

세척제 취급사업장의 1,2-디클로로프로판에 대한 노출평가 및 물질안전보건자료와 일치율

양희진 · 피영규^{1*}

계명대학교 동산병원 직업환경의학과, ¹대구한의대학교 보건학부

Exposure Assessment of Airborne 1,2-Dichloropropane from Industries Handling Cleaning Agents and Matching Rate of Ingredients on MSDS

Hee-jin Yang · Young Gyu Phee^{1*}

Dept. of Occupational & Environmental Medicine, Keimyung University Dongsan Medical Center

¹Faculty of Health Science, Daegu Haany University

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to identify the exposure level of airborne 1,2-Dichloropropane (1,2-DCP) in 45 industries where cleaning agents are handled and the matching rate of ingredients on the MSDS.

Methods: A total 105 samples were collected from cleaning-agent-handling industries. The 1,2-DCP samples were collected using a high-volume pump equipped with a charcoal tube. The analysis was performed by gas chromatography. In addition, the MSDS for the cleaning agent was obtained to confirm the ingredients.

Results: The geometric mean of 1,2-DCP concentration was 0.11 ppm, and it was found that there were no samples in which detected airborne 1,2-DCP exceeded the Korean occupational exposure limit. However, the rate of exceeding the Japanese control limit (1 ppm) was 25%. The matching rate between 1,2-DCP detection of airborne sample and MSDS ingredient notating was 81.0%.

Conclusions: The South Korean exposure limit for 1,2-DCP needs to be strengthened due to significant differences in exceedance rates between domestic and Japanese occupational exposure limits. It is necessary to establish a periodic reliability verification system for MSDS ingredients for cleaning agents.

Key words: concentration, 1,2-dichloropropane, matching rate, MSDS

I. 서 론

1,2-디클로로프로판(1,2-Dichloropropane, 1,2-DCP)은 무색의 인화성 액체로 클로로포름과 같은 냄새가 나고, 페인트, 제거제, 드라이클리닝, 휘발유 제거제, 토양 훈증제의 성분 등 다양한 용도로 사용된다(ACGIH, 2019). 미국의 1,2-DCP 생산량은 1980년 기준 7,700만 파운드이며, 우리나라는 Kim et al.(2015)이 취급량을 44,852톤으로 보고하였다.

세척제는 대부분 유기용제로 이소프로필알코올, 에틸

알코올, 메틸알코올, 염화메틸렌, 트리클로로에틸렌 등의 여러 화학물질이 사용되고 있다(Kim et al., 2020). Jung et al.(2017)은 2014년부터 2016년까지 작업환경측정 결과 세척 공정에서 사용한 물질 수를 111종으로 발표하였고, 세척제 취급사업장 방문 조사 결과 10개소 중 4개소, 우편 조사는 51개소 중 18개소가 트리클로로에틸렌을 1,2-DCP로 대체하였다고 한다. 또한 Kwak et al.(2018)도 1,2-DCP가 트리클로로에틸렌이나 염화메틸렌의 대체제로 국내에서 널리 사용되고 있다고 보고한 바 있다.

*Corresponding author: Young Gyu Phee, Tel: 053-819-1590, E-mail: yphee@dhu.ac.kr
Faculty of Health Science, Daegu Haany University, 1 Hannydae-ro, Gyeongsan-si, Gyeongbuk 38610
Received: March 5, 2025, Revised: March 16 2025, Accepted: March 24, 2025

 Young Gyu Phee <https://orcid.org/0000-0003-2011-7591>

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.

1,2-DCP는 흡입과 섭취 경로를 통해 체내로 흡수되며, 피부 및 호흡기에 자극적이고 표적 장기는 간과 신장이지만 중추신경계에도 영향을 줄 수 있다(IARC, 1986; ILO & WHO, 2021). 1,2-DCP의 증례로 중추신경계 억제(Imberti et al., 1987; Lucantoni et al., 1992), 접촉성 알레르기 피부염(Baruffini et al., 1989)과 우리나라는 급성뇌병증이 보고된 바 있다(Kwak et al., 2018). 특히 Kumagai et al.(2013)은 일본 인쇄소에서 1,2-DCP가 함유된 유기용제를 사용한 잉크 작업자 51명 중 11명의 담관암 발생을 보고하였고, 그 이후 다른 읍셋 인쇄소에서 1,2-DCP, 디클로로메탄에 노출된 2명의 담도암 환자를 추가로 발표하였다(Kumagai et al., 2014). 이런 이유로 일본은 노동안전위생법 상 1,2-DCP를 특별관리물질 제2류로 분류하면서 작업환경측정 및 건강진단 대상물질과 건강관리수첩 교부 대상물질로 지정하고 관리기준을 1 ppm으로 강화하였다(MHLW, 2016; 2025). 그 이후 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 후생노동성의 인쇄 사업장에서 발생한 담관암의 업무에 관한 검토회 보고서를 근거로 2017년 1,2-DCP를 발암성 Group 1로 발표하였다(MHLW, 2013; IARC, 2016).

일본의 담관암 발생 사건을 계기로 2019년에 우리나라도 1,2-DCP를 특별관리물질로 지정하고, 허용기준 대상물질에 추가하면서 시간가중평균값을 10 ppm으로 설정하였다(MoEL, 2019). 또한 2021년부터 작업환경측정과 특수건강진단 대상 물질에 포함시키면서 노출기준을 75 ppm에서 10 ppm으로 강화하고, 발암성을 1A로 구분하였다(MoEL, 2020). 한편, 고용노동부는 2022년 2월 세척제에 의한 유기용제 급성 중독사고 발생 후 임시건강진단 결과 직업병 유소견자 29명의 발생과 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet, MSDS)에 세척제 원인물질 성분이 표시되지 않은 것을 확인하였다. 그 후 세척제 제조업체에서 1,2-DCP 등의 성분이 함유된 세척제의 MSDS 부실 작성 및 유통을 적발하였다고 밝혔다(MoEL, 2022). 국내 지정측정기관에서는 사업장의 MSDS 구성성분을 기반으로 작업환경측정을 수행하기 때문에 세척제에 1,2-DCP가 함유되어 있더라도 MSDS에 표기되지 않으면 작업환경측정 등에서 제외되는 실정이다(Kim et al., 2020). 이렇듯 1,2-DCP가 포함된 세척제에 대한 노출평가 및 MSDS의 구성성분 일치율을 확인한 연구는 상당히 부족하고,

수행된 연구는 모두 세척제의 종류 및 사업장 수가 적은 제한점이 있다.

따라서 본 연구는 세척제 취급사업장에 대한 1,2-DCP의 노출수준과 MSDS의 구성성분과 일치 여부를 확인하고, 노출농도에 영향을 미치는 요인을 파악하여 향후 세척제 취급 노동자의 건강 보호 및 작업환경관리에 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

2022년 대구·경북 지역에 소재한 세척제 취급사업장 45개소를 대상으로 하였다. 산업분류는 금속가공업, 자동차용 부품 제조업, 도금 및 도장업, 기타 인쇄업, 기타(안경 및 안경렌즈 제조업 등)로 구분되었고, 공정은 세척, 가공, 도금 및 피막·산처리, 도장, 금형, 인쇄, 조립 등 기타로 분류할 수 있었다.

2. 연구 방법

세척제 취급사업장의 규모와 MSDS 구성성분에 1,2-DCP 표기 여부, 월간 사용량 등을 조사하였다. 또한 노출농도에 영향을 줄 수 있는 사업장의 온도와 상대습도, 국소배기장치 설치 여부 등을 파악하였다.

1) 시료의 채취

공기 중 1,2-DCP의 채취는 안전보건공단 기술지침(A-188-2021)을 준용하였다(KOSHA, 2021). 활성탄관을 튜브가 연결된 홀더에 장착하고 고용량 펌프(Gilian LFS-113DC, SENSIDYNE, USA)에 장착하였다. 펌프 유량은 건식유량보정계(Flow Detective, Casella, USA)를 사용하여 측정 전 0.01~0.2 L/min로 설정 후 360분 이상 작업자의 호흡기 영역에서 채취하였다. 시료 채취 후 활성탄관을 분리하여 마개로 밀봉하고 현장 공시료와 함께 냉장 보관하였다. 측정 후에도 동일한 건식유량보정계로 유량을 확인하여 평균값을 활용하였다.

2) 시료의 분석

1,2-DCP의 농도 확인은 NIOSH 공정시험법 1003과 KOSHA GUIDE(A-188-2021)의 분석방법에 따라 진행하였다(NIOSH, 2003; KOSHA, 2021). 전처리가 완료된 시료와 표준물질은 가스스크로마토그래프(Trace GC Ultra, AS3000 Auto Sampler, Thermo, USA)-

불꽃이온화 검출기로 분석하고 공시료로 결과값을 보정하였다.

3) 자료의 분석

조사자료는 MS Excel 2019(Microsoft, USA)에 입력하였고, 통계분석은 SPSS(Version 29.0 K, USA) 프로그램을 사용하였다. Sapiro-Wilks의 정규성 검정 결과 대수정규분포를 보여 기하평균과 기하표준편차로 표현하였고 결과의 이해를 위하여 산술평균과 표준편차도 포함하여 제시하였다. 불검출 농도는 검출한계(limit of detection, LOD)를 $\sqrt{2}$ 로 나누어 산출하였다. 1,2-DCP의 공기 중 농도 비교는 Kruskal-Wallis test로 검정하였고, Bonferroni 보정 후 집단 간 차이를 확인하였다. MSDS에 1,2-DCP 표기 및 공기 중 검출 여부는 Fisher의 정확성 검정을 수행하였고, 공기 중 노출농도에 영향 요인의 확인은 다중회귀분석을 활용하였다.

III. 결 과

1. 일반적 특성

1) 채취 시료의 특성

세척제 취급사업장 45개소에서 채취한 시료는 모두 105개로 사업장 규모는 5~49인 사업장이 50.5%(53개 시료)로 가장 많았고, 산업분류는 자동차 부품 제조업이 35.2%(37개)를 차지하였다(Table 1). 공정은 가공에서 채취한 시료 수가 24.8%(26개), 월간 세척제 사용량은 50 kg 미만인 61.9%(65개)로 가장 많았다. 또한 MSDS 구성성분에 1,2-DCP가 표기된 경우는 7.6%(8개)이었고, 국소배기장치 미설치율은 75.2%(79개)이었으며, 호흡용 보호구 착용률은 8.6%(9개)로 확인되었다.

2) 세척제 취급사업장의 대기환경 등 특성

세척제 취급사업장의 평균 실내 온도는 25.2℃, 상대

Table 1. General characteristics of samples

	Classification	Number of samples	Percentage(%)
No. of workers	<5	9	8.6
	5~49	53	50.5
	50~299	28	26.7
	≥300	15	14.3
Industrial classification	Metal processing	21	20.0
	Automobile parts manufacturing	37	35.2
	Plating & painting	22	21.0
	Printing	12	11.4
	Others	13	12.4
Process	Cleaning	18	17.1
	Machining	26	24.8
	Plating, coating & oxidation	16	15.2
	Painting	13	12.4
	Metal molding	16	15.2
	Printing	10	9.5
	Others	6	5.7
Monthly usage(kg)	<50	65	61.9
	50~99	10	9.5
	100~499	19	18.1
	>500	11	10.5
MSDS notation	Yes	97	92.4
	No	8	7.6
Installation of LEVS*	Yes	26	24.8
	No	79	75.2
Wearing of respirator	Yes	9	8.6
	No	96	91.4
Total		105	100.0

*LEVS : Local exhaust ventilation system

Table 2. General characteristics of indoor environmental conditions

Classification	Mean±S.D.*	Minimum	Maximum
Temperature(°C)	25.17± 3.22	19.00	32.05
Relative humidity(%)	37.83±15.65	13.20	80.40

*S.D. : Standard deviation

습도는 평균 37.8%로 확인되었다(Table 2).

2. 일반적 특성에 따른 1,2-DCP의 노출수준

1) 1,2-DCP의 노출농도

세척제 취급사업장의 공기 중 1,2-DCP의 기하평균 농도는 0.113 ppm으로 확인되었다(Table 3). 사업장 규모별 노출농도는 유의한 차이가 있었고, Bonferroni 보정 결과 50~300인 미만 사업장의 노출농도에 비해 5~50인 미만 사업장의 노출농도가 유의하게 높았다. 산업분류별 1,2-DCP의 노출수준도 유의한 차이를 보였고 자동차 부품 제조업에 비해 도금 및 도장업이

Bonferroni 보정 결과 높은 수준이었다. 또한 공정별 노출농도는 도금 및 피막·산처리에 비해 세척이 유의하게 높았다.

2) 불검출 수준 및 노출기준 초과 현황

세척제 취급사업장에서 채취한 105개의 시료 중 77.1% (81개)가 1,2-DCP 불검출로 확인되었고, 검출 시료 모두 우리나라 노출기준(10 ppm)은 초과하지 않았다(Table 4). 다만 1,2-DCP가 검출된 시료 총 24개 중 일본의 관리농도 및 직업적 권고 노출기준(1 ppm) 초과는 25%(6개)로 조사되었다.

Table 3. Airborne exposure levels of 1,2-DCP by general characteristics

(Unit : ppm)

	Classification	N*	GM**(GSD [†])	Mean±S.D. [‡]	Range	P-value
No. of workers	<5	9	0.172(5.148)	0.688±1.190	0.064~2.886	0.007
	5~49	53	0.104(2.995)	0.400 ^a ±1.278	0.064~7.274	
	50~299	28	0.117(2.280)	0.184 ^a ±0.244	0.064~0.990	
	≥300	15	0.110(2.207)	0.197±0.398	0.059~1.631	
Industrial classification	Metal processing	21	0.112(3.077)	0.458±1.566	0.064~7.274	0.066
	Automobile parts manufacturing	37	0.119(2.398)	0.206 ^a ±0.324	0.059~1.631	
	Plating & painting	22	0.104(3.659)	0.482 ^b ±1.284	0.064~4.871	
	Printing	12	0.144(4.059)	0.532±1.052	0.064~2.886	
	Others	13	0.088(1.424)	0.095±0.048	0.064~0.246	
Process	Cleaning	18	0.203(3.827)	0.665 ^b ±1.674	0.064~7.274	0.025
	Machining	26	0.090(1.550)	0.106±0.084	0.059~0.493	
	Plating, coating & oxidation	16	0.077(1.752)	0.099 ^a ±0.124	0.064~0.560	
	Painting	13	0.141(4.796)	0.750±1.637	0.064~4.871	
	Metal molding	16	0.094(2.160)	0.175±0.388	0.064~1.631	
	Printing	10	0.161(4.582)	0.622±1.140	0.064~2.886	
	Others	6	0.080(1.123)	0.808±0.008	0.064~0.083	
Monthly usage(kg)	<50	65	0.091(2.052)	0.173±0.472	0.059~2.886	0.517
	50~99	10	0.134(2.835)	0.279±0.492	0.083~1.631	
	100~499	19	0.163(5.050)	0.937±2.055	0.064~7.274	
	>500	11	0.177(3.334)	0.330±0.350	0.064~0.990	
Total		105	0.113(2.831)	0.338±0.992	0.059~7.274	

*N : Number of samples

**GM : Geometric mean

†GSD : Geometric standard deviation

‡S.D. : Standard deviation

a, b: the different letters are significantly different between groups by Bonferroni correction

Table 6. Factors affecting the concentrations of 1,2-DCP in cleaning agent handling industries

Dependent variable	Independent variable	β	t-value	p-value	Model R-square	
Airborne 1,2-DCP concentration (ppm)	Temperature(°C)	-0.011	-0.099	0.922	0.319	
	Relative humidity(%)	-0.140	-1.144	0.256		
	No. of workers	0.002	0.013	0.990		
	Monthly usage(kg)	-0.589	-3.528	<.001*		
	Installation of LEVS					
	Yes	-0.070	-0.539	0.591		
	No	Reference group				
	Industrial classification					
	Metal processing	0.069	0.500	0.619		
	Automobile parts manufacturing	0.032	0.172	0.863		
	Plating & painting	0.391	2.292	0.024**		
	Printing	-0.056	-0.212	0.833		
	Others	Reference group				
	Process					
	Cleaning	0.014	0.065	0.949		
	Machining	-0.052	-0.231	0.818		
	Plating, coating & oxidation	-0.223	-1.039	0.302		
	Painting	0.191	1.010	0.315		
	Metal molding	-0.021	-0.105	0.917		
	Printing	0.204	0.989	0.325		
Others	Reference group					

*P<0.01 **P<0.05

엄격히 수행한 결과로 추측된다. 또한 현장 조사에서 탈지의 담금세척 자동화, 장시간 작업자가 도장 부스를 벗어나 있는 등 세척제 노출시간도 적었기 때문으로 판단된다. 한편, 공기 중 1,2-DCP가 검출된 시료(24개)는 우리나라 허용기준과 노출기준(10 ppm)을 모두 초과하지 않았다(MoEL, 2020). 그러나 1,2-DCP에 대한 일본의 직업적 권고 노출기준(Recommendation of Occupational Exposure Limit, ROEL)과 노동안전 위생법에 따른 관리농도(1 ppm)를 적용하면 25%의 초과율을 보였고 최고 7.4배 초과하는 시료도 있었다(JSOH, 2022). 일반적 특성에 따른 1,2-DCP의 노출농도의 단변량 분석결과 사업장 규모가 5인 미만의 경우가 가장 높았지만 Bonferroni 보정결과 50~300인 미만 사업장의 노출농도에 비해 5~50인 미만 사업장의 노출농도가 유의하게 높았다. 산업별로는 도금 및 도장업과 공정은 세척이 유의하게 높은 수준이었다. 또한 1,2-DCP 농도의 영향 요인으로 월 사용량이 적고

도금 및 도장업일수록 농도가 높은 것으로 확인되어 소규모 사업장이면서 도금 및 도장업, 세척 공정에 대한 선택과 집중적인 관리도 요구된다.

세척제 취급사업장의 국소배기장치 설치율은 24.8%로 확인되었다. 이번 연구에서 후드의 제어 속도를 파악하지 못한 아쉬움은 있지만 Shin(1999)의 연구에 따르면 세척 공정에 환기설비가 설치되어 있지 않거나 효율이 미흡한 경우 허용기준 초과 수준이 된다고 한다. 따라서 세척제에 1,2-DCP가 0.1% 이상 함유된 경우 사업주는 국소배기장치를 반드시 설치하여야 한다. 또한 호흡용 보호구의 착용률은 8.6%로 조사되었다. 세척제 취급 종사자 모두 호흡용 보호구를 착용할 필요는 없지만 MSDS 구성성분에 1,2-DCP가 포함되어 있거나 작업환경측정결과 노출이 확실한 경우 적합한 호흡용 보호구의 지급과 착용도 필요하다.

한편, Lee et al.(2000)은 세척제 성분분석 결과와 제조사의 MSDS 성분 표기에 상당한 차이가 있으며,

MSDS 내 세척제 함량 및 성분이 영업비밀로 되어있어 정보 확인이 불가능하다는 점을 지적한 바 있다. 또한 Lee(2023)는 18종의 세척제에 대한 구성성분을 GC-MSD로 분석한 결과와 MSDS 구성성분을 비교한 결과 일치율을 50%(9종)로 보고하였다. 또한 세척제의 구성 성분 확인 결과 MSDS에 미기재로 검출된 물질 일부는 산업안전보건법에서 규제하고 있는 관리대상 유해물질, 작업환경측정 및 특수건강진단 대상물질이 포함되어 있다고 발표하였다. 본 연구에서 공기 중 1,2-DCP 검출 여부와 MSDS 구성성분 표기 일치율은 81%로 나타났으며, 특히 MSDS 구성성분에 1,2-DCP 미표기 97개 시료 중 18개 시료(18.6%)에서 공기 중으로 검출된 점은 다양한 의미로 해석될 수 있다. 특히 세척제 공급업체는 구성성분으로 함유된 1,2-DCP에 대하여 환경부와 고용노동부의 규제를 벗어날 수 있는 다양한 노력을 수행할 수 있고, 특히 신규화학물질을 혼합한 새로운 세척제 개발로 독성이 밝혀지지 않은 물질에 작업자들이 노출될 위험은 여전히 상존할 수 있다는 것이다. 다만 2022년 2월 세척제에 의한 유기용제 급성 중독사고가 원인이 되어 세척공정 보유사업장의 화학물질 관리 실태 감독으로 MSDS 구성성분의 일치율은 다소 상승한 것으로 추측된다(MoEL, 2022). 따라서 세척제 공급업체의 MSDS 신뢰성 향상을 위하여 구성성분은 주기적으로 검증되어야 할 것이다.

본 연구의 대상은 대구·경북지역으로 한정되어 결과를 전국으로 확대하여 해석하기에는 다소 무리가 있다. 또한 세척제 구성성분의 확인은 물질시료를 확보하여 GC-MSD로 정성분석을 실시하여야 하지만 공기 중 시료의 검출 여부로 판단하여 MSDS 일치율에 대한 해석도 제한점을 가진다.

V. 결 론

본 연구는 세척제 취급사업장 45개소를 대상으로 공기 중 1,2-DCP의 노출농도와 국내의 노출기준 대비 초과율을 확인하였고, 농도에 영향 요인을 조사하였다. 1,2-DCP의 기하평균 농도는 0.11 ppm이었으며, 사업장 규모가 작고, 도금 및 도장업의 세척 공정에 해당될수록 농도가 높은 수준이었다. 공기 중 1,2-DCP가 검출된 시료 모두 우리나라 노출기준을 초과하지는 않았지만 일본의 관리농도 초과율은 25%로 확인되었다. 또한 공기 중 시료의 1,2-DCP 검출 여부와 MSDS 구

성성분 표기의 일치율은 81.0%이었다.

일본의 1,2-DCP로 인한 집단 담관암 발생에 따라 우리나라도 특별관리물질 및 작업환경측정 대상물질 등으로 신속히 규제하였지만 노출기준은 반영하지 못했다. 따라서 1,2-DCP 취급 작업자가 다수임을 감안할 때 노출기준 강화와 더불어 피부감작 표기도 필수적인 것으로 판단된다. 또한 고용노동부의 세척제 취급사업장에 대한 화학물질 특별감독으로 과거 세척제 구성성분의 MSDS 일치율에 비해 향상된 것을 감안할 때 공인된 기관을 통해 MSDS 구성성분에 대한 주기적인 신뢰성 검증 체계도 구축되어야 할 것이다.

References

- ACGIH. Documentation of propylene dichloride, 7th Edition. Cincinnati, OH; 2019. p. 1
- Baruffini A, Cirila AM, Pisati G, Ratti R, Zedda S. Allergic contact dermatitis from 1,2-dichloropropane. *Contact Derm* 1989;20:379-380
- Cha YJ. Exposure assessment and safety measures of 1,2-dichloropropane for cleaning workers. Department of Safety and Environmental Systems Engineering, Incheon National University. Incheon: Incheon National University Press. 2021. p. 34-36
- IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 110, Perfluorooctanoic acid, tetrafluoroethylene, dichloromethane, 1,2-dichloropropane, and 1,3-propane sultone, IARC, Lyon, 2016. p. 924
- ILO and WHO. ICSC(International Chemical Safety Cards). Propylene dichloride. 2021. [cited 2025 Feb] Available from: https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=en&p_card_id=0441&p_version=2
- JSOH. Recommendation of occupational exposure limits (2022-2023) *Environ Occup Health Practice* 2022; 4:1-35
- Jung KS, Ahn YS, Kim CN, Kim HS Kim DH et al. Survey on handling and establishment of health monitoring system of cleaners including 1,2-dichloropropane. *Research results report of OSHRI 2017-OSHRI-105*, 2017. p. 16-20
- Kim JH. The study of exposure level by process using 1,2-dichloropropane. Graduate School of Public Health. Yonsei University. Seoul: Yonsei University Press 2014. p. 11-14
- Kim CN, Roh JH, Kim TY, Phee YG, Kim KY et al. Industrial exposure assessment and social & economic

- evaluation studies to select hazardous substances for control. Research results report of OSHRI 2015-OSHRI-1046), 2015. p. 141
- Kim KY, Kim HS, Lim DS, Ahn YS. Risk assessment of benzene exposure for workers handling petroleum-based cleaning products. Research results report of OSHRI 2020-OSHRI-178), 2020. p. 22-28
- Kumagai S, Kurumatani N, Arimoto A et al. Cholangiocarcinoma among offset color proof-printing workers exposed to 1,2-dichloropropane and/or dichloromethane. *Occup Environ Med* 2013;70:508-10
- Kumagai S. Two offset printing workers with cholangiocarcinoma. *J Occup Health* 2014;56:164-8
- Kwak KM, Jeong KS, Shin DH, Choi WJ, Kim HS et al. Acute toxic encephalopathy induced by occupational exposure to 1,2-dichloropropane. *Ind Health*. 2018; 56(6):561-565. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2018-0118>
- KOSHA. Technical guidance for workplace measurement & analysis of 1,2-dichloropropane. KOSHA GUIDE (A-188-2021). 2021. p. 11-12
- Lee MH, Yoon CG, Cha SE, Chung CK, Jeon TW et al. Survey of actual conditions of material safety data sheet and quantitative risk assessment of toxic substances: Substitutes for degreasing agents. *Korean Ind Hyg Assoc J* 2000;10(2).18-26
- Lee HJ. Evaluation of industrial cleaner components and their MSDS conformity used in some workplaces in southern Gyeonggi Province. Graduate school of public health and healthcare management, The Catholic University of KOREA. SEOUL: Catholic University Press. 2023 p. 17-20
- Lucantoni C, Grotto S, Gaetti R. 1,2-Dichloropropane is a renal and liver toxicant. *Toxicol appl Pharmacol* 1992;117:133
- MoEL. Exposure limits for chemical substances and physical agents(MoEL Public Notice No. 2020-48); 2020. p. 56
- MoEL. Industrial Safety Health Act Enforcement. Ministry of Employment and Labor; 2019. p. 33
- MoEL. Intensive inspection of chemical management practices at workplaces with cleaning processes. 2022. [cited 2025 Feb] Available from https://www.moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news_seq=13348
- MHLW. A review meeting on the work of cholangiocarcinoma in the printing industries. 2013. [cited 2025 Feb] Available from <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002x6at.html>
- MHLW. Criteria for work environmental evaluation (MHLW Public Notice No. 403) 2016
- MHLW. Labor Safety & Hygiene Regulation. 2025 [cited 2025 Feb] Available from https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=74003000&dataType=0&pageNo=1
- NIOSH, Hydrocarbons, halogenated 1003. NMAM (NIOSH Manual of analytical methods), Fourth Edition, 2003. p. 1-4
- Shin YC. Exposure assessment to methylene chloride, and recommendations for minimizing the exposure in blowing and cleaning operations. *Inje J Review* 1999;15(1):607-620

<저자정보>

양희진(연구원), 피영규(교수)