

디클로로메탄 사용 세척공정의 국소배기장치 설치 후 노출농도 변화

조명화 · 김승기 · 김현수^{1*}

산업환경보건연구소, ¹서울과학기술대학교 안전공학과

Change in Exposure Concentration in the Cleaning Process after Installing a Local Exhaust System

Myung Hwa Cho · Seung gi Kim · Hyun Soo Kim^{1*}

Institute for Industrial Environment and Health

¹Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to examine the change in exposure concentration in the cleaning process after installing a local exhaust system.

Methods: Dichloromethane measurement was conducted according to the KOSHA Guide (A-19-2019).

Results: After the local exhaust device was installed, a total of three measurements were conducted, including temporary work environment measurements, and all of the measurements did not exceed the DCM exposure standard, but were more than 50% of the DCM Time Weighted Average(8-TWA)

Conclusions: It is thought that the local ventilation system of a small business needs not only support for the initial installation cost, but also educational support for maintaining the performance of the local ventilation system and support for consumables (adsorbents, filters, etc.) that incur periodic costs.

Key words: dichloromethane, local exhaust system, exposure assessment

1. 조사개요

디클로로메탄(Dichloromethane, methylene chloride, 이하 DCM, Cas No. 75-09-2)은 무색의 액체로 클로로포름과 비슷한 냄새를 가지고 있으며 페인트 및 니스 제거제, 살충제 및 훈증제, 다용도 용제, 세척제, 사진 필름제조, 연무질 분사제, 폴리우레탄 발포제, 냉각제 또는 냉동제등 산업현장에서 다양하게 사용하고 있다(Jung, 1995).

DCM은 호흡기로 흡수되어 중추신경계 장애를 일으키고 DCM의 대사산물인 일산화탄소에 의한 중독증상이 나타나며 국내에서도 DCM을 이용한 손세척 작업과

정에서 중독사고가 발생하였다(KOSHA, 2022)

DCM의 8시간 시간가중평균농도 노출기준(Time Weighted Average, 8-TWA)은 카르복시헤모글로빈과 중추신경계 억제를 최소화 할 수 있는 정도인 50ppm으로 설정하고 있으며 발암성 2로 구분하고 있다(OSHRI, 2022).


산업안전보건법에서는 작업환경측정결과 노출기준을 초과하는 공정에 대해서는 공학적, 관리적 및 개인 위생적 측면의 대책을 제시해야 된다.


본 조사는 DCM의 노출기준 초과공정에 대해 공학적 대책인 국소배기장치 설치 후 노출농도의 변화를 파악하고자 하였다. 또한, 설치된 국소배기장치 관리방안을


*Corresponding author: Hyun Soo Kim, Tel: 02-970-6376 E-mail: sejin0127@naver.com

232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul, Republic of Korea 01811

Received: August 9, 2023, Revised: September 7, 2023, Accepted: September 27, 2023

 Myung Hwa Cho <http://orcid.org/0009-0007-8668-8457>

 Seung gi Kim <http://orcid.org/0009-0000-3515-6820>

 Hyun Soo Kim <http://orcid.org/0000-0002-4997-8574>

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.

제시하고자 한다.

II. 조사방법(측정, 분석방법)

1. 조사대상

조사대상은 본 기관에서 2020년 하반기부터 ·작업 환경측정을 실시한 결과 매년 노출기준을 초과한 사업장으로 2022년 상반기 작업환경측정 이후 국소배기장치를 설치하였다.

DCM 노출농도의 변화는 국소배기장치 설치 전 · 후의 작업환경측정결과서의 농도를 비교하였다.

2. 측정방법

DCM 측정과 분석은 KOSHA Guide(A-19-2019) 방법에 따라 실시하였다(KOSHA, 2019). 측정은 활성탄관(6×70mm, 100/50mg, SKC사, part No.226-01) 2개를 직렬로 연결하여 폴리우레탄 재질의 유연한 튜브로 시료채취펌프(Gilian LFS-113, SENSIDYNE, USA)와 연결한 후 근로자에게 부착하여 개인시료 채취방법으로 시료를 채취하였다. 시간가중평균노출기준(TWA) 평가를 위해 0.01 L/min의 유량으로 6시간 동안 채취하였다. 채취유량은 유량보정기기(Gilian, Gilibrator 2, SENSIDYNE, USA)를 사용하여 보정하였고 정확한 공기량 계산을 위해 시료채취 전 · 후 평균유량을 사용하였다.

국소배기장치 후드의 제어풍속은 열선풍속계(9555-P, TSI, USA)를 이용하여 후드 개구면 9개 지점에서 1분간 측정된 값을 산술평균값으로 제시하였다.

3. 분석방법

채취시료 분석은 가스크로마토그래피(Agilent, 8860, USA)를 사용하였다.(Table 1).

Table 1. Analytical condition of GC

Parameter	Conditons
Detector	FID
Column	FFAP- 50m (0.32mm, 5(μm))
Oven temp.	60℃
Run time	15 min
Desorption solvent	CS ₂ 1ml

표준용액 농도 범위는 저농도 그룹 농도 5개와 고농도 그룹 농도 5개를 각각 분석하였으며 분석 기기값을 해당 표준용액 검량선에 대입 노출농도를 계산하였다.

III. 조사결과

1. 공정현황과 작업방법

작업공정은 초음파 세척으로 1주일에 2회~3회 세척할 제품을 모아서 작업자 1명이 세척 작업을 실시하고 있다. 세척작업 시간이 짧을 때에는 1~2시간 정도 소요되고, 많을 때에는 4시간 이상 작업하였다.

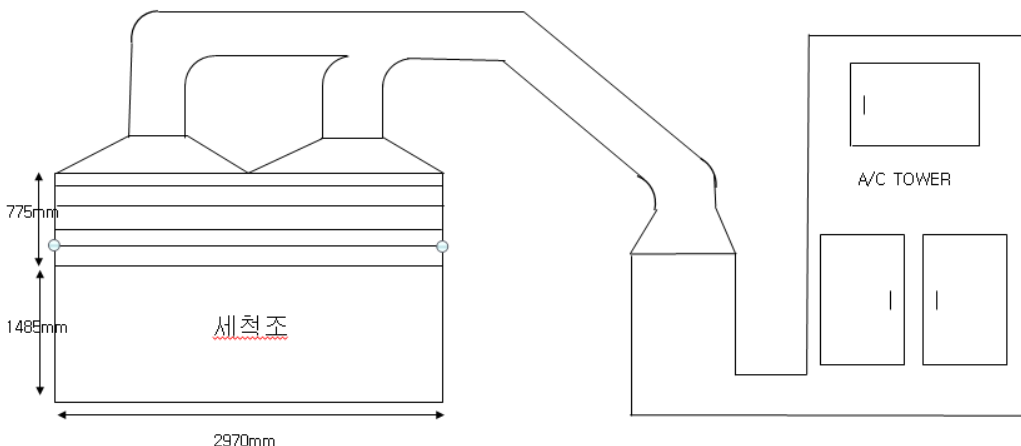
세척방법은 천장 크레인을 이용하여 세척조에 담그면서 이동 작업하고 그 후 작업장 바닥에 내려놓고 건조시킨다.

국소배기장치는 기존의 세척조에 측방형 후드를 설치하였고, 세척조 바로 옆에 활성탄 흡착탑을 설치하여



Figure 1. Local exhaust system and drying rack

Table 2. Capture velocity of local exhaust system

Hood type	Capturing hood(exterior lateral slot)			
Layout				
Capture velocity	Actual measures(m/s)			Maintenance standards(m/s)
	0.62	0.56	0.69	0.5 (Gas, Capturing)
	0.51	0.51	0.53	
	0.51	0.48	0.50	
	Arithmetic mean	0.55		

배기 하고 있다.

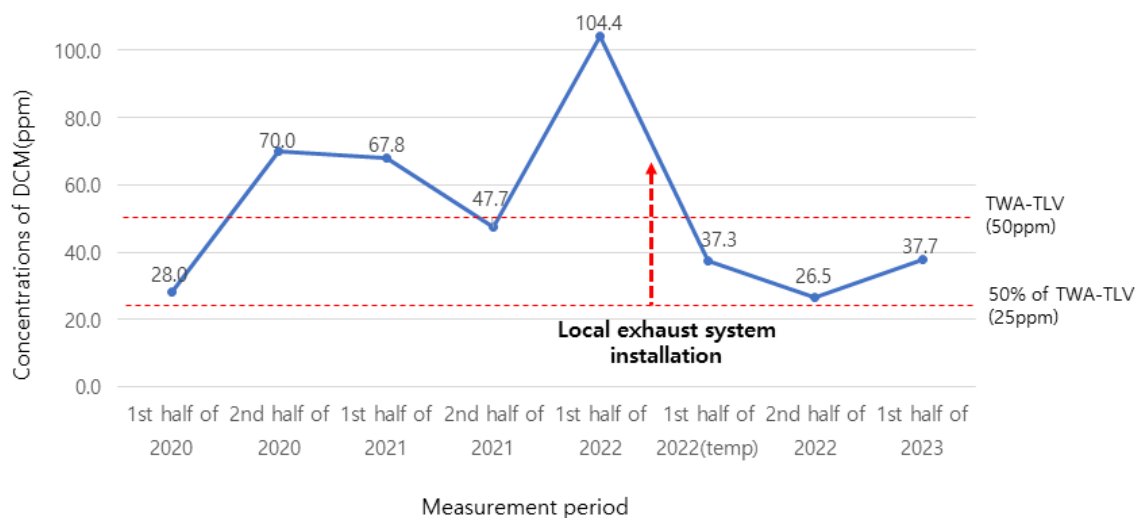
국소배기장치의 후드 제어 유속을 측정한 결과 평균 0.55 m/s로 측정되었다(Table 2).

실제 외부식 슬롯 후드의 법적 제어유속은 가장 먼 지점의 유속이 충족 되어야 하나

측정한 결과 가장 먼 지점의 제어유속은 0.48m/s로 약간 법적 기준을 충족하지는 않았다.

2. 국소배기장치 설치 전 · 후 작업환경측정결과

국소배기장치가 설치되기 전(2020년 상반기~2022년 상반기)까지 총5회 세척공정에서 DCM의 작업환경 측정을 실시하였으며 작업자가 1명 근무하고 있어 매회 측정 시 1명의 작업자에 대해 측정을 실시하였다. 총 5건의 측정 결과 중 3건이 노출기준 50 ppm을 초과하였으며 2022년 상반기에는 DCM 노출기준의 2배 이상

**Figure 2.** Results of exposure assessment for DCM cleaning process

을 초과하는 104.4 ppm이었다. DCM 노출기준을 초과하지 않은 2건의 경우도 DCM 노출기준의 50% 이상 수준이었다.

국소배기장치가 설치된 이후 임시작업환경측정을 포함하여 총3회 측정을 실시하였으며 측정결과 모두 DCM 노출기준을 초과하지는 않았으나 DCM 노출기준의 50% 이상 수준이었다.

IV. 고찰 및 결론

작업환경측정 결과표 작성 시 노출기준을 초과한 유해인자를 중심으로 작업환경설비 실태 및 문제점, 이에 따른 대책으로 공학적, 관리적 개인위생적 측면을 중심으로 작성하도록 규정하고 있다(산업안전보건법 시행규칙 별지 제83호 서식). 위험성 평가에서도 위험성 감소 대책 수립 시 유해물질의 대체, 환기장치 설치 등의 공학적 대책의 조치를 우선적으로 실시하도록 규정하고 있다(사업장 위험성평가에 관한 지침, 노동부고시 제 2023-19호, 2023).

그러나 소규모 사업장은 작업환경측정기관에서 국소배기장치 등의 공학적 개선 등의 조치 의견을 제시하게 되면 비용 등의 문제나 무관심 또는 노출기준을 초과하지 않으면 보고서의 조치 의견을 바로 이행 하지는 않는다. 특히 DCM은 안전검사대상 물질이며 측정결과가 노출기준을 초과했음에도 안전검사를 실시하지 않은 것도 근본적인 문제이다.

본 조사대상 사업장은 세척공정의 작업환경측정결과 DCM의 노출기준 초과로 고용노동부와 안전보건공단의 법적 이행 조치로 국소배기설비를 설치한 사업장 이었다. 국소배기설비 설치 전·후를 비교하면 설치 이후 작업환경측정결과에서는 DCM의 노출기준을 초과하지는 않았으나 노출기준의 50%를 상회하는 수준이었다.

본 기관은 국소배기장치가 설치되었다는 사업주의 연락을 받고 2022년 상반기에 임시작업환경측정을 실시한 결과 이전 측정결과 값의 1/3 가까이 낮은 값으로 평가되었다.

그러나 조사대상 사업장의 경우 작업자가 DCM에 노출될 수 있는 상황이 세척과정 이외에 건조시키는 과정에서 노출될 수 있어 여전히 노출기준 50% 수준에서 발생되고 있는 것으로 판단된다. 이에 건조작업대를 마련하여 국소배기장치를 설치하는 것이 필요해 보인다.

또한 DCM 세척공정의 다양한 노출평가를 위하여 OSHA와 같이 단시간 노출평가도 함께 평가하는 것을 제안 해 본다. 우리나라 노출기준에는 단시간 노출기준이 설정되어 있지 않으며 OSHA 에서는 TWA 25 ppm과 단시간노출기준(Short Term Exposure Limit, STEL) 125 ppm으로 설정 되어있다.

조사대상 사업장의 방문을 통하여 소규모 사업장 대부분은 현장에 국소배기장치 담당자가 없으며 설치 이후 이에 대한 관리방안에 대한 지침서가 필요할 것으로 판단하였다.

산업위생전문가 입장에서 사업장 방문 시 국소배기장치에 대한 점검을 통하여 후드형식의 변경, 송풍량의 증가와 같은 점검에 따른 개선을 제시하는 것도 중요하지만 사업주가 평상시에 어떻게 관리해야 하는지 교육을 시키는 것도 중요한 사항이라 생각된다.

또한, 최초 설치비용에 대한 지원뿐만 아니라 국소배기장치의 성능 유지를 위한 교육지원과 주기적인 비용이 발생하는 소모품(흡착제, 필터 등)에 대한 지원도 필요하다고 생각된다.

이는 국소배기장치 관리를 주기적으로 실시해야 하는 의식 고취에도 도움이 될 것이다.

References

- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Working Environment Measurement and Analysis Technical Guidelines for Dichloromethane (KOSHA GUIDE A-19-2019). 2019
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Transmission of cases of acute poisoning from dichloromethane handling. 2022. Available from: URL: <https://www.kosha.or.kr/kosha/report/notice.do?mode=view&boardNo=505&articleNo=428364&attachNo=>
- Occupational Safety & Health Research Institute(OSHRI). Health examination for workers Practical guidelines 3 health impairment by Hazardous factors. 2022
- Jung K-C. Methylene chloride. In: Occupational Toxicology Handbook. Seoul: Shinkwang Publication; 1995. p. 604

<저자정보>

조명화(기술이사), 김승기(소장), 김현수(외래교수)