

부산지역 자동차정비업체에서 사용하는 유용성도로 관련 제품에 함유된 발암성, 생식세포변이원성, 생식독성 물질 취급 현황

김은석¹ · 천지영² · 최상준^{3,4*}

¹고신대학교복음병원 직업환경보건센터, ²대한산업보건협회 산업보건환경연구원,
³가톨릭대학교 보건의료경영대학원, ⁴가톨릭보건의료경영연구소

Status of Handling Carcinogenic, Mutagenic, and Reproductive Toxic Materials Contained in Oil Paint-related Products used by Automobile Maintenance Companies in Busan

Eunseok Kim¹ · Jiyoung Chun² · Sangjun Choi^{3,4*}

¹Department of Occupational and Environmental Medicine, Kosin University Gospel Hospital

²Industrial Health and Work Environment Research Institute, Korean Industrial Health Association

³Graduate School of Public Health and Healthcare Management, The Catholic University of Korea

⁴Catholic Institute for Public Health and Healthcare Management

ABSTRACT

Objectives: The handling of carcinogenic, mutagenic or reproductive toxic (CMR) materials in paint-related products used by automobile maintenance companies in Busan was investigated and its characteristics were analyzed.

Methods: MSDS for paint-related chemical products used by automobile repair companies in Busan were collected and the manufacturers, product uses, names of chemical substances in each component, CAS numbers, content, and more were listed.


Results: As a result of collecting MSDS on 4,800 kinds of products handled in the painting process of automobile repair companies in Busan and comparing them with the latest toxic information database, 60 out of a total of 438 substances were found as CMR materials. Seven carcinogens (1A), including quartz, benzene, formaldehyde, and hexavalent chromium, were present. Two reproductive toxic 1A substances were included: hexavalent chromium in paint pigments and lead.


Conclusions: Most of the products (95.5%) were found to contain at least of one CMR component, so it was judged that a study on exposure assessment of CMR substances by automobile maintenance workers is needed in the future.


Key words: automobile repair companies, paint, carcinogens, mutagens, reproductive toxins

*Corresponding author: Sangjun Choi, Tel:02-2258-7379, E-mail: junilane@gmail.com
Graduate School of Public Health and Healthcare Management, The Catholic University of Korea, 222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul, 06591, Korea

Received: January 11, 2023, Revised: January 31, 2023, Accepted: February 25, 2023

 Eunseok Kim <http://orcid.org/0000-0003-0297-2914>

 Jiyoung Chun <http://orcid.org/0000-0003-4336-5555>

 Sangjun Choi <http://orcid.org/0000-0001-8787-7216>

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.

I. 서 론

우리나라의 자동차 정비업체는 소규모 영세업체가 많아 산업보건 관리의 필요성이 있는데, 국토교통부 통계에 따르면 2022년 9월말 전국의 자동차 정비업체 수는 36,268개이고, 종사자 수는 92,977명이다. 지역별 정비업체 수는 경기(9,239개소), 서울(3,399개소), 경남(2,984개소), 경북(2,655개소), 충남(2,149개소), 전남(1,840개소), 부산(1,823개소) 순이었고, 종사자 수는 경기(25,832명), 서울(12,039명), 부산(5,708명) 순이었다(MoLIT, 2022).

자동차 정비업은 간단한 경정비부터 판금, 도장 등으로 구성되는데, 특히 도장 작업은 자동차 외관의 부식을 보호하고 미관을 좋게 하기 위해 도료를 표면에 도포하는 작업으로 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 도장 작업자(painter)로서의 직업적 노출을 인체에 확정적으로 암을 일으킬 수 있는 그룹 1(Group 1)으로 분류하고 있다(IARC, 2012). IARC의 보고에 따르면 도장 작업자의 직업적 노출이 중피종(mesothelioma), 방광암, 폐암을 일으킬 수 있는 충분한 증거가 있고(sufficient evidence), 임신 중인 여성이 노출될 경우 자녀의 소아 백혈병 발생과도 양의 상관성(positive association)을 갖는다고 보고하고 있다. 또한 도장작업 중 취급되는 도료 색소(pigment), 염료(dyes), 수지(resin), 용제(solvent) 및 첨가제(additive) 등 다양한 화학물질들의 복합적 노출로 인한 유전 및 세포독성 영향이 관찰된다고 보고하고 있다.

국내에서도 자동차 정비업체의 도장 작업자들을 대상으로 유기용제, 납 등의 노출 평가 연구가 실시된 바 있으며(Kwon et al., 2001; Jo & Lee, 2002; Sim et al., 2009), 특히 유용성(solvent-based) 도료가 수용성(water-based) 도료보다 보다 많은 종류의 유기용제 노출 가능성이 있음을 보고하고 있다(Kwon et al., 2001). 2020년부터 대기환경보전법 제44조의2(도료의 휘발성유기화합물 함유기준 등)에 따른 자동차 보수용 도료 내 휘발성 유기화합물 함유 기준이 강화되었고, 이에 자동차정비업체의 자동차 보수 도장작업에서는 유용성 도료 도장작업에서 수용성 도장작업으로 전환되고 있다. 그러나 과거 오랫동안 사용되어 온 유용성도로 내 발암성, 생식세포변이원성, 생식독성(carcinogenic, mutagenic, and reproductive toxic, CMR) 물질이

함유되어 있었다면 향후 암과 같은 비가역적 만성질환 발생 가능성이 있다.

이에 본 연구에서는 부산지역 자동차 정비업체를 대상으로 취급하고 있는 유용성 도료 관련 제품들의 물질 안전보건자료(material safety data sheet, MSDS) 정보를 수집하고, 최신 유해물질들의 독성 정보와 비교하여 CMR 성분의 종류와 취급 특성을 조사하였다.

II. 대상 및 방법

1. 도료 정보 수집

2020년 8월부터 2021년 3월까지 작업환경측정 실시를 위해 방문한 부산지역의 60여 개 자동차 정비소에서 보유중인 유용성 도료의 MSDS를 수집하였다. 또한 도료 제품을 공급하는 도매상에서 보유중인 9개 제조사(KCC, PPG, SPIES HEKERS, 노루, 바스프, 엑솔타, 삼화페인트, 제비스코, 조광페인트)의 MSDS를 추가로 수집하였다.

2. CMR 독성 정보 수집

최신 독성 정보 데이터베이스는 다음과 같은 권위 있는 국내외 기관들에서 발표한 독성물질 목록을 취합하여 만들었다.

- 산업안전보건법에 의해 고용노동부 고시로 지정하고 있는 직업적 노출기준(고용노동부고시 제2020-48호, 2020. 1. 14.; last update: 2018. 7. 30.) - CMR 정보는 GHS(global harmonization system)에 따라 분류되어 있다(MoEL, 2020).
- 화학물질관리법에 의해 지정된 유독물질, 제한물질, 금지물질, 사고대비물질 목록(국립환경과학원고시 제2021-104호, 2021. 12. 28.; last update: 2021. 12. 28.) - CMR 정보는 GHS에 따라 분류되어 있다(NIER, 2021).
- 유럽연합(EU) 화학물질청(ECHA, European Chemicals Agency) - CLP (classification, labelling and packaging of substances and mixture Regulation No 1272/2008 list) Annex VI to CLP_ATP17 (in force from 17 December 2022); last update: 2021. 12.) - CMR 정보는 GHS 체계로 분류되어 있다(ECHA, 2022).
- 미국 캘리포니아 주 정부 - '안전한 음용수 법(The Safe Drinking Water and Toxic Enforcement

Act of 1986. Proposition 65 list. last update: 2022. 2. 25.) - 독성정보는 cancer, developmental, female, male 로 분류되어 있다(COEHHA, 2022).

- 미국 캘리포니아 주 정부의 '안전한 화장품법' (The California Safe Cosmetics Act of 2005. California Safe Cosmetics Program Product Database (CSCPPD). last update: 2022. 2.) - 독성정보는 carcinogenicity, reproductive, developmental, genotoxicity 로 분류되어 있다 (CDPH, 2022).

3. 자료 분석

수집된 도료 관련 제품의 MSDS에 제시되어 있는 각 제품의 제조사와 성분 물질명, 함유량의 정보와 각 독성 정보 자료의 물질명, CAS No., 독성 정보를 각각 스프레드 시트에 정리하고 도료 정보와 독성 정보 데이터베이스의 CAS No.를 이용하여 매칭 후 최신 CMR 정보를 확인하였다.

독성 정보 데이터베이스에 포함된 각 물질별 기관별 CMR 정보가 상이한 경우 가장 독성 등급이 높은 분류 등급을 대표 독성 등급으로 할당하여 분석하였다(예,

1A와 1B인 경우는 1A로 대표 독성값을 부여함). 전체 취급 제품 중 CMR 독성 등급별 CMR 물질을 함유한 제품 분포를 분석하고, 도료 관련 제품을 용도(도료, 코팅제, 경화제, 클리어, 희석제, 프라이머, 서페이서, 퍼티, 탈지제)별로 분류하여 CMR 물질이 주로 함유된 제품의 용도별 분포를 분석하였다. 자료 분석은 통계 패키지 R(R Core Team, 2021)을 이용하였다.

III. 결 과

1. 제품현황

총 수집된 유용성 도료 관련 제품 수는 4,800개였으며, 제조사 및 용도별 분포는 Table 1과 같았다. 제조사별 제품 현황은 노루(1,609개), 제비스코(1,024개), KCC(814개), PPG(573개), 엑솔타(299개), 바스프(271개), 삼화페인트(184개), 조광페인트(20개), SPIES HEKCERS(6개)로 총 9개의 제조사로 확인이 되었다. 용도별 제품 현황은 도료(3,979개)가 가장 많았고 코팅제(290개), 경화제(178개), 클리어(171개), 희석제(56개), 프라이머(51개), 서페이서(40개), 퍼티(29개), 탈지제(6개) 순이었다.

Table 1. Manufacturer and use of automobile maintenance painting-related products

Classification	Content	N	%
Manufacturer	Noroo	1,609	33.5
	Jevisco	1,024	21.3
	KCC	814	17.0
	PPG	573	11.9
	Axalta	299	6.2
	Basf	271	5.6
	Samhwa	184	3.8
	Chokwang	20	0.4
	Spies Heker	6	0.1
Use of products	Paint	3,979	82.9
	Coating agent	290	6.0
	Hardner	178	3.7
	Clear	171	3.6
	Diluent	56	1.2
	Primer	51	1.1
	Surfacar	40	0.8
	Putty	29	0.6
	Degreaser	6	0.1
Total		4,800	100

2. CMR 물질 및 제품 현황

총 4,800개 유용성 도로 관련 제품에 함유된 화학물질 성분 중 중복을 제거하고 CAS No가 있는 성분 수는 438개였으며, CMR 등급별 분포를 요약하면 Table 2와 같다.

발암성 1A에 해당하는 물질은 7종(1.6%), 발암성 1B는 17종(3.9%), 발암성 2에 해당하는 화학물질은 20종(4.6%)로 조사되었으며, 발암성 1A 성분이 하나라도 함유된 제품은 74개(1.5%)였고, 발암성 1B 성분이 함유된 제품은 2,985개(62.2%), 발암성 2가 함유된 제품은 4,178개(87.0%)였다.

생식세포변이원성 1A에 해당하는 물질은 없었으며, 생식세포변이원성 1B에 해당하는 물질은 13종(3.0%),

생식세포변이원성 2에 해당하는 물질은 6종(1.4%)로 조사되었다. 생식세포변이원성 1B가 함유된 제품은 2,970개(61.9%), 생식세포변이원성 2가 함유된 제품은 52개(1.1%)로 확인되었다.

생식독성 1A에 해당하는 물질은 3종(0.7%), 생식독성 1B에 해당하는 물질은 12종(2.7%), 생식독성 2에 해당하는 물질은 6종(1.4%)이었고, 생식독성 1A가 함유된 제품은 55개(1.1%), 생식독성 1B가 함유된 제품은 305개(6.4%), 생식독성 2가 함유된 제품은 2,728개(56.8%)로 확인되었다.

3. CMR 물질 및 함유 제품 특성

CMR 등급별 확인된 물질 종류와 사용된 제품의

Table 2. Distribution of products and chemicals used in automobile maintenance painting by classification of carcinogenicity, mutagenicity and reproductive toxicity

Classification of toxicity		Products (N=4,800)		Chemicals (N=438)	
		N*	%	N†	%
Carcinogenicity	1A	74	1.5	7	1.6
	1B	2,985	62.2	17	3.9
	2	4,178	87.0	20	4.6
Mutagenicity	1A	0	0.0	0	0.0
	1B	2,970	61.9	13	3.0
	2	52	1.1	6	1.4
Reproductive toxicity	1A	55	1.1	3	0.7
	1B	305	6.4	12	2.7
	2	2,728	56.8	6	1.4

* Number of products with at least one CMR component (duplicate products removed)

† Number of chemicals with at least one CMR component (duplicate chemicals removed)

Table 3. Carcinogenic substances by toxicity class and the application of products

Classification	Chemical	CAS No.	N*	Content, %	Use of products
1A	Quartz	14808-60-7	45	0.1~10	Paint(27), primer(8), putty(4) surfacer(2), coating agent(2), NA [†] (2)
	Benzene	71-43-2	21	0.1	Paint(14), surfacer(2), clear(2), primer(2), hardener(1)
	Formaldehyde	50-00-0	18	0.1~1	Paint(18)
	C.I. Pigment Yellow 36 (zinc chromate)	37300-23-5	2	1~13	Primer(2)
	Butane(containing ≥ 0,1 % butadiene(203-450-8))	106-97-8	1	5~15	Paint(1)
	Silica(crystalline tripoli)	1317-95-9	1	30-50	Paint(1)
	Chromium(VI) trioxide	1333-82-0	1	1~10	Primer(1)

Table 3. Continued

Classification	Chemical	CAS No.	N*	Content, %	Use of products
1B	Solvent naphtha (petroleum), light aromatic	64742-95-6	2,751	0~81	Paint(2,375), clear(129), hardener(113), coating agent(56), diluent(23), primer(19), surfacer(17), putty(10)
	Naphtha(petroleum), hydrotreated heavy	64742-48-9	328	0~100	Paint(243), coating agent(78), diluent(4), degreaser(1), NA(2)
	Stoddard solvent	8052-41-3	302	0~95	Paint(300), degreaser(2)
	Naphtha(petroleum), hydrodesulfurized heavy	64742-82-1	288	0~100	Paint(287), degreaser(1)
	Naphtha(petroleum), hydrotreated light	64742-49-0	161	1~5	Paint(161)
	C.I. Pigment Yellow 34	1344-37-2	51	0~18	Paint(51)
	Heavy alkylate naphtha(petroleum)	64741-65-7	23	0.1~15	Paint(23)
	Naphtha(petroleum), heavy catalytic reformed	64741-68-0	21	0~10	Paint(21)
	Naphtha	64741-69-1	7	3~25	Paint(7)
	Vm and p naphtha	8032-32-4	7	1~5	Paint(7)
	C.I. pigment red 104	12656-85-8	5	0.1~50	Paint(5)
	Cobalt bis	136-52-7	5	0.1~5	Coating agent(2), putty(2), paint(1)
	Solvent naphtha (petroleum), light aliph.	64742-89-8	5	0~70	Paint(4), degreaser(1)
	2-Butanone oxime	96-29-7	2	0.1~0.3	Coating agent(1), putty(1)
	Distillates(petroleum), solvent-refined heavy paraffinic	64741-88-4	2	1~10	Coating agent(1), clear(1)
	Dichloromethane	75-09-2	2	75~90	Paint(2)
Lead, elemental	7439-92-1	1	0.1	Paint(1)	
2	Ethylbenzene	100-41-4	3,380	0~18	Paint(2,996), coating agent(141), clear(87), hardener(70), primer(30), diluent(20), surfacer(20), putty(1), NA(15)
	Titaniumdioxide	13463-67-7	1,492	0~70	Paint(1,321), coating agent(60), surfacer(31), putty(25), primer(24), clear(18), NA(13)
	Carbon black	1333-86-4	923	0~30	Paint(899), surfacer(9), primer(9), NA(6)
	Methylisobutylketon	108-10-1	858	0~65	Paint(761), clear(45), diluent(15), primer(14), hardener(8), surfacer(8), coating agent(6), putty(1)
	2-Butoxy ethanol	111-76-2	502	0~75	Paint(432), hardener(15), primer(14), surfacer(11), coating agent(11), diluent(10), clear(3), NA(3)
	Ethylene glycol monobutyl ether acetate	112-07-2	463	0~30, >90	Paint(331), coating agent(73), hardener(34), clear(15), diluent(8), NA(2)
	Cyclohexanone	108-94-1	140	0.1~30	Paint(130), hardener(5), diluent(2), coating agent(1), clear(1), NA(1)
	Cumene	98-82-8	82	0~10	Coating agent(29), hardener(25), paint(15), primer(4), diluent(4), surfacer(2), clear(3)

Table 3. Continued

Classification	Chemical	CAS No.	N*	Content, %	Use of products
2	Styrene	100-42-5	48	0.3-100	Putty(27), paint(14), coating agent(4), clear(1), diluent(1), surfacer(1)
	Kerosene	8008-20-6	40	0-70	Paint(36), putty(3), degreaser(1)
	Antimony trioxide	1309-64-4	10	0-5	Paint(10)
	Chlorobenzene	108-90-7	6	0-2	Paint(2), coating agent(3), primer(1)
	Dimethylaniline	121-69-7	4	0.1-10	Putty(4)
	Tetrahydrofuran	109-99-9	2	0.3-10	Coating agent(2)
	Tolylene diisocyanate	26471-62-5	2	0.1-5	Hardener(2)
	Diethylolamine	111-42-2	1	0.1-1	Paint(1)
	Dihydroxybenzene	123-31-9	1	0.1	putty(1)
	Hydrogen peroxide	7722-84-1	1	0.1, <1	Hardener(1)
	Naphthalene	91-20-3	1	0.1-1	Hardener(1)
	N-Vinyl-2-pyrrolidone	88-12-0	1	0.1-0.3	Coating agent(1)

*N : Number of Product, †NA : Not available

Table 4. Mutagenic substances by toxicity class and the application of products

Classification	Chemical	CAS No.	N*	Content, %	Use of products
1B	Solvent naphtha (petroleum), light aromatic	64742-95-6	2,751	0-81	Paint(2,375), clear(129), hardener(113), coating agent(56), diluent(23), primer(19) surfacer(17), putty(10), NA†(9)
	Naphtha(petroleum), hydrotreated heavy	64742-48-9	328	0-100	Paint(243), coating agent(78), diluent(4), degreaser(1), NA(2)
	Stoddard solvent	8052-41-3	302	0-95	Paint(300), degreaser(2)
	Naphtha(petroleum), hydrodesulfurized heavy	64742-82-1	288	0-100	Paint(287), degreaser(1)
	Naphtha(petroleum), hydrotreated light	64742-49-0	161	1-5	Paint(161)
	Heavy alkylate naphtha(petroleum)	64741-65-7	23	0-15	Paint(23)
	Benzene	71-43-2	21	0.1	Paint(14), surfacer(2), clear(2), primer(2), hardener(1)
	Naphtha(petroleum), heavy catalytic reformed	64741-68-0	21	0-10	Paint(21)
	Naphtha	64741-69-1	7	3-25	Paint(7)
	Vm and p naphtha	8032-32-4	7	1-5	Paint(7)
	Solvent naphtha (petroleum), light aliph.	64742-89-8	5	0-70	Paint(4), degreaser(1)
	Butane(containing ≥ 0.1 % butadiene(203-450-8))	106-97-8	1	5-15	Paint(1)
	Chromium(VI) trioxide	1333-82-0	1	1-10	Primer(1)
	2	Dibutyltin dilaurate	77-58-7	26	0-1
Formaldehyde		50-00-0	18	0.1-1	Paint(18)
Cobalt bis		136-52-7	5	0.1-5	Coating agent(2), putty(2), paint(1)
Dichloromethane		75-09-2	2	75-90	Paint(1), clear(1)
Dihydroxybenzene		123-31-9	1	0.1	Putty(1)
Phenol		108-95-2	1	0-1	Paint(1)

*N : Number of Product, †NA : Not available

Table 5. Reproductive toxic substances by toxicity class and the application of products

Classification	Chemical	CAS No.	N*	Content, %	Use of products
1A	C.I. pigment Yellow 34 (Chromium(VI) compounds)	1344-37-2	51	0~70	Paint(51)
	C.I. pigment red 104 (Chromium(VI) compounds)	12656-85-8	5	0.1~50	Paint(5)
	Lead, elemental	7439-92-1	1	0.1	Paint(1)
1B	2-Ethoxy-ethylacetate	111-15-9	229	0.1~20	Paint(199), clear(26), diluent(3), hardener(1),
	2-Methoxy-1-propyl acetate	70657-70-4	26	0~5	Paint(23), diluent(2), hardener(1)
	Dibutyltin dilaurate	77-58-7	26	0.1~1	Paint(23), coating agent(3)
	Dibutylphthalate	84-74-2	20	0.1~15	Paint(18), surfacer(2)
	2-Methoxy-1-propanol	1589-47-5	13	0~0.2	Paint(13)
	Cobalt bis	136-52-7	5	0.1~5	Coating agent(2), putty(2), paint(1)
	1-Methyl-2-pyrrolidinone	872-50-4	4	0.1~10	Paint(2), clear(2)
	Diocetyl tin dilaurate	3648-18-8	2	0.1~5	Clear(2)
	Di-iso-butyl phthalate	84-69-5	2	27	Hardener(1), paint(1)
	1-Ethyl-2-pyrrolidinone	2687-91-4	1	0.1, <0.3	Coating agent(1)
	Dodecylphenol, branched	121158-58-5	1	10~20	Paint(1)
Butylbenzyl phthalate	85-68-7	1	1~5	Clear(1)	
2	Toluene	108-88-3	2,774	0.01~90	Paint(2,603), clear(39), primer(33), hardener(31), diluent(20), coating agent(18), surfacer(18), NA [†] (12)
	Styrene	100-42-5	48	0.3~100	Putty(27), paint(14), coating agent(4), clear(1), surfacer(1), diluent(1)
	2-Ethylhexoic acid	149-57-5	10	0.1~10	Putty(8), paint(2)
	N-Hexane	110-54-3	5	0.1~10	Paint(3), degreaser(1), primer(1)
	Octamethylcyclotetrasiloxane	556-67-2	2	0.3~5	Paint(2)
	Chromium(VI) trioxide	1333-82-0	1	1~10	Primer(1)

*N : Number of product, †NA : Not available

용도별 현황은 Table 3부터 Table 5에 제시하였다.

발암성 1A 물질 7종 중 10개 이상 제품에 함유되어 있는 물질은 석영(45개), 벤젠(21개), 포름알데히드(18개)였으며, 주로 도료에 함유되어 있었다. 발암성 1B 물질 중에는 솔벤트 납사(경질 방향족)가 가장 많은 2,751개 제품에 함유되어 있었고, 발암성 2 물질 중에는 에틸벤젠이 전체 제품의 70.4%(3,380개)에 함유되어 있었다(Table 3).

생식세포변이원성 1B 물질 13종 중 발암성 1B로도 분류되고 있는 솔벤트 납사(경질 방향족)가 가장 많은 제품(2,751개)에 함유되어 있었고, 다음으로 수소처리

된 중질 납사(328개), 스토다드 솔벤트(302개), 수소탈 황화된 중질 납사(288개), 수소처리된 경질 납사(161개) 순으로 100개 이상의 제품에 함유되어 있었다. 생식세포변이원성 2 물질 6종 중 디로린산 디부틸틴(26개), 포름알데히드(18개)가 10개 이상의 제품에 함유되어 있었다.

생식독성 1A 물질은 도료에 함유되어 있는 색소 중 6가 크롬 물질 2가지와 납이었다. 생식독성 1B 물질 12종 중 가장 많은 제품에 함유된 물질은 2-에톡시에틸아세테이트(229개)였고, 생식독성 2 물질 중에는 톨루엔(2,774개)이었다.

4. 다빈도(>1,000개) 함유 물질

총 4,800개 제품의 MSDS에 보고된 성분들 중 1,000개 이상의 제품에서 확인된 다빈도 물질은 Figure 1과 같이 12종이었으며, 크실렌이 가장 많은 86.9% 제품(4,172개)에서 확인되었고, 다음으로 부틸 아세테이트(4,125개), 에틸벤젠(3,380개) 순이었다. 이 12종 중 CMR 물질은 4종이었으며, 함유 제품이 가장 많은 물질은 에틸벤젠(70.4%), 톨루엔(57.8%), 솔벤트 나프사(57.3%), 이산화티타늄(31.1%) 순이었다.

IV. 고 찰

본 연구는 부산지역 자동차 정비업체에서 사용하고 있는 유용성 도로 관련 제품의 MSDS 정보를 수집하여 CMR 성분 종류와 성분별 제품 빈도 등의 분포 특성을 확인하고자 하였다. 조사 대상 업체는 60곳이었지만, 부산지역 자동차 정비업체에 유용성 도로 관련 제품들

을 가장 많이 공급하고 있는 도매상의 보유 제품에 대한 MSDS 정보를 함께 수집하여 대표성을 높였다. 조사 결과 총 4,800개 제품의 MSDS를 수집하였고, 수집된 MSDS의 개정년도가 2013년부터 2020년까지 다양했기 때문에 기재된 CMR 정보는 최신 정보가 아닐 가능성이 있었다. 이에 국내외 최신 CMR 데이터베이스를 수집하여 독성 데이터베이스를 만들어 비교하여 CMR 여부를 확인하였다. 독성 데이터베이스에 포함시킨 자료 중 국내 노출기준 정보는 2018년에 갱신되어 갱신 시기가 가장 오래되었으나, 국외 자료는 2022년에 갱신된 정보였기 때문에 본 연구에서 CMR 여부를 판단한 결과는 최신 독성정보를 기반으로 확인하여 신뢰성이 높다고 할 수 있다.

본 연구에서 수집한 도로 관련 제품들은 9개 제조사 제품이었으며, 절반이 넘는 제품들은 2개 제조사(노루, 제비스코) 제품이었다(Table 1). Jo(2022)의 강남제비스코 화학 분야에 대한 최신 기술분석보고서에 따르면 국

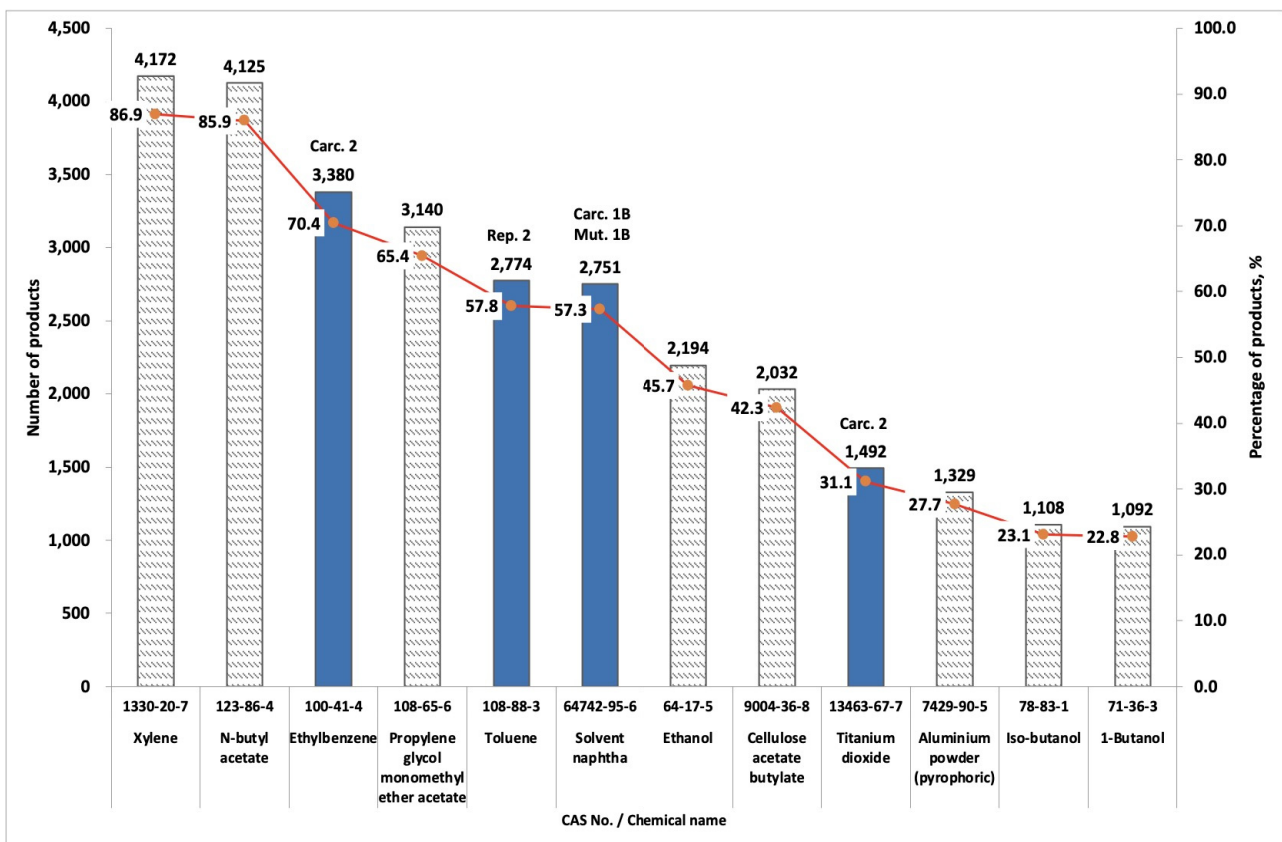


Figure 1. Ingredient commonly reported in MSDS of more than 1,000 products used in automobile maintenance painting. Blue colored bar means the number of products containing carcinogenic(Carc.), mutagenic(Mut.), or reproductive toxic (Rep.) substances.

내 페인트 산업은 기초 석유화학물질, 안료 등 주요 원료의 50% 가량을 해외에서 수입하기 때문에 수입의존도가 높고, 페인트는 주로 액상 형태로 공급되기 때문에 부피가 커서 물류비용이 크고, 휘발성으로 화재위험성도 높아서 근거리 국가에 한정적으로 수출할 수 밖에 없는 내수 산업의 특성이 있다고 보고하였다. 장기적으로는 환경규제, 강화 등의 트렌드에 맞춘 친환경 및 고부가가치 신제품을 개발하는 등 산업의 부가가치가 증가하는 성장산업의 속성을 갖는다. 따라서 고부가가치 제품을 만들기 위해서는 연구개발 투자 및 선제적인 투자를 통한 신제품 개발 능력의 확보가 필요하기 때문에 꾸준히 투자를 진행중인 종합 페인트회사들의 경쟁우위가 더욱 높아질 것으로 분석하고 있다. 이에 국내 페인트 시장의 경우 기술력과 브랜드 파워를 겸비한 일부 기업(노루페인트, 강남제비스코, 케이씨씨, 삼화페인트공업)이 시장점유율 80%를 차지하는 과점 체제를 형성하고 있다. 본 연구에서도 총 4,800개 제품 중 국내 제조사 3곳(노루, 제비스코, KCC)이 71.8%를 차지하고 있어 국내 시장점유율 패턴과 유사하였다.

총 4,800개 제품의 성분은 438종이었고, 그 중 CMR 성분은 60종이고 발암성 물질이 44종으로 가장 많았다(Table 2). 도료 제품 중 에탄올(CAS No. 64-17-5)은 2,194개 제품에 함유되어 있었는데, 음용으로 섭취할 경우에만 인체 발암 확정물질로 분류하고 있기 때문에 본 연구에서는 도료 제품에 함유되어 있어도 도장작업 중 직업적으로 노출 가능한 발암성 물질로 분류하지 않았다. 가장 주의해야 할 유해인자라고 할 수 있는 인체 발암 확정물질(발암성 1A)은 7종, 생식독성 1A 물질 3종이었다(Table 3, 5). 특히 석영과 벤젠은 페인트 뿐만 아니라 프라이머, 서페이서, 클리어, 퍼티, 경화제 등 다양한 제품에서 확인되었다. 발암 확정물질 중 벤젠과 포름알데히드는 대표적인 림프조혈계암을 일으킬 수 있는 물질인데, 안전보건공단의 직업병진단 사례집(OSHRI, 2015)에서 1992년부터 총 19년간 자동차 정비업에서 도장 업무를 수행해온 작업자가 작업 중 벤젠에 총 16.93 ppm-years에 누적 노출 되어 급성골수구성백혈병이 발생 되었다고 보고한 바 있다.

CMR 성분이 하나라도 함유된 제품은 4,584개로 조사대상 제품의 95.5%였다. 따라서 자동차 정비 도장 작업자들의 CMR 성분의 노출 평가와 관리 필요성이 크다고 판단되는데, 특히 CMR 성분 중 가장 많은 제품에 함유된 물질은 에틸벤젠(3,380개 제품, 70.4%)이었

고, 다음으로 톨루엔(2,774개 제품, 57.8%), 솔벤트 납사(2,751개 제품, 57.3%) 순이었다(Figure 1). 자동차 정비 작업자들에 대해 CMR 성분에 대한 직업적 노출 평가가 수행된 선행 연구의 경우 톨루엔(Sim et al., 2009), 납(Jo & Lee, 2002; Sim et al., 2009) 등이 보고되고 있으나 석영, 벤젠, 포름알데히드, 6가 크롬 등에 대한 노출평가 연구는 부족한 실정이다. 따라서 향후 본 연구에서 확인된 CMR 성분들에 대한 자동차 정비 도장 작업자들의 노출평가 수준에 대한 평가와 과거 노출량 평가 등의 연구가 수행될 필요가 있다.

본 연구 결과를 해석 하는데는 다음과 같은 제한점을 고려할 필요가 있다. 첫째, 부산 지역의 자동차 정비업체를 대상으로 조사하였기 전국 자동차 정비업체의 대표성을 가질 수는 없는 한계가 있다. 부산은 2022년 9월말 전국의 자동차 정비업체 수 조사 결과 7위(1,823개), 정비업체 종사자 수는 3위(5,708명)에 해당한다(MoLIT, 2022). 둘째, 자동차 정비업체에서 취급하는 도료 관련 제품을 직접 성분 분석하여 성분 확인을 하지 않았고 MSDS에 기재되어 있는 성분에 기초하여 CMR 여부를 평가하였기 때문에 MSDS의 정확도가 낮을 경우 사실과 다를 가능성이 있다. 유용성 도료를 직접 성분 분석하여 MSDS와 비교했던 Kwon et al(2001)의 연구 결과 GC-MSD로 직접 분석한 결과 MSDS 성분 대부분이 확인되었고 추가 유기용제 성분이 확인되었다고 하였다. 따라서 MSDS의 성분보다 더욱 많은 다른 성분이 있을 수 있으나, 기재된 성분 정보가 틀릴 가능성은 낮다고 판단된다. 또한 본 연구에서 수집된 대부분의 도료 제품들은 9개 국내의 제조사 제품이었고, 3개 주요 회사의 제품이 71.8%를 차지하고 있는데, 이들 회사는 소규모가 아닌 일정 규모 이상의 역량과 브랜드 가치를 갖고 있는 회사이기 때문에 MSDS의 성분 정보의 오류 가능성은 낮다고 판단된다. 따라서 본 연구결과는 자동차 정비업체 도장에 사용되는 도료가 수용성 도료로 전환되더라도 과거에 사용된 유용성 도료에 따른 CMR 노출 가능성을 추정하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

V. 결 론

부산지역 자동차 정비업체의 도장 공정에서 취급되는 제품 4,800종의 MSDS를 수집하여 최신 독성정보 데이터베이스와 비교한 결과 총 438종의 성분 중 CMR 물

질은 60종이었고, 가장 주의해야 할 발암물질(1A)은 석영, 벤젠, 포름알데히드, 6가 크롬을 포함한 7종, 생식독성 1A 물질은 도료 색소에 함유된 6가 크롬 2종과 납이었다. 조사 대상 제품의 대부분(95.5%)이 CMR 성분 중 어느 하나라도 함유된 것으로 확인되어 향후 자동차 정비업 근로자의 CMR 물질에 대한 노출평가 연구가 필요하다고 판단되었다. 특히 CMR 성분 중 가장 많은 제품에서 확인된 에틸벤젠(3,380개 제품, 70.4%), 톨루엔(2,774개 제품, 57.8%), 솔벤트 납사(2,751개 제품, 57.3%)에 대한 노출 평가와 관리가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국산업보건학회의 사례연구 논문 작성 지원 프로그램에 의해 작성되었습니다.

References

- California Department of Public Health(CDPH). California Safe Cosmetics Program (CSCP) product database. [cited 2022. Dec 31]. Available from: URL: <https://cscsearch.cdph.ca.gov/search/publicsearch>
- California Office of Environmental Health Hazard Assessment(COEHHA). Proposition 65. 2022. [cited 2022. Dec 31]. Available from: URL: <https://oehha.ca.gov/proposition-65>
- European Chemical Agency(ECHA). The Regulation (EC) No 1272/2008 on the classification, labelling and packaging of substances and mixtures (CLP Regulation). Annex VI to CLP_ATP17. [cited 2022. Dec 31]. Available from: URL: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/annex-vi-to-clp>
- International Agency for Research on Cancer(IARC). Chemicals agents and related occupations. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans Volume 100F. 2012.
- Jo M. Technical analysis report - Kangnam Jevisco (000860) chemical. Technical analysis 2022-318. 2022.
- Jo SH, Lee SH. A study on exposure risk of auto-repair shop painters to lead. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2002;12:187-194
- Kwon EH, Kim GS, Oh JR, Choi JK, Jeong YS et al. A comparison of health effects by solvent-based and water-based painting materials. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2001;11:17-25
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Exposure limits for chemical substances and physical agents (MoEL Public Notice No. 2020-48). 2020
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MoLIT). Current status of automobile management businesses [cited 2022. Dec 31]. Available from: URL: <https://stat.molit.go.kr/portal/cate/engStatListPopup.do>
- National Institute of Environmental Research(NIER). Regulations on classification, labeling, etc. of chemical substances (NIER Public Notice No. 2021-104). 2021
- Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI). Occupational disease diagnosis casebook (2014, 2015). 2015-OSHRI-1172. 2015
- R Core Team. R. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2021. URL, <https://www.R-project.org/>.
- Sim SH, Jeoung CH, Lim JS, Lee HG, Kim YS. A study of working environment for automotive painting in auto repair shops and workers' exposure to hazardous chemicals. J Env Hlth Sci 2009;35:153-161 (<https://doi.org/10.5668/JEHS.2009.35.3.153>)

<저자정보>

김은석(연구원), 천지영(연구원), 최상준(교수)