



작업환경측정 DB를 통한 유해인자 노출감시 및 위험성평가 활용방안

OSHRI

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요 약 문

- 연구 기간 2023년 02월 ~ 2023년 11월
- 핵심 단어 작업환경측정, 위험성평가, 노출감시, 고위험 업종
- 연구과제명 작업환경측정 DB를 통한 유해인자 노출감시 및 위험성평가 활용방안

1. 연구배경

국내 작업환경측정 결과는 2012년부터 전산(K2B)시스템을 통해 데이터 베이스로 구축되어, 유해인자 노출감시에 활용 가능한 최대 자료임에도 매년 측정사업장 및 노출기준 초과사업장 현황 정도로만 활용되었음. 이번 연구는 작업환경측정 자료를 통해 건강유해도가 높은 물질을 중심으로 업종별 노출 실태 및 고위험 업종 등을 파악하여 위험성평가 등에 활용하고, 측정 누락 업종에 대한 감시 및 개선방안 마련 등 정책적 활용을 제고하고자 함.

2. 주요 연구내용

1) 작업환경측정 현황 및 누락업종 감시

- 국내 작업환경측정 사업장 수(상·하반기 중복 포함)는 1990년 10,680개소에서 2020년 115,211개소로 증가하였으나, 산재보험가입 사업장 수와 비교하면 측정 실시 비율은 1990년 8.24%에서 2020년 4.24%로 감소하였음.

- 상·하반기 중복되는 사업장을 제외하면, 2021년 기준 산재보험가입 사업장 2,876,635개소 중 측정 사업장 75,377개소로 약 2.62% 수준이었음.
- 최근 5년(2018-2022) 대업종별(상·하반기 중복 제외) 측정 실시 비율은 광업 23.2%, 제조업 16.3%, 수도, 하수 및 폐기물 처리업 12.6%, 전기·가스·수도업 8.89%, 협회 및 단체, 수리 및 기타서비스업 5.75%, 보건 및 사회복지 서비스업 1.40%, 건설업 0.99%, 운수 및 창고업 0.96% 등 순이었음.
- 유해인자별 측정 비율은 소음 25.7%, 분진 15.8%, 유기화합물 16.0%, 산알칼리 6.2%, 금속 18.8%, 허가대상물질 0.2%, 고열 1.6%, 금속가공유 6.9%, 가스상물질 2.9%, 기타 5.9%로 평가되었음.
- 2017년 작업환경측정 대상 추정 연구(전문가 델파이조사, 소음기준)에서 전 산업의 추정 노출 비율은 23.6%로, 2021년 기준 실제 측정 실시 비율 2.62%와는 큰 차이를 보였고, 특히, 제조업의 일부업종(인쇄, 가구, 목재, 고무, 가죽, 화학물질, 금속가공 등)과 건설업, 출판업, 하·폐수업 등에서 차이가 크게 발생하였음.
- 제조업 작업환경실태조사 자료(2019)를 통해 소음, 고열, 분진흡 및 특별관리물질 보유 사업장에 대한 작업환경측정 실시 여부를 살펴보면, 일치도가 약 50% 수준으로 작업자 노출여부 등에 대한 확인 요구되었음.
- 국내 작업환경 유해인자 노출 현황 및 산업보건 커버리지 수준을 살펴본 결과, 작업환경측정 사업장 수가 꾸준히 증가하였음에도, 여전히 산업보건 사각지대에서 보호받지 못하는 작업자가 다수 있음을 확인하였음.
- 누락사업장에 대한 노출감시를 위해서 측정현황 정보공개, 유해인자 등록제도 마련, 작업환경실태조사 및 사업장 기술지원 사업 등을 통한 지속적인 정보 축적 시스템 구축 등의 감시체계 마련이 필요함.

2) 특별관리물질에 대한 고위험 업종 관리

- 국내 특별관리물질(44종) 중 작업환경측정 대상인 37종 중 측정 건수가 가장 많은 물질은 불용성 니켈, 황산, 납 및 그 무기화합물, 6가 크롬(불용성), 포름알데히드, 6가 크롬(수용성), 페놀, 디메틸포름아미드, 벤젠, 2-에톡시에틸아세테이트, 2-에톡시에탄올, 산화에틸렌, 트리클로로에틸렌 등 순이었음.
- 작업환경측정 건수가 가장 많은 업종(세세업종)은 도금업, 종합병원, 일반병원, 자동차 종합 수리업, 강선 건조업, 선박 구성 부분품 제조업, 합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업, 완제 의약품 제조업 등 순이었음.
- 특별관리물질 37종 중 22종에서 측정시료의 90%이상이 불검출이었으며, 노출기준 초과 시료는 트리클로로에틸렌에서 가장 많았고, 1,2-디클로로프로판, 퍼클로로에틸렌 등 순이었으나, 모든 특별관리물질에서 노출기준 초과율은 전체 측정시료의 1%미만으로 매우 낮았음.
- 특별관리물질별 측정농도의 산술평균을 살펴보면, 트리클로로에틸렌이 가장 높았으나 노출기준의 9.27% 수준이었고, 포름알데히드 4.79%, 1,2-디클로로프로판 4.58%, 1-브로모프로판 4.17% 등 순이었음.
- 특별관리물질에 대한 세세업종별 95% 상위농도($X_{0.95}$)가 노출기준을 초과하는 업종 비율이 높은 물질은, 포름알데히드로 63.7%의 업종이 있었고, 황산 27.3%, 트리클로로에틸렌 22.8%, 납 및 그 무기화합물 16%, 1-브로모프로판 13.7% 등 순이었음. 95% 상위농도($X_{0.95}$)가 노출기준을 초과하여 잠재적 고위험 노출우려가 있는 세세업종을 제시하였으며, 향후 우선적인 관리를 실시할 필요가 있음.
- N,N-디메틸아세트아미드와 디메틸포름아미드의 고위험 업종은 합성 피혁, 화학섬유 및 최근 수요가 증가하는 정수기 및 공기청정기 필터 제조업의 멤브레인 방사 작업 등에 대한 관리가 요구되었음.

- 1,2-디클로로프로판의 측정 시료수는 78건('18년)에서 5,026건('22년)으로, 기계, 변압기, 광학 렌즈 등 제조에서 세척제로 사용이 크게 증가하였음.
- 트리클로로에틸렌은 세세업종별 $X_{0.95}$ 가 노출기준을 초과하는 업종이 89개였으며, 이 중 노출기준 초과시료도 보유한 전자 및 자동차 부품, 강관, 주형, 금형, 일반 목적용 기계 제조, 도금, 도장, 금속 열처리업 등에 대한 우선관리가 요구되었음.
- 퍼클로로에틸렌의 고위험 업종으로 호텔업 및 항공 운송지원 서비스업의 세탁 및 시트커버 정리작업에서 $X_{0.95}$ 가 노출기준을 초과하거나 노출기준 초과시료가 발생하여 관리가 요구되었음.
- 포름알데히드의 고위험 업종으로 의료기관 및 의약품, 합성수지, 플라스틱, 도료 등 제조 및 의학 및 약학 연구개발업 등이 있었음. 다만, 적은 시료수로 통계적 유의성은 없었으나, 최근 혈액암이 발생한 양식 어업에서 높은 포름알데히드 기하평균을 보여 그 간 잘 알려지지 않은 직업병 발생 우려 업종에 대한 모니터링 자료로 활용 가능성을 확인하였음.
- 납 및 그 무기화합물은 ($X_{0.95}$)가 노출기준을 초과하는 업종이 83개였으며, 이 중 측정 시료수가 280개 이상인 압연, 압출, 축전지, 제련, 시멘트 및 무기 및 총포탄 등 제조업에 대한 우선관리가 요구되었음.
- 6가 크롬(수용성)은 도금업, 6가 크롬(불용성)은 기계·기구 제조업에서 많이 평가되었고, 노출기준 초과 시료도 발생하여 우선적인 관리가 요구되었음.
- 황산은 도금, 도장, 인쇄회로기판 적층, 축전지 제조, 폐수처리업 등에서 우선적 관리가 요구되었고, 산화에틸렌은 시료수가 많은 종합병원 등에서 농도는 낮았으나, 개인 간병 및 유사 서비스업 등 규모가 작은 의료기관 및 의료기기 제조업의 멸균공정에서 높은 농도를 나타내었음.
- 2-메톡시에탄올, 2-메톡시에틸아세테이트, 1-브로모프로판, 포름알데히드, 6가 크롬의 경우 국외 노출기준이 국내보다 낮추어진 만큼, 해당 물질에 대해서는 노출기준 이하인 업종도 추가적인 관찰이 요구되었음.

3. 연구 활용방안

- 작업환경관리가 필요한 사업장에 대한 산업보건서비스 커버리지 확대
 - 작업환경실태조사 등 활용 가능한 유해인자 노출 정보와 측정 실시 현황 비교를 통한 작업환경측정 누락사업장 노출 감시 및 사각지대 해소
- 사업장 위험성평가 지원 및 작업환경개선 유도 활용
 - 자료의 통계적 분석을 통해 작업환경개선이 필요한 고위험 업종 선정 및 해당 업종에 대한 유해인자 노출모델 개발로 사업장 자기규율 관리 지원
- 산업환경 변화에 대한 모니터링 및 대국민 정보제공 활용
 - 작업환경측정 현황을 온라인을 통해 확인할 수 있는 플랫폼을 개발하여, 과거에서 현재에 이르는 작업환경측정에 대한 정보를 쉽게 확인하고, 활용할 수 있도록 하여 누락사업장 및 고위험 업종 감시 기능 강화

4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 선임연구위원 박현희
 - ☎ 052) 703. 0881
 - E-mail bioaerosol@kosha.or.kr

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 필요성	3
2. 연구의 목적	6
II. 연구방법	7
1. 국내 작업환경측정결과 실시 현황 및 누락업종 분석	9
2. 고위험 업종, 공정 파악 등 위험성 평가	10
III. 연구결과	19
1. 작업환경측정 현황	21
2. 특별관리물질 고위험 업종 분석 결과	73
IV. 고찰 및 결론	341
1. 작업환경측정 현황 및 누락업종 감시	343
2. 특별관리물질에 대한 고위험 업종 관리	347
3. 작업환경측정자료 활용 고찰	356

참고문헌	357
Abstract	360

표 목차

〈표 II-1〉 연구대상 특별관리물질의 노출기준 및 건강분류	13
〈표 III-1〉 산재보험가입 및 작업환경측정 실시(중복포함) 사업장수	22
〈표 III-2〉 산재보험가입 및 작업환경측정 실시(중복제외) 사업장수	22
〈표 III-3〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 (대)업종별 평균 실시 비율	23
〈표 III-4〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 제조업 (중)업종별 실시 비율과 2017년 업종별 화학물질 작업환경측정 노출규모 추정(실태조사 설문) 연구결과 비교	25
〈표 III-5〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 제조업 (중)업종별 실시비율과 2017년 업종별 작업환경측정(소음기준) 노출규모 추정(전문가 델파이 조사) 연구결과 비교	26
〈표 III-6〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 미실시 대분류 업종	29
〈표 III-7〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 미실시 (세세)업종명	30
〈표 III-8〉 소음 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(중업종)	34
〈표 III-9〉 고열 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(중업종)	40
〈표 III-10〉 분진흡 측정 보유율 및 작업환경측정 실시율 비교(중업종)	46
〈표 III-11〉 (중)업종별 작업환경측정 실시 현황 (사업장수, 분율%)	53
〈표 III-12〉 유해인자별 작업환경측정 실시 분율 (2014-2021)	55
〈표 III-13〉 대분류 업종별 유해인자 작업환경측정 건수(2019-2021_상, 하반기 평균) ·	58
〈표 III-14〉 제조업 중분류 업종별 유해인자 작업환경측정 건수 (2019-2021) ···	59
〈표 III-15〉 유해인자별 작업환경측정 실시 사업장 수 및 초과율 (2014-2021) ··	72
〈표 III-16〉 최근 5년간(2018-2022) 특별관리물질별 측정 시료수, 업종수 및 불검출 현황	75
〈표 III-17〉 최근 5년간(2018-2022) 특별관리물질별 평균, 최소, 최대농도 수준	77

〈표 III-18〉 업종별 특별관리물질 평가 시료수 상위(Top 15)_전체	85
〈표 III-19〉 특별관리물질 고위험 업종 분포	89
〈표 III-20〉 최근 5년간 디니트로톨루엔 시료수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황	96
〈표 III-21〉 최근 5년간 N,N-디메틸아세트아미드 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황	100
〈표 III-22〉 디메틸포름아미드 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황	107
〈표 III-23〉 1,2-디클로로에탄 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	115
〈표 III-24〉 최근 5년간 1,2-디클로로프로판 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	122
〈표 III-25〉 2-메톡시에탄올 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	130
〈표 III-26〉 2-메톡시에틸아세테이트 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	136
〈표 III-27〉 벤젠 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	144
〈표 III-28〉 1,3-부타디엔 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	151
〈표 III-29〉 1-브로모프로판 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	159
〈표 III-30〉 2-브로모프로판 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	166
〈표 III-31〉 시암화탄소 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	171

표 목차

〈표 III-32〉 스톡다드용제 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	177
〈표 III-33〉 아크릴로니트릴 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	184
〈표 III-34〉 아크릴아미드 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	190
〈표 III-35〉 2-에톡시에탄올 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	197
〈표 III-36〉 2-에톡시에틸아세테이트 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	204
〈표 III-37〉 1,2-에폭시프로판 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	214
〈표 III-38〉 에피클로로하이드린 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	222
〈표 III-39〉 트리클로로에틸렌 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	229
〈표 III-40〉 퍼클로로에틸렌 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	242
〈표 III-41〉 페놀 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	249
〈표 III-42〉 포름알데히드 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	257
〈표 III-43〉 히드라진 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	269

〈표 III-44〉 납 및 그 무기화합물 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	276
〈표 III-45〉 불용성 니켈 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	284
〈표 III-46〉 수은 및 그 화합물 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	292
〈표 III-47〉 삼산화안티몬 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	299
〈표 III-48〉 카드뮴 및 그 화합물 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	307
〈표 III-49〉 6가 크롬(수용성) 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	316
〈표 III-50〉 6가 크롬(불용성) 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	320
〈표 III-51〉 황산(pH 2.0) 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m ³)	328
〈표 III-52〉 산화 에틸렌 측정수 (Top 15) 세사업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)	336

그림 목차

[그림 III-1] 국내 작업환경측정 실시 사업장 현황(1990-2020)	21
[그림 III-2] (중)업종별 작업환경측정 실시 현황 (사업장수, 분율%)	54
[그림 III-3] 유해인자별 작업환경측정 실시사업장수(2014-2021)	56
[그림 III-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(소음)	60
[그림 III-5] (대)업종별; 농업, 광업 -유해인자 작업환경측정 현황	68
[그림 III-6] 특별관리물질(연구대상)별 5년간 작업환경측정 현황_시료 수 (2018-2022년)	79
[그림 III-7] 특별관리물질 세세업종별 $X_{0.95}$ 분포 현황	90
[그림 III-8] 최근 5년간 디니트로톨루엔 세세업종별 작업환경측정 현황	95
[그림 III-9] 최근 5년간 N,N-디메틸아세트아미드 세세업종별 작업환경측정 현황 ·	103
[그림 III-10] 최근 5년간 디메틸포름아미드 세세업종별 작업환경측정 현황 ·	110
[그림 III-11] 최근 5년간 1,2-디클로로에탄 세세업종별 작업환경측정 현황	118
[그림 III-12] 최근 5년간 1,2-디클로로프로판 세세업종별 작업환경측정 현황	125
[그림 III-13] 최근 5년간 2-메톡시에탄올 세세업종별 작업환경측정 현황 ·	133
[그림 III-14] 최근 5년간 2-메톡시에틸아세테이트 세세업종별 작업환경측정 현황	139
[그림 III-15] 최근 5년간 벤젠 업종별 작업환경측정 현황	147
[그림 III-16] 최근 5년간 1,3-부타디엔 업종별 작업환경측정 현황	154
[그림 III-17] 최근 5년간 1-브로모프로판 업종별 작업환경측정 현황	162
[그림 III-18] 최근 5년간 2-브로모프로판 업종별 작업환경측정 현황	165
[그림 III-19] 최근 5년간 사염화탄소 업종별 작업환경측정 현황	170
[그림 III-20] 최근 5년간 스토다드용제 업종별 작업환경측정 현황	176
[그림 III-21] 최근 5년간 아크릴로니트릴 업종별 작업환경측정 현황	183
[그림 III-22] 최근 5년간 아크릴아미드 업종별 작업환경측정 현황	193

[그림 Ⅲ-23]	최근 5년간 2-에톡시에탄올 업종별 작업환경측정 현황	200
[그림 Ⅲ-24]	최근 5년간 2-에톡시에틸아세테이트 업종별 작업환경측정 현황	207
[그림 Ⅲ-25]	최근 5년간 1,2-에폭시프로판 업종별 작업환경측정 현황	217
[그림 Ⅲ-26]	최근 5년간 에피클로로하이드린 업종별 작업환경측정 현황	225
[그림 Ⅲ-27]	최근 5년간 트리클로로에틸렌 업종별 작업환경측정 현황	234
[그림 Ⅲ-28]	최근 5년간 퍼클로로에틸렌 업종별 작업환경측정 현황	245
[그림 Ⅲ-29]	최근 5년간 페놀 업종별 작업환경측정 현황	252
[그림 Ⅲ-30]	최근 5년간 포름알데히드 업종별 작업환경측정 현황	261
[그림 Ⅲ-31]	최근 5년간 히드라진 업종별 작업환경측정 현황	272
[그림 Ⅲ-32]	최근 5년간 납 및 그 무기화합물 업종별 작업환경측정 현황	280
[그림 Ⅲ-33]	최근 5년간 불용성 니켈 업종별 작업환경측정 현황	287
[그림 Ⅲ-34]	최근 5년간 수은 및 그 화합물 업종별 작업환경측정 현황	295
[그림 Ⅲ-35]	최근 5년간 삼산화안티몬 업종별 작업환경측정 현황	302
[그림 Ⅲ-36]	최근 5년간 카드뮴 및 그 화합물 업종별 작업환경측정 현황	310
[그림 Ⅲ-37]	최근 5년간 6가 크롬(수용성) 업종별 작업환경측정 현황	319
[그림 Ⅲ-38]	최근 5년간 6가 크롬(불용성) 업종별 작업환경측정 현황	324
[그림 Ⅲ-39]	최근 5년간 황산(pH 2.0) 업종별 작업환경측정 현황	331
[그림 Ⅲ-40]	최근 5년간 산화에틸렌 업종별 작업환경측정 현황	339

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

국내 산업안전보건법(제125조)에 따라 사업주는 유해인자로부터 근로자의 건강을 보호하고 쾌적한 작업환경을 조성하기 위하여 인체에 해로운 작업을 하는 작업장으로서 고용노동부령으로 정하는 작업장에 대하여 고용노동부령으로 정하는 자격을 가진 자로 하여금 작업환경측정을 하도록 하여야 한다. 작업환경측정 제도는 1981년 산업안전보건법을 통해 법적근거를 마련하고, 대상인자, 주기 등에 대한 지속적인 개정이 이루어져왔다. 1990년 작업환경 측정 결과의 보고 제도가 도입되어, 각 노동지청에 서류형태로 제출되었고, 2002년부터 한국산업안전보건공단에서 전산 DB(data base)화(결과표 항목별 입력)를 시작하였다. 2009년 하반기부터는 전산시스템을 활용하여 측정기관이 직접 입력하는 시스템을 도입하였고, 2012년부터 이를 K2B 시스템을 통해 실시간 보고받아 데이터베이스를 구축하고 있다. 작업환경 측정 전산DB는 시스템 개선과정을 거치면서 여러 형식의 DB로 분산되어 있지만, 약 20여 년간 꾸준히 구축되어왔다. 다만, 현재까지 축적된 DB는 매년 측정사업장 및 노출기준 초과사업장 현황 정도에만 활용되어, 작업장 유해인자 분포 및 산업보건 커버리지 수준 확인 등을 위한 노출 감시 및 작업환경개선 등 정책적 활용이 요구되는 실정이다.

국내 작업환경측정 사업장 수(상·하반기 중복 사업장 포함)는 1990년 10,680개소, 1995년 44,296개소, 2000년 50,285개소, 2005년 57,897개소, 2010년 67,229개소, 2015년 90,257개소, 그리고 2020년 115,211개소로 꾸준히 증가하고 있다(김정만 등, 2007; 고용노동부, 2014~2022). 그러나, 2021년 기준 우리나라 산업재해보상보험법에 가입한 사업장

2,876,635개소 중 작업환경을 실시한 사업장(상·하반기 중복 제외)은 75,377개소로 전체 사업장의 약 3%정도가 측정을 실시하고 있고, 제조업 기준으로 보면, 전체 제조업 사업장 400,242개소 중 57,227개소가 측정하여 약 14.3%가 측정을 실시한 수준이다(고용노동부, 2022). 다만 실제 측정 의무가 있는 사업장 수에 대해서는 파악에 어려움이 있어 대상 사업장 중 실시율이 어느 정도 수준인지는 파악되지 못하고 있다. 작업환경측정 대상 규모 추정에 관한 연구(류향우 등, 2017)에서 산업재해보상보험에 가입한 5인 이상 제조업 사업장 150,655개소 중 측정을 실시한 사업장은 46,294개(30.7%)이며, 측정을 실시하지 않은 사업장을 설문조사를 실시하여 추정한 결과, 제조업 사업장의 약 41.9%가 측정대상 사업장일 것으로 추정하였다.

작업환경측정 자료를 활용한 그간의 연구를 살펴보면, 벤젠 노출 매트릭스 구축(백경희 등, 2015), 무기산류의 작업환경측정 현황(박해동 등, 2021), CNC 공정(메탄올) 노출 특성 파악(이재환 등, 2018) 및 전자산업 발암물질 노출특성(손미아 등, 2022) 등에서 일부 물질, 공정 또는 업종을 중심으로 주요 노출농도 수준과 발암성 물질 측정 현황 등을 중심으로 제한적으로 활용하였다. 국내 작업환경측정 현황(2002~2014)을 살펴본 연구(장재길 등, 2015)에서 가장 많은 측정수를 기록한 물질은 산화철분진과 흙이었으며 망간과 그 무기화합물, 톨루엔, 이산화티타늄, 이소프로필알코올, 크실렌, 아세톤, 구리(흙), 수산화나트륨, 메틸에틸케톤 순이라고 보고하였으며, 측정 빈도수가 많은 상위 60종을 대상으로 업종별(대분류), 년도별, 지역별 및 규모별 산술평균과 표준편차를 분석하였다. 다만, 대업종(제조업-중업종)으로 분석하여 노출 위험성이 높은 업종을 확인하기보다 유해인자별 년도별, 지역별 분포 등 현황 확인에 활용되었다. 2017~2019년 작업환경측정을 실시한 7만여 사업장의 표준산업분류 업종별 작업환경측정 실시 여부 분석 결과(소음 제외), 세세분류 기준 1,196개 업종 중 작업환경측정을 전혀 실시하지 않은 업종이 262개(21.9%) 있었다고 보고하였으며 미실시 업종에 대한 측정 누락 감시가 필요하다고 하였다(박승현 등, 2021).

최근 국내 업무상 질병의 인정에 있어 근로자가 업무수행과정에서 유해인자를 취급하였거나 그에 노출된 사실을 증명하면 업무상 질병이 발생한 것으로 추정하여 인정하는 ‘추정의 원칙’이 적용되면서 업무상 질병의 승인건수는 급격히 증가하고 있다. 업무상 질병의 발생을 예방하고 적절한 보상을 하기 위해서는 직업적 노출 요인을 규명하는 것이 필요하며, 이를 위해 상시적인 노출요인과 건강영향을 모니터링 할 수 있는 국가 감시체계가 필요하다(최상준 등, 2022).

이번 연구에서는 국내 작업환경 유해인자 노출감시에 활용 가능한 최대 자료인 국내 작업환경측정 결과에 대한 활용방안 모색 및 실시 현황을 세세 업종별로 분석하여 측정 누락이 의심되는 업종에 대해 탐색해보고자 한다. 아울러, 건강유해물질에 대한 노출농도 수준 및 변이를 관찰하여, 직업병 발생 우려가 큰 고위험 업종을 추정하고, 우선적인 작업환경 개선 및 위험성 평가 등에 활용하고자 한다.

2. 연구의 목적

이번 연구의 목적은 다음과 같다.

- **(유해인자 노출 감시)** 국내 작업환경측정결과에 대한 세세업종별 실시 현황을 파악하고, 작업환경 실태조사 등 관련 연구 및 자료를 통해 측정 누락업종에 대한 감시 및 제도 개선방안을 마련하고자 함
- **(고위험 업종 관리)** 작업환경측정 자료를 통해 건강유해도가 높은 물질(특별관리물질)을 중심으로 노출 실태 및 고위험 업종, 공정 등을 파악하여 위험성평가 등에 활용할 수 있는 자료로 활용하고자 함
- **(측정자료 시각화)** 작업환경측정 자료를 통해 확인할 수 있는 위험성 정보를 시각화하여 정보를 공개함으로써 사업장에서 활용 가능하고, 국가 안전보건정책을 수립하고, 효율적으로 집행하기 위한 기초자료로 활용하고자 함

II. 연구방법



II. 연구방법

1. 국내 작업환경측정결과 실시 현황 및 누락업종 분석

1) 문헌검토

고용노동백서, 산업재해현황분석 및 매년 고용부에서 발표하는 작업환경 측정 실시 결과 등을 통해 산재보험가입사업장수, 업종별 측정 실시 사업장 현황 및 노출기준 초과사업장 현황 등을 파악하였다. 또한 한국산업보건학회지 등 관련 학술지에서 작업환경측정 DB를 활용하여 작성된 논문을 검토하였다.

2) 측정 누락업종 현황 추정

작업환경측정 대상 사업장의 누락 현황 파악을 위해 2017년 작업환경측정 대상 규모 추정 연구(류향우 등, 2017)와 2018 ~ 2022년 작업환경측정 실시 현황을 표준산업분류(중분류) 업종별로 살펴보았다. 또한, 2019년 실시된 5인 이상 제조업의 유해인자(소음, 분진, 고열)에 대한 보유 현황 및 2019년 작업환경측정 실시 현황과 비교하여 살펴보았다.

3) 용어 정의

산재보험 가입사업장을 분모(denominator)로 한 측정 실시 사업장 수의 백분율을 ‘측정 실시 비율’, 작업환경측정 대상 유해인자에 노출되는 사업장 수의 백분율을 ‘노출 비율’, 유해인자를 보유한 사업장 수의 백분율을 ‘보유 비율’로 사용하였다. 아울러, 전체 측정 실시 사업장을 분모(denominator)로 한 업종별 실시 사업장 수의 백분율을 ‘실시 비율’로 사용하였다.

2. 고위험 업종, 공정 파악 등 위험성 평가

1) 연구대상

작업환경측정결과 DB는 2018년 ~ 2022년 K2B 전산시스템을 통해 보고된 자료를 대상으로 하였다. 추출정보는 사업장관리번호, 업종(대, 중, 소, 세, 세세), 노동관서, 생산품, 부서명, 공정명, 단위작업, 유해인자, 측정값, 유해인자 노출시간, 측정값_기타(수치입력, 불검출, 검출한계 미만, 공정폐쇄, 횡수조정), 노출기준, 노출평가 단위를 대상으로 하였다. 공정 정보는 현재 추가 생성이 가능하도록 전산프로그램이 작성되어 입력된 공정명이 약 3,400여개를 초과하므로 참고자료로 확인은 하였으나, 통계 분석 변수로는 활용하지 못하였다. 업종은 한국표준산업분류(10차)에 따라 적용되었다(통계청, 2017). 고위험 업종을 파악을 위한 연구대상 물질은 산업안전보건법에서 정한 특별관리물질 44종 중 작업환경측정 대상인 아닌 7종(2-니트로톨루엔, 디부틸 프탈레이트, 벤조(a)피렌, 와파린, 포름아미드, 산화붕소, 사붕소산 나트륨)을 제외한 37종(표 II-1)을 선정하였다.

물질별 분석결과는 한국표준산업분류의 세세업종(1,196개)별로 측정시료수, 검출시료수, 노출기준 초과 시료수, 정규성 검정 결과, 산술평균, 표준편차, 중위수, 기하평균, 기하표준편차, 최소, 최대값 및 자료의 분포를 통해 추정되는 95% 상위값(기하평균 $\times$ 기하표준편차^{1.645})을 분석하여 살펴보았다.

자료 분석은 8시간 가중평균으로 평가된 자료를 기준으로 분석하였고, 단시간 노출기준(STEL, Short term exposure limits)이 있는 물질의 경우, 단시간 측정을 실시한 자료는 제외하였다. 또한 측정방법이 총분진 및 호흡성 분진으로 각 평가된 경우, 호흡성 분진 시료는 제외하고 총분진으로 평가된 자료를 기준으로 평가결과를 살펴보았다.

아울러, 공정폐쇄, 횡수조정된 측정값은 제외하고 통계 분석을 수행하였고, 세세업종별 시료수가 3개 미만이거나 자료가 대수정규분포하지 않는 경우는 고위험 업종 선정에서 제외하였다. 자료의 분포 및 통계처리는 SPSS(ver 18.0, IBM, USA), Excel 2013(Microsoft, USA)을 사용하였다.

2) 불검출 및 검출한계 미만 자료 처리

작업환경측정 결과에서 불검출(non-detected) 및 검출한계(limit of detection, LOD)미만으로 보고된 자료에 대해 '0'으로 처리 시 분포의 특성 등을 추정하기 위한 통계적인 분석에 제한점이 발생한다. 불검출 자료의 대체는 자료의 시료수, 불검출 자료의 비율 등을 고려하여 LOD/2 또는 $LOD/\sqrt{2}$ 로 대체하는 단순대체법(simple substitution), 최대우도추정법(Maximum likelihood estimation method, MLE), 베이즈안분석법(Bayesian method) 등을 사용할 수 있는데(박주현 등, 2022), 이번 작업 환경측정 자료의 경우 다양한 측정기관의 자료가 취합되어 검출한계를 파악하기에 어려움이 있었고, 대용량 자료 분석에 따른 제한점이 있었다.

이번 연구에서의 불검출 값 대체는 연구대상 특별관리물질에 대해 미국 산업안전보건청(OSHA)의 시료분석지침에서 제시하는 LOD와 측정 DB를 통해 보고된 자료의 최소값을 비교하여 더 낮은 값을 적용하였다. 2-브로모프로판은 OSHA에서 제시한 LOD의 1/2값을 적용하였고, 나머지 물질은 연구대상 유해인자별 측정DB로 보고된 자료 중 불검출 값을 제외한 최소값을 1/2로 변환하여 불검출 자료를 대체하였다.

3) 위험 등급 구분

연구대상 유해인자에 대한 위험성 평가 활용을 위해 세세업종별 파악된 95% 상위농도를 기준으로 다음과 같이 카테고리를 구분하였다.(고동희 등, 2022) (0)은 95% 상위 값($X_{0.95}$)이 노출기준 1% 미만인 경우, (1)은 $X_{0.95}$ 가 노출기준 10% 미만인 경우, (2)은 $X_{0.95}$ 가 노출기준 50% 미만인 경우, (3)은 $X_{0.95}$ 가 노출기준 100% 미만인 경우, (4)는 $X_{0.95}$ 가 노출기준 100% 이상인 경우로 구분하였다.

〈표 II-1〉 연구대상 특별관리물질의 노출기준 및 건강분류

연번	구분	유해물질의 명칭		화학식	노출기준				단위	비고 (CAS번호 등)
		국문표기	영문표기		고용부 TWA	고용부 STEL	ACGIH TWA	OSHA TWA		
1	유기화합물	디니트로톨루엔	Dinitrotoluene	$(\text{NO}_2)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{CH}_3$	0.2	—	0.2	1.5	mg/m ³	[25321-14-6] 발암성 1B, 생식세포 변이원성 2, 생식독성 2, Skin
2	유기화합물	N,N-디메틸아세트아미드	N,N-Dimethyl acetamide	$\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$	10	—	10	10	ppm	[127-19-5] 생식독성 1B, Skin
3	유기화합물	디메틸포름아미드	Dimethylformamide	$\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$	10	—	5	10	ppm	[68-12-2] 생식독성 1B, Skin
4	유기화합물	1,2-디클로로에탄	1,2-Dichloroethane	$\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$	10	—	10	50	ppm	[107-06-2] 발암성 1B
5	유기화합물	1,2-디클로로프로판	1,2-Dichloropropane	$\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{Cl}$	10	110	10	75	ppm	[78-87-5] 발암성 1A
6	유기화합물	2-메톡시에탄올	2-Methoxyethanol	$\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	5	—	0.1	25	ppm	[109-86-4] 생식독성 1B, Skin
7	유기화합물	2-메톡시에틸아세테이트	2-Methoxyethyl acetate	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$	5	—	0.1	25	ppm	[110-49-6] 생식독성 1B, skin
8	유기화합물	벤젠	Benzene	C_6H_6	0.5	2.5	0.5	1	ppm	[71-43-2] 발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B, Skin
9	유기화합물	1,3-부타디엔	1,3-Butadiene	$\text{CH}_2\text{CHCHCH}_2$	2	10	2	1	ppm	[106-99-0] 발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B
10	유기화합물	1-브로모프로판	1-Bromopropane	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$	25	—	0.1	—	ppm	[106-94-5] 발암성 2, 생식독성 1B
11	유기화합물	2-브로모프로판	2-Bromopropane	$(\text{CH}_3)_2\text{CHBr}$	1	—	—	—	ppm	[75-26-3] 생식독성 1A
12	유기화합물	사염화탄소	Carbon tetrachloride	CCl_4	5	—	5	10	ppm	[56-23-5] 발암성 1B, Skin

연번	구분	유해물질의 명칭		화학식	노출기준				단위	비고 (CAS번호 등)
		국문표기	영문표기		고용부 TWA	고용부 STEL	ACGIH TWA	OSHA TWA		
13	유기화합물	스토다드 용제	Stoddard solvent	C ₉ ~C ₁₁ paraffn(85%) + aromatics(15%)	100	—	100	500	ppm	[8052-41-3] 발암성 1B, 생식세포 변이원성 1B (벤젠 0.1% 이상인 경우에 한정함)
14	유기화합물	아크릴로니트릴	Acrylonitrile	CH ₂ CHCN	2	—	2	2	ppm	[107-13-1] 발암성 1B, Skin
15	유기화합물	아크릴아미드	Acrylamide(Inhalable fraction and vapor)	CH ₂ CHCONH ₂	0.03	—	0.03	0.3	mg/m ³	[79-06-1] 발암성 1B, 생식세포 변이원성 1B, 생식독성 2, Skin, 흡입성 및 증기
16	유기화합물	2-에톡시에탄올	2-Ethoxyethanol	C ₂ H ₅ OCH ₂ CH ₂ OH	5	—	5	200	ppm	[110-80-5] 생식독성 1B, Skin
17	유기화합물	2-에톡시에틸아세테이트	2-Ethoxyethyl acetate	C ₂ H ₅ OCH ₂ CH ₂ OCOCH ₃	5	—	5	100	ppm	[111-15-9] 생식독성 1B, Skin
18	유기화합물	에틸렌이민	Ethylenimine	(CH ₂) ₂ NH	0.5	—	0.05	—	ppm	[151-56-4] 발암성 1B, 생식세포 변이원성 1B, Skin
19	유기화합물	1,2-에폭시프로판	1,2-Epoxypropane	CH ₃ CHOCH ₂	2	—	2	50	ppm	[75-56-9] 발암성 1B, 생식세포 변이원성 1B
20	유기화합물	2,3-에폭시-1-프로판올	2,3-Epoxy-1-propanol	C ₃ H ₆ O ₂	2	—	2	100	ppm	[556-52-5] 발암성 1B, 생식세포 변이원성 2, 생식독성 1B
21	유기화합물	에피클로로히드린	Epichlorohydrin	C ₃ H ₅ OCl	0.5	—	0.5	5	ppm	[106-89-8] 발암성 1B, Skin
22	유기화합물	트리클로로에틸렌	Trichloroethylene	CCl ₂ CHCl	10	25	10	100	ppm	[79-01-6] 발암성 1A, 생식세포 변이원성 2
23	유기화합물	1,2,3-트리클로로프로판	1,2,3-Trichloropropane	CH ₂ ClCHClCH ₂ Cl	10	—	0.005	50	ppm	[96-18-4] 발암성 1B, 생식독성 1B, Skin
24	유기화합물	퍼클로로에틸렌	Perchloroethylene	CCl ₂ CCl ₂	25	100	25	100	ppm	[127-18-4] 발암성 1B

연번	구분	유해물질의 명칭		화학식	노출기준				단위	비고 (CAS번호 등)
		국문표기	영문표기		고용부 TWA	고용부 STEL	ACGIH TWA	OSHA TWA		
25	유기화합물	페놀	Phenol	C ₆ H ₅ OH	5	—	5	5	ppm	[108-95-2] 생식세포 변이원성 2, Skin
26	유기화합물	포름알데히드	Formaldehyde	HCHO	0.3	—	0.1	0.75	ppm ₂	[50-00-0] 발암성 1A, 생식세포 변이원성 2
27	유기화합물	프로필렌 이민	Propylene imine	C ₆ H ₇ N	2	—	0.2	2	ppm	[75-55-8] 발암성 1B, Skin
28	유기화합물	황산 디메틸	Dimethyl sulfate	(CH ₃) ₂ SO ₄	0.1	—	0.1	1	ppm	[77-78-1] 발암성 1B, 생식세포 변이원성 2, Skin
29	유기화합물	히드라진	Hydrazine	(NH ₂) ₂	0.05	—	0.01	1	ppm	[302-01-2] 발암성 1B, Skin
30	금속류	납 및 그 무기화합물	Lead and Inorganic compounds, as Pb	Pb	0.05	—	0.05	0.05	mg/m ³	[7439-92-1] 발암성 1B, 생식독성 1A (납(금속)의 경우 발암성 2)
31	금속류	니켈(불용성 무기화합물)	Nickel (Insoluble Inorganic compounds, as Ni)	Ni	0.2	—	0.2	1	mg/m ³	[7440-02-0] 발암성 1A
32	금속류	수은 및 무기형태 (아릴 및 알킬 화합물 제외)	Mercury elemental and inorganic form (All forms except aryl & alkyl compounds)	Hg	0.025	—	0.025	0.1	mg/m ³	[7439-97-6] 생식독성 1B, Skin
33	금속류	삼산화 안티몬 (취급 및 사용물)	Antimony trioxide (Handling & use, as Sb)	Sb ₂ O ₃	0.5	—	0.5	0.5	mg/m ³	[1309-64-4] 발암성 2
34	금속류	카드뮴 및 그 화합물	Cadmium and compounds, as Cd (Respirable fraction)	Cd/CdO	0.01 (R0.002)	—	0.01 (R0.002)	0.01 (R0.002)	mg/m ³	[7440-43-9] 발암성 1A, 생식세포 변이원성 2, 생식독성 2, 호흡성
35	금속류	크롬(6가)화합물 (불용성)	Chromium(VI)compounds (Water insoluble inorganic compounds)	Cr	0.01	—	0.0002	0.005	mg/m ³	[18540-29-9] 발암성 1A
		크롬(6가)화합물 (수용성)	Chromium(VI)compounds (Water soluble)	Cr	0.05	—	0.0002	0.005	mg/m ³	[18540-29-9] 발암성 1A
36	산 및 알칼리류	황산	Sulfuric acid(Thoracic fraction)	H ₂ SO ₄	0.2	0.6	0.2	1	mg/m ³	[7664-93-9] 발암성 1A(강산 Mist에 한정함), 흡광성
37	가스상태 물질류	산화 에틸렌	Ethylene oxide	(CH ₂) ₂ O	1	—	1	1	ppm	[75-21-8] 발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B

- 주: 1. Skin 표시 물질은 점막과 눈 그리고 경피로 흡수되어 전신 영향을 일으킬 수 있는 물질을 말함(피부자극성을 뜻하는 것이 아님)
2. 발암성 정보물질의 표기는 「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에 따라 다음과 같이 표기함
- 가. 1A: 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질
- 나. 1B: 시험동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질
- 다. 2: 사람이나 동물에서 제한된 증거가 있지만, 구분1로 분류하기에는 증거가 충분하지 않은 물질
3. 생식세포 변이원성 정보물질의 표기는 「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에 따라 다음과 같이 표기함
- 가. 1A: 사람에게서의 역학조사 연구결과 양성의 증거가 있는 물질
- 나. 1B: 다음 어느 하나에 해당하는 물질
- ① 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 유전성 생식세포 변이원성 시험에서 양성
- ② 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성이고, 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있다는 증거가 있음
- ③ 노출된 사람의 정자 세포에서 이수체 발생빈도의 증가와 같이 사람의 생식세포 변이원성 시험에서 양성
- 다. 2: 다음 어느 하나에 해당되어 생식세포에 유전성 돌연변이를 일으킬 가능성이 있는 물질
- ① 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성
- ② 기타 시험동물을 이용한 생체내(in vivo) 체세포 유전독성 시험에서 양성이고, 시험관내(in vitro) 변이원성 시험에서 추가로 입증된 경우
- ③ 포유류 세포를 이용한 변이원성시험에서 양성이며, 알려진 생식세포 변이원성 물질과 화학적 구조활성 관계를 가지는 경우
4. 생식독성 정보물질의 표기는 「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에 따라 다음과 같이 표기함
- 가. 1A: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 판단할 정도의 사람에서의 증거가 있는 물질
- 나. 1B: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 추정할 정도의 동물시험 증거가 있는 물질
- 다. 2: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 의심할 정도의 사람 또는 동물시험 증거가 있는 물질
- 라. 수유독성: 다음 어느 하나에 해당하는 물질
- ① 흡수, 대사, 분포 및 배설에 대한 연구에서, 해당 물질이 잠재적으로 유독한 수준으로 모유에 존재할 가능성을 보임
- ② 동물에 대한 1세대 또는 2세대 연구결과에서, 모유를 통해 전이되어 자손에게 유해영향을 주거나, 모유의 질에 유해영향을 준다는 명확한 증거가 있음
- ③ 수유기간 동안 아기에게 유해성을 유발한다는 사람에 대한 증거가 있음

5. 발암성, 생식세포 변이원성 및 생식독성 물질의 정의는 「산업안전보건법」 시행규칙 [별표 11의 2] 유해인자의 분류기준 제1호나목 6) 발암성 물질, 7) 생식세포 변이원성 물질, 8) 생식독성 물질 참조
6. 화학물질이 IARC 등의 발암성 등급과 NTP의 R등급을 모두 갖는 경우에는 NTP의 R등급은 고려하지 아니함
7. 혼합용매추출은 에틸에테르, 톨루엔, 메탄올을 부피비 1:1:1로 혼합한 용매나 이외 동등 이상의 용매로 추출한 물질을 말함
8. 노출기준이 설정되지 않은 물질의 경우 이에 대한 노출이 가능한 한 낮은 수준이 되도록 관리하여야 함

Ⅲ. 연구결과

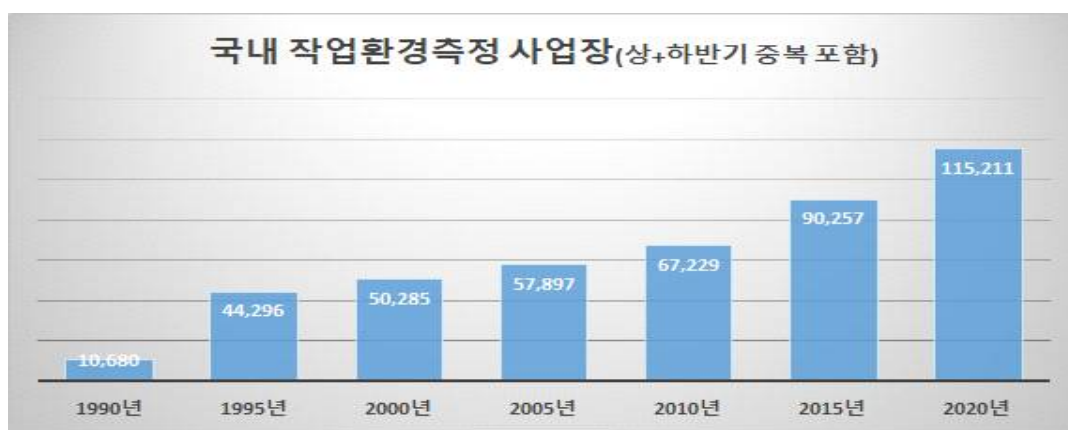
.....

Ⅲ. 연구결과

1. 작업환경측정 현황

1) 국내 작업환경측정사업장 현황

국내 작업환경측정 사업장 수(상·하반기 중복 사업장 포함)는 측정보고 제도가 도입된 1990년 10,680개소, 1995년 44,296개소, 2000년 50,285개소, 2005년 57,897개소, 2010년 67,229개소, 2015년 90,257개소, 그리고 2020년 115,211개소로 꾸준히 증가하고 있다 (그림 Ⅲ-1) (김정만 등 2007; 황규석, 2020; 고용노동부, 2022). 다만, 산재보험가입 사업장 수가 1982년 54,159개소에서 1990년 129,687개소, 1995년 186,021개소, 2000년 706,231개소, 2005년 1,130,094개소, 2010년 1,608,361개소, 2015년 2,367,186개소, 그리고 2020년 2,719,308개소로 증가하여 산재보험가입사업장수와 비교하면 작업환경측정 실시 사업장 비율이 증가하였다고 평가하기는 어렵다(안전보건공단, 1990 -2020)(표 Ⅲ-1).



[그림 Ⅲ-1] 국내 작업환경측정 실시 사업장 현황(1990-2020)

〈표 III-1〉 산재보험가입 및 작업환경측정 실시(중복포함) 사업장수

년도	1982	1990	1995	2000
산재보험 가입 사업장 수*	54,159	129,687	186,021	706,231
작업환경측정 사업장 수** (상+하반기 중복 포함)	—	10,680	44,269	50,285
비율 (%)	—	8.24	23.81	7.12
년도	2005	2010	2015	2020
산재보험 가입 사업장 수*	1,130,094	1,608,361	2,367,186	2,719,308
작업환경측정 사업장 수** (상+하반기 중복 포함)	57,897	67,229	90,257	115,211
비율 (%)	5.12	4.18	3.81	4.24

* 산업재해현황분석 (KOSHA 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020)

** 고용노동백서(MoEL, 2020), 김정만 등, 황규석 등

상, 하반기 중복되는 사업장을 제외하고 2021년 작업환경측정 실시결과를 살펴보면, 우리나라 산업재해보상보험법에 가입한 사업장 2,876,635개소 중 작업환경측정을 실시한 사업장은 75,377개소로 약 2.62% 수준이었다. 측정 사업장수는 증가하고 있으나, 작업환경측정 실시 비율은 2018년 2.68%, 2019년 2.80%, 2020년 2.78%, 2021년 2.62%로 전체 사업장 수 대비 3%미만을 유지하고 있다 (표 III-2).

〈표 III-2〉 산재보험가입 및 작업환경측정 실시(중복제외) 사업장수

년도	2014	2015	2016	2017
산재보험가입 사업장수	2,187,391	2,367,186	2,457,225	2,507,364
측정실시사업장수 (상하반기 중복 제외)	60,303	60,407	65,020	66,176
비율 (%)	2.76	2.55	2.65	2.64
년도	2018	2019	2020	2021
산재보험가입 사업장수	2,654,107	2,680,874	2,719,308	2,876,635
측정실시사업장수 (상하반기 중복 제외)	71,143	75,001	75,468	75,377
비율 (%)	2.68	2.80	2.78	2.62

최근 5년간 평균 작업환경측정 실시 비율(2018-2022년 기준)을 대업종별로 살펴보면 표 III-3와 같다. 광업의 측정 실시 비율이 23.2%로 가장 높았고, 제조업 16.3%, 수도,하수 및 폐기물 처리, 원료재생업 12.6%, 전기, 가스업 8.89%, 협회 및 단체, 수리 및 기타서비스업 5.75%, 보건 및 사회복지 서비스업 1.40%, 건설업 0.99%, 운수 및 창고업 0.96%순이었다.

〈표 III-3〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 (대)업종별 평균 실시 비율

대분류 코드	대분류 업종명	산재보험가입 사업장(수)	측정 사업장(수)	측정비율 (%)
A	농업, 임업 및 어업	21,146	144	0.68
B	광업	1,000	232	23.24
C	제조업	348,187	56,801	16.31
D	전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	2,177	194	8.89
E	수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	8,948	1,127	12.59
F	건설업	486,256	4,825	0.99
G	도매 및 소매업	497,870	1,179	0.24
H	운수 및 창고업	54,968	528	0.96
I	숙박 및 음식점업	311,038	128	0.04
J	정보통신업	58,943	166	0.28
K	금융 및 보험업	20,590	16	0.08
L	부동산업	101,430	91	0.09
M	전문, 과학 및 기술 서비스업	119,481	964	0.81
N	사업시설 관리, 사업 지원 및 임대 서비스업	129,460	371	0.29
O	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	19,825	182	0.92
P	교육 서비스업	70,068	52	0.07
Q	보건업 및 사회복지 서비스업	150,897	2,108	1.40
R	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	34,407	84	0.24
S	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	74,488	4,284	5.75
T	가구 내 고용활동 및 달리 분류되지 않은 자가 소비 생산활동	22	—	—
U	국제 및 외국기관	80	—	—
	기타의 사업 (산재보험-표준업종 매칭 불가 사업장)	270,110	—	—
총합계		2,781,390	73,476	2.64

작업환경측정 대상 규모를 추정하기 위해 실시한 연구(류향우 등, 2017)에 따르면, 2016년 기준 5인 이상 제조업 사업장 전체 150,655개 사업장 중 측정을 실시한 사업장이 46,294개소로 30.7% 수준이었고, 측정을 실시하지 않은 사업장을 대상으로 설문 조사를 실시한 결과, 미실시 사업장의 17.6%가 측정 대상 화학물질을 1개 이상 사용하는 것으로 추정하였다. 연구결과에 따라 전체 제조업의 측정 대상을 사업장의 약 41.9%로 추정하였고, 추정한 중분류 업종별 노출 비율과 이번 연구에서 파악한 2018-2022년 작업환경 측정 실시 비율을 비교하면 표 III-4과 같다. 이번 연구에서 파악한 2018-2022년 작업환경측정을 실시 비율(제조업 중분류 업종 기준)과 추정 노출 비율의 차이를 살펴보면, 「인쇄 및 기록매체 복제업」 37.9% p, 「화학 물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)」 35.6% p, 「의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업」 32.4% p, 「음료 제조업」 30.2%p, 「섬유제품 제조업(의복 제외)」 28.1% p, 「가죽, 가방 및 신발 제조업」 26.3% p 등 순이었다.

또한, 2017년 추정 연구에서는(류향우 등, 2017) 측정 분야 10년 이상 근무경험이 있는 전문가 15명을 대상으로 델파이 조사(소음기준)를 실시하여 업종별 노출 비율을 추정하였는데, 전체 사업장의 약 23.6%를 측정 대상으로 추정하였다. 추정한 노출 비율을 이번 연구에서 파악한 2018-2022년 작업 환경측정 실시 비율과 비교하면 표 III-5과 같다. 중분류 업종 기준으로 차이를 살펴보면, 「인쇄 및 기록매체 복제업」에서 62.9% p로 가장 많은 차이를 보였으며, 「가구 제조업」 62.3% p, 「목재 및 나무제품 제조업(가구 제외)」 57.8% p, 「고무 및 플라스틱 제조업」 54.1% p, 「화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)」 53.5% p, 「가죽, 가방 및 신발제조업」 51%p, 「금속 가공제품 제조업」 49.6% p, 「기타 운송장비 제조업」 48.6% p 등 순이었다. 비제조업으로는 「종합 건설업」 41.4% p, 「출판업」 31.4% p, 「전문직별 건설업」 30% p, 「하수, 폐수 및 분뇨 처리업」 29.2% p, 「농업」 29.1% p 등 순으로 높았다.

〈표 III-4〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 제조업 (중)업종별 실시 비율과 2017년 업종별 화학물질 작업환경측정 노출규모 추정(실태조사 설문) 연구결과 비교

대분류 업종명	중분류 업종명	2018-2022 실시 비율			2017년 연구 추정 노출비율(%)
		산재보험가입 사업장(수)	측정 사업장(수)	측정 실시비율 (%)	
제조업	식료품 제조업	26,243	2,155	8.2	27.3
	음료 제조업	1,243	211	17.0	47.2
	담배 제조업	31	12	39.1	62.5
	섬유제품 제조업; 의복 제외	15,429	1,902	12.3	40.4
	의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	12,177	99	0.8	12.4
	가죽, 가방 및 신발 제조업	3,488	303	8.7	35
	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	6,035	1,098	18.2	41.3
	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	6,118	1,004	16.4	39.8
	인쇄 및 기록매체 복제업	12,858	1,363	10.6	48.5
	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	346	175	50.5	76.4
	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	15,680	4,092	26.1	61.7
	의료용 물질 및 의약품 제조업	1,381	504	36.5	62
	고무 및 플라스틱제품 제조업	23,206	3,970	17.1	42.5
	비금속 광물제품 제조업	9,506	2,891	30.4	54.5
	1차 금속 제조업	3,879	2,145	55.3	72.6
	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	53,644	10,519	19.6	42.2
	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	14,485	2,780	19.2	43
	의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	10,139	906	8.9	41.3
	전기장비 제조업	23,025	1,905	8.3	30.1
	기타 기계 및 장비 제조업	64,638	9,804	15.2	40.8
	자동차 및 트레일러 제조업	11,924	4,788	40.2	50.9
	기타 운송장비 제조업	7,894	1,196	15.1	22.6
	가구 제조업	7,878	1,035	13.1	37.9
	기타 제품 제조업	13,579	1,789	13.2	37.3
	산업용 기계 및 장비 수리업	3,360	155	4.6	62.5

〈표 III-5〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 제조업 (중)업종별 실시비율과 2017년
업종별 작업환경측정(소음기준) 노출규모 추정(전문가 델파이 조사) 연구결과 비교

대분류 업종명	중분류 업종명	2018-2022 실시 비율			2017년 연구 추정 노출비율(%)
		산재보험가입 사업장(수)	측정 사업장(수)	측정 실시비율(%)	
농업, 임업 및 어업	농업	8,723	119	1.4	30.5
	임업	10,867	18	0.2	6.9
	어업	1,556	7	0.4	10.5
광업	석탄, 원유 및 천연가스 광업	17	8	44.2	63.3
	금속 광업	28	12	41.4	72
	비금속광물 광업; 연료용 제외	940	206	21.9	55.1
	광업 지원 서비스업	15	7	46.1	11.7
	식료품 제조업	26,243	2,155	8.2	30.8
제조업	음료 제조업	1,243	211	17.0	42.5
	담배 제조업	31	12	39.1	69.4
	섬유제품 제조업; 의복 제외	15,429	1,902	12.3	48.3
	의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	12,177	99	0.8	30.6
	가죽, 가방 및 신발 제조업	3,488	303	8.7	59.7
	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	6,035	1,098	18.2	76
	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	6,118	1,004	16.4	61.4
	인쇄 및 기록매체 복제업	12,858	1,363	10.6	73.5
	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	346	175	50.5	83.6
	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	15,680	4,092	26.1	79.6
	의료용 물질 및 의약품 제조업	1,381	504	36.5	61.9
	고무 및 플라스틱제품 제조업	23,206	3,970	17.1	71.2
	비금속 광물제품 제조업	9,506	2,891	30.4	72.3
	1차 금속 제조업	3,879	2,145	55.3	71.2
	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	53,644	10,519	19.6	69.2
	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	14,485	2,780	19.2	53.2
	의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	10,139	906	8.9	32.3
	전기장비 제조업	23,025	1,905	8.3	30.7
	기타 기계 및 장비 제조업	64,638	9,804	15.2	47.2
	자동차 및 트레일러 제조업	11,924	4,788	40.2	68.7
	기타 운송장비 제조업	7,894	1,196	15.1	63.7
	가구 제조업	7,878	1,035	13.1	75.4
	기타 제품 제조업	13,579	1,789	13.2	41.1
	산업용 기계 및 장비 수리업	3,360	155	4.6	-

대분류 업종명	중분류 업종명	2018-2022 실시 비율			2017년 연구 추정 노출비율(%)
		산재보험가 입사업장(수)	추정 사업장(수)	추정 실시비율 (%)	
전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	2,177	194	8.9	28.2
수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	수도업	57	33	57.0	9.4
	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	1,225	285	23.3	52.5
	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	7,004	758	10.8	32.9
	환경 정화 및 복원업	662	51	7.7	—
건설업	종합 건설업	112,672	3,866	3.4	44.8
	전문직별 공사업	251,668	781	0.3	30.3
	기타 건설업	121,915	177	0.15	—
도매 및 소매업	자동차 및 부품 판매업	16,622	90	0.5	—
	도매 및 상품 중개업	243,468	921	0.4	—
	소매업; 자동차 제외	237,780	168	0.1	—
운수 및 창고업	육상 운송 및 파이프라인 운송업	29,195	163	0.6	5.2
	수상 운송업	776	29	3.7	6.3
	항공 운송업	91	16	17.2	23.9
	창고 및 운송관련 서비스업	24,906	320	1.3	2.8
숙박 및 음식점업	숙박업	13,542	96	0.7	1.7
	음식점 및 주점업	297,497	31	0.0	1.7
정보통신업	출판업	36,662	90	0.2	31.6
	영상·오디오 기록물 제작 및 배급업	8,088	4	0.0	—
	방송업	557	2	0.3	—
	우편 및 통신업	2,830	59	2.1	10.5
	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	5,834	3	0.1	0.6
	정보서비스업	4,973	9	0.2	10.5
금융 및 보험업	금융업	9,190	12	0.1	0.9
	보험 및 연금업	2,079	2	0.1	0.3
	금융 및 보험관련 서비스업	9,321	3	0.0	0.1
부동산업	부동산업	101,430	91	0.1	0.1
	연구개발업	6,762	426	6.3	25.4
전문, 과학 및 기술 서비스업	전문 서비스업	61,883	97	0.2	0.6
	건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	34,028	367	1.1	3.8
	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	16,809	74	0.4	2.3

대분류 업종명	중분류 업종명	2018-2022 실시 비율			2017년 연구 추정 노출비율(%)
		산재보험가입 사업장(수)	추정 사업장(수)	추정 실시비율 (%)	
사업시설 관리, 사업 지원 및 임대 서비스업	사업시설 관리 및 조경 서비스업	44,406	202	0.5	9
	사업 지원 서비스업	78,763	105	0.1	2.1
	임대업; 부동산 제외	6,291	64	1.0	0.6
공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	19,825	182	0.9	0.8
교육 서비스업	교육 서비스업	70,068	52	0.1	0.3
보건업 및 사회복지 서비스업	보건업	70,917	2,042	2.9	25.1
	사회복지 서비스업	79,981	66	0.1	-
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	창작, 예술 및 여가관련 서비스업	9,377	15	0.2	4.1
	스포츠 및 오락관련 서비스업	25,030	69	0.3	0.3
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	협회 및 단체	23,280	20	0.1	-
	개인 및 소비용품 수리업	22,999	4,117	17.9	-
	기타 개인 서비스업	28,208	146	0.5	6.1

최근 5년간 작업환경측정을 실시 보고가 한 번도 이루어지지 않은 세세분류 업종은 209개로 전체 1,196개 업종 중 17.5%이었다.

〈표 III-6〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 미실시 대분류 업종

대분류 코드	대분류 업종명	세세분류 업종(수)	최근 5년 이내 측정 미 실시 업종(수)	미 실시 세세업종 (%)
A	농업, 임업 및 어업	34	8	23.5
B	광업	11	1	9.1
C	제조업	477	0	0.0
D	전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	9	0	0.0
E	수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	19	0	0.0
F	건설업	46	0	0.0
G	도매 및 소매업	184	41	22.3
H	운수 및 창고업	48	5	10.4
I	숙박 및 음식점업	29	14	48.3
J	정보통신업	42	18	42.9
K	금융 및 보험업	32	19	59.4
L	부동산업	11	2	18.2
M	전문, 과학 및 기술 서비스업	51	17	33.3
N	사업시설 관리, 사업 지원 및 임대 서비스업	32	10	31.3
O	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	25	7	28.0
P	교육 서비스업	33	15	45.5
Q	보건업 및 사회복지 서비스업	25	9	36.0
R	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	43	22	51.2
S	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	41	17	41.5
T	가구 내 고용활동 및 달리 분류되지 않은 자가 소비 생산활동	2	2	100.0
U	국제 및 외국기관	2	2	100.0
총합계		1,196	209	17.5

〈표 III-7〉 최근 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 미 실시 (세세)업종명

대분류 코드	대분류 업종명	미 실시 업종(수)	표준산업분류 세세업종
A	농업, 임업 및 어업	8	화훼작물 재배업, 과실작물 재배업, 젖소 사육업, 육우 사육업, 수렵 및 관련 서비스업, 임업용 종묘 생산업, 육림업, 내수면 어업
B	광업	1	천일염 생산 및 암염 채취업
G	도매 및 소매업	41	음·식료품 및 담배 중개업, 섬유, 의복, 신발 및 가죽제품 중개업, 화훼류 및 식물 도매업, 육지 동물 및 애완 동물 도매업, 과실류 도매업, 담배 도매업, 유아용 의류 도매업, 속옷 및 잠옷 도매업, 가죽 및 모피 제품 도매업, 음반 및 비디오물 도매업, 장난감 및 취미, 오락용품 도매업, 자전거 및 기타 운송장비 도매업, 전지 및 케이블 도매업, 벽지 및 장판류 도매업, 면세점, 건어물 및 젓갈류 소매업, 조리 반찬류 소매업, 음료 소매업, 담배 소매업, 가전제품 소매업, 남자용 겉옷 소매업, 여자용 겉옷 소매업, 속옷 및 잠옷 소매업, 셔츠 및 블라우스 소매업, 한복 소매업, 가죽 및 모피 의복 소매업, 벽지, 마루덮개 및 장판류 소매업, 악기 소매업, 음반 및 비디오물 소매업, 운동 및 경기용품 소매업, 게임용구, 인형 및 장난감 소매업, 가정용 고체 연료 소매업, 가정용 액체 연료 소매업, 사진기 및 사진용품 소매업, 예술품 및 골동품 소매, 화초 및 식물 소매업, 중고 가구 소매업, 중고 가전제품 및 통신장비 소매업, 기타 중고 상품 소매업, 노점 및 유사 이동 소매업, 방문 판매업
H	운수 및 창고업	5	전세버스 운송업, 특수 여객 자동차 운송업, 늘찬 배달업, 외항 여객 운송업, 내항 여객 운송업
I	숙박 및 음식점업	14	민박업, 기숙사 및 고시원 운영업, 한식 면 요리 전문점, 한식 육류 요리 전문점, 한식 해산물 요리 전문점, 중식 음식점업, 일식 음식점업, 서양식 음식점업, 치킨 전문점, 일반 유흥 주점업, 무도 유흥 주점업, 생맥주 전문점, 기타 주점업, 기타 비알코올 음료점업
J	정보통신 업	18	만화 출판업, 정기 광고 간행물 발행업, 모바일 게임 소프트웨어 개발 및 공급업, 애니메이션 영화 및 비디오물 제작업, 영화, 비디오물 및 방송 프로그램 제작 관련 서비스업, 영화, 비디오물 및 방송 프로그램 배급업, 영화관 운영업, 비디오물 감상실 운영업, 음악 및 기타 오디오물 출판업, 녹음시설 운영업, 라디오 방송업, 프로그램 공급업, 통신 재판매업, 컴퓨터 프로그래밍 서비스업, 컴퓨터시설 관리업, 호스팅 및 관련 서비스업, 포털 및 기타 인터넷 정보 매개 서비스업, 뉴스 제공업
K	금융 및 보험업	19	중앙은행, 외국은행, 신탁업 및 집합 투자업, 기타 금융 투자업, 금융 리스업, 기금 운영업, 생명보험업, 보증보험업, 산업 재해 및 기타 사회보장보험업, 재보험업, 사업 공제업, 금융시장 관리업, 증권 중개업, 선물 중개업, 증권 발행, 관리, 보관 및 거래 지원 서비스업, 투자 자문업 및 투자 일임업, 손해 사정업, 보험 대리 및 중개업, 기타 보험 및 연금관련 서비스업

대분류 코드	대분류 업종명	미실시 업종(수)	표준산업분류 세세업종
L	부동산업	2	부동산 투자 자문업, 부동산 감정 평가업
M	전문, 과학 및 기술 서비스업	17	변호사업, 변리사업, 법무사업, 기타 법무관련 서비스업, 공인회계사업, 세무사업, 기타 회계 관련 서비스업, 광고 매체 판매업, 시장 조사 및 여론 조사업, 제도업, 지도 제작업, 수의업, 시각 디자인업, 인물 사진 및 행사용 영상 촬영업, 상업용 사진 촬영업, 매니저업, 번역 및 통역 서비스업
N	사업시설 관리, 사업 지원 및 임대 서비스업	10	여행사업, 탐정 및 조사 서비스업, 문서 작성업, 복사업, 콜센터 및 텔레마케팅 서비스업, 신용 조사 및 추심 대행업, 음반 및 비디오물 임대업, 서적 임대업, 그 외 기타 개인 및 가정용품 임대업, 컴퓨터 및 사무용 기계·장비 임대업
O	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	7	중앙 최고 집행기관, 노동 행정, 법원, 검찰, 교도기관, 경찰, 사회보장 행정
P	교육 서비스업	15	외국인학교, 대안학교, 일반 교과학원, 방문 교육학원, 온라인 교육학원, 태권도 및 무술 교육기관, 기타 스포츠 교육기관, 레크리에이션 교육기관, 음악학원, 미술학원, 기타 예술학원, 외국어학원, 운전학원, 컴퓨터 학원, 교육관련 자문 및 평가업
Q	보건업 및 사회복지 서비스업	9	한의원, 앰블런스 서비스업, 노인 양로 복지시설 운영업, 아동 및 부녀자 거주 복지시설 운영업, 보육시설 운영업, 직업 재활원 운영업, 종합복지관 운영업, 방문 복지서비스 제공업, 사회복지 상담 서비스 제공업
R	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	22	공연시설 운영업, 연극단체, 무용 및 음악단체, 기타 공연단체, 공연 예술가, 비공연 예술가, 공연 기획업, 공연 및 제작관련 대리업, 독서실 운영업, 사적지 관리 운영업, 실내 경기장 운영업, 수영장 운영업, 볼링장 운영업, 당구장 운영업, 골프 연습장 운영업, 전자 게임장 운영업, 컴퓨터 게임방 운영업 노래 연습장 운영업, 낚시장 운영업, 복권 발행 및 판매업, 무도장 운영업, 기원 운영업
S	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	17	노동조합, 불교 단체, 기독교 단체, 천주교 단체, 민족 종교 단체, 기타 종교 단체, 정치 단체, 환경운동 단체, 이용업, 두발 미용업, 기타 미용업, 마사지업, 체형 등 기타 신체 관리 서비스업, 예식장업, 점술 및 유사 서비스업, 결혼 상담 및 준비 서비스업, 애완 동물 장묘 및 보호 서비스업
T	가구 내 고용활동 및 달리 분류되지 않은 자가 소비 생산활동	2	가구 내 고용활동, 자가 소비를 위한 가사 서비스 활동
U	국제 및 외국기관	2	주한 외국 공관, 기타 국제 및 외국기관
총합계		209	

5인 이상 제조업을 대상으로 실시한 작업환경실태조사에서 소음, 고열 및 분진흡 보유사업장을 한국표준산업분류 중업종, 소업종 및 세세업종별로 구분하여 보유 비율을 구한 후, 세세업종별 해당 유해인자의 작업환경측정 실시비율과 비교하여 살펴보았다(표 III-8~10).

소음은 중업종에서는 「펄프, 종이 및 종이제품 제조업」, 「섬유제품 제조업; 의복 제외」, 「기타 운송장비 제조업」등에서 차이를 보였고, 소업종에서는 「펄프, 종이 및 판지 제조업」, 「구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업」, 「코르크 및 조물 제품 제조업」 등에서 차이를 보였다.

세세업종 중 「신문용지 제조업」, 「수상 금속 골조 구조재 제조업」, 「자동차용 신품 동력 전달장치 제조업」, 「부정형 내화 요업제품 제조업」, 「강선 건조업」, 「펄프 제조업」, 「압축 및 액화 가스 용기 제조업」, 「그 외 금속 압형제품 제조업」, 「내연기관 제조업」, 「구름베어링 제조업」, 「핵반응기 및 증기보일러 제조업」 등에서 보유 여부와 작업환경측정 실시 비율 간에 큰 차이를 보였다. 특히, 해당 업종별 사업장 수가 많은 「강선 건조업」, 「화학섬유직물 직조업」, 「금속 압형제품 제조업」, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업」, 「선박 구성 부분품 제조업」 등에 대한 작업환경측정 안내 등 우선 조치가 필요한 것으로 판단된다.

고열은 중업종에서는 「비금속 광물제품 제조업」, 「1차 금속 제조업」, 「금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외」등에서 차이를 보였고, 소업종에서는 「섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업」, 「화학섬유 제조업」, 「내화, 비내화 요업제품 제조업」 등에서 차이를 보였다.

세세업종에서는 「기타 일반 도자기 제조업」, 「가정용 및 장식용 도자기 제조업」, 「금속 열처리업」, 「코크스 및 관련제품 제조업」, 「타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업」, 「위생용 및 산업용 도자기 제조업」, 「인삼식품 제조업」, 「직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업」, 「연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「포장용 유리용기 제조업」 등에서 보유 여부와 작업환경측정 실시 비율 간에 큰 차이를 보였다. 특히,

해당 업종별 사업장 수가 많은 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「도금업」, 「금속 열처리업」, 「섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업」, 「직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업」 등에 대한 작업환경측정 안내 등 우선 조치가 필요한 것으로 판단된다.

분진흡은 중업종에서는 「가구 제조업」, 「기타 기계 및 장비 제조업」, 「비금속 광물제품 제조업」, 「1차 금속 제조업」, 「산업용 기계 및 장비 수리업」 등에서 큰 차이를 보였고, 소업종에서는 「나무제품 제조업」, 「코르크 및 조물 제품 제조업」, 「제재 및 목재 가공업」, 「코르크스 및 연탄 제조업」, 「기타 비금속 광물제품 제조업」 등에서 큰 차이를 보였다.

세세업종에서는 「주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업」, 「컨베이어 장치 제조업」, 「기타 목재 가구 제조업」, 「수상 금속 골조 구조재 제조업」, 「기타 건축용 나무제품 제조업」, 「목재 도구 및 주방용 나무제품 제조업」, 「기타 석제품 제조업」, 「정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업」, 「금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업」, 「건설용 석제품 제조업」, 「목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업」 등에서 보유 여부와 작업환경측정 실시 비율 간에 큰 차이를 보였다. 특히, 해당 업종별 사업장 수가 많은 「그 외 기타 금속 가공」, 「금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업」, 「기타 목재 가구 제조업」, 「기타 구조용 금속제품 제조업」, 「구조용 금속 판제품 및 공작물 제조업」, 「주형 및 금형 제조업」 등에 대한 작업환경측정 안내 등 우선 조치가 필요한 것으로 판단된다.

〈표 Ⅲ-8-1〉 소음 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(중업종)

연번	중업종 (표준산업분류)	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	소음 측정 사업장	소음 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	소음 보유 사업장	소음 보유율 (%)	
1	식품 제조업	25,093	276,538	1,924	13.0	9,759	1,237	16.6	-3.7
2	음료 제조업	1,218	16,565	193	23.8	580	127	23.7	0.0
3	담배 제조업	28	2,959	12	42.9	21	7	33.3	9.5
4	섬유제품 제조업; 의복 제외	14,495	120,109	1,828	15.9	5,960	1,336	24.5	-8.6
5	의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	12,319	70,614	77	0.8	2,854	45	2.6	-1.7
6	가죽, 가방 및 신발 제조업	3,626	23,783	145	4.5	1,355	62	3.9	0.6
7	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	5,995	39,388	1,049	18.6	2,052	501	22.4	-3.8
8	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	6,049	64,322	942	21.3	2,921	668	32.7	-11.4
9	인쇄 및 기록매체 복제업	13,005	70,756	969	7.8	3,587	294	8.0	-0.1
10	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	351	8,734	90	32.7	225	44	25.1	7.6
11	화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	15,459	221,413	2,303	21.1	8,630	1,090	14.5	6.5
12	의료용 물질 및 의약품 제조업	1,314	63,830	217	16.0	872	98	8.3	7.8
13	고무 및 플라스틱제품 제조업	22,854	244,306	3,283	21.5	11,527	2,051	20.5	1.0
14	비금속 광물제품 제조업	9,369	108,810	2,141	29.8	4,754	1,251	27.2	2.6
15	1차 금속 제조업	3,893	114,412	2,008	55.5	2,587	1,231	46.6	9.0
16	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	52,787	366,949	8,904	28.3	20,819	5,206	30.6	-2.3
17	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	14,388	331,071	1,556	12.3	6,469	553	9.1	3.2
18	의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	9,981	99,831	413	5.0	4,219	205	5.7	-0.8
19	전기장비 제조업	22,579	242,327	1,360	9.4	7,589	721	11.1	-1.7
20	기타 기계 및 장비 제조업	63,177	466,210	8,443	16.7	17,533	3,426	20.2	-3.5
21	자동차 및 트레일러 제조업	11,772	384,343	4,628	51.7	6,768	2,705	34.4	17.3
22	기타 운송장비 제조업	7,724	165,064	1,231	18.4	2,150	814	25.4	-7.0
23	가구 제조업	7,551	38,985	919	14.5	2,528	403	15.9	-1.4
24	기타 제품 제조업	13,317	65,758	1,283	8.4	3,123	172	10.6	-2.2
25	산업용 기계 및 장비 수리업	3,262	21,220	116	4.3	1,681	97	6.0	-1.7
총합계		341,606	3,628,297	46,034	19.8	130,563	24,344	20.1	-0.4

〈표 III-8-2〉 소음 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(소업종)

연번	소업종 (표준산업분류)	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	소음 측정 사업장	소음 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	소음 보유 사업장	소음 보유율 (%)	
1	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	5,599	62,517	213	15.1	2,281	187	18.6	-3.5
2	수산물 가공 및 저장 처리업	3,013	36,697	128	4.9	1,300	109	8.1	-3.2
3	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	2,037	21,572	100	5.1	950	74	7.5	-2.4
4	동물성 및 식물성 유지 제조업	365	2,930	40	16.4	142	33	28.8	-12.4
5	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	452	13,825	75	17.8	185	63	32.5	-14.8
6	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	1,791	13,765	359	16.0	734	176	22.6	-6.6
7	기타 식품 제조업	10,935	116,421	796	8.8	3,657	444	13.1	-4.3
8	동물용 사료 및 조제식품 제조업	901	8,811	213	62.4	510	151	31.7	30.8
9	알코올 음료 제조업	548	7,675	64	20.7	250	40	20.6	0.2
10	비알코올 음료 및 알음 제조업	670	8,890	129	29.9	330	87	30.1	-0.2
11	담배 제조업	28	2,959	12	42.9	21	7	33.3	9.5
12	방직 및 가공사 제조업	1,471	16,062	284	24.9	1,086	320	35.6	-10.6
13	직물 직조 및 직물제품 제조업	6,138	39,603	650	12.0	2,051	481	21.7	-9.7
14	편조 원단 제조업	575	3,203	43	7.5	440	48	10.9	-3.4
15	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	2,466	28,617	446	18.4	1,168	273	25.2	-6.8
16	기타 섬유제품 제조업	3,845	32,624	405	15.0	1,215	214	22.3	-7.3
17	봉제의복 제조업	9,814	59,239	34	0.3	2,196	10	0.5	-0.3
18	모피제품 제조업	167	1,272	3	1.8	49	1	2.0	-0.2
19	편조의복 제조업	674	2,312	5	0.7	171	1	0.6	0.2
20	의복 액세서리 제조업	1,664	7,791	35	1.9	438	33	7.7	-5.8
21	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	2,068	11,837	38	2.2	703	30	3.7	-1.5
22	신발 및 신발 부분품 제조업	1,558	11,946	107	7.6	652	32	4.2	3.3
23	제재 및 목재 가공업	1,244	8,192	375	29.3	498	179	30.8	-1.5
24	나무제품 제조업	4,683	31,004	672	16.7	1,531	318	20.1	-3.4
25	코르크 및 조물 제품 제조업	68	192	2	2.9	23	4	17.4	-14.5
26	펄프, 종이 및 판지 제조업	796	16,129	171	28.4	425	126	47.3	-18.8
27	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	3,456	29,612	523	16.7	1,680	370	22.6	-6.0
28	기타 종이 및 판지 제품 제조업	1,797	18,581	248	15.6	816	172	22.2	-6.6
29	인쇄 및 인쇄관련 산업	12,932	70,147	964	8.0	3,563	294	9.1	-1.1
30	기록매체 복제업	73	609	5	6.8	24	0	0.0	6.8

순위	표준업종_세세	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	소음 측정 사업장	소음 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	소음 보유 사업장	소음 보유율 (%)	
31	코크스 및 연탄 제조업	74	882	45	55.3	48	29	46.3	9.0
32	석유 정제품 제조업	277	7,852	45	17.7	177	15	11.0	6.7
33	기초 화학물질 제조업	1,149	32,292	308	34.8	1,015	163	17.4	17.4
34	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	5,329	61,973	1,053	20.2	2,445	489	21.3	-1.1
35	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	1,251	11,047	137	12.0	866	87	8.5	3.5
36	기타 화학제품 제조업	7,446	107,030	739	13.8	4,103	264	8.8	4.9
37	화학섬유 제조업	284	9,071	66	44.2	201	87	46.4	-2.1
38	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	277	17,013	39	11.3	159	9	4.7	6.6
39	의약품 제조업	535	38,281	128	21.2	497	74	11.1	10.1
40	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	502	8,536	50	10.0	216	15	6.9	3.0
41	고무제품 제조업	2,723	47,361	501	29.2	1,941	318	20.2	9.0
42	플라스틱 제품 제조업	20,131	196,945	2,782	18.8	9,586	1,733	20.6	-1.8
43	유리 및 유리제품 제조업	1,893	26,892	222	36.0	870	171	23.6	12.4
44	내화, 비내화 요업제품 제조업	1,635	16,827	224	20.9	538	153	28.6	-7.7
45	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	2,915	46,754	1,001	37.0	1,999	578	31.2	5.8
46	기타 비금속 광물제품 제조업	2,926	18,337	694	24.5	1,347	349	25.8	-1.3
47	1차 철강 제조업	1,279	72,125	791	64.2	1,037	517	51.0	13.2
48	1차 비철금속 제조업	937	23,944	484	48.7	716	288	37.8	11.0
49	금속 주조업	1,677	18,343	733	45.6	834	426	50.0	-4.4
50	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	18,620	116,858	2,212	13.5	5,946	1,356	32.0	-18.5
51	무기 및 총포탄 제조업	59	5,396	19	32.2	54	18	33.3	-1.1
52	기타 금속 가공제품 제조업	34,108	244,695	6,673	33.9	14,819	3,832	29.9	3.9
53	반도체 제조업	1,272	76,413	155	44.5	498	57	9.1	35.4
54	전자 부품 제조업	8,440	147,052	1,236	11.7	3,505	410	14.1	-2.4
55	컴퓨터 및 주변 장치 제조업	1,028	12,153	20	1.3	366	7	1.4	-0.1
56	통신 및 방송장비 제조업	2,766	43,369	98	4.0	1,714	58	4.2	-0.2
57	영상 및 음향 기기 제조업	867	51,294	44	2.3	367	18	6.1	-3.8
58	마그네틱 및 광학 매체 제조업	15	790	3	20.0	19	3	15.8	4.2
59	의료용 기기 제조업	5,035	38,933	190	5.1	1,931	102	7.4	-2.4
60	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	3,918	44,762	149	4.1	1,907	72	3.4	0.7

순위	표준업종_세세	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	소음 측정 사업장	소음 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	소음 보유 사업장	소음 보유율 (%)	
61	사진장비 및 광학 기기 제조업	855	13,926	66	6.9	335	31	9.1	-2.3
62	시계 및 시계 부품 제조업	173	2,210	8	4.6	46	0	0.0	4.6
63	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	11,697	100,080	516	9.1	3,774	308	11.1	-2.0
64	일차전지 및 축전지 제조업	378	19,028	49	15.4	197	36	14.6	0.8
65	철연선 및 케이블 제조업	1,757	22,267	212	12.5	820	132	12.0	0.5
66	전구 및 조명장치 제조업	3,166	25,770	114	5.0	1,130	73	8.2	-3.2
67	가정용 기기 제조업	2,686	41,175	202	7.8	833	110	13.6	-5.8
68	기타 전기장비 제조업	2,895	34,007	267	11.5	835	62	9.5	2.0
69	일반 목적용 기계 제조업	35,235	252,340	4,170	12.1	8,745	1,762	22.0	-9.9
70	특수 목적용 기계 제조업	27,942	213,870	4,273	22.4	8,788	1,664	18.0	4.4
71	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	1,064	128,745	125	11.9	572	61	18.8	-6.9
72	자동차 차체 및 트레일러 제조업	923	6,947	230	45.9	410	128	23.6	22.3
73	자동차 신품 부품 제조업	9,774	248,599	4,234	31.0	5,717	2,489	43.7	-12.7
74	자동차 재제조 부품 제조업	11	52	39	354.5	69	27	39.1	315.4
75	선박 및 보트 건조업	6,468	138,554	983	12.9	1,658	681	28.9	-16.0
76	철도장비 제조업	289	7,390	64	20.3	133	28	23.2	-3.0
77	항공기, 우주선 및 부품 제조업	411	13,750	112	30.7	206	72	21.4	9.3
78	그 외 기타 운송장비 제조업	556	5,370	72	12.0	153	33	26.0	-14.0
79	가구 제조업	7,551	38,985	919	14.5	2,528	403	15.9	-1.4
80	귀금속 및 장신용품 제조업	1,395	5,322	39	2.0	321	5	2.1	-0.1
81	악기 제조업	170	1,391	18	18.5	59	10	21.3	-2.8
82	운동 및 경기용구 제조업	765	5,303	87	10.6	291	52	18.5	-7.9
83	인형, 장난감 및 오락용품 제조업	459	2,117	17	4.0	127	8	6.7	-2.7
84	그 외 기타 제품 제조업	10,528	51,625	1,122	7.0	2,325	97	6.7	0.3
85	산업용 기계 및 장비 수리업	3,262	21,220	116	4.3	1,681	97	6.0	-1.7
총합계		341,606	3,628,297	46,034	19.8	130,563	24,344	20.1	-0.4

〈표 III-8-3〉 소음 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(고순위 세세업종)

순위	표준업종_세세	2019 작업환경측정 실시 현황				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	소음 측정 사업장	소음 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	소음 보유 사업장	소음 보유율 (%)	
1	신문·용지 제조업	18	1,663	2	11.1	13	9	69.2	-58.1
2	수상 금속 골조 구조재 제조업	146	822	6	4.1	68	37	54.4	-50.3
3	자동차용 신품 동력 전달장치 제조업	289	4,116	34	11.8	499	262	52.5	-40.7
4	부정형 내화 요업제품 제조업	323	4,560	42	13.0	100	52	52.0	-39.0
5	강선 건조업	2,525	78,114	110	4.4	343	139	40.5	-36.2
6	펄프 제조업	29	1,264	15	51.7	8	7	87.5	-35.8
7	압축 및 액화 가스 용기 제조업	15	69	4	26.7	12	7	58.3	-31.7
8	그 외 금속 압형제품 제조업	932	7,822	136	14.6	444	190	42.8	-28.2
9	내연기관 제조업	315	5,352	52	16.5	217	96	44.2	-27.7
10	구름베어링 제조업	306	7,015	62	20.3	163	78	47.9	-27.6
11	핵반응기 및 증기보일러 제조업	38	690	4	10.5	21	8	38.1	-27.6
12	금속 단조제품 제조업	442	4,409	149	33.7	151	91	60.3	-26.6
13	자동차용 신품 의자 제조업	55	424	6	10.9	155	58	37.4	-26.5
14	주철관 제조업	127	1,781	34	26.8	57	30	52.6	-25.9
15	곡물 제분업	284	2,118	39	13.7	96	38	39.6	-25.9
16	모터사이클 제조업	116	1,219	7	6.0	44	14	31.8	-25.8
17	자동차 엔진용 신품 부품 제조업	552	11,365	172	31.2	564	321	56.9	-25.8
18	포장용 유리용기 제조업	60	2,528	12	20.0	44	20	45.5	-25.5
19	합금철 제조업	78	1,412	27	34.6	30	18	60.0	-25.4
20	안전유리 제조업	17	60	2	11.8	57	21	36.8	-25.1
21	금속선 가공제품 제조업	759	8,300	127	16.7	336	139	41.4	-24.6
22	화학섬유직물 직조업	1,166	10,274	252	21.6	548	248	45.3	-23.6
23	기타 기관 및 터빈 제조업	228	1,849	23	10.1	75	25	33.3	-23.2
24	제강업	110	24,224	32	29.1	67	35	52.2	-23.1
25	합성섬유 제조업	265	8,791	53	20.0	185	79	42.7	-22.7
26	액상 시유 및 기타 낙농제품 제조업	347	10,976	54	15.6	119	45	37.8	-22.3
27	자동차용 엔진 제조업	337	60,672	21	6.2	67	19	28.4	-22.1
28	산업용 트럭 및 적재기 제조업	202	2,480	27	13.4	71	25	35.2	-21.8
29	특수직물 및 기타 직물 직조업	418	4,096	74	17.7	152	60	39.5	-21.8
30	크라프트지 및 상자용 판지 제조업	119	2,846	27	22.7	43	19	44.2	-21.5

순위	표준업종_세세	2019 작업환경측정 실시 현황				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	소음 측정 사업장	소음 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	소음 보유 사업장	소음 보유율 (%)	
31	자동차용 신품 제동장치 제조업	58	756	15	25.9	85	40	47.1	-21.2
32	화학섬유 방직업	255	5,468	27	10.6	136	43	31.6	-21.0
33	면직물 직조업	316	2,396	54	17.1	134	51	38.1	-21.0
34	광물 처리 및 취급장비 제조업	91	957	14	15.4	47	17	36.2	-20.8
35	탄소섬유 제조업	10	13	1	10.0	13	4	30.8	-20.8
36	자동차 차체용 신품 부품 제조업	4,386	157,517	1,232	28.1	1,339	653	48.8	-20.7
37	열간 압연 및 압출제품 제조업	243	23,083	72	29.6	144	72	50.0	-20.4
38	선박 구성 부분품 제조업	3,177	52,311	774	24.4	1,098	491	44.7	-20.4
39	기타 건축용 비내화 요업제품 제조업	59	424	14	23.7	16	7	43.8	-20.0
40	전투용 차량 제조업	5	857	1	20.0	5	2	40.0	-20.0
41	기타 증류주 및 합성주 제조업	37	226	2	5.4	16	4	25.0	-19.6
42	건설 및 채광용 기계장비 제조업	964	14,462	173	17.9	446	167	37.4	-19.5
43	기타 석제품 제조업	1,194	4,614	176	14.7	337	115	34.1	-19.4
44	타이어 및 튜브 제조업	157	19,521	22	14.0	90	29	32.2	-18.2
45	타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업	95	2,067	23	24.2	52	22	42.3	-18.1
46	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업	1,317	13,381	240	18.2	358	127	35.5	-17.3
47	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	504	3,342	95	18.8	203	73	36.0	-17.1
48	놀이터용 장비 제조업	67	448	5	7.5	53	13	24.5	-17.1
49	기어 및 동력전달장치 제조업	1,073	8,696	178	16.6	430	143	33.3	-16.7
50	증류기, 열 교환기 및 가스 발생기 제조업	513	4,625	98	19.1	286	102	35.7	-16.6
51	선철 주물 주조업	392	5,301	191	48.7	181	118	65.2	-16.5
52	기타 산업용 유리제품 제조업	200	3,558	27	13.5	76	22	28.9	-15.4
53	육류 도축업(가금류 제외)	171	7,395	53	31.0	84	39	46.4	-15.4
54	기타 표시장치 제조업	70	911	6	8.6	25	6	24.0	-15.4
55	컨베이어 장치 제조업	747	3,479	34	4.6	301	59	19.6	-15.0
56	기타 편조 의복 액세서리 제조업	191	875	4	2.1	65	11	16.9	-14.8
57	전자 축전기 제조업	84	3,380	11	13.1	43	12	27.9	-14.8
58	세폭직물 제조업	126	529	9	7.1	78	17	21.8	-14.7
59	코르크 및 조물 제품 제조업	68	192	2	2.9	23	4	17.4	-14.5
60	날붙이 제조업	240	2,271	34	14.2	63	18	28.6	-14.4

〈표 Ⅲ-9-1〉 고열 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(중업종)

연번	소업종 (표준산업분류)	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	고열 측정 사업장	고열 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	고열 보유 사업장	고열 보유율 (%)	
1	식료품 제조업	25,093	276,538	59	0.5	9,759	885	10.7	-10.3
2	음료 제조업	1,218	16,565	2	0.0	580	12	2.2	-2.1
3	담배 제조업	28	2,959	2	7.1	21	2	9.5	-2.4
4	섬유제품 제조업; 의복 제외	14,495	120,109	201	1.5	5,960	678	10.1	-8.6
5	의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	12,319	70,614	1	0.0	2,854	29	1.6	-1.5
6	가죽, 가방 및 신발 제조업	3,626	23,783	26	0.8	1,355	90	5.9	-5.1
7	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	5,995	39,388	10	0.4	2,052	158	7.3	-7.0
8	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	6,049	64,322	17	0.4	2,921	102	7.9	-7.5
9	인쇄 및 기록매체 복제업	13,005	70,756	17	0.1	3,587	135	4.6	-4.4
10	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	351	8,734	2	0.6	225	10	12.4	-11.8
11	화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	15,459	221,413	86	1.7	8,630	510	10.0	-8.3
12	의료용 물질 및 의약품 제조업	1,314	63,830	2	0.1	872	116	12.4	-12.3
13	고무 및 플라스틱제품 제조업	22,854	244,306	145	2.7	11,527	1,158	13.7	-11.0
14	비금속 광물제품 제조업	9,369	108,810	170	4.9	4,754	813	24.7	-19.8
15	1차 금속 제조업	3,893	114,412	1,141	26.8	2,587	1,243	45.2	-18.4
16	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	52,787	366,949	738	5.7	20,819	3,622	19.0	-13.3
17	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	14,388	331,071	78	0.6	6,469	360	7.1	-6.5
18	의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	9,981	99,831	23	0.2	4,219	137	3.5	-3.2
19	전기장비 제조업	22,579	242,327	95	0.7	7,589	403	6.8	-6.1
20	기타 기계 및 장비 제조업	63,177	466,210	305	0.6	17,533	749	4.8	-4.2
21	자동차 및 트레일러 제조업	11,772	384,343	450	3.9	6,768	746	9.5	-5.6
22	기타 운송장비 제조업	7,724	165,064	33	1.2	2,150	72	4.6	-3.4
23	가구 제조업	7,551	38,985	4	0.1	2,528	95	4.1	-4.0
24	기타 제품 제조업	13,317	65,758	76	1.0	3,123	123	6.0	-5.0
25	산업용 기계 및 장비 수리업	3,262	21,220	2	0.0	1,681	24	1.9	-1.9
총합계		341,606	3,628,297	3,685	2.5	130,563	12,272	11.5	-9.0

〈표 III-9-2〉 고열 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(소업종)

연번	소업종 (표준산업분류)	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	고열 측정 사업장	고열 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	고열 보유 사업장	고열 보유율 (%)	
1	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	5,599	62,517	1	0.01	2,281	33	1.03	-1.03
2	수산물 가공 및 저장 처리업	3,013	36,697	4	0.13	1,300	179	11.92	-11.79
3	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	2,037	21,572	0	0.00	950	78	6.13	-6.13
4	동물성 및 식물성 유지 제조업	365	2,930	2	0.88	142	17	8.99	-8.11
5	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	452	13,825	2	0.95	185	9	3.78	-2.83
6	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	1,791	13,765	3	0.16	734	131	15.47	-15.31
7	기타 식품 제조업	10,935	116,421	45	0.67	3,657	376	13.35	-12.68
8	동물용 사료 및 조제식품 제조업	901	8,811	2	0.59	510	62	11.63	-11.04
9	알코올 음료 제조업	548	7,675	0	0.00	250	2	2.23	-2.23
10	비알코올 음료 및 얼음 제조업	670	8,890	2	0.13	330	10	2.11	-1.98
11	담배 제조업	28	2,959	2	7.14	21	2	9.52	-2.38
12	방직 및 가공사 제조업	1,471	16,062	6	0.35	1,086	33	4.98	-4.64
13	직물 직조 및 직물제품 제조업	6,138	39,603	24	0.43	2,051	61	2.74	-2.31
14	편조 원단 제조업	575	3,203	0	0.00	440	7	1.59	-1.59
15	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	2,466	28,617	146	6.22	1,168	471	38.70	-32.48
16	기타 섬유제품 제조업	3,845	32,624	25	1.39	1,215	106	9.39	-8.00
17	봉제의복 제조업	9,814	59,239	0	0.00	2,196	9	0.30	-0.30
18	모피제품 제조업	167	1,272	0	0.00	49	2	4.08	-4.08
19	편조의복 제조업	674	2,312	0	0.00	171	1	0.58	-0.58
20	의복 액세서리 제조업	1,664	7,791	1	0.13	438	17	4.08	-3.95
21	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	2,068	11,837	2	0.12	703	49	5.91	-5.79
22	신발 및 신발 부분품 제조업	1,558	11,946	24	1.75	652	41	5.88	-4.13
23	제재 및 목재 가공업	1,244	8,192	1	0.31	498	52	12.44	-12.13
24	나무제품 제조업	4,683	31,004	9	0.43	1,531	106	6.45	-6.03
25	코르크 및 조물 제품 제조업	68	192	0	0.00	23	0	0.00	0.00
26	펄프, 종이 및 판지 제조업	796	16,129	13	0.99	425	51	13.53	-12.53
27	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	3,456	29,612	2	0.06	1,680	24	1.48	-1.42
28	기타 종이 및 판지 제품 제조업	1,797	18,581	2	0.07	816	27	7.75	-7.69
29	인쇄 및 인쇄관련 산업	12,932	70,147	17	0.14	3,563	135	5.21	-5.07
30	기록매체 복제업	73	609	0	0.00	24	0	0.00	0.00

순위	표준업종_세세	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정을 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	고열 측정 사업장	고열 작업환경 측정 실행률 (%)	조사 대상 사업장	고열 보유 사업장	고열 보유율 (%)	
31	코크스 및 연탄 제조업	74	882	1	0.89	48	8	30.00	-29.11
32	석유 정제품 제조업	277	7,852	1	0.37	177	2	0.67	-0.30
33	기초 화학물질 제조업	1,149	32,292	19	3.19	1,015	110	13.78	-10.58
34	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	5,329	61,973	33	1.00	2,445	141	8.74	-7.74
35	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	1,251	11,047	2	0.11	866	53	7.31	-7.20
36	기타 화학제품 제조업	7,446	107,030	24	1.00	4,103	177	6.11	-5.11
37	화학섬유 제조업	284	9,071	8	6.40	201	29	30.68	-24.28
38	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	277	17,013	0	0.00	159	23	12.72	-12.72
39	의약품 제조업	535	38,281	0	0.00	497	71	12.87	-12.87
40	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	502	8,536	2	0.40	216	22	10.19	-9.79
41	고무제품 제조업	2,723	47,361	89	7.61	1,941	301	20.37	-12.76
42	플라스틱 제품 제조업	20,131	196,945	56	0.96	9,586	857	11.29	-10.33
43	유리 및 유리제품 제조업	1,893	26,892	37	6.46	870	112	17.51	-11.05
44	내화, 비내화 요업제품 제조업	1,635	16,827	68	8.85	538	273	49.95	-41.10
45	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	2,915	46,754	18	2.09	1,999	213	14.71	-12.61
46	기타 비금속 광물제품 제조업	2,926	18,337	47	2.13	1,347	215	17.66	-15.53
47	1차 철강 제조업	1,279	72,125	216	18.29	1,037	277	30.59	-12.30
48	1차 비철금속 제조업	937	23,944	293	31.98	716	366	51.08	-19.09
49	금속 주조업	1,677	18,343	632	39.14	834	600	71.05	-31.90
50	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	18,620	116,858	63	0.55	5,946	263	6.51	-5.96
51	무기 및 총포탄 제조업	59	5,396	3	5.08	54	7	12.96	-7.88
52	기타 금속 가공제품 제조업	34,108	244,695	672	7.70	14,819	3,352	24.10	-16.40
53	반도체 제조업	1,272	76,413	6	1.47	498	39	7.77	-6.31
54	전자 부품 제조업	8,440	147,052	66	0.39	3,505	278	11.43	-11.04
55	컴퓨터 및 주변 장치 제조업	1,028	12,153	0	0.00	366	6	1.64	-1.64
56	통신 및 방송장비 제조업	2,766	43,369	2	0.06	1,714	29	2.49	-2.42
57	영상 및 음향 기기 제조업	867	51,294	3	0.25	367	4	0.64	-0.39
58	마그네틱 및 광학 매체 제조업	15	790	1	6.67	19	4	21.05	-14.39
59	의료용 기기 제조업	5,035	38,933	19	0.38	1,931	94	5.25	-4.88
60	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	3,918	44,762	2	0.09	1,907	25	1.21	-1.12

순위	표준업종_세세	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	고열 측정 사업장	고열 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	고열 보유 사업장	고열 보유율 (%)	
61	사진장비 및 광학 기기 제조업	855	13,926	1	0.09	335	17	4.98	-4.89
62	시계 및 시계 부품 제조업	173	2,210	1	0.58	46	1	2.17	-1.60
63	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	11,697	100,080	27	0.45	3,774	206	6.57	-6.12
64	일차전지 및 축전지 제조업	378	19,028	12	2.80	197	38	21.82	-19.02
65	절연선 및 케이블 제조업	1,757	22,267	18	0.62	820	38	2.62	-2.00
66	전구 및 조명장치 제조업	3,166	25,770	6	0.37	1,130	43	5.20	-4.83
67	가정용 기기 제조업	2,686	41,175	15	0.67	833	37	4.56	-3.89
68	기타 전기장비 제조업	2,895	34,007	17	0.71	835	41	6.99	-6.28
69	일반 목적용 기계 제조업	35,235	252,340	157	0.58	8,745	420	5.83	-5.26
70	특수 목적용 기계 제조업	27,942	213,870	148	0.73	8,788	329	3.55	-2.82
71	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	1,064	128,745	12	1.09	572	19	4.86	-3.78
72	자동차 차체 및 트레일러 제조업	923	6,947	0	0.00	410	22	4.05	-4.05
73	자동차 신품 부품 제조업	9,774	248,599	435	3.45	5,717	694	12.46	-9.01
74	자동차 재제조 부품 제조업	11	52	3	27.27	69	11	15.94	11.33
75	선박 및 보트 건조업	6,468	138,554	27	0.28	1,658	36	1.46	-1.17
76	철도장비 제조업	289	7,390	0	0.00	133	8	5.70	-5.70
77	항공기, 우주선 및 부품 제조업	411	13,750	5	4.02	206	20	9.03	-5.01
78	그 외 기타 운송장비 제조업	556	5,370	1	0.22	153	8	3.68	-3.47
79	가구 제조업	7,551	38,985	4	0.09	2,528	95	4.11	-4.01
80	귀금속 및 장신용품 제조업	1,395	5,322	7	0.32	321	23	8.44	-8.12
81	악기 제조업	170	1,391	2	4.40	59	6	8.66	-4.26
82	운동 및 경기용구 제조업	765	5,303	6	1.02	291	31	10.17	-9.15
83	인형, 장난감 및 오락용품 제조업	459	2,117	0	0.00	127	2	2.70	-2.70
84	그 외 기타 제품 제조업	10,528	51,625	61	0.39	2,325	61	3.88	-3.49
85	산업용 기계 및 장비 수리업	3,262	21,220	2	0.03	1,681	24	1.91	-1.88
총합계		341,606	3,628,297	3,685	2.5	130,563	12,272	11.5	-9.0

〈표 III-9-3〉 고열 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(고순위 세세업종)

순위	표준업종_세세	2019 작업환경측정 실시 현황				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	고열 측정 사업장	고열 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	고열 보유 사업장	고열 보유율 (%)	
1	기타 일반 도자기 제조업	192	720	10	5.2	34	25	73.5	-68.3
2	가정용 및 장식용 도자기 제조업	334	2,080	7	2.1	85	59	69.4	-67.3
3	금속 열처리업	998	8,968	181	18.1	707	578	81.8	-63.6
4	코크스 및 관련제품 제조업	18	424	0	0.0	8	4	50.0	-50.0
5	타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업	95	2,067	11	11.6	52	32	61.5	-50.0
6	위생용 및 산업용 도자기 제조업	236	3,750	6	2.5	117	59	50.4	-47.9
7	인삼식품 제조업	168	2,222	0	0.0	86	41	47.7	-47.7
8	직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업	793	12,641	76	9.6	430	246	57.2	-47.6
9	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	55	2,910	12	21.8	42	29	69.0	-47.2
10	도장 및 기타 피막 처리업	3,164	25,730	68	2.1	2,582	1,227	47.5	-45.4
11	포장용 유리용기 제조업	60	2,528	9	15.0	44	24	54.5	-39.5
12	재생 섬유 제조업	19	280	2	10.5	16	8	50.0	-39.5
13	부정형 내화 요업제품 제조업	323	4,560	6	1.9	100	40	40.0	-38.1
14	금속 단조제품 제조업	442	4,409	99	22.4	151	90	59.6	-37.2
15	도금업	2,180	25,238	40	1.8	1,574	612	38.9	-37.0
16	점토 벽돌, 블록 및 유사 비내화 요업제품 제조업	375	3,103	15	4.0	98	40	40.8	-36.8
17	선철 주물 주조업	392	5,301	165	42.1	181	142	78.5	-36.4
18	숨 및 실 염색 가공업	256	4,365	22	8.6	105	47	44.8	-36.2
19	냉간 압연 및 압출 제품 제조업	36	1,515	6	16.7	44	23	52.3	-35.6
20	알루미늄 주물 주조업	473	4,003	155	32.8	253	172	68.0	-35.2
21	고무 의류 및 기타 위생용 비경화 고무제품 제조업	84	1,208	2	2.4	46	17	37.0	-34.6
22	연마제 제조업	159	1,646	2	1.3	87	31	35.6	-34.4
23	강 주물 주조업	384	5,036	162	42.2	270	204	75.6	-33.4
24	아스팔트 콘크리트 및 혼합제품 제조업	423	3,496	5	1.2	315	107	34.0	-32.8
25	플라스틱 합성피혁 제조업	42	545	2	4.8	39	14	35.9	-31.1
26	분말 야금제품 제조업	44	292	12	27.3	47	27	57.4	-30.2
27	동 주물 주조업	49	521	22	44.9	35	26	74.3	-29.4
28	차류 가공업	355	2,382	0	0.0	106	31	29.2	-29.2
29	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	164	5,274	42	25.6	72	39	54.2	-28.6
30	섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업	1,084	8,664	37	3.4	461	139	30.2	-26.7

순위	표준업종_세세	2019 작업환경측정 실시 현황				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	고열 측정 사업장	고열 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	고열 보유 사업장	고열 보유율 (%)	
31	제강업	110	24,224	17	15.5	67	28	41.8	-26.3
32	수산물 가공 및 저장 처리업	834	7,802	1	0.1	359	93	25.9	-25.8
33	금속 스프링 제조업	376	3,192	20	5.3	189	58	30.7	-25.4
34	기타 비철금속 주조업	379	3,482	128	33.8	95	56	58.9	-25.2
35	전자 저항기 제조업	73	1,422	1	1.4	34	9	26.5	-25.1
36	압축 및 액화 가스 용기 제조업	15	69	0	0.0	12	3	25.0	-25.0
37	변압기 제조업	418	7,814	4	1.0	259	66	25.5	-24.5
38	벽지 및 장판지 제조업	76	1,263	0	0.0	37	9	24.3	-24.3
39	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	781	8,104	0	0.0	554	134	24.2	-24.2
40	날붙이 제조업	240	2,271	3	1.3	63	16	25.4	-24.1
41	건강 기능식품 제조업	282	2,493	0	0.0	169	40	23.7	-23.7
42	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업	143	2,980	4	2.8	53	14	26.4	-23.6
43	전자 축전기 제조업	84	3,380	0	0.0	43	10	23.3	-23.3
44	신문용지 제조업	18	1,663	0	0.0	13	3	23.1	-23.1
45	탄소섬유 제조업	10	13	0	0.0	13	3	23.1	-23.1
46	일차전지 제조업	43	5,644	1	2.3	20	5	25.0	-22.7
47	플라스틱 접착처리 제품 제조업	84	458	0	0.0	264	59	22.3	-22.3
48	주철관 제조업	127	1,781	14	11.0	57	19	33.3	-22.3
49	천연수지 및 나무 화학 물질 제조업	48	297	0	0.0	37	8	21.6	-21.6
50	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	107	2,058	51	47.7	97	67	69.1	-21.4
51	콘크리트 타일, 기와, 벽돌 및 블록 제조업	521	4,541	5	1.0	352	77	21.9	-20.9
52	기타 곡물 가공품 제조업	378	2,612	3	0.8	143	31	21.7	-20.9
53	목재 보존, 방부처리, 도장 및 유사 처리업	107	740	1	0.9	84	18	21.4	-20.5
54	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	88	3,899	25	28.4	108	52	48.1	-19.7
55	곡물 도정업	861	4,181	0	0.0	382	74	19.4	-19.4
56	날염 가공업	333	2,947	11	3.3	172	39	22.7	-19.4
57	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	91	1,147	2	2.2	61	13	21.3	-19.1
58	강관 가공품 및 관 연결구류 제조업	22	80	0	0.0	21	4	19.0	-19.0
59	모피 및 가죽 제조업	352	3,882	1	0.3	218	42	19.3	-19.0
60	기타 산업용 유리제품 제조업	200	3,558	7	3.5	76	17	22.4	-18.9

〈표 Ⅲ-10-1〉 분진흡 측정 보유율 및 작업환경측정 실시율 비교(중업종)

연번	소업종 (표준산업분류)	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	분진흡 측정 사업장	분진흡 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	분진흡 보유 사업장	분진흡 보유율 (%)	
1	식료품 제조업	25,093	276,538	1,400	9.5	9,759	2,177	25.5	-16.0
2	음료 제조업	1,218	16,565	80	12.5	580	130	28.7	-16.2
3	담배 제조업	28	2,959	7	25.0	21	4	19.0	6.0
4	섬유제품 제조업; 의복 제외	14,495	120,109	530	4.7	5,960	880	16.3	-11.6
5	의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	12,319	70,614	34	0.5	2,854	97	4.3	-3.9
6	가죽, 가방 및 신발 제조업	3,626	23,783	72	2.2	1,355	100	6.9	-4.7
7	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	5,995	39,388	1,010	17.6	2,052	1,690	78.6	-61.0
8	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	6,049	64,322	231	6.1	2,921	247	16.5	-10.4
9	인쇄 및 기록매체 복제업	13,005	70,756	76	0.6	3,587	119	3.3	-2.7
10	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	351	8,734	43	15.3	225	70	42.4	-27.1
11	화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	15,459	221,413	1,612	18.1	8,630	1,650	24.3	-6.1
12	의료용 물질 및 의약품 제조업	1,314	63,830	225	20.0	872	179	20.8	-0.8
13	고무 및 플라스틱제품 제조업	22,854	244,306	1,169	8.9	11,527	1,687	18.0	-9.2
14	비금속 광물제품 제조업	9,369	108,810	2,355	23.6	4,754	3,364	61.4	-37.8
15	1차 금속 제조업	3,893	114,412	1,218	32.1	2,587	1,830	68.2	-36.1
16	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	52,787	366,949	5,030	17.3	20,819	12,937	64.2	-46.8
17	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	14,388	331,071	660	5.2	6,469	1,052	15.7	-10.5
18	의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	9,981	99,831	374	3.8	4,219	1,545	29.7	-26.0
19	전기장비 제조업	22,579	242,327	876	5.9	7,589	2,087	28.0	-22.1
20	기타 기계 및 장비 제조업	63,177	466,210	4,725	10.9	17,533	10,818	61.6	-50.6
21	자동차 및 트레일러 제조업	11,772	384,343	2,170	25.0	6,768	3,193	51.2	-26.2
22	기타 운송장비 제조업	7,724	165,064	935	11.4	2,150	1,366	48.8	-37.4
23	가구 제조업	7,551	38,985	916	12.7	2,528	2,007	66.9	-54.2
24	기타 제품 제조업	13,317	65,758	806	7.2	3,123	1,165	35.9	-28.7
25	산업용 기계 및 장비 수리업	3,262	21,220	118	4.3	1,681	592	37.7	-33.4
총합계		341,606	3,628,297	26,672	12.0	130,563	12,272	11.5	0.5

〈표 III-10-2〉 분진흡 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(소업종)

연번	소업종 (표준산업분류)	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	분진흡 측정 사업장	분진흡 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	분진흡 보유 사업장	분진흡 보유율 (%)	
1	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	5,599	62,517	86	5.4	2,281	122	10.8	-5.4
2	수산물 가공 및 저장 처리업	3,013	36,697	41	1.6	1,300	80	6.4	-4.8
3	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	2,037	21,572	31	1.3	950	66	6.3	-5.1
4	동물성 및 식물성 유지 제조업	365	2,930	21	5.9	142	36	30.7	-24.8
5	낙농제품 및 식용 빙과류 제조업	452	13,825	43	9.5	185	46	23.4	-13.9
6	곡물 가공품, 전분 및 전분제품 제조업	1,791	13,765	370	16.3	734	544	64.2	-47.9
7	기타 식품 제조업	10,935	116,421	580	6.4	3,657	995	23.3	-16.9
8	동물용 사료 및 조제식품 제조업	901	8,811	228	69.4	510	288	57.7	11.7
9	알코올 음료 제조업	548	7,675	47	16.8	250	74	34.3	-17.5
10	비알코올 음료 및 얼음 제조업	670	8,890	33	3.9	330	56	17.5	-13.6
11	담배 제조업	28	2,959	7	25.0	21	4	19.0	6.0
12	방직 및 가공사 제조업	1,471	16,062	34	7.0	1,086	96	18.6	-11.6
13	직물 직조 및 직물제품 제조업	6,138	39,603	102	1.8	2,051	232	12.4	-10.6
14	편조 원단 제조업	575	3,203	7	1.2	440	10	2.3	-1.1
15	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	2,466	28,617	253	10.8	1,168	431	41.8	-31.1
16	기타 섬유제품 제조업	3,845	32,624	134	4.2	1,215	111	8.6	-4.4
17	봉제의복 제조업	9,814	59,239	13	0.1	2,196	57	3.0	-2.9
18	모피제품 제조업	167	1,272	4	2.4	49	1	2.0	0.4
19	편조의복 제조업	674	2,312	4	0.6	171	7	4.1	-3.5
20	의복 액세서리 제조업	1,664	7,791	13	0.8	438	32	8.0	-7.2
21	가죽, 가방 및 유사 제품 제조업	2,068	11,837	21	1.2	703	54	6.8	-5.6
22	신발 및 신발 부분품 제조업	1,558	11,946	51	3.5	652	46	7.0	-3.5
23	제재 및 목재 가공업	1,244	8,192	363	27.3	498	421	78.6	-51.2
24	나무제품 제조업	4,683	31,004	646	16.1	1,531	1,255	80.6	-64.5
25	코르크 및 조물 제품 제조업	68	192	1	1.5	23	14	60.9	-59.4
26	펄프, 종이 및 판지 제조업	796	16,129	60	9.2	425	55	26.7	-17.4
27	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	3,456	29,612	97	2.7	1,680	125	7.4	-4.7
28	기타 종이 및 판지 제품 제조업	1,797	18,581	74	6.0	816	67	12.5	-6.6
29	인쇄 및 인쇄관련 산업	12,932	70,147	76	0.7	3,563	119	3.8	-3.1
30	기록매체 복제업	73	609	0	0.0	24	0	0.0	0.0

순위	표준업종_세세	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	분진 측정 사업장	분진 측정 실태 (%)	조사 대상 사업장	분진 보유 사업장	분진 보유율 (%)	
31	코크스 및 연탄 제조업	74	882	18	21.7	48	41	81.3	-59.5
32	석유 정제품 제조업	277	7,852	25	11.0	177	29	16.5	-5.5
33	기초 화학물질 제조업	1,149	32,292	261	30.4	1,015	288	33.5	-3.1
34	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	5,329	61,973	460	10.5	2,445	472	19.4	-8.8
35	비료, 농약 및 살균·살충제 제조업	1,251	11,047	149	14.4	866	188	19.5	-5.1
36	기타 화학제품 제조업	7,446	107,030	713	15.2	4,103	680	23.4	-8.2
37	화학섬유 제조업	284	9,071	29	15.2	201	22	17.4	-2.1
38	기초 의약 물질 및 생물학적 제제 제조업	277	17,013	42	12.9	159	27	15.1	-2.2
39	의약품 제조업	535	38,281	129	27.9	497	113	25.5	2.3
40	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	502	8,536	54	10.8	216	39	18.1	-7.3
41	고무제품 제조업	2,723	47,361	249	13.6	1,941	298	18.4	-4.8
42	플라스틱 제품 제조업	20,131	196,945	920	7.2	9,586	1,389	17.9	-10.7
43	유리 및 유리제품 제조업	1,893	26,892	115	9.7	870	214	30.5	-20.8
44	내화, 비내화 요업제품 제조업	1,635	16,827	219	21.5	538	368	68.8	-47.3
45	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	2,915	46,754	1,419	42.1	1,999	1,730	77.0	-34.9
46	기타 비금속 광물제품 제조업	2,926	18,337	602	22.9	1,347	1,052	73.1	-50.2
47	1차 철강 제조업	1,279	72,125	446	36.0	1,037	655	63.5	-27.5
48	1차 비철금속 제조업	937	23,944	233	24.7	716	475	66.2	-41.5
49	금속 주조업	1,677	18,343	539	34.6	834	700	82.8	-48.2
50	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	18,620	116,858	1,734	11.7	5,946	4,543	73.6	-61.9
51	무기 및 총포탄 제조업	59	5,396	10	16.9	54	30	55.6	-38.6
52	기타 금속 가공제품 제조업	34,108	244,695	3,286	19.6	14,819	8,364	60.8	-41.3
53	반도체 제조업	1,272	76,413	64	13.4	498	134	20.6	-7.3
54	전자 부품 제조업	8,440	147,052	509	5.9	3,505	642	19.1	-13.2
55	컴퓨터 및 주변 장치 제조업	1,028	12,153	14	1.0	366	24	8.1	-7.1
56	통신 및 방송장비 제조업	2,766	43,369	52	2.0	1,714	207	12.6	-10.5
57	영상 및 음향 기기 제조업	867	51,294	19	1.0	367	44	14.7	-13.7
58	마그네틱 및 광학 매체 제조업	15	790	2	13.3	19	1	5.3	8.1
59	의료용 기기 제조업	5,035	38,933	219	5.1	1,931	930	38.6	-33.5
60	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀 기기 제조업; 광학 기기 제외	3,918	44,762	119	2.9	1,907	533	25.8	-22.9

순위	표준업종_세세	2019년 작업환경측정 결과				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	분진 측정 사업장	분진 작업환경 측정 실태율 (%)	조사 대상 사업장	분진 보유 사업장	분진 보유율 (%)	
61	사진장비 및 광학 기기 제조업	855	13,926	32	3.2	335	72	20.9	-17.7
62	시계 및 시계 부품 제조업	173	2,210	4	2.3	46	10	21.7	-19.4
63	전동기, 발전기 및 전기 변환·공급·제어 장치 제조업	11,697	100,080	385	7.3	3,774	1,148	30.1	-22.9
64	일차전지 및 축전지 제조업	378	19,028	32	9.8	197	71	40.0	-30.2
65	절연선 및 케이블 제조업	1,757	22,267	60	3.4	820	130	13.7	-10.3
66	전구 및 조명장치 제조업	3,166	25,770	83	2.7	1,130	302	25.9	-23.2
67	가정용 기기 제조업	2,686	41,175	138	6.1	833	235	31.2	-25.1
68	기타 전기장비 제조업	2,895	34,007	178	7.2	835	201	28.0	-20.8
69	일반 목적용 기계 제조업	35,235	252,340	2,566	8.7	8,745	5,299	60.7	-52.0
70	특수 목적용 기계 제조업	27,942	213,870	2,159	13.8	8,788	5,519	62.7	-48.9
71	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	1,064	128,745	105	10.0	572	124	40.3	-30.3
72	자동차 차체 및 트레일러 제조업	923	6,947	234	43.9	410	323	74.2	-30.3
73	자동차 신품 부품 제조업	9,774	248,599	1,818	11.9	5,717	2,712	47.0	-35.1
74	자동차 재제조 부품 제조업	11	52	13	118.2	69	34	49.3	68.9
75	선박 및 보트 건조업	6,468	138,554	781	11.9	1,658	1,127	62.0	-50.1
76	철도장비 제조업	289	7,390	44	14.7	133	77	53.5	-38.8
77	항공기, 우주선 및 부품 제조업	411	13,750	54	10.5	206	83	36.0	-25.5
78	그 외 기타 운송장비 제조업	556	5,370	56	10.2	153	79	42.7	-32.5
79	가구 제조업	7,551	38,985	916	12.7	2,528	2,007	66.9	-54.2
80	귀금속 및 장신용품 제조업	1,395	5,322	27	1.6	321	145	37.4	-35.8
81	악기 제조업	170	1,391	16	25.2	59	31	41.6	-16.4
82	운동 및 경기용구 제조업	765	5,303	63	7.9	291	165	58.9	-51.0
83	인형, 장난감 및 오락용품 제조업	459	2,117	9	2.4	127	17	21.8	-19.4
84	그 외 기타 제품 제조업	10,528	51,625	691	3.8	2,325	807	28.1	-24.3
85	산업용 기계 및 장비 수리업	3,262	21,220	118	4.3	1,681	592	37.7	-33.4
총합계		341,606	3,628,297	26,672	12.0	130,563	12,272	11.5	0.5

〈표 III-10-3〉 분진흡 보유 비율 및 작업환경측정 실시 비율 비교(고순위 세세업종)

순위	표준업종_세세	2019 작업환경측정 실시 현황				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정율 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	분진흡 측정 사업장	분진흡 작업환경 측정 실시율 (%)	조사 대상 사업장	분진흡 보유 사업장	분진흡 보유율 (%)	
1	주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업	2,030	9,742	166	8.2	451	390	86.5	-78.3
2	컨베이어 장치 제조업	747	3,479	37	5.0	301	241	80.1	-75.1
3	기타 목재 가구 제조업	3,616	17,446	462	12.8	1,249	1,092	87.4	-74.7
4	수상 금속 골조 구조재 제조업	146	822	6	4.1	68	53	77.9	-73.8
5	기타 건축용 나무제품 제조업	504	3,309	61	12.1	228	193	84.6	-72.5
6	목재 도구 및 주방용 나무제품 제조업	652	6,073	76	11.7	94	79	84.0	-72.4
7	기타 석제품 제조업	1,194	4,614	119	10.0	337	277	82.2	-72.2
8	정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업	1,521	6,182	34	2.2	879	654	74.4	-72.2
9	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업	4,250	20,808	192	4.5	1,221	928	76.0	-71.5
10	건설용 석제품 제조업	341	1,446	37	10.9	141	115	81.6	-70.7
11	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	504	3,342	93	18.5	203	180	88.7	-70.2
12	목재 포장용 상자, 드럼 및 유사 용기 제조업	648	3,768	116	17.9	327	288	88.1	-70.2
13	목재 문 및 관련제품 제조업	462	2,436	66	14.3	167	141	84.4	-70.1
14	제조, 육상 및 체력 단련용 장비 제조업	162	1,064	12	7.4	75	58	77.3	-69.9
15	기타 기관 및 터빈 제조업	228	1,849	8	3.5	75	55	73.3	-69.8
16	놀이터용 장비 제조업	67	448	6	9.0	53	41	77.4	-68.4
17	금속 성형기계 제조업	627	4,219	52	8.3	156	119	76.3	-68.0
18	광물 처리 및 취급장비 제조업	91	957	14	15.4	47	39	83.0	-67.6
19	육상 금속 골조 구조재 제조업	3,638	26,315	395	10.9	1,345	1,053	78.3	-67.4
20	그 외 기타 나무제품 제조업	1,254	5,808	130	10.4	231	179	77.5	-67.1
21	음·식료품 및 담배 가공기계 제조업	508	3,056	51	10.0	208	160	76.9	-66.9
22	기타 구조용 금속제품 제조업	5,629	35,905	613	10.9	1,399	1,084	77.5	-66.6
23	금속 가구 제조업	667	4,252	99	14.8	290	236	81.4	-66.5
24	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	461	3,880	40	8.7	226	168	74.3	-65.7
25	구조용 금속 판제품 및 공작물 제조업	3,688	23,828	306	8.3	1,378	1,014	73.6	-65.3
26	알루미늄 주물 주조업	473	4,003	89	18.8	253	212	83.8	-65.0
27	주형 및 금형 제조업	9,410	60,544	553	5.9	2,873	2,025	70.5	-64.6
28	곡물 도정업	861	4,181	233	27.1	382	350	91.6	-64.6
29	금속 탱크 및 저장 용기 제조업	757	5,277	153	20.2	371	313	84.4	-64.2
30	합성수지선 건조업	172	1,076	36	20.9	67	57	85.1	-64.1

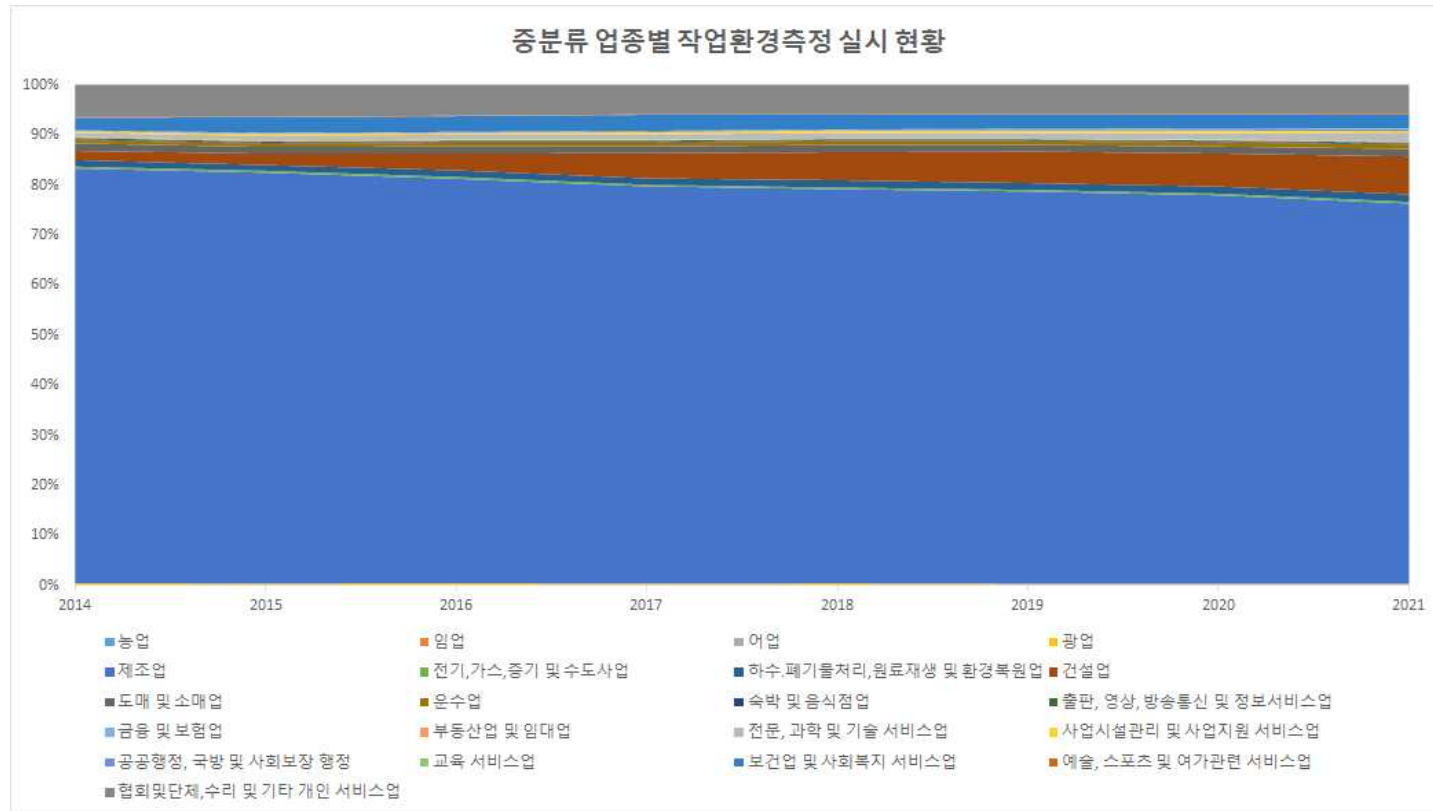
순위	표준업종_세세	2019 작업환경측정 실시 현황				2019 작업환경실태조사			보유 vs 측정 차이 (% p)
		사업장수	근로자수	분진 측정 사업장	분진 측정 실태 (%)	조사 대상 사업장	분진 보유 사업장	분진 보유율 (%)	
31	강선 건조업	2,525	78,114	84	3.3	343	229	66.8	-63.4
32	금속 표시판 제조업	285	1,242	18	6.3	135	94	69.6	-63.3
33	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공기계 제조업	467	2,613	21	4.5	141	95	67.4	-62.9
34	트레일러 및 세미 트레일러 제조업	394	2,240	48	12.2	100	75	75.0	-62.8
35	표면 가공목재 및 특정 목적용 목재목 제조업	564	3,597	128	22.7	167	142	85.0	-62.3
36	기타 물품 취급장비 제조업	493	2,732	43	8.7	331	235	71.0	-62.3
37	용기 세척, 포장 및 충전기 제조업	299	2,196	20	6.7	188	129	68.6	-61.9
38	곡물 제분업	284	2,118	44	15.5	96	74	77.1	-61.6
39	장식용 목제품 제조업	254	1,000	24	9.4	65	46	70.8	-61.3
40	날붙이 제조업	240	2,271	17	7.1	63	43	68.3	-61.2
41	연탄 및 기타 석탄 가공품 제조업	56	458	15	26.8	40	35	87.5	-60.7
42	그 외 기타 금속 가공업	11,226	55,545	821	7.3	3,607	2,442	67.7	-60.4
43	부정형 내화 요업제품 제조업	323	4,560	39	12.1	100	72	72.0	-59.9
44	의료용 가구 제조업	45	620	4	8.9	35	24	68.6	-59.7
45	톱 및 호환성 공구 제조업	326	7,162	51	15.6	182	137	75.3	-59.6
46	코르크 및 조물 제품 제조업	68	192	1	1.5	23	14	60.9	-59.4
47	금속 절삭기계 제조업	1,524	12,909	80	5.2	318	205	64.5	-59.2
48	그 외 금속 압형제품 제조업	932	7,822	72	7.7	444	295	66.4	-58.7
49	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	186	1,761	21	11.3	132	92	69.7	-58.4
50	증류기, 열 교환기 및 가스 발생기 제조업	513	4,625	81	15.8	286	212	74.1	-58.3
51	코르크 및 관련제품 제조업	18	424	3	16.7	8	6	75.0	-58.3
52	기타 일반 도자기 제조업	192	720	18	9.4	34	23	67.6	-58.3
53	기어 및 동력전달장치 제조업	1,073	8,696	44	4.1	430	268	62.3	-58.2
54	비동력식 수공구 제조업	413	2,619	32	7.7	119	78	65.5	-57.8
55	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	6,992	48,400	676	9.7	1,301	876	67.3	-57.7
56	비금속광물 분쇄물 생산업	326	2,603	86	26.4	180	151	83.9	-57.5
57	금속 주조 및 기타 야금용 기계 제조업	121	1,657	27	22.3	59	47	79.7	-57.3
58	볼트 및 너트류 제조업	255	828	19	7.5	295	190	64.4	-57.0
59	위생용 및 산업용 도자기 제조업	236	3,750	25	10.6	117	79	67.5	-56.9
60	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	55	2,910	8	14.5	42	30	71.4	-56.9

2) (중)업종별 작업환경측정 실시 분율

작업환경측정 실시사업장(상, 하반기 중복 제외) 업종별 분율(전체 실시 사업장 수 대비 해당 업종의 실시 사업장 수)을 살펴보면(2014-2021년), 농업, 임업, 어업의 경우 전체 측정사업장의 약 0.1% 미만수준이며, 광업은 '14년 229개소(0.4%)에서 '21년 189개소(0.3%) 수준으로 다소 감소하였다. 제조업은 '14년 전체 작업환경측정의 82.8% (49,953개소) 수준이었으나, '21년에 75.9% (57,227개소)로 감소하는 경향을 나타내었다. 반면, 건설업은 '14년 1.8%(1,102개소)에서 '21년 7.6% (5,708개소)로 증가하는 경향을 나타내었고, 전문, 과학 및 기술 서비스업에서 '14년 496개소(0.8%)에서 '21년 1,206개소(1.6%) 사업장 수로는 약 3배가 증가하였다. 공공행정, 국방 및 사회보장 행정 분야에서도 '14년 78개소(0.1%)에서 '21년 384개소(0.5%)로 증가하였고, 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업도 47개소(0.1%)에서 120개소(0.2%)로 증가하였다.

〈표 Ⅲ-11〉 (중)업종별 작업환경측정 실시 현황 (사업장수, 분율%)

중분류 업종명	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
계	60,303(100)	60,407(100)	65,020(100)	66,176(100)	71,143(100)	75,001(100)	75,468(100)	75,377(100)
농업	67(0.1)	44(0.1)	86(0.1)	64(0.1)	109(0.2)	73(0.1)	89(0.1)	82(0.1)
임업	9(0)	6(0)	8(0)	4(0.01)	6(0)	8(0)	11(0)	12(0)
어업	5(0)	5(0)	7(0)	4(0.01)	7(0)	3(0)	3(0)	8(0)
광업	229(0.4)	202(0.3)	234(0.4)	185(0.3)	218(0.3)	196(0.3)	190(0.3)	189(0.3)
제조업	49,953(82.8)	49,572(82.1)	52,506(80.8)	52,522(79.4)	56,002(78.7)	58,787(78.4)	58,542(77.6)	57,227(75.9)
전기,가스,증기 및 수도사업	222(0.4)	232(0.4)	240(0.4)	214(0.3)	231(0.3)	231(0.3)	262(0.3)	269(0.4)
하수.폐기물처리,원료재생 및 환경복원업	775(1.3)	690(1.1)	860(1.3)	848(1.3)	1,029(1.4)	1,022(1.4)	1,066(1.4)	1,134(1.5)
건설업	1,102(1.8)	1,383(2.3)	2,176(3.3)	3,337(5)	3,986(5.6)	4,711(6.3)	4,978(6.6)	5,708(7.6)
도매 및 소매업	918(1.5)	798(1.3)	932(1.4)	876(1.3)	1,046(1.5)	1,010(1.3)	1,052(1.4)	1,124(1.5)
운수업	379(0.6)	396(0.7)	466(0.7)	491(0.7)	527(0.7)	529(0.7)	610(0.8)	673(0.9)
숙박 및 음식점업	93(0.2)	112(0.2)	122(0.2)	124(0.2)	113(0.2)	136(0.2)	133(0.2)	133(0.2)
출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	191(0.3)	145(0.2)	173(0.3)	171(0.3)	184(0.3)	172(0.2)	179(0.2)	183(0.2)
금융 및 보험업	12(0)	21(0)	10(0)	27(0.04)	11(0)	30(0)	38(0.1)	38(0.1)
부동산업 및 임대업	122(0.2)	114(0.2)	97(0.1)	71(0.1)	63(0.1)	68(0.1)	93(0.1)	94(0.1)
전문, 과학 및 기술 서비스업	496(0.8)	537(0.9)	670(1)	716(1.1)	837(1.2)	900(1.2)	1,038(1.4)	1,204(1.6)
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	194(0.3)	245(0.4)	233(0.4)	298(0.5)	316(0.4)	340(0.5)	334(0.4)	320(0.4)
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	78(0.1)	137(0.2)	99(0.2)	158(0.2)	115(0.2)	223(0.3)	298(0.4)	384(0.5)
교육 서비스업	13(0)	13(0)	16(0)	15(0.02)	16(0)	15(0)	25(0)	96(0.1)
보건업 및 사회복지 서비스업	1521(2.5)	1,837(3)	2,032(3.1)	2120(3.2)	2,114(3)	2140(2.9)	2,070(2.7)	2,046(2.7)
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	47(0.1)	69(0.1)	65(0.1)	69(0.1)	61(0.1)	88(0.1)	96(0.1)	120(0.2)
협회및단체,수리 및 기타 개인 서비스업	3,877(6.4)	3,849(6.4)	3,988(6.1)	3,862(5.8)	4,152(5.8)	4319(5.8)	4,361(5.8)	4,333(5.7)



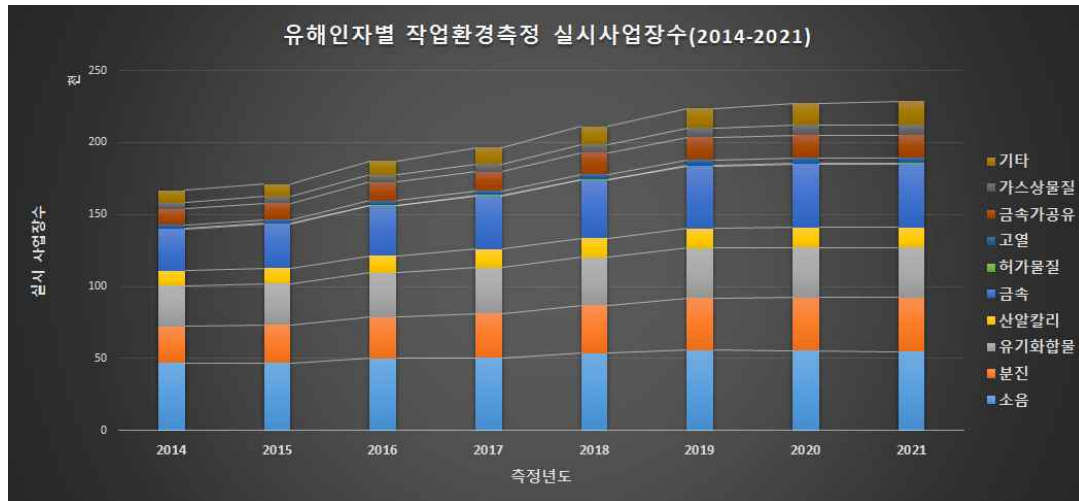
[그림 Ⅲ-2] (중)업종별 작업환경측정 실시 현황 (사업장수, 분율%)

3) 유해인자별 실시 비율

유해인자별 실시 사업장수를 살펴보면(2014-2021년), 소음이 전체 측정의 약 25.7%, 분진 15.8%, 유기화합물 16.0%, 산알칼리 6.2%, 금속 18.8%, 허가대상물질 0.2%, 고열 1.6%, 금속가공유 6.9%, 가스상물질 2.9%, 기타 5.9% 수준이었다(표 III-12).

〈표 III-12〉 유해인자별 작업환경측정 실시 비율 (2014-2021)

구 분		소 음	분 진	유기 화합물	산· 알칼리	금속	허가 물질	고열	금속 가공유	가스상 물질	기타
2014	실시사업장수	46,846	25,532	28,378	10,129	29,055	346	2,588	11,190	4,302	8,385
	비율(%)	28.1	15.3	17.0	6.1	17.4	0.2	1.6	6.7	2.6	5.0
2015	실시사업장수	46,816	26,513	28,731	10,749	30,683	394	2,673	11,336	4,573	8,525
	비율(%)	27.4	15.5	16.8	6.3	17.9	0.2	1.6	6.6	2.7	5.0
2016	실시사업장수	50,056	28,601	30,978	11,771	34,758	413	2,915	13,103	5,024	9,692
	비율(%)	26.7	15.3	16.5	6.3	18.6	0.2	1.6	7.0	2.7	5.2
2017	실시사업장수	50,605	30,639	31,994	12,639	37,110	465	3,162	13,126	5,479	11,479
	비율(%)	25.7	15.6	16.3	6.4	18.9	0.2	1.6	6.7	2.8	5.8
2018	실시사업장수	53,574	33,413	33,332	13,051	40,566	472	3,487	14,981	5,936	12,290
	비율(%)	25.4	15.8	15.8	6.2	19.2	0.2	1.7	7.1	2.8	5.8
2019	실시사업장수	55,714	36,205	34,915	13,585	43,263	468	3,793	15,764	6,491	13,668
	비율(%)	24.9	16.2	15.6	6.1	19.3	0.2	1.7	7.0	2.9	6.1
2020	실시사업장수	55,366	36,978	34,869	13,770	43,975	471	3,818	15,977	7,170	14,971
	비율(%)	24.4	16.3	15.3	6.1	19.3	0.2	1.7	7.0	3.2	6.6
2021	실시사업장수	54,780	37,444	34,797	14,023	44,101	471	3,874	15,553	7,358	16,167
	비율(%)	24.0	16.4	15.2	6.1	19.3	0.2	1.7	6.8	3.2	7.1



[그림 III-3] 유해인자별 작업환경측정 실시사업장수(2014-2021)

유해인자별 측정현황(2019-2021년)은 <표 III-13, 그림 III-4>와 같다.

- 소음의 경우 약 82%가 제조업에서 평가되었고, 건설업 9%, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 4% 등 순이었다.
- 분진은 제조업 72%, 건설업 13%, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업 7% 등 순이었다.
- 유기화합물은 제조업 70%, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 13%, 보건업 및 사회복지 서비스업 6%, 건설업 4% 순이었다.
- 금속류의 경우, 제조업 75%, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 10%, 건설업 7% 등이었다.
- 산·알칼리는 제조업 72%, 보건업 및 사회복지 서비스업 8%, 전문, 과학 및 기술서비스업 5%, 하수, 폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업 4%, 건설업 2% 등 순이었다.
- 가스류는 제조업 55%, 보건업 및 사회복지 서비스업 25%, 하수, 폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업 4%, 건설업 3% 등 순이었다.
- 고열은 제조업 96%, 하수, 폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업 1%, 광업 1% 등 순이었다.

업종별 측정현황(2019-2021년)은 <표 III-13, 그림 III-5>과 같다.

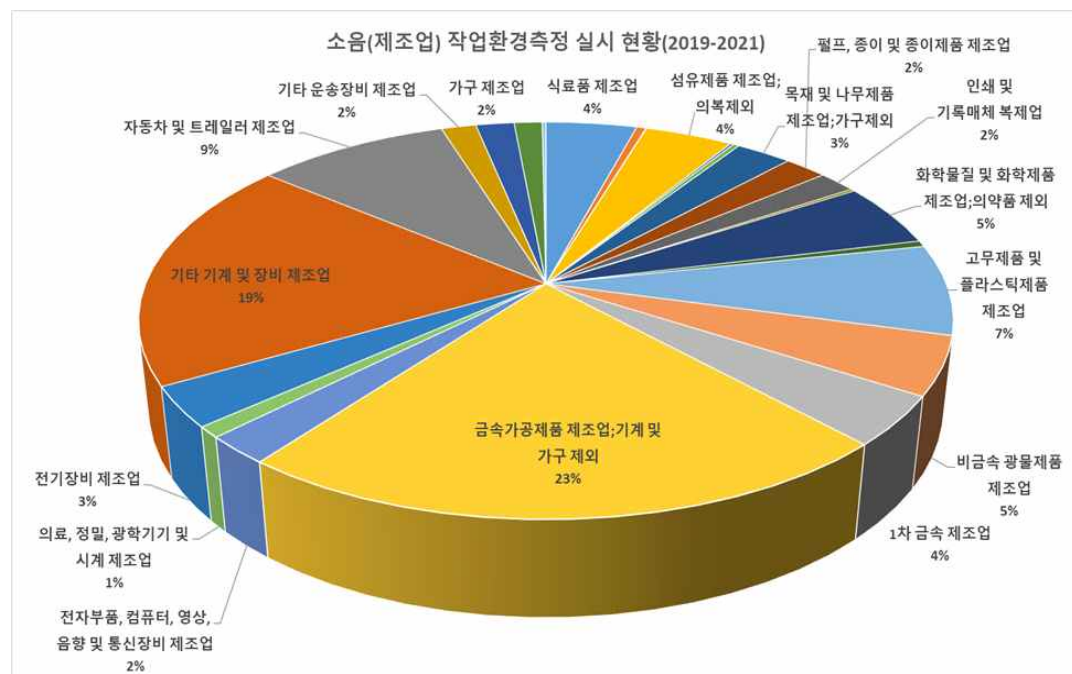
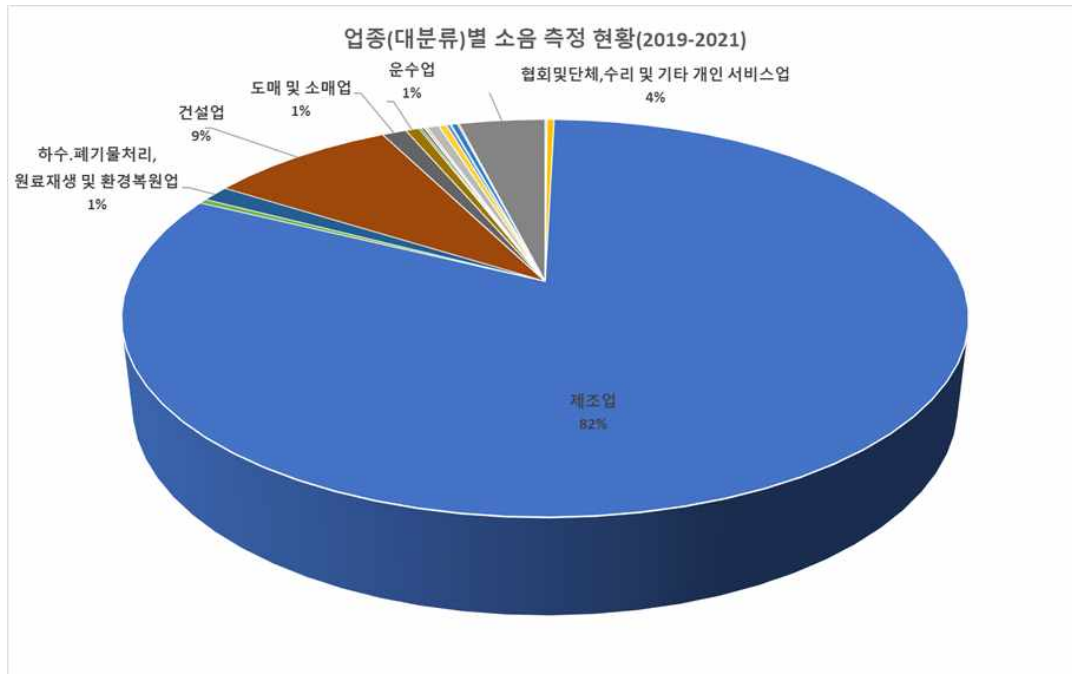
- 농업은 물리적인자(소음)가 22%로 가장 많았고, 산·알칼리류 20%, 유기화합물 18%, 금속류 17% 등 순이었다.
- 광업은 물리적인자(소음)가 29%로 가장 많았고, 분진 26%, 금속류 13%, 가스상 물질류 9% 등 순이었다.
- 어업은 물리적인자(소음) 46%, 분진 39%, 산·알칼리류 15% 순이었다.
- 제조업은 물리적인자(소음)가 27%로 가장 많았고, 금속류 20%, 분진 15%, 유기화합물 15%, 금속가공유 8%, 산·알칼리류 6% 등 순이었다.
- 건설업은 물리적인자(소음)와 분진 각 28%, 금속류 19%, 유기화합물 9% 순이었다.
- 하수, 폐기물, 환경복원업은 물리적인자(소음)가 24%로 가장 많았고, 금속류 19%, 산·알칼리류 19%, 분진 17%, 가스상 물질류 10%, 금속가공유 8% 등 순이었다.
- 보건 및 사회복지업은 유기화합물 33%, 가스상 물질류 33%, 산·알칼리류 19%, 금속류 8% 순이었다.
- 전문과학기술 서비스업은 물리적인자(소음)가 25%로 가장 많았고, 금속류 19%, 분진 16%, 유기화합물 16%, 가스상 물질류 9%, 산·알칼리류 7% 등 순이었다.

〈표 III-13〉 대분류 업종별 유해인자 작업환경측정 건수(2019-2021_상, 하반기 평균)

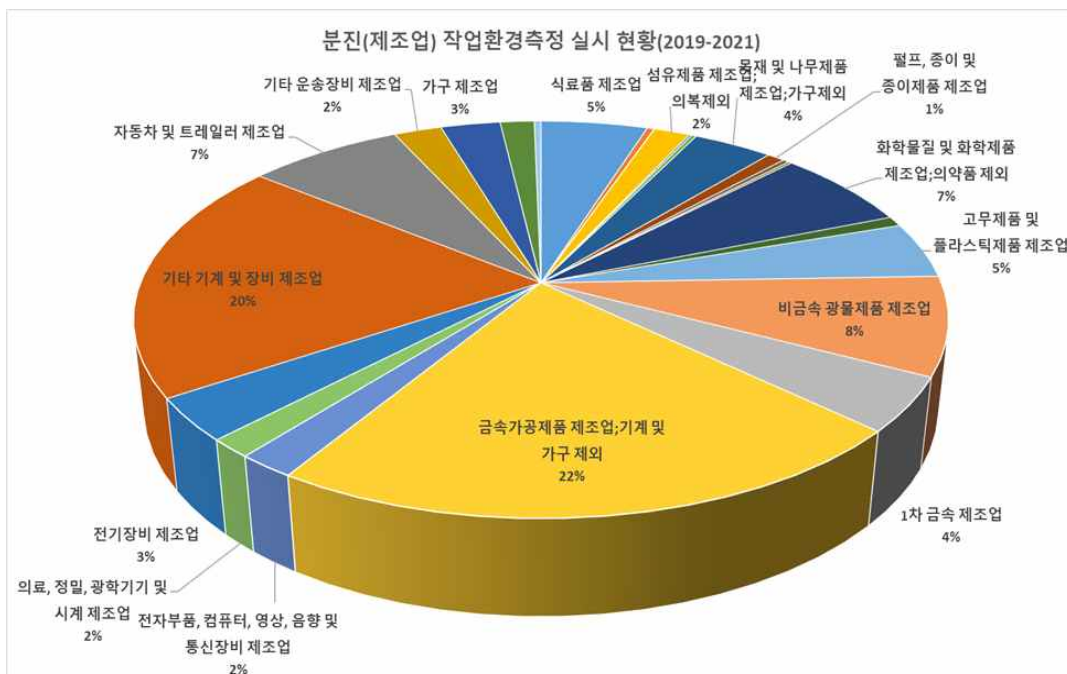
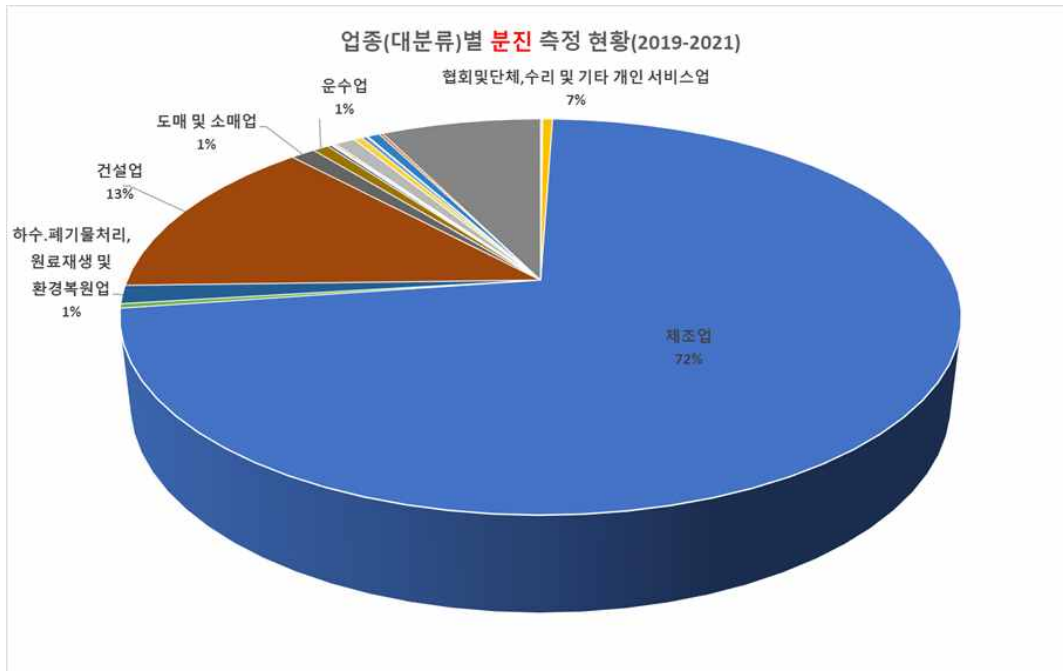
대분류 업종	계	물리적인자- 소음	분진	화학적인자- 유기화합물	화학적인자- 금속류	화학적인자- 산및알칼리류	화학적인자- 가스상물질류	허가대상 유해물질	화학적인자- 금속가공유	물리적인자 -고열	기타
총계	165,942	41,437	25,969	25,937	32,412	10,968	5,696	397	9,617	2,591	10,919
농업	142	31	18	26	24	29	11	0	0	0	2
어업	14	6	5	0	0	2	0	0	0	0	0
임업	6	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0
광업	453	133	119	4	57	9	40	1	0	16	74
제조업	124,421	33,926	18,739	18,134	24,345	7,943	3,105	299	9,352	2,494	6,085
전기,가스,증기 및 수도사업	777	156	94	96	124	134	86	12	14	11	53
하수,폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업	2,236	532	388	157	418	418	215	5	10	15	78
건설업	12,437	3,538	3,502	1,085	2,363	215	196	15	59	5	1,461
도매 및 소매업	1,914	457	293	370	329	201	70	4	66	10	115
운수업	1,114	258	192	211	188	57	74	3	32	0	98
숙박 및 음식점업	266	42	43	52	39	60	16	0	0	2	10
출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	250	58	20	52	37	23	35	1	5	1	18
금융 및 보험업	62	16	11	8	9	6	9	0	2	0	0
부동산업 및 임대업	168	42	29	20	31	22	8	1	4	0	10
전문, 과학 및 기술 서비스업	2,496	224	243	633	444	572	189	37	33	11	110
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	717	146	99	125	117	124	56	5	6	7	33
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	669	77	62	140	116	177	70	7	7	3	11
교육 서비스업	93	14	16	14	22	11	5	0	0	0	0
보건업 및 사회복지 서비스업	4,438	122	144	1,474	347	846	1,439	3	6	8	50
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	204	32	41	44	36	23	12	0	0	3	10
협회및단체,수리 및 기타 개인 서비스업	13,069	1,627	1,911	3,293	3,366	98	57	3	10	4	2,700

〈표 III-14〉 제조업 중분류 업종별 유해인자 작업환경측정 건수 (2019-2021_상, 하반기 평균)

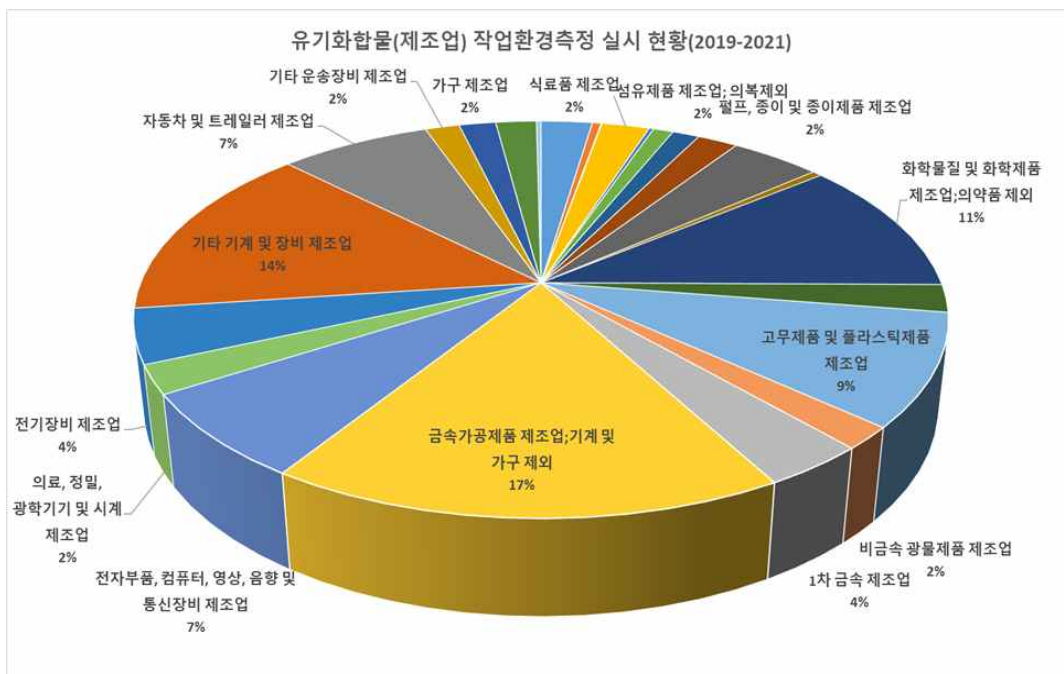
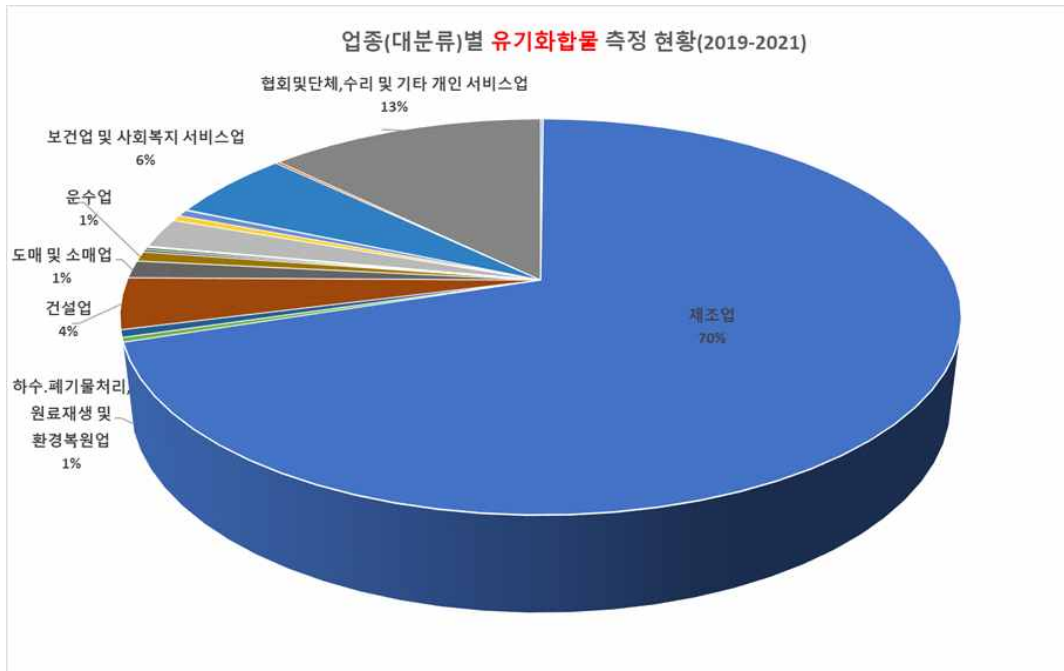
중분류 업종	계	물리적인자 -소음	분진	화학적인자- 유기화합물	화학적인자 -금속류	화학적인자- 산및알칼리류	화학적인자- 가스상물질류	허가대상 유해물질	화학적인자- 금속가공유	물리적인자 -고열	기타
제조업 (소계)	124,421	33,926	18,739	18,134	24,345	7,943	3,105	299	9,352	2,494	6,085
식료품 제조업	4,249	1,461	948	441	520	551	209	6	12	38	64
음료 제조업	526	152	63	77	68	86	60	0	9	2	10
담배 제조업	36	9	4	6	6	6	4	0	0	0	0
섬유제품 제조업; 의복제외	2,977	1,415	320	410	212	326	72	1	15	136	71
의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	164	54	23	38	19	17	9	0	1	0	3
가죽, 가방 및 신발 제조업	499	95	43	173	77	35	40	2	0	20	14
목재 및 나무제품 제조업;가구제외	2,050	896	706	232	125	19	10	0	14	5	43
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	1,676	692	154	348	223	159	29	0	12	12	48
인쇄 및 기록매체 복제업	1,977	612	54	777	268	180	13	4	9	9	53
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	321	66	31	81	25	44	16	2	21	2	34
화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	9,124	1,766	1,229	1,979	1,389	1,349	547	63	88	66	650
의료용 물질 및 의약품 제조업	1,466	167	153	408	195	359	100	15	7	0	62
고무제품 및 플라스틱제품 제조업	7,277	2,508	858	1,655	1,103	204	140	66	199	115	428
비금속 광물제품 제조업	5,259	1,611	1,499	330	757	117	56	6	61	109	714
1차 금속 제조업	6,310	1,367	823	641	1,241	413	145	40	355	751	533
금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	28,494	7,635	4,138	3,136	6,866	2,098	910	11	2,046	534	1,119
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	5,043	777	367	1,270	1,301	568	217	29	243	40	232
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	2,081	302	283	422	522	137	82	5	177	19	134
전기장비 제조업	4,653	1,109	648	804	1,179	198	58	24	311	70	252
기타 기계 및 장비 제조업	24,112	6,447	3,708	2,610	5,197	511	179	15	4,312	252	881
자동차 및 트레일러 제조업	10,001	3,103	1,374	1,299	1,852	376	108	4	1,199	274	411
기타 운송장비 제조업	2,170	558	424	294	510	55	53	3	144	14	115
가구 제조업	1,851	616	530	315	248	9	3	0	20	0	108
기타 제품 제조업	1,809	450	303	350	365	114	39	1	81	23	83
산업용 기계 및 장비 수리업	300	62	60	39	80	13	8	0	14	0	25



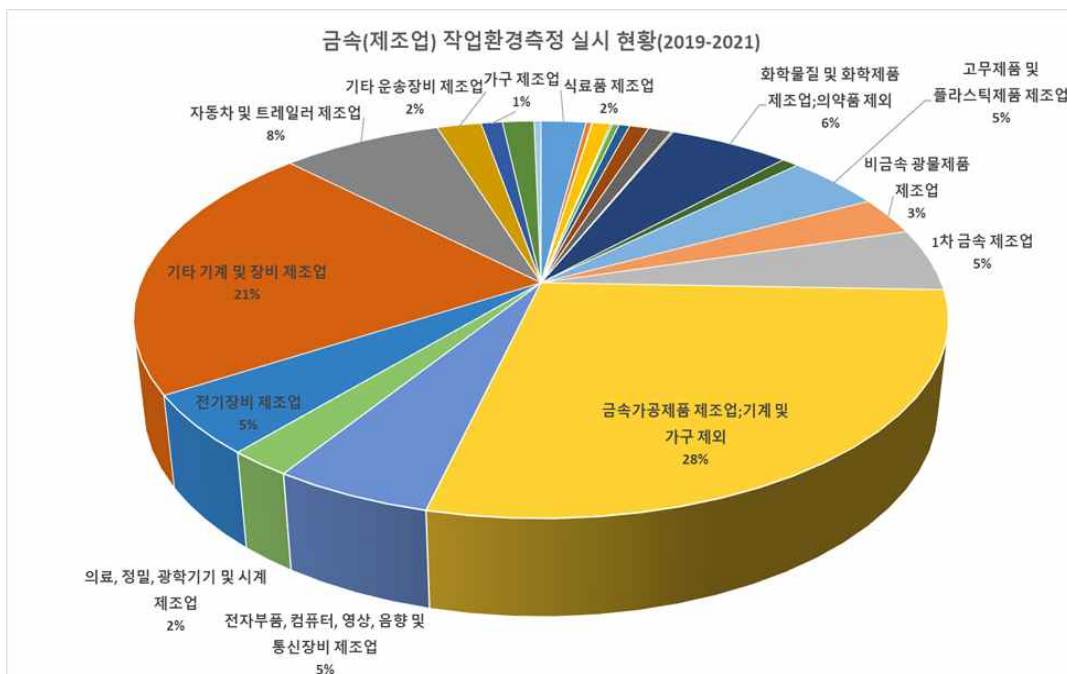
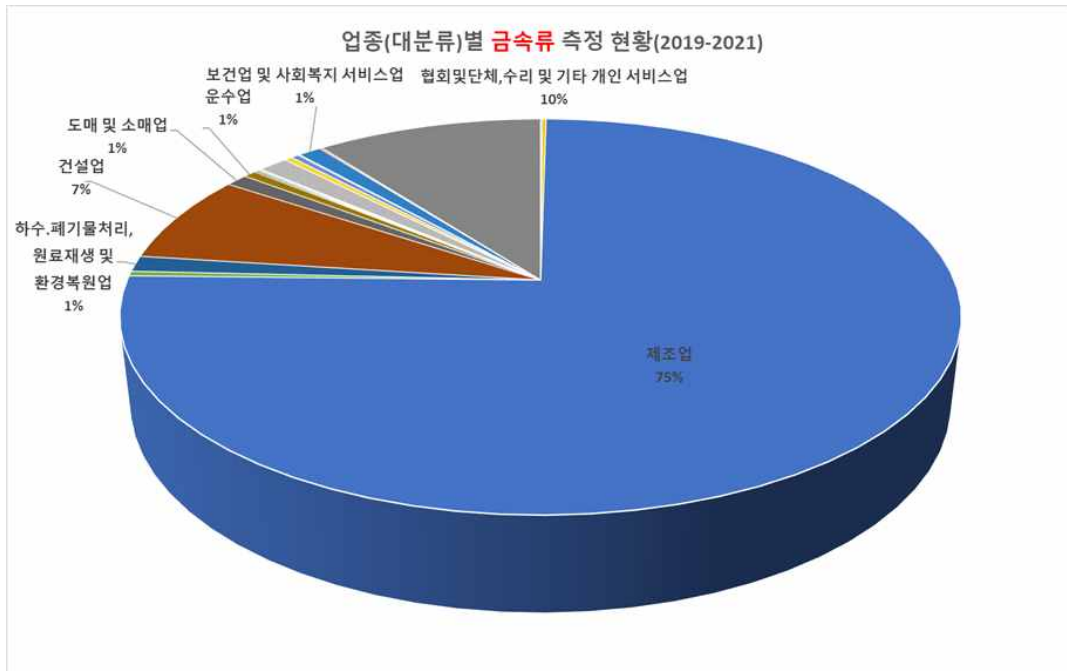
[그림 Ⅲ-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(소음)



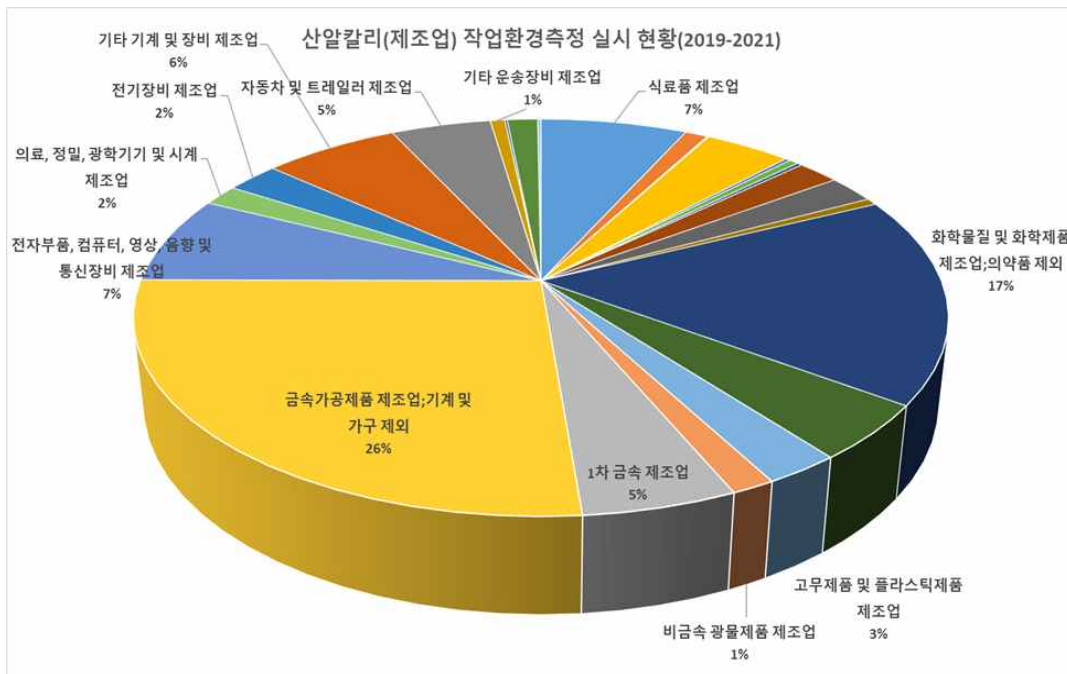
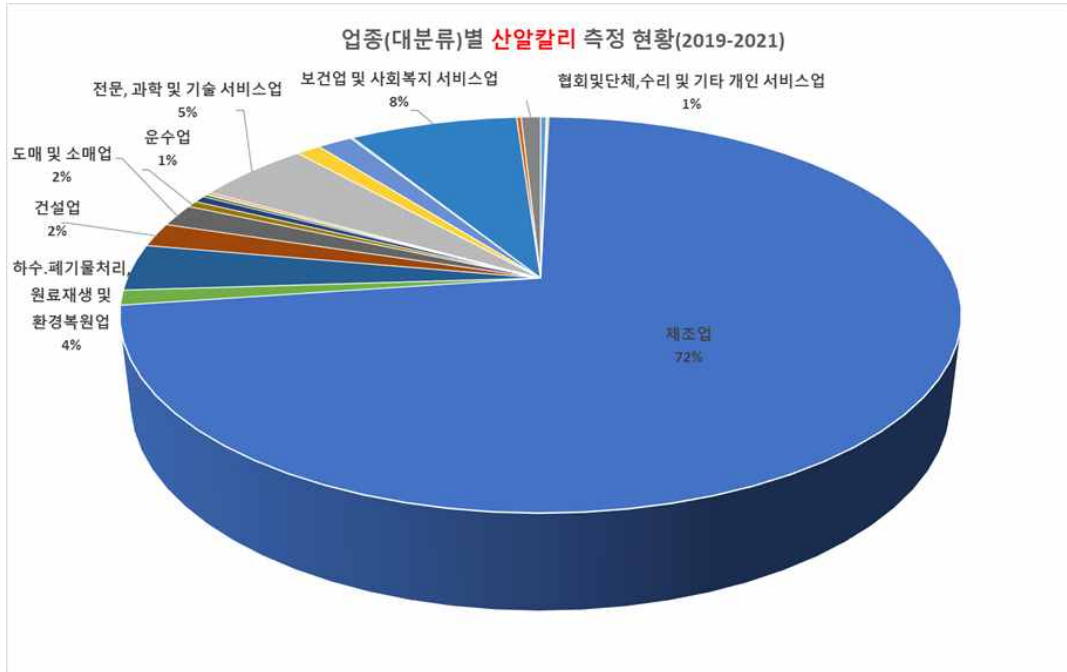
[그림 III-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(분진)



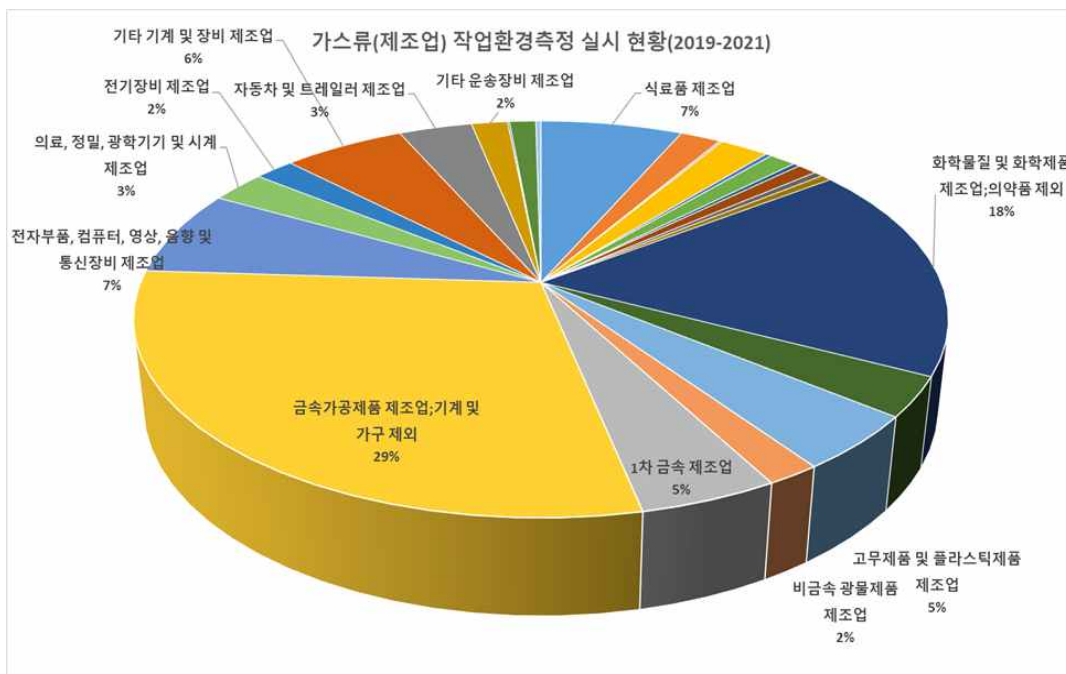
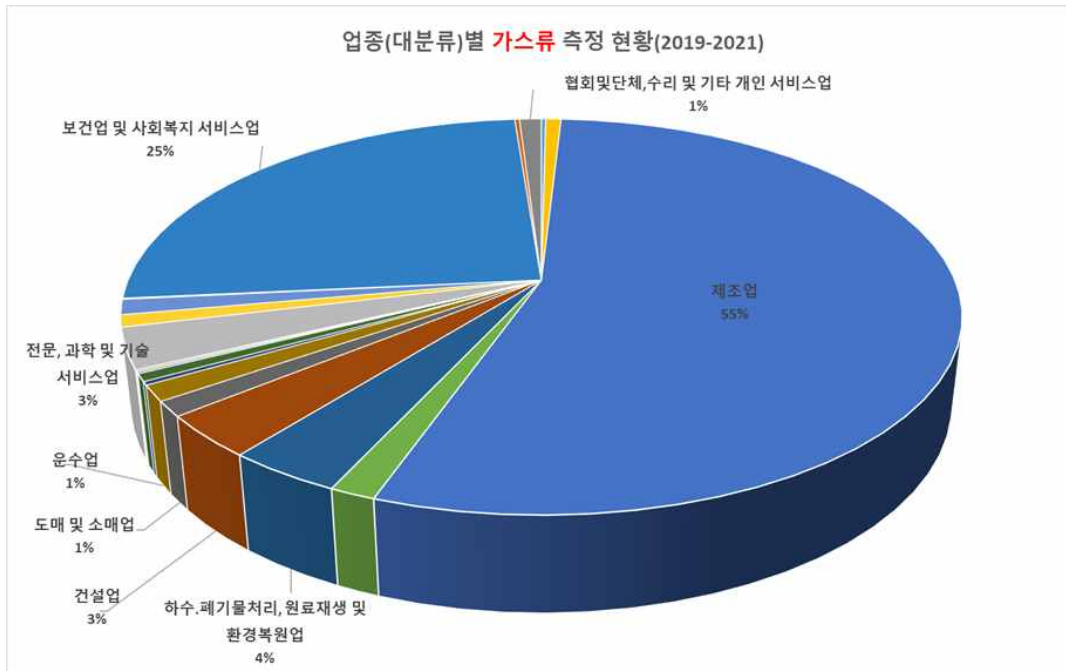
[그림 Ⅲ-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(유기화합물)



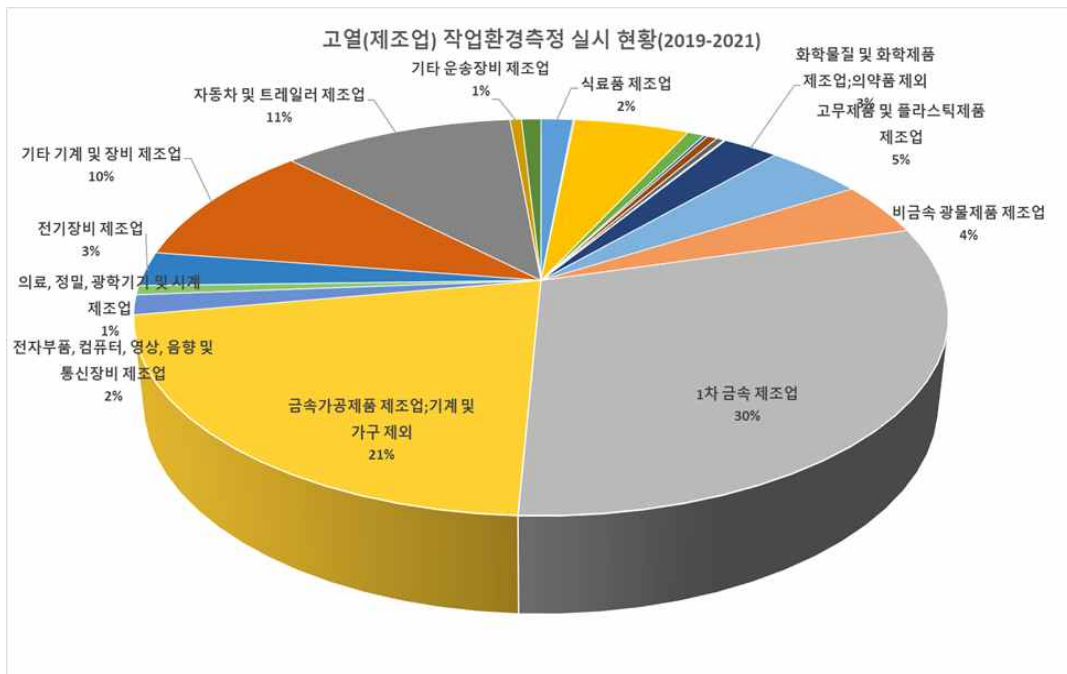
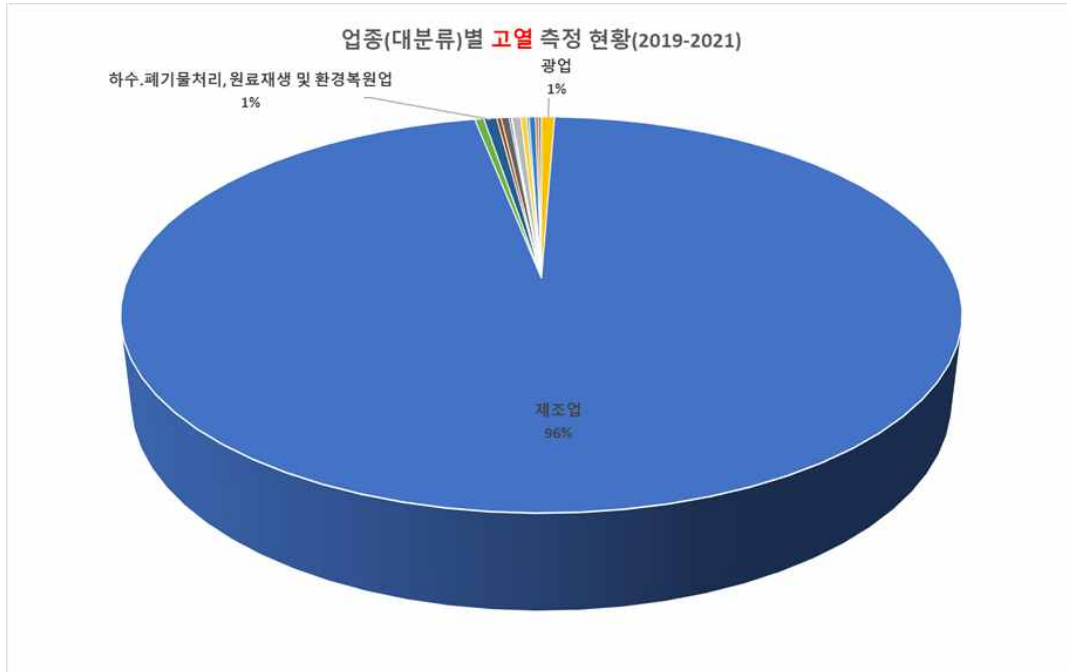
[그림 III-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(금속류)



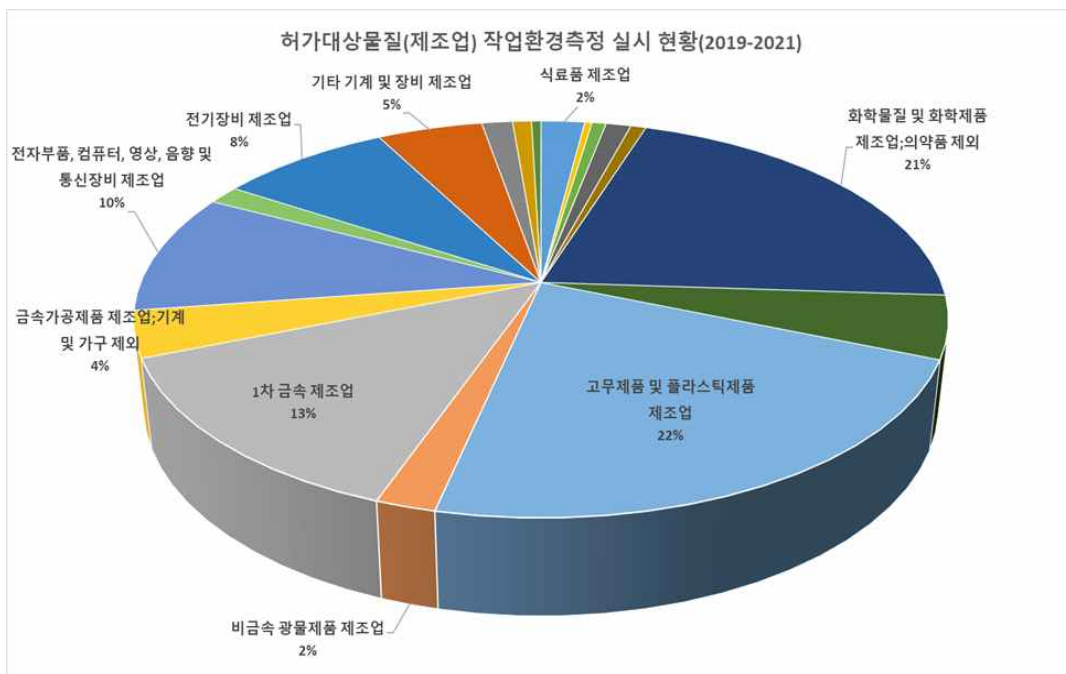
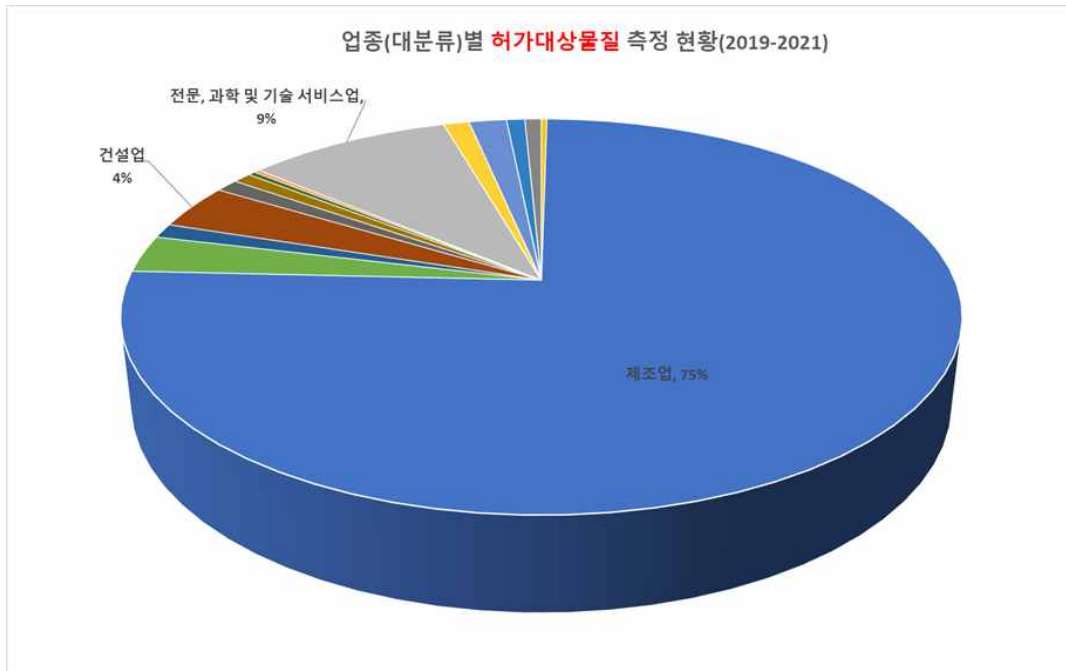
[그림 Ⅲ-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(산알칼리)



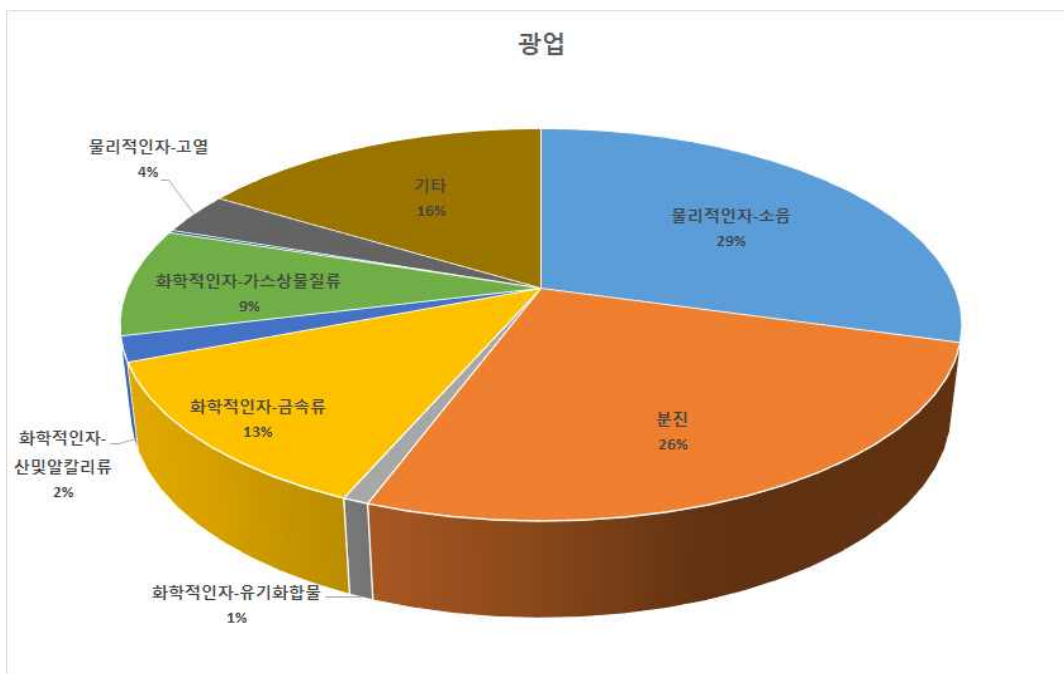
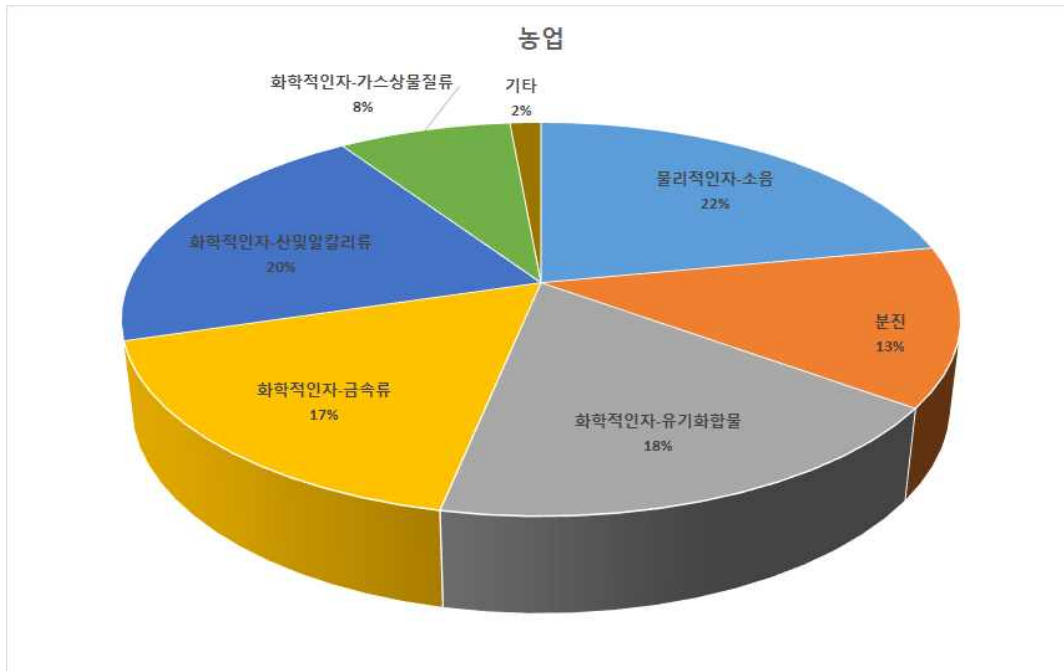
[그림 III-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(가스류)



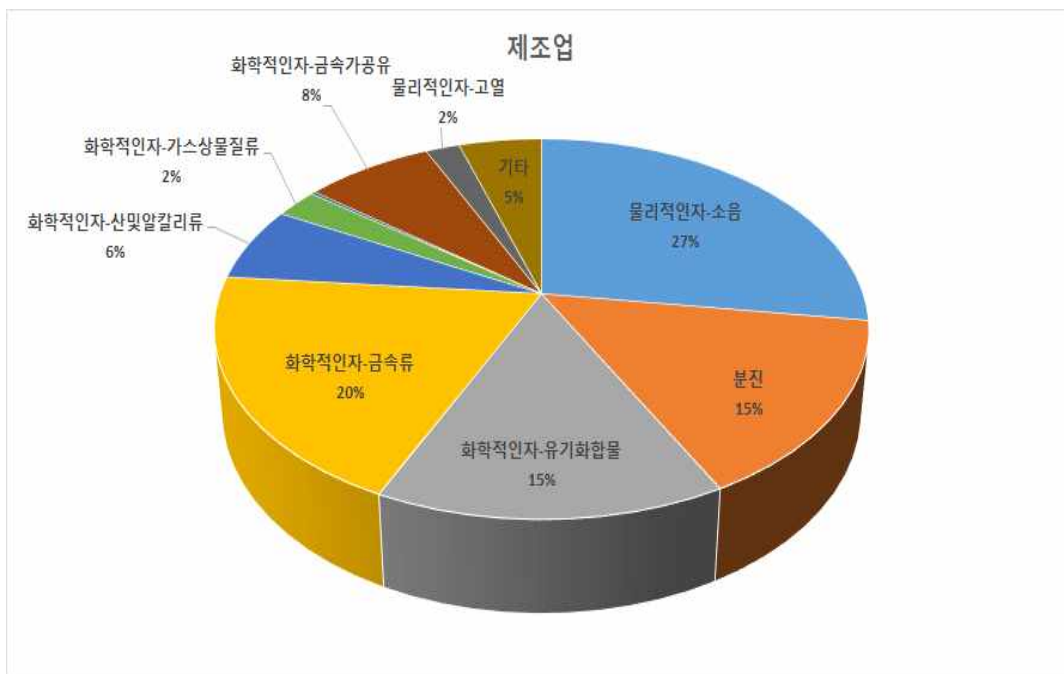
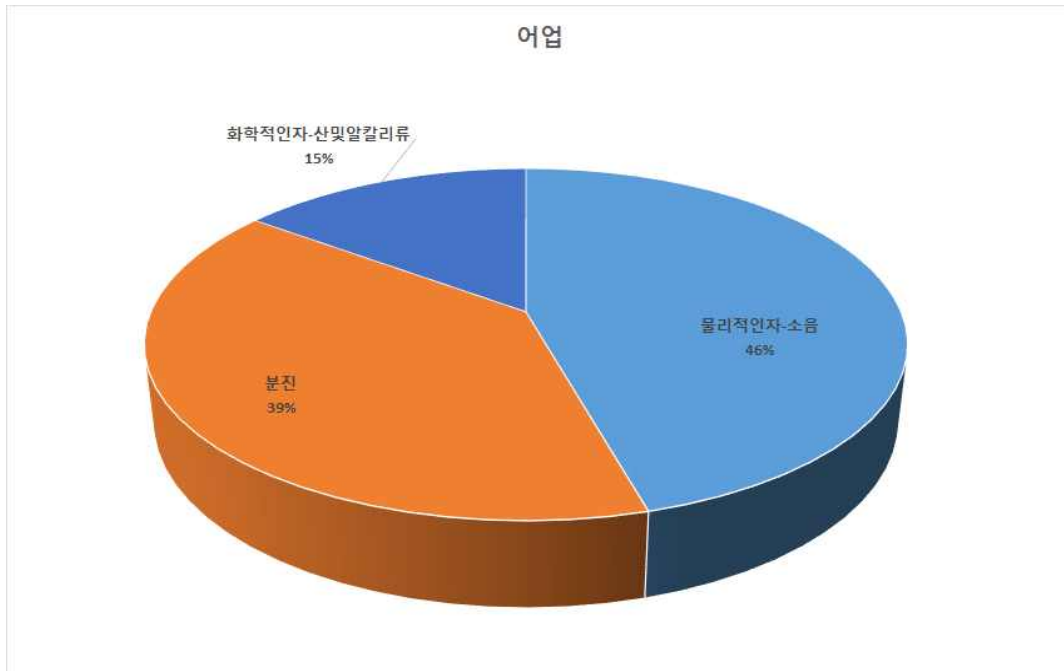
[그림 Ⅲ-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(고열)



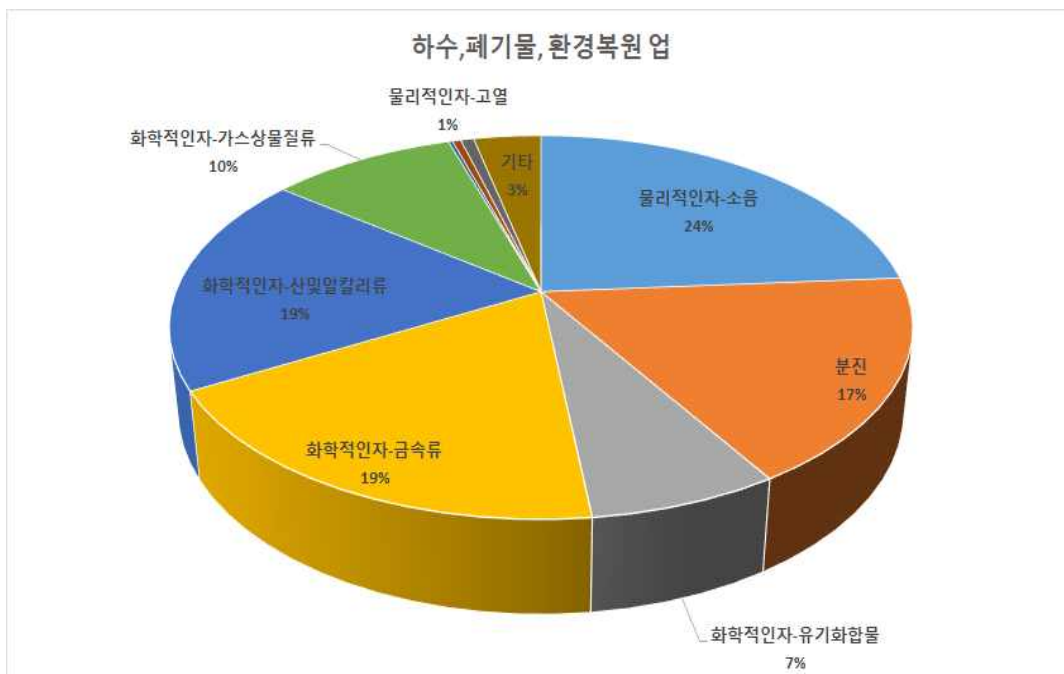
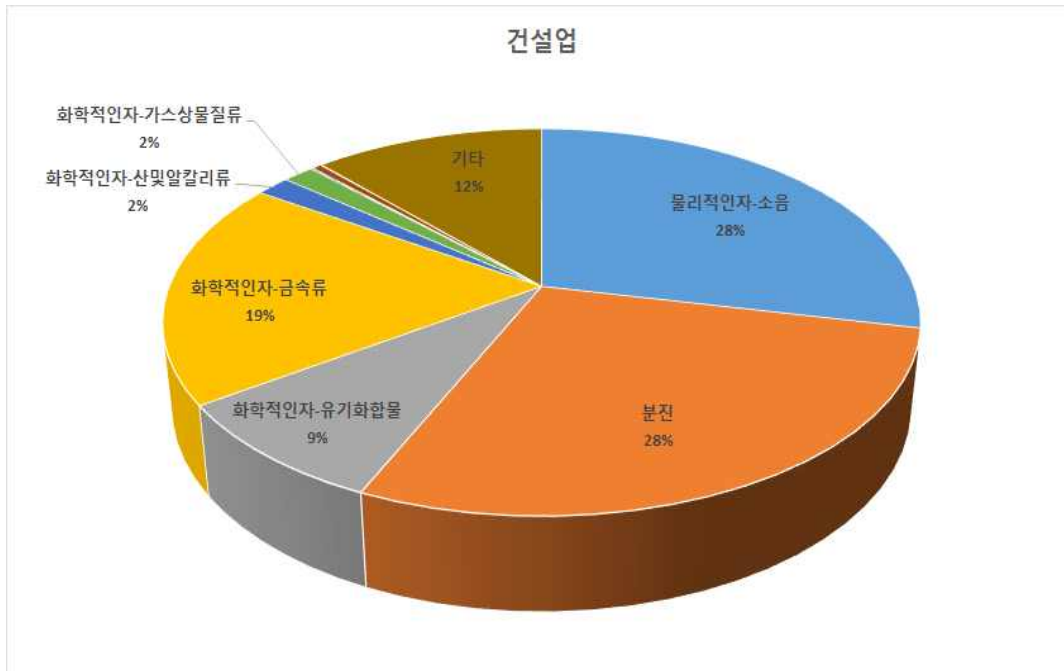
[그림 III-4] 유해인자별 (대)업종 및 제조업 (중)업종별 측정 현황(허가대상물질)



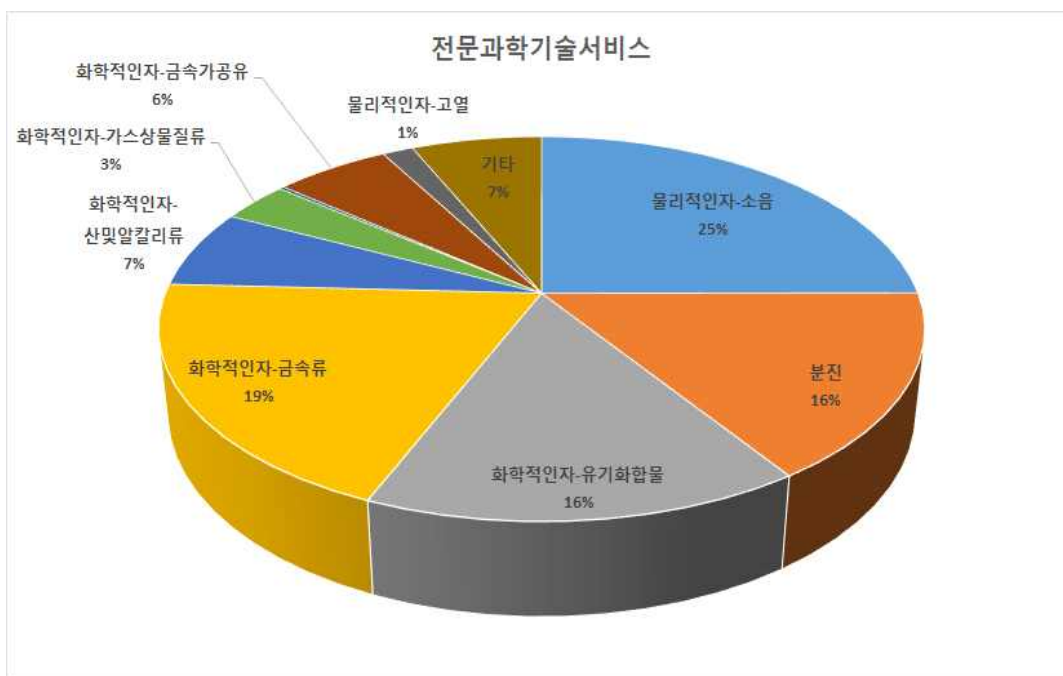
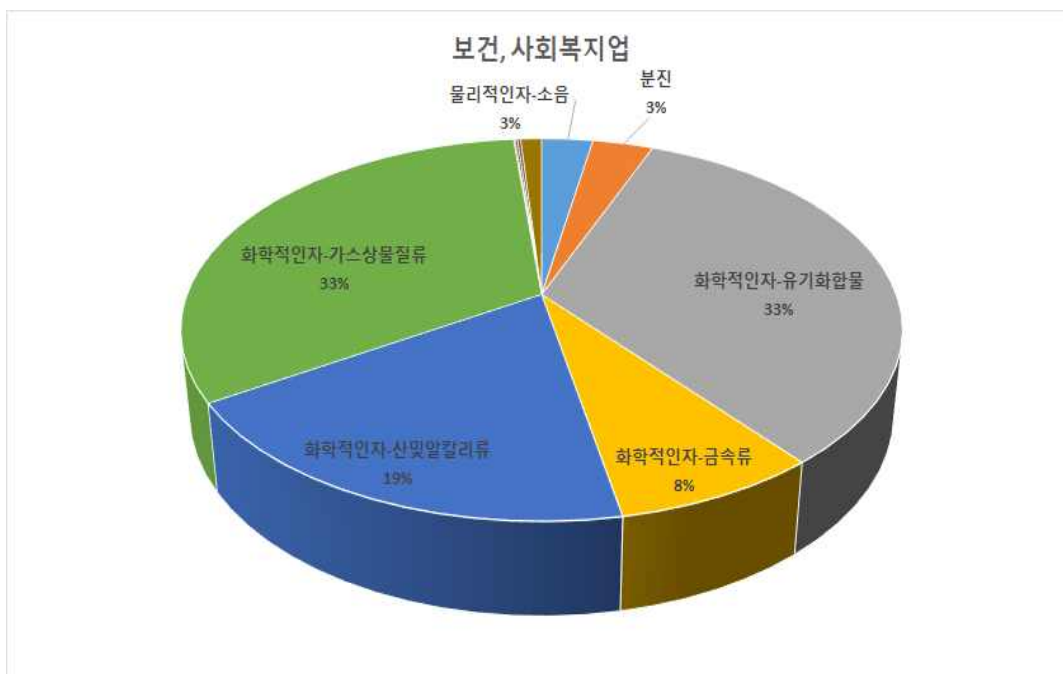
[그림 Ⅲ-5] (대)업종별; 농업, 광업 -유해인자 작업환경측정 현황



[그림 III-5] (대)업종별; 어업, 제조업 - 유해인자 작업환경측정 현황



[그림 Ⅲ-5] (대)업종별; 건설업, 하수,폐기물, 환경복원업 - 유해인자 작업환경측정 현황



[그림 III-5] (대)업종별;보건, 사회복지업, 전문과학서비스업-유해인자 작업환경측정 현황

4) 작업환경측정 노출기준 초과 현황

유해인자별 작업환경측정 노출기준 초과율은 <표 Ⅲ-15>와 같다. 전체 초과율은 2014년 14.1%에서 2021년 10.6%로 감소하였는데, 소음(17.6→14.2%), 분진(1.1→0.3%), 유기화합물(0.7→0.4%) 등은 감소한 반면, 고열은 다소 증가(0.4→1.2%)하였다.

<표 Ⅲ-15> 유해인자별 작업환경측정 실시 사업장 수 및 초과율 (2014-2021)

구 분		실 사업장수	소 음	분 진	유기 화합물	산· 알칼리	금속	허가 물질	고열	금속 가공유	가스상 물질	기타
2014	실시사업장수	60,303	46,846	25,532	28,378	10,129	29,055	346	2,588	11,190	4,302	8,385
	초과사업장수	8,488	8,268	287	186	8	168	1	11	7	2	38
	초과율(%)	(14.1)	(17.6)	(1.1)	(0.7)	(0.1)	(0.6)	(0.3)	(0.4)	(0.1)	(0)	(0.5)
2015	실시사업장수	60,407	46,816	26,513	28,731	10,749	30,683	394	2,673	11,336	4,573	8,525
	초과사업장수	8,327	8,150	243	133	3	117	0	14	3	6	27
	초과율(%)	(13.8)	(17.4)	(0.9)	(0.5)	(0)	(0.4)	(0)	(0.5)	(0)	(0.1)	(0.3)
2016	실시사업장수	65,020	50,056	28,601	30,978	11,771	34,758	413	2,915	13,103	5,024	9,692
	초과사업장수	8,591	8,340	231	207	4	122	1	27	17	7	36
	초과율(%)	(13.2)	(16.7)	(0.8)	(0.7)	(0)	(0.4)	(0.2)	(0.9)	(0.1)	(0.1)	(0.4)
2017	실시사업장수	65,982	50,605	30,639	31,994	12,639	37,110	465	3,162	13,126	5,479	11,479
	초과사업장수	8,656	8,325	245	271	4	108	2	31	7	6	50
	초과율(%)	(13.1)	(16.5)	(0.8)	(0.8)	(0.03)	(0.3)	(0.4)	(1)	(0.1)	(0.1)	(0.4)
2018	실시사업장수	71,143	53,574	33,413	33,332	13,051	40,566	472	3,487	14,981	5,936	12,290
	초과사업장수	8,119	7,852	146	208	4	62	1	64	6	4	37
	초과율(%)	(11.4)	(14.7)	(0.4)	(0.6)	(0.1)	(0.2)	(0.2)	(1.8)	(0.1)	(0.1)	(0.3)
2019	실시사업장수	75,001	55,714	36,205	34,915	13,585	43,263	468	3,793	15,764	6,491	13,668
	초과사업장수	8,137	7,850	162	220	3	63	0	43	11	5	40
	초과율(%)	(10.8)	(14.1)	(0.4)	(0.6)	(0.0)	(0.1)	(0.0)	(1.1)	(0.1)	(0.1)	(0.3)
2020	실시사업장수	75,468	55,366	36,978	34,869	13,770	43,975	471	3,818	15,977	7,170	14,971
	초과사업장수	8,400	8,184	160	163	1	48	1	38	4	3	36
	초과율(%)	(11.1)	(14.8)	(0.4)	(0.5)	(0.0)	(0.1)	(0.2)	(1.0)	(0.0)	(0.0)	(0.2)
2021	실시사업장수	75,377	54,780	37,444	34,797	14,023	44,101	471	3,874	15,553	7,358	16,167
	초과사업장수	7,978	7,785	130	142	4	46	-	48	6	6	42
	초과율(%)	(10.6)	(14.2)	(0.3)	(0.4)	(0.0)	(0.1)	(0.0)	(1.2)	(0.0)	(0.1)	(0.3)

2. 특별관리물질 고위험 업종 분석 결과

국내 특별관리물질 37종에 대한 측정 시료수(2018~2022년), 검출 시료수 및 불검출(%) 등은 표 III-16과 같다. 측정이 가장 많이 보고된 물질은 불용성 니켈 (n=257,895)이었으며, 다음으로 황산 (n=216,359), 납 및 그 무기화합물 (n=156,720), 불용성 6가크롬 (n=136,250), 포름알데히드 (n=130,122), 수용성 6가크롬 (n=71,458), 페놀 (n=56,298), 디메틸포름아미드 (n=48,342), 벤젠 (n=45,829), 2-에톡시에틸아세테이트 (n=45,739), 2-에톡시에탄올 (n=33,412), 산화에틸렌 (n=27,182), 트리클로로에틸렌 (n=21,719) 등 순으로 많았다. 반면, 프로필렌이민은 최근 5년간 측정이 한번도 이루어지지 않았고, 에틸렌이민, 2,3-에폭시-1-프로판올과 1,2,3-트리클로로프로판, 황산디메틸은 측정 시료 전체가 불검출이었다.

불검출률이 가장 낮은 물질은 포름알데히드(31.2%)이었으며, 황산(51.6%), 불용성 니켈(54.8%), 트리클로로에틸렌(64.4%), 삼산화안티몬(64.7%), 납 및 그 무기화합물(66.1%), 수용성 6가 크롬(68.1%), 1-브로모프로판(68.8%), 카드뮴 및 그 화합물(74.1%), 불용성 6가 크롬(78.3%), 스토타드용제(80.5%), 1,2-디클로로프로판(80.7%), 산화에틸렌(81.2%), 디메틸포름아미드(86.9%), 퍼클로로에틸렌(89.4%) 등 순이었다. 연구대상 특별관리물질 37종 중 22종의 불검출률이 90% 이상이었다.

노출기준 초과율은 트리클로로에틸렌 0.769% (n=167)로 가장 높았고, 1,2-디클로로프로판 0.411% (n=28), 디니트로톨루엔 0.224% (n=1), 퍼클로로에틸렌 0.217% (n=17), 에피클로로하이드린 0.132% (n=11), 산화에틸렌 0.132% (n=36), 2-에톡시에탄올 0.1% (n=12), 1-브로모프로판 0.094% (n=12), 디메틸포름아미드 0.058% (n=28), 벤젠 0.033% (n=15), 납 및 그 무기화합물 0.031% (n=48) 등 순이었다.

전체시료의 분포로 산출한 95% 상위농도($X_{0.95}$)를 노출기준과 비교하여 살펴보면, 포름알데히드가 4등급(노출기준 초과), 트리클로로에틸렌과 황산은 3등급(노출기준의 50~100% 사이), 1-브로모프로판, 2-브로모프로판은 2등급(노출기준의 10%~50% 사이)이었고, 디니트로톨루엔, 1,2-디클로로프로판, 1,2-에폭시프로판, 에피클로로하이드란, 카드뮴 및 그 화합물, 수용성 6가크롬, 납 및 그 무기화합물, 불용성 니켈은 1등급(노출기준의 1%~10% 사이)이며, 나머지 특별관리물질은 0등급 수준이었다(표 III-17).

특별관리물질별 산술평균을 노출기준 대비 비율로 살펴보면 트리클로로에틸렌이 노출기준의 9.27% (0.927 ppm) 수준으로 가장 높았고, 포름알데히드 4.78%(0.01437 ppm), 1,2-디클로로프로판 4.58% (0.458 ppm), 1-브로모프로판 4.17% (1.042 ppm), 황산 2.91% (0.00583 ppm) 등 순이었다. 기하평균은 에피크로로하이드린 를 제외하고(노출기준의 1.2%), 모두 노출기준의 1% 미만 수준으로 매우 낮았다. 95% 상위값은 포름알데히드가 노출기준(0.3 ppm)을 초과하는 수준이었고, 트리클로로에틸렌, 황산이 노출기준의 50~100% 사이인 농도수준이었다(표 III-17).

세세업종별로 작업환경측정 건수가 가장 많은 업종은 도급업(n=45,964), 종합병원(n=44,010), 일반병원(n=43,479), 자동차 종합 수리업(n=39,066), 강선 건조업(n=36,725), 선박 구성 부분품 제조업(n=36,171), 합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업(n=33,995), 완제 의약품 제조업(n=32,323), 그 외 기타 전자 부품 제조업(n=31,325), 기타 선박 건조업(n=30,414), 그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업(n=28,386), 그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업(n=25,523), 석유화학계 기초 화학 물질 제조업(n=25,512), 그 외 자동차용 신품 부품 제조업(n=23,050), 열간 압연 및 압출제품 제조업(n=20,382)등 순이었다(표 III-18).

〈표 III-16〉 최근 5년간(2018-2022) 특별관리물질별 측정 시료수, 업종수 및 불검출 현황

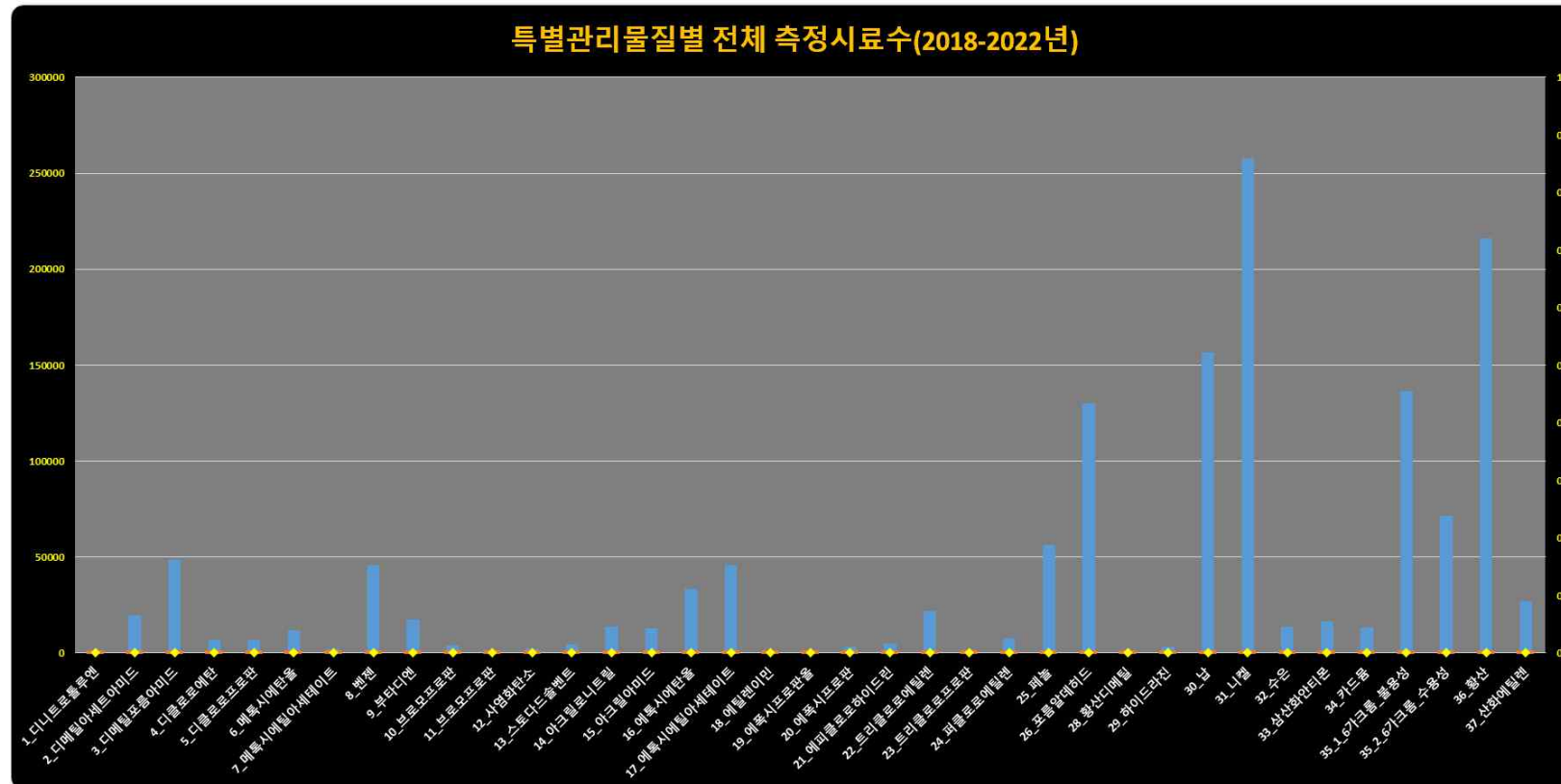
연번	구분	물질한글명	영문명	CAS No	측정 업종수	시료수	검출 시료수	불검출률 (%)	노출기준 초과 시료수	노출기준 초과율(%)	노출기준	측정DB 최소값	OSHA LOD	단위
1	유기화합물	디니트로톨루엔	Dinitrotoluene	25321-14-6	21	443	5	98.9	0	0	0.2	0.0024	0.02	mg/m ³
2	유기화합물	N,N-디메틸아세트아미드	N,N-Dimethylacetamide	127-19-5	175	19,565	1,776	90.9	2	0.010	10	0.0001	—	ppm
3	유기화합물	디메틸포름아미드	Dimethylformamide	68-12-2	312	48,342	6,319	86.9	28	0.058	10	0.00004	0.02	ppm
4	유기화합물	1,2-디클로로에탄	1,2-Dichloroethane	107-06-2	129	6,834	285	95.8	0	0	10	0.0213	0.05	ppm
5	유기화합물	1,2-디클로로프로판	1,4-Dichloropropane	78-87-5	300	6,815	1,312	80.7	28	0.411	75	0.0001	—	ppm
6	유기화합물	2-메톡시에탄올	2-Methoxyethanol: 에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, EGME	109-86-4	175	12,021	361	97.0	12	0.100	5	0.0026	0.1	ppm
7	유기화합물	3-메톡시에틸 아세테이트	3-Methoxyethyl acetate	110-49-6	82	2,461	221	91.0	0	0	5	0.0056	0.01	ppm
8	유기화합물	벤젠	Benzene	71-43-2	348	45,829	2,571	94.4	15	0.033	0.5	0.000094	—	ppm
9	유기화합물	1,3-부타디엔	1,3-Butadiene	106-99-0	151	17,189	1,074	93.8	4	0.023	2	0.00001	0.09	ppm
10	유기화합물	1-브로모프로판	1-Bromopropane	106-94-5	147	4,271	1,332	68.8	4	0.094	25	0.001	0.00116	ppm
11	유기화합물	2-브로모프로판	2-Bromopropane	75-26-3	32	414	3	99.3	0	0	1	0.2491	0.00183	ppm
12	유기화합물	사염화탄소	Carbon tetrachloride	56-23-5	82	2,093	27	98.7	0	0	5	0.0002	—	ppm
13	유기화합물	스토다드 용제	Stoddard solvent	8052-41-3	104	4,448	866	80.5	0	0	100	0.0001	—	ppm
14	유기화합물	아크릴로니트릴	Acrylonitrile	107-13-1	166	13,696	441	96.8	2	0.015	2	0.0001	0.01	ppm
15	유기화합물	아크릴아미드	Acrylamide	79-06-1	134	12,844	451	96.5	2	0.016	0.03	0.000001	0.00125	mg/m ³
16	유기화합물	2-에톡시에탄올	2-Ethoxy ethanol, EGEE	110-80-5	314	33,412	2,855	91.5	9	0.027	5	0.00001	0.02	ppm
17	유기화합물	2-에톡시에틸아세테이트	2-Ethoxyethylacetate, EGEEA	111-15-9	347	45,739	3,407	92.6	3	0.007	5	0.00004	0.01	ppm
18	유기화합물	에틸렌아민	Ethyleneimine	151-56-4	1	4	0	100.0	—	—	0.5	—	—	ppm
19	유기화합물	2,3-에폭시-1-프로판올	2,3-Epoxy-1-propanol	556-52-5	13	188	0	100.0	—	—	2	—	—	ppm

연번	구분	물질한글명	영문명	CAS No	측정 업종수	시료수	검출 시료수	불검출률 (%)	노출기준 초과 시료수	노출기준 초과율(%)	노출기준	측정DB 최소값	OSHA LOD	단위
20	유기화합물	1,2-에폭시프로판	1,2-Epoxypropane	75-56-9	61	3,222	196	93.9	0	0	2	0.0107	0.035	ppm
21	유기화합물	에피클로로하이드린	Epichlorohydrin	106-89-8	85	5,108	121	97.6	11	0.215	0.5	0.0127	-	ppm
22	유기화합물	트리클로로에틸렌	Trichloroethylene	79-01-6	391	21,719	7,723	64.4	167	0.769	10	0.0001	-	ppm
23	유기화합물	1,2,3-트리클로로프로판	1,2,3-Trichloropropane	96-18-4	16	290	0	100.0	-	-	10	-	-	ppm
24	유기화합물	퍼클로로에틸렌	Perchloroethylene	127-18-4	199	7,824	833	89.4	17	0.217	25	0.0001	-	ppm
25	유기화합물	페놀	Phenol	108-95-2	411	56,298	2,824	95.0	0	0.000	5	0.00001	0.01	ppm
26	유기화합물	포름알데히드	Formaldehyde	50-00-0	444	130,122	89,482	31.2	14	0.011	0.3	0.0000002	0.016	ppm
27	유기화합물	프로필렌이민	Propyleneimine	75-55-8	0	0	0	-	-	-	2	-	-	ppm
28	유기화합물	황산디메틸	Dimethylsulfate	77-78-1	30	1,177	0	100.0	-	-	0.1		0.05	ppm
29	유기화합물	히드라진	Hydrazine	302-01-2	84	3,159	85	97.3	0	0	0.05	0.000001	0.058	ppm
30	금속류	납 및 그 무기화합물	(Lead and inorganic compounds, as Pb)	7439-92-1	555	156,720	53,100	66.1	48	0.031	0.05	0.00000002	0.000024	mg/m ³
31	금속류	불용성 니켈	Nickel and inorganic compounds,, as Ni	7440-02-0, 13463-39-3	658	257,895	116,610	54.8	63	0.024	0.2	0.0000001	-	mg/m ³
32	금속류	수은 및 그 화합물	Mercury and its compounds, as Hg(Alkyl, Aryl, Element and inorganic forms)	7439-97-6	170	13,509	692	94.9	0	0	0.025	0.00000002	0.002	mg/m ³
33	금속류	삼산화안티몬	Antimony and its compounds, as Sb	1309-64-4	214	16,250	5,742	64.7	0	0	0.5	0.00000003	-	mg/m ³
34	금속류	카드뮴 및 그 화합물	Cadmium and compounds, Cd	7440-43-9	197	13,130	3,362	74.4	1	0.007	0.01	0.0000001	0.00569	mg/m ³
35-1	금속류	6가크롬 화합물(불용성)	Cr VI compounds,	18540-29-9	624	136,250	29,587	78.3	8	0.006	0.01	0.00000002	-	mg/m ³
35-2	금속류	6가크롬 화합물(수용성)	Cr VI compounds, water soluble	18540-29-9	510	71,458	22,815	68.1	2	0.003	0.05	0.00000002	-	mg/m ³
36	산 및 알칼리류	황산	Sulfuric acid	7664-93-9	612	216,359	104,824	51.6	4	0.002	0.2	0.000001	-	mg/m ³
37	가스 상태 물질류	산화에틸렌	Ethylene oxide	75-21-8	109	27,182	5,122	81.2	36	0.132	1	0.000002	-	mg/m ³

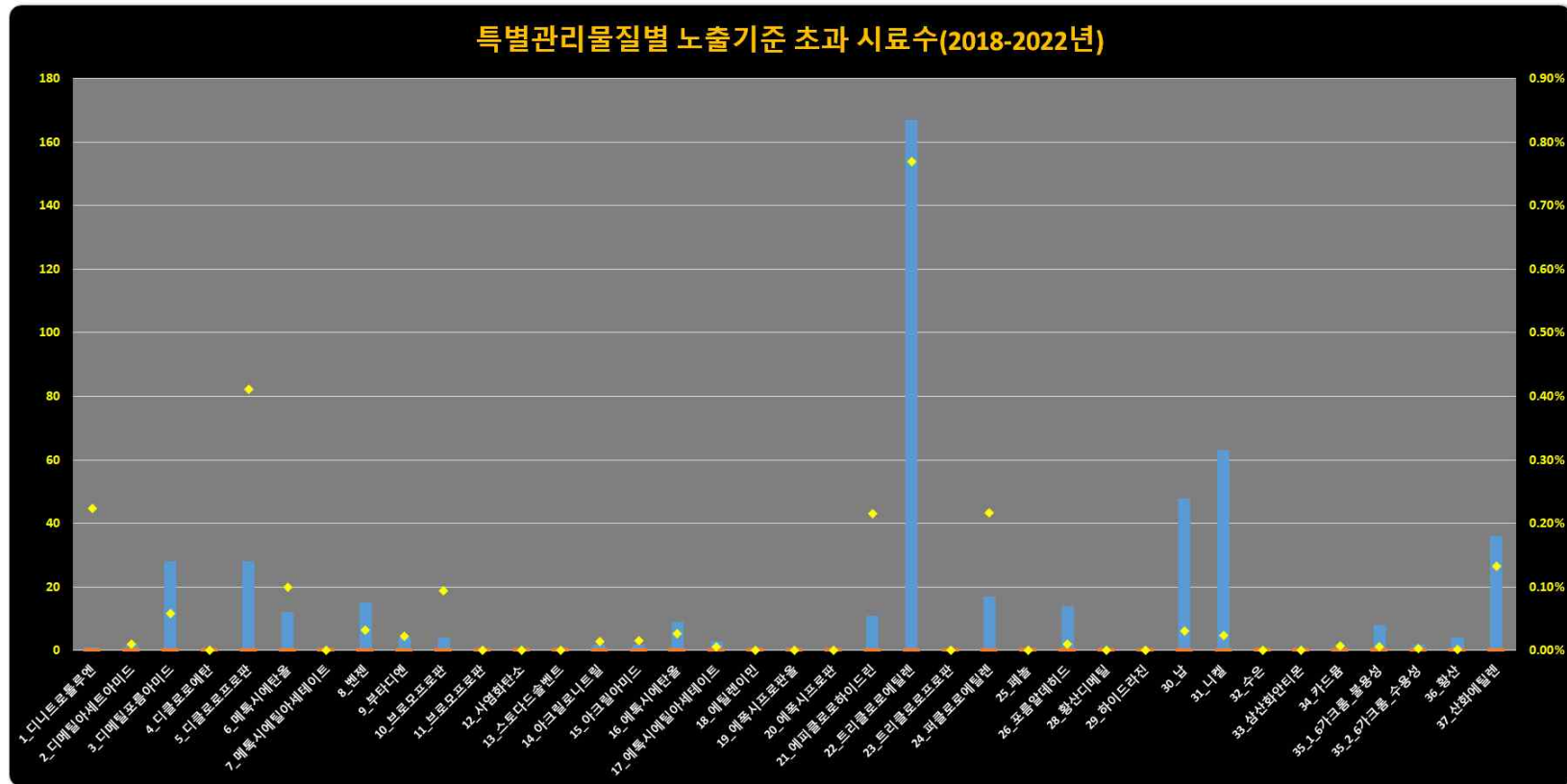
〈표 III-17〉 최근 5년간(2018-2022) 특별관리물질별 평균, 최소, 최대농도 수준

연번	구분	물질한글명	시료수	검출 시료수	불검출률 (%)	산술평균	표준편차	중위수	기하평균	기하 표준편차	최소값	최대값	X0.95	위험등급	노출기준	단위
1	유기화합물	디니트로톨루엔	443	5	98.9	0.00249	0.02592	0.00120	0.00124	1.4	0.00120	0.54900	0.00215	1	0.2	mg/m ³
2	유기화합물	N,N-디메틸아세트아미드	19,565	1,776	90.9	0.10625	0.51440	0.00005	0.00012	15.5	0.00005	10.77398	0.01066	0	10	ppm
3	유기화합물	디메틸포름아미드	48,342	6,319	86.9	0.18365	0.79028	0.00002	0.00008	35.1	0.00002	27.77842	0.02727	0	10	ppm
4	유기화합물	1,2-디클로로에탄	6,834	285	95.8	0.05675	0.32892	0.01065	0.01262	2.3	0.01065	5.79425	0.05096	0	10	ppm
5	유기화합물	1,2-디클로로프로판	6,815	1,312	80.7	0.45885	2.67850	0.00005	0.00033	50.7	0.00005	100.16380	0.21101	1	10	ppm
6	유기화합물	2-메톡시에탄올	12,021	361	97.0	0.03574	0.59104	0.00130	0.00155	2.8	0.00130	44.98410	0.00847	0	5	ppm
7	유기화합물	3-메톡시에틸 아세테이트	2,461	221	91.0	0.05438	0.20799	0.00280	0.00441	4.3	0.00280	2.97510	0.04913	0	5	ppm
8	유기화합물	벤젠	45,829	2,571	94.4	0.00523	0.03893	0.00005	0.00007	5.1	0.00005	3.22340	0.00100	0	0.5	ppm
9	유기화합물	1,3-부타디엔	17,189	1,074	93.8	0.01383	0.10483	0.00001	0.00001	10.3	0.00001	4.79370	0.00042	0	2	ppm
10	유기화합물	1-브로모프로판	4,271	1,332	68.8	1.04247	3.68940	0.00050	0.00602	44.0	0.00050	120.79130	3.03747	2	25	ppm
11	유기화합물	2-브로모프로판	414	3	99.3	0.00371	0.03391	0.00092	0.00096	1.7	0.00092	0.48910	0.00221	0	1	ppm
12	유기화합물	사염화탄소	2,093	27	98.7	0.00642	0.06890	0.00010	0.00011	2.5	0.00010	1.50980	0.00051	0	5	ppm
13	유기화합물	스토나드 용제	4,448	866	80.5	1.52684	4.63970	0.00005	0.00045	91.5	0.00005	57.70740	0.75732	0	100	ppm
14	유기화합물	아크릴로니트릴	13,696	441	96.8	0.01178	0.09130	0.00005	0.00007	4.4	0.00005	3.29890	0.00076	0	2	ppm
15	유기화합물	아크릴아미드	12,844	451	96.5	0.00011	0.00122	0.0000005	0.00000065	4.2	0.0000005	0.07630	0.00001	0	0.03	mg/m ³
16	유기화합물	2-에톡시에탄올	33,412	2,855	91.5	0.06447	0.36058	0.00001	0.00001	24.2	0.00001	25.11380	0.00248	0	5	ppm
17	유기화합물	2-에톡시에틸아세테이트	45,739	3,407	92.6	0.03591	0.20079	0.00002	0.00004	11.9	0.00002	5.49639	0.00236	0	5	ppm
18	유기화합물	에틸렌이민	4	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	ppm
19	유기화합물	2,3-에폭시-1-프로판올	188	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	ppm

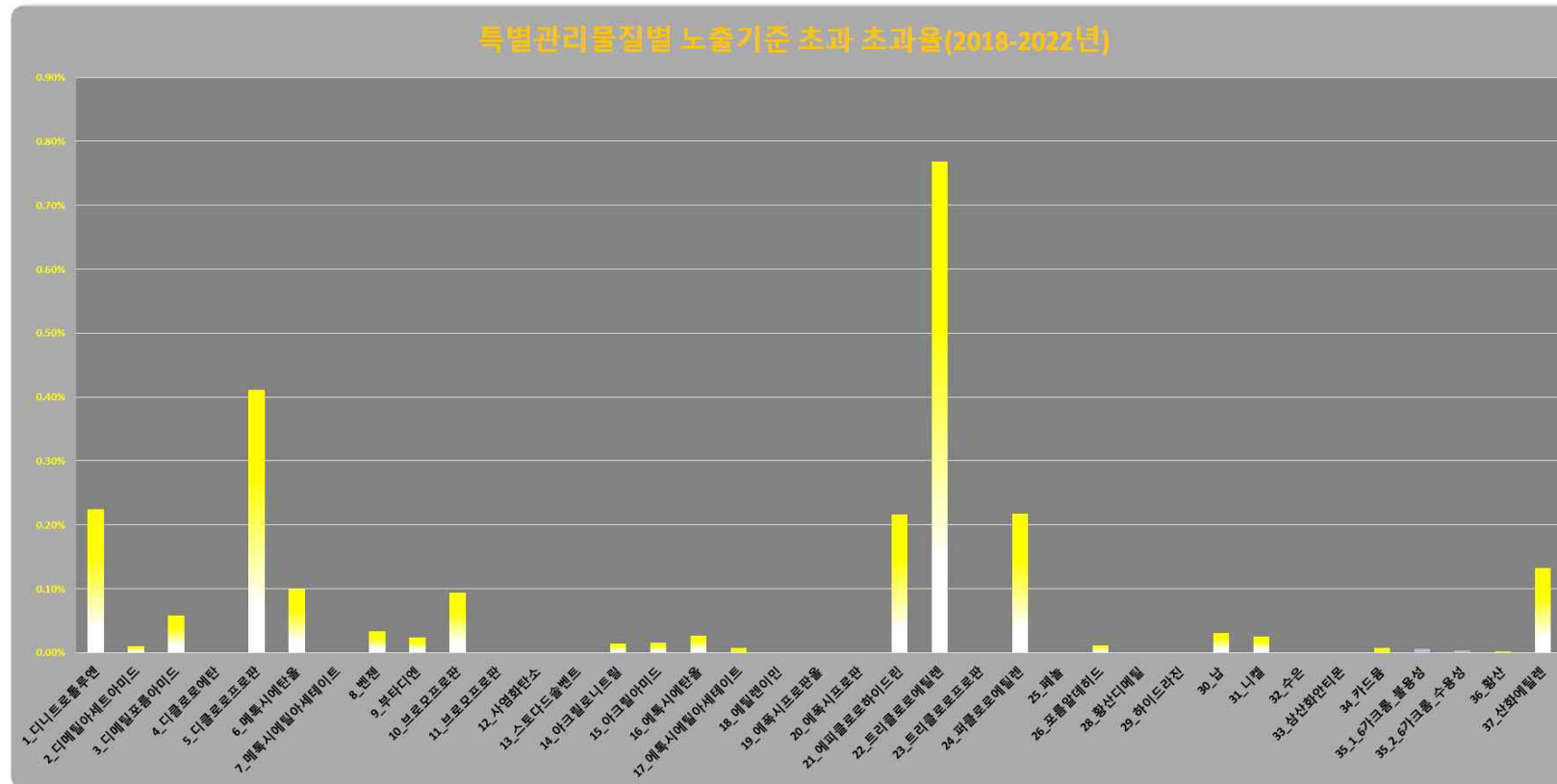
연번	구분	물질한글명	시료수	검출 시료수	불검출률 (%)	산술평균	표준편차	중위수	기하평균	기하 표준편차	최소값	최대값	X0.95	위험등급	노출기준	단위
20	유기화합물	1,2-에폭시프로판	3,222	196	93.9	0.02778	0.11001	0.00535	0.00678	2.6	0.00535	1.28480	0.03286	1	2	ppm
21	유기화합물	에피클로로하이드린	5,108	121	97.6	0.01186	0.11703	0.00635	0.00680	1.6	0.00635	7.68170	0.01469	1	0.5	ppm
22	유기화합물	트리클로로에틸렌	21,719	7,723	64.4%	0.92731	3.25738	0.00005	0.00184	137.0	0.00005	176.62272	6.02332	3	10	ppm
23	유기화합물	1,2,3-트리클로로프로판	290	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	ppm
24	유기화합물	퍼클로로에틸렌	7,824	833	89.4	0.46728	3.18303	0.00005	0.00015	24.2	0.00005	128.56991	0.02788	0	25	ppm
25	유기화합물	페놀	56,298	2,824	95.0	0.01148	0.09670	0.00001	0.00001	7.6	0.00001	2.85471	0.00022	0	5	ppm
26	유기화합물	포름알데히드	130,122	89,482	31.2	0.01437	0.02503	0.00520	0.00027	234.7	0.00000	1.15500	2.13277	4	0.3	ppm
27	유기화합물	프로필렌이민	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	ppm
28	유기화합물	황산디메틸	1,177	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	ppm
29	유기화합물	히드라진	3,159	85	97.3	0.00012	0.00128	0.0000005	0.00000062	3.7	0.0000005	0.03130	0.00001	0	0.05	ppm
30	금속류	납 및 그 무기화합물	156,720	53,100	66.1	0.00100	0.00369	0.00000001	0.00000045	224.1	0.00000001	0.16640	0.00329	1	0.05	mg/m ³
31	금속류	불용성 니켈	257,895	116,610	54.8	0.00137	0.01225	0.00000005	0.00000346	120.6	0.00000005	2.69410	0.00919	1	0.2	mg/m ³
32	금속류	수은 및 그 화합물	13,509	692	94.9	0.00005	0.00052	0.0000001	0.00000014	5.3	0.0000001	0.01560	0.00000	0	0.025	mg/m ³
33	금속류	삼산화 안티몬	16,250	5,742	64.7	0.00230	0.01292	0.00000015	0.00000286	68.2	0.00000015	0.43530	0.00297	0	0.5	mg/m ³
34	금속류	카드뮴 및 그 화합물	14,676	3,808	74.1	0.00010	0.00083	0.00000005	0.00000036	31.5	0.00000005	0.08130	0.00011	1	0.01	mg/m ³
35-1	금속류	6가크롬 화합물(불용성)	136,250	29,587	78.3	0.00012	0.00046	0.00000001	0.00000009	66.8	0.00000001	0.03360	0.00009	0	0.01	mg/m ³
35-2	금속류	6가크롬 화합물(수용성)	71,458	22,815	68.1	0.00034	0.00171	0.00000005	0.00000083	66.1	0.00000005	0.14450	0.00082	1	0.05	mg/m ³
36	산 및 알칼리류	황산	216,359	104,824	51.6	0.00583	0.01309	0.0000005	0.00004367	113.0	0.0000005	0.41280	0.10405	3	0.2	mg/m ³
37	가스 상태 물질류	산화에틸렌	27,182	5,122	81.2	0.02566	0.19776	0.000001	0.00000734	68.6	0.000001	14.87310	0.00769	0	1	mg/m ³



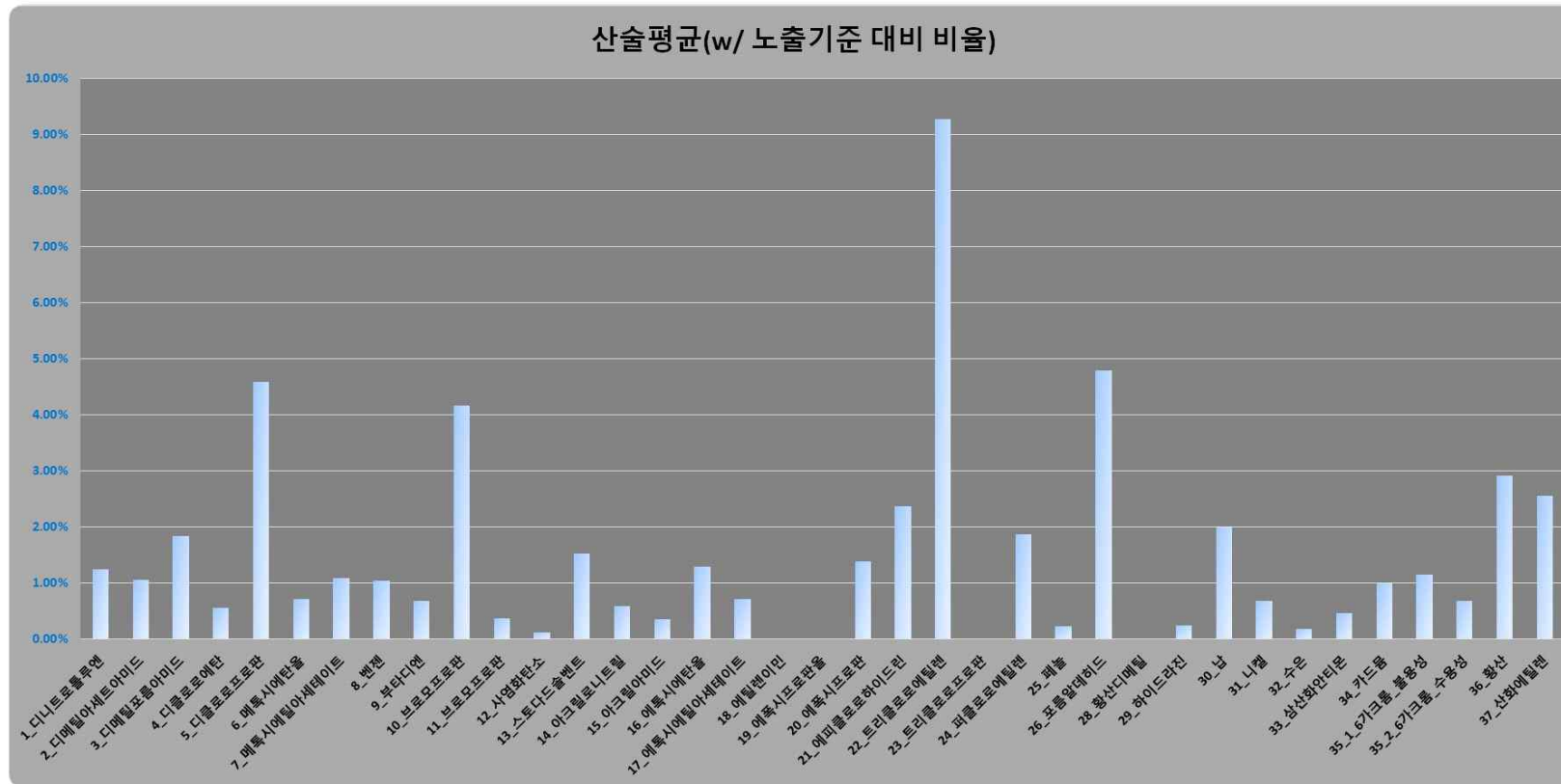
[그림 Ⅲ-6-1] 특별관리물질(연구대상)별 5년간 작업환경측정 현황_시료 수(2018-2022년)



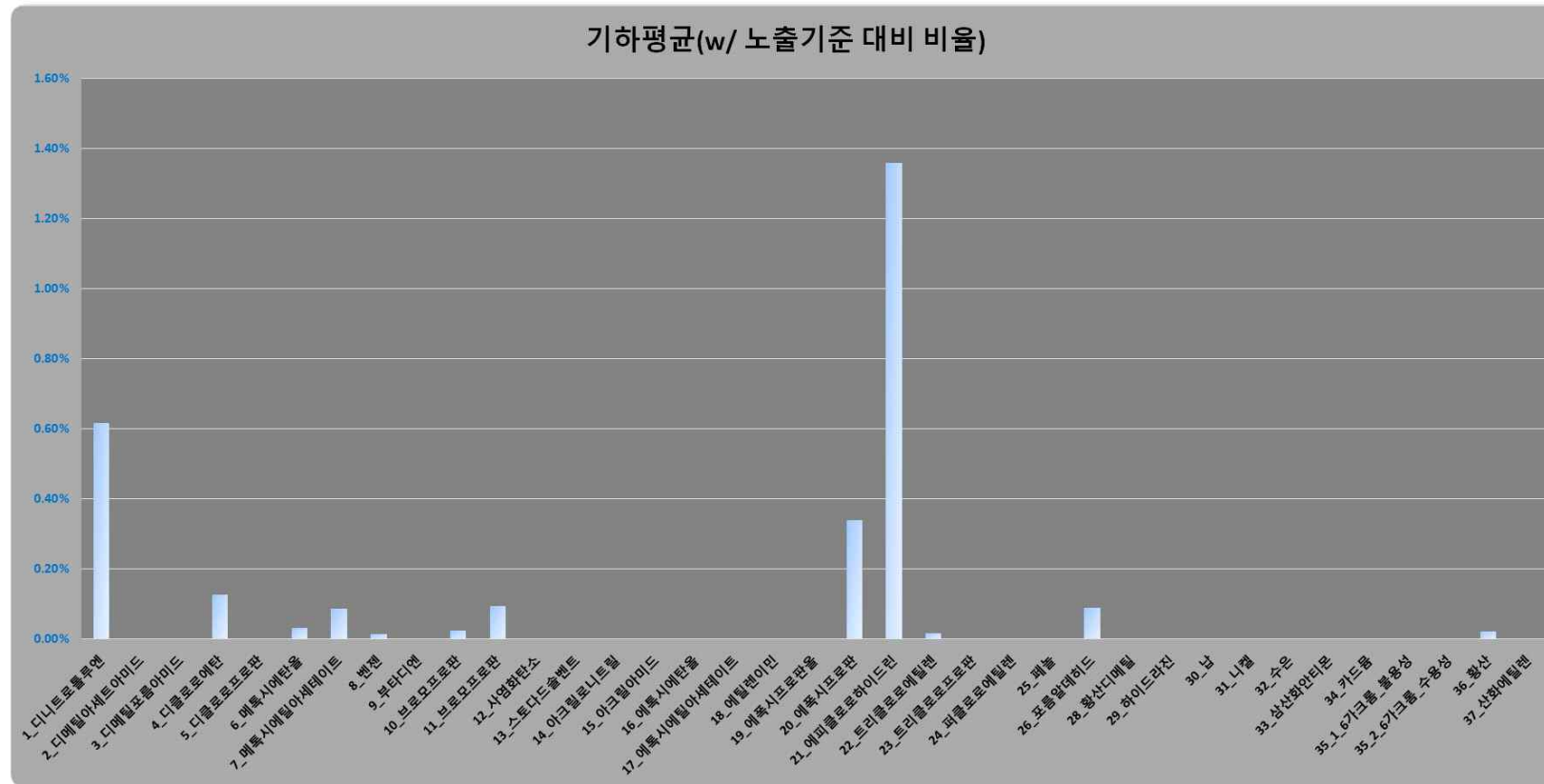
[그림 III-6-2] 특별관리물질(연구대상)별 5년간 작업환경측정 현황_노출기준초과 시료수(2018-2022년)



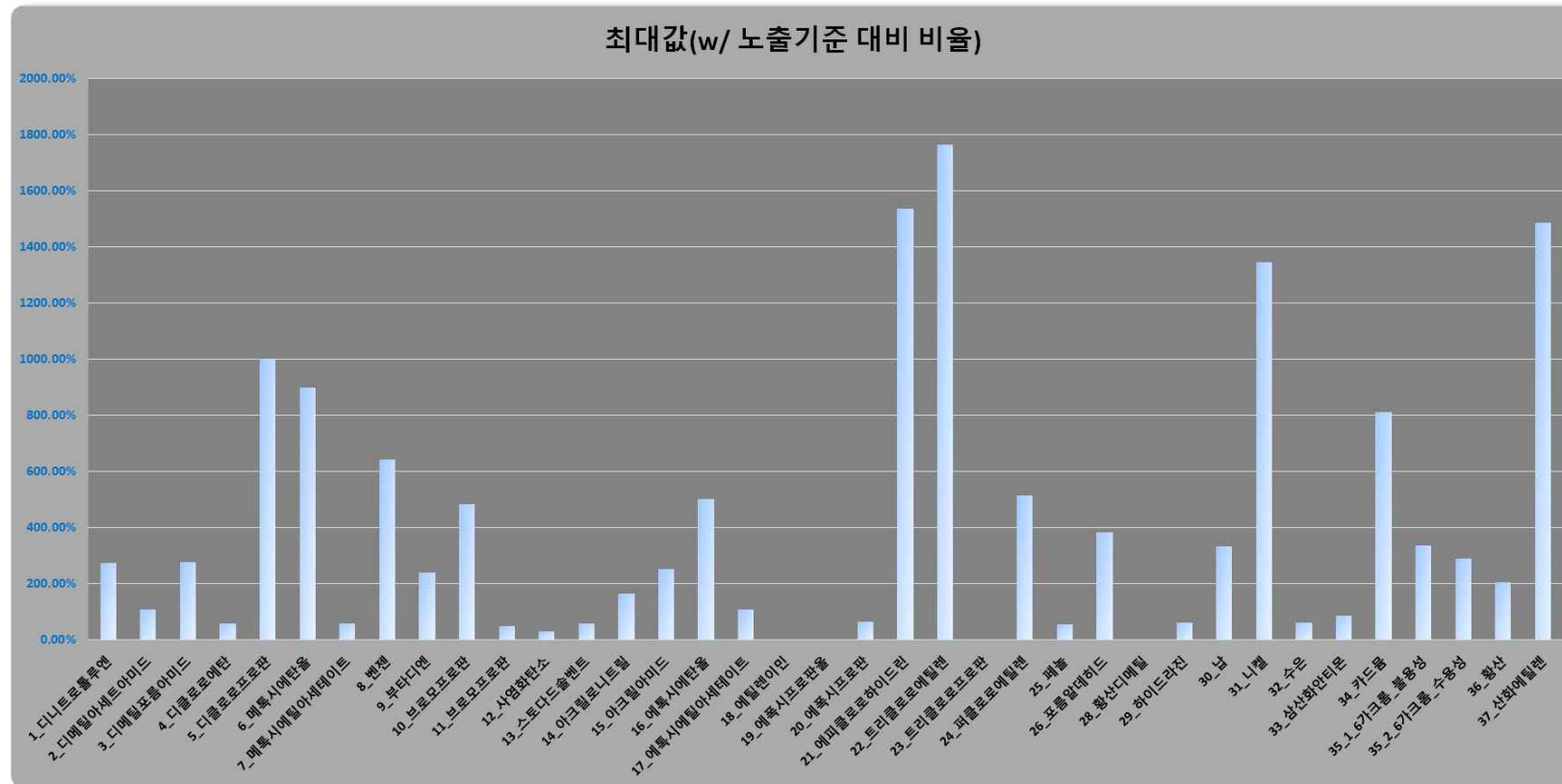
[그림 III-6-3] 특별관리물질(연구대상)별 5년간 작업환경측정 현황_노출기준 초과율(2018-2022년)



[그림 Ⅲ-6-4] 특별관리물질(연구대상)별 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 현황_산술평균(노출기준 대비 비율)



[그림 III-6-5] 특별관리물질(연구대상)별 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 현황_기하평균(노출기준 대비 비율)



[그림 Ⅲ-6-6] 특별관리물질(연구대상)별 5년간(2018-2022년) 작업환경측정 현황_최대값(노출기준 대비 비율)

〈표 III-18-1〉 업종별 특별관리물질 평가 시료수 상위(Top 15)_전체

세세업종	업종코드	물질명	불용성 니켈	황산	납	6가크롬- 불용성	포름 알데히드	6가크롬- 수용성	페놀	디메틸포름 아미드	벤젠	에톡시에틸 아세테이트	에톡시 에탄올	산화 에틸렌	트리클로로 에틸렌	디메틸아세 트아미드	부타디엔
전체시료수		257,895	216,359	156,720	136,250	130,122	71,458	56,298	48,342	45,829	45,739	33,412	27,182	21,719	19,565	17,189	
도금업	25922	45,964	1,456	23,850	647	654	864	14,401	140	39		329	183		1,888	1	20
종합병원	86101	44,010	634	1,416	1,116	458	28,994	396	2,635	323	132	119	102	5,061	170	95	34
일반병원	86102	43,479	260	879	388	128	26,702	84	1,512	378	158	88	108	11,418	137	82	14
자동차 종합 수리업	95211	39,066	223	6	949	295	58	90	6		65	16,947	12,417	16	1,002		
강선 건조업	31111	36,725	21,512	110	10,119	2,850	130	1,505	311		20	44	9		20		
선박 구성 부품품 제조업	31114	36,171	20,976	283	6,660	6,527	92	897	177		57	33	188		62		2
합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	33,995	2,106	4,019	1,354	1,355	2,368	341	2,550	3,256	2,185	438	415	637	200	650	3,070
완제 의약품 제조업	21210	32,323	541	7,707	1,461	369	2,818	701	2,503	4,968	2,424		441	511	984	2,538	51
그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	31,325	3,182	8,699	7,682	993	1,716	998	705	455	207	705	516	24	1,783	595	145
기타 선박 건조업	31113	30,414	9,815	18	18,778	1,339		385	15		1	45			3		
그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	28,386	1,825	8,309	822	936	2,018	829	997	2,316	1,289	359	655	185	144	1,089	405
그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	25,523	11,714	554	1,142	7,826	105	2,646	193	52	102	231	143		240	30	102
석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	25,512	1,732	4,376	283	847	692	352	1,234	1,482	5,931	62	40	889	177	92	3,588
그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	23,050	6,113	1,435	3,228	4,430	1,172	984	1,742	164	247	915	496		725	46	47
열간 압연 및 압출제품 제조업	24121	20,732	5,953	488	7,817	1,323	149	1,579	29	16	191	14	9		21		

〈표-18-2〉 업종별 특별관리물질 평가 시료수 상위(Top 15)_유기화합물

세세업종	업종코드	물질명	포름 알데히드	페놀	디메틸포름 아미드	벤젠	에톡시에틸 아세테이트	에톡시 에탄올	트리클로로 에틸렌	디메틸아세 트아미드	부타디엔	아크릴로 니트릴	아크릴 아미드	메톡시 에탄올	페클로로 에틸렌	디클로로 에탄	디클로로 프로판
		전체시료수	130,122	56,298	48,342	45,829	45,739	33,412	21,719	19,565	17,189	13,696	12,844	12,021	7,824	6,834	6,815
자동차 종합 수리업	95211	37,438	58	6		65	16,947	12,417	1,002			3	1	2,985	94	3	10
종합병원	86101	33,976	28,994	2,635	323	132	119	102	170	95	34	57	733	91	93	19	16
일반병원	86102	29,991	26,702	1,512	378	158	88	108	137	82	14	63	209	95	96	42	8
합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	21,790	2,368	2,550	3,256	2,185	438	415	200	650	3,070	2,976	345	731	315	1,087	98
완제 의약품 제조업	21210	19,667	2,818	2,503	4,968	2,424		441	984	2,538	51	61	430	654	49	914	6
식유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	16,575	692	1,234	1,482	5,931	62	40	177	92	3,588	215	165	250	629	894	33
그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	14,366	2,018	997	2,316	1,289	359	655	144	1,089	405	1,098	1,026	621	136	526	87
원유 정제처리업	19210	12,501	119	631	171	8,535	30	12	555		739	2		12	1,031		6
일반용 도로 및 관련제품 제조업	20411	11,738	2,093	1,135	630	808	2,745	2,213	52	129		276	404	627	55		3
그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	8,781	1,716	705	455	207	705	516	1,783	595	145	131	16	301	158	27	411
기타 공학 연구개발업	70129	8,355	1,468	1,023	1,965	626	27	220	83	705	47	140	613	450	65	206	6
의약품 화합물 및 항생물질 제조업	21101	8,235	855	468	3,201	771		23	132	1,837		22	65	38	12	328	
계면활성제 제조업	20421	8,215	1,673	1,402	453	312	624	925	28	254	10	414	778	83	8	64	16
의학 및 약학 연구개발업	70113	7,147	1,991	918	1,643	323	20	21	34	521		15	829	122		93	2
자동차 전문 수리업	95212	6,861	37			35	3,244	2,601	241					551	34	1	2

〈표-18-3〉 업종별 특별관리물질 평가 시료수 상위(Top 15)_금속류 등

세세업종	업종코드	물질명	불용성 니켈	황산	납	6가크롬- 불용성	6가크롬- 수용성	산화에틸렌	삼산화안티몬	수은	카드뮴
		전체시료수	257,895	216,359	156,720	136,250	71,458	27,182	16,250	13,509	13,130
도금업	25922	41,099	1,456	23,850	647	654	14,401		8		83
강선 건조업	31111	36,096	21,512	110	10,119	2,850	1,505				
선박 구성 부분품 제조업	31114	35,470	20,976	283	6,660	6,527	897		14	22	91
기타 선박 건조업	31113	30,339	9,815	18	18,778	1,339	385		4		
그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	24,025	11,714	554	1,142	7,826	2,646		38	38	67
그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	22,544	3,182	8,699	7,682	993	998	24	825	28	113
열간 압연 및 압출제품 제조업	24121	20,263	5,953	488	7,817	1,323	1,579		6	1,026	2,071
그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	16,690	6,113	1,435	3,228	4,430	984		426		74
기타 반도체 소자 제조업	26129	15,692	936	12,709	866	431	336		351	63	
그 외 기타 금속 가공업	25929	15,109	7,307	740	691	4,777	1,512		39		43
그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	14,020	1,825	8,309	822	936	829	185	717	210	187
일반병원	86102	13,488	260	879	388	128	84	11,418	8	47	276
완제 의약품 제조업	21210	12,656	541	7,707	1,461	369	701	511	84	771	511
그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	12,256	3,694	3,720	1,258	2,488	694	29	321	44	8
석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	12,218	5,028	2,851	2,299	1,290	335	192	69	34	120

2) 물질별 고위험 업종 현황

특별관리물질에 대한 한국표준산업분류 세세업종별 전체시료의 분포를 통해 추정된 95% 상위농도($X_{0.95}$)를 노출기준과 비교하여 위험등급을 구분하였다. ($X_{0.95}$)가 노출기준의 1% 미만인 경우 0등급, 10% 미만 1등급, 50% 미만 2등급, 100% 미만 3등급, 노출기준 초과 4등급으로 구분하였다 (표 III-19).

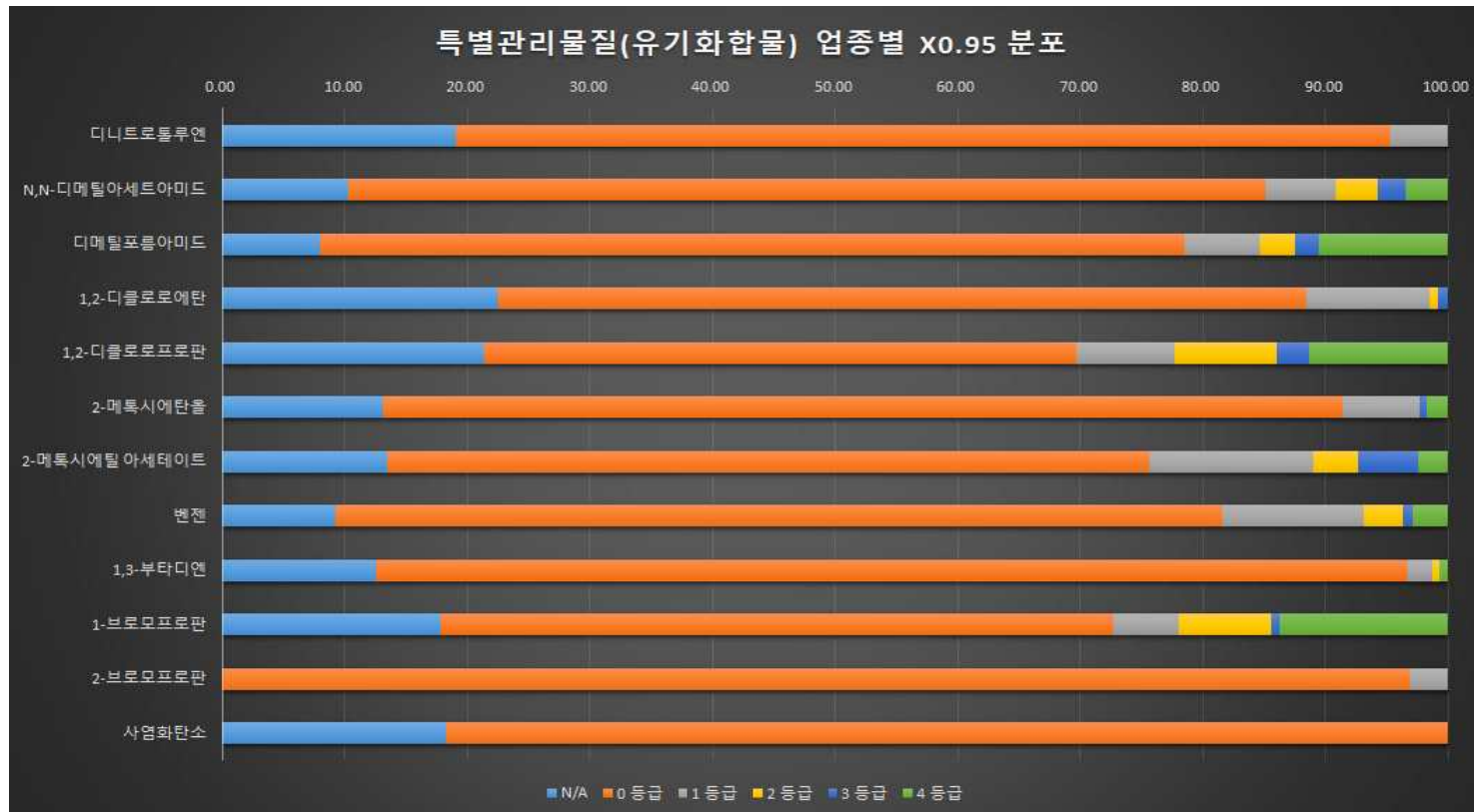
95% 상위농도($X_{0.95}$)가 4등급에 해당하는 업종의 수가 가장 많은 물질은 (그림 III-7), 포름알데히드로 63.7%의 업종이 4등급에 해당하였다. 다음으로 황산이 27.3%, 트리클로로에틸렌이 22.8%, 납 및 그 무기화합물 16%, 1-브로모프로판 13.7%, 디메틸포름아미드 10.6%, 1,2-디클로로프로판 11.3%, 스토타드용제 8.65%, 등 순이었다. 반면, 1,3-부타디엔, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 아크릴아미드, 2-에톡시에탄올, 2-에톡시에틸아세테이트, 페놀, 히드라진은 약 80% 이상이 0등급이었다.

특별관리물질 전체시료 농도 분포를 통해 산출한 95% 상위농도($X_{0.95}$)를 노출기준과 비교하면, 포름알데히드를 평가한 전체 시료의 $X_{0.95}$ 는 4등급(노출기준 이상), 트리클로로에틸렌과 황산은 3등급(노출기준의 50~100% 사이), 1-브로모프로판, 2-브로모프로판은 2등급(노출기준의 10%~50% 사이)이었고, 디니트로톨루엔, 1,2-디클로로프로판, 1,2-에폭시프로판, 에피클로로하이드란, 카드뮴 및 그 화합물, 수용성 6가크롬, 납 및 그 무기화합물, 불용성 니켈은 1등급(노출기준의 1%~10% 사이)이며, 나머지 특별관리물질은 0등급 수준이었다.

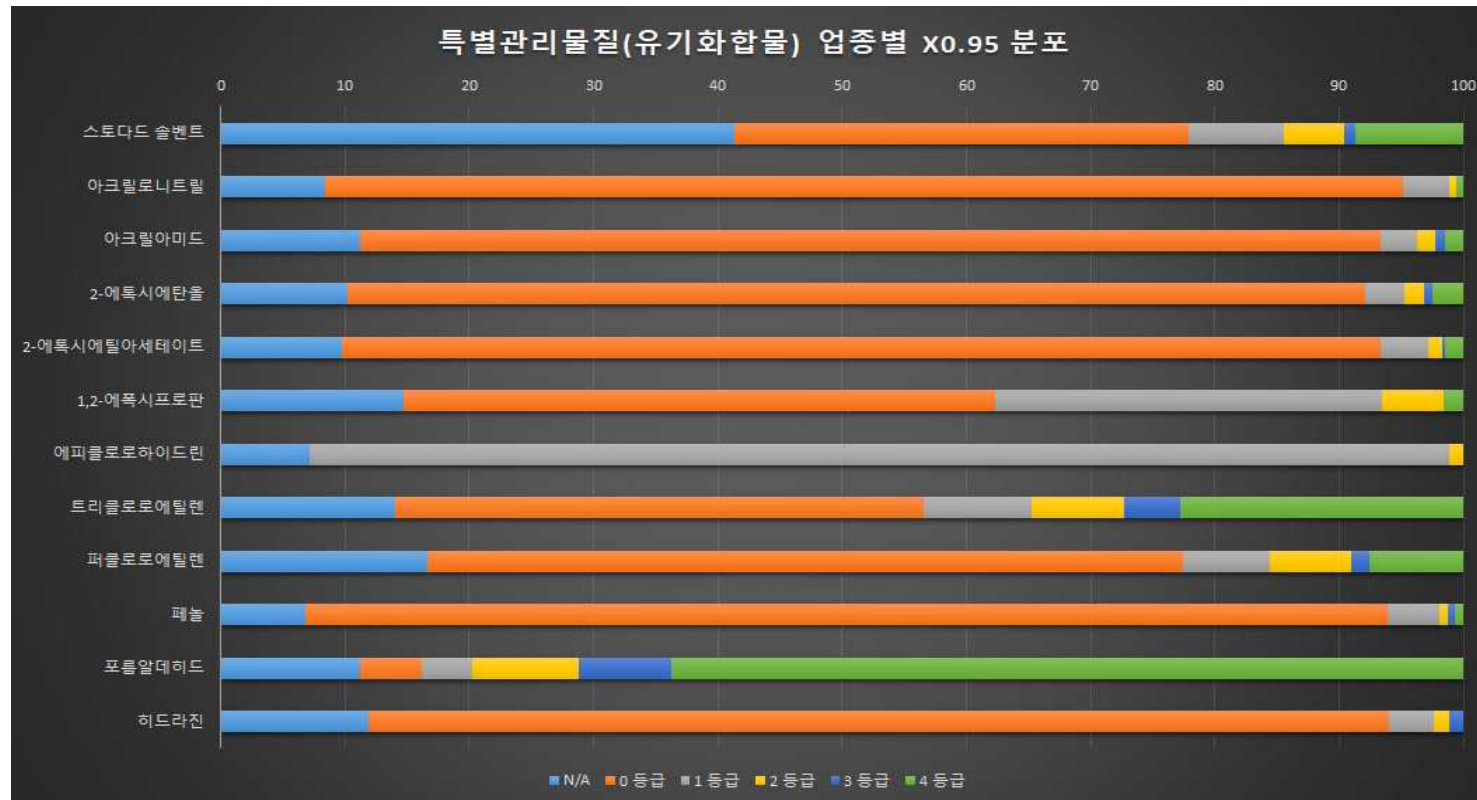
〈표 III-19〉 특별관리물질 고위험 업종 분포

연번	구분	물질한글명	시료수	불검출률 (%)	측정 업종수	X 0.95 등급에 따른 세세업종 수					
						N/A	0	1	2	3	4
1	유기화합물	디니트로톨루엔	443	98.9	21	4	16	1	0	0	0
2	유기화합물	N,N-디메틸아세트아미드	19,565	90.9	175	18	131	10	6	4	6
3	유기화합물	디메틸포름아미드	48,342	86.9	312	25	220	19	9	6	33
4	유기화합물	1,2-디클로로에탄	6,834	95.8	129	29	85	13	1	1	0
5	유기화합물	1,2-디클로로프로판	6,815	80.7	300	64	145	24	25	8	34
6	유기화합물	2-메톡시에탄올	12,021	97.0	175	23	137	11	0	1	3
7	유기화합물	2-메톡시에틸 아세테이트	2,461	91.0	82	11	51	11	3	4	2
8	유기화합물	벤젠	45,829	94.4	348	32	252	40	11	3	10
9	유기화합물	1,3-부타디엔	17,189	93.8	151	19	127	3	1	0	1
10	유기화합물	1-브로모프로판	4,271	68.8	146	26	80	8	11	1	20
11	유기화합물	2-브로모프로판	414	99.3	32	0	31	1	0	0	0
12	유기화합물	사염화탄소	2,093	98.7	82	15	67	0	0	0	0
13	유기화합물	스토다드 용제	4,448	80.5	104	43	38	8	5	1	9
14	유기화합물	아크릴로니트릴	13,696	96.8	166	14	144	6	1	0	1
15	유기화합물	아크릴아미드	12,844	96.5	134	15	110	4	2	1	2
16	유기화합물	2-에톡시에탄올	33,412	91.5	314	32	257	10	5	2	8
17	유기화합물	2-에톡시에틸아세테이트	45,739	92.6	347	34	290	13	4	1	5
18	유기화합물	에틸렌이민	4	100.0	1	0	0	0	0	0	0
19	유기화합물	2,3-에폭시-1-프로판올	188	100.0	13	0	0	0	0	0	0
20	유기화합물	1,2-에폭시프로판	3,222	93.9	61	9	29	19	3	0	1
21	유기화합물	에피클로로하이드린	5,108	97.6	84	6	0	77	1	0	0
22	유기화합물	트리클로로에틸렌	21,719	64.4	391	55	166	34	29	18	89
23	유기화합물	1,2,3-트리클로로프로판	290	100.0	16	0	0	0	0	0	0
24	유기화합물	퍼클로로에틸렌	7,824	89.4	199	33	121	14	13	3	15
25	유기화합물	페놀	56,298	95.0	411	28	358	17	3	2	3
26	유기화합물	포름알데히드	130,122	31.2	444	50	22	18	38	33	283
27	유기화합물	프로필렌이민	0	100.0	0	0	0	0	0	0	0
28	유기화합물	황산디메틸	1,177	100.0	30	0	0	0	0	0	0
29	유기화합물	히드라진	3,159	97.3	84	10	69	3	1	1	0
30	금속류	납 및 그 무기화합물	156,720	66.1	555	40	202	136	69	25	83
31	금속류	불용성 니켈	257,895	54.8	658	46	278	221	87	14	12
32	금속류	수은 및 그 화합물	13,509	94.9	170	11	138	15	3	3	0
33	금속류	삼산화 안티몬	16,250	64.7	214	29	127	38	9	4	7
34	금속류	카드뮴 및 그 화합물	14,676	74.1	197	15	108	31	23	7	13
35	금속류	6가 크롬 (불용성)	136,250	78.3	624	45	356	116	66	10	31
35	금속류	6가 크롬 (수용성)	71,458	68.1	510	47	336	81	29	12	5
36	산 및알칼리류	황산	216,359	51.6	612	54	64	100	161	81	152
37	가스상태물질류	산화에틸렌	27,182	81.2	109	16	66	17	4	1	5

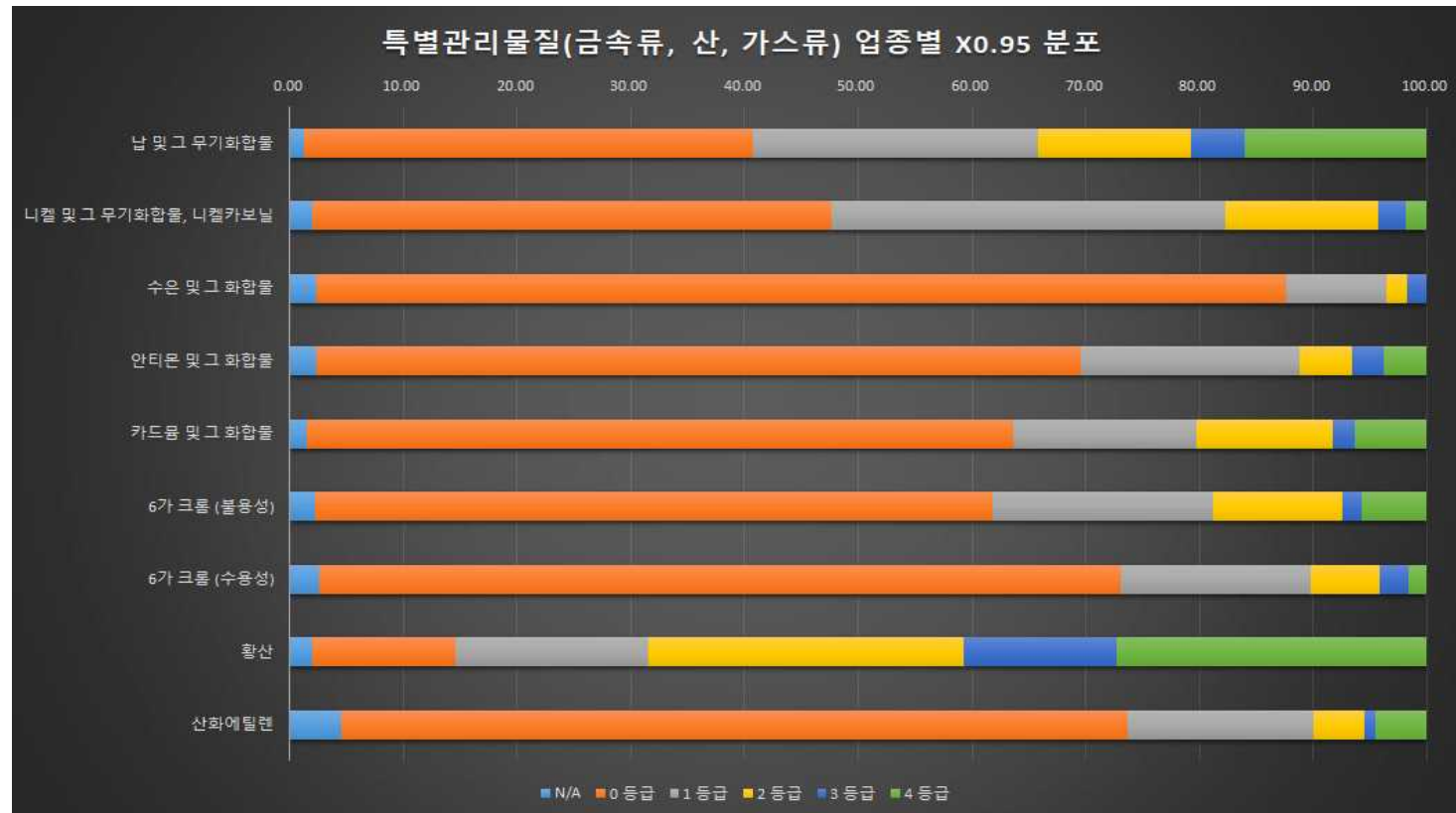
* (N/A) not applicable (0) negligible or trivial exposure ($X_{0.95} < 1\%$ OEL), (1) highly controlled ($X_{0.95} < 10\%$ OEL), (2) well controlled ($X_{0.95} < 50\%$ OEL), (3) controlled ($X_{0.95} < 100\%$ OEL), (4) poorly controlled ($X_{0.95} \geq 100\%$ OEL)



[그림 III-7] 특별관리물질 세세업종별 X_{0.95} 분포 현황



[그림 III-7] 특별관리물질 세세업종별 X_{0.95} 분포 현황_계속



[그림 Ⅲ-7] 특별관리물질 세세업종별 $X_{0.95}$ 분포 현황_계속

(1) 디니트로톨루엔(Dinitrotoluene, DNT)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: ILO/WHO, 국제화학물질정보카드; 고용부, 화학물질 노출기준 개정 연구〉

디니트로톨루엔(DNT)은 독특한 냄새가 나는 황색 결정질 분말로, 공기와 섞이면 분진 폭발이 발생할 수 있고, 가열할 경우, 격렬하게 연소되거나 폭발할 수 있는 물질이다. 가열 시, 공기가 없는 상태에서도 질소 산화물 등을 포함하는 독성/부식성 흡을 발생시키고, 환원제, 강염기 그리고 산화제와 반응하여 화재 및 폭발 위험이 있다. 질산으로 톨루엔을 니트로화(nitration) 하는 과정을 통해 분리, 정제되어 생산된다. DNT는 화학산업에서 매우 중요한 중간체로 염료, 의약품, 살충제, 플라스틱, 폭발물, 폭약 등 생산에 사용되고, 폴리우레탄과 폴리머 제조 시 중간체로 사용되는 톨루엔 디이소시아네이트와 톨루엔디아민의 생산에 주로 사용된다. DNT는 흡입 시 두통, 현기증, 정신착란, 경련, 의식 상실 등을 일으킬 수 있고, 혈액 형성에 영향을 주는 메타헤모글로빈 형성을 유발할 수 있다. 동물에서 발암이 확인되었고, 인간에서 발암성 가능성이 있으며, 생식독성이 있다고 보고되었다. 8시간 시간가중평균(time weighted average, TWA)으로 국내노출기준 0.2 mg/m^3 (발암성 1B, 생식세포 변이원성 2, 생식독성 2, Skin), ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienist) TLV(threshold limit value) 노출기준 0.2 mg/m^3 , OSHA(occupational safety and health agency) PEL(permissible exposure limit) 1.5 mg/m^3 으로 관리된다. 2005년 고용부의 「화학물질에 의한 근로자 건강장해예방 연구」에서는 국내 DNT 제조 사업장 2곳, 취급 사업장은 10곳(실제 사용 확인 2곳)이라고 보고하였으며, 군수산업 관련(화약, 탄약 등) 사업장이 있어 확인에 어려움이 있다고 하였다. 2019년 제조업 작업환경실태조사에 따르면 DNT를 제조하는 사업장(산업용 가스 제조업) 1개소였으며, 주생산품은 질산이었다.

DNT를 취급하는 제조업 사업장은 8개소로 주요 용도는 희석제, 안료, 도료 등의 첨가제, 건조 및 분리제로 조사되었다. 2019년 작업환경측정 실시 결과가 보고된 사업장은 2개소(석유화학계 기초 화학 물질 제조업, 그 외 기타분류 안된 화학제품 제조업)가 있었고, 6개 사업장(벽지 및 장판지 제조업, 산업용 그 외 비경화 고무제품 제조업, 화약 및 불꽃제품 제조업, 기타 건축용 나무제품 제조업, 전분제품 및 당류 제조업, 기타 기초 무기화학 물질 제조업)에 대해서는 결과 보고는 없었으나, 밀폐된 설비 내부에서 사용되어 작업자 노출이 되지 않는 사업장인지 확인이 필요하다. 사업장 내 생산 공정에서는 주로 관(pipe line)을 통해 이동하는데, 근로자의 DNT 노출은 펌프관이나 연결관의 노후 또는 연결부위 부식 등이 있는 경우 가능성이 있고, 일정기간 사용 후 청소를 하거나 운반차량(탱크로리 등)에 옮겨 이송하는 과정에서 노출이 가능하다고 알려져 있다. 또한, DNT는 피부를 통해 쉽게 흡수되는데, 호흡기를 통한 흡수량보다 더 많다고 보고하였다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

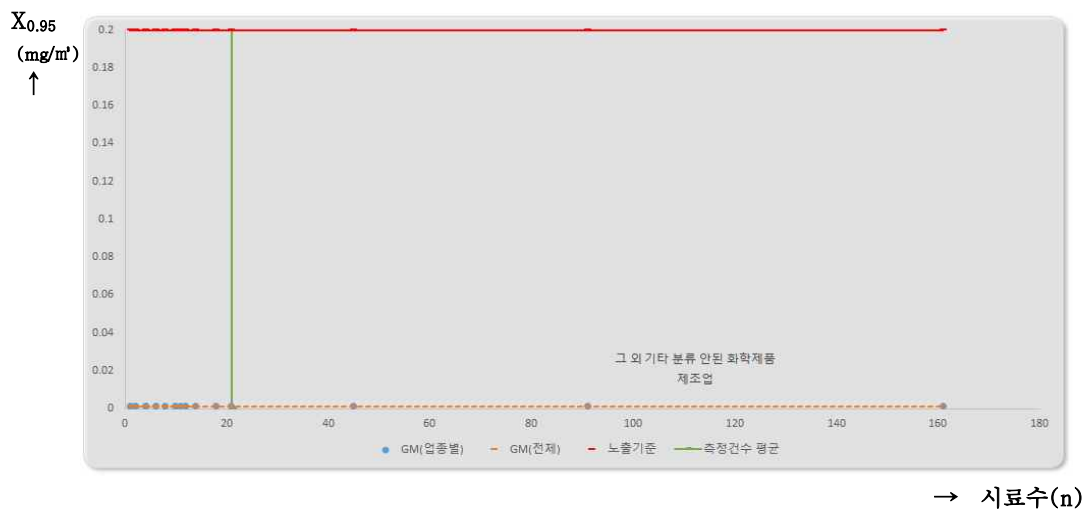
디니트로톨루엔(DNT)은 최근 5년간 22개 업종, 59개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 12개 사업장에서 실시되었다. 대분류로 제조업 이외 건설업, 출판업(신문발행업), 전문과학기술서비스업, 보건서비스업(종합병원), 수리업 등이 있었다. 5년간 측정시료 443건 중 검출된 시료는 5건으로 불검출률은 98.6% 수준이었다. 세세업종별로 측정시료 수를 살펴보면, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」에서 161건으로 가장 많았고, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 91건, 「철골 및 관련 구조물 공사업」 45건, 「배관 및 냉·난방 공사업」 21건, 「전기·전자 및 정밀 기기 수리업」 18건 순으로 많았다. 21개 실시 업종 중 시료가 검출된 업종은 「그 외 기타 분류안된 화학제품 제조업」 1개 업종이었다 (표 III-20).

톨루엔디이소시아네이트(TDI)등 생산하는 화학물질 제조업에서 공정 중 발생하는 DNT가 평가되었고, 해당 화학공장의 배관의 점검, 철거 등 작업

에서 철골 및 관련 구조물 공사업 및 배관 및 냉난방공사업 소속 근로자에 대한 평가가 수행되었다. 또한 DNT를 직접 생산하는 사업장인 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」에서 유일하게 검출시료가 있었다. 불검출률은 94.5%(검출 시료수 $n=5/91$)였으며, 불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0012 mg/m^3)로 변환한 후, 평균, 편차 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 산술평균(표준편차) $0.0015 \pm 0.0021 \text{ mg/m}^3$, 기하평균은 0.0013 mg/m^3 (기하표준편차 1.5)이었고, 95% 상위 농도는 0.0024 mg/m^3 로 노출기준 0.2 mg/m^3 을 초과하지는 않았다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

디니트로톨루엔(DNT)에 대해 작업환경측정을 실시한 사업장은 DNT를 제조하거나 공정 중 발생한 사업장 또는 해당 화학공장의 유지보수 작업을 실시한 사업장이었다. 이 중 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」인 DNT 제조 사업장의 DNT 출하작업 중 농도가 검출된 시료가 평가되었으며, 향후 우선적인 검토가 요구된다 (그림 III-8).



※ 붉은 가로선: 노출기준(0.2 mg/m^3), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-8] 최근 5년간 디니트로톨루엔 세사업종별 작업환경측정 현황

〈표 III-20〉 최근 5년간 디니트로톨루엔 시료수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황

연번	표준산업_세세업종 (업종코드)	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	기하 표준편차	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	64,201	544,998	11.8	2,196	443	5	0	98.9	0.0025	0.0259	0.0012	0.0012	1.3993	0.0012	0.5490	0.0021	1
1	석유화학계 기초 화학 물질 제조업 20111	8,307	21,641	2.0	498	161	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업 20499	3,177	20,087	1.0	206	91	5	0	94.5	0.0015	0.0021	0.0012	0.0013	1.5	0.0012	0.0209	0.0024	1
3	철골 및 관련 구조물 공사업 42131	2,016	25,907	1.0	97	45	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	배관 및 냉·난방 공사업 42201	63	6,213	0.8	31	21	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	전기·전자 및 정밀 기기 수리업 34020	275	2,162	0.6	1	18	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	기타 기술 시험, 검사 및 분석업 72919	24	3,215	0.8	30	14	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	소방시설 공사업 42204	3,388	5,955	0.4	4	12	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	기타 엔지니어링 서비스업 72129	1,338	35,898	0.6	1	12	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	화약 및 불꽃제품 제조업 20494	8,073	28,867	0.6	509	11	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	기타 가공 공작기계 제조업 29229	7,442	80,240	0.6	39	10	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	기타 일반 기계 및 장비 수리업 34019	4,273	54,975	0.6	23	10	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	전기용 기계·장비 및 관련 기자재 도매업	46595	564	11,332	0.4	10	8	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-
13	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	75999	260	1,020	0.4	17	6	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-
14	종합병원	86101	202	3,565	0.4	0	6	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-
15	농림수산학 및 수의학 연구개발업 70112	3,048	38,293	0.2	10	4	0	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: > OEL 100%, Low: 시료수<3

(2) N,N-디메틸아세트아미드(Dimethylacetamide, DMAC)

〈출처: ILO/WHO, 국제화학물질정보카드〉

가) 개요 및 직업적 노출

디메틸아세트아미드(DMAC)는 약한 암모니아 또는 생선비린내가 나는 무색 액체로 극성 및 비극성 물질에 잘 녹으며, 수지류에 대한 용해성이 뛰어난 성질 때문에 합성섬유, 필름제조 및 섬유코팅 등에 사용된다. DMAC는 호흡기와 피부접촉에 의해 체내로 흡수되는데, 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 노출기준 10 ppm(생식독성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 10 ppm, OSHA PEL 10 ppm으로 정하고 있다. DMAC에 노출된 근로자는 식후 불쾌감, 무력증, 두통, 식욕저하, 변비, 현기증, 무기력 등의 증상과 관련이 있고, 여러 동물실험에서 간독성이 있다고 보고되었으며, 인체 손상 중 가장 민감한 기관은 간으로 알려져 있다. DMAC는 화학적 구조와 물리적 성질이 디메틸포름아미드(dimethylformamide, DMF)와 유사하고, 간에 대한 독성도 유사하다고 알려져 있다. DMAC는 스팅텍스 섬유 제조공장에서 집단 독성간염이 보고된 바 있는데 섬유 방사를 위해 DMAC에 용해된 고분자 용액을 자동으로 방사조로 이동하는 관을 수시로 분리하여 세척작업을 하면서 노출되었다. DMAC에 대한 공기 중 노출평가 결과, 중합 2.28 ppm, 방사 45.58 ppm, 권취 16.25 ppm 수준이었다고 보고하였다 (최태성 등, 2001). 2019년 제조업 작업환경실태조사에서 N,N-디메틸아세트아미드를 취급하는 것으로 조사된 사업장은 66개 업종, 156개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정 실시 결과가 보고된 사업장은 47개 업종, 100개 사업장이 있었고, 보고되지 않은 사업장이 36개 업종, 56개 사업장이 있었다. 실태조사를 통해 주요 용도를 살펴보면 용해, 혼합, 실험/연구, 성형가공 등 공정에서 원재료, 용매, 반응, 전처리제, 시약, 세제/살균, 소독제, 접착제 등으로 사용되고 도장도포 공정에서 염료, 안료, 도료, 잉크 첨가제, 코팅제, 표면처리제, 합성수지 도포 등으로 사용되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

N,N-디메틸아세트아미드는 최근 5년간 175개 업종, 2,285개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 457개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료 수 19,565건 중 검출된 시료는 1,776건으로 불검출률은 90.9% 수준이었고, 노출기준 초과시료는 2건으로 「플라스틱 합성피혁 제조업」에서 평가되었다(표 III-21).

측정시료 수로는 「완제 의약품 제조업」에서 2,538건으로 가장 많았고, 「기타 반도체 소자 제조업」 1,913건, 「의약품 화합물 및 향생물질 제조업」 1,837건, 「합성섬유 제조업」 1,385건, 「그 외 기타 분류안된 화학제품 제조업」 1,089건 순으로 많았다. 175개 실시 업종 중 시료가 검출된 업종은 「합성섬유 제조업」, 「플라스틱 합성피혁 제조업」, 「그 외 기타 전자부품 제조업」등 69개 업종이었다. 주요 생산품은 합성피혁, 합성수지, 실사간판, 섬유원단 라미네이팅, PVC 타일 및 레자, 가방원단 인조가죽, 가죽코팅 순이었으며, 주요 공정은 코팅, 검사/와인딩, 배합, 인쇄, 섬유원단 라미네이팅, 그라비아 인쇄, 실험, 접착 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업」 0.558 ppm(n= 10), 「연성 및 기타 인쇄회로기판 제조업」에서 0.391 ppm(n=48), 「화학섬유직물 직조업」 0.183 ppm(n=16), 「기체여과기 제조업」 0.121 ppm(n=31), 「액체여과기 제조업」 0.116 ppm(n=19) 등 순이었다. 플라스틱 적층업에서는 폴리머 필름 생산을 위한 경화, 코팅 등 공정에서 평가되었고, 인쇄회로기판 제조업은 연성 PCB 생산 시 코팅, 중합, 경화 등 공정에서 평가되었다. 기체여과기 제조업의 주요 생산품은 정수기 및 공기청정기 필터였으며 DMAC는 혼합, 방사, 연구·분석실 등에서 평가되었다. 액체여과기 제조업도 정수기 필터를 생산하는 사업장으로 멤브레인 방사, 혼합, 실험실 등에서 평가가 이루어졌다. 화학섬유직물 직조업, 화학섬유 방적업, 합성섬유 제조업은 산업자재용 원사(기존 섬유에 플라스틱, 고무 등을 복합화 한

섬유), 폴리에스터, 스판텍스 등 화학섬유 및 필름, 폴리에스터칩, 필터 등을 제조하는 사업장으로 권취, 중합, 방사 등 공정 및 실험실에서 평가되었다. 95% 상위값이 노출기준인 10 ppm을 초과한 업종으로, 「액체여과기 제조업」, 「기체 여과기 제조업」, 「연성 및 기타 인쇄회로기판 제조업」, 「합성섬유 제조업」, 「화학섬유직물 직조업」, 「화학섬유 방적업」이 있었고, 5 ppm을 초과하는 업종으로 「기타 엔지니어링 서비스업」, 「기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업」, 「모피제품 제조업」, 「축전기 제조업」이 있었다.

기타 엔지니어링 서비스업은 수처리 장치 부품업 및 기초과학 연구를 주로 하며, 수처리 장치 부품(멤브레인 중공사 등), 첨단 3D프린팅 기술, 신소재 융합기술, 방사화학연구실에서 평가 되었다. 기타 비철금속 압출업에서는 고체윤활코팅제 생산 시 자동코팅 등에서 평가되었고, 모피제품제조업은 피혁코팅 생산품의 배합, 코팅, 박리, 포장 등 공정에서 평가되었다. 축전기 제조업에서는 축전기, 편광필름, 전지분리막 등 생산 중 필름코팅, 제막(플라스틱(폴리머) 필름 제조), 중합 등 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

N,N-디메틸아세트아미드 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「플라스틱 합성피혁 제조업」의 코팅, 인쇄, 배합 등 공정과 고위험 업종(측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 112$)이상인 업종)인 「합성섬유 제조업」, 「화학섬유 방적업」의 스판텍스 및 스판텍스 원사 제조 사업장의 권취, 방사, 중합, 선별 등 공정에 대한 향후 우선적 관리가 필요하다. 아울러, 평가 시료수는 많지 않으나 95% 상위값이 노출기준을 초과하였고, 최근 수요가 증가하고 있는 정수기 및 공기청정기 필터를 제조하는 「액체여과기 제조업」, 「기체 여과기 제조업」 및 「연성 및 기타 인쇄회로기판 제조업」, 「화학섬유 직물 직조업」도 향후 관리가 필요한 것으로 판단된다 (그림 III-9).

〈표 III-21-1〉 최근 5년간 N,N-디메틸아세트아미드 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		415,889	4,003,144	457.0	197,135	19,565	1,776	2	90.9	0.106	0.5144	0.00005	0.0001	15.5	0.00005	10.7740	0.0107	0
1	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	46.4	13,691	2,538	15	0	99.4	0.001	0.0291	0.00005	0.00005	1.8	0.00005	1.1027	0.0001	0
2	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	5.8	21,784	1,913	3	0	99.8	0.000	0.0121	0.00005	0.00005	1.4	0.00005	0.4851	0.0001	0
3	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	29.4	4,973	1,837	12	0	99.3	0.001	0.0398	0.00005	0.00005	1.8	0.00005	1.6820	0.0001	0
4	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	10.0	3,348	1,385	833	0	39.9	0.781	1.1259	0.38730	0.01737	126.6	0.00005	7.9352	49.9091	4
5	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	29.4	3,577	1,089	44	0	96.0	0.055	0.4405	0.00005	0.00007	6.0	0.00005	7.8919	0.0014	0
6	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	13.4	15,077	705	4	0	99.4	0.003	0.0487	0.00005	0.00005	1.9	0.00005	0.8450	0.0001	0
7	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	20.6	7,194	650	38	0	94.2	0.048	0.3232	0.00005	0.00008	8.4	0.00005	4.2611	0.0028	0
8	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	12.2	16,859	595	58	0	90.3	0.091	0.4529	0.00005	0.00012	15.3	0.00005	4.6658	0.0108	0
9	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	12.6	2,209	525	14	0	97.3	0.018	0.1564	0.00005	0.00006	4.2	0.00005	2.5724	0.0007	0
10	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	14.4	1,547	521	6	0	98.8	0.004	0.0467	0.00005	0.00005	2.4	0.00005	0.7456	0.0002	0
11	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	20132	181	2,670	4.2	361	411	12	0	97.1	0.002	0.0131	0.00005	0.00006	3.4	0.00005	0.1112	0.0005	0
12	전기·전자공학 연구개발업	70121	623	6,433	5.4	16,566	329	9	0	97.3	0.009	0.0889	0.00005	0.00006	3.8	0.00005	1.4599	0.0006	0
13	플라스틱 합성피혁 제조업	22214	41	530	7.8	386	324	66	0	79.6	0.251	1.0029	0.00005	0.00034	45.5	0.00005	10.7740	0.1794	1
14	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	8.4	5,587	313	1	0	99.7	0.001	0.0224	0.00005	0.00005	1.7	0.00005	0.3970	0.0001	0
15	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	6.6	550	254	11	0	95.7	0.015	0.0833	0.00005	0.00007	5.4	0.00005	0.6890	0.0011	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-21-2〉 최근 5년간 N,N-디메틸아세트아미드 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황

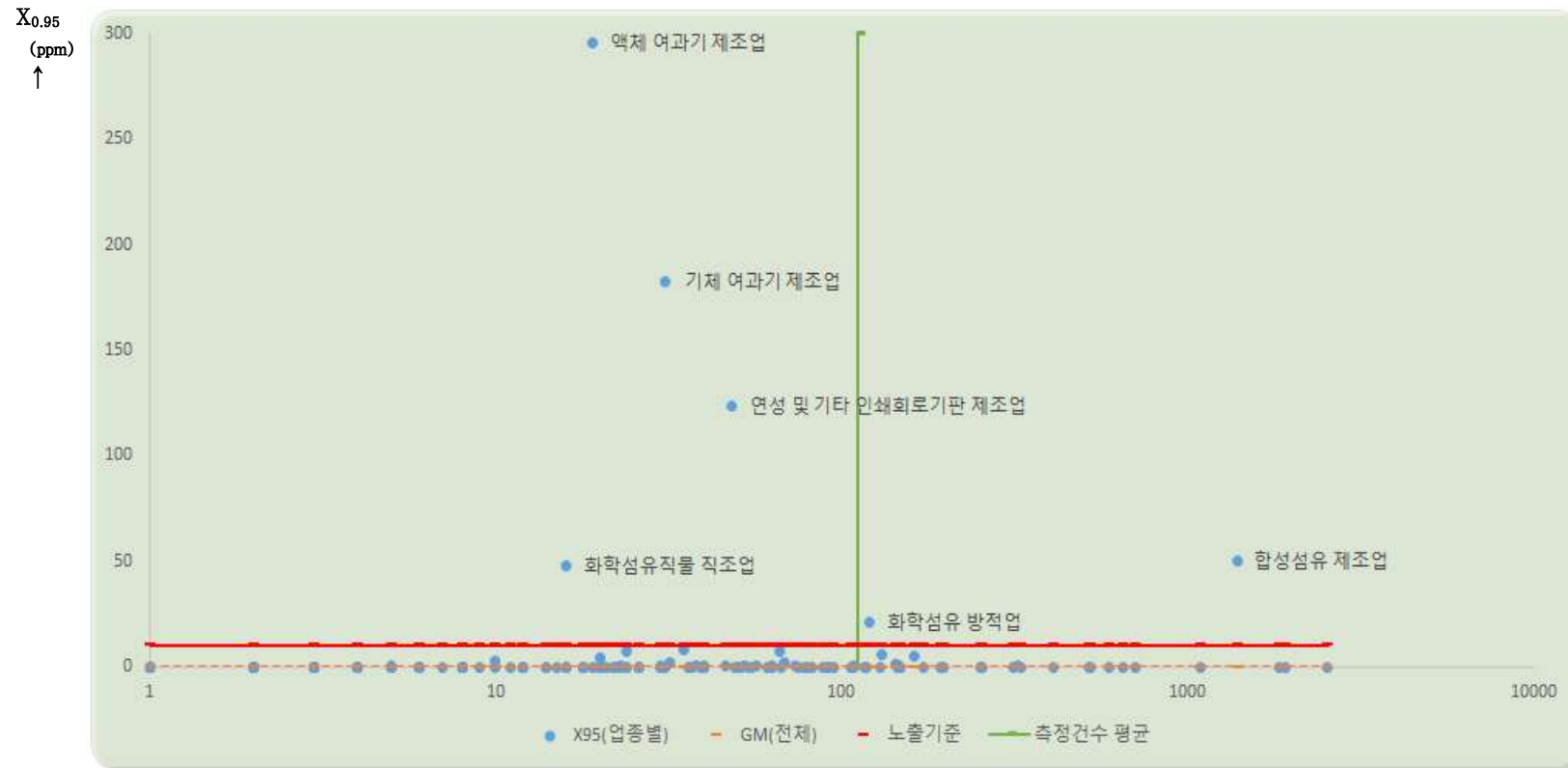
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	415,889	4,003,144	457.0	197,135	19,565	1,776	2	90.9	0.106	0.5144	0.00005	0.0001	15.5	0.00005	10.7740	0.0107	0	
1	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	22292	770	7,873	0.4	8	10	10	0	0.0	0.884	1.0162	0.5627	0.5579	2.7	0.1258	3.5327	2.9322	2
2	환경 관련 엔지니어링 서비스업	72122	1,594	14,118	0.2	2	1	1	0	0.0	0.436	-	0.4359	0.4359	-	0.4359	0.4359	-	Low
3	연성 및 기타 인쇄회로기판 제조업	26223	131	721	1.0	47	48	42	0	12.5	1.569	1.2014	1.4833	0.3905	33.1	0.00005	4.3358	123.6062	4
4	화학섬유직물 직조업	13213	1,124	9,498	0.4	94	16	14	0	12.5	0.866	0.8900	0.4865	0.1825	29.6	0.00005	2.3892	48.0850	4
5	기체 여과기 제조업	29174	1,352	13,683	1.2	160	31	24	0	22.6	1.631	1.7578	1.2928	0.1212	85.4	0.00005	6.0030	182.1897	4
6	액체 여과기 제조업	29175	627	3,003	1.2	46	19	14	0	26.3	1.451	1.0988	1.4177	0.1159	117.7	0.00005	3.4160	295.3262	4
7	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	10.0	3,348	1,385	833	0	39.9	0.781	1.1259	0.3873	0.0174	126.6	0.00005	7.9352	49.9091	4
8	화학섬유 방적업	13103	257	5,421	1.4	560	120	58	0	51.7	0.846	1.5933	0.00005	0.0057	147.7	0.00005	9.8012	20.9984	4
9	기타 엔지니어링 서비스업	72129	7,442	80,240	1.8	1,936	35	16	0	54.3	0.352	0.5214	0.00005	0.0035	114.4	0.00005	1.9721	8.4363	3
10	모피제품 제조업	14200	158	1,094	1.2	19	66	28	0	57.6	0.435	1.0188	0.00005	0.0028	116.5	0.00005	6.9020	7.0018	3
11	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	24229	116	1,698	0.6	9	24	10	0	58.3	0.496	1.0950	0.00005	0.0026	125.3	0.00005	4.5511	7.3851	3
12	축전기 제조업	28202	361	15,668	2.8	646	131	53	0	59.5	0.379	0.6321	0.00005	0.0024	113.4	0.00005	3.1803	5.6950	3
13	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업	13999	2,660	21,167	5.4	151	162	56	0	65.4	0.731	1.6478	0.00005	0.0016	128.2	0.00005	8.7094	4.7590	2
14	기타 가죽제품 제조업	15190	473	2,823	1.2	12	32	13	0	59.4	0.138	0.2850	0.00005	0.0016	70.3	0.00005	1.3892	1.7019	2
15	일차전지 제조업	28201	45	5,684	1.4	366	68	25	0	63.2	0.200	0.3323	0.00005	0.0014	86.1	0.00005	1.7727	2.1975	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-21-3〉 최근 5년간 N,N-디메틸아세트아미드 X0.95 농도 상위(Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	415,889	4,003,144	457.0	197,135	19,565	1,776	2	90.9	0.106	0.5144	0.00005	0.0001	15.5	0.00005	10.7740	0.0107	0	
1	액체 여과기 제조업	29175	627	3,003	1.2	46	19	14	0	26.3	1.451	1.0988	1.4177	0.1159	117.7	0.00005	3.4160	295.3262	4
2	기체 여과기 제조업	29174	1,352	13,683	1.2	160	31	24	0	22.6	1.631	1.7578	1.2928	0.1212	85.4	0.00005	6.0030	182.1897	4
3	연성 및 기타 인쇄회로기판 제조업	26223	131	721	1.0	47	48	42	0	12.5	1.569	1.2014	1.4833	0.3905	33.1	0.00005	4.3358	123.6062	4
4	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	10.0	3,348	1,385	833	0	39.9	0.781	1.1259	0.3873	0.0174	126.6	0.00005	7.9352	49.9091	4
5	화학섬유직물 직조업	13213	1,124	9,498	0.4	94	16	14	0	12.5	0.866	0.8900	0.4865	0.1825	29.6	0.00005	2.3892	48.0850	4
6	화학섬유 방직업	13103	257	5,421	1.4	560	120	58	0	51.7	0.846	1.5933	0.00005	0.0057	147.7	0.00005	9.8012	20.9984	4
7	기타 엔지니어링 서비스업	72129	7,442	80,240	1.8	1,936	35	16	0	54.3	0.352	0.5214	0.00005	0.0035	114.4	0.00005	1.9721	8.4363	3
8	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	24229	116	1,698	0.6	9	24	10	0	58.3	0.496	1.0950	0.00005	0.0026	125.3	0.00005	4.5511	7.3851	3
9	모피제품 제조업	14200	158	1,094	1.2	19	66	28	0	57.6	0.435	1.0188	0.00005	0.0028	116.5	0.00005	6.9020	7.0018	3
10	축전기 제조업	28202	361	15,668	2.8	646	131	53	0	59.5	0.379	0.6321	0.00005	0.0024	113.4	0.00005	3.1803	5.6950	3
11	그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업	13999	2,660	21,167	5.4	151	162	56	0	65.4	0.731	1.6478	0.00005	0.0016	128.2	0.00005	8.7094	4.7590	2
12	설치용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	22222	353	2,715	1.0	14	20	6	0	70.0	0.676	1.2766	0.00005	0.0012	143.9	0.00005	3.9257	4.2002	2
13	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	22292	770	7,873	0.4	8	10	10	2	0.0	0.884	1.0162	0.5627	0.5579	2.7	0.1258	3.5327	2.9322	2
14	일차전지 제조업	28201	45	5,684	1.4	366	68	25	0	63.2	0.200	0.3323	0.00005	0.0014	86.1	0.00005	1.7727	2.1975	2
15	기타 가죽제품 제조업	15190	473	2,823	1.2	12	32	13	0	59.4	0.138	0.2850	0.00005	0.0016	70.3	0.00005	1.3892	1.7019	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-9] 최근 5년간 N,N-디메틸아세트아미드 세세업종별 작업환경측정 현황

(3) 디메틸포름아미드(Dimethylformamide, DMF)

〈출처: ILO/WHO, 국제화학물질정보카드〉

가) 개요 및 직업적 노출

디메틸포름아미드(DMF)는 독특한 냄새(약한 암모니아 냄새)가 나는 무색, 황색 액체이다. 아민계의 흡습성 액체로 물, 에테르, 알코올, 에스테르류, 케톤류, 염화탄화수소류, 방향족 탄화수소류에 용해되는 매우 안정성이 높은 용제이다. 산업현장에서 용제 및 중간화합물로 널리 사용되는데. 일반 유기 용제와 달리 물에 대한 용해성이 뛰어나고, 원료 표면에 다공성을 부여하여 합성, 인조피혁 제조업, 섬유코팅가공업, 우레탄 섬유나 아크릴 섬유의 방사 등 수지나 폴리머를 녹이는 용제로 많이 사용되었다. 또한, 보호코팅, 접착제, 필름과 인쇄용 잉크의 보조용제나 촉진제, 페인트 제거제의 성분으로도 사용된다(하권철 등, 2008). DMF는 피부, 호흡기, 소화기를 통해 체내에 흡수되는데, 급성 또는 만성 노출 시 주된 표적기관은 간이며, 비특이적 급성 간독성(hepatotoxicity)을 유발하는 것으로 알려져 있다. 1970년대에 폴리우레탄 코팅공장에서 DMF 급성 간염과 함께 다수의 역학조사에서 DMF 노출과 간기능이상 이 보고되었다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 10 ppm(생식독성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 5 ppm, OSHA PEL 10 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 디메틸포름아미드를 취급하는 것으로 조사된 사업장은 116개 업종, 490개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정 실시 결과가 보고된 사업장은 94개 업종, 347개, 보고되지 않은 사업장이 66개 업종, 143개가 있었다. 실태조사를 통해 주요 용도를 살펴보면 혼합, 도장도포, 세척, 신발제조 등 공정에서 접착제, 코팅제, 안료, 도료, 표면처리제, 의복함침제, 세정제, 소독제 등으로 사용된다고 보고하였다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

디메틸포름아미드는 최근 5년간 312개 업종, 6,680개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 1,336개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정 시료건 수 48,342건 중 검출된 시료는 6,319건으로 불검출률은 86.9% 수준이었다. 노출기준(10ppm)을 초과하는 시료수는 28건으로 「부직포 및 펠트 제조업」 5건, 「목재 문 및 관련제품 제조업」 5건, 「모피 및 가죽 제조업」 5건, 「그 외 기타 의복 액세서리 제조업」 5건, 「플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업」 4건 등이 있었다(표 III-22).

측정시료 수로는 「완제 의약품 제조업」에서 4,968건으로 가장 많았고, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 3,256건, 「의약품 화합물 및 향생물질 제조업」 3,201건, 「그 외 기타 분류안된 화학제품 제조업」 2,316건, 「기타 공학 연구개발업」 1,965건 순으로 많았다. 312개 실시 업종 중 시료가 검출된 업종은 「섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업」, 「플라스틱 합성피혁 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 등 166개 업종이었다. 주요 생산품은 의약품, 연구개발, 석유화학제품, 섬유코팅, 원료의약품, 합성피혁, 인조피혁, 합성수지, 플라스틱, 의료서비스, 화장품, 염료 등 순이었고, 주요 공정은 실험실, 코팅, 배합, 분석, 연구, 사출성형, 혼합, 접착, 품질관리, 도장, 검사 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00002 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「기타 건축용 나무제품 제조업」에서 3.656 ppm(n=4), 「벽지 및 장판지 제조업」에서 0.255 ppm(n=159), 「부직포 및 펠트 제조업」 0.218 ppm(n=94), 「비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업」 0.176 ppm(n=7), 「고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업」 0.163 ppm(n=4) 등 순이었다. 벽지 및 장판지 제조업은 벽지 및 인조피혁을 생산하기 위한 건식, 습식배합, 인쇄, 코팅, 건조 등의 공정에서 평가되었다. 부직포 및 펠트 제조업은 의료용 밀착포, 인조피혁제품 등을 생산하는 사업장

에서 배합, 코팅, 인쇄 등 공정에서 평가되었고, 고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업은 LCD, 핸드폰 시트지 생산사업장에서 건식 및 습식 코팅과 배합공정에 평가되었다.

95% 상위값이 노출기준인 10 ppm을 초과한 업종으로 「고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업」, 「부직포 및 펠트 제조업」, 「라이터, 연소물 및 흡연용품 제조업」, 「기타 가죽제품 제조업」, 「목재 문 및 관련제품 제조업」, 「플라스틱 시트 및 판 제조업」, 「그 외 기타 건축자재 도매업」, 「그 외 기타 특수목적용 기계 제조업」 등 33개 업종이 있었다.

기타 가죽제품 제조업은 인조피혁 제조, 가죽라미네이팅, 원단코팅 사업장에서 배합, 디핑, PU코팅, 건조 등 공정에서 평가되었다. 목재 문 및 관련제품 제조업은 창호, 문의 재단, (ABS) 접착 공정에서 평가되었고, 그 외 기타 건축자재 도매업은 ABS 도어의 몰딩, 접착공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

디메틸포름아미드에 대한 평가결과, 노출기준(10ppm)을 초과하는 시료가 발생한 업종은 「부직포 및 펠트 제조업」, 「목재 문 및 관련제품 제조업」, 「모피 및 가죽 제조업」, 「그 외 기타 의복 액세서리 제조업」, 「플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업」이 있었다. 자료의 분포를 통해 추정되는 95% 상위값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 154$)이상인 업종인 「섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업」, 「플라스틱 합성피혁 제조업」, 「모피 및 가죽 제조업」, 「직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업」, 「표면처리 및 적층 직물 제조업」, 「기타 가죽제품 제조업」, 「플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업」, 「플라스틱 시트 및 판 제조업」, 「그 외 기타 의복 액세서리 제조업」, 「플라스틱 창호 제조업」, 「신발 부분품 제조업」, 「모피제품 제조업」, 「벽지 및 장판지 제조업」의 인조피혁, 필름 등의 코팅, 접착, 배합 등 공정에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다 (그림 III-10).

〈표 III-22-1〉 디메틸포름아미드 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수															
	합 계	713,774	6,655,169	1,336.2	372,542	48,342	6,319	28	86.9	0.18365	0.790	0.00002	0.00008	35.1	0.00002	27.77842	0.02727	0		
1	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	102.2	23,132	4,968	120	0	97.6	0.01154	0.135	0.00002	0.00002	4.0	0.00002	4.46400	0.00025	0	
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	58.0	10,696	3,256	453	0	86.1	0.10044	0.380	0.00002	0.00008	31.9	0.00002	7.46910	0.02349	0	
3	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	21101	209	15,122	47.6	7,739	3,201	70	0	97.8	0.00831	0.100	0.00002	0.00002	3.8	0.00002	3.13620	0.00022	0	
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	66.4	5,920	2,316	260	2	88.8	0.13240	0.658	0.00002	0.00006	26.9	0.00002	15.24000	0.01443	0	
5	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	25.0	18,120	1,965	37	0	98.1	0.00355	0.046	0.00002	0.00002	3.1	0.00002	1.30370	0.00015	0	
6	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	46.0	3,928	1,643	11	0	99.3	0.00200	0.031	0.00002	0.00002	2.1	0.00002	0.75000	0.00007	0	
7	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	20.0	7,968	1,482	6	0	99.6	0.00363	0.102	0.00002	0.00002	1.9	0.00002	3.83610	0.00006	0	
8	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	22.8	8,748	1,148	6	0	99.5	0.00385	0.072	0.00002	0.00002	2.0	0.00002	1.89330	0.00007	0	
9	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	32.0	5,377	1,090	71	0	93.5	0.08956	0.557	0.00002	0.00004	12.7	0.00002	7.60220	0.00252	0	
10	섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업	13409	1,048	8,094	19.8	498	1,087	530	0	51.2	0.71159	1.323	0.00002	0.00364	219.5	0.00002	9.92192	25.85887	4	
11	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	20132	181	2,670	13.4	870	847	201	0	76.3	0.17959	0.487	0.00002	0.00022	76.2	0.00002	3.68630	0.27581	1	
12	화장품 제조업	20423	1,643	31,649	37.4	5,862	826	50	0	93.9	0.03663	0.241	0.00002	0.00004	10.0	0.00002	3.78810	0.00159	0	
13	플라스틱 합성피혁 제조업	22214	41	530	11.6	823	773	508	0	34.3	0.95058	1.195	0.50600	0.02415	179.0	0.00002	7.08640	122.71605	4	
14	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	27.0	9,661	773	165	1	78.7	0.29309	1.122	0.00002	0.00018	73.1	0.00002	19.66900	0.21224	1	
15	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	29.6	6,877	727	19	0	97.4	0.02591	0.239	0.00002	0.00003	5.2	0.00002	4.31000	0.00039	0	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-22-2〉 디메틸포름아미드 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황

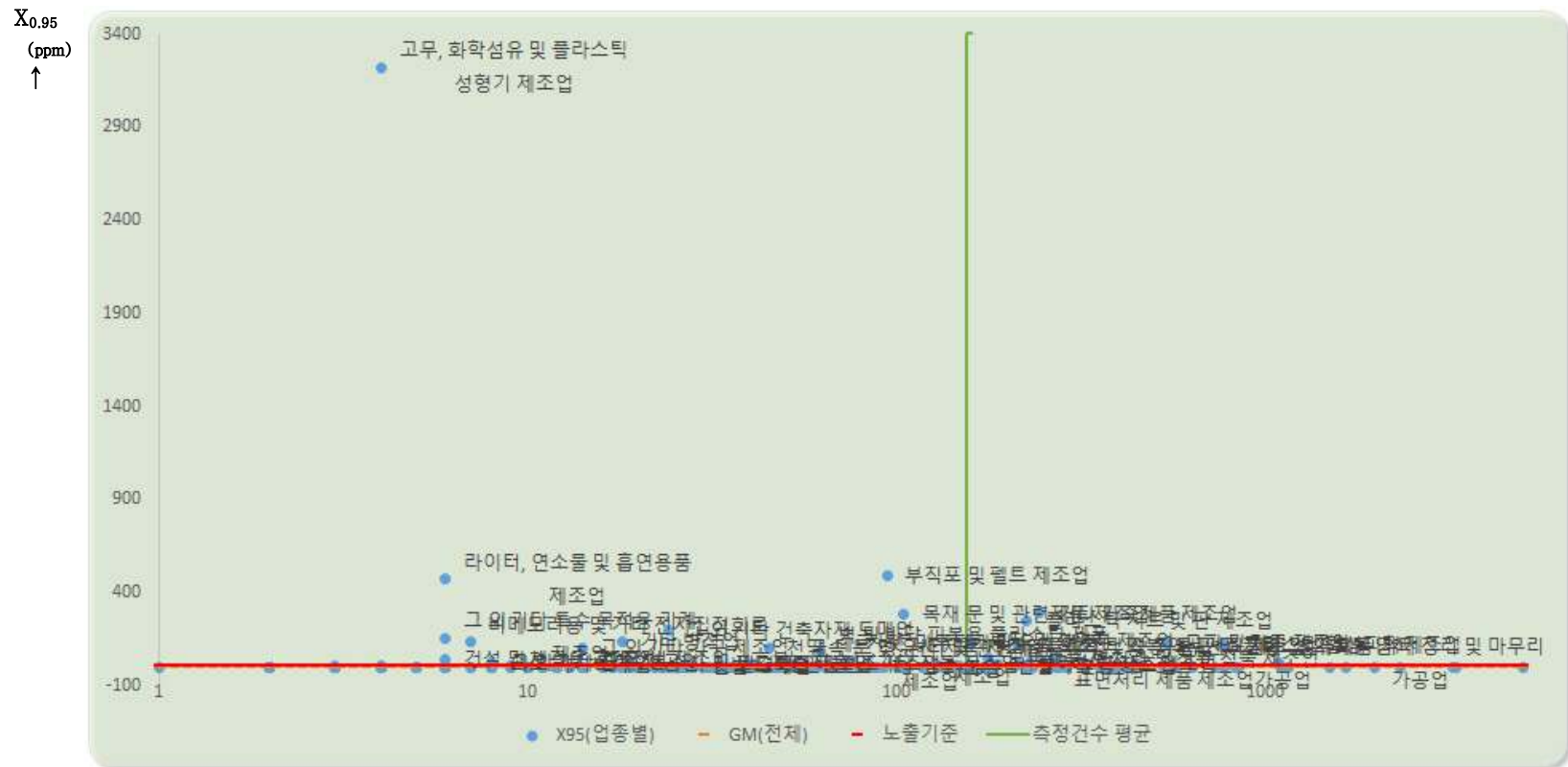
연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)						노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수											
	합 계		713,774	6,655,169	1,336.2	372,542	48,342	6,319	28	86.9	0.18365	0.790	0.00002	0.00008	35.1	0.00002	27.77842	0.02727	0
1	기타 건축용 나무제품 제조업	16229	518	3,186	0.4	7	4	4	0	0.0	3.65627	1.211	4.02119	3.46917	1.5	1.94889	4.63380	6.67040	3
2	그 외 기타 나무제품 제조업	16299	1,297	5,809	0.8	4	9	9	0	0.0	1.01141	0.752	0.69987	0.72119	2.7	0.11997	2.27724	3.59257	2
3	벽지 및 장판지 제조업	17903	78	1,275	1.0	163	159	138	0	13.2	1.38447	1.295	1.01760	0.25485	45.4	0.00002	6.71470	135.48352	4
4	부직포 및 펠트 제조업	13992	410	3,738	1.2	35	94	76	5	19.1	2.96961	3.946	1.58540	0.21876	109.3	0.00002	20.08080	493.58537	4
5	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업	26112	407	12,666	0.6	13	7	6	0	14.3	0.80133	0.585	0.64279	0.17650	57.4	0.00002	1.67420	137.92253	4
6	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	29292	184	1,657	0.2	5	4	3	0	25.0	2.52151	1.797	2.95450	0.16383	407.6	0.00002	4.17700	3,222.30143	4
7	천막, 텐트 및 유사 제품 제조업	13224	679	2,787	1.6	15	45	36	0	20.0	0.98402	1.415	0.45800	0.08206	77.0	0.00002	7.18390	104.12849	4
8	플라스틱 시트 및 판 제조업	22213	66	469	4.6	151	224	157	0	29.9	1.33377	1.494	1.08635	0.04994	177.2	0.00002	9.50383	249.64509	4
9	그 외 기타 건축자재 도매업	46699	10,712	29,663	1.0	25	24	17	0	29.2	1.15369	1.415	0.86760	0.04328	167.2	0.00002	4.76010	196.58465	4
10	라이터, 연소물 및 흡연용품 제조업	33992	100	899	0.2	40	6	4	0	33.3	0.98257	0.770	1.34150	0.03506	325.7	0.00002	1.61060	476.93613	4
11	기타 가죽제품 제조업	15190	473	2,823	7.2	117	242	157	0	35.1	1.83440	2.244	0.67939	0.03259	251.0	0.00002	8.75170	288.83020	4
12	목재 문 및 관련제품 제조업	16221	454	2,320	4.6	360	104	66	5	36.5	1.86637	3.382	1.08037	0.02865	268.3	0.00002	27.77842	283.28595	4
13	플라스틱 합성피혁 제조업	22214	41	530	11.6	823	773	508	0	34.3	0.95058	1.195	0.50600	0.02415	179.0	0.00002	7.08640	122.71605	4
14	모피 및 가죽 제조업	15110	340	3,574	14.0	354	538	351	5	34.8	1.18370	2.142	0.43530	0.02282	187.5	0.00002	18.97600	125.21916	4
15	그 외 기타 의복 액세서리 제조업	14499	689	3,190	7.0	161	213	126	5	40.8	1.46703	2.530	0.30880	0.01328	248.5	0.00002	12.84510	115.76839	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-22-3〉 디메틸포름아미드 X0.95 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수											
	합 계	713,774	6,655,169	1,336.2	372,542	48,342	6,319	28	86.9	0.18365	0.790	0.00002	0.00008	35.1	0.00002	27.77842	0.02727	0	
1	고무, 화학섬유 및 플라스틱 성형기 제조업	29292	184	1,657	0.2	5	4	3	0	25.0	2.52151	1.797	2.95450	0.16383	407.6	0.00002	4.17700	3,222.30143	4
2	부직포 및 펄트 제조업	13992	410	3,738	1.2	35	94	76	5	19.1	2.96961	3.946	1.58540	0.21876	109.3	0.00002	20.08080	493.58537	4
3	라이터, 연소물 및 흡연용품 제조업	33992	100	899	0.2	40	6	4	0	33.3	0.98257	0.770	1.34150	0.03506	325.7	0.00002	1.61060	476.93613	4
4	기타 가죽제품 제조업	15190	473	2,823	7.2	117	242	157	0	35.1	1.83440	2.244	0.67939	0.03259	251.0	0.00002	8.75170	288.83020	4
5	목재 문 및 관련제품 제조업	16221	454	2,320	4.6	360	104	66	5	36.5	1.86637	3.382	1.08037	0.02865	268.3	0.00002	27.77842	283.28595	4
6	플라스틱 시트 및 판 제조업	22213	66	469	4.6	151	224	157	0	29.9	1.33377	1.494	1.08635	0.04994	177.2	0.00002	9.50383	249.64509	4
7	그 외 기타 건축자재 도매업	46699	10,712	29,663	1.0	25	24	17	0	29.2	1.15369	1.415	0.86760	0.04328	167.2	0.00002	4.76010	196.58465	4
8	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	29299	4,501	29,286	0.4	3	6	3	0	50.0	0.94584	1.278	0.44146	0.00575	499.9	0.00002	3.19360	158.20072	4
9	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업	26112	407	12,666	0.6	13	7	6	0	14.3	0.80133	0.585	0.64279	0.17650	57.4	0.00002	1.67420	137.92253	4
10	벽지 및 장판지 제조업	17903	78	1,275	1.0	163	159	138	0	13.2	1.38447	1.295	1.01760	0.25485	45.4	0.00002	6.71470	135.48352	4
11	기타 방적업	13109	155	2,135	1.0	8	18	10	0	44.4	1.07005	1.264	0.30610	0.01015	320.9	0.00002	3.51610	134.76135	4
12	모피 및 가죽 제조업	15110	340	3,574	14.0	354	538	351	5	34.8	1.18370	2.142	0.43530	0.02282	187.5	0.00002	18.97600	125.21916	4
13	플라스틱 합성피혁 제조업	22214	41	530	11.6	823	773	508	0	34.3	0.95058	1.195	0.50600	0.02415	179.0	0.00002	7.08640	122.71605	4
14	그 외 기타 의복 액세서리 제조업	14499	689	3,190	7.0	161	213	126	5	40.8	1.46703	2.530	0.30880	0.01328	248.5	0.00002	12.84510	115.76839	4
15	천막, 텐트 및 유사 제품 제조업	13224	679	2,787	1.6	15	45	36	0	20.0	0.98402	1.415	0.45800	0.08206	77.0	0.00002	7.18390	104.12849	4

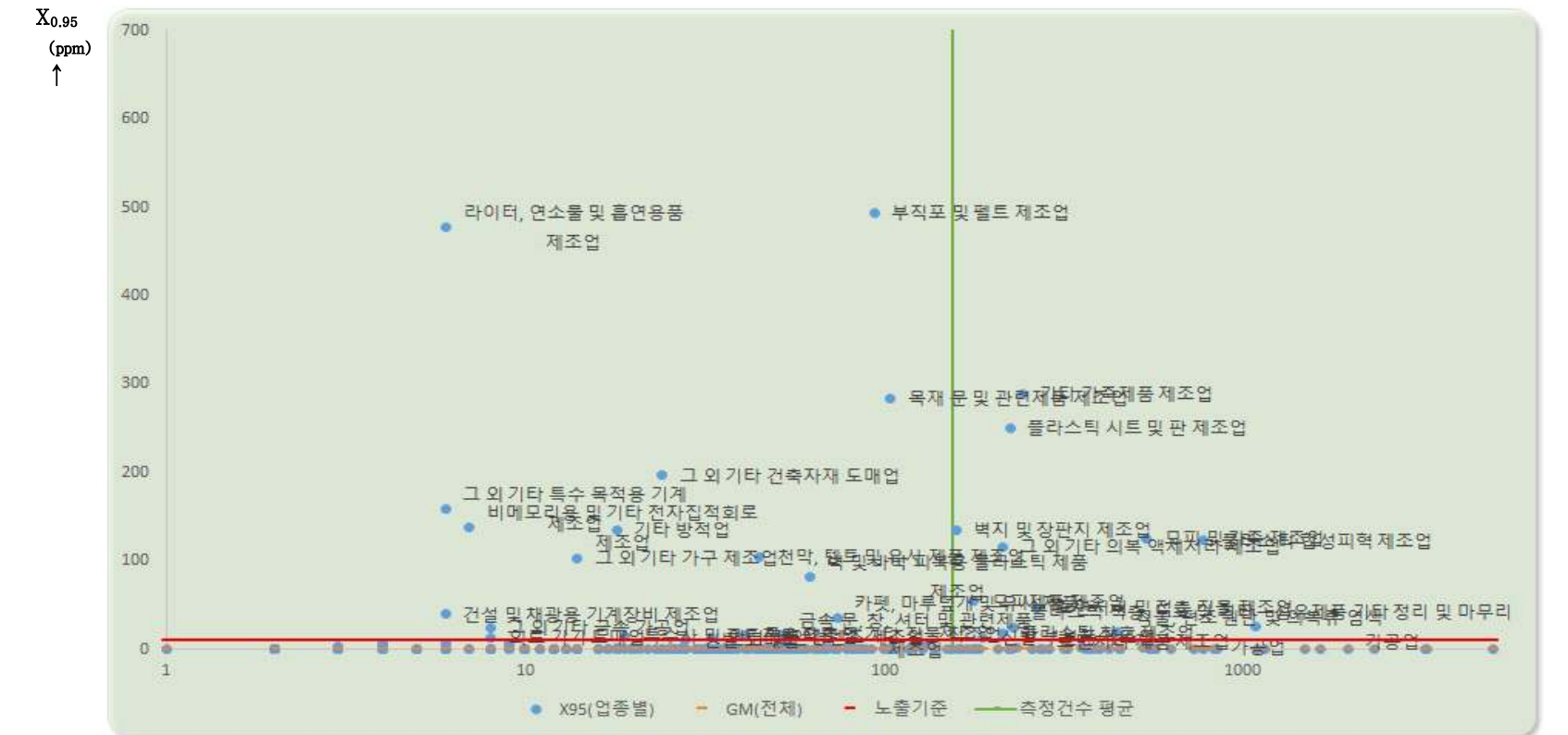
* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-10] 최근 5년간 디메틸포름아미드 세세업종별 작업환경측정 현황



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-10] 최근 5년간 디메틸포름아미드 세세업종별 작업환경측정 현황_계속

(4) 1,2-디클로로에탄(1,2-Dichloroethane)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile/1-bromopropane〉

1,2-디클로로에탄은 클로로포름과 같은 기분 좋은 냄새와 휘발성 특성을 지닌 투명하고 무색의 액체로, 폴리염화비닐(polyvinyl chloride, PVC) 생산을 위한 주요 물질인 폴리염화 단량체(vinyl chloride monomer, VCM)를 제조하는 데 주로 사용된다. 또한, 에틸렌디아민, 트리클로로에탄 및 테트라클로로에탄과 다양한 염소화 용매를 포함한 화합물을 생산하는 데 사용되었다. 과거 가솔린에서 납 제거제로 사용되었고, 금속 탈지, 곡물 및 토양 훈증제, 식물 세척 및 의약품 공정 용제로 사용되었다. CAREX Canada는 약 2,000명의 캐나다 근로자가 1,2-디클로로에탄에 노출된 것으로 추정하며, 노출된 가장 큰 산업은 기본 화학 제조에 이어 창고 및 보관이었다. 1,2-디클로로에탄 노출과 관련된 다른 중요한 산업에는 과학 및 기술 컨설팅 서비스, 비누, 세정제, 화장실용품 제조가 있었고, 직종별로 가장 많이 노출된 그룹은 화학 플랜트 기계 조작자, 자재 취급자, 석유, 가스 및 화학 처리를 위한 중앙 제어 및 공정 관리자라고 보고하였다. IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 인간에게 발암 가능성이 있는 Group 2B로 분류하였으며, 생쥐와 쥐를 대상으로 한 연구에서 1,2-디클로로에탄에 대한 노출과 위, 폐, 간, 유선 및 자궁을 포함한 다양한 부위의 종양 발병률 증가 사이의 연관성이 나타났다. 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 10 ppm(발암성 1B), ACGIH TLV-TWA 10 ppm, OSHA PEL 50 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 1,2-디클로로에탄을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 32개 업종, 66개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 12개 업종 23개 사업장, 실시하지 않은 사업장은 25개 업종, 43개가 있었다. 실태조사를 통해 주요 용도를 살펴보면 반응,

혼합, 접착, 검사, 인쇄, 세척제거, 실험/연구 등 공정에서 원자재, 접착, 탈지, 세정, 용매 등으로 사용되었다

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

1,2-디클로로에탄은 최근 5년간 129개 업종, 835개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간(평균) 167개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료 수 6,834건 중 검출된 시료는 285건으로 불검출률은 95.8% 수준이었으며, 노출기준을 초과한 시료는 없었다. 측정시료 수로는 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」에서 1,087건으로 가장 많았고, 「완제 의약품 제조업」 914건, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 894건, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 526건, 「의약품 화합물 및 향생물질 제조업」 328건, 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」 246건 순으로 많았다. 주요 생산품은 의약품, 석유화학제품, 염화비닐모노머, 시설점검, 향만하역, 방산품, 합성수지, 플라스틱 등 순이었고, 주요 공정은 실험실, 공무, 출하, 품질관리, 도색 등 순이었다(표 III-23).

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.01065 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 평가결과에서 측정시료수가 3개 미만인 업종을 제외하고 기하평균이 높은 업종 순서를 살펴보면 「주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업」에서 2.869 ppm(n=6), 「그 외 기타 달리 분류되지않는 운송장비 제조업」에서 2.75 ppm(n=8), 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」 1.281 ppm(n=4), 「기타 구조용 금속제품 제조업」 0.1787 ppm(n=16), 「기체 여과기 제조업」 0.0501 ppm(n=28), 「요업용 도포제 및 관련제품 제조업」 0.0401 ppm(n=5), 「기타 화학물질 및 화학제품 도매업」 0.0322 ppm(n=12), 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」 0.2478 ppm(n=246) 등 순이었다. 95% 상위값은 「주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업」, 「기타 구조용 금속제품 제조업」, 「플라스틱 필름 제조업」, 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」, 「그

외 기타 달리 분류되지않는 운송장비 제조업」, 「기체 여과기 제조업」, 「기타 화학물질 및 화학제품 도매업」, 「요업용 도포제 및 관련제품 제조업」, 「기타 석유 정제물 재처리업」, 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」 순으로 높았고, 금속 및 철구조물의 스프레이 도장, 산업용 보호테이프의 코팅 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

1,2-디클로로에탄에 대한 평가결과, 노출기준(10ppm)을 초과하는 시료 및 95% 상위 값이 노출기준을 초과하는 업종은 없었다.

〈표 III-23-1〉 1,2-디클로로에탄 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수													
	합 계	414,170	3,694,181	167.0	101,030	6,834	285	0	95.8	0.0568	0.3289	0.01065	0.01262	2.3	0.01065	5.79425	0.05096	0		
1	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	5.0	4,159	1,087	24	0	97.8	0.0397	0.2243	0.01065	0.01178	2.0	0.01065	2.67520	0.03615	0	
2	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	19.8	5,958	914	8	0	99.1	0.0218	0.2056	0.01065	0.01100	1.4	0.01065	4.40410	0.02020	0	
3	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	7.2	4,334	894	53	0	94.1	0.0768	0.3743	0.01065	0.01372	2.8	0.01065	5.01900	0.07500	0	
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	13.8	1,873	526	16	0	97.0	0.0402	0.2428	0.01065	0.01199	2.0	0.01065	3.37030	0.03835	0	
5	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	9.0	1,927	328	11	0	96.6	0.0312	0.1586	0.01065	0.01197	2.0	0.01065	2.42308	0.03614	0	
6	기타 기초 무기화학 물질 제조업	20129	416	10,350	4.2	1,196	246	55	0	77.6	0.1483	0.3340	0.01065	0.02478	5.1	0.01065	1.96590	0.36266	1	
7	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	5.6	6,494	206	15	0	92.7	0.0665	0.2279	0.01065	0.01437	3.0	0.01065	1.26540	0.08566	0	
8	항만 내 여객 운송업	50202	85	1,953	1.0	144	198	1	0	99.5	0.0194	0.1235	0.01065	0.01093	1.4	0.01065	1.74800	0.01984	0	
9	철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업	31202	241	4,364	1.0	1,851	178	0	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	3.6	444	133	0	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	4.4	934	126	6	0	95.2	0.0555	0.2875	0.01065	0.01270	2.3	0.01065	2.42830	0.05128	0	
12	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	5.0	2,468	108	2	0	98.1	0.0945	0.6136	0.01065	0.01191	2.3	0.01065	4.54090	0.04592	0	
13	전기·전자공학 연구개발업	70121	623	6,433	3.4	23,943	108	0	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	4.0	560	93	0	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	건물용 기계·장비 설치 공사업	42202	11,586	58,640	0.8	13	73	0	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-23-2〉 1,2-디클로로에탄 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		414,170	3,694,181	167.0	101,030	6,834	285	0	95.8	0.0568	0.3289	0.01065	0.01262	2.3	0.01065	5.79425	0.05096	0
1	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	22249	1,490	24,925	0.2	4	2	2	0	0.0	5.0927	0.8665	5.09272	5.05572	1.2	4.48000	5.70543	6.69777	Low
2	주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업	32021	2,096	9,551	0.4	7	6	6	0	0.0	3.3556	1.8595	3.50650	2.86873	1.9	1.16354	5.79425	8.29294	3
3	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	31999	339	2,723	0.4	39	8	8	0	0.0	2.8262	0.6546	2.90362	2.75057	1.3	1.59396	3.83582	4.21748	2
4	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	0.2	2	4	4	0	0.0	1.6138	1.3063	1.17794	1.28104	2.2	0.62300	3.47638	4.54532	2
5	기어 및 동력전달장치 제조업	29142	1,082	8,695	0.2	4	1	1	0	0.0	0.2953	#DIV/0!	0.29530	0.29530	-	0.29530	0.29530	-	Low
6	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	0.8	19	16	10	0	37.5	0.7544	0.8515	0.64501	0.17877	10.3	0.01065	3.02350	8.24414	3
7	그 외 기타 나무제품 제조업	16299	1,297	5,809	0.2	1	2	1	0	50.0	0.6479	0.9013	0.64794	0.11699	29.6	0.01065	1.28522	30.86694	Low
8	플라스틱 필름 제조업	22212	1,472	17,373	0.4	7	6	3	0	50.0	0.8114	1.5480	0.17093	0.09818	13.0	0.01065	3.93680	6.71652	3
9	기타 목재 가구 제조업	32029	3,815	17,741	0.2	1	2	1	0	50.0	0.2252	0.3034	0.22518	0.06843	13.9	0.01065	0.43970	5.18495	Low
10	기체 여과기 제조업	29174	1,352	13,683	1.2	4,607	28	8	0	71.4	0.8005	1.4505	0.01065	0.05011	12.4	0.01065	4.92174	3.13291	2
11	생활용 유리·요업·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업	46433	1,591	6,574	0.2	1	2	1	0	50.0	0.1001	0.1265	0.10009	0.04493	7.7	0.01065	0.18953	1.27904	Low
12	요업용 도포제 및 관련제품 제조업	20412	28	271	0.4	28	5	2	0	60.0	0.1266	0.1655	0.01065	0.04010	6.2	0.01065	0.36680	0.80386	1
13	기타 화학 물질 및 화학제품 도매업	46739	2,948	8,803	1.0	12	12	3	0	75.0	0.2445	0.4470	0.01065	0.03228	7.5	0.01065	1.19200	0.88576	1
14	기타 기초 무기화학 물질 제조업	20129	416	10,350	4.2	1,196	246	55	0	77.6	0.1483	0.3340	0.01065	0.02478	5.1	0.01065	1.96590	0.36266	1
15	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	3.2	219	64	18	0	71.9	0.2160	0.7958	0.01065	0.02472	4.7	0.01065	4.73660	0.31731	1

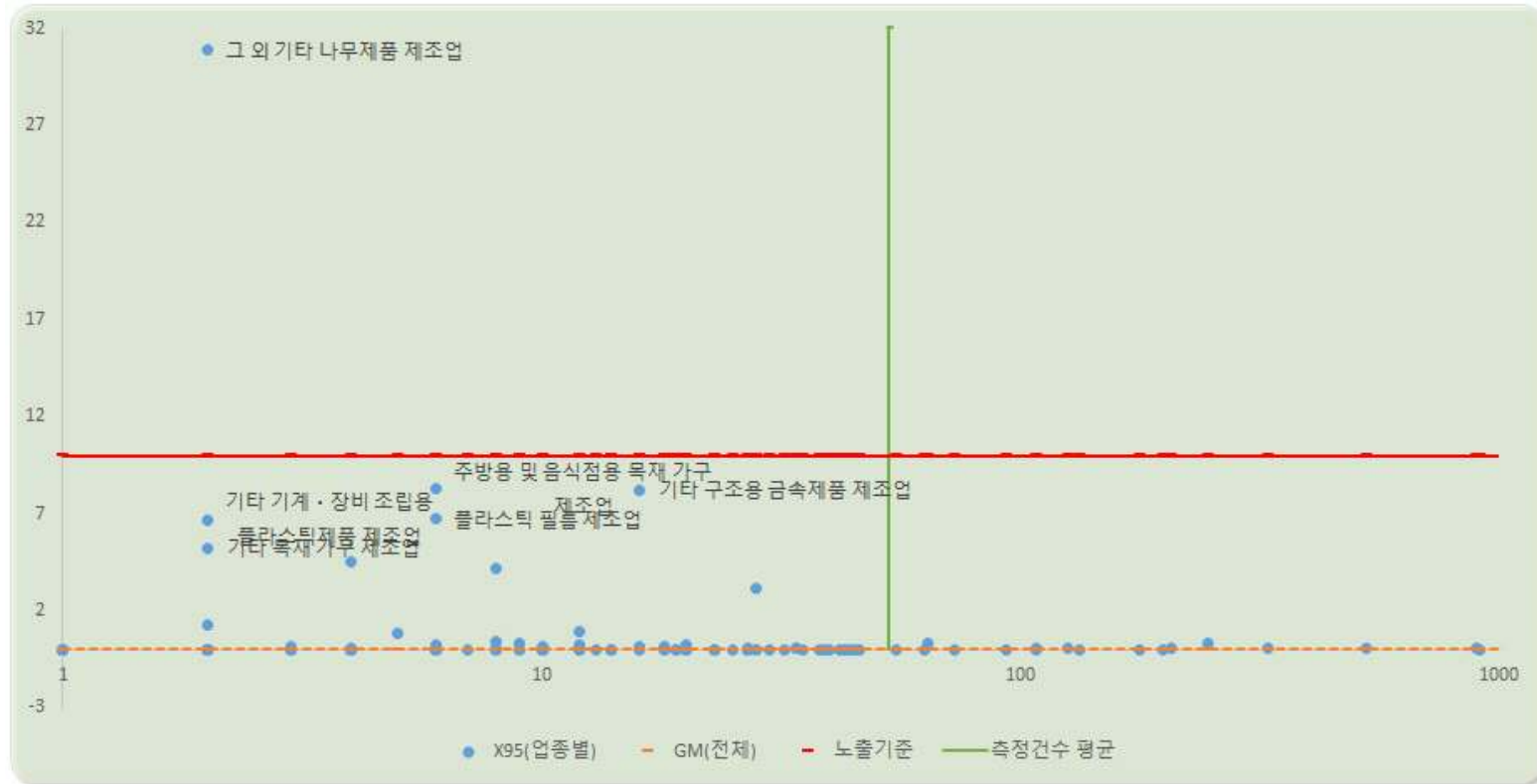
* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-23-3〉 1,2-디클로로에탄 X_{0.95} 농도_ (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	추정 사업장수	추정 근로자수	추정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수											
	합 계	414,170	3,694,181	167.0	101,030	6,834	285	0	95.8	0.0568	0.3289	0.01065	0.01262	2.3	0.01065	5.79425	0.05096	0	
1	그 외 기타 나무제품 제조업	16299	1,297	5,809	0.2	1	2	1	0	50.0	0.6479	0.9013	0.64794	0.11699	29.6	0.01065	1.28522	30.86694	Low
2	주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업	32021	2,096	9,551	0.4	7	6	6	0	0.0	3.3556	1.8595	3.50650	2.86873	1.9	1.16354	5.79425	8.29294	3
3	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	0.8	19	16	10	0	37.5	0.7544	0.8515	0.64501	0.17877	10.3	0.01065	3.02350	8.24414	3
4	플라스틱 필름 제조업	22212	1,472	17,373	0.4	7	6	3	0	50.0	0.8114	1.5480	0.17093	0.09818	13.0	0.01065	3.93680	6.71652	3
5	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	22249	1,490	24,925	0.2	4	2	2	0	0.0	5.0927	0.8665	5.09272	5.05572	1.2	4.48000	5.70543	6.69777	Low
6	기타 목재 가구 제조업	32029	3,815	17,741	0.2	1	2	1	0	50.0	0.2252	0.3034	0.22518	0.06843	13.9	0.01065	0.43970	5.18495	Low
7	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	0.2	2	4	4	0	0.0	1.6138	1.3063	1.17794	1.28104	2.2	0.62300	3.47638	4.54532	2
8	그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업	31999	339	2,723	0.4	39	8	8	0	0.0	2.8262	0.6546	2.90362	2.75057	1.3	1.59396	3.83582	4.21748	2
9	기계 여과기 제조업	29174	1,352	13,683	1.2	4,607	28	8	0	71.4	0.8005	1.4505	0.01065	0.05011	12.4	0.01065	4.92174	3.13291	2
10	생활용 유리·요업·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업	46433	1,591	6,574	0.2	1	2	1	0	50.0	0.1001	0.1265	0.10009	0.04493	7.7	0.01065	0.18953	1.27904	Low
11	기타 화학 물질 및 화학제품 도매업	46739	2,948	8,803	1.0	12	12	3	0	75.0	0.2445	0.4470	0.01065	0.03228	7.5	0.01065	1.19200	0.88576	1
12	요업용 도포제 및 관련제품 제조업	20412	28	271	0.4	28	5	2	0	60.0	0.1266	0.1655	0.01065	0.04010	6.2	0.01065	0.36680	0.80386	1
13	기타 석유 정제물 재처리업	19229	88	1,263	0.4	120	8	1	0	87.5	0.2124	0.5708	0.01065	0.01997	5.9	0.01065	1.62500	0.37171	1
14	기타 기초 무기화학 물질 제조업	20129	416	10,350	4.2	1,196	246	55	0	77.6	0.1483	0.3340	0.01065	0.02478	5.1	0.01065	1.96590	0.36266	1
15	발광 다이오드 제조업	26121	18	243	0.6	11	9	1	0	88.9	0.2431	0.6972	0.01065	0.01916	5.8	0.01065	2.10236	0.34754	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

$X_{0.95}$
(ppm)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-11] 최근 5년간 1,2-디클로로에탄 세세업종별 작업환경측정 현황

(5) 1,2-디클로로프로판(1,2-Dichloropropane, 1,2-DCP)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile/1-bromopropane〉

1,2-디클로로프로판(1,2-DCP)은 클로로포름 냄새가 나는 무색의 가연성 액체로 퍼클로로에틸렌, 사염화탄소 등을 포함한 다른 유기 화합물을 생산하기 위한 화학 중간체로 사용되었다. 또한, 산업용 용제 및 페인트 스트리퍼, 바니시 및 가구 마감 제거제에서도 발견되었다. 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 2014년에 1,2-DCP를 인체 발암성 Group 1 으로 분류하였다. 일본 오사카의 인쇄 공장에서 1,2-DCP에 대한 노출을 조사한 두 연구에서 매우 드문 담관암의 높은 관련 위험(111명의 작업자 중 17명이 진단됨)이 보고되었고 (Kumagi et al., 2013; Kubo et al., 2017), IARC는 이 두 연구가 1,2-DCP와 담관암 사이의 인과 관계에 대한 충분한 증거를 제공했다고 하였다. 이후 실험 동물에서도 발암성에 대한 충분한 증거가 보고되었고, 노출된 마우스에서 악성 폐 및 간 종양이 관찰되었다. 1,2-DCP를 섭취하거나 흡입하여 급성 노출되면 현기증, 두통, 메스꺼움, 간 및 신장 손상, 빈혈, 혼수 상태 및 사망이 발생하며, 직업적 노출로 피부 감작 및 피부염을 유발할 수 있다고 보고하였다. 직업적 노출의 주요 경로는 흡입 및 피부이며, 환기가 잘 되지 않는 경우 고농도에 노출될 수 있다. 일본의 인쇄공장에서 노출기준의 19~33배 농도가 보고(Kumagi et al., 2013)된 바 있다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 10 ppm(발암성 1A), ACGIH TLV-TWA 10 ppm, OSHA PEL 5 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 1-2 디클로로프로판을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 158개 업종, 498개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 10개 업종 10개 사업장, 실시하지 않은 사업장은 158개 업종, 488개가 있었다. 1,2-DCP에 대한 작업환경측정을

실시한 사업장(시료수)은 2018년 22개소(78건)이었던 시료수가 2021년 393개소(1,478건), 2022년 1,553개소(5,026건)으로 급격히 증가하였다. 실태조사를 통해 주요 용도를 살펴보면 세척공정이 가장 많았고, 절단절곡, 도장도포, 성형가공 등에서 세제/살균, 탈지제, 소독제, 윤활유, 절삭유, 접착제 등의 용도로 사용되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

1,2-디클로로프로판은 최근 5년간 301개 업종, 2,034개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 407개 사업장에서 실시되었다. 다만, 시료수는 21년 이후 급격히 증가하였다. 5년간 측정시료건 수 7,195건 중 단시간 측정(short term exposure limits, STEL) 시료를 제외하면 6,815건이었으며, 이 중 검출된 시료는 1,312건으로 불검출률은 80.7% 수준이었다. 노출기준을 초과하는 시료가 28건이 있었고, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 8건, 「그 외 기타 금속 가공업」 5건 등이 있었다(표 III-24).

측정시료 수로는 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」에서 426건으로 가장 많았고, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 411건, 「도금업」 350건, 「자동차체용 신품 부품 제조업」 265건, 「주형 및 금형 제조업」 230건 순으로 많았다. 301개 실시 업종 중 시료가 검출된 업종은 「섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업」, 「플라스틱 합성피혁 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」등 162개 업종이었다. 측정사업장은 주요 생산품은 자동차 부품, 전자부품, 기계정비, 1차 금속기계, 변압기, 정밀화학제품, 금형, 선박, 철구조물 등이었으며, 주요 공정은 세척, 조립, 기계가공, 도금, 사출성형, 제관, 초음파 세척 등 이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「그 외 기타 건축자재 도매업」에서 3.809 ppm(n=4), 「표면가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업」에서 2.766 ppm(n=6), 「레이더,

항행용 무선 기기 및 측량 기구 제조업」에서 2.426 ppm(n=4), 「플라스틱 접착처리 제품 제조업」 0.646 ppm(n=7), 「전자 축전기 제조업」에서 0.2224 ppm(n=20), 「스크린 인쇄업」에서 0.1561 ppm(n=10), 「전자 저항기 제조업」 0.0817 ppm(n=6) 등 순이었다. 건축자재 도매업에서 배관 앵글의 자국제거, 전자 축전기 제조업의 2차전지 부품에 대한 세척, 후처리, 전기 저항기 제조업의 세척, 함침 공정, 스크린 인쇄 등에서 평가되었다. 95% 상위값이 노출기준인 10 ppm을 초과한 업종으로 「전자 저항기 제조업」, 「강관 제조업」, 「전기회로 접속장치 제조업」, 「기타 건축용 나무제품 제조업」, 「볼트 및 너트류 제조업」, 「끈 및 로프 제조업」 등 34개 업종이 있었다. 측정공정 및 단위작업장소를 살펴보면 콘덴서, 증착필름 세척/함침, 파이프 카플링 가공, 강관인발공정에서의 세척, 저항기 무연디핑, 볼트, 너트의 피막, 세척, 액체여과기 접착/절단, 전자부품 세척, 끈, 로프의 연신, 와인딩 등에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

1,2-디클로로프로판에 대한 평가결과, 노출기준(10ppm)을 초과하는 시료가 발생한 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「그 외 기타 금속 가공업」과 자료의 분포를 통해 추정되는 95% 상위값이 노출기준을 초과하는 35개 업종 중 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균(n>23)이상인 「그 외 기타 특수목적용 기계 제조업」, 「기타 주변 기기 제조업」, 「반도체 제조용 기계 제조업」, 「변압기 제조업」, 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」의 세척, 후처리, 함침 등 공정에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다 (그림 III-12).

〈표 III-24-1〉 최근 5년간 1,2-디클로로프로판 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수																
	합 계	545,671	5,793,148	406.8	60,808	6,815	1,312	28	80.75	0.45885	2.67850	0.00005	0.00033	50.74	0.00005	100.16380	0.21101	1	
1	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	29.2	2,426	426	70	8	83.57	0.77856	4.31727	0.00005	0.00027	47.57	0.00005	55.64110	0.15375	1
2	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	26.2	2,394	411	111	2	72.99	0.61498	2.19164	0.00005	0.00074	88.67	0.00005	32.08366	1.17945	2
3	도금업	25922	2,129	24,063	28.0	370	350	46	0	86.86	0.23676	0.89161	0.00005	0.00018	28.77	0.00005	6.74820	0.04567	0
4	자동차 차체용 신품 부품 제조업	30320	4,321	152,618	13.2	2,422	265	95	1	64.15	0.39660	2.10864	0.00005	0.00123	78.62	0.00005	31.89537	1.61323	2
5	주형 및 금형 제조업	29294	9,379	58,489	15.4	1,747	230	50	0	78.26	0.37807	0.97600	0.00005	0.00044	64.10	0.00005	6.27110	0.41018	1
6	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	16.0	270	187	58	0	68.98	0.63522	1.31174	0.00005	0.00115	115.74	0.00005	6.51220	2.84183	2
7	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	13.8	567	162	45	1	72.22	0.62986	2.06109	0.00005	0.00082	96.75	0.00005	21.94485	1.52221	2
8	기타 제철 및 제강업	24119	114	7,722	0.6	1,816	125	0	0	100.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	그 외 기타 금속 가공업	25929	11,686	56,547	9.6	207	125	35	5	72.00	2.15170	9.92649	0.00005	0.00105	141.97	0.00005	100.16380	3.64974	2
10	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	25999	7,041	47,139	8.8	405	114	26	3	77.19	2.00209	9.36252	0.00005	0.00059	100.26	0.00005	62.23960	1.15255	2
11	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	1.2	1,496	98	6	0	93.88	0.14038	0.64510	0.00005	0.00010	12.73	0.00005	4.02470	0.00626	0
12	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	5.2	1,390	98	12	0	87.76	0.22686	0.79028	0.00005	0.00017	28.87	0.00005	4.31030	0.04384	0
13	그 외 기타 고무제품 제조업	22199	1,786	15,235	3.4	299	97	43	0	55.67	0.59041	1.45225	0.00005	0.00290	112.69	0.00005	8.17240	6.87525	3
14	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	8.4	154	90	9	4	90.00	1.25026	4.92748	0.00005	0.00017	38.02	0.00005	34.12890	0.06597	0
15	탱, 밸브 및 유사 장치 제조업	29133	1,589	17,137	4.2	197	89	36	1	59.55	0.62588	2.31420	0.00005	0.00217	109.03	0.00005	20.59200	4.87182	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-24-2〉 최근 5년간 1,2-디클로로프로판 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

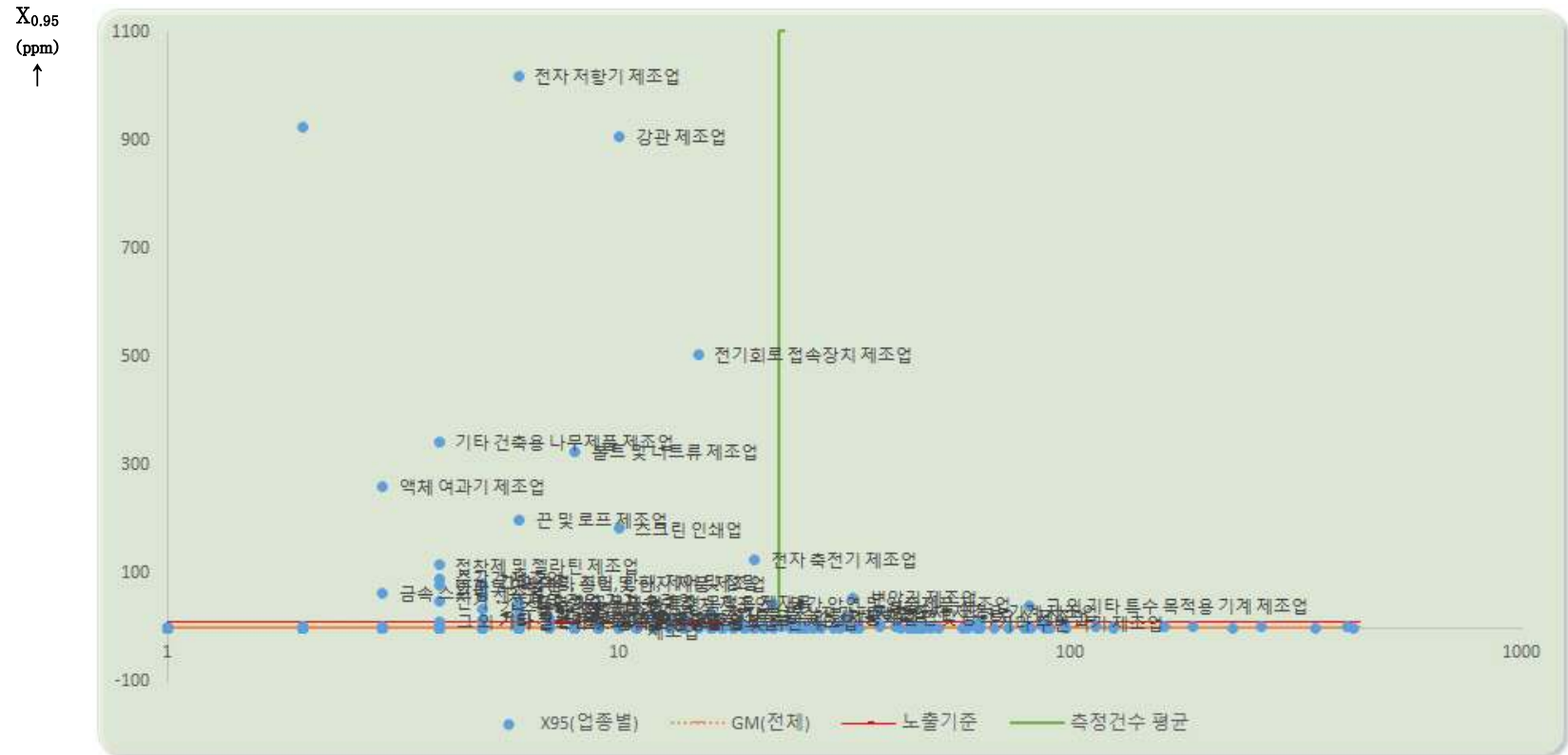
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수													
	합 계	545,671	5,793,148	406.8	60,808	6,815	1,312	28	80.75	0.45885	2.67850	0.00005	0.00033	50.74	0.00005	100.16380	0.21101	1		
1	연마제 제조업	23992	156	1,587	0.2	4	1	1	0	0.00	6.45040	—	6.45040	6.45040	—	6.45040	6.45040	—	—	
2	그 외 기타 건축자재 도매업	46699	10,712	29,663	0.4	4	4	4	0	0.00	4.55500	3.23997	3.63450	3.80867	1.99	1.72700	9.22400	11.77482	4	
3	표면 가공 목재 및 특정목적용 제재목 제조업	16102	575	3,634	0.4	7	6	6	0	0.00	4.00168	2.44528	3.76084	2.76614	3.43	0.24630	6.94723	21.00397	4	
4	레이더, 항행용 무선기기 및 측량 기구 제조업	27211	177	1,760	0.4	20	4	4	0	0.00	2.69120	1.26872	2.77785	2.42610	1.75	1.14370	4.06540	6.06352	3	
5	피복 및 충전용접봉 제조업	25995	7	114	0.2	33	1	1	0	0.00	1.56450	—	1.56450	1.56450	—	1.56450	1.56450	—	—	
6	이동전화기 제조업	26422	130	1,265	0.2	4	2	2	0	0.00	0.73055	0.10672	0.73055	0.72664	1.16	0.65508	0.80601	0.92482	Low	
7	플라스틱 접착 처리 제품 제조업	22291	104	655	0.6	14	7	7	0	0.00	1.31641	1.96630	0.79580	0.64634	3.40	0.17550	5.68650	4.83935	2	
8	제조업 회사본부	71511	1,638	13,828	0.2	0	2	2	0	0.00	0.58950	0.30830	0.58950	0.54771	1.73	0.37150	0.80750	1.35132	Low	
9	산업용 송풍기 및 배기장치 제조업	29173	692	5,044	0.2	4	1	1	0	0.00	0.51690	—	0.51690	0.51690	—	0.51690	0.51690	—	—	
10	전기·전자및정밀기기수리업	34020	260	1,020	0.2	1	4	4	0	0.00	2.23018	2.48710	2.20405	0.42322	18.00	0.01150	4.50110	49.16055	4	
11	전자 축전 제조업	26291	87	3,541	0.6	53	20	17	0	15.00	1.63652	1.84247	0.85705	0.22248	47.25	0.00005	6.79330	126.36701	4	
12	스크린인쇄업	18112	908	5,026	0.6	4	10	8	0	20.00	1.15506	0.93957	1.23315	0.15614	73.48	0.00005	2.56640	183.38652	4	
13	전자 저항기 제조업	26292	73	1,293	0.4	42	6	4	0	33.33	2.22851	1.78349	2.95298	0.08176	308.95	0.00005	4.11622	1,019.5239	4	
14	전기회로접속장치제조업	28122	253	2,510	1.6	100	15	10	0	33.33	2.12811	1.90844	2.15630	0.07437	213.35	0.00005	4.90114	504.36807	4	
15	강관제조업	24132	163	3,445	0.6	13	10	6	0	40.00	3.80987	4.03259	2.67510	0.04874	394.18	0.00005	8.47700	907.50688	4	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-24-3〉 최근 5년간 1,2-디클로로프로판 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 사업장수	검출 사업장수	노출기준 초과 사업장수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	545,671	5,793,148	406.8	60,808	6,815	1,312	28	80.75	0.45885	2.67850	0.00005	0.00033	50.74	0.00005	100.16380	0.21101	1	
1	전자 저항기 제조업	26292	73	1,293	0.4	42	6	4	0	33.33	2.22851	1.78349	2.95298	0.08176	308.95	0.00005	4.11622	1,019.52390	4
2	지방행정 집행기관	84113	14,570	233,394	0.2	145	2	1	0	50.00	0.58499	0.82723	0.58499	0.00765	1228.81	0.00005	1.16993	924.19959	Low
3	강관 제조업	24132	163	3,445	0.6	13	10	6	0	40.00	3.80987	4.03259	2.67510	0.04874	394.18	0.00005	8.47700	907.50688	4
4	전기회로 접속장치 제조업	28122	253	2,510	1.6	100	15	10	0	33.33	2.12811	1.90844	2.15630	0.07437	213.35	0.00005	4.90114	504.36807	4
5	기타 건축용 나무제품 제조업	16229	518	3,186	0.4	113	4	2	0	50.00	1.30080	1.51182	1.19533	0.01139	527.55	0.00005	2.81250	342.37636	4
6	볼트 및 너트류 제조업	25941	288	942	1.2	21	8	5	0	37.50	1.46133	1.67410	1.21675	0.03782	246.38	0.00005	4.92460	325.05883	4
7	액체 여과기 제조업	29175	627	3,003	0.4	7	3	2	0	33.33	0.50268	0.50474	0.49850	0.02930	252.35	0.00005	1.00950	261.94272	4
8	끈 및 로프 제조업	13921	213	1,233	0.4	6	6	4	0	33.33	0.85118	0.89677	0.67850	0.03934	179.09	0.00005	2.31600	200.07870	4
9	스크린 인쇄업	18112	908	5,026	0.6	4	10	8	0	20.00	1.15506	0.93957	1.23315	0.15614	73.48	0.00005	2.56640	183.38652	4
10	전자 축전기 제조업	26291	87	3,541	0.6	53	20	17	0	15.00	1.63652	1.84247	0.85705	0.22248	47.25	0.00005	6.79330	126.36701	4
11	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	0.2	4	4	2	0	50.00	0.61313	0.70793	0.61013	0.00783	342.24	0.00005	1.23220	115.54064	4
12	승강기 제조업	29162	982	14,312	0.4	18	4	2	0	50.00	0.93678	1.71582	0.12113	0.00679	321.97	0.00005	3.50480	90.58396	4
13	그 외 기타 종이 및 판지 제품 제조업	17909	786	6,494	0.4	8	5	2	0	60.00	1.20703	1.66104	0.00005	0.00408	414.83	0.00005	3.25230	82.62525	4
14	아파트 건설업	41112	3,179	335,208	0.4	100	4	2	0	50.00	0.54478	0.79651	0.24553	0.00675	294.70	0.00005	1.68800	77.84622	4
15	금속 스프링 제조업	25943	383	3,152	0.4	16	3	1	0	66.67	0.97239	1.68415	0.00005	0.00194	564.47	0.00005	2.91708	65.17415	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

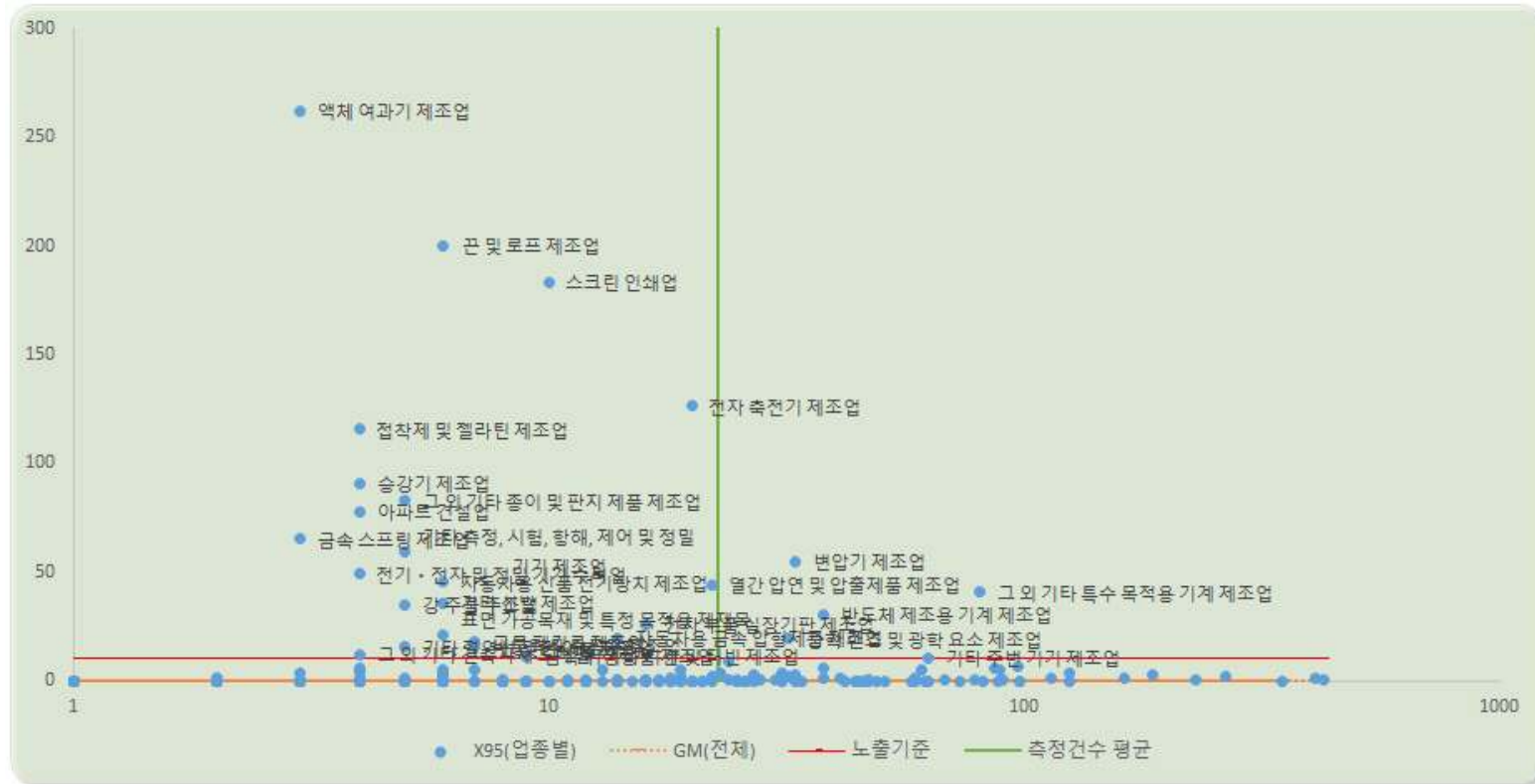


→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-12] 최근 5년간 1,2-디클로로프로판 세세업종별 작업환경측정 현황

$X_{0.95}$
(ppm)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준($0.2\text{mg}/\text{m}^3$), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-12] 최근 5년간 1,2-디클로로프로판 세세업종별 작업환경측정 현황_계속

(6) 2-메톡시에탄올(2-Methoxyethanol, 2-ME)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: en.wikipedia.org; ILO-WHO 국제화학물질정보카드〉

2-메톡시에탄올(2-ME)은 에테르 냄새가 나는 무색의 투명한 액체로 메틸셀로솔브, 에틸렌글리콜모노메틸에테르(EGME)로도 불린다. 바나시, 염료 및 수지와 같은 다양한 목적을 위한 용매로 사용된다, 항공기 제빙용액의 첨가제로도 사용된다. 흡입 시, 정신착란, 기침, 인후염, 현기증 등이 발생할 수 있고, 피부흡수가 가능하다. 중추신경계, 혈액, 골수, 신장과 간에 영향을 줄 수 있으며, 높은 수준에 노출되면 무의식을 일으킬 수 있다. 특히, 빈혈, 정자감소증 및 무정자증의 위험이 있고, 생식독성이 있어 임신한 여성 근로자에게 노출되지 않도록 하여야 한다. 국내 노출기준 8시간 시간가중 평균(TWA) 5 ppm(생식독성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 0.1 ppm, OSHA PEL 25 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 2-메톡시에탄올을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 41개 업종, 82개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경 측정을 실시한 사업장은 24개 업종 45개 사업장, 실시하지 않은 사업장은 26개 업종, 37개가 있었다. 2-ME를 취급하는 사업장은 도장공정에서 안료, 도료, 용매, 코팅제로 사용되거나 실험/연구 공정에서 시약으로 사용하는 것으로 조사되었다

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

2-메톡시에탄올은 최근 5년간 175개 업종, 2,833개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 566개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료 12,021건 중 검출된 시료는 361건으로 불검출률은 97.0% 수준이었다. 노출 기준 초과 시료는 12건이 있었고, 「접착제 및 젤라틴 제조업」 10건, 「탄소 섬유 제조업」에서 2건이 있었다(표 III-25).

측정시료 수로는 「자동차 종합 수리업」에서 2,985건으로 가장 많았고,

「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 731건, 「완제 의약품 제조업」 654건, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업」 627건, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 621건, 「자동차 전문 수리업」 551건 순으로 많았다. 175개 실시 업종 중 검출 시료가 있는 업종은 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」등 45개 업종이었다. 주요 생산품은 자동차 수리 및 정비, 의약품, 편광필름, 전지/OLED, 도료유지, 합성수지, 화공약품, 합성수지, 계면활성제 등 순이었고, 주요 공정은 도장, 샌딩, 실험, 분석, 품질관리, 기술개발, 코팅, 그라비아 인쇄 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0013 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」에서 0.211 ppm(n=8), 「기타 토목 시설물 건설업」 0.0303 ppm(n=6), 「접착제 및 젤라틴 제조업」 0.0107 ppm(n=64), 「탄소섬유 제조업」 0.0102 ppm(n=10), 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」 0.0057 ppm(n=332) 등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 5 ppm을 초과한 업종으로 「탄소섬유 제조업」, 「기타 토목 시설물 건설업」, 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」 3개 업종이 있었다.

자동차 종합수리업의 도장작업, 건설업의 에폭시 도장작업, 광학 렌즈 제조업의 편광필름 코팅작업, 탄소섬유, 유리섬유 제조업의 코팅 공정, 접착제 제조업의 배합, 투입, 반응, 혼합작업, 인쇄회로기판용 적층판 제조업의 혼합, 함침, 인쇄 공정 등에서 측정되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

2-메톡시에탄올에 대한 평가결과, 노출기준(5ppm)을 초과하는 시료가 발생한 「접착제 및 젤라틴 제조업」, 「탄소섬유 제조업」과 자료의 분포를 통해 추정되는 95% 상위값이 노출기준을 초과하는 「탄소섬유 제조업」, 「기타 토목 시설물 건설업」, 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다. 아울러, ACGIH에서는 노출기준을 0.1 ppm으로 관리하고 있어, 95% 상위값이 0.1 ppm을 초과하면서 측정 시료수가 많은 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」 등 업종에 대해서도 지속적인 관찰이 요구된다 (그림 III-13).

〈표 III-25-1〉 2-메톡시에탄올 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		486,038	4,649,709	566.6	135,435	12,021	361	12	97.0	0.0357	0.5910	0.0013	0.0016	2.8	0.0013	44.9841	0.0085	0
1	자동차 종합 수리업	95211	7,849	46,827	255.4	2,994	2,985	28	0	99.1	0.0059	0.0757	0.0013	0.0014	1.7	0.0013	2.3757	0.0032	0
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	13.0	3,216	731	35	0	95.2	0.0229	0.1349	0.0013	0.0017	3.3	0.0013	2.0201	0.0119	0
3	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	12.8	3,507	654	1	0	99.8	0.0014	0.0023	0.0013	0.0013	1.2	0.0013	0.0610	0.0017	0
4	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	6.0	651	627	44	0	93.0	0.0375	0.1668	0.0013	0.0019	4.4	0.0013	1.7058	0.0222	0
5	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	17.2	3,305	621	2	0	99.7	0.0028	0.0330	0.0013	0.0013	1.4	0.0013	0.8176	0.0022	0
6	자동차 전문 수리업	95212	9,345	26,783	51.6	528	551	8	0	98.5	0.0120	0.1355	0.0013	0.0014	2.0	0.0013	2.2886	0.0043	0
7	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	9.0	9,081	450	3	0	99.3	0.0049	0.0454	0.0013	0.0014	1.6	0.0013	0.7598	0.0030	0
8	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	5.2	1,118	332	81	0	75.6	0.2358	0.6491	0.0013	0.0057	14.3	0.0013	4.4819	0.4539	1
9	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	9.0	21,457	301	1	0	99.7	0.0047	0.0592	0.0013	0.0013	1.5	0.0013	1.0292	0.0025	0
10	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	9.2	4,095	250	3	0	98.8	0.0033	0.0186	0.0013	0.0014	1.7	0.0013	0.2058	0.0033	0
11	플라스틱 필름 제조업	22212	1,472	17,373	8.2	1,179	240	25	0	89.6	0.1507	0.5520	0.0013	0.0026	7.8	0.0013	3.8295	0.0752	1
12	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	6.0	14,077	185	0	0	100.0	0.0013	0.0000	0.0013	0.0013	1.0	0.0013	0.0013	0.0013	0
13	전기·전자공학 연구개발업	70121	623	6,433	3.0	3,438	177	31	0	82.5	0.1659	0.4533	0.0013	0.0040	11.4	0.0013	2.4910	0.2173	1
14	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	5.6	549	155	0	0	100.0	0.0013	0.0000	0.0013	0.0013	1.0	0.0013	0.0013	0.0013	-
15	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업	23121	143	3,006	2.4	515	146	0	0	100.0	0.0013	0.0000	0.0013	0.0013	1.0	0.0013	0.0013	0.0013	-

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-25-2〉 2-메톡시에탄올 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수											
	합 계	486,038	4,649,709	566.6	135,435	12,021	361	12	97.0	0.0357	0.5910	0.0013	0.0016	2.8	0.0013	44.9841	0.0085	0	
1	아파트 건설업	41112	3,179	335,208	0.2	57	2	2	0	0.0	1.1622	0.1377	1.1622	1.1581	1.1	1.0648	1.2595	1.4079	Low
2	액정 표시장치 제조업	26211	181	10,038	0.2	13	2	2	0	0.0	0.4569	0.3535	0.4569	0.3824	2.4	0.2069	0.7068	1.5964	Low
3	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	27301	322	7,157	0.8	27	8	7	0	12.5	0.3936	0.1991	0.3849	0.2108	7.9	0.0013	0.7046	6.3462	4
4	기관 구내식당업	56130	5,398	26,962	0.2	8	2	2	0	0.0	0.1571	0.0573	0.1571	0.1518	1.5	0.1166	0.1976	0.2804	Low
5	기타 토목 시설물 건설업	41229	26,261	266,425	0.6	175	6	3	0	50.0	0.3753	0.4497	0.2140	0.0303	31.8	0.0013	0.9985	8.9726	4
6	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	2.4	130	64	17	10	73.4	1.4041	2.9650	0.0013	0.0107	35.4	0.0013	9.9669	3.7693	3
7	탄소섬유 제조업	23995	13	54	0.4	7	10	2	2	80.0	7.8728	16.8051	0.0013	0.0102	77.2	0.0013	44.9841	13.0195	4
8	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	5.2	1,118	332	81	0	75.6	0.2358	0.6491	0.0013	0.0057	14.3	0.0013	4.4819	0.4539	1
9	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	22292	770	7,873	0.6	18	8	2	0	75.0	0.0647	0.1314	0.0013	0.0047	11.1	0.0013	0.3654	0.2489	1
10	모터사이클 수리업	95220	325	624	0.6	10	5	1	0	80.0	0.1140	0.2521	0.0013	0.0044	15.1	0.0013	0.5650	0.3822	1
11	전기·전자공학 연구개발업	70121	623	6,433	3.0	3,438	177	31	0	82.5	0.1659	0.4533	0.0013	0.0040	11.4	0.0013	2.4910	0.2173	1
12	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	70130	81	372	0.8	1,546	26	4	0	84.6	0.1849	0.4399	0.0013	0.0037	12.3	0.0013	1.2594	0.2307	1
13	속도계 및 적산계기 제조업	27214	196	2,058	0.6	1	6	1	0	83.3	0.1110	0.2686	0.0013	0.0037	12.7	0.0013	0.6593	0.2407	1
14	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	2.8	2,113	64	9	0	85.9	0.1175	0.2968	0.0013	0.0032	9.5	0.0013	1.0881	0.1313	1
15	선박 구성 부분품 제조업	31114	3,191	53,534	0.4	3	8	2	0	75.0	0.0155	0.0322	0.0013	0.0032	5.5	0.0013	0.0928	0.0520	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-25-3〉 2-메톡시에탄올 X_{0.95} 농도(Top 15)_ 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)							불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수										
	합 계		486,038	4,649,709	566.6	135,435	12,021	361	12	97.0	0.0357	0.5910	0.0013	0.0016	2.8	0.0013	44.9841	0.0085	0
1	탄소섬유 제조업	23995	13	54	0.4	7	10	2	2	80.0	7.8728	16.8051	0.0013	0.0102	77.2	0.0013	44.9841	13.0195	4
2	기타 토목 시설물 건설업	41229	26,261	266,425	0.6	175	6	3	0	50.0	0.3753	0.4497	0.2140	0.0303	31.8	0.0013	0.9985	8.9726	4
3	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	27301	322	7,157	0.8	27	8	7	0	12.5	0.3936	0.1991	0.3849	0.2108	7.9	0.0013	0.7046	6.3462	4
4	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	2.4	130	64	17	10	73.4	1.4041	2.9650	0.0013	0.0107	35.4	0.0013	9.9669	3.7693	3
5	액정 표시장치 제조업	26211	181	10,038	0.2	13	2	2	0	0.0	0.4569	0.3535	0.4569	0.3824	2.4	0.2069	0.7068	1.5964	Low
6	아파트 건설업	41112	3,179	335,208	0.2	57	2	2	0	0.0	1.1622	0.1377	1.1622	1.1581	1.1	1.0648	1.2595	1.4079	Low
7	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	5.2	1,118	332	81	0	75.6	0.2358	0.6491	0.0013	0.0057	14.3	0.0013	4.4819	0.4539	1
8	모터사이클 수리업	95220	325	624	0.6	10	5	1	0	80.0	0.1140	0.2521	0.0013	0.0044	15.1	0.0013	0.5650	0.3822	1
9	기관 구내식당업	56130	5,398	26,962	0.2	8	2	2	0	0.0	0.1571	0.0573	0.1571	0.1518	1.5	0.1166	0.1976	0.2804	Low
10	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	22292	770	7,873	0.6	18	8	2	0	75.0	0.0647	0.1314	0.0013	0.0047	11.1	0.0013	0.3654	0.2489	1
11	속도계 및 적산계기 제조업	27214	196	2,058	0.6	1	6	1	0	83.3	0.1110	0.2686	0.0013	0.0037	12.7	0.0013	0.6593	0.2407	1
12	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	70130	81	372	0.8	1,546	26	4	0	84.6	0.1849	0.4399	0.0013	0.0037	12.3	0.0013	1.2594	0.2307	1
13	전기·전자공학 연구개발업	70121	623	6,433	3.0	3,438	177	31	0	82.5	0.1659	0.4533	0.0013	0.0040	11.4	0.0013	2.4910	0.2173	1
14	물질 검사, 측정 및 분석 기구 제조업	27213	869	8,370	0.6	6	8	1	0	87.5	0.1756	0.4931	0.0013	0.0031	11.8	0.0013	1.3960	0.1801	1
15	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	2.8	2,113	64	9	0	85.9	0.1175	0.2968	0.0013	0.0032	9.5	0.0013	1.0881	0.1313	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(5 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-13] 최근 5년간 2-메톡시에탄올 세세업종별 작업환경측정 현황

(7) 2-메톡시에틸아세테이트(2-Methoxyethylacetate, 2-MEA)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: en.wikipedia.org; ILO-WHO 국제화학물질정보카드〉

2-메톡시에틸아세테이트(2-MEA)는 독특한 냄새가 나는 무색 액체로, 흡입 시 현기증, 졸림, 두통 등이 발생하고, 피부를 통해 신체에 흡수될 수 있다. 높은 농도에 노출 시 혈액세포병변, 신장손상을 유발할 수 있다

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 5 ppm(생식독성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 0.1 ppm, OSHA PEL 25 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 2-MEA를 취급하는 것으로 조사된 사업장은 36개 업종, 45개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 1개 업종 1개 사업장, 실시하지 않은 사업장은 35개 업종, 44개가 있었다. 2-MEA를 취급하는 사업장은 도장공정에서 안료, 도료, 용매, 코팅제로 사용되거나 실험/연구 공정에서 시약으로 사용하는 것으로 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

2-메톡시에틸아세테이트는 최근 5년간 82개 업종, 791개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 158개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정 시료건 수 2,461건 중 검출된 시료는 221건으로 불검출률은 91.0% 수준이었으며 노출기준 초과 시료는 없었다. 측정시료 수로는 「자동차 종합수리업」에서 985건으로 가장 많았고, 「자동차 전문수리업」 102건, 「도장 및 기타 피막 처리업」 81건, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」 74건, 「종합병원」 69건, 「그 외 기타 보건업」 63건 순으로 많았다. 82개 실시 업종 중 검출된 시료는 「자동차 종합수리업」, 「제강업」, 「도금업」, 「기타 인쇄업」, 「강관 제조업」 등 순으로 45개 업종이 있었다(표 III-26).

주요 생산품은 자동차 수리 및 정비, 냉연강판, 인쇄회로기판, 의료기관, 산업보건 서비스, 강관, 완제 의약품, 금속도장 등 순이었고, 주요 공정은 도장, 샌딩, 분석, 실험, 연마, 인쇄 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0028 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「도금업」 0.145 ppm(n= 21), 「기타 인쇄업」에서 0.083 ppm(n=25), 「강선 건조업」에서 0.0295 ppm(n=4), 「강관 제조업」 0.029 ppm(n=33), 「기타 공동 주택 건설업」 0.021 ppm(n=3), 「기타 구조용 금속제품 제조업」 0.0186 ppm(n=9) 등 순이었다.

95% 상위값이 노출기준인 5 ppm을 초과한 업종으로 「기타 공동 주택 건설업」, 「기타 인쇄업」 2개 업종이 있었고, 노출기준의 50%(2.5 ppm)를 초과한 업종은 「도금업」, 「강관 제조업」, 「제판 및 조판업」, 「강선 건조업」 4개 업종이 있었다.

2-MEA는 자동차 수리업에서 도장작업 중 가장 빈번하게 측정되었고, 종합병원 내 작업환경측정, 검진팀의 실험작업, 냉연강판 제조업의 컬러(페인트) 작업, 건설현장의 방수도로 도장작업, 인쇄업의 전자봉투 인쇄작업 등에서 측정이 다수 이루어졌다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

2-메톡시에틸아세테이트에 대한 평가결과, 노출기준을 초과하는 시료를 보유한 업종은 없었고, 95% 상위값이 노출기준(5ppm)을 초과하는 「기타 인쇄업」, 「건설업」의 인쇄 및 도장 등 작업에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다. 아울러 95% 상위값이 ACGIH의 노출기준인 0.1 ppm을 초과하는 업종인 「도금업」, 「강관제조업」, 「제판 및 조판업」, 「강선 건조업」, 「금속가공업」, 「기타 구조용 금속제품 제조업」, 「제강업」, 「귀금속 및 관련제품 제조업」 등에 대해서도 지속적인 관리가 요구된다(그림 III-14).

〈표 III-26-1〉 2-메톡시에틸아세테이트 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		333,350	3,067,541	158.2	32,271	2,461	221	0	91.0	0.0544	0.2080	0.0028	0.0044	4.3	0.0028	2.9751	0.0491	0
1	자동차 종합 수리업	95211	7,849	46,827	81.2	1,209	985	94	0	90.5	0.0657	0.2347	0.0028	0.0046	4.8	0.0028	2.2092	0.0606	1
2	자동차 전문 수리업	95212	9,345	26,783	10.2	130	102	12	0	88.2	0.1183	0.4145	0.0028	0.0054	6.2	0.0028	2.9751	0.1072	1
3	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	4.0	78	81	6	0	92.6	0.0124	0.0497	0.0028	0.0036	2.6	0.0028	0.4152	0.0170	0
4	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	2.4	190	74	6	0	91.9	0.0483	0.1779	0.0028	0.0042	4.1	0.0028	1.0991	0.0441	0
5	종합병원	86101	188	38,806	4.8	1,778	69	0	0	100.0	0.0028	0.0000	0.0028	0.0028	1.0	0.0028	0.0028	0.0028	-
6	그 외 기타 보건업	86909	672	14,191	3.6	228	63	0	0	100.0	0.0028	0.0000	0.0028	0.0028	1.0	0.0028	0.0028	0.0028	-
7	제강업	24112	107	24,608	0.6	227	58	18	0	69.0	0.1140	0.2028	0.0028	0.0121	9.2	0.0028	0.9005	0.4671	1
8	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	3.0	152	57	0	0	100.0	0.0028	0.0000	0.0028	0.0028	1.0	0.0028	0.0028	0.0028	0
9	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	26519	550	47,289	0.8	5,344	55	1	0	98.2	0.0102	0.0552	0.0028	0.0031	2.0	0.0028	0.4120	0.0093	0
10	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	1.2	1,880	42	0	0	100.0	0.0028	0.0000	0.0028	0.0028	1.0	0.0028	0.0028	0.0028	-
11	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	0.6	1,160	40	0	0	100.0	0.0028	0.0000	0.0028	0.0028	1.0	0.0028	0.0028	0.0028	-
12	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	73909	766	8,396	2.0	104	39	0	0	100.0	0.0028	0.0000	0.0028	0.0028	1.0	0.0028	0.0028	0.0028	-
13	일반병원	86102	6,311	317,035	2.6	1,645	39	0	0	100.0	0.0028	0.0000	0.0028	0.0028	1.0	0.0028	0.0028	0.0028	-
14	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	2.4	789	34	0	0	100.0	0.0028	0.0000	0.0028	0.0028	1.0	0.0028	0.0028	0.0028	-
15	강관 제조업	24132	163	3,445	0.4	188	33	14	0	57.6	0.3016	0.3654	0.0028	0.0290	16.0	0.0028	0.9975	2.7626	3

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-26-2〉 2-메톡시에틸아세테이트 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

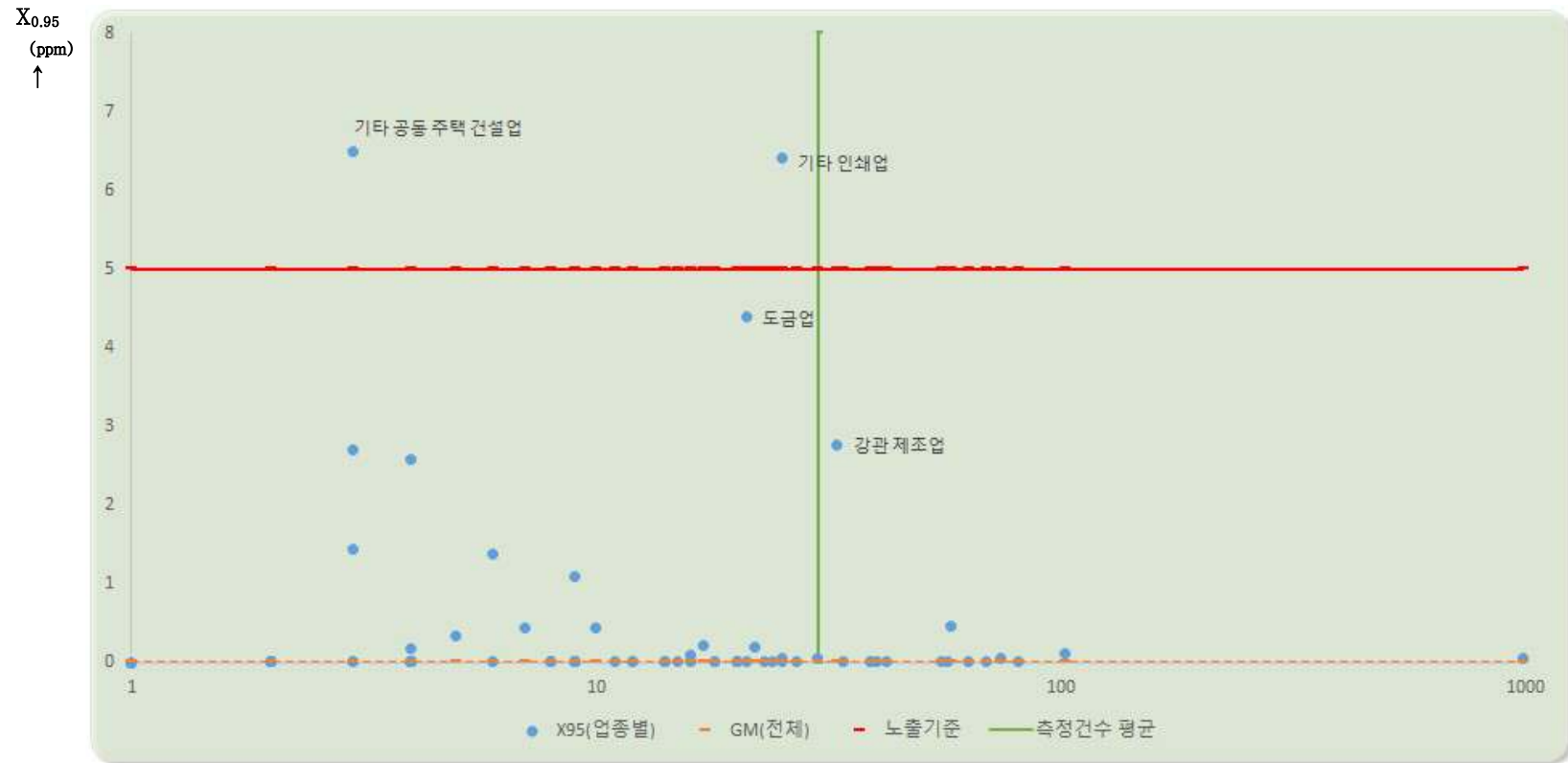
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	333,350	3,067,541	158.2	32,271	2,461	221	0	91.0	0.0544	0.2080	0.0028	0.0044	4.3	0.0028	2.9751	0.0491	0	
1	도금업	25922	2,129	24,063	0.4	218	21	17	0	19.0	0.3642	0.2745	0.4489	0.1449	8.0	0.0028	0.8536	4.3881	3
2	기타 인쇄업	18119	5,416	35,718	1.2	101	25	16	0	36.0	0.4207	0.4182	0.4192	0.0829	14.1	0.0028	1.3227	6.4100	4
3	강선 건조업	31111	2,588	77,897	0.2	182	4	2	0	50.0	0.1564	0.1774	0.1547	0.0295	15.1	0.0028	0.3134	2.5745	3
4	강관 제조업	24132	163	3,445	0.4	188	33	14	0	57.6	0.3016	0.3654	0.0028	0.0290	16.0	0.0028	0.9975	2.7626	3
5	기타 공동 주택 건설업	41119	11,292	192,228	0.4	38	3	1	0	66.7	0.3932	0.6761	0.0028	0.0210	32.7	0.0028	1.1739	6.4861	4
6	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	0.8	6	9	4	0	55.6	0.1686	0.2785	0.0028	0.0186	11.8	0.0028	0.7621	1.0821	2
7	제판 및 조판업	18121	371	2,149	0.4	17	3	1	0	66.7	0.1993	0.3404	0.0028	0.0167	22.0	0.0028	0.5924	2.6971	3
8	골판지 제조업	17211	1,560	15,830	0.4	17	6	2	0	66.7	0.1789	0.2737	0.0028	0.0161	15.0	0.0028	0.5671	1.3823	2
9	그 외 기타 금속 가공업	25929	11,686	56,547	0.4	17	3	1	0	66.7	0.1228	0.2078	0.0028	0.0142	16.6	0.0028	0.3628	1.4377	2
10	기타 발전업	35119	396	28,911	0.2	97	10	4	0	60.0	0.0702	0.0983	0.0028	0.0141	8.2	0.0028	0.2891	0.4498	1
11	제강업	24112	107	24,608	0.6	227	58	18	0	69.0	0.1140	0.2028	0.0028	0.0121	9.2	0.0028	0.9005	0.4671	1
12	기타 목재 가구 제조업	32029	3,815	17,741	0.8	9	7	2	0	71.4	0.0841	0.1388	0.0028	0.0105	9.6	0.0028	0.2919	0.4324	1
13	건설 및 토목공사용 기계·장비 임대업	76310	1,166	3,696	0.4	15	5	1	0	80.0	0.0964	0.2093	0.0028	0.0078	9.9	0.0028	0.4707	0.3385	1
14	자동차 부품 판매업	45110	2,136	13,605	0.2	11	4	1	0	75.0	0.0339	0.0622	0.0028	0.0073	6.7	0.0028	0.1272	0.1678	1
15	건설 및 채광용 기계장비 제조업	29241	987	13,987	1.2	68	17	3	0	82.4	0.1016	0.2255	0.0028	0.0071	8.0	0.0028	0.7209	0.2169	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-26-3〉 2-메톡시에틸아세테이트 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수											
	합 계	333,350	3,067,541	158.2	32,271	2,461	221	0	91.0	0.0544	0.2080	0.0028	0.0044	4.3	0.0028	2.9751	0.0491	0	
1	기타 공동 주택 건설업	41119	11,292	192,228	0.4	38	3	1	0	66.7	0.3932	0.6761	0.0028	0.0210	32.7	0.0028	1.1739	6.4861	4
2	기타 인쇄업	18119	5,416	35,718	1.2	101	25	16	0	36.0	0.4207	0.4182	0.4192	0.0829	14.1	0.0028	1.3227	6.4100	4
3	도금업	25922	2,129	24,063	0.4	218	21	17	0	19.0	0.3642	0.2745	0.4489	0.1449	8.0	0.0028	0.8536	4.3881	3
4	강판 제조업	24132	163	3,445	0.4	188	33	14	0	57.6	0.3016	0.3654	0.0028	0.0290	16.0	0.0028	0.9975	2.7626	3
5	제판 및 조판업	18121	371	2,149	0.4	17	3	1	0	66.7	0.1993	0.3404	0.0028	0.0167	22.0	0.0028	0.5924	2.6971	3
6	강선 건조업	31111	2,588	77,897	0.2	182	4	2	0	50.0	0.1564	0.1774	0.1547	0.0295	15.1	0.0028	0.3134	2.5745	3
7	그 외 기타 금속 가공업	25929	11,686	56,547	0.4	17	3	1	0	66.7	0.1228	0.2078	0.0028	0.0142	16.6	0.0028	0.3628	1.4377	2
8	골판지 제조업	17211	1,560	15,830	0.4	17	6	2	0	66.7	0.1789	0.2737	0.0028	0.0161	15.0	0.0028	0.5671	1.3823	2
9	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	0.8	6	9	4	0	55.6	0.1686	0.2785	0.0028	0.0186	11.8	0.0028	0.7621	1.0821	2
10	제강업	24112	107	24,608	0.6	227	58	18	0	69.0	0.1140	0.2028	0.0028	0.0121	9.2	0.0028	0.9005	0.4671	1
11	기타 발전업	35119	396	28,911	0.2	97	10	4	0	60.0	0.0702	0.0983	0.0028	0.0141	8.2	0.0028	0.2891	0.4498	1
12	기타 목재 가구 제조업	32029	3,815	17,741	0.8	9	7	2	0	71.4	0.0841	0.1388	0.0028	0.0105	9.6	0.0028	0.2919	0.4324	1
13	건설 및 토목공사용 기계·장비 임대업	76310	1,166	3,696	0.4	15	5	1	0	80.0	0.0964	0.2093	0.0028	0.0078	9.9	0.0028	0.4707	0.3385	1
14	건설 및 채광용 기계장비 제조업	29241	987	13,987	1.2	68	17	3	0	82.4	0.1016	0.2255	0.0028	0.0071	8.0	0.0028	0.7209	0.2169	1
15	귀금속 및 관련제품 제조업	33110	1,087	4,450	1.0	24	22	4	0	81.8	0.1372	0.4363	0.0028	0.0069	7.6	0.0028	1.9745	0.1954	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(5 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-14] 최근 5년간 2-메톡시에틸아세테이트 세세업종별 작업환경측정 현황

(8) 벤젠(Benzene)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile〉

방향족 탄화수소인 벤젠은 일반적으로 휘발유와 같은 냄새가 나는 투명하고 무색의 액체이며, 원유의 구성 성분으로 자연적으로 발생한다. 캐나다 직업성 암 부담(Burden of Occupational Cancer in Canada) 프로젝트에 따르면 벤젠에 대한 직업적 노출은 과거 노출(1961-2001)을 기준으로 캐나다에서 매년 약 20건의 백혈병과 5건 미만의 다발성 골수종 암이 보고되었고, 매년 진단되는 모든 백혈병의 0.5%, 모든 다발성 골수종 암의 0.2%에 해당한다고 하였다. 대부분의 벤젠 관련 암은 제조, 운송 및 창고업, 무역 부문의 근로자들 사이에서 발생하고, 가장 많은 수의 근로자가 노출되는 산업은 자동차 수리 및 유지 보수, 공공 행정(소방관 포함), 택시 및 리무진 서비스가 포함되었다. 미국 노동부에 따르면 벤젠 노출은 석유 화학 생산, 석유 정제, 코크스 및 석탄 화학 제조, 타이어 제조, 벤젠 및 벤젠이 함유된 석유 제품의 보관 또는 운송 중에도 노출될 가능성이 있다고 보고하였다. 벤젠 노출 위험 직업에는 자동차 서비스 기술자 및 기계공, 배달 및 택배 운전자, 택시 및 리무진 운전자, 소방관이 포함되었다. 철강 노동자, 인쇄업자, 고무 노동자, 제화공, 실험실 기술자, 주유소 직원과 같은 직종도 노출된 것으로 확인되었다. CAREX Canada는 약 360,000명의 캐나다 근로자가 벤젠에 노출된 것으로 추정하였는데, 대부분의 노출은 낮은 노출 범주에서 발생하였고, 많은 근로자가 자동차 배기가스를 흡입하여 벤젠에 노출된다고 하였다. 과거문헌을 통해 살펴보면(강종원 등, 2005), 벤젠은 타이어 및 신발, 의류공장에서 천연고무의 용제로 사용되었고, 인쇄와 석판인쇄, 페인트, 고무, 접착제, 코팅제, 세척제 등으로 이용되었다고 하였다. 인쇄업 중에서는 오프셋인쇄 작업 전, 후에 인쇄기 드럼을 세척하는데 벤젠을 사용하였고, 플라스틱 표면에 생산일자를 찍는 분무식 인쇄기 잉크의 용제나 노즐 세척제

로도 사용하였다. 벤젠에 대한 노출은 석유화학근로자, 실험실 종사자, 합성접착제 제조, 염료생산자, 인쇄공, 신발, 가죽 또는 고무제품 및 가구공장에서 접착제를 사용하는 근로자, 페인트 도장공, 가솔린 저장소나 주유소 근무자 등이 위험성이 높았다고 보고하였다. 다만, 최근 노출기준 규제가 강화되면서 노출농도 수준은 감소하는 추세이다.

벤젠은 국제암연구소(IARC)에서 인간에게 암을 유발하는 Group 1으로 분류하였고, IARC(2017) 검토에서는 급성 비립프구성 백혈병/급성 골수성 백혈병에 대한 인체 발암성의 충분한 증거와 만성 림프구성 백혈병, 다발성 골수종 및 비호지킨 림프종에 대한 발암성의 제한된 증거를 인용하여 분류를 재확인하였다. 만성 골수성 백혈병과 폐암에 대해서도 연관성이 관찰되었다. 또한, 조혈계가 벤젠 독성의 주요 표적이지만 면역계, 림프계 및 신경계도 노출에 의해 악영향을 주는데, 단기 노출은 졸음, 두통 및 무의식을 유발할 수 있고, 장기 노출은 빈혈, 신경병증 및 기억상실을 유발할 수 있다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 벤젠을 제조하는 것으로 조사된 사업장은 8개소였으며, 원유 정제업, 석유화학계 기초 화학물질 제조업, 합성수지 및 기타 플라스틱 제조업 등이었다. 실태조사에서 벤젠을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 192개 업종, 607개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 49개 업종 119개, 실시하지 않은 사업장은 175개 업종, 488개 사업장이 있었다. 벤젠을 취급하는 사업장은 도장도포공정의 희석제, 세척공정의 세정제 등으로 가장 널리 사용되었다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.5 ppm(발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B, Skin), 단시간 노출기준(STEL) 2.5 ppm, ACGIH TLV-TWA 0.5 ppm, OSHA PEL 1 ppm으로 관리되고 있다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

벤젠은 최근 5년간 348개 업종, 4,519개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 904개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 45,829건 중 검출된 시료는 2,571건으로 불검출률은 94.4% 수준이었다. 노출기준 초과 시료는 15건이 있었으며 「원유 정제처리업」 6건, 「완제 의약품 제조업」 5건, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 1건 등이었다.

측정시료 수로는 「원유 정제처리업」에서 8,535건으로 가장 많았고, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 5,931건, 「완제 의약품 제조업」 2,424건, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 2,185건, 「화력 발전업」 2,049건, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 1,289건 순으로 많았다 (표 III-27). 348개 실시 업종 중 검출된 시료가 있는 업종은 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「제철업」, 「원유 정제처리업」, 「화력 발전업」 등 162개 업종이었다. 주요 생산품은 원유정제처리, 액체 및 고체연료 관련 제품, 경유, 휘발유, 납사, 병커C유, 석유제품, 전기발전, 의약품, 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 열연제품, 화력발전, 폴리프로필렌 등 순이었고, 주요 공정은 실험실, 장치, 공무, 방수, 분석, 도장, 화학물질 제조 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.000047 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업」에서 0.0464 ppm(n=7), 「그 외 기타 스포츠 서비스업」 0.0236 ppm(n=30), 「플라스틱 접착처리 제품 제조업」 0.0204 ppm(n=11), 「금속 절삭기계 제조업」 0.0192 ppm(n=26), 「타이어 재생업」 0.0074 ppm(n=17) 등 순이었다.

95% 상위값이 노출기준인 0.5 ppm을 초과한 업종은 「플라스틱 접착처리 제품 제조업」, 「기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업」, 「그 외 기타 스포츠 서비스업」, 「타이어 재생업」, 「승강기 제조업」, 「금속 절삭기계 제조업」, 「그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업」 등 10개 업종이었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

벤젠 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「원유 정제처리업」, 「완제 의약품 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과한 「그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업」, 「금속 절삭기계 제조업」, 「금속 성형기계 제조업」, 「타이어 재생업」, 「그 외 기타 스포츠 서비스업」, 「정형 내화 요업제품 제조업」, 「플라스틱 접착처리 제품 제조업」, 「탭, 밸브 및 유사 장치 제조업」, 「승강기 제조업」, 「기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업」의 실험, 분석, 도장, 화학물질 제조 공정 등에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-15).

〈표 III-27-1〉 벤젠 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X ₉₅	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		1,104,560	8,697,902	903.8	558,084	45,829	2,571	15	94.39	0.00523	0.03893	0.00005	0.00007	5.08	0.00005	3.22340	0.00100	0
1	원유 정제처리업	19210	47	4,967	12.4	8,085	8,535	130	6	98.48	0.00223	0.03417	0.00005	0.00005	2.48	0.00005	2.12830	0.00023	0
2	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	26.0	8,682	5,931	396	1	93.32	0.00587	0.03638	0.00005	0.00007	5.67	0.00005	1.47496	0.00129	0
3	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	67.4	17,298	2,424	52	5	97.85	0.00556	0.09610	0.00005	0.00005	2.83	0.00005	3.22340	0.00030	0
4	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	21.2	6,082	2,185	361	1	83.48	0.01546	0.05079	0.00005	0.00015	14.62	0.00005	0.64650	0.01258	1
5	화력 발전업	35113	34	3,433	8.8	6,314	2,049	90	0	95.61	0.00446	0.02178	0.00005	0.00007	4.77	0.00005	0.20686	0.00086	0
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	35.0	7,430	1,289	34	0	97.36	0.00263	0.01994	0.00005	0.00006	3.20	0.00005	0.25320	0.00038	0
7	기타 발전업	35119	396	28,911	3.2	2,155	1,117	30	0	97.31	0.00167	0.01295	0.00005	0.00006	3.04	0.00005	0.22050	0.00035	0
8	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	10.8	4,839	998	90	0	90.98	0.01099	0.04035	0.00005	0.00009	9.01	0.00005	0.30700	0.00348	0
9	제철업	24111	21	740	1.6	12,541	942	237	0	74.84	0.00627	0.01880	0.00005	0.00020	12.80	0.00005	0.28400	0.01318	1
10	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	13.4	1,127	808	23	0	97.15	0.00250	0.01633	0.00005	0.00006	3.40	0.00005	0.16508	0.00043	0
11	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	20.0	3,911	771	24	0	96.89	0.00171	0.01220	0.00005	0.00006	3.13	0.00005	0.16640	0.00038	0
12	화장품 제조업	20423	1,643	31,649	30.4	4,891	626	13	0	97.92	0.00194	0.01759	0.00005	0.00005	2.69	0.00005	0.23540	0.00028	0
13	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	15.0	19,356	626	20	0	96.81	0.00276	0.02132	0.00005	0.00006	3.35	0.00005	0.29460	0.00042	0
14	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	20.6	2,941	598	30	0	94.98	0.00397	0.02282	0.00005	0.00007	4.77	0.00005	0.27390	0.00088	0
15	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	13.6	2,060	497	6	0	98.79	0.00050	0.00580	0.00005	0.00005	1.96	0.00005	0.10570	0.00015	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-27-2〉 벤젠 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

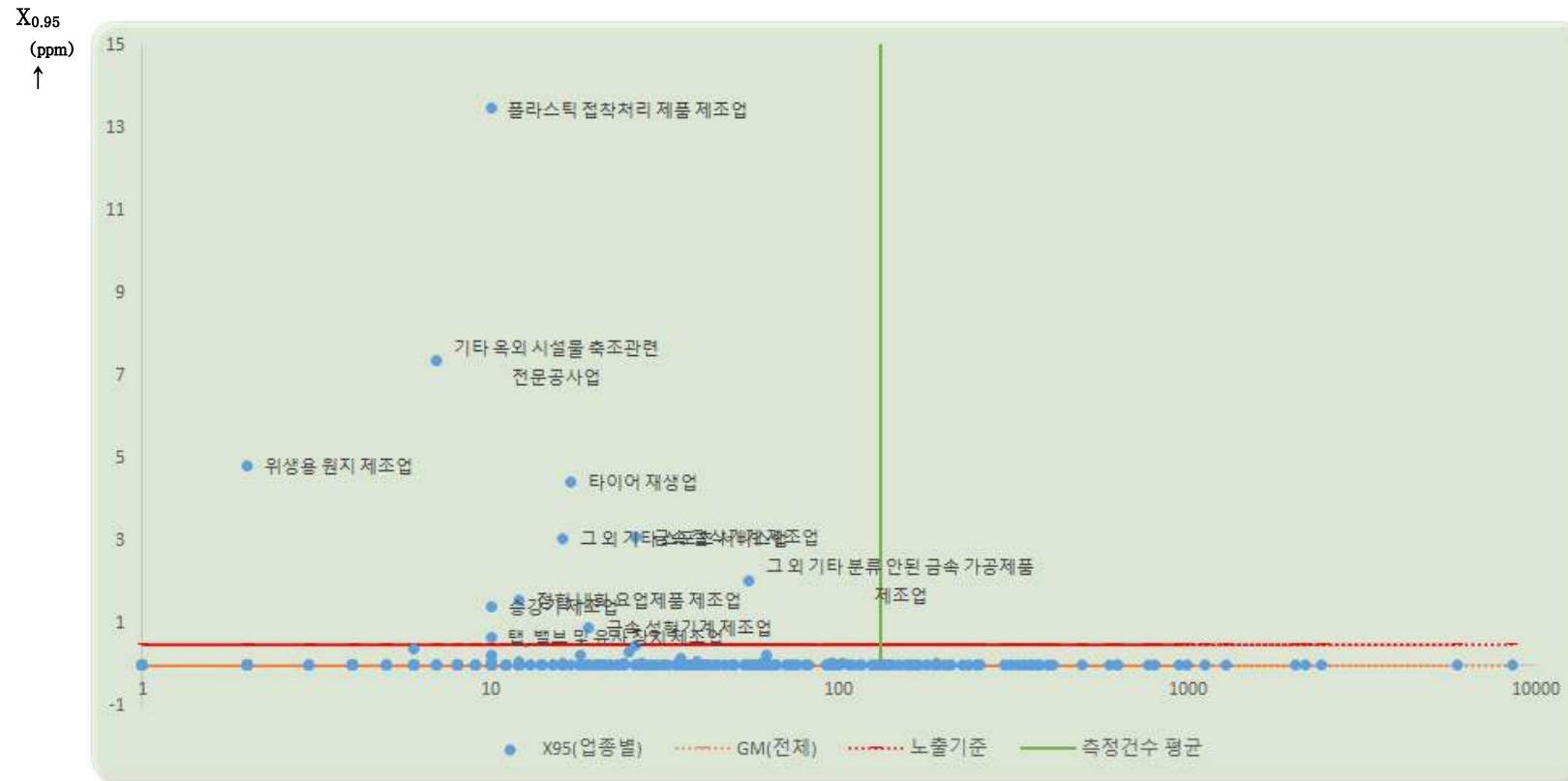
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X ₉₅	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	1,104,560	8,697,902	903.8	558,084	45,829	2,571	15	94.39	0.00523	0.03893	0.00005	0.00007	5.08	0.00005	3.22340	0.00100	0	
1	볼트 및 너트류 제조업	25941	288	942	0.2	1	1	0	0.00	0.12260	-	0.12260	0.12260	-	0.12260	0.12260	-	Low	
2	정밀기기 및 과학기기 도매업	46593	4,211	20,772	0.2	4	1	0	0.00	0.06689	-	0.06689	0.06689	-	0.06689	0.06689	-	Low	
3	기타 옥외 시설물 축조 관련 전문 공사업	42139	17,182	99,222	0.4	0	7	6	0	14.29	0.13756	0.08111	0.16720	0.04648	21.72	0.00005	0.21060	7.35396	4
4	플라스틱 접착처리 제품 제조업	22291	104	655	1.0	13	10	8	1	20.00	0.21527	0.28899	0.15930	0.03750	35.75	0.00005	1.00850	13.46234	4
5	그 외 기타 스포츠 서비스업	91199	830	5,481	0.8	64	16	14	0	12.50	0.10489	0.08728	0.08915	0.03711	14.68	0.00005	0.33240	3.08251	4
6	금속 절삭기계 제조업	29223	1,508	11,936	0.2	58	26	21	0	19.23	0.08755	0.07903	0.06025	0.01922	22.02	0.00005	0.23780	3.10869	4
7	타이어 재생업	22112	29	484	1.2	10	17	11	0	35.29	0.09265	0.10946	0.07230	0.00743	48.74	0.00005	0.41520	4.44194	4
8	정형 내화요업 제품 제조업	23211	27	156	0.4	16	12	8	0	33.33	0.04328	0.04571	0.02585	0.00498	33.14	0.00005	0.11100	1.57830	4
9	그 외 기타 분류안된 금속가공 제품 제조업	25999	7,041	47,139	2.2	49	55	27	0	50.91	0.07962	0.09213	0.00005	0.00247	59.25	0.00005	0.33220	2.03551	4
10	신발부분품 제조업	15220	418	2,408	0.2	1	2	1	0	50.00	0.06252	0.08836	0.06252	0.00242	264.06	0.00005	0.12500	23.34605	Low
11	승강기 제조업	29162	982	14,312	1.0	16	10	5	0	50.00	0.05155	0.07567	0.02683	0.00202	53.74	0.00005	0.24310	1.41812	4
12	금속성형기계 제조업	29224	616	4,066	2.0	26	19	9	0	52.63	0.04750	0.06291	0.00005	0.00161	47.59	0.00005	0.17270	0.92433	4
13	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	29133	1,589	17,137	1.0	92	10	5	0	50.00	0.02889	0.03880	0.01502	0.00154	40.34	0.00005	0.11850	0.67478	4
14	위생용 원지 제조업	17125	3	37	0.2	30	2	1	0	50.00	0.02431	0.03431	0.02431	0.00151	135.34	0.00005	0.04857	4.84623	Low
15	비계 및 형틀 공사업	42137	770	2,809	1.4	26	25	11	0	56.00	0.02987	0.05719	0.00005	0.00098	34.48	0.00005	0.24940	0.33206	3

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-27-3〉 벤젠 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		1,104,560	8,697,902	903.8	558,084	46,215	2,656	17	94.3	0.006131	0.052077	0.000050	0.000070	5.3	0.00005	4.813900	0.001075	0
1	신발부분품 제조업	15220	418	2,408	0.2	1	2	1	0	50.00	0.06252	0.08836	0.06252	0.00242	264.06	0.00005	0.12500	23.34605	Low
2	플라스틱 접착처리 제품 제조업	22291	104	655	1.0	13	10	8	1	20.00	0.21527	0.28899	0.15930	0.03750	35.75	0.00005	1.00850	13.46234	4
3	기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	42139	17,182	99,222	0.4	0	7	6	0	14.29	0.13756	0.08111	0.16720	0.04648	21.72	0.00005	0.21060	7.35396	4
4	위생용 원지 제조업	17125	3	37	0.2	30	2	1	0	50.00	0.02431	0.03431	0.02431	0.00151	135.34	0.00005	0.04857	4.84623	Low
5	타이어 재생업	22112	29	484	1.2	10	17	11	0	35.29	0.09265	0.10946	0.07230	0.00743	48.74	0.00005	0.41520	4.44194	4
6	금속 절삭기계 제조업	29223	1,508	11,936	0.2	58	26	21	0	19.23	0.08755	0.07903	0.06025	0.01922	22.02	0.00005	0.23780	3.10869	4
7	그 외 기타 스포츠 서비스업	91199	830	5,481	0.8	64	16	14	0	12.50	0.10489	0.08728	0.08915	0.03711	14.68	0.00005	0.33240	3.08251	4
8	그 외 기타 분류안된 금속가공 제품 제조업	25999	7,041	47,139	2.2	49	55	27	0	50.91	0.07962	0.09213	0.00005	0.00247	59.25	0.00005	0.33220	2.03551	4
9	정형 내화요업 제품 제조업	23211	27	156	0.4	16	12	8	0	33.33	0.04328	0.04571	0.02585	0.00498	33.14	0.00005	0.11100	1.57830	4
10	승강기 제조업	29162	982	14,312	1.0	16	10	5	0	50.00	0.05155	0.07567	0.02683	0.00202	53.74	0.00005	0.24310	1.41812	4
11	금속성형기계 제조업	29224	616	4,066	2.0	26	19	9	0	52.63	0.04750	0.06291	0.00005	0.00161	47.59	0.00005	0.17270	0.92433	4
12	탭, 밸브 및 유사 장치 제조업	29133	1,589	17,137	1.0	92	10	5	0	50.00	0.02889	0.03880	0.01502	0.00154	40.34	0.00005	0.11850	0.67478	4
13	건설 및 채광용 기계장비 제조업	29241	987	13,987	1.8	14	26	9	0	65.38	0.05653	0.08836	0.00005	0.00077	50.68	0.00005	0.27090	0.49075	3
14	기타기계·장비조립용플라스틱 제품제조업	22249	1,490	24,925	0.4	110	6	2	0	66.67	0.03721	0.06798	0.00005	0.00060	51.99	0.00005	0.16870	0.39620	3
15	비계 및 형틀 공사업	42137	770	2,809	1.4	26	25	11	0	56.00	0.02987	0.05719	0.00005	0.00098	34.48	0.00005	0.24940	0.33206	3

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.5 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-15] 최근 5년간 벤젠 업종별 작업환경측정 현황

(9) 1,3-부타디엔(1,3-Butadiene)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile/1-bromopropane〉

1,3-부타디엔은 가솔린과 유사한 냄새가 나는 비부식성 무색 가스로 유기물의 불완전연소 부산물로 배출되며, 화학고분자 공업용으로 상업적으로 생산된다. 주로 자동차 타이어, 자동차 부품, 가전 및 전기 장비 부품에 사용되는 폴리부타디엔 고무를 포함한 합성 엘라스토머 제조에 사용되는데, 고무 제품에 사용되는 스티렌-부타디엔 고무 및 천연고무, 코팅지, 특정 유형의 바닥재, 접착제 및 타이어 코드 라텍스에 사용되는 스티렌-부타디엔 라텍스, 니트릴-부타디엔 고무, 부타디엔과 아크릴로니트릴의 공중합체로 호스, 벨팅 등 내유성을 요구하는 제품에 사용된다. 다른 용도로는 네오프렌 고무, ABS 수지, 공중 합체 수지 및 페인트용 라텍스, 코팅 및 접착제, 오일 윤활제 첨가제, 로켓 추진제 등이 있다

IARC(International Agency for Research on Cancer)에 의해 인간에게 발암성이 있다는 충분한 증거가 있는 Group 1로 분류되었으며 혈액 림프기관의 암을 유발하는 것으로 알려져 있다. 또한, 심혈관 및 호흡기에 대한 영향이 보고되었고, 낮은 수준의 노출은 감각 자극을 유발할 수 있으며 단기간의 높은 수준은 중추 신경계를 손상시킬 수 있다. CAREX Canada는 약 3,300명의 캐나다인이 직장에서 1,3-부타디엔에 노출된 것으로 추정하였는데, 노출된 가장 큰 산업 그룹은 기본 화학 제조, 석유 및 가스 추출, 석유 및 석탄 제품 제조이고, 직업별로 가장 많이 노출된 그룹은 건설업 종사자, 석유, 가스 및 화학 처리의 중앙 제어 및 공정 운영자, 고무 가공 기계 운영자 등이었다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 1,3-부타디엔을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 33개 업종, 53개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경 측정을 실시한 사업장은 7개 업종 17개 사업장, 실시하지 않은 사업장은

27개 업종, 36개가 있었다. 1,3-부타디엔을 취급하는 사업장은 성형가공, 혼합, 반응 등 공정에서 원자재, 고분자원료로 사용되는 경우가 가장 많았고, 일부 표준시료, 도포제, 접착제 등의 용도로 사용되었다

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 2 ppm(발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B), 단시간 노출기준(STEL) 10 ppm, ACGIH TLV-TWA 2 ppm, OSHA PEL 1 ppm으로 관리되고 있다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

1,3-부타디엔은 최근 5년간 151개 업종, 1,844개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 369개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 17,189건 중 검출된 시료는 1,074건으로 불검출률은 93.8% 수준이었다. 노출기준 초과시료는 4건이 있었고, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 3건, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 1건이었다.

측정시료 수로는 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」에서 3,588건으로 가장 많았고, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 3,070건, 「그 외 기타 플라스틱 제품 제조업」 1,812건, 「합성고무 제조업」 896건, 「원유 정제처리업」 739건, 「타이어 및 튜브 제조업」 607건 순으로 많았다(표 III-28). 151개 실시 업종 중 검출된 시료가 있는 업종은 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「제철업」, 「원유 정제처리업」, 「화력 발전업」 등 39개 업종이었다. 주요 생산품은 석유화학 정제품, 합성수지, 플라스틱, 합성고무, 타이어, 원유정제처리, (화학제품 제조업)시설점검, 화장품 용기, 자동차 부품, 플라스틱 등 순이었고, 주요 공정은 사출성형, 고무, 실험실, 에틸렌, ABS 생산, 중합, 압출성형 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.000005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「기타 가정용 전기 기기 제조업」 0.0188 ppm(n= 69), 「사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업」에서 0.0001 ppm(n=3), 「산업용 가스

제조업」 0.000086ppm(n=20), 「수상 화물 취급업」 0.00007 ppm(n=18), 「물질 검사, 측정 및 분석 기구 제조업」 0.000046 ppm(n=4), 「승강기 제조업」 0.000026 ppm(n=32), 「특수사 및 코드직물 제조업」 0.000021 ppm(n=77) 등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 2 ppm을 초과하는 업종은 「기타 가정용 전기 기기 제조업」 이 있었다.

가정용 냉장고의 성형, 사출공정, 승강기 제조·설치 시 용접/접착공정, 수상화물 취급업의 파이프라인 설치해체, 특수사 및 코드직물(타이어코드, 나일론 원사) 제조업의 열처리, 라텍스 공정, 자동차용 신품 부품 제조업의 플라스틱 사출, 가스켓 제조 등에서 사용되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

1,3-부타디엔에 대한 사업장 작업환경측정결과는 노출기준과 비교하여 전반적으로 매우 낮은 농도 분포를 보이고 있었다. 측정을 실시한 151개 업종 중 148개 업종에서 95% 상위값이 노출기준의 10% 미만이었다. 다만, 측정 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과하고, 기하평균 농도가 가장 높았던 「기타 가정용 전기 기기 제조업」에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다. 노출기준을 초과한 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」에서는 ABS수지 생산을 위해 부타디엔 등의 중합공정에서 평가되었고, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」에서는 원유 정제작업 중 품질실험 공정에서 평가되었다. 「기타 가정용 전기 기기 제조업」에서는 가정용 냉장고 생산 과정에서 스타이렌-부타디엔 합성고무를 이용한 부품 성형 및 3D 프린터 등 공정에서 평가되었다(그림 III-16).

〈표 III-28-1〉 1,3-부타디엔 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	623,852	4,965,807	368.8	77,457	17,189	1,074	4	93.75	0.01383	0.10483	0.000005	0.00001	10.33	0.000005	4.79370	0.00042	0	
1	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	12.8	6,675	3,588	308	1	91.42	0.01912	0.13934	0.000005	0.00001	14.540	0.000005	4.79370	0.00089	0
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	29.6	5,469	3,070	385	3	87.46	0.03612	0.17065	0.000005	0.00002	31.050	0.000005	4.04090	0.00517	0
3	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	22299	7,999	58,008	68.4	2,262	1,812	30	0	98.34	0.00287	0.03348	0.000005	0.00001	3.54	0.000005	0.77120	0.00005	0
4	합성고무 제조업	20201	197	3,317	3.2	636	896	118	0	86.83	0.00774	0.05008	0.000005	0.00001	15.610	0.000005	0.85350	0.00129	0
5	원유 정제처리업	19210	47	4,967	3.2	5,040	739	36	0	95.13	0.00029	0.00517	0.000005	0.00001	2.43	0.000005	0.13390	0.00003	0
6	타이어 및 튜브 제조업	22111	153	18,668	3.2	2,830	607	5	0	99.18	0.00003	0.00035	0.000005	0.00001	1.70	0.000005	0.00818	0.00001	0
7	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	22249	1,490	24,925	22.0	760	552	6	0	98.91	0.00019	0.00256	0.000005	0.00001	2.07	0.000005	0.04610	0.00002	0
8	주형 및 금형 제조업	29294	9,379	58,489	24.8	363	517	7	0	98.65	0.00104	0.00998	0.000005	0.00001	3.00	0.000005	0.15000	0.00003	0
9	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	22229	1,349	15,966	17.0	322	489	1	0	99.80	0.00005	0.00097	0.000005	0.00001	1.46	0.000005	0.02140	0.00001	0
10	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	22211	1,439	16,086	15.2	219	484	0	0	100.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	10.2	503	405	26	0	93.58	0.00857	0.04765	0.000005	0.00001	10.470	0.000005	0.44430	0.00044	0
12	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	22232	1,250	14,931	13.4	284	262	1	0	99.62	0.00171	0.02758	0.000005	0.00001	2.02	0.000005	0.44650	0.00002	0
13	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	4.6	4,208	257	10	0	96.11	0.00423	0.02943	0.000005	0.00001	6.28	0.000005	0.36455	0.00015	0
14	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	7.4	5,947	145	5	0	96.55	0.00864	0.06753	0.000005	0.00001	6.46	0.000005	0.72960	0.00015	0
15	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	70130	81	372	1.2	2,084	120	3	0	97.50	0.00134	0.01454	0.000005	0.00001	2.93	0.000005	0.15930	0.00003	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-28-2〉 1,3-부타디엔 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

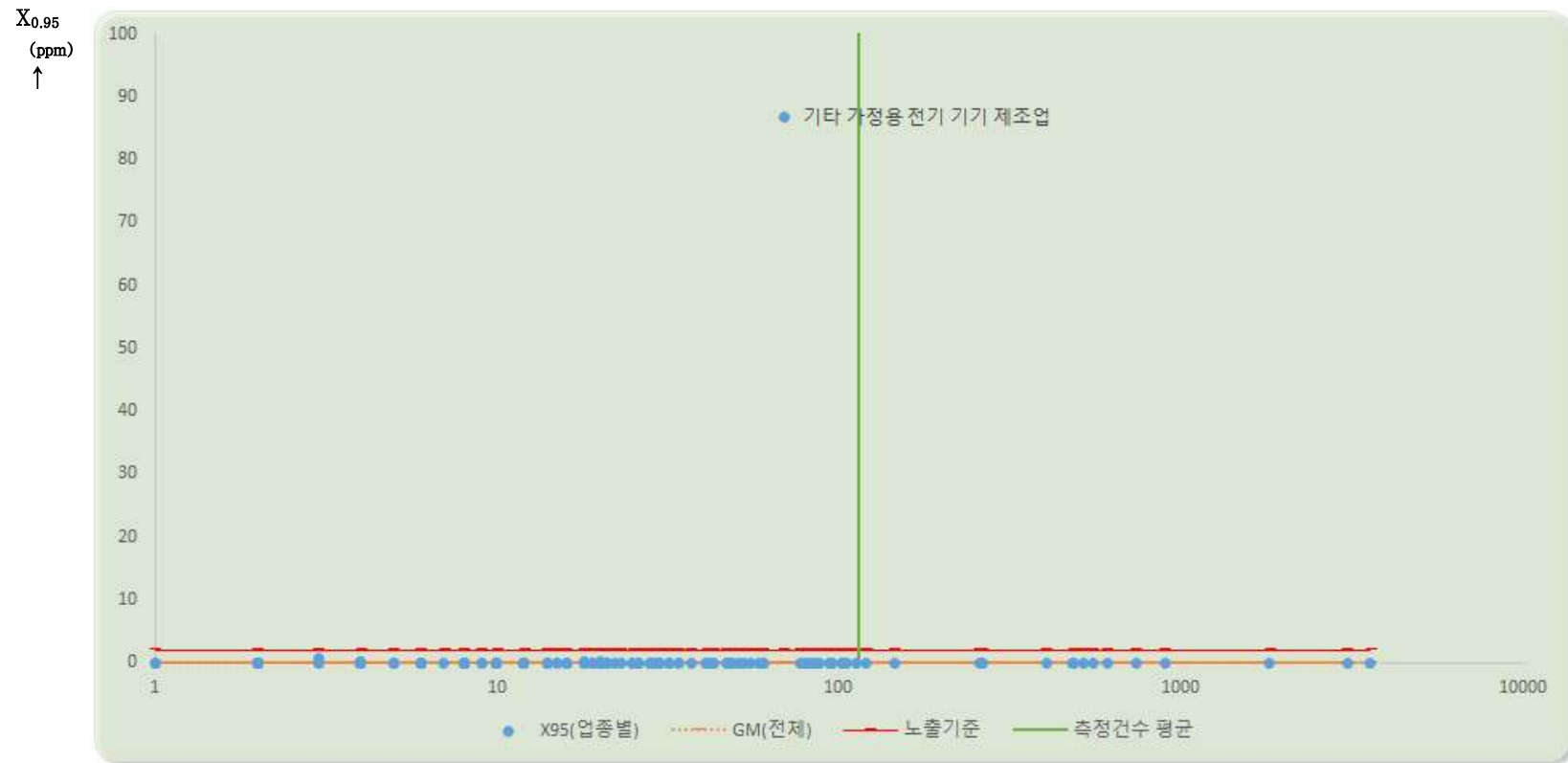
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 사업장수	검출 사업장수	노출기준 초과 사업장수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	623,852	4,965,807	368.8	77,457	17,189	1,074	4	93.75	0.01383	0.10483	0.000005	0.00001	10.33	0.000005	4.79370	0.00042	0	
1	기타 가정용 전기 기기 제조업	28519	1,747	31,604	1.8	5,548	69	50	0	27.54	0.34803	0.27352	0.41000	0.01875	169.08	0.000005	0.77665	86.75802	4
2	자동차용 신품 전기장치 제조업	30332	114	2,877	0.2	16	2	1	0	50.00	0.13830	0.19558	0.13830	0.00118	2258.00	0.000005	0.27660	386.62266	Low
3	사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	41121	16,849	305,858	0.4	221	3	1	0	66.67	0.01506	0.02608	0.000005	0.00010	192.30	0.000005	0.04518	0.59536	2
4	산업용 가스 제조업	20121	185	4,346	1.0	54	20	6	0	70.00	0.04436	0.08436	0.000005	0.00009	100.97	0.000005	0.24890	0.17032	1
5	수상 화물 취급업	52942	344	19,414	1.0	27	18	5	0	72.22	0.01999	0.03526	0.000005	0.00007	80.83	0.000005	0.09670	0.09676	1
6	물질 검사, 측정 및 분석 기구 제조업	27213	869	8,370	0.2	3	4	1	0	75.00	0.00905	0.01810	0.000005	0.00005	85.09	0.000005	0.03620	0.06895	1
7	승강기 제조업	29162	982	14,312	1.6	51	32	5	0	84.38	0.03926	0.11447	0.000005	0.00003	49.78	0.000005	0.52510	0.01611	0
8	특수사 및 코드직물 제조업	13993	24	225	1.2	671	77	14	0	81.82	0.00340	0.01146	0.000005	0.00002	21.49	0.000005	0.08400	0.00324	0
9	화력 발전업	35113	34	3,433	0.8	86	16	2	0	87.50	0.05726	0.16132	0.000005	0.00002	49.09	0.000005	0.56580	0.01257	0
10	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	29.6	5,469	3,070	385	3	87.46	0.03612	0.17065	0.000005	0.00002	31.05	0.000005	4.04090	0.00517	0
11	의료 기기 도매업	46592	2,974	7,242	1.0	35	20	2	0	90.00	0.04526	0.14989	0.000005	0.00002	32.84	0.000005	0.62316	0.00485	0
12	폴리스티렌 발포 성형제품 제조업	22251	72	387	0.8	6	30	3	0	90.00	0.05049	0.18906	0.000005	0.00001	28.98	0.000005	0.85470	0.00380	0
13	통신·방송장비 및 부품 도매업	46522	5,407	22,976	0.6	11	19	4	0	78.95	0.00019	0.00037	0.000005	0.00001	8.78	0.000005	0.00092	0.00053	0
14	화장품 및 화장용품 도매업	46443	8,634	30,520	1.0	30	29	3	0	89.66	0.01716	0.05315	0.000005	0.00001	24.95	0.000005	0.21213	0.00291	0
15	합성고무 제조업	20201	197	3,317	3.2	636	896	118	0	86.83	0.00774	0.05008	0.000005	0.00001	15.61	0.000005	0.85350	0.00129	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-28-3〉 1,3-부타디엔 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수													
	합 계	623,852	4,965,807	368.8	77,457	17,189	1,074	4	93.75	0.01383	0.10483	0.000005	0.00001	10.33	0.000005	4.79370	0.00042	0		
1	자동차용 부품 전기장치 제조업	30332	114	2,877	0.2	16	2	1	0	50.00	0.13830	0.19558	0.13830	0.00118	2,258	0.000005	0.27660	386.62266	Low	
2	기타 가정용 전기 기기 제조업	28519	1,747	31,604	1.8	5,548	69	50	0	27.54	0.34803	0.27352	0.41000	0.01875	169.08	0.000005	0.77665	86.75802	4	
3	사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	41121	16,849	305,858	0.4	221	3	1	0	66.67	0.01506	0.02608	0.000005	0.00010	192.30	0.000005	0.04518	0.59536	2	
4	산업용 가스 제조업	20121	185	4,346	1.0	54	20	6	0	70.00	0.04436	0.08436	0.000005	0.00009	100.97	0.000005	0.24890	0.17032	1	
5	수상 화물 취급업	52942	344	19,414	1.0	27	18	5	0	72.22	0.01999	0.03526	0.000005	0.00007	80.83	0.000005	0.09670	0.09676	1	
6	물질 검사, 측정 및 분석 기구 제조업	27213	869	8,370	0.2	3	4	1	0	75.00	0.00905	0.01810	0.000005	0.00005	85.09	0.000005	0.03620	0.06895	1	
7	승강기 제조업	29162	982	14,312	1.6	51	32	5	0	84.38	0.03926	0.11447	0.000005	0.00003	49.78	0.000005	0.52510	0.01611	0	
8	화력 발전업	35113	34	3,433	0.8	86	16	2	0	87.50	0.05726	0.16132	0.000005	0.00002	49.09	0.000005	0.56580	0.01257	0	
9	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	29.6	5,469	3,070	385	3	87.46	0.03612	0.17065	0.000005	0.00002	31.05	0.000005	4.04090	0.00517	0	
10	의료 기기 도매업	46592	2,974	7,242	1.0	35	20	2	0	90.00	0.04526	0.14989	0.000005	0.00002	32.84	0.000005	0.62316	0.00485	0	
11	폴리스티렌 발포 성형제품 제조업	22251	72	387	0.8	6	30	3	0	90.00	0.05049	0.18906	0.000005	0.00001	28.98	0.000005	0.85470	0.00380	0	
12	특수사 및 코드직물 제조업	13993	24	225	1.2	671	77	14	0	81.82	0.00340	0.01146	0.000005	0.00002	21.49	0.000005	0.08400	0.00324	0	
13	화장품 및 화장용품 도매업	46443	8,634	30,520	1.0	30	29	3	0	89.66	0.01716	0.05315	0.000005	0.00001	24.95	0.000005	0.21213	0.00291	0	
14	합성고무 제조업	20201	197	3,317	3.2	636	896	118	0	86.83	0.00774	0.05008	0.000005	0.00001	15.61	0.000005	0.85350	0.00129	0	
15	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	12.8	6,675	3,588	308	1	91.42	0.01912	0.13934	0.000005	0.00001	14.54	0.000005	4.79370	0.00089	0	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



※ 붉은 가로선: 노출기준(2 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-16] 최근 5년간 1,3-부타디엔 업종별 작업환경측정 현황

(10) 1-브로모프로판(1-Bromopropane)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile/1-bromopropane〉

1-브로모프로판은 강하고 달콤한 냄새가 나는 무색 또는 담황색 액체로, 많은 산업 분야에서 용매로 사용되며 과거에는 살충제 및 향료를 포함한 다른 물질을 생산하기 위한 화학 중간체로도 사용되었다. 2016년 IARC에서 인체 발암 가능성이 있는 Group 2B로 분류되었는데, 이는 실험동물 연구에서 발암성에 대한 충분한 증거를 기반으로 하며, 다른 건강영향으로는 낮은 수준의 노출(예: 진동 감각 감소, 사지의 작열감 또는 따끔거림), 높은 수준의 노출(예: 운동 실조, 보행 불능, 신경 손상), 코와 목의 자극, 생식독성도 의심된다고 보고하였다. 1-브로모프로판은 스프레이 접착제 산업에서 폴리우레탄 폼 쿠션을 제조하기 위한 용매, 증기 탈지제, 금속, 플라스틱, 광학 및 전자 부품의 세척 용매, 드라이 클리닝 용제로도 사용되며, 오존층을 파괴하는 HCFC(hydrochlorofluorocarbon)나 독성이 강한 PCE(perchloroethylene)의 대체체로 생산량이 증가하였다. 국내 노출기준은 25 ppm이며, 미국 ACGIH는 2020년부터는 노출기준을 0.1 ppm으로 낮추어 관리하고 있다.

작업자는 주로 흡입 및 피부 접촉을 통해 노출되는데, 스프레이 접착제로 사용될 때 가장 높은 농도에 노출되는 것으로 알려져 있다. 미국의 작업장 모니터링 연구에 따르면, 가구 폼 쿠션 제조 현장에서 스프레이 접착제를 담당하는 작업자는 시간 가중 평균 92~108ppm에 노출되었고, 다른 작업자(베개 채우기, 재봉틀 등)은 10.5~11ppm에 노출되었다고 보고하였다. 공학적 개선방안으로 스프레이 부스를 밀폐하고, 국소환기를 실시한 후, 작업자의 노출이 170ppm(기하 평균, 범위 60-381ppm)에서 19ppm(범위 1.2-58ppm)으로 감소하였다고 보고하였다 (Hanley et al, 2009; Majersil et al, 2007).

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 1-브로모프로판을 취급하는 것으로

조사된 사업장은 60개 업종, 88개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경 측정을 실시한 사업장은 31개 업종 44개 사업장, 실시하지 않은 사업장은 35개 업종, 44개가 있었다. 1-브로모프로판을 취급하는 사업장은 세척제거, 도장도포, 절단절곡, 혼합, 실험/연구 공정 등 공정에서 세정제, 세척, 살균, 소독제, 안료, 도료, 윤활, 절삭유, 실험시약 등으로 사용되었다

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

1-브로모프로판은 최근 5년간 147개 업종, 845개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 169개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 4,271건 중 검출된 시료는 1,332건으로 불검출률은 68.8% 수준이었다. 노출기준 초과 시료수는 4건으로 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 2건, 「기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업」에서 2건이 있었다(표 III-29).

측정시료 수로는 「그 외 기타 전자 부품 제조업」에서 768건으로 가장 많았고, 「방송장비 제조업」 246건, 「염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업」 145건, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」 139건, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 139건, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업」 114건 순으로 많았다. 147개 실시 업종 중 검출된 시료가 있는 업종은 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「방송장비 제조업」, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」, 「염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업」, 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」 등 79개 업종이었다. 주요 생산품은 전자부품, 염료, 적외선 열감지카메라, 의료서비스, 방산용 특수 케이블, 임플란트, 적외선 검출기, 군수물품, 인쇄회로기판, 전자기기 등 순이었고, 주요 공정은 분석실, 세척, 납땀, 공무, 검사, 초음파세척 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 측정시료 수가 3개 미만인 업종은 제외하면, 기하평균은 「증류기, 열 교환기 및 가스 발생기 제조업」 9.189 ppm(n= 4), 「경성 인쇄회로기판 제조업」에서

7.0363 ppm(n=33), 「정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업」 3.1104 ppm(n=12), 「레이더, 항행용 무선 기기 및 측량 기구 제조업」 2.0641 ppm(n=18), 「치과용 기기 제조업」에서 1.1783 ppm(n=58), 「기타 항공 운송지원 서비스업」에서 1.0872 ppm(n=15) 등 순이었다. 가스터빈 등 부품의 코팅, 수도이음관 등 비철금속의 초음파 세척, 인쇄회로기판 제조업의 방산화로부품 등의 코팅, 세척공정, 음향기기(스파커 등)의 세척, 렌즈의 세척, 치과기자재의 CNC 가공 및 초음파 세척, 신발창 세척, 기상관측장비의 세척, 납땀 등 공정에서 사용되었다.

95% 상위 값이 노출기준인 25 ppm을 초과하는 업종은 「지방행정 집행기관」, 「기타 항공 운송지원 서비스업」, 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」, 「금속 절삭기계 제조업」, 「강 주물 주조업」, 「시계 및 시계 부품 제조업」, 「공기 조화장치 제조업」, 「기타 주변 기기 제조업」, 「치과용 기기 제조업」, 「산업 처리공정 제어장비 제조업」, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업」, 「레이더, 항행용 무선 기기 및 측량 기구 제조업」, 「유압 기기 제조업」, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」, 「기타 인쇄업」, 「톱 및 호환성 공구 제조업」, 「컴퓨터 제조업」, 「전자 부품 실장기판 제조업」, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업」, 「항공기용 부품 제조업」, 「경성 인쇄회로기판 제조업」 20개 업종이 있었다.

지방행정기관에서 건설자재의 품질시험, 항공 운송지원 서비스업에서 기내 시트커버 탈·장착을 위한 본딩(접착)작업, 의료용 기기 제조업에서 임플란트의 CNC 가공, 금속 절삭기계 제조업(동 가공품, 전자기판 코팅 등)의 조립, 검사공정, 강 주물 주조업에서 정밀주조(자동차 부품 등)를 위한 초음파 세척공정, 공기 조화장치 제조업의 냉난방기구(가스보일러 등) 세척, 유압 기기(펌프, 유공압 실린더 등)의 세척, 조립 등 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

1-브로모프로판은 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 30$)이상인 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업」, 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」, 「기타 주변 기기 제조업」, 「치과용 기기 제조업」, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업」, 「경성 인쇄회로기판 제조업」, 「항공기용 부품 제조업」, 「유압 기기 제조업」 9개 업종에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다.

아울러, 「전자부품 제조업」에서 부품 세척 목적으로 가장 많이 사용되었고, 평가된 노출농도 수준은 국내 노출기준(25 ppm)과 비교하면 95% 상위 값이 11.8 ppm으로 노출기준의 50% 미만 수준이나, ACGIH의 노출기준 0.1 ppm과 비교하면, 초과하는 수준이다. 또한 측정시료수가 많으면서 기하평균 또는 95% 상위 값이 높은 「방송장비 제조업」, 「염료제조업」, 「석유화학계 기초 화학물질 제조업」, 「기타 의료용 기기 제조업」 등에 대해서도 관리가 요구된다(그림 III-17).

〈표 III-29-1〉 1-브로모프로판 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급 [*]	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	364,172	3,893,134	169.0	70,518	4,271	1,332	4	68.8	1.0425	3.6894	0.0005	0.0060	44.0	0.0005	120.7913	3.0375	2	
1	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	16.4	1,612	768	330	2	57.0	1.3939	4.9482	0.0005	0.0153	57.0	0.0005	102.4327	11.8224	2
2	방송장비 제조업	26421	1,055	23,605	4.6	944	246	140	0	43.1	0.9618	1.8481	0.1993	0.0333	44.6	0.0005	12.1247	17.2307	3
3	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	20132	181	2,670	1.8	210	145	71	0	51.0	0.4303	0.5587	0.0005	0.0179	40.0	0.0005	1.9636	7.7348	2
4	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	4.2	2,670	139	4	0	97.1	0.0274	0.1846	0.0005	0.0006	3.4	0.0005	1.7774	0.0047	4
5	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	4.2	268	139	77	0	44.6	1.9352	3.2862	0.6696	0.0521	69.8	0.0005	18.4712	56.2690	0
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	2.8	308	114	2	0	98.2	0.0265	0.1976	0.0005	0.0006	2.9	0.0005	1.7007	0.0033	4
7	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	4.2	734	114	51	0	55.3	2.1542	3.2523	0.0005	0.0253	84.9	0.0005	13.4334	37.6722	0
8	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	26519	550	47,289	3.4	727	94	19	0	79.8	0.6150	1.8943	0.0005	0.0026	28.2	0.0005	13.8400	0.6317	1
9	그 외 기타 보건업	86909	672	14,191	4.4	252	85	0	0	100.0	0.0005	0.0000	0.0005	0.0005	1.0	0.0005	0.0005	0.0005	-
10	일반병원	86102	6,311	317,035	5.0	2,742	81	0	0	100.0	0.0005	0.0000	0.0005	0.0005	1.0	0.0005	0.0005	0.0005	-
11	그 외 기타 의료용 기기 제조업	27199	1,340	19,647	4.2	848	78	64	0	17.9	3.9470	3.7431	3.5730	0.7071	33.9	0.0005	16.1184	232.3580	4
12	무기 및 총포탄 제조업	25200	62	6,184	1.0	1,711	76	37	0	51.3	0.4413	1.0356	0.0005	0.0139	33.8	0.0005	6.4248	4.5632	2
13	기타 무선 통신장비 제조업	26429	853	8,250	2.2	242	73	27	0	63.0	1.0733	2.0990	0.0005	0.0106	58.2	0.0005	11.7316	8.5083	2
14	종합병원	86101	188	38,806	4.6	1,401	71	3	0	95.8	0.0199	0.1156	0.0005	0.0007	3.7	0.0005	0.8739	0.0057	0
15	기타 건물 관련설비 설치 공사업	42209	19,213	100,566	1.0	2,148	70	0	0	100.0	0.0005	0.0000	0.0005	0.0005	1.0	0.0005	0.0005	0.0005	-

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-29-2〉 1-브로모프로판 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수											
	합 계	364,172	3,893,134	169.0	70,518	4,271	1,332	4	68.8	1.0425	3.6894	0.0005	0.0060	44.0	0.0005	120.7913	3.0375	2	
1	증류기, 열 교환기 및 가스 발생기 제조업	29176	526	4,674	0.2	4	4	4	0	0.0	9.2680	1.4383	8.8014	9.1890	1.2	8.1902	11.2789	11.7409	2
2	비철금속 광업	06200	23	176	0.2	18	2	2	0	0.0	9.2005	7.6927	9.2005	7.4202	2.6	3.7609	14.6400	36.0569	Low
3	경성 인쇄회로기판 제조업	26222	24	105	1.0	32	33	33	0	0.0	9.5654	6.5340	7.4584	7.0363	2.4	0.6057	22.8929	30.4312	4
4	기타 음향기기 제조업	26529	244	1,536	0.2	39	2	2	0	0.0	6.8200	2.7153	6.8200	6.5442	1.5	4.9000	8.7400	12.8287	Low
5	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	27301	322	7,157	0.2	12	2	2	0	0.0	6.7627	4.2428	6.7627	6.0608	2.0	3.7626	9.7628	18.3735	Low
6	정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업	27192	1,559	6,293	0.6	6	12	12	0	0.0	5.3616	4.2722	5.5450	3.1104	3.8	0.1822	11.7388	27.6593	4
7	신발 부분품 제조업	15220	418	2,408	0.2	4	2	2	0	0.0	2.1874	0.1037	2.1874	2.1861	1.0	2.1140	2.2607	2.3636	Low
8	레이더, 항행용 무선 기기 및 측량 기구 제조업	27211	177	1,760	1.0	11	18	17	0	5.6	4.0746	3.1582	3.5886	2.0641	9.0	0.0005	11.6602	77.2182	4
9	기체 펌프 및 압축기 제조업	29132	582	4,233	0.2	0	2	2	0	0.0	1.5204	0.0485	1.5204	1.5200	1.0	1.4861	1.5547	1.6019	Low
10	치과용 기기 제조업	27191	1,410	7,075	3.4	243	58	53	0	8.6	3.9330	3.7227	2.9240	1.1783	15.2	0.0005	13.8155	103.8943	4
11	기타 항공 운송지원 서비스업	52939	167	4,367	0.2	3,113	15	13	0	13.3	6.1198	8.0934	2.0917	1.0872	28.0	0.0005	24.6918	260.6751	4
12	강 주물 주조업	24312	379	4,786	1.0	126	19	16	0	15.8	4.2898	4.1759	3.7234	0.7124	32.8	0.0005	11.0565	221.7480	4
13	그 외 기타 의료용 기기 제조업	27199	1,340	19,647	4.2	848	78	64	0	17.9	3.9470	3.7431	3.5730	0.7071	33.9	0.0005	16.1184	232.3580	4
14	가방 및 기타 보호용 케이스 제조업	15129	741	3,088	0.2	18	3	3	0	0.0	1.9216	1.9086	1.8922	0.5870	14.4	0.0278	3.8447	47.0494	4
15	기타 인쇄업	18119	5,416	35,718	0.8	471	14	12	0	14.3	1.5197	1.6175	1.0915	0.4065	19.4	0.0005	5.8706	53.2968	4

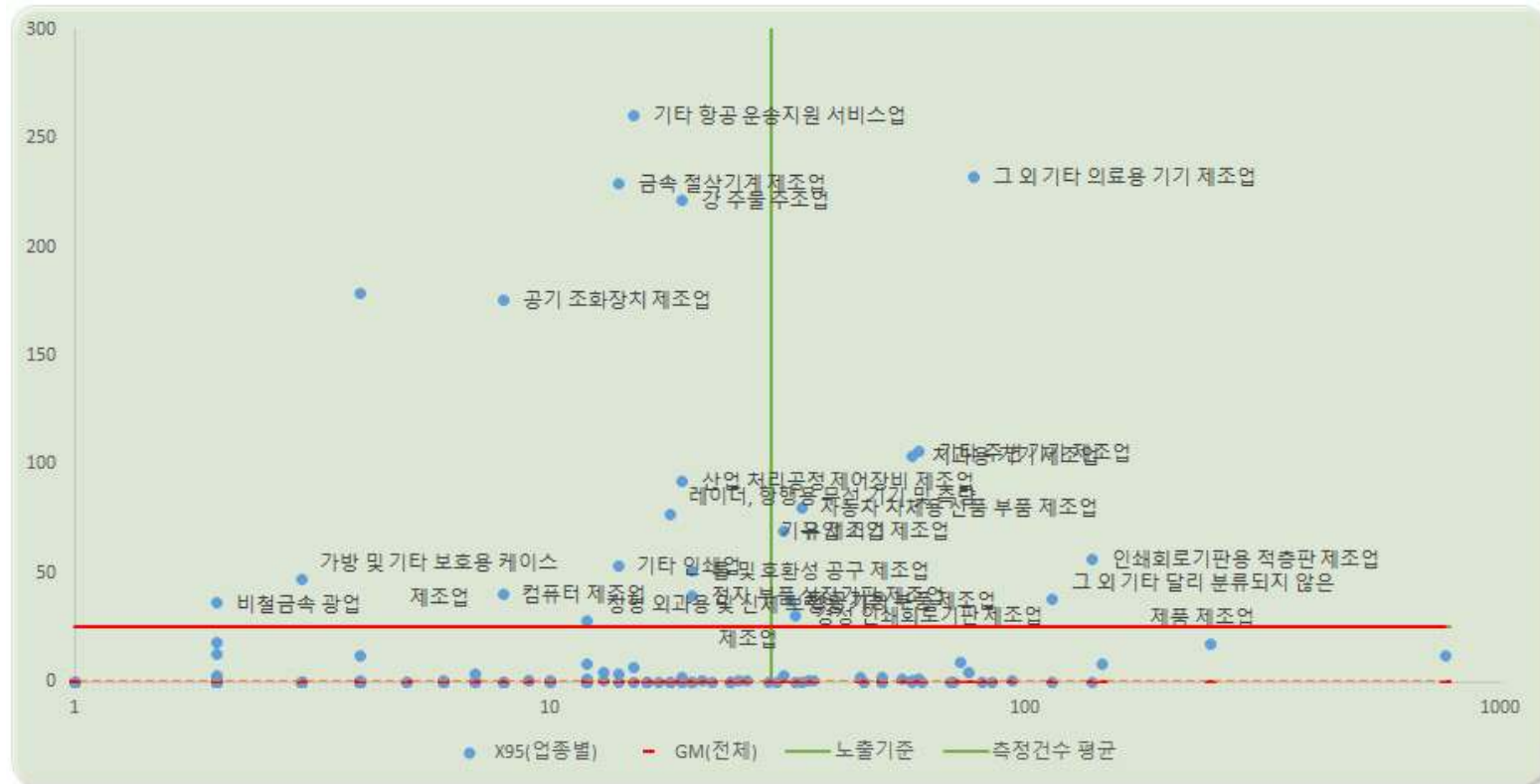
* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-29-3〉 1-브로모프로판 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		364,172	3,893,134	169.0	70,518	4,271	1,332	4	68.8	1.0425	3.6894	0.0005	0.0060	44.0	0.0005	120.7913	3.0375	2
1	지방행정 집행기관	84113	14,570	233,394	0.4	2	7	5	0	28.6	4.0270	3.9235	4.3990	0.3110	89.0	0.0005	9.3922	500.8820	4
2	기타 항공 운송지원 서비스업	52939	167	4,367	0.2	3,113	15	13	0	13.3	6.1198	8.0934	2.0917	1.0872	28.0	0.0005	24.6918	260.6751	4
3	그 외 기타 의료용 기기 제조업	27199	1,340	19,647	4.2	848	78	64	0	17.9	3.9470	3.7431	3.5730	0.7071	33.9	0.0005	16.1184	232.3580	4
4	금속 절삭기계 제조업	29223	1,508	11,936	0.6	14	14	8	0	42.9	4.3464	6.6484	1.1773	0.0912	116.6	0.0005	20.9595	229.0539	4
5	강 주물 주조업	24312	379	4,786	1.0	126	19	16	0	15.8	4.2898	4.1759	3.7234	0.7124	32.8	0.0005	11.0565	221.7480	4
6	시계 및 시계 부품 제조업	27400	167	2,036	0.2	26	4	2	0	50.0	2.8415	5.1239	0.4311	0.0388	168.5	0.0005	10.5031	178.4077	4
7	공기 조화장치 제조업	29172	629	6,137	0.8	98	8	4	0	50.0	2.9746	3.7988	0.9392	0.0505	142.0	0.0005	9.6128	175.5254	4
8	기타 주변 기기 제조업	26329	431	5,473	0.8	152	60	35	0	41.7	2.5546	3.9419	1.2050	0.0796	79.1	0.0005	16.2892	105.5618	4
9	치과용 기기 제조업	27191	1,410	7,075	3.4	243	58	53	0	8.6	3.9330	3.7227	2.9240	1.1783	15.2	0.0005	13.8155	103.8943	4
10	산업 처리공정 제어장비 제조업	27216	430	6,541	1.0	45	19	11	0	42.1	2.1661	3.5473	1.1981	0.0695	79.2	0.0005	12.4893	92.2789	4
11	자동차 차체용 신품 부품 제조업	30320	4,321	152,618	2.6	418	34	25	0	26.5	1.7620	2.4514	0.9916	0.1851	39.9	0.0005	9.8078	79.7190	4
12	레이저, 항행용 무선 기기 및 측량 기구 제조업	27211	177	1,760	1.0	11	18	17	0	5.6	4.0746	3.1582	3.5886	2.0641	9.0	0.0005	11.6602	77.2182	4
13	유압 기기 제조업	29120	1,115	7,790	1.4	173	31	16	0	48.4	2.0411	2.7615	0.8079	0.0450	86.9	0.0005	10.3966	69.5891	4
14	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	4.2	268	139	77	0	44.6	1.9352	3.2862	0.6696	0.0521	69.8	0.0005	18.4712	56.2690	4
15	기타 인쇄업	18119	5,416	35,718	0.8	471	14	12	0	14.3	1.5197	1.6175	1.0915	0.4065	19.4	0.0005	5.8706	53.2968	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

$X_{0.95}$
(ppm)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(25 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-17] 최근 5년간 1-브로모프로판 업종별 작업환경측정 현황

(11) 2-브로모프로판(2-Bromopropane)

가) 개요 및 직업적 노출

2-브로모프로판은 무색의 액체로, 전자부품을 세척하는데 주로 사용되었다. 과거 한 전자제품 제조업에서 도입하여 사용한 지 1년여 만에 여성노동자의 월경중단 11명과 재생불량성빈혈 2명이 발생하였고, 이 후 추가 역학조사에서 남녀 노동자의 생식기능저하가 확인되었다. 당시 이 사건은 2-브로모프로판에 대한 세계 최초의 보고였고, 이후 2-브로모프로판의 거의 사용되지 않고, 1-브로모프로판으로 대체하여 사용되고 있다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 2-브로모프로판을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 8개 업종, 9개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경 측정을 실시한 사업장은 없었다. 2-브로모프로판을 취급한다고 보고한 사업장은 세척제거, 도장도포, 실험/연구 공정 등 공정에서 세정제, 세척, 살균, 소독제, 안료, 도료, 실험시약 등으로 사용되었다

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 1 ppm(생식독성 1A)으로 관리되고 있으며, ACGIH TLV-TWA와 OSHA PEL에는 현재 관리기준은 지정되어 있지 않다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

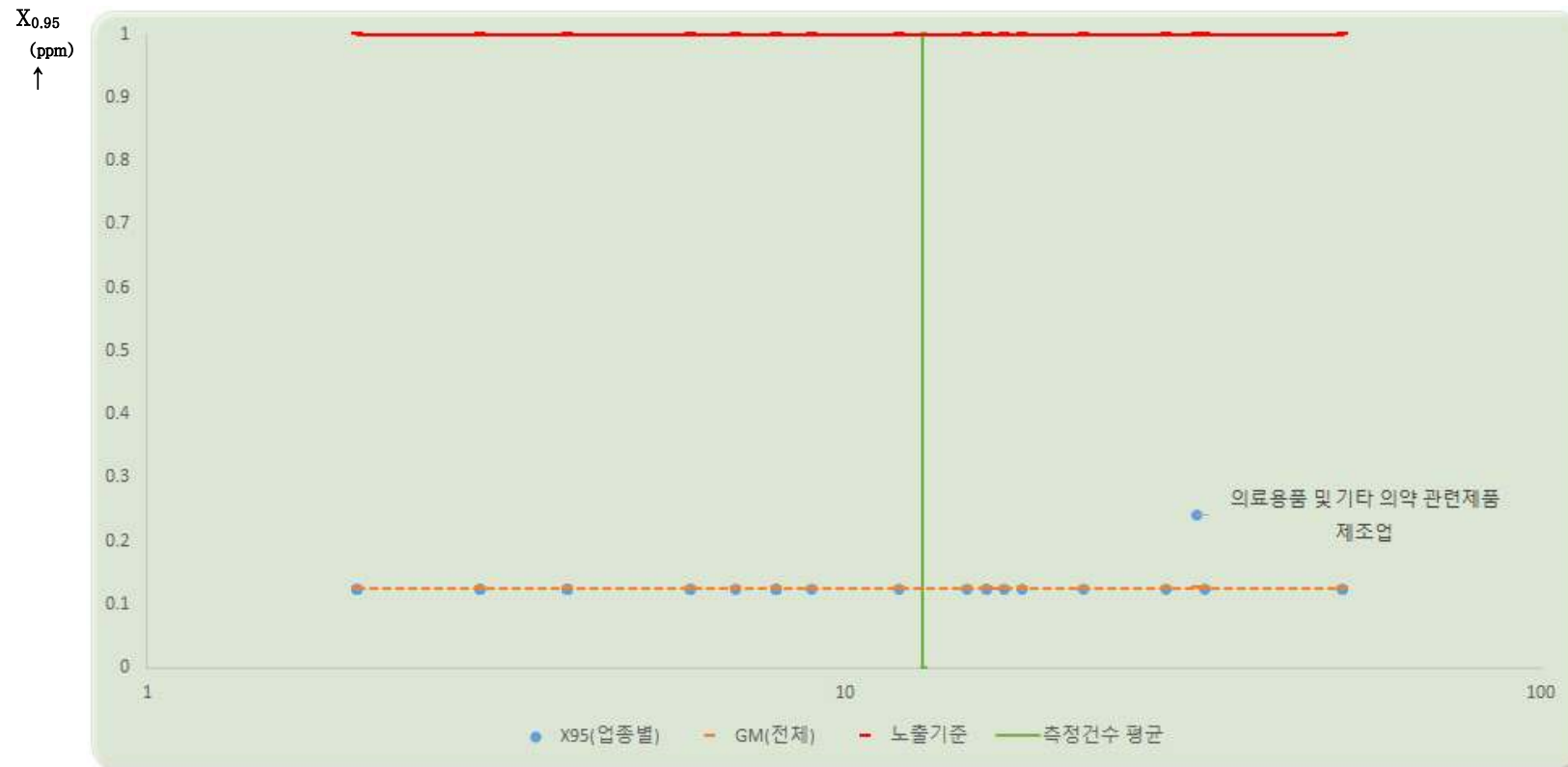
2-브로모프로판은 최근 5년간 32개 업종, 92개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 18개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 414건 중 검출된 시료는 3건으로 불검출률은 99.3% 수준이었다. 노출기준을 초과하는 시료는 없었다(표 III-30).

측정시료 수로는 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」과 「의약품 화합물 및 향생물질 제조업」에서 52건으로 가장 많았고, 「기타 공학 연구개발업」 33건, 「의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업」 32건, 「그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업」 29건, 「일반병원」 22건 순으로 많았다.

측정을 실시한 업종 중 검출된 시료가 있는 업종은 「의료용품 및 기타 의약품 관련제품 제조업」 1개 업종이었으며($n=32$), 불검출 시료를 OSHA LOD(0.00183 ppm)의 $1/2$ (0.000915 ppm)로 변환한 후, 기하평균을 구하면 0.0016 ppm , 95% 상위값은 0.0301 ppm 이었다. 주요 생산품은 전구체, 반도체 감광제, 의약품 및 의료용품 등 순이었고, 주요 공정은 분석실, 품질실험실, 합성의약품공정, 박막소재 증착, 신약개발, 합성 등 순이었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

2-브로모프로판은 최근 5년간 99.3%의 시료가 불검출이었으며, 측정 시료가 노출기준을 초과하거나 95% 상위값이 노출기준을 초과하는 업종은 없었다(그림 III-18).



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(1 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-18] 최근 5년간 2-브로모프로판 업종별 작업환경측정 현황

〈표 III-30〉 2-브로모프로판 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	88,235	1,377,899	18.4	6,123	414	3	0	99.3%	0.0037	0.0339	0.0009	0.0010	1.6666	0.0009	0.4891	0.0022	0
1	기타 기초 무기화학 물질 제조업	20129	416	10,350	1.6	255	52	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	의약품 화학물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	0.8	156	52	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	1.6	2,137	33	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	0.8	185	32	3	90.6%	0.0037	0.0339	0.0009	0.0010	1.6666	0.0009	0.4891	0.0022	0
5	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	73909	766	8,396	1.8	51	29	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	일반병원	86102	6,311	317,035	1.4	181	22	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	0.8	102	18	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	0.6	24	17	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	0.6	367	16	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	일반의원	86201	29,479	199,870	1.0	114	16	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	종합병원	86101	188	38,806	0.8	125	15	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	환경설비 건설업	41224	938	6,775	0.6	5	12	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	0.4	80	9	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	화장품 제조업	20423	1,643	31,649	0.6	156	8	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	0.2	19	8	0	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

(12) 사염화탄소(Tetrachloromethan)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: ILO-WHO 국제화학물질정보카드〉

사염화탄소(CCl_4 , 테트라클로로메탄)는 순하고 달콤한 냄새가 나는 휘발성 무색 액체로, 과거에는 드라이클리닝 세제 및 곡물 훈증제로 사용하여 높은 수준의 직업적 노출이 발생하였다. 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에 의해 인체에 발암 가능성이 있는 Group 2B로 분류되었으며 비호지킨림프종 발병률 증가에 연관성이 있고, 동물연구에서 쥐와 생쥐에서 간암, 유선암, 부신암을 일으키는 것으로 보고되었다. 또한, 급성 노출은 메스꺼움, 어지러움, 호흡곤란, 구토 등의 위장관 및 신경학적 증상을 유발할 수 있으며 심한 경우 간 손상 및 사망을 유발할 수 있다.

드라이클리닝 작업 중 평균 및 최대 노출은 각각 338 ppm 및 7,100 ppm으로 높게 측정되었고, 훈증된 곡물이 있는 저장공간에서 보고된 평균 농도는 대부분 5 ppm보다 훨씬 낮았지만 60 ppm까지 도달할 수 있었다고 보고하였다.

2019년 제조업 작업환경실태조사에서 사염화탄소를 취급하는 것으로 조사된 사업장은 15개 업종, 26개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경 측정을 실시한 사업장은 4개 업종, 8개 사업장이 있었고, 13개 업종 18개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 사염화탄소를 취급한다고 보고한 사업장은 실험/연구 공정이 가장 많았고, 실험, 시약, 세정, 표면처리 등의 용도로 취급한다고 조사되었다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 5 ppm(발암성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 5 ppm, OSHA PEL 10 ppm으로 관리되고 있다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

사업화탄소는 최근 5년간 82개 업종, 442개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간(평균) 88개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 2,093건 중 검출된 시료는 27건으로 불검출률은 98.7% 수준이었다. 노출 기준을 초과하는 시료는 없었다.

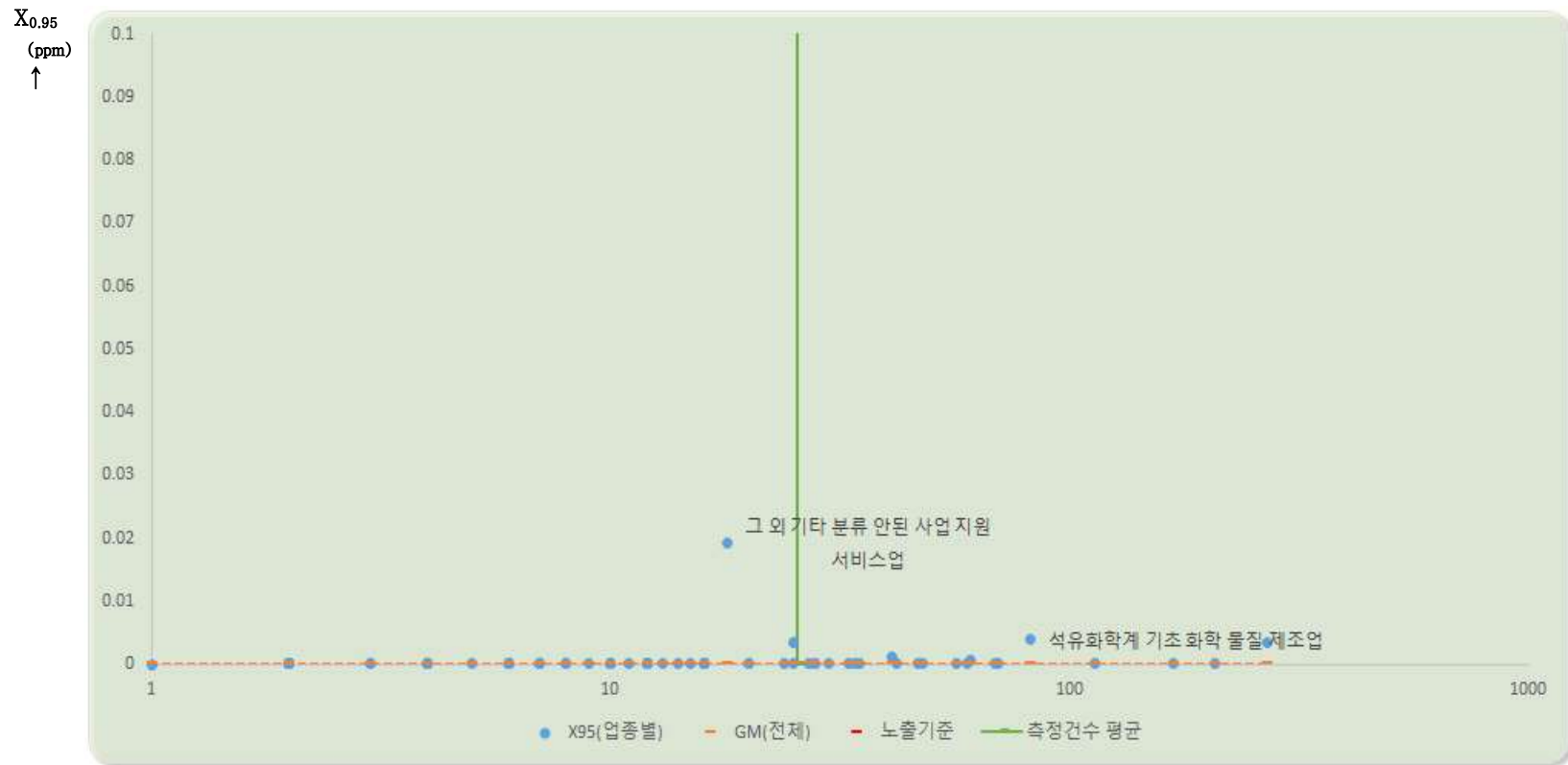
측정시료 수로는 「완제 의약품 제조업」에서 270건으로 가장 많았고, 「질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업」 208건, 「의학 및 약학 연구개발업」 168건, 「의약용 화합물 및 향생물질 제조업」 114건, 「석유 화학계 기초 화학 물질 제조업」 82건, 「일반병원」 70건 순으로 많았다(표 III-56). 82개 실시 업종 중 검출된 시료가 있는 업종은 「완제 의약품 제조업」, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」, 「그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업」, 「비주거용 부동산 관리업」, 「그 외 기타 보건업」 등 8개 업종이었다. 주요 생산품은 정밀화학제품, 전자재료, 의약품, 의료서비스, 주사제, 연구개발, 환경컨설팅, 산업보건서비스, 금속열처리도금, 수질연구 등 순이었고, 주요 공정은 실험, 분석실, 합성신약, 품질관리, 배관, 수질검사 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0001 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업」에서 0.00025 ppm(n=18), 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」에서 0.00016 ppm(n=82), 「완제 의약품 제조업」 0.00016 ppm(n=270), 「물리, 화학 및 생물학 연구개발업」 0.00015 ppm(n=25), 「그 외 기타 보건업」 0.00012 ppm(n=41), 「기타 공학 연구개발업」 0.00011ppm(n=61), 「레미콘 제조업」 0.00011 ppm(n=12) 등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 5 ppm을 초과하는 업종은 없었다(표 III-58).

석유화학계 기초 화학 물질 제조업에서 염화비닐모노머의 생산, 실험실, 품질관리, 공무 등의 공정에서 사용되었고, 완제 의약품 제조업의 실험실, 임업관련서비스업에서 목재제품의 물리·화학적 분석에 사용되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

사업화탄소 취급 사업장 중 배출기준 초과 시료가 있었던 업종 및 95% 상위 값이 배출기준을 초과하는 업종은 없었다(그림 III-24).



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(5 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-19] 최근 5년간 사염화탄소 업종별 작업환경측정 현황

〈표 III-31-1〉 사업화탄소 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수															
	합 계	198,427	2,312,564	88.4	39,891	2,093	27	0	98.7	0.0064	0.0689	0.0001	0.00011	2.5	0.0001	1.5098	0.0005	0		
1	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	9.6	1,338	270	14	0	94.8	0.0288	0.1473	0.0001	0.00015	6.5	0.0001	1.4451	0.0034	0	
2	질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업	20311	86	1,601	1.0	688	208	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	4.0	554	168	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	의약품 화합물 및 항생물질 제조업	21101	209	15,122	3.4	645	114	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	2.6	1,207	82	5	0	93.9	0.0197	0.0853	0.0001	0.00016	6.9	0.0001	0.5540	0.0039	0	
6	일반병원	86102	6,311	317,035	4.8	1,961	70	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	1.2	474	69	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	4.0	4,604	61	1	0	98.4	0.0052	0.0396	0.0001	0.00011	2.8	0.0001	0.3097	0.0006	0	
9	환경 관련 엔지니어링 서비스업	72122	1,594	14,118	1.6	425	60	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	종합병원	86101	188	38,806	3.4	1,015	57	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	73909	766	8,396	2.8	311	48	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	2.0	1,473	47	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	보건 및 복지 행정	84214	293	3,131	2.0	92	42	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
14	그 외 기타 보건업	86909	672	14,191	2.2	139	41	1	0	97.6	0.0119	0.0758	0.0001	0.00012	3.8	0.0001	0.4852	0.0011	0	
15	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	2.6	1,065	35	0	0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-31-2〉 사업화탄소 기하평균 및 $X_{0.95}$ 농도 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계		198,427	2,312,564	88.4	39,891	2,093	27	0	98.7	0.0064	0.0689	0.0001	0.00011	2.5	0.0001	1.5098	0.0005	0	
1	비주거용 부동산 관리업	68212	17,289	61,732	0.2	513	2	2	0	0.0	0.4003	0.2224	0.4003	0.36807	1.8	0.2430	0.5575	0.9670	Low
2	그 외 기타 분류 안된 사업 지원 서비스업	75999	8,312	76,584	1.0	227	18	2	0	88.9	0.0434	0.1381	0.0001	0.00025	14.1	0.0001	0.5552	0.0192	0
3	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	2.6	1,207	82	5	0	93.9	0.0197	0.0853	0.0001	0.00016	6.9	0.0001	0.5540	0.0039	0
4	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	9.6	1,338	270	14	0	94.8	0.0288	0.1473	0.0001	0.00015	6.5	0.0001	1.4451	0.0034	0
5	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	1.6	1,526	25	1	0	96.0	0.0605	0.3019	0.0001	0.00015	6.9	0.0001	1.5098	0.0035	0
6	그 외 기타 보건업	86909	672	14,191	2.2	139	41	1	0	97.6	0.0119	0.0758	0.0001	0.00012	3.8	0.0001	0.4852	0.0011	0
7	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	4.0	4,604	61	1	0	98.4	0.0052	0.0396	0.0001	0.00011	2.8	0.0001	0.3097	0.0006	0
8	레이콘 제조업	23322	1,070	18,180	1.2	22	12	1	0	91.7	0.0001	0.0000	0.0001	0.00011	1.2	0.0001	0.0002	0.0001	0

* $X_{0.95}$ 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

(13) 스토다드 용제(벤젠 0.1%이상 함유, Stoddard solvent)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: ILO-WHO 국제화학물질정보카드〉

스토다드 용제(Stoddard solvent)는 등유 냄새가 나는 무색의 액체로 페인트 희석제, 기름 세척제, 드라이클리닝 등의 용도로 활용되며, 금속부품의 세척작업, 세탁업, 도장작업 등에서 사용된다. 흡입, 피부, 섭취 등을 통해 인체에 노출되고, 만성 건강영향으로는 눈, 피부, 호흡기, 중추신경계, 신장, 혈액, 뼈, 간, 뇌 등에 영향을 주고, 단기 노출로는 자극, 구역, 구토, 호흡 곤란, 불규칙 심장박동, 두통, 졸음, 현기증 등이 있다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 100 ppm(발암성 1B, 생식세포 변이원성 1B (벤젠 0.1% 이상인 경우에 한함)), ACGIH TLV-TWA 100 ppm, OSHA PEL 500 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 스토다드 용제를 취급하는 것으로 조사된 사업장은 169개 업종, 553개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 9개 업종, 9개 사업장이 있었고, 166개 업종 544개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 스토다드 용제를 취급한다고 보고한 사업장은 안료, 도료, 희석제, 금속방청, 방부제, 접착제, 코팅제, 표면처리제 등의 목적으로 도장도포, 표면처리, 혼합, 세척, 접착 등의 공정에서 사용한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

스토다드 용제는 최근 5년간 104개 업종, 1,323개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 265개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료 4,448건 중 검출된 시료는 866건으로 불검출률은 80.5% 수준이었다. 노출 기준을 초과하는 시료는 없었다(표 III-32).

측정시료 수로는 「자동차 종합 수리업」에서 2,857건으로 가장 많았고, 「일반용 도로 및 관련제품 제조업」 135건, 「기타 일반 기계 및 장비 수리업」 127건, 「철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업」 106건, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 102건, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업」 90건, 「합성 수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 88건 순으로 많았다. 104개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「자동차 종합 수리업」, 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「건설 및 채광용 기계장비 제조업」, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업」 등 순으로 57개 업종이 있었다. 주요 생산품은 차량수리 및 도장, 고속철도객차, 방산품, 건설용 기계장비, 원유정제처리, 합성수지, 상수도 주철관 등 순이었고, 주요 공정은 도장, 판금, 조립, 실험, 인쇄 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「주철관 제조업」 23.706 ppm(n= 1), 「기타 건물 관련설비 설치 공사업」에서 20.4889 ppm(n=2), 「오프셋 인쇄업」에서 3.6147 ppm(n=2), 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 3.3114 ppm(n=7), 「기타 운동 및 경기 용구 제조업」 3.1245 ppm(n=2), 「강 주물 주조업」 2.4514 ppm(n=2), 「표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업」 1.9217ppm(n=2), 「그 외 기타 금속 가공업」 1.4199 ppm(n=1) 등 순이었다. 다만, 측정시료수가 3개 미만이거나 자료의 분포가 대수정규분포하지 않는 업종을 제외하면 기하평균은 「철강선 제조업」 0.5754 ppm(n= 13), 「포장용 플라스틱 성형용기 제조업」에서 0.3846 ppm(n=9), 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 0.2541 ppm(n=39) 이었다.

95% 상위 값이 노출기준인 100 ppm을 초과하는 업종은 「철강선 제조업」, 「포장용 플라스틱 성형용기 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「기타 구조용 금속제품 제조업」, 「기타 엔지니어링 서비스업」, 「의료 기기 도매업」, 「선철 주물 주조업」, 「기관차 및 기타 철도 차량 제조업」, 「주형

및 금형 제조업」 9개 업종이 이었다. 주요 평가공정은 도장/샌딩, 금형, 세척, 접착, 공무작업 등이었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

스토다드용제에 대한 평가를 가장 많이 실시한 자동차 수리업은 대부분 도장/샌딩 공정에서 평가되었으나, 82%이상의 시료가 불검출이었다. 검출된 시료의 최대 농도가 57ppm으로 노출기준의 약 50%수준이었고, 전체 시료의 기하평균은 0.0004 ppm으로 매우 낮았다. 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 업종은 없었으나, 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과하는 업종 중 「선철 주물 주조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「철강선 제조업」에서 시료수가 상대적으로 많아($n > 10$), 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-20).

〈표 III-32-1〉 스토다드용제 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급**
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		401,204	4,327,885	264.6	27,873	4,448	866	0	80.5	1.5268	4.6397	0.00005	0.0004	91.5	0.00005	57.7074	0.757	0
1	자동차 종합 수리업	95211	7,849	46,827	206.6	2,082	2,857	496	0	82.6	1.8563	5.2797	0.00005	0.0004	95.5	0.00005	57.7074	0.727	0
2	일반용 도로 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	1.8	170	135	23	0	83.0	0.8517	3.2528	0.00005	0.0003	60.3	0.00005	25.5852	0.266	0
3	기타 일반 기계 및 장비 수리업	34019	2,644	18,890	1.0	3,317	127	9	0	92.9	0.1496	0.9158	0.00005	0.0001	14.0	0.00005	9.7717	0.008	0
4	철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업	31202	241	4,364	1.0	1,120	106	0	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	1.6	524	102	2	0	98.0	0.0373	0.3747	0.00005	0.0001	3.5	0.00005	3.7848	0.000	0
6	자동차 차체용 신품 부품 제조업	30320	4,321	152,618	2.4	1,597	90	27	0	70.0	1.0802	3.2846	0.00005	0.0010	111.5	0.00005	18.0585	2.373	1
7	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	1.8	92	88	22	0	75.0	0.6966	1.9721	0.00005	0.0007	99.4	0.00005	15.3931	1.335	1
8	원유 정제처리업	19210	47	4,967	1.4	2,171	83	12	0	85.5	0.2041	0.9767	0.00005	0.0002	27.3	0.00005	8.0616	0.044	0
9	건설 및 채광용 기계장비 제조업	29241	987	13,987	1.0	519	63	28	0	55.6	1.6473	4.6049	0.00005	0.0041	162.6	0.00005	24.0098	17.666	2
10	기타 인쇄업	18119	5,416	35,718	2.0	144	53	7	0	86.8	0.7928	3.9020	0.00005	0.0002	44.7	0.00005	28.1159	0.112	0
11	선철 주물 주조업	24311	385	5,027	0.6	63	41	20	0	51.2	3.8677	4.7226	0.00005	0.0165	412.3	0.00005	15.3006	330.405	3
12	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	2.0	40	41	30	0	26.8	0.6897	0.7621	0.6190	0.0503	77.7	0.00005	3.7589	64.723	4
13	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	1.4	2,489	39	6	0	84.6	0.2239	0.9396	0.00005	0.0002	25.3	0.00005	4.2604	0.038	4
14	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	2.8	222	39	29	0	25.6	5.8839	7.8811	2.5563	0.2541	174.1	0.00005	33.4021	1,233.285	0
15	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	0.4	91	32	0	0	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-32-2〉 스토다드용제 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	401,204	4,327,885	264.6	27,873	4,448	866	0	80.5	1.5268	4.6397	0.00005	0.0004	91.5	0.00005	57.7074	0.757	0	
1	주철관 제조업	24131	128	1,737	0.2	1	1	0	0.0	23.7060	—	23.7060	23.7060	—	23.7060	23.7060	—	—	
2	기타 건물 관련설비 설치 공사업	42209	19,213	100,566	0.2	43	2	2	0	0.0	20.4889	0.0025	20.4889	20.4889	1.0	20.4871	20.4907	20.493	Low
3	오프셋 인쇄업	18113	219	653	0.2	19	2	2	0	0.0	3.6150	0.0636	3.6150	3.6147	1.0	3.5700	3.6600	3.721	Low
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	0.2	9	7	7	0	0.0	5.3792	6.2853	3.5794	3.3114	2.8	0.8583	18.8926	18.465	2
5	기타 운동 및 경기용구 제조업	33309	371	2,062	0.2	3	2	2	0	0.0	3.1249	0.0698	3.1249	3.1245	1.0	3.0755	3.1742	3.241	Low
6	강 주물 주조업	24312	379	4,786	0.2	6	2	2	0	0.0	2.4540	0.1584	2.4540	2.4514	1.1	2.3420	2.5660	2.726	Low
7	표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	16102	575	3,634	0.2	10	2	2	0	0.0	3.4268	4.0126	3.4268	1.9217	5.3	0.5895	6.2642	30.029	Low
8	그 외 기타 금속 가공업	25929	11,686	56,547	0.2	3	1	1	0	0.0	1.4199	—	1.4199	1.4199	—	1.4199	1.4199	—	—
9	사업시설 유지·관리 서비스업	74100	12,363	121,742	0.2	52	4	4	0	0.0	1.6836	1.6215	1.4591	0.9776	3.7	0.3097	3.5067	8.390	1
10	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	22292	770	7,873	0.6	17	10	10	0	0.0	1.2069	0.8705	1.2382	0.7882	3.4	0.0558	2.6459	5.792	1
11	사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	41121	16,849	305,858	0.2	4,288	2	2	0	0.0	0.6564	0.0605	0.6564	0.6550	1.1	0.6136	0.6991	0.762	Low
12	철강선 제조업	24123	85	1,756	0.2	34	13	10	0	23.1	7.3949	4.4070	9.1127	0.5754	206.9	0.00005	12.3942	3,711.779	4
13	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	22232	1,250	14,931	0.6	70	9	7	0	22.2	4.6921	3.8291	5.5130	0.3846	166.9	0.00005	10.2470	1,742.050	4
14	그 외 자동차용 부품 제조업	30399	4,391	71,972	2.8	222	39	29	0	25.6	5.8839	7.8811	2.5563	0.2541	174.1	0.00005	33.4021	1,233.285	4
15	간판 및 광고물 제조업	33910	5,146	15,364	0.2	7	2	2	0	0.0	0.5265	0.6624	0.5265	0.2404	7.5	0.0581	0.9949	6.545	Low

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-32-3〉 스토다드용제 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	401,204	4,327,885	264.6	27,873	4,448	866	0	80.5	1.5268	4.6397	0.00005	0.0004	91.5	0.00005	57.7074	0.757	0	
1	기타 인쇄관련 산업	18129	1,215	6,615	0.2	19	2	1	0	50.0	2.1100	2.9840	2.1100	0.0145	3044.0	0.00005	4.2200	7,805.788	Low
2	철강선 제조업	24123	85	1,756	0.2	34	13	10	0	23.1	7.3949	4.4070	9.1127	0.5754	206.9	0.00005	12.3942	3,711.779	4
3	목재 포장용 상자, 드럼 및 유사 용기 제조업	16232	640	3,668	0.2	2	2	1	0	50.0	1.1881	1.6802	1.1881	0.0109	2028.0	0.00005	2.3762	3,003.087	Low
4	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	22232	1,250	14,931	0.6	70	9	7	0	22.2	4.6921	3.8291	5.5130	0.3846	166.9	0.00005	10.2470	1,742.050	4
5	그 외 자동차용 부품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	2.8	222	39	29	0	25.6	5.8839	7.8811	2.5563	0.2541	174.1	0.00005	33.4021	1,233.285	4
6	기타 공동 주택 건설업	41119	11,292	192,228	0.2	90	2	1	0	50.0	0.5405	0.7643	0.5405	0.0074	1161.9	0.00005	1.0809	810.205	Low
7	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	0.6	11	12	7	0	41.7	4.2049	5.6672	1.1422	0.0397	387.7	0.00005	18.0972	719.615	4
8	기타 엔지니어링 서비스업	72129	7,442	80,240	1.0	733	8	5	0	37.5	2.6057	3.3761	0.6462	0.0376	285.1	0.00005	7.5843	410.644	4
9	의료 기기 도매업	46592	2,974	7,242	0.8	236	10	6	0	40.0	2.2671	3.6731	1.1711	0.0330	279.1	0.00005	11.8415	347.655	4
10	선철 주물 주조업	24311	385	5,027	0.6	63	41	20	0	51.2	3.8677	4.7226	0.0001	0.0165	412.3	0.00005	15.3006	330.405	4
11	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	29299	4,501	29,286	0.6	29	6	4	0	33.3	1.7622	2.2757	0.7434	0.0375	225.6	0.00005	5.2998	278.699	4
12	기관차 및 기타 철도 차량 제조업	31201	113	3,628	0.2	5	9	4	0	55.6	2.6566	3.4873	0.0001	0.0088	462.4	0.00005	9.4166	213.132	4
13	주형 및 금형 제조업	29294	9,379	58,489	0.4	70	6	4	0	33.3	0.8294	0.9451	0.5652	0.0371	173.0	0.00005	2.4376	178.349	4
14	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	2.0	40	41	30	0	26.8	0.6897	0.7621	0.6190	0.0503	77.7	0.00005	3.7589	64.723	3
15	그 외 기타 1차 철강 제조업	24199	202	3,565	0.4	12	7	2	0	71.4	3.9711	7.4394	0.0001	0.0018	438.2	0.00005	19.1954	38.927	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

(14) 아크릴로니트릴(Acrylonitrile)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile〉

아크릴로니트릴은 휘발성, 반응성이 매우 높은 무색 액체로 자연적으로 발생하지 않지만, 중요한 산업 화학물질이다. 아크릴 섬유, 수지, 플라스틱 및 니트릴 고무를 제조하는 데 광범위하게 사용된다. 아크릴로니트릴을 함유한 일반적인 수지는 업무용 기계 및 건축 자재에 사용되는 아크릴로니트릴-부타디엔-스티렌(ABS)과 자동차, 가정용품 및 포장재에 사용되는 스티렌-아크릴로니트릴(SAN) 등이 있다. 아크릴아미드를 생산하는 중요한 화학 중간체이며, 특수 응용 분야에서 항공기 및 항공 우주 산업용 복합 재료를 강화하는 탄소 섬유 생산에 활용된다. 역사적으로 아크릴로니트릴은 사염화탄소와 혼합될 때 살충제로 사용되었다. 플라스틱 연소에서 방출될 수 있고, 그 자체로도 매우 가연성이 높아 화재 시 연소될 가능성이 있다.

아크릴로니트릴은 1999년 IARC에 의해 실험동물의 증거를 기반으로 사람에게 발암 가능성이 있는 Group 2B로 분류되었다. 아크릴로니트릴은 중추 신경계, 유선 및 몇 가지 다른 드문 부위에 종양 발생이 보고되었다. 1970년대와 1980년대의 여러 역학 연구에서 아크릴로니트릴에 대한 직업적 노출과 폐암 사이의 연관성이 확인되었지만 이러한 결과는 더 큰 규모의 최근 연구에서는 결정적으로 확인되지 않았다. 아크릴로니트릴 흡입은 호흡기 자극을 유발할 수 있으며, 농도가 높을 경우 어지럼증, 쇠약, 두통, 판단력 저하 등의 신경학적 증상을 유발할 수 있다. 피부 노출은 피부 자극과 수포를 유발할 수 있다. CAREX Canada는 아크릴로니트릴에 노출되는 가장 큰 산업은 플라스틱 제품 제조이며 고무 제품 및 자동차 부품 제조업 순이라고 하였다. 아크릴로니트릴에 가장 많이 노출되는 직업에는 플라스틱 가공 기계 조작자, 고무 가공 기계 조작자, 플라스틱 제품 조립자, 마감공 및 검사자라고 보고하였다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 2 ppm(발암성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 2 ppm, OSHA PEL 2 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 아크릴로니트릴을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 44개 업종, 94개 사업장이 있었다. 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 19개 업종, 50개 사업장이 있었고, 33개 업종 44개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 아크릴로니트릴을 취급한다고 보고한 사업장은 원재료, 접착제, 합성수지, 안료, 도료 등의 용도로 혼합, 반응, 성형가공 등 공정에서 사용한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

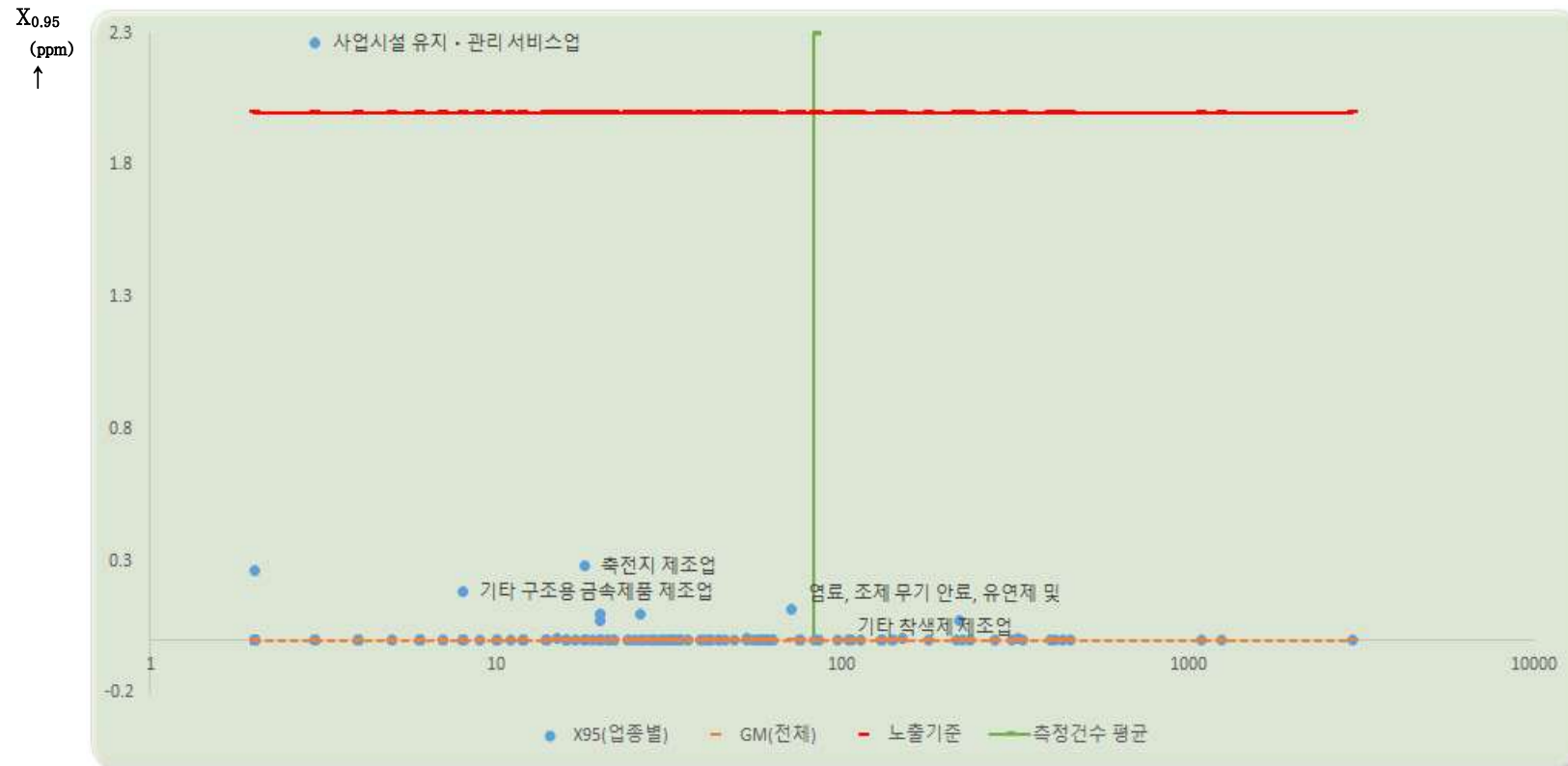
아크릴로니트릴은 최근 5년간 166개 업종, 2,272개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 454개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건수 13,703건 중 검출된 시료는 441건으로 불검출률은 96.8% 수준이었다. 노출기준 초과 시료는 2건이 있었으며, 「합성섬유 제조업」에서 평가되었다(표 III-33).

측정시료 수로는 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」에서 2,976건으로 가장 많았고, 「그 외 기타 플라스틱 제품 제조업」 1,251건, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 1,098건, 「접착제 및 젤라틴 제조업」 456건, 「기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업」 436건, 「계면활성제 제조업」 414건 순으로 많았다. 166개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「계면활성제 제조업」, 「고무 패킹류 제조업」, 「그 외 기타 금속 가공업」, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 등 순으로 39개 업종이 있었다. 주요 생산품은 합성수지, 플라스틱, 석유화학 제품, 자동차 부품, 액화물, 부직포, 자동차 및 선박 도료 등 순이었고, 주요 공정은 사출성형, 정비, 반응, 분석실, 압출, 코팅 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「사업시설 유지·관리 서비스업」 0.00081 ppm(n= 3), 「축전기 제조업」에서 0.00062 ppm(n=18), 「기타 구조용 금속제품 제조업」 0.00038 ppm(n=8), 「염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업」 0.00032 ppm(n=71), 「승강기 제조업」 0.00028 ppm(n=20), 「지정 외 폐기물 수집, 운반업」 0.00028ppm(n=26), 「합성섬유 제조업」 0.00025 ppm(n=219) 등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 2 ppm을 초과하는 업종은 「사업시설 유지·관리 서비스업」 1개 업종이 이었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

아크릴로 니트릴의 노출기준 초과 시료가 있었던 「합성섬유 제조업」 및 시료수가 많았던 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 등에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다.



※ 붉은 가로선: 노출기준(2 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-21] 최근 5년간 아크릴로니트릴 업종별 작업환경측정 현황

〈표 III-33-1〉 아크릴로니트릴 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		423,600	4,273,032	454.4	82,754	13,696	441	2	96.8	0.01178	0.09130	0.00005	0.00007	4.4	0.00005	3.29890	0.00076	0
1	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	33.0	6,120	2,976	111	0	96.3	0.00904	0.06225	0.00005	0.00007	4.4	0.00005	0.97520	0.00076	0
2	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	22299	7,999	58,008	67.6	2,245	1,251	16	0	98.7	0.00259	0.02519	0.00005	0.00006	2.5	0.00005	0.54424	0.00025	0
3	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	31.0	1,930	1,098	58	0	94.7	0.02186	0.12607	0.00005	0.00008	6.8	0.00005	1.81960	0.00184	0
4	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	17.4	478	455	21	0	95.4	0.01931	0.11153	0.00005	0.00007	6.2	0.00005	1.13250	0.00151	0
5	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	22249	1,490	24,925	21.6	700	436	5	0	98.9	0.00145	0.01892	0.00005	0.00005	2.1	0.00005	0.35960	0.00019	0
6	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	10.4	1,406	414	18	0	95.7	0.02520	0.14134	0.00005	0.00007	6.3	0.00005	1.53250	0.00151	0
7	주형 및 금형 제조업	29294	9,379	58,489	24.0	353	400	14	0	96.5	0.00711	0.04111	0.00005	0.00007	4.5	0.00005	0.45467	0.00080	0
8	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	22229	1,349	15,966	17.0	322	333	4	0	98.8	0.00254	0.02315	0.00005	0.00006	2.5	0.00005	0.25400	0.00025	0
9	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	5.8	4,263	321	23	0	92.8	0.03044	0.12449	0.00005	0.00009	9.9	0.00005	0.72130	0.00412	0
10	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	22211	1,439	16,086	15.2	219	309	0	0	100.0	0.00005	0.00000	0.00005	0.00005	1.0	0.00005	0.00005	0.00005	-
11	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	8.2	1,251	276	12	0	95.7	0.02899	0.15666	0.00005	0.00007	6.7	0.00005	1.55480	0.00173	0
12	포장용 플라스틱 성형용기 제조업	22232	1,250	14,931	13.0	280	235	0	0	100.0	0.00005	0.00000	0.00005	0.00005	1.0	0.00005	0.00005	0.00005	-
13	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	70130	81	372	2.0	2,472	222	10	0	95.5	0.01026	0.04921	0.00005	0.00007	5.7	0.00005	0.32180	0.00127	0
14	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	3.0	1,098	219	40	2	81.7	0.10457	0.35519	0.00005	0.00025	32.0	0.00005	3.29890	0.07536	1
15	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	3.8	2,200	215	7	0	96.7	0.00977	0.06255	0.00005	0.00007	4.6	0.00005	0.65330	0.00080	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-33-2〉 아크릴로니트릴 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	423,600	4,273,032	454.4	82,754	13,696	441	2	96.8	0.01178	0.09130	0.00005	0.00007	4.4	0.00005	3.29890	0.00076	0	
1	사업시설 유지·관리 서비스업	74100	12,363	121,742	0.4	38	3	1	0	66.7	0.07100	0.12289	0.00005	0.00081	124.5	0.00005	0.21290	2.26731	4
2	원유 정제처리업	19210	47	4,967	0.2	0	2	1	0	50.0	0.00433	0.00605	0.00433	0.00066	38.1	0.00005	0.00860	0.26126	Low
3	축전기 제조업	28202	361	15,668	1.0	355	18	6	0	66.7	0.05482	0.11125	0.00005	0.00062	41.6	0.00005	0.34580	0.28435	2
4	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	0.8	284	8	2	0	75.0	0.04462	0.08889	0.00005	0.00038	43.0	0.00005	0.24012	0.18511	1
5	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	20132	181	2,670	4.0	234	71	15	0	78.9	0.07578	0.17468	0.00005	0.00032	36.7	0.00005	0.94984	0.11857	1
6	승강기 제조업	29162	982	14,312	1.0	16	20	4	0	80.0	0.06309	0.14088	0.00005	0.00028	35.1	0.00005	0.44550	0.09809	1
7	지정 외 폐기물 수집, 운반업	38110	2,290	28,009	1.0	83	26	5	0	80.8	0.07251	0.15834	0.00005	0.00028	35.7	0.00005	0.49960	0.09874	1
8	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	3.0	1,098	219	40	0	81.7	0.10457	0.35519	0.00005	0.00025	32.0	0.00005	3.29890	0.07536	1
9	위생용 및 산업용 도자기 제조업	23222	237	3,715	1.0	22	20	3	0	85.0	0.15317	0.42652	0.00005	0.00021	35.5	0.00005	1.40758	0.07608	1
10	지정 폐기물 처리업	38220	241	1,762	2.0	124	53	5	0	90.6	0.05885	0.25973	0.00005	0.00011	13.6	0.00005	1.74120	0.00835	0
11	부직포 및 펠트 제조업	13992	410	3,738	1.8	142	149	13	0	91.3	0.03968	0.14811	0.00005	0.00011	12.7	0.00005	0.97040	0.00717	0
12	석탄·화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	5.8	4,263	321	23	0	92.8	0.03044	0.12449	0.00005	0.00009	9.9	0.00005	0.72130	0.00412	0
13	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	1.0	87	15	1	0	93.3	0.03069	0.11868	0.00005	0.00009	10.6	0.00005	0.45970	0.00443	0
14	설치용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	22222	353	2,715	3.2	33	58	4	0	93.1	0.01767	0.07391	0.00005	0.00009	8.6	0.00005	0.43351	0.00307	0
15	도금업	25922	2,129	24,063	1.0	26	20	1	0	95.0	0.02605	0.11629	0.00005	0.00008	7.9	0.00005	0.52010	0.00238	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-33-3〉 아크릴로니트릴 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수											
	합 계	423,600	4,273,032	454.4	82,754	13,696	441	4	96.8	0.01178	0.09130	0.00005	0.00007	4.4	0.00005	3.29890	0.00076	0	
1	사업시설 유지·관리 서비스업	74100	12,363	121,742	0.4	38	3	1	0	66.7	0.07100	0.12289	0.00005	0.00081	124.5	0.00005	0.21290	2.26731	4
2	축전기 제조업	28202	361	15,668	1.0	355	18	6	0	66.7	0.05482	0.11125	0.00005	0.00062	41.6	0.00005	0.34580	0.28435	2
3	원유 정제처리업	19210	47	4,967	0.2	0	2	1	0	50.0	0.00433	0.00605	0.00433	0.00066	38.1	0.00005	0.00860	0.26126	Low
4	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	0.8	284	8	2	0	75.0	0.04462	0.08889	0.00005	0.00038	43.0	0.00005	0.24012	0.18511	1
5	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	20132	181	2,670	4.0	234	71	15	0	78.9	0.07578	0.17468	0.00005	0.00032	36.7	0.00005	0.94984	0.11857	1
6	지정 외 폐기물 수집, 운반업	38110	2,290	28,009	1.0	83	26	5	0	80.8	0.07251	0.15834	0.00005	0.00028	35.7	0.00005	0.49960	0.09874	1
7	승강기 제조업	29162	982	14,312	1.0	16	20	4	0	80.0	0.06309	0.14088	0.00005	0.00028	35.1	0.00005	0.44550	0.09809	1
8	위생용 및 산업용 도자기 제조업	23222	237	3,715	1.0	22	20	3	0	85.0	0.15317	0.42652	0.00005	0.00021	35.5	0.00005	1.40758	0.07608	1
9	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	3.0	1,098	219	40	0	81.7	0.10457	0.35519	0.00005	0.00025	32.0	0.00005	3.29890	0.07536	1
10	지정 폐기물 처리업	38220	241	1,762	2.0	124	53	5	0	90.6	0.05885	0.25973	0.00005	0.00011	13.6	0.00005	1.74120	0.00835	0
11	부직포 및 펠트 제조업	13992	410	3,738	1.8	142	149	13	0	91.3	0.03968	0.14811	0.00005	0.00011	12.7	0.00005	0.97040	0.00717	0
12	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	1.0	87	15	1	0	93.3	0.03069	0.11868	0.00005	0.00009	10.6	0.00005	0.45970	0.00443	0
13	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	5.8	4,263	321	23	0	92.8	0.03044	0.12449	0.00005	0.00009	9.9	0.00005	0.72130	0.00412	0
14	설치용 및 위생용 플라스틱제품 제조업	22222	353	2,715	3.2	33	58	4	0	93.1	0.01767	0.07391	0.00005	0.00009	8.6	0.00005	0.43351	0.00307	0
15	도금업	25922	2,129	24,063	1.0	26	20	1	0	95.0	0.02605	0.11629	0.00005	0.00008	7.9	0.00005	0.52010	0.00238	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

(15) 아크릴아미드(Acrylamide)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile〉

아크릴아미드는 무색 또는 백색의 결정성 분말로, 1949년 처음 합성된 이래로 폴리아크릴아마이드와 아크릴아미드 공중합체를 생산하는 매개체로 사용되어 왔다. 맨홀 밀봉에 사용되는 그라우트, 수처리, 원유 처리, 펄프 및 종이 처리, 토양 조절/안정화, 광물 처리 및 콘크리트 처리에 사용되는 응집제, 접착제 제조 및 식품 가공 등에서 사용된다. 직업적 노출은 펄프 및 제지 제조, 석유 시추, 섬유 및 화장품 제조, 식품 가공, 플라스틱 제조, 광업 및 농업, 폴리아크릴아미드 관련 실험실 종사자에서 노출될 수 있다고 보고되었다. 아크릴아미드는 요리하는 동안 많은 종류의 음식, 특히 탄수화물이 풍부한 음식에서 형성되는데, 감자칩과 감자튀김에 최고 수준의 아크릴아미드가 함유되어 있고, 담배 연기에도 아크릴아미드가 포함되어 있어 흡연자뿐만 아니라 간접흡연에 노출된 사람들에게도 노출의 원인이 된다.

아크릴아미드는 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에 의해 인간에게 발암 가능성이 있는 Group 2A로 분류되었으며, 아크릴아미드를 섭취하면 갑상선과 고환 부위, 유선, 갑상선, 중추 신경계, 구강, 자궁 등 쥐(rat)의 다양한 부위에서 암이 발생하였고, 생쥐(mouse)에서 폐 종양과 피부암이 증가한 것으로 나타났다. 또한 아크릴아미드는 중추 및 말초 신경계에 손상을 일으킬 수 있으며, 접촉성 피부염을 일으킬 수 있다고 보고하였다.

국내 노출기준 8시간 TWA 기준 0.03 mg/m³(발암성 1B, 생식세포 변이 원성 1B, 생식독성 2, Skin, 흡입성과 증기), ACGIH 노출기준 0.03 mg/m³, OSHA PEL 0.3 mg/m³로 관리되고 있다

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 아크릴아미드를 취급하는 것으로 조사된 사업장은 53개 업종, 111개 사업장이 있었고, 이 중 2019년

작업환경측정을 실시한 사업장은 24개 업종, 56개 사업장이 있었고, 43개 업종 55개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 아크릴아미드를 취급한다고 보고한 사업장은 원재료(고분자원료 등), 부유제(floating agents), 접착제, 실험시약 등의 용도로 실험, 연구, 혼합, 반응, 투입, 도장도포 등 공정에서 사용한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

아크릴아미드는 최근 5년간 134개 업종, 1,683개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 337개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 12,844건 중 검출된 시료는 451건으로 불검출률은 96.5% 수준이었다. 노출기준초과 시료는 2건이 있었으며, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」에서 평가되었다(표 III-34).

측정시료 수로는 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」에서 1,026건으로 가장 많았고, 「기타 인문 및 사회과학 연구개발업」 880건, 「접착제 및 젤라틴 제조업」 835건, 「의학 및 약학 연구개발업」 829건, 「계면활성제 제조업」 778건, 「기타 자연과학 연구개발업」 775건 순으로 많았다. 134개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「계면활성제 제조업」, 「그 외 기타 보건업」, 「그 외 기타 분류 안된 섬유제품 제조업」, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」, 「기타 공학 연구개발업」 등 순으로 38개 업종이 있었다.

주요 생산품으로는 의료서비스, 연구개발, 실험, 도료 및 유사제품, 접착제, 의약품, 고분자 응집제, 과산화수소, 접착제, 계면활성제 등 순이었으며, 주요 공정은 실험, 연구, 반응, 분석, 폐수처리, 혼합, 품질관리, 포장 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0000005 mg/m^3)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「마그네틱 및 광학 매체 제조업」 0.000036 mg/m^3 (n=19), 「위생용 및 산업용 도자기 제조업」에서 0.000026 mg/m^3 (n=8), 「문구용 종이제품 제조업」에서 0.000024 mg/m^3 (n=5), 수산동물 냉동품 제조업」

0.00002 mg/m³(n=4), 「플라스틱 필름 제조업」 0.000009 mg/m³(n=52), 「전자 저항기 제조업」 0.000007 mg/m³(n=20), 「전자상거래 소매업」 0.000003 mg/m³(n=23) 등 순이었다.

95% 상위 값이 노출기준인 0.03 mg/m³을 초과하는 업종은 「위생용 및 산업용 도자기 제조업」, 「마그네틱 및 광학 매체 제조업」 2개 업종이 이었다. 산업용 도자기 생산을 위한 성형공정, 진단용 시액 제조를 위한 실험분석 공정이었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

아크릴아미드에 대해 작업환경측정을 실시한 134개 업종 중 129개 업종의 측정시료 분포의 95% 상위 값이 노출기준의 10% 미만으로 대부분의 농도는 낮은 수준이었다. 다만, 노출기준 초과 시료가 있었던 「**그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업**」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과한 「**위생용 및 산업용 도자기 제조업**」, 「**마그네틱 및 광학 매체 제조업**」 향후 우선적 관찰이 필요한 것으로 판단된다(그림 III-22).

〈표 III-34-1〉 아크릴아미드 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	358,981	4,138,467	336.6	114,591	12,844	451	2	96.5	0.000106	0.00122	0.0000005	0.000001	4.2	0.000001	0.0763000	0.000007	0	
1	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	30.2	1,596	1,026	65	2	93.7	0.000363	0.00337	0.0000005	0.000001	8.0	0.000001	0.0763000	0.000026	0
2	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	70209	1,472	26,098	3.8	3,186	880	2	0	99.8	0.000017	0.00045	0.0000005	0.000001	1.5	0.000001	0.0132000	0.000001	0
3	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	27.2	729	835	31	0	96.3	0.000161	0.00114	0.0000005	0.000001	4.9	0.000001	0.0116000	0.000009	0
4	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	30.8	2,211	829	33	0	96.0	0.000084	0.00058	0.0000005	0.000001	4.6	0.000001	0.0073000	0.000008	0
5	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	18.2	1,707	778	28	0	96.4	0.000113	0.00084	0.0000005	0.000001	4.6	0.000001	0.0111000	0.000008	0
6	기타 자연과학 연구개발업	70119	564	11,332	12.0	5,654	775	6	0	99.2	0.000045	0.00064	0.0000005	0.000001	2.2	0.000001	0.0127000	0.000002	0
7	종합병원	86101	188	38,806	14.6	14,585	733	9	0	98.8	0.000033	0.00052	0.0000005	0.000001	2.4	0.000001	0.0132000	0.000002	0
8	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	9.6	12,525	613	13	0	97.9	0.000027	0.00026	0.0000005	0.000001	2.9	0.000001	0.0042000	0.000003	0
9	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	12.6	4,960	569	28	0	95.1	0.000030	0.00023	0.0000005	0.000001	3.5	0.000001	0.0032000	0.000005	0
10	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	9.0	3,548	430	44	0	89.8	0.000123	0.00056	0.0000005	0.000001	9.3	0.000001	0.0064000	0.000041	0
11	그 외 기타 보건업	86909	672	14,191	1.8	2,348	413	6	0	98.5	0.000053	0.00047	0.0000005	0.000001	2.9	0.000001	0.0059200	0.000003	0
12	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	10.4	1,625	404	16	0	96.0	0.000075	0.00050	0.0000005	0.000001	4.5	0.000001	0.0063000	0.000008	0
13	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	73909	766	8,396	8.8	4,086	369	0	0	100.0	0.000001	0.00000	0.0000005	0.000000	1.0	0.000001	0.0000010	0.000001	0
14	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	10.8	1,151	345	5	0	98.6	0.000022	0.00030	0.0000005	0.000001	2.4	0.000001	0.0055000	0.000002	0
15	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	10.8	2,152	290	15	0	94.8	0.000174	0.00120	0.0000005	0.000001	6.2	0.000001	0.0146000	0.000015	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-34-2〉 아크릴아미드 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

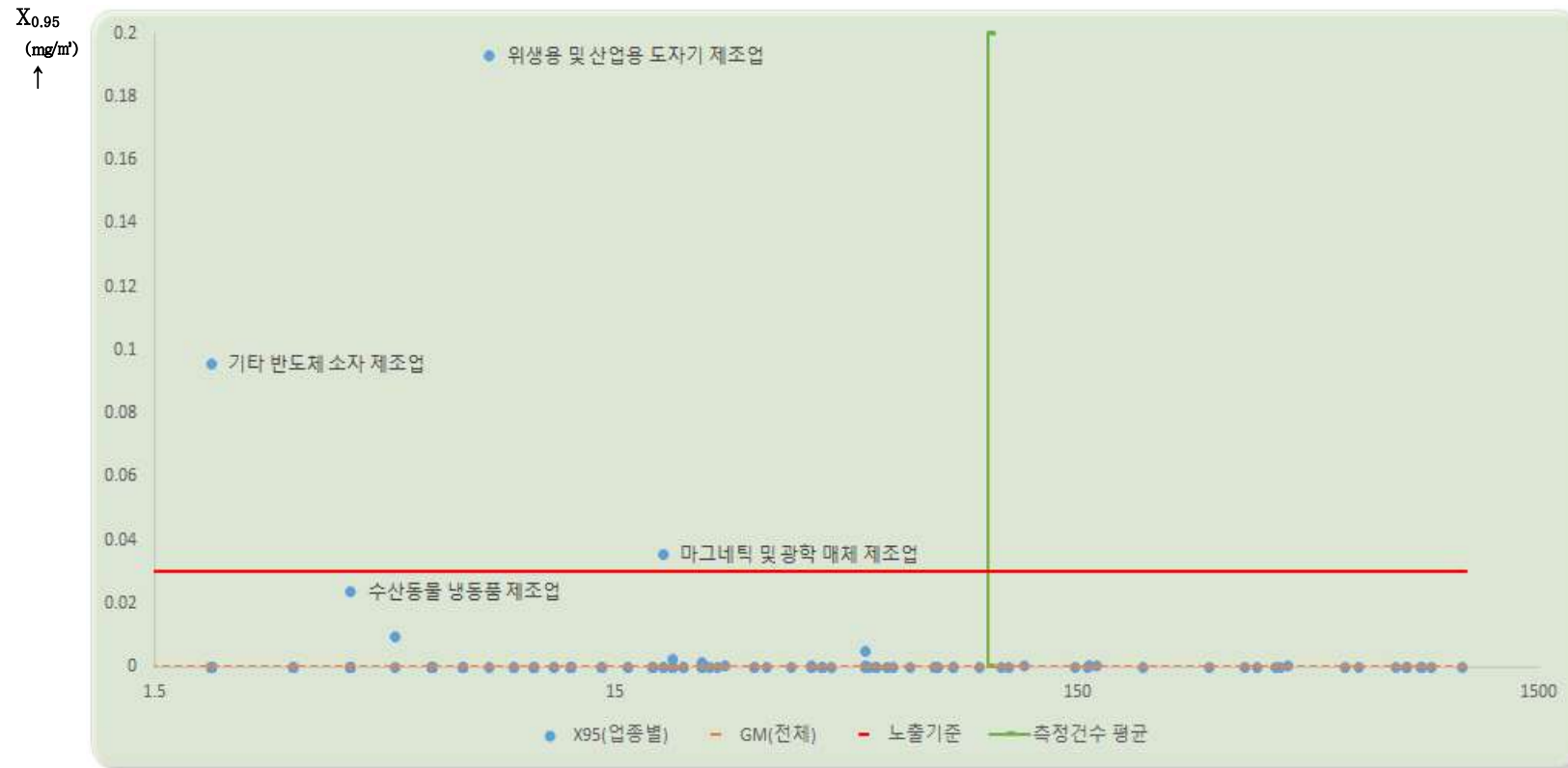
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수											
	합 계	358,981	4,138,467	336.6	114,591	12,844	451	2	96.5	0.000106	0.00122	0.0000005	0.000001	4.2	0.000001	0.076300	0.000007	0	
1	마그네틱 및 광학 매체 제조업	26600	15	768	0.4	19	19	10	0	47.4	0.001118	0.00167	0.00089	0.000036	66.1	0.000001	0.006500	0.035347	0
2	위생용 및 산업용 도자기 제조업	23222	237	3,715	0.8	112	8	3	0	62.5	0.006900	0.00988	0.0000005	0.000026	228.00	0.000001	0.022400	0.193089	0
3	문구용 종이제품 제조업	17901	399	3,023	0.2	85	5	3	0	40.0	0.000300	0.00046	0.0001	0.000024	38.1	0.000001	0.001100	0.009644	0
4	수산물용 냉동품 제조업	10213	276	3,825	0.2	42	4	2	0	50.0	0.000425	0.00051	0.000350	0.000020	72.8	0.000001	0.001000	0.023664	0
5	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	0.2	64	2	1	0	50.0	0.000375	0.00053	0.000375	0.000019	176.10	0.000001	0.000750	0.095811	Low
6	플라스틱 필름 제조업	22212	1,472	17,373	1.2	244	52	21	0	59.6	0.001500	0.00414	0.0000005	0.000009	47.0	0.000001	0.019430	0.005020	0
7	전자 저항기 제조업	26292	73	1,293	1.0	410	20	8	0	60.0	0.000330	0.00068	0.0000005	0.000007	32.4	0.000001	0.002100	0.002265	0
8	전자상거래 소매업	47912	22,147	69,034	1.0	16	23	4	0	82.6	0.001357	0.00303	0.0000005	0.000003	42.1	0.000001	0.008400	0.001261	0
9	모피 및 가죽 제조업	15110	340	3,574	1.4	84	26	6	0	76.9	0.000137	0.00027	0.0000005	0.000003	20.5	0.000001	0.000920	0.000362	0
10	생물학적 제제 제조업	21102	81	1,844	4.0	472	115	19	0	83.5	0.000516	0.00153	0.0000005	0.000002	23.0	0.000001	0.007600	0.000344	0
11	기타 일반 공공 행정	84119	1,456	17,782	2.0	774	40	4	0	90.0	0.000578	0.00202	0.0000005	0.000001	15.3	0.000001	0.008040	0.000109	0
12	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	1.2	451	165	16	0	90.3	0.000465	0.00175	0.0000005	0.000001	14.5	0.000001	0.013000	0.000097	0
13	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	22292	770	7,873	3.2	231	159	18	0	88.7	0.000208	0.00108	0.0000005	0.000001	11.3	0.000001	0.011940	0.000064	0
14	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	20132	181	2,670	3.0	82	52	6	0	88.5	0.000089	0.00027	0.0000005	0.000001	10.3	0.000001	0.001120	0.000054	0
15	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	9.0	3,548	430	44	0	89.8	0.000123	0.00056	0.0000005	0.000001	9.3	0.000001	0.006400	0.000041	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-34-3〉 아크릴아미드 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 사업장수	검출 사업장수	노출기준 초과 사업장수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계		358,981	4,138,467	336.6	114,591	12,844	451	2	96.5%	0.000106	0.00122	0.0000005	0.000001	4.2	0.000001	0.076300	0.000007	0	
1	위생용 및 산업용 도자기 제조업	23222	237	3,715	0.8	112	8	3	0	62.5%	0.006900	0.00988	0.0000005	0.000026	228.0	0.000001	0.022400	0.193089	4
2	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	0.2	64	2	1	0	50.0%	0.000375	0.00053	0.000375250	0.000019	176.1	0.000001	0.000750	0.095811	Low
3	마그네틱 및 광학 매체 제조업	26600	15	768	0.4	19	19	10	0	47.4%	0.001118	0.00167	0.00089	0.000036	66.1	0.000001	0.006500	0.035347	4
4	수산동물 냉동품 제조업	10213	276	3,825	0.2	42	4	2	0	50.0%	0.000425	0.00051	0.000350250	0.000020	72.8	0.000001	0.001000	0.023664	3
5	문구용 종이제품 제조업	17901	399	3,023	0.2	85	5	3	0	40.0%	0.000300	0.00046	0.0001	0.000024	38.1	0.000001	0.001100	0.009644	2
6	플라스틱 필름 제조업	22212	1,472	17,373	1.2	244	52	21	0	59.6%	0.001500	0.00414	0.0000005	0.000009	47.0	0.000001	0.019430	0.005020	2
7	전자 저항기 제조업	26292	73	1,293	1.0	410	20	8	0	60.0%	0.000330	0.00068	0.0000005	0.000007	32.4	0.000001	0.002100	0.002265	1
8	전자상거래 소매업	47912	22,147	69,034	1.0	16	23	4	0	82.6%	0.001357	0.00303	0.0000005	0.000003	42.1	0.000001	0.008400	0.001261	1
9	모피 및 가죽 제조업	15110	340	3,574	1.4	84	26	6	0	76.9%	0.000137	0.00027	0.0000005	0.000003	20.5	0.000001	0.000920	0.000362	1
10	생물학적 제제 제조업	21102	81	1,844	4.0	472	115	19	0	83.5%	0.000516	0.00153	0.0000005	0.000002	23.0	0.000001	0.007600	0.000344	1
11	기타 일반 공공 행정	84119	1,456	17,782	2.0	774	40	4	0	90.0%	0.000578	0.00202	0.0000005	0.000001	15.3	0.000001	0.008040	0.000109	0
12	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	1.2	451	165	16	0	90.3%	0.000465	0.00175	0.0000005	0.000001	14.5	0.000001	0.013000	0.000097	0
13	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	22292	770	7,873	3.2	231	159	18	0	88.7%	0.000208	0.00108	0.0000005	0.000001	11.3	0.000001	0.011940	0.000064	0
14	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	20132	181	2,670	3.0	82	52	6	0	88.5%	0.000089	0.00027	0.0000005	0.000001	10.3	0.000001	0.001120	0.000054	0
15	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	9.0	3,548	430	44	0	89.8%	0.000123	0.00056	0.0000005	0.000001	9.3	0.000001	0.006400	0.000041	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.03mg/m³), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-22] 최근 5년간 아크릴아미드 업종별 작업환경측정 현황

(16) 2-에톡시에탄올(2-Ethoxyethanol)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템, <https://www.nifds.go.kr/toxinfo>〉

2-에톡시에탄올(2-Ethoxyethanol)은 투명 무색의 거의 냄새가 없는 액체로, 셀로솔브 또는 에틸 셀로솔브라는 상표로도 알려져 있으며 상업용 및 산업용으로 널리 사용되는 용제다. 주요 용도는 결정화 용매, 실험실 화학물질, 중간체 등 다른 물질의 제조에 사용된다. 만성적인 건강영향으로는 중추신경계 기능장애, 골수 억제, 빈혈, 과립구 감소증 등이 있다. 과도한 노출은 호흡기 계통, 폐부종, 중추신경계 기능 억제를 유발할 수 있다. 인체 주요 영향은 발생학적 독성, 고환 독성, 혈액학적 독성이다. 이러한 독성은 동물들의 광범위하고 일관된 데이터와 일부 인간 데이터에 의해 증명되었다. 사례보고로 44세 여성이 약 40 mL의 2-에톡시에탄올(2-EE)을 경구 섭취한 결과, 현기증, 무의식, 중추신경계 영향이 나타났고, 신경쇠약 증세가 뚜렷했지만, 신장과 간 손상 징후 등 모든 증상이 44일 만에 회복했다고 보고하였다. 랫드에 2-에톡시에탄올을 세대에 거쳐 노출시켜도 유전독성, 생식독성, 발암성은 나타나지 않는 것으로 밝혀졌으며, IARC에 의한 발암물질 분류에 포함되어있지 않다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 5 ppm(생식독성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 5 ppm, OSHA PEL 200 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 2-에톡시에탄올은 취급하는 것으로 조사된 사업장은 106개 업종, 228개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 58개 업종, 99개 사업장이 있었고, 75개 업종 129개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 2-에톡시에탄올을 취급한다고 보고한 사업장은 안료, 도료, 희석제, 세제/살균, 소독제, 코팅제, 세정제, 연화제/경화촉진제, 접착제 등 용도로 도장도포, 세척제거 공정 등에서 사용하였다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

2-에톡시에탄올은 최근 5년간 314개 업종, 9,405개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 1,881개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정 시료건 수 33,412건 중 검출된 시료는 2,855건으로 불검출률은 91.5% 수준이었다. 노출기준 초과시료는 9개로 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 4건, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 2건, 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」 1건, 「기타 목재 가구 제조업」 1건, 「도금, 착색 및 기타 표면처리 강재 제조업」 1건이 있었다. 주요 생산품은 자동차 수리 및 정비, 페인트, 의약품, 도료제품, 자동차 부품, 화장품 용기 등 순이었고, 주요 공정은 도장, 실험실, 코팅, 품질관리, 개발분석, 배합, 제관, 혼합 등 순이었다(표 III-35).

측정시료 수로는 「자동차 종합 수리업」에서 12,419건으로 가장 많았고, 「자동차 전문 수리업」 2,601건, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업」 2,213건, 「계면활성제 제조업」 925건, 「도장 및 기타 피막 처리업」 834건, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 655건 순으로 많았다. 134개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「자동차 종합 수리업», 「자동차 전문 수리업», 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업», 「일반용 도료 및 관련제품 제조업», 「인쇄잉크 및 회화용 물감 제조업」 등 순으로 37개 업종이 있었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.000005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「표구 처리업」에서 0.007804 ppm(n=10), 「제판 및 조판업」 0.007542 ppm(n=11), 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」 0.005551 ppm(n=393), 「수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업」 0.00069ppm(n=10), 「적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업」 0.000415 ppm(n=77) 등 순이었다.

95% 상위값이 노출기준인 5 ppm을 초과하는 업종은 「표구 처리업」, 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」, 「제판 및 조판업」, 「수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업」, 「그 외 기타 가구 제조업」, 「기타 목재 가구 제조업」, 「사무용 기계 및 장비 제조업」 등 8개 업종이 이었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

2-에톡시에탄올은 자동차 종합 수리업에서 가장 많이 평가되었는데, 산술평균 농도가 노출기준의 1/100 수준이며, 기하평균 농도는 노출기준의 1/1000 이하로 매우 낮았다. 최근 5년간 노출기준을 초과한 사례가 없었고, 측정 시료 분포의 95% 상위값이 노출기준의 1% 미만이었다. 2-에톡시에탄올 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」, 「기타 목재 가구 제조업」, 「도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 106$)이상인 업종은 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-23).

〈표 III-35-1〉 2-에톡시에탄올 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수													
	합 계	800,241	7,697,640	1831.2	295,868	33,412	2,855	9	91.5	0.064472	0.360579	0.000005	0.000013	24.2	0.000005	25.114	0.002	0		
1	자동차 종합 수리업	95211	7,849	46,827	932.4	13,021	12,417	1,005	0	91.9	0.050942	0.241216	0.000005	0.000012	21.5	0.000005	4.672	0.002	0	
2	자동차 전문 수리업	95212	9,345	26,783	202.4	2,107	2,601	258	0	90.1	0.052687	0.223916	0.000005	0.000015	27.3	0.000005	2.545	0.003	0	
3	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	23.8	2,555	2,213	153	0	93.1	0.046930	0.219475	0.000005	0.000011	18.3	0.000005	2.664	0.001	0	
4	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	10.0	1,150	925	81	0	91.2	0.016091	0.104386	0.000005	0.000011	15.0	0.000005	1.760	0.001	0	
5	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	43.6	720	834	93	0	88.8	0.065545	0.257963	0.000005	0.000017	34.6	0.000005	3.094	0.006	0	
6	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	21.0	2,051	655	57	0	91.3	0.059672	0.254233	0.000005	0.000014	25.7	0.000005	2.280	0.003	0	
7	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	20.8	14,049	516	27	0	94.8	0.031456	0.163467	0.000005	0.000009	12.9	0.000005	1.691	0.001	0	
8	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	26.2	2,468	496	39	4	92.1	0.207249	1.631953	0.000005	0.000013	26.7	0.000005	25.114	0.003	0	
9	플라스틱 필름 제조업	22212	1,472	17,373	12.6	892	478	10	0	97.9	0.019738	0.165202	0.000005	0.000006	5.2	0.000005	2.465	0.000	0	
10	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	13.6	20,948	457	38	0	91.7	0.099451	0.437596	0.000005	0.000014	28.5	0.000005	4.302	0.003	0	
11	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	6.2	2,000	441	1	0	99.8	0.000518	0.010781	0.000005	0.000005	1.7	0.000005	0.226	0.000	0	
12	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	15.0	3,511	415	44	2	89.4	0.096772	0.479478	0.000005	0.000017	35.7	0.000005	5.754	0.006	0	
13	인쇄 잉크 및 회화용 물감 제조업	20413	169	2,180	6.8	280	404	114	0	71.8	0.268693	0.538144	0.000005	0.000141	212.6	0.000005	2.389	0.953	2	
14	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	27301	322	7,157	10.6	998	393	226	0	42.5	0.799786	1.036237	0.330600	0.005551	435.8	0.000005	4.653	121.885	4	
15	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	22299	7,999	58,008	13.8	1,192	361	35	0	90.3	0.151591	0.599201	0.000005	0.000016	36.8	0.000005	3.718	0.006	0	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-35-2〉 2-에톡시에탄올 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)						노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수											
	합 계		800,241	7,697,640	1831.2	295,868	33,412	2,855	9	91.5	0.064472	0.360579	0.000005	0.000013	24.2	0.000005	25.114	0.002	0
1	기타 수상오락 서비스업	91239	187	447	0.2	90	2	2	0	0.0	2.234500	0.393858	2.234500	2.217076	1.2	1.956000	2.513	2.967	Low
2	기타 음향기기 제조업	26529	244	1,536	0.2	39	1	1	0	0.0	0.730000	-	0.730000	0.730000	-	0.730000	0.730	-	-
3	표구 처리업	33933	102	293	1.0	6	10	6	0	40.0	0.899356	1.269966	0.491775	0.007804	582.5	0.000005	3.673	276.191	4
4	제판 및 조판업	18121	371	2,149	0.8	18	11	7	0	36.4	0.380999	0.408913	0.456810	0.007542	340.6	0.000005	1.140	110.407	4
5	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	27301	322	7,157	10.6	998	393	226	0	42.5	0.799786	1.036237	0.330600	0.005551	435.8	0.000005	4.653	121.885	4
6	낙시 및 수렵용구 제조업	33303	198	1,625	0.6	34	5	3	0	40.0	0.393522	0.675740	0.186900	0.004266	503.8	0.000005	1.591	118.938	4
7	수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업	25992	621	4,509	0.8	42	10	4	0	60.0	0.491703	0.748262	0.000005	0.000690	581.8	0.000005	2.248	24.356	4
8	적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업	17124	141	1,897	2.2	366	77	30	0	61.0	0.250428	0.508138	0.000005	0.000415	269.3	0.000005	2.232	4.128	3
9	그 외 기타 가구 제조업	32099	508	3,342	1.0	12	8	3	0	62.5	0.283116	0.483524	0.000005	0.000413	446.9	0.000005	1.367	9.452	4
10	강판 제조업	24132	163	3,445	0.8	196	72	30	0	58.3	0.139735	0.285235	0.000005	0.000408	199.5	0.000005	1.607	2.479	2
11	기타 목재 가구 제조업	32029	3,815	17,741	6.8	101	90	32	0	64.4	0.496272	1.005886	0.000005	0.000380	359.9	0.000005	4.927	6.086	4
12	윤활유 및 그리스 제조업	19221	142	1,779	0.4	54	8	3	0	62.5	0.143553	0.201098	0.000005	0.000338	335.7	0.000005	0.457	4.833	3
13	사무용 기계 및 장비 제조업	29180	290	4,482	0.4	5	3	1	0	66.7	0.089703	0.155362	0.000005	0.000189	538.8	0.000005	0.269	5.877	4
14	화물 자동차 및 특수 목적용 자동차 제조업	30122	332	8,315	1.6	3,162	42	13	0	69.0	0.210603	0.392885	0.000005	0.000181	230.1	0.000005	1.462	1.387	2
15	인쇄 잉크 및 회화용 물감 제조업	20413	169	2,180	6.8	280	404	114	0	71.8	0.268693	0.538144	0.000005	0.000141	212.6	0.000005	2.389	0.953	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-35-3〉 2-에톡시에탄올 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	800,241	7,697,640	1831.2	295,868	33,412	2,855	9	91.5	0.064472	0.360579	0.000005	0.000013	24.2	0.000005	25.114	0.002	0	
1	표구 처리업	33933	102	293	1.0	6	10	6	0	40.0	0.899356	1.269966	0.491775	0.007804	582.5	0.000005	3.673	276.191	4
2	광학 렌즈 및 광학 요소 제조업	27301	322	7,157	10.6	998	393	226	0	42.5	0.799786	1.036237	0.330600	0.005551	435.8	0.000005	4.653	121.885	4
3	납시 및 수렴용구 제조업	33303	198	1,625	0.6	34	5	3	0	40.0	0.393522	0.675740	0.186900	0.004266	503.8	0.000005	1.591	118.938	4
4	제판 및 조판업	18121	371	2,149	0.8	18	11	7	0	36.4	0.380999	0.408913	0.456810	0.007542	340.6	0.000005	1.140	110.407	4
5	수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업	25992	621	4,509	0.8	42	10	4	0	60.0	0.491703	0.748262	0.000005	0.000690	581.8	0.000005	2.248	24.356	4
6	그 외 기타 가구 제조업	32099	508	3,342	1.0	12	8	3	0	62.5	0.283116	0.483524	0.000005	0.000413	446.9	0.000005	1.367	9.452	4
7	기타 목재 가구 제조업	32029	3,815	17,741	6.8	101	90	32	1	64.4	0.496272	1.005886	0.000005	0.000380	359.9	0.000005	4.927	6.086	4
8	사무용 기계 및 장비 제조업	29180	290	4,482	0.4	5	3	1	0	66.7	0.089703	0.155362	0.000005	0.000189	538.8	0.000005	0.269	5.877	4
9	윤활유 및 그리스 제조업	19221	142	1,779	0.4	54	8	3	0	62.5	0.143553	0.201098	0.000005	0.000338	335.7	0.000005	0.457	4.833	3
10	적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업	17124	141	1,897	2.2	366	77	30	0	61.0	0.250428	0.508138	0.000005	0.000415	269.3	0.000005	2.232	4.128	3
11	기타 수상오락 서비스업	91239	187	447	0.2	90	2	2	0	0.0	2.234500	0.393858	2.234500	2.217076	1.2	1.956000	2.513	2.967	Low
12	강관 제조업	24132	163	3,445	0.8	196	72	30	0	58.3	0.139735	0.285235	0.000005	0.000408	199.5	0.000005	1.607	2.479	2
13	화물 자동차 및 특수 목적용 자동차 제조업	30122	332	8,315	1.6	3,162	42	13	0	69.0	0.210603	0.392885	0.000005	0.000181	230.1	0.000005	1.462	1.387	2
14	인쇄 잉크 및 회화용 물감 제조업	20413	169	2,180	6.8	280	404	114	0	71.8	0.268693	0.538144	0.000005	0.000141	212.6	0.000005	2.389	0.953	2
15	기타 석유 정제물 재처리업	19229	88	1,263	0.8	5	16	5	0	68.8	0.099051	0.242577	0.000005	0.000141	169.8	0.000005	0.970	0.657	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

(17) 2-에톡시에틸아세테이트(2-Ethoxyethylacetate)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템, <https://www.nifds.go.kr/toxinfo>〉

2-에톡시에틸아세테이트는 무색의 독특한 냄새가 나는 액체로 도료, 니트로셀룰로오스 수지의 용제, 목재의 얼룩 또는 바니쉬 제거제, 직물 및 가죽 처리제 등의 용도로, 주로 선박이나 그 외 산업의 도장작업 사업장에서 사용된다. 주요 노출경로는 호흡기, 피부 및 경구이며, 생식계 영향, 시력 등에 건강영향이 있다. 2-에톡시에틸아세테이트(Ethylene Glycol Ethyl Ether Acetate, EGEEA)는 2-에톡시에탄올(Ethylene Glycol Ethyl Ether, EGEE)과 독성과 노출기준이 동일한데, 그 이유는 노출된 2-에톡시에틸아세테이트가 체내에서 2-에톡시에탄올로 빠르게 전환되어 같은 대사과정을 거치기 때문이다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 5 ppm(생식독성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 5 ppm, OSHA PEL 100 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 2-에톡시에틸아세테이트를 취급하는 것으로 조사된 (제조업) 사업장은 156개 업종, 574개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 98개 업종, 278개 사업장이 있었고, 111개 업종 296개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 2-에톡시에틸아세테이트를 취급한다고 보고한 사업장은 도료, 안료, 희석제, 코팅제, 연화제/경화촉진제, 세제/살균, 소독제, 표면처리제, 접착제 등 생산을 위한 도장도포 공정이 86% 이상이었으며, 나머지 혼합, 세척제거, 접착, 표면처리, 성형가공 등 공정에서 사용된다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

2-에톡시 에틸 아세테이트는 최근 5년간 347개 업종, 13,801개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 2,760개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 45,739건 중 검출된 시료는 3,407건으로 불검출률은

92.5% 수준이었다. 노출기준 초과시료는 3건으로 「자동차 전문 수리업」 1건, 「포장용 플라스틱 성형용기 제조업」 1건, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업」 1건이 있었다(표 III-36).

측정시료 수로는 「자동차 종합 수리업」에서 16,947건으로 가장 많았고, 「자동차 전문 수리업」 3,244건, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업」 2,745건, 「도장 및 기타 피막 처리업」 1,898건, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 915건, 「기타 목재 가구 제조업」 793건 순으로 많았다. 347개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「자동차 종합 수리업」, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업」, 「자동차 전문 수리업」, 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「기타 목재 가구 제조업」 등 순으로 156개 업종이 있었다. 주요 생산품은 자동차 정비 및 정비, 자동차 부품, 페인트, 목재가구, 인쇄회로기판, 가구, 도료, 화장품 용기 등 순이었고, 주요 공정은 도장, 방수, 코팅, 인쇄, 실험, 분석, 포장 등 순이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00002 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업」에서 0.31814 ppm(n=12), 「판지 상자 및 용기 제조업」 0.12448 ppm(n=4), 「전자 응용 절삭기계 제조업」 0.02131 ppm(n=4), 「식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업」 0.01373 ppm(n=8), 「적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업」 0.00873 ppm(n=10) 등 순이었다.

95% 상위 값이 노출기준인 5 ppm을 초과하는 업종은 「식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업」, 「전자 응용 절삭기계 제조업」, 「플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업」, 「적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업」, 「그 외 기타 가구 제조업」, 「플라스틱 합성피혁 제조업」 5개 업종이 이었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

2-에톡시에틸아세테이트는 자동차 종합 수리업에서 가장 많이 평가되었는데, 산술평균 농도가 노출기준의 1/200 수준이며, 기하평균 농도는 노출기준의 1/1000 이하로 매우 낮았다. 최근 5년간 노출기준을 초과한 사례가 없었고, 측정 시료 분포의 95% 상위값이 노출기준의 1% 미만이었다. 2-에톡시에틸아세테이트 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「자동차 전문 수리업」, 「포장용 플라스틱 성형용기 제조업」, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 운송장비 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과한 「식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업」, 「전자 응용 절삭기계 제조업」, 「플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업」, 「적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업」, 「그 외 기타 가구 제조업」, 「플라스틱 합성 피혁 제조업」에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-24).

〈표 III-36-1〉 2-에톡시에틸아세테이트 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급**	
		사업장수	근로자수																
	합 계	937,099	7,824,206	2760.2	489,851	45,739	3,407	3	92.55	0.03591	0.20079	0.00002	0.00004	11.9	0.00002	5.49639	0.00236	0	
1	자동차 종합 수리업	95211	7,849	46,827	1272.0	23,036	16,947	1,161	0	93.15	0.02582	0.16097	0.00002	0.00004	9.8	0.00002	3.54540	0.00157	0
2	자동차 전문 수리업	95212	9,345	26,783	259.0	2,514	3,244	200	1	93.83	0.02883	0.19082	0.00002	0.00003	9.2	0.00002	5.03480	0.00136	0
3	일반용 도로 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	36.8	3,141	2,745	226	0	91.77	0.03682	0.19285	0.00002	0.00004	13.7	0.00002	3.09577	0.00322	0
4	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	110.0	1,869	1,898	176	0	90.73	0.02949	0.16713	0.00002	0.00005	13.4	0.00002	4.17730	0.00321	0
5	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	53.0	4,203	915	50	0	94.54	0.02753	0.15856	0.00002	0.00003	9.1	0.00002	1.85000	0.00129	0
6	기타 목재 가구 제조업	32029	3,815	17,741	59.2	825	793	109	0	86.25	0.07295	0.30471	0.00002	0.00007	28.1	0.00002	4.70500	0.01815	0
7	아파트 건설업	41112	3,179	335,208	46.4	112,567	740	8	0	98.92	0.00495	0.06305	0.00002	0.00002	2.6	0.00002	1.18010	0.00011	0
8	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	34.2	18,881	705	57	0	91.91	0.05052	0.24614	0.00002	0.00004	14.9	0.00002	2.65140	0.00375	0
9	기타 인쇄업	18119	5,416	35,718	23.4	653	645	73	0	88.68	0.04782	0.18594	0.00002	0.00006	21.0	0.00002	1.91484	0.00878	0
10	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	9.2	876	624	64	0	89.74	0.06059	0.24150	0.00002	0.00005	20.2	0.00002	1.91300	0.00766	0
11	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	25.2	4,126	615	52	0	91.54	0.02784	0.15067	0.00002	0.00004	13.3	0.00002	2.04630	0.00307	0
12	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	22299	7,999	58,008	24.2	1,378	592	87	0	85.30	0.10227	0.32141	0.00002	0.00009	35.9	0.00002	2.44394	0.03150	0
13	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	22.2	5,560	562	28	0	95.02	0.02359	0.14303	0.00002	0.00003	8.2	0.00002	1.73710	0.00102	0
14	자동차 차체용 신품 부품 제조업	30320	4,321	152,618	28.8	4,658	551	45	0	91.83	0.02485	0.14935	0.00002	0.00004	10.9	0.00002	2.46730	0.00202	0
15	인쇄 잉크 및 회화용 물감 제조업	20413	169	2,180	10.2	323	480	85	0	82.29	0.09750	0.35605	0.00002	0.00011	40.1	0.00002	4.02040	0.04721	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-36-2〉 2-에톡시에틸아세테이트 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

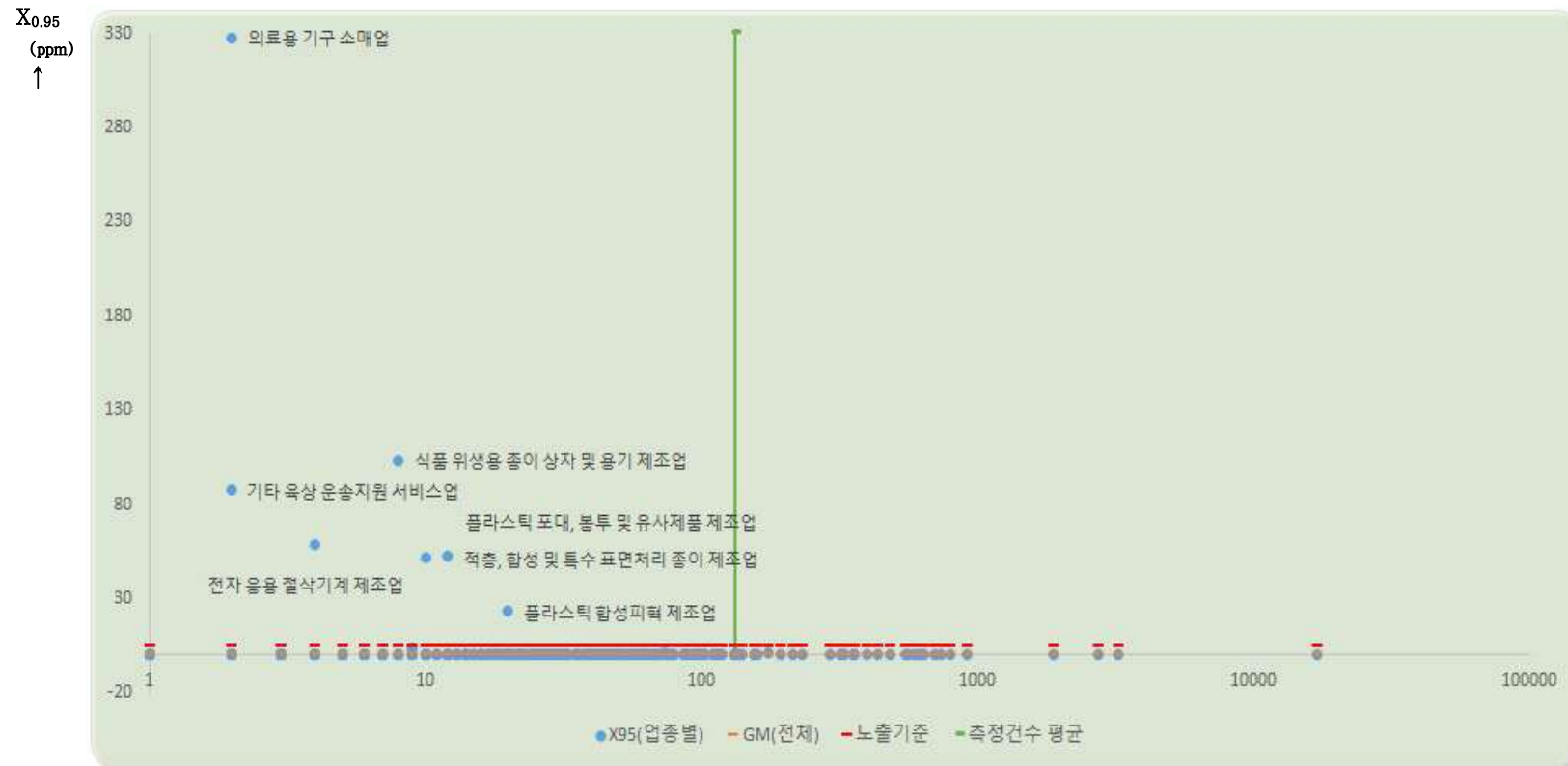
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수											
합 계		937,099	7,824,206	2760.2	489,851	45,739	3,407	3	92.55	0.03591	0.20079	0.00002	0.00004	11.9	0.00002	5.49639	0.00236	0	
1	그 외 기타 종이 및 판지 제품 제조업	17909	786	6,494	0.2	0	1	1	0	0.00	0.82090	-	0.82090	0.82090	-	0.82090	0.82090	-	Low
2	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	22231	1,075	6,251	0.6	10	12	11	0	8.33	0.85961	0.71133	0.64405	0.31814	22.4	0.00002	2.32800	52.75064	4
3	건물용 기계·장비 설치 공사업	42202	11,586	58,640	0.2	0	1	1	0	0.00	0.19800	-	0.19800	0.19800	-	0.19800	0.19800	-	Low
4	판지 상자 및 용기 제조업	17222	526	3,685	0.2	3	4	4	0	0.00	0.14359	0.09668	0.10517	0.12448	1.8	0.07848	0.28556	0.32701	1
5	전자 응용 절삭기계 제조업	29221	215	4,782	0.2	337	4	3	0	25.00	0.31366	0.44908	0.14305	0.02131	123.5	0.00002	0.96850	58.83043	4
6	식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업	17223	175	2,146	0.8	32	8	5	0	37.50	0.48847	0.50564	0.40335	0.01373	227.3	0.00002	1.34530	103.39924	4
7	적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업	17124	141	1,897	1.0	296	10	6	0	40.00	0.40786	0.50181	0.16740	0.00873	195.9	0.00002	1.22740	51.44464	4
8	의료용 기구 소매업	47812	2,653	5,914	0.2	27	2	1	0	50.00	0.21756	0.30765	0.21756	0.00295	1,167.1	0.00002	0.43510	327.50485	Low
9	기타 육상 운송지원 서비스업	52919	1,322	8,596	0.4	204	2	1	0	50.00	0.09846	0.13922	0.09846	0.00198	666.2	0.00002	0.19690	87.60100	Low
10	플라스틱 합성퍼렉 제조업	22214	41	530	1.2	9	20	8	0	60.00	0.95478	1.48254	0.00002	0.00186	309.2	0.00002	3.94830	23.17050	4
11	인쇄 및 제책용 기계 제조업	29293	212	1,259	0.4	4	9	3	0	66.67	0.27734	0.45507	0.00002	0.00068	197.6	0.00002	1.19350	4.04153	3
12	납시 및 수렴용구 제조업	33303	198	1,625	4.0	119	74	25	0	66.22	0.27445	0.57770	0.00002	0.00059	123.8	0.00002	2.35300	1.62175	2
13	전자 악기 제조업	33202	17	511	3.0	271	175	52	0	70.29	0.19513	0.36288	0.00002	0.00042	110.6	0.00002	1.54520	0.96604	2
14	냉간 압연 및 압출 제품 제조업	24122	39	1,491	1.4	234	50	15	0	70.00	0.12662	0.29150	0.00002	0.00035	85.7	0.00002	1.26620	0.53219	2
15	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	0.8	662	28	7	0	75.00	0.22050	0.47365	0.00002	0.00027	100.6	0.00002	1.69990	0.53145	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-36-3〉 2-에톡시에틸아세테이트 X_{0.95} (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수													
합 계		937,099	7,824,206	2760.2	489,851	45,739	3,407	3	92.55	0.03591	0.20079	0.00002	0.00004	11.9	0.00002	5.49639	0.00236	0		
1	의료용 기구 소매업	47812	2,653	5,914	0.2	27	2	1	0	50.00	0.21756	0.30765	0.21756	0.00295	1,167.10	0.00002	0.43510	327.50485	Low	
2	식품 위생용 종이 상자 및 용기 제조업	17223	175	2,146	0.8	32	8	5	0	37.50	0.48847	0.50564	0.40335	0.01373	227.3	0.00002	1.34530	103.39924	4	
3	기타 육상 운송지원 서비스업	52919	1,322	8,596	0.4	204	2	1	0	50.00	0.09846	0.13922	0.09846	0.00198	666.2	0.00002	0.19690	87.60100	Low	
4	전자 응용 절삭기계 제조업	29221	215	4,782	0.2	337	4	3	0	25.00	0.31366	0.44908	0.14305	0.02131	123.5	0.00002	0.96850	58.83043	4	
5	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	22231	1,075	6,251	0.6	10	12	11	0	8.33	0.85961	0.71133	0.64405	0.31814	22.4	0.00002	2.32800	52.75064	4	
6	적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업	17124	141	1,897	1.0	296	10	6	0	40.00	0.40786	0.50181	0.16740	0.00873	195.9	0.00002	1.22740	51.44464	4	
7	플라스틱 합성피혁 제조업	22214	41	530	1.2	9	20	8	0	60.00	0.95478	1.48254	0.00002	0.00186	309.2	0.00002	3.94830	23.17050	4	
8	인쇄 및 제책용 기계 제조업	29293	212	1,259	0.4	4	9	3	0	66.67	0.27734	0.45507	0.00002	0.00068	197.6	0.00002	1.19350	4.04153	3	
9	납시 및 수렵용구 제조업	33303	198	1,625	4.0	119	74	25	0	66.22	0.27445	0.57770	0.00002	0.00059	123.8	0.00002	2.35300	1.62175	2	
10	전자 악기 제조업	33202	17	511	3.0	271	175	52	0	70.29	0.19513	0.36288	0.00002	0.00042	110.6	0.00002	1.54520	0.96604	2	
11	냉간 압연 및 압출 제품 제조업	24122	39	1,491	1.4	234	50	15	0	70.00	0.12662	0.29150	0.00002	0.00035	85.7	0.00002	1.26620	0.53219	2	
12	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	0.8	662	28	7	0	75.00	0.22050	0.47365	0.00002	0.00027	100.6	0.00002	1.69990	0.53145	2	
13	판지 상자 및 용기 제조업	17222	526	3,685	0.2	3	4	4	0	0.00	0.14359	0.09668	0.10517	0.12448	1.8	0.07848	0.28556	0.32701	1	
14	인형 및 장난감 제조업	33401	388	1,779	1.4	14	13	3	0	76.92	0.13565	0.34116	0.00002	0.00020	80.7	0.00002	1.20600	0.27339	1	
15	산업용 그 외 비경화 고무제품 제조업	22192	574	10,137	2.0	89	38	8	0	78.95	0.21154	0.50468	0.00002	0.00019	80.8	0.00002	1.97626	0.25575	1	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(5 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-24] 최근 5년간 2-에톡시에틸아세테이트 업종별 작업환경측정 현황

(18) 에틸렌이민(Ethyleneimine)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템, <https://www.nifds.go.kr/toxinfo>〉

에틸렌이민(Ethyleneimine)은 유백색을 띠는 유성의 액체이며, 자극적인 암모니아 냄새가 난다. 폴리에틸렌 이민의 중합에 단량체로써 사용되고, 타우린 제조 또는 해충의 방제로도 사용된다. 인체에 노출될 경우, 에틸렌 이민의 증기를 호흡하면 메스꺼움과 구토가 나타나고, 얼굴(입, 눈꺼풀, 목)의 특징적인 부종이 동반된다. 또한, 단기간의 접촉 후, 피부 자극 염증 및 피부의 심한 괴사 징후와 물집이 나타난다. 동물실험에 따르면 에틸렌이민은 발암독성, 유전독성, 면역독성, 안구 자극성 등 많은 독성을 유발하며, 이 외에도 다른 급성 또는 만성 독성 반응들을 일으킨다. 에틸렌이민은 국제암연구소(IARC)에서 인체 발암 가능 물질로 분류되어 있다(Group 2B). 주요 용도로 종이 및 섬유 화학 제품, 접착 바인더, 석유 정제 화학 물질, 연료 및 윤활제, 코팅 수지, 바니시, 래커, 농약, 화장품, 이온 교환 수지, 사진용 화학 물질, 콜로이드 응집제 및 계면 활성, 폴리에틸렌 이민 단량체, 중합체용 단량체, N-(2-히드록시에틸)에틸렌이민의 화학 중간체, 타우린 제조, 섬유의 습윤 강도, 방염, 수축 방지, 보강 및 방수, 연료 및 윤활제 정제, 이온 교환, 보호 코팅제, 의약품, 접착제, 고분자 안정제, 계면 활성제 용 중간 및 단량체, 해충의 방제, 살균작용, 공업용 고분자 제조용 원료로 사용된다.

주요 건강영향으로 치료가 어려운 지속적인 각막염과 결막염이 관찰되었고, 격막과 성대에서 궤양이 발견되었다. 그 외 다른 증상으로, 두통, 현기증, 관자놀이 주변 통증 등이 있다. 에틸렌이민의 흡입에 의한 다른 질병은 비강 분비, 후두 부종, 기관과 기관지에 대한 디프테리아 효과, 기관지염, 호흡 곤란, 폐부종 및 기관지 폐렴이다. 증상에는 기침(몇 주 또는 몇 달 동안 지속할 수 있음)이 포함된다. 혈액학적 영향에는 일과성 적혈구 증가증, 백혈구 증가증 및 호산구 증가증이 포함된다. 알부민뇨와 혈뇨를 포함한 신장 손상이 관찰되었다. 피부 접촉은 통증이 없지만, 괴사성 화상을 일으킨다.

100 ppm 이상의 증기 농도에 사람이 노출될 경우, 기도가 자극을 받고 염증이 유발되지만, 증상은 몇 시간 지연될 수 있다. 아마도 심한 노출은 압도적인 폐부종을 일으킬 수 있다. 사람의 경우, 에틸렌이민의 증기를 호흡하면 메스꺼움과 구토가 나타나며, 얼굴(입, 눈꺼풀, 목)의 특징적인 부종이 동반된다. 이 증상은 피험자가 더는 증기와 접촉하지 않을 때 사라진다. 단기간의 접촉 후, 물집, 피부 자극 염증 및 피부의 심한 괴사 징후가 나타난다. 농도와 노출 시간에 따라 5분이 지나면 피부 자극이 나타나지만, 며칠이 지나기 전에 만료될 수 있다. 증기는 눈과 상부 호흡기를 심각하게 자극한다. 치료가 어려운 지속적인 각막염과 결막염이 관찰되었으며 격막과 성대에서 궤양이 발견되었다(International Labour Office. Encyclopedia of Occupational Health and Safety, 1983). 눈과 코의 자극: 100 ppm 농도 수준에서, 피부를 통해 흡수되거나 흡입되면 치명적일 수 있다. 심각한 눈 및 피부 화상을 일으킨다. 피부에 흡수되거나 흡입 노출되었을 때 치명적이며, 사망에 이를 수 있다. 또한, 피부, 눈에 투여되었을 때 심각한 작열감이 있으며 화상을 입을 수 있다 (Fire Protection Guide to Hazardous Materials, 2002).

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.5 ppm(발암성 1B, 생식세포 변이원성 2, 생식독성 1B), ACGIH TLV-TWA 5 ppm, OSHA PEL 200 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 에틸렌이민을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 제지업, 접착, 도장도포 관련 3개 업종, 3개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 없었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

2-에틸렌이민은 최근 5년간 1개 사업장에서 4건의 측정이 실시되었는데, 구제역 백신 개발을 위한 농립수산 관련 공공기관이었으며, 모든 시료에서 평가 결과는 불검출이었다.

(19) 2, 3-에폭시-1-프로판올(2,3-Epoxy-1-propanol)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 안전보건공단-안전보건 용어사전〉

2, 3-에폭시-1-프로판올은 글리시돌(glycidol)이라고도 불리는 무색의 점성을 가진 연소성 액체로 비닐 중합체의 안정제, 제약산업의 중간체 및 에폭시 수지의 희석제 등으로 사용된다. 사람의 눈과 상기도에 자극성을 가지고 있으며, 동물실험에서 정자수 저하와 같은 생식독성과 선암종(adenocarcinoma)과 같은 발암성이 밝혀졌다. 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 2 ppm(발암성 1B, 생식세포 변이원성 2, 생식독성 1B), ACGIH TLV-TWA 2 ppm, OSHA PEL 50 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 2, 3-에폭시-1-프로판올은 취급하는 것으로 조사된 사업장은 6개업종, 6개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 1개 업종, 1개 사업장이 있었고, 5개 업종 5개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 2, 3-에폭시-1-프로판올을 취급한다고 보고한 사업장은 도료, 안료, 연화제, 경화촉진제, 희석제 등의 용도로 도장도포, 혼합, 정제 등 공정에서 사용한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

2, 3-에폭시-1-프로판올은 최근 5년간 13개 업종, 40개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 8개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 188건 모두 불검출이었다. 주요 생산품은 에폭시 접착제, 의약품, 의약품 원료, 정밀화학제품, 바이오 의약품, 연구개발 등이었고, 주요 공정은 분석, 실험실, 품질관리, 친환경융합소재 연구, 환경운영, 유기전자소재실험실 등이었다. 측정시료 수로는 「기타 공학 연구개발업」에서 52건으로 가장 많았고, 「접착제 및 젤라틴 제조업」 26건, 「의약품 화합물 및 향생물질 제조업」 22건, 「그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업」 19건, 「완제 의약품 제조업」 19건, 「질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업」 13건

등 순으로 많았다.

(20) 1,2-에폭시프로판(1,2-Epoxypropane)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템, <https://www.nifds.go.kr/toxinfo>〉

1,2-에폭시프로판은 산화프로필렌(Propylene oxide)으로도 불리는 무색의 휘발성, 가연성이 강한 액체로, 화학 중간체, 식품 멸균제, 제초제 및 살균·살충제로 사용된다. 눈과 점막에 강한 자극을 나타내며, 과도한 노출 시에는 중추 신경계통 억제, 메스꺼움, 구토, 피사성 병변, 접촉성 피부염, 각막 화상 및 호흡기 질환이 유발된다. 직접 DNA 알킬화제로 작용하며, 실험동물에서는 암을 유발한다는 충분한 증거들이 있다. IARC에서 인체 발암 가능 물질 Group 2B에 포함되어 있다.

주요 건강영향으로 눈, 점막에서 강한 자극을 나타내며, 높은 농도에서 경도의 중추신경계 저하를 나타낸다. 노출은 주로 작업장에서의 흡입을 통해 일어나며, 알킬화 성질, 시험관 내 돌연변이 유발 시험에서의 양성반응 등과 같은 성질을 감안할 때, 인간에게 발암성의 위험을 나타낼 수 있으므로 작업 환경에서의 산화프로필렌의 수준은 낮게 유지되어야 한다. 다만, 현재까지 하나의 환자-대조 연구에서 산화프로필렌의 노출과 발암 위험을 연관 지을 정보들을 제시했지만, 발암성에 대한 확실한 결론을 내리기에는 적합하지 않았다고 보고하였다(IARC, 1994).

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 2 ppm(발암성 1B, 생식세포 변이원성 1B), ACGIH TLV-TWA 2 ppm, OSHA PEL 100 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 1,2-에폭시프로판은 취급하는 것으로 조사된 사업장은 25개 업종, 39개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 없었다. 1,2-에폭시프로판을 취급한다고 보고한 사업장은 원재료(고분자원료 등), 세제/살균, 소독제, 윤활유,

절삭유 등의 용도로 반응, 세척제거, 혼합, 실험/연구, 성형가공 등 공정에서 사용한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

1,2-에폭시프로판은 최근 5년간 61개 업종, 417개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 83개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료수 3,230건 중 검출된 시료는 196건으로 불검출률은 93.9%이었으며, 노출기준을 초과하는 시료는 없었다. 측정시료 수로는 「원유 정제처리업」에서 575건으로 가장 많았고, 「완제 의약품 제조업」 252건, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 238건, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 205건, 「질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업」 200건, 「계면활성제 제조업」 158건 순으로 많았다(표 III-37). 417개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「원유 정제처리업」, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」, 「계면활성제 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 등 순으로 27개 업종이 있었다. 주요 생산품은 석유, BTX(벤젠, 톨루엔, 크실렌) 및 윤활기유, 의약품, 정밀화학제품, 전자재료, 계면활성제, 합성수지, 인쇄잉크 등이었고, 주요 공정은 실험, 공무, 품질관리, Polyol, Peptide 합성, 혼합 등이었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00535 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「물리, 화학 및 생물학 연구개발업」 0.04093 ppm(n= 16), 「상품 종합 도매업」에서 0.02578ppm(n=14), 「그 외 기타 전자 부품 제조업」에서 0.01256 ppm(n=21), 「접착제 및 젤라틴 제조업」 0.01255 ppm(n=22), 「기타 종이 및 판지 제조업」 0.00963 ppm(n=12), 「석탄 화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업」 0.00951ppm(n=37), 「기타 반도체 소자 제조업」 0.00875 ppm(n=76) 등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 2 ppm을 초과하는 업종은 「물리, 화학 및 생물학 연구

개발업」 1개 업종이 이었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

1,2-에폭시프로판은 최근 5년간 61개 업종에서 평가되었고, 이 중 57개 업종에서 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준의 10% 미만 이었다. 가장 측정을 많이 실시한 업종은 원유 정제처리업이나 산술평균은 노출기준의 2% 수준이었고, 나머지 업종에서도 측정 농도는 낮은 수준이었다. 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과한 「물리, 화학 및 생물학 연구개발업」에서 측정 시료수는 매우 제한적이었으나, 관련 업종에 대한 관찰이 요구되었다 (그림 III-25).

〈표 III-37-1〉 1,2-에폭시프로판 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수																
	합 계	122,746	1,783,463	83.4	39,752	3,222	196	0	93.9	0.02778	0.11001	0.00535	0.00678	2.6	0.00535	1.28480	0.03286	1	
1	원유 정제처리업	19210	47	4,967	1.0	2,142	575	52	0	91.0	0.03197	0.14452	0.00535	0.00729	2.8	0.00535	0.66279	0.03924	1
2	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	4.2	1,308	252	9	0	96.4	0.02703	0.09208	0.00535	0.00637	2.5	0.00535	1.04500	0.02857	1
3	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	4.8	2,880	238	19	0	92.0	0.03574	0.12731	0.00535	0.00732	3.0	0.00535	0.97760	0.04483	1
4	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	5.0	1,592	205	13	0	93.7	0.01178	0.04839	0.00535	0.00669	2.4	0.00535	0.73760	0.02916	1
5	질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업	20311	86	1,601	1.0	688	200	0	0	100.0	0.04467	0.13934	0.00535	0.00535	1.0	0.00535	0.00535	0.00535	0
6	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	4.0	444	158	14	0	91.1	0.04725	0.15440	0.00535	0.00775	3.4	0.00535	0.99820	0.05769	1
7	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	2.4	508	125	3	0	97.6	0.01665	0.06377	0.00535	0.00583	1.8	0.00535	0.44200	0.01494	0
8	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	3.6	579	121	10	0	91.7	0.00535	0.00000	0.00535	0.00771	3.4	0.00535	0.79980	0.05823	1
9	종합병원	86101	188	38,806	7.2	11,357	104	7	0	93.3	0.00535	0.00000	0.00535	0.00645	2.2	0.00535	0.94600	0.02444	1
10	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	2.2	248	98	9	0	90.8	0.02331	0.11629	0.00535	0.00789	3.5	0.00535	0.81390	0.06153	1
11	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	4.2	4,091	82	8	0	90.2	0.00535	0.00000	0.00535	0.00780	3.2	0.00535	0.50200	0.05270	1
12	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	1.0	126	76	9	0	88.2	0.00837	0.01540	0.00535	0.00875	3.9	0.00535	0.57450	0.08195	1
13	일반병원	86102	6,311	317,035	3.0	2,410	68	3	0	95.6	0.00535	0.00000	0.00535	0.00640	2.3	0.00535	0.41190	0.02540	1
14	타이어 및 튜브 제조업	22111	153	18,668	2.0	2,396	65	0	0	100.0	0.00535	0.00000	0.00535	0.00535	1.0	0.00535	0.00535	0.00535	0
15	기타 자연과학 연구개발업	70119	564	11,332	2.0	712	65	0	0	100.0	0.00535	0.00000	0.00535	0.00535	1.0	0.00535	0.00535	0.00535	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-37-2〉 1,2-에폭시프로판 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

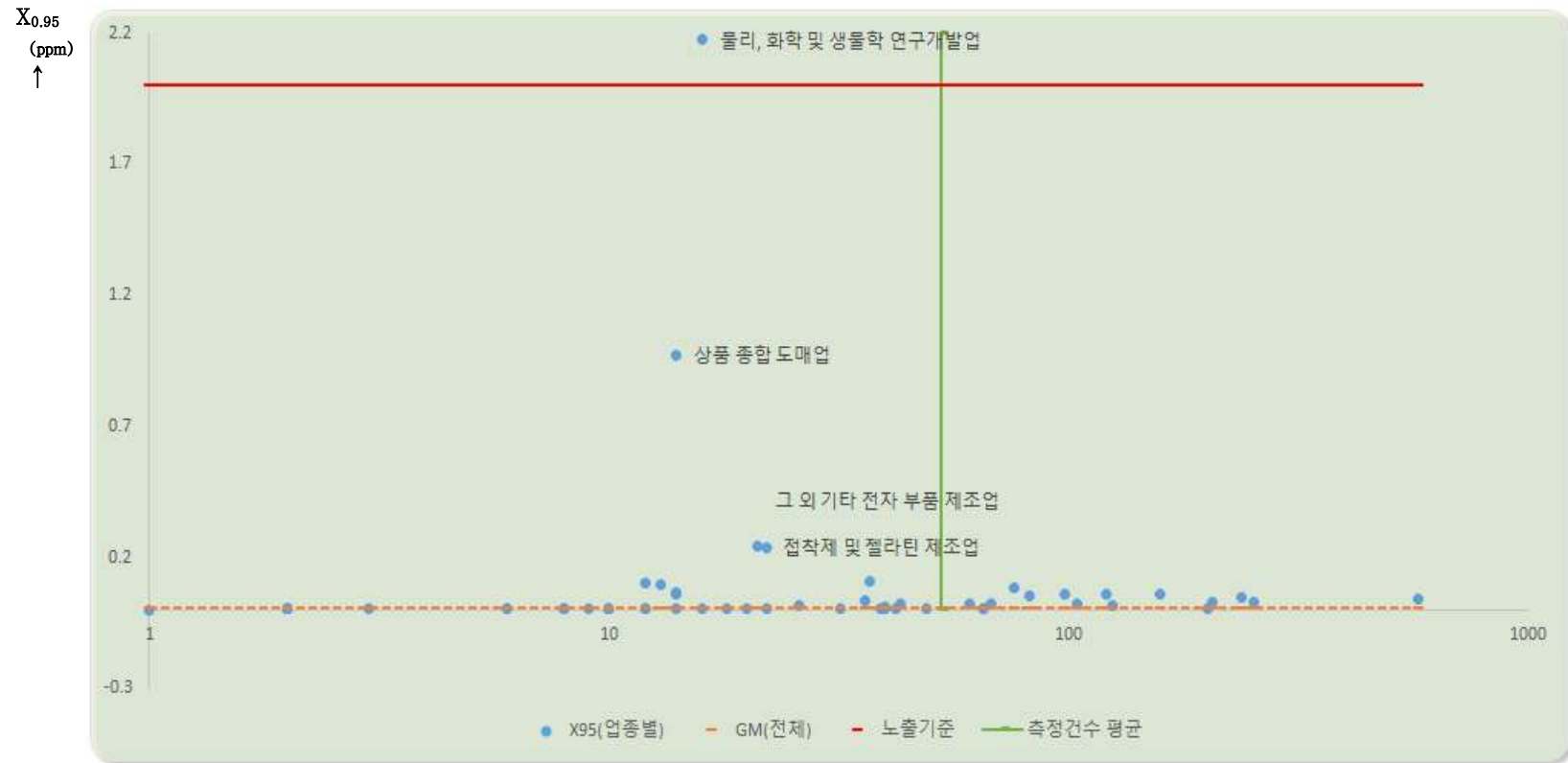
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수															
	합 계	122,746	1,783,463	83.4	39,752	3,222	196	0	93.9	0.02778	0.11001	0.00535	0.00678	2.6	0.00535	1.28480	0.03286	1		
1	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	1.4	394	16	7	0	56.3	0.00535	0.00000	0.00535	0.04093	11.2	0.00535	1.28480	2.17379	4	
2	상품 종합 도매업	46800	12,732	87,249	1.0	6	14	5	0	64.3	0.00535	0.00000	0.00535	0.02578	9.1	0.00535	0.83030	0.97357	2	
3	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	1.2	98	21	4	0	81.0	0.00535	0.00000	0.00535	0.01256	6.1	0.00535	0.62700	0.24407	2	
4	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	1.2	15	22	4	0	81.8	0.04870	0.12863	0.00535	0.01225	6.0	0.00535	0.57233	0.23625	2	
5	기타 종이 및 판지 제조업	17129	397	5,313	0.6	34	12	2	0	83.3	0.05604	0.15945	0.00535	0.00963	4.3	0.00535	0.56000	0.10524	1	
6	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	1.4	402	37	5	0	86.5	0.02248	0.08801	0.00535	0.00951	4.4	0.00535	0.47400	0.10809	1	
7	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	1.0	126	76	9	0	88.2	0.00837	0.01540	0.00535	0.00875	3.9	0.00535	0.57450	0.08195	1	
8	그 외 기타 전기 통신업	61299	434	8,286	0.2	14	13	1	0	92.3	0.00535	0.00000	0.00535	0.00809	4.4	0.00535	1.15960	0.09415	1	
9	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	2.2	248	98	9	0	90.8	0.02331	0.11629	0.00535	0.00789	3.5	0.00535	0.81390	0.06153	1	
10	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	4.2	4,091	82	8	0	90.2	0.00535	0.00000	0.00535	0.00780	3.2	0.00535	0.50200	0.05270	1	
11	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	4.0	444	158	14	0	91.1	0.04725	0.15440	0.00535	0.00775	3.4	0.00535	0.99820	0.05769	1	
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	3.6	579	121	10	0	91.7	0.00535	0.00000	0.00535	0.00771	3.4	0.00535	0.79980	0.05823	1	
13	기타 보관 및 창고업	52109	544	6,371	0.2	21	14	1	0	92.9	0.00535	0.00000	0.00535	0.00762	3.8	0.00535	0.75440	0.06711	1	
14	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	0.6	77	14	1	0	92.9	0.17585	0.27013	0.00535	0.00751	3.6	0.00535	0.61700	0.06056	1	
15	석유화학적 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	4.8	2,880	238	19	0	92.0	0.03574	0.12731	0.00535	0.00732	3.0	0.00535	0.97760	0.04483	1	

* X_{0.95} 등급 - 0: < OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-37-3〉 1,2-에폭시프로판 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급**	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계		122,746	1,783,463	83.4	39,752	3,222	196	0	93.9	0.02778	0.11001	0.00535	0.00678	2.6	0.00535	1.28480	0.03286	0	
1	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	1.4	394	16	7	0	56.3	0.00535	0.00000	0.00535	0.04093	11.2	0.00535	1.28480	2.17379	4
2	상품 종합 도매업	46800	12,732	87,249	1.0	6	14	5	0	64.3	0.00535	0.00000	0.00535	0.02578	9.1	0.00535	0.83030	0.97357	2
3	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	1.2	98	21	4	0	81.0	0.00535	0.00000	0.00535	0.01256	6.1	0.00535	0.62700	0.24407	2
4	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	1.2	15	22	4	0	81.8	0.04870	0.12863	0.00535	0.01225	6.0	0.00535	0.57233	0.23625	2
5	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	1.4	402	37	5	0	86.5	0.02248	0.08801	0.00535	0.00951	4.4	0.00535	0.47400	0.10809	1
6	기타 종이 및 판지 제조업	17129	397	5,313	0.6	34	12	2	0	83.3	0.05604	0.15945	0.00535	0.00963	4.3	0.00535	0.56000	0.10524	1
7	그 외 기타 전기 통신업	61299	434	8,286	0.2	14	13	1	0	92.3	0.00535	0.00000	0.00535	0.00809	4.4	0.00535	1.15960	0.09415	1
8	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	1.0	126	76	9	0	88.2	0.00837	0.01540	0.00535	0.00875	3.9	0.00535	0.57450	0.08195	1
9	기타 보관 및 창고업	52109	544	6,371	0.2	21	14	1	0	92.9	0.00535	0.00000	0.00535	0.00762	3.8	0.00535	0.75440	0.06711	1
10	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	2.2	248	98	9	0	90.8	0.02331	0.11629	0.00535	0.00789	3.5	0.00535	0.81390	0.06153	1
11	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	0.6	77	14	1	0	92.9	0.17585	0.27013	0.00535	0.00751	3.6	0.00535	0.61700	0.06056	1
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	3.6	579	121	10	0	91.7	0.00535	0.00000	0.00535	0.00771	3.4	0.00535	0.79980	0.05823	1
13	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	4.0	444	158	14	0	91.1	0.04725	0.15440	0.00535	0.00775	3.4	0.00535	0.99820	0.05769	1
14	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	4.2	4,091	82	8	0	90.2	0.00535	0.00000	0.00535	0.00780	3.2	0.00535	0.50200	0.05270	1
15	석유화학적 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	4.8	2,880	238	19	0	92.0	0.03574	0.12731	0.00535	0.00732	3.0	0.00535	0.97760	0.04483	1

* X_{0.95} 등급 - 0: < OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(2 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-25] 최근 5년간 1,2-에폭시프로판 업종별 작업환경측정 현황

(21) 에피클로로하이드린(Epichlorohydrin)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile〉

에피클로로하이드린은 자극적인 냄새가 나는 무색 액체로 공기 중에서 폭발성 증기를 형성할 수 있고, 다양한 제품을 만드는 데 사용되는 화학 중간체이다. 주로 식품 및 음료 캔의 보호 라이닝용 에폭시 수지를 생산하는 데 사용된다. 에폭시 수지는 페인트 및 기타 코팅, 구조용 복합 재료, 인쇄 회로 기판 라미네이트, 반도체 몰딩, 주조 및 접착제에도 사용된다. 또한, 식수 및 폐수 처리에 사용되는 음이온 교환 수지 및 응집제, 섬유, 종이 및 셀룰로오스 제품을 생산하는 데 사용되는 수지 및 폴리머로 사용되고, 안정제로도 일반적으로 사용되며, 의약품, 식품 및 음료 제조의 구성 요소인 합성 글리세롤을 생산하는 데 사용되는 것으로 알려져 있다. CAREX Canada는 약 5,400명의 캐나다인이 직장에서 에피클로로하이드린에 노출된 것으로 추정하였는데, 일반적으로 자동차 수리 및 유지보수, 기타 제조, 항공우주 제품 및 부품 제조, 페인트, 코팅 및 접착제 제조와 같은 산업에서 발생하고, 가장 많이 노출되는 직업 그룹은 가공, 조립, 검사 분야 근로자, 자동차 차체 수리공, 기계공 등이 있다고 보고하였다.

에피클로로하이드린은 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에 의해 동물에서 발암성이 있다는 충분한 증거가 있는 인체 발암 가능성이 있는 Group 2A로 분류되었으며, 생쥐와 쥐를 대상으로 한 연구에서 소화기암, 호흡기암, 비강암, 피부암이 증가한 것으로 나타났고, 관련 노출근로자 대상 역학연구에서는 과도한 호흡기 암이 나타났다고 보고하였다. 에피클로로하이드린은 약한 가열시 증기를 형성하는데, 활성이 강한 에폭사이드로 눈, 호흡기, 피부에 강한 자극성을 보아고, 인체 접촉 시 국소 독성을 유발하며 유전독성을 일으킨다. 39세의 남성이 화학 용기를 청소하면서 에피클로로하이드린 증기에 노출된 후 눈과 목에 염증이 발생하였다고

보고하였으나 노출 시간과 농도는 정확히 알려지진 않았다. 몇 시간이 지나자 증상이 심화되었으며 얼굴의 부종, 메스꺼움, 구토, 두통 및 호흡 곤란이 발생했다. 노출 2일 후 호흡 곤란 및 황달을 동반한 간 비대가 나타났다(ACGIH, 2007). 피부염이 발생한 19명의 작업자와 20명의 대조군에게 패치 테스트를 이용한 감작성이 평가되었다. 직업성 피부염이 발생한 에폭시 수지 공장의 작업자 19명에서 감작반응을 조사한 결과, 19명의 피부염 환자 중 4명은 에피클로로하이드린 단독(양성), 4명은 에피클로로하이드린과 에폭시 수지, 6명은 에폭시 수지 단독(양성), 5명은 음성반응이 나타났다(ACGIH, 2007).

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 에피클로로하이드린은 취급하는 것으로 조사된 사업장은 30개 업종, 55개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 12개 업종, 29개 사업장이 있었고, 21개 업종 26개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 에피클로로하이드린을 취급한다고 보고한 사업장은 원재료(고분자원료 등)로 사용하는 경우가 대부분이었고, 연화제/경화촉진제, 합성물질 및 중간체, 접착제, 도료, 염료, 안료, 세제/살균, 소독제 등으로 사용한다고 조사되었다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.5 ppm(발암성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 0.5 ppm, OSHA PEL 5 ppm으로 관리되고 있다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

에피클로로하이드린은 최근 5년간 85개 업종, 651개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 130개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건수 5,113건 중 검출된 시료는 121건으로 불검출률은 97.6% 수준이었다. 노출기준을 초과한 시료가 11건 있었으며, 모두 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」에서 평가되었다. 측정시료 수로는 「계면활성제 제조업」에서 628건으로 가장 많았고, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 591건, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 573건, 「질소 화합물, 질소·인산

및 칼리질 화학비료 제조업」 380건, 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」 354건, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 245건 순으로 많았다(표 III-38). 85개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」, 「계면활성제 제조업」, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업」, 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」 등 순으로 11개 업종이 있었다. 도료, 계면활성제, 화학제품 제조에서 반응, 생산, 포장, 연구공정, 정밀화학제품 및 전자재료 생산을 위한 배관, 계기, 환경 등 담당업무 등에서 주로 평가되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00635 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「계면활성제 제조업」 0.00685 ppm(n= 628), 「건설 및 채광용 기계장비 제조업」 0.01097 ppm(n= 10), 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업」에서 0.00959ppm(n=82), 「내륙 수상 여객 및 화물 운송업」에서 0.00835 ppm(n=40), 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 0.00804 ppm(n=591), 「석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업」 0.0074 ppm(n=126), 「수상 화물 취급업」 0.00739 ppm(n=18) 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 0.00707ppm(n=573)등 순이었다.

95% 상위값이 노출기준인 0.5 ppm을 초과하는 업종은 「탭, 밸브 및 유사 장치 제조업」 1개 업종이 있었으나 시료수가 제한적이다. 배관자재의 도장, 콘크리트 스프레이 도장, 화학약품 제조를 위한 배합/반응, 실험 등 공정, 반도체 제품 분석실험실 등에서 높은 농도 수준을 나타내었다

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

에피클로로하이드린은 최근 5년간 85개 업종에서 평가되었고, 이 중 73개 업종에서 모든 시료가 불검출이었다. 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준의 10% 미만인 업종이 10개가 있었다. 가장 측정을 많이 실시한 「계면활성제 제조업」에서 기하평균도 가장 높았으나, 노출기준의

1.3% 수준이었다. 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과한 「탭, 밸브 및 유사 장치 제조업」에서 측정 시료 수는 매우 제한적이었으나, 관련 업종에 대한 관찰이 요구되었다. 에피클로로하이드린 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-26).

〈표 III-38-1〉 에피클로로하이드린 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X ₉₅	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수															
	합 계		238,836	2,613,563	130.2	66,978	5,108	121	11	97.6	0.01186	0.11703	0.00635	0.00680	1.6	0.00635	7.68170	0.01469	1		
1	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	13.0	1,317	628	17	0	97.3	0.00947	0.02151	0.00635	0.00685	1.6	0.00635	0.22511	0.01468	1		
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	10.0	1,790	591	41	11	93.1	0.03982	0.34009	0.00635	0.00804	2.5	0.00635	7.68170	0.03673	1		
3	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	16.2	827	573	21	0	96.3	0.01064	0.02274	0.00635	0.00707	1.7	0.00635	0.19110	0.01759	1		
4	질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업	20311	86	1,601	1.0	688	380	0	0	100.0	0.00635	0.00000	0.00635	0.00635	1.0	0.00635	0.00635	0.00635	-		
5	기타 기초 무기화학 물질 제조업	20129	416	10,350	4.4	1,320	353	11	0	96.9	0.00741	0.00701	0.00635	0.00670	1.4	0.00635	0.08310	0.01118	1		
6	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	3.2	993	245	0	0	100.0	0.00635	0.00000	0.00635	0.00635	1.0	0.00635	0.00635	0.00635	-		
7	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	5.2	2,367	211	4	0	98.1	0.00865	0.01978	0.00635	0.00667	1.5	0.00635	0.20130	0.01259	1		
8	일반용 도로 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	3.4	606	195	0	0	100.0	0.00635	0.00000	0.00635	0.00635	1.0	0.00635	0.00635	0.00635	-		
9	항만 내 여객 운송업	50202	85	1,953	1.0	144	178	0	0	100.0	0.00635	0.00000	0.00635	0.00635	1.0	0.00635	0.00635	0.00635	-		
10	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	4.8	7,660	169	0	0	100.0	0.00635	0.00000	0.00635	0.00635	1.0	0.00635	0.00635	0.00635	-		
11	그 외 기타 분류 안된 전문, 과학 및 기술 서비스업	73909	766	8,396	4.2	556	132	0	0	100.0	0.00635	0.00000	0.00635	0.00635	1.0	0.00635	0.00635	0.00635	-		
12	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	3.6	3,865	126	7	0	94.4	0.01317	0.03510	0.00635	0.00740	1.9	0.00635	0.29647	0.02185	1		
13	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	2.0	316	82	0	0	100.0	0.00635	0.00000	0.00635	0.00635	1.0	0.00635	0.00635	0.00635	-		
14	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	2.2	12,467	82	13	0	84.1	0.01999	0.03413	0.00635	0.00959	2.6	0.00635	0.13680	0.04733	1		
15	염료, 조제 무기 안료, 유연제 및 기타 착색제 제조업	20132	181	2,670	1.0	182	65	0	0	100.0	0.00635	0.00000	0.00635	0.00635	1.0	0.00635	0.00635	0.00635	-		

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-38-2〉 에피클로로하이드린 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

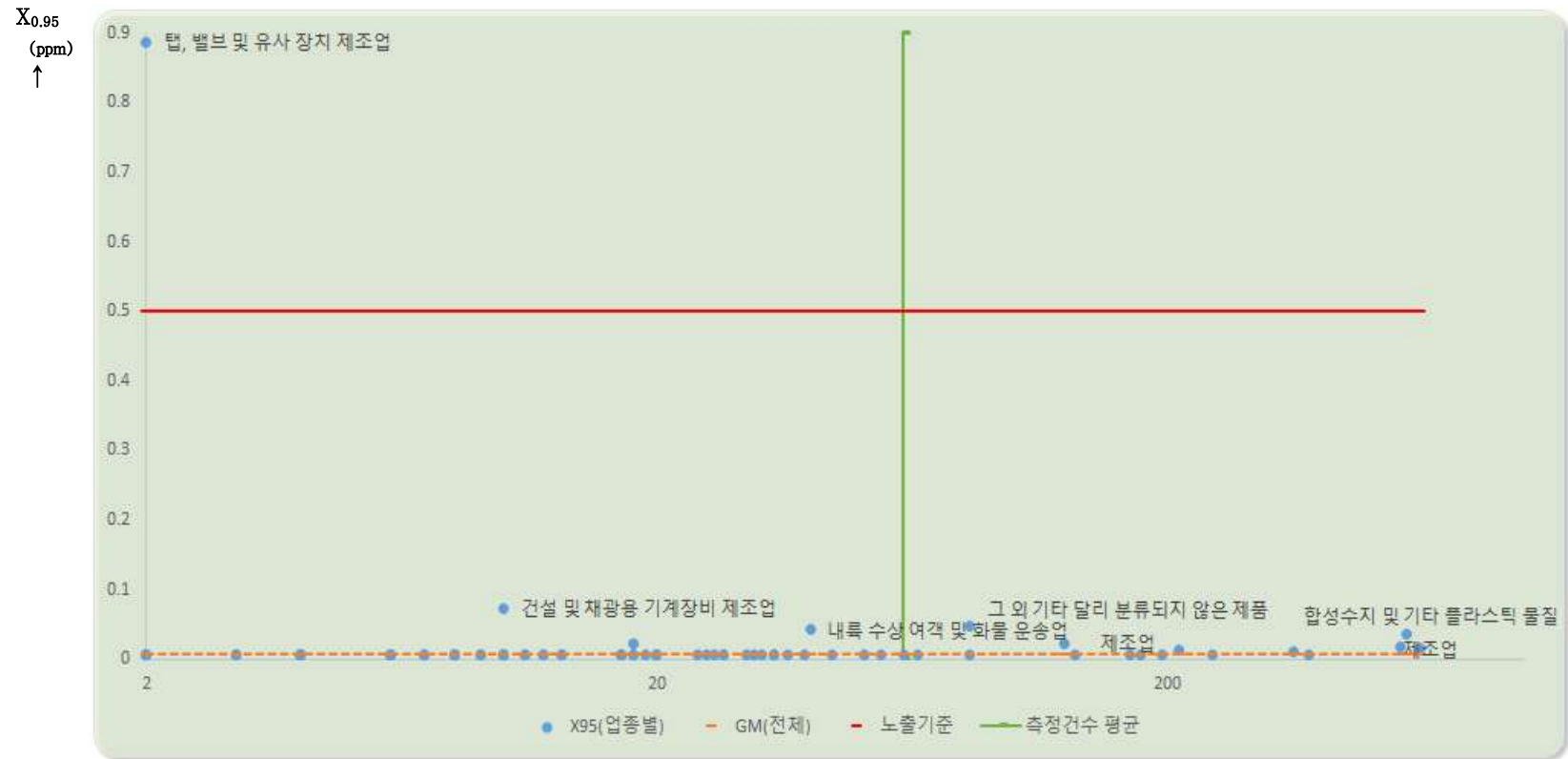
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X ₉₅	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	238,836	2,613,563	130.2	66,978	5,108	121	11	97.6	0.01186	0.11703	0.00635	0.00680	1.6	0.00635	7.68170	0.01469	1	
1	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	13.0	1,317	628	17	0	97.3	0.00947	0.02151	0.00635	0.00685	1.6	0.00635	0.22511	0.01468	1
2	탭, 밸브 및 유사 장치 제조업	29133	1,589	17,137	0.4	33	2	1	0	50.0	0.06503	0.08298	0.06503	0.02803	8.2	0.00635	0.12370	0.88638	Low
3	건설 및 채광용 기계장비 제조업	29241	987	13,987	1.0	4	10	2	0	80.0	0.02467	0.03866	0.00635	0.01097	3.2	0.00635	0.10140	0.07318	1
4	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	2.2	12,467	82	13	0	84.1	0.01999	0.03413	0.00635	0.00959	2.6	0.00635	0.13680	0.04733	1
5	내륙 수상 여객 및 화물 운송업	50201	62	409	1.0	17	40	3	0	92.5	0.02481	0.06786	0.00635	0.00835	2.7	0.00635	0.33800	0.04167	1
6	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	10.0	1,790	591	41	11	93.1	0.03982	0.34009	0.00635	0.00804	2.5	0.00635	7.68170	0.03673	1
7	석탄·화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	3.6	3,865	126	7	0	94.4	0.01317	0.03510	0.00635	0.00740	1.9	0.00635	0.29647	0.02185	1
8	수상 화물 취급업	52942	344	19,414	1.0	27	18	1	0	94.4	0.01135	0.02120	0.00635	0.00739	1.9	0.00635	0.09630	0.02119	1
9	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	16.2	827	573	21	0	96.3	0.01064	0.02274	0.00635	0.00707	1.7	0.00635	0.19110	0.01759	1
10	기타 기초 무기화학 물질 제조업	20129	416	10,350	4.4	1,320	353	11	0	96.9	0.00741	0.00701	0.00635	0.00670	1.4	0.00635	0.08310	0.01118	1
11	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	5.2	2,367	211	4	0	98.1	0.00865	0.01978	0.00635	0.00667	1.5	0.00635	0.20130	0.01259	1

* X_{0.95} 등급 - 0: < OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-38-3〉 에피클로로하이드린 X95 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X ₉₅	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계		238,836	2,613,563	130.2	66,978	5,108	121	11	97.6	0.01186	0.11703	0.00635	0.00680	1.6	0.00635	7.68170	0.01469	1	
1	텀, 밸브 및 유사 장치 제조업	29133	1,589	17,137	0.4	33	2	1	0	50.0	0.06503	0.08298	0.06503	0.02803	8.2	0.00635	0.12370	0.88638	Low
2	건설 및 채광용 기계장비 제조업	29241	987	13,987	1.0	4	10	2	0	80.0	0.02467	0.03866	0.00635	0.01097	3.2	0.00635	0.10140	0.07318	2
3	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	2.2	12,467	82	13	0	84.1	0.01999	0.03413	0.00635	0.00959	2.6	0.00635	0.13680	0.04733	1
4	내륙 수상 여객 및 화물 운송업	50201	62	409	1.0	17	40	3	0	92.5	0.02481	0.06786	0.00635	0.00835	2.7	0.00635	0.33800	0.04167	1
5	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	10.0	1,790	591	41	11	93.1	0.03982	0.34009	0.00635	0.00804	2.5	0.00635	7.68170	0.03673	1
6	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	3.6	3,865	126	7	0	94.4	0.01317	0.03510	0.00635	0.00740	1.9	0.00635	0.29647	0.02185	1
7	수상 화물 취급업	52942	344	19,414	1.0	27	18	1	0	94.4	0.01135	0.02120	0.00635	0.00739	1.9	0.00635	0.09630	0.02119	1
8	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	16.2	827	573	21	0	96.3	0.01064	0.02274	0.00635	0.00707	1.7	0.00635	0.19110	0.01759	1
9	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	13.0	1,317	628	17	0	97.3	0.00947	0.02151	0.00635	0.00685	1.6	0.00635	0.22511	0.01468	1
10	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	5.2	2,367	211	4	0	98.1	0.00865	0.01978	0.00635	0.00667	1.5	0.00635	0.20130	0.01259	1
11	기타 기초 무기화학 물질 제조업	20129	416	10,350	4.4	1,320	353	11	0	96.9	0.00741	0.00701	0.00635	0.00670	1.4	0.00635	0.08310	0.01118	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



※ 붉은 가로선: 노출기준(0.5 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-26] 최근 5년간 에피클로로하이드린 업종별 작업환경측정 현황

(22) 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile〉

트리클로로에틸렌은 상온에서 달콤한 클로로포름 같은 냄새가 나는 투명한 액체로, 용제 및 탈지제로 사용되었다. 주로 자동차 및 금속 산업에서 금속 기계부품의 탈유지세정제, 금속표면의 건조, 섬유공업에서 세척과 염색, 일반 용해제, 락커의 희석제, 유리나 광학기구의 세척제, 피혁의 지방 제거제 등으로 사용되며, 접착제, 전자 부품 청소, 페인트 제거제, 코팅 및 비닐 수지와 관련된 석유 산업에서 용매 역할을 하였다.

CAREX Canada는 약 7,600명의 캐나다인이 작업장에서 트리클로로에틸렌에 노출된 것으로 추정하였는데, 노출이 큰 산업으로 개인 및 가정용품 수리 및 유지 보수, 가공 금속 제품 제조, 인쇄 및 관련업이 있었고, 노출된 큰 직업 그룹은 산업 도장공, 코팅공 및 금속 마무리 공정 작업자, 금속 가공 및 단조 기계 운영자, 금속 제조 노동자 등 있다고 하였다. 그리고 대부분의 노출 작업은 금속 탈지와 관련이 있다고 보고하였다.

트리클로로에틸렌은 IARC(International Agency for Research on Cancer)에 의해 알려진 인체 발암 물질인 Group 1로 분류되었으며, 신장암과 관련이 있고, 역학연구에서도 비호지킨 림프종 및 간암 사이의 연관성에 대한 제한된 증거를 발견하였다고 보고하였다. 중간 또는 낮은 농도의 흡입 노출은 두통과 현기증에서 신경 손상에 이를 수 있고, 급성 노출은 신장과 간을 손상시키고 부정맥을 일으킬 수 있으며, 피부 노출 후 피부 자극도 보고되었다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 트리클로로에틸렌은 취급하는 것으로 조사된 사업장은 144개 업종, 508개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 97개 업종, 283개 사업장이 있었고, 97개 업종 225개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 트리클로로에틸렌을 취급한다고 보고한 사업장은 세정, 탈지공정이 대부분이었고, 일부

표면처리, 분석시험용 등으로 취급한다고 조사되었다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 10 ppm(발암성 1A, 생식세포 변이원성 2), ACGIH TLV-TWA 10 ppm, OSHA PEL 100 ppm으로 관리되고 있다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

트리클로로에틸렌은 최근 5년간 391개 업종, 6,130개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 1,226개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건수 21,719건 중 검출된 시료는 7,723건으로 불검출률은 64.4% 수준이었다. 노출기준을 초과한 시료는 167건이 있었으며, 「강관 제조업」 52건, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 19건, 「도장 및 기타 피막 처리업」 13건, 「도금업」 10건, 「그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업」 9건 등이 있었다 (표 III-40),

주요 생산품은 자동차 수리, 전자부품, 의약품, 자동차 부품, 도금, 원유 정제처리, 나염, 도금, 강관, 전기발전 등이었고, 주요 공정은 세척, TCE 세척, 도금, 도장, 실험, 초음파세척, 품질관리, 납땜, 나염 등이었다.

측정시료 수로는 「도금업」에서 1,888건으로 가장 많았고, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 1,783건, 「자동차 종합 수리업」 1,002건, 「완제 의약품 제조업」 984건, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 725건, 「도장 및 기타 피막 처리업」 604건 순으로 많았다. 374개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「도금업」, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「자동차 종합 수리업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 등 순으로 232개 업종이 있었다. 공정으로는 TCE 세척, 초음파 세척, 도금, 도장, CNC 가공, 납땜, 분석실험실 등 순으로 평가되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「펄프 및 종이 가공용 기계 제조업」 3.8852 ppm(n= 6), 「정밀 기

기 및 과학 기기 도매업」 3.7942 ppm(n= 9), 「구조용 금속 판제품 및 공작물 제조업」에서 3.1528 ppm(n=10), 「컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업」 2.4249 ppm(n=10), 「치약, 비누 및 기타 세제 제조업」 1.5908ppm(n=4) 등 순이었다. 기계, 기구 및 금속제품, 전자제품 등의 제조업에서의 TCE 세척, 전자제어장치의 인두/디핑납땜/세척, 유리제품 성형 및 폐기물 검수 등에서 평가되었다.

95% 상위 값이 노출기준인 10 ppm을 초과하는 업종은 「금속 성형기계 제조업」, 「알루미늄 주물 주조업」, 「강관 제조업」, 「강관 가공품 및 관 연결구류 제조업」, 「금속선 가공제품 제조업」, 「금속 스프링 제조업」, 「기관차 및 기타 철도 차량 제조업」, 「가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「절삭 가공 및 유사 처리업」, 「자동차용 금속 압형제품 제조업」, 등 89개 업종이 이었다. 금속제품(자동차 부품, 반도체 장비, 철망, 스프링 등)의 세척, 전자코일의 수리, 강관제조업의 열처리, 코일인발, 후처리, 세척, 연결리드, 와이어의 세척, 코팅, 인발, 신선공정, 스텐레스 주방용품 초음파 세척 등 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

트리클로로에틸렌 취급 사업장 중 노출기준 초과하고 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위 값이 노출기준을 초과하면서, 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균(n>56)이상인 업종은 「도금업」, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「그 외 기타 금속 가공업」, 「주형 및 금형 제조업」, 「강관 제조업」, 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」, 「금속 열처리업」, 「전자 부품 실장기판 제조업」, 「수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업」, 「탭, 밸브 및 유사 장치 제조업」에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-27).

〈표 III-39-1〉 트리클로로에틸렌 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급**
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수													
	합 계		713,123	7,367,655	1226.0	255,816	21,719	7,723	167	64.44	0.9273	3.2574	0.0001	0.0018	137.05	0.00005	176.6227	6.0233	3		
1	도금업	25922	2,129	24,063	138.2	1,440	1,888	1,377	10	27.07	1.9618	2.8822	0.9647	0.0899	110.57	0.00005	62.9759	206.9086	4		
2	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	87.2	8,308	1,783	994	19	44.25	1.3266	2.4108	0.2893	0.0146	171.23	0.00005	26.5915	69.1917	4		
3	자동차 종합 수리업	95211	7,849	46,827	79.8	1,079	1,002	327	0	67.37	0.2479	0.5717	0.0001	0.0010	78.53	0.00005	5.9728	1.3354	2		
4	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	26.2	4,933	984	14	0	98.58	0.0072	0.0969	0.0001	0.0001	2.72	0.00005	2.2758	0.0003	0		
5	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	49.2	2,943	725	304	5	58.07	1.3104	5.9177	0.0001	0.0038	173.79	0.00005	143.3086	18.2430	4		
6	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	45.8	517	604	352	13	41.72	1.9257	3.8642	0.4422	0.0221	190.32	0.00005	46.8015	124.2085	4		
7	원유 정제처리업	19210	47	4,967	1.6	2,907	555	8	0	98.56	0.0101	0.1409	0.0001	0.0001	2.89	0.00005	3.0446	0.0003	0		
8	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	28.0	13,277	372	119	2	68.01	0.8477	1.8665	0.0001	0.0014	132.40	0.00005	15.8174	4.2254	2		
9	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	21.2	705	323	217	0	32.82	1.0994	1.5101	0.3957	0.0364	112.85	0.00005	7.9409	86.5805	4		
10	그 외 기타 금속 가공업	25929	11,686	56,547	26.6	587	318	152	4	52.20	1.6874	2.9419	0.0001	0.0080	217.77	0.00005	23.1982	56.2605	4		
11	주형 및 금형 제조업	29294	9,379	58,489	22.6	1,816	300	143	6	52.33	1.6924	3.1392	0.0001	0.0079	217.75	0.00005	24.0782	55.6973	4		
12	강관 제조업	24132	163	3,445	3.0	277	288	238	52	17.36	5.9899	7.9822	3.4262	0.6181	82.89	0.00005	56.9286	885.1651	4		
13	날염 가공업	13403	319	2,672	7.4	359	275	55	0	80.00	0.1401	0.5310	0.0001	0.0003	36.21	0.00005	5.8583	0.1078	1		
14	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	9.4	2,568	256	24	0	90.63	0.0902	0.4022	0.0001	0.0001	15.76	0.00005	3.2176	0.0113	0		
15	자동차 전문 수리업	95212	9,345	26,783	17.8	231	241	91	0	62.24	0.2113	0.3770	0.0001	0.0015	83.02	0.00005	2.4709	2.1809	2		

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-39-2〉 트리클로로에틸렌 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)								노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수													
	합 계	713,123	7,367,655	1226.0	255,816	21,719	7,723	167	64.44	0.9273	3.2574	0.0001	0.0018	137.05	0.00005	176.6227	6.0233	3		
1	펄프 및 종이 가공용 기계 제조업	29291	108	979	0.4	7	6	6	0	0.00	4.6201	2.2074	4.7308	3.8852	2.14	0.8869	6.8914	13.5975	4	
2	정밀 기기 및 과학 기기 도매업	46593	4,211	20,772	1.0	6	9	9	0	0.00	3.9859	1.3249	3.8857	3.7942	1.40	2.0048	6.7161	6.6101	3	
3	구조용 금속 관제품 및 공작물 제조업	25112	3,771	24,131	0.6	4	10	10	3	0.00	6.3792	6.9167	3.9379	3.1528	3.97	0.3670	18.1251	30.4672	4	
4	그 외 기타 기계 및 장비 도매업	46599	5,545	15,152	0.2	1	1	1	0	0.00	2.8068	-	2.8068	2.8068	-	2.8068	2.8068	-	Low	
5	그 외 기타 유리제품 제조업	23199	483	4,846	0.2	5	2	2	0	0.00	2.7878	0.0417	2.7878	2.7876	1.02	2.7583	2.8173	2.8570	Low	
6	컴퓨터 및 주변장치, 소프트웨어 도매업	46510	6,034	29,126	0.8	23	10	10	0	0.00	3.0079	1.7998	2.9077	2.4249	2.12	0.7668	5.9489	8.3481	3	
7	치약, 비누 및 기타 세제 제조업	20422	724	5,431	0.2	2	4	4	0	0.00	1.5960	0.1442	1.6633	1.5908	1.10	1.3801	1.6774	1.8595	2	
8	전자카드 제조업	26293	56	1,069	1.0	3	10	10	0	0.00	2.7025	2.9500	1.3548	1.5777	3.02	0.3239	8.6685	9.7308	3	
9	전자 축전기 제조업	26291	87	3,541	1.2	58	38	38	0	0.00	1.8647	1.3329	1.5932	1.3906	2.35	0.1887	5.4634	5.6522	3	
10	기관차 및 기타 철도 차량 제조업	31201	113	3,628	0.6	100	11	10	0	9.09	3.2037	1.3875	3.6731	1.2328	28.99	0.0001	4.6302	313.5184	4	
11	연성 및 기타 인쇄회로기판 제조업	26223	131	721	0.2	0	2	2	0	0.00	1.4509	1.1993	1.4509	1.1773	2.58	0.6029	2.2989	5.5849	Low	
12	기타 기반조성 관련 전문공사업	42129	11,390	75,322	0.2	38	1	1	0	0.00	0.8729	-	0.8729	0.8729	-	0.8729	0.8729	-	Low	
13	도로 건설업	41221	1,947	74,662	0.2	46	2	2	0	0.00	0.7605	0.3320	0.7605	0.7233	1.57	0.5257	0.9952	1.5196	Low	
14	강관 제조업	24132	163	3,445	3.0	277	288	238	52	17.36	5.9899	7.9822	3.4262	0.6181	82.89	0.00005	56.9286	885.1651	4	
15	교통 신호장치 제조업	28903	191	1,366	1.0	9	9	8	0	11.11	2.7844	2.7071	2.2512	0.6070	41.58	0.00005	8.7387	279.3967	4	

* X_{0.95} 등급 - 0: < OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

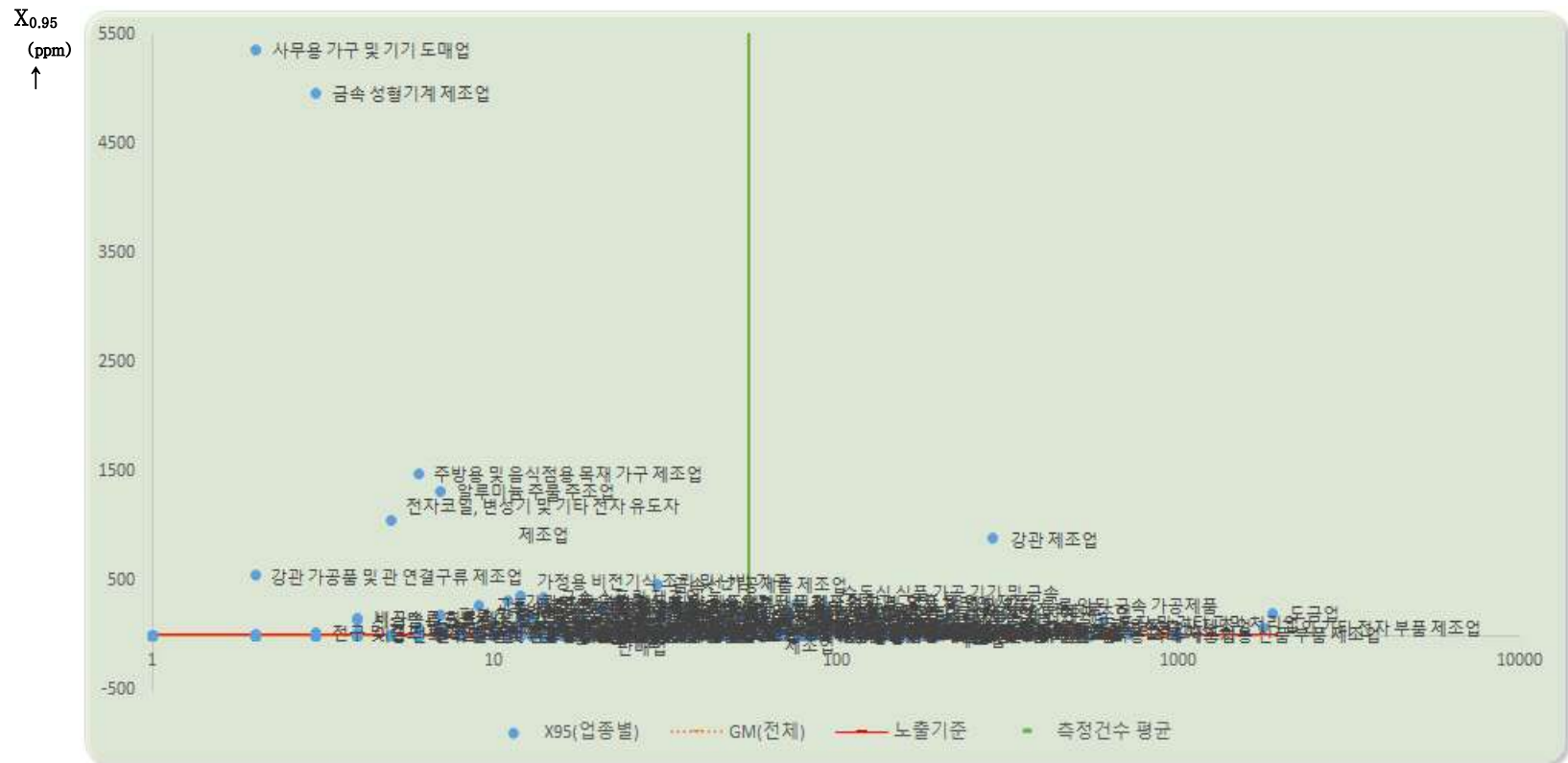
〈표 III-39-3〉 트리클로로에틸렌 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급**	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계		713,123	7,367,655	1226.0	255,816	21,719	7,723	167	64.44	0.9273	3.2574	0.0001	0.0018	137.05	0.00005	176.6227	6.0233	3	
1	사무용 가구 및 기기 도매업	46591	2,133	6,615	0.2	24	2	1	0	50.00	1.6831	2.3802	1.6831	0.0130	2594.37	0.00005	3.3662	5,359.6580	Low
2	금속 성형기계 제조업	29224	616	4,066	0.4	11	3	2	0	33.33	2.9568	2.5738	4.1752	0.0993	718.42	0.00005	4.6952	4,964.1291	4
3	주방용 및 음식접용 목재 가구 제조업	32021	2,096	9,551	0.6	58	6	4	0	33.33	2.8344	2.2157	3.9489	0.0965	350.85	0.00005	4.7529	1,483.2454	4
4	알루미늄 주물 주조업	24321	466	3,948	0.4	10	7	5	0	28.57	2.9922	2.5491	2.8436	0.1545	245.48	0.00005	6.8518	1,319.7302	4
5	전자코일, 변성기 및 기타 전자 유도자 제조업	26294	179	1,841	0.4	14	5	4	0	20.00	2.5671	2.1093	2.0795	0.3220	137.48	0.00005	5.7166	1,059.9310	4
6	강관 제조업	24132	163	3,445	3.0	277	288	238	52	17.36	5.9899	7.9822	3.4262	0.6181	82.89	0.00005	56.9286	885.1651	4
7	강관 가공품 및 관 연결구류 제조업	24133	23	80	0.2	4	2	1	0	50.00	0.4275	0.6045	0.4275	0.0065	984.42	0.00005	0.8550	548.5921	Low
8	금속선 가공제품 제조업	25944	772	8,160	1.8	60	30	22	0	26.67	2.2215	1.9421	1.8264	0.1458	136.11	0.00005	6.4343	472.0716	4
9	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	28520	252	4,489	1.2	83	12	9	0	25.00	2.1790	2.3465	1.8527	0.1202	130.63	0.00005	7.2559	363.7762	4
10	금속 스프링 제조업	25943	383	3,152	1.4	45	14	10	0	28.57	1.8526	1.6237	2.0306	0.0877	156.24	0.00005	4.3544	356.3959	4
11	기관차 및 기타 철도 차량 제조업	31201	113	3,628	0.6	100	11	10	0	9.09	3.2037	1.3875	3.6731	1.2328	28.99	0.00005	4.6302	313.5184	4
12	자동차용 금속 압형제품 제조업	25913	141	764	2.0	42	23	15	1	34.78	2.3064	3.3215	0.7289	0.0532	195.87	0.00005	14.1778	313.4116	4
13	절삭 가공 및 유사 처리업	25924	1,802	9,007	6.0	108	76	65	0	14.47	2.6174	2.1508	2.4907	0.4921	48.62	0.00005	8.4715	293.0112	4
14	교통 신호장치 제조업	28903	191	1,366	1.0	9	9	8	0	11.11	2.7844	2.7071	2.2512	0.6070	41.58	0.00005	8.7387	279.3967	4
15	수동식 식품 가공 기기 및 금속 주방용기 제조업	25992	621	4,509	7.0	91	93	53	5	43.01	3.4646	7.4639	0.8281	0.0275	264.35	0.00005	48.8807	265.3050	4

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018~2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계		713,123	7,367,655	1226.0	255,816	21,719	7,723	167	64.44	0.9273	3.2574	0.0001	0.0018	137.05	0.00005	176.6227	6.0233	3	
16	일반 저울 제조업	29191	57	641	1.0	142	20	16	0	20.00	1.8492	1.8943	1.2800	0.2045	77.09	0.00005	6.2849	259.8509	4
17	철강선 제조업	24123	85	1,756	1.2	40	12	7	0	41.67	1.6338	1.8170	0.9809	0.0268	261.78	0.00005	4.6043	254.0898	4
18	전자 저항기 제조업	26292	73	1,293	1.2	133	21	15	0	28.57	1.5176	1.4928	1.5551	0.0832	129.12	0.00005	4.6423	247.0605	4
19	금속 표시판 제조업	25994	297	1,305	1.2	67	32	19	1	40.63	1.9541	2.6806	0.9215	0.0303	225.99	0.00005	10.9994	226.1193	4
20	마그네틱 및 광학 매체 제조업	26600	15	768	1.2	98	36	21	0	41.67	2.3275	2.8907	0.6807	0.0270	242.40	0.00005	8.7927	225.5891	4
21	반도체 제조용 기계 제조업	29271	3,355	34,322	6.6	333	91	54	1	40.66	2.1576	3.0649	0.8568	0.0304	218.32	0.00005	18.7253	214.0081	4
22	도금업	25922	2,129	24,063	138.2	1,440	1,888	1,377	10	27.07	1.9618	2.8822	0.9647	0.0899	110.57	0.00005	62.9759	206.9086	4
23	절연 코드세트 및 기타 도체 제조업	28303	442	4,440	2.0	64	18	11	0	38.89	1.4389	1.6250	1.0491	0.0322	206.45	0.00005	4.7781	206.7155	4
24	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	29299	4,501	29,286	7.0	181	118	68	1	42.37	2.2994	3.2945	0.6661	0.0259	231.25	0.00005	22.0550	200.1788	4
25	파복 및 충전 용접봉 제조업	25995	7	114	0.6	98	7	4	0	42.86	1.1937	1.6416	0.8398	0.0193	269.58	0.00005	4.5958	192.8182	4
26	금속 위생용품 제조업	25993	181	1,441	2.8	136	61	39	0	36.07	1.4998	1.6470	0.9360	0.0410	167.67	0.00005	5.7742	186.8591	4
27	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	24229	116	1,698	3.8	121	53	35	0	33.96	1.4405	1.5192	1.1790	0.0470	151.25	0.00005	4.3617	181.1431	4
28	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업	25942	1,282	13,098	5.6	180	72	47	0	34.72	1.5699	1.7866	0.6628	0.0434	155.89	0.00005	5.6442	175.5918	4
29	비금속류 원료 채생업	38322	778	5,489	0.2	5	4	2	0	50.00	0.7686	0.8898	0.7290	0.0088	389.71	0.00005	1.6165	160.0739	4
30	볼트 및 너트류 제조업	25941	288	942	1.4	13	31	28	2	9.68	3.6218	6.4428	2.0211	0.5934	29.97	0.00005	29.9404	159.4450	4

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급**	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	713,123	7,367,655	1226.0	255,816	21,719	7,723	167	64.44	0.9273	3.2574	0.0001	0.0018	137.05	0.00005	176.6227	6.0233	3	
31	기타 조명장치 제조업	28429	740	5,576	1.4	29	13	8	0	38.46	1.5378	2.3604	0.4948	0.0268	192.15	0.00005	7.4243	152.9132	4
32	시스템 소프트웨어 개발 및 공급업	58221	15,289	256,975	0.4	24	4	2	0	50.00	0.7333	0.8514	0.6784	0.0086	379.00	0.00005	1.5764	149.2425	4
33	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	25999	7,041	47,139	20.6	464	212	124	9	41.51	2.3389	5.3629	0.4963	0.0239	201.64	0.00005	37.5435	147.7263	4
34	플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업	22231	1,075	6,251	0.4	10	12	6	0	50.00	1.5891	2.1162	0.7146	0.0118	304.36	0.00005	6.8496	143.4993	4
35	자동차용 신품 제동장치 제조업	30392	64	891	1.6	89	43	26	0	39.53	1.4095	1.7081	0.6630	0.0262	181.55	0.00005	5.7947	136.0764	4
36	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	45.8	517	604	352	13	41.72	1.9257	3.8642	0.4422	0.0221	190.32	0.00005	46.8015	124.2085	4
37	날붙이 제조업	25931	240	2,226	2.4	97	23	13	0	43.48	1.3588	1.8608	0.9058	0.0177	207.09	0.00005	6.9963	114.2384	4
38	그 외 금속 압형제품 제조업	25914	907	7,496	7.0	102	68	42	0	38.24	1.3332	1.7421	0.4551	0.0266	158.20	0.00005	7.4754	110.1942	4
39	주방용품 및 가정용 유리, 요업제품 소매업	47592	2,125	6,603	0.6	1	10	5	0	50.00	1.1567	1.4334	0.4156	0.0101	274.09	0.00005	3.9373	103.9180	4
40	구름베어링 제조업	29141	312	6,722	2.0	363	34	18	0	47.06	1.6442	2.3595	0.1710	0.0133	225.91	0.00005	7.9805	99.3651	4
41	비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업	26112	407	12,666	6.4	117	104	79	0	24.04	1.1100	1.3959	0.4988	0.0831	74.12	0.00005	6.9842	98.9724	4
42	속도계 및 적산계기 제조업	27214	196	2,058	1.0	30	12	6	0	50.00	1.4807	2.4721	0.4354	0.0101	265.08	0.00005	7.6065	98.0871	4
43	납시 및 수렴용구 제조업	33303	198	1,625	1.0	50	36	17	0	52.78	1.8760	2.6694	0.0001	0.0092	274.51	0.00005	8.5073	94.4503	4
44	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	24221	88	3,753	1.6	60	47	29	0	38.30	1.0999	1.5029	0.4570	0.0245	149.34	0.00005	6.3826	92.5113	4
45	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	21.2	705	323	217	0	32.82	1.0994	1.5101	0.3957	0.0364	112.85	0.00005	7.9409	86.5805	4

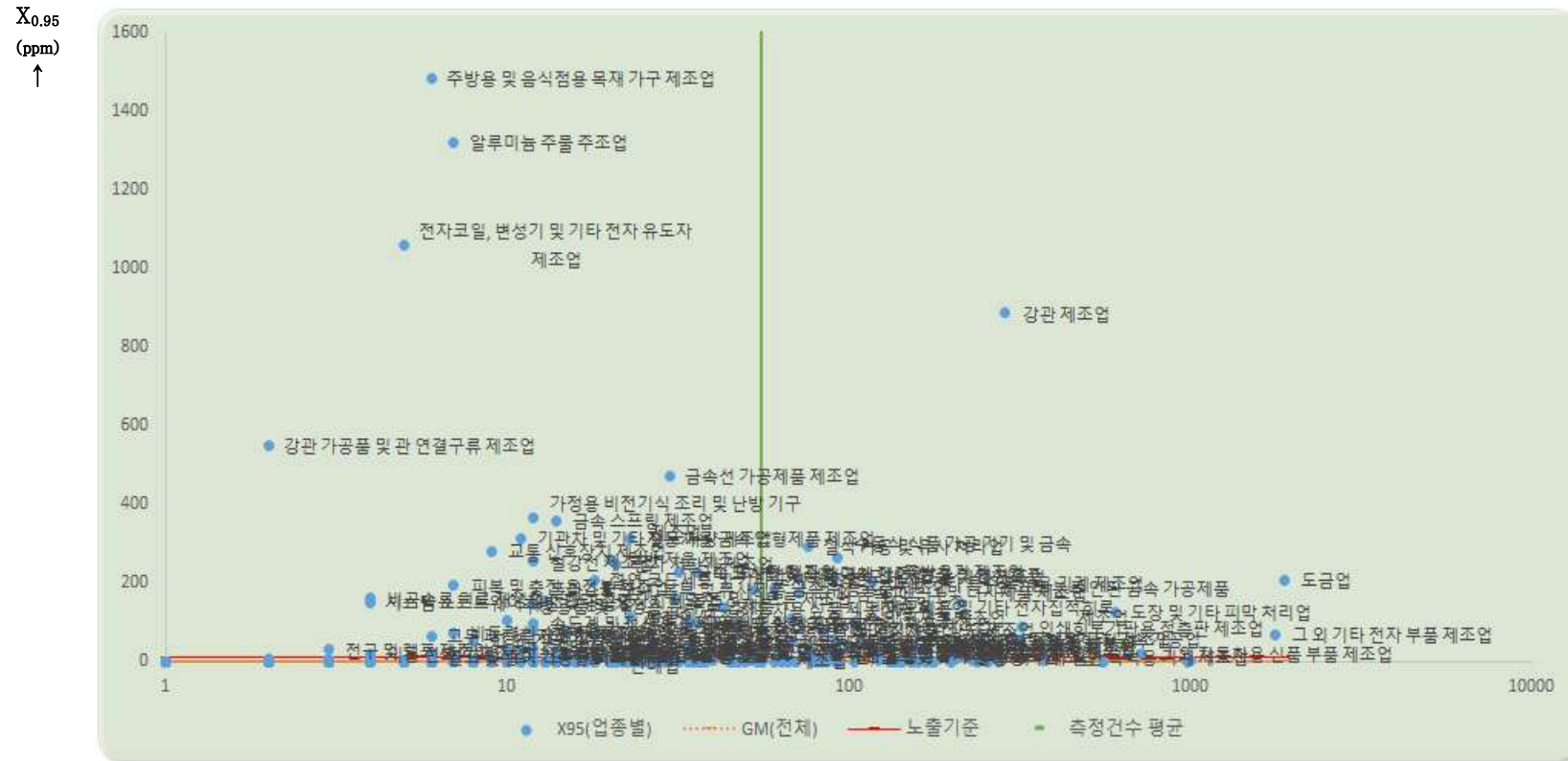
* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-27] 최근 5년간 트리클로로에틸렌 업종별 작업환경측정 현황

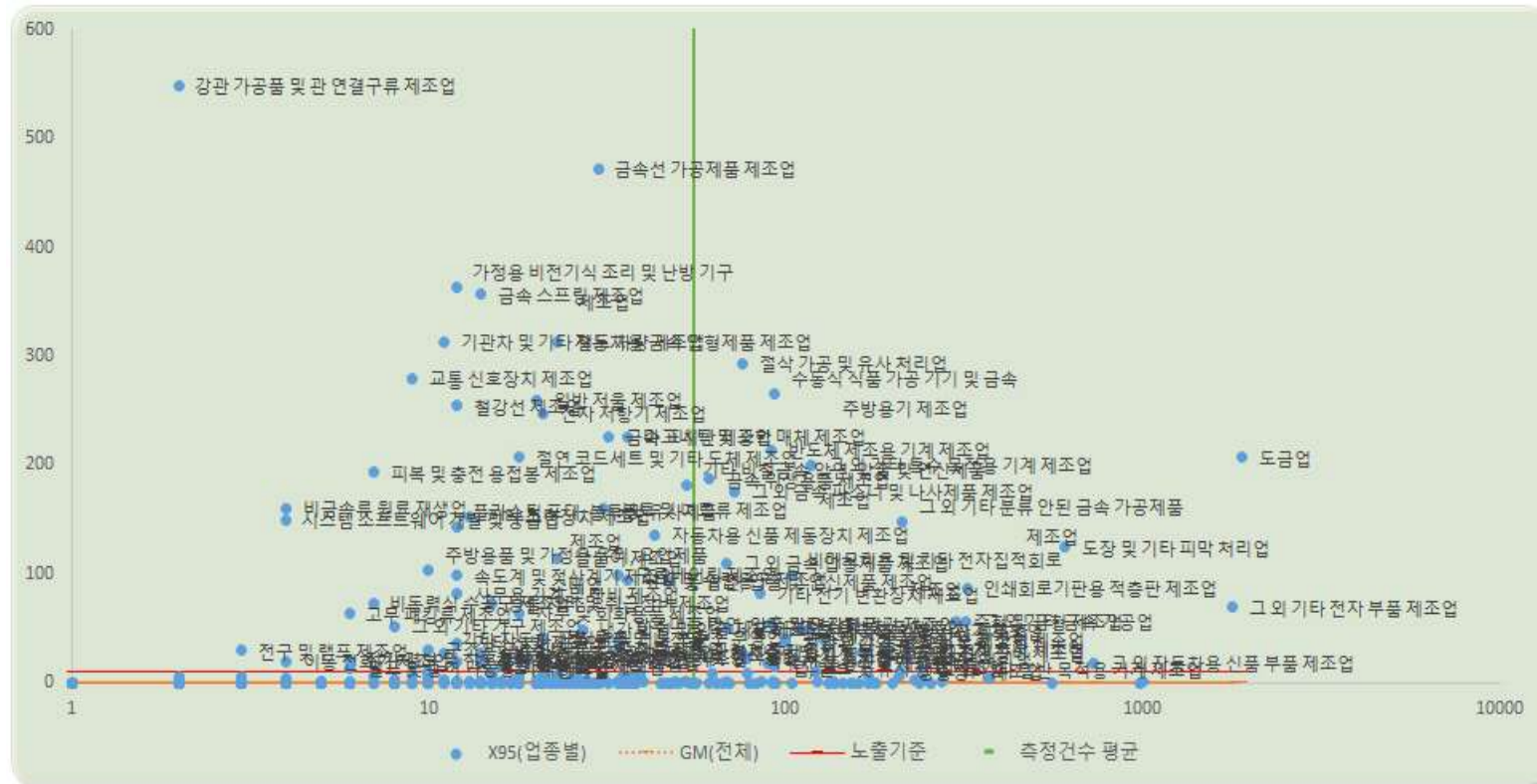


→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-27] 최근 5년간 트리클로로에틸렌 업종별 작업환경측정 현황_계속

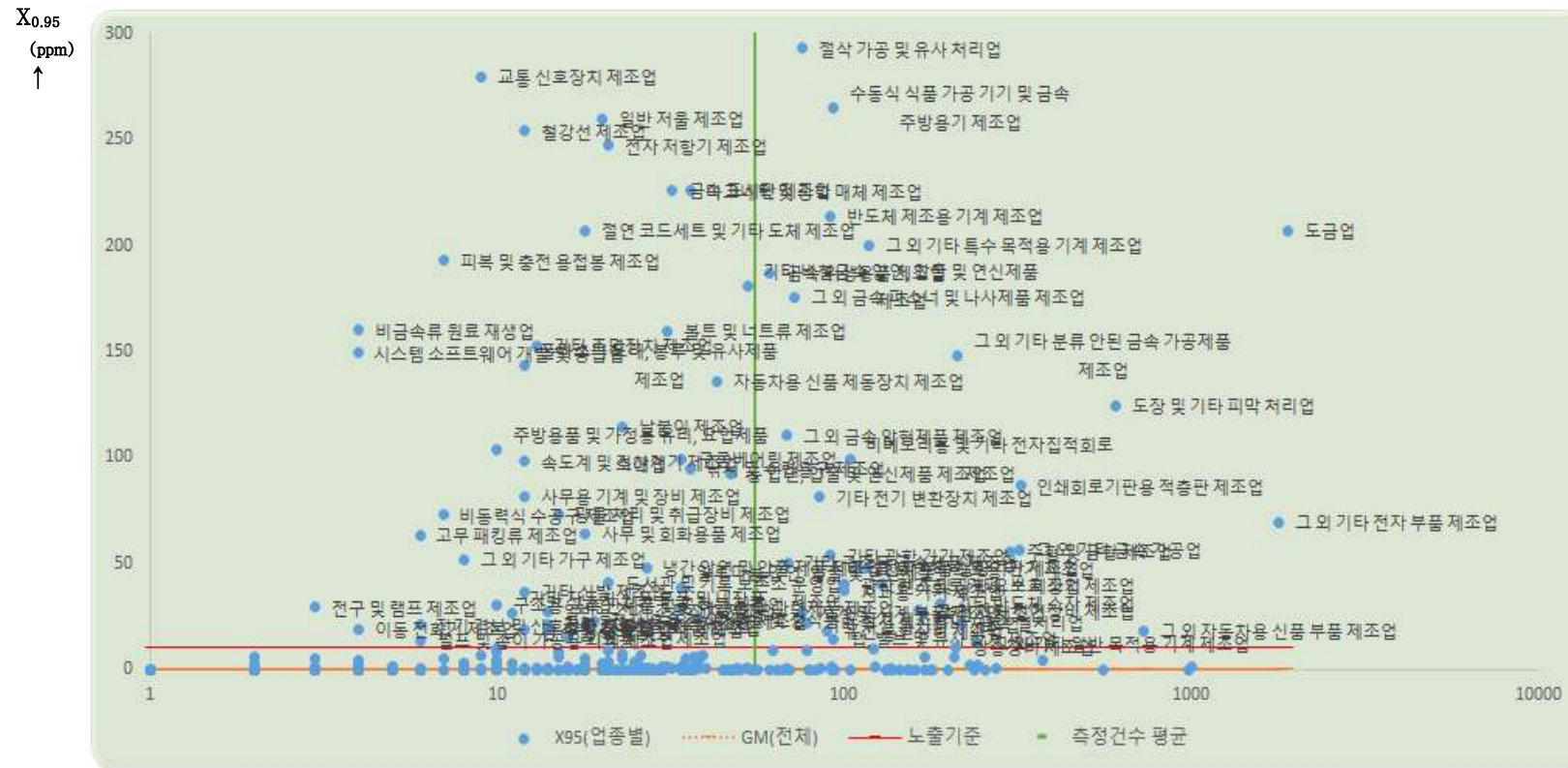
$X_{0.95}$
(ppm)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-27] 최근 5년간 트리클로로에틸렌 업종별 작업환경측정 현황_계속



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(10 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-27] 최근 5년간 트리클로로에틸렌 업종별 작업환경측정 현황_계속

(23) 1,2,3-트리클로로프로판(1,2,3-Trichloropropane)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: ILO-WHO 국제화학물질정보카드; KOSHA-Guide 작업환경측정 시료 분석지침〉

1,2,3-트리클로로프로판은 독특한 냄새(트리클로로에틸렌 또는 클로로포름 비슷한 냄새)가 나는 무색 액체로 물에 녹지 않고, 에틸 알콜과 디에틸에테르에 용해된다. 질산염, 강한 산화제, 강한 염기 또는 강산에 닿으면 불이 나고 폭발한다. 과거에는 용제와 추출제로 쓰였으나, 최근에는 농약 및 다항화 고무류 생산의 중간물질로 발생된다. 흡입 시 기침, 인후염, 두통, 의식상실이 발생할 수 있고, 피부 노출 시, 피부건조 및 발적을 유발한다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 10 ppm(발암성 1B, 생식독성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 0.005 ppm, OSHA PEL 50 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 1,2,3-트리클로로프로판을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 12개 업종, 12개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 없었다.

1,2,3-트리클로로프로판을 취급한다고 보고한 사업장은 도장도포, 실험, 연구, 용접, 주조주물 등 공정에서 안료, 도료, 코팅제, 금속방청, 방부제 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

1,2,3-트리클로로프로판은 최근 5년간 16개 업종, 40개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 8개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 290건, 모두 불검출이었다. 측정시료 수로는 「질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업」에서 162건으로 가장 많았고, 「보건 및 복지 행정」 20건, 「기타 자연과학 연구개발업」 18건, 「지방행정 집행기관」 18건, 「생활용수 공급업」 16건, 「기체 여과기 제조업」 12건 순으로 많았다.

(24) 퍼클로로에틸렌(Perchloroethylene)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile〉

퍼클로로에틸렌은 에테르와 같은 냄새가 나는 무색의 휘발성 액체로, 주로 드라이클리닝과 화학 합성의 중간체로 사용된다. 또한 금속 탈지제 및 페인트 제거제, 인쇄 잉크, 반점 제거제, 자동차 세정제 및 접착제에도 사용된다. CAREX Canada는 약 11,000명의 캐나다인이 직장에서 퍼클로로에틸렌에 노출된 것으로 추정하며 노출된 가장 큰 산업에는 드라이클리닝 및 세탁 서비스, 플라스틱제품 제조, 기타화학제품 제조, 폐기물처리, 섬유 및 직물가공 및 직물코팅, 인쇄 및 관련 지원 활동, 여행자 숙박 시설이 포함되고 직업 그룹에는 드라이클리닝, 세탁 및 관련 직업, 인쇄기 조작자, 금속 가공 및 단조 기계 조작자, 금속 가공, 금속 탈지, 화학 물질 생산을 수행하는 작업자도 노출 위험이 있다고 하였다

국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 동물에 대한 충분한 증거와 인간에 대한 제한된 증거에 근거하여 퍼클로로에틸렌을 인간에게 발암 가능성이 있는 Group 2A로 분류하였고, 인간의 방광암, 쥐에서는 백혈병, 간암, 신장암을 일으키는 것으로 알려져 있다. 다른 건강상의 악영향에는 피부 자극 및 화상, 중추신경계 저하, 간 및 신장 손상, 생식 기능 저하 등이 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 퍼클로로에틸렌은 취급하는 것으로 조사된 사업장은 57개 업종, 110개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 28개 업종, 58개 사업장이 있었고, 40개 업종 52개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 퍼클로로에틸렌을 취급한다고 보고한 사업장은 접착제, 표면처리제, 세정제, 세제/살균, 소독제, 코팅제, 안료, 도료, 부식억제제, 탈지제 등 용도로 취급한다고 조사되었다. 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 25 ppm(발암성 1B), ACGIH

TLV-TWA 25 ppm, OSHA PEL 100 ppm으로 관리되고 있다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

퍼클로로에틸렌은 최근 5년간 199개 업종, 1,611개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 322개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건수 7,824건 중 검출된 시료는 883건으로 불검출률은 89.3% 수준이었다. 노출기준을 초과한 시료는 17건이 있었으며 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 11건, 「제판 및 조판업」 4건, 「기타 항공 운송지원 서비스업」 2건 등이 있었다(표 III-41).

측정시료 수로는 「원유 정제처리업」에서 1,031건으로 가장 많았고, 「도금업」 822건, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 629건, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 315건, 「물질 성분 검사 및 분석업」 213건, 「그 외 기타 고무제품 제조업」 194건 순으로 많았다. 199개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「물질 성분 검사 및 분석업」, 「호텔업」, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「제판 및 조판업」, 「기타 인쇄업」 등 순으로 98개 업종이 있었다. 주요 생산품은 석유, 석유화학제품, 자동차 부품, 화약류, 드럼, 공드럼 재생, OLED 등이며 주요 공정은 도금, 도장, 세척, 세탁실(드라이클리닝), 스프레이도장, 실험실 등 공정에서 주로 평가되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.00005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「기타 인쇄관련 산업」에서 6.6771 ppm(n=10), 「」에서 3.6504 ppm(n=25), 「모피 및 가죽 제조업」에서 3.6504 ppm(n=25), 「기타 사행시설 관리 및 운영업」 3.4704 ppm(n=16), 「그 외 기타 분류 안된 오락관련 서비스업」 2.6165 ppm(n=4), 「기타 항공 운송지원 서비스업」에서 2.6139 ppm(n=20), 「제판 및 조판업」 1.2485 ppm(n=57) 등 순이었다. 모피 가공 및 염색업의 태고공정, 전자봉투, 화폐 등 인쇄업의 인쇄 및 후처리 공정, 제판 및 조판업의 인쇄용 고무판 세척 공정, 항공 운송지원업과 오락관련

서비스업의 세탁 및 시트커버 정리 작업 등이 있었다.

95% 상위값이 노출기준인 25 ppm을 초과하는 업종은 「기타 종이 및 판지 제조업」, 「기타 항공 운송지원 서비스업」, 「제판 및 조판업」, 「전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업」, 「주형 및 금형 제조업」, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」, 「반도체 제조용 기계 제조업」, 「그 외 기타 전기장비 제조업」 등 15개 업종이 이었다. 가정용 가스렌지 등 제조업의 검사공정, 종이 및 판지제조업의 인쇄판 세척. 건조. 표면린스, 후처리 공정, 반도체 부품, 카본 브러쉬의 함침, 세척 및 코팅공정, 목재가구 스프레이 도장, 반도체 제조용 기계 부품의 초음파세척 등 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

퍼클로로에틸렌 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「제판 및 조판업」, 「기타 항공 운송지원 서비스업」 과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 25$)이상인 업종은 「호텔업」, 「제판 및 조판업」, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」, 「전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업」 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-28).

〈표 III-40-1〉 퍼클로로에틸렌 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수															
	합 계	613,236	4,956,079	322.2	143,838	7,824	833	17		89.35	0.4673	3.1830	0.0001	0.0001	24.23	0.00005	128.5699	0.0279	0	
1	원유 정제처리업	19210	47	4,967	4.6	5,532	1,031	5	0	99.52	0.0036	0.0709	0.0001	0.0001	1.86	0.00005	2.0092	0.0001	0	
2	도금업	25922	2,129	24,063	49.8	579	822	27	0	96.72	0.0943	0.8302	0.0001	0.0001	5.45	0.00005	11.3700	0.0011	0	
3	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	7.6	4,111	629	1	0	99.84	0.0016	0.0386	0.0001	0.0001	1.48	0.00005	0.9689	0.0001	0	
4	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	8.0	3,637	315	20	0	93.65	0.1357	1.0258	0.0001	0.0001	10.51	0.00005	10.9121	0.0044	0	
5	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	8.8	1,535	213	60	0	71.83	1.0614	3.0655	0.0001	0.0009	111.72	0.00005	19.8400	2.1339	1	
6	그 외 기타 고무제품 제조업	22199	1,786	15,235	16.6	440	194	21	0	89.18	0.1736	0.9482	0.0001	0.0001	21.39	0.00005	11.5423	0.0222	0	
7	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	7.0	5,649	158	55	11	65.19	5.7139	16.2426	0.0001	0.0026	259.71	0.00005	128.5699	24.1095	3	
8	호텔업	55101	3,009	56,557	9.0	4,989	152	77	0	49.34	0.9217	1.8656	0.0783	0.0075	154.03	0.00005	16.6317	29.8971	4	
9	화약 및 불꽃제품 제조업	20494	24	3,215	1.2	502	137	23	0	83.21	0.2372	0.8854	0.0001	0.0002	33.82	0.00005	6.3351	0.0770	0	
10	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	5.4	276	136	3	0	97.79	0.0568	0.4123	0.0001	0.0001	4.89	0.00005	4.0938	0.0009	0	
11	기타 인쇄업	18119	5,416	35,718	5.8	690	129	36	0	72.09	1.9348	4.3500	0.0001	0.0011	164.69	0.00005	17.0179	5.0699	2	
12	목재 포장용 상자, 드럼 및 유사 용기 제조업	16232	640	3,668	2.0	27	110	17	0	84.55	0.0642	0.2676	0.0001	0.0002	22.81	0.00005	2.5289	0.0322	0	
13	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	4.8	83	100	23	0	77.00	0.6603	2.1054	0.0001	0.0005	67.16	0.00005	9.8949	0.4757	1	
14	자동차 차체용 신품 부품 제조업	30320	4,321	152,618	5.0	1,271	98	10	0	89.80	0.0529	0.2109	0.0001	0.0001	15.25	0.00005	1.3789	0.0110	0	
15	기타 기술 시험, 검사 및 분석업	72919	2,016	25,907	4.6	1,832	97	31	0	68.04	1.4708	3.4094	0.0001	0.0016	174.21	0.00005	17.4215	8.0108	2	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-40-2〉 퍼클로로에틸렌 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

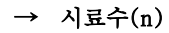
연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
	합 계	613,236	4,956,079	322.2	143,838	7,824	833	17	89.35	0.4673	3.1830	0.0001	0.0001	24.23	0.00005	128.5699	0.0279	0	
1	기타 인쇄관련 산업	18129	1,215	6,615	1.0	66	10	0	0.00	9.8220	7.3001	8.0290	6.6771	2.91	0.7236	19.5991	38.7789	4	
2	섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업	13409	1,048	8,094	0.6	5	4	4	0	0.00	6.1258	3.5617	5.5115	5.3570	1.83	2.9074	10.5727	14.4694	3
3	모피 및 가죽 제조업	15110	340	3,574	1.4	12	25	25	0	0.00	6.5769	6.1065	4.6563	3.6504	3.45	0.5494	17.8944	27.9618	4
4	기타 사행시설 관리 및 운영업	91249	25	8,035	0.8	3,507	16	16	0	0.00	6.0086	5.1957	5.3830	3.4704	3.70	0.2762	19.6821	29.8309	4
5	그 외 기타 분류 안된 오락관련 서비스업	91299	1,845	7,326	0.2	877	4	4	0	0.00	3.3675	1.9368	3.8616	2.6165	2.66	0.6136	5.1333	13.0508	3
6	기타 항공 운송지원 서비스업	52939	167	4,367	0.6	3,155	20	18	2	10.00	13.245 9	17.3483	9.3801	2.6139	48.49	0.00005	80.0323	1549.5221	4
7	제판 및 조판업	18121	371	2,149	3.8	42	57	50	4	12.28	7.4782	8.7582	5.3303	1.2485	52.92	0.00005	38.6283	854.6946	4
8	피복 및 충전 용접봉 제조업	25995	7	114	0.2	33	2	2	0	0.00	0.9643	1.0327	0.9643	0.6297	4.05	0.2340	1.6945	6.2990	Low
9	전자기 측정, 시험 및 분석 기구 제조업	27212	788	9,823	0.2	18	2	2	0	0.00	0.6086	0.0683	0.6086	0.6067	1.12	0.5603	0.6569	0.7300	Low
10	직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업	13402	761	11,853	1.0	55	20	19	0	5.00	1.1580	0.7603	1.0889	0.5862	10.49	0.00005	3.2678	28.0007	4
11	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	28902	92	1,177	1.4	93	26	19	0	26.92	3.2910	3.6976	2.0608	0.1430	154.30	0.00005	12.4066	568.9449	4
12	기타 종이 및 판지 제조업	17129	397	5,313	0.4	3	6	4	0	33.33	5.2319	6.9730	1.7131	0.1035	402.38	0.00005	16.1917	1994.0835	4
13	전투용 차량 제조업	31910	6	755	0.2	166	1	1	0	0.00	0.0925	-	0.0925	0.0925	-	0.0925	0.0925	-	-
14	그 외 기타 전기장비 제조업	28909	2,351	27,662	0.8	43	7	5	0	28.57	0.5114	0.5267	0.3657	0.0408	100.77	0.00005	1.3651	80.6551	4
15	가전제품 및 부품 도매업	46521	5,346	18,041	0.4	695	3	2	0	33.33	0.6493	0.6036	0.7542	0.0356	296.50	0.00005	1.1935	414.5410	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-40-3〉 퍼클로로에틸렌 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)										표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균									
	합 계	613,236	4,956,079	322.2	143,838	7,824	833	17	89.35	0.4673	3.1830	0.0001	0.0001	24.23	0.00005	128.5699	0.0279	0	
1	가정용 비전기식 조리 및 난방 기구 제조업	28520	252	4,489	0.2	80	2	1	0	50.00	1.6985	2.4019	1.6985	0.0130	2611.08	0.00005	3.3969	5441.2012	Low
2	기타 종이 및 판지 제조업	17129	397	5,313	0.4	3	6	4	0	33.33	5.2319	6.9730	1.7131	0.1035	402.38	0.00005	16.1917	1994.0835	0
3	기타 항공 운송지원 서비스업	52939	167	4,367	0.6	3,155	20	18	2	10.00	13.2459	17.3483	9.3801	2.6139	48.49	0.00005	80.0323	1549.5221	0
4	제관 및 조판업	18121	371	2,149	3.8	42	57	50	4	12.28	7.4782	8.7582	5.3303	1.2485	52.92	0.00005	38.6283	854.6946	0
5	전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업	28902	92	1,177	1.4	93	26	19	0	26.92	3.2910	3.6976	2.0608	0.1430	154.30	0.00005	12.4066	568.9449	0
6	가전제품 및 부품 도매업	46521	5,346	18,041	0.4	695	3	2	0	33.33	0.6493	0.6036	0.7542	0.0356	296.50	0.00005	1.1935	414.5410	0
7	주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업	32021	2,096	9,551	0.4	5	3	2	0	33.33	0.5131	0.7308	0.1894	0.0234	224.50	0.00005	1.3499	172.4311	0
8	주형 및 금형 제조업	29294	9,379	58,489	0.8	10	8	4	0	50.00	1.6521	2.3940	0.3479	0.0110	332.12	0.00005	5.8602	154.9685	0
9	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	1.6	177	26	15	0	42.31	1.3116	1.6630	0.9670	0.0218	205.93	0.00005	6.5448	139.4449	0
10	반도체 제조용 기계 제조업	29271	3,355	34,322	0.8	23	6	3	0	50.00	1.1113	1.6697	0.4451	0.0095	318.81	0.00005	4.2793	124.1309	0
11	그 외 기타 전기장비 제조업	28909	2,351	27,662	0.8	43	7	5	0	28.57	0.5114	0.5267	0.3657	0.0408	100.77	0.00005	1.3651	80.6551	0
12	모피제품 제조업	14200	158	1,094	1.0	31	20	12	0	40.00	1.7576	2.9460	0.0057	0.0110	203.58	0.00005	9.5550	69.1079	0
13	무기 및 총포탄 제조업	25200	62	6,184	1.2	1,831	19	7	0	63.16	2.3465	3.6241	0.0001	0.0035	308.43	0.00005	9.3429	43.1611	0
14	기타 인쇄관련 산업	18129	1,215	6,615	1.0	66	10	10	0	0.00	9.8220	7.3001	8.0290	6.6771	2.91	0.7236	19.5991	38.7789	0
15	인쇄 잉크 및 회화용 물감 제조업	20413	169	2,180	0.4	11	4	3	0	25.00	0.2595	0.3514	0.1298	0.0284	74.65	0.00005	0.7785	34.2719	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



※ 붉은 가로선: 노출기준(25 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-28] 최근 5년간 퍼클로로에틸렌 업종별 작업환경측정 현황

(25) 페놀(Phenol)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: ATSDR, ILO-WHO 국제화학물질정보카드〉

페놀은 특이한 냄새(비릿하게 달고, 탄내가 나는 고유한 냄새)가 나는 무색, 황색 또는 밝은 분홍색의 결정으로, 하이드록시 벤젠으로 불리며, 콜타르에서 주로 추출된다. 상용화된 제품은 액화되어 사용되는데 방부제, 소독, 살균 항균제, 합성수지, 염료, 폭약 등을 만드는데 활용된다. 또한, 페놀 수지 생산과 나일론 및 기타 합성섬유의 제조, 구강세척제 등 의약품에도 사용된다. 부식성이 매우 강해, 눈, 피부, 기도 등에 노출 시 자극성이 있고, 증기 흡입 시 폐 부종이 나타날 수 있다. 피부 또는 분말형태로 공기를 통해 노출될 수 있으며, 체내에 들어오면 신경계와 순환계를 모두 손상시키는데, 장기·반복적으로 노출되면 간, 신장, 심장 그리고 신경계에 영향을 줄 수 있다. 국제암연구소(IARC)에서는 페놀이 사람에 대한 발암성은 증명되지 않았다고 보고하였다.

페놀은 한번 방출되면 공기 중에서는 일반적으로 하루 내에 절반이 제거 가능하나 토양에서는 2 ~ 5일간 머무를 수 있고, 물에서는 1주일간 머물 수 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 페놀은 취급하는 것으로 조사된 사업장은 131개 업종, 414개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 87개 업종, 240개 사업장이 있었고, 89개 업종 174개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 페놀을 취급한다고 보고한 사업장은 원재료, 원료, 접착제, 안료, 도료, 연화제, 경화촉진제, 코팅제, 세정제, 표면처리제, 도포제, 시약 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 5 ppm(생식세포 변이원성 2, Skin), ACGIH TLV-TWA 5 ppm, OSHA PEL 5 ppm으로 관리되고 있다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

페놀은 최근 5년간 411개 업종, 9,371개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 1,874개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 56,298건 중 검출된 시료는 2,824건으로 불검출률은 95% 수준이었다. 노출기준을 초과한 시료는 없었다. 측정시료 수로는 「종합병원」에서 2,635건으로 가장 많았고, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 2,550건, 「완제 의약품 제조업」 2,503건, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 1,742건, 「일반병원」 1,512건, 「계면활성제 제조업」 1,402건 순으로 많았다(표 III-42). 411개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「연마재 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」, 「선철 주물 주조업」, 「강 주물 주조업」 등 순으로 186개 업종이 있었다. 페놀을 평가한 주요 공정은 실험·분석실, 진단검사의학과와 병리과, 도장, 중자 성형, 조형, 적층 성형, 코팅, 사출성형, 스프레이 도장, 도금, 열압, 특수도료 등 순으로 많았다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.000005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업」 0.00359 ppm(n=22), 「도배, 실내 장식 및 내장 목공사업」에서 0.00289ppm(n=6), 「생활용 유리·요업·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업」에서 0.00154 ppm(n=18), 「지정 외 폐기물 수집, 운반업」 0.00135ppm(n=20), 「구름 베어링 제조업」 0.00068 ppm(n=18), 「기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업」 0.00051 ppm(n=206) 「목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업」 0.00048ppm(n=85)등 순이었다. 신발제조업의 접착작업, 철도 차량 부품(브레이크라이닝 등)의 성형공정, 주방용품 등의 사출성형, 지정 폐기물 소각공정 등에서 평가되었다. 95% 상위값이 노출기준인 5 ppm을 초과하는 업종은 「도배, 실내 장식 및 내장 목공사업」, 「구름베어링 제조업」, 「도배, 실내 장식 및 내장 목공사업」 3개 업종이 있었으며, 아파트 및 공동주택 도장 작업, 베어링 제조업의 카본압입 등 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

페놀 취급 사업장 중 95% 상위값이 노출기준을 초과하는 「도배, 실내 장식 및 내장 목공사업」, 「구름베어링 제조업」, 「목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업」 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-29).

〈표 III-41-1〉 페놀 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종		년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계		1,063,142	9,363,961	1,874.2	785,539	56,298	2,824	0	95.0	0.01148	0.09670	0.00001	0.00001	7.6	0.00001	2.85471	0.00022	0
1	종합병원	86101	188	38,806	104.0	73,054	2,635	69	0	97.4	0.00158	0.02539	0.00001	0.00001	3.1	0.00001	0.87360	0.00004	0
2	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	41.2	9,559	2,550	64	0	97.5	0.00651	0.07442	0.00001	0.00001	4.5	0.00001	2.26180	0.00008	0
3	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	61.2	17,141	2,503	68	0	97.3	0.00387	0.06227	0.00001	0.00001	3.4	0.00001	2.04180	0.00005	0
4	그 외 자동차용 부품 제조업	30399	4,391	71,972	49.6	7,208	1,742	194	0	88.9	0.02225	0.11150	0.00001	0.00001	18.8	0.00001	1.39260	0.00168	0
5	일반병원	86102	6,311	317,035	84.0	32,504	1,512	20	0	98.7	0.00127	0.02365	0.00001	0.00001	2.5	0.00001	0.80700	0.00003	0
6	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	14.4	2,030	1,402	46	0	96.7	0.00742	0.08066	0.00001	0.00001	5.1	0.00001	1.60654	0.00010	0
7	강 주물 주조업	24312	379	4,786	58.0	1,899	1,391	106	0	92.4	0.00871	0.06497	0.00001	0.00001	11.0	0.00001	1.15030	0.00051	0
8	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	16.4	6,448	1,234	116	0	90.6	0.00278	0.02566	0.00001	0.00001	9.3	0.00001	0.59285	0.00040	0
9	일반용 도로 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	21.0	2,676	1,135	45	0	96.0	0.01217	0.11602	0.00001	0.00001	6.3	0.00001	2.28450	0.00015	0
10	기타 자연과학 연구개발업	70119	564	11,332	21.8	7,482	1,131	2	0	99.8	0.00104	0.02478	0.00001	0.00001	1.6	0.00001	0.63980	0.00001	0
11	선철 주물 주조업	24311	385	5,027	52.8	1,328	1,024	113	0	89.0	0.04151	0.19908	0.00001	0.00002	26.8	0.00001	2.85471	0.00351	0
12	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	21.8	21,269	1,023	13	0	98.7	0.00109	0.01375	0.00001	0.00001	2.8	0.00001	0.31270	0.00003	0
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	29.6	4,554	997	64	0	93.6	0.01399	0.11463	0.00001	0.00001	9.2	0.00001	1.81330	0.00034	0
14	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	31.2	3,185	918	33	0	96.4	0.00009	0.00174	0.00001	0.00001	2.0	0.00001	0.03830	0.00002	0
15	연마제 제조업	23992	156	1,587	25.6	627	870	208	0	76.1	0.11871	0.33227	0.00001	0.00006	101.0	0.00001	2.18450	0.12594	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-41-2〉 폐놀 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수															
	합 계	1,063,142	9,363,961	1,874.2	785,539	56,298	2,824	0	95.0	0.01148	0.09670	0.00001	0.00001	7.6	0.00001	2.85471	0.00022	0		
1	신발 부분품 제조업	15220	418	2,408	0.2	7	2	2	0	0.0	0.66820	0.54532	0.66820	0.54571	2.5	0.28260	1.05380	2.52249	Low	
2	철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업	31202	241	4,364	1.2	29	22	17	0	22.7	0.02337	0.02086	0.01755	0.00359	40.3	0.00001	0.06160	1.56811	2	
3	도배, 실내 장식 및 내장 목공사업	42412	14,009	58,292	0.4	49	6	4	0	33.3	0.05177	0.05208	0.05220	0.00289	140.3	0.00001	0.13780	9.83007	4	
4	생활용 유리·요업·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업	46433	1,591	6,574	1.0	15	18	11	0	38.9	0.05903	0.08860	0.01340	0.00154	119.7	0.00001	0.34735	4.03334	3	
5	지정 외 폐기물 수집, 운반업	38110	2,290	28,009	1.0	83	20	15	0	25.0	0.01492	0.03358	0.00430	0.00135	32.0	0.00001	0.15080	0.40296	1	
6	구름베어링 제조업	29141	312	6,722	0.8	60	18	8	0	55.6	0.16490	0.24918	0.00001	0.00068	287.2	0.00001	0.92940	7.48761	4	
7	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	22229	1,349	15,966	2.6	406	206	89	0	56.8	0.13923	0.25263	0.00001	0.00051	208.9	0.00001	1.69480	3.31895	3	
8	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	16231	506	3,202	0.6	114	85	34	0	60.0	0.24862	0.44370	0.00001	0.00048	283.0	0.00001	2.12290	5.17186	4	
9	목재 보존, 방부처리, 도장 및 유사 처리업	16103	101	700	0.2	18	18	9	0	50.0	0.02110	0.04202	0.00250	0.00034	83.5	0.00001	0.17150	0.49836	1	
10	가정용 및 장식용 도자기 제조업	23221	352	1,933	0.4	24	8	4	0	50.0	0.01052	0.01435	0.00450	0.00030	80.7	0.00001	0.03780	0.40768	1	
11	속도계 및 적산계기 제조업	27214	196	2,058	1.0	6	9	3	0	66.7	0.07831	0.15127	0.00001	0.00016	187.0	0.00001	0.42482	0.87285	2	
12	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	20312	744	4,948	1.0	32	18	7	0	61.1	0.04639	0.16056	0.00001	0.00014	83.4	0.00001	0.68620	0.20104	1	
13	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	22249	1,490	24,925	5.4	212	139	38	0	72.7	0.18673	0.40485	0.00001	0.00012	176.6	0.00001	1.86990	0.58016	2	
14	소방시설 공사업	42204	3,388	5,955	1.0	86	47	15	0	68.1	0.02451	0.03629	0.00001	0.00011	93.8	0.00001	0.09160	0.19014	1	
15	점토 벽돌, 블록 및 유사 비내화 요업제품 제조업	23231	367	2,872	3.0	28	50	16	0	68.0	0.02300	0.04459	0.00001	0.00010	79.6	0.00001	0.16770	0.12789	1	

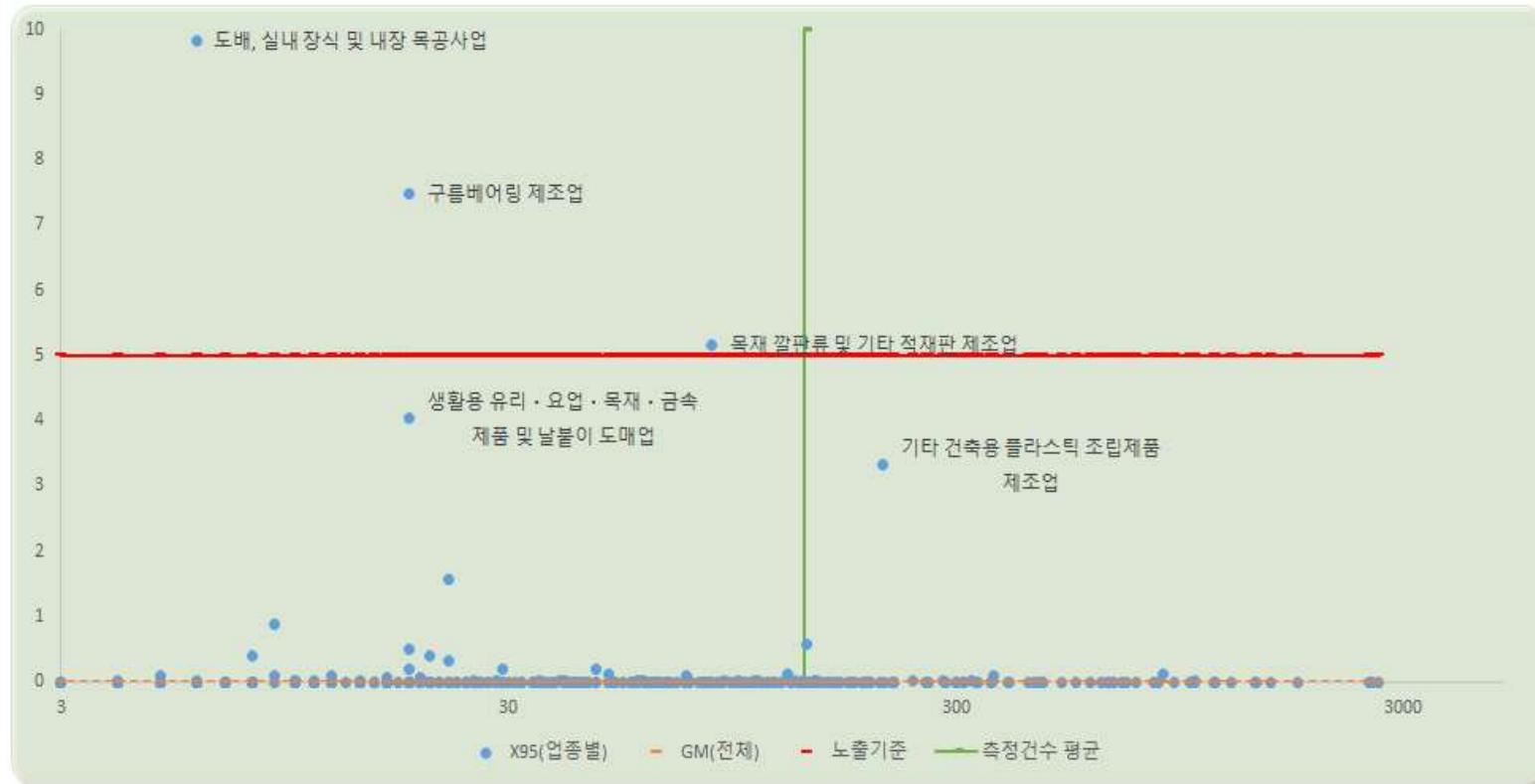
* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-41-3〉 페놀 $X_{0.95}$ 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
		사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계		1,063,142	9,363,961	1,874.2	785,539	56,298	2,824	0	95.0	0.01148	0.09670	0.00001	0.00001	7.6	0.00001	2.85471	0.00022	0	
1	도배, 실내 장식 및 내장 목공사업	42412	14,009	58,292	0.4	49	6	4	0	33.3	0.05177	0.05208	0.05220	0.00289	140.3	0.00001	0.13780	9.83007	4
2	구름베어링 제조업	29141	312	6,722	0.8	60	18	8	0	55.6	0.16490	0.24918	0.00001	0.00068	287.2	0.00001	0.92940	7.48761	4
3	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	16231	506	3,202	0.6	114	85	34	0	60.0	0.24862	0.44370	0.00001	0.00048	283.0	0.00001	2.12290	5.17186	4
4	생활용 유리·요업·목재·금속 제품 및 날붙이 도매업	46433	1,591	6,574	1.0	15	18	11	0	38.9	0.05903	0.08860	0.01340	0.00154	119.7	0.00001	0.34735	4.03334	3
5	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	22229	1,349	15,966	2.6	406	206	89	0	56.8	0.13923	0.25263	0.00001	0.00051	208.9	0.00001	1.69480	3.31895	3
6	신발 부분품 제조업	15220	418	2,408	0.2	7	2	2	0	0.0	0.66820	0.54532	0.66820	0.54571	2.5	0.28260	1.05380	2.52249	Low
7	철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업	31202	241	4,364	1.2	29	22	17	0	22.7	0.02337	0.02086	0.01755	0.00359	40.3	0.00001	0.06160	1.56811	2
8	속도계 및 적산계기 제조업	27214	196	2,058	1.0	6	9	3	0	66.7	0.07831	0.15127	0.00001	0.00016	187.0	0.00001	0.42482	0.87285	2
9	기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업	22249	1,490	24,925	5.4	212	139	38	0	72.7	0.18673	0.40485	0.00001	0.00012	176.6	0.00001	1.86990	0.58016	2
10	목재 보존, 방부처리, 도장 및 유사 처리업	16103	101	700	0.2	18	18	9	0	50.0	0.02110	0.04202	0.00250	0.00034	83.5	0.00001	0.17150	0.49836	1
11	가정용 및 장식용 도자기 제조업	23221	352	1,933	0.4	24	8	4	0	50.0	0.01052	0.01435	0.00450	0.00030	80.7	0.00001	0.03780	0.40768	1
12	지정 외 폐기물 수집, 운반업	38110	2,290	28,009	1.0	83	20	15	0	25.0	0.01492	0.03358	0.00430	0.00135	32.0	0.00001	0.15080	0.40296	1
13	그 외 기타 가구 제조업	32099	508	3,342	1.2	7	22	6	0	72.7	0.09279	0.19680	0.00001	0.00010	141.3	0.00001	0.60740	0.32872	1
14	표면처리 및 적층 직물 제조업	13994	100	1,190	1.2	26	29	8	0	72.4	0.04369	0.07311	0.00001	0.00009	111.0	0.00001	0.19990	0.20129	1
15	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	20312	744	4,948	1.0	32	18	7	0	61.1	0.04639	0.16056	0.00001	0.00014	83.4	0.00001	0.68620	0.20104	1

* $X_{0.95}$ 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

$X_{0.95}$
(ppm)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(5 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-29] 최근 5년간 페놀 업종별 작업환경측정 현황

(26) 포름알데히드(Formaldehyde)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile〉

포름알데히드는 자극적인 냄새가 나는 가연성의 무색 가스로 목재, 펄프 및 종이, 합성 유리질 섬유 산업에서 접착제 및 바인더용 화학 중간체(즉, 우레아-포름알데히드 수지, 페놀 수지 등)를 생산하는 데 주로 사용된다. 또한 플라스틱 및 코팅제 생산, 섬유 마무리 및 다양한 산업용 화학 물질 제조에 사용된다. 특히, 목재 패널 제조에서 접착제를 가열할 때 포름알데히드가 방출되어 프레스 작동 및 유지 보수 작업자에게 노출되고, 가구 제조에서 바니시 또는 페인트(스프레이 건 등) 건조 시 높은 농도에 노출된다고 하였다(IRSST, 2006). 포름알데히드는 수용액으로서 효과적인 소독제이자 방부제로 병원 병동, 병리학 연구실 및 장례식장(방부 처리액으로)에서 사용할 수 있고, 살균제, 살충제로도 사용되며, 향균제로 비누, 샴푸, 헤어 제품, 데오도란트, 로션, 화장품, 구강 세척제 등 제품에도 사용된다(ATSDR, 1999).

CAREX Canada는 약 117,000명의 캐나다인이 작업장에서 포름알데히드에 노출된 것으로 추정하였으며, 대표적인 노출원은 포름알데히드 함유 수지의 분해, 용액의 배출물(예: 방부 처리액) 및 연소원(예: 차량 배기가스)이라고 하였다. 대표적인 노출 직업 그룹은 요리사, 자동차 조립공, 검사관, 간호사 및 가구 및 비품 조립공이라고 하였다. 포름알데히드에 급성으로 노출 가능한 직종으로는 방부 처리공, 병리학 연구실 작업자, 목재, 펄프 및 제지 가공 작업자가 있고, 의료 전문가(간호사, 치과의사 및 약사) 및 의료 제품 및 장비를 사용하거나 청소하는 동안에도 노출가능하다. 수지, 인조 유리 섬유, 플라스틱 제품 생산에 종사하는 근로자는 잠재적으로 포름알데히드에 노출될 수 있으며, 작업장 환기 개선과 포름알데히드 방출이 적은 수지를 개발하여 노출농도를 낮추는 노력이 필요하다.

포름알데히드는 인간과 실험 동물에서 발암성이 있다는 충분한 증거를 기반으로 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 인간에게 발암성인 Group 1로 분류하였고, 역학연구에서 사람에게 비인두암과 백혈병을 유발한다는 충분한 증거를 보여주었으며, 부비동암을 유발한다는 제한된 증거를 보여주었다. 캐나다 직업성 암 부담(Burden of Occupational Cancer in Canada) 프로젝트에 따르면 직업상 포름알데히드에 노출되면 과거 노출(1961-2001)을 기준으로 캐나다에서 매년 약 5건의 백혈병과 5건 미만의 비인두암이 발생하였는데, 이는 매년 진단되는 모든 백혈병의 0.1%, 모든 비인두암 암의 0.8%에 해당하고, 대부분의 포름알데히드 관련 암은 제조업 분야의 근로자들 사이에서 발생한다고 보고하였다(Labreche et al., 2019; Occupational cancer center, 2017)

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 포름알데히드를 취급하는 것으로 조사된 사업장은 163개 업종, 658개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 103개 업종, 414개 사업장이 있었고, 115개 업종 244개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 포름알데히드를 취급한다고 보고한 사업장은 실험/연구 공정이 가장 많았고, 도장도포, 혼합, 도금, 검사, 접착, 반응, 세척제거 등 공정에서 원재료, 안료, 도료, 접착제, 표면처리제, 의약품, 코팅제, 전기도금제, 조직고정, 시약, 세제/살균/소독제, 방균, 방부제, 환원제, 경화촉진제, 용매제, 희석제 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.3 ppm(발암성 1A, 생식세포 변이원성 2), ACGIH TLV-TWA 0.1 ppm, OSHA PEL 0.75 ppm으로 관리되고 있다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

포름알데히드는 최근 5년간 444개 업종, 15,752개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간(평균) 3,150개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료

건 수 130,122건 중 검출된 시료는 89,482건으로 불검출률은 31.2% 수준이었다.

노출기준을 초과한 시료는 14건이 있었으며, 「기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업」 7건, 「기타 종이 및 판지 제조업」 4건, 「기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업」 2건 등이 있었다(표 III-43).

측정시료 수로는 「종합병원」에서 28,994건으로 가장 많았고, 「일반병원」 26,702건, 「일반의원」 3,324건, 「완제 의약품 제조업」 2,818건, 「그 외 기타 보건업」 2,564건, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」 2,368건 순으로 많았다. 444개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「종합병원」, 「일반병원」, 「일반의원」, 「완제 의약품 제조업」, 「그 외 기타 보건업」 등 순으로 427개 업종이 있었다.

포름알데히드를 평가한 주요 공정은 수술실, 내시경실, 병리과, 산부인과, 진단검사의학과, 임상병리실 등 의료관련이 가장 많았고, 급식실, 사출성형, 중차, 후란 조형 등 순으로 많았다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0000001 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업」 0.07024ppm(n= 105), 「목재 보존, 방부처리, 도장 및 유사 처리업」에서 0.03525 ppm(n=64), 「안경 및 안경렌즈 제조업」 0.03343ppm(n=27), 「장식용 목제품 제조업」 0.03250 ppm(n=1), 「수중 공사업」 0.02863ppm(n=8) 등 순이었다.

목재관련 제조업에서 목재의 접착, 합지, 열압, 함침, 가열 등 공정, 해수면 양식업의 어류양식 공정, 안경테 코팅, 해양생물 연구작업에서 시료 고정 등 작업에서 평가되었다.

95% 상위 값이 노출기준인 0.3 ppm을 초과하는 업종은 「건설업 본사」, 「그 외 기타 유리제품 제조업」, 「산업 처리공정 제어장비 제조업」, 「배전반 및 전기 자동제어반 제조업」, 「가정용 및 장식용 도자기 제조업」, 「한식 일반 음식점업」, 「목재 도구 및 주방용 나무제품 제조업」, 「금속선 가공제품

제조업, 「기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업, 「기타 건축용 비내화 요업제품 제조업, 「탄소섬유 제조업, 「골판지 제조업, 「점토 벽돌, 블록 및 유사 비내화 요업제품 제조업」 등 283개 업종이 있었다.

건설업의 마루 등 목재로 접착, 특수합판, 목제품 등의 접착, 코팅공정, 유리섬유 및 탄소섬유 가공에서 접착, 열압프레스 및 용융방사, 와인딩, 코팅 등 공정, 합성주 실험실, 제어장비 부품(수도미터, 형광등 기구 등)사출성형, 도자기 제조업의 내화물 혼합, 구내식당 등이 있었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

포름알데히드 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업, 「기타 종이 및 판지 제조업, 「기타 기계·장비 조립용 플라스틱제품 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위 값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 293$) 이상인 업종은 53개가 있었으며 이 중 시료수가 많았던 「종합병원, 「일반 병원, 「일반의원, 「완제 의약품 제조업, 「그 외 기타 보건업, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업, 「의학 및 약학 연구개발업, 「기타 자연 과학 연구개발업, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 등에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-30).

〈표 III-42-1〉 포름알데히드 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계			1,089,390	9,078,252.4	3,150.4	789,356	130,122	89,482	14	31.2	0.01437	0.02503	0.00520	0.00027	234.7	0.0000001	1.15500	2.1328	4
1	종합병원	86101	188	38,806.0	300.8	138,384	28,994	20,503	0	29.3	0.01426	0.02305	0.00600	0.00034	214.5	0.0000001	0.29980	2.3604	4
2	일반병원	86102	6,311	317,035.0	789.6	137,486	26,702	19,537	0	26.8	0.01522	0.02326	0.00700	0.00047	192.0	0.0000001	0.29510	2.6614	4
3	일반의원	86201	29,479	199,869.8	142.2	13,493	3,324	2,460	0	26.0	0.01794	0.02428	0.00996	0.00061	200.9	0.0000001	0.20659	3.7289	4
4	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218.4	62.6	18,138	2,818	1,827	0	35.2	0.00874	0.01464	0.00400	0.00014	231.6	0.0000001	0.14040	1.0513	4
5	그 외 기타 보건업	86909	672	14,191.2	62.4	10,859	2,564	1,750	0	31.7	0.01394	0.02128	0.00609	0.00027	247.1	0.0000001	0.22717	2.3655	4
6	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975.2	51.4	7,954	2,368	1,379	0	41.8	0.01299	0.02484	0.00290	0.00008	330.5	0.0000001	0.24660	1.1623	4
7	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705.2	26.4	3,195	2,093	1,439	0	31.2	0.01290	0.02121	0.00575	0.00026	231.4	0.0000001	0.26780	2.0395	4
8	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293.2	60.6	5,210	2,018	1,344	0	33.4	0.01356	0.02507	0.00496	0.00020	249.6	0.0000001	0.21310	1.7972	4
9	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547.4	54.2	5,454	1,991	1,310	0	34.2	0.01150	0.01798	0.00510	0.00019	256.7	0.0000001	0.14910	1.7243	4
10	기타 자연과학 연구개발업	70119	564	11,331.8	28.4	8,385	1,788	1,105	0	38.2	0.01180	0.01837	0.00400	0.00013	301.9	0.0000001	0.14000	1.5403	4
11	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685.0	46.8	27,517	1,716	1,057	0	38.4	0.00881	0.01626	0.00300	0.00010	257.6	0.0000001	0.14000	0.9205	4
12	지방행정 집행기관	84113	14,570	233,394.0	4.0	1,558	1,713	1,607	0	6.2	0.01562	0.02032	0.00935	0.00500	19.3	0.0000001	0.24130	0.6496	4
13	공중 보건 의료업	86300	440	6,880.6	35.0	7,175	1,701	950	0	44.2	0.01687	0.02642	0.00241	0.00008	420.8	0.0000001	0.23320	1.6694	4
14	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,258.8	37.2	9,946	1,692	1,064	0	37.1	0.01069	0.01986	0.00290	0.00012	258.8	0.0000001	0.14432	1.0986	4
15	계면활성제 제조업	20421	294	3,877.8	18.4	2,074	1,673	1,205	0	28.0	0.00855	0.01474	0.00333	0.00026	155.8	0.0000001	0.12636	1.0400	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-42-2〉 포름알데히드 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계			1,089,390	9,078,252.4	3,150.4	789,356	130,122	89,482	14	31.2	0.01437	0.02503	0.00520	0.00027	234.7	0.0000001	1.15500	2.1328	4
1	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	16231	506	3,201.8	1.8	153	105	103	0	1.9	0.11658	0.06724	0.10750	0.07024	8.0	0.0000001	0.23770	2.1657	4
2	해수면 양식 어업	03211	607	1,998.6	0.4	3	3	3	0	0.0	0.07677	0.07932	0.03910	0.05348	2.8	0.0233000	0.16790	0.2883	3
3	요업용 도포제 및 관련제품 제조업	20412	28	271.0	0.2	3	2	2	0	0.0	0.04510	0.01061	0.04510	0.04447	1.3	0.0376000	0.05260	0.0657	Low
4	목재 보존, 방부처리, 도장 및 유사 처리업	16103	101	700.0	3.0	51	64	63	0	1.6	0.05949	0.04737	0.04525	0.03525	6.3	0.0000001	0.21410	0.7345	4
5	안경 및 안경렌즈 제조업	27193	587	2,488.0	0.8	15	27	26	0	3.7	0.05989	0.03253	0.05565	0.03343	13.5	0.0000001	0.12406	2.4047	4
6	장식용 목제품 제조업	16292	267	959.2	0.2	4	1	1	0	0.0	0.03250	-	0.03250	0.03250	-	0.0325000	0.03250	-	Low
7	자동차용 금속 압형제품 제조업	25913	141	764.4	0.2	8	2	2	0	0.0	0.03090	0.00226	0.03090	0.03086	1.1	0.0293000	0.03250	0.0348	Low
8	수중 공사업	42136	354	1,405.6	0.4	3	8	8	0	0.0	0.05220	0.03583	0.05690	0.02863	4.8	0.0016000	0.10130	0.3841	4
9	광고 대행업	71310	11,021	54,113.4	0.2	2	2	2	0	0.0	0.02850	0.01188	0.02850	0.02723	1.5	0.0201000	0.03690	0.0552	Low
10	출장 음식 서비스업	56141	303	1,277.4	0.2	14	3	3	0	0.0	0.02433	0.00651	0.02400	0.02375	1.3	0.0180000	0.03100	0.0371	2
11	산업용 냉장 및 냉동장비 제조업	29171	1,015	7,278.0	0.8	22	13	13	0	0.0	0.03613	0.03220	0.02940	0.02153	3.2	0.0035000	0.09550	0.1454	2
12	가정용 전기 난방기기 제조업	28512	294	1,214.8	0.2	27	2	2	0	0.0	0.01960	0.00000	0.01960	0.01960	1.0	0.0196000	0.01960	0.0196	Low
13	정형 외과용 및 신체 보정용 기기 제조업	27192	1,559	6,293.0	1.0	104	53	52	0	1.9	0.03923	0.04436	0.01868	0.01831	7.3	0.0000001	0.14709	0.4827	4
14	기타 종이 및 판지 제조업	17129	397	5,312.8	4.6	441	157	147	0	6.4	0.07277	0.08138	0.04580	0.01811	30.3	0.0000001	0.47310	4.9465	4
15	기타 일반 도자기 제조업	23229	198	730.0	1.2	18	40	38	0	5.0	0.05274	0.03723	0.05780	0.01719	22.6	0.0000001	0.12190	2.9087	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

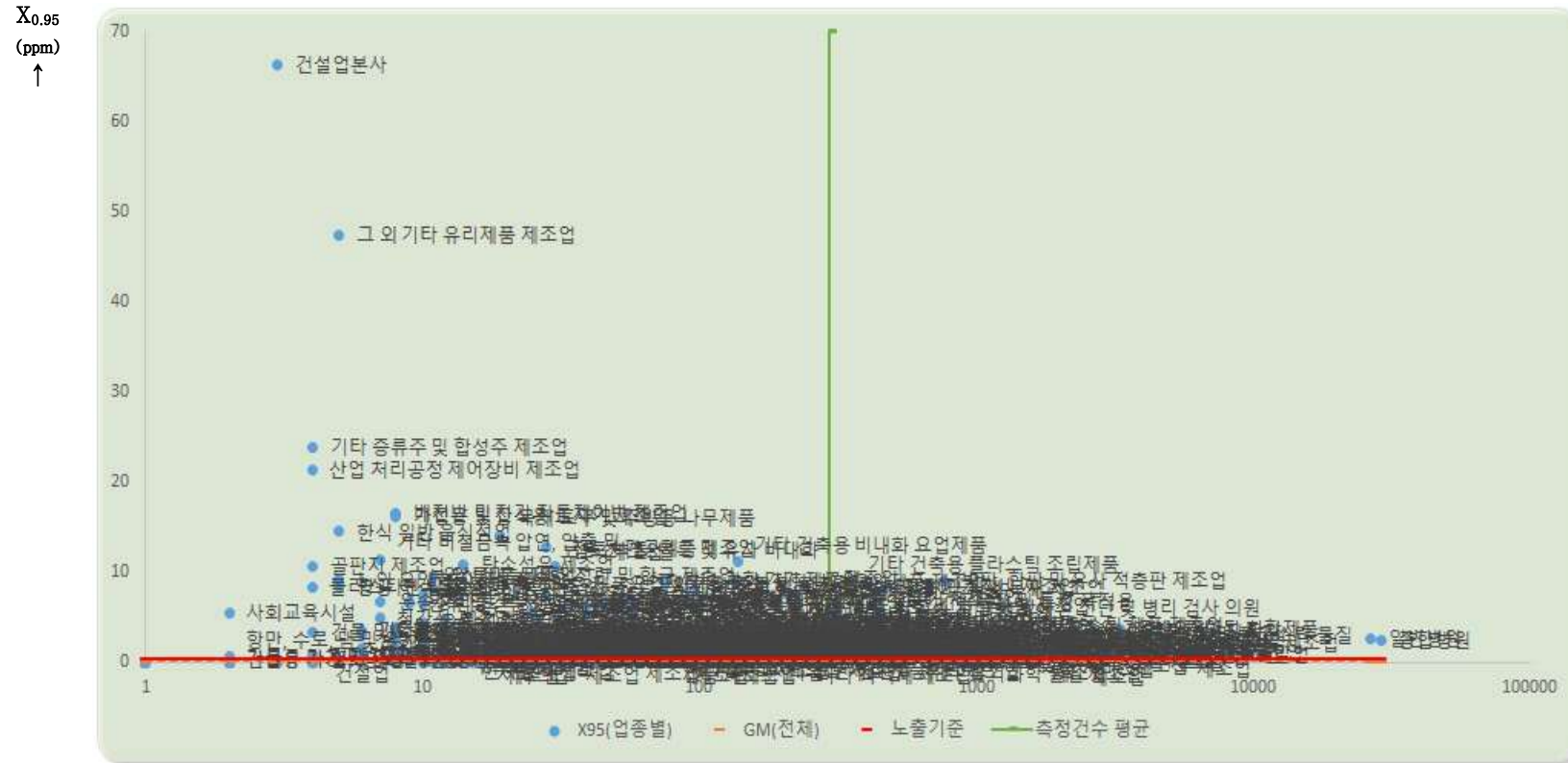
〈표 III-42-3〉 포름알데히드 $X_{0.95}$ 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	$X_{0.95}$	등급*
			사업장수	근로자수															
	합 계		1,089,390	9,078,252.4	3,150.4	789,356	130,122	89,482	14	31.2	0.01437	0.02503	0.00520	0.00027	234.7	0.0000001	1.15500	2.1328	4
1	건설업본사	41999	121,915	426,552.8	0.2	4	3	2	0	33.3	0.01913	0.01661	0.02760	0.00043	1415.7	0.0000001	0.02980	66.3315	4
2	그 외 기타 유리제품 제조업	23199	483	4,845.8	0.8	2	5	4	0	20.0	0.04626	0.04132	0.05359	0.00305	353.2	0.0000001	0.08570	47.4551	4
3	기타 증류주 및 합성주 제조업	11129	38	214.0	0.4	2	4	3	0	25.0	0.03698	0.05539	0.01520	0.00077	539.2	0.0000001	0.11750	23.8985	4
4	산업 처리공정 제어장비 제조업	27216	430	6,540.6	0.2	9	4	3	0	25.0	0.01600	0.01378	0.01575	0.00093	448.3	0.0000001	0.03250	21.3266	4
5	배전반 및 전기 자동제어반 제조업	28123	7,548	41,343.4	0.6	8	8	6	0	25.0	0.02463	0.02356	0.01705	0.00116	335.2	0.0000001	0.05750	16.6021	4
6	가정용 및 장식용 도자기 제조업	23221	352	1,933.0	0.4	24	8	5	0	37.5	0.03086	0.03995	0.01195	0.00029	769.4	0.0000001	0.11000	16.2191	4
7	한식 일반 음식점업	56111	134,561	401,465.8	0.4	120	5	4	0	20.0	0.01662	0.00973	0.01990	0.00178	238.2	0.0000001	0.02400	14.4735	4
8	목재 도구 및 주방용 나무제품 제조업	16291	646	5,989.4	1.4	223	19	16	0	15.8	0.04439	0.04478	0.02686	0.00464	130.7	0.0000001	0.15070	14.0683	4
9	금속선 가공제품 제조업	25944	772	8,160.4	0.8	11	28	23	0	17.9	0.05520	0.06223	0.03823	0.00223	192.0	0.0000001	0.19601	12.6949	4
10	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	24229	116	1,697.6	0.8	18	7	6	0	14.3	0.02819	0.02360	0.02720	0.00443	118.3	0.0000001	0.07220	11.3951	4
11	기타 건축용 비내화 요업제품 제조업	23239	59	390.2	6.4	36	137	107	0	21.9	0.03969	0.04328	0.03000	0.00154	221.4	0.0000001	0.23100	11.1134	4
12	탄소섬유 제조업	23995	13	53.8	0.8	15	14	8	0	42.9	0.03230	0.03948	0.02075	0.00017	827.2	0.0000001	0.11550	10.8776	4
13	골판지 제조업	17211	1,560	15,829.8	0.2	27	4	2	0	50.0	0.01743	0.02068	0.01450	0.00006	1573.2	0.0000001	0.04070	10.6339	4
14	점토 벽돌, 블록 및 유사 비내화 요업제품 제조업	23231	367	2,872.0	2.0	24	30	25	0	16.7	0.03698	0.04378	0.02920	0.00360	128.1	0.0000001	0.20680	10.5591	4
15	알루미늄 제련, 정련 및 합금 제조업	24212	107	2,037.6	1.0	20	11	8	0	27.3	0.02119	0.02538	0.01159	0.00073	319.5	0.0000001	0.08251	9.6410	4

* $X_{0.95}$ 등급 - 0: < OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산출 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수		근로자수														
			측정 사업장수	측정 근로자수															
합 계			1,089,390	9,078,252.4	3,150.4	789,356	130,122	90,033	14	30.8	0.01437	0.02503	0.00520	0.00027	234.7	0.0000001	1.15500	2.1328	4
16	노인 요양 복지시설 운영업	87111	9,653	187,260.6	0.8	193	5	4	0	20.0	0.03002	0.05546	0.00950	0.00116	233.7	0.0000001	0.12890	9.1224	4
17	박판, 합판 및 유사 적층판 제조업	16211	302	2,969.6	15.6	951	766	633	0	17.4	0.03973	0.04483	0.02415	0.00268	139.6	0.0000001	0.24710	9.0600	4
18	기타 광학 기기 제조업	27309	380	4,758.2	2.0	88	75	58	0	22.7	0.02974	0.03366	0.01680	0.00146	202.1	0.0000001	0.12807	9.0379	4
19	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	22229	1,349	15,966.4	9.4	516	351	285	7	18.8	0.04675	0.07897	0.01330	0.00219	156.7	0.0000001	0.66110	8.9599	4
20	부정형 내화 요업제품 제조업	23212	313	4,287.4	6.8	86	135	114	0	15.6	0.04140	0.04278	0.03040	0.00360	115.9	0.0000001	0.19940	8.9546	4
21	건설 및 채광용 기계장비 제조업	29241	987	13,986.6	2.0	2,077	238	171	0	28.2	0.02344	0.02830	0.02010	0.00078	283.0	0.0000001	0.18540	8.4100	4
22	항공 여객 운송업	51100	64	13,140.8	0.4	1,813	5	3	0	40.0	0.01198	0.01213	0.01170	0.00015	781.5	0.0000001	0.02610	8.4084	4
23	폴리스티렌 발포 성형제품 제조업	22251	72	387.4	0.4	11	4	2	0	50.0	0.01448	0.01671	0.01445	0.00005	1423.3	0.0000001	0.02900	8.2790	4
24	강화 및 재생 목재 제조업	16212	102	2,012.8	5.8	581	470	391	0	16.8	0.03769	0.04544	0.02118	0.00306	121.3	0.0000001	0.28769	8.2032	4
25	도료 도매업	46691	1,200	3,075.8	1.2	18	11	9	0	18.2	0.03324	0.04195	0.01480	0.00186	163.8	0.0000001	0.11260	8.1526	4
26	기타 목재 가구 제조업	32029	3,815	17,741.4	5.6	71	96	74	0	22.9	0.03064	0.03750	0.01129	0.00129	201.6	0.0000001	0.15210	7.9527	4
27	분사기 및 소화기 제조업	29193	279	2,668.4	0.6	13	10	8	0	20.0	0.02533	0.04117	0.00890	0.00150	176.6	0.0000001	0.13670	7.4717	4
28	그 외 기타 가구 제조업	32099	508	3,342.4	2.2	14	28	22	0	21.4	0.02944	0.03571	0.01205	0.00139	184.4	0.0000001	0.12950	7.4044	4
29	연마재 제조업	23992	156	1,587.0	7.6	246	213	154	0	27.7	0.02733	0.03598	0.01130	0.00073	271.0	0.0000001	0.17570	7.3037	4
30	금속 절삭기계 제조업	29223	1,508	11,936.4	2.2	131	92	77	0	16.3	0.03145	0.03460	0.01975	0.00312	109.6	0.0000001	0.13380	7.0650	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

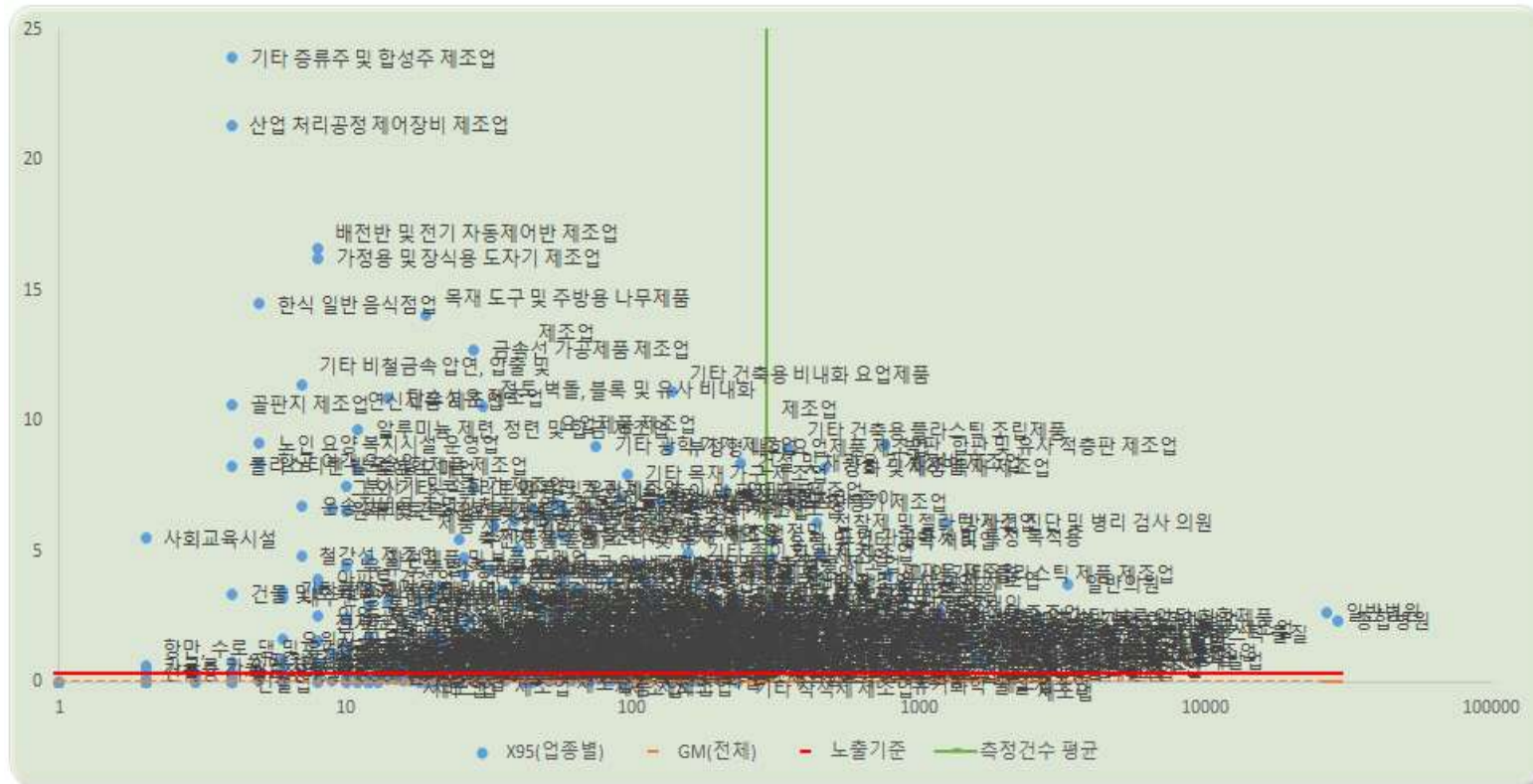


→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.3 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-30] 최근 5년간 포름알데히드 업종별 작업환경측정 현황

$X_{0.95}$
(ppm)
↑

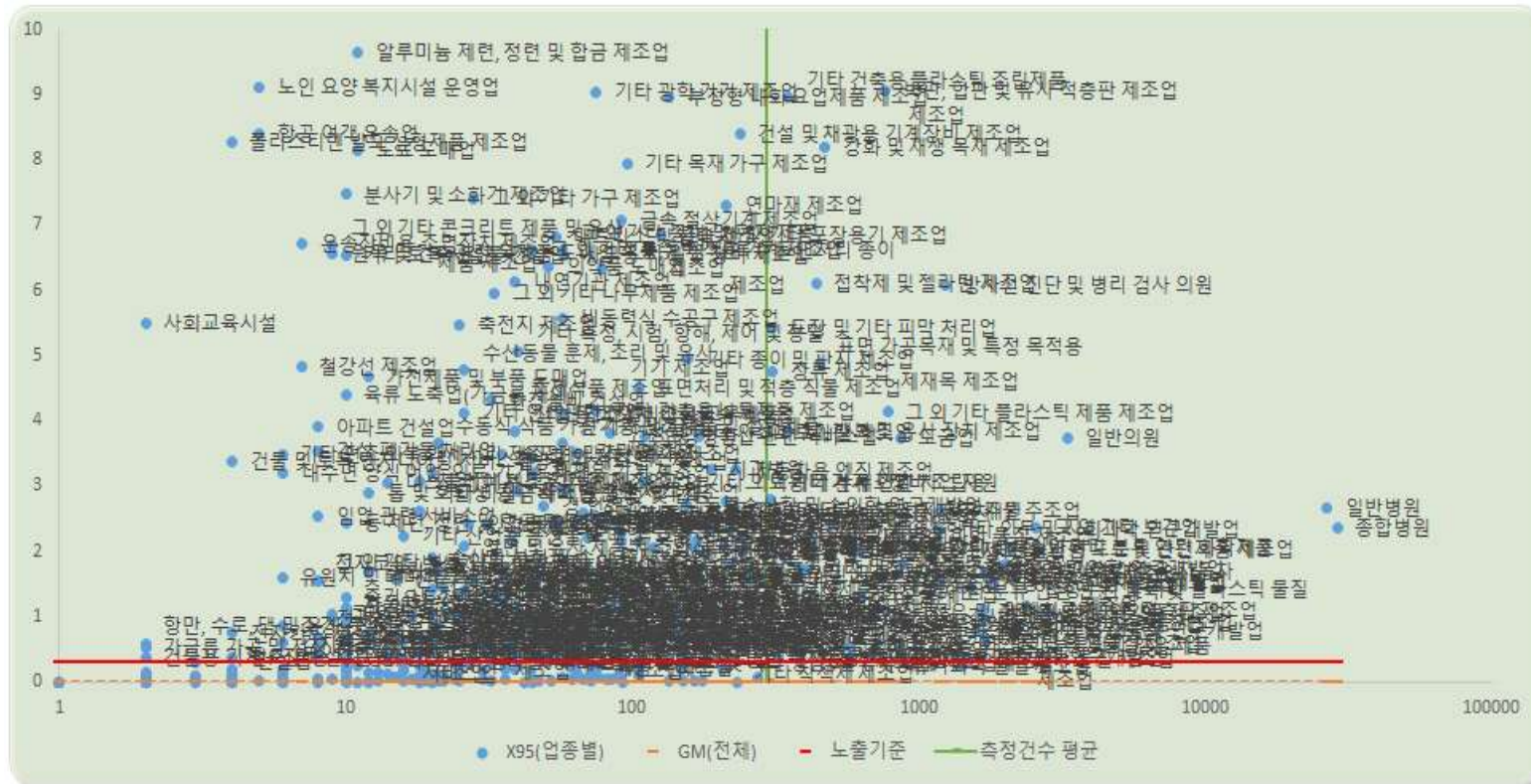


→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.3 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-30] 최근 5년간 포름알데히드 업종별 작업환경측정 현황_계속

$X_{0.95}$
(ppm)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.3 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-30] 최근 5년간 포름알데히드 업종별 작업환경측정 현황_계속

(27) 프로필렌이민(Propylimine)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템, <https://www.nifds.go.kr/toxinfo>〉

프로필렌이민은 무색의 액체로 지방족 아민과 같은 냄새 또는 암모니아 같은 냄새가 난다. 주로 종이, 식물, 고무 및 제약 화학물질의 제조 및 화학 중간체 등으로 사용된다. 또한 라텍스 표면 코팅 수지 생산에 사용되어 접착력을 향상시킨다. 프로필렌이민은 실험동물에서 발암성을 나타내어 IARC 발암 물질 분류에서 Group 3으로 정하고 있으며 심각한 눈 자극제이며 상부 호흡기의 자극을 유발한다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 2 ppm(발암성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 0.2 ppm(STEL 0.4 ppm), OSHA PEL 2 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 프로필렌이민을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 3개 사업장이 있었으나, 최근 5년간 국내에서 작업환경측정이 실시되어 보고된 건은 없었다. 프로필렌이민을 취급한다고 보고한 사업장은 윤활유 등 생산을 위한 혼합, 투입, 용해 공정에서 취급한다고 조사되었다.

(28) 황산디메틸(Dimethyl sulfate)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템, <https://www.nifds.go.kr/toxinfo>〉

황산디메틸은 무색, 무취의 액체로 광범위한 중간체 및 생성물의 합성에서 메틸화제 및 알킬화제로 사용된다. 아민 및 페놀 메틸렌화제, 폴리 우레탄계 접착제, 농약, 섬유 유연제, 염료, 합성 약물 및 각종 중간체의 메틸화 및 황산화제, 특히 염료, 농약, 의약품 및 기타 전문 분야의 다양한 중간체 및 생성물의 제조에서 알킬화제로 사용된다.

황산디메틸은 매우 유독한 독성 물질이며 몇 분 후에 감작된 동물에 사망을 유도할 수 있다. 증기 노출의 즉각적인 영향으로 눈물, 눈꺼풀 경화 그리고 결막부종이 있으며, 기침, 쉼 목소리, 혀, 입술, 후두 및 폐의 부종은 시간이 지난 후에 발생한다. 점막으로 직접 접촉되거나 섭취 시 황산 노출과 유사한 반응을 일으킨다. 흡수 후, 인체에 폐부종과 간 및 신장 손상을 나타내며, 간 질환의 증상으로 불쾌감, 혼수, 메스꺼움, 구토, 가려움증, 우측 상부 사분면 통증 및 식욕 부진증, 공막 황반 병, 간 비대 및 압통, 어두운 소변 및 밝은 색의 변이 있을 수 있다. IARC 발암물질 분류에 의해 인체 발암 추정 물질로 분류되어 있다(Group 2A). 국내 노출기준 8시간 시간가중평균 (TWA) 0.1 ppm(발암성 1B, 생식세포 변이원성 2, Skin), ACGIH TLV-TWA 0.1 ppm, OSHA PEL 0.1 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 황산디메틸을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 6개 업종, 11개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 1개 업종(계면활성제 제조업), 5개 사업장이 있었고, 5개 업종 6개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 황산디메틸을 취급한다고 보고한 사업장은 반응, 혼합, 조립 공정이 가장 많았고, 디메틸 황산염, 페인트 희석제 등 원자재, 합성물질, 중간체 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

황산디메틸은 최근 5년간 30개 업종, 203개 사업장에서 측정이 실시 되었으며, 연간 (평균) 40개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 1,177건 중 검출된 시료는 0건으로 불검출률 100% 이었다. 측정시료 수로는 「계면활성제 제조업」에서 371건으로 가장 많았고, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 201건, 「의학 및 약학 연구개발업」 102건, 「기타 공학 연구개발업」 81건, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업」 60건, 「기타 사무 지원 서비스업」 47건 순으로 많았다. 황산디메틸은 계면활성제, 의약품, 화학

제품, 건축용, 자동차용, 모바일용 도료, 반도체 약품 생산 등에 활용되었다. 주요 취급공정은 합성신약, 실험실, 연구실, 개발분석실, 반응, 투입, 배합 등 공정에서 활용되었다.

(29) 히드라진(Hydrazine)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: carexcanada.ca/profile〉

히드라진은 투명한 무색 액체의 독특한 암모니아 냄새가 나는 인화성 물질이다. 주로 플라스틱 생산, 농업용 살충제 및 발포제를 생산하는 화학 중간체, 보일러 및 난방 시스템의 부식 방지제로 사용된다. 또한 스파텍스 생산, 로켓 연료, 여러 화학 공정에서 촉매 또는 환원제로 사용된다.

국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 2016년 초 히드라진에 대한 발암성 증거를 검토하고, 인체에 발암 가능성이 있는 Group 2A로 상향하였다. 이 분류는 히드라진이 폐암을 유발한다는 제한된 인간 증거와 실험동물에서의 발암성에 대한 충분한 증거를 기반으로 한다. 동물실험에서 생쥐와 쥐의 간 및 폐 종양, 햄스터의 간 종양 발병률을 증가시켰고, 산화 스트레스와 DNA 손상을 유발한다고 보고하였다. 로켓 테스트 시설에서 실시한 두 가지 연구에서는 히드라진에 많이 노출된 것으로 추정되는 근로자들 사이에서 폐암이 과도하게 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 히드라진은 부식성이 있으며 피부에 닿으면 화상과 피부염을 일으킬 수 있다. 흡입 및 섭취는 각각 호흡기 및 소화 시스템을 자극하여 메스꺼움, 구토, 경련, 떨림, 기면, 발작, 신경염, 심한 경우 혼수 상태와 같은 중추신경계 건강에 영향을 줄 수 있고, 장기간 노출되면 간, 신장 및 생식 기관 손상을 일으킬 수 있다.

흡입 및 피부 접촉은 히드라진에 직업적으로 노출되는 가장 중요한 경로로 노출되는 주요 직종에는 물 처리 및 물 보일러 시스템 유지, 살충제 취로켓 연료 사용, 연구 또는 기타 실험 목적의 실험실에서도 발생할 수 있다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.05 ppm(발암성 1B, Skin), ACGIH TLV-TWA 0.01 ppm, OSHA PEL 1 ppm으로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 히드라진을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 23개 업종, 37개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 10개 업종, 13개 사업장이 있었고, 19개 업종 24개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 히드라진을 취급한다고 보고한 사업장은 실험/연구 공정이 가장 많았고, 정제, 혼합, 반응, 점착 등 공정에서 원재료, 환원제, 분석시약, 부식억제제, pH 조절제, 점착제, 세정제 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

히드라진은 최근 5년간 84개 업종, 620개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 124개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 3,159건 중 검출된 시료는 85건으로 불검출률은 97.3% 수준이었다. 측정시료 수로는 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」에서 416건으로 가장 많았고, 「의학 및 약학 연구개발업」 272건, 「원자력 발전업」 189건, 「기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업」 155건, 「석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업」 142건, 「기타 공학 연구개발업」 133건 순으로 많았다(표 III-44). 84개 실시 업종 중 검출된 시료가 많은 업종은 「원자력 발전업」, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」, 「기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업」, 「기타 1차 비철금속 제조업」 등 순으로 22개 업종이었다.

히드라진은 연구개발, 전력생산, 의약품, 비금속원료재생, 실험/분석, 전자재료(반도체 소자등) 생산, 화학제품 생산 등에 활용되었다, 주요 취급공정은 실험실, 연구실, 개발분석실, 도금, 약품처리, 발전소, 산세척/산처리, 정제 등 공정에서 활용되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0000005 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」 0.000017ppm(n= 10), 「물질 성분 검사 및 분석업」 0.000008 ppm(n= 6), 「접착제 및 젤라틴 제조업」에서 0.000005ppm(n=22), 「기타 1차 비철금속 제조업」에서 0.00003 ppm(n=28), 「제철업」 0.000002ppm(n=7), 「증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업」 0.000001 ppm(n=21), 「농림업용 기계 및 장비 도매업」 0.000001 ppm(n=10) 「석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학물질 제조업」 0.000001ppm(n=142)등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 0.05ppm을 초과하는 업종은 없었다.

일반 목적용 기계 제조업의 라디에이터 제조 작업 중 열처리/디핑 공정, 물질 성분 검사 및 분석업의 반도체 불량 분석을 위한 검사공정, 2차 전지 습식분석 공정, 우레탄 생산을 위한 교반/소분공정, 비철 금속 제조업에서 금 또는 나노신소재의 산세척 공정, 제철업 제철/제강/압연 공정의 가열로 작업, 증기, 난방공급업의 열병합 발전에서 수처리 분석 공정, 히드라진 생산 및 합성유기착색제, 플라스틱산화방지제, 각종 시약, 화학제품 등을 생산 사업장의 실험실, 소분, 생산 공정에서 평가되었다

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

히드라진 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료는 없었으며, 95% 상위 값이 노출기준인 0.05ppm을 초과하는 업종도 없었다. (그림 III-31).

〈표 III-43-1〉 히드라진 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수															
합 계		-	178,824	1,850,991	124.0	60,912	3,159	85	0	97.3	0.000124	0.001281	0.000001	0.000001	3.7	0.000001	0.031300	0.000005	0
1	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	15.2	1,951	416	18	0	95.7	0.000218	0.001464	0.000001	0.000001	5.5	0.000001	0.014220	0.000012	0
2	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	7.0	1,118	272	0	0	100.0	0.000001	0.000000	0.000001	0.000000	1.0	0.000001	0.000001	0.000001	-
3	원자력 발전업	35111	6	104	3.6	5,426	189	0	0	100.0	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	1.0	0.000001	0.000001	0.000001	-
4	기타 비철금속 제련 정련 및 합금 제조업	24219	168	5,268	8.4	60	155	9	0	94.2	0.000425	0.002917	0.000001	0.000001	7.4	0.000001	0.031300	0.000022	0
5	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	5.2	812	142	11	0	92.3	0.000571	0.002782	0.000001	0.000001	11.2	0.000001	0.019500	0.000053	0
6	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	6.0	6,120	133	5	0	96.2	0.000083	0.000668	0.000001	0.000001	3.7	0.000001	0.006080	0.000006	0
7	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	3.0	709	115	3	0	97.4	0.000007	0.000045	0.000001	0.000001	2.7	0.000001	0.000400	0.000003	0
8	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	2.2	347	103	0	0	100.0	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	1.0	0.000001	0.000001	0.000001	-
9	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	5.0	2,285	96	3	0	96.9	0.000016	0.000095	0.000001	0.000001	3.3	0.000001	0.000700	0.000004	0
10	기타 비철금속 주조업	24329	378	3,460	2.0	68	96	0	0	100.0	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	1.0	0.000001	0.000001	0.000001	0
11	도금업	25922	2,129	24,063	3.0	61	70	4	0	94.3	0.000936	0.004011	0.000001	0.000001	11.2	0.000001	0.021800	0.000048	0
12	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	2.0	566	65	0	0	100.0	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	1.0	0.000001	0.000001	0.000001	-
13	비디오 및 기타 영상 기기 제조업	26519	550	47,289	0.6	5,342	65	0	0	100.0	0.000000	0.000000	0.000001	0.000001	1.0	0.000001	0.000001	0.000001	-
14	일반용 도로 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	1.8	290	63	1	0	98.4	0.000013	0.000101	0.000001	0.000001	2.5	0.000001	0.000800	0.000003	0
15	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	1.6	188	51	0	0	100.0	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	1.0	0.000001	0.000001	0.000001	-

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-43-2〉 히드라진 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
			사업장수	근로자수															
	합 계	-	178,824	1,850,991	124.0	60,912	3,159	85	0	97.3	0.000124	0.001281	0.000001	0.000001	3.7	0.000001	0.031300	0.000005	0
1	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	0.6	11	10	4	0	60.0	0.001650	0.002904	0.000001	0.000017	95.1	0.000001	0.009100	0.030053	3
2	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	0.4	3	6	2	0	66.7	0.000670	0.001038	0.000001	0.000008	72.6	0.000001	0.002030	0.009163	2
3	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	0.8	22	22	6	0	72.7	0.000550	0.001083	0.000001	0.000005	40.9	0.000001	0.003800	0.002034	1
4	기타 1차 비철금속 제조업	24290	145	1,572	1.4	5	28	7	0	75.0	0.001054	0.003813	0.000001	0.000003	25.4	0.000001	0.016500	0.000578	1
5	제철업	24111	21	740	0.4	2,566	7	1	0	85.7	0.000885	0.002339	0.000001	0.000002	35.2	0.000001	0.006190	0.000673	1
6	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	35300	81	3,088	2.0	123	21	3	0	85.7	0.000038	0.000108	0.000001	0.000001	9.0	0.000001	0.000440	0.000044	0
7	농림업용 기계 및 장비 도매업	46531	1,174	2,756	0.6	20	10	1	0	90.0	0.000050	0.000158	0.000001	0.000001	8.9	0.000001	0.000500	0.000036	0
8	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	5.2	812	142	11	0	92.3	0.000571	0.002782	0.000001	0.000001	11.2	0.000001	0.019500	0.000053	0
9	도금업	25922	2,129	24,063	3.0	61	70	4	0	94.3	0.000936	0.004011	0.000001	0.000001	11.2	0.000001	0.021800	0.000048	0
10	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	24219	168	5,268	8.4	60	155	9	0	94.2	0.000425	0.002917	0.000001	0.000001	7.4	0.000001	0.031300	0.000022	0
11	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	70209	1,472	26,098	1.4	857	35	2	0	94.3	0.000029	0.000120	0.000001	0.000001	5.1	0.000001	0.000600	0.000011	0
12	지정 외 폐기물 처리업	38210	537	5,021	1.8	60	23	1	0	95.7	0.000114	0.000542	0.000001	0.000001	6.0	0.000001	0.002600	0.000014	0
13	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	15.2	1,951	416	18	0	95.7	0.000218	0.001464	0.000001	0.000001	5.5	0.000001	0.014220	0.000012	0
14	기타 화학 물질 및 화학제품 도매업	46739	2,948	8,803	1.6	78	40	2	0	95.0	0.000015	0.000080	0.000001	0.000001	3.9	0.000001	0.000500	0.000006	0
15	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	6.0	6,120	133	5	0	96.2	0.000083	0.000668	0.000001	0.000001	3.7	0.000001	0.006080	0.000006	0

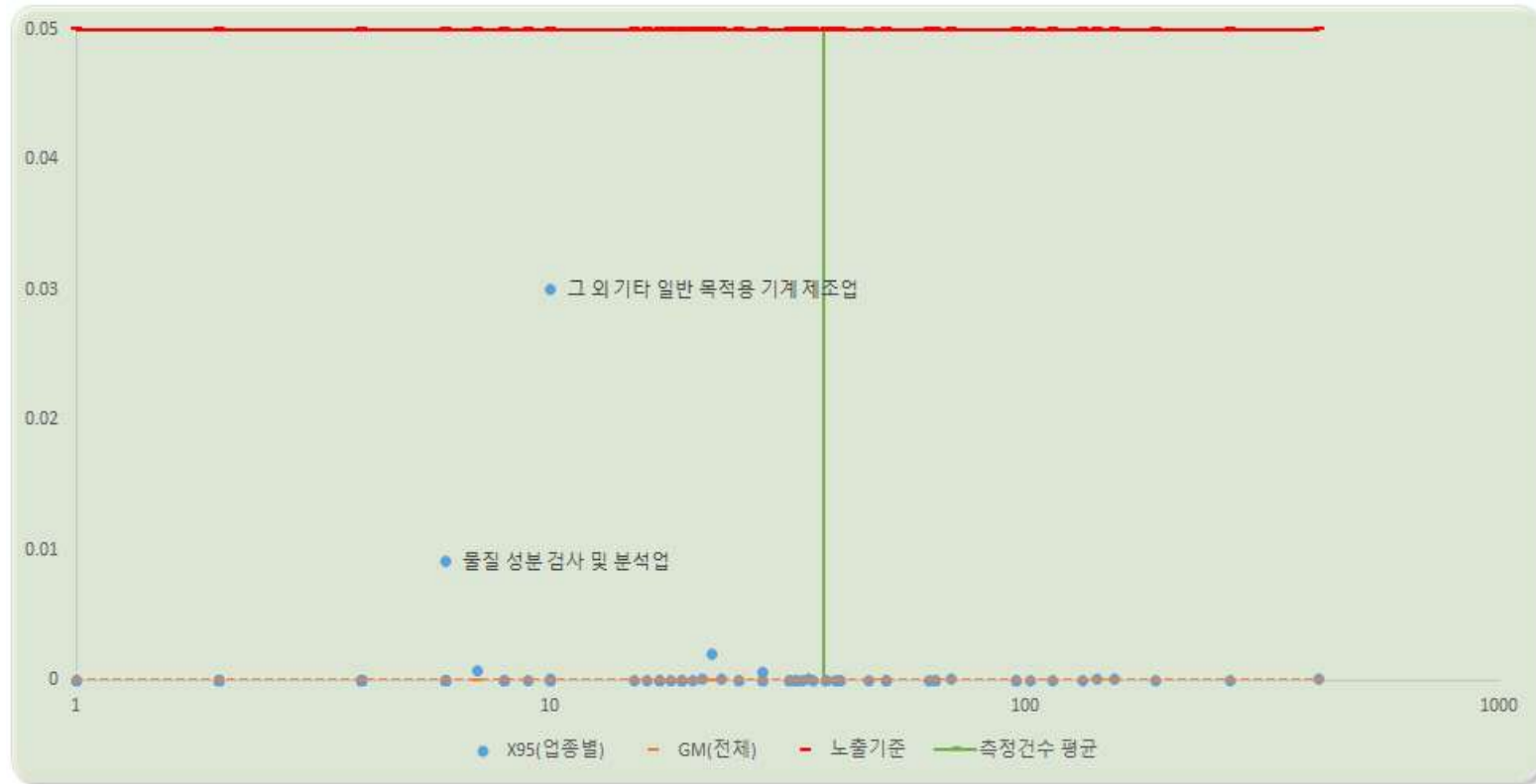
* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-43-3〉 히드라진 X_{0.95} 농도 노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 서류수	검출 서류수	노출기준 초과 서류수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	-	178,824	1,850,991	124.0	60,912	3,159	85	0	97.3	0.000124	0.001281	0.000001	0.000001	3.7	0.000001	0.031306	0.000005	0
1	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	0.6	11	10	4	0	60.0	0.001650	0.002904	0.000001	0.000017	95.1	0.000001	0.009100	0.030053	3
2	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	0.4	3	6	2	0	66.7	0.000670	0.001038	0.000001	0.000008	72.6	0.000001	0.002030	0.009163	2
3	접착제 및 젤라틴 제조업	20493	490	5,488	0.8	22	22	6	0	72.7	0.000550	0.001083	0.000001	0.000005	40.9	0.000001	0.003800	0.002034	1
4	제철업	24111	21	740	0.4	2,566	7	1	0	85.7	0.000885	0.002339	0.000001	0.000002	35.2	0.000001	0.006190	0.000673	1
5	기타 1차 비철금속 제조업	24290	145	1,572	1.4	5	28	7	0	75.0	0.001054	0.003813	0.000001	0.000003	25.4	0.000001	0.016500	0.000578	1
6	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	5.2	812	142	11	0	92.3	0.000571	0.002782	0.000001	0.000001	11.2	0.000001	0.019500	0.000053	0
7	도금업	25922	2,129	24,063	3.0	61	70	4	0	94.3	0.000936	0.004011	0.000001	0.000001	11.2	0.000001	0.021800	0.000048	0
8	증기, 냉·온수 및 공기 조절 공급업	35300	81	3,088	2.0	123	21	3	0	85.7	0.000038	0.000108	0.000001	0.000001	9.0	0.000001	0.000440	0.000044	0
9	농림업용 기계 및 장비 도매업	46531	1,174	2,756	0.6	20	10	1	0	90.0	0.000050	0.000158	0.000001	0.000001	8.9	0.000001	0.000500	0.000036	0
10	기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업	24219	168	5,268	8.4	60	155	9	0	94.2	0.000425	0.002917	0.000001	0.000001	7.4	0.000001	0.031300	0.000022	0
11	지정 외 폐기물 처리업	38210	537	5,021	1.8	60	23	1	0	95.7	0.000114	0.000542	0.000001	0.000001	6.0	0.000001	0.002600	0.000014	0
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	15.2	1,951	416	18	0	95.7	0.000218	0.001464	0.000001	0.000001	5.5	0.000001	0.014220	0.000012	0
13	기타 인문 및 사회과학 연구개발업	70209	1,472	26,098	1.4	857	35	2	0	94.3	0.000029	0.000120	0.000001	0.000001	5.1	0.000001	0.000600	0.000011	0
14	기타 화학 물질 및 화학제품 도매업	46739	2,948	8,803	1.6	78	40	2	0	95.0	0.000015	0.000080	0.000001	0.000001	3.9	0.000001	0.000500	0.000006	0
15	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	6.0	6,120	133	5	0	96.2	0.000083	0.000668	0.000001	0.000001	3.7	0.000001	0.006080	0.000006	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

$\bar{X}_{0.95}$
(ppm)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.05 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-31] 최근 5년간 히드라진 업종별 작업환경측정 현황

(30) 납 및 그 무기화합물(lead and its inorganic compounds)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 유해인자와 건강영향, 산업안전보건연구원〉

납은 푸르스름하거나 은회색을 나타내는 연하고 무거운 금속으로 가열하면 500 ~ 600℃에서 흠이 발생된다. 비철금속 중 가장 광범위한 용도를 가지고 있으며 축전지, 페인트나 염료의 원료, 세라믹 유약, 크리스탈 등 유리의 굴절을 향상제, 플라스틱 생산을 위한 안정제, 납땜(solders), 금속 합금, 청동 및 건축자재 등의 성분으로 사용된다. 또한 납은 그 자체 또는 합금의 형태로 방사선(감마선, 엑스선) 차폐물, 배의 무게 중심을 잡는 재료, 배관재, 도금 등 다양한 용도로 사용된다.

직업적 환경에서 납은 분진이나 흠의 형태로 존재하며, 원재료로 사용이 외에도 납의 제련(smelting) 또는 정련과정, 납을 포함하는 구조물의 철거, 용접, 절단과정, 납이 포함된 페인트를 제거하는 등의 작업에서도 노출된다.

납은 체내에서 대부분 뼈 속에 축적되었다가 서서히 혈액으로 녹아나와 혈액, 간, 신장, 신경, 뇌 등 신체 다양한 부위에 영향을 미친다. 조혈기관의 기능 장애로 빈혈, 신장기능 및 생식기능 등 심각한 중독 증상이 발생할 수 있다. 납 중독 증상으로는 성격변화, 두통, 감각 상실, 허약, 입 속의 금속 맛, 균형 잡히지 않는 보행, 식욕 부진, 구토, 변비, 경련성 복통, 관절통 등이 있다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.05 mg/m³(발암성 1B, 생식독성 1A, 납(금속)의 경우 발암성 2), ACGIH TLV-TWA 0.05 mg/m³, OSHA PEL 0.05 mg/m³로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 납을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 273개 업종, 1,729개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 176개 업종, 638개 사업장이 있었고, 233개 업종 1,091개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 납 및 그 무기화

합물을 취급한다고 보고한 사업장은 용접 공정이 가장 많았고, 도장도포, 실험/연구, 혼합, 용해, 주조주물, 조립, 열처리 등 공정에서 용접제, 원자재, 안료, 도료, 접착제, 표면처리제, 전기도금제, 안정제, 산화제, 노화방지제 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

납 및 그 무기화합물은 최근 5년간 555개 업종, 18,002개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 3,600개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 156,720건 중 검출된 시료는 53,100건으로 불검출률은 66.12% 수준이었다. 측정시료 수로는 「기타 선박 건조업」에서 18,778건으로 가장 많았고, 「강선 건조업」 10,119건, 「열간 압연 및 압출제품 제조업」 7,817건, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 7,682건, 「선박 구성 부분품 제조업」 6,600건, 「축전기 제조업」 3,741건 순으로 많았다(표 III-45).

노출기준 초과시료는 총 48건이 있었으며, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 15건, 「탭, 밸브 및 유사 장치 제조업」 4건, 「기타 비철금속 주조업」 4건, 「선박 구성 부분품 제조업」 3건, 「차체 및 특장차 제조업」 3건 등이 있었다.

납 및 그 무기화합물을 측정한 사업장의 주요 용도를 살펴보면, 선박, 철구조물, 강선, 선박건조, 해양 철 구조물, 특수강, 강봉, 강관, 열간 압연 및 압출 제품, 철근, 철장, 자동차 부품, 전기발전, 인쇄회로기판 생산 등에 활용되었다. 주요 취급공정은 용접, 조립, 납땜, 취부, 검사, 도장, 공무, 분체도장, 사상, 스프레이 도장, 용해, 쇼트 블라스팅, 보수, 배관조립, 절단 등 공정에서 활용되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 ($0.00000001 \text{ mg/m}^3$)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「귀금속 및 관련제품 제조업」 0.0056 mg/m^3 (n= 13), 「기타 내륙 수상 운송업」에서 0.0029 mg/m^3 (n=4), 「축전기 제조업」에서 0.0015 mg/m^3 (n=3,741), 「날붙이 제조업」 0.001 mg/m^3 (n=19) 등 순이었다. 95% 상위

값이 노출기준인 0.05 mg/m³을 초과하는 업종은 「축전기 제조업」, 「기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업」, 「동 주물 주조업」, 「타이어 및 튜브 제조업」, 「기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「플라스틱 창호 제조업」 등 83개 업종이었다.

축전기 제조업에서 자동차 및 산업용 배터리 생산을 위한 주조, 절단, 조립, 투입, 용착, 저압조립, 고압결선, 함침, 도포 등 다양한 공정에서 평가되었고, 귀금속 관련제품 제조업의 다이캐스팅, 주조, 주물 공정, 철도차량 제조업의 주조공정, 타이어 및 튜브 제조업에서 자동차용 튜브, 타이어 생산을 위한 조립, 혼합, 공무 등 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

납 및 그 무기화합물 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「탱크, 밸브 및 유사 장치 제조업」, 「기타 비철금속 주조업」, 「선박 구성 부분품 제조업」, 「차체 및 특장차 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위 값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 280$)이상인 업종은 「열간 압연 및 압출제품 제조업」, 「축전기 제조업」, 「연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「탱크, 밸브 및 유사 장치 제조업」, 「기타 비철금속 주조업」, 「동 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업」, 「시멘트 제조업」, 「동 주물 주조업」, 「그 외 기타 플라스틱 제품 제조업」, 「동 압연, 압출 및 연신제품 제조업」, 「플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업」, 「기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업」, 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」, 「무기 및 총포탄 제조업」, 「합금철 제조업」, 「금속선 가공제품 제조업」, 「무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업」 등 19개 업종에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다. 아울러 기하평균이 가장 높았던 「귀금속 및 관련제품 제조업」의 경우 대부분이 소규모 사업장으로 추가적인 관찰이 필요할 것으로 판단된다(그림 III-32).

〈표 III-44-1〉 납 및 그 무기화합물 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	1,294,864	10,294,469	3600.4	1,055,877	156,720	53,100	48	66.12	0.0010	0.0037	0.00000001	0.00000004	224.1	0.0000001	0.1664	0.0033	1
1	기타 선박 건조업	31113	557	6,645	2.6	7,480	18,778	1,958	0	89.57	0.0001	0.0008	0.00000001	0.00000003	25.9	0.00000001	0.0307	0.0000	0
2	강선 건조업	31111	2,588	77,897	3.2	7,443	10,119	1,176	0	88.38	0.0002	0.0009	0.00000001	0.00000004	38.9	0.00000001	0.0392	0.0000	0
3	열간 압연 및 압출제품 제조업	24121	242	23,632	11.4	7,182	7,817	5,126	2	34.42	0.0012	0.0034	0.0001	0.0000104	189.10	0.00000001	0.0989	0.0581	4
4	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	254.6	34,461	7,682	2,497	15	67.50	0.0007	0.0051	0.00000001	0.00000003	155.10	0.00000001	0.1513	0.0012	1
5	선박 구성 부분품 제조업	31114	3,191	53,534	29.4	3,167	6,660	1,855	3	72.15	0.0006	0.0024	0.00000001	0.00000003	203.60	0.00000001	0.0734	0.0017	1
6	축전지 제조업	28202	361	15,668	19.6	4,818	3,741	3,318	2	11.31	0.0093	0.0081	0.0082	0.0014770	81.0	0.00000001	0.0579	2.0358	4
7	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	87.2	12,745	3,228	829	0	74.32	0.0003	0.0012	0.00000001	0.00000001	106.00	0.00000001	0.0229	0.0003	0
8	화력 발전업	35113	34	3,433	9.4	8,272	3,073	635	0	79.34	0.0002	0.0007	0.00000001	0.00000001	64.9	0.00000001	0.0089	0.0001	0
9	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	24213	55	2,912	8.4	2,010	2,710	2,049	2	24.39	0.0037	0.0063	0.0010	0.0001024	220.10	0.00000001	0.0725	0.7315	4
10	제강업	24112	107	24,608	8.2	7,076	2,400	609	0	74.63	0.0006	0.0023	0.00000001	0.00000002	123.80	0.00000001	0.0247	0.0004	0
11	석탄·화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	4.2	4,632	2,299	16	0	99.30	0.0000	0.0006	0.00000001	0.00000001	2.7	0.00000001	0.0191	0.0000	0
12	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	27.0	3,272	2,174	781	0	64.08	0.0005	0.0019	0.00000001	0.00000005	195.60	0.00000001	0.0347	0.0029	1
13	기타 발전업	35119	396	28,911	5.4	2,604	1,996	491	0	75.40	0.0001	0.0005	0.00000001	0.00000001	57.4	0.00000001	0.0228	0.0001	0
14	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	105.6	1,152	1,862	839	0	54.94	0.0015	0.0043	0.00000001	0.00000018	338.10	0.00000001	0.0492	0.0256	3
15	그 외 기타 전기장비 제조업	28909	2,351	27,662	56.6	6,489	1,848	566	0	69.37	0.0008	0.0035	0.00000001	0.00000003	177.20	0.00000001	0.0450	0.0015	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-44-2〉 납 및 그 무기화합물 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계			-	1,294,864	10,294,469	3600.4	1,055,877	156,720	53,100	48	66.12	0.0010	0.0037	0.000000001	0.00000004	224.1	0.00000001	0.1664	0.0033	1
1	귀금속 및 관련제품 제조업	33110	1,087	4,450	0.8	1.6	13	13	0	0.00	0.0095	0.0072	0.0089	0.0056	3.8	0.0004	0.0214	0.0513	4	
2	목재 문 및 관련제품 제조업	16221	454	2,320	0.2	0.4	1	1	0	0.00	0.0035	-	0.0035	0.0035	-	0.0035	0.0035	-	Low	
3	기관차 및 기타 철도 차량 제조업	31201	113	3,628	0.4	0.4	6	6	0	0.00	0.0043	0.0026	0.0047	0.0035	2.1	0.0013	0.0079	0.0122	2	
4	기타 내륙 수상 운송업	50209	71	665	0.2	45.0	4	4	0	0.00	0.003	0.0008	0.0032	0.0029	1.4	0.0018	0.0036	0.0048	1	
5	일반 제재업	16101	562	3,713	0.2	53.0	2	2	0	0.00	0.0034	0.0032	0.0034	0.0025	3.1	0.0011	0.0057	0.0166	Low	
6	유리 및 창호 공사업	42420	4,560	12,117	0.2	0.8	2	2	0	0.00	0.0063	0.0083	0.0063	0.0022	11.2	0.0004	0.0122	0.1177	Low	
7	산업용 오픈, 노 및 노용 버너 제조업	29150	454	3,720	0.4	5.6	3	3	0	0.00	0.0022	0.0016	0.0027	0.0016	3	0.0005	0.0035	0.01	2	
8	축전기 제조업	28202	361	15,668	19.6	4818.4	3,741	3,318	2	11.31	0.0093	0.0081	0.0082	0.0015	81	0.000000001	0.0579	2.0358	4	
9	백화점	47111	870	28,449	0.2	24.6	1	1	0	0.00	0.0013	-	0.0013	0.0013	-	0.0013	0.0013	-	Low	
10	날붙이 제조업	25931	240	2,226	0.8	42.0	19	19	0	0.00	0.0024	0.0027	0.0015	0.001	5.3	0.0001	0.0105	0.0156	2	
11	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공기계 제조업	29269	464	2,446	0.6	43.8	5	5	0	0.00	0.0015	0.0014	0.0007	0.001	2.8	0.0003	0.0036	0.0053	2	
12	기타 석제품 제조업	23919	1,202	4,642	0.6	2.4	3	3	0	0.00	0.0011	0.0009	0.0015	0.0006	5	0.0001	0.0018	0.0093	2	
13	마그네틱 및 광학 매체 제조업	26600	15	768	0.2	2.4	2	2	0	0.00	0.0006	0.0004	0.0006	0.0005	2.2	0.0003	0.0009	0.0019	Low	
14	동 제련, 정련 및 합금 제조업	24211	26	1,105	4.8	925.4	1,181	1,047	0	11.35	0.0037	0.0055	0.0013	0.0004	60.5	0.000000001	0.0247	0.3162	4	
15	기타 사법 및 공공 질서 행정	84409	396	4,359	0.2	39.4	4	3	0	25.00	0.0077	0.0068	0.0073	0.0003	977.90	0.000000001	0.0162	24.8074	4	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-44-3〉 납 및 그 무기화합물 $X_{0.95}$ 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	1,294,864	10,294,469	3600.4	1,055,877	156,720	53,100	48	66.12	0.0010	0.0037	0.00000001	0.00000004	224.1	0.00000001	0.1664	0.0033	1
1	기타 사범 및 공공 질서 행정	84409	396	4,359	0	39.4	4	3	0	25.00	0.0077	0.0068	0.0073	0.000299	977.9	0.00000001	0.0162	24.8074	4
2	내항 화물 운송업	50122	141	765	0	0.4	4	2	0	50.00	0.0035	0.0041	0.0029	0.000008	2335.2	0.00000001	0.008	2.8675	4
3	축전기 제조업	28202	361	15,668	20	4818.4	3,741	3,318	2	11.31	0.0093	0.0081	0.0082	0.001477	81	0.00000001	0.0579	2.0358	4
4	기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업	24229	116	1,698	11.2	259.4	395	313	0	20.76	0.0061	0.0073	0.003	0.000280	217.3	0.00000001	0.0388	1.9584	4
5	동 주물 주조업	24322	50	514	13	233.6	519	414	0	20.23	0.0061	0.0077	0.003	0.000293	203.8	0.00000001	0.0393	1.8455	4
6	타이어 및 튜브 제조업	22111	153	18,668	3	3026.2	269	203	0	24.54	0.0046	0.0054	0.003	0.000153	274.9	0.00000001	0.0267	1.5753	4
7	비 및 솔 제조업	33993	215	1,662	0	0.8	2	1	0	50.00	0.0004	0.0006	0.0004	0.000003	3008.2	0.00000001	0.0008	1.5183	Low
8	기타 비철금속 제련 정련 및 합금 제조업	24219	168	5,268	21	1723.4	1,058	739	2	30.15	0.0053	0.008	0.0016	0.000073	398.1	0.00000001	0.0576	1.3833	4
9	사진기, 영상기 및 관련 장비 제조업	27302	152	1,719	1	93.6	8	6	0	25.00	0.0032	0.0038	0.0021	0.000093	341.7	0.00000001	0.0108	1.3751	4
10	플라스틱 창호 제조업	22223	1,507	7,756	3	75.2	56	42	0	25.00	0.0037	0.0047	0.0017	0.000127	266	0.00000001	0.02	1.2349	4
11	1차 유리제품, 유리섬유 및 광학용 유리 제조업	23121	143	3,006	2	373	30	22	0	26.67	0.003	0.0036	0.0012	0.000088	289.8	0.00000001	0.013	0.9927	4
12	합금철 제조업	24113	79	1,327	3	391.4	303	220	0	27.39	0.0034	0.0045	0.0015	0.000083	285.6	0.00000001	0.0187	0.9106	4
13	전자 축전기 제조업	26291	87	3,541	5	374.2	125	83	1	33.60	0.0058	0.0112	0.0008	0.000038	443.1	0.00000001	0.063	0.8607	4
14	그 외 금속 파스너 및 나사제품 제조업	25942	1,282	13,098	2	34.8	42	24	0	42.86	0.0054	0.0087	0.0005	0.000016	728.8	0.00000001	0.0309	0.8414	4
15	기타 종이 및 판지 제조업	17129	397	5,313	0	54.2	4	2	0	50.00	0.0017	0.0024	0.0008	0.000005	1418.7	0.00000001	0.0051	0.8092	4

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합계	-	1,294,864	10,294,469	3600.4	1,055,877	156,720	53,100	48	66.12	0.0010	0.0037	0.00000001	0.00000004	224.1	0.00000001	0.1664	0.0033	1
16	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	24213	55	2,912	8.4	2010.4	2,710	2,049	2	24.39	0.0037	0.0063	0.001	0.000102	220.1	0.00000001	0.0725	0.7315	4
17	기타 비철금속 주조업	24329	378	3,460	40	451.6	1,221	765	4	37.35	0.004	0.0073	0.0009	0.000026	482.4	0.00000001	0.0791	0.6751	4
18	그 외 기타 분류 안된 비금속 광물제품 제조업	23999	430	4,090	5.2	190	166	104	0	37.35	0.0033	0.0054	0.0008	0.000024	458.3	0.00000001	0.0249	0.579	4
19	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	20131	33	518	5.8	228.6	283	196	0	30.74	0.0037	0.0078	0.0006	0.000044	314.7	0.00000001	0.0497	0.5668	4
20	주철관 제조업	24131	128	1,737	1.2	3.8	19	13	0	31.58	0.0016	0.0017	0.0015	0.000037	328.9	0.00000001	0.0056	0.5084	4
21	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	24221	88	3,753	7.8	1681.8	423	284	0	32.86	0.0024	0.0045	0.0008	0.000033	321.1	0.00000001	0.0439	0.4371	4
22	송전 및 배전업	35120	43	3,564	0.2	145.2	2	1	0	50.00	0.0002	0.0003	0.0002	0.000002	1731.4	0.00000001	0.0004	0.4141	Low
23	강화 및 재생 목재 제조업	16212	102	2,013	1	10	16	8	0	50.00	0.0034	0.0061	0.0006	0.000006	829.5	0.00000001	0.0213	0.4088	4
24	기타 건축용 나무제품 제조업	16229	518	3,186	1.4	81.4	15	13	1	13.33	0.0082	0.018	0.0004	0.000144	123.9	0.00000001	0.0654	0.3982	4
25	비철금속 광업	6200	23	176	2.2	47.6	56	42	0	25.00	0.0041	0.0084	0.0002	0.000056	206.1	0.00000001	0.0394	0.3563	4
26	기타 1차 비철금속 제조업	24290	145	1,572	12	1578	225	125	0	44.44	0.0043	0.0089	0.0003	0.000010	568.7	0.00000001	0.0466	0.3539	4
27	금속 위생용품 제조업	25993	181	1,441	4.4	260.4	107	72	0	32.71	0.002	0.0036	0.0007	0.000030	295.5	0.00000001	0.017	0.3422	4
28	혼성 및 재생 플라스틱 소재 물질 제조업	20203	878	4,160	2.4	24.6	28	15	0	46.43	0.0025	0.0037	0.0006	0.000008	631.4	0.00000001	0.0138	0.3405	4
29	동 제련, 정련 및 합금 제조업	24211	26	1,105	4.8	925.4	1,181	1,047	0	11.35	0.0037	0.0055	0.0013	0.000371	60.5	0.00000001	0.0247	0.3162	4
30	제관 및 조판업	18121	371	2,149	0.6	5.4	10	6	0	40.00	0.001	0.0011	0.0007	0.000012	461.6	0.00000001	0.003	0.2926	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

$X_{0.95}$
(mg/m³)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.05mg/m³), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-32] 최근 5년간 납 및 그 무기화합물 업종별 작업환경측정 현황

(31) 불용성 니켈(Insoluble nickel compounds)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 유해인자와 건강영향, 산업안전보건연구원〉

니켈은 단단하고 은백색의 강한 광택이 있는 금속으로, 실온에서 산소, 물, 대부분의 묽은 산이나 알칼리와 매우 느리게 반응하기 때문에 내부식성 금속으로 분류된다. 주로 내부식성 스테인리스 강, 내열강, 니켈합금, 전기 도금, 알카라인 배터리, 플라스틱 촉매제, 주철, 화공품, 동전 제조 등에 사용되며, 사용목적에 따라 순도가 높은 금속니켈과 순도가 낮은 페로-니켈(ferro-nickel)의 형태로 제련된다. 순도가 높은 금속니켈은 화학공업용 장치, 진공관 재료, 도금의 양극 등에 순수한 형태로 사용되는 경우와 특수한 금속 및 합금으로 사용되며, 페로-니켈의 내식강, 기타 특수강 등에 니켈을 첨가하기 위해 사용된다.

니켈의 건강영향 중 가장 흔한 것은 피부에 대한 영향으로, 니켈을 포함한 보석, 의류 등에 노출되어 알레르기성 접촉성 피부염을 유발한다. 고농도의 가용성 니켈 에어로졸에 노출된 경우, 비염, 부비동염, 무후각증을 유발하고, 기침과 천식 및 호흡기 암을 유발한다. 국제암연구소 IARC에서는 황산니켈, 황화니켈 및 산화니켈 등 니켈화합물을 Group 1 발암물질로, 금속니켈은 Group 2B 발암물질로 발표하였다.

국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 불용성(무기) 0.2 mg/m³(발암성 1A), ACGIH TLV-TWA 불용성(무기) 0.2 mg/m³, OSHA PEL (금속, 가용성 및 불용성) 1 mg/m³로 관리되고 있다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 니켈 및 그 화합물을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 317개 업종, 2,863개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 니켈 및 그 화합물(불용성)에 대해 작업환경측정을 실시한 사업장은 217개 업종, 1,056개 사업장이 있었고, 260개 업종 1,807개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 니켈 및 그 화합물을 취급한다고

보고한 사업장은 용접 공정이 가장 많았고, 도금, 기타표면처리, 도장조포, 혼합, 용해, 실험/연구, 반응, 주조주물 등 공정에서 용접제, 전기도금제, 원자재, 원료, 표면처리제, 용매제, 코팅제, 부식억제제, 촉매 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

불용성 니켈은 최근 5년간 658개 업종, 39,864개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 7,972개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정 시료건 수 257,895건 중 검출된 시료는 116,610건으로 불검출률은 54.78% 수준이었다. 노출기준 초과시료는 63건이 있었고, 「강선 건조업」 53건, 「기타 비철금속 주조업」 5건, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 2건 등이 있었다(표 III-46). 측정시료 수로는 「강선 건조업」에서 21,512건으로 가장 많았고, 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」 11,714건, 「기타 선박 건조업」 9,815건, 「그 외 기타 금속 가공업」 7,307건, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 6,113건, 「열간 압연 및 압출제품 제조업」 5,953건 순으로 많았다.

불용성 니켈을 측정한 사업장의 주요 용도를 살펴보면, 선박, 철구조물, 자동차 부품, 1차 금속기계, 일반기계, 선박용 엔진, 철근, 철장, 화물선, 특수강, 강봉, 강관, 주물 생산 등에 활용되었다. 주요 취급공정은 용접, 사상, 공무, 취부, 제관, 레이저 절단, 용해, 조립, 보수, 후처리 등 공정에서 활용되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 $1/2$ (0.0000005 mg/m^3)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「기타 오락용품 제조업」 0.0014 mg/m^3 ($n=13$), 「탄소섬유 제조업」 0.0013 mg/m^3 ($n=119$), 「납시 및 수렵용구 제조업」에서 0.0007 mg/m^3 ($n=20$), 「수상 금속 골조 구조재 제조업」에서 0.0006 mg/m^3 ($n=9$), 「석탄광업」 0.0004 mg/m^3 ($n=20$) 등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인

0.2 mg/m³을 초과하는 업종은 「탄소섬유 제조업」, 「철도 궤도 전문공사업」, 「기타 기술 및 직업 훈련학원」, 「금속류 해체 및 선별업」, 「일반 저울 제조업」, 「건설 및 토목공사용 기계·장비 임대업」 등 12개 업종이었다. 기타 오락 제품 제조업의 놀이터용 장비제작 작업 중 용접, 절단, 사상 등 공정, 탄소 섬유 제조업의 소성, 열처리, 정비, 품질분석, 낚시 및 수렵용구 제조업의 연로, 연마, 드릴 작업, 금속 가공 작업 중 제관, 용접, 철도궤도 공사업의 조립, 용접 등에서 평가되었다

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

불용성 니켈 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「강선 건조업」, 「기타 비철금속 주조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위 값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 390$)이상인 업종은 「강 주물 주조업」, 「축전기 제조업」에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-33).

〈표 III-45-1〉 불용성 니켈 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	-	1,395,042	10,906,167	7,973	1,850,754	257,895	116,610	63	54.78	0.0014	0.0122	0.0000	0.0000	120.6	0.0000	2.6941	0.0092	1
1	강선 건조업	31111	2,588	77,897	20.4	23790.6	21,512	13,482	53	37.33	0.0039	0.0357	0.0002	0.0000	126.6	0.0000	2.6941	0.0576	2
2	선박 구성 부분품 제조업	31114	3,191	53,534	265.0	8750.8	20,976	11,333	0	45.97	0.0017	0.0077	0.0001	0.0000	143.7	0.0000	0.1977	0.0339	2
3	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	586.0	19387.2	11,714	5,559	0	52.54	0.0012	0.0055	0.0000	0.0000	134.3	0.0000	0.1531	0.0151	1
4	기타 선박 건조업	31113	557	6,645	27.6	10485.8	9,815	3,075	0	68.67	0.0011	0.0069	0.0000	0.0000	84.4	0.0000	0.1971	0.0014	0
5	그 외 기타 금속 가공업	25929	11,686	56,547	379.8	11829.6	7,307	3,286	1	55.03	0.0014	0.0068	0.0000	0.0000	134.2	0.0000	0.2230	0.0120	1
6	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	210.8	24506.6	6,113	2,942	2	51.87	0.0010	0.0082	0.0000	0.0000	115.0	0.0000	0.4053	0.0106	1
7	열간 압연 및 압출제품 제조업	24121	242	23,632	19.8	7652.4	5,953	3,605	0	39.44	0.0005	0.0016	0.0000	0.0000	70.4	0.0000	0.0617	0.0083	1
8	제강업	24112	107	24,608	11.8	10649.8	5,282	1,087	0	79.42	0.0002	0.0013	0.0000	0.0000	33.9	0.0000	0.0434	0.0001	0
9	석탄화학적 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	26.8	8369.8	5,028	173	0	96.56	0.0001	0.0010	0.0000	0.0000	5.5	0.0000	0.0403	0.0000	0
10	자동차 차체용 신품 부품 제조업	30320	4,321	152,618	127.0	21014.4	4,701	2,278	0	51.54	0.0007	0.0029	0.0000	0.0000	109.3	0.0000	0.0878	0.0097	1
11	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	25999	7,041	47,139	234.8	10117.6	4,663	2,169	0	53.48	0.0009	0.0036	0.0000	0.0000	114.1	0.0000	0.0794	0.0090	1
12	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	191.0	6315.4	4,232	1,937	0	54.23	0.0011	0.0050	0.0000	0.0000	124.9	0.0000	0.1074	0.0107	1
13	강 주물 주조업	24312	379	4,786	99.6	2970.6	3,795	2,476	1	34.76	0.0064	0.0176	0.0005	0.0001	193.7	0.0000	0.3283	0.2897	4
14	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	166.4	26007.2	3,694	1,378	1	62.70	0.0014	0.0100	0.0000	0.0000	107.6	0.0000	0.3618	0.0037	1
15	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	29299	4,501	29,286	178.0	4379.6	3,427	1,666	0	51.39	0.0009	0.0036	0.0000	0.0000	126.5	0.0000	0.0805	0.0145	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-45-2〉 불용성 니켈 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

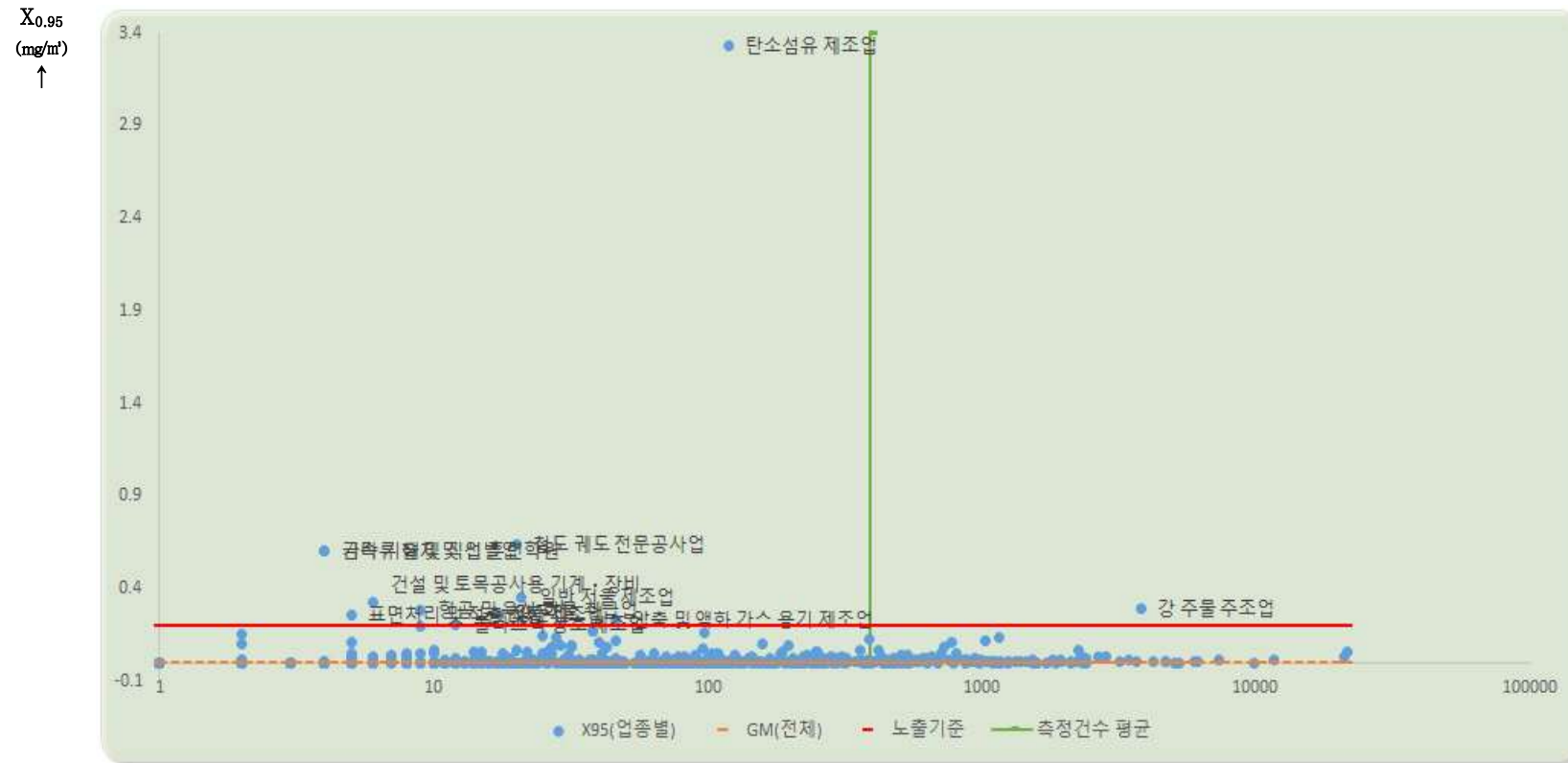
연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계			-	1,395,042	10,906,167	7,973	1,850,754	257,895	116,610	63	54.78	0.0014	0.0122	0.0000	0.0000	120.6	0.0000	2.6941	0.0092	1
1	기타 오락용품 제조업	33409	57	248	0.6	32.4	13	13	0	0.00	0.0016	0.0008	0.0019	0.0014	1.9	0.0004	0.0027	0.0040	1	
2	기타 사법 및 공공 질서 행정	84409	396	4,359	0.2	39.4	4	4	0	0.00	0.0018	0.0013	0.0016	0.0014	2.4	0.0006	0.0033	0.0057	1	
3	탄소섬유 제조업	23995	13	54	0.6	341.4	119	99	0	16.81	0.0228	0.0364	0.0049	0.0013	120.3	0.0000	0.1942	3.3323	4	
4	기타 보관 및 창고업	52109	544	6,371	0.6	155.4	5	5	0	0.00	0.0015	0.0016	0.0010	0.0011	2.4	0.0004	0.0043	0.0044	1	
5	일반 제재업	16101	562	3,713	0.2	4.6	2	2	0	0.00	0.0010	0.0000	0.0010	0.0010	1.0	0.0010	0.0010	0.0010	Low	
6	기타 도시 정기 육상 여객 운송업	49219	272	5,229	0.2	0.2	3	3	0	0.00	0.0008	0.0003	0.0007	0.0008	1.3	0.0006	0.0011	0.0013	0	
7	납시 및 수렵용구 제조업	33303	198	1,625	1.0	10.0	20	20	0	0.00	0.0009	0.0006	0.0006	0.0007	2.3	0.0001	0.0027	0.0025	1	
8	수상 금속 골조 구조제 제조업	25114	152	958	0.8	2.0	9	8	0	11.11	0.0017	0.0008	0.0019	0.0006	33.9	0.0000	0.0027	0.1945	3	
9	시내버스 운송업	49212	835	85,778	0.2	85.8	2	2	0	0.00	0.0005	0.0004	0.0005	0.0004	2.5	0.0002	0.0008	0.0019	Low	
10	수력 발전업	35112	13	41	0.2	4.0	4	4	0	0.00	0.0009	0.0012	0.0004	0.0004	4.1	0.0001	0.0026	0.0041	1	
11	수송용 운송장비 도매업	46594	322	1,089	0.2	6.6	3	3	0	0.00	0.0004	0.0001	0.0004	0.0004	1.3	0.0003	0.0005	0.0006	0	
12	소방서	84405	103	639	0.2	0.4	2	2	0	0.00	0.0004	0.0001	0.0004	0.0004	1.4	0.0003	0.0005	0.0007	Low	
13	석탄 광업	05100	17	2,465	0.8	377.8	20	18	0	10.00	0.0013	0.0015	0.0008	0.0004	23.7	0.0000	0.0065	0.0653	2	
14	기타 신발 제조업	15219	504	5,203	1.0	898.0	28	24	0	14.29	0.0014	0.0013	0.0012	0.0003	39.9	0.0000	0.0058	0.1337	3	
15	날붙이 제조업	25931	240	2,226	4.4	72.0	78	72	0	7.69	0.0013	0.0021	0.0007	0.0003	18.1	0.0000	0.0139	0.0353	2	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-45-3〉 불용성 니켈 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	1,395,042	10,906,167	7,973	1,850,754	257,895	116,610	63	54.78	0.0014	0.0122	0.0000	0.0000	120.6	0.0000	2.6941	0.0092	1
1	탄소섬유 제조업	23995	13	54	0.6	341.4	119	99	0	16.81	0.0228	0.0364	0.0049	0.0013	120.3	0.0000	0.1942	3.3323	4
2	철도 궤도 전문공사업	42135	88	1,123	1.2	53.0	20	15	0	25.00	0.0047	0.0101	0.0015	0.0002	143.3	0.0000	0.0458	0.6428	4
3	기타 기술 및 직업 훈련학원	85669	4,147	16,749	0.2	3.8	4	2	0	50.00	0.0023	0.0036	0.0009	0.0000	668.4	0.0000	0.0075	0.6070	4
4	금속류 해체 및 선별업	38311	269	837	0.2	2.6	4	2	0	50.00	0.0019	0.0022	0.0019	0.0000	662.5	0.0000	0.0039	0.6068	4
5	일반 저울 제조업	29191	57	641	1.4	9.8	21	14	0	33.33	0.0023	0.0032	0.0013	0.0001	188.7	0.0000	0.0114	0.3555	4
6	건설 및 토목공사용 기계·장비 임대업	76310	1,166	3,696	0.4	6.0	6	4	0	33.33	0.0015	0.0019	0.0006	0.0000	218.0	0.0000	0.0041	0.3316	4
7	강 주물 주조업	24312	379	4,786	99.6	2970.6	3,795	2,476	1	34.76	0.0064	0.0176	0.0005	0.0001	193.7	0.0000	0.3283	0.2897	4
8	항공 및 육상 화물 취급업	52941	3,976	38,974	0.4	74.4	9	5	0	44.44	0.0023	0.0033	0.0004	0.0000	326.1	0.0000	0.0078	0.2811	4
9	양돈업	01220	1,279	7,095	1.2	64.4	17	12	0	29.41	0.0014	0.0013	0.0015	0.0001	138.9	0.0000	0.0042	0.2680	4
10	표면처리 및 적층 직물 제조업	13994	100	1,190	0.6	60.6	5	4	0	20.00	0.0012	0.0012	0.0008	0.0001	94.6	0.0000	0.0030	0.2615	4
11	압축 및 액화 가스 용기 제조업	25123	18	103	1.8	38.8	46	30	0	34.78	0.0022	0.0043	0.0010	0.0000	171.7	0.0000	0.0258	0.2298	4
12	플라스틱 창호 제조업	22223	1,507	7,756	1.0	7.6	12	9	0	25.00	0.0016	0.0025	0.0010	0.0001	106.5	0.0000	0.0090	0.2061	4
13	수상 금속 골조 구조재 제조업	25114	152	958	0.8	2.0	9	8	0	11.11	0.0017	0.0008	0.0019	0.0006	33.9	0.0000	0.0027	0.1945	3
14	임시 및 일용 인력 공급업	75121	31,886	312,872	1.2	85.8	38	23	0	39.47	0.0023	0.0062	0.0007	0.0000	195.8	0.0000	0.0377	0.1716	3
15	목재 도구 및 주방용 나무제품 제조업	16291	646	5,989	2.0	111.0	38	25	0	34.21	0.0022	0.0069	0.0006	0.0000	151.4	0.0000	0.0426	0.1678	3

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준($0.2\text{mg}/\text{m}^3$), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-33] 최근 5년간 불용성 니켈 업종별 작업환경측정 현황

(32) 수은 및 그 화합물(아릴 및 알킬 화합물 제외, Mercury elemental and inorganic form(All form except aryl & alkyl compounds))

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 유해인자와 건강영향, 산업안전보건연구원〉

수은은 상온에서 유일하게 액체로 존재하는 금속으로 원소수은(elementary mercury), 무기수은(inorganic mercury), 유기수은(organic mercury)으로 분류된다. 수은은 수은광석 채굴, 염소공장, 식염전해 공장에서 전해 작업 시 수은을 전극으로 사용하여 노출되며, 수은전지, 농약 및 의약품 제조, 수은등 및 형광등 제조, 수은체온계, 온도계, 수은 정류기, 기압기, 혈압계 등의 제조에 사용되어 직업적으로 노출된다.

수은에 주로 노출되는 공정으로는 수은광석을 채굴, 운반 파쇄, 분쇄, 선별, 적재, 하역하는 작업, 수은 제련 및 정련하는 공정에서 용광로, 용해로, 전로, 농축실 등에서 수은 물질을 취급, 이동 또는 기타 처리를 하는 작업 등이 있다. 또한 가성소다 공장이나 식염전해 공장에서 수은 전극을 이용하는 전해작업, 수은이 함유된 기계 제조, 운반, 수리, 수은등 또는 형광등 제조, 수리, 해체 작업, 텅스텐 제조 등 특수주형을 합금하는 작업, 병리실험실에서 포르말린 및 수은화합물을 취급하는 작업, 치과용 수은아말감을 취급하는 작업, 소독제, 농약 제조 등 농약 및 의약품 제조 작업, 모자용 모피, 펠트 모자 제조에서 수은이 함유된 착색제를 취급하는 작업, 폴리우레탄 제조 작업에서 촉매제로 수은을 취급하는 작업, 도금할 때 수은 아말감을 취급하는 작업, 화약 공장에서 뇌홍($\text{Hg}(\text{ONC})_2$, 과거 뇌관의 기폭으로 사용), 수은 화합물을 제조 및 취급하는 작업 등이 있다. 알킬수은 화합물은 방부제, 살균제, 이노제, 피임약 등의 의약품에 사용되기도 하고, 살충제, 진균제, 제초제 등의 농약과 방부제 제조에 사용된다.

수은중독의 증상은 급성기 증상과 만성기 증상이 있으며, 급성기 증상으로는 높은 농도의 수은 증기에 노출되어 폐 기관과 중추신경계에 영향을 주어 발열,

오한, 오심, 구토, 호흡곤란, 두통 등이 수시간 내 일어날 수 있고, 심하면, 폐부종, 청색증, 양측성 폐침윤이 나타날 수 있으며, 위장관에도 영향을 주어 금속성의 쓴맛, 인후 압박감, 가슴 통증, 위염, 괴사성 궤양을 일으킬 수 있다. 또한 24시간 내로 소변의 양이 줄어들거나 안 나오는 횡뇨와 무뇨가 나타나기도 한다. 만성적 증상의 전형적인 세 가지 증후로는 구강염증, 진전(떨림), 정신적 변화가 있다. 구강염증으로 치은염, 과도한 타액분비, 구내염 등이 생길 수 있고, 손, 눈꺼풀, 입술, 혀, 사지 등이 미세하게 떨리는 증상, 진행성 보행실조, 발음장애 등이 나타난다. 또한, 불면증, 식욕손실, 소심함, 기억력 소실, 지적 능력 저하, 과도한 신경질, 정서불안, 성격변화 같은 정신적 변화가 나타날 수 있고 그 외 청력저하, 시야협착, 구음 장애, 만성피로감, 피부염, 부정맥 등이 나타날 수 있다. 원소성 수은은 주로 수은증기가 호흡을 통해 흡수되어서 뇌 혈관 장벽을 뚫고 중추신경계에 영향을 주어 여러 증상을 유발한다. 무기수은은 위장관을 통해 흡수되어 강한 부식성에 의한 위장관 손상과 급성세뇨관 궤사 등으로 신장기능 손상을 일으킨다. 유기수은은 주로 수은이 함유된 음식을 섭취하면서 흡수되고 중추신경계 독성을 나타낸다.

수은 및 그 화합물(아릴 및 알킬화합물 제외)은 8시간 시간가중평균 (TWA) 0.025 mg/m³, ACGIH TLV-TWA 0.025 mg/m³, OSHA PEL 0.1 mg/m³로 관리된다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 수은 및 그 화합물을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 47개 업종, 92개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 16개 업종, 22개 사업장이 있었고, 41개 업종 70개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 수은 및 그 화합물을 취급한다고 보고한 사업장은 실험/연구 공정이 가장 많았고, 검사, 혼합, 도장도포 등 공정에서 실험용 시약, 원자재, 원료, 도료 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

수은 및 그 화합물(아릴 및 알킬화합물 제외)은 최근 5년간 170개 업종, 1,715개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 343개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 13,509건 중 검출된 시료는 692건으로 불검출률은 94.9% 수준이었다. 측정시료 수로는 「화력 발전업」에서 1,026건으로 가장 많았고, 「기타 발전업」 1,950건, 「열간 압연 및 압출제품 제조업」 189건, 「완제 의약품 제조업」 771건, 「환경 관련 엔지니어링 서비스업」 318건, 「사업시설 유지·관리 서비스업」 284건 순으로 많았다. 노출기준을 초과하는 시료는 없었다(표 III-47). 수은 및 그 화합물을 측정한 사업장의 주요 용도를 살펴보면, 전기발전, 전기생산, 화력발전, 하수처리, 의료서비스, 기술검사, 전력공급, 설비 유지 보수, 치과병원, 종합병원 등에서 활용되었다. 주요 취급공정은 실험, 분석, 품질관리, 연료운영 등 공정에서 활용되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 $1/2$ (0.0000001 mg/m^3)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「합성고무 제조업」 0.000029 mg/m^3 ($n=11$), 「지질 조사 및 탐사업」 0.000018 mg/m^3 ($n=10$), 「복합비료 및 기타 화학비료 제조업」에서 0.000012 mg/m^3 ($n=8$), 「일반의원」에서 0.0000087 mg/m^3 ($n=14$), 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」 0.0000085 mg/m^3 ($n=38$), 「코크스 및 관련제품 제조업」 0.0000006 mg/m^3 ($n=20$)등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 0.025 mg/m^3 을 초과하는 업종은 없었다.

합성고무 제조업의 품질관리를 위한 원료분석 공정, 지질 조사업의 광물 분석 공정, 복합비료 제조업의 품질분석을 위한 실험, 일반의원(병리검사)의 무기분석, 코크스 생산업의 분석실 등 대부분 실험과정에서 타 업종과 비교하여 상대적으로 높은 농도에 노출되고 있음을 알 수 있었다. 또한, 일반 목적용 기계 제조업의 램프부품 생산을 위한 수은 주입 공정에서 기하평균 농도가 높았다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

수은 및 그 화합물(아릴 및 알킬화합물 제외)은 원료 및 품질 분석을 실시하는 실험실과 수은 주입 공정을 보유한 「일반 목적용 기계 제조업」에 대해 향후 우선적인 관리가 필요하였다(그림 III-34).

〈표 III-46-1〉 수은 및 그 화합물 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	-	505,996	4,606,637	343.0	150763.6	13,509	692	-	94.88	0.0000451	0.0005178	0.0000001	0.0000001	5.3	0.0000001	0.0156	0.0000022	0
1	화력 발전업	35113	34	3,433	8.2	5943.2	2,812	2	0	99.93	0.0000002	0.0000049	0.0000001	0.0000001	1.2	0.0000001	0.0002	0.0000001	0
2	기타 발전업	35119	396	28,911	11.4	4077.8	1,950	44	0	97.74	0.0000329	0.0005461	0.0000001	0.0000001	2.8	0.0000001	0.0122	0.0000006	0
3	열간 압연 및 압출제품 제조업	24121	242	23,632	1.8	3448.0	1,026	84	0	91.81	0.0000173	0.0000892	0.0000001	0.0000002	7.6	0.0000001	0.0017	0.0000051	0
4	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	15.8	5588.8	771	24	0	96.89	0.0000013	0.0000092	0.0000001	0.0000001	2.7	0.0000001	0.0001	0.0000006	0
5	환경 관련 엔지니어링 서비스업	72122	1,594	14,118	16.2	2650.2	318	16	0	94.97	0.0000101	0.0001192	0.0000001	0.0000001	4.2	0.0000001	0.0021	0.0000014	0
6	사업시설 유지·관리 서비스업	74100	12,363	121,742	4.8	779.8	284	17	0	94.01	0.0000013	0.0000054	0.0000001	0.0000001	3.4	0.0000001	0.000049	0.0000010	0
7	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	9.2	4221.0	283	10	0	96.47	0.0000527	0.0003740	0.0000001	0.0000001	5.4	0.0000001	0.0042	0.0000022	0
8	종합병원	86101	188	38,806	14.2	17320.6	262	27	0	89.69	0.0001334	0.0008134	0.0000001	0.0000002	10.6	0.0000001	0.0074	0.0000104	0
9	기타 엔지니어링 서비스업	72129	7,442	80,240	2.6	2178.8	257	-	0	100.00	0.0000001	0.0000000	0.0000001	0.0000001	1.0	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0
10	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	12.0	10079.2	246	5	0	97.97	0.0000437	0.0004944	0.0000001	0.0000001	3.6	0.0000001	0.0073	0.0000010	0
11	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	13.2	2488.6	210	13	0	93.81	0.0001244	0.0011076	0.0000001	0.0000002	8.6	0.0000001	0.0156	0.0000059	0
12	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	6.6	1514.8	195	15	0	92.31	0.0000526	0.0003680	0.0000001	0.0000002	7.4	0.0000001	0.0044	0.0000046	0
13	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	6.4	1758.6	187	22	0	88.24	0.0000139	0.0000732	0.0000001	0.0000002	7.1	0.0000001	0.0007	0.0000050	0
14	하수 처리업	37011	218	3,601	10.2	1075.8	183	14	0	92.35	0.0000833	0.0005729	0.0000001	0.0000002	8.1	0.0000001	0.0057	0.0000055	0
15	화장품 제조업	20423	1,643	31,649	10.2	1762.4	175	16	0	90.86	0.0000521	0.0002797	0.0000001	0.0000002	10.0	0.0000001	0.0027	0.0000090	0

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-46-2〉 수은 및 그 화합물 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

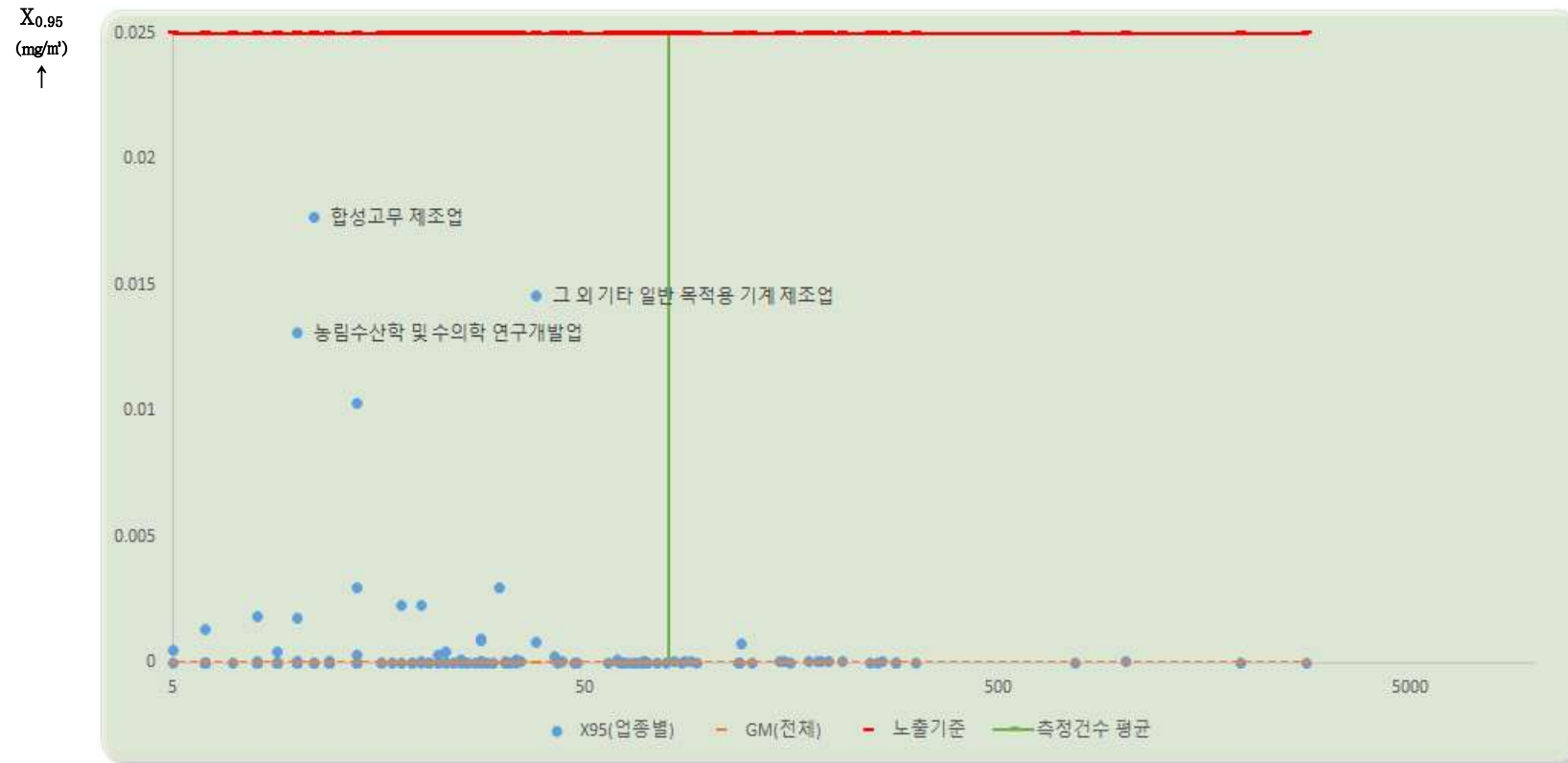
연번	표준산업_세세업종	업종코드	연간 평균 (2018-2022)				측정 자료수	검출 자료수	노출기준 초과 자료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	-	505,996	4,606,637	343.0	150763.6	13,509	692	-	94.88	0.0000451	0.0005178	0.0000001	0.0000001	5.3	0.0000001	0.0156000	0.0000022	0
1	합성고무 제조업	20201	197	3,317	1.0	360.0	11	8	0	27.27	0.0006109	0.0015279	0.0002000	0.0000299	48.5	0.0000001	0.0052000	0.0176827	3
2	지질 조사 및 탐사업	72923	528	2,822	0.8	356.2	10	8	0	20.00	0.0000599	0.0000465	0.0000520	0.0000179	16.1	0.0000001	0.0001370	0.0017353	1
3	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	20312	744	4,948	0.2	86.2	8	6	0	25.00	0.0001313	0.0003111	0.0000200	0.0000105	22.9	0.0000001	0.0009000	0.0018041	1
4	일반의원	86201	29,479	199,870	0.8	1507.2	14	8	0	42.86	0.0003661	0.0005154	0.0000125	0.0000087	73.8	0.0000001	0.0016000	0.0103188	2
5	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	2.0	53.0	38	20	0	47.37	0.0007776	0.0016858	0.0000100	0.0000085	92.5	0.0000001	0.0096000	0.0145724	3
6	코크스 및 관련제품 제조업	19101	16	393	1.0	166.0	20	12	0	40.00	0.0001080	0.0001483	0.0000100	0.0000060	37.0	0.0000001	0.0005000	0.0022664	1
7	농림수산물 및 수의학 연구개발업	70112	275	2,162	0.6	10.2	10	4	0	60.00	0.0005401	0.0007876	0.0000001	0.0000043	130.7	0.0000001	0.0019000	0.0131100	3
8	기타 일반 공공 행정	84119	1,456	17,782	1.6	398.4	31	11	0	64.52	0.0003807	0.0007263	0.0000001	0.0000023	77.3	0.0000001	0.0022000	0.0029367	2
9	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	24213	55	2,912	0.6	348.0	28	12	0	57.14	0.0001272	0.0003075	0.0000001	0.0000021	40.6	0.0000001	0.0015000	0.0009399	1
10	반도체 제조용 기계 제조업	29271	3,355	34,322	1.2	126.8	14	4	0	71.43	0.0006858	0.0015251	0.0000001	0.0000016	96.7	0.0000001	0.0052000	0.0029357	2
11	기타 곡물 가공품 제조업	10619	399	2,862	1.0	201.6	14	6	0	57.14	0.0000236	0.0000314	0.0000001	0.0000014	24.9	0.0000001	0.0000800	0.0002858	1
12	동물용 의약품 제조업	21230	50	1,479	0.6	26.0	6	2	0	66.67	0.0001001	0.0001549	0.0000001	0.0000014	62.5	0.0000001	0.0003000	0.0012965	1
13	지정 외 폐기물 처리업	38210	537	5,021	7.4	322.6	120	42	0	65.00	0.0005407	0.0021987	0.0000001	0.0000014	45.5	0.0000001	0.0155000	0.0007459	1
14	질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업	20311	86	1,601	1.6	952.0	22	9	0	59.09	0.0000387	0.0000763	0.0000001	0.0000014	26.4	0.0000001	0.0003000	0.0002963	1
15	산업용 난방보일러 및 방열기 제조업	25121	450	3,116	0.2	53.4	5	2	0	60.00	0.0000281	0.0000438	0.0000001	0.0000013	34.7	0.0000001	0.0001000	0.0004516	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-46-3〉 수은 및 그 화합물 $X_{0.95}$ 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	검출 사업장수	검출 근로자수	노출기준 초과 사업장수	불검출률 (%)	산업 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수															
	합 계	-	505,996	4,606,637	343.0	150763.6	13,509	692	-	94.88	0.0000451	0.0005178	0.0000001	0.0000001	5.3	0.0000001	0.0156000	0.0000022	0
1	합성고무 제조업	20201	197	3,317	1.0	360.0	11	8	0	27.27	0.0006109	0.0015279	0.0002000	0.0000299	48.5	0.0000001	0.0052000	0.0176827	3
2	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	2.0	53.0	38	20	0	47.37	0.0007776	0.0016858	0.0000100	0.0000085	92.5	0.0000001	0.0096000	0.0145724	3
3	농림수산업 및 수의학 연구개발업	70112	275	2,162	0.6	10.2	10	4	0	60.00	0.0005401	0.0007876	0.0000001	0.0000043	130.7	0.0000001	0.0019000	0.0131100	3
4	일반의원	86201	29,479	199,870	0.8	1507.2	14	8	0	42.86	0.0003661	0.0005154	0.0000125	0.0000087	73.8	0.0000001	0.0016000	0.0103188	2
5	기타 일반 공공 행정	84119	1,456	17,782	1.6	398.4	31	11	0	64.52	0.0003807	0.0007263	0.0000001	0.0000023	77.3	0.0000001	0.0022000	0.0029367	2
6	반도체 제조용 기계 제조업	29271	3,355	34,322	1.2	126.8	14	4	0	71.43	0.0006858	0.0015251	0.0000001	0.0000016	96.7	0.0000001	0.0052000	0.0029357	2
7	기타 식사용 가공처리 조리식품 제조업	10759	660	6,413	1.0	1316.0	18	4	0	77.78	0.0012723	0.0028559	0.0000001	0.0000011	103.1	0.0000001	0.0107000	0.0022722	1
8	코크스 및 관련제품 제조업	19101	16	393	1.0	166.0	20	12	0	40.00	0.0001080	0.0001483	0.0000100	0.0000060	37.0	0.0000001	0.0005000	0.0022664	1
9	복합비료 및 기타 화학비료 제조업	20312	744	4,948	0.2	86.2	8	6	0	25.00	0.0001313	0.0003111	0.0000200	0.0000105	22.9	0.0000001	0.0009000	0.0018041	1
10	지질 조사 및 탐사업	72923	528	2,822	0.8	356.2	10	8	0	20.00	0.0000599	0.0000465	0.0000520	0.0000179	16.1	0.0000001	0.0001370	0.0017353	1
11	동물용 의약품 제조업	21230	50	1,479	0.6	26.0	6	2	0	66.67	0.0001001	0.0001549	0.0000001	0.0000014	62.5	0.0000001	0.0003000	0.0012965	1
12	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	24213	55	2,912	0.6	348.0	28	12	0	57.14	0.0001272	0.0003075	0.0000001	0.0000021	40.6	0.0000001	0.0015000	0.0009399	1
13	공중 보건 의료업	86300	440	6,881	1.4	703.6	28	8	0	71.43	0.0002536	0.0005878	0.0000001	0.0000012	54.5	0.0000001	0.0021000	0.0008392	1
14	일반용 전기 조명장치 제조업	28422	1,400	6,875	1.0	87.0	38	7	0	81.58	0.0009759	0.0023163	0.0000001	0.0000007	69.3	0.0000001	0.0084000	0.0007767	1
15	지정 외 폐기물 처리업	38210	537	5,021	7.4	322.6	120	42	0	65.00	0.0005407	0.0021987	0.0000001	0.0000014	45.5	0.0000001	0.0155000	0.0007459	1

* $X_{0.95}$ 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준($0.025\text{mg}/\text{m}^3$), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-34] 최근 5년간 수은 및 그 화합물 업종별 작업환경측정 현황

(33) 삼산화안티몬(Antimony trioxide)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 유해인자와 건강영향, 산업안전보건연구원〉

안티몬은 은백색 광택의 결정 또는 어두운 회색의 분말로 분말 또는 과립형태로 공기와 섞이면 분진 폭발이 발생할 수 있다. 열전도율과 전기 전도율은 작고, 상온에서는 공기 중에서 안정적이고 강력한 열을 가하면 불타서 산화물이 된다. 안티몬 산화물 중 대표적인 물질로는 삼산화안티몬으로 삼산화안티몬은 주로 플라스틱의 난연제(불이 쉽게 나지 않도록 하는 첨가제)로 이용되며, 각종 플라스틱의 필름, 시트 도료 등에 이용된다. 주요 발생원은 안티몬 원광석을 원료로 하여 삼산화안티몬을 제조하는 공정에서 발생하며, 복합수지 생산업체에서 난연제를 생산하기 위하여 삼산화안티몬을 사용하는 공정 등에서도 발생이 된다.

삼산화안티몬은 인체 발암성 의심물질로 분류되어, 산업안전보건법에서 A2로, 국제암연구센터에서 Group 2B, 미국산업위생전문가협회(ACGIH)에서 A2로 분류하고 있다. 단기간 노출 시 자극, 코피, 금속 흡 열, 위통, 목소리 상실, 호흡곤란, 수정능력 장애, 폐 및 심장 등에 장애를 나타내며, 만성 노출 시 체중감소, 혈액 및 간에 건강영향을 발생할 수 있다. 눈, 피부 등에 자극을 유발하며, 안티몬 피부병, 결막염등과 같은 증상이 나타날 수 있다. 경구독성으로 단기간 노출 시 혈압변화, 구토, 설사, 위통, 호흡곤란, 폐 울혈, 경련이 일어나면, 심하면 혼수 상태에 빠지게 된다.

삼산화안티몬은 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.5 mg/m³ (발암성 2), ACGIH TLV-TWA 0.5 mg/m³, OSHA PEL 0.5 mg/m³로 관리된다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 삼산화안티몬을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 92개 업종, 267개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 62개 업종, 159개 사업장이 있었고, 55개

업종 108개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 삼산화안티몬을 취급한다고 보고한 사업장은 성형가공 공정이 가장 많았고, 혼합, 압연, 압출, 도장도포, 반응, 투입 등 공정에서 원재료, 내화, 방염, 난연제, 도료, 합성수지 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

삼산화안티몬은 최근 5년간 214개 업종, 2,663개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 532개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정 시료 건수 16,250건 중 검출된 시료는 5,742건으로 불검출률은 64.7% 수준이었다. 노출기준을 초과한 시료는 없었다. 측정시료 수로는 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」에서 2,111건으로 가장 많았고, 「기타 절연선 및 케이블 제조업」 829건, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 825건, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 717건, 「그 외 기타 플라스틱 제품 제조업」 642건, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업」 491건 순으로 많았다(표 III-48).

삼산화안티몬을 측정한 사업장의 주요 용도를 살펴보면, 합성수지, 전자 부품, 도료 및 유사제품, 항공기, 우주선 및 부품, 브레이크 패드, 라이닝, 벽지, 실사간판, PVC 시트, 테이프, 플라스틱 착색제, 블라인드, 고무가공품, 전선 등 생산에 활용되었다. 주요 취급공정은 사출성형, 배합, 실험실, 코팅, 압출, 혼합, 사출, 투입, 계량 등 공정에서 활용되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 ($0.00000015 \text{ mg/m}^3$)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「그 외 기타 비금속광물 광업」 0.0027 mg/m^3 (n= 12), 「농업 및 임업용 기계 제조업」 0.0012 mg/m^3 (n= 21), 「그 외 기타 상품 전문 도매업」에서 0.0003 mg/m^3 (n=6), 「그 외 기타 비거주 복지 서비스업」에서 0.0002 mg/m^3 (n=6), 「자동차용 신품 제동장치 제조업」 0.0002 mg/m^3 (n=84)등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 0.5 mg/m^3 을 초과하는 업종은 「편조 원단 제조업」, 「농업 및 임업용 기계 제조업」, 「그 외 기타 비거주 복지

서비스업], 「기타 인쇄관련 산업», 「변압기 제조업», 「그 외 기타 비금속광물 광업», 「기타 비철금속 주조업」 7개 업종이 있었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

삼산화안티몬을 측정한 사업장 중 95% 상위값이 노출기준을 초과한 「편조 원단 제조업», 「농업 및 임업용 기계 제조업», 「그 외 기타 비거주 복지 서비스업», 「기타 인쇄관련 산업», 「변압기 제조업», 「그 외 기타 비금속광물 광업», 「기타 비철금속 주조업」의 원단 배합, 코팅, 용접, 분석실 등에 대해 향후 우선적인 관리가 필요할 것으로 판단된다(그림 III-35).

〈표 III-47-1〉 삼산화안티몬 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산출 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	448,328	5,217,003	532.6	160,699.0	16,250	5,742	-	64.66	0.0023	0.0129	0.0000	0.0000	68.2	0.0000	0.4353	0.0030	0
1	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	59.8	8,052.6	2,111	741	0	64.90	0.0052	0.0224	0.0000	0.0000	107.8	0.0000	0.4353	0.0086	1
2	기타 절연선 및 케이블 제조업	28302	1,308	17,088	35.0	3,050.8	829	231	0	72.14	0.0005	0.0037	0.0000	0.0000	27.9	0.0000	0.0692	0.0002	0
3	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	36.6	8,198.8	825	220	0	73.33	0.0004	0.0044	0.0000	0.0000	24.1	0.0000	0.1070	0.0002	0
4	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	19.8	2,026.6	717	399	0	44.35	0.0023	0.0113	0.0001	0.0000	69.9	0.0000	0.1447	0.0140	1
5	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업	22299	7,999	58,008	25.6	969.4	642	211	0	67.13	0.0015	0.0084	0.0000	0.0000	61.8	0.0000	0.1794	0.0020	0
6	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	6.2	994.2	491	161	0	67.21	0.0007	0.0037	0.0000	0.0000	39.6	0.0000	0.0475	0.0007	0
7	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	5.4	910.6	472	56	0	88.14	0.0005	0.0033	0.0000	0.0000	15.9	0.0000	0.0451	0.0000	0
8	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	9.6	1,505.8	426	247	0	42.02	0.0018	0.0057	0.0001	0.0000	76.7	0.0000	0.0550	0.0237	1
9	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	22211	1,439	16,086	16.6	435.4	364	116	0	68.13	0.0027	0.0085	0.0000	0.0000	101.6	0.0000	0.0699	0.0065	1
10	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	8.4	25,687.4	351	122	0	65.24	0.0031	0.0134	0.0000	0.0000	85.3	0.0000	0.1495	0.0049	0
11	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	10.4	846.2	321	108	0	66.36	0.0012	0.0071	0.0000	0.0000	54.1	0.0000	0.1072	0.0016	0
12	그 외 기타 고무제품 제조업	22199	1,786	15,235	9.0	704.8	318	125	0	60.69	0.0013	0.0055	0.0000	0.0000	78.9	0.0000	0.0777	0.0061	1
13	플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업	22292	770	7,873	4.6	335.8	298	38	0	87.25	0.0010	0.0082	0.0000	0.0000	17.7	0.0000	0.1109	0.0000	0
14	항공기용 부품 제조업	31322	232	10,478	4.8	3,175.4	276	80	0	71.01	0.0006	0.0030	0.0000	0.0000	45.7	0.0000	0.0360	0.0009	0
15	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	7.6	1,755.8	264	152	0	42.42	0.0028	0.0093	0.0001	0.0000	104.4	0.0000	0.0982	0.0481	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-47-2〉 삼산화안티몬 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계			-	448,328	5,217,003	532.6	160,699.0	16,250	5,742	-	64.66	0.0023	0.0129	0.0000	0.0000	68.2	0.0000	0.4353	0.0030	0
1	그 외 기타 비금속광물 광업	07290	31	97	1.0	11.0	12	11	0	8.33	0.0207	0.0311	0.0092	0.0027	37.6	0.0000	0.0911	1.0620	4	
2	농업 및 임업용 기계 제조업	29210	1,827	12,777	0.6	0.0	5	4	0	20.00	0.0099	0.0067	0.0097	0.0012	156.1	0.0000	0.0171	5.0182	4	
3	그 외 기타 상품 전문 도매업	46799	12,564	41,767	0.8	8.0	21	16	0	23.81	0.0030	0.0029	0.0027	0.0003	81.0	0.0000	0.0096	0.3667	3	
4	그 외 기타 비거주 복지 서비스업	87299	22,462	329,716	0.6	12.0	6	4	0	33.33	0.0088	0.0125	0.0059	0.0002	316.1	0.0000	0.0334	3.1288	4	
5	특수사 및 코드직물 제조업	13993	24	225	0.2	169.6	3	3	0	0.00	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	2.0	0.0001	0.0004	0.0006	0	
6	자동차용 부품 제조업	30392	64	891	1.2	68.4	84	62	0	26.19	0.0032	0.0053	0.0008	0.0002	76.0	0.0000	0.0289	0.1916	2	
7	액정 표시장치 제조업	26211	181	10,038	0.2	4,548.6	4	4	0	0.00	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	1.4	0.0001	0.0002	0.0002	0	
8	기타 비철금속 주조업	24329	378	3,460	0.8	0.8	16	10	0	37.50	0.0059	0.0070	0.0019	0.0001	216.6	0.0000	0.0216	0.7651	4	
9	기타 가공 공작기계 제조업	29229	3,177	20,087	0.2	337.4	3	3	0	0.00	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	1.0	0.0001	0.0001	0.0001	0	
10	기타 비주거용 건물 건설업	41129	12,567	151,942	0.2	1,976.2	2	2	0	0.00	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	1.7	0.0001	0.0001	0.0002	Low	
11	아파트 건설업	41112	3,179	335,208	0.8	434.6	9	7	0	22.22	0.0005	0.0007	0.0003	0.0001	38.7	0.0000	0.0021	0.0342	1	
12	편조 원단 제조업	13300	562	2,988	0.2	4.2	4	2	0	50.00	0.0205	0.0238	0.0190	0.0001	1,375.8	0.0000	0.0442	11.4023	4	
13	변압기 제조업	28112	431	7,846	1.2	96.6	11	6	0	45.45	0.0084	0.0106	0.0023	0.0001	373.2	0.0000	0.0299	1.1941	4	
14	무기 안료용 금속 산화물 및 관련 제품 제조업	20131	33	518	2.4	57.0	179	144	0	19.55	0.0027	0.0136	0.0001	0.0001	33.5	0.0000	0.1502	0.0211	1	
15	플라스틱 창호 제조업	22223	1,507	7,756	0.8	434.6	33	29	0	12.12	0.0007	0.0026	0.0001	0.0001	14.1	0.0000	0.0135	0.0043	0	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-47-3〉 삼산화안티몬 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	-	448,328	5,217,003	532.6	160,699.0	16,250	5,742	-	64.66	0.0023	0.0129	0.0000	0.0000	68.2	0.0000	0.4353	0.0030	0
1	편조 원단 제조업	13300	562	2,988	0.2	4.2	4	2	0	50.00	0.0205	0.0238	0.0190	0.0001	1,375.8	0.0000	0.0442	11.4023	4
2	농업 및 임업용 기계 제조업	29210	1,827	12,777	0.6	0.0	5	4	0	20.00	0.0099	0.0067	0.0097	0.0012	156.1	0.0000	0.0171	5.0182	4
3	그 외 기타 비거주 복지 서비스업	87299	22,462	329,716	0.6	12.0	6	4	0	33.33	0.0088	0.0125	0.0059	0.0002	316.1	0.0000	0.0334	3.1288	4
4	기타 인쇄관련 산업	18129	1,215	6,615	0.4	107.2	8	4	0	50.00	0.0078	0.0088	0.0057	0.0000	475.5	0.0000	0.0212	1.2116	4
5	변압기 제조업	28112	431	7,846	1.2	96.6	11	6	0	45.45	0.0084	0.0106	0.0023	0.0001	373.2	0.0000	0.0299	1.1941	4
6	기타 발전업	35119	396	28,911	0.2	252.4	2	1	0	50.00	0.0010	0.0014	0.0010	0.0000	825.6	0.0000	0.0020	1.0881	Low
7	그 외 기타 비금속광물 광업	07290	31	97	1.0	11.0	12	11	0	8.33	0.0207	0.0311	0.0092	0.0027	37.6	0.0000	0.0911	1.0620	4
8	기타 비철금속 주조업	24329	378	3,460	0.8	0.8	16	10	0	37.50	0.0059	0.0070	0.0019	0.0001	216.6	0.0000	0.0216	0.7651	4
9	사람 분노 처리업	37021	614	2,665	0.2	16.2	2	2	0	0.00	0.0134	0.0184	0.0134	0.0032	19.3	0.0004	0.0264	0.4249	Low
10	지정 외 폐기물 수집, 운반업	38110	2,290	28,009	0.2	31.4	2	1	0	50.00	0.0006	0.0008	0.0006	0.0000	547.9	0.0000	0.0011	0.4148	Low
11	합성고무 제조업	20201	197	3,317	2.6	25.2	47	26	0	44.68	0.0112	0.0279	0.0010	0.0001	228.4	0.0000	0.1225	0.3819	3
12	그 외 기타 상품 전문 도매업	46799	12,564	41,767	0.8	8.0	21	16	0	23.81	0.0030	0.0029	0.0027	0.0003	81.0	0.0000	0.0096	0.3667	3
13	요업용 도포제 및 관련제품 제조업	20412	28	271	1.0	33.0	73	40	0	45.21	0.0086	0.0242	0.0012	0.0000	204.4	0.0000	0.1415	0.2785	3
14	금속 열처리업	25921	985	8,759	3.4	72.6	52	25	0	51.92	0.0179	0.0409	0.0000	0.0000	284.4	0.0000	0.2002	0.2779	3
15	구름베어링 제조업	29141	312	6,722	2.0	30.6	37	18	0	51.35	0.0043	0.0059	0.0000	0.0000	228.1	0.0000	0.0175	0.1946	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

$\bar{X}_{0.95}$
(mg/m^3)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준($0.5\text{mg}/\text{m}^3$), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-35] 최근 5년간 삼산화안티몬 업종별 작업환경측정 현황

(34) 카드뮴 및 그 화합물(Cadmium and compounds)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 유해인자와 건강영향, 산업안전보건연구원〉

카드뮴은 부드럽고 연성이 있으며 은백색 광택의 금속 또는 분말로 냄새가 없고 부식에 매우 강한 성질을 가지고 있다. 공기, 물, 토양 등에 자연적으로 소량 존재하며, 채굴되기보다 아연, 납, 구리 같은 금속을 제련할 때 부산물로 생성된다. 대기 중에서 카드뮴은 입자로 이루어져 있으며, 물에는 녹지 않고 할로젠, 산과 반응하기 쉽고, 염기와는 반응이 잘 되지 않는 물질이다. 카드뮴의 주 오염원은 각종 금속제련, 카드뮴화합물 제조, 안료 및 염화비닐 및 플라스틱 안정제, 니켈-카드뮴 배터리, 페인트 안료, 금속 합금 등에도 사용되며, 카드뮴을 사용하는 주 산업은 금속제련, 전자, 핵연료, 안료제품 등이다. 사업장에서 주요 카드뮴의 발생원은 카드뮴 합금 작업, 카드뮴 코팅 금속의 산소 아세틸렌 절단과정 및 카드뮴이 함유된 금속의 제련, 용해 및 정련과정이다. 카드뮴은 다른 금속에 비해 비등점은 낮고 증기압은 크기 때문에 가열 처리 시 산소와 결합하여 산화카드뮴 흡이 많이 발생될 수 있다.

카드뮴은 국제암연구기관(IARC)에서 정한 Group1 발암물질이며, 높은 농도의 카드뮴 흡(200~500mg/m³)에 노출되면 금속열(metal fume fever)과 유사한 증상을 일으키며, 대개 며칠 이내로 완전히 회복된다. 하지만 심하게 노출되면 기관지나 호흡기에 염증이 생기고 기침, 두통, 현기증, 오한, 발열, 호흡곤란과 같은 증상이 나타난다. 고농도의 카드뮴 흡에 노출된 후 24시간 이내에 급성 폐부종이 발생할 수 있다. 카드뮴이 묻어 있거나 오염된 손으로 음식을 섭취하면 소화관 장애가 일어날 수 있고 구역질, 복통 등의 증상이 나타났다가 빠르게 없어진다. 고농도로 섭취하면 급성독성으로 간 손상이 나타난다. 주로 흡입에 의해 카드뮴에 노출된 작업자는 신장독성이 있는 것으로 보고되고 있다. 니켈-카드뮴 배터리를 생산하는 공장에서 발생하는 산화

카드뮴 분진과 카드뮴 흡에 노출된 작업자를 대상으로 조사한 결과 신장기능 이상이 높았다고 보고하였다. 카드뮴은 칼슘 대사에도 영향을 미쳐 카드뮴에 의한 심한 신장 장애를 가진 사람들은 신장 결석이 생길 수 있고, 소변으로 손실되는 칼슘양이 증가되어 칼슘의 과량 배설이 일어날 수 있다. 그 영향으로 골격의 변화와 뼈의 통증, 골연화증, 골다공증 등이 초래될 수 있다.

카드뮴은 인체에 급성 또는 만성질환을 일으키는 중금속으로 반감기가 대단히 길 뿐 만 아니라 축적된 카드뮴은 배설 또는 대사되기 어려운 금속이다. 특히, 뼈에 축적된 카드뮴은 칼슘의 이탈과 영양적 불균형이 초래한다.

카드뮴은 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.01 mg/m³ (호흡성 0.002 mg/m³, 발암성 1A, 생식세포 변이원성 2, 생식독성 2, 호흡성), ACGIH TLV-TWA 0.01 mg/m³ (호흡성 0.002 mg/m³), OSHA PEL 0.005 mg/m³로 관리된다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 카드뮴 및 그 화합물을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 63개 업종, 115개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 36개 업종, 55개 사업장이 있었고, 41개 업종 60개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 카드뮴 및 그 화합물을 취급한다고 보고한 사업장은 실험/연구 공정이 가장 많았고, 용접, 도장도포, 검사 등 공정에서 원재료, 용접제, 도료, 분석시험용 시약 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

카드뮴 및 그 화합물은 최근 5년간 267개 업종, 2,526개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 505개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건수 14,676건(호흡성 895건 포함) 중 검출된 시료는 3,808건(호흡성 356 포함)으로 불검출률은 74.1%(호흡성 60.2%) 수준이었다.

노출기준을 초과한 시료는 3건이 있었으며, 「그 외 기타 일반 목적용 기계

제조업」 2건, 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」 1건이었다. 호흡성(입경)으로 평가된 시료 중에서는 노출기준을 초과한 경우는 없었다(표 III-49).

측정시료 수로는 「열간 압연 및 압출제품 제조업」에서 2,071건으로 가장 많았고, 「동 제련, 정련 및 합금 제조업」 1,047건, 「종합병원」 748건, 「완제 의약품 제조업」 526건, 「물질 성분 검사 및 분석업」 286건, 「화력 발전업」 278건 순으로 많았다. 이 중 호흡성 입경은 「공공관계 서비스업」 66건, 「지정 외 폐기물 수집, 운반업」 44건 순으로 많았다.

카드뮴 및 그 화합물을 측정한 사업장의 주요 용도를 살펴보면, 열간 압연 및 압출, 철근, 의약품, 도료 생산 등에 활용되었다, 주요 취급공정은 실험실, 용접, 제련, 용해, 배합, 소각 등 공정에서 활용되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 ($0.00000005 \text{ mg/m}^3$)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다.

평가결과는 호흡성 입경으로 평가한 카드뮴(resp)을 제외하고, 전체 입경으로 평가한 카드뮴 노출농도를 살펴보았다. 기하평균은 「전자 응용 절삭기계 제조업」 0.00021 mg/m^3 (n= 10), 「전동기 및 발전기 제조업」 0.00014 mg/m^3 (n= 20), 「기기용 자동 측정 및 제어장치 제조업」에서 0.00012 mg/m^3 (n=18), 「구름베어링 제조업」 0.00006 mg/m^3 (n=12), 「그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업」 0.00006 mg/m^3 (n=9)등 순이었다.

95% 상위 값이 노출기준인 0.01 mg/m^3 을 초과하는 업종은 「그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업」, 「분사기 및 소화기 제조업」, 「그 외 기타 전기장비 제조업」, 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「전동기 및 발전기 제조업」, 「그 외 기타 건축자재 도매업」, 「철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업」, 「동압연, 압출 및 연신제품 제조업」, 「구름베어링 제조업」, 「선박 구성 부분품 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 등 13개 업종이 있었다. 특수 목적용 기계, 인쇄 및 제책용 기계, 전기장비, 선박 구성 부분품, 자동차용 신품 부품 제조업에서의 용접 작업, 전동기 및 발전기 제조업의 납땜, 동 압연, 압출

및 연신제품 제조업의 용해, 압출 공정 등에서 평가되었다

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

카드뮴 및 그 화합물 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」, 「기타 기초 무기화학 물질 제조업」과 측정 자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 55$)이상인 업종은 「선박 구성 부분품 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「동 압연, 압출 및 연신제품 제조업」, 「그 외 기타 전기장비 제조업」 업종에 대한 용접, 용해, 압연 등 공정에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-36).

〈표 III-48-1〉 카드뮴 및 그 화합물 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업 세세업종	업종코드	년간 평균 (2018~2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수															
	합 계	-	518,182	4,463,904	471.2	198,984	13,130	3,362	1	74.39	0.0001	0.00085	0.00000005	0.00000003	30.2	0.00000005	0.08130	0.000091	0
1	열간 압연 및 압출제품 제조업	24121	242	23,632	4.0	3,914	2,071	471	0	77.26	0.00004734	0.00019467	0.00000005	0.00000023	20.2	0.00000005	0.00470	0.000032	0
2	동 제련, 정련 및 합금 제조업	24211	26	1,105	1.0	712	1,047	703	0	32.86	0.00023133	0.00055044	0.00004000	0.00000962	46.9	0.00000005	0.00486	0.005402	3
3	종합병원	86101	188	38,806	58.2	48,430	681	105	0	84.58	0.00003414	0.00017126	0.00000005	0.00000016	16.3	0.00000005	0.00340	0.000016	0
4	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	15.0	5,357	511	94	0	81.60	0.00002284	0.00010746	0.00000005	0.00000017	14.9	0.00000005	0.00140	0.000015	0
5	일반병원	86102	6,311	317,035	20.2	14,303	276	53	0	80.80	0.00002338	0.00015948	0.00000005	0.00000018	14.7	0.00000005	0.00250	0.000015	0
6	물질 성분 검사 및 분석업	72911	949	14,763	13.2	1,797	273	49	0	82.05	0.00004692	0.00023525	0.00000005	0.00000019	19.0	0.00000005	0.00240	0.000024	0
7	화력 발전업	35113	34	3,433	2.4	2,298	241	11	0	95.44	0.00000461	0.00002090	0.00000005	0.00000007	4.9	0.00000005	0.00010	0.000001	0
8	그 외 기타 보건업	86909	672	14,191	10.2	3,250	225	27	0	88.00	0.00001984	0.00009976	0.00000005	0.00000010	8.7	0.00000005	0.00084	0.000004	0
9	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	8.6	11,320	210	27	0	87.14	0.00000450	0.00001825	0.00000005	0.00000011	7.7	0.00000005	0.00018	0.000003	0
10	지정 폐기물 처리업	38220	241	1,762	9.4	281	205	21	0	89.76	0.00001107	0.00004461	0.00000005	0.00000011	9.4	0.00000005	0.00045	0.000004	0
11	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	7.0	3,047	189	37	0	80.42	0.00003447	0.00018403	0.00000005	0.00000020	17.6	0.00000005	0.00220	0.000022	0
12	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	5.2	656	187	17	0	90.91	0.00004475	0.00026311	0.00000005	0.00000010	9.3	0.00000005	0.00260	0.000004	0
13	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	24213	55	2,912	2.0	1,404	180	82	0	54.44	0.00031957	0.00081892	0.00000005	0.00000218	73.8	0.00000005	0.00480	0.002582	2
14	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	3.0	423	177	36	0	79.66	0.00002885	0.00007566	0.00000005	0.00000024	22.2	0.00000005	0.00040	0.000039	0
15	철도 여객 운송업	49101	14	17,250	0.6	18,030	176	42	0	76.14	0.00002447	0.00004438	0.00000005	0.00000031	26.0	0.00000005	0.00020	0.000065	0

* X_{0.95} 등급 - 0: < OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-48-2〉 카드뮴 및 그 화합물 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계			-	518,182	4,463,904	471.2	198,984	13,130	3,362	1	74.39	0.0001	0.00085	0.00000005	0.0000003	30.2	0.00000005	0.08130	0.000091	0
1	기타 건축용 플라스틱 조립제품 제조업	22229	1,349	15,966	0.2	1	1	1	0	0.00	0.00080	-	0.00080	0.00080	-	0.00080000	0.00080	-	Low	
2	전자 응용 절삭기계 제조업	29221	215	4,782	0.6	984	10	10	0	0.00	0.00021	0.00003	0.00020	0.00021	1.1	0.00020000	0.00030	0.000257	1	
3	기타 신발 제조업	15219	504	5,203	1.0	6	3	3	0	0.00	0.00020	0.00010	0.00020	0.00018	1.7	0.00010000	0.00030	0.000453	1	
4	전동기 및 발전기 제조업	28111	1,068	12,305	1.0	81	20	17	0	15.00	0.00074	0.00097	0.00050	0.00014	34.0	0.00000005	0.00370	0.047054	4	
5	건물 및 토목 엔지니어링 서비스업	72121	3,934	56,369	0.2	179	4	4	0	0.00	0.00013	0.00006	0.00012	0.00012	1.6	0.00008000	0.00022	0.000260	1	
6	기기용 자동 측정 및 제어장치 제조업	27215	886	8,034	1.4	258	18	17	0	5.56	0.00082	0.00149	0.00011	0.00012	13.5	0.00000005	0.00470	0.008696	3	
7	경제 및 경영학 연구개발업	70201	178	4,894	0.2	21	2	2	0	0.00	0.00010	0.00000	0.00010	0.00010	1.0	0.00010000	0.00010	0.000100	Low	
8	전구 및 램프 제조업	28410	520	5,595	1.0	7	1	1	0	0.00	0.00010	-	0.00010	0.00010	-	0.00010000	0.00010	-	Low	
9	구름베어링 제조업	29141	312	6,722	0.8	33	12	10	0	16.67	0.00028	0.00033	0.00020	0.00006	29.5	0.00000005	0.00110	0.015690	4	
10	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	29299	4,501	29,286	1.2	21	9	6	0	33.33	0.00229	0.00290	0.00120	0.00006	225.40	0.00000005	0.00820	0.443651	4	
11	기타 물품 취급장비 제조업	29169	508	2,864	0.2	12	3	3	0	0.00	0.00007	0.00005	0.00010	0.00005	3.8	0.00001000	0.00010	0.000413	1	
12	분사기 및 소화기 제조업	29193	279	2,668	1.2	123	6	4	0	33.33	0.00051	0.00067	0.00018	0.00002	123.80	0.00000005	0.00150	0.060906	4	
13	철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업	31202	241	4,364	1.6	129	21	14	0	33.33	0.00033	0.00029	0.00040	0.00002	82.5	0.00000005	0.00080	0.030416	4	
14	그 외 기타 전기장비 제조업	28909	2,351	27,662	3.6	193	47	27	0	42.55	0.00093	0.00118	0.00010	0.00001	150.40	0.00000005	0.00343	0.051616	4	
15	선박 구성 부분품 제조업	31114	3,191	53,534	3.6	389	91	60	0	34.07	0.00028	0.00066	0.00020	0.00001	63.9	0.00000005	0.00610	0.012565	4	

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-48-3〉 카드뮴 및 그 화합물 $X_{0.95}$ 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m^3)

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급	
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수														
합 계			-	518,182	4,463,904	471.2	198,984	13,130	3,362	1	74.39	0.0001	0.00085	0.00000005	0.0000003	30.2	0.00000005	0.08130	0.000091	0
1	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	29299	4,501	29,286	1.2	21	9	6	0	33.33	0.00229	0.00290	0.00120	0.00006	225.4	0.00000005	0.00820	0.443651	4	
2	분사기 및 소화기 제조업	29193	279	2,668	1.2	123	6	4	0	33.33	0.00051	0.00067	0.00018	0.00002	123.8	0.00000005	0.00150	0.060906	4	
3	그 외 기타 전기장비 제조업	28909	2,351	27,662	3.6	193	47	27	0	42.55	0.00093	0.00118	0.00010	0.00001	150.4	0.00000005	0.00343	0.051616	4	
4	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	0.2	1	3	1	0	66.67	0.00080	0.00139	0.00000	0.00000	504.3	0.00000005	0.00240	0.050740	4	
5	전동기 및 발전기 제조업	28111	1,068	12,305	1.0	81	20	17	0	15.00	0.00074	0.00097	0.00050	0.00014	34.0	0.00000005	0.00370	0.047054	4	
6	그 외 기타 건축자재 도매업	46699	10,712	29,663	0.4	21	6	2	0	66.67	0.00205	0.00365	0.00000	0.00000	402.7	0.00000005	0.00900	0.046053	4	
7	철도 차량 부품 및 관련 장치물 제조업	31202	241	4,364	1.6	129	21	14	0	33.33	0.00033	0.00029	0.00040	0.00002	82.5	0.00000005	0.00080	0.030416	4	
8	동 압연, 압출 및 연신제품 제조업	24221	88	3,753	2.0	176	70	39	0	44.29	0.00078	0.00119	0.00005	0.00001	130.7	0.00000005	0.00450	0.028590	4	
9	산업 단체	94110	1,536	11,980	1.0	315	20	10	0	50.00	0.00062	0.00114	0.00003	0.00001	143.6	0.00000005	0.00473	0.020711	4	
10	구름베어링 제조업	29141	312	6,722	0.8	33	12	10	0	16.67	0.00028	0.00033	0.00020	0.00006	29.5	0.00000005	0.00110	0.015690	4	
11	비 및 솔 제조업	33993	215	1,662	0.2	9	2	1	0	50.00	0.00005	0.00007	0.00005	0.00000	215.9	0.00000005	0.00010	0.015460	4	
12	선박 구성 부분품 제조업	31114	3,191	53,534	3.6	389	91	60	0	34.07	0.00028	0.00066	0.00020	0.00001	63.9	0.00000005	0.00610	0.012565	4	
13	비동력식 수공구 제조업	25933	409	2,505	2.6	58	30	17	0	43.33	0.00050	0.00099	0.00003	0.00001	94.5	0.00000005	0.00379	0.011989	4	
14	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	3.0	275	74	34	0	54.05	0.00054	0.00099	0.00000	0.00000	126.0	0.00000005	0.00470	0.011199	4	
15	기기용 자동 측정 및 제어장치 제조업	27215	886	8,034	1.4	258	18	17	0	5.56	0.00082	0.00149	0.00011	0.00012	13.5	0.00000005	0.00470	0.008696	3	

* $X_{0.95}$ 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

$\bar{X}_{0.95}$
(mg/m^3)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준($0.01\text{mg}/\text{m}^3$), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-36] 최근 5년간 카드뮴 및 그 화합물 업종별 작업환경측정 현황

(35) 6가 크롬(Chromium(VI) compounds)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 유해인자와 건강영향, 산업안전보건연구원〉

크롬은 은백색의 광택이 나는 단단한 금속으로, 형태에 따라 다양한 화합물로 존재한다. 금속크롬, 3가 크롬 그리고 6가 크롬이 대표적이다. 이 중 3가 크롬은 자연에서 생산되고 6가 크롬과 금속크롬은 주로 산업공정에서 발생되는데, 보건학에서 관심이 되는 것은 3가 크롬과 6가 크롬이다. 염산과 황산에는 녹으나 공기 중에서 녹이 슬지 않고 약품에 잘 견디어 도금이나 합금 재료로 유용하다. 스테인레스 강 등을 생산하는 금속제조업, 단열재, 도금업, 목재 보존제 제조 등에 사용되며, 금속크롬은 주로 강철과 기타 합금을 만드는 경우, 6가 크롬은 도금, 염료 및 안료 제조, 가죽의 태닝제, 목재보존제 및 촉매 등으로 사용되는데, 화합물에 따른 주요 용도로 크롬산 칼슘은 부식방지제, 배터리의 극성제거장치, 경합금의 피복제, 전착도장용 안료 등, 크롬산납은 주로 안료로, 크롬산아연은 안료나 금속의 전착페인트에 주로 사용된다. 6가 크롬은 스테인레스 강 용접 공정, 크롬산 및 크롬산염 제조업 또는 공정, 크롬 도금업 또는 공정에서 노출될 수 있으며, 복사기를 보수정비하거나 복사기로부터 나온 토너 분말을 폐기하는 작업자 그리고 배터리를 제조하는 작업자는 6가 크롬에 노출될 수 있다. 크롬철광 산업 및 크롬도료를 사용하는 공정이나 인쇄업자, 고무제조업자, 시멘트를 생산하거나 취급하는 작업자는 3가 크롬과 6가 크롬에 함께 노출될 수 있다.

6가 크롬은 폐암과 호흡기계 암을 유발하는 것으로 알려진 발암물질로 국제암연구기관(IARC)에 의해 Group 1(발암성물질)으로 분류되어 있다. 주로 크롬철광석의 정련이나 크롬산염 안료의 생산, 크롬도금 작업공정에서는 6가 크롬이 발생되며, 흡입에 의한 노출로 호흡기계(폐, 비강, 부비동) 암이 발생될 수 있다. 또한, 6가 크롬은 부식성이 강한 물질로, 급성 및 만성적으로 노출되면 자극성 접촉 피부염과 알러지성 접촉 피부염을 유발할 수 있다.

호흡기계는 흡입을 통한 6가 크롬 노출 시 주된 손상부위이다. 급성 또는 만성으로 노출되면 천식 및 기타 호흡기계 기능 저하(만성기관지염)가 나타난다. 특히 도금작업자에서는 비중격천공을 유발시킨다.

6가 크롬은 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 불용성 0.01 mg/m³ (발암성 1A), 수용성 0.05 mg/m³(발암성 1A), ACGIH TLV-TWA 0.0002 mg/m³(STEL 0.0005 mg/m³), OSHA PEL 0.005 mg/m³로 관리된다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 6가 크롬을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 226개 업종, 1,396개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 150개 업종, 901개 사업장이 있었고, 158개 업종 495개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 6가 크롬을 취급한다고 보고한 사업장은 도금 공정이 가장 많았고, 도장도포, 기타 표면 처리, 실험/연구, 용접, 혼합 등 공정에서 전기도금제, 표면처리제, 도료, 용매제, 용접제 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

▪ 6가 크롬(수용성)

6가 크롬(수용성)은 최근 5년간 510개 업종, 42,172개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 8,434개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정 시료건 수 71,458건 중 검출된 시료는 22,815건으로 불검출률은 68.1% 수준이었다. 노출기준 초과 시료는 2건으로 모두 「도금업」에서 평가되었다.

측정시료 수로는 「도금업」에서 14,401건으로 가장 많았고, 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」 2,646건, 「열간 압연 및 압출제품 제조업」 1,579건, 「그 외 기타 금속 가공업」 1,512건, 「강선 건조업」 1,505건, 「도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업」 1,309건 순으로 많았다(표 III-50).

6가 크롬(수용성)을 측정한 사업장의 주요 생산품을 살펴보면, 자동차 부품, 선박 부품, 철구조물, 산업기계, 항공기 완제품, 열교환기, 밸브, 압력용기, 특정차, 합성수지, 플라스틱 등의 생산 및 건설업, 제철, 제강, 압연 등에 활용되었다. 주요 취급공정은 도금, 용접, 사상, 제관, 레이저 절단, 도장, 용해, 취부, 조립 등 공정에서 활용되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 ($0.00000005 \text{ mg/m}^3$)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업」 0.00034 mg/m^3 ($n=10$), 「내연기관 제조업」 0.00021 mg/m^3 ($n=28$), 「기타 판유리 가공품 제조업」에서 0.0001 mg/m^3 ($n=5$), 「천막, 텐트 및 유사 제품 제조업」에서 0.00009 mg/m^3 ($n=31$) 등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 0.05 mg/m^3 을 초과하는 업종은 「내연기관 제조업」, 「기타 판유리 가공품 제조업」, 「벽지 및 장판지 제조업」 「페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업」, 「기타 증류주 및 합성주 제조업」 5개 업종이 있었다.

내연기관 제조업에서는 도금, 용접, 용해, 도장, 엔진세척 등 다양한 공정에서 6가 크롬이 평가되었다. 광학기기 제조업에서는 용접, 사상 등 작업에서, 건축자재 도매업도 용접, 절단, 도장 공정, 판유리 가공품 및 증류주 제조업에서는 성형, 기계실, 공무 등에서 평가되었다.

▪ 6가 크롬(불용성)

6가 크롬(불용성)은 최근 5년간 624개 업종, 42,798개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 8,559개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정 시료건 수 136,250건 중 검출된 시료는 29,587건으로 불검출률은 78.3% 수준이었다. 노출기준 초과 시료는 「가정용 전기 난방기기 제조업」 3건, 「구조용 금속 판제품 및 공작물 제조업」 2건, 「그 외 기타 종이 및 판지 제품 제조업」, 「피복 및 충전 용접봉 제조업」, 「합성섬유 제조업」 각 1건이었다(표 III-51).

측정시료 수로는 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」에서 7,826건으로

가장 많았고, 「선박 구성 부분품 제조업」 6,527건, 「그 외 기타 금속 가공업」 4,777건, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 4,430건, 「제강업」 3,200건, 「그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업」 2,888건 순으로 많았다.

6가 크롬(불용성)을 측정한 사업장의 주요 생산품을 살펴보면, 자동차 부품, 선박 부품, 철구조물, 산업기계, 조선기자재, 밸브, 제철, 제강, 압연, 주강, 열교환기, 압력용기, 화학기계, 항공기 부품, 철근, 페인트, 합성수지 등의 생산에 활용되었다. 주요 취급공정은 용접, 사상, 공무, 제관, 레이저 절단, 도장, 용해, 취부, 조립 등 공정에서 활용되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 ($0.00000001 \text{ mg/m}^3$)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「기타 오락용품 제조업」 0.00121 mg/m^3 ($n=13$), 「방사선 진단 및 병리 검사 의원」 0.00038 mg/m^3 ($n=12$), 「수상 금속 골조 구조재 제조업」 0.00019 mg/m^3 ($n=9$) 등 순이었다. 95% 상위값이 노출기준인 0.05 mg/m^3 을 초과하는 업종은 「페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업」, 「기타 섬유, 의복 및 가죽 가공기계 제조업」 「치과용 기기 제조업」, 「수상 금속 골조 구조재 제조업」, 「자동차용 신품 동력 전달장치 제조업」, 「기관차 및 기타 철도 차량 제조업」, 「기타 신발 제조업」, 「가정용 전기 난방기기 제조업」, 「인테리어 디자인업」 등 31개 업종이 있었다. 수상 금속 골조 구조재 제조업, 가공기계, 난방기기 제조업 등에서 용접, 제관 작업에서 6가 크롬이 평가되었다. 치과용 기기제조업에서는 치과보철물제조 작업에서, 인테리어 디자인업에서는 정비계전, 공무, 제작 등 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

6가 크롬(수용성)은 「도금업」에서 가장 많이 평가되었고, 노출기준 초과 시료도 발생하여 향후 우선적인 관리가 필요하다. 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위 값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 많은 업종은 「내연기관 제조업」, 「기타 판유리 가공품 제조업」, 「벽지 및 장판지 제조업」, 「페인트,

창호 및 기타 건설자재 소매업」 등 순이었다(그림 III-37).

6가 크롬(불용성)은 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」에서 가장 많이 평가되었고, 「가정용 전기 난방기기 제조업」, 「구조용 금속 판제품 및 공작물 제조업」, 「그 외 기타 종이 및 판지 제품 제조업」, 「피복 및 충전 용접봉 제조업」, 「합성섬유 제조업」에서 노출기준 초과 시료가 발생하였다.

측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 218$)이상인 업종은 「기타 비철금속 주조업」, 「치과용 기기 제조업」로 향후 우선적인 관리가 필요하다(그림 III-38).

6가 크롬(불용성)을 평가한 업종의 주요 취급공정은 용접, 사상, 공무, 제관, 레이저 절단 등이었으며, 6가 크롬(수용성) 도금 공정에서 평가가 가장 많이 되었으나 용접, 사상, 제관, 레이저 절단, 도장 등에서도 평가가 진행되었다. 6가 크롬은 수용성과 불용성으로 구분하기 위한 명확한 법적 정의가 정해져 있지 않다. 수용성(0.05 mg/m^3)과 불용성(0.01 mg/m^3)에 따라 노출기준은 5배의 차이를 보이고 있어, 이에 대한 제도상의 정의를 하거나 또는 국외(ACGIH, OSHA, NIOSH) 노출기준처럼 수용성과 불용성을 구분하지 않고 단일 기준(0.0002 mg/m^3)으로 관리할 필요가 있다.

〈표 III-49-1〉 6가 크롬(수용성) 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)						측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수													
	합 계	-	691,567	5,781,705	505.2	224,959	14,676	3,808	3	74.05	0.00010	0.00083	0.0000001	0.00000036	31.5	0.00000005	0.08130	0.00011	1		
1	도금업	25922	2,129	24,063	774.0	8,901	14,401	7,858	2	45.43	0.00082	0.00288	0.0001000	0.0000081	114.50	0.00000005	0.14450	0.01977	2		
2	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	553.4	19,372	2,646	712	0	73.09	0.00027	0.00138	0.0000001	0.0000005	54.5	0.00000005	0.02760	0.00039	0		
3	열간 압연 및 압출제품 제조업	24121	242	23,632	18.0	6,579	1,579	548	0	65.29	0.00009	0.00024	0.0000001	0.0000008	46.4	0.00000005	0.00289	0.00043	0		
4	그 외 기타 금속 가공업	25929	11,686	56,547	346.6	11,157	1,512	455	0	69.91	0.00026	0.00085	0.0000001	0.0000007	64.9	0.00000005	0.01312	0.00071	1		
5	강선 건조업	31111	2,588	77,897	15.8	22,462	1,505	860	0	42.86	0.00047	0.00231	0.0000400	0.0000053	66.1	0.00000005	0.04067	0.00526	2		
6	도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업	24191	77	1,916	58.8	2,258	1,309	308	0	76.47	0.00027	0.00140	0.0000001	0.0000004	42.2	0.00000005	0.02200	0.00018	0		
7	제철업	24111	21	740	7.2	14,730	1,129	75	0	93.36	0.00003	0.00034	0.0000001	0.0000001	6.4	0.00000005	0.00867	0.00000	0		
8	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	25999	7,041	47,139	220.0	9,620	1,124	301	0	73.22	0.00018	0.00100	0.0000001	0.0000005	44.8	0.00000005	0.01850	0.00025	0		
9	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	149.6	2,043	1,112	427	0	61.60	0.00053	0.00176	0.0000001	0.0000017	93.6	0.00000005	0.01590	0.00292	1		
10	항공기용 부품 제조업	31322	232	10,478	28.8	5,989	1,085	393	0	63.78	0.00036	0.00116	0.0000001	0.0000014	87.5	0.00000005	0.01660	0.00217	1		
11	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	69.2	25,062	998	326	0	67.33	0.00010	0.00035	0.0000001	0.0000007	47.2	0.00000005	0.00788	0.00040	0		
12	그 외 자동차용 신품 부품 제조업	30399	4,391	71,972	205.2	23,400	984	249	0	74.70	0.00017	0.00104	0.0000001	0.0000004	36.7	0.00000005	0.01830	0.00014	0		
13	일반용 도료 및 관련제품 제조업	20411	739	11,705	30.4	3,180	971	321	0	66.94	0.00003	0.00014	0.0000001	0.0000004	23.9	0.00000005	0.00380	0.00008	0		
14	유인 항공기, 항공 우주선 및 보조장치 제조업	31311	57	1,273	2.6	4,862	903	15	0	98.34	0.00002	0.00026	0.0000001	0.0000001	3.1	0.00000005	0.00550	0.00000	0		
15	선박 구성 부분품 제조업	31114	3,191	53,534	201.4	6,060	897	376	0	58.08	0.00052	0.00168	0.0000001	0.0000021	91.7	0.00000005	0.01784	0.00350	1		

* X_{0.95} 등급 - 0: < OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-49-2〉 6가 크롬(수용성) 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수															
	합 계	-	691,567	5,781,705	505.2	224,959	14,676	3,808	3	74.05	0.00010	0.00083	0.0000001	0.00000036	31.5	0.00000005	0.08130	0.00011	1
1	무형 재산권 임대업	76400	46	211	0.4	46	6	6	0	0.00	0.00073	0.00023	0.0007000	0.0007000	1.4	0.00040000	0.00100	0.00123	1
2	패션, 섬유류 및 기타 전문 디자인업	73209	1,705	6,829	0.4	0	3	3	0	0.00	0.00083	0.00084	0.0004000	0.0006000	2.6	0.00030000	0.00180	0.00292	1
3	단독 주택 건설업	41111	15,290	45,249	2.0	694	1	1	0	0.00	0.00057	-	0.0005700	0.0005700		0.00057000	0.00057	-	Low
4	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	47519	2,981	7,483	1.4	15	10	9	0	10.00	0.00084	0.00038	0.0009000	0.0003375	22.4	0.00000005	0.00130	0.05632	4
5	방전 램프용 안정기 제조업	28113	56	409	0.2	1	1	1	0	0.00	0.00024	-	0.0002400	0.0002400	-	0.00024000	0.00024	-	Low
6	내연기관 제조업	29111	329	5,377	12.2	415	28	20	0	28.57	0.00612	0.00594	0.0043500	0.0002081	232.50	0.00000005	0.01570	1.62556	4
7	윤활유 및 그리스 제조업	19221	142	1,779	0.6	67	2	2	0	0.00	0.00023	0.00013	0.0002250	0.0002040	1.9	0.00013000	0.00032	0.00058	Low
8	통신기기 소매업	47312	7,643	17,848	0.6	7	2	2	0	0.00	0.00015	0.00007	0.0001500	0.0001414	1.6	0.00010000	0.00020	0.00032	Low
9	건설 폐기물 처리업	38230	367	5,797	0.4	5,338	2	2	0	0.00	0.00014	0.00004	0.0001350	0.0001327	1.3	0.00011000	0.00016	0.00021	Low
10	기타 판유리 가공품 제조업	23119	643	6,308	1.8	215	5	4	0	20.00	0.00066	0.00053	0.0007000	0.0001073	75.2	0.00000005	0.00137	0.13085	4
11	천막, 텐트 및 유사 제품 제조업	13224	679	2,787	2.2	245	31	27	0	12.90	0.00030	0.00025	0.0003000	0.0000950	20.2	0.00000005	0.00110	0.01336	2
12	벽지 및 장판지 제조업	17903	78	1,275	1.0	17	10	8	0	20.00	0.00066	0.00071	0.0003900	0.0000825	55.9	0.00000005	0.00192	0.06179	4
13	자전거 및 환자용 차량 제조업	31991	101	520	0.8	28	4	4	0	0.00	0.00005	0.00003	0.0000400	0.0000468	1.7	0.00003000	0.00010	0.00011	0
14	자동차 구조 및 장치 변경업	30202	21	86	1.4	17	9	7	0	22.22	0.00020	0.00020	0.0001200	0.0000323	41.6	0.00000005	0.00060	0.01488	2
15	알루미늄 주물 주조업	24321	466	3,948	9.6	474	15	10	0	33.33	0.00029	0.00024	0.0003700	0.0000204	82.3	0.00000005	0.00070	0.02889	3

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-49-3〉 6가 크롬(수용성) $X_{0.95}$ 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m^3)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	691,567	5,781,705	505.2	224,959	14,676	3,808	3	74.05	0.00010	0.00083	0.0000001	0.00000036	31.5	0.00000005	0.08130	0.00011	1
1	내연기관 제조업	29111	329	5,377	12.2	415	28	20	0	28.57	0.00612	0.00594	0.0043500	0.0002081	232.5	0.00000005	0.01570	1.62556	4
2	기타 광학 기기 제조업	27309	380	4,758	3.2	123	2	1	0	50.00	0.00075	0.00106	0.0007500	0.0000087	1,464.90	0.00000005	0.00150	1.39726	Low
3	그 외 기타 건축자재 도매업	46699	10,712	29,663	6.6	90	2	1	0	50.00	0.00067	0.00095	0.0006700	0.0000082	1,352.60	0.00000005	0.00134	1.15825	Low
4	주거용 건물 개발 및 공급업	68121	5,975	20,651	0.4	463	2	1	0	50.00	0.00060	0.00084	0.0005950	0.0000077	1,243.70	0.00000005	0.00119	0.95072	Low
5	기타 완유리 가공품 제조업	23119	643	6,308	1.8	215	5	4	0	20.00	0.00066	0.00053	0.0007000	0.0001073	75.2	0.00000005	0.00137	0.13085	4
6	벽지 및 장판지 제조업	17903	78	1,275	1.0	17	10	8	0	20.00	0.00066	0.00071	0.0003900	0.0000825	55.9	0.00000005	0.00192	0.06179	4
7	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	47519	2,981	7,483	1.4	15	10	9	0	10.00	0.00084	0.00038	0.0009000	0.0003375	22.4	0.00000005	0.00130	0.05632	4
8	기타 증류주 및 합성주 제조업	11129	38	214	1.0	7	4	2	0	50.00	0.00048	0.00076	0.0001500	0.0000059	256.8	0.00000005	0.00160	0.05413	4
9	볼트 및 너트류 제조업	25941	288	942	4.6	580	8	5	0	37.50	0.00043	0.00061	0.0002000	0.0000149	119.8	0.00000005	0.00180	0.03909	3
10	인쇄용 및 필기용 원지 제조업	17122	89	3,152	2.0	579	74	46	0	37.84	0.00073	0.00152	0.0002650	0.0000172	107.3	0.00000005	0.01011	0.03774	3
11	스포츠 클럽 운영업	91191	365	5,005	0.2	378	2	1	0	50.00	0.00009	0.00012	0.0000850	0.0000029	314.1	0.00000005	0.00017	0.03737	Low
12	기타 비주거용 건물 건설업	41129	12,567	151,942	32.2	62,119	182	105	0	42.31	0.00061	0.00099	0.0004000	0.0000132	124.4	0.00000005	0.01060	0.03683	3
13	제판 및 조판업	18121	371	2,149	17.4	607	295	152	0	48.47	0.00145	0.00359	0.0001000	0.0000083	160.8	0.00000005	0.02390	0.03523	3
14	기어 및 동력전달장치 제조업	29142	1,082	8,695	16.2	4,358	64	38	0	40.63	0.00091	0.00181	0.0001000	0.0000133	120.1	0.00000005	0.00954	0.03500	3
15	기관차 및 기타 철도 차량 제조업	31201	113	3,628	5.2	243	62	31	0	50.00	0.00102	0.00236	0.0000500	0.0000070	158.5	0.00000005	0.01590	0.02913	3

* $X_{0.95}$ 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.05mg/m³), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-37] 최근 5년간 6가 크롬(수용성) 업종별 작업환경측정 현황

〈표 III-50-1〉 6가 크롬(불용성) 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종코드	년단 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기한 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수															
	합 계	-	1,322,385	10,709,241	8559.6	1,710,687	136,250	29,587	8	78.28	0.00012	0.00046	0.00000001	0.00000009	66.8	0.00000001	0.03360	0.00009	0
1	그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업	29199	21,702	120,294	553.4	19,372	7,826	1,851	0	76.35	0.00013	0.00044	0.00000001	0.00000011	80.7	0.00000001	0.00740	0.00015	1
2	선박 구성 부분품 제조업	31114	3,191	53,534	201.4	6,060	6,527	1,464	0	77.57	0.00011	0.00038	0.00000001	0.00000010	69.6	0.00000001	0.00698	0.00010	1
3	그 외 기타 금속 가공업	25929	11,686	56,547	346.6	11,157	4,777	1,258	0	73.67	0.00016	0.00053	0.00000001	0.00000015	95.0	0.00000001	0.00964	0.00026	1
4	그 외 자동차용 부품 제조업	30399	4,391	71,972	205.2	23,400	4,430	1,063	0	76.00	0.00009	0.00033	0.00000001	0.00000010	65.8	0.00000001	0.00930	0.00010	0
5	제강업	24112	107	24,608	11.2	9,905	3,200	64	0	98.00	0.00001	0.00017	0.00000001	0.00000001	3.9	0.00000001	0.00472	0.00000	0
6	그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업	25999	7,041	47,139	220.0	9,620	2,888	632	0	78.12	0.00012	0.00054	0.00000001	0.00000009	70.2	0.00000001	0.00970	0.00010	1
7	강선 건조업	31111	2,588	77,897	15.8	22,462	2,850	639	0	77.58	0.00008	0.00038	0.00000001	0.00000008	55.6	0.00000001	0.00700	0.00006	0
8	자동차 차체용 부품 제조업	30320	4,321	152,618	107.0	17,338	2,787	586	0	78.97	0.00013	0.00043	0.00000001	0.00000009	70.4	0.00000001	0.00536	0.00010	0
9	기타 구조용 금속제품 제조업	25119	5,817	36,355	182.4	5,860	2,733	708	0	74.09	0.00016	0.00057	0.00000001	0.00000014	94.0	0.00000001	0.00945	0.00025	1
10	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	164.8	21,819	2,488	440	0	82.32	0.00007	0.00035	0.00000001	0.00000006	44.7	0.00000001	0.00890	0.00003	0
11	그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업	29299	4,501	29,286	176.0	4,370	2,454	620	0	74.74	0.00010	0.00035	0.00000001	0.00000012	79.9	0.00000001	0.00490	0.00017	1
12	강 주물 주조업	24312	379	4,786	79.0	2,373	1,852	766	0	58.64	0.00031	0.00073	0.00000001	0.00000077	187.90	0.00000001	0.00694	0.00421	2
13	도장 및 기타 피막 처리업	25923	3,164	25,146	149.6	2,043	1,794	634	0	64.66	0.00033	0.00086	0.00000001	0.00000045	181.70	0.00000001	0.00783	0.00235	2
14	탱크, 밸브 및 유사 장치 제조업	29133	1,589	17,137	114.8	5,577	1,787	526	0	70.57	0.00021	0.00063	0.00000001	0.00000020	113.20	0.00000001	0.00600	0.00048	1
15	금속 탱크 및 저장 용기 제조업	25122	772	5,332	93.2	2,499	1,607	575	0	64.22	0.00019	0.00051	0.00000001	0.00000038	140.10	0.00000001	0.00680	0.00130	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-50-2〉 6가 크롬(불용성) 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				추정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	추정 사업장수	추정 근로자수													
	합 계	-	1,322,385	10,709,241	8559.6	1,710,687	136,250	29,587	8	78.28	0.00012	0.00046	0.00000001	0.00000009	66.8	0.00000001	0.03360	0.00009	0
1	철 광업	06100	5	166	0.4	45	3	3	0	0.00	0.00183	0.00127	0.00120000	0.00158209	1.9	0.00100000	0.00330	0.00456	2
2	기타 오락용품 제조업	33409	57	248	0.6	32	13	13	0	0.00	0.00137	0.00061	0.00120000	0.00121190	1.8	0.00028000	0.00230	0.00311	2
3	건강 보조식품 소매업	47217	2,496	8,271	0.2	12	1	1	0	0.00	0.00080	-	0.00080000	0.00080000	-	0.00080000	0.00080	-	Low
4	기타 기술 및 직업 훈련학원	85669	4,147	16,749	0.4	4	2	2	0	0.00	0.00070	0.00018	0.00069500	0.00068367	1.3	0.00057000	0.00082	0.00104	Low
5	그 외 기타 비거주 복지 서비스업	87299	22,462	329,716	0.8	19	6	6	0	0.00	0.00082	0.00070	0.00055000	0.00060031	2.4	0.00020000	0.00200	0.00250	2
6	기타 석제품 제조업	23919	1,202	4,642	0.4	1	5	5	0	0.00	0.00073	0.00044	0.00081000	0.00055895	2.6	0.00011000	0.00128	0.00273	2
7	일반 제재업	16101	562	3,713	0.4	58	1	1	0	0.00	0.00052	-	0.00052000	0.00052000	-	0.00052000	0.00052	-	Low
8	기타 건축용 비내화 요업제품 제조업	23239	59	390	0.2	2	2	2	0	0.00	0.00045	0.00007	0.00045000	0.00044721	1.2	0.00040000	0.00050	0.00058	Low
9	일반 저울 제조업	29191	57	641	1.2	9	1	1	0	0.00	0.00040	-	0.00040000	0.00040000	-	0.00040000	0.00040	-	Low
10	방사선 진단 및 병리 검사 의원	86204	170	4,969	0.6	363	12	12	0	0.00	0.00041	0.00015	0.00040000	0.00038092	1.5	0.00020000	0.00060	0.00074	1
11	기타 산업 진흥 행정	84229	20	2,525	0.2	-	8	8	0	0.00	0.00042	0.00021	0.00045000	0.00035630	1.9	0.00014000	0.00072	0.00102	2
12	수상 금속 골조 구조재 제조업	25114	152	958	0.8	2	9	8	0	11.11	0.00066	0.00036	0.00078000	0.00019162	42.1	0.00000001	0.00105	0.09013	4
13	윤활유 및 그리스 제조업	19221	142	1,779	0.6	67	8	8	0	0.00	0.00042	0.00060	0.00012500	0.00017905	3.8	0.00005000	0.00145	0.00160	2
14	건설 및 토목공사용 기계·장비 임대업	76310	1,166	3,696	0.6	21	8	8	0	0.00	0.00020	0.00012	0.00016500	0.00016740	2.1	0.00004000	0.00036	0.00056	1
15	표면 가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업	16102	575	3,634	0.2	10	2	2	0	0.00	0.00011	0.00004	0.00010500	0.00010198	1.4	0.00008000	0.00013	0.00018	Low

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-50-3〉 6가 크롬(불용성) $X_{0.95}$ 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m^3)

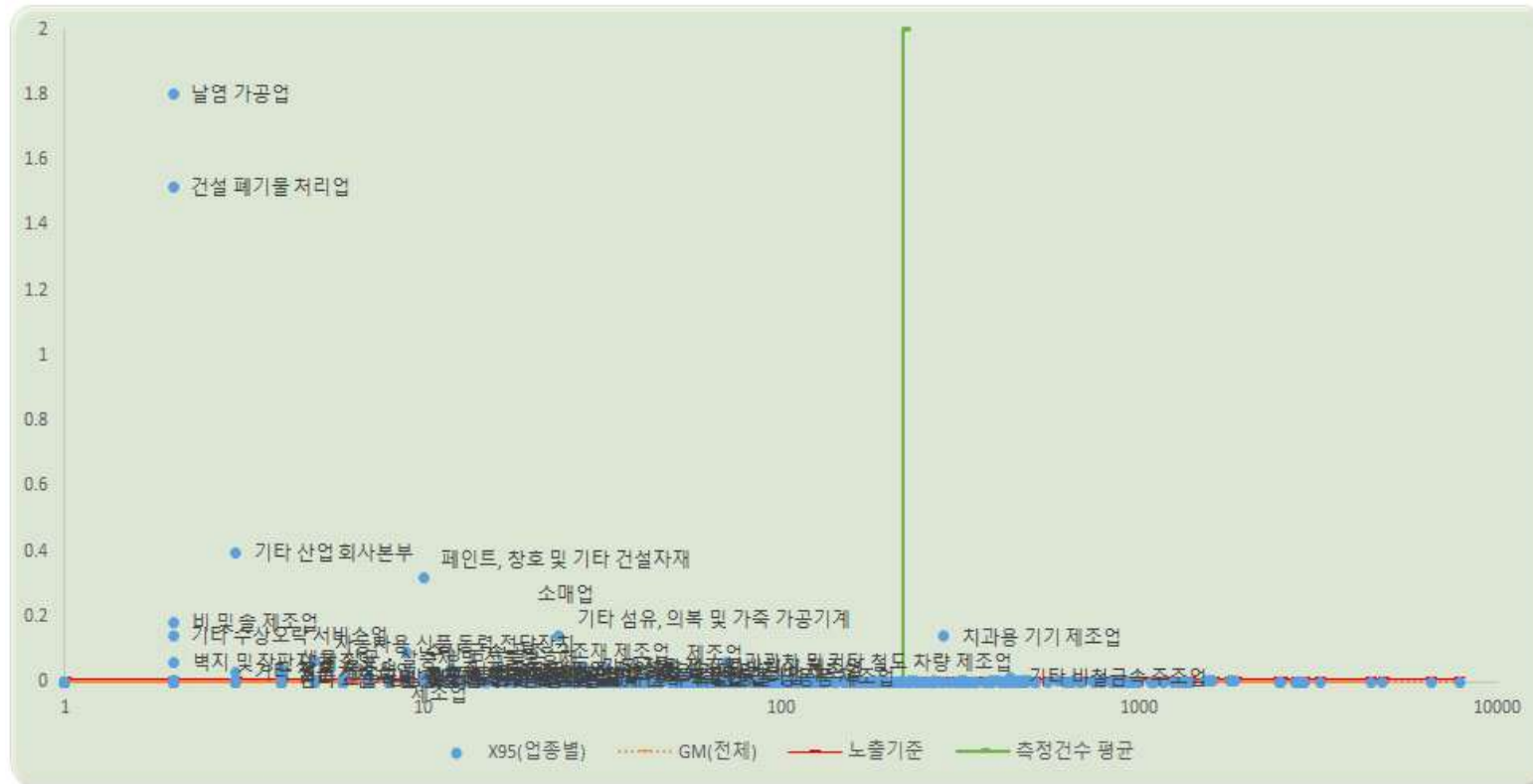
연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불용성 크롬 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	1,322,385	10,709,241	8559.6	1,710,687	136,250	29,587	8	78.28	0.00012	0.00046	0.00000001	0.00000009	66.8	0.00000001	0.03360	0.00009	0
1	날염 가공업	13403	319	2,672	0.2	3	2	1	0	50.00	0.00046	0.00065	0.00046001	0.00000303	3,235.40	0.00000001	0.00092	1.80188	Low
2	건설 폐기물 처리업	38230	367	5,797	0.4	5,338	2	1	0	50.00	0.00042	0.00059	0.00041501	0.00000288	3,008.20	0.00000001	0.00083	1.51832	Low
3	기타 산업 회사본부	71519	2,751	21,328	1.8	3	3	2	0	33.33	0.00033	0.00029	0.00050000	0.00001357	516.4	0.00000001	0.00050	0.39396	4
4	페인트, 창호 및 기타 건설자재 소매업	47519	2,981	7,483	1.4	15	10	7	0	30.00	0.00088	0.00089	0.00064000	0.00003185	271.1	0.00000001	0.00260	0.32041	4
5	비 및 솔 제조업	33993	215	1,662	1.0	8	2	1	0	50.00	0.00012	0.00016	0.00011501	0.00000152	1,214.00	0.00000001	0.00023	0.17963	Low
6	기타 수상오락 서비스업	91239	187	447	0.2	90	2	1	0	50.00	0.00010	0.00014	0.00010001	0.00000141	1,099.70	0.00000001	0.00020	0.14237	Low
7	기타 섬유, 의복 및 가죽 가공기계 제조업	29269	464	2,446	2.2	15	24	16	0	33.33	0.00059	0.00056	0.00048000	0.00001806	230.3	0.00000001	0.00160	0.13887	4
8	치과용 기기 제조업	27191	1,410	7,075	22.4	827	284	232	0	18.31	0.00081	0.00069	0.00080000	0.00009586	83.2	0.00000001	0.00350	0.13821	4
9	수상 금속 골조 구조재 제조업	25114	152	958	0.8	2	9	8	0	11.11	0.00066	0.00036	0.00078000	0.00019162	42.1	0.00000001	0.00105	0.09013	4
10	자동차용 신품 동력 전달장치 제조업	30331	284	4,108	0.6	984	5	3	0	40.00	0.00026	0.00032	0.00010000	0.00000511	311.4	0.00000001	0.00070	0.06462	4
11	벽지 및 장판지 제조업	17903	78	1,275	1.0	17	2	1	0	50.00	0.00006	0.00008	0.00006001	0.00000110	766.3	0.00000001	0.00012	0.06088	Low
12	기관차 및 기타 철도 차량 제조업	31201	113	3,628	5.2	243	70	54	0	22.86	0.00052	0.00068	0.00019500	0.00003182	96.1	0.00000001	0.00317	0.05809	4
13	기타 신발 제조업	15219	504	5,203	1.0	898	28	20	0	28.57	0.00033	0.00037	0.00021000	0.00001600	126.5	0.00000001	0.00120	0.04590	4
14	가정용 전기 난방기기 제조업	28512	294	1,215	2.8	140	32	15	3	53.13	0.00223	0.00640	0.00000001	0.00000230	410.9	0.00000001	0.03360	0.04578	4
15	인테리어 디자인업	73201	1,519	4,498	1.6	8	16	10	0	37.50	0.00036	0.00065	0.00010000	0.00000649	191.2	0.00000001	0.00260	0.03676	4

* $X_{0.95}$ 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	1,322,385	10,709,241	8559.6	1,710,687	136,250	29,587	8	78.28	0.00012	0.00046	0.00000001	0.00000009	66.8	0.00000001	0.03360	0.00009	0
16	펄프 제조업	17110	29	1,262	1.8	473	4	3	0	25.00	0.00013	0.00013	0.00010000	0.00001316	123.50	0.00000001	0.00030	0.03631	4
17	신문용지 제조업	17121	17	1,700	0.6	109	12	8	0	33.33	0.00053	0.00139	0.00010000	0.00000837	162.10	0.00000001	0.00490	0.03610	4
18	기타 전문 서비스업	71600	65	1,758	1.4	164	3	1	0	66.67	0.00037	0.00064	0.00000001	0.00000048	814.00	0.00000001	0.00110	0.02941	4
19	사무용 기계 및 장비 제조업	29180	290	4,482	2.4	1,316	35	17	0	51.43	0.00067	0.00123	0.00000001	0.00000221	305.90	0.00000001	0.00490	0.02713	4
20	그 외 기타 축산업	01299	643	2,643	1.8	72	14	8	0	42.86	0.00019	0.00022	0.00015000	0.00000356	199.90	0.00000001	0.00060	0.02167	4
21	문구용 종이제품 제조업	17901	399	3,023	2.2	220	9	5	0	44.44	0.00015	0.00016	0.00020000	0.00000288	215.90	0.00000001	0.00040	0.01989	4
22	비주거용 부동산 관리업	68212	17,289	61,732	1.0	12,071	29	21	0	27.59	0.00033	0.00063	0.00005000	0.00001007	96.6	0.00000001	0.00260	0.01855	4
23	구름베어링 제조업	29141	312	6,722	5.0	454	11	6	0	45.45	0.00026	0.00041	0.00004000	0.00000258	220.60	0.00000001	0.00122	0.01850	4
24	생물 살균·살충제 및 식물보호제 제조업	20322	39	109	0.8	61	4	3	0	25.00	0.00008	0.00009	0.00006500	0.00000880	98.2	0.00000001	0.00020	0.01667	4
25	전자 축전기 제조업	26291	87	3,541	2.4	542	9	8	0	11.11	0.00020	0.00012	0.00020000	0.00006762	28.2	0.00000001	0.00040	0.01644	4
26	양계업	01231	626	3,416	2.6	2,827	56	42	0	25.00	0.00027	0.00066	0.00010000	0.00001266	76.3	0.00000001	0.00440	0.01582	4
27	기타 비철금속 주조업	24329	378	3,460	19.8	507	435	197	0	54.71	0.00053	0.00093	0.00000001	0.00000151	270.30	0.00000001	0.00596	0.01517	4
28	동 주물 주조업	24322	50	514	4.0	278	29	13	0	55.17	0.00033	0.00049	0.00000001	0.00000140	269.40	0.00000001	0.00152	0.01394	4
29	수산물 냉동품 제조업	10213	276	3,825	3.8	355	52	23	0	55.77	0.00035	0.00045	0.00000001	0.00000134	264.20	0.00000001	0.00140	0.01288	4
30	김밥 및 기타 간이 음식점업	56194	11,318	23,178	0.4	70	7	6	0	14.29	0.00014	0.00013	0.00010000	0.00003120	38.5	0.00000001	0.00030	0.01263	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

$X_{0.95}$
((mg/m³))
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(0.01mg/m³), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-38] 최근 5년간 6가 크롬(불용성) 업종별 작업환경측정 현황

(36) 황산 (pH2.0 이하, Sulfuric acid)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 유해인자와 건강영향, 산업안전보건연구원〉

황산은 무색의 점성도가 높은 액체로, 부식성이 강해 피부에 닿으면 심각한 화상을 유발하며, 에어로졸 상태로 노출되면, 눈, 치아 및 호흡기 점막 등에 큰 손상을 입힌다. 고순도의 황산은 제약 산업이나 염색용 및 분석용 시약으로 사용되고, 일반 황산은 인삼염 비료 제조, 이소프로판올 등 화학제품 제조, 폐수처리, 가정용 배관 세제 및 납축전지의 전해질 등으로 이용된다. 또한, 구리 제련 및 산세척(금속 표면의 산화물 등 제거), 기타 금속의 산처리 등 작업에서 노출될 수 있다. 황산은 여러 연구에서 후두암과의 일부 상관관계가 있는 것으로 연구되어 미국산업위생협회의(ACGIH)에서 인간 발암성 의심물질(A2)로 구분하고 있다. 국제암연구소(IARC)은 황산을 함유한 강한 무기산 미스트에 직업적으로 노출되면 인체에 후두암 및 폐암 등의 발암 위험이 있다고 하였다(IARC, 2012).

황산은 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 0.2 mg/m³(발암성 1A(강산 mist에 한함), 흥광성), 단시간 노출기준(STEL) 0.6 mg/m³, ACGIH TLV-TWA 0.2 mg/m³, OSHA PEL 1 mg/m³로 관리된다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 황산을 취급하는 것으로 조사된 사업장은 327개 업종, 3,282개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 278개 업종, 2,499개 사업장이 있었고, 200개 업종 783개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 황산을 취급한다고 보고한 사업장은 도금업, 도장 및 기타 피막 처리업이 가장 많았고, 인쇄회로기판용 적층판 제조업, 기타 기초 무기화학 물질 제조업, 완제 의약품 제조업 등 순으로 많았다. 공정별로는 기타 표면처리, 도금, 실험/연구, 세척제거, 혼합, 반응, 도장도포, 거사, 투입, 주조주물, 전기전자, 연마 등이 조사되었다. 주요 용도는 표면처리제, pH 조절제, 전기도금제,

세제/살균, 소독제, 세정제, 탈지제, 실험시약, 연화제/경화촉진제, 산화제, 안정제, 노화방지제, 전자공업재료(반도체), 폐수처리 등으로 사용되었다

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

황산은 최근 5년간 612개 업종, 31,609개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간 (평균) 6,321개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 216,359건 중 검출된 시료는 104,824건으로 불검출률은 51.5% 수준이었다. 노출기준을 초과한 시료는 4건이 있었고, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」 2건, 「단미사료 및 기타 사료 제조업」, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업」에서 각 1건이 있었다(표 III-52).

측정시료 수로는 「도금업」에서 23,850건으로 가장 많았고, 「기타 반도체 소자 제조업」 12,709건, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」 9,366건, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」 8,699건, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」 8,309건, 「완제 의약품 제조업」 7,707건 순으로 많았다. 황산을 측정한 사업장의 주요 공정을 살펴보면, 실험실, 도금, 폐수처리, 표면처리, 산처리, 산세척, 후란조형, 피막, 전해연마 등에서 가장 많았고, 생산품별로는 반도체, 인쇄회로기판, 의약품, 도금, 폐수처리, 자동차 부품, 전자 부품, PCB, 석유 화학제품, 화장품, 아연피 및 납피, 합성수지, 플라스틱, 원유정제처리, 주물 등이 조사되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.0000005 mg/m^3)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업」에서 0.0127 mg/m^3 ($n=28$), 「피복 및 충전 용접봉 제조업」 0.009 mg/m^3 ($n=99$), 「호텔업」 0.0066 mg/m^3 ($n=20$) 등 순이었다.

95% 상위 값이 노출기준인 0.2 mg/m^3 을 초과하는 업종은 「그 외 금속 압형제품 제조업」, 「곡물 및 기타 식량작물 재배업」, 「수산식물 가공 및 저장 처리업」, 「연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「모조 귀금속 및 모조

장신용품 제조업, 「도금업, 「호텔업, 「기타 가죽제품 제조업」 등 152개가 있었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

항산 취급 사업장 중 노출기준 초과 시료가 있었던 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업, 「단미사료 및 기타 사료 제조업, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위 값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균($n > 354$)이상인 업종은 「도금업, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업, 「도장 및 기타 피막 처리업, 「축전기 제조업, 「폐수 처리업, 「도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업, 「연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업, 「선철 주물 주조업, 「동 제련, 정련 및 합금 제조업, 「기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업, 「그 외 기타 금속 가공업」 등 25개 업종의 도금, 탈지, 산처리, 산세척, 에칭, 축전기 주액/충전/조립, 폐수처리, 실험 등 공정에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-39).

〈표 III-51-1〉 황산(pH 2.0) 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급*
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	-	1,395,412	11,250,565	6321.8	1,502,036	216,359	104,824	4	51.55	0.0058	0.0131	0.0000005	0.0000437	113.0	0.0000005	0.4128	0.1040	3
1	도금업	25922	2,129	24,063	1097.2	12,670	23,850	16,420	0	31.15	0.0140	0.0191	0.0054500	0.0004823	116.5	0.0000005	0.1961	1.2084	4
2	기타 반도체 소자 제조업	26129	853	66,436	54.2	104,515	12,709	3,978	0	68.70	0.0015	0.0044	0.0000005	0.0000068	52.2	0.0000005	0.1280	0.0046	1
3	인쇄회로기판용 적층판 제조업	26221	1,674	30,259	165.4	15,962	9,366	5,655	0	39.62	0.0063	0.0114	0.0018600	0.0001359	103.9	0.0000005	0.1333	0.2820	4
4	그 외 기타 전자 부품 제조업	26299	5,447	88,685	170.8	53,730	8,699	4,134	0	52.48	0.0051	0.0110	0.0000005	0.0000395	109.3	0.0000005	0.1306	0.0892	2
5	그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업	20499	3,048	38,293	225.0	19,670	8,309	4,126	0	50.34	0.0058	0.0126	0.0000005	0.0000502	115.2	0.0000005	0.1840	0.1235	3
6	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	150.4	32,149	7,707	3,233	0	58.05	0.0031	0.0080	0.0000005	0.0000190	80.8	0.0000005	0.1273	0.0261	2
7	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	45.6	12,147	4,376	2,021	0	53.82	0.0033	0.0083	0.0000005	0.0000286	87.1	0.0000005	0.1839	0.0445	2
8	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	56.8	13,626	4,019	1,776	0	55.81	0.0034	0.0090	0.0000005	0.0000254	90.2	0.0000005	0.1490	0.0418	2
9	그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업	33999	3,825	24,690	77.0	26,834	3,720	771	1	79.27	0.0018	0.0088	0.0000005	0.0000028	32.8	0.0000005	0.3050	0.0009	0
10	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	42.4	25,930	3,458	1,303	0	62.32	0.0049	0.0127	0.0000005	0.0000165	99.0	0.0000005	0.1935	0.0317	2
11	의약품 화합물 및 향생물질 제조업	21101	209	15,122	62.0	10,349	3,386	1,656	0	51.09	0.0041	0.0098	0.0000005	0.0000369	92.6	0.0000005	0.1234	0.0634	2
12	기타 기초 무기화학 물질 제조업	20129	416	10,350	84.6	7,661	3,140	1,666	0	46.94	0.0060	0.0138	0.0005000	0.0000664	111.5	0.0000005	0.1866	0.1549	3
13	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	54.2	9,627	2,851	1,060	0	62.82	0.0050	0.0130	0.0000005	0.0000160	99.8	0.0000005	0.1611	0.0312	2
14	원유 정제처리업	19210	47	4,967	6.4	8,084	2,768	1,183	0	57.26	0.0030	0.0091	0.0000005	0.0000198	78.8	0.0000005	0.1363	0.0262	2
15	물리, 화학 및 생물학 연구개발업	70111	804	12,330	41.8	11,988	2,768	997	0	63.98	0.0030	0.0104	0.0000005	0.0000107	67.2	0.0000005	0.1335	0.0109	1

* X_{0.95} 등급 - 0: < OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-51-2〉 황산(pH 2.0) 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

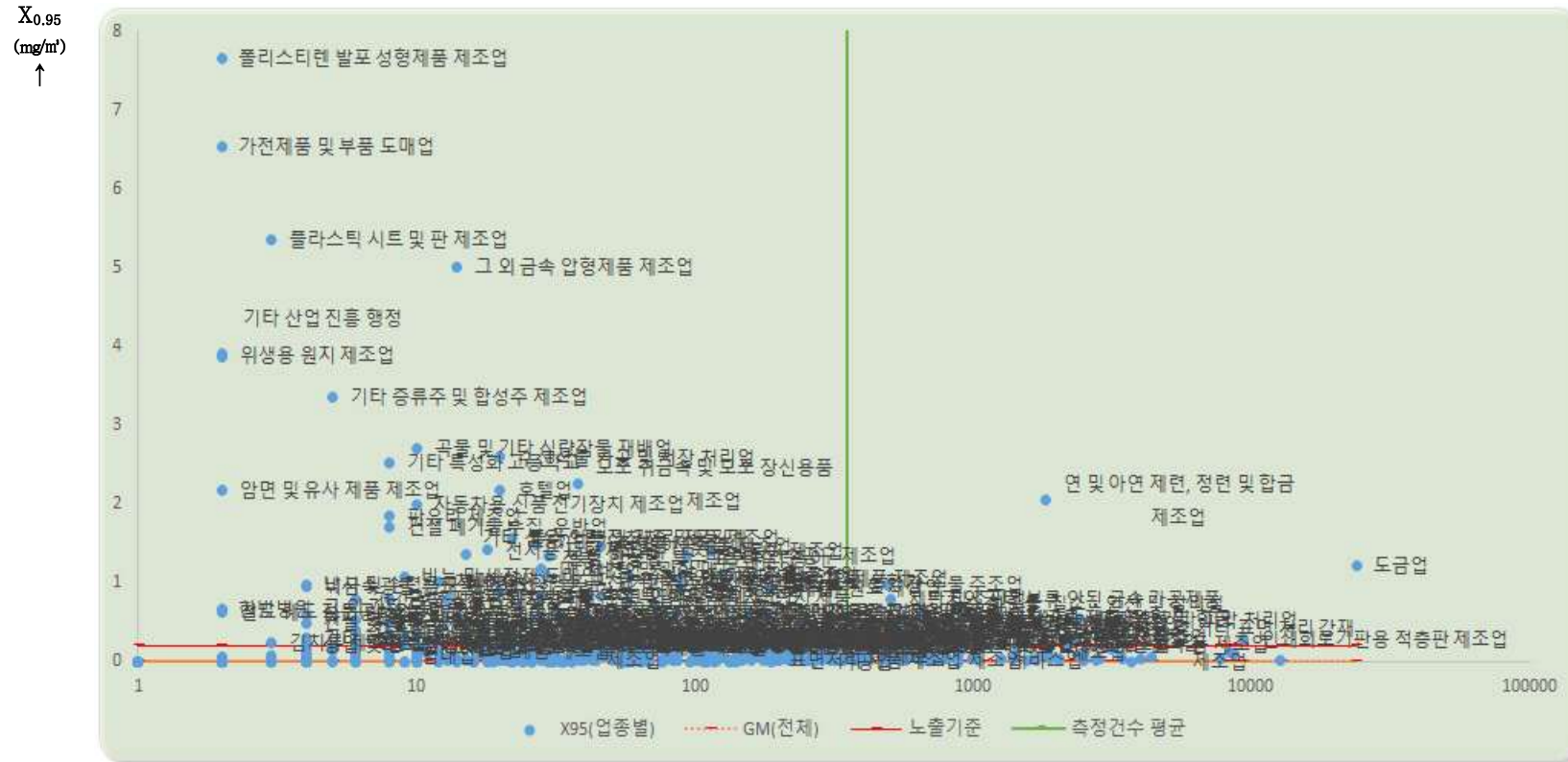
연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	1,395,412	11,250,565	6321.8	1,502,036	216,359	104,824	4	51.55	0.0058	0.0131	0.0000005	0.0000437	113.0	0.0000005	0.4128	0.1040	3
1	기타 시민운동 단체	94939	3,365	22,302	0.2	49	4	4	0	0.00	0.0513	0.0193	0.0480000	0.0487226	1.4	0.0318000	0.0774	0.0895	2
2	기타 표시장치 제조업	26219	71	920	0.2	47	2	2	0	0.00	0.0227	0.0105	0.0227100	0.0214602	1.6	0.0152800	0.0301	0.0473	Low
3	그 외 기타 분류 안된 오락관련 서비스업	91299	1,845	7,326	0.2	877	4	4	0	0.00	0.0213	0.0156	0.0149000	0.0180683	1.9	0.0108000	0.0445	0.0501	2
4	기타 기술 및 직업 훈련학원	85669	4,147	16,749	0.2	-	2	2	0	0.00	0.0157	0.0098	0.0156500	0.0140221	2.0	0.0087000	0.0226	0.0426	Low
5	산업용 오븐, 노 및 노용 버너 제조업	29150	454	3,720	0.2	34	3	3	0	0.00	0.0128	0.0011	0.0134000	0.0127341	1.1	0.0115000	0.0134	0.0147	1
6	비 및 솔 제조업	33993	215	1,662	0.2	3	4	4	0	0.00	0.0166	0.0177	0.0090000	0.0116133	2.5	0.0053000	0.0429	0.0519	2
7	기타 주변 기기 제조업	26329	431	5,473	0.4	9	3	3	0	0.00	0.0106	0.0032	0.0117900	0.0102268	1.4	0.0070000	0.0130	0.0176	1
8	지반조성 건설업	41210	846	3,314	0.2	60	2	2	0	0.00	0.0108	0.0065	0.0108000	0.0097714	1.9	0.0062000	0.0154	0.0282	Low
9	퍼복 및 충전 용접봉 제조업	25995	7	114	3.4	427	99	97	0	2.02	0.0146	0.0114	0.0101000	0.0091709	5.0	0.0000005	0.0468	0.1290	3
10	근무복, 작업복 및 유사 의복 제조업	14192	2,042	14,548	0.2	6	1	1	0	0.00	0.0091	-	0.0091000	0.0091000	-	0.0091000	0.0091	-	Low
11	목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업	16231	506	3,202	0.6	23	10	10	0	0.00	0.0091	0.0045	0.0076500	0.0081584	1.6	0.0043000	0.0180	0.0177	1
12	기타 가금류 및 조류 사육업	01239	83	331	0.2	18	1	1	0	0.00	0.0075	-	0.0075000	0.0075000	-	0.0075000	0.0075	-	Low
13	호텔업	55101	3,009	56,557	1.2	1,138	20	18	0	10.00	0.0285	0.0205	0.0412200	0.0066329	33.7	0.0000005	0.0500	2.1658	4
14	철물, 금속 파스너 및 수공구 도매업	46622	5,031	11,751	0.2	8	2	2	0	0.00	0.0060	0.0006	0.0060000	0.0059867	1.1	0.0056000	0.0064	0.0070	Low
15	비알코올 음료 도매업	46332	1,829	5,963	0.2	18	4	4	0	0.00	0.0101	0.0098	0.0093500	0.0055836	4.0	0.0015000	0.0203	0.0547	2

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-51-3〉 황산(pH 2.0) X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(mg/m³)

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	1,395,412	11,250,565	6321.8	1,502,036	216,359	104,824	4	51.55	0.0058	0.0131	0.0000005	0.0000437	113.0	0.0000005	0.4128	0.1040	3
1	플라스틱 시트 및 판 제조업	22213	66	469	0.2	129	3	2	0	33.33	0.0096	0.0128	0.0045700	0.0003808	332.5	0.0000005	0.0242	5.3578	4
2	그 외 금속 압형제품 제조업	25914	907	7,496	0.6	52	14	10	0	28.57	0.0200	0.0169	0.0171500	0.0011482	163.0	0.0000005	0.0474	5.0036	4
3	위생용 원지 제조업	17125	3	37	0.2	30	2	1	0	50.00	0.0035	0.0049	0.0034803	0.0000590	851.1	0.0000005	0.0070	3.8961	Low
4	기타 산업 진흥 행정	84229	20	2,525	0.2	37	2	1	0	50.00	0.0035	0.0049	0.0034653	0.0000589	848.5	0.0000005	0.0069	3.8682	Low
5	기타 증류주 및 합성주 제조업	11129	38	214	0.6	2	5	4	0	20.00	0.0126	0.0102	0.0145000	0.0017264	99.7	0.0000005	0.0238	3.3482	4
6	곡물 및 기타 식량작물 재배업	01110	641	2,818	1.2	48	10	8	0	20.00	0.0207	0.0254	0.0124000	0.0016775	89.0	0.0000005	0.0673	2.7027	4
7	수산물 가공 및 저장 처리업	10220	860	7,944	1.0	29	20	14	0	30.00	0.0162	0.0202	0.0103500	0.0007500	141.7	0.0000005	0.0748	2.5934	4
8	기타 특성화 고등학교	85229	19	156	0.4	13	8	5	0	37.50	0.0115	0.0110	0.0125200	0.0003423	224.7	0.0000005	0.0298	2.5274	4
9	모조 귀금속 및 모조 장신용품 제조업	33120	299	748	2.0	38	38	29	0	23.68	0.0203	0.0237	0.0136500	0.0011954	97.9	0.0000005	0.0998	2.2507	4
10	암면 및 유사 제품 제조업	23994	53	488	0.2	38	2	1	0	50.00	0.0025	0.0035	0.0024503	0.0000495	664.1	0.0000005	0.0049	2.1734	4
11	호텔업	55101	3,009	56,557	1.2	1,138	20	18	0	10.00	0.0285	0.0205	0.0412200	0.0066329	33.7	0.0000005	0.0500	2.1658	4
12	연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업	24213	55	2,912	5.0	1,821	1,825	1,440	0	21.10	0.0228	0.0318	0.0091000	0.0015821	77.8	0.0000005	0.1994	2.0403	4
13	자동차용 부품 전기장치 제조업	30332	114	2,877	0.6	169	10	6	0	40.00	0.0115	0.0117	0.0124500	0.0002682	225.5	0.0000005	0.0316	1.9926	4
14	판유리 제조업	23111	282	5,502	0.4	12	8	4	0	50.00	0.0147	0.0164	0.0121503	0.0001198	350.4	0.0000005	0.0400	1.8369	4
15	건설 폐기물 수집, 운반업	38130	446	2,002	0.4	15	8	6	0	25.00	0.0101	0.0114	0.0068000	0.0008283	103.2	0.0000005	0.0325	1.7006	4

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

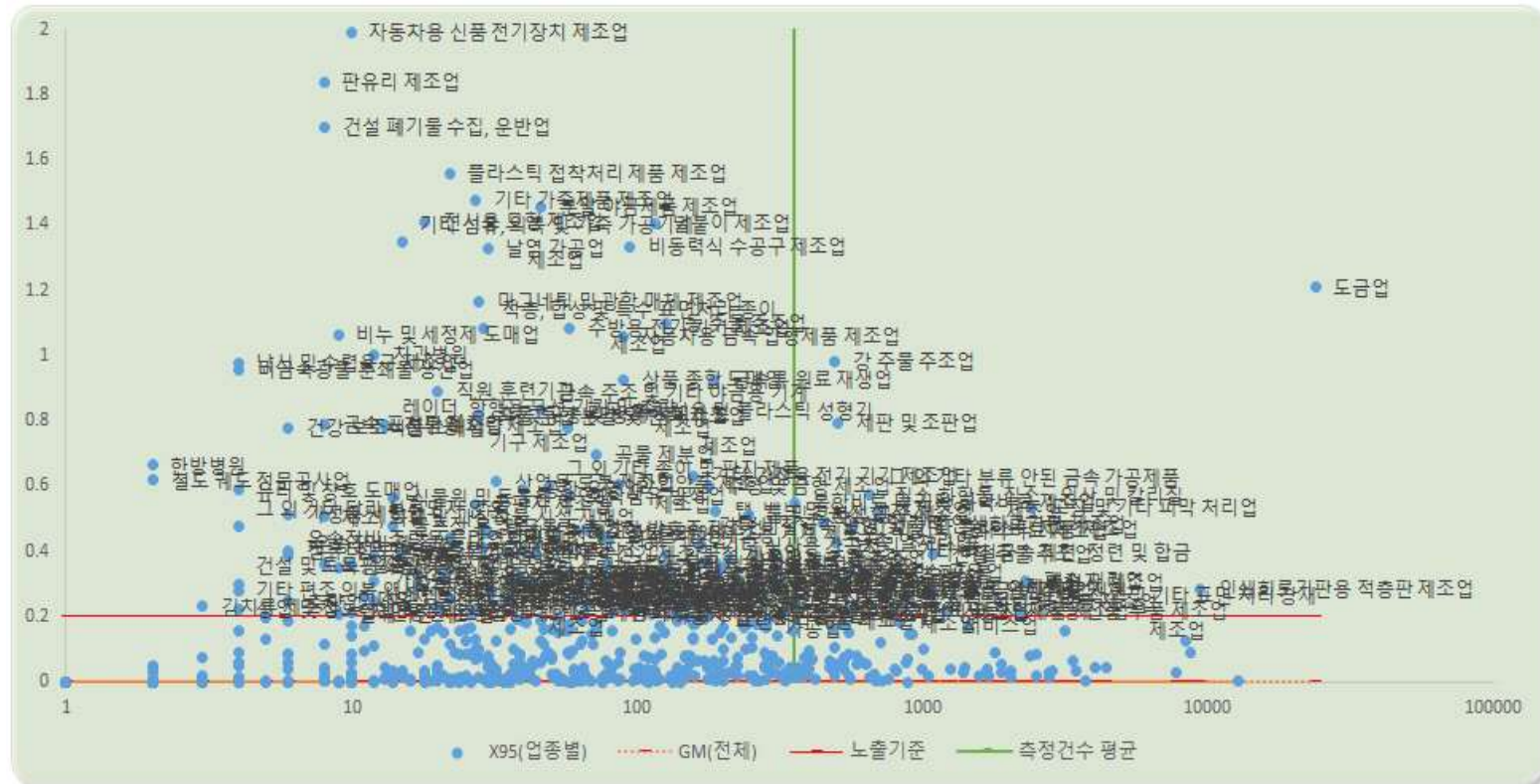


→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준($0.2\text{mg}/\text{m}^3$), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-39] 최근 5년간 황산(pH 2.0) 업종별 작업환경측정 현황

$X_{0.95}$
(mg/m^3)
↑



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준($0.2\text{mg}/\text{m}^3$), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 III-39] 최근 5년간 황산(pH 2.0) 업종별 작업환경측정 현황_계속

(37) 산화에틸렌(Ethylene oxide)

가) 개요 및 직업적 노출

〈출처: 화학물질 유통사용 실태조사, 산업안전보건연구원, 2009; 일과 건강, 노동환경연구소, 2007; 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템, <https://www.nifds.go.kr/toxinfo>〉

산화에틸렌(에틸렌 옥사이드)은 상온에서 달콤한 냄새가 나는 무색의 고반응성 기체로, 두 개의 탄소 원자 사이에 산소가 붙어 있는 에폭시기의 형태를 이루고 있어 활성이 매우 높고, 에폭시기 형태의 링이 열리면 열을 방출하면서 물, 알코올, 아민 등 화합물과 반응을 일으키게 된다. 에틸렌 글리콜(자동차용 부동액), 에탄올 아민, 아크릴로니트릴 등 화학물질과 석유 분해제, 로켓추진제, 산업용 살균제 등 제조에 사용된다. 또한, 의료기기의 멸균가스, 유기화합물의 유도체 합성반응, 살균·살충제 원료, 계면활성제·세제 원료 등 다방면에서 널리 사용되고 있다. 특히 살균능력이 좋으면서 금속부식성이 없기 때문에 의료기관에서 열 민감성 기구의 가스멸균 공정에 자주 사용된다.

산화에틸렌 액상에 직접 노출되면 피부와 점막에 즉각적인 국소 자극을 나타내며, 고농도 흡입 시에는 중추신경 억제와 폐 부종을 유발한다. 산화에틸렌의 흡입 노출은 광범위한 종양(백혈병, 림프종, 뇌종양, 폐암) 발생과도 연관되어 있는 것으로 알려져 있다. 산화에틸렌 노출과 림프 및 조혈계 암(림프종, 비 호지킨성 림프종, 다발성 골수종, 만성 림프구성 백혈병), 유방암과의 상관성에 대해 산화에틸렌이 인체에서 암을 유발하는지에 대한 제한적인 증거들이 있으며(IARC, 2012), 실험동물의 자료 및 유전 독성 자료들을 근거로 하여 산화에틸렌의 발암성에 대한 충분한 증거들이 있다고 평가되었다(IARC, 2012).

산화에틸렌은 국내 노출기준 8시간 시간가중평균(TWA) 1 ppm(발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B), ACGIH TLV-TWA 1 ppm, OSHA PEL 1 ppm로 관리된다.

2019년 5인 이상 제조업 작업환경실태조사에서 산화에틸렌을 취급하는

것으로 조사된 사업장은 45개 업종, 262개 사업장이 있었고, 이 중 2019년 작업환경측정을 실시한 사업장은 22개 업종, 202개 사업장이 있었고, 33개 업종 60개 사업장에 대해 보고된 측정결과는 없었다. 산화에틸렌을 취급한다고 보고한 세세업종은 일반병원, 종합병원, 의료용 기기 제조업, 의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업, 완제의약품 제조업, 계면활성제 제조업 등이 있었다. 주요 취급 공정은 세척제거 및 살균공정이 가장 많았고, 실험/연구, 도장도포, 반응 등 공정에서 세제/살균, 고독제, 세정제, 의료용, 분석용 시료 등 용도로 취급한다고 조사되었다.

나) 국내 작업환경측정 실시 현황

산화에틸렌은 최근 5년간 110개 업종, 8,576개 사업장에서 측정이 실시되었으며, 연간(평균) 1,715개 사업장에서 실시되었다. 5년간 측정시료건 수 27,182건 중 검출된 시료는 5,122건으로 불검출률은 81.2% 수준이었다. 노출기준을 초과한 시료는 36건으로 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」 31건, 「산업용 가스 제조업」 2건, 「그 외 기타 상품 전문 도매업」 2건이었다 (표 III-53).

측정시료 수로는 「일반병원」에서 11,418건으로 가장 많았고, 「종합병원」 5,061건, 「일반의원」 1,936건, 「석유화학계 기초 화학 물질 제조업」 889건, 「그 외 기타 보건업」 884건, 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」 812건 순으로 많았다. 산화에틸렌을 측정한 사업장의 주요 용도를 살펴보면, 의료기관 중앙공급실, 소독실, 수술실, 멸균실, 내시경실, 분만실 및 화학물질 제조업의 실험실 등에서 대부분 측정되었다.

불검출 시료를 전체 DB 중 검출된 최소값의 1/2 (0.000001 ppm)로 변환한 후, 세세업종별 기하평균 및 95% 상위농도를 구하여 살펴보았다. 기하평균은 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」 0.00013 ppm(n= 812), 「플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업」에서 0.00011 ppm(n=14), 「방사선 진단 및 병리 검사 의원」에서 0.000086 ppm(n=19), 「자연과학 및 공학

융합 연구개발업」 0.000085 ppm(n=13), 「합성섬유 제조업」 0.000034 ppm(n=10), 「의학 및 약학 연구개발업」 0.000033 ppm(n=50) 「산업용 가스 제조업」 0.000030 ppm(n=50)등 순이었다.

95% 상위 값이 노출기준인 1ppm을 초과하는 업종은 「그 외 기타 상품 전문 도매업」, 「개인 간병 및 유사 서비스업」, 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」, 「플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업」, 「자연과학 및 공학 융합 연구 개발업」 5개 업종이었다. 그 외 기타 의료용 기기 제조업은 주사기, 봉합사, 스텐트, 수액세트 및 플라즈마 살균기 등 생산 시 멸균공정에서 평가되었다. 의료분야 업종에서는 소독, 멸균 등 공정에서 사용되었다. 플라스틱 제조업에서는 합성수지 생산을 위한 원자재 투입공정에서 평가되었고, 합성섬유 제조업에서 위생용품 생산을 위한 멸균공정, 산업용 가스 제조업에서 산화에틸렌 혼합가스 제조 시 충전 및 가스교체 공정에서 평가되었다.

다) 고위험 및 관리 우선순위 업종 고찰

산화에틸렌을 가장 많이 평가한 업종은 「일반병원」, 「종합병원」, 「일반의원」 등이었으나 최근 5년간 평가결과 노출농도는 매우 낮은 수준이었다. 반면, 「개인 간병 및 유사 서비스업」의 경우, 측정 시료 수는 적었으나, 상대적으로 산화에틸렌 노출 농도수준은 높아 규모가 작은 의료기관 중심으로 산화에틸렌 취급에 대한 관리가 필요한 것으로 판단된다.

또한, 노출기준 초과 시료는 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」, 「산업용 가스 제조업」, 「그 외 기타 상품 전문 도매업」에서 발생하였고, 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위 값이 노출기준을 초과하면서 측정 시료수가 업종별 측정건수 평균(n>250)이상인 업종으로 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」이 있었다. 향후 산화에틸렌 혼합가스 충전 공정과 주사기, 봉합사, 전극 카테터, 스텐트, 수액세트 및 플라즈마 살균기 등 의료용 기기 생산 작업에서의 멸균공정 등에 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다(그림 III-40).

〈표 III-52-1〉 산화 에틸렌 측정수 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급**
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
	합 계	-	397,038	3,596,722	1715.2	370,310	27,182	5,122	36	81.2	0.025659	0.197756	0.000001	0.000007	68.6	0.000001	14.87310	0.00769	0
1	일반병원	86102	6,311	317,035	831.6	139,371	11,418	2,406	0	78.93	0.021595	0.069894	0.000001	0.000009	81.2	0.000001	0.98300	0.01282	1
2	종합병원	86101	188	38,806	303.2	135,321	5,061	955	0	81.13	0.017929	0.064603	0.000001	0.000007	66.0	0.000001	1.44146	0.00717	0
3	일반의원	86201	29,479	199,870	145.0	10,235	1,936	468	0	75.83	0.025696	0.073715	0.000001	0.000013	107.9	0.000001	0.72070	0.02968	1
4	석유화학계 기초 화학 물질 제조업	20111	63	6,213	4.4	3,309	889	35	0	96.06	0.002798	0.021271	0.000001	0.000002	8.0	0.000001	0.30687	0.00005	0
5	그 외 기타 보건업	86909	672	14,191	66.8	12,068	884	143	0	83.82	0.012298	0.050064	0.000001	0.000005	43.4	0.000001	0.48900	0.00247	0
6	그 외 기타 의료용 기기 제조업	27199	1,340	19,647	52.2	4,030	812	325	31	59.98	0.258575	1.027522	0.000001	0.000130	423.8	0.000001	14.87310	2.73053	4
7	요양병원	86105	861	62,353	80.6	8,819	783	104	0	86.72	0.015811	0.069058	0.000001	0.000004	39.5	0.000001	0.81540	0.00175	0
8	합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업	20202	4,273	54,975	4.0	2,537	637	72	0	88.70	0.004631	0.028136	0.000001	0.000002	13.8	0.000001	0.25600	0.00018	0
9	공중 보건 의료업	86300	440	6,881	39.8	8,380	606	81	0	86.63	0.009790	0.042427	0.000001	0.000004	34.6	0.000001	0.44316	0.00134	0
10	완제 의약품 제조업	21210	304	36,218	13.4	5,542	511	32	0	93.74	0.005039	0.036477	0.000001	0.000002	10.4	0.000001	0.44200	0.00008	0
11	의료용품 및 기타 의약 관련제품 제조업	21300	542	9,225	26.4	2,403	379	83	1	78.10	0.039461	0.123663	0.000001	0.000012	112.6	0.000001	1.34070	0.02785	1
12	치과병원	86103	2,490	15,683	20.8	1,199	311	59	0	81.03	0.013977	0.052320	0.000001	0.000007	65.0	0.000001	0.44580	0.00711	0
13	노인 요양 복지시설 운영업	87111	9,653	187,261	26.0	2,614	277	31	0	88.81	0.010935	0.053931	0.000001	0.000003	27.4	0.000001	0.44910	0.00073	0
14	계면활성제 제조업	20421	294	3,878	4.2	453	195	21	0	89.23	0.012881	0.062068	0.000001	0.000003	31.3	0.000001	0.48727	0.00094	0
15	석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	2.2	599	192	76	0	60.42	0.006595	0.033093	0.000001	0.000018	46.4	0.000001	0.39150	0.01004	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-52-2〉 산화 에틸렌 기하평균 (Top 15) 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

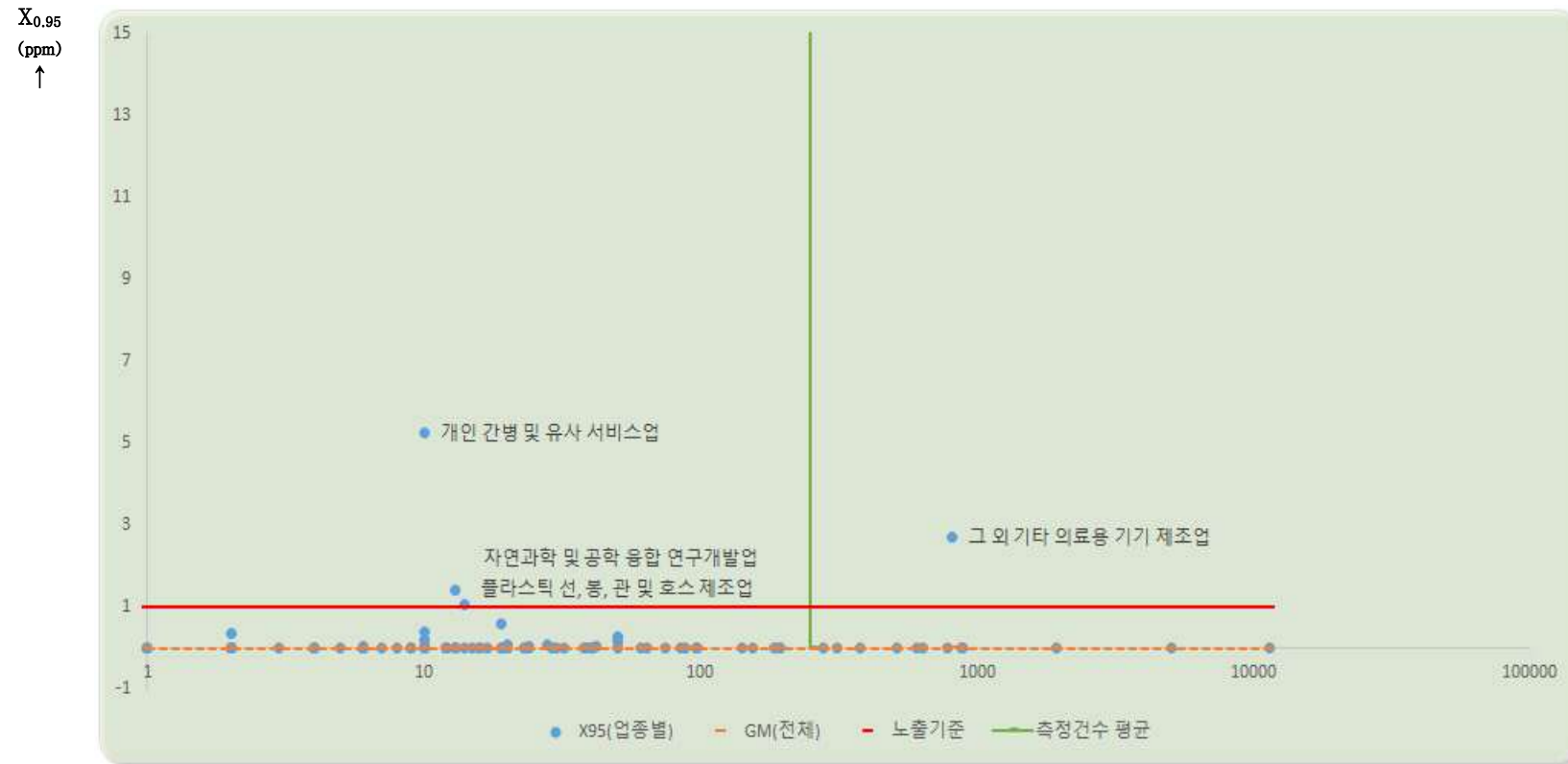
연번	표준산업세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)		측정 사업장수	측정 근로자수	측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수															
	합 계	-	397,038	3,596,722	1715.2	370,310	27,182	5,122	36	81.2	0.025659	0.197756	0.000001	0.000007	68.6	0.000001	14.87310	0.00769	0
1	의료용 기구 소매업	47812	2,653	5,914	0.2	27	2	2	0	0.00	0.094700	0.080610	0.094700	0.075625	2.7	0.037700	0.15170	0.38193	Low
2	그 외 기타 봉제의복 제조업	14199	2,917	13,006	0.2	7	1	1	0	0.00	0.022900	-	0.022900	0.022900	-	0.022900	0.02290	-	Low
3	그 외 기타 상품 전문 도매업	46799	12,564	41,767	1.0	318	19	11	2	42.11	0.655809	1.434344	0.108800	0.001882	799.5	0.000001	4.95980	112.15191	1
4	개인 간병 및 유사 서비스업	96993	2,198	35,544	1.0	81	10	5	0	50.00	0.061808	0.090842	0.004301	0.000276	400.2	0.000001	0.24441	5.25947	0
5	그 외 기타 의료용 기기 제조업	27199	1,340	19,647	52.2	4,030	812	325	31	59.98	0.258575	1.027522	0.000001	0.000130	423.8	0.000001	14.87310	2.73053	0
6	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	22211	1,439	16,086	0.8	4	14	6	0	57.14	0.028001	0.042104	0.000001	0.000105	270.9	0.000001	0.12400	1.05638	4
7	방사선 진단 및 병리 검사 의원	86204	170	4,969	1.2	246	19	8	0	57.89	0.017932	0.025866	0.000001	0.000086	214.1	0.000001	0.09410	0.58374	0
8	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	70130	81	372	0.6	848	13	5	0	61.54	0.070801	0.142496	0.000001	0.000085	368.8	0.000001	0.49590	1.42664	0
9	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	1.0	123	10	3	0	70.00	0.053191	0.103616	0.000001	0.000034	301.8	0.000001	0.25840	0.40962	0
10	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	2.8	740	50	16	0	68.00	0.031723	0.073879	0.000001	0.000033	178.6	0.000001	0.34010	0.16631	0
11	산업용 가스 제조업	20121	185	4,346	2.6	79	50	14	2	72.00	0.127168	0.372566	0.000001	0.000030	263.2	0.000001	2.00860	0.28431	1
12	정신 질환, 정신 지체 및 약물 중독자 거주 복지시설 운영업	87122	207	2,452	0.8	118	10	3	0	70.00	0.028521	0.056470	0.000001	0.000028	223.5	0.000001	0.15670	0.20725	0
13	치과용 기기 제조업	27191	1,410	7,075	1.0	8	20	6	0	70.00	0.012021	0.020383	0.000001	0.000024	142.5	0.000001	0.06180	0.08241	0
14	기타 사회서비스 관리 행정	84219	366	8,831	1.2	243	28	8	0	71.43	0.014654	0.025868	0.000001	0.000022	142.1	0.000001	0.08200	0.07527	0
15	석탄화석계 화합물 및 기타 기초 유기화학 물질 제조업	20119	247	8,717	2.2	599	192	76	0	60.42	0.006595	0.033093	0.000001	0.000018	46.4	0.000001	0.39150	0.01004	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3

〈표 III-52-3〉 산화 에틸렌 X_{0.95} 농도_노출기준 초과 세세업종별 작업환경측정 현황 및 평균농도(ppm)

연번	표준산업_세세업종	업종 코드	년간 평균 (2018-2022)				측정 시료수	검출 시료수	노출기준 초과 시료수	불검출률 (%)	산술 평균	표준 편차	중위수	기하 평균	GSD	최소값	최대값	X _{0.95}	등급
			사업장수	근로자수	측정 사업장수	측정 근로자수													
합 계		-	397,038	3,596,722	1715.2	370,310	27,182	5,122	36	81.2	0.025659	0.197756	0.000001	0.000007	68.6	0.000001	14.87310	0.00769	0
1	그 외 기타 상품 전문 도매업	46799	12,564	41,767	1.0	318	19	11	2	42.11	0.655809	1.434344	0.108800	0.001882	799.5	0.000001	4.95980	112.15191	4
2	개인 간병 및 유사 서비스업	96993	2,198	35,544	1.0	81	10	5	0	50.00	0.061808	0.090842	0.004301	0.000276	400.2	0.000001	0.24441	5.25947	4
3	그 외 기타 의료용 기기 제조업	27199	1,340	19,647	52.2	4,030	812	325	31	59.98	0.258575	1.027522	0.000001	0.000130	423.8	0.000001	14.87310	2.73053	4
4	자연과학 및 공학 융합 연구개발업	70130	81	372	0.6	848	13	5	0	61.54	0.070801	0.142496	0.000001	0.000085	368.8	0.000001	0.49590	1.42664	4
5	플라스틱 선, 봉, 관 및 호스 제조업	22211	1,439	16,086	0.8	4	14	6	0	57.14	0.028001	0.042104	0.000001	0.000105	270.9	0.000001	0.12400	1.05638	4
6	방사선 진단 및 병리 검사 의원	86204	170	4,969	1.2	246	19	8	0	57.89	0.017932	0.025866	0.000001	0.000086	214.1	0.000001	0.09410	0.58374	3
7	합성섬유 제조업	20501	272	8,507	1.0	123	10	3	0	70.00	0.053191	0.103616	0.000001	0.000034	301.8	0.000001	0.25840	0.40962	2
8	의료용 기구 소매업	47812	2,653	5,914	0.2	27	2	2	0	0.00	0.094700	0.080610	0.094700	0.075625	2.7	0.037700	0.15170	0.38193	Low
9	산업용 가스 제조업	20121	185	4,346	2.6	79	50	14	2	72.00	0.127168	0.372566	0.000001	0.000030	263.2	0.000001	2.00860	0.28431	2
10	정신 질환, 정신 지체 및 약물 중독자 거주 복지시설 운영업	87122	207	2,452	0.8	118	10	3	0	70.00	0.028521	0.056470	0.000001	0.000028	223.5	0.000001	0.15670	0.20725	2
11	의학 및 약학 연구개발업	70113	1,428	13,547	2.8	740	50	16	0	68.00	0.031723	0.073879	0.000001	0.000033	178.6	0.000001	0.34010	0.16631	2
12	치과용 기기 제조업	27191	1,410	7,075	1.0	8	20	6	0	70.00	0.012021	0.020383	0.000001	0.000024	142.5	0.000001	0.06180	0.08241	1
13	기타 사회서비스 관리 행정	84219	366	8,831	1.2	243	28	8	0	71.43	0.014654	0.025868	0.000001	0.000022	142.1	0.000001	0.08200	0.07527	1
14	비주거용 건물 임대업	68112	13,079	25,550	0.6	42	6	1	0	83.33	0.080168	0.196367	0.000001	0.000009	208.8	0.000001	0.48100	0.05794	1
15	기타 공학 연구개발업	70129	1,338	35,898	1.4	1,210	24	5	0	79.17	0.049467	0.106878	0.000001	0.000013	164.8	0.000001	0.34840	0.05746	1

* X_{0.95} 등급 - 0: <OEL 1%, 1: < OEL 10%, 2: < OEL 50%, 3: < OEL 100%, 4: ≥ OEL 100%, Low: 시료수<3



→ 시료수(n)

※ 붉은 가로선: 노출기준(1 ppm), 초록 세로선: 업종별 측정건수(n) 평균

[그림 Ⅲ-40] 최근 5년간 산화에틸렌 업종별 작업환경측정 현황

IV. 고찰 및 결론



IV. 고찰 및 결론

1. 작업환경측정 현황 및 누락업종 감시

국내 작업환경측정은 1981년 산업안전보건법을 통해 법적근거를 마련하고, 1990년부터 결과 보고 제도를 도입하였다. 서류형태로 제출되던 결과표는 2002년부터 안전보건공단에서 항목별 전산입력을 시작하였고, 2010년부터는 사업주 또는 측정기관이 직접 전산 입력하는 방식을 도입한 후, 2012년부터 K2B 시스템을 통해 실시간으로 데이터베이스를 구축하고 있다. 약 20여년간 구축된 작업환경측정 데이터는 국내 작업환경 유해인자 노출을 감시할 수 있는 최대 자료로, 산업보건 커버리지 확인 및 작업환경개선 등을 위한 정책적 활용이 요구되었다.

국내 작업환경측정 사업장 수(상·하반기 중복 사업장 포함)는 1990년 10,680개소에서 2020년 115,211개소로 꾸준히 증가하였으나, 산업재해보상보험법(이하 ‘산재보험’) 가입 사업장 수와 비교하면 측정을 실시한 사업장의 비율은 1990년 8.24%에서 2020년 4.24%로 감소하였다. 그 간 5인 미만 사업장 및 서비스 업종의 산재보험 가입이 크게 증가하였고, 산재보험 가입 사업장이 모두 작업환경측정 대상은 아니므로 직접적인 비교에는 제한점이 있다. 다만, 연구원에서 수행한 작업환경측정 대상 추정 연구(류향우 등, 2017)에서 추정한 전 산업의 측정 대상 유해인자 보유분율 23.6%와 비교하면, 측정 누락으로 산업보건 사각지대에 있는 사업장은 다수 존재할 것으로 판단되었다.

최근 5년간 산재보험 가입 사업장 수 대비 평균 작업환경측정 실시 비율(2018-2022년 기준)을 주요 대업종별로 살펴보면, 광업이 23.2%로 가장 높았고, 제조업 16.3%, 수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료재생업 12.6%, 전기,

가스, 증기 및 공기조절 공급업 8.89%, 협회 및 단체, 수리 및 기타서비스업 5.75%, 보건 및 사회복지 서비스업 1.40%, 건설업 0.99%, 운수 및 창고업 0.96% 순이었다. 2017년 작업환경측정 대상 추정 연구(류향우 등, 2017)에서 전문가 델파이 조사를 통한 업종별 노출분율을 추정하였는데, 전산업의 측정대상을 약 23.6%, 제조업 41.9%로 추정하여, 이번 연구에서 파악한 2018-2022년 작업환경측정실시 비율(중분류 업종 기준)과는 많은 차이를 보였다. 특히 제조업 중에서는 「인쇄 및 기록매체 복제업», 「가구 제조업», 「목재 및 나무제품 제조업(가구 제외)», 「고무 및 플라스틱 제조업», 「화학 물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)», 「가죽, 가방 및 신발제조업», 「금속 가공제품 제조업», 「기타 운송장비 제조업」 등 순으로 큰 차이를 보였다. 비제조업으로는 「종합 건설업», 「출판업», 「전문직별 건설업», 「하수, 폐수 및 분뇨 처리업», 「농업」 등 순으로 높았다. 향후, 해당 업종 사업장에 대한 작업환경개선 지원 및 측정제도 안내 등의 활동이 필요할 것으로 판단된다.

유해인자별 작업환경측정 현황을 살펴보면(2014-2021년), 소음이 전체 측정의 약 25.7%, 분진 15.8%, 유기화합물 16.0%, 산·알칼리 6.2%, 금속 18.8%, 허가대상물질 0.2%, 고열 1.6%, 금속가공유 6.9%, 가스상 물질 2.9%, 기타 5.9%로 분포되어 있었다. 소음, 분진, 유기화합물, 금속, 산·알칼리 및 고열은 제조업에서 70% 이상이 평가되었고, 가스상 물질은 제조업에서 약 55% 평가되었다.

업종별로 살펴보면, 농업은 소음, 산·알칼리, 유기화합물, 금속 등 순으로 평가가 많았고, 광업은 소음, 분진, 금속, 가스상 물질 등 순이었다. 제조업은 소음, 금속, 분진, 유기화합물, 금속가공유 등 순이었고, 건설업은 소음과 분진, 금속, 유기화합물 등 순이었다. 보건 및 사회복지업은 유기화합물, 가스상 물질, 산·알칼리 등 순이었고, 전문과학기술 서비스업은 소음, 금속, 분진, 유기화합물, 가스상 물질, 산·알칼리 등 순이었다.

작업환경측정 초과율을 살펴보면, 전체 초과율은 2014년 14.1%에서 2021년 10.6%로 감소하였는데, 소음, 분진, 유기화합물 등은 감소한 반면,

고열은 다소 증가하였다.

5인 이상 제조업을 대상으로 실시한 작업환경실태조사에서 소음, 고열 및 분진흡 보유사업장을 한국표준산업분류 세세업종으로 구분하여 유해인자 보유 비율과 작업환경측정 실시비율을 비교하여 살펴보았다. 소음은 「신문 용지 제조업」, 「수상 금속 골조 구조재 제조업」, 「자동차용 신품 동력 전달 장치 제조업」, 「부정형 내화 요업제품 제조업」, 「강선 건조업」 등에서 보유 여부와 작업환경측정 실시 비율 간에 큰 차이를 보였고, 해당 업종별 사업장 수가 많은 「강선 건조업」, 「화학섬유직물 직조업」, 「금속 압형제품 제조업」, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업」, 「선박 구성 부분품 제조업」 등에 대한 작업환경측정 안내 등 우선 조치가 필요한 것으로 판단되었다.

고열은 「기타 일반 도자기 제조업」, 「가정용 및 장식용 도자기 제조업」, 「금속 열처리업」, 「코르크스 및 관련제품 제조업」, 「타일 및 유사 비내화 요업제품 제조업」 등에서 큰 차이를 보였고, 해당 업종별 사업장 수가 많은 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「도금업」, 「금속 열처리업」, 「섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업」, 「직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업」 등에 대한 작업환경측정 안내 등 우선 조치가 필요한 것으로 판단되었다.

분진흡은 「주방용 및 음식점용 목재 가구 제조업」, 「컨베이어 장치 제조업」, 「기타 목재 가구 제조업」, 「수상 금속 골조 구조재 제조업」, 「기타 건축용 나무제품 제조업」 등에서 큰 차이를 보였고, 해당 업종별 사업장 수가 많은 「그 외 기타 금속 가공」, 「금속 문, 창, 셔터 및 관련제품 제조업」, 「기타 목재 가구 제조업」, 「기타 구조용 금속제품 제조업」, 「구조용 금속 판제품 및 공작물 제조업」, 「주형 및 금형 제조업」 등에 대한 작업환경측정 안내 등 우선 조치가 필요한 것으로 판단되었다.

제조업 작업환경실태조사 자료(2019)를 통해 특별관리물질을 보유한 사업장의 최근 5년간의 작업환경측정 실시 여부를 살펴보면, 보유 사업장 중 측정결과가 보고되지 않은 사업장 수가 약 50%이상으로 많았다. 다만 노출에 대한 조사가 아닌 보유 여부로, 밀폐된 공정 등에서 근로자 노출 없이

취급될 수 있어 직접적인 비교에는 한계가 있었다. 향후, 작업환경 실태조사를 수행 할 때 보유여부가 아닌 작업자 노출여부에 대한 확인이 필요하며, 실태조사 후, 작업환경측정 결과가 보고되지 않은 사업장에 대해서는 측정 누락여부 등에 대한 현장조사 및 안내가 필요할 것으로 판단된다.

연구를 통해 작업환경측정 실시 현황을 살펴보면, 정확한 측정 대상을 파악할 수는 없으나, 산재보험 가입 사업장과 비교하여 전반적인 실시 비율은 낮았다. 특히, 일부 특정 업종에서는 더욱 낮은 수준을 나타내고 있어, 측정의 사각지대에 있는 산업에 대한 산업보건 커버리지 확대가 필요함을 알 수 있었다. 김정만 등(2007)은 작업환경측정이 작업장 내 쾌적한 작업환경을 만들고, 노동자 건강을 사전에 보호할 수 있는 산업안전보건법의 예방적 기능을 하는 유일한 수단이라고 하였다. 다만, 국내 작업환경측정 대상 유해인자는 화학적 인자 182종, 물리적 인자 2종 및 분진 7종의 총 191종으로 해당 유해인자에 노출되는 근로자를 보유한 국내 사업장 규모를 파악하는 것은 매우 어려운 일이다. 황규석(2020)은 작업환경측정제도로부터 보호받지 못하는 사각지대를 해소하고 작업환경측정이 궁극적인 역할을 수행하기 위해서는 측정대상을 파악하는 것이 꼭 필요한 일이라고 하였다. 이를 위해 작업환경측정 대상 사업장을 고용노동부에 등록하는 방안의 도입을 제안하기도 하였다.

이번 연구에서 약 20년간 축적된 작업환경측정 데이터를 통해 국내 작업 환경의 유해인자 노출 현황 및 산업보건 커버리지 수준을 살펴보았다. 작업 환경측정 사업장 수가 꾸준히 증가함에도, 여전히 산업보건 사각지대에서 보호받지 못하는 작업자가 다수 있음을 확인하였으며, 향후 작업장 유해인자 노출분포 및 근로자 건강영향을 모니터링 할 수 있는 제도개선이 필요하였다. 이를 위해, 측정 누락사업장에 대한 노출감시를 위해서 유해인자 등록제도 마련, 정기적으로 이루어지는 작업환경실태조사 및 사업장 기술지원 사업 등을 통해 지속적으로 관련 정보를 축적해나가는 시스템을 구축할 필요가 있다. 또한 국내 작업환경측정기관들과의 네트워크를 형성하여 측정누락 가능 업종 또는 사업장에 대한 상호 정보를 교류하는 감시체계 마련에 대한 논의가 필요하다.

2. 특별관리물질에 대한 고위험 업종 관리

특별관리물질 중 작업환경측정 대상인 37종에 대해 최근 5년간 (2018-2022) 측정 시료수, 자료의 분포, 평균농도, 추정되는 95% 상위농도 등을 한국표준산업분류의 세세업종(1,196종)에 따라 살펴보았다. 국내 특별관리물질 37종 중 측정 결과 보고가 가장 많았던 물질은 불용성 니켈, 황산, 납 및 그 무기화합물, 6가 크롬(불용성), 포름알데히드, 6가 크롬(수용성), 페놀, 디메틸포름아미드, 벤젠, 2-에톡시에틸아세테이트, 2-에톡시에탄올, 산화에틸렌, 트리클로로에틸렌 등 순이었다. 세세업종별 특별관리물질에 대한 작업환경측정 건수가 가장 많은 업종은 「도금업」, 「종합병원」, 「일반병원」, 「자동차 종합 수리업」, 「강선 건조업」, 「선박 구성 부분품 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「완제 의약품 제조업」, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「기타 선박 건조업」 등 순이었다.

불용성 니켈은 「강선 건조업」, 「선박 구성 부분품 제조업」, 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」 등 순으로 많이 평가되었고, 황산은 「도금업」, 「기타 반도체 소자 제조업」, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」 등 순이었으며, 납은 「기타 선박건조업」, 「강선 건조업」, 「열간 압연 및 압출제품 제조업」 등 순이었다. 포름알데히드는 「종합병원」, 「일반병원」, 「일반의원」에서, 6가 크롬(수용성)은 「도금업」, 6가 크롬(불용성)은 「일반 목적용 기계 제조업」, 「선박 구성 부분품 제조업」, 페놀은 「종합병원」, 디메틸포름아미드는 「완제 의약품 제조업」, 벤젠은 「원유 정제처리업」, 2-에톡시에틸아세테이트 및 2-에톡시에탄올은 「자동차 종합 수리업」, 산화에틸렌은 「일반병원」, 「종합병원」, 트리클로로에틸렌은 「도금업」, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」에서 가장 많이 평가되었다.

특별관리물질에 대한 작업환경측정 결과, 불검출(검출한계 미만)률이 매우 높은 특성이 있었는데, 37종의 물질 중 22종의 물질은 측정 시료의 90% 이상이 불검출이었다. 불검출률이 가장 낮은 물질은 포름알데히드이었으며,

황산, 불용성 니켈, 트리클로로에틸렌, 삼산화안티몬, 납 및 그 무기화합물, 수용성 6가 크롬, 1-브로모프로판, 카드뮴 및 그 화합물, 불용성 6가 크롬, 스토다드 용제, 1,2-디클로로프로판, 산화에틸렌, 디메틸포름아미드, 퍼클로로에틸렌 순이었다. 에틸렌이민, 2,3-에폭시-1-프로판올, 1,2,3-트리클로로프로판, 황산디메틸은 모든 측정 시료가 불검출이었으며, 프로필렌이민은 최근 5년간 측정된 시료가 없었다.

노출기준 초과율은 모든 특별관리물질에서 전체 측정시료의 1%미만으로 매우 낮았다. 트리클로로에틸렌에서 160개 시료(0.769%)가 노출기준을 초과하여 초과율이 가장 높았고, 1,2-디클로로프로판, 디니트로톨루엔, 퍼클로로에틸렌, 에피클로로하이드린, 산화에틸렌, 2-에톡시에탄올, 1-브로모프로판, 디메틸포름아미드, 벤젠, 납 및 그 무기화합물 등 순이었다. 특별관리물질별 산술평균을 노출기준 대비 비율로 살펴보면 트리클로로에틸렌이 노출기준의 9.27% (0.927 ppm) 수준으로 가장 높았고, 포름알데히드 4.79%(0.01437 ppm), 1,2-디클로로프로판 4.58% (0.458 ppm), 1-브로모프로판 4.17% (1.042 ppm), 황산 2.92% (0.00583 mg/m³) 등 순이었다. 기하평균은 에피클로로하이드린을 제외하고(LOD를 대체한 최소 값의 1/2이 노출기준의 1.2% 수준), 모두 노출기준의 1% 미만 수준으로 매우 낮았다. 95% 상위 값은 포름알데히드가 노출기준(0.3 ppm)을 초과하는 수준이었고, 트리클로로에틸렌, 황산이 노출기준의 50~100% 사이인 농도수준이었다

이번 연구에서는 특별관리물질별 전체 측정시료 및 세세업종별 농도 분포를 통해 산출한 95% 상위농도($X_{0.95}$)를 노출기준과 비교하여 살펴보았다. 포름알데히드를 평가한 전체 시료의 $X_{0.95}$ 는 4등급(노출기준 초과), 트리클로로에틸렌과 황산은 3등급(노출기준의 50~100% 사이), 1-브로모프로판, 2-브로모프로판은 2등급(노출기준의 10%~50% 사이)이었고, 디니트로톨루엔, 1,2-디클로로프로판, 1,2-에폭시프로판, 에피클로로하이드린, 카드뮴 및 그 화합물, 6가 크롬(수용성), 납 및 그 무기화합물, 불용성 니켈은 1등급(노출기준의 1%~10% 사이)이며, 나머지 특별관리물질은 0등급(노출기준의

1%미만) 수준이었다.

세세업종별 95% 상위농도($X_{0.95}$)가 4등급에 해당하는 업종의 수(물질별 측정 업종 수 대비 비율)가 가장 많은 물질은, 포름알데히드로 283개(63.7%)의 업종이 4등급에 해당하였다. 다음으로 황산이 152개(27.3%), 트리클로로에틸렌이 89개(22.8%), 납 및 그 무기화합물 83개(16%), 1,2-디클로로프로판 34개(11.3%), 디메틸포름아미드 33개(10.6%), 6가 크롬(불용성) 31개(5.77%), 1-브로모프로판 20개(13.7%), 퍼클로로에틸렌 15개(7.54%), 카드뮴 및 그 화합물 13개(6.37%), 불용성 니켈 12개(1.82%), 벤젠 10개(2.87%), 스토타드용제 9개(8.65%) 등 순이었다. 반면, 디니트로톨루엔, 1,2-디클로로에탄, 사염화탄소, 히드라진, 수은 및 그 화합물에서는($X_{0.95}$)가 노출기준을 초과하는 업종은 없었다.

최근 5년간 **포름알데히드**에 대해 작업환경측정을 실시한 444개 업종 중 283개 세세업종의 추정 95% 상위값($X_{0.95}$)이 노출기준을 초과하는 수준이었다. 포름알데히드는 수술실, 내시경실, 병리과, 산부인과, 진단검사의학과, 임상병리실 등 의료관련분야에서 측정이 가장 많았다. 고위험 업종은($X_{0.95}$)가 노출기준을 초과하고 측정 시료수가 물질별 측정 업종의 중위수 이상) 약 50여개가 있었고, 「종합병원」, 「일반병원」, 「일반의원」, 「완제 의약품 제조업」, 「그 외 기타 보건업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「일반용 도료 및 관련제품 제조업」, 「그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업」, 「의학 및 약학 연구개발업」 등으로 향후 우선적 관리가 필요하였다.

황산은 실험, 도금, 폐수처리, 표면처리, 산처리, 산세척, 후란조형, 피막, 전해연마 등 용도로 주로 평가되었고, 고위험 업종은 「도금업」, 「인쇄회로 기판용 적층판 제조업」, 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「축전지 제조업」, 「폐수 처리업」, 「도금, 착색 및 기타 표면 처리 강재 제조업」, 「연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업」, 「선철 주물 주조업」, 「동 제련, 정련 및 합금 제조업」 등으로 향후 우선적 관리가 필요하였다.

트리클로로에틸렌은 자동차 수리, 전자부품, 의약품, 자동차 부품, 도금을 위한 세척, TCE 세척, 도금, 도장, 실험, 초음파세척 등 공정에서 주로 평가되었다. 고위험 업종은 「도금업」, 「그 외 기타 전자 부품 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「도장 및 기타 피막 처리업」, 「그 외 기타 금속 가공업」, 「주형 및 금형 제조업」, 「강관 제조업」, 「그 외 기타 일반 목적용 기계 제조업」, 「금속 열처리업」, 「전자 부품 실장기판 제조업」 등으로 향후 우선적 관리가 필요하였다.

납 및 그 무기화합물은 선박, 철구조물, 강선, 선박건조, 해양 철 구조물, 특수강, 강봉, 강관, 열간 압연 및 압출 제품의 용접, 조립, 납땜, 취부, 검사, 도장, 공무, 분체도장 등 공정에서 주로 평가되었고, 고위험 업종은 「열간 압연 및 압출제품 제조업」, 「축전기 제조업」, 「연 및 아연 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「탭, 밸브 및 유사 장치 제조업」, 「기타 비철금속 주조업」, 「동 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「기타 비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업」, 「그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업」, 「시멘트 제조업」, 「동 주물 주조업」 등으로 향후 우선적 관리가 필요하였다.

1,2-디클로로프로판은 자동차 부품, 전자부품, 기계정비, 1차 금속기계, 변압기, 정밀화학제품, 금형, 선박, 철구조물 등 생산을 위한 세척, 조립, 기계가공, 도금, 사출성형, 제관, 초음파 세척 등 공정에서 주로 평가되었다. 고위험 업종은 「그 외 기타 특수 목적용 기계 제조업」, 「기타 주변 기기 제조업」, 「반도체 제조용 기계 제조업」, 「변압기 제조업」, 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」의 세척, 후처리, 합침 등 공정에 대해 향후 우선적 관리가 필요하였다.

디메틸포름아미드는 의약품, 연구개발, 석유화학제품, 섬유코팅, 원료의약품, 합성피혁, 인조피혁, 합성수지, 플라스틱, 의료서비스, 화장품, 염료 등 생산 사업장의 실험실, 코팅, 배합, 분석, 연구, 사출성형, 혼합, 접착, 품질관리, 도장, 검사 공정에서 평가되었다. 고위험 업종은 「섬유제품 기타 정리 및 마무리 가공업」, 「플라스틱 합성피혁 제조업」, 「모피 및 가죽 제조업」,

「직물, 편조 원단 및 의복류 염색 가공업」, 「표면처리 및 적층 직물 제조업」, 「기타 가죽제품 제조업」, 「플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업」, 「플라스틱 시트 및 판 제조업」, 「그 외 기타 의복 액세서리 제조업」, 「플라스틱 창호 제조업」의 인조피혁, 필름 등의 코팅, 접착, 배합 등 공정에 대해 향후 우선적 관리가 필요하였다.

6가 크롬(불용성)은 용접, 사상, 공무, 제관, 레이저 절단 등 공정, **6가 크롬(수용성)**은 도금 공정에서 평가가 가장 많이 실시되었으나, 용접, 사상, 제관, 레이저 절단, 도장 등에서도 평가가 진행되었다. 6가 크롬은 수용성과 불용성으로 구분하기 위한 명확한 법적 정의가 정해져 있지 않으나, 수용성(0.05 mg/m^3)과 불용성(0.01 mg/m^3)에 따라 노출기준은 5배의 차이를 보이고 있어, 이에 대한 제도상의 정의를 하거나 또는 국외(ACGIH, OSHA, NIOSH) 노출기준처럼 수용성과 불용성을 구분하지 않고 단일 기준(0.0002 mg/m^3)으로 관리할 필요가 있다.

1-브로모프로판은 가스터빈 등 부품의 코팅, 수도이음관 등 비철금속의 초음파 세척, 인쇄회로기판 제조업의 방산화로부품 등의 코팅, 세척공정, 음향기기(스파커 등)의 세척, 렌즈의 세척, 치과기자재의 CNC 가공 및 초음파 세척, 신발창 세척, 기상관측장비의 세척, 납땜 등 공정에서 사용되었다. 고위험 업종은 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」, 「그 외 기타 달리 분류되지 않은 제품 제조업」, 「그 외 기타 의료용 기기 제조업」, 「기타 주변 기기 제조업」, 「치과용 기기 제조업」, 「자동차 차체용 신품 부품 제조업」, 「경성 인쇄회로기판 제조업」, 「항공기용 부품 제조업」, 「유압 기기 제조업」으로 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단되었다. 아울러, 국내 노출기준(25 ppm)과 비교하면, 95% 상위 값이 노출기준을 초과하지는 않지만, ACGIH의 노출기준(0.1 ppm)으로 적용하여 ($X_{0.95}$)가 노출기준을 초과하고 시료수가 대규모인 고위험 업종을 살펴보면, 「전자부품 제조업」과 「방송장비 제조업」, 「염료제조업」, 「석유화학계 기초 화학물질 제조업」, 「기타 의료용 기기 제조업」 등이 있었고, 해당 업종에 대해서는 지속적인 관찰이 요구되었다.

스토다드 용제는 차량수리, 고속철도객차, 방산품, 건설용 기계장비, 원유정제처리, 합성수지, 상수도 주철관 등 생산 사업장의 도장, 판금, 조립, 실험, 인쇄 등 공정에서 주로 평가되었다. 스토다드 용제에 대한 평가를 가장 많이 실시한 업종은 자동차 수리업의 도장/샌딩 공정이었으나, 기하평균은 0.0005 ppm 수준으로 매우 낮았다. 측정자료 분포를 통해 추정된 95% 상위 값이 노출기준을 초과하는 업종은 「선철 주물 주조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「철강선 제조업」 등 이었다.

퍼클로로에틸렌은 석유, BTX제품, 석유화학제품, 악세서리, 자동차 부품, 화약류, 드럼, 공드럼 재생, OLED 등 생산을 위한 도금, 도장, 세척, 세탁실(드라이클리닝), 스프레이도장, 실험실 등 공정에서 주로 평가되었다. 고위험 업종은 「호텔업」, 「제판 및 조판업」, 「인쇄회로기판용 적층판 제조업」, 「전기용 탄소제품 및 절연제품 제조업」 등으로 향후 우선적 관리가 필요하였다.

카드뮴 및 그 화합물은 열간 압연 및 압출, 철근, 의약품, 의료 생산 등을 위한 실험, 용접, 제련, 용해, 배합, 소각 등 공정에서 주로 평가되었으며, 「선박 구성 부분품 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「동 압연, 압출 및 연신제품 제조업」, 「그 외 기타 전기장비 제조업」 업종에 대한 용접, 용해, 압연 등 공정에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

불용성 니켈은 선박, 철구조물, 자동차 부품, 1차 금속기계, 일반기계, 선박용 엔진, 철근, 철장, 화물선, 특수강, 강봉, 강관, 주물 등 생산을 위한 용접, 사상, 공무, 취부, 제관, 레이저 절단, 용해, 조립, 보수, 후처리 등 공정에서 주로 측정되었으며, 「강선 건조업」, 「기타 비철금속 주조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「강 주물 주조업」, 「축전기 제조업」에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

벤젠은 원유정제처리, 의약품, 화학제품, 화력발전 등 업종의 실험실, 장치, 공무, 방수, 분석, 도장, 화학물질 제조 공정 등에서 주로 평가되었다. 노출 기준 초과 시료가 있었던 「원유 정제처리업」, 「완제 의약품 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」과 측정자료 분포를 통해 추정된 95%

상위 값이 노출기준을 초과한 「그 외 기타 분류 안된 금속 가공제품 제조업」, 「금속 절삭기계 제조업」, 「금속 성형기계 제조업」, 「타이어 재생업」, 「그 외 기타 스포츠 서비스업」, 「정형 내화 요업제품 제조업」, 「플라스틱 접착처리 제품 제조업」, 「탭, 밸브 및 유사 장치 제조업」, 「승강기 제조업」, 「기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업」 등에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다.

삼산화안티몬은 주로 플라스틱의 난연제로 이용되며, 각종 플라스틱의 필름, 시트 도료 등에 이용되는데, 합성수지, 전자부품, 도료 및 유사제품, 항공기, 우주선 및 부품, 브레이크 패드, 라이닝, 벽지, 실사간판, PVC 시트, 테이프, 플라스틱 착색제 등 생산을 위한 사출성형, 배합, 실험실, 코팅, 압출, 혼합, 사출, 투입, 계량 등 공정에서 주로 평가되었다. 「편조 원단 제조업」, 「농업 및 임업용 기계 제조업」, 「그 외 기타 비거주 복지 서비스업」, 「기타 인쇄관련 산업」, 「변압기 제조업」, 「기타 발전업」, 「그 외 기타 비금속광물 광업」, 「기타 비철금속 주조업」의 원단 배합, 코팅, 용접, 분석실 등에 대해 향후 우선적인 관리가 필요할 것으로 판단되었다.

2-에톡시에탄올 및 2-에톡시에틸아세테이트는 자동차 종합 수리업에서 가장 많이 평가되었는데, 산술평균 농도가 노출기준의 1/100 이하수준으로 매우 낮았다. 다만, 노출기준 초과 시료가 있었거나 95% 상위값이 노출기준을 초과한 「광학 렌즈 및 광학 요소 제조업」, 「그 외 자동차용 신품 부품 제조업」, 「합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업」, 「자동차 전문 수리업」, 「포장용 플라스틱 성형용기 제조업」 등에 대해 향후 우선적 관리가 필요한 것으로 판단된다.

N,N-디메틸아세트아미드는 「합성섬유 제조업」, 「화학섬유 방적업」 및 최근 수요가 증가하고 있는 정수기 및 공기청정기 필터를 제조하는 「액체 여과기 제조업」, 「기체 여과기 제조업」 도 향후 관리가 필요한 것으로 판단된다.

산화에틸렌은 「일반병원」, 「종합병원」, 「일반의원」 등에서 가장 많이 평가되었으나, 노출농도는 매우 낮다. 반면, 「개인 간병 및 유사 서비스업」의 경우, 측정 시료 수는 적었으나, 상대적으로 산화에틸렌 노출 농도수준은 높아 규모가 작은 의료기관 중심으로 산화에틸렌 취급에 대한 관리가 필요한 것으로 판단된다. 또한, 산화에틸렌 혼합가스 충전 공정과 주사기, 봉합사, 전극 카테터, 스텐트, 수액세트 및 플라즈마 살균기 등 의료용 기기 생산 작업에서의 멸균공정 등에 우선적 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

또한 상기의 고위험 우선순위 물질 이외에도 고용노동부와 ACGIH TLV간 노출기준에 차이가 있는 2-메톡시에탄올, 2-메톡시에틸아세테이트, 1-브로모프로판, 포름알데히드, 6가 크롬의 경우 국내 기준으로는 초과 사업장이 아니지만, 국외에서 건강영향 우려로 인해 노출기준으로 낮추어진 만큼, 해당 물질에 대해서는 추가적인 관찰이 요구된다.

작업환경측정은 근로자 건강보호를 위한 사전적 수단이자, 산업안전보건법에서 예방적 기능을 하는 유일한 수단으로 평가받고 있다(피영규, 2004). 다만, 작업환경측정결과가 실제 노동자의 노출실태를 반영할 수 있는 지에 대해서는 논란이 많으며, 2005년 노말렉산 중독 사고를 계기로 작업환경측정의 신뢰성에 대해 의문이 제기되면서 신뢰성평가 제도가 도입되기도 하였다(황규석, 2019). 이번 연구에서도 대부분의 특별관리물질의 불검출률은 90% 이상이며, 세세업종별 기하평균 농도는 노출기준의 1% 미만으로 매우 낮은 수준이었다. 이에 대해 불검출률이 높은 물질 등을 대상으로 시료채취 유량 설정 및 물질별 분석방법에 따른 검출한계 설정 등에 살펴보고, 개별 사업장의 측정결과 뿐만 아니라 유사 업종의 측정 자료 분포에 대한 전반적인 통계적 분석이 요구된다.

화학물질에 대한 위험성 평가제도에서 화학물질의 작업환경측정 결과가 노출기준 10% 미만인 경우 노출수준을 가장 낮은 등급인 1등급(낮음)으로 구분하여, 물질의 유해성이 최고등급인 4등급이라도 위험성은 4점으로 현재는 위험이 없고 작업을 계속하되, 위험감소활동을 수행하면 되는 수준

으로 평가되고 있다. 약 6개월에 1회 실시되는 작업환경측정은 측정 시기와 측정 환경에 따라 농도에 변이가 발생할 가능성이 매우 높다. 따라서, 사업장별 일정기간 동안 일회성으로 측정한 결과만을 관찰하기보다, 동일 유사업종의 전체 자료의 분포를 통해 위험성을 살펴보고, 위험 업종을 대상으로 작업환경 개선을 위한 기술지원, 점검 등을 실시할 필요가 있으며, 업종별 노출모델 개발에 우선순위를 두어 자기규율 관리를 도모할 필요가 있다.

3. 작업환경측정자료 활용 고찰

작업환경측정 자료는 최근까지 노출기준 초과 사업장에 대한 감독 역할로 주로 활용되고 있었으나, 방대한 측정 자료를 사업장 위험성 평가 및 작업환경개선을 위한 연구 활동 등에 활용 가능하도록 정보를 제공할 필요가 있다.

이를 위해 매년 발간하는 작업환경측정결과 연보를 온라인을 통해 확인할 수 있는 플랫폼으로 개발하여, 과거에서 현재에 이르는 작업환경측정에 대한 전반적인 현황을 확인할 수 있도록 하고, 자료의 분포 특성을 통한 업종별, 유해인자별 고위험 사업장을 발굴하는데 활용 가능할 것이다.

이번 연구를 통해 데이터 기반의 고위험 업종을 선정하는 방법을 시범적으로 시도해 보았고, 향후 도출된 업종들에 대한 현장 실태조사 및 업종별 모델 개발 등 후속 연구를 통해 보완해 나갈 필요가 있다. 또한, 현행 작업환경측정결과 자료를 고위험군 파악에 활용하기 위해 보고받는 자료 중 불필요한 정보는 제거하고, 필요한 정보를 추가하여 효율적으로 운영할 필요가 있으며, 노출농도에 영향을 주는 주요 환경변수와 농도수준을 연계하여, 국내 작업현장에 적합한 유해인자 노출농도 예측 모델 개발도 가능할 것이다. 이러한 노출 예측모델을 통해 실제 현장에서 작업환경을 개선하고자 할 때, 가장 효율적인 방안을 모색하는데 활용가능 할 것이다.

이번 연구는 작업환경측정 자료로 산업보건 사각지대를 확인하고 작업환경개선을 위한 정책적 활용을 위한 사전 탐색적 연구로 향후 작업환경 및 건강 데이터 연계 - 감시체계 및 플랫폼 구축 - 고위험 업종 발굴 - 작업환경개선 등 장기적인 연구 로드맵 수립에 활용하고자 한다.

참고문헌

- 고용노동부. 고용노동백서, 2006; 2014; 2020; 2022
- 고용노동부, 화학물질 노출기준 개정 연구, 2006
- 김정만 등. 합리적인 작업환경측정 주기 개선 등에 관한 연구, 2007. 산업 안전보건연구원
- 박승현 등. 유해인자 노출감시를 통한 산업보건 서비스 강화. 한국산업보건 학회지, 2021;31(2):147-155
- 박주현 등. 불검출 자료를 포함한 작업환경측정 자료의 분석방법 비교, 한국산업보건학회지, 2022;32(1):21-30
- 백경희 등. 작업환경측정 결과를 활용한 벤젠 노출 매트릭스에 대한 연구. 한국산업보건학회지, 2015;25(2):146-155
- 손미아 등. 한국 전자산업에서 작업환경측정을 통해 파악된 발암물질 노출 특성과 발암물질관리 방안. 한국산업보건학회지, 2022;32(4):302-324
- 이재환 등. 작업환경측정 자료를 이용한 CNC공정의 유해물질 노출 특성. 한국산업보건학회지, 2018;28(2):230-239
- 장재길 등. 빅데이터를 활용한 국내 작업환경측정 데이터베이스의 통계적 분석. 산업안전보건연구원, 2015~2016
- 최상준 등. 납에 대한 직업적 노출 문헌 자료 고찰을 통한 노출 특성 평가. 한국산업보건학회지, 2022;32(1):1-9

최상준 등. 국가노출감시체계 구축을 위한 작업환경측정과 특수건강진단 자료의 노출 정보 입력 실태평가. 한국산업보건학회지, 2022;32(3):231-241

최상준 등. 작업환경측정 결과 데이터베이스를 활용한 직무노출매트릭스 구축을 위한 공정 표준화. 한국산업보건학회지, 2023;33(1):78-90

최태성 등. 직업적 디메틸아세트아미드 노출에 의해 집단적으로 발생한 독성간염. 대한산업의학회지, 2001;13(2):164-170

하권철 등. DMF 취급 사업장에 대한 매트릭스 적용 및 위험성 평가 연구, 한국산업보건학회지, 2008;18(4):303-309

황규석. 모니터링위원회를 통한 작업환경 개선 활성화 방안, 한국산업보건학회지, 2018;28(2):158-165

황규석. 작업환경측정 신뢰성평가제도 개선방안에 관한 연구, 한국산업보건학회지, 2019;29(1):50-56

황규석. 작업환경측정 커버리지 확대를 위한 대상 사업장 등록방안, 한국산업보건학회지, 2020;30(3):299-305

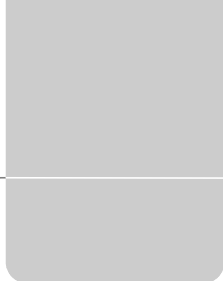
CAREX Canada: carexcanada.ca/profile

ILO/WHO, 국제화학물질정보카드

Hanley KW, Petersen MR, Cheever KL, Luo L. "N-acetyl-S-(n-propyl)-L-cysteine in urine from workers exposed to 1-bromopropane in foam cushion spray adhesives." Ann Occup Hyg 2009;53(7):759-769.

Koh Dong-Hee et al., Development of Korean CARcinogen

- Exposure: Assessment of the exposure intensity of carcinogens by Industry, Shaw, 2022;13:308-314
- Kubo S, Nakanuma Y, Takemura S, et al. "Case series of 17 patients with cholangiocarcinoma among young adult workers of a printing company in Japan." *Journ of Hepato Panc Sci* 2014;21:479-488.
- Kumagi S, Kurumatani N, Arimoto A, Ichihara G. "Cholangiocarcinoma among offset colour proof-printing workers exposed to 1,2-dichloropropane and/or dichloromethane." *Occup and Environ Med* 2013;70:508-5010.
- Kumagai S. "Two offset printing workers with cholangiocarcinoma." *Journ of Occup Health* 2014;56:164-168.
- Majersik JJ, Caravati EM, Steffens JD. "Severe neurotoxicity associated with exposure to the solvent 1-bromopropane (n-propyl bromide)." *Clin Toxicol.* 2007;45(3):270-276.



Abstract

Analysis of working environment measurement data to utilize it for hazards surveillance and risk assessment

In South Korea, business owners shall measure the working environment of a workplace which handles designated hazards (organic chemical, metals, acid, dust etc.) by OSH laws to protect the health of employees. The purpose of this study is to understand the current status of the work environment measurement (WEM) and explore high-risk industries for hazards surveillance and risk assessment. From WED data from 1990 to 2022, actual implementation rate by industry was compared and analyzed with estimated hazards exposure workplaces. Specially for measurement data of CMR(Carcinogenic, Mutagenic, Reprotoxic) substances from 2018 to 2022, the high-risk industries was classified by using estimated 95th percentile levels($X_{0.95}$) of measurements based on the occupational exposure limit(OEL). There were significant differences between actual and estimated implementation of WED in manufacturing(printing, furniture, wood, rubber, leather, chemicals and metal processing, etc.), construction, publishing and waste and sewage treatment industry. The exposure intensity of carcinogens

and high-risk industries were estimated. The results will provide information in preventing health hazards for workers.

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 박현희 (선임연구위원, 직업환경연구실)

연구원 : 조지훈 (연구위원, 직업환경연구실)

연구원 : 김세동 (과장, 직업환경연구실)

연구원 : 박승현 (실장, 직업환경연구실)

연구기간

2023. 02. ~ 2023. 11.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**작업환경측정 DB를 통한 유해인자 노출감시 및
위험성평가 활용방안**
(2023-산업안전보건연구원-722)

발 행 일 : 2023년 11월 30일
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아
연구책임자 : 직업환경연구실 선임연구위원 박현희
발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400
전 화 : 052-703-0881
팩 스 : 052-703-0337
Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
I S B N : 979-11-92782-97-3
공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체