

1,2-디클로로프로판의 취급 공정별  
노출 수준에 대한 연구

연세대학교 보건대학원

산업보건전공

김 지 훈

1,2-디클로로프로판의 취급 공정별  
노출 수준에 대한 연구

지도 노 재 훈 교수

이 논문을 보건학 석사학위 논문으로 제출함




2014년 12월

연세대학교 보건대학원

산업보건전공

김 지 훈

김지훈의 보건학 석사학위 논문을 인준함

심사위원 노재호   
심사위원 원종욱   
심사위원 김치연 

연세대학교 보건대학원

2014년 12월 일

## 감사의 글

대학원생활의 끝자락에 완성한 이 한편의 논문을 보며 무사히 잘 마쳤다는 보람 보다 부끄러움이 더 앞서는 것 같습니다. 부족함을 많이 느꼈고 해야 할 일들이 더욱 많음을 알게 해주는 계기가 된 것 같습니다. 지나고 보니 대학원 생활이 너무나 짧고 아쉬움이 많이 남는 시간이었던 것 같습니다. 그 시간 곳곳에 묻어 있는 추억들을 떠올려보니 감사할 일들이 너무 많습니다. 졸업이라는 열매를 맺기까지 함께 해주신 분들께 진심으로 감사드리고 싶습니다.

본 논문이 완성되기까지 방향을 제시해주시고 꼼꼼한 검토를 해주신 인자하신 노재훈 교수님과 논문의 기초를 다져주시고 섬세함과 따뜻한 인간미를 보여주시신 원종욱 교수님, 논문에 짜임새를 더해주셨으며 산업보건인의 표본이시자 대학원생활 내내 저의 멘토가 되어 주신 김치년 교수님께 큰 감사를 드립니다.

많은 관심을 주신 상냥한 배문주 박사님, 연구실 선배로써 많은 조언을 아끼지 않고 도와주신 정우진 선생님께 깊은 감사를 드립니다.

사회에 첫 발을 내딛은 미숙한 저에게 많은 것을 알려주신 사회생활의 첫 스승님 방문규팀장님과 퇴근길을 책임져 주셨던 해박한 지식의 김용표 과장님, 같은 측정팀이었지만 이제 분석실의 팀장이 되신 김광희 팀장님과 측정팀 인원들에게 감사드립니다.

동거동락한 연구실 생활동안 부족한 선배를 믿고 잘 따라준 후배들인 씩씩한데 여린 승현이, 잘먹고 밝은 솔휘, 지고지순한 부산남자 해안이, 묵묵히 할 일하는 속 깊은 성훈이 에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다. 타지생활을 하느라 고생이 많을 텐데 힘내고 무사히 졸업하길 바란다.

직장 동료로 처음 연을 맺은 카리스마 희명쌤, 마음가는 형님인 경민쌤, 타지생활에 힘들겠지만 뭐든 열심히 하는 재준씨, 사회생활하며 얻은 몇 안되는 친구 진희, 학부후배이자 연구소 선배 진아, 착하고 생각 깊은 후배 부걸이, 센터와 연구소 동료였던 현우씨, 이제 과장이된 병호씨, 종합관 복도를 지나치다 쳐다보게 되는 환경공해연구소 훈남 상규씨와 매력적인 건우쌤, 언제나 인상 좋으신 김관호 선생님, 산업보건인으로써 본받고 싶은 홍관쌤, 연구소를 뒤에서 받쳐주시느라 항상 고생하시는 고옥재선생님, 인천지역 근로자들의 건강을 책임지시는 황정호선생님께도 감사의 말씀 전합니다.

내 든든한 대학원동기 소정누나, 그동안 고마웠어 졸업축하해.

같은 길을 걸어가고 있는 동행 영훈이, 자주 만나지 못해도 존재 자체로 감사한 은송이, 19년 지기 친구이며 앞으로 더 긴 시간 함께할 인호와 원일이, 항상 내 친구일 것 같은 정석이, 같은 듯 다르게 많은 오영이, 훌륭한 가정을 꾸려가고 있는 창식이, 가장으로써 책임을 다하는 상연이, 친구가 뭔지 아는 용수, 언제나 만나면 기분좋은 충락이. 내 친구들 모두 고맙다! 너희들이 있어 힘든 일이 있어도 항상 위로받고 기운을 얻을 수 있는 것 같아.

마지막으로 무심한듯 하지만 속정 깊은 내 하나뿐인 동생 혜현이, 그 동안 아들에게 아낌없이 지원해주시고 사랑을 주신 아버지, 어머니께 정말 감사드립니다. 평생 그 은혜에 보답하겠습니다. 사랑합니다.

2014년 12월

김 지 훈 사뵐

# 차 례

I. 서 론 .....	1
II. 연구대상 및 방법 .....	4
1. 연구대상 .....	4
2. 시료포집 및 분석 방법 .....	5
3. 설문조사 및 통계처리 .....	7
III. 연구결과 .....	8
1. 작업환경 설문결과 .....	8
2. 시료포집방법에 따른 측정결과 .....	11
3. 취급공정별 측정결과 .....	13
4. 노출기준 초과율 .....	16
IV. 고 찰 .....	19
V. 결 론 .....	22
참 고 문 헌 .....	23
Abstract .....	28

## 표 차 례

Table 1. GC condition for analysis .....	6
Table 2. Characteristics of exposure group .....	10
Table 3. Concentrations of working environment measurement .....	11
Table 4. Concentrations of 1,2-dichloropropane in personal samples .....	14
Table 5. Concentrations of 1,2-dichloropropane in area samples .....	14
Table 6. Average excess rate of 1,2-dichloropropane in personal samples	17
Table 7. Average excess rate of 1,2-dichloropropane in area samples .....	17
Table 8. Average excess rate of organizations .....	18

## 그 립 차 례

Figure 1. Exposure distribution of process .....	13
Figure 2. Distribution maps of personal samples .....	15
Figure 3. Distribution maps of area samples .....	15



## 국 문 요 약

**연구목적:** 본 연구는 간과 신장 기능 및 중추신경계의 억제작용 등의 증상을 유발하고 최근 담관암 발생 추정물질로 알려진 1,2-디클로로프로판에 대한 취급공정별 사용실태 및 노출수준을 파악하여 향후 법적 관리수준 변경에 대한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

**연구대상 및 방법:** 국내에서 1,2-디클로로프로판을 취급하는 13개소 사업장을 대상으로 공정에 따라 개인시료 24개와 지역시료 102개를 채취하였으며 근로자들을 대상으로 인터뷰와 설문조사를 실시하였다. 시료채취 및 분석방법은 OSHA에서 권고하는 공정시험법 7에 준하여 실시하였다.

**연구결과:** 1,2-디클로로프로판 취급 근로자들의 개인노출수준은 기하평균  $2.192 \pm 3.656$  ppm이고 공정별로는 드럼통 포장작업을 하는 근로자들이  $16.656 \pm 1.225$  ppm으로 가장 높았다. 그 다음은 인쇄업  $2.947 \pm 1.547$  ppm, 직접세척  $2.428 \pm 6.996$  ppm, 스프레이세척  $2.148 \pm 8.329$  ppm, 초음파세척  $1.446 \pm 1.847$  ppm, 제조  $1.218 \pm 1.975$  ppm, 기계자동세척  $1.140 \pm 1.281$  ppm순이었다. 지역시료 농도는 기하평균  $1.793 \pm 7.047$  ppm으로 인쇄공정 농도가  $5.743 \pm 3.047$  ppm으로 가장 높았다. 종합적으로 측정결과는 개인시료가 지역시료보다 높았으나 통계적으로 유의하지는 않았음( $p < 0.676$ ), 공정간며 상관성에 대한 결과는 통계적으로 유의한 결과를 나타냈다( $p < 0.003$ ). 노출기준 초과율은 국내기준(75 ppm) 대비 4.2 %, ACGIH 및 후생노동성기준(10 ppm) 대비 12.5 %, JSOH기준(1 ppm) 대비 62.5%이었다. 국소배기는 초음파세척과 제조공정

에만 설치되어 있었으며 초음파세척공정 사업장 2개소만이 용도에 적합한 개인보호구를 사용 하고 있었다.

**결론:** 1,2-디클로로프로판의 측정결과 국내 노출기준 초과는 1건이었다. 그러나 최근에 개정된 외국의 노출기준 대비 초과율은 높았다. 또한 대부분의 취급사업장의 화학물질관리가 이루어지고 있지 않아 노출기준 개정과 산업안전보건법상 관리수준의 강화가 필요하다.

---

핵심어: 1,2-디클로로프로판, 프로필렌 디클로라이드, 노출기준, 사용실태, 취급공정

## I. 서 론

1,2-디클로로프로판(1,2-dichloropropane, Propylene dichloride)은 클로로포름과 같은 달콤한 냄새를 내는 무색 가연성 액체로 1,2-디클로로프로판은 간과 신장 기능 및 중추신경계의 억제 작용, 용혈성 빈혈 및 혈전, 세뇨관 괴사 등의 증상을 발생시키는 것으로 알려져 있다(Amoore et al., 1983; Perbellini et al., 1985). 2011년 일본 오사카 교정인쇄사업장의 노동자들이 인쇄 작업 시 세척제로 사용하는 1,2-디클로로프로판으로 인하여 17명에게 담관암이 발생하였다(Shinji et al., 2014; 후생노동성, 2011). 이들 근로자들은 1,2-디클로로프로판이 포함된 세정제를 1일 300~800회를 사용하였으며, 작업장의 근로자들이 노출된 1,2-디클로로프로판의 평균 농도는 100~670 ppm으로 조사되었다(Shinji et al., 2013).

국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 1,2-디클로로프로판을 기존의 발암등급인 Group 3 (not classifiable as to carcinogenicity to humans)에서 Group 1 (Carcinogenic to humans)으로 변경을 예정하고 있다(IARC, 2014).

미국 ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)에서는 1,2-디클로로프로판 TLV-TWA 10 ppm과 A4, DSEN(Dermal sensitizer)을 경고주석으로 제시하고 있다(ACGIH, 2014). 2014년 10월 1일 부터는 1,2-디클로로프로판이 후생노동성의 작업환경측정 대상물질에 추가되었으며 노출기준이 10 ppm으로 개정되었다(후생노동성, 2011).

노출기준 10 ppm은 TLV-TWA는 13주 동안 흡입으로 15 ppm 이상에 노출된 환

취들에게서 체중 감소와 호흡기계 (특히 비강) 자극 현상이 보고되었다는 자료에 근거한 것이다(Nitschke et al., 1988). JSOH(The Japan Society for Occupational Health)에서는 2013년 5월부터 1 ppm, 2A, S2의 노출기준을 제시하고 있다. 국내 노출기준의 경우 미국의 ACGIH에서 1948년에 제안하고 2005년까지 사용한 TWA 75 ppm과 1978년에 제안하고 2005년까지 사용한 STEL 110 ppm을 그대로 적용하고 있다(고용노동부, 2013).

동물실험을 통한 1,2-디클로로프로판의 연구 결과를 살펴보면 급성 독성의 징후는 중추신경계(CNS) 우울증과 눈 자극, 기도자극이 나타난다(Torkelson and Rowe, 1981). 또한 간독성은 장액효소의 증가로 나타나고 부검에서 발견한 주요 증상으로는 급성 간독성, 간괴사가 있다(Sidorenko et al., 1976; Drew et al., 1978).

인간대상의 연구 중 1,2-디클로로프로판의 피부자극에 대한 내용을 살펴보면 노출된 피부에서 약한 자극을 일으키는것으로 보고되어 있으며(USITC, 1981), 1,2-디클로로프로판 50ml를 마신 성인 남성의 경우에는 코마 상태로 된 후 정신 착란, 비가역적 쇼크, 심장 박동 정지가 이어지면서 결국 사망에 이른 경우가 있다(Larcan et al., 1977). 1,2-디클로로프로판에 노출돼 입원한 환자 3명을 임상관찰한 결과, 3명중 2명은 경구, 1명은 흡입을 통해 노출되어 서로 노출경로가 달랐음에도 불구하고 임상증상은 비슷하게 나타났으며 3명의 환자 모두 급성신장, 간손상을 입었으며 한사람은 부검결과 급성 관암종이 나타났다. 또한 용혈성 빈혈과 파종성 혈관내 응고가 나타났다(Pozzi et al., 1985).

화학물질 유통량 조사에 따르면, 국내 1,2-디클로로프로판 사용량은 2002년 17톤/년이었으나, 2006년 348톤/년, 2010년 928톤/년으로 사용량이 증가하는

추세를 보이고 있다(환경부, 2003; 2007; 2010). 이처럼 1,2-디클로로프로판은 최근 발암성에 대한 유해성이 확인되고 있으며 취급량이 증가하고 있어 관리의 필요성이 증가하고 있다. 그러나 산업안전보건법에서 작업환경측정 대상물질로 지정되어 있지 않아 근로자들의 1,2-디클로로프로판 노출 실태에 대한 파악이 쉽지 않다(고용노동부, 2012).

본 연구에서는 우리나라의 1,2-디클로로프로판 취급근로자들의 직업적 노출 실태를 파악하고 현행 노출기준 수준대비 적정한지에 대한 여부를 파악해 보고자 하였다. 이번 연구의 세부 목적은 다음과 같다.

첫째. 국내 1,2-디클로로프로판 취급 업체들의 관리 실태를 파악한다.

둘째. 국내 1,2-디클로로프로판 취급 사업장의 개인, 지역 평균노출농도를 파악한다.

셋째. 취급 공정별 노출량을 파악하여 공정별 노출 수준을 파악한다.

넷째. 각 기관별 노출기준 적용 시 초과율을 비교한다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

1,2-디클로로프로판을 취급하는 사업장 13개소 사업장의 초음파세척, 직접세척, 기계자동세척, 스프레이세척, 인쇄업, 제조업, 드럼포장 총 7가지 공정을 대상으로 하였으며 취급 근로자들에 대한 개인시료 24 개과 지역시료 102 개를 채취하였다. 2009년 작업환경실태조사 결과자료를 토대로 연구대상 사업체와 전화연락 후 현장방문예비조사를 통해 취급 공정 및 노출위험 공정을 파악한 뒤 본 측정을 실시하였다(산업안전보건공단, 작업환경실태조사, 2009).

설문조사는 1,2-디클로로프로판을 직접 취급하는 근로자들 또는 관리자에게 하였고, 측정공정별 취급량, 취급시간, 평균나이, 보호구의 착용상태, 국소배기 장치의 설치상태 등은 설문조사와 함께 현장조사를 통해 확인하였다.

## 2. 시료포집 및 분석방법

1,2-디클로로프로판을 취급하는 공정의 공기중 시료의 포집과 분석은 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)의 공정시험법인 "OSHA 07" 에 준하여 실시하였다.

1,2-디클로로프로판 포집 매체로는 Chacoal tube(100mg/50mg, SKC, USA)를 이용하였으며(OSHA, 2000), 시료 포집 장치로는 Personal air sampler의 한 종류인 Pocket pump(SK, USA)를 사용하였다. 시료 채취 전, 후로 유량계(Bios, Defender 510)를 사용하여 펌프의 유량을 보정하였다( $0.15 \text{ L/min} \pm 5\%$  이내).

근로자들의 작업시간 중 폭로되는 노출량 수준과 작업장의 평균노출수준을 평가하기 위해서 현장에서 6시간 이상 Personal sampling 하는 방법과 근로자가 1,2-디클로로프로판을 취급하는 활동반경내의 공기를 Area sampling 하는 방법으로 시료를 채취하였으며 이를 1일 8시간 작업을 기준으로하는 TWA(Time Weighted Average)를 적용하여 평가하였다(고용노동부, 2013). 모든 시료는 채취 후 마개로 밀봉하여 실험실로 운반하였으며 NIOSH Method 1013의 Sampling Stability를 참고하여 25℃에 어두운 상태로 보관하였다(NIOSH, 1994).

시료의 분석을 위한 표준물질은 SUPELCO 社의 1,2-디클로로프로판(CAS NO.78-87-5)제품을 사용하였으며 가스크로마토그래피 질량분석기(Gas chromatograph,GC)/불꽃이온화 검출기(Flame Ionization Detector, FID)를 이용하여 정량 분석을 실시하였으며 분리관은 DB-FFAP를 사용하였다. 기기의 분

석조건은 Table 1과 같다. 농도의 검출한계 (Limit of detection, LOD) 미만인 불검출 자료는 LOD값의 1/2값을 적용하여 통계처리에 이용하였다.

Table 1. GC condition for analysis

Descriptions	Condition
Instrument	Gas chromatograph
Detector	Flame ionization detector
Split ratio	25:1
Injector	Auto liquid sampler (HP 6890 series, U.S.A)
Injection volume	1 $\mu$ l
Flow rate	0.15 ml/min
Column	DB-FFAP, 50m $\times$ 0.320mm ID, 0.5 micron Film, Polyethylene glycol coating
Carrier gas	N <sub>2</sub>
Temperature	Injector : 150 $^{\circ}$ C Detector : 220 $^{\circ}$ C Column : 40 $^{\circ}$ C ( 2.8 min) $\rightarrow$ 45 $^{\circ}$ C (2 min) $\rightarrow$ 50 $^{\circ}$ C (2 min)



### 3. 설문조사 및 통계처리

본 연구에서는 국·내외 문헌조사를 통해 1,2-디클로로프로판이 미치는 영향에 대한 내용을 파악하였으며, 한국산업안전보건공단에서 제공한 “2009년 작업환경실태조사” 결과자료를 토대로 연구대상 사업체를 방문하여 1,2-디클로로프로판 취급부서마다 현장 예비조사와 인터뷰를 실시하여 1,2-디클로로프로판에 노출가능성이 있는 단위작업의 종류와 작업수행시간, 취급량, 근속년수, 단위작업의 빈도 등을 확인하였다.

자료의 통계학적 분석은 SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하였다. 기술통계를 통해 기하평균과 표준편차를 알아보았으며 t-test를 이용해 개인시료와 지역시료간의 시료포집 방법 별 유의성을 살펴보았다. 또한 one-way ANOVA 검정을 통해 공정간 상관성을 알아보았다.

### III. 연구결과

#### 1. 작업환경 설문결과

이번 연구를 통해 조사된 1,2-디클로로프로판을 사용하는 사업장은 총 13곳이며 직접세척, 초음파세척, 기계자동세척, 스프레이세척, 인쇄업, 제품제조, 드럼포장의 총 7가지 공정이었다. 근로자들의 평균 근무시간은 8시간 40분, 평균 작업시간은 3시간 20분, 평균근속년도 9.4년, 평균연령은 41세였다.

국소배기 시설은 초음파 공정의 사업장 3곳의 경우 국소배기 시설이 모두 설치되어 있었으며 상방향 또는 측방향 외부식후드 형태로 설치되어 있었다. 1,2-디클로로프로판을 배합해 제품을 제조하는 업체 1곳에도 설치되어 있었으며 유동식 덕트 형태의 제품을 이용하고 있었다. 나머지 사업장의 경우 전체 환기를 실시하고 있었다.

1,2-디클로로프로판은 현재 담관암 발생 추정 물질이며, 경구 또는 흡입 노출시 임상 증세는 비슷하며 급성 신장 및 간장 장애 현상 또는 급성 세뇨관 괴사와 용혈성 빈혈, 혈관 내 응집현상 등이 나타난다(Pozzi et al., 1985).

피부 노출의 경우 플라스틱제조 공장에서 취급근로자들에게 알려지성 피부염이 발생된 보고(IARC, 1999)가 있으며, ACGIH에서는 DSEN 등급으로 피부에 대한 감작성에 대한 등급을 가지고 있다(ACGIH, 2014).

이러한 위험성을 방지하기 위하여 보호구의 착용은 근로자들에게 필수이나 현장의 근로자들의 경우 보호구의 필요성을 제대로 인식하지 못하고 있었으

며, 착용한 보호구들이 용도에 맞지 않은 잘못된 제품들이었다.

초음파세척공정의 사업장 2곳, 스프레이공정의 사업장 1곳만 방독 마스크를 사용하고 있었으며 나머지 사업장의 경우 분진 마스크를 사용하거나 마스크 자체를 착용하지 않고 있었다.

화학용 앞치마의 경우 초음파 세척공정의 3곳만 착용하고 있었으며 나머지 사업장의 경우 착용하지 않고 있었다.

장갑의 경우 총 8곳의 사업장에서 불침투성 고무장갑을 사용하고 있었으며 그 외 사업장은 면장갑, 단면코팅면장갑 등 흡수를 통해 지속적인 피부 반응을 일으킬 수 있는 형태의 장갑을 사용하는 사업장들이 있었다.

근로자들이 1,2-디클로로프로판을 사용함에 있어 눈이 따끔 거린다는 증상은 대부분의 근로자들이 가끔 느끼는 증상이었으며, 보호구 미착용자들의 경우 작업에 방해가 되어 착용하지 않는다는 이유가 가장 컸으며, 사용하지 않는 것에 대한 불안함은 크게 없었다. 유독성으로 인해 사용에 제한이 있는 TCE 대신 사용하는 물질이다 보니 유해성이 없을 거라 생각하는 근로자들이 있었으며, 판매업체측에서 국내기준을 통해 발암성이 없는 물질로 인식시켜 제품을 판매해온 탓에 인체에 큰 영향이 없는 물질로 알고 있다는 근로자들도 존재했다.

Table 2. Characteristics of exposure group

Process	Company	Number of samples		Content	Quantity (L./day)	Total time of work(h)	Duration time(h)	Years of work	Average age	Local ventilation system	Protective equipment
		Personal	Area								
Direct cleaning	A	1	8	>95%	10	10	0.5	14.6	45	X	Dustproof mask, Rubber-glove
	B	1	7	>95%	0.64	7	3	15	51	X	Rubber glove
	C	3	3	>95%	1.09	8	2	12	41	X	Rubber glove
Ultrasonic cleaning	D	4	14	>90%	6.45	10	3	1.3	52	O	Gas mask, Rubber glove, Chemical apron
	E	1	9	90%	9.5	10	2.5	9.6	47	O	Gas mask, Rubber glove, Chemical apron
	F	2	8	>95%	1.5	8	1.5	2.2	20 29	O	Dustproof mask, Rubber-gloves, Chemical apron
Auto machinery cleaning	G	2	7	>65%	177	10	9	12	43	X	Dustproof mask, Cotton-work-gloves
Spray cleaning	H	1	9	>90%	0.5	8	0.5	5	34	X	Cotton work-gloves
	I	1	9	>95%	5	8	0.5	6	33	X	Gas mask, Rubber glove
	J	1	6	>95%	8.22	8	1	10	42	X	Cotton work gloves
Printing work	K	3	7	>95%	16	10	9	16	45	X	Coating cotton work gloves
Production	L	2	8	>95%	1369	8	7	10	41	O	Rubber glove
Drum packing	M	2	7	>95%	17.26	8	4	8	39	X	Cotton work gloves
Total	13	24	102			8.69	3.35	9.36	41.00		

## 2. 시료포집방법에 따른 측정결과

총 24명의 근로자와 102곳의 지역시료를 측정 하였으며 작업환경측정 결과 개인시료의 기하평균은  $2.192 \pm 3.656$  ppm(TWA 75 ppm), 지역시료의 기하평균 농도는  $1.793 \pm 7.047$  ppm(TWA 75 ppm) 이었다. 개인시료의 노출수준이 지역 시료보다 높았으며 이는 작업을 하는 과정에 있어 1,2-디클로로프로판 용액 가까이에서 작업을 진행하므로 높은 농도에 노출될 가능성이 있다. 드럼포장을 하는 공정 근로자들의 기하평균이  $16.656 \pm 1.225$  ppm으로 가장 높았으며 자동기계세척을 하는 공정의 개인노출량이  $1.140 \pm 1.281$  ppm으로 가장 낮았다.

지역시료의 경우 102개 중 총 7개의 시료가 불검출의 결과를 보였다. 개인과 지역 노출에 대한 상관성 검증을 위해 실시한 t-test 결과 p-value 값은 0.676으로 두 공정에 대한 노출량이 서로 통계적으로 유의하지 않음을 나타냈다(Table 3). LOD 값은  $2.3 \mu\text{g}/\text{sample}$ 로 나타났다.

Table 3. Concentrations of working environment measurement (Unit, ppm)

Classification	No of Samples	GM	GSD	Range	p-value
Personal	24	2.192	3.656	0.1858 - 76.023	0.676
Area	102	1.793	7.047	N.D - 56.817	
Total	126	1.99	5.35	-	

GM; geometric mean, GSD; geometric standard deviation. ND; not-detection , p-value by t-test,  $p < 0.05$

### 3. 취급공정별 측정결과

공정상 사용용도를 살펴보면 초음파 세척의 경우 세척할 부품을 금속바구니에 담아 초음파 세척기 안에 담겨있는 용액에 담귀 기기를 5분 이상 작동시켜 세척한 후 꺼내는 형태의 작업을 진행하며, 직접 세척의 경우에는 제품을 출시하기 전에 이전에 행해진 절단작업 시 묻은 오일이나 기타 이물질질을 제거하기 위해 침수식 세척을 진행하거나 천에 묻혀서 닦아내는 식의 방법을 사용하고 있었다. 기계자동세척의 경우에는 제품이 프레스 공정을 통해 생산되는 중간에 세척액을 흘려보내 자동으로 세척작업을 진행하는 구조였으며, 스프레이 세척의 경우에는 캔형태의 스프레이 락카형태의 제품을 사용하거나 플라스틱 통에 담긴 제품을 압축공기를 이용하여 분사하는 방식을 사용했다. 인쇄업의 경우 인쇄공정에서 롤러에 묻어나거나 기타 공정상에 발생하는 이물질들을 닦아내는데 사용하였다. 제조공정의 경우는 입고된 1,2-디클로로프로판에 부원료를 배합하여 제품을 생산하는 공정이었으며, 드럼포장의 경우 입고된 1,2-디클로로프로판을 제품 주문이 들어오면 용량별로 드럼용기에 재포장하여 제품을 출하 하는 형태였다. 개인시료의 경우 노출수준이 가장 높은 공정은 드럼포장 공정으로 기하평균농도가  $16.656 \pm 1.225$  이었으며, 기계자동세척 공정의 기하평균농도가  $1.140 \pm 1.281$  로 가장 낮았다(Table 4). 지역시료의 경우 인쇄 공정의 기하평균농도가  $5.743 \pm 3.047$  으로 가장 높았으며 기계자동세척 공정의 기하평균 농도가  $1.207 \pm 1.365$  로 가장 낮았다(Table 5).

공정간 상관성을 알아보기 위해 실시한 one-way ANOVA 검정결과 p-value <0.003 으로 통계적으로 유의한 결과를 나타냈다.

개인시료별 최고 노출 수준을 보인 공정은 직접 세척공정으로 76.023 ppm의 노출수준을 보였다(Figure 1). 직접 세척공정은 침수식과 천에 묻혀 닦아내는 방법이 있었으며 침수식 세척작업자의 경우 바닥에 놓인 통에 허리를 숙여 작업하는 개인의 작업형태에 따라 노출량의 차이가 났다.

측정결과의 분포를 보면 개인시료의 경우 정규분포 하지 않았으며 대수정규분포를 나타냈다. 지역시료의 경우는 정규분포와 대수정규분포 모두 성립하지 않았다(Figure 2).

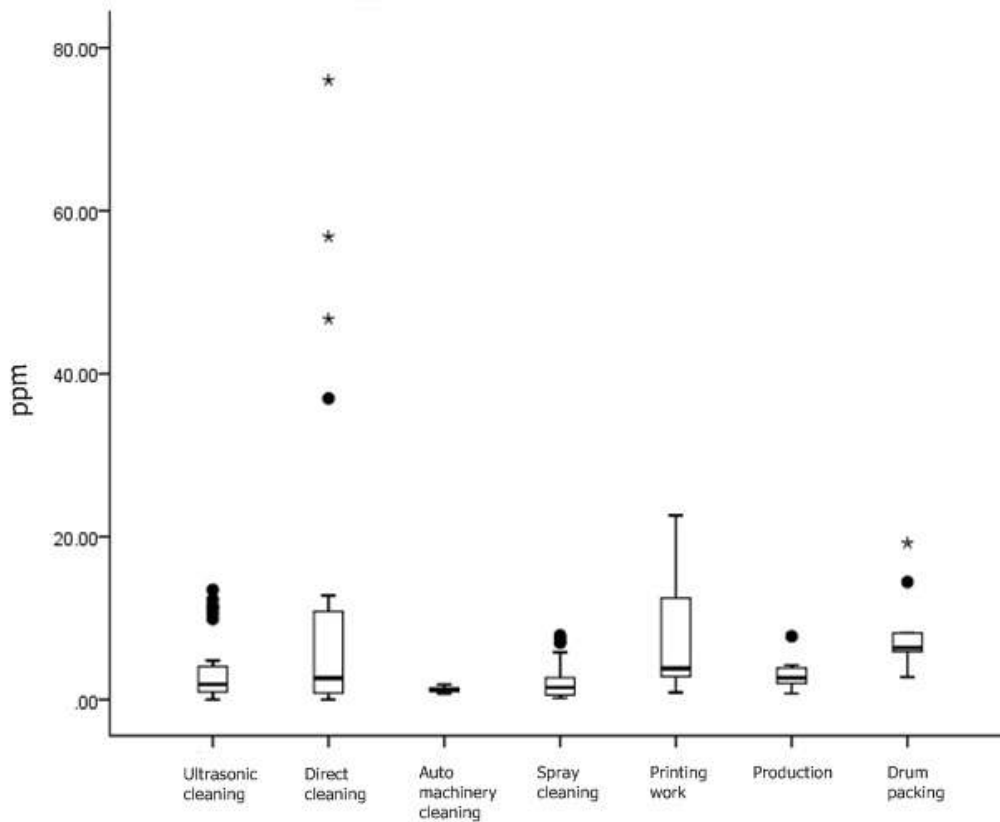


Figure 1. Exposure distributions of process.

Table 4. Concentrations of 1,2-dichloropropane in personal samples

Process	n	Airborne 1,2- Dichloropropane, (ppm)						
		AM	SD	GM	GSD	Median	Min.	Max.
Direct cleaning	5	16.061	33.522	2.428	6.996	0.996	0.792	76.023
Ultrasonic cleaning	7	1.749	1.392	1.446	1.847	1.406	0.754	4.785
Auto machinery cleaning	2	1.158	0.284	1.140	1.281	1.158	0.957	1.3584
Spray cleaning	3	4.932	4.118	2.148	8.329	7.064	0.186	7.547
Printing work	3	3.134	1.209	2.947	1.571	3.638	1.755	4.001
Production	2	1.362	0.861	1.218	1.975	1.362	0.753	1.971
Drum packing	2	16.828	3.386	16.656	1.225	16.828	14.433	19.222
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>6.46</b>	<b>6.40</b>	<b>4.00</b>	<b>3.32</b>	<b>4.64</b>	<b>2.80</b>	<b>16.42</b>

AM; arithmetic mean, SD; standard deviation

Table 5. Concentrations of 1,2-dichloropropane in area samples

Process	n	Airborne 1,2- Dichloropropane, (ppm)						
		AM	SD	GM	GSD	Median	Min.	Max.
Direct cleaning	18	11.699	17.048	1.880	21.202	6.045	N.D	56.817
Ultrasonic cleaning	31	3.731	4.098	1.214	10.575	2.379	N.D	13.466
Auto machinery cleaning	7	1.256	0.375	1.207	1.365	1.256	0.722	1.855
Spray cleaning	24	2.076	2.120	1.352	2.547	1.457	0.393	7.874
Printing work	7	8.809	7.646	5.743	3.047	6.583	0.865	22.601
Production	8	3.545	1.907	3.194	1.600	3.148	1.725	7.764
Drum packing	7	5.940	1.834	5.646	1.442	6.000	2.763	8.159
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>5.29</b>	<b>5.00</b>	<b>2.89</b>	<b>5.97</b>	<b>3.84</b>	<b>0.92</b>	<b>16.93</b>



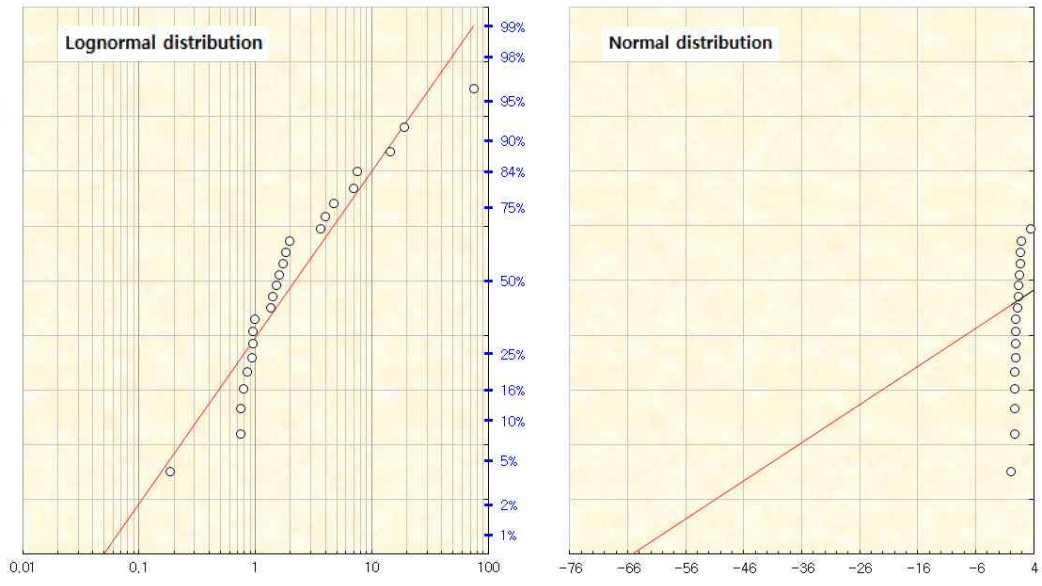


Figure 2. Distribution maps of personal samples.

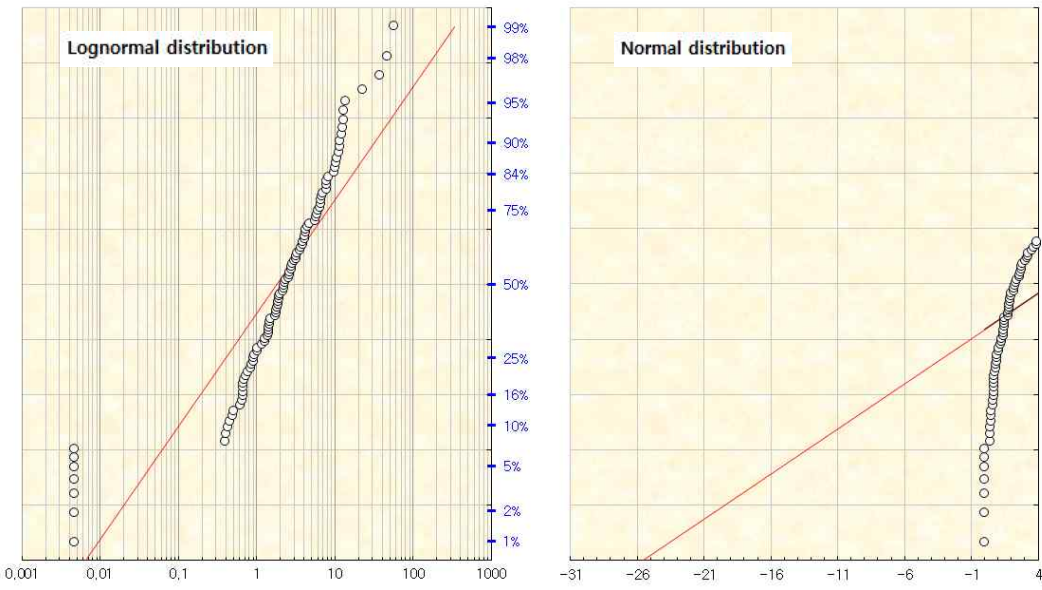


Figure 3. Distribution maps of area samples.

#### 4. 노출기준 초과율

현행 국내 고용노동부(MoEL; Ministry of Employment and Labor) 노출기준인 75 ppm을 기준으로 하였을 때 노출기준을 초과하는 공정은 총 24개의 개인시료 중 직접세척공정 1곳이었으며, 50~100% 0건, 10~50% 3건, 10%인 7.5 ppm 미만이 22건으로 전체 결과의 83.33%를 차지했다(Table 6). 102건의 지역 시료 중 노출기준 초과는 1건도 없었으며 50~100% 2건, 10~50% 18건, 10%미만 82건으로 전체 결과의 80.39%를 차지했다(Table 7). 개인 시료, 지역 시료 모두 10% 미만대인 7.5 ppm 이하 수준의 노출량이 가장 많았다. 이러한 노출 수준은 별도의 환기 시설로 노출에 대한 통제를 하지 않은 상태의 노출량으로써 시설개선과 보호구 착용으로 근로자들의 잠재적 위험성을 충분히 관리할 수 있는 수준이라고 판단하였다. 그리하여 좀 더 엄격한 노출 기준인 ACGIH 와 JSOH의 노출기준을 가지고 초과율을 알아보았다. ACGIH의 노출기준인 10 ppm을 기준으로 하였을 때 개인시료의 초과율은 12.5 % 이며 지역시료의 초과율은 13.5 % 였으며 JSOH의 노출기준인 1 ppm (JSOH, 2013)을 기준으로 하였을 때 개인시료의 초과율은 62.5 % 지역시료의 초과율은 71.4 % 였다(Table 8).

Table 6. Average excess rate of 1,2-dichloropropane in personal samples

Process	n	Exposure limit <10%	Exposure limit 10~50%	Exposure limit 50~100%	Exposure limit 100%<
Direct cleaning	5	4(80%)	0(0%)	0(0%)	1(20%)
Ultrasonic cleaning	7	7(100%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Auto machinery cleaning	2	2(100%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Spray cleaning	3	2(66.6%)	1(33.3%)	0(0%)	0(0%)
Printing work	3	3(100%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Production	2	2(100%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Drum packing	2	0(0%)	2(100%)	0(0%)	0(0%)
Total	24	20(83.33%)	3(12.5%)	0(0%)	1(4.17%)

Table 7. Average excess rate of 1,2-dichloropropane in area samples

Process	n	Exposure limit <10%	Exposure limit 10~50%	Exposure limit 50~100%	Exposure limit 100%<
Direct cleaning	18	11(61.11%)	5(27.77%)	2(11.11%)	0
Ultrasonic cleaning	31	25(80.65%)	6(19.35%)	0	0
Auto machinery cleaning	7	7(100%)	0	0	0
Spray cleaning	24	23(95.83%)	1(4.17%)	0	0
Printing work	7	4(57.14%)	3(42.86%)	0	0
Production	8	7(87.5%)	1(12.5%)	0	0
Drum packing	7	5(71.4%)	2(28.6%)	0	0
Total	102	82(80.39%)	18(17.65%)	2(1.96%)	0

Table 8. Average excess rate of organizations

(unit, %)

Organization	Exposure limit	Total	Personal	Area	Direct cleaning		Ultrasonic cleaning		Auto machinery cleaning		Spray cleaning		Printing work		Production		Drum packing	
					Personal	Area	Personal	Area	Personal	Area	Personal	Area	Personal	Area	Personal	Area	Personal	Area
					MoEL	75ppm	0.8	4.167	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0
ACGIH	10ppm	13.5	12.5	13.5	20	33.333	0	16.129	0	0	0	0	0	42.857	0	0	100	0
JSOH	1ppm	71.4	62.5	71.4	40	72.222	57.143	67.742	50	85.714	66.667	58.333	100	85.714	50	100	100	100

MoEL; Ministry of Employment and Labor

## IV. 고 찰

본 연구에서 국내의 1,2-디클로로프로판을 취급하는 공정별 사용량과 노출 실태를 알아보았을 때 지역시료의 노출수준이 가장 높은 곳은 인쇄업이었다. 개인시료의 노출수준이 가장 높은 곳은 1,2-디클로로프로판을 드럼에 주입하여 포장하는 공정이었으며 개인시료와 지역시료를 합친 통합수준이 가장 높은 공정 또한 드럼포장 공정이었다.

측정된 공정들의 노출수준을 고용노동부의 75 ppm, ACGIH의 10 ppm, JSOH의 1 ppm 기준으로 비교해 초과율을 살펴보았을 때 국내 기준인 75 ppm일 때 직접세척에서의 초과율이 20%로 나타났다. 직접세척 공정의 개인 노출 기하평균이  $2.428 \pm 6.996$  ppm 임을 고려해 봤을 때 세척작업을 진행하는 가운데 액체성상인 1,2-디클로로프로판이 튀거나 물질 가까이 직접적으로 수세식 세척 작업을 진행하기 때문에 순간적으로 고농도에 노출 될 수 있음을 나타낸다. ACGIH의 노출기준인 10 ppm을 기준으로 했을 때는 드럼 포장 공장의 초과율이 100%를 초과하는 것을 볼 수 있다. 본 연구를 위해 측정이 진행된 드럼 포장공정의 경우에는 매일 작업을 하지 않기 때문에 국소배기가 설치된 정규 작업장이 존재하지 않았기에 이처럼 높은 수치의 측정결과가 나온 것이라 판단된다. JSOH의 노출기준인 1 ppm을 기준으로 하였을 때는 모든 공정에 있어서 40% 이상의 초과율을 보이며 개인시료 기준으로 했을 때 62.5%의 초과율을 보이고 있다.

전체적인 공정의 노출수준은 일본의 담관암 발생사업장인 인쇄업 종사근로

자의 노출수준인 100~670 ppm 보다는 많이 낮지만 국내 노출근로자들의 노출기간과 나이를 고려해 봤을 때 담관암 발생 및 간, 신장기관 등의 손상을 방지하기 위하여 하루 빨리 JSOH의 1ppm 이하로 작업장의 노출 수준을 관리할 필요가 있다(Shinji et al., 2014). 이러한 작업장 관리를 위한 참고농도로 비발암성 평가와 발암성 평가를 진행하여 근로자들의 건강위해성을 파악할 수 있다. 발암성평가의 경우 주로 미국의 EPA(Enviromental Protection Agency)에서는 단위 위험도(Unit risk) 또는 발암 경사값(Slope factor)등과 같은 POD(Point of Departure)를 제공하여 이 값을 기초로 발암성평가를 진행하며 비발암성평가는 NOAEL(No Observed Adverse Effect Level), LOAEL(lowest observed adverse effect level) 또는 BMD(benchmark dose)를 이용하여 무영향기준 농도를 정하는 과정이다. 하지만 현재 발암성에 대한 POD를 제공하는 연구가 없으며 비발암성의 경우 예도 POD로 90일 동안 흰쥐를 이용한 흡입 독성시험에서 비강 독성(비강점막과식증)에 대한 연구에서 LOAEL(ANI) 값 12.4 mg/m<sup>3</sup> 및 LOAEL(HEC) 값 3.1 mg/m<sup>3</sup> 정보 정도 밖에 없는 상황이다(Nitschke, 1988). 추가적인 연구를 통해 우리나라에 적합한 작업장참고농도(Workplace reference concentration, RfC<sub>work</sub>)를 구하여 유해·위험성평가를 진행해야 할 것이다(안전보건공단, 2012).

또한 작업장의 노출수준 관리와 더불어 국소배기시설의 설치와 올바른 보호구의 지급을 통한 근로자의 노출을 최소화 할 필요가 있다. 이번 연구를 진행하기 위해 방문한 사업장들의 경우 1,2-디클로로프로판의 유해성에 대한 인식이 상당히 부족하다는 것을 알 수 있었다. Table 2를 살펴보면 발암성 물질이며 ACGIH에 피부에 대한 감작성을 나타내는 DSEN 등급을 명시에도 불구하고

고 분진마스크, 면장갑 등의 적절하지 않은 보호구를 사용하는 사업장들이 상당수 였다(ACGIH, 2014). 심지어 보건관리자가 있음에도 분진마스크를 제공하는 사업장들도 있었다. 또한 근로자들은 CMR물질인 1,2-디클로로프로판을 유해한 TCE 대신 사용하고 있기 때문에 안전하다고 생각하며 보호구의 착용을 중요시 하지 않는 경우가 많았다. 일본 교정인쇄소의 담관암 발생 근로자들의 근무년수가 평균 5년 9개월, 발생나이 평균 36세 였던 것을 보면(후생노동성, 2013) 국내의 근로자들은 더 많은 근속년수와 평균연령대를 보이고 있다(Table 2). 1,2-디클로로프로판을 사용하는 작업환경에 대한 관리가 되지 않고 있는 국내의 상황으로 보아 향후 발생 할 수 있는 직업병과 건강장해에 미리 대비하기 위해서는 1,2-디클로로프로판의 유해성과 보호구의 필요성에 대한 내용을 노출기준의 개정과 함께 사업장에 널리 알려 근로자들을 1,2-디클로로프로판의 유해성으로 부터 보호해야 할 것이다. 또한 1,2-디클로로프로판은 현재 KOSHA GUIDE가 존재하지 않는 물질로써 NIOSH Method 1013과 OSHA Method 07 두 가지 측정 및 분석 방법의 비교를 통해 어떤 방법이 효율과 이용성 등 국내 상황에 더 적합한 방법인지를 알아보는 것도 필요하다고 생각한다.

## V. 결 론

본 연구에서는 1,2-디클로로프로판을 사용하는 공정들과 근로자들에 대한 노출실태를 파악하고자 총 13개 사업장 7개 공정에 대해 126개의 시료를 수집하였으며 그중 개인시료는 24개, 지역시료는 102개 였다. 주요결과는 다음과 같다.

첫째, 국내 1,2-디클로로프로판 취급 사업장들의 경우 초음파세척공정과 제조 공정에만 국소배기 시설이 있었으며 직접세척, 스프레이세척, 인쇄업, 기계 자동세척, 드럼포장의 공정에는 국소배기시설이 없었다. 초음파공정의 사업장 2곳만이 모든 보호구를 보급, 착용하고 있었으며 나머지 사업장들의 경우 미 착용, 혹은 용도에 맞지 않는 보호구의 착용이 대부분이었다.

둘째, 국내 고용노동부의 노출기준 75 ppm을 기준으로 1,2-디클로로프로판 사용 공정에 대해 측정된 농도는 N.D~76.023 ppm의 범위를 나타냈으며 개인 시료의 기하평균 농도는  $2.192 \pm 3.656$  ppm, 지역시료의 기하평균농도는  $1.793 \pm 7.047$  ppm이었다.



셋째, 개인 평균 노출량이 가장 높은 공정은 드럼포장공정  $16.656 \pm 1.225$  ppm이었다. 그 다음은 인쇄업  $2.947 \pm 1.547$  ppm, 직접세척  $2.428 \pm 6.996$  ppm, 스프레이세척  $2.148 \pm 8.329$  ppm, 초음파세척  $1.446 \pm 1.847$  ppm, 제조  $1.218 \pm 1.975$  ppm, 기계자동세척  $1.140 \pm 1.281$  ppm 순이었으며 지역시료 농도는 기하평균  $1.793 \pm 7.047$  ppm으로 인쇄공정 농도가  $5.743 \pm 3.047$  ppm으로 가장 높았다. 개인 근로자의 노출량이 가장 높게 나타날 수 있는 공정은 직접세척 공정( $76.023$  ppm) 이었다.

넷째, 국내 노출기준  $75$  ppm을 기준으로 했을 때 전체시료, 개인시료, 지역시료의 초과율은 각각  $0.8\%$ ,  $4.167\%$ ,  $1\%$  였으며 ACGIH 노출기준  $10$  ppm을 기준으로 했을 때는  $13.5\%$ ,  $12.6\%$ ,  $13.5\%$  였으며 JSOH 노출기준인  $1$  ppm 일 때는  $71.4\%$ ,  $62.5\%$ ,  $71.4\%$  의 초과율을 보였다.

본 연구 결과를 통해 국내 1,2-디클로로프로판 취급 사업장의 사용실태를 와 노출양상을 일부 확인 할 수 있었다. 근로자들의 의식부족과 부적합한 보호구, 국소배기 시설의 미비 등을 봤을 때 올바른 취급방법에 대한 교육과 체계적인 관리가 필요하다. 노출기준의 경우 타 국가에서는 이미 법적인 강화가 이루어져 있음에도 변동 없이 유지하고 있는 현행 노출기준의 개정 및 강화를 통해 제도적 보호장치를 마련하여 근로자들의 노출수준을 저감시켜야 할 것이다. 또한 공기 중 시료뿐만 아니라 피부감작성을 가지고 있는 물질이기 때문에 피부노출에 관한 추가적인 연구도 취급근로자들을 위해 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

고용노동부. 작업환경측정 대상 유해인자(고용노동부령 제 117호), 고용노동부 2012

고용노동부. 작업환경측정방법(고용노동부고시 제2013-39호), 고용노동부 2013

고용노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(고시 제2013-38호), 고용노동부 2013

안전보건공단. 유해화학물질의 유해성·위험성평가, 2012

안전보건공단. 작업환경실태조사, 2009

환경부. 화학물질 유통량 조사, 2003

환경부. 화학물질 유통량 조사, 2007

환경부. 화학물질 유통량 조사, 2010

후생노동성. 印刷事業場で発生した胆管がんの 業務上外に関する検討會 報告書,  
2013

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). TLVs  
and BEIs 2014; 51

Amoore JE, Hautala E. Odor as an aid to chemical safety: Odor thresholds  
compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial  
chemicals in air and water dilution. J Appl Toxicol 1983; 3(6): 272 - 90

International Agency for Research on Cancer(IARC). Agents classified by  
the IARC Monographs, Volumes 1 - 105. 2014 from <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>

International Agency for Research on Cancer(IARC): IARC Monographs on  
the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. 1999;  
71: 1393

Larcan A, Lambert H, Laprevote MC, Gustin B. Acute poisoning induced  
by dichloropropane. Acta Pharmacol Toxicol. 1977; 41(Suppl): 330

National Institute of Occupational Safety and Health. Propylene dichloride: method 1013, Issue 2, dated 15 August 1994; Page 4 of 4

Nitschke KD, Johnson KA, Wackerle DL, Phillips JE, Dittenber DA. Propylene dichloride: A 13-week inhalation toxicity study with rats, mice and rabbits. Mammalian and Environmental Toxicology Research Laboratory Health and Environmental Sciences, The Dow Chemical Company, Midland, MI, USA, unpublished report, 1988; 7

Occupational Safety and Health Administration. Sampling and analytical methods : 07. 2000 from <https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/organic/org007/org007.html>

Pozzi C, Marai P, Ponti R, Dell'Oro C, Sala C, Zedda S, Locatelli F. Toxicity in man due to stain removers containing 1,2-dichloropropane. British journal of industrial medicine 1985; 42(11): 770-772.

Shinji K, Norio K, Akira A, Gaku I. Cholangiocarcinoma among offset colour proof-printing workers exposed to 1,2-dichloropropane and/or dichloromethane. Occup Environ Med 2013; 70: 508-510

Shinji K, Norio K, Akira A, Gaku I. Time Course of Blood Parameters in Printing Workers with Cholangiocarcinoma. J Occup Health 2014; 56: 279 - 284

Sidorenko G, Tsulaya V, Korenevskaya E. Methodological approaches to the study of atmospheric pollutants as illustrated by chlorinated hydrocarbons. Environ Health Perspect 1976; 13:111 - 16

The Japan Society for Occupational Health(JSOH). Recommendation of occupational exposure limits. J Occup Health 2013; 55: 422 - 441

Torkelson TR, Rowe VK. Halogenated hydrocarbons. In: Patty's industrial hygiene and toxicology 1981; 2B: 3529 - 3532

U.S. International Trade Commission: Synthetic organic chemicals, United states production and sales, 1980. USITC Pub. No. 1189. U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 1981

= ABSTRACT =

The study of exposure level by process using  
1,2-dichloropropane

Jihun Kim

Graduate School of Public Health

Yonsei University

(Directed by Professor Jaehoon Roh, M.D., Ph.D.)

**Objective:** The purpose of this study is to find actual use and exposure level by handling process for 1,2-Dichloropropane, which causes symptoms like the inhibition of the functions of liver and kidney and central nervous system and is recently known as a suspected cholangiocarcinoma causing substance, and provide basic materials for a change in legal control limits.

**Subject and Method:** 24 personal samples and 102 district samples from 14 workplaces handling 1,2-Dichloropropane in the country were taken, depending on process, with employees interviewed and surveyed. Samples were collected and analyzed under the process test method 7 recommended by OSHA.

**Results of the Study:** Personal exposure level of workers handling 1,2-Dichloropropane was a geometric mean of  $2.192 \pm 3.656$  ppm, and those working in drum packing lines had the highest exposure level at  $16.656 \pm 1.225$  ppm, followed by printing business at  $2.947 \pm 1.547$  ppm, direct cleaning at  $2.428 \pm 6.996$  ppm, spray cleaning at  $2.148 \pm 8.329$  ppm, ultrasonic cleaning at  $1.446 \pm 1.847$  ppm, manufacturing at  $1.218 \pm 1.975$  ppm, and automatic mechanical cleaning at  $1.140 \pm 1.281$  ppm, in turn. District samples had a geometric mean of  $1.793 \pm 7.047$  ppm in concentration with printing process at the highest concentration  $5.743 \pm 3.047$  ppm. Overall, the results of measurement showed that personal samples had higher exposure level than district samples with no statistical significance ( $p < 0.676$ ). Exposure limits excess rate was 4.2 % against local limits (75 ppm), 12.5 % against the exposure limits of ACGIH and the Ministry of Health, Labour, and Welfare (10 ppm), and 62.5 % against JSOH's limits (1 ppm). Local ventilation system was installed only for ultrasonic cleaning and manufacturing process, and only two companies with ultrasonic process used personal protective equipment suitable for its purpose.

**Conclusion:** The measurement of 1,2-Dichloropropane showed that one case exceeded the local exposure limits. However, it was high in excess rate compared with the recently revised foreign exposure limits. As most of those companies handling 1,2-Dichloropropane do not control chemical substances, it is necessary to revise local exposure limits and enhance control level on the Industrial Safety and Health Act.

---

Key words: 1,2-Dichloropropane, Propylene dichloride, Exposure limits, Actual use, Handling process