출기준을 현저히 낮은 농도로서 관리하기를 권고하고 있다(Wong, 1987). 수많은 역학연구 결과들(Alexander & Leonard, 2006; Ciarrocca et al, 2012; Clifford, 2010; ACGIH, 2001; Collins et al, 1991; Austin et al, 1988; Wong et al, 1986)에서도 벤젠의 직업적 노출 시 발생하는 질병을 예방을 위해 ppb 수준의 매우 낮은 노출기준으로 관리할 것을 제안하고 있다. 현재 미국을 포함한 여러 유럽 선진국에서는 벤젠에 대한 노출 기준치를 0.5 ppm으로 변경하여 관리하고 있는 추세이며, 최근 연구결과에서는 0.5 ppm 미만의 저농도에 노출된 근로자들도 급성 골수성 백혈병 및 만성 림프성 백혈병 발생이 보고되고 있다(Rushton et al, 2014). 따라서 국내에서도 국외 관리기준 검토 및 객관적 노출 실태 파악을 통해 벤젠의 노출기준 개정에 대한 검토를 고려해 볼 필요가 있다고 사료된다.

IV. 결 론

본 연구는 허용기준 대상물질 13종 중 벤젠에 대한

10년간의 국내 작업환경측정 자료를 활용하여 초과율 분석 및 관련 문헌 고찰을 통해 직업적 관리 수준을 파악하였다. 조사 결과, 국내 벤젠 취급 사업장의 허용기준 초과율은 경우 2004년 증가세를 보이다가 2007년 이후 감소하는 경향을 나타냈다. 현재 국내 벤젠 허용기준과 비교시, 2006년도에서 5.4%로 가장 높은 초과율이 나타났으며, 2004, 2010, 2011, 2013년도에서는 초과된 사업장이 없는 것으로 분석되었다. 관리농도 적용 시, 2005년도에서 13.3%로 가장 높은 초과율이 나타났으며, 2013년도에서 1.6%로 가장 낮은 초과율이 분석되었다. 벤젠 관련 국외 선행 연구들을 고찰할 결과, 현재의 국내 허용기준치보다 더 낮은 수준으로 설정 관리할 것을 권고하고 있는 것으로 파악되었다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업과 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제 번호: 313042-03-3-HD030와 315031-03-1-HD030)

References

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry(ASTDR). Draft Toxicological Profile for Benzene. 1995
- Alexander CC, Leonard SL. An overview of occupational benzene exposures and occupational exposure limits in Europe and North America. *Chem Biol Interact* 2005; 43(53):153-154
- American Chemical Society(CAS). CHEMLISH(Regulated Chemicals). Available from : <http://www.cas.org/index.html>. 2008
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Documentation of the Threshold Limit Values and Chemical Substances. 7th ed. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. USA. 2001
- Austin H, Delzell E, Cole P. A review of the literature and a risk assessment. *Am J Epidemiol* 1988;127:419-439
- Ciarrocca M, Tomei G, Fiaschetti M, Caciari T, Cetica C. Assessment of Occupational exposure to benzene, toluene and xylenes in urban and rural female workers. *Chemosphere* 2012;87:813-819
- Clifford P. Weisel. Benzene exposure : An overview of monitoring methods and their findings. *Chm Biol Interact* 2010;184:58-66
- Collins JJ, Conner P, Friedlander BR. A study of the hematologic effects of chronic low level exposure to benzene. *J Occup Environ Med* 1991;33:619-626
- Crump K. Reconciliation of Results of Three Statistical Analyses of the Risk of Benzene Exposure Based on Data from the Pliofilm Cohort. Submission to the TLV Committee. 1993
- Crump K. Risk of Benzene-Induced Leukemia: A Sensitivity Analysis of the Pliofilm Cohort with Additional Follow-Up and New Exposure Estimates. *J Toxicol Environ Health* 1994;42:219-242
- Crump KS, Allen BC. Quantitative Estimates of Risk of Leukemia from Occupational Exposure to Benzene. Available from : Prepared for the U.S. Occupational Safety and Health Administration by Science Research Systems <http://www.osha.gov>. 1984
- Environmental Protection Agency(EPA). Assigning Values to Nondetected/non-quantified pesticide residues in human health food exposure assessments. 2000
- Eugene K, Cronkite P, Drew RT, Inoue T, Bullis JE. Benzene Hematotoxicity and Leukemogenesis. *Am J Ind Med* 1985;7:447-456
- Gerjartz W. Ullmann's Encyclopedia of industrial Chemistry. 5th ed. Vol A1, VCH Publishers; 1985. p. 477
- Glass DC, Adams GG, Manuell RW, Bisby JA. Retrospective exposure assessment for benzene in the Australian petroleum industry. *Ann Occup Hyg* 2000;44(4):301-320
- Globally Harmonized System(GHS) Editorial Group. Globally Harmonized System of Classification and Labelling Chemicals. 2006
- Korea Statistical Association(KSA). Statistical Yearbook in Korea. Korea statistical association in Seoul. 1992
- Lewis RJ. Hawley's Condensed Chemical Dictionary. 13th. New York; John Wiley and Sons Inc.; 1997. p. 123
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Occupational safety and health acts in Korea. 2008
- Ministry of Environment(MOE). The 2010 year's survey report emissions of hazardous chemicals. 2012
- Occupational Safety and Health Administration(OSHA). Occupational Exposure to Benzene; Final Rule, Part II. 1987;3460-3478
- Paustenbach DJ, Price PS, Ollison W. Re-Evaluation of Benzene Exposure for the Pliofilm(Rubber-Worker) Cohort(1936-1976). *J Toxicol Environ Health* 1992;36: 177-231
- Paxton MB, Chinchilli VM, Brett SM. Leukemia Risk Associated with Benzene Exposure in the Pliofilm Cohort. I. Mortality Update and Exposure Distribution.

- Risk Anal 1994;14:147-154
- Rinsky RA, Smith AB, Hornung R. Benzene and Leukemia: An Epidemiologic Risk Assessment. N Engl J Med 1987;316(17):1044-1050
- Rushton L, Schnatter AR, Tang G, Glass DC. Acute myeloid and chronic lymphoid leukaemias and exposure to low-level benzene among petroleum workers. Br J Cancer 2014;110:783-787
- Snyder CA, Goldstein BD, Sellakumar AR. The Inhalation Toxicology of Benzene: Incidence of Hematopoietic Neoplasms and Hematotoxicity in AKR/J and C57BL/6J Mice. Toxicol Appl Pharmacol 1980;54: 323-331
- United Nations Environmental Programme(UNEP). Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM) - Report of the international conference on chemical management on the work of its first session SAICM/ICCM 1/7. 2006
- Wong O, Morgan RW, Bailey WJ. An epidemiological study of petroleum refinery workers. Br J Ind Med 1986; 43:6-17
- Wong O. An Industry Wide Mortality Study of Chemical Workers Occupationally Exposed to Benzene : Dose-Response Analysis. Br J Ind Med 1987;44(6);382-395