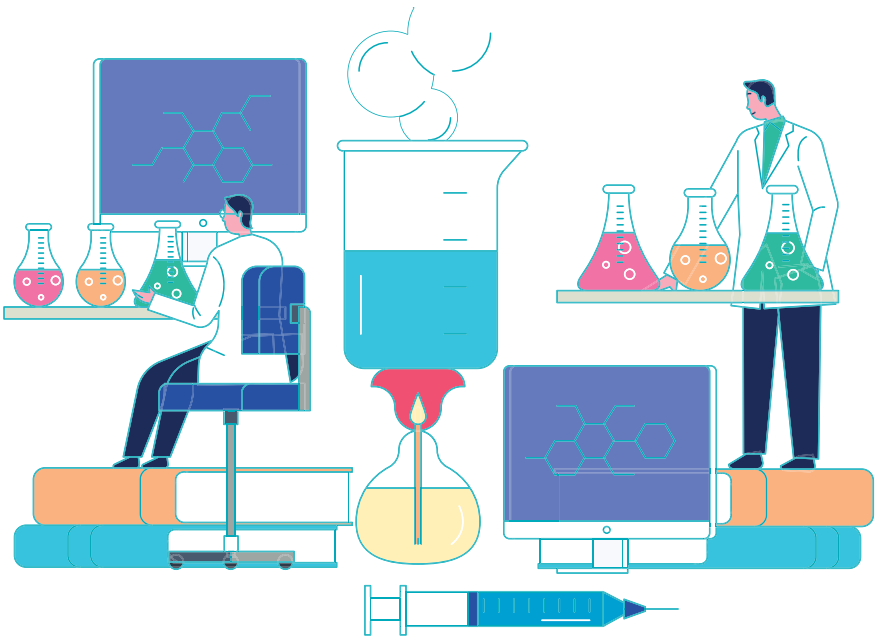
1,2-디클로로프로판 포집매체에 따른 사업장 노출농도 비교



최아름
대한산업보건협회
산업보건환경연구원

I. 서론

세척공정에서 많이 사용되는 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene, TCE)에 대한 노출기준이 강화되면서 일부 사업장에서는 1,2-디클로로프로판(1,2-Dichloropropane, 1,2-DCP)을 TCE의 대체물질로 사용하고 있다[1]. 1,2-DCP는 클로로포름과 같은 냄새가 나는 무색 액체로써 주로 유기화합물 생산의 중간체로 사용되며, 섬유 얼룩 제거제, 오일 및 파라핀 추출제, 정련제, 금속세정제, 살충제, 용제 기반 탈지제 및 세척제품, 페인트 및 얼룩제거제, 접착제 등에 사용 된다[2-4]. 그러나 일본에서 1,2-DCP 노출로 인한 직업병이 발생하였고[5], 이로 인해 국제암연구소(International Agency for Research on

Cancer, IARC)에서는 1,2-DCP를 Group 1로 지정하였다[6]. 우리나라도 2019년에 특별관리물질로 지정되었으며, 2021년부터는 작업환경측정대상 유해인자로 측정을 실시해야 하지만 현재까지 국내에는 공인된 측정 · 분석방법이 없는 실정이다. NIOSH와 OSHA 방법이 있으나 NIOSH 방법의 경우에는 우리나라 작업환경측정기관이 보유하고 있지 않은 분석 장비를 활용해야 하고, OSHA에는 자세한 분석방법이 제시되어 있지 않다[7-8]. 따라서 본 연구에서는 두 개의 포집매체별 사업장 노출농도 비교를 통해 국내 작업환경측정기관에서 활용 가능한 포집 매체를 제안하여 1,2-DCP 측정 · 분석방법의 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2020년 7월 1일부터 8월 31일까지 2개월간 수행되었다. NIOSH와 OSHA에서 1,2-DCP 측정매체로 각각 제시하고 있는 Charcoal tube(100 ㎎/50 ㎎, SKC, USA)와 Anasorb 747 tube(140 ㎎/70 ㎎, SKC, USA)를 대상으로 탈착효율 및 노출농도를 비교하였고, 1,2-DCP가 함유된 물질을 취급하는 10개의 사업장에서 12명의 근로자를 대상으로 개인노출평가를 실시하였다. 개인시료채취는 취급량이 많은 지역을 기준으로 하여 선정하였으며, 대상 사업장은 유압기기, 전자부품, 금속가공제품, 공작기계, 자동차 부품, 금속절삭기계 제조업 등의

업종으로 세척공정이 9명, 드릴링 2명, 탈지공정 1명이었다.

2. 탈착효율

탈착효율 비교를 위해 0.0455 ㎎/sample, 0.0910 ㎎/sample, 0.1820 ㎎/sample의 3가지 수준의 농도를 각 매체별로 3세트씩 제조하여 overnight 한 다음, 1 ㎖ 이황화탄소(Carbon Disulfide, CS2)로 탈착하여 불꽃이온화 검출기(Flame Ionization Detector, FID)가 부착된 가스크로마토그래프(Gas Chromatograph, GC-7980A, Agilent)로 분석하였다. 분석조건은 〈표 1〉과 같으며, 본 과정은 3회 반복하여 실시되었다.

〈표 1〉 분석기기 및 분석조건

Classification	Condition
Instrument	GC 7890A (Agilent, USA)
Detector	Flame Ionization Detector (FID)
Desorption	1ml Carbon disulfide(CS2)
Column	DB-wax (30mx0.25㎜x0.25㎛, Agilent)
Column oven Temp.	50℃ (1min hold) – 150℃ (20℃/min, 1min hold)
Injector Temp.	230 ℃ (Split ratio 80 : 1)
Detector Temp.	250 ℃
Carrier gas	N_2, 1㎖/min
Injection volume	1㎕

3. 개인시료 측정 및 분석

개인시료 측정 및 분석은 OSHA Occupational chemical database(IMIS Code number 2190, 2018)와 NIOSH Manual of Analytical Methods(Method 1013), 국내 선행연구[9]를 참고하여 실시하였으며, Charcoal tube(100 ㎎/50 ㎎, SKC, USA)와 Anasorb 747 tube(140 ㎎/70 ㎎, SKC, USA)를 Personal air sampler(LFS-113DC, Gilian)를 이용하여 0.03 ℓ/min의 유량으로 360분간 동시 측정하였다. 포집된 시료는 1 ㎖ CS2로 전처리하여 탈착시킨 후, GC-FID로 정량분석을 실시하였으며, 검출한계(LOD) 미만인 값은 LOD의 1/2값을 적용하여 산출하였다.

4. 자료 분석

측정결과를 통한 두 매체의 차이를 분석하기 위해 비모수 방법인 Wilcoxon

signed rank test를 실시하였으며(정규성 검정 Shapiro wilk-test, p<0.01), 통계분석은 R 패키지를 이용하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 포집매체별 탈착효율 비교

포집매체별 평균 탈착효율(%)을 비교한 결과, Charcoal은 103.3±1.2%, Anasorb 747은 102.3±4.5%로써, 두 매체 모두 90% 이상의 좋은 탈착효율(%)을 나타내었다<표2>.

<표 2> 농도수준별 탈착효율 비교

Concentration (㎎/sample)	Charcoal		Anasorb 747	
	n	Recovery rate(%)†	n	Recovery rate(%)†
0.0455	9	104.5±1.2	9	102.9±6.2
0.0910	9	103.7±1.0	9	102.5±4.1
0.1820	9	101.6±1.4	9	101.6±3.4
Total	27	103.3±1.2	27	102.3±4.5

Recovery rate(%)† = (detected concentration/spiked concentration)×100

2. 측정매체별 사업장 노출농도 비교

측정매체별 개인노출 평균농도는 <표 3>과 같다. Charcoal이 13.04±29.96ppm (0.07~106.38ppm), Anasorb 747이 13.60±31.29ppm(0.07~110.83ppm)으로 나타났으며, 두 매체별 농도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p=0.4148).

〈표 3〉 두 매체별 근로자 평균 노출농도 비교

Media	n	AM*±SD†(ppm)	Median(ppm)	Range(ppm)	P-value†
Charcoal	12	13,041±29,956	2,381	0.070~106,384	0.4148
Anasorb 747	12	13,599±31,294	2,330	0.070~110,828	
Total	24	13,320±29,960	2,330	0.070~110,828	

AM* : Arithmetic Mean, SD† : Standard Deviation, P-value† : Wilcoxon signed rank test

Ⅳ. 결론

Charcoal tube와 Anasorb 747 tube 모두 적정한 탈착효율을 나타내었고 사업장 노출평가 시 두 매체간의 농도 차이가 없어 1,2-DCP를 측정 · 분석하는데 적합하였다. 그러나 Anasorb 747에 비해 Charcoal의 비용이 더 저렴하다는 것을 고려하여 본 연구에서는 작업환경측정기관이 활용할 수 있는 1,2-DCP의 포집매체로써, 저비용으로 높은 효율을 가지는 Charcoal tube를 제안하고자 한다.

본 연구에서는 포집매체의 저장안정성과 유량 등 다양한 조건별 적합성 평가를 실시하지 않았으며, 현장시료의 수가 적어 비교 · 평가 시 제한점이 있을 수 있다. 따라서 이를 보완하기 위한 추가연구가 필요하며, 본 연구결과는 기초 비교 자료로서 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 대한산업보건협회 서울지역본부 환경위생팀(임득순 선임과장),

부산경남지역본부 창원산업보건센터 환경위생팀(박해련 파트장, 최규한 선임차장), 경인지역본부 서부산업보건센터 환경위생팀(박민수 선임차장, 이춘성 과장)과 함께 수행하였으며, 이에 깊은 감사드립니다.

주석

1. Kyeong Min KWAK, Kyoung Sook JEONG, Dong Hoon SHIN, Won-Jun CHOI, Hyun Soo KIM, Seong-Kyu KANG. Acute toxic encephalopathy induced by occupationalexposure to 1,2-dichloropropane. Industrial Health 2018; 56: 561–565 https://doi.org/10.35371/aoem.2020.32.e24

2. OECD SIDS (2003). 1,2-Dichloropropane. CAS No. 78 – 87 – 5. SIDS Initial Assessment Report from Siam 17. Arona, Italy, 11 – 15 November 2003. Organisation for Economic Co-operation and Development, Screening Information Dataset. United Nations Environment Programme Publications.

3. IARC (1986). Some halogenated hydrocarbons and pesticide exposures. IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Hum. 41:1 – 407. Available from: http://monographs. iarc.fr/ENG/Monographs/vol1–42/mono41.pdf. PMID:3473020

4. ECHA (2016). 1,2-Dichloropropane. Substance information. Helsinki: European Chemicals Agency. Available from: https://echa.europa.eu/substance-information/-/ substanceinfo/100.001.048, accessed 6 January 2015.

5. Kumagai S, Kurumatani N, Arimoto A, Ichihara G. Cholangiocarcinoma among offset colour proofprinting workers exposed to 1,2-dichloropropane and/or dichloromethane. Occup Environ Med. 2013;70(7):508 – 10. doi:10.1136/oemed-2012-101246 PMID:23493378

6. International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans. 1,2-dichloropropane. https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono110-03.pdf. Updated 2016. Accessed 9 Dec 2019.

7. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition: PROPYLENE DICHLORIDE: METHOD 1013, Issue 2, dated 15 August 1994 – Page 2 of 4

8. OSHA Occupational chemical database : IMIS Code number 2190, 2018

9. Occupational Safety and Health Research Institute.(OSHRI). Survey on handling and establishment of health monitoring system of cleaners including 1,2-dichloropropane(OSHRI Public Notice No. 2017-research-1058).: 2017. p. 1-296